

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ  
Металлургия және Өнеркәсіптік инженерия институты  
Инженерлік физика кафедрасы

Адамбек Ислам Бахатханұлы

Өздігімен таралатын жоғары температуралы синтез (ӨЖС) әдісімен  
алюмосиликаттар негізінде композициялық материалдарды алу  
технологиясын әзірлеу

## **ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

Мамандық 5В072300- Техникалық физика

АЛМАТЫ 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ  
Металлургия және Өнеркәсіптік инженерия институты  
Инженерлік физика кафедрасы

Қорғауға жіберілді  
ИФ кафедрасының меңгерушісі  
философия ғылымдарының докторы(Phd)  
Р.Е. Бейсенов

« 7 » маусым 2021 ж.

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

Тақырыбы: «Өздігімен таралатын жоғары температуралы синтез (ӨЖС) әдісімен алюмосиликаттар негізінде композициялық материалдарды алу технологиясын әзірлеу»

5B072300 – «Техникалық физика» мамандығы

Орындаған:

Адамбек И.Б

Рецензент  
Аға ғылыми қызметкер (PhD)  
ЖШС «Физика-техникалық институт»

Ғылыми жетекші  
PhD доктор Аліпбаев А. Н.

\_\_\_\_\_ Чучвага Н. А.



« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 ж.

« 7 » маусым 2021 ж.

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Инженерлік физика кафедрасы

5B072300 – «Техникалық физика» мамандығы

**ҚОРҒАУҒА**

**ЖІБЕРІЛДІ**

«Инженерлік физика»

кафедра меңгерушісі

PhD доктор



Р.Е. Бейсенов

« 7 » маусым 2021 ж.

**Дипломдық жоба орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Адамбек Ислам Бахытханұлы

Тақырыбы «Өздігімен таралатын жоғары температуралы синтез (ӨЖС) әдісімен алюмосиликаттар негізінде композициялық материалдарды алу технологиясын әзірлеу»

Университет ректорының «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 ж. №\_\_ бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 ж.

Дипломдық жобаның бастапқы берістері:

- 1) Өздігімен таралатын жоғары температуралы синтез (ӨЖС) әдісіне шолу,
- 2) алюмосиликаттар негізінде композициялық материалдарды алу,
- 3) ӨЖС әдісімен нанокұрылымды материалдар алу технологиясын зерттеу.

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер:

- a) Өздігімен таралатын жоғары температуралы синтез (ӨЖС) әдісімен алюмосиликаттар негізінде композициялық материалдарды алу
- б) Өздігімен таралатын жоғары температуралы синтез әдісімен  $Al+SiO_2+C$  жүйесінің жануына зерттеу жүргізу.
- в) композициялық материалдардың алыну жолдары мен әдісі.


Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1. Мержанов А.Г., Озерковская Н.И., Шкадинский К.Г. Тепловой взрыв как технологический прием высокотемпературного синтеза в неорганических системах. Успехи химии. 2003. – Т. 72, № 4 – С. 323-345.
2. Сычев А.Е., Мержанов А.Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез наноматериалов. Успехи химии. Том 73, № 2, РАН, 2004 г. С. 157-158.
3. Marlo M., Milman V. Density-functional study of bulk and surface properties of titanium nitride using different exchange-correlation functionals // Physical Review B. – 2000. – Т. 62. – № 4. – С. 289.
4. Мержанов А.Г., Боровинская И. П. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез тугоплавких неорганических соединений // Докл. СО РАН. – 2002. – Т. 204. – № 2. – С. 366-369.
5. Чухломина Л.Н. Синтез нитридов элементов III-VI групп и композиционных материалов на их основе азотированием ферросплавов в режиме горения // Томск: ТПУ. – 2009.
6. Chun-Ying P. et al. Elastic and thermodynamic properties of vanadium nitride under pressure and the effect of metallic bonding on its hardness // Chinese physics B. – 2013. – Т. 23. – № 2. – С. 26.


КЕСТЕ  
дипломдық жобаны дайындау

Бөлімдердің атауы, әзірленетін сұрақтар тізбелері	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге ұсыну мерзімі	Ескертпелер
ӨЖС әдісімен композициялық материалдар қиын балқитын қосылыстар, ұнтақтар алу технологияларын зерттеу.	10.04.21 – 12.04.21	ӨЖС әдісі туралы мәліметтер қарастыру.
ӨЖС әдісімен алюминий құрамын, қасиеттерін анықтау.	14.04.21 – 15.04.21	Алюминий қасиеттері туралы ақпараттар іздестіру.
ӨЖС(өздігімен таралатын жоғары температуралы синтез) әдісімен алюмосиликаттар негізінде композициялық материалдарды алу технологиясын әзірлеу.	16.04.21 – 19.04.21	ӨЖС әдісі үшін қолданылатын үлгілерді дайындау.
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау.	23.04.21 – 28.04.21	Зерттеу нәтижелерін дайындау.

