

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

Ғалым Әмір Русланұлы

«Ильменит концентраттарын электр пеште балқыту»

Дипломдық жұмысқа

**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

5B070900 – «Металлургия» мамандығы

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**

МжПҚБ кафедра меңгерушісі

\_\_\_\_\_ М. Б. Барменшинова

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 ж.

Дипломдық жұмысқа

**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

Тақырыбы: «Ильменитконцентраттарынэлектрпештебалқыту»

Мамандығы 5B070900 – «Металлургия»

Орындаған Ә.Р. Ғалым

Ғылыми жетекшісі

Техника ғылымдарының

магистрі

\_\_\_\_\_ А.А. Бекишева

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 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

5B070900 – «Металлургия»

**БЕКІТЕМІН**

МжПҚБ кафедра меңгерушісі

М.Б. Барменшинова

« \_\_\_\_\_ » 2020 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Ғалым Әмір Русланұлы

Тақырыбы «Ильменит концентраттарын электр пеште балқыту»

Университет ректорының 2020 жылғы « 27 » қаңтар №762  
б. бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі «11» мамыр 2020 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері диплом алдындағы тәжірибе  
кезінде жиналған материалдары

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

а) Кіріспе

б) Технологиялық бөлім

в) Қорытынды

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Сызба материалдарының 10 слайдта көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет 8 атаудан

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 30 әдебиеттер тізімі

Дипломдық жұмысты дайындау  
**КЕСТЕСІ**

|                                                      |                                                           |         |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------|
| Бөлімдератауы,<br>қарастырылатын мәселелер<br>тізімі | Ғылыми жетекші<br>мен кеңесшілерге көрсетілген<br>түрлері | Ескерту |
| Кіріспе                                              | 11.02.2020ж.                                              |         |
| Әдеби шолу                                           | 25.03.2020ж.                                              |         |
| Технологиялық бөлім                                  | 08.04.2020 ж.                                             |         |
| Металлургиялық есептеулер                            | 15.04.2020ж.                                              |         |
| Қорытынды                                            | 30.04.2020ж.                                              |         |

Дипломдық жұмыстың бөлімдерінің кеңесшілері мен  
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған  
**қолтаңбалары**

|               |                                                                    |                     |      |
|---------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------|------|
| Бөлімдератауы | Кеңесшілер, аты, әкесінің<br>аты, тегі (ғылыми дәрежесі,<br>атағы) | Қолқойылған<br>күні | Қолы |
| Негізгі бөлім | А.А. Бекишева, техника<br>ғылымдарының кандидаты                   |                     |      |
| Норма бақылау | А.Н. Таймасова, техника<br>ғылымдарының магистрі                   |                     |      |

Ғылыми жетекші \_\_\_\_\_ Техника ғылымдарының магистрі  
А. А. Бекишева

Тапсырманы орындауға алған білім алушы \_\_\_\_\_ Ә.Р. Ғалым

Күні

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020ж.

## АНДАТПА

Дипломдық жұмысқа түсіндірмелік жазба 34 бет, 6 кесте және 3 суреттен тұрады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты: Ильменит концентраттарын электр пеште балқытуды теориялық тұрғыдан кеңінен қарастырып талдау және материалдық баланс пен жылулық балансын есептеп шығару.

Дипломдық жұмыстың міндеттері: құрылыс алаңының сипаттамасы және оны таңдау, электр пешіндегі ильменит концентратын балқытудың материалдық баланстарының есептеулерін есептеу талқылау.

Жұмыс барысында қолданылған негізгі сөздер: ильменит, титан, пештер, жылулық баланс, титан қожы, өлшем, температура,

Алынған тәжірибелік мәліметтер негізінде Қазақстан зауыттарынан ильмениттік шикізатының сипаттамалары анықталып, электрлі пештерде балқытудың нәтижесінде жалпыланды.

Процесте титанмен байланысты параметрлер, сондай-ақ ильменит концентратының электр балқытпалары орындалды және тексерілді

Дипломдық жұмысты жазу кезінде кәсіпорынның есеп беру құжаттары, оқу-әдістемелік және ғылыми-технологиялық құжаттама, әдебиеттер қолданылды. Материалдық балансты, негізгі және қосалқы жабдықтарды есептеу кезінде металлургиялық процестердің негізгі теориялық деректері, сондай-ақ Қазақстанның кәсіпорнында ильменит шикізаты қолданылды.

## АННОТАЦИЯ

В дипломной работе пояснительная записка состоит из 34 страниц, 6 таблиц и 3 рисунка.

Цель дипломной работы: теоретический анализ плавки ильменитовых концентратов в электропечи и расчет материального баланса и теплового баланса.

Задачи дипломной работы: характеристика строительной площадки и ее выбор, расчет расчетов материальных балансов выплавки ильменитового концентрата в электропечи.

Основные слова, используемые в процессе работы: ильменит, титан, печи, тепловой баланс, титановый шлак, размер, температура,

На основе полученных опытных данных определены характеристики ильменитного сырья с заводов Казахстана и обобщены в результате плавки в электропечах.

В процессе выполнены и проверены параметры, связанные с титаном, а также электроплавки ильменитового концентрата

При написании дипломной работы использовались отчетные документы предприятия, учебно-методическая и научно-технологическая документация, литература. При расчете материального баланса, основного и вспомогательного оборудования использовались основные теоретические данные металлургических процессов, а также ильменитное сырье на предприятии Казахстана.

## ANNOTATION

In the thesis, the explanatory note consists of 34 pages, 6 tables and 3 figures.

The purpose of the thesis: theoretical analysis of melting of ilmenite concentrates in an electric furnace and calculation of the material balance and heat balance.

Tasks of the thesis: characteristics of the construction site and its selection, calculation of calculations of material balances of ilmenite concentrates melting in an electric furnace.

Main words used in the process: ilmenite, titanium, furnaces, heat balance, titaniums lag, size, temperature,

Based on the experimental data obtained, the characteristics of ilmenite raw materials from the plants of Kazakhstan were determined and generalized as a result of melting in electric furnaces.

In the process, the parameters related to titanium, as well as the electric melts of ilmenite concentrate, were performed and verified.

When writing the thesis, we used accounting documents of the enterprise, educational and scientific and technological documentation, literature. When calculating the material balance, main and auxiliary equipment, the basic theoretical data of metallurgical processes, as well as ilmenite raw material from the enterprise of Kazakhstan were used.

## МАЗМҰНЫ

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Кіріспе                                                                                    | 9  |
| 1 Жалпы түсініктеме жазба                                                                  | 10 |
| 1.1 Титан алу технологиясы                                                                 | 10 |
| 1.2 Ильменит концентраттар қоры, сапасы, номенклатурасы және технологиялық деңгейі         | 12 |
| 2 Энергиялық ресурстармен қамтамасыз ету және технологиялық шешімдер                       | 13 |
| 2.1 Ильменит концентраттарын алу әдістері                                                  | 13 |
| 2.2 Технологиялық көрсеткіштер мен өнімді өңдеудегі технологиялық сызбаны таңдау           | 14 |
| 2.3 Негізгі технологиялық процестерді сипаттау                                             | 16 |
| 3 Технологиялық процестің есептеулері                                                      | 18 |
| 3.1 Электрпешіндегі ильменит концентратын балқытудың материалдық баланстарының есептеулері | 18 |
| 3.2 Электрлі пештің конструктивтік есебі                                                   | 23 |
| 3.3 Пештің жылулық балансының есебі                                                        | 25 |
| Қорытынды                                                                                  | 32 |
| Пайдаланалған әдебиеттер тізімі                                                            | 33 |

## КІРІСПЕ

Дипломдық жұмыста ильменит концентратын электр пеште балқыту қарастырылады. Тақырыптың өзектілігі: Ильменит концентраттарын электрлі пештерде балқытудың басты кемшілігі - тотықсыздандыру үрдісінің сұйық фазада оңтайсыз өту және жоғары шандану салдарынан электр энергиясын арттық мөлшерде тұтыну болып келеді. Оған орай газ тазалау жүйесі айтарлықтай қаражатты талап етеді. Гетерогенді тотығу-тотықсыздану реакцияларын зерттеу технологияны оңтайландыруға және жаңа химиялық реакторларды жасауға мүмкіншілік ашады. Энергетикалық шығынды төмендету және шандану салдарынан шикіқұрамның жоғалуын толық жою үшін келесі сұлба орынды: қатты фазада темір оксидтерін тотықсыздандыру сатысы және титан қожы мен металды айыру мақсатында тотықсызданғаншикіқұрамды электр пешінде балқыту. Ильмениттік шикізатты қатты фазалық тотықсыздандыру кезінде өтетін физикалық-химиялық үрдістерді зерттеу үшін шикізаттың сұйық фазадатотықсыздануын толықтай зерттеу керек және қатты фазалық тотықсыздандыруды жүргізудің жағдайын анықтау қажет. Оны іске асыру үшін темір мен ванадийдің селективтітотықсыздануының оңтайлы параметрлерін анықтау керек. Бұл параметрлер ильмениттік шикізаттан элементтердің толықтай тотықсыздануын қамтамасыз етуін қажет етеді.

Бұдан шығатыны титан өндірісі магний өндірісінің жанында орналасуы керек. Магний белсенді металл сондықтан бұл процесте қалыпқа келтіргіш рөлін атқарады. 1 кг титан өндірісіне шамамен 4 кг  $TiCl_4$  және 1 кг магний жұмсалады деп есептеледі. Титан өндірісінің негізгі шикізат  $TiCl_4$  болып табылады.  $TiCl_4$  құрамында титан бар қоспаларды хлорлау арқылы алынады және магнийді электролиз арқылы аламыз  $MgCl_2$ . Ақырында алынған сусыз  $MgCl_2$  магний электролизында қолдануға жарамды, ал электролиз процесінде бөлінетін хлор-  $TiCl_4$  өндірісінде қолданылады. Осы нәтижелер бойынша титан мен магний өндірісін қосқан тиімді деген шешім шығаруға болады.

