ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

«Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы

Қали Айнұр Әзімханқызы

Бокситтерді сілтілеу процесін зерттеу

Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5В070900 – Металлургия

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

«Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Кафедра меңгерушісі,
техн. ғыл. канд.
_____Б. Барменшинова
«____» _____2020 ж.

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Бокситтерді сілтілеу процесін зерттеу»

5В070900 – Металлургия

Орындаған Қали А.Ә.

Ғылыми жетекші,
техн. ғыл. канд.,
сениор-лектор
_____Бошкаева Л.Т.
«___» _____2020 ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

«Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы

5В070900 – Металлургия

БЕКІТЕМІН
«Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының меңгерушісі
техн. ғыл. канд.,
_____ М.Б. Барменшинова
«____» _____2020 ж.

Дипломдық жоба орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы: *Қали Айнұр Әзімханқызы*
Тақырыбы: *«Бокситтерді сілтілеу процесін зерттеу»*
Университет Ректорының *«27» қаңтар 2020 ж. №762-б бұйрығымен бекітілген*
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі *2020 жылғы «20» мамыр*
Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: *Өндірістік жағдайдағы шикізаттар мен материалдардың құрамдары, шығын коэффициенті, тәжірибелік көрсеткіштер*
Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі
а) процестің теориялық негіздерін зерттеу;
б) технологиялық шешімдер, технологиялық есептеулер;
в) қауіпсіздік және еңбек қорғау бойынша сұрақтар;
г) жұмыстың экономикалық тиімділігін анықтау.
Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)
Сызба материалдарының слайдта көрсетілген.
Ұсынылатын негізгі әдебиет *18 атаудан тұрады.*

Дипломдық жоба дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Әдебиетке шолу	15.01.2020 – 04.02.2020	
Жобаның технологиялық шешімдері	06.02.2020 – 29.02.2020	
Жобаның технологиялық есептеулері	01.03.2020 – 25.03.2020	
Экономикалық бөлім	26.03.2020 – 15.04.2020	
Қауіпсіздік және еңбекті қорғау	16.04.2020 – 25.04.2020	
Қорытынды	07.05.2020 – 12.05.2020	

Дипломдық жоба бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа (жобаға) қойған

қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Экономика бөлімі	Л.Т. Бошкаева, техн. ғыл. канд., сениор-лектор		
Еңбек қорғау бөлімі	Л.Т. Бошкаева, техн. ғыл. канд., сениор-лектор		
Норма бақылау	Таймасова А.Н., техн.ғылым.магистрі		

Ғылыми жетекші: _____ Бошкаева Ляйля Турсуновна

Тапсырманы орындауға
алған білім алушы: _____ Қали Айнұр Әзімханқызы

Күні «_____»_____2020 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жоба 33 беттен тұратын түсіндірмелік жазбадан, 11 суреттен, 11 кестеден, 18 әдебиет көздерінен тұрады.

Дипломдық жобаның мақсаты – бокситті сілтілеу әдістерін қарастыру және сілтілеудің тиімді әдісін зерттеу. Жобада әлемдегі және Қазақстандағы сазбалшық өндірісіне қысқаша мәліметтер берілді. Қазақстандағы ірі сазбалшық өндірісі «Павлодар алюминий зауытының» жұмысына толық сипаттама берілді. Аталған зауыт жағдайында сілтілеу процесінің тәжірибесі сипатталып, процесс бойынша технологиялық есептеулер жүргізілді.

Жобада еңбек қорғау мен тіршілік қауіпсіздігі сұрақтары, өндірістің экономикалық тиімділігі қарастырылды.

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект включает пояснительную записку из 33 страниц, 11 рисунков, 11 таблиц, 18 источников литературы.

Цель дипломного проекта – изучение методов выщелачивания боксита и исследование эффективного метода выщелачивания. В проекте были представлены краткие сведения о производстве глинозема в мире и Казахстане. Дано подробное описание работы крупнейшего в Казахстане производства глинозема «Павлодарского алюминиевого завода». В условиях данного завода описана практика процесса выщелачивания, проведены технологические расчеты по процессу.

В проекте рассмотрены вопросы охраны труда и безопасности жизнедеятельности, а также экономическая эффективность производства.

ANNOTAION

The graduation project includes an explanatory note of 33 pages, 11 figures, 11 tables, 18 sources of literature.

The aim of the thesis project is to study the methods of leaching bauxite and the study of an effective leaching method. The project presented brief information on the production of alumina in the world and Kazakhstan. A detailed description of the operation of the largest in Kazakhstan production of alumina "Pavlodar Aluminum Plant" is given. In the conditions of this plant, the practice of the leaching process is described, technological calculations for the process are carried out.

The project addressed the issues of labor protection and life safety, as well as the economic efficiency of production.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе 9
1 Теориялық бөлім 10
1.1 Алюминий және оның минералдарының технологиялық сипаттамасы 10
1.1.1 Бокситті өңдеу 11
1.1.2 Бокситтердің өңделуінің қазіргі технологияларын талдау 12
1.1.3 Қазақстанның бокситті кен орындарының сипаттамасы 13
1.2 Сазбалшық алу әдістерінің классификациясы 14
1.2.1 Сазбалшықтың алыну технологиясы. Байер процесі 14
1.2.1.1 Байер процесі 14
1.2.2 Сазбалшықтың алыну технологиясы. Пісіру әдісі 17
1.2.2.1 Алюминатты ерітінділерді карбонизациялау 20
1.2.3 Сазбалшықтың алыну технологиясы. Байер-пісіру әдісі 20
1.3 Бокситті сілтілеудің тиімді әдісі 22
1.3.1 Бокситтің химиялық құрамы мен ұнтақталу деңгейі 23
1.3.2 Каустикті қатынастың әсері 23
1.3.3 Ерітіндінің концентрациясының әсері 23
1.3.4 Температураның әсері 24
1.3.5 Зиянды қоспалардың әсері 25
1.3.6 Электр сүзгілері шаңының қызыл шламдарды қоюлату процесіне әсері 26
2 Технологиялық бөлім 27
2.1 Өндірістік жағдайда процестің жүру барысы 27
2.2 Процеске қажетті аппараттардың жалпы сипаттамасы мен құрылысы 27
2.2.1 Пісіру цехы 28
2.2.2 Пісіріндіні сілтілеу 29
2.2.3 Қызыл шламды қоюландыру және жуу 30
2.2.4 Алюминат ерітінділерін сүзу 32
2.2.5 Қызыл шламды сүзу 32
2.2.6 Алюминатты ерітінділерді салқындату 33
2.2.7 Декомпозиция 34
2.2.8 Гидратты қойыртпақты қойылту және сүзу 36
2.2.9 Ерітінділерді буландыру 36
2.3 Алюминий гидрототығын қыздыру(кальцинация) 38
3 Технологиялық есептеулер 40
4 Қауіпсіздік және еңбекті қорғау 41
5 Экономикалық бөлім 42
Қорытынды 44
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 45
А қосымшасы 46

КІРІСПЕ

Пайдалы қазбалар адам қызметінің бүкіл тарихында үлкен рөл атқарды.Өркениеттің әрбір сатысы минералдық ресурстарды қайта құру, өңдеу және практикалық пайдалану тұрғысынан адами қызметтің белгілі бір даму деңгейіне жауап береді.Табиғи байлықтарды пайдаланудағы осы алғашқы қадамдар тарихи тұрғыдан техникалық прогресс пен мәдениет саласындағы ең ірі жетістіктердің біріне – минералды шоғырлардан металлдарды ала білуге алып келді. Минералдық шикізатты өндіру мен өңдеудің технологиялық әдістерін одан әрі жетілдірумен қатар оған деген қажеттілік ұдайы өсе түсті. Өнеркәсіптік революция минералды шикізатқа деген қажеттіліктің күрт кеңеюіне алып келді. Ең қызығы, соңғы жарты жылда Адамзаттың бұрынғы тарихына қарағанда шикізат көп жұмсалған.

Минералдық шикізаттың жиынтық (жалпы) қорларын бағалау кезінде «жалпы ресурстар» және «қазіргі уақытта белгіленген пайдалы қазбалар қорлары» ұғымын ажырату керек. Әлемде алюминий мен сазбалшық өндірісін ұлғайту қолданыстағы технологиялық процестерді қарқындату, жаңа технологияларды енгізу, жабдықтар мен шикізатты пайдалану дәрежесін арттыру есебінен, сондай-ақ жаңа кәсіпорындар салу нәтижесінде жүргізілетін болады.

Шикізатты пайдалану дәрежесін арттыру дегеніміз, ең алдымен, оны кешенді өңдеу. Кеңестік Одақта әзірленген Технологиялық схемалар бойынша диаспора-бемитті және сазды гидраргиллитті бокситтер мен нефелиндерді өңдеудің көпжылдық отандық тәжірибесі жоғары техникалық деңгейде Сазбалшық өндірісінің экономикалық тиімділігін көрсетті.

Қазіргі уақытта сазбалшық өндіру саласына көп мөлшерде қоспалардан тұратын сапасы төмен шикізат тартылуда. Сондықтан мұндай шикізатты пайдаланудың экономикалық тиімділігін арттыруға сазбалшықпен қатар оның басқа негізгі құрамдастарын алу, сондай-ақ сазбалшық зауыттарында жаңа өнім түрлерін алу арқылы қол жеткізуге болады [1].

1 Теориялық бөлім

1.1 Алюминий және оның минералдарының технологиялық сипаттамасы

Алюминий табиғатта таралуы бойынша металдар арасында бірінші орынға ие және барлық элементтер арасында оттегі мен кремнийден кейін үшінші орында. Әр түрлі зерттеулердің нәтижесінде алюминийдің жер қыртысындағы таралу мөлшері 7,45%-дан 8,4%-ға дейін құрайды. Алюминийдің химиялық белсенділігі жоғары болғандықтан ол табиғатта тек қосылыс күйінде кездеседі. Жер қыртысының негізгі массасын алюмосиликаттар құрайды. Олардың құрамына: алюминий, оттек, кремний, сілтілік және сілтілікжер металдар кіреді.

Академик Ферсманның деректері бойынша, құрамында алюминий бар минералдардың саны 250-ге жуық және оларды екі топқа қарастырған. Бірінші топқа магма жыныстарының кристалдануы кезінде пайда болған минералдар. Олардың ішінде маңызды рөлді алюмосиликаттар және олардың типтік өкілдері ортоклаз, альбит, лейцит және нефелин болып табылады. Алюминий силикаттары айтарлықтай аз таралған – силлиманит, андалузит, дистен қосылыстары да жатады [2].

Ал екінші топқа жер қыртысындағы желдену процестерінің әсерінен пайда болған қосылыстар жатады. Олардың ішінде кең таралғаны алюминий гидросиликаттарының минералдары – каолинит және оның басқа да түрлері, сондай-ақ түрлі гидрослюдтер, хлоридтер, цеолиттер. Сондай - ақ, негізгі алюминий кендерінің маңызды құрамдас бөлігі болып табылатын түрлі гидроксидтер мен алюминий оксидтері кеңінен таралған кені - бокситтер. Оларға гиббсит, бемит, диаспоралар, сондай-ақ алунит минералдары жатады.

1 Кесте - Алюминийдің маңызды минералдары

Минерал атауы	Формуласы	Al_2O_3 мөлшері, %
Корунд	α - Al_2O_3	100,0
Диаспор	α-$Al_2O_3 \cdot H_2O$, α-AlOOH	85,0
Бемит	γ-$Al_2O_3 \cdot H_2O_3$, γ-AlOOH	85,0
Шпинель	$Al_2O_3 \cdot MgO$	71,4
Гиббсит(гидраргиллит)	$Al_2O_3 \cdot 3H_2O$, $Al(OH)_3$	65,4
Кианит Андалузит Силлиманит	$Al_2O_3 \cdot SiO_2$	63,0
Каолинит	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	39,5
Серицит	$K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$	38,4
Мусковит	$K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$	38,4
Алунит	$(K,Na)_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 4Al(OH)_3$	37,0

1 кестенің жалғасы

Минерал атауы	Формуласы	Al_2O_3 мөлшері %
Анортит	$CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	36,7
Нефелин	$(K, Na)_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	32,3-35,9
Лейцит	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$	23,5
Альбит	$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	19,3
Ортоклаз	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	18,4

Каолиндер қазіргі уақытта кремнеалюминий қорытпасын алу үшін қолданады – силикоалюминийді карботермиялық тотықсыздандыру; олар сондай-ақ сазбалшық алу үшін қышқылдық тәсілмен және пісіру әдістерінде қолданылады. Көмір күлі, көмірді қайта өңдеу қалдықтары және кейбір темір рудаларын балқыту кезінде пайда болған сазбалшық шлактары глинозем алу үшін шикізат бола алады [2].

Сазбалшық өндірісінде ең маңызды алюминий кендерінің бірі – боксит болып есептелінеді. Шикізат ретінде ол ең алғашқы рет Францияда 1821 жылы Ле-Бо(Lex Beaux, Оң. Франция) деп аталатын аймақта табылған. Осыдан оның атауы да пайда болды. Боксит – бұл күрделі тау жынысы, алюминий, темір, кремний және титан оксидтерінен немесе гидроксидтерінен тұрады. Олардың ішінде қоспалары ретінде кальций карбонаттары, гидросиликаттары бар, сульфидтер және органикалық қосылыстардан тұрады.Негізгі сазбалшық бар боксит минералдары-гиббсит (гидраргиллит), бемит және диаспоралар.

Дегенмен, мономинералды боксит кендері табиғатта сирек кездеседі, көбінесе аралас түрдегі кендер - гиббсит-бемит немесе диаспорбемит. Бокситтің сыртқы көрінісі балшыққа ұқсағанымен, дегенмен олар бір-бірінен құрамы бойынша ажыратылады. Бокситтің құрамында Al_2O_3 30%-дан 80%-ға дейін, Fe_2O_3 50%-ға дейін, SiO_2 20%, TiO_2 10% құрайды [2].

Бүкіл әлемеде сазбалшық өндірісі негізінен гиббсит немесе гиббсит-бемит түріндегі жоғары сапалы бокситтерден Байер әдісі арқылы алынады [2].

1.1.1 Бокситті өңдеу

Алюминий өндіру үшін негізінде бокситтер пайдаланылады. Бокситтер сапасы құрамындағы Al_2O_3және SiO_2 мөлшерімен сипатталады. Боксит құрамында Al_2O_3мөлшері неғұрлым жоғары болса, ал SiO_2 мөлшері аз болса, бокситтің сапасы жоғары болады. Осыған орай бокситтер бай және кедей болып бөлінеді. Бұл екі компоненттің массалық қатынастары кремнилік модулі арқылы көрсетіледі:

$$\mu_{Si} = \frac{Al_2O_3(\%)}{SiO_2(\%)}. \quad (1)$$

Бай кендер үшін кремнийлі модуль 10-15-ке тең. Бұл кендердегі Al_2O_3мөлшері 50%-дан жоғары болады. Кедей кендер үшін кремнийлі модуль 3-4 болады. Бұл кендерде Al_2O_3 мөлшері 40-45%-дан төмен болады.

1.1.2 Бокситтердің өңделуінің қазіргі технологияларын талдау

Сазбалшық өндірісінің шикізаты сілтісіз және сілтілікке жіктеледі.

Біріншісіне: бокситтер, көмірлердің өртеу күлдері, саз және ақсаздар; екіншісіне - нефелиндер, алунит, лейцит, сидериттер және басқалары жатады. Сазбалшықтың барлық белгілі өндіру тәсілдері бүгінгі күнде қышқыл, сілтілік және қышқылдық-сілтілікті шартты бөліне алады. Сазбалшықты өндірістегі қышқылды схемалары сазбалшық өндірісінде технологиялық жабдықтың тоттық төзімділігін қамтамасыз ету күрделілігінің түрімен, пульпалардың бөлінуінің қиындықтарымен, төмен сапалы алынатын сазбалшық түрінде қолданылады [3].

Сондықтан, кәсіпорындарда қазір түгелдей дерлік сазбалшық сілтілік әдістермен алынады. Бокситтерден сазбалшықтың өнеркәсіптік сілтілік өндіру тәсілдері бөлінеді:

- Байер тәсілі;
- пісіру тәсілі;
- біріктірілген тәсіл (Байер-пісіру).
- Пономарев – Сажиннің гидрохимиялық әдісі.

Бокситті сілтілеудің мақсаты – алюминийді ұнтақталған бокситтен сілтілі-алюминатты ерітіндіге өткізу, яғни натрий-алюминатты ерітіндісін алу. Бокситтерді негізінде автоклавта 250°С-та, 3 МПа қысымда сілтілейді. Автоклавтың көлемі 24-30 м^3, сілтілеу ұзақтығы – 2-2,5 сағат. Сілтілеудің толығымен жүруін қамтамасыз ету үшін процесті біренеше тізбектелген автолавтарда жүргізеді. Автоклавтар тік және көлденең болып бөлінеді. Сазбалшық өндірісінде тік автоклав қолданылады. Төменде бокситтерге қойылатын талаптар мен қолданыс аймақтары көрсетілген [3].