Консультанттар мен нормобақылаушыларға жобаның тиісті бөлімдерін көрсете отырып, аяқталған дипломдық жобаға қолтаңбалары

Бөлімдердің атауы	Кеңесшілер аты-жөні (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Нормаконтроль	Төлєнова А.У.	07.06.2021	

Ғылыми жетекші Алипбаев А.Н. 

Тапсырманы орындауға қабылдадаған білім алушы Адамбек И.Б  
Күні « 7 » маусым 2021 ж. 

## АҢДАТПА

Дипломдық жоба кіріспеден және үш тараудан, 53 бет, 17 сурет, 26 пайдаланылған әдебиет көздерінен тұрады.

Зерттеу объектісі: алюмосиликаттар және композициялық материалдар.  
Мақсаты: ӨЖС(өздігімен таралатын жоғары температуралы синтез) әдісімен алюмосиликаттар негізінде композициялық материалдарды алу технологиясын әзірлеу.

Өзектілігі: ӨЖС процесі өнеркәсіпте қолданылды. Ірі ӨЖС қондырғылары әр түрлі ұнтақ тәрізді өнімдер өндірісі үшін жоғары эффективті болды. «ӨЖС» маркалы жоғары сапалы ұнтақтарын қазіргі кезде образивті материалдар, қатты балқымалардан бұйымдар, ыстыққа төзімді тигельдер, жоғары температуралық қыздырғыштар, антифрикционды бөлшектер, арнайы керамикадан бұйымдар және сонымен қатар қорғағыш қаптамалар жасауға қолданады . ӨЖС процестерін жоғары температурада кинетикалық, диффузиялық және жылу физикалық кинетикаларын бағалауға қолдануға мүмкіндік берді. ӨЖС көмегімен термохимиялық өлшеулер дамыды.

## АННОТАЦИЯ

Дипломный проект состоит из 53 страниц, 17 рисунков, 26 использованных источников литературы, работа состоит из введения и трёх глав.

Объект исследования: алюмосиликаты и композиционные материалы.

Цель работы: Разработка технологии получения композиционных материалов на основе алюмосиликатов методом СВС (самораспространяющийся высокотемпературный синтез).

Актуальность работы: Процесс СВС применялся в промышленности. Крупные установки СВС стали высокоэффективными для производства различных порошкообразных продуктов. Высококачественные порошки марки " СВС " в настоящее время применяются для изготовления образных материалов, изделий из твердых сплавов, жаропрочных тиглей, высокотемпературных горелок, антифрикционных деталей, изделий из специальной керамики и, в том числе, защитных покрытий . Позволил использовать процессы СВС для оценки кинетической, диффузионной и тепловой физической кинетики при высоких температурах. Термохимические измерения развивались с помощью СВС.

## **ABSTRACT**

The graduation project 3 chapters, 53 pages, includes 17 figures, 26 used literature sources.

Research object: aluminosilicates and composite materials.

Project aim: development of technology for the production of composite materials based on aluminosilicates by SHS (self-propagating high-temperature synthesis).

Actuality of the work: The SHS process was used in industry. Large SHS plants have become highly efficient for the production of various powdered products. High-quality powders of the SHS brand are currently used for the manufacture of shaped materials, products made of hard alloys, heat-resistant crucibles, high-temperature burners, anti-friction parts, products made of special ceramics and, including, protective coatings . It allowed the use of SHS processes for the evaluation of kinetic, diffusion, and thermal physical kinetics at high temperatures. Thermochemical measurements were developed using SHS.



## **ҚЫСҚАРТЫЛҒАН СӨЗДЕР**

**ӨЖС - Өздігінен таралатын жоғарытемпературалы синтез жанудың** бір түрі, жану кезінде автотолқынды режимде жылу бөлінетін химиялық, әрі экзотермиялық процесс.

