Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылутехникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасы

Мұхтар Серік Саматұлы

«Асбест өндірісі қалдықтарынан отқа төзімді материалдар алу технологиясын зерттеу» тақырыбына

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5В070900 – Металлургия

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылутехникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
МПЖ және АМТ кафедра
меңгерушісі PhD докторы,
техн. ғыл. кандидаты,
қауымдас-ған профессор
_____ Чепуштанова Т.А.
«_13_» _05_ 2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

«Асбест өндірісі қалдақтарынан отқа төзімді материалдар алу технологиясын зерттеу» тақырыбына

5В070900 – Металлургия

Орындаған: Мұхтар С.С.

ғылыми жетекші Ph.D.

_____ Байгенженов Ө.С.

«_13_» _05_ 2019 ж.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНИТУ им. К.И. Сатпаева»
Горно-металлургический
институт им. О.А. Байконурова

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылутехникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасы

БЕКІТЕМІН
МПжАМТ кафедра
Меңгерушісі Ph.D докторы,
тех. ғыл. кандидаты,
қауымдас-ған профессор
_____ Чепуштанова Т.А.
«_13_» _____05_____ 2019 ж.

Дипломдық жұмысты даярлауға
ТАПСЫРМА

Студентке *Мұхтар Серік Саматұлы*
Жобаның тақырыбы: *«Асбест өндірісі қалдықтарынан отқа төзімді материалдар алу технологиясын зерттеу»*
Университет ректорының «*08» қазан 2018 ж. 1113-бұйрығымен бекітілген.*
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «*30» сәуір 2019 ж.*
Дипломдық жобаның (жұмыстың) бастапқы мәліметтері: *Жітіқара хризотил-асбест кен орнының қалдықтары, тұз қышқылы, күкірт қышқылы.*
Есеп–түсініктеме жазбаның талқылауға берілген сұрақтарының тізімі мен қысқаша диплом жұмысының мазмұны

- кіріспе, жұмыстың өзектілігі және тәжірибелік маңыздығы көрсетілген;
- аналитикалық бөлім, жұмыс тақырыбы бойынша әдеби шолу көрсетілген;
- тәжірибелік жұмыс, магнезиалды шикізатты күйдіргендегі құрылымдық-фазалық қайта өзгерулер зерттелінді
- экономикалық бөлім,

Ұсынылған негізгі әдебиеттер*: Симонов К.В., Черепов П. В. Влияние зернового состава сырого магнезита и частоты вращения промышленных печей на показатели их работы и качество порошков //Огнеупоры. – 1976. - № 12. - С. 14-18*

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

КЕСТЕСІ

№ п/п	Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
1	Кіріспе	8.02.2019 ж.	
2	Аналитикалық бөлім	22.02.2019 ж.	
3	Тәжірибелік бөлім	16.03.2019 ж.	
4	Экономикалық бөлім	5.04.2019 ж.	
5	Еңбекті қорғау	12.04.2019 ж.	
6	Қорытынды	19.04.2019 ж.	
7	Норма бақылау	26.04.2019 ж.	

Дипломдық жұмыс (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**
Аналитикалық бөлім	Байгенженов Ө.С. ғылыми жетекші Ph.D	22.02.2019	Ө. Б
Тәжірибелік бөлім	Байгенженов Ө.С. ғылыми жетекші Ph.D	16.03.2019	Ө. Б
Экономика бөлімі	Байгенженов Ө.С. ғылыми жетекші Ph.D	5.04.2019	Ө. Б
Еңбек қорғау бөлімі	Байгенженов Ө.С. ғылыми жетекші Ph.D	12.04.2019	Ө. Б
Норма бақылау	Көккөзов Д.Қ. техника және технология магистрі		

Ғылыми жетекші Ө. Б Байгенженов Ө.С.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____ Мұхтар С.С.

Күні "18" 01 2019 ж.

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

№ п/п	Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
1	Кіріспе	8.02.2019 ж.	
2	Аналитикалық бөлім	22.02.2019 ж.	
3	Тәжірибелік бөлім	16.03.2019 ж.	
4	Экономикалық бөлім	5.04.2019 ж.	
5	Еңбекті қорғау	12.04.2019 ж.	
6	Қорытынды	19.04.2019 ж.	
7	Норма бақылау	26.04.2019 ж.	

Дипломдық жұмыс (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**
Аналитикалық бөлім	Байгенженов Ө.С. ғылыми жетекші Ph.D		
Тәжірибелік бөлім	Байгенженов Ө.С. ғылыми жетекші Ph.D		
Экономика бөлімі	Байгенженов Ө.С. ғылыми жетекші Ph.D		
Еңбек қорғау бөлімі	Байгенженов Ө.С. ғылыми жетекші Ph.D		
Норма бақылау	Көккөзов Д.Қ. техника және технология магистрі		

Ғылыми жетекші _____ Байгенженов Ө.С.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____ Мұхтар С.С.

Күні "_____"_____20__ ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс тапсырмадан, кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан, әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмысқа компьютерде терілген 24 бетте компьютерлі терумен жазылған, 2 сурет, 10 кесте кіреді. Әдебиеттер тізімі 29 атаудан тұрады.

Магнезиалды отқа төзімділер металлургия өндірісінің әртүрлі агрегаттарында кеңінен қолданылуына байланысты, оларды құрамы, құрылымы және алу әдістеріне тәуелді, және берілген қасиеттеріне байланысты жаңа композициялар құру арқылы қолдану аймағын шексіз кеңейтуге болады.

Қазақстандық Жітіқара кен орындарының асбест қалдықтарының құрылымы мен құрамы анықталып осы асбест қалдықтарын отқа төзімділер өндірісінде кең қолдануға болатыны дәлелденді.

Біздің мақсатымыз жоғарыда айтылғандай Қазақстан асбест қалдықтарын отқа төзімді шикізат ретінде қолдану, асбестты (магнезиалды) отқа төзімділер өндірісінің жаңа жоғары сапалы технологияларын енгізу, ақпараттар жинау, және осы арқылы ел экономикасына тиімді саланы дамыту болып табылады.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из задания, введения, 4 глав, заключения, списка использованных источников. Работа включает в себя 24 типизированных компьютерных ручки, 2 рисунки и 10 таблицы. Список литературы состоит из 29 наименований.

Магний огнестойкий широко используется в различных агрегатах металлургического производства, в зависимости от их состава, структуры и способов производства, и может расширить сферу применения, создавая новые композиции в зависимости от их свойств.

Казахстанский Житикара определил структуру и состав отложений асбестовых отходов в отходах асбеста, которые будут использоваться в производстве огнестойкости доказано.

Наша цель состоит в том, как уже упоминалось выше, использование асбестовых отходов в качестве сырья для огнеупорного асбеста (магниевый) огнестойкости нового производства высококачественных технологий, сбор данных, и это за счет развития эффективной экономики.

ANNOTATION

The thesis consists of a task, introduction, 4 chapters, conclusion, list of references. The work includes 24 typed computer pens, 2 pictures and 10 tables. References consists of 29 items.

Fire-resistant magnesium is widely used in various aggregates of metallurgical production, depending on their composition, structure and production methods, and can expand the scope of application, creating new compositions depending on their properties.

Kazakhstan Zhitikara determined the structure and composition of deposits of asbestos waste in asbestos waste, which will be used in the production of fire resistance proved.

Our goal is, as mentioned above, the use of asbestos waste as a raw material for refractory asbestos (magnesium) fire resistance of new production of high-quality technologies, data collection, and this is due to the development of an efficient economy.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	9
1	Әдебиеттің аналитикалық шолуы	11
1.1	Металлургиядағы асбест қалдықты отқа төзімді материалдар	11
1.2	Табиғи асбест қалдықтарын пісіру үрдістері және шикізат материалдары.	14
2	Қолданылатын материалдардың қасиеттері	17
2.1	Отқа төзімді үлгіге бейорганикалық байланыстырғыштардың және реактивтердің әсері	17
2.2	Хромитті және асбест қалдықты шикізаттарды термиялық өңдеу кезінде жүретін фазалық және құрылымдық өзгерістер	18
2.3	Отқа төзімді материал үлгісінің түсетін қысым әсеріне тәуелділігі	19
2.4	Магнезиалды композициялардың қасиетіне престеу қысымының әсерін зерттеу	20
3	Экономикалық бөлім	25
3.1	Зерттеу жұмысын жүргізуге жұмсалған шығындарды есептеу	25
3.2	Негізгі және қосалқы материалдар шығынын есептеу	25
3.3	Электроэнергияға кеткен шығынды есептеу	25
3.4	Қолданылған суға кеткен шығынды есептеу	25
3.5	Жалпы шығын сомасын есептеу	26
4	Қауіпсіздік және еңбекті қорғау	27
4.1	Кәсіпорынның жалпы сипаттамасы	27
4.2	Кәсіпорында еңбекті қорғау және кәсіптік қауіпсіздігін ұйымдастыру	28
4.3	Кәсіпорында электр- және өрт қауіпсіздігі	28
4.3.1	Электр қауіпсіздігі	29
	Қорытынды	31
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	32

КІРІСПЕ

Отқа төзімді материалдар туралы жалпы мәліметтер. Отқа төзімді материалдар деп металдық және органикалық емес, қиын иілгіш, жоғары температурада балқитын материалдарды атаймыз. Отқа төзімді материалдарға әртүрлі минералдық шикізаттардан дайындалған отқа төзімді өнімдер, ыстыққа төзімді керамика, және де қалыптаспаған отқа төзімді массаларды жатқызады. Отқа төзімді материалдарды өндірістік пештердің футеровкасы үшін қолданады: қыздыратын, күйдіретін, балқытатын және тағыда баскалары.

Отқа төзімді материалдарға қажеттілік от пайда болған тас ғасырында, яғни адамзат мәдениетінің бас кезінде пайда болған. Сазды күйдіру арқылы заттарды өндіру тас ғасырының ортасында пайда болған. Неолит ғасырының заттары (ыдыстар, ескерткіштер) сол кезде-ақ күрделі пішіндер мен аргаменттермен ерекшеленетін. Шығыс мәдениетінің белгілі аймағы Месопатамида жасанды әйнек балқыта бастаған. Біздің ғасырымызға дейінгі мың жарым жылда ежелгі египетте әйнек заттар өндіріле бастаған және олардың өндірісіне отқа төзімді пеш футеровкасы қажет болған.

Қола ғасырында, неолит кезеңін алмастырған, отқа төзімді материалдар қоланы балқытуға қажет болды. Қоланы балқу температурасы төмен, сондықтан пешті тас пен топырақатн тұрғызған. Біздің эрамызға дейінгі екі мың бес жүз жыл бұрын темір мен кенді кірпіш әдісімен аул жолы ашылған. Темір кенін қоспасы көп ағаш көмірмен бірге тегіс шұңқырға тастаған, содан кейін көмірді жағып терімен отты үрлеген. Осындай жолмен тығыз қатты темірлерді алған, содан кейін балғамен қайта өңдеген. Алынған темірдің қаттылығы төмен болды, қолаға ақарағанда, сондықтан оны қолданбады. Мың жылдан кейін ғана, біздің эрамызға дейінгі он бесінші ғасырда Хетт империясының тайпасы, хеттарға тәуелді, сына бетін өңдеуді үйреніп алды.

Орта ғасырда, алхимиктердің құнсыз металдарды алтынға айналдыруға мүмкіндік беретін «философиялық тасты» нәтижесінде тәжірибелі химия дами бастады, жаңа заттар зерттеліне бастады. Тәжірибелер мен ізденістер сонымен қатар металдарды балқыту технологиясын жақсартуға, керамика мен отқа төзімді өнімдер шығаруға септігін тигізді. Темір алатын жалпақ ошақтар немесе шұңқырлар біртіндеп кішігірім шахталық пештермен ауыса бастады – қазіргі домендік пештердің бастапқы түрлері.

Қазақстан өндірісі құрылымында отқа төзімділер саласының болмауы металлургиялық, химиялық, мұнайхимиялық, цементтік өндірістің, энергетика мен құрылыс индустриясының тұрақты жұмысына кедергі жасайды.

Кеңінен қолданылатын отқа төзімділер ретінде магнезиалды отқа төзімділер жатады, олар жетекші рөл атқарады. Мұндай өнім түрлері жоғарғы эксплуатациялық көрсеткіштерге ие, бірінші кезекте жоғары температурадағы металлошлактық балқытуға жоғары төзімділік көрсетуіне байланысты.

Сонымен қатар Республика өзіміздегі қажеттілік пен оларды шетелге экспорттауға мүмкіндік беретін, соңғы өнімді алу мақсатында отқа төзімді

саланы ұйымдастыруға жарамды Жітіқара асбест қалдықтары мен хромиттері сияқты дара табиғи шикізат ресурстарына ие.

Осыған байланысты «магнезиалды отқа төзімділерді алу үшін қазақстандық асбест қалдықтарын отқа төзімді шикізат ретінде зерттеу» тақырыбындағы дипломдық жұмыс актуальді болып табылады.

Бірінші слайдта жүргізілген зерттеулердің мақсаты мен тапсырмалары көрсетілген.

Дипломдық жұмыс тақырыбының өзектілігі: Отқа төзімді материалдар жасау пирометаллургиялық процестерді жасау кезінде экономикалық тұрғыдан тиімділікті ғана көрсетіп қоймай, қоршаған ортаның ресурстарын үнемдеу және ортаға берілетін залазды азайтуымен ерекшеленеді.

Ғылыми техникалық проблемалардың заманауи күйі: Қазіргі кезде жер шарының мемлекеттерінің экономикалық тұрғыдан өсуімен, әлем масштабында әр түрлі материалдардың сұранысы артуымен және ғылыми-техникалық прогрестің дамуымен қатар тауарлық магний өнімдеріне тапшылықтың өсімі байқалады. Сондықтан, магний өндірісін ұлғайту үшін шикізаттың жаңа түрлерін, соның ішінде, құрамында магний бар қалдықтарды тарту қажет. Магнийдің осындай бір шикізат көзі ретінде асбест өндірісінің қалдықтары қызмет етеді.

Зерттеу объектісі: Жітіқара хризотил-асбест кен орны.

Жұмыстың мақсаты: «Асбест өндірісі қалдықтарынан отқа төзімді материалдар алу технологиясын зерттеу»

Зерттеу тапсырмалары:

- Қазақстандық асбест қалдықтарының химико-минералдық құрамын зерттеу
- Жітіқара кен орындарындағы асбест қалдықтарын термоөңдегендегі құрылымдық-фазалық өзгерістерін зерттеу
- периклаздық отқа төзімділер өндірісінің техникалық параметрлерін анықтау

1 Әдебиеттің аналитикалық шолуы

1.1 Металлургиядағы асбест қалдықты отқа төзімді материалдар

Магнезиалды отқа төзімді материалдар периклаздан (кристалды магний оксиді) тұрады. Табиғатта периклаздың көп мөлшердегі кен орны жоқ, оны өнеркәсіпте табиғи асбест қалдықтарды күйдіру әдісімен алады.

Магнезиалды отқа төзімді материалдар қолдану сипатына қарай екіге бөлінеді: қалыптасқан (жартылай құрғақ массалардан престелген және иілмелі массалардан құйылған – блоктар, панельдер және тағыда баскалары) және қалыптаспаған (тығыздалған, қатты массалар, ерітінділер, торкретмассалар). Сонымен қатар олар күйдірілген, балқытылған және күйдірілмеген болуы мүмкін.

Магнезиалды отқа төзімді материалдар қара және түсті металлургияда кеңінен қолданылады [1].

Магнезиалды отқа төзімді материалдар өнімнің құрамы мен техникалық қасиетіне тәуелді. Магнезиалды отқа төзімді материалдарға периклазды, периклазошпинелидті, форстеритті, периклазафорстеритті өнімдерді жатқызады.

Периклаза хромиттік жіне форстериттік бетондарды болатқұйғыш шөміштердің футеровкасы үшін қолданылатыны мәлім [2].

Болатқұйғыш шөміштерде алюмосиликаттық отқа төзімді материалдар шлактық белдеуді бір-екі реттен кем емес қалауды ауыстырумен есептегенде 18-19 құюға төзімді. Соловьегорстік дуниттер негізіндегі жастар ғылыми-техникалық конференциясы [2] зерттеушілер тобы қалыптастырған форстериттік күйдірілмеген өнімдерді енгізу конвертерлік өндірістің барлық компания ағымында болат құйғыш шөміштер футеровкасы қызметін орта есеппен алғанда шлактық белдеуді аралық жөндеусіз 20 құюға дейін арттыруға мүмкіндік берді.

Жұмыс авторларымен [3] өнімдердің және әртүрлі құрамды күйдірілмеген болат құйғыш стакандардың, сонымен қатар форстериттік опробациялардың нәтижелері келтірілген.

Форстериттік стакандар келесі көрсеткіштермен сипатталады: отқа төзім ділігі 1750 °С, сыққан кезде төзімділік шегі – 51,2 – 58,0 Н/мм^2, ашық тесіктік – 22–16 пайыз, MgO массалық бөлшегі – 55,0–55,3; SiO_2–29,8 пайыз.

Күйдірілмеген стакандарды кешенді сынау келесі нәтижелерді көрсетті, форстериттік өнімдер басқалармен салыстырғанда техникалық қасиеттеріің анағұрлым артықшылықтары бар және болатпен жанасқанда аз бітіседі.

Жұмыста [4] агрегат қызметінде жоғары төзімділік көрсеткен Волховтік аллюмини зауытында және Красноярсктік түсті металдар зауытында периклазошпенильдік блоктарды сынау нәтижелері келтіріледі.

Тәжірибелі өнімдір хлоридо-фториттік қорытындыларға, аллюминиге және мыс-алюминилік қорытындыларға жоғары төзімділік көрсетті.

Қара және түсті металлургия агрегаттарында әртүрлі құрамды күйдірілген магнезиалды отқа төзімді материалдар кеңінен қолданылады.

Мысалы жұмыста [5] доғалы электропештердің қабырғасы мен күмбезінің футеровкасында отқа төзімді материалдардың қызметінің зерттеулері көрсетілген электропештердің күмбезінің футеровкасының аз зақымдалуы үшін ілгіші бар магнезиалды отқа төзімді материалдарды қолдану қажет, ал қабырғасы және фурмендік белдеуі үшін ірі түйіршікті хромиті жоқ периклаздық отқа төзімді материалдар қолданған дұрыс.

Авторлар жұмысында [6] трансформаторлы болатты вакуумдауда оптимальды жұмысты 1560 – 1600 °С күйдірілген асбест қалдықтардың дисперсті фракцияларының жоғары мөлшері бар шихтадан жасалған түтікшелер көрсетті.

Магнезиалды отқа төзімді материалдарды мыс қорытқыш конвертерлер футировкасында балқытылған асбест қалдықтар негізінде қолданылуы көрсетілген.

Авторлармен [7], никельді балқытатын индукциондық пештерде отқа төзімді материалдар қызметінде қалыптасатын құрылымдық-фазалық өзгерістер көрсетілген. Пеш футировкасының істен шығуының басты себебі, отқа төзімді термиялық күштемеден пайда болатын сызаттар себепкер болады, сондықтан олардың қызметінде төзімділікті жоғарылату үшін жоғарғы төзімді магнезиалды өнімдер қолданылады.

Периклазошпинелидті құрамы бар магнезиалды отқа төзімді материалдар болатқа пештен тыс вакуумдеуді орнату футировкасы үшін кеңінен қолданылады [8].

Авторлар болаттың вакууматор қабырғасы футеровкасындағы пісірілген материалдар негізіндегі периклазошпинелидті отқа төзімді материалдарды ПХП өнімдерінің орнына қолдану дефицитті материалдар шығынын азайтуға мүмкіндік беретінін көрсетті.

Жұмыстарда [9] мартенді пештердің әртүрлі элементтерінде магнезиалды құрамы бар отқа төзімді материалдарды қолдану тәжірибесі көрсетілген.

Металгургияда күйдірілмеген магнезиалды отқа төзімді материалдар кеңінен қолданылады [10].

Авторлар статьяларында [11] рафинирлеудің электролиттік тәсілдерінде немесе түсті металдар, электролиттер және шлактарды тотықсыздандыру үрдістерінің түсті металлургиядағы әртүрлі агрегаттардың футеровкасында күйдірілген құрамы бар магнезиалды отқа төзімді материалдар қолданылатынын көрсеткен.

Отқа төзімді материалдарды футеровкалауды орындаудың кейбір кемшіліктері бар: жөндеудегі ұзақ жай агрегаттар, тігістерінің болуына байланысты төзімділіктің төмендеуі. Осы Бетондық блоктар волховтық алюминий зауытында және Красноярсктік тұсті металдар зауытында сынақтан өтті, нәтижесінде 10 баға берілді.

Осылайша әдебиеттер талдауы металлургиялық өндірістің әртүрлі агрегаттарында магнезиалды отқа төзімді материалдар кеңінен қолданылады.

Магнезий мен кальций тотығы – жерсілтілі металдардың типтік тотығы. Магнидің кристалдық тотығы – периклаз – түр түзетін минерал болып табылмайды. Периклаздың балқу температурасы 2800 °С, кристалдық торы NaCl типті, онда магний мен оттегі атомдары натрий мен хлорға сәйкес орналасады. Периклаздың қатты кристалдарының салыстырмалы тығыздығы 3,56-3,65 г/см^3. Жоғары температурада магний тотығы жоғары негізделген, сондықтан негізгі шлактың әсеріне өте төзімді. Магний тотығы балқыған сілтілі карбонаттардың ұзақ әсеріне де төзімді, бірақ қышқылдар әсерінен бұзылады. Кіші не тең 1800 °С тотықсыздану ортада магний тотығы булана бастайды. Нейтралды немесе тотығу ортада MgO ұшқыштығы 2000 °С арта түседі. 3,42 г/см^3 көлемдік массасы бар таза магний тотығынан жасалған өнімдер келесі көрсеткіштермен сипатталады: вакуумдағы күштемеде деформация басталу температурасы 2300 °С, сыққандағы төзімділік шегі 1800 °С 340 кг/см^2, игендегі төзімділік шегі 90 кг/см^2. Басқа металдармен MgO қалпына келмейді. Бұл бағалы қасиеттері құрамында периклаздың жоғары мөлшері кездесетін отқа төзімді өнімдер шығаруда тиімді екенін көрсетеді. Төменде магнезиалды (периклазды) және магнезиалды-көміртекті өнімдер қарастырылады.

Магнезиалды өнімдер күйдірілген және күйдірілмеген болады. Екі жағдайда да өндірісте периклаз кристалдарының өсуіне дейін жеткізілген жақсы пісірілген клинкер, немесе электродоғалы пеште балқытылып, артынан салқындатып алынған балқыған магний тотығы қолданылады. Шихтаның түйіршіктілігі қатаң іріктеліп алынуы үшін, кемшіліктерді жою үшін авторлар пісірілген периклазды ұнтақтардан және натрий полифосфатынан жасалған бетонды блоктармен агрегат футеровкасын орындауды ұсынды, негізгі шлактарға төзімді жоғары тығыздықты құрылымы бар өнім алу мақсатында, пішіндеу жоғары қысымда жүргізілді. MgO негізінде жасалған өнімдердің кемшіліктері: термиялық кеңеюдің жоғары коэфициенті, әлсіз термотұрақтылық (температураның күрт өзгеруінде бұзылады).

Магнезиалды өнімдердің негізгі шикізаты болып асбест қалдықтар табылады, себебі магний тотығы кремнозем мен глиноземге қарағанда жеке жатпайды. Асбест қалдықтардың негізгі минералды құрамы магний карбонаты болып табылады. Жапонияда асбест қалдықтар шикізат кен орындары жоқ, болаттың вакууматор қабырғасы футеровкасындағы пісірілген материалдар негізіндегі периклазошпинелидті отқа төзімді материалдарды өнімдерінің орнына қолдану дефицитті материалдар шығынын азайтуға сондықтан асбест қалдықтар шикізаттарын шеттен алып келеді немесе теңіз суларынан магний тотығы гидраты түрінде алады, оны күйдіру арқылы магнезиалды клинкер алады.

Асбест қалдықтарын 200 °С қыздырғанда диссоциация үрдісі басталады, 620 °С –та CO_2 диссоциация қысымы 0,1 МПа болады. Ыдыраудан кейін магний тотығы бірден аморфты болады және атмосфералық ылғалдылық пен

көмірқышқыл газымен әсер етісіп, $Mg(OH)_2$ және $MgCO_3$ түзілуіне әкеледі. Бірақ жақсы пісірілген MgO (әбден күйдірілген магнзий) және балқытылған, тіпті майда ұнтақталған магнезий ылғал, көмір қышқылы және көмірқышқыл Жітіқара газына төзімді болады. Магнезиалды өнімдер өндірісінің технологиялық үрдісі соңғы өнімге (күйдірілген және күйдірілмеген) тәуелді.

1.2 Табиғи асбест қалдықтарын пісіру үрдістері және шикізат материалдары

Әдебиеттер талдауы асбест қалдықтартардың минералды құрамына байланысты келесі жіктелуді айқындады: өзгертілмеген асбест қалдықтар - қалыпты құрамды, хлорид құрамды; посткендік үрдістірмен өзгерген асбест қалдықтар (доломитизирленген, кварцтенген, кальцинирленген) [12].

Негізгі минералдардың кристалдарының өлшемдеріне қарай асбест қалдықтар майда түйіршікті (0,3-2 мм), орташа түйіршікті (2-5 мм), ірі түйіршікті (5-20 мм) және алып түйіршікті (20 мм жоғары) болып жіктеледі.

Өзгертілмеген асбест қалдықтар сұр түсті және орташа түйіршікті құрылымды, асбест қалдықтардың ұзартылған түйіршіктердің өскіндерінен тұрады. Түйіршік аралық кеңістіктердің аймақтары мөлдір емес көмір затпен толтырылған 1 пайыз азына пирит, темір гироксиді және кварц кіреді. Деформацияланған әлсіз хлоритизирленген асбест қалдықтар өзгертілмеген асбест қалдықтардың құрылымын сақтайды.

Доломитизирленген асбест қалдықтар түйіршіктердің мөлшері 0,03 мм аспайтын, майда түйіршікті доломиттің жіңішке сымшалары бар асбест қалдықтардың ұзартылған түйіршіктердің өскіндерінен құралған.

Аз мөлшерде түйіршік аралық кеңістікте көмірлі-сазды заты бар, асбест қалдықтардың кристалдары болып қалыптасқан қалыпты құрамды асбест қалдықтар анағұрлым тазалығымен ерекшеленеді. Оның құрылымы негізінен ірі- және алып кристалдық. Кеңінен таралған қоспасы болып пирит табылады.

Өзгертілген асбест қалдықтар кен орындары аймағында кең таралмаған. Олар негізінен мүжілген және доломитизирленген түрлерімен көрсетілген.

Зерттеулер Жітіқара асбест қалдықтар диссоциациясы негізінен 400 °С басталады, Волчьегорск және Карагайск кен орындары үшін 400-600 °С интервалында декарбонизация салыстырмалы түрде баяу жүреді: 20 минут ішінде 37 пайыз CO_2 бөлінеді. 600 °С жоғары декарбонизация жылдамдығы күрт өседі және 640 °С максимумға жетеді. 600-700 °С интервалында 12 минут ішінде 63 пайыз CO_2 бөлінеді [13]. Декарбонизация 720 °С толығымен аяқталады.

Асбест қалдықтардың Жітіқара кен орны магнезиалды отқа төзімді материалдардың өндірісі үшін ірі шикізат базасы болып табылады [14]. асбест қалдықтар құрамында 75-99 негізгі минералы (асбест қалдықтары) бар, мономинералды түрі болып саналады. Қоспалар болып біріншілік майда түйіршікті доломитті реликтасы, тальк, хлорид, кварц және пирит табылады.

Авторлар асбест қалдықтар құрамы мен құрылымы бойынша біртекті емес екенін анықтаған.

Жоғары мөлшерде кремназемы бар асбест қалдықтар кандиционды емес шикізатқа жатады. Кондиционды типтер зерттеу нәтижесінде магнезиалды отқа төзімді материалдарды өндіруде олардың жоғары сапалылығы және отқа төзімді шикізат ретінде қолдануға толық жарамды екені анықталды. Күйдірілген асбест қалдықтардың минералды құрамы периклазбен (89-97 пайызда) және силикаттармен көрсетілген. Қалыпты асбест қалдықтар неғұрлым тазалығымен ерекшеленеді. Приклаздың қанағаттанарлық пісірілуімен рекристалдануы бұл материалдардың салыстырмалы түрде аз тесіктілігін (12,8-14,7 пайызды) қамтамасыз етеді. Периклаз кристалдарының мөлшері 0,07 мм асады. Рекристилизация үрдістері CaO және MgO құрамына тікелей тәуелді болады: доломитизирленген асбест қалдықтарының периклаз кристалдарының мөлшері қалыптыға қарағанда 2-3 есе аз. Периклаздан басқа мұндай асбест қалдықтардың сынамаларында форстерит, монтичеллит, кальцилі силикат және магнезиоферит бар.

Авторлармен [14,15,16], асбест қалдықтардың құрамы мен құрылымына байланысты пісіру үрдісі зерттелген. Асбест қалдықтартарды күйдіргенде кальций оксидінің кремназем қатынасына олардың пісірілуінде тікелей тәуелділік бар екені байқалады. Кальци оксидінің кремназемға қатынасы 0,5 аз және 1,5 көп және кремнеземның құрамы 0,9 пайыздан аз болатын кесек түріндегі асбест қалдықтар күйдіру температурасы 1700 °С жоғарыда қанағаттанарлық пісіріледі.

Зерттеулер [17] мөлшері 30-50 мм болатын савинсктік кесек асбест қалдықтарды пісіру 1650 және 1600 °С температурада 2 сағат ұсталған, жұқа ұсатылған үлгілердегі барлық түрдегі сынамалар қанағатсызданарлық пісірілетінін көрсетті. Күйдірілген кесектердің ашық тесіктілігі 25-33 пайызға дейін өзгереді. Шикізаттарды алдын ала майдалап ұсату тесіктіліктің анағұрлым азаюына септігін тигізеді. Асбест қалдықтардың орташа сынамасынан жасалған брикеттер күйдірілгеннен кейін $П_{отк}$ шамамен 4 пайыз болған.

Күйдірілген кесектерді микроскопиялық зерттеу нәтижесінде, олардың мөлшері 0,1-0,5 мм болатын периклаздан тұратыны анықталды. Мөлшері 0,03 мм болатын кристалдар көбірек кездеседі. Периклаз темір оксидтерімен қошқыл қоңыр түске боялған. Қоспа ретінде қалыпты оптикалық константалы форстерит пен монтичеллиттен құралған силикаттар көп мөлшерде бар. Пісірілген жітіқаралық асбест қалдықтардың күйдірілген жітіқаралық асбест қалдықтардан айырмашылығы, соңғысы $CaO \div SiO_2$ кіші 1 қатынасына негізделген форстериттік құрамы бар силикатты фазалардан тұрады [18].

Бұл жағдай өнімнің жоғары температуралық төзімділігінің жоғарылауында оң көзқарас қалыптастырады, бірақ жоғары температурада күйдіруде балқытылу құрамының төмендеуіне байланысты пісіруді көбірек тежейді.

Ірі- және ортакристалдық құрылымы бар ақ түсті асбест қалдықтар мөлшері 1,0х1,8 мм 3,6х6,0 мм дейін болатын, дұрыс емес пішінді, ирек қырлары бар асбест қалдықтардың түссіз түйіршіктерінен тұрады.

Жітіқара асбест қалдықтары кесек сынамаларда және түйіршіктерде 1550 және 1700 °С әлсіз пісіріледі, нәтижесінде борпылдақ құрылым түзіледі, көп жағдайда үгітіледі, сызаттар түзіледі.

Майда ұсақталған асбест қалдықтар үлгілерінің пісірілуі асбест қалдықтардың құрылымы мен химиялық құрамына тәуелді. Көп мөлшерде MgO және аз мөлшерде қоспалары бар майда- және ортакристалдық құрамы бар асбест қалдықтардың пісірілу деңгейі 1600 °С пісірілмейді, құрамында SiO_2 және CaO көбірек үлгілер жақсы пісіріледі. Ірі түйіршікті асбест қалдықтар үлгісі нашар пісіріледі.

Брикет біртекті емес пісіріледі, 1700 °С күйдіргеннен кейін оның тесіктілігі 15,8-25,7 пайызға дейін ауытқиды.

Магнезиалды отқа төзімді материалдар өндірісінің негізгі шикізаты ретінде асбест қалдықтарды қолданатына қарамастан, басқа да периклазды құрамды материалдар пайдалануға болады, мысалы хромиттік кен, шпинелдер, таза материалдардан синтезделгендер, өндірістің қалдықтары және қызметін атқарып біткен отқа төзімді материалдар.

Кремний оксиді аз мөлшерде болатын, хром құрамды компонент негізінде алынған магнезиалды отқа төзімді материалдар тығыздығы, беріктігі және коррозионды мықтылықта жоғарғы көрсеткіштерге ие [19,20].

Соңғы уақытта магнезиалды отқа төзімді материалдарды алу технологиясын дамытуда ғалымдар өндіріс қалдықтарын пайдалануды ұсынуда.

Магнезиалошпинелидті өнімдер негізінде, хромит кен қалдықтарын, клинкер қоспаларын және брикетті қайта өңдеуде, массалық үлесі MgO – 60-92 пайыз болатын периклаз негізінде жылулық агрегаттар футеровкасы үшін отқа төзімді материалдар жасалынды [21].

Бұл асбест қалдықтарын [22,23] алдын ала бағалау нәтижесі келесіні көрсетті: Қазақстандағы негізгі және ультранегізгі түрлердің беткі қабатта мүжілуі нәтижесінде түзілу үрдісінің ортақтылығына негізделген магнезиалды түрлердің өзіне тән ерекшеліктері болып, серпентиниттердің, сонымен қатар кішірек көлемді кен денешіктері және микрокристалдық құрылымдардың қабаттың аз тереңдігінде мүжілу қабатында таралуы жатады. Асбест қалдықтар доломитпен жиі ассоциацияланады және онда кремнезем көп мөлшерде кездеседі. Мұндай түрлер берік және майда түйіршікті, ақ және ақ-қар түсті, сирек құрамындағы бояғыш оксидерінің болуына байланысты сұр, сары-қошқыл қоңыр түсті де болады.

Осылайша әдебиет мәліметтерінің талдауы көрсеткендей, магнезиалды отқа төзімді материалдар әртүрлі периклазоқұрамды материалдардан алынуы мүмкін, бірақ олардың сапасы бастапқы шикізаттың сапасына, өнімнің фазалық құрамы мен құрылымына тәуелді.

2 Қолданылатын материалдардың қасиеттері

Магнезиалды отқа төзімді материалдарды өндірудің технологиялық үрдісі келесі операциялардан тұрады: пісірілген асбест қалдықтарды ұсату, оларды фракцияларға бөлу, қажетті қатынаста оларды мөлшерлеу, аз мөлшерде органикалық жабыстырушы қоспалармен ылғалдандыру, өнімдерді престеу, кептіру және күйдіру.

Магнезиалды отқа төзімді материалдарды өндіру технологиясы міндетті түрде термоөңделген асбест қалдықтарды шикізатты қолдануды қажет етеді.

Агрессивті металлошлактық балқытулардың әсеріне магнезиалды отқа төзімді материалдардың төзімділігін жоғарылату, металлургияда тазартылған асбест қалдықтар қоспаларынан жасалған тығыз ұнтақтарды алумен тікелей байланысты.

Бастапқы магнезиалды шикізаттарды термоөңдеу мен периклаздық ұнтақтарды алудың ең негізгі әдістері бар: пісіру және балқыту.

Солтүстік Қазақстанда орналасқан кен орындарынан алынған асбест қалдықтары сынамасы зерттелінді.

Алынған материалдың химиялық құрамы 2.1-кестеде берілді.

Кен орынының асбест қалдықтары, олардың негізгі және ультра негізгі түрлерінің ыдырау қабаттарынан тұтасталдырылған. Мұндай асбест қалдықтар, өздерінің құрылымдық белгілері бойынша, аморфты болып келеді.

2.1 Кесте – Бастапқы материалдардың химиялық құрамы

Материалдың атауы	Компоненеттердің массалық үлесі, %					
	MgO	CaO	SiO_2	Fe_2O_3	Cr_2O_3	Al_2O_3
Асбест қалдықтар	39,0-42,0	1,1-1,6	37,0-41,0	4,0-5,4	0,1-,015	0,8-1,4

2.1 Отқа төзімді үлгіге бейорганикалық байланыстырғыштардың және реактивтердің әсері

Зерттеу жұмысын орындау кезінде байланыстырғыштар ретінде әртүрлі бейорганикалық және органикалық реактивтер қолданылды. Байланыс-тырғыштар негізінен материалға қалыптану қасиетін береді. Кейбіреуі күйдіру процесі кезінде фазалық құрамға, сол арқылы материал қасиетіне әсер ете алатынын көрсетті. Есептеулер бастапқы шикіқұрам негізінде жүргізілді, яғни 26,8 Cr_2O_3 + 9,8 Mg + 32,2 MgO + 21,7 Al_2O_3 + 10,3 Cr_2O_3 құрамда. Алынған байланыстырғыш мөлшері материал салмағының 2,5 – 15 массалық пайыз үлесімен қарастырылды. Байланыстырғыштың пайдалы әсері 2.1.1-кестеде анық көрсетілді. Алынған нәтижелер, байланыстырғыш (қант патокасы) қосқанда кезде үлгінің жану жылдамдығының төмендейтінін көрсетті. Байланыстырғыш мөлшерін арттырған кезде үлгінің тығыздығы артты, соған байланысты бастапқыда үлгі беріктігі жоғарылады, бірақ байланыстырғыш мөлшерін 10 пайызға жеткізгінде оның төмендеуі байқалды.

2.1.1 Кесте – Материал қасиетіне байланыстырғыштың әсері

Байланыстырғыш, %	Тығыздығы, г/см^3	Беріктігі, МПа
2,5	0,25	4,1
5	0,84	5,2
7,5	0,89	6,3
10	0,92	6,9
15	1,0	7,3

Материалдың беріктігі мен кеуектілігі бір-біріне кері шамада байланысты болатыны эксперименттік зерттеумен дәлелденді.

Отқа төзімділігі жоғары (2000 ^oC тан кіші) жеңіл салмақты отқа төзімді бұйымдар алу үшін, оны алу технологиясында құрамында материалдың балқу температурасының төмендеуіне әсер ететін қоспалары болмайтын таза реактивтер қолданылуы қажет, бұл өте маңызды. Мысалы зерттеу жұмысын орындау барысында алынған MgO әртүрлі маркасы материалдың қасиеттеріне әртүрлі ықпал ететіні айқындалды. Мысалы, аталған реактивтің «Химиялық таза» және «Талдау үшін таза» маркаларын рентгендік талдау олардың құрамында Si, Al, Na_2SO_4 және тағыда баскалары. қосылыстырадың бар екенін көрсетті. Бұл қосылыстар алынатын мақсатытты өнімінің түзілуіне және сәйкесті қасиеттеріне теріс әсер ететіні белгілі – материалдың ісініп, қабыршықты болуына ықпал жасайды. Әрине, бұл жағдайда үлгінің берік дәрежесі төмендейді, мортты бола бастайды және өзінің алғашқы пішінін сақтауы қиындыққа соғады. Ең тазасы табиғи карналитқа негізделетін реактивтің «Таза» маркасы болды, осы реактивті зерттеу жұмыстарын орындауда пайдаландық.

2.2 Хромитті және магнезиалды шикізаттарды термиялық өңдеу кезінде жүретін фазалық және құрылымдық өзгерістер

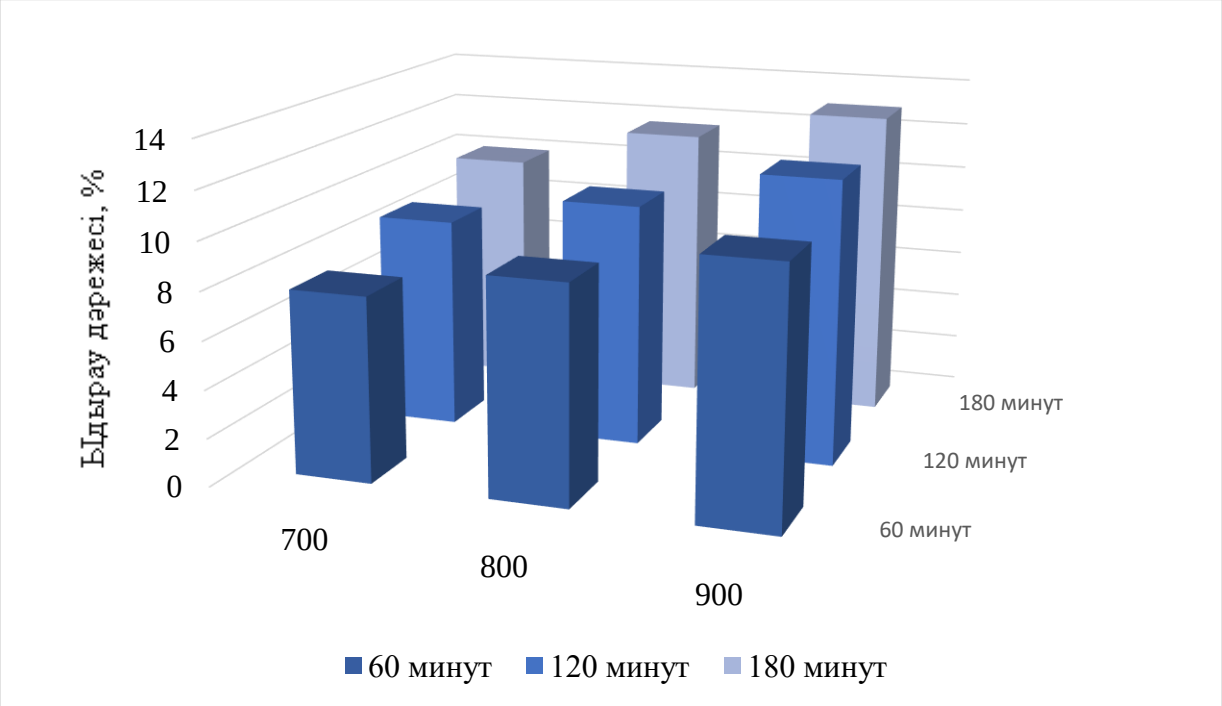
Отқа төзімділердің табиғи шикізаттарын термиялық өңдеу кезінде фазалық құрылымдарда бірқатар өзгерістер өтеді, бұл түзілістер футеровкаға арналған материалдар қасиеттерінің қалыптасуына зор әсер етеді. Осы тұрғыда, жаңа отқатөзімді материалдардың түрлерін синтездеудің теориялық негіздерін дамыту бағытында табиғи шикізатты термиялық өңдеу кезінде орын алатын физикалық және химиялық процестердің орындалу ерекшеліктеріне көп көңіл бөлу керек.

Асбест қалдықтары құрамды үлгілерді термиялық өңдеу кезінде жүретін фазалық – құрылымдық өзгерістерді анықтау, кесек материалдармен (үлгінің түйірлі фракциялары 10-30 және 3-5 мм) және майда дисперсті ұнтақтан (2 мм) орындалған цилиндр пішінді үлгіде зерттелінді (2.2.1-кесте, 2.2.1-сурет).

2.2.1 Кесте – Үлгілерді күйдіру кезінде массаның жоғалымы

Күйдіру температурасы, °С	Берілген температурада ұстап тұру уақыты, мин.							
	10	20	30	40	50	60	120	180
700	1.5	2.1	3.4	4.7	6.1	7.7	8.9	10
800	2	3.5	4.8	5.6	7.9	9.0	10.2	11.7
900	3	4.2	5.3	6.7	8.4	10.5	11.9	13

Үлгілер құрамының ыдырау деңгейі күйдіру температурасына тәуелді.



2.2.1 Сурет – Үлгілердің ыдырау дәрежесінің температураға тәуелділігі диаграммасы

2.3 Отқа төзімді материал үлгісінің түсетін қысым әсеріне тәуелділігі

Алынған үлгілердің қасиеттеріне престеу кезіндегі қысымының әсері зерттелінді, ол үшін престеу қысымы 2,5 – 15 МПа шегінде өзгертілді. Зерттелетін химиялық реакцияның үлгілерінің келтірілген құрамы 26,8 Cr_2O_3 + 9,8 Mg + 32,2 MgO + 21,7 Al_2O_3 + 10,3 Cr_2O_3. Келтірілген нәтижелер престеу кезінде қысымды артырғанда өнім тығыздығының артатынын және беріктік шегі мен кеуектілік дәрежелері қарама қайшы нәтижелер берді, яғни қысымның жоғарылауымен беріктік шегі артады, ал

үлгінің кеуектілігі керісінше төмендеді. Бұл эксперименттің нақты келтірілген нәтижелерін 2.3.1 кестеде келтірілді.

2.3.1-Кесте – Қысымның мақсатты өнім қасиеттеріне әсері

Престеу кезіндегі қысым, МПа	Үлгі тығыздығы, г/см^3	Үлгі беріктігі, МПа
5	0,85	2,6
10	0,92	4,2
15	0,98	4,8

Сонымен, берілген құрамдағы материалдан отқа төзімді бұйым алу үшін престеу қысымының шамасы 7-8 МПа болуы оңтайлы деп айтсақ болады.

2.4 Магнезиалды композициялардың қасиетіне престеу қысымының әсерін зерттеу

Қазіргі уақытты бай кен қорларын өндіруді шектеуге байланысты, жұқа дисперсті концентрат алу арқылы байытылатын кедей кендердің саны өсуде. Концентраттарды ары қарай қайта өңдеу қиынға соғады. Жұқа дисперсті материалдарды неғұрлым эфективті пайдалану үшін кесектеу үрдісін қолданады (агломерация, түйіндеу, түйіршіктеу, брикеттеу) [24-25].

Гранульдеу және брикеттеу үрдістері отқа төзмділер өндірісінде кеңінен қолданылады, сонымен қатар шамот өндірісінде арнайы ұсыныстағы жоғарысазды өнімдерде, периклазды және периклазошпенилді материалдарда қолданылады.

Зерттелінетін Жітіқара кен орындарындағы жұқа дисперсті асбест қалдықтарында 6 пайызға дейін SiO_2 жоғары мөлшері бар және олар төменгі сұрыпты шикізатқа жатады.

Қажет емес қоспаларды (CaO, SiO_2, FeO) азайту үшін байыту қажет.

Флотациялық және химиялық байыту кезінде майда дисперсті концнентраттар түзіледі, оларды алдын ала брикеттемей қайта өңдеу мүмкін емеес.

Жітіқара асбест қалдықтарын күйдіру үрдісінде олардың белсенді борпылдауы жүреді, ол отқа төзімділер өндірісінде кеңінен таралған, айналмалы пеште пісірілетін тығыз клинкер алуда теріс фактор болып табылады.

Қазіргі уақытта дамыған елдерде жоғары тазалықтағы магний оксидін мұхит суларынан және өзендерден алады, каустикалық күйдіреді, брикеттейді және 1700-2100 °С температурада күйдіреді брикеттеу әртүрлі құрамды тығыз пісірлген материалдарда, сонымен бірге периклазохрометивтті және периклазошпинелді материалдарды жасап шығаруға мүмкіндік береді.

Алдын ала синтезделген материалдардан жасалған отқа төзімділер жоғары эксплуатациондық қасиетке ие, соның ішінде ауыр түсті металдар

өндірісінде шлактық балқытулар әсеріне жоғары термотұрақты және шлакотұрақты [26].

Брикеттерге химиялық және гранулометриялық құрамы бойынша ғана емес, сонымен қатар физико-механикалық қасиеттері бойынша да қатаң талаптар қойылған [27]:

- брикеттер преске жібергенде, тасымалдағанда және пеш агрегаттарына сепкенде (шахталық және айналмалы пештер) пайда болатын күштемелерге қарсы тұра алатындай жеткілікті механикалық беріктігі болуы қажет;

- қыздыру үрдісінде брикеттер жоғары механикалық беріктілікке ие болуы қажет;

- брикеттер атмосфера тұрақты болуы қажет;

- брикеттер күйдіргенде жақсы әрқабатты газөткізгіштілігі болуы үшін өлшемі мен пішіні бойынша біртекті және минимальді тесіктікке ие болуы қажет.

Брикеттеу үшін жоғары өнімділік пен үнемділік жасайтын престілік құралдардың әртүрлі түрлері қолданылады [26].

Брикеттерді жасап шығаруда әртүрлі байланыстырушыларды қолданады [27]. Қасиеттерінің әртүрлілігіне және қолдануының арнайылылығын ескетре отырып, байланыстырушылар жақсы адгезивті қасиеттерге ие болуы қажет арзан және қолдануда жеңіл болуы қажет.

Зерттеу жүргізу үшін алдын ала 800 °С күйдірілген мөлшері 100-150 мм болатын кесек асбест қалдықтары қолданылды. Күйдірген соң оларды 2 мм төмен фракцияларға бөлшектеді. Алынған ұнтақтардан престеудің 10–20–30 Н/мм^2 салыстырмалы қысымында брикеттер түзді.

Байланыстырушы ретінде суды пайдаланды, себебі каустикалық асбест қалдықтары ауада қататын байланыстырушы болып табылады. Шихта ылғалдылығы 2-3 пайыз.

Алынған брикеттерді 1300-1600 °С темепратурада 1 сағат ұстаумен силиттік және криптолдық электрлік пештерде күйдірді. Брикеттерді жасап шығаруда әртүрлі байланыстырушыларды қолданады [27]. Қасиеттерінің әртүрлілігіне және қолдануының арнайылылығын ескетре отырып, байланыстырушылар жақсы адгезивті қасиеттерге ие болуы қажет арзан және қолдануда жеңіл болуы қажет.

Бұл 2.4.1-кестеде престеу қысымы мен күйдіру температурасы жоғарыласа, брикеттің сызықтық отырғызуы мен беріктігі жоғарылайды, ашық тесіктік көрсеткіші төмендейді.

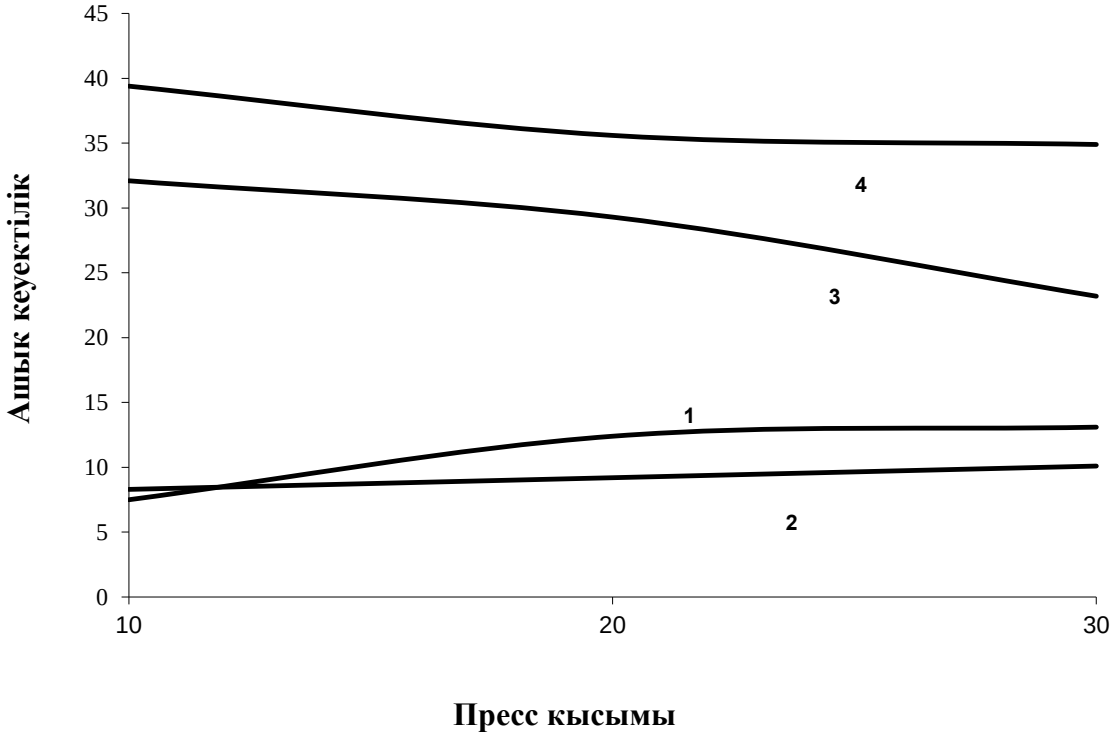
Әсіресе бұл өзгерістер 1600 °С темепературада күйдірілген брикеттерде жақсы байқалады. Асбест қалдықтарды брикеттеуге дайындау әдістері материал қасиетіне де әсер етеді.

Алдын ала 800 °С күйдірілген 5-3 мм асбест қалдықтарын ұсақтау арқылы алынған 2 мм төмен фракциялардан жасалған ұнтақтар кесектік асбест қалдықтарынан алынған ұнтақтарға қарағанда (ашық тесіктілігі – 23,2 пайызға) интенсивті пісіріледі (ашық тесіктілігі – 26,5). Брикет қасиеттері

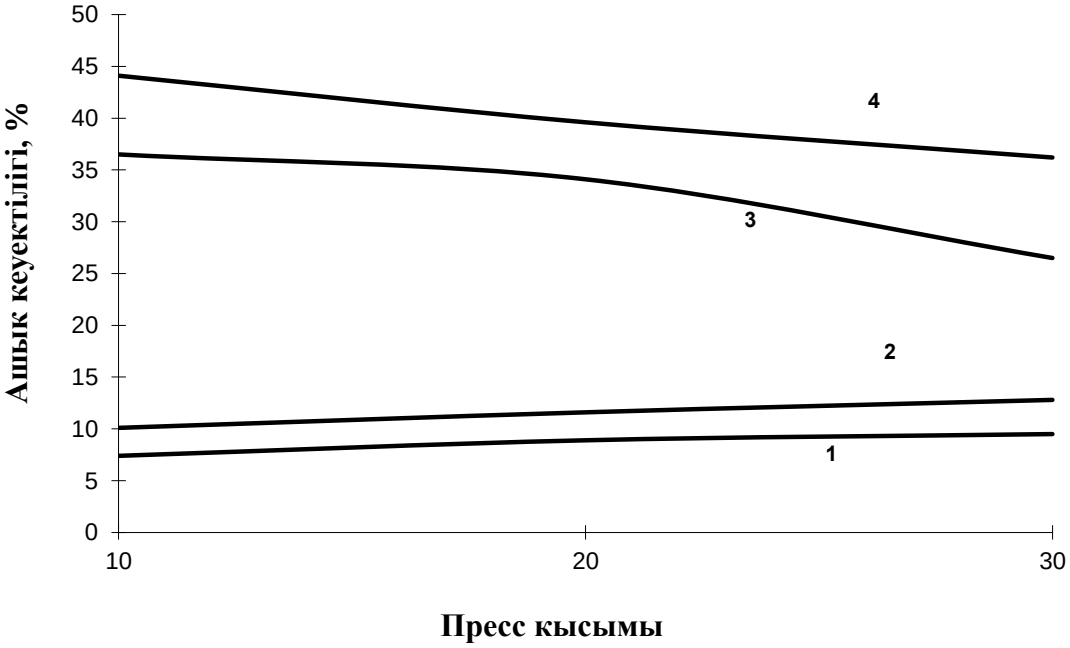
2.4.1-кестеде көрсетілген ал сыққандағы төзімділік шегі мен ашық тесіктіліктің өзгеруіне тәуелділігі 2.4.1-суретте көрсетілген.

2.4.1 Кесте – Асбест қалдықтарының ұнтақтарынан алынған брикеттердің қасиеті

Шикізатты дайындау әдісі	$T_{күйдіру}$ брикеті, °С	Пресстеу қысымы, Н/мм^2	Брикет қасиеті			
			Дl, %	$К_{ашық}$, %	$С_{жуық}$, г/см^3	$G_{жану}$, Н/мм^2
800 °С температурасында асбест қалдықтарының біріншілкті күйдіру фракциясы, мм:						
5-3 мм	1300	10	-13,6	39,4	2,12	8,3
		20	-13,6	35,6	2,31	9,2
		30	-13,7	34,9	2,32	10,1
	1600	10	-17,4	32,1	2,32	7,5
		20	-17,7	29,3	2,46	12,4
		30	-20,4	23,2	2,67	13,1
100-150 мм	1300	10	-15,5	44,1	1,94	7,4
		20	-15,1	39,6	2,08	8,9
		30	-20,0	36,2	2,50	9,5
	1600	10	-19,0	36,5	2,33	10,1
		20	-20,8	34,1	2,62	11,6
		30	-16,7	26,5	2,56	12,8



а)



б)

а – бөлшектенген материалдың, б – кесектік материалдың

2.4.1 Сурет – Күйдірілген өнімнен алынған брикеттерді сыққандағы престеу қысымының ашық тесіктілік пен төзімділік шегінің өзгерісіне тәуелділігі диаграммасы

Осылайша брикеттің престеу қысымы мен күйдіру температураларының әсерлерін зерттеу нәтижелері келесіні көрсетті, яғни материалдардың пісірілуі каустикалық асбест қалдықтарын алу әдісіне ықпал етеді.

3 Экономикалық бөлім

3.1 Зерттеу жұмысын жүргізуге жұмсалған шығындарды есептеу

Зерттеу жұмыстарын жүргізуге жұмсалған шығындарды келесі формуламен есептейміз [28]:

$$Ш_{зөқ} = Ш_{жкш} + Ш_{эш} + Ш_{сш} \quad (3.1)$$

$Ш_{зөқ}$ – зерттеудің өзіндік құны;
$Ш_{жкш}$ – негізгі және қосалқы материалдар шығыны;
$Ш_{эш}$ – электрэнергия шығыны;
$Ш_{сш}$ – су шығыны;

3.2 Негізгі және қосалқы материалдар шығынын есептеу

Эксперимент жасауға, тәжірибе жүргізуге арналған қосымша және негізгі материал шығынын есептейік. Есептеу нәтижелері 3.2.1-кестеде келтірілген.

3.2.1 Кесте – Негізгі және қосалқы материалдар шығыны

Материалдардың атауы	Материал шығыны	Бірлік бағасы, теңге	Жалпы бағасы, теңге
Асбест қалығы	0,5	72,5	145
Қант пектасы, кг	0,2	36	170
Су	0,002	0,029	14,5
Барлығы:		108,53	335,5

Негізгі және қосалқы материалдарға кеткен шығын 335,5 теңге құрайды.

3.3 Электроэнергияға кеткен шығынды есептеу

Электр тоғын қолданатын аспаптар:

– қызуы бар муфель пеші 2,1 кВт · сағат, 3 тәжірибе жүргізу үшін 4 сағат кетті, сондықтан 2,1 · 4 = 8,4 кВт · сағат электр энергиясы қажет.

Бір күнде шығындалған электр шығыны бір тәжірибе жасау кезінде, қажет ететіндер:

– 1 кВт электр тоғы 20,32 теңге құрайды. Сонда 8,4 кВт электрэнергиясы
8,4 · 24,32 = 204,3 теңге болады.

Демек, 1 айға электрэнергиясына 204,3 теңге шығындалады [28].

3.4 Қолданылған суға кеткен шығынды есептеу

Орта есеппен бір тәжірибе жүргізгенде 5 литр су шығындалады. Сонда 4 тәжірибеге 2 литр су шығындалады. 1 $м^3$ салқын судың бағасы 14,50 теңге, сонда 0,01 $м^3$ суымыз: $0,005 \cdot 14,50 = 0,0725$ теңге тұрады.

3.5 Жалпы шығын сомасын есептеу

Шығындардың жалпы сомасы шикізатқа, электрэнергиясына, қолданылған суға кеткен кеткен алынымдар енгізеді.

Барлық шығындар 3.5.1-кестеде келтірілген.

3.5.1 Кесте – Ғылыми - зерттеу жұмысына кеткен жалпы шығындар

Шығындау атауы	Шығын соммасы, теңге
Негізгі және қосалқы материалдар	335,5
Электр көзі	204,3
Қолданылатын суға кететін шығын	0,0725
Барлығы:	539,8725

Сонымен зерттеуге кеткен шығын соммасы 539,8 теңге құрайды.

4 Қауіпсіздік және еңбекті қорғау

4.1 Кәсіпорынның жалпы сипаттамасы

Дипломдық жұмыстың зерттеу жұмыстары Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Университтінің «Металургиялық процестер, жылутехника және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасындағы зертханада орындалды. Ол зертханада адамның денсаулығы мен жұмыс істеу қабілетіне ықпал етуші факторларға жататындар:

– өндірістік микроклимат – ауаның температурасының, ылғалдығының және жылдамдығының ұштасуы, сонымен қатар жылулық сәулелену;

– өндірістік көздерден туатын сәулелену (иондаушы және иондамаушы), энергетикалық өріс (электромагниттік, гравитациялық және тағыда баскалары), акустикалық және дірілді тербелістер;

– ұжымдағы әлеуметтік-психологиялық климат.

Қарастырылып отырған бұл жұмысты орындау кезінде техника қауіпсіздігін сақтамаған жағдайда өндірістік жарақат алу мүмкіндігі болады. Ең қауіпті және зиянды болатын жағдай:

– жабдықтарға химиялық активті орта әсері мүмкіндігінен туындайтын, жоғары қауіптіліктің салдарынан электр тогінен түсіп қалу .

Жоғарыда айтылғандармен байланысты кейбір қолайсыз факторларды атап айту қажет:

– қышқылдар және сілтілер ерітінділерімен дұрыс жұмыс істемеген кезде терінің және дем алу жолдарының күйіп қалуы.

Еңбек және өндірістік процестердің, организмге бірден зиян келтіретін, оңтайсыз факторлары өндірістік қауіптер деп аталады.

Өндірістік жағдайда кейбір факторлардың тұрақты немесе ұзақ уақыт жұмыскерлердің денсаулығына әсер ететін жағдайы болуы мүмкін, және де бұл ықпалдың нәтижесі бірден білінбейді, ал бірнеше уақыттан соң ғана айқындалады. Кәсіптік зияндардан организмге әсер ету нәтижесінде пайда болған денсаулықтың бұзылуы кәсіптік аурулар деп аталады.

Өндірістік қауіптер мен кәсіптік зияндар келесідей жағдайларда пайда болады:

– машиналар мен механизмдердің қозғалыстағы бөлшектерімен, көлік құралдарымен;

– электр тоғымен;

– оңтайсыз мереорологиялық жағдайлармен (ыңғайсыз температурамен және ауа ылғалдығымен, желдетумен, қалыпсыз атмосфералық қысыммен);

– қыздырылған жабдықтармен және материалдармен, жалынмен;

– жылулық, ультракүлгін, иондаушы және иондаушы емес сәулелермен, электромагниттік өріспен, көз ашқызбас жарықпен;

– ауаның зиянды заттармен ластануынан;

– шумен және сілкіниспен, ультрадыбыспен;

– жанатын және жарылатын материалдармен және заттармен;

Еңбек жағдайын тексеру және бағалау үшін зерттеу мен сынақтың техникалық әдістері қолданылады. Оларға жататындар: әртүрлі талдағыштар көмегімен ауадағы қажетсіз қоспаларды, температураның өзгерісін, ылғалдықты, ауаның қозғалу жылдамдығын анықтау.

Бұл зерттеу үшін қолданылатын аппаратура әр түрлі. Зерттеудің көптеген әдістері Мемлекеттік стандарттармен регламенттеледі.

Еңбек жағдайын жан-жақты талдау, жарақаттану мен аурудың пайда болу мүмкіндігін жоятын жабдықтар конструкциясы және технологиялық процестер мен еңбекті ұйымдастыру сипаты бойынша ұсыныстар беруге мүмкіндік береді.

4.2 Желдету және жылытуға қойылатын талаптар

Жылыту өндірістік ғимараттарға қойылатан талаптар СНжЕ бөлімдерінің қажеттіліктерімен сәйкес ауаны желдету және кондиционерлеу МЕСТ «ССБТ жалпы санитарлық – гигиеналық» талаптарға сай болуы қажет. Технологиялық мақсаттар үшін қысқы уақытта, ауа перделерін сыртқы ауаның ағынымен ұйымдастыру қажет. Әрбір қабаттың желдетуі зиянды заттардың бөлінуінің есебімен жүргізілуі қажет. Жүргізілетін процестердегі берілетін зиянды заттары 4.2.1-кестеде анық көрсетілген.

4.2.1 Кесте – Жұмыс аймағындағы ауаның санитарлық бақылауына жататын негізгі зиянды заттардың тізімі

Өндірістік аймақ	Зиянды заттар
Магний өндірісі	Қалдықтардан бөлінген шаң
Ұнтақтарды нығыздау, шихталау және қаптау жұмыстарымен байланысты барлық процестер, сондай ақ тиеу – түсіру операциялары.	Бөлінген газдар, шаңдар
Пирометаллургиялық және гидрохимиялық процестер цехы	азот және күкірт қышқылының булары,газдар.

Ерітінді және электролиті бар ыдыстар жергілікті тартпалы механикалық желдеткішпен қамтамасыз етілуі қажет.

Бөлінетін ауаның көлемі технологиялық нормалар бойынша анықталуы қажет және оның жылдамдығы келесі нормалардан аспауы қажет:

– күкіртті газдың және хлордың бөлінуі кезінде – 1,5 м/с;

– күкірт қышқылы және аэрозольді ерітінділердің бөлінуі кезінде – 1,5 м/с;

4.3 Кәсіпорында электр- және өрт қауіпсіздігі

4.3.1 Электр қауіпсіздігі

Электр құрылғыларымен жұмыс істеу өрт қауіпінің тууына, қысқаша тұйықтықтың пайда болуына және сымтетіктердің қайта қосылуына әкеп соғады (4.3.1-кесте). Электр тоғының әсері, ағзаға әртүрлі электрлік зақым (электрлік күйік, терінің зақымдануы, электрлік белгі, электрофтальмия) және электрлік соққыға әкелуі мүмкін.

Электротехникалық құрылымдарың құрылғылары және эксплуатациясы ережесіне сәйкес болуы керек.

Қызмет істейтін жұмыскерлердің ток астында қалып қоюын азайту үшін изолирленген инструменттермен қолдануға болатын резиналы қолғаптармен монтаждалуы керек. Жерлендіргіш өткізгішті жайтартқышы бар жалғастыратын жабдық өткізгіш деп атайды. Жерлендіргіш: жұмыс істейтін – басты құрылғымен қамтамасыз ететін жұмыс, және қорғайтын – адамдардың қауіпсіздігін қамтамасыз ететін болып екіге бөлінеді.

Электротехникалық құрылғылардың пайдалану қауіпсіздігі үшін, қоршаған орта ерекшеліктерімен сипатталатын өндірістік жағдайлар, электр жабдығының жеткілікті деңгейімен, электр тоғының кернеуі болуы қажет. Зертханалық жұмыс жасар алдында ең алдымен тезника қауіпсіздік ережелерімен танысу себебі де жайдан емес. Қазіргі уақытта электр тоғынан пайда болатын апаттар түрлері мен адамға әсер ететін залалдарының түрлері өте көп. Сондықтан электр жабдығы орнатылған бөлмелер, электр тоғымен зақымдану қауіпсіздік деңгейі жағынан төменде көрсетілген топтарға бөлінеді:

– қаупі жоқ;
– жоғары қауіпті;
– өте жоғары қауіпті.

Берілген эксперимент жасалған лаборатория жоғары қауіпі жоқ тобына жатады [29]. Қолданылған электр қондырғыларына рұқсат етілген кернеу мен тоқтың мәні 4.3.1-кестеде анық көрсетілді.

4.3.1 Кесте – Қалыпты режимде жұмыс істейтін электр қондырғылардың кернеу (U) мен токтардың (I) рұқсатты мәндері

Тоқ түрі	U, В	I, мА
	Жоғары емес	
Айнымалы 50 Гц	2,0	0,3
Айнымалы, 400 Гц	3,0	0,4
Тұрақты	8,0	1,0

Әртүрлі мәндердегі электр тоғының әсері келесі мәліметтермен (статикалық) сипатталады (4.3.2-кесте).

4.3.2 Кесте – Адамның ағзасына электр тоғының әсері

Ток күші, мА	Айнымалы тоқ (50 Гц)	Тұрақты тоқ
20 – 25	Қолдың кенеттен сал ауруы, электродтан алу мүмкін емес, қатты ауру	Қызу өте жоғарылайды
25 – 50	Қолдағы және кеудедегі өте қатты ауру. Тыныс алу қиындайды, тоқтың ұзақ уақыт бойы әсер етуі тыныс алудың сал ауруына немесе жүректің әлсіздеуіне әкеледі.	Қатты қызудың сезілуі. Қолдағы сіңірдің тартылуы
50 – 80	Бірнеше минуттан соң тыныс алу сал ауруына шалдығады. Жүректің жұмыс істеуі бұзылады. Тоқ әсерінің ұзақтығынан жүректің фибрилляциясы пайда болады.	Сыртқы және ішкі қызудың қатты сезілуі, қолдағы және кеуде аймағындағы қатты аурулардың пайда болуы
100	2-3 секундтан кейінгі жүрек фибрилляциясы, бірнеще секундтан кейін – паралич ұстау	Ұзақ тоқ өткенде дем алуда параллич ұстау
300	Аз уақытта сол қауіп-қатерлер	2-3 секундтан кейінгі жүрек фибрилляциясы, бірнеще секундтан кейін – дем алуда параллич ұстау
500	Секундтар аралығында демалуы нашарлайды. Жүректің фибрилляциясы басталмайды, токтың өтуі уақытша болады. Токтың өтуі ұзақ болса – ауыр күйіктер, ұлпалардың бұзылуы.	

ҚОРЫТЫНДЫ

Жүргізілген жұмыстар келесі нәтижелер шығаруға мүмкіндік береді:

Жітіқара асбест қалдықтарының химико-минералдық құрамы зерттелінді.

Асбест қалдықтар құрамы бойынша біртекті емес және кристал өлшемдері – 0,002–0,004 мм болатын майда кристалды құрылымға ие екені дәлелденді. Магнезиалды отқа төзімділердің жауапты өндірісіне қажетті таза түр ерекшеліктері бөлініп алынды, және шикізатты алдын ала байытуды қажет ететін, қоспалары ішінде кальций оксиді мен кремний оксиді көп мөлшерде кездесетін түр ерекшеліктері бөлініп алынды;

Асбестті қалдықты шикізаттарын күйдіргендегі құрылымдық-фазалық қайта өзгерулер зерттелінді.

Асбест қалдықтарды 700-900 °С интервалында термоөңдегенде, массаның жоғалымының өзгергенін аңғардық . Тәжірибе басында күйдіру 700 °С температурада массаның жоғалымы алғашқы 10 минутында 1,5 пайыз жеткені, ал соңғы 180 – минутында массаның жоғалымы 10 тең болғанын білдік. 800 °С - та массаның жоғалымы алғашқы 10 минутында 2 пайызға, ал соңғы 180 – минутында 11,7 пайызға жеткеніне көзіміз жетті. Соңғы және 900 °С - тың 10 минутында массалық жоғалымы 3 пайыз, ал 180 минутында 13 пайыз болғаны тәжірибені қорытындылады;

Магнезиалды композициялар қасиеттеріне престеу қысымының әсері зерттелінді.

Зерттеу жұмысын орындау кезінде байланыстырғыштарды әртүрлі концентрациясы оның тығыздығы мен беріктігінің әсер етті. Алынған байланыстырғыш мөлшері материал салмағының 2,5 – 15 массалық пайыз үлесімен қарастырылды. Байланыстырғышты ең алдымен 2,5 массалық пайыз үлесімен алғанда онын тығыздығы 0,25 г/см^3 және беріктігі 4,1 МПа болғанын аңғардық. Беріктігін білу үшін гидравликалық престі қолдандық. Ал байланыстырғыш концентрациясын 15 массалық пайыз үлесімен алғанда тығыздығы 1,0 г/см^3 және 7,3 МПа – ға дейін артқанына көзіміз жетті;

Отқа төзімді материал үлгісінің түсетін қысым әсеріне тәуелділігі.

Каустикалық асбест қалдықтар ұнтақтарынан алынған брикеттердің престеу қысымын жоғарлатса, оның тығыздығы мен беріктігі жоғарлайтыны дәлелденлі.

Тығыз және берік магнезиалды клинкерді алу үшін шикізатты жоғары қысымда брикеттеу қажет және брикетті 1700-1800 °С температурада күйдіру қажет. Алғашқы 5 МПа престеу қысымымен әсер еткен кезде үлгі тығыздығы 0,85 г/см^3, ал үлгі беріктігі 2,6 МПа болатынын аңғардық. Ал 15 МПа престеу қысымымен әсер еткен кезде үлгі тығыздығы 0,98 г/см^3, ал үлгі беріктігі 4,8 МПа артқанына көзіміз жетті;

Жітіқара кен отындарының асбест қалдықтарынан алынған брикеттер негізінде дәстүрлі шикізаттардан алынған отқа төзімділерден кем түспейтін периклазды отқа төзімділер алынды.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Утенков А.Ф., Синицын Е.А. Повышение эффективности работы шахтных печей комбината «Магнезит» //Огнеупоры. – 1986. - № 3. - С. 34-37.

2 Симонов К.В., Черепов П. В. Влияние зернового состава сырого магнезита и частоты вращения промышленных печей на показатели их работы и качество порошков //Огнеупоры. – 1976. - № 12. - С. 14-18.

3 Бугаев Н.Ф., Симонов К.В. Спекание магнезита, обогащенного методом флотации //Огнеупоры. – 1977. - № 2. - С. 3-7.

4 Бугаев Н.Ф., Симонов К.В. Порошки из обогащенного флотацией магнезита и изделия на их основе //Огнеупоры. – 1975. - № 2. - С. 6-15.

5 Кайбичева М.Н. Изменение состава футеровочных материалов сводов и стен дуговых электропечей //Огнеупоры. – 1966. - № 6. - С. 61-65.

6 Узберг А.И., Кудрявцева Т.Н. Об износе магнезитохромитовых стопорных трубок при вакуумировании трансформаторной стали //Огнеупоры. – 1966. - № 6. - С. 52-61.

7 Рогозинников В.А., Кудрявцева Т.Н. и др. К вопросу об использовании изделий из плавленого магнезита в кладке фурменной зоны медеплавильных конвертеров //Огнеупоры. - 1966, - В 6. - С. 45-51.

8 Гришенков Е.Е., Кудрявцева Т.Н. и др. Об изменении основных огнеупоров после службы в канальных индукционных печах при плавке никеля //ВОСТ и О труде. – 1966. - В 6. - С. 111-121.

9 Соколов А.Н., Квятковский О.В., Борисовский Е.С. и др. Периклазошпинелидные изделия на основе спеченных материалов для установок внепечного вакуумирования стали //Огнеупоры. – 1991. - № 7. - С. 32-36.

10 Перепелицын В.А., Фрейденберг А.С. и др. Процессы минералообразования и износ огнеупоров в сводах мартеновских и двухванных печей //Огнеупоры. – 1975. - № 6. - С. 33-39.

11 Перепелицын В.А., Митюшов Н.А. және тағыда баскалары. Особенности минералообразования и износа хромитопериклазового огнеупора на основе плавленых материалов в своде мартеновских печей //Огнеуопры. – 1975. - № 12. - С. 35-41.

12 Спрыгин А.И., Хорашавин Л.Б. Магнезиальные бетонные блоки для агрегатов цветной металлургии //Огнеупоры. – 1985. - №5. – С. 47-49.

13 Красс Я.Р., Рыщенко С.И., Мара А.А. и др. Внедрение магнезиальных блоков для кладки мартеновских печей //Огнеупоры. - 1977. - № 1. - С. 40-41.

14 Бройт С. М. , Трусов Н. Я. Применение магнезиального бетона в мартеновских печах //Огнеупоры. - 1972. - № 6. - С. 31-35.

15 Герасимов Е.П., Мартынов В.П., Сасса В.С. Жаростойкие бетоны для электропечей //М.: Энергия, 1969. - 145 с.

16 Куколев Г.В., Немец И.И. и др. Периклазошпинелидный кирпич повышенной термической стойкости //Огнеупоры. -1967. - № 8. - С.13-20.

17 О.В. Ладария, А.Н. Соколов, Л.Я. и др. Безобжиговые периклазохромитовые огнеупоры на основе корки периклаза и периклазохромита //Огнеупоры. – 1965. - №3. - С. 34-40.

18 Блоха Н.Т., Строганова Л.Н. Сырьевые ресурсы высокомагнезиального сырья и задачи геологоразведочных работ Высокомагнезиальное минеральное сырье. М. Наука, 1991. – С. 10-16.

19 Анфимов Л.В., Бусыгин Б.Д. и др. Саткинские месторождения магнезитов на Южном Урале М. Наука, 1983. – 88 С.

20 Симонов К.В. Исследование технологии магнезиальных огнеупоров из доломитов и магнезитов Саткинского месторождения для кислородных конвертеров Автореферат диссертации. – Алма-Ата, 1970. – 27 с.

21 Перепелицын В.А., Перепелицына С.М. и др. Магнезиты и вмещающие породы новых месторождений Саткинской группы //Огнеупоры. – 1971. - № 6. - С. 36-41.

22 Бочаров Л.Д., Симонов К.В. и др. Геолого-минералогическая характеристика кристаллических магнезитов Березовского месторождения //Огнеупоры. – 1977. - № 6. - С. 18-22.

23 Симонов К.В., Лузин А.Г. и др. Исследование некоторых свойств саткинских доломитов и магнезитов //Огнеупоры. – 1972. - № 10. - С. 20-26.

24 Бочаров Л.Д., Владимиров А.И. и др. Магнезит Никольского месторождения //Огнеупоры. – 1987. - № 9. - С. 33-37.

25 Перепелицын В.А., Диесперова М.И. Исследование магнезитов Савинского месторождения //Огнеупоры. – 1975. - № 7. - С. 21-28.

26 Борисовский Е.С., Соколов А.Н. и др. Испытания в службе периклазошпинелидных огнеупоров с низким содержанием кремния. Огнеупоры. – 1983. - №11. - С. 22-25.

27 Семянников В.П. и др. Периклазохромитовые огнеупоры с применением синтетической хромитопериклазовой композиции //КИМС. – 1987. - № 6. - С. 65-71.

28 Шокобаев Т.Д. Микро экономика промышленности. /Учебное пособие. – Алматы: КазНТУ, 1999.

29 Кукин П.П., Лапин В.Л., Пономарев Н.Л., Сердюк Н.И. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (ОТ). – М.: Высшая школа, 2002. – 317 с.