# 1 Жалпы түсініктемелік жазба

## 1.1 Титан алу технологиясы

Титан жоғары механикалық беріктігімен, коррозиялық төзімділігімен, ыстыққа төзімділігімен ( $T_{пл} = 1660\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) және аз тығыздығымен ( $4,51\text{ г/см}^3$ ) ерекшеленеді. Оны ұшақ жасауда конструкциялық материал ретінде, сондай-ақ концентрацияланған азот және сұйылтылған күкірт қышқылдарын тасымалдауға арналған ыдыстар салу кезінде қолданады. Титан АҚ және эмаль өндіру үшін  $\text{TiO}_2$  диоксиді де қолданылады. Титан мен ті диоксидін өндіру үшін ең көп таралған шикізат ретінде титан-магнетитті темір кендерін байыту кезінде бөлінетін ильменит концентраты болып табылады, онда құрамында %: 40-60  $\text{TiO}_2$ , 30  $\text{FeO}$ , 20  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  және 5-7 бос жыныстар ( $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ), сонымен қатар ильменит  $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$  минералы түріндегі титан бар. Ильменит концентратынан титан өндірісінің технологиялық процесі мынадай негізгі кезеңдерден тұрады: қалпына келтіру балқытумен титан қожын алу, титан шлактарын хлорлау арқылы титан тетрахлоридін алу, тетрахлоридтен қалпына келтіру арқылы титан (губка, ұнтақ) өндірісі. Ильменит концентратын қалпына келтіріп балқыту  $\text{TiO}_2$ -ді шлаққа көшіруді және оларды қалпына келтіру арқылы темір оксидтерін бөліп алуды мақсат етеді. Балқытуды электр доғалы пештерде жүргізеді. Алдымен концентрат пен қалпына келтіргішті (кокс, антрацит) жүктейді, оларды  $1650\text{ }^{\circ}\text{C}$  дейін қыздырады. Негізгі реакция:  $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2 + \text{C} = \text{Fe} + \text{TiO} + \text{CO}$ . Қалпына келтірілген және көміртекті темірден шойын пайда болады, ал титан оксиді 82-90%  $\text{TiO}_2$  бар қожға өтеді.  $\text{TiCl}_4$  титан тетрахлоридін алу  $700\text{-}900\text{ }^{\circ}\text{C}$  температураларда  $\text{TiO}_2$  газ тәрізді хлордың әсерінен жүзеге асырылады, бұл ретте реакция өтеді:  $\text{TiO}_2 + 2\text{Cl}_2 + 2\text{C} = \text{TiCl}_4 + 2\text{CO}$ . Хлорлау үздіксіз жұмыс істейтін шахталық хлораторларда немесе тұзды хлораторларда жүзеге асырылады. Шахталық хлоратор-бұл диаметрі 2-ге дейін және биіктігі 10 м-ге дейін футерленген цилиндр, оған ұсақталған титан шлактарынан брикеттер тиелген және төменгі жағынан құрамында 65-70%  $\text{Cl}_2$  бар магнийлі электролизерлердің газын үрлейді.  $\text{TiO}_2$  брикеттер мен хлордың өзара әрекеттесуі процесс үшін қажетті температураны (әрекет ету аймағында  $\sim 950\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) қамтамасыз ететін жылуды бөлумен жүреді. Хлораторда түзілетін газ тәрізді  $\text{TiCl}_4$  Жоғарғы арқылы шығарылады, хлорлаудан шлақтың қалдығын үздіксіз төменнен түсіреді. Тұз хлораторы шамотпен футерленген камераны, құрамында калий, натрий, магний және кальций хлоридтері бар магний электролизерлерінің жартылай өңделген электролитімен толтырылған. Жоғарыдан балқытуға ұсақталған титан шлак пен кокс тиеледі, ал төменнен хлор үрленеді. Балқымда титан қожын хлорлаудың қарқынды өтуі үшін қажетті  $800\text{-}850\text{ }^{\circ}\text{C}$  Температура хлорлаудың өтетін экзотермиялық реакцияларының жылуы есебінен қамтамасыз етіледі. Газ тәрізді  $\text{TiCl}_4$  хлоратордың жоғарғы жағында қоспалардан тазалауға шығарылады, пайдаланылған электролитті мезгіл-мезгіл ауыстырады. Тұзды хлораторлардың негізгі артықшылығы - шикіқұрамды қымбат брикеттеу қажет емес. Хлораторлардан шығарылатын газ

тәрізді  $TiCl_4$  құрамында шаң және газ қоспалары —  $CO$ ,  $CO_2$  және түрлі хлоридтер бар, сондықтан оны бірнеше сатыда жүргізілетін күрделі тазалауға ұшырайды.  $TiCl_4$  тетрахлоридінен титанды металлотермиялық қалпына келтіру магниймен немесе натриймен жүргізіледі.

Магниймен қалпына келтіру үшін пешке хром-никель болаттан жасалған биіктігі 2-3 м герметикалық ретортты білдіретін аппараттар қызмет етеді.  $\sim 750^\circ C$  дейін қыздырылған магний ретортына енгізгеннен кейін оған титан тетрахлориді береді.  $TiCl_4 + 2Mg = Ti + 2MgCl_2$  магний титанды қалпына келтіру жылу бөлумен жүріп жатыр, сондықтан пештің электр қыздыруы өшіріледі және ретортты ауамен үрлейді, температураны  $800-900^\circ C$  шамасында ұстап тұрады; оны титан тетрахлоридінің беру жылдамдығымен реттейді. 30-50 сағ ұзақтықпен қалпына келтірудің бір циклі үшін губка түрінде 1-4 т титан алынады (титанның қатты бөлшектері кеуекті массаға — губкаға пісіріледі). Сұйық  $MgCl_2$  реторттан мерзімді түрде шығарылады.

Титан губкасы көп  $MgCl_2$  және магнийді сіңіреді, бұл қалпына келтіру циклі аяқталғаннан кейін қоспаларды вакуумдық айдау жүргізеді. Ретортқа  $\sim 1000^\circ C$  дейін қыздырғаннан кейін және онда вакуум жасалғаннан кейін 35-50 сағат бойы ұсталады; осы уақыт ішінде қоспалар буланады. Кейде губкадан қоспаларды айдау оны реторттан шығарғаннан кейін жүргізіледі. Титан натриймен қалпына келтіруді магниетермиялық қалпына келтіру үшін қолданылатын аппараттарға ұқсас жүргізеді.  $TiCl_4$  және сұйық натрий берілгеннен кейін ретортта титанды қалпына келтіру реакциясы жүреді:  $TiCl_4 + 4Na = Ti + 4NaCl$ . Температура  $800-880^\circ C$  қалпына келтіру кезінде бөлінетін жылу есебінен ұсталады. Құрамында 17%  $Ti$  және 83%  $NaCl$  бар алынған қатты массаны реактордан шығарады, титан ұнтағын ала отырып,  $NaCl$  сумен ұсақтайды және сілтілейді. Титанды тазарту. Жоғары таза титанды алу үшін  $Ti + 2I_2 = TiI_4$  реакциясы қолданылатын иодидті әдіс қолданылады.  $100-200^\circ C$  температурада реакция  $TiI_4$  түзілу бағытында, ал  $1300-1400^\circ C$  температурада кері бағытта өтеді. Титан губкасын (ұнтағын) термостатқа салынатын арнайы ретортқа салады, онда температура  $100-200^\circ C$  деңгейінде болуы тиіс және оның ішінде спеиалды құралмен иодпен ампуланы сындырады. Ретортта бірнеше тартылған титан сымдары арқылы ток өткізіп, нәтижесінде олар  $1300-1400^\circ C$  дейін қызады. Алынған  $TiI_4$  таза  $Ti$  кристалдарын түзіп, иод босатып, қыздырылған титан сымында ыдырайды. Иод булары тазартылған титанмен өзара әрекеттеседі, ал сымда кристалданатын таза титан қабаты біртіндеп өседі. Алынатын металдың құрамында 99,9-99,99%  $Ti$  бар, бір аппаратта  $\sim 10$  кг таза титанды тәулігіне алады. Құйма түрінде құйма  $Ti$  алу үшін губканы вакуумдық доғалы пеште балқытады. Шығындалатын (балқитын) электродты губка мен титан қалдықтарын престоу арқылы алады. Сұйық титан пеште су салқындататын кристаллизаторда қатады.

## 1.2 Ильменит концентраттар қоры, сапасы, номенклатурасы және технологиялық деңгейі

Ильменитті концентрат улы және жарылғыш емес. Өндірісте пайдаланар алдында,  $TiO_2$  массалық бөлігін және ылғалдылығын тексеру қажет. Жабық және ылғалды емес, басқа да заттардан бөлек жерде сақтау керек. Қолданар алдында өндеуді қажет етпейді. Ильменит концентраттарын балқытуда қалыптастырғыш ретінде антрацитті пайдаланамыз. Ылғалдығы 11 % көп емес, минералды қоспаның кесегі 25 мм немесе 2 % аспау қажет сонымен қатар құрамындағы ұсақтың мөлшері 13 мм немесе 15 % аспауы тиіс. Көміртегінің құрамы 88%. Қолданудан бұрын көміртегінің, күкірттің ылғалдылықтан салмақтық бөлігін тексереміз. Антрацит уытты емес, жарылысқа қауіпсіз болады және жану температурасы 873К. Электр пеште тоқ өткізгіш ретінде диаметрі 710 мм болатын графиттелген электродтар қолданады, ТУ 48-12-20-70 сапа ЭГО және ЭГ1. Электродтардың ұзындықтары 1700 мм. Тоқ тығыздығы 120 к / А2 ЭГО сапалығы электр қарсылығы 110м мм<sup>2</sup> / м , ал ЭГ1 сапалығы 13 ОМ. Тығыздығы 2,22 Т / м<sup>3</sup> , аудан тығыздығы 1,58-1,60 Т / м<sup>3</sup> . Электрод кеуектілігі 28-29 %. Электрод уытты емес, жарылысқа және өртке қауіпсіз. Өндірісте қолданудан бұрын диаметрі қажеттілігіне қарай жабдықталады.

Электр балқыту арқылы титан алу үшін, барлық техникалық сұраныстарға жауап беру керек. Темірдің шала тотығының құрамы 5,0 %, металлдардың қосындысы 2,5 %, ылғалдылық 8,0 % аспауы , кесектіліктің үлкенділігі 5 мм-ден кем болмауы тиіс [1, 2].

Дипломдық жобаның базалық технологиядан басты айырмашылығы, пеш табанының конструкциясының өзгеруі. Электр балқыту бөлімшесінде күніне 138,5 тонна, жылына 45 мың тонна концентрат өндіріледі. Электр балқыту бөлімшесінде технологиялық сызбалар көмегімен жабдықтарды шоғырландыру жұмысы жүзеге асырылып, бос аудандарды қолдануда қамтылып, бар жабдықтарға максималды жақындау арқылы және технологиялық ұқсастығы жақын объектілерде іске асады. Ильменитті концентратының АҚ "ӨТМК" зауытынан шыққан өнімнің құрамын жобалау ВНИИцветмет сынағымен қабылданды. №12 цех электр балқыту бөлімшесі болып табылады және оның қасынан шикіқұрамды дайындау бөлімшесі орналасқан [3].

## 2. Энергиялық ресурстармен қамтамасыз ету және технологиялық шешімдер

### 2.1 Ильменит концентраттарын алу әдістері

Ильменит концентраттары титан шикізатының негізгі түрі болып табылады, ол қайта өңделетін титан концентраттарының 90–95% құрайды. Бұл концентраттың негізгі минерал түзуші компоненті-ильменит  $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$  ( $\text{FeTiO}_3$ ). Ильменит (52,7%  $\text{TiO}_2$  және 47,3 %  $\text{FeO}$ ) өте сирек кездеседі және әдетте  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  сияқты қоспалар бар. Ильмениттің өзгеруі екі кезеңде өтеді. Біріншісі ильменит фазасы жоғалғанға дейін біртіндеп тотығуы мен шаймалау болып табылады. Екінші кезең өзгерістің бірінші кезеңінің өнімін өзгертуді қамтиды және темірді шаймалаудан (III) және титан диоксидін лейкоксенмен рутилге қайта кристалданудан тұрады[4].



1 сурет – Ильменит концентратын өндеу технологиясы

Ильменит концентратын қалыптастыра балқыту процесі өте қарапайым және тұз қышқылы мен күкірт қышқылын ажырату әдістерінен тиімді, шойын мен қож бұлар өнеркәсіпте толығымен пайдаланылады. Титан қожы металлургиялық өнеркәсіпте – титанды алатын негізгі өнім болып саналады, оның өсіне әсерін тигізеді [5].

Титан концентратын кез – келген құрылғыдағы кен термиялық пештерде балқытуға болды. Титан қожының балқымасын алу процесі қайталана және үдіксіз түрде жүреді.

Қазіргі кезде титан қожын балқытуды ашық немесе жабық кен термиялық пештерде жүргізеді. Бұл әдістің ерекшелігі титан қожын темір тотығынан мөлшерін төмендете алу болып табылады. Электр балқытуда аз дәнді материалдарды пайдалану титан қожын өндеуде жоғарыда айтылған әдістерден өз артықшылығын көрсетті, үлкен бір күшпен оны агрегатта өндеп, өнімді алуда екі өнім алу жолы пайда болады, олар жоғары титан қожы және металл.

## **2.2 Технологиялық көрсеткіштер мен өнімді өндеудегі технологиялық сызбаны таңдау**

Үздіксіз қалпына келтіру аппаратын құрастыру жұмыстары өз нәтижесін бермеді.

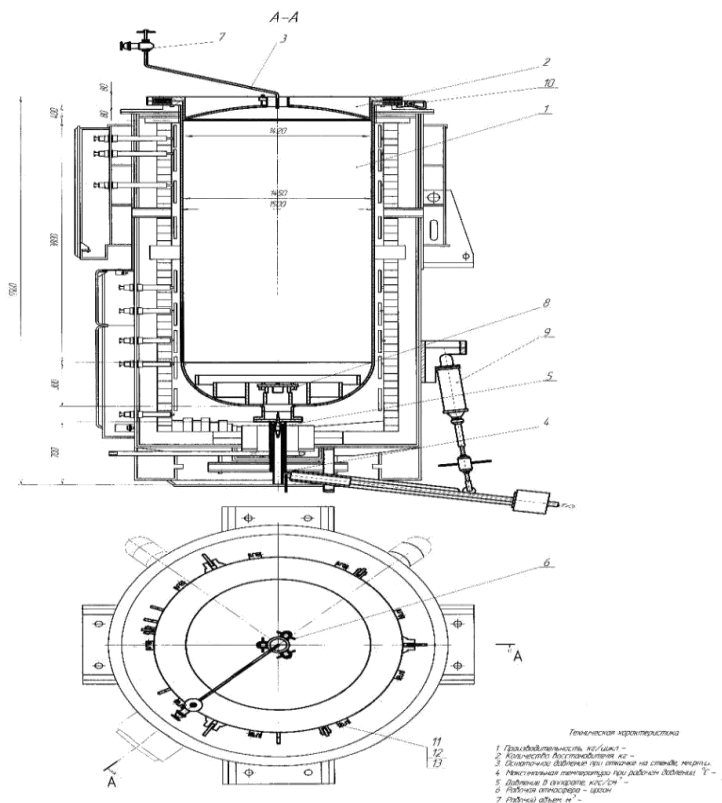
Қалпына келтіру апаратының оң жақтары:

- 1)құрылым қарапайымдылығы;
- 2)қалпына келтіру периодында үш процесс орындалады:процесс басындағы магнийдіңрафинерленуі, қалпына келтіру, негізгі магний хлор мөлшерінің бөлімі;
- 3)аппараттың өнімділігі неғұрлым жоғары- шамамен 50 кг/ сағ титан;
- 4)қалпына келтіру процесі және сепарация бір- бірімен байланысты; екеуі де бір ретортада орындалады, екі процестің бір пеште жүргізілуі мүмкін. Осы қасиеттерге орай жоғарғы сапалы титан алынады, реакциондық масса құрамында небәрі 4-5% хлорлы магний болады.

Легірленген болат негізінен рекатордың сыртқы қабырғасында жоғарғы температурада ауамен әсерлескен кезде қышқылдануын азайтады. Титаннан жасалған қабат реактор ішіне, ал легірленген болаттан жасалған қабат реактор сыртына қапталады.

Магний тиеу түйіні. Магний реакторға қатты немесе сұйық түрде тиелуі мүмкін. Реакторға сұйық магнийді ол пеште қызып тұрған кезде тиейді. Төрт хлорлы титан тиеу түйіні. Төртхлорлы титан беру жылдамдығы ротаметрмен өлшенеді. Қанша шығын кеткенін төртхлорлы титан тұрған бактан анықтап білуге болады[6].

Пештегі қыздырғыштардың орналасуы, температураны бақылау және реттеу жүйелерімуфельдің жұмыс бетіне температураның максимал біркелкі таралуын қамтамасыз ету керек. 1 т сорғыштың бөлінуі үшін шамамен 1500 квт-сағ қажет. Шамамен 3-4 есе көп шығындалады. Пештің пайдалы әсер коэффициентінің төменгі шамасы үрдістің периодтылығымен, сонымен қатар оның ерекшелігімен түсіндіріледі: хлорлы магнийдің соңғы мөлшері өте баяу айдалады.



1 – конденсатор; 2 – экран; 3 – муфель; 4 – пещ.

## 2 Сурет – Аппараттың негізгі элементтері

Муфель (реторта). Муфельдің биіктігі оның жұмыс облысы бойынша температураның біркелкі таралуын қамтамасыз ету керек. Муфельдің биіктігі кіші болса, муфель мен конденсатор арасындағы температураның айырмасы биіктігінің аздаған қимасында болуы тиіс.

Экран. Экран реакциялық масса мен конденсатор арасындағы жылулық оқшаулағыш болып табылады. Ол муфельден конденсаторға жарық шығарып жылу тасымалдау шамасының минимал болуын қамтамасыз етеді.

Конденсатор. Конденсатордың қамаушы бетінің өте қарқынды сууы өздігінен жана алатын жіңішке дисперстік магнийдің құрылуына әкеледі. Конденсаттың тұнуына байланысты тұнба беті жылу айдау қиындығына байланысты қызады. Конденсат мөлшері (50-60% магний мен 40-50% хлорлы магний) конденсатор беті 1 м<sup>2</sup> кезінде 80-100 кг-дан аспауы тиіс. Магнийдің болуы конденсатордың жылынуына қатты әсер етпейді, себебі магнийдің жылу өткізгіштігі жоғары, және конденсаттың кез келген құрамы үшін конденсатордың суытылатын беті 1 м<sup>2</sup> кезінде хлорлы магнийдің тиімді меншікті кедергісі 40-50 кг болу керек[7].

Бөлу аппаратын тандау кезінде негізгі сұрақ конденсатордың орналасуы болып табылады: ол пеш мен муфельге қатысты жоғарыда, төмен немесе бүйірінде (шетінде) орналаса алады. Бүйірінде орналасқан конденсатордың үлкен

кемшілігі бар: бұл жағдайда бу өткізгіш болу керек, ол арқылы магний мен хлорлы магний булары муфельден конденсаторға түседі. Аппараттың электр энергиясы мен өнімділігіндегі ұтыс аз болады, себебі бөліну кезіндегі уақыттың негізгі бөлігі хлорлы магнийдің соңғы бөлігін айдауға кетеді, бұл период екі аппаратта да ұзақтығы бойынша бірдей[8].