**МХӨ - Механохимиялық өңдеу** жүйенің ішкі тұрақсыздығын қамтамасыз ететін сыртқы механикалық әсерлер.

**КП - Композициялық материалдар.**

## МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	
1 ӘДЕБИ ШОЛУ	13
1.1 Өздігінен таралатын жоғары температуралық синтез (ӨЖС)	13
1.2 Алюминий мен кремний оксидінің құрылымы мен қасиеттері	24
1.3 Алюминийдің балқу температурасы	29
1.4 Физика-механикалық қасиеттері	29
1.5 Алюмосиликаттарды және композициялық материалдар алу әдістері	30
1.6 Алюминий қосылыстарының және олардың негізіндегі материалдардың қолданылу аймақтары	32
1.7 Механикалық активтеу	35
2 ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ	39
2.1 Материалдар	39
2.2 ӨЖС процесін жүргізу режимдері мен жағдайлары	39
2.3 ӨЖС-механохимиялық активтену әдісі	40
2.4 ӨЖС- температуралық өлшеу әдісі	41
2.5 Өздігінен таралатын жоғары температуралық синтезінің негізгі әдістері	43
3 НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ	45
3.1 Өздігінен таралатын жоғары температуралық синтез $Al+SiO_2+C$ жүйесінің жануын зерттеу	45
ҚОРЫТЫНДЫ	
ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР	

## КІРІСПЕ

Алюминий силикаты - бұл алюминий оксиді мен кремний диоксидінен жасалған талшықты материал түрі, (мұндай материалдарды алюмосиликат талшықтары деп те аталады). Бұл химиялық қосылыстармен және олардың шыны сияқты қатты ерітінділерден тұрады. Композициялар көбінесе салмағы бойынша сипатталады глинозем,  $Al_2O_3$  және кремний диоксиді,  $SiO_2$ . Температураға төзімділік глинозем жоғарылаған сайын жоғарылайды. Бұл талшықты материалдар жүн, көрпе, киіз, қағаз немесе тақтай түрінде кездесіп жатады. Алюмосиликаттар табиғатта кең таралған, олар жер қыртысының массасының 50% құрайды. Табиғи алюмосиликаттарға, ең алдымен, рамалық құрылымы бар дала шпаттары жатады (мысалы, ортоклаз  $NaAlSi_3O_8$ , альбит  $NaAlSi_3O_8$ , Анортит  $CaAl_2Si_2O_8$ )

Алюминий силикаттарының екі түрі белгілі. Бірінші түрдің химиялық құрамы  $Al_2O_3$  формуласымен көрінеді.  $SiO_2$ . Бұл қосылыс үш минералмен ұсынылған: силлиманит, дистен немесе кианит және андалусит. Екінші түрдің химиялық құрамы  $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  формуласына сәйкес келеді. Өкілі-минерал муллит. Муллит химиялық төзімділікті, ыстыққа төзімділікті, отқа төзімділікті, механикалық беріктікті, электрлік оқшаулауды және техникалық мақсаттағы Керамикалық бұйымдардың басқа да қасиеттерін едәуір арттырады. Сондықтан электрлік оқшаулау және химиялық төзімді жабдықты, отқа төзімді және басқа да керамикалық бұйымдарды өндіруде олар плитаны максималды муллиттеуге тырысады. Алюминий силикаттарына минералды топаз және глинозем гранаттары жатады.

Композициялық материалдар (КМ) — келесі белгілер жиынтығы бар материалдар, олар химиялық құрамы бойынша ерекшеленетін және айқын шекарамен бөлінген екі немесе одан да көп компоненттерден тұрады. Композициялық материал-құрылымдық (металл немесе металл емес) материал, онда оны күшейтетін элементтер неғұрлым берік материалдың жіптері, талшықтары немесе қабыршақтары түрінде болады. Композициялық материалдардың мысалдары: бор, көміртек, шыны талшықтармен, турникеттермен немесе олардың негізіндегі маталармен нығайтылған пластик; Болат, бериллий жіптерімен нығайтылған алюминий. Компоненттердің көлемдік мазмұнын біріктіре отырып, қажетті беріктік, ыстыққа төзімділік, серпімділік модулі, абразивтік төзімділік мәндері бар композициялық материалдарды алуға, сондай-ақ қажетті магниттік, диэлектрлік, радио сіңіргіш және басқа да ерекше қасиеттері бар композициялар жасауға болады.

Композициялық материалдар келесі негізгі сипаттамаларға сәйкес жіктеледі:

- матрица материалы және арматуралайтын элементтер,
- компоненттердің геометриясы, құрылымы және орналасуы,
- дайындау әдісі.

Композициялық материалдар салыстырмалы түрде пластикалық матрицалық материалдан және қатайтатын толтырғыштар болып табылатын қатты және берік заттардан тұрады. Матрица композицияны байланыстырады және оған қажетті пішінді береді. Атаулары композициялық материалдар матрицаның материалымен анықталады: металл, керамика, полимер композиттері бар. Екі немесе одан да көп әртүрлі матрицалық материалдардан тұратын Композит полиматрикалық деп аталады.

