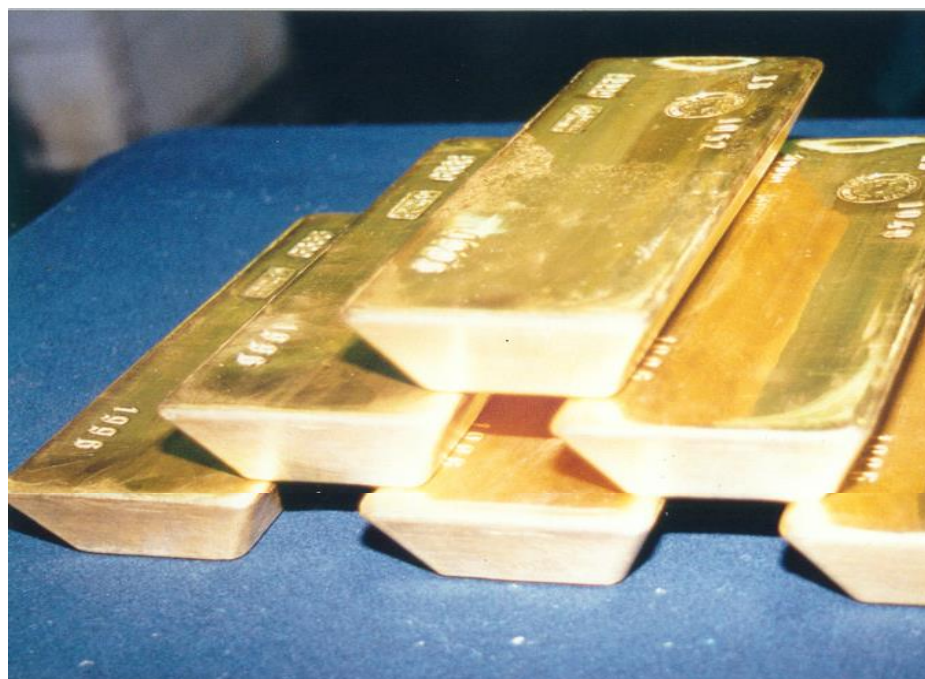


**А. А. ЮСУПХОДЖАЕВ, С. Р. ХУДОЯРОВ,
Ҳ.Р. ВАЛИЕВ, Д.Е. АРИБЖОНОВА**



РАНГЛИ ВА ҚОРА МЕТАЛЛАРНИ ИШЛАБ ЧИКАРИШ



А. ЮСУПХОДЖАЕВ, С. Р. ХУДОЯРОВ, Ҳ.Р. ВАЛИЕВ, Д.Е.
АРИБЖОНОВА

РАНГЛИ ВА ҚОРА МЕТАЛЛАРНИ ИШЛАБ ЧИКАРИШ

Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим Вазирлиги
томонидан 5510300 «Металлургия» йўналиши бўйича учун ўқув қўлланма
сифатида тавсия этилган

Тошкент - «ТошДТУ» - 2012

669.2

Рангли ва қора металлларни ишлаб чиқариш.
А.А.Юсупходжаев, С.Р.Худояров,Х.Р. Валиев, Д.Е. Арибжонова

Тошкент «ТошДТУ». 2012 й. ___ б.

Ўқув қўлланмада оғир рангли металлларни ишлаб чиқариш технологиялари, дастлабки хом ашёни тавсифи, штейнларни олиш, уни қайта ишлаш, ҳомаки металлларни тозалаш каби таркибий қисмларни олган.

Оғир рангли металллар ишлаб чиқариш технологиясидан ташқари, ўқув қўлланмада олтин металлургиясига доир маълумотлар берилган.

Ўқув ўқулланма 5310300 – Металлургия йўналиши тахсил олаётган талабаларга мўлжалланган, олий ўқув юртларида тахсил олаётган талабаларга ва ишлаб чиқаришдаги мутахассисларга фойдали ҳисобланади.

Иллюстрациялар , таблицалар , адабиёт рўйхати .

Мундарижа	Бет
I. БЎЛИМ. МИС ВА НИКЕЛЬ МЕТАЛЛУРГИЯСИ.....	6
1-§ Кириш. Мис металлургиясини замонавий аҳволи ва истиқбол режалари	6
2-§ Сульфидли мис бойитмасидан штейн олиш жараёнлари	8
3-§ Яллиғ печда эритишда моддаларни физика-кимёвий узгаришлари.....	10
4-§ Яллиғ печда эритишнинг амалиёти.....	13
5-§ Сульфидли мис бойитмасини кислород - машъал печида (КФП) эритиш.....	16
6-§ Мис сульфидли бойитмасини кислород-машъал печида (КФП) эритишда физика-кимёвий жараёнлар	18
7-§ Кислородли машъал печни (КФП) конструкцияси ва уни ҳисоблаш.....	21
8-§ КФП жараёнининг технологияси	23
9-§ Суяк ваннада эритиш жараёни (ПЖВ).....	25
10-§ Штейнлардан хомаки мис олиш жараёнлари	28
11-§ Хомаки мисни тозалаш жараёнлари	33
12-§ Мис электролиз кўрсаткичларига технологик омилларнинг таъсири.....	38
13-§ Никель ва кобальт олиш технологиялари	41
14-§ Сульфидли никель рудаларни қайта ишлаш усуллари.....	43
15-§ Кобальт ишлаб чиқариш технологияси	46
II. БЎЛИМ. РУХ ВА ҚЎРҒОШИН МЕТАЛЛУРГИЯСИ.....	48
16 - § Рух металлургиясини хом ашё тавсифи ва асосий технологиялари.....	48
17-§ Сульфидли рух бойитмасини куйдириш жараёнлари	50
18-§ Сульфидли рух бойитмасини қайнар қатлам «КС» печида куйдириш амалиёти ...	52
19-§ Куйдирилган концентратни танлаб эритиш жараёнлари	55
20 -§ Танлаб эритишнинг амалиёти.....	57
21-§ Рух сульфат эритмасини зарралардан тозалаш.....	59
22-§ Рухни электр тикланиши. Рухни электр тикланиши назарияси.....	62
23-§ Рух электролитик тикланишининг амалиёти	65
24- § Рух кекини вельцевлаш усули билан қайта ишлаш.....	67
25 -§ Рух кекини гидрометаллургик усули билан қайта ишлаш.....	69
26 -§ Кадмий ишлаб чиқариш.....	72
27-§ Қўрғошин металлургияси.....	76
28 -§ Хомаки қўрғошинни тозалаш асослари.....	83
29 -§ Рух – қўрғошин концентратини замонавий қайта ишлаш технологияси.....	86
III. БЎЛИМ. ОЛТИН МЕТАЛЛУРГИЯСИ.....	89
30 - § Олтин металлургиясининг замонавий аҳволи.....	89
31 -§ Олтиннинг физикавий ва кимёвий хусусиятлари.....	91

32-§ Олтиннинг минераллари. Таркибида олтин мавжуд рудаларни қайта ишлаш схемалари.....	93
33 -§ Цианлаш.....	98
34 - § Сорбцион танлаб эритиш.....	105
Адабиётлар.....	109
Содержание	Стр
РАЗДЕЛ 1. МЕТАЛЛУРГИЯ МЕДИ И НИКЕЛЯ.....	6
§1. Введение. Современное состояние металлургии меди и перспективы развития.....	6
§ 2. Процессы получения штейа из сульфидных медных концентратов.....	8
§ 3. Физико-химические изменения компонентов при плавке в отражательной печи.....	10
§ 4. Практика плавки в отражательной печи.....	13
§ 5. Плавка сульфидного медного концентрата в кислородно факельной печи (КФП).....	16
§ 6. Физико-химические процессы протекающие при плавке сульфидных медных концентратов в кислородно факельной печи.....	18
§ 7. Конструкция и расчёт кислородно факельной печи (КФП).....	21
§ 8. Технология процесса КФП.....	23
§ 9. Плавка в жидкой ванне (ПЖВ).....	25
§ 10. Процессы получения черновой меди из штейна.....	28
§ 11. Процессы очистки черновой меди.....	33
§ 12. Влияние технологических параметров на показатели электролиза меди.....	38
§ 13. Технологии производства никеля и кобальта.....	41
§ 14. Способы переработки сульфидных никелевых руд.....	43
§ 15. Технология производства кобальта.....	46
РАЗДЕЛ II. МЕТАЛЛУРГИЯ ЦИНКА И СВИНЦА.....	48
§ 16. Сырьевая база и основные технологии металлургии цинка.....	48
§ 17. Обжиг сульфидных цинковых концентратов.....	50
§18. Практика обжига сульфидных цинковых концентратов в печи кипящего слоя «КС».....	52
§19. Выщелачивание обожженных цинковых концентратов.....	55
§ 20. Практика выщелачивания.....	57
§ 21. Очистка растворов сульфата цинка от примесей.....	59
§ 22. Теория электровосстановления цинка.....	62
§ 23. Практика электровосстановления цинка.....	65
§ 24. Переработка цинковых кеков способом вельцевания.....	67
§ 25. Переработка цинковых кеков гидрометаллургическим способом.....	69
§ 26. Производство кадмия.....	72
§ 27. Металлургия свинца.....	76
§ 28. Основы рафинирования черного свинца.....	83
§ 29. Современные технологии переработки цинково-свинцовых концентратов.....	86
РАЗДЕЛ III. МЕТАЛЛУРГИЯ ЗОЛОТА.....	89
§ 30. Современное состояние металлургии золота.....	89

§ 31. Физическо-химические свойства золота.....	91
§32. Минералы золота. Существующие схемы переработки золотосодержащих руд.....	93
§ 33. Цианирование.....	98
§ 34. Сорбционное выщелачивание.....	105
Литература.....	109

Contain	Page
CHAPTER 1. METALLURGY COPPER AND NICKEL.....	6
§ 1. Introduction. A modern condition of metallurgy copper and prospects of development.....	6
§ 2. Processes of reception stein from sulphidic copper concentrates.....	8
§ 3. Physical and chemical changes of components at fusion in the reflective furnace.....	10
§ 4. Practice swimming trunks in the reflective furnace.....	13
§ 5. Fusion of sulphidic copper concentrate in oxygen flame furnaces.....	16
§ 6. Physical and chemical processes proceeding at fusion sulphidic copper concentrates in oxygenflame furnaces.....	18
§ 7. A design and calculation oxygen flame furnaces.....	21
§ 8. Technology of process oxygen flame fusion.....	23
§ 9. Fusion in liquid bath.....	25
§ 10. Processes of reception draft copper from stein.....	28
§ 11. Processes of clearing draft copper.....	33
§ 12. Influence of technological parameters on parameters electrolyze of copper.....	38
§ 13. Technology of nickel and cobalt.....	41
§ 14. Ways of processing of sulphidic nickel ores.....	43
§ 15. Technology of manufacture cobalt.....	46
CHAPTER II. METALLURGY OF ZINC AND PLUMBOOM.....	48
§ 16. A raw-material base and the basic technologies of metallurgy of zinc.....	48
§ 17. Roasting of sulphidic zinc concentrates.....	50
§18. Practice of roasting of sulphidic zinc concentrates in the furnace of boiling layer.....	52
§19. Leaching burnt zinc concentrates.....	55
§ 20. Practice of leaching.....	57
§ 21. Clearing of solutions of sulfate of zinc of impurity.....	59
§ 22. The theory of electrorestoration of zinc.....	62
§ 23. Practice of electrorestoration of zinc.....	65
§ 24. Processing of zinc kek a way of pirometallurgical way.....	67
§ 25. Processing of zinc kek hydrometallurgical a way.....	69
§ 26. Processing of cadmium.....	72

§ 27. Metallurgy of plumbum.....	76
§ 28. Bases of refinement draft of plumbum.....	83
§ 29. Modern technologies of processing zinc-lead concentrate	86
CHAPTER III. METALLURGY OF GOLD.....	89
§ 30. A modern condition of metallurgy of gold.....	89
§ 31. Physical -chemical properties of gold.....	91
§32. Minerals of gold. Existing circuits of processing gold ores.....	93
§32. Minerals of gold. Existing circuits of processing gold ores.....	98
§ 33. Cyanide.....	105
§ 34. Sorbtions leaching.....	109
The literature.....	

I. БЎЛИМ. МИС ВА НИКЕЛЬ МЕТАЛЛУРГИЯСИ

1-§ Кириш. Мис металлургиясини замонавий аҳволи ва истиқбол режалари

Мисни ишлаб чиқаришда XX асрни иккинчи ярмида кенг ривожланган. 1999 йилда дунёда тахминан 8,5-9,0 млн.т. мис ишлаб чиқилди. Энг кўп ишлаб чиққан давлат - Чили, қаерда 2 млн. тоннага яқин мис ишлаб чиқилди. Чилидан ташкири асосий мис ишлаб чиқарадиган давлатлар: АҚШ, Канада, Австралия, Япония, Олмония, Испания, Мексика, Португалия, Россия, Польша, Ўзбекистон, Қозоғистон ва бошқалардир.

Истеъмол бўйича рангли металллар бўйича мис алюминийдан кейин иккинчи ўринда туради. Мис ва уни бирикмаларни асосий истеъмолчи сохалар:

- электротехника ва электроника;
- машинасозлик;
- транспорт воситалари;
- қурилиш материаллари;
- кимё саноати;
- қишлоқ хўжалиги ва бошқалардир.

Оғир даврларни мисни электротехникада истеъмоли, оптика ривожланиши сабабли, бироз камайиб бормоқда. Лекин уни ҳар хил қўймалар тизимида истеъмоли тобора ошиб борапти. Тоза мисни, мис куқунларни истеъмоли ҳам ошиб бормоқда.

1999 йилда АҚШ, Олмония, Япония ва Франция давлатларни мисни дунёда истеъмолини 75% ўзлаштиришди. Ривожланаётган давлат эса мисни ярмини ишлаб чиқариб, фақат уни 5-7% истеъмол қилишади холос. Ривожланаётган давлатларда эса бир киши бошига 8-12 кг мис истеъмол қилинади, ривожланаётган давлатларда эса фақат 0,2-2,0 кг.

1999 йилда мисни асосий истеъмолчилари минг.тонн:

АҚШ	2200	Чили	34
Япония	1200	ЮАР	63

2000 йилга дунёда қолган захиралар:

Алюминий	2525 млн.т
Мисс	90 млн.тон
Кўрғошин	27 млн.тон
Рух	18 млн.тон
Никель	29 млн.тон
Кобальт	1,3 млн.тон
Олтингугут	4 млн.тон
Нефть	7*10 м
Табиий газ	13 ¹⁰ м ³
Уран	1620 минг.т

Захираларни қиймати геология, иқтисодиёт ва транспортга боғлиқдир. АҚШ да захираларни ер қатламини чуқурлигидан келиб чиқилади, қаердан фойдали қазилмаларни олиб чиқиш самарадорли бўлади.

Мис металлургияси охириги даврларда қуйидаги йўналиш бўйича ривожланаяпти:

- минерал захирадан тўлароқ фойдаланиш;
- атроф мухитни ҳимоя қилиш;
- автоген жараёнларини кенг қўллаш;
- шлак билан мисни исрофгарчилигини камайтириш;
- пирометаллургияда кислороддан кенг фойдаланиш;
- узлуксиз ишлайдиган автоматлаштирилган тизимларни қўллаш ва бошқалардир.

Ривожланган давлатлар кенг миқдорда Толлинг системасидан фойдаланилаяпти. Толлинг – бу ривожланаётган давлатдан хом-ашё сотиб олиб, уни ўша ерда, ёки бошқа давлатларда қайта ишлаб, ўзларига тоза маҳсулотни олиб кетишдир. Бундай йўл Ўзбекистонга муносиб эмасдир.

Ишлаб чиқариш имкониятларидан фойдаланиш қуйидаги рақамлардан иборат, %

- АҚШ – 85,0 – 88,0;
- Канада – 95,0 – 97,0;
- Чили – 90,1 – 95,0;
- Замбия – 97,0 – 98,0;

Ўзбекистон бир йилда 100-120 минг тон. хомаки мис ишлаб чиқариш имконияти бор, лекин тозаланган мисни эса 200-210 минг тон. ишлаб чиқариш мумкин. Хомаки мисни олишдан уни тозалаш имкониятлари кўпроқдир.

Дунёда асосан мис традицион пирометаллургик схема: эритиш – конвертерлаш - тозалаш схемаси асосида олинади. Фақат уни 10 - 12% гидрометаллургик усули ёрдамида олинади.

Охириги давлатларда бир хил давлатларда (АҚШ, МДХ, Австралия, Замбия ва бошқаларда) мисни ҳисобдан ташқари рудалардан

гидрометаллургик усул билан ажратиб олишга аҳамият тобора ошиб бормокда. Бу уяли ва ер тагида танлаб эритиш усуллариدير.

Кўшма мураккаб рудалардан мисни танлаб эритиш цементлаш – флотация усули билан қайта ишлаш кенг тарқалган (Мостович схемаси).

Ҳамдўстлик давлатларида мис асосан Олмалик, Балхаш, Джезкаган, Норильск ва бошқа йирик тоғ - металлургия комбинатларида ишлаб чиқарилади. Бу комбинатлар тўлиқ схемаси: кончилик - бойитиш - хомаки мисни олиш - уни тозалаш - тайёр маҳсулот олиш қисмлардан иборатдир.

Олмалик шароитида ишлаб чиқаришга рудада 0,37 - 0,42% мис келади. Бу рудадан 16-18% мис бойитмаси олинади. Металлургик печларга юкланадиган шихтани таркибида 14 - 16% мис бор. Сульфидли мис бойитмасини икки хил печда: яллиғ ва кислород машъал эритилади. Олинаётган штейнда 25-40% мис бор. Бу штейн конвертерда қайта ишланиб хомаки мис олинади. Шлак таркибида 0,5 – 0,9% мис бор. Бу шлак ҳозирги пайтда фақат махсус жойларда сақланиб турибди. Ажралиб чиқарилаётган технологик газларда печь газларида 2,5 – 3,5% SO борлиги сабабли, булар очик ҳавога чиқарилади ва атроф муҳитни ниҳоятда заҳарлайди. Яллиғ печда газларида эса 7% гача олтингургурт бирикмалари бор ва улар сульфат кислотасини олиш учун юборилади.

Замонавий технологиялар асосида Олмалик комбинатида 12 компонент ажратиб олинади ва 20 хил маҳсулот ишлаб чиқилди. Ўзбекистон саноати мис билан тўла таъминланган, мисни катта ҳажми хорижий давлатларга экспорт қилиниб республикамизга валюта олиб келади.

Дунё бозорида 1 тонна мисни баҳоси: катод шаклидаги металл – 1500 – 1700 АҚШ доллари, катанка (сим) шаклидаги эса 3100 – 3200 АҚШ долларини ташкил қилади.

Мисни ишлаб чиқаришдаги тахминан сарф – харажатлари қуйидаги рақамларни ташкил қилади, % ҳисобида:

- Кончилик ва бойитиш босқичи – 50,4;
- Эритиш – 33,0;
- Тозалаш – 6,8;
- бошқарув – 4,1;
- транспорт – 4,7;
- бошқа турлари – 1,0;

Эски печларни ўрнига ва янги қурилаётган заводларда фақат замонавий автоген жараёнлар қўлланилиши кўзда тутилган.

Бу жараёнлар: ПЖВ (Ванюков жараёни), Финляндиянинг Оутокумпу, Норанда, Мицубиси, ТБРЦ ва бошқалардир. Иккиламчи захиралардан тоза мис олиш ҳам кенг йўлга қўйилган.

Келажакда мисни истеъмоли фақат кўпайиши мумкин. Шуни кўзда тутилган ҳолда Олмалик комбинатида янги замонавий печь ишга тушириши мўлжалланган. Фақат бу печь учун кончилик ишларини кенгайтириб шихтани кўпайтириш керак.

2-§ Сульфидли мис бойитмасидан штейн олий жараёнлари

2.1. Яллик печда эритишда материалларни тавсифи

Яллик печни шихтасига бойитма, флюс ва айланувчи материаллар киради. Олмалик кон-металлургия комбинатида олинадиган бойитмани кимёвий таркиби, % Cu - 16,0 - 18,0; Fe - 31,6 - 33,0; S - 35,5; SiO₂ 5,5; Al₂O₃ 2,3; CaO -0,1. Шу бойитмани минералогик таркиби, % Cu₂S 14,0; CuFeS₂ 20,0; Cu₅FeS₄ 1,0; FeS₂ 9,0; Fe₂O₃ 3,0; SiO₂ 5,5; CaCO₃ 02; қолганлари 7,3.

Бойитмани гранулометрик (кукун заррачаларнинг ўлчамлари) таркиби 0,15 мм (100 %) дан 0,043 мм (90 %) гача оралиғида ўзгаради. Филтрлашдан кейин намлиги 10-17 % ташкил қилади.

Ялик печни шлак таркиби ҳисобга олганда, шихтага ишқор ёки нордон флюслар қўшилади. Ишқор флюс ҳисобида охак кенг қўлланилади. Нордон флюс ҳисобида эса – кварц, ёки кремний диоксиди кўп миқдорли бўлган мис рудаси қўлланилади. Олмалик шароитида ўз таркибида олтин бўлган кварц рудаси қўлланилади. Ушбу рудани кимёвий таркиби, %: CuO – 36; SiO₂-68,6; CuO – 1,2; Fe-5,4; FeO – 5,5; MgO – 0,9; S-0,33.

Флюсни танлашда асосан транспорт сарф – харажатлари ҳисобга олинади. Шу нуқтаи назардан, сифати ёмонроқ бўлса ҳам, маҳаллий флюслар кенг қўлланилади.

Айланувчи моддалар ҳисобидан ҳар хил ранглар: куйдириш, боров, кошел-утилизатор, конвертер ва бошқалардир. Уларда миснинг таркиби 9,86 дан 44,6 % етади. Ундан ташқари чангда рух, қўрғошин, темир, олтингургурт, кремний диоксиди, алюминий ва кальций оксидлари мавжуддир.

Чанглар яллиғ печда қайта ишланади. Уларни заррачалари ўта майда бўлгани сабабли, чанг технологик газ билан қисман чиқиб кетиб, янгитдан айланувчи модда бўлиб қолади. Бу эса катта хажмдаги мисни фойдасиз айланиб юришига олиб келади.

2.2. Шихта тайёрлаш

Мис эритиш заводларда ҳар хил шихта тайёрлаш усуллари қўлланилади. Энг кенг тарқалган усул бу шихта компонентларни лентали конвейерларда аралаштиришдир. Махсус бункерлардан бойитма, флюс ва айланувчи моддалар тарозлардан ўтган йиғма конвейерга юкланади. Харакатланиш даврида, қайта юклаш поғонасида ва яллиғ печни бункерида шихта компонентлари яхши аралаштирилади. Бундай тизим осон ва кам харажатлидир, лекин шихтани бир хил таркибини ушлаб туриши қийин.

Энг яхши шихта тайёрлаш усули бу бединг-система. Шихта компонентлари қатлам-қатлам усули билан жойлаштирилиб, вертикаль кесими билан олишиб транспортерга берилади. Бундай система Японияда кенг қўлланилади. Система саноксиз моддалар иштирокида шихта тайёрлашга имкон яратади. Шихтани таркиби етарли даражада бир хил бўлади. Масалан, японияда 40 га яқин моддадан фойдаланилиб, шихтада мисни таркиби 0,54 % ўзгариши мумкин холос. Аммо Олмаликда бундай

система қўлланилмайди, чунки бунинг учун капитал маблағ сарфланиши керак.

Замонавий мис эритиш заводларда яллиғ печга қисман қуритилган (5-8 % НО) шихта юкланади. Куйдирилмаган бойитмани қўллашда шихтани иссиқлик истеъмоли ниҳоятда кўпаяди, транспорт ва юклаш шароитларида оғирлашади ва ишлаб чиқиш унумдорлиги пасаяди. Яллиғ печга куйдирилган бойитмани (огарокни) юклаш мақсадга мувофиқ бўлар эди.

2.3 Куйдириш

Таркибида мис кам бўлган дастлабки моддаларни истеъмол қиладиган, бир қатор заводларда қўлланилади. Олмалик шароитида бойитмада мисни миқдори борган сари камайиб борапти. Шунинг учун уни биринчи поғонада куйдириш ишлаб чиқиш самарадорлигини ошириш мумкин.

Дастлабки поғонада бойитмани куйдириш, мис миқдори юқорирак бўлган огарокни олиш, миси кўпроқ бўлган штейн ва сульфат кислотаси олиши мумкин бўлган технологик газларни олишга имкон яратади.

Куйдириш давомида оксид ёки сульфат қуйидаги яқунловчи реакциялар орқали ўтади:



Биринчи реакция деярли бир томонлама оқиб ўтади. Иккинчи реакция учун:

$$K_p = P^2 \text{SO}_3 / P_{\text{SO}_2} * P_{\text{O}_2} \quad (2.4)$$

Қаердан

$$P_{\text{SO}_3} = P_{\text{SO}_2} K_p * P_{\text{O}_2} \quad (2.5)$$

Куйидири учун энг мос дастгоҳ – бу қайновчи қатламли (КС) печдир. Куйдириш ҳарорати 650-750 °С) (сульфатлаш) ва 850-1050 °С) (оксидланиш)

Куйдириш жараёнлари АҚШ, Япония ва бошқа давлатларда кенг тарқалган. Сульфатли куйдиришда мисни 94-98% сувда эрийдиган бирикмаларга ўтади, қайсиларидан электролиз орқали эркин ҳолатда ажратиб олинади. Олмалик шароитида куйдириш жараёнини қўллаш режалаштирилмаган шихта юкланади.

Яллиғ печда катта хажмда органик углерод ёқилги ишлатилади. Бу жараёнда ажралиб чиққан иссиқликни таъсирида, печни ишчи хажми ва ваннасида турли физика-кимёвий ўзгаришлар оқиб ўтади: намни парланиши, шихтани исиши ва эриши, кимёвий ўзгаришлар ва шихта компонентларни бир-бири реакцияга кириши, штейн ва шлакни пайдо бўлиши, газ фазасини шихта ва эритма билан ўзаро таъсири ва ниҳоят қаттиқ, суюқ ва газ фазаларини печни футеровкаси билан.

Намлик шихтани юклашда кўпроқ сув буғлари парланади ва олтингугурт бирикмалари билан сульфат кислотаси буғларни пайдо бўлишига сабаб бўлади. Моддаларнинг парчаланиши ҳам жараёнинг биринчи дақиқаларида ўтади. Бу жараёнлар батафсил кейинги бўлимларда кўриб чиқилади.

3-§ Яллиғ печда эритишда моддаларни физика-кимёвий ўзгаришлари

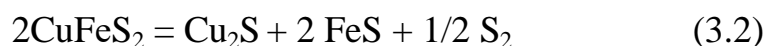
Яллиғ печда эритишда кимёвий ўзгаришлар юқори ҳарорат таъсирида оқиб ўтади. Биринчи навбатда мис бирикмаларини ўзгаришларини кўриб чиқамиз.

Бирикмада мис содда ва мураккаб сульфидларда учрайди: борнит, алькоперит, халькозин ва ковеллиндир.

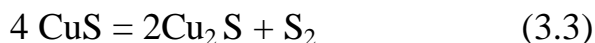
Борнит Cu_5FeS_4 қизитиш давомида реакция бўйича ажралади.



Жараён ҳаво атмосферасида $800-840^\circ\text{C}$ оқиб ўтади. Халькопирит CuFeS_2 ҳаво атмосферасида $515-555^\circ\text{C}$ оралиғида реакция орқали ажралади:



Олтингугурли мис CuS (ковеллин) кузатилиш даврида тикланиш ёки нейтраль атмосферасида енгил ажралади:

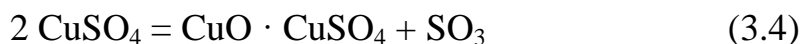


Жараён 502°C да оқиб ўтади.

Ярим олтингугуртли мис Cu_2S (халькозин) мураккаб кимёвий бирикма. Эриш ҳароратига етгунча ($1125-1135^\circ\text{C}$) қандайдир бирикмани таркибида ўзгаришлар рўй бермайди.

Мис оксиди CuO – енгил парчалананиши ва реакция натижасида мисни ярим оксиди Cu_2O пайдо бўлади. Cu_2O эса таркибида ўзгармаган ҳолда 1235°C суюқ ҳолатига ўтади.

Агарда шихтада мис сульфати, ёки бошқа бирикмалар бўлса, куритиш даврида улар ажралади. Масалан:



Жараён $780^\circ\text{C} - 812^\circ\text{C}$ ҳарорат оралиғида оқиб ўтади ва яқунловчи маҳсулот бўлиб мис оксиди ва олтингугуртни диоксиди бўлади. Мис оксиди кейинчалик мис ярим оксидига ажралади.

Концентратларда, қуйидагидай махалит, азурит ва бошқа мураккаб бирикмалар учраб туради. Бу минераллар $560-600^\circ\text{C}$ оралиғида парчалананишади ва Cu ни ҳазил қилишади. CuO эса юқорида кўриб чиқилган жараёнига дуч келади.

Темир бирикмалари

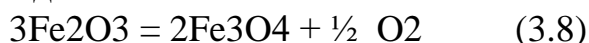
Юқорида кўриб чиқилган темир-мис сульфидлардан ташқари, мис бойитмасида эса пирротин Fe_7S_8 лар учраб туради.

Нейтраль ёки тикланиш атмосферасида қизитилса, $600^{\circ}C$ дан юқори ҳароратда пирит ажралади:



$1000^{\circ}C$ га ҳарорат ётганда пирит тўлиқ ажралади. Ўша ҳаво атмосферада темир сульфиди (FeS) мураккаб бирикма бўлиб, деярлик ажралмайди. Оксидлантирувчи атмосферада қизитилса, темир сульфидлари оксид ҳолатларига оксидланади (Fe_2O_3 гематит ва Fe_3O_4 – магнетит).

Гематит $1560^{\circ}C$ эрийди, лекин ҳаво атмосферасида $1350-1380^{\circ}C$ оралиғида енгил ажралади:

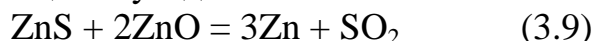


Магнетит мураккаб кимёвий бирикма. Нейтраль ва оксидлантирувчи атмосфераларда $1590^{\circ}C$ да суяқ ҳолатида ажралмасдан ўтади.

Темир оксиди FeO (вюстит) ўта мураккаб бирикма, нейтраль атмосферасида қизитилса умуман ўзгармайди. Оксидлантирувчи атмосферада юқори оксид ҳолатларга осон ўтади – масалан магнетитга.

Мис бойитмасида мавжуд булган рух кўрғошин ва бошқа металл бирикмаларини ўзгариши қисқача кўриб чиқамиз.

Рух сульфиди ZnS қисман оксидланади, қисман парчаланади, қисман эса реакцияга кириб металл ҳолга ўтади.:



Яллиғ печда эритишда рух жараён маҳсулотларида қуйидагидай тақсимланади, %: штейнга 45,5; газ ва чангга 5,5.

Мис бойитмасида кўпинча кўрғошин сульфиди FeS бор. Яллиғ печда эритиш даврида кўрғошин тақсимланади, %: 30 штейнга, 59,6 шлакга, 10,4 чанг ва газларга.

Мис бойитмасида кўпинча мышьяк, сурьма, висмут ва камёб металллар бор. Уларни кимёвий айланишларини батафсил кўрмасдан туриб, жараён маҳсулотларига тақсимланишларини келтирамиз, %:

	As	Sb	Bi
Шлакга	54,2	54,0	7,6
Газга	11,8	16,0	85,4
Чиқиш даражаси	66,0	70,0	93,0
Штейнга	34,0	30,0	7,0

Камёб металлларнинг тақсимланиши, %:

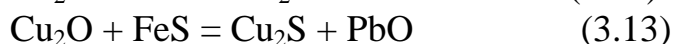
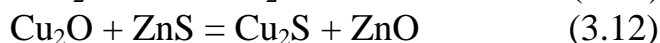
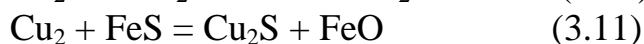
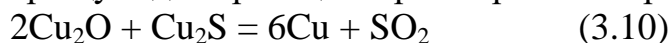
	Cd	In	Ge	Te	Se	Te
Штейн	59	55	33	53	70	62
Шлак	17	40	54	3	9	18
Чанг	24	5	13	9	21	20

Жинс минераллар кремнезем SiO_2 , глинозем Al_2O_3 , калций оксиди CaO ва бошқалар, деярли ўзгармаган ҳолда, шлак таркибига тўлиқ ўтишади.

Шихта компонентларни кимёвий ўзаро боғланишлари

Шихта моддаларни иситилишида, печни ёнбағрида фақат мураккаб бирикмалар қолади. Оксидлардан бу Cu_2O , Fe_2O_3 (1250°C гача), Fe_3O_4 , ZnO , PbO ва жинс оксидлари: комплекс бирикмалардан эса $\text{Cu}_2\text{O} * \text{Fe}_2\text{O}_3$ ва $\text{ZnO} * \text{Fe}_2\text{O}_3$; сульфидлардан FeS , ZnS , PbS . Ялиқ печда кимёвий ўзгаришлар кўрсатилган моддаларни ўзаро боғланишлари орқали ўтади.

Мис бирикмалари қуйидаги реакцияларга киришишлари мумкин:

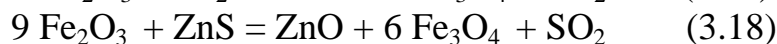
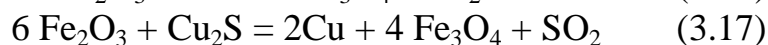
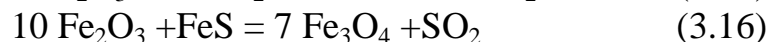


900°Cдан бошлаб бу реакциялар тезлик билан ўтади ва натижада мис, мис ярим сульфидлари пайдо бўлади:

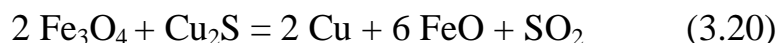
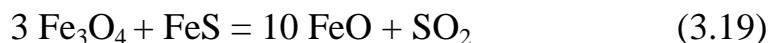
Эркин мис сульфид ҳолатига ўтади.:



Темир оксид сульфидлар билан қуйидаги реакцияларга киришишлари мумкин:

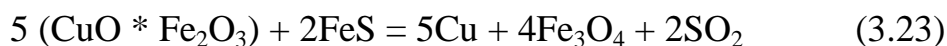


Ушбу реакциялар 500-900°C оралиғида ўтади. Ялиғ печда эришишда шихтада сульфидларни борлиги магнетитни тикланишга олиб келади:



Бу раекциялар интенсив ҳолатда 1170°C дан бошлаб оқиб ўтади. Шихтада кремний диоксидини борлиги бу реакцияларни тезроқ ва тўлароқ оқиб ўтишига олиб келади.

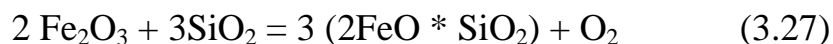
Мис феррит сульфидлар билан реакцияси қуйидагича оқиб ўтиши мумкин:



Бу реакциялар 1100-1150°C ларда оқиб ўтади.

Кремний диоксиди мавжудлигидир реакциялар ўтади.:





Ушбу реакцияларнинг натижасида яллиғ печда штейн, шлак ва технологик газ маҳсулотлари пайдо бўлади. Бу эса яллиғ печда эришишнинг асосий мақсадидир.

4-§ Яллиғ печда эритишнинг амалиёти

Яллиғ пучда юқори ҳароратда эрийдиган шихта моддалари қўлланилади. Шунинг учун жараёнга нисбатан катта ёқилғи сарфланади. Қаттиқ, суюқ (мазут) ва табиий газ ишлатилиши мумкин. Мазутни тахминий кимёвий таркиби, %: С^р 82,5; Н^р 10,6; N^р 0,3; O^р 0,2; S^р 3,1; A^р 0,3; W^р 3,0. Табиий газни таркибида, %: CH₄ 92,0 – 95,3; Cm Hn 0,4-4,9; H₂ 1,3-2,0; CO 0,6; CO₂ 0,3-0,4; H₂ S 0,2; N₂ 3,0; O₂ 0,5. Иссиқлик чиқариш қобилияти кДж/кг: мазут – 38976, табиий газники эса 36492. Ёқилғини тури ва шаклини танлашда асосан иқтисодий муаммоларни аҳамияти катта. Ўзбекистон шароитида қаттиқ ёқилғи – кўмир кукуни қўлланилмайди. Асосан – табиий газ ишлатилади. Қиш даврида, газни етишмовчилик шароитида, мазут кенг қўлланилади.

Яллиғ печда асосан мазутни 40, 100 ва 200 маркалари қўлланилади. Мазутни танлашда уни таркибида парафин борлигига аҳамият берилади. Чунки парафин мазутни ёпишқоқлигини ошириб юборади ва уни ёқишда катта муаммолар туғдиради.

Яллиғ печни асосий ёқилғиси – табиий газдир. Газ печда $0,07-2,5 \cdot 10^5$ Па ли ортиқча босим билан берилади. Ортиқча бериладиган ҳавони $k=1,00-1,05$. Горелкаларни ишлаб чиқиш унумдорлиги бир соатга 1100 м.

Яллиғ печлар аниқланган иссиқлик тартиб бўйича ишлайди. Тартибни асосий белгилари: иссиқлик юклама, бир горелкага ҳавони сарфи, печни охирида ҳавони тортиш кучи, печдан чиқаётган газнинг таркиби ва печни ишчи хажмида ҳароратнинг тақсимланиши.

Иссиқлик юкламаси печни ишлаб чиқариш унумдорлигини аниқловчи омилдир. Буни белгиси - бир соатда ёқилғини сарфланишидир: кг ёки м.

Иссиқлик юкламаси қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$W = Q_n^p * B, \text{ кДж/с} \quad (4.1)$$

бунда: Q_n^p - ёқилғини энг паст иссиқлик чиқариш қобилияти, кДж/кг (м);

B – бир соатда ёқилғини сарфи, кг ёки м³

Ҳар печга иссиқлик юкламаси тажриба орқали аниқланади ва уни қиймати омиллар билан боғлиқдир: печни ўлчамлари, ишлаб чиқариш

унумдорлиги, газ ўтказиш системасини имкониятлари. Агарда оқилона иссиқлик юкламаси аниқланмаса, ёқилғини бефойда сарфи кўпаяди, газнинг тезлиги 10 м/с дан ошиб кетади, чангни ажралиб чиқиши ошади ва бошқа зарарли кўрсаткичлари фойда бўлади.

Олмалик заводида печнинг фойдали сирт 240м^3 , иссиқлик юкламаси $218 \cdot 10^6$ кДж/с, иссиқлик кучланиши $907 \cdot 10^6$ кДж(м³·с)

Ёқилғи ҳисобида газ ишлатилса, чиқаётган газнинг таркиби, %: CO₂ 8-9; H₂O 17,5 – 18,5; N₂ 70-72; SO₂ 1,5 – 3,0.

Печнинг охирида ҳарорат нормаль ҳисобланади, агарда газнинг ҳарорати шлак ҳароратига нисбатан 70-100⁰С ўзгарса – бу нормал ҳисобланади.

Шихта юклаш

Замонавий печларда шихта дастгоҳни икки ёнидан жойлашган махсус тешиқлар орқали қўлланилади. Деворни ёнида жойлашган шихта уни юқори ҳарорат ва эритма таъсиридан сақлайди. Бундай тартибда чангни ажратиб чиқиши шихтага нисбатан 1,09% дан ошмайди. Агарда шихта таркибида 14,4% мис бўлса, чанг таркибида фақат 8,1% бўлади. Шихта печни ёмбоғида жойлашади. Ёмбоғнинг бурчаги 45-60⁰ бўлса нормал ҳисобланади.

Печга шихтани юклаш тезлиги ва такрорланиши уни ишлаб чиқариш унумдорлигига боғлиқдир. Бундай суткада 1500-2000 шихта қайта ишлайдиган печларда, бир юкланганда 200-250 т шихта юкланади. Қоидағидай, заводда 6 соатда сменада 2-3 марта шихта юкланади. Шихтани узлуксиз юкланиши печни яхшироқ ишлашига олиб келади. Аммо, бунда тешиқлардан технологик газларни ва иссиқликни чиқиб кетиши печни иссиқлик таркибини ўзгартиради ва ишлаб чиқариш унумдорлиги пасаяди. Масалан, Олмалик заводида бир сменада 3 марта ўришга 4 марта юклаш, ишлаб чиқариш унумдорлигини 10% га пасайтиради.

Конвертер шлакини печда, агрегатни бош томонида жойлашган, махсус ойнадан желоб ёрдамида солинади. Шлакни кичкина оқим билан қўйилади, чунки эритмани катта ҳаракатланишига олиб келади, ёмбоғни ювилиб кетиши мумкин.

Суюқ маҳсулотларининг чиқарилиши

Ҳар бир печь лойиҳалаш даврида суюқ ваннани аниқ баландлигига мўлжалланади. Баландлигини кўтарилиши печь ишига салбий таъсир қилади: ишчи хажм камаяди, ёмбоғни иссиқлик қабул қилиш сирти пасаяди, газнинг ҳаракатланиш тезлиги ошади. Қоидагига, ваннани умумий баландлиги 90-120 м ни ташкил қилади.

Ваннанинг баландлиги штейн ва шлакларни баландлигига боғлиқдир. Штейнни баландлиги уни авария ҳолатдаги оқиб чиқиши ва магнетит настъли пайдо бўлиши билан аниқланади. Ваннани баландлиги эритма босимини ошириб кладка орқали оқиб чиқишига олиб келиши мумкин. Баландликни пасайиши шлакни ҳароратини камайиши ва печни пастида

магнетитни чўкишига олиб келади. Шунинг учун штейнни энг юқори баландлиги 60 см, пасти эса 25-30 см ташкил қилиши керак. Шлакнинг оқилона баландлиги 40-60 см.

Шлакни печдан махсус ойнадан чиқарилади. Шлакда мисни исрофгарчилигини камайтириш учун шлакни тепа қатламидан 10-100 мм пастроқ жойлашган эритмани чиқариш керак. Шлакни печдан энлиги 2-5 см бўлган оқим билан чиқарилади.

Штейнни печдан махсус шпур ва сифон ёрдамида чиқарилади. Штейн вақти-вақти бўйича, конвертерларни ишлашига боғлиқ бўлган ҳолатда чиқарилади.

Яллиғ печни нормаль ишлаши учун техникавий назоратига боғлиқдир. Назорат иссиқлик тартибини, моддаларни тарозида тортилиши, дастлабки хом-ашё ва маҳсулотларни кимёвий таҳлили ва бир неча бошқа кўрсаткичларни аниқлайди. Кимёвий таҳлил бойитма, флюс, конвертер шлаки, айламчи материаллар ва жараён маҳсулотлари қилинади. Сменали намуналарни Cu, Fe, S, SiO₂, CaO ларга таҳлил қилинади: конвертер шлакини -Cu га, шлакни Cu, Fe, SiO₂ ва CaO. Суткали намуналар таҳлил қилинади: бойитма – Cu, S, SiO₂, CaO, Al₂O₃; флюслар - SiO₂, Fe, CaO, Al₂O₃; штейн Cu, Fe ва S айланувчи моддалар – Cu, Fe, SiO₂, S, Al₂O₃; шлак – Cu, Fe, SiO₂, CaO, Al₂O₃, MgO.

Техника – иқтисодий кўрсаткичлар

Ҳар қандай металлургик заводни иш фаолияти техника – иқтисодий кўрсаткичлар билан баҳоланади. Асосий кўрсаткичлар: солиштирма эришиш қобилияти, солиштирма ёқилғини сарфи, суяқ эритиш жараёнини маҳсулотларни чиқиши, мисни штейнга ажратиб олиш даражаси, қувват, сув ва огнеупор ғиштларни 1 т. шихтага сарфи.

Солиштирма эритиш қобилияти замонавий яллиғ печларда 4,5 – 2 т/м² сутка оралиғида ўзгаради.

Яллиғ печлар турли ёқилғилар билан ишлайди. Жараёнга сарфланадиган иссиқликни баҳолаш учун, солиштириш шартли ёқилғини сарфи билан баҳоланади. Шартли ёқилғи ҳисобида 7000 ккал/кг (29400 кДж/кг) органик модда қабул қилинган. Яллиғ печда шартли ёқилғини сарфи кенг минтақа 1 т. шихтага 110 дан 290 кг ўзгаради. Бундай катта оралиқ хом-ашёни сифати, ишлаб чиқариш тартиби, маҳсулотларни сифати, эритма ва газни ҳарорати ва бошқа ўзгарувчан омилларга боғлиқдир.

Яллиғ печда ўтадиган жараёнда мисни штейнга ажратиб олиш даражаси 5,0- 99,5% ташкил қилади. Мисни шлак билан исрофгарчилиги 1,5 – 2,6% ташкил қилади. Мисни газ билан исрофгарчилиги 0,5- 1,5% оралиғида. Электр қуввати сарфи 1 т. шихтага унча катта эмас – 15-25 квт * с. 1 т шихтага огнеупор ғиштнинг сарфи 0,14 кг ташкил қилади.

Ишлаб чиқариш корхонасини умумлаштирилган кўрсаткичи - бу маҳсулотни таннархидир. Мис саноатида умумий сарф – ҳаражатларнинг 40-60% хом ашёга тегишлидир, бойитиш жараёнига 20-40% ва металлургик қайта ишлашга 20-30%.

Олмалик мис заводида яллиғ печда эритишнинг сарф – ҳаражатларнинг тузилиши, %

Ёқилғи – 26

Қувват сарфи – 53

Ишчилар маоши – 5

Цех сарфлари – 7

Дастгоҳни эксплуатацияси – 9

Жами – 100.

5-§ Сульфидли мис бойитмасини кислород - машъал печда (КФП) эритиш

5.1 Шихта материаллари ва уларни эритишга тайёрлаш

КФП жараёни биринчи марта Канаданинг «Копер Клиф» заводида қўлланган. Жараён «автоген» номини олган, чунки ташқаридан ёқилғини сарфланмайди. Жараён учун керак бўлган иссиқликни изотермик реакцияларидан олинади.

Олмалик мис заводида КФП жараёни 1968 йилдан бери қўлланилади. Печнинг хажми 580 м, фойдали майдони 120 м, ишлаб чиқариш унумдорлиги – 12 т/м суткасига. Бир суткада печь 2000 т. шихтани қайта ишлашга имкони бор.

КФП ни шихтасига бойитма, флюс ва айланувчи чанг киради. Жараён ёрдамида турли моно ва полиметаллик бойитмаларни қайта ишлаш мумкин. Бойитмаларни минералогик таркиби турлидир. Мис минераллари халькопирит, борнит, халькозин, темир-пирит ва пирротин билан келтирилган.

Бойитмани гранулометриқ таркиби (0,147 (100% дан 0,043 (90%) мм гача оралиғида ўзгаради. Фильтрациядан кейин бойитмани намлиги 10-17% ни ташкил қилади.

КФП жараёни бойитмани чуқур оксинтириш ва мисга бой штейн олиш билан боғлиқдир. Дунёда таниқли шихта тайёрлашдан энг яхши системалардан бири - бу бединг-система. Шихта компонентлари қатлам-қатлам шаклда бир-бири устига юкланади ва вертикаль кесимда конвейерга ортилади. Бунда шихта моддалари яхши аралаштирилади. Шихта теришга катта маблағ сарфланишига қарамай, бединг-система таркиби бир хил бўлган шихтани тайёрлашга имкон яратади, йирик ва кукун моддалар билан ишлаш мумкин.

Бединг-система Япония заводларида кенг қўлланилади. Масалан, «Хитачи» заводида 8 хил маҳаллий бойитма, 10 хил хорижий бойитма, 4 хил хорижий цементли мис ишлатилади. Метариалларда миснинг миқдорлиги 2 % дан 37 % гача ўзгаради. Ана шунга моддалардан бединг-система таркиби

деярли ўзгармайдиган шихтани олишга имкон яратади. Масалан, шихтада мисни ўзгаришини ҳисоблаганда нисбатдан 0,49 %, темир бўйича 0,56 % ва олтингугурт бўйича 0,68 % фарқ қилади. Моддаларни тақсимланишини ҳар кун ЭХМ ёрдамида ҳисобланади. Шихтани хажми уч кун ишлашга мўлжалланган. Иккита, хажми 1700 т. бўлган, шихта тайёрлаш мажмуасида мавжуддир.

Олмалик комбинатида ҳўл шихта тайёрлаш системаси қўлланилади. Бу системасининг маъноси: янчилган флюс пульпаси билан бойитма пульпаси аралаштирилади. Пульпа бу қаттиқ ва суоқ моддаларни аралашмасидир.

5.2 Шихтани қуритиш

КФП жараёнини амалга оширилиши қатъиян шарти-шихтани ўта қуритилишидир. Қуритилгандан кейин шихтани намлиги 0,1-0,15 % дан ошмаслиги керак. Ундан намроқ шихта йирикроқ бўлиб, КФП ни принципага жавоб бермайди, чунки моддаларни кукуни печни ичида бир – неча сония давомида учар ҳолатда бўлиши шарт. Анна шу учиш ҳолатида заррачани бутун сирти бўйича оксидланиш реакцияси ўтиб, КФП жараёни амалга оширилади. Шихтани ўта қуритиш учун доира шаклдаги печь ёки вертикаль жойлашган қуритиш трубалар қўлланилади.

Олмалик мис заводида вертикаль қуритиш трубалари қўлланилади, ҳаммаси бўлиб 2 труба ўрнатилган. Қуритиш жараёни ишлаш принципи қуйидагидай: трубани паст томонидан катта тезлик билан иссиқ газ юборилади (30-40 м/с). Иссиқ газнинг оқимиға нам (7-8 % H_2O) бўлган шихта юкланади. Шихта моддалари учиб турган ҳолатда қуритилади, намсизланган кукун эса трубани юқори қисмиға учиб чанг илиш системаларига юборилади.

Қуритиш трубалари махсус печларда ёқиладиган табиий газ билан иситилади, ҳароратни бошқариш учун махсус печға иккиламчи совуқ ҳаво берилади. Моддаларнинг бир соатли сарфи: табиий газ 600-800 м, бирламчи газ ёқиш учун) ҳаво 6000-8000 м. Бирламчи ва иккиламчи ҳаволарнинг нисбатлиги шароитларға қараб 1:1 дан 1:1,3 гача ўзгаради. Труба бўйича газнинг ҳарорати: трубаға кириш қисмида 300-450°C. Моддани труба бўлиш даври 1,3 сониядан ошмайди. Жараён қатъиян бошқарилиши керак ва ишлар тизими ўзгармасдан сақланиши керак. Масалан, модда камроқ келиб қолса, трубани ҳарорати ошиб кетади ва сульфидлар аланға олади. Агарда шихта кўпроқ юкланса ҳарорат пасайиб кетади ва модда тўла қурилмайди. Назоратға муҳтож бўлган нуқталар: нам шихтани сарфи, иссиқ газнинг ҳарорати трубадаги ҳароратлар, бирламчи ва иккиламчи ҳаволарнинг нисбатлиги. Бундай назоратни автоматик тизими бошқариш керак.

Қуритиш трубалари-юқори ишлаб чиқариш унумдорлиги ва ишончлиги ўта қурилиш дастгоҳларидир. Бир соатда 60-80 т. шихтани қуритишға доир, қуритилган моддани сарфи 20-22 кг/т ёки 280-320 кг/т намликка. Трубаларни оқилона ишлаш шартларидан бири бир текис моддаларни юклаш ва атмосфера ҳавосини ортиқча печға киришидир.

Трубани ишлашени такомиллаштириш учун газни қайтадан, иккиламчи хавони ўрнига, печга қайтаришдир. Бу тадбир ёқилғини сарфини камайитиришга ёрдам беради. Бу газлар 60-70°C иссиқликка эга ва уларни микдориди 15-17 % кислород бор.

6-§ Мис сульфидли бойитмасини кислород-машъал печида (КФП) эритишда физика-кимёвий жараёнлар

КФП жараёни, яллиғ печга нисбатан, анча мураккабдир. Агарда яллиғ печда деярлик нейтраль атмосфера сульфидларни оксидлантормаса, КФП намунавий реакцион жараён, қайсиларда сульфидлар интенсив ҳолатида оксидланади.

КФП да кимёвий ўзгаришлар юқори ҳарорат ва кислород таъсирида оқиб ўтади.

Бойитмада мис оддий ва мураккаб сульфидлар турида учрайди: борнит, халькопирит, халькозин ва ковеллиндир. Айланувчи чангда эса оддий оксид, сульфат ва феррит ҳолатларда.

Борнит $Cu_5 FeS_4$ иситиш даврида ажралади:



Жараён ҳаво атмосферасида 800-840°C оралиғида ажралади:



Мис сульфиди (CuS) иситилишида осон ажралади:



Пирит иситилишида ажралади:



Агарда иситиш оксидлантирувчи атмосферада бўлса темир сульфиди гематит Fe_2O_3 ва магнетит Fe_2O_3 ларга ўтади.

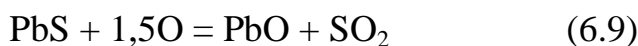
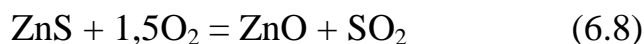
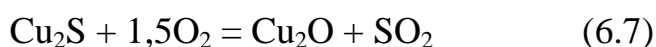
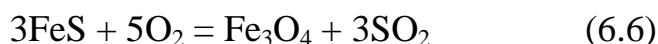
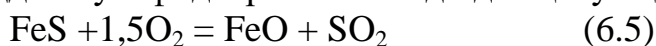
Рух мис бойитмасида сульфид ҳолатида (ZnS) учрайди, айланувчи чангда эса – ZnO , $ZnSO$ турларда. Эритиш даврида рух қисман газ фазасига ўтади, чунки уни кислород ва олтингугурт бирикмалари 1300-1400°C ҳароратларда учиш қобилятига эга. Жараён маҳсулотлари бўйича рух тахминан қуйидагига тақсимланади, %: штейнга 3-15; чангга 15-25; шлакга 62-72.

Агарда мис бойитмасида кўрғошин бўлса, у жараён маҳсулотлари бўйича камёб металлар қуйидагича тақсимланади, % .

	Cd	Jn	Ge	Te	Se	Te	Re
Штейнга	12	20	9	18	38	18	12
Шлакга	8	41	61	22	13	10	10
Чанг ва газга	80	39	30	60	49	72	78

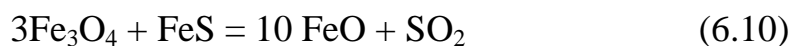
КФП ўзи билан юқори ҳароратли оксидлантириш ва сульфидларни эритишни чорлайди, шунинг учун сульфидлар эритиш даврида қуйдиришга мос ўзгаришларга дуч келади.

Мураккаб бирикмаларни ажралиш жараёнлари кенг тарқалганлиги, оксидланишга фақат оддий сульфидлар етиб келади деб қабул қилса бўлади:

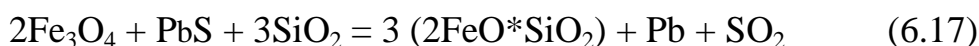
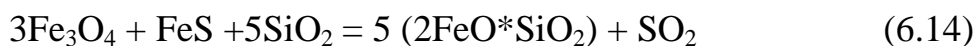


Темир сульфиди вюстит (FeO) ва магнетит (FeO) ларгача оксидланиши мумкин. КФП жараёнини шароитлари шунақаки, FeS асосан магнетит шаклига оксидланади. Жараённинг суёқ маҳсулотларида магнетитни миқдори уни сульфидлар билан тикланиш реакцияларини оқиб ўтишига боғлиқдир. Бу реакцияларнинг тез ва тўлиқ ўтиши эритма таркиби, газ фаза ва ҳароратнинг реакциясидир.

Магнетит сульфидлар билан қуйидаги реакциялар билан ўзаро боғланади.

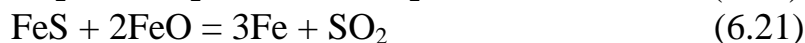
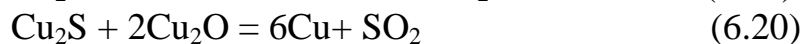
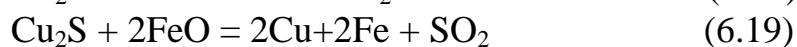


Кремний диоксиди мавжудлигида, магнетит сульфидлар билан қуйидагича ўзаро боғланади:



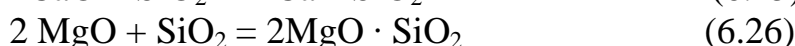
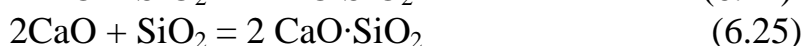
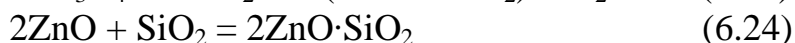
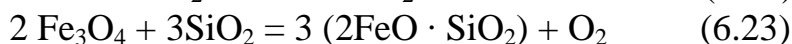
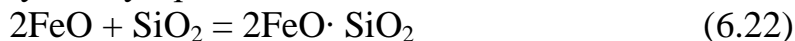
КФП жараёнида магнетитни суёқ маҳсулотлардаги таркиби SO_2 ни парциал босими, шлак нордонлиги ва FeS ни штейндаги миқдорига боғлиқдир. Мисга бой штейнни олиш сульфидларни чуқур оксидланишига боғлиқдир. Бу тадбир эса магнетит шлакдаги миқдорлигини оширади.

Жараён маҳсулотларида мис ва темирни юқори миқдорлигини ҳисобга олганда уларни оксид ва сульфидлари ўзаро боғланишлари қизиқиш уйғотади.



Мис оксиди ва сульфиди ўзаро боғланиб металлни пайдо бўлиши КФП жараёни шароитларига боғлиқдир. Штейнда FeS ни борлиги Cu₂O ни сульфид ҳолатига ўтказди. Демак, КФП шароитида (6.20) реакцияни оқиб ўтишига имконият йўқ.

Флюс таркибидаги оксидлар жараён маҳсулотлари билан қуйидаги реакциялар бўйича ўзаро боғланади:



КФП жараёнида оқиб ўтадиган физика-кимёвий ўзгаришлар натижасида штейн ва шлак пайдо бўлади. Асосий ўзаро боғланишлар машъал хажмида оқиб ўтади, қаерда сульфидларни оксидланиш натижасида оксид – сульфид эритмаси пайдо бўлади. Бундай эритмада оксид-сульфид нисбатлиги дастлабки шихтани таркиби ва сульфидларни қуйдириш чуқурлигига боғлиқдир. Сульфидларни қуйдириш даражасини ошириш ва флюсларни қўшишга оксидланиши оксидларни кўпайишига олиб келади.

Оксид - сульфид аралашмасини штейн ва шлакга ажралиши печни ваннасида яқунланади. Ажралиш эритмаларни ҳар хил физика-кимёвий хусусиятларга эга бўлганлари асосида ўтади. Биринчи қаторга бу эритмаларнинг ҳар хил зичлиги ва сирт таранглигидир. Шлакнинг намунавий таркиби, %: 0,8-1,0 Cu; 32-35 SiO₂; 37-40 FeO; 6-8 CaO. Штейннинг таркиби, %: 32 – 36 Cu; 32-36 Fe; 24-26 S; 7 – 8 Fe₃O₄.

Олмалик заводида эритмалар билан бир суткада 100 т яқин магнетит олиб чиқилади. Тикланмаган магнетит ваннада штейн ва шлакга тақсимланади ва бу жараён тенглама орқали баҳоланади.

$$K = \% \text{Fe}_3\text{O}_4 \text{ шл} / \% \text{Fe}_3\text{O}_4 \text{ шт} \quad (6.27)$$

Магнетит асосан шлакда йиғилиб печдан чиқарилади.

Магнетитли эритмадаги миқдорлигини кўпайиши печда чўкма пайдо бўлишига олиб келади. Чўкма печни ишчи хажмида камайтиради, кимёвий реакцияларни оқиб ўтишига ҳалақит беради, дастгоҳни ишлаб чиқариш унумдорлигини камайтиради, шлак билан мисни исрофгарчилигини оширади. Магнетитдан пайдо бўлган чўкмани эритиш учун печни ҳароратини ошириб жараёнга қўшимча кремнийзем флюсини юклаш керак.

7-§ Кислородли машъал печни (КФП) конструкцияси ва уни ҳисоблаш

Биринчи КФП печи 1953 йилда Канаданинг «Копер Клиф» заводида ишга туширилган. 1868 йилда Олмалик заводида худди шундай печь ишга туширилди. Иккала печнинг конструкцияси бир хилдир.

Печнинг фундаменти монолит темир бетондан тайёрланган. Фундаментнинг устига эни 50 мм бўлган чўян плиталари жойлаштирилган. Плиталарга бетондан тайёрланган қатлам қуйилган.

Печнинг ишчи таги (лешадь) уч қатор огнеупор ғиштидан ясалган: энг пасти эни 230 мм бўлган шамот, ўрта қисми – 230 мм магнезитохромит ва сирт ишчи қатлами эни 460 мм бўлган мегнезитохромит ғиштидан тайёрланган. Лешадни тепа қисми ён томонини териш учун параметр бўйича горизонталь шаклда ясалган. Ён томони нормаль магнезитохромит ғиштидан ясаиб уни энлиги 810 мм ташкил қилади, бош ва оёқ томонларини эни эса 920 мм. Печни ишчи тепа қисми (свод) эни 460 мм бўлган магнезитохромит ғиштидан терилган.

Печни мустахамлаш учун эни 15 мм бўлган пўлат кужух, 55 номерли двутавр ва 50 мм ли пўлат тягалар махсус қурилмаларда ишлатилган.

Шлакни печдан 2 та, сув билан совитадиган, мисдан ясалган лейка орқали чиқарилади. Лейкалар печни оёқ деворида бўлиб лешаддан 700 мм баландликда жойлашган.

Штейн бир-бири билан боғланган иккита сосуд тизимида ишлайдиган сифондан чиқарилади. Сифонни юқори остонаси тенглама орқали топилади:

$$H = (h_1 g_1 + h_2 g_2) / g_1 \quad (7.1)$$

Бунда: h_1 ва h_2 – штейн ва шлак ванналарини ўртача баландликлари, см
 g ва g – штейн ва шлакни зичлиги г/см.

Печни ҳисоблаш

КФП печни ҳисоблаш уни эритиш зонаси, аптейк ва асосий ўлчамларини аниқлашдан иборат. Печнинг асосий ўлчамлари – баландлик, диаметр ва ишчи хажми. Моддаларни тушиш пайти, сульфидларни оксидланиш реакция давоми ва газ оқимини тезлиги асосида ҳамма керакли ўлчамларни ҳисобласа бўлади.

Эритиш шахтасини баландлиги формула ёрдамида аниқланади: $h=W / t_1$, гл.

$$H = W / t_1, m \quad (7.2)$$

Бунда W – шихта моддаларни тушиш даври, м/с.

T – сульфидларни оксидланиш реакциясининг давоми, шихтада топилиши мумкин:

$$W = 2/9 (\delta - S) g r^2 / \tau \quad (7.3)$$

Бунда: τ – моддани радиуси, гл

δ - моддани зичлиги, кг/м³

- газ фазасини зичлиги, кг/м³

Моддани зичлиги бойитмани таркибига боғлиқ бўлиб 4000-4500 кг/м³ ташкил қилади. 1450-1500°С оралиғида газ фазасининг зичлиги 0,30-0,35 кг/м³. Ўша ҳарорат оралиғида газ фазасини ёпишқоқлиги $16-17 \cdot 10^{-5}$ м²/с ташкил қилади. Ҳисоблаш учун моддани ўртача радиусини олиш керак. КФП жараёнида, кинетик маълумотларга кўра, сульфид бойитмасидаги моддани оксидланиш вақти 1 сонияни ташкил қилади.

Эритиш шахтасини кесим майдонини тенглама орқали топилади:

$$S = V / W \cdot \text{гл} \quad (7.4)$$

Бунда: v – технологик газнинг хажми, гл/сек

W – газнинг ҳаракатланиш тезлиги, м/сек.

Газнинг хажмини берилган шихта компонентларини металлургик ҳисоботлар билан топилади. Газнинг тезлигини шихта моддасини эркин тушиш вақтига тенг деб қабул қилинади.

Шихтани баландлиги ва кесимини билган ҳолда, уни диаметр ва хажми аниқланади. Шихтани хажми тўғри топилгани, печни ишлаб чиқариш унумдорлиги, шихтани иссиқлик кучланиши орқали текширилиши мумкин. Иссиқлик кучланиш КФП жараёни учун $240-290 \cdot 10^3$ кДж/м³*соат ни ташкил қилади.

Газ эгаллайдиган жой майдон кесими (м²) тўғрибурчак қисми ва сегментдан ташкил топади:

$$S = bh + r^2 (\varphi - \text{Sin } \varphi^\circ) / 2 \quad (7.5)$$

бунда b – камерани энлиги, м;

h – тўғри бурчак қисмини баландлиги, м;

r – сводни радиуси, м;

φ - ва φ° – марказий бурчакнинг радиан ва градусда ўлчамлари.

Суюқ ваннани баландлиги, қоидадагидай 1 м ташкил қилади, шлак қатламини энлиги 0,6 м, штейнники эса – 0,4 м. Шлак ваннасини хажми (м³) тенглама орқали топилади:

$$V^1 = V t \quad (7.6)$$

Бунда: V – шлакни хажми, м/соат

t – шлакни ваннада бўлиш вақти, соат.

Шлакни соатбай ажралиб чиқиши, печнинг ишлаб чиқиш унумдорлигини ва шихтанинг таркибига боғланган ҳолда, технологик ҳисоботлардан аниқланади.

Штейн ваннасини хажми, қоидадагидай $0,7 V^1$ га тенг бўлади, ваннанинг бутунлай хажми эса $1,7 V^1$ дир. Ишчи камерани узунлиги аниқланади:

$$l = 1,7 V / v h \quad (7.7)$$

бунда: v – ваннанинг энлиги (камерани газ эгаллайдиган жойнинг энлигига тенг) м;

h – ваннадаги эритмани баландлиги, м.

Аптейкни кесиш майдонини газнинг хажми ва тезлигидан топилади. Аптейкга киришдан олдин газнинг хажми бир оз камроқдир, уни ҳарорати $1250-1300^\circ\text{C}$ гача пасаяди. Аптейкда газнинг тезлигини 10-12 м/с қабул қилинади.

КФП печини газ эгаллайдиган зона хажмини берилган ишлаб чиқиш унумдорлиги, шихтани иссиқлик чиқариш ва иссиқлик кучланиши орқали топилса ҳам бўлади:

$$V = Q Q_{\text{каттик}} / W \quad (7.8)$$

бунда: Q – бир соатда ишлаб чиқариш унумдорлиги, т;

$Q_{\text{каттик}}$ – шихтани иссиқлик чиқариши, кДж/т;

V – иссиқлик кучланиши, кДж/(м * соат)

Газ эгаллайдиган зонани майдон кесими аниқланади:

$$S = V / 1 \quad (7.9)$$

Эритиш зонасининг узунлиги (1) машъалнинг аэродинамик узунлиги орқали топилади (қоидадагидай $l = 12 - 14$ м).

8-§ КФП жараёнининг технологияси

Қуритилган шихтани КФП га аэрацион (хаво ёрдамида) транспорт воситаси билан юкланади. Юкланаётган шихтани сони радиоактив зичликни ўлчайдиган дастгоҳ ёрдамида аниқланади. Шихта горелкалари печнинг бош томонида жойлашган. Горелка ўзи билан, сув билан совитиладиган, корпусга жойлашган металлик трубани тасаввур қилади. Горелкани ишлаш кўрсаткичлари:

Шихта бўйича ишлаб чиқиш унумдорлиги – 25-30 т/соат; Кислородни ортиқча босими – $0,5 * 10^5$ Па;

Кислородни сарфи – 6000 – 7500 м³/соат.

Тезлик, м/с;

Кислородни горелкадан чиқишида – 80-100;

Шихта-кислород аралашмасини горелкадан чиқиш даврида 20-25.

Катта тезлик ва шихтани абразивлиги горелкани тезда ишдан чиқишига олиб келади. Горелкани темирсиз ишлаш даври 1-2 ойни ташкил қилади. Қаттиқ қотишмалар билан қоплаш горелкани ишлаш даврини бир оз кўпайтиради. Горелкалар 2-3 марта таъмирлашга ва тиклашга қодирдир.

Олдин Олмалик печида 2 горелка мавжуд эди. Бунда ишлаб чиқиш унумдорлигини бир-текис бошқариш қийин эди. Битта горелкани ишдан чиқиши, ёки уни унумдорлигини камайиши, иккинчи горелкага катта юклама тушиб, машъални узунлашишига ва ости девор кладкани тезда ишдан чиқишига олиб келади. Шунинг учун диаметри 350 мм иккита горелка ўрнига, 300 мм ли 3 горелка ўрнатилади. Шлакни нордонлигини ошириш учун, бойитмага 15-20 % кварц флюси кўшилади. Шихтада кварцни миқдорлиги 12-15 % ни ташкил қилиши тавсия этилади. Котел-утилизаторни бир-текис ишлаши қийинлигини ҳисобга олганда, нисбатдан мис камроқ штейн олиш учун иш оборилган (30-35 % Cu). Ҳозирги даврда штейнда 36-40 % мис олиш имконияти бор. Бундан бойроқ штейн олиш, мисни шлак билан исрофгарчилигини ошишига олиб келади ва ишчи зонада ҳароратни кескин кўтарилиши мумкин.

Жараёни ҳароратини пасайтириш ва дефульфаризация даражасини кўпайтириш 30% гача, кўшимча кварц флюсини юклаш билан амалга ошириш мумкин. Аммо бунда, шлакни чиқиши кўпайиб, мисни исрофгарчилигини ошиши мумкин.

Қайта ишланаётган бойитмани майдалиги (0,047 мм тахминан 50 %) ва машъални катта аэродинамик узунлиги, чиқаётган газнинг катта даражада чанглигини таъминлайди. Ушбу газда 300-350 г/м каттиқ модда бор ва чангни чиқиши шихта массасидан 8-10 % ташкил қилади.

КФП жараёни олтингугурт бирикмаларига бой газ олишга имкон яратади. Назария бўйича газда 85-95 % SO_2 бўлиши мумкин. Амалиётда эса дастгоҳларни яхши герметик кимёси йўқлиги сабабли, газнинг миқдориди олтингугурт ангидридини миқдорлиги анча кам. Печдан чиқиш даврдаги газнинг намунавий миқдорлиги, %: 55-75 SO_2 ; 30-45 N_2 . Бошқа жараён маҳсулотларининг таркиблари, %:

	Cu	Fe	S	SiO_2	CaO	Fe_3O_4	Al_2O_3
Шлак	0,8-1	40-42	0,5-1	32-35	1-1,5	10-12	3-4
Штейн	35-40	32-35	26	-	-	1,5-2	
Чанг	18-21	18-26	7-12	3-5	-	-	1,5-2

Мисни шлакдаги кўп миқдорлиги, уни штейнга ўтиш даражасини камайтиради – 97 %, хомаки мисга эса – фақат 94 % ташкил қилади.

Ажралиб чиқаётган чангда, асосан, сульфатлар бор, бу айланучи хом ашё ҳисобланиб, жараён ҳароратини пасайтиришга имкон яратади.

Агарда шихта таркибида 12-14% SiO_2 бўлиб, уни 35-40% Cu ли штейнга эритилса, 11 т шихтага 220 – 240 м³ кислород сарф бўлади ва печнинг хажмида ҳарорат 1350-1450°C ташкил қилади. Агарда SiO_2 ни миқдори камайса ёки кислородни сарфи ошиб борса, ҳарорат 1500-1600°C кўтарилиши мумкин. Бу тадбир огнеупор ғиштлари ишончилигини камайтиради ва авария ҳолатига олиб келиши мумкин бўлиб қолади. Шунинг учун, шихта таркибини бир-текис ушлаб туриш катта аҳамиятга эга.

Десульфуризация ўзгармаган ҳолатда ҳароратни бошқариш жудаям қийин. Амалиётда бу кислородни нисбатлик сарфини ўзгартириш орқали олиб борилади. Бу тадбир эса десульфурация даражасини ва штейн таркибини ўзгартиради.

Машғалнинг узунлиги жараённи юқори ҳароратда олиб боришга имкон яратади, печнинг хажмида ҳарорат 1200-1300°C ташкил қилади. Печнинг ишчи хажмидан технологик газ дымосос орқали чиқарилади. Дымососни ишлаб чиқариш унумдорлиги бир соатда 50000 м³.

Жараённи қуйидаги кўрсаткичлари назорат остида бўлади:

- 1) Шихтани печга юкланиши;
- 2) кислород, табиий газ ва ҳавони сарфи;
- 3) кислородни, табиий газ ва ҳавони босими;
- 4) газнинг ҳарорати;
- 5) вакуум қиймати;
- 6) электрофилтрдан чиқаётган газдаги SO ни миқдори;
- 7) котелдан чиқаётган бугнинг сони ва босими;
- 8) жараён эритма маҳсулотларини ҳарорати;

Жараённинг оқилона оқиб ўтишида шлакни ҳарорати 1220-1250°C, штейнники эса 1150-1180 °C бўлиши керак.

Печнинг ишлаб чиқариш унумдорлиги ҳозирги даврда 10-11 т/м² суткада ташкил қилади.

КФП жараёни кислород-шихта аралашмасини горелкадан чиқиш тезлиги 15-20 м/с да оқиб ўтади. Тезлик камроқ бўлса, моддаларни кинетик энергияси

кам бўлиб, тезда чўкади, тезликни каттароғи эса печнинг остига модда урилишига олиб келади.

Кўпчилик заводларда суюқ моддаларни массасини ковшлар сони билан ўлчанади.

Концентрат, флюс ва жараён маҳсулотларини кимёвий таҳлилга юборилади. Концентрат ва шихтани – Cu, Fe, S, SiO₂ ва Sd ларга; штейнни мисга; шлакни – Cu, Fe, SiO₂ ва CaO ларга; айланувчи чангда - Cu, Fe, SiO₂, CaO ва Al₂O₃ лар аниқланади.

Капиталь таъмирлашдан кейин печь 72-96 соат даврида қизитилади, қизитиш тезлиги 15-20% с/соатда. Печнинг қизитилиши 4 газ горелкалар билан олиб борилади. Уларни ишлаб чиқариш унумдорлиги – бир соатда 1000 м³.

9-§ Суюқ ваннада эритиш жараёни (ПЖВ)

Замановий, юқори самарадорли автоген жараёнлардан бири – суюқ ваннада сульфид мис бойитмасини эритишдир. Жараённинг биринчи номи ПЖВ (Плавка в жидкой ванне), ҳозир эса унга ном берилган ПВ (Процесс Ванюкова). ПЖВ жараёни проф. Ванюков П.В бошчилигида яратилган ва кўп давлатларда тадбиқ этилгандир.

Жараёни моҳияти сульфидларни шлак эритмасида, кислород ёки кислородга бойитилган ҳаво оқимида, ёндиришдан иборатдир. Жараён кессопланган шахтали печда, эритмани пастдан юқорига қараб оқиш шароитида амалга оширилади.

Ҳозирги пайтда ПВ жараёни яллиғ печда эритиш ўрнида қўлланилмоқда. Норильск ва Балхаш тоғ-металлургия комбинатларда жараён тўла тадбиқ этилган. Печнинг шихтасига бойитма, флюс ва каттик айланувчан моддалар киради. Шихтанинг умумий намлиги 6-8 %. Печга суюқ конвертер шлакини куйиш мумкин. Шихта печнинг юқори қисмидан ваннадаги эритмага юкланади. Штейн ва шлак печнинг қарама-қарши томонларидан, сифон орқали чиқарилади.

Кессонлар ўта зичли мисдан тайёрланган. Технологик газлар кессонланган шахтадан чиқарилади. Шахтада ажралиш даврига чиққан олтингугурт қисман ёндирилади. Газлар котел-утилизаторда совитилиб, чангдан тозаланиб сульфат кислотаси олишга юборилади. Норильск (НГМК) ва Балхаш (БГМК) комбинатларда ишлаб турган печларнинг техно-иктисодий тавсифлари 9.1-жадавалда берилган:

9.1- жадвал

		НГМК	БГМК
1.	Шихта бўйича ишлаб чиқиш унумдорлиги, т/(м сут)	80	80
2.	Печнинг фойдали баландлиги, м		
3.	Фурма кесимида печнинг энлиги, м	2,5	2,3
4.	Штейн ваннасининг баландлиги, м	0,7	0,10
5.	Шлак ваннасини баландлиги, м	1,1	1,2

6.	Эритмаларнинг умумий баландлиги, м	2,4	2,6
7.	Кислород билан ҳавони бойитилиш даражаси, %	64-65	65-75
8.	1 т. бойитмага кислороднинг сарфи, м ³	140-300	140-300
9.	Печнинг фойдали иш даражаси, %	97	84
10.	Миснинг микдорлиги, % ;		
	а. штейнда	45-50	44-47
	б. шлакда	0,6	0,5-0,74
11.	SO ни газдаги микдорлиги, %	20-35	24-32
12.	Газнинг чанглик даражаси, г/м ³	1,5-2	2,3
13.	Чангнинг ажралиб чиқиши,		
	с. % шихтага нисбатан	-	1,1
14.	Миснинг ажралиб олиниши, %	97,3	97,1
15.	Нодир металлларни ажратиб олиниши	99	99

Келтирилган маълумотлардан кўришиб турибдики, ПВ жараёни олдин кўрилган технологиялардан анча афзалроқдир:

ПВ печини конструкцияси ўзгармас ишончли иссиқлик тартибини ушлаб туришга имкон яратади. Ҳароратнинг максимал қиймати фурма ёнида кўтарилади, кислороднинг юқори сарфи ҳароратни ошишига олиб келади. Кессонлар ёнида энг паст ҳароратлар бўлади. Шихта юкланадиган жойида ҳали ҳарорат пасаяди.

9.2- жадвал

100 кг шихтага ПВ печини иссиқлик баланси

Кириш				Чиқиш			
		мД	%			мД	%
1	Углеродни ёниши	51,4	18,7	1	Юқори сульфидларни ажралиши	31,8	11,55
2	S ни SO ₂ га ёниши	82,6	30,0	2	Газ шаклидаги олтингугуртни пайдо булиши	34,4	1,25
3	FeS ни FeO оксидланиши	1,0	42,0	3	CaCO ни ажралиши	5,86	2,1
4	FeO ни пайдо бўлиши	18,4	6,7	4	Шлак билан	77,2	28,0
5	Шлак пайдо бўлиши	3,87	4	5	Штейн билан	45,1	16,35
6	Шихта билан	2,5	0,9	6	Газ билан	59,8	21,7
7	Клинкер билан	0,17	0,06	7	Намнинг парчаланиши	14,45	5,24
8	Ҳаво билан	0,63	0,23	8	Чанг билан	1,68	0,66
9	Бошқалар	2,77	1,01				

	Жами			Жами		
--	------	--	--	------	--	--

Иссиқликнинг катта хажми олтингугуртни эритмадаги ёқиш даврида ажралиб чиқади. Олтингугурт юқори даражали сульфидларни ажралиш жараёнида пайдо бўлади. Газ хажмидаги юқори ҳароратлар бунга кўмак беради. Шунинг учун шихта печга юкланиши узлуксиз оқим билан берилиши керак.

ПВ жараёни ишлаб чиқариш унумдорлигини оширишда фойдаланиш, техникавий кислородни қўллаш ва шихтани эритмани остига юклаш, ишлаб чиқариш унумдорлигини 100-150 т/(м³ суткагача олиб чиқиши мумкин. ПВ ни эмульсион жараёни хом ашёдан тўлиқ фойдаланиш, атроф муҳитни муҳофаза қилиш, технологияни автоматлаш ва комплекс механизациялашни бажаради.

ПВ жараёнида моддалрни физико-кимёвий ўзгаришлари, КФП жараёнида оқиб ўтадиган реакцияларга мос келади. Фақат бу жараёнда ҳамма реакциялар эритма хажмида ўтиш билан ажралиб туради. Бу жараёнлар: моддалрни ажралиши, сульфидларни оксидланиши, сульфид оксидлар билан ўзаро боғланишлари ва бошқалардир. Реакцияларни термодинамик тавсифларини КФП жараёнида ўтадиган жараёнлар билан баҳоласа бўлади. Фақат эритмада юқори ҳарорат бўлгани, диффузион коэффициентлари каттароқлиги ва эритмани газ билан барботаж бўлганлари, реакцияларни тезроқ ва тўлароқ оқиб ўтишига олиб келади.

Жараён натижасида сульфид-оксид эмульсияси пайдо бўлади. Эмульсия чўкиб ваннада штейн ва шлакга ажралади. Ажралиш уларни ҳар хил физико-кимёвий хусусиятлари натижасида оқиб ўтади. ПВ жараёни турли моддалрни қайта ишлаши мумкин. Жараённи оддий штейн, бойитилган штейнда ва хомаки мис олиш даражасига ҳам олиб бориш мумкин ва бу жараён келажакда яллиғ печларни ўрнига қўлланилиши мумкин.

10-§ Штейнлардан хомаки мис олиш жараёнлари

10.1 Штейнларни конвертерлаш жараёнини биринчи босқичи

Одатда эришиш печларда олинган штейн таркибида 24-40 Сu, 24-26% S ва 35-45% Fe бор. Штейнларни конвертерлаш жараёнини мақсади – темир ва олтингугуртни чиқариб ташлашдир. Жараён даврида бир қатор зарар моддалр ҳам ажралиб чиқади. Олтин, кумуш ва бошқа нодир металлар хомаки мис таркибига ўтадилар.

Жараён махсус дастгоҳ-конвертерларда ўтказилади. Уларни тасвири плакат ва атласларда келтирилган. Конвертер ўзи билан, тепа қисмида тешиги бор, горизонталь бочка шаклдаги дастгоҳдир. Бочкани ички хажми огнеупор ғиштлар билан ҳимоя қилинган. Бочкани ўзи эса пўлат листидан тайёрланган. Конвертер ўзини ўқи негизида айланишга имконияти бор. Замонавий конвертерларни хажми, хомаки мис бўйича, 40. 75 ва 100 т

ташқил қилади. Уларнинг ўлчамлари: узунлиги 6,1; 9,15 ва 10,76 м ва диаметрлари 3,66; 4 ва 4 м тегишинчали бўлади.

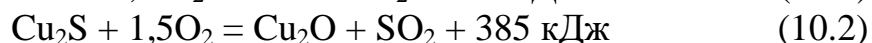
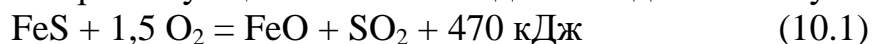
Штейнни суюқ ваннасига ҳаво бериш учун, конвертерда фурмалар бор. Ҳар битта фурма пўлат трубкасидан тузилган бўлиб, ундан 1,0 - 1,2 * 10 Па ортиқча босим билан ҳаво берилади. 40 тоннали конвертерда 28 фурма, 75 тоннали эса 43-50 дона фурма бор. Катта конвертерни фурмасини диаметри 52 мм ташқил қилади. Конвертерни бочкаси ва ости қисми 350-460 мм огнеупор ғиштлар билан ҳимояланади. Фурмали поясда эса футеровкани эни 475 мм гача оширилади.

Газларнинг чиқарилишига, напыльнок номи бўлган, газ чиқариш дастгоҳи бор. Напыльник чўян ёки пўлат плиталардан терилганида. Напыльниклар ҳаво ёки сув билан совитилади. Газлар напыльникдан коллекторга тушиб сульфат кислотаси олиш учун юборилади. Мис штейнини конвертерлаш давомида шлак ажралиб чиқади, қайсига бутунлай темир ўтади, олтингугурт эса SO₂ шаклда эритмадан йўқотилади.

Мис штейнини конвертерлаш давомида ҳаво эритма хажмидан ниҳоятда тез – 0,13 сония даврга ўтади. Бунда кислородни ўзлаштириш даражаси 95 % ташқил қилади. Ҳисоботларга кўра, ҳар бир жараённинг дақиқасида суюқ ваннадаги кислородга мухтожлик фақат юз мингдан бир қисми қондирилади. Бу реакцияларни ниҳоятда тез ўтишини кўрсатади.

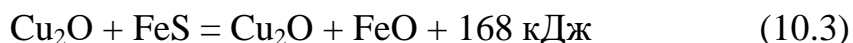
Мис штейнини конвертерлаш икки босқичдан иборатдир: биринчи босқичда темир сульфид оксидланади ва флюс қўшилиб печдан чиқарилади, иккинчи босқичда эса мис сульфиди оксидланиб хомаки мис олинади.

Ҳаво бўлақларини суюқ штейн ваннасидан оксидланиши мумкин:



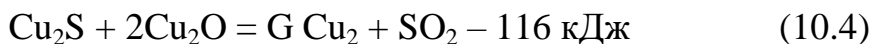
Ҳар бир технология дақиқасида кислородни етишмовчилиги, жараённи 4-18 соатга чўзилиб кетишига олиб келади.

Пайдо бўлган оксид мис оксиди темир сульфиди билан ўзаро реакцияга киради:



Бу реакция тўлиқ чангдан ўнгга силжайган. Бундан хулоса: конвертерда темир сульфиди борлиги мис эритмасининг тўлиқ яна сульфид ҳолатига қайтаради. Мис оксидини олиш учун, ваннадан темир сульфиди тўлиқ йўқотилиши шарт.

Ваннада мисни сульфид ва оксид бирикмалари ўзаро бошланишлари мумкин:



Бу реакциянинг изобар – изотермик потенциали:

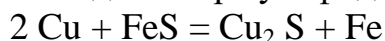
$$\Delta G = 3560 - 6,725 T \quad (10.5)$$

Конвертердаги ҳароратларда бу реакция тезлик билан ўтади ва катта босим билан SO ажралиб чиқади. Ушбу босимнинг бир-неча қийматлари:

T ₁ °C	P _{SO₂} * 10 ⁻⁵ Па
508	0,04
591	0,159

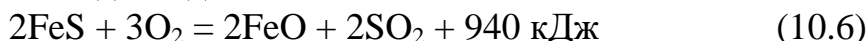
1052	6,46
1150	8,0

Агарда ваннада темир сульфиди мавжуд бўлса:

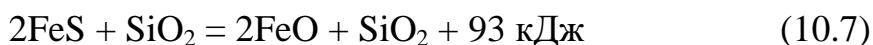


Бошқа сўзлар билан айтганда, қачонки суяқ ваннада темир сульфиди бўлса, на мис – ярим оксиди, на эркин мис олиш имконияти йуқ. Бундай жараённи икки босқичи олиб бориш мухтожлиги келиб чиқади: биринчи-темирни ва у билан боғланган олтингугуртни йўқотиш, иккинчиси-қолган олтингугуртни ажратиш ташлаш.

Жараённинг биринчи босқичида суяқ штейндан ҳаво барабан қолиниб темир сульфиди оксидланади:



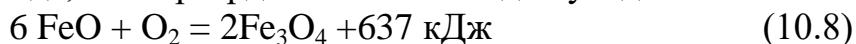
Темир оксиди қўшимча бериладиган кварц флюси билан шлак ҳолатига ўтказилади:



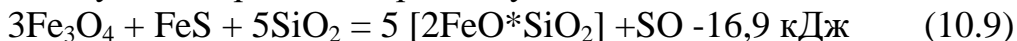
Жараённинг йиғинди реакцияси:



реакция тез оқиб ўтади, (10.7) реакция эса 1230⁰С дан пастрок шароитларда аста секин ўтади. Шунинг учун, ҳаво бериш биринчи дақиқаларда, ҳарорат ҳали паст бўлганда, конвертерда магнетит пайдо бўлади.



Бу раеакция оқиб ўтиш давомида қўшимча иссиқлик ажралиб чиқади ва ҳарорат 1230⁰С дан юқорироқ қийматларга эга бўлади. Ҳарорат ошган шароитда куйидаги реакциялар оқиб ўтади.

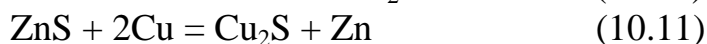


Конвертердан ўтадиган кимёвий реакциялар ҳароратига боғлангандир. Қанча ҳарорат баландроқ бўлса, шунча жараён тезроқ ўтади, техника-иктисодий кўрсаткичлар яхшироқ бўлади. Фақат бу шароитларда огнеупор ғиштлар тезроқ ишдан чиқади. Шунинг учун ҳароратни 1350⁰С дан юқори кўтариш тавсия этилмайди.

Конвертерга штейн билан қўшимча зарарга моддалардан рух, никель ва ноёб металлари ҳисобга олиш керак.

Рух конвертерга штейн билан ZnS шаклда келиши мумкин. Эркин ҳолатдаги рух иккиламчи хом ашё юкланганда келиши мумкин. Иккала вариантга ҳам рух жараённинг якунида интенсив ҳолатда оксидланади. Оксидланган рухни қисми (20 % гача) шлак таркибига ўтади. Бу ходиса шлакни хусусиятларига салбий таъсир қилади, ёпишқоқлигини кўпайтиради, эриш ҳароратини оширади ва мис микдорлигини юқори қийматларга олиб келади.

Рухнинг бир қисми реакция натижасида пар ҳолатига ўтади.:



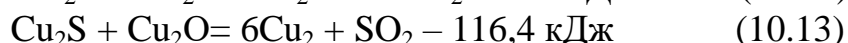
Рух парлари оксидланади ва майда оқ чанг шаклда газ билан учади. Бу ҳолатда газ оқ рангли бўлади.

Газдан рух оксидини чанг ушловчи дастгохларда ажратиб олиш мумкин. Никель ва нодир металллар конвертер жараёнини босқичида тўлик штейн фазасига ўтади.

Жараённинг биринчи босқичи - штейнни ҳаво билан қайта ишлаш-штейнни йиғиш ва кварцни қўшиш бир неча соат давом этади. Шу даврда штейнни бир ковшдан қуйиб уни ҳаво билан пуфланади. Бир порция штейнни пуфлаш даври 45-60 минутни ташкил қилади. Ундан кейин шлак печдан чиқарилиб янги штейн порцияси қуйилади ва унга берилади. Бу жараён бир неча марта такрорланади. Биринчи босқич конвертердан охириги шлакни қуйиш билан тугалланади. Бунда ваннада оқ штейн-матт-қолади. Уни таркибида фақат CuS бор. Темирни яқунловчи қолган миқдорини (0,5-1,0 %) штейнни кимёвий таҳлил орқали аниқланади.

10.2 Штейнларни конвертерлаш жараёнининг иккинчи босқичи ва такомиллаштириш йўллари

Конвертер жараёнининг иккинчи босқичи оқ штейн – CuS ни ҳаво билан пуфлаш натижасида оксидлантириб хомаки мис олишдир. Оқ штейнни пуфлаш даврида бир пайтда иккита реакция оқиб ўтади: CuS ни CuO қисман оксидланиш ва мис бирикмаларини ўзаро боғланишлари:



Иккала реакция, кислороднинг ўзлаштириш даражаси 90 % дан юқориқроқни ташкил қилиши билан, тез ва тўлик оқиб ўтади. Конвертернинг хажмидаги ҳароратларда (1150°C баландроқ) SO₂ ни парциал босими катта рақамни ташкил қилади ($P > 8 \cdot 10^5 \text{ Па}$).

Икала реакцияни оқиб ўтиш шароитларини кўриб чиқилганда, 2 хулоса қилиш мумкин:

1) Жараённинг иккинчи босқичида конвертерда миснинг ярим оксиди учрамайди, чунки у пайдо бўлиши билан мис ярим сульфиди билан ўзаро боғланиб хомаки мис ташкил қилади ва катта босим билан SO₂ ажралиб чиқади.

2) Суяқ мис ярим оксидини конвертерга қўйиш мумкин эмас, чунки иккита суяқлик аралашса катта миқдорда SO₂ пайдо бўлади ва моддалар портлаш эффектига дуч келиши мумкин.

Мис ярим оксидини совуқ ҳолатда юкласа бўлади. Бунда моддалар аста-секин қизиб, суяқ ҳолатига ўтиб реакцияга киришади.

Иккита реакция оқиб ўтиш натижасида жараённинг иккинчи босқичида хомаки мис пайдо бўлади. Хомаки мис суяқ ҳолатда бўлади, чунки уни эриш ҳарорати 1083°C, конвертердаги ҳароратлардан анча пастроқдир. Хомаки мисни пайдо бўлиш биринчи дақиқаларида, у мис ярим сульфидида эрийди. Кейин эса, мисни сульфиди эриш қобилиятига ясалганда (олтингургуртни 17,9 % гача) эритса икки қатламга ажралади: юқори қатлам мисга тўйинган Cu₂S дан иборат ва ташқи қатлам-хомаки мис, қайсида 1,8 % олтингургурт бор. Пуфлаш даврида пастки қатлам, юқоридаги қатлам камайиши ҳисобига ўсиб боради.

Мис ярим сульфидни оксидлантириш учун қарорни ҳар дим юқори қатламга бериш керак, шунингдек мис заводларда фурмаларни конвертерни ёнида жойлашади. Металлург ҳавони тўғри келишини доим назорат қилиш керак ва конвертерни айлантриб ҳаво йўлини оқ штейнга йўналтриши лозим.

Амалиётда жараённи иккинчи босқичи узлуксиз тахминан 2-3 соат давомида ўтказилади, жараённинг яқунланиши махсус кимёвий таҳлил орқали аниқланади.

Штейнни пуфлашдан олдин конвертер, ёқилғи ёндириш ёки олдинга ўтган жараён ҳисобига юқори ҳароратга иситилган бўлади. Аниқланганли экзотермик реакциялар оқиб ўтиш давомида ажралиб чиққан иссиқлик жараён талаб қилган иссиқликнинг тўла қондириб олади.

Иссиқликни ортиқча қисми эритилган моддаларни ҳароратини оширишга сарфланади. Ҳароратнинг ошишини тезлиги 0,9-3 % мин биринчи босқичида ва 0,15-1,2 / мин – иккинчи босқичида ташкил қилади.

Шлакни печдан қуйиш пайтида эритманинг ҳарорати пасаяди, чунки конвертер ташқаридан сўнг, унинг юқори иссиқлик ўтказиш қобилиятига эга бўлгани сабабли, ҳароратнинг пасайиш тезлиги анча ошади ва 3-8°C/мин ташкил қилади.

Мис штейнларида рух ва қўрғошиндан бошқа бир қатор нодир ва заррали металлар бор. Амалиётдан шу маълумки, штейнни таркибидаги зарар моддалар газ билан йўқотилади, %: 73 Sb ва 96 Bi.

Конвертерлаш давомида хомаки мис таркибига 70-80 % селен ва 40-50 % теллур ўтади. Рений деярлик тўлиқ газ фазасига ажралиб чиқади. Бундай газлар бир қатор фойдали элементларга бойдир ва алоҳида ажратиб олишни талаб қилади.

Конвертерда фурмадан чиқаётган ҳаво бошланғич тезлиги 100-170 м/с ташкил қилади. Ҳаво оқимини катта тезлиги оксидлантириш реакцияларни тез ва тўла ўтишига ёрдам беради.

Конвертерда ортиқча иссиқликни борлиги, унга совуқ иккиламчи моддаларни эритишга имкон яратади. Айланувчи совуқ материалларни сони штейн массасига нисбатан 20-25 % ташкил қилади.

Жараённинг иккинчи босқичида, конвертерлашни умуман ажралиб чиқадиган иссиқликни 20 % ташкил қилади. Айниқса бу даврда ортиқча иссиқлик бўлиб, совуқ моддаларни қўшиш имконияти бор.

Конвертер жараёнининг такомиллаштириш йўллари бири-бу катта пул меҳнатини талаб қиладиган ишларни механизациялаш ва автоматлаш, ўтга чидамлироқ огнеупор ғиштларни қўллаш ва асосий кимёвий реакцияларни тезлаштиришдир.

Реакцияларни тезлаштириш учун кислородга бойитилган ҳаводан фойдаланиш катта аҳамиятга эгадир. Таҷриба шуни кўрсатадики, ишлаб чиқиш унумдорлиги кислородни нисбатлик ўсишидан юқорироқдир. Масалан ҳаводаги таркиби 23,3 % бўлса (нисбатлик бойитиш 11,5 %), конвертерни ишлаб чиқариш унумдорлиги 14,1 % га ошади. Бойитиш даражасини 25,3 % олиб чиқиш унумдорликни 38,7 % оширади. Фақат бу

табдирни қўллашда ҳароратни кескин ошиб, огнеупорни тезда ишдан чиқишини кўзда тутиш керак.

Конвертер жараёнини асосий камчиликларидан бири-уни даврийликлиги. Ҳозирги даврда узлуксиз жараён яратиш йўналишида илмий изланишлар олиб бориляпти. Жараёни амалга ошириш қийинчиликлари бу икки босқичлик ва биринчи босқичдаги шлакни йўқотишдир.

Жараёни иккинчи катта камчилиги – бу ажралиб чиқаётган сульфидли газларнинг атроф муҳити захарлашидир. Ўсиш ёпиқ конвертерларни қўллаш ва ҳамма газларни сульфат кислотасини олишга юбориш мақсадга мувофиқ бўлар эди.

Конвертер шлакларидида 3,0-3,5 % мис бор, бу ярим маҳсулот ҳисобланиб қайтадан яллиқ печга юкланади. Шлакда 27-29 % кремний диоксиди бўлса яллиқ печда қайта ишлаш деярлик қийинчилик туғдирмайди. Шлакларни флотация билан бойитишга уни таркибида фақат 18,20 % SiO₂, бўлиши керак.

11-§ Хомаки мисни тозалаш жараёнлари

11.1 Хомаки мисни оловли тозалаш усули

Хомаки мисни оловли тозалашдан асосий мақсад-бўлажак электролитик тозалашга яроқли зич анодлар олиш ва зарра металлларни йўқотишдир. Зарра металлларни борлиги электролиз жараёнига салбий таъсир қилади. Анодларни хомаки мисдан ҳам қўйса бўлади, фақат электролиз кўрсаткичлари, зич анодга нисбатан, анча ёмонроқдир. Хомаки мисдаги зарра металлларни уч гуруҳга бўлса бўлади:

- 1) Нисбатдан осон ва тўла ажралиб чиқадиганлар – Zn, Fe, S;
- 2) Қисман ажралиб чиқадиганлар – As, Sb, Bi, Ni;
- 3) Умуман ажралиб чиқмайдиганлар – Au, Ag.

Оловли тозалашда қуйидаги операциялар ўтказилади:

1) Хомаки мисни печда эритиш (агарда печга суюқ хомаки мис қўшилса бу операция ўтказилмайди);

2) Суюқ мисни ҳаво пуфлаш орқали оксидлантириш. Бу операцияни мақсади – зарра металлларни оксидлантириб шлак фазасига ўтказишдир. Операция якунида мис сиртидан шлак албатта чиқариб ташлаш керак. Акс ҳолатда зарра металллар янгитдан мис таркибига ўтиши мумкин;

3) Суюқ мис ваннасида эриган мис яримоксидини тикланиш операцияси;

4) Мисни анодларга қуйиш.

Суюқ мис хажмидаги ҳаво ўтганда реакция оқиб ўтади.:



Пайдо бўлган Cu₂O суюқ мисда эрийди. Мис яримоксидини эриш қобилияти ҳароратга боғлиқ ва қуйидаги рақамларни ташкил қилади.

1100⁰C – 0,5%; 1750⁰C - 8,3% ва 1200⁰C – 12,4%. Ҳароратни ундан юқори кўтарилиши эришни деярли оширмайди. Амалиётда оксидланиш операциясини 1150-1700 ⁰C оралиғида олиб борилади. Шунинг учун суюқ мисни кислород билан тўйинтирилишини 8% билан чекланади холос. Бу рақам суюқ ваннада 0,9% кислород борлигига тўғри келади. Агарда мисни кўшишга оксидлантисак, Cu₂O ванна сиртига сузиб чиқиб, бефойда мис билан шлакни бойинтиради. Иложи борича Cu₂O ни баланд миқдорлиги зарра моддаларни максимал равишда оксидлантириш учун керак.

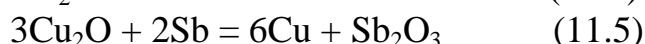
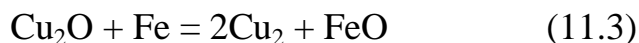
Хомаки мисни таркибида 99% Cu, 0,2 % S, 0,5 % Fe ва бир қанча селен, теллур, висмут, сурьма, мышьяк, никель ва бошқа металллар бор. Хомаки мисга шихтадаги олтин ва кумуш деярли тўла ўтади. Мис ярим оқиб мисда эриб, зарра моддалар билан ўзаро боғланади. Масалан, мис ярим сульфидига боғланган олтингугурт билан:



$$\Delta G = 3560 - 6,725 T \quad (11.2)$$

Печдаги ҳарорат оралиғида бу реакция деярли тўлиқ чапдан ўнга сурилган тўлиқ ўтади.

Мис яримоксиди бошқа металлларга нисбатан кислородга тортилиш кучи ҳам бўлгани сабабли ўзини кислородини бошқа металлларга бериб, уларни оксидлантиради.



Элементлар Zn, Pb, Fe, Si, Mn, Sn ва Fe осон ва тўла шлак фазасига ўтади. Масалан, темирни назария бўйича қолдиқ миқдори (оғирлик бўйича) 0,0011% ташкил қилади. Амалиётда темирни суюқ мисдаги миқдори 0,0009%. Суюқ мис хажмига ҳавони деаметри 25-30 мм бўлган, 2- 2,5 *10⁵ ПА босимда берилади. Зарра элементларни шлаклар учун, печга флюс кварц куми берилади. Оловни тозалашга шлакга зарра моддалар билан мис ҳам ўтади. Шлакдаги миснинг миқдори 45% гача етади. Бу шу айланувчи хом-аёш ҳисобланиб, қайтадан конвертерга юкланади. Жараённинг умумий давомийлиги, зарра моддаларни миқдорлигига боғлиқ ва 1,5-3,0 соатни ташкил қилади.

Зарра моддаларни ажратиб чиқариш учун пуфланган мис, кислород билан тўйингандир. Мисни тикланиши қуйидаги реакциялар орқали ўтиши мумкин:



Ҳамма реакциялар осон ва тўла ўтади. Масалан, водородли тикланиш 248⁰C да бошланиб, печдаги ҳароратларда жудаям тез ўтади. Бу реакциянинг мувозанат доимийлиги:

$$K_p = P/P \quad (11.10)$$

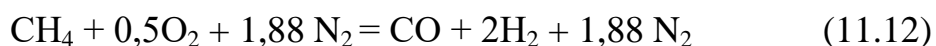
1050⁰С да K_p ни қиймати $1 \cdot 10^{-4,1}$ га тенг, бошқа усул билан айтганда, жудаям кичик рақам. Бундан хулоса, водороднинг миқдори, сув боғларини миқдorigа нисбатан, 10000 марта камроқдир ва водород деярли тўла реакцияга киришган.

Ўзбекистон шароитида тиклаш учун табиий газдан фойдаланиш афзалроқдир. Жараён даврига (11.9 реакция) ажралиб чиқаётган водород ҳам тикланиш реакциясида қатнашади. Фақат шуни эсда тутиш керакки, табиий газ юқори ҳароратда парчаланади:

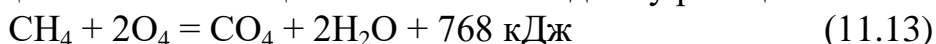


ва уни ўзлаштириш даражаси деярли юқори эмасдир.

Конверцияланган газдан фойдаланиш юқорироқ кўрсаткичларга олиб келиши мумкин. Конверциянинг асосий реакцияси:



Конверсияни 900-1900⁰С оралиғида ўтказилади. Жараён учун керак бўлган иссиқликни метанни қисман ёкиб олинади. Бу реакция:



Реакция реакцияларнинг ичида, чекланган ҳолда кислород бериш орқали ўтказилади.

Тикланиш жараёнининг давомийлиги, мисдан кислородни миқдорлигига боғлиқ ва 2,5 – 3 соатда бажарилади.

Оловли тозалашни стационар яллиғ печларда ўтказилади. Фақат бу яллиғ печларни ўлчамлари кичикроқ ёқилғи ёндиришга форкамерали ва ён тамонларида ойналикдир. Печь узлуксиз эмас, вақти – вақти билан даврий тартибда ишлайди. Одатда, бир суткада битта тозалаш ўтказилади. Печнинг ишлаб чиқариш унумдорлиги уни хажмига боғлиқдир ва 5 – 400 т ташкил қилади. Одатда замонавий печларнинг хажми – 100 – 250 т. Ёқилғини сарфи (миснинг оғирлигига нисбатан), %: мазут 7,9; кўмир 12,3.

Стационар яллиғ печда иссиқлик тақсимланиши:

- печнинг иши учун – 41,9 – 46,9%;
- кател – утилизаторда пар олиш учун – 36,6 – 40,2;
- исрофгарчилик – 21,5 – 14,4

Тозаланган миснинг жараён маҳсулотларининг бўйича тақсимланиши, %:

яроқ анодлар – 97,0

брак – 0,45

скрап – 1,16

шлакга – 1,14

учар – 0,25

Тозаланган мисни айлантурувчи горизонталь машиналарда анодларга қуйилади. Печнинг хажми 200-250 т бўлса, қуйиш машинани ишлаб чиқиш унумдорлиги бир соатда 40 т ташкил қилади ва қуйиш даври 5 – 6 соатга чўзилади.

11.2 Мисни электролитик тозалаш усули

Электролитик тозалашни асосий мақсади тоза, юқори сифатли мис ва ярим маҳсулот (шлам) олишдир. Шламда олтин, кумуш, селен ва теллур тўпланади. Бу жараёни амалга ошириш учун аноддаги мисни доимий электр токи ёрдамида эритилади ва шу даврда эркин мисни катодга ўтказилади. Эритувчи модда ҳисобида сульфат кислотаси қўлланади. Асосий дастгоҳ ҳисобида электролитик ванна ўзи билан темир бетондан ясалган кесими тўғри бурчак дастгоҳдир. Ванна электролит қуядиган трубопровод ва электр токини таъминлайдиган шиналар билан жиҳозланган. Ваннанинг ички сирти винипласт ёки қўрғошин билан изоляция қилинган, чунки эритмада сульфат кислотаси бор.

Электролиз ўтадиган муҳит – электролит - таркибга эга: 135-200/ H_2SO_4 ва 170-200/ мис купориси – $\text{Cu SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ($35\text{-}50/\text{Cu}^{2+}$ ионларига тўғри келади).

Химия мода ҳисобида винипластни қўллаш анча афзалроқдир. Винипласт ток ўтказмайди ва токнинг исрофгарчилиги камаяди ва фойдаланиш коэффициенти ошади. Винипластни камчилиги – у мурт, синувчан ва механик таъсирида тезда ишдан чиқиши мумкин. Винипластли футеровка, қўрғошинга нисбатдан, камроқ ишлайди. Лекин, қўрғошинни қимматлигини ҳисобга олганда, винипласт кенг қўлланади. Хорижий давлатларда винипластни рад этиб, қўрғошин химияга ўтилмоқда. Қўрғошинни ишлаш даврини ошириш учун. Уни таркибига 3-6 % Sb ва 0,0006 % Cu қўшилган. Канада заводларининг бирида, бундай химиявий материал 28 йил узлуксиз ишлаган.

Анод ҳисобида мисдан тайёрланган пластина қўлланади. Анодни эни 35-40 мм, оғирлиги 270-320 кг.

Катод бўлиб тоза мисдан ясалган энсиз пластина қўлланади. Катодни ўлчамлари, анодникига нисбатдан, каттароқдир. Буни электр токини катод сиртида бир текис тақсимланиши учун қилинади. Бу тадбир натижасида катоднинг чегара қисмларда ҳар хил ўсиши ва дендиришлар пайдо бўлишига йўл қўйилмайди.

Ваннага анод ва катодлар навбат билан осилади. Анод ва катодлар электр занжирига параллел схемада уланган.

Ваннани катталиги анод, катодлар сони ва уларнинг масофасига боғлиқдир. Агарда ваннада 34 анод ва 35 катод бўлса, ваннани ишчи ўлчамлари тахминан 4000 x 1000 x 1200 мм ташкил қилади.

Ваннанинг катталигини танлаш электродга масофани аниқлайди. Амалиётда оқилона деб топилган, бир хил электрод аро, масофа 100-110 мм.

Агар масофа 100 мм бўлса, анод ва катоднинг ораси 28 мм га тенг бўлади. Бу масофа электродларни қисқа туташувига йўл қўймаслик учун энг минималъ ўлчамдир.

Электролиз ванналари доимий электр токи билан таъминланади. Саноат электр токини доимий шаклга ўтказиш учун кремни дастгоҳлари қўлланади. Уларда токдан фойдаланиш коэффициенти 98-99 % ташкил қилади. Тўғрилагичнинг ишчи кучланиши 250-300 в.

Мис электролиз цехида ванналар сериялар – қаторлар шаклида ўрнатилади. Агарда 1780 ванна бўлса, 290 ваннадан 6 қатор ёки 220 ваннадан терилган 8 қатор бўлиши мумкин. Сериялар ванналарни ток билан таъминлаш ҳисобида ўрнатилади.

Талаб қилинган ток кучини таъминлаш мақсадида, ванналар қатори электр занжирига бирин-кетин боғланади. Бундай мультипл деб аталади. Агарда тўғрилагичдан чиқаётган токни кучланиши 240 в бўлса, ваннадаги кучланиш 0,3 в тенг бўлади, бу ҳолатда битта тўрилагичдан таъминланаётган ванналарнинг сони бўлади:

$$240 : 0,30 = 800 \text{ ванна}$$

Жараённинг оқилона бошқарилиши ваннадаги кучланишнинг пасайишига имкон яратади. Бир хил заводларда ваннадаги кучланиш 0,2-0,025 в ташкил қилади. Агарда ваннадаги кучланиш 0,25 в бўлса, унда битта сериядаги ванналарнинг сони:

$$250 : 0,25 = 960 \text{ ваннани ташкил қилади.}$$

Электролиз жараёнида миснинг муомаласи

Агарда, электролит эритмасига туширилган, тўғрилагичдан мис анодига мусбат ток берилса, катодга эса-манфий заряд боғланса, электр занжири туташади ва электролит хажмидан ток оқиб ўтади. Бунда анода қуйидаги жараёнлар юз беради:

1) металл ионини аноддан ажралиб чиқиб ортиқча электронни ташқи занжирга ўтиши:



2) $\text{CuH}_2\text{O}^{2+}$ катионини гидратацияси (металла ионини эритмада сув молекуласи билан боғланиши);

3) катионнинг эритмага ўтиши.

Катод жараёни қуйидаги босқичлардан тузилади:

1) Катионни эритма хажмидан катод юзига элитмоқ;

2) Катионни электрон ёрдамида тикланиши:



3) Метал атомини катод кристаллик тузилишига қўшилиши. Бундай схема мис аноддан эриб, катод тизимига қўшилади ва катодни энлиги ўсиб боради.

Жараён даврида электр қуввати электролитни шина ва контактларни қаршилигини бартараф қилиш учун сарфланади. Фарадей қонунига биноан, катодга ўтадиган металнинг грамм-эквиваленти, занжирдан оқиб ўтадиган электр токига боғлиқдир. Бир грамм-эквивалент метални ўтказишга 96500 кулон электр токи сарфланади, ёки $96500 : 3600 = 26,8\text{А}\cdot\text{соат}$

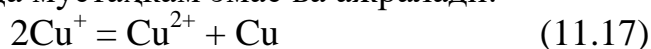
Катода 1 А – соат ток ёрдамида ўтказиладиган металл массани – шу метални электр кимёвий эквиваленти деб аталади.

Эритмадан 1 А – соат электр токи оқиб ўтса, катода $31,78:26,8 = 1,186$ г мис ўтиради (грамм эквивалент-граммда ўлчанган металнинг атом массасини валентлигига бўлинганлиги айтилади. Масалан, икки валентлигига миснинг грамм-эквиваленти тенг: $63,56:2 = 31,78$ г). Амалиётда катода ўтирадиган металнинг массаси бу рақамдан камроқдир. Амалий метал массасини назарий олиш мумкин бўлган массасига нисбатлиги ҳар доим бир дан кам бўлади ва фоиз орқали белгиланади. Бу нисбийлик токдан чиқиш деб айтилади.

Металлик мис мавжудлигида, мис сульфат эритмасида икки бор ва бир валентли мис оралиғида мувозанат бор:



Анодда бир валентли мисни пайдо бўлиши токдан чиқишни кўпайтиради, чунки миснинг электрохимик эквиваленти 2,374 г тенг ва икки валентли мисни эквивалентидан икки марта кўпроқдир. Афсуски, бир валентли мис эришмада мустаҳкам эмас ва ажралади:



Бу реакциянинг ўзгармас доимийлиги тенг:

$$K = [\text{Cu}^+]^2 / [\text{Cu}^{2+}] = 0,62 * 10^{-6}$$

Бошқа сўз билан айтганда, бир валентли миснинг миқдори, икки валентли мис миқдорига нисбатан, тахминан 60000 марта камроқдир.

Нордон эритмаларда мисни бевосита эриш жараёни ҳам оқиб ўтади:



Бевосита мисни эриши электролитни сирта ўтади, чунки у ерда система атмосферада кислород билан контактда бўлади. Бу жараён электролитни ортиқча мисни бойитишга олиб келади ва махсус чоралар билан нормал ҳолатига олиб келинади.

Мисни электролитик тозалашда, анодни юзи атрофида, майда мис кукуни ажралиб чиқиши кутилади. Бу жараён (11.17) реакция оқиб ўтиши натижасида кузатилади. Амалиётда ваннадаги мисни сони 2 % ташкил қилади. Аноддан катодга мис ярим сульфиди ва ярим оксиди ҳам ўтмасдан чўкма фазасига ўтади. Бу чўкмалар нодир металллар билан шлак фазасини ташкил қилади.

12-§ Мис электролиз кўрсаткичларига технологик омилларнинг таъсири

Мис электролизида электр қувватини сарфи токни чиқиши ва ваннадаги кучланишга боғлиқдир. Вольтда ўлчанадиган ваннадаги кучланиши қуйидаги тенглама орқали топилади:

$$U = JR_1 + JR_2 \quad (12.1)$$

бунда: J – токнинг кучи, а

R_1 – эритмани қаршилиги, б

R_2 – токни йўлида учрайдиган қаршиликлар (шина, контакт ва бошқалар), в.

Токни кучи J ток зичлигига (i) боғлиқдир. Ток зичлиги – бу 1 м қатор юзига тўғри келадиган токнинг кучидир. Қанча i куп бўлса, шунча катоднинг юзи ўзгармаган ҳолда, токни кучи кўп (J).

R_1 – эритманинг қаршилигига таъсир қилади:

1) анод ва катоднинг жойлашган масофаси. Қанча бу масофа кам бўлса, шунча R_1 кам бўлади ва U ни қиймати паст бўлади. Агарда масофани камайтирса қисқа туташув имконияти пайдо бўлади ва токдан чиқишни қиймати камаяди;

2) эритмани таркиби қанча у нордонроқ бўлса, шунча унда водород кўп бўлади ва эритмани қаршилиги камаяди ва ваннадаги кучланиш пасаяди.

3) эритмани ҳарорати қанча ҳарорат баланд бўлса, шунча моддаларни ҳаракатчанлиги юқори бўлади, эритмани қаршилиги ва ваннадаги кучланишлар паст бўлади.

Сульфат кислотани қаршилиги, тахминан, мис сульфатини қаршилигидан 10 марта камроқдир. Шунинг учун нордон эритмаларни қаршилиги анча пастроқдир. Фақат шуни аҳамиятга олиш керакки, қанча сульфат кислотани миқдори кўп бўлса, шунча мис сульфатини эриш қобилияти кам бўлади. Буни сольватация эффекти деб айтилади. Шунинг учун замонавий заводларда эритмада 35-40 г/л Cu (175-200 г/л $CuSO_4 + 5H_2O$) ушлаб турилади. Агарда миснинг миқдори бундан камайиб кетса, катод юзи олдида мис билан бирга бошқа катионлар ҳам катодга ўтириб уни сифатли пасайтиради ва электр токини бефойда сарфланишига олиб келади.

Эритмани ҳароратини 45-60°C оралиғида ушлаб турилади. 25°C даги эритмани қаршилигига нисбатдан, 50 – 55°C да қаршилиқ тахминан 2 марта камроқдир ва шунча ваннадаги кучланиш ҳам камроқдир. Фақат баланд ҳарорати уни интенсив порланишига, атроф муҳитни захарлашга олиб келиши мумкин. Порланиши қанча кўплигини қуйидаги мисолда кўриш мумкин.

Агарда мис электролиз цехида 1000 ванна бўлса ва ҳар ваннани эритма юзи 5 м бўлса, унда 67 с да бир соатда 30 т сув порланади.

R ни қийматини камайитириш учун тоза шиналар ва контактларни қўллаш керак. Амалиётда ваннадаги кучланишни 0,25 – 0,30 в атрофида ушлаб турилади. Қолган бу рақам кам бўлса, шунга 1 т мисга камроқ электр қуввати сарфланади.

Мис электролизиде электр қувватини сарфланиши қуйидагига ҳисоблаш мумкин Фарадей конунига биноан, 1 а-соатга катодда 1,186 г мис ўтказилади. Агарда ваннадаги кучланиш 0,25 в га тенг бўлса, 1 г мисни ўтказишга назария бўйича сарфланадиган электр қуввати:

$$W = U/1,186 = 0,25 * 1/1,186 = 0,210 \text{ вт.соат}$$

ёки 1 т мисга

$$0,210 + 1000 * 1000 / 1000 = 210 \text{ квт.с}$$

Агарда токни чиқиш даражаси 95 / бўлса, 1 т катодли мис ўтказишга сарфланади:

$$210 : 0,95 = 222 \text{ квт.с}$$

Амалиётда 1 т катодли мис олишга 230-300 квт.с электр қуввати сарфланади.

Охирги пайтларда ванналарга 14000-15000 а ток кучи бериляпти, бундай катта кучни электродларни сони, уларни ўлчамларини ва ток зичлигини ошириш орқали олиб бориляпти.

Мис электролиз жараёнида ток зичлиги 200-270/м² ташкил қилади. Ток зичлигини тенглама орқали аниқласа бўлади:

$$I = J/n \cdot 2S \quad (12.2)$$

бунда: i – ток зичлиги, а/м²

J – ток кучи (ваннага юклама), а

n – ваннадаги катодлар сони;

S – катод юзини майдони

Агарда $J = 14000$ а, $n=35$: $S = 0,9 * 0,9 = 0,81$ м², бўлса $i = 14000: 35 * 2 * 0,81) = 247$ а/м².

Ваннадаги ток кучи аниқ бўлса, ваннани ишлаб чиқиш унумдорлиги топилади:

$$P = J \cdot \alpha \delta * 22/100 * 1000 \quad (12.3)$$

Бунда: α - мисни электрохимик эквиваленти, 1,186 г.

δ – токни чиқиши;

22 – ваннани бир суткада ишлаш соати.

Ваннадаги ток кучи 14000 а, токнинг чиқиш унумдорлиги булади:

$$P = 14000 * 1,186 + 96 * 22/100 * 1000 = 352 \text{ кг}$$

Катодли мис бўйича цехни ишлаб чиқиш хажми 200 000 т бўлса, цехда ўрнатиладиган ванналарнинг сони бўлади:

$$N = 200\ 000 / 365 * 352 = 1750 \text{ ванна}$$

бунда: 365 – бир йилдаги кунлар сони;

1,1 – 10 % ванналар таъмирдаги ҳисобга олувчи рақам.

Ҳароратнинг таъсири

Қанчалик электролитнинг ҳарорати баланд бўлса, шунча уни қаршилиги кам. Лекин эритмани қизитишга катта хажмда пар сарфланади, анодларнинг коррозияси кўпаяди, ваннадан парланиш ошиб боради. Амалиётда электролитнинг ҳароратини 50-60^oС ораликда ушлаб турилади.

Керак бўлган иссиқликнинг бир қисмини электр токи ўтаётган даврда электролитни қарлишиги орқали олинади. Бу иссиқликнинг сони:

$$Q = 0,239 J^2 R t, \text{ Дж} \quad (12.4)$$

Бунда:

Q – иссиқликни сони, Дж

J – ток кучи, а

R – электролит қаршилиги, Ом

T – ток ўтиш давомийлиги, сек.

Назария ва амалиёт шуни кўрсатадики, агарда ток зичлиги 380 а/м ва цехни ҳарорати 20^oС бўлса, электролитни ҳарорати ташқаридан иссиқликни сарфланган ҳолда, 55^oС ни ташкил қилади. Фақат бундай юқори ток зичлиги амалиётда қўлланилмайди. Шунинг учун электролитни қизитиш учун буғ қўлланилади. Буғ сарфи 1 тонна мисга 1 тоннани ташкил қилади.

Электролиз жараёнида эритмага ҳар хил коллоид моддаларни кўшиш чўкмани сифатини яхшилаиди. Коллоид кўшимчалар сифатида совун, клей, желатина, солидол ва бошқа моддалар қўлланилиши мумкин. Кўшимчаларни сарфи 1 м катодли мисга 10-40 грамми ташкил қилади.

Аноднинг таркибида мисдан ташқари бир неча металллар бор. Жараён даврида бу металллар маҳсулотлар бўйича тақсимланади 12.1- жадавал.

12.1-жадвал

Металларни турли маҳсулотларга тақсимланиши, %:

	Cu	Au	Ag	Se-Te	Pb	Ni	As
Катод	98	1-1,5	2-3	1-2	1-5	15	20
Эритма	1,93	-	-	-	-	75	60
Шлам	0,07	98,5-99	97-98	98-99	95-99	10	20

Шламнинг тахминий таркиби. %: Cu 10 – 25; Ag 5-53; Au 0,05-5; Pb 0,5 – 12; Se-2-24; Te 0,3-12; Bi 0,0-7,0; Sb 0,2-30; As 0,1-5,0.

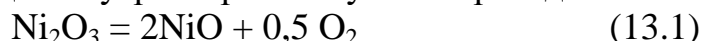
Шламларда қимматбаҳо нодир металллар борлиги уларни алоҳида қайта ишлашни талаб қилади.

13-§ Никель ва кобальт олиш технологиялари

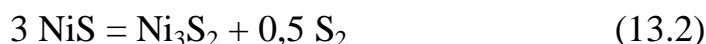
13.1 Никель олиш технология ва хом ашё захиралари

Никель - оқ рангли рангли металл, атом массаси 58,69, эриш ҳарорати 1455°C, зичлиги 8,8 г/см². Никель пишиқлик ва юқори платик хусусиятлари билан ажралиб туради. Никель пўлатни хусусиятларини яхшилайдиган элементларга киради. Яхши хусусиятларидан бир кимёвий инертлиги. Сульфат, уксус ва бир қанча бошқа минерал кислоталар унча таъсир қилмайди. Оддий ҳароратларда никель оксидланмайди. Оксидланиш 500°C юқори ҳароратларда бошланади.

Никель оксиди нотўғри бирикма бўлиб ажралади:



Никель олтингургуртга катта тортилиш кучига эга. Уни паст сульфиди Ni₃S₂ эриш ҳарорати 788°C бўлиб, турғун бирикмалар гуруҳига киради. Никельни иккинчи олтингургурт билан бирикмаси NiS юқори ҳароратларда ажралади:



Дунё амалиётида 70% никель сульфидли мис-никель рудалардан олинади. Оксидланган никель рудалари АҚШ, Япония, Куба ва бошқа давлатларда қайта ишланади. Бир йилда тахминан 500 минг тонна никель ишлаб чиқарилади. Дунё бозорида ташкил қилади (1 тоннаси). Ўзбекистонда мустақил никель захиралари ҳали топилгани йўқ. Бир қанча никель Олмалик тоғ-металлургия комбинатининг рудаларида бор, лекин алоҳида ажратиб олинмайди. Керак бўлган никель хорижий давлатлардан импорт қилинади.

13.2 Оксидланган никель рудаларни тавсифи

Рудаларда металл оксид шаклда мавжуддир. Олтингугурт деярли учрамайди. Руда ташқи кўринишида оддий тупроққа ўхшайди. Руда ўзига яхши сувни ўзлаштиради. Шунинг учун унинг намлиги 15-40% ни ташкил қилади. Оксидланган никель рудалари табиий ўзгаришлар натижасида пайдо бўлган ва иккиламчи захиралар ҳисобланади. Хориж давлатларда оксидланган никель рудалари Россия, Қозоғистон, Украина, Куба, Индонезия, Бразилия ва бошқа давлатларда учрайди.

Оксидланган рудаларда никель, асосан, бузенит (NiO) ва гарниерит (Ni, Mg) $\text{SiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ минераллар шаклда учрайди. Никель рудасида, кўпинча, кобальт ҳам учрайди. Унинг миқдори, никельга нисбатдан, 15-25 марта камроқдир. Рудаларнинг сиғими породалари асосан лой (каолинит) $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, талък $2 \text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, темир бирикмаси $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, кварц ва оҳаклар билан келтирилган.

Оксидланган никель рудаларида сульфидли материаллар, нодир ва камёб металллар учрамайди. Бу кўрсаткич оксидланган рудалар бўйича сульфидли мис никель руда таркибидан тубдан ўзгаради.

13.3 Сульфидли никель рудаларни тавсифи

Сульфидли никель рудалари комплекс - хом ашёдир. Уларни таркибида кўп миқдорда мис бор, шунинг учун бу рудаларни мис - никель рудалар дейилади. Ундан ташқари, рудаларда кобальт, платина, селен, теллур ва бошқа металллар бор. Бир хил рудаларни 90-92% фойдали металллар (Fe, Ni, Ca, Co) ташкил қилади. Сиғиниш муҳитни оксидлари эса ($\text{SiO, MgO, Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO}$) – фақат 10-8 % қолади холос.

Асосий никельни минераллар: петландит (Ni, Fe) S, мис халкопирит (Cu FeS_2) ва халькозин (Cu FeS_2) билан келтирилади.

Сульфидли мис-никель рудаларни асосий минераллардан бир-пирротин Fe_7, S_8 . Сиғиниш порода оксидлардан тузилгандир, уларнинг миқдорлиги, %: 40-50 SiO_2 , 10-25 Mg; 15-20 Al_2O_3 , 10 CaO.

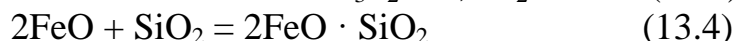
Намунавий мис-никель рудасини таркиби, % Ni 5,6; Cu 1,8; Co 0,16; S 28; Fe 45; SiO 10; Al_2O_3 6,9; MgO 1,4; CaO 1,2.

13.4 Оксидланган никель рудаларни қайта ишлаш технологик усуллари

Оксидланган никель рудаларни асосий қийинчилиги-асосий металлни темирдан ажратиб олиш. Тикланиш жараёнини қўллаб, темирни шлакка ўтказиш, шуни кўрсатадики, фақат темирни бир қисми ажралиб чиқади, асосий хажми эса темир-никель қотишмада ўтади, никельни эркин ҳолатда олиш қийиндир.

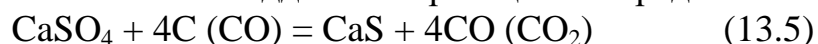
Ҳозирги пайтда оксидланган никель рудаларни қайта ишлаш технологияси-штейнга эритиш. Бу жараён темир ва никельни кислород ва олтингугуртга ҳар хил тортилиш кучига эга бўлганлиги асос қилиб олинган.

Никель сульфидланиб штейн фазасига ўтказилади. Штейн ўзи билан иккита сульфид Ni_3S_2 ва FeS ташкил қилади. Темирни асосий қисми шлак билан ажратилади:



Оксидланган руда таркибида олтингугурт йўқ, шунинг учун унга қўшимча киритиш керак. Бунинг учун шихтага пирит ёки гипс қўшилади.

Қиздирилишда гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) ўзини конструкцион намлигини йқотади ва кейин тикловчи модда билан реакцияга киради:



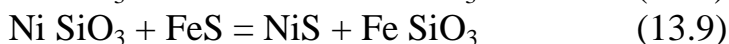
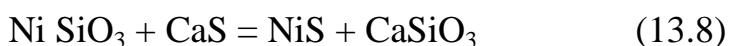
Гипс намлигини йқотиш билан бир пайтда ажралиши ҳам мумкин:



Агарда гипсни ўрнига пирит қўшилса, биринчи даврда у ажралади:



FeS , CaS билан бир қаторда, никель сульфидларни реакцияларига киради:



CaS темир ҳам сульфидлайди:

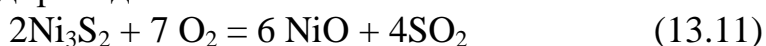


Гипс пиритга нисбатан арзонроқдир ва темирли шлак ҳосил қилмайди, шунинг учун уни қўллаш афзалроқдир.

Гипс ёки пирит билан эритилган никелли штейн 60% темирни ўз миқдорига киритади. Бу темирни штейнни конвертерда қайта ишлаш даврида ажратилади.

Конвертер даврида темир танлаб оксидланади ва қўшимча берилган кварц билан шлак фазасига ўтади. Темирдан ажралган никель штейни - файштейн деб аталади. Буни никель оқ штейн деб номласа бўлади.

Оқ штейн куйдирилади:



Никельни оксиди тикловчи модда билан аралаштириб, электр печида $1500^\circ C$ да эритилади ва эркин суюқ никель олинади.

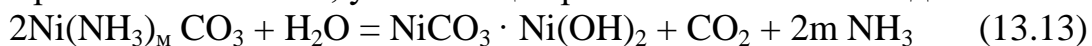
Конвертер шлаки никель билан бойдир, уни айланувчи модда ҳисоблаб янчишдан эритиш печига юкланади.

13.5 Гидрометаллургик усул

Усуллардан бири, Куба усули деб номланган. Бу усул бўйича янчилган рудани тикланиш жараёнига юборилади: $600-700^\circ C$ никел ва кобальт металл ҳолатигача, темир эса факат FeO шаклгача тикланади. Кейин рудани аммиак билан танлаб эритилади.



Эритмани тозалагач, уни Иссиқ пар билан қайта ишланади:



Чукмани куйдириб NiO олинади, газларни эса таркибида NH_3 ва CO_2 булгани сабабли, уларни танлаб эритишга янгитдан юборилади. NiO эса ёки

эркин ҳолатгача тикланади, ёки шу ҳолатда пўлат эритиш заводларга юборилади.

14-§ Сульфидли никель рудаларни кайта ишлаш усуллари

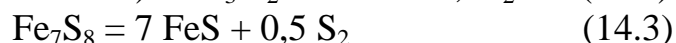
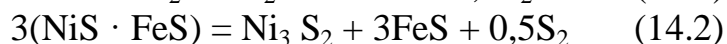
Сульфидли мис – никель рудалари, асосан, пирметаллургик усули билан кайта ишланади. Гидрометаллургик усуллари ҳам маълумдир.

Пирометаллургик усул

Агарда рудаларда мис ва никельни йигиндиси 4-5 % дан куп бўлса, бу бой хомашё ҳисобланиб уларни бевосита юборилади. Сийрак рудалар магнит усули ёки флотация йули билан бойитилади.

Руда ва бойитишлар бир хил минералларга эга, шунинг учун уларга ухшаш технологик жараёнлар кулланиши мумкин.

Кизитиш даврида, суюқ ҳолатига утишдан олдин, 400-600 °С ларда халькопирит ва никели минераллар ажралади:



Мураккаб бирикмаларнинг аралашмаси оддий сульфидларга айланади: Ni_3S_2 ва FeS .

Сигиниш моддалардан ва кушимча бериладиган флюслардан пайдо буладиган шлак фазаси ҳароратларида, оддий сульфидлар бир-бирида чексиз эрийди ва штейн катламини мавжуд этишади.

Эритилган штейнни конвертерда пуфлаб кайта ишланади. Жараёнга, темирни шлак ҳолатига ўтказиш учун, кушимча юкланади. Олинган конвертер шлакини кайтадан эритиш печига юборилади. Конвертер жараёнини асосий маҳсулоти мис никель файнштейнни узи билан, таркибида 1-3 % Fe булган, мис никель котишмасини тасаввур қилади, ва ок мис никель штейн деб номланади.

Пуфлаш даврида кобальт кисман, темир билан бирга, шлакга ўтади.. Нодир металла тулик ок штейнда тупланадилар.

Мис-никель штейнлардан эркин металлларни ажратиб олишни бир неча усуллари бор. Асосий металллар билан бирга нодир металллар, селен ва теллур ҳам ажратиб олинади.

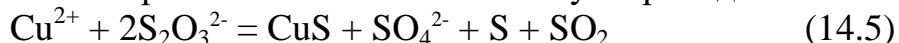
Гидрометаллургик усул

Бу усул бўйича, янчилган руда ёки бойитмани автоклавда 7·10 Па ортикча босим остида аммиак билан кайта ишланди. Мис, никель ва кобальт комплекс аммиак тузлари шаклда эритмага утишади.



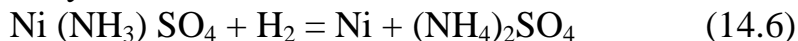
Автоклавдаги ҳарорат 77-80 С ташкил қилади. Ок ажралиб чиқаётган ортикча Иссиқликни кимёвий ёрдамида ажратиб чиқилади. Бойитмадаги олтингугурт $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, $\text{S}_3\text{O}_6^{2-}$, ва SO_4^{2-} , шаклларга оксидланади, темир эса сульфат ёки гидрооксид турида чуқмага ўтади..

Фильтрланган эритмани кайнатиб мисни чуқтирилади:



Ундан кейин, никель ва кобальти бор эритмани автоклавда водород билан кайта ишлаб, металлларни эркин ҳолатда олинади. Жараённинг технологик шароитлари: боши 15·10 Па, ҳарорати 175-225 °С.

Олдин никель чуқади:

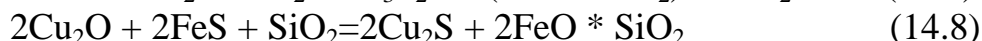
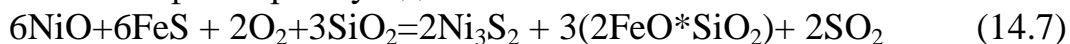


Эритма фильтрлангандан кейин, худди шундай кобальт ҳам чуқмага утказилади. Маҳсулот кукун шаклда булиб, таркибида 98,6 % СО ва 0,14 % Ni булади. Гидрометаллургик усул билан 20-25 % никель олинади.

Бойитма ва бой рудаларни эритиш

Бойитма ва майдаланган рудаларни ялик печда эритилади. Бу ялик печдаги мис олишдаги жараёндан кам фарк қилади. Эритишда олтингугурт асосан, темирни юқори оксидларидаги кислород хисобига оксидланади. Куйдирилмаган бойитмани эритишда олтингугурт юқори сульфидларни ажралиши хисобига ҳам чиқарилади.

Жараённинг асосида мис ва никельни оксидларини темир сульфиди билан узаро боғланиши туради. Бунинг натижасида мис ва никель штейнга, темир эса шлак фазаларига ўтади..



Мис ва мис – никель бойитмаларини эритишга мулжалланган печларнинг тузилиши ва технико-иктисодий курсаткичлари деярлик ухшашдир.

Электр печида эритиш

Жараён тугри бурчак шаклдаги, улчамлари 23,6 х 6м ва фойдали майдони 140 м булган, печларда олиб борилади. Печнинг сводидан (юқори том кисмидан) бир катор 3 ёки 6 та, диаметри 900-1400 мм, кумир электродлари туширилган. Электродларни пастки кисми суюқ шлакга туширилган, кайси қаршилиқ модда хисобида ишлатилади.

Печдаги ишлаб чиқиш унумдорлиги 12 т/м сут ташкил қилади, электр кувватини сарфи 700-850 квт.с/т шихтага. Штейнга мис, никель ва нодир металлларни ажратиб олиш даражаси – 96 %.

Шахтали печда эритиш

Бу жараён йирик руда ёки агломерат эритишга кулланади. Коксни сарфи шихта огирлигидан 9-1 % ташкил қилади. Шихтали печда штейн таркибида мис ва никельни йигиндисини 15-25 % гача олиш мумкин. Ундан бойрок штейнларни олиш тавсия этилмайди, чунки бу ҳолатда шлак билан металлларни исрофгарчилиги купайиб кетади:

Шлакда мис ва никельни йигиндисини 0,2-0,4 % дан ошмайди. Аммо, шлакни куп хажмда чиқиши умуман исрофгарчиликни купайтиради. Мис никель ва нодир металлларни штейнга ажратиб олиш 90 % ташкил қилади холос.

Мис – никель штейннини конвертерда пуфлаш

Кайси усулда штейнни олишдан катгий назар уни таркибида мис, никель ва темирни сульфидлари бор. Штейнда эритилган ҳолатда феррит, кобальт сульфид ива платиноидлар бор. Штейндаги олтингургуртни микдори тахминан 25 %.

Конвертер жараёнини асосий мақсади факат темирни оксидлантириб шлак фазасига ўтказишдир. Колган мис – никель штейнни алохида технология асосида қайта ишланади.

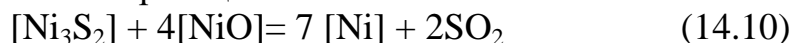
Кобальт асосан конвертер шлакига ўтади. ва ундан махсус технология бўйича ажратиб олинади. Пуфлаш жараёни 24-30 соат давомида булади.

Ок мис – никель штейнни узи билан мис ва никель сульфидларини эритмасини тасаввур қилади. Одатда уни таркибида 3-4 % Fe ва 20 % S бор. Мис ва никельни оксидлари, пуфлаш якунида, сульфидлар билан реакцияга киришади:



Реакциянинг натижасида штейнда хар доим эркин мис ва никель бор.

Никельни тикланиш реакцияси:



Ок мис – никель штейннини қайта ишлаш

Ок мис – никель штейнида металлрнни йигиндиси 77-78 % ташкил қилади. Металларнинг нисбатлиги $\text{Ni} \div \text{Cu} = 2 \div 0,5$.

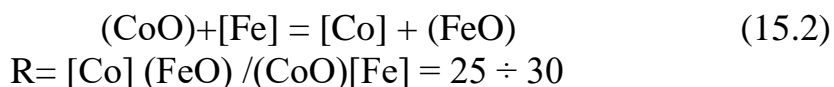
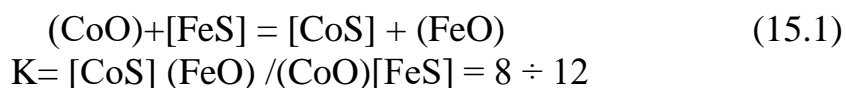
Штейнни қайта ишлаш биринчи босқичи мис ва никельни ажратиш. Бу жараён флотация усули билан амалга оширилади. Никель бойитмаси куйдириб, тикланиш жараёнлари орқали эркин ҳолатда олинади.

15-§ Кобальт ишлаб чиқариш технологияси

Табиатда кобальт оксид, сульфид ва мышьяк минералларда учрайди. Кобальт рудаларининг захиралари жуда кам учрайди. Купинча кобальт бошқа металл захираларида йулдош булади. Кобальт коидадагидай никель захираларида булиб якин кимвий хусусиятларга эгадир.

Кислород ва олтингургуртга тортилиш кучи бўйича, кобальт никель ва темирни оралигида жойлашган. Шунинг учун никельни хом Аше қайта ишланаётганда кобальт мис-никель штейнига ўтади. Конвертерда штейнни пуфлашда, кобальт шлак фазасида тупланади.

Кобальтни шлакдан ажратиб олиш учун уни 2-3 марта никель штейни, пирит ёки чуян билан қайта эритилади. Бунда кобальт металл ёки сульфид фазасига ўтади:



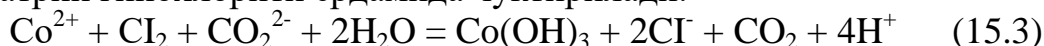
Суяқ темир кобальт котишмани ёки бойитилган кобальт штейннини конвертерида пуфланади. Бу тадбирни асосий мақсади-темирни шлак фазасига ўтказишдир. Колган металл анодга шаклга куйилади ва электр

кимёвий эритишга юборилади. Кобальт билан бирга эритмага кисман темир, мис ва никель ҳам ўтади..

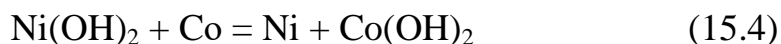
Кобальтни эритмадан ажратиб олиш схемаси

Темирни оксид ҳолатига утказилади ва охак ёки сода ёрдамида чуқтирилади. Бу чуқма уз таркибига мышьяк, сурьма ва висмутни киритади. Мисни кобальт ёки никель кукуни билан цемент чуқмасига утказилади. Марганецни эритмасини хлор ёки хлор гипохлорит ёрдамида ёрдамида ажратиб ташланади. Оксидланиш даврида $MnO_2 \cdot nH_2O$ шакл пайдо булиб чуқмага ўтади..

Тозаланган эритмада фақат никель ва кобальт колган. Кобальтни хлор ёки натрий гипохлорити ёрдамида чуқтирилади:



Никельни чуқмага утмаслиги, қуйидаги алмашув таъсир кетиши билан олдини олинади:



Кобальт гидрооксидини сода билан аралаштириб, қуйдирилади, сув билан ювилади. Сунг қайта қуйдирилиб CoO бирикмаси олинади.

Бу бирикмада 70-72 % кобальт, 0,2-0,3 % никель бор.

Кобальтни оксид ҳолатдан электр печларда тикланилади. Тикловчи мода ҳисобида графит қўлланилади. Кобальтни углерод ва олтингугуртдан тозалагич, қуйилади.

Кобальтни ўта тоза шаклини электролитик тозалаш, ёки органик моддаларни экстракцияси орқа олди олинади.

Никель рудалардан ташқари, кобальт хом ашё ҳисобида мис-кобальт ва кобальт-мышьяк рудалари қўлланилади. Бу рудаларни флотация орқали бойитиб қайта ишланади. Бойитмада 0,5-10 % Co бўлиб уни эритилади ёки сульфатли қуйдирилади. Қуйдирмани эса сув билан танлаб эритилади.

Кобальт-мышьяк бойитмалари (10-20 % Co) беносита автоклавда танлаб эритилади. Кобальтли эритмалар стандарт технологиялар билан қайта ишланади. Ўзбекистонда махсус кобальт захиралари хали аниқлангани йўқ. Республикамизни бу металлга эҳтиёжлиги жуда ҳам катта. Шунинг учун бор имкониятлардан фойдаланиб, бу метални етиштириш керак. Масалан, Олмалик рух заводининг чиқиндиларида кўп миқдорда кобальт ётибди. Уларни қайта ишлаб метални эркин холларда бериш бизнинг бурчимиз.

Металлинг замонавий нархи бир тоннаси унлаб минг АКШ доллари туради.

II БЎЛИМ. РУХ ВА ҚЎРҒОШИН МЕТАЛЛУРГИЯСИ

16 - § Рух металлургиясини хом ашё тавсифи ва асосий технологиялари

Ишлаб чиқариш хажми бўйича рух, алюминий ва мисдан кейин учинчи ўринда туради. Бир йилда дунёда 5-7 млн.т рух ишлаб чиқарилади. Заводларнинг ишлаб чиқариш имконияти 75-85%ларга фойдаланилади. Олмалиқ тоғ-металлургия комбинати таркибига киради. Заводнинг ишлаб чиқариш имконияти бир йилда 1000 минг тоннадан зиёдрокдир.

Хорижий давлатларда рух ишлаб чиқариш қуйидагиларда мавжуддир: АҚШ, Япония, Россия, Канада, Австралия, Олмония, Франция, Болгария, Польша, Бенилюкс, Қозоғистон ва бошқалардир. Дунё миқёсида ишлаб чиқилган рухнинг ўзлаштирилиши қуйидагичадир, %: оқ туника олиш 36; латунь ва бронза олиш 26; қуймакорлик 26; рух прокати 3; кимё моллари 6,5.

Рухни асосий ўзлаштирувчи давлатлар АҚШ, Япония, Олмония, Россия. Ўзбекистон ўзини маҳсулотини хорижий давлатларга экспорт қилади. 1 тонна рухнинг нархи дунё бозорида 950-1050 АҚШ долларидан сотилади. Металл асосан минерал захираларидан олинади. Иккиламчи хом ашёдан фойдаланиш энди кенг йўлга қўйилапти.

Рух хом ашёсининг тавсифи

Табиатда рух асосан сульфид ҳолатида учрайди. Бир хил рух бирикмалари - бу кислород билан боғланган оксид захираларидир. Саноатда кенг тарқалган ва ишлаб чиқаришда тушган бу – комплекс рух – қўрғошин сульфидли полиметалмис рудалардир. Бу рудаларда асосий металллардан ташқари, яна мис, кадмий, нодир ва камёб металллар бор. Замонавий рудаларда рухнинг миқдори 1,5 %, рух-қўрғошин рудаларда эса 1,0 – 1,5% Zn

ва 0,4 -0,5% Pb бор. Бу рудаларни қайта ишлашдан олдин бойитилади. Асосий бойитиш усули - селектив флотациядир. Олдин рудадан коллектив рух-қўрғошин бойитмаси олиниб, кейин у алоҳида рух ва қўрғошин бойитмаларига ажратилади.

Сульфидли рудаларда рух асосан сфалерит – ZnS шаклда учрайди. Оксидланган рудаларда рух карбонат ZnCO₃ (смитсонит) ва гидроцинкий ZnCO₃ * 2 ZnS (ОН) ва силикат (валлетит Zn₂SiO₄) турларда учрайди.

Рухни бойитмага ўтиш даражаси 70-85%ни ташкил қилади. Рух бойитмасини тахминий миқдори, %: Zn 40-60; Pb 0,2-3,5; Ca 0,15 -2,3; Fe 2,5-13; S 30-35; Ca 0,1-0,5; As 0,03-0,3; Sb 0,01-0,07; Cu 0,001-0,013; In 0,001-0,07. Бойитмани майдалиги 30-35% (-75 мкм)-70-90% (-75мкм) масофада ўзгаради. Бойитмани муҳим технологик хусусиятлари бўлган зичлик: -3,4-4,3 г²/см³; тўқилмоқ массаси 1,9-2,3 г/см, намлик 10-16%, қуритилгандан кейин 6-8 %.

Рухни хом ашёдан ажратиб олиш асосий технологиялар

Сульфидли рух хом ашёсини бевосита эркин ҳолатигача тиклаш мумкин. Масалан:



Аммо, кучли тикловчи моддалар Н ва СО самарадор эмасдир. Масалан, келтирилган реакция учун 1000 °С да мувозанат константаси тенг:

$$K_p = P_{\text{Zn}} * P_{\text{H}_2\text{S}} / P_{\text{H}_2} = 2,1 * 10^{-4}$$

Бундан хулоса, юқори ҳарорат ва босимларда ҳам тикланиш маҳсулотларини чиқиши жудаям кам. Амалиётда сульфидларни оксидлантириш кейин афзалроқдир.

Саноатда ZSни ZnOга оксидланишини пирометаллургик усул билан амалга оширилади. ZnОни тикланиши эса пирометаллургик ёки гидрометаллургик усуллар билан амалга ошиши мумкин. Охирги усул бўйича ZnОни сульфат кислотасида эритиб электролиз ёрдамида эркин металл олинади.

Рухни сульфид бойитмасидан ажратиб олиш ZnS, ZnO ва Znларни хусусиятларига боғлиқдир. Рухни оксид ва сульфиди юқори ҳароратда эрийди. Масалан, ZnS атмосфера босимида 1200 °Сдан зиёд ҳароратда порланади ва 2000 °С гача эрийди. ZnO эса 1975°Сда суюқ ҳолатига ўтади. Шунинг учун Zn Sни ZnOга оксидланишини юқори ҳароратларда катта тезлик билан юборилиши мумкин. Рух сульфидини оксидланиши экзотермикдир ва жараён учун қўшимча ёқилғи сарфламайди.

Рухни оксиддан тиклаш учун кўп энергия сарфланади. Шунинг учун пирометаллургик тикланиш юқори ҳарорат ва тикловчи модданинг миқдорлигида олиб борилади. Электролитик тикланиш ҳам электр қувватини катта хажмда сарфланиши билан боғлиқдир. Металли рух осон суюқ ҳолатга ўтади – эриш ҳарорати 419°С, 907°С да буғ ҳолатига ўтади, шунинг учун пирометаллургик тикланишда буғ ҳолатида ажралиб чиқади.

Пиро ва гидрометаллургик усулларни хусусиятларини кўриб чиқамиз.

Пиromеталлургик усулда якунловчи маҳсулот бўлиб ғовак куйдирма (огарок) олинади. Куйдириш даврида модда олтингугуртни йўқотиб, кейин қотишма шаклга ўтади. Қотишма олиш учун ҳарорат 1300-1400 °С гача кўтарилиши керак. Буни агломерация жараёнида амалга оширилади. Агломерат кейинчалик қаттиқ углерод ёрдамида тикланади.

Гидрометаллургик усул бўйича куйдиришни 900-1000 °С да огарок-кукун олишга қаратилади. Олинган кукун сульфат кислотасида эритилади. Эритмадан рух электролиз билан эркин ҳолатида ажратиб олинади, сульфат кислотаси эса регенерация бўлиб қайтадан танлаб эритишга юборилади.

Рух бойитмасини юқори ҳароратда оксидлантириш, ҳозирги пайитда, асосий технологик усулдир. Канадада олиб борилган изланишлар шуни кўрсатадики рух сульфидини эритмадаги кислород билан ҳам оксидлантирса бўлар экан:



Жараён автоклавда 100 °Сдан зиёд ва умумий босим 10^5 Па дан юқори шароитларда олиб борилади. Саноатда бундай технологияни қўллаш қийиндир.

Технологик схемаларни таҳлили шуни кўрсатиб турибдики, жараён бир неча босқичдан иборатдир. Амалиётда эса, схемалар анча мураккаброкдир.

Бунга иккита сабаб бор:

1) хош ашёда мавжуд бўлган бир қатор рухга йўлдош элементларни ажратиб олиш кераклиги;

2) хом ашёни қайта ишлаш учун тайёрлаш жараёнларини ташкил этиш.

Дунё миқёсида тахминан 20% пиromеталлургик ва 80% рух гидрометаллургик усуллар билан олинади.

17-§ Сульфидли рух бойитмасини куйдириш жараёнлари.

17.1 Сульфидли рух бойитмасини куйдириш жараёнларининг мақсади ва турлари

Бойитмани куйдиришдан асосий мақсад - сульфидли рухни тикланиш жараёнига тайёрланган оксид ҳолатига тезроқ ва кам сарф ҳаражатлар билан ўтказишдир. Бунда огарок шундай ҳолатда олиниши керакки, ундан юқори самарадорлиги билан кейинги технологик жараёнларини ўтказишга имкон яратилиши лозимдир. Шунинг билан бир қаторда, куйдиришда ажралиб чиқаётган олтингугурт бирикмаларини тўлароқ даражада сульфат кислотаси олиш учун юборишдир.

Пиromеталлургик усул учун огарокни агломерат (қотишмани бир тури) шаклда олинади ва бу модда кейин юқори ҳароратда қаттиқ углерод ёки бошқа тикловчилар ёрдамида тикланади.

Гидрометаллургия усули учун танлаб эритишга мўлжалланган огарок куйидаги талабларга жавоб бериши керак:

1) сульфидларда олтингугурт миқдори иложи борича кам бўлиши керак (0,1-0,3 %);

2) эрийдиган сульфат ҳолати меъёрли бўлиши керак (S_{SO_4} 2-4 %);

3) майда фракцияси (0,15 мм) юқориноқ бўлишлиги;

4) феррит ва силикат шаклдаги рух миқдорининг меъёридалиги.

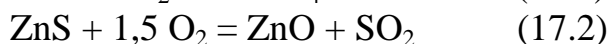
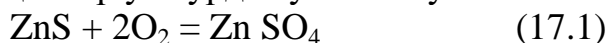
Бундай талаблар гидрометаллургик усулни мазмунидан келиб чиқади.

Замонавий амалиётда танлаб эритишга кукун - огарокни қайнар қатлам (КС) печларида, 900-1000⁰С оралиғида олиб борилади.

17.2 Куйдириш жараёнининг кимёвий реакциялари

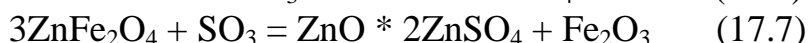
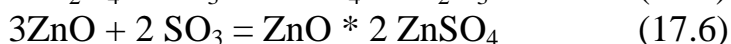
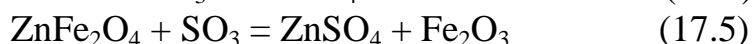
Жараённинг кимёвий реакциялари деб, дастлабки хом ашёни биринкетин ўтадиган кимёвий ўзгаришларига айтилади. Жараённинг кимёвий якуний маҳсулотлар билан тавсифланади.

Дастлақби реакциялар уч турда бўлиши мумкин:



Тажрибада аниқланган, сульфидни оксидланишдан бошлаб, 900⁰С гача, биринчи қаттиқ маҳсулот бўлиб, ZnO пайдо бўлади. Юқориноқ ҳароратларда модданинг буғ ҳолатига ўтиши кўринади. Бу жараён (17.3) реакцияни оқиб ўтиши билан тушунтирса бўлади.

Иккиламчи рух сульфатлари куйидаги реакциялар натижасида пайдо бўлишлари мумкин:



Юқорида қайд этилган кимёвий реакцияларнинг термодинамик кўрсаткичлари куйидагилар:

Реакция	t, ⁰ С	G, кДж	lg Kp
ZnS + 2O ₂ = ZnSO ₄	25	- 675	118,6
	1000	- 383	36,3
ZnS+1,5O ₂ = ZnO+SO ₂	25	- 440	77,4
	1000	- 253	24,0
ZnO+O ₂ = Zn + SO ₂	25	- 104	18,3
	1000	- 123	11,7

Сульфидларни оксидланиш иккиламчи реакцияларнинг термодинамик тавсифлари:

Реакция	t, ⁰ С	G, кДж	lg Kp
ZnS + 2O ₂ = ZnSO ₄	25	- 76,5	118,6
	1025	- 12,2	0,49

$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$	25	-	196	24,3
	1025	-	179	16,80

Иккиламчи оксидланиш иккиламчи реакцияларнинг мувозанат доимийликлари меъёрий қийматларга эгадир. Шунинг учун бу реакциялар айланувчан бўлиб, охиригача етмайди ва ўтиш даражаси ҳарорат ва кислородни порциал босимига боғлиқдир.

Рух бойитмасини куйдиришда сульфат пайдо бўлиши технологик аҳамиятга эга. Бу сульфатларни термодинамик турғунлиги реакция ажралиши мувозанати билан баҳолаймиз:



Ушбу реакцияни ўзгармас доимийлиги ҳароратга боғлиқдир:

$$\lg P_{\text{SO}_3} = 11,757 - 8586,0 / T \quad (17.9)$$

Рух бойитмасини куйдиришда, газ таркибида SO_2 ва O_2 миқдорлигига боғлиқ бўлган ҳолда, сульфатнинг максимум пайдо бўлиш ҳарорати $750 - 850^\circ\text{C}$ тўғри келади.

Куйдириш даврида рух феррит ва силикат шаклларга боғланиши мумкин:



Бу иккита бирикма, кейинги танлаб эритишда сульфат кислотасида кийин эримайди ва рухни исрофгарчилини оширади. Шунинг учун жараён шундай бошқарилиши керакки – бирикмалар иложи бориша камроқ ҳосил бўлсинлар.

Рух бойитмаларида кўпинча кўрғошин ва кадмий бор. Асосан улар сульфид хоссаларида мавжуддир: PbS – галенит ва CrS – грикорит.

Куйдириш пайтида кўрғошин сульфиди PbO ҳолатига $700-800^\circ\text{C}$ енгил ўтади. Кўрғошин оксиди эса норуда моддалар билан реакцияга кириб паст ҳароратларда эрийдиган бирикмалар пайдо қилиши мумкин.

Кадмий сульфиди 735°C да аланга олади ва оксид шаклига ўтади. Иккала сульфидлар юқори ҳароратда учувчанлик хусусиятига эга. Бу хусусиятни технологлар билиб, металлларни жараён маҳсулотларига ўтишини ҳисоблашлари керак.

Рух бойитмалар мис халькопирит, халькозин ва ковеллин турларида учрайди. Бу бирикмалар ўзларини куйдиришда ўзгаришлари мис хом ашёсини қайта ишлашдаги жараёнларига ўхшашдир.

Замонавий заводларда рух бойитмасини куйдириш «КС» печларида ўтказилади. Бу жараённинг афзалликлари:

1) юқори ишлаб чиқариш унумдорлиги (оддий печларга нисбатдан 2 – 3 марта юқорирок).

2) куйдириш жараёнининг тартибланиши ва маҳсулотни сифатлилиги;

3) SO_2 ни газдаги миқдорининг кўплиги ва ундан сульфат кислотасини олиш қулайлиги;

4) танлаб эритишда салбий таъсир этувчи феррит ва силикат бирикмаларини чекланган ҳолатда пайдо бўлиши ва бошқалардир.

18-§ Сульфидли рух бойитмасини қайнар қатлам «КС» печида куйдириш амалиёти

Рух заводларда, таркиби ҳар хил бўлган, бир неча концентратлар ишлатилади. Шихта тайёрлаш даврида концентратлар шундай нисбатликда олинадики, улар рух, йўлдош фойдали элемент ва зарар компонентлар бўйича аниқ таркибга эга бўлиши зарур.

Қайта ишлашга келган рух концентратини тахминий таркиби, %: 45-60 Zn; 29-35 S; 6-12 Fe; 1,5-5,0 Al₂O₃; 0,2-4,4 Pb; 0,1-3,0 Cu; 0,4-3,0; SiO₂ 0,5-1,5 CaO; 0,2-1,0 MgO; 0,25-0,8 Cbn; 0,01-0,4 As; 0,01-0,3 Sb, 20-160 г/м Ag ва 0,5-10 г/т Au.

Шихтани печга куруқ ёки пульпа шаклда юкланади. Ташқаридан келтирилган ва таркиби яқин бўлган концентратлар куруқ шаклда қўлланилади. Агарда рух заводи бойитиш фабрикаси ёнида бўлса, ёки концентратларни таркиби катта фарқ қилса, пульпа шаклда юклаш мақсадга мувофиқроқ бўлади. Бунга асосий сабаб пульпадаги моддалар яхши ва тўла аралаштирилиши ортиқча намланади, металллик дастгоҳлар коррозияга учрайди ва газ чиқариш системасини ишлаши қийинлашади.

Куруқ шихта олиш учун концентратлар бир хил мода олиш даражасига аралаштирилади ва қуритиш барабанида, қолдиқ намлик 6-8 % гача қуритилади.

Ўзбекистон рангли металлургиясида цилиндрик шаклдаги «КС» печлари кенг тарқалган. Уларнинг подини майдони 34 м, форкамералар майдони 1,5 м, баландлиги – 10 м, куйдирилган моддани ажралиб чиқиш баландлиги 1,0-1,2 м. Соплардаги тешиқлар кесими майдони, поднинг майдонига нисбатдан 0,8-1,0 % ташкил қилади.

Кукунсимон сульфидли рух концентратини газ фазасини 10-12 м/с тезлик остида куйдириш олиб борилади. Газнинг тезлигини ошириш ортиқча чанг ажралиб чиқишига олиб келади. Агарда газнинг тезлиги камроқ бўлса, шихта моддаларни қайнаш муҳитдан ажралиб чиқиб, соплларга чўкиб қолади.

«КС» печини нормаль ишлаши учун унинг хажмида иссиқлик балансини ушлаб туриш керак. Иссиқликни тақсимланиши, %: технологик газлар билан 60 %; чанг ва девор орқали сарфланиши 20 %. Иссиқликни қолганини махсус мослама ёрдамида печдан чиқарилиши керак. Акс ҳолда иссиқлик тўпланиб моддани ўта қизишига олиб келиши мумкин. Ортиқча иссиқлик махсус трубкали кессон орқали печдан ташқарига чиқарилади.

Технологик газлар котел – утилизатор орқали ўтказилади. Бу дастгоҳда иссиқликни 55 % гази пар олишга ишлатилади. Қолган иссиқлик исроф бўлади Котел-утилизатор юқори параметрли пор ишлаб чиқаради (400-565°С, 4,5 - 6,0 мПа ва 1,1-1,4 т/т концентратга).

Печга берадиган ҳавони хажми назария ҳисоботлардан келиб чиқади ва 1500-1600 м/т концентратга ташкил қилади. Ҳавонинг ортиқча берилиши 20-30 % (= 1,2 / 1,3).

Куйдириш печини нормаль ишлаши учун куйидаги талаблар бажарилиши керак:

- 1) шихтани минералогик ва ўлчамлари доимийлиги ва қатламга бир хил тезликда юкланиши;
- 2) ҳавони подина майдони бўйича бир хил тақсимланиши;
- 3) келаётган ҳавони доимий босими;
- 4) печнинг ишчи хажмида ва бошқа дастгоҳларда ўзгармас босим бўлиши.

Бу талаблар асосан қайнар қатламни пайдо бўлиши ва мустаҳкам ишлаб туришига қаралган. Саноат ишлаб чиқариш шароитида қайнаш қатлам ҳавонинг 15-16 кПа босимида пайдо бўлади. Булардан 4-5 кПа ли печнинг подинаси гидравлик қаршилигини бартараф қилишга сарфланади. Демак «КС» печининг гидравлик қаршилиги тахминан 10 кПа ташкил қилади. Бундай босим подинада нормаль қайнар қатлам ҳосил қилади, бу тахминан 1 т/м^2 ташкил қилади.

Куйдириш шароитларини технологик кўрсаткичларга таъсири

Куйдириш жараёнини муҳим технологик кўрсаткичлари куйидагилардир:

- 1) ишлаб чиқариш унумдорлиги;
- 2) куйдирилаётган шихтанинг жараён маҳсулотларида тақсимоти (огарок, чанг, газ);
- 3) технологик газдаги SO_2 ни миқдори;
- 4) огарокни сифати (кукунлиги, сульфид ва сульфат шаклдаги олтингургуртни миқдори, кремний диоксид ива темирни мавжудлиги).

Замонавий печларда ҳавони бериш тезлиги 10-13 м/с, нисбатлик сарфи $350-450 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{соат})$ қўлланилади. Ҳаводаги кислородни миқдори 28-32 % гача кўтарилган. Бундай шароитларда ишлаб чиқариш унумдорлиги 8-10 $\text{т}/(\text{м}^2 \cdot \text{суткада})$ ни ташкил қилади. Кислородни миқдорлигини бундан зиёд кўтариш номаъқулдир, чунки кислород олиш сарф харажатлар унумдорлик ошиши билан қопламайди. Ундан ташқари, ортиқча ажралиб чиққан иссиқликни печдан чиқариш ҳам катта муаммога айланиб қолади.

Моддаларни куйдириш 950-970 °С оралиғида амалга оширилади. Жараёнда қаттиқ моддаларни ажралиб чиқиши, %: огарок 65; циклон чанги 30; электрофильтр чанги 3,3; гахзоход чанги 1,7.

Технологик газларда SO_2 ни миқдорлигини кўпайиши, уни сульфат кислотаси олишда қулайлик яратади. Оддий ҳавода куйдиришда печдан чиқаётган газда SO_2 миқдори 8,5-10 % ташкил этади Кислородга бойитилган ҳаво қўлланса – SO_2 ни миқдори 12-15 % гача кўтарилади. Аммо, газоход системалари яхши герметик қопланмаганлиги сабабли, иккиламчи ҳаво тортилади ва натижада SO_2 ни миқдори бир оз камаяди.

Огарокни сифати унга қўйилган талаб билан баҳоланади. Огарокда сульфидли олтингургуртни миқдори 0,1-0,3 % дан ошмаслиги учун,

концентратнинг куйдиришда десульфурация даражаси 99,0-99,7 % бўлиши керак. Бундай юқори десульфурация даражаси жараённинг якуний даврда тезилкни ўта пасайиши билан боғлиқдир. Сульфид куртагини ядро қисми оғарок ва газ билан кучли тўсқинлик яратади. Шунинг учун куртакни тез ёниши бундай олтингугуртни кам миқдорини етказиб бера олмайди.

Керакли натижа моддани печда узоқ давр бўлиши билан амалга оширилади. Амалиётда бир мода ўртача печь ичида 12-14 соат бўлади.

Сульфатли олтингугуртни меъёрли миқдорлиги (2-4 %) 950°C дан паст ҳароратда олиб бориш керак.

Одатда оғарок сульфат кислотасида эрийдиган рух бирикмалари 88-92 % оралиғида бўлади. Агарда концентратда кремний диоксиди юқори миқдорликда бўлса, $Zn \cdot SiO_2$ бирикма пайдо бўлмаслиги мақсадида, куйдиришни пастроқ ҳароратда (900-920 °C) олиб бориш керак.

Одатда, оғарок метални миқдори, концентратга нисбатдан, бир оз кўпроқ. Масалан, агар концентратда рух миқдори 50,9 % бўлса, оғарокда бу кўрсаткич 60,3 % ташкил қилади.

Ажралиб чиққан чанглар оғарок билан бирга танлаб эритишга юборилади.

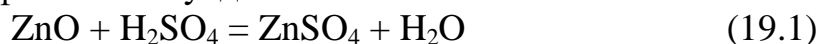
19-§ Куйдирилган концентратни танлаб эритиш жараёнлари

19.1 Куйдирилган концентратни танлаб эритиш

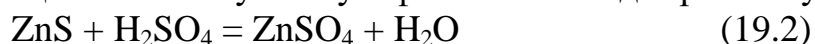
Оғарокни танлаб эритишни асосий мақсади оғарок таркибидаги рух бирикмаларини иложи бориша эритма ўтказиш ва электролизга тоза эритма олишдир. Эритишни сульфат кислотаси ёрдамида олиб борилади. Сульфат кислотасини танлашда куйидагилар ҳисобга олинган:

- 1) рух оксиди – ZnO яхши эриши;
- 2) бўлажак электролитик тикланишда қулайлик;
- 3) Рух заводларида сульфат кислотасини мавжудлиги;

Рух оксиди сульфат сульфат кислотасини кучсиз эритмасида яхши эрийди, рух сульфати эса – сувда:



Рух сульфиди қизитилган кучли сульфат кислотасида эриши мумкин:



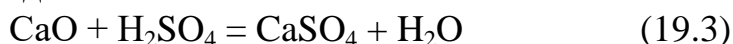
Бунда захарли серводород ажралиб чиқади.

Куйдириш давомида бир қанча рух силикати, ($n ZnO \cdot mSiO_2$), феррит ($x ZnO \cdot y Fe_2O_3$) ва алюминатлари ($ZnO \cdot Al_2O_3$) пайдо бўлади. Бу бирикмалар сульфат кислота эритмасида қийин эрийди. Уларни эриш қобилияти ҳарорат ва сульфат кислотасини концентрацияси олиб бориши билан кўпаяди.

Масалан, ферритдан рухни эритмага ўтказиш учун сульфат кислотасини концентрацияси 200-300 г/л ва 80-90°C ҳарорат талаб қилинади.

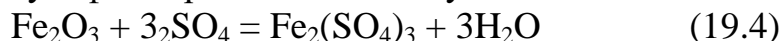
Рухдан ташқари, оркарокда темир, мис, кадмий, қўрғошин, кумуш, олтин, никель, кобальт, марганец, барий, кальций, алюминий ва бошқа металллар бор.

Кадмий хусусиятлари бўйича рухга яқин, уни оксиди CaO сульфат кислотасида яхши эрийди:

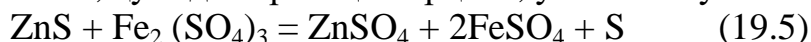


Огарокдан эритмага 85-90 % кадмий ўтади. Темир огарокда, асосан рух ва мис ферритлар шаклда учрайди. Бир қанча темир оксидлари Fe₂O₃, ва Fe₂O₃ ҳам бор. Сульфат эритмасида Fe₂O₃ эса қисман эрийди.

Куйдириш печининг циклон чангида бир оз Fe₂(SO₄)₃ учрайди. Уч валентли темир сульфати эритмада ҳосил бўлади:



Эритмада Fe₂(SO₄)₃ мис бирикмалари, SO₂ ва метал сульфидлари билан икки валентли темир сульфати FeSO₄ га тикланади. Бу жараён рухни огарокдан эритмага, куйидаги реакция орқали, ўтишига кўмаклашади:



Эритмага огарокдан факат 3-4 % темир ўтади, уни микдорлиги 1-2 г/л ташкил қилади. Бундай микдорлик бўлажак мышьяк, сурьма, германий ва бошқа моддалардан гидролитик тозалашда ёрдам беради.

Мис огарокда оксид (CuO, Cu₂O), феррит (n CuO · Fe₂O₃), силикат (x Cu₂O · ySiO₂) шаклларда учрайди. Энг осон CuO эрийди ва CuSO₄ ни ҳосил қилади. Мис феррити, рух ферритига ўхшаб, қийин эрийди. Танлаб эритишда тахминан мисни ярми эрийди, ярми эса кекда қолади.

Сурьма (III) ва мышьяк (III) оксидланган бирикмалари огарокни танлаб эритишда As₂(SO₄)₃ ва Sb (SO₄)₃ шаклларда эритмага ўтишади. Сурьма (V) ва мышьяк (V) оксидлари қийин эрийдиган бирикмалардир.

Никель, кобальт ва марганецлар эрийди ва Ni₄, CoSO₄ ва MnSO₄ сульфатларини ҳосил қилади.

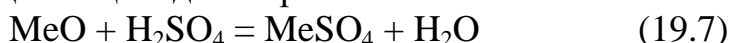
Танлаб эритишда кўрғошин, деярли тўлиқ куйидаги реакцияга асосан, кекга ўтади:



Кўрғошин, мис ва рух силикатларини эриши эритмани кремний бирикмалари билан ифлослантиришга олиб келади. Бу жараён танлаб эритишдан бўлажак чўктириш ва филтрлашларни қийинлаштиради.

Кумуш огарокда Ag₂S ва Ag₂SO₄ шаклда учрайди. Кумуш сульфати яхши эрийди, кейин эса эритмада мавжуд бўлган хлор ионлари билан қийин эрийдиган AgCl бирикмаси шаклда чўктирилади. Кумуш сульфиди эримайди ва кекда қолади. Олтин тўлиқ қаттиқ қолдиқларда қолади.

Кальций ва барий оксидлари сульфат кислота эритмаларида қийин эрийдиган эритмалар ҳосил қилади. Жараённинг кислотаси:



Кўрғошин, кальций ва барий сульфат кислотасини қисмини қийин эрийдиган сульфатларга боғлайди. Буни ҳисобга олганда, куйдириш даврда сульфатли олтингугурт микдорини бир оз кўпайтириш керак бўлади.

Хлор, фтор, натрий ва магний бирикмалари осон эрийди ва эритмада тўпланадилар. Ноёб металлар-галлий, галлий, индий ва германийлар қисман эритмага ўтадилар.

19.2 Куйдирилган концентратни танлаб эритиш схемалари

Дунё амалиётида турли хил танлаб эритиш схемалари қўлланилади: бир, икки ва уч босқичли, даврий ва узлуксиз ва бошқалардир. Энг кенг тарқалган схема-бу узлуксиз қарама-қарши оқимли икки босқичли танлаб эритишдир.

Огарокдан рухни эриши H_2SO_4 концентрацияси ва ҳарорат ошиши билан тобора кўтарилади. Аммо бунда зарра моддалар ҳам эриши мумкин. Бу эса бўлажак электролитик жараёнларда тўсқинлик қилади.

Эритмада кўп зарра моддаларни миқдори рН ни қийматини 5,2-5,4 гача кўтариш мумкин. Кейин эса рух гидролизга учраб гидроксид шаклда чўкмага тушиб қолиши мумкин.

Қарама-қарши оқим принципида танлаб эритиш иккинчи босқични кучли эритма билан олиб боришга имкон беради (130-150 г/л H_2SO_4). Биринчи босқичда эса танлаб эритиш кучсиз эритма билан олиб борилади (50-60 г/л H_2SO_4). Бунинг натижасида биринчи босқичда олинадиган эритмада сульфат кислотаси йўқ (рН=5,2-5,4). Бундай танлаб эритишда нейтраль эритмада зарра моддалар деярли йўқ. Бу эса бўлажак эритмани тозалашни осонлаштиради ва сарф-харажатларни камайтиради.

Танлаб эритишни биринчи босқичида (нейтраль цикл) қуйидаги технологик масалалар ечилади:

- 1) огарокдан рух сульфатини ва рух оксидини қисман эришиши;
- 2) эритмадаги ортикча сульфат кислотасини нейтраллаштириш;
- 3) эритмани зарра моддалардан гидролитик тозалаш;
- 4) эритмани каттик моддалардан ажратиш олиш;
- 5) огарокни иссиқлигидан оқилонга фойдаланиш.

Нейтраль танлаб эритишнинг якуний мақсади гидролитик усул билан тозаланадиган моддалардан тоза рухли эритма олишдир.

Танлаб эритишнинг иккинчи босқичи (нордон цикл) вазифалари:

- 1) огарокдан рухни тўлиқ эритиш;
- 2) зарра моддаларини эришини чеклаш;
- 3) мышьяк ва германийни оксидлантириш;
- 4) эритмани зарра моддалардан тозалаш;
- 5) каттик ва суюқ фазаларни бир-биридан ажратиш олиш.

Нордон танлаб эритишнинг якуний мақсади эрийдиган рух бирикмаларидан озод кек олишдир.

Эришиш схемаларини танлаш хом ашёни сифатига боғлиқдир. Ишлаб чиқаришнинг катта ҳажмида, хом ашё таркиби ўзгармаслигида узлуксиз танлаб эритиш мақсадга мувофиқдир.

Даврий танлаб эритиш, тез мослашувчи бўлганлиги сабабли, зарра моддалари юқори миқдорли бўлган хом ашёни қайта ишлашда афзалроқдир.

Даврий танлаб эритиш, узлуксизга нисбатдан, камроқ ишлаб чиқариш қайта ишлашда кўпроқ сарф-харажатларни талаб қилади. Бир босқичли танлаб эритиш, одатда, даврий схемаси бўйича олиб борилади.

Паст сифатли концентратни қайта ишлашда, қайсиларда мышьякни миқдори 0,5 % булган, ёки кремний диоксида миқдори 8 % гача бўлган, бир босқичли схемани қўллаш мақсадга мувофиқдир.

20 -§ Танлаб эритишнинг амалиёти

Танлаб эритиш даврий схема бўйича ўтишнинг шартли талаби – огарок совутилган ва классларга бўлинган бўлиши керак. Печдан чиққан огарок ва чангларни аралашмасини ҳарорати 700-750°C бўлгани учун, уларни аэрохолодильник ёки конвеерларда совутилади.

Совутилган аралашмани аэросепараторда катталиги бўйича классларга булинади. Йирик фракция (<0,3 мм) золдирли тегирмонда янчилади ва янгитдан классификация қилинади. Классланган куйдирилган концентрат танлаб эритишга юборилади.

Одатда классификацияни икки босқичда олиб борилади: нейтраль ва нордон. Дастлабки (нейтраль) классификация ҳамма пульпани икки фракцияга бўлади: кум (+0,30 мм) ва ил (-0,3 мм), ҳар бир фракция алоҳида танлаб эритишни талаб қилади. Нейтраль классификациядан чиққан эритмани нейтраль таноаб эритишга юборилади. Кум фракциясини эса ишлатилган электролит билан танлаб эритилади (пульпани қолдиқ нордонлиги 20-60 г/л H₂SO₄).

Кум фракциясини механик, ёки пневматик агитаторда танлаб эритилади. Бунда, икки валентли темирни уч валентликка оксидлантириш учун, марганец рудаси, ёки пиролюзит MnO қўшилади. Танлаб эритишдан сўнг, кум яна классификация қилинади. Нордон классификациядан чиққан кумлик маҳсулот нордон танлаб эритишдаги Рух кекидан деярли фарқ қилмайди. Шунинг учун бу фракция вельц печига юборилади.

Нейтраль классификациясидан ажралиб чиққан эритмани, циклон ва электрофильтр чанглари билан, нейтраль танлаб эритишга юборилади. Бу танлаб эритиш пневматик типдаги бирин-кетин ўрнатилган агитаторлар қаторида ўтказилади. Биринчи агитаторда сульфат кислотасини концентрацияси 50-60 г/л ташкил этади. Танлаб эритиш даврида кислота нейтралланади. Бунда аралашмалар гидролизга учраб чўкмага ўтишади. Гидролиз жараёни биринчи агитаторга марганец рудасини қўшиб эритмани рН ни ўзгартириб бошқарилади. Охирги агитаторда суюқ фаза рН ни 5,2-5,4 гача кўтарилади. Гидролизни тўлиқ ўтилгани охирги агитатордан чиқаётган пульпадаги темир (II) миқдорлиги орқали баҳоланади. Одатда бу миқдорлик 30-50 мг/л ташкил қилиши керак.

Нейтраль циклдаги охирги агитатордан пульпани қуюқлаштиргичга юборилади. Нейтраль қуюқлаштиргичдан чиққан эритма, одатда, яхши тиндирилган қаттиқ моддани миқдорлиги 1 г/л дан ошмайди. Эритма ўзи билан танлаб эритишни маҳсулоти ҳисобланади. Уни зарралардан тозалаб, рухни электролитик тикланишга юборилади.

Нейтраль қуюқлаштиргичларни қуюқ маҳсулоти Ж:Т=3-4 га эга бўлиб, нордон цикли пневматик агитаторларга юборилади. Нордон танлаб

эритишнинг биринчи агитаторига миқдорлиги 40 г/л рух ва 120-160 г/л H_2SO_4 бўлган ишлатилган электролит берилади.

Охирги агитаторда сульфат кислота миқдорлиги 0,5-1,0 г/л гача пасаяди, Т:Ж ни нисбатлиги эса 10-12 гача кўтарилади.

Нордон циклда охирги агитаторда пульпа қуюқлаштирилади. Қуюқлаштиргичда пульпа охирги агитаторда. ZnO қўшимча эрийди, кислота нейтраллашиб рН 4,0-4,5 кўтарилади, аралашмалар гидролиз бўлиб чўкмага ўтади.

Танлаб эритиш дастгоҳлари

Узлуксиз танлаб эритишга, одатда, пневматик агитатор пачук қўлланилади. Пачук ўзи билан зангламайдиган пўлат ёки темирбетондан тайёрланган цилиндр шаклидаги чандир. Чан ички юзаси кўрғошин ёки кислота таъсир қилмайдиган керамика билан футерланган (химоя қилинган). Чаннинг баландлиги 6-10 м, диаметри 3-4 м, ишчи хажми 40 – 100 м.

Чаннинг марказидаги вертикал труба - аэролифт ўрнатилган. Бу труба орқали 0,2 – 0,25 мПа босимда ҳаво берилади. Ҳаво пульпа билан аралашиб енгил аралашма ҳосил қилади ва тепага оғир пульпа билан сиқиб чиқарилади. Аэролифтни ташқари томондан оғир, ҳаво билан тўйинмаган, пульпа пастга ва танлаб эритиш реакцияларини ўтишига кўмаклашади.

Танлаб эритишнинг керакли давомийлигини мавжуд қилиш мақсадида бирин-кетин ўрнатилган бир неча пачуклар ўрнатилади. Дастлабки пульпани биринчи пачукга юкланади, охирги пачукдан эса пульпани қуюқлаштиргичга юборилади.

Даврий танлаб эритишда жараён механик аралаштиргичли агитаторда олиб борилади. Унинг хажми 150 м³ етади. Аралаштиргич мосламада кислотага бардош пўлатдан тайёрланган пропелфли дастгоҳи ўрнатилган.

Керакли бўлса, агитаторларга иситиш мосламаси ўрнатилади ва танлаб эритиш юқори ҳароратларда олиб борилиши мумкин булади.

Куйдирилган рух концентратини танлаб эритишда олинган пульпани қаттиқ ва суюқ фазаларга ажратилади. Фазаларни ажратиш учун қуюқлаштириш ва филтрлаш қўлланилади.

Қуюлтиргич ўзи билан диаметри 10-18 м ва баландлиги 4-5 м бўлган чанни ҳосил қилади.

50 – 100 қаттиқ моддали пульпани чанга юкланади. Қуюлтиргичда қаттиқ моддалар чўкади ва мосламадан чиқарилади. Пульпани суюқ фазаси чанни юқори қисмдан чиқарилиб бўлажак технологик жараёнларга юборилади.

Қуюқлаштириш жараёнини жадаллаштириш мақсадида пульпага полиакриламид (ПАА) қўшилади. Полиакриламид майда заррачаларни катталаштириб оғир флокулаларга ўтказиши. Тиндирилган эритмани, қайсида деарлик қаттиқ модда йўқ тозалашга юборилади. Т:Ж нисбати 2 – 3 га тенг бўлган. Қуюлтирилган пульпани филтрлашга юборилади. Қуюқлаштиргични ишлаб чиқиш унумдорлиги: нейтрал циклда 2,5-4,0 м тирилган эритма 1 м² га бир суткада, моддани концентрациясини 20 – 50% ташкил қилади.

Дискали филтърни унумдорлиги 1 м² филтърлаш юзасига бир суткада 1– 2 м ташкил қилади. Кекнинг намлиги 30-35%. Умуман филтърлаш юзаси 80-100 м² ташкил қилади.

21-§ Рух сульфат эритмасини зарралардан тозалаш.

Сульфат эритмасидаги мавжуд бўлган ҳамма зарра моддаларни 4 гуруҳга бўлса бўлади.

1. Fe, Al, Cu, As, Sd, Ge, Jn, SiO₂;
2. Cu, Cd, Ni, Та.
3. Co, Cl, F.
4. K, Na, Mg, Mn.

Биринчи гуруҳдаги аралашмалар эритмадан гидролиз, бирга чўкиш, адсорбция ва коагуляция йўллари билан ажралиб чиқади.

Иккинчи гуруҳдан моддалардан тозалаш - цементацияон усули билан олиб борилади. Бунда электр салбийроқ бўлган рух ундан электр манфий элементларни сиқиб чиқаради ва чўкмага ўтказилади. Рух ўзи эса ион ҳолатда эритмада қолади ва уни бойитади.

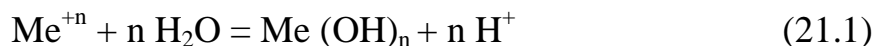
Учинчи гуруҳдаги моддалар фақат кимёвий усул билан чиқарилади. Улар махсус кўшилган реагент билан қийин эрийдиган бирикмалар ҳосил қилиб чўкмага ўтишади.

Тўртинчи гуруҳдаги элементлар умуман ажралиб чиқмайди ва эритмада тўпланади. Улардан тозалаш учун эритмани қисми жараёндан чиқарилиб, шу элементсиз тоза эритмага алмаштирилади, чиқарилган эритмадаги рух кейинчалик ажратиб олинади.

Гидролитик тозалаш

Гидролитик тозалаш металл катионларни эритмада сув билан ўзаро боғланиб қийин эрийдиган гидрооксид ҳосил қилишга асосланган. Бунда метални концентрацияси пасаяди ва эритма тозаланади.

Умумий ҳолда катионни гидролиз реакцияси ёзилади:



бунда: Me^{n+} - метал катиони;

n- катионни заряди.

21.1 реакциясини ўтиши эритмани рН га боғлиқдир: нордон муҳитда металл гидрооксиди эрийди, аслида эса чўқади.

Ҳар бир металга ўзига хос эритмани рН қиймати борки, қайсидан гидролиз реакцияси мувозанатда бўлади. Бу рН нинг номи – рН⁰ г. Стандарт шароитлар учун (a=1 моль/л, t= 25С⁰) бир қанча рН қийматлари:

Метал катиони	Co ³⁺	Sb ³⁺	Sn ²⁺	Fe ²⁺	Al ³⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Fe ³⁺	Cd ²⁺
рН	1,0	1,2	1,4	1,6	3,1	4,5	5,9	6,7	7,0

Бу қаторда рухдан чап томондан жойлашган аралашмалар гидролиз йўли билан тозаланишлари мумкин.

Нейтрал танлаб эритишда пульпани рН 5,2 – 5,4 оралиғида ушланиб туради. Бунда рух гидролиз ҳам бўлмайди. Ионлар Co (III), Sb (III), Sn (II), Fe (III), Al(III) бу шароитларда эримайдиган гидроксидлар ҳосил қилишади.

Агар (21.1) реакция стандарт шароитларга ўхшамаса, рН қиймати катионни эритмалардаги (активлигига) боғлиқдир.

$$pH = A - 1/n \lg C m e^{n+} \quad (21.2)$$

бунда: C – катионни эритмадаги концентрацияси, моль/л;

A – катионга хос доимийлик.

$$\text{Ўз қаторида } A = -\lg L - \lg K \frac{1}{n} - \lg \quad (21.3)$$

бунда: L – гидрооксидни эриш қобиляти;

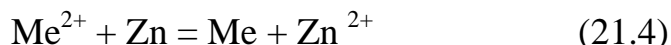
K – сувни ионлар кўпайтмаси;

Me – катионни активлик коэффициентлари.

Шундай қилиб, нейтрал танлаб эритиш шароитларда қийин эрийдиган Fe (III), As (III), Sd (III), алюминий, Cu (II) ва бир қанча ноёб металллар гидрооксидлари чўкмага ўтишади ва сульфат эритмаси бу зарра моддалардан тозаланади.

Эритмани цементация йўли билан тозалаш

Цементацияни электрохимий реакцияга асосланган:



Бунда аралашма металл ион ҳолатидан металл ҳолатига ўтади. ва чуқади, рух – аксинча.

Цементация жараёнининг асосида цементатор металнинг ионланиши қўйилган:



Рух ионлари эритмага ўтади, лекин электроиф металл қолади ва унга салбий заряд беради. Стандарт шароитларда (25⁰C – α_{Zn} = 1 моль/л) рух ионларни ўз-ўзидан эритмага ўтиши тўхтайди, қачонки метални потенциали E= - 0,763 В га етади. Ионланиш давом этиши мумкин бўлади, агарда металл рухдаги ортикча электронларни қандайдир ион ўқзига қабул қилса, масалан Ca, Cu, Ni ва бошқалар. Бунда аралашма металл иони тикланади ва сиртида металл шаклда ўтиради:



Металлик рухдан электронларни фақат электро-мусбатроқ металл ва элементлар қабул қилишлари мумкин. Демак, цементация усули билан

эритмадан фақат рухдан электр мусбатроқ аралашма зарра металлари ажратиб олиш мумкин.

Қайси металл ажратиб олишлиги мумкинлигини уларни стандарт электрод потенциалларини солиштириб аниқласа бўлади. Ҳамма металл, қайсиларни стандарт потенциали – 0,763 В дан мусбатроқ бўлса, цементация йўли билан тозаланишлари мумкин.

Стандарт потенциали бўйича бир – неча маълумотлар:

Металл	E°,В	Металл	E°,В
Na (I)	-2,714	Fe (II)	- 0,0440
Al (III)	-1,663	Cb (II)	- 0,403
Mn (II)	- 1,179	Co (II)	- 0,277
Zn (II)	- 0,763	Fe (III)	- 0,037

Цементация натижасида чўкма ҳосил бўлади, қайсида мис, кадмий ва реакцияга кирмаган рух мавжуддир. Чўкма – мис – кадмий кеки – филтрланиб кадмий олишга юборилади.

Эритмани кимёвий тозалаш усули

Кимёвий усул билан рух сульфат эритмасини кобальтдан тозаланади. Эритмада кобальтни миқдори 7-10 мг/л ташкил қилади. Агарда уни концентрацияси 3-4 мг/л дан зиёдроқ бўлса, бўлажак рухни электролизига ҳалақит беради.

Кимёвий усулда эритмага реагентлар нитрозо – нафтол (C₁₀H₆N OOH), ёки Шеппе тузи (Na₃SbS₄ · nH₂O) берилади. Жараён 2-4 соат, 40-50 °С да ўтади. Шу даврда кобальтни қийин эрийдиган бирикмалари ҳосил бўлади ва чўкмага ўтади. Чўкма эритмадан филтрларда ажрашилади. Филтрлашдан олдин эритма оҳак билан рН=5,4 нейтралланади.

Кобальтни қолдиқ миқдори эритмада 1 – 2 мг/л ташкил қилади. Чўкма эса 2% кобальтга эга. Бу чўкмадан кобальтни ажратиб олиш мумкин.

Эритмада хлорни миқдори 500-800 мг/л гача боради. Бўлажак технологик операцияларга ҳалақит бермаслиги учун, хлорни миқдорлиги 80-150 мг/л дан ошмаслиги керак.

Хлордан энг эффектив тозалаш усули – уни кумуш тузлари билан чўктиришдир:



Хлор кучсиз нордон муҳитда, қолдиқ миқдорлиги 1 – 2 мг/л гача чўктирилади. Одатда этирмани қисман тозалашда ва тозаланмаган эритма билан аралаштирилади.

Бир хил заводларда мис тузлари ёрдамида тозаланади.



Хлорнинг қолдиқ миқдори 100 – 150 мг/л ташкил қилади.

22-§ Рухни электр тикланиши. Рухни электр тикланиши назарияси.

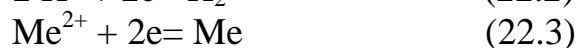
Рух – оғир рангли металлдан энг электроманфийлардан бири. Уни стандарт потенциали – 0,7636, водородники эса – 0,08, яъни $E_{H_2} > E_{Zn}$. Бунинг натижасида рухни электр тикланиши мураккаб, тезда ўзгарадиган, нотурғун электрохимик жараён. Электрманфий рухни, электрмусбат водородга нисбатан электродга ўтириши, водородга ўтириши, водородни рухта ўта кучланиши билан боғлиқдир. Шунинг учун, электр тикланишда ўта кучланишни сақлаб турадиган шароитларни сақлаб туриш керак. Водород кучланишига оид ҳамма омиллар рухни коррозиясига ва токдан фойдаланиш коэффициентини пасайишига, рух электр тикланиш жараёнини бузилишига олиб келади.

Водородни ўта кучланишига ток зичлиги, ҳарорат, катода ўтирган рух сиртини аҳволи, электролитни таркиби ва зарра аралашмаларни мавжудлиги таъсир қилади.

Амалиётда рухни электр ўтказиш яшиқ шаклидаги ваннада, эримайдиган кўрғошин, ёки кўрғошин кумуш анод ёрдамида ўтказилади. Ваннага узлуксиз тозаланган нейтрал рух эритмаси берилади ва ишлатилган электролит чиқазилиб юборилади. Рух алюминийдан ясалган матрицага чўктирилади, кайсидан бири суткада бир марта ажратиб олинади.

Япроқ катод рухни индукцион печда хлор аммоний қатлам остида эритилади ва қуйма мосламага қуйилади.

Сув сульфат кислотали рух эритмасидан метални катодга чўктиришда, қуйидаги реакциялар ўтиши мумкин:



Катод потенциали, электролитни таркиби ва электр ўтказиш шароитларга қараб 22.1 – 22.4 реакциялардан бири оқиб ўтади. Катода ионларни разряд потенциали Нернст тенгламаси билан аниқланади:

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \cdot \ln a + \quad (22.5)$$

Бунда: E_0 – ионни нормал потенциали;

R – газ доимийлиги;

T – абсолют;

A – Фарадей константаси;

n – иондаги зарралар сони;

a – ионни активлиги;

- поляризацияланиши.

Водородни рухтаги ўта кучланиши ток зичлиги билан Тафель тенгламаси орқали боғланган:

$$Ч = a + b I g i \quad (22.6)$$

Бунда a ва b – доимийликлар 20 с да доимийликларни қийматлари: $a = 1,24$ ва $b = 0,118$.

Техникавий рухда водородни ўта кучланиши ток зичлигига боғлиқ. Масалан, ток зичлигини 400 – 600 а/м оралиғида, ўта кучланиш қиймати 1,11-1,13 В ни ташкил қилади.

Рухни электр ўтказиш амалиётида водородни рухдаги ўта кучланишини ошириш катта аҳамиятга эга. Уни ток зичлигини ошириш, электролит ҳароратини пасайтириш, эритмани зарра моддалардан тозалаш, эритмага актив моддалар кушиш йўллари билан амалга ошириш мумкин.

Токдан фойдаланиш коэффициентини рух концентрацияси пасайиши билан камаяди. Айниқса, рух концентрацияси 50 г/м³ пастроқ бўлиб колса, кислотани электродида концентрацияси камайиши токдан фойдаланишини оширади.

Ҳароратни ошиши токдан фойдаланишни пасайишга олиб келади.

Электр қувватини солиштирма сарфи аниқланади:

$$W = U / 1.219, \text{ квт. с/кг}$$

бунда U – ваннадаги кучланиш, 1,219 – электроқимёвий эквивалент.
- токдан фойдаланиш.

Ванна электр баланси

Нордонлик 91 г/л, ҳарорат 35 °С, бир хил электродлараро масофа 76 мм, ток зичлиги 373 А/м² шароитларда ишлайдиган ваннанинг электр баланси:

Кўрсаткич	Ваннадаги кучланиш, В	Умумий қисми, %
Электродлардаги потенциалларни айрими	2,892	77,2
ΔU , шлам ва анода	0,03	0,8
ΔU , эритмада	0,561	15,0
ΔU , контакларда	0,261	7,0
ΔU ваннадаги	3,744	100,0

Заводларнинг фаолиятига асосланган ҳолда, электролитда зарра аралашмаларнинг рухсат этилган микдорликлари 22.1 –жадвалда кўрсатилган:

22.1-жадвал

мг/г		мг/л		г/л	
Cu	0,1 – 0,2	C	2 – 8	Mn	3 – 10
Co	2 – 4	As	0,1 – 0,2	Mg	10 – 17
Ni	0,5 – 1,0	Sb	0,1 – 0,2	Na	5 – 10
Fe	50 – 100	Cl	0,05 – 0,1	Cl	0,05 – 0,1
A	0,03 – 0,04				

Зарра аралашмаларнинг микдорини кўрсатилган чегараларда ушлаб туриш фойдаланиш билан юқори сифатли рух олиш имкониятини беради.

Анод жараёни

Анод кўрғошин, ёки уни кумуш билан қуймасидан тайёрланган. Кўрғошин анод сифатида қўллаш уни сульфат кислотали электролитда пассивлик ҳолатига ўтиши билан боғлиқдир. Пассивлик ҳолатига ўтиши уни сиртида Pb O оксид қатлами пайдо бўлиши билан тушунтирилади.

Тахмин қилиш мумкин, анода қуйидаги реакциялардан бири оқиб ўтади.:



Бунда φ – оксидловчи тикловчи потенциал

Рух электр ўтказишини реал шароитларда (22.7) реакцияни ўтиш эхтимоли кўпроқ.

Кўрғошиндан тайёрланган анодларда бир қанча камчиликлар бор:

1) анодда кислородни ажралиб чиқиш жараёнини юқори потенциали (2,1 В, ток зичлиги 500 А/м² да);

2) эритмада кўрғошинни қисман эрувчанлиги ва электролитни зарра моддалар билан ифлослантириш;

3) электролиз жараёнида анодларнинг ташқи кўринишини ўзгариши;

Бу камчиликлардан кўрғошин 1% кумуш билан қўшилган анодлар озоддир, шунинг учун бундай анодлар амалиётда кенг тарқалган.

23-§ Рух электролитик тикланишининг амалиёти

Электрлиз жараёнлари ўтказиш шароитларига қараб заводлар 3 гуруҳга бўлинишлари мумкин:

1. Ток зичлиги 350 – 500 А/м² ва ишлатилган электролитни кислоталиги 90 – 120 г/л H₂SO₄ заводлар (стандарт схема).

2. Ток зичлиги 500 – 600 А/м² ва ишлатилган электролитни кислоталиги 150 – 200 г/л H₂SO₄ заводлар (интенсивлашган схема).

3. Ток зичлиги 1000 А/м² ва ишлатилган электролитни кислоталиги 300 г/л H₂SO₄ заводлар (Тейнтон методи).

Ҳамма заводларнинг асосий йўналиши – иложи борича тоза электролит билан ишлаш мышьяк, сурма ва кобальт каби аралашмалардан чуқур нисбатдан юқори ҳароратда ишлашга имкон беради.

МДХ давлатларида электролизни 500 – 550 А/м² ток зичлигида олиб борилади. Саноат таркиби шуни кўрсатадики, ток зичлиги 500 дан 700 А/м² гача оширилса электролиз ваннасини унумдорлиги 40% га кўтарилади ва нисбатлик электр энергиясининг сарфи фақат 6% ошади. Иқтисодиёт томонидан бу тадбир оқлангандир. Электролиз кўрсаткичларини яхшилаш учун, кўпинча қўшимча сифатида столяр клейи берилади. Унинг сарфи 1 т

қуйма рухга 0,1 – 0,55 кг ташкил этади. Қанчалик электролитда аралашмалар кўп бўлса, шунга клейни сарфи ошиб боради. Аммо бунда электролитни ўзи клей билан захарланади ва бу тадбир чекланган ҳолда қўлланиши мумкин.

Электролиз цехларига сульфат кислота боғи чиқиши олдини олиш учун, электролитга кўпик берувчи моддалар қўшилади. МДХ давлатларда шундай модда ҳисобида сапонин (совунли илдиз) қўлланилади. Нисбатдан мураккаб ва мустақкам кўпикни альбумин (бўқа кони) ташкил қилади. Альбуман ҳам қўлланиши мумкин.

Электролитни айланмоқлиги ва совутилиши

Эритмани айланмоқлиги уни совутиш системасига боғлиқдир. Замоनावий заводларда ванналардан бир баландликда жойлашган ва нейтрал, тозаланган ва ишлатилган электролитларни интенсив айланмоқлиги қўлланилади. Бундай айланмоқ система интенсив схемада ишлайдиган заводларда қўлланилади, чунки ажралиб чиқаётган фисоцис иссиқлиги махсус мослама билан чиқаришга иложи йўқ. Бу ҳолатларда электролитни марказлаштирган совутиш системаси қўлланилади. Совутиш вакуум – бўғланиш дастгоҳида ўтказилади.

Айланмоқ ва совутиш системасини танлаш электролиз таркибига боғлиқ. Ток зичлиги 400-550 А/м² атрофида бўлса бир карра айланмоқ етарлидир. Бунда электрода ажралиб чиқаётган газ эритмани кўшимча аралаштиради.

Электролиз цехларни ташкили

Рух электролизни цехлари учта асосий бўлимлардан иборат: ток бериш электролиз ва катодли рухни қайта эритиш. Ванналар бир баландликда ўрнатилади.

Электролиз цехини асосий дастгоҳи анод ва катодли ванна, ток ўтказувчи шишалар, электролитни қуйиш ва чиқариш мосламалари ва уни совутиш. Ванна темир бетондан тайёрланиб уни ички ўлчамлари: узунлиги 1,5 – 3,9 м; энлиги 0,8-0,9 м; чуқурлиги 1,0 – 1,4 м. Ваннани ички сирти вилинласт билан тайёрланган.

Ваннадаги катод ва анодларнинг сони ваннани ўлчами ва электродлар масофага боғлиқдир. Кўп заводларда бир хил электродлар аро масофа 70-80 мм. Бу масофани камайтириш кўшимча электродлар жойлаштиришга имкон яратади. Бу тадбир ток зичлиги ўзгармаган ҳолда унумдорликни ошириши мумкин. Фақат электродларни ўта яқинлаштириш катод ва анодларда қисқа туташув бўлимига олиб келиши мумкин.

Катодларни А 1 маркали алюминийдан тайёрланади. Уни эни 4-5 мм. Дендрит ҳосил бўлишини камайтириш мақсадида катод, анодга нисбатдан, 20-25 мм га энлироқ ва узунроқ қилинади.

Катодларни чеккаларига рух утирмаслиги учун унга резинали пленка кийдирилади.

Анодни кўпчилик заводларда 1 % кумуши бор, кўрғошин эритмасидан ясалади.

Электролитларни совутиш вакуум-буғловчи мосламаларда ўтказилади. Уни ишлаш принципи: суюқлик устида вакуум пайдо қилинади. Бунинг натижасида сув қайнайди ва буғланади. Қолган эритма эса буғланиш иссиқлиги натижасида белгиланган ҳароратгача совутилади.

Ванналарни электр занжирига ва электродларни улаш схемалари

Саноатда қўлланиладиган электр тўғрилагичлар кучланишини 550-750 В да самарадорли ишлайди. Ваннадаги кучланиш 3,5-3,7 В бўлгани учун, занжирга бирин-кетин 150-200 ванна уланилади. Булар бир серияни ташкил қилади.

Ванналар иккиланган қатор билан уланади. Ванналарга эритма билан таъминлаш электролиз бошқаришида катта аҳамиятга эга. Ваннага нейтрал эритмани сарфи 1,5-4,0 л/мин оралиғида бўлади. Сульфат кислотани миқдорлиги рух ва кислотани молекуляр оғирликларини нисбатлигидан келиб чиқади:

$$K = 1,5 (C_m - C_n) \text{ г/л}$$

Бунда K – ишлатилган электролитдаги кислотани концентрацияси, г/л

C_n – нейтрал электролитдаги рухнинг миқдорлиги, г/л

C_o – ишлатилган электролитдаги рухнинг миқдорлиги, г/л

Нейтрал эритмани зичлиги, асосан, ундаги рухни миқдорлигига боғлиқ. Рух эритмасини сульфат кислотасига алмаштириш, электролитни зичлигини камайтиради. Одатда рух чўкмасини катода ўстириш 24 соат давом этади. Рух катоддан қўл мосламалари ёрдамида ажратиб олинади. Ваннадан бир пайтда 5-10 катод олинади.

Ажратиб олинган катодли рух чуткаларига куйилади. Катодли рух хлорли аммоний остида индукцион печда эритилади. Хлорли аммонийни сарфи чўткали рухни 0,5-0,6 % ташкил қилади. Печнинг сиғими -20 т, ишлаб чиқиш унумдорлиги – 120 т/суткада.

Бир неча технико-иқтисодий кўрсаткичлар:

- токдан фойдаланиш – 91,2 %
- электр қувватини нисбатлик сарфи – 3010 квт · с/т
- ваннадаги электр кучланиши, - 3,29 В
- рухни исрофгарчилиги – 0,3 – 0,4 %
- рухни чангга ўтиш – 1,5 – 2,0 %

24- § Рух кекини вельцевлаш усули билан қайта ишлаш

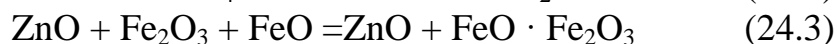
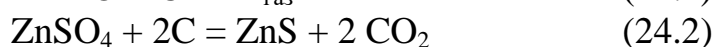
Рух кеклари сульфидли концентратни гидрометаллургик усули билан қайта ишлаш технологиясини яқунловчи маҳсулоти ҳисобланади. Унинг чиқиши дастлабки хом ашё сифатига боғлиқ. Бой ва тоза концентратларда кекни чиқиши 20-25 % булади. Ўрта сифатли концентратдан эса 40-45 % кек ажралиб чиқади (концентратнинг массасига нисбатдан).

Рух кекларини тахминий таркиби, %: 19-24 Zn; 5-12 Pb; 0,3-1/3 Cu; 0,1-0,2 Sb; 23-32 Fe; 5-10 S (бунинг ичида 1,5-5,0 S); 10-12 SiO₂; 0,4-3,2 CaO; 0,3-1,3 MgO; 0,5-1,0 Mn ва 170-425 г/т Ag. Рухни кекда шундай катта миқдорлиги куйдириш даврида ферритлар пайдо бўлиши билан тушунтирилади.

Агарда рух, кўрғошин ва уларни бирикмаларини юқори учувчанлигидан фойдаланилса, маълум шароитларда учадиган жисмларни возгон шаклга ўтказиш мумкин. Возгон асосан рух ва кўрғошин оксидларидан иборат бўлади, қолдиқда эса клинкер бўлади. Клинкерда бошқа элементлардан бир бошқа мис ва нодир металллар бор. Бундай тикловчи-дистиляция куйдириш рух кекларини қайта ишлашда кенг тарқалган ва вельцевлаш усули деб номланган.

Вельцевлаш ёки вельц – жараён айланадиган трубали печда, 1000-1200°C ҳарорат оралиғида ўтказилади. Ҳароратнинг юқори қиймати шихта эрувчанлиги билан чекланган, қайси бутун жараён давомида қаттиқ ҳолатда бўлиши керак.

Шихта таркибига тикловчи модда кокс киритилади. Бунда жараёни дастлабки дақиқаларида куйидаги реакциялар рўй беради.



Газ фазасида CO ни оксидланиши юқори ҳароратни ушлаб туришга кўмаклашади:



рух буғлари эса оксидланади:

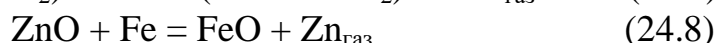


ва газ оқими билан чанг ушлаш системасига чиқарилади.

Печнинг биринчи қисмида деярлик тўла рух сульфати ва қисман рух феррити ажралади. Бунинг натижасида рухни сульфид ва оксид турлари ошади. Печнинг иккинчи қисмида (24.1, 24.3) реакциялар оқиб ўтиши натижасида оксид ва ферритлар кескин камаяди.

Печнинг ўрта қисмида рух оксиди кремний диоксиди билан ўзаро боғланиб силикатлар кўпайишига олиб келади.

Темир рух ва кўрғошин феррити, магнетит ва гематит шаклларда албатта вельцевлашга келган кекда бўлади. Бу темир печнинг иккинчи ярмида оксид ва сульфидлардан металл ҳолатига актив тикланади. Бунинг натижасида кўшимча рух қийин тикланадиган моддалардан возгон шаклга ўтади.:



Шундай қилиб, вельцевлаш жараёнининг якунида печнинг реакцион массасида рухни оксид, сульфид ва силикат шакллари камаяди. Клинкерда рухни қолган миқдори, %: 0,1-1,0 % ташкил қилади. Клинкерда рух куйидаги шаклларга учрайди, сульфид 45; силикат 17; алюминат-феррит 20; оксид 18.

Вельцевлаш даврида темир рухни ажралиб чиқишига кўмаклашади. Фақат 1180°C да $(2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2) - \text{FeO}$ эвтектикаси эрийди ва қаттиқ чўкма (настыль) пайдо бўлишига олиб келади. Ундан ташқари, темирни углеродланишини чунун ҳосил қилади ва улар йирик зулдир турига

айланади. Шу сабабли вельц печда 1150°C юқори ҳарорат зонаси иложи борича қисқа бўлиши керак.

Қўрғошин кекда қуйидаги шаклларда бўлади, %: сульфат 60; феррит 10-15; силикат 10-15; сульфид 5-10. Вельцевлаш даврида қўрғошинни сульфид ва оксиди пар ҳолатига ўтиб возгон таркибига киради.

Печнинг биринчи ярмида қўрғошин сульфатини сульфдгача интенсив тикланиши бўлади:



PbS қисман учиб возгонга ўтади, қолган қисми эса мис ва темир сульфидлари билан штейн ҳосил қилади. Сульфатни қисми ажралади ва оксид ҳосил қилади:



Қўрғошин бирикмалари ўзаро боғланиб металллик қўрғошин ҳосил қилишлари мумкин:



Металлик қўрғошинпар ҳолатига ўтмайди ва клинкерда тўпланади. Клинкерда қўрғошинни қолдиқ миқдори 0,5-0,8 %. Клинкердаги шакллари, %: метал 40; сульфид 29; алюминат 25; оксид ва силикат 6. Мис, олтин ва кумуш вельцевлаш даврида тўлик клинкер таркибига ўтади..

Вельцевлаш жараёни узунлиги 100 м дан кўпроқ бўлган қувур симон печда олиб борилади. Унинг диаметри 2-2,5 м. Печь горизонтга нисбатдан 3-5 бурчак градус қияликда жойлашган. Печни ички сирти футерланган.

Вельц печнинг тахминий иссиқлик баланси, %:

кириш		чиқиш	
Кокс ёниши	75	Технологик газлар	40-45
Табиий газ ёниши	4	Клинкер	11-15
Экзотермик реакциялар	21	Эндотермик реакциялар ва шихтани иситилиши	12-15
		Шихтани намлиги буғланиши	10-12
		Кладка орқали исрофгарчилик	10-15

Печга юкланадиган материалларни катталиги 5-10 мм бўлиши керак.

Коксни шихтадаги миқдори қайта ишланадиган моддани оғирлигини 35-45 % ташкил қилади.

Печда шихта барабанни 1 айл/мин тезлигида айланишида аралаштирилади ва бош қисмидан пастга қараб силжаяди. Одатда шихта печ хажмини 15-20 % эгаллайди.

Қуйдиришда ажралиб чиқадиган газлар совутилади ва чангдан тозаланилади. Катта ўлчамли чангни шихтани механик ажралиб чиққан бўлади ва чангни умумий қисмидан 5-6 % ташкил қилади. Бу чанг ушланиб янгитдан вельц печда юкланади. Майда возгонларда 60-70 % рух бор. Улар филтрларда ушланиб мустақил қайта ишланади. Рухни возгонга ажралиб ўтиши 90-93 % ташкил қилади, қўрғошинэса – 90 %.

Печнинг нисбатлик ишлаб чиқиш унумдорлиги бир суткада 1 м ишчи хажмдан тахминан 1 т шихтани ташкил қилади.

Клинкерни тахминий таркиби, %: 0,9-6 Cu; 0,7-2 Zn; 0,5-1,5 Pb; 2—4- Fe; 15-20 C; 2-20 г/т Au; 50-200 г/т Ag.

25 -§ Рух кекини гидрометаллургик усули билан қайта ишлаш

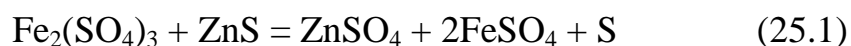
Рух кекини гидрометаллургик усули билан қайта ишлаш рух ферритини сульфат кислотасида эритишга асосланган. Бунда рух ва темир эрийдиган сульфат ҳолатига ўтказилади. Кейинчалик темир эритмадан ҳар хил кийин эрийдиган бирикмалар шаклда (гидрооксид, гетит, ярозит) чўктирилади. Рух феррити юқори концентрацияли сульфат кислотасида баланд ҳароратларда эрийди.

Рух кекини гидрометаллургик қайта ишлаш ҳозирги пайтда кенг таркалаётган жараёнدير. Кўп ихтиро қилинган усуллардан фақат гетит ва ярозит жараёнлар қўлланаётир.

25.1 Гетит жараён

Рух кекини ишлатилган электролит билан 6-8 давомида 95 °С ҳароратда танлаб эритилади. Жараён эркин сульфат кислотани 50 г/л қолдиқ миқдоригача давом этилади. Олинган кўрғошин-кумуш кек ўз таркибида 25 % Pb ва 3-4 % Zn эга бўлади ва кўрғошин заводларга юборилади. Кекнинг ажралиб чиқиши умумий рух кекини 1/3 ташкил этади.

Кекнинг танлаб эритилган эритмада темирнинг қисми (30 г/л) Fe (SO) турида учрайди. Вақтдан олдин темир (I I I) гидролизини олдини олиш мақсадида темирни рух сульфиди билан тиклайдилар:



Тикланиш реакциясини 97 °С да 3-4 соат давомида олиб борилади. Жараённи сульфидли кекни, қайсида 20% Zn ва 50% S бор, дастлабки концентрат билан бирга куйдиришга юборилади.

20 г/л H₂SO₄, 20 – 30 г/л эквивалентлиги темир ва 1 г/л уч валентли темирга эга бўлган эритма нейтралзацияга борилади. Нейтрализатор ҳисобида огарок қўлланилади:



Эритма H₂SO₄ ни миқдорини 3 г/л гача пасайтирилади. Бунда Fe (III) чукмага ўтади. Нейтралзациядан сўнг қуюлтирилган маҳсулот танлаб эритишга қайтарилади, эритмадан эса гетит чўктирилади.

Операцияни 90-95 °С да 6 соат давомида ўтказилади. Бунда эритмани қўшимча нейтралзация қилиб, pH = 1,5 – 2,5 пасайтирилади ва Fe (II) ни ҳавода кислород билан оксидлантирилади. Темирни оксидланиши Cu (II)

иштирокида тезроқ ўтади. Оксидланган темир гидролизга учрайди ва қийин эрийдиган гетит (- FeOOH) ҳосил қилади.



Чўкма деярлик яхши қуюқланади ва филтрланади. Гетит кеки, қайсида 50 % Fe ва 3 – 4 % Zn мавжуд, отвалга ташланади, эритма эса – нейтрал танлаб эритишга юборилади. Гетит жараёнида рух кекидан 80% Zn ва Cd ва 70% Cu ажратиб олинади. Бу рухни завод бўйича ажратиб олиш даражасини 95 – 96 % оширишга олиб келади.

Рухни юқори даражада ажратиб олишдан ташқари, гетит жараёнини яна бир неча ютуқлари бор. Буларни ичида эритмани 70% гача қуйидаги зарра аралашмалардан тозалаш мумкин: As, Sb, Ge, In, A ва бошқалар. Гетит чўкма энгил филтрланади [0,5 – 1,0 т/ (м· соат)]. Жараён дефицит бўлмаган (рух концентрати, огарок, ишлатилган электролит, ҳаво) моддалар ва оддий мосламалар қўлланилади.

25.2 Ярозит – жараён

Рух кекини 150 – 200 г/л H_2SO_4 эритмасида 80 – 90 °С 4 – 6 соат давомида қайта ишланади. Қолдиқ (асосан PbSO_4 , SiO_2 ва темир оксидлари) олтин ва кумуш бойитилган бўлиб эритмадан ажратиб олинади ва кўрғошин заводларига юборилади. Эритмада рух, кадмий, мис ва бошқа сульфат кислотасида эрийдиган моддалар бор. Эритмада H_2SO_4 ни қолдиқ миқдори 40 – 60 г/л бўлгани учун уни 10 г/л гача пасайтириш мақсадида огарок билан нейтраллаштирилади.

Пульпани қаттиқ фазасини эритмадан қуюқлаштиргичда ажратиб олинади. Қуюқланган пульпа кекни танлаб эритиш босқичига юборилади. Эритма эса темирдан тозалашга юборилади. Темирдан тозалаш 85 – 95°С олиб борилади. Тозалашга кислородга бойитилган ҳаво қўлланади, ёки пиролюзит қўшилади. Эритмага, қандай ярозит олиш мақсадида, потош, сода ёки аммиак суви қўшилади. Огарокни эритмани рН = 1 – 1,5 гача пасайгунча қўшилади.

Ярозит чўкма 40 г/л H_2SO_4 эритма билан ювилади ва филтрланади. Ярозитни чўктиришда кўпгина зарра аралашмалардан эритма тозаланади. Чўкмадаги аралашмани миқдори уни дастлабки эритмадаги миқдорига боғлиқдир:

$$C_{\text{қолдик}} = K C_{\text{эритма}} \quad (25.4)$$

Бунда: $C_{\text{қолдик}}$ ва $C_{\text{эритма}}$ – аралашманинг чўкма ва эритмадаги миқдори %.

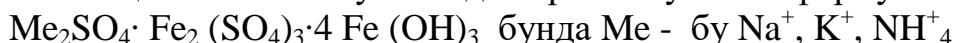
K – ажратиб олиш коэффициенти.

Ажратиб олиш коэффициенти аралашмани эритмадан чиқарилиши ва чўкмада танланишини баҳолайди. Ярозит билан юқори даражада бирга

чўкишади ($K = 5 - 13$): As(V); Sb (III), Jn (III), Ca (III), Te (I), A. Анча камрок чўкади ($K = 0,5 - 1,4$) : Cu (II), Ni (II), Co (II), Al (III), As (III), Ge (IV). Умуман чўкмайдиган аралашмалар: Cd (II), Mg (II), Mn (II), Cl⁻.

Ярозит билан рухни бирга чўкиши деярлик кам, фақат уни эритмадаги юқори микдорлигида (160 г/л) чўкмадаги микдорлиги 1% ташкил қилиши мумкин.

Ярозит – жараён темирни қийин эрийдиган мураккаб модда шаклида ажралиб чиқиши билан яқунланади. Ярозит чўкмани формуласи:



Темирни ярозит шаклида ўтказиш рухни завод бўйича юқори даражада ($95 - 96\%$) ажратиб олишга имкон яратади. Қўрғошин ва қимматбаҳо металлларни ($94-97\%$) қўрғошин– кумуш кекига ўтади..

25.3 Возгонларни гидрометаллургик усули билан қайта ишлаш

Возгонларни алоҳида циклда ёки куйдирилган концентрат билан қайта ишланади. Бир хил заводларда, танлаб эритишдан олдин, возгонлар куйдирилади. $600 - 700$ °С да $1 - 2$ соат давомида куйдириш натижасида 75% Cl ва $70 - 75\%$ F йўқотилади. Мышьяк эрийдиган ҳолатга ўтади, углерод эса ёниб кетади. Возгонларни куйдириш бўлажак технологик жараёнларнинг анча осонлаштиради ва рух ва кадмийни эритмага ўтиш даражасини оширади.

Возгонларни гидрометаллургик қайта ишлаш куйидагича олиб борилади. Танлаб эритишни даврий схемаси бўйича $70 - 80$ °С олиб борилади. Сульфат кислотасини бошланғич концентрацияси $160 - 170$ г/л ташкил қилади. Вельц – оксид қўшилиб кислотани $15 - 20$ г/л гача нейтраллаштиради. Бунда эритмага Zn, Cd, Jn, As, Sb, Cl, Fe ўтади. Қолдиқ қўрғошин кеки бўлиб махсуслаштирилган заводларга юборилади. Эритма рух заводлардаги схемалар бўйича қайта ишланиб керакли моддалар ажратиб олинади.

26 -§ Кадмий ишлаб чиқариш

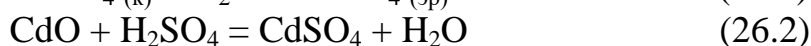
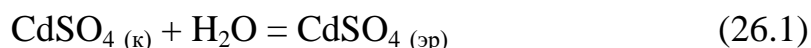
26.1 Кадмий бирикмаларнинг хусусиятлари ва уларни технологик жараёнларга таъсири.

Кадмий периодик системасини II гуруҳ элементи, атом номери 48, атом оғирлиги 112,4. Кадмий оқ рангли металл, зичлиги $8,63 - 8,69$ г/см³, эриш ҳарорати 321 °С, қайнаш ҳарорати 767 °С. Кимёвий хусусиятлари бўйича кадмий рухга яқин. Стандарт электрод потенциали – $0,403$ В. Кадмийни электроқимёвий эквиваленти $2,096$ г/ (А*соат).

Амалиётда кадмийни сульфат ва сульфиди катта аҳамиятга эга. Кадмий сульфати CdSO₄ сув ва сульфат кислотасини сувдаги эритмаларида эрийди.

Сульфат кадмийни эрувчанлиги сульфат кислотасини микдорлиги ошиб боришда тобора камайиб боради. Бундай хусусиятни кадмий сульфатни олишда қўлланилади. Олдин металл кадмий сульфат кислотасида эритилиб, кейинчалик чўкмага ўтказилади. Жараён «высаливание» деб номланган.

Куйдирилган рух концентратини танлаб эритишда кадмий оксиди, сульфат ива силикати куйидаги реакциялар бўйича тўлиқ эрийди:



Кадмий сульфид ва феррити кучсиз сульфат кислота эритмасида эримайди. Кадмий сульфиди кучли хлор ва азот кислоталарида эрийди. Худи шундай кучли қайнаган сульфат кислотаси ва уч валентли темир сульфати эритмасида ҳам эрийди.

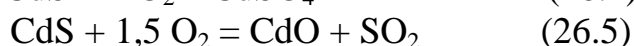
Умуман, кадмийни танлаб эритишда ажратиб олиш, рухга нисбатан пастроқ. Кадмий сульфиди юқори микдорлиги бўлгани сабабли, метални ажратиб олиш даражаси 70% дан ортмайди.

Қолган кадмийни танлаб эритишнинг қолдиғи – кекга ўтади. Рух кекини вельцевлаш даврида 90 – 95% кадмий ажратиб олинади ва вазгонларга ўтади.

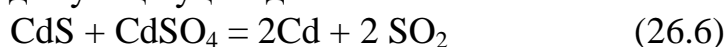
Вельц – оксидларни танлаб эритишда 60 – 70 % кадмий эритмага ўтади. Агарда эритмага кислота қўшишга берилса, ажратиб олиш 15 – 20% кўпайиши мумкин.

Рух сульфати эритмасидан кадмий цементация орқали олинади. Эритмани кадмий ва мисдан рух кукуни билан тозалашда, кадмий деярли тўлиқ чўкмага ўтади. Бу чўкма мис – кадмий кеки деб номланади ва кадмий олишни асосий хом-ашё ҳисобланади.

Кадмий сульфиди атмосфера мухитда қизитилса шароитларга қараб, сульфат оксид ҳолатларига оксидланади.



300 °С да кўзга кўринарли даражада кадмий сульфати ҳосил бўлади, 600 °С да эса кадмий оксиди пайдо бўлади, 700°С да кадмий сульфатга реакция оқиб ўтиши натижасида тўлиқ йўқолади:



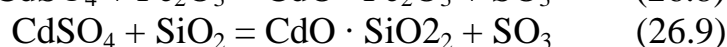
Металлик кадмий тезлик ҳолатда ҳаводаги кислород ҳисобига оксидланади:



Бунинг натижасида 600оС дан юқори ҳароратларда кадмий асосан оксид ҳолатида учрайди.

700-100оС оралиғида куйдиришда кадмий сульфиди, бошқа металлларга нисбатдан, секинроқ оксидланади. Оксид аралашмаси пайдо бўлади.

700-900оС оралиғида ферриш ва силикатлар пайдо бўлиши мумкин:

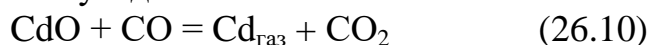


Кадмий сульфиди атмосфера босимида 1350оС қизитилса қисман Буг ҳолатига ўтади. Бу жараённи баҳолашда куйидаги рақамлардан фойдаланса бўлади:

t,С	800	900	1000	1100	1150	1200
P, кПа	0,04	0,38	1,21	5,13	10,5	19,8

Рух концентратини куйдиришда кадмия буғ ҳолатига учиши 5-7 % ошмайди.

Тикланиш жараёнида кадмий рух билан бирга куйидаги реакциялар натижасида буғ шаклга ўтади:



Кадмийни оксиддан тикланиши, рух оксидига нисбатдан, пастрок ҳароратларда ўтади..

Ҳар хил ҳароратларда кадмий буғ шаклга ўтишида босими:

t,С	200	300	400	500	600	700	800
P, кПа	0,04	5,7	160	$1,8 \cdot 10^3$	$11,1 \cdot 10^3$	$83,5 \cdot 10^3$	$144 \cdot 10^3$

Кадмий, рухга нисбатдан, қийинроқ конденсацияланади. Шунинг учун рух билан бирга фақат 60-80 % конденсат ҳолатига ўтади, қолган 20-40 % эса чиқинди ва ярим маҳсулотларга ўтади.

Кадмий олишда асосий хом ашё рух ишлаб чиқаришдаги ярим маҳсулотдир. Бу ярим маҳсулотларда хом ашё билан келган кадмий тўпланади.

Рухни гидрометаллургик қайта ишлашда кадмий мис – кадмий кекига ўтади. (3 – 12% Cd). Кадмий хом ашёси ҳисобида кўрғошин (0,5 – 0,6% Cd) ва мис заводларнинг (0,2 – 0,5% Cd) чанглари ҳам ҳисобланади.

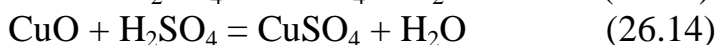
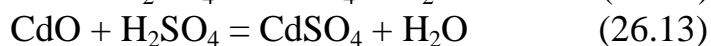
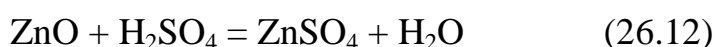
26.1 Мис – кадмий кекини қайта ишлаш

Мис – кадмий кеки мураккаб хом ашё ҳисобланиб ўз таркибига куйидаги элементларни киритган, %: 2,5 – 12 Cd, 35 – 60 Zn; 4 – 17 Cu; 0,05 – 2,0 Fe; 0,05 – 0,20 лардан Sb, SiO₂, Co, Ni, Te, Jn. Асосий компонентлар (Cd, Zn, Cu) кекда металллик, оксид ва асосли тузлар шаклида учрайди.

Мис – кадмий кекидан кадмийни ажратиб олиш гидрометаллургик усули билан олиб борилади. Технологик схемани асосий операциялари: кекини танлаб эритиш; рух кукуни билан цементация йўли кадмий губкасини чўктириш; эритмани тозалаш; эрийдиган анод билан жиҳозланган ваннада кадмийни қайта эритиш ва тозалаш.

Мис – кадмий кекини танлаб эритишдан мақсад эритмага кадмий ва рухни максимал, бошқа компонентларни минимал равишда ўтказишдир. Кекни танлаб эритишга фильтрациядан кейин тўхтовсиз юборилади. Танлаб эритиш ишлатиш рух элетролити (140 – 150 г/л H₂SO₄) билан юборилади.

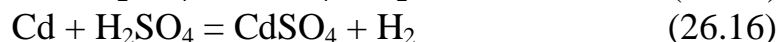
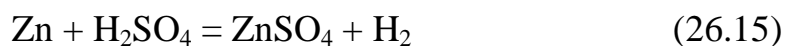
Танлаб эритишда биринчи бўлиб оксидлар эрийди:



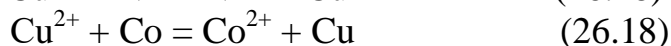
Металлик фаза анча кийинроқ эрийди. Жараёни жадаллаштириш мақсадида пульпага марганец руда (MnO_2) ёки марганец шлами юкланади ва пульпа $60 - 80^{\circ}C$ гача қизитилади.

Танлаб эритишда биринчи бўлиб рух эрийди, кейин эса – кадмий. Мис рух ва кадмий эригандан кейин эрийди. Мисни эритиш – кадмий эриб бўлганлиги белгиси.

Металлар оксидлантирувчи – тикловчи реакциялар натижасида эрийдилар. Металларни оксидлантирувчи водород ионлари бўлади:



Металлик мис водород ионлари билан оксидланмайди. Уни эриши учун кислород булиши керак. Мис, (30.3) реакция натижасида ва ҳаводаги кислород билан оксид ҳолатига ўтганда ўзи кадмий ва бошқа электрманвий аралашмаларни оксидлантириши мумкин:

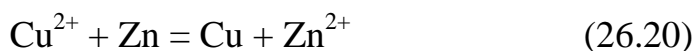


Кадмий билан бирга эритмадан кекдан никель, кобальт, индий, таллий ва бошқаларни аралашмаларни эритмада бўлишлари бўлажак кадмийни электр тикланишига ва тозалашга халакит беради.

Танлаб эритишдаги ҳосил бўлган пульпани қуюқлаштиргичга борилади. Пастки қуюқланган пульпани сув билан репульпация қилиниб филтрлашга юборилади. Олинган кек қуйидаги таркибга эга, %: 1,0 Cd 10-15 Zn, 30-35 Cu. Ушбу кекни мис заводларига қайта ишлашга юборилади.

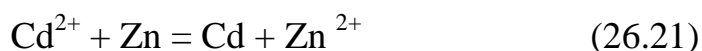
Қуюқлаштиргични тепадаги эритмасида қуйидаги моддалар бор, г/л: 120-130 Zn, 8-16 Cd, 0,3 – 0,6 Cu, 3 – 9 Fe, 0,05 – 0,1 Co, 0,05 – 0,1 Ni эритма рух кукуни билан цементацияларга юборилади.

Цементациялардан олдин эритмани мисдан тозаланади. Бунинг учун рух кукуни стехиометрик ҳисобот нисбатлигида берилади:



Мис кекини филтрада ажратиб олиб мис заводига юборилади. Эритмани эса кадмийли цементациялаш учун юборилади. Жараён $60^{\circ}C$ да, кадмийни колдик микдори 1 г/л гача олиб борилади.

Жараённинг реакцияси:



Кадмийни цементацияланиш тезлиги ҳарорат ошиши, рух кукуни ортиқча сарфи, рух ва сульфат кислотасини микдорлиги камайиши билан тобора ошиб боради. Эритмада никель ва кобальт ионларининг борлиги кадмийни цементация жараёнини секинлаштиради.

Кадмийни цементли чўкмасини эритмада ажратилади. Эритмада 1 г/л гача кадмий бор. Бу эритма қайтадан цементация қилинади ва бунда кадмийни тўлароқ чўктирилади (қолдиқ миқдори 10 – 15 мг/л). Никельни асосий қисми иккинчи (кучсиз) кадмий губкасига ўтади, кобальт эса асосан, эритмада қолади. Интий ва таллийлар ҳам эритмада тўпланади.

Кучсиз кадмий губкаси ўзи билан ярим маҳсулот ҳисобланади ва уни жараённинг бош қисмига – мис – кадмий кекини танлаб эритишга юборилади. Эритмани эса кобальтдан тозаланади. Бунинг учун эритмага этил ксантогенати ёки мис купороси қўшилади. Кобальтни қолдиқ миқдори 30-40 мг/л ташкил қилиши керак. Ксантогенатни кобальт кеки ишлатилмасдан исроф бўлади. Эритма индий ва таллий ажратиб олиш учун махсус мосламана юборилади.

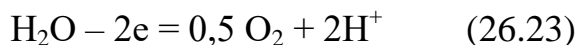
Кучли биринчи кадмий губкасини ишлатилган электролитда эритилади. Эритмага қўшимча сульфат кислотаси қўшилади (H_2SO_4 ни миқдори 200 -250 г/л ташкил қилиши керак). Пульпани ҳарорати 80-90 °C га кўтарилди. Пульпага ҳаво бериш ва $KMnO_4$ (MnO_2) қўшиш губкани эришига кўмаклашади. Эриш якунланади, қачонки эритмани $pH=4,8-5,2$ бўлса. Бундай шароитларда мис гидролизга учраб чўкмага ўтади. Миснинг эритмадаги қолдиқ миқдори 10-20 мг/л.

Пульпа филтрланади, мисли қолдиқ мис кадмий губкани таналаб эритиш босқичига юборилади. Эритма эса аралашмалардан тозаланади. Бунинг учун қўшилади: стронций тузи (кўрғошинни чўктиришлар, рух кукуни (мисни чўктириш), калий перманганатни (таллий ва темирни оксидлантириб гидрolitik тозалаш мақсадида).

Тозаланган ва филтрланган эритма электролизга юборилади. Кадмийни электролитик тикланиши рух электролизига ўхшашдир. Жараён реакцияси:



Анод, рух электролизига ўхшаш сувни парланиши реакцияси оқиб ўтади:



Кадмийни электролизини кўрғошин билан футерланган темир бетон ванналарда амалга оширилади. Анод кўрғошин - кумуш (1%) куймадан ясалган, катод-алюминийдан. Ҳар бир ваннага 33 катод ва 34 да анод жойлаштирилади. Анод ва катодни оралиқ масофаси 30 мм. Ток зичлиги 50 – 100 A/m^2 . Чўкма 24 соат давомида ўстирилади. Дастлабки кадмий электролитини таркиби, г/л: 160 – 200 Cd; 20 – 30 Zn; 12 – 15 H_2SO_4 ; 0,05 – 0,1 Fe; 0,0005 – 0,001 Cu. Ишлатилган электролитини таркиби, г/л: 15 – 20 Cd; 150 – 180 H_2SO_4 .

Электролитни оптималъ ҳарорати 30 – 35 °C. Бунда ҳароратда юқори сифатли катод чўкмаси пайдо бўлади ва токдан фойдаланиш коэффициенти юқоридир. Токдан фойдаланиш 70 – 92 %, электр қуввати сарфи 1400 – 1700 кВт * с/т катодли кадмийга. Ваннадаги кучланиш 2,5 – 2,6 В.

27-§ Қўрғошин металлургияси

27.1 Қўрғошин ва унинг бирикмаларининг физико – кимёвий хусусиятлари

Ҳозирги замонда дунёда 4 – 7 млн.т қўрғошин ишлаб чиқарилади. Ишлаб чиқаришнинг хажми бўлган талабларга боғлиқдир. Хажм бўйича қўрғошин 5 ўринда туради (темир, алюминий, мис ва рухдан кейин). Қўрғошинни 30 – 50% иккиламчи хом-ашёдан ишлаб чиқарилади.

Деярлик ҳамма қўрғошин сульфидли рудалардан олинади. Рудада қўрғошинни миқдорлиги 0,5 дан 10% гача учрайди. Масалан, АКШ рудада 1,5 % Pb. Канадада 3 – 4% Pb, Австралияда 5 – 10%, Ўзбекистонда 1,5 – 2% Pb бор.

Қўрғошинни катта хажмда чиқарувчилар: АКШ (23-25%), Олмония (9 – 10%), Англия (8 – 9%), Япония (7 – 8%), Австрия (6,5 – 7,5%), Мексика (5,5 – 7,0%), Франция (5,5 – 6,4%), Канада (5,0 – 6,0%). Бу давлатларда дунёда ишлаб чиқариладиган қўрғошин 70 – 80% жойлашган. Ўзбекистон рудасида боғлиқлигига қарамай, қўрғошин заводлари қурилмаган.

Қўрғошинни асосий истеъмолчилари, %: АКШ 29 – 31; Англия 8,3 – 9,3; Олмония 8,1 – 9,3; Япония 8,0; Франция 6 – 7; Италия 5,6 – 6,2; Испания 3,5 – 4,0. Дунёда ишлаб чиқарилган қўрғошинни 75% шу давлатларда истеъмол қилинади. Ўзбекистон ўзига керак бўлган қўрғошинни 20 та давлатлардан экспорт қилади.

Қўрғошинни асосий истеъмол қилувчи соҳалари: аккумулятор яшаш (30 – 45%), кабель ишлаб чиқариш (5 – 25%), ҳар хил қўймалар (6 – 20%), бензинга қўшиладиган тэтраэтил қўрғошин ишлаб чиқариш (6 – 22%) ва бошқалар.

Қўрғошин ишлаб чиқаришида асосий хом ашё – бу комплекс полиметаллик рудаларда. Рудада қўрғошиндан ташқари, Zn, Cu, Fe, Cd, Bi, Sn, As, Au, Sb, Tl, Ge ва бошқа элементлар бор.

Қўрғошин рудаларда асосан сульфид шаклида учрайди. Сульфидли рудаларда асосий сульфидлар: галенит PbS, сфалерит ZnS, халькоперит CuFeS, пирит FeS, пирротин Fe_{x-1}S, арсенопирит Fe₂S₃, аргентит Ag₂S. Сульфидли рудаларда 85 – 90% дан зиёд қўрғошин галенит шаклида учрайди.

Рудаларда қўрғошинни таркиби кам бўлгани сабабли бойитилади. Бойитишда қўрғошинни ажратиб олиш даражаси 83 – 94% ташкил қилади.

Қўрғошин - периодик Менделеев жадвалининг 4 гуруҳ элементи, атом номери 82, атом оғирлиги 207,2, зичлиги 11,336 г/см³, эриш ҳарорати 327,4 °С, қайнаш ҳарорати 1745 °С. Қўпчилик кимёвий бирикмаларда қўрғошин икки валентли. Қизитиш даврида қўрғошин енгил оксидланади. Олдин Pb₂O пайда бўлади, кейинчалик Pb₂O = Pb₂O + Pb реакцияси натижасида гнет ҳосил бўлади.

27.2 Қўрғошин хом – ашёсини қайта ишлаш усуллари

Қўрғошин концентратини тахминий таркиби, %: Pb 45 – 50; Zn 4 – 14; Cu 1 – 3; S 15 – 20; Fe 4 – 15; SiO₂ -10; Ag 500 г/т гача. Концентратни таркибидан имкон бўлган қайта ишлаш усуллари келиб чиқади. Концентрат таркибини тахлили шуни кўрсатиб турибдики, моддани тахминан ярми номенал (S), ёки сигиниш бирикмалардан (SiO₂, Al₂O₃, CaO) иборат.

Шунинг учун металлургик қайта ишлашнинг асосий мақсади бу:

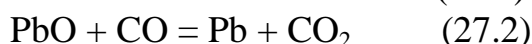
- 1) юқорида қайд этилган моддаларни асосий (Pb, Zn, Cu) ва уларни йўлдоши бўлган (Au, Ag, Ca, Bi, Se, Te) элементлардан ажратиб олиш;
- 2) асосий металлларни бир – биридан ажратиб металллик ҳолатида олиш;
- 3) хомаки қўрғошинни тозалаш.

Ушбу жараёнлар пирометаллургик усуллар билан бажарилади.

Пирометаллургик жараёнлар қўрғошинни эриш ҳароратидан юқорирок ҳароратларда оқиб ўтишга мўлжалланган. Бунда қўрғошин суюқ ҳолатида эркин шаклда ажралиб чиқади, қолган элементлар эса нометаллик фаза ташкил қилиб эритмадан ажратилади.

Қўрғошинни хом ашёдан ажратиб олинадиган пирометаллургик усуллар агломерация ёки реакция эритишга асосланган тикланиш жараёнлари орқали олиб борилади.

Тикланиш эритиш қуйидаги реакцияларни оқиб ўтишига асосланган:



Жараён етарли даражада такомилланган, фақат уни руёбга ошириш учун сульфидли мис концентрати дастлаб куйдирилиши керак.

Бунда қўрғошин суюқ ҳолатида хомаки метал шаклда ажралиб чиқади.

Оксидларни тикланишини кетма-кетлиги уларни кимёвий хусусиятларига боғлиқдир. Агар жараён 1000 °С да олиб борилса, қуйидаги оксидлар тикланади (оксидларни жойлашиши уларни элементлардан пайдо бўлишидаги Гиббс энергиясини ўзгаришига боғлиқдир): AgO, H go, CuO, PbO, SnO, FeO, ZnO ва бошқалар. Оксидлар CaO, MgO, BaO, Al₂O₃, SiO₂, MnO₂ бундай шароитларда тикланиши қийин.

Шундай қилиб олдиндан куйдирилган қўрғошин концентратини тикловчи эритиш 27.1 ва 27.2 реакциялар натижасида мис кукуни ва бир қанча бошқа металлларга бойитилган хомаки қўрғошин олиш мумкин. Жараёни иккинчи маҳсулотиде, шлакда ҳамма бошқа тикланмаган оксидлар тўпланади. Рух, кадмий ва бошқа учадиган металл жараён даврида бут ҳолатига ўтиб чангга ўтади.

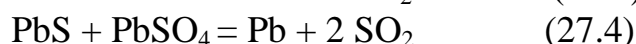
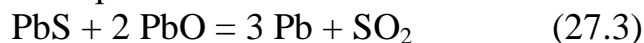
Тикловчи эритиш иккита асосий металл қўрғошин ва рухни ажратишга имкон яратади. Кейинчалик рух шлак ва газдан ажратиб олиниши мумкин.

Хомаки қўрғошин кейинчалик тозаланади. Унда эриган ҳамма металл ўзи билан халқ хўжалигига керакли маҳсулот бўлиб ажратиб олишлиги керак.

Тикланиш жараёни жуда кенг тарқалиб, у билан дунёда 90 % қўрғошин олинади. Шахтали печда агломерация қилинган турли хом ашё тикланиш

эритилиши мумкин: бой ва кучсиз, сульфидли ва оксидланган ва бошқалар. Шунинг учун бу усулни универсал метод деб номланган.

Сульфидли концентратни реакция эритиш кўрғошинни сульфиди ва оксидлари ўзаро боғланишларига асосланган:



Дастлабки сульфидли хом ашёдан етарли оксидлар пайдо бўлиши учун концентрат олдин агломерацион куйдирилиши мумкин.

Реакция эритиш жуда кам тарқалган, чунки у бой концентратларни талаб қилади. Ундан ташқари концентратда ҳар хил аралашмалар миқдори жудаям чекланган.

27.3 Кўрғошин концентратини агломерацион куйдириш

Агломерацион куйдиришнинг мақсади кўрғошин концентратини шахтали печда тикловчи эритишга тайёрлашдир. Сульфидли кўрғошин концентратини тайёрлашга куйидаги мақсадлар қўйилади:

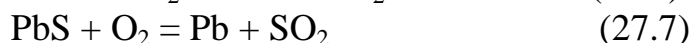
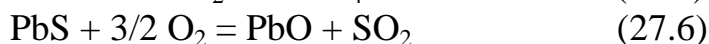
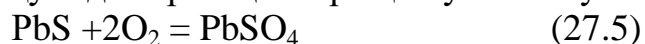
1. Концентратини олтингугуртни ҳаводаги кислород билан оксидлантириб ажратиш. Десулфурацияни оптимал қиймати кўрғошин концентратини кимёвий таркибига боғлиқдир. Масалан, агарда концентратда мис миқдори юқори бўлса, агломератда шунча олтингугурт қолдириладики, кейинчалик 15- 20% Cu бўлган мис штейнни ҳосил қилишга етарли бўлиши керак. Агарда концентратда кўп рух бўлса, десулфурация максимал даражага кўтарилади. Кимёвий таркибга боғлиқ бўлган ҳолда десулфурация 60 – 85% оралиғида бўлади.

2. Тайёрлаш даврида кукун моддаларини бўлакраниши ҳосил бўлади. Бу бўлаklar ғовак, яхши газ ўтказувчи материал бўлиб агломерат деб номланади. Бойитиш фабрикаларидан келадиган концентрат кукунсимон бўлиб уни заррачалари 0,1 мм кам ўлчамли бўлади ва бевосита шаклли печга юкланиши мумкин эмас.

3. Концентратни шихтали эритишга тайёрлашга қимматбаҳо улар компонентлари буғ ҳолатига ўтказиб, кейинчалик уларни газ фазасидан ажратиб олиш имкониятини яратади. (S, As, Sb, Sd, камёб металлар). Олтингугурт SO₂ ва SO₂ шаклларда бўлганлиги сабабли, сульфат кислотаси олишга юборилади.

Кўрғошин концентратини куйдириш агломерацион машиналарда олиб борилади. Бу машиналарда ҳаво тепадан пастки, ёки пастдан тепага йўналтирилади. Ҳозирги даврда кўрғошин концентратини агломерацион куйдириш кенг тарқалган.

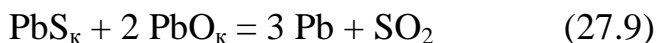
Куйдириш даврида куйидаги реакциялар оқиб ўтиши мумкин:



Ҳарорат 700 °C да (27.6) реакция оқиб ўтади. Шу шароитларда куйидаги реакция ҳам оқиб ўтиши мумкин:



886 дан зиёд ҳароратларда кўрғошин оксиди эрийди ва уни тезлик диссоциацияси оқиб ўтади ва шу шароитларда (27.7) реакцияси ҳам ўтади. Ҳароратнинг 900 °С атрофида қаттиқ ҳолатидаги моддалар ўзаро боғланадилар:



(27.9) реакцияси интенсив оқиб ўтиши олтингугурт диоксидини порциал босимдан баҳоласак бўлади. Масалан, 800°С Р=13,3 кПа, 850°С эса P_{SO₂} = 101 кПа га тенг.

Агломерацион куйдириш шихтани 200-300 мм энлиги остида ўтади. Шихтадан ҳаво тепадан пастга сизиб чиқмоқ, ёки пастдан юқорига сирқиб ўтмоқ шароитларда ўтади. Ҳавони тепадан сизиб чиқмоқда шихта юқоридан ёндирилади. Пастдан тепага қараб ҳаво сирқиб ўтишида шихтани паст қоплами ёндирилади. Шихтани ёпиши шихта хажмида ҳаво йўналишига қараб тарқалади. Куйдириш даврида шихтада турли зоналар пайдо бўлади, қайсиларда ҳар хил физико-кимёвий жараёнлар оқиб ўтади.

Агломерацион куйдириш жараёни махсус ёндиргич-горн ёрдамида шихтани қисми ёндирилиши билан бошланади. Қатламнинг бошқа қисмлари сульфидларни куйдириш давомида экзотермик реакциялар натижасида ажралиб чиқадиган иссиқлик ҳисобига ўтади. 1 кг темир ва оғир рангли метал сульфидлари куйдириш шартли ёқилғини 20-25 % ташкил қилади.

Сизиб чиқаётган ҳаво шихтани ёнишидан сақлайди. Куйдириш зонасида энг юқори ҳарорат (1000-1100°С) етилади. Ва бу ҳарорат куйдириш реакцияларини оқиб ўтишига кўмаклашади. Куйдириш зонасида енгил эрийдиган эвлектика, ҳосил бўлган кўрғошин ва бошқа моддалар ҳисобига ҳамма материаллар суюқ ҳолатига ўтади. Суюқ моддалар совуқ ҳаво сизиб чиқмоқлиги ҳисобига қотади ва бўлақлар ҳосил қилади. Куйдириш зонаси эса шихтанинг бошқа қисмларига силжаяди. Агломератни ғоваклиги сабабли ундан совуқ ҳаво осон сизиб ўтади ва пастки қатламдан шихта моддаларни иситиб, куйдириш жараёнига тайёрлайди.

Куйдириш давомида униш зонаси шихта қатламини тўлик тепадан пастга қараб ўтади. Куйдириш давомида етарли иссиқлик ажралиб чиқиши ва керакли ҳароратни ушлаб туриш мақсадида, юкланаётган шихтада олтингугуртни таркиби 6-8 % дан кам бўлмаслиги керак.

Шихтани бўлақланиши оғарокни совутилишида оқиб ўтади. Бунда ҳосил бўлган енгил эрийдиган моддалар қотишмага ўтиб, бўлақ ҳосил қилишади.

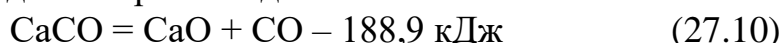
Кўрғошиннинг энг осон эрийдиган бирикмалари: кўрғошин силикатлари 2 PbO · SiO₂ (t = 740 °С), PbO · SiO₂ (t = 766 °С) ва уларни эвтектикалари (670 °С). Эриган моддалар агломератга қаттиқлик берадиган цементлайдиган модда ҳисобланади.

Эрийдиган моддаларни сони 20-25 % дан ошмаслиги керак акс ҳолда шихта ва агломератни газ ўтказиш хусусияти камаяди.

Агломерацион куйдиришнинг оқилона ўтказиш мақсадида шихтага флюслар қўшилади. Флюс шаклда кварц, темир рудаси, айланувчи шлак ва агломерат қўлланади.

Қўрғошин концентрати куйдиришга керак бўлган олтингугуртни зиёдрок тўплайди. Бу шихта ўта қизишига ва мақсаддан олдинроқ суюқ ҳолатига олиб келиши мумкин. Ортиқча иссиқликни бетараф қилиш мақсадида шихтага тўғирловчи-регулятор қўшилади. Регулятор ҳисобида сув, флюс, шлак ва бошқа моддалар ишлатиши мумкин. Ҳарорат регуляторини массаси қўрғошин массасини оғирлигидан 2-3 марта 0 купрок бўлиши мумкин.

Одатда регулятор ҳисобида оҳак қўлланади. Оҳак сульфид оксидланишида ажралиб чиқаётган иссиқликни ютади, ўзи 910 °С зиёд ҳароратгача исийди ва парчланади:



Парчаланиш реакцияси иссиқлик ютилиши билан оқиб ўтади.

Оҳакни қўшимча қўшилиши шихтага кварц куми ва темир рудасини беришини талаб қилади. Бу талаб бўлажак агломератни шихтали печда эритишда керакли шлак таркибини олиш билан боғлиқдир.

Кварц куми ортиқча иссиқликни сарф қилишга ёрдам беради ва ўзи куйдириш ҳароратигача қизийди.

710-750°С ларда кварц қўрғошин брикмалари билан реакцияга киради:



Қўрғошин силикатлари 750-800°С эритмалар ва агломерат пайдо бўлишига кўмаклашади.

Темир рудаси ҳам (Fe₂O₃) яхши иссиқликни регулятори ҳисобланади. Куйдириш даврида қўрғошин ферритлари пайдо бўлади - бу эса фойдали жараён, қайсики агломератни десульфурация даражасини оширади, қўрғошинни буғ шаклга ўтиб исроф бўлишини олдини олади.

Агломерация жараёнига келтирилган шихта куйидаги таркибга эга бўлиши керак, % : 6-8 S; 45-50 Pb; 10-20 CaO; 25-35 FeO; 20-25 SiO. Шихтани намлиги 6-10 % бўлиши керак.

27.4 Тикловчи эритиш

Қўрғошин агломератини тикловчи эритишни асосий мақсадлари:

1) хомаки метал шаклда максимал равишда қўрғошин олиш. Бу металда олтин, кумуш, мис, висмут, сурьма, мышьяк, қалай ва теллур тўпланади;

2) маъдансиз жинсларни шлакга ўтказиш ва шу шлакга кўпроқ рухни ўтказишдир.

Қўрғошин агломератда асосан оксид ва феррит турларида учрайди. Бу бирикмалар 1000°С дан зиёдрок ҳароратларда қаттиқ углерод, углерод оксиди, табиий газ ва бошқа тикловчи моддалар билан метал ҳолатигача тикланиши мумкин.

Қўрғошин эритмага энг қулай бу шахтали печдир, чунки унда тикловчи мухитда жорий этиш ва бошқариш осондир.

Ёқилғи ҳисобида кокс қўлланади, қайси қатлам шаклда агломерат билан бирга печга юкланади. Печнинг пастки қисмида-горнда-жараённинг суяқ маҳсулотлари тўпланади: хомаки қўрғошин ва шлак. Шлак эритмасининг юқорисида шихта жойлашган. Шихтанинг пастки қисмида (0,5-1,0 м) қизитилган кокс жойлашган. Бу қисм печнинг фокуси деб номланадди.

Коксни ёнишини таъминлаш учун ва тикловчи мухит пайдо бўлиш мақсадида печга босим билан ҳаво берилади. Печнинг фокусида ҳарорат 1500°С гача кўтарилади. Печь газлари шихтанинг хажмидан ўтади, уларни қизитади ва қўрғошинни оксидланган моддаларни тикланишда қатнашади. Газнинг печдан чиқишида (колошникда) ҳарорати 200-400 °С ташкил қилади.

Шихтани баландлиги (4-6 м) кокс ёнган сабабли ва қўрғошинни эриб силжайиши натижасида аста секин паст томон сурилади. Шихтани пастга қараб силжайиш тезлиги тахминан 1 м/соатига. Пастга тушган шихтани ўрнига янги шихта порцияси юкланади. Шихтани ҳарорати фокусдан юклаш жойига қараб камайиб боради.

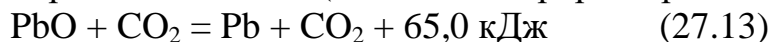
Эритиш даврида ҳосил бўлган суяқ маҳсулотлар пастга қараб силжаяди, фокусдан ўтиб горнда тўпланади ва зичилик асосида қатламланади. Хомаки қўрғошин ва шлак печда тўпланиши билан ундан чиқарилади.

Агломерат ўзи билан оксид ва силикатларни қотишмасидир. Қўрғошиндан ташқари, унда рух, мис, темир, ноёб металллар, мышьяк, сурьма, висмут, қалай, нодир элементлар бор.

Қўрғошин агломератда глёт, силикат, мураккаб оксид (феррит, плюмбит), сульфат, сульфид ва эркин металллар шаклларда келтирилган.

Металлик қўрғошин агломератни 357°С дан зиёдроқ ҳароратга қизитганда ёриб печни паст қисмига қўйилади. Пастга қараб ҳаракатланиш даврида қўрғошин бошқа металлларни ўзида эритади.

Глёт (PbO) энгил тикловчи оксид. Уни тикланиш углерод оксиди билан печнинг юқори қисмларида бошланади (160-185°С ҳароратлардан бошлаб):



Ҳароратни кўтарилиши реакциянинг тезланишига олиб келади.

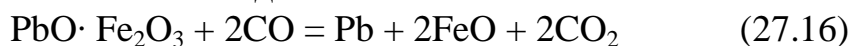
Глётни эригандан сўнг 886°С) PbO билан углеродни контакти яхшиланиб қуйидаги реакция интенсив оқиб ўтади.:



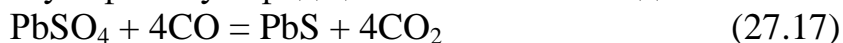
Қўрғошинни силикатлари (x PbO · y SiO₂) 700°С дан юқорироқ ҳароратларда эриб, печни пастки қисмига силжийди. Бу ҳаракатланишда силикатлар ўзларида бошқа оксидларни эритади. Қўрғошин силикатлари шихтали печда тикланади. Тикланиш икки босқичли бўлади. Биринчи босқичда PbO силикатда ундан кучлироқ Fe₂O₃ ёки CaO га ўрин алмашади. Пайдо булган темир кальций силикати узида глетни эритади. Иккинчи босқичда шлак эритмасидаги гиётни CO ёки C билан тикланиши оқиб ўтади.:



Қўрғошин ферритлари ($n \text{PbO} \cdot m \text{FeO}$) углерод оксиди билан $500-550^\circ\text{C}$ лардан бошлаб осон тикланади:



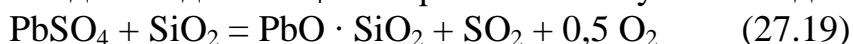
Қўрғошин сульфати сульфид ҳолатигача тикланади:



Реакция 550°C дан зиёдроқ ҳароратда интенсив ўтади. Деярлик ҳамма сульфат сульфид шаклга тўлиқ ўтади. Қисман сульфат 800°C дан бошлаб парчланади:



Кремний диоксиди PbSO_4 ни парчланишга кўмаклашади:



Қўрғошин сульфиди (PbS) шахтали эритишда деярлик тикланмайди. Қисман қўрғошин алмашув реакцияси натижасида пайдо бўлиши мумкин:



Қисман PbS бошқа қўрғошин бирикмалари билан ўзаро боғланиши мумкин:



Реакцияга кирмаган PbS темир ва мис сульфидлари билан штейн фазасини қабул қилади.

Маъдансиз жинслар ва қўшиладиган флюслар шлак фазасини ташкил қилишади. Кўп компонентли қўрғошин эритиш шлакларини асосларини $\text{FeO}-\text{Zn}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ системаси ташкил қилади. Бу оксидларни йиғиндиси 90% дан зиёдроқ бўлади. Қўрғошин шлакларни ажралиб турадиган битта хусусияти – унда 5 – 25% ZnO борлиги. Агарда шлакда 20% рух оксиди бўлса шлак хусусиятлари деярли ўзгармайди.

Шлакни эриш ҳарорати $1050 - 1150^\circ\text{C}$, ёпишқоқлиги $0,5 - 1,0 \text{ Па}$, $^\circ\text{C}$. Шлакда кремний диоксидини концентрацияси 30% ошиб кетса ёпишқоқлиги кўтарилади, FeO ни миқдорлиги кўпайиши эса аксинча камайтиради.

Жараённинг суяқ маҳсулотлари зичлик фарқлиги сабабли қатламлашади. Қанчалик зичлик фарқлиги катта бўлса – шунча ажралиш тез ва тўлароқ бўлади. Шлакнинг зичлиги уни ташкил этувчиларнинг зичлигига боғлиқдир, г/см: 2,7 SiO_2 , 5,0 FeO , 3,3 CaO , 2,8 Al_2O_3 .

Оптимал таркибдаги шлакни қуйидаги хусусиятлари бўлиши керак: эриш ҳарорати $1100 - 1150^\circ\text{C}$; ёпишқоқлиги 1200°C да – $0,5 \text{ Па}$ $^\circ\text{C}$; зичлиги 3,5 – 3,8. Бундай хусусиятларга қуйидаги таркибдаги шлак эгадир, %: 20-30 SiO_2 , 30-40 FeO ; 10-18 CaO ; 25 гача ZnO .

Жараённинг бошқа маҳсулотлари бу штейн ва шнейза. Мис-қўрғошинни тахминий таркиби, %: 7-40 Ca ; 16-45 Fe ; 20-25 S ; 8-17 Pb .

Шнейза – металлларни мышьяк ва сурьма билан бирикмалари. Унинг тахминий таркиби, %: 2-15 Pb ; 2-34 Ca ; 20-50 Fe ; 18-30 Fs ; 1-6 Sb ; 0,001-0,01 Fu ; 0,015 – 0,20 Ag .

Шнейза ва штейн жараённинг зарарли маҳсулотлари ҳисобланади. Улар билан қимматбаҳо металллар исроф бўлади. Уларнинг хосил бўлишларини иложи борича камайтиришга ҳаракат қилиш керак.

28 -§ Хомаки қўрғошинни тозалаш асослари

Хомаки қўрғошин ўз таркибида зарра аралашмалари мавжуддир: мис, сурьма, мышьяк, рух, қалай, темир, висмут, олтингугурт, кумуш, олтин ва бошқалар. Ундан ташқари унда механик аралашиб ажралиб чиқмаган шлак компонентлари бор (0,3-0,8 % гача). Зарра аралашмаларнинг умумий йиғиндиси 2-10 % ташкил қилади. Хомаки қўрғошинни тахминий таркиби, %: Pb 92-94; Cu 1,8-2,2; As 0,4-0,6 Sb 0,3-0,5; Bi 0,15-0,20; Ag 1000-1500 г/т; Au 1-5 г/т.

Хомаки қўрғошинни тозалашда 2 муаммо ечилади:

1) Зарра аралашмалар қўрғошинни хусусиятларини ўзгартириб, саноатда қўлланиши мумкин эмаслигига олиб келади ва сифатини талабларга жавоб бермайдиган ҳолатда бўлади;

2) Зарра аралашмалар ўзлари қиймати модда бўлиб ажратиб олишлиги керак. Баъзи вақтларда аралашмаларни қиймати қўрғошин қийматлари зиёдроқ юради.

Қўрғошин заводларда ГОСТ 3778-77 га талаб берувчи СО, СІ ва СЗ навли қўрғошин ишлаб чиқарилади.

Ҳамма заводларда хомаки қўрғошинни пирометаллургик усулда тозалаш қабул қилинган. Тозалаш жараёнида ажралаётган моддаларни хусусиятларига қараб бирин-кетин бир неча операциялар ўтказилади: мисдан тозалаш (обезмеживания); теллерда тозалаш (обестелурирование); мышьяк, сурьма, қалайлардан тозалаш; ноёб металлларни ажратиб олиш (обессеребрение); рухдан тозалаш (обеспинкование); висмутдан тозалаш (обезвисмучивание); сифатли тозалаш (кальций, магний, сурьма, рухдан тозалаш).

Ҳар бир босқичда ярим маҳсулот (съем) ҳосил бўлади. Съем таркибида қўрғошин ҳам бор улар алоҳида қайта ишланади.

Қўрғошинни мисдан тозалаш

Хомаки қўрғошинни мисдан тозалаш икки босқичда олиб борилади: дастлабки тозалаш ва яқунловчи тозалаш.

Дастлабки тозалаш мисни қўрғошинда ҳарорат пасайишида эриш қобиляти камайишида асосланган. Агарда 2 – 3% Са бор хомаки қўрғошинни аста – секин совутилса мис дурлари ажралиб чиқиб қўрғошин сиритига сузиб чиқади (нисбатан енгилроқ бўлгани сабабли). Ажралиб чиққан қаттиқ модда мис шлакери деб номланади. Шлакер қўрғошин сиртида темирли ковш (капкир) билан чиқарилади.

Мис шлакерида ўта кўп микдорда қўрғошин бор. Қўрғошин исрофини камайтириш мақсадида мисдан дастлабки тозалашни икки поғонада олиб борилади: олдин 1000 °С печдан чиқарилган хомаки қўрғошинни 550 – 650 °С гача совутилади ва «куруқ» шлакер олинади (10 – 30% Cu ва 50 – 70% Pb). Бу шлакер қўрғошин, мис ва бошқа элементларни ажратиб олиш мақсадида алоҳида қайта ишланади. Куруқ шлакер чиқарилгандан сўнг, эритмада 0,5 – 0,6% мис қолади.

Сўнг эритмани ҳароратини 335 – 345 °С гача пасайтирилади ва кўрғошинга бой (3 – 5% Cu; 80 – 90% Pb) шлакер олинади. Бу шлакер технологик жараённинг бошига юборилади.

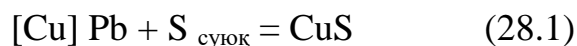
Дастлабки тозалаш натижасида мисни қолдиқ миқдори 0,1 – 0,2% ташкил қилади.

Якунловчи тозалаш хомаки металга зарра аралашмалар билан кўрғошинда эримайдиган қаттиқ бирикмалар ҳосил қилиш мақсадида кўшимча модда юклашда асосланган.

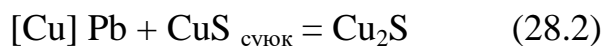
Бундай модда ҳисобида элементар олтингурут, хлорли алюминий ва бошқалар бўлиши мумкин.

Жараёни осонлиги, катта тезлиги ва реогентни кам сарфи шу мақсадга олтингурутни кенг тарқалганлигига олиб келади. Бу усул кўрғошинда 0,005 – 0,008% Cu қолдиқ миқдорлик олишга имкон яратади.

Кўрғошинда эриган мис кўшилган олтингурут билан ўзаро кимёвий боғланади:



кейин эса



Ярим олтингурутли мис Cu_2S юқори эриш ҳароратга эга (t эриш = 1130). Деярли кўрғошинда эримайди. Зичлиги нисбатан кам бўлганлиги сабабли (5,6 г/см) Cu_2S кўрғошин сиртига сизиб чиқади ва дастгоҳдан четлатилади.

Мисдан тозалашдан кўрғошин ҳам қисман сульфидланади:



(28.3) реакциясини тезлиги (28.2) реакция тезлигидан унга камроқдир. Шунинг учун жараёнда асосан мис сульфиди ҳосил бўлади.

Шундай қилиб, икки поғонали мисдан тозалаш кўрғошинда метали миқдорлиги 2 – 3% дан 0,0005 – 0,0005% гача қайтаришга имкон яратади.

Теллурдан тозалаш

Кўрғошин хом-ашёсини қайта ишлаганда 60 – 70% теллур хомаки метал таркибига ўтади. Тозаланаётган металда уни концентрацияси 0,005 – 0,01% ташкил қилади.

Теллур ажратиб олиш металллик натрий билан олиб борилади. Жараён теллурни натрий билан хомаки металда эримайдиган Ni Te бирикма ҳосил қилишга асосланган.

Натрий теллуриди 953⁰С эрийди ва зичлиги нисбати кам бўлганлиги сабабли кўрғошин сиртига сизиб чиқади.

Натрийни оптимал сарфи 1 кг 1 кг теллурга тўғри келади. Хомаки кўрғошинга нисбатан уни сарфи 0,06% ташкил қилади. Суюқ металга юклангандан сўнг 5 – 10 дақиқа аралаштирилса 90% дан зиёд теллур ажралиб чиқади.

Сурьма мышьяк ва қалайдан тозалаш

Бу металлларни тозалаш уларни кўрғошинга нисбатан кислородга кўпроқ тортилиш кучига эга усул қўлланади: оксидлантирувчи ва ишқорлантирувчи.

Оксидлантирувчи бўйича тозалашда 750 – 800 °С ҳароратда суюк кўрғошин ваннасига ҳаво берилади. Бунда биринчи бўлиб кўрғошин оксиди PbO пайдо бўлади. PbO кўрғошин эриб бутун ҳажмга тарқатади. Келтирилган металллар PbO билан кўрғошинда алмашув реакцияси оқиб ўтади. Жараённинг кимёвий шаклида қуйидагича келтирса бўлади.



Сурьма, мышьяк ва қалай оксидлари (Sb_2O_3 , Sb_2O_5 , As_2O_3 , As_2O_5) ортиқчаси билан ўзаро боғланиб кўрғошинда эримайдиган стакнот

($a\text{PbO} \cdot g\text{As}_2\text{O}_3$), арсанот ($p\text{PbO} \cdot g\text{AsO}$), арсенит ($p\text{PbO} \cdot g\text{As}_2\text{O}_3$), антимонит ($x\text{PbO} \cdot y\text{Sb}_2\text{O}_3$) ва антимонатлар ($x\text{PbO} \cdot y\text{Sb}_2\text{O}_5$) ҳосил қилади. Шу бирикмалар шлак фазасини ташкил қилинади ва печдан четлатилади.

29 -§ Рух – кўрғошин концентратини замонавий қайта ишлаш технологияси

Дунё амалиётида рух – кўрғошин концентрати, асосан, классик технология бўйича қайта ишланади. Классик технология рух кўрғошин рудасидан коллектив концентратини олишдан бошланади. Коллектив рух – кўрғошин концентрати 2 та маҳсулотга флотация йўли билан ажратилади. Биринчи рух концентрати олинади ва уни таркибида 2 – 4% кўрғошин бўлади. Иккинчи маҳсулот эса – бу кўрғошин концентратидир, қайсида 1,5 – 2% рух бор. Бундай технология иккала хом – ашёдан кўп фойдали металлларни исрофгарчилигига ва маҳсулотларни ўзини эса сифатини пасайтиришга олиб келади.

Англиянинг «Империл смелтинг» фирмаси рух кўрғошин концентратини бўлмасдан бирга қайта ишлаш технологиясини яратди. Бу технологияга асосан коллектив концентрат бўлинмасдан шахтали печда бирга эритилади.

Биринчи босқичда коллектив концентрат агломерат шаклга айлантиради. Эритиладиган печь тўғри бурчак формасини ва уни икки қатор фурмалар бор. Фурмалар печнинг ҳажмига тахминан 200 мм га киритилади ва сув билан совутилади. Фурмаларни икки қатор жойлаштирилиши ҳаво, босимнинг деярлик паст қийматларда ҳавони печ ҳажмига бир текис тақсимланишига имкон яратади. Печга ҳаво тахминан 0,5 – 1,0 МПа босимида ва 550 – 570 °С ҳароратда берилади. Печнинг тепа қисми ёпикдир. Шихта печга даврий шаклда юқори қисмидан юкланади.

Жараённинг суёқ маҳсулоти печнинг паст қисмидан чиқарилади. Суёқ маҳсулотлар нисбатли оғирлиги бўйича қатламланади.

Одатда шлак таркибида 6 – 8% рух бор. Кокснинг сарфи кўпайган сари шлакда рухнинг таркиби камайиб боради, факат бу шароитларда печнинг ишлаб чиқариш унумдорлиги ҳам камаяди. Охак ва кварц кўшилиб одатда 30% CaO; 20% SiO₂; 32 % FeO 6% ва Al₂O₃ таркибидага шлак олинади. Бу шлакнинг эриш ҳарорати 1200 °С.

Кокснинг бирлигига олинadиган рухнинг сони иссиқлик баланси билан аниқланади. Бу балансда иссиқлик келиши: кокснинг ёниши ва иситилган ҳаво ва шихтанинг иссиқлигидир. Иссиқликнинг сарфи: шлакнинг эриши, ажралиб чиқаётган технологик газларнинг иссиқлиги, рух оксидини эндотермик тикланиш реакцияси, углерод диоксидини тикланиши ва ташқарига исрофи.

Қанчалик печь газларда углерод диоксиди таркиби юқори бўлса шунча углерод массаси бирлигига рух оксиди тикланиши мумкин. Углерод диоксидини таркиби ҳароратга, модданинг баландлигига, кокс ва рухли материалларнинг реакцияга кириш имкониятларига боғлиқдир.

Нормал тартибда кокс 800°С га, ҳавони эса 600 °С қизитилса кокснинг сарфи ажралиб чиқаётган рухнинг массасини 90% ни ташкил қилади. Пайдо бўлаётган шлак массасидан 20% яна кўшиш лозимдир. Бунда кокснинг умумий сарфи қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$C = 0,936 a + 0,2173 b \quad (29.1)$$

бунда C – углероднинг сарфи

a – ажралиб чиқаётган рухнинг сони

b – пайдо бўлган шлакнинг сонидир.

Ҳавони кизитиш Будауар реакциясининг ($CO_2 + C = 2CO$) ўнг томонга силжишига олиб келади.

Шихтали печда асосан рух оксидини тикланиш реакцияси оқиб ўтади.



Реакция натижасида пайдо бўлган рух парланади ва технологик газлар билан печдан ажралиб чиқади. Қўрғошин эса асосан суёқ маҳсулотларда тўпланади. Жараённинг энг мураккаб босқичи бу катта ҳажмдаги газлардан рухни конденсациялашдир. Бунинг учун умуман янги технология ихтиро қилинган. Газларда рухнинг миқдорлиги 5-6 % билан чекланади, печларнинг ишлаб чиқиш унумдорлиги эса 100-150 тонна рухни 1 суткада ташкил қилади. Бундай шароитларда газдан катта ҳажмда иссиқликни олишга тўғри келади. Ундан ташқари агарда шихтада 20 % қўрғошин бўлса унда қўрғошинни учиши ва конденсаторга етиб боришидан қутулиб булмайди. Шунинг учун рухни конденсациялаш учун суёқ қўрғошин ишлатилади. Конденсациялашга қўрғошинда рухни эриш қобиляти ҳароратга боғлиқлигига асосланган.

Ҳарорат ошиши билан рухни эриш қобилияти ўсади ва аксинча ҳарорат пасайганда – камаяди. Қўрғошин конденсаторга 450⁰С ҳароратда юкланади. Бунда уни таркибида 2 – 2,2% рух бор. Қўрғошин конденсаторда қизитилган газлар билан алоқада бўлади. Газлар печдан 1000 0С дан юқори ҳароратда бўлади. Бу газларнинг таркибида 5% гача рух бор. Бунинг натижасида газлар совутилади, рух эса қўрғошинга ўтади. Юқори ҳароратга қизитилган қўрғошин конденсаторни 560⁰С да таркиб этади ва унинг ҳажмида 2,4% рух бор. Конденсатордан ташқарида қўрғошин совутилади ва рух ликвация натижасида қўрғошинни сиртига сизиб чиқади, совутилган қўрғошин (2% рухли) қайтадан конденсаторга юборилади.

Рух буғлари қўрғошин томчиларида конденсацияланади ва шу шаклда эритма ҳолатига ўтади. Конденсатор печга зич қилиб ўрнатилган. Конденсаторнинг бошқа томонидан технологик газлар тозалаш системасига юборилади. Технологик газларнинг иссиқлик қобилияти 2400 – 3000 кДж 1 м³ га ташкил қилади.

Конденсатор ўзи билан тўғри бурчакли камера, ички сирти корборон гишт билан химояланган. Унинг узунлиги 6 – 12 м, эни 2,5 – 5,5 м, баландлиги эса 1,25м конденсаторда 3 – 8 та вертикал жойлашган, ротор мавжуддир. Роторнинг айланишида қўрғошин юқорига катта куч билан юборилади, конденсаторнинг тепаси ва ён деворларига урилиб майда заррачалар ҳосил қилади. Бу заррачалар конденсаторни ҳажмини деярли тўлдиради.

Газларнинг конденсаторга кириш ҳарорати 1000⁰С, чиқиши эса 450 гр⁰С ташкил қилади. Ҳар бир гр конденсацияланган рухга конденсаторда 5 кДж га яқин иссиқлик қолдирилади. Бунинг натижасида қўрғошин 110⁰С га исийди (450 – 560⁰С). Конденсаторга қўрғошин ваннасининг баландлиги 250-300 мм. Қўрғошин конденсаторга 450⁰С да юкланади. Бу ҳароратда унинг таркибида 2,15 % рух бор. Конденсаторда рух 560⁰С гача қазийди. Бунда 0,25 % рух қўшимча қўрғошинда эрийди натижада конденсаторни таркиб этаётган қўрғошинда 2,4 % рух бордир. 450⁰С да рухнинг эриш қобилияти пасаяди ва ажралиб чиқаётган металл ликвация ваннасида қўрғошиннинг сиртида тўпланади. Жами 96 % металл конденсацияланади ва 4% газ тозалайдиган системада илинади. 87 % рух суяқ шаклда конденсацияланади. Қолгани эса ҳар хил қаттиқ моддалардир.

Қўрғошин ва рухни ажратадиган ваннада рухнинг баландлиги қолгани эса ҳар хил қаттиқ моддалардир.

Қўрғошин ва рухни ажратадиган ваннада рухнинг баландлиги қолгани эса ҳар хил қаттиқ моддалардир.

Қўрғошин ва рухни ажратадиган ваннада рухнинг баландлиги тахминан 380 мм ни ташкил қилади. Заррачага айлантирилаётган қўрғошиннинг ҳажми каттадир. Масалан, конденсаторни 1 тонна рухга мўлжалланган ишлаб чиқариш унумдорлигида конденсатордан ўтаётган қўрғошиннинг сони 400 тоннани ташкил қилади. Ҳар бир ротор газ оқимида тахминан 1000 тоннагача қўрғошин киритади. Конденсаторни ишини

харорат, берилаётган кўрғошиннинг сони ва газ оқимининг тезлиги орқали бошқарилади.

Иккиламчи материалларнинг қайта ишлашни ҳисобга олган ҳолатда шахтали эритиш натижасида рухни умумий ажратиб олиш даражаси 92-93% дир. Олинган рух куйидаги таркибга эгадир: % 1,1-1,3 кўрғошин; 0,03-0,15 кадмий; 0,001-0,008 мышьяк; 0,015-0,028 темир; 0,01-0,05 мис; 0,005-0,15 қалай.

Жараённинг ликвидациясини ва рухни вакуум парланишини бирлаштириш мумкин. Бунда ваннадаги пастки қисмли совуқ кўрғошин конденсаторга қайтариледи, юқори қисмдаги иссиқ рух эса тоза ҳолатда пар шаклига ўтади. Ҳозирги даврда коллектив рух-кўрғошин концентратини бўлмасдан қайта ишлаш дунёда кенг тарқалаяпти. Олмалиқ кон-металлургия комбинатида бундай жараённи қўллаш жудаям катта аҳамиятга эга. Ҳозирги пайтда рух – кўрғошин коллектив концентрат ажратилиб алоҳида қайта ишлашга мўлжалланган. Рух концентрати комбинатда қайта ишланиб тоза металл олинади. Кўрғошин концентрати эса қайта ишланмасдан четга арзон нархда сотилади. Бу тадбир комбинатни иқтисодиётини барқарорлаштиришга ёрдам бермайди. Шунини ҳам айтиш керакки рух концентратида 2-6 % гача мис бор. Ҳозирги пайтда мис молибден ярим маҳсулотига ўтиб исроф бўлаяпти. Шихтали эритишда эса мис маҳсус штейн фазасида тўпланиб фойдали маҳсулотга ўтиш имконияти бор. Бу минерал захиралардан тўлароқ фойдаланишга ва исрофгарчилиқни йўқотишга кенг йўл очиб беради.

III. БЎЛИМ. ОЛТИН МЕТАЛЛУРГИЯСИ

30 - § Олтин металлургиясининг замонавий аҳволи

Ўзбекистонда нодир металллардан, олтин ишлаб чиқариши кенг ривожланган ва шу сабабдан ўқув қўлланманинг шу бобида асосан олтин металлургиясига доир маълумотлар, айниқса ҳозирги кунда кенг тарқалган ва самарали бўлган сорбцион технологияси кўриб чиқилган.

Нодир металллар гуруҳига куйдаги металллар киради: олтин, кумуш ва платина гуруҳидаги олтига металл – рутений, родий, палладий, осмий, иридий, платина.

Олтин жуда қадим замонлардан бери одамзод томонидан ишлатилиб келинадиган металллардандир. Олтин одамлар ибтидоий бўлиб яшаган пайтларда ҳам маълум бўлиб, уни дарё ва кўл сувларидан ювиб олар эдилар. Шунингдек куёшдек товланиб, иссиғу совуқда турли туман аралашма ва эритмаларда ўзгармай, эримай ва ўз хусусиятини заррача ўзгартирмай қола олиши, унинг қадри қийматини ошириб юборади.

Олтин узининг ўзгармас ва нодир хусусиятлари билан давлатлар аро пул муомиласи ўрнида, валюта сифатида кенг ишлатилади. Бундан ташқари у давлатларнинг жаҳон банкларидаги бойлик жамгармалари сифатида ундан фойдаланиб бойлик орттириб даромад келтирувчи вазифани ҳам бажаради.

Давлатлар аро товар айрбошлашда олтин бирдан бир ишончли муомала воситасидир.

Фан ва саноатда олтин (ювелир) заргарлик, тиш протезлаш, медицинада, космик лабораторияда ва станция курилмаларида қотишма-металл сифатида, ўтга ва кислотага чидамли асбоб ускуналарида ишлатилади.

Дунёнинг олтин ишлаб чиқарувчи йирик давлатлари куйдагилардир: Жанубий Африка Республикаси (ЖАР), Америка қошма штатлари (АҚШ), Канада, Австралия, Россия, Ўзбекистон, Заир, Танзания, Гана, Зимбабве.

Асосий олтин ишлаб чиқарувчи мамалакатларда 90-йилларда олтин ишлаб чиқариш кўрсаткичлари 30.1- жадвалда берилган:

30.1-жадвал.

Асосий олтин ишлаб чиқарувчи мамалакатларда 90-йилларда олтин ишлаб чиқариш кўрсаткичлари, т.

Мамлакат	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
ЖАР	605,1	601,1	614,1	619,5	583,9	522,4	494,6	492,5	464,4	449,5
АҚШ	294,2	296,0	329,1	332,1	326,0	319,0	329,3	362,0	366,0	341,9
Австралия	244,2	236,2	243,5	247,3	254,9	253,5	289,5	313,2	310,1	302,8
Канада	167,4	175,3	160,4	153,1	146,4	150,3	164,7	171,5	164,3	157,9
Китай	93,6	103,9	112,2	119,4	120,7	132,6	144,6	148,8	160,2	156,3
Индонезия	17,6	24,4	45,9	52,2	55,3	74,1	92,5	101,6	139,1	154,5
Россия	-	-	151,7	164,5	158,1	142,1	138,2	138,0	127,3	138,2
Перу	14,6	15,1	18,0	27,4	39,3	57,4	64,8	74,8	91,2	127,4
Ўзбекистон	-	-	63,0	65,4	65,0	66,6	78,3	81,7	80,4	85,9
Гана	17,3	27,3	33,3	41,4	44,5	53,2	50,3	55,7	73,3	78,2
Бразилия	84,1	78,6	76,5	75,7	73,4	67,4	64,2	59,1	54,7	54,1
Чили	33,3	33,3	39,3	38,5	43,3	48,5	56,4	52,9	47,4	48,1
Аргентина	1,2	1,6	1,6	1,3	1,2	1,0	0,9	2,5	20,1	35,0
Филиппин	37,2	30,5	27,2	29,8	31,0	29,4	31,8	33,8	34,9	31,9

Умуман дунё бўйича 1493 йилдан 1999 йилгача -122 000 т. олтин ишлаб чиқарилган.

Ер бағридаги олтин захиралари бугунги кунга куйидаги кўрсаткичлар билан баҳоланади, т.:

АҚШ – 5600; Австралия – 3400; Бразилия – 800; Канада – 1500; Россия – 3100; ЖАР – 19800; Ўзбекистон – 3000; бошқа мамлакатлар – 9500.

Олтиннинг умумжаҳон захиралар 46000...71000 тонна билан баҳоланади.

Олтин захиралари турли кўринишларда мавжуд: туғма, теллуридлар, ферри-шаклларда, сульфидлар, сувда эрувчан ва бошқа кўринишда. Бунга асосланган ҳолда олтинни сочма рудалардан, асл рудалардан, конгломератлардан, балансдан ташқари ва техноген хом ашёлардан олишади.

Олтиннинг асосий қисми 94-98 % – асл рудалардан казиб олинади, 2,5 – 3 % сочма рудалардан олинади ва 3,5-4,0 % рангли металлларни эритиб олишда, йўлдош металл бўлиб олинади.

Захира ва рудалардаги олтиннинг миқдори, ишлаб чиқариш хажми ва маҳсулотнинг тан нархи бўйича олтин ишлаб чиқарувчи корхоналар куйидаги гуруҳларга бўлинади 30.2-жадвал:

30.2-жадвал.

Олтин ишлаб чиқарувчи корхоналарнинг гуруҳларга бўлиниши

Захира бўйича, т.	Рудадаги олтиннинг миқдори бўйича, г/т	Олтинни ишлаб чиқариш хажми бўйича т/йилига	Қазиб олиш ва қайта ишлашларнинг тан нархи бўйича, 1 г. олтиннинг АҚШ доллари ҳисобидаги нархи
Жуда йирик ...>1000	Жуда бой..... >10	Жуда йирик....>50	Юқори рентабелли.... < 4
Йирик.....100	Бой5-10	Йирик.....10-50	Рентабелли4-6
Ўрта.....10-100	Ўрта2-5	Ўрта.....5-10	Ўрта рентабелли.....6-10
Кичик1-10	Камбағал.....0,5-2,0	Кичик.....1-5	Паст рентабелли.....10-14
Жуда кичик....< 1	Жуда камбағал.. <0,5	Жуда кичик..... < 1	Зарарли.....> 14

31 -§ Олтиннинг физикавий ва кимёвий хусусиятлари

31.1 Олтиннинг физикавий хусусиятлари

Олтин қуйма шаклида соф сариқ рангда, эриган ҳолда – яшил, майин майдаланган ҳолатда кўк-кул ранг ва ҳатто қора рангда бўлиши мумкин.

Олтиннинг эриш ҳарорати – 1063,4 °С, қайнаш ҳарорати эса – 2966,0 °С.

Олтин жуда тобланувчан металл бўлиб ундан 0,0001 мм қалинлигидаги пластина олиш мумкин. Олтиннинг чўзилувчанлиги ҳам жуда юқори, 0,05 г олтиндан 160 м сим чўзиш мумкин.

Олтин таркибидаги кўшимча моддалар олтиннинг тобланувчанлигини, чўзилувчанлигини пасайтиради. Масалан, олтин таркибида 0,1% - Al; 1% -Fe ёки 1% - Sn бўлса олтиннинг қаттиқлиги ортади, 0,005 % - Pb, 0,01% - Te ёки 0,1% - Bi бўлса олтин мўрт бўлади.

Эриган ҳолда олтин газларни ютиш хусусиятига эга. Масалан, олтин водород ёки кислород газлари муҳитида 37-46 хажм водород ва 33-46 хажм кислородни ютади.

31.2 Олтиннинг кимёвий хусусиятлари

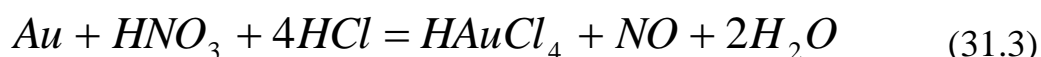
Олтин нодир металллар гуруҳига киради. Ҳаво. ҳатто намлк иштироқида олтин ўзгармайди. Юқори ҳароратларда олтин водород, кислород, азот, олтингугурт ва углерод билан таъсирлашмайди.

Олтин икки ҳил оксидланиш даражасига эга: 1 ва 3.

Олтиннинг стандарт электрод потенциали жуда юқори қийматларга эга:



Эритмаларда олтин асосан бир валентли ҳолатда учрайди. Олтин тоза кислоталарда эримайди. Кислоталардан олтин фақат “подшоҳ ароғи” (1қисм HNO_3 ва 3 қисм HCl кислоталарнинг аралашмаси) да эрийди ва аурохлорводород кислотасини ҳосил қилади.

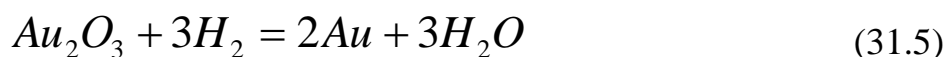


“Подшоҳ ароғи” эритмасида HNO_3 оксидловчи HCl эса комплекс ҳосил қилувчи бўлиб реакцияда иштироқ этишади.

Олтиннинг икки ҳил кислородли бирикмалари аниқ: Au_2O ва Au_2O_3
 Au_2O – кул ранг бинафша тусли кукун, $200^\circ C$ дан ортиқ ҳароратда тикловчи модалларнинг таъсирисиз парчаланеди:

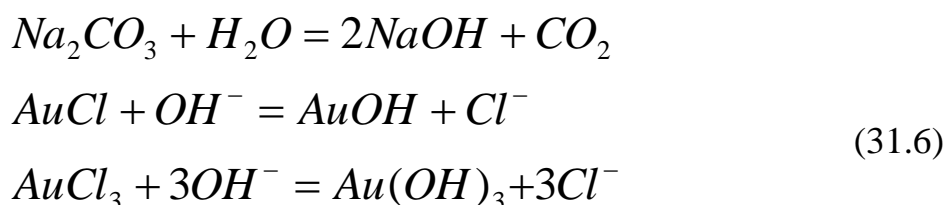


Au_2O_3 – тўқ жигарранг тусли, сувда эримайдига кукун водород ёки CO оқимида тикланади:



Олтиннинг кислородли бирикмалари, олтиннинг гидроксидларидан ($AuOH$ $Au(OH)_3$) олинади.

Олтин гидроксидлари, олтиннинг хлор бирикмаларига ишқор металллар карбонатлари билан таъсир қилиш йўли орқали олинади:



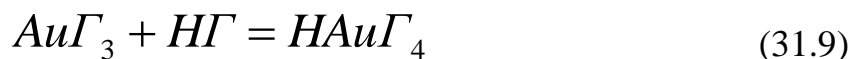
Олтин галогенлар билан (Cl_2 , Br_2 , I_2), моногалогенидлар($Au\Gamma$) ҳосил қилади, ҳосил бўлган бирикмалар ишқорий металл галогенидларида комплекс ҳосил қилиши билан эрийдилар:



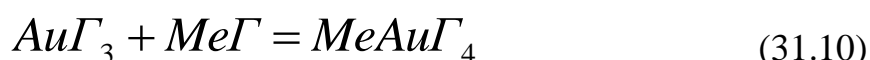
ёки парчаланишади



$Au\Gamma_3$ - бирикмалари сувда эрийди, кислоталарда эритилса олтиннинг комплекс кислоталари ҳосил бўлади:



Ишқорий металллар галогенидлари билан $Au\Gamma_3$ тўғридан тўғри аурат тузларини ҳосил қилади:

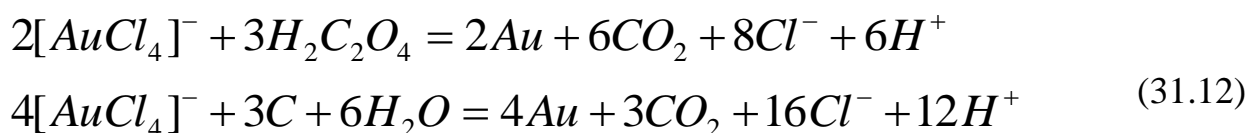


Кислотанинг ўзи ҳам, унинг кўпгина тузлари ҳам сувда яхши эрийди, шунинг учун улар олтиннинг аффинажида ишлатилади.

Au (III) –нинг хлоридли эритмаларидаги стандарт потенциали юқори бўлгани учун

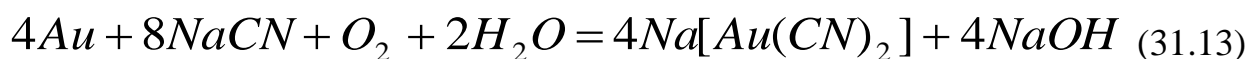


эритмалардан олтин кўпгина қайтарувчилар ёрдамида онсон қайтарилади:

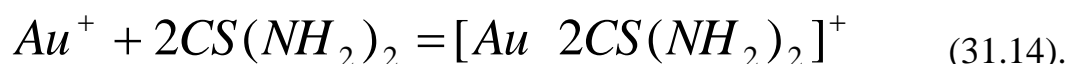


Бир қанча ион ва молекулалар билан Au (I) комплекс бирикмалар ҳосил қилади. Комплекс ҳосил қилиниши бир валентли олтиннинг сув эритмаларидаги мустаҳкамлигини оширади. Олтин комплексларнинг орасида нисбатан мустаҳкам бу олтиннинг цианли комплекси $Au(CN)_2^-$.

Натрий ва калий циан тузлари олтиннинг саноат эритувчиси ҳисобланади:



Яна бир саноатда қўлланиладиган олтиннинг саноат эритувчиси, бу тиомочевина тузидир $CS(NH_2)_2$. Тиомочевина ҳам цианид тузлари каби мустаҳкам комплекс ҳосил қилади:



32 - § Олтиннинг минераллари. Таркида олтин мавжуд рудаларни қайта ишлаш схемалари

Кимёвий инертлиги туфайли олтин рудаларда асосан туғма металл ҳолида учрайди. Соф олтин заррачаларининг кимёвий таркиби кенг чегарада ўзгариб туради, лекин ҳамиша миқдор жиҳатдан олтин устун туради. Соф

олтиндаги типик кўшим чалар – кумуш, мис, темир, оз миқдорда марғумиш, теллур, селен ва бошқа элементардир.

Соф металл заррачаларидаги олтиннинг миқдори 75-90 %, ундан ташқари кумуш 1-10 %, темир ва мис 1% гача.

Кимёвий бирикма ҳисобланувчи олтиннинг минералларидан – теллуридлар мавжуд. Олтин теллуридларда куйидаги бирикмалар ҳолатида учрайди: $AuAgTe_4$ – сильвинит; $AuAgTe_2$ – креннерит; Au_3AgTe_2 – петтцит.

Олтиннинг асосий минераллари ва улардаги олтиннинг миқдори 32.1 – жадвалда келтирилган:

32.1 – жадвал.

Олтиннинг асосий минераллари

Олтиннинг минераллари	Олтиннинг миқдори, %
Туғма олтин	90-100
Электрум	70-90
Кюстелит	30-70
Теллуридлар:	
калаверит	43,6
петтцит	25,4
сильвинит	24,2
Антимонитлар:	
ауростибит	46,4

Олтиннинг маълум минералларидан, саноатда аҳамиятга бўлгани, туғма олтиндир, қолган минераллар эса кам учрайди. Рудаларда соф олтин маълум шаклга эга бўлмаган ҳилма-ҳил кўринишда учраши мумкин (илгак симон, сим, дона симон, танга симон).

Соф олтин заррачаларининг ўлчами кенг чегарада ўзгариб, микроскоп остида кўринадиган жуда кичик заррачалардан тортиб, 10-100 кг ли гигант ёмби ҳолида ҳам учраши мумкин.

Олтин заррачаларнинг катталиги унинг энг асосий технологик хоссаларидан бири ҳисобланади, чунки унга асосланиб олтинни рудалардан ажратиш олишда қайси бир технологик жараёнларни танлаш ётади.

Олтиннинг катталик ўлчамлари куйидаги кўрсаткичлар билан белгиланади: йирик олтин + 70 мкм, майда олтин – 70 мкм, майин заррачали олтин – 1 мкм.

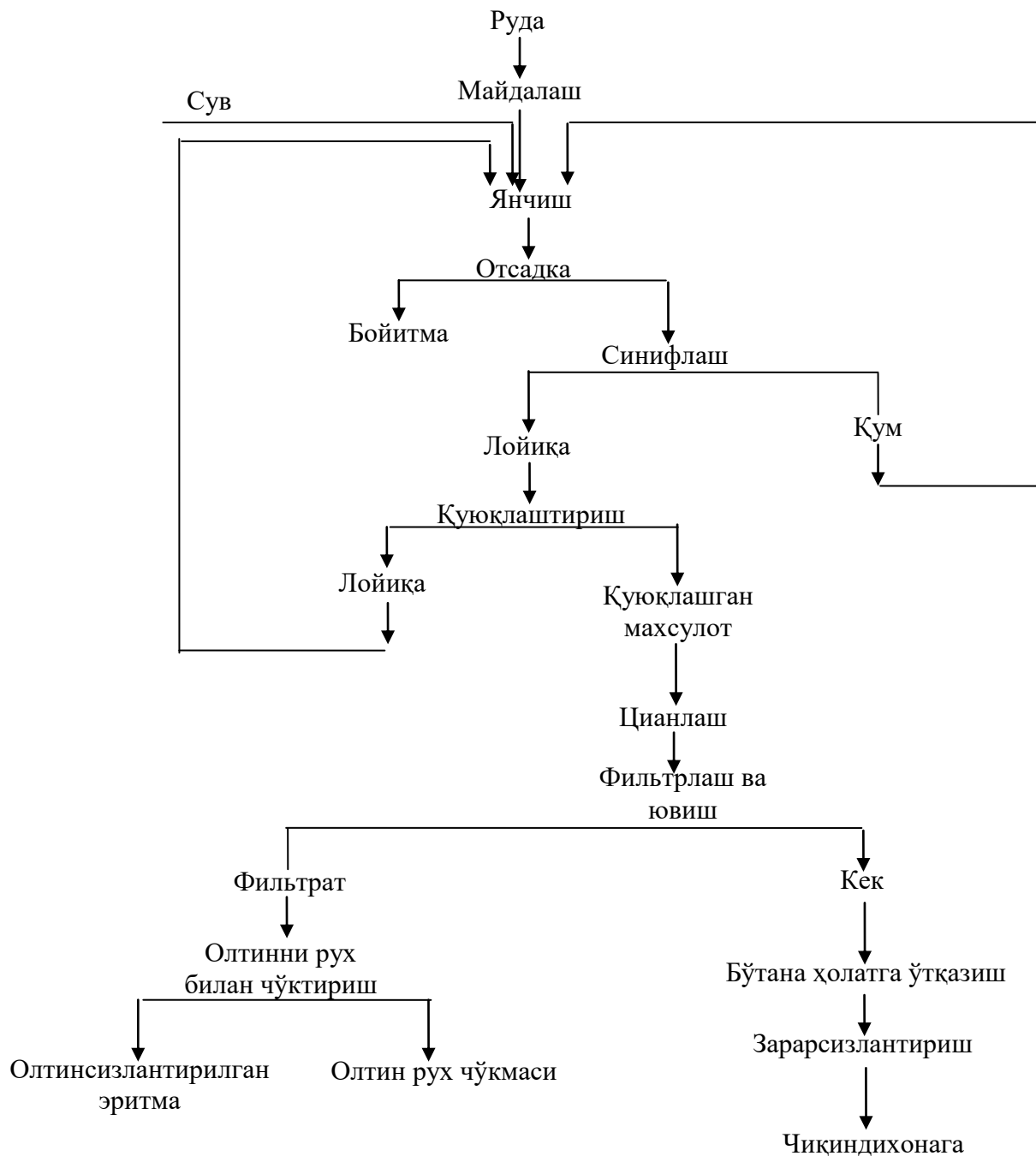
Таркибида олтин мавжуд рудаларни қайта ишлашнинг технологик схемаси ҳилма ҳиллиги билан ажралиб туради. Қайси бир схема танлаш жуда кўп омилларга боғлиқ, уларнинг асосийлари: рудадаги олтиннинг тавсифи, руданинг дастлабки катталиги, руданинг моддий таркиби, рудада олтиндан ташқари кимматбаҳо компонентларнинг мавжудлиги, қайта ишлаш технологиясини мураккаблаштирувчи компонентларнинг мавжудлиги ва ҳ.к.

Рудадан олтинни ажратиш олишнинг технологик жараёнларига тайёрлов (майдалаш, янчиш), бойитиш (гравитацион бойитиш, флотацион бойитиш) ва металлургик жараёнлар (амальгамация, цианлаш, сорбцион танлаб эритиш, десорбция, рух кукини билан чўктириш (цементация), электрчўктириш) киради.

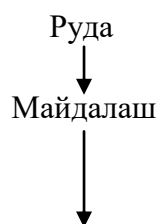
Танланган технологик схема олтинни рудадан юқори даражада ажратиб олишни, ҳам ашёни комплекс равишда ишлатилишини, моддий, энергетик ва меҳнат ресурсларининг кам миқдорда сарфланишини, саноат чичиқиндилари билан атроф-муҳитни энг кам миқдорда ифлослантиришини таъминлаш керак.

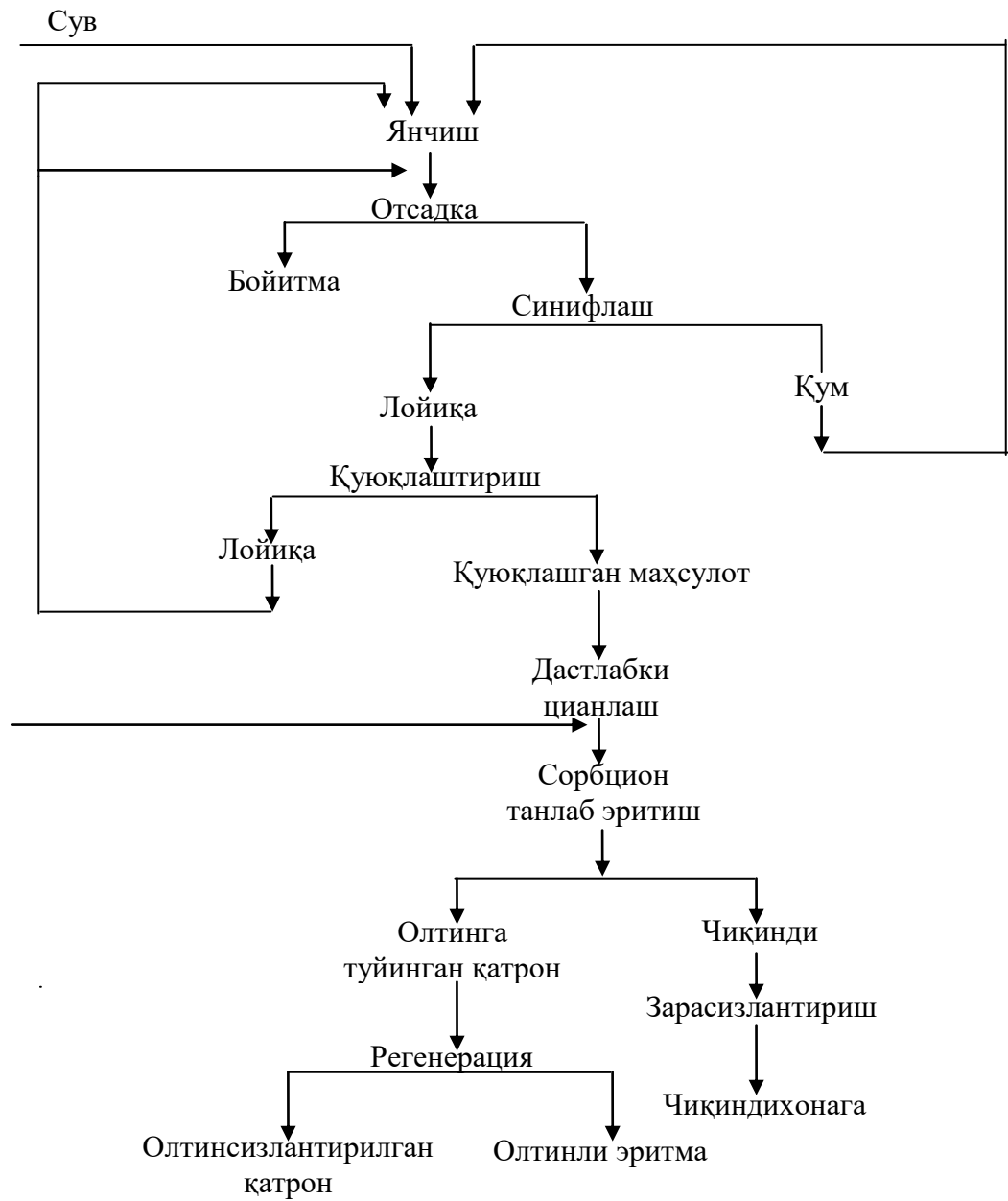
Олтин саралаш корхоналарнинг оҳирги маҳсулоти ҳомаки олтин ёки олтинга бой чўкма ҳисобланади. Бу маҳсулотларни кейинги қайта ишланиши маҳсус аффинаж заводларида юқори тозаликдаги олтин олиш билан амалга оширилади.

Олтинни рудалардан турли усулларда ажратиб олиш технологик схемалари 32.1- расмда келтирилган.

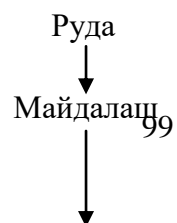


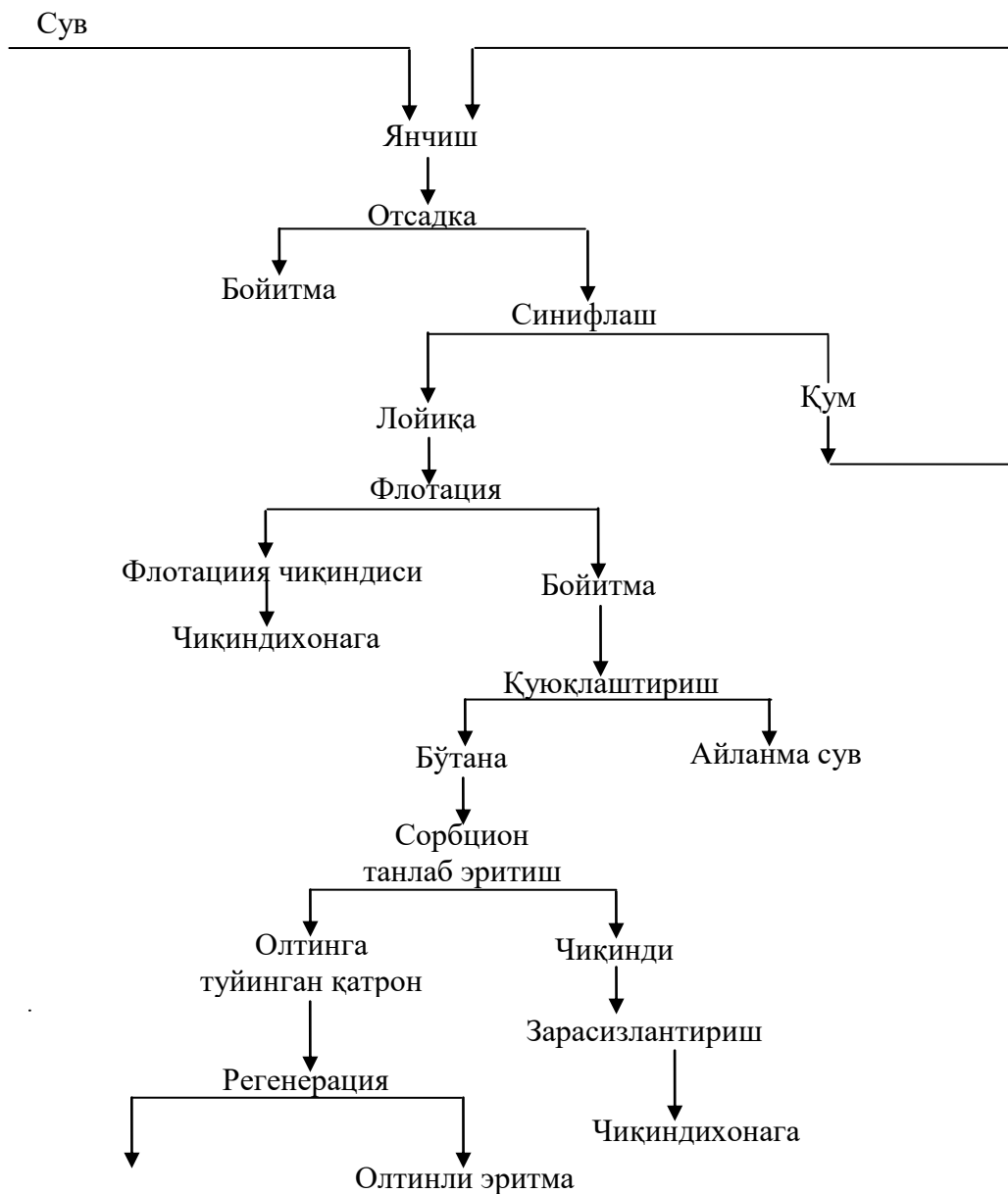
а)





б)





в)

32.1- расм. Олтин таркибли рудаларни қайта ишлаш схемалари.

а) Цианлаш ва олтинни эритмалардан рух билан чўктириш схемаси; в) Олтинни рудадан флотацион-сорбцион услда ажратиб олиш схемаси; б) Олтинни рудадан сорбцион танлаб эритиш услида ажратиб олиш схемаси.

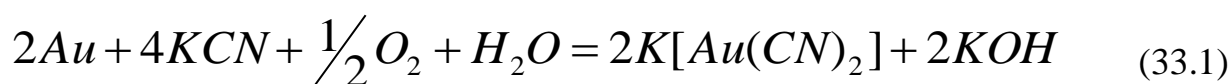
33 -§ Цианлаш

Саноатда олтин гидрометаллургик жараёнлар ёрдамида ишлаб чиқарилади. Таркибида олтин мажуд рудаларни гидрометаллургик усулларда қайта ишлашнинг моҳияти, шундан иборатки руда тайёрлов жараёнлардан сўнг, ишқорий ва ишқорий ер металлларнинг циан тузларининг (KCN, NaCN) суюлтирилган эритмаларида, ҳаво кислороди иштироқида танлаб эритилади. Эритмага ўтган олтин турли усулларда эритмада ажратиб олиниши мумкин, масалан: рух кукини билан чўктириш, ионалмашувчи қатронлар билан сорбциялаш, активланган кўмир билан сорбциялаш.

Цианлаш жараёнида кислород оксидловчи бўлиб чиқади. Олтинни цианлаш жараёни мувафақиятли ўтиши учун эритмаларда цианиднинг миқдори кам бўлиши керак. Танлаб эритиш жараёнида цианиднинг миқдори 0,05- 0,15 %. Цианиднинг кам миқдорини куйидагича тушинтирса бўлади: цианид миқдори ошгани билан танлаб эритиш жараёнида олтиндан ташқари эритмага рудадаги бошқа нодир эмас металлар ўтади.

Цианлаш жараёни бир маромда ўтишига ва олтинни чиқиндилар билан йўқолишини камайтиришда, қайта ишланадиган рудадаги олтин заррачаларининг ўлчамлари ва кўриниши катта роль ўйнайди, буни куйидагича тушунтирса бўлади: биринчидан бўш тоғ жинсларидан эрик бўлиши керак; иккинчидан танлаб эритиш жараёни бир меъёрда бориши учун, олтин заррачалари майда ва бир ўлчамда бўлиши керак, чунки йирик ўлчамли олтин доначалари эритмага ўтишни улгурмайди ва ташландик маҳсулотлар билан чиқиндихонага ташланади.

Стехиометрик ҳисобот бўйича KCN нинг 4 молекуласи ($M_{\text{KCN}} = 65,11$ г), 2 атом олтинни эритади ($A_{\text{Au}} = 197,2$ г):



демак 1 г. цианид $197,2 : (65,11 \cdot 2) = 1,51$ г олтинни эритади, бир грамм олтинни эритиш учун $(65,11 \cdot 2) : 197,2 = 0,65$ г KCN талаб қиланади. Аммо амалда цианиднинг сарфи 30 – 40 маротаба бўлади (32 – 100 г. 1 г. олтинга). Шундан келиб чиқяптики, цианлаш жараёнида цианиднинг сарфи ошганда, цианиднинг исроф бўлиши юз беради. Цианиднинг исроф бўлишини икки гуруҳга бўлиш мумкин: механик ва кимёвий.

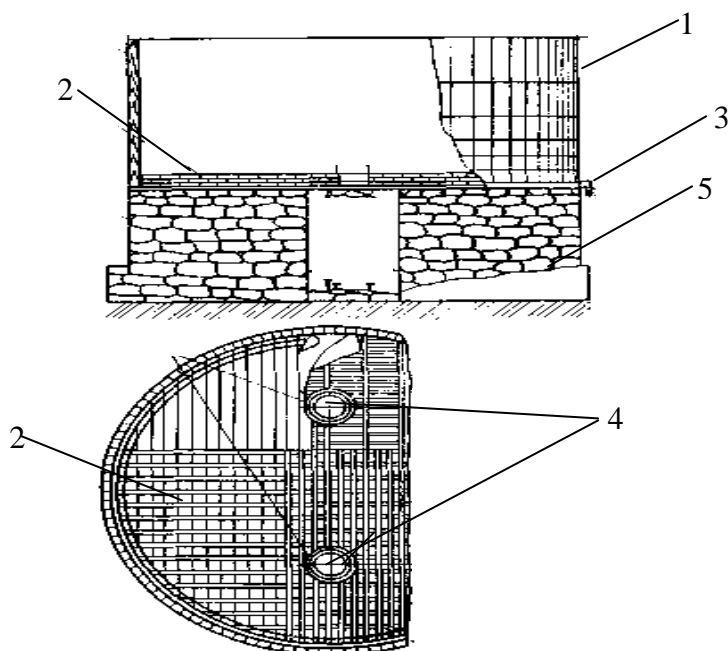
Механик исроф бўлиш, цианид эритмаларини дастгоҳдан дастгоҳга насослар орқали оқиб ўтиш натижасида ҳосил бўлади.

Кимёвий исроф бўлиш, цианиднинг рудадаги бўш тоғ жинслари билан реакцияга кириши, цианид тузларининг парачаланиб HCN бўғларини ҳосил бўлиши натижасида ҳосил бўлади (16- реакция).



HCN бўғларини ҳосил бўлишини олдини олиш учун, таркибида олтин мавжуд бўлган рудаларни цианид эритмаларида танлаб эритиш жараёнини ишқорий муҳитда олиб боришади.

Цианлаш усуллари ва дастгоҳлари. Цианлаш жараёни олтин саноатига ўтган асрнинг охирларида кириб келди. У вақтларда ҳали бойитиш ва гидрометаллургия асбоб ускуналари ҳали мавжуд эмас эди. Майин янчишнинг нархи баланд бўлгани сабабли ва катта миқдорда янчилган маҳсулотни узлуксиз танлаб эритиш, сувсизлантириш ва филтрлаш жараёнлари ишлаб чиқилмаганлиги учун, цианлаш жараёнини саноатга кириб келишининг бошланғич даврида, дағал янчилган рудани цианлаш жараёни сиздириб ўтиш танлаб эритиш усулида амалга оширилган. Сиздириб ўтиш усулида цианлаш жараёнини доирасимон ёки туғри тўрт бурчакли идишлар – чанларда олиб борилади 2 – расмда кўрсатилган.



33.1-расм. Сиздириб ўтиш усулида танлаб эритиш дастгоҳи

- 1- чан; 2 – чан тубининг устидаги панжара; 3 – металл таркибли эритмаларни чиқарадиган жумрак ; 4 –қолдиқларни чиқариб ташлаш учун мўлжалланган туйнук; 5 - фундамент

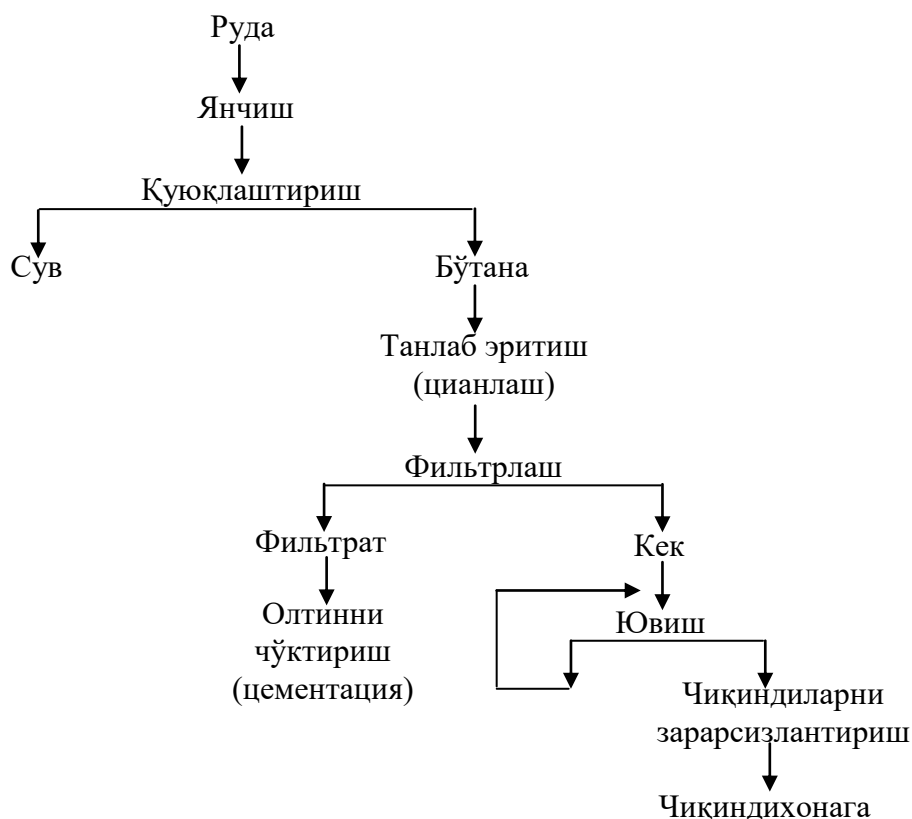
Доирасимон чанларнинг диаметри 12-14 метргача, баландлиги 2-4 м бўлади. Туғри тўртбурчакли чаннинг ўлчамлари: узунлиги 25 м, кенлиги 15м гача бўлиб, уларниг сиғими 800 – 900 т. гача боради. Чан таркибида олтин мавжуд руда билан тўлдирилгандан сўнг, унга қаттиқ моддани қоплагунга қадар цианид эритмаси эритма берилади. Маълум вақтдан сўнг эритма чаннинг пастки қисмида ўрнатилган жумрак орқали чиқариб юборилади. Рудадан металл тўлиқ эритмага ўтмаган бўлса, чан янги эритма билан тўлдирилади.

Танлаб эритиш тамом бўлгандан сўнг, қаттиқ фаза тоза сув билан бир неча марта чайилади. Қолдиқ чаннинг тубидаги махсус туйнук орқали чандан чиқариб юборилади. Сўнгра янги руда билан тўлдирилади.

Бу усулда жараёни олиб бориш учун қайта ишланадиган хом ашёда, тупроқ, ил (суспензия ҳолатдаги заррачаларнинг йиғиндиси), майда зарраларнинг мавжудлигига йўл қўйилмас эди. Шу сабабдан, танлаб эритиш жараёнидан аввал янчилган руда синфларга бўлинарди. Синфлаш жараёнининг йирик маҳсулотлари сиздириб ўтиш йўли билан қайта ишланарди, иллар эса чиқиндихонага ташланарди. Илларда асосан майин олтин заррачалари бўлгани сабабли улар йўқолиб кетарди ва олтинни ажратиш даражаси паст қийматларга эга бўлар эди.

Гидрометаллургия дастгоҳларнинг такомиллашиши билан олтин ишлаб чиқариш саноатида қайта ишлашда таркибида майин олтин бўлган рудалар қўллана бошланди, бунда руданинг ҳаммаси биргаликда танлаб эритилади. Бу жараёнинг номи “тўлиқ ил жараёни” деб номланди.

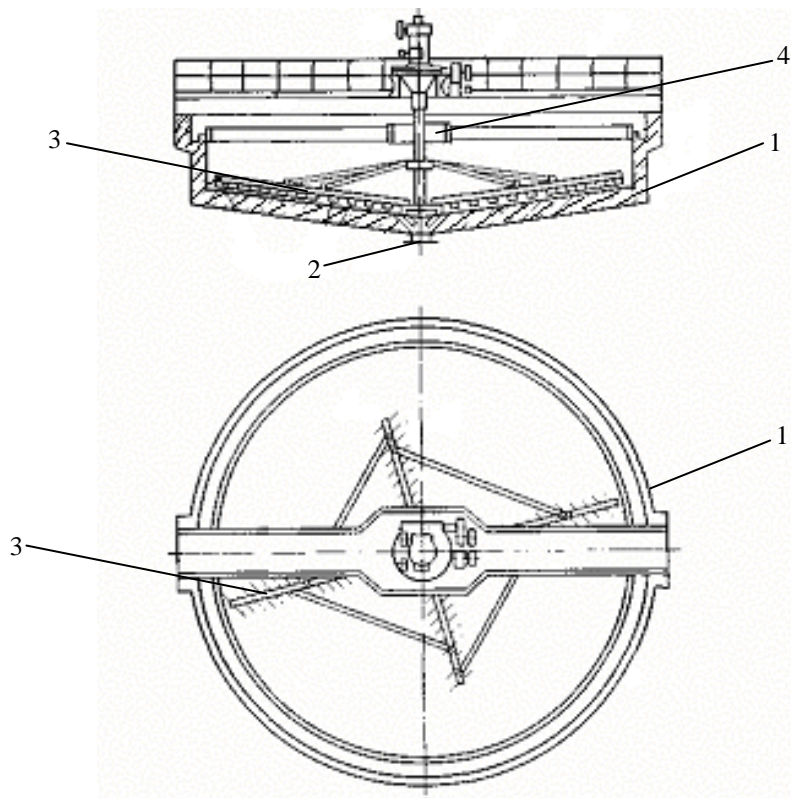
“Тўлиқ ил жараёни” бўйича таркибида олтин мавжуд рудаларни қайта ишлаш схемаси 33.2 - расмда кўрсатилган.



33.2-расм. “Тўлиқ ил” жараёнининг технологик схемаси

Схемада келтирилган гидрометаллургик жараёнларида (қуюқлаштириш, танлаб эритиш, фильтрлаш) қўлланиладиган дастгоҳларнинг қисқа таърифини берамиз:

- **Қуюқлаштириш** (сувсизлантириш) жараёни – янчиш жараёнидан чиққан бўтанадаги ортиқча сувдан ҳолос бўлиш мақсадида қўлланилади. Қуюқлаштириш учун қўлланиладиган дастгоҳи 33.3 - расмда кўрсатилган.



33.3 - расм. Куюқлаштиргич.

1- цилиндрик чан; 2- куюқлашган маҳсулотни чиқарувчи курилма; 3- аралаштиргич; 4- бўтанани юкловчи мосламаси.

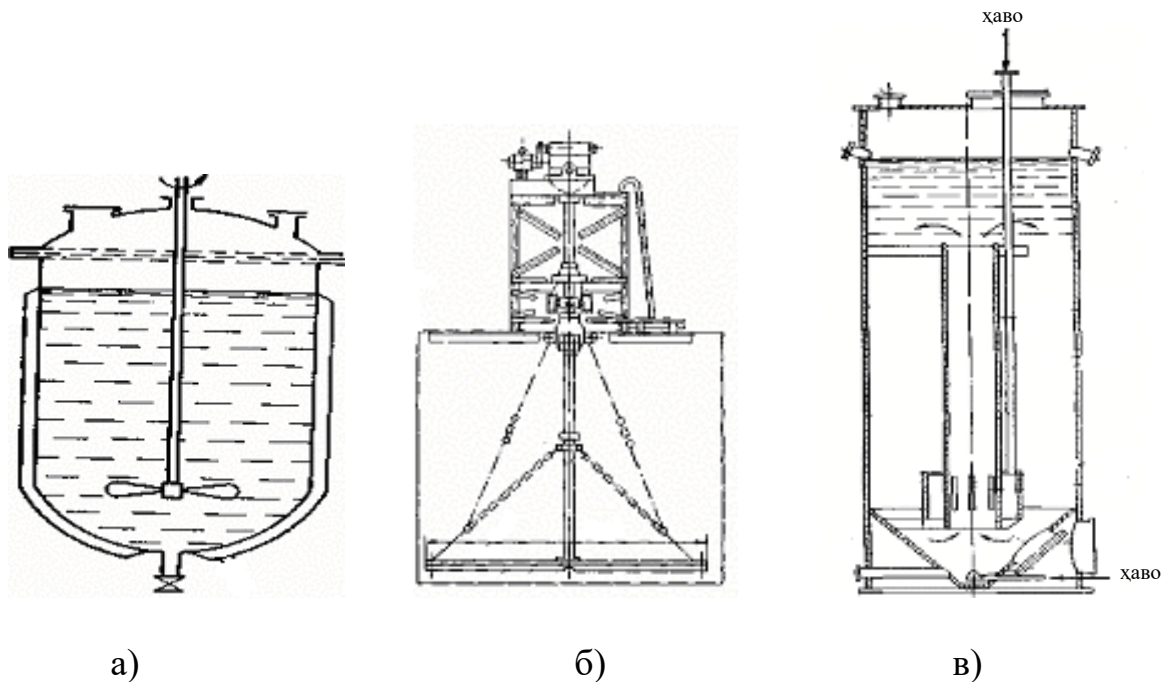
Кўп ҳолларда куюқлаштиргич тубига чўккан маҳсулотда 50 % -гача сув қолади. Куюқлашиш даражаси янчилган маҳсулотнинг йириклигига, зичлигига ва физика-кимёвий хусусиятларига боғлиқ.

Керакли металлни кераксиз моддалардан гидрометаллургия усули билан ажратиб олиш учун кон маҳсулоти махсус шароитда, махсус кимёвий модда (реагент)нинг сувдаги эритмаси билан аралаштирилади. Бунда керакли металл ёки унинг бирикмаси реагент билан реакцияга киришиб, сувда яхши эрийдиган модда ҳосил қилади ва металл эритмага ўтади. Кераксиз бирикмалар эса ўз ҳолича қолади. Бу жараён – **танлаб эритиш** деб аталади.

Танлаб эритиш механик, пневмомеханик, пневматик (пачук) аралаштиргичлар билан ишлайдиган дастгоҳларда (агитаторларда) амалга оширилади. Танлаб эритиш дастгоҳлари 33.5 – расмда кўрсатилган:

Хозирги кунда олтин саноатида асосан пневмомеханик аралаштиргичли агитаторлар ва пневматик аралаштиргичли агитаторлар қўлланилади. Пневматик агитаторлар – ”пачук” деб ҳам номланади.

Пневмомеханик аралаштиргичли агитаторнинг диаметри баландлигидан ката бўлади. Агитаторнинг марказида, дастгоҳнинг тубига ётмайдиган ва тишли механизм ёрдамида айлантриладиган қувур ўрнатилган. Қувурга босим билан ҳаво берилади. Қувурнинг пастки қисмида қумларни агитатор тубининг марказига олиб келадиган “скребоклар” ўрантилган.



33.5 – расм. Танлаб эритиш дастгоҳлари:

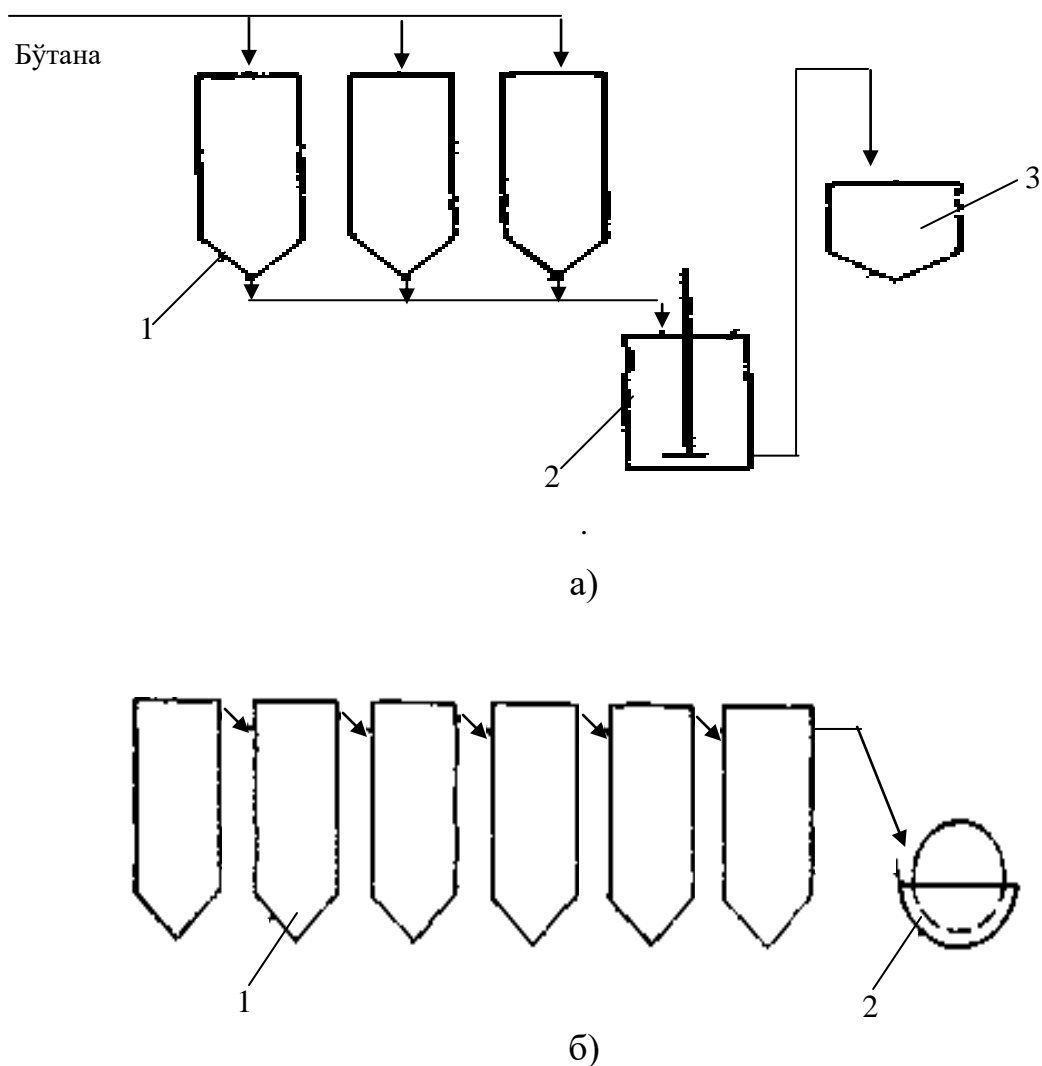
а – механик аралаштиргичли агитатор; б – пневмомеханик аралаштиргичли агитатор; в – пневматик аралаштиргичли агитатор.

Пневматик аралаштиргичли агитатор – “пачук” 15 м гача бўлаган конус симон тубли цилиндрик дастгоҳдир. Дастгоҳнинг ичидаги бўтанани аралаштириш учун сиқилган хаво ишлатилади. Сиқилган хаво ёрдамида аралаштириш учун эрлифт принципи фойдаланилади. Ҳаво компрессор ёрдамида марказий қувурга берилади. Марказий қувурда хаво, суюқлик ва қаттиқ заррачаларнинг аралашмаси ҳосил бўлади. Марказий қувурдаги аралашманинг зичлиги аппаратнинг бошқа қисмида жойлашган бўтана зичлигидан кам бўлади. Зичликлар ўртасидаги фарқ натижасида бутун масса ҳаракатга келади.

Таркибида олтин мавжуд рудаларни цианлаш жараёнлари даврий ва узлуксиз маромда олиб борилиши мумкин.

Даврий маромда олиб бориладиган жараёнларда, реакцияга киришувчи моддалар - руда (бойитма) ва эритма дастгоҳларга бир вақтда юкланади ва маълум вақт давомида ишлов берилгандан сўнг, дастгоҳ маҳсулотдан бўшатилиб, янги туркум ашёлар билан тулдирилади.

Узлуксиз маромда олиб бориладиган жараёнларда қаттиқ ашё билан суюқлик бўтана ҳолда танлаб эритиш дастгоҳига узлуксиз берилади ва маҳсулотлар ундан узлуксиз чиқарилиб турилади. Бунинг учун кетма-кет уланган дастгоҳлардан фойдаланилади 33.6 - расм.



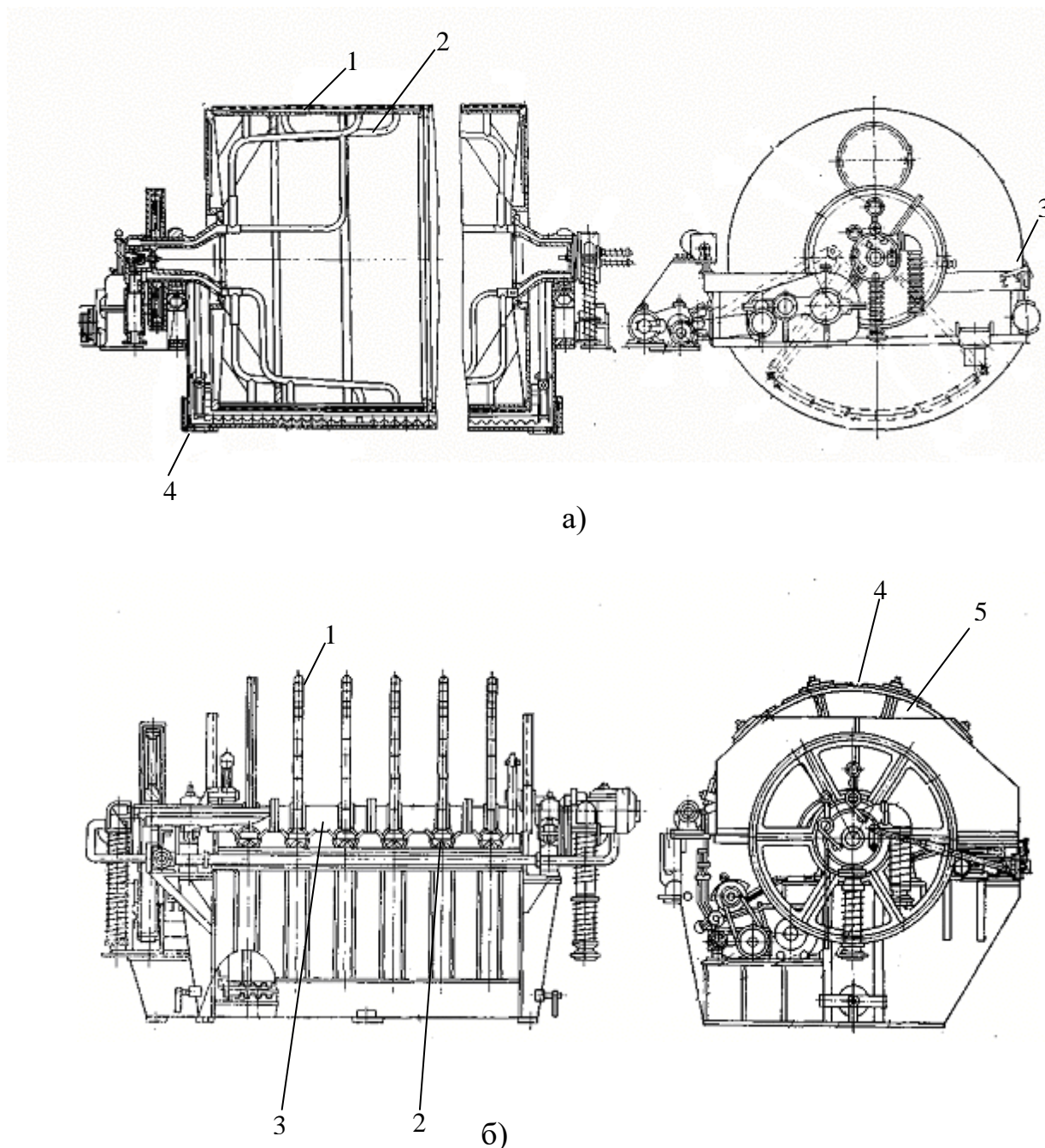
33.6 – расм. Танлаб эритиш (цианлаш) схемалари

а - даврий танлаб эритиш схемаси: 1- аралаштириш усулида танлаб эритиш дастгоҳи; 2- йиғувчи дастгоҳ; 3- фильтр (танлаб эритиш жараёнинг суюқ ва қуюқ маҳсулотларини ажратиб олиш учун).

б – узлуксиз танлаб эритиш схемалари: 1- аралаштириш усулида танлаб эритиш дастгоҳи; 2 - фильтр (танлаб эритиш жараёнинг суюқ ва қуюқ маҳсулотларини ажратиб олиш учун).

Танлаб эритиш узлуксиз маромда ташкил этилганда, танлаб эритиш дастгоҳлари кетма-кет (каскадда) ўрнатилади. Каскаддаги агитаторлар (пачуклар) сони учтадан бўлмаслиги керак.

Танлаб эритиш жараёнидан сўнг бўтана филтраланади ва ҳосил бўлган тиниқ эритмадан олтин ажратиб олинади. Филтралаш учун турли турдаги филтралар қўлланади: рамали филтралар, барабан симон вакуум филтралар, диски вакуум филтрлар 33.7 –расм:



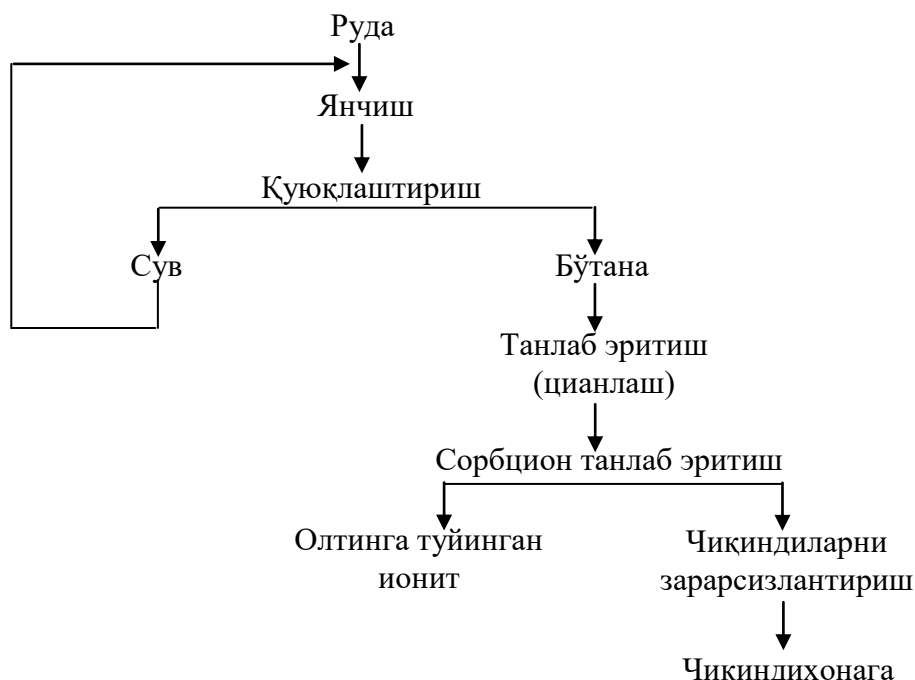
33.7- расм. Эритмаларни филтрлашда қўлланиладиган филтрлар:
 а) барабанли вакуум филтр: 1- барабан; 2 – филтратни (суюқ маҳсулотни) олиб ташлаш трубкалари; 3 – пичок (кекни филтрда кесиб ташлаш учун); 4 – бўтанани чиқарувчи люк;
 б) дискили вакуум филтр: 1- диск; 2- пичок; 3- ичи ковак вал; 4 – дискнинг сектори; 5 – матоли ғилоф.

34 - § Сорбцион танлаб эритиш

Ионитлар деб аталувчи қаттиқ моддаларнинг ўз ионларини ишораси бир хил бўлган эритмадаги ионларга алмаштириши ҳисобига эритмадан металл ионларини ажратиб олишига.

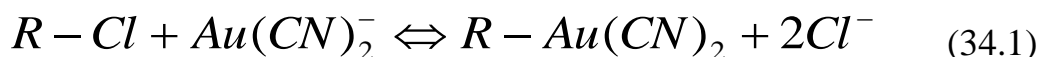
Сорбцион танлаб эритиш жараёнининг асосида ионалмашув жараёнлар ётади. Сорбцион танлаб эритиш технологиясининг “тўлиқ ил” жараёнидан фарқи шундаки , бу технологияда нарҳи баланд бўлган филтрлаш

операцияларининг йўқлиги. Сорбцион танлаб эритиш жараёнининг технологик схемаси 34.1- расмда кўрсатилган:



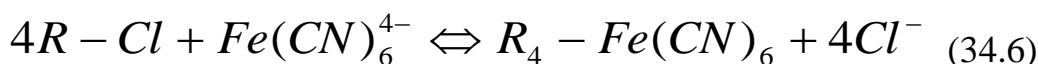
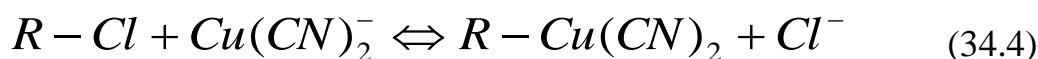
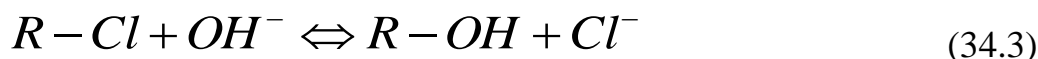
34.1– расм. Сорбцион танлаб эритиш жараёнининг технологик схемаси

Ионитлар ёрдамида олтинни цианли эритмалардан ажратиб олиш куйидаги умумий реакция лрқали боради:



$R - Cl$ - ионалмашувчи ионит – ёки “қатрон”.

Таркибида олтин бор рудаларда олтиндан ташқари бошқа бирикмалар ҳам мавжуд ва улар цианлаш пайтида эритмага ўтади ва ионитлар билан сорбцияланади (шимилади):





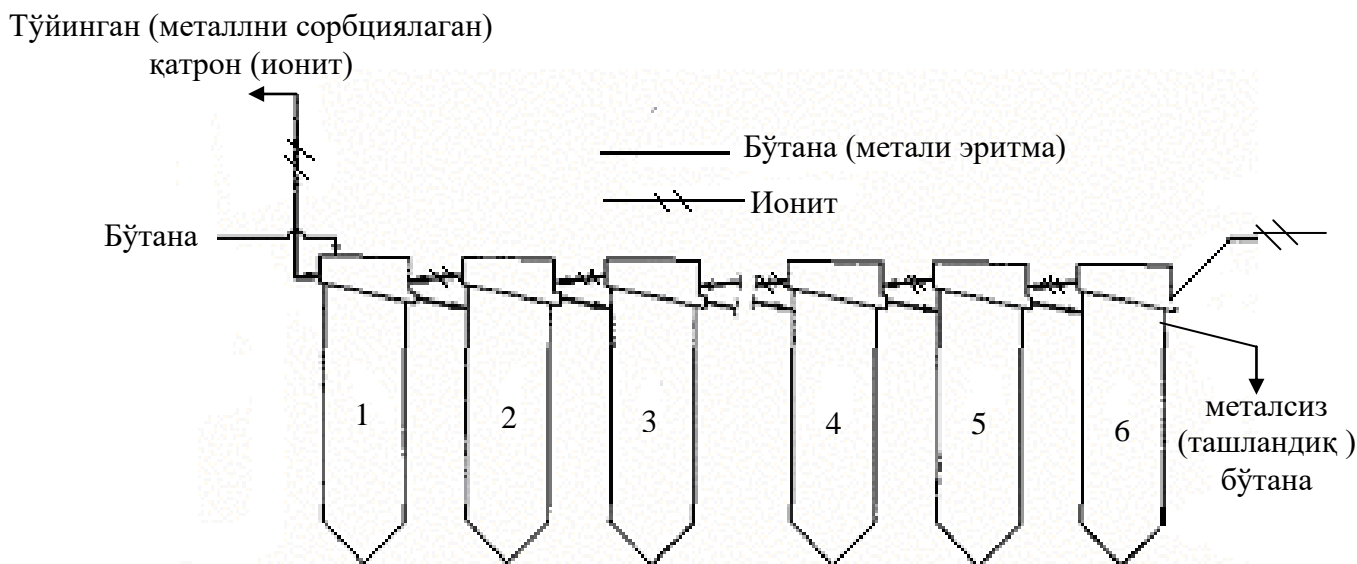
Цианли жараёнда ионалмашу ионитларни қўллаш уч ҳимл усулда олиб борилади:

- нодир металлларни тиндирилган цианли эритмалардан сорбциялаш;
- танлаб эритиш жараёнидан чиққан бўтанадан сорбциялаш;
- танлаб эритиш пайтида сорбциялаш.

Биринчи усул бўйича – рудадан олтин одатдаги дей цианлаш усули билан эритмага ўтказилади, фақат олтин эритмадан рух кукини билан чўктирилмайди, балки ионалмашувчи ионитлар ёрдамида эритмадан ажратиб олинади. Лекин ионитларнинг нарҳи балан бўлгани учун у анча арзон ва яхши ўлаўтирилган рух ёрдамида чўктириш усули билан беллаша олмайди.

Иккинчи ва учунчи усул бўйича – ионитлар билан тиндирилган олтинли эритмадан эмас, балки цианлаш жараёнидаги бўтана таъсирлашади. Бунда олтин цианли эритмада эриб, бўтананинг ўзижа ионитга сорбцияланади (шимилади). Танлаб эритиш ва сорбциялаш жараёнларининг бирлаштирилгани учун жараён сорбцион танлаб эритиш дейилади.

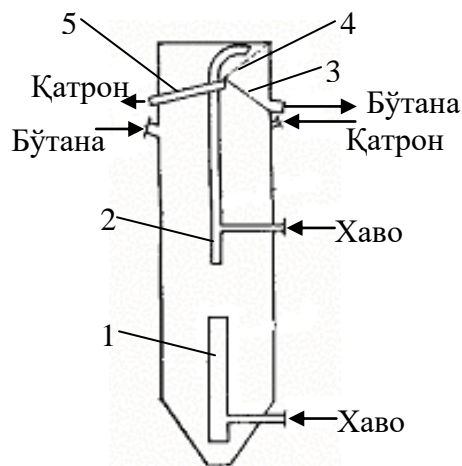
Сорбцион танлаб эритиш маҳсус сорбцион «пачукларда» бўтана ва ионитнинг қарама-қарши ҳаракатланишида амалга оширилади 34.2- расм:



34.2 - расм. Қарама қарши оқимида ишлайдиган сорбцион танлаб эритиш схемаси
Тўйинмаган қатрон

Ионит оҳирги пачукга юкланилади ва биринчи пачукдан олтинга туйинган ионит чиқарилади.

Сорбцион танлаб эритиш жараёнида ишлатиладиган пачукларда ионитни бўтанадан ажратиб олиш учун, пачукда махсус элак (ғалвир) ўрнатилган 34.3 – расм:



34.3 - расм. Сорбцион танлаб эритиш жараёнини амалга ошириш дастгахонинг (пачукнинг) схематик чизмаси.

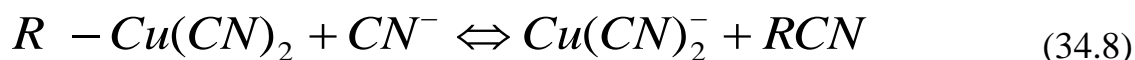
1 – “циркулятор” -таркибида қатрон мавжуд бўтанани аралаштириш мосламаси; 2- “аэролифт” – қатрон ва бўтанани ҳарактлаштирувчи мослама; 3 – “танов”; 4 – “ғалвир” – қатрон ва бўтанани ажратишга мўлжалланган мослама; 5- “таннов”.

Ионитнинг ўлчами (0,5-2 мм) бўтанадаги янчилган руданинг ўлчамидан йирик, ғалвирнинг кўзининг ўлчами эса ионитнинг ўлчамида кичик, руда заррачаларидан эса йирик бўлади. Ионитни заррачалари ғалвирда ушланиб бўтанадан ажралади.

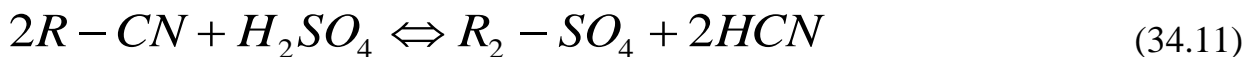
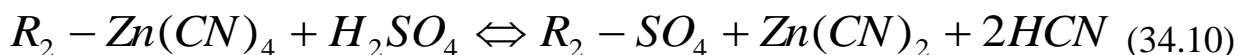
Тўйинган ионит олтиндан ташқари темир, мисс, рух, никель, CN^- каби кўшимчаларни сақлайди. Олтинни ионит таркибидан ажратиб олиш ва кўшимчаларни йўқотиш мақсадида ионит регенерация (бирламчи хусусиятини тиклаш) қилинади.

Регенерация жараёнининг моҳияти шундан иборатки, ионитга сорбцияланган олтинни махсус реагентлар ёрдамида десорбциялаб, олтинга бой эритма олишдир. Олтинга бой эритманинг таркибига, ионитга олтиндан ташқари сорбцияланган модаллар ўтмаслиги учун, олтиндан аввал бу модаллар десорбцияланади.

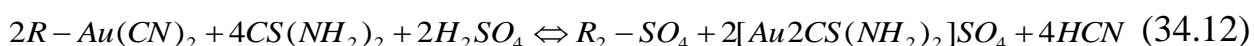
Биринчи бўлиб темир ва мис 4-5 % цанид эритмаси билан десорбцияланади:



Кейинги жараён ионитни сув билан ювиш ва рух, кобальт, никель ва цианиднинг қолдикларини 3 % сульфат кислотасы эритмасы билан десорбциялаш:



Олтинни десорбциясини 9 % тиомичевина тузининг сульфат кислотали эритмасыда олиб боришади:



Олинган олтинга бой эритманинг таркибида олтиннинг миқдори 1-2 г/л. Бу эритма "регенерат" деб номланади ва ундан олтинни металллик ҳолатда ажратиб олишга юборилади.

АДАБИЁТЛАР:

1. Худяков И.Ф., Смирнов В.И., Набойченко С.П. «Металлургия меди, никеля и кобальта», том 1,2. М. «Металлургия» 1972 г. 780 с.
2. Лакерник Н.П. «Металлургия цинка и кадмия». М. «Металлургия» 1968 г.480 с.
3. Лоскутов А.С. «Металлургия свинца». М. «Металлургия свинца». М. «Металлургия». 1964 г. 523 с.
4. Уткин Н.И. «Цветная металлургия». М. «Металлургия». 1990 г. с.
5. Береговский В.И., Кистяковский Б.Б. «Металлургия меди и никеля». М. «Металлургия» 1972 г. 455 с.
6. Шиврин Г.Н. «Металлургия свинца и цинка». М. «Металлургия» 1982 г. 350 с.
7. Зайцев В.Я., Моргулис Е.В. «Металлургия свинца и цинка». М. «Металлургия». 1985 г. 261 с.
8. Масленицкий И.Н., Чугаева Л.В. Металлургия благородных металлов. М.: Металлургия. 1987 с. 429.
9. Л.С. Стрижко Металлургия золота и серебра М.: МИСиС. 2001. 334 с.
- Абдурахмонов С.А. Гидрометаллургия жараёнлар назарияси ва дастгохлари. Навоий 2001. 400 б.
10. Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов. М.: «Металлургия» 1987. с. 500.
11. Сенявин М.М. Ионный обмен в технологии и анализе неорганических веществ. М.: Химия 1980. с.268.
12. Бочаров В.А., Игнаткина В.А. Технология обогащения золотосодержащих руд и россыпей Ч. 1 и 2. Химическое обогащение золотосодержащего сырья М.: Учѐба. 2003. 108 с.