2 Кесте - МЕСТ 972-74 бойынша бокситтерге стандарттар

Маркалары	Сұрып	Al_2O_3мөлшері %	μ_{Si}	Қолданыс аймақтары
1	2	3	4	5
Б-00	-	50	12,0	Сазбалшық, электрокорунд А-16 өндірістерінде
Б-0	-	50	10,0	Электрокорунд А-16, А-15, А-14, цемент өндірістерінде
Б-1	-	48	8,0	Сазбалшық, электрокорунд А-14
Б-2	-	43	6,0	Сазбалшық, электрокорунд А-14
Б-3	I II	45 35	5,0 5,0	Сазбалшық

2 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
Б-4	I II III	43 42 40	3,9 3,0 3,0	Сазбалшық
Б-5	-	48	2,6	Сазбалшық, отқа төзімді материалдар жасауда
Б-6	I II	45 37	2,0 2,0	Отқа төзімді материалдар жасауда

1.1.3 Қазақстанның бокситті кен орындарының сипаттамасы

Павлодар алюминий зауытының негізгі шикізаты Қазақстанның Батыс Торғай және Амангелді аудандары болып табылады. Батыс Торғайда бокситті Краснооктябрь боксит кен басқармасы, ал Амангелдіде кездесетін бокситті Торғай боксит кен басқармасы өндіреді.

Торғай боксит кен орны 1963 жылдан бастап жұмыс істейді. Қазіргі уақытта кен орнында жылына 700 мың тонна боксит өндіріледі, сондай-ақ Торғай боксит кен орны Ресей зауыттарына отқа төзімді балшықты жібереді.

Краснооктябрь боксит кен орны 1950 жылдан бастап жұмыс істейді және он екі боксит кен орнын қамтиды. Олардың арасында Қазақстандағы ең ірі кен орны болып табылатын Красногор кен орны.

Красногор кен орнында Боксит 1998 жылдан бастап жылына 1,7 миллион тоннаға дейін өндіріледі.

Бүгінде Краснооктябрь боксит кен орны жылына төрт миллион тоннадан астам босит өндіреді. Геологтардың жүргізген сараптамалары бойынша Торғай және Краснооктябрь кен орындары алюминий тотығы өндірісіндегі негізгі шикізат болып табылады [5].

Дамыған елдерде бокситтердің жалпы қоры 62,4 млрд. тоннаны құрайды, 45 елде боксит қоры бар екеніне қарамастан, тек 22 елде боксит қазылды. Әлем елдері арасында Қазақстан Гвинея, Австралия, Бразилия, Үндістан, Венесуэла, Ямайка, Камерун, Мали, Индонезия, Суринам, Кот-д ' Ивуар, Гайана, Ресей, Гана сияқты елдерден кейін босит қоры бойынша 15–ші орында тұр, ал боксит өндіру бойынша мемлекетіміз Австралия, Гвинея, Ямайки, Бразилия, Үндістан, Суринам және Ресейден кейін 8-ші орында тұр. Боксит тек алюминий өндірісінде ғана емес, сонымен қатар электрокорунд, алюминий цемент тотығы өндірісінде де және негізгі мартенді болат өндірісінде шлак ретінде, отқа төзімді материал ретінде пайдаланылады. Боксит мұнайды күкірттен тазарту үшін кеңінен қолданылады, ал кейбір елдерде боксит минералды бояуларды алуда қолданылып жүр [5].

1.2 Сазбалшық алу әдістерінің классификациясы

1.2.1 Сазбалшықтың алыну технологиясы. Байер процесі

Қазіргі уақытта сазбалшық алуда түгелдей дерлік сілтілі әдістер қолданылады. Олар:

- Байер тәсілі;
- пісіру тәсілі (күйіндінеу әдісі);
- біріктірілген тәсіл (Байер-пісіру);
- Пономарев – Сажиннің гидрохимиялық әдісі [3].

1.2.1.1 Байер процесі

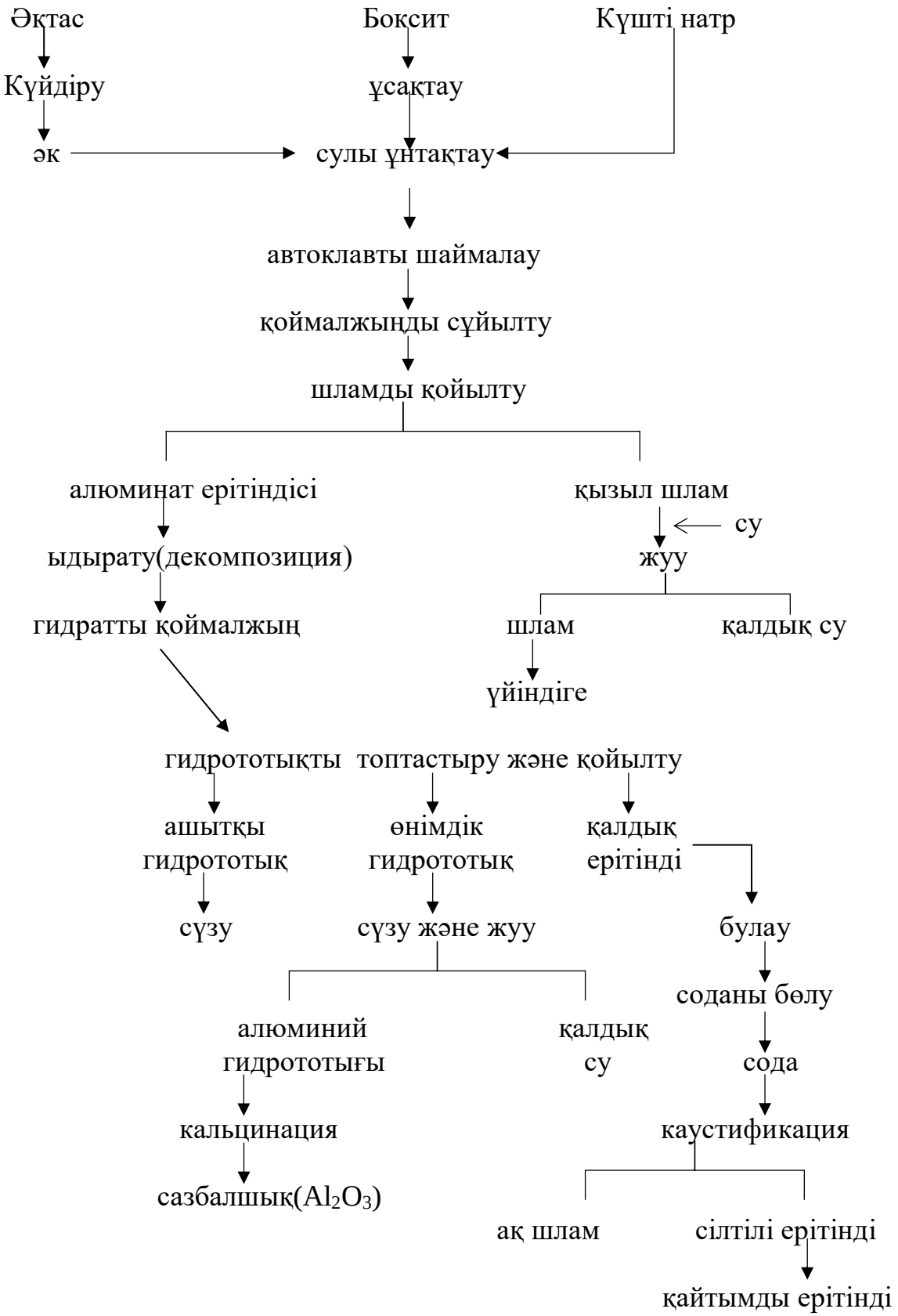
Австриялық химик К. И. Байер (1847-1904) 1890-ші жылдары Ресейде тоқыма өндірісіне қажетті бокситтен алюминий тотығын алу жолдарын қарастыру кезінде екі маңызды өзгерістер ашты. Кейінірек ол Байерлік тәсіл негізін салды. Олардың біріншісі - жаңа шөгінді қордың әсерінен $Al(OH)_3$ натрий алюминатты ерітінділерін ыдырап, қатты фазаға алюминий гидроксидін бөліп шығарады. Бұл процесс алғаш рет Петербург қаласындағы Тентел химия зауытында іске асырылды және 1889 жылы патенттелген. Екінші жаңалықта (Кама өзенінің жағасындағы Елабуж зауытында) Байер боксит құрамында алюминий тотығы сілтілі ерітінділермен ериді, натрий алюминатының түзілу мүмкіндігін, сондай-ақ сілтілі ерітінді ретінде пайдаланылуы мүмкіндігін көрсетті және 1892 жылы патенттелді. Осы XIX ғасырдан бастап Байерлік тәсілде маңызды жаңалықтар қаланды. Олардың көпшілігі Кеңес Одағы ғылымының үлесі болып табылады, атап айтқанда: Д. П. Маноев (1888-1934), Ф. Ф. Ф. Вольф (1892-1960), С. И. Кузнецов, В. А. Бернштейн, М. Н. Смирнов және басқа да белгілі ғалымдар. Бұл ғалымдар Байерлік тәсіл теориясы мен технологиясына елеулі үлес қосты [5].

Бұл процесте бокситті сілтілеу үшін бірнеше факторлар әсер етеді:

1) сілтілеудің ұзақтылығы;
2) сілтілік ерітіндінің концентрациясы;
3) алюминатты ерітінділердің каустикалық қатынасы;
4) автоклавтың қысымы мен температурасы;
5) әктің қоспасы;
6) бокситтің ұнтақталу деңгейі [5].

Ұсақталған бокситті алдын-ала диірмендерде сулап ұнтақтайды, содан кейін айналымдағы жоғары концентратты сілтілік ертінділермен ерітінділейді. Бокситтің құрамындағы алюминий оксиді гидроксид түрінде натрий гидроксидімен өзара әрекеттесіп, натрий моноалюминат ерітіндісіне өтеді:

$$Al(OH)_3 + NaOH \rightarrow NaAl(OH)_4. \quad (2)$$



1 Сурет - Байер процесінің технологиялық сұлбасы

$$AlOOH + NaOH + H_2O \rightarrow NaAl(OH)_4. \quad (3)$$

Бокситтің құрамындағы кремнезем негізгі реакциалармен бір уақытта басқа да төмендегідей реакцияларға түседі:

$$SiO_2 + 2NaOH = Na_2SiO_3 + H_2O, \quad (4)$$

$$2Na_2SiO_3 + 2NaAlO_2 + 4H_2O = \underbrace{\underline{Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O}}_{\text{натрийдің гидроалюмосиликаты}} + 4NaOH. \quad (5)$$

Бұл реакциялар Байерлік процестің негізгі реакциялары болып табылады. (4) және (5) реакциялар бойынша Si тотығы Na гидроалюмосиликат түрінде шөгіндіге түсіріледі және тұндырады. Бокситтерді еріту шарттары әртүрлі. Жеңіл қол жетімді гидроаргиллитті бокситер әдетте араластырғыштарда атмосфералық қысым кезінде 105-107°С шегінде ериді, ал жеңіл қол жетімді қатты бемит, диаспоралар 100-240°С аралықпен автоклав қондырғыларында ериді [5].

Ертінділегенен кейін пісірілген қойыртпақ алынады. Ол алюминат ерітінділерінен және қатты қалдық қызыл шламнан тұрады [5].

Алюминат ерітінділерінің маңызды көрсеткіштерінің бірі ол каустикалық модуль, α_k:

$$a_k = \frac{Na_2O_k}{Al_2O_3} \text{ моль} = \frac{Na_2O_k \ : 62}{Al_2O_3 \ :102} = 1{,}645 \frac{Na_2O_3}{Al_2O_3} \quad (6)$$

Каустикалық модульдер ерітінділер $\alpha_к$=3-4 шамасындағы тұрақты ерітінділер және мұндай ерітінділер боксит құрамындағы гидроксидті оңай ерітеді. Ал $\alpha_к$=1,6-1,8 каустикалық модульдер әлсіз ерітінділер, мұндай ерітінділер өздігінен ыдырауға ұшырайды. Сондықтан айналымдағы ерітінділеуге жіберілетін ерітіндінің каустикалық модульдердің саны $\alpha_к$=3,0-3,5 болуы тиіс. Технологиялық тізбектің басында бокситті сілтілі ерітіндімен өңдеу кезінде боксит құрамының ерітіндімен арақатынасын анықтау және ерігеннен кейін алюминий ерітіндісінің каустикалық модулі ыдырайтын шамада дайындау қажет, яғни $\alpha_к$=1,6-1,8 [5].

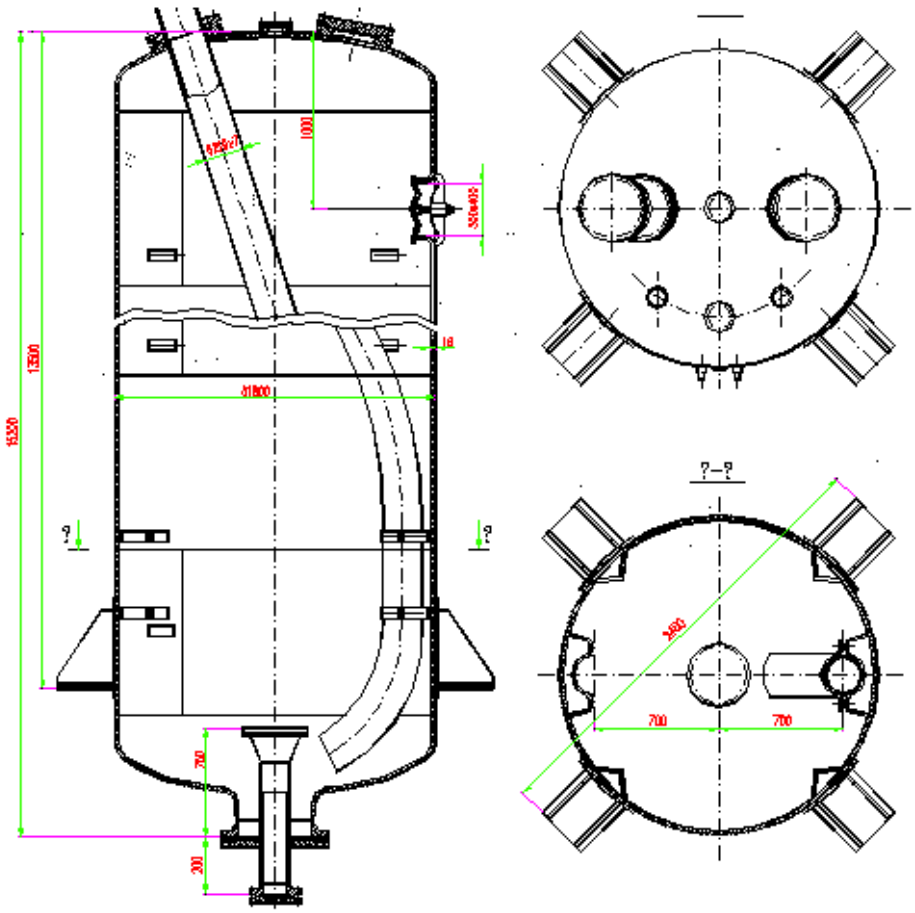
Байер процесінде бокситтерді негізінде автоклавта 250°С-та, 3 МПа қысымда сілтілейді. Қолданылатын автоклавтар көміртекті болаттан жасалынады. Диаметрі 1,6-2,5 м және биіктігі 13,5-17,5 болып келеді. Автоклавтың көлемі 24-30 м^3, сілтілеу ұзақтығы – 2-2,5 сағат. Сілтілеудің толығымен жүруін қамтамасыз ету үшін процесті біреніше тізбектелген автолавтарда жүргізеді.

Алюминий гидроксидін кальцинациялау процесі шамот кірпішпен футерленген, табиғи газбен немесе мазутпен жылытылатын диаметрі 2,5-5 м, ұзындығы 35-110 м болатын құбырлы айналмалы пештерде 1200°С-та жүзеге асырылады. Гидроксидтті қыздырғанда:

$$Al(OH)_3 \cdot 3HO \rightarrow Al(OH) \cdot 3HO \rightarrow Al(OH)_3 \cdot 3H_2O \rightarrow \gamma AlO \rightarrow \alpha Al_2O_3 \quad (7)$$

гиббсит бемит

осындай реакция жүреді. Осылайша біз алюминий тотығын аламыз.



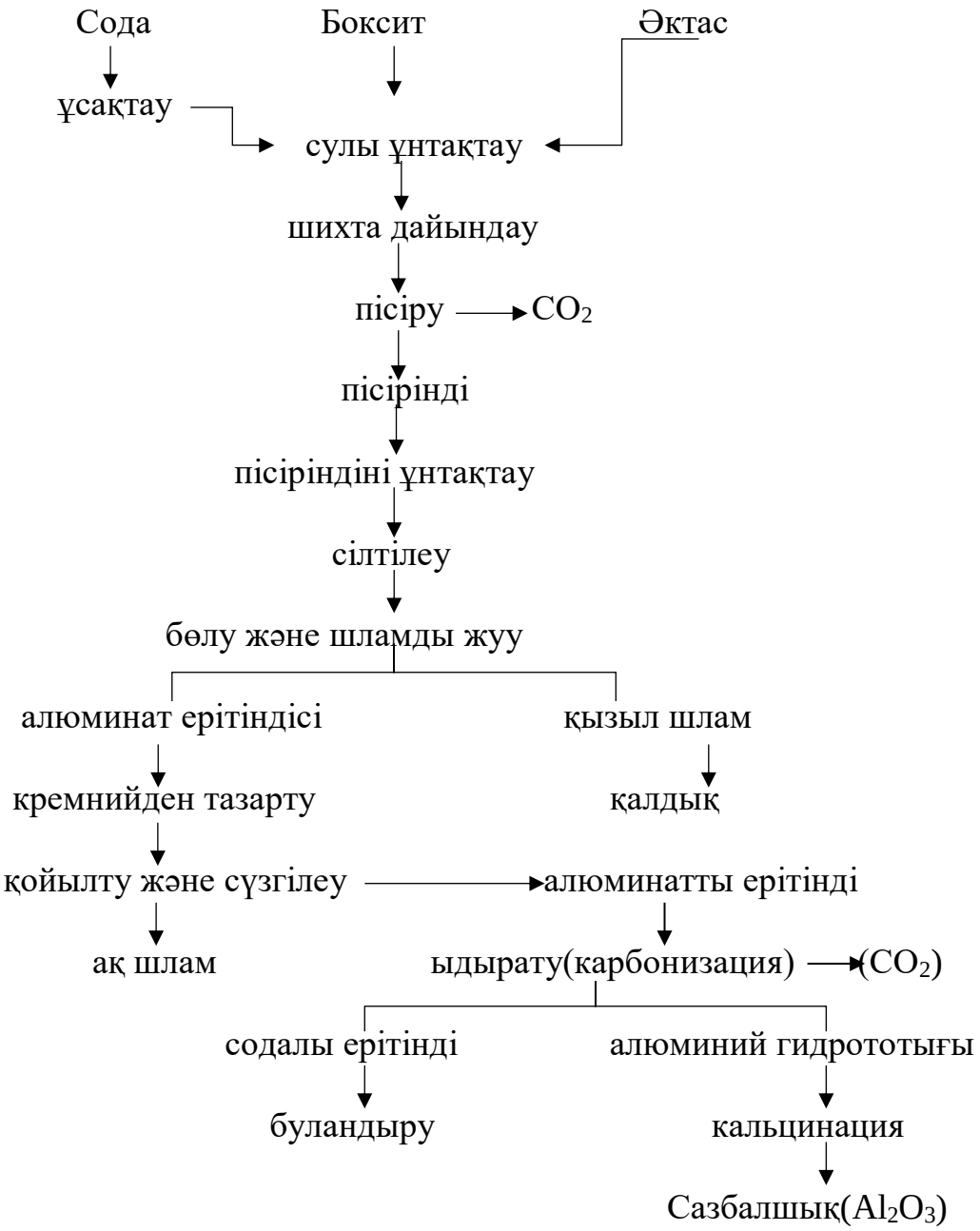
2 Сурет – Бокситті сілтілеуге арналған автоклав [5]

Байер әдісімен сазбалшықтың алыну дәрежесі 87%. Өндірісте 1 т сазбалшық алу үшін 2-2,5 т боксит, 70-90 кг NaOH, әк 120 кг, 7-9 т бу, мазут 160-180 кг және электроэнергия 280 квт·сағ кетеді. Бұл әдіс экономикалық жағынан тиімсіз болып келеді, өйткені бұл әдіс төмен кремнийлі бокситтерге арналған. Сондықтан, құрамында кремнийі жоғары бокситтерден сазбалшық алу үшін басқа да әдістер қолданылады.

1.2.2 Сазбалшықтың алыну технологиясы. Пісіру әдісі

Бұл әдістің мәні жоғары кремнийлі бокситті, сода және әктас қосып жоғары температурада пісіру. Осы пісіру нәтижесінде боксит құрамындағы алюминий оксиді суда еритін натрий алюминатын ($Na_2O \cdot Al_2O_3$) түзеді, ал кремнезем аз еритін кальцийдің қос тотығын ($2CaO \cdot SiO$) құрайды. Пісіру нәтижесінде

түзілген пісіріндіні ары қарай сілтілегенде натрий алюминаты пісіріндіден бөлініп, ерітіндіге өтеді, ал қос кальцийлі силикат ерімейтін түрдегі қалдық шламда қалады. Алюминий ерітінділерінен алюминий гидроксидін бөлу үшін ерітіндіні көміртектің екі тотықты газымен өңдейді. Бұл операция карбонизация деп аталады[5].



3 Сурет - Пісіру әдісінің технологиялық сұлбасы

Пісіру әдісі келесі технологиялық операциялардан тұрады:
1) шихтаны дайындау;
2) дайындалған шихтаны пісіріп, пісірінді алу;
3) пісіріндіні ұсақтап, шаймалау;
4) шаймалау кезінде түзілген пульпаны Si-ден тазарту;

5) қызыл шламды алюминатты ерітіндіден бөліп алу;

6) алюминатты ерітіндіні ыдырату;

7) $Al(OH)_3$ кристалдарын(тұнбасын) ерітіндіден бөліп алу;

8) бұл тұнбаны кальцинациялауға ұшыратып, одан глинозем Al_2O_3алу.

Шихтаны дайындау барысында келесі молярлық қатынастарды ескеру қажет:

$$\frac{CaO}{SiO_2}=2; \qquad \frac{K_2O+Na_2O}{Al_2O_3+Fe_2O_3}=1. \tag{8}$$

Осы қатынаспен дайындалған шихтаны шарлы диірмендерде ұсатады.

Боксит шикіқұрамы үш компоненттен жасалады: боксит, әктас және сода. Сондай-ақ, шихтаның құрамына үш компоненттен басқа айналымда жүрген өнімдер де түседі: циркуляциялық сода ерітінділері және кремнийден алюминий ерітінділерін өңдеу кезінде түзілетін ақ шлам [5].

Шихтаны дайындау кезінде (8) формуладағы сияқты молярлық қатынастарды есептеңіз. Мұндай қаныққан шихтаны еріту кезінде Al_2O_3 алюминий оксиді және Na_2O сілті барынша толық босатылады. Ылғалдылығы 37-42% ұсақ майдаланған және жақсы араластырылған боксит шикіқұрамы пешке жіберіледі. Бокситтен дайындалған шихта құбырлы айналмалы пештерде 1200-1250°С-та күйдіріп пісіреді. Күйдіруге мынадай негізгі қосылыстар түседі: Al_2O_3, Na_2CO_3, Fe_2O_3, SiO_2, $CaCO_3$, TiO_2 [5].

Алюминий тотығы мен соданың өзара әрекеттесуі 700°С шамасында басталып, 1150°С аяқталады:

$$Al_2O_3 + Na_2CO_3 = Na_2O\cdot Al_2O_3 + CO_2\uparrow. \tag{9}$$

Темір оксиді мен соданың әрекеттесу реакциясы мынадай:

$$Fe_2O_3 + Na_2CO_3 = Na_2O\cdot Fe_2O_3 + CO_2\uparrow. \tag{10}$$

Бұл реакция шамамен 1000°С аяқталады, реакция өнімі натрий метаферриті ($Na_2O\cdot Fe_2O_3$) болып табылады. Соданың жетпеушілігінен 900°С -ден жоғары температурада алюминий оксиді натрий метаферритінен темір оксидін төмендегі реакция үлгісі бойынша ығыстырып шығарады:

$$Na_2O\cdot Fe_2O_3 + Al_2O_3 = Na_2O\cdot Al_2O_3 + Fe_2O_3. \tag{11}$$

Кремний оксиді мен натрий карбонатының, яғни соданың өзара әрекеттесу реакциясы 800-820°С арлығында барынша қарқынды жүріп, натрий метасиликатын түзейді:

$$SiO_2 + Na_2CO_3 = Na_2O\cdot SiO_2 + CO_2\uparrow. \tag{12}$$

Натрий метасиликаты натрий алюминатымен екінші өзара әрекеттесу реациясына түсіп, 1520°С балқу температурасында натрий алюмиосиликаты пайда болады ($Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$), бұл реакцияның түзілуі процесте керексіз құбылыс. Бұл реакциялар пісіру процесінің негізгі реакциялары болып есептеледі [5].

Шихтаны 1200-1250°С-та құбырлы айналмалы пеште пісіреді. Құбырлы айналмалы пештің барабаны қалыңдығы 20-70 мм болатын болаттан жасалған, пештің іші отқа төзімді кірпішпен футерленген, негізгі материал шамод кірпіші болып табылады, пештің жоғары температуралы аймаұтары хромомагнезитті және магнезитті отқа төзімді кірпіштерден қаланған, футеровканың қалыңдығы 230-250 мм, барабанның диаметрі 5 м, пештің ұзындығы 185 м болып келеді [7].

Пісіріндіні сілтілеу үшін диффузорлар қолданылады. Процестің ұзақтылығы 3-3,5 сағатқа дейін барады, температура 70-95°С шамасында болады.

1.2.2.1 Алюминатты ерітінділерді карбонизациялау

Карбонизация кезінде алюминатты ерітінділерге CO_2 жіберіледі. Процесс екі сатылы реакцияда жүреді:

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O, \quad (13)$$

$$NaAl(OH)_4 \rightarrow Al(OH)_3 + NaOH. \quad (14)$$

Карбонизациялау процесінің ұзақтылығы 12-14 сағат, температура 70-80°С аралығында болады. Процесс көлемі 500-600 м^3 декомпозерларға ұқсас бактарда жүргізіледі.

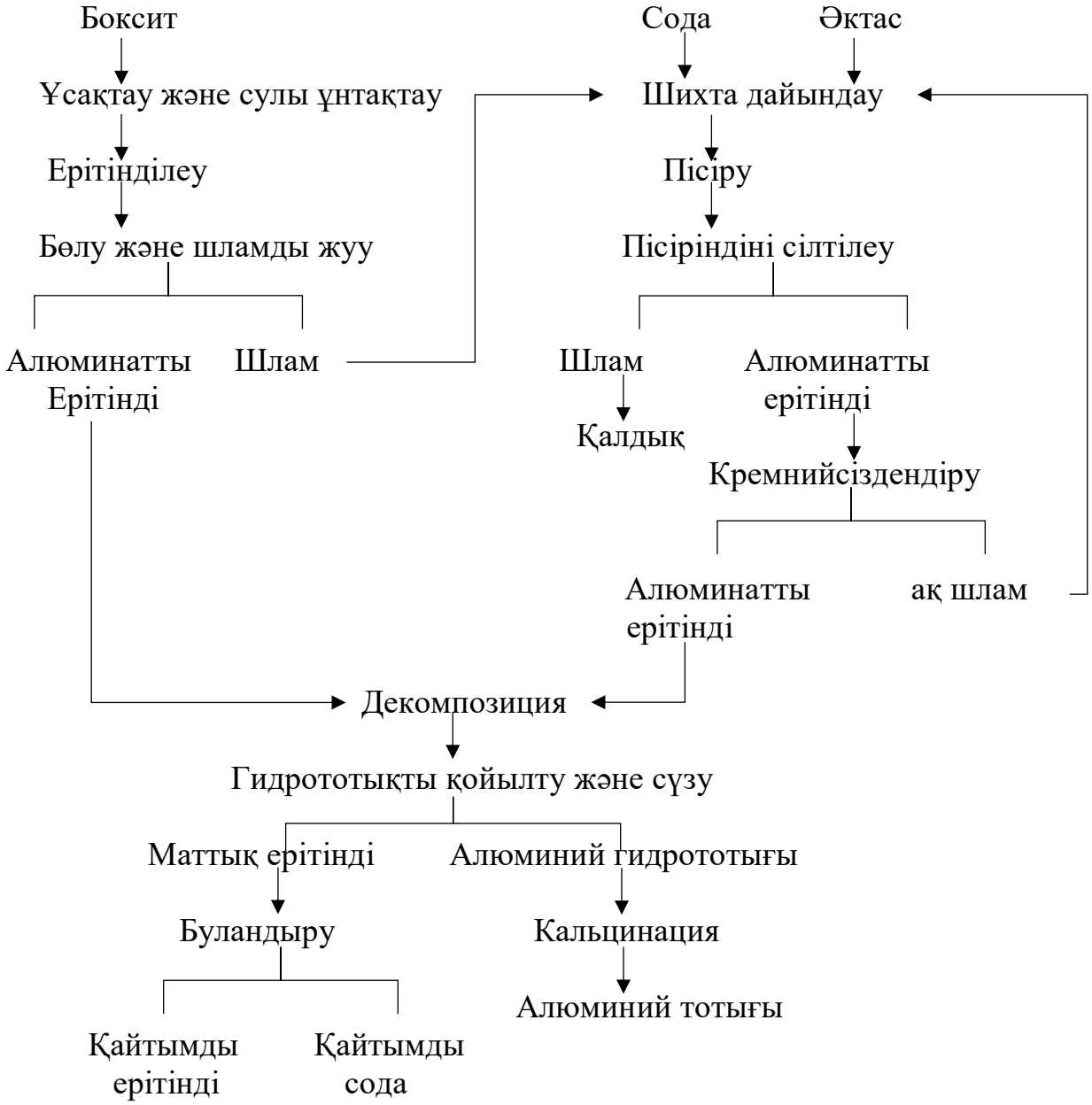
Пісіру әдісі жоғары кремнийлі бокситтерден сазбалшық алу үшін тиімді әдіс және басқа да алюминийдің кендерінен алу үшін де қолданылады. Оған қоса карбонизациялаудың нәтижесінде айналымда қолданылатын содалы ерітінді алынады. Бірақ бұл процесс өте қымбат болып келеді.

1.2.3 Сазбалшықтың алыну технологиясы. Байер-пісіру әдісі

Біріктірілген Байер-пісіру әдісі жоғары кремнийлі бокситтерден сазбалшық алу үшін қолданылады. Біздің мемлекетімізде сазбалшық алу үшін осы әдіс қоладынылады. Себебі Қазақстанда боксит құрамының зиянды қоспалардың көптігімен байланысты.

Бұл әдістің мәні мынада: жоғары температурада көп мөлшерде кремнийі бар бокситті сода және әктас косып күйдіруге жібереді. Осы пісірудің нәтижесінде боксит құрамындағы алюминийдің оксиді суда еритін натрий

алюминатын ($Na_2O \cdot Al_2O_3$), ал кремнезем сирек еритін қос кальций силикатын ($2CaO \cdot SiO_2$) құрайды.



4 Сурет – Біріктірілген Байер-пісіру әдісінің тізбектей нұсқасы

Байер-пісіру біріктірілген әдістің тізбектей нұсқасын қолдану құрамында темір аз гиббситті, кремнийлі модулі 3-6 құрайтын бокситтерден сазбалшық алу үшін тиімді болып келеді. Процестің ең қиын бөлімі шламды шихтаны пісіру болып табылады. Шихтаны пісіруге құбырлы айналмалы пеш диаметрі 4,5-5 м және ұзындығы 110 м болатын барабанды суытқыштары бар пеш қолданылады. Шихта пешке ылғалдылығы 40-42%-бен форсункалар арқылы жіберіледі. Пештің температурасы 1150-1200°С шамасында болады. Шламды пісірінді-лерді ары қарай сілтілеуге жіберіледі. Сілтілеу екі сатыда жүреді. Бірінші саты

құбырлы ерітінділегіштерде жүргізіледі, екінші саты стержньді диірмендерде ерітінділейді.

Екі сатылы сілтілеудің технологиясына бокситті қарама-қарсы ағында сілтілеу жатыр. Бірінші кезеңде жоғары температурада бемитті сілтілеген ерітіндімен гиббситті де сілтілейді. Осыдан кейін түзілген пульпа қысыммен қоюландыру арқылы бөлініп, ерітінді ыдырауға жіберіледі. Қатты фаза жоғары температурада сілтілеуге жіберіледі.

Технологияның басты артықшылығы, бокситті активтендіру жағдайында, жоғары температура кезінде сілтілік шығындарды азайту. Бұл технология қысыммен қоюландыру технологиясын әзірлеген сәттен бастап шетелдерде бірнеше зауыттарға енгізілді. Жаңа зауыттар үшін құбырлы шаймалаудың қазіргі заманғы технологиясын пайдалану көзделіп отыр.

Сілтілеу кезіндегі негізгі реакциялар:

$$Al(OH)_3 + NaOH = NaAl(OH)_4, \quad (15)$$

$$SiO_2 + NaOH = Na_2SiO_3 + H_2O, \quad (16)$$

$$Na_2SiO_3 + NaAl(OH)_4 = Na_2O{\cdot}Al_2O_3{\cdot}2SiO_2{\cdot}2H_2O + NaOH. \quad (17)$$

Сілтілеуден кейін натрий алюминаты пісіріндіден ерітіндіге өтеді, ал қос кальцийлі силикат ерімейтін түрде қалдық шламда қалады.

Бұл әдіспен сазбалшықтың алыну дәрежесі 85-87% - ды құрайды. Әдістің кемшілігіне шикізат екі сатыда өңделетін болғандықтан аппаратуралық тізбек өте ұзақ.

1.3 Бокситті сілтілеудің тиімді әдісі

Жоғарыда айтып кеткенімдей біздің мемлекетімізде бокситтерді сілтілеудің тиімді әдісі – біріктірілген Байер-пісіру әдісі. Оған себеп өңдеуге түсетін бокситтің сапасы болып келеді. Бұл әдіске бірнеше факторлар әсер етеді, олар:

- бокситтің химиялық құрамы мен ұнтақталу деңгейі;
- каустикалық қатынас әсері;
- ерітіндінің концентрациясы;
- температураның әсері;
- зиянды қоспалар әсері.

1.3.1 Бокситтің химиялық құрамы мен ұнтақталу деңгейі

Дайындалған боксит таспалы конвейерлермен ұсақтау үшін әр диірменнің шанақтарына тиеледі. Әрбір шанақтың 300 м^3 сыйымдылығы бар, барлығы 9

диірмен, яғни 9 шанақ. Боксит бункерлерінен арнайы белгіленген тиеу секциясы арқылы айналмалы ерітіндісі бар өзекті немесе шар диірмендерінде белгіленген өлшемдерге дейін ұсақталады.

Процеске түсетін бокситтің химиялық құрамы мынадай, %: Al_2O_3 44.7; Fe_2O_3 14.0; SiO_2 12.1; CaO 1; CO_2 1.72; SO_3 0.9; П.П.П. 23, қалғандары 2,58. Бокситтің ылғалдылығы 20,6 %. Кремнийлі модуль 3,69.

Алюминатты ерітіндінің құрамы келесідей г/л: Al_2O_3 110; Na_2O 103,65; CO_2 10,54; H_2O 1041. Ерітіндінің тығыздығы 1280 кг/дм^3.

Айналымға түсетін ерітіндінің құрамы келесідей, г/л: Al_2O_3 113,7; Na_2O 223,5; N_2O 202; CO_2 15,26; H_2O 1048. Ерітіндінің тығыздығы 1440 кг/дм^3. Диірменді ұнтақтау бөлімінен шыққан құм елеуішінің сипаттамалары:

- +3,0мм - 0,4% көп емес;
- +1,0мм - 15% көп емес;
- +0,63мм - 25% көп емес;
- +0,25мм - 33% көп емес;
- +0,15мм - 30% көп емес;
- -0,15мм - 44% көп емес;
- +3,0мм +1,0мм +0,63мм фракцияларының қосындысы 40% аспауы керек.

Бокситтің ұнтақталу деңгейі 0,04-1мм аралығында болу керек. Осы стандарттарға сай дайындалған бокситіміз сілтілеуге кетеді [5].

1.3.2 Каустикті қатынастың әсері

Әдетте алюминий ерітінділерінің каустикалық қатынасының өзгеруіне байланысты алюминий ерітінділерінің ыдырау жылдамдығын анықтайды. Егер алюминий ерітінділерінің каустикті қатынасы тепе-тең ерітінді каустигінің қатынасынан аз болса, алюминий ерітіндісі өте бай және ыдырау процесі жылдам қарқынмен жүріп, алюминий гидроксиді бөлінеді.

Бұл ретте алюминий ерітіндісінің каустикінің қатынасы аз болған сайын қысу болады, соғұрлым тез болады, бірақ тұнбада ұсақталған гидроксид артады. Бұл ретте алюминий ерітіндісінің каустик қатынасы азайып кетсе, алюминий ерітінділерінің тұрақтылығы төмендейді, алюминий тотығының қызғыл шламнан бөлінуі, қоймаларда тасымалдау және сақтау кезінде оның жоғалуына әкеп соқтыратынын ескеру қажет. Сондықтан өндірісте 1,5-1,55 сандар арасындағы алюминий ерітінділерінің қатынасын ұстап отырады [5].

1.3.3 Ерітіндінің концентрациясының әсері

Алюминий оксидінің шоғырлануы алюминат ерітінділерінде ұлғаюына қарай, каустиктердің тұрақты арақатынасын сақтай отырып, осы ерітінділердің алюминий гидроксидімен қанығу деңгейі төмендейді, яғни ерітінді тепе-теңдік жағдайын қалыптастыра бастайды. Бұл құбылыс ыдырау процесін баяулатады.

Алайда, егер алюминатты ерітінділердің концентрациясын ұлғайтып, сығу жылдамдығын азайтса, онда Алюминий гидроксидінің жиынтық абсолютті шығыны құрылғының жұмыс көлемінің бірлігіне артады [5].

Алюминаттың ыдырайтын ерітінділерінің әрбір каустикалық арақатынасы үшін Al_2O_3 немесе Na_2O алюминий оксидінің тиісті концентрациялары бар, атап айтқанда алюминат ерітінділерінің ыдырауы кезінде алюминий гидроксидінің шығуын толығымен қамтамасыз ете алатын концентрация. Каустик қатынасы төмен болған сайын, талап етілетін концентрация соғұрлым жоғары [5].

Біз мұндай концентрациядағы қажеттілік ерітінді концентрациясының қарама-қарсы қозғалыстарының және алюминий гидроксидінің көлем бірлігі жұмыс көлеміне ыдырау тереңдігінің әсерімен байланысты екенін білеміз. Демек, алюминат ерітінділерін шамадан тыс сулау ыдырау жылдамдығын арттырса да, ол глиноземді қанағаттанарлық тұтынуға жарамсыз етеді. Сондай-ақ, алюминатты ерітінділердің өте жоғары концентрацияларында ыдырау үшін жарамсыз [5].

1.3.4 Температураның әсері

Сілтілеу кезіндегі температура 107-110°С болады, сілтілеудің ұзақтылығы 1-1,5 сағат.

Ерітінді ортасының тұтқырлығын төмендету үшін қоюландыру процесі ең жоғары температурада жүргізіледі. Қоршаған ортаға жылудың жоғалуын болдырмау үшін қоюландыру процесі жылу қорғау аппараттарында жүргізіледі және 97-100°С температуралар арасында қоюландыру процесін жүргізеді [5].

Алюминий ерітінділерінің температурасы қалыпты каустикалық қатынаста және концентрацияда сілтілеу процесінің жылдамдығына және алынатын алюминий гидроксидінің сапасына әсер етеді. Температураның төмендеуі кезінде ыдырау процесі артады, бірақ егер 40°С төмендесе, қайтадан баяулайды. Бұл құбылыс әрбір каустикалық қатынасқа әртүрлі әсер етеді [5].

Температураның 40 ° С-қа дейін көтерілуі кезінде алюминий ерітінділерінің ыдырауы ерітіндінің концентрациясының төмендеуімен, ал температураның 40°С-қа дейін төмендеуімен оның тұтқырлығының артуымен түсіндіріледі. Ерітіндінің температурасын шамадан тыс төмендеткен кезде, Қор түйіршіктілігінің баяу өсуіне байланысты шөгуге түсетін алюминий гидроксидінің бөлшектері артады. Мұндай өте жұқа гидроксидті сүзгі өткізу өте қиын, сондықтан өндіріс температурасы 40 ° С төмен болмайды [5].

Павлодар алюминий зауытында ыдырау процесінің бастапқы температурасы 60-63°С, ал процестің соңында-52-55°С соңғы декомпозерде болады. Бұл зауытта белгілі бір бөлшектер мен гидроксидтің белгілі бір сапасын алуға арналған температура [5].

1.3.5 Зиянды қоспалардың әсері

Кез келген қоспа болсын алюминат ерітінділерінің сығылуы кезінде тек алынатын алюминий гидроксидінің сапасына ғана емес және оның түйіршіктерінің өсу жылдамдығына да әсер етеді. Алюминат ерітінділеріндегі маңызды қоспалардың бірі кремний оксиді, күкірт және органикалық заттар. Жүргізілген зерттеулер нәжилерінде алюминат ерітінділерінің құрамында белгілі мөлшердегі кремнезем алынатыны алюминий гидроксидінің тек сапасына ғана әсер етіп қоймай, ыдырау процесін бәсеңдететінін анықтады [5].

Қанағаттанарлық тудыратын жоғары сападағы алюминий гидроксидін алу үшін сілтілеуге түскен алюминатты ерітінділердің кремнийлік модулі кем дегенде 300-400 сандар болуы қажет. Алюминий ерітінділерінде органикалық қоспалар боксит құрамындағы гуминді заттарды сілтіде еріту нәтижесінде пайда болады. Осылайша түзілетін натрий гуматтары алюминий ерітіндісіне енеді және сығу процесіне елеулі әсер етеді. Ерітіндінің ыдырау жылдамдығы төмендейді және алюминий гидроксиді түйіршіктерінің өсуі баяулайды. Сондықтан ыдырауға түсетін еріткіштердің құрамынан органикалық заттарды бөліп алу керек. Органикалық қоспаларды тазалаудың тиімді тәсілі бокситті күйдіру, бұл ретте олар жойылады. Екінші жол төл ерітінділерінің булануы кезінде жүйелі түрде тазартылуы тиіс. Күкірт натрий сульфаты түрінде алюминий ерітіндісінде кездеседі. Алюминий ерітінділерінде жиналып, ыдырау процесін тежейді [5].

Шихтадағы әктас мөлшері де осы әдісте ең маңызды рөлдердің бірін атөарады. Әктастың химиялық құрамы – $CaCO_3$. Шихтаға қосылатын әктастың құрамындағы SiO_2 1%-дан аспауы қажет [5].

Кальцийленген сода. Химиялық құрамы - Na_2CO_3. Кальцинделген сода жоғалымға кеткен каустикті сілтінің орнын алмастыру мақсатында қолданылады. Шихтаға қосылатын соданың құрамында SO_3мөлшері 1% аспауы қажет[5].

3 Кесте - Процестің негізгі техникалық көрсеткіштері:

Параметрлер	Өлшем бірліктері	Байер-пісіру тізбектей нұсқасы
1	2	3
Тауарлы сазбалшық	%	85,43
1 т сазбалшық алуға кететін шығындар	-	-
Құрғақ боксит	т	2,71
Кальцинирленген сода	кг	105
NaOH	кг	61,42
Сөндірілмеген әк (CaO 91,7%)	кг	439

3 кестенің жалғасы

1	2	3
Жылулық энергия	гкал	3,18
Шартты отын	кг	450
Электроэнергия	квт·сағ	399
Техникалық су	$м^3$	5,06
Қызыл шламның бөлінуі	т	1,75

1.3.6 Электр сүзгілері шаңының қызыл шламдарды қоюлату процесіне әсері

Бокситтерді сазбалшықпен өңдегеннен кейін қызыл шламды тұндыруға және нығыздауға бірінші кезекте бокситтің минералогиялық құрамы, шлам бөлшектерінің ірілігі, бокситті шаймалау жағдайлары және басқалар әсер етеді. Қойыртпақты қоюландыру мен сүзуді жеделдету үшін шлам агрегаттарын ірілендіруге ықпал ететін қоспалар қолданылады.Әсіресе, бокитте гидратталған темір тотығының әртүрлі түрлерінің шламын тұндыруға әсері зор[8].

Бокситті сілтісіздендіру үшін қоспа ретінде электр сүзгілерінің шаңын пайдалану каустикалық әктің шығынын толтыру үшін процеске енгізілетін кальцийленген соданың шығындарын азайтуға мүмкіндік береді. Бұл қызыл шламда каустикалық сілтінің мөлшерінің төмендеуімен ғана емес, сондай-ақ каустикалық және карбонатты сілтінің электр сүзгілерінің шаңымен бірге процесске қайтаруымен де қол жеткізіледі[8].

2 Технологиялық бөлім

2.1 Өндірістік жағдайда процестің жүру барысы

«Қазақстан алюминийі» АҚ – да сазбалшық өндірісі Байер-пісіру тізбекті, біріктірілген схема бойынша жүзеге асырылады. Бұл әдіс қайта өңдеуге түсетін бокситтердің химиялық құрамымен байланысты. Барлық сазбалшық өндірісі үш негізгі цехқа бөлінген:

Біріншісі – шикізат дайындау цехы. Бокситті, әктасты, көмірді және соданы қабылдау, оларды ұсақтау, химиялық құрамына байланысты біркелкіленіп, осыдан кейін аталған заттардың барлығы қажетті цехтарға жіберіліп отырады.

Зауытқа түсетін боксит, әктас және көмір арнайы роторлы вагонаударғыштар арқылы қабылдау шанаптарына түседі. Шанаптың жалпы сыйымдылығы 280м^3-ты құрайды.

Дайындалған шикізаттар шанаптардан таспалыы конвейерлер арқылы ұсатуға арналған диірмендерге түсіп, белгіленген ірілікке 40-100мм дейін ұсатылады. Өңдеуге түсетін бокситтің 60%-ы алдын ала шикізат жиналатын ауада біркелкіленеді.

Екінші цех – гидрометаллургиялық цех.Бұл цех келесідей технологиялық бөлімдерден тұрады: бокситті сулы ұнтақтап, сілтілеу, қызыл шламды тұндыру және жуу, түзілген алюминат ерітінділері мен қызыл шламды сүзу, декомпозиция(ыдырату), түзілген гидратты өңдеу, буландыру, алюминий тотығын жоғары температурада қыздыру(кальцинация).

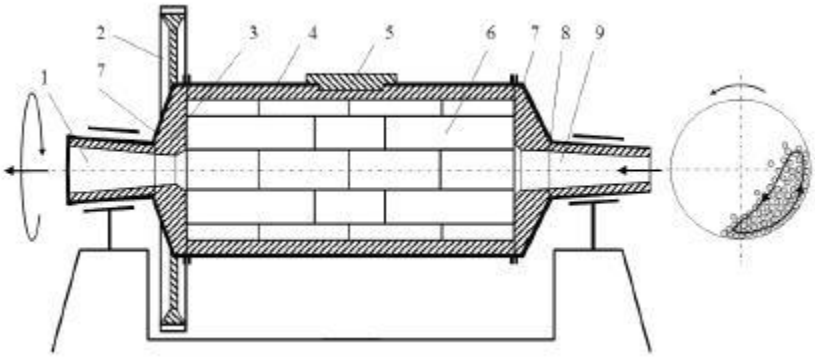
Үшіншісі – бұл пісіру цехы болып табылады. Цехтың негізгі атқаратын қызметі шыққан қызыл шламды өңдеп қосымша алюминий тотығын алу. Цех келесідей бөлімдерден тұрады: шихта дайындау, дайындалған шихтаны пісіру, алынған пісіріндіні ұсақтап, гидрохимиялық әдіспен өңдеу. Осы аталып өткен технологиялық процестерге тоқтала кетейік [5].

2.2 Процеске қажетті аппараттардың жалпы сипаттамасы мен құрылысы

Бункерлерден түсетін пластиналы қоректендіргіштермен айналмалы ерітіндімен бірге боксит белгілі бір тоннаға дейін ұсақталатын диірмендерге беріледі.

Диірменнің құрылғысы 4-суретте көрсетілген. Диірмен (4) барабаннан, (7) қақпақтардан, (3, 8) және сақиналы редуктордан тұрады. Ішкі беті тақтайшалармен қапталған (6). Мойын (9) арқылы кен немесе целлюлоза диірменге енеді, диірмен айналғанда, ішіндегі шарлар барабанның қабырғаларына центрифугалық күшпен басылады, көтеріледі. белгілі бір биіктікке жетеді, содан кейін олар өз салмағының әсерінен құлап, материалға қатты әсер етеді және абразия жасайды, бұған профильді төсеу көмектеседі. Төгу

(1) мойын арқылы жүзеге асырылады. (5) қақпағы жөндеу люктерін жабуға қызмет етеді. Диірменнің шарларының көлемі оның барабан көлемінің 40-50% құрайды [9].



5 Сурет - Бокситті ұнтақтауға арналған диірмен [13]

Ұнтақтау кезінде темірлі құмдар пайда болады, олардан құтылу үшін тік аппараттар орнатылған.

Сілтілеу торабының технологиялық процесі келесі операцияларды қамтиды: шикі қойыртпақты пісіру, қайнатылған қойыртпақты еріту (сұйылтылған қойыртпақты ұстау), қоюландыру процесін тұндыру үшін коагулянттарды қолдану.

Қайнатылған қойыртпақты араластыру қызыл шламды қоюлату торабының жұмысын жақсарту мақсатында ерітіндінің тұтқырлығын төмендету үшін жүргізіледі. Қайнатылған қойыртпақты араластыру кезінде шаймалау процесінде ерітіндіге өткен кремнийдің тепе-тең құрамы ГАСН түзілу жағына қарай жылжиды, ол шөгіндіге түседі, бұл кремнийден тазартуға әкеледі.

Араластырғыштардан шыққан шикі қойыртпақты шаймалауға беріледі. Бокситті сілтілеу, сілтіленген қойыртпақты араластыру және сұйылтылған қойыртпақты ұстау (кремнийсіздендіру) біріктірілген тізбекті араластырғыштарда жүргізіледі. Араластырғыштың тізбегінде арнайы каскад орналасқан, бұл пульпаның өздігінен ағуын қамтамасыз етеді. Сілтілеу атмосфералық қысым, өткір бумен жүргізіледі. Сілтілеудің температурасы 105-107°С.

2.2.1 Пісіру цехы

Пісіру цехында шихта 1200-1250°С-та құбырлы айналмалы пештерде пісіріледі.Пеш бірнеше негізгі түйіндерден тұрады:

- барабан;
- айналуды қамтамасыз ететін тетік;
- роликті типті тіректер;

- отын басы;
- тиеу камерасы.

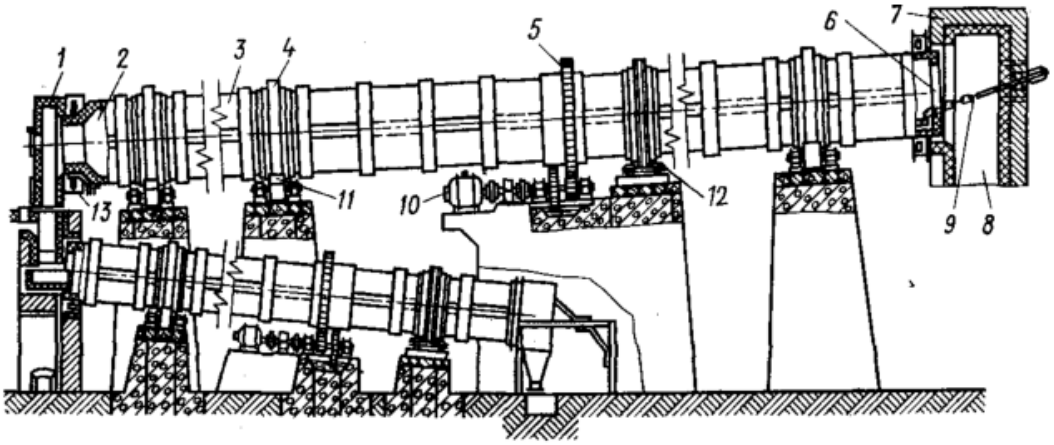
Пештің негізгі құраушысы айналмалы барабан болып табылады. Барабанның диаметрі 2-3,8 м аралығында, пештің ұзындығы 150 м шамасында болады. Пештің іші отқа төзімді шамот кірпішмен немесе сазбалшықпен футерленген. Пеш негізгі төрт аймақтан тұрады:кептіру және сусыздандыру аймағы (I), кальцинация немесе ыдырау аймағы (II), пісіру аймағы (III) және салқындату аймағы (IV). Пісіру кезінде температура 1600°С-қа дейін жетуі мүмкін.

Пештің өнімділігі 12 т/сағ пісіріндіні құрайды. Пештің өнімділігіне әсер ететін негізгі факторлар: пештің материал қабатының қалыңдығы, пештің айналу жылдамдығы, шихтаның ылғалдылығы және оның химиялық құрамы. Жылудың орташа үлестік шығынына келетің болсақ 1 кг пісіріндіге 6300-7100 кДж құрайды.

Пісіру кезіндегі негізгі реакциялар:

$$Na_2CO_3 + Al_2O_3 = Na_2O \cdot Al_2O_3 + CO\uparrow, \quad (18)$$

$$SiO_2 + 2CaO = 2CaO \cdot SiO. \quad (19)$$



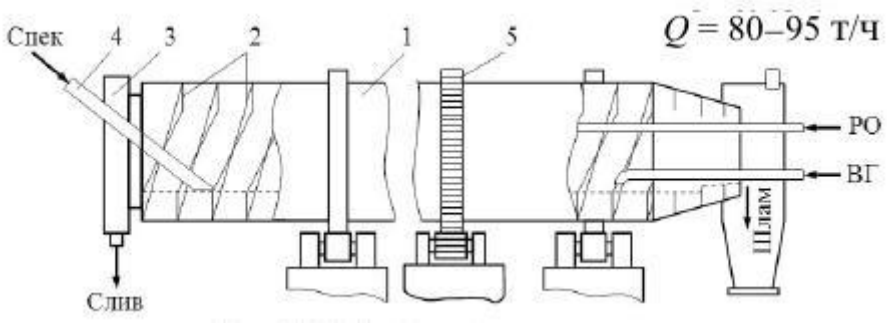
6 Сурет – Пісіруге арналған құбырлы айналмалы пеш [12]

Пештің суыту аймағында пісірінді суытылып, шарлы диірмендерге ұсақталуға(6-8 мм) жіберіледі. Дайын пісіріндіні сілтілеуге жіберіледі.

2.2.2 Пісіріндіні сілтілеу

Сілтілеу ұзындығы 36 м, диаметрі 3,6 м болатын болаттан жасалған айналмалы құбырлы ерітінділегіштерде жүргізіледі. Айналмалы барабан роликті тіректерге арнайы бандаждармен тірелген және тиеуші бөлігі 35° көлбеу

орналасқан. Сілтілеу барабан бойымен орналасқан екі немесе үш жүрісті бұрандалы спиральдар арқылы жүргізіледі.



7 Сурет – Құбырлы айналмалы ерітінділегіш [15]

Пісірінді аппаратқа тиеуші бөлігі (4) арқылы беріледі. Шлам аппараттан сақиналы элеваторлармен үздіксіз түсіріліп отырады. Сілтілеу үшін айналмалы ерітінді және шламды жууға арналған ыстық су түседі.

Аппараттың өнімділігі сағатына 80-95 т құрайды, айналу жылдамдығы 0,3-0,6 айн/мин. Сілтілеуге арналған бұл аппарат жоғары өнімділікке ие, онда процесс үздіксіз жүреді және автоматтандырылуы мүмкін. Сілтілеу 107-110°С-та, атмосфералық қысымда жүргізіледі. Процестің ұзақтылығы 1-1,5 сағат аралығында болады.

Сілтілеу кезінде пісіріндінің ұсақталу деңгейі, температура және алюминий тотығының ерітіндідегі концентрациясы маңызды рөл атқарады.

Ұсақталған пісіріндінің ірілігі 6-8 мм-ден аспауы қажет. Егер де ұсақталған пісірінді бұл стандартқа сай болмаса, онда сазбалшық пен сілтінің алынуын төмендетеді. Оған қоса шламның қойылту және сүзу процестерін төмендеті және сілтінің шығыны көп болады.

Алюминий тотығының алюминат ерітіндісіндегі концентрациясы бұл – сілтілеу кезіндегі ең маңызды технологиялық параметр болып табылады. Концентрация шламды пісірінділерді жуу кезіндегі судың шығынын, сазбалшық пен сілтінің механикалық жоғалуының үлкендігін, кремнийсіздендіру, булану кезіндегі көрсеткіштерді және тауарлы өнімнің шығымы мен өзіндік құнын есептеуде анықтайды. Сондықтан да Al_2O_3 –тің концентрациясы 96 г/л болуы керек.

2.2.3 Қызыл шламды қоюландыру және жуу

Алюминатты ерітінділер мен қызыл шламды бөліп алу үшін өндірісте екі түрлі қондырғыларды қолданады:

1) диаметрі 40 м, көлемі – 7750 м^3, ауданы – 1250 м^2 құрайтын бір ярусты қойылтқыш;

2) диаметрі 20м, көлемі – 3240 м^3, ауданы – 1570 м^2 құрайтын бес ярусты қойылтқыш.

Қоюландырудың өнімділігін арттыру үшін ұн тәрізді когулянттар және синтетикалық флокулянттар қолданылады. Қызыл шламды қоюландыруға алғаш рет « Алклор-600» синтетикалық флокулянт қолданылған.

Қойылтқыштардың негізгі технологиялық параметрлері келесідей болып келеді:

- қойылтуға түсетін қойырпақтың сілтілік концентрациясы Na_2O = 105-130 г/л;
- температура 98-100°С аралығында болу керек;
- валдың айналу жылдамдығы – 6 айн/сағ.

Қоюландыру кезінде шламның тұну жылдамдығын арттыру үшін төменде формула қолданылады:

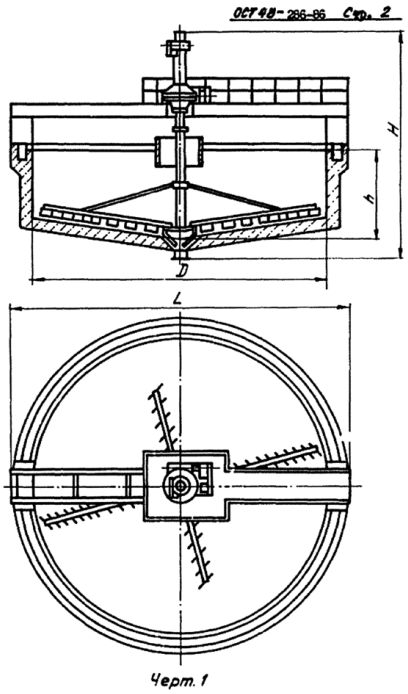
$$W=\frac{d^2(\rho_2-\rho)\cdot g}{18\mu}. \qquad (20)$$

мұндағы W – тұну жылдамжығы, м/с;

ρ – қатты және сұйық фазалардың тығыздықтары, кг/м^3;

μ – ортаның тұтқырлығы.

Жоғарыда берілген формуладан көргеніміздей тұну жылдамдығы негізінен сұйық фазаның тұтқырлығына, температураға, ортаның тұтқырлықтарына байланысты. Ортаның тұтқырлығын төмендету үшін қоюландыру барысында температураны барынша жоғары ұстап тұру қажет.



8 Сурет - Бір ярусты қойылтқыш [10]

2.2.4 Алюминат ерітінділерін сүзу

Ерітінділерді сүзіп алу үшін ЖТАС-125 немесе ЖТАС-225 сүзгілері қолданылады. Таза сүзгіш бактарынан сүзілген алюминатты ерітінді арнайы сорғыштармен декомпозицияға(ыдыратуға) жіберіледі. Сүзгіштің сапасы Fe_2O_3 мөлшері бойынша бағаланады.Төменде сүзгі жаймаларының технологиялық параметрлері көрсетілген.

4 Кесте – Сүзгі жаймаларының параметрлері

Параметрлері	ЖТАС-125	ЖТАС-225
Сүзгі жаймаларының ауданы, $м^2$	125	225
Сүзілу процесінің қысымы, $кгс/см^2$	4	4
Құбырдың жұмыстық қысымы, $кгс/см^2$	6-8	6-10
Температура, °С-ға дейін	100	100
Сыйымдылығы, $м^3$	13,5	25
Сүзгі жаймаларының саны, дана	38	44
Диаметрі, м	2200	3000
Ені, м	3800	4250
Биіктігі, м	5320	5450
Электроқозғалтқыштың қуаты, квт	0,8	0,8
Сүзгілердің массасы, кг	10100	14050
Құбырдың айналу жылдамдығы, айн/мин	7	7

2.2.5 Қызыл шламды сүзу

Қызыл шламды сүзу үш сатыда жүргізіледі:
- I кезең қоюландырудан шлам сүзіледі;
- II кезең бірінші сатыдан шлам түседі;
- III кезең екінші сатыдан шлам және қалдық шайғыштардан орташаланған шлам түседі.

Қызыл шламды сүзу үшін үзіліссіз жұмыс істейтін вакуумды табақшалы сүзгілерді қолданады. Ылғалдылығы 52,5%-ды құрайтын сүзілген шлам пісіруге жіберіледі. Ал сүзілген ерітіндіні тұнбалауға жібереді. 4-кестеде вакуумдық сүзгілердің жалпы сипаттамалары көрсетілген.

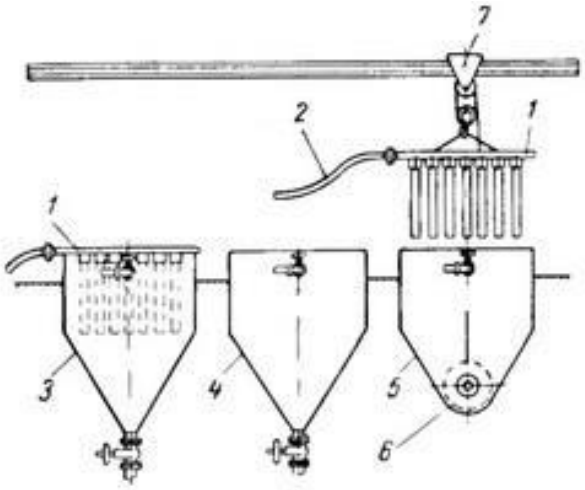
5 Кесте – Вакуумды сүзгілердің сипаттамалары

Параметрлері	Табақшалы вакуумды сүзгілер: ДУ-100, ДОО-100
1	2
Жалпы ауданы, $м^2$	100

5 кестенің жалғасы

1	2
Табақшалар саны, дана	12
Диаметрі, м	2,5
Секторлар саны, дана	144
Айналымдар саны, айн/мин	1
Электроқозғалтқыш қуаты, квт/ айн/мин	3 / 1500
Кернеуі, В	380
Үрлеудегі ауа қысымы, кг/см^2	0,5
Сүзгі салмағы, кг	17750

Табақшалы вакуумды сүзгі (1) сүзгілеуші элементтерден, (2) ауа жіберуге арналған шланг, (3) сүзгілеуге арналған резервуар, (4) тұнбаны жууға арналған резервуар, (5) тұнбаны бөлуге арналған резервуар, (6) тиеуге арналған шнектен, (7) тельферден тұрады.



9 Сурет – Табақшалы сүзгі [11]

2.2.6 Алюминатты ерітінділерді салқындату

Бөлініп алынған алюминат ерітінділерін 95-98°С аралығында вакуумды салқындатуға жіберіледі. Вакуум-салқындатқыш қондырғыда алюминатты ерітіндіні салқындату ерітіндіні вакууммен қайнату кезінде пайда болатын бумен жылуды жоюға негізделген.Пісіру цехынан бөлінген алюминат ерітінділерімен қосылып араласып кетеді. Бұл ерітінділер вакуумды батареяларда суытылып,ыдырату үшін декомпозерлерға жіберіледі.

2.2.7 Декомпозиция

Декомпозиция процесінің негізгі реакциясы:

$$NaAlO_2 + H_2O \rightarrow Al(OH)_3\downarrow + NaOH \quad (21)$$

Декомпозиция кезінде температура 62-65°С-тан басталып, ерітіндіні сумен сұйылтып, 52-55°С-қа дейін суытылады. Нәтижесінде аса қаныққан ерітіндіден $Al(OH)_3$ тұнбаға түседі.

Ерітіндінің ыдырау деңгейін білу үшін төменде көрсетілген теңдеу бойынша анықтаймыз:

$$\eta = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100\% . \quad (22)$$

мұндағы C_1 – алюминий тотығының алюминат ерітіндісіндегі;

C_2 – алюминий тотығының төл ерітіндідегі концентрациясы.

Ыдырату кезіндегі маңызды көрсеткіштердің бірі – үлестік шығымы болып табылады. Бұл бір тәуліктегі алюминат ерітіндісінің бір шаршы метрінен бөлініп шығатын алюминий тотығының мөлшері. Ол мына өрнекпен есептелінеді:

$$q = \frac{24 \cdot (Al_2O_3) \cdot \eta}{100 \cdot \tau} . \quad (23)$$

мұндағы q - меншікті шығым (кг/м^3);

η – ыдырау пайызы (%),

τ – ыдырау процесінің ұзақтылығы.

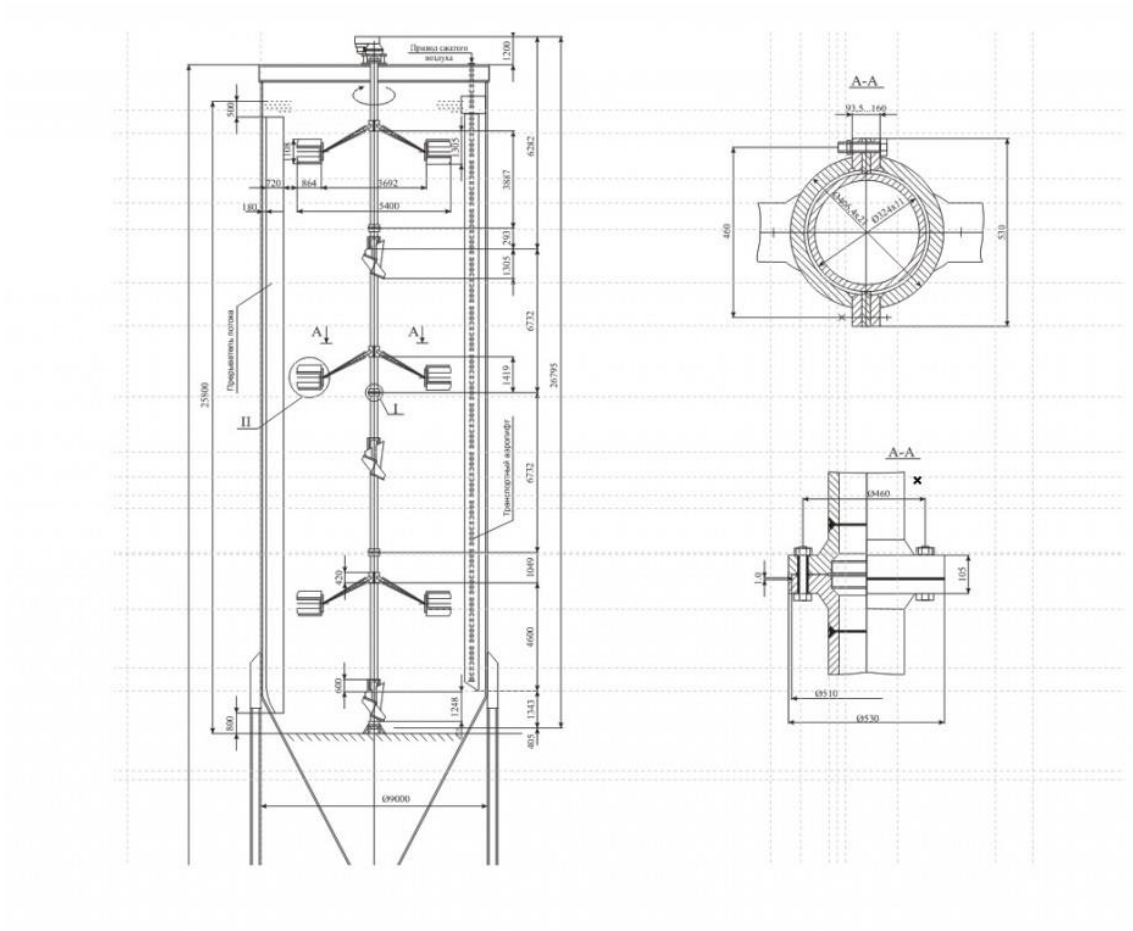
Өндірісте сыйымдылығы 1200-4500 м^3-ты құрайтын, батареялары бар декомпозерларді қолданады. Декомпозерлардың конустық, сфералық немесе жалпақ түбі бар үлкен биіктіктегі цилиндрлі түрлері қолданылады. Декомпозердің ішкі кеңістігінде бір немесе екі аэролифт орналасқан. Механикалық араластырғыш аппаратта - бір көліктік аэролифт; ауамен араластырғыш аппаратта - екі аэролифт: көліктік және циркуляциялық [16].

6 Кесте - Декомпозерлардің сипаттамасы

Декомпозер өлшемдері мен көрсеткіштері	Түбі конус	Түбі жалпақ	Түбі сфера
1	2	3	4
Биіктігі, мм	33500	26880	31800
Диаметрі, м	9	9	10
Сыйымдылығы, м^3	1800	1690	2150
Цилиндрлі бөлігінің биіктігі, мм	24830	24830	24000

6 кестенің жалғасы

1	2	3	4
Конусты бөлігінің биіктігі, мм	8670	8670	7800
Цилиндрлі бөлігінің сыйымдылығы, $м^3$	1568	1800	
Конусты бөлігінің сыйымдылығы, $м^3$	232	232	350
Тасымалдауға арналған аэролиф диаметрі, мм	426	426	530
Аэролиф ұзындығы, мм	26700	25800	26000
Айналым саны, айн/мин	7	7	7
Электроқозғалтқыш, квт	30	30	45
Редуктор майының температурасы, °С	70-75	70-75	70-75



10 Сурет - Механикалық араластырғышы бар декомпозер

2.2.8 Гидратты қойыртпақты қойылту және сүзу

Қоюландыру процесі алюминий гидроксидінің бөлшектерін маттық ерітінділерден бөлуге арналған. Гидросепараторларда немесе гидроциклондарда жіктелгеннен кейін гидраттық қойыртпақ екі бөлікке бөлінген. Бір бөлігі-құрамында 800-900 г/л қатты құмдар , үлкен кристалдар мен көлем бірлігіндегі бөлшектердің жоғары құрамы бар. Құмдар вакуумдық сүзгілерде алюминийдің қатты гидроксидін сүзу арқылы бөлінеді [16].

Қойыртпақтың екінші бөлігі – құрамында 250-350 г/л құрайтын гидросепараторлар мен гидроциклондардан шыққан ағызынды гидратты маттық ерітінділерден бөліп алу.

Қойылтуға диаметрі 14 м және 20 м болып келетін бір ярусты және екі ярусты қойылқыштар қолданылады. Қойылту барысында тұндырудың жылдамдығын арттыруда қондырғының диаметрі, сұйық ортаның тығыздығы мен тұтқырлығы маңызды рөл атқарады. Оған қоса процесті жылдамдату барысында синтетикалық флокулянттарды қолданады.

Маттық ерітінділерді сүзу ЛВАЖ-125, ЛВАЖ-225 сүзгілерінде жүзеге асырылады. Бақылау сүзілуінен кейін ағартылған ерітіндіні буландыру аппараттарына жібереді [16].

7 Кесте - Қойылтқыштардың сипаттамасы

Қойылтқыш	Екі ярусты	Бір ярусты
Айналым саны, сағ/мин	22	30
Тұну алаңы, $м^2$	460	314
Диаметрі, м	14	20
Еңкей бұрышы, °	20	20
Цилиндр бөлігінің биіктігі, м	7	2,8
Көлемі, $м^3$	1182	1200

2.2.9 Ерітінділерді буландыру

Сазбалшық өндірісіндегі булау процесі бокситтерді өңдеудің толық технологиялық циклін іске асыруда маңызды рөлге ие. Ерітіндіні булау кезінде карбонаттар, сульфаттар, хлоридтер мен органикалық қосылыстардың қоспасы болып табылатын айналмалы сода бөлінеді.

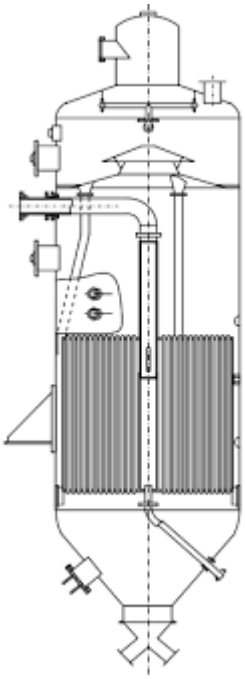
Буланудан алынған айналымдағы ерітінді бокситті сілтілеуге, ал айналымдағы сода пісіруге арналған шихта дайындауға жіберіледі.

Буландыру процесі буландыру батареялары тізбектей орналасқан буландыру аппараттарында жүргізіледі. Алюмосиликаттың тұнбаға бөлінуі ерітінді температурасының ұлғаюымен өседі және Na_2O бойынша концентрациясының жоғарылауымен азаяды.

Булану кезінде бу мен ерітінді бір-біріне қарама-қарсы қозғалып жүріп отырады. Температура жоғарылаған сайын ерітіндідегі Na_2O-ның концентрациясы жоғарылайды. Нәтижесінде алюмосиликаттың интенсивтілігі төмендейді.

Оған қоса Na_2O-ның концентрациясының жоғарылауының нәтижесінде карбонаттар, сульфаттар және хлоридтедің еруі азаяды. Булау кезінде Na_2O-ның концентрациясын 210 г/л көтерген кезде, зиянды қоспалар қатты фаза күйінде бөлініп, жүйеден бөлек шығарып отырады.

Буландыру кезінде бу негізінен «жылу энергетикалық орталықтармен» қамтамасыз етіліп отырады және ерітінділер қайнаған кездегі бөлінген екінші ретті булар да қолданылып отырады.



11 Сурет – Буландыруға арналған Кестнер аппараты [17]

Буланатын ерітінді төменгі ерітінді камерасына беріледі. Су қайнатқыштың құбыраралық кеңістігіне жылытқыш бу беріледі. Ерітінді құбырлар бойынша қызып, қайнатып көтеріледі. Қайнаған кезде бу ерітіндіден бөлініп, жылытатын түтіктердің орталық бөлігі бойынша жоғары көтеріледі. Түтіктерде қыздыру кезінде ерітінді беру арынының әсерінен толық қимамен жоғары көтеріледі. Бүріккіш, ерітінді бу көпіршіктері қызықтыратын пленкамен жоғары көтеріледі, сондықтан пленкалы қайнау жүзеге асырылады [16].

8 Кесте – Буландыру аппаратының технологиялық параметрлері

Параметрлері	Көрсеткіштері
1	2
Жылыту кеңістігінің ауданы, $м^2$	418

8 кестенің жалғасы

1	2
Ерітіндінің температурасы, °С	140
Будың температурасы, °С	160
Қысым, Мпа	0,6
Корпустағы құбырлар саны	214
Құбырлардың диаметрі, мм	57
Құбырларың ұзындығы, м	7,0
Электроқозғалтың қуаты, квт	200
Ерітіндінің тығыздығы, г/см^3	1,6
Аппарат көлемі, м^3	170

2.3 Алюминий гидрототығын қыздыру (кальцинация)

Сазбалшық өндірісінде алюминийдің гидрототығын қыздыру технологиялық тізбектің соңғы бөлімі болып табылады. Бұл бөлімнің мақсаты – алюминий гидроксидінің құрамынан суды бөліп алып, таза алюминий тотығын алу.

Кальцинация процесі құбырлы айналмалы пештерде 1100-1300°С температура аралығында жүреді. Қыздыру кезінде:

$$Al_2O_3 \cdot 3H_2O \xrightarrow{200-250°C} Al_2O_3 \cdot H_2O \xrightarrow{450-560°C} \gamma\text{-}Al_2O_3 \xrightarrow{850-1200°C} \alpha\text{-}Al_2O_3. \quad (24)$$

алюминий тотығының бөлінуі осы реакция арқылы жүреді.

Пештің қыздыру бөлігінде негізгі энергия көзі ол – сұйық отын болып табылады. Сұйық отын ретінде М100 немесе М40 маркалы мазутты қолданады.

9 Кесте – МЕСТ 10585-63 бойынша мазуттың негізгі сипаттамалары

Параметрлері	М100	М40
Күлділігі, %-тан көп емес	0,15	0,15
Механикалық қоспалардың мөлшері, %-тан көп емес	1,0	2,5
Күкірттің мөлшері, %	0,5	0,5
Судың мөлшері, %	2,0	2,0
Қыздыру температурасы, °С	110	90
Суытылу температурасы, °С	+25	+10
Жану жылулығы, ккал/кг	9650	9700

10 Кесте - Металлургиялық сазбалшыққа қойылатын техникалық талаптар

Қоспалардың массалық үлесі, %					қ.к.ж., %	α, %	Ылғалдылық, %
SiO_2	Fe_2O_3	$TiO+V_2O_5+$ $+Cr_2O_3+MnO$	Zno	$\sum Na_2O+K_2O$			
0,02	0,03	0,01	0,01	0,4	1,2	20	0,5

Тоңазытқышта қыздырылған ауа пешке отынның жануына беріледі. Мазутты жағу үшін алдын ала қыздырылған ауаны, сондай-ақ гидратты кептіру үшін пештен шығатын газды жылуды пайдалану отынның меншікті шығынын қысқартуға және пештің өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді.Тоңзытқыштан шыққан алюминий тотығының температурасы 200°С шамасында болуы қажет [16].

Өңделген бокситтен қаншалықты тауарлы сазбалшық шығатынын немесе жоғалуын білу үшін төменде келтірілген өрнекпен анықтай аламыз:

$$\eta=\frac{Q_1}{Q_2}\cdot 100\%. \qquad (25)$$

мұндағы η – алюминий тотығының шығымы;

Q_1, Q_2–белгілі бір мөлшердегі бокситтен өндірілген алюминий тотығы, кг.

Осылайша біріктірілген Байер-пісіру әдісімен 85-87% тауарлы глинозем аламыз.

3 Технологиялық есептеулер

Бұл бөлімде материалдық және жылулық баланс есептері, негізгі жабдықтың есебі және оны таңдау жүргізілді. Есептеулердің толық нұсқасы А қосымшасында келтірілген.

Есептеуге қажетті бастапқы деректер мыналар:

1) Бокситтің минерологиялық құрамы:

- гиббсит 55 % ($Al_2O_3 * 3H_2O$);
- каолит 22,1 % ($Al_4 [Si_4O_{10}] (OH)_2$);
- гематит 8,2 % (Fe_2O_3);
- гетит 3,1 % ($FeO(OH)$);
- кварц 3,1 % (SiO_2);
- сидерит 3,0 % ($Fe[CO_3]$);
- қалғандары 5,5 %.

2) Бокситтің химиялық құрамы, %: Al_2O_3 45,6; Fe_2O_3 15,8; SiO_2 11,8; CaO 1,1; CO_2 0,5; қалғандары 1,4; қ.к.ж. 23,8. Бокситтің ылғалдылығы 6,0 % (бокситті арнайы кеніштерде кептіреді).

3) Кальцинирленген соданың химиялық құрамы, %: Na_2CO_3 98,5; ылғалдлық 0,5; калғандары 1,0.

4) Кальцинирленген соданың 1 т сазбалшыққа кеткен меншікті шығымы 107,5 кг 98,5 % (Na_2O 62,0 кг) немесе 106,0 кг 100 %.

5) Байер тармағының алюминатты ерітіндінің құрамы, г/л: Al_2O_3 122,5; $Na_2O_{бар}$ 140,0; Na_2O_k 126,6; CO_2 9,5; H_2O 978,0. Тығыздығы 1250 кг/м^3, $\alpha_к$ = 1,7.

6) Пісіру тармағының алюминатты ерітіндісінің құрамы, г/л: Al_2O_3 135,0; Na_2O_k 123,15; SiO_2 0,43; H_2O 991,42. Тығыздығы 1250 кг/м^3, $\alpha_к$ = 1,50.

7) Қайтымды ерітіндінің құрамы, г/л: Al_2O_3 110; $Na_2O_к$ 103,65; CO_2 10,54; H_2O 1041. Тығыздығы 1280 кг/м^3, $\alpha_к$= 1,55.

8) Қайтымды ерітіндінің құрамы, г/л: Al_2O_3 113,7; $Na_2O_{бар}$ 223,5; $N_2O_к$ 202; CO_2 15,26; H_2O 1048 кг/м^3. Тығыздығы 1440 кг/м^3, $\alpha_к$ = 2,92.

9) Сілтілеу кезіндегі қойыртпақты сұйылту ~ 5%.

10) Кремнийсіздендіру кезіндегі алюминат ерітіндісін сұйылту ~ 1,5%.

11) С : Қ: қоюландырғыштың төменгі өнімінде 3,0; соңғы жуғыштың төменгі өнімінде 2,5.

12) Байерлік тармақтан кремнийсіздендірілген ерітіндіде Al_2O_3 65,4%.

13) Пісіру тармағынан кремнийсіздендірілген ерітіндіде Al_2O_3 82,9 %.

4 Қауіпсіздік және еңбекті қорғау

Сазбалшық өндірісінің барлық технологиялық бөлімдерінің жұмыс нәтижесінде атмосфераға зиянды заттар: қатты бөлшектер(боксит, әктас, көмір, сазбалшық)шаңы, сілтілі бу және газдар: күкіртті ангидрид, азот және көміртегі тотықтары шығарылады. Na_2CO_3 – натрий карбонаты. Онымен жұмыс істеу кезінде шырышты массаның пайда болуы байқалады. Онымен ұзақ уақыт жұмыс істегенде экземалар, терінің жарылуы мүмкін. Al_2O_3 – алюминий оксиді. Шаң немесе түтін жұтқан кезде алюминий негізінен өкпе зақымданады. Ауру алюмикоз немесе "лейкемия"деп аталады. Жұмысшылар құрғақ әдіспен құрғақ нервтің неврит жағдайлары сипатталған.

Жұмыс жағдайының ауасындағы улы газдардың, булардың, шаңдардың және басқа да аэрозольдардың шекті рұқсат етілген концентрациясы, мг / $м^3$:

- аммиак – 20;
- ацетон – 200;
- отын бензині – 100;
- күкірт қышқылы –1;
- хлор – 1;

Шикізатты дайындау цехында шаңдар мен газдардан тазарту үшін «құрғақ» және «ылғалды» әдістер қолданылады. Ылғалды әдістерде тазарту үшін КСШ-30, 20 скрубберлер немесе көбікті аппараттар қолданылады. Құрғақ әдістерде газдардан құтылу үшін СДК-ЦН-33, «Матрешка» деп аталатын циклондар қолданылады.

Пісіру цехында газдар мен шаңдардан тазарту екі сатыда жүреді. Бірінші сатыда тұндыру камераларында және циклондарда жүреді, екінші сатыда электрофильтрлар қолданылады.

Жұмысшыларға еңбек жағдайларын жасау үшін зауытта жеке қорғаныс құралдарын пайдалану қарастырылған. Оларға: арнайы киім, тыныс алу, көру, есту, бас, қол, аяқ, тері қабатын қорғауға арналған құралдар жатады.

Қолайлы еңбек жағдайларын жасау үшін жарықтандыру маңызды. Ол түс сигналдарын дұрыс орналастыру үшін қажет. Табиғи және жасанды жарықтандыру қолданылады. Жасанды жарықтандыру тәуліктің қараңғы уақытында жұмыс жүргізу үшін қажет.

Өндірісте әр түрлі жабдық пайдаланылады, оны пайдалану кезінде шу жоғары деңгейде болуы мүмкін. Шудың ұзақ әсері жұмыс істейтін адамның ағзасына теріс әсер етеді, ол зейіннің шоғырлануына кедергі жасайды, ақпараттың сөйлеу алмасуын қиындатады, тез шаршау мен жұмысқа қабілеттіліктің төмендеуін тудырады. Шудың шекті деңгейі 80 дб.

Өрт кезінде сақтану барысында цехтің іші су құбырымен қамтамасыз етілген, гидрокрандар орнатылған. Адамдарды эвакуациялауға арналған баспалдақтардың ені екі метрден кем болмауы тиіс, әрбір корпуста шығу саны екеуден кем болмауы тиіс. Оттың таралуын шектеу үшін жанбайтын конструкциялар, қол өрт сөндіргіштері пайдаланылады.

5 Экономикалық бөлім

Бұл бөлімде өнімнің өзіндік құнын есептеу және соған байланысты процеске түсетін өнімдердің шығындары көрсетіледі.

11 Кесте – 1 т сазбалшық алудағы шығындардың көрсеткіштері

μ_{si}	Құрғақ боксит шығыны, т\т	Ылғал боксит шығыны, т\т	Пісірудегі Шығын, кг\т	Na_2CO_3 шығыны, кг/т	$CaCO_3$ шығыны, кг\т	Пісіріндіні сілтілеу ерітіндісі, %
22,5	1,9	2,3	1255	41	206	2,0
16,0	1,9	2,3	1336	46	242	2,1
12,5	1,9	2,3	1433	53	286	2,3
9,4	1,96	2,4	1634	116	336	2,6
8,0	1,98	2,4	1779	156	371	2,9
5,6	2,05	2,5	2011	286	468	3,4

Үздіксіз процеске көшу сазбалшық өндірісін арттыруға мүмкіндік береді. Өнімді қосымша шығару, біріншіден, гидроксидті бокситтерден шығару, екіншіден, агрегат өнімділігің ұлғаюы. Бөліп алуды 3% арттыру есебінен (89 % - 86 %) қосымша сазбалшық шығару осы көрсеткішке пропорционалды ұлғаяды және:

$$100 \cdot 0{,}03 = 3 \text{ мың т.}$$

Қосымша өндірістік қуатты сазбалшық алуда қайта есептесек осы фактор есебінен құрайды:

$$(1 \cdot 5 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 0{,}99) / 6{,}05 = 7{,}167 \text{ мың т.}$$

Сонда сазбалшық өндірісінің жылдық табысы:

$$3{,}0 + 7{,}167 = 10{,}167 \text{ мың т.}$$

Тарифтік өзгерістеге енгізілген шығындардың артық шығындарының жалпы сомасы 01.10.2018 ж. бастап 30.09.2019 ж. дейінгі кезеңге 230 964 мың теңгені құрады, оның ішінде тарифтік өзгерістердің баптары бойынша шығындардың бір бөлігін артық жұмсау 244 118 мың теңгені құрады, ал толық пайдаланылмаған бөлігінің сомасы қайта бөлу есебінен 13 154 мың теңгені құрады. Электр, жылу энергиясымен және жылу:

- «шикізат және материалдар» бабы бойынша - 782 мың теңге;
- «еңбекақы» бабы бойынша - 762 мың теңге;
- «амортизация» бабы бойынша - 10 801 мың теңге;
- «жөндеу» бабы бойынша - 236 мың теңге;

- «бөгде ұйымдардың қызметтері» бабы бойынша - 155 мың теңге;
- «жерді жалға алу» бабы бойынша - 417 мың теңге;
- әкімшілік-тұрмыстық корпусты ұстау - 1 мың теңге құрады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қорытындылай келе, дипломдық жобада бокситтерді сілтілеу процесінің тиімді әдістерін зерттелді. Зерттеу барысында қазіргі кезде кендердің кедейленуіне орай сілтілеу процесінің тиімді түрі – біріктірілген Байер-пісіру әдісі екені анықталды. Таңдалған әдістің физика-химиялық негіздері, өндірістік жағдайда жүру барысы және тиімділіктері мен артықшылықтары зерттелді.

Технологиялық есептеулер жүргізілді, оның ішінде материалдық баланс есебі, негізгі жабдықтардың өлшемдері мен санының есебі және де жылулық баланс есебі жүргізілді.

Сазбалшық өндірісінде біріктірілген Байер-пісіру әдісін отандық және шетелдік кәсіпорындар пайланады. Өйткені, бұл әдіс жоғары кремнийлі сапасы орташа бокситтерден сазбалшық алуда тиімді болып есептеледі және өнімділігімен жоғары. Бұл әдіс көптеген жылдар бойы зерттеліп және де қазіргі уақытта өнімділігін арттыру бойынша жетілдіріліп келеді.

ПАДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 http://media.ls.urfu.ru/201/584/1259/

2 Логинова И. В., Шопперт А. А., Рогожников Д. А., Кырчиков А. В.. Производство глинозема и экономические расчеты в цветной металлургии// Учебное пособие. - Екатеринбург: - Изд. УМЦ УПИ, - 2016. - 253 с.

3 https://official.satbayev.university/download/document/9843/%D0%A2%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%B1%D0%B0%D0%B5%D0%B2%20%D0%96%D0%B0%D0%BC%D0%B1%D1%8B%D0%BB.pdf

4 https://studbooks.net/583058/tovarovedenie/sposob_bayera_obschie_svedeniya

5 http://psu.kz/arm/upload/umk_pdf/176448.pdf

6 https://metallurgist.pro/proizvodstvo-glinozema/

7 https://studfile.net/preview/6051030/page:4/

8 http://elar.urfu.ru/handle/10995/36318

9 http://metal-archive.ru/proizvodstvo-glinozema/2416-oborudovanie-dlya-razmola-boksita-melnicy.html

10 https://www.google.kz/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fstandartgost.ru%2Fg%2F%25D0%259E%25D0%25A1%25D0%25A2_48-286-86&psig=AOvVaw1wmRvsskkHT0P5p5ogT4wp&ust=1588527810398000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCODjs7vdlekCFQAAAAAdAAAAABAN

11 https://www.google.kz/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fstudfile.net%2Fpreview%2F6439700%2Fpage%3A4%2F&psig=AOvVaw0QybbFyHUDp4Kinw38uYSX&ust=1588534097036000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCODj0en0lekCFQAAAAAdAAAAABAI

12 https://metallurgist.pro/wp-content/uploads/2016/04/131.png

13 https://www.google.kz/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fmetal-archive.ru%2Fproizvodstvo-glinozema%2F2416-oborudovanie-dlya-razmola-boksita-melnicy.html&psig=AOvVaw09brJWx2h12T_VSj-yc8C2&ust=1588877392535000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCOigw9rzn-kCFQAAAAAdAAAAABAD

14 https://metallplace.ru/about/stati-o-chernoy-metalurgii/trubchatye-vrashchayushchiesya-pechi/

15 http://metal-archive.ru/uploads/posts/2015-12/1449144969_r15.jpeg

16 Ибрагимов А.Т., Будон С.В. Развитие технологии производства глинозема из бокситов Казахстана. - Павлодар: -Дом печати, -2010. - 299 с.

17 https://www.google.kz/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fcore.ac.uk%2Fdownload%2Fpdf%2F132416533.pdf&psig=AOvVaw1nPtjC4q8xBeqlg1IiNF8_&ust=1588968424830000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCPjysurGoukCFQAAAAAdAAAAABAc

18 Лайнер А.И., Еремин Н.И., Лайнер Ю.А., Певзнер И.З. Производство глинозема. - 2-е изд. - М.: Металлургия, - 1978. - 344 с.

А қосымшасы

А.1 Материалдық баланс есебі

А.1.1 Байерлік тармақ бойынша есептеулер

Байерлік тармақта Al_2O_3-тың шламмен жоғалымы 44,7%-ды құрайды. Бұл шлам пісіруге жіберіледі, одан сазбалшық пен сілті бөлініп алынады.

Тауарлы сазбалшықтың жалпы шығымы 88,81%-ды құрайды. Онда 1 т сазбалшық алу үшін процеске:

$$985 : (0,88 \cdot 0,447) = 2504,06 \text{ кг боксит қажет.}$$

Оның ішінде Al_2O_3 1115,29 кг. Мұндағы 985 кг 1 т сазбалшықтағы Al_2O_3-тың мөлшері. Al_2O_3-тың жоғалымы 1115,29-985 = 130,29 кг.

Ұсақтау кезінде Al_2O_3-тың жоғалымы 0,3%-ды құрайды, сондықтан сулы ұнтақтауға:

$$1115,26 – (1115,29 \cdot 0,003) = 1111,94 \text{ кг } Al_2O_3 \text{ түседі.}$$

Қайтымды ерітіндінің мөлшерін білу үшін төменде көрсетілген өрнекті қолданамыз:

$$V = \frac{0,608\ \alpha_a\ \alpha_0\ (\alpha-0,85)+0,517s\alpha}{n\ (\alpha_0-\ \alpha_a)}. \qquad (A1)$$

мұндағы α_a, α_0 – алюминатты ерітінді мен қайтымды ерітінділердің каустикалық модулдері;

α, s - сулы ұнтақтауға түскен Al_2O_3, SiO_2 мөлшері, кг;

n – қайтымды ерітіндідегі Na_2O_k, кг/м^3.

$$V= \frac{0,608*2,92*1,55\ (1111,94-0,85*300,99)+0,517*300,99*2,02}{202(2,92-1,55)}=10,15 \text{ м}^3 \qquad (A2)$$

Бұл қайтымды ерітіндінің құрамында, кг:

- Al_2O_3 = 113,7. 10,15 = 1154,06 кг;
- Na_2O_k = 202. 10,15 = 2050,3 кг;
- Na_2O_y = 21,5. 10,15 = 218,23 кг;
- CO_2 = 15,26. 10,15 = 154,89 кг;
- H_2O = 1048. 10,15 = 10637,2 кг;
- барлығы: 14214,68 кг.

Алынған деректер А.1 кестеде көрсетілген.

А қосымшасының жалғасы

А.1 Кесте – Сулы ұнтақтау балансы

Комненттер	Енгізілді, кг			Алынған, кг		
	Дымқыл боксит	Қайтымды Ерітінді	Барлығы	Шикі қойыртпақ	жоғалым	Бар.
Al_2O_3	1111,94	1154,06	2266	2259,3	6,7	2266
Na_2O_y		218,23	218,23	218,23		218,23
Na_2O_k		2050,3	2050,3	2043,1	7,2	2050,3
Fe_2O_3	300,99		300,99	299,18	1,81	300,99
SiO_2	348,26		348,26	346,16	2,1	348,26
CaO	24,88		124,88	24,73	0,15	24,88
CO_2	42,79	154,89	197,68	197,42	0,26	197,68
Қ.К.Ж.	572,14		572,14	568,69	3,45	572,14
Қалғандары	64,18		64,18	63,79	0,39	64,18
H_2O	512,44	10637,2	11149,64	11149,64	3,09	11149,64
Барлығы	2977,62	14214,68	17192,3	17167,15	25,15	17192,3

Бокситті сілтілеуден өткізгеннен кейін SiO_2- мен байланысты натрий гидроалюмосиликаты түрінде және бөлінбейтін боксит сазбалшықпен ерітіндіге өтеді. Ал барлық қоспалар шламда қалады.

Қызыл шламның құрамы:

- Al_2O_3 = 348 кг;
- Na_2O = 211,5 кг;
- Fe_2O_3 = 346,16 кг;
- SiO_2 = 299,18 кг;
- CaO = 24,73 кг;
- қалғандары – 63,79 кг;
- қ.к.ж. – 101,43 кг;
- барлығы: 1394,79 кг.

Қ.к.ж. былай есептейміз: оның барлық мөлшері 2 сатыда болып келеді: біріншісі ГАСН түзілуімен:

$$\frac{299,18*2*18}{120}=89,75\text{кг.}$$

Екіншісі шламдағы барлық темір тотығының 10% Fe(OH)3 түрінде екенін қабылдаймыз . Сонда қ.к.ж. :

$$\frac{346,16*0,1*54}{160}=11,68\text{кг.}$$

Қ.к.ж. жалпы массасы:

$$89,75 + 11,68 = 101,43 \text{ кг.}$$

А қосымшасының жалғасы

С:Қ=3,0 кезінде 1394,7 кг қызыл шлам 4881,76 кг алюминатты ерітіндіге немесе V=3,85 $м^3$ өтеді, оның құрамы:

- Al_2O_3 = 3,81*110 = 419,1;
- Na_2O_k = 3,81*103,65 = 394,9;
- Na_2O_y = 3,81*14,85 = 56,58;
- CO_2 = 3,81*10,54 = 40,16;
- H_2O = 3,81*10,41 = 39,66.

Шламды ыдыратудан және жуып-шаюдан болған шығындарды есептемегенде Al_2O_3 және Na_2O мөлшері, қызыл шламның қарама-қарсы жуылуынан 1-ші разрядпен қойыртпақ сұйылуына қайтарылады. Жуылған судың құрамы, кг:

Al_2O_3 = 419,1 - 4,4 6 = 414,64 кг,
Na_2O_k = 394,9 – 4,8 = 390,1 кг,
Na_2O_y = 56,58 кг,
CO_2 = 40,16 кг.

H_2O мөлшерін былай есептейміз. Алюминатты ерітіндінің құрамында 1906,84 кг Al_2O_3 бар. Al_2O_3-тың осы мөлшеріне H_2O кг келеді:

$$\frac{1906,84*1041}{110}=18045,64 \text{ кг.}$$

Сонда жууға су енгізіледі, кг:

$$18045,64 – (11833,24 + 3966,21) = 10178,61 \text{ кг.}$$

Алюминат ерітіндісіндегі және қызыл шламмен ерітілген алюминат ерітіндісіндегі судың мөлшері мен қойыртпақтың сұйық фазасындағы айырмашылық ретінде анықталады.

А.2 Кесте – Сілтілеу балансы

Компоненттер	Енгізілді, кг			Алынған, кг		
	Шикі қойырт.	Конден -сат	Бар.	Қызыл шлам	Қойырт.-тың сұйық фазасы	Жоғ.
1	2	3	4	5	6	7
Al_2O_3	2259,3		2259,3	348	1906,84	4,46
Na_2O_y	218,23		218,23		218,23	
Na_2O_k	2043,1		2043,1	211,5	1826,8	4,8
Fe_2O_3	346,16		346,16	346,16		

А қосымшасының жалғасы

А.2 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7
SiO_2	299,18		299,18	299,18		
CaO	24,73		24,73	24,73		
CO_2	197,42		197,42		197,42	
Қалғандары	63,79		63,79	63,79		
Қ.к.ж.	569,69		568,69	101,43	467,26	
H_2O	11146,55	686,69	11833,24		111833,24	
Барлығы	17167,15	686,69	17853,84	1394,79	1669,79	9,26

А.3 Кесте – Жуылған қызыл шлам балансы

Компонент-тер	Енгізілді, кг				Алынған, кг			
	Қызыл Шлам	Алюми-натты ер. қызыл шламмен бірге	Жуу-ға арн. Су	Бар	Қызыл шлам пісіруге	Жу-ыл-ған су	Қойыл-туға Кеткен су	Бар
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Al_2O_3	348	414,64		762,64	348		414,64	762,64
Na_2O_y	211,5	390,1		601,6	211,5		390,1	601,6
Na_2O_k		56,58		56,58			56,58	56,58
Fe_2O_3	346,16			346,16	346,16			346,16
SiO_2	299,16			299,18	299,16			299,18
CaO	24,73			24,73	24,73			24,73
CO_2		40,16		40,16			40,16	40,16
Қалғандары	63,79			63,79	63,79			63,79
Қ.к.ж.	101,43			101,43	101,43			101,43
H_2O		3966,21	7264,61	11230,82		1052,21	10178,61	11230,82
Барлығы	1394,79	4867,69	7264,61	13527,09	1394,79	1052,21	11080,09	13527,09

А.1.2 Пісіру тармағы

Бұл тармақта пісіруге Байерлік тармақтан қызыл шлам түседі. Оған қоса, пісіруге маттық ерітіндіні буландырғанда бөлініп шыққан “қызыл” сода (қайтымды сода) түседі.

Қызыл сода құрамында CO_2 шығады, кг:

$$11,63 + 1,0 = 12,63 кг.$$

мұндағы 11,63 – бокситпен бірге түсетін CO_2 мөлшері, кг;

1,00 – ауамен жұтылған CO_2 мөлшері, кг.

CO_2-нің бұл мөлшері 17,80 кг Na_2O_k-мен байланысып моногидратты сода түзеді. Сонда моногидратты соданың массасы 35,60 кг, оның ішінде H_2O 5,17 кг. Пісіруге алюминатты ерітіндіні кремнийсіздендірген бөлінген ақ шлам да түседі. Оның мөлшерін есептеу үшін: пісіріндіні сілтілеген де ерітіндіге Al_2O_3 өтеді, кг:

$$(252{,}03 + 7{,}45 + 7{,}00) – 1{,}04 – 2{,}07 – 1{,}30 – 37{,}63 – 1{,}04 – 0{,}78 = 222{,}62,$$

мұндағы 7,00 – Al_2O_3 “қызыл” сода мен ақ шламның құрамындағы;

252,03 + 7,45 – қызыл шламның құрамындағы Al_2O_3 мөлшері; қалғандары пісіру кезіндегі алюминий тотығының жоғалымы.

Есептеуді жеңілдету үшін барлық кремнезем ГАСН-мен бірге тұнбаға түседі деп аламыз. Сонда пісіруге түсетін ақ шламның құрамы келесідей, кг:

$$Al_2O_3 = \frac{7*102}{120} = 5{,}95,$$

$$Na_2O = \frac{7*62}{120} = 3{,}62,$$

$$SiO_2 = 7{,}00,$$

$$H_2O = \frac{7*36}{120} = 2{,}10,$$

Барлығы 18,67 кг.

Пісіруге түсетін қызыл шлам мен ақ шламның құрамындағы SiO_2 мөлшері, кг:

$$\underline{272{,}85} + \underline{7{,}00} = 279{,}85.$$

Шихтадағы молярлық қатынасы $CaO : SiO_2 = 2$ болғандағы CaO-ның қажеттілігі CaO (2,0*279,85)/60 = 9,328 моль немесе 522,39 кг, оның ішінде қызыл шлам 25,48 кг құрайды. Сонда әктастың құрамындағы мөлшері, 522,39 – 25,48 = 496,91 кг. Процеске түсетін құрғақ әктастың мөлшері, кг:

$$496{,}91 : (0{,}540 – 0{,}028) = 970{,}53,$$

мұндағы 0,540 – 1 кг әктастағы CaO мөлшері, кг;

0,028 – $2CaO \cdot SiO_2$ байланыстағы 1 кг әктастағы CaO мөлшері, кг.

Сонда процеске түсетін шихтаның массасы, кг:

$$1089{,}06 + 15{,}16 + 30{,}43 + 3{,}76 + 16{,}57 + 0{,}26 + 106 + 970{,}53 = 2231{,}76.$$

А қосымшасының жалғасы

А.4 Кесте – Пісіру балансы және пісіріндіні ұсақтау балансы

Компонет-тер	Енгізілді, кг				Алынған, кг	
	Қойырт-пақ	Барлығы	Пісіру кезіндегі жоғалым	Ұсақтау кезіндегі жоғалым	Ұсақталған пісірінді	Барлығы
1	2	3	4	5	6	7
Al_2O_3	265,57	265,57	2,07	1,30	262,20	265,57
Na_2O	233,72	233,72	2,10	1,30	230,32	233,72
Fe_2O_3	363,75	363,75	3,30	2,00	358,45	363,75
CaO	547,47	547,47	4,90	2,60	539,97	547,47
CO_2	468,27	468,27	468,27	-	-	468,27
SiO_2	293,21	293,21	2,26	1,40	289,55	293,21
Қалғандары	52,72	52,72	0,35	0,20	52,17	52,72
Қ.к.ж.	-	-				
H_2O	1191,72	1191,72	1191,72	-	-	1191,72
Барлығы	3416,43	3416,43	1674,97	8,80	1732,16	3416,43

А.5 Кесте – Пісіріндіні сілтілеу балансы

Компонеттер	Енгізілді, кг				Алынған, кг			
	Ұсақтал-ған пісірінді	Сілтілеу-дегі су	Барлы-ғы	Қалдық шлам	Қалды-қ су	Жоғалым	Кремний-сізденген алюм. ер-ді	Барлығы
Al_2O_3	262,20	-	262,20	37,63	0,78	1,04	222,75	262,20
Na_2O	230,32	-	230,32	32,10	0,80	1,00	196,42	230,32
Fe_2O_3	358,45	-	358,45	358,45	-	-		358,45
SiO_2	289,55	-	289,55	282,55	-	-	7,00	29,55
CaO	539,97	-	539,97	539,97	-	-		539,97
Қалғандары	52,17	-	52,17	52,17	-	-	-	52,17
Қ.к.ж.	-	-		142,00	-	-	-	142,0
H_2O	-	2554,28	2554,28	-	776,4	-	1635,86	2412,28
Барлығы	1732,66	2254,28	4286,94	1444,87	778,0	2,04	2062,03	4286,94

Пісіріндіні сілтілеу кезіндегі ерітінді натрий алюминатына өтеді және кренеземнің аз мөлшері өтеді, ал қоспалар шламда қалады.

Шламның құрамы келесідей, кг:

- Al_2O_3 – 37,63;
- Na_2O – 32,10;
- Fe_2O_3 – 358,45;

А қосымшасының жалғасы

- SiO_2 – 282,55;
- CaO – 539,97;
- Қалғандары – 52,17;
- Қ.к.ж. – 142,00;
- Барлығы – 1444,87.

Ерітіндіге Al_2O_3 өтеді, кг: 262,20 – (37,63+1,04+0,78) = 222,75 және SiO_2 7.0 кг. Шламда SiO_2 282,56 кг қалады.

Қалдық шламның ылғалдылығын 35 % деп алсақ, онда онымен бірге (1444,87 : 0,35) * 0,35 = 778,00 кг сұйықтық бөлініп шығады, оның ішінде 0,78 кг Al_2O_3 және 0,80 кг Na_2O бар және жуылмағандықтан 776,42 кг H_2O бар.

Алюминатты ерітіндінің концентрациясы 35 г/л және тығыздығы 1250 кг/м^3 кезінде Al_2O_3 222,75 кг H_2O – ға (222,75 * 991,43) / 135,0 = 1635,86 кг қажеттілік туады.

Сонда шламды жууға және пісіріндіні сілтілеуге керек судың мөлшері, кг:

$$142,00 + (778,00 – 0,78 – 0,80) + 1635,86 = 2554,28,$$

мұндағы 142,00 – қалдық шламдағы қ.к.ж., кг;
778,00 – 0,78 – 0,80 – жуылған судағы H_2O мөлшері, кг;
1635,86 – алюминатты ерітіндідегі H_2O мөлшері, кг.

А.6 Кесте – Декомпозиция балансы

Компо-нентер	Енгізілді, кг					
	Байер-лік тар-мақтағы алюми-нат ерітін-дісі	Пісіру тармағын-дағы алюминат ерітіндісі	Алюми-ний гидрото-тығы	Мат-тық ерітін-ді	Пісіру тармағын-дағы жуылған су	Барлығы
Al_2O_3	1610,52	214,26	3653,34	90,52	1,89	5570,53
Na_2O_k	1670,92	190,45	-	203,38	1,72	2066,47
Na_2O_y	173,36	-	-	19,00	-	192,36
CO_2	111123,03	-	-	13,41	-	136,44
H_2O	12857,86	1649,96	1934,12	1536,18	23,68	18001,80
Барлығы	16435,69	2054,67	5587,46	1862,49	27,29	25967,60

А қосымшасының жалғасы

А.7 Кесте – Алюминий гидрототығын сүзу және жуу балансы

Компоненттер	Енгізілді, кг			
1	2	3	4	5
	Алюминий гидрототығы	Маттық ерітінді	Су	Барлығы
Al_2O_3	994,57	73,92	-	1068,49
Na_2O_k	-	166,10	-	166,10
Na_2O_y	-	15,52	-	15,52
CO_2	-	10,95	-	10,95
H_2O	526,54	1254,62	800,00	2581,16
Барлығы	1521,11	1521,11	800,00	3842,22

Процестен шыққан маттық ерітінді буландыруға және соданы бөліп алуға жібереді, ал түзілген гидрототық 1100-1200°С-та кальцинацияға жіберіледі.

1 т сазбалшық алу үшін кальцинацияға 985 + 9,57 = 994,57 кг Al_2O_3 құрамды гидрототық керек. Оған қоса, оның ішіндегі кристаллизацияланған суды есептесек, (994,57 * 3 * 18) : 102 = 526,54 кг. Барлығы 994,57 + 526,54 = =1521,11 кг гидрототық.

Маттық ерітіндіде қалады, кг:

$$Al_2O_3 = (1610,52 + 214,26 + 1,89) – 994,57 – 526,54 = 825,72$$
$$H_2O = (12857,86 + 1649,96 + 23,68) – 526,54 = 14004,96.$$

Декомпозиция және кальцинациядан кейінгі қалған сілтінің барлығы маттық ерітіндіде қалады, кг:

$$Na_2O_k = (1670,92 + 190,45 + 1,72) – 4,80 – 4,00 = 1854,29,$$
$$Na_2O_y = 173,36,$$
$$CO_2 = 123,03.$$

Маттық ерітіндінің құрамы келесідей, кг:

- Na_2O_k = 1854,29;
- Na_2O_y = 173,36;
- Al_2O_3 = 825,75;
- CO_2 = 123,03;
- H_2O = 14004,96;
- Барлығы 16981,36.

А қосымшасының жалғасы

А.8 Кесте – Гидрототықты қыздыру балансы(кальцинация)

Компонент тер	Енгізілді, кг			Алынған, кг		
1	2	3	4	5	6	
	Өнімдік гидрототық	Гидрототық-пен шыққан су	Барлығы	Сазбал-шық	Жоғал ым	Барлы-ғы
Al_2O_3	992,95	1,62	994,57	985,00	9,57	994,57
Na_2O	-	4,00	4,00	3,00	1,00	4,00
Қ.к.ж.	-	-	-	12,00	-	-
H_2O	525,68	201,80	727,48	-	715,48	727,48
Барлығы	1518,63	207,42	1726,05	1000,0	726,05	1726,05

А.2 Негізгі жабдықты таңдау және технологиялық есептеу

Араластырғыштардан шығатын қойыртпақтың массасы қойыртпақтың массасынан және су буының конденсатының массасынан жинақталады. Бу 95-тен 110°С-қа дейін қойыртпақтың қызуы және қоршаған ортаға жылу шығынын өтеу есебінен енгізіледі.

Будың жалпы шығымы, $P^a_п$, кг/сағ:

$$P^a_n = \frac{Q^a_1 + Q^a_2}{i' - i''}. \qquad (A3)$$

мұндағы Q^a_1 – қойыртпақты қыздырудағы жылудың мөлшері, кДж/сағ;

Q^a_2 – шығындарды өтеуге арналған жылу мөлшері, кДж/сағ;

i' – меншікті этальды бу, кДж/кг;

i'' – орташа этальды конденсат.

$$Q^a_1 = (c_1m_1 + c_2m_2 + c_3m_3)(t_1 - t_2), \qquad (A4)$$

Q^a_1 = (14214,68 * 3,35 + 2977,62 * 0,96) (11095) * 125 = 94,65 *10^6 кДж/сағ.

Қоршаған ортаға жылу жоғалуын анықтау үшін араластырғыштардың санын білу керек. Бумен енгізілген жылудың жалпы мөлшерінен 3% жоғалтуды қабылдаймыз.

Q^a_2 = (2,93. 10^6) кДж/сағ,

i'' = 794,21 кДж/кг .

Қойыртпақты қыздырудағы будың шығымы, кг/сағ:

А қосымшасының жалғасы

$$P_п^а = \frac{94,65*10^6 + 2,93*10^6}{2803,48 - 794,21} = 48564,9.$$

Қойыртпақтың шығымын есептейміз G, кг/сағ:

$$G = G_n + G_k. \qquad (A5)$$

мұндағы G_n – будың шығымы, кг/сағ;

G_k – конденсаттың шығымы, кг/сағ.

$$G = 17192 *125 + 48564 * 9 = 2197564,9.$$

Қойыртпақтың тығыздығы 1,37кг/м^3. Ыдыраған қойыртпақтың көлемі: $V_{сек}$ = 0,61 м^3/с; $V_{сағ}$ = 2200 м^3/сағ.

Араластырғыштың диаметрін 8 м және биіктігін 12 м деп аламыз. Жұмыс көлемі V=602,9 м^3. Араластырғышты 75 % толтыру 20533 м^3-ға тең. Араластырғыштардың саны n = 20533 / 602,9 = 34.

Берілген өнімділікті қамтамасыз ету үшін W пульпасының сызықтық жылдамдығы м / с болуы тиіс:

$$W = \frac{V_{сек}}{\pi АД^2\ 64} = \frac{0,61}{(3,14*64)/4} = 0,012.$$

А қосымшасының жалғасы

А.3 Жылулық баланс есептеулері

Жылудың кірісі.

Сілтісіздендіруге температурасы өткір бу беру арқылы ұстап тұратын шикі қойыртпақ түседі.

$$Q_{кіріс} = Q_{бу} + Q_{шикі\ қойыртпақ}. \quad (А6)$$

Шикі қойыртпақтың жылу мөлшерін есептеу, кДж:

$$Q = cmt. \quad (А7)$$

мұндағы с – меншікті жылу сыйымдылығы, кДж/кг·С°;

m – қойыртпақ массасы, кг.

Сонда:

$$Q_{шикі\ қойыртпақ} = 0,85 * 95 * 17192,3 = 1388278\ кДж.$$

$Q_{бу}$ = 757200 кДж; $Q_{кіріс}$ = 2145478 кДж.

Жылу шығымы

Нәтижесінде сілтілеуден кейін қызыл шлам, қойыртпақтың сұйық фазасы және алюминатты ерітінді.

Қызыл шламның температурасы 80°С, меншікті жылу сыйымдылығы 0,79 кДж/кг·С°. Сұйық фазаның температурасы 90°С, меншікті жылу сыйымдылығы 0,79 кДж/кг·С°.

$Q_{қ.шл.}$ = 0,79 * 80 * 1394,79 = 88150 кДж,

$Q_{с.ф.}$ = 0,79 *90 * 16449,79 = 1169580 кДж,

$Q_{ш}$ = 88150 + 1163580 = 1257730 кДж.

Қоршаған ортаға шығындарды анықтаймыз. Қоршаған ортаға және оқшауланбаған бөлік және құбыр жолдар арқылы екі қосынды шығындарды қабылдаймыз және тең:

$$Q_{қ.о.} = Q_{кіріс} - Q_{шығыс} = 2145478 – 1257730 = 887748\ кДж.$$