### 2.3 Негізгі технологиялық процестерді сипаттау

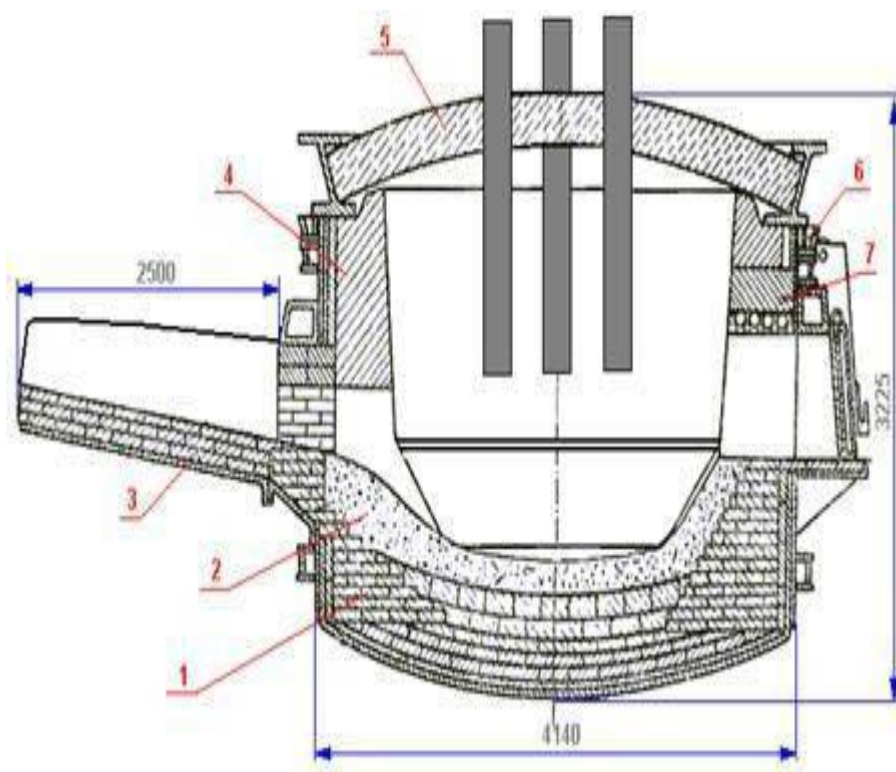
Ильменит концентраттары құрамында 40-60% титан қос тотығы және 40-50% темір тотығы ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ ) бар. Қалпына келтіру балқытудың мақсаты - темірдің негізгі массасын бөлу. Балқытудың нәтижесінде титан қожы (титан қос тотығының 85-90%) және шойын алынады. Темір бөлімшесі келесі хлорлау процесін жақсарту үшін қажет. Егер ильменит концентратын хлорлау (темір бөлінбейтін) болса, онда хлордың едәуір мөлшері темірді хлорлауға жұмсалады. Ильменит концентраттарын қалпына келтіріп балқытуды электр доғалық пештерде жүзеге асырады. Қалпына келтіргіш ретінде ұсақталған кокс немесе антрацит қолданылады. Процестің негізгі реакциясы:  $\text{FeTiO}_3 + \text{C-Fe} + \text{TiO}_2 + \text{CO}$  [9].

Бұл реакция  $1240^\circ \text{C}$  кезінде өтуі мүмкін, алайда титан қождарының балқу температурасы  $1500^\circ \text{C}$  жоғары, сондықтан процесс  $1600-1650^\circ \text{C}$  кезінде жүзеге асырылады. Осылайша, балқыту процесінде пайда болатын титан қожы күрделі титанды қосындылардан тұрады. Электр пештерінің қуаты 5000-10000 кВА. Пештің цилиндрлік қаптамасы магнезитті кірпішпен қапталған. Графиттелген электродтар ванна пешінің үстінде орнатылған. Шихтаны (концентрат және көмір) электродтар арасындағы аралыққа және пеш қабырғаларының бойымен жүктейді. Титанды шлакқа шығару 96-97% құрайды. Қождың құрамы, %: 85-90  $\text{TiO}_2$ , 3-5  $\text{FeO}$ , 2-4  $\text{SiO}_2$ , 0,5—1  $\text{CaO}$ , 2-4  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , қалған  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Құрамында 85-90%  $\text{TiO}_2$  бар титан шлактарын шартты түрде титан тотықтары ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{TiO}$ ,  $\text{Ti}_2\text{O}_3$ ) және металл тотықтары-қоспалар ( $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ) қоспасынан алуға болады. Титанның қос тотығы хлормен  $\text{TiO}_2 + 2\text{Cl}_2 \rightarrow \text{TiCl}_4 + \text{O}_2$  реакциясы бойынша өзара әрекеттеседі. Константаның жоғары мәні процестің тәжірибе жүзінде қайтымсыз екенін көрсетеді[10].

Түзілетін хлоридтерді екі топқа бөлуге болады: хлорлау температурасынан жоғары қайнау температурасы бар хлоридтердің 1-ші тобы, мұнда кальций, магний ( $T_{\text{кип}} \text{CaCl}_2 = 2027^\circ \text{C}$ ) хлоридтері жатады. Хлорлау температурасы кезінде олар балқытылған күйде (сұйық хлоридтер) болады. 2-ші топтың хлорлау температурасынан төмен қайнау температурасы бар.

Олардың қатарына  $\text{TiCl}_4$  ( $136^\circ \text{C}$ ),  $\text{SiCl}_4$  ( $58^\circ \text{C}$ )  $\text{FeCl}_3$  ( $319^\circ \text{C}$ ),  $\text{AlCl}_3$  ( $180^\circ \text{C}$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{Cl}_3$ ) ( $127^\circ \text{C}$ ) жатады. Хлорлау дәрежесі (реакцияға түскен тотық мөлшерінің бастапқы санына қатынасы): 98-99 титан қос тотығы, 90 кальций тотығы, 90-95 магний, 40 алюминий, 40-50 кремний құрайды. Осылайша, хлорлау процесінде үш өнім пайда болады: хлорланбаған материалдың қалдығы, сұйық хлоридтер және ПГС бу-газ қоспасы ( $\text{TiCl}_4$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{VOCl}_3$ ,  $\text{SiCl}_4$ ,  $\text{TiOCl}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{COCl}_2$ , хлор). Теориялық тұрғыдан 1 т  $\text{TiCl}_4$  алу үшін 0,75 т хлор қажет, хлордың

іс жүзінде шығыны 1 т хлоридке 0,9—1 т құрайды, бұл металл қоспаларының хлоридтерінің түзілуіне хлор шығындарына байланысты[11].



1 – металл мен қож алатын көлем; 2 – ваннаның тереңдігі мен диаметрі; 3 – балқыту кеңістігінің диаметрі мен биіктігі; 4 – күмбездің дөңес және қалыңдығы; 5 – пеш астарының өлшемі мен қаптама диаметрі; 6 – электродтардың ыдырауы; 7 – трансформатордың қуаты және кернеу сатасы; 8 – электродтар диаметрі; 9 – қабырғалардың жылулық жүктемесі

### 3 Сурет – Электрлі пештер

Концентраттың технологиялық қасиеттерін бағалау кезінде оның брикеттелуі және қатты қалпына келтіргіштердің қалпына келуі анықталады. Тәжірибе келесі құрамды шикіқұрамда жүргізілді: ұнтақты ильменит концентраты (100 г) және ірілігі -0,074 мм ұнтақ түріндегі қалпына келтіргіш (20%).

Ильменитті балқыту процесін қарқындатуға ильменит концентраты мен бірлескен брикеттеу арқылы қол жеткізуге болады. Байланыстырушы ретінде бентонит сазы қолданылды [12].

### 3 Технологиялық процестің есептеулері

#### 3.1 Электр пешіндегі ильменит концентратын балқытудың материалдық баланстарының есептеулері

Бастапқы шикізат химиялық құрылымы %-дық есептеуде төмендегідей болатын: 59,98 TiO<sub>2</sub>; 34,3 FeO; 1,54 SiO<sub>2</sub>; 0,75 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,21 CaO; 0,49 MgO; 0,55 MnO; 0,17 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,26 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,082 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,44 S; 0,19 ZrO<sub>2</sub>; 0,16 H<sub>2</sub>O; 0,017 Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;

0,005 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,035 Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,821 ильменит концентраты болып табылады. Концентраттың балқыту өнімдеріне қарай құрылымының келесі пайыздық көрсеткіште қабылдаймыз[13].

1 Кесте - Концентраттың балқыту өнімдеріне қарай құрылымның үлестірілуі

| Өнім                         | TiO <sub>2</sub>              | FeO  | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub>               | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO                   | MnO                            | CaO       | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
|------------------------------|-------------------------------|------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------|-------------------------------|
| Қож                          | 93,0                          | 8,0  | 98,0                           | 93,0                           | 99,0                           | 99,0                  | 94,0                           | 99,0      | 49,0                          |
| Шойын және магниттік фракция | 4,5                           | 91,0 | -                              | 6,5                            | -                              | -                     | 5,0                            | -         | 49,0                          |
| Шаң                          | 2,5                           | 1,0  | 2,0                            | 0,5                            | 1,0                            | 1,0                   | 1,0                            | 1,0       | 2,0                           |
| Өнім                         | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | S    | ZrO <sub>2</sub>               | Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | H <sub>2</sub> O, MgO | Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Басқалары |                               |
| Қож                          | 5,0                           | 99,0 | 99,0                           | 99,0                           | 99,0                           | -                     | 99,0                           | 100,0     |                               |
| Шойын және магниттік фракция | 94,5                          | -    | -                              | -                              | -                              | -                     | -                              | -         |                               |
| Шаң                          | 0,5                           | 1,0  | 1,0                            | 1,0                            | 1,0                            | 100,0                 | 1,0                            | -         |                               |

Концентраттың балқыту өнімдеріне байланысты қабылданған құрылымының үлестірілуіне сәйкес металлға дейін қалпына келетін және шойынға ауысатын мыналар, кг: 26,99 TiO<sub>2</sub>; 312,13 FeO; 1,0 SiO<sub>2</sub>; 0,275 MnO; 1,274 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,775 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Металл оксидтерінің қалпына келуі кезіндегі өнімдердің саны мен көміртегінің шығынын анықтаймыз:[14,15]

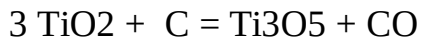
26,99 кг

TiO<sub>2</sub> + 2 C = Ti + 2 CO

79,9 24,0 47,9 56,0

Көміртегінің шығыны 8,1 кг болды, 16,19 кг титан шойынға ауысады, көміртегі оксидінің мөлшері 18,89 кг болды.

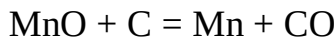
557,81 кг



239,7 12,0 223,728,0

27,89 кг көміртегі қажет, 520,61 кг  $\text{Ti}_3\text{O}_5$  шлакқа ауысады, көміртегі оксидінің мөлшері 65,08 кг.

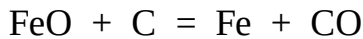
0,275 кг



70,94 12,0 54,94 28,0

Көміртегінің мөлшері 0,05 кг, 0,21 кг марганец шойынға ауысады, көміртегі оксидінің мөлшері 0,11 кг.

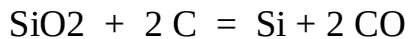
312,13



71,84 12,0 55,84 28,0

Реакция жүру үшін 52,13 кг көміртегі қажет, 242,62кг темір шойынға ауысады, көміртегі оксидінің мөлшері 121,64 кг болды.

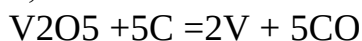
1,0 кг



60,1 24,0 28,1 56,0

Көміртегі шығыны 0,4 кг, 0,47 кг кремний шойынға ауысады, көміртегі оксидінің мөлшері 0,93 кг болады.

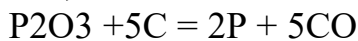
1,274 кг



181,8 60,0 101,8 140,0

Көміртегі шығыны 0,42 кг, 0,71 кг ванадий шойынға ауысады, газдардың құрамында 0,98 кг көміртегі оксиді болады.

302,94 кг



142 60,0 62 140,0

Көміртегі шығыны 0,33 кг, 0,34 кг фосфор шойынға ауысады, газдардың құрамында 0,76 кг көміртегі оксиді болады.

Металл оксидтерін қалпына келтіру үшін кететін көміртегінің жалпы шығыны 89,32 кг.

Темірді көміртектендіру үшін көміртегінің мынандай мөлшері қажет:

$$242,62 \cdot 0,02 = 4,85 \text{ кг}$$

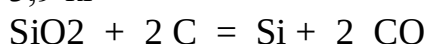
Көміртегінің теориялық шығыны:

$$89,32 + 4,85 = 94,17 \text{ кг.}$$

Қалпына келтіруші ретінде құрамы төмендегідей болатын антрацитті қабылдаймыз, %: 1,5 ылғал; 8,0 күл; 2,5 ұшқыштар; 88,0 көміртегі. Антрацит қалдығының құрамында, %: 35,0  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 45,0  $\text{SiO}_2$ ; 20,0  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .  $\text{Al}_2\text{O}_3$  қожға ауысады,  $\text{SiO}_2$ --нің 75%-ы қалпына келеді және шойынға ауысады да, 25%-ы шаңға ауысады,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , қалпына келе отырып шойынға ауысады деп қабылдаймыз[16].

Кремний және темір оксидтерінің қалпына келуі үшін шығынданатын антрациттегі көміртегінің мөлшерін есептейік:

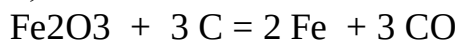
3,9 кг



60,1 24,0 28,1 56,0

Көміртегінің мөлшері 1,1 кг, кремний мөлшері 1,3 кг, ал көміртегі оксидінің мөлшері – 2,5 кг.

2,8 кг



159,68      36,0    111,68    84,0

Көміртегінің шығыны 0,6 кг, темір мен көміртегі оксидінің сәйкес мөлшері 2 кг және 1,4 кг.

Кремний және темір оксидтерінің қалпына келуі үшін қажетті көміртегінің жалпы шығыны 1,7 кг-ды құрайды. 100 кг антрацит құрамында белсенді көмір төмендегідей болады:

$88 - 1,7 = 86,3$  кг.

Титан қожын балқытып шығару үшін қажетті антрацит мөлшері мынандай:

$89,32 = 103,5 \cdot a$

0,863

103,5 кг антрацит құрамында:

$103,5 \cdot 0,88 = 91,08$  кг C;

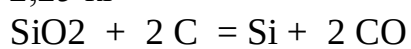
$103,5 \cdot 0,0151 = 1,55$  кг H<sub>2</sub>O;

$103,5 \cdot 0,026 = 2,59$  кг ұшқыштар;

$103,5 \cdot 0,081 = 8,28$  кг күл.

8,28 кг күлде 2,9 кг Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3,73 кг SiO<sub>2</sub> және 1,6 кг Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> бар. 3,73 кг SiO<sub>2</sub>-нің 75%-ы немесе 2,8 кг қалпына келеді.

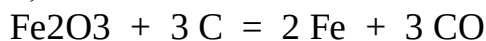
2,25 кг



60,1    24,0    28,1    56,0

Көміртегінің шығыны 1,12 кг болды, 1,31 кг кремний шойынға айналады, көміртегі оксидінің мөлшері 2,61 кг болды.

2,9 кг



159,68      36,0    111,68      84,0

Көміртегінің шығыны 0,65 кг, 2,03 кг темір шойынға ауысады, 1,52 кг көміртегі оксиді газдарға айналады.

Қождың жалпы мөлшерінің 1,2%-ы, шойынның 1%-ы оның шығынын құрайды.

Шаңға металлдардың барлық оксидтері өзгеріссіз ауысады. Шаңның жалпы мөлшері 19,796 кг болады.

Жоғарыда берілген көрсеткіштерді пайдалана отырып қож бен шойынның мөлшері мен құрылымын көрсететін кестелерін құраймыз[17].

1 т қожға 0,022 т электрод жұмсалған жағдайда 599,6845 кг қожға электрод шығыны төмендегідей:

$$\frac{599,6845 \cdot 22}{1000} = 13,2$$

## 2 Кесте - Кож бен шойынның мөлшері мен құрылымын

| Қосылыстар                     | Қождың жалпы мөлшері |        | Товарлық<br>қож, кг | шығындар, кг |
|--------------------------------|----------------------|--------|---------------------|--------------|
|                                | кг                   | %      |                     |              |
| Ti <sub>3</sub> O <sub>5</sub> | 520,61               | 86,78  | 514,36              | 6,25         |
| SiO <sub>2</sub>               | 15,4*0,93 = 14,32    | 2,39   | 14,15               | 0,17         |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 7,5*0,99 = 7,43      | 1,24   | 7,34                | 0,09         |
| V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 2,6*0,49 = 1,27      | 0,21   | 1,25                | 0,02         |
| MnO                            | 5,5*0,94 = 5,17      | 0,86   | 5,11                | 0,06         |
| MgO                            | 4,9*0,99 = 4,85      | 0,81   | 4,79                | 0,06         |
| CaO                            | 2,1*0,99 = 2,08      | 0,35   | 2,05                | 0,03         |
| FeO                            | 343*0,08 = 25        | 4,57   | 27,11               | 0,33         |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,7*0,98 = 1,67      | 0,28   | 1,65                | 0,02         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,82*0,05 = 0,04     | 0,01   | 0,039               | 0,001        |
| S                              | 4,4*0,99 = 4,36      | 0,73   | 4,31                | 0,05         |
| ZrO <sub>2</sub>               | 1,9*0,99 = 1,88      | 0,31   | 1,86                | 0,02         |
| Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0,05*0,99 = 0,0495   | 0,01   | 0,0485              | 0,001        |
| Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0,35*0,99 = 0,347    | 0,06   | 0,343               | 0,004        |
| Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,17*0,99 = 0,168    | 0,03   | 0,166               | 0,002        |
| Басқалары                      | 8,21*1 = 8,21        | 1,37   | 8,11                | 0,1          |
| Барлығы                        | 599,8945             | 100,00 | 592,6865            | 7,108        |

Еріту кезінде шихтаны құрайтындар төмендегі реакциядағыдай тотығады:

13,2 кг

$C + 0,5O_2 = CO$

121628

Электродтағы көміртектің тотығуы үшін қажетті оттегінің мөлшері 17,6кг, жасалушы көміртегі оксидінің мөлшері 30,8 кг.

2,59 кг

$CH_4 + 1,5 O_2 = CO + 2H_2O$

16 48 28 36

Антрацит ұшқыштарының тотығуына қажетті оттегі мөлшері 7,77 кг, 4,53 кг көміртегі оксиді және 5,83 кг су пайда болады.

Оттегінің жалпы шығыны 25,37 кг болады. Оттегінің осы мөлшерімен түсетін азот:

$$25,37 \cdot \frac{77}{23} = 84,93$$

Тотығуға қажетті ауаның шығыны:

25,37+84,93=110,3 кг

### 3 Кесте - Газдардың мөлшері мен құрамы

| Мөлшері        | Газдықұраушылар |                  |                | Барлығы |
|----------------|-----------------|------------------|----------------|---------|
|                | CO              | H <sub>2</sub> O | N <sub>2</sub> |         |
| кг             | 248,15          | 8,98             | 84,93          | 342,06  |
| м <sup>3</sup> | 174,75          | 11,67            | 67,14          | 253,56  |
| % (көлемді)    | 68,85           | 4,59             | 26,56          | 100,00  |

### 4 Кесте - Ильменит концентратын балқытудың балансы

| Тиелгені        |         |       | Алынғаны                             |          |       |
|-----------------|---------|-------|--------------------------------------|----------|-------|
| атауы           | мөлшері |       | атауы                                | мөлшері  |       |
|                 | кг      | %     |                                      | кг       | %     |
| 1               | 2       | 3     | 4                                    | 5        | 6     |
| Концентрат      | 1000,0  | 100,0 | Шойын және магниттік фракция         | 266,039  | 100,0 |
| Антрацит        | 103,5   | 100,0 | Шойын мен магниттік фракцияныңшығыны | 2,691    | 100,0 |
| Электродтар (C) | 13,2    | 100,0 | қож                                  | 592,6865 | 100,0 |
| Ауа             | 110,3   | 100,0 | қожшығ.                              | 6,27     | 100,0 |
|                 |         |       | Шаң                                  | 19,796   | 100,0 |
|                 |         |       | Газдар                               | 342,06   | 100,0 |
| Барлығы         | 1227,0  | -     | Барлығы                              | 1227,0   | -     |

Металл оксидтерінің қалпына келу жағдайындағы пайда болатын көміртегі оксидінің жалпы мөлшері 248,15 кг болады. Газдардың жалпы мөлшері мен құрамы 3 кестесінде берілген [10].

Баланстың байланыспауы 0,3 %[17].

Тиелінген шихтаның және шығарылған титан қождың бір сөткедегі мөлшерін астыдағыдай есептейміз:

$45000/325=138,5$  т/сөтке титан қожы,

мұндағы 45000-өндірістік бағдарлама, т;

325-пештің жұмыс уақыты, сөтке.

Ильменит концентраты мен антрациттің тиелінген мөлшерін атыдағыдай есептейміз:

Концентрат =  $(45000 \cdot 1)/0,5926865=75925,47$  т/жыл

$$75925,47 / 325 = 233,62 \text{ т/сөтке}$$

$$\text{Антрацит} = (45000 \cdot 0,1035) / 0,5926865 = 7858,3 \text{ т/жыл}$$

$$7858,3 / 325 = 24,2 \text{ т/сөтке}$$

### 3.2 Электрлі пештің конструктивтік есебі

Өнімділігі 45000 т/жыл (138,5 т/сөтке) болатын графиттелген үш электроды бар және салқындатылған электртұтқыштарда қойылған, қозғалыс механизмімен байланысты жабық типті пешті қондырғыға қабылдаймыз. Қож еденді зақымдамау үшін, оған үнемі шойынның биік қабатын салады. Балқыту өнімдерін төгу үшін екі қанат ойластырылған – бұл шойын және қож үшін. Пештің жұмыс уақытының жылдық қоры 325 күн. Пештердің санын ары қарай төмендегі формуламен табамыз: [18]

$$n = \frac{A}{A_n \cdot \tau} \quad , \quad (1)$$

мұндағы  $A$  – цех өнімділігі, т/жыл;

$A_n$  – пеш өнімділігі, т/сөтке;

$\tau$  – пеш жұмысының жылдық уақыты, сөтке.

$$n = \frac{45000}{138,5 \cdot 325} = 1$$

Жобаланған пеш берілген өнімділікті титан қожы бойынша қамтамасыз ететіндіктен, қондырғыға екі пешті қабылдаймыз (біреуі резервте). Жобаланған пештегі электр қуатының үлесті шығынын 1920 кВтсағ/т дейміз. Пеш трансформаторларының бастапқы қуатын мына формуланы қолдана отырып анықтаймыз:

$$P = \frac{A_n \cdot W}{24 \cdot \cos \varphi \cdot K_1 \cdot K_2} \quad , \quad \text{кВ} \cdot \text{А} \quad , \quad (2)$$

мұндағы  $W$  – электр қуатының үлесті шығыны, кВт · сағ/т;

$\cos \varphi$  – пеш қондырғысы қуатының коэффициенті;

$K_1$  – трансформаторлардың жүктелген коэффициенті;

$K_2$  – қоректендіретін сызықтардың орташа фактілі кернеуінің бастапқы кернеуге қатынасының екі дәрежесі [19].

$\cos \varphi$  мәні 0,8-0,9 болады,  $K_1$  0,935-0,945 тең деп қабылданады,  $K_2$  0,9-1,0 тең деп қабылданады. [20]

$$P = \frac{138,5 \cdot 1920}{24 \cdot 0,8 \cdot 0,935 \cdot 0,9} = 16458,7 \quad ,$$

Пештің қуатын 16,5 МВА деп қабылдаймыз.

Графиттенген электродтардың үлесті кедергісі 10 Ом болады, электрод диаметрі 710 мм. Электрод көлденең қимасының ауданы:

$$S = \frac{3,14 \cdot 0,71^2}{4} = 0,396 \text{ м}^2 ,$$

Электродтардың ыдырау диаметрін келесі өрнекпен анықтаймыз:

$$d_{\text{рас.}} = (2,9 : 3,7) \cdot d_э, \text{ м} , \quad (3)$$

$$d_{\text{рас.}} = 3,66 \cdot 0,71 = 2,6, \text{ м} ,$$

БТМК и ЗТМК кенді термапештерді пайдалану тәжірибелерінің көрсеткіштері бойынша балқыту аймағының диаметрі 8,8 м. Газды аймақтың орташа диаметрі:

$$\frac{d_1 + d_2 + d_3}{3} , \text{ м} \quad (4)$$

Газды аймақ диаметрлерінің төмендегідей қатынасын қабылдаймыз:

$$\frac{d_1}{d_2} = 1,02, \text{ м} \quad (5)$$

$$\frac{d_2}{d_3} = 1,03, \text{ м} \quad (6)$$

Газды аймақтың орташа ішкі диаметрін 9,22 м деп қабылдап, үш теңдеу жүйесін есепей отырып, газды аймақ диаметрлері:  $d_1 = 9,42$ ;  $d_2 = 9,24$ ;  $d_3 = 9,0$  м тең болатынын есептейміз.

$$a = \frac{d_2}{2} - \left( \frac{d_{\text{рас.}}}{2} + \frac{d_3}{2} \right) , \text{ м} , \quad (7)$$

мұндағы  $d_2$  – газды аймақтың орташа диаметрі, м.

$$a = \frac{9,22}{2} - \frac{2,6}{2} - \frac{0,71}{2} = 6,26, \text{ м} ,$$

Пеш шахтасының биіктігін келесі формуламен табамыз:

$$h = d_{\text{рас.}} \cdot K, \text{ м} , \quad (8)$$

мұндағы К – пеш шахтасының биіктігінің ыдырау диаметріне қатынасы.

К 1,91-ге тең деп қабылдаймыз[21].

$$h = 2,6 \cdot 1,91 = 4,966 \text{ м}$$

Пеш шахтасы биіктігінің аймақтар бойыныша үлестірілуін қабылдаймыз. Сфералық сегменттің биіктігі 690 мм-ге тең (0,69 м). Балқыту аймағының биіктігі 2,73 м, газды аймақ биіктігі – 1,56 м. [22]

Пештің ішкі диаметрі 11,9 м болады, пештің жалпы биіктігі 6,56 м. Пеш шахтасының көлемі төрт цилиндр, шарлы сегмент көлемдерінің қосындысына тең болады:

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,69}{2} \left[ \left( \frac{8,8}{2} \right)^2 + \frac{0,69^2}{3} \right] + 3,14 \cdot \left( \frac{8,8}{2} \right)^2 \cdot 2,73 + 3,14 \cdot \left( \frac{9}{2} \right)^2 \cdot 0,52 + 3,14 \cdot \left( \frac{9,23}{2} \right)^2 \cdot 0,52 + 3,14 \cdot \left( \frac{9,42}{2} \right)^2 \cdot 0,52 = 290,31 \text{ м}^3$$

Кенді термопештерді ЗТМК-да пайдалану тәжірибесінің көрсеткіштері бойынша пештің еденінде орналасқан ауа салқындатқыш тесіктерді қолданамыз. Тесіктер санын 30 дана десек, тесіктер өлшемі 132 мм биіктік пен 114 мм енді болады[23]

### 3.3 Пештің жылулық балансының есебі

Жылулық балансын есептеуде концентратты балқыту кезінде пештің өнімділігі титан қожының 45000 т/жыл (138,5т/жыл) екенін ескереміз. Сағаттық өнімділікке ауысу үшін қайта санау коэффициентін 8,53 деп енгіземіз. Шикі құрамның физикалық жылу мөлшерін келесідей әдістермен анықтаймыз. Шикі құрамның температурасы 20 0С деп қабылдаймыз. Шикі құрам компоненттерінің орташа жылу сиымдылығы, кДж/(кг·0С): 0,705 TiO<sub>2</sub>; 0,735 FeO; 0,79 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,91 SiO<sub>2</sub>; 0,895 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,24 C.

Шикі құрамның орташа үлесті жылу сиымдылығын төмендегі формула бойынша табамыз:[24]

$$C_{cp} = \frac{\sum m_i \cdot c_i}{m_i}, \text{ кДж/(кг·град)}, \quad (9)$$

мұндағы m<sub>i</sub> –компоненттер салмағы, кг;

c<sub>i</sub> – компоненттер жылу сиымдылығы, кДж/(кг· град).

$$C_{cp} = \frac{599,8 \cdot 0,705 + 343 \cdot 0,735 + 15,4 \cdot 0,91 + 7,5 \cdot 0,895 + 91,08 \cdot 0,24}{599,8 + 343 + 15,4 + 7,5 + 91,08} = 0,68$$

Шикі құрамның енгізетін жылу мөлшері формуласы:

$$Q = m \cdot c \cdot t, \text{кДж/ч}, \quad (10)$$

мұндағы  $m$  – процесс барысындағы енетін немесе шығатын өнім салмағы, кг;

$c$  – өнімнің немесе бастапқы заттардың жылу сиымдылығы, кДж/(кг·град);

$t$  – температура, 0С.

$$Q_{III}=1103,5 \cdot 8,53 \cdot 0,69 \cdot 20=128015$$

Пешке енгізілген ауа жылуының мөлшері келесі әдіспен бағаланады. Ауа температурасы 20 0С, үлесті жылу сиымдылық 1,3 кДж/(м<sup>3</sup>·0С). ауаның көлемі: [25]

$$V = \frac{110,3 \cdot 8,53}{1,293} = 727,66 \text{ м}^3 \text{ болады.}$$

Ауамен енгізілетін жылу мөлшері:

$$Q_B=727,66 \cdot 1,3 \cdot 20=18919,2 \quad \text{кДж / ч болады.}$$

Электродтар жануынан шығатын физикалық жылу мөлшерін есептейміз. Электродтар жануынан шығатын жылу эффектісі ( $\Delta H$ ) 125484 кДж/моль-ға тең. Жылу мөлшерін табамыз: [26]

$$Q_{\Sigma} = I \cdot m, \text{кДж/ч}, \quad (11)$$

мұндағы  $I$  – өнімдер энтальпиясы, кДж/кг.

$$Q_{\Sigma} = \frac{125484}{12} \cdot 13,2 \cdot 8,53 = 1177416,4 \quad \text{кДж / ч}$$

Жылудың жалпы кірісі (электр қуатын есептемегенде):

$$Q_{ПРИХ.}=128015+18919,2+1177416,4=1324349,6 \quad \text{кДж / ч}$$

Жылу шығыны. Қож әкететін физикалық жылу мөлшерін табу үшін қож температурасын 1800<sup>0</sup>С деп аламыз, қож энтальпиясы 2360 кДж/кг болады. Ондай болса, қождың әкететін жылу мөлшері:

$$Q_{ШЛ.}=592,69 \cdot 8,53 \cdot 2360=11931323,9 \quad \text{кДж / ч болады.}$$

Шойынның әкететін жылу мөлшерін есептеуде шойынның температурасын  $1500^0\text{C}$  деп қабылдаймыз, бұл температурадағы оның жылу сиымдылығы  $0,838 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ . Демек шойынның әкететін жылу мөлшері:

$$Q_{\text{ч}} = 268,73 \cdot 8,53 \cdot 0,838 \cdot 1500 = 2881379,5 \quad \text{кДж} / \text{ч} \text{ болады.}$$

Шығатын газдармен бірге жоғалтылатын жылу мөлшері. Газдар температурасын  $600^0\text{C}$  деп аламыз және газ құраушыларының энтальпиясы  $\text{кДж}/\text{м}^3$ :  $815 \text{ CO}$ ;  $805 \text{ N}_2$ ;  $980 \text{ H}_2\text{O}$ . Шығатын газдармен бірге жоғалтылатын жылу мөлшері келесідей:

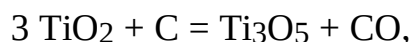
$$Q_{\text{Г}} = 268,73 \cdot 815 \cdot 8,53 + 11,67 \cdot 980 \cdot 8,53 + 67,41 \cdot 805 \cdot 8,53 = 1775288,34 \quad \text{кДж} / \text{ч.}$$

болады.

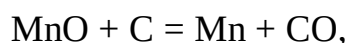
Эндотермикалық реакция жылуының мөлшерін төмендегідей формуламен бағалаймыз:

$$Q = \frac{m \cdot Q^n}{M} \quad \text{кДж} / \text{ч} \quad (12)$$

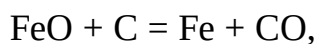
мұндағы  $M$  – қосылыстардың молекулярлық салмағы.



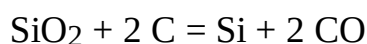
$$Q_T^2 = - \frac{100}{239,7} \cdot 557,81 \cdot 8,53 \cdot 1000 = -1982549,71 \quad \text{кДж} / \text{ч};$$



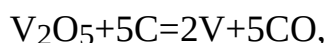
$$Q_T^3 = - \frac{148}{70,9} \cdot 0,275 \cdot 8,53 \cdot 1000 = -4889,73 \quad \text{кДж} / \text{ч};$$



$$Q_T^4 = - \frac{187,1}{71,84} \cdot 312,13 \cdot 8,53 \cdot 1000 = -6918721,27 \quad \text{кДж} / \text{ч};$$



$$Q_T^6 = - \frac{200}{60,1} \cdot 1 \cdot 8,53 \cdot 1000 = -28433,33 \quad \text{кДж} / \text{ч};$$



$$Q_T^8 = - \frac{906,6}{181,8} \cdot 1,274 \cdot 8,53 \cdot 1000 = -54133,09 \text{ кДж / ч};$$

Сонымен эндотермикалық реакциялар үшін кететін жылудың жалпы шығыны:

$$Q_{\text{энд.}} = 143890,44 + 1982549,71 + 4889,73 + 6918721,27 + 28433,33 + 54133,09 = 9132617,57 \text{ кДж / ч}$$

Салқындатушы судың әкететін жылу мөлшерін анықтаймыз. Пешті салқындату үшін кететін судың шығыны  $60 \text{ м}^3/\text{сағ}$  болса, кіретін және шығатын судың температура айырмашылығы  $18^\circ\text{C}$  болған жағдайда жылу мөлшері мынадай:

$$Q_B = 60 \cdot 1 \cdot 18 = 1080 \text{ кДж / ч}$$

Пеш бетінің жылу шығыны төмендегідей бағаланады. [27]

Пеш асты арқылы кететін жылу шығыны. Суық еден арқылы жылу шығынының тәжірибелі коэффициентін  $K=5800 \text{ Вт/(м}^2\text{град)}$  деп аламыз. Еденнің ауданы:

$$F_{\Pi} = \frac{3,14 \cdot 8,8^2}{4} = 60,8 \text{ м}^2$$

Еден арқылы кететін жылу шығынын табу үшін мына формуланы қолданамыз:

$$Q_{II} = K \cdot F_{\Pi} \cdot \tau, \text{кДж/ч} \quad (13)$$

мұндағы  $K$  – суық еден арқылы жылу шығынының тәжірибелі коэффициенті,  $\text{кДж/(м}^2\text{ч)}$ ;

$F_{\Pi}$  – Еден ауданы,  $\text{м}^2$ ;

$\tau$  – материалды қайта өңдеу уақыты, сағ.

$$Q_{II} = 20880 \cdot 60,8 \cdot 1 = 1269504 \text{ кДж / ч}$$

Балқыту аймағында қабырғалар арқылы жылу шығыны. Футеровканың келесідей құрылымы мен өлшемін қабылдаймыз:

- магнетитті кірпіш қалыңдығы  $1,38 \text{ м}$ ;
- шамотты үйіндінің қалыңдығы  $0,17 \text{ м}$ ;
- асбестті картонның қалыңдығы  $0,025 \text{ м}$ ;
- құндақтың қалыңдығы  $0,025 \text{ м}$ .

Магнетитті кірпіштің орташа температурасы 1250 0С, шамотты үйіндінің температурасы 500 0С, асбестті картонның температурасы 200 0С, құндақтың температурасы 150 0С. бұл температураларға жылу өткізгіштік сәйкес, кДж/м·т·град: магнетит –10,59; шамотты үйінді – 3,98; асбестті картон 0,71; құндақ 185,5[27].

Балқыту аймағындағы қабырғалары ішкі бетінің температурасы 1600<sup>0</sup>С. Балқыту аймағындағы жылудың қабырғалар арқылы үлестік шығынын табамыз [28]  
– 7955,3 кДж/м<sup>3</sup>·ч.

Балқыту аймағындағы пештің беті:

$$F_p=3,14 \cdot 11,9 \cdot 3,42=127,79 \text{ м}^3$$

қабырғалар арқылы жылудың шығынын мына формуламен табамыз:

$$Q_p = q \cdot F_p \cdot \tau, \text{кДж/ч} , \quad (14)$$

мұндағы q– пеш қабырғалары арқылы жылудың үлестік шығыны, кДж/м<sup>2</sup>·ч.

$$Q_p=7955,3 \cdot 127,79 \cdot 1=1016608 \quad \text{кДж / ч}$$

Газды аймақтағы қабырғалар арқылы жылу шығыны. Футеровка қабатының қалыңдығы, м: шамот кірпіші 0,613; шамот үйіндісі 0,095; құндақ 0,025. Кірпіш жинау қабатының орташа температуралары, <sup>0</sup>С: шамотты кірпіш – 550; үйінді– 300; құндақ– 150. Бұл температураларға мынадай жылуөткізгіштік коэффициенті сәйкес келеді, кДж/м·т·град: шамот –3,98; үйінді –3,98; құндақ– 185,5.Қабырғалардың жылу кедергісі төмендегідей болады:

$$\Sigma \frac{S}{\lambda} = \frac{0,613}{3,98} + \frac{0,095}{3,98} + \frac{0,025}{185,5} = 0,17$$

Газды аймақтағы ішкі қабырғасының температурасын 800<sup>0</sup>С деп қабылдаймыз.Қабырғалар арқылы жылудың үлестік шығыны 4605,7 кДж/м<sup>2</sup>·сағ.болады. Газ аймағындағы пештің беті:

$$F_{\Gamma}=3,14 \cdot 11,9 \cdot 1,56=58,3 \quad \text{м}^2$$

Газды аймақтағы қабырғалар арқылы жылудың шығыны мынадай:

$$Q_{\Gamma}=4605,7 \cdot 58,3 \cdot 1=268512 \quad \text{кДж / ч} \text{ болады.}$$

Бетон қақпақ арқылы жылудың шығынын төмендегідей табамыз. Қақпақтың қалыңдығын 0,15 м деп аламыз. Қақпақтың орташа температурасы 530<sup>0</sup>С, жылу өткізгіштік коэффициенті 4,61кДж/м·ч·<sup>0</sup>С болады. Ендеше қақпақтың жылу кедергісі:

$$\Sigma \frac{S}{\lambda} = \frac{0,15}{4,61} = 0,03$$

5 Кесте - Трансформатордағы және ток жеткізушідегі шығынды есептемегендегі жылудың жалпы шығыны [29]

| Кіріс                            |             |       | Шығыс                                            |             |       |
|----------------------------------|-------------|-------|--------------------------------------------------|-------------|-------|
| Бап                              | Мөлшер      |       | Бап                                              | Мөлшер      |       |
|                                  | кДж/ч       | %     |                                                  | кДж/ч       | %     |
| Электр қуатының енгізетін жылуы. | 32754023,4  | 96,11 | Қождың физикалық жылуы                           | 11931323,9  | 27,58 |
| Шихтаның физикалық жылуы         | 128014,83   | 0,38  | Шойынның физ. жылуы                              | 2881379,5   | 8,67  |
| Ауаның физикалық жылуы           | 18919,2     | 0,06  | Шығатын газдар жылуы                             | 1775288,34  | 5,97  |
| Электрод жануының жылуы.         | 1177416,4   | 3,45  | эндотермикалық реакциялар жылуы                  | 9132617,57  | 34,66 |
|                                  |             |       | салқындатқыш су жылуы                            | 1080        | 0,01  |
|                                  |             |       | Пеш бетінің жылу шығыны.                         | 4417002     | 11,50 |
|                                  |             |       | Трансформатор мен ток жеткізгіштегі жылу шығыны. | 2316902     | 6,85  |
|                                  |             |       | Есепке алынбаған шығындар                        | 1622779,7   | 4,76  |
| Барлығы:                         | 34078373,83 | 100,  | Барлығы:                                         | 34078373,83 | 100   |

Қақпақтың ішкі бетінің температурасын 800 <sup>0</sup>С деп есептейміз.

Жылудың үлестік шығыны 16748 кДж/м<sup>2</sup>·сағ. Бетон қақпақтың беті:

$$F_K = \frac{3,14 \cdot 11,9^2}{4} = 111,2 \text{ м}^2$$

Қақпақ арқылы жылудың шығыны:

$$Q_K = 16748 \cdot 111,2 \cdot 1 = 1862378 \quad \text{кДж / ч}$$

Пеш бетінің жалпы жылу шығыны:

$$Q_{\text{пот.}} = 1269504 + 1016608 + 268512 + 1862378 = 4417002 \quad \text{кДж/ ч}$$

Трансформатордағы және ток жеткізушідегі шығынды есептемегендегі жылудың жалпы шығыны төмендегідей (Б қосымша). [30]

$$Q = 11931323,9 + 2881379,5 + 1775288,34 + 9132617,57 + 1080 + 4417002 = 30138691,3$$

6 Кесте – Процесс пен пештің өнімділігі

| Көрсеткіш атаулары             | Шама   | Көрсеткіш атаулары                  | Шама  |
|--------------------------------|--------|-------------------------------------|-------|
| Пеш өнімділігі, т/жыл          | 45 000 | ZrO <sub>2</sub>                    | 0,03  |
| Қож бойынша электр қуатының    | 2245   | Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>      | 0,01  |
| Үлестік шығыны, кВт сағ/т.     |        |                                     |       |
| Шлакқа титанды табу, %         | 93,0   | Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>      | 0,06  |
| Титанды қождың құрамы, %       | 86,78  | Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> т.б. | 8,21  |
| Ti <sub>3</sub> O <sub>5</sub> | 0,86   | Шығатын газдар құрамы, %            |       |
| MnO                            | 7,57   | (көлемді)                           |       |
| FeO                            | 2,39   | CO                                  | 68,85 |
| SiO <sub>2</sub>               | 1,24   | H <sub>2</sub> O                    | 4,59  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,35   | N <sub>2</sub>                      | 26,56 |
| CaO                            | 0,81   | Пеш өлшемдері, м:                   |       |
|                                |        | Балқыту аймағының диаметрі          | 9,22  |
| MgO                            | 0,28   | Газды аймағының диаметрі            | 2,73  |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,21   | Балқыту аймағының биіктігі          | 1,56  |
|                                |        |                                     |       |
| V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,01   | Газды аймағының биіктігі жалпы      | 11,9  |
|                                |        | диаметрі                            |       |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,73   | Пештің бастапқы қуаты, МВА          | 16,5  |
|                                |        |                                     |       |
| S                              | 031    |                                     |       |

## ҚОРЫТЫНДЫ

Титан шикізатының ең негізгі және көп тарағаны осы ильменит концентраттары болып табылады, ол қайта өңделетін титан концентраттарының 90...95% құрайды. Бұл концентраттың негізгі минерал түзуші компоненті-ильменит  $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$  ( $\text{FeTiO}_3$ ). Ильменит (52,7%  $\text{TiO}_2$  және 47,3 %  $\text{FeO}$ ) өте сирек кездеседі және әдетте  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  сияқты қоспалар бар. Магмалық кен орындарының (байырғы) ильмениті өзгермеген, ал экзогендікен орындарының (шашыраңқы)-әртүрлі дәрежеде үдерістер-желденудің өзі өзгертілген. Ильмениттің өзгеруі екі сатыдан өтеді. Біріншісі темірдің екі валентті формада үш валентті түрге толық көшкенге дейін, яғни ильменит фазасы жоғалғанға дейін біртіндеп тотығуы мен шаймалау болып табылады. Екінші саты өзгерістің бірінші кезеңінің өнімін өзгертуді қамтиды және темірді шаймалаудан (III) және титан диоксидін лейкоксенменрутилге қайта кристалданудан тұрады. Бұл кезең айналулар арасындағы нақты шекаралар жоқ. Осылайша, ильмениттегі өзгерістердің күшеюімен  $\text{SiO}_2$  мазмұны артады,  $\text{FeO}$  саны азаяды,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  мазмұны бастапқыда өседі, содан кейін төмендейді. Осы процестің бірінші сатысындағы белгілі бір кезеңде тұрған өнім өзгертілген ильменит деп аталады, ал екінші кезеңде пайда болған өнім лейкоксенменрутилге жатқызылуы керек.

Жобаның орындалуына үлкен үлесін қосқан әдебиеттері мен ғалымдардың зерттеулері бойынша ильменитконцентратымен таныстым

Бұл жобада ильменитконцентраттың электрлі пеште балқыту процесі қарастырылды. Технологиялық схемаға анықтама беріліп, материалдық, балансын есептелінді. Пештің жылулық периоды мен қалыпқа келтіру уақытындағы мезгілде жылулық балансы есептелінді.

## ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Худайбергенов Т.Е. Титано магниевого производства. Технология переработки промпродуктов и отходов. – Алматы, 1996.
- 2 Metallurgia титана /В.В. Сергеев, Н.В. Галицкий, В.П. Киселев и др. – М.: Metallurgia, 1971. – 320 с.
- 3 Сандлер Е.М. Развитие титановой промышленности зарубежом //Цветные металлы. –1990. – №7. – С. 82-84.
- 4 Разработка технологии и аппаратуры прямой переработки ильменитовых концентратов с утилизацией отходов /Отчет института металлургии и обогащения и УК ТМК, 1973.
- 5 Патент Великобритании № 2131974. Способ выщелачивания железотитановых руд. Фирма BritishTitan LTD; - Заявл. 4.02.72; - Оpubл. 02.12.72.
- 6 Шейн Я.П. Краткий справочник по металлургии цветных металлов. – М.: Metallurgia, 1975. – 536 с.
- 7 Васютинский Н.А. Титановые шлаки. – М.: Metallurgia, 1972. – 210 с.
- 8 Резниченко В.А., Устинов В.С., Карязин И.А. Электрометаллургия и химия титана. – М.: Metallurgia, 1982. – 320 с.
- 9 Мальшин В.М., Завадовская В.Н., Пампушко Н.А. Metallurgia титана. – М.: Metallurgia, 1991. – 208 с.
- 10 Надальский А.П. Расчеты процессов и аппаратов производства тугоплавких металлов. – М.: Metallurgia, 1980. – 128 с.
- 11 Рудницкий В.Б. Автоматизация процессов рудной электроплавки в цветной металлургии. – М.: Metallurgia. 1983. –180 с.
- 12 Злобинский Б.М. Охрана труда в металлургии. – М.: Metallurgia, 1968. – 460 с.
- 13 Штейнер А.Л., Карелин С.Н., Показаньева В.А. Электро безопасность на металлургических предприятиях. – М.: Metallurgia, 1985. – 305 с.
- 14 Передерий О.Г., Микшевич Н.В. Охрана окружающей среды на предприятиях цветной металлургии. – М.: Metallurgia, 1991. – 230 с.
- 15 Криворученко В.В., Коробов М.А. Тепловые и энергетические балансы алюминиевых и магниевых электролизеров. – М.:Металлургиздат, 1963. – 320 с.
- 16 Гордон Г.М., Пейсахов И.П. Пылеулавливание и очистка газов в цветной металлургии. – М.: Metallurgia, 1977. – 456 с.
- 17 Стандарт предприятия. Учебные работы СТП. – 164. – 08. – 98. – КазНТУ.
- 18 Зеликман А.Н. Metallurgia редких металлов. – М.: Metallurgia, 1980.

- 19 Шаяхметов Б.М., Худайбергенов Т.Е. Основные вехи Научно-технического прогресса на Усть-Каменогорском Титано-магниевом комбинате (1965-1995 гг.). - Алматы, 1998. – 291 с.
- 20 Долин П.Л. Основы техники безопасности электрических установок. – М.: Энергия, 1991. – 207 с.
- 21 Злобинский Б.М. Охрана труда металлургии. – М.: Энергия, 1994. – 194 с.
- 22 Резниченко В.А. Электротермия титановых руд. – М.: Наука, 1969. – 207 с.
- 23 Денисов С.И. Электротермия титановых шлаков. – М.: Металлургия, 1970, с. 168
- 24 Михеев М.А. Основы теплопередачи. - М.: Госэнергоиздат, 1983. – 230 с.
- 25 Фельдман И.А., Гутман М.Б. Расчеты нагревателей электро печей сопротивления М.: Металлургия, 1980. – 317 с.
- 26 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий, 1993. – 179 с.
- 27 Грацерштейн И.М. Организация и планирование предприятий цветной металлургии. – М.: Металлургия, - 1996. – 264 с.
- 28 Надольский А.П. Расчеты процессов и аппаратов производства тугоплавких металлов. – М.: Металлургия, 1980
- 29 Справочник металлурга по цветным металлам. Т1. / под. ред. Мураги Н.И. - М.: Металлургиздат, 1953
- 30 <https://inbusiness.kz/kz/news/ukad-bk-2017-zhyly-airbus-kompaniyasyn-57-shyndalmamen-kamtamasyz-etti>