НООРГАНИК МАТЕРИАЛЛАР КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯСИ



**А. А. Исматов, Т. А. Отақўзиев,
Н. П. Исмоилов, Ф. М. Мирзаев**

НООРГАНИК МАТЕРИАЛЛАР КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯСИ

Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги техника олий ўқув юртлари талабалари учун дарслик сифатида тавсия этган

Тошкент — «Ўзбекистон» — 2002

35.20 я73

Н78

Ноорганик материаллар кимёвий технологияси: Олий ўқув юртлари талабалари учун дарслик /А. А. Исматов, Т. О. Отақўзиев, Н. П. Исмоилов, Ф. М. Мирзаев. — Т.: Ўзбекистон, 2002. 336 б.

«Ноорганик материаллар кимёвий технологияси» фанига оид дарсликда кимё, силикат ва металлургия саноатининг асосий маҳсулотларини ишлаб чиқаришнинг кимёвий технологиясига оид маълумотлар келтирилган.

Дарслик олий ўқув юртларининг «В 522400 — Кимёвий технология йўналиши», «Силикат ва зўрға суюлувчан материаллар технологияси», «Камёб, тарқоқ ва нодир металлар технологияси», «Ноорганик моддалар технологияси» соҳаси талабалари учун мўлжалланган. Ундан ишлаб чиқаришдаги инженер ва техник ходимлар ҳам фойдаланишлари мумкин.

I. А. А. Исматов ва бошқ. **35.20я73**

Тақризчилар:
к.ф. доктори, профессор *Қ. А. Аҳмедова* ва т.ф. доктори *А. П. Иркаходжаева*

Муҳаррир: *Р. С. Тоирова*

А. А. Исматов, Т. А. Отақўзиев, Н. П. Исмоилов, Ф. М. Мирзаев

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Для студентов высших технических учебных заведений

На узбекском языке

Бошқ. муҳаррир *Ҳ. Мехмонов* Техник муҳаррир *У. Ким* Мусаҳҳиқ *Ш. Орипова*

Теришга берилди 29.11.2001. Босишга рухсат этилди 2.05.2002. Бичими 84×108 1/32 Шартли б.т. 17,64. Нашр т. 18.05. Нусхаси 2000. Буюртма № 3.

«Ўзбекистон» нашриёти 700129. Тошкент, Навоий кўчаси, 30.
Нашр № 78—2002.

Ўзбекистон Республикаси Давлат матбуот қўмитасининг Тошкент китоб-журнал фабрикасида чоп этилди. 700194, Тошкент, Юнусобод даҳаси, Муродов кўчаси, 1.

482427

[illegible]KI
KUTUBXONASI

И $\frac{1705000000\text{-}152}{\text{М}351(04)02}$ 02

ISBN 5—640—03032—1

© „ЎЗБЕКИСТОН“ нашриёти, 2002 й.

СЎЗ БОШИ

Кейинги йилларда мустақил мамлакатимизнинг иқтисодий ва социал ривожлантириш режаларида кимё, қурилиш материаллари ва металлургия саноати ишлаб чиқараётган маҳсулотлар миқдорини ошириш, сифатини жаҳон андозалари даражасига етказиш, уларнинг экспорт салоҳиятини кучайтиришга алоҳида эътибор берилмоқда.

Кимё, силикат ва рангли металлургия саноатлари маҳсулотларини ишлаб чиқариш бўйича мутахассисларни тайёрлашда технология, илмий-техника, экология ва иқтисодиёт масалалари алоҳида ўрин эгаллайди. Ишлаб чиқарилаётган материал ва буюмларнинг сифати асосан шу жараён ва факторларнинг такомиллашувига боғлиқ. Шу сабабдан бакалаврлар тайёрлаш бўйича янги ўқув режаларида «Ноорганик материаллар кимёвий технологияси» предметига алоҳида ўрин берилган.

«Ноорганик материаллар кимёвий технологияси» фанининг мақсади «В 522400 — Кимёвий технология» йўналишининг «Силикат ва зўрға суюлувчан материаллар технологияси», «Камёб тарқоқ ва нодир металлар технологияси», «Ноорганик моддалар технологияси» соҳалари бўйича таълим олаётган талабаларни керамика ва шиша, боғловчи материал, минерал ўғит, камёб ва нодир металлар ишлаб чиқаришнинг замонавий ва истиқболли технологик ечимлари ҳақида маълумот бериш, маҳсулотлар олишнинг назарий ва амалий асослари билан таништириш, сифатини яхшилаш йўлларини топиш, ишлаб чиқариш суръатини ошириш ҳамда таннархини камайтиришга оид материаллар билан яқиндан таништиришдир.

Китобда систематик равишда асосий маҳсулотлар — қурилиш ғишти, сопол буюми, чинни, оловбардош мате-

риал, техника керамикаси маҳсулоти, қурилиш ва техника шишаси, биллур, шиша-кристалл, гипс, оҳак, цемент ва бошқа боғловчи модда, фосфорли, калийли, азотли, мураккаб, микро ва бошқа ўғитлар, вольфрам, молибден, германий, индий, рений, бериллий, галлий, олтин ва кумуш каби металлар ишлаб чиқаришнинг қисқача тарихи, таърифи, таснифи, хомашёси, уларни ишлаб чиқариш технологияси асослари, асосий хусусиятлари ва ишлатилиши ёритилган. Булардан ташқари, ишлаб чиқаришда қўлланиладиган типовой технологик схемалар ва асбоб-ускуналар ҳамда атроф муҳитни муҳофаза этиш масалалари ҳам қисқача баён этилган.

Ноорганик материаллар ва буюмлар ишлаб чиқариш технологиясига оид бўлган ушбу китоб биринчи бор чоп этилаяпти. Уни яратишда муаллифлар ўзларининг Тошкент Кимё-технология институтининг тегишли кафедраларида 10 йил давомида студентларга берган маъруза материалларини асос қилиб олишган. Китобнинг «Керамика ва шишалар кимёвий технологияси» боби проф. А. А. Исматов, «Боғловчи материаллар кимёвий технологияси» боби проф. Т. А. Отақўзиев, «Анорганик моддалар кимёвий технологияси» боби проф. Ф. М. Мирзаев ва «Камёб ва нодир металлар кимёвий технологияси» боби проф. Н.П. Исмоилов томонидан ёзилган.

Муаллифлар ушбу китоб қўлёзмасини кўриб чиқиб, ўзларининг қимматли маслаҳатларини берган техника фанлари доктори, профессор А. П. Иркаходжаева ва кимё фанлари доктори, профессор Қ. А. Аҳмеровга самимий миннатдорчилик изҳор этадилар. Мазкур китобни нашрга тайёрлашда фойдали маслаҳатлар, танқидий фикр-мулоҳазалар билдирган барча ўртоқларга авторлар самимий миннатдорчилик изҳор қиладилар.

Китоб ўзбек тилида биринчи марта ёзилаётганлиги учун айрим камчиликлардан ҳоли эмас. Шунинг учун китоб ҳақидаги фикр ва мулоҳазаларингизни қуйидаги манзилга юборишингизни илтимос қиламиз: 700129, Тошкент, Навоий кўчаси, 30. «Ўзбекистон» нашриёти.

I б о б

КЕРАМИКА ВА ШИШАЛАР КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯСИ

1-§. Керамика ва шиша маҳсулотларининг аҳамияти

«Кимёвий технология» бакалавр йўналиши фанлари ичида «Органик, ноорганик ва нометалл материаллар ишлаб чиқариш кимёвий технологияси» курси муҳим ўрин эгаллайди. Унда ноорганик, органик моддалар ва қийин эрийдиган нометалл, силикат ва юқори молекулали бирикмалар, полимер материаллардан иборат бўлган маҳсулотларнинг турлари, уларни кимёвий синтез қилиш йўллари ва ишлаб чиқариш технологияси асослари келтирилади.

Қуйида бакалавр йўналиши асосий фанининг «Силикат ва қийин эрувчан нометалл материаллар кимёвий технологияси» қисмига оид назарий ва амалий билимлар қисқача тарзда берилади.

Силикат ва қийин эрувчан нометалл материаллар кимёвий технологияси учта катта соҳадан иборат:

1. Керамика ва ўтга чидамли материаллар кимёвий технологияси;
2. Шиша ва ситаллар (шишадан олинадиган майда кристалл структурали зич ва мустаҳкам материаллар) кимёвий технологияси,
3. Боғловчи моддалар кимёвий технологияси.

Биз бу бобда асосан икки соҳа — керамика ва шишалар ҳақида сўз юритамиз.

Керамика ва шишалар асосида олинган материал ва буюмлар ниҳоятда хилма-хилдир. Улар ташқи кўриниши бўйича монолит ҳолда олиниши (йиғма конструкция, ғишт, чинни-сопол, шиша ва ситалл буюмлари), турли соҳа — техника, қурилиш ва хўжаликда ишлатилиши, турли услубда ишлов олган бўлиши ва қолаверса турли-туман кимёвий таркибга эга бўлиши мумкин.

Шундай бўлишига қарамай керамика ва шиша маҳсулотларининг деярли асосий белгилари, айниқса ишлатиладиган хомашё тури, ишлаб чиқариш усули ва технологик параметрлари жиҳатидан бир-бирига ўхшаб кетади. Бундай дейиш, албатта, материалларни кимёвий таркиби, ишлаш воситалари ва усуллари бобида ҳеч қандай ўзгариш йўқ, деган хулосани келтириб чиқармайди. Аммо фарқ кўпроқ ишлаб чиқарилган материалларнинг кимёвий-минералогик таркиби, минералларнинг ўзаро жипслашиши ҳамда уларга боғлиқ бўлган хоссаларга келиб тақалади. Олинган модда кимёвий муҳитга беқарор ва барқарор, ўтга нисбатан бардошли ёки чидамсиз, хира ва шаффоф бўлиши мумкин.

Керамика ва шиша маҳсулотларини ишлатувчи соҳалар ҳам хилма-хил бўлиб, улар ишлаб чиқариш воситалари ва истеъмол буюмлари ишлаб чиқаришда, фан, қурилиш ва қишлоқ хўжалигида кенг кўламда ишлатилади. Бунинг асосий сабаби, уларнинг бир қанча муҳим техникавий хоссаларга эгалигидадир. Керамика ва шиша маҳсулотлари сиқилиш ва чўзилишда юқори мустаҳкамликка эгадирлар, уларга ёниш, чириш ва занглаш бегонадир, электр токи, иссиқ ва совуққа чидамли, товуш ўтказмайдиган ҳамда кимёвий моддалар таъсирига барқарор материаллардир.

Керамика ва шиша маҳсулотлари ҳозирги замон синтетик материаллари орасида ҳам муҳим ўринни эгаллайди. Улар қадимдан уй-жой, саноат корхоналари қуришда, машина ва аппаратлар ясашда, турли хил буюмларни ишлаб чиқаришда кенг қўлланилади. "Қимматбаҳо тошлар" номи билан аталган ва илгари фақат зебу зийнат буюмлари ясаш учун ишлатилган бундай сунъий маҳсулотлар юқори сифатли диэлектрик ва яримўтказувчан материаллар сифатида техникада кенг қўлланилмоқда. Шунингдек, кўплаб линза, призма каби оптика деталлари, лазер техникасининг актив моддалари, заргарлик буюмлари ясалмоқда.

Замонавий техника ва унинг космотехника, авиация, ракета, машина ва станоксозлик, энергетика, радиотехника, атом саноати каби соҳалари юқори ва ўта юқори тезлик, босим ва температура билан боғлиқ. Бу ўз навбатида кимёгарлардан анъанавий керамика ва шиша буюмларнинг янги тури ва юқоридаги шарт-шароитларга чидамли сунъий материалларни кашф этишни тақозо этади. Фан ва техника тараққиёти асосида яратилган замонавий

қаттиқ жисмлар қаторига керамика технологияси асосида яратилган функционал типли керамика ҳамда шиша технологиясида олинган ситалл ва ситаллаштирилган қуйма техник тошлар киради.

Функционал типли янги керамика маҳсулотлари техникада электр керамикаси, магнитли керамика, оптика керамикаси, хемокерамика, биокерамика, иссиқлик керамикаси, механикавий керамика, ядро керамикаси ва шунга ўхшаш номлар билан аталади. Айниқса керамикани двигателлар ишлаб чиқаришда қўлдаш бўйича илмий тадқиқот ишлари Америка Қўшма Штатлари, Япония, Буюк Британия, Франция, Жанубий Корея, Швеция каби ривожлангаи мамлакатларда кенг кўламда олиб борилмоқда. Япония иссиқлик двигателлари ва электроника керамикасини ишлаб чиқариш бўйича дунёда олдинги ўринлардан бирида бўлса, Америка Қўшма Штатларида эса конструкцион керамика маҳсулотларини ишлаб чиқариш жадал суратларда олиб борилмоқда. Ишлаб чиқарилиши кун сайин ошиб бораётган бундай маҳсулотлар қаторига керамикадан ясалган турбокомпрессорларнинг роторлари, газ узатувчи қувурларнинг қопламалари, адиабатик ва газтурбинли двигателлар, кесиш учун ишлатиладиган буюмлар ва бошқаларни келтириш мумкин.

Шиша маҳсулотлари ва технологияси асосида олинган ситалларнинг яратилиши иссиқдан кенгайиш коэффициенти ноль ёки манфий қийматга эга бўлган, температуранинг кескин ўзгаришига ўта чидамли материалларни кўплаб ишлаб чиқариш имкониятини берди. Бу маҳсулотлар механик мустаҳкамлик, ишқаланиш, емирилиш ва кислоталарга чидамлилик, юқори диэлектрик хоссаларга эга эканлиги туфайли металлардан анча устун туради.

Янги керамика ва янги шиша маҳсулотларининг кўплаб ишлаб чиқарилиши, уларга жаҳон бозоридаги талабнинг кун сайин ошиб бориши, ишлаб чиқаришнинг хомашё базасини ҳам кенгайтириш заруриятини туғдирди. Каолин, бентонит, лёсс, дала шпати, қум, магнезит, оҳактош, доломит, сода, поташ каби анъанавий моддалар ўз мавқеини сақлаб қолган ҳолда хомашё базаси кўп сонли табиий ва сунъий бирикмалар BeO, Y_2O_3, Al_2O_3, ZnO, SnO,MgO, TiO_2, ZrO, Fe_2O_3, ZnS, BaS, CeS, BeS, CdS, SnO, SiC, TiC, Si_3N_4, ThO_2, TiB_2, ZrB_2, ZnB_2, B_4C, BN, TiN, UO_2, ThS, UC, WC, US, ва ҳоказолар ҳисобига ошди.

Керамика ва шиша технологияси таркибига кирувчи хомашёларни қидириб топиш ва улар асосида янги технологиялар жорий этиш ва чиқарилаётган маҳсулотлар сифатини яхшилаш ҳозирги куннинг долзарб муаммоларидандир.

Қўлланманинг «Керамика ва шишалар кимёвий технологияси» қисмини *ёзиш* жараёнида сўз юритилаётган саноат соҳалари маҳсулотларининг кун сайин тури ва сонининг кўпайиб бораётганлиги, ишлаб чиқариш технологиялари усулларининг интенсив ривожи ва юксалиб бориши, уларнинг илмий асосларини ўрганишнинг чуқурлашиб бориши инобатга олинди. Қўлланмани ёзишда материалларнинг ихчам бўлишига, параллелизмга йўл қўймасликка ва бошқа фанларга оид маълумотлардан камроқ фойдаланишга ҳаракат қилинди. Жумладан, механика ва энерготехнологияга оид жиҳозларнинг тузилиши ва ишлаш принципи, уларни автоматлаштиришга тааллуқли материаллар кам ёритилди.

Марказий Осиё, шу жумладан, Ўзбекистонда учрайдиган табиий хомашёлар тури, уларнинг хоссалари ва кимёвий-минералогик таркибига оид фактларни мумкин қадар кўпроқ ёритишга ҳаракат қилинди. Шунингдек доналаш, унлаш, қолиплаш, қуритиш ва куйдиришга оид маълумотлар ҳам етарли даражада берилди.

Келтирилган материалларининг бош қисмида «Керамика ва шишалар классификацияси» хамда «Керамика ва шишалар ишлаб чиқариш технологияси» қисқача берилди. Шу тариқа қисмлар орасидаги параллелизмга ҳам йўл қўйилмади. Сўнгги бўлимларда эса шу соҳаларнинг муҳим маҳсулотлари — қурилиш ғишти, сопол ва чинни буюмлари, оловбардош ва техника маҳсулотлари, дераза ойнаси ва биллур ишлаб чиқаришга оид муҳим маълумотлар келтирилди. Боб сўнгида шиша-кристалл материаллар олишга оид маълумотлар келтирилди.

2-§. Керамика ва шишалар классификацияси

Табиатда барча жинслар уч кўринишда бўлади: газсимон — оддий ва ионлашган газлар ҳолатида; суюқ — оддий суюқлик ва суюқ кристаллар ҳолатида; қаттиқ—кристалл ва аморф ҳолатида. Керамика маҳсулотлари учун типик ҳолат поли ва монокристалл структурали қаттиқ ҳолатдир. Шиша

маҳсулотлари эса гудрон, канифоль, смола моддалари сингари қаттиқ ва нокристалл тузилишга эга. Керамика ва шиша маҳсулотлари биринчи навбатда силикатлар асосида олинган. Ер пўстининг 75 % и силикатлардан ташкил топгани, 12 % и эса озод кремнезёмдан иборатлигини инобатга олсак, уларнинг ҳаётимиздаги ўрни янада ойдинлашади.

Керамика ва шиша турли хомашёлардан пиширип ва эритиш йўли билан олинади. Шунинг учун уларнинг хусусиятлари ўзгарувчан бўлади ва турлича классификацияланади.

Хоссаларига кўра бўлиниши. Хосса ва хусусиятларига кўра икки катта қисмга — керамика ва ўтга чидамли материаллар ҳамда шиша ва ситалларга бўлинади.

Биринчи қисмга «Керамика ва ўтга чидамли материаллар технологияси» асосида ишлаб чиқариладиган буюмлар киради. Булар уч катта группа—анъанавий керамика (қурилиш ва нафис керамика), техника керамикаси (ўтга чидамли юқори оксидли керамика, силикат ва алюмосиликатли керамика, титанатли, ферритли, карбидли, нитридли, боридли ва силицидли керамика) ва ўтга чидамли материаллар (креамнезёмли-динасли ва кварцли; алюмосиликатли—яримнордон, шамотли ва юқориглиназёмли; магнийли-магнезитли, доломитли, форстеритли ва шпинелли; хромли-хромитли, хром магнезитли ва магнезитхромли; цирконийли-цирконли ва цирконий асосли, карбонликоксли ва графитли; оксидли—махсус оксидли; кислородсиз—карборундли ва ҳоказо) дан ташкил топган.

Иккинчи қисм маҳсулотлари «Шиша ва ситаллар технологияси» асосида бирлашган. Шиша қурилиш (дераза, ойна, тобланган ойна, профилли ойна, парчаланмайдиган ойна, безакбоп рангли ойна, шиша блок, кўпик шиша, шиша тола), техникабоп (оптика, нурли техника, электроника, электр изоляцияси, кимёвий лаборатория, ампулали тиббий ва кварцли шиша ҳамда маиший-хўжалик шишалари (биллур, рангли ва рангсиз шиша, ойнак, кўзгу, арча, безак ва ҳоказо) группалардан ташкил топган. Ситалар эса хомашё турига қараб техника ситалли (фотоситалл, ситаллцемент, сподуменли, кордиеритли, кўрғошинли ситалл ва ҳоказо) ҳамда саноат чиқиндиси ва тоғ жинси ситалли (шлакситалл, кулситалл, петроситалл)га бўлинади.

Татбиқ этиш соҳаларига кўра бўлиниши. Материалларни татбиқ этилишига кўра керамика ва шишалар учта кат-

та қисмга бўлинади: 1) қурилиш ва саноат қурилиши материаллари; 2) техника материаллари; 3) маиший-хўжалик материаллари (1- ва 2- жадваллар).

Қурилиш ва саноат қурилиши материалларига қурилиш керамикаси маҳсулотлари, ўтга чидамли материаллар ва қурилиш шишаси киради. Қурилиш керамикаси деворбоп, томбоп ва фасадбоп керамика, пол плитаси, канализация учун ишлатиладиган сопол қувурлар, кимёвий моддаларга нисбатан чидамли керамика, фильтрловчи ковак керамика, керамзит, аглопорит ва санитария-қурилиш сопол буюмларидан ташкил топган.

Кенг кўламда саноат қурилмалари қурилишида ишлатиладиган ўтга чидамли материаллар кимёвий-минералогик таркибига ҳамда ишлаб чиқариш технологиясига қараб саккиз тур (қум-тупроқли, алюмосиликатли, магнезиал хромитли, цирконийли, карбонли, оксидли ва кислородсиз) моддаларга ажралади.

1- жадвал

Керамика материалларини татбиқ этилиши ва сув ютувчанлигига кўра классификацияси

Вазифаси	Керамика тури	Хомашёси	Буюми
1	2	3	4
Сув ютувчанлиги 15% гача бўлган ва қисман пишган серковак буюмлар синфи			
Қурилиш керамикаси. Деворбоп материаллар	Юқориғовакли, йирик донали	Тупроқ, қум ва бошқа кенгаковчан материаллар	Лойтупроқли ғишт ва ичи ғовак тошлар (блоклар)
Томбоп материаллар	Юқориғовакли, йирик донали	Тупроқ, қум	Черепица
Пардозлаш материаллари	Юқориғовакли, йирик донали	Тупроқ, шамот, қум, дала шпати, тальк, каолин	Ташқи пардозлаш плиткалари ва блоклари, терракот, метлах, мозайка ва фаянсли плиткалар
Санитария техника буюмлари	Фаянс, ярим-чинни	Тупроқ, каолин, бентонит, кварц, кварцли қум	Санитария узеллари жиҳозлари

1	2	3	4
Маиший ва бадиий декоратив керамика	Фаянс, яримчинни, майолика	Тупроқ, каолин, бентонит, кварц, кварцли қум, дала шпати	Ошхона ва чойхона идиш-товоқлари, бадиий декоратив буюмлар
Оловбардош керамика	Қум-тупроқли, алюмосиликатли, магнезиал, хромли, цирконийли, карбонли, оксидли, кислородсиз ва бошқалар	Тупроқ, каолин, шамот, кварцитлар, охак, доломит, магнезит, оксидлар, нитридлар, карбидлар ва бошқалар	Ғишт, блоклар, мураккаб шаклли буюмлар
Сув ютувчанлиги 0,5% дан юқори бўлмаган ва батамом пишган зич заррачали буюмлар синфи			
Техника керамикаси	Муллитли, корундли, стеатитли, кордиритли, тоза оксидли, электр чинни	Тупроқ, каолин, андалузит, глинозем, дала шпати ва бошқалар	Изоляторлар, термопаралар ғилофи, вакуумга мўлжалланган пишиқ колбалар, ўтхоналар учун оловбардош қисмлар
Кислотага бардошли керамика	Тошсимон, кислотага бардошли чинни	Тупроқ, каолин, кварц, дала шпати, шамот	Кислота сақланувчи идишлар, кимё корхоналари асбоблари, ошхона ва чойхона идиш товоқлари, декоратив буюмлар
Маиший хўжалик ва бадиий декоратив керамика	Қаттиқ ва юмшоқ хўжалик чинниси	Тупроқ, каолин, кварц, дала шпати	Лаган, коса, чойнак, тарелка, пиёла, ваза ва бошқалар
Санитария қурилиш керамикаси буюмлари	Паст температурада пишувчи чинни	Тупроқ, каолин, кварц, қум, дала шпати	Раковина, унитаз ва бошқа буюмлар

Техникада қўлланувчи материаллар, асосан техника керамикаси, техника шишаси ва техника ситалли группаларига мансуб. Кўп манбаларда техника керамикаси 6 тур маҳсулотларни ўз ичига олиши қайд этилган: юқори ўтга чидамли оксидлар керамикаси; силикат ва алюмосликатлар асосидаги керамика; титан (IV) оксиди, титан, цир-

2-жадвал

Баъзи шишаларнинг кимёвий таркиби ва татбиқ этилиши

Шиша группаси	Шишаларнинг номи	Шишанинг кимёвий таркиби, мас % хисобида				
		RO_2	R_2O_3	RO	R_2O	Бошқалар
1	2	3	4	5	6	7
Қурилиш	Дераза ойнаси: "лодочка"ли чўзиш	72,0 SiO_2	1,4 Al_2O_3 0,1 Fe_2O_3	7,5 CaO 3,5 MgO	15,0 Na_2O	0,5 SO_3
	"лодочка"сиз чўзиш	72,4 SiO_2	1,7 Al_2O_3 0,1 Fe_2O_3	7,8 CaO 3,6 MgO	13,8 Na_2O	0,5 SO_3
	Силлиқланган витрина ойнаси	72,0 SiO_2	1,4 Al_2O_3 0,1 Fe_2O_3	9,0 CaO 3,0 MgO	14,0 Na_2O	0,5 SO_3
	Армировкали ва нақшли ойна	71,5 SiO_2	0,9 Al_2O_3 0,1 Fe_2O_3	12,6 CaO 1,0 MgO	12,5 Na_2O	0,4 SO_3
	Кўзгу ойнаси	71,5 SiO_2	0,3 Al_2O_3 0,1 Fe_2O_3 0,6 B_2O_3	14,0 CaO 1,0 MgO	13,4 Na_2O	—
	К-3 ойнаси	71,4 SiO_2	0,3 Al_2O_3 0,1 Fe_2O_3 7,8 B_2O_3	1,3 CaO 0,5 MgO	9,4 Na_2O 9,2 K_2O	—
	Шиша блоклар	73,2 SiO_2	1,0 Al_2O_3 0,1 Fe_2O_3	8,2 CaO 3,0 MgO	13,5 Na_2O	—
	Кўпирган изоляция шишаси	72,5 SiO_2	1,0 Al_2O_3	6,0 CaO 4,0 MgO	16,1 Na_2O	0,4 SO_3
	Кўпирган ишқорсиз шиша	60,5 SiO_2	14,6 Al_2O_3	16,2 CaO 8,7 MgO	—	2,0 F_2 100% устига
	Шиша қувурлар	72,0 SiO_2	1,5 Al_2O_3	7,5 CaO 3,0 MgO	16,0 Na_2O	—
	"Перекс" шишаси	80,5 SiO_2	2,0 Al_2O_3 12,0 B_2O_3	0,5 CaO	4,0 Na_2O 1,0 K_2O	—
Техника	Кварцли шиша: хира	99,7 SiO_2	0,27 Al_2O_3 0,03 Fe_2O_3	—	—	—
	шаффоф	99,95 SiO_2	0,01 Al_2O_3 0,01 Fe_2O_3	0,01 CaO	0,02 Na_2O	—
	Оптик шиша: крон	71,0 SiO_2	0,3 As_2O_3	10,1 CaO	18,6 K_2O	—
	флинт	47,0 SiO_2	0,2 As_2O_3	46,4 PbO	6,4 K_2O	—

1	2	3	4	5	6	7
	Нур техникаси шишаси: нур сочиш	72,5 SiO_2	4,5 Al_2O_3	5,0 CaO	16,0 Na_2O 2,0 K_2O	—
	прожектор	72,0 SiO_2	2,0 Al_2O_3	7,0 CaO 4,0 MgO	13,5 Na_2O 1,5 K_2O	—
	Электротехник колба шишаси	71,9 SiO_2	—	5,5 CaO 3,5 MgO 2,0 BaO	16,1 Na_2O 1,0 K_2O	—
	Электроизоляция шишаси	75,0 SiO_2	0,5 Al_2O_3 0,05 Fe_2O_3	8,5 CaO 0,95 MgO	15,0 Na_2O	—
	Кимёвий лаборатория шишаси: 846 шиша	74,0 SiO_2	3,0 Al_2O_3 3,0 B_2O_3	10,0 CaO	10,0 Na_2O	—
	Пирекс	81,0 SiO_2	2,0 Al_2O_3 12,0 B_2O_3	0,5 CaO	4,5 Na_2O	—
	Термометр шишаси: 16[III]-шиша	67,5 SiO_2	2,5 Al_2O_3 2,0 B_2O_3	7,0 CaO 7,0 ZnO	14,0 Na_2O	—
	59[III]-шиша	72,0 SiO_2	5,0 Al_2O_3 12,0 B_2O_3	—	11,0 Na_2O	—
	Тиббиёт шишаси: НС-1-*шиша*	73,0 SiO_2	4,5 Al_2O_3 4,0 B_2O_3	7,0 CaO 1,0 MgO	8,5 Na_2O 2,0 K_2O	—
	МТ-шиша	72,5 SiO_2	2,0 Al_2O_3	8,0 CaO 2,0 MgO	15,5 Na_2O	—
	Шиша электрод: ЦЛА-шиша	59,5 SiO_2	19,5 La_2O_3		12,6 Li_2O 8,4 Cs_2O	—
	АҚШ-шиша	56,7 SiO_2	18,9 La_2O_3		12,1 Li_2O 12,3 Cs_2O	—
	Атом техникаси шишаси: γ - нуридан сақловчи	1,6 TiO_2	—	61,0 PbO 1,6 CaO	—	15,1 P_2O_5 21,3 WO_3
	Нейтрон ютувчи	—	30,0 B_2O_3 25,0 Cd_2O_3	25,0 CdO 20,0 CaO	—	—
	Радиацияга чидамли	72,3 SiO_2	0,3 R_2O_3	8,4 CaO 0,2 MgO	17,6 Na_2O 1,2 K_2O	—

1	2	3	4	5	6	7
Хўжалик	Шиша идиш (тара)	61,9 SiO_2	11,6 Al_2O_3 1,5 Fe_2O_3	0,8 MnO 7,0 CaO 4,1 MgO	10,5 Na_2O 2,3 K_2O	0,3 SO_3
	Биллур	59,0 SiO_2	—	24,0 PbO 1,0 ZnO	16,0 K_2O	—
	Оғир биллур	51,8 SiO_2	0,04 Fe_2O_3	37,4 PbO	0,7 Na_2O 10,06 K_2O	—
	Қўрғошинсиз биллур	78,0 SiO_2	0,5 Al_2O_3	6,8 CaO	1,4 Na_2O 13,3 K_2O	—

кон ва бошқа кимёвий бирикмалар асосида диэлектрик ўтказувчанликка эга бўлган керамика; феррошпинел ва бошқа бирикмалар асосида олинадиган магнит хоссали керамика; юқори температурада эрийдиган кислородсиз бирикмалар асосидаги керамика ва керметлар.

Украина Фанлар Академияси қошидаги «Материалшунослик муаммолари» институти олимлари тақдим этган классификацияга кўра техника керамикаси буюмларини хоссалари, ишлатилиши ва хомашёсига кўра қуйидаги 8 турга бўлган маъқул: электр керамикаси, магнитли керамика, оптика керамикаси, хемокерамика, биокерамика, иссиқлик керамикаси, механик керамика ва ядро керамикаси (3-жадвал). Албатта, классификацияни янада тўлдириш имкониятлари мавжуд. Масалан,уларга ҳақли равишда юқори температурали, ўта юқори ўтказувчан керамика ва бошқаларни келтириш мумкин.

Техника шишаларини шартли равишда қуйидаги 14 та турга бўлиш мумкин: кварц шишаси, оптика шишаси, ёруғлик техникаси шишаси, тобланган шиша, тахта, триплекс шиша тахтаси, қайрилган шиша, кимёвий лаборатория шишаси, термометр шишаси, тиббиёт шишаси, шиша электрод, электр пайвандловчи шиша флюслар, электротехника шишалари, шиша тола, атом техникаси шишалари.

Техника ситаллари группасига эса қуйидаги 11 тур материаллари киради: сподумен таркибли ситаллар, кордиерит таркибли ситаллар, юқори кремнеземли ситаллар, қўрғошинли ситаллар, ситаллцемент, шаффоф ситалл, нейтрон ютувчи ситаллар, рангли ситаллар, ситаллэмаль, фотоситаллар ва бошқалар.

Техника шишалари кейинги вақтда атом ва ракета техникаси ҳамда квант электроникасида кўплаб қўлланмоқда. У атом техникасида нурнинг сочилишидан сақланиш, нурнинг тарқалишини дозировка қилиш, радиоактив нурдан сақланиш каби муҳим вазифаларни бажармоқда. Бундай шишалар олдига юқори температурага чидамлилик, коррозияга учрамаслик, нур таъсирида хоссаларини ўзгартирмаслик каби талаблар қўйилган. Кристалланган шиша-ситаллдан тайёрланган бошқарилувчи снарядларнинг конуссимон қисми ҳам қайд этилган ижобий сифатларга эгалиги билан ажралиб туради.

Маиший-хўжалик материаллари ва буюмлари асосан нафис керамика ва маиший шишадан ташкил топган. На-

3-жадвал

Техника керамикаси буюмлари классификацияси

Керамиканинг функционал тури	Ишлатиладиган хоссалари	Қўлланилиши	Ишлатиладиган моддалар
1	2	3	4
Электркерамика	Электр ўтказувчанлик, электр изоляцияси, диэлектрик пьезоэлектрик хоссалари	Интеграл схемалар, конденсаторлар, вибраторлар, ўт олдиргичлар, ситувчилар, термисторлар, транзисторлар, фильтрлар, қуёш батареялари, қаттиқ электролитлар	BeO, MgO, Y_2O_3, ZnO, Al_2O_3, ZrO_2, SiC, B_4C, TiC, CdS, титанатлар, Si_3N_4
Магнетокерамика	Магнит хоссалари	Магнит ёзуви боши, магнит ўтказувчилар, магнитлар	Магнитли юмшоқ ва магнитли қаттиқ ферритлар
Оптокерамика	Шаффофлик, поляризация флюоресценция	Юқори босимли лампалар, ИҚ-шаффоф ойна, лазер материаллар, ёруғлик ўтказувчилар, оптик хотира элементлари, дисплей экрани, модуляторлар	Al_2O_3, MgO, Y_2O_3, SiO_2, ZrO_2, TiO_2, ThO_2, ZnS, CdS

1	2	3	4
Хемокерамика	Абсорбцион ва адсорбцион хусусиятлар, каталитик активлик, емирилишга бардошли	Сорбентлар, катализаторлар ва уларни ташувчилар, электродлар (масалан, ёқилғи элементлари), газларнинг намлик датчиклари, кимёвий реакторларнинг элементлари	ZnO, Fe_2O_3, SnO, SiO_2, MgO, BaS, CeS, TiB_2, ZrB_2, Al_2O_3, SiC, титанатлар
Биокерамика	Биологик мослашувлик биоемирилишга бардошли	Тиш ва бўғин протезлар	Оксидли системалар
Иссиқлик керамикаси	Иссиқликка нисбатан чидамлилик, иссиқликка бардошлилик, ўтга чидамлилик, иссиқлик ўтказувчанлик, иссиқлик сиғими, иссиқликдан кенгайиш коэффициенти	Ўтга чидамли, иссиқлик қувурлари, юқори хароратли реакторларнинг футеровкаси, металлургия саноати учун электродлар, иссиқлик алмашувчилар, иссиқлик ҳимояси	SiC, TiC, B_4C_2, TiB_2, ZrB_2, Si_3N_4, BeS, CeS, BeO, MgO, ZrO_2, Al_2O_3, TiO, композитлар
Механокерамика	Қаттиқлик, мустаҳкамлик, қайишқоқлик модули, қовушқоқликнинг бузилиши, ишқаланишга бардошлилик, триботехник хосса, иссиқликка бардошлилик, иссиқликдан кенгайиш коэффициенти	Иссиқлик двигателлари керамикаси, зичлаштирувчи, антифрикцион ва фрикцион керамика, кесувчи асбоблар, пресс-асбоб, йўналиш ва ишлатишга бардошли деталлар	Si_3N_4, ZrO_2, SiC, TiB_2, ZnB_2, TiG, TiN, NC, B_4C, Al_2O_3, BN, титанатлар
Ядро керамикаси	Радиацион бардошлик, иссиқликка бардошлик, иссиқликка бўлган мустаҳкамлик, нейтронларни қамраб олиш, кесиш, ўтга чидамлилик, радиоактивлик	Ядро ёқилғилар, реакторларнинг футеровкаси, экранлаш материаллари, нурланишни ютувчилар, нейтронларни ютувчилар.	UO_2, UO, PuO, UC, US, ThS, SiC, B_4C, Al_2O_3, BeO

фис керамика буюмлари икки турга — *чинни* ва соподи буюмларга, маиший шиша буюмлари эса уч турга — шиша идиш (тара) сортли шиша ва бадиий декоратив шишага бўлинади. Маиший-хўжалик буюмларини яна ўтга чидамли материаллар ва ситаллар асосида ҳам олиш мумкин.

Кимёвий-минералогик таркибга асосланиб ажратиш. Керамика ва шиша маҳсулотлари материалнинг кимёвий ва минералогик таркиби ёхуд ишлатилаётган хомашё турига қараб ҳам классификацияланади. Ўтга чидамли материаллар классификациясининг асосида хомашёнинг физик ва кимёвий табиати асос қилиб олинган. Шунинг асосида юқорида қайд қилиб ўтганимиздек, барча моддалар 8 та группага бўлинади. Улар ҳам ўз навбатида композиция ташкил этувчи асосий хомашё минераллари миқдорининг ўзаро нисбати асосида 18 та типга бўлинади.

Тайёр маҳсулотнинг кимёвий таркиби, айниқса аморф модда ноорганик шиша классификациясида муҳим ўринни эгаллайди. Таркиб асосини ташкил этувчи Д. И. Менделеевнинг кимёвий элементлар даврий системаси жадвали элементининг сони ва номига қараб шишалар қуйидаги турларга ажратилади: силикатли, боратли, фосфатли, германатли, теллуритли, селинитли, алюминатли, галлатли, арсенатли, антимонатли, висмутли, титанатли, ванадатли, молибдатли, вольфраматли, галогенидли ва ҳоказо. Номи қайд қилинган силикатли ва фосфатли шишалар ўзининг амалий аҳамияти билан ажралиб туради. Силикатли шишалар асосини кремнезём, яъни SiO_2 ташкил қилади. Бундай маҳсулотлар туркумига қурилиш шишаси, силлиқланган шиша, архитектура мақсадларида хизмат қилувчи шиша, шиша тара ва шиша идишлар киради. P_2O_5 асосида олинган фосфатли шишалар техника ва оптика шишалари ҳамда электровакуум саноати шишаларидан иборат. B_2O_3 асосида олинган боратли шиша оптика ва термик турғун шишалар олишда қўл келади. Таркибида PbO бўлган шишалар биллур маҳсулотлари ишлаб чиқаришда кенг қўлланилади.

Яна бир ҳисобга олинадиган фактор — зўрга суюлувчан моддаларнинг нометалл ва металлсимон шаклларга эга эканлигидир. Нометалл моддаларнинг заррачалари ўртасидаги муносабат ковалент, ионли ёхуд ковалент-ионли бўлади. Металлсимон моддаларда эса кимёвий боғланиш-

SamKI 482427
KUTUBXONASI

нинг металлик типи мавжуд. Биринчи группага даврий системанинг III-VI группасида жойлашган бор, азот, карбон, кремний, алюминий, кислород ва бошқаларнинг бирикмалари киради. Иккинчи группада эса карбидлар, боридлар, нитридлар, силицидлар мавжуд. Юқорида қайд этилган бирикмаларнинг кўпчилигида юқори қаттиқлик ва термодинамик турғунлик мавжуд.

Тайёрлов усули ва кўринишига кўра ажратиш. Керамика ва шиша маҳсулотларини тайёрлаш усули ишлов бериш хили, структураси, қаттиқ ва майда заррачаларнинг бирбирига ёпишиб қолиши, сирланганлиги, юзасининг кўриниши, шакли ва ўлчами, ўтга чидамлилиги, кислотага бардошлилиги ва шунга ўхшаш бошқа факторлар асосида ҳам қисм, группа ва турларга бўлинади.

Тайёрлов усулига кўра, масалан, барча ўтга чидамли маҳсулотлар шликер ёки эритмадан қуйилган, пластик формовка қилинган, яримқуруқ прессланган, пластик бўлмаган кукунсимон массадан трамбовкаланган, тоғ жинси ва қуйма блоклардан арраланган буюмларга ажралади. Термик ишлов бериш хилига қараб эса ушбу маҳсулотлар куйдирилмаган (монолит буюм), куйдирилган (шамот ғишти) ва эритиб қуйилган (дераза ойнаси) маҳсулотларга бўлинади.

Машинасозлик керамикаси, шу жумладан, керамик инструментал материаллар олиш технологиясида ҳам тайёрлов усули ўта муҳим бўлиб, технологиянинг энг мураккаб ва масъулиятли жараёнлардан бири ҳисобланади. Уларда тайёрлов усули, асосан уч турга ажралади. Биринчи усулда совуқ ҳолатда пресслаш ва куйдириш орқали маҳсулотни жипслаш содир бўлади. Иккинчи усул иссиқ пресслаш усули деб номланади. Учинчи усулда керамик кукун иссиқ изостатик пресслашга дучор бўлади. Техникада биринчи ва учинчи усулларнинг биргаликда ишлатилиши ва шу орқали тайёр буюмнинг хоссаларини турғун ҳолатга келтириш ҳам маълум. Иккинчи ва учинчи усуллар биринчи совуқ қолиплаш усулидан ўлароқ катта тежамкорликка олиб келиши мумкин, чунки бу ҳолатларда қуритиш ва куйдириш жараёнларига муҳтожлик қолмайди.

Қуйида кукунлар орқали керакли керамика моддалари олиш бўйича мавжуд усуллар ҳақида фикр билдирилади. Энг кўп тарқалган усул печь синтези усули бўлиб, у ёпиқ

ҳажмли реакторларда олиб борилади. Иккинчи усул ўзи тарқалувчан юқори температурали синтез бўлиб, у реакция жараёнида экзотермик иссиқликнинг ҳосил бўлишига асосланган. Учинчи усул плазмали технология ёки плазмакимё синтези номи билан аталади.

Шиша маҳсулотлари асосий жараёнлардан бири—қуйиш усулига кўра тортиб (чўзиб) тайёрланган, прокат (прокатка) қилинган ва сайқал (полировка) берилган шишаларга ажратилади. Улар қуйиш жараёнидаги ишлов бериш усулига кўра, қуйма бадиий безакланган, нақшланган, силлиқланган, эмаль бўёқлар билан бадиий ишлов берилган буюмлардан ташкил топган.

Синдириб кўрилган юзанинг кўриниши (структураси) бўйича барча буюмлар иккига—майда толали тузилишга ва *йирик толали тузилишга эга бўлган буюмларга ажралади*. Бундай йўсинда классификациялаш айниқса нафис ва лағал керамика буюмлари учун хос. Қуйиш жараёнида қаттиқ майда заррачаларнинг бир-бирига ёпишиб қолишига кўра ҳам буюмлар танаси тош қотиб қолган ва танаси ғовакларга ажралади. Танаси ғовак буюмлар нур таъсирида ялтирамайди, юзаси хира ва ерсимон тусга эга бўлади. Танаси тош қотиб қолган буюмлар эса мустаҳкам, ялтироқ чиғаноқсимон юзага эга, очиқ ва туташган ғовакларсиздир. Керамика буюмлари, шунингдек, сирланган ва сирланмаган бўлишлари мумкин. Ташқи муҳит таъсиридан сақланиш ва декоратив тус бериш учун буюмлар (масалан, сопол ва чинни, ички ва ташқи пардозлаш плиткалари, юзали ғишт ва канализация қувурлари) сир билан қопланган.

Баъзи бир ҳолатларда буюм юзасининг кўриниши, геометрик шакл ва ўлчами ҳам классификациялашга сабабчи бўлади. *Юзанинг табиатига кўра барча шиша маҳсулотлар* қуйидаги группаларга бўлинади:

Яхлит юзали буюмлар (дераза, ойна, плитка, шиша блоклар, раковина, ванна, қувур ва ҳоказо); қия (нишаб) юзали буюмлар (линза — ботиқ ойна); тўлқин юзали буюмлар (томга ёпиладиган шиша, тарнов-шиша); нақш юзали шиша буюмлар (шиша эшик полотноси, биллур, гилам-мозаика плитаси); сертола юзали буюмлар (шиша тўлдиргич, иссиқлик ва товушни изоляция қилувчи шиша мато); армировкали юзага эга буюмлар (армировкаланган қурилиш шишаси).

Ўтга чидамли материаллар эса шакли ва ўлчамига кўра «тўғри» ва «клинли» нормал ғишт ва оддий, мураккаб, ўта мураккаб ва йирик блокли шаклдор буюмларга ажратилади. Яна улар юқори температурага чидамлилик нуқтаи назаридан ҳам уч турга — ўтга бардошли (1850—2040 К), юқори ўтга бардошли (2040—2270 К) ва ўта юқори ўтга бардошли (2270 К дан юқори) бўлиши мумкин.

3-§. Керамика ва шишалар ишлаб чиқариш технологияси

Технологик операциялар ҳақида умумий тушунча. Технология сўзи материалларни ишлаш воситалари ва усуллари ҳақидаги билимларни англатади. Шу сабабли қуйида силикат ва ундан маҳсулотлар ишлаб чиқариш жараёнига оид баъзи бир умумий маълумотларни келтирамиз.

Керамика ва ўтга чидамли материаллар ҳамда шиша ва ситалл буюмлари ишлаб чиқариш технологиясининг асосида табиий ёки сунъий хомашё ва материаллар (кукуни) ни маълум даражада комплекс хоссалари билан характерланувчи техникавий монолит тошга айлантириш ётади.

Керамика ва шишалар технологиясининг айрим қисмларини схематик равишда қуйидагича тасвирлаш мумкин:

1. Керамика ва ўтга чидамли материаллар технологияси: хомашё → кукун, пластик масса ёки шлинкер тайёрлаш → қолиплаш → қуритиш → куйдириш → термик, механик ёки кимёвий ишлов бериш → сортлаш→ упаковкалаш → тайёр буюмлар омбори;

2. Шиша ва ситаллар технологияси: хомашё → шихта-кукуни ёки брикет тайёрлаш → эритиш → қолиплаш → термик, механик ёки кимёвий ишлов бериш → сортлаш → упаковкалаш → тайёр буюмлар омбори.

Аввало технологик жараёнда хомашё сифатида ишлатиладиган материаллар устида тўхталиб ўтамиз. Керамика ва ўтга чидамли материаллар олишда гил, лёсс, дала шпати, қум ва шамот, шиша ва ситалл маҳсулотлари ишлаб чиқаришда эса қум, оҳактош, сода ёки поташ каби хомашёлар ишлатилади. Кўриниб турибдики турли-туман силикат маҳсулотларини олишда ишлатилувчи хомашё турларида анчагина ўхшашлик бор. Аммо ишлаб чиқарилаётган маҳсулотларнинг хосса-хусусиятларига қараб уларнинг ўзаро нисбати ва тури ўзгариши мумкин. Масалан: қури-

лиш ғишти, ғовак ва кавакли ғиштлар олишда гилнинг осон суюқланувчан ва 1620 К дан паст температурага бардош берувчи тури ишлатилади. Турли қўшимчалар — кварц ёки кварц қуми, темир оксидлари, оҳактош заррачалари ва органик бирикмалар уларни пастроқ температурада суюқланишига олиб келади. Ўтга чидамли материаллар олишда эса ўтга бардошли гиллар ишлатилади. Улар осон суюқланувчан гилларга нисбатан тоза бўлиб, кварц, дала шпати, слюда, темир бирикмалари ва бошқалар нисбатан камроқ аралашгани сабабли, 1850 К дан юқори температурага бардош беради. Гилларнинг учинчи тури қийин суюқланувчан гиллар 1620—1850 К да суюқланади. Уларда механик қўшимчалар ўтга бардошли гиллардагига нисбатан кўпроқ бўлгани сабабли ўтга чидамли ғишт олиб бўлмайди. Улардан, асосан канализация қувурлари, пол ва ички пардозлаш плиткалари ва фасадбоп керамика ишлаб чиқаришда фойдаланилади.

Силикат маҳсулотлари олинишидаги бажариладиган асосий технологик операциялардан бири хомашё материалларини тайёрлаш бўлиб, у ҳўл ёки қуруқ усулда амалга оширилади. Хомашё материаллари сувда тайёрланганида, ишлаб чиқариш усули «ҳўл» усул деб аталади. Қайси усулни танлаш хомашё тури ва унинг хоссалари, технологик ва техник иқтисодий табиатидаги бир қатор омилларга боғлиқ.

Материалларни тайёрлашга оид асосий вазифа — талаб қилинган намлик ҳамда кимёвий, минералогик ва гранулометрик таркибли бир жинсли хомашё аралашмасини ҳосил қилишдир. Ана шундай аралашмани тайёрлаш учун таркибга кирадиган материаллар (оҳактош, гил, дала шпати, тўғриловчи қўшимча ва бошқалар) майда туйилади ва маълум миқдордаги сув ёки пар иштирокида яхшилаб аралаштирилади. Таркибга кирувчи материаллар майда туйилса ва аралаштирилса, хомашё аралашмаси таркибидаги оксидлар куйдирилаётган ёки эритилаётганда бир-бирларига ўзаро тўлароқ таъсир этишади.

Хомашё материаллари керамика ва шишалар технологиясининг иккала қисми учун ҳам айнан бир хил тайёрланади. Хомашёни ер остидан кавлаб олиш, ташиш, доналаш, саралаш, дозалаш, юқорига кўтариш, узатиш, аралаштириш, унлаш ва тайёр бир жинсли хомашёни сақлаш ишлаб чиқаришдаги асосий технологик операциялардан ҳисобланади.

Хомашёни қазиб олиш ва ташиш. Хомашё, масалан, гилни ер остидан кавлаб чиқариш корхона яқинидаги очиқ саёз кон-карьерларда амалга оширилади.

Хомашёни сидирадиган ва юклайдиган машина — скрепер, бульдозер ёки экскаватор ёрдамида аввало карьер юзаси ўсимлик, кулранг тупроқ ва оҳактош қолдиғидан тозаланади, оқова ариқлари йўқотилади ҳамда машиналар учун кириш йўли қурилади. Сўнгра турли усулларда (илиқ иқлимли районларда очиқ, қиши қаттиқ районларда эса ёпиқ усулларда) гилни кавлаш ва транспорт воситаларига юклаш ишлари амалга оширилади. Ушбу мақсадларга одатда чўмич ҳажми 0,5—2 м³ бўлган бир чўмичли, кўпдан-кўп ҳолларда кўпкавшли экскаваторлар қўл келади.

Оҳактош, мергель, магнезит, доломит, кварц, дала шпати, тоғ биллури каби қаттиқ моддалар эса портлаш ёрдамида қазиб олинади ва бир чўмичли экскаватор ёрдамида вагонетка, платформа ёки машиналарга жойланади.

Хомашёни ташиш мақсадида рельсли ва рельссиз, даврий ва тўхтовсиз узатиб турувчи машиналар қўлланилади. Рельсли транспорт воситалари қаторига мотовоз, электровоз, осма сим арқон йўли кабилар киради. Рельссиз юк ташувчи воситаларга эса турли-туман маркали автомашиналар (масалан, «БелАЗ» ва «КрАЗ»), электролафат, скрепер ва бульдозерларни кўрсатиш мумкин. Юкларни жойидан жойига тўхтовсиз узатиб туриш горизонтал йўналиш бўйича транспортер ва вертикал йўналишда элеваторлар воситасида бажарилиши мумкин. Карьер заводдан тахминан 1 км нарида бўлса лентали транспортлардан, завод билан карьер ораси паст-баланд жойлар бўлса осма сим арқондан фойдаланса бўлади. Баъзи ҳолларда гидротранспортдан фойдаланилади.

Қаттиқ иқлимли шароитларда нормал ишлашни таъминлаш учун корхона ҳовлисида ишлаб чиқариш учун керакли материалларнинг маълум муддатли захиралари ҳозирлаб қўйилади.

Хомашёни майдалаш. Керамика ва шиша маҳсулотларини ишлаб чиқаришда хомашёни майдалаш турли майдалаш-туйиш машиналарида амалга оширилади. Бу машиналарда майдалаш модда бўлакларини эзиш, уриш, ишқалаш, ёриш, узиш, портлаш жараёнлари орқали рўй беради. Ушбу жараён тури одатда моддаларнинг физик хоссалари,

модда бўлакчаларининг ўлчами ва белгиланган майдалаш даражасига қараб танланади.

Масалан, гилнинг ҳажм оғирлиги 1700—2000 кг/м^3 ва сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси 0,2—0,6 МПа; оҳактошнинг ҳажм оғирлиги 2630—3100 кг/м^3 ва сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси 40—380 МПа; кварцнинг ҳажм оғирлиги 2640 кг/м^3 ва сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси 80—145 МПа; шамотнинг ҳажм оғирлиги 1700—2100 кг/м^3 ва сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси 10 МПа атрофида бўлади. Хомашёнинг кўриниб турган физик хоссаларидаги фарққа қараб моддаларнинг майдаланишга мойиллиги туйиш қобилияти коэффициенти орқали аниқланади.

Туйиш қобилияти коэффициенти маълум даражада майдаланган эталон ва текширилаётган моддаларнинг майдалашга кетган солиштирма энергия миқдорлари нисбатини англатади ва хомашё турлари учун қуйидаги рақамлар билан характерланади:

Гил	1,5 — 2
Оҳактош	0,8 — 1,1
Кварц	0,6 — 0,7
Клинкер	1
Дала шпати	0,8 — 0,9
Магнезит	0,7 — 1
Тошкўмир	0,7 — 1,3

Майдаланаётган модда бўлакчаларининг дастлабки ўлчами уларни карьердан қазиб олиш, ташиш ва намлигига кўра турлича бўлади. Бўлакчалар кўринишини шартли *шарсимон шаклда деб олсак, уларнинг диаметри* қуйидагича топилади:

$$Д_{ўртача} = \sqrt[3]{lbh} \quad ёки \quad Д_{ўртача} = \frac{l+b+h}{3}$$

Аксарият ҳолатда бу ўлчамнинг бошланғич ҳолати 750—250 мм га тенг бўлиб, туйилганидан кейинги ҳолати эса 0,01 мм ва ундан ҳам кичик бўлиши мумкин.

Модда бўлакчалари бошланғич ўртача ўлчами ($Д_{ўртача}$)нинг майдалангандан кейинги ўртача ўлчамига ($d_{ўртача}$) нисбати *материалнинг майдаланиш даражаси* деб аталади ва у *i* ҳарфи билан белгиланади:

$$i = \frac{Д_{ўртача}}{d_{ўртача}}$$

Материалларни майдаланиш даражаси майдалаш машиналари учун 4—30 га, ун тортиш машиналари учун 300 гача, баъзи вақтларда эса бир неча минггача бўлиши мумкин.

Қаттиқ хомашёни майдалашда валикли майдалагич, чопқирли майдалагич (тегирмон тоши ва умуман битта ёки иккита тошайланувчи катокдан иборат янчиш учун хизмат қиладиган машина), болғачали юзли (лунжли), конусли, роторли (зарбли) майдаловчи машиналар, стругач (юмшоқроқ хомашёни қириш йўли билан майдаловчи машина) ва тонрасплер (сетка юзасига ишқалаш орқали майдалаш)лар ишлатилади. Ун тортиш машиналари сифатида эса шарли, стерженли ва болғачали тегирмонлар қўлланилади. Кейинги пайтларда ушбу мақсадда пневмо-, вибро ва энергия оқимли тегирмонлар кенг қўлланилмоқда.

Номлари юқорида қайд этилган машиналарнинг у ёки бу турини қўллаш юқорида сўз юритилган уч фактор (сиқилишдаги мустаҳкамлик, бўлакларнинг дастлабки ўлчами ва майдалаш даражаси)га боғлиқ. Оҳактош, кварц ва шамот каби қаттиқ ва мустаҳкам моддалар юзли (жағли, лунжли) майдалагичларда 100—200 мм ўлчамгача майдаланади. Сўнгра болғачали ва конус майдалагичларда 10—30 мм ўлчамгача кичрайтирилади. Ушбу мақсадда зарбли майдалагичлардан ҳам фойдаланса бўлади. Унда материал катта тезликда айланаётган тўқмоқлар ва корпусга ўрнатилган махсус панжаралар ёрдамида майдаланади. Сўнгги марта хомашё валикли майдалагичдан ўтган гил билан бирга шарли тегирмонларда ҳўл ёки қуруқ усулда майдаланади. Материал сувсиз майдалангандагига қараганда сувда яхши майдаланади, чунки сув майдаланаётган материал қаттиқлигини кескин камайтиради.

Оҳактош ва бошқа компонентлар шарли тегирмонга узлуксиз ишлайдиган механизмлар ёрдамида узатилади. Уларнинг ишини автоматлар бошқарганлиги сабабли тегирмон доимо бир хил кучланишда серунум ишлаб, материалларни талаб қилинган даражада майдалаб ва аралаштириб туради.

Хомашёни тозалаш ва таъмирлаш. Бу операция вақтида майдаланган материал ёки бир жинсли аралашма айрим нав (сорт) ва синф (класс)ларга ажратилади ҳамда керак-

сиз қўшимчалардан тозаланади. Умуман, силикатлар технологиясида материаллар тўрт хил усулда сараланади:

механик саралаш — материал тўр панжарали машина ва асбоблар ёрдамида чайқалиб ишлайди ва доналарининг катта-кичиклигига кўра икки ёки бир қанча турларга ажралади;

ҳавода саралаш — материал доналари ҳаво сепараторлари, циклон, фильтр ва электрофильтрларда оғирлик ва айланма кучлар таъсирида горизонтал ёки вертикал ҳаракатдаги ҳаво оқимидан ажратиб фракцияланади;

магнитли саралаш — материал электромагнит сепараторлар билан темир бирикмалари ҳамда металл қўшимчаларидан тозаланади;

гидравлик саралаш — бунда материалнинг конусли, камерали ва гидромеханикавий классификаторларда сувли муҳитда доналар ўлчами ёки солиштирма оғирлигидаги фарқ сабабли турли тезликда чўкишига асосланиб фракцияларга бўлиниши ётади.

Технологияда майдалаш — унлаш машиналари, қолиплаш асбоблари, юкларни тўхтовсиз узатиб туриш каби воситаларининг хомашё, сув, ёнилғи ва шу кабилар билан таъминлашни тартибга солиб туриш махсус тарелкали (дискли), пластинкали (лентали), барабанли ва шнекли озиқлантирувчи машиналар ёрдамида бажарилади. Баъзи вақтларда бу машиналар дозалагич вазифасини ҳам ўташи мумкин.

Дозалагичлар технологик линия материалларини маълум миқдорда узлуксиз ёки порцияли (циклли) узатиб туришга хизмат қилади. Улар дозалаш усулига кўра ҳажмли ва оғирлик дозалагичларга бўлинади. Ҳажмли дозалагичларда дозалаш аниқлиги 2—5 % га тенг. Улар тузилиши нуқтаи назаридан қулай ва содда бўлиб, техникада жуда кенг қўлланилади. Аниқ ўлчов талаб қилинган жойларда эса фақат циклик ёки узлуксиз ишлайдиган тарозилар қўлланилади.

Хомашёни аралаштириш, таркибини тўғрилаш ва сақлаш. Хомашёларни бир-бири ва сув билан аралаштириш муҳим технологик жараён бўлиб, у қанотли лойқоргич, шнекли лойқоргич, эритмақоргич, парракли аралаштиргич, лойаталагич каби машиналарда амалга оширилади. Мисол тариқасида пластик усулда қурилиш ғишти тайёр-

лаш жараёни билан танишиш мумкин. Бу усулда майдаланган гилтупроқ қанотли бир ёки икки валли лойқоргичга тушади. Бу ерда унга 18—25 % сув қўшилиб лой қорилади ва бир жинсли бўлгунига қадар шнекли вал қанотлари ёрдамида аралаштирилади. Пластик масса, масалан, маиший-хўжалик чиннисини олиш учун шликер ёки эритмадан тайёрланаётган бўлса, у ҳолда таркибидаги сув миқдори фильтрпресслар ёрдамида камайтирилади. Яна массага лентасимон вакуумли ёки вакуумсиз прессларда қўшимча ишлов бериб сифатини яхшилаш мумкин.

Бир жинсли тайёр моддани қолиплаш. Керамика ва ўтга чидамли материаллар яримқуруқ усул кукуни, пластик усул массаси, шликер ёки эритма махсус асбоб ва машиналар ёрдамида қолиплаб олинади. 7—12 % намликка эга бўлган яримқуруқ кукун бир ёки икки томонлама бир поғонали ёхуд кўппоғонали усулларда 20—40 МПа босимда прессланади. Пресслаш жараёни тирсак дастали, фрикцион, ротацион ва гидравлик прессларда бажарилади. 18—25 % намликка эга пластик массани пресслаш 1—2 МПа босимда лентасимон ёки штамповка прессларида амалга оширилади. Одатда масса пресс ичида шнек ёрдамида сурилади ва зичланади. Пресс мундштукидан узлуксиз чиқаётган брус кесадиган қурилманинг пўлат симлари ёрдамида кесилиб, берилган ўлчамдаги ғишт ҳосил қилинади. Штамповка прессларида жараён даврий бажарилгани сабабли кесадиган қурилмага ҳожат қолмайди. Бу прессларда жуда унумдор бўлиб соатига 10 минг, ҳатто ундан кўп маҳсулотни қолиплаш имкониятини беради. Сопол-чинни каби буюмлар олишда ҳам юқорида намлиги қайд этилган массалар ишлатилади, аммо қолиплаш жараёни қўлланилаётган машина ва асбоблар турига кўра бошқачароқ ўтади.

Шиша ва ситалл маҳсулотлари ишлаб чиқаришда қолиплаш жараёни керамика ва ўтга чидамли материаллар олиш технологиясидан ўлароқ, асосий термик операция эритиш жараёнидан сўнг амалга оширилади. Қолиплаш қўл ва машиналар ёрдамида тортиб чўзиш, қуйиш, прокатлаш, пресслаш, пуфлаш усулларида бажарилади. Масалан, дераза ойнаси вертикал ва горизонтал йўналишда чўзиладиган машиналарда тайёрланади. Бу машиналарда узлуксиз шиша лентаси эритмага туширилган «қайиқча» номли қолипловчи мосламанинг тирқиши орқали тортиб

чўзилади ва тешикли ўлчамларда қалинлиги 2—6 мм бўлган варақлар кўринишида қирқиб олинади. Узлуксиз шиша лентасини қайиқча усулисиз эркин ҳолда ҳам чўзиб олиш мумкин. Бу усулда шиша массаси бошқа модда билан алоқада бўлмагани сабабли ҳаво пуфакчалари, қилсимон чизиқ ва хира нуқта каби нуқсонлардан холи бўлади.

Шиша ва ситалл шихтаси эришидан олдин (баъзи ҳолатларда) қолипланиб майда-майда дона — гранулалар ҳосил қилинади. Қуруқ усулда портландцемент ишлаб чиқариш жараёнида ҳам ана шундай доналар тешикли пресс, махсус барабан ёки товоқсимон донадорлаштиргичларда тайёрланади. Бу билан шиша шихтаси ёки цемент унининг чиқит газлар билан кўп миқдорда учиб чиқиб кетишига барҳам берилди. Натижада печь нормал ишлайди ва иш унумдорлиги ошади.

Маҳсулотга термик, механик ва кимёвий ишлов бериш. Бу усуллар орасида термик ишлов бериш керамика ва шиша технологиясининг энг мураккаб ва масъул жараёни бўлиб, тайёр маҳсулотнинг сифатини маълум даражада таъминлайди. Керамика ва ўтга чидамли материаллар технологиясида маҳсулотни куритиш ва куйдириш, шиша ва ситаллар технологиясида эса аралашма ёки гранулаларни эритиш ва қолипланган маҳсулот кучланишини йўқотиш каби асосий жараёнларни ўз ичига олади.

Номи юқорида қайд этилган силикат маҳсулотларига термик ишлов бериш турли усул, агрегат ва температурада олиб борилади.

Керамика ва ўтга чидамли материаллар ишлаб чиқаришда аввало хом маҳсулот куритилади. Ҳозирги пайтда маҳсулотларни куритиш жараёни замонавий, қўл кучи ва қўл меҳнатидан холи бўлган камера, конвейер ёки тунель куритгичларда 360—390 К иссиқлик ёрдамида олиб борилади. Куритиш вақти техника тараққий этгани сари қисқармоқда.

Хом ғиштнинг куритилишини мисол тариқасида келтиришимиз мумкин. Нурли ёки ротацион автоматлар билан брусдан кесилган ғишт «Автомат тахловчи» машиналар ёрдамида куритиш вагончаларига юкланади. Жумладан, «СМ 562А» маркали шундай машина бир соатда 8000 дона ғиштни тахлайди, яъни илгари 8—10 киши бажарадиган ишни бир ўзи бажаради, сўнгра 6—9 % намликкача

қуритилади. Ғишт тайёрлаш жараёни қадим замонларда машаққатли операция ҳисобланиб, ғишт ҳафталаб очиқ майдонларда ва махсус саройларда қуёш нури ёки ёнаётган ўтин иссиқлиги ёрдамида қуритилар эди. Ҳозирги пайтда қуритиш вақти бир неча марта қисқарган: у камера агрегатида 40—70 соатни, туннель агрегатида эса 15—40 соатни ташкил қилади.

Қуритилган ғишт қуритгич вагончаларидан олиниб, махсус вагонлар ёки махсус хоналарга жойланади. Сўнгра у пиширилади. Бу мақсадда турли-туман печлардан кенг фойдаланилади.

Қурилиш ғиштн олиш учун ишлатиладиган масса таркибига эриш температураси паст бўлган моддалар киритилишига қарамасдан ғиштнинг пишиш ва қаттиқ тошга айланиш температураси ҳали ҳам юқорилигича — 1170—1370 К атрофида қолмоқда. Шунинг учун ғиштлар махсус ўтдонда, яъни айланма ва туннель печларида куйдирилади ёки автоклавларда пар билан ишлов берилади. Ўтга чидамли ғишт таркибига эриши қийин бўлган каолин тупроғи, юқори температурага чидамли тоғ жинси ва сунъий моддалар кирганлиги сабабли улар куйдирилаётганда температура анча юқори — 1620—1770 К атрофида бўлади ва улар асосан туннель печларда тайёрланади.

Ҳозирги замонавий ғишт куйдириш печлари гигант иншоотлардан иборат бўлиб, уларнинг майдони ўнлаб, ҳатто юзлаб квадрат метрни ташкил қилади. Мисол тариқасида айланма печнинг ҳажми 950 ва туннель печнинг ҳажми 315—440 $м^3$ ни ташкил қилишини эслатиш кифоя. Улар электр токи, газ ёки мазут орқали иситилади. Бундай печларнинг 1 $м^3$ ҳажмидан бир ойда 1500—5000 дона ғишт олинади. Битта 100 куб метрлик ҳажмни ташкил этган печдан йилига олинадиган ғишт маҳсулоти 25 миллион донани ташкил этади. Ғиштларни куйдириш вақти эса 24 соатдан 72 соатгача давом этиши мумкин.

Ҳозирги пайтда силикат ғиштларни пиширнш катта ҳажмли автоклавларда амалга оширилади. Ишлов беришда қўлланиладиган буғнинг температураси 420—479 К бўлиб, босим 7—8 атмосферани, автоклавда ишлов бериш вақти эса 14—16 соатни ташкил этади. Фақат шундай шароит яратилгандагина қум оҳак ва сув билан кимёвий реакцияга киришади, ғиштнинг мустаҳкамлигини таъминловчи монокальцийли гидросиликат минералини ҳосил қилади.

Эффектив ғишт турлари ҳам худди қурилиш ғиштн сингари айланма ва туннель печларда пиширилади. Уларни куйдиришнинг ўзига хос афзалликлари бор: 20—25 % ёқилғи тежалади, куйдириш вақти бир мунча қисқаради, ғишт вагонларини силжитишга кетган энергия камаяди ва ҳоказо.

Чинни-сопол буюмлари ишлаб чиқаришда ҳам хом маҳсулотларга термик ишлов бериш кўпинча туннель печларда амалга ошади. Аммо ғишт каби маҳсулотларга ўлароқ термик ишлов икки стадияда олиб борилади. Масалан, хўжалик-маиший чинниси аввал 1170—1220 К температурада куйдирилади, сўнгра сирланади ва 1570—1620 К да иккинчи марта куйдирилади. Маҳсулот юзаси бўялган ва олтин сувида безакланган бўлса, у ҳолда учинчи термик ишлов берилади. Сопол буюмлари олишда эса биринчи куйдириш жараёни иккинчисига нисбатан юқорироқ температурада олиб борилади. Шу сабабли тайёр маҳсулот бир оз ғовак бўлиб сув шимишга мойил бўлади.

Шиша олиш технологиясида ҳам хомашё сифатида таркиби кремний (IV) оксидига тўғри келадиган қум, кальций оксиди бўлган оҳактош, мармар ёки бор, таркибида натрий ёки калий оксиди бўлган сода ёки поташ ишлатилади.

Шишаларга ранг беришда эса аралашмага титан (IV) оксиди, неодим (III) оксиди, церий (IV) оксиди ва шунга ўхшаш реактивлар қўшилади. Қум ва бошқа моддалар шишаларнинг рангини бузувчи темир бирикмаларидан кимёвий усуллар ёки магнитли сепараторлар ёрдамида тозаланади. Сўнгра материаллар ажратиб олиниб, махсус камерали қуритғичларда қуритилади, элакларда эланади, автоматлашган тарозида тортилади, «Эйрих» деб аталадиган машинада қориштирилади ва прессларда брикетланади. Шундан кейин улар электр токи билан ишловчи транспортларда горшокли, протокли ёки протоксиз ванна печига туширилади. Печь ичидаги температура газ ёки мазутни ёқиш, электр токини электродларга узатиш орқали ҳосил қилинади (1670—1770 К бўлади). Бир неча соатлан сўнг юқори температурали шиша «бутка»си турли-туман машиналар ёрдамида қолипларга солиниб ишлов берилади. Стакан, қадаҳ, ваза, гулдон ва бошқа буюмлар қолипдан чиқарилгач, аста-секин совитилади. Бу жараёнларда шишанинг ички кучланиши секинлик билан йўқола боради.

Шундан кейин шиша бадиий цехга юборилиб, унга нақш ёки расм чизилади ёхуд тўғридан-тўғри сайқаллаш станокларига йўл олади.

Шишаларга сайқал бериш ва ялтиратиш жараёни асосан ШПС-73, МПС-1000 станокларида бажарилади. Абразив материал сифатида кичик ўлчамли қум, корунд, наждак, олмос, пемза ва ҳоказолардан, ялтиратиш учун эса жуда майда бўлган крокус, полирит каби кукунларнинг суспензиясидан фойдаланилади. Станокнинг сайқаллаш диски — чўяндан, ялтиратиш диски эса жун вайлокдан тайёрланади.

Ишлов беришда ҳар хил концентрацияли кислоталар ишлатилади. Масалан, биллур шишалари полировка қилинаётганда 40 % ли плавик кислота билан 96—98 % ли сульфат кислотадан фойдаланиш мумкин. Кимёвий ёки механик ялтиратиш жараёнидан кейин маҳсулот ялтираб, жилваланиб туради. Шундан сўнг маҳсулотлар жойлаш бўлимига, у ердан эса тайёр шиша буюмлар омборига жўнатилади.

Биз бу ерда шиша (ойна) тахтаси технологиясига яқин шиша олиш усулини баён қилдик. Шишанинг бир туридан иккинчи турига ўтилганда ушбу схема қисман ўзгариши мумкин. Масалан, оптика шишасини олишда маҳсулот бир марта эмас, балки икки марта узоқ муддатда (50—70 соатлаб) отжиг (кучланишни йўқотиш жараёни) қилиниб, кучланишлардан холи қилишни эслатиб ўтиш бизнингча кифоя. Таркиби натрийли силикат ёки калийли силикатдан ташкил топган ва паст температурада пишувчи шишаларни ишлаб чиқаришда эса отжиг жараёнини қўллашга ўрин йўқ. Ёки идиш (тара) мақсадларида олинадиган уч ёки тўрт компонентли шишаларда механикавий, кимёвий ёки бадиий ишлов бериш жараёнининг бутунлай йўқлиги ҳам юқоридаги фикримизни тўла тасдиқлайди. Шиша-кристалл маҳсулотларини ишлаб чиқаришда ҳам отжиг орқали кучланишни йўқотиш жараёнига ўрин йўқ.

4-§. Қурилиш ғишти технологияси

Қурилиш керамикаси маҳсулотлари. Қурилиш керамикаси материаллари ва буюмлари қаторига йирик ва майда донали керамика массалари асосида олинган, уй-жой, саноат корхоналари, турли муҳандислик иншоотлари, йўллар, сув ва канализация тармоқлари қурилишида ишла-

тиладиган моддалар киради. Улар яна фан ва техника, боғ ва парклар, турли-туман соҳалар учун хизмат қилувчи иншоотлар қурилишида ҳам кенг қўлланилади.

Қурилиш керамикаси буюмлари технологик хусусиятларига кўра иккита катта группага бўлинади. Биринчи — «А» группага сув ютувчанлиги 7 % дан кам бўлган керамика буюмлари, иккинчи — «Б» группага эса сув ютувчанлиги 7 % дан кўп бўлган буюмлар киради.

Қурилиш керамикаси буюмлари 2-§ да кўрсатилганидек анъанавий керамика буюмлари группасига мос бўлиб, унинг қаторига саноат ва граждан қурилишида кенг қўлланиладиган қуйидаги буюмлар киради:

— деворбоп керамика материаллари — оддий қурилиш ғишти ва бошқалар;

— томбоп керамика материаллари — черепица;

— ташқи юза керамикаси материаллари — юзали тош ва ғиштлар, облицовка учун ишлатилувчи плиткалар, архитектура-санъат буюмлари, печ учун ишлатилувчи изразци (қурилма деворига қоплаш учун ишлатиладиган, чиннига ўхшатиб ишланган, рангли, нақшли йилтироқ кошин ёки ғишт плитка)лар.

— ички пардозлаш материаллари — фаянсли сирланган плиткалар, пол учун ишлатилувчи плиткалар, изразци ва бошқалар;

— эффектив ғовак тўлдиргичлар — керамзит, перлит, аглопорит, гравий ва бошқалар;

— санитария-техника буюмлари — ванналар, раковиналар, умивальниклар, унитазлар ва бошқалар;

— керамикадан ясалган қувурлар — канализация ва дренаж мақсадларида ишлатилувчи буюмлар.

Қурилиш керамикаси буюмлари, асосан куйдириб олинадиган буюмлар бўлиб, ғовакли (деворбоп материаллар, архитектура пардозлаш керамикаси, декоратив керамика, черепица, иссиқлик изоляцияси ва бошқалар) ва тошкерамика буюмлари (клинкерли ғишт, канализация қувури, кислотага чидамли қувур ва буюмлар, пол учун ишлатиладиган плитка ва бошқалар) га ажралади.

Қурилиш керамикаси буюмлари орасида деворбоп керамика, дренаж қувурлари ва черепица алоҳида ўрин эгаллайди. Улар кўп тоннажли буюмлар классига мансуб бўлиб, ҳар бир шаҳар ва ҳар бир қишлоқда кўп миқдорда ишлаб чиқарилади ва қурувчиларга узатилади.

Деворбоп керамика буюми қаторига оддий тупроқдан ясалган ғишт, тупроқдан ясалган кавакли ғишт, ярим қуруқ усули бўйича прессланган ковакли ғишт, усти қопланган керамика ғишти ва тошлари, вазни енгил қурилиш ғишти, ковакли деворбоп керамика тошлари, блоклар, юзали блоклар, сирланган деворбоп керамика, ангоб юритилган деворбоп керамика, керамзит асосида олинган керамика блоклари ва бошқалар киради.

Томбоп материаллар (шифер, темир тунука ва бошқалар) орасида керамикадан ясалган черепица муҳим материал ҳисобланади. Шифер вақт ўтиши билан дарз кетади ва синади, темир тунука ҳар йили суриш учун бўёқ талаб қилади. Аммо тупроқ асосида ясалган черепица 100 йил ва ундан кўп хизмат қилади.

Дренаж учун ишлатилувчи керамика қувурларининг ҳам аҳамияти катта. Улар ботқоқ ерларни қуритишда муҳим роль ўйнайди. Ишлаб чиқаришда узунлиги 3330 ва 5000 мм, диаметри эса 125 мм, сув ютувчанлиги 18% дан ошиқ бўлмаган, кислотага чидамлилиги 84% дан кам бўлмаган турлари кўплаб ишлаб чиқарилади.

Курилишнинг қадимий материали. Табиатда ниҳоятда кўп кимёвий бирикмалар ва маҳсулотлар борки, уларга шунчалар кўникиб қолганмизки, ҳатто ҳаётимизда тутган ўринлари ҳақида кўпинча ўйлаб ҳам кўрмаймиз. Ана шундай оддий, лекин жамиятимиз тараққиётидаги ўрнини тасаввур этиб бўлмайдиган ёғоч, кўмир, цемент, шиша ва чинни каби кимёвий маҳсулотлар қаторига ғишт ҳам киради. Қурувчилар ғишт билан цемент эритмасини «қурилиш нони» деб аташларининг боиси ҳам ана шунда. Қурилиш керамикаси маҳсулотлари ичида ҳам тупроқ асосида ясалган қурилиш ғишти муҳим ўрин эгаллайди.

Оддий маҳсулот ҳисобланмиш ғиштнинг қиммати нимада? Бу саволга жавоб бермоқ учун мамлакатимизнинг ташқи қиёфасини Тошкент, Самарқанд, Бухоро, Хива каби қадимий ва навқирон гўзал шаҳарларни ҳаётимизни безаб турган қулай, шинам ва кўркам тураржой биноларисиз тасаввур қила олмаслигимизни эсга олиш кифоя.

Ғишт ҳақида нималарни биласиз? Ғиштнинг қаттиқ анорганик модда эканлиги, пишиқлиги, совуқ ва иссиқни яхши ўтказмаслиги, кимёвий моддалар билан актив реакцияга киришмаслиги маълум. Ғиштдан яхлит панель ва блоклар ясаш мумкинлиги ҳам аниқланган.

Ҳозир ғиштнинг ўта пишиқлик, изолятор ва яримўтказувчанлик, радиация ва ҳар хил муҳитга чидамлилик, серговаклик, иссиқликни кам ўтказиш, товушни ютувчанлик сингари хусусиятлари аниқланиб, улардан техника мақсадларида фойдаланилмоқда.

Ғишт ишлаб чиқаришнинг ўзлаштирилиши. Сунъий ғиштни ким яратган? Бу саволга аниқ жавоб бериш амримаҳол.

Тарих саҳифаларида *хом ғишт илк марта кўҳна Шарқ* мамлакатларида қурилиш мақсадларида ишлатилган деган тахминлар бор. Бундай тахминлар асосида ҳақиқат ётади. *Шарқ мамлакатларида ўрмонларнинг камлиги, иқлимнинг* йил бўйи иссиқ ва қуруқ келиши иншоотлар қурилишида хом ғиштларнинг қўлланилишига сабаб бўлган бўлса ажаб эмас. Бундай ғиштлардан ясалган уй-жойлар ва иншоотлар ҳозирги кунда ҳам кўплаб учраб туради.

Офтобда қуритилган ғишт Ўрта Осиё шаҳарлари қурилишида учраб туради. Термиз, Қарши, Бухоро, Қизил-Арват каби шаҳарларда бундай ғиштдан кўплаб уй-жойлар қурилган. Бундай уйлар намликдан деворнинг пастки қисмида юқори цоколь ва сифатли гидроизоляция қурилмалари ўрнатилганлиги сабабли йиллар давомида ўз хосса ва хусусиятларини сақлаб келмоқда. Бундай ғиштлар таннархи *куйдирилган ғиштлар таннархига нисбатан* 3—4 баробар арзон, термоизоляция қобилияти эса ўта юксак. Шу сабабли ундан бир қаватли уйларнинг қурилишида фойдаланиш масаласи ҳозирги куннинг долзарб масаласи бўлиб қолмоқда.

Хом ғиштдан қурилган бино ва иншоотлар камчиликлардан холи эмас, албатта. Хом ғиштдан қурилган уйлар сувоқ қилишни талаб қилади. *Хом ғишт зилзила, сув тошқини*, довул, жала каби табиий офатлар олдида ожиз.

Ғиштсозлик Ўрта Осиё, жумладан, бизнинг серқуёш республикамизда қай тарзда ривожланган деган ҳаққоний савол туғилиши муқаррар. Тарихий ва ашёвий далиллар Ўрта асрларга келиб, бу соҳа у ерда ривожланибгина қолмай, ҳаттоки, Ўрта Осиё дунё *ғиштсозлигининг маркази* бўлганлигидан далолат беради.

Ўрта Осиёлик усталар ғиштдан Бухоро, Хива ва Самар*қандда уй-жой, чойхона*, мақбара, зарбхона, масжид, минора, карвонсарой, қалъа, сарой, арк, аслаҳахона, устахона, кўшк, ҳаммом каби биноларнинг девор ва пойде-

вори, ҳошияси ва токчаси, гумбази ва пештоқи, устуни, айланма зинапоялар ва йўлаклар барпо этишган. Жумладан, IX асрнинг охири, X асрнинг бошларида Бухорода бунёд этилган сомонийлар мақбараси, XII асрда карвон йўли четида қурилган, баландлиги 30 метр ва айланаси 17 метрни ташкил этган салобатли Жарқўрғон минораси ҳам сифатли пишиқ ғиштдан қурилган. Шу хилдаги Ўрта аср қурилиши ва архитектурасига оид обидалар кўрки, салобати ва нақшинкор маҳобати билан ҳанузгача кишиларни лол қолдириб келмоқда, бетакрор меъморчилигимиз санъати довруғини олам узра ёймоқда.

XVIII—XIX асрларда ғишт ишлаб чиқариш корхоналари сони янада ортди. Шу билан бирга, ишлаб чиқариш жараёни ҳам такомиллашди. XIX асрнинг охири, XX асрнинг бошларида ғишт юзасини ҳосил қилувчи мунштукнинг кашф этилиши, лойга ишлов берувчи шнекли прессларнинг яратилиши, тупроқни қориб берувчи булғалагичларнинг ўрнатилиши ғишт саноатида ҳақиқий техника революциясига олиб келди.

Ғишт турлари. Энциклопедияларда ғиштга тўғри бурчакли параллелепипед шаклига эга бўлган стандарт ўлчамли минерал материаллардан қуйилган, куйдириш ёки пар билан ишлов бериш орқали олинадиган сунъий тошга айтилади деб таъриф берилган. Ҳақиқатан ҳам, қурилиш материали сифатида ишлатиладиган ғишт (маҳаллий аҳоли уни хом ғиштдан ажратиш мақсадида пишиқ ғишт деб ҳам атайди) сунъий кимёвий материал бўлиб, бўйи 250, эни 120 ва қалинлиги 65 мм, оғирлиги 4 килограмм қилиб тайёрланади. Бир ярим ёки модуль ғишт деб аталувчи ғишт турида эса параллелепипед қалинлиги 88 мм ни ташкил этади. Ишлаб чиқарилган маҳсулот ўзининг сиқилишга чидамлилиги билан 75, 100, 125, 150, 200, 250 ва 300 номли маркаларга бўлинади. Бу рақамлар ғиштнинг 1 квадрат сантиметр юзасига тўғри келадиган килограммда берилган юкнинг миқдорини белгилайди. Қурилиш ғишти 6—14 % сув ютиш, ўн беш марта кетма-кет такрорланадиган минус 15 ва плюс 20 даража оралиғида ўзгарган муҳитга чидамли бўлиши керак. Унинг 1 куб метр ҳажми оғирлиги 1450 килограммдан кам эмас.

Қурилиш ғишти физик-кимёвий жиҳатдан кальций, магний, алюмосиликат, темир силикати сингари тузлар

ва кремний (IV) оксиди асосида қотирилган суюқликнинг эвтектик қотишмасидан иборат. Температура 1200—1300° бўлганда у бутунлай эриб кетади ва шишасимон моддага *айланиб қолади.*

Юзали ғиштлар ҳам худди оддий ғишт ўлчамларида ишлаб чиқарилади, лекин уларнинг юзаси кейинчалик эритма билан сувалгани учун яхши куйган, ташқи кўриниши текис ва зич бўлиши керак. Бу ғиштлар архитектура аҳамиятига эга бўлган иморатларнинг пештоқини безашда қўлланилгани учун унинг юзаси юпқа қават яхши пишадиган оқ тупроқ ёки сир (паст температурада тез пишадиган оқ гил-тупроқ ёки сир сопол ва чинни идишларга суркаладиган *силикат асосли суюқлик), ангобалар билан қопланган.* Бундай ғиштлар билан Бухородаги Сомонийлар мақбараси, Андижондаги Жомий масжиди, Алишер Навоий номидаги Академик опера ва балет театрининг ташқи девори безалган. Уларнинг нақадар кўркамлигига бир назар солиб кўринг. Кўпинча бундай ғиштларни қолипларда қуйиш вақтида унга механик усул билан жўяк босилиб, шакл ҳосил қилинади, рангли кимёвий бирикма қуйилади.

Юзали ғишт сифатли лёсс ва каолин тупроғига турли *аралашмалар, жумладан шишасимон модда қўшиш орқали* олинади. Юқори температура 1100 даража атрофида ўзаро бирикиш ва кристалланиш жараёнлари зудлик билан рўй берганлиги сабабли тиниқ, силлиқ юза ҳосил бўлади.

Ғишт деганда яна унинг изоляция мақсадларида ишлатиладиган енгил вазнли, ғовак, ичи ковак ва ғовак — ичи ковакли турлари ҳам тушунилади. Бу ғиштлар ҳажм оғирлигини камайтириш ва иссиқликни изоляция қилиш хоссаларини кучайтириш мақсадида олиб борилган изланишлар натижасида бунёдга келди. Ниҳоятда енгил (ҳатто улар сувда ҳам чўкмайди) бўлган бу хилдаги енгил вазнли ғиштларнинг 1 тоннасини пар қозонлари, турбина, печь ва иссиқлик узатиш қувурларини қуришда ишлатиш натижасида халқ хўжалигида бир агрегатга ҳисоблаганда бир йилда 200 тонна атрофида иссиқликни тежашга имкон беради. Техника воситалари орасида ғовакли ғиштга тенг келадиган, ёнмайдиган, иссиқликни тежаш коэффициенти 95—97 % га етадиган бошқа қурилиш материалини топиш амримаҳол. Яна унинг акустик хусусиятларини айтмайсизми? Ғовакли ғиштда товуш ютиш ва товушни изоляция қилиш аъло даражада.

Сернозем ғиштларнинг минералогик таркиби худди оддий қурилиш ғиштининг таркибига айнан ўхшаш, аммо танада сферик шаклдаги жуда майда микроскопик бўшлиқчаларнинг бўлганлиги уларнинг 1 метр^3 ҳажми оғирликларини 600—1450 килограммгача тушиб қолишига сабабчидир. Албатта, ҳар бир ғиштнинг оғирлиги 4 килограммдан анча кам бўлади.

Ичи ковак ғиштлар 12, 16, 19, 24, 31, 65, 105 тешикли қилиб чиқарилади. Тешикларнинг кўплигига қараб ғиштларнинг оғирлиги 2,5 килограммгача камаяди, иссиқликни сақлаш хусусияти эса ортади, аммо сиқилишга чидамлилиги камаяди. Шунинг учун ҳам ичи ковак ғиштларни ишлаб чиқариш жараёнида унинг маркасини кескин пасайишига йўл қўймаслик даркор.

Кейинги йилларда ғиштнинг сернозем ва ичи ковак турлари ўрнига сернозем — ичи ковакли ғишт тури кўплаб ишлаб чиқарилмоқда. Бу эффектив ғишт тури массага куювчи қўшимчалар (майда кўмир, қипиқ) ва ғишт қолипларга махсус кернлар қўйиш орқали амалга оширилмоқда.

Ғиштнинг турлари кўп. Шулардан бири кислотага чидамли ғиштдир. Фазали таркиби асосан муллит ва кварц минералларидан ташкил топган бундай ғиштларнинг маркаси 200 дан, кислоталарга чидамлилиги 94 % дан кам бўлмаслиги унинг асосий хоссаларидандир.

Мамлакатимизда яратилган ва қурилишда кенг фойдаланиладиган яна бир ғишт бор. У ҳам бўлса кварц ва оҳак асосида олинган ва формуласи кальцийли гидросиликатдан ташкил топган силикат ғиштдир. Оқ рангли силикат ғишти мамлакатимизда 75, 100, 125 ва 150 маркаларида чиқарилади. Уларга 0,1—3 % атрофида бўёқ қўшиб, хоҳлаган рангдаги ғиштни олиш мумкин.

Қурилиш ғишти тушунчаси кўпинча уй-жой қурилиши материали сифатида талқин этилади. Аммо бу тушунчани техникада ишлатилувчи қурилиш материалига ҳам тааллуқли деб ҳисобланса катта хатога йўл қўйилмайди. Таркиби асосан муллит, циркономуллит, кварц, шпинел, хромомагнезит, корунд каби минераллардан ташкил топган ва ўтга чидамли материал номи билан аталган ғишт тури жуда юқори температурада ҳам ўз хоссаларини йўқотмайди. Бунда ғиштнинг эриш нуқтаси албатта 1580° дан юқори, оғирлик таъсиридаги деформация нуқтаси эса 1500°

атрофида бўлади. Ўтга чидамли ғиштлар ўлчами қурилиш ғишти қолипига ўхшаш бўлсада, аммо мутаҳкамликда танҳодир. Уларнинг 1 квадрат сантиметрига тенг юзаси 1 тонна ва ундан оғирроқ юк билан сиқилганида ҳам ўз шаклини йўқотмайди.

Ўтга чидамли ғишт ўз навбатида 8 та катта группага бўлинади. Булар кремнезём (динас ва кварц), алюмосиликат (*яримнордон, шамот ва кўпглиназёмли*), магнезиал (магнезит, доломит, форстерит ва шпинел), хром (хромит, хроммагнезит ва магнезитхромли), цирконий (циркон ва цирконий асосли), карбон (кокс ва графит), оксид ва кислородсиз ўтга чидамли моддалар группаларидир. Шунингдек, бу материаллар температурага чидамлилиги (1580—1770°) ва ўта чидамлилиги (2000° дан юқори), шаклига қараб «тўғри» ва «клинли» ғишт каби турларга бўлинади.

Умуман олганда, ғишт деганда қурилиш, ўтга чидамли ва техника ғишти тушунилади. У аввалдан архитектура ва *қурилиш билан боғлиқ бўлиб, унда фан ва технология*, санъат ва эстетика ўз ифодасини топган.

Ғишт қандай тайёрланади ва пиширилади. Ғиштнинг кимёвий таркиби қандай ва қайси компонентлар асосида олинади? Оддий қурилиш ғиштини ясаш учун аввало лёсс номи билан аталувчи ва таркибида 50 % кварц, 10 % глинозём, 15 % кальций ва магний оксидлари, 5 % ишқор ва темир оксидлари ва ниҳоят 15 % сув ва ангидрид газидан иборат тупроқ ишлатилади. Бу тупроқнинг эриш температураси 1150—1180° га тенг бўлиб, тошга айланиш температураси 1050—1100° атрофидадир.

Енгил вазнли изоляция ғиштини олишда лёсс, сланецли тупроқ, диатомит, трепел каби пластик моддалар, базальт, гранит, диабаза, трахит каби тоғ жинслари ёки домна тошқоли, иссиқлик электростанцияларининг куллари каби саноат чиқиндиларидан фойдаланилади. Маҳсулот вазнида атом ва молекулалар зичлигини камайтириш мақсадида эса газ, кўпик, ўтин, торф, қамиш, хашак, алюминат упаси, канифоль, совун, водород пероксид кабилар массага қўшилади.

Серғовак ва серғовак-ичи ковакли ғиштлар массага пишиш температурасини камайтирувчи кум ёхуд қипиқ ёки кул ва кўмир қўшиш орқали олинади. Гранулометрик

таркиби асосан 0,05—0,005 мм дан иборат бўлган лёссларга дарахт чиқиндиси ёки майдаланган кўмир қўшилади.

Ичи ковак ғишт юқорида қайд қилганимиздек увалашишга мойил, сиқилишга эса чидамсиздир. Бу камчиликларни уларга кучли пластик моддалар қўшиш орқалигина бартараф этиш мумкин. Тошкент Кимё-технология институти «Силикат материаллар технологияси» кафедраси олимларининг фикрича, бу мақсадларда 10—15 % миқдорда Келес бентонити ёки Ангрен каолинитини лёссга қўшиш мақсадга мувофиқ.

Ғиштнинг силикат ғишти деб аталувчи турини ишлаб чиқаришда эса оҳактош ва қум ишлатилади. Ишлатилаётган кварц қумида кремний (IV) оксидининг миқдори 90 % дан кам бўлмаслиги, оҳак эса тўйинмаган ва сўнмаган бўлиши керак. 90—93 % қум ва 7—10 % миқдорда оҳак аралаштирилгандан сўнг оҳак барабан ёки силосхоналарда сув ёрдамида сўндирилади.

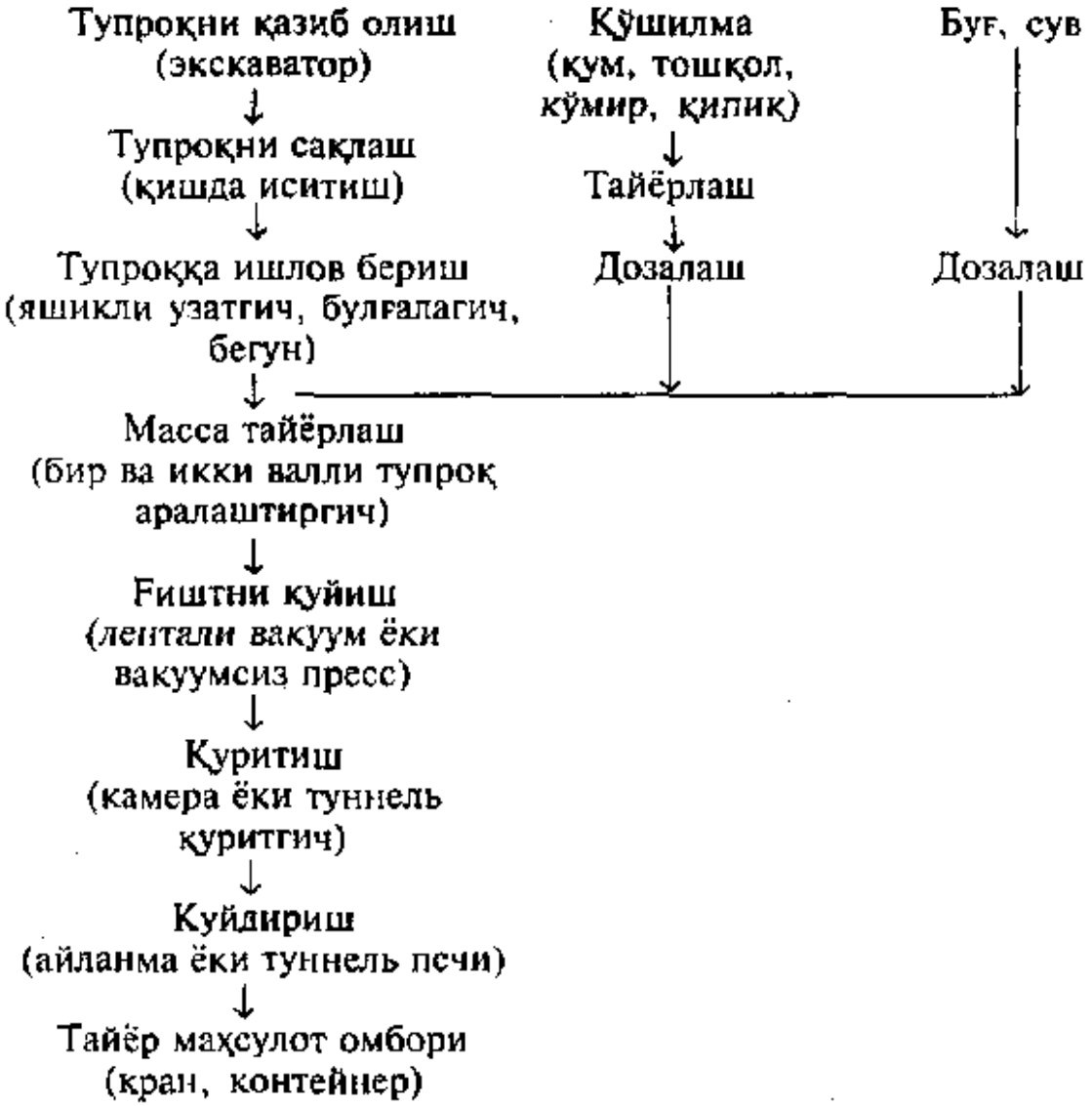
Ўтга чидамли ва юзали ғиштларнинг олинишида асосан таркибида алюминий оксиди кўп бўлган ва кимёвий формуласи гидроалюмосиликатга тўғри келган оқ каолин тупроғи ҳамда тоғ жинсларининг барча турлари қўлланилади. Масалан, шамот ғишт номли ўтга чидамли материалнинг олинишида ишлатиладиган тупроқнинг температурага чидамлилиги 1580° дан, ундаги алюминий (III) оксидининг миқдори эса 28 % дан кам бўлмаслиги керак.

Ғишт ишлаб чиқариш жараёни мураккаб бўлиб, у бир қанча босқичларни ўз ичига олади. Қуйида берилаётган оддий ва унумли ғишт ишлаб чиқаришнинг технологик схемаси бу ҳақда тушунча ҳосил бўлишига ёрдам беради (1-расм).

Ғишт ишлаб чиқариш кераклн хомашё манбалари бор ерларда амалга оширилади ва иш хомашёни бир ёки кўп чўмичли экскаваторлар ёрдамида қазиб олишдан бошланади. Сўнгра тупроқ 12 ёки ундан ҳам кўп юк кўтарадиган КрАЗ, БелАЗ маркали автосамосвалларда тупроқ сақлаш омборига жўнатилади ва сақланади.

Хомашёни майдалаш жараёни ғишт ишлаб чиқариш технологиясининг энг аҳамиятли жараёнидан биридир. Ғишт корхоналарида бу жараён тошажраткич ва силлиқ валли машина (булғалагичлар) ёрдамида бажарилади.

150—200 мм ўлчамли бўлакчалар тошажраткич цилиндрларида 12 мм гача, силлиқ валларда эса 3—4 мм гача



1- расм. Курилиш ғишти ишлаб чиқаришнинг технологик тизими.

майдаланади. Механик аралаштиргичлар ёрдамида тупроққа қўшимча моддалар ва сув қўшилади. Саноатда кенг тарқалган СМ-447А аралаштиргичда бир соат давомида 18 м^3 моддани қўшиш ва намлаш мумкин. Намликнинг массада бир текисда тарқалиши, тупроқнинг тез бўкиши учун сув ўрнида 0,5—0,7 атмосферали буғ ишлатилса яхши натижалар бериши мумкин. Технологларнинг фикрича, 1000 дона ғиштга 100—150 кг буғ сарфлаш ғишт маркасининг ҳеч бўлмаганда 25 килограммга ошишини таъминлайди.

18—23 % намликдаги ғишт массаси ва вакуумсиз ётиқ лента прессларда 2—5 кг/см^2 ли босим остида қолипларга қуйилади. Ватанимизда кенг тарқалган, 420—700 мм симоб устунига тенг вакуумли ва 100 квт ток кучи ёрдамида

ишлайдиган СМ-443А прессининг унумдорлиги соатига 5000 минг донани ташкил этади. Шунингдек, ғиштни ярим-қуруқ пресслаш усули бўйича 100—150 атм босим таъсирида ҳам қолиплаш мумкин. Бу ҳолатда намлиги 8—12 % бўлган тупроқ ишлатилади.

Нурли ёки ротацион автоматлар билан брусдан кесилган ғишт «автомат-тахлагич» машиналар ёрдамида қуритиш вагончаларига жойланади. Жумладан, «СМ-562А» маркали шундай машина бир соатда 8000 дона ғиштни тахлайди, яъни илгари 8—10 киши бажарадиган ишни машинанинг бир ўзи бажаради.

Хом ғишт 6—9 % намликкача қуритилади. Илгари бу энг машаққатли операция ҳисобланиб, ғишт ҳафталаб очиқ майдонларда қуёш нури ёки ёнаётган ўтин ёрдамида қуритилар эди. Ҳозирги пайтда ғишт қуритиш жараёни замонавий камера ёки туннель қуритгичларда 90—120° да қуритилади. Қуритиш вақти ҳам бир неча марта қисқаради: камера агрегатида 40—70 соатни, туннель агрегатида эса 15—40 соатни ташкил қилади.

Қуритилган ғишт қуритгич вагончаларидан олиниб, махсус вагон ёки хоналарга жойланади ва сўнгра пиширилади.

Қурилиш ғиштини олиш учун ишлатиладиган шихта таркибига эриш температураси паст бўлган моддаларнинг киришига қарамасдан хом ғиштнинг пишиши ва қаттиқ тошга айланиш температураси ҳали ҳам юқорилигича (900—1100° атрофида) қолмоқда. Шунинг учун ғиштлар махсус ўтдонда, яъни айланма (ҳалқасимон, ичида айланма йўллари бўлган) ва туннель печларида куйдирилади ёки уларга автоклавларда пар билан ишлов берилади. Ўтга чидамли ғишт таркибига эриши қийин бўлган каолин тупроғи, температурага чидамли тоғ ва сунъий жинслар кирганлиги сабабли, улар куйдирилаётганда температура анча юқори (1350—1500° атрофида) бўлади ва улар асосан туннель печларида тайёрланади.

Ҳозирги замонавий ғишт куйдириш печлари гигант иншоотлардан бири бўлиб, унинг майдони ўн, ҳатто юз м^2 ни ташкил қилади. Мисол тариқасида айланма (ҳалқасимон) печнинг ҳажми 950, туннель печнинг ҳажми 315—440 м^3 ни ташкил қилишини эслатиб ўтиш кифоя. Бу печлар электр токи, газ ёки мазут орқали иситилади. Бундай

печларнинг 1 м³ ҳажмидан бир ойда 1500—5000 дона ғишт пишириб олинади. Битта 100 м³ ҳажмни ташкил этган печдан йилига олинадиган ғишт маҳсулоти 25 миллион донани ташкил этади. Ғиштларни куйдириш вақти 24 соатдан 72 соатгача давом этиши мумкин.

Ҳозирги пайтда силикат ғиштлар катта ҳажмли автоклавларда пиширилади. Ишлов беришда буғнинг температураси 150—200° атрофида бўлиб, босим 7—8 атм. ни, автоклавда ишлов бериш вақти эса 14—16 соатни ташкил этади. Фақат шундай шароит яратилгандагина қум ва оҳак сув билан кимёвий реакцияга киришади, ғиштнинг мустаҳкамлигини таъминловчи монокальцийгидросиликат минералини ҳосил қилади.

Эффектив ғишт турлари ҳам худди қурилиш ғишти сингари айланма ва туннель печларида пиширилади. Уларни бундай усулда куйдирилганда 20—25 % ёқилғи тежалади, куйдириш вақти бирмунча қисқаради, вагонларни силжишига кетган энергия камаяди.

Ғиштнинг ишлатилиши. Пишиқ ғишт ҳам тайёр бўлди дейлик. Хўш, у қаерларда ишлатилиши мумкин. Шу нарсани алоҳида таъкидлаш лозимки, ғишт, аввало қурилиш материалидир. У айни кунларда мамлакатимизнинг қурилиш материалларига бўлган эҳтиёжнинг 50—60 % ни қондириб келмоқда.

Оддий қурилиш ғишти иморат ҳамда иншоотларнинг деворлари ва бошқа қисмларга ишлатилса, юзаси силлиқланган ғишт иморатларнинг ташқи юзасини пардозлашда; махсус ғиштлар эса завод ва фабрика қувурлари, канализация ва йўл иншоотлари қурилишида; ўтга чидамли хиллари юқори температурали қурилмаларни бунёд этишда, хусусан цемент, гипс, керамика ва шиша пишириш печларини қуришда ишлатилади.

Оддий қурилиш ғиштининг асосий камчилиги унда иссиқлик ўтказиш коэффицентининг бир оз юқорилигидир. Шу боисдан иморатларнинг ташқи девори катта қалинликда қурилади, ҳолбуки, мустаҳкамлик нуқтаи назаридан уларни ингичкароқ қилиб қуриш ҳам мумкин. Бу эса ўз навбатида ғишт массаси, қолаверса эритманинг кўп сарфланишига олиб келади. Шунинг учун олим ва инженерлар бу борада катта изланишлар олиб бормоқдалар. Хусусан, А. Больцманнинг ихтиросини такомиллаштириш

натижасида ғиштнинг «Ички қисми бўш», «Ковакли», «Беш деворли ғишт» сингари турлари яратилди. Бундай 1 м³ га 1000—1400 кг оғирлик тўғри келувчи ғиштлар тураржой биноларини қуришда кўплаб ишлатилмоқда. Уларни қўллаш иморат ишчи кучининг 25 % га қисқаришига, яъни уни ташишга кетувчи маблағнинг камроқ сарф бўлишига олиб келади.

Силикат ғиштнинг таннархи оддий пишиқ ғиштнинг таннархидан арзон. Аммо унинг шакли тўғри, юзаси текис, ранги тиниқ. Бу факторлар қурилиш жараёнида деворларга ғишт қўйишни тезлаштиради, деворнинг кўркам ва сифатли бўлишига олиб келади.

Маълумки, оғир саноат ривожининг асоси бўлган чўян ва пўлатни эритишда ғиштсозларнинг хизмати катта. Ғишт чўян ва пўлат эритувчи домна, мартен, кислородли конвертор печларининг ички қисмини қоплаш учун ишлатилади. Шунингдек, улардан пўлатни узлуксиз қуйиш қурилмаларининг кавш, стакан, пробка (тиқин) ва втулкалари, регенераторларнинг насадкалари (печларнинг қувурдан чиқиб кетаётган иссиқлик, газ ёхуд тутундан фойдаланиб печга ҳавони иситиб берувчи қисми), қора ва рангли металлар учун тигеллар (металл эритиш ёки бирор металлни юқори температурада тоблаб олиш учун ўтга чидамли гилватадан қилинган қозон) тайёрланади.

Бундай мақсадда ишлатилувчи аксарият материаллар агрессив муҳит таъсирига ниҳоятда чидамли бўлади. Мисол тариқасида шуни айтиш мумкинки, углеродли блоклар билан футеровка қилинган домна қўраси, яъни металл эритадиган печнинг ичига қопланган ўтга чидамли материал 2000° дан юқори температурада 7—8 йил мобайнида узлуксиз ишлаши мумкин.

Ғишт кимё саноатида ҳам кенг қўлланилмоқда. У алюминий, магний, қўрғошин, кальций карбид, фосфор, темир қотишмаларини эритиш печлари, циклонлар, қувур узатгич (узоқ масофага газ, пар ва суюқлик узатиш) ва чанг тўплаш аппаратларини қуриш, қаттиқ ёқилғида ишловчи буғ қозонларининг юзини қоплашда ишлатилади.

1950 йилдан кейин ўтга чидамли ғиштларнинг янги — техникада қўллаш суръати янада тезлашди. Ракета, реактив двигатель ҳамда газ турбиналарининг мустаҳкамлиги ва эрозияга чидамлилигини таъминловчи кремний карбиди, молибден дисилициди сингари кимёвий бирикмалар билан қопланган қисми углеродли материаллар билан

футеровка қилинмоқда. Шунга ўхшаш маҳсулотлар реакторларда нейтронлар ҳаракатини секинлаштириш, пресслаш печларининг исувчи формалари ролини бажариш, вакуум техникада иссиқликни изоляция қилиш каби ишларни бажаришга ёрдам беради. Умуман, ғишт жуда кўп имкониятларга эга бўлган материалдир.

5- §. Сопол буюмлар ишлаб чиқариш технологияси

Нафис керамика маҳсулотлари. Табиий лойтупроққа кварц, дала шпати ёки бўр қўшиш билан ҳосил қилинган маълум даражадаги намликка эга бирикмаларни қолипга солиб ва куйдириб ҳосил қилинган зич донали тузилишга эга материаллар нафис керамика материаллари деб аталади. Бундай материаллар қаторига биринчи навбатда сопол ва чинни маҳсулотлари киради. Сопол ёки фаянс буюмларнинг *сув ютувчанлиги 9—21 % бўлса, чиннининг* бу кўрсаткичи 0,5—0 % атрофида бўлади. Фаянс ва чинни оралиғида ҳосил бўлган материал яримчинни номи билан аталади. Унинг сув ютувчанлиги 3—7 % дир.

Нафис керамика маҳсулотлари қаторига майолика ҳам киради. Бундай буюмлар рангли табиий тупроқлар асосида олинган бўлиб, сирти бўғиқ калийли сир билан қопланган бўлади. XV асрда Италиянинг Фаенца шаҳрида ривож топган майолика туфайли сопол «фаянс» деб илк бор номланди.

Фаянс группасига мансуб бўлган буюмлар уч кичик группача — хўжалик-маиший буюмлар, буюмларнинг юзаларини қоплашда ишлатиладиган керамика кошинлари ва санитария-техника буюмларига ажралади.

Фаянс ёки сопол яримчинни ва чинни маҳсулотлари каби гил, дала шпати ва кварцлардан тайёрланади, аммо хомашёлар нисбати билан фарқланади (4-жадвал).

4-жадвал

Хомашё тури	Массадаги миқдори, %		
	Қаттиқ фаянс	Яримчинни	Санитария чиннниси
Куйдирилганда оқарадиган гиллар ва каолинлар	50—55	48—50	45—50
Дала шпати ёки унинг ўрнини босувчи хомашёлар	5—10	7—12	18—22
Кварц, кварц қуми ёки уларнинг ўринбосарлари	40—50	40—45	30—35

Хомашёлар нисбати ҳамда технологик жараёндаги фарқлар туфайли уларнинг физик-механик кўрсаткичлари ҳам турлича бўлади (5-жадвал).

5-жадвал

Физик-механик кўрсаткичлар	Қаттиқ фаянс	Ярим-чинни	Санитария чинниси
Сув шимувчанлиги, %	10—12	3—5	0,2—0,5
Ҳажмий оғирлиги, кг/м³	1920—1960	2000—2200	2250—2300
Сиқилишдаги мустаҳкамлик, МПа	100	150—200	500
Эгилишдаги мустаҳкамлик, МПа	15—30	38—40	70—80

Шундай қилиб нафис керамика маҳсулотларининг илк вакили сопол бўлиб, у жаҳонда кенг тарқалганлиги ва ишлаб чиқариш технологиясининг чиннига нисбатан бироз соддалиги билан ажралиб туради. Сополдан тайёрланган буюмлар ғоваклиги билан ажралиб туради. Унинг синиғи оқ рангли ва ғовакли бўлиб, сирти шаффоф сир қатлами билан қопланган бўлади. Сирланмаса сув ютувчан бўлиб қолади.

Сунъий сопол буюмлари ишлаб чиқаришнинг қисқача тарихи. Сополсозлик қадимий санъат бўлиб, халқ усталари уни асрлар давомида ривожлантириб келмоқдалар. Ундан санъат ва хўжалик буюмлари ясалибгина қолмай, у тарихий обидалар, замонавий уй-жойлар, иншоотлар ва хиёбонларга чирой бахш этмоқда. Сополсозлик санъати метро станциялари пардозида ҳам қўлланила бошланди. Жумладан, Тошкент метрополитенининг «Ойбек», «Навоий» ва «Тошкент» станцияларига кириб келган киши ўзини кўркам қасрга киргандек ҳис этади. Станция устунларидаги кулолчилик намуналарида миллийлик, тарихийлик ва замонавийлик акс этган.

Инсон тупроқдан тайёрланган лойнинг ёпишқоқлиги ва иссиқдан қотишини ўз ҳаётида кўп маротаба синаб кўради. Бу эса ўз навбатида сунъий сопол буюмларининг илк турларини ишлаб чиқаришга олиб келди. Археологик қазилмалардан олинган маълумотларга қараганда, аждодларимиз тош асрининг охири — неолит давридаёқ овқат пиширш, сув ва ичимликларни сақлашда тухумсимон ясси идишлардан фойдаланишган.

Сополсозликнинг пайдо бўлиши ҳунармандчиликнинг кўпгина турлари қатори инсоннинг кўчманчиликдан

ўтроқлашувга ўтишини таъминловчи омиллардан бири бўлди. Ўтроқлашувлик омили ўз навбатида сополсозликнинг ривожланишида муҳим роль ўйнаган.

Сопол идишлар ясашнинг илк бор технологияси, айниқса, милоддан уч минг йил илгари табиий тошдан бронза (мис билан қалай қотишмаси)га ўтиш ва қурол-аслаҳа, чарх ва қолип сингари сунъий буюмларни инсоният томонидан бронзадан ясаш мумкинлигини кашф этилиши асосида ривожланди. Бу даврда сополнинг сифати, техник ва технологик кўрсаткичлари юқори поғонага кўтарилиб, шакли, безаклари ранг-баранг бўла бошлади.

Милодгача ва милодий I—VII асрларга келиб, халқ хўжалиги, савдо-сотиқ ва ҳунармандчилик янада ривожланди, шулар қатори кулолчилик ҳам ўсди. Бу даврда бозор учун сопол косалар, қадаҳсимон идишлар кўплаб ишлаб чиқарилган. Аксарият бу идишларнинг сиртига қизил ёки бошқа рангда кесакдан тайёрланган бўёқ берилар ёхуд нақшланар эди. Идишлар иссиқлик таъсирида узоқ вақт пиширилиши туфайли уларнинг сифати ошди, шакли ихчамлашди ва хили кўпайди. Бу даврда сополсозлар ўз маҳсулотларини турли хил шакл ва ҳажмда махсус печларда пиширишар эди.

Сополсозлик милодий I—X асрлар Ўзбекистон ҳудудида ғоят юксак тараққиёт даражасига кўтарилади. Хусусан, IV—VI асрлар Оҳангарон водийсининг Апартак ва Номудлиғ районларида тилла, кумуш ва мис конларини ўзлаштириш билан бир қаторда, каолин тупроғини қазиб олишга киришилди. Маҳаллий кулолсозлар қимматбаҳо хомашё асосида нозик дид билан ишланган сопол лаган, пиёла, коса, сиёҳдон, чироқ ва кўзачаларни ишлаб чиқара бошлашди. Уларнинг юзаси қора, кўк, сариқ ва ҳаворанг бўлиб, уларда қуш ва дарахт тасвирлари акс эттирилгани билан ажралиб туради.

Ўлкамиз тарихида ўрта асрларга оид сопол ёдгорликлари ичида Фарғона водийсининг Чуст ва Далварзин, Сурхондарё вилоятининг Сополтепа ва Кучуктепа, Самарқанднинг Афросиёб, Хоразм ва Тошкентнинг ҳунармандлар яшаган даҳаларидан топилган амалий ашёларни кўплаб учратиш мумкин. Бундай сопол идишлар ўзининг пишиқлиги, нақшнинг бетакрорлиги, нафис ишлов берилганлиги билан кишини лол қолдиради. Сопол идишлар АҚШ, Англия, Фран-

ция, Туркия, Греция, Миср музейларида маданиятимизнинг ноёб нусхалари сифатида намойиш этилмоқда.

XIII асрда сополсозлик инқирозга юз тутди. Аммо Темурийлар давлатининг пайдо бўлиши ва тараққий этиши натижасида XIV—XVI асрларда сирли сопол буюмларини ишлаб чиқаришга қайта асос солинди.

XX асрга келиб, Ўзбекистонда керамика маҳсулотларининг барча тури, шу жумладан, сополсозликнинг ривожланишига катта эътибор берилди. Республикамизнинг барча вилоятларида кулолчилик корхоналари барпо этилди. Ғиждувон, Риштон, Хива, Самарқанд, Шаҳрисабз ва Тошкентда мавжуд бўлган ҳунармандчилик устахоналари қайта жиҳозланди ва кенгайтирилди.

Сополнинг турлари. Сополсозлик, юқорида қайд қилинганидек керамика саноатининг бир қисмини ташкил қилади. Сопол ёки сафол лойдан ишланиб, оловда қиздириб тайёрланадиган керамика маҳсулотларининг энг кўп тарқалган ва тури кўп бўлган маҳсулот.

Сопол қадимда ишлатиладиган тупроқнинг таркибига қараб ишқорли, оҳакли, темирли ва бошқа турларга ажратилган. Тайёр сопол маҳсулотининг рангига қараб ҳам турларга бўлиш одат бўлган. У оч-сариқ, қизғиш, кулранг, кўкимтир, қизғиш-жигарранг, қорамтир ва бошқа рангларда тайёрланган.

Қадимий ва замонавий сополсозлик технологиясида ўхшашликлар кўп. Ўзбек кулоллари қадим-қадимдан бундай буюмларни таркиби бир жинсли, ранги ҳам бир хил бўлган махсус «сағиз тупроқ»дан ясашган.

Сопол буюмлари ҳам керамика сингари қурилиш ва саноат қурилиши материаллари, техника материаллари ва маиший-хўжалик материалларига бўлинади.

Қурилиш ва саноат қурилиши материалларига деворбоп ва безакбоп сопол-кошин ва бошқа буюмлар, канализация учун ишлатиладиган сопол қувурлар, санитария-қурилиш сопол буюмлари киради. Техника материаллари эса гальваника элементлари қобиғи, кимёвий моддаларга чидамли сопол буюмлари, фильтрловчи ковак сопол, нур техникаси сополи, металл қуйилувчи қолип каби маҳсулотлардан ташкил топган. Маиший-хўжалик материаллари ва буюмларига сополдан ясалган уй-рўзғор идишлари (лаган, коса, чойнак, тарелка, пиёла ва бошқалар) ва

бадиий-декоратив буюмлар (болалар ўйинчоқлари, ҳайкалча, йирик ҳайкаллар, ваза ва бошқалар) киради.

Сопол маҳсулотлари буюмнинг кимёвий ва минералогик таркибига ёхуд ишлатиладиган хомашё турига қараб классификацияланади. Масалан, улар хомашё тури ва миқдорига қараб, тупроқли фаянс, оҳакли фаянс, қаттиқ фаянс, шамотли фаянс ва яримчинниларга бўлинади. Тупроқли фаянс буюмлари қадимий бўлиб, кулолсозлик буюмлари номи билан юритилади. Агар улар сирланган ва гул чизилган бўлса, сирланган гулдор сопол номини олади. Милодий XV асрга келиб, машҳур италиялик кулолсоз-ҳайкалтарош Лука делла Роббианинг сирланган сопол буюмларини ишлаб чиқаришдаги улкан ишлари туфайли бу соҳа Италиянинг Фаенца шаҳрида тараққий қилади. Гулдор кулолчилик буюмлари фаянс буюмлари деб атала бошланди. XVI асрга келиб француз ҳайкалтароши Бернара Палиссининг тадқиқотлари асосида италия фаянсининг янги тури — фламанд фаянси, XVI—XVIII асрда эса Дельфте шаҳрида голланд фаянси яратилди. Бу буюмлар таркибига 80—85 % юқори температурада эрийдиган лойтупроқ билан 15—20 % куйдирилган чақмоқтош кирган. Айрим ҳолларда буюмларнинг оқлигини ошириш мақсадида таркибига чинни гил қўшилади. Чақмоқтош ўрнига эса табиий кварц ва қум ишлатиш мумкин. Тупроқли фаянс массаси рангли, оқимтир ва сарғимтир бўлиши мумкин. Унга суркаладиган сир эса енгил эрийдиган шаффоф ёки сидирға силикатлар асосида тайёрланган махсус эритмадан иборат. Унинг сополаки зич ва маҳкам бўлади.

Оҳакли фаянс — юмшоқ фаянс ёхуд ўрта аср фаянси номи билан машҳур. Бу фаянс турига «турк» фаянси, ярим фаянс буюмлари киради. Бу маҳсулотлар милодий X—XVIII асрларга оид бўлган форс сополсозлигига асосланган бўлиб, унинг таркибида 30—40 % гил, 30—50 % кварц, 0—10 % дала шпати ва 10—15 % оҳактош бўлган. Баъзи ерларда оҳактош ўрнига доломит минерали ҳам ишлатилган. Одатда уларнинг юзаси таркибида қўрғошин оксиди бўлган сир билан қопланади. Қўлланилаётган сир рангли, оқ ва шаффоф бўлиши мумкин.

Қаттиқ фаянс — фаянс буюмлари орасида муҳим ўрин эгаллайди. Фаянснинг бу тури дала шпатили фаянс номи билан ҳам аталади. XVIII асрнинг бошларида немис ҳунар-

мандлари биринчи бўлиб бундай сопол буюмларни кашф этишди. Уларнинг массаси таркибига 45—65 % кулранг гилмоя, 25—40 % қумтош ва 8—15 % дала шпати киради. Гилмоя қисман чинни гили, дала шпати эса ишлаб чиқариш чиқиндиси билан алмаштирилиши мумкин.

Шамотли фаянс буюмларини олишда масса таркибига кўп миқдорда шамот қўшилади. Шамот ўз навбатида чинни гили ёки бошқа алюминий (III) оксидига бой бўлган гилмояни юқори температурада бир неча соат давомида қиздириш йўли билан олинади. Шамотли фаянс юзасига қалин ангоб, сўнгра шаффоф бўлмаган сир суртилади. Ангобни ишлатишга шамотли фаянс таркибига кирувчи гилмоя восита бўлади. Одатда бу хомашё ёғли ва ёпишқоқ бўлиши керак. Охирги хусусиятлар эса таркибида темир ва алюминий моддалари кўп бўлган гилларга мансуб.

Файертон номи билан аталувчи шамотли фаянс массаси таркибига 25—45 % шамот киради. Ёғли гилмояга қўшилувчи бу модда заррачаларининг ўлчами 2—5 мм оралиғида бўлиши керак. Масса таркибига 4 % пегматит, 18 % қумтупроқ, 3 % ўта юқори ёпишқоқ гил ва 0,1 % сода қўшилиши мумкин.

Яримчинни буюмларни ишлаб чиқаришда қаттиқ фаянсдаги каби хомашёлар ишлатилади. У санитария-гигиена ва механика жиҳатидан қаттиқ фаянс билан чинни ўртасидаги оралиқ материалдир. Одатда яримчинни таркибига 48—50 % гил ва каолин, 40—50 % кварц ва 5—10 % дала шпати кирган бўлади. Агар масса таркибига озроқ миқдорда пишиқликни оширувчи ва куйдириш интервалини катталаштирувчи доломит, магнезит ёки тальк қўшилса, бундай маҳсулотни магнезитли фаянс деб аталади. Қолипланган хом маҳсулотларни куйдириш жараёнини 30—60 % барит минералини масса таркибига киритиш билан яхшилаш мумкин. Бундай маҳсулот баритли фаянс номи билан юритилади. Сопол идишлар ясаш учун соғ тупроққа ёпишқоқликни 10—15 % га оширувчи бентонит номли гил қўшилади. Бу эса буюмнинг чўзилувчанликка мустаҳкамлигини оширади ва бентонитли фаянс деб аталади.

Сопол маҳсулотлари тайёрлаш усули, ишлов бериш тури, структураси, қаттиқ майда заррачаларнинг ёпишқоқлиги, сирланувчанлиги, кислотага барқарорлиги ва шунга ўхшаш бошқа факторлар асосида қисм, группа ва

турларга бўлинади. Тайёрлов усулига кўра маҳсулотлар шликер ёки эритмадан қуйилган ва пластик қолипланган, шунингдек, ташқи юзасига кўра, сирланган ва сирланмаган буюмларга бўлинади.

Сопол буюмларининг хусусияти ва ишлатилиши. Тупроқли ва оҳакли фаянс буюмлари юмшоқ сопол буюмларига киради. Улар анчагина ғовак бўлиб, 19—22 фоиз сувни шимади. Уларнинг 1 квадрат сантиметр юзасини синдиришга сарф қилинувчи куч 60—200 килограммга тўғри келади. Шу юзанинг сиқилишга чидамлилиги 600—900 килограмм атрофида бўлади. Иссиқликдан кенгайиш коэффициенти эса $50—60\times10^{-7}$ град. $^{-1}$ га тенг.

Тупроқли ва оҳакли фаянс турлари ёруғликни ўтказмаслиги, коваклиги ва кўп миқдорда сув шимиши, сарғиш тусда бўлиши ва бошқа хусусиятлари билан чинни буюмлардан фарқ қилади.

Тупроқли ва оҳакли фаянснинг асосий камчилиги температуранинг ўзгариб туришига турғунсизлигидир. Шунинг учун бундай буюмлар жуда оз миқдорда ишлаб чиқарилади. Унинг массаси асосида гальваника элементлари сақланувчи идиш, фильтр, арзон хўжалик буюмлари ясалади.

Тупроқли фаянс асосида турли хил рангдаги сопол буюмлари тайёрланади. Тошкент метроси иккинчи линиясининг биринчи навбати станцияларидан бири «Космонавтлар проспекти» сирланган гулдор сополга асосланган.

Оҳакли фаянс асосида турли хил буюмлар ишлаб чиқариш мумкин. Биринчи навбатда бундай фаянс массаси асосида бино ва печларнинг деворига қоплаш учун ишлатиладиган 400×220 ва 240×220 миллиметрли ғишт плита — кошинлар ясалади. Уларнинг сирти ғовакли еркесаги тузилишига эга бўлиб, ўткир пичоқ ёрдамида бўлакларга бўлинади. Одатда 12—16 мм қалинликдаги плиталарнинг фасади оқ ёки рангли сир билан қопланган бўлади. Уларга нақш бериш ҳам мумкин.

Фаянс таркибига оҳакни қўшиш билан буюм юзасининг силлиқлиги ва тиниқлигига эришилади. Қаттиқ фаянс буюмларнинг ранги оқ, сополи ғовак, сирти сир билан қопланган бўлади. Бу буюмлардан ванна, унитаз, умивальник, бак тайёрланади. Бундай буюмларнинг иссиқдан кенгайиши $70—80\times10^{-7}$ град.$^{-1}$, сув шимувчанлиги 10—12 % ни ташкил этади. Уларнинг солиштирма оғирлиги

1,92—1,96 г/см^3, сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси 1000 ва эгилишдаги чегараси 150—300 кг/см^2 атрофида бўлади. Сир қатламининг мустаҳкамлиги буюмни 15° ва 100°С да қиздириб ва совитиб синалади. Шундай цикл уч марта такрорланганида сир қатлами дарз кетмаслиги лозим.

Қаттиқ фаянс буюмларнинг юзаси текис, силлиқ, қийшаймаган бўлиши, уриб кўрганда жаранглаши лозим. Бундай буюмлар сиртининг чиройлилиги ва текислиги, монументал шакли ва гигиена қоидаларига жавоб беришлиги, иссиқликни кам ўтказувчанлиги ва сувда зангламаслиги билан чўян ванналаридан фарқ қилади.

Яримчинни буюмларнинг сополи зичроқ бўлади. Уларнинг сув шимувчанлиги 3—8 %, 1 см^3 ҳажмга тўғри келадиган массасининг оғирлиги 2—2,2 г га тенг. 1 см^2 юзанинг сиқилиш ва эгилишдаги мустаҳкамлиги 1300—2500 ва 400—450 кг оралиғида бўлади. Иссиқликдан кенгайиш коэффициенти эса $40—50\times10^{-7}$ град.$^{-1}$ оралиғидадир.

Яримчинни массадан тайёрланган хўжалик ва маиший идишлар урилиш ва иссиқ-совуқнинг ўзгарувчанлигига чидамлилиги билан фаянсдан устун туради. Масалан, яримчиннидан ясалган тақсимча 25—200° да температуранинг 8 марта ўзгаришига чидайди. Бу жиҳатдан у чинни буюмларнинг хоссаларини эслатади.

Шамотли фаянс қаттиқ фаянс массаси асосида яратилган. Унинг таркибида шамот бўлганлиги туфайли юқори температура ва урилишга чидамли бўлади. Шу туфайли уларнинг массаси асосида ванна, раковина ва бошқа буюмлар ясалади. Ванна, ошхона деворларига ёпиштириладиган плиталар квадрат ёки шаклдор пластинкалардан иборат бўлиб, таркибида қўшимчаси бўлган ёки бўлмаган лой-тупроқдан тайёрланади ва юзаси сирланади. Бундай плиталар ўзининг сув шимувчанлиги (16 % дан ошмаслиги керак), иссиққа чидамлилиги (100° гача қиздириб, сўнгра 18—20° ли сувда тез совитилганда сир қатлами дарз кетмаслиги лозим) ва бошқа хусусиятлари билан сопол буюмларга яқин туради.

Сопол ишлаб чиқариш усуллари. Ҳозирги кунда сопол буюмлари массаси турли хил усулда тайёрланади. Биринчи усул энг қадимий бўлиб, бу усул бўйича суюқ модда — қуйишга мўлжалланган шликер тайёрланади. Бундай шакарқиём модданинг намлиги 31—32 % ни ташкил этади.

Иккинчи усул ишлаб чиқаришда кенг қўлланиладиган бўлиб, уни мутахассислар пластик усул деб атайдилар. Бу усул бўйича одатда намлиги 16—25 % бўлган пластик масса тайёрланади ва қолипларда керакли шакллар ҳосил қилинади. Учинчи усул бўйича намлиги 5—8 % бўлган толқонсимон масса тайёрланади.

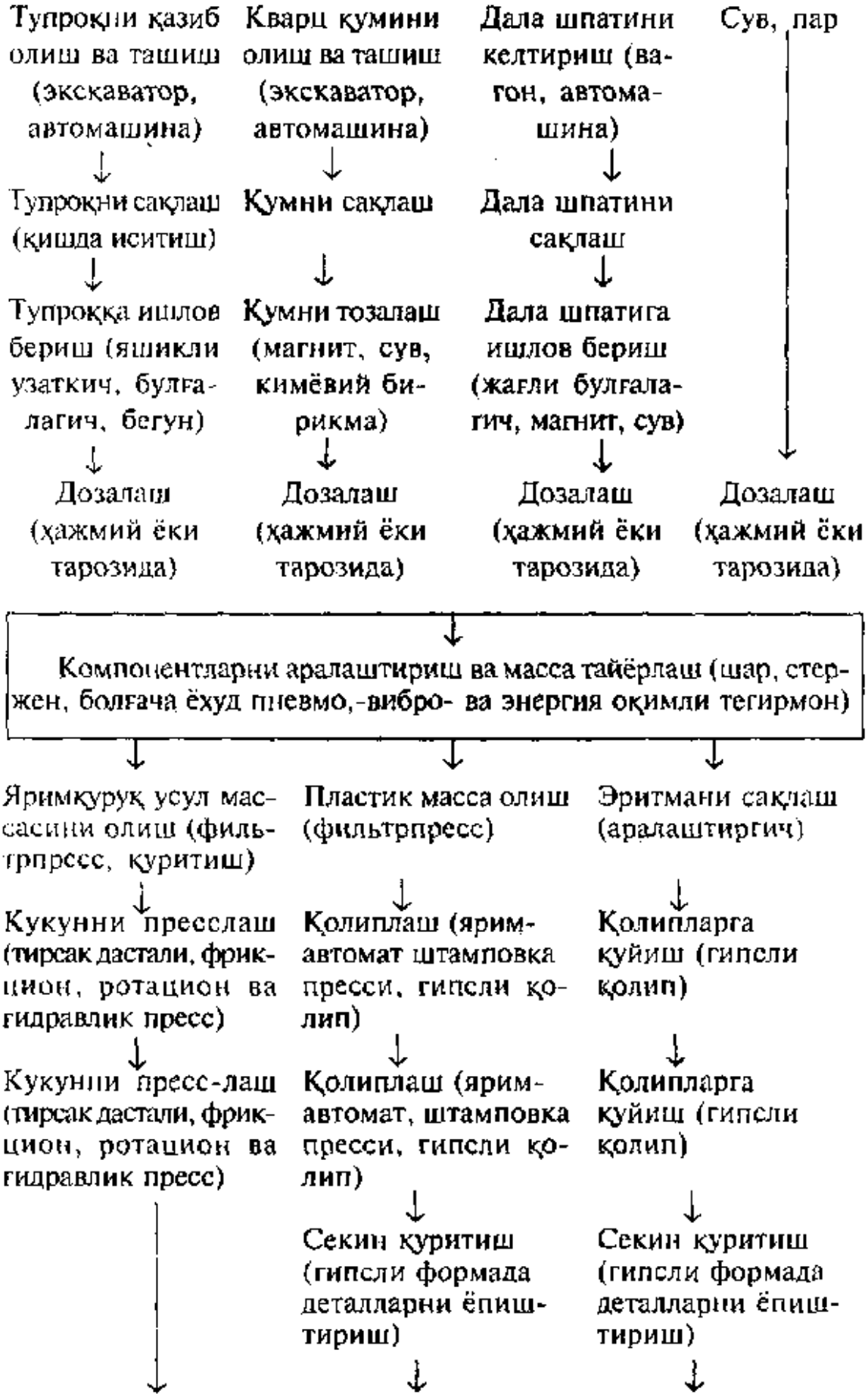
Корхоналарда шликерни қолипларга қуйиш кўпинча механизация ёрдамисиз бажарилади. Шу туфайли қолиплашдаги босим бир атмосферадан юқори бўлмайди. 5—8 % намликка эга бўлган яримқуруқ кукун бир ёки икки томонлама, бир поғонали ёхуд кўппоғонали усулларда 200—400 кГс/см² босимда прессланади. Пресслаш жараёни тирсак — дастали, фрикцион, ротацион ва гидравлик прессларда бажарилади. Пластик массанинг намлиги 16—25 % бўлганда пресслаш 10—20 кГс/см² босимда лентасимон ёки штамповка прессларида амалга оширилади. Одатда тайёр лой пресс ичида шнек ёрдамида сурилади ва зичланади.

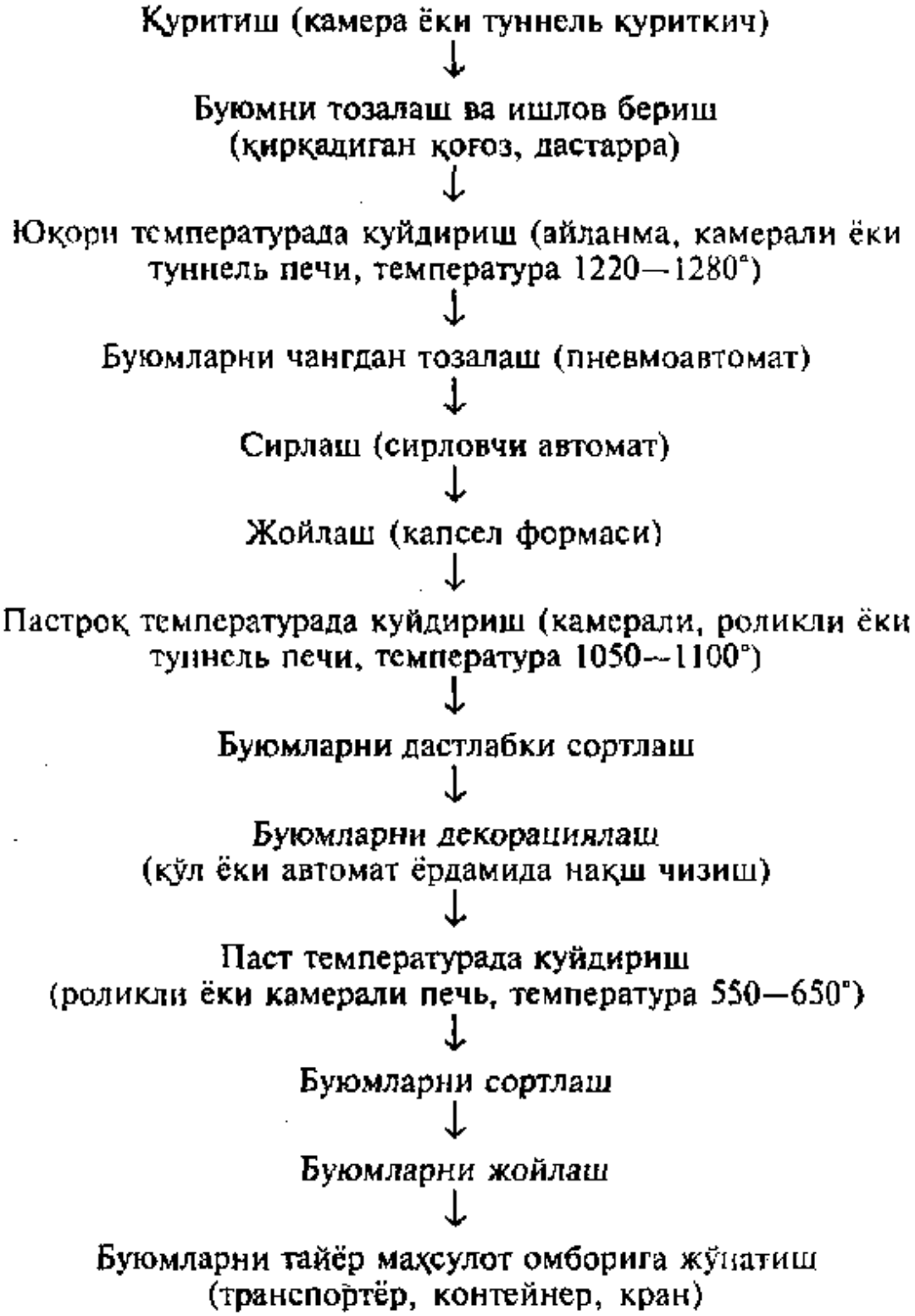
Керамика буюмлари ишлаб чиқаришда яна бир замонавий ишлаб чиқариш усули бўлиб, уни қуруқ пресслаш деб аталади. Одатда қуруқ пресслашда намлиги 2 % дан ошмайдиган кукун ишлатилади ва керамика буюмлари тайёрланади. Ҳозирча бу усул сополсозлик тармоғига кенг кириб келмаган.

Сопол ишлаб чиқариш анча мураккаб жараён бўлиб, бир қанча босқичларни ўз ичига олади. Қуйида берилаётган қаттиқ фаянс номли сопол ишлаб чиқаришнинг технологик схемаси (2-расм) бу ҳақда тўла тушунча ҳосил қилишга ёрдам беради.

Яримқуруқ пресслаш усули катта босим остида турли автоматик мосламалар ёрдамида амалга оширилгани туфайли прессланаётган буюмларнинг шакли оддий ва яссироқ бўлишини тақозо этади. Пластик массани қолиплаш усули билан иш юритилганда содда ёхуд мураккаб шаклли буюмларни ясаш мумкин. Шликер ёхуд эритма билан ишланганда эса ўта мураккаб шаклли буюмлар гипсли формаларга қуйилади.

Ҳақиқатан ҳам корхоналарда чойнак, кошин, кувача, кўза (ваза), ҳайкалча, унитаз, умивальник сингари сопол буюмлари эритмалардан қуйиш йўли билан олинади. Лаган, тақсимча, коса, пиёла, қувур ва плита сингари хўжалик асбоблари эса пластик масса олиш ва уни қолиплаш


Тупроқни қазиб олиш ва ташиш (экскаватор, автомашина)
Тупроқни сақлаш (қишда иситиш)
Тупроққа ишлов бериш (яшикли узаткич, булғалагич, бегун)
Дозалаш (ҳажмий ёки тарозида)
Кварц кумини олиш ва ташиш (экскаватор, автомашина)
Кумни сақлаш
Кумни тозалаш (магнит, сув, кимёвий бирикма)
Дозалаш (ҳажмий ёки тарозида)
Дала шпатини келтириш (вагон, автомашина)
Дала шпатини сақлаш
Дала шпатига ишлов бериш (жағли булғалагич, магнит, сув)
Дозалаш (ҳажмий ёки тарозида)
Сув, пар
Дозалаш (ҳажмий ёки тарозида)
Компонентларни аралаштириш ва масса тайёрлаш (шар, стержен, болғача ёхуд пневмо,-вибро- ва энергия оқимли тегирмон)
Яримқуруқ усул массасини олиш (фильтрпресс, қуритиш)
Кукунни пресслаш (тирсак дастали, фрикцион, ротацион ва гидравлик пресс)
Кукунни пресс-лаш (тирсак дастали, фрикцион, ротацион ва гидравлик пресс)
Пластик масса олиш (фильтрпресс)
Қолиплаш (ярим-автомат штамповка пресси, гипсли қолип)
Қолиплаш (ярим-автомат, штамповка пресси, гипсли қолип)
Секин қуритиш (гипсли формада деталларни ёпиштириш)
Эритмани сақлаш (аралаштиргич)
Қолипларга қуйиш (гипсли қолип)
Қолипларга қуйиш (гипсли қолип)
Секин қуритиш (гипсли формада деталларни ёпиштириш)



2-расм. Қаттиқ фаянс буюмлар ишлаб чиқаришнинг технологик тизими.

усули орқали амалга оширилади. Кошинлашда ишлатиладиган плита, гулдор сопол ва турли хилдаги содда шаклли буюмлар прессавтоматлар ёрдамида тайёрланади.

Ҳозирги кунда саноат корхоналарида олти секцияли қолиплаш-қуритиш автоматлари ишлаб турибди. Бундай машинада бир вақтда турли шакл ва ўлчамлардаги олтита

буюмни қолиплаш мумкин. Қуйида унинг баъзи бир техник кўрсаткичлари келтирилган:

Унумдорлиги, соатига тўғри келадиган буюм сони 3600
Машина электрдвигателининг қуввати, квт ҳисобида 6
Буюмнинг энг катта диаметри, мм ҳисобида 260
Буюмнинг энг катта баландлиги, мм ҳисобида 52

Ушбу қаттиқ фаянс олишнинг умумий технологик схемасини бир оз ўзгартириб бошқа фаянс турларини ишлаб чиқаришга ҳам жорий этиш мумкин. Жумладан, схемада дала шпатига оид линия олиб ташланса, технологик жараён тупроқли фаянс схемасига ўхшаш бўлиб қолади. Оҳакли фаянс буюмларни ишлаб чиқаришда юқоридаги схемага оҳактош линиясини киритиш даркор.

Оҳактош конларда портлатиш йўли билан бўлакчаларга бўлинади. Шундан сўнг бир чўмичли экскаваторлар ёрдамида тош бўлакчалари 12 т ёки ундан ҳам кўпроқ юк кўтарадиган КрАЗ ва БелАЗ маркали автосамосвалларга юкланади ва оҳакли фаянс корхонасининг оҳактош сақлаш омборига жўнатилади. Оҳактош ишлов бериш ва дозалаш операциялари орқали компонентларни аралаштирувчи тегирмонларга келиб тушади ва бошқа хомашёлар билан аралаштирилади.

Шамотли фаянс ишлаб чиқаришда қаттиқ фаянс массаси таркибига шамот киритилади. Бунда шамотни тупроқдан куйдириб олиш, унга ишлов бериш ва дозалаш каби операциялар бажарилади.

Фаянс буюмларни ишлаб чиқаришда қуритиш ва куйдириш энг муҳим операциялардан ҳисобланади. Хом буюм шликер ёки пластик усуллар ёрдамида тайёрланганда 6—8 % ли намликкача қуритилади. Илгари бу энг машаққатли операция ҳисобланиб, ҳафталаб очиқ майдонларда саратоннинг қизиғи ёки ёнаётган ўтин ёрдамида қуритилар эди. Ҳозирги пайтда уни қуритиш жараёни замонавий, қўл кучидан холи бўлган конвейер, туннель, роликли ёки камера қуриткичларда 100—130° да қуритилади.

Ҳозирги кунда буюмлар махсус ўтдонда, яъни туннель, камерали айланма ва роликли печлар ёрдамида куйдирилмоқда. Сопол таркибида қум, тошқол, шамот каби қўшимчалар кираётганига қарамай унинг пишиши ва қаттиқ сунъий тошга айланиш температураси анчагина юқоридир. Одатда тупроқли фаянс буюмлар 950°, оҳакли фаянс 1160°,

қаттиқ ва шамотли фаянс маҳсулотлари эса 1220—1300° да пиширилади.

Биринчи куйдириш жараёнида фаянснинг сополаги мустаҳкамланади, унинг сирлаш даврида бўкиши мумкинлигининг олди олинади. Сўнгра махсус мосламалар ёрдамида сирти сирланади. Иккиламчи куйдириш жараёнида сир билан сопол жипслашиб шишасимон модда кўринишига келади. Бу жараён одатда биринчи куйдириш жараёнига нисбатан 150—200° паст температурада амалга оширилади.

Сопол ишлаб чиқариш истиқболи. Бугунги кунда сопол буюмлари ва материаллари мамлакат халқ хўжалигида бошқа қурилиш ва хўжалик маҳсулотлари қатори катта аҳамиятга эга.

Ҳозирги вақтда мамлакатимизда ўнлаб махсус фаянс заводлари бўлиб, бу корхоналарда турли-туман хўжалик буюмлари — пиёла, тақсимча, коса, кўзача, кувача, товоқ кабилар кўплаб ишлаб чиқарилмоқда. Бу корхоналарда ишлаб чиқарилаётган маҳсулот таннархи кундан-кунга камаяди, ассортименти эса кўпаяди. Майолика, хўжалик ва зийнатли совға буюмлари, ҳайкалча, сувенирлар хоналарга кўрк бағишлайди.

Ангрен, Тошкент, Фиждувон, Риштон, Хива ва Самарқанднинг бир қатор керамика заводлари, қурилиш материаллари комбинатлари фаянс маҳсулотларини ишлаб чиқармоқда.

Республикамиздаги сополсозлик корхоналарида ишлаб чиқарилаётган маҳсулот шаклини дид билан ишлаш, уларни нақшлаш, тарихий ва замонавий ёдгорликлар сиртини сирлаб безаш одат тусига кирди. Илгари Республикамиз кулолчилик корхоналарида ўнга яқин коса, лаган, кўза, пиёла, сиёҳдон ишлаб чиқарилган бўлса, эндиликда 70 хилдан ортиқ керамика маҳсулотлари — сервиз, ваза, тувак, плита, майолика, кошин, қувур кабилар кўплаб ишлаб чиқарилмоқда.

Сирланган керамика материаллари кошинларга қўйиладиган барча талабларни қондиради. Улар узоқ муддат чидайдиган, атмосфера таъсирига бардош берадиган ва кўриниши чиройли бўлганлиги учун ҳозирда қурилишда кенг кўламда ва самарали фойдаланилмоқда.

Жамоат биноларининг вестибюллари, даволаниш муассасалари ҳамда кимё саноати корхоналарининг полларига Тошкент қурилиш материаллари ва Ангрен керамика комбинатларида ишлаб чиқариладиган маҳсулотлар ётқизилади. Бундай полбоп плиталар амалда сув ўтказмайди, қаватлараро қурилмаларнинг кўтариб турувчи конструкцияларини намдан ҳимоя қилади, тезда ишқаланиб едирилмайди, занг олмайди ва осон ювилади. Улар одатда кислота ва ишқорлар таъсирига чидамли ва ўзига нам сингдирмайдиган бўлади.

Канализацияда ишлатиладиган сопол қувур ва санитария-техника буюмларининг ишлаб чиқарилиши катта аҳамият касб этмоқда. Канализация қувурлари диаметри 150—600 мм, сополи зич, заррачалари тўқишиб кетган, сирти ва ичи сирланган бўлади. Санитария-техника буюмларидан ванналар ишлаб чиқариш мустаҳкамлиги юқори фаянс сиртига ҳар турли рангдаги эмал қоплаш йўли билан амалга оширилади. Бундай ванналар тўғри тўртбурчак шаклида ясалиб, туби ясси, деворларининг ичи ковак бўлади. Ўзбекистонда бундай буюмлар Ангрен керамика комбинатида кўплаб ишлаб чиқарилмоқда.

Сополсозликни ривожлантириш учун, биринчи навбатда, мавжуд корхоналардаги эскириб қолаётган дастгоҳ, ускуна ва механизмларни янги серунум автоматларга алмаштириш керак. Бу ўринда Тошкент қурилиш материаллари комбинати ишлари диққатга сазовордир. Италия фирмалари билан ҳамкорликда чиқарилаётган маҳсулотларнинг сифати ошиб, жаҳон андозалари талабига жавоб берадиган бўлди.

Ишлаб чиқариш учун зарур бўлган гил, кварц, дала шпати каби хомашёлар кони излаб топилиши лозим. Баъзан ашёнинг ўз вақтида етказиб берилмаслиги сабабли мавжуд техникадан етарлича фойдаланилмаяпти. Бу борада инженер-технологларга республикамиз геолог ва геокимёгарларининг ёрдами сув ва ҳаво каби зарур.

Плита, қувур каби санитария-техника буюмларининг сифати, ўлчамининг бир хиллиги, қирраларининг текислиги замон талабларидан бир оз орқада. Уларнинг реакцион муҳит таъсирига чидамлилигини ошириш зарур. Сопол буюмлар ишлаб чиқаришда ишлатиладиган сирларнинг сифатини яхшилаш керак.

Фаянс буюмларнинг массасини яхшилаш масаласи ҳам муҳимдир. Бу ўринда апатит ва фосфорит концентратлар масса таркибига киритилганда фаянснинг куйдириш температураси пасаяди, қимматбаҳо дала шпати тежалади.

6-§. Чинни олиш технологияси

Чиннининг қисқача яратилиш тарихи. Чиннининг нафислиги, тиниқ ранги, жарангдорлиги, тощдек пишиқлиги, сув шиммаслиги ва жилваланиши кўпчиликни ҳайратга солган. Чинни пиёла, коса, чойнак, тақсимча ва лаган, нақшдор ваза, ҳайкалча сингари безакли буюмлар қадимдан ҳар бир хонадонга кўрк берган.

Чинни маҳсулотнинг сифати, кўрки аввало уни ишлаб чиқараётган инженер-техник ва ишчининг маҳоратига боғлиқ. Унга берилган ранг, чизилган тасвир ва нақшларга қараб халқ санъати, урф-одати, миллий анъаналари ҳақида фикр юритиш мумкин.

Хитой чиннниси билан милоднинг бошларида корейс ва японлар, VI—VIII асрларда улар билан савдо-сотиқ қилувчи араблар танишдилар. Шу туфайли чинни ҳақидаги илк ёзма маълумотлар IX асрларга, кўпгина шарқ ўлкаларига саёҳат қилган Сулаймон деган андалузиялик савдогарга тегишли. Янги эранинг VIII асрида араблар орқали Европа халқлари ҳам чинни билан танишдилар.

Чинни буюмлар тилла нархидан юқори баҳоланар эди. Шунинг учун европалик кулол, шишасоз ва алкимёгарлар форсча «фегфур» сўзидан келиб чиққан ва «хоқоннинг буюми» деган маънони англатувчи «фарфор» номли бу маҳсулот сирини очиш устида бош қотира бошладилар. «Фегфур» сўзи ўз навбатида «фагфур» сўзидан олинган бўлиб, хитой ҳукмдори деган маънони билдирар эди.

Марказий Осиёда, жумладан, Ўзбекистонда жуда кўп кулолчилик устахоналарининг мавжудлигига қарамай, чинни ишлаб чиқариш яхши йўлга қўйилмаган эди.

1947 йилда Марказий Осиёда қалдирғоч корхона — Тошкент чинни заводи қурила бошлади. Унинг биринчи навбати 1951 йилда қуриб битказилиб, халқ учун зарур бўлган маҳсулот бера бошлади. Корхонада биринчи йили, яъни 1952 йили 200 минг дона чинни ишлаб чиқарилди. Ҳозирда кенгайтирилиб, маҳсулот тайёрлаш технологияси илмий асосда такомиллаштирилган бу корхонада йи-

лига 31 млн (ишлаб чиқариш қуввати йилига 64 млн дона маҳсулотни ташкил этади), 1970 йили Самарқанд шаҳрида ишга туширилган иккинчи чинни заводида эса йилига 27 млн дона маҳсулот ишлаб чиқарилмоқда. Республикамизнинг учинчи чинни заводи 1978 йили Фарғона вилояти Қувасой шаҳрида қурилди. Мазкур корхона йилига 29 млн дона маҳсулот ишлаб чиқармоқда. Тўртинчи йирик чинни корхонаси Хива шаҳрида сопол корхона асосида қуриб битказилди ва 1980 йили 1 млн донадан ортиқ чинни маҳсулотларини тайёрлади.

Ўзбекистон чиннисозлари ҳозирги кунда чинни маҳсулотлари ишлаб чиқариш ва унинг сифатини яхшилаш ҳамда маҳсулот таннархини камайтириш бобида ишламоқдалар. Яна қувончли воқеалардан бири, Тошкент чинни заводининг навбатдаги реконструкцияси тугатилиб, бу корхона 1990 йилга келиб янги қувватларнинг ўзлаштирилиши туфайли йил мобайнида ишлаб чиқариладиган буюмлари сони анчагина кўпайди.

Кейинги йилларда енгил саноат буюмларида Ватанимиз рамзий белгиларини акс эттиришга алоҳида эътибор берилмоқда. Бу соҳада, айниқса, Тошкент чиннисозлари намунали ишлар олиб боришмоқда. Корхона рассомлари Ватанимиз тарихига оид шонли воқеаларни, буюк кишиларнинг ёркин сиймоларини, республикамиз ифтихори бўлган маҳсулотларни чинни буюмларда зўр маҳорат билан акс эттиришмоқда. Бу ўринда Тошкент чинни заводи рассомлари томонидан кейинги йиллар ичида яратилган «Прогресс», «Пахта», «Оқ олтин», «Тонг», «Юбилей», «Дилором», «Хушбанд», «Самарқанд ансамбли» каби сервизларни эсга олиш кифоядир.

Республикамизда чиннисозликнинг ривож топишида етук муҳандис ва олимларнинг ҳиссалари жуда катта. Айниқса, бу соҳанинг такомил топиши, корхоналардаги маҳсулот тури ва сифатини оширишда Ф. Х. Тожиев, Н. А. Сирожиддинов, А. А. Исматов, М. Ю. Юнусов, А. Х. Исмоилов, А. П. Иркаходжаева, А. М. Эминов, Ш. Ю. Азимов, А. А. Иброҳимов, Д. И. Мақсудов, Т. И. Олимжонов ва Р. Ю. Юсупов каби олим ва муҳандисларнинг хизматларини қайд этиб ўтиш лозим.

Чинни тури ва унинг таркибий қисмлари. Чинни маҳсулотлари силикатларнинг керамика ва ўтга чидамли мате-

риаллар технологияси асосида ишлаб чиқариладиган нафис керамика буюмлари туркумига киради.

Чинни маҳсулотлар хўжалик чинниси, бадиий чинни ва электротехника чиннисига бўлинади. Чиннилар қаттиқ ва юмшоқ чинниларга, шунингдек, юқори ва паст температурада пишувчи маҳсулотларга бўлинади.

Қаттиқ чинни таркибига уч турли хомашё — 50 % каолин ва гилтупроқ, 25 % дала шпати ва 25 % кварц киради. Бундай таркибдаги масса сополаги 1350° да зичлашади. Шу туфайли уларни юқори температурада пишувчи массалар туркумига киритиш мумкин. Тошкент Кимё-технология институтининг «Силикат моддалар технологияси» кафедраси олимларининг 15 йил давомида олиб борган илмий тадқиқотлари натижасида қаттиқ чинни таркибидаги дала шпати ва кварцни Қора-Тау ва Марказий Қизилқум конларидан қазиб олинадиган фосфорит моддаси ёхуд ҳайвонлар суягининг кули билан алмаштириш мумкинлиги аниқланди. Энг қувончли нарса шуки, ушбу маҳаллий хомашёларни чинни таркибига киритиш натижасида қаттиқ чиннининг физик-механик хусусиятлари тўла сақланиб қолган ҳолда пишиш температураси 200° га камайди. Натижада юқори температурада пишувчи масса туридан паст температурада сополаги етилувчи янги маҳсулот турига ўтилди.

Юмшоқ чинни буюмлар таркибига кварц ва дала шпати қаттиқ чинни массасига нисбатан кўпроқ киради. Ундаги кварц миқдори 35 %, дала шпати эса 34 % бўлиши мумкин. Юмшоқ чиннининг бир тури бўлган инглиз чиннисн таркибига эса 43—49 % суяк кули, 16—21 % кварц, 18—19 % гилтупроқ ва 11—43 % чинни гили киради. Бундай чинни сополаги 1250—1280° да пишади.

Чинни таркибига кирувчи барча компонентлар технологик жараён ва тайёр маҳсулотнинг физик-техник хоссаларига таъсир ўтказади. Бу ўринда, айниқса, гилларнинг таъсири сезиларлидир.

Гил, тупроқ ва лойтупроқ чинни таркибига алюминий (III) оксидини олиб киради. Шу туфайли уларни кимёвий жиҳатдан алюминийнинг асосий силикати деб қараш мумкин. Таркибидаги алюминий (III) оксидининг миқдорига кўра, улар икки катта группага ажратилади. Биринчи группага кирувчи гилли хомашё таркибида асосий алюминий-

ли оксиднинг миқдори 46 % га етмайди, иккинчи группага кирувчи юқори глинозёмли хомашёларда алюминий (III) оксидининг миқдори 46 % дан ортиқ бўлади.

Гиллар каолинлар, лойтупроқлар, сухарилар ва сланецли гилларга ажралади.

Каолин гили таркибида 39,5 % алюминий (III) оксиди, 46,5 % кремний (VI) оксиди ва 14 % сув бўлади. Гил таркибида кам миқдорда темир (III), магний, кальций, натрий, калий, барий ва бошқа металл оксидлари аралашмалари бўлади. Уларнинг кристаллари моноклин сингонияга мансуб. Симметрия кўриниши ўқсиз диэдрик, фазовий группаси Cc (C_s^4). Элементар ячейкасининг a, в ва с қирраларининг узунлиги 5,14, 8,90 ва 14,45 Å га тенг. Бети бурчагининг катталиги 100° 12′ атрофида. Каолиннинг айрим танга ва пластинка кристаллари рангсиз, кўпинча сарғиш ва қизғиш, баъзан яшил ва кўкимтир товланиб туради. Уларнинг қаттиқлиги бирга яқин. Солиштирма оғирлиги 2580—2600 кг/м^3.

Каолиннинг жуда кўп конлари маълум. Хитойда бирламчи каолин конлари Кау-Линг тоғида, Яучау-Фу яқинида, Англиянинг Корнуолле билан Девонширда, Чехословакиянинг Карлова-Вари яқинида, Германиядаги Бавария билан Саксонияда, Францияниг Лиможа атрофида жойлашган.

МДҲ да каолиннинг йирик конлари мавжуд бўлиб, уларнинг кўпчилиги Украина ҳудудида жойлашган. Украинадаги энг муҳим конлар Глуховецк, Часов-Яр, Дружковка, Николаевск, Просяновск, Пологск, Турбовск, Райковск, Оқ Балка номи билан маълум. Уралда, асосан, ўтга чидамли каолиннинг бирламчи ва иккиламчи конлари кўп бўлиб, йириклари қаторига Еленовск, Куринск, Троицко-Байновск, Кочкарск ва Киштимск конлари киради. Иркутск вилоятида Трошковск, Шарқий Сибирда Балтийск, Узоқ Шарқда Меркушевск конлари маълум. Қозоғистоннинг Акмолинск районида бирламчи каолин кони жойлашган.

Ўзбекистон Марказий Осиёда бирламчи ва иккиламчи каолин тупроғига бой республикалардан бири ҳисобланади. Ангрен шаҳри яқинидаги кўмир ҳавзасида жойлашган каолин миқдори жиҳатидан улкан конлар қаторига киради. Бу конларда жойлашган бирламчи каолин миқдори

$A+B+C_1$ категориялари бўйича 51,2 млн т, иккиламчи туринг миқдори эса B+C категорияларига кўра 200 млн т дан зиёд. Улар жами 70 км^2 майдонни эгаллаб туради.

Чинни хомашёсига қўшилган каолин гили таркибида алюминий (III) оксиди кўп бўлгани туфайли массанинг ёпишқоқлиги таъминланади. Улар юқори температурада кимёвий таркибига кирувчи сувни чиқариб юборади ва алюминий (III) оксиди билан кремний (IV) оксидининг муҳим бирикмаси муллит минералининг ҳосил бўлишига олиб келади. Уч молекула алюминий оксиди ва икки молекула кремний оксидидан ташкил топган ва табиатда эркин ҳолда деярли учрамайдиган муллит кристаллари игнасимон, гоҳида тўрт ёнли призмага ўхшаган бўлади.

Каолин гили бой магматик ва метаморфик жинслар — гранит, гнейслар, кварцли порфирларнинг нураши туфайли юзага келади. Каолинитнинг пайдо бўлиши жараёни сув ва карбонат ангидрид таъсирида ўтади. Ҳосил бўлган каолин массаси ювилиб кетади ва суви туриб қолган ҳавзаларда дисперс гил чўкиндиларидан иборат қатламда тўпланади.

Маълум шароитларда регионал метаморфизм жараёнида юқори температурали муҳит таъсирида каолин гили зич гилли сланецга айланади. Температура 300° дан ортса, каолинитнинг парчаланиши тезлашади. Натижада кристалланган сланецни ташкил этувчи андалузит, силлиманит, дистен, гранит каби минералларга айланади. Каолиннинг нураши пайтида ишқорлар иштирок этса, сланец ўрнига серицит, слюда, дала шпати кабилар пайдо бўлади.

Чинни олишда ишлатиладиган лойтупроқ кимёвий таркибига кўра каолин гилига яқин, аммо минералогик таркиби билан кескин фарқланади. Агар каолин гили таркибига каолинит минерали кирса, чинни лойтупроғи деганда минералогик нуқтаи назардан икки ва ундан кўп гил минералининг табиий аралашмаси тушунилади. Кўпинча гилтупроқ таркиби каолинит ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$), галлуазит ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$) ва пирофиллит ($Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 4H_2O$), аралашмасидан иборат. Гилтупроқ таркибида бошқа минераллардан кварц қуми, слюда, дала шпати, колчедан, карбонат, рутил кабилар оз миқдорда учраши мумкин.

Гилтупроқлар ўтга чидамли гил (1580° да эримайди), қийин эрувчан гил (эриш нуқтаси 1350—1580° оралиғида) ва осон эрувчан гил (эриши 1350° дан паст) каби турларга ажратилади.

Ўтга чидамли гилтупроқ юқори температурада қиздирилганида оқ рангли массага айланса, уни чинни гили деб аташ мумкин. Одатда, бундай тупроқлар қаттиқ чинни таркибига 10 % атрофида қўшилади.

Юқори сифатли гилтупроқ конларининг кўпчилиги Украинада жойлашган. Бу республиканинг биргина Артемовск шаҳри яқинида бешта — Тройчатка, Янги Райка, Янги Швейцария, Абрамовск ва Андреевск конлари жойлашган. Мутахассислар бу тупроқ конларини ягона ном — Дружковка группаси гиллари деб атайдилар. Йирик гилтупроқ конлари қаторига Воронеж областининг Латная станцияси теварагида жойлашган Латненск, Новгород вилоятининг Боровичи шаҳри атрофида учрайдиган Любитинск конлари киради. Бу конларда қазиб олинадиган хомашё таркибида 31—38 % алюминий (III) оксиди ва 2—3 % титан (IV) оксиди бор.

Республикамизда ўтга чидамли ва куйиндиси оқ бўлган гилтупроқлар оз учрайди. Ангрен кўмир ҳавзаси ва Нурота тоғ ёнбағирларида учрайдиган конлар кичик бўлганлиги туфайли эътиборга олинмаган. Бизнинг серқуёш ўлкамизда, асосан осон эрувчи ва темир бирикмаларига бой бўлган гиллар кони беқиёс бўлиб, уларни ҳозирги кунда чинни саноатида ишлатиб бўлмайди.

Хомашё аралашмасининг пластик хусусиятларини ошириш мақсадида чинни таркибига бентонит қўшилади. Бундай гилнинг минералогик таркибига монтмориллонит, биотит, кварц, гипс кабилар киради. Бентонит гили Туркманистоннинг Ўғлонлик, Грузиянинг Аскан, Озарбайжоннинг Хильмилин, Қримнинг Курцево ва Ўзбекистоннинг Шўр-Сув конларидан қазиб олинади.

Чинни таркибига дала шпати ва кварцнинг айрим ёки кварц — дала шпати қумини пегметит жинслари ҳолида ҳам киритса бўлади. Улар, яъни темир бирикмаларидан тозалаб олинган хомашё таркиби чинни учун зарур моддалар билан бойитилади.

Пегматит таркибидаги кварц миқдори 30 % ва ундан юқори бўлса, қимматбаҳо хомашё ҳисобланади. Унинг кимёвий таркибига % ҳисобида олинганда 71-75 кремний (IV), 14—18 алюминий (III), 0,1—0,4 темир (III), 0,3—1,3 кальций, 0,07—0,14 магний, 4,3—9,4 кальций, 1,3—5 натрий оксидлари киради. Пегматит таркибида 68,5—70 %

дала шпати, 22,2—30,1 % кварц ва 1,1—2,7 % слюда учрайди.

Карелия АР, Украина ва Уралда йирик пегматит конлари жойлашган. Карелия конларидаги пегматит пластларининг қалинлиги 60 м га, узунлиги эса 400 м га боради. Челябинск ва Екатеринбург вилоятларида ҳам пегматит конлари борлиги аниқланган. Аммо пластларнинг қалинлиги 0,5—0,7 м атрофида бўлганлиги туфайли улар кам қийматга эга.

Ўзбекистонда ҳам пегматит конлари бор. Ҳ. М. Абдуллаев, И. Ҳ. Ҳамробоев, Х. Н. Боймуҳамедов, К. Л. Бобоев каби геолог олимлар Ғарбий Ўзбекистонда 15 та пегматит майдонлари борлигини илмий асослаб беришган. Қорақалпоғистон АР ҳудудида жойлашган Қизилсой пегматит майдони алоҳида аҳамиятга эга. Пегматит тўпламининг узунлиги 500 м, қалинлиги эса 1,2 м.

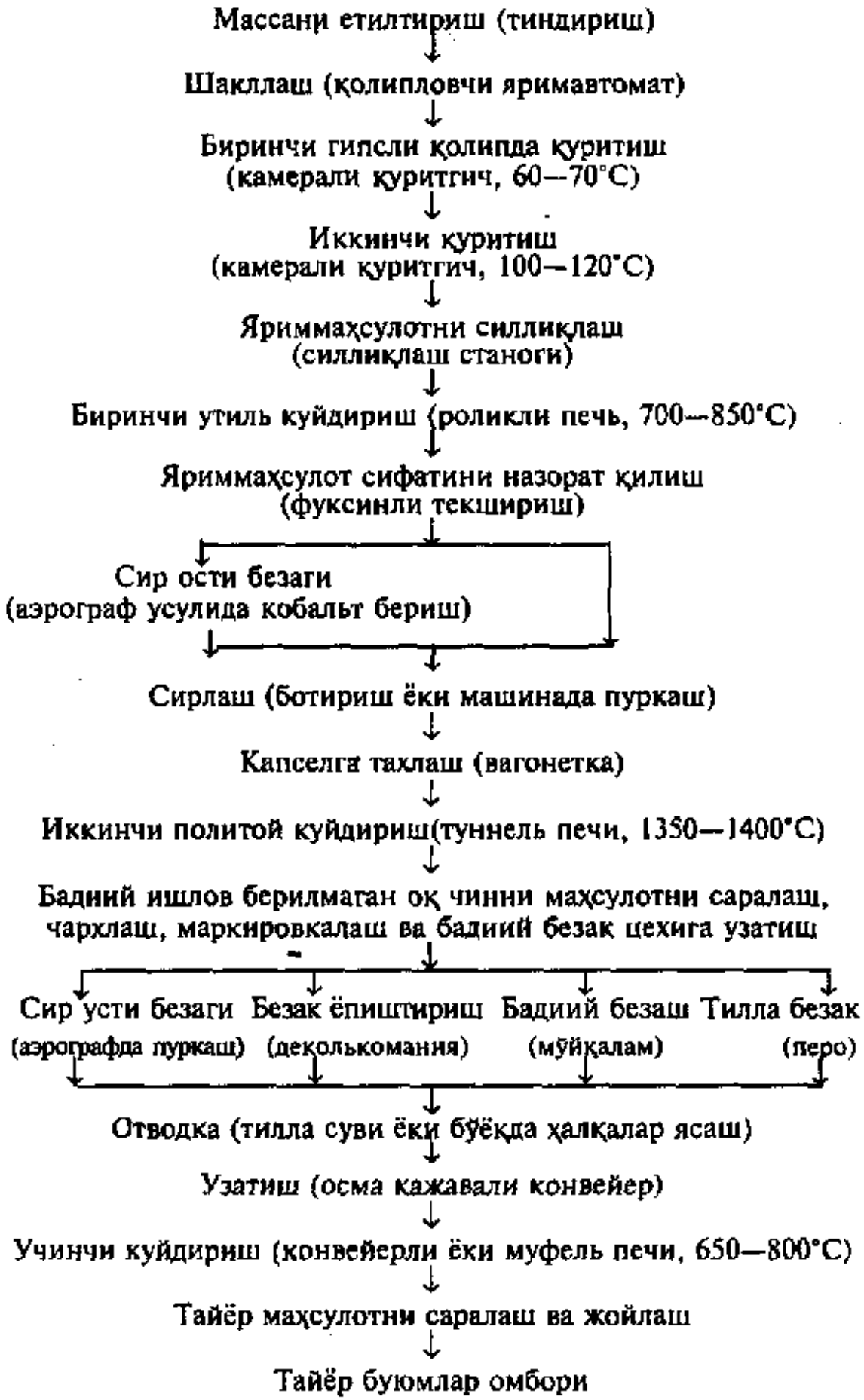
Пегматит ўрнига кварц— дала шпати қумларидан фойдаланиш мумкин. Бундай қум конлари Қашқадарё ва Самарқанд вилоятларида учрайди. Қашқадарё вилоятидаги Чияли кони захираси 38 млн тоннани, Самарқанд вилоятидаги Илонсой кони захираси эса 37,8 млн тоннани ташкил этади.

Чинни ишлаб чиқариш жараёни. Чинни олиш жараёни анча мураккаб жараён ҳисобланади (3-расм). Чинни буюми таркибига кирувчи чинни гили ва гилтупроқни одатда ер остидан кавлаб чиқариш корхона яқинидаги очиқ-саёз кон-карьерларда амалга оширилади. Хомашё сидирадиган ва юклайдиган машина — скрепер, бульдозер ёки экскаватор ёрдамида, аввало карьер юзаси ўсимлик, кулранг тупроқ, қум ва оҳактош қолдиқларидан тозаланади, оқава ариқлар йўли қуритилади. Сўнгра турли усулларда асосий хомашёни кавлаш ва транспорт воситаларига юклаш ишлари амалга оширилади. Ушбу мақсадларга одатда чўмич ҳажми 0,5—2 м^3 бўлган бир чўмичли, кўпдан-кўп ҳолларда кўпкавшли экскаваторлар қўл келади.

Кварц ва дала шпати каби қаттиқ хомашёлар портлатиш йўли билан қазиб олинади ва бир чўмичли экскаватор ёрдамида вагонетка, платформа ёки машиналарга ортилади.

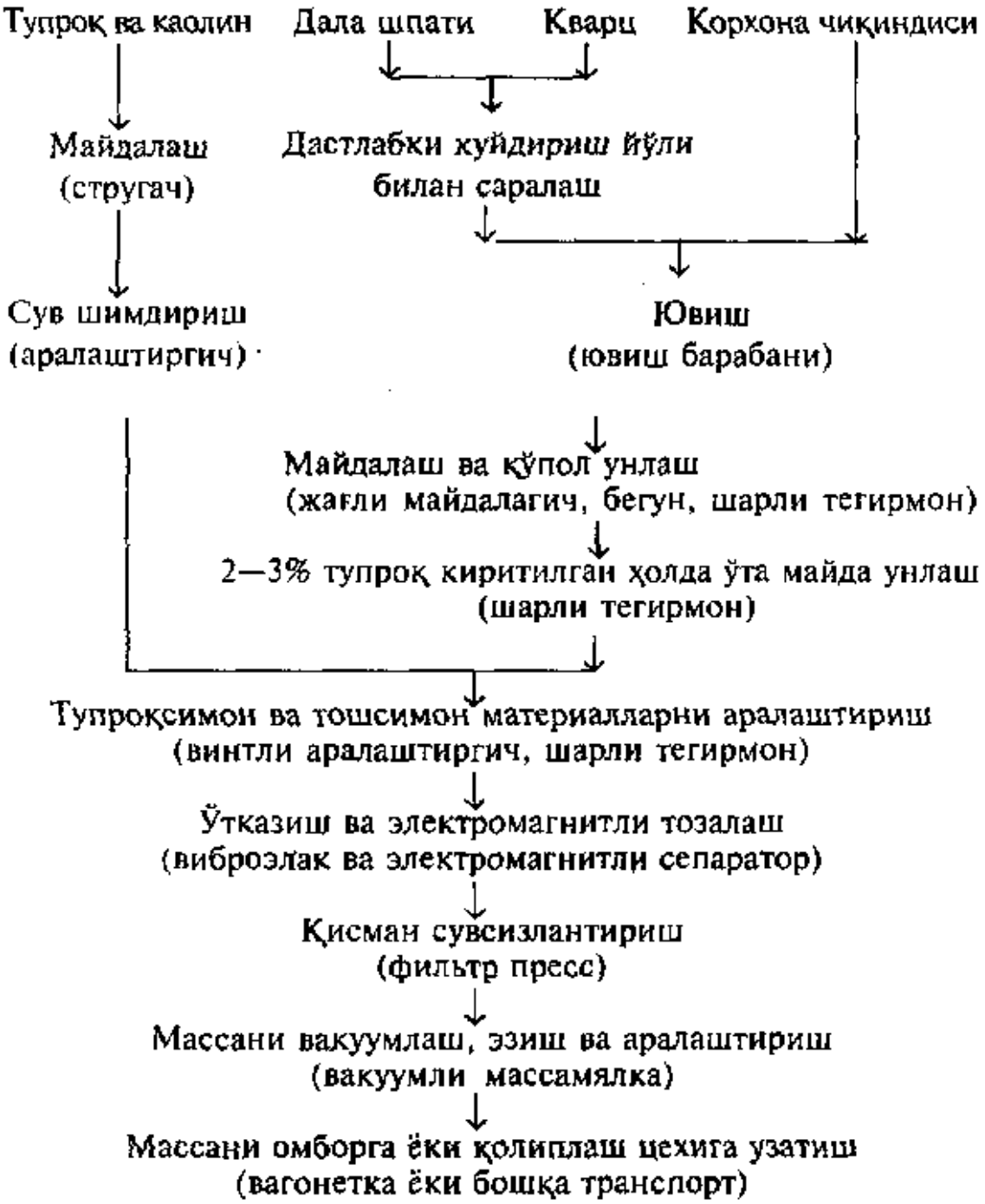
Хомашё рельсли ва рельссиз, даврий ва тўхтовсиз узатиб турувчи машиналар ёрдамида ташилади. Рельсли транс-


Хомашё омбори
Каолин
Тупроқ
Дала шпати
Кварц
Қўшимчалар
Корхона чиқиндиси
Сульфат-спирт бардаси
Саралаш ва узатиш (транспортёр)
Саралаш ва узатиш (транспортёр)
Ювиш (ювиш барабани)
Майдалаш (стругач)
Дағал майдалаш (жағли майдалагич, бегун)
Унлаш (бегун, шарли тегирмон)
Унлаш (бегун, шарли тегирмон)
Элаш (вибросито)
Элаш (вибросито)
Бункер
Бункер
Тортиш (тароз)
Тортиш (тароз)
Тортиш (тароз)
Ўта унлаш ва аралаштириш (шарли тегирмон, винтли аралаштиргич)
Узатиш (мембранали насос)
I ҳовуз (электромагнит тозалаш)
Узатиш (мембранали насос)
II ҳовуз (электромагнит тозалаш)
Узатиш (мембранали насос)
Қисман сувсизлантириш (фильтрпресс)
Массани ҳавосизлантириш (вакууммялка)

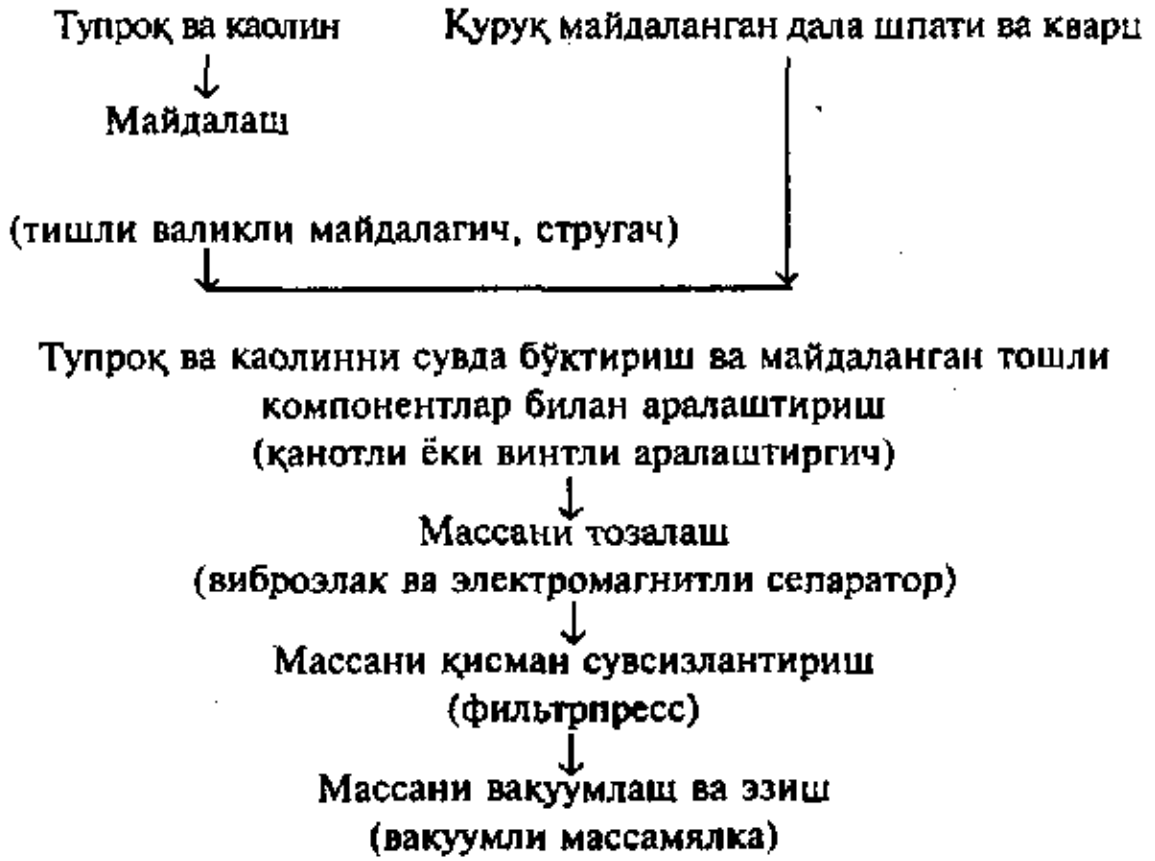


3- расм. Хўжалик ва бадиий чинни буюмлар ишлаб чиқаришнинг технологик тизими.

порт воситаларига мотовоз, электровоз, осма симарқон киради. Рельссиз юк ташувчи воситаларга эса турли маркали автомашиналар, электролафет, скрепер ва бульдозерларни кўрсатиш мумкин. Юкларни жойдан-жойга узатиб туришда транспортёр ва экскаваторлардан, шунингдек, гидротранспортдан фойдаланилади. Каолин ва гилтупроқ юмшоқлиги туфайли валикли майдалагичда,



4- расм. Пластик чинни массасини сувли унлаш ва аралаштириш йўли билан тайёрлаш схемаси.



5- расм. Пластик массани кукунланган тошсимон материаллардан фойдаланган ҳолда тайёрлаш схемаси.

кварц ва дала шпати эса қаттиқ ва мустаҳкамлиги сабабли жағли майдалагичларда 100-200 мм ўлчамда бўлакланади ҳамда болғачали, конус майдалагичларда 10—30 мм гача майдаланади. Ушбу мақсадда зарбли майдалагичлардан ҳам фойдаланса бўлади.

Гил, кварц ва дала шпати шарли тегирмонга узлуксиз ишлатиладиган механизмлар ёрдамида узатилади. Бу ерда майдаланиш жараёни 3—4 соат давомида ҳўл усулда бажарилади. Материаллар сувсиз ҳолдагига қараганда сувда яхши майдаланади, чунки сув майдаланаётган бўлакчаларнинг қаттиқлигини кескин камайтиради. Шарли тегирмоннинг иши тўла автоматлашганлиги сабабли доимо бир хил кучланишда серунум ишлаб, материалларни талаб қилинган даражада майдалаб аралаштиради. Одатда тегирмондаги материал, майдаловчи шар ва сув миқдори 1:1:1 нисбатда олиниб, 006 рақамли элакдаги қолдиқ 0,3—0,5 бўлгунга қадар давом этади.

3-расмда хомашёларга ишлов беришнинг кўп учрайдиган бир варианти берилган, холос. Хомашё тури, уларнинг

сифати ёки корхона шароитларидан келиб чиққан ҳолда келтирилган технологик схемага ўзгаришлар киритилган бўлиши мумкин. Мисол тариқасида қуйидаги 4—5-расмда пластик усулда масса тайёрлашнинг қисман ўзгартирилган вариантлари келтирилади.

Чинни буюмлар ишлаб чиқаришда яримқуруқ усули кукуни, пластик усул массаси, шликер ёки эритма махсус асбоб ва машиналар ёрдамида қолипланади. Қолипланаётган массалар намлиги юқоридаги усулларга кўра 6—8, 23—27 ва 35—40 % атрофида бўлади. Биринчи усул кўпроқ электр чиннниси, иккинчи усул хўжалик буюми ва учинчи усул бадиий чинни ёхуд санитария-техника буюмларини ишлаб чиқаришда қўлланилади. Мисол тариқасида тақсимча, лаган каби чинни буюмларни олишда пластик масса намлиги 23—24 %, чойнак, кўза ва кувача каби мураккаб буюмларни олишда эса ушбу рақам 25—27 % га тенглиғини келтириш мумкин.

Чинни буюмларга термик ишлов бериш технологияси энг мураккаб ва масъул жараён бўлиб, маълум даражада тайёр маҳсулотнинг сифатини таъминлайди. Қолипланган чинни фаянс буюмлари каби қуритилади, сўнгра туннель печларида куйдирилади. Сопол буюмлари каби бу ерда ҳам термик ишлов икки босқичда олиб борилади. Биринчи босқичда температура иккинчисига нисбатан камроқ бўлади. Масалан, хўжалик-маиший чиннниси, аввал 900—950°С да куйдирилади, сирти сирланади ва 1300—1350° да иккинчи марта куйдирилади. Сўнгра маҳсулот юзаси бўялади ва унга «олтин суви» берилади.

Тайёр буюм сараланиб, сортларга ажратилади. Сўнгра махсус яшик ва контейнерларга жойланади ва тайёр буюмлар омборига жўнатилади.

Термик ишлов вақтида каолин, гил ва дала шпати парчаланади. Кварц эса полиморфизм ҳодисасига дуч келади. Натижада уч молекула алюминий (III) оксиди икки молекула кремний (IV) оксиди билан бирикиб, муллит номли ўта мустаҳкам, иссиқ ва совуқ таъсирига чидамли кимёвий турғун ва нинасимон моддани ҳосил қилади. Дала шпати эса масса таркибида кўзга илғамас ҳолда эриб, чиннининг ялтираши ва оқлигини таъминловчи шиша модда ҳосил қилади. Одатда, хўжалик-маиший чиннниси таркибидаги бу шишанинг миқдори 40—50 % гача боради. Кварц

эса юқори температура таъсирида тридимит номли формага ўтади. Албатта, масса таркибида оз миқдорда бўшлиқ ва ҳаво бўлади.

Шундай қилиб, хўжалик маиший чинниси таркибига муллит ва тридимит минераллари, шиша ва ҳаво киради. Чинни таркибига кирувчи хомашёлар нисбатининг бузилиши билан бу моддаларнинг ўзаро миқдори ҳам ўзгаради.

Тошкентлик олимлар томонидан яратилган янги фосфоритли чинни буюмларнинг таркиби эса бошқачароқ. Уларнинг таркибига муллит, анортит, апатит каби минераллар ва шиша моддаси киради. Баъзи вақтларда тайёр буюм таркибида витлокит номли минерал ҳам учраб туради.

Юмшоқ чинни массаси асосида тайёрланган маҳсулотларда муллит минерали учрамайди. Уларнинг таркибида шиша моддаси жуда кўп миқдорда бўлади. Бу эса ўз навбатида бундай буюмларнинг оқлиги ва шаффофлигини оширади. Бундай чинни таркибига фосфорли бирикмалар киритилса, у ҳолда шиша моддаси билан бир қаторда, анортит ва кристоболит минераллари ҳосил бўлади.

Чиннининг асосий хусусиятлари. Чиннининг сиртқи оқ, сополи зич ва уюшиб қотган бўлиб, сув ва газни ўтказмайди, мустаҳкам, иссиқлик ва кимёвий моддалар таъсирига чидамлидир. Санитария-гигиена ва механика жиҳатидан чинни мармартош ва гранит каби табиий тошлардан ясалган буюмларга яқин туриши билан фаянс ва яримчинни массаси асосида ишлаб чиқарилган маҳсулотлардан устун келади.

Санитария-техника чинни буюмлари маълум гидравлик босимга бардош бериш, кислота ва сув таъсирига чидамли бўлиши лозим. Уларнинг сув шимувчанлиги нол атрофида, шакли мунтазам, юзаси силлиқ бўлиши шарт.

Электротехника чиннисига олдига катта ва масъулиятли талаблар қўйилган. Бундай маҳсулотлар хўжалик ва қурилиш чиннисига кўра эгилиш ва узилишга ўта чидамли бўлмоғи даркор. П-3, П-4, 5 ва П-6 изоляторларнинг бир минутлик узилишга қаршилик кўрсатиши 2400—4800 кг гача боради. Электр токи таъсирида уларнинг қаршилик кўрсаткичи эса 4000—8000 килограмм атрофидадир. ШС-6, ШС-10, ШД-20 ва ШД-35 маркали изоляторларнинг 1 $см^2$ юзасининг эгилишига чидамлилиги 1400—3000 кг га тўғри келади. Электр токига қаршилик кўрсатиши эса 1×10^{12}—$3{,}74\times10^{14}$ см гача боради.

1487—71 рақамли тармоқ стандарти бўйича бундай буюмларнинг оқлиги барит пластинкасиникига солиштирилганда 55—70 % ни ташкил қилади. Улар иссиқ ва совуқнинг кескин ўзгаришига саккиз марта чидамли, 1 $см^2$ юзанинг эгилишига қаршилиги 700—900 кг, 20—800° оралиғидаги кенгайиш коэффицентлари $40—50\times10^{-7}$ град.$^{-1}$ га тенг бўлиши зарур. Уларнинг сув ва бошқа суюқликларни шимувчанлиги 0—0,5 % атрофида бўлади. Бундай буюмларнинг 1 $см^2$ ҳажмига тўғри келадиган оғирлиги 2,25—2,42 г атрофидадир.

Чинининг халқ хўжалигидаги аҳамияти. Чиннидан ясалган маҳсулотлар қурилиш, техника ва хўжаликда катта аҳамиятга эга. Қурилишда асосан санитария чиннисидан тайёрланган буюмлар ишлатилади. Улар мустаҳкамлиги, кимёвий турғун ва иссиқ-совуққа бардошлилиги билан алоҳида ажралиб туради.

Техникада қўлланиладиган чинниларга юқори ва паст вольтли, тешиш кучланиши 500 В дан юқори ва 500 В гача бўлган изоляторлар киради. Улардан биринчиси частотаси 50 гЦ, кучланиши эса 1 кВ дан юқори бўлган электр токини узатишда қўлланилади. Иккинчи тур изоляторлар хўжаликда кучланиши 500 В дан ошмайдиган электр токини узатишда ишлатилиб, улар ўрнатилувчи изолятор деб аталади.

Глиноземли чинни номи билан аталувчи массадан техникада ўта мустаҳкам покришка, қувур, радио антенналарнинг изоляторлари, юқори вольтли ўтказувчан изоляторлар, шунингдек, металлокерамика маҳсулотлари олинади.

Кейинги йилларда чинни маҳсулотларнинг халқ хўжалигидаги аҳамияти янада ортди. Японияда автомобилларнинг занг олмас ва мустаҳкам маторининг қобиғи чиннидан ясалди ва синовдан муваффақиятли ўтди. Собиқ Иттифоқнинг кўпгина заводлари, шу жумладан, Тошкент ва Самарқанд чинни заводи инженерлари чинни асосида кошинлар ясаш ва шу йўл билан табиий мармартош ва гранит плиталарнинг ўрнини босиш устида илмий тадқиқотлар олиб бормоқдалар. Ситаллаштирилган чинни массаси асосида подшипник, радиатор, циклон, фонтан, ҳайкалча, мозаика, панно ясаш мумкин.

Аҳолининг чинни буюмларга бўлган эҳтиёжи борган сари кўпроқ қондирилмоқда. Тошкент, Самарқанд, Қувасой ва Хива чинни корхоналарида ишлаб чиқарилаётган буюмларнинг тури 50 дан ортиб кетди, уларнинг сифати ҳам борган сари яхшиланиб бормоқда. Республикамизда ишлаб чиқарилаётган чинни буюмларда миллий безаклар, анъанавий нақшлар, халқ санъаткорларининг ижоди янада кўпроқ акс эттирилиши мақсадга мувофиқдир.

Чинни уй-рўзғор буюми бўлибгина қолмай, балки санъат асари ҳамдир. Шу сабабли чиннисоз ижодкорлар рассом ва ҳайкалтарошлар билан биргаликда кўпроқ изланишлар олиб боришлари лозим. Бу ўз навбатида ишлаб чиқарилаётган маҳсулотлар турини дид билан кўпайтиришга ҳамда катта талаб билан харид қилинишига олиб келади.

Корхоналарнинг тўла қувватда ишлаши ва маҳсулот сифатини яхшилаш, уларнинг таннархини арзонлаштириш учун юқори сифатли хомашё керак. Ангрен ва Қорақалпоқ АР каолинга, Битоб, Чияли ва Илонсой дала шпати ва кварцга, Бухоро оқ қум ва фосфоритларга жуда бой. Республикамизда волластонит ва аляскит каби чинни хомашёлари етарлидир. Чинни буюмларни қолиплаш учун ишлатиладиган гипсни Ангрен керамика комбинати ёки Оҳангарон цемент заводида тайёрлаш мумкин. Шунга қарамай каолин билан оқ тупроқ Украинанинг Дружовка районидан, пегматит Карелиянинг Чупа районидан, гипс Самара шаҳридан келтирилмоқда.

Олимлар нозик чинни буюми ҳамда ёдгорликларни тайёрлаш учун керакли масса ва бўёқларнинг янги турларини топишлари, муҳит таъсирига чидамли сирларни ишлаб чиқаришга изчиллик билан жорий қилишлари зарур. Тошкент Кимё-технология институтининг олимлари томонидан яратилган паст температурада сополаги пишувчи фосфоритли чинни массасини изчиллик билан ишлаб чиқариш зарур. Бу ўз навбатида катта миқдордаги ёқилғи ва хомашёни тежаш, куйдириш печларининг узлуксиз ремонт муддатини кескин узайтириш имкониятини берган бўлар эди.

Ўзбекистон чиннисозлари замондошларимизнинг юксак талабларига ижодий меҳнатлари билан жавоб бериб, турмушимиз равнақига ўзларининг муносиб ҳиссаларини қўшмоқдалар. Улар бундан кейин ҳам чиннисозликни ҳар жиҳатдан такомиллаштириб борадилар.

7-§. Оловбардош материаллар ишлаб чиқариш

Оловбардош тошларнинг яратилиши. Чўян ва пўлат ишлаб чиқариш, қолаверса уларни эритиш ҳажми оғир саноатнинг қудратини белгиловчи омил бўлиб ҳисобланади. Лекин металлургия соҳасида эришилган улкан ютуқларни техник воситаларсиз тасаввур қилиш қийин. Масалан, металл эритадиган печни олайлик. Юзаки қарашда у гўё оддий ғиштдан қурилгандай кўринади. Аслида унга ишлатилган ғишт оддий ғишт эмас. Агар бундай печга оддий ғишт ишлатилса, металл эрийдиган температура таъсирида печнинг деворлари бутунлай эриб кетган бўлар эди. Ваҳоланки, улар жуда юксак температурага ҳам бардош беради.

Хўш, металл эритиладиган печларнинг деворига қандай ғишт ишлатилган? Уларни табиатнинг ўзи яратганми ёки улар инсон меҳнати, ақл-заковати ва ижодининг маҳсулими?

Юксак температура ва эриган металл таъсирида емирилмайдиган, ўтда ёнмайдиган, сувда зангламайдиган ўта пишиқ сунъий тошлар зукко олимларимиз меҳнати ўлароқ асримизда яратилган керамика маҳсулотлари сирасига киради.

Гранит, оҳактош, қумтош оловбардош табиий материалдир. Тош даврида инсон оловбардош табиий материаллардан ўчоқ ва печкалар қуриб, тураржойларни иситган, таом тайёрлаган. Қадим замонларда табиий тошлардан қурилган чиройли оромгоҳ-қасрлар, обидалар, ёдгорликлар ва ҳоказолар бизнинг замонамизгача сақланиб қолган. Хуллас, инсон кўп асрлардан буён шундай ноёб тошларга катта маҳорат билан сайқал бериб, нафис безаклар, нақшлар солиб, табиатнинг жозибали обидаси, ёдгорлиги сифатида авлоддан авлодга мерос қолдирмоқда.

Қадимда Хитойда оловбардош тошдан кенг кўламда ва турли мақсадларда фойдаланиш яхши йўлга қўйилган. Масалан, эрамиздан уч минг йил муқаддам хитойлар рудадан ушбу материаллар воситасида қимматбаҳо моддаларни симоб иштирокида қотишма ҳолида ажратиб олиш усулини топганлар ва улар ёрдамида баъзи юқумли касалликларни даволаганлар.

Ҳозирги Марказий Осиё, Кавказорти ва Эрон ҳудудларида Ўрта асрларда яшаган халқлар тупроққа турли

қўшимчалар аралаштириб оловбардош материалларнинг энг оддий турларини яратганлар. Қадимги кимёгарлар, яъни илми симъё намояндалари ана шундай материаллардан ясалган ва махсус сир билан қопланган кўзача ва идишларда оддий маъданларни қиздириб, уларни кумуш ва олтинга айлантиришга уринганлар. Уларнинг симобдан олтин олиш борасидаги уринишлари зое кетган бўлса-да, ўтказилган тажрибалар симоб каби моддаларнинг кимёвий таркиби ва хоссаларини аниқлашга ёрдам берган, руда таркибидаги олтин ва кумушни симоб воситасида ажратиб олиш мумкин эканлигини кўрсатган. Ўша даврларда ғалаба рамзи ҳисобланган ва диний байрамларда бўёқ сифатида ишлатилган, косметика ва фармацевтика эҳтиёжлари учун фойдаланилган машҳур қизил бўёқ ҳам киновар минералидан ёки сунъий симоб сульфиддан ана шундай оловбардош кўзаларда эритиб олинган ва сақланган.

XII асрнинг охирларида Чингизхоннинг ҳарбий юришлари вақтида бу ўлкалар аҳолиси қириб ташланиши оқибатида қадимги кулол-кимёгарларнинг оловбардош маҳсулот тайёрлаш усуллари деярли унутилиб кетган.

Мис билан қалай қотишмасидан иборат бронзанинг пайдо бўлиши кулолчилик билан дегрезчилик касбини бирлаштирди. Натижада табиий тош ва гилнинг махсус турлари асосида сунъий ғишт, ихчам кўзалар тайёрлаш усули вужудга келди.

XIV—XV асрларда рудадан темир ажратиб олиш ва темирдан қурол-аслаҳа тайёрлаш кенг йўлга қўйилди. Бу эса, ўз навбатида, металл ишлаб чиқариш саноатига асос солди. Европада шу даврда биринчи домна печлари қурилиб, оловбардош маҳсулот тайёрлана бошланди ва уларнинг миқдорини кўпайтириш, сифатини яхшилаш зарурати туғилди.

Кейинчалик пўлат ишлаб чиқариш йўлга қўйилди. Шу муносабат билан чўяндан пўлат оладиган махсус қурилмалар-конвертор ва мартен печлари барпо этилди. Бу эса, ўз навбатида, оловбардош маҳсулотларнинг янгидан-янги турларини пайдо бўлишига олиб келди ва унинг иссиққа чидамлилигини ошириш устида олиб борилаётган илмий тадқиқот ишларини жадаллаштиришни тақозо қилди.

XX асрнинг 50-йилларидан бошлаб оғир саноатнинг барча соҳалари, шу жумладан оловбардош маҳсулот иш-

лаб чиқариш тармоғини юксак суръатлар билан ривожлантириш чоралари кўрилди. Саноатни хомашё билан таъминлаш учун биринчи навбатда кон қидирув ишларига катта эътибор берилди. Шу мақсадда геолог-мутахассислардан иборат қидирув отрядлари ташкил этилиб, Урал, Кавказ, Украина, Қозоғистон, Ўрта Осиё ва бошқа ўлкаларга юборилди. Республикамизнинг кўпгина районларида ҳар хил фойдали қазилмалар, жумладан, каолин, магнезит, доломит, кварц, алунит, боксит, хромит, тальк конлари топилди. Шуни айтиш лозимки, Ўзбекистонда олиб борилган геологик-қидирув ишлари натижасида бошқа конлар қатори Ангренда каолин захираси борлиги аниқланди.

Саноатнинг оловбардош маҳсулот ишлаб чиқарадиган тармоғини кенгайтириш, топилган хилма-хил хомашёни чуқур физик ва кимёвий анализ қилиш, тайёр маҳсулотнинг турини кўпайтириш ва унинг сифатини яхшилаш, структураси ва хусусиятларини кенг ўрганиб, классификациялашга ўзбек олимлари ҳам катта ҳисса қўшмоқдалар.

Республикамиз, шу жумладан, Тошкент олимлари ҳам бу соҳада муҳим изланишлар олиб боришмоқда. Масалан, Тошкент Кимё-технология институтининг кимё-технология факультетидаги олимлар Ўзбекистоннинг Ангрен каолини ва Туркманистоннинг Бадхиз алунити асосида оловбардош шамот ғишти тайёрлаш йўлини ахтармоқдалар. Тошкент Темир йўллари институти олимлари ҳар хил қўшимчалардан оловбардош маҳсулот олиш учун энг мақбул композиция танлаш, тайёр буюмнинг хусусиятларини ўрганиш юзасидан тадқиқот олиб бормоқдалар.

Оловбардош материаллар. Юксак температурага бардош бера оладиган маҳсулотлар ва материалларнинг тури жуда кўп. Шундай материал олинадиган хомашёнинг хили янада кўпроқдир.

Саноат қурилишида ишлатиладиган оловбардош материаллар хомашёнинг физик ва кимёвий табиатига, кимёвий-минералогик таркибига ҳамда тайёрлаш технологиясига қараб асосан саккиз группага ажратилади: 1) кремнезёмли, 2) алюмосиликатли, 3) магнийли, 4) хромли, 5) цирконийли, 6) углеродли, 7) оксидли ва 8) кислородсиз моддадан иборат материаллар. Ҳар бир группа

композиция ташкил этувчи асосий минералларнинг ўзаро нисбатига қараб типларга ажратилади. 1-группага — динасли ва кварцли тип, 2-группага — шамотли, юксак глинозёмли ва яримнордон тип, 3-группага — магнезитли, доломитли, форстеритли ва шпинелли тип, 4-группага — хромитли, хром-магнезитли ва магнезит-хромли тип, 5-группага — цирконийли ва цирконли тип, 6-группага — коксли ва графитли тип, 7-группага — оксидли ва 8-группага — карборундли ва бошқа типлар киради.

Маҳсулотлар тайёрлаш усули, шакли ва ўлчами, кўриниши, юқори температура ҳамда кислота таъсирига чидамлилиги ва бошқа хусусиятларига қараб группа ва турларга ажратилади.

Оловбардош маҳсулотлар шакллаш усулига кўра, шликер ёки эритмадан қуйилган, пластик формовка қилинган, яримқуруқ прессланган, қуруқ кукунсимон массадан пресслар ёрдамида жипслаштирилган, тоғ жинси ва қуйма блоклардан арралаб ясалган турларга ажралади. Термик ишлов берилиши жиҳатдан улар куйдирилган (шамот ғишт) ва эритиб қуйилган (кварцли блок) маҳсулотларга, синдириб кўрганда юзасининг структурасига қараб майда толали ва йирик толали тузилишдаги буюмларга ажратилади. Қуйиш жараёнида майда заррачаларнинг бирбирига ёпишиш даражасига қараб, маҳсулотнинг танаси тош қотган ёки ковакли бўлиши мумкин. Танаси тош қотган ғишт мустаҳкам, синдирилган юзаси ялтироқ чиғаноқсимон бўлади, очиқ ва туташган ғовакли бўлмайди. Танаси ковакли ғишт ялтирамайди, юзаси хира, бўзранг ва бирмунча ғовак бўлади.

Оловбардош материаллар шакли ва ўлчамига кўра «тўғри» ва «қийиқ» нормал ғиштлар ҳамда оддий, мураккаб, ўта мураккаб ва йирик блок шаклдор буюмларга, температурага чидамлилиги жиҳатидан ўтга чидамли (1580—1770 °С), юқори температурага чидамли (1770—2000 °С) ва жуда юксак температурага чидамли (2000 °С дан юқори) турларга ажратилади.

Оловбардош дастлабки сунъий маҳсулот алюмосиликатли ва кремнезёмли ғиштдан иборат. Бундай ғишт қуйиш учун созтупроқни куйдириб ҳосил қилинган оловбардош лой, яъни шамот билан қум жуда қўл келди. Таркибида алюминий оксиди кўп бўлган куйдирилмаган гилга

куйдирилган каолин ёки шамот аралаштириб қорилган лойдан қуйилган ғиштни махсус печда 1350—1500 °С да пишириш йўли билан яримнордон, шамотли ва юксак глиноземли ғиштлар олиш мумкин. Кум суюқ оҳакда қорилиб, шу қоришмадан қуйилган ғишт пиширилса, динас ёки кварцли ғишт ҳосил бўлади. Бундай ғиштларни қуйиш осон ва арзонга тушади, 1580—1750 °С га бемалол чидайди. Улар сувда зангламайди, кислотада эримайди (6-жадвал), бир неча йилгача ўз хусусиятларини йўқотмайди.

Оловбардош алюмосиликат ғиштларнинг хоссалари масса таркибига кирувчи алюминий (III) оксиднинг миқдорига боғлиқ. Таркибидаги оксид миқдори ортган сари ғишт кўрсаткичларининг ҳам ортиши 6-жадвалдан яққол кўриниб турибди.

Оғир саноатнинг илдам ривожи металларнинг янги, мустаҳкам турини яратишни тақозо этади, бу эса ўз навбатида, ўта чидамли, хумдонбоп материалларни топиш заруриятини туғдирди. Давр талаби билан МДҲ, Австрия, АҚШ, Чехословакия, Англия ва Япония олим ва мутахассислари ҳамкорликда ўтга чидамли янги маҳсулотлар— магнезитли, хромитли ва цирконийли ғишт ва блоклар қуйиш усулини ишлаб чиқдилар. Шу усулда магнезит, доломит, форстерит, шпинель, хромит ва сунъий бирикма-

6-жадвал

Алюмосиликат ғиштларининг оловбардошлик кўрсаткичлари

Ғиштнинг тури	Al_2O_3 миқдори, %	Пишириш температураси, °С	Иссиққа чидамлилиги, °С	Қўшилган эритгич миқдори, %	Деформацияланиш температураси, °С
Каолинли шамот	40—44	1450—1500	1750—1770	2,5—3	1500
Созтупроқли шамот	38—40	1350—1420	1710—1750	5—6	1400
Андалузитли	57	1400—1500	1750 дан ортиқ	2,7	1450
Силеманитли дистен	65	1500—1550	1750 дан ортиқ	3,5	1570
Диспорли дистен	68	1500—1550	1750 дан ортиқ	3,5	1500
Муллитли дистен	73	1550—1650	1750 дан ортиқ	3,5	1580

лар асосида тайёрланган материаллар юқори температура таъсирига чидамлилиги жиҳатдан бошқалардан ажралиб туради. Форстеритли ғиштнинг 1750 °С дан юқорида эриши ва 1 см² юзасининг 500 кг гача куч таъсирида сиқилишга бардош бера олиши унинг юксак даражадаги пишиқлигидан далолатдир.

Қуйида биз корунд фазали оловбардош буюмларнинг *хоссаларини келтирамиз (7-жадвал).*

7-жадвал

Таркиби α-Al_2O_3 га тўғри келувчи оловбардош материалларнинг хоссалари

Хоссалар	Кўрсаткичлар
Al_2O_3 миқдори, %	99,5—99,8
Зоҳиравий зичлиги, г/см³	3,85—3,9
Ҳақиқий зичлиги, г/см³	3,99—4,0
Говаклилиги, %	
зоҳиравий	0,1 дан кам
ҳақиқий	3—5
Мустаҳкамлик чегараси, г/см²	
сиқилишга чидамлилиги	10000—15000
эгилишга чидамлилиги	2000—3000
чўзилишга чидамлилиги	$3,8 \cdot 10^3$
Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, ккал/м с.град:	
100 °С да	25
1000 °С да	5
Ўтга чидамлилиги, °С	2050
Иссиқликдан кенгайиш коэффициенти, 20—1200 °С	
оралиғида	$8,5 \cdot 10^6$
2 кг/см² юк таъсирида деформацияланишининг	
бошланғич температураси, °С	1900

Бас шундай экан, айтиб ўтилган оловбардош маҳсулотлар тайёрланадиган хомашё Мустақил Давлатлар Ҳамдўстлиги мамлакатларида кўпми, деган савол туғилиши табиий. Бу саволга жавобни қуйида келтирилган мисол орқали берса бўлади. Масалан, Урал ва Сибирда магнийли ғишт тайёрлаш учун керак бўладиган магнезит қазиб олинадиган конлар бор. Челябинск областидаги Сатка конидан таркибида 92,5 % магний карбонат бўлган, Красноярск ўлкасидаги Тальск конидан эса таркибида магний карбонат 95 % дан ортиқ бўлган минерал қазиб олинади. Бу конлардан қазиб олинадиган минераллар таркибида оз миқдорда бўлса ҳам қум, глинозём, кальций оксиди бор.

Табиатда соф хромитнинг жуда катта конлари борлиги ҳам маълум. Масалан, Қозоғистондаги ва Уралдаги конлардан қазиб олинаётган хромит МДҲнинг ва айрим чет эл мамлакатларининг хромга бўлган эҳтиёжини тўла қондирмоқда.

Форстерит ғишт тайёрланадиган хомашё оливинит Кола яриморолидаги ва Кавказдаги конлардан, дунит Украинанинг ўрта ва шимолий районларидаги, Свердловск областининг Нижний Тагил районидаги конлардан, тальк эса Урал, Украина ва Шарқий Сибирдаги конлардан қазиб олинади.

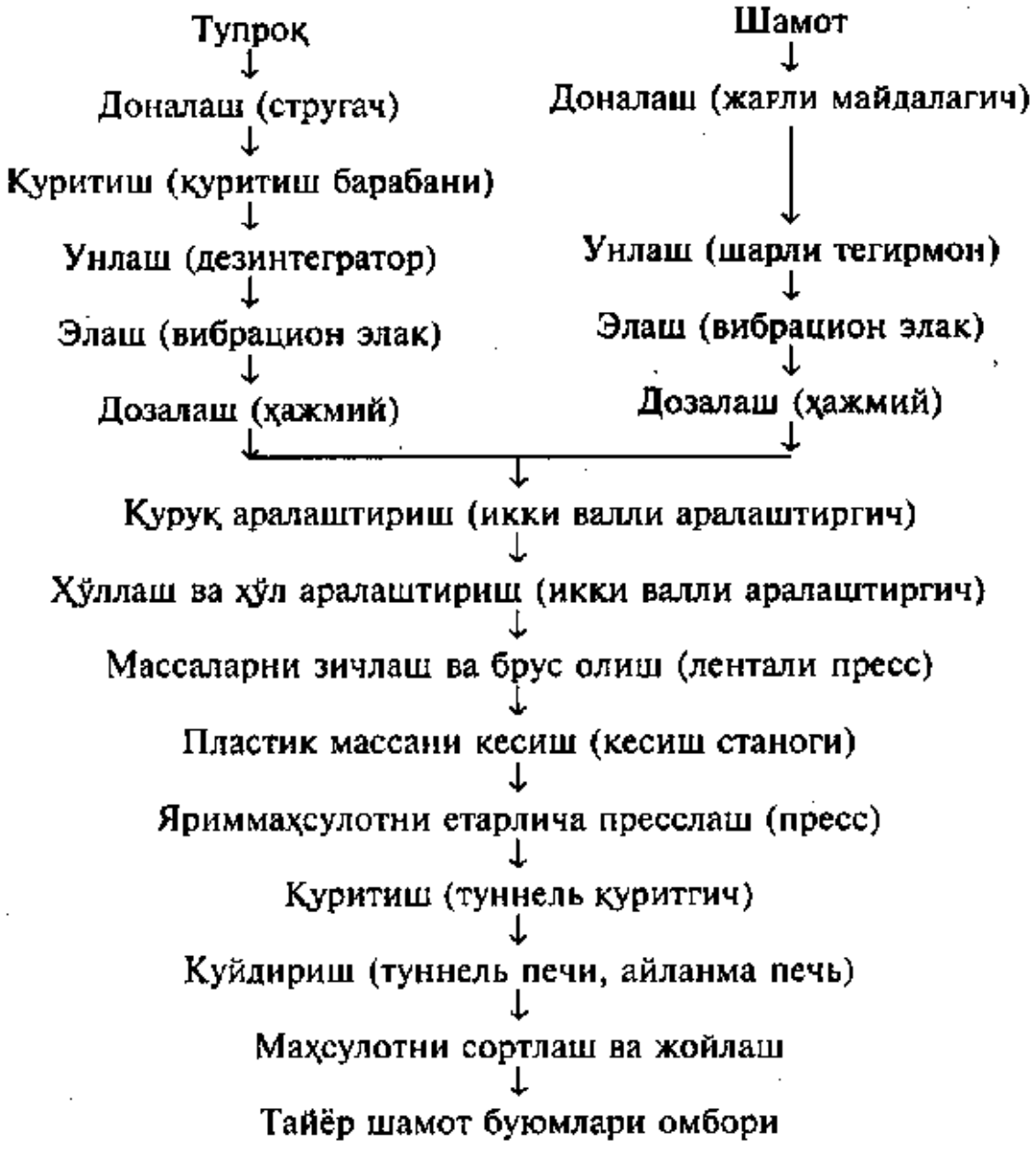
Цирконийнинг асосий ва йирик конлари Бразилия ҳудудидадир. МДҲ да циркон эвдолит минералидан олинади. Кейинги вақтларда олиб борилган геологик ва минералогик изланишлар шуни кўрсатдики, МДҲ ҳудудида ҳам нефелин-сиенит орасида соф ва бирламчи циркон қаватлари учрамоқда.

Оловбардош материалларнинг оксидли, карбонли, кислородсиз турлари ҳам яратилди. Уларни магний, торий, гафний, бериллий, алюминий, уран каби оксидлар асосида олиш мумкин. Агар магний ва гафний оксидларининг суюлиш нуқтаси 1825° ва 2900° С бўлса, торий оксидли ғиштлар 3200° га бардош бера олади. Тошкўмир кокси ёхуд графитдан 1100—1450° С да куйдириб тайёрланган карбонли ғишт, блок ва деталлар 3700° С га, сув ва кислота таъсирига чидамлилиги, домна тошқолига инертлиги, электр токини яхши ўтказиш каби хусусиятлари билан юқорида айтиб ўтилган материаллардан ажралиб туради. Кислородсиз карбид, нитрид, борид, силицид ўта юқори температурадагина эриши, ўта қаттиқлиги, шунингдек, ўзига хос электр, магнит ва кимёвий хоссалари билан фарқ қилади. Масалан, титанли карбиднинг қаттиқлиги Моос даражаси бўйича 9,2—9,5; бир квадрат сантиметр юзасининг сиқилишга чидамлилиги 22500 кг. Борли нитрид яхши диэлектрик бўлиб, эриш температураси 2350° С. Цирконийли борид иссиқликка чидамлилиги ва қайтарувчи муҳитга ўта турғунлиги билан ажралиб туради. Молибденли силициднинг электр қаршилиги кам, чўзилишга чидамлилиги эса бир квадрат сантиметр юзага ҳисобланганда 6000 кг.

Хулоса қилиб айтганда, оловбардош маҳсулотлар тури, хомашёси, хоссалари ва имкониятлари жиҳатдан одатдаги

керамика буюмларидан фарқ қилади. Улар оддий ғишт, сопол ва чинни буюмлардан фарқли юқори температурада ўз хоссасини ўзгартирмайди. Уларга ҳатто эриган металл, шлак, шиша, цемент ва бошқа кимёвий бирикмалар ҳам таъсир этмайди. Оловбардош маҳсулотлар баъзан иссиқликни яхши ўтказади, баъзан эса аксинча, иссиқликни сақловчи вазифасини ўтайди. Шу жиҳатдан табиатдаги бирон бир табиий ёки сунъий материал уларнинг ўрнини боса олмайди.

Оловбардош ғишт тайёрлаш. Оловбардош ғиштларнинг ишлаб чиқариш технологик тизимлари ўта мураккаб ва



6- расм. Пластик пресслаш усулида шамот ғишти олишнинг технологик схемаси.

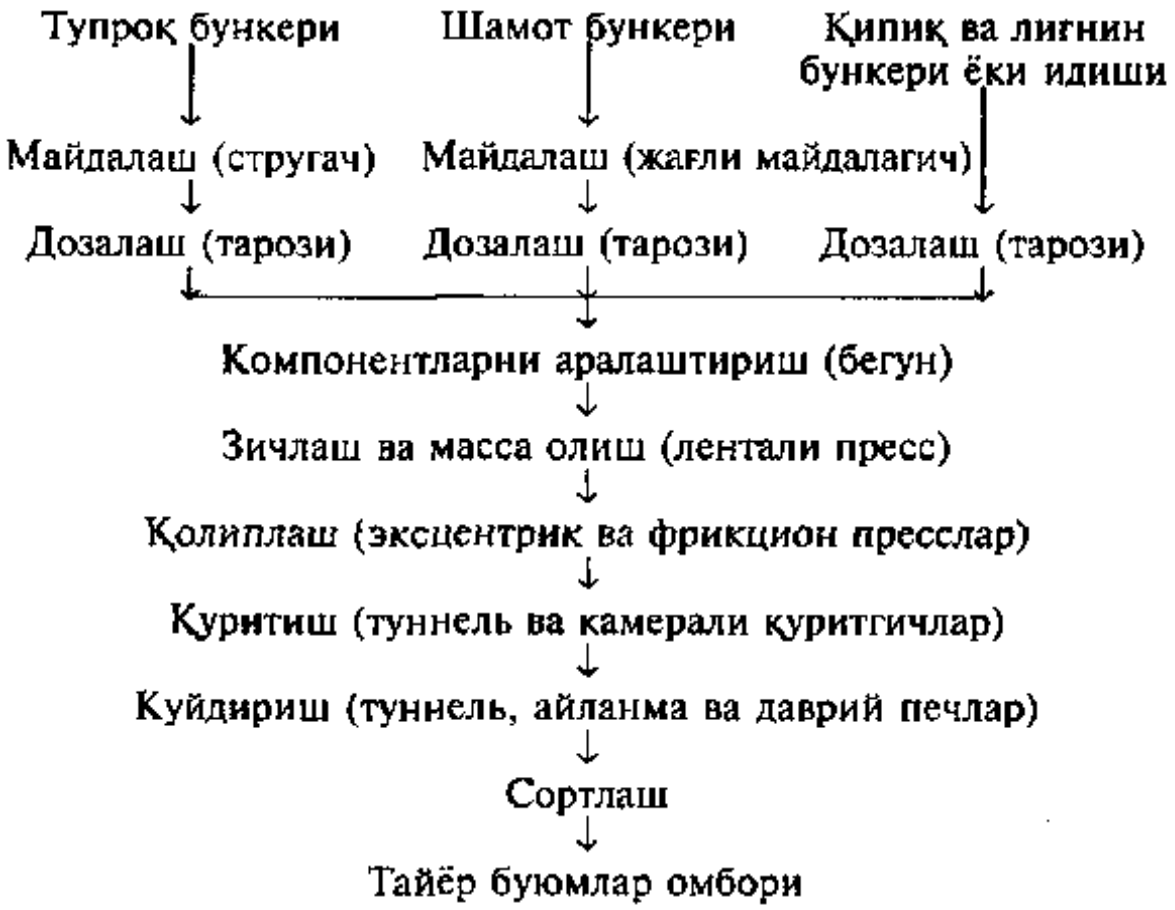
хилма-хилдир. Кўпинча, хомашё тури ва олинадиган маҳсулот сифатига қўйилган талаблар асосида тизим ўзгариб боради.

Оловбардош маҳсулотлар ичида энг кўп ишлаб чиқариладигани шамот ва динас ғиштлардир. Қуйида биз пластик пресслаш усулида шамот ғишти ва унинг енгил вазнли турини олиш ҳамда 150 кг/см^2 босимда пресслаш йўли билан динас ишлаб чиқаришнинг энг содда технологик тизимларини келтирамиз (6—8-расмлар).

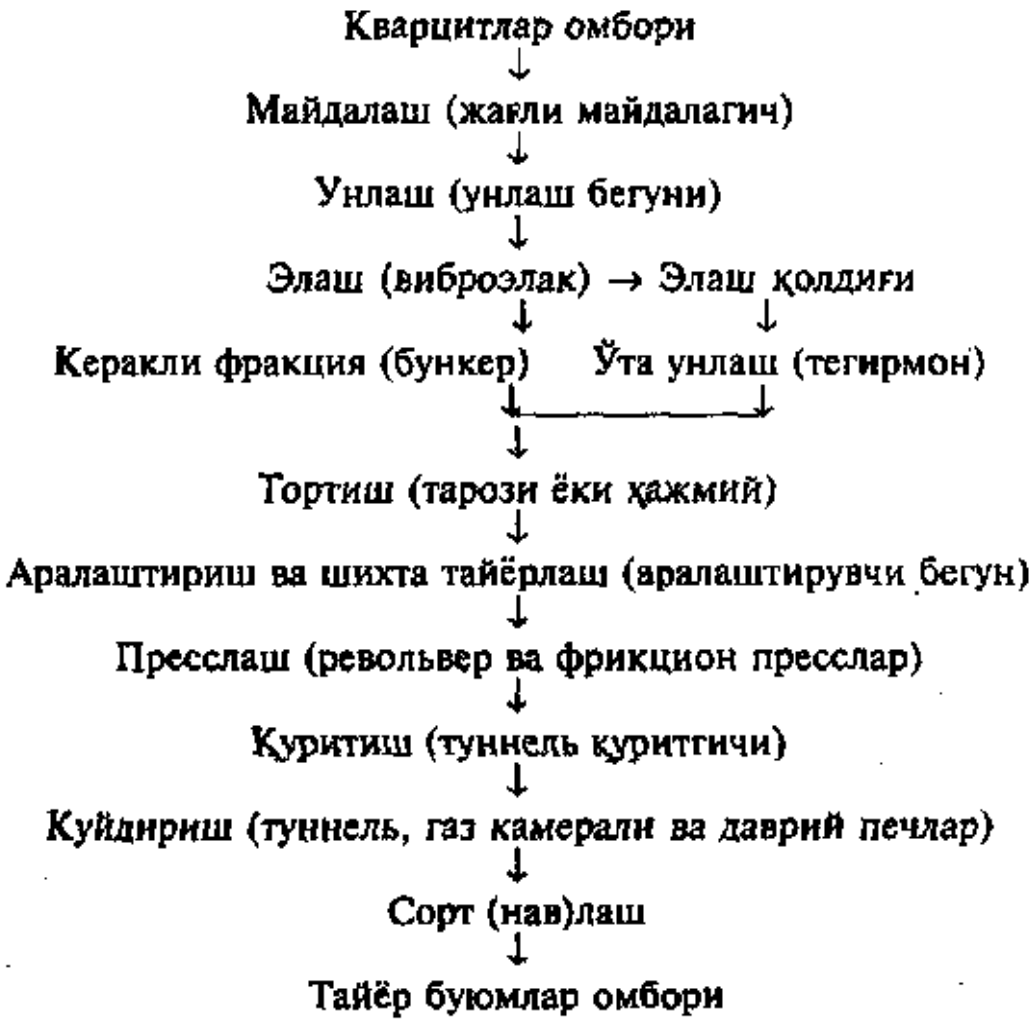
Оловбардош шамот маҳсулотларининг яна бир тури мавжуд. Бундай материаллар енгил иссиқлик сақловчи шамот материаллари номи билан аталади. Қуйида шундай материал ва буюмлар ишлаб чиқаришнинг технологик тизими келтирилади (7-расм).

Солиштириш мақсадида пресслаш йўли билан ишлаб чиқарилувчи динас ғиштининг технологик тизими қуйида берилади (8-расм).

МДҲда ишлаб чиқариладиган жами оловбардош маҳсулотларнинг 75 %и шамот материаллари асосида тайёрланади; улар таркибидаги алюминий (III) оксидининг миқ-



7- расм. Енгил вазнли шамот ғишти тайёрлашнинг технологик тизими.



8- расм. 150 кг/см² босимда пресслаш йўли билан динас ғиштн ишлаб чиқаришнинг технологик схемаси.

дори 28—45 % га тенг. Оловбардош яримнордон ва каолинли материаллар ишлаб чиқариш технологияси шамот ғиштн тайёрлаш технологиясидан фарқ қилмайди.

Шамот буюмлари хомашёси сифатида икки компонентдан: 1580°С да эримайдиган соэтупроқ ёки каолин (боғловчи модда) ва оддий шамот (сувсизлантирилган асос) дан фойдаланилади. Одатда оддий шамот сифатида ўтда тобланиб, дисперс ҳолга келтирилган гил ёки қумтупроқ ишлатилади. Бу компонентларнинг ўзаро нисбати фоиз ҳисобида олганда 40 ва 60, 50 ва 50, 60 ва 40 атрофида.

Шамот буюмлари, асосан, намлик даражаси 20 % бўлган хамирсимон, ёпишқоқ қоришмани пластик пресслаб ратилади. Аммо ҳозир уларни намлик даражаси 9 % бўлган кукунсимон аралашмани яримқуруқ ҳолда пресслаб олиш мумкинлиги ҳам аниқланган ва ишлаб чиқаришга жорий этилган.

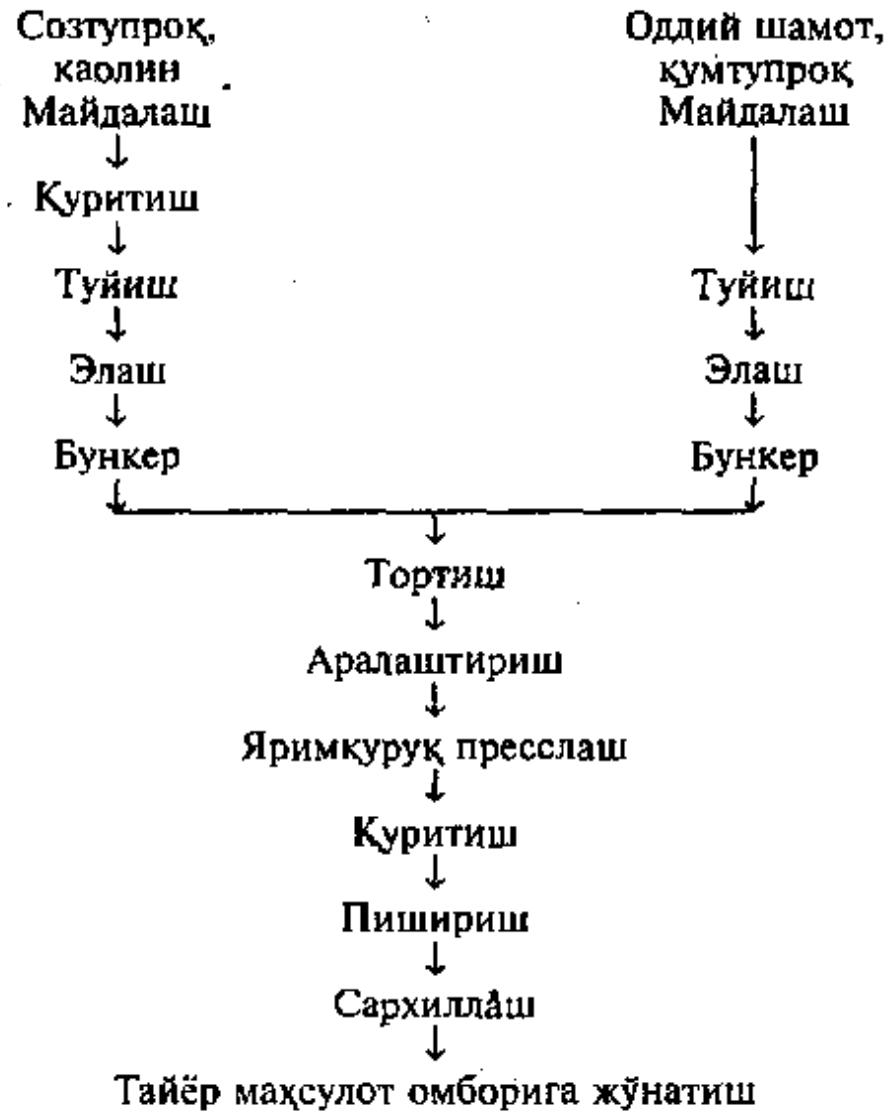
МДҲ мамлакатларида яримқуруқ пресслаш схемаси бўйича шамотли буюмлар тайёрлаш технологияси биринчи марта 1930—1931 йилларда Воронеж вилоятининг Семилуки шаҳридаги ва Новгород вилоятининг Боровичи шаҳридаги оловбардош буюмлар ишлаб чиқариш комбинатларида жорий қилинди. Ҳозирги кунда заводларимизда пластик усул билан бир қаторда яримқуруқ пресслаш схемасидан фойдаланиб, пишиқ, температуранинг ўзгаришига бардош берадиган, кўриниши, ўлчамлари ва микроструктураси бир хил бўлган юқори сифатли маҳсулотлар ишлаб чиқарилмоқда.

Яримқуруқ ҳолда пресслаш усули қўлланганда қоришманинг намлик даражаси паст бўлиши лозим. Шунга кўра, созтупроқ билан оддий шамотнинг йирик-майдалиги ва аралашиш даражаси муҳим аҳамиятга эга. Қоришма намлик даражасининг кам бўлишлиги, уни пресслаш жараёнида юқори босим билан ишлашни талаб қилади. Одатда, маҳсулот (жумладан, ғишт) ПК-630, СМ-143 типидаги махсус прессларда 200 кг/см^2 ва бундан ҳам юқори босимда прессланади. Бундай прессларда бир йўла тўрт дона ғишт, бинобарин, бир соат мобайнида 8 тонна қоришмадан 2400 дона ғишт қуйиш мумкин.

Шамот буюмларини яримқуруқ ҳолда пресслаш схемаси 9-расмда келтирилган.

Пластик пресслаш усулида (6- ва 7- расмлар) сув ва ёқилғи кўпроқ сарф бўлади; бу усулда ғишт ишлаб чиқариш технологик жараёни қуйидаги ўн тўрт операцияни ўз ичига олади: 1) созтупроқ, каолин, қумтупроқ ва оддий шамотни майдалаш; 2) созтупроқ ёки каолин қуритиш; 3) созтупроқ ва бошқа компонентни тўйиш; 4) элаш; 5) тортиш; 6) компонентларни қуруқ ҳолида аралаштириш; 7) намлаш ва қориш; 8) қоришмани пишитиш ва узунчоқ зувала қилиш; 9) зувалани кесиб бўлаклаш; 10) хом ғиштни қисман қайта пресслаш; 11) қуритиш; 12) пишириш; 13) ғиштларни сортларга ажратиш ва 14) тайёр ғиштларни омборга жойлаш.

Қоришмани пишитиш ва зувала қилиш технологик жараёнининг энг муҳим операцияларидан ҳисобланади; бу ишлар тасмали ётиқ прессларда 10 кг/см^2 гача босим таъсирида амалга оширилади. Пишитилган узунчоқ зувала (брус) керакли ўлчамдаги бўлакларга кесилиб, улар яна прессга жўнатилади. Бу қўшимча операция 30—40 кг/см^2 босим таъсирида амалга оширилади. Прессдан чиққан хом ғиштнинг сирти текис, бурчаклари тўғри бўлади.



9-расм. Яримқуруқ усулда пресслаш орқали шамот буюмлари ишлаб чиқариш технологик схемаси.

Оддий шаклдаги буюмлар яримқуруқ ҳолда прессланади, мураккаб шаклдаги буюмлар учун пластик пресслаш усули қўлланилади.

Қолипланган ғишт (буюм)ни пишириш ҳам мураккаб ва муҳим операция ҳисобланади. Қолипланган (прессланган) буюмлар узунлиги 120 м, эни 3 м ва баландлиги 2,1 м бўлган туннель печларида юқори температурада пиширилади. Бундай печга бир йўла узунлиги 3 м ва оғирлиги 14 т келадиган 40 та вагон жо бўлади. Буюмни 1350—1400°С да 40 соат давомида пиширилади.

Пиширии жараёнида (100—600°С да) буюмнинг таркибидаги механик, гигроскопик ва кимёвий сув буғланиб, ўзида 1000°С ва ундан юқори температурада уч молекула алюминий (III) оксид ва икки молекула кремний (IV) оксид сақлаган муллит минерали ҳосил бўлади. Муллит

оловбардош минералдир. Оловбардош муллит минералидан ясалган маҳсулотлар ажойиб хусусиятларга эга.

Туннель печлари корхоналарнинг энг қимматбаҳо ускунаси ҳисобланади. Шундай бир агрегатда суткасига 350 тонна, йилига эса 130 минг тоннагача оловбардош сифатли маҳсулот олиш мумкин.

Динас ғишти ишлаб чиқариш миқдор жиҳатидан дунёда шамотли ғиштдан сўнг иккинчи ўринда туради. Одатда, бундай ғиштлар учун хомашё сифатида таркибида 95 % гача кремний (IV) оксид бўлган табиий кварцитдан фойдаланилади. Кварцитлар ва улардан тайёрланган маҳсулотлар кимёвий моддалар таъсирига чидамли бўлиб, ёнмайди ва ўзида нам сақламайди.

Динас ғишти таркибига кирадиган компонентлардан яна бири, боғловчи модда ва пластификатор-сульфатли спирт бардаси, оҳак сути ва бошқалардир. Қоришмага 0,2—2,5 % оҳак сути ва ундан камроқ миқдорда сульфатли-спирт бардаси қўшилади. Бундан мақсад қоришманинг пишиш температурасини пасайтириш ва унинг эластиклигини оширишдир. Пластификатор молекулалари ўзаро таъсирлашиши натижасида кварцит макромолекулалари орасига кириб, оралиқдаги бўшлиқларни кенгайтирадилар ва кварцит заррачаларини ўраб оладилар. Шу туфайли кварцит заррачаларининг ўзаро тортишув кучи камайиб, улар бир-бирларига нисбатан тез ва енгил ҳаракатлана бошлайдилар.

Қоришмага қўшиладиган боғловчи модда ва пластификаторларнинг турини ва миқдорини тўғри танлашнинг катта аҳамияти бор. Чунки буюмнинг физик-механик хоссалари ва емирилмаслиги (пишиқлиги) кўп жиҳатдан ана шунга боғлиқ. Боғловчи модда ва пластификаторлар кам учувчан, эриш температураси паст, ҳидсиз ва кварцитга яхши аралашадиган бўлиши керак.

Динас ғишти ишлаб чиқариш, асосан, қуйидаги босқичлардан иборат: 1) кварцит, кварц ёки кумтупроқни кондан қазиб олиш; 2) хомашёни корхона складига ташиш; 3) кварцит ёки кварцни майдалаш; 4) хомашёни туйиш; 5) кварцит кукунини элаб, йирик-майдалиги жиҳатидан фракцияларга ажратиш; 6) асосий ва қўшимча компонентларни дозалаш; 7) компонентларни аралаштириш (қоришма тайёрлаш); 8) шихтани пресслаш; 9) хом

динас ғиштни қуритиш; 10) хом ғиштни пишириш; 11) пишган ғиштни сортларга ажратиш; 12) тайёр маҳсулотни омборга жойлаш.

Хом ғиштни пишириш жуда масъулиятли жараён бўлиб, бу мақсадда туннель, газ камерали, айланма ва бошқа печлардан фойдаланилади. Хом ғишт 1400—1450°С да 120—455 соат мобайнида пиширилади.

Печда температура ортган сари, ғишт таркибидаги қолдиқ нам буғланади, органик моддалар куяди ва кремний (IV) оксиди бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтади. Натижада тридимит минералларнинг нина, призма ва найзасимон кристаллари ҳосил бўлади. Олинган маҳсулотнинг физик-механик кўрсаткичлари юқори бўлади, аммо полиморф турларнинг кўплиги сабабли иссиқликни кескин ўзгариши оқибатида у чидамсиз бўлиши мумкин.

Динас ғишти тайёрлаш учун мураккаб машина ва ускуналар талаб қилинмайди, аммо уни пишириш жараёни узоқ давом этиши ва иш унуми паст бўлиши сабабли бундай ғиштлар бир оз қимматга тушади.

Оловбардош углеродли ва оксидли ғишт тайёрлаш усули шамот ва динас ғишти тайёрлаш усулидан фарқ қилади. Улар қуруқ пресслаш усулида тайёрланади. Масалан, таркибида алюминий (III) оксид кўп бўлган корунд буюми тайёрлаш учун хом ашё, яъни альфа-глинозём моддаси 1450—1600°С да куйдирилиши, сўнгра зарраларининг йириклиги 2—3 микронга тенг бўлгунча туйилиши лозим. Ана шу кукунга озгина парафин, смола, елим ёки полимер қўшилади; шу аралашма қуруқ пресслаш усулида қолипланиб тегишли шаклга киритилади. Хом маҳсулот махсус печларда 1700°С да пиширилади.

Агар корундан ўта қалин деворчали ёки мураккаб шаклли буюм ясаладиган бўлса, у ҳолда куйдирилган альфа-глинозём кукунидан намлик даражаси 40—50 % бўлган шликер тайёрланиши керак. Шликер гипс ёки гилдан тайёрланган қолипларга қуйилади, қолиплардан олингач, юқори температурада пиширилади.

Бериллий оксиди асосида оловбардош буюмлар тайёрлашда таркибида бериллий (II) оксид кўп бўлган табиий берилл минерали ишлатилади.

Кейинги йилларда оловбардош материалларнинг яна бир тури яратилди. Бу анча енгил, иссиқлик-изоляция мате-

риалидир (7- расм). Янги материал ўтга чидамлилиги ва кимёвий таркиби жиҳатидан шамотли, каолинли ва юқори глинозёмли турларга ажралади.

Бу материалдан тайёрланадиган буюмларни ўта енгил, ғовак ёки кўпиксимон ҳолга келтиришнинг бир неча усули — физикавий, кимёвий ва механикавий усуллари бор. Оловбардош буюм тайёрланадиган қоришма (аралашма) га қиздирганда парчаланиб газ ҳосил қиладиган бирорта органик ёки минерал моддани қўшиш ана шу усуллардан биридир. Канифоль совуни, сапонин, қиртиш елими, доломит, сульфат кислота, гипс ёки алюминий кукуни қўшилган аралашма усти ёпиқ қолипларда қиздирилганда, ажралиб чиқаётган пуфакчалар қоришмани кўпиклатиб юборади. Натижада буюм ғовак бўлиб қолади. Ғовак пластлардаги ғовакчалар бир-бири билан туташиб кетади, кўпик пластларда эса улар алоҳида-алоҳида ғоваклар ҳолида бўлади.

Иккинчи усул шундан иборатки, қоришма (аралашма)га кокс, нефть кокси, антрацит, термоантрацит, тошкўмир, қипиқ, торф каби моддалар қўшилади. Сўнгра қоришма пластик ёки яримқуруқ усулда прессланади, сўнгра пиширилади. 500—1000°С да мазкур органик моддалар куйиб кетади, улар ўрнида жуда кўп майда ғовакчалар пайдо бўлади.

Бундай енгил вазнли маҳсулотлар оловбардош буюмларнинг барча хусусиятларини ўзларида сақлаб қолгани ҳолда иссиқликни кам ўтказадилар ва айнан шу билан улар бошқа оловбардош материаллардан устун турадилар.

Оловбардош материалларнинг ишлатилиш соҳаси. Оловбардош ғиштлар, асосан қора металлургия саноатида чўян ва пўлат эритиладиган домна, мартен, кислородли конвертор ва электр печларнинг ички деворларида ишлатилади. Шунингдек, пўлат қуйиш қурилмаларининг чўмич, стакан, тиқин ва втулкалари каби қисмлари ҳам шундай материаллардан ясалади. Саноатдаги печларнинг ёки қўраларнинг пойдевори ва деворларига ҳам шамот, муллит, муллит-корунд, корунд каби материаллар ишлатилади. Кейинги вақтларда металл эритиш комбинатлари прокат цехларининг улкан иситувчи печларида корунд ва муллит каби материални қўлланилиши катта иқтисодий самара бермоқда.

Динас ғиштлар иссиқлик таъсирида 15 % га кенгаяди. Шунга кўра, улар ҳамма вақт юксак температура таъсири остида бўладиган иншоотларнинг гумбазига, ҳаво иситгичларнинг иссиқлик тарқатувчи қисмларида ишлатилади. Печларнинг тез емириладиган қисмлари, пўлат қуйиш қолиплари магнезитли ғиштлардан терилади.

Рангли металлургия саноатида оловбардош материаллар қора металлургиядагига нисбатан камроқ ишлатилади. Бу ерда кўпроқ хромитли ва цирконли материаллар қўлланилади. Жумладан, мис эритиладиган конвертор печ девори магнезитли ғиштдан терилади ва шлаклар таъсирига чидамлилигини ошириш мақсадида юзита юпқа қатлам қилиб магнетитли материал қопланади. Ёқилғида ишлайдиган қўралар, шу жумладан, алюминий эритиладиган печлар, шунингдек, платина, титан, палладий, рутений каби металлар эритиладиган тигеллар учун цирконийли материаллардан фойдаланилади.

Юқорида айтиб ўтилган маҳсулотларнинг ўндан бир қисми саноат қурилишларида ишлатилади. Масалан, ғишт пиширилади печлар, яъни даврий ва узлуксиз ишлайдиган хумдонлар, асосан, шамот ва динас ғиштлардан қурилади. Биноларнинг ички ва ташқи безакларини тайёрлаш вақтида ишлатиладиган қолиплар, томбоп черепицалар, керамика кошинлар, канализация учун ишлатиладиган қувурлар, санитария-техника буюмлари, қолаверса, оловбардош материалларнинг ўзлари ана шундай печларда пиширилади. Гипс қайнатиладиган қозон, портландцемент тайёрланадиган айланма печ, оҳактош куйдириладиган шахта, шиша пиширилади ванналарнинг юқори температура таъсирига учрайдиган қисмлари шамотли материаллардан ясалади.

Энергетика ва транспорт машинасозлиги корхоналарида, тракторсозлик ва қишлоқ хўжалиги машинасозлиги заводларида, озиқ-овқат, кимё саноати корхоналарида, темир йўл ва бошқа соҳаларда ҳам оловбардош материаллар тобора кўпроқ қўлланилмоқда. Улардан циклон, радиатор, қувур, иссиқлик изоляцияси, электр изоляцияси ва вакуумга турғун деталлар тайёрлашда фойдаланилмоқда. Масалан, цирконийли оксид реактив двигателларда коррозия ва эрозиядан сақловчи қатлам сифатида, шунингдек, атом реакторини қуришда ишлатилади. Бериллий

оксидидан ясалган конструктив элементлар ядро энергетикасида реактор секинлатгичлари ва қайтаргичлари вазифасини бажармоқда. Магний оксиди температуранинг кескин ўзгаришига бардош беради. Шунинг учун реактив двигателларнинг айрим деталлари, ракеталарнинг конуссимон тумшуқ қисми шундай материаллардан тайёрланади. Электроника соҳасида ҳам бундай материаллардан кенг фойдаланилмоқда.

Мамлакатимизда қора металл прокати ишлаб чиқариш йилига 14—17 % ва цемент ишлаб чиқариш 13—15 % га кўпайтирилади. Шунингдек, шиша, керамика буюмлар, рангли металлургия маҳсулотлари ҳиссаси ҳам ортади. Бу эса оловбардош материалларни йилдан-йилга кўпроқ ишлаб чиқаришни тақозо этади.

Республикамиз саноатининг оловбардош материаллардан маҳсулот ишлаб чиқарадиган тармоғини кенг ривожлантириш учун барча имкониятлар мавжуд. Ўзбекистон Геология Вазирлиги тасарруфидаги Геология ва минерал хомашё илмий-тадқиқот институтида, Ўзбекистон Республикаси Фанлари академиясининг Хабиб Абдуллаев номидаги Геология ва геофизика институтида, Тошкент Кимё-технология институти ва Геология Вазирлигининг «Кимёгеолноруд» трестида меҳнат қилаётган олимлар ва мутахассисларнинг фикрига кўра, Ангрен каолини мазкур соҳа учун ноёб хомашё ҳисобланади.

Республикамизда сифатли шамот тайёрлаш учун бир қанча тадбирларни амалга ошириш, чунончи, мавжуд технологияни Ангрен гилмоясига мослаб ўзгартириш, зарур қурилмалар ўрнатиш, гилмояни бойитиш зарур. Бу соҳада ишлайдиган малакали мутахассислар тайёрлаш масаласи ҳал бўлган. Аввал, Тошкент Политехника институтида, кейинчалик эса Тошкент Кимё технология институтида кўп йиллардан буён шундай мутахассислар-муҳандислар, бакалавр ва магистрлар етишиб чиқмоқда. Институтнинг «Силикат моддалар технологияси» кафедраси олимлари Ангрен каолини сифатини ўрганиб, унга турли кимёвий моддалар таъсирини текшириб, бу хомашёдан тайёрлаш мумкин бўлган оловбардош маҳсулотларнинг хоссаларини яхшилаш, сифати ва мустаҳкамлигини ошириш соҳасида диққатга сазовор ишлар қилмоқдалар.

Республикамизда каолин каби хомашёларнинг кўплиги, юқори малакали мутахассисларнинг мавжудлиги, олим-

ларнинг тинимсиз изланишлари ўта юксак температурага чидамли маҳсулот ишлаб чиқарувчи корхоналарни қуриб ишга тушириш учун имкон беради. Ишончимиз комилки, яқин йилларда Ўзбекистонда ана шундай корхоналар етарлича қурилиб, ўтда ёнмайдиган ва сувда зангламайдиган маҳсулотлар ишлаб чиқариш замона талаблари асосида йўлга қўйилади.

8-§. Техник керамика маҳсулотларини ишлаб чиқариш

Техник керамика маҳсулотлари. «Техник керамика» термини маълум шароитда иссиқлик бериш йўли билан сунъий равишда олинган ва алоҳида хоссаларга эга бўлган материалларга тегишли бўлиб, улар Д. И. Менделеевнинг кимёвий элементлар даврий системасига кирган барча элемент, оксид ва моддалар асосида олиниши ҳамда турли кимёвий ва фазовий таркибга эга бўлишлари мумкин. Техник керамика маҳсулотларининг тури ва олиниш усулларининг кўп бўлишига қарамай, уларни бир синфга бириктирувчи белгилар мавжуд. Бундай белгилар қаторига қуйидагилар киради:

1) асосий хомашё сифатида оксид, туз ва бошқа сунъий йўл билан олинган кимёвий бирикмаларнинг ишлатилиши;

2) хомашё тозалигининг юқори даражада бўлиши;

3) механикавий ва кимёвий усуллар билан олинган хомашёнинг ўта майда дисперс бўлакчалардан ташкил топганлиги;

4) шихта таркибига кирувчи компонентларнинг юқори дозада тортилиши;

5) буюмларнинг қолипланишини яхшилаш мақсадида таркибига пластификатор — қўшимчалар (ҳар хил спиртлар ва дикарбон кислота эфирлари) қўшилган бўлиши;

6) куйдириш жараёни ўта тартиблаштирилган ва созланган газли шароитда олиб борилиши;

7) ишлаб чиқариш жараёнида ноанъанавий жиҳоз ва ускуналарнинг қўлланилиши;

8) ишлаб чиқаришни камтоннали миқдорда олиб борилиши ва ҳоказо.

Кейинги йилларда техник керамика маҳсулотлари ўта юқори ва кимёвий турғунликка эга бўлган кимёвий бирикмалар асосида олина бошланди. Бундай маҳсулотлар қаторига биринчи навбатда алюминий оксиди—Al_2O_3,

8-жадвал

Қийин эрувчан моддаларнинг кристалл структуралари

Қўшилма	Сингония	Модификацияси	Панжара типи	Панжара ўлчами, нм.			
				a	в	c	c/a
	Нометалл қийин эрувчан моддалар						
AlN	Гексагоналли	—	ZnS	0,3109	—	0,4970	1,600
Si_3N_4	Гексагоналли	α	Be_2SiO_4	0,7818	—	0,5591	0,715
	Гексагоналли	β	Be_2SiO_4	0,7595	—	0,2902	0,382
SiC	Кубли	β	ZnS	0,4349	—	—	—
	Гексагоналли	α	—	0,3076	—	0,5048	1,635
Al_2O_3	Гексагоналли	α	α-Al_2O_3	0,4759	—	1,2990	2,720
	Гексагоналли	β	β-Al_2O_3	0,5640	—	2,2650	4,020
	Кубли	ν	$MgAl_2O_4$	0,7910	—	—	—
	Гексагоналли	δ	—	0,5700	—	0,290	0,510
	Гексагоналли	χ	—	0,5570	—	0,8640	1,551
ZrO_2	Моноклинли	α	$ZrSiO_4$	0,5145	0,5207	0,5310	1,032
							β=
							99,194°
	Тетрагоналли	β	HgI_2	0,3640		0,5270	1,445
	Кубли	ν	CaF_2	0,5086	—	—	—
	Металлсимон моддалар						
TiC	Кубли	—	NaCl	0,4327	—	—	—
TiN	Кубли	—	NaCl	0,4238	—	—	—

кремний нитриди — Si_3N_4, Si-Me-O-N системасида ҳосил бўлувчи ва сиалон номи билан аталувчи оксинитридли фазалар киради. Бундай қийин эрувчан нометалл ва металлсимон моддаларнинг кимёвий формуласи ва структурасига оид маълумотлар 8-жадвалда, уларни бошқа синфлардаги материаллар билан таққослаш натижаси эса 9-жадвалда берилган. Қийин эрувчан нометалл ва металлсимон моддаларнинг тузилишлари қуйидаги талабларга жавоб бериши керак:

1. Юқори зичликка эга бўлиши;

2. Фазалараро ва бўлакчалараро чегараларнинг мустаҳкам бўлиши;

3. Структурага кирувчи бўлакчаларнинг юқори дисперс бўлиши ва маҳсулот таркибида бир турда жойлашган бўлиши;

4. Дефектлар ўлчамининг кичик бўлиши;

5. Ўзида юқори қаттиқлик ва бошқа специфик хусусиятларнинг жойлашиши.

Техник керамика классификацияси. Турли адабиётларда уларнинг классификацияланиши турлича берилади. Биз қуйидаги 10-жадвалда техник керамиканинг асосий турлари ва қўлланиладиган областларига боғлиқ классификацияни В. Л. Балкевич маълумотларига асосан келтирамиз. Олти синфга ажратилган техника керамикаси қаторига юқори оловбардош оксидли керамика, силикат ва алюмосиликат асосидаги керамика, титан оксидли, титанат, цирконат ва уларга хос хусусиятларга эга бўлган керамика, шпинелли керамика, қийин эрувчан кислородсиз моддалар асосидаги керамика ва ниҳоят керамика-металл материаллар — керметлар киради.

Техник керамика маҳсулотларини 14 ва ундан ҳам кўп турларга ажратишга оид классификация ҳам мавжуд. Булар:

1. *Моноксидли юқори ўтга чидамли ва радиотехникага оид материаллар ёки тоза оксидли керамика.* Улар электротехника ва зўрға суюқланувчан материал ва буюмлар олишда қўл келади. α—Al_2O_3, BeO, MgO, CaO, ZrO_2, ThO_2, YO_2 ва бошқалар шу туркумга киради, улар ракета ва снаряд қисмларини ясашда ишлатилади;

2. *Юқори глинозёмли техника керамикаси.* Улар Al_2O_3—SiO_2, BaO—Al_2O_3—SiO_2 ва бошқа системалар асосида олинади. Муллит $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, цельзиан — $BaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ каби сунъий фазалар группа материаллари қаторига киради. Улардан ультрачинни, симсиз қаршилик, авиа- ва автоизоляторларнинг материаллари, радио- ва электрон техникаси деталлари ясалади;

3. *Магнезиалли нафис керамика буюмлари.* Улар клиноэнстатит — $MgO\ SiO_2$, кордиерит — $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$, форстерит — $2\ MgO \cdot Al_2O_3$ каби моддалардан ясалади;

4. *Титан ва титанатли керамика.* Улар $BaO \cdot TiO_2$, $BaO \cdot ZrO_2$ каби сунъий кимёвий бирикмалар асосида олинади ва электрон асбобларнинг бўлаклари ясалади;

9-жадвал

Турли синфлардаги инструментлар материалларининг хона температурасидаги хоссалари

Хосса	Тезкесар пўлат	Қаттиқ қотишма	Оксидли ва қўшма керамика	Нитридли керамика	Кубли BN	Поли-кристалли олмос
Солиштирма оғирлиги, г/см³	8,0—9,0	6,0—15,0	3,9—4,4	3,2—3,8	3,12	3,5
Қаттиқлиги Виккерс бўйича, HV	700—900	1200—1800	1450—2100	1350—1600	3500	5000
Мустаҳкамлиги, МПа: эгилганда сиқилганда	2500—4000 2800—3800	1300—3200 3500—6000	400—800 3500—5500	600—900 3000—4000	500—800 —	600—1100 7600
Эгилувчанлик модули, ГПа	260—300	470—650	300—450	280—320	680	840
Иссиқликдан кенгайиш коэффициенти, $(\alpha \cdot 10^6)K^{-1}$	9—12	4,6—7,5	5,5—8,0	3,0—3,3	—	—
Иссиқлик ўтказиш коэффициенти, Вт/(м · К)	15—48	20—80	10—38	20—35	—	—

10-жадвал

Техник керамиканинг асосий турлари ва қўлланиладиган соҳалари

Техника керамикаси синфи	Техника керамикаси турлари	Қўлланилувчи асосий соҳалар
I.Юқори оловбардош оксидли керамика (*оксидли керамика*)	1. Алюминий оксидли керамика (корундли *керамика*)	Оловбардош маҳсулот, вакуумли техника, конструкцион деталлар, кимёвий турғун ва электр-изоляция маҳсулотлари
	2. Цирконий оксидли керамика	Оловбардош маҳсулот, конструкцион керамика
	3. Бериллий оксидли керамика	Ядро энергетикаси, радиоэлектроника
	4. Магний оксидли керамика	Оловбардош, кимёвий турғун маҳсулот
	5. Кальций оксидли керамика	Оловбардош, кимёвий турғун маҳсулот
	6. Торий оксидли керамика	Оловбардош маҳсулот, ядро энергетикаси
	7. Уран оксидли керамика	Ядро энергетикаси
II. Силикат ва алюмосиликатли керамика	1.Муллитли ва муллит-корундли керамика	Электроника ва радиотехника
	2. Клиноэнстатитли керамика	Вакуумли радио ва электротехника
	3. Форстеритли керамика	Вакуум техникаси
	4. Кордиеритли керамика	Электротехника
	5. Цирконли керамика	Электр- ва радиотехникаси
	6. Цельзианли керамика	Радиотехника
	7. Литийли керамика	Радиотехника
	8. Волластонитли керамика	Радиотехника
III. Титан оксидли титанат, цирконат ва уларга хос хусусиятларга эга бўлган керамика	1. Титан оксидли керамика	Конденсаторли керамика, радиотехника

Техника керамикаси синфи	Техника керамикаси турлари	Қўлланилувчи асосий соҳалар
	2. Титанатли керамика	Конденсаторли ва пьезоэлектрик керамика, радиоэлектроника
	3. Цирконат, ниобат ва бошқа пьезоэлектрик хоссага эга керамика	Конденсаторли ва пьезоэлектрик керамика, радиоэлектроника
IV. Шпинелли керамика	1. Магнезиалли шпинел	Оловбардош маҳсулот, электровакуум ва радиотехника буюмлари
	2. Феррошпинел	Электроника ва радиотехника
V. Қийин эрувчан кислородсиз моддалар асосидаги керамика	1. Карбидлар 2. Нитридлар 3. Боридлар 4. Силицидлар	Оловбардош маҳсулот, электрқиздиргичлар, конструкцион деталлар
VI. Керамик-металли материаллар керметлар		Конструкцион деталлар, оловбардош маҳсулот

5. *Магнезитли керамика.* $FeO \cdot Al_2O_3$, $FeO \cdot Fe_2O_3$, $MgO \cdot Fe_2O_3$ каби шпинеллар асосида олинади ва регистрация қилувчи магнитли системалар, юқори частотага эга микротўлқинли асбоблар ясаш учун фойдаланади;

6. *Юқори температурада ҳам қийин суюқланувчи кислородсиз материаллар.*

Уларга карбидлар (TiC ва SiC), нитридлар (BN ва Si_3N_4), боридлар (TiB_2 ва ZrB_2), силицидлар ($MoSi_2$ ва $ZrSi_2$) киради. Улар асосида электр иситгич, қайроқ, чарх, жилвир қоғоз ва бошқа абразив асбоблар ишлаб чиқарилади.

7. *Керметлар.* Улар машинасозлик саноати деталларини ясаш, оловбардош ускуна олишда кўл келади.

8. *Қотишмалар.* Металл ва керамика қотишмалари асосида техника қисмлари ва деталлари олинади;

9. *Ўтга чидамли томбоп қисмлар.* Плёнкалар ишлаб чиқаришда, материалларни оксидланишдан сақлаш, иссиқ газлар таъсиридаги эрозияларга чидамлилик мақсадларида хизмат қилади;

10. *Ядро ёқилғиси.* UO_2 асосидаги қисм ва деталлар олишда аз қотади;

11. *Монокристаллар.* Уларга лазерлар, мазерлар, қимматбаҳо тошлар, люминофорлар, кесувчи инструментлар ҳамда нур фильтрлари киради;

12. *Молекуляр элаклар.* Улар табиий цеолитларга жуда ўхшаш бўлиб, молекуляр майдаликдаги турли моддаларни ажратиш учун хизмат қилади;

13. *Пирокерам маҳсулотлари.* Улар ракета қисмлари, бошқарувчи снарядлар каби муҳим деталларни ясашда кенг қўлланилади;

14. *Керамикадан ясалган ўта юқори электр токини ўтказувчилар.* Улардан фойдали иш коэффициенти юқори ўтказгичлар ясалади.

Техник керамика маҳсулотларини ишлаб чиқариш. Техник керамика маҳсулотларини ишлаб чиқариш технологияси кўп қирралидир. Унда анъанавий керамика технологияси ҳам ва ноанъанавий технологиялар ҳам кенг ўрин олган.

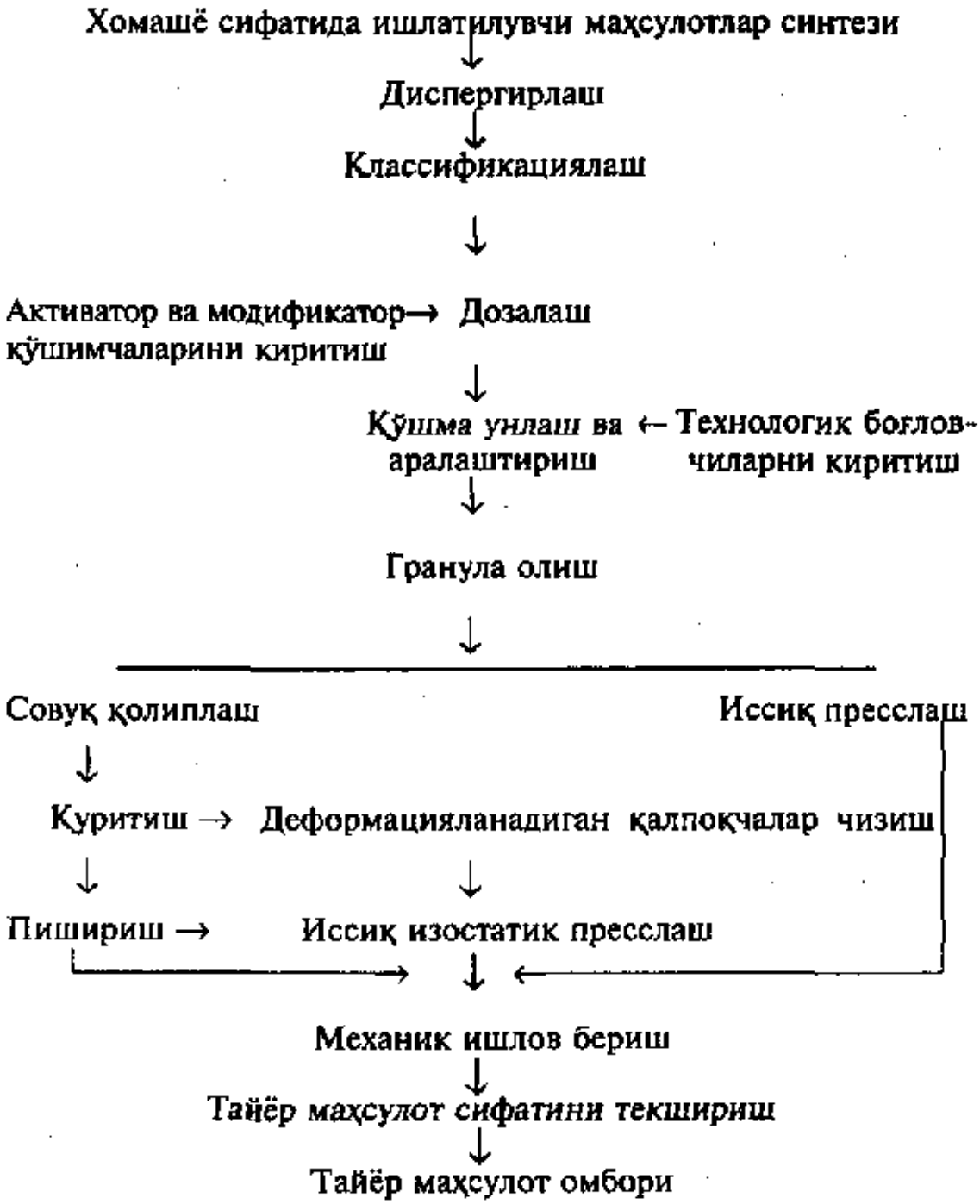
Бундай маҳсулотларни олишда кўпроқ хомашё сифатида кукунсимон материаллар олиш, уларнинг майда заррачаларини фракцияларга ажратиш (диспергирлаш), қўшимча компактлаш ва пиширишмуҳим операция ҳисобланади (10- расм).

Инструмент сифатида қўлланувчи керамика материалларини олишда уч турдаги технологик жараёнлар қўлланилади:

1. Аралашма тайёрлаш, совуқ пресслаш ва куйдириш;
2. Аралашма тайёрлаш, иссиқ пресслаш ва куйдириш;
3. Аралашма тайёрлаш, иссиқ изостатик пресслаш ва куйдириш.

Биринчи усул қўлланилганда, таннархи арзон, сифати эса пастроқ маҳсулот олинади. Уларнинг ғоваклиги 2% атрофида бўлади. Иккинчи усул қўлланилганда, ғоваклиги 0,5% атрофида бўлган, мустаҳкамлиги юқори маҳсулот ҳосил бўлади. Учинчи усул ҳам юқори кўрсаткичларни беради, аммо мураккаб ва қимматбаҳо электр печларини қўллашни талаб қилади. Печ ичидаги газ босимининг миқдори 100 МПа дан юқори бўлишлиги эса маҳсулот таннархининг ошиб кетишига олиб келади.

Техник керамика маҳсулотларини ишлаб чиқаришдаги биринчи операция хомашёни майдалашга оиддир. Шарли ёки вибрацион тегирмонда майдаланган хомашё заррачаларининг ўлчами 1-3 мкм атрофида бўлиши керак.



10- расм. Иш қуроли сифатида қўлланувчи керамик материалларни олиш технологик схемаси.

Иккинчи йирик жараён қолиплаш бўлиб, буюмлар асосан 8 хил усулда қолипланади:

1. Сувли суспензияни гипсли формаларга қуйиш;
2. Турли вариантларда кукунсимон массаларни пресслаш;
3. Пластификаторли массаларни пресслаш ва яриммаҳсулотни чархлаб силлиқлаш;

11-жадвал

Корундли материалларнинг намунавий хоссалари

Материал	Ҳажмий оғирлик, г/см³	Ҳақиқий ғоваклик, %	Статик эгилишга бўлган мустаҳкамлик чегараси, кг/см²	Ургандаги эгилишга бўлган мустаҳкамлик чегараси, кг/см²	Эгилиш модули Ех10⁶, кг/см²	Чизиқли кенгайиш коэффициенти, $\alpha \cdot 10^6$ 20—900°С оралиғида	Иссиқлик ўтказувчанлик $\lambda \cdot 10^3$, ккал/ см сек град.	Диэлектрик ўтказувчанлик, ε, f=10⁶ гц	Диэлектрик йўқотишлардаги тангенс бурчаги, $tg^6 \cdot 10^4$ 20°С	Ҳажмий солиштирма сиғим, ом · см, °С		Тешувчи кучланиш, $кв_эф$/мм
Миналунд	3,66	4,60	4000	4,3	2,04	7,9	24	9,5	2	10^{15}	10^{11}	53
22Х	3,66	5,70	4300	6,8	2,36	8,2	25	9	3	10^{12}	10^{9}	53
22ХС	3,78	2,00	4600	7,9	2,46	7,8	32	9,3	5	10^{14}	$3 \cdot 10^{8}$	50
Микролит	3,90	2	3600	5	3,9	7,9	42	—	—	$2 \cdot 10^{14}$	$5 \cdot 10^{10}$	28
ГБ-7	3,63	5,60	4500	4,1	2,22	8,4	25	9,5	1	10^{15}	10^{12}	34

4. Пластификатор қўшилган иссиқ шликерни босим остида қолипларга қуйиш;

5. Пластификаторли массаларни чўзиб қолиплаш;

6. Юқори температурада графитли қолипларда пресслаш;

7. Сувли ёки органик шликерни плёнка ҳолатида қуйлириш;

8. Иссиқ парафинли шликерни қотириш ва ҳоказо.

Қуйилаги 11- расмда тўртинчи усулга оид босим остида буюмларни қуйиш технологик жараёнининг принципиал тизими берилади. Схемадаги биринчи вариантда анъанавий керамика технологияси бўйича майда дисперсли кукун ҳўл усулда шарли тегирмонда тайёрланиб, фильтр-прессга узатилади ва сувсизлантирилади. Сўнгра 250—300°С да сувсизлантириш давом этади. Сўнгра кукун таркибига сирт-актив модда ва пластификатор киритилади. Иккинчи вариантда эса дағал хомашё вибрацион тегирмонда сирт-актив моддалар иштирокида қуруқ усулда майдаланади. Сўнгра махсус аппаратларда кукунга пластификатор қўшилади.

Куйдириш жараёни ҳам энг асосий операциялардан бири ҳисобланади. У бир неча даврни ўз ичига олади:

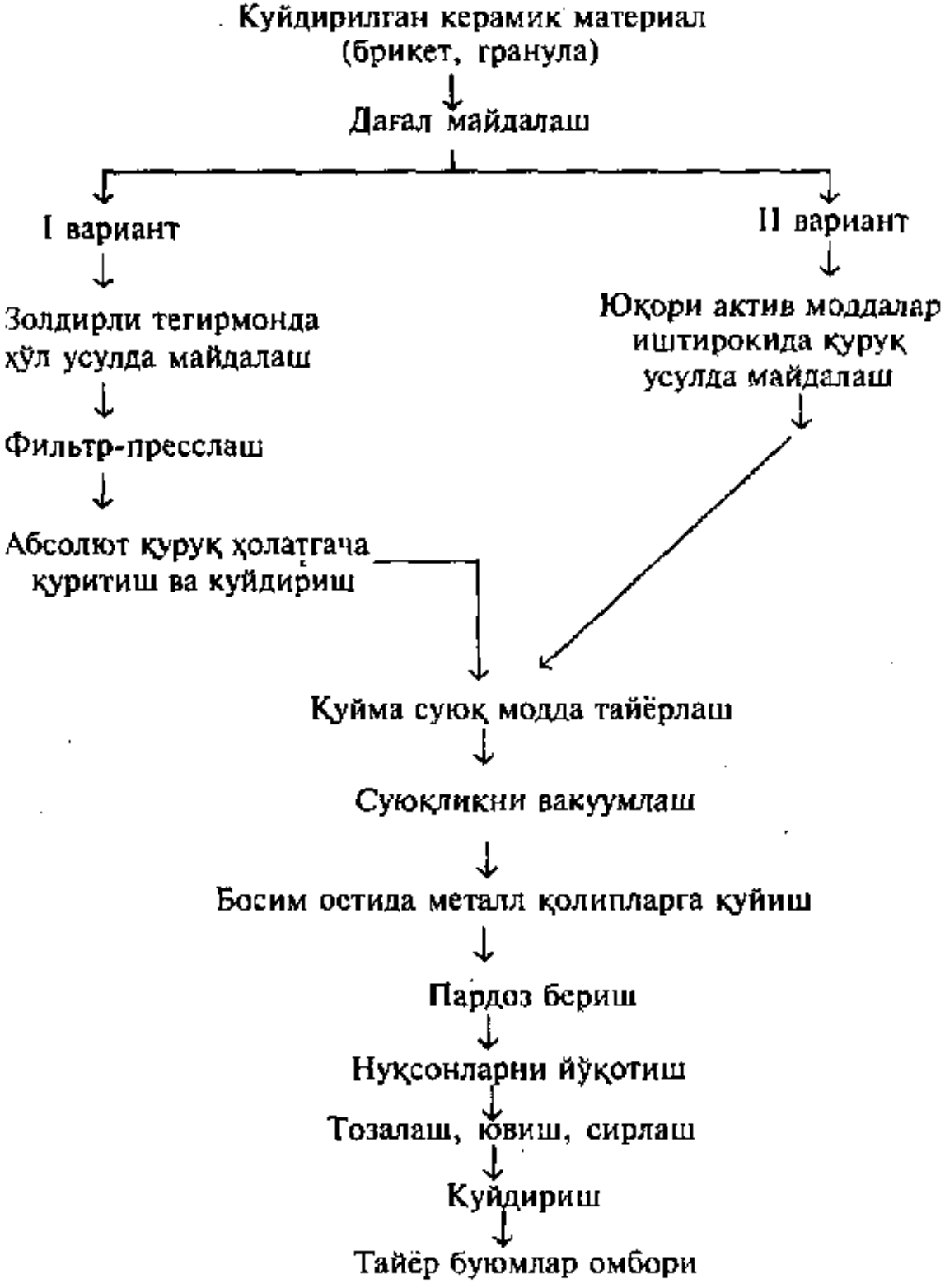
1-давр (20—150°С) — парафин эрийди ва моддага сингиб кетади. Парафин бундай шароитда парчаланмайди;

2-давр (150—300°С) — парафин куяди ва интенсив парчаланади;

3-давр (300—400°С) — углеродли қолдиқ бутунлай ёниб кетади ва буюм марказидаги парафин парчаланади;

4- давр — 400—(900—1200°С) — углерод бутунлай (учиб) чиқиб кетади ва буюм сополаги етилади. Бу температура оксидли ва юқори глинозёмли массалар учун 1100—1200°С ни, стеатитли масса учун 900—1000°С ни ва, ниҳоят, барий титанатли масса учун 900°С ни ташкил этади.

Техник керамика маҳсулотларининг хоссалари. Техник керамика маҳсулотларининг хосса (хусусият)лари талаб даражасида бўлиши керак. Қуйида келтирилган 11- ва 12-жадвалларда алюминий ҳамда бериллий оксидли материалларнинг намунавий хоссалари ва зичликлари берилган. Жадваллардан кўриниб турибдики, уларнинг ғоваклиги кам ва зичлиги юқори. Корундли материаллар учун ғовакли 2-5,7%, BeO зичлиги эса шакллаш усулига кўра 90—99% бўлади. Улардан статик эгилишга бўлган мустаҳкамлик



11- расм. Босим остида буюмларни қуйиш (технологик) жараёнининг принципиал тизими.

юқори бўлиб, у бир см^2 юзага ҳисобланганда 3600—4600 кг ни ташкил этади.

Маҳсулотларнинг хоссалари максимал пишиш температурасига боғлиқ. Температуранинг кўтарилиши билан

12-жадвал

Куйдирилган BeO оксидидан турли усулларда тайёрланган буюмларнинг хоссалари

Шакллаш усули	Куйдирилган BeO зичлиги	
	г/см³	%
Сувли шликердан қуйиш	2,7—2,85	90
Чўзиш	2,85—2,9	95
Қуруқ усулда пресслаш	2,9—2,95	97
Босим остида қуйиш	2,9—2,95	97—98
Иссиқ усулда пресслаш	3—3,01	99

13-жадвал

Синтетик муллитнинг пишиш температурасига баъзи қўшимчаларнинг таъсири

Қўшимча	Оғирлик бўйича қўшимча миқдори, %	Пишиш температураси, °С	Пишиш оралиғи, град.	Пишиш ҳароратининг пасайиши, град.
Қўшимчасиз	—	1590	100—150	—
MgO	1 2	1510 1450	110 70	80 140
CaO	1 2	1520 1470	110 70	70 120
MgO+CaO	2	1410	70	180
MnO	1 2	1520 1470	110 100	70 120

хосса кўрсаткичлари ортади. Масса таркибига қўшимчалар киритиш ва шу орқали куйдириш эффектини ошириш мумкин (13-жадвал). Шу йўл билан синтетик муллит олиш учун 1590°С да мавжуд бўлган кўрсаткичларни 1470°С да ҳам олса бўлади.

Техник керамика маҳсулотларининг ишлатилиши. Юқорида келтирилган 10- жадвалда техник керамика қўлланилувчи асосий областлар келтирилган эди. Алюминий оксидли керамика оловбардош материал, вакуумли техника детали, кимёвий турғун ва электроизоля-

ция маҳсулоти сифатида ишлатилади. Цирконий оксидли керамикадан оловбардош материал ва конструкцион керамика буюми сифатида фойдаланилади. Бериллий, торий ва уран оксидли керамика ядро энергетикасининг асосини ташкил этади. Карбид, нитрид, борид ва силицидлар асосида эса электрқиздиргичлар ясалади ва конструкцион деталлар олинади.

Техник керамика маҳсулотлари инструментал материаллар сифатида ҳам кенг қўлланилади. Синтетик олмос кукуни ва бор нитридининг зич модификацияларини юқори босим остида куйдириш йўли билан юқори қаттиқликка эга бўлган поликристалл материаллар олинади. Бундай материаллар кесувчи инструмент сифатида ишлатилади. Si-Al-O-N системасидаги массаларни Al, Mg, Be, Y, Ti, Zr элементлари билан модификациялаш орқали эса юқоридагилардан ҳам афзалроқ кесиш учун хизмат қилувчи инструментлар ясалмоқда ва ишлатилмоқда.

Техник керамика маҳсулотларини техникада қўллаш Япония, АҚШ, Германия, Франция, Жанубий Қурия каби давлатларда жадал суръатларда амалга оширилмоқда. Жумладан, 2000 йилга келиб Японияда иссиқлик двигателларининг 40%и керамикага алмаштирилди. АҚШ да бу рақам 25% ни, Германияда 10% ни ташкил этади. Умуман олганда, АҚШ да конструкцион керамика маҳсулотларининг 35—38% ни, Японияда эса электроника учун мўлжалланган керамиканинг 48% ини дунё бозорига етказиб бериш мўлжалланган. Юқорида номи кўрсатилган мамлакатларда янги керамика маҳсулотларининг йиллик ҳажмий ўсиши 14—27% ни ташкил қилиши режалаштирилган. Яна бу мамлакатларда техник керамика маҳсулотларининг янги функционал вазифалари ҳам аниқланмоқда.

9-§. Қурилиш шишаси ишлаб чиқариш

Қурилиш шишасининг хусусиятлари. Шиша, шу жумладан, қурилиш шишаси тараққиёти жамият тараққиёти билан узвий боғлиқ десак ҳеч муболаға қилмаган бўламиз. Қурилиш шишаси қадим-қадимдан инсоният ҳаётида ўзининг ижобий хусусиятлари билан катта аҳамият касб этиб келди ва бундан кейин ҳам янги-янги мўъжизалар қилиши шубҳасиз. Қурилиш шишасининг кўп хусусиятлари бор, шу туфайли ҳам у нодир металлар, минераллар ва бошқа

жинслардан ажралиб туради. Бу хусусиятлардан бири унинг ниҳоятда шаффофлиги ҳамда пишиқлигидир. Бунда, албатта, кимёвий жиҳатдан пишиқлиги назарда тутилмоқда, бошқача айтганда, шиша буюмларга на ёмғир, на совуқ, на шамол, на қуёш нурлари таъсир қилади. Бундай омиллар эса йиллар давомида ҳатто тоғларни ҳам емириб юборади, бироқ шишадек нозик нарсага «кучи етмайди». Шишанинг пишиқлик сири ҳам ана шунда.

Ҳа, табиатда қурилиш шишаси билан рақобатлаша оладиган моддалар жуда кам. Кимёвий пишиқ моддаларни табиий ва сунъий кристалл моддалар орасидан кўплаб топиш мумкин, аммо қурилиш шишасидек шаффоф ҳамда кенг тарқалган ва таннархи арзон бўлган қотишмани ахтариб топиш амримаҳол.

Қурилиш шишаси асрлар давомида, асосан тинчлик мақсадлари учун хизмат қилмоқда. Қурилиш шишаси туфайли тураржой, маданий-маиший муассаса ва ишлаб чиқариш корхоналарининг ёруғ, шинам ва кўркам қилиб қурилишига эришилди.

Замонавий архитектура шишани қурилиш ва безак материали сифатида асосий ўринларга кўтармоқда. Шу сабабли корхоналарда прокатланган ойна, ғовакли шиша блоклар, профилли шиша ва гилам мозаика плиткалари ишлаб чиқариш ва қурилишда ишлатиш кундан-кунга кўпаймоқда. Уларни махсус усулда кристаллаш орқали ситалл, фотоситалл ва шлакоситалл каби техника буюмлари олиш ҳам йўлга қўйилмоқда.

Қурилиш шишасининг асосий хусусиятлари қуйидагича: ҳажмий оғирлиги 2450—2550 кг/м^3, сиқилиш ва эгилишга чидамлилиги 10000 ва 450 кг/см^2, қаттиқлиги 5—7, иссиқлик ўтказувчанлиги 0,6—1,15 ккал/м соат · градус, қалинлиги 2—6 мм.

Шубҳасиз, қурилиш шишаларининг биринчи ва асосий хусусияти уларнинг шаффоф ва тиниқлигини бошқаришнинг мумкинлигидадир. Масалан, тураржой деворларидан биологик актив ультрабинафша радиацияни яхши ўтказиш ва инфрақизил нурларни ушлаб қолиш талаб этилади. Агар девор таркибида темир оксиди жуда кам, хром, қўрғошин ва титан оксидлари бутунлай бўлмаган шишадан ясалса, у қўйилган талабларга тўлиқ жавоб беради. Агар гап музей ва кутубхона деворлари ҳақида кетса, у ҳолда юқорида номи қайд этилган, таркибида оксидлар кўп

бўлган шишани танламоқ даркор. У бўёқ ва қоғозларнинг ўчиб кетишига сабабчи бўлган ультрабинафша нурларни хонага ўтказмайди.

Тураржой деворлари одамларни қуёш нуридан сақлаши керак. Бу ўринда таркибига кумуш галлати бирикмаси кирган фотохром деворлари қўл келади. Улар ўз ранги ва шаффофлигини ёруғликка қараб автоматик ўзгартиришга қодир. Сояда бундай шиша девор тиниқ ва унинг кўз илғовчи нурни ўтказиш қобилияти худди дераза ойнаси сингари унга таъсир қилаётган нурнинг 90 %ини ташкил этади. Аммо қуёш нури таъсири остида 30 сек ичида унинг ўтказувчанлик қобилияти 50%га, яна 22 сек ўтгач эса 28%га тушиб қолади. Натижада у кулранг тусга кириб, оқ нур спектрларини ютади. Қуёш нури таъсири йўқолгач, у яна тиниқлашади ва 1—2 минутдан сўнг дераза ойнаси каби 90% нурни аввалгидек ўтказа бошлайди.

Қурилиш шишаси таърифи. Қурилиш шишасининг ҳолатини қандай изоҳлаш мумкин? Бу савол асрлар давомида шишасозларнинг фикр-зикрини чулғаб келган. Унинг қаттиқлиги ва букилувчанлиги кристалларнинг букилувчан ва қаттиқлигига ўхшаса ҳам атомлар жойлашувидаги тартибсизлик сабабли уни кристалл модда деб бўлмайди. Қурилиш шишасининг мўртлиги, шаффофлиги ва бўлинмасининг ялтироқлиги кристалл моддалардан ўзгача. Структурасида симметриянинг батамом ёки қисман бўлмаслиги ва шундан келиб чиқадиган изотропия уни суюқликка ўхшашлигидан далолат берса ҳам суюқлик деб бўлмайди. Мустаҳкамлик, температуранинг ўзгарувчанлигига чидамлилик, иссиқликдан кенгайиш қийматининг паст бўлиши, кам электр ўзгарувчанлик каби хусусиятлар уларни суюқликка солиштиришга тўсқинлик қилади.

Хўш, шундай экан у ҳолда қурилиш шишасини қандай таърифлаш мумкин? У қандай модда? Россия олимлари техника фанлари докторлари Н. В. Соломин, О. В. Мазурин ва физика-математика фанлари доктори Ф. Ф. Витмандан иборат бўлган терминология комиссияси узоқ баҳслашишлардан сўнг 1968 йили шишани қуйидагича таърифлашни тавсия қилди: «Шиша деб кимёвий таркиб ва қотиш температурасига боғлиқсиз равишда юқори температурада ҳосил қилинган эритмани ўта совитиш орқали олинадиган ва ёпишқоқликнинг аста-секин ошиши натижасида

қаттиқ жисмларнинг хоссаларини қабул қиладиган барча аморф жисмга айтилади; бунда суюқ ҳолатнинг шиша табиатига ўтиш жараёни орқага қайтадиган бўлиши шарт». Бошқача қилиб айтганда, кварц ёки қумтупроқ, оҳактош ёки доломит, натрий карбонат ёки натрий сульфат ва бошқа компонентларни қиздириш йўли билан суюқлантириб, сўнгра махсус режимда қолиплаш ва совитиш йўли билан ҳосил қилинадиган қовушқоқлиги ўта юқори бўлган шаффоф изотроп қаттиқ жисмлар қурилиш шишаси деб аталади.

Қурилиш шишаси турлари. Қурилиш шишаси тури кўп бўлган сунъий материаллардан бири. У қуйидаги тўрт группадан ташкил топган:

1. Лист шиша — дераза ойнаси, витрина (кўргазма) шишаси, фото шишаси, яхлит рангли лист шишаси, ёпиштирилган рангли лист шишаси, нақшли шиша, армировкали шиша, хом прокат шишаси, марблит, силлиқланган шиша ва бошқалар;

2. Қурилиш-архитектура шишаси—шишадан ясалган конструктив қурилиш элементлари (ичи бўш шиша блоклар, шишабетон ва шишатемирбетон учун шиша қисмлар, шишадан ясалган профилли қурилиш қисмлари, шишапакетлар, шиша эшик ва бошқалар), ёруғлик ва иссиқлик нурларини саралаб ютувчи қурилиш шишаси (ультрабинафша нурларни ўтказувчи махсус шишалар, ультрабинафша рангни ютувчи шишалар, иссиқлик нурларини ютувчи қурилиш шишаси ва бошқалар), рангли қурилиш ва витраж лист шишалари (рангли чўзилган лист шиша, рангли ёпиштирилган лист шиша, рангли прокат-каланган витраж лист шишаси ва бошқалар), металлаштирилган шиша (кумушранг юпқа алюминийли қават билан қопланган шаффоф шиша, тилларанг юпқа алюминийли қават билан қопланган сариқ шиша, рангли кўзгу, тилларанг мис қотишмаси билан қопланган шаффоф шиша, электриситгичлар учун металл билан қопланган шиша ва бошқалар), шишадан ясалган ички пардозлаш плиткалари (марблит, ички пардоз шиша кошинлари, кристалланган шишалар асосида олинган кошинлар, керамика бўёқларини куйдириш орқали ранг берилган стемалит панеллари ва бошқалар) ва архитектура-бадиий шишаси (смальта, шиша скульптураси, витражлар ва бошқалар);

3. Кўпирган шиша—иссиқлик изоляциясини таъминловчи шиша пахта, товуш ютувчи изоляцион материал, фильтрловчи ғовак шиша, техника мақсадларида ишлатилувчи кўпирган шиша ва бошқалар;

4. Шиша қувурлар — деворининг қалинлиги 1—2 мм ва диаметри 0,1—40 мм бўлган юпқа танали қувурлар, деворининг қалинлиги 2,5—4 мм ва диаметри 12—40 мм бўлган қалин танали қувурлар, шу ўлчамдаги иссиқлик ўзгарувчанлигига чидамли қалин танали қувурлар, деворининг қалинлиги 2,5—12 мм ва диаметри 45—200 мм бўлган иссиқлик ўзгарувчанлигига чидамли қалин танали қувурлар.

Қурилиш шишалари орасида қалинлиги 2—6 мм, юза ўлчами 250×250 дан 1600×2200 мм гача қилиб тайёрланадиган лист шишалар, шу жумладан, оддий дераза ойнаси муҳимлиги, кўп тоннажлиги ва олиш усулларининг турли-туманлиги билан ажралиб туради.

Дераза ойнасини ишлаб чиқариш. «Хўш шиша ҳозир қандай усуллар билан ишлаб чиқарилади?» —деган савол туғилиши муқаррар. Бу саволга қуйида келтирилган ойна тахта схемаси қисман бўлса ҳам жавоб беради (12- расм).

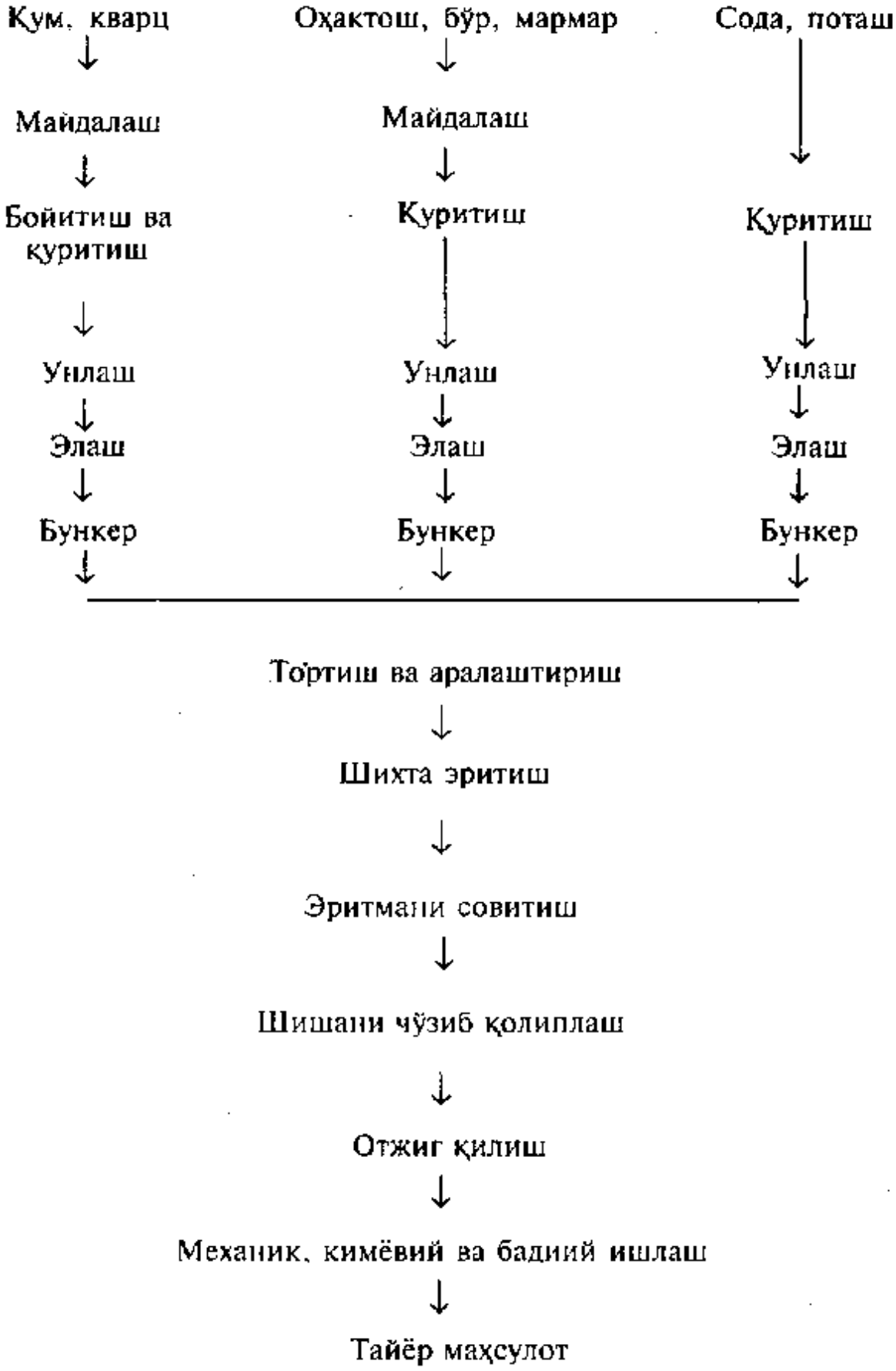
Келтирилган шиша ишлаб чиқариш схемасидан ҳозирги замон шиша ишлаб чиқариш технологиясининг анча мураккаблиги ва бир қанча махсус операцияни ўз ичига олишини кўриш мумкин.

Кварц ва оҳактош сингари қаттиқ хомашёлар жағли майдалагичларда бўлакчаларга ажратилиб, темир оксиди каби ранг берувчи бирикмалардан тозаланади. Сўнгра улар айланма печь ёки камерали сушилкаларда қуритилади, конусли болғачали тегирмонларда ун ҳолатига келтирилади. Эланган қумтупроқ, оҳактош ва сода тортилиб махсус машиналарда аралаштирилади.

Манзарали рангли шиша ишлаб чиқаришда эса бўёқ сифатида мис, хром, темир, кобальт ва бошқа металларнинг оксидларидан фойдаланилади.

Қурилишда ишлатиш учун мўлжалланган силикат шиша аралашмаси шиша заводидаги махсус печларда 1500° температурагача пиширилади. Пиширии жараёнини протокли ванна печларида амалга оширилади.

Ҳозирги вақтда дераза ойналари вертикал йўналишда чўзиладиган машиналарда тайёрланади. Бу машиналарда узлуксиз шиша лентаси қолипловчи мосламанинг тирқи-



12- расм. Дераза ойнаси ишлаб чиқаришнинг соддалаштирилган схемаси.

ши орқали чўзилади. Шишани «лодочка» деб аталган мосламасиз ҳам эркин чўзиш мумкин. Бундай усулда олинган шиша сифатлироқ, шаффоф, полосаларсиз бўлади.

Машиналарда қолипланган шиша эритмаси лентаси махсус режимда совитилади. Бу вақтда шишанинг ички кучланиши секинлик билан йўқола боради. Лента совиб машинадан чиқа бориши билан тегишли ўлчамларда лист қилиб қирқилади. Қирқим қалинлиги 2—6 мм атрофида бўлиб, ўлчами 250×250 дан 1600×2200 мм гача бўлади.

Полировкаланган витрина (кўргазма) шишаси ва кўзгу олишда кучланишдан холи қилинган шиша сайқаллаш ва ялтиратиш станокларига йўналтирилади. Декоратив буюмларга эса механик ишловдан ташқари, кимёвий ва бадиий ишлов ҳам берилади. Натижада маҳсулот ярқираб, жилва бериб турадиган бўлади.

Оддий дераза ойнасидан ташқари шаффоф ва хира безакбоп ойна, зарбга чидамли ва эгилувчан тобланган ойна, ойнабанд деворларга ишлатилувчи профилли ойна, ичига сим тўр қўйилган парчаланмайдиган ойна, шиша варақлари ёпиштирилган ўқ ўтмас ойналарни ҳам юқорида келтирилган ишлаб чиқариш схемаси бўйича олиш мумкин. Бу ҳолда схемага қисман ўзгариш киритиш керак бўлади, холос.

Қурилиш шишасининг ишлатилиши. Шиша, биринчи навбатда, қурилиш материалидир. Унинг янги, арзон, гўзал, узоқ чидайдиган шаффоф, яримтиниқ, хира турлари дераза ва эшикларни қоплаш, балконни ўраш, тўсиқ ва девор ўрнида ишлатилади. Шиша пакетларнинг кашф этилиши дераза панжаралари тузилишига янгиликлар киритиш, темир ва ёғочни кўплаб тежаш, уй-жой йиғиш жараёнини тезлатиш, ойналарнинг музламаслиги ва ифлосланмаслигига олиб келади. Қурилишда шиша қувурлари, шиша гидро ва термоизоляция материалларини қўллаш ҳам кундан-кунга ошмоқда. Мамлакатимизда бошқа қурилиш материаллари сингари бу материалларни кўп ишлаб чиқаришнинг кейинги йилларда 1,4 марта ўсишининг кераклиги фикримиз исботидир.

Қурилиш шишаси ишлаб чиқариш истиқболи. Ҳозирги кунда Республикамизнинг беш йирик корхонасида қурилиш шишаси маҳсулотлари—дераза ойнаси, шиша толаси, суюқ шиша, рангли шишалар ишлаб чиқарилмоқда.

Биргина Чирчиқ шиша заводи ишлаб чиқарган қурилиш шишаси 2,85 млн м² ни (бу рақам 2 мм қалинликдаги шишага татбиқ қилинса 3,96 миллион квадрат метр бўлади) ташкил қилади.

Хўш, Республикамизда шишасозликнинг истиқболи қандай? Агар Республикамизда қурилиш монтаж ишлари ҳозирги шароитдагига нисбатан 2 баравардан ошиқ бажарилса, қурилиш шишасининг истиқболи порлоқ эканлигини тасаввур этиш мумкин. Саноат ва уй-жой қурилишининг бундай кескин ривожланиши Ўзбекистонда келгусида ойналар 3,96 млн м² ўрнига 10 млн м² га яқин ишлаб чиқарилишини тақозо этади. Бундай кўрсаткичга эришиш учун Чирчиқ шиша заводини техниканинг охирги ютуқлари асосида қайта реконструкция қилиш ва кенгайтириш зарур.

Келгусида Қувасой заводида ғовак-шиша ишлаб чиқариш, Чирчиқ ойна заводида гилам-мозаика плиталари, шиша тола асосида иссиқлик изоляция материаллари, кесилган юзали ва ёйма шиша, рангли ва рангсиз катта ўлчамли шиша блоклар олиш мўлжалланган.

Кейинги вақтларда мустақил Ўзбекистонда саноатнинг энг долзарб ва илғор турларининг яратилишига эришилди. Бу ерда гап Ўзбекистон—Жанубий Корея автомобиль қўшма корхонасининг автомобиллари устида кетаяпти. Қувасой шиша корхонасида қурилиш шишасининг энг муҳим тури—лист шишасининг ишлаб чиқарилиши шу шиша асосида триплекс номли машина ойналарини ишлаб чиқаришга имкон берди.

Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси, Тошкент Кимё-технология институтининг шу соҳага тааллуқли бўлган лабораторияларида халқ хўжалиги учун муҳим бўлган бундай қурилиш шишаларининг янги турларини олиш, уларнинг сифатини яхшилаш, таннархини камайтириш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилиши ва натижаларини ишлаб чиқаришга татбиқ этишлари ўта қувончли ҳолдир.

Республика шишасозлари келгусида олимлар билан ҳамкорликда меҳнат қилиб, халқимизнинг саноат ва хўжалик маҳсулотларига бўлган эҳтиёжни қондириш борасида ўзларининг салмоқли ҳиссаларини қўшишларига аминмиз.

10-§. Техник шиша олиш технологияси

Техник шишанинг халқ хўжалиги ривожини таъминлашдаги роли. Ҳозирги кунда қуёш, планета ва юлдузлар устида катта илмий тадқиқот комплексларини амалга ошириш, илм-фан ва халқ хўжалиги манфаатларини кўзлаб ер юзаси ва атмосферани ўрганиш, одамнинг ҳаёт фаолиятига космик парвоз омилларининг таъсирини ўрганиш борасида тиббий-биологик тадқиқотлар олиб борилмоқда. Космосда технологик операциялар — металларни пайвандлаш, кристалл ва шишасимон моддаларни синтез қилиш каби ишлар бажарилмоқда, манзаранинг уч ўлчовли тасвирини фотография йўли билан қайд қилишдек улкан ишлар амалга оширилмоқда. Асримизнинг ана шу муваффақиятларида шишадан ясалган нур тарқатувчи ва йўналтирувчи экран, кўзгу ва лампаларнинг аҳамияти ҳақида тўхталиб ўтирмаймиз. Ҳолбуки, люминесцент ёки иссиқлик лампаларида атомларнинг турли томонларига ҳар хил тўлқин узунлигида, исталган вақт мобайнида ёруғлик квантларининг тарқалишига эришилади. Таркибида церий, неодим, эрбий, тулий каби актив моддалар қўшилган лазер шишаларда эса атомларнинг муайян тарзда—бир хил йўналишда, бир хил тўлқин узунлигида, синхрон равишда тарқалиши натижасида катта қувватли нур олинмоқда ва уни керакли манзилга тўла узатишга муяссар бўлинмоқда.

Техник шишаларининг умумий физик-кимёвий хусусиятлари. Шишасимон ҳолатдаги барча моддалар бир неча умумий физик-кимёвий тавсифга эга. Булардан бири уларнинг кристалл моддаларига ўлароқ изотропиклиги, яъни шиша хоссаларининг барча йўналишида бир хил бўлишидир. Масалан, муллит кристалларнинг С- ўқига перпендикуляр ва параллел йўналишдаги иссиқликдан кенгайиш коэффицентлари $4,5\times10^{-6}$ ва $5,7\times10^{-6}$ град.$^{-1}$, кварц кристалларники эса 14×10^{-6} ва 9×10^{-6} град.$^{-1}$ ни ташкил этади. Уларнинг нур синдириш коэффицентлари ҳам барча йўналишларда ҳар хил: муллит учун 1,654, 1,644 ва 1,642; кварц учун эса 1,553 ва 1,554. Кристалларнинг мустаҳкамлиги, кимёвий турғунлиги ҳам шу тарзда ўзгаради. Бунинг асосий омиллари шундан иборатки, муллит кристаллари ромбик (оптик икки ўқли), кварц кристаллари эса тригонал-трапецоэдрик сингонияга (оптик бир ўқли) эгалигидир. Бироқ таркиби юқорида қайд этилган кварц кристалли-

нинг таркибига тўғри келадиган техника шишасининг иссиқликдан кенгайиш коэффициенти $0,5\times10^{-6}$ град.$^{-1}$, нур синдириш коэффициенти 1,459 ва солиштирма оғирлиги 2,19 г/см^3 га тенг. Бу рақамлар кварц шишасининг исталган нуқтаси бўйича бирдир.

Иккинчи масала қиздирилганда кристалл моддаларга ўхшаб бирданига маълум температурада шишаларнинг эриб кетмасликлари масаласидир. Агар кварц кристали қиздирилса, у фақат 1713° С га етиб, ўз шаклини йўқотади ва суюқликка айланади. Кварцли шиша қиздирилганда эса 1000°С атрофида юмшайди, сўнгра ёпишқоқлиги камайиб суюқ ҳолатга ўтади, аммо қайси даражада суюқликка ўтишини аниқ айтиб бериш мумкин эмас. Шиша «бўтқа» лари қотирилаётганда эса бу жараён қайтарилади. Температура пасайган сари модда ёпишқоқлиги ошади ва аста-секин шиша қотиб, қаттиқ жисм шаклига қайтади.

Шишага хос бўлган хоссалардан яна бири унинг беқарорлигидир. Шиша тез совиши натижасида юқори температурадаги муҳитга хос ҳолатни сақлаб қолганлиги сабабли ҳамма вақт барқарорликка интилади ва бора-бора хиралашиб, кристалл моддага айланади. Аммо бундай айланиш—табиий кристалланиш минглаб йиллар давомида рўй беради.

Техник шиша буюмларининг пишиқ ва мустаҳкамлигини истаганча ўзгартириш мумкин. Одатда, шиша сатҳи микроскопик дефектларга бой бўлади. Бундай шиша юзасига плавик кислота билан сайқал бериш маҳсулот мустаҳкамлигини 3—4 марта оширишга олиб келади. Олимларнинг фикрича, шиша юзасини силлиқлашдан ташқари жипслаштириш ҳам мустаҳкамликни оширади. Жумладан, юмшатилган шиша варағини суюқликка ботириб олиш ёки босим остида совитиш мустаҳкамликнинг 5 марта ўзгаришига, қаттиқлигини эса кескин ошишига олиб келиши аниқланган.

Техникада кўп қаватли шиша пакетларни йиғиш ҳам ижобий натижа бермоқда. Қалинлиги 0,05 мм бўлган шиша варағининг мустаҳкамлиги қоғоз мустаҳкамлигига яқин. Аммо 50 дона шундай варақни махсус клей ёрдамида ёпиштириб олинган 2,5 мм қалинликдаги пакет катта босим, температуранинг кескин ўзгаришига вибрация, ўқ ва метеоритларнинг урилишига чидамлидир. Шу сабабли ҳам,

уларнинг саноат корхоналари витриналари, автомобиль ва самолётларни қоплашда, сув ости ва космик кемаларнинг иллюминаторларини ясашда ишлатилиши бежиз эмас.

Техник шишаларнинг кимёвий пишиқлиги ҳам таркибига боғлиқ ҳолда катта диапазонда ўзгаради. Уларнинг баъзи турларидан ясалган қувур ва идишларнинг кимёвий турғунлиги юқори, ички юзалари силлиқ бўлади. Бу буюмларни кир-чирдан тозалаш анча осон. Деворлар тоза бўлганида буюм ичидаги бўлаётган жараённи кузатиш мумкин. Бундай хусусиятлар, асосан, кварц ва борли силикат шишалар учун хосдир. Шу сабабли ҳам уларда кучли кислота, ишқор ва бошқа кимёвий актив моддаларни сақлаш ҳамда уларни бир жойдан иккинчи жойга узатиш мумкин.

Температуранинг кескин ўзгаришига чидамлиликни ошириш ва мўртликни камайтириш, керакли ранг ва тасвирни бериш, махсус қўшимчалар ёрдамида уларнинг турли хоссалари (шу жумладан электр ўтказувчанлик)ни бошқариш, даврий системага кирган барча кимёвий элементлар асосида шиша олиш мумкинлиги ҳам техника шишалари хусусияти ва истиқболини белгиловчи ижобий омиллардандир.

Юқорида қайд қилинганидек, техник шиша кўпгина фойдали, ўзига хос хоссаларни жамлаган. Шу сабабли, шиша буюмлари топилиши қийин ва таннархи қиммат маҳсулот бўлмоғи керак эди. Аммо биз ҳар қадамда шиша буюмларга дуч келиб, бошқачароқ хулоса чиқараётирмиз. Бунинг асосий сабаби шишаларнинг арзон, кенг тарқалган кимёвий материаллар асосида олиниши, шиша «бўтқа»сининг қўл ва машиналарда исталган шаклни олишга ўта мойиллиги, халқимизнинг шишасозлик санъати усулларини мукаммал эгаллаганлиги, олим ва инженерларимизнинг бу соҳани ривожлантиришдаги улкан меҳнатидир.

Хоҳлаган шаклни бериш мумкинлиги, юқори декоратив хоссага эгалиги, нурни қабул қилиш ва узатиш қобилияти, ўта тиниқ ҳолатдан хира ҳолатга ўтиши мумкинлиги, арзонлиги, қолаверса, унинг пишиқ ва чидамлилиги каби асосий хоссалар шишасозликнинг бундан буён ҳам ривожини таъминловчи омиллардан эканлиги энди ҳеч кимда шубҳа туғдирмаса керак.

Техник шиша турлари. Техник шиша турлари жуда кўп. Унинг асосий маҳсулотлари қаторида қуйидагиларни кўрсатиш мумкин:

1. Кварц шишаси — шаффоф ва бўғиқ;

2. Оптика шишаси — крон, флинт ва бошқалар;

3. Нур техникаси — шаффоф ва рангли;

4. Тобланган лист шишаси — ясси, эгилган ва бошқалар;

5. Триплекс лист шишаси — силлиқланмаган ва силлиқланган;

6. Моллировкаланган (эгилган) шиша — шаффоф ва рангли;

7. Кимёвий — лаборатория шишаси — юпқа ва йўғон;

8. Термометрик шиша — юқори кремнеземли, борсиликатли ва қўрғошинсиликатли;

9. Тиббий шишалар — аптека идиши, ампула, флакон, тиббий деталь, дрот ва бошқалар;

10. Электрод шиша — электрод ва корпус шишалари;

11. Электр пайвандлаш флюсларини олишда ишлатиладиган шишалар;

12. Электр токини ўта ўтказувчан шишалар;

13. Люминесцент техникасида қўлланиладиган шишалар;

14. Лазер техникаси шишалари;

15. Йўл белгиларини ясашда ишлатиладиган шишалар — шиша микробўлакчалари ва катафоталар;

16. Атом техникаси шишалари ва бошқалар.

Техник шиша турлари кўпайиб бормоқда. Мисол тариқасида атом техникаси шишаларини ҳам келтириш мумкин. Нурланишдан сақловчи шиша, нурни дозировка этувчи шиша, радиацияга чидамли шиша, атом реакторлари шишаси, зарядланган бўлакчаларни тезлаштирувчи шишаларнинг номи уларнинг жамият тараққиёти ва киши соғлиги учун нақадар аҳамиятли эканлигидан далолат бериб турибди. Техник шишалар орасида квант электроникасининг асосини ташкил этувчи лазер ва люминофор сифатида ишлатилувчи шишаларнинг салмоғи ҳам ошиб бормоқда.

Техник шиша ишлаб чиқариш технологияси. Кварц шишаси техника шишалари орасида муҳим ўрин эгаллайди. Бунинг сабаби унинг физик-кимёвий хоссалари жуда юқори ва керакли хомашё базаларининг етарли даражада эканлигидадир.

Кварц шишасини ишлаб чиқаришда формуласи SiO_2 га тўғри келадиган юқори даражадаги тоза тоғ биллури ёки кварц қумларидан фойдаланилади. Албатта, улар оғир

темирли минераллар, дала шпати, слюда ва тупроқдан тозаланиши зарур. Натижада бойиган тоғ жинсининг кимёвий таркиби SiO_2 фойдасига ўзгаради ва майдаланган заррачаларнинг гранулометрик таркиби тузатилади. Ишлаб чиқаришда қўлланилаётган хомашё таркиби қуйидагича бўлади: SiO_2 99,6—99,7; R_2O_3 0,15—0,30, шу жумладан, Fe_2O_3 0,002—0,03; CaO 0,5—0,08; mCO 0,03—0,05; R_2O 0,01—0,02 ва қиздирилгандаги йўқотиш 0,05—0,08%. Доналар ўлчами эса 0,02 — 0,35 мм оралиғида бўлади.

Қуйидаги расмларда кварц шишасини олишга оид икки технологик тизим келтирилади (13- ва 14- расмлар).

Техник шишанинг халқ хўжалигидаги аҳамияти. Техник шиша барча тармоқларда кенг қўлланиладиган универсал материалдир. Биргина кварц шишаларининг қўлланилишини олиб кўрайлик. У кимёвий машинасозлик ва асбобсозликда кислотага чидамли аппарат, қувур, совиткич, ситгич, ванна, идиш, реактор насос, тигель, колба, ковак фильтр; иссиқлик техникаси ва металлургия термопараси, ғилофи, газ ва электр печлари қувурлари, газ горелкаси, печларнинг бруси, электр иситкич; электровакуум саноати ва нур техникасида қўлланиладиган юқори вольтли изолятор, катод ва генератор лампаларининг детали, симобли тўғрилагичларнинг катодли изолятори; оптик-кимё саноати тасвирий шишаси, ультрабинафша ва инфрақизил оптиканинг бўлимлари ва бошқа мақсадларда ишлатилади. Микроскоп, спектрограф, фотоокуляр, фотообъектив, телескоп, бинокль, кўзойнак, конденсатор, кўзгу, қайтаргичлар тайёрлашда ишлатилувчи шиша қотишмалари бир хил, тиниқ, кимёвий муетаҳкам ва махсус оптик хоссаларга эга бўлиши керак. Нурли техника шишаларидан светофор, фара, прожектор, ёритгич, линза, йўл белгилари; пишиқланган лист шишадан автомобиль, самолёт, тепловоз, трамвай ва теплоходларнинг дераза ва иллюминатор ойналари, эшиклари, ажраткичлари, ўрамлари, нурфильтрлари; триплекс шишасидан «Нексия», «Дамас», «Тико», «Зил», «Волга», «Москвич», «Жигули» автомобилларининг эшик ойнаси, олд ойнаси тайёрланади. Шунингдек, шишадан автомобилларнинг корпусини ҳам ясаш мумкин.

Шиша яқиндан бошлаб, атом ва ракета техникаси ҳамда квант электроникасида қўлланилмоқда. У атом техникасида нур сочилишидан сақланиш, нур тарқалишини дозировка



13- расм. Бўғиқ кварц шишаси асосида турли буюмлар ишлаб чиқаришнинг соддалаштирилган технологик схемаси.



14- расм. Шаффоф кварц шишаси асосида буюмлар ишлаб чиқаришнинг технологик схемаси.

қилиш, радиоактив нурдан сақланиш каби муҳим вазифаларни ҳам бажаради. Бундай шишалар олдига юқори температурага чидамлилик, коррозияга учрамаслик, нур таъсирида хоссаларини ўзгартирмаслик каби талаблар қўйилган. Кристалланган шишадан тайёрланган бошқа-

рувчи снаряднинг конуссимон қисми ҳам қайд этилган ижобий сифатларга эгалиги билан ажралиб туради.

Квант электроникасида эса актив модда (неодим, эрбий, иттербий, церий ва самарий оксидлари)дан тайёрланган шиша асримизнинг 60—70 йилларидан бошлаб лазер сифатида ишлатилмоқда. Бу кашфиёт фаннинг улкан ютуғигина бўлиб қолмай, инсоният маданияти хазинасига қўшилган салмоқли ҳисса ҳам бўлди. Чунки у жисмларни жуда юқори температурада қиздириш, физик ва кимёвий жараёнларни тезлаштириш, жарроҳ, заргар ва қурувчининг тиғсиз ишлаши, предметларнинг ҳажмий тасвирини олиш, турли материаллар, суюқлик ва газ муҳитларининг таркибини тез аниқлаш каби имкониятларни туғдирди. Лазерли шишаларни маълум маънода радиотўлқинларнинг генераторлари ва кучайтиригичлари деб қараш мумкин. Зеро, улар генератор, қуёш, аланга, чақмоқ электр лампа нурларига ўлароқ монохроматик ва тор ўлчамли тарқалувчи ёруғлик манбаларидир.

Лазернинг олмос, ёқут, вольфрам, корунд каби моддаларни сариёғдек кесиши, тешиши ва пайвандлаши уларнинг металлургия, машинасозлик, кимё, қоғоз ва тўқимачилик саноати корхоналарида катта аҳамиятга эга эканлигидан далолат беради. Лазерли шишалар ернинг сунъий йўлдошларини, Ой, Марс ва Венера планеталарини, космик кемаларни, радиоактив жараёнларни кузатиш ва ўрганишда ҳам кенг қўлланилмоқда.

Тошкент Кимё-технология институтининг бир гуруҳ олимлари олиб борган кўп йиллик илмий изланишлар республикамизда техник шишанинг бир неча турлари—йўл белгилари учун ишлатилувчи оптик шишалар, термометрик шишаларнинг янги модификациялари, маълум миқдорда ток ўтказувчи яримўтказгич шишалар, ўта юксак фазилатларга эга биошишалар ишлаб чиқаришни йўлга қўйиш мумкинлигини исботлаб берди.

Техник шишалар таркиби ва технологиясини яратишга оид ишлар Ўзбекистон Республикаси Фанлар академиясининг Иссиқлик физикаси ва Ядро тадқиқотларини олиб бориш институтларида, «Физика-Қуёш» ишлаб чиқариш бирлашмасининг материалшунослик институтида, Тошкент Давлат 2-чи Тиббиёт институти лабораторияларида, Тошкент «Оникс» ҳиссадорлик жамиятининг шиша ла-

бораториясида, Фарғонанинг «Қувасой шиша» корхонаси тажриба цехида, «Тошкент-кабель» ишлаб чиқариш бирлашмасида ва бошқа муассасаларда муваффақиятли олиб борилмоқда.

11-§. Маиший-хўжалик шишаси ишлаб чиқариш технологияси

Маиший-хўжалик шишасининг аҳамияти. Маиший-хўжалик шишасидан турли хил уй-рўзғор, безак буюмлари, хўжалик асбоблари ясалади. Шишанинг кашф этилиши турли-туман шакллардаги бутилкалар, ҳар хил банка ва идишлар, вазалар, стакан, қадаҳлар, қисқаси турмуш учун зарур буюмларнинг кўплаб ишлаб чиқарилишига олиб келди. У минг йиллар давомида кишилар учун таом ейиш, аёллар учун безак, болалар учун эса ўйинчоқ сифатида хизмат қилиб келди.

Бундай шишаларни адабиётда яна маданий-маиший шишалар номи билан ҳам аташ қабул қилинган. Булар қаторига биллур, идиш-товоқ, тара, кўзгу, ойнак, безак, арча ўйинчоқлари кабилар киради. Улар ёрдамида уй-жойлар, маданий-маиший муассасалар безалади ва эксплуатация қилинади.

Маиший-хўжалик шишасининг таърифи. Таркиби, асосан кремнезём, глинозём, ишқорий-ер ва ишқорий оксидлардан ташкил топган ҳамда суюқ, пастасимон ва қаттиқ маҳсулотларни қадоқлаш, сақлаш ва узатиш учун хизмат қилувчи шаффоф аморф моддалардан юқори температураларда шакллаш йўли билан олинган буюмларга маиший-хўжалик шиша буюмлари деб аталади.

Маиший-хўжалик шишаларининг турлари. Улар, асосан уч катта қисмдан иборат:

1. Тара шишаси;
2. Сорт (нав)ли шиша;
3. Бадиий-декоратив буюмлар шишаси.

Шиша тараси буюмлари ўз навбатида икки катта группага ажралади:

1. Бўғзи тор шиша тараси—оғзининг ички диаметри 30 мм дан кам бўлиши зарур. У суюқ маҳсулотларни қадоқлаш ва сақлаш учун хизмат қилади;

2. Бўғзи кенг шиша тараси — оғзининг ички диаметри 30 мм дан катта бўлади. Шунинг учун яримсуюқ ва қат-

тиқ маҳсулотларни қадоқлаш ва сақлаш мақсадларида ишлатилади.

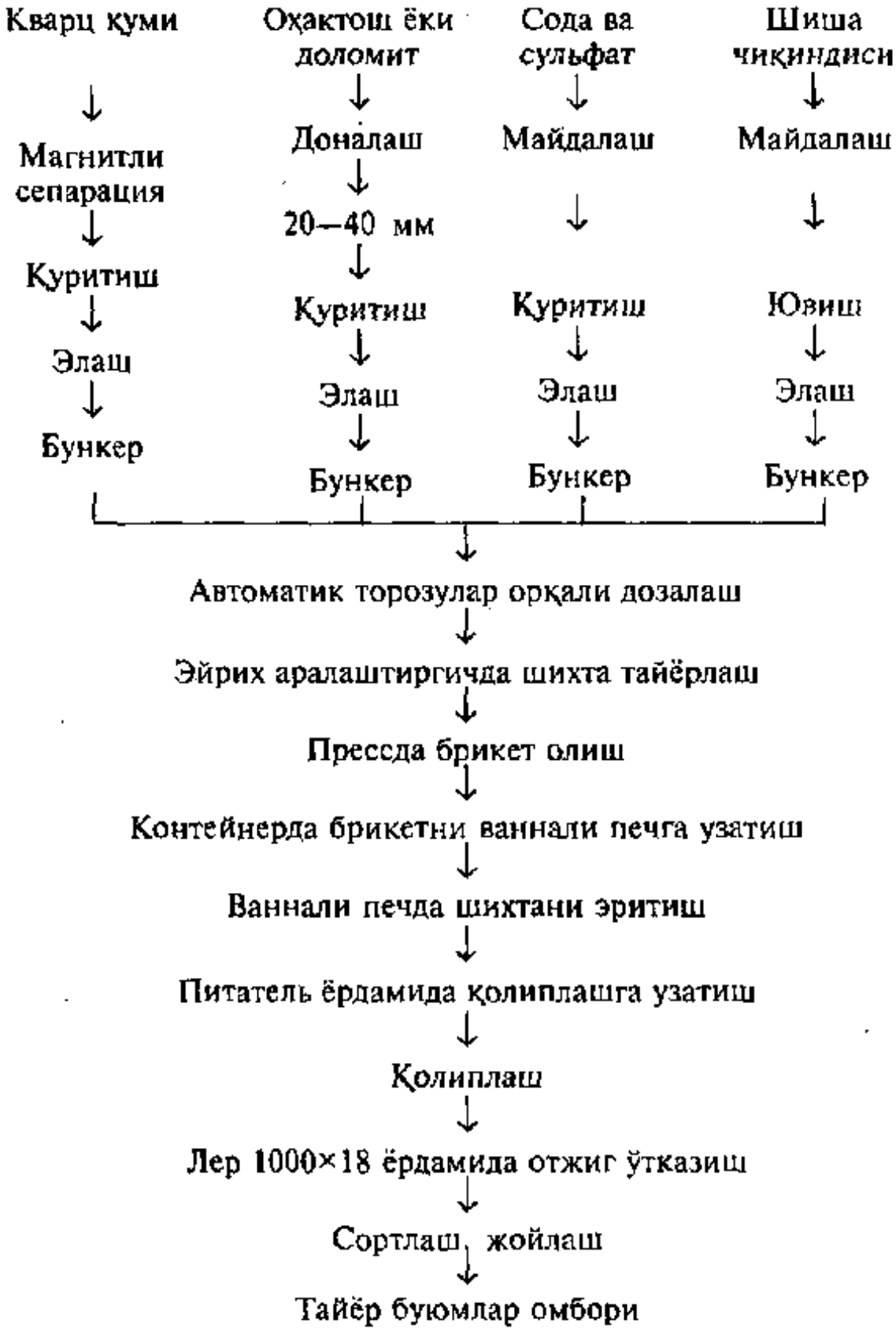
Сортлаш ва бадиий-декоратив шишаларнинг ишлатилишига қараб ошхона идиши, вино ва ичимликлар идиши, бадиий-декоратив буюмлар каби турларга ажралади. Шакллаш турига қараб эса бундай шишалар пуфлаб шакланадиган, пресспуфлаш орқали тайёрланадиган ва пресслаш усули билан олинадиган буюмлар турларга бўлинади. Яриммаҳсулотга ишлов бериш турига қараб улар шакллаш вақтида бадиий безак бериладиган, гравирлаш усулида ишлов берилган, шлифовкадан ўтказилган, эмаль ҳамда бўёқлар ёрдамида бадиий-декорацияланган икки таркибли шишани қаватма-қават ёпиштириш усулида олинадиганларга бўлинади. Таркибига қараб эса қўрғошин оксидли ва қўрғошинсиз таркиблиларга ажратилади.

Маиший-хўжалик шишалари ишлаб чиқаришнинг технологик тизимлари. Қуйида икки турли шиша— шиша тара ва биллур буюмлари ишлаб чиқаришнинг технологик тизимлари келтирилади (15- ва 16- расмлар).

Шиша тара таркибига, асосан учта оксид — SiO_2, CaO ва Na_2O киради. Шишанинг етилиши ва олинаётган буюмларнинг сифатини яхшилаш мақсадида таркибига 3—3,5% MgO (CaO ҳисобидан) ва 3—5% Al_2O_3 (SiO_2 ҳисобидан) киритилиши мумкин. SiO_2 ўрнига 1% гача B_2O_3 ва Na_2O ўрнига 2—3% K_2O қўшиш ҳам шиша сифатини яхшилайди. Шаффоф шиша тара таркибида 0,1% гача, яримоқ шишалар таркибида эса 0,6% гача Fe_2O_3 бўлишига йўл қўйилади. Рангли шиша тара таркибига эса 1,5—2% Fe_2O_3 ва 1—2% гача MnO кириши мумкин.

Шиша тара шихтаси таркибига SiO_2 бойитилмаган кварц қумлари, Al_2O_3 — нефелин концентрати, CaO — оҳактош, CaO ва MgO — доломит, Na_2O — тегишли сода ва сульфатлар орқали киритилади.

Кўп тарқалган шиша таранинг таркиби (мас., %) келтирамиз: SiO_2-73, $Al_2O_3+Fe_2O_3$—2, CaO+MgO—10, Na_2O+K_2O—14,5 ва ниҳоят SO_3—0,5. Бундай таркибли шишалар анчагина мустаҳкам бўлиб, уларнинг ташқи ва ички босимга чидамлиликлари 15—17 атм гача боради.



15- расм. Тара шишаси ишлаб чиқаришга оид технологик тизим.

Тара шиша шихтасини тайёрлаш ва пиширии—қурилиш шишалари ишлаб чиқариш технологияси жараёнларига ўхшаб кетади. Уларнинг тайёрлов цехлари ўзларининг улканлиги билан ажралиб туради ва 1 суткада тайёрлана-

диган шихта миқдори 300 т гача бориб етади. Бундай шишалар таркибига энг кўп миқдорда корхона чиқиндиси ва шиша синиқлари киради. Уларнинг миқдори 50% гача бўлиши мумкин. Улар жағли майдалагичлар ёрдамида майдаланади, ювилади, элаш орқали сортланади. Асосий хомашёлардан бири бўлган кварц қуми бойитилади ва таркиби бир хил бўлишига эришилади, барабанли қуритгичда қуритилади, эланади ва бункерга жўнатилади. Керакли қум 1 $см^2$ юзасида 81 та тешикли элакдан ўтган бўлиши шарт. Оҳактош ва сода каби компонентлар ҳам 15- технологик тизимда келтирилган жараёнлар бўйича ишлов олади.

Оҳактош, доломит ва бўр 2—3 см ўлчамли бўлакчалар ҳолига келгунча болғачали ёки жағли майдалагичлар, шарли ёки аэробил тегирмонларда доналанади. Сўнгра барабанли қуритгичларда 400—450°С да қуритилади. Сўнгра аэробил тегирмонлар ёрдамида майдаланади ва 1 $см^2$ юзага 64 тешик ёки 49 тешик тўғри келадиган элаклар ёрдамида эланади ва тортишга тайёр компонентлар бункерига жўнатилади.

Сода, 15-расмдаги технологик тизимда кўрсатилгандек, шиша корхоналарига тайёр ҳолда қоғозли қопларда келтирилади. Улар электр юклагичлар ёрдамида тортиш олди бункерига жўнатилади. Агар сода узоқ муддат сақланиши туфайли намланиб тошлар ҳосил қилса, у ҳолда болғачали майдалагичларда майдаланади ва қуритилади, сўнгра тебранувчи стол ёки виброэлаклар ёрдамида эланиб тайёр хомашёлар бункерига узатилади. Сунъий натрий сульфат ҳам корхоналарга қоғозли қопларда келиб тушади ва фақат элаш жараёнига дучор бўлади. Табиий сульфат эса тошлар билан қопланган валикли майдалагичларда майдаланади, 650—750°С да барабанли қуритгичда қуритилади, яъни қайта болғачали майдалагичдан ўтказиб эланади ва тайёр сульфат бункерига жойланади.

Корхонанинг дозалаш-аралаштириш бўлимида тара шишаси таркибига кирувчи компонентлар автомат тормозларда 0,2—0,3% аниқликда тортилади. Тортиш 3—3,5 минутни, конвейерга юкланиши 1,5—3 минутни ташкил этади. Компонентлар конвейер ёрдамида айланувчан жом кўринишли Эйрих аралаштиргичларига узатилади.

Тайёр шихта оралиқ бункерга тушади ва лентали конвейер ёки конвейер-кюбель ёрдамида печга узатилади. Шихта печга пневмотранспорт орқали ҳам узатилиши мумкин. Бу

операциялар автоматлаштирилган бўлиб, бир дозалаш-аралаштириш бўлимининг қуввати замонавий шиша ишлаб чиқариш корхоналарида суткасига 500—600 т шихтага тенг.

Баъзи корхоналарда шихта, аввал тақсимчали ёки барабанли грануляторларда гранула ҳолига келтирилади, сўнгра печга узатилади. Бу ҳолда унсимон компонентларнинг (эриш вақтида) атмосферага учиб кетиши кескин камаяди ва экологик ҳолат яхшиланади.

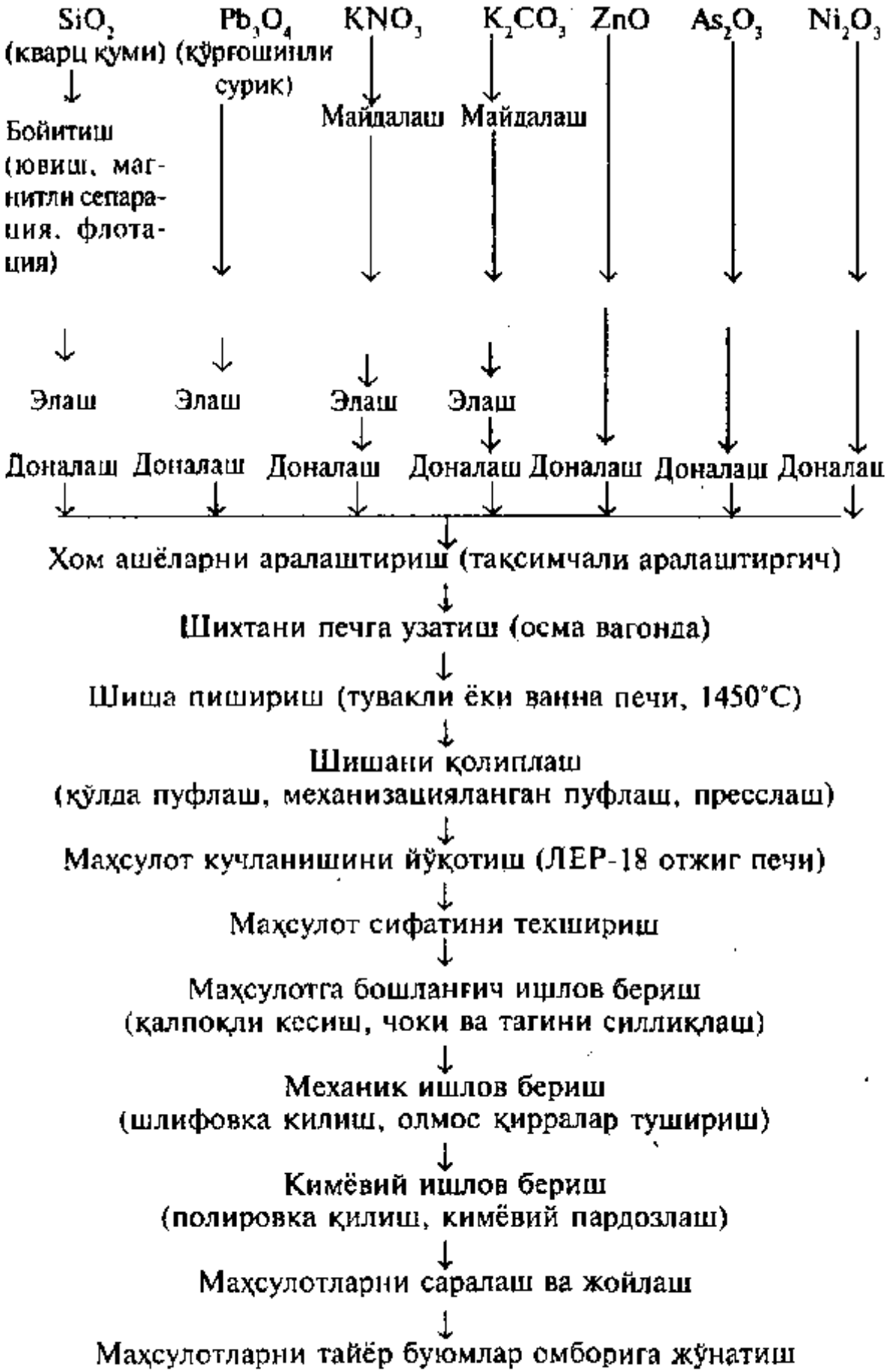
Тара учун мўлжалланган шиша кўп тоннажли бўлганлиги сабабли, шихтани эритиш учун асосан протокли (пиширш ва қолиплашга тайёр бўлган бўлимлар ораси тешик) ванна печидан фойдаланади. Печдаги температура 1480—1550°С атрофида бўлиши мумкин. 1550°С да суткасига бассейннинг 1 м^2 юзаси ҳисобидан 2200 кг гача шиша олиниши маълум. Бассейндаги эритилаётган шаффоф шиша қалинлиги 600—900 мм ни ташкил этади. Проток орқа бўлими бассейнидаги қолипланишга тайёр тоза шиша массасининг қалинлиги 300 дан 600 мм гача.

Тара шишасини пиширишда шихтанинг эришини тезлаштирувчи омилларни қўллаш катта аҳамиятга эга. Шиша массасини кўпиклаштиришга эришиш, қўшимча электриситиш, кислородли пуфлаш ёқилғининг тўла ва эффектив ёнишини таъминлайди. Биргина шиша массасини аралаштириб туриш орқали шиша пишириш агрегатларининг унумдорлигини 20—25 % га оширишга эришиш мумкин. Қўшимча электриситгичларни ўрнатиш суткасига бассейнинг 1 м^2 юзасидан олинадиган ва қолипланишга сарф бўладиган шиша миқдорини 3000—3500 кг гача ошириши мумкин. Шу ва бошқа янгиликларни қўллаш орқали шиша пишириш печларининг унумдорлиги 30—40% га оширилиши мумкинлиги тасдиқланган.

Тара шишасини қолиплаш яримавтомат ва автоматлар ёрдамида пуфлаш, пресслаш ва пуфлаб пресслаш усуллари орқали бажарилади. Ушбу мақсадларда ВВ-2, ВВ-6, ВВ-12, 2 ЛАМ, АВ-6, ПВМ каби машиналар ишлатилади.

Шиша қолиплаш машиналари ниҳоятда унумдор агрегатлардир. Масалан, 2 ПВМ-12 машинасида 1 минутда 55—60 дона банка, 3 ПВМ-12 да эса 25—30 дона буюм қолипланади. ВВ-12 типдаги машиналарнинг қолиплаш қуввати 1 минутга 100—160 та бутилкани ташкил этади.

Тара шишалари қолипланганидан сўнг туннелли конвейер печларига узатилади. Идиш конвейернинг металл



16- расм. Қўрғошинли биллур маҳсулотлар ишлаб чиқаришнинг технологик схемаси.

сеткаси устида жойлашган бўлиб, маълум температурада ички кучланишдан холи бўлади. Бу жараён отжиг деб аталиши юқорида ёзилган эди.

Шиша саноатида отжиг учун ЛЕР-18 ва ПО-180 маркали қурилмалардан фойдаланилади. Уларда иссиқлик газ ёниши ёки электр токи орқали ҳосил қилинади.

Тара шишаларининг сифати ПКС-500 ва бошқа маркали поляроид микроскоплари ёрдамида текширилади. Сўнгра буюмлар қоғозларга ўралади ёки махсус қутича ва яшикларга жойланади ва тайёр буюмлар омборига жўнатилади.

Биллур таркиби ҳам шиша тараси таркиби каби турлича бўлади (14 ва 15-жадваллар). Оғир биллур таркибида 30 % дан кўпроқ қўрғошин оксиди, 50—60 % қум ва 9—12 % калий оксиди бор. Бундай биллурнинг нур синдириш коэффициенти 1,565 атрофида бўлади. Енгил биллур таркибига эса 17—27 % қўрғошин оксиди, 1—5 % кальций оксиди, 12—17 % натрий ва калий оксидлари, 55—65 % кремний (IV) оксиди киради. Уларнинг нур синдириш коэффициентлари 1,535—1,560 оралиғида бўлади. Яримбиллур номи билан аталувчи маҳсулот турида эса 13 % гача қўрғошин (II) оксиди, 3—8 % гача барий оксиди ва 2 % гача бор (III) оксиди бўлади. *Чех биллури* деб аталувчи турда эса қўрғошин оксиди мутлақо бўлмайди. Унинг таркибида 75—77 % кремний (IV) оксиди, 5—7 % кальций ва барий оксидлари, 1—3% натрий оксиди ва 14—18 % калий оксиди бўлади. Бундай буюмларнинг нур синдириш коэффициентлари 1,480—1,500 атрофида бўлади.

Ўзбек биллури номини олган маҳсулотлар таркибида 59 % қум, 24 % қўрғошин (II) оксиди, 16 % калий (I) оксиди, 1 % рух оксиди бўлади. As_2O_3 -оқартирувчи ва Ni_2O_3-физикавий рангсизлантирувчи вазифаларини ўтайди. Улар 100% ли шихта устига жуда оз миқдорда қўшилади (As_2O_3 миқдори 0,1—0,5 %, Ni_2O_3-0,01—0,02% атрофида).

Хомашёларни тайёрлаш юқорида келтирилган схемада худди шиша тарасидагидек бир тарзда ўтади. Қумни бойитиш магнитли сепарация ва тебранувчи стол ёрдамида амалга оширилади. Хомашёларни майдалаш учун ишлатиладиган жиҳозлар уларнинг қаттиқлиги ва бошқа хусусиятларига қараб танланади. Шиша тайёрлаш тақсимчали ва бошқа типдаги аралаштиргичларда бажарилади.

Шихтани эритиш ва шиша олиш, асосан ванна ва тувакли печларда амалга оширилади. Биллур буюмлар иш-

14-жадвал

МДҲ мамлакатларида ишлаб чиқариладиган қўрғошинли биллурнинг таркиби

Оксидлар тури	Оксидларнинг миқдори, % ҳисобида								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9*
SiO_2	55,5	55,5	58	57	57	57	62	62	59
PbO	30	30	25	25	25	28	20	19	24
BaO	—	—	—	3	—	—	—	—	—
ZnO	—	—	—	—	3	—	—	1	1
Na_2O	—	2	3	4	4	3	3	2	—
K_2O	14,5	12,5	14	11	11	12	15	16	16
As_2O_3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
$n_д$	1,565	1,566	1,555	1,560	1,559	1,561	1,541	1,539	1,560

* Ўзбекистон биллурига оид маълумотлар

15-жадвал

МДҲ мамлакатларида ишлаб чиқарилаётган қўрғошинсиз биллурнинг таркиби

Оксидлар тури	Оксидларнинг миқдори, % ҳисобида					
	1	2	3	4	5	6
SiO_2	77	76	74	58	59	60
CaO	5	5	6	—	—	—
BaO	—	—	—	18	20	10
ZnO	—	—	2	5	2	10
Na_2O	9	5	4	3	4	10
K_2O	9	14	14	16	15	10
Sb_2O_3	0,2	0,15	0,15	—	0,4	0,3
As_2O_3	0,1	—	0,1	0,3	—	—
$n_д$	1,501	1,500	1,505	1,534	1,533	1,531

лаб чиқаришда печ ичидаги температура 1450—1470°С атрофида бўлади. Қўрғошин PbO ҳолатидан Pb (металл) ҳолига қайтмаслиги учун шихтани қайнатиш жараёнини кислородли муҳитда олиб бориш лозим. Эритиш учун кетадиган вақт 4—5 соатни ташкил қилади.

Турли таркибда ва оз миқдорда биллур пиширш эса тувакли печларда олиб борилади. Шиша чиқиндисини саноат печига юклаш вақтида температура 1250°С бўлса, уларнинг устига 1—1,5 соатдан кейин шихта юкланади. Шихта юбориш вақтидаги температура бир оз баландроқ — 1350—1420°С бўлса маъқул. Шихта ишлаб чиқариш шароитида қисмлаб (икки ёки уч қисмда) 1—1,5 соат мобайнида печга юкланади. Шихтани бутунлай эритиш, биқиллатиб қайнатиш ва оқартиришга 1460—1470°С да 6—7 соат вақт сарф бўлади. Биллур бўтқасини совутиш ва қолиплашга тайёргарлик 2—3 соат вақтни талаб қилади. Натижада шиша эритмасининг температураси 1380—1260°С гача камаяди. 1260—1250°С да биллур шишаларини қолиплаш қўлда пуфлаш, механизациялашган пуфлаш ва пресслаш усуллари орқали амалга оширилади. Биллурни қўлда пуфлаш биллурсоздан юксак дид ва катта маҳорат талаб қилади.

Биллурсозликдаги кейинги жараён отжиг бўлиб, у махсус туннель печларида 550—400°С ли температурада буюмни аста-секин совитиш йўли билан кучланишлардан холи этишдир. Агар тайёр буюмлар қолиплардан олинганидан кейин тез совитилса ёрилиб кетиши мумкин. Чунки буюмнинг совиган сирти ва совиб улгурмаган сополакнинг ўрта қисми ўртасида номувофиқлик юзага келади.

Биллур технологиясидаги яна бир нозик ва мураккаб жараёнлардан бири буюмларга гул чизиш ва сурат солишдир. Бу юксак маҳорат талаб қиладиган иш олмосли станоклар ёрдамида, қўл кучи иштирокида амалга оширилади. Гул солиш ва қирралар чизиш айланувчан сайқаллаш диски ёрдамида бажарилади.

Турли гул, сурат ва нақшлар чизилганидан сўнг 40% ли плавик кислота ва 96—98 % ли сульфат кислота иштирокида сайқал берилади. Натижада буюм тоза ва нафис бўлиб қолади.

Маиший-хўжалик шишаларининг ишлатилиши. Маиший-хўжалик шишасидан стакан, рюмка, бутилка, банка каби рўзғор учун керакли буюмлар тайёрланади. Санъат маҳсу-

лига яқин турган биллур буюмларни айтмайсизми? У бераётган жилваларни яна қандай моддада учратиш мумкин. Бундай шишадан тайёрланган кўза, графин, амфора, қадаҳ, флакон, саватча, ваза, манзарали лаган, патнис, кубокларга чиройли ва шаффофлиги жиҳатидан қандай буюм тенглаша олади?

Н. И. Левитскаянинг «Балет», М. А. Врубелнинг «Отлиқ», Г. А. Гушиннинг «Панжара», И. Каплицкийнинг «Шишасозлик» номли турли хил музейлардан жой олган манзарали тасвирлари, М. В. Ломоносов номидаги Москва Давлат Университети биносининг Л. В. Руднев проекти бўйича тилла ранг шиша билан қопланган минора найзаси, Кремль Спасский минорасининг рубин шишали юлдузи, рассом И. М. Рабинович ва П. Д. Коринларнинг Москва метрополитенига ўрнатилган «Ғалаба», «Александр Невский», «А. В. Суворовнинг Альпдан ўтиши» номли мозаик панноларн, Санкт-Петербург Давлат эрмитажи, Тошкент Амир Темур музейи ва Тошкент метрополитенида ўрнатилган люстралар, скульптор И. М. Чайков ва инженер Ф. С. Энтелис яратган шиша фонтанлар шишанинг халқ хўжалигида катта аҳамиятга эга эканлигини исботлайди.

Маиший-хўжалик шишаларини ишлаб чиқариш истиқболлари. Ўзбекистонда бундай шишалар ишлаб чиқаришга Республика Ҳукумати катта аҳамият бермоқда. Тошкент шаҳрида жойлашган «Оникс» ҳиссадорлик жамиятига қарашли бирлашмада маиший-хўжалик шишаларининг икки асосий тури — қўрғошинли биллур ва қўрғошинсиз рангли шиша буюмлари катта миқдорда ишлаб чиқарилмоқда. Айниқса, шу корхонанинг биллур буюмлари ўзининг юксак эстетик ва физик-оптик хусусиятларига кўра халққа жуда манзур бўлмоқда. Тара шишаси эса Тошкентдаги «Биллур», Фарғонадаги «Қувасой шиша» корхоналарида ишлаб чиқарилмоқда.

Яқин йиллар ичида юқорида номлари қайд этилган ва бошқа корхоналарни чуқур ислоҳ қилиш ва хусусийлаштириш, ушбу мақсадлар учун чет эл ва мамлакатимиз инвесторларини кенг жалб этиш чора-тадбирларини амалга ошириш режалари мавжуд. Бу режаларнинг амалга оширилиши эса ўз навбатида маиший-хўжалик шишалари ишлаб чиқаришни такомиллаштиради, чиқарилаётган маҳсулот сифатини яхшилайди.

12-§. Ситалл ишлаб чиқариш

Ситаллнинг яратилиш тарихи. Ситалларнинг илк бор тури «Пирокерам» ва «Фотокерам» Америка Қўшма штатларида 1957 йили Стуки томонидан «Корнинг» фирмасида олинди. Шундан кейин бутун дунёда ситалл ва унга ўхшаш моддалар олиш устидаги илмий-тадқиқот ишлари қизиб кетди. Натижада Руминияда «Румин чинниси», Шарқий Германияда «Витрокерам», Японияда «Девитрокерам» ва «Мираклан», Чехословакияда «Кристон», Польшада «Квазиглас», «Квазикерамика» ва «Дисилиталь», Венгрияда «Минельбит», Россияда «Ситалл» ва «Фотоситалл» номи билан аталувчи турлари пайдо бўлди.

Америкада Стуки ва Шулер, Россияда москвалик олимлар И. И. Китайгородский ва Н. М. Павлушкин, Белоруссияда Л. А. Жунина, Грузияда К. С. Кутателадзе, Қозоғистонда С. Т. Сулейманов, Ўзбекистонда Н. А. Сирожиддинов ва шу китоб муаллифларидан бири пирокерам моддаларнинг фақат таркиби ва технологиясинигина яратиб қолмай, уларнинг олинишини чуқур илмий-назарий асосда таърифлаб бердилар ва бу соҳанинг ривожланишига салмоқли ҳисса қўшдилар.

Ситаллнинг таърифи. Таркибига махсус қўшимчалар қўшилган шишаларни термик йўл билан паст температурада кристаллаш натижасида олинадиган, кичик ҳажмли кристаллар ва шиша қолдиғининг ўзаро бирикиб кетишидан ташкил топган, юқори механик ва бошқа кўпгина фойдали хусусиятларга эга бўлган материаллар *ситалл* деб аталади.

Ситалл русча «Стеклокристалл» сўзидан олинган бўлиб, шишанинг бош ҳарфи ва кристалл сўзининг охирги бўғини йиғиндисидан иборат.

Ситалл шиша моддалардан тарқиби, асосан кристалл тузилишига эгалиги, бошқа кристалл моддалардан эса нафис ва бир таркибли микрокристалл тузилишга эга эканлиги билан фарқланади. Агар ситалл кристалларнинг ўлчами кичик ва кўриниши игнасимон бўлса, унинг механик мустаҳкамлиги жуда юқори бўлади.

Ситаллар учун хос нарса уларнинг кристалл доналарини ўлчами жуда кичик, аксариятини эса бир микрон ва ундан ҳам кичик ўлчамда бўлишидир.

Ситаллга хос хусусиятлар. Барча ситалл буюмлари учун хос хусусиятлар мавжуд:

1. Улар ўта юқори механикавий мустаҳкамликка эгадир. Уларнинг мустаҳкамлиги прокат лист шиша мустаҳкамлигига таққосланганда 10 марта ва ундан ҳам каттадир;

2. Ситаллар юқори микроқаттиқликка эга. Бу рақам 1 мм^2 юзага ҳисобланганда 1100 кг атрофида бўлади;

3. Юмшаш температураси ҳам юқори. Агар таркибига ишқор оксиди кирмаган шиша кристаллангунига қадар 800°С атрофида юмшаса, кристалландан сўнг 1350°С атрофидагина юмшайдиган бўлиб қолади;

4. Ситаллнинг иссиқликка чидамлилиги етарли даражада бўлиб, 300—700°С атрофида бўлади;

5. Юқори даражада электр изоляцияси хоссасига эга;

6. Солиштирма оғирлиги паст. У 2,6—3 г/см^3 ни ташкил этади.

Юқорида келтирилган ва фақат ситалларга хос хусусиятлар уларнинг структурасига келиб тақалади. Ситалларда 1 мкм дан кам ўлчамга эга бўлган кристаллар миқдори ҳажмнинг 20—90% ини ташкил қилиши мумкин. Кўпинча, таркиби 85—90% майда нинасимон кристалл доналари ва 10—15 % шиша қолдиғидан ташкил топган материалларнинг сифати жуда юқори бўлади. Ситалларнинг иссиқликка чидамлилик, электр ўтказувчанлик, термик кенгайиш каби хоссалари майда кристалларнинг кимёвий таркибига ҳам боғлиқ. Агар кристалл заррачаларининг кимёвий таркиби кордиерит, сподумен, волластонит, анортит, апатит, мелилит, диопсидларга тўғри келса, у ҳолда маҳсулотнинг эксплуатацион кўрсаткичлари етарли даражада бўлади.

Ситаллдаги қолдиқ шиша ва майда кристалларнинг ўзаро «мато тўқиш» усулида табиий бирикиши, ипсимон кристалларнинг соқол толаси ўлчамидаги шишалар билан «бир тан» ва «бир жон» мақомида тўқилиб кетиши натижасида буюмнинг амалий мустаҳкамлиги назарий мустаҳкамликка яқинлашиб қолади. Масалан, оддий қурилиш шишасининг чўзилишдаги мустаҳкамлиги 700—2000 кг/см^2 бўлса, 1 мкм қалинликдаги кварц шишасидан ясалган ипнинг чўзилишдаги қаршилиги 8000 кг/см^2 га тенг бўлади. Бу рақам сунъий олмоснинг мустаҳкамлигига яқин келади.

Каталитик кристаллаш. Ситалл маҳсулотлари ишлаб чиқаришда асосий кристалл фазаси доналарининг ўлчами кичкина, яъни 1 мкм дан камроқ бўлиши ҳақида юқорида гапирган эдик. Аммо бу ўлчамдаги кристалларга эга бўлган материални шиша асосида олиш осон иш эмас. Олимлар бу муаммони фақатгина XX асрнинг ўрталарига келиб ижобий ҳал қилишга эришдилар. Бундай нозик вазифа катализаторлар иштирокида ҳал этилди.

Шу кунга қадар мутахассисларга икки типдаги кристаллаш жараёни маълум:

1. Гомоген кристаллаш жараёни;
2. Гетероген кристаллаш жараёни.

Гомоген кристаллаш жараёни орқали ситалл буюмларни олиш қийин. Чунки унда кристаллаш жараёнини қай даражада олиб боришимиздан қатъи назар катта ўлчамли кристаллар пайдо бўлади. Натижада олинаётган маҳсулотларнинг хусусиятлари ёмонлашиб қолади.

Гетероген кристаллаш жараёни эса катализаторлар ёки кристалланиш нуклеаторларини қўллаш орқали олиб борилади. Стуки ва бошқа тадқиқотчиларнинг ёзишича, ситалл олишда қўлланиладиган катализаторлар қуйидаги талабларга жавоб бериши керак:

1. Юқори температурада шиша таркибида бутунлай эриб кетиши ва шаффоф шиша массаси ҳосил қилишда қатнашиши, ҳарорат пасаяётганида эса шиша ҳажмида жуда кўп сонли кристалланиш марказларини ҳосил қилиши;

2. Паст температураларда қисман эриши, шу туфайли кристаллар ўлчамининг жуда майда бўлиши ва шишанинг шаффофлигига кам таъсир кўрсатган бўлиши;

3. Шиша массасида кристалланишга оид янги муҳит ҳосил қилиш энергиясининг паст бўлиши ва шу туфайли паст температурада кристалланиш марказларини ҳосил қилишда активлик кўрсатиши;

4. Катализатор сифатида ишлатилаётган ва шиша температурасининг пасайиши туфайли бирламчи кристалланиш марказларини ҳосил қилаётган моддаларнинг панжараси шишадан ажралиб чиқаётган кристаллар — кордиерит, сподумен, волластонит ва бошқаларнинг панжараси кўрсаткичларига яқин бўлмоғи. Орадаги фарқ 10—15 % дан ошиб кетмаслиги керак.

Гетероген кристаллаш жараёни икки турдаги катализаторлар иштирокида амалга оширилади:

1. Коллоидли қўшимчалар — Ag, Au, Cu ва бошқалар;
2. Шаффофликни сўндирувчилар — F, TiO_2, ZrO_2, FeS, Cr_2O_3 ва бошқалар.

Ситалл турлари. Ситаллар асосан икки катта группага бўлинади:

1. Реактив ва табиий хомашёлар асосида олинадиган техник ситаллар. Улар ўз навбатида таркибига кўра, турларга ажралади: а) литийли ситалл; б) қўрғошинли ситалл ва ҳоказо. Яна техник ситалл маҳсулотнинг хусусиятларига кўра ҳам турлича бўлади: а) иссиққа чидамли ситалл; б) шаффоф ситалл ва ҳоказо.

2. Саноат чиқиндилари ва тоғ жинслари асосида олинадиган қурилиш ситаллари. Улар ҳам икки турга ажратилади: а) шлакли ситаллар ва б) петроситаллар. Шлакли ситалларнинг уч тури адабиётларда маълум:

а) қора металлургия саноати шлаклари асосида олинган ситаллар;

б) рангли металлургия саноати шлаклари асосида олинган ситаллар;

в) бошқа шлаклар (фосфор саноати чиқиндиси, иссиқлик электр станциялари кули ва бошқалар) асосида олинган ситаллар.

Петроситалларнинг икки тури маълум:

а) базальт, диабаз ва бошқа тоғ жинслари асосидаги ситаллар;

б) бойитиш корхоналарининг руда қолдиғи ва бошқа чиқиндилари асосида олинадиган ситаллар.

Ситаллар ишлатилиш соҳаларига кўра эса уч катта группага ажратилади:

1) қурилиш ситаллари;
2) техник ситаллар;
3) хўжалик-маиший ситал.

Ситалларни уларнинг таркибига кирган кристалл фаза номи билан аташ ҳам кўпгина манбаларда учрайди. Қуйида улардан баъзиларининг номи келтирилади:

1. Сподумен таркибли ситаллар. Улар Li_2O-Al_2O_3-SiO_2 системаси асосида TiO_2 катализатори иштирокида олинган бўлиб, уларнинг асосий кристалл фазалари β-сподумен $Li_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$, β-эвкриптит ва $Li_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ва кварцсимон қаттиқ эритмалардан ташкил топган бўлади. Титан (IV) оксиди шиша шихтаси таркибига 4—6 % ат-

рофида қўшилади. Ситалл олиш жараёни икки паллали бўлади: *биринчи ишлов* 700—900°С да 2 соат давомида бўлса, иккинчи ишлов 1000—1150°С да 2—4 соат давомида олиб борилади;

2. Кордиерит таркибли ситаллар. Улар $MgO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$ системаси асосида TiO_2 иштирокида олинади. Уларнинг танасини ташкил этган асосий фаза кордиерит $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$ минералидан иборат. Кристалл марказларини ҳосил қилиш учун қўшиладиган титан (IV) оксидининг миқдори 9—11 % гача боради. Ситалл ҳосил қилиш бир поғонали бўлиб, у 1250—1300°С да 1—16 соат давомида олиб борилади.

3. Юқори кремнезём таркибли ситаллар. Улар таркибига 85—92% гача SiO_2 кирган шихталар асосида олинади. Кристалланиш катализатори ролини таркибига 7,5—14,5 % миқдорида киритилган Na_2O бажаради. 3,6 % атрофида қўшилган фтор эса кремнезёмни паст температурада эриб, шишага ўтишини таъминлайди. Бундай ситалларнинг таркибида асосий кристалл фазалар сифатида тридимит ва кристобалит ҳосил бўлади. Ситалл ҳосил қилиш жараёни икки поғонали бўлиб, биринчи кристаллаш поғонаси 720°С да 2 соат давомида, иккинчи кристаллаш эса 840—900°С да 1—10 соат давомида амалга оширилади.

4. Қўрғошин таркибли ситаллар. Улар $PbO-ZnO-B_2O_3-SiO_2$ системаси асосида олинган. P_2O_5, WO_3, MoO_3 лар катализаторлар сифатида қўлланилган. Уларнинг шишаларини кристаллаш жараёни икки босқичда ўтказилган. 1-босқичдаги температура 500°С, ушлаш вақти 2 соатни ташкил этган, 2-босқич 700°С да 1 соат давомида амалга оширилди.

5. Мелилит таркибли ситаллар. Улар $MgO-CaO-Al_2O_3-SiO_2$ системаси асосида ZrO_2 катализатори иштирокида олинган. Шиша таркибига кирган катализатор миқдори — 10%. Ситалл таркибидаги кристалл фаза геленит $2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$ — акерманит $2CaO \cdot MgO \cdot SiO_2$ минералларининг қаттиқ қотишмасига тўғри келади. Шишаларни ситаллга ўтказиш 2 поғонали: биринчи поғонада температура 750°С, кристаллаш вақти 2 соат; иккинчи поғонада температура 1000°С, кристаллаш вақти 3 соатни ташкил этади.

6. Диопсид таркибли ситаллар. Уларнинг асосий фазаси $CaO \cdot MgO \cdot 2SiO_2$ минералига тўғри келади. Улар $CaO-MgO-SiO_2$ системаси асосида олинган. Кристалланиш нуклеа-

тори вазифасини 1 % миқдорида қўшилган Cr_2O_3 бажарган. Кристаллаш жараёни бу ерда ҳам икки поғонали: биринчи поғонада температура 850—950°С да ушланган. Адабиётларда бундай ситалларни бир маротаба температура бериш орқали ҳам олиш мумкинлиги келтирилган.

Қуйида ишлатилаётган хомашё турига қараб таснифланган — саноат чиқиндилари ва тоғ жинслари асосида олинган уч турли ситалларга оид маълумотлар келтирилади:

1. Шлакли ситаллар. Шлак номли саноат чиқиндилари асосида олинган. Шлак таркиби (мас. % ҳисобида): SiO_2 49—63, Al_2O_3 5.4—10.7, CaO 22.9-29.6, MgO 1.3-12, Fe_2O_3 0.1-10, MnO 1—3.5, Na_2O 2.6-5 ва Cr_2O_3 0.1-2. Рангли ситалл олишда уларга оз миқдорда кристаллаш нуклеаторлари: MnS ва FeS лар қўшилади, оқ рангли ситалл олишда эса ZnO моддаси киритилади. $FeS + ZnO \rightarrow ZnS + FeO$ ва $MnS + ZnO \rightarrow ZnS + MnO$ жараёнлари орқали ситалл оқартирилади.

2. Кул ситаллари. Иссиқлик электр станциялари кули асосида олинган. Кўмир куллари ситалл таркиби (мас. % ҳисобида): SiO_2 23.2-53.1, Al_2O_3 13.7-38.4, Fe_2O_3 3.1-8.4, FeO 0-14.4, CaO 2.6-26.7, MgO 0.2-4.9, SO_3 0.8-16 ва Na_2O+K_2O 0-2.9. Кул таркибидаги Fe_2O_3 ва FeO моддалари кристалланиш нуклеаторлари вазифасини бажаради. Бундай ситаллар бир маротаба кристаллаш йўли билан ва икки маротаба кристаллаш йўли билан ҳам олинган. Олинган натижалар бир-бирига яқин келади.

3. Петроситаллар. Ситалларнинг бу турини олишда уч турли тоғ жинслари ишлатилади:

а) отилиб чиққан тоғ жинслари — базальт, диабаз, гранит, нефелинсиенит ва бошқалар;

б) чўкинди тоғ жинслари — қум, тупроқ, мергель, каолин ва бошқалар;

в) метаморфик тоғ жинслари-гнейс, сланец, мармар, серпентин ва бошқалар.

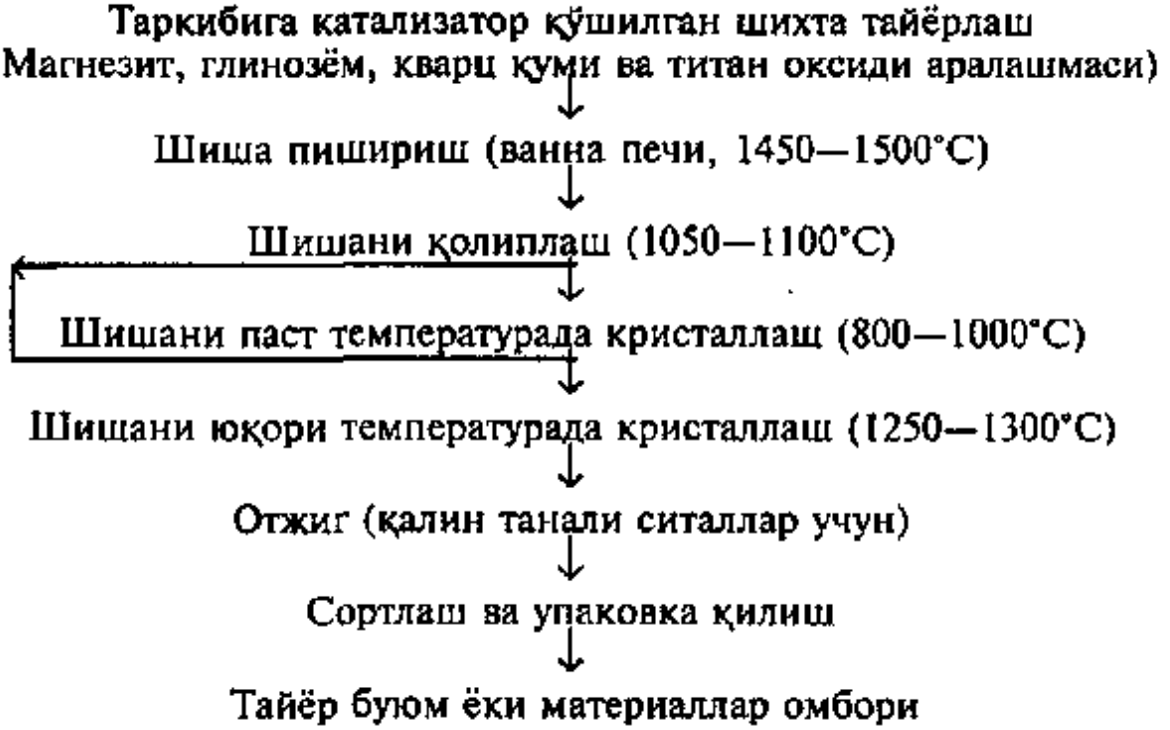
Айниқса базальтлар асосида ситаллар осон олинган. Базальт таркиби (мас. % ҳисобида): SiO_2-48.4, Al_2O_3-14.5, FeO-10, Fe_2O_3-6.1, CaO-9.4, MgO-5.8, TiO_2-2.6, MnO-0.2, Na_2O-2.5 ва K_2O-0.5. Кристаллаш нуклеаторлари сифатида 2—10% $FeS+TiO_2$, 0.5-10 % CaF_2 ва 1-4 % Cr_2O_3 ишлатилган. 2—4 % CaF_2 қўшилганда жуда сифатли ситалл олин-

ган. Температура бир поғонали бўлиб, 900—950°С ни ташкил қилган. Юқори температурада ушлаш вақти — 1,5 соат.

Ситалларнинг кимёвий таркиби. Ситалларнинг таркиби хилма-хил. Масалан, қўрғошинли ситаллар таркиби қуйидагича (мас. % ҳисобида): 75-82 PbO, 7-14 ZnO, 1.5-3 SiO_2 ва 0-3 Al_2O_3ёки 16-18 PbO, 48-52 ZnO, 12-15 B_2O_3 ва 18-20 SiO_2. Юқори кремнезёмли ситалл таркиби (% ҳисобида): SiO_2 85-92, Na_2O 7.5-14.5, Al_2O_3 0-2 ва F_2 3.6. Кордиеритли ситалл таркиби: MgO 17.8, Al_2O_3 — 25.3, TiO_2 —11.1 ва SiO_2 45,8. Сподуменли ситалл таркиби (% ҳисобида): Li_2O·12.1, ZrO_2-3.6, SiO_2-57.6 ва бошқалар. Геленитли ситалл таркиби: MgO-8.6, CaO-40, Al_2O_3-15.4, TiO_2-1 ва SiO_2-35.2.

Ситаллар ишлаб чиқаришда қўлланиладиган катализаторлар тури ҳам жуда кўп. Металли катализаторлар қаторида — Cu, Ag, Au, Si ва Pt бор. Оксидли катализаторга — WO_3, MoO_3, CeO_2 ва бошқалар киради. Мураккаб катализаторлар сифатида As_2O_3+MoO_3, TiO_2+MeF_2, ZrO_2+TiO_2, AgCl+SnO_2, La_2O_3+Cu_2O ва бошқаларни кўрсатиш мумкин.

Ситалл олиш технологияси. Ситалл олиш технологияси оддий бўлиб, у бир қанча жараёнларни ўз ичига олади. Қуйида кордиерит таркибли ситалл олиш схемаси келтирилади (17-расм).



17- расм. Бир ва икки поғонали ситалл буюмлар олишнинг содда схемаси.

Ситалл хомашёси ҳақида гапирсак техник ситалли хомашёси кўп компонентли, саноат чиқиндиси ва тоғ жинслари асосида олинадиган, курилиш ситалли хомашёси эса кам компонентли бўлади.

Техник ситалларни олишда кварц қуми, оҳактош, сода, поташ каби хомашё турлари кўп ишлатилади. Шиша олишда улар бойитилади, темир бирикмалари ситалл ишлаб чиқаришда катализатор вазифасини ўтайди. Бу эса ситалл таннархининг пасайишига олиб келади.

Шихтага катализаторлар металл, оксид ва турли бирикмалар ҳолида қўшилади. Хром ва титан хром (III) оксиди ва титан (IV) оксиди формуласида киритилади. Фотоситалл олишда эса уларнинг ўрнига 0.002—0.2 % миқдорда кумуш хлорид, 0.1—0.3 % кумуш сульфат, 0.001—0.11 % олтин хлорид, қўшилади. Агар шиша шихтаси таркибига фтор қўшиш керак бўлса, у криолит ёки натрий-кремний фториди ҳолида киритилади.

Юқоридагилардан кўриниб турибдики, ситалл шихтаси шиша шихтасидан таркибига кристаллашга хизмат қилувчи катализаторлар қўшилганлиги билан фарқланади. Аммо хомашёларни майдалаш, қуритиш, сортлаш каби жараёнлар шишасозликда ҳам, ситалл ишлаб чиқаришда ҳам бир хилдир.

Шихтани эритиш шишасозлик технологияси жараёнлари каби кечади. Ҳосил бўлган шишанинг тиниқ ва юқори сифатли бўлиши ситаллнинг ҳам сифатли қилиб олинишини таъминлайди.

Шишаларни кристаллаш жараёни муҳим ва мураккабдир. Кристаллаш нуқталарини тўғри аниқлаш эса ўта муҳим ҳисобланади. Акс ҳолда буюм қўйилган талабларга жавоб бермайди.

Ситалл ишлаб чиқаришда буюмга паст температурада бир неча соат давомида ишлов берилади. Шу вақт ичида кристаллаш катализаторлари шиша массасидан ажралиб чиқади ва жуда кўп миқдордаги кристаллаш марказларини ҳосил қилади.

Ситалл кристалларининг марказларини максимал даражада ҳосил қилувчи температура дифференциал термик анализ орқали аниқ топилади. У ДТА чизиғидаги иссиқлик ютиш, яъни эндотермик эффекти пикига тўғри келади (турли таркибли ситаллар учун 600—1000°С). Бундай ша-

роитда гомоген шиша массасидан катализаторлар ажралиб чиқади. Уларнинг ўлчами 10—100Å бўлганлиги туфайли шишанинг тиниқлиги ва шаффофлиги бузилмайди.

Кейинги операция — катализатор марказлари атрофида ситалл кристалларини ўстиришни таъминлаш учун ўтдондаги температура 200—300°С га оширилади (800—1250°С) ва шу шароитда шишага 1—4 соат давомида ишлов берилади. Бу вақт ичида кристалланиш марказлари атрофида асосий кристалл фаза ўса бошлайди ва унинг ўлчами 0.1—1 мкм бўлганда бир-бири билан тўқнашади. Кристалларнинг ўсиш температураси ҳам ДТА чизиғи орқали аниқланади. У ДТА чизиғидаги иссиқлик чиқариш, яъни экзотермик эффектга тўғри келади.

Саноат чиқиндилари ва тоғ жинслари асосида ситалл олишда уларнинг таркибига аниқлик киритилади ва кўпинча таркибни пироксен ёки мелилит кристаллари таркибига тўғрилаб қўйилади. Улардан худди юқорида айтганимиздек аввал шиша, сўнгра бир ёки икки усул билан термик ишлов бериб, керакли таркибга эга бўлган рангли ситалл материаллари олинади. Тоғ жинслари базальт, пироксен, мелилит ва бошқалардан ҳам ситаллар олиш шлакли ситалл олишга ўхшаш бўлиб, шу жинсларнинг кристалланишга бўлган қобилиятини тўла ўрганиш орқали амалга оширилади.

Ситаллнинг хоссалари. Ситаллар шишаларга нисбатан юқори физик-кимёвий хоссаларга эга. Қуйидаги 16-жадвалда шлакли ситаллнинг бошқа буюмларга таққосланган ҳолати келтирилган.

16-жадвал

Шлакли ситалл ва баъзи бир бошқа материалларнинг асосий хоссалари

Кўрсаткич	Шлакли ситалл	Дераза ойна	Бетон	Чўян	Электротехника чинниси	Базальт қуйма тош
Солиштирма оғирлиги, кг/м³	2600—2800	2500	2200—2600	7100—7800	2500	2000—3000
Сув ютувчанлиги, %	0	0	—	0	2—6	0,2
Иссиқликка чидамлилиги, °С	200—250	100	—	—	—	—
Иссиқликдан кенгайиш коэффициенти, $\alpha \cdot 10^7$, °С$^{-1}$	65—85	89	100	100	—	80—100

16-жадвалнинг давоми

Кўрсаткич	Шлакли ситалл	Дераза ойна	Бетон	Чўян	Электротехника чинниси	Базальт қуйма тош
Юмшашнинг бошланиш температураси, °С	950	850—570	—	—	—	1050
Мустаҳкамлик чегараси, МПа, статик эгилиш бўйича	90—130	70	—	280	55	47—80
Сиқилиш бўйича	700—900	600—700	5—60	800—1000	—	250—500
Ишқаланишга қаршилик, г/см²	0.015—0.025	0.5—0,6	—	—	0.1—0.25	0.02—0.08
Ишқаланишга чидамлилик, г/мм²	182	—	—	—	12.5	105
Юнг модули, ГПа	93	60—70	—	100—130	—	—
Микроқаттиқлик, ГПа	8,1—8,4	4—6	—	2	5	—
Кимёвий турғунлиги, %						
96 % ли H_2SO_4	99,8	—	—	—	—	99,9
20 % ли HCl	98—99,8	—	—	—	—	98.5
35 % ли NaOH	74,7—90	—	—	—	—	98.5

Ситалларнинг ишлатилиши. Ситалл қурилиш материаллари, техника детали ва хўжалик-маиший буюм сифатида ишлатилади. Жумладан, 500×500 мм ўлчамда тайёрланган лист шлакситалл гидроизоляция мақсадида кенг қўлланилади. У яна уй-жой ва саноат қурилишида деворларнинг ташқи ва ички томонларига безак беришда, хоналарни тўсиш ва полга ётқизилувчи материал сифатида ишлатилади.

Ситалл техникада ҳам кенг ишлатилади. Унинг сподумен таркибли тури температурага ўта чидамли бўлгани туфайли иссиқликка чидамли қувур, астрооптика, ракета техникаси деталлари ясашда қўл келади. Кордиерит таркибли ситалл мустаҳкам диэлектрик олишда, изолятор ясаш, электрик аппаратура деталлари ясашда кенг қўлланилади. Юқори кремнезём таркибли ситаллардан пайвандлаш деталлари ва бошқа буюмлар ясалади. Қўрғошин

таркибли ситаллардан турли электр вакуум асбоблари ва конденсаторлар ясашда кенг фойдаланилади. Ситалл иссиққа чидамли бўлгани учун лаборатория идишлари олишда, атом техникасида назорат қилиб турадиган стерженлар, насосларнинг қисмлари, иссиққа чидамли қувурлар, ракета двигателларининг қисмларини ясашда ишлатилади. Атом реакторида ишлатиладиган назорат стерженлари юқори термик узайиш хоссасига эга бўлиши керак, яъни $100 \cdot 10^7$ град$^{-1}$ дан юқори бўлмоғи талаб қилинади. Шундай мақсадга $CdO-In_2O_3-SiO_2$ ва $CdO-In_2O_3-B_2O_3$ таркиб тўғри келади. Бундай ситаллар радиацияга бардош бера олади. Маълумки, насослар халқ хўжалигида кўплаб ишлатилади. Ундан иссиқ ва агрессив суюқликлар ўтиб туради. Натижада насоснинг қисмлари едирилади. Шунинг учун насосларнинг ротор деб аталган қисми айнан ситаллдан ясалади.

АҚШ да $SiO_2-Al_2O_3-CaO-P_2O_5$ системаси асосида уй-рўзғор буюмлари ситаллдан тайёрланади. Улар синмайди, иссиқликка чидамли бўлади.

II боб
АНОРГАНИК (МИНЕРАЛ) БОҒЛОВЧИ МАТЕРИАЛЛАР

13-§. Боғловчи моддалар

Анорганик ёки минерал боғловчи материаллар кукунсимон бўлиб, майда ва йирик тўлдиргичлар билан бирга сувда қорилганда суюқ ёки пластик қоришма ҳосил қилади: ҳосил бўлган масса аста-секин қотиб сунъий тошга айланади. Анорганик боғловчилар ишлатилиши ва хоссаларига кўра қуйидаги группаларга бўлинади:

1. *Ҳавода қотадиган боғловчи материаллар*: оҳак, гипс ва каустик магнезит.

2. *Гидравлик боғловчилар.* Бундай материаллар фақат ҳавода эмас, балки сувда ва намликда ҳам қотиш хусусиятига эга.

3. *Кислоталарга чидамли боғловчилар.* Бунга, кислотага чидамли эрувчан суюқ шиша, ишқор ва фосфат кислота, уларнинг тузлари асосида олинадиган цементлар ва қоришмалар мисолдир.

Қурилишда буюм хоссаларини ва боғловчи материалларни тежаш мақсадида қуйидаги махсус қўшилмалар ҳам ишлатилади:

1. Боғловчи материалларни чучук ҳамда сульфат тузларига тўйинган сувлар таъсирида чидамлилигини ошириш мақсадида ишлатиладиган гидравлик ёки актив минерал қўшилмалар — трепел, опока, диатомит, трасслар, пемза, вулқон кули ҳамда туфи, актив кремний чиқиндилари, куйдирилган гил, глиеж, куйган жинслар, тошқоллар, ТЭЦ куллари ва бошқалар.

2. Боғловчи материалларни тежаш учун тўлдиргичлар сифатида майда қилиб туйилган қум, оҳактош, доломит, табиий чангсимон кварц қуми ва шлак.

3. Цементларнинг тишлашувини тезлатувчи ва сусайтирувчи материаллар: тезлатувчилар — кальций хлорид ($CaCl_2$), натрий хлорид ($NaCl$), хлорид кислота (HCl), эрувчан шиша (Na_2SiF_6), сода; сусайтирувчилар — гипс, сульфат кислота, темир (II) сульфат ва бошқалар.

4. Цементнинг қотишини тезлатувчи ва мустаҳкамлигини оширувчи қўшилмалар: кальций хлорид ва хлорид кислота.

5. Бетон ва қотишманинг совуққа чидамлилигини, пластиклигини ошириш учун ишлатиладиган органик ва анорганик қўшилмалар, сульфит-спирт бардаси (ССБ), етмак (кўпиртириш хусусиятига эга дарахт илдизи), совун чиқиндиси, гил, бентонит, трепел ва бошқалар.

Боғловчи материалларни ишлатишда улар қуйидаги талабларга жавоб бериши лозим: қоришманинг тишлашиш даври, нормал қоришма олиш учун сув миқдори, сувнинг қоришма билан бирикиш даражаси, тишлашишдаги иссиқлик миқдори ва ҳоказолар.

Боғловчи материал сув билан қориштирилганда (физик-кимёвий жараёнлар натижасида) қуюқлаша бошлайди, унинг қўзғалувчанлиги камаяди. Бунга боғловчи модда тишлашишининг бошланиш даври, қўзғалувчанлик бутунлай йўқолгандан кейингиси эса охирги даври (тишлашиш) деб аталади.

Тишлашиш даврига қараб, боғловчилар уч группага бўлинади: а) тез тишлашувчи — тишлашишнинг бошланиш даври — 3 ... 10 минут; б) нормал тишлашувчи — тишлашишнинг бошланиш даври 30 минут, охиргиси эса 12 соатгача давом этади, в) секин тишлашувчи — тишлашишнинг охирги даври 12 соатдан кейин бошланадиган материаллар.

Гипсли боғловчи моддалар. Гипсли боғловчи моддалар қуйдирилган гипс-тошни майдалаб туйиш билан ҳосил қилинади. Гипс-тошнинг қуйдирилиш температурасига ва шароитга қараб ундан қурилиш гипси, жуда мустаҳкам гипс ҳамда ангидридли цемент ҳосил қилинади. Таркибида икки молекула сув бўлган кальций сульфатли чўкинди тоғжинси гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) ни ва айрим саноат чиқиндиларини пишириб, сувсизлантириб боғловчилар олинади.

Табиий гипс-тош оқ рангли, қаттиқлиги 2 (Маос шкаласи бўйича), зичлиги 2200...2400 кг/м³ бўлган жинсдир. Гипс-тош захираларининг энг каттаси Бухоро вилоятида мавжуд.

150...170°С да қуйдирилган гипс-тошни туйиб майдаланган маҳсулот *қурилиш гипси* деб аталади.

Икки молекула суви бўлган кальций сульфат 65°С да қиздирилганда, у ўз хусусиятини ўзгартиради ва таркибидаги сув аста-секин йўқолиб, дегидратациялана бошлайди.

$$CaSO_4 \cdot 2H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O + 1{,}5H_2O$$

Табиий кальций фосфатни фосфат кислота ҳамда концентрланган фосфорли ўғитларга гидро-кимёвий усулда айлантириш натижасида олинган чиқинди — *фосфогипс* саноат учун йирик хомашё манбаи ҳисобланади. Асосий ишлаб чиқарилаётган маҳсулот билан биргаликда ҳосил бўладиган фосфогипс миқдори қайта ишланаётган ҳар тонна фосфорит ёки апатитга нисбатан 1,4...1,6 тонна кўп бўлади. Ўзбекистонда фосфогипс Олмалиқда ва Самарқандда кўп миқдорда тўпланган.

Таркибида икки молекула сув бўлган гипс сифатида чиқадиган кальций сульфат сувда деярли эримайди, шунинг учун ундан фосфат кислота эритмаси осон ажратиб олинади, фосфат кислота эритмаси маълум температурада концентрлангунга қадар буғлатилади.

Фосфогипс таркибида 75...95% икки молекула сувли гипс бор. Фосфогипсда фторидлар ёки кремний фторидлар иккинчи даражали таркибий қисм ҳисобланади. Бу ҳол оддий технология асосида фосфогипсдан олинадиган гипсли боғловчи моддаларнинг хоссасини ёмонлаштиради. Бироқ махсус ишлаб чиқилган усуллар асосида фосфогипсдан сифати табиий хомашёдан ҳосил қилинадиган маҳ-

сулотдан қолишмайдиган тайёр боғловчи модда олиш мумкин.

Гипс ишлаб чиқариш. Қурилиш гипси уч хил усулда ишлаб чиқарилади:

1. Гипс-тош кукунлатиб туйилади ва пиширилади.
2. Гипс-тош майдаланиб пиширилади, сўнгра туйилади.
3. Гипс-тош майдаланиб, юқори босимли сув буғида ишланади ва қуритилиб туйилади.

Гипс-тош шахтали ва айланма хумдонларда ёки буғ бериладиган автоклавларда пиширилади. Шахтали хумдонларга 15 мм йирикликда, буғ бериладиган автоклавларда эса 25...50 мм йирикликда солинади: қозонларга гипс-тош кукун ҳолида солинади.

Гипс-тош болғали майдалагичларда ёки пўлат шарли тегирмонларда майдаланади.

Амалда гипсни қайновчи қозонларда пишириб олиш усули кенг тарқалган. Пўлат цилиндр ва вертикал ўққа ўрнатилган қоргичдан иборат бўлган қозонга кукун — туйилган гипс солинади. Қозоннинг диаметри бўйлаб тўртта иситгич қувурлари ўтказилган. Уларда хом гипс пиширилади ва тайёр маҳсулот қозон тагидаги ғалвир орқали гипс йиғувчи бункерга тушади. Қозоннинг 2 $м^3$ ҳажмининг иш унуми 1 соатда 1000 кг ни ташкил этади. Гипс кукунининг қозонда пишиш вақти 1...1,5 соат.

Асосан яримсувли гипсдан иборат бўлган ва гипс-тошдан термик ишлаш йўли билан тайёрланадиган қурилиш гипси деб аталувчи маҳсулотни фосфогипсдан ҳам олиш мумкин. Бунинг учун фосфогипс таркибидаги фосфат кислотасини ювиб ташлаш керак. Акс ҳолда, биринчидан, фосфогипс таркибидаги фосфат кислота тайёр маҳсулотнинг тишлашиш муддатини узайтириб юборади, иккинчидан, қурилиш фосфогипсининг механик мустаҳкамлиги жуда паст даражада бўлиб, ундан фақат қурилиш гипсига қўшимча сифатида фойдаланиш мумкин.

Гипснинг характеристикаси. Ўз кристалл структурасига кўра, гипснинг қуйидаги асосий хиллари бор: шакарсимон синиқ майда донали зич гипс ёки бўшлиқда тартибсиз йўналадиган йирик донали гипс (алебастр); ипаксимон товланадиган, тўғри жойлашган, ипсимон кристаллардан таркиб топган толали жинс ҳамда қатлам структурали ясси тиниқ кристаллар тарзида жойлашган пластинкасимон гипс.

Таркибида икки молекула сув бўлган гипс моноклин сингонияга мансуб. Унинг кристалл тўри Ca^{2+} ионлари ҳамда SO_4^{2-} сульфат тетраэдраларини ўз ичига олган сув молекулаларидан иборат қатламлар билан бўлинган қаватлардан таркиб топган.

Одатда, гипс устунсимон ва таблеткасимон шаклларда кристалланиб, кўпинча қалдирғоч думини эслатувчи қўшайрилар ҳосил қилади. Шунингдек, қирралари қийшиқ ва юзаси силлиқ ёсмиқсимон кристаллар ҳам гипс учун хос.

Гипс-тошнинг зичлиги ундаги аралашмаларга боғлиқ бўлиб, 2200...2400 кг/м^3 ни ташкил қилади. Гипсдан тайёрланган шағалнинг ҳажм массаси 1300...1600 кг/м^3 дан иборат бўлиб, намлиги кескин равишда 3...5% ва ундан ҳам кўпроқ чегарада ўзгариб туради.

Гипснинг сувда эрувчанлиги 18° С да — 0,2; 40°С да — 0,21 ва 100°С да — 0,17%. Шуни айтиш керакки, температуранинг 32°-41°С оралиғида гипснинг эрувчанлиги энг юқори бўлади. Гипснинг сувда эрувчанлиги гипснинг ўта тўйинган эритмалар ҳосил қилиш қобилиятига, шунингдек, унинг кристалларини катта-кичиклигига боғлиқ, 25°С да гипснинг эрувчанлиги, кальций оксид ҳисобида 2 мкм катталигидаги кристаллар учун 2,08 г/л га етади, кристаллар катталиги 0,3 мкм бўлганда эса эрувчанлик 2,47 г/л га тенг. Агар бунда кальций оксид гидрати ҳам иштирок этса, кальций сульфатнинг эрувчанлиги сусаяди. Гипснинг суюлтирилган хлорид кислота ва нитрат кислоталардаги, шунингдек, айрим тузларнинг эритмаларидаги эрувчанлиги сувдагига нисбатан юқори.

Температура ва қизиш шароитларига боғлиқ ҳолда сувли ва сувсиз кальций сульфатнинг турли модификацияларини ҳосил қилиш мумкин. Уларнинг кристаллари зичлиги, шакли ва ўлчамлари, гидратация иссиқлиги, иссиқлик сиғими, оптик хусусиятлари ва бошқалар билан бир-биридан фарқ қилади.

Кальций сульфатнинг қуйидаги модификациялари маълум:

1. Икки молекула сувли кальций сульфат (гипс) $CaSO_4 \cdot 2H_2O$;

2. α — ярим молекула сувли кальций сульфат (α —ярим-гидрат);

α — $CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O$ β — $CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O$;

3. β — ярим молекула сувли кальций сульфат (β — яримгидрат);

4. α — сувсизлантирилган яримгидрат α — $CaSO_4$;

5. β — сувсизлантирилган яримгидрат β — $CaSO_4$;

6. α-эрувчан ангидрид α — $CaSO_4$;

7. β-эрувчан ангидрид β — $CaSO_4$;

8. эримайдиган ангидрид $CaSO_4$.

Гипс сувсизлантирилганда, дастлаб яримгидратга айланади, сўнгра қизиш жараёнида сувсиз модификацияларга — ангидритларга айланади. α- ва β-модификацияларнинг ҳосил бўлиши иссиқлик таъсирида ишлов бериш шароитларига боғлиқ.

β-яримгидрат деб аталувчи модификация дегидратация жараёнида сувнинг буғ ҳолида чиқиш шароитида ҳосил бўлиб, натижада бу модификация зарралари ички юзаси анча ривожланган структура ҳосил қилади. α-яримгидрат гипсга сувда ёки туз ва кислоталарнинг сувдаги эритмаларида иссиқлик таъсирида ишлов берилаётганда ҳосил бўлади. Бунда сув суюқ томчи ҳолатида ажралиб, α-яримгидратнинг зич кристаллари ҳосил бўлиши учун шароит туғилади. Натижада, β-яримгидрат заррачаларининг солиштирма сатҳи α-яримгидратникига нисбатан анча (2,5...5 марта) юқори бўлади. Агар α- ва β-яримгидратлар тенг ҳажмдаги сувда қорилса, ҳосил бўладиган гипс-тошнинг мустаҳкамлиги ҳам ўзаро тенг бўлади.

Ярим молекула сувли гипснинг қотиши. Ярим молекула сувли гипснинг тишлашиш ва қотиш механизми ҳақидаги масала кўп вақтлардан бери тадқиқотчилар диққатини жалб этиб келади.

Ле-Шателье (1887 й.) назариясига кўра, гипснинг тишлашиши ва қотиши қуйидагича кечади. Ярим молекула сувли гипс сувда аралаштирилганда, у эриб метастабил тўйинган сувли эритма ҳосил қилади. У эритмада яримгидрат сув билан ўзаро таъсирлашиб икки молекула сувли гипсга айланади ва эритмадан ажралиб чиқади, яримгидратнинг сувда эрувчанлиги 20°С да 8 г/л, икки гидратнинг

эрувчанлиги эса 2 г/л. Ўта тўйинган эритмадан икки молекула сувли гипс ажрала борган сари унинг кристаллчалари кўпаяди, бир-бири билан чирмашиб (битишиб), бошланғич аралашманинг тишлашиши ва қотиши учун имкон яратади. Тишлашиш бошлангандан сўнг қотаётган гипс структурасининг бузилиши унинг мустаҳкамлигини кескин пасайтириб юборади, шунинг учун кристаллар энди ҳосил бўла бошлаганда тишлашишнинг дастлабки босқичида гипс структурасининг бузилишига йўл қўйиш мумкин, чунки у ҳолда гипс хамири эластик ҳолатда бўлади.

Байков назариясига биноан қотиш жараёни уч босқичга бўлинади. Биринчи босқичда сувда яримгидрат эриб, унинг тўйинган эритмаси ҳосил бўлади. Биринчи босқич билан деярли бир вақтда бошланувчи иккинчи босқичда сувнинг ярим молекула сувли гипс билан ўзаро таъсири содир бўлади. Бунда икки молекула сувли гипс коллоид ўлчамидаги (0,2 мкм дан кичик) юқори даражада дисперсланган кристалл зарралар тарзида ҳосил бўлиб, айни вақтда аралашманинг тишлашиши рўй беради.

Учинчи босқичда икки гидратнинг ўртача эрувчан майда зарралари қайта кристалланиб, яна ҳам йирик кристаллар ҳосил қилади, бу эса ўз навбатида системанинг қотишини ва мустаҳкамлигининг ортишини таъминлайди.

Гипснинг тишлашиш ва қотиш вақтлари хомашёнинг хоссаси, уни тайёрлаш шароити, сақланиш муддати ва шароитига, қўшиладиган сув миқдори, боғловчи модда ва сувнинг температураси, аралаштириш шароитлари ва улар таркибида бирор қўшилмаларнинг борлигига боғлиқ. Гипснинг эрувчанлигини кучайтириш ёки сусайтириш имконини берадиган моддалар мавжуд. Улар орқали гидратациянинг тезлашиши ёки сусайиши таъминланади. Масалан, NaCl тузи ярим молекула сувли гипс ва экстрих-гипс гидратацияси тезлаткичи бўлиб, ангидритга таъсир этмайди. $CaCl_2$ эса ярим молекула сувли гипсга таъсир қилмайди, лекин эстрих-гипс ва ангидрид гидратациясини секинлаштиради. $MgCl_2$ тузи ярим молекула сувли гипснинг гидратациясини тезлаштиради, экстрих-гипс ва ангидридни секинлаштиради.

Шуни таъкидлаш керакки, тишлашишни сусайтиргич ва тезлаштиргичлар гипс буюмларнинг натижавий мустаҳкамлигига салбий таъсир кўрсатади. Бироқ айрим сирт

актив моддалардан ўртача миқдорда (0,1...0,3%) қўшиш буюмлар мустаҳкамлигини фақат уларни юмшатувчи фактор сифатида ва сув-гипс нисбатининг камайиши ҳисобигагина эмас, балки ҳосил бўлаётган икки гидрат кристалларнинг адсорбцион модификацияси ҳисобига ҳам ортишига имкон беради. Шунингдек, сирт актив қўшилмалар ёрдамида, гипснинг доимий сарфи ўзгармаган шароитда бетон аралашмасининг ҳаракатчанлигини ошириш мумкин.

Кўпгина қўшилмалар, масалан, сульфит-спирт бардаси ва айниқса, натрий *абиетат* ҳаво тортувчи моддалар ҳисобланади, бу моддалар бетонга қўшилганда бетон аралашмасида бир текис тарқалган ҳаво пуфакчалари сони ортади. Ана шундай қўшилмалардан фойдаланиш бетоннинг совуққа чидамлилигини оширади. Органик сусайтиргичлар, одатда, қотиш вақтида гипс хамиридан ҳосил бўлган гипстошнинг кириши шига олиб келади, қаттиқ структурали кристаллар эрта ҳосил қилувчи тезлаштиргичлар эса аксинча, гипснинг кенгайишига имкон беради.

Гипснинг тишлашиш тезлигини камайтириш ва буюмлар мустаҳкамлигини ошириш учун сув-гипс қоришмаси температурасини 80°С дан юқори температурада сақлаб туриш тавсия этилади, бунда у яримгидрат билан тўйинган ва икки гидратга нисбатан ўта тўйинган қоришмада температура қанча юқори бўлса, ундаги гипс шунчалик узоқ вақт кристалланмай туришига асосланган. Яримгидрат билан тўйинган қоришма температурасининг пасайиши гипснинг кристалланишини тезлаштиради.

Гипснинг қотиш жараёнида унинг ҳажми тахминан 1% га кенгаяди. Бу эса гипсдан меъморчилик буюмларини тайёрлашда, ёриқларни беркитишда ва бошқа мақсадларда фойдаланишга қулайлик яратади. ГОСТ бўйича, қурилиш гипси тишлашишининг бошланиши 4 минутдан кейин, охири эса 6 минутдан 30 минутгача давом этиши керак. Демак, қурилиш гипси тез тишлашадиган ва тез қотадиган боғловчи моддадир. Шунинг учун қорилган гипсни тишлашиб қолмасдан илгари ишлатиш лозим. Агар тишлашиш жараёни бузилса, ҳосил бўлаётган кристалл ўсимталари парчаланиб кетади ва мустаҳкамлиги кескин камаяди. Шу сабабли ҳам гипсни тишлашгунга қадар ишлатиб тугатиш учун ё камроқ миқдорда қориш, ёхуд гипсга тишлашиш жараёнини сусайтирувчи моддалар қўшиш мумкин.

Гипснинг тишлашиш вақтини узайтириш учун унга маҳсус сусайтиргичлар қўшилади. Коллоид эритма ҳосил қилувчи, яримсувли гипснинг эриш тезлигини сусайтирувчи ва натижада икки молекула сувли гипснинг кристалланишини кечиктирувчи материалларга суяк елими, козеин, желатин, глицерин, магний, кальций тузлари мисол бўлади. Гипснинг тишлашиш вақтини узайтириш учун 60°С гача иситилган сувни ҳам ишлатиш мумкин.

Курилиш гипси ҳавода қотадиган боғловчи бўлиб, сув ичида (тагида) куриладиган иншоотларда ундан фойдаланиб бўлмайди, чунки бунда қотиш вақтида ҳосил бўладиган икки сувли гипс эриб, кристалл ўсимталари парчаланиб кетади ва мустаҳкамлиги кескин камаяди.

Гипс қайта қуритилганда унинг мустаҳкамлиги яна тикланади. Гипсдан тайёрланган маҳсулотнинг сувга бу қадар чидамсиз бўлишининг асосий сабаби шундаки, сув пардаларининг қотган гипсдаги кристалл структуралари айрим элементларни ажратиб, парчаловчи таъсир кўрсатади. Гипсдан тайёрланган маҳсулот ёғингарчилик ва намликдан сақланса, у узоққа чидайди. Сувда чидамлилик хусусиятини ошириш учун гипсдан тайёрланган буюм ва қисмлар сув таъсир этмайдиган моддалар билан шимдирилади, уларнинг сирти бўялади ёки гипсга сўнмаган оҳак, цемент, шлак ва тош уни, кул ёки туйилган домна шлаги каби моддалар қўшилади. Курилиш гипси кўпроқ туйилса, жуда майин ва тез тишлашувчи қолипбоп гипс ҳосил бўлади.

Курилиш гипси ўз сифатига кўра бир неча навга бўлинади. Гипснинг эгилишдаги, сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси 4×4×16 см ли намуна ҳосил қилувчи қолипга қўйиб тайёрланган намуналарда аниқланади. ГОСТ талабларини қаноатлантирадиган гипс қоришмасини тайёрлаш учун сув миқдорига катта аҳамият бериш керак.

I нав курилиш гипси сув билан қориштирилганда 1,5 соат вақт ўтгач, сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси камида 4,5 МПа, II нав гипсники эса 3,5 МПа бўлиши керак.

Гипснинг қотиш жараёни унинг гидратацияланиши билан бошланади, яъни бунда ярим молекула сувли гипс қайтадан кристалл ҳолатдаги икки молекула сувли гипсга айланади:

$$CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O + 1{,}5H_2O = CaSO_4 \cdot 2H_2O$$

Аслида гипснинг қотиши учун кам сув талаб қилинса ҳам гипс қоришмасини ишлатиш қулай бўлиши учун сув кўпроқ солинади. Буюмнинг мустаҳкамлигини ошириш учун ундан ортиқча сув қуритиш йўли билан йўқотилади.

Академик А. А. Байковнинг назарияси бўйича, гипс қотаётганда, асосан, қуйидаги физик кимёвий жараёнлар рўй беради. Ярим молекула сувли гипс сувда қисман эриб, икки молекула сувли қийин эрувчан гипс ҳосил қилади. Гипс заррачалари *гель* (ивиқ) деб аталувчи елимсимон ҳолатга айланади, бу эса гипснинг *гидратланиши* деб аталади. Натижада коллоид ҳолатдаги жуда майда заррачалардан ташкил топган гипс хамири ҳосил бўлади ва у тезда кристалланади. Икки сувли гипс заррачаларида ўсаётган игнасимон кристаллар ўзаро зичлашади ва мустаҳкам туташган кристаллга айланади. Коллоид эритма ҳосил бўлиши ва бу эритманинг кристалланиш жараёни, ярим молекула сувли гипснинг икки молекула сувли гипсга тўла айланишига қадар давом этади. Буюм қуритилганда ундаги эритма ҳолида қолган ярим молекула сувли гипс коллоид хамирга айланади, сўнг икки молекула сувли гипс кристаллари ажралиб чиқади, бунинг ҳисобига буюмнинг мустаҳкамлиги янада ортади. Шунинг учун, гипсдан ишланган буюмлар температураси 70°С гача бўлган маҳсус қуритиш камераларида қуритилади.

Қурилиш гипсидан, асосан, сувоқ ишлари учун оҳак-гипс қоришмаси тайёрланади ва бинокорлик деталлари ишлаб чиқаришда фойдаланилади.

Шуни айтиб ўтиш муҳимки, қурилиш гипси ҳеч қандай қўшимча аралаштирмай соф ҳолда ишлатилиши мумкин, чунки у қуриганда ёрилиб кетмайди. Оҳак-гипс сувоқ қоришмаларида бир ҳажм гипсга 1...5 ҳажм оҳак қўшилади, натижада қоришманинг тишлашиши секинлашиб эластиклиги ортади.

Боғловчи моддани тежаш ва оҳакнинг дарз кетишини йўқотиш учун гипс ва оҳак аралашмасига 1...3 ҳажм қум ёки унинг ўрнини босадиган бошқа модда (тошқол, пемза, ёғоч қипиғи ва қиринди сингари нарсалар) қўшилади.

Фосфогипс ва сўндирилмаган оҳакдан сувоқ қоришмаси олиш мумкинлиги ҳам адабиётдан маълум. Бунинг учун умумий намлиги 45% ни ташкил этадиган ювилган ҳамда ювилмаган фосфогипс ишлатилади. Фосфогипс сувоқ қоришмасининг таркибий қисмларидан бири сифатида

ишлатилганда, ундан фосфор кислотасини ювиб ташлашнинг кераги йўқ.

Асос қилиб олинган материалларнинг хусусиятига кўра, гипс-оҳак қоришмасида боғловчи моддаларнинг нисбий миқдори қуйидагича: 50...70% фосфогипс ва 30...50% оҳак. Ҳосил бўлган маҳсулотни маълум вақтгача барча жараёнлар тўла тугалланиши учун тинитиб қўйиш лозим.

Гипсли боғловчиларни ташиш ва сақлашда уларга нам таъсир этмаслиги керак. Очиқ жойда гипсни бир ойдан ортиқ сақлаш мумкин эмас. Акс ҳолда унинг мустаҳкамлиги 20% гача камаяди. Гипс сақлайдиган омборларнинг поллари ёғочдан қурилган бўлиши керак.

Юқори мустаҳкамликка эга бўлган гипс. Икки молекулали сувли табиий гипс-тошни 750...800°С да пиширгандан сўнг туйилади ва унга **натрий сульфат, алюминий ва бошқа тузлар** қўшиб қорилса юқори мустаҳкам гипс-тош олинади. Бундай гипс секин қотувчи, аммо сиқилиш мустаҳкамлиги 30 МПа гача, ранги эса оқ бўлади.

Юқори мустаҳкам гипс жуда муҳим иншоотларни қуришда, шунингдек, металлургия ва чинни саноатида қолиплар тайёрлашда ишлатилади.

Ангидритли цемент. Табиий гипс-тошни ёки ангидритни 600...750° да пишириб, сўнг туйиб, ҳавода қотадиган боғловчи модда — **ангидритли цемент** олинади. Цемент активлигини ошириш мақсадида унга катализатор сифатидаги қўшилмалардан оҳак, пиширилган доломит, домна шлаги ва ёнувчан сланец кули қўшилади. Ангидрит цемент секин тишлашувчи боғловчидир. Тишлашишнинг бошланиши 1—1,5 соатдан кейин бошланади, охири эса 24 соатгача давом этади, қурилиш гипсига нисбатан сувга чидамли. Сиқилиш мустаҳкамлиги бўйича 50, 100, 150 ва 200 маркаларга бўлинади. Зичлиги 2800...2900 кг/м³, уюм тарзидаги ҳажмий массаси 850...1100 кг/м³, зичлаштирилгандаги ҳажмий массаси 1200...1500 кг/м³.

Фосфогипсдан ангидрит цемент олиш учун боғловчи модданинг қотиш жараёнида катализаторлар сифатида натрий сульфат ва натрий бисульфат ёки кальций сульфат ва калий бисульфат каби моддалардан фойдаланилади.

***Ангидритли цемент** қоришма сифатида ғишт теришда*, сувоқчиликда, изоляция материаллари ишлаб чиқаришда, бетон сифатида эса иншооатларнинг сув таъсир этмайдиган қисмларини қуришда ишлатилади.

Пардозбоп гипс (цемент). Зарарли аралашмалардан тозаланган гипс-тошни 550...700°С да пишириб, кейин туйиш жараёнида унга алюминийли аччиқтош қўшиб пардозбоп (оқ рангли) гипс олинади. Пардозбоп гипс оқ рангли бўлиб, унинг нур қайтариш коэффициенти 90% дан кам бўлмаслиги керак. Тишлашиш 1 соатдан кейин бошланади, охири эса 12 соатгача давом этади. У 100 дан 400 гача бўлган маркаларда чиқарилади.

Қурилишда у пардозбоп **қоришма сифатида сунъий мармар** тошлари, меъморчилик ва безак буюмлари тайёрлашда ишлатилади. Гипс-тошни пишириш жараёнида $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ таркибидаги барча сувни йўқотади, $CaSO_4$ қисман парчаланади ва гипсда актив CaO ҳосил бўлади. Натижада боғловчи катализаторларсиз қотиш хусусиятига эга бўлади.

Магнезиал боғловчилар. Чўкинди тоғ жинслари — магнезит ва доломитни шахтали ёки айланма хумдонларда 700...950°С да пишириб магнезиал боғловчилар олинади. Каустик магнезит ($MgCO_3$) ни пишириш жараёнида ундан карбонат ангидрид гази (CO_2) ажралиб чиқади, қолган магний оксид (MgO) эса моддага боғловчи хусусиятини бахш этади. Олинган маҳсулот туйилади ва тунука бочкаларга жойланиб, қурилишларга юборилади.

Каустик магнезит оддий сувда қотмайди. У хлорли магний ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) эритмаси билан қориштирилганда $Mg(OH)_2$ ва $3MgO \cdot MgCl_2$ ҳосил бўлади ва аста-секин қотади. Каустик магнезит қоришмаси қуруқликда тез қотади. Тишлашиш 40 минутдан сўнг бошланади, тугалланиши эса 8 соатгача давом этади.

Каустик доломит ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$) ни 900°С да қиздирилса, ундаги $MgCO_3$ магний оксид (MgO) ва карбонат ангидрид (CO_2) газларига ажралади, яъни диссоциланади. Аммо ундаги кальций карбонат ($CaCO_3$) ўзгармасдан қум ёки шағал кўринишида қолади.

Оҳак ишлаб чиқариш.

Таркибида 8% гача тупроқ бўлган кальций ва магний карбонат тоғ жинсларидан — бўр, оҳактош, доломитлашган ва мергелли оҳактошни пишириб жуда арзон, ҳавода тез қотадиган боғловчи материал—оҳак олинади. Олинган маҳсулот бўлак-бўлак оқ ёки кулранг бўлиб, у сувсиз кальций оксид ва магний оксиддан иборат. Буни сўнмаган

бўлак ёки кесак оҳак дейилади, уни майдалаб қайновчи оҳак олинади. Кондан келтирилган оҳактош, асосан шахтали, қисман айланма ёки доира шаклидаги хумдонларда 950—1100°С да пиширилади (18-расм).

Шахтали печлар баландлиги бўйлаб қуритиш, қиздириш, пиширириш ва совитиш бўлимларига ажратилган. Хумдоннинг баландлиги 20 м, ички диаметри 4 м гача. Хумдонга солинган 120 т оҳактош 24 соатдан сўнг бўлак- бўлак кўринишидаги оҳакка айланади. Ёқилғи харажати куйдирилган оҳакнинг 15...17% ни ташкил этади.

Сўнмаган оҳакка сув таъсир этса, у қуйидаги реакция асосида сўнади: $CaO+H_2O=Ca(OH)_2+1160$ Ж.

Агар сўнмаган оҳак бўлакларига кам миқдорда (35...50%) сув солинса, у майдаланиб сўнади ва кукунсимон-оҳак ҳосил бўлади. Қурилишда сўндирилмаган оҳак махсус гидратлагичларда кукун қилиб кейин сўндирилади.

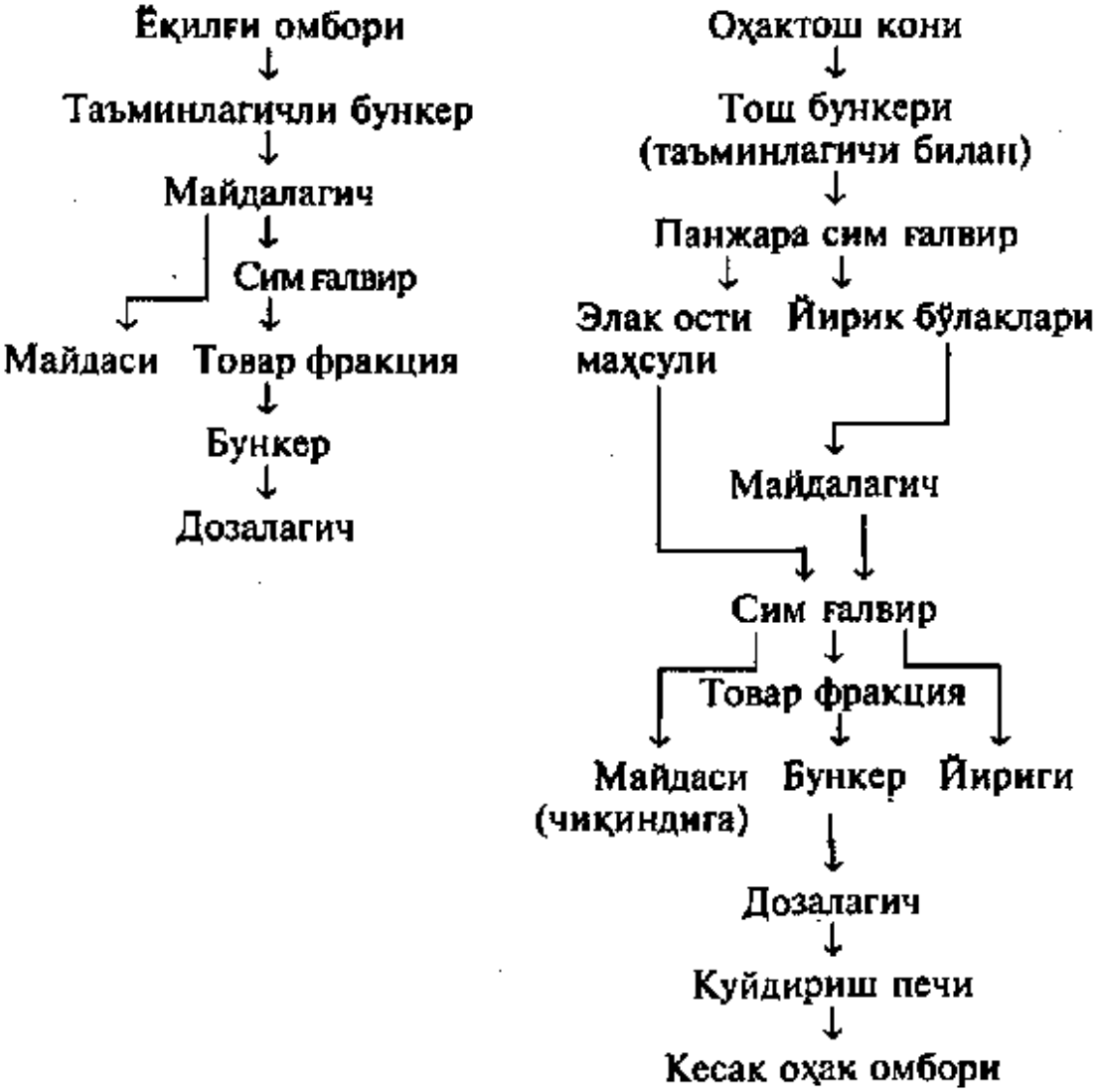
Оҳак қурилишга бўлак-бўлак, кукун, хамир ёки сўндирилмаган кукун ҳолида келтирилади. Бўлак-бўлак оҳакнинг зичлиги 2300...2400 кг/м^3, кукун оҳакники 500 кг/м^3, туйилган оҳакники эса 600 кг/м^3 (19-расм).

Оҳак хамирнинг ширали ва ширасиз хиллари ҳам бор. Ширали оҳакнинг сўниш даври ширасиз оҳакникига нисбатан кам.

Оҳак сўниш тезлигига кўра, тез сўнувчи (кўпи билан 8 минут), ўртача сўнувчи (кўпи билан 20 минут) ва секин сўнувчан (камида 25 минут) турларга бўлинади.

Айрим ҳолларда, оҳакнинг сўниш вақтини тезлатиш мақсадида унга иссиқ сув қўшилади. Оҳак сўндирилгандан сўнг у 1—2 кун тинч ҳолатда сақланади.

Оддий оҳак хамири билан тайёрланган қурилиш қоришмасининг қотиши бир неча кун давом этса, сўнмаган оҳак қоришмаси 30...60 минутда қотади. Бундан ташқари, сўндирилмаган оҳак кукуни кам сув талаб этади. Шунинг учун сўндирилмай туйилган оҳак қоришмасининг сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси, зичлиги ва чидамлилиги сўндирилган оҳакникидан бирмунча кўп. Оҳак қоришмасининг қотишига, асосан икки фактор таъсир кўрсатади: ўта тўйинган қоришманинг қотиш жараёнида унда кальций гидроксиднинг кристалл ҳолда ажралиши; ҳаводаги карбонат ангидрид гази таъсирида қуйидаги реакция орқали $CaCO_3$ нинг ҳосил бўлиши:

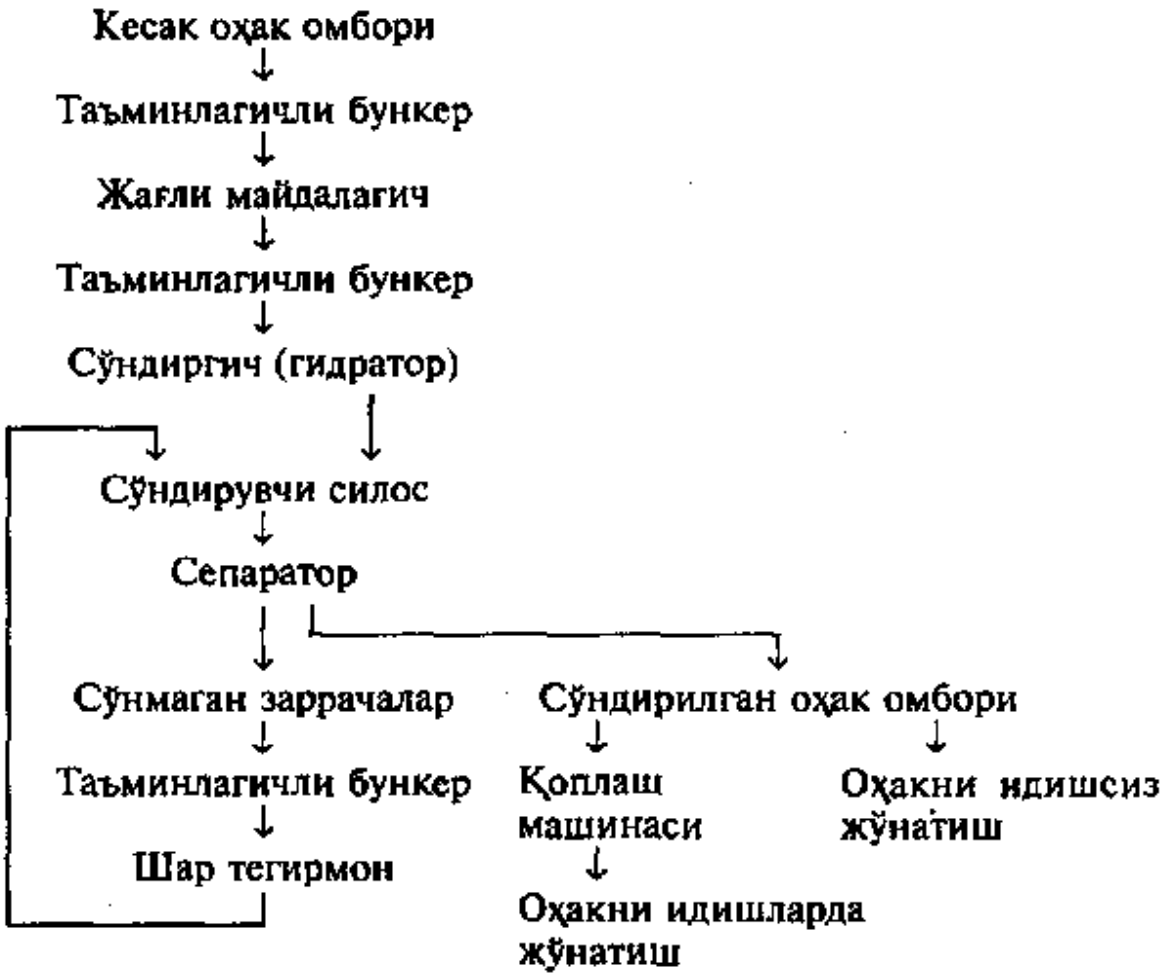


18-расм. Сўндирилмаган кесаксимон оҳак ишлаб чиқаришнинг технологик схемаси.

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

Бу жараён барча оҳакли моддаларда рўй бериб, карбонланиш жараёни дейилади. Карбонланиш жараёни, асосан, қоришма қатламининг қалинлиги ва ҳаводаги карбонат ангидрид газининг миқдорига боғлиқ. Шунинг учун оҳакли қоришма билан сувалган деворда карбонланиш жараёни тез содир бўлади. Оҳак қоришмасининг қотиш жараёни юз берадиган бу икки жараён натижасида қоришмага мустаҳкамлик берувчи кальций карбонат ($CaCO_3$) билан кристалланган кальций гидроксид $Ca(OH)_2$ ҳосил бўлади.

Оҳак қоришмасининг қотиш жараёнида кальций карбонат қоришманинг сиртида, кальций гидроксид эса ички қисмида ҳосил бўлади. Қоришма сиртини зичлаштирган



19-расм. Кукунсимон оҳак тайёрлашнинг технологик схемаси.

кальций карбонат ҳаводаги карбонат ангидридни қоришма ичкарисига ўтказмайди, натижада $Ca(OH)_2$ нинг кристалланиши секинлашади. Ғишт ва тошдан девор теришда, сувоқчиликда оҳак-қум, оҳак-шлак ва оҳак-цемент қоришмалари кўп ишлатилади. Аммо оҳакли қоришмаларни доимий нам таъсир этадиган жойларда, пойдеворлар ҳамда кўп қаватли уй деворларини қуришда, ишлатиш мумкин эмас.

Оҳак, асосан силикат бетонлар, ғиштлар ва бошқа автоклав буюмлар учун боғловчи материал ҳисобланади. Бўлак-бўлак оҳак темир йўл вагонларида, усти берк машиналарда ва контейнерларда уйилган ҳолда ташилади. Майда қилиб туйилган оҳак темир тунукали контейнерларда, битум шимдирилган қоғоз қопларда ташилади.

Сўндирилмаган оҳакнинг барча турлари қурилишда нам таъсир этмайдиган усти берк хоналарда сақланиши керак. Агар оҳак қоғоз қопларда бўлса, уни 10—20 кун ичида ишлатиб юбориш лозим.

14-§. Портландцемент. Кимёвий ва минералогик таркиби ва унинг турлари

Қисман эриб қовушиб қолгунча куйдирилган клинкерни гипс, баъзи ҳолларда эса маҳсус қўшимчалар билан бирга туйишдан ҳосил бўлган гидравлик боғловчи модда портландцемент деб аталади. Куйдириш маҳсулотида кальций силикатлар кўп бўлади (70...80%). Қисман эриш натижасида қовишиб, қотиб қолган майда-йирик тош бўлаклари клинкер дейилади.

Портландцемент хоссаларини ўзгартириб туриш, шунингдек, унинг таннархини камайтириш мақсадида клинкерга актив ва инерт минерал қўшимчалар қўшишга рухсат этилади. Инерт қўшимчалар (оҳактош, доломит, кварцқум ва бошқалар) миқдори 10% дан, актив (трепел, диатомит, витрофир, трасс, шлак, глиеж ва бошқалар) қўшимчалар миқдори эса 15% дан ошмаслиги керак. Бироқ гидравлик қўшимчалар 20% ва ундан ортиқ бўлиши ҳам мумкин. У ҳолда майдаланган маҳсулот номи қўшилганига қараб бошқа, яъни қўшилма сифатида донадор домна шлаги ишлатилса *шлак-портландцемент* деб, табиий гидравлик қўшилмалар ишлатилса *пуццолан портландцемент* деб аталади.

Клинкерни туяётганда унга одатда кўпи билан 3% гипс (сульфат кислота ангидридига нисбатан ҳисоблаганда) қўшилади. Бу билан цементнинг тишланиш муддати узайтирилади. Бу эса унинг ҳоссаларига яхши таъсир қилади.

Портландцемент клинкери ўлчамлари 10...20 мм дан 50...60 мм гача майда ва йирик доналар кўринишида олинади. Қовушиб пишган клинкер ўзининг микроструктурасига кўра мураккаб заррачасимон турли кристаллар ва қисман шишасимон маҳсулотлар аралашмасидан иборат. Клинкер сифати асосий оксидлар миқдори, минералогик таркиби, асосий оксидларнинг ўзаро нисбатига қараб баҳоланади. Портландцемент клинкери ишлаб чиқариш учун хомашё материаллари сифатида гил ёки лёсс ва оҳактош жинслар ишлатилади. Гил ёки лёсс жинслар турли моддалардан ташкил топган. Уларда, асосан учта оксид бор: SiO_2, Al_2O_3 ва Fe_2O_3. Лёссда 15—20% атрофида $CaCO_3$ бор. Ўзбекистон цемент заводларида, асосан лёсс ишлатилади. Оҳактошлар асосан кальций карбонатдан иборат. Кальций карбонат эса икки оксид — CaO ва CO_2 дан иборат. Клинкер

куйдирилганда CO_2 гази ажралади: CaO, SiO_2, Al_2O_3 ва Fe_2O_3 асосий оксидлари асосий клинкер минералларини ҳосил қилади. Магний оксид (MgO), ишқорлар (Na_2O ва K_2O), титан икки оксид (TiO_2), фосфор ангидрид (P_2O_5) ва сульфат кислота ангидриди (SO_3) дир. Клинкер таркибида бу асосий оксидлар билан бир қаторда цемент сифатига маълум даражада таъсир кўрсатувчи оксидлар ҳам бўлиши мумкин. Одатда асосий ва қўшимча оксидлар миқдори қуйидагича бўлади: CaO 63—67%, SiO_2 21—24%, Al_2O_3 4—8%, Fe_2O_3 2—4%, MgO 0,5—5%, SO_3 0,3—1%, Na_2O ва K_2O 0,4—1%, TiO_2 0,2—0,5%, P_2O_5 0,1—0,3%.

1500°C да куйдирилган эркин магний оксид сув таъсирида сўниш қобилиятини йўқотмаса ҳам, у жуда суст сўнади. Унинг сўниш жараёни қотиб қолган цементтошда ҳам давом этиши мумкин. Натижада қоришма ва бетон ёрилади. Бундай ҳавфли ҳолатнинг олдини олиш портландцемент таркибидаги эркин магний оксид миқдори стандартда чегараланади: 4,5% дан ошмаслиги зарур.

Портландцементда калий ва натрий оксидлари бўлмагани маъқул, чунки улар портландцементнинг тишлашиш муддатига таъсир қилади. Бундан ташқари, ишқорлар бетонда тўлдиргичлар билан ўзаро кимёвий таъсир этиши мумкин. Натижада қотган бетоннинг дарз кетишига сабабчи бўладиган натрий ва калий силикатлар ҳосил бўлади. Бу реакция атроф муҳит етарлича нам бўлса, жуда тез кетади. Шу сабабли гидротехник бетонлар учун цемент ва тўлдиргичлар танлаётганда цементда қанча ишқор борлиги ҳисобга олиниши лозим ва тўлдиргичларда аморф кумтупроқдан қанча борлиги аниқланади. Ишқорий металл оксидлар бўлса, бетон юзасида шўр доғлар ҳосил бўлади.

Стандартга кўра, портландцемент таркибида ишқор 1—2% миқдорда бўлиши мумкин, аммо гидротехник бетонлар учун 0,6% дан, ер усти конструкцияларини қуришда ишлатиладиган қоришма ва бетонлар учун эса 1% дан ортиқ ишқор бўлган портландцемент ишлатиш тавсия этилмайди.

Фосфат ангидрид 1,5...2% дан ортса, портландцементнинг қотиш жараёни секинлашади. Цементда 4% гача титан икки оксиди бўлса, у салбий таъсир кўрсатмайди, аммо кўп бўлса мустаҳкамлиги камаяди.

CaO, SiO_2, Al_2O_3 ва Fe_2O_3 оксидлар клинкерда бирикиб кальций силикат, кальций алюминат ва кальций алюмо-

ферритларни ҳосил қилади. Кальций силикатлар оралиғида шишасимон аморф оралиқ моддалар деб аталувчи алюминат ва алюмоферритлар жойлашади. Минераллар қуйидагича ёзилади ва қуйидаги миқдорда бўлади:

45—60% — $3CaO \cdot SiO_2$ ёки C_3S — алит — уч кальцийли силикат;

15—37% — $2CaO \cdot SiO_2$ ёки C_2S — белит — икки кальцийли силикат;

7—15% — $3CaO \cdot Al_2O_3$ ёки C_3A — уч кальцийли алюминат;

10—18% — $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ ёки C_4AF — тўрт кальцийли алюмоферрит.

Ишлаб чиқариш шароитида CaO ни юқорида кўрсатиб ўтилган минераллар кўринишида батамом бириктириш қийин. Шунинг учун клинкер таркибида эркин, бирикмаган ҳолда бир оз CaO қолиши мумкин. Клинкерда эркин CaO бўлса, у *портландцемент хоссаларига магний оксидига* нисбатан хавфлироқ таъсир кўрсатади, яъни унинг ҳажми жуда нотекис ўзгаради. Эркин CaO цементтошни бузиб юбормаслиги учун клинкерни туйишдан олдин эркин CaO ҳаводаги нам таъсиридан сўниб улгурадиган қилиб маълум вақт омборларда етилтирилади. Шунда клинкер бирмунча юмшайди ва уни туйиш осонлашади. Клинкернинг *минералогик таркибига* қараб, *портландцемент* қуйидаги турларга бўлинади: алит портландцемент, ундаги уч кальцийли силикат 60% дан ортиқ, C_3S:C_2S нисбати эса 4 дан катта; белит портландцемент таркибида 37% дан ортиқ икки кальцийли силикат бор, C_3S:C_2S нисбати 1 дан кам; алюминат портландцемент таркибида уч кальций алюминат 15% дан ортиқ. C_3A миқдорига қараб цементлар оз *алюминатли* (C_3A дан 5% гача) ўртача алюминатли (5...9% C_3A) ва кўп алюминатли (C_3A 9%дан ортиқ) цементларга бўлинади; алюмоферрит (целит) портландцемент таркибидаги тўрт кальцийли алюмоферрит 18% дан ортиқ.

Алит — портландцементнинг юқори мустаҳкамлиги, тез қотувчанлиги ва бошқа қатор хоссаларини таъминловчи клинкернинг муҳим силикатли минералидир. Унинг клинкер таркибида миқдори 45...80%. Ҳозирда у уч кальций силикатнинг кам миқдордаги MgO, Al_2O_3, P_2O_5, Cr_2O_3 ва бошқалар билан ҳосил қилинган қаттиқ эритмаси деб

ҳисобланади. C_3S таркибида бу моддаларнинг миқдори кам бўлишига (2...4%) қарамай, улар C_3S нинг структура ва хоссаларига маълум даражада таъсир кўрсатади.

Алит кристаллари, одатда олтиёқли ёки тўғри бурчак шаклида бўлади. Унинг зичлиги 3,15 г/см³. Тоза C_3S 1200...1250°С дан 1900...2070°С гача температура оралиғида барқарор бўлади. Бу температурадан пастда C_3S — C_2S ва CaO га парчаланади, 2070°С дан юқорида эса C_3S эрийди. Паст температура чегараси амалий аҳамиятга эга, чунки клинкер саноат печининг совиш зонасида совиётганида бир оз вақт 1200...1250°С чегарасида сақланиб қолади, бу эса C_3S нинг парчаланишига олиб келади, бу эса клинкернинг сифатини ёмонлаштиради.

Портландцементнинг мустаҳкамлигига ва бошқа хоссаларига клинкердаги алит кристалларининг шакли ҳам анча таъсир кўрсатади. Петрографик таҳлилларнинг кўрсатишича, 500...600 маркадаги портландцементни тайёрлаш учун клинкер таркибидаги турли ўлчамли алит кристалларининг орасида, асосан ўлчами 3...20 мкм йирикликдаги кристаллар кўпроқ бўлиши керак. Портландцемент клинкерида ҳосил бўладиган алит таркибини қуйидаги формула билан ифодалаш мумкин:

$$54CaO \cdot 16SiO_2 \cdot MgO \cdot Al_2O_3$$

Белит — портландцемент клинкерининг иккинчи асосий минералларидан биридир. У алитдан дастлабки (1—3) кунда секин қотиши билан фарқланади. Икки кальций силикат, алит сингари кам миқдордаги қўшимчалар (1...3%) билан қаттиқ эритма ҳосил қилиб белитга айланади. Бундай қўшимчаларга Al_2O_3, Fe_2O_3, Cr_2O_3 ва бошқалар киради. Икки кальций силикатнинг бешта полиморф шакли борлиги аниқланган: $\beta - C_2S$; $\alpha - C_2S$; $\alpha' - C_2S$; $\gamma - C_2S$; $\beta' - C_2S$.

Эриш температураси 2130...1425°С чегарасида α-модификация барқарор бўлади, бу температурадан пастда α'-шаклга ўтади. Саноат клинкерларида α-модификацияни барқарорлаштириш қийин бўлгани учун у кам учрайди, $\alpha' - C_2S$ 1425...830°С да барқарор. Бундан паст температурада, секин совитиш шароитида тоза α'-C_2S тури паст температурада барқарор бўлган γ-C_2S шаклга ўтади. α'-C_2S тез совитилганда 670°С гача ҳамма температурада барқа-

рор бўлмаган ва γ — C_2S га айланишга мойил бўлган шаклга ўтади. Аммо бу жараённинг кетишига β-C_2S кристалл турига кам миқдорда (1...3%) кириб қолган қўшимчалар ҳалал беради. Барқарорлаштирувчи қўшимчалар ролини Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, Na_2O, K_2O ва Cr_2O_3 ҳамда бошқалар бажаради. β — C_2S шаклнинг γ-C_2S га айланишида умумий ҳажми 10% га ортади. Шунинг учун материал доналарининг ёрилиши ва кукунга айланиши кузатилади. γ — C_2S 100°С гача температура муҳитида деярли сув билан реакцияга киришмайди. Шунинг учун у боғловчи хусусиятларини намоён қилмайди. Фақат иссиқ-нам шароитда ишлов берилганда у боғловчи хусусиятларини намоён қилади. β — C_2S нинг зичлиги 3,28 г/см³, γ — C_2S ники эса 2,97 г/см³.

Белитнинг гидравлик активлиги, алит каби кристалларининг тузилиши, кристалларнинг ўлчами, зичлиги, ёриқлар, қўшимчаларнинг структурасига боғлиқ. Тождор четли думалоқ зич структурали ўртача ўлчамлари 20...50 мкм бўлган белитли целитлар юқори мустаҳкамликка эга. Юқори температура таъсирида эриган ҳолдаги алюминат, алюмоферритлар ва бошқа иккинчи даражали минераллар оралиқ модда таркибига киради.

Тўйиниш коэффициенти (ТК) юқори бўлмаган ва одатдаги қумтупроқ модулли клинкерларда кальций алюминатларнинг C_5A_3 ва C_3A шакли учрайди. ТК юқори бўлган клинкерларда эса алюмоферритлар билан бирга фақат C_3S ҳосил бўлади. Клинкернинг алюмоферритли қисми ўзгарувчан таркибга эга бўлиб, C_2F, $C_{11}A_7$ ва эркин CaO дан иборат қаттиқ эритма ҳолида бўлади.

Кальций алюмоферритларнинг қаттиқ эритмасида қуйидаги бирикмалар аниқланган: C_8A_3F, C_6A_2F, C_4AF, C_2F. Клинкерларда кўп учрайдиган C_4AF модда қаттиқ эритмалардаги қатор бирикмаларнинг оралиқ моддаси ҳисобланади.

Паст температурали пиширишда (1300°С гача) хомашёнинг таркибий қисмлари дастлаб парчаланади, шу жараёнларнинг кечишида кристаллар бузилиб, минераллар «аморф» ланади. Кўпчилик гил минераллар «аморф» ҳолатининг температураси 300...800°С га тенг.

Портландцемент хомашё аралашмаларининг реакцияга киришиши қобилиятининг энг муҳим параметри қумтупроқли таркибий қисмнинг дисперслигидир.

Реакцияга мойил $CaCO_3$ да ва унинг доналарида CA, CS ва бошқалардан иборат қобиқлар ҳосил бўлиши мумкин, бу эса CO_2 нинг ажралиб чиқишига ва тузнинг парчаланишига мойиллик қилади. Фақат қобиқ қайта кристалланғандан кейингина жараённинг кечиши яна тезлашади, яъни $CaCO_3$ нинг парчаланиши икки босқичда бўлиши ва у жараённинг кечишига ижобий таъсир қилиши мумкин, чунки у CaO нинг қайта кристалланишига тўсқинлик қилади, бу ҳолда активлиги кам бўлган $CaCO_3$ нинг бир босқичда диссоциланиши кузатилади. Куйдирилаётган аралашмада дастлабки эритма 580...680°C да ҳосил бўлади ва у қаттиқ фазали реакцияларнинг кечишини тезлаштиради. Масалан, йирик дисперсли шихталарда белит икки босқичда ҳосил бўлади: биринчиси 1115...1125°C да кузатилиб, бунда SiO_2 доналарида C_2S дан иборат қобиқ ҳосил бўлади; иккинчиси 1150...1165°C да рўй беради, бунда ана шу қобиқлар бузилиб C_2S нинг янги кристаллари ҳосил бўлади.

Аралашмалар иштирокида паст температурали босқичда қуйидаги оралиқ бирикмалар ҳосил бўлади:

$2(2CaO \cdot SiO_2) \cdot CaCO_3$ — спуррит; $2CaO \cdot SiO_2 \cdot CaF_2$;

$3(CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4$; $2CaO \cdot SiO_2$;

$2(2CaO \cdot SiO_2) \cdot CaSO_4$.

Бир қанча хромато-хромитлар ва кальций фосфатлар, шунингдек $CaCO_3$ нинг ишқор сульфатлари билан контактида иккиламчи тузлар ҳосил бўлади. Таркиби мураккаб бўлган оралиқ бирикмаларнинг ҳосил бўлиши $CaCO_3$ ва SiO_2 нинг ўзаро таъсирлашиш температурасини 38...80°C га пасайтиради.

Юқори температурали босқичда (1300°C дан юқори) нордон ва асосий ишқорий эритмалар қўшилиб кетади, бироқ клинкер доналарнинг қизиб зич ёпишган айрим қисмларида таркиби фарқланадиган эритма томчилари мавжуд бўлиши эҳтимол. C_2S ва CaO дан иборат қобиқлар оралиғидаги эритмада Ca^{2+} ионларининг, асосан SiO_4 ионларига диффузияланиши йўли билан C_3S кристаллари ҳосил бўла бошлайди. Агар C_3S кристаллари ўсган зонага Ca^{2+} кира олмаса, бунда нордон C_3S кристалларн C_2S ва CaO га қадар парчалаб емириши мумкин. Клинкер зоналарида 1450°C да ҳосил бўлган эритма қуйидаги хоссаларга эга; қовушоқ-

лиги 0,1...0,3 Па.с, сирт таранглиги 350..480·10^{-3} Н/м. У ҳолда кальций ионларининг диффузия коэффициенти Д Ca^{2+} –(5,3...8,6)·10^{-5}, темирники Д Fe^{3+} –(5,7...14,2)·10^{-6}, алюминийники Д Al^{3+} – (2,3...7,1)·10^{-6} ва кремнийники Д Si^{4+} –(4,7...15,8)·10^{-7} $см^2/с$.

Кўрсатиб ўтилган миқдорларнинг ўзгариб туришига Na, K, Cr, P, F аралашмалари сабабчидир. CaO доналарининг 1450°C да эритмада эриш тезлиги (1,6...8)·10^{-6}; C_2S доналарининг эриш тезлиги эса (2...3)·10^{-6} см/с, яъни CaO нинг эриш тезлиги C_2S нинг эриш тезлигидан 3...4 марта кўп. Бироқ жараёнда эритмани микроликвацияга (иккита ва ундан ортиқ аралашмайдиган суюқликларнинг ҳосил бўлиши ва уларнинг аралашмай қатламланиши) олиб келувчи кўплаб Na ва K иштирок этса, C_2S нинг эриш тезлиги кескин ортади, ҳатто C_2S нинг эриш тезлигидан бир неча марта ўзиб кетиши ҳам мумкин.

Оз миқдорда фосфор, хром ва олтингугурт (0,1...0,3%) ҳамда барий, фтор, хлор, марганецнинг анчагина миқдори (1% дан ортиқроқ) муайян шароитда клинкер ҳосил бўлиш жараёнига яхши таъсир кўрсатади.

Совиш жараёнида C_3S, C_3A, C_2S парчаланиши мумкин, парчаланишнинг қандай кечиши бир қанча факторларга боғлиқ; совиш тезлиги, аралашмаларнинг тури ва миқдори, газ атмосферасининг хусусияти ва бошқалар. Эритма шиша сифатида қотаётганда ҳажми кичраяди. Mg, F, Cr иштирокида эса кристалланиш жараёнининг кечиши туфайли турли температура интервалларида деформация кузатилади: (1350...1100°C да ҳажми кичраяди, 1100...900°C да ҳажм кенгаяди). C_3S, C_3A ва C_4AF минералларининг 25...600°C да чизиқли термик кенгайиш коэффициенти (10...13)·10^{-6} градус. C_2S термик кенгайишининг чизиқли коэффициенти 19,5·10^{-6} градусга тенг, яъни C_2S нинг термик кенгайиш коэффициенти бошқа минераллар кристалларига нисбатан тахминан икки марта катта, бинобарин, бу ҳол клинкер доналарида физик кучланишларга сабаб бўлиши мумкин.

Цемент клинкерининг сифати қуйидагилар билан ифодаланиши мумкин:

1- алоҳида оксидларнинг миқдори (кимёвий таркиби);

2- асосий оксидлар миқдорининг нисбатини ифодаловчи модуллар қиймати;

3- асосий минералларнинг миқдори. Клинкернинг энг муҳим тавсифи алоҳида оксидларнинг ўзаро нисбати ва клинкер минералларининг миқдори билан берилади.

Клинкерни ташкил этувчи минераллар таркиби икки хил усул билан аниқланади: бевосита петрографик ёки рентгенографик таҳлил усули, ёхуд бевосита ҳисоблаб аниқлаш усули. Муҳим оксидларининг фоиз нисбати икки хил модуль (силикат ва гилтупроқ) ҳамда тўйиниш коэффициенти билан ифодаланади. Бу модуллар ва коэффициент миқдори хомашё аралашмаси учун ҳам, клинкер учун ҳам амалда бир хил бўлади.

Силикат модуль (η) қумтупроқ модуль деб ҳам аталади. Бу модуль реакцияга киришган кремний икки оксид миқдорининг алюминий ва темир оксидлари миқдорига нисбатини ифодалайди:

$$\eta = \frac{\%SiO_2}{\%Al_2O_3 + \%Fe_2O_3}$$

Силикат модуль (η) бошқа оксидлар билан реакцияга киришган кремний оксид миқдорини ва клинкер таркибидаги алюминий ва темир оксидлар йиғиндиларига нисбатини кўрсатади.

Хомашё аралашмаси таркибидаги кремний икки оксид оҳак билан ҳамма вақт C_3S ваC_2S ҳолида бирикавермаслиги туфайли бириккан қумтупроқ миқдори кремний икки оксиднинг умумий миқдори SiO_2, умумий ва эркин ҳолда қолган кремний икки оксиди SiO_2 эркин миқдори айирмаси билан ифодаланиши мумкин. Шунинг учун силикат модуль қуйидагича ёзилади:

$$\eta = \frac{\%SiO_{2умум.} - \%SiO_{2эркин}}{\%Al_2O_3 + \%Fe_2O_3}$$

Оддий портландцементлар учун силикат модуль қиймати 1,7...3,5; сульфатга чидамли портландцемент учун эса 1,7...4.

Гилтупроқ (алюминат) модуль — ρ алюминий оксид миқдорининг темир оксид миқдорига нисбатини ифодалайди:

$$\rho = \frac{\%Al_2O_3}{\%Fe_2O_3}$$

Гилтупроқ модуль қиймати оддий портландцементлар учун 1...3. Силикат модуль катта қийматга эга бўлганида ҳам хомашё аралашмасини қовуштириб пишириш қийинлашади, ҳосил бўлган цемент секин тишлашади ва секин қотади, бироқ кейинчалик унинг мустаҳкамлиги юқори бўлади. Алюминат модули кичик қийматга эга бўлганда портландцементлар минераллашган тузлар таъсирига чидамли бўлади.

Алюминат модули катта қийматга эга бўлганда эса цемент тез тишлашади ва қотади, аммо охирги мустаҳкамлик кўрсаткичи паст бўлади. Силикат модуль катта бўлса, клинкерда C_3A ва C_4AF кам, аммо C_3S ва C_2S кўп, гилтупроқ модуль катта бўлса, клинкерда C_3A жуда кўп, бироқ C_4AF кам бўлади.

Шу нарса маълумки, оҳак C_2S, C_3A ва C_4AF нинг ҳосил бўлиш жараёни учун керагидан кўп бўлса уч кальций силикат фақат анча юқори (1300°С дан кўп) температурада ва куйдирилаётган аралашмада суюқ фаза бўлгандагина икки кальций силикатнинг оҳак билан тўйиниши ҳисобига ҳосил бўлади.

Шундай қилиб, портландцемент клинкер ишлаб чиқаришда $2CaO \cdot SiO_2$ ни $3CaO \cdot SiO_2$ га айлантириш ва клинкерда эркин оҳак қолмаслиги керак, яъни CaO дан C_3S, C_3A ва C_4AF ҳосил қилиш учун улар керакли миқдорда бўлиши лозим. Бу вазифа қанчалик аниқ бажарилаётгани тўйиниш коэффициентининг (ТК) қийматидан аниқланади.

Клинкер минераллари таркибига кирувчи оксидларнинг молекуляр оғирликларига қараб, қумтупроқ $2CaO \cdot SiO_2$ гача, гилтупроқ $3CaO \cdot Al_2O_3$ гача, темир оксид $CaO \cdot Fe_2O_3$ гача ва сульфат кислота ангидриди $CaSO_4$ гача тўла тўйиниши учун талаб қилинадиган CaO миқдорини ҳисоблаш мумкин.

Клинкер минералларидаги оҳак ва кислота оксидларнинг оғирлик нисбатлари маълум бўлса, қанча CaO кераклигини кислота оксидлари орқали ифодалаш мумкин. C_3S ҳосил бўлиши учун 2,8 SiO_2 ва C_3A га 1,65 Al_2O_3, CF га 0,35 Fe_2O_3 ва $CaSO_4$ га 0,7 SO_3 талаб қилинади. Бу маълумотлардан фойдаланиб тўйиниш коэффициенти формуласини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$ТК = \frac{(CaO_{ум} - CaO_{эркин}) - (1{,}65\ Al_2O_3 + 0{,}35\ Fe_2O_3 - 0{,}7SO_3)}{2{,}8(SiO_{2умум.} - SiO_{2эркин})}$$

Бу формулада суратдаги Al_2O_3, Fe_2O_3 ва SO_3 лар C_3A, CF ва $CaSO_4$ гача тўйингандан кейин қолган оҳак миқдорини, маҳражи эса қумтупроқнинг C_3S гача тўйиниши учун зарур бўлган оҳак миқдорини ифодалайди. ТК-1 бўлса, клинкер таркибида икки кальций силикат бўлмайди. Оддий портландцемент учун ТК-0,8...0,95. Тўйиниш коэффициенти қанчалик кичик бўлса, клинкерда C_2S шунча кўп, C_3S эса кам бўлади.

Хозирги кунда портландцементнинг қуйидаги асосий турлари ишлаб чиқарилмоқда:

1. Таркибида 30...73% донадор домна тошқоли бўлган портландцемент.

2. Таркибида 20...45% пуццолан қўшилмаси бўлган пуццолан портландцемент.

3. Тез қотувчан портландцемент.

4. Пластик ва гидрофоб портландцемент.

5. Таркибида кўпи билан 50% C_3S ва 5% C_3A бўлган сульфатга чидамли портландцемент.

6. Ўртача экзотермияли портландцемент.

7. Оқ ва рангли портландцемент.

15-§. Портландцемент ишлаб чиқариш технологияси

Хомашё материаллари ва ёқилғи

Портландцемент клинкери ишлаб чиқаришда хомашё сифатида таркибида кальций карбонат кўп бўлган карбонат жинслар ва таркибида кремний оксид, алюминий оксид ҳамда темир оксид бўлган гиллар, шунингдек, гил ва кальций карбонатнинг табиий аралашмалари ишлатилади. Кейинги йилларда портландцемент ишлаб чиқаришда гилни бутунлай ишлатмаслик ёки қисман ишлатиш мақсадида, нордон ва, асосан домна шлаклари, иссиқлик электр станциялари куллари, нефелин чиқиндиларидан фойдаланилмоқда. Шунингдек, гипс ёки ангидритни гил билан аралаштириб, портландцемент, сульфоцемент ва SO_2 гази олишнинг комплекс технологияси ишлаб чиқилган.

Нефелин шлами таркибида 25...30% SiO_2; 2...5% Al_2O_3; 3...5% Fe_2O_3; 50...58% CaO ва 3...8% бошқа оксидлар, чунончи 1,5...3% ишқорлар бор. Таркибида шунча CaO бўлган материалга 15...20% оҳактош қўшиб, портландцемент ишлаб чиқариш учун хомашё аралашмасини тайёрлаш мумкин.

40...50% гача таркибида кальций оксиди бўлган домна шлаклари ҳам портландцемент ишлаб чиқариш учун қимматли хомашё ҳисобланади.

Гил, айниқса лёсс сувда осонгина ивиб, бўшашиб кетадиган майда дисперс иккиламчи тоғ жинсларидан иборат. Гилнинг минералогик таркиби, асосан сувли алюмосиликатлар ва кварцдан иборат. Гилларнинг кимёвий таркибида, асосан учта оксид бор: кремний оксид (60—80%), алюминий оксид (5...20%) ва темир оксид (3...15%). Гилда оз миқдорда карбонат тузлари ҳолида CaO ва MgO учраши мумкин. Лекин гилларнинг баъзи турларида кальций оксид 25% гача, магний эса 3% гача бўлади (масалан: сланец ва лёсслар.)

Гиллар таркибида SO_3, Na_2O ва K_2O каби эрувчан тузлар ҳам учрайди. Бу эса мақсадга мувофиқ эмас, клинкер ишлаб чиқариш учун фойдаланиладиган гилларда бу тузларнинг миқдори иложи борича кам бўлиши керак.

Кальций карбонатли жинслар табиатда оҳактош, бўр, оҳактош-чиғаноқ ва мармар ҳолида учрайди. Карбонатли жинсларнинг мармардан бошқа ҳамма турлари портландцемент ишлаб чиқаришда ишлатилади.

Кимёвий соф кальций карбонат таркибида 56% CaO ва 44% CO_2 бўлади. Бироқ, табиатда фақат кальций карбонатдан иборат соф оҳактошлар кам учрайди. Портландцемент ишлаб чиқаришда ишлатиладиган оҳактошлар таркибида CaO дан ташқари қумтупроқ (8% гача), гилтупроқ (2% гача), темир оксидлар (1% гача), магний оксид (2% гача) ва SO_3(1% гача) бўлиши мумкин. Мергеллар гилсимон моддалар ва жуда майда кальций карбонат заррачаларининг табиий аралашмасидан иборат чўкинди тоғ жинси ҳисобланади. Мергелларнинг мавжудлигига қараб, мергель оҳактош (90...95% $CaCO_3$), оҳактош-карбонат мергель (70...90% $CaCO_3$) ва мергель (50—70% $CaCO_3$)га бўлинади. Бундай мергель куйдирилгандан сўнг кимёвий таркиби бўйича клинкерга ўхшаб кетади.

Тўғриловчи қўшилмалар. Хомашё аралашмасига таркибида SiO_2 қумтупроғи кўп бўлган моддалар (трепел, опока, диатомит) қўшиб кўпайтирилади. Карбонат жинслар, гил ва тўғриловчи қўшилмалар клинкер ишлаб чиқариш учун зарур хомашё ҳисобланади. Гипс қўшилмаси сифатида икки молекула сувли гипс — $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ишлатилади.

Ёқилғи. Хомашё материалларини куйдириш учун қаттиқ, суюқ ва газсимон ёқилғи энг яхши ёқилғи ҳисобланади, уларни ёққанда кул ҳосил бўлмайди. Қаттиқ ёқилғидан фойдаланганда кули клинкер таркибига қўшилиб кетади ва у клинкернинг фақатгина кимёвий таркибини ўзгартирибгина қолмай, балки клинкер таркибидаги магний оксид ва SO_3 миқдорини ҳам кўпайтириб юборади.

Айланма печлар билан жиҳозланган цемент заводларида суюқ ёқилғи сифатида 30...35°С да қотиб қоладиган серпарафин мазут ишлатилади. Мазут печга 2,5 МПа босим остида форсункалар билан пуркаб узатилади. Газнинг иссиқлик бериш иши жуда юқори, уни исталган жойга ва печга узатиш мумкин, газсимон ёқилғини ишлатиш печлар унумдорлигини оширади, ёқилғи сарфини 5% гача, электр энергияси сарфини эса 10% гача камайтиради, меҳнат унумдорлигини 7...10% га оширади.

Қаттиқ ёқилғи айланма печга кукун ҳолида юборилади. Ёқилғи кукун ҳолига келгунча майдаланганда зарраларнинг ёниш жараёни тезлашади ва жуда майда дисперс кул ҳосил бўлади: кул қанча майда бўлса клинкер уни тўлиқ сингдириб олади, яъни кул клинкерда бир текис жойлашади.

Портландцемент ишлаб чиқариш усуллари

Портландцемент ишлаб чиқариш иккита жараённи ўз ичига олади:

1. Клинкер ишлаб чиқариш;
2. Клинкерни қўшилмалар билан бирга туйиш.

Биринчи жараён жуда мураккаб бўлиб, унинг бажарилиши катта маблағ ва ишга солиш харажатлари билан боғлиқ. Чунки портландцемент ишлаб чиқариш учун сарфланадиган жами харажатнинг кўп қисмини (70...80%) клинкер қиймати ташкил этади.

Портландцемент клинкери ишлаб чиқаришда қуйидаги асосий технологик операциялар бажарилади: 1. Оҳактош ва гил қазиб олинади; 2. Хомашё материаллари тайёрланади ва майдаланади; 3. Ёқилғи тайёрланади; 4. Хомашё материаллари куйдирилади.

Клинкерни туйиш ва портландцемент ишлаб чиқариш учун, асосан қуйидаги технологик жараёнлар бажарилади: 1. Қўшилмалар тайёрланади; 2. Клинкер қўшилмалар



20- расм. Қуруқ усулда портландцемент ишлаб чиқариш технологияси схемаси.

билан бирга туйилади; 3. Портландцемент омборга жойланади.

Талаб қилинган кимёвий таркибли (бир жинсли) хомашё аралашмасини ҳосил қилиш учун унинг таркибига кирадиган материалларни тайёрлаш керак. Бундай аралашмани тайёрлаш учун унинг таркибига кирадиган материалларнинг ҳаммаси майда қилиб туйилади ва яхшилаб аралаштирилади.

Майда қилиб туйилган материаллар қуруқлигича ёки сувда яхшилаб аралаштирилиши мумкин. Хомашё материаллари сув иштирокида тайёрланса портландцемент ишлаб чиқариш «хўл» усул деб, қуруқлигича тайёрланса «қуруқ» усул деб аталади. Қайси усулни танлаш технологик ва техник-иқтисодий хулосаларга боғлиқ. Ҳозирги кунда мамлакатимизда «қуруқ» усулни кўпроқ қўллаш тенденцияси салмоқли ўринга эга. Шу кунда Навоийда жуда йирик цемент заводи замонавий ускуна ва жиҳозлар билан таъминланган ва қуруқ усулда ишлаб турибди (20- расм).

Оҳактош кондан ўлчами 500...800 мм ва ундан катта харсанг бўлаклари тарзида олиб келинади. Оҳактошнинг йирик бўлаклари 100...200 мм ўлчамда, жағли майдалагичларда бир марта майдаланиб олинади. Хомашё иккинчи сафар одатда, болғачали ва конус майдалагичларда 10...30 мм ўлчамгача, сўнг охирги марта суюқ лой билан шар тегирмонларида майдаланади. Бу хомашё қуруқ майдаланганига нисбатан сувда яхши майдаланади. Сувда майдаланганда материалларнинг қаттиқлиги камаяди.

Гил тегирмонга суюқ лой холида узатилади. Оҳактош билан гил бирга майдаланганида улар жуда яхши аралашади.

Гил чайқатгич темир-бетон бассейнидан иборат бўлиб, унинг туби ва деворларига чўян плиталар қопланган. Тўсинромга занжирларда пўлат хаскашлар эркин ҳолда осиб қўйилган, майдалагичларда бир сидра майдалаб олинган гил оз-оздан чайқатгичга узатилади. Гил билан бирга бассейнга сув ҳам қўшилади. Шлам чиқиб кетадиган дарча йирик лой бўлакларини ушлаб қоладиган панжара билан беркитилган. Суюқ лой насослар воситасида таъминлагич бакларига узатилади. У ердан аралашма ўлчов баклари орқали шар тегирмонларига юборилади. Лой таркибидаги йирик қўшилмалар бассейн тубига чўкади ва вақти-вақти билан чиқариб ташланади.

Суюқ лой таркибидаги сув-шлам (суюқ оҳактош ва лой аралашмаси) нинг намлиги 34...45% га етадиган миқдорда бўлгунча олинади.

Лой (гил) чайқатгич бассейнининг диаметри 8..12 м унумдорлиги эса 12...30 $м^3$/соат. Электр двигателнинг белгиланган қуввати 35...60 кВт.

1 т портландцемент тайёрлаш учун 2,5...3 т хомашё, кўмир ва клинкер майдалаш керак. Шу ишларни бажаришга цемент ишлаб чиқариш учун сарфланадиган электр энергиясининг 60...80% и сарф бўлади.

Хомашё аралашмаси шлам-бассейнларда аралаштирилади, таркиби созланади ва тўғри сақланади, лекин аралаштирган заҳоти зарур кимёвий таркибли шлам олинмайди.

Шлам таркиби қуйидаги тартибда тўғриланади. Шар тегирмонларидан шлам насослар билан шлам-бассейнларнинг биттасига ҳайдалади. Бошқа бассейнга эса худди шундай йўл билан тайёрланган шлам узатилади. Бу шлам аввалгисидан кальций карбонат миқдори кам (ёки кўп)лиги билан фарқ қилади. Шлам яхшилаб аралаштириб бўлингач, ҳар қайси бассейндаги шламнинг кимёвий таркиби аниқланади ва зарур кимёвий таркибли клинкер олиш учун иккала шламдан қандай нисбатда олиш кераклиги белгиланади. Шлам белгиланган нисбатда олингандан сўнг иккала бассейндаги шлам насос билан учинчи бассейнга солинади. Бу ерда яхшилаб аралаштиргач, унинг титри ($CaCO_3$ миқдори) аниқланади. Титри йўл қўйилгандан кўпи билан 0,1% фарқ қилган шлам куйдириш учун зарур ва қулай ҳисобланади.

Пневматик ва механик усуллардан бир вақтнинг ўзида фойдаланиш бир жинсли шлам тайёрлашга имкон беради. Янги қурилган заводларда, жумладан Навойи цемент заводида кукунлаштирилган хомашё аралашма (ун) таркибидаги CaO, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 оксидлар автоматик рентгеноспектрометр ёрдамида аниқланиб, бу таркиб ҳар соатда текшириб турилади.

Шлам «хўл» ёки «қуруқ» усулда тайёрланган бўлишидан қатъи назар айланма печларда куйдирилади. Ҳозирги айланма печлар пўлат тахталардан ясалган барабандан иборат. Металлни юқори температура таъсиридан сақлаш ва иссиқлик кам исроф бўлиши учун печнинг ичига ўтга

чидамли материаллар қопланади. Қоплама сифатида шамот-ғишт, гил-тупроқ ва магнезиал ўтга чидамли ғишт ишлатилади. Қоплама сифатида анча арзон, ўтга чидамли бетон ишлатиш тажрибаси ҳам бор.

Ҳозирги кунда Ўзбекистон заводларида клинкернинг асосий қисми 3×100, 4×150, 4,5×170, 5×60 ва 7×90 м ўлчамли печларда ишлаб чиқарилмоқда. Уларнинг бир суткадаги клинкер бўйича иш унуми 400, 850, 1200 ва 1800 тонна. Солиштирма иссиқлик сарфи 5000...6700 кЖ/кг; ҳар бир печ учун солиштирма электр энергияси сарфи 25...26 квт · соат/ тонна клинкерни ташкил қилади.

Печ уч хил тезликда, яъни минутига 0,5; 0,75 ва 1 марта айланиши мумкин. Печь 4° қияликда ўрнатилади. Печ қия ўрнатилгани учун у айланганида материал барабан ичида пастга сурилиб тушади. Шлам чўмичли таъминлагич ёрдамида бакдан қувур орқали печга оқиб келади.

Қарама-қарши томондан печга кўмир чанги, чанг-ҳаво ёки газ-ҳаво аралашмаси босим остида пуркалади. Кўмир ёки газ қизиб турган бўшлиққа тушиб, печ бошида тахминан 10 м масофада ёниб кетади. Куйдириладиган материал тутун газларига нисбатан қарама-қарши томонга ҳаракат қилади. Натижада ташқи температурада суюқ шлам астасекин эриб, қовушиб, пишиш температураси (1450°С) гача қизийди. Қисман эриб қовушиб пишаётган клинкер, айниқса печнинг айланма ҳаракати туфайли ҳосил бўлган клинкернинг думалоқ доналари борган сари зичлашиб юқори мустаҳкамликка эга бўла бошлайди. Сўнгра шу усулда ҳосил бўлган клинкернинг думалоқ доналари печ охиридаги совуқ ҳаво оқимига дуч келиб, унга ўз иссиғини беради ва қотиб қолади. Исиган ҳаво кейин ёқилғининг ёниш зонасига келади, деярли 1000...1100°С гача совиган клинкер эса печь барабанидаги тешикдан занжирли рекуператор ёки панжарали совиткичларга тушади.

Бу ерда клинкер 50...100°С гача совитилиб, сўнгра омборга жўнатилади. Совиткичлар бир неча типда бўлиши мумкин: барабанли, рекуператорли, скребкали ва панжарали совиткичлар. Ҳозирги печларда рекуператорли ёки панжарали совиткичлар ўрнатилади.

Рекуператорли совиткич бир неча пўлат барабандан иборат. Бу барабанлар печнинг совуқ тарафида печ айланаси бўйича симметрик жойлашган. Барабанлар печ кор-

пусига маҳкамланган ва биридан иккинчисига дарча очилган. Клинкер печдан ана шу дарчалар орқали барабанга тўкилиб тушади. Барабанларнинг ички юзасида шолирувчи куракчалар бор. Барабаннинг клинкер олинадиган қисмида олиш тешиги бўлиб, барабан четида тўсиқ ясалади, тўсиқ клинкернинг олиш тешигидан ўтишга ёрдам беради.

Иш унуми ҳамда 1 кг клинкерни куйдириш учун сарфланадиган иссиқлик айланма печлар ишининг асосий кўрсаткичларидан бири ҳисобланади. Печда иссиқликдан унумли фойдаланиш керак. Биринчи тадбирни, яъни шлам намини қочиришни уч усулда амалга ошириш мумкин (шлам суюлтиргичлар ишлатилади). Шлам суюлтиргич сифатида турли моддалар — сода, суюқ шиша, торф, битум ва тоғ муми чиқиндиларидан бўлган ишқорий торф моддалари, сирт-актив моддаларнинг айримлари ишлатилади. Иккинчи ва учинчи усулда шлам нами механик равишда қочирилади.

Материалнинг иссиқ ҳавога дуч келадиган сатҳини кенгайтириш билан куйдирилаётган материал ва газ оқими ўртасидаги иссиқлик алмашинувини кучайтириш мумкин. Бунинг учун печнинг совуқ тарафида 35...40 м (700—800°С температура чегарасида) занжирлар осилади. Шлам занжир ҳалқаларга ёпишади. Натижада осиб қўйилган занжир — тўр орасидан ўтаётган газ оқимига тегадиган шламнинг юзаси кескин кенгаяди. Бундан ташқари, печ айланаётганда занжирлар материални яхшилаб аралаштиради.

Узун печларда занжирларнинг умумий узунлиги 2000 м ва ундан ортиқ бўлади, уларнинг юзаси эса тахминан 1500 м². Занжир тўрларда иссиқлик таъсирини шунча миқдорга оширади.

Клинкер айланма печларда куйдирилганда содир бўладиган жараёнлар

Хомашё аралашмаси айланиб турувчи печларда куйдирилганда физик ва физик-кимёвий жараёнлар содир бўлиши натижасида қовушиб пишган, ўлчамлари 2...3 см дан иборат доналар шаклидаги C_3S, C_2S, C_3A, C_4AF ва шишасимон қисмдан таркиб топган клинкер ҳосил бўлади.

Ташқи муҳит температурасидаги шлам печга тушиши билан у температураси 700...800°С га етадиган чиқинди газларнинг кескин таъсирига учрайди. Бундай юқори темпе-

ратура таъсирида шлам тезда 100°С гача исийди ва шу вақтда шлам таркибидаги сув шиддат билан буғлана бошлайди. Шлам аста-секин қуюқлаша бошлайди, унинг таркибидаги нам анча камайгандан сўнг йирик кесаклар кўриниши га келади. Кесаклар кейинчалик майда парчаларга бўлиниб кетади, чунки шламнинг лой компоненти намни йўқотгач, қовушқоқлиги сусаяди. Механик аралаштирилган намнинг буғланиш жараёни (шламнинг қуриши) тахминан 200°С гача давом этади. 200°С гача шламда кетадиган жараёнларнинг табиатига қараб, печнинг бу зонаси қуритиш зонаси деб аталади.

Материал сурила бориб, янада юқори температура зонасига тушади, шунда хомашё аралашмасида кимёвий жараён ривожланади: 200...300°С дан юқори температурада органик аралашмалар ёниб кетади ва каолин ҳамда лой таркибидаги бошқа сувли алюмосиликатлар дегидратацияланади. Лой минераллари таркибидаги кимёвий боғланган сувни йўқотиши натижасида лой ўзининг боғловчилик хусусиятини батамом йўқотади ва шлам бўлаклари кукунга айланиб қолади. Бу жараён тахминан 600...700°С гача давом этади. 200...700°С оралиғида ўтаётган жараёнлар моҳияти бўйича, печнинг бу зонаси *дегидратация зонаси* деб юритилади. Температура 800°С га етганда шламнинг оҳактош компоненти қуйидаги реакция бўйича парчаланади:

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

800°С да кальций карбонатнинг ана шу диссоциланиш жараёни жуда суст ўтади, сўнгра температура кўтарилиши билан кескин кучаяди. Амалда $CaCO_3$ 1000°С да тез ва тўла диссоциланади.

Хомашё аралашмаси 700°...1000°С зонасида бўлиши натижасида кальций оксид ҳосил бўлади. Шунинг учун печнинг бу зонаси кальцийлашиш зонаси деб аталади.

Бу зона кўп давом этганига қарамай унда материал температураси нисбатан секин ортади. Бунга сабаб шуки, иссиқлик, асосан $CaCO_3$ нинг парчаланиши учун сарфланади; 1 кг $CaCO_3$ ни CaO ва CO_2 га парчаланиши учун 1780 кЖ иссиқлик сарфлаш талаб қилинади. 680°...1000°С да оралиқ бирикма $2CaO \cdot SiO_2 \cdot CaCO_3$ ҳосил бўлади. Унинг парчаланиши паст температураларда C_2S нинг кристалланишига имкон беради. $2CaO \cdot SiO_2 \cdot CaCO_3$ (спуррит) бирикмасининг ҳосил бўлишини И. Г. Лугинина (Россия) аниқлаган.

800°С дан юқори температурада спуррит парчаланади ва ўта реакцияга киришишга мойил C_2S ни ҳосил қилади. Ишқор ва фтор тузлари спуррит ҳосил бўлиш жараёнини тезлатиши ҳам аниқланган. Шу шароитда хомашё таркибида $12CaO \cdot 7Al_2O_3 \cdot 2{,}5CaCO_3$ бирикмаси борлиги ҳам аниқланган. Спурритнинг парчаланиш температураси кўп ҳолларда 840...920°С га тенг. У икки кальцийли силикат ва CaO га парчаланади.

Қаттиқ фазаларда реакциялар 1000...1350°С оралиғида рўй беради. Бу реакциялар *экзотермик зона* деб аталади.

Куйдирилаётган аралашма экзотермик зонада бўлиши натижасида $2CaO \cdot SiO_2$, $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ ва $CaO \cdot Al_2O_3$ ҳосил бўлади. Аммо шу билан ҳали нормал портландцемент клинкер ҳосил бўлмайди, чунки унинг энг асосий таркибий қисми — уч кальций силикат ($3CaO \cdot SiO_2$) йўқ. Бу минерал печнинг кейинги қисмида (юқори температуралар зонасида) ҳосил бўлади. Бу зона *пиширии зонаси* деб юритилади.

Қумтупроқ қаттиқ ҳолда икки молекуладан ортиқ оҳакни бириктира олмайди. Бироқ суюқ ҳолда қумтупроқ оҳакка нисбатан жуда тез ($3CaO \cdot SiO_2$ гача) тўйинади. Демак, уч кальцийли силикат олиш учун икки кальцийли силикат оҳакни ютиб, юқори асосли $3CaO \cdot SiO_2$ га айланадиган даражада аралашмани қиздириш керак.

Анча осон эрийдиган минераллар C_3A ва C_4AF пиширии зонасида эрийди. Ҳосил бўлган суюқ фазада C_2S эриб C_3S гача тўйинади. Уч кальций силикат эритмада икки кальций силикатга нисбатан анча кам эрийди. Шунинг учун C_3S ҳосил бўлиши билан эритма минералга ўта тўйиниб қолади ва уч кальций силикат эритмадан майда-майда қаттиқ кристаллар ҳолида ажралиб туради.

C_3S нинг эриши ва оҳакнинг ютилиши бутун куйдирилаётган аралашма массасида бўлмай, балки унинг айрим улушларида ўтади. Демак, оҳак икки кальций силикатни тўлиқ сингдириб олиши учун материалларни маълум вақтгача пиширии температураси (1350...1450°С) да тутиб туриш талаб қилинади.

Материаллар бу зонада қанча кўп тутиб турилса, оҳак шунча тўлиқ боғланади, шу билан бирга C_3S кристаллари ҳам йириклашади. Клинкерни пиширии температурасида кам вақт ушлаб туриш тавсия қилинади, агар шундай

қилинса портландцементнинг физик-механик кўрсаткичлари юқори бўлади. Клинкер пиширпш зонасидан совитиш зонасига тушади. Бу ерда клинкер қаршисига совуқ ҳаво оқими оқиб келади. Пиширпш зонасида айрим вақтларда аралашманинг бутун оҳаги қумтупроққа бутунлай тўйиниб улгурмайди. Бу ўзлаштириш жараёни аралашмада оҳак ва C_2S камайиши сабабли янада секинлашади. Натижада тўйиниш коэффициенти юқори бўлган клинкерларда доим эркин оҳак бўлади. Бундай клинкерларда оҳак C_3S ҳолида иложи борича кўпроқ ўзлаштириб олиниши керак. Клинкер таркибида эркин оҳак 1...2% бўлса, у портландцемент сифатига ёмон таъсир кўрсатмайди. Бироқ унинг миқдори кўп бўлса, портландцемент ҳажмининг нотекис ўзгаришига сабаб бўлади, шунинг учун клинкер таркибида оҳакнинг кўпайишига йўл қўймаслик керак.

Совитиш зонасидан клинкер 1000...1100°С да чиқади ва уни бутунлай совитиш учун печ совиткичига юборилади. Клинкер совитилаётганда ундан ажратиб олинаётган иссиқлик яна печга қайтарилади.

Минерализаторлар Na_2SiF_6, $MgSiF_6$, Fe_2O_3, гипс ва фосфогипс таъсирида кальций карбонатнинг диссоциланишт температураси пасаяди, юқори температурада ҳосил бўлган суюқликнинг қовушқоқлиги камаяди ва унинг алит кристалланиш жараёнига таъсири сезиларли даражада кучаяди.

Ўзбекистон Республикасида янги бирикма — кальций сульфоалюминати — $3CaO \cdot 3Al_2O_3 \cdot CaSO_4$ нинг юқори температурада ҳосил бўлиши кашф этилди. У гипс ва фосфогипс минерализатор тарзида қўлланилганда оралиқ маҳсулот сифатида ҳосил бўлади. Бу унинг иштирокида анча паст температурада ҳам кўп миқдорда C_3S ҳосил бўлишига олиб келади. Ҳосил бўлган $3CaO \cdot 3Al_2O_3 \cdot CaSO_4$ комплекс бирикма эса C_3A нинг юзага келишига ҳалақит беради. Бундан ажралиб чиққан кальций оксид C_2S нинг C_3S га қадар тўйиниши учун сарф бўлади, гипсли аралашмаларда мазкур (C_3S) минералнинг кўплиги шу билан боғлиқ.

Актив бўлмаган C_3A ўрнини $3CaO \cdot 3Al_2O_3 \cdot CaSO_4$ ва маълум қисм C_2S нинг ўрнини C_3S эгаллайди. Натижада цемент активлиги ҳам ортади. Фторидли аралашмада гипсни минерализатор сифатида ишлатиш яхши самара бера-

ди. Бунга эришиш учун Al_2O_3 нинг клинкердаги бир оғирлик бирлигига $CaSO_4$ ва CaF_2 дан 0,7 оғирлик бирлиги қўшиш тавсия этилади, бу эса куйдириш температурасини 50...70°С га камайтириш ҳамда цемент мустаҳкамлигини 30...40% ва ундан кўпга ошириш, шунингдек, ишқорларнинг зарарли таъсирини йўқотиш имконини беради.

Клинкерни туйиш

Муайян техник хоссаларга эга бўлган портландцемент олиш учун клинкерни туйиш, унга гипс ва актив минерал қўшилмалар қўшиш керак. Гидравлик қўшилмаларнинг кўпи ғовак, табиий шароитда жуда нам бўлади. Шунинг учун қўшилмалар қуритиб туйилади.

Гипсли қўшилма сифатида икки молекула сувли гипс, яъни гипстош ишлатилади. Гипстош жағли майдалагичларда майдаланади, у одатда қуритилмайди. Бу қўшилмадан кўпи билан 2...3% қўшилади. Тайёрланган клинкер қанчалик майда туйилса, портландцементнинг активлиги шунчалик юқори бўлади, у дастлаб тез қотади.

Портландцемент ишлаб чиқариш технологиясида энг кўп энергия сарфланадиган операциялардан бири туйиш ҳисобланади. Шарли тегирмонда майдаланган 1 т портландцемент учун соатига 30 кВт ва ундан ортиқ электр энергия сарфланади. Шунинг учун заводларнинг техник-иқтисодий кўрсаткичларига кўра, 008 рақамли элакда 5...8% гача қолдиқ қоладиган қилиб туйилган портландцемент, 2...4% ва ундан кам қолдиқли тез қотувчан цемент ишлаб чиқарилади. Бу ҳолда цементларнинг солиштирма сирти тегишлича 300...350 м²/кг ва 400...450 м²/кг га етади.

Цемент кукуни ўлчамлари, асосан 5...10 мкм дан 30...40 мкм гача бўлади.

Цементларнинг солиштирма сирти ортган сари унинг мустаҳкамлиги ва қотиш тезлиги ортади, чунки заррачаларнинг актив сатҳи ўсади. Аммо бу кўрсаткичлар маълум дисперслик даражасигача, яъни солиштирма сатҳи 700...800 м²/кг бўлгунча ортади. Бу чегарадан сўнг қотган цементтошнинг мустаҳкамлик кўрсаткичлари одатда ёмонлашади.

Амалда кукунлашнинг икки хил схемаси ишлатилади: очиқ цикл ва ёпиқ цикл.

Клинкерни очиқ цикл бўйича туяётганда материаллар тегирмондан қўшимча ишловсиз бевосита тайёр маҳсулот-

лар омборига юборилади, ёпиқ циклда эса тегирмондан чиққан материаллар сепараторларда эланади, цементнинг йирик доналари қайта туйишга юборилади, майдаси эса тайёр маҳсулотлар омборига жўнатилади. Тайёр цемент заводларда ҳар бирининг сиғими 2500...10000 т бўлган диаметри 8...18 м ва баландлиги 25...40 м бўлган темирбетон силосларда сақланади. Цемент силосларининг умумий сиғими камида 10 суткалик ишлаб чиқарилган цементни сақлашга етарли бўлиши кўзда тутилади. Ҳар бир заводда бундай силослардан камида 4 та бўлиши керак. Иккитасида цемент етилади ва совийди учинчисига цемент тўлдирилади, тўртинчисидан олинади.

Портландцементнинг қотиши, хоссалари ва ишлатилиши

Мураккаб таркибли портландцементнинг сув билан бирикишини ва янги ҳосил бўлган маҳсулотларнинг цементни физик-механик хоссаларига таъсирини аниқ билиш учун ҳар бир компонентнинг сув билан реакцияга киришишини кўриб чиқиб, сўнгра мураккаб жараён ҳақида тўла тушунчага эга бўлиш мумкин.

Алит — клинкерда Al_2O_3 ва MgO қўшимчаси билан бирга учрайдиган C_3S нинг қаттиқ эритмаси бўлиб, сув билан реакцияга киришганда атроф муҳит температурасига ва кальций гидроксид концентрациясига боғлиқ ҳолда эриб турли гидросиликатлар ҳосил қилади.

Одатдаги температура ва $Ca(OH)_2$ нинг эритмадаги концентрациясида CaO ҳисобланса, унинг миқдори 0,05...1,1 г/л бўлганда, маълумотларга кўра, C_3S нинг гидратацияси туфайли кам кристалланган ўзгарувчан таркибли $CaO_{0,8-1,5} \cdot SiO_2 \cdot H_2O_{2,5-1}$ гидросиликатлар ҳосил бўлади. Эритмада $Ca(OH)_2$ нинг концентрацияси қанча кам бўлса, ҳосил бўлган гидросиликатларнинг асослилиги шунча паст бўлади. Бундай гидросиликатлар Богг — CSH(B) кўринишидаги умумий формула билан ёки Тейлор — CSH(I) билан белгилаган.

Эритмада $Ca(OH)_2$ нинг концентрацияси тўйинган ва ўта тўйинган, $Ca(OH)_2$ нинг эрувчанлиги ошадиган даражага етганда C_3S метастабиль таркибли гидросиликат $CaO_{1,5-2} \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$ га айланади.

Боггга кўра у C_2SH_2 формуласи билан, Тейлорга кўра C_2SH(II)— билан белгиланади. Бироқ қотувчи цемент ха-

мири аралашмасининг температураси 30...50°С га етганда, шунингдек $Ca(OH)_2$ нинг эрувчанлигини камайтирувчи эритмада ишқорнинг борлиги, асосан $3CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O$ таркибли гидросиликатларни ҳосил қилишга имкон беради. Бу бирикма CSH(B) группасига тааллуқлидир. Шунинг учун яхши кристалланган тоберморит — $C_5S_6H_5$ ҳам шу группага киради.

Агар цемент хамирида, асосан $3CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O$ ҳосил бўлади деб фараз қилсак, у ҳолда C_3S нинг сув билан реакцияси қуйидагича ёзилади:

$$2(3CaO \cdot SiO_2)+6H_2O = 3CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O + 3Ca(OH)_2$$

Кўриниб турибдики, бу реакцияда уч кальцийли силикат гидролитик парчаланиш натижасида кўп миқдорда эркин кальций гидрат оксид ҳосил қилади. Бу гидрат цементтош структурасини ўзгартириши билан бирга унинг сувда емирилишини ҳам тезлаштиради. Бу ҳолатнинг олдини олиш ҳақида қуйида тўхталиб ўтилади.

CSH(B) группасидаги кальций гидросиликатлар қатлами кристалл структурага эга бўлиб, H_2O молекулаларини турли миқдорда (2; 5; 1; 0,5) қатор орасида ушлаб туради. Бу сув кристалл текисликлари орасидаги бўшлиқдан буғланиб кетиши ва яна сингиб кириши мумкин. Натижада кристалл тўр киришади ва сув сингиб кирганда шишади. 2...2,5 молекула сувли гидросиликатлар одатдаги температурада ва у бир оз кўтарилганида ҳам барқарор туради. Температура 100°С атрофида бўлганида гидрат сувнинг миқдори бир молекулагача камаяди, температура 250°С гача ортса, сув 0,5 молекула қолади. 450...500°С да гидрат структураси ўзгармасдан гидросиликатларнинг тўла сувсизланиши бошланади. 700...800°С да тўр ўзгариб анчагина киришади ва натижада β — волластонит ҳосил бўлади.

CSH(B) ва C_2SH_2 группасидаги гидросиликатлар қалинлиги 20...30 Å икки-уч молекула қатлам атрофида, кенглиги 400...500 Å, ўртача узунлиги 1 мкм га яқин жуда юпқа барг каби ҳосил бўлади.

Янги маҳсулот заррачаларининг солиштирма сатҳи; икки қатламининг қалинлиги 376 $м^2/г$, уч қатламининг қалинлиги 252 $м^2/г$.

CSH(B) ва C_2SH_2 гидросиликатлар мунтазам равишда сув билан ишланса, $Ca(OH)_2$ эриб ювилиши ҳисобига улар

тўла парчаланади. Ювилмай қолган қаттиқ қисм асосан ғовак ҳолатдаги сувли кумтупроқдан иборат.

Замонавий маълумотларга кўра, C_3S нинг 175...200°С даги гидратацияси $Ca(OH)_2$, C_2SH_2, $C_2SH(A)$, (1,8...2,4) $CaO \cdot SiO_2$(1...1,25) · H_2O лардан иборат турли маҳсулотларни ва уч кальцийли гидросиликат $C_3SH_{1,5}$ ни ҳосил қилади. Кўрсатиб ўтилган гидросиликатларнинг қайсинниси кўп ҳосил бўлиши температура, иссиқ-нам шароитда ишлов беришнинг вақтига ва бошқа факторларга боғлиқ.

β — икки кальций силикат 160°С гача гидратация жараёнида C_2SH_2 ни ҳосил қилади. Бу бирикма яна юқорироқ температурада $C_2SH(A)$ га, Тейлор бўйича эса C_2S нинг α — гидратига ўтади.

C_3S ва C_2S нинг кварц қуми билан 10:30 ва 50:50 нисбатдаги аралашмаси 175...200°С да 8...10 соат давомида иссиқ-нам шароитда ишлов берилганда CSH(B), қум кам бўлганда CSH(B) билан биргаликда $C_2SH(A)$ ҳосил бўлади.

CSH(B) типдаги гидросиликатлар 150...200°С да 10...20 мономолекула қалинлигидаги пластинкадан иборат бўлади. Бу эса янги маҳсулотларнинг оддий температурада ҳосил бўлгандагига нисбатан солиштирма сатҳини жуда ҳам камайтириб юборади. Кристалланиш даражаси анча ортади.

Уч кальцийли алюминат C_3A одатдаги шароитда гидратацияланганда олдин метастабил гексагонал пластинкасимон бирикма — $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot (10...12)H_2O$ ҳосил бўлади. Аммо бу модда икки кальций ва тўрт кальций гидроалюминатларнинг эквимоляр нисбатдаги аралашмасидан иборат деб тахмин қилинади. Бу фаза нисбатан паст температурада ва намлик камроқ бўлган муҳитда бир қисм гидрат сувини йўқотади (10...$8H_2O$ гача). 105°С да гидрат сувининг миқдори 6...8. H_2O гача камаяди.

Сув эритмасидан $Ca(OH)_2$ нинг концентрацияси кўпи билан CaO ҳисобида 1,08 г/л бўлса, юқорида кўрсатилган фаза аста-секин $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 13H_2O$ га айлана бошлайди.

25°С дан юқорида гексагонал пластинкасимон фаза — C_3AH_{12} 105°С да барқарор кубсимон $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O$ га ўтиш қобилиятига эга бўлади. 275°С ва ундан юқори температурада бу бирикма $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 1,5H_2O$ га айланади.

C_3A сув ва гипснинг турли модификациялари иштирокида одатдаги температурада гидратланиб гидросульфоа-

люминат деб аталувчи комплекс бирикма $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot (30...32)\ H_2O$ ҳосил қилади. Бу бирикма гидросульфоалюминатнинг юқори сульфатли шакли деб ҳам аталади. У одатда $Ca(OH)_2$ нинг тўйинган эритмасидан қуйидаги реакция бўйича ҳосил бўлади:

$$3CaO \cdot Al_2O_3 + 3CaSO_4 \cdot 2H_2O + 25H_2O = 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$$

Табиатда учрайдиган бундай таркибли минерал модда эттрингит деб аталади.

$Ca(OH)_2$ ва кальций сульфатнинг паст концентрацияларида, асосан гидросульфоалюминатнинг бир сульфатли шакли ҳосил бўлади. У кўпинча $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 13H_2O$ билан қаттиқ эритма ҳосил қилади, унинг формуласи қуйидагича: $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Ca(OH)_2 \cdot 12H_2O$.

Сувли эритмаларда кальций оксиднинг миқдори 0,027 г/л дан кам бўлса, уч сульфатли шаклдаги гидросульфоалюминат барқарор бўлмайди.

Таркиби ва структурасига кўра, гидросульфоалюминатларга ўхшаш бошқа силико-, карбо-, хлоралюминат деб аталувчи комплекс бирикмалар ҳам бор, улар қуйидагилар: $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSiO_3 \cdot 12H_2O$; $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSiO_3 \cdot 31H_2O$; — гидросиликоалюминат, $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCO_3 \cdot 12H_2O$; $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaCO_3 \cdot 31H_2O$; — гидрокарбоалюминат, $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCl_2 \cdot 10H_2O$ — гидрохлоралюминат кальций ва бошқалар.

Алюмоферрит фазаси сув билан қуйидаги реакцияга киришади:

$$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3 + 7H_2O = 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O + CaO \cdot Fe_2O_3 \cdot H_2O$$

Аммо кўп миқдордаги сув таркибида $Ca(OH)_2$ нинг бўлиши бир кальций гидроферрит тўрт кальций ферритли гидратига қуйидаги реакция бўйича айланади.

$$CaO \cdot Fe_2O_3 \cdot H_2O = 3Ca(OH)_2 + 10H_2O = 4CaOFe_2O_3 \cdot 13H_2O$$

Целит ва ферритли цементлар таркибида икки кальцийли феррит бор. У гидратацияланганда икки кальций гидроферрит $2CaO \cdot Fe_2O_3 \cdot 2H_2O$ ҳосил қилади. Бу бирикма $Ca(OH)_2$ эритмаларида $3CaO \cdot Fe_2O_3 \cdot 6H_2O$ га, айрим маълумотларга кўра эса $4CaO\ Fe_2O_3 \cdot 13H_2O$ га айланади.

Клинкер минералларнинг сув билан ўзаро таъсир этиш жараёни ҳамма вақт бир хил тезликда ўтаверади. C_3A сув билан анча тез таъсир этишади, C_4AF эса бир мунча се-

кинроқ, C_3S ундан ҳам секин, C_2S жуда суст таъсир этишади.

Уч ва тўрт кальций гидроалюминат ва гидроферритларнинг бир хил таркиблиси бир вақтнинг ўзида ҳосил бўла бошласа, уларнинг умумий формуласи $3CaO \cdot (Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3) \cdot 6H_2O$ ва $4CaO \cdot (Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3) \cdot 13H_2O$ бўлган қаттиқ эритмалар ҳосил бўлади.

Гидроферритлар гидроалюминатлар сингари гипс ва кальций хлорид билан комплекс бирикмалар: $3CaO \cdot Fe_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot (30—32)H_2O$ ва $3CaO \cdot Fe_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot (10—12)H_2O$ ҳосил қилади. Туйилган қум билан 175...200°С да гидрогранатларни:

$$3CaO \cdot (Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3) \cdot xSiO_2 \cdot (6—2x) \cdot H_2O$$

Шунингдек, CSH(B) типдаги гидросиликатларни ҳосил қилади. C_2F ҳам автоклавда иссиқ-нам ишловига учратилса, худди шундай жараён содир бўлади.

Цемент таркибидаги алюминат, алюмоферрит ва шиша фазасидаги $Na_2O + K_2O$ сув билан реакцияга киришганда, эриб NaOH ва KOH ҳосил бўлади. $CaSO_4$ иштирокида *ишқорлар у билан реакцияга киришиб*, Na_2SO_4 ва K_2SO_4 ҳосил қилади. Натрий ва калий ишқорлари сувда $Ca(OH)_2$ нинг концентрациясини пасайтириб, билвосита вужудга келадиган кальций гидросиликатлар таркибига таъсир этади. Одатда цемент ҳамирининг сувли эритмасида ишқорларнинг умумий миқдори 1% дан ортмайди.

Портландцементнинг сув билан реакцияга киришганда бирданига цемент таркибига кирувчи айрим минералларнинг ва фазаларнинг гидратацияси ва гидролизи бошланади. Биринчи навбатда, сув билан C_3A реакцияга киришиб, умумий таркибли гидроалюминатлар аралашмасини (C_3AH_{10-12}) ва сўнгра C_4AF гидратини ҳосил қилади. C_3S бирмунча суст гидратланади ва гидролизланади. У сувни $Ca(OH)_2$ га тўйинтириб боради. Белит эса сув билан ўта суст реакцияга киришади. Айни бир вақтда мураккаб иккиламчи реакциялар ҳам кетади. Улардан айримлари уч сульфат шаклидаги гидросульфоалюминат ва гидросульферритларни ҳосил қилади. Бу бирикмаларнинг қаттиқ эритма ҳолида ҳосил бўлиши суюқ муҳитда $Ca(OH)_2$ ва $CaSO_4$ концентрациясининг юқорилигини кўрсатади. Умумий таркибли гидросульфоалюминатлар $C_3(AF) \cdot 3CaSO_4 \cdot (30—32)H_2O$

ёмон эрувчанлиги туфайли ўта майда дисперс заррачали қаттиқ фаза ҳосил қилади. Кейинчалик системада кальций сульфат миқдорининг камайиб бориши туфайли, уч сульфатли фаза аста-секин бир сульфатли фазага айни шу вақтнинг ўзида таркиби $C_3(AF) \cdot CaSO_4 \cdot 12H_2O$ ва $C_4(AF) \cdot 13H_2O$ дан ташкил топган мураккаб қаттиқ эритмали бирикмаларни ҳосил қилади. Ҳаводаги CO_2 иштирокида, қисман $C_3A \cdot CaCO_3 \cdot 12H_2O$ ҳам ҳосил бўлиши мумкин. Портландцемент дастлаб сув билан бирикканда серсув гидратли бирикмалар $2CaO \cdot SiO_2 \cdot 4H_2O$, $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 12H_2O$, $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$ ва бошқалар ҳосил бўлади. Вақт ўтиши билан аста-секин қотиш жараёни кўрсатилган бирикмалар парчаланиб портландцемент кам сувли гидратларга, жумладан, $C_3S_2H_3$; C_3AH_6; $C_3A \cdot CaSO_4 \cdot 12H_2O$ га ўтади. Шу нарса маълумки C_2S ва C_3S нинг эрта гидратацияланишида таркиби жиҳатидан яқин бўлган кальций гидросиликатлар ҳосил бўлади, C_3S нинг гидратацияси мобайнида эркин ҳолда ажралиб чиқадиган $Ca(OH)_2$ кристаллари қотаётган массанинг микротўлдиргичи вазифасини бажаради, яъни C_2S ва C_3S бир хил даражада гидратацияланганда улардан ҳосил бўлган мономинерал тошларнинг мустаҳкамлиги бир-бирига яқин бўлиши керак.

Кальций гидросиликатларни кальций силикатларнинг гидратлари дейиш мумкин. Айрим гидросиликатларда сув турлича боғланган бўлади: OH, H_2O-гидратли, кристаллик цеолитли. Шунинг учун уларнинг дегидратацияси ҳам турличадир.

Тейлор кальций гидросиликатларнинг қуйидаги асосий группаларини белгилади:

1. Структурасига кўра волластонитга яқин бирикмалар; некоит, окенит, ксонотлит, фашогит, геллебрандит.
2. Тоберморитли;
3. Гидролитли: гидролит, трускоттит, Z — фаза;
4. $\gamma - C_2S$ структурасига кўра яқин бирикмалар: кальций хондродит (гидрат $\gamma - C_2S$);
5. Бошқа кальций гидросиликатлар: афвиллит, гидрат C_2S, γ —фаза.

Волластонит группаси. Бу группага некоит, окенит, ксонотлит, фошагит ва гиллебрандит киради. Ана шу бирикмалар учун 7,3 Å га яқин текисликлараро масофа хос. Шунингдек, волластонит учун бир йўналишда такрорла-

наверадиган 7,3 Å га яқин текисликлараро масофа характерли, бу эса мазкур группа гидросиликатларни гидратланган волластонит дейишга имкон беради. Волластонит структурасида метасиликат занжирлар шундай боғланганки, унда ҳар учинчи тетраэдр такрорланади. Шунга кўра, уларни уч каррали дейиш мумкин. Si = 0 элементлар волластонит структурасида ўқ бўйлаб ҳар 7,3 Å да, Ca = 0 элементлари эса ҳар 3,65 Å да такрорланади.

Неконт $C_3S_6H_6$ ва окенит CS_2H_2 800°C да бир қанча ўзгаришлардан сўнг улар волластонитга айланади. Ксонотлит C_6S_6H гидротермал шароитларда 150...400°C оралиғида реакцияга мойил турли материаллардан $CaO : SiO_2$ — 1:1 да осон синтез қилиб олинади. Бу бирикма 374°C ли нуқтага қадар сув буғида тўйинган муҳитда, шунингдек, қизитилган буғда ҳосил қилинган. Н. В. Белов фикрича, ксонотлит таркиби $Ca_6(Si_6O_{17}) \cdot (OH)_2$ формуласига мос келади.

Фошагит — $Ca_4(Si_3O_9) \cdot (OH)_2$. Бу модда Тейлор бўйича илк бор Флинт томонидан тегишли таркибли шишадан 300...350°C да тўйинган буғ муҳитида синтез қилинган. У 700°C да парчаланиб, волластонит ҳосил қилади.

Гиллебрандит C_2SH — табиий минерал бўлиб, унинг хоссалари яхши ўрганилган. У тегишли таркибдаги оҳак ва қумтупроқ аралашмасидан 150...250°C да тўйинган сув буғида ишлов бериб синтез қилинади. Гиллебрандит 520...540°C да дегидратацияланади. Унинг Белов ва Мамедов белгилаган тузилиш формуласи $Ca_{12}(Si_6O_{17}) \cdot (OH)_4 \cdot 12Ca(OH)_2$. *Гиллебрандит* CO_2 *таъсирида парчаланиб* $CaCO_3$ ва амморф SiO_2 ҳосил қилади.

Тоберморитлар группаси. Бу группага, одатда ишлаб чиқариш шароитида портландцемент гидратациясида ҳосил бўладиган барча кальций гидросиликатлар киради. Тоберморитлар OH группаси ва турли хил миқдорда H_2O га эга. Улар структурасига кўра, монтморилионит гиллари ва вермикулитни эслатади. Сув турли ораликдаги қатламлар ўртасида бўлади. *Битта* SiO_2 молекуласига $2H_2O$, H_2O ва $0,5H_2O$ тўғри келади. Бу жуда мураккаб группа бўлиб, унинг таркиби ҳам аниқ эмас.

Афвиллит $C_3S_2H_3$ илк бор 1956 йил тавсифланган, унинг тўрлари параметри маълум. Структура формуласи $Ca_3 \cdot 2H_2O[SiO_3(OH)]_2$. У SiO_2 ҳамда CaO аралашмасидан син-

тез қилиб олинади, паст температурада ҳосил бўлади, 240°С температурага чидамли, 275...285°С қадар қиздирилганда ўз таркибидаги сувни йўқотади. Атомларнинг қайта группаланишига мос келадиган экзоэффектга (820°С) эга.

γ — фаза (C_6S_3H) табиатда топилмаган. Синтез йўли билан олинган. У C_2S нинг барча хилларидан, шунингдек 350...800°С да ва 30...200 МПа босимда оҳак билан қумтупроқ аралашмасидан осонгина олинади.

Портландцементнинг қотиши. Майдаланган, қўшилмаларсиз клинкерли цемент сувда қорилганда, вақт ўтиши билан мустаҳкамлана борадиган ва тошсимон ҳолга ўтадиган цементтошга айланувчи пластик хамир ҳосил бўлади. Анорганик боғловчи моддаларнинг қотиши тўғрисида академик А. А. Байков ва унинг мактаби ишлаб чиққан классик назарияга кўра бу жараён уч босқичга бўлинади. Шу босқичлар давомида клинкер кукуни сув билан қоришти-рилгандан сўнг мустаҳкам тошсимон материалга айланади.

Эриш босқичи. Цемент доналари сувга тушганда минералларнинг юза қатламлари эритмага ўтади, натижада цемент доналарининг чуқурроқ қатламлари очилиб қолади. Эритма дастлабки модда — клинкер минераллари билан тўйинмагунча эриш жараёни давом этаверади. Одатдаги шароитда клинкер минералларининг сув билан ўзаро таъсир этиш реакциялари баъзи минераллар (C_2S ва C_3A) учун гидратация реакциялари бўлади.

Коллоидланиш босқичи. Клинкер минераллари ва уларнинг ҳосилалари сувда турлича тезликда эрийди. Кальций гидроксид сувда айниқса яхши эрийди. У уч кальций силикат гидролизлангани заҳоти оҳакка тўйинган эритма ҳосил қилади. Кальций гидросиликатлар, гидроалюминатлар, гидроферритлар дистилланган сувда бир оз эрийди, оҳакка тўйинган эритмада эса бутунлай эримайди. Шу туфайли клинкер минералларнинг сув билан ўзаро таъсир этиш маҳсулотлари — кальций гидросиликатлар, гидроалюминатлар ва гидроферритлар $Ca(OH)_2$ сингари эритмага ўтмайди, балки шу заҳоти коллоид эритмалар ҳосил қилиб майда-майда қаттиқ заррачалар ҳолида ажралиб чиқа бошлайди.

C_3S яна гидролизланиши туфайли ҳосил бўладиган кальций гидрат оксидининг янги улушлари оҳакка тўйинган

эритмада энди эрий олмайди ва $Ca(OH)_2$ ҳам жуда майда коллоид заррачалар кўринишида ажралиб чиқа бошлайди.

Ҳосил бўлган коллоид массалар қовушқоқ ва ёпишқоқ бўлади. Шу сабабли цемент хамири пластиклик ва боғловчи хоссаларига эга. Цемент хамирнинг қовушқоқлиги бетонбоп қоришманинг айрим ташкил этувчилари, шағал, қум ва цемент хамирига ажралиб, қатламлана бошлашига тўсқинлик қилади. Бироқ цемент хамирида нисбатан қисқа вақт ичида ва фақат цемент қорилгандан кейинги дастлабки вақтда, яъни коллоид массаларнинг анчагинаси сувга аралашгани ва коагуляцияланганда бундай ҳол юз беради.

Клинкер минералларнинг янги улушлари сув билан ўзаро таъсир этаверади. Натижада кўп миқдордаги сув кимёвий бирикма — гидратлар ҳосил қилади. Цемент хамиридаги эркин сув миқдори камаяди, натижада айрим коллоид заррачалар бир-бирига яқинлашади, йириклашади ва ўзаро елимланиб қолади. Натижада цемент хамирининг пластиклик ва боғловчилик хоссалари йўқолади. Бу ҳолда тўлдиргичлар қўшиб қорилган цемент хамиридан пластик бетонбоп қоришма ва мустаҳкам бетон ҳосил бўлади.

Кристалланиш босқичи. Цемент клинкер минералларининг янги коллоид ҳосилалари бир хилда кристалланмайди. Биринчи навбатда кальций гидроалюминатлардан ва қисман кальций гидроксиддан кристалл тўрлар ҳосил бўла бошлайди. Кальций гидросиликатлар эса анча вақтгача коллоид ҳолда туради. Шунинг учун цементнинг дастлабки қотиш давридаги мустаҳкамлиги кальций гидроалюминатлар, шунингдек $Ca(OH)_2$ кристалларидан ҳосил бўладиган кристалл тўри мустаҳкамлигига боғлиқ. Бироқ цементтош бундан кейин, асосан гидросиликатлар ҳисобига мустаҳкамлана боради. Гидросиликатлар аста-секин зичланиб кристалланади. Зичланган коллоид массалар ва гидросиликатнинг кристалл ҳосилалари гидроалюминатлар ва $Ca(OH)_2$ нинг кристалл турларига қараганда анча мустаҳкам бўлади. Асосан, $Ca(OH)_2$ билан ўзаро актив таъсир этишадиган аморф қумтупроқ SiO_2 дан ташкил топган гидравлик қўшилмалар портландцементнинг чучук сувга чидамлилигини оширади. Бунинг сабаби шундаки, $Ca(OH)_2$ билан ўзаро реакцияга киришганда нисбатан яхши эрийдиган оҳак қумтупроқ билан амалда эримайдиган кальций гидросиликат $CaO{\cdot}SiO_2 \cdot nH_2O$ ҳосил қилади.

Шундай қилиб, портландцемент таркибида гидравлик қўшилмалар (ва гипс) бўлганда иккиламчи жараён рўй беради: клинкер минераллари билан сув ўртасидаги реакцияларнинг маҳсулотлари ва қўшилмалари кимёвий ўзаро таъсир этишади. Натижада портландцементнинг тишлашиш муддати узаяди ва сувга чидамлилиги ортади.

Портландцементнинг тишлашиш муддатлари бир қатор факторларга, яъни цемент хамири температурасига, қоришмага солинадиган сув миқдорига, клинкернинг минералогик таркиби, цементнинг майдалаб туйилганлиги, гипс ва қўшилмалар миқдорига боғлиқ. Цемент хамирининг харакатчанлиги йўқолган дастлабки давр цементнинг тишлашиши бошланганлигини, унинг тошдек қаттиқ ҳолга келгани эса цементнинг тишланиб бўлганлигини билдиради.

Стандартда кўрсатилган талабларга мувофиқ портландцемент 45 минутдан кейин тишлаша бошлаши ва камида 12 соатда тишлашиб бўлиши лозим.

Температура ортиб бориши билан цементнинг тишлашиш муддати тезлашади, температура пасайиб бориши билан эса секинлашади. Сув керакли миқдордан ортиқ қўшилса ҳам цементнинг тишлашиши секинлашади.

Клинкер минералогик таркибининг ва солиштирма сирт миқдорининг тишлашиш муддатларига таъсири клинкер минералларининг гидратацияланиш тезлиги билан характерланади, цемент хамирининг тишлашиш жараёнида C_3A асосий роль ўйнайди, уч кальций алюминат қандай тезликда тишлашса, гипс қўшилмаган майдаланган портландцемент клинкери ҳам тахминан шундай тезликда тишлаша бошлайди.

Цементдан қанча иссиқлик ажралиб чиқиши у қанчалик майда туйилганлиги ва минералогик таркибига, унда минерал қўшилмаларнинг бор-йўқлигига боғлиқ. Энг кўп иссиқлик *гидратацияси* C_3A (қарийб 1050 *кал/г*) билан C_3S (тахминан 540 кал/г) дан бўлади. Икки кальций силикат тегишли равишда 3-2 марта кам иссиқлик чиқаради. Шуни айтиш керакки, бетон конструкциясининг температураси жами гидратация иссиқлигига эмас, балки иссиқликнинг ажралиб чиқиш тезлигига ҳам боғлиқ. C_3A ва C_3S дан айниқса кўп иссиқлик ажралиб чиқади. Демак, яхлит бетон конструкциялари учун таркибида шу минераллар кўп бўлган портландцементларни ишлатиб бўлмайди.

Натижада бетон конструкциялар ўз-ўзидан қизийди. Бу ҳолатнинг яхши ва ёмон томонлари бор. Масалан, қиш вақтида цемент экзотермияси бетон қилинаётганда конструкциянинг тез музлашига йўл қўймайди. Бу эса қотиш жараёнига яхши таъсир кўрсатади. Бироқ жуда кўп иссиқлик ажралиб чиқиши ҳам номақбул ҳодисадир, чунки цемент экзотермияси натижасида яхлит бетон конструкциялар ичидаги температура 50...60°С ва ундан ҳам ортади, демак, ташқи қатламлар ҳаво температурасида бўлади. Бу эса конструкциянинг ташқариси ва ичкарисидаги температуранинг турлича бўлишига олиб келади. Бетон элемент ҳам, ҳар қандай тош минерал каби температура ортиши билан ўлчами катталашади ва аксинча температура пасайиши билан тораяди. Бинобарин, бетоннинг анча совиган ташқи қатламлари сиқилишга интилади, лекин қизиб кетган ички қатламлари бунга йўл қўймайди. Натижада, бетоннинг сиртқи қатламлари чўзилган (зўриққан) ҳолатда қолади ва ёриқлар пайдо бўлади. Демак, бу ҳодисанинг олдини олиш учун белит цемент ишлатилгани маъқул, бироқ бундай цементларнинг мустаҳкамлиги анча паст.

Ҳажмий ўзгаришларнинг қуйидаги турлари бор: цемент хамири чўкиши (киришиш), цемент — сув системаси тортилишининг рўй бериши, ҳажмий кенгайиши, киришиш ва шишиш, температура таъсиридаги ҳажмий ўзгаришлардир. Цемент доналари оғирлиги кучи таъсирдан сувда чўкиши туфайли сув юқорига сиқиб чиқарилади, цемент доналари эса (аввал йириклари, сўнгра майдалари) тўпланиб қолади. Цемент аралашмаларининг қатламланиш деб аталадиган бу хоссаси бетон конструкциялари мустаҳкамлигига катта таъсир қилади; цемент хамирининг юқориги серсув қатламларида, қотганидан сўнг унчалик мустаҳкам бўлмаган ғовак-цементтош ҳосил бўлади. Бундай қатламланиш натижасида тўлдиргич остига унчалик мустаҳкам бўлмаган ва энг ғовак цементтош қатлами жойлашади. Шунинг учун механик кучлар таъсирида бетон худди шу энг бўш жойидан бузилади. Бундан ташқари, бетон ғовакларига сув кириб музлаб қолиши туфайли унинг совуққа чидамлилиги, шунингдек, агрессив суюқликлар таъсирида коррозияланишга чидамлилиги ҳам камаяди.

Қатламланиш жараёни унчалик кўп давом этмайди. Бироқ чўкишнинг нисбий миқдори анчага (2...3%гача) етади.

Цементнинг сув тутиб тура олиш қобилияти ўз навбатида цемент қанчалик майда туйилганлигига ва унинг таркибига боғлиқ.

Цементтош ҳавода қотаётганда, одатда ҳажми кичрайди (киришади), сувда қотаётганда эса бир оз ортади (шишади). У бир ой давомида қотганда 0,5...0,6%га кенгайиши ёки киришиши мумкин (яъни 1 м да 5...6 мм киришади). Оқибатда цементтошга қараганда бетон бир неча баравар кам киришса ёки шишса яхлит бетон конструкциялар дарз кетиши мумкин. Қотишнинг дастлабки давридаги киришиш ва шишиш бир ойлик жараённинг 60...70%ига етади. Бунга сабаб, кўрсатилган давр ичида гидратланаётган цемент доналарининг намни тортиш ва буғланиш ҳисобига хамирнинг айниқса тез сувсизланишидир. Сувсизланиш натижасида заррачалар бир-бирига яқинлашади ва цементтош киришади. Вақт ўтиши билан чўкиш ва шишиш деформациялари тўхтайди, бироқ атроф муҳитнинг намлиги ўзгариши билан бу жараён яна давом этиши мумкин.

Цементтош кимёвий реакциялар натижасида ҳам ҳажмий кенгайиши мумкин. Мисол учун клинкер таркибидаги эркин оҳак ва магний оксидининг сўниши, шунингдек, уч кальций алюминат билан гипснинг ўзаро таъсир этиши ҳамда кимёвий реакцияларда ажралиб чиққан иссиқлик натижасида цементтошда деформация содир бўлиши мумкин.

Портландцемент мустаҳкамлик кўрсаткичларига кўра маркаланади. 28 кун қотирилган намунанинг сиқилишидаги мустаҳкамлик чегараси цементнинг активлиги деб аталади, марка шу кўрсаткичга қараб белгиланади. Агар цементнинг активлиги 54,6 МПа бўлса, унинг маркаси 500 деб белгиланади. Портландцемент учун 300, 400, 500 ва 600 маркалар белгиланган.

Қотаётган портландцементнинг мустаҳкамлиги вақт бўйича бир текис ортмайди. Портландцементдан тайёрланган бетон 3 кун давомида қотгандан сўнг унинг мустаҳкамлиги шу марка учун белгиланган 28 кунлик мустаҳкамликнинг ярмига етади, мустаҳкамликнинг қолган ярмига эса 25 кундан кейин эришилади. Бироқ портландцемент асосида тайёрланган бетоннинг 28 кунда эришилган мустаҳкамлиги бошқа хил гидравлик боғловчи моддалардан тайёрланган бетонларники каби охирги мустаҳкамлик бўлиб

ҳисобланмайди, у максимал мустаҳкамликнинг ўрта ҳисобда 50 %ини ташкил этади. Қулай шароитда цементтошнинг ёки бетоннинг қотиши бир неча йил давом этади, шу туфайли охирги мустаҳкамлик шу маркага хос мустаҳкамликдан баъзан бир неча марта ортиқ бўлиши мумкин. Цементтош мустаҳкамлиги ва бу мустаҳкамликнинг ўсиши айниқса клинкернинг минералогик таркибига боғлиқ. Уч кальций силикатнинг охирги мустаҳкамлиги ҳам, мустаҳкамликнинг ортиш тезлиги ҳам бошқа минералларникидан юқори. C_3S нинг мустаҳкамлиги айниқса қотишнинг дастлабки 7 кунида тез ортади. Шу давр ичида 28 кунлик мустаҳкамликнинг 70 % га яқини таъминланади.

Икки кальций силикат бутунлай бошқача қотиб мустаҳкамланади. C_3S га қараганда C_2S нинг мустаҳкамлиги дастлабки (28 кунгача) амалга ошмайди. Аммо кейинчалик C_2S нинг мустаҳкамлиги тезда орта бошлайди ва натижада C_3S каби мустаҳкамланади. Бу минералларнинг бирбиридан бундай фарқланишига сабаб гидратацияланиш тезлигидир.

C_3S нинг гидратацияси тахминан бир ойда тугаши мумкин, C_2S нинг гидратацияси эса бу вақтга келиб эндигина кучая бошлайди. Демак, дастлабки даврда тез қотадиган бетон тайёрлаш керак бўлса таркибида уч кальций силикат кўп бўлган алит портландцемент ишлатиш лозим. Бетон конструкциялари кўп вақт ўтгандан сўнг ниҳоятда мустаҳкамланиши талаб қилинса белит портландцемент ишлатиш керак. C_3A бошқа минералларга нисбатан унчалик мустаҳкам эмас, чунки у гидратланганда ғовак ва унчалик мустаҳкам бўлмаган структура ҳосил бўлади. C_3S ва C_2S гидратланганда эса янги анча зич структура ҳосил қилади.

Цемент клинкери сингари кўпминерал аралашмаларда C_3A цементтош мустаҳкамлигининг ўсишига яхши таъсир кўрсатади ва коллоид силикат массаларининг зичланиш жараёнига ёрдам беради. Тез қотадиган цемент таркибида фақат C_3A кўп бўлиши билан характерланади. Таркибида 60...70% C_3A+C_3S ва 10% C_3A бўлган цементнинг дастлабки қотиш даврида мустаҳкамлиги анча тез ортади.

Пластик цемент хамири тайёрлаш учун зарур бўлган сув миқдоридан клинкер минераллари кимёвий йўл би-

лан боғлаб олинадиган сув миқдори амалда доим кам бўлади. Масалан, бир ойдан сўнг цемент кимёвий йўл билан ҳаммаси бўлиб ўз оғирлигига нисбатан 15...20% сув бириктиради, ваҳоланки нормал қуюқ хамир олиш учун ҳам, одатда 25% дан ортиқ сув талаб қилинади. Конструкция қолипига жойласа бўладиган бетонбоп қоришмалар тайёрлаш учун, одатда, цемент оғирлигининг камида 28...30% и миқдорида сув керак бўлади.

Шундай қилиб, цемент хамирида ҳамма вақт ортиқча сув бўлади. Бу сув буғлангандан сўнг цементтошда ғовак ва бўшлиқлар ҳосил бўлади.

Цементтошнинг ғоваклиги бетон конструкцияларининг чидамлилигига сезиларли таъсир кўрсатади. Сув буғланиши туфайли ҳосил бўлган канал ва ғоваклардан цементтошга агрессив сув ва газлар ўтади, натижада унинг емирилишига йўл очилади.

Қотиш жараёни нормал ўтиши учун ва, демак портландцементтош янада мустаҳкамланиб бориши учун цементтошда доим сув бўлиши керак. Шунинг учун, цементтош қотиш жараёнининг биринчи кунларида жуда нам шароитда туриши зарур. Цементтошнинг қуриб қолишига йўл қўйилса, у мустаҳкам қотишдан тўхтайди. Цементтошнинг қотиши учун зарур нам шароит амалда ҳар хил усулда ҳосил қилинади: бетон конструкцияларга сув сепилади, буғланади, конструкцияга буғ ўтказмайдиган плёнка ҳосил қиладиган маҳсус эмульсиялар ёки полиэтилен плёнкалар қопланади ва ҳоказо.

16-§. Портландцемент турлари

Цементнинг кўп турлари маълум. Баъзи бирлари жуда тез қотса, баъзилари жуда секин қотади. Сув иншоотлари учун цементнинг бир тури ишлатилса, йўл қурилиши ишларига иккинчиси ва бинокорлик қоришмалари учун эса учинчи тури қўлланилади. Цементнинг бундай хилма-хиллиги, унинг таркибидаги тўртта минералнинг нисбатига боғликдир.

Цемент қанча яхши туйилган бўлса, унинг сифати шунча яхши бўлади, тишланиш қобилияти шунча ошади, чунки заррачаларнинг умумий юзаси қанча катта бўлса, модда заррачалари ўртасидаги физик-кимёвий жараёнлар шунча тўла ва тез ўтади.

Портландцемент гидравлик боғловчи моддаларнинг бир туридир. Бу боғловчи моддалар қаторига яна гилтупроқли цемент, пуццолан цемент, шлакли цемент, микротўлдирувчи цемент, кенгаювчи цемент каби гидравлик боғловчилар киради. Бу боғловчи моддалар яна бир қанча кўринишга эга.

Масалан, портландцемент таркибига кўра: оддий, алитли, белитли, алюминатли, алюмоферритли, ферритли, *хоссаси ва ишлатилишига кўра оддий*, тез қотувчан, махсус тез қотувчан, пластификацияланган, гидрофоб, сульфатли сувларга чидамли, ўртача экзотермик тампонаж, оқ ва рангли хилларга бўлинади.

1. Тез қотувчан портландцементлар

Жадаллик билан ўсиб бораётган индустриал қурилиш талабини қондириш учун заводлар олдига тайёр бетон элементларини кўплаб ишлаб чиқариш вазифаси қўйилади. Бунга эса ўз навбатида портландцементни жуда майдалаб туйиш ва таркибидаги актив минералларни кўпайтириш йўли билан эришилади. Бундай портландцемент 1—3 кун ичида мустаҳкамланиши билан оддий портландцементдан фарқ қилади. Бундай цемент ишлатилганда, йиғма механизмлар ишлаб чиқариш технологик жараёнининг муддати анча қисқаради ва корхонанинг ишлаб чиқариш унумдорлиги ортади.

1—2 кун ичида очиқ жойда мустаҳкамлиги етарли даражада ортадиган боғловчи модда *тез қотувчан цемент* деб аталади. Унинг 1 кундан кейинги сиқилишга мустаҳкамлиги 20 МПа бўлса, 3 кундан кейингиси 30 МПа гача кўтарилади. Бундай цементдан конструкциялар ёки буюмлар тайёрлаш лозим бўлса, шунингдек, буғлаш учун шароит бўлмаган жойларда ишлатилади. Тез қотувчан цемент олиш учун таркибида 50—60 % уч кальций силикат (C_3S), 8—14 % уч кальций алюминат (C_3A)билан тўрт кальций алюмоферрит (C_4AF) ҳамда 8 % қурилиш гипси қўшилган цемент клинкери ишлатилади. Қўшиладиган қурилиш гипси оптимал миқдордан ошмаслиги керак, акс ҳолда буюм ёки конструкцияда дарзлар ҳосил бўлиши мумкин.

Юқорида айтилганидек, гипс цементнинг тишлашиш қобилиятини секинлатибгина қолмасдан, балки дастлабки қотиш даврида унинг янада мустаҳкамланиб боришида

фаол иштирок қилади: гипс билан C_3A нинг ўзаро таъсиридан ҳосил бўлган кальций гидросульфоалюминат цемент бетонларнинг яна ҳам мустаҳкамланишига ёрдам беради. Бу вақтда энг муҳим шартлардан бири шуки, кальций гидросульфоалюминатнинг ҳосил бўлиш жараёни цементнинг биринчи қотиш кунларидаёқ тугаши мумкин (акс ҳолда бетон емирилади).

Кальций гидросульфоалюминатнинг ҳосил бўлиш тезлиги цементнинг қанчалик майда туйилганлигига ва гипснинг эриш даражасига, эриш даражаси эса ўз навбатида унинг модификациясига боғлиқ. Гипс қўшилма сифатида ярим молекула сувли $CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O$ ёки икки молекула сувли $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ кўринишда ишлатилади. Биринчисининг эрувчанлиги иккинчисиникига нисбатан 5 марта кўп. Демак, цементга ярим молекула сувли гипсни қўшиш кўпроқ самара берар экан.

Завод шароитида икки молекула сувли гипс ишлатиш мумкин. Цементни шарли тегирмонларда туйганда у жуда қизиб кетади ва ярим молекула сувли гипсга айланади. Гипс қўшимча сифатида туйилган цементга қўшилса, масалан, икки марта туйганда (амалда йиғма темир-бетон заводларида шундай қилинади) ярим молекула сувли гипс қўшган маъқул.

Бироқ цемент заводларида ҳамма вақт таркибида C_3S ва C_3A аралашмаси кўп бўлган цемент ишлаб чиқариб бўлмайди, бу хомашё сифатига, ёқилғи ва технологик жараённи ташкил этишга боғлиқ. Цементни жуда майдалаб туйиш ҳам иқтисодий жиҳатдан фойдали эмас. Аммо шу билан бирга темир-бетон буюмлари заводларида, айниқса олдиндан зўриқтирилган темир-бетон буюмлар ишлаб чиқариш учун тез қотадиган цемент керак бўлади. Бундай шароитларда цемент вибротегирмонларда яна бир марта туйиб олинади.

Йиғма темир-бетон ишлаб чиқаришда ишлатиладиган цементларнинг ҳаммаси вибротегирмонларда туйилиши мумкин. Шлак портландцементларни қайта туйиш айниқса яхши фойда беради.

Цемент вибрацион мосламада қайта туйилса, дастлабки даврда яна ҳам яхши мустаҳкамлана боради, маркаси ҳам ортади.

Цементнинг тез қотувчанлиги, биринчидан, унинг минералогик таркибига, иккинчидан, клинкернинг май-

даланиш даражасига боғлиқ. Клинкер қанчалик майда қилиб туйилса, олинган цемент шунча тез қотувчан бўлади. Шу сабабли, тез қотувчан цемент олишда унинг майдалик даражасини ифодаловчи солиштирма юзасини 350—450 м²/кг га етказиш керак (оддий портландцементнинг солиштирма юзаси 250—300 м²/кг.

Цемент заррачалари қанчалик кичик бўлса, унинг эриш ва гидратацияланиш жараёни шунчалик тезлашади. Масалан, цемент заррачаларининг катталиги 10 мкм бўлса, бундай цементдан тайёрланган намунанинг уч кундан кейинги мустаҳкамлиги 60 мкм бўлган цементникига нисбатан 7 марта катта бўлади. Цементнинг майдалиги унинг мустаҳкамлигига таъсири 17-жадвалда берилган.

17- жадвал

Солиштирма юза, м²/кг	Сиқилишдаги мустаҳкамлик, МПа				
	1 кундан кейин	3 кундан кейин	28 кундан кейин	6 ойдан кейин	12 ойдан кейин
188	8,4	26	53	52	69
210	14,5	28	40	60	72
300	14,7	34	57	61	72
400	21,5	46	59	61	69
500	28	40	54	60	74

Тез қотадиган цементлар металл қолипларни тез бўшатишга имкон беради. Айрим вақтларда эса иссиқ ишлов беришдан ҳам озод қилади.

Маҳсус тез қотувчан портландцемент ҳам мавжуд. У тез қотувчан портландцементга нисбатан яна ҳам жадалроқ қотади. Бундай цемент таркибида камида 60—65 % C_3S ва 8 % C_3A бўлган клинкерни гипс иштирокида ўта майда туйиш (400—450 м²/кг) орқали олинади. Ўлчамлари 30 мкм бўлган заррачаларнинг умумий миқдори камида 50—60 %, баъзан 80 % гача бўлиши керак.

Маҳсус тез қотувчан цементнинг тишлашиш муддатларини яхшилаш учун кўп миқдорда гипс қўшилади (камида 4 % гача SO_3 ҳисобланганда). Цемент тез тишлашиб қолмаслиги учун цементни туйиш пайтида температуранинг жуда кўтарилиб кетишига йўл қўймаслик керак.

Маҳсус тез қотувчан портландцементнинг мустаҳкамлиги 1, 3, 28 суткадан кейин 30, 40, 50, 60 МПа ни ташкил қилиши керак.

Ҳозирги кунда оддий портландцемент клинкерини сульфоалюминат клинкери билан биргаликда туйиш орқали бундан ҳам тез қотувчан ва юқори мустаҳкамликка эга бўлган цементлар олинади. 28 суткадан сўнг бундай цементларнинг маркаси 700—800 ни ташкил қилади.

2. Пластификацияланган ва гидрофоб портландцемент

Клинкерни пластификациялайдиган ёки гидрофобловчи қўшилма билан биргаликда майда қилиб туйишдан ҳосил бўладиган гидравлик боғловчи моддалар тегишлича *пластификацияланган* ёки *гидрофоб портландцемент* деб аталади.

Пластификациялайдиган ва гидрофоб қўшилмалар цемент оғирлигини (қуруқ моддага нисбатан ҳисоблаганда) 0,1—0,25 % миқдорига қўшилади.

Пластификацияловчи сирт-актив қўшилмалар сифатида сульфит спирт бардаси (ССБ)нинг концентрати хизмат қилади.

Цемент заррачаларининг устида гидрофиль моддаларнинг адсорбцион пардалари борлиги бетон қоришмасининг бевақт ёпишиб қолишига тўсқинлик қилади. Шунингдек, цемент заррачаларининг ва тўлдиргичларнинг қатлам-қатлам бўлиб чўкишини ҳамда қоришмадан сувнинг ажралиб чиқишини камайтиради, яъни сув, шағал, қум ва цемент қоришмасининг алоҳида-алоҳида қатламланишига йўл қўймайди.

Пластификацияланган цементдан тайёрланган бетон зич, совуққа чидамли ва кам сув ўтказувчан бўлади. Бундай цемент ишлатилганда 10 % гача боғловчи материал тежалади. Пластификацияланган цемент 300, 400, 500, 600 маркаларда чиқарилади.

Портландцемент кўп вақт очиқ ҳавода сақланса, унинг маркаси кун сайин пасайиб боради, чунки ҳаводаги намлик цементдаги минераллар билан қисман бирикади. Бунинг учун цемент клинкерини туйиш жараёнида унинг 0,1—0,25 % миқдорида маҳсус гидрофоб моддалар қўшилади. Бундай қўшилмалар сифатида қуйидаги моддалар ишлатилиши мумкин:

а) асидол цемент массасидан 0,08—0,12 % миқдорда;

б) асидол-милонафт цемент массасидан 0,08—0,12 % миқдорда;

в) милонафт цемент массасидан 0,1—0,25 % миқдорда;

г) олеин кислота ёки оксидланган петролатум цемент массасидан 0,06—1 % миқдорда;

д) оксидланган петролатум, цемент массасидан 0,3 % миқдорда.

Клинкерни туйиш жараёнида гидрофоб моддалар цемент заррачаси юзасини намланмайдиган парда билан қоплайди. Шунинг учун уни узоқ вақт ҳавода сақлаш мумкин. Бу вақт ичида унинг мустаҳкамлиги бошқа цементлар каби камайиб кетмайди. Гидрофоб цементдан қоришма тайёрлаганда, қотириш вақтини 1,5—2 минут узайтириш керак, чунки цемент заррачалари сиртидаги гидрофоб парда қум ва шағалнинг ишқаланишидан бузилиб, сув билан эркин равишда бирикиши лозим. Шунинг учун гидрофоб цемент узоқ сақланса ҳам у ўзининг пластиклик хоссасини йўқотмайди.

Гидрофоб портландцементдан буюм тайёрлаганда унинг зичлиги юқори бўлади, сув ўтказувчанлиги камаяди, совуққа чидамлилиги эса 800—1000 циклга ортади (оддий портландцемент бетоннинг совуққа чидамлилик маркаси СЧ—200—300). Гидрофоб портландцемент ҳам оддий портландцемент каби маркаларда чиқарилади.

3. Сульфатга чидамли портландцемент

Бундай цементларнинг сульфатли сувлар таъсирига чидамлилиги юқори бўлади. Шундай цемент ҳосил бўлиши учун клинкер таркибидаги сульфатли моддалар (масалан, $CaSO_4$) билан кимёвий реакцияга киришадиган минераллар миқдорини камайтириш зарур. Портландцемент коррозиясининг учинчи турига мувофиқ — «цемент бациллалари» сувдаги кальций сульфат билан клинкердан уч кальцийли алюминат ($3CaO \cdot Al_2O_3$)нинг ўзаро таъсир этишидан ҳосил бўлади. Сульфатлар таъсирига турғун бўлган цемент клинкерида уч кальцийли алюминат миқдори 5 % дан ошмаслиги лозим, оддий цементда эса унинг миқдори баъзан 15 % га етади.

Тўрт кальцийли алюмоферритнинг гидролизи натижасида ҳам уч кальцийли гидроалюминат ҳосил бўлиши мумкин. Шунга кўра, сульфатлар таъсирига турғун бўлган портландцементда алюминатли таркибий қисмларнинг ҳаммаси 22 % дан кўп бўлмоғи лозим: ($3CaO \cdot Al_2O_3 + 4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$).

Портландцементда уч кальцийли силикат кўп миқдорда бўлганда цементнинг сув ва сульфат таъсирига турғунлиги камаяди. Гидролиз вақтида ундан эркин кальций оксид гидрати ажралиб чиқади, бу гидрат жуда эрувчан бўлганлиги сабабли бетондан ювилиб чиқиб кетади. Шунга кўра, сульфат таъсирида турғун портландцементда уч кальцийли силикат миқдори стандартда кўрсатилгандек, 50 % дан ошмаслиги шарт. Сульфат таъсирига турғун портландцемент иккита маркага бўлинади: 300 ва 400.

Бу портландцементдан гидротехника қурилишларида, доим намланиш ва қуриш, музлаш ва эриш билан бирга сульфатли сувлар таъсирига учраб турадиган бетон ҳамда темир-бетон конструкциялар тайёрлаш учун кенг фойдаланилади.

1950 йилгача Ўзбекистондаги цемент заводларида таркибида алюминат кўп бўлган (15 % гача) портландцемент ишлаб чиқарилар эди. Бундай цемент сульфатли сувларга чидамсиз, чунки алюминат миқдори кўп бўлган портландцементнинг сульфатли сувларда емирилишига асосий сабаб уч кальцийли гидроалюминатнинг сувда эриган гипс билан ўзаро таъсир этиши натижасида кальций гидросульфоалюминат ҳосил бўлади. У цементтош ғовакларида кристалланиб, тошни емириб юборишга ҳаракат қилади. Демак, клинкер таркибида уч кальцийли алюминат (C_3A) минерали йўқ бўлса, цемент сульфатлар таъсирига бардош бера олади. Лекин клинкерда уч кальцийли алюминатнинг бутунлай бўлмаслиги ҳам мумкин эмас, чунки бу ҳолда цементнинг қотиши ниҳоятда секинлашиб кетади. Шунинг учун сульфатга чидамли портландцемент клинкери таркибидаги уч кальцийли алюминат миқдори 5 % дан ошмаслиги лозим.

Цементнинг сувдаги коррозияси кўп жиҳатдан клинкердаги уч кальцийли силикат (C_3S) миқдорига боғлиқ. Уч кальцийли силикатнинг гидролизи натижасида эркин кальций гидроксид ҳосил бўлади. У бетондан ювилиб чиқиб кетади ёки сульфат билан реакцияга киришиб гипс ҳосил қилади. Гипс уч кальцийли алюминат билан ўзаро таъсир этишади. Шунинг учун сульфатга чидамли портландцемент таркибида уч кальцийли силикат ҳам кўп бўлмаслиги керак. Лекин клинкер таркибида C_3S жуда оз бўлса ҳам сульфатга чидамли қотаётган цементда $Ca(OH)_2$ ҳосил бўлаверади.

Шунинг учун, ювилиб кетиш коррозиясининг олдини олиш мақсадида, сульфатга чидамли портландцементга 15 % гача глиеж ёки бошқа гидравлик қўшилмалар қўшилади. У $Ca(OH)_2$ ни юқорида айтиб ўтилганидек, кам эрийдиган кальций силикатларга айлантиради.

Ўзбекистон Фанлар академиясининг мухбир аъзоси, кимё фанлари доктори, профессор И. С. Канцепольский раҳбарлигида бир гуруҳ олимлар цементларнинг сифатини яхшилаш борасида олиб борган ишлари натижасида, бу цементларнинг сульфат сувларига чидамлилигини янада ошириш учун клинкер таркибидаги C_3A минерали миқдорини анча камайтириб, тўрт кальцийли алюмоферрит (C_4AF) минералининг миқдорини ошириш кераклигини аниқладилар. Бунга 2—3% колчедан қуйиндисини цемент хомашёсига куйдиришдан олдин қўшиб эришилди ва шу билан бирга цементни куйдириш жараёни ҳам тезлашди. Темир колчеданини катализатор сифатида қўшилиши маҳаллий цементларнинг Ўрта Осиё шароитида, айниқса, янги ўзлаштирилган жойларнинг қуруқ ва иссиқ, совуқ иқлим, кучли шамол ва шўр сувларга чидамли, кам алюминатли алюмоферрит портландцемент олиш имконини беради. Бу цемент 1960 йилдан Кувасой ва 1965 йилдан Охангарон цемент заводларида ишлаб чиқарилмоқда.

Ўзбекистонда бундай цемент ишлаб чиқаришни биринчи бўлиб техника фанлари номзоди С. Т. Тўхтахўжаев амалга оширди. Юқорида айтилгандек, сульфатли сувларга чидамли портландцемент таркибида C_3A миқдори 5 % атрофида олиниб, бундай цементда C_3S кўпи билан 50% ни ташкил қилар эди. Бу цементнинг дастлабки кунлардаги мустаҳкамлиги бир мунча паст бўлди. Силикат кўп (50 % дан ортиқ) цементнинг сульфатли сувларга чидамлилигини ошириш борасида ҳозир ҳам изланишлар олиб борилмоқда.

И. С. Канцепольский раҳбарлигида олиб борилган кўп йиллик тажрибаларда портландцемент клинкери таркибидаги C_3A миқдори минимумгача (1—2 % гача) камайтирилади ва C_3S миқдори 50 % атрофида қолдирилиб, цементларнинг асослилигини ошириш мумкин деб кўрсатиб берилди. Бу ишлар натижасида сульфатли сувларга чидамли 400 маркали, кам алюминатли алюмоферрит портландцемент олинди. Дастлабки сульфатли сувларга чидамли це-

ментлар маркаси 300 эди. Шундай қилиб, олдиндан белгиланган минералогик таркибли цемент Қувасой хомашёси базасида саноат миқёсида ишлаб чиқарилди.

4. Оқ ва рангли портландцементлар

Оқ портландцемент — таркибида (0,3—0,45%) темир оксид бўлган оқ клинкерни майда туйишдан ҳосил бўладиган гидравлик боғловчи модда.

Клинкерни туйиш жараёнида 15% гача гидравлик ёки 10 % гача инерт қўшилмалар, шунингдек, тишлашиш муддатларини керагича ўзгартириб туриш учун кўпи билан 3 % гипс қўшишга рухсат этилади. Гипс ва қўшилма туйилгандан сўнг бу цемент белгиланган даражада оқ бўлиши керак.

Портландцемент ранги клинкер минераллари таркибида қандай оксид борлигига қараб ҳар хил бўлади. Масалан, кальций силикатлар оқ: C_3S C_2S дан ҳам оқроқ бўлади ва ҳоказо. Айниқса уч кальцийли алюминат оқлиги билан бошқа цементлардан ажралиб туради. Тўрт кальцийли алюмоферрит таркибида темир оксидлари борлиги туфайли қорароқ бўлади. Шу сабабли, оддий портландцемент кулранг-яшил бўлади. Демак, клинкерда уни бўёвчи оксидлар (айниқса Fe_2O_3) бўлмаса бундай цемент оқ рангли бўлади.

Шундай қилиб, оқ портландцемент ишлаб чиқаришдан мақсад, таркибида темир оксид бўлмаган ёки жуда оз миқдорда бўлган хомашёнинг ишлатилишидир. Бундай клинкер таркибида C_4AF ҳам деярли бўлмайди. Бироқ маълум кимёвий таркибли хомашё ишлатишнинг ўзи ниҳоятда оқ портландцемент ишлаб чиқариш учун кифоя қилмайди. Бўёвчи оксидлар цементга ёқилғи кулидан ёки туйиш жараёнидан тегирмон шарларидан ёхуд тегирмоннинг пўлат қопламасидан ўтиши мумкин. Шунинг учун клинкерни пиширишда кулсиз суюқ ёки газсимон ёқилғи ишлатилади. Клинкер пишиб бўлган заҳоти унинг оқлиги оширилади. Бунинг учун клинкер қайтариш муҳит таъсирига учратилади. Шунда клинкер таркибидаги Fe_2O_3 камроқ бўяйдиган Fe_3O_4 га айланади ва цемент янада оқаради. Хомашё аралашмаси ва оқ цемент клинкери махсус, қаттиқ, кам ейиладиган пўлат ёки чинни плиталар қопланган шар тегирмонларда майдаланади.

Оқ портландцемент клинкерини ишлаб чиқариш учун зарур хомашё сифатида жуда оқ бўлган материаллар соф оҳактош ёки бўр, сералюминий оксидли гиллар (каолинлар) ишлатилади.

Оқ портландцемент оқлик даражасига қараб учга бўлинади. Олий нав, ОЦ-1, ОЦ-2. Турли нав цементнинг оқлик даражаси камида қуйидаги талабларга мос бўлиши керак. 1 нав — 76 %, 2 нав — 72 %, оддий портландцемент 40 % гача.

Оқлик даражаси фотометр ёрдамида аниқланади. ГОСТ га кўра қайтариш коэффициенти 96,3 % дан кам бўлмаган барий сульфат ($BaSO_4$) оқлик эталони ҳисобланади. Клинкерда кўп миқдорда уч кальцийли силикат бўлса, оқ портландцементдан тайёрланган буюмларнинг сиртида оқ доғлар ёки шўра ҳосил бўлиши мумкин. C_3S нинг гидролизи вақтида оҳак ажралиб чиқиши сабабли бу ҳол юз беради. Бунга йўл қўймаслик учун оқ портландцементда, албатта, оҳакни кам эрийдиган кальций гидросиликатга айлантириш учун 5—10 % жуда актив гидравлик қўшимча қўшилади.

Клинкер таркибида кўп миқдорда C_3S ва C_3A бўлгани учун оқ цемент тез мустаҳкамлана боради, ҳамда кўпроқ киришиш хоссасига эга бўлади. Бу цемент 400 ва 500 маркаларда ишлаб чиқарилади.

Оқ портландцемент клинкерига гипс, диатомит (мармар ёки бўр) ва минерал пигментлар (сувда ва органик эритмаларда эримайдиган майда туйилган рангли кукунлар пигментлар деб аталади) бирга қўшиб тортиш йўли билан рангли цементлар олинади. Жумладан, қўшилмалар сифатида охра, темир, сурик, марганец рудаси, ультрамарин ва шу кабилар қўшиш мумкин. Оқ ва рангли цементлар сунъий мармар тайёрлашда ҳам ишлатилади.

Рангли цементлар яна қуйидаги йўл билан ҳам олинади. Бўёвчи оксидлар (хром, марганец, кобальт, никель, мис оксидлар) хомашё аралашмасига аралаштириб яшил, ҳаво ранг, қора, жигарранг, сариқ ва бошқа турдаги рангдор клинкерлар олинади. Минерал структурасига турли оксидларнинг бирикиши туфайли олинган рангли клинкер тортилиб, ялтироқ, текис ва турғун рангга эга бўлган цемент олинади.

Пардозлаш материаллари ўзларининг табиати ва техникавий хоссаларига кўра конструктив бетонга яқин тур-

са ҳам йиғма уй-жой қурилишларидаги пардозлаш ишларини механизациялашга қулай имкон яратади. Улар бир хил типдаги технологик жараёнлар ва асбоб-ускуналарни ишлатиш ҳамда узоқ муддатга чидамли рангли конструкциялар олиш имконини беради. Шу жиҳатдан оқ ва рангли портландцементларни энг юқори унумли пардозлаш материалларидан бири деб ҳисоблаш мумкин. Чунки бу оддий портландцементнинг кўринишларидан бири бўлиб, оқ ва турли рангларни ўзида мужассамлаштирган ва юқори даражадаги мустаҳкамликка эга бўлган цементдир.

17-§. Махсус портландцементлар

1. Тампонаж портландцементлар

Ҳозирги кунда юзлаб ва минглаб нефть ҳамда газ қудуқлари кавланмоқда. Кўпинча бу қудуқларнинг чуқурлиги бир неча минг метрга етади. Қудуқни ўраб олган айланасимон бўшлиқ деворларининг баъзи қисми сув қатлами ёки бўш ғовакли жинслар, ҳатто ғорлардан иборат бўлади. Бу эса нефть ва газ ишлаб чиқаришни қийинлаштиради. Чунки газ ва нефть шу ғовак ва ғор орқали катта масофаларга ёйилиб кетиши мумкин. Шунинг учун бу бўшлиқ, яъни қувур орқаси билан қудуқ ички деворлари ўртаси сув ва газ ўтказмайдиган масса билан тўлдирилади, яъни тампонланади. Шунинг учун ҳар бир газ нефть қудуқларини разведка, эксплуатация ҳамда капитал таъмирлашда портландцемент турларидан бири тампонаж цементлари ишлатилади.

Бу қудуқларни цементлашдан мақсад сувли ёки бошқа нефть ва газ қатламларидан асосий маҳсулотни ажратиб олишдир. Мураккаб бурғулаш жараёнида цементлаш ишлари жуда масъулиятли вазифадир. Сифатли ўтказилган цементлаш ишлари кўпинча қудуқлар эксплуатациясини яхшилайди.

Ҳисобланган чуқурликка туширилган ва тегишлича осиб қўйилган пўлат қувурлар колоннаси орқали цементлашдан олдин қудуқларни ювиш учун суюқ лой аталаси юборилади. Қудуқ ювиб бўлингандан сўнг колоннага усти шиша пластинка билан қопланган, марказида тешиги бўлган пастки тиқин туширилади. Тиқин қувур деворларига зич тақалган ҳолда жойлашади.

Сўнгра колоннага туширилган тиқин устига тезлик билан цементловчи агрегатлар ёрдамида олдиндан ҳисобланган ҳажмда цемент қоришмаси юборилади ва у ерга юқориги берк (тешиксиз) тиқин туширилади. Ниҳоят, юқориги берк тиқин устига катта босим остида лойнинг суюқ аталаси юборилади. Натижада пастки ва юқориги тиқиндар орасида қолган суюқ цемент қоришмаси пастга қараб ҳаракат қила бошлайди. Пастки тиқин обсадкали (мустаҳкамловчи қувур тизими) қувурларда олдиндан ўрнатилган тиралиш ҳалқасига бориб етганда бир оз босим ортади ва пастки тиқин шишаси эзилиб синади, ҳосил бўлган тешик орқали цемент қоришмаси забой ва қувур орқасидаги ҳалқасимон бўшлиққа ўтаётганда бурғулашдан қолган лой навбатида сидирилиб сўрилиб бўшлиққа ўтиб кетади.

Юқориги тиқин пастки тиқин устига тушганда суюқ лой аталасини бериш тўхтатилади, буни қудуқ олдига ўрнатилган монометрдаги босимнинг кескин ортишидан билса бўлади. Қувур орқасидаги бўшлиққа ўтаётган цемент қоришмасининг кўтарилиши маълум тезлик (камида 1,5 м/с) билан қотиши керак. Бунинг аҳамияти каттадир. Бу эса қудуқ деворларини лой пўстлоғидан яхшилаб тозалаш ва чидамлироқ цемент ҳалқасини ҳосил қилишни таъминлайди.

Цементлаш даврида цемент қоришмасининг ҳажми ва колоннага итариб юбориладиган суюқлик миқдори аниқ кузатилиб турилади. Цемент экзотермияси бу босимнинг ўсишига сабаб бўлади.

Цемент қоришмасининг қувур орқасидаги бўшлиқда қанчалик кўтарилгани аниқлангач, цемент бутунлай қотиб қолиши учун қудуқ тахминан 18, баъзан 48 соат давомида тинч қолдирилади. Қудуқ деворлари ва обсадка қувурнинг ташқи диаметри ўртасидаги цемент қоришмаси билан тўлдирилган оралиқ тахминан 15—50 м га тенг. Цемент қоришмасининг белгиланган қотиш даври тугаши билан обсадка колоннасининг герметиклиги синалади. Бу ҳолда босимни ҳар 30 минутда 0,5 МПа гача камайтиришга рухсат этилади. Бу ишлар тугагандан сўнг ва цемент зарур мустаҳкамликка эга бўлгач маҳсулотларнинг нефть ва газ қатлами очилади. Тешик очиш забойдаги цементтошни яна бурғулаш ёки уриб тушириш орқали амалга оширилади. Бу тешикдан қудуқ ичига нефть ёки газ отилиб чиқа бошлайди.

Қувур деворлари ва унга ёндашган цементтош порохли ёки торпеда перфоратор ёрдамида тешилади. Перфорация натижасида цементтошда тешик ҳосил бўлади, бу тешик орқали коллонага нефть (ёки газ) қатлами босимидан паст босимда, қудуқдаги суюқлик юзаси пасайгандан сўнг нефть (ёки газ) кира бошлайди.

Қудуқлардаги тампонаж цементларнинг махсус шароитлардаги хизмати нимадан иборатлигини кўриб ўтамиз. Қудуқни кўриш ва унинг ҳолатини аниқ текшириб туриш бутунлай мумкин эмас. Нефть ва газ қудуқларининг чуқурлиги ортиб бориши билан уларда температура ва босим ҳам орта бошлайди. Бу эса албатта, цементтош жараёнига ва ҳосил бўладиган цементтошнинг сифатига таъсир кўрсатади. Сув, газ ва нефтлар сиқишининг ортиши ҳам қудуқлардаги босимни орттиришга ҳаракат қилади. Бу эса юқори температурада цемент қоришмасининг тишлашиш муддати ва цементтошнинг шаклланишига таъсир қилади.

Қудуқлардаги цементтошнинг қотиш шароити жуда мураккаб. Жинс қатламлари турли ғовак, ёриқ ва ковакликка эга.

Синаш вақтида ювадиган суюқлик устуни ҳосил қилган ортиқча гидростатик босим қатлам жинсларида табиий ёриқларни кўпайтириши ва қудуқларни цементлайдиган лойни, сўнгра цемент қоришмасини йўқолиб кетишига сабаб бўлиши мумкин. Қатламларнинг гидравлик узилиши деб аталадиган ҳолатлари ҳам бўлиб қатлам сувларининг юқоридан пастки бошқа сув горизонтларига оқиб ўтиши кузатилади. Кўпинча ғовакли қатлам жинсларининг сувни ютиб олиш хусусияти туфайли цемент қоришмасининг сувсизланиши содир бўлади.

Бир қанча конларнинг қатлам сувлари турли тузларнинг юқори концентрациясига эга. Мисол учун Ўзбекистон, Туркманистон ва Волга бўйи районлари конларининг қатлам сувларида хлоркальцийли, хлормагнийли, сульфатнатрийли, шунингдек, сульфатли тузлар учрайди. Бу тузлар айниқса юқори босим ва температура шароитида сезиларли даражада цементтошни емириши мумкин. Бунинг устига цемент ҳалқасининг сув ўтказувчанлигини ҳам назарга олиш керак. Газ қудуқларининг ишлаш шароитлари яна ҳам мураккаб, чунки цементлаш ишлари тугагандан

сўнг қатламдан қудуқ ичига қараб газ диффузияланиши, яъни газнинг отилиб чиқиши ва фонтанланиши мумкин. Қувур орқасидаги бўшлиққа итарилиб ва сўрилиб кираётган цемент қоришмасига лой аталаси аралашса бу ҳолат цементтошнинг қотишига салбий таъсир кўрсатади.

Қудуқдаги цементтош мустаҳкамлигига перфорация жараёни салбий таъсир кўрсатиб, унинг мустаҳкамлигини кўп факторларга ва айниқса, перфорация турига боғлиқ ҳолда камайтиради. Портландцемент қоришмаси ёрдамида нефть қатламларини сувли қатламлардан ажратиб туриш учун обсадка қувурларини мустаҳкамлаш бўйича биринчи тажрибалар 1907—1908 йилларда ўтказилган бўлиб, улар чуқур бўлмаган қудуқларда ижобий натижа берди. У вақтдаги портландцемент нисбатан секин тишланиш муддати, паст мустаҳкамлик ва дағал туйилиши каби хоссалари билан характерланар эди. Шунинг учун цементтош керакли мустаҳкамликни тўплаб олгунча кутиш зарур бўлган. Шунинг учун цементнинг қотиш жараёнларини тезлатиш зарурати туғилади. Бунга эса цементни майдалаб туйиш ҳисобига эришилар эди, чунки керакли кимёвий ва минералогик таркибли цементни ҳосил қилиш учун зарур маълумот берувчи боғловчи материаллар кимёси тўғрисидаги фан ҳали унчалик ривожланмаган эди. Кўп йиллик илмий-тадқиқот ишлари ва нефть конларини эксплуатация қилишда тўпланган тажрибалар сифатли цемент олиш зарур бўлган энг муҳим талабларни аниқлашга имкон берди. Улар, асосан қуйидагилардан иборат:

қувур коллонасига цемент қоришмасини тезлик билан босим остида ҳайдаб киргизиш учун, у етарли даражада оқувчан бўлиши ва қувур орқасидаги бўшлиққа итарилиб ўтиши керак. Цементлаш ишларида қоришма ўз оқувчанлигини маълум вақтгача йўқотмай туриши лозим. Бунга сув ва цемент нисбатини 0,4—0,5 га тенглаштирганда эришилади. Қудуқ температурасига қараб цементнинг тишлашиш муддатлари ўзгартирилиб туради.

Тампонаж цементлари биринчи икки сутка давомида керакли қотиш мустаҳкамлигига эришиши керак. Қисқа вақт ичида цемент қоришмаси эришган мустаҳкамлик қудуқ стволидаги колоннани маҳкам бириктириб, қайта бурғулаш ҳамда перфорация даврида ва сингдирувчан жинслардан барқарор равишда ҳимоя қилинишни таъминлаши

лозим. Санаб ўтилган барча талабларни қаноатлантириш учун цементтошнинг сиқилишга нисбатан мустаҳкамлигини қанчага тенг бўлиши кераклиги мураккаб масаладир. Мустаҳкамлик қиймати 2—3 га тенг захира коэффициенти билан бирга камида 3,5 МПа бўлиши керак деб тахмин қилинади.

Цемент қоришмасининг қовушқоқлиги жуда муҳим кўрсаткич бўлиб, цементнинг оқувчанлигини характерлайди. Бу кўрсаткич цементдан яхши оқувчан қоришма олишни ва маълум чуқурликдаги тегишли температура ва босимда қоришмани қувурга юборишга ҳамда қувур орқасидаги бўшлиққа итариб киритишга имкон берадиган вақт ичида қўзғалувчан ва оқувчан бўлиб туришини таъминлаш керак. Қудуққа цемент қоришмаси юборилгач, қисқа вақт ичида, у тегишли мустаҳкамликка эришиш ва шу қудуқда уни узоқ вақт давомида сақлаб қолиш керак.

Цементтош агрессив қатлам сувларига нисбатан турғун бўлиши ва маҳсулдор нефть қатламларини қатлам сувларидан ҳамда кўп миқдордаги турли тузлар, кўпинча эса олтингугурт водороди бор емирувчи суюқликларнинг обсадка колоннасига сингиб киришидан сақлашни таъминловчи, яъни сув сингдирмайдиган бўлиши керак. Дастлабки қотиш даврида цемент-тош етарлича пластик бўлиши керак. Чунки қудуқларни перфорация қилаётганда унда ёриқлар ҳосил бўлмаслиги ва шу билан бирга, юқори температура ва босим шароитида узоқ вақтга чидаши лозим.

Цемент қоришмасининг сув берувчанлигини, албатта эътиборга олиш керак. Чунки цемент қоришмасидан қудуқда учрайдиган шимувчан жинс қатламларининг сувни шимиб олиш хавфи бор. Бу эса сув-цемент нисбатини сезиларли даражада пасайтириб юборади, цементнинг қовушқоқлиги ва тишлашиш муддатларига таъсир кўрсатади. Бундан ташқари, айниқса, газ қудуқларида цемент-тошнинг газ ўтказувчанлиги муҳим аҳамиятга эга.

Цементнинг турли шароитларда ишлатилиши унга қўйиладиган талабларнинг ҳаммасига тўла жавоб бера олмайди. Цемент саноатида, асосан икки хил тампонаж цемент ишлаб чиқарилади. Унинг бир тури «совуқ» қудуқларга, иккинчи тури эса «иссиқ» қудуқлар учун мўлжалланган. Булардан ташқари, бошқа махсус тампонаж цементлар ишлаб чиқариш усуллари ҳам ўзлаштирилмоқда.

«Совуқ» ва «иссиқ» қудуқлар учун мўлжалланган цементларга жуда жиддий талаблар қўйилади. Тампонаж цементлар ишлаб чиқаришда бир мунча қийинчиликлар бор. «Совуқ» қудуқлар учун мўлжалланган тампонаж цементларда C_3S ва C_3A минералларининг йиғиндиси 60 % га тенг, у портландцементни ўта майда туйиш (солиштирма сирти 300—350 м²/кг га тенглашгунча) орқали олинади. Ундаги гипс миқдори 3 %, «иссиқ» қудуқлар учун мўлжалланган тампонаж цементнинг тишлашиш муддатини секинлатиш учун унга кам алюминатли портландцемент қўшилади. Бундай цемент тахминан 75°С иссиқликда ишлатилади.

Турли мураккаб шароитлардаги нефть ва газ қудуқларини бурғулашда бу стандарт цементлар цементлаш ишларини доимо сифатли олиб боришга имкон беравермайди. Бундай шароитдаги қудуқларни цементлаш учун ювувчи лой аталасининг солиштирма оғирлигидан цемент қоришмасининг солиштирма оғирлигининг ортиқроқ бўлиши таъминланиши керак. Бошқа шароитларда эса аксинча, цемент қоришмасини жуда катта баландликка кўтариш учун унинг солиштирма оғирлиги кам бўлиши лозим. Юқорида айтиб ўтилганидек тампонаж ишлари олиб борилаётган қудуқларнинг чуқурлигига қараб, унинг температураси ўзгариб боради: «совуқ қудуқ» деб аталувчи қудуқларда температура 40°С дан ошмайди. Чуқур қудуқларда (2500 м) тампонаж ишларини юқори температура (90°С гача) ва жуда ҳам чуқур (4500 метрдан ортиқ) қудуқларда 100°С дан ортиқ температурада олиб бориш керак. Бундай температурада олиб борилаётган тампонаж ишларида турли хил цементларни ишлатишга тўғри келади.

Ёриқ жинслардан ўтувчи қудуқлар учун толали (асбест қўшимчали), деворлардан газ чиқадиган қудуқлар учун кенгаювчи, чуқурлиги 5—7 км бўлган иссиқ қудуқлар учун тишлашиш муддатлари секинлаштирилган оғир ва енгил тампонаж цементлар ишлатилади.

Қудуқларда температуранинг яна ҳам кўтарилиши натижасида цемент таркибидаги минераллар сув билан реакцияга тез киришади ва унинг тишлашиш муддати қисқаради, цементнинг мутаҳкамлиги ортади.

Шундай махсус шароитларда цементларни ишлатиш учун махсус цементлар ишлаб чиқарилган, уларнинг

самарадорлиги тажрибада синалган, аммо улар махсус буюртма асосидагина кам миқдорда ишлаб чиқарилади.

Ҳозирги кунда турли чуқурликда бўлган газ ва нефть қудуқлари учун йилига бир неча юз минг тонна тампонаж цементи Қувасой цемент комбинатида ишлаб чиқарилмоқда.

Ўзбекистон Фанлар академиясининг академиги К. С. Аҳмедов ва техника фанлари доктори У. Д. Мамажонов раҳбарлигида оддий тампонаж цементларига турли тузлар ва уларнинг аралашмасини ҳамда юқори молекуляр полимерларни қўшиб Ўрта Осиёдаги жуда чуқур газ қудуқларида ишлатиш мумкинлиги асослаб берилди. Натижада цементлар хоссаси маълум даражада ўзгарди.

Махсус тампонаж цементлар турларини ҳар хил саноат чиқиндилари асосида кўпайтириш ва уларнинг қотиш назарияларини ривожлантириш ишлари Республикамизнинг мустақиллик йилларида яна ҳам ривожланмоқда.

2. Пуццолан портландцементлар

Актив минерал моддалар майда қилиб туйилган тоғ жинслари ёки саноат чиқиндиларидан иборат бўлиб, улар таркибида $Ca(OH)_2$ бўлган моддалар билан бирга қўшиб аралаштирилса, сувда қотадиган бўлиб қолади. Бу қўшимчалар асосан актив шаклдаги, яъни оддий шароитда оҳак билан ўзаро таъсир этадиган қумтупроқ ва гилтупроқлардан таркиб топган, уларнинг ўзаро таъсир этишуви натижасида гидросиликатлар ва гидроалюминатлар, яъни сувга чидамли боғловчи моддалар ҳосил бўлади.

Цементга қўшиладиган табиий гидравлик моддалар таркибига вулқон куллари, туфлар, трасслар, лемза, диатомитлар, трепел ва опокалар киради; сунъий қўшимчалар сифатида эса ёқилғи кули ва ёқилғи шлаки, домна печларидан чиққан донадор шлак, куйдирилган гиль ва шу кабилар ишлатилади.

Кальций гидрат оксиди $Ca(OH)_2$ портландцемент қотаётган вақтда ажралиб чиқади. Портландцементга гидравлик қўшимчалар аралаштирилганда эса қўшимчанинг турига қараб, пуццолан портландцемент ёки шлакли портландцемент ҳосил бўлади.

Портландцемент клинкерини табиий актив минерал моддалар билан бирга майдалаб туйиб ҳосил қилинган

гидравлик боғловчи моддалар *пуццолан портландцемент* деб аталади. Цементнинг хоссалари ва цементнинг сифатига қўйиладиган талабларга қараб қўшимчанинг миқдори белгиланади ва у одатда 20—40 % атрофида бўлади.

Шлакли портландцемент ишлаб чиқаришда цементга қўшиладиган актив минерал модда сифатида домна печларидан чиққан донадор шлак ишлатилади: цементга шлак 30—60% атрофида қўшилади.

Пуццолан портландцемент ва шлакли портландцемент қотган вақтда актив минерал моддалардаги қумтупроқ клинкердан ажралиб чиққан оҳак билан кимёвий реакцияга киришади натижада кальций гидросиликатнинг сувда қийин эрийдиган бирикмаси ҳосил бўлади:

$$Ca(OH)_2 + SiO_2 + nH_2O = CaO \cdot SiO_2 \cdot (n+1)H_2O$$

Демак, актив минерал модда қўшилган портландцемент қотгандан сўнг унда эркин кальций гидрат оксид (оҳак) миқдори жуда камайиб кетади, шу туфайли портландцементнинг чучук ва минераллашган сувларга турғунлиги ортади.

Бу цементларнинг майдалиги ва тишлашиш муддати портландцементникидан фарқ қилмайди, лекин уларнинг қотиш тезлиги портландцементли бетондан кам. Дастлабки кунларда бу цементларнинг қотиши секин боришига қарамасдан 28 кун ичида бетоннинг мустаҳкамлиги портландцементникига етади.

Буюмларга иссиқ буғ таъсир эттирилганда цементлар бетоннинг тез қотишини таъминлайди.

Пуццолан билан шлакли портландцемент таркибида эркин оҳак бўлмаганлиги сабабли уларнинг чучук сув таъсирига чидамлилиги юқоридир. Бундан ташқари, цементга қўшилган минерал моддалардаги қумтупроқ уч кальцийли алюминат билан реакцияга киришиб, уни икки кальцийли алюминатга айлантиради. $3CaO \cdot Al_2O_3$ нинг миқдори камайтирилса, пуццолан портландцементнинг сульфатли сув таъсирига турғунлиги ортади, чунки бунда, цемент «бациллалари»нинг ҳосил бўлиш эҳтимоли камаяди. Бундай цементларнинг маҳаллий шароитга мос турлари ҳам ишлаб чиқарилган. Буларга глиеж ва глинит портландцементлар мисол бўлади.

Глиеж портландцемент — портландцемент клинкери ва глиежни майда туйиш билан ҳосил қилинади. Глиеж

портландцементда гидравлик қўшилма миқдори тайёр маҳсулот массасининг камида 30 % ини ташкил этиши лозим. Тишлашиш муддатларини керагича ўзгартириб туриш учун цементни туйиш жараёнида кўпи билан 3 % гача гипс қўшиш керак.

Глиеж таркиби, асосан кремний оксид ва кам миқдордаги алюминий оксид (шунингдек, бошқа оксидлар)дан иборат. Кремний ва алюминий оксиднинг бир қисми аморф ҳолда бўлиб, оҳакка жуда ўчдир. Глиеж оҳак билан ўзаро таъсир этганда кальций гидросиликатлар ҳосил бўлади. Улар сувда эрувчан оҳакни сувда амалда эримайдиган гидросиликатларга айлантиради. Натижада аралашма қотаётганда эркин оҳак ажралиб чиқарадиган боғловчи модда портландцементни сувга чидамли қилиб қўяди.

Бундай қўшилмаларни ишлатиш катта иқтисодий фойда ҳам берди. Портландцементнинг таннархи унинг энг муҳим ва қимматли ташкил этувчиси клинкер ўрнига қисман арзон табиий глиежлар ишлатиш ҳисобига арзонлашади.

Глиеж унчалик мустаҳкам бўлмагач, осон майдаланиб кетадиган, ғовак материалдир. Бу заррачаларнинг сирти катта эканлигини кўрсатади. Қисман шу сабабли қўшилмалар юқори реакцияга киришиш хусусиятига эга. Глиежларнинг *активлиги заррачалар ўлчамига, куйиш* температурасига боғлиқ бўлиб, заррачалар йириклашган ва температура ортган сари уларнинг активлиги ҳам пасайиб боради. Мустаҳкамлик эса куйдириш температураси кўтарилиши билан ортади.

Глиеж портландцемент ишлаб чиқариш технологияси хомашё ва ишлаб чиқариш жараёнини ташкил этишга кўра, оддий портландцемент тайёрлаш технологиясига ўхшаш. Фақат клинкерни туйиш пайтида цементга қўшимча компонент-глиеж солиниши билан фарқланади. Цементга қанча қўшимча солинаётгани аниқ текшириб борилади. Заводларда бу мақсадда автоматик масса — улушлагичлар ишлатилади.

Глиежнинг таъсири клинкер минераллари гидратацияланаётганда ажралиб чиқадиган оҳакнинг ютилишига асосланган; шунинг учун неча фоиз глиеж қўшиш кераклиги бевосита гидратация вақтида $Ca(OH)_2$ ажралиб чиқадиган клинкер минерали миқдорига боғлиқ. Маълумки, уч каль-

цийли силикат, шундай минерал ҳисобланади ва демак, клинкерда уч кальцийли силикат миқдори қанчалик кўп бўлса, дастлабки қотиш даврида цемент мустаҳкамлигига зарар қилмаган ҳолда шунчалик кўп глиеж қўшиш мумкин. Лаборатория синовларига кўра, тахминан ҳар 1 % уч кальцийли силикатга 0,5—0,75 % гидравлик қўшилма солиш мумкин. Шунга асосан, пуццолан портландцемент тайёрлаш учун уч кальцийли силикатга бой алитли клинкерлар ишлатиш мақсадга мувофиқ, деган хулосага келишиш мумкин. Аммо қўшилманинг йўл қўйилиши мумкин бўлган миқдорини ҳамма вақт клинкернинг минералогик таркибига қараб белгилаб бўлмайди. Чунки қўшилмаларнинг активлиги ҳар хил бўлади. Масалан, 1 г трепел ёки диатомит 150 мг гача CaO, пемза ёки глиеж эса 50 мг CaO ютади. Оҳакни тўлиқ бириктириш учун активлиги паст қўшилмага нисбатан актив қўшилмадан кам талаб қилинади. Амалий маълумотларга кўра, активлиги 200 бўлган кремний оксидли чиқинди қўшилмасининг оптимал миқдори цемент массасидан 20—25 %, активлиги 150 бўлган трепел, опока, диатомит ва бошқаларники эса 25—30 % ва активлиги 50—60 қўшилмаларники 40—50 % бўлади.

Иқтисодий жиҳатдан эса қўшилма имкони борича кўп қўшилгани маъқул. Бироқ бу цемент мустаҳкамлигининг ўсиш тезлигига ва унинг сўнгги пишиқлик қийматига таъсир кўрсатади, чунки қўшилма миқдори ортиши билан цементнинг қотиш шароитлари ёмонлашади.

Глиеж портландцемент чучук сув ва таркибида сульфат тузлари бўлган шўр сувларга чидамли. Оптимал миқдордаги (30 % атрофида) глиежни портландцемент таркибига уни туйишдан олдин қўшганда унинг мустаҳкамлиги камаймайди, зичлиги эса ортади. Глиеж оддий портландцементнинг зичлигини ошириш ва «цемент бацилласи»нинг зарарли таъсирини камайтириш орқали чучук ва сульфатли шўр сувларга турғунлигини, ҳаво ва атмосфера таъсирига чидамлилигини оширади. Бироқ бу билан портландцемент клинкери ва глиеж асосида сульфат тузли сувга чидамли цемент ишлаб чиқариш масаласи бутунлай ҳал қилинган эмас эди. Цементни сульфат тузли сувларга чидамлилигига эришиш учун портландцемент клинкерига 70 % гача глиеж қўшиш керак. Бу цемент дастлабки қотиш тезлиги бўйича жуда суст бўлиб, кам мустаҳ-

камликка эга ва совуққа чидамсиз. Кўп йиллар давомида олиб борилган изланишлар натижасида портландцемент клинкерининг минералогик таркибини ўзгартириш йўли билан цементнинг сульфатли сувларга чидамлилиги оширилди. Глиежни ўзгартирилган минералогик таркибли, яъни кам алюминатли портландцементга қўшиш йўли билан сульфатли сувларга чидамли глиеж портландцемент олинди. Бу ерда шуни ҳам таъкидлаб ўтиш зарурки, Ўрта Осиё республикаларининг кўпгина ҳудудлари жуда шўраланган. Ер усти ва ер ости сувларида тузлар жуда кўп, оддий портландцементлар бунга чидаш бера олмайди. Ўрта Осиё республикаларида шундай шароитга чидамли янги цемент глиеж портландцемент ҳисобланмоқда.

Ўзбекистонда, Қувасой цемент комбинатида биринчи марта 1940 йил 30% қўшилмали, 1948 йилда эса Бекобод ва бошқа цемент комбинатларида сульфатли сувларга чидамли глиеж портландцемент ишлаб чиқарила бошланди. Бундай цементнинг ишлаб чиқарилиши натижасида цемент тежалди ва халқ хўжалигига фойда келтирилди. Бу цемент ер ости ҳамда улкан сув иншоотларини қуришда кенг ишлатилмоқда.

Ангрен ва Қизил Қия глиеж конлари сўнгги йилларда улкан хомашё базаларига айланган. Кўп йиллар давомида глиеж портландцементнинг хоссасини ўрганиш шуни кўрсатадики, унинг ишлаб чиқарилиши ва қурилишда ишлатилиши глиежнинг цементга қўшиладиган қимматбаҳо ва ишончли қўшилма эканлигини исботлади.

1968 йилнинг бошида Тўхтагул ГЭС иншоотини қуриш учун махсус цемент танлаш керак бўлди. Баландлиги 215 метр бўлган бу иншоот массив гравитациялидир. Бу иншоот учун 3,6 миллион куб метр бетон ишлатиш керак эди. Аввал қурилишда марказий районлардан (яъни Россиядан) келтирилган цемент ишлатишга қарор қилинган эди. Чунки бу қурилишга ишлатиладиган инерт тўлдиргич реакцияга киришадиган кремний оксидга бой, глиеж эса 4 % гача ишқорий моддаларга эга. Кремний оксид ва ишқорий моддаларнинг ўзаро бирикишидан ҳосил бўлган комплекс бирикмалар ҳажми олдинги икки модда ҳажмлари йиғиндисига нисбатан бир неча марта катта бўлиб, бетонда ички кучланишлар пайдо қилиб, уни ёриб юбориши

мумкин деб фараз қилинди. Шуларни назарда тутиб мутахассислар глиеж портландцементни бу иншоот учун ишлатиш хавфли деб қараб, бу мақсадда махсус цемент ишлатиш кераклигини таъкидладилар. И. С. Канципольский ташаббуси билан глиеж портландцемент узоқ вақтга чидаши, сульфатли сувларга турғунлиги ва глиеж таркибидаги ишқорларнинг инертлиги, яъни сув ҳамда оҳакда эримаслиги каби яхши хоссага эгалиги туфайли бу Тўхтагул иншооти қурилишида глиеж портландцемент ишлатилди. Сўнгра глиеж портландцемент учун техникавий шартлар ишлаб чиқилди. Шундан сўнг Тўхтагул ГЭСи қурилишига 1969 йилдан бошлаб Қувасой цемент заводи цемент етказиб бера бошлади. Тўхтагул сув омбори учун тахминан 1 миллион тонна цемент керак эди. Бундай қурилиш учун Қувасой заводи 1,5 йил ишлаши керак. Махсус цементни Россиядан келтирмасдан, Қувасой заводидан олиб боришнинг ўзи тахминий ҳисобларга кўра, бир неча 10 млн сўм (1989 йилгача) маблағ тежади.

Шундай қилиб И. С. Канцепольский ўз ходимлари билан ҳамкорликда маҳаллий глиежлардан портландцемент учун актив минерал қўшилма сифатида фойдаланишни таклиф этиши муҳим иқтисодий аҳамиятга эга бўлди.

Портландцемент ишлаб чиқаришда фосфотошқоллар илгари ишлатилмас эди. Биринчи марта Чимкент фосфорли ўғитлар заводининг тошқолларини 1966 йилдан бошлаб цемент ишлаб чиқаришда 688—66 номерли вақтинчалик техник шартларга биноан ишлатила бошланди.

Фосфотошқолларни портландцементнинг қотишига таъсири қўшилма миқдори ва клинкернинг минералогик таркибига кўра ўрганилди. Физик-механик синовларга кўра, нормал солиштирма сиртли цементга фосфотошқоллар қўшиш цементнинг сувга талабчанлигига таъсир кўрсатмайди, бироқ унинг тишлашиш муддатини секинлаштиради. Цементнинг солиштирма сиртини 340—380 м²/кг гача ошириш унинг тишлашиш муддатини бирмунча тезлаштиради. Фосфотошқолларни цементга қўшиш, унинг тишлашиш муддатини сусайтиришни фосфотошқоллар таркибида фосфат кислота тузлари борлиги билан тушунтирилади.

Фосфотошқолли цементларнинг солиштирма сирти кўпайтирилганда ва намуналарга гидротермал ишлов берилганда уларнинг мустаҳкамлиги ортади. Бундай цементларнинг ҳавода қотиши қурилиш нормалари талабларига тўла жавоб беради. Аммо тошқоллар миқдори ортганда унинг совуққа чидамлилиги камая бошлайди, фосфотошқолларни портландцементларга қўшиб цемент намуналарининг киришишини камайтириш ҳам мумкин.

Цементларга 50 % гача фосфотошқоллар қўшиш цементнинг арматура билан тишлашишини бир неча марта орттиради.

Фосфотошқоллар домна тошқолларидан таркибида кам миқдорда гилтупроқ борлиги билан фарқланиб, портландцементга қўшилган фосфотошқол миқдорига пропорционал миқдорда унинг сульфатли сувларга чидамлиги ҳам ортади. Синовлар портландцемент таркибида фосфотошқоллар миқдори 10—60 % бўлишини маъқул деб ҳисоблади. Одатдаги сульфатли сувларга чидамсиз портландцемент ҳам 15 % фосфотошқол иштирокида сульфатли сувлар таъсирига бардош бера олади.

60-йилларда профессор И. Тошпўлатов раҳбарлигида янги цемент — *глинит портландцемент ихтиро* қилинди. Бу цемент Ўзбекистонда кенг тарқалган маҳаллий хомашё каолинитли тупроқ (гилвата)ни 700—800°С да қиздириб, одатдаги портландцемент клинкерига қўшилади, сўнгра майдалаб туйиб тайёрланади.

Оқ рангдаги гилсимон жинслар каолин деб аталади. Бу жинслар асосан каолинит группасига кирадиган минераллардан таркиб топган. Глинит портландцементнинг сульфатли сувларга чидамлик даражаси унинг таркибига қўшилган, қиздирилган каолинитли тупроқ миқдорига боғлиқ. Бошқача *айтганда, глинит портландцементга* қиздирилган каолинитли тупроқ кўп қўшилса, у мустаҳкам бўлади. Аксинча кам қўшилса мустаҳкамлиги пасаяди.

Глинит портландцемент трепел, опока, диатомит ва бошқа тоғ жинслари қўшиб тайёрланадиган пуццолан портландцементларга нисбатан устун туради. Бу цементнинг энг яхши хоссаларидан бири шуки, у иссиқ қуруқ ҳавода ҳам, совуқ ҳавода ҳам бирдай мустаҳкам бўлади, музлаш натижасида емирилмайди. Бу цементни ишлаб чиқариш иқтисодий жиҳатдан самарали эмас деб ҳисоблайдилар, чунки каолин тупроғини куйдиришга кўп миқдорда ёқилғи сарф бўлиши ҳисоблаб чиқилган.

Шлакли портландцемент

Портландцемент клинкери билан донадор домна шлагини бирга туйишдан, ҳосил бўлган боғловчи материал *шлакли портландцемент* деб аталади. Цементдаги шлак миқдори 30—60 % дан ошмаслиги керак.

Шлакка қуйидаги техникавий шартлар қўйилади: домна шлаклари асосида кўпинча шлакли портландцемент, сульфатлашган, оҳакли шлакли цемент каби боғловчилар тайёрланади. Шлакли цемент ишлаб чиқаришда айниқса тез совиган домна шлаги катта аҳамиятга эга. Шлаклар нам ва яримқуруқ усулларда яхшилаб туйилади.

Шлакли портландцемент қуйидаги маркаларда ишлаб чиқарилади: 200, 300, 400 ва 500. Шлакли портландцементнинг ўзига хос хусусиятларидан бири унда тишлашиш ва қотиш жараёнининг секинлигидир.

Тишлашиш 45 минутдан сўнг бошланади ва 12 соатгача давом этади. Майдалик даражаси портландцементникига тенг. Шлакли портландцемент бетон ва темир-бетон конструкциялар тайёрлашда, сунъий тошлар, қоришмалар тайёрлашда, сувоқчиликда кенг ишлатилади.

Сульфат шлакли цементлар — 35—70 % гача донадор домна шлаги билан гипсни туйиш жараёнида портландцемент ёки оҳак қўшиб олинадиган боғловчи моддадир. Сульфат шлакли цемент 150, 200, 250, 300 маркаларда чиқарилади.

Оҳак шлакли цементлар донадор домна шлаги билан 25 % оҳакни туйиб, сўнмаган аралашмага гипс қўшиб олинган боғловчидир.

3. Сульфоминерал цементлар

Белит цемент. Кўп йиллар давомида олиб борилган изланишлар натижасида Т. А. Рагозина тезкор ишларда қўлланилаётган, индустриал усуллар талабига жавоб бера оладиган, тез қотадиган, юқори мустаҳкамликка эга бўлган оқ ва манзарали цементлар олиш усулини ишлаб чиқди. Бундай цемент Оҳангарон каолини, оҳактоши ва гипсдан 1200—1300°С да куйдириш йўли билан олинди. Цементни куйдириш температураси одатдаги портландцементни куйдириш температурасига нисбатан 200—250°С паст. Бу эса ўз навбатида пиширик хумдонларининг унумдорлигини

оширади, ёқилғи сарфини тежайди ва ўтга чидамли материаллардан ясалган хумдонларнинг ишлаш муддатини кўпайтиради.

Асосий хомашёнинг таркибий қисми сифатида $CaSO_4$ га эга бўлган гидравлик цемент олиш масаласи цемент технологияси ва кимёсида янгилик бўлиб, унинг илмий ва амалий аҳамияти каттадир.

Бундай цементларни куйдиришда ҳосил бўладиган сульфоминералларнинг хусусиятлари ва ҳосил бўлиш шароитлари тадқиқ қилинган. Бундан ташқари, лаборатория ҳамда ишлаб чиқариш шароитларида сульфосиликат ва сульфоалюминат — силикат цементларини куйдириш технологияси аниқланди. Кўпгина тадқиқотчилар сульфоалюминат $3(CaO \cdot Al_2O_3) \cdot CaSO_4$ ва сульфосиликат $2(CaO \cdot SiO_2) \cdot CaSO_4$ нинг ҳосил бўлиши, шунингдек, уларнинг асосий оптик ҳамда рентгенографик хусусиятларини аниқлаб бердилар.

Шу муносабат билан минерал фосфорли ўғитлар ишлаб чиқарадиган кимё заводларида кўп миқдорда йиғилиб ётадиган чиқинди-фосфогипсдан иқтисодий жиҳатдан самарали фойдаланиш катта амалий аҳамият касб этди.

Физик-кимёвий тадқиқотлардан маълум бўлишича, сульфоминераллардан иборат цементларнинг юқори даражадаги гидравлик хусусиятга ва мустаҳкамликка эга бўлишининг асосий сабаби уларда кристаллогидратлар янги шаклларининг ҳосил бўлишидир (Т. А. Отақўзиев раҳбарлигида аниқланган).

Сульфоминералларнинг агрессив муҳитда қотиш жараёни. Айрим минералларнинг тузлар таъсирига бардошлилиги шу минералларнинг 3 % ли $MgSO_4$ ва 5 % ли Na_2SO_4 эритмаларида қотиш жараёнини кузатиш давомида ўрганилади.

Сульфоалюминат намуналари мазкур эритмаларда жуда тез емирилади, чуқур ёриқлар пайдо бўлади ва унинг юзаси майдаланади. Сульфосиликат намуналарнинг, шунингдек 20 % сульфоалюминатли сульфосиликат цемент намуналарининг $MgSO_4$ ҳамда Na_2SO_4 эритмаларида тузлар таъсирига юқори даражада чидамлилиги аниқланган. Олти ой мобайнида уларнинг чидамлилик коэффициенти 1, баъзиларники эса 2 дан юқори, яъни сувда қотаётганга нисбатан мустаҳкамлиги 1—2 марта кўп.

Автоклав ишлови бериш сульфоалюминат намуналарининг коррозиясини йўқота олмайди. $MgSO_4$ нинг 3 % ли ва Na_2SO_4 нинг 5 % ли эритмалари таъсирида цемент намуналари улардан жуда кўп миқдорда эттрингит ҳосил бўлиш туфайли емирилади.

Паст температурали манзарали боғловчи материал олиш. Ҳозирги вақтда оқ портландцемент асосий манзарали гидравлик боғловчи материал ҳисобланади. Бу портландцементнинг хомашё аралашмасида темир оксидлари деярли учрамаслиги сабабли, уни 1500—1600°С да куйдириш анча қийин, бу ҳол ишлаб чиқариш технологиясини мураккаблаштириб юборади. Шунинг учун ишлаб чиқарилаётган бундай цемент миқдори қурилиш талабини қондира олмайди. Асосан сульфоминераллардан ташкил топган оқ цементни паст температурада олиш учун каолин, оҳактош ва фосфогипс хомашё аралашмалари қуйдирилади. Аралашма $3CaO \cdot 3Al_2O_3 \cdot CaSO_4$ ва $2(2CaO \cdot SiO_2) \cdot CaSO_4$ ҳамда бирмунча ортиқча ангидриди бўлган цементни олишга мўлжаллаб тайёрланади.

Ушбу хомашё аралашмасини 1200—1250°С да куйдириб, очиқ ҳавода тез совитилса оқиш рангли клинкер ҳосил бўлиб осон кукунланади.

Ушбу цемент оқ портландцемент ишлаб чиқарадиган Ангрен заводида синаб кўрилди. Бунда заводда ишлатилаётган каолин гили 14 %, оҳактош 42% ва фосфогипс 44 % хомашё материали сифатида ишлатилди. Аралашма кальций сульфосиликат, сульфоалюминат ва ортиқча миқдордаги $CaSO_4$ бирмунча миқдорда C_4AF ҳосил бўлишини кўзда тутиб тайёрланган.

Синов ўтказилаётган вақтда материални куйдириш температураси 250°С га камайиб, 1250°С га тенглашди. Печнинг озиқланиши анча ортганига қарамай хомашё аралашмаси меъёрида ва оҳакнинг тўлиқ боғланиши асосида кечади.

Ҳосил бўлган цементнинг маркаси 400, 500 ва 600 га тенг бўлди. Унинг оқлик даражаси 76—81 %. Цемент ранги ўзгармай қотади ва қиммат гидравлик қўшимчалар қўшилмайди.

Ўтказилган тадқиқотлардан олинган ижобий натижалар турлича миқдорда $3CaO \cdot 3Al_2O_3 \cdot CaSO_4$ бўлган сульфоалюминат силикат цементни қурилиш материаллари саноатида ишлаб чиқариш учун тавсия этиш имконини берди.

4. Гилтупроқли цементлар

Оҳактош ва гилтупроққа бой бўлган тоғ жинсларидан иборат хомашё аралашмаси эригунча ёки қисман эриб пишиб ҳосил бўлган клинкер яхшилаб туйиб олинса тез қотувчан ва жуда пишиқ гидравлик боғловчи гилтупроқли ёки алюминатли цемент ҳосил бўлади. Гилтупроқли цементни тайёрлаш учун хомашё сифатида асосан чўкинди тоғ жинсларидан бокситлар ишлатилади. Бокситлар қизил бўлиб, асосан гилтупроқ гидрати ва темир гидроксид аралашмасидан иборат. Боксит конлари жуда кам бўлгани учун гилтупроқ цементни ишлаб чиқаришда гилтупроққа бой бўлган саноат чиқиндилари ҳам ишлатилади.

Гилтупроқли цемент таркибида 40 % атрофида гилтупроқ (Al_2O_3), 45 % гача кальций оксид (CaO) ва 5—10 % кремний (SiO_2) бор. Гилтупроқли цемент қотиш жараёнида сув билан тез реакцияга киришиб тез тишлашувчан, қотиш хусусиятига эга бўлган икки кальцийли гидроалюминат минералини ҳосил қилади:

$$2(CaO \cdot Al_2O_3) + 11H_2O = 2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 8H_2O + 2Al_2(OH)_3$$

Қотган цемент таркибида эркин ҳолдаги кальций гидроксид билан уч кальцийли гидроалюминат бўлмагани туфайли гилтупроқли цемент юмшоқ ва ер ости «агрессив» (емирувчи) сувлари таъсирига чидамлидир.

Гилтупроқли цементнинг портландцементдан фарқи шундаки, у қотиш жараёнида кўп сув талаб этади, шу сабабли бетон қоришмалари учун сув цемент нисбати 0,5—0,6 дан кўп олинади. Гилтупроқли цемент тишлашиш ва қотиш жараёнида ўзидан кўп иссиқлик ажратади. Шунинг учун ҳам агар бетонлаш ишлари юқори температурада олиб борилса, уни совитиб туриш керак бўлади. Гилтупроқли цемент иншоотларнинг йўл ва кўприклар қурилишини тезлик билан фойдаланишга топшириш зарур бўлган ҳолатларда катта аҳамиятга эга. Гилтупроқли цементдан тайёрланган буюмларни буғ таъсирига учратиш ёки портландцемент билан аралаштириш мумкин эмас. Гилтупроқли цемент қоришмаси тез мустаҳкамланиб боради. Унинг бу хусусиятидан шошилиб бажарилган ишларнинг оқибатини йўқотишда фойдаланилади.

5. Кенгаювчи ва тарангланувчи цемент

Саноатда икки турдаги кенгаювчи цемент ишлаб чиқарилади: сув ўтказмайдиган кенгаювчан цемент ва гипс-гилтупроқли кенгаювчан цемент. Бу цементларнинг қотиш пайтида кенгайишига сабаб таркибида ҳажми ортадиган кальций гидросульфоалюминат, яъни «цемент бацилласи»нинг ҳосил бўлишидир (бу ҳолатда «бацилла» ижобий самара беради).

Конструкция ёки буюмларнинг емирилган қисмлари, дарз ва ёриқларини тузатишда кенгаядиган цемент ишлатилади. Бу цемент проф. В. В. Михайлов (Россия) томонидан 1942 йилда ихтиро қилинган. Унинг тишлашиш даври 1—4 минут, қотиш даври 5—10 соат. Бундай цемент тишлашиш жараёнида киришиш ўрнига кенгаяди. Унинг сувда чизиқли кенгайиши 0,1 %, қуруқликда кенгайиши эса 3 %.

Гилтупроқли цемент асосида кенгаядиган боғловчи материалларнинг бошқа тури ҳам тайёрланади. Бу П. П. Будников, Б. Б. Скрамтаев ва И. В. Кравченколар (Россия) тавсия этган гипс тошқол — гилтупроқли цементдир. Бундай цемент гилтупроқли цемент (45 %), майдаланган домна тошқоли (25 %) ва икки сувли гипс (30 %) аралашмасидан тайёрланади. Мазкур боғловчи материал ўз хусусиятига кўра, гипс-гилтупроқли цементга яқин туради.

Портландцемент ва гилтупроқли цементдан В. В. Михайлов ва унинг шогирдлари тарангланувчи цемент деб аталадиган цемент яратдилар. Бу цемент фақат кенгайиш ҳажми билан эмас, балки кенгайиш энергиясининг катталиги билан ҳам ажралиб туради.

Тарангланувчи цемент 14:16:70 дан 16:20:64 гача масса нисбатларида олинган икки сувли гипс, гилтупроғи юқори даражада бўлган клинкер ёки тошқол ва портландцемент клинкери аралашмасининг солиштирма сирти 45 м²/кг қадар туйиб тайёрланади.

Тарангланувчи цемент 2—5 минутда тишлашади. 20 мм қалинликда қотган цемент намуналарида 2 МПа гидростатик босим таъсирида ҳам фильтрланиш содир бўлмаган. Бу боғловчи материалнинг кенгайиш энергияси катта; 1:1 нисбатдаги боғловчи модда намуналари қотганида кенгайиш энергияси 3—4 МПа ни ташкил этади. Бундай

цементдан тарангланувчи энергияга эга бўлган арматурали темир-бетон буюмлар тайёрланади, кенгайиш пайтида қотаётган цементнинг энергияси ортади. Бунда арматуралаш даражасига (0,15—1,5 %) боғлиқ равишда пўлатнинг таранглиги 300—1400 МПа гача етиши мумкин. Шуни таъкидлаш керакки, қоришма кенгайганда арматура икки ёки уч ўқли йўналишга эга бўлиши мумкин, бунга оддий тўғри чизиқли усулда эришиб бўлмайди. Бундай цементдан тайёрланган буюм қуритилганда, қоришма тахминан 0,2 % киришганда таранглик 20—25 % камайиши мумкин.

Махсус хоссали аралаш боғловчи моддалар. Сўнгги вақтларда соф боғловчи моддаларни бир-бири билан ва баъзи қўшилмалар билан аралаштириб олинадиган боғловчи моддалар тобора кенг аҳамият касб этмоқда. Бу ҳар бир таркибий қисмга хос хусусиятли маҳсулот бериш имконини беради. Хусусан, муайян боғловчи моддаларни аралаштириш йўли билан кенгаювчи ва киришмайдиган, *кўп компонентли цементлар* деб аталувчи боғловчи моддалар олиш мумкин.

Кенгаювчи портландцемент олиш усули И. В. Кравченко томонидан 1956 йилда ишлаб чиқилган. Бундай цемент портландцемент клинкери ва гилтупроғи кўп бўлган тошқол, икки молекула сувли гипс ва гидравлик қўшилмани туйиб ҳосил қилинади. Шунингдек, А. В. Волженский (Россия) 1956 йилда тавсия этган гипс-цементли пуццолан ва гипс-тошқолли-цементли пуццолан боғловчи материаллар — қурилиш гипси ёки ўта мустаҳкам гипснинг портландцемент ёхуд шлак-портландцемент ва пуццолан қўшилмасининг аралашмасидан иборатдир. Бундай боғловчи материаллар таркибида ярим молекула сувли гипс борлиги туфайли мустаҳкамликнинг кескин ортиши ва гидравлик цементларга ўхшаб нам шароитларда қотиш хусусияти билан аҳамиятлидир.

1956 йилдан бошлаб гипс-цемент-пуццолан боғловчи материаллари собиқ СССР ҳудуди қурилишларида, шу жумладан, Ўзбекистонда ҳам муваффақиятли ишлатилиб келинмоқда. Гипс-цемент-пуццолан боғловчи материалларидан тайёрланган маҳсулотлар кам қаватли тураржой бинолари ва қишлоқ хўжалик аҳамиятига эга бўлган бинолар қуришда ҳам фойдаланилади.

6. Кислотага чидамли цемент

Кислотага чидамли цемент кремний фторли натрий (Na_2SiF_6) ва кварц қумни биргаликда жуда майдалаб туйиб олинади. Цементни қотириш учун сув эмас, балки эрувчан шиша ишлатилади.

Кислотага чидамли цемент кварцли, маршалитли, диабазли ва андезитли турларга бўлинади. Эрувчан шиша-натрий силикат ($Na_2O{\cdot}nSiO_2$) ёки калий силикат ($K_2O{\cdot}nSiO_2$) дан ташкил топган ва ҳавода қотадиган боғловчи эрувчан шиша махсус хумдонларда сода аралашган тоза кварц қумини натрий сульфат ёки поташ (K_2CO_3) билан қориштириб, 1300—1400°С да пишириб олинади.

Моддалар юқори температурада эриганда ўзаро қуйидагича реакцияга киришади:

$$Na_2CO_3 + nSiO_2 \rightarrow Na_2O \cdot nSiO_2 + CO_2$$

$$K_2CO_3 + nSiO_2 \rightarrow K_2O \cdot nSiO_2 + CO_2$$

Тезда совутилгач шиша бўтқаси ($Na_2O \cdot nSiO_2$ ва $K_2O \cdot nSiO_2$) тошлашиб, ёрилиб майдаланади, сўнг «силикат бўлак»лари ҳосил бўлади. Суюқ ҳолатга келтириш учун «силикат бўлак»ларини майдалаб автоклавга солинади ва босим 0,4— 0,8 МПа га етказилади. Натижада боғловчи материал — силикатнинг коллоид эритма ҳосил бўлади. Эрувчан шишанинг хусусияти унинг модули билан ифодаланади. Шиша таркибидаги қумтупроқ миқдорининг ундаги натрий оксидга (ёки калий оксидга) нисбати *модуль (М)* деб аталади:

$$M = \frac{SiO_2}{Na_2O}$$

Модуль М нинг миқдори катта бўлса, шишанинг эриш хусусияти ва чидамлилиги камаяди. Эрувчан шиша уч модулга эга: катта модулли шиша М = 3,5—3,9, ўртача М = 3,0—3,5 ва кичик модулли М = 2,0—2,8.

Суюқ шиша қуруқликда аста-секин қуриб, ундан карбонат ангидрид гази таъсирида қумтупроқ аморф ҳолда *ажралиб чиқади:*

$$Na_2O \cdot nSiO_2 + CO_2 = Na_2CO_3 + nSiO_2$$

Қотиш жараёнини тезлатиш учун суюқ шишани иситиб, унга кремний-фторли натрий (Na_2SiF_6) дан 12—15 %

(суюқ шиша массасига нисбатан олинганда) қўшилади. Эриган шиша чинни идиш ва тунука бочкаларда сақланади. Уни ёзда иссиқдан, қишда эса музлашдан сақлаш керак. Кислотага чидамли бетон қоришмаси суюқ шиша обдан туйилган кремний-фторли натрий (Na_2SiF_6), кислотага чидамли кукун, қум ва йирик тўлдиргичларни қориштириб тайёрланади.

Кислотага чидамли бетон таркиби тажриба йўли билан аниқланади. Бунинг учун бетон қоришмасига зарур миқдорда суюқ шиша қўшилади.

Кислотага чидамли бетоннинг нормал қотиши учун илиқ ёки қуруқ шароит яратиш лозим.

Кислотага чидамли цементлар қоришмалар, замаска (суркама)лар тайёрлашда, кимёвий ускуналарни қоплашда, девор, полларни бўяшда, кислотага чидамли ғиштларни теришда ва бетон тайёрлашда кенг қўлланилади.

III боб

КАМЁБ МЕТАЛЛАР ТЕХНОЛОГИЯСИ

Камёб металлар ҳақида тушунча

XX асрнинг бошларига келиб, саноат миқёсида, кимёвий элементларни ишлатиш катта аҳамият касб эта бошлади. Бундай элементлар «камёб элементлар», кейинчалик эса «камёб металлар» деб атала бошланди.

Д. И. Менделеев тузган кимёвий элементларнинг даврий системаси ҳамма группасида «камёб» группа металлари жойлашган. Бу хил металлар физик-кимёвий хоссалари билан бошқа элементлардан катта фарқ қиладилар.

Ўзининг бир қатор саноат миқёсидаги қўлланилиш сабабларига кўра, камёб металлар группасига киритилган. Чунки камёб металларнинг ишлатилиши уларнинг топилишига ҳам боғлиқ бўлиб, улар асосан XVIII асрнинг охирлари ва XIX асрнинг бошларига тўғри келади.

Камёб металлар Ер қобиғида кам учраши ва тарқоқ ҳолда бўлиши, ҳамда уларни саноат миқёсида ажратиб олиш жараёни мураккабдир. Шундай қилиб, камёб металларни асосан амалда ишлатиш ва уларнинг технологиясини яратиш XIX ва XX асрларга тўғри келади. Буни В. И. Вернадский ва А. Е. Ферсманлар томонидан тузилган жадвалда кўриш мумкин (18-жадвал).

«Камёб металлар» табиатда кам учрайдиган ёки техникада бутунлай ишлатилмаган металлардир. Ҳозирги вақтда камёб металлар замонавий техниканинг асосий қисмини ташкил этади. Айрим саноат ишлаб чиқариш турларини камёб металларсиз тасаввур қилиб бўлмайди. 19-жадвалда саноат миқёсида ишлаб чиқариладиган 70 хил металлнинг 41 хили камёб металлар группасини ташкил қилади.

«Камёб металлар» табиатда кам тарқалган. Буни ҳозирги вақтда Ер қобиғида жойлашган элементларни миқдо-

рий анализ қилиш орқали билиш мумкин. Уларнинг миқдорий фоизи америкалик олим Кларк томонидан аниқланган.

Академик А. Е. Ферсман элементларнинг ўртача миқдорини «КЛАРК» билан аниқлашни таклиф қилган. 20-жадвалда элементларнинг миқдорий фоизлари кларкда келтирилган. Шунга асосан элементлар ўнликларда берилган бўлиб, биринчи ўнликда элементларни 10 дан юқори бўлганлари, иккинчи ўнликда 10 дан 1 гача, учинчи ўнликда 1 дан 0,1 гача ва ҳоказо. Демак, бу элементларни Ер

18-жадвал

Кимёвий элементларнинг ишлатилиши (фақат соф элементларни эмас, балки уларнинг кимёвий бирикмаларини ҳам ишлатиш назарда тутилган)

Даврлар	Элементлар	Элементларнинг умумий миқдори
Аввалги асрларда	N, Al, **Fe, Au**, K, Ca, O, Si, Cu, Na, **Sn, Hg**, S	19
	Pb, Ag, C, Cl, Zn, **Sb**	
XVIII асргача	Булардан ташқари: As, Mg, Bi, Co, B, Ni, P	26
XVIII асрда	Булардан ташқари: H, Pt, Ir, I	30
XIX асрда	Булардан ташқари: Ba, Br, V, W, Cd, Mn, Mo Os, Pd, Ra, Sr, Ta, F, Th, U, Cr, Zr ва лантаноидлар (15 та элементи)	62
XX аср 1915 йил	Булардан ташқари: Ne, Li, He, Ti, As, Ru, Rh	69
XX асрнинг 1932 йилигача	Булардан ташқари: Be, Ar, Ga, Se, Rb, V, In, Te, Nb, Nf, Re, Tl, Cs	82
1957 йилигача	Ge, Po, Se	

Изоҳ: Остига чизилган элементлар ишлатилиб келинган; камёб металлар эса тўртбурчак ичига жойлаштирилган.

19-жадвал

Металлургия саноатида ишлаб чиқарилиши йўлга қўйилган металлар (камёб металлар чизиқчалар билан ажратилган)

Даврий системанинг группалари	*Элементларнинг белгиланиши*	Умумий миқдори	Камёб металлар сони
I	**Li**, Na, K, **Rb**, **Cs**, Cu, Ag, Au	8	3
II	**Be**, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Zn, Cd,**Hg**	9	2
III	Al, **Sc**, **Y**, **La**, **Ga**, **In**, **Tl**	7	6
IV	**Ti**, **Zr**, **Hf**, **Ge**, Sn, Pb	6	4
V	**V**, **Nb**, **Ta**, As, Sb, Bi	6	3
VI	Cr, **Mo**, **W**, **Se**, **Te**, **Po**	6	5
VII	Mn, **Re**	2	1
VIII	Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Rt	9	-
Лантаноидлар	58(**Ce**) дан 71(**Lu**)	14	14
Актиноидлар	**Th**, U, **Pu**	3	3
	Жами	*70*	*41*

қобиғидаги миқдори турлича эканлигини кўрсатади. Энг кўп тарқалган 9 та элементнинг миқдори 98,13% ни ташкил қилган ҳолда, қолган ҳамма элементларни миқдори 1,87% ни ташкил қилади.

Жадвалдан шуни ҳам аниқлаш мумкинки, ҳамма камёб металлар Ер қобиғида жуда кам эканлигини кўрсатади. Камёб металларнинг айримлари эса Ер қобиғида тарқоқ ҳолда жойлашгани учун, улар жуда кам бўлиб, асосан бошқа металларнинг минераллари билан бирга учрайди. Масалан, галлий, қалай, мишъяк ва симобга нисбатан кўп бўлгани билан галлийнинг айрим минераллари фақат бошқа минераллар билан биргаликда учрайди.

Шундай қилиб, Ер қобиғида элементларнинг жойлашиши камёб металлар группаланишининг асосий белгиларидан бири бўлса, уларни ишлаб чиқариш ва саноатда қўлланилиши «камёб металлар» нинг асосий маъносини ташкил қилади.

20-жадвал

Ер қобиғидаги элементларнинг ўртача кимёвий оғирлиги

	Миқдори оралиғи, %	Кимёвий элементлар ва уларнинг миқдори, (оғир) %
I	10-50	O 47,2 Si 27,6
II	1-10	Al 8,80 Fe 5,10 Ca 3,60 Na 2,64 K 2,60 Mg 2,10
III	$1\text{-}10^{-1}$	Ti 0,60 H (0,15) C 0,10
IV	$10^{-1}\text{-}10^{-2}$	Mn 0,09 P 0,08 S 0,05 Ba 0,05 Cl 0,045 Sr 0,04 Rb 0,031 F 0,027
		Zr 0,020 Cr 0,02 V 0,015 Cu 0,01 N 0,01
V	$10^{-2}\text{-}10^{-3}$	Ni $8\cdot10^{-2}$ Li $6{,}5\cdot10^{-3}$ Zn $5\cdot10^{-3}$ Ce $4{,}5\cdot10^{-3}$ Sn $4\cdot10^{-3}$ Co $3\cdot10^{-3}$
		Y $2{,}8\cdot10^{-3}$ Nd $2{,}5\cdot10^{-3}$ La $1{,}8\cdot10^{-3}$ Pb $1{,}6\cdot10^{-3}$ Ga $1{,}5\cdot10^{-3}$
		Nb $1\cdot10^{-3}$ Gd $1\cdot10^{-3}$
VI	$10^{-3}\text{-}10^{-4}$	Th $8\cdot10^{-3}$ Cs $7\cdot10^{-4}$ Pr $7\cdot10^{-4}$ Sm $7\cdot10^{-4}$ Ge $7\cdot10^{-4}$ Be $6\cdot10^{-4}$
		Sc $6\cdot10^{-4}$ As $5\cdot10^{-4}$ Dy $4{,}5\cdot10^{-4}$ Er $4\cdot10^{-4}$ Yb $3\cdot10^{-4}$ U $3\cdot10^{-4}$
		Tl $3\cdot10^{-4}$ Mo $3\cdot10^{-4}$ Hf $3{,}2\cdot10^{-4}$ B $3\cdot10^{-4}$ Br $1{,}6\cdot10^{-4}$ Ho $1{,}3\cdot10^{-4}$
		Eu $1{,}2\cdot10^{-4}$ W $1\cdot10^{-4}$ Lu $1\cdot10^{-4}$
VII	$10^{-4}\text{-}10^{-5}$	Tu $8\cdot10^{-5}$ Se $6\cdot10^{-5}$ Cd $(5\cdot10^{-5})$ Sb $(4\cdot10^{-5})$ I $(3\cdot10^{-5})$ Bi $(2\cdot10^{-5})$
		Ag $(1\cdot10^{-5})$ In $(1\cdot10^{-5})$
VIII	$10^{-5}\text{-}10^{-6}$	Hg $7\cdot10^{-6}$ Os $5\cdot10^{-6}$ Pd $1\cdot10^{-6}$ Te $(1\cdot10^{-6})$
IX	$10^{-6}\text{-}10^{-7}$	Ru $(5\cdot10^{-7})$ Pt $5\cdot10^{-7}$ Au $5\cdot10^{-7}$ Rh $1\cdot10^{-7}$ Re $1\cdot10^{-7}$ Ir $1\cdot10^{-7}$
X	10^{-9} кам бўлганлар	Ac $(6\cdot10^{-10})$ Ra $1\cdot10^{-10}$ Pa $1\cdot10^{-10}$ Po $(2\cdot10^{-14})$ Pu $1\cdot10^{-15}$ Rn $(7\cdot10^{-16})$

18-§. Камёб металлар классификацияси

Камёб металлар физик-кимёвий хоссаларининг бир-бирига яқинлиги, уларни хомашёлардан ажратиб олиш, ҳамда ишлаб чиқариш усулларининг ўхшашлиги ва бошқа турли хусусиятлари билан бешта группага бўлинади.

1. *Енгил камёб металлар.* Уларга литий, рубидий, цезий, бериллий элементлари киради. Енгил камёб металлар зичликларининг кичиклиги (литий — 0,5; бериллий — 1,85; рубидий — 1,55; цезий — 1,87) билан ҳамда кимёвий активлиги билан ажралиб туради. Шунинг учун уларнинг кимёвий бирикмалари (оксидлари, хлоридлари) мустаҳкам бўлиб, уларни металл ҳолига қайтариш мураккаб жараён ҳисобланади. Бу металларни олишда уларнинг тузлари суюқланмаси электролиз ёки металлотермик усул билан олинади.

2. *Қийин эрийдиган камёб металлар.* Уларга титан, цирконий, гафний, ваннадий, ниобий, тантал, молибден, вольфрам ва бошқа элементлар киради. Бу элементлар даврий системанинг 4-, 5- ва 6-группасида жойлашган бўлиб, бир элементдан кўшни қаватдаги элементга ўтганда, уларни ички d-электронлари қайта тақсимланиш хусусиятига эга. Шунинг учун металлар атом тузилишининг бу хусусиятлари уларнинг физик ва кимёвий хоссаларининг ўзгаришига олиб келади. Улар бир-биридан ўзларининг қаттиқлиги (масалан, титан — 1680°С да, вольфрам — 3400°С да суюқланади) ҳамда коррозияга чидамлилиги билан фарқ қилади. Кимёвий хоссалари билан эса бу металлар ўзларининг ўзгарувчан валентликлари билан фарқланадилар. Ҳамма қийин эрийдиган металлар юқори температурада суюқланадиган ва металлэмаслар билан кимёвий барқарор бирикмалар (карбидлар, нитридлар, боридлар, силицидлар) ҳосил қилади. Бу моддалар катта амалий аҳамиятга эгадир. Шунинг учун қийин суюқланувчи металлар пўлат ишлаб чиқариш саноатида пўлатни лигерлашда, карбидли қаттиқ қотишмалар ҳосил қилишда ҳамда электротехника ва вакуум электротехникасида ишлатилади.

3. *Тарқоқ камёб металлар.* Уларга галлий, индий, таллий, германий, селен, теллур, рений элементлари киради. Тарқоқ камёб металлар изоморф аралашма ҳолида турли металл минераллари таркибида кам миқдорда учрайди. Шунинг учун улар металлургия ва кимёвий корхоналар-

нинг чиқиндиларидан ажратиб олинади. Масалан, галлий алюминий минералларида (боксидларда) учрайди. Шунинг учун галлий алюминий корхоналари чиқиндиларидан олинади. Индий, таллий ва германий рух концентратлари ва бошқа сульфидли минераллар таркибида учрайди, ҳамда уларни сульфидли хомашёларни қайта ишлашда бирга ажратиб олинади. Германий кўмирнинг ёқилиши натижасида ҳосил бўлган кул таркибида, реният элементи эса молибденли хомашёни қайта ишлаш орқали ажратиб олинади. Демак, тарқоқ камёб металлар учун хомашё базаси турлича бўлиб куйдириш ўчоқларининг кулларида, рух — қўрғошин корхоналарининг кеклари ва кукунларида, сульфат кислота заводлари қолдиқларида, кўмир кулларида ва бошқа турдаги чиқиндилар таркибида учрайди.

4. *Камёб ер металлари.* Уларга скандий, иттрий, лантан ва лантаноидлар киради. Лантаноидлар физик-кимёвий хоссаларининг бир-бирига яқинлиги шундан иборатки, уларнинг ташқи электрон қаватлари тузилишининг бир хиллиги билан фарқ қилади ва бир элементдан иккинчи элементга ўтганда 4 f қаватдаги электронларнинг тўйиниши билан содир бўлади. Шунинг учун маъдан хомашёларида бу элементлар биргаликда бўлади. Уларни ажратиб олишда аввал аралаш оксидлари ҳолида, сўнг улар бир-биридан замонавий усуллар билан ажратиб олинади.

5. *Радиоактив камёб металлар.* Уларга ҳамма радиоактив элементлар: полоний, радий, актиний ва актиноидлар киради. Бу металларни ишлатиш соҳаси ва улар билан ишлаш технологияси радиоактивлик хусусиятига боғлиқ бўлади. Актиноидларнинг табиати электронларни бир элементдан иккинчисига ўтишда 5-f қаватдаги электронларнинг ўзаро жойлашувига боғлиқ. Радиоактив камёб металлар маъдан хомашёларида биргаликда учрайди ва улар камёб ер металларига эргашган ҳолда бўлади. Табиий ва айрим сунъий радиоактив металлар атом энергияси ишлаб чиқариш саноатида катта аҳамиятга эга.

19-§. Камёб металлар ишлаб чиқариш технологияси

Камёб металлар ишлаб чиқариш технологияси ишлатиладиган хомашёнинг хусусиятига металларни физик-кимёвий хоссаларига ҳамда ишлаб чиқариладиган маҳсулотларга бўлган талабларга боғлиқ.

Маълумки маъдан таркибида камёб металлар миқдори жуда кам бўлгани учун улар бойитилади. Камёб металлар бўлган маъданлар таркиби жуда мураккаб бўлиб, улар вольфрам-молибденли, титан-ниобий-танталли, уран-ванадийли, литий-цезийли, вольфрам-сурьмали, цирконий-ниобийли бўлиши мумкин. Бундан ташқари, камёб металлар кимёвий корхоналарнинг ҳамда рангли ва қора металлургия заводларининг чиқиндилари таркибида ҳам бўлади. Шунинг учун бу хомашёларни комплекс равишда ишлаш ва ундан асосий маҳсулотларни ажратиб олиш катта аҳамиятга эга.

Бошланғич маҳсулот таркиби мураккаб бўлгани учун ундан тоза ҳолда маҳсулот ажратиб олишга бўлган талаб юқори бўлади, чунки асосий маҳсулот таркибида бошқа моддалар миқдори юздан, мингдан, айрим ҳолларда ўн мингдан бир фоизни ташкил қилиши керак. Айрим металлар хоссаларининг яқинлиги камёб металларни соф ҳолда олишда катта қийинчиликларни вужудга келтиради, (масалан; гафний ва цирконийни, ниобий ва тантални ва бошқа камёб ер-металларини ажратишда). Шунинг учун хом ашёларни қайта ишлашда, уларни аралашмалардан тозалаш ва соф бирикмаларини олиш асосий мақсадлардан бири ҳисобланади.

Камёб металларнинг ҳеч бирини айрим ҳолда хомашёдан тўғридан тўғри эритиб олиб бўлмайди. Аввало, маъдан концентратларида уларнинг бирикмалари ҳосил қилинади ва улардан асосий маҳсулотлар ажратиб олинади. Маъдан *концентратларини қайта ишлаш асосан уч босқичда* амалга оширилади; яъни а) концентратларни парчалаш; б) кимёвий тоза бирикмалар олиш (тузлари ёки оксидлари); в) тоза кимёвий бирикмалардан металлар олиш.

Биринчи босқичнинг асосий мақсади—минералларни парчалаш,уларни асосий массадан ажратиб олиш ҳамда эритма ёки чўкмада уларнинг миқдорини ошириш. Бунга пирометаллургия (куйдириш, оксидлаш, суюлтириш ёки қуруқ ҳайдаш ва бошқалар) ёки гидрометаллургия усуллари (кислоталар ёки ишқорларда эритиш) орқали эришилади.

Иккинчи босқич эса ҳосил қилинган кимёвий бирикмаларни ажратиш ва тозалашдан иборат бўлиб, бунга чўктириш, дурлаш (кристаллаш), экстракция ва ион алмашиниш жараёнлари орқали эришилади.

Учинчи босқич — соф ҳолдаги камёб металларни олиш бўлиб, унда водород ёки углерод иштирокида юқори температурада қайтариш жараёнлари олиб борилади. Қайтариш усули асосан учта группага бўлинади (21-жадвал).

21-жадвал

Камёб металларни олиш усуллари

Қайтариш усуллари	Металлар
Цементация ёки электролиз қилиш усули билан металларни сувли эритмалардан ажратиб олиш	Галлий, индий, таллий, рений
Юқори ҳароратда оксид ёки тузларни водород, углерод оксиди ёки углерод ёрдамида қайтариш	Вольфрам, молибден, рений, германий
Оксид ёки тузларни металлар билан қайтариш ёки суюлтирилган муҳитда электролиз қилиш	Тантал, ниобий, ванадий, титан, цирконий, литий, бериллий, камёб ер-металлари, торий, уран

Жадвалга кўра галлий, индий, таллий ва рений металларини уларнинг сувли эритмаларидан олиш мумкин экан, қолган металлар пирометаллургия усулида олинади.

Кўпгина қийин эрийдиган камёб металлар аввал, кукунсимон ҳолатга келтирилади, сўнгра юқори температурада суюлтириб металлар қуймаси ҳосил қилинади.

ҚИЙИН ЭРИЙДИГАН КАМЁБ МЕТАЛЛАР ТЕХНОЛОГИЯСИ

20-§. Вольфрам ишлаб чиқариш технологияси

Вольфрам 1781 йилда швед олими К. В. Шелье томонидан тунгстен минералларини кислота билан парчалаб олинган. Шундан 100 йил кейин вольфрамни ишлатиш соҳалари яратила бошланди. Вольфрамни пўлатга қўшиш натижасида, уларнинг қаттиқлиги ва металларнинг қирқиш хусусиятлари ошиши ва уларни лампочкаларда қўлланилиши радиоэлектротехниканинг ривожланишига олиб келди.

Вольфрамнинг атом оғирлиги — 185, 92, зичлиги — 19, 2 г/см^3, $T_{эриш}$ — 3395±5°, солиштирма иссиқлик сиғими — 0,031(18°С да), иссиқлик ўтказувчанлиги — 0,31 кал/см·сек (20°С) ва солиштирма электр қаршилиги — 5,5 $Ом^{-1} \cdot см^{-1} \cdot 10^{-6}$ (20°).

Вольфрам ҳавода оксидланмайди, 400—500°С да оксидлана бошлайди ва ҳарорат кўтарилиши билан сариқ рангли вольфрам (III) оксиди ҳосил бўлади. 2000°С да азот билан вольфрам нитриди — WH_2 ни ҳосил қилади. 600—700°С да сув буғи билан қуйидаги реакция боради:

$$W+3H_2O=WO_3+3H_2.$$

Вольфрам қаттиқ кўмир ва кўмирли газ (CO, CH_4, C_2H_2) лар билан 800—1000°С да WC ва W_2C карбидларини ҳосил қилади.

Вольфрам уй температурасида хлорид, азот, сульфат ва плавик кислоталарда эримайди, лекин температура кўтарилиши билан унинг эрувчанлиги ортиб боради. Совуқ ҳолдаги ишқорларда вольфрам эримайди, аммо суюлтма ҳолидаги ишқор ҳаво таъсирида вольфрамни оксидлайди ва вольфраматлар ҳосил қилади. Бу жараёнда оксидловчилар ($NaNO_3$, $NaNO_2$, $KClO_3$, PbO_2) иштирокида вольфраматларнинг ҳосил бўлиши тезлашади.

Вольфрам минераллари ва уларни бойитиш

Вольфрам Ер қобиғида кам тарқалган элемент бўлиб унинг кларк бўйича оғирлиги $1 \cdot 10^{-4}$ % ни ташкил қилади. У табиатда эркин ҳолда учрамайди. Табиатда вольфрамнинг 15 тага яқин минераллари топилган бўлиб, улардан асосан вольфрамит ва шеелит минераллари амалий аҳамиятга эга.

Темир вольфрамат ($FeWO_4$) ва марганец вольфрамат ($MnWO_4$) ларнинг қаттиқ эритма ҳолидаги изоморф аралашмасига вольфрамитлар дейилади. Ҳар иккала тузнинг кристалл панжаралари бир хил тузилишга эга бўлганлиги учун темир ва марганец атомлари кристалл панжара тугунчаларида бир-бирига алмаша олади. Агар вольфрамит минералида марганец вольфрамати 20 % дан кам бўлса, минерал ферберрит, 80 % дан кўп бўлса гюбнерит деб аталади. Кўрсатилган таркиб аралашмасидаги минералларни вольфрамитлар дейилади, уларнинг ранги қора, жигарранг ёки қизғиш жигарранг бўлиши мумкин. Бу минералларнинг зичлиги 7,1—7,9 г/см³, қаттиқлиги 5—5,5 ни ташкил қилади. Вольфрамит минералларида WO_3 миқдори 76,3—76,6 % ни ташкил қилади. Минерал магнит хусусиятига эга.

Шеелит тоза ҳолдаги кальций вольфраматни ($CaWO_4$) ташкил қилади. Минерал оқ ва сариқ рангли бўлиб, зич-

лиги 5,9—6,1 г/см³, қаттиқлиги 4,5—5 га тенг. Шеелит минерали таркибида қисман повелит ($CaMoO_4$) бўлиб, унга ультрабинафша нур таъсир эттирилса ҳаворангда нурланиши мумкин. Минералдаги молибденнинг миқдори 1 % дан кўп бўлса, сариқ рангли нурланиш ҳосил бўлади. Шеелитда магнитлик хусусияти йўқ.

Вольфрам минералларига қуйидагилар киради. Булар: вольфрам охраси ёки тунгстит — $WO_3 \cdot H_2O$; купротунгстит — $CuWO_4 \cdot H_2O$; штольцит — $PbWO_4$; чиллагит — $3PbWO_4 \cdot PbMoO_4$; ферритунгстит — $Fe_2O_3 \cdot WO_3 \cdot 6H_2O$; тунгстенит — WS_2.

Вольфрам рудаларини бойитишдан мақсад, уларнинг концентратларини олиш: 55—60 % WO_3 бўлади.

Вольфрам рудаларидан концентратлар олишда қуйидаги бойитиш, яъни гравитацион, флатацион, магнитли ва электростатик сепарациялаш ҳамда кимёвий бойитиш усуллари қўлланилади.

Гравитацион бойитиш усули вольфрамит рудаларидан вольфрам олишнинг асосий усули ҳисобланади. Шеелит рудаларини бу усул билан бойитиш натижасида вольфрамнинг ажралиши 70 % дан ошмайди, чунки шеелит рудалари ўта майдаланиш ҳисобига жараён давомида чиқиндидаги шлам (балчиқлар) га ўтиб кетади ва унинг анча қисми йўқотилади. Шунинг учун шеелит рудаларини флотация усули билан бойитиш йўлга қўйилган бўлиб, флотация жараёнини бошқарувчи реагент сифатида — сода, суюқ шиша, танин; коллектор сифатида — олеин кислотаси, натрий оллати, суюқ совун; кўпик ҳосил қилувчи сифатида қайрағоч ёғи, терпинол, техник креозол ва бошқа реагент қўшилади.

Флотация жараёни ишқорли муҳит (pH = 9—10) да олиб борилади.

Айрим ҳолларда шеелит рудаларини бойитишда гравитация ва флотация усуллари қўшиб амалга оширилади.

Бойитиш йўли билан шеелит рудаси таркибидаги молибдендан қутулиб бўлмайди. Шунинг учун шеелит концентратлари таркибидаги молибден гидрометаллургик усул билан қайта ишлов берилгандан сўнг ажратиб олинади. Худди шундай шеелит концентратлари таркибидаги бошқа чиқиндилар ёки аралашмалар маълум миқдорга келтирилади, сўнг улар гидрометаллургик қайта ишловдан кейин тозаланади.

Вольфрам концентратларини қайта ишлаш технологияси

Вольфрам концентратларини қайта ишлашдаги асосий маҳсулот вольфрам (III) оксиди бўлиб, у вольфрам карбиди ва вольфрам металлини олиш учун хизмат қилади.

Саноатда вольфрам концентратларини қайта ишлашнинг бир қанча технологик усуллари маълум.

Қайси технологик усулни қўллаш хомашё турига, ишлаб чиқариш ҳажмига, вольфрам (III) оксидининг технологик талабларига ва унинг физикавий сифатига, ҳамда хомашё қандай усул билан келтирилишига, яъни унинг таннархига боғлиқ бўлади.

Концентратларни қайта ишлаш қуйидаги уч босқичда амалга оширилади: 1. Концентратни парчалаш;

2. Техник вольфрам кислотаси олиш;

3. Техник кислотани аралашмалардан тозалаш.

Бунда қуйидаги технологик парчалаш усуллари ишлатилади. Вольфрамит ва шеелит концентратлари куйдирилади ёки сода билан суюлтирилиб, сувда ишқорланади ёки автоклавда соданинг сувли эритмаси билан қайта ишланади. Айрим ҳолларда вольфрамит концентратлари натрий гидрооксидининг сувли эритмаси билан қайта ишланади. Шеелит концентратлари эса кислоталар билан парчаланади.

Бу усулларда ишқорли реагентлар (сода, ўювчи натрий) қўлланганда натрий вольфраматнинг сувли эритмаси ҳосил бўлади ва ундан техник вольфрам кислотаси ёки вольфрам бирикмалари ҳосил қилинади.

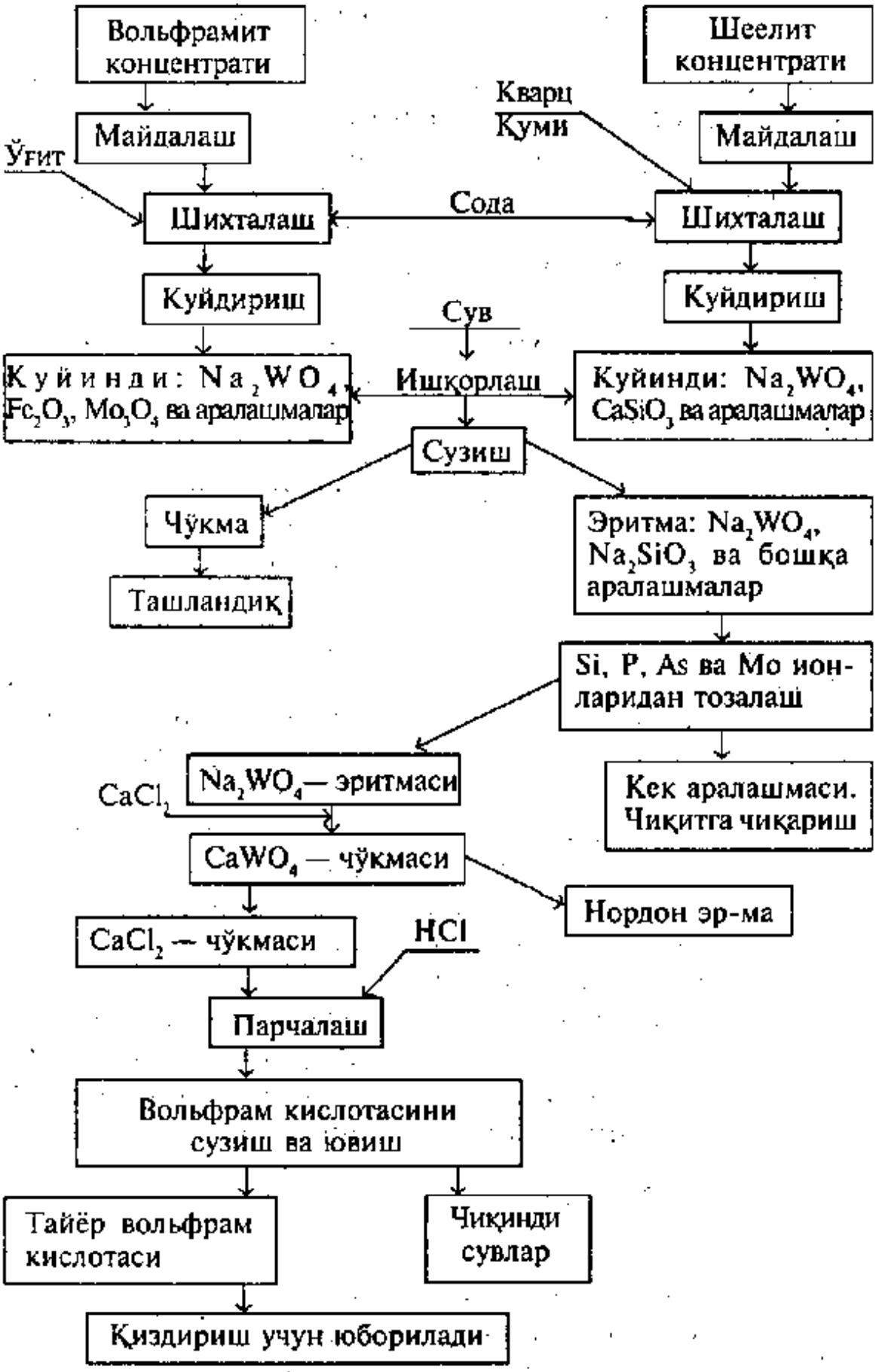
Вольфрам концентратларини кислоталар билан парчалашда вольфрам кислотаси чўкмада ҳосил бўлади, сўнгра аралашмалардан тозаланади. Қуйида парчалаш технологик усулларидан айримларини кўриб чиқамиз.

Содали куйдириш технологияси

Содали куйдириш саноатда энг кўп қўлланиладиган парчалаш технологияси ҳисобланади. Бу усулнинг технологик тизими қуйида берилган (21-расм).

Куйдириш. Вольфрамит концентрати кислород иштирокида сода билан қуйидаги реакцияга киришади:

$$2FeWO_4 + 2Na_2CO_3 + 1/2O_2 = 2Na_2WO_4 + Fe_2O_3 + 2CO_2$$



21-расм. Вольфрамит ёки шеелитнинг содали куйдириш технологияси.

$$3MnWO_4 + 3Na_2CO_3 + 1/2O_2 = 3Na_2WO_4 + Mn_3O_4 + 3CO_2$$

Реакция қайтмас бўлиб, CO_2 учиб чиқади, Mn ва Fe эса тўлиқ оксидланади. Бу жараён 800—900°С да боради. Реакция тўлиқ бориши учун шихталаш учун ишлатиладиган сода миқдори назарий жиҳатдан 10—15 % кўп солиниши ҳамда темир ва марганецни оксидлаш жараёнини тезлатиш учун 1—4 % миқдорида ўғит солиниши керак.

Концентрат таркибидаги кремний, фосфор, мишьяк, молибден ва бошқа моддалар ҳам сода таъсирида эрувчан тузлар ҳосил қилади, яъни:

$$SiO_2 + Na_2CO_3 = Na_2SiO_3 + CO_2$$

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3Na_2CO_3 = Na_3PO_4 + 3CaCO_3$$

$$As_2S_3 + 6Na_2CO_3 + 7O_2 = 2Na_3AsO_4 + 3Na_2SO_4 + 6CO_2$$

$$MoS_2 + 3Na_2CO_3 + 4\frac{1}{2}O_2 = 2Na_2MoO_4 + 2Na_2SO_4 + 3CO_2$$

Шихтадаги ортиқча сода темир оксиди билан реакцияга киришиб, натрий ферритларини ҳосил қилади ва у сувли ишқорлаш жараёнида ишқор ҳосил бўлиши билан боради:

$$Na_2Co_3 + Fe_2O_3 = 2NaFeO_2 + Co_2$$

$$2NaFeO_2 + H_2O = 2NaOH + Fe_2O_3$$

800—900°С да юқоридаги реакцион моддалар аралашмаси оқувчан суюлтма ҳолида бўлади, улар куйдирма дейилади. Бу куйдирма таркибида натрий вольфрамат, темир оксиди ва феррити, марганец оксидлари, аралашмаларнинг натрийли тузлари, ортиқча сода ва реакцияга киришмасдан қолган вольфрамит минералидан иборат бўлади.

Саноатда бу жараёнлар махсус ишланган тўхтовсиз ёки даврли айланувчи ўчоқларда амалга оширилади. Бундай ўчоқларда вольфрамит концентратларининг парчаланиши 98—99 % ни ташкил қилади. Саноатда қўлланиладиган айланувчи ўчоқларнинг узунлиги 20—25 м бўлиб, унинг ичи шамот ғиштлари билан ўралган бўлади. Ички диаметри 1,8—2 м бўлиб, у 2—3° остида қия ҳолда ўрнатилади. Бу ўчоқлардаги температура мазут, генератор газларини ёқиш билан амалга оширилади. Ўчоқларнинг айланиш тезлиги минутига 0,5—2 м/сек. Масалан: узунлиги 20 м ва ташқи диаметри 2,2 м, қиялиги 3° бўлган ўчоқлар суткасига 20—22 % WO_3 бўлган 25 тонна шихтани ишлаб чиқара олади. Ўчоқларда-

ги куйдирмалар маълум катталикларда парчаланади ва улар ҳўл тегирмонларда бўтана (пульпа) ҳолига келтирилиб, ишқорлаш тизимига юборилади.

Ишқорлаш. Куйдирмани сувли ишқорлаш жараёни 80—90° да тўхтовсиз ёки даврли ишловчи айлантиргичли жиҳозларда амалга оширилади. Қиздириш жараёни қиздирилган буғлар билан олиб борилади ва натрий вольфраматни тўлиқ эритмага ўтказиш учун ишқорлаш 2—3 босқичда бажарилади. Натижада натрий вольфрамати ва сувда эрувчи тузлар аралашмаси эритмага ўтади. Ишқорлаш жараёнлари натижасида вольфрамнинг 98—99 % и эритмага ўтади. Натрий вольфрамат эритмасининг зичлиги 1,26—1,40 г/см^3 оралиғида бўлиб, эритмадаги WO_3 миқдори 190—270 г/л бўлишини кўрсатади. Ишқорлаш ва сузиш жараёнидан сўнг қуруқ ҳолатдаги чиқиндилар концентратнинг бошланғич миқдори 30—40 % ни ташкил қилади. Чиқиндилар таркибида WO_3 миқдори 1,5—2 % дан ошмаслиги керак (агар 2 % дан ортса шихталаш жараёнига қайтарилади).

21-§. Натрий вольфрамат эритмасини аралашмалардан тозалаш

Натрий вольфрамат эритмаси таркибида кремний, фосфор, мишьяк, молибден ва олтингугуртнинг натрийли тузларидан иборат аралашмалар бўлиб, улар вольфрам кислотасининг тозалигига таъсир қилади. Шунинг учун натрий вольфрамат эритмаси бу ионлардан тозаланиши шарт.

а. Кремнийдан тозалаш.

Натрий вольфрамат эритмасини кремнийдан тозалаш учун, аввал эритма HCl қўшиб нейтралланади. Нейтраллаш жараёнида қиздирилган вольфрамат эритмасига томчилаб хлорид кислотаси қўшилади ва бу жараён эритмадан олинган аликвотни фенолфталеин индикатори ёрдамида текшириб борилади. Эритма муҳити pH = 8—9 бўлганда натрий силикат тузи гидролизланади, яъни

$$Na_2SiO_3 + H_2O = H_2SiO_3 + 2NaOH$$

Бу эритма қиздирилса H_2SiO_3 чўкмага тушади ва у сузиб олиш орқали ажратиб олинади. Кўпинча нейтраллаш учун HCl ўрнига NH_4Cl ишлатилади, сувли эритмада гидролизланиб HCl ни ҳосил қилади, у эса NaOH ни нейтраллашга олиб келади, яъни:

$$NH_4Cl + H_2O = NH_4OH + HCl$$

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$

Бу эса ҳосил бўладиган муҳитнинг ўзгаришини камайтиради ва NH_4Cl қўллаш фосфор ва мишьякдан тозалаш жараёнини олиб боришни яхшилайди.

б. Мишьяк ва фосфордан тозалаш.

Мишьяк ва фосфор эритмалардан магний ва арсенатлар ҳолида чўктирилиши мумкин. Шунинг учун ҳам, асосан кам эрувчан аммоний-магнезидли фосфат ва арсенат тузларини ҳосил қилиш орқали тозалаш энг яхши усул бўлиб хизмат қилади: $Mg(NH_4)PO_4 \cdot 6H_2O$ ва $Mg(NH_4)AsO_4 \cdot 6H_2O$ тузларини 20°С да сувда эрувчанлиги 0,053 ва 0,038 % ни ташкил қилади ва агар эритмада Mg^{2+} ва NH_4^+ ионлари миқдори кўпроқ бўлса, бу тузларнинг эрувчанлиги янада камаяди.Чўктириш реакцияси:

$$Na_2HPO_4 + MgCl_2 + NH_4OH = Mg(NH_4)PO_4 + 2NaCl + H_2O$$

$$Na_2HAsO_4 + MgCl_2 + NH_4OH = Mg(NH_4)AsO_4 + 2NaCl + H_2O$$

Лекин ҳосил бўлган $Mg(NH_4)PO_4$ ва $Mg(NH_4)AsO_4$ тузлари сувли эритмада гидролизга учраши ҳамда сувда яхши эрувчан тузларни ҳосил қилиши мумкин:

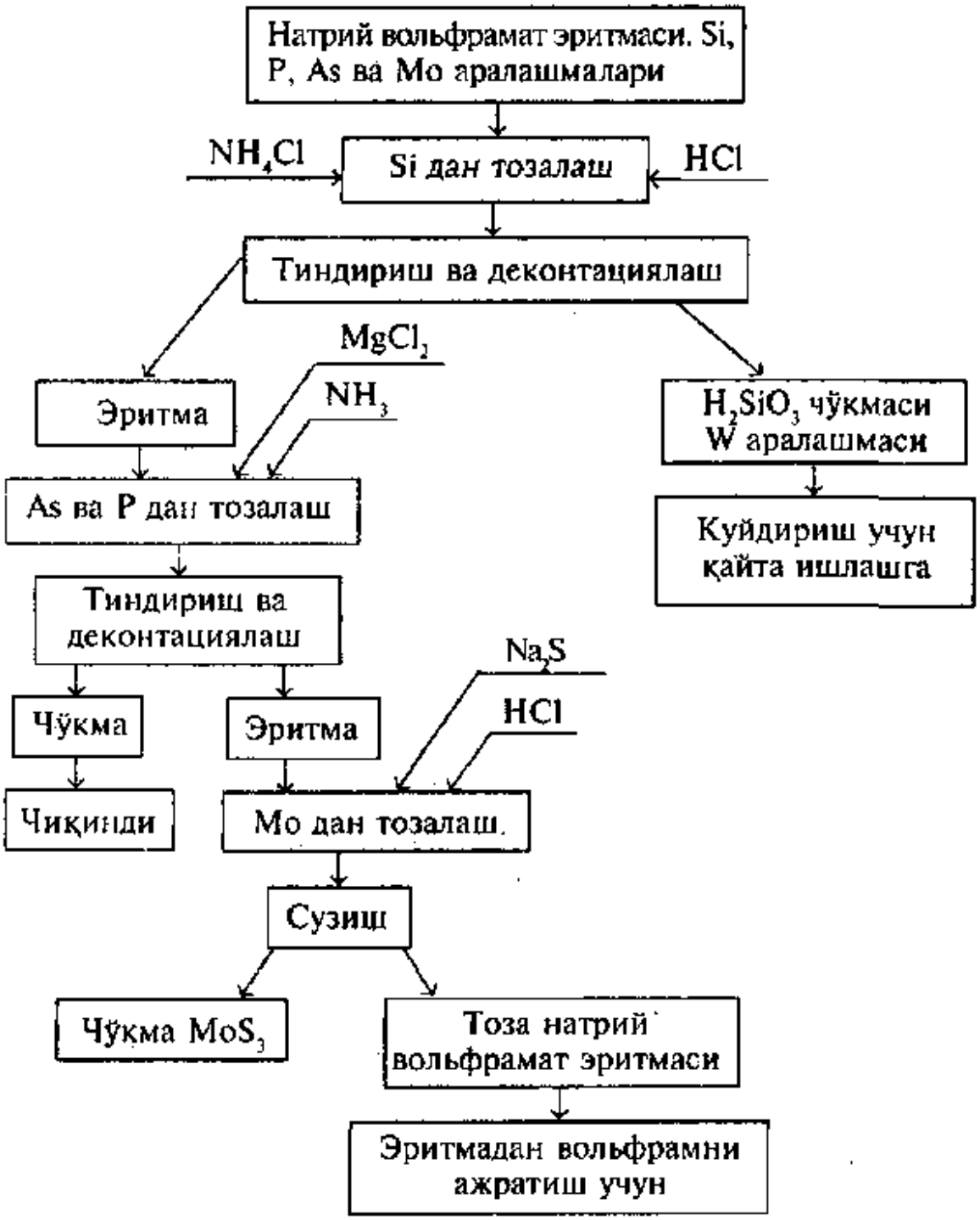
$$Mg(NH_4)PO_4 + H_2O = MgHPO + NH_4OH$$

Реакциядан кўриниб турибдики, чўктириш жараёнини тўлиқ амалга ошириш учун уни кўпроқ миқдордаги NH_4OH қўшиш билан олиб бориш керак экан. Шу билан бирга, чўктириш жараёни анча паст температурада олиб борилишини тақозо этади, ҳамда $MgCl_2$, NH_4Cl ва аммиакни назарий жиҳатдан кўпроқ миқдорда ишлатишни талаб қилади.

в. Молибдендан тозалаш.

Агарда натрий вольфрамат эритмасида молибден миқдори 0,3 г/л дан кўп бўлса, унда тозалаш жараёни кам бўлса вольфрам кислотаси ҳосил қилиш жараёнида амалга оширилади.

Саноатда молибдендан тозалаш жараёни, асосан молибден (III) сульфидини ҳосил қилишга асосланган бўлиб, бунинг учун эритмага Na_2S қўшилса молибденнинг сульфотузлари ҳосил бўлади ва эритмага хлорид кислота қўшиб, унинг муҳити pH=2,5—3 гача олиб борилса, эритмадаги ҳамма молибден MoS_3 ҳолида чўкмага тушади, яъни:



22-расм. Вольфрамат натрийни кремний, фосфор, мишьяк ва молибден ионларидан тозалаш схемаси.

$$Na_2MoO_4 + 4Na_2S + 4H_2O = Na_2MoS_4 + 8NaOH$$

$$Na_2MoS_4 + 2HCl = MoS_3 + 2NaCl + H_2S$$

Бу жараён қуйидагича амалга оширилади. Эритмага Na_2S қўшилгандан сўнг, pH=3 гача нейтралланади (қизил конго индикатор қоғози ёрдамида назорат қилиб турилади). Эритмани 1—2 соат қиздирилгандан сўнг молибденнинг

жигарранг сульфотузлари чўкмага тушади ва у билан 1 % га яқин вольфрам ҳам чўкмага тушади.

Молибден ионларидан тозалаш технологияси мишьяк ва фосфордан тозалангандан сўнг бажарилади.

Натрий вольфрамат эритмасини ҳар хил аралашмалардан тозалашнинг технологик схемаси 22-расмда берилган.

22-§. Эритмадан вольфрам эритмаларини олиш

Вольфрам натрий вольфрамат эритмасидан турли бирикмалар ҳолида олинади. Амалда қуйидаги усуллар қўлланилади:

1. Вольфрам кислотасини тўғридан-тўғри ажратиш;
2. Кальций вольфрамат ҳолида чўктириш, уни кислоталарда парчалаш;
3. Натрий паровольфрамат ва вольфраматлар ҳолида дурлаш (кристаллаш).

Бу усуллар ичида тўғридан-тўғри вольфрам кислотаси ҳосил қилиш энг оддий усул ҳисобланади. Лекин бу усулда коллоид бирикмалар берувчи дисперс чўкмаларнинг ҳосил бўлиши технологик қийинчиликларни туғдиради. Ундан майда заррачали вольфрам кислоталари олишда фойдаланилади. Иккинчи усул ишлаб чиқариш амалиётида кенг қўлланилади, чунки унда осон ювиладиган вольфрам кислотаси олинади. Учинчи усул, асосан ишлаб чиқариш учун охирги маҳсулотларни ишлатишга қараб қўлланилади.

Вольфрам кислотасини чўктириш. Бунда, асосан хлорид кислота ишлатилади, яъни:

$$Na_2WO_4 + 2HCl = H_2WO_4 + 2NaCl$$

Чўкманинг ҳосил бўлиши бошланғич эритма концентрациясига, температурага ҳамда чўктириш усулига боғлиқ. Агарда эритмалар совуқ ҳолда бўлса, оқ рангли вольфрам кислотасининг коллоид чўкмаси ҳосил бўлади. Қайнатилган хлорид кислотага натрий вольфраматни 80—90°С гача иситилган эритмаси қўшилса, сариқ рангли, осон ювиладиган дағал вольфрам кислотасини олиш мумкин. Катта заррачали вольфрам кислотасининг ҳосил бўлиши, эритмани хлорид кислотасига қуйиш тезлигига боғлиқ, чунки кристаллар (дурлар) нинг ўсиши чўкма заррачасининг катталигини ифодалайди.

Ҳосил бўлган вольфрам кислотаси чўкмаси натрий хлориддан ва эриган аралашмалардан ювиб ташланади. Бунда, аввал иситилган дистилланган сув билан деконтацияланади, сўнг 1 % ли HCl ёки NH_4Cl эритмаси билан ювилади, чунки бу ҳолатда вольфрам кислотаси яхши чўкма ҳосил қилади.

Кальций вольфрамат ҳолида чўктириш

Бу усулда қуйидаги реакция боради:

$$Na_2WO_4 + CaCl_2 = CaWO_4 + 2NaCl$$

Кальций вольфраматнинг чўкиш жараёни ва уни тўлиқ чўктириш эритмадаги натрий вольфраматнинг концентрациясига ҳамда эритманинг ишқорий муҳитда бўлишига боғлиқ. Натрий вольфрамат эритмаси қиздирилиб, эритманинг зичлиги 1,14—1,16 (яъни 120—130 г/л) гача келтирилади ва эритмадаги ишқор миқдори 0,3—0,7 % гача бўлиши керак. Агарда эритмадаги ишқор миқдори 0,3 % дан кам бўлса, эритмадаги вольфрам тўлиқ чўкмайди, ишқор миқдори 0,7 % дан кўп бўлса, чўкиш жараёни секин боради, ҳажми катталашиб чўкмадаги чиқиндилар миқдори нормадан ошиқ бўлади. Ҳосил қилинган чўкма, аввал дистилланган сув билан ювилади. Сўнг хлорид кислота эритмаси билан ишлов берилади, унда қуйидаги реакция ҳосил бўлади:

$$CaWO_4 + 2HCl = H_2WO_4 + CaCl_2$$

23-§. Шеелит концентратини парчалаш технологияси

Кўпчилик саноат корхоналарида шеелит концентратини парчалаш орқали вольфрам олинади. Бунда қуйидаги технологик усуллар қўлланилади. Сода билан парчалаш, соданинг сувли эритмаси билан автоклавда парчалаш ва кислоталар билан парчалаш. Бу технологик усулларни алоҳида кўриб чиқамиз.

Сода билан парчалаш технологияси.

Бу жараён қуйидаги реакция асосида олиб борилади:

$$CaWO_{4(қаттиқ)} + Na_2CO_{3(суюқ)} = Na_2WO_{4(қаттиқ)} + CaCO_{3(қаттиқ)}$$

Бу реакциянинг тўлиқ бориши реакциянинг мувозанат константасига боғлиқ, яъни 20°C да $\frac{[Na_2CO_3]}{[Na_2WO_4]} = 0{,}78$ га тенг

бўлади. Жараён давомида тўлиқ шеелит концентратини парчалаш учун, яъни 294 г Na_2WO_4 ҳосил қилиш учун реакция бўйича 106 г Na_2CO_3 олиш керак. Лекин жараённи охирига етказиш учун эса эритмада кўп миқдорда сода $\frac{[Na_2CO_3]}{294} = 0{,}78$ ёки $[Na_2CO_3] = 0{,}78 \cdot 294 = 230$ г керак бўлади. Шунга кўра, реакциянинг тўлиқ бориши учун содани умумий миқдори $230+106=336$ граммни ёки 3,17 марта стехеометрик жиҳатдан кўплигини кўрсатади.

Шунинг учун бу жараёнда сода минимал қийматидан кўпроқ олиниши, бу реакцияда чўктириш жараёнининг тўлиқ бориши учун маълум миқдорда кварц қуми, ҳамда қисман чиқиндилардан қўшиш билан олиб борилади. Унда шихтада борадиган жараён қуйидаги реакциялар билан боради:

$$CaWO_4 + Na_2CO_3 + SiO_2 = Na_2WO_4 + CaSiO_3 + CO_2$$

Бу реакция икки босқичда боради, яъни:

$$Na_2CO_3 + SiO_2 = Na_2SiO_3 + CO_2$$

$$CaWO_4 + Na_2SiO_3 = Na_2WO_4 + CaSiO_3$$

Юқорида кўрсатилганлардан кўриниб турибдики, шеелитни содали парчалашда, шихта майдаланган шеелит концентратидан 50—100 % кўп бўлган Na_2CO_3, кварц қуми ва чиқиндилардан иборат бўлиши керак.

Демак, бу технологик жараёнда кўп миқдорда сода сарфлашга тўғри келади, бу эса олинган маҳсулот таннархига таъсир қилади. Шунинг учун ҳозирги вақтда шеелит концентратини парчалашда бошқа усуллардан фойдаланилади. Бундан ташқари, содани сувли эритмаси билан автоклавда парчалаш технологияси ҳам ишлаб чиқилган.

Бу технологик жараён қуйидаги реакция асосида боради.

$$CaWO_{4(қаттиқ)} + Na_2CO_{3(эритма)} = Na_2WO_{4(эритма)} + CaCO_{3(қаттиқ)}$$

Шеелит концентратини кислоталар билан парчалаш технологияси қуйидаги реакция бўйича боради:

$$CaWO_4 + 2HCl = H_2WO_4 + CaCl_2$$

моддалари билан бир қаторда кўп миқдорда бошқа моддалар ҳам ҳосил бўлади.

Жараённи олиб бориш учун хлорид кислота миқдори назарий ҳисобланганига қараганда тахминан 250 % кўп миқдорда олинади ва қисман 0,2—0,5 % миқдорда HNO_3 солинади. Тайёрланган эритма устига майдаланган шеелит концентратини солиб, уни аралаштириб турилади (70—80° да, 6—8 соат давом этади).

Натижада чўкмада вольфрам кислотаси ҳосил бўлиб, у билан бирга парчаланмасдан қолган шеелит минерали, қум, тупроқ ва бошқа моддалар бўлади; техник вольфрам кислотаси олинади. Уни иссиқ сув билан бир неча марта ювиб ташланади. Олинган техник вольфрам кислотаси таркибида 2—3 % чиқиндилар бўлгани учун тозалашга юборилади.

Вольфрам кислотасини тозалаш. Вольфрам кислотаси таркибида 0,2—0,3 % кальций, натрий силикат кислотаси (H_2SiO_3), молибден кислотаси (H_2MoO_4) ҳамда вольфрам кислотаси юзасида ютилган (сорбцияланган) темир, марганец, алюминий, фосфор, мишьяк ва бошқа бирикмалар билан ифлосланган бўлади. Вольфрам кислотасини тозалаш учун хлорлаш усули ишлатилади. Бунда темир, марганец, алюминий, фосфор ва бошқалар учувчан тузлар ҳолида учиб чиқади. Бундан ташқари, аммиак билан тозалаш усули қўлланилади. Бунда вольфрам кислотаси аммиакда яхши эрийди ва эритмага ўтади, бошқа моддалар эса чўкмада қолади. Аммиакли эритмадан вольфрам аммоний вольфрамат ҳолида ажратиб олинади.

МОЛИБДЕН ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ТЕХНОЛОГИЯСИ

24-§. Молибден концентратларини қайта ишлаш усуллари

Ферромолибден ва турли тозаликдаги молибденнинг кимёвий бирикмалари — молибден (III) оксиди, аммоний парамолибдат, натрий молибдат ва кальций молибдат каби моддаларни олиш учун молибденит концентрати асосий хомашё базаси ҳисобланади.

Корхоналарда қандай ва қайси модда олишдан қатъи назар, аввал молибденит концентратлари оксидлаш жараёни ва гидрометаллургик ишлов бериш билан олиб борилади. Оксидлаш жараёни натижасида кўп аралашмалар куйиндиси ҳосил килинади ва ундан сўнг ҳосил бўлган куйиндидан асосий модда молибден (III) оксиди олиш учун юборилади. Бу моддани олиш учун учириш (ҳайдаш) усули ёки гидрометаллургик усул қўлланилади.

Ҳозирги вақтда молибден концентратларини парчалашда, асосан гидрометаллургик усуллар қўлланиб келинмоқда.

Уларга қуйидаги усуллар киради:

1. Молибденит минералларини оксидлаш ёки кислоталар билан парчалаш;

2. Молибденит минералининг кислород ва ишқорли эритмаларини босим таъсирида оксидлаш;

3. Натрий гипохлоратнинг ишқорли эритмаси билан ишлов бериш.

1. **Молибденит концентратини оксидлаш.**

Бу усулда бир қанча кимёвий реакциялар содир бўлиб. улар юқори температурада олиб борилади. Оксидланиш жараёнида:

а. Молибденит минерали молибден (III) оксидигача оксидланади;

б. Молибден (III) оксиди молибденит билан бирикади;

в. Концентрат таркибидаги мис, темир ва бошқа элементлар оксид ёки сульфат ҳолигача оксидланади;

г. Ҳосил бўлган молибден (III) оксидининг металл оксидлари, сульфатлари ва уларнинг карбонатлари билан бирикиши мумкин.

а. **Молибденнинг оксидланиши.**

Бу жараён 500°С да кислород иштирокида олиб борилади:

$$MoS_2 + 3\frac{1}{2}O_2 = MoO_3 + 2SO_2$$

б. **MoO_3 ни MoS_2 билан ўзаро бирикиши.**

Бу жараён кам ҳаволи муҳитда 600—700°С да боради:

$$MoS_2 + 6MoO_3 = 7MoO_2 + 2SO_2$$

Температура 600°С бўлганда 60 минутдан сўнг реакциянинг 45 % и, 700°С да эса 90 % и амалга ошади:

в. **Бошқа металл сульфидларининг оксидланиши.**

Яъни,

$$MeS_2 + 2\frac{1}{2}O_2 = MeO_3 + 2SO_2$$

$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$$

Сўнгра

$$MeO + SO_3 = MeSO_4$$

ҳосил бўлади, реакция таркибидаги

$$CaCO_3 + SO_3 = CaSO_4 + CO_2$$

ҳолида реакцияга киришади.

г. **Молибден (III) оксиднинг сульфидлари, карбонатлари, металл оксидлари ҳосил бўлиши** 500—600°С да бошланади, яъни

$$CaCO_3 + MoO_3 = CaMoO_4 + CO_2$$

$$CuO + MoO_3 = CuMoO_4$$

$$CuSO_4 + MoO_3 = CuMoO_4 + SO_3$$

Бунда аввал

$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$ ҳосил бўлади.

$$ZnO + MoO_3 = ZnMoO_4$$

$$PbO + MoO_3 = PbMoO_4$$

Ферромолибден тузи эса ҳавоси сўриб олинган идишда ҳосил бўлади, уни ҳаволи жойда қиздирилса, Fe_2O_3 ва MoO_3 ҳолида оксидланиб парчаланади.

25-§. Тоза MoO_3 ишлаб чиқариш технологияси

Бу технологик усулни амалга оширишда жараён юқори босимда олиб борилади, чунки босим ошган сари юқори температурада MoO_3 буғлари ҳосил бўлиб, улар чанг зарраларини ҳолида учиб чиқа бошлайди. Бу усулни буғлатиш усули (возгонка) билан ҳайдаш дейилади. MoO_3 нинг ҳосил бўлиш жараёни 900—1100°С да яхши боради. Бу температурада минерал таркибидаги темир оксиди, кремний оксидлари буғланмайди. Бу жараённи амалга ошириш учун кварцдан тайёрланган қозончаларга (тигель) қиздирилган молибденит минерали солиб, уни айланувчи электр ўчоқларга жойланади. Бу ўчоқлар 35° ли бурчак остида эгилган бўлиши керак. Қозончалар 900—1100°С га қиздирилганда минераллар суюқланади ва бу қозончалар устидан тўхтовсиз равишда ҳаво юбориб турилади. Бу ҳаво ҳосил бўлган MoO_3 буғларини ўзи билан олиб кетади ва улар ўз йўлида қопли элаклардан (мешочный фильтр) ўтказилиб борилади ва ушлаб қолинади.

Бу усулда олинган MoO_3 99,95 % миқдорда ажралиб чиқади, у бошқа моддалардан соф ҳолатда бўлади.

Шунингдек, кимёвий усуллар ҳам бор. Уларда молибденит концентрати юқори температурада қиздирилади. Ҳосил бўлган куйинди аммиак билан ишқорланади, яъни

$$MoO_3 + 2NH_4OH = (NH_4)_2MoO_4 + H_2O$$

Концентрат таркибидаги $CaMoO_4$, MoO_2 ва молибденит аммиакда эримайди ва чиқинди таркибида қолади.

Қиздириш натижасида ҳосил бўлган молибден тузлари, мис ва рух сульфатлари (худди шундай никель ҳам) аммиакли сувда яхши эрийди ва улар комплекслар ҳолида эритмага ўтади:

$$MeMoO_4 + 6NH_4OH = [Me(NH_3)_4](OH)_2 + (NH_4)_2MoO_4 + 4H_2O$$

$$MeSO_4 + 6NH_4OH = [Me(NH_3)_4](OH)_2 + (NH_4)_2SO_4 + 4H_2O$$

Ферромолибдат аммиакли сувда парчаланади, лекин бу реакция жуда суст боради. Шунинг учун улар молибденит заррачалари юзасида оксидлари ҳолида юпқа пардалар ҳосил бўлишига олиб келади (улар молибденитларнинг эришини камайтиради).

Эритмада ҳосил бўлган Fe^{2+} валентли бирикмалари эса яхши эрийди ҳамда темирнинг аммиакли комплексларини ҳосил қилади:

$$Fe(OH)_2 + 6HN_4OH = [Fe(NH_3)_6](OH)_2 + 6H_2O$$

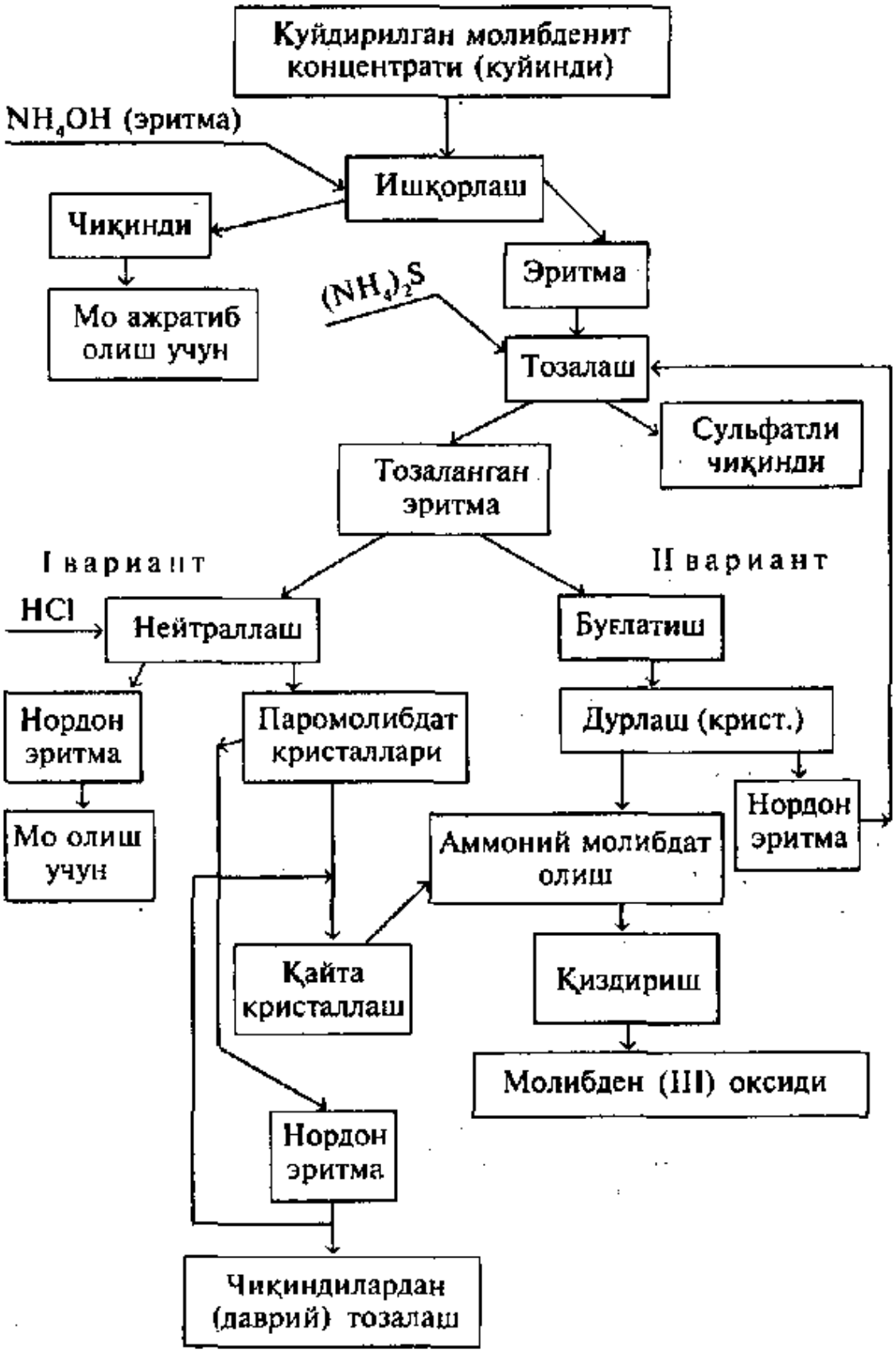
Бу усулда олинган молибден миқдори 80—95 % ни ташкил қилади. Чиқиндилар миқдори 10—30 %, унда қоладиган молибден миқдори эса 5—25 % бўлиши мумкин. Шунинг учун бу чиқиндилар яна технологик қайта ишлашга юборилади.

Технологик жараён давомида таркибидаги MoO_3 (сувда қисман эрувчан) сув билан ювиб турилади (сувли эритмада 3—5 г/л ташкил қилади) ва бу эритма технологик схемага қайтарилади.

Ишлаб чиқариш корхоналарида куйиндилар (молибденит куйиндилари) 8—10 % ли аммиак билан ишқорланади ва бу жараён 3—4 марта амалга оширилади. Бундан мақсад молибденни тўлиқ олишдир.

Биринчи ва иккинчи ишқорланган эритмалар бир-бирига қўшилиб, темир ва мис ионларидан тозалаш учун юборилади.

Ишқорлаш натижасида ҳосил бўлган эритмалар эса технологик тизимнинг бошланғич қисмига юборилади. Ҳар қайси ишқорлаш босқичидан сўнг эритма элакдан ўтказилади ва чўкма сув билан ювилади. Ҳамда сув билан ювилган эритма системага қайтарилади, яъни улар яна қайта ишлашга юборилади.



23-расм. Тоза молибден (III) оксиди олиш технологик схемаси.

26-§. Эритмани мис ва темир ионларидан тозалаш

Аммиак билан ишқорлаш натижасида куйдирилган молибден концентрати таркибидаги молибден билан бирга мис, темир, рух, никель, ишқорий-ер металлар ионлари билан бирга SO_4^{-2} ионлари эриган ҳолда эритмага ўтади. Эритма таркибида мис ва темир ионларининг миқдори бошқа ионларга қараганда миқдор жиҳатидан кўп бўлгани учун, уларни тозалаш керак бўлади. Юқорида кўрсатилган бошқа ионлар миқдор жиҳатидан жуда кам фоизни ташкил қилади.

Мис ва темир ионларидан тозалаш учун корхоналарда эритмаларга $(NH_4)_2S$ қўшилади. Бунда сувда эримайдиган CuS ва FeS тузлари ҳосил қилинади.

Мис ва темир ионларини сульфидлар ҳолида чўктириш учун эритмадаги комплекс ионлари парчаланиб,

$$[Cu(NH_3)_4]^{2+} \rightleftarrows Cu^{+2} + 4NH_3$$

ҳосил қилади.

Мис иони (Cu^{++}) билан $(NH_4)_2S$ қуйидаги ҳолатда реакцияга киришади:

$$[Cu(NH_3)_4](OH)_2 + NH_4HS + 3H_2O =\downarrow CuS + 5NH_4OH$$

Худди шундай усулда FeS ҳам чўкмага тушади:

$$[Fe(NH_3)_4](OH)_2 + NH_4HS + 3H_2O =\downarrow FeS + 5NH_4OH$$

Эритмага қўшилаётган аммоний сульфидни назорат қилиб туриш керак, чунки эритмага қўшилган ортиқча аммоний сульфид эритмадаги молибден билан сульфотузлар ҳосил қилиб асосий маҳсулотнинг ифлосланишига олиб келади. Бу реакция қуйидагича боради:

$$(NH_4)_2MoO_4 + NH_4HS \rightleftarrows (NH_4)_2MoS_4 + 4NH_4OH$$

Аммиакли чўкмага аммоний сульфид қисмлаб қуйилади, сўнг тўлиқ чўкма ҳосил бўлиши текширилиб кўрилади. Эритмада сульфид ионларини текшириш учун эритмадан озроқ олиб, унга рух нитрат эритмаси таъсир эттирилади. Агарда эритмада ортиқча сульфид ионлари бўлса, рух молибдат ионининг оқ чўкмаси ҳосил бўлади, бу реакциялар орқали эритмалардаги ортиқча сульфид ионларининг

бор ёки йўқлиги аниқланади. Эритмада ортиқча сульфид ионларини йўқотиш учун куйиндини ишқорлашдан ҳосил бўлган эритмага (аммиакли эритмалардан) қўшилади. Мис ва темир сульфидларини чўктириш жараёни махсус ясалган ускуналарда олиб борилади.

27-§. Аммиакли эритмадан молибденни ажратиб олиш

Аммиакли эритмалардан молибденни ажратиб олишда 2 хил вариант қўлланилади:

1. Буғлатиш.
2. Нейтраллаш усуллари.

Буғлатиш усули. Бу усулда эритма мис ва темир ионларидан тозалаш учун фильтрланади. Ҳосил бўлган эритма қиздирилади. Эритмани қиздириш давомида қисман аммиак ажралиб чиқади. Сўнгра қуйидаги реакция бўйича паромолибдат аммоний ҳосил бўла бошлайди, яъни:

$$7(NH_4)_2MoO_4 \cdot 4H_2O \rightarrow 3(NH_4)_2 \cdot O \cdot 7MoO_3 + 8NH_4OH$$

Нордон молибдат тузлари ҳосил бўлишининг олдини олиш учун буғлатиш жараёни озроқ эркин аммиак бўлган ҳолда (4—6 г/л), ҳамда эритмани аралаштириб олиб бориш керак бўлади. Чунки эритмада бир хил қизиш ҳосил бўлиши керак.

Таркибида 120—140 г/л MoO_3 (d=1.09—1,12) бўлган эритмани буғлатиш жараёни, аввал зичлиги 1,20—1,23 бўлгунча олиб борилади, сўнгра тиндириш учун қўйилади ва фильтрланади, қолган мис ва темир сульфидлари чўкмага тушади. Эритма фильтрлаб олингач, буғлатиш жараёни давом эттирилади.Буғлатиш натижасида эритма зичлиги 1,38—1,40 (400 г/л MoO_3) га тенг бўлганда, иссиқ эритма фильтрланади ва улар кристаллизаторларда йиғилади. Кристаллизаторларда йиғилган эритма аралаштириб туриб совутилади, натижада паромолибдат аммоний — $3(NH_4)_2O \cdot 7MoO_3 \cdot 4H_2O$ нинг майда кристаллари ҳосил бўлади. Ҳосил бўлган бу кристаллар центрифугада ажратиб олинади ва дистилланган сув билан ювиб ташланади. Кристаллардан ажратиб олинган нордон эритмани буғлатиш давом эттирилади ва ундан паромолибден аммоний ионлари кристалланади ва бу кристаллаш жараёнини бир неча марта амалга оширилади.

Биринчи кристаллашда 50—60% аммоний паромолибдат ҳосил бўлади. Биринчи ва иккинчи босқичдаги паромолибдат аммоний кристаллари юқори тозаликка эга бўлган тузлардан иборат бўлади.

Охирги босқичда қолган нордон эритмани қуруқ ҳолга келгунча буғлатилади ва уни 350—400°С гача қиздириб, ифлос ҳолда ҳосил бўлган MoO_3 ишқорлаш бўлимига қайтарилади.

Бу буғлатиш жараёни узоқ вақт давом этганлиги ва буғлатишда олинадиган кристаллар тоза бўлмагани учун саноат корхоналарида кам ишлатилади.

Нейтраллаш усули. Бу усулда молибден полимолибдат ҳолида ажратиб олинади, чунки тоза ҳолида кристалланади. HCl билан нейтраллаш натижасида аммоний молибдат эритмасининг pH муҳити ва температурасини ўзгаришига қараб турли таркибдаги полимолибдат ажралиб чиқа бошлайди.

Ишлаб чиқариш корхоналарида полимолибдат тузларини чўктириш учун эритмадаги MoO_3 концентрацияси 280—300 г/л бўлиши керак. Полимолибдатни чўктириш учун эритма 55—65°С гача қиздирилади ва унга аста-секин хлорид кислота аралаштирилиб (pH=2—3) турилади. Натижада 96—97% молибден 2 молекула сувли тетрамолибдат ҳолида чўкади. Бу гидролизланиш реакцияси натижасида қуйидаги

$$4(NH_4)_2MoO_3 + 5H_2O \rightarrow (NH_4)_2\ O \cdot 4MoO_3 \cdot 2H_2O + 6NH_4OH$$

чўкма ҳосил бўлади. Чўкма тезда фильтрланиб ажратиб олинади. Чунки кристалларнинг нордон эритма билан кўпроқ туриши натижасида сувсиз тетрамолибдат $(NH_4)_2\ O \cdot MoO_3$ ҳосил бўлиб, уни фильтрлаш анча қийинлашади. Фильтрлаб уни сув билан ювилгандан сўнг, кристаллар таркибида вольфрам ионларидан ташқари, бошқа ионлар (Cu, Ni, Zn, Sb, Ag, Mg, P, S,) бўлмайди. Бундан ташқари, чўкмада 0,2—0,4% гача хлор ионлари қолади. Шунинг учун олинган полимолибдат кристаллари қайта кристалланади. Бунинг учун кристаллар 3—5% ли аммиакли эритма билан 70—80°С да ишланади. Зичлиги 1,41—1,42 бўлган тўйинган эритма ҳосил бўлгандан сўнг, у 15—20°С гача совутилади. Шунда эритмадаги 50—60% молибден паромолибдат аммоний $3(NH_4)_2O \cdot 7MoO_3 \cdot 4H_2O$ ҳолида кристаллга айланади. Эритмада қолган молибден қайта кристаллашда ишлатилади. Эритма қайта ишланиши натижасида ундаги ара-

лашмалар миқдори ошиб боради ва қолган нордон эритмада 3—4% Mo бўлиб, бу эритма pH=2 га келтирилган ҳолда узоқ сақланади. Натижада турли таркибли аморф ҳолдаги полимолибдат кристаллари чўкмага тушади ва улар аралашмадан тозалаш бўлимига юборилади. Охирги нордон эритмадаги молибден миқдори 1% атрофида бўлади ва бундан молибден ионитлар билан сорбция қилиш орқали ажратиб олинади.

28-§. Ишқорлаш натижасида ҳосил бўлган чиқиндилардан молибденни ажратиб олиш

Юқорида кўрсатилган технологиядан маълумки, куйдириш жараёни ва концентратнинг таркибига қараб оксидлашдан сўнгги ишқорлаш натижасида ажратиб олинган чиқиндилар таркибида 5% дан 25% гача молибден бўлиши кўрсатилган эди. Бу чиқинди таркибида молибден темир, кальций молибдатлари, молибден (II) оксиди ва оксидланмай қолган молибденитлардан ҳамда қисман сув билан ювилмайдиган MoO_4 иони темир гидроксиди юзасига ютилган ҳолда бўлади. Чиқинди таркибида темир оксиди ва гидрооксиди, кремнезём, айрим ҳолларда вольфрам (1—5% атрофида) шеелит ёки вольфрамит минерали ҳолида бўлади.

Бундай чиқинди таркибидаги молибденни ажратиб олиш учун қуйидаги усуллардан фойдаланилади:

1. Содали куйдириш;
2. Сода эритмаси билан автоклавда ишқорлаш;
3. Кислоталар билан парчалаш.

Содали куйдириш

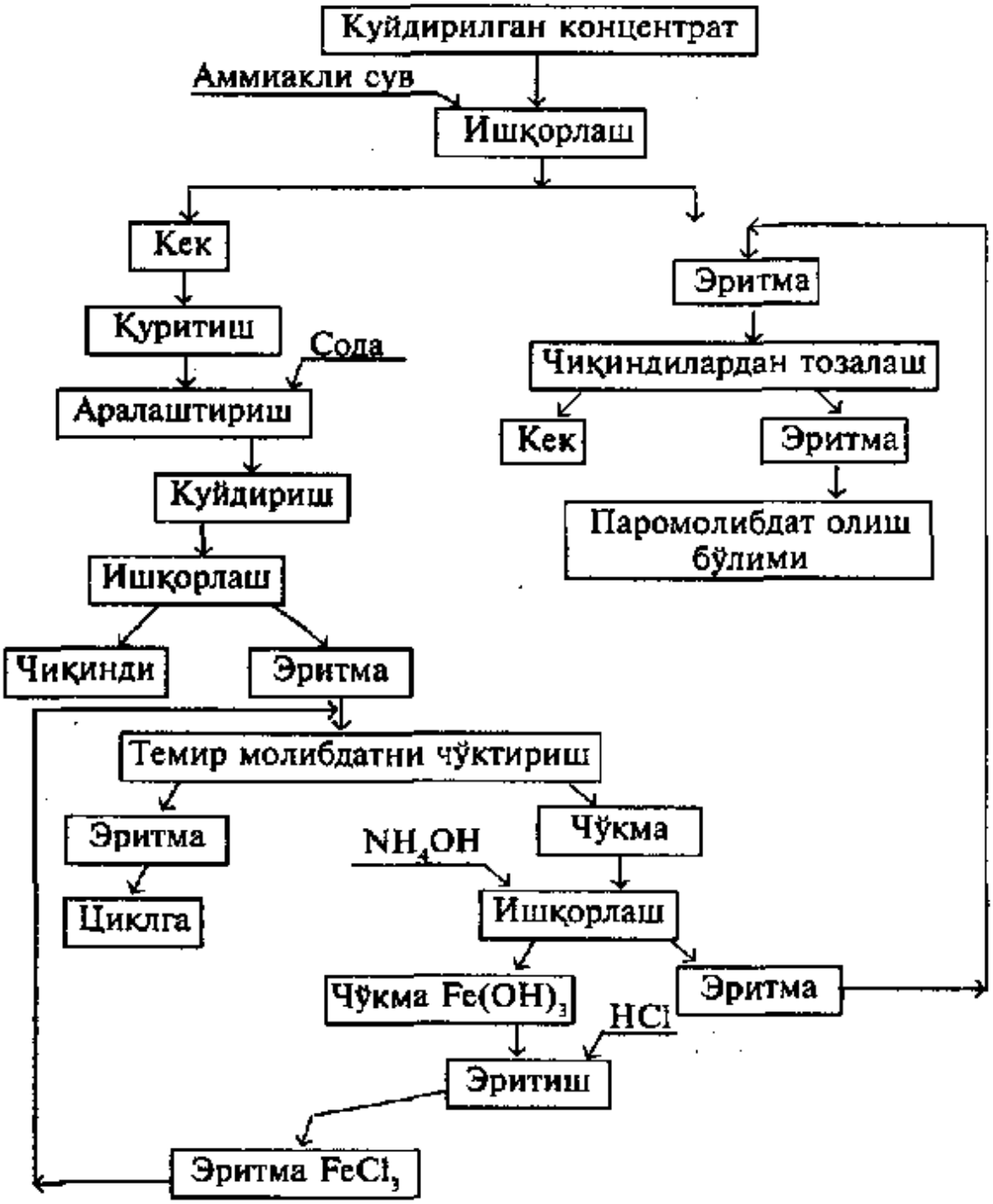
Бунда кул ҳолидаги молибден чиқиндиси сода билан аралаштирилиб хамирсимон масса ҳосил қилинади. У ўчоқда 700—750°C да 6—8 соат қиздирилади. Қуйидаги реакция боради.

$$CaMoO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow Na_2MoO_4 + CaCO_3$$

$$2FeMoO_4 + 2Na_2CO_3 + H\frac{1}{2}O_2 \rightarrow 2Na_2MoO_4 + Fe_2O_3 + 2CO_2$$

$$MoO_2 + Na_2CO_3 + 1/2O_2 \rightarrow Na_2MoO_4 + CO_2$$

$$2MoS_2 + 6Na_2CO_3 + 9O_2 \rightarrow 2Na_2MoO_4 + 4Na_2SO_4 + 6CO_2$$



24- расм. Чиқиндилардан молибден олиш технологик схемаси.

Бу олинган куйинди сув билан ишқорланади. Сўнг эритмадаги чўкма — темир молибдати натрий молибдат эритмасидан ажратиб олинади. Чўкмага тушган темир молибдат аммиак билан парчаланади ва ҳосил бўлган молибдат аммоний бўлимга қайтарилади.

Эритмадаги темир молибдат темир хлорид ёрдамида pH = 3,4 — 5 да чўкмага туширилади. Ҳосил бўлган чўкмада Fe_2O_3 ва MoO_3 бўлиб, у $Fe_2(MoO_4)_3$ таркибига тўғри келмайди.

Эритма фильтр-прессда фильтрланади. Кек (қолдиқ чўкма) аммиакли сув билан ишқорланади, яъни

$$Fe_2(MoO_4)_3 + 6NH_4OH \rightarrow 3(NH_4)_2MoO_4 + 2Fe(OH)_3$$

ҳосил бўлади.

Бу жараённинг технологик схемаси 24-расмда кўрсатилган:

Чиқиндилар таркибидаги молибденни ажратиб олиш умумий миқдори 93—94 % ни ташкил қилади. Ташландиқ чиқиндиларда 1—1,5 % молибден бўлади.

Сода эритмаси билан автоклавда ишқорлаш

Агар чиқинди таркибида молибден $CaMoO_4$ ва молибдатлар ҳолида бўлиб, унда MoO_2 ва MoS_2 миқдори жуда кам бўлса, сода эритмаси билан автоклавда ишқорлаш усулини қўллаш мумкин. Уни автоклавда 180—200°С да ва 12—15 атм босимда олиб борилади.

Кислоталар билан парчалаш

Бу жараён схема (25-расм) бўйича амалга оширилади. Чиқиндилар таркибида вольфрам 3—5 % дан кўп бўлса, уларни кислоталар билан парчалаш яхши натижа беради. Бу усулда чиқиндиларни қайта ишлашда 30 % ли HCl аралаштирилиб, жараён қиздириш билан олиб борилади. Бунда чиқинди таркибидаги ҳамма турдаги молибден бирикмалари хлорид кислотасида яхши эрийдиган молибден кислотаси ҳолида эритмага ўтади. Худди шундай эритмага темир, мис, кальций ва бошқа аралашмалар ҳам эриб ўтади. Чиқинди таркибидаги шеелит ва вольфрамит ҳолидаги вольфрам қисман эрийди. Кислотада эримай (парчаланмай) қолган вольфрам, SiO_2, MoO_2 ва MoS_2 чўкмада қолади. Нордон аралашма (бўтана)ни аммиакли сув билан pH = 2,5—3 гача нейтралланса темир молибдати молибден кислотаси билан аралашган ҳолда полимолибдатлар билан бирга чўкмага тушади. Эритмада эса кальций, қисман темир, мис ва бошқа аралашмалар қолади.

Чўкма фильтрлангандан сўнг, у 580—600° С да MoO_2 ва MoS_2 билан бирга оксидланади. Ҳосил бўлган куйинди аммиакли сув билан ишқорланади. Бундай усулда чиқиндилар таркибидаги молибден 80—85 % миқдорда ажратиб олинади.



25- расм. Кислотали парчалаш усулида молибден олиш технологик схемаси.

29-§. Тайёр молибден маҳсулоти ва таннархи структураси

Молибденит концентратларидан молибденни аммоний паромолибдат ҳолида ажратиб олиш хомашё таркибидаги аралашма миқдорига, қўлланилаётган технологияга ва технологик шарт-шароитга боғлиқ. Шунга кўра, корхоналарда олинадиган молибден миқдори 93 % — 95 % ни ташкил қилади. Шундан 1—1,5 % и технологик оксидлашда, 2—2,5 % и куйиндини ишқорлашда, 3—2 % и эса эритмани аралашмалардан тозалашда ва аммоний паромолибдат олишда йўқотилади. Аммоний паромолибдат таннархи структурасини таҳлил қилиш шуни кўрсатадики, маблағнинг асосий қисми хомашё молибденит концентрати учун сарф бўлади. Шунинг учун таннархни камайтиришнинг асосий йўналиши молибден ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштиришни тақозо этади. Бунинг учун механик ишлов беришдаги чанг ютувчи жиҳозларни яхшилашни, оқава ва нордон эритмалар таркибидаги молибден ажратишни кўпайтиришни ва оксидлаш жараёни учун бошқа усулларни қўллашни ҳамда уларни такомиллаштиришни кўрсатади.

1 тонна аммоний паромолибдат ишлаб чиқаришни тахминий таннархи структураси % ҳисобида молибден ишлаб чиқариш цехи учун:

1. Молибденит концентрати, хомашё	91,8
2. Асосий материаллар: аммиакли сув хлорид кислотаси ва бошқалар	2,0
3. Қўшимча материаллар: фильтрлаш полотнолари, бронзали сеткалар, фанерлар, ўрамли қоғозлар ва бошқалар	0,2
4. Энергетик чиқимлар: электроэнергия, ёқилғи, буғ сув	1,1
5. Тўланадиган маошлар	1,72
6. Цех ҳаражатлари	3,18
Цехнинг таннархи	100

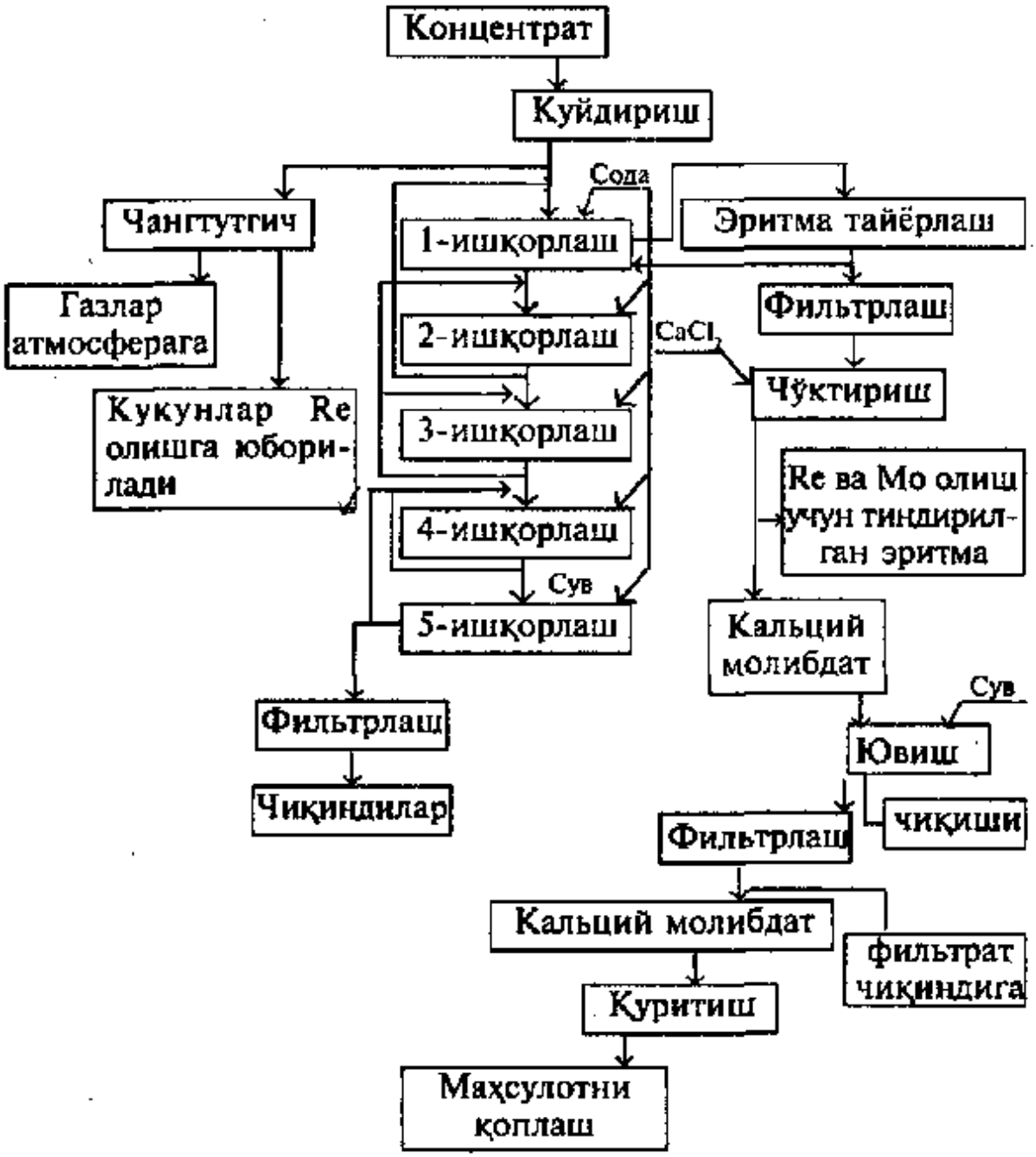
Бошқа турдаги концентратларни қайта ишлаш усули

Бошқа турдаги концентратлар мис-молибден рудалари ва оралиқ моддалар бўлиб, уларнинг таркибида молибден билан бир қаторда кўп миқдорда темир, мис ва бошқа аралашмалардан ташкил топган бўлади. Бундай концент-

ратларда молибден повеллит ва молибдит шаклида ҳам бўлиши мумкин.

Бошқа турдаги концентратларда молибденнинг миқдори тахминан 5—20 % бўлиб, унинг таркибида мис ва темир жуда кўп бўлади.

Масалан, мис-молибден рудаларини бойитиш натижасида олинадиган бошқа турдаги концентратлар таркиби тахминан қуйидагича бўлади: 15—20 % Mo, 3—5 % Cu, 12—13 % SiO_2, 10—15 % Fe, 20—25 % S. Таркибида повеллит бўлган бошқа турдаги молибден концентратида 5—6%



26- расм. Бошқа турдаги концентратларни қайта ишлаш технологик схемаси.

молибден бўлади. Бундай концентратлар, асосан оксидлаш жараёни ва сода эритмаси билан ишқорлаш, шунингдек, улардан техник кальций молибдати олишга асосланган бўлиб, унинг технологик схемаси 26-расмда берилган.

Бу концентратлар оксидлаш жараёнидан сўнг содали эритма билан ишқорланади. Чунки куйинди таркибидаги ҳамма молибдатлар осон парчаланади.

Ишқорлаш

Сода эритмаси билан ишқорлаш натижасида қуйидаги реакциялар содир бўлади:

$$MoO_3 + Na_2CO_3 = Na_2MoO_4 + CO_2$$

$$2CuMoO_4 + 2Na_2CO_3 + H_2O =$$

$$= 2Na_2MoO_4 + CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2 + CO_2$$

$$FeMoO_4 + Na_2CO_3 + H_2O = Na_2MoO_4 + Fe(OH)_2 + CO_2$$

$$CaMoO_4 + Na_2CO_3 \rightleftarrows Na_2MoO_4 + CaCO_3$$

Ишқорлаш натижасида эритмага маълум миқдорда кремний, фосфор, мишьяк, қисман мис (беқарор комплекс ҳолдаги $xCuCO_3 \cdot yNa_2CO_3$) эриган ҳолда ўтади. Ишқорлашнинг охирги босқичида эритма нейтрал ёки кучсиз ишқорий муҳитда бўлгани учун **мис карбонати** парчаланиб кетади ва асосли **мис карбонатлари** ҳолида чўкмага тушади. Худди шу шароитда эритмадаги кремний ҳам гидролизга учраб (Na_2SiO_3 дан H_2SiO_3 га ўтади) чўкмага тушади.

Ишқорлаш жараёни 8—10 % ли сода эритмаси билан 4—5 босқичда қарама-қарши йўналишда олиб борилади. Жараённи бу тарзда олиб бориш содадан унумли фойдаланишни ва эритма pH = 8—8,7 ларда бўлишига олиб келади. Ҳосил бўлган эритма фильтрланиб бўлганидан сўнг унинг таркибидаги молибден 1 литрда 50—70 граммни ташкил қилади. Ва бу эритма кальций молибдат ҳолида чўкмага туширилади.

Кальций молибдатни чўктириш

Чўктириш учун кальций хлорид эритмасидан фойдаланилади. Чўктириш жараёни эритмани 80—90° С қиздириш билан олиб борилади. Кальций молибдатнинг тўлиқ чўкиши эритманинг pH ига, кальций хлорид миқдорига ва эритмадаги молибден миқдорига боғлиқ. Кальций молибденни 97—98 % чўктириш учун жараён кучсиз ишқорий шароит-

да кальций хлорид 10—15 % кўпроқ бўлган ҳолда олиб борилади. Ҳосил бўлган оқ майда кальций молибдат кристаллари сульфатлардан сув билан ювиб ташланади ва 600—700°С да қиздирилади. Фильтрлаб олинган нордон эритма таркибида тахминан 1 % молибден қолади, уни ионитларда адсорбциялаб ажратиб олинади. Ионитлардан аммиакли эритма билан десорбция қилинади. Десорбция қилинган эритмадаги молибденнинг концентрацияси 50—70 г/л ни ташкил қилади.

30-§ Молибден (III) оксидни олиш

Молибден (III) оксид молибден кислотаси ёки паромолибдат аммонийни қиздириш орқали олинади:

$$H_2MoO_4 \rightarrow MoO_3 + H_2O$$

$$3(NH_4)_2O * 7MoO_3 * 4H_2O \rightarrow 7MoO_3 + 6NH_3 + 7H_2O$$

Молибден кислотаси 500—550° С ўзидаги сувни йўқотади. Парамолибдат аммоний эса 250—280° С да тўлиқ парчаланади.

Бу жараёнларни олиб бориш учун корхоналарда қиздириш ўчоқлари ишлатилади (молибден кислотасини қиздириш ўчоғидаги температура 450—500° С ни ташкил қилади.

Молибден (III) оксидини водород иштирокида қайтариш

Молибден (III) оксиди водород, углерод, углеродли тузлар ва металлотермик йўл билан қайтарилади. Ишлаб чиқаришда асосан водород билан қайтариш усули кўп қўлланилади.

Молибден (III) оксиди уч босқичда қайтарилади.

$$4MoO_3 + H_2 \rightarrow Mo_4O_{11} + H_2O \quad (1)$$

$$Mo_4O_{11} + 3H_2 \rightarrow 4MoO_2 + 3H_2O \quad (2)$$

$$MoO_2 + 2H_2 \rightarrow Mo + 2H_2O \quad (3)$$

Бу ҳамма реакциялар учун мувозанат константаси сув буғи парциал босими билан водород гази парциал буғ босимлари нисбати орқали ифодаланади:

$$K_p = \frac{P_{H_2O}}{P_{H_2}}$$

(1) ва (2) реакциялар учун 400—700° С да мувозанат константаси молибден (III) оксидини қайтариш вольфрам (III) оксидини қайтаришга қараганда бир мунча юқори қийматга эга бўлади. Демак, бир хил шароитда $MoO_3 \rightarrow MoO_2$ учун ўтиш температураси $WO_3 \rightarrow WO_2$ дан пастроқ температурада боришини кўрсатади. (3) реакция — MoO_2 ни металл ҳолигача қайтарилиши юқори температурада содир бўлади. Шунга кўра, биринчи босқичда қайтарилиш жараёни паст, тахминан 450—550° С да, охирги босқичдаги қайтарилиш жараёни эса 1000—1100° С да амалга оширилади.

Ишлаб чиқариш шароитида молибден (III) оксидини қайтариш жараёни 2 ёки 3 босқичда олиб борилади.

Биринчи босқичда ($MoO_3 \rightarrow MoO_2$) 450° — 650° С да, иккинчи босқичда ($MoO_2 \rightarrow Mo$) 650° — 950° С да давом этади. Лекин оралиқда молибден оксиди 0,7—2 % гача қайтарилмасдан қолади. Шунинг учун қўшимча — учинчи босқичда қайтарилиш 1000—1100°С да олиб борилади ва молибденнинг металл ҳолидаги тўлиқ кукуни ҳосил бўлади.

Биринчи ва иккинчи қайтарилиш жараёни 9—11 хромникелдан ясалган пўлат қувурли ўчоқларда, 1000—1100°С да эса хромникель-пўлат қувурлари нихромли электр қиздиргичлар билан қопланган ўчоқларда олиб борилади.

ТАНТАЛ ВА НИОБИЙНИ ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИ

Тантал ва ниобий даврий системанинг V группасида жойлашган бўлиб, физик ва кимёвий хоссалари билан бир-бирига яқин туради. Улар руда хомашёларида биргаликда учрайди ва уларнинг металлургик жараёнлари бирга ўрганилади.

Тантал ва ниобий электрон-техника ва электровакуум техникасида ишлатилади. Бу элементлар радиотехникада, радиолокация ва рентген аппаратларда қўлланилади.

Улар газларни ютиш қобилиятига эга бўлганликлари учун радиолампаларда вакуум ҳосил қилишда ишлатилади. Тантал ва ниобий металларидан «иссиқ арматуралар» — анодлар, сеткалар, катод қизиткичлари каби электрон лампалар ва кучли генераторларнинг лампалари тайёрланади.

Ҳозирги вақтда улардан электролитик конденсаторлар ва ток тўғрилагичлар ҳам ясалмоқда. Улардан ясалган конденсаторлар кичик ва ихчам бўлиб, катта ҳажмга ва

юқори изоляция қаршилигига эга (—80°С дан + 200°С гача ишлатиш мумкин). Кичик (миниатюрали) конденсаторлар узатувчи радиостанцияларда, радар қурилмаларида ва бошқа ҳар хил мосламаларда ишлатиш мумкин.

Кимёвий машинасозликда тантал ва ниобий металлари ўзини кислотали ва бошқа муҳитларда ишлатиладиган конструкцион ускуналарини коррозиядан сақлашда, шу асбобларни тайёрлашда ишлатилади.

Тантал ва ниобий конденсаторлар, иситувчилар, аппаратларни ўровчиларда, аралаштиргичлар (мешалкалар) ва бошқа қисмларни тайёрлашда ишлатилади.

Табиий ипак олишда филерларни тайёрлашда қўлланилади.

Атом техникасида тантал ва ниобий конструкцион материалларда ишлатилади, чунки, улар эриш температураси юқорилиги, яхши қайта ишланиши мумкинлиги, коррозияга қаршилиги ва ўзининг нейтронлар иссиқлигини кичик сиғимда торта олиш қобилияти билан ажралиб туради.

Ниобий 900°С да ҳам уран билан реакцияга киришмайди, шунинг учун ундан энергия берувчи реакцияларда иссиқликдан сақловчи ва изоляция қилувчи материал сифатида фойдаланилади.

Ўтга чидамли ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқаришда тантал ва ниобийдан тайёрланган қотишмалар асосида реактив двигателларнинг газ чиқарувчи қувурларини ясашда ишлатилади. Улар иштирокида тайёрланган турли хилдаги қотишмалардан реактив двигателларнинг қисмларини тайёрлашда қўлланилади, масалан, турбиналар парракларини, қанотларининг олд қисмини, ракета ва самолётларни бурун (уч) қисмларини ва ракеталар қопламаларини улашда ишлатилади. Ниобий ва унинг қотишмаларини 1000—1200°С да ҳам ишлатиш мумкин.

Тантал ва ниобий карбидлари қўшиб тайёрланган материаллар турли хил пўлатларни олишда ва қирқувчи мосламалар тайёрлашда ишлатилади. Тантал ва ниобий қўшиб тайёрланган пўлатлар коррозияга ва иссиққа чидамли асбоблар ва магнийли пўлатлар олишда ишлатилади.

Булардан ташқари, тантал ва ниобий (симлари ва листлари) тиббиётда — суяк ва пластик жарроҳликда (суякларни улашда, бош суякларининг синган бўлакларини улашда, ҳамда уларни тикишда) қўлланилади. Булардан ясалган материаллар тирик организм учун зарарсиздир.

Органик кимёда ниобий ва тантал, асосан моддаларни синтез қилишда катализатор сифатида ишлатилади.

31-§. Асосий рудалари ва концентратлари

Ер қобиғидаги ниобий миқдори 10^{-3}%, тантал $2 \cdot 10^{-4}$% ни ташкил қилади. Улар табиатда бирга учрайди ва 100 дан ортиқ минераллар таркибига киради. Ниобий ва тантал минералларини икки группага бўлиш мумкин.

1. Танталониобатлар — тантал ва ниобий кислоталарининг вакиллари бўлиб, бу танталит ва колимбит минераллари ҳисобланади.

2. Титано (тантал) ниобатлар, титано ниобий (тантал) кислотасининг мураккаб тузлари. Бу группанинг ҳамма минералларида камёб ер элементлари бўлади. Группа минералларидан пирохлор, лопорит, коппит, битафит ва бошқалар асосий минераллардир.

Қуйида тантал ва ниобийнинг асосий минераллари ҳақида тўхталиб ўтамиз.

Тантолит — колимбит. Унинг таркиби (Fe, Mn) [(Ta, Nb)] O_3 формула билан ифодаланади. Демак, бу минерал изоморф ҳолдаги тўртта туздан ташкил топган: $Fe(TaO_3)_2$, $Mn(TaO_3)_2$, $Fe(NbO_3)_2$, $Mn(NbO_3)_2$.

Агар минерал таркибида ниобий кўп бўлса, у колимбит, тантал кўп бўлса танталит дейилади. Унда тантал ва ниобий оксиди 82—86% ни ташкил этади. Бу группа минералларига: фергюсонит — бу иттрий, эрбий ва церий элементларини тантоболитлари; самарскит — бу кальций, темир, иттрий ва церий элементларини танталониобатлари, стибиотанталит — сурьма тантаолитлари ҳам киради.

Пирохлор — иккинчи группа минерали бўлиб, у кимёвий таркибининг мураккаблиги билан ажралиб туради. У ниобий ва титан кислоталарининг натрий, кальций ва камёб ер элементлари билан ҳосил қилган [КЕЭ] тузларидан иборат:

$$(Na, Ca....)_2(Nb, Ti)_2O_6[(F, OH)].$$

Худди шундай таркибли, фақат ниобий ўрнида тантал бўлган туз *микролит* дейилади. Бу икки минерал табиатда бирга учрайди, унинг таркиби мураккаб ва ўзгарувчан бўлади.

Пирохлор минералларига коппит минерали (кальций, натрий ва церий ниобати) ҳам киради.

Лопарит минерали кимёвий табиати билан натрий, кальций ва КЕЭнинг титалониобатларидир. Унинг формуласи $(Na,Ca, Ce...)_2(Ti,Nb)_2O_6$ бўлиб, унда: 39,2—40 % TiO_2, 32—34% $(КЕЭ)_2O_3$, 8—10% $(Nb,Ta)_2O_5$, 4,2—5,2% CaO, 7,8—9% Na_2O, 2—3,4% SrO, 0,2—0,7% K_2O, 0,2—0,7% ThO_2 бўлади.

Тантал ва ниобий концентратлари, асосан уларнинг рудалари гравитация ва флотация усули билан бойитилади.

Олинган танталли концентратнинг I навлигида 60—65% Ta_2O_5 ва 10% дан кам бўлмаган Nb_2O_5; II навлигида эса 40% дан кам бўлмаган Ta_2O_5 бўлади. Колумбит концентратининг I навлигида — 60% Nb_2O_5; II навлигида Nb_2O_5 50% дан кам бўлмайди.

Пирохлор рудаларини бойитиш натижасида олинган концентратларда 37% дан кам бўлмаган $(Nb,Ta)_2O_5$, лопоритли рудаларнинг концентрацияларида 8% кам бўлмаган $(Nb,Ta)_2O_5$ дан иборат бўлади.

Тантал ва ниобийли хомашёларнинг асосий ишлаб чиқарувчилари Бразилия, Конго, Нигерия, Мозамбик, Австралия, АҚШ, Норвегия, Германия ва Россия давлатлари ҳисобланади.

32-§. Тантал — ниобий концентратларини қайта ишлаш усуллари

Руда концентратларига 3 хил кимёвий бирикмалар: (Ta_2O_5,Nb_2O_5) оксидлари, хлорли бирикмалари ва (K_2TaF_7 ва K_2NbF_7) фторли тузларининг комплексларини олиш учун ишлов берилади.

Бу моддаларни ишлаб чиқаришда, технологик схема концентратларининг минералогик ва кимёвий таркибига қараб танлаб олинади. Танталит ва колумбит маъдан концентрати кислоталарда эримайди — парчаланмайди. Шунинг учун уларни парчалашда ишқор (KOH, NaOH) билан куйдириш ёки плавик кислотада парчалаш усули қўлланилади.

Титан — тантал — ниобий группа минераллари (лопорит, пирохлор), танталит ва колумбитга нисбатан мустаҳкамлиги кам бўлгани учун, улар кислоталар (HF ва H_2SO_4) билан парчаланади.

Танталит — колумбит концентратининг натрий ишқори билан қайта ишлаш технологияси

Бу усул кўп тарқалган бўлиб, танталит — концентратларини қайта ишлашга асосланган. У қуйидаги асосий жараёнлардан иборат: қаттиқ суюлтма ва уни сув билан ишлаш.

Бу жараёнлар натижасида:

$$Fe(TaO_3)_2 + 6NaOH = 2Na_3TaO_4 + FeO + 3H_2O$$

$$Fe(NbO_3)_2 + 6NaOH = 2Na_3NbO_4 + FeO + 3H_2O$$

Худди шундай реакцияни $Mn(TaO_3)_2$ ва $Mn(NbO_3)_2$ лар билан ҳам ёзиш мумкин.

Қотишмага сув билан ишлов берилганда

$$6Na_3TaO_4 + 30H_2O = 3Na_2O \cdot 4Ta_2O_5 \cdot 25H_2O + 10NaOH$$

$$12Na_3NbO_4 + 43H_2O = 7Na_2O \cdot 6Nb_2O_5 \cdot 32H_2O + 22NaOH$$

Технологик жараёнда суюлтмадаги кислород иштирокида FeO ва MnO билан бирга Fe_2O_3 ва Mn_3O_4 лар ҳам ҳосил бўлади. Темир оксидлари суюлтмада $Na_2O \cdot Fe_2O_3$ — феррит ҳолида бўлади ва сув билан ишлов берилганда парчаланади:

$$Na_2O \cdot Fe_2O_3 + H_2O = 2NaOH + Fe_2O_3$$

Ишқор билан суюлтма ҳосил қилишда аралашмаларда кремний (SiO_2), қалай (SnO_2), вольфрам, алюмосиликатлар натрий гидроксиди билан эрувчан натрийли тузларини ҳосил қилади (Na_2SiO_3, Na_2SnO_3, Na_2WO_4, $NaAlO_2$). Титан эса титанат натрий Na_2TiO_3 ёки эримайдиган Na_2TiO_5 ҳосил қилиб тантал ва ниобий билан чўкмада қолади.

Агар жараённи ишқор миқдори бир мунча ортиқча бўлган ҳолда олиб борилса, унда натрий-ниобий ёки танталатлар тўлиқ чўкмада қолади. 1% ли натрий ишқори эритмаси ишлатилса, натрий-ниобий $7Na_2O \cdot 6Nb_2O_5 \cdot 32H_2O$ 90°С да 1 г/л эрийди. Шунинг учун жараён 5% дан кам бўлмаган ишқор эритмаси билан амалга оширилади.

Ҳосил бўлган сувли эритма тиндирилади ва чўкма бир неча марта 5% ли NaOH аралашган иссиқ сув билан ювилади, чунки бунда тантал ва ниобий эритмага ўтиб кетмайди.

Чўкмани кислота билан парчалаш.

Чўкма қиздирилган хлорид кислота (20% ли) билан парчаланади, тантал ҳамда ниобийнинг гидратланган оксидлари ҳосил бўлади:

$$4Na_2O \cdot 3Ta_2O_5 + 8HCl + (X-4)H_2O = 3Ta_2O_5 \cdot H_2O + 8NaCl$$

$$7Na_2O \cdot 6Nb_2O_5 + 14HCl + (X-7)H_2O = 6Nb_2O_5 \cdot H_2O + 14NaCl$$

Темир ва марганец оксидлари кислотада эриб, уларнинг хлоридлари ҳосил бўлади:

$$Mn_3O_4 + 8HCl = 3MnCl_2 + Cl_2 + 4H_2O$$

Натрий титанат кислотада эриб титан кислотасини ҳосил қилади. (H_2TiO_3 ва Na_2TiO_3 қисман эрийди), чўкмада асосий қисми тантал ва ниобий қолади.

Чўкма иссиқ сув билан темир ва марганец тузларидан ювиб ташланади. Ювилган чўкма фильтрланади ва 100—120°С да қуритилади. Қуритилган гидратланган тантал кукунида 20—25% сув бўлади. Олинган бу кукун таркибида 96—99% $(Ta, Nb)_2O_5$, 0,1—0,5% SnO_2, 0,5% гача SiO_2, 0,5—1% TiO_2, 1% гача FeO + MnO бўлади. Ҳосил бўлган оксид аралашмаси тоза бирикмалар олиш учун юборилади.

33-§. Тантал ва ниобийни аралашмалардан тозалаш технологияси

Тантал ва ниобий элементларининг физик-кимёвий хоссалари бир-бирига жуда яқин. Уларни ажратиш эса мураккабдир.

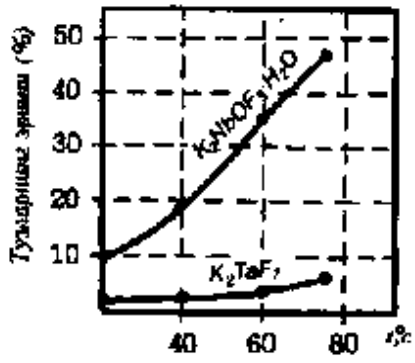
Саноатда тантал ва ниобийни ажратиш учун икки усул қўлланилади.

1. Органик эритувчилар билан экстракциялаш.
2. Комплекс фтор тузларини касрли кристаллаш.

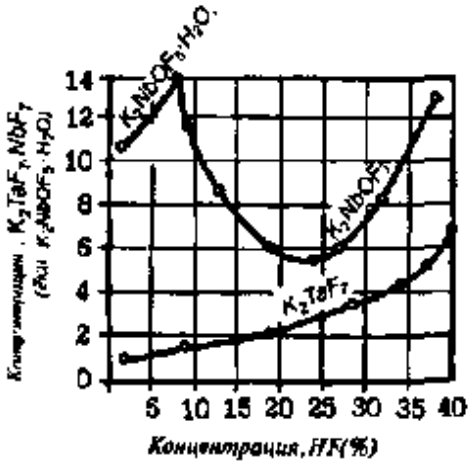
Бундан ташқари, корхоналарда — хлоридли бирикмаларнинг турлича ҳайдалишига қараб, танлаб қайтарилишига (беш валентли ниобий хлоридни энг паст валентли хлоридларигача) ва ион алмашувчи смолаларда ютиш қобилиятига қараб ажратилади. Ион алмашиниш жараёнидан тоза тантал ва ниобийни олишда ишлатилади.

Фторли комплекс тузларни касрли кристаллаш технологияси

Бу усулда, асосан калий фтортантал — K_2TaF_7 ва калий фтороксиниобий — $K_2NbOF_5 \cdot H_2O$ ни эрувчанлигига қараб ажратилади. Бу моддаларнинг кристалл тузилиши ҳам катта аҳамиятга эга.



27-расм. Калий фортанталат ва фтороксиниобат тузларининг 1 % ли плавик кислотаси ва температура ўзгариши билан эриши.



28-расм. Турли концентрацияли плавик кислоталарда тантал ва ниобийнинг фторли комплексларини (25°Сда) эриши.

Қуйидаги расмларда бу хил тузларнинг плавик кислотада эришини температурага ва кислота концентрациясига боғлиқ ҳолда ўзгариши кўрсатилган (27- ва 28- расмлар).

27-28 расмлардан кўриниб турибдики, 1% ли HF кислотасини турли температура оралиғида ниобий тузини эриши тантал тузидан 10—12 марта ортиқлигини кўрсатади. Худди шундай плавик кислота концентрацияси ўзгариши билан (28-расм) эса ниобий тузининг оптимал эриши ≈7% HF кислотасига тўғри келади. Шунинг учун юқоридаги расмларда аниқланган оптимал шароитларда уларни касрли кристаллаш орқали ажратиб олиш мумкинлиги кўрсатилади. Назарий ҳисобларга суянган ҳолда тантал ва ниобий оксидлари қуйидаги технологик схема орқали касрли кристаллаш усули билан ажратиб олинади. Бунинг учун ҳўл ёки 100—120°С да қуритилган тантал ва ниобий оксидлари аралашмаси концентрланган (35—40%) плавик кислотада эритилади (назарий ҳисоблашга кўра кўпроқ олинади).

Унда

$$Ta_2O_5 + 14HF = 2H_2[TaF_7] + 5H_2O$$

$$Nb_2O_5 + 10HF = 2H_2[NbOF_5] + 3H_2O$$

Эритиш жараёни 70—80°С да олиб борилади. Эритма тиндирилади, сўнг пахтадан ёки перхлорвинил матоли фильтрдан ўтказилади. Ҳосил бўлган эритмага KCl ёки K_2CO_3 солиб, тантал ва ниобийнинг комплекс тузлари чўктириб олинади.

$$H_2[TaF_7] + 2KCl = K_2[TaF_7] + 2HCl$$
$$H_2[NbOF_5] + 2KCl = K_2[NbOF_5] + 2HCl$$

Эритмадан тантал тузининг кристаллари совутиш ва фильтрлаш усули билан ажратиб олинади. Кремний 50% гача титан ва қисман ниобий (5—6% Nb) фторли тузлар ҳолида танталнинг фторли тузи билан бирга чўкмага тушади. K_2TaF_7 кристалларини тозалаш учун 1—2% HF бериш билан қўшимча кристалланади, олинган фтор танталоит калий тузида 0,1—0,3% ниобий, ≈ 0,3% кремний, ≈ 0,2% темир, 0,01—0,02% гача титан бўлади. Фильтрланган эритма буғлатилиб, совутилади ва $K_2NbOF_6 \cdot H_2O$ тузи кристаллари ажратиб олинади. Бу ҳам қайта кристаллаш орқали тозаланади.

34-§. Экстракциялаш усули

Сўнгги йилларда гидрометаллургияда экстракция жараёни кўп ишлатилмоқда. Бу жараён сувли эритмалардан модда ва модда бирикмаларини органик эритувчилар иштирокида ажратиб олишга асосланган. Сувли ва органик эритувчи бир-бирига қўшилганда сувли эритмадаги моддаларнинг ҳар икки фаза бўйича тарқалиши экстракция дейилади. Маълум вақтдан сўнг ҳар икки фаза ўртасида мувозанат қарор топади. Мувозанат вақтида моддаларнинг тақсимланиши тақсимланиш коэффициенти (Д) билан тавсифланади. Уни қиймати органик фазадаги модда концентрацияси билан сувли фазадаги концентрациялар нисбати орқали аниқланади:

$$Д = (C_{ОРГ.Ф}/(C_{СУВ.Ф})$$

Тақсимланиш коэффициенти эритувчининг табиатига, ажратиб олинадиган моддалар концентрациясига, эритма муҳитига, температурага ва эритмада бошқа моддаларнинг бор ёки йўқлигига боғлиқ бўлади. Органик фазага, асосан сувли фазадан диссоциланмаган моддалар ўтади. Шунинг учун кучсиз электролитлар яхши экстракцияланади. Агарда сувли эритмада иккита модда бўлса, уларнинг ажралиши тақсимланиш коэффициентлари нисбати орқали ифодаланади ва бу қийматнинг ажралиш коэффициенти дейилади (β): $\beta = (Д_1)/(Д_2)$. Бу қиймат икки модданинг самарали ажралишини кўрсатади. Агарда β нинг қиймати 2 ва ундан катта бўлса, унда иккита моддани экстракция

усули билан ажратиш мумкин. Органик эритувчилар сифатида органик бирикмалар: эфирлар, кетонлар, спиртлар, аминлар, углеводородлар ишлатилади.

Эритувчилар ажратиб олиниши керак бўлган моддаларга нисбатан экстракциялаш қобилиятига ва ундан моддаларни қайтариш ҳамда сувда кам эрувчанлик хусусиятига эга бўлиши керак. Шу билан бирга сувнинг зичлигидан эритувчининг зичлиги кичик, қовушқоқлиги кам бўлиши керак.

Техника хавфсизлиги қоидаларига кўра эритувчи учувчан бўлмаслиги, зарарсиз ва қийин ёнувчи бўлиши керак. Булардан ташқари, органик эритувчи минерал кислоталарга чидамли ва уларни танлашда нархи арзон бўлиши керак.

Экстракция жараёнида икки хил — колоннали ва аралаштириб-тиндирувчи асбоб ишлатилади. Колоннали экстракторларда органик эритувчилар ва сувли эритмалар бир-бирига қарама-қарши йўналган бўлади: улар бир-бири билан тўқнашади. Экстрактор колонналари икки хил ясалади. Биринчи тур колонналарда тўқнашиш юзасини ошириш учун улар насадкалар (темир ҳалқачалар) билан тўлдирилади. Эритма ва эритувчи ўзаро юзалари билан тўқнашади ва экстракция жараёни тезлашади. Иккинчи тур колонналарда эса бир-бирига яқин тешикли тарелкалар ўрнатилади. Бу жараёнда ҳам тўқнашиш юзаси ортади.

Ҳар икки ҳолда ҳам эритмаларнинг тортиш кучи муҳим аҳамиятга эга.

Ҳозирги вақтда қўзғалувчи (пульсация) ёки қўзғатувчи асбобларда экстракция олиб борилади. Бу усулда экстракция жараёни насадкали ва тешик тарелкали колонналардагига нисбатан экстракция жараёни 2—3 марта кўп бўлади.

Аралаштириб-тиндирувчи экстрактлар алоҳида хоналардан иборат. Бу аралаштиргич ва тиндиргич хоналар бир-бирига уланган бўлади. Аралаштирувчи хонада аралаштириб турувчи ускуна ўрнатилган бўлиб, органик ва сувли фазалар аралаштирилади ва у горизонтал икки бўлимдан иборат бўлади. Насос ёрдамида аралаштирувчи ускуна ишлаганда енгил фаза билан оғир фазалар аралашиб, горизонтал жойлашган бўлимлар орқали тиндириш бўлимига ўтади ва у ерда оғир ва енгил фазалар ажратиб олинади. Оғир фаза (сувли) билан аралашган енгил фазалардаги суюқлик баландлиги ва нисбати автоматик ушлаб турилади.

Тантал билан ниобийни экстракция усулида ажратиш ва аралашмалардан тозалашда метилизобутилкетон ва трибутилфосфат энг яхши экстрагент ҳисобланади. Трибутилфосфат (ТБФ) метилизобутилкетонга нисбатан юқори

температурада қайнайди ва ёнади. Лекин зичлиги ва қовушқоқлиги катта (21-жадвал).

21-жадвал

Хоссаси	Метилизобутилкетон	Трибутилфосфат
Кимёвий формуласи	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-C_4H_9$	$(C_4H_9O)PO$
Қайнаш температураси	115,9°С	177 —178(289°Сда парчаланади)
Зичлиги	0,80	0,97
Қовушқоқлиги	0,546	3,45
Учқун ҳосил қилиш температураси	≈ 27°С	≈ 145°С
Сувда эрувчанлиги, %	1,7— 2,2	0,6

Экстракция қилинганда қуйидаги комплексларни ҳосил қилади

$$\left[\begin{matrix}C_4H_9\\ \diagdown\\ \quad C-O-H\\ \diagup\\ CH_3\end{matrix}\right]TaF_6^-;\qquad \left[\begin{matrix}C_4H_9\\ \diagdown\\ \quad C-O-H\\ \diagup\\ CH_3\end{matrix}\right]TaF_7^{-2};$$

Демак, тантал ва ниобийнинг кислотали фтор комплекслари метилизобутилкетон билан оксоний тузларини — комплекс бирикмаларини ҳосил қилади. Бунда кислота водороди кетондаги кислород билан ўзаро бирикади. У оксоний тузлари ортиқча олинган органик эритувчиларда яхши эрийди. Тантал ва ниобийнинг фторли комплекс бирикмалари экстракциясининг тақсимланиш коэффициенти бўлиб эритмадаги плавик кислота концентрациясига боғлиқ, ниобий плавик кислотанинг эритмадаги концентрацияси 4 моль/л дан кам бўлган қийматларида экстракцияланмайди. Агар экстракция жараёни юқори концентрацияли плавик кислотага озроқ сульфат кислота қўшиб олиб борилса, унда тантал ва ниобий органик фазага тўлиқ ўтади, эритмада эса Fe, Mn, Ti, Sn каби аралашмалар қолади, чунки бу моддалар юқори концентрацияда экстракцияланмайди. Шундай қилиб, тантал ва ниобий уч босқичдан иборат экстракция усулида ажратиб олинади:

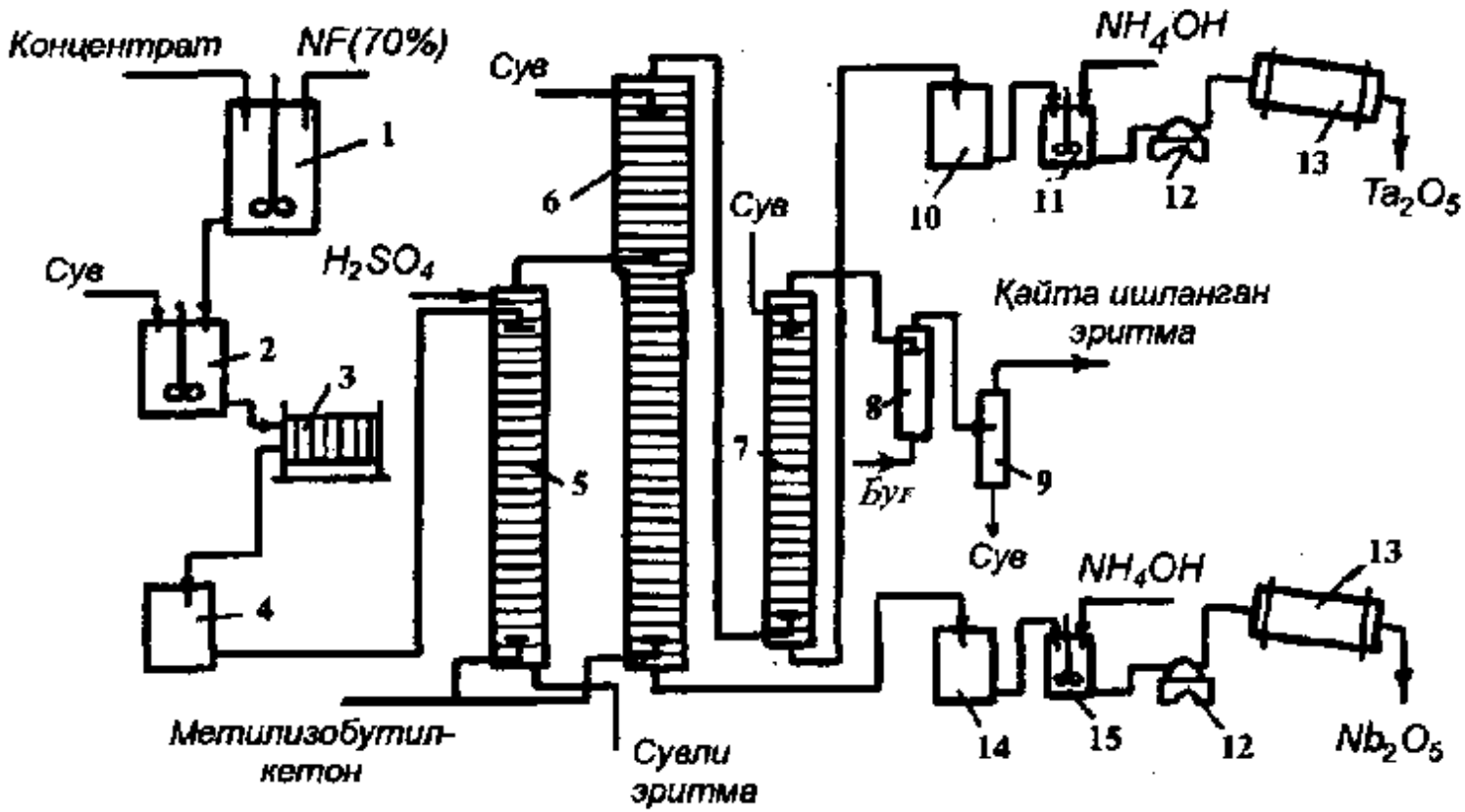
1) тантал ва ниобийни бирга экстракция қилган ҳолда аралашмалардан (Fe, Mn, Ti, Sn, Si ва бошқ.) тозалаш;

2) ниобийни органик фазадан сув билан реэкстракция қилиб олиш;

3) сув ёки тузларнинг сувли эритмалари (мас. NH_4F) билан тантални реэкстракция қилиб ажратиш.

Экстракция қилиш учун тантал ва ниобий оксидлари 0,074 мм гача майдаланиб, 70 % ли HF кислотада эритилади ва яхши эритма ҳосил бўлиши учун аралаштириб туриб қиздирилади. Ҳосил бўлган эритма 15 моль бўлгунча суюлтирилади ва фильтрлаб олинади. Қўзғалувчан экстракция колоннасининг устки қисмидан тоза эритма, остки қисмидан эса экстрагент МИБК (метилизобутилкетон) юборилади. Органик қисмда тантал ва ниобий, сувли қисмда эса аралашмалар қолади (29-расм). Аралашмалар миқдорини камайтириш учун колоннанинг юқори қисмидан асосий эритма билан бирга суюлтирилган сульфат кислота ҳам юборилади. Ҳосил бўлган органик эритувчи реэкстракция колоннасининг ўрта қисмига юборилади, сув билан ниобийни реэкстракция қилиш учун ниобий билан бирга плавик кислотанинг катта миқдори сувли фазага ўтади. Шунинг учун танталнинг озроқ қисми ҳам сувли фазага ўтади. Бундан қутулиш учун чиқаётган ниобийнинг (сувли фазаси билан) колоннага берилаётган тоза МИБК билан учрашади ва органик модда сувли эритмадаги тантални ўзи билан олиб кетади. Колоннани остидан чиқувчи сувли эритмада, фақат ниобий бўлади. Қолган органик эритма кейинги реэкстракция колоннасига юборилади ва унда тантал реэкстракция қилинади. Реэкстракция қилинган ниобий ва тантал сув буғи ёрдамида ҳайдалади ва у экстракция қисмига қайтарилади. Сувли эритмаларга аммиакли сув қўшиб тантал ва ниобий чўктириб олинади, чўкмалар вакуум — фильтрларда фильтрланади ва улар гардишли ўчоқларда қиздириб оксидлари олинади (22-жадвал).

Булардан ташқари тантал ва ниобий хлоридларини ректификациялаш, хлоридли тузларини танлаб қайтариш, ионитларда сорбциялаш усуллари бўлиб, булар моддаларни олиш шароитига қараб қўлланилади. Ионитлар билан ажратиш усулида ЭДЭ—10П анионити қўлланилади, унинг (= NH) ва (≡ N) каби актив группалари бўлиб, ион алмашиниши $TaF_7^{2-} > TiF_6^{2-} > NbF_7^{2-}$ тартибида ўзгаради. Шу-



29- расм. Тантал ва ниобийни экстракция усулида ажратиб олиш технологик схемаси.
1 — плавик кислотада эритилган концентрат эритмаси; *2* — тантал ва ниобийни биргаликда экстракциялаш колоннаси; *3* — ниобийни реэкстракция қилиш колоннаси; *4* — тантални реэкстракция қилиш колоннаси; *5* ва *6* — бут билан ҳайдаш ускунаси; *7* — тантални йиғувчи мослама; *8* — Ta_2O_5 ни чўктириш ускунаси; *9* — фильтрлар; *10* — қиздириш ўчоқлари; *11* — тўпловчи мослама; *12* — N_6O_5 ни чўктириш ускунаси.

22-жадвал

Экстракция натижасида ҳосил бўлган моддаларнинг таркиби

Элемент	Оксидлар миқдори, %	
	Nb_2O_5	Ta_2O_5
Zn	< 0,05	< 0,05
Ta	< 0,03	—
Nb	—	< 0,03
F	0,06	0,06
Fe	< 0,03	< 0,01
Ti	< 0,015	< 0,015
Si	0,01	0,01
W	< 0,01	< 0,01
Mi	0,005	0,005
Cu	< 0,004	< 0,004
Al	0,002	0,002
Mg, Co, Zn, Cr, Mn, Sn, V, Mo	< 0,002	< 0,002
Cd	< 0,005	< 0,0005
B	< 0,0001	< 0,0001

нинг учун ионитлардан уларни ажратиб олишда, аввал ниобий, титан ва сўнг тантал десорбция қилиб олинади. Анионитни динамик ютиш ҳажми ниобий бўйича 10, тантал бўйича 7 ва титан бўйича 5 мг-экв/г ни ташкил қилади.

Тарқоқ камёб металлар технологияси

Тарқоқ камёб элементлар ер қобиғида кам тарқалганлиги билан ажралиб туради. Бу элементлар бошқа элемент минераллари таркибида учрайди. Улар изоморф ҳолда бошқа *минералларни кристалл панжараларига* ёлишган бўладилар. Уларни асосан чиқиндилар таркибидан ажратиб олинади. Шунинг учун уларнинг хомашёлари турли хилда бўлиши мумкин.

Биз бу бобда тарқоқ элементларнинг айримлари билан танишиб чиқамиз.

35-§. Германий ва уни олиш технологияси

Германий элементи 1886 йилда А. Винклер томонидан аргиродит $4Ag_2S \cdot GeS_2$ минерали таркибида аниқланган. Германийга бўлган қизиқиш яримўтказгич электрон техникаси ривожланишига олиб келди ва уни ишлаб чиқариш 1945—1950 йилда йўлга қўйилди.

Германий уй температурасида мўрт бўлиб, 550°С дан юқорида деформацияланади. Германий кремний каби яримўтказгичлар электроникасида қўлланилади.

Германийнинг электр ўтказувчанлик хусусияти

Маълумки моддалар электр ўтказувчанлиги бўйича уч группага бўлинади.

1-группа ўтказгичлар. Буларга электр токини яхши ўтказувчи моддалар (металлар ва уларнинг қотишмаси) киради: электр ўтказувчанлиги 10^4—10^5 $ом^{-1} \cdot см^{-1}$ оралиғида.

2-группа изоляторлар. Буларга электр токини бутунлай ўтказмайдиган моддалар (кварц, слюда, асбест ва бошқ.) киради.Уларнинг электр ўтказувчанлиги 10^{-14}—10^{-15} $ом^{-1}$ $см^{-1}$.

3-группа яримўтказгичлар. Бундай моддаларга кремний, германий, селен, теллур ва бошқалар киради. Уларни электр ўтказиш қобилияти ўтказгичлар билан изоляторлар оралиғидадир, яъни 10^2—10^{-10} $ом^{-1} \cdot см^{-1}$. Юқорида кўрсатилган 3-группа моддалари электр ўтказувчанлиги элементлар электронларининг жойлашуви назарияси (зона назарияси) орқали тушунтирилади. Маълумки, атомдаги электронлар аниқ энергетик поғоналарда (квантланган поғоналарда) жойлашган бўлади. Электронларнинг бир поғонадан бошқасига кўчиши, уларнинг захирадаги энергиялари ўзгариши билан содир бўлади. Ташқи қаватда жойлашган электронлар *валент электронлар* дейилади.

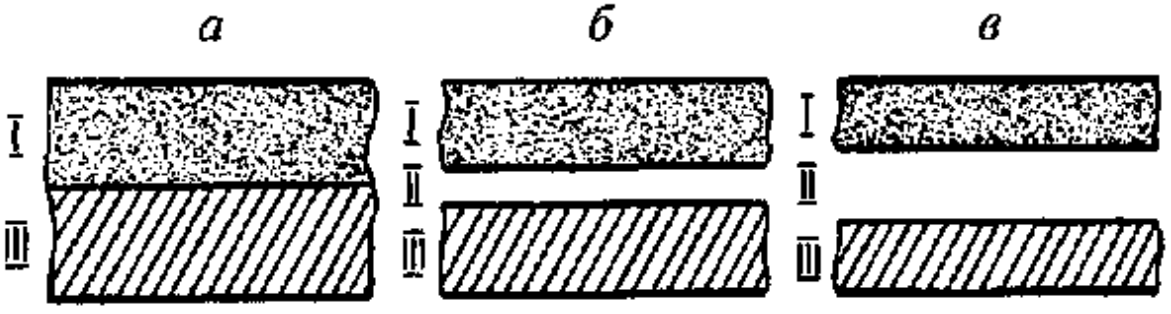
Ҳар қандай қаттиқ моддани бир бутун электрон системаси деб қараш мумкин, чунки қаттиқ моддаларнинг энергетик поғоналарини алоҳида олинган атомларнинг энергетик поғоналари сифатида қараш мумкин (атомнинг энергетик поғона энергияси сон жиҳатдан қаттиқ модда энергетик поғонаси энергиясидан фарқли бўлса ҳам). Шунга кўра, ҳар бир қаттиқ модда маълум даражада ёки электрон билан тўлган поғоналардан иборат бўлаклардан зоналардан ўтказувчи бўлаклардан (зоналардан) ёки ҳаракатланувчи бўлаклардан ташкил топади. Бу иккита бўлак

(зона) тақиқланган бўлаклар чегаралари билан ажралган бўлиб, оралиқ масофаси ўтказувчанлик қийматини кўрсатади. Қуйидаги расмдан кўриниб турибдики, ўтказувчанлик, яримўтказувчанлик ва изоляторлар тақиқланган зона қиймати билан фарқ қилади.

Ўтказувчиларда тақиқланган бўлим (зона) бутунлай бўлмайди, шунинг учун барча тўйинган бўлинмадаги электронлар ўтказувчилар бўлимига осонлик билан ўтади. Изоляторларда эса тақиқланган бўлим кенг бўлиб электронларни III бўлимдан I бўлимга ўтиши учун жуда катта энергия керак бўлади, бу эса мумкин эмас. Шунинг учун бундай моддаларда ўтказувчанлик маълум қийматга эга бўлади. Яримўтказувчиларда қисқа тақиқланган бўлим бўлиб III бўлимдан I бўлимга электронларни ўтиши учун кам энергия сарф қилинади, яъни жисмни ёритиш, иситиш, электр қуввати бериш ва бошқалар керак бўлади.

Яримўтказувчиларда ўтказувчанлик икки хил бўлади — электронли ва тешикли. Ҳар иккала ўтказувчанлик айрим валент боғларини (иссиқлик ва ёруғлик таъсирида) бузилиши натижасида рўй беради. Агар жисмга электр майдон таъсир эттирилса, ундаги эркин ионлар маълум йўналиш бўйича электр токи ҳосил қилади. Бундай ўтказувчанлик электрон ўтказувчанлик дейилади.

Ташқи таъсир натижасида валент бўлимдаги битта электрон ажралиб чиқади ва унинг ўрни бўшаб қолади (уни тешилган ҳолат дейилади). Ҳамда у мусбат зарядланади. Электронлар ҳосил бўлган тешикларга ҳам келиб жойлашиши мумкин. Бундай ўзгаришлар, иссиқлик таъсиридаги тебранишлар натижасида содир бўлади. Бу эса янги тешикчаларни ҳосил қилади. Электр токи таъсирида эса аниқ



30- расм. Энергия зоналари: *а* — ўтказгичлар, *б* — яримўтказгичлар, *в* — изоляторлар. *I* — ўтказувчанлик зонаси, *II* — тақиқланган зона, *III* — валент (тўйинган) зона.

йўналиши бўлган тешикчалар ҳосил бўлиб, унинг қиймати мусбат зарядланган тешикли ўтказувчанлик дейилади.

Германийнинг ишлатилиши. У яримўтказувчанлик электрон техникасида кўп ишлатилади. Германий кристалл ток тўғрилагичлар (диодлар) ва кристалл ток кўтарувчилар (триодлар)ни ясашда ишлатилади. Бу диодлар ва триодлар оддий электрон чироқларига қараганда бир қанча афзалликларга эга. Масалан: улар учун сарфланадиган электр қуввати вакуум лампаларига қараганда кам сарф бўлади, уларни ишлаш хизмати анча кўп тебраниш ва урилишларга нисбатан механик мустаҳкамлиги ва ҳажми билан ажралиб туради. Германийдан ясалган ток тўғрилагичлар ва кучайтиргичларнинг бу хусусиятлари мураккаб ҳисоблаш машиналари, телемеханикада радар ускуналарида ишлатиш анча қулайликлар яратади.

Ҳозирги вақтда германийдан ясалган тўғрилагичлар радиотехникадан ташқари 1000—10000 А ва ундан юқори ток кучига эга бўлган юқори қувватли ўзгарувчан токларни тўғрилагичлар олишда ишлатилмоқда.

Германий диод ва триодлар олишдан ташқари термисторларни тайёрлашда ҳам ишлатилади. Улар температурани аниқ ўлчашга ёрдам беради, яъни ҳар қандай ўтни ёнғин температурасини, иссиқлик ўтказувчи қувурлар температурасини, ҳар хил механизмлар температурасини автоматик сигналлаштиришда ва бошқаришда қўлланилади. Германий фотоэлементлар ва термоэлементлар тайёрлашда кўп ишлатилади.

Германийнинг асосий хомашёлари. Германий ер қобиғининг $7 \cdot 10^{-4}$ % ини ташкил қилади ва унинг асосий миқдори турли сульфидли, силикатли минераллар таркибида учрайди. Мис, темир, рух, қўрғошин сульфидлари аралашмаларида германий миқдори 0,001 — 0,0001% бўлади. Табиатда германий қуйидаги минераллар таркибида кўп учрайди.

Аргиородит Ag_8GeS_6 — унда Ge 5—7% ни ташкил қилади.

Германит $Cu_3(Fe, Ge, Ga, Zn)(As,S)_4$ тахминий формулага эга бўлиб, унда 6—8 % Ge, 6—8% Fe, 0,5—0,8 % Ga бор.

Рениерит $(Cu,Fe)_3(Fe, Ge, Zn, Sn)(S, As)_4$ да 6,37—7,8 % Ge бор. Бундан ташқари, германийнинг асосий манбаи кўмир куллари ҳисобланади ва унда 0,001—0,01 % гача Ge бўлади. Кўмир ёқилганда қанча кам кул ҳосил бўлса,

шунча кўп германий бўлади. Айниқса метаморфли кўмирларда кам учрайди (масалан, антроцитли кўмирларда йўқ ҳисобида).

36-§. Сульфидли хомашёларни қайта ишлашда германийнинг ҳолати

Полиметалл ҳолдаги сульфид рудаларини бойитиш натижасида рух, мис ёки мис-рух концентратлари таркибида германий йиғилиб, ўзининг хомашёдаги формасига боғлиқ бўлади. Германий сульфидли аралашмаларда изоморф ёки германит ҳамда рениерит минерали ҳолида бўлиши мумкин.

Рух ишлаб чиқариш саноатида рух концентратлари, аввал оксидланиш жараёнида, сўнг агломерик усул билан куйдириб олинади. 1200—1300°С да агломерация — куйдириш натижасида мишьяк, қўрғошин ва кадмий моддаларининг бир қисми германий билан газ (чанг) ҳолида учиб чиқади. Улар йиғилиб электр фильтрларда ёки чанг ютқичларда ушлаб қолинади. Ретарта ўчоқларида рухни дистилляция қилиш усулида германий юқори температурада қайнаш хусусиятига эга бўлгани учун ретарта қолдиқлари таркибида қолади. Улардаги германийнинг миқдори 0,01 дан 0,1 % гача бўлиши мумкин.

Гидрометаллургия рух ишлаб чиқариш усулида эса германий ишқорлаш натижасида ҳосил бўладиган кекларида бўлади. Рух сульфат эритмаларини электролиз қилиб олиш учун берилган эритмада германийнинг миқдори 0,1 мг/л дан ошмаслиги керак, чунки электролитик усул билан олинаётган рухнинг миқдорини камайтириб юборади.

Рух кекларини буғлатиш (вельц жараён) усули билан олинган германий оксидлар ҳолида йиғилади. Бу эса GeO нинг учувчанлиги билан тавсифланади. Шундай қилиб, германий хомашёси рух ишлаб чиқариш саноатида ҳосил бўладиган агломерация чанглари, реторта қолдиқлари ва рух куйиндиларини ишқорлашда ҳосил бўладиган кеклари ҳисобланади.

Мис ишлаб чиқариш саноатида германий учун хомашё қуйидагилардир. Шахталар ва нурли эритиш ўчоқларида ва конверторларда ҳосил бўлган чанглар, ҳамда буғланиш натижасидаги фьюминг шлаклари ҳисобланади. Ҳар доим шлакларда германийнинг миқдори чангдагига қараганда кўпроқ бўлади, лекин германийнинг чангларда йиғилиши шлакларнинг йиғилишига қараганда кўп бўлади.

Кўмирларни қайта ишлашда германийнинг ҳолати

Агар кўмир тўлиқ ёқилса, германийнинг асосий миқдори ҳосил бўлувчи шлак ва кулларда қолади. Масалан: 0,009% германий бўлган кўмир ёқилса унда германий қуйидагича тарқалади:

шлакларда	51,7
кулларда	19,0
чангларда	0,25
германийнинг турли газлар билан йуқолиши	29,0

Агар кўмир кам ҳаво иштирокида ёқилса (газогенератор асбобларида) германийнинг тарқалиши бошқача бўлади, яъни унда германийнинг 75% и учувчан газлар (чанглар) да, 25% и шлак ва кулларда бўлади. Жараённинг бу ҳолатда бориши қайтарилиш муҳитида учувчан GeO (монокис) нинг ҳосил бўлишидир. Германийнинг чангларда ва куйинкиларда ҳосил бўлиши айрим вақтларда 0,1% ни ташкил қилади. Масалан: ишлаб чиқариш корхоналарида GeO_2 миқдори 0,29 — 1,24% ни ташкил қилади, чангларда эса 0,38 — 0,75% Ge_2O_3 дан иборат бўлади.

Кокс-кимёвий заводларда эса германий аммиакли сувларда ва смолали маҳсулотларда бўлиши мумкин.

Ҳар хил турдаги хомашёлардан германийни ажратиб олиш

Бошланғич хомашёнинг таркибига қараб, германийга бой бўлган материалларни — маҳсулотларни тайёрлашда турли усуллар қўлланилади. Кўпинча корхоналарда бойитилган маҳсулотлардан, асосан техник германий (IV) хлориди ишлаб чиқарилади, сўнг у тозаланади.

Германий бўлган маҳсулотларга бирламчи ишлов бериш усуллари

1. Материалларни сульфат кислотаси билан ишқорлаш усули билан эритмалардан германий ажратиб олиш асосан сульфидли материаллар учун қўлланилади. Бундай усулда аввал материал куйдирилади, сўнг уни сульфат кислота билан ишқорланади. Унда эритмадаги қўрғошин ажралиб чиқади ($PbSO_4$ ҳолида). Сульфатли эритмага рух кукуни қўшилиб цементация (қотирилади) қилинади. Унда германий мис ва мишьяк билан бирга чўкмага тушади, эритмада эса кадмий ва бошқа металлар қолади.

2. Германий сульфиди (GeS) ёки монокиси (GeO) ҳолида учириш усули руда концентратларидан, чанглар таркибидан ёки бошқа хомашёлардан ажратиб олишда қўлланилади. Бунда сульфидлаш учун олтингугурт ёки пирит ишлатилади.

3. Сульфатлаш усулида маҳсулот ва сульфат кислота аралашмаси 450 — 500°С да қиздирилади ва олинган маҳсулот кучсиз сульфат кислота билан ишқорланади ва эритмадан германий ажратиб олинади. Бу усулда маҳсулот таркибидаги мишьякнинг асосий қисми қиздириш натижасида As_2O_3 ҳолида учиб кетади.

4. Натрий ишқориси билан суюлтириш усулида эритмада натрий германат ҳосил бўлиб, уни сув билан ишқорлаш натижасида сувда эрувчан моддалар эритмага ўтади. Ҳосил бўлган эритмадан, маълум pH оралиғида гидратланган германий (II) оксиди ажратиб олинади.

5. Мис ва темир бўлган материалларни қайтарувчилар билан суюлтма ҳосил қилиш усули, мис ёки темир қотишмалари таркибида германийни бойитишга асосланган бўлиб, ундан германий ўз қотишмасидан хлорид кислота билан қайта ишлаш орқали ажратиб олинади.

37-§ Концентратлардан техник германий (IV) хлоридни олиш

2-10% германий бўлган бойитилган маҳсулотларга хлорид кислотаси билан юқорида кўрсатилган усуллардан фойдаланиш орқали ишлов берилади. Хлорид кислотанинг қайнаш температурасида таркибида германий бўлган маҳсулотга ишлов берилса, $GeCl_4$ дистилляцияга учраб, улар конденсаторларда ушлаб қолинади ва эритмада бўлган кўпчилик элементлардан (Fe, Cu, Cd, Zn, Pb, Si ва бошқ) ажратилади. $GeCl_4$ билан бирга мишьяк ҳам учиб чиқади ($AsCl_3$ нинг қайнаш температураси 130°С). Демак, $GeCl_4$ билан бирга $AsCl_3$ ҳам дистилляцияга учрайди. Мишьякни эритмадан ажратиш учун As^{+3} дан As^{+5} гача хлор билан оксидлаш керак. Унда қуйидаги реакция боради, бунда

$$AsCl_3+Cl_2+4H_2O = H_3AsO_4+5HCl$$

мишьяк кислотаси ҳосил бўлиб, у эритмада қолади. Конденсатланган $GeCl_4$ эса аралашмалардан тозалаш учун юборилади.

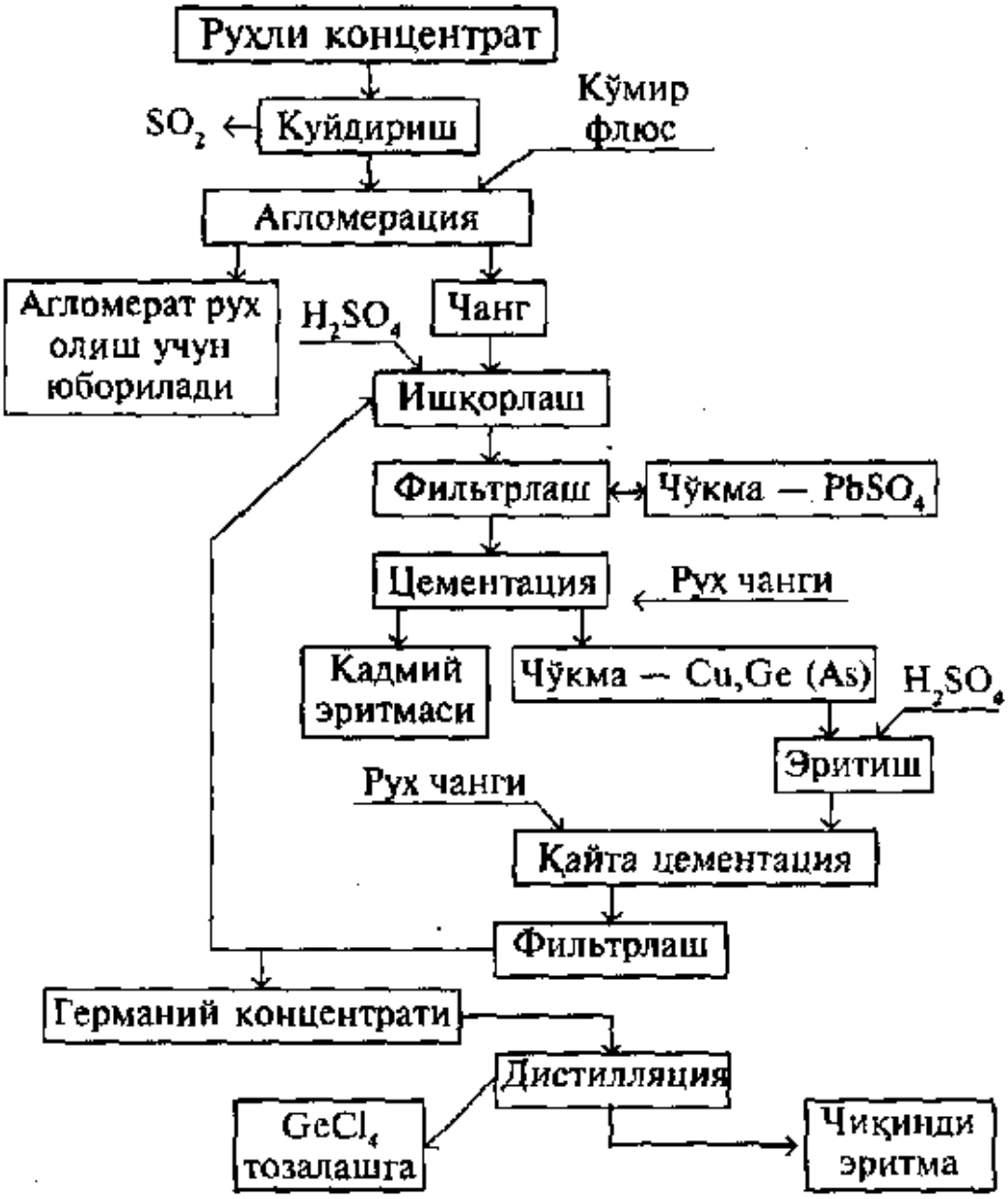
Хомашёдан германийни ажратиб олиш технологик схемалари

1. Рух концентратларини ўчоқларда куйдиришда ҳосил бўладиган чанглардан германийни ажратиб олиш. Оксидлаш натижасида ҳосил бўлган куйиндига кўмир ва флюслар қўшиб куйдириш 1200 — 1300°С да амалга оширилади. Бунда учиб чиққан германий чанглари қўрғошин ва кадмий билан бирга концентрланади. Ҳосил бўлган чанг сульфат кислота билан ишқорланади. Эритмага Cu, Cd, Zn, As ва Ge ўтади, қўрғошин — $PbSO_4$ ҳолида ажралади. Эритмага ҳисобланган миқдорда рух кукуни берилиб, цементация (қотириш) қилинади. Кадмийнинг асосий қисми эритмада қолади ва кадмий олиш учун юборилади. Ҳосил бўлган чўкма (цементланган) эритилади ва яна қайта цементацияланади, натижада германийнинг миқдори 4—7% бўлган концентрат ҳосил қилинади.

Германий концентрати қуритилади ва куйдирилади. Куйиндига концентрланган (қиздирилган) хлорид кислота билан ишлов берилади. Шундан сўнг, германий (IV) хлориди дистилляция қилинади ва муз билан совутилган конденсаторларда мишьяк ва хлорид кислота билан бирга ушлаб қолинади. $GeCl_4$ концентрланган хлорид кислотада кам эриганлиги учун конденсаторда иккита қават ҳосил бўлади: остки қаватда $GeCl_4$ бўлса, юқори қаватда HCl бўлади. Мишьяк эса устки ва остки қаватларда ўзаро тақсимланган ҳолда бўлади. Ҳосил бўлган германий (IV) — хлориди тозалаш учун юборилади (31-расм).

Бундан ташқари, германий мис концентратларидан ҳам ажратиб олинади. Маълумки, мис-рух-қўрғошин рудалари таркибида германий германит ёки рениерит минераллари билан бирга учрайди. Бу рудаларни флотация усулида бойитиш натижасида қуйидаги таркибли мис концентратлари ҳосил қилинади: яъни концентратнинг ўртача таркиби 0,25% Ge, 25% Pb, 27,8% Cu, 7,92% Zn,7,5% As, 22,2% S, 2,3% Fe бўлади.

Бундай концентратлардан германийни ажратиб олишда германий моносульфид ҳолида буғлатиш усули қўлланилиб, жараён нейтрал ёки қайтарувчи муҳитда ва маълум атмосферада концентратларни қиздириш орқали амалга оширилади. 800°С да H_2 ва CO атмосферасида Cu Ge 90 — 93% буғланади. Нейтрал атмосфера муҳитида эса 90 — 93% Ge



31-расм. Германий олишнинг технологик схемаси.

ни буғлатиш 1000°С да олиб борилади. 800-900°С да СО атмосферасида қўрғошин ҳайдалмайди. Мишьяк германий билан ҳайдалади ва шу атмосфера (СО) да қуйидаги реакция бўйича қайтарилади;

$$As_2S_3 + 3CO \rightarrow 2As + 3COS.$$

Элементар ҳолатдаги мишьяк осон ҳайдалади ва конденсатланади. COS — карбонилсульфид конденсаторлардан чиқиш жараёнида SO_2 ва CO_2 гача ёқиб юборилади. Олинган GeS куйдирилади ва у хлорид кислотада эритилиб, $GeCl_4$ олинади.

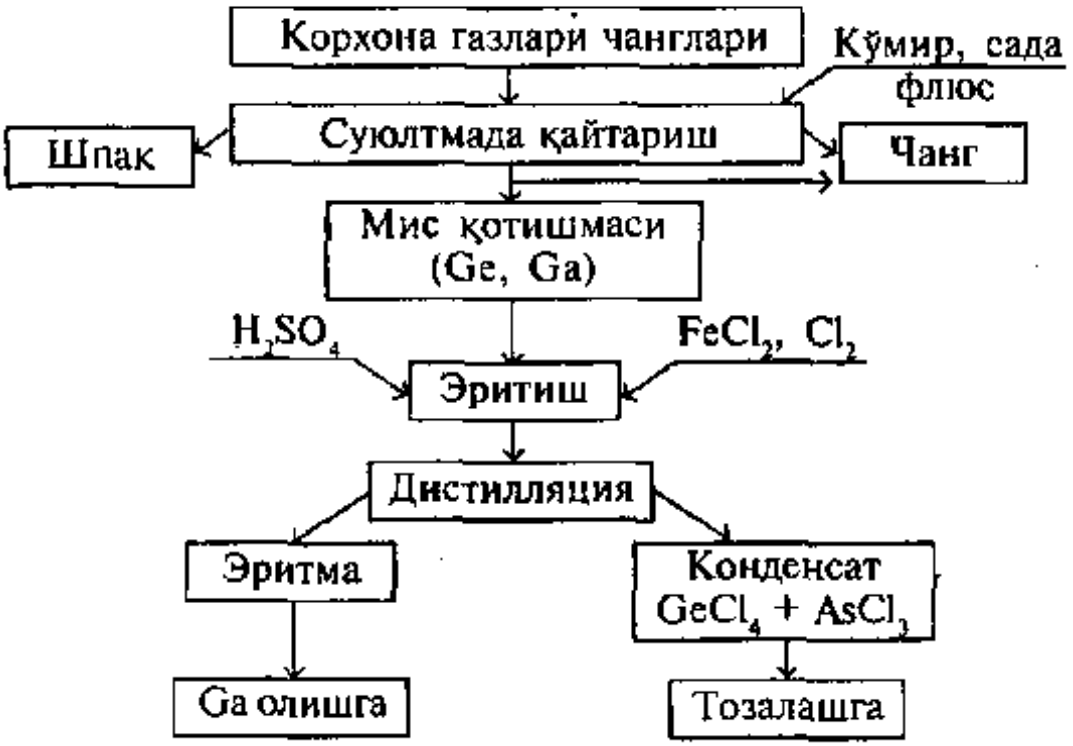
Мис концентратларни шахтада эритиш (суюлтириш) да ажралиб чиқувчи чанглардаги германий эса сульфатлаш орқали ажратиб олинади. Унда сульфатли куйдириш, сульфат кислотасида ишқорлаш, мишъякни оксидлаш ва уни чўктириш ҳамда германийга бойитилган маҳсулот олишдан иборат бўлади. Натижада олинган германийли маҳсулотга хлорид кислота билан ишлов берилиб, германий (IV) хлориди олинади.

38-§. Корхона газлари чангларидан германийни ажратиб олиш

Корхона чанглардан ҳамда қора куя газларидан германий ажратиб олишда тўғридан-тўғри хлорид кислотаси билан ишлов бериб, ундан $GeCl_4$ ни дистилляция қилиш орқали ёки чангларни сульфат кислотаси билан ишқорлаш ва ундан германийни ажратиш усули бирмунча яхши натижа бериши мумкин. Агарда эритма таркибида германий кам бўлса, уни органик бирикмалар ишлатиб, масалан, танин билан чўктириб олиш мумкин. Агарда эритмада германий миқдори кўп бўлса, унда германий дисульфиди ёки рух чанги билан цементация қилиб ажратиб олинади. Айрим ҳолларда, яъни германий кислоталар билан парчаланмайдиган бирикмалар ҳолида бўлганда кислота билан газлардаги чанглардан уни ажратиш даражаси камайиб кетади. Бундай ҳолда пирометаллургия жараёнлари билан парчалашдан фойдаланилади. Унда икки хил усулдан фойдаланилади.

1. *Суюлтирмада қайтариш жараёни.* Бу усулда, масалан, 0,3—1,24 % GeO_2 ва 0,38—0,75 % Ga_2O_3 бўлган корхона газларидаги чангдан германийни ажратиб олишда қўлланилади. Чангда германийдан ташқари SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO, Na_2O бўлади. Чангларни суюлтмада қайтариш жараёнида мис оксиди кўмир ва сода, кварц қуми, лойтупроқ оҳак қўшимчалари қўшилган ҳолда эритилади. Унда 90 % Ge ва 50—60 % Ga суюлтмага ўтади. Бу қотишманинг ўртача миқдори 3—4% Ge ва 1,5—2 % Ga дан иборат бўлади. Қотишмада бундан ташқари мишъяк, темир, қисман олтингугурт ва бошқа аралашмалар бўлади.

Олинган қотишма темир хлорид эритмасига хлор гази қўшиб эритилади. Бунда темир хлорид эриш жараёнини тезлаштиради. Эритмада ҳосил бўлган $GeCl_4$ дистилляция



32-Расм. Галмид олишнинг технологик схемаси.

қилинади. Дистилляция давомида унга томчилаб концентрланган хлорид кислотаси бериб борилади. $GeCl_4$ билан бирга оксидланмаган бир қисм $AsCl_3$ ва HCl ҳайдала бошлайди. Олинган германий (IV) хлорид тозалаш учун юборилади. Эритмадан германийни ҳайдаш (дистилляция) усулидан сўнг галлий ажратиб олинади (32-расм).

2. *Ишқорда суюлтириш.* Чанглар натрий ишқори билан пўлат қозонларда суюлтирилади, сўнг уни сув қуйиш билан ишқорланади. Эритмага германий ва галлий билан бирга силикат ва алюминий натрий ўтади. Эритмадаги кремний ва алюминийнинг асосий оғирлик қисмини ажратиб олиш учун концентрацияси 0,2 н бўлгунча хлорид кислотаси билан NaOH ни нейтралланади. Ҳосил бўлган $Al(OH)_3$ ва H_2SiO_3 чўкмалари фильтрлаб олингандан сўнг, эритма pH-5 бўлгунча нейтралланади. Унда $Ge(OH)_3$ ва $Ga(OH)_3$ ҳолида чўкмага тушади, чўкма филтрлаб ажратиб олинади. Галлий ва германий гидроксид хлорид кислотада эритиб, уни дисульфид германий GeS_2 ҳолида чўктириб олинади. (H_2S нинг концентрацияси 4 — 5 н бўлиши керак). Айрим технологик схемаларда кам эрувчан магний германатларни ҳосил қилиш орқали ажратиб олинади.

39-§. Германий (IV) хлоридни тозалаш усуллари

Яримўтказгич электроникаси учун ўта соф германий олиш керак бўлади. Шунинг учун асосий кимёвий маҳсу-

лот бўлган германий бирикмалари аралашмаларидан тозаланиб олинади, айниқса бунда унинг таркибидаги мишьяқдан тозалаш катта аҳамиятга эга.

Аралашмалардан тозалашда германий хлорид учун дистилляция усулидан фойдаланилади, чунки бошқа элементларнинг хлоридлари, германий хлориднинг қайнаш температурасидан юқори туради. Юқори тозаликка эга бўлган германий хлорид олиш учун ректификация ёки хлорид кислотаси билан экстракция усули ишлатилади.

Ректификация усулида тозалаш

Бу усулда германий хлоридни тозалашда насадкали колонкалардан фойдаланилади. Колонкалар кварц (пирекс) шишаларидан ясалган бўлиб, унинг насадкаси кварцли спирал (ўрамлар) дан иборатдир (сим диаметри 1,5 мм, сим ўрами диаметри 4 — 5 мм). Колонканинг баландлиги 1220 мм ва диаметри 25,4 мм бўлиб, 40 та тарелка (бўлак) дан ташкил топган. Колонкада 84°С да, ректификация усулида германий (IV) хлориднинг мишьяқдан тозаланиш миқдори 0,02 — 0,002% гача етади. Ректификация колонкаси мис бўлакчалари билан тўлдирилган бўлади. Ректификация колонкасида эритма дистилляция қилиниши натижасида германий ва мишьяк хлоридлари буғ ҳолида қайнаб кўтарилади. Ҳосил бўлган буғлар мис бўлакчалари билан ўзаро реакцияга киришиб, мишьякнинг кимёвий бирикмаси — мис арсенидларини (Cu_3As_2) ҳосил қилади. $GeCl_4$ буғлари қанчалик кўп мис бўлакчалари билан тўқнашса, шунча кўп миқдорда Cu_3As_2 ҳосил бўлади ва $GeCl_4$ шунча кўпроқ тозаланади ва уни 0,0001% гача тозалаш мумкин бўлади. Колонкадаги дистилляция жараёни 12 — 15 соат давом этганидан сўнг, ундан германий хлориди ҳайдаш йўли орқали ажратиб олинади.

Хлорид кислотаси билан экстракция усулида тозалаш

$GeCl_4$ ва $AsCl_3$ ларнинг концентрланган хлорид кислотада эришининг ҳар хил бўлиши, уларни хлорид кислота билан экстракция усулида ажратиб олишга эришиш мумкинлигини кўрсатади.

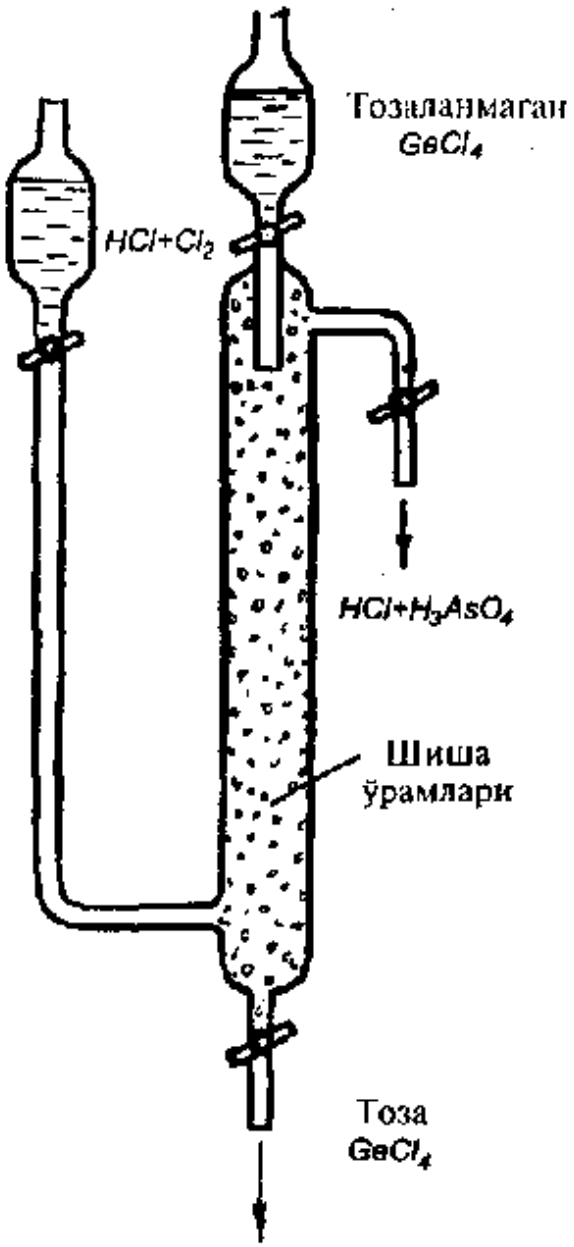
Агар экстракция жараёни Cl_2 гази билан тўйинтирилган хлорид кислотада амалга оширилса, мишьякдан тоза-

лаш самарали бўлиши мумкин экан. Унда эритмадаги $AsCl_3$ оксидланиб, мишьяк кислотаси ҳосил бўлишига олиб келади, яъни

$$AsCl_3 + 4H_2O + Cl_2 \rightarrow H_3AsO_4 + 5HCl$$

Хлорнинг хлорид кислотадаги концентрацияси кўп бўлиши учун экстракция жараёни 0°С ёки ундан ҳам пастроқ температурада олиб борилади.

Агарда экстракция жараёни хлор гази билан тўйинган 37,4% HCl да икки босқичда амалга оширилса эритмадаги мишьякнинг бошланғич миқдори $\approx 0{,}01\%$ дан $\approx 2{,}4 \cdot 10^{-5}\%$ (мол) гача, тўрт марта (босқичда) экстракция қилинса $\approx 1{,}7 \cdot 10^{-5}$ (моль) гача камайтириш мумкин. Экстракция жараёнини тўхтовсиз амалга ошириш учун насадкали колонкалардан фойдаланилади (унинг схемаси қуйидаги 33-расмда кўрсатилган). Колонка шишадан ишланиб, уни ичига спирал ҳолидаги шишачалар солинган бўлади. Эритмадаги енгил фаза ($HCl + Cl_2$) колонканинг остки қисмидан, тозаланиши керак бўлган оғир фаза — германий N-хлориди юқори қисмидан колонкага юборилади. Тозаланган $GeCl_4$ колонкадан тўхтовсиз равишда колонкага олиб турилади.



33-расм. Германий хлоридни мишьякдан экстракция усули билан тозалаш асбоби схемаси.

Германий II оксидини олиш

Германий II оксиди германий ишлаб чиқаришда асосий хомашё ҳисобланади. Уни олиш учун тозаланган $GeCl_4$ гидролиз қилинади.

$$GeCl_4 + (2+n)H_2O \rightarrow GeO_2nH_2O + 4HCl$$

Гидролиз қилиш учун олинадиган сув ниҳоятда тоза бўлиши керак. Бунинг учун, аввал сув активланган кўмирли колонкадан ўтказилади. Бунда сув таркибидаги органик моддалар ва коллоид заррачалар ушлаб қолинади. Сўнгра сув кетма-кет анионитли ва катионитли колонкалардан ўтказилади, унда сувдаги катион (Mg^{+2}, Ca^{+2}) лар ва анионлар (HCO_3^{-2}, SO_4^{-2}) ушлаб қолинади. Бундай тозаланган сувнинг солиштирма қаршилиги 1 $см^3$ учун $5 \cdot 10^6 ом^{-1} \cdot см^{-1}$ бўлиши керак. Германий хлоридни гидролиз қилишда кварцдан ясалган (пирекс ярамайди) ёки пластмассадан (полиэтилен) ишланган асбобларда олиб борилади. $GeCl_4$ маълум тезликда сувга маълум даражада қўшилади, чунки гидролиз натижасида эритмада хлорид кислота концентрацияси 5н миқдорда бўлиб туриши керак. Гидролиз олдин тез, сўнг секин боради. Реакцияни охиригача олиб бориш учун уни аралаштириб туриш лозим бўлади.

Олинган GeO_2 фильтрланади, тозаланган сув билан спиртда ювилади, сўнг 150 — 200°С да қуритилади. Натижада GeO_2 бутунлай сувсизланади. Қуритиш жараёни кварцдан ишланган патносларда муфель ўчоқларида амалга оширилади.

40-§. Германийни олиш

Германий германий (II) оксидни водород билан қайтариш натижасида олинади:

$$GeO_2 + 2H_2 \rightarrow Ge + 2H_2O$$

Бу реакция икки босқичда боради:

$$GeO_2 + H_2 \rightarrow GeO + H_2O$$

$$GeO + H_2 \rightarrow Ge + H_2O$$

Реакция натижасида ҳосил бўладиган моноксид германий 700°С дан юқори температурада учиши мумкин. Шунинг учун бу жараён 600 — 685°С да олиб борилади. GeO_2 ни водород билан қайтариш кварц ёки графитдан ясалган қувурли электр ўчоқларида олиб борилади.

Қайтариш жараёни тамом бўлгандан сўнг, жараён температураси 1000°С гача кўтарилади (бундан мақсад,



34- расм. GeO_2 ни қайтариш шароити ва ундаги германийли қошиқчанинг ўчоқда ҳаракатланиши.

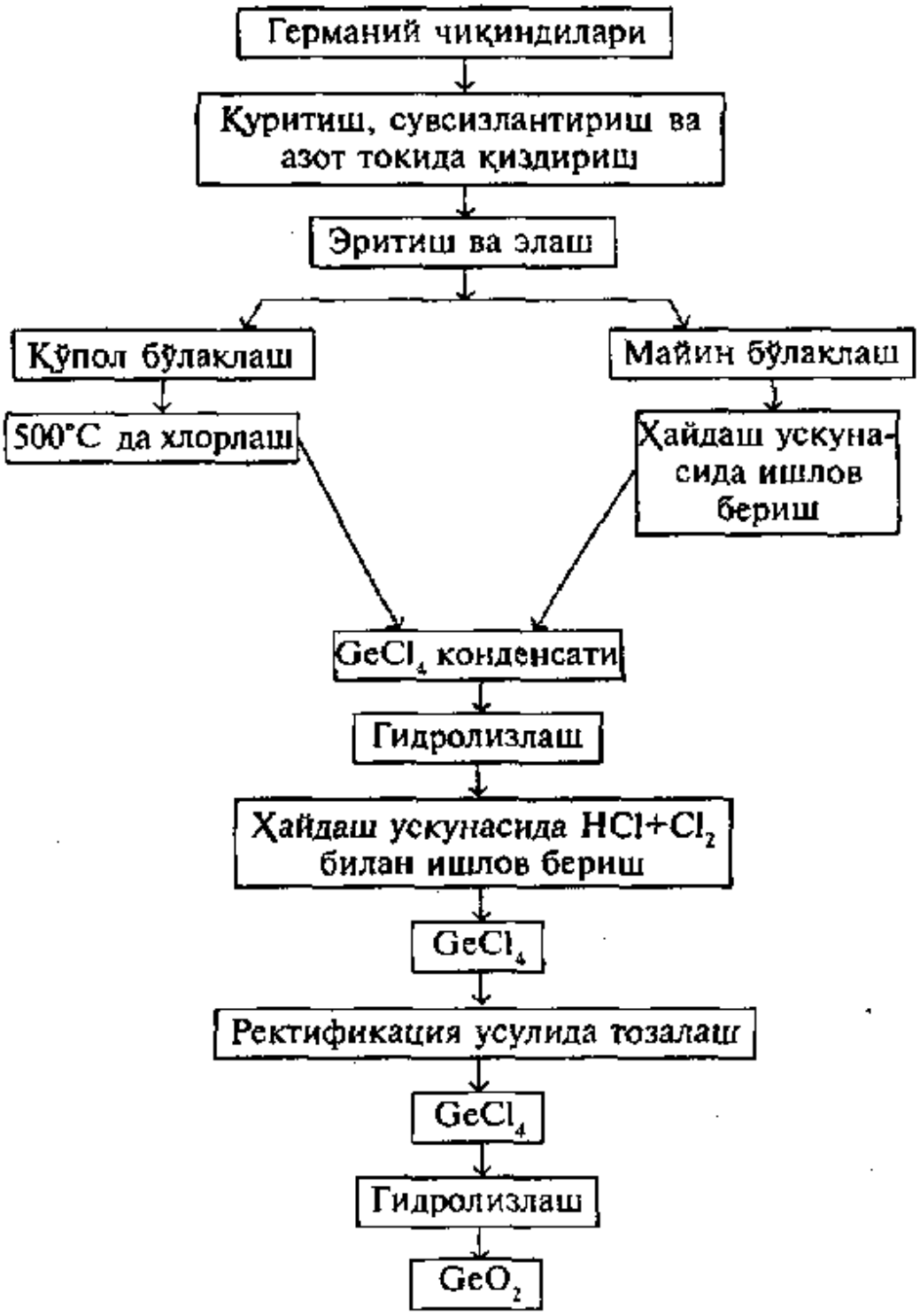
ҳосил бўлган германий кукунини суюлтиришдан иборатдир). Сўнг уни ўчоқлардан чиқариб олинади. Шу билан германий биринчи тозалаш усулидан ўтказилган бўлади. Қуйидаги 34-расмда GeO_2 нинг тахминий қайтариш шарт-шароитлари кўрсатилган.

Агарда жараён тўхтовсиз давом эттирилса, графит қувурли ўчоқларда ва графитли қошиқчаларда амалга оширилади.

41-§. Германий чиқиндиларини қайта ишлаш технологияси

Яримўтказгичлар (диод ва триодлар) тайёрлашда германийнинг монокристалл ҳолдаги қуйилмаларидан майда юпқа пластинкалар кесиб олинади. Бу пластинкалар 1x1x0,5 мм ўлчамли бўлиши керак. Сўнг пластинкалар силлиқланади (шлифовка қилинади), уларнинг юзасида ҳосил бўлган оксид қатламлари ва ҳар хил ифлосликлар (травител) тозаланади. Натижада пластинкалар тайёрлашда кўп миқдорда ҳар хил кесилган, синган, силлиқлашда чиққан кукунлар ва маълум моддалар билан тозалашда ҳосил бўлган эритмалардан иборат германий қолдиқлари қолади.

Амалда қуйилмалардан пластинка тайёрлаш учун фақат уларнинг 20%и ишлатилади, қолган 80% и эса чиқиндига чиқади. Шунинг учун чиқинди ҳолидаги шлак, уларнинг майдаланган бўлаклари қайта ишлов бериш учун юборилади. Бундан ташқари, германий травит ва ювилгандан сўнг эритмадаги германий магний германати ёки бошқа бирикмалар ҳолида чўктириб олинади.



35-расм. Германий чиқиндиларининг қайта ишлаш технологик схемаси.

Германийнинг чиқиндиларини қайта ишлаш технологик схемаси 35-расмда келтирилган.

Бу технологик схемага кўра, германий чиқиндилари махсус ускуналарда куритилади, сўнг азот токи иштирокида сувсизлантирилади. Олинган ҳар хил бирикмалар эритилади ва элаклардан ўтказилади. Ҳосил бўлган майин бўлакчаларга ҳайдаш ускунасида ишлов берилади, қўпол

бўлакчалар эса 500°С да хлор билан махсус ускунада хлорланади ва ҳар иккала усулдаги бўлакчаларга ишлов беришда ҳосил бўлган эритмалар конденсатлаш ускунасига юборилиб, ундан, $GeCl_4$ олинади. Ҳосил бўлган $GeCl_4$ гидролизланади. Сўнг унга Cl_2 гази билан тўйинган хлорид кислотаси билан ишлов берилиб, $GeCl_4$ ажратиб олинади.

$GeCl_4$ ни аралашмалардан ($AsCl_3$) тозалаш учун ректификация усули ишлатилади ва дистилляция қилинган тоза ҳолдаги $GeCl_4$ гидролиз қилиниб, соф ҳолдаги германий (II) оксиди олинади.

42-§. Индий ва уни олиш технологияси

Индий ўз хоссасига кўра 1,2 ва 3 валентли бирикмалар беради. Унинг бир қанча кислородли оксид бирикмалари, хлорли, сульфатли, сульфидли бирикмалари маълум. Индий соф ва бирикма ҳолида кўп ишлатилиб келинади. У асосан қопламалар ҳосил қилишда, қотишмалар ишлаб чиқаришда ва яримўтказгичлар электроникасида кўп ишлатилади.

Индийдан ясалган қопламалар коррозияга қарши материаллар олишда (самолётларнинг подшипникларини қоплашда), ҳамда нурланишни кучайтирувчиларни қоплашда (масалан, рефлекторларда) ишлатилади. Индийли қоплаш электролитик усулда амалга оширилади. Қопламалар ҳосил қилингандан сўнг, уни юқори температурада, яъни индийнинг суюқланиш температурасидан юқорида қиздирилади, бунда индий қопланган юза ички қисмларга диффузияланиб кўчмайдиган қават ҳосил қилади.

Индийли қопламалар ўзидан нурни яхши тарқата олиш хусусиятига эга бўлгани учун, улардан рефлекторлар тайёрлашда кўлланилади.

Индий қўшиб тайёрланган қотишмалар металларни, шишаларни, керамика ва кварцдан ишланган материалларни бир-бирига улашда уловчи модда сифатида ишлатилади. Масалан, In — Sn — Cd — Bi, In — Pb — Sn, In — Pb қотишмалари ишлатилади.

Вакуум техникасида 50% In ва 50% Sn қотишмаси шишани шиша билан улашда уловчи модда сифатида ишлатилади.

Ентил суюқланувчан индийли қотишмалар, яъни унда 18,4% In, 40,7% Bi, 22%Pb, 10,6% Sn, 8,16% Cd ли қотишма ёнғиндан асраш қўнғироқларини ясашда ишлатилади.

Шу билан бирга индийли қотишмалардан 19% In, 71% Ag ва 10% Cd ясалгани ядро техникасида бошқарувчи стержен сифатида, 54 — 62 In, 8 — 16% Cd, қолгани Bi ли қотишмаси эса иссиқлик берувчи нейтронларни ушловчилар сифатида ишлатилади.

Яримўтказгичлар электроникасида эса индий метали германийли яримўтказгичлар қувватини ошириб бериш хусусиятига эга бўлганлиги учун тоза ҳолдаги индий аралашмаси бўлган германийли яримўтказгичлар тешикли яримўтказгичлар ҳосил қилишда ишлатилади.

Индийнинг айрим бирикмалари сульфидли оксиди, селенид, теллурид, антимонид, арсенид ва бошқалар яримўтказгичлар сифатида ишлатилади.

Бундан ташқари, уларни термоэлементлар тайёрлашда ҳам ишлатса бўлади.

Индийнинг асосий хомашёлари

Ер бағридаги индий миқдори 10^{-5}% ни ташкил қилади. Индийнинг асосий минераллари учрамайди, лекин сульфидли рух минералларида, ҳамда рух ва қўрғошин сульфостанат ва сульфоантимонат ҳолида учрайди. Қуйидаги бошқа моддаларнинг минералларида индий энг кўп миқдорда: клиндрит — $Pb_6Sb_2Sn_6Sr$ да 0,1 — 1% In, франкеитда — $Pb_6Sb_2Sn_2S_{12}$ да 0,1% In ва станинда $CuFeSnS_4$ да 0,1% In бўлади.

Индий ишлаб чиқаришнинг асосий хомашё базаси турли ишлаб чиқариш чиқиндилари ва ярим ишлаб чиқариш маҳсулотлари ҳисобланади. Буларга асосан рух ва қўрғошин ишлаб чиқариш корхоналарининг чиқиндилари ва яриммаҳсулотлари киради.

Рух ва қўрғошин ишлаб чиқаришда индийни ажратиб олиш усуллари

Рух концентратлари 850 — 950°С да куйдирилганда индийнинг асосий қисми рух куйиндилари таркибида қолади. Улар икки усулда — пирометаллургия ва гидрометаллургия усулида ажратиб олинади.

Рухнинг пирометаллургик ишлов бериш усули.

Бу усулда рух куйиндиси билан реторт ўчоқларида 1200 — 1300°С да кўмир иштирокида қайтариш жараёни олиб

борилади. Қайтариш жараёнида рух дистилляцияга учраб суюқ ҳолида конденсаторларда чўкмага тушади. Реторт ўчоқларида агломерат ёки қотирилган (брикетланган) рух куйиндилари қайтарилганда (1200 — 1300°С да) 60 — 70% индий рух билан дистилляцияга учрайди ва ундан 10 — 15% In реторт ўчоқлари қолдиқларида қолади, қолган қисми эса буғланиш натижасида чанг ҳолида бошқа чиқиндиларда тақсимланади. Шунинг учун индийни асосий хомашёси пирометаллургия саноатида бирикмаларни кокслашда ҳосил бўлган чангларни ва ректификация усулида тозаланган қора рухда бўлади.

Гидрометаллургия усули

Бу усул рух куйиндилари кучсиз сульфат кислотада ишқорланиши, сульфатли эритмаларни аралашмалардан тозаланиши (Cu, Cd, Co, Cl) ва эритмалардан рухни электролитик усулда ажратиб олиш босқичларидан иборат бўлади. Куйиндилар нейтрал ёки кислотали шароитда ишқорланади. Ишқорлаш натижасида индийнинг асосий миқдори куйиндининг эримайдиган бўлакларида қолади, бунга сабаб, нейтраллаш натижасида (pH=5,2 бўлганда) рух гидроксид ҳолида ажрала бошлайди. Маълумки, индий гидроксиди pH = 4,67 — 4,85 бўлганда тўлиқ чўкмага тушади. Демак, ҳосил бўладиган рух чўкмасида (кекида) индий ва бошқа металлар — темир, галлий, германий гидроксидлари ҳам ажралиб чиқади. Кислотали ишқорлашда эса рухнинг асосий массаси эритмада, чўкмада эса индий, галлий, германий ва бошқа моддалар кек ҳолида қўрғошин сульфати билан бирга қолади. Индийнинг маълум қисми нейтрал ишқорлашда ва сульфатли эритмалар таркибида бўлади, чунки мис-кадмийли кекларда индийнинг бор эканлиги аниқланган. Демак, мис ва кадмийни цементация қилиш натижасида индий мис-кадмийли кекларда ҳосил бўлади.

Рух қолдиқларини қаттиқ ҳолдаги шихталари (вельц — жараёни) буғлатиш ёки суюқ шлакларига (фьюминг — жараёни) жараёнларда ишлов берилади. Ушланган буғлар (рух, қўрғошин, кадмий ва бошқа оксидлар) 40—65% рух, 4—8% қўрғошин, ва 0,3—0,4% кадмийдан иборат бўлади. Буларда галлий, индий, германий металлари йиғилиб боради. Буларда индийнинг миқдори 0,001 — 0,1% бўлади.

Худди шу миқдордаги индий мис-кадмийли кекларда бўлади. Шунинг учун гидрометаллургик усулда индийнинг асосий хомашёси буғлатилган (возгонлар) вельц — фьюминг жараёни ва мис-кадмий кекларидир.

Гидрометаллургия усулида индий олишнинг технологик схемаси 36-расмда берилган.



36-расм. Рух ишлаб чиқаришнинг гидрометаллургик схемаси.

Бирламчи индий олиш

Рух ёки алюминийли баркаш (поднос) ларда олдиндан бирмунча тозаланган эритмаларни цементлаш (қотириш) усули билан бирламчи — черновой индий олинади. Индийни тўлиқ цементацияси ва тезлиги эритмадаги индийни ва сульфат кислота (SO_4^{-2} ионлари) нинг концентрациясига боғлиқ бўлади.

Концентрация камайиши билан катод потенциали ҳам камаяди, унинг қиймати $E = E_0 + RT/nF \cdot \ln C$ формула билан аниқланади. Бунда E_0 — нормал потенциал; C — эритмадаги ионлар концентрацияси; n — ионлар валентлиги; F — Фарадей сони.

Бу вақтда цементловчи ва цементланувчи металларнинг мутлақ потенциаллари айирмаси қийматининг камайиши,

цементация жараёнининг секинланишига олиб келади. Эритмада ортиқча сульфат кислотасининг бўлиши, эса индийнинг катод потенциалининг электроманфий томонга силжишига олиб келади. Бу эса индийнинг сульфат ионлари билан комплекслар ҳосил қилиши орқали тушунтирилади.

$$In_n^{+3} + 2SO_4^{-2} = [In(SO_4)_2]^-$$

Агарда алюминийни цементлаш хлор иони иштирокида олиб борилса, унда комплекс ионларнинг парчаланиши ҳамда алюминий юзасида юпқа оксид пардалари ҳосил бўлиши мумкин:

$$[In(SO_4)_2]^- + 3Cl^- = InCl_3 + 2SO_4^{-2}$$

Индийни алюминий билан цементлаш натижасида осон ажралувчи чўкма ҳосил бўлади, рухли цементлашда ажралиши қийин бўлган чўкмьякнинг эритмадаги миқдори кам бўлиши керак, агарда у кўп бўлса индийни цементация билан ажралиши камаяди. Цементация натижасида олинган индий губкаси сув билан ювиб ташланади ва уни брикет ҳолида прессланади ва натрий ишқорга ўралган қатламлар ҳолида суюқланади. Бошланғич эритмадаги аралашмаларнинг миқдорига қараб, черновой металлдаги индий миқдори 96 — 99% ни ташкил қилади.

Черновой (қора) индийни ишлаб чиқариш технологик схемалари

Индийли маҳсулотлардан қора индийни ажратиб олишда юқорида биз кўриб ўтган усуллар билан концентратларни ва уларнинг аралашмаларини тозалашда олинади. Шундай технологик схемалардан бири вельц оксидлари иштирокида олишдир.

Таркибида тахминан 0,03 — 0,07% индий бўлган вельц оксидлари кислотали ишқорланади ва унда қўрғошин иони сульфат иони билан бирикиб $PbSO_4$ чўкмада қолади (рухли кек). Фильтрланган эритма рух оксиди билан pH=4,8 — 4,9 гача нейтралланади, натижада таркибида 0,1 — 0,2% индий бўлган гидрат оксидли чўкма ҳосил бўлади. Бу жараён 2 — 3 марта, яъни рух оксиди билан нейтраллаш қайтарилади. Ҳосил бўлган бу чўкма ишқор эритмаси билан қиздириб ишлов берилади, натижада эритмага натрий галлати, алюминати, станнатлари ўтади, индий эса чўкмада

қолади. Бу чўкма сульфат кислотада эритилади ва эритмага темир кукуни ва рух сульфид қўшилиб мис ҳамда мишьяқдан тозаланади. Бунда мис, темир кукунлари билан цементацияга учрайди. Мишьяк ва бошқа металлар эса сульфидлар ҳолида йўқотилади.

Аралашмалардан тозаланган индий алюминийли подносларда цементланиб ажратиб олинади (95% индий ажралади). Эритмада қолган индийга эса, яна рух кукунлари қўшилади, сўнг уни сульфат кислотада эритилиб, ҳосил бўлган бу эритма технологик схеманинг бошланғич қисмига юборилади. Олинган индий губкаси (мачалкаси) брикетланади ва пўлат тигел (қозонча) ларига ёйилган юпқа натрий ишқори устида эритилади. Бундай усулда олинган черновой (қора) металлнинг тозалик даражаси 98 — 99% ни ташкил қилади. Унинг технологик схемаси қуйида келтирилган (37-расм).

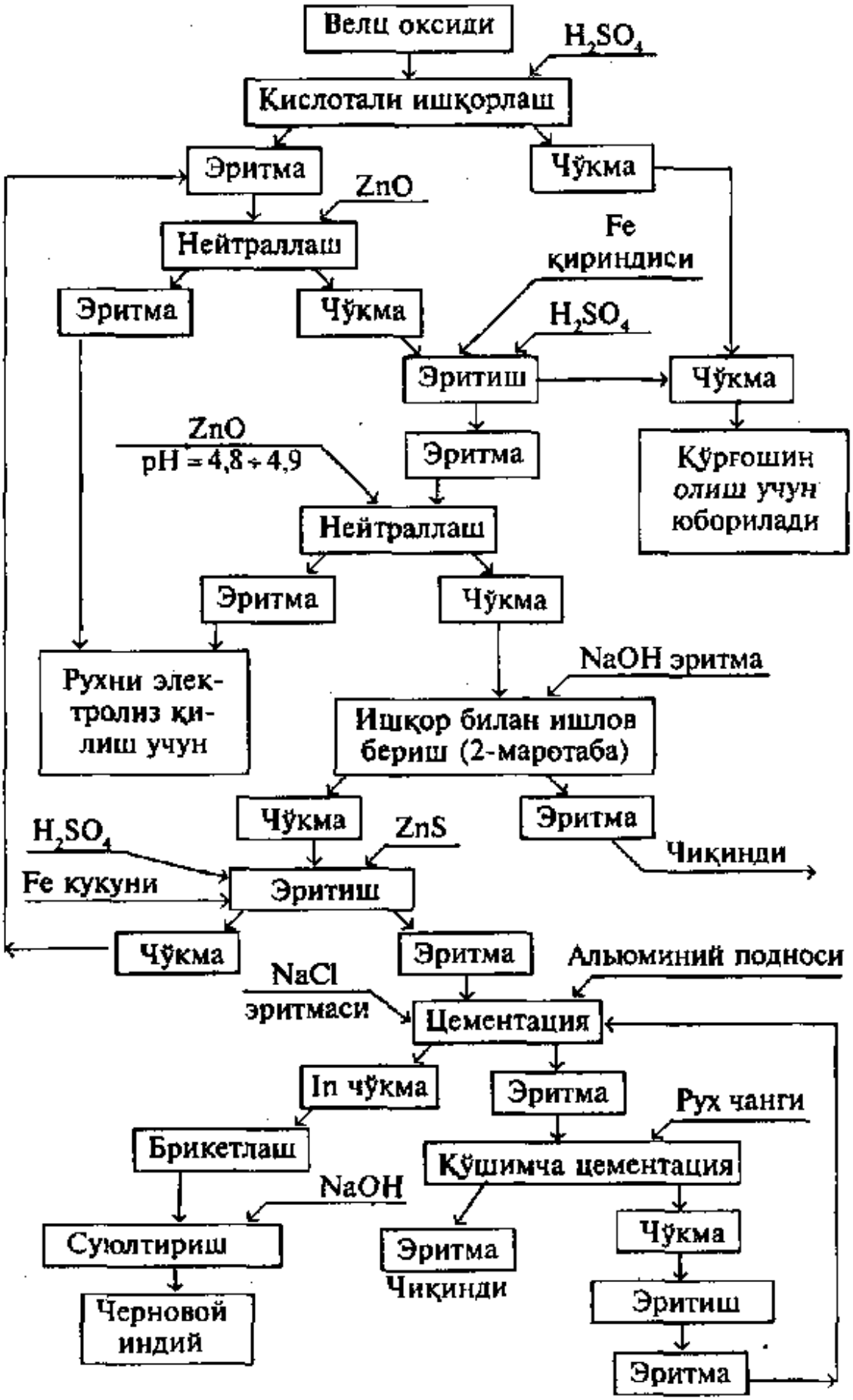
Худди шундай технологик схемалардан бири қора индийни (черновой) қўрғошинни рафинациялашда олинган қўрғошиндан олинади.

Қора индий рафинация қилинган қўрғошиндан ҳам олинади. 0,6—1,2 % индийли қўрғошин кислород иштирокида рафинациялашга юборилганда қуйидаги оксидлар ҳосил бўлади: 2—5 % ли In, 15—16 % ли Zn, 73—74 % ли Pb ва бошқа оксидларидан иборат бўлади. Бу оксидлар аввал нейтрал, сўнг кислотали ишқорланади (эритилади). Бунда қўрғошиннинг асосий массаси қаттиқ чўкмада қолади. 10 г/л индий ҳосил бўлган эритма, рухли подносларда цементланади. Улар натрий циан қатлами устида суюлтирилади, ҳосил бўлган черновой металлда 94—96 % In ва 0,3—1,5 % Sn, 0,2—1,0 % Te, 0,2—1,5 % Zn, < 0,5 % Cd, < 3 % Pb аралашмаси бўлади.

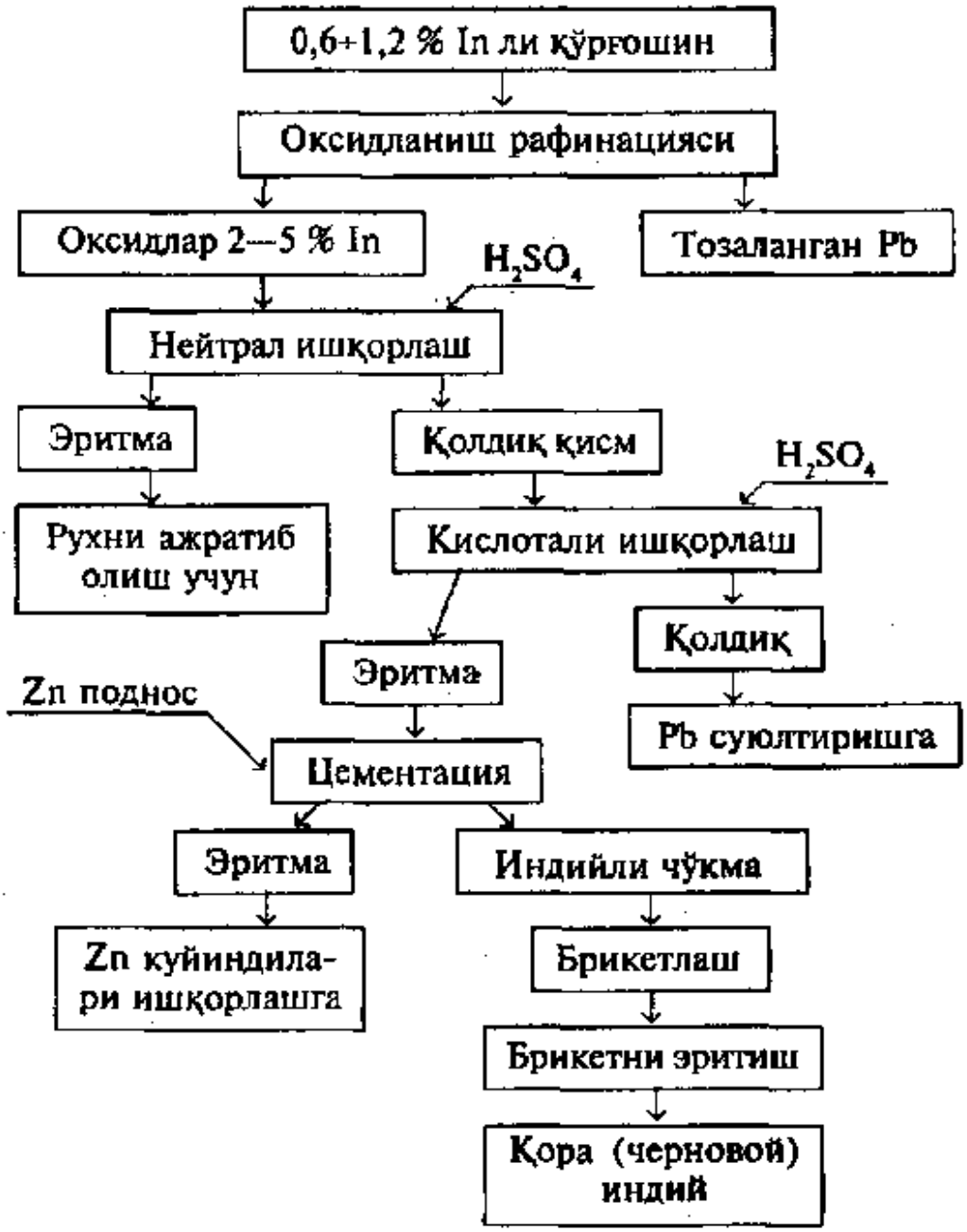
Черновой (қора) индийни 90 % миқдорда ажратиб олинади. Унинг технологик схемаси 38-расмда кўрсатилган.

Черновой (қора) индийни тозалаш. Олинган қора индийда қуйидаги аралашмалар — Cd, Pb, Al, Sn, Cu, Fe, Te ва бошқалар бўлади. Индийни яримўтказгич электроникасида ишлатиш учун уни тозалаш (рафинация қилиш) га катта аҳамият берилади ва амалда қуйидаги тозалаш усуллари ишлатилади.

1) танлаб цементлаш;
2) электрокимёвий усуллар;



37-расм. Вельц оксидларидан индийни олиш технологик схемаси.



38-расм. Рух қорасини рафинациялашда ҳосил бўлган қўрғошин таркибидаги индийни ажратиб олиш технологияси.

3) кимёвий усуллар;
4) вакуумда дистилляциялаш;
5) зонали суюқлантириш ва қуймани суюлтмадан тортиб олиш.

Танлаб цементлаш усули

Бунда қора индий сульфат кислотада эритилади, сўнг элементлар нормал потенциалларининг турли қийматига

асосланиб аралашмалар цементланади. Масалан, қалай қора индий пластиналарида цементлаб олинади. Агар жараённи узоқ вақт (70—100 соат) цементловчи метанат қўшиб ушланса, қалай миқдорини 0,003 г/л гача камайтириш мумкин.

Таллий ва кадмийдан тозалаш учун улар қуйма рух пластиналарида цементланади ва жуда оз миқдорда индий билан бирга таллий ва кадмий ажралиб чиқади. Бу усул анча мураккаблиги учун ҳозирги вақтда бошқа усуллар ишлатилмоқда.

Электрокимёвий усуллар

Электрокимёвий рафинациялашда қора индий эрувчан анод сифати ишлатилиб, эритмадаги Sn, Pb, Cu элементлари анодли шлакда қолса, қолган элементлар эса эритмада қолади. Бу усул билан индийни тозалашда электролит эритма ҳолида ҳар хил таркибли электролит эритмалари таклиф қилинган бўлиб, улардан: 40 г/л—60 г/л In, 100 г/л гача NaCl, 1,0 г/л pH=2—2,5 ҳайвон елими бўлган. Қўшилган елими катодда қаттиқ чўкма ҳосил қилишга ёрдам беради. Анод эса пахтадан тўқилган қоплардан иборат бўлиб, қўрғошин, мис, қалай заррачаларини катодда ўтказиб юбормайди.

Катодлар тоза ҳолдаги индий ёки алюминий поднос — бўлакларидан иборат бўлади.

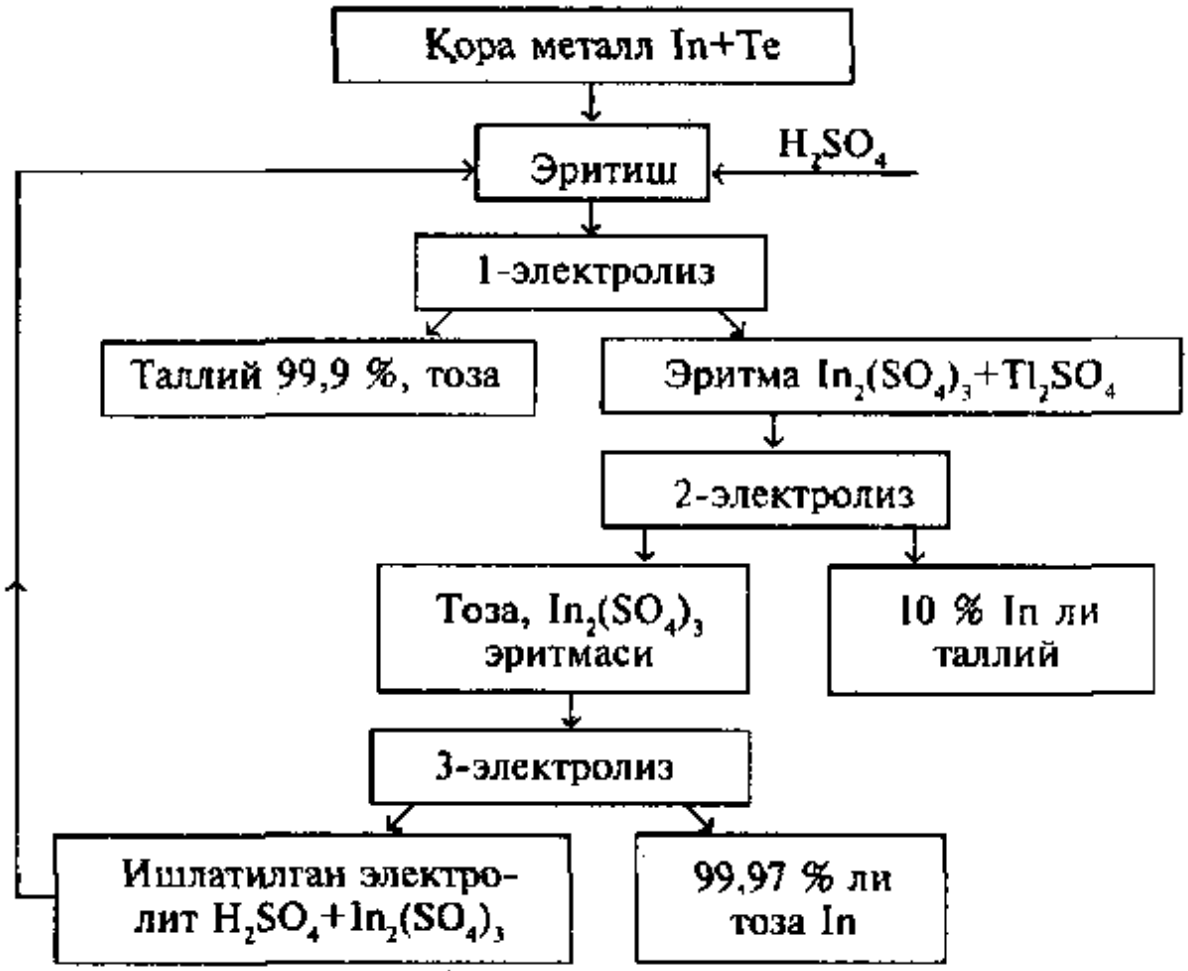
Электролиз жараёни 100 а/м^2 ва 2 вольт кучланишда олиб борилади. Бу электролитик рафинация икки марта амалга оширилса, 99,995—99,9999 % тоза индий олинади.

Агарда индийли эритмада таллий ҳам бўлса, унда уларни 39-расмда берилган схема билан ажратиб олиш мумкин.

Бу схемага кўра, биринчи босқич электролизда 80% таллий (тозалиги 99,9%), қолган 20% таллий, иккинчи босқич электролизда 10% индий билан тўлиқ ажралади. Таллийдан тозаланган эритмадан соф индий ажратиб олинади.

Кимёвий тозалаш усули

Ишқорли қаватдаги губкали индий эритиш орқали тозаланганда, аралашмадаги Pb, Zn, Sn, Al, Ga нинг бир қисми йўқолади (40-расм). Эритиш жараёни пўлат тигел (қозон) ларда 320—350°С да олиб борилади. Агарда эри-



39-расм. Электрокимёвий усулда индий олишнинг технологик схемаси.

тиш жараёни 250°С да, $ZnCl_2$ ва NH_4Cl тузларини 3:1 нисбатдаги суюлтма қаватларида амалга оширилса индийни соф тозаликда олиш мумкин. Бу усулда дастлаб тузли суюлтмага таллий қуйидаги реакция бўйича ўтади.

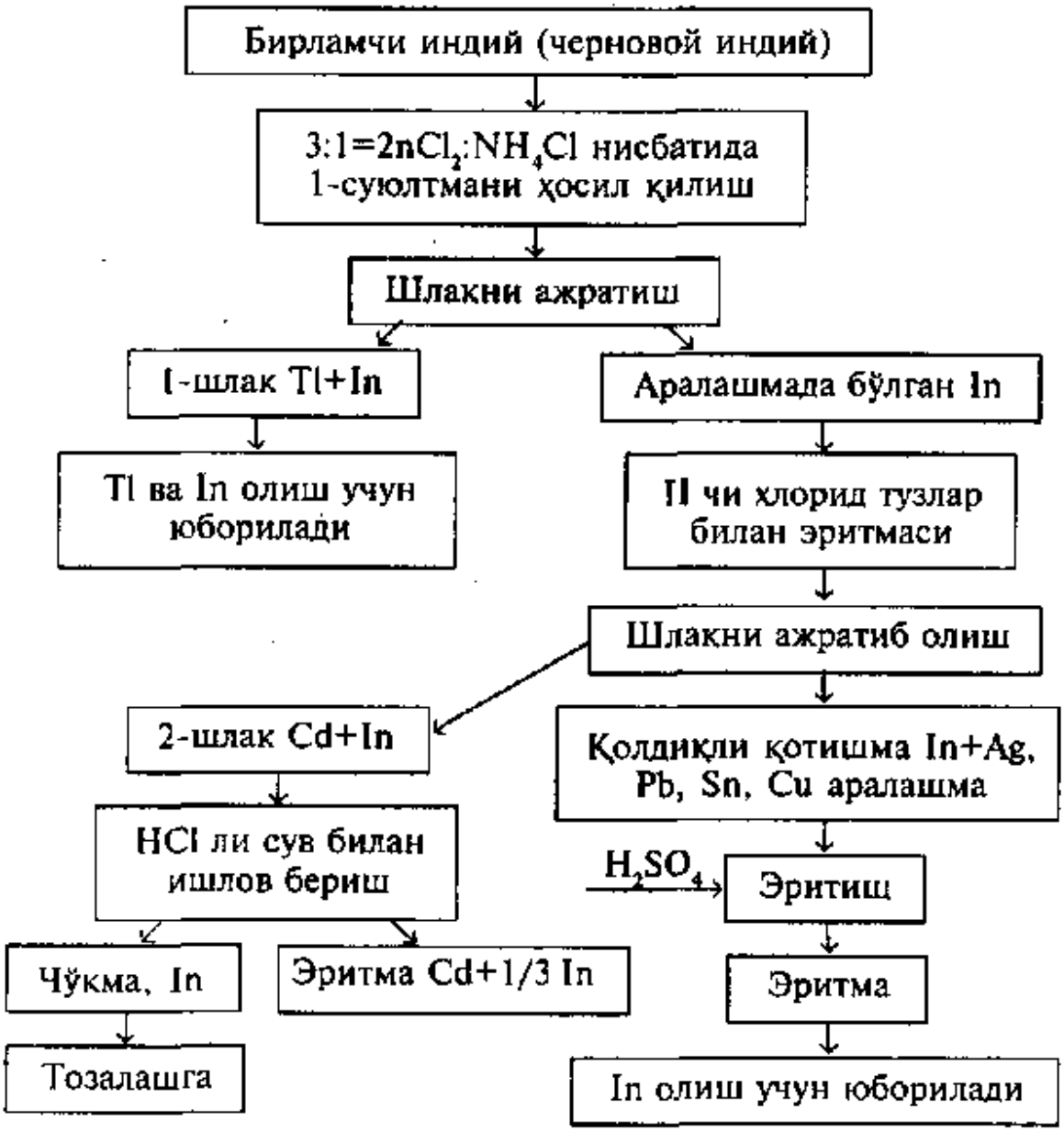
$$NH_4Cl + Tl \rightarrow TlCl + NH_3 + (1/2)H_2$$

Тузли суюлтмада таллийнинг ҳаммаси ва индий қисман бўлади. Қолган қисмига туз қўшиб иккинчи марта қайтадан суюлтирилса, индийнинг асосий қисми суюлтмага (шлакка) кадмий билан бирга ўтади. Қолган қотишмада қўрғошин, қалай, мис ва кумуш йиғилади. Шлакдан эса тоза ҳолда индий ажратиб олинади, чунки у шлакда InCl — монохлорид ҳолида бўлади, яъни:

$$In + 2NH_4Cl = InCl_2 + 2NH_3 + H_2$$

$$In + ZnCl_2 = InCl + Zn$$

$$InCl_2 + In = 2InCl$$



40-расм. Кимёвий усулда индий олишнинг технологик схемаси.

Демак, индий тузли суюлтмага индий дихлорид ҳолида ва соф индий билан бирикиб индий монохлоридга айланади.

Ундан тоза индий олиш ва кадмийдан тозалаш учун диспропорциялаш натижасида шлакдан ажратиб олинади, яъни:

$$3InCl \rightarrow 2In + InCl_3$$

Бу усулда олинган индийнинг таркибида аралашмалар $10^{-4} \div 10^{-3}$ % ни ташкил қилади.

43-§. Рений ва уни олиш технологияси

Рений металли ўзининг суюқланиш температураси бўйича вольфрамдан сўнг иккинчи ўринда туради. Зичлиги бўйича тўртинчи ўринда (осмий, ирридий ва платинадан сўнг) туради. Ренийдан ясалган буюмлар қиздириш ва совутиш билан олиб бориладиган жараёнларда бир неча марта ишлатиш имконини беради, чунки улар иситилган ва совутилган вақтда ўз қаттиқлигини сақлайди. Рений электр лампалари тайёрлашда электр вакуум асбобларида, юқори температурага чидамли термопаралар ясашда, электр контактлари ясашда, ўтга чидамли ва қийин эрийдиган қотишмалар ва асбобсозлик соҳаларида кўп ишлатилади.

Ренийнинг асосий хомашёси молибден концентратларини қайта ишлашда ҳосил бўладиган чиқиндилар,мис ишлаб чиқаришда ҳосил бўлган бўтана металларнинг учувчан чангларидан иборатдир. Молибденит концентратларига қайта ишлов берилганда рений турли бирикмалар ҳолида бўлади. Минерал таркибидаги $CaCO_3$ билан реакцияга киришиб, кальций перанат ёки Re_2O_7 оксидларини, MoS_2 билан бирикиши натижасида ReO_3 ва ReO_2 оксиди ҳолида бўлади

$$CaCO_3 + Re_2O_7 \rightarrow Ca(ReO_4)_2 + CO_2$$

ёки

$$6Re_2O_7 + MoS_2 = 12ReO_3 + MoO_2 + 2SO_2$$

$$2Re_2O_7 + MoS_2 = 4ReO_3 + MoO_2 + 2SO_2$$

Мис концентратларини шахталарда суюлтириш натижасида эса 30—50 % рений чанг ҳолида рух, қўрғошин, кадмий, таллий, германий, селен металл оксидлари билан бирга буғланади ва улар чанг ушлагичларда ушлаб қолинади. Айрим ўчоқларда эса 75 % гача рений чанг ҳолида учиб чиқади.

Молибден чиқиндиларидан ренийни олиш усуллари

Рений қуйидаги чиқиндилардан: чангларни сувли ишқорлашда ҳосил бўлган эритмаларидан ёки чангларни хўллашдаги эритмалардан, ёки кислотали эритмалар таркибидан ренийни ажратиб олинади. У қуйидаги жараёнлар асосида амалга оширилади:

1) кам эрийдиган бирикмалар ҳолида чўктириш ($KReO_4$, Re_2S_7);

2) ионитларда ёки активланган кўмирда сорбциялаш;

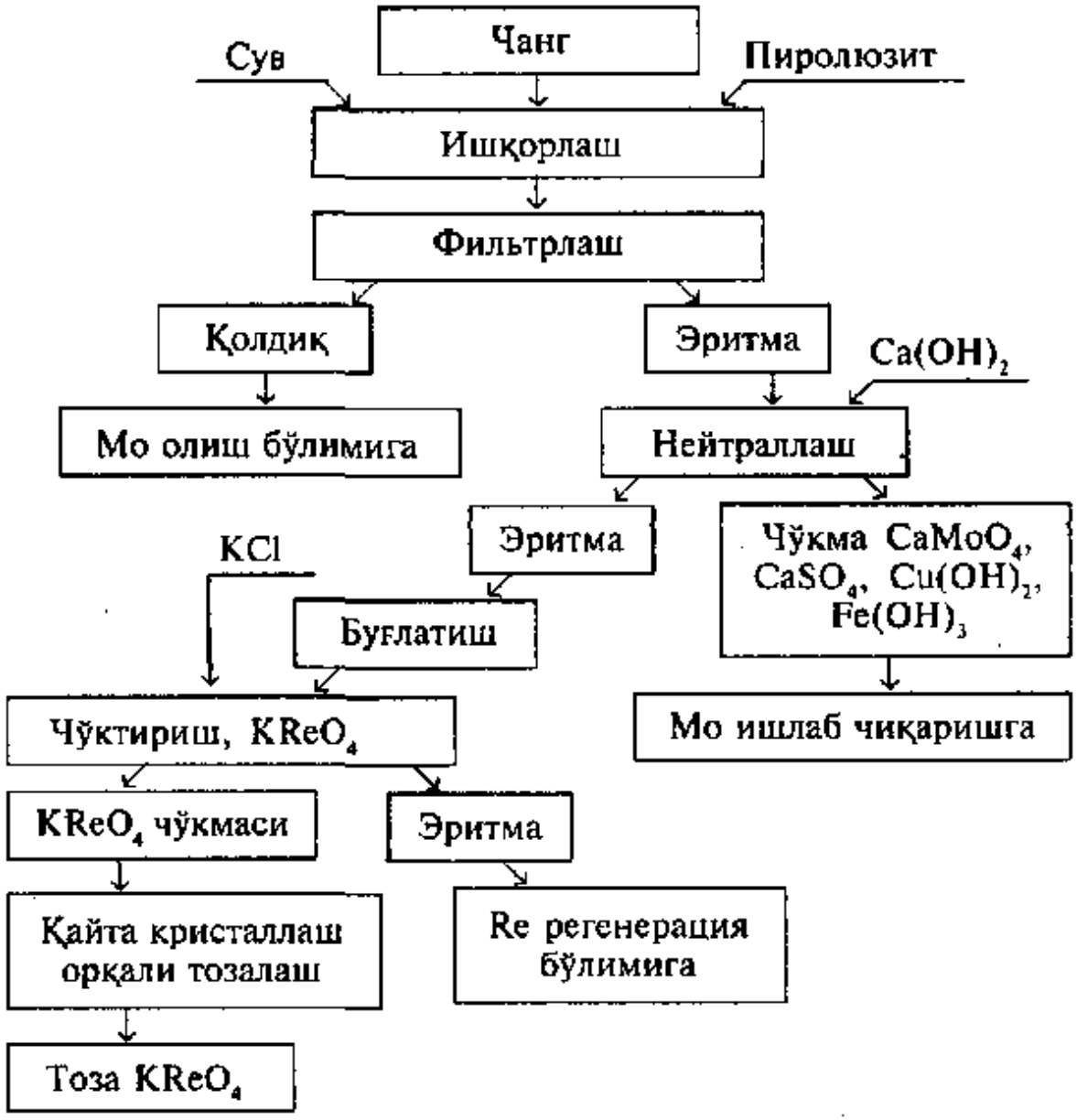
3) органик эритувчиларда экстракция қилиш усуллари билан ажратиб олинади.

Электрофильтрларнинг чангларидан ренийни ажратиб олиш технологияси

Электрофильтрларда ушлаб қолинган чанглар 0,4—1,5 % гача рений ва молибден бирикмалари (MoO_3 ва MoS_2)дан иборат бўлади. Чангларда сульфат кислота кўп бўлади, чунки чиқаётган газлар SO_3 ва сув буғи ташкил қилади. Чанглар иссиқ сув билан икки марта ишқорланади. Унда қ:с=1:2,5—3 нисбатда бўлиб майдаланган пиролизит MnO_2 эритмага қўшилади. Натижада ренийнинг кичик бирикмаларининг оксидланиши осонлашади. Эритма чўкмадан фильтрлаб ажратиб олинади, эритмада 0,5—0,6 г/л Re, 8—10 г/л Mo, 20—30 г/л H_2SO_4 ҳамда $CuSO_4$ ва $Fe_2(SO_4)_3$ лардан иборат бўлади. Ҳосил бўлган эритмадан молибден, мис ва темирни ажратиб олиш учун $Ca(OH)_2$ билан pH=11—12 гача нейтраллаб, уни 60—70°С гача қиздирилади. Натижада $CaMoO_4$, $CaSO_4$, $Cu(OH)_2$, $Fe(OH)_3$ чўкмага тушади. Чўкмадаги рений миқдори жуда кам бўлади. Эритмадаги ренийнинг концентрацияси 15—20 г/л бўлгунча қайнатилади ва иссиқ эритма устига калий хлорид эритмасидан солиб (~50—60 г/л ни 1 литр эритма учун), сўнг совутилади. Унда 98—99% перанат рений чўкмага тушади, эритмада эса 0,02—0,5 г/л Re қолади. Қолган ренийни сорбциялаш орқали ажратиб олинади. Унинг технологик схемаси 41-расмда келтирилган.

Бу усулда олинган техник рений кетма-кет қайта кристаллаш билан тозалаб олинади. Калий перранат тузи 90—100°С да 100 г/л , 20°С да эса 10 г/л сувда эрийди. Демак, қайта кристаллаш натижасида тахминан 90 % ҳосил бўлади, уни 5°С гача совутилса, 95 % ни ажратиб олиш мумкин. Қайта кристаллаш технологик схемаси 42-расмда келтирилган.

Қайта кристаллаш натижасида калий перранат 85 % миқдорда ажратиб олинади.

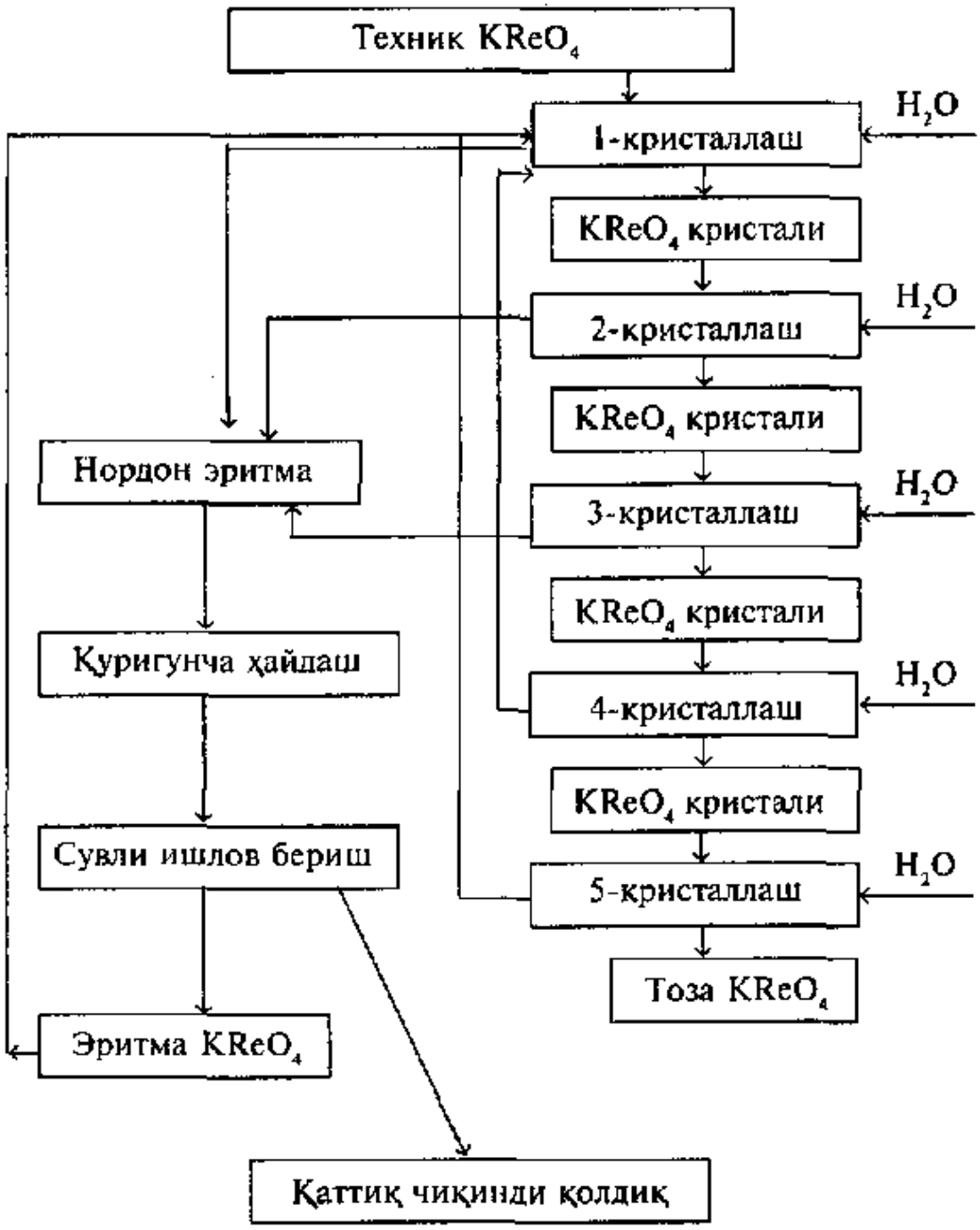


41-расм. Перанат ренийни чанглардан ажратиб олишнинг технологик схемаси.

Эритмалар таркибидан ренийни сорбциялаш усули

Молибденит концентратлари қайта ишлангандан сўнг нордон эритма қолади ва унинг таркибида қуйидаги модалар бўлади, г/л:

Re..... 0,015 — 0,04
Mo..... 0,4 — 0,9
Cl^-..... 27 — 30
SO_4^{-2} ..... 15 — 35
ClO_3..... 0,7 — 1,3
Na..... 28 — 35
pH..... 8,5 — 8,7



42-расм. Калий перренатни қайта кристаллаш орқали тозалашнинг технологик схемаси.

Бундай эритмадан молибден анионли смолалар билан, рений эса активланган кўмир билан сорбцияланади. Жараённи олиб бориш учун эритмага pH=3 бўлгунча кислота қўшилади ва қиздирилади. Қиздириш натижасида эритма таркибидаги сода таркибидаги углерод (II) оксиди газ ҳолида чиқиб кетади. Совутилган — фильтрланган эритма SO_4^{-2} АН—1 формула анионити билан тўлдирилган колонкадан

ўтказилади. Анионит заррачаларининг диаметри 0,15—0,6 мм бўлади. Эритмада молибден ионлари кучсиз кислотали шароитда $[Mo_4O_{13}]^{2-}$ ион ҳолида (изополикислота) ионитга ютилади. Ионитда молибден бўйича ютилиш ҳажми 20% ни ташкил қилади. Ионитни фильтрлаш тезлиги 1 соатда 1 ҳажм ионитда 5 ҳажм эритмани ўтказилади. Смола тўйингандан сўнг у аммиак билан десорбция қилинади. Ионит эса қайтадан SO_4^{-2} — формулага ўтказилади.

Кучсиз кислотали муҳитда АН—1 анионити ReO_4^- ионини ютмайди. Шунинг учун фильтратда 15—40 мг/л ReO_4^- ва 10—20 мг/л молибден қолади. Бу эритма КАД маркали (заррачалари 0,1—0,8 мм бўлган) активланган кўмирдан ўтказилади ва Re билан Mo кўмирда ютилади.

Ютилган молибден ва рений Na_2CO_3 эритмаси билан десорбция қилиб ажратиб олинади. Бунинг учун, аввал 1 % ли Na_2CO_3 нинг совуқ эритмаси кўмирдан ўтказилади, натижада молибден тўлиқ десорбцияланади. Сўнг Na_2CO_3 эритмасини 90°С гача қиздириб кўмирдан ўтказилади, унда эса рений эритмага тўлиқ десорбцияланади. Эритмадаги ренийнинг концентрацияси 200—400 мг/л ни ташкил қилади, унинг миқдорини ошириш учун қайтадан кўмирда сорбцияланади. Ҳосил бўлган фильтратдан ренийни KCl қўшиб, калий перранат ҳолида чўктириб олинади.

Ҳозирги вақтда янги маркадаги ионитлар қўлланилиб келинмоқда. АВ — 17 ОН — формали турларидаги аниотлар ишлатилмоқда.

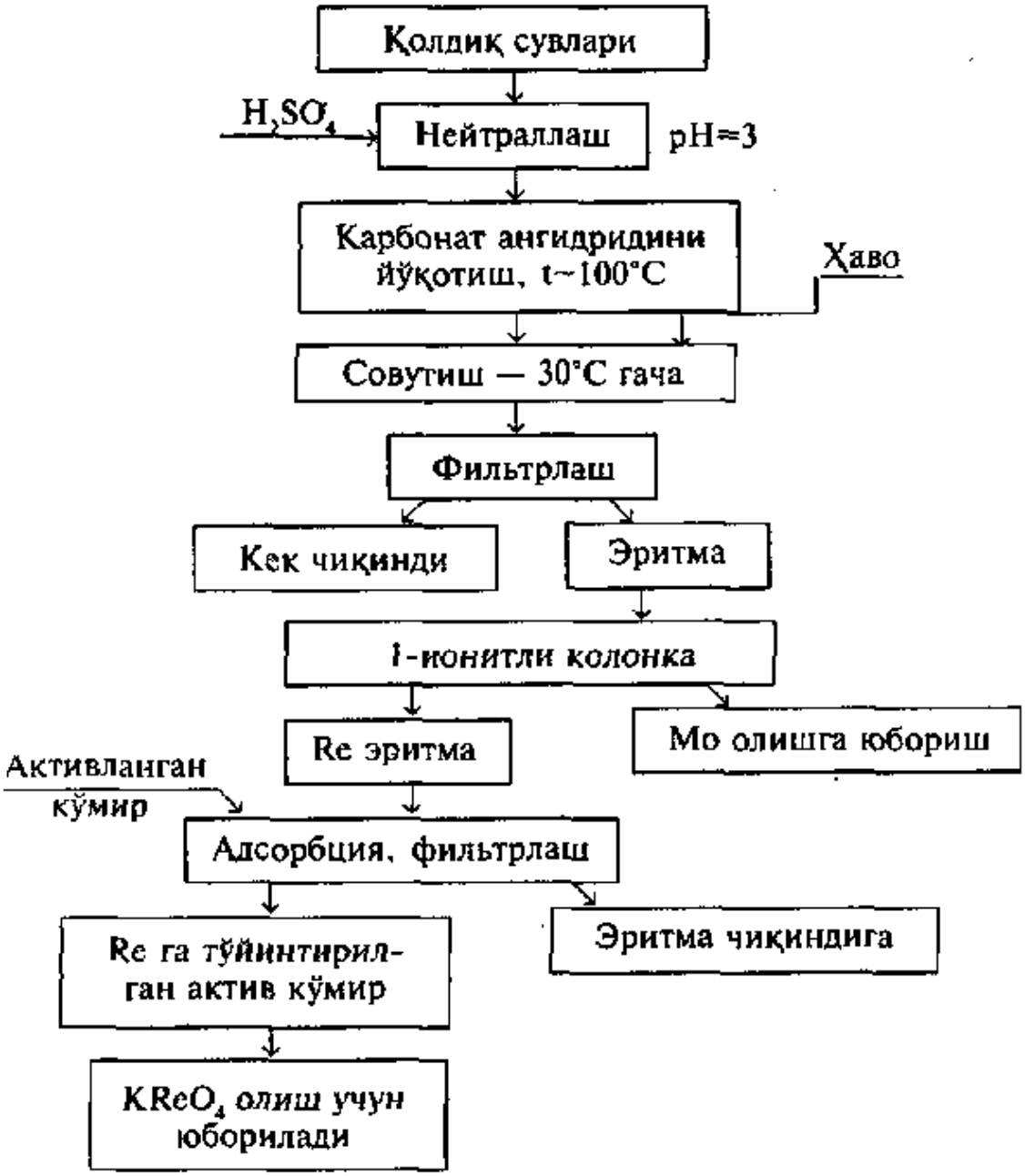
Ренийни сорбциялаш технологиясининг схемаси 43-расмда келтирилган.

Камёб енгил металлар технологияси

Бу металларга бериллий, литий, цезий ва рубидий элементлари киради. Булардан, асосан бериллий технологиясини кўриб чиқамиз.

Бериллийни ишлатиш сохалари. Бериллий саноатда атом ва ракета техникасида, шунингдек, ҳар хил қотишмалар тайёрлашда ишлатилади.

Атом техникасида ишлатилиши. Бериллий атом массасининг кичиклиги ядро реакторларидаги нейтронлар тезлигини камайтирувчи материалларни тайёрлашда жуда катта самара беради. Бу материаллар нейтронлар тезлиги-



43-расм. Ренийни эритмалардан сорбциялаб ажратиб олишнинг технологик схемаси.

ни камайтиришда водород, дейтерий, графит ва кислородлардан ҳам юқори туриши мумкин экан. Бундан ташқари, бериллий нейтронларни қайтарувчи ҳамдир, шунинг учун ундан ядро реакторларини ёқилғи зоналарида ҳосил бўладиган нурланишнинг олдини олувчи экранлар учун материаллар сифатида ҳамда конструкцион материаллар сифатида қўлланилиши мумкин.

Бериллий нейтронларни камайтирувчи ва қайтарувчи ҳамда конструкцион материаллар сифатида ишлатилиши

натижасида нейтронлар билан нурланишдан сақланишга ва радиоактивликнинг йуқолишига олиб келади.

Бериллий енгил металл бўлгани учун ундан айрим транспортларни, масалан, кемалар, самолётлар ва сув ости кемалари учун ядро реакторларини тайёрлаш катта қулайликларга олиб келади.

Бериллий ядро ёқилғиси иссиқликни оширишга ва унинг температурасини 500 — 600°С га кўтаришга имкон беради. Бериллийни α — заррачалар билан нурланиш хусусиятидан фойдаланиб, уларни радио-бериллийли ва полоний-бериллийли нейтронлар манбаи сифатида қўллаш мумкин. Гейгер ҳисоблагичлари ойналарини (тирқишларини) ясашда ва бериллий фальгаларида ишлатилади.

Бериллий металлидан ташқари уни оксид ва карбидлари анча арзон материал сифатида атом техникасида кўп ишлатилади.

Ракета ва реактив авиация техникасида ишлатилиши. Бериллий 600 — 700°С да ҳам ўзини яхши солиштирма (модул) эгилувчанлик хоссага эгалиги, реактив самолётларнинг қўзғалувчан қисмларини улашда, ракеталарни ва ўз-ўзини бошқарувчи снарядларни бурун (олди) қисмларини ясашда ишлатилади. Бериллийнинг ёниш иссиқлиги юқори бўлганлиги сабабли, қаттиқ реактив ёқилғилар таркибига қўшилади. Масалан, бор ва бериллий бирикмалари ичида бериллий боргидрат $Be(BH_4)_2$ нинг иссиқлик ўтказувчанлиги энг юқори бўлиб 16100 ккал/кг ни ташкил қилади. Металл ҳолидаги бериллий эса 15000 ккал/кг иссиқлик ўтказади.

Қотишмалар ишлаб чиқаришда ишлатилиши. Унинг асосий қотишмаси мис билан қўшиб ясалган бериллий бронзасидир (0,5 — 5,0 Be%). Бериллий қотишмалари ўзининг қаттиқлиги ва ташқи зарбга чидамлилиги билан ажралиб туради, бериллий кўпчилик металлар билан қотишмалар ҳосил қилади.

Бериллийга мис қўшилган қотишмалар ўзининг механик хусусиятлари билан ажралиб туради: қотишманинг қаттиқлиги 400 кг/мм^2, узилиш қаршилиги 120 — 130 кг/ мм^2, эгилиш бўйича чарчаш қаршилиги 30 — 32 кг/мм^2 ни ташкил қилади.

Берил бронзаларининг юқори механик хусусиятлари, уларни кенг миқёсда машиналарнинг асосий қисмларини

ясаш ва уларни ишлатишга имкон беради. Масалан, машина пружиналари, седеллари, клапанлари, подшипникларини, ҳар хил ускуналарини, қисмларини, соат механизмларини, телефон ва телеграф аппаратлари қисмларини тайёрлашда ишлатилади. Берил бронзалари ташқи зарба таъсиридан ҳосил бўладиган учқунларни ҳосил қилмайди. Шунинг учун бериллий бронза қотишмаларидан ясалган зубила, болға ва бошқа асбоблар, асосан айрим енгил металлар ёнувчан материаллар билан ишлашда, шахта шароитида ва ёнғин чиқиши мумкин бўлган цехларда ишлатиладиган асбобларни ишлаб чиқаришда қўлланилади. Бундан ташқари, Ве ҳар хил пўлат қотишмаларни ҳосил қилишда ҳамда алюминийли, магнийли, никелли, хромли қотишмалар олишда ишлатилади.

Ўтга чидамли материаллар ишлаб чиқаришда қўллаш. Бериллий оксидларининг юқори температурада суюқланиши, қаттиқлиги, юқори иссиқлик ўтказувчанлиги, юқори кучли электрга қаршилиги, иссиққа чидамлилиги, ўтга чидамли материаллар ясашда қўл келади. Шунинг учун Ве оксидларидан тигеллар, қувурлар ясашда, печларни футировка қилишда, графитли тигелларнинг экранларини ясашда ишлатилади. Шу билан бирга ҳозирги вақтда ракеталарнинг устки кисмларини бўяшда, рентгенотехникада, электролизда ва катализда қўлланилмоқда.

45-§. Бериллий рудалари ва минераллари

Ер қобиғининг 6·10% ни Ве ташкил қилади. 30 дан ортиқ Ве минераллари учрайди. Улардан асосийлари берилл $3BeO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$ бўлиб унинг таркибида 14% BeO, 19% Al_2O_3, 66,9% SiO_2 бор. Қаттиқлиги — 7,5, зичлиги $d=2,96 \div 3,0$ г/см^3.

Фенокит минерали — бериллий силикат $BeO \cdot SiO_2 + (Be_2(SiO_3)_3)$: 45% BeO, 54,5% SiO_2. Қаттиқлиги 7,5 ни, зичлиги $d=2,96$-3 г/см^3.

Гельвин $Mn_2(BeSiO_4)_6S_2$: 13,6% BeO ва 15% гача Fe, Zn ва бошқа элементлар бор. Қаттиқлиги 6 — 6,5, зичлиги $d=3,16$ — 3,36 г/см^3.

Бериллий концентратларини қайта ишлаш усуллари

Бериллий концентратларини қайта ишлаш бериллий оксиди олиш ва ундан сувсиз бериллий хлорид ва фторид

тузи ҳолида ажратиб олишга асосланган. Чунки бу тузлар ёрдамида электролиз ёки магнитерик қайтариш усули билан бериллий металли олинади. Ҳозирги вақтда бериллий фторидли ва сульфатли усулда ажратиб олинади.

1. Сульфатли усул. Оҳак билан куйдириш асосан сульфатли усулнинг кўринишидир. Бу усул 5 босқичдан иборат бўлиб, уларга — куйдириш, сульфатлаш, ишқорлаш, буғлаш, кристаллаш, қуритиш ва қоплаш киради.

Куйдириш (суюлтириш). Берилл концентрати оҳак билан 2:1 нисбатда айланувчи электр печларида 1500 — 1600°С да куйдирилади. Берилл концентрати куйдирилганда алюминат бериллий ҳосил бўлиб, уни H_2SO_4 билан ишлаш осонлашади ва $CaSiO_3$ ажратиб олинади.

$$3BeO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_3 + CaO \rightarrow BeO \cdot Al_2O_3 + CaSiO_3$$

Сульфатлаш. Юқорида куйдиришда ҳосил бўлган суюлтма шарли тегирмонда майдаланиб (0,1 — 0,074 мм), концентрланган сульфат кислота 10 % кўп олинади ва қўшиб сульфатлашга юборилади. Бу жараён пўлат реакторларида ёки 63% ли H_2SO_4 билан автоклавда ўтказилади. Олиш жараёнида қиздириш учун унга сув қўшиб турилади.

Ишқорлаш. Сульфатлаш жараёнида ҳосил бўлган Al, Be, Mg ва Ca сульфатлари иссиқ сув билан ишқорланади. Ундан сўнг қаттиқ ҳолдаги $CaSO_4$ ва H_2SiO_3 фильтрлаб олинади ва фильтрат таркибида (эритма) 32 г/л BeO, 35 г/л Al_2O_3, 2 — 3 г/л Fe_2O_3 бўлади.

Буғлаш ва кристаллаш. Эритманинг зичлиги 1,32 г/л бўлгунча буғлатилади ва уни кристаллизаторларга юборилади. У ерда $(NH_4)_2SO_4$ (25% ортиқча) қўшилиб алюминий квас (аччиқтош) лари чўктириб олинади.

$$(NH_4)_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$$

Чўкмани ажратиб олиш учун эритма 15°С гача совутилади ва эритма қайнатилади. Ҳосил бўлган чўкмага 250 г/л $BeSO_4$ ва 60 г/л $(NH_4)_2SO_4$ эритмаси билан ишлов берилади. Натижади аралашмадан 750 г/л концентрацияли $BeSO_4$ ажратиб олинади. Эритмада қолган алюминий ва бериллий сульфатлар кальций сульфатнинг эрувчанлиги асосида (20°С да 2 г/л $CaSO_4$ эрийди) ажратилади. Эритма буғлатилса, $CaSO_4$ нинг эрувчанлиги камаяди ва $CaSO_4$ алюминий кваси билан тўлиқ чўкмага тушади ва $BeSO_4$ эритма ҳолида ажратиб олинади.

Қуритиш. $BeSO_4 \cdot 4H_2O$ кристаллари сиқилиб, у центрифугада қиздирилади. Унда қуйидаги реакция боради:

$$BeSO_4 \cdot 4H_2O \rightarrow BeO + SO_3 + 4H_2O$$

Қуритиш жараёнини айланувчи қувурсимон ўчоқларда 1000 — 1050°С да олиб борилади. Натижада BeO ҳосил бўлади. Унинг таркибида 0,1% Fe_2O_3 + Al_2O_3; 0,08% CaO ва 0,2% SiO_2 бўлади.

Ҳозирги вақтда ёйли ўчоқларда бериллий (44-расм) оксиди олиш анча осонлиги исботлаб берилган. Бунинг учун берилл концентрати 1700°С да ёйли ўчоқларда суюлтирилиб, сув билан гранулланади ва H_2SO_4 қўшиб қайнатилади. Бу (газли ўчоқларда 900°С да олиб борилади) натижада 90% бериллий эрувчан шаклга ўтади. Уни қайта ишлаш юқоридагидек олиб борилади. Бу усулнинг асосий фарқи шундаки, алюминий аччиқтош ҳолида ажратиб олингандан сўнг гидролиз усулида бериллий ажратиб олинади. У қуйидаги реакция бўйича олинади:

$$Na_2BeO_2 + 2H_2O = Be(OH)_2 + 2NaOH$$

Эритмадаги бошқа элемент ионларини ушлаб қолиш учун унга ЭДТА (этилендиаминтетрасирка кислота) қўшилади. Чўкмага тушган $Be(OH)_2$ ни H_2SO_4 билан эритиб, $BeSO_4$ ажратиб олинади.

Фторидли усул билан BeO олиш. Бунинг учун концентратга натрий кремнийфтор билан ишлов берилади:

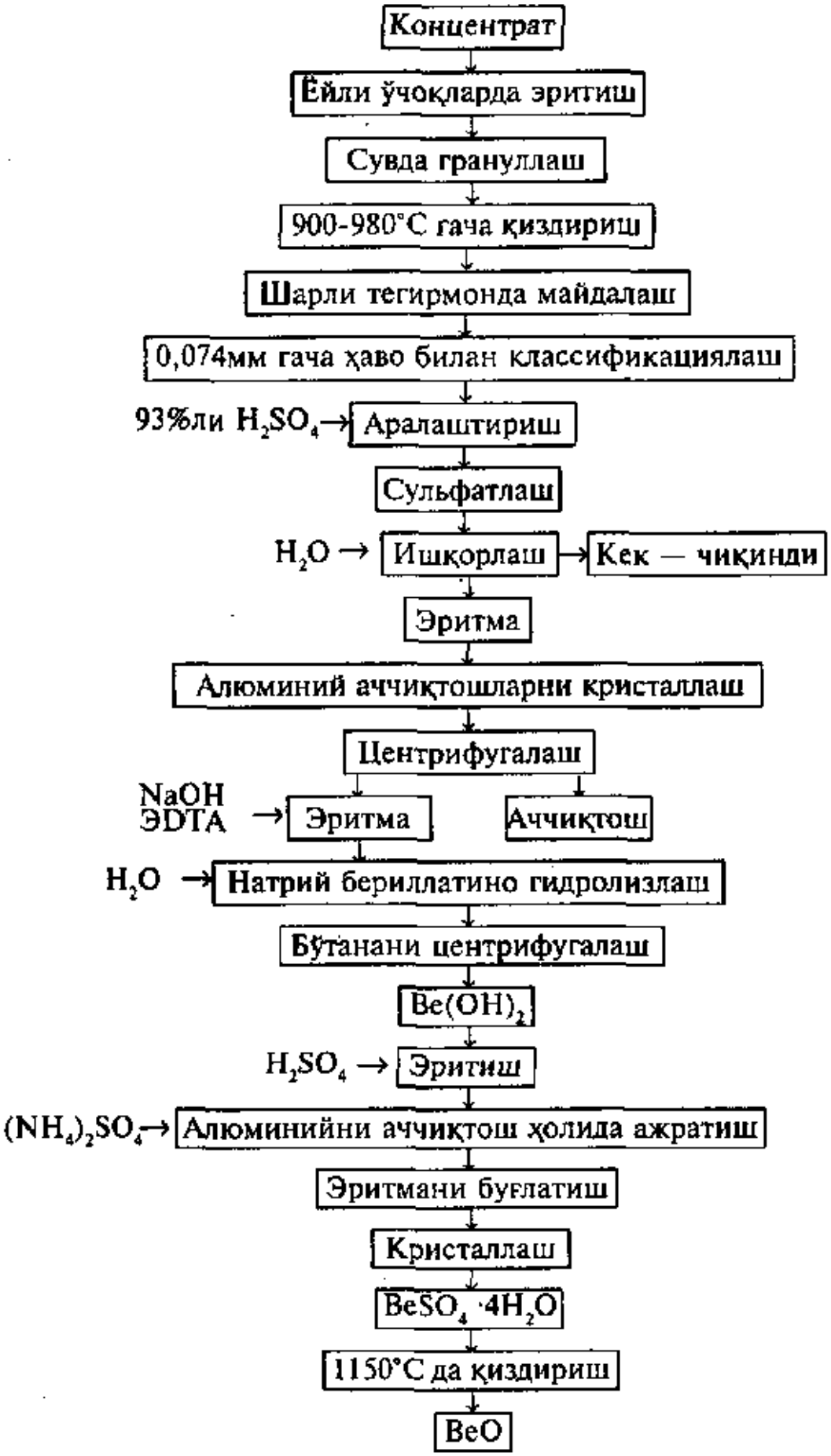
$$3BeO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 + 6Na_2SiF_6 =$$

$$= 2Na_3BeF_4 + 9SiO_2 + 3SiF_4 + 3Na_2BeF_4 + 9SiO_2 + 3SiF_4$$

Бу реакциядаги натрий фтор бериллит сувда эрийди, шунинг учун уни ишқорлаб бериллий ажратиб олиш қулай. Бу усул қуйидагича боради. Бериллий концентрати майдаланиб унга натрий кремнийфтор аралаштирилади, 1:1 нисбатда шихта тайёрланади ва айланувчи ёки муфель ўчоқларида 700 — 750°С да куйдирилади. Унда қуйидаги реакция боради.

$$Na_2BeF_4 + 2NaOH = Be(OH)_2 + 4NaF$$

Куйдирилган моддалар ўткир буғ билан қиздирилиб, сувда ишқорланади. Эритмада Na_2BeF_4 ва қисман H_2SO_4 билан Fe бўлади, лекин уларнинг асосий қисми чўкмада қолади. Чўкма ажратилиб чиқиндига ташланади, 82 — 88%



44-расм. Сульфатлаш усули билан бериллий оксиди олиш схемаси.

ли эритма эса 40 — 50°С ли иссиқ буғ билан 20% NaOH қўшиб $Be(OH)_2$ га айлантириб олинади, яни:

$$Na_2BeF_4 + 2NaOH = Be(OH)_2 + 4NaF$$

Бу ҳолатда NaOH ни ортиқча қўшиш мумкин эмас, чунки натрий бериллат ҳолида бериллий эритмага ўтиб кетади. Ҳосил бўлган $Be(OH)_2$ 2 — 3 соат тиндирилиб, сўнг ажратиб олинади. 70 — 80°С билан ювиб ташланади. Сўнг H_2SO_4 да эритилади, эритма $Fe(OH)_3$ дан тозаланади ва $BeSO_4 \cdot 4H_2O$ кристалланади.

Бундан ташқари, берилл концентратини натрий фтор силикатига сода ва темир криолити Na_2FeF_6 қўшиш билан қисман Na_2SiF_6 камайтириш орқали ишлов бериш схемаси 44-расмда келтирилган бўлиб, у қуйидаги реакция билан амалга ошади:

$$3Be \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 + 2NaSiF_6 + Na_2CO_3 =$$
$$= Na_2BeF_4 + 8SiO_2 + Al_2O_3 + CO_2$$

$$3BeO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_3 + 2Na_3FeF_6 =$$
$$= 3Na_2BeF_4 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + 6SiO_2$$

Бу усулни қўллаганда қимматбаҳо Na_2SiF_6 анча кам ишлатилади, чунки реакция давомида ажралган NaF билан $Fe_2(SO_4)_3$ реакцияга киришиб Na_3FeF_6 ни ҳосил қилади:

$$12NaF + Fe_2(SO_4)_3 = 2Na_3FeF_6 + 3Na_2SO_4$$

Бу усул билан 60% Na_3SiF_6 ни темир криолит билан алмаштиришга эришилади, 92 % эрувчан бериллий бирикмаси ҳосил бўлади.

Бериллий оксиддан бериллий хлорид олиш технологияси. Бу жараённи И. В. Авдеев XIX асрнинг ўрталарида ўрганган бўлса, кейинчалик уни В.И. Спицин, А. И. Беляев ва А.Б. Новоселовалар ўрганиб чиқишди. Бу жараёнда BeO га газ ҳолидаги хлор кўмир иштирокида берилади. Унда $BeO + C + Cl_2 = BeCl_2 + CO$ реакция 600°С да бошланади, 900 — 950°С да юмшоқ ўтади. Агар хлор гази ўрнига CCl_4 ишлатилса, жараённинг температурасини камайтириш мумкин, (кўмир қўшилмайди) технология анча осонлашади, яъни жараён 650 — 700°С да боради.

$2BeO + CCl_4 \rightarrow 2BeCl_2 + CO_2$ (92 — 94%) ҳосил бўлади.

BeO таркибидаги Fe, Al, Si оксидлари хлорланиш температурасида (900 — 950°С) хлорланиб, улар ҳам худди $BeCl_2$ га ўхшаб газ ҳолатига ўтади. Бу аралашмаларнинг совиш температуралари ҳар хил бўлганлиги учун биринчи галда $BeCl_2$ конденсатланади ва ундан сўнг Fe, Al, Si хлоридлари конденсатланади, яъни уларнинг қайнаш температураси билан боғланиши қуйидагича бўлади:

хлоридлар	$BeCl_2$	$FeCl_3$	$AlCl_3$	$SiCl_4$
қайнаш t°C си	492	319	183	58

Лекин бунда тоза ҳолда $BeCl_2$ ни олиб бўлмайди, шунинг учун у қайта ҳайдаш орқали тозалаб олинади.

Қуруқ ҳолдаги BeO (50%BeO) га кўмир билан ёпишқоқ модда қўшиб брикет қилинади (150 кг/см² босимда брикетланади). Брикетлар 1000°С да коксланади. Кейин шахта электрўчоқларида хлорланади. Хлорли Be, Al, Fe, Si никелли *йиғгичларда йиғилади ва уни водородли пўлат* муфель ўчоқларида 500 — 550°С да ҳайдалади. Совитиш йўли билан металл хлорид газлари конденсация қилиниб, юқоридаги жадвалга асосан тозаланади.

$BeCl_2$ электролизи. Электролиз жараёни $BeCl_2$ + NaCl = 1:1 нисбатда бериллий металлининг эриш температурасидан паст температурада олиб борилади. $BeCl_2$ + NaCl = 1:1 нисбати эвтектик нуқтага яқин (58,7% $BeCl_2$ + 41,3% NaCl) бўлиб 215°С да эрийди. $BeCl_2$ ни ажралиш потенциали эвтектик таркибда қуйидаги температуралар билан боғлиқ:

температура, 7°С	420	600	700
ажралиш кучланиши:	2,08	1,99	1,93

Электролиз жараёни қопқоқли никель тигелларда (баландлиги 800 мм, диаметри 500 мм) олиб борилади. Тигель катод, графит анод (d=100, h=1200мм) сифатида ишлатилади. Электролит эритмаси температураси 350°С бўлиб, 10 та электролизёрларда амалга оширилади. Бу ҳамма электролизёрлардаги кучланиш 40 — 50 вольт ва 500 ампер ток кучини ташкил қилади.

Ажралиб чиқаётган хлор гази тигель қопқоғидаги қувур орқали чиқариб юборилади. Бериллий электролиз натижасида тигелнинг деворларида сумалак шаклида ёпишиб қолади. Улар ажратиб олинади ва прессларда сиқиб электролитлардан тозаланади, сўнг совутилади, ҳамда сув билан бериллий хлоридидан ювиб ташланади. Ундаги алю-

миний оксиди эса ишқор эритмаси билан ювиб ташланади. Ҳосил бўлган оксидлари кучсиз азот кислотаси эритмаси билан ювилади. Сумалаклардаги бериллий миқдори 99% ни ташкил қилади.

46-§. Камёб ер-металлари технологияси

Камёб ер-металлари (КЕЭ) 14 элементдан иборат: церий (тартиб рақами 58) дан лютерий (тартиб рақами 71) гача бўлган даврий системанинг VI даврида жойлашган элементлар киради. Бу элементларга лантан ва ундан кейин келувчи элементлар ҳамда уларнинг аналоги бўлган III группа элементи скандий ва иттрий ҳам киради. Камёб элементлар (лантаноидлар) 2 та кичик группага бўлинади: церий [(La), Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu] ва иттрий [Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tu, Yb, Lu (Y)]. Бундай 2 та кичик группага бўлиниш лантаноидлар ички хусусиятларининг айрим хоссаларини даврий ўзгаришига асосланган. Масалан: уларнинг ҳар икки группа валентликлари барқарорлиги, ҳамда ионлари ранги даврий равишда ўзгаради. Биринчи группа элементлари эритмадаги ионлари ранги иккинчи группадаги ионлар ранги билан тескари ҳолатда даврий равишда бир хил ўзгаради. Шу билан бирга магнит хоссалари ҳам даврий равишда ўзгариб боради. Шундай қилиб, *айрим хоссалар даврий равишда ўзгариб борар экан.*

Камёб ер-элементларининг қўлланиш соҳалари. Камёб ерметаллари техниканинг турли соҳаларида ишлатилади: қора ва рангли металлургияда, шиша ва керамика саноатида, кимё саноатида, тиббиётда, қишлоқ хўжалигида, шунингдек, бошқа соҳаларда уларнинг бирикмалари ва қотишмалари ишлатилади.

Қора ва рангли металлургияда улар пўлат, чўян, рангли металларнинг қотишмаларига қўшилувчи асосий компонентлар сифатида ишлатилади. Бунда, асосан ферроцерий ёки лантаноидларнинг қотишмалари, мишметалл ёки церий ва лантан қўшилган қотишмалардан фойдаланилади, КЕЭнинг оксидлари ҳам ишлатилади.

КЕЭларнинг қўшилиши коррозияланмайдиган ва тез қирқувчи пўлатлар сифатини яхшилашга, ўтга чидамли ва электротехника саноати учун кремнийли пўлатларга қўшилади, уларнинг механик хоссаларини яхшилаб беради; пўлатларга ишлов беришни осонлаштиради, пўлатларда температуранинг рекристалланишини оширади.

Ишлаб чиқаришда 1 тонна пўлат олиш учун 0,9 — 2,25 кг гача мишметалл (лантаноид қотишмаларига мишметалл дейилади) қўшилади. Церий ёки мишметалл қўшилганда, улар пўлатни олтингугурт ва азотдан тозалайди ҳамда чидамли қилади. 0,35% мишметалл нихромга қўшилса, унинг 1000°С даги ишлаш қобилияти 10 марта ошади.

Церий группасидаги (70 — 75% КЕЭ ва 25 — 30% Fe) металлардан кўп миқдорда қўшиб тайёрланган темир қотишмалари зажигалкаларнинг кременларини ҳамда артиллерияда трассирующий таркиб сифатида ишлатилади. Бунинг учун магний ва қалайга қўшилган мишметалл ёки мишметалл қотишмаси ишлатилади.

Алюминий ва магний қотишмаларига КЕЭ лардан қўшилса, уларнинг юқори температурада ишлаши яхшиланади. Мис-алюминийли ва мис-кремний-алюминийли қотишмасига 0,05 дан 0,35% церийли қотишмаси авиадвигателларнинг турли деталлари (қисмлари) ни тайёрлаш учун ишлатилади. Бундан ташқари, магний қотишмасига 0,5— 4% Zn, 0,6 — 0,7% Jr ва 1,25 — 2,75% КЕЭлар қўшиб тайёрланган қотишмалар авиацияда қаршиликни енгувчи материаллар учун ишлатилади.

Шиша ва керамика саноатида КЕЭлар энг кўп ишлатилади.

Шиша тайёрлашда қўшилган лантаноидлар уларни ультрабинафша ва инфрақизил нурларни яхши ютишини оширади. 2 — 4% Ce_2O_3 қўшиб тайёрланган шишалардан сварка қилишда ва шишаларни эритишда фойдаланиладиган кўзойнаклар тайёрлашда ишлатилади. Атом техникасида радиоактив нурланишга қарши церий қўшилган шишалар ишлатилади.

Айрим лантаноидларнинг оксидлари, масалан, La_2O_3 дан қўшиб тайёрланган шишалар фотоаппарат ва перископларда, Nd_2O_3 қўшиб тайёрланган шишалар эса фотометрларда, Никола призмаси ва бошқа асбоблар учун ишлатилади.

КЕЭ оксидларидан шишаларни нурсизлантириш ва уларни бўяшда ишлатилади. Масалан, CeO_2 нинг озгина миқдори шишани нурсизлантиради, 1% қўшилган церий шишага сариқ ранг, кўпроғи эса жигарранг беради. Неодим оксиди тиниқ-қизил ранг, празиодим оксиди яшил ранг, неодим ва празиодим оксидларининг аралашмаси ҳаворанг беради.

Лантаноид оксидлари оптикада шишаларни силлиқлашда ишлатиладиган абразив сифатида қўлланилади. Бу мақсад учун турли катталикдаги церий оксидини («полирит» дейилади) кукунлари энг яхши силлиқловчи материал бўлиб ҳисобланади. Керамика саноатида КЕЭ чиннини бўяшда, глазур бўёқларида ва эмаль ҳамда уларнинг тиниқлигини оширишда қўлланилади.

Атом техникасида гадолоний, самарий, европий лантаноидлари нейтронлар иссиқлигини ушлашда, оксидлари (КЕЭ) эса ядро реакторлари ва атом двигателларини қоплаш учун ишлатиладиган керамика таркибини ташкил қилади.

Лантан тузлари ядро реакторларида урандан олинадиган плутоний ва нептуний элементларини эритмалардан олишда ва ажратишда чўктирувчилар сифатида ишлатилади.

Электровакуум, рентген техникаси ва радиотехникада ишлатилиши.

КЕЭлар электровакуум техникаси чангланмайдиган газ ютувчилари таркибига қўшиб ишлатилади. Масалан, газ ютувчи — ЦЕТО материали алюминий ва торийли мишметалл қотишмаси бўлиб, унинг 80% и торий, 14,5% и мишметалл ва 5,5% и Al дан ташкил топган. Торий водородни фаол ютсада, лекин церий ва лантанга нисбатан азотни суст ютади.

Неодим оксиди электрон асбобларида диэлектрик сифатида қўлланилади.

Туллий элементи нейтронлар билан нурлантирилгандан сўнг, уни атом реакторларида γ — нур ютувчи сифатида ишлатилади. Натижада ҳосил бўлган Tu^{170} изотопи тиббиётда қўлланиладиган рентген аппаратларини портатив генераторлари ва дефектоскопларини тайёрлашда қўлланилади, шундай аппаратларни 1 йил давомида ишлатиш учун 0,1 — 0,2 г туллий оксиди сарфланади. Уни қайтадан нейтронлар билан нурлантириб, яна ишлатиш мумкин.

Прометей Pm^{147} изотопларидан «микробатарея» тайёрлашда ишлатилади. Бу батареялар кичик приёмникларда, қулоқ аппаратларида ҳамда Ер йўлдошлари ва ракета аппаратларида қўлланилади.

Электр ёритиш техникасида КЕЭларнинг фторли бирикмалари қўлланилади. Прожекторларни ва кино олишда ёритувчи аппаратлар кўмирли электродларида ишла-

тилади. CeF_3 электроднинг марказий қисмида пилик (фитиль) сифатида ишлатилади.

Кимёвий ва енгил саноатда, лаклар, бўёқлар тайёрлашда ва ёруғлик берувчиларнинг таркибига (люминоферлар) қўшилади. Аммиак синтез қилишда катализатор ва органик кимёда оксидлаш жараёнларида ҳамда реактивлар ва фотореагентлар тайёрлашда ишлатилади. Лантаноид бирикмаларининг кўпчилиги терини бўяшда ва ошлашда, тўқимачилик саноатида сув ўтказмайдиган тўқимачилик материаллари олишда ишлатилади.

Қишлоқ хўжалигида КЕЭлар ҳар хил зараркунандаларга қарши ишлатиладиган препаратлар (инсектофунгицидлар), микроўғитлар ҳамда ўсимликларнинг ўсишини тезлаштирувчиларни тайёрлашда ишлатилади.

КЕЭ хомашёлари

Ер юзасида лантаноидлар 0,01% ни ташкил килади, яъни уларни миқдори тахминан миснинг миқдори билан тенглашади. Энг кўп тарқалган КЕЭ ларга La, Ce ва Nd киради. Атом рақами тоқ бўлган КЕЭ миқдори ўзига яқин турган жуфт КЕЭга қараганда кам бўлади. КЕЭларнинг 250 дан ортиқ минераллари бўлиб, улардан 60 — 65 таси асосий минераллар ҳисобланади ва уларда КЕЭларнинг умумий миқдори 5 — 8% ни ташкил қилади. Кимёвий табиатига кўра, бу минераллар — сульфатлар, хлоридлар, карбонатлар, фторидлар, фторкарбонатлар, силикатлар ва силико-титанатлар, ниоботанталитлар, титаниобатлар ҳолида бўлади. Бу минералларда маълум миқдорда торий ва уран элементлари бўлади.

Саноатда, асосан монацит, бастнезит, лопарит ва бошқа минераллар ишлатилади.

Монацит минерали пегматит ва айрим гнейс ҳамда гранитларда учрайди. Бу минерал церийли группачага киради. Тоғ жисмлари парчаланганда кукун ҳосил бўлади. Кукунларда монацит минерали 1% га яқин бўлиб, ундан ташқари, ильменит, циркон, магнетит ва бошқа минераллар бўлади. Гравитация ва магнитли бойитиш усулида олинган монацит концентратларда 58 — 65% R_2O_3 бўлади. Бу концентратдан торий билан бирга лантаноидлар ажратиб олинади.

Монацит концентратининг тахминий таркиби қуйидагича бўлади:

$\Sigma(КЕЭ)_2O_3 + Y_2O_3$	58 — 65	Бошқа $(КЕЭ)_2O_3 + Y_2O_3$	1 — 2

Ce_2O_3	21 — 30	ThO_2	3,5 — 6,5
La_2O_3	16 — 48	U_3O_8	0,15 — 0,3
Pr_2O_3	3 — 4	P_2O_5	26 — 30
Nd_2O_3	10 — 12	Fe_2O_3	0,5 — 0,8
Sm_2O_3	1 — 1,5	TiO_2	0,2 — 1,7
		SiO_2	1—2

Саноат миқёсида ишлатиладиган минераллардан яна бири мураккаб комплекс таркибли лопарит минералидир. Лопарит рудалари осон бойитилади ва олинган лопарит 80 — 90% ни ташкил қилади. Уларга қайта ишлов беришда лантаноидлар билан бирга ниобий, тантал ва титанни ҳам ажратиб олиб чиқади.

Иттрий группачасига энг бой минераллар фергюсонит ва ксенотим минерали ҳисобланади.

47-§. Монацит концентратини қайта ишлаш технологияси.

Монацит КЕЭ ва торий ишлаб чиқариш учун асосий хомашё бўлиб ҳисобланади ва уни қайта ишлаш натижасида иккита маҳсулот ҳосил бўлади — торий концентрати ва КЕЭлари бўлган техник аралашма.

Саноат миқёсида икки усул билан қайта ишланади:

1. Сульфат кислотасида парчалаш;
2. Натрий ишқори эритмасида парчалаш.

Сульфат кислота билан парчалаш технологияси

Монацит концентрати тахминан 0,15 — 0,1 мм майдалангандан кейин, 180 — 200°С да концентрланган сульфат кислота билан парчалаш концентрат таркибига боғлиқ. 1 тонна концентрат учун тахминан 1,5 — 2 тонна сульфат кислота сарфланади, яъни назарий ҳисобланганига нисбатан 2,5 — 3 баробар кўп бўлиши керак. Чунки сульфат кислотанинг бир қисми буғланиш натижасида йўқолади. Парчалаш 2 — 4 соат давом этади ва жараён пўлат ёки чўяндан ясалган ускуналарда олиб борилади. Учиб чиқаётган кислота буғлари скруббер ёки электрофильтрларда ушлаб қолинади.

Парчаланиш реакциялари:

$$2(КЕЭ)PO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow (КЕЭ)_2(SO_4)_3 + 2H_3PO_4$$

$$Th_3(PO_4)_4 + 6H_2SO_4 = 3Th(SO_4)_2 + 4H_3PO_4$$

Титан минераллари — ильминит ва рутил ҳам парчаланиб титан сульфатларини ҳосил қилади.

Парчалаш жараёнидан сўнг олинган масса совуқ сув билан ишқорланади (эритилади). Бунда 1 кг парчаланган концентратга 10 литр сув ишлатилади, бу (КЕЭ) сульфатлари ва торийнинг эритмага ўтишига ёрдам беради. Ишқорлаш жараёни сўнгида температура 20 — 25°С дан кўп бўлмаслиги керак, чунки температура кўтарилиши билан КЕЭлар сульфатларининг эрувчанлиги ортиб боради. Эритмада қолган қолдиқда SiO_2, циркон, касситерит ва реакцияга киришмай колган монацит бўлади. Шу билан бирга қисман торий ва уранниг парчаланишидан ҳосил бўлган радиоактив маҳсулотлардан ҳам иборат бўлади.

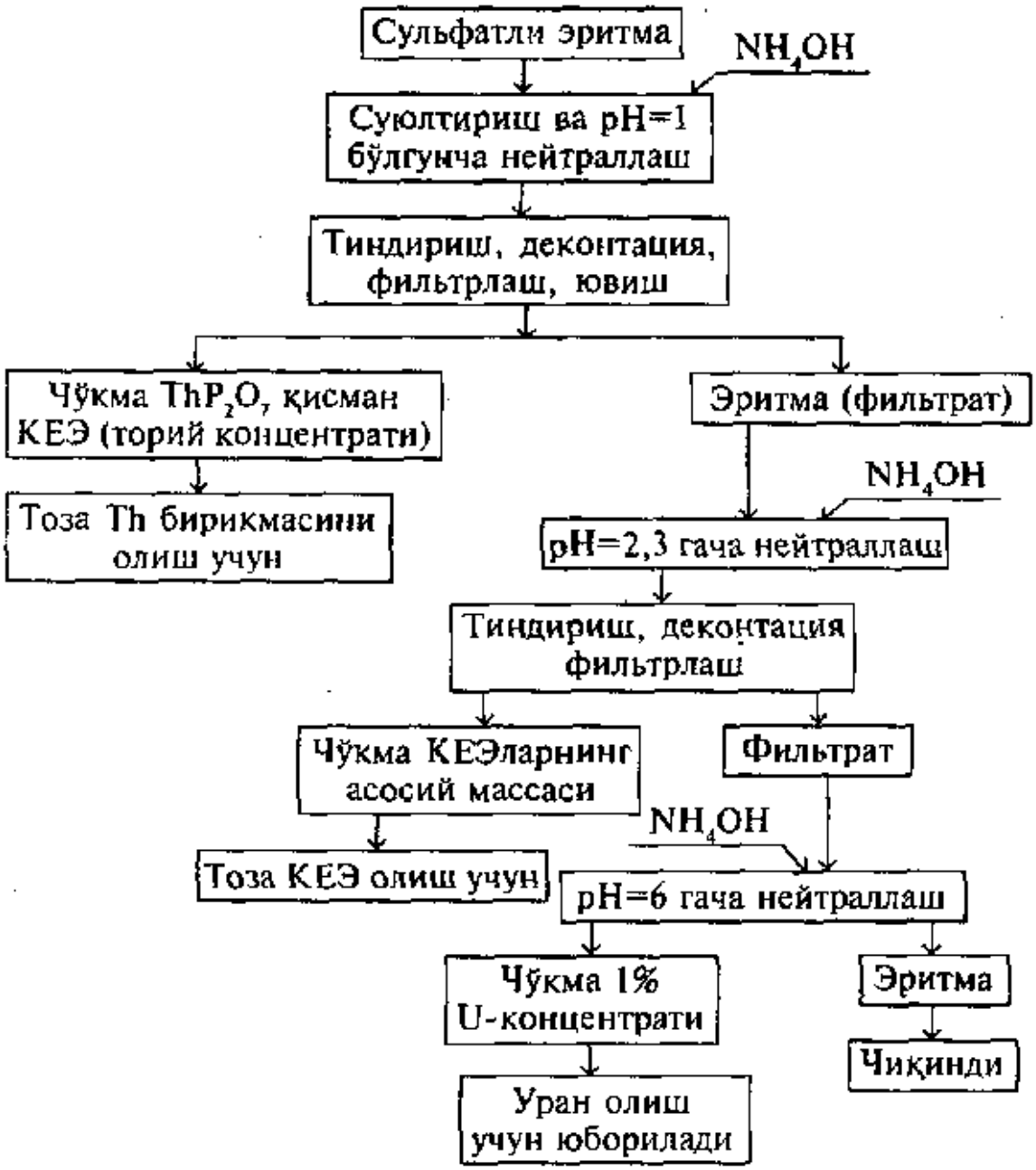
Ҳосил бўлган қаттиқ моддалар эритмадан тиндирилиб, фильтрлаб олинади ва у совуқ сув билан ювилади.

Эритмада кремний кислотаси коллоидланган ҳолда бўлгани учун фильтрлашни қийинлаштиради. Шунинг учун эритма ёғоч қириндилари билан фильтрланади.

Эритмада камёб ер элементлари, торий, фосфат кислота,ортиқча сульфат кислота ҳамда титан, темир ва бошқа аралашмалар бўлади. Шу билан бирга фильтратда (эритмада) торийнинг парчаланишдан ҳосил бўлган — мезаторий (радий изотопи) бўлади. Буни йўқотиш учун эритмага барий хлорид қўшилади ва унда сульфат радий чўкмага тушади.

48-§. Торий ва КЕЭларни сульфатли эритмалардан ажратиб олиш

Бунда, асосан босқичма-босқич нейтраллаш усули билан ажратиб олинади. Бу усул турли муҳитда торий фосфати ва КЕЭларнинг фосфатли тузларини чўкма ҳосил қилишига асосланган. Торийнинг фосфат тузлари pH=1 бўлганда, КЕЭларнинг фосфатлари эса pH= 2,3 да чўкмага тушади. Нейтраллизация жараёни суюлтирилган амми-



45-*расм*. Босқичли нейтраллаш усули билан сульфатли эритмаларни қайта ишлаш схемаси.

ак эритмаси билан олиб борилади. Аввал, торийни ажратиш учун сульфатли эритмага аммиак эритмаси аста-секин аралаштириб, pH= 1 бўлгунча нейтралланади ва у қайнагунча иситилади. 99 % торий ёмон эрийдиган пирофосфат торий $ThP_2O_7 \cdot 2H_2O$ ҳолида ажралиб чиқади. Нейтраллаш жараёни охирида КЕЭларнинг эритмадаги умумий концентрацияси 2 % дан ошмаслиги керак, чунки кам эрийдиган КЕЭларнинг иккиламчи сульфатлари ва аммонийлари эритмада чўкмасдан қолиши керак. Шунга қарамасдан, торий билан бирга 5—8 % лантаноидлар

чўкмага ўтиб кетади. Эритма чўкмадан фильтрлаб олингандан сўнг, унга аммиак қўшиб pH =2,3 бўлгунча нейтралланади. Бунда эритмадаги асосий КЕЭлар нордон фосфатлар — $(КЕЭ)_2(HPO_4)_3$ ҳолида чўкади. Тиндирилиб ва фильтрлаб олингандан сўнг чўкма тоза КЕЭларни олиш учун юборилади.

Фильтратда қисман КЕЭ ва уран бўлади, уни pH=6 га қадар нейтраллаб уран гидроксиди ва қолган КЕЭлари билан бирга чўкмага туширилади. Чўкма таркибида 1 % уран бўлган концентрат ҳосил бўлади, (у уран олиш учун юборилади).

Унинг технологик схемаси 45-расмда кўрсатилган.

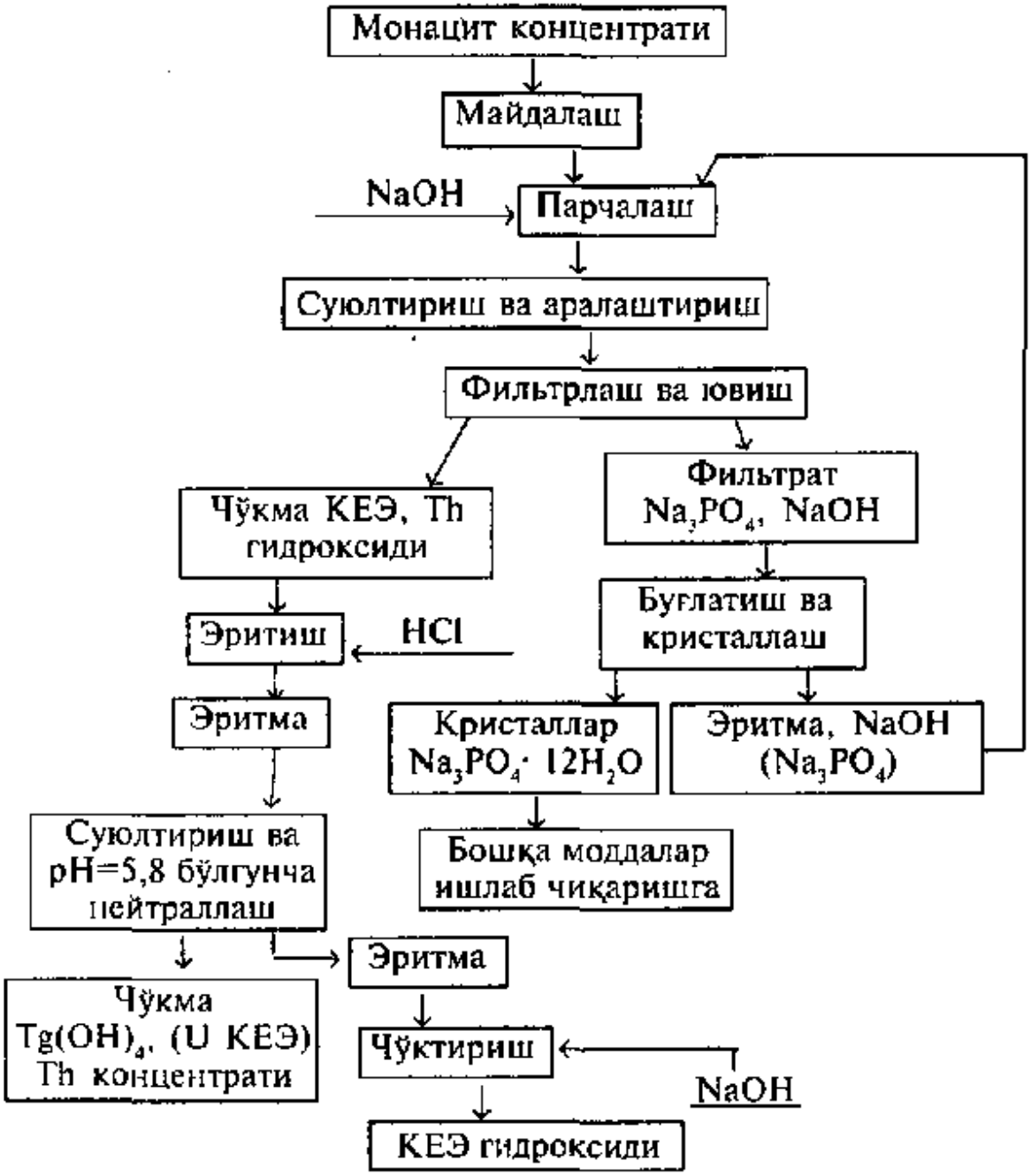
Натрий ишқори билан парчалаш

Сўнгги йилларда моноцит минералини натрий ишқори билан парчалаш усули ишлатилмоқда. Бу жараён қуйидаги реакцияга асосланган.

$$(КЕЭ)PO_4 + 3NaOH \rightarrow (КЕЭ)(OH)_3 + H_3PO_4$$

Жараён тўлиқ бориши учун 0,044 мм миқдордаги концентратга 45% ли NaOH эритмаси солинади (яъни 1 кг монацит учун 1,5 кг NaOH), у 140°С да 3 соат давомида олиб борилади. Агар температура 200°С га кўтарилса, унда монацитнинг ҳаммаси тўлиқ парчаланади, лекин ҳосил бўлган чўкма қисман дегидратацияга учраб, кислоталарда ёмон эрийдиган гидроксидлар ҳосил бўлади. Бу усулнинг асосий камчилиги NaOH ни кўп сарф қилинишидир. Кейинги вақтда олиб борилган илмий ишларга асосан, агар жараён 130°С да қиздирилган шарли тегирмонларда олиб борилса, унда сарфланадиган ишқор миқдорини 150 % гача камайтириш мумкинлиги ва майдалаш билан парчалаш битта ускунада амалга ошиши кўрсатиб берилди. Бу жараённинг умумий технологик схемаси 46-расмда берилган.

Ҳосил бўлган суюлтма (бўтана) саноат сувлари билан NaOH концентрацияси 30 % бўлгунча суюлтирилади. Натрий фосфат кристалланмаслиги учун жараён 100—110°С да олиб борилади. Ҳосил бўлган чўкмада (гидратларда) P_2O_5 нинг миқдори 0,4 % бўлгунча сув билан ювиб ташланади. Таркибида Na_3PO_4 ва ортиқча NaOH бўлган фильтрат эса



46- расм. **Монацит минералини ишқор билан қайта ишлаш технологик схемаси.**

буғлатиш ускунасида буғлатилади, учламчи натрий фосфат $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ ҳолида кристалланади, NaOH эса ишлаб чиқаришга қайтарилади.

Чўкма — КЕЭ гидроксидлари ва бошқалар концентрланган HCl да (стихометрик коэффициентига кўра 125 % кўп бўлади) эритилади:

$$КЕЭ(OH)_3 + 3HCl \rightarrow КЕЭCl_3 + 3H_2O$$
$$Th(OH)_4 + 4HCl \rightarrow ThCl_4 + 4H_2O$$

Сўнг сув билан суюлтирилади. Эритмада қолган моддалар фильтрлаб ажратиб олинади. Ҳосил бўлган хлорид кислотали эритма суюлтирилади ва pH = 5,8 бўлгунча NaOH билан нейтралланади. Бунда эритмадаги ҳамма торий гидроксиди, шунингдек, ураннинг асосий қисми (99,3 %) ва 3 % КЕЭлар ҳам бирга чўкади. Торий концентрати тоза торий олишга юборилади.

Торий концентратининг тахминий таркиби:

Th	36,4
КЕЭ	7,45
U	0,74
Fe	2,21
Ti	6,73
Si	4,47
P	0,44
Cl	0
Кислотада эримай қолган қолдиқ	23

Фильтратдан натрий ишқори билан КЕЭ гидроксидлари чўктирилади. Қуритилган лантаноид оксидлари таркиби:

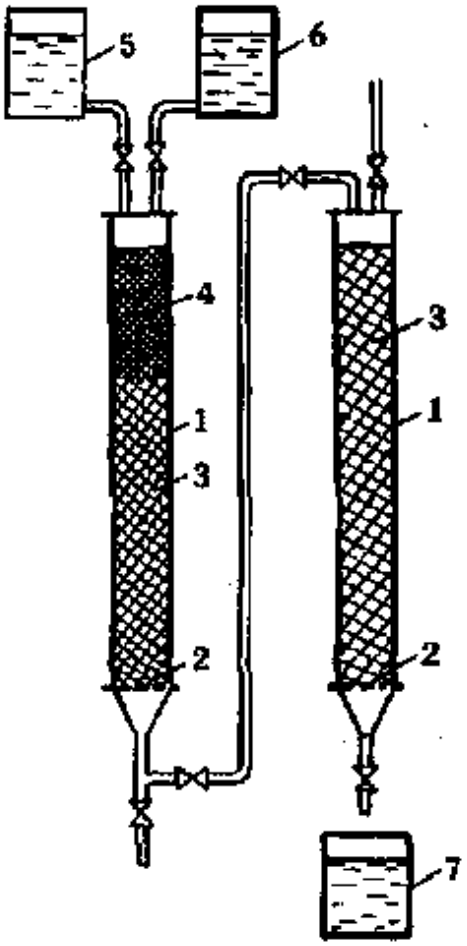
Th	0,05
КЕЭ	73
U	0,005
Fe	0,02
Si	0,4
P	0,1
Cl	7,9

Бу усулнинг афзаллиги шундаки, биринчи босқичдаёқ, фосфорнинг торий ва лантаноидлардан ажралиб чиқиши ва фойдали натрий фосфат маҳсулотининг ҳосил бўлишидадир.

Камчилиги кўп ишқор сарфланиши ва парчаланиш даражасининг камроқ эканлигидир.

49-§. КЕЭларни ажратиш усуллари

КЕЭлар касрли кристаллаш ва чўктириш усуллари кўп босқичли меҳнатни талаб қиладиган жараёндир. Ҳозирги вақтда бу усуллар ўрнига ионитлар билан сорбциялаш ва экстракция усуллари қўлланилмоқда. Шунинг учун ион алмашиниш ва экстракция усулларини кўриб чиқамиз.



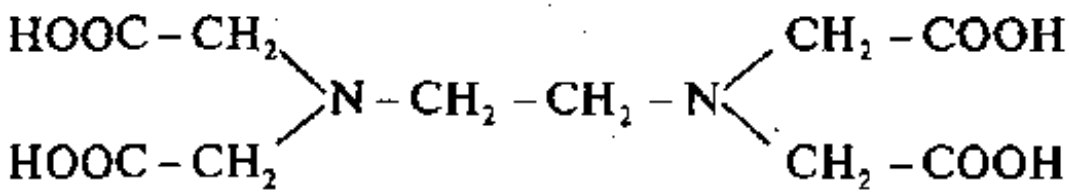
47-расм. Ион алмашиниш усулида элементларни ажратиб олиш асбобининг схемаси:

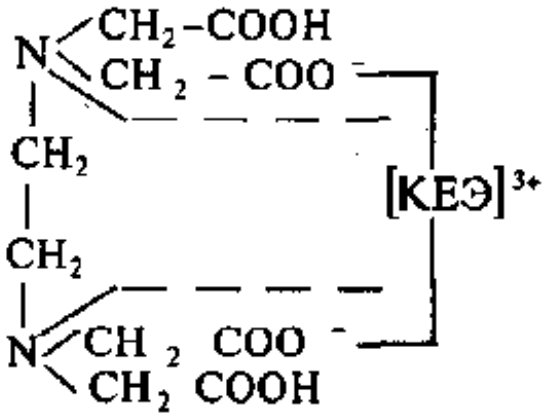
1 — колонка, *2* — панжара, *3* — ион алмашинувчи смола, *4* — смоланинг юқори қатламида ютилган ионларнинг жойлашуви, *5* — ажратилиши керак бўлган элементлар учун ускуна (жиҳоз), *6* — моддаларни сиқиб чиқаришга ишлатиладиган эритма учун ускуна, *7* — сузилган (фильтрат) моддаларни тўпловчи ускуна.

Бу усулда лантаноидларни ажратиб олиш учун кучли кислотали катионитлар КУ—2 ишлатилади. КУ—2 стирол билан дивинилбензолни полимеризация қилиш натижасида ҳосил бўлиб, SO_3H фаол группага эга бўлади.

Лантаноидларнинг ионитда ютилиши лантандан (La^{3K}) лютицийга (Lu^{3K}) томон камайиб боради, чунки гидратланган ионлар ўлчами тартиб бўйича камайиб боради. Аммо КЕЭларнинг ионлари ионитда бир-бирига жуда яқин бўлгани учун ион ютиниш усулида ажратиш яхши самара бермайди. КЕЭларни десорбция усули билан ажратиш яхши натижа беради. Бунда десорбция жараёнини органик бирикмалар билан КЕЭларнинг комплексларини ҳосил қилиш ҳамда ҳосил бўладиган комплексларнинг барқарорлигига қараб ажратиш мумкинлигини кўриш мумкин (47-расм).

Шунга кўра лантаноидларнинг анионли комплекслари барқарорлиги асосида ҳар бир сорбцияланган зонадан десорбциялаш бўйича тартиб билан ажралади. Десорбция қилиш (ювиш) учун турли органик бирикмалар ишлатилади, уч нитрил сирка кислотаси ва этилендиаминтетрасирка кислотаси (ЭДТС). Булардан хромотография усули билан КЕЭларни ажратишда кўпроқ фойдаланилади. ЭДТС α — аминокислоталар синфига киради. Бу модда тўрт асосли кислота бўлиб, иккита азот билан боғланган:





Уч валентли лантаноид ионлари ЭДТС билан қисқичсимон комплекс ҳосил қилиб, унда азот атоми билан лантаноид атомлари координацион боғ ҳосил қилади.

Бу комплексларнинг барқарорлик константаси қуйидагича топилади.

$$(НЭДТС)^{3-} + [КЕЭ]^{3+} = Н[(КЕЭ)ЭДТС]$$

$$К = \{Н[(КЕЭ)ЭДТС\}\ \{[КЕЭ]^{3+} \cdot (НЭDТС)^{3-}\}$$

Олинган натижалар шуни кўрсатадики, КЕЭларни тартиб рақами ошган сари барқарорлик константаси ҳам La ва Lu га қараб ошиб боради. Барқарорлик константаси КЕЭ ларнинг бир-бирига яқин икки элемент орасидаги қиймати ўртача 2,4 марта фарқ қилади. Демак, бундан ЭДТС кислотаси ионитлардан КЕЭларни ювиш учун энг яхши реагент эканлигини кўрсатади. КЕЭларни бир-биридан ажратиб олишда бир неча колонна ионит билан тўлдирилади. Улардан олдинги 1—2 таси КЕЭ катионлари билан тўйинтириш учун, қолганлари эса ажратиш учун хизмат қилади. Ювиш жараёнида колонналарда сорбциялаш зоналари ҳосил бўлади.

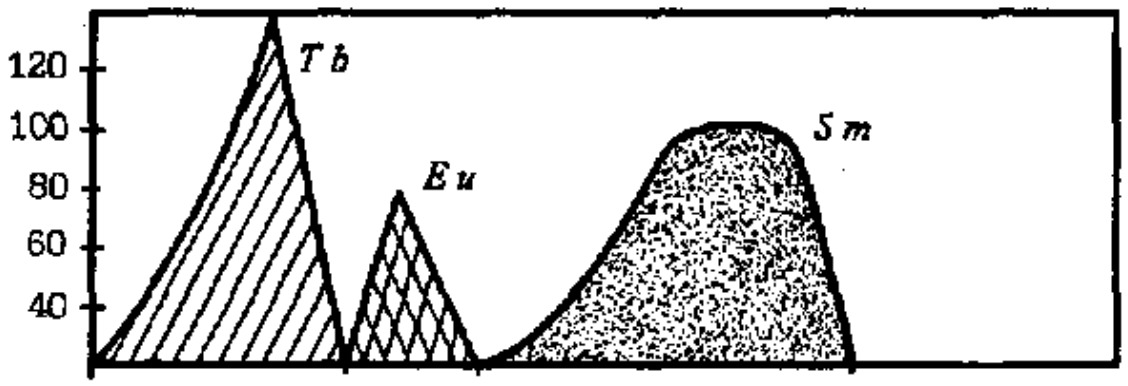
Колонналардаги ионитлар, аввал NH_4^+ ёки Na^+ (NH_4^+ ёки Na^+— шаклида) ионлари билан зарядланади. Ажратиш колонналаридаги ионитлар Cu^{2+} — шаклида бўлади.

Бунда Cu^{+2} — ионлари ионларни ажралишида секинлатувчи ролини бажариб, ЭДТС билан ҳосил қилган комплекслари лантаноидларникидан мустаҳкам бўлади. Шунинг учун КЕЭлар ионитдан элюант билан ажралиши осон бўлади ва уларни ЭДТС билан ажралиб чиқиши эса, ҳосил қиладиган комплексларининг барқарорлик тартиби бўйича амалга ошади. Кўпинча ювиш (элюант) учун pH = 4÷8,5 бўлган эритма билан ишланади. Нейтраллаш учун NH_4OH ишлатилади. Демак, элюант ЭДТС нинг аммонийли тузларини ташкил қилади $[NH_4(КЕЭ \cdot ЭДТС) \cdot nH_2O]$ ва кам эрувчи $[Cu_2(ЭДТС) \cdot 5H_2O]$ комплекслари бўлиб, 0,5—1 % ли ЭДТС эритмаси ишлатилади. Юқори концентрацияли эритма билан ювиш яхши натижа бермайди ва уни ишлаш шароити бузилади. Кам концентрацияли элюантни ишлатишдан мақсад КЕЭлар миқдорининг кам бўлишидир.

Ювиб олинган фильтратлар айрим-айрим бўлаклар ҳолида йиғилади, биринчи бўлакда мис ионларининг ҳаммаси — сўнг КЕЭларнинг қолган бўлаклари, уларнинг комплекслари барқарорлигига қараб ажралиб чиқишини кузатиш мумкин. Қуйидаги расмда КЕЭлардан учтасини тербий, европий ва самарийларнинг ажралиши кўрсатилган.

Демак, 48-расмдан кўриниб турибдики, аввал тербий, иккинчи европий ва учинчи самарий элементлари ювилиб — ажралиб чиқади.

ЭДТС эритмасини регенирация қилиш учун уни pH = 0,5÷1 бўлгунгача кислота қўшилади.



48-расм. Смолада ютилган тербий, европий ва самарий элементларини pH=3,62 да 0,26 молярли ЭТДС эритмаси билан ажратиб (ювиб) олиш эгри чизиқлари.

Натижада лантаноиднинг комплекс бирикмалари бузилиб, эритмага кам эрувчи ЭДТС чўкмага тушади. Шундай қилиб, ион алмашиниш усули билан КЕЭлар бир-биридан ажратиб олинади.

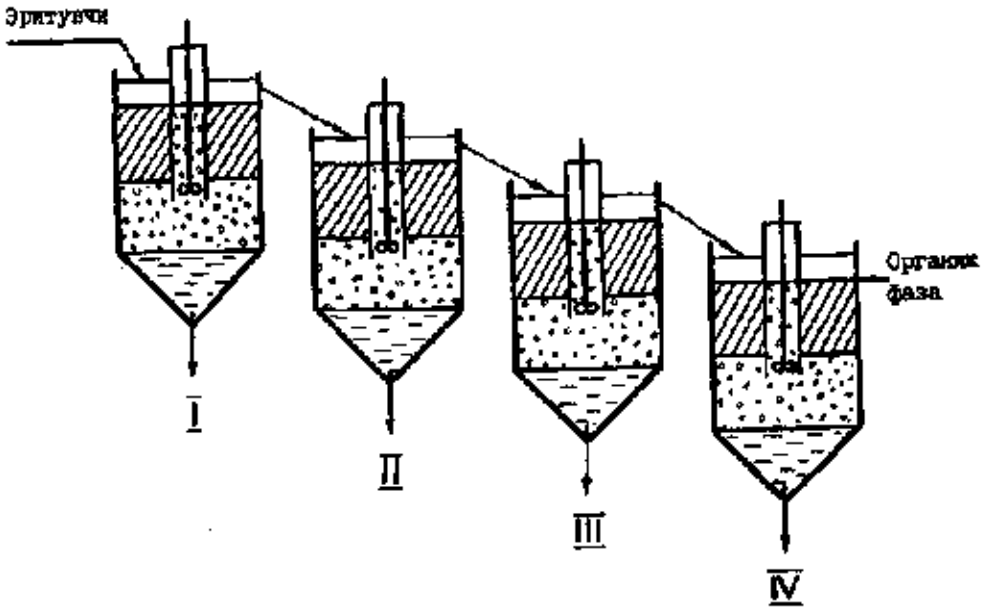
Экстракция усули

КЕЭларни экстракция усулида ажратиб олиш лантаноидлар тақсимланиш коэффициентларининг органик ва сувли эритмаларида металларнинг тақсимланишига боғлиқ бўлади.

Амалда кўпинча ТБФ экстрагент сифатида ишлатилади. У қуйидаги комплекс ионларни ҳосил қилади — $(КЕЭ)(NO_3)_3 \cdot 3ТБФ$. Эритмадаги лантаноидлар концентрациясини ошиши билан тақсимланиш коэффициенти ҳам ошиб боради. Экстракция усулида ажратиш икки усул билан олиб борилади.

1. Бир-бирига қарама-қарши ишловчи ёки аралаштириб тиндирувчи экстракторларда органик ва сувли фазаларда моддаларнинг ажралишга қараб экстракцияланади.

2. Биринчи фаза қўзғалувчи, иккинчи фаза эса қўзғалмасдан ҳаракатланувчи ускуналарда амалга оширилади. Биринчи усулда бошланғич аралашма иккита фракцияга ажратилади, чунки аралашма бир қанча элементлар аралаш-



49-расм. Ярим тескари оқимда экстракциялаш. I, II, III, IV-сувли эритма фракциялари: *1* — аралаштириш камераси; *2* — тиндириш камераси.

масидан иборат бўлиб, бир неча босқичда экстракция қилинади: (n — 1) гача, бу ерда n — ажралиши керак бўлган элементлар сони.

Иккинчи усулда эса, биринчи экстракторга бошланғич аралашмалар эритмаси қуйилади, қолган ҳамма экстрактор бўлакларида азот кислотаси эритмаси солинади. Сўнг системага органик фаза (ТБФ) юборилади, у (ТБФ) экстрактор системаларидан бирин-кетин оқиб ўта бошлайди (49-расм).

Бунинг натижасида органик фаза билан сувли фазаларни ўзаро бир-бири билан тўқнашиши содир бўлиб, фазалараро элементларнинг тақсимланиш мувозанати қарор топади. Биринчи экстракторларда тартиб рақами кичик бўлган элемент, охирги экстракторда эса тартиб рақами катта бўлган элемент экстракцияланади. Шундай қилиб, экстракция қилиниши натижасида лантаноидлар ҳар бир фракцияда ажралиб чиқа бошлайди.

Бу қарама-қарши ҳаракатланиш усули кам концентрацияли эритмалар учун яхши натижа беради.

Агарда ҳар икки фазанинг концентрацияси юқори бўлса, яъни нитрат лантаноидлари концентрацияси 100—200 г/л $(КЕЭ)_2O_3$ ва ТБФ суюлтирилмаган бўлса, унда аралаштириб тиндирувчи экстракторлардан фойдаланилади.

Экстракция усули самарали кенг ишлаб чиқариш усули бўлиб, амалда кўп қўлланилади.

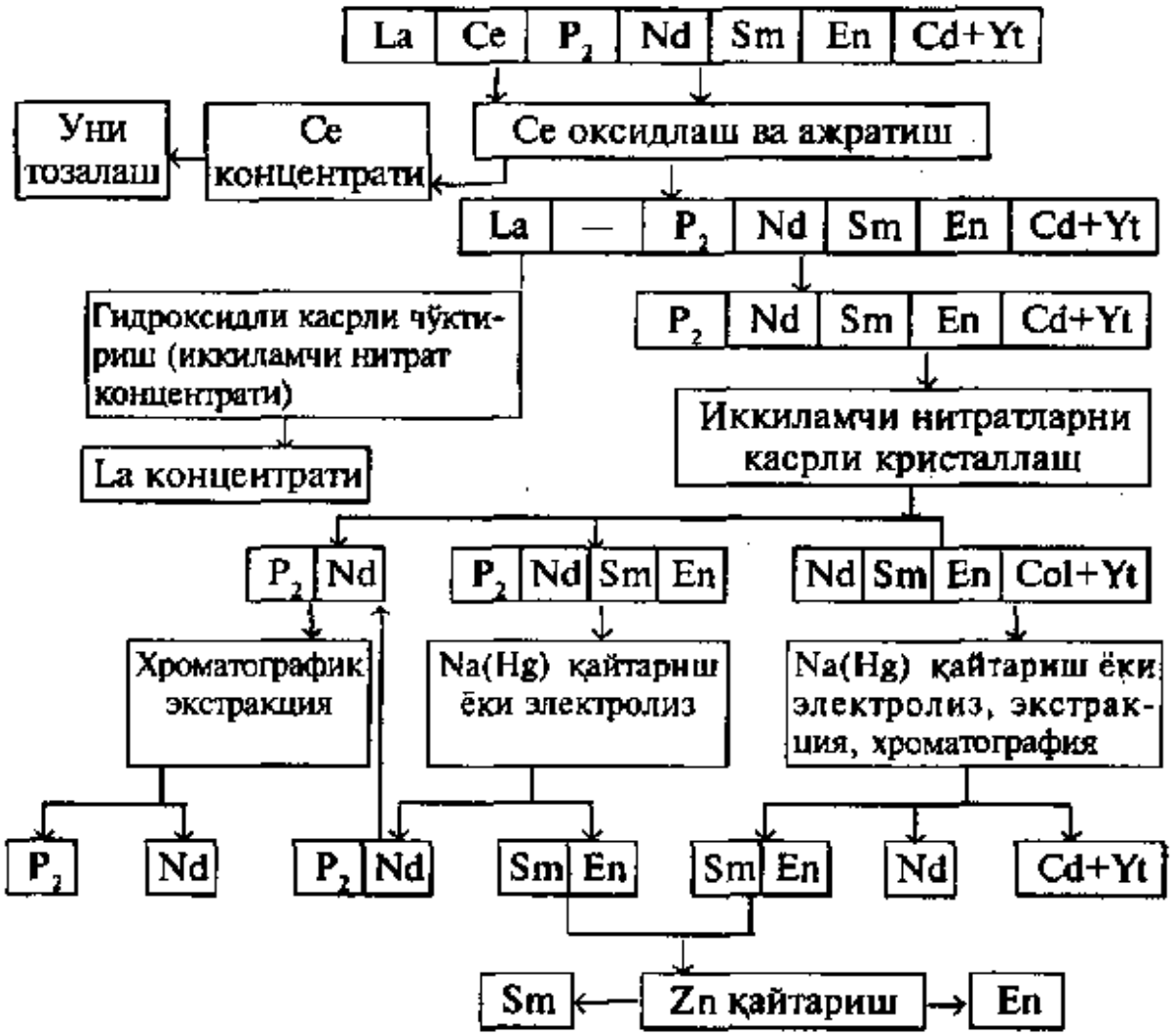
Сўнг ниодим, празеодим экстракция ёки хроматография усули билан ажратиб олинади. Кейинги фракциялардан ажратиб олинган самарий ва европий аралашмаси натрий ёки Hg билан қайтариш усулида ажратилади. Қолган учинчи фракцияда эса элементларни ажратиб олишда ион алмашиниш ёки экстракция ва қайтариш усули билан ажратиб олинади.

Бу усулларнинг ичида энг замонавийси экстракция усули ҳисобланади.

КЕЭларнинг умумий ажратиш схемаси

Ҳозирги вақтда ажратишнинг турли усуллари қўлланилади. Шундай усуллардан бири қуйидаги 50-расмда келтирилган бўлиб, бу схема орқали церий группасидаги элементларни ажратиб олиш яхши натижа беради.

Элементларни ажратиб олиш учун бошқа аралашмалардан тозаланган КЕЭ гидроксидлари олинади. Аввал оксидлаш усули билан церий концентрати ажратиб олинади. Сўнг азотли эритмалардан лантан концентрати чўктириб олинади (касрли чўктириш ёки кристаллаш билан). Қолган элементлар ҳам шу усулда бир қанча фракцияларда ажратиб олинади.



50- расм. Церий группасидаги элементларни бир-биридан кетма-кет ажратиб олиш технологик схемаси.

IV боб

АНОРГАНИК МОДДАЛАР КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯСИ

Анорганик моддалар кимё-технологияси халқ хўжалиги, айниқса қишлоқ хўжалиги учун зарур бўлган кимёвий маҳсулотлар ишлаб чиқаришда кимё саноатининг йирик тармоқларидан бири бўлиб ҳисобланади. Бу маҳсулот жумласига қишлоқ хўжалигида қўлланиладиган минерал ўғит-

лар, турли хил зараркунандаларга қарши курашда заҳарли кимёвий моддалар, дефолиантлар, турли анорганик кислоталар (сульфат кислота, фосфат кислота, нитрат кислота) ишқорий моддалар (сода, натрий ишқориси), халқ хўжалиги учун керакли бўлган тузлар ва бошқалар киради.

Ўзбекистон Республикаси кимё саноати юзлаб турдаги халқ хўжалиги учун зарур бўлган маҳсулотларни ишлаб чиқаради. Навоий Кимё комбинати, Чирчиқ Электрокимё ишлаб чиқариш бирлашмаси, Фарғона, Самарқанд, Олмалиқ кимё заводлари, замонавий технология ва асбоб-анжомлар билан жиҳозланган бўлиб Республикамизнинг фаҳри ҳисобланади.

Анорганик моддалар ишлаб чиқариш технологияси уч группага бўлинса мақсадга мувофиқ бўлади: 1. Минерал ўғитлар ва тузлар технологияси. 2. Боғланган азот бирикмалари. 3. Сульфат кислота ва сода маҳсулотлари.

50-§. Минерал ўғитлар технологияси

Минерал ўғитлар ишлаб чиқариш тармоғи кимё саноатининг асосий соҳаларидан бири ҳисобланади. Республикамиз пахта етиштирувчи асосий минтақа бўлгани сабабли, минерал ўғитларнинг пахтачиликдаги роли жуда катта. Ҳосилдорликни оширишда асосий омиллардан бири ҳисобланади. Умуман, қишлоқ хўжалигини ялписига кимёлаштиришда асосий роль ўйнайди.

Маълумки ўсимлик таркиби, асосан 10 та элементдан ташкил топган бўлиб (азот, фосфор, кислород, калий, магний, темир, олтингугурт, кальций, углерод, водород), уларнинг 90 % ини углерод, водород, кислород ташкил қилади. Ўсимлик ўсиш даврида бу элементларни ҳаводан ва ердан қабул қилади. Шу сабабли ҳосилдорлик юқори бўлиши учун шу элементларнинг ердаги миқдори етарли бўлиши керак. Бу элементлардан айниқса кераклиги азот, фосфор ва калий ҳисобланади, шу сабабли бу элементларни *озуқа моддаси* ёки *минерал ўғитлар* деб аталади.

Шундай қилиб минерал ўғитларни 3 группага бўлиш мумкин: фосфорли, азотли ва калий ўғитлар. Ўсимлик ҳаёти учун зарур бўлган (озгина миқдорда бўлса ҳам) элементлар (Mn, Ni, Co, Br, Zn) бор ўғитлар *микроўғитлар* деб аталади. Қишлоқ хўжалигида минерал ўғитлар билан бир қаторда органик ўғитлар ҳам қўлланилади.

Қишлоқ хўжалик зараркунандалари билан курашувчи моддалар *пестицидлар* деб аталади. Ёввойи ўтлар билан курашувчи моддалар эса *гербицидлар* деб аталади.

51-§. Фосфорли ўғитлар

Фосфор ўсимлик учун асосий озуқа моддаларидан бири ҳисобланади. Фосфор ўсимлик ҳаёти учун зарур бўлган моддалар таркибига киради (ферментлар, витаминлар ва бошқалар). Айниқса ўсимлик донида, уруғида оқсил-нуклеопротеин сифатида 1,6 % га қадар P_2O_5 учрайди. Фосфор билан мунтазам озиқлантирилган донли ўсимликлар ҳосилдорлиги ошади, крахмал ва қанд миқдори кўпаяди. Фосфорли ўғитлар эрувчанлигига қараб 4 группага бўлинади: 1. Сувда эрувчан; 2. Цитрат эрувчан, булар сувда бир оз ёмон эриб, лимон кислотаси аммоний тузининг аммиакли эритмасида яхши эрийди; 3. Лимон эрувчан 2 % ли лимон кислотаси эритмасида яхши эрийдиган ўғитлар. 4. Ёмон эрувчан ўғитлар. Республикамизда, асосан сувда эрувчан ўғитлар қўлланилади, булар жумласига оддий ва қўшсуперфосфат киради.

Фосфорли ўғитлар табиий минераллар — фосфорит ва апатитдан олинади. Марказий Осиё мамлакатларида фосфоритлар Жанубий Қозоғистонда Қора-Тау конида учрайди. *Шу кунларда Ўзбекистоннинг Қизилқум фосфорит конларидан ҳам фойдаланилмоқда.* Ҳозирги кунда деярли ҳамма заводлар фосфорли ўғитларни Қора-Тау фосфоритларидан ишлаб чиқармоқдалар.

Оддий суперфосфат кулранг, майда кукун ёки доналар ҳолида бўлиб, таркибида 14—18 % P_2O_5 эга бўлган сувда эрувчан ўғитлардир. Оддий суперфосфат ишлаб чиқариш технологияси ўзининг оддийлиги ва арзонлиги билан фарқ қилади. Ишлаб чиқариш жараёни табиатдаги фосфоритларни сульфат кислота билан қайта ишлашга асосланган:

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 = Ca(H_2PO_4)_2 + 2CaSO_4$$

Ҳосил бўлган аралашма, яъни монокальций фосфат ва гипсдан ташкил топган маҳсулот *оддий суперфосфат* деб аталади. Табиатдаги фосфорит таркибида қатор аралашмалар бўлиши мумкин. Булар қаторига карбонатлар, темир ва алюминий бирикмалари, кальций фторит, қум ва бошқалар киради. Шу сабабли фосфоритни сульфат кислота

билан парчалаш жараёнида сульфат кислота фосфорит билан реакцияга киришиб сульфатлар, фосфатлар, фторидлар ҳосил қилади, фтор эса газ ҳолатида (HF, SiF_4) ҳавога чиқиб кетиши мумкин. Фтор бирикмалари заҳарли бўлгани сабабли, чиқиндилар газлар сув билан тозаланади. Оддий суперфосфатни ишлаб чиқариш технологияси қуйидаги босқичлардан иборат. 1. Фосфорит унини сульфат кислота билан аралаштириш. 2. Аралашмани махсус парчалаш камерасига жўнатиш. 3. Хом суперфосфатни омборда 10 кунга қадар сақлаб етилтириш. 4. Тайёр бўлган суперфосфатни аммиак билан нейтраллаб, донадорлаштиришдан иборат (51-расм).

Технологик схемаси содда ва жараёнлар ҳам оддий бўлганлиги сабабли суперфосфат қолган фосфорли ўғитларидан анча арзон бўлади.

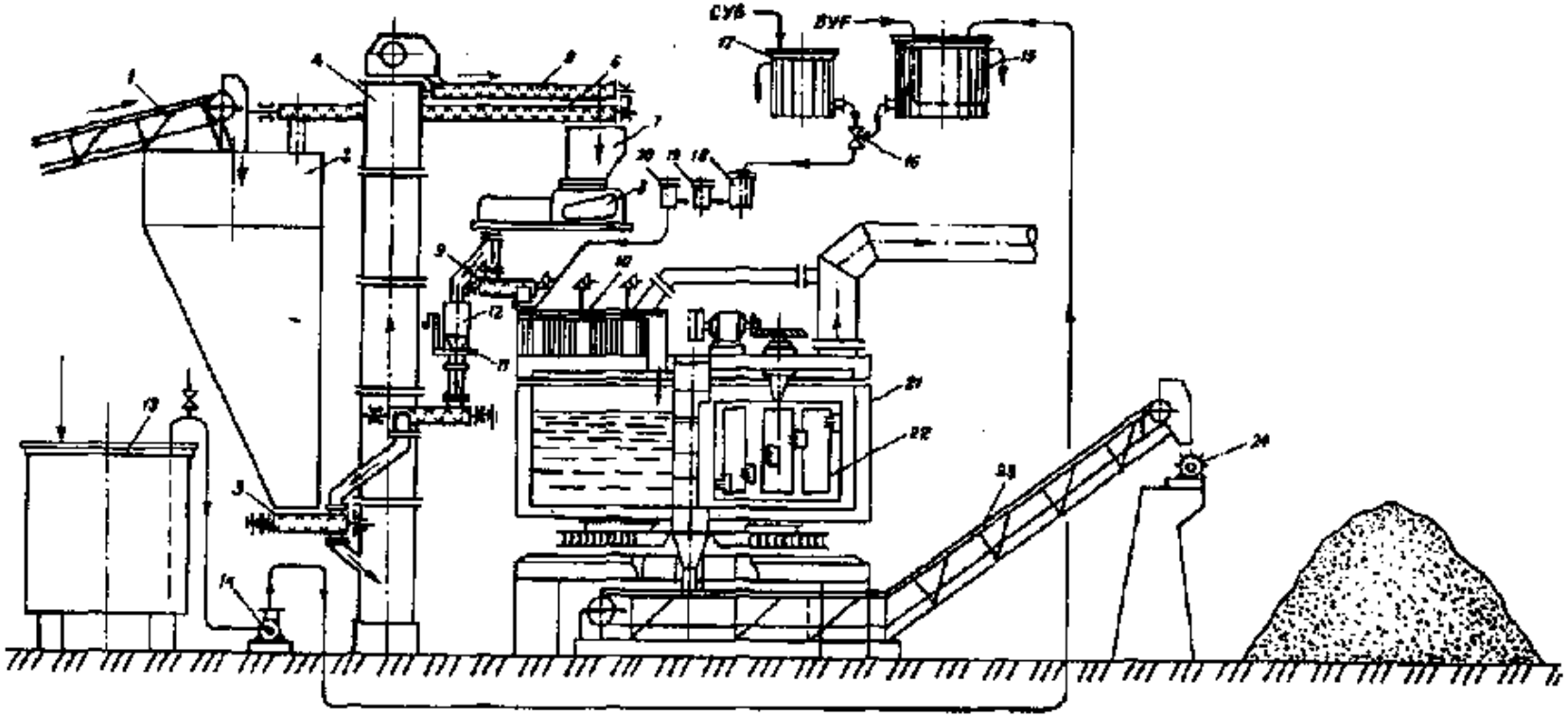
Юқори сифатли фосфорга бой бўлган ўғитларни ишлаб чиқариш учун фосфор кислота бўлиши керак. Масалан қўшсуперфосфор ва аммофос ўғитлари фосфор кислота асосида олинади. Шунинг учун биринчи навбатда фосфор кислотани ишлаб чиқариш керак. Ҳозирда фосфор кислота иккита усул билан — экстракция ва термик усул билан, Республикамизда, асосан экстракция усул билан олинади. Экстракция усули табиий фосфоритларни сульфат кислота билан парчалаш жараёнига асосланган.

$$Ca_5(PO_4)_3F + 5H_2SO_4 \xrightarrow{+nH_2O} 3H_3PO_4 + 5CaSO_4 \cdot nH_2O + HF$$

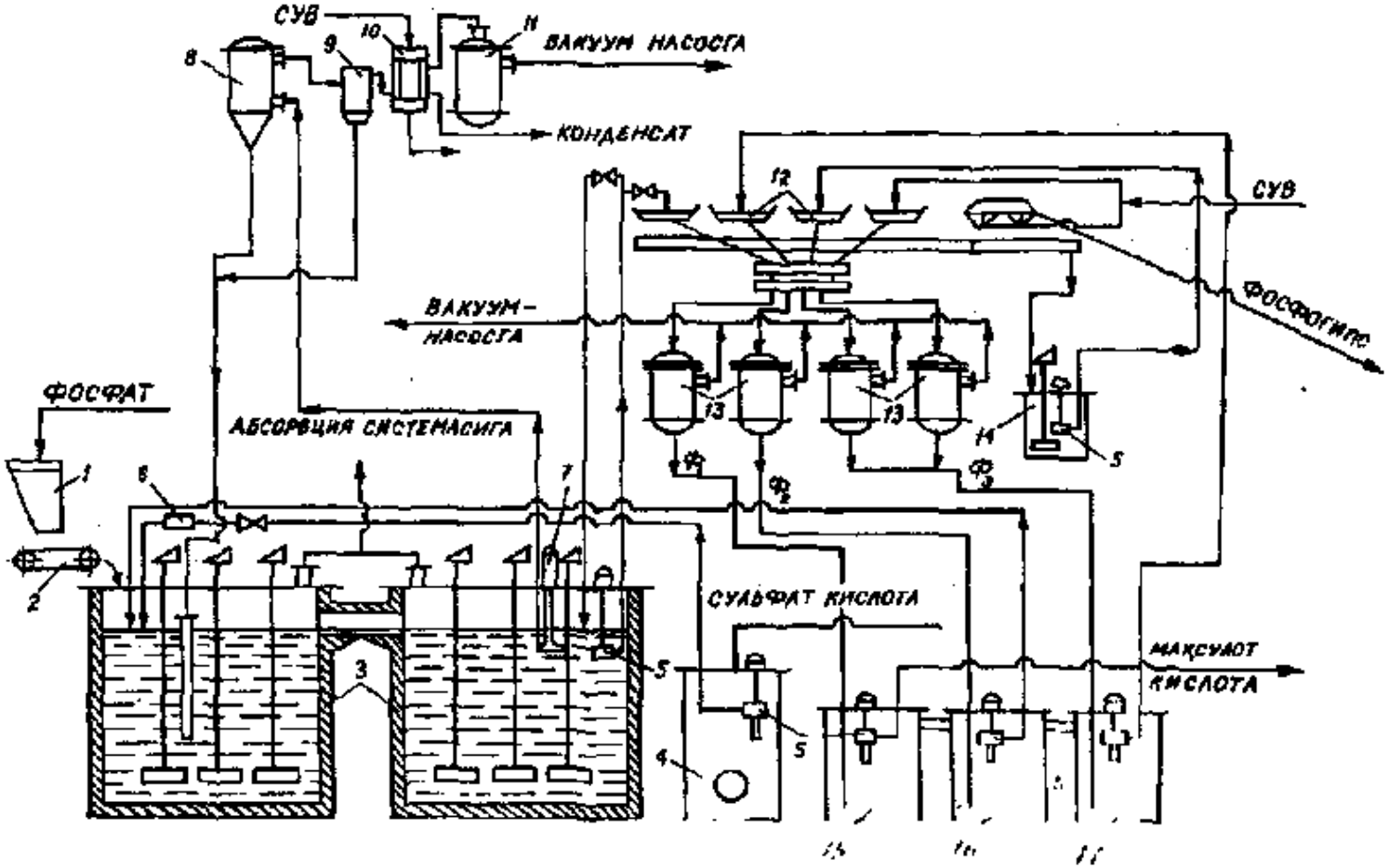
Учкальцийфосфат билан бир қаторда, фосфорит таркибидаги аралашмалар ҳам парчаланади. Масалан: темир, алюминий, магний бирикмалари сульфат бирикмаларига айланади. Технологик жараён схемаси, асосан икки босқичдан иборат бўлиб, биринчиси — фосфоритни сульфат кислота иштирокида парчалаш ва иккинчиси — фосфор кислотани чўкмадан (фосфогипсдан) ажратишдан иборат (52- расм).

Экстракция усули билан олинган фосфат кислота ҳозирги даврда, асосан аммофос ўғити ишлаб чиқариш учун қўлланилади.

Аммофос мураккаб ўғитлар туркумига кириб таркибида 42—44 % P_2O_5 ва 10—12 % азотга эга. Фосфор ва азот,



51- расм. Суперфосфат ишлаб чиқариш схемаси:
1 — апатит концентрати учун транспортёр, *2* — бункер, *3* — шнекли таъминловчи, *4* — чўмичли элеватор, *5, 9* — шнеклар, *6* — ортиқча апатит концентрати учун тескари шнек, *7* — дозатор бункери, *8* — дозатор, *10* — аралаштиргич, *11* — ўлчовчи дозаторни назорат қилувчи тарози, *12* — назорат ўлчамлари учун бункер, *13* — сульфат кислотаси учун сақлагич, *14* — марказдан қочувчи кислота насоси, *15* — кислота учун бак, *16* — кислота аралаштиргич, *17* — сув учун бак, *18* — минора сульфат кислотасини суюқлантирганда ажралиб чиқадиган азот оксидлари учун ажратгич, *19* — кислота учун концентрация ўлчагичи, *20* — кислота учун тирқишли ўлчагич, *21* — суперфосфат камераси, *22* — фрезер, *23* — камерадаги суперфосфат учун транспортёр, *24* — омборда суперфосфатни сочувчи мослама.



52- расм. Дигидратли режимда экстракцияланган фосфат кислота ишлаб чиқариш схемаси: *1* — фосфат хомашёси бункери, *2* — тарозили дозатор, *3* — икки бакли экстрактор, *4* — сульфат кислота сақлайдиган най, *5*, — чўкма насос, *6* — сульфат кислота сарфини ўлчагич, *7* —циркуляцияловчи чўкма насос, *8* — буғлатгич, *9* — томчи тутгич, *10* — конденсатор, *11* — нейтрализатор, *12* — аравачали вакуум фильтр арикчалари, *13* — сепараторлар, *14* — фильтр матосини регенирациялаганда ҳосил бўладиган оралиқ суспензияни йиғувчи идиш, *15, 16 , 17* — барометр йиғувчи идишлар, биринчи фильтр учун (*15*), айланма фосфат кислотаси учун (*16*), ювувчи фильтр учун (*17*).

асосан моноаммоний фосфат, қисман диаммоний фосфат ҳолатида бўлади. Аммофос ишлаб чиқариш жараёни фосфор кислотани газ ҳолатидаги аммиак билан нейтраллаш реакциясига асосланган:

$$H_3PO_4(с) + NH_3(г) = NH_4H_2PO_4(қ) + 147\ кЖ.$$

$$H_3PO_4(с) + 2NH_3(г) = (NH_4)_2HPO_4(қ) + 215\ кЖ.$$

Аммофос ишлаб чиқариш жараёни, асосан 4 босқичдан иборат: 1. Фосфор кислотани махсус нейтраллаш аппаратида аммиак билан нейтраллаш. Бу реакция экзотермик бўлгани сабабли, нейтрализаторда иссиқликдан фойдаланиб қисман эритма буғлатилади ва қуюқлаштирилади. 2. Буғлатиш аппаратларида 55—56 % сувли эритма 18—25 % сув қолгунча қуюлтирилади. 3. Ҳосил бўлган суспензия 112—115° даражада қуритиш ва донадорлаш жараёнига босқичга юборилади. 4. Дона шаклига келган маҳсулот қўшэлак орқали 3 хил фракцияга бўлинади: йирик қисми майдаловчи аппаратга, майда қисми донадорлаш аппаратига қайта ретур сифатида юборилади. Иккинчи элакда қолган қисми маҳсулот сифатида совитилиб қопланади (53-расм).

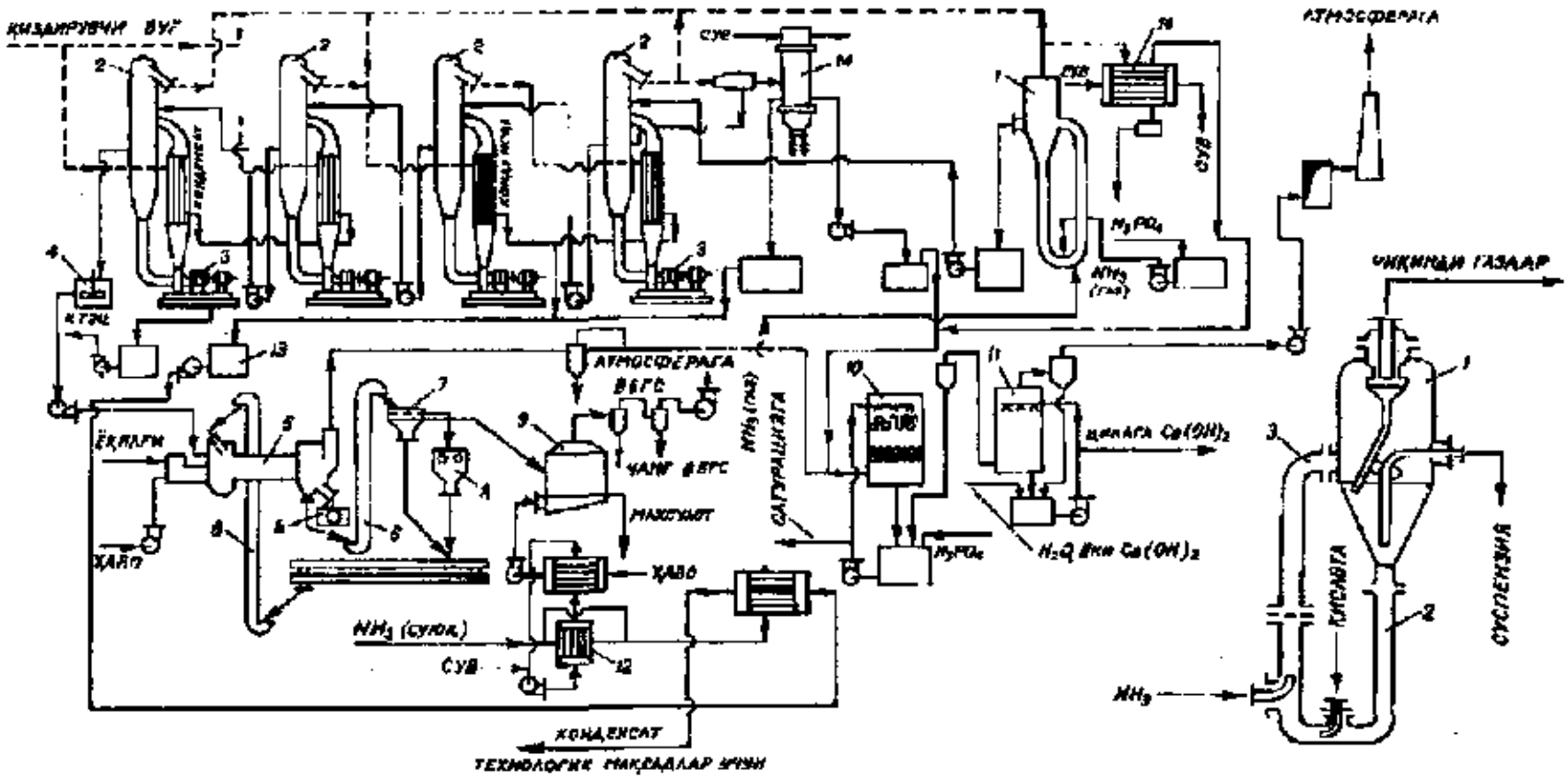
52-§. Калийли ўғитлар

Калий ўғитлари ўсимлик танасидаги ҳаётий жараёнларни идора қилишга хизмат қилади. Ўсимликда сув режимини, модда алмашиниш жараёнларини, карбон сув бирикмаларини ҳосил қилишда катта роль ўйнайди. Ўсимлик таркибида K_2O 4—5 % ва кулда 30—60 % ни ташкил қилади.

Калий табиатда турли минераллар ҳолида учрайди. Кўп тарқалган минераллар туркумига $KCl \cdot NaCl$ — силвинит, $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ карналит, $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ лангбейнит, $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$ каинит ва бошқалар киради.

Қишлоқ хўжалигида ўғит сифатида, асосан калий хлорид қўлланилади. Саноатда ишлаб чиқарилаётган KCl нинг 95 % и ўғит сифатида, қолган 5 % и турли хил калий тузларини олишда ишлатилади.

Табиатда калий тузлари асосан шимолий Уралда, Белоруссияда, Ғарбий Украинада, Ўрта Осиёда, яқинда эса Ўзбекистонда — Тубегатанда ҳам калий конлари топилгани маълум, Европада, айниқса кўпроқ Германияда учрайди.



53- расм. Аммофос суспензиясини буғлатиб ва БГС ускунасида доналаштириб аммофос ишлаб чиқариш схемаси: *1* — САИ ускунаси, *2* — буғлатиш ускуналари, *3* — циркуляция насослари, *4* — буғлатилган суспензияни йиғувчи идиш, *5* — БГС ускунаси, *6* — элеватор, *7* —грохот, *8* — болғали майдалагич, *9* — ҚС совуткичи, *10* — сузиб юрувчи насадкали абсорбер, *11* — бўш минора, *12* — суюқ аммиакли буғлатгич, *13* — оралиқ ҳажм, *14* — иссиқ алмаштиргич. (БГС — қуритиб доналайдиган барабан, САИ — тезкор аммонизатор буғлатгичи, ҚС — қайновчи қатлам.)

Сильвинитдан KCl ни ажратиб олиш, сильвинит таркибидаги NaCl ва KCl нинг турли эрувчанлигига ва температурага боғлиқлигига асосланган дир. KCl ни ажратиб олиш технологияси асосан уч босқичдан иборат. 1. Сильвинитни ош тузи намакобида 100—110°С да эритиш. Бу жараёнда сильвинитдан асосан KCl эритмага ўтиб, эритма KCl билан тўйинади. 2. Эритмани вакуум остида совитиш ва буғлатиш, натижада температуранинг пасайиши сабабли асосан KCl чўкмага тушади. 3. KCl нинг намакобдан фильтрлаш ва намакобни сильвинитни эритиш учун қайта юбориш.

Ҳозирги даврда қишлоқ хўжалиги мутахассислари хлорсиз калийли ўғитларнинг афзаллигини тасдиқламоқдалар ва уларни ишлаб чиқаришга тавсия этмоқдалар. Шу сабабли калий хлоридни калий сульфатга айлантириб, қайта ишлаш катта аҳамиятга эга.

52-§. Азотли ўғитлар

Ўсимликни озиқлантиришда айниқса азот элементларининг роли катта. Азот оқсил моддасининг таркибига киради, оқсил эса ўсимлик ва ҳайвонот ҳаёти учун энг керак бўлган протоплазма тўқималарини ташкил қилувчи модда бўлиб ҳисобланади. Бундан ташқари, азот хлорофилл таркибига ҳам киради. Азот ўғити сифатида деярлик ҳамма азот бирикмалари: NH_4NO_3, $NaNO_3$, KNO_3, $Ca(NO_3)_2$, NH_3 ва бошқалар қўлланилиши мумкин. Шулар туркумидан қишлоқ хўжалигида кўпроқ аммоний селитраси, карбамид ва қисман аммиакли суви қўлланилади.

54-§. Аммонийли селитра

Аммоний селитраси қишлоқ хўжалигида қўлланиладиган асосий азотли ўғитлардан бири бўлиб, қисман портловчи модда сифатида ҳам қўлланилади. Аммоний селитраси 5 турдаги кристалл шаклида учровчи, оқ, яхши эрувчан модда. Эриш нуқтаси 169,6° С. Таркибида 35,5 % азотга эга бўлган, концентрланган чиқиндисиз ўғит ҳисобланади. Аммоний селитрасининг камчиликларидан бири, унинг намни ўзига тортиши (гигроскопик хусусияти) ва кристалларни бир-бирига ёпишқоқлик хусусиятидир. Аммонийли селитра хусусиятларини яхшилаш мақсадида, уни до-

налар шаклида ишлаб чиқариш ва ёпишқоқликни камайтириш мақсадида турли қўшимчалар, масалан, доломит эритмаси, сульфат ва фосфат кислота каби моддалар қўшилади. Ўзига намни тортмаслиги учун аммоний селитраси кўп қаватли қоғоз ёки полиэтилен қопларига қопланади.

Аммоний селитраси оддий шароитда турғун модда, аммо температура ошиши билан у турли йўналишда парчаланиши мумкин.

Масалан:

110°С дан юқорида:

$$NH_4NO_3 \rightarrow NH_3(г) + HNO_3(г) - 174{,}4 \text{ кЖ}$$

220—270°С даражада қиздирилса:

$$NH_4NO_3 \rightarrow N_2O(г) + H_2O(г) + 36{,}8 \text{ кЖ}$$

400—500° қадар тезда қиздирилса, аммоний селитра портлаш билан парчаланиши мумкин.

$$NH_4NO_3 \rightarrow N_2 + 2H_2O + 0{,}5O_2 + 118 \text{ кЖ}$$

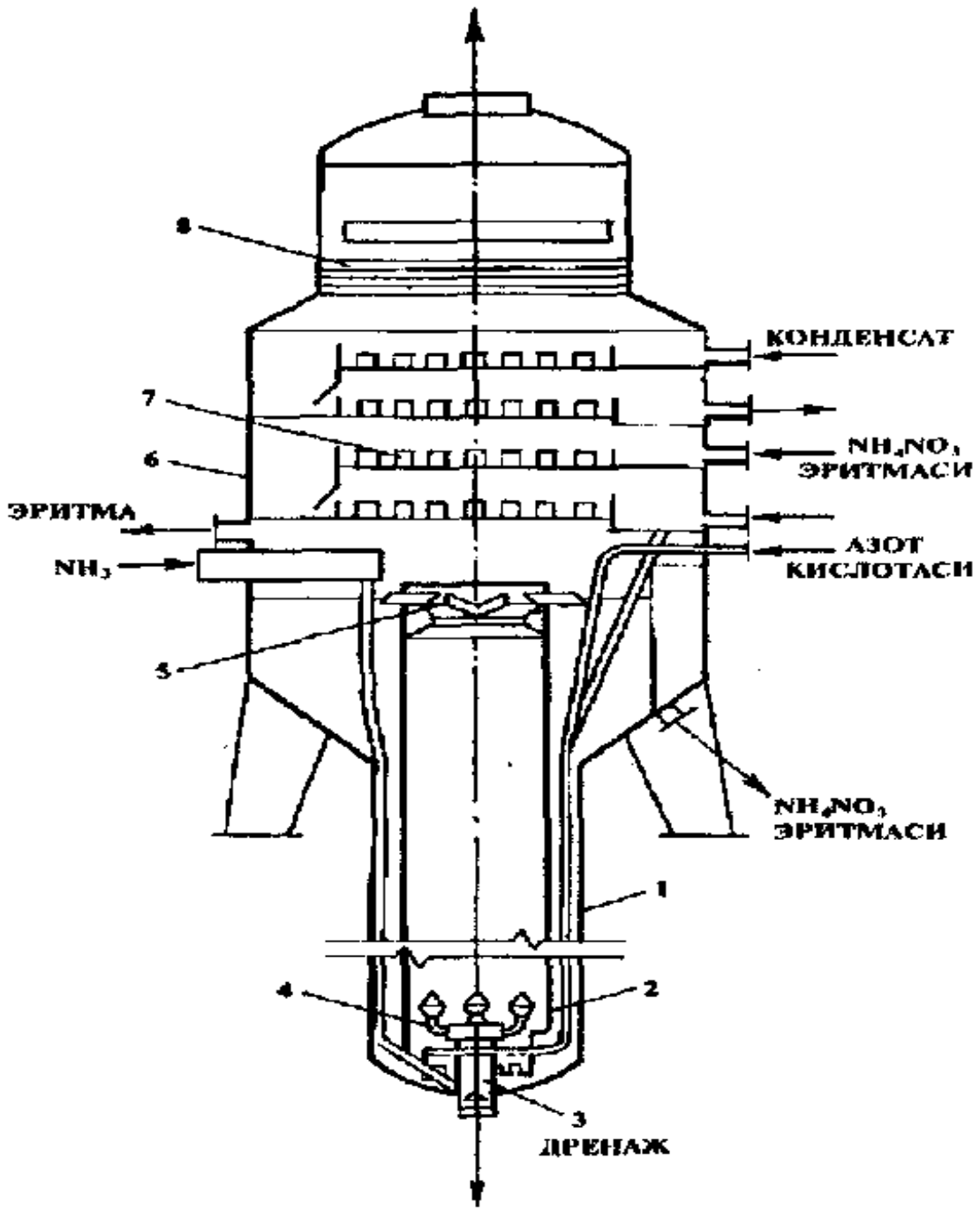
Аммонийли селитра олиш суюқ азот кислотасини газ ҳолатидаги аммиак билан нейтраллаш реакциясига асосланган дир:

$$HNO_3 + NH_3 = NH_4NO_3 + q$$

Азот кислотаси ва аммиак актив кимёвий моддалар бўлгани сабабли реакция шиддат билан ўзидан катта иссиқлик чиқариш билан кетади. Нейтраллаш жараёнида чиққан иссиқликдан эритмани буғлатиш-қуюқлатиш мақсадида фойдаланилади.

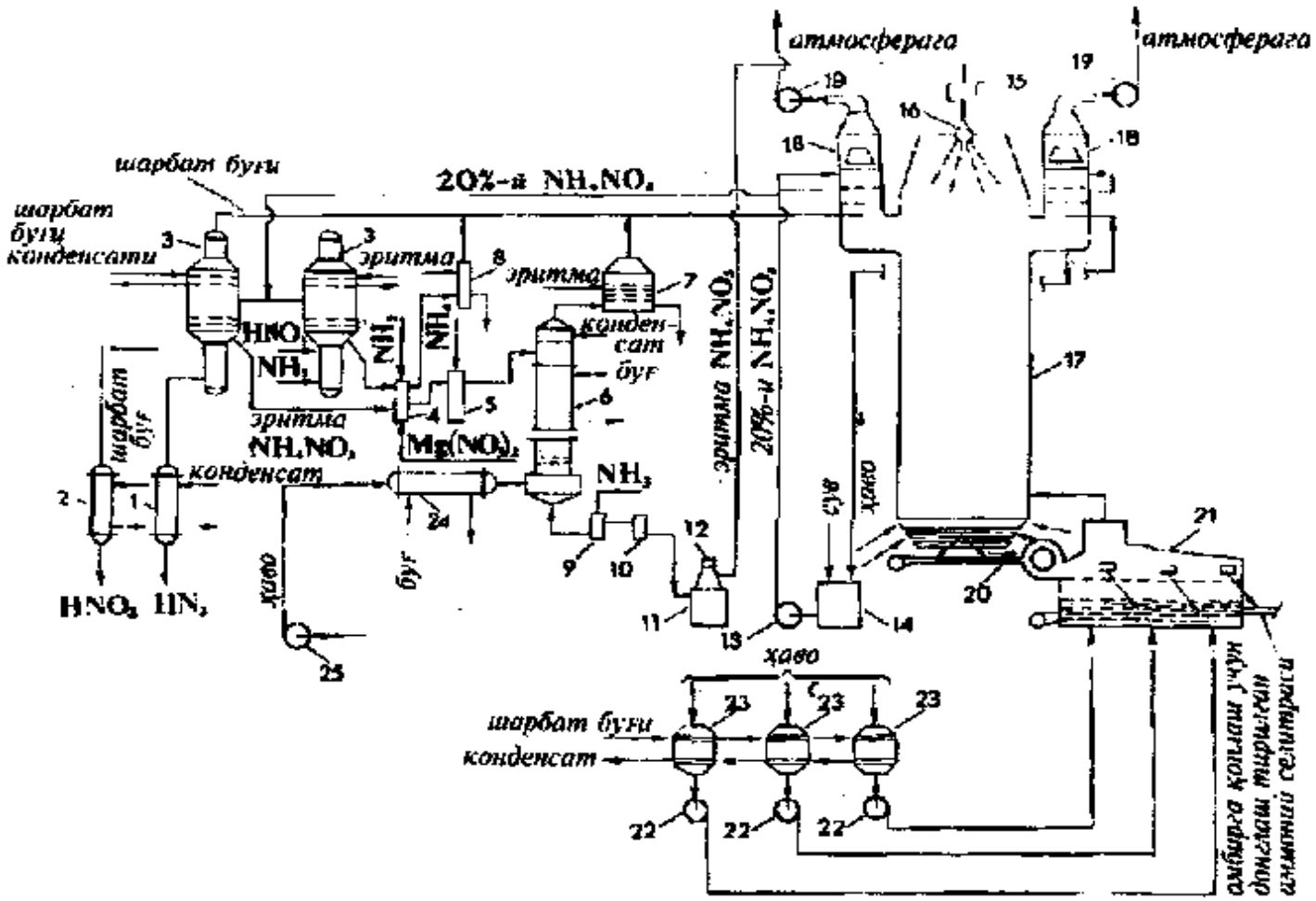
Аммонийли селитра ишлаб чиқариш технологияси 4 босқичдан иборат: 1. Азот кислотасининг аммиак билан махсус нейтраллаш аппаратида нейтраллаш (54-расм); 2. Аммоний селитраси эритмасини 99,2—99,3 % га қадар буғлатиш аппаратида қуюқлаштириш; 3. Эриган аммоний селитрасини махсус минорада донадорлаш, қуритиш ва совитиш; 4. Омборда қадоқлаш ва қоплаш.

Бу технологияга кўра (55-расм) аммиак 120—160° га, азот кислотаси эса 80—90° га қадар қиздирилиб ИТН (нейтраллаш)ускунасига юборилади. Азот кислотаси аммиак билан нейтраллаш реакциясига киришиб аммоний селитраси эритмасини ҳосил қилади. Эритма реакция натижасида ажралган иссиқлик ҳисобига нейтраллаш температурасида 150—170°С га кўтарилиб, эритма 89—92 % га қадар

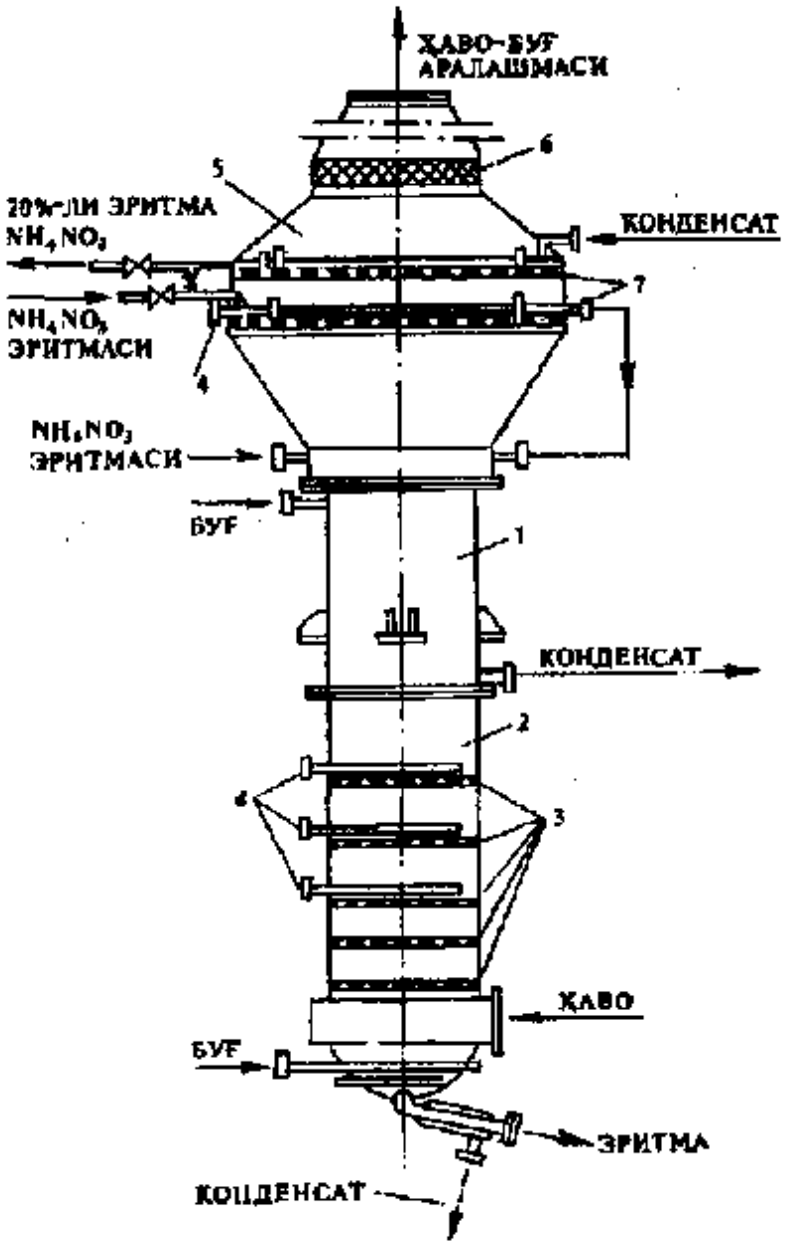


54- расм. ИТН ускунаси: *1* — реакция қисми қобиғи, *2* —реакция стакани, *3* — аммиак кўпиклагичи, *4* — нитрат кислотаси кўпиклагичи, *5* — гидроблагич, *6* — сепаратор қобиғи, *7* — қалпоқсимон ликобча, *8* — элаксимон томчи қайтаргич.

қуюқланади. Бу эритма нейтраллаш ускунасидан буғлатиш ускунасига (5б-расмга қаралсин) юборилади. Юқори босимли сув буғи ҳисобига эритма 99,8 % га қадар қуюқлантирилади. Бу эритмани эриган аммоний селитраси деса ҳам бўлади, чунки унинг таркибида ҳаммаси бўлиб 0,2 % намлик бор. Шу таркибдаги эритма донадорлаш минорасига



55- расм. Аммонийли селитра олишнинг технологик схемаси.



56- расм. Комбинацияланган буғлатиш ускунаси: *1* — қобиғи қувурсимон қисми, *2* — концентрациялаш қисми, *3* — элаксимон чўкма ликобчалар, *4* — иссиқлик берувчи илонсимон найлар, *5* — тозалаш қисми, *6* — элаксимон томчи қайтаргич, *7* — элаксимон ўтказувчи ликобчалар.

юборилади. Минора тепасида жойлашган донадорлагич ёрдами билан эритма пастга қараб майда заррачаларга айлантирилиб сочилади, пастдан эса совуқ ҳаво берилади, натижада селитра томчилари шарсимон (доналар) шаклга ўтиб пастга тушгунча қотади ва совийди. Қўшимча қуритиш ва совитиш жараёни минора пастига жойлашган совитгичда кетади. Шундай қилиб совитилиб қуритилган ва доналанган маҳсулот омборга қоплашга юборилади.

55-§. Мураккаб ўғитлар

Мураккаб ўғитлар деб таркибида бир вақтда 2 ва ундан ортиқ озуқа моддаларига эга бўлган ўғитларга айтилади. Бу ўғитлар оддий бир томонли ўғитларга нисбатан бир қанча афзалликларга эгадир. Биринчидан бир вақтда ўсимликни керак бўлган озуқалар билан озиқлантириш мумкин, бу ишчи кучини тежашга имконият беради. Иккинчидан технологик жараёнлар анча соддалашади, чунки, мураккаб ўғитлар биргина технология бўйича ишлаб чиқаришга имконият туғдиради.

Мураккаб ўғитлар ишлаб чиқариш устувор йўналишлардан бири бўлиб, фосфоритларни азот кислотаси билан ишлаш усулидир.

Бу усул бир вақтда, яъни биргина технология бўйича азот ва фосфорлик, агарда калий хлорид қўшилса азот, фосфор ва калийли нитрофоска номи билан ишлатиладиган ўғит олишга имкон беради. Кўп озуқа моддасига эга бўлган ўғитларни бир томонли ўғитларни аралаштириш йўли билан ҳам тайёрлаш мумкин. Бундай ўғитларни аралаш ўғитлар деб аталади.

56-§. Микроўғитлар

Ўсимликнинг нормал ўсиши ва юқори ҳосил бериши учун микроэлемент номи билан аталган элементлар ҳам маълум аҳамиятга эга. Айниқса ўсимлик ҳаёти учун керак бўлган элементлар B, Mn, Cu, Zn, Co, Mo ҳисобланади. Бу элементлар ферментлар, витаминлар, гармонлар, пигментлар ва бошқа бирикмалар таркибига киради. Шунинг учун макроўғитларнинг микроэлементлар билан аралашмасининг қишлоқ хўжаликда қўлланилиши, ҳозирги замон долзарб масалаларидан бирига айланди. Масалан, Олмалиқ кимё заводида аммофоснинг мис билан, карбамиднинг мис ва цинк билан аралашмасини ишлаб чиқариш мўлжалланмоқда.

Қишлоқ хўжалигида пахта баргини туширувчи воситалар — дефолиантлар, кимёвий йўл билан чеканка қилиш, турли зараркунандалар билан курашиш воситалари кенг қўлланилаяпти.

Хуллас, қишлоқ хўжалик маҳсулотларини кўпайтиришда, озиқ-овқат муаммосини ҳал қилишда анорганик моддаларни ишлаб чиқаришнинг аҳамияти катта.

АДАБИЁТЛАР

1. Химическая технология керамики и огнеупоров / Под общ. ред. Будникова П. П. и Полубояринова Д. Н. — Москва: Стройиздат, 1972. — 552 с.

2. Химическая технология стекла и ситаллов / Под общ. ред. Павлушкина Н. М. — Москва: Стройиздат, 1983. — 432 с.

3. *Бобкова Н. М., Дятлова Е. М., Куницкая Т. С.* Общая технология силикатов. — Минск: Высшая школа, 1987. — 288 с.

4. *Бутт Ю. М., Дударев Г. Н., Матвеев М. А.* Общая технология силикатов. — Москва: Стройиздат, 1976. — 599 с.

5. *Мельниченко Л. Г., Сахаров Б. П., Сидоров Н. А.* Технология силикатов / Под ред. Матвеева М. А. — Москва: Высшая школа, 1969. — 360 с.

6. Schaumburg H. (Hrsg.) Keramik. — Stuttgart: Teubner, 1994. — 650 с.

7. *Исматов А. А.* Сунъий тошлар. — Тошкент: Фан, 1980. — 56 б.

8. *Исматов А. А.* Гилдан чиннига. — Тошкент: Фан, 1986. — 60 б.

9. *Исматов А. А. Юнусов М. Ю., Максудов Д. И.* Полевошпатовое сырьё Средней Азии для производства фарфора. — Москва: Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1988. — 136 с.

10. *Пащенко А. А., Сербин В. П., Старчевская Е. А.* Вяжущие материалы. Под редакцией члена корр. АН УССР А. А. Пащенко. Издание второе. — Киев. Высшая школа, 1985. — 438 с.

11. *Бутт Ю. М., Сычев М. М., Тимашев В. В.* Химическая технология вяжущих материалов — Москва: Высшая школа., 1980. — 472 с.

12. *Нудельман Б. И.* Энергосберегающая низкотемпературная технология цемента. — Ташкент: Меҳнат, 1989. — 364 с.

13. *Атакузиев Т. А.* Физико-химическое исследование сульфатсодержащих цементов и разработка низкотемпературной технологии их получения. — Ташкент, Фан, 1983. — 128 с.

14. *Позин М. Е.* Технология минеральных удобрений. Издание шестое. — Ленинград: Химия, 1989.

15. *Кочетков В. Н.* Фосфоросодержащие удобрения: Справочник. — Москва: Химия, 1982.

16. *Эвенчик С. Д.* и *Бродский А. А.* Технология фосфорных и комплексных удобрений. — Москва; Химия, 1987.

17. *Кармышев Б. Ф.* Химическая переработка фосфоритов. — Москва: Химия, 1983.

18. *Копылев Б. А.* Технология экстракционной фосфорной кислоты. 2—издание — Ленинград: Химия, 1981.

19. *Чепелевецкий М. Л.; Бруцнус Е. Б.* Суперфосфат. Физико-химические основы производства. — Москва: Госхимиздат, 1958.

20. Двойной суперфосфат; Технология и применение (М. А. Шапкин, Т. И. Завертяева, Р. Ю. Зинюк, Б. П. Гуллер.). — Ленинград: Химия, 1987.

21. Технология аммиачной селитры (Под ред. В. К. Олевского) — Москва: Химия, 1978.

22. *Горловский Д. М., Альтшуллер Л. Н., Кучерявой В. И.* Технология карбамида. — Ленинград: Химия, 1981.

23. *Ладарик С. Н., Стеценко Е. Я.* Сульфат аммония. — Москва: Металлургия, 1973.

24. *Клевке В. А., Левин И. А., Петряева Д. А., Тощев А. Ф.* Жидкие азотные удобрения — Москва: Химия, 1979.

25. Технология калийных удобрений (Под ред. В. В. Печковского, О. Д. Кашкарова, И. А. Соколова). Технология калийных удобрений. — Ленинград: Химия, 1978.

26. *Каталымов М. В.* Микроэлементы и микрэудобрения. — Москва: Химия, 1965.

27. *Дохолова А. Н., Кармышев Б. Ф.* Производство и применение фосфатов аммония. — Москва: Химия, 1986.

28. *Набиев М. К. Н.* Азотнокислотная переработка фосфоритов. — Ташкент: ФАН, 1976.

29. *Зеликман А. Н., Мирсон Г. А.* «Металлургия редких металлов». Москва: Металлургия, 1973 г.

30. Химия и технология редких и рассеянных элементов. Под. ред. К. И. Большакова. Т. 1 — 3. Москва. Высшая школа, 1973 г.

31. *Блюхев В. Е., Степин Б. Д.* Химия и технология соед. лития, рубидия, цезия. Москва: Химия 1970 г.

32. *Зеликман А. Н., Молибден.* Москва. Металлургия, 1970 г.

33. *Зеликман А. Н., Никитина Л. С. Вольфрам М. Москва.* Металлургия, 1978 г.

МУНДАРИЖА

Сўз боши 3

I боб. Керамика ва шишалар кимёвий технологияси

1-§. Керамика ва шиша маҳсулотларининг аҳамияти 5
2-§. Керамика ва шишалар классификацияси 8
3-§. Керамика ва шишалар ишлаб чиқариш технологияси 20
4-§. Қурилиш ғишти технологияси 30
5-§. Сопол буюмлар ишлаб чиқариш технологияси 43
6-§. Чинни олиш технологияси 57
7-§. Оловбардош материаллар ишлаб чиқариш 72
8-§. Техник керамика маҳсулотларини ишлаб чиқариш 89
9-§. Қурилиш шишаси ишлаб чиқариш 101
10-§. Техник шиша олиш технологияси 109
11-§. Маиший-хўжалик шишаси ишлаб чиқариш технологияси 117
12-§. Ситал ишлаб чиқариш 127

II боб. Анорганик (минерал) богловчи материаллар

13-§. Богловчи моддалар 137
14-§. Портландцемент. Кимёвий ва минералогик таркиби ва унинг турлари 152
15-§. Портландцемент ишлаб чиқариш технологияси 161
16-§. Портландцемент турлари 186
17-§. Махсус портландцементлар 196

III боб. Камёб металлар технологияси

18-§. Камёб металлар классификацияси 221
19-§. Камёб металлар ишлаб чиқариш технологияси 222

Қийин эрийдиган камёб металлар технологияси

20-§. Вольфрам ишлаб чиқариш технологияси 224
21-§. Натрий вольфрамат эритмасини аралашмалардан тозалаш 230
22-§. Эритмадан вольфрам эритмаларини олиш 233
23-§. Шеелит концентратини парчалаш технологияси 234

Молибден ишлаб чиқариш технологияси

24-§. Молибден концентратларини қайта ишлаш усуллари 236
25-§. Тоза MoO_3 ишлаб чиқариш технологияси 238
26-§. Эритмани мис ва темир ионларидан тозалаш 241

27-§. Аммиакли эритмадан молибденни ажратиб олиш 242
28-§. Ишқорлаш натижасида ҳосил бўлган чиқиндилардан молибденни ажратиб олиш 244
29-§. Тайёр молибден маҳсулоти ва таннархи структураси 248
30-§. Молибден (III) оксидини олиш 251

Тантал ва ниобий олиш технологияси

31-§. Асосий рудалари ва концентратлари 254
32-§. Тантал-ниобий концентратларини қайта ишлаш усуллари 255
33-§. Тантал ва ниобийни аралашмалардан тозалаш технологияси . 257
34-§. Экстракциялаш усули 259

Тарқоқ камёб металлар технологияси

35-§. Германий ва уни олиш технологияси 265
36-§. Сульфидли хомашёларни қайта ишлашда германийнинг ҳолати 266
37-§. Концентратлардан техник германий (IV) хлоридни олиш 270
38-§. Коксхона газлари чангларидан германийни ажратиб олиш 273
39-§. Германий (IV) хлоридни тозалаш усуллари 274
40-§. Германийни олиш 277
41-§. Германий чиқиндиларини қайта ишлаш технологияси 278
42-§. Индий ва уни олиш технологияси 280
43-§. Рений ва уни олиш технологияси 291
44-§. Камёб енгил металлар технологияси 295
45-§. Бериллий рудалари ва минераллари 298
46-§. Камёб ер-металлари технологияси 304
47-§. Монацит концентратини қайта ишлаш технологияси 308
48-§. Торий ва КЕЭ ларни сульфатли эритмалардан ажратиб олиш 309
49-§. КЕЭ ларни ажратиш усуллари 313

IV боб. Анорганик моддалар кимё-технологияси

50-§. Минерал ўғитлар технологияси 320
51-§. Фосфорли ўғитлар 321
52-§. Калийли ўғитлар 324
53-§. Азотли ўғитлар 327
54-§. Аммонийли селитра 327
55-§. Мураккаб ўғитлар 332
56-§. Микроўғитлар 332

Адабиётлар 333

3188--00

35.20973
H 780