Беріктендіретін толтырғыштардың түріне сәйкес композициялық материалдар дисперсті, күшейтілген (немесе талшықты) және қабатты болып бөлінеді. Екі немесе одан да көп Әр түрлі арматуралық элементтерден тұратын композициялық материалдар көп арматураланған деп аталады. Көп арматураланған композиттер, өз кезегінде, қарапайым болып бөлінеді, егер күшейтілсе элементтер әртүрлі құрамға ие, бірақ бірдей геометрия (мысалы, шыны және көміртекті талшықтармен нығайтылған шыны көміртекті полимер) және аралас, егер арматуралық элементтердің құрамы мен геометриясы әртүрлі (мысалы, алюминий матрицасынан, бор талшықтарынан және титан фольга қабаттарынан тұратын композит).

Қабатты композициялық материалдар матрицалық материалдың талшықтары мен парақтарының ауыспалы қабаттарынан алынады (мысалы "сэндвич"). Мұндай композициялық материалдағы талшық қабаттары олар әртүрлі бағдарларға ие болуы мүмкін. Компоненттердің құрылымы мен орналасуына сәйкес композициялық материалдар рамалық, матрицалық, қабатты және аралас құрылымы бар топтарға бөлінеді. Каркасты құрылымы бар композиттерге сіңдіру арқылы алынған керметтер; матрицалық — дисперсті-қатайтылған және басқа да арматураланған материалдар; қабатты — әр түрлі құрамдағы материалдардың кезектесетін парақтарының жиынтығынан алынған композициялар.

Кремний диоксиді, сондай-ақ кремний диоксиді-SiO<sub>2</sub> химиялық формуласымен бірге кремний оксиді, табиғатта жиі кездеседі кварц және әртүрлі тірі организмдерде. Элемнің көптеген бөліктерінде кремний диоксидінің негізгі компоненті құм болып табылады. Кремний-бірнеше минералдардың қосындысы және синтетикалық өнім ретінде қолданылатын материалдардың ең күрделі және кең таралған отбасыларының бірі. Көрнекті мысалдарға балқытылған кварц, түтінді кремний, кремний гелі және аэрогельдер жатады. Ол құрылымдық материалдарда, микроэлектроникада (электр оқшаулау ретінде), тамақ және фармацевтика өнеркәсібінде компоненттер ретінде қолданылады.

Жұқа бөлінген кристалды кремнеземді ингаляциялау улы болып табылады және қатты қабынуға әкелуі мүмкін өкпе тіндері, силикоз, бронхит, өкпе қатерлі ісігі, сондай-ақ лупус және ревматоидты артрит сияқты жүйелік аутоиммунды аурулар. Ингаляция туралы аморфты кремний диоксиді

жоғары дозаларда тұрақты емес қысқа мерзімді қабынуға әкеледі, онда барлық әсерлер жазылады. Кремнеземнің химиялық формуласы  $\text{SiO}_2$  табиғатта кварц түрінде жиі кездеседі, бұл жер қыртысының массасының 10% -дан астамын құрайды. Кварц - бұл жер бетіндегі тұрақты кремнеземнің жалғыз полиморфы. Жоғары қысым формаларының метаболизмдік көріністері коезит және стишовит айналасында табылды соққы құрылымдары және байланысты эклогиттер кезінде қалыптасқан ультра жоғары қысымды метаморфизм. Жоғары температуралық формалары тридимит және кристобалит кремний диоксидімен танымал жанартау жыныстары. Әлемнің көптеген бөліктерінде кремний диоксидінің негізгі құрамдас бөлігі болып табылады құм. Кремний диоксидінің әр түрлі формаларын қыздыру және қысымның өзгеруімен бір түрден екінші түрге ауыстыруға болады.

## 1 ӘДЕБИ ШОЛУ

### 1.1 Өздігінен таралатын жоғарытемпературалық синтез (ӨЖС)

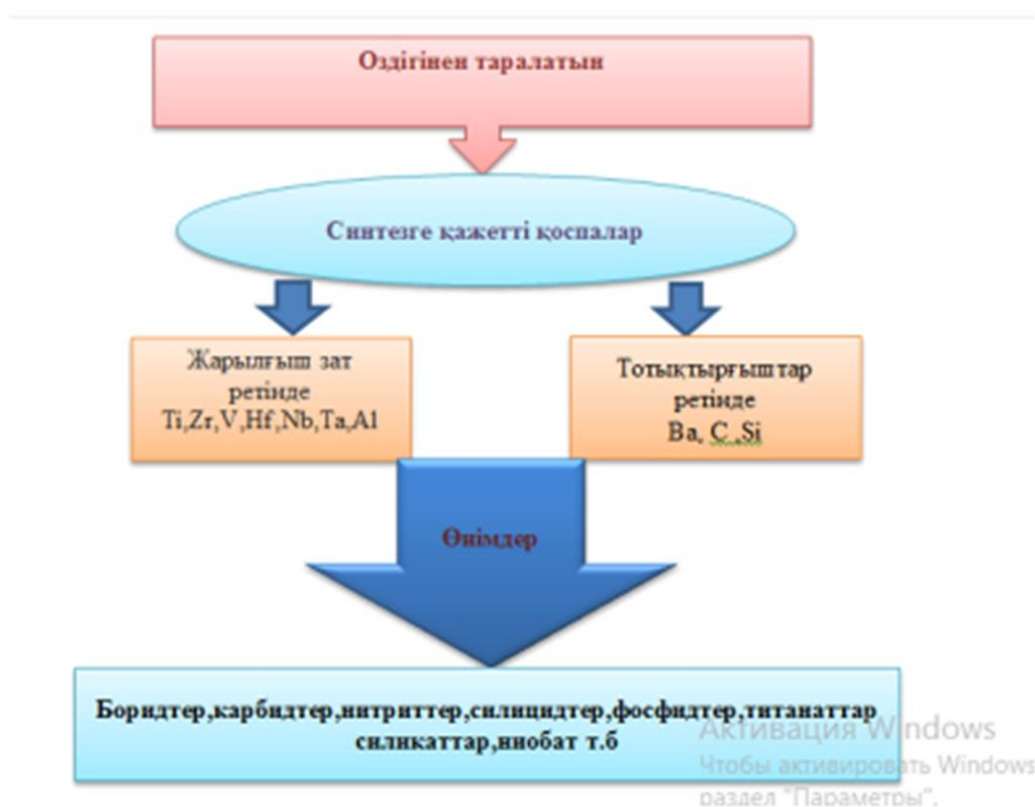
Өздігінен таралатын жоғары температуралы синтез (ӨЖС) – жану процесінің бір түрі болып табылады. ӨЖС әдісімен композициялық материалдар қиын балқитын қосылыстар, ұнтақтар алу технологиялары қарастырылған. Оның дәстүрлі әдістен айырмашылығы үлкен көлемді құрылғылар қажет етпейді, энергия шығымы аз кетеді және синтез уақыты өте қысқа, сондықтан ӨЖС процесін қиын балқитын қосылыстар мен материалдар, яғни керамика, қатты құйма, қаптамалар және тағы басқа өндірісте маңызды материалдар синтезінде кеңінен қолданылады. ӨЖС синтезін 1967 ж. КСРО ҒА-сы химиялық физика Институтының ғалымдары Боровинская, Шкиро және Мержанов А.Г. ашқан. Олар оттегі қатысынсыз жүретін жаңа, өте қызық гетерогенді жану процестерін анықтады. Жанғыш зат ретінде металдар (Ti, Zr, Hf, Nb, Ta және т.б.) тотықтырғыш ретінде металл еместер (B, C, Si) болды. Локальды иницирлеу көмегімен химиялық айналымдар ұнтақтар қоспасы бойынша ығысатын толқынды (өздігінен таралатын) режимдер жүзеге асырылды. Процесс барысында газдың бөлінуі болмай, тек толық конденсирленген өнімдердің түзілуі процесс сипаттамасының ерекшелігі болып табылды. Мұндай «газсыз» жану мүмкіндігі химиялық әрекеттесу кезіндегі көп мөлшерде жылудың бөлінуімен және өнімдердің термиялық тұрақтылығымен анықталады. Кейбір мағынада газсыз жану бөлшекті газификациямен өтетін күрделі пиротехникалық және термитті қосылыстар жануының шекті жағдайы болып табылады.

Газсыз жануды зерттеу ғалымдардың үлкен қызығушылығын тудырды. Конденсирленген фазадағы жоғары температуралар (басқа тәсілдермен қиын жүзеге асырылатын), жану өнімдерінің үлкен жылу сыйымдылықтары, масса тасымалдану константаларының төмен мәндері, химиялық әрекеттесудің кинетикалық заңдылықтарының ерекшелігі, жоғарғы температуралық фазалық ауысулар – осының барлығы жанудың спецификалық бейнесін анықтады және жаңа теориялық және тәжірибелік зерттеулердің жүргізілуін қажет етті.

Сонымен қатар, аталған процесстерде қиын балқитын – боридтер, карбидтер, силицидтер, нитридтердің (соңғы жағдайда жану реакциясына газ тәрізді азот қатысады) «қалдықсыз» химиялық синтезі жүзеге асады. Бұл қосылыстар экстремалды жағдайларда жұмыс істеуге көптеген неорганикалық материалдардың (ыстыққа тұрақты және берік, аса қатты

және тозуға тұрақты, аса өткізгіш изоляционды және жартылай өткізгіш) негізі болып табылады. Қазіргі таңға дейін қолданылған осы қосылыстарды алудың пештік әдістері қанағаттанарлықсыз – энергия көп жұмсалады, өнімділігі аз және материалдың қажетті сапасын әрқашан қамтамасыз етпейді. ӨЖС процесінің өнімдері таза болады, себебі артық заттар жанып кетеді. ӨЖС құбылысы жоғары температуралығымен (1500-4000С ) және жану фронтының жылдам таралу жылдамдығымен (0,5-15 см/с) сипатталады.

Оттексіз жану процестерінің негізінде қиын балқитын қосылыстар мен материалдарды алудың жаңа әдісі жасалды. Ол «Өздігінен таралатын жоғары температуралық синтез» (ӨЖС) деген атауға ие екен 1- суретте көрсетілген.



1 Сурет – ӨЖС –әдісінің жалпы тараулары

Өздігінен таралатын жоғарытемпературалық синтез процесінің жүру жолы

Өздігінен таралатын жоғарытемпературалық синтезінің жалпы схемасын мына түрде көрсетуге болады:

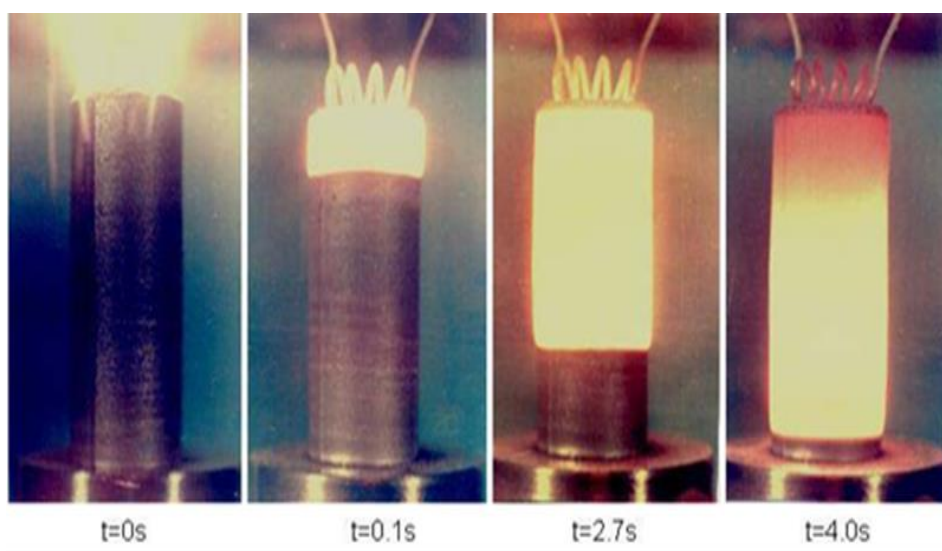


Отын+тотықтырғыш=реакция өнімі+жылу эффектісі мұнда X(i) - қатты күйдегі металл (Al, Ti, Zr и др.),

Y(j) – газ, сұйық, қатты күйдегі бейметалдар(C, B, Si, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>), Z(k) – синтез өнімдері (карбидтер, боридтер, силицидтер, нитридтер, оксидтер, гидридтер, интерметаллидтер).

Оның артықшылықтары – шамалы сыртқы энергетикалық шығындар және қондырғы қарапайымдылығы, процесс жылдамдығы, әдістің жоғары өнімділігі, өнімдер тазалығы демде материалтанушы мамандардың қызығушылығын тудырды.

ӨЖС процесінің есте қаларлығы өте жылдам химиялық өзгерулер барысында түзілетін реакцияның соңғы өнімдері ретінде жоғары температурада ғана балқитын жоғары сапалы қосылыстар түзілген, сонымен қатар осы қосылыстарды дәстүрлі пештік әдіспен алуға сағаттар кетер еді. Бұдан шығытыны, жоғары температуралы синтез энергия қоры аз жұмсалатын процесс. Оның негізінде реакцияның бастапқы және аралық өнімдердің бір-бірімен экзотермиялық әрекеттесуі кезінде бөлінетін жылуды пайдалану. Экзотермиялық эффект заттың бүкіл көлемінің белгілі бір жерінде жетіліп, нығаяды. ӨЖС процесінің жүруіне қарай екі түрге бөледі: 1) қабатпен жану; 2) жылулық жарылыс. Қабаттық жану кезінде химиялық реакция сыртқы беттік қабатта басталып, өздігінен үлгінің осінің бойымен жану толқыны түрінде таралады. Жылу өткізгіштіктің арқасында экзоэффекттен пайда болған жылу келесі қабаттарға беріліп, реакциялардың басталуын қамтамасыз етеді. Осының арқасында реакциялық аймақ үлгінің бүкіл көлемінде біртіндеп қозғалып өтеді.



2 Сурет - Цилиндрлі үлгідегі ӨЖС

Ұнтақтар қоспасын немесе үлгіні химиялық реакция басталатын температураға дейін қыздырғанда, ӨЖС процесі жылулық жарылыс



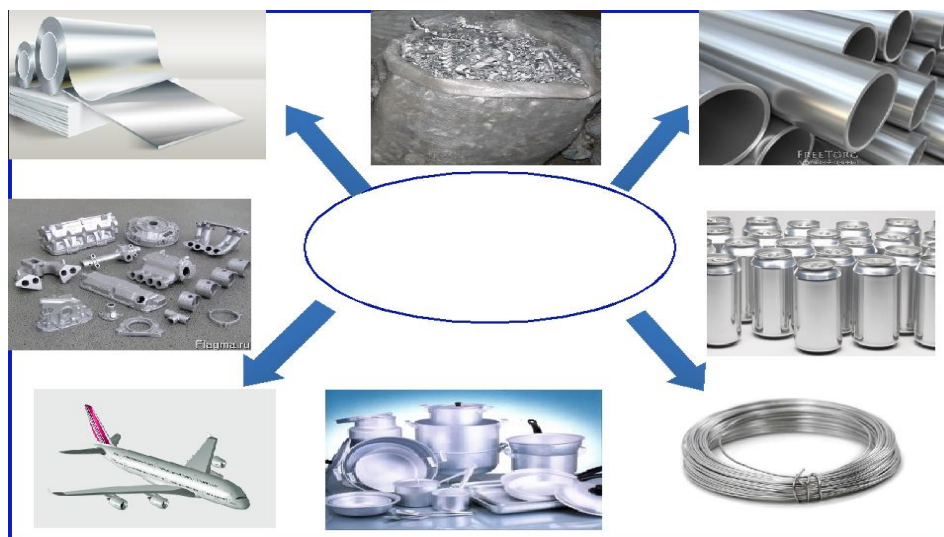
режимінде өтуі мүмкін. Нәтижесінде жылудың бөлінуінің әсерінен қоспа жоғары температураға дейін қызып, жоғарысапалы қиын балқитын қосылыстар түзіледі.

ӨЖС әдісі ашылғалы бері талай дамыды. Оның жоғарғы қысымдар техникаларын, терең вакуумды термоөңдеуді, криогенді қондырғыны қолдану процеске энергетикалық және механикалық әсер беру арқылы жану режимінде реакцияны жүргізуде принциптерін үйлестіретін түрлері пайда болды.

ӨЖС процесі өнеркәсіпте қолданылды. Ірі ӨЖС қондырғылары әр түрлі ұнтақ тәрізді өнімдер өндірісі үшін жоғары эффективті болды. «ӨЖС» маркалы жоғары сапалы ұнтақтарын қазіргі кезде образивті материалдар, қатты балқымалардан бұйымдар, ыстыққа төзімді тигельдер, жоғары температуралық қыздырғыштар, антифрикционды бөлшектер, арнайы керамикадан бұйымдар және сонымен қатар қорғағыш қаптамалар жасауға қолданады.



3 Сурет- ӨЖС- әдісі үшін арналған пресс формалар



4 Сурет- ӨЖС –әдісінің өнімдерін жалпы қолдану саласы

Теорияны зерттеуде де жаңа нәтижелер алынды. Газсыз жанудың ӨЖС теориясы жасалып тәжірибе жүзінде дәлелденді. Фильтрациялық жану теориясының негізгі ережелері тұжырымдалды. ӨЖС – ді зерттеу тұрақсыз жану теориясына жаңа мазмұн берді. ӨЖС процестерін зерттеу кезінде анықталған жаңа құбылыстар мен эффектілер үлкен қызығушылық тудырды. Олар: автотөжелетін қатты фазалы реакциялардың толқынды локализациясы, беттік және қабатты жану, автотербелмелі және спинді жану, толқындардың ыдырау және шағылысу эффектілері, орталық толқынды бөлінуі. II текті жанудың элементтік мобильдері байытылды. Жану процестерінде алғаш толқын таралуын стационарлы режимінің жеке еместігі анықталды. Теорияның математикалық аппараты ӨЖС процестерін жоғары температурада кинетикалық, диффузиялық және жылу физикалық кинетикаларын бағалауға қолдануға мүмкіндік берді. ӨЖС көмегімен термохимиялық өлшеулер дамыды.

Соңғы кезде жану процестерінің сәтті химико-технологиялық қолданылуына байланысты өздігінен таралатын жоғары температуралық синтез ұғымы кеңейе түсті. ӨЖС – ге заттар мен материалдардың түзілуімен жүретін (соның ішінде алуан түрлі қосылыстардың қатысуымен және қосалқы конденсирленген және газ тәрізді өнімдердің түзілуімен жүретін көп компонентті жүйелердегі процестер) кез келген жану процестерін жатқызады. Қарапайым ӨЖС жүйелерін зерттеу кезінде алынған зерттеу тәжірибесін күрделі процестерге қолдану жаңа нәтиже берді. Мысал ретінде құймалы бұйымдар түрінде қиын балқитын қосылыстарды алу мәселесін шешуге мүмкіндік берген тотықсыздандыру сатысы бар ӨЖС процестерін өңдеуді атап өтуге болады. ӨЖС жүргізілуінің екі тәсілі кеңінен таралған. Біріншісінде үлгі ұнтақ тәрізді реагенттер қоспасы (стаканға салынған немесе престелген) болып табылады, ол процесс вакуумда немесе инертті газ ортасында жүргізіледі. Синтез конденсирленген фазадағы реакциялар

есебінен жүреді. Екінші тәсілде үлгі бір реагент бөлшектерінен тұрады, басқасы газ тәрізді күйде болады; процесті жүргізу үшін үлгінің газ тәрізді реагентпен химиялық әрекеттесуі қажет, бұл үлгі қуыстары бойынша газдың фильтрациялануы есебінен жеңілдейді. Бірінші тәсілде үлгілер – химиялық жүйелер аралас деген атауға ие болады, екінші тәсілде гибридті деген атауға ие болады. Көп компонентті жүйелердің жануы үшін қосарланған вариантты да қолданылады.

Қарапайым заттардың әрекеттесу реакциясының жоғары экзотермиялығы соңғы кездері жақсы дамып келе жатқан өздігінен таралатын жоғары температуралы синтезде пайдаланылған. Бұл синтез ұнтақ реагенттер қоспаларындағы химиялық реакция толқынының өздігінен таралуына негізделген. ӨЖС (СВС) боридтерді алуда өнімділігі жоғары және тиімді тәсіл болып табылады.

Бүгінгі күні ӨЖС қатты қорытпалар мен абразивтер, Жоғары температуралы конструкциялық және ыстыққа төзімді керамика, электроника үшін қазіргі заманғы материалдар, аса өткізгіш материалдар, коррозияға төзімді және тозуға төзімді жабындар, катализаторлар, медициналық материалдар өндірісінде, синтез, агломерация және компактация процестерінде, құюда, дәнекерлеуде, балқымада, газ тасымалдау процестерінде балама технология ретінде көптеген елдерде кеңінен қолданылады.

ӨЖС процестерінің дәстүрлі технологияларға қарағанда бірқатар артықшылықтарының арқасында қазіргі уақытта өнеркәсіпте 30-ға жуық технологиялық бағыт пайдаланылады, құнды қасиеттері бар 700-ден астам қосылыстар синтезделді және ӨЖС технологияларын қолдану спектрі жыл сайын кеңейеді.

ӨЖС негізгі ерекшеліктері келесідей:

ағып жатқан химиялық реакциялардағы бастапқы реакциялық қоспаның жоғары қызуы, бұл қосымша энергия шығындарынсыз, яғни сыртқы қыздыру шығындарынсыз жүйеде автотолтыру режимі есебінен 800-4500°C жоғары температурада материалдарды синтездеуге және қалыптастыруға мүмкіндік береді;

қысқа процесс уақыты (бірнеше секунд/минут);

бастапқы заттардың соңғы өнімдерге конверсиясының жоғары дәрежесі және жоғары технологиялық температураның әсерінен Ұшпа қоспалардың булануы.

Бұл ерекшеліктер, өз кезегінде, өнеркәсіпте ӨЖС қолданудың бірқатар технологиялық артықшылықтарын құрайды :

процесті бастау үшін қажет электр энергиясының төмен құны;

бұл процесте алынған өнімдер жоғары температураға жетуіне байланысты таза болады, нәтижесінде төмен қайнау температурасы бар қоспалар буланып кетеді;

процесс өте қарапайым, технологиялық сатылардың саны аз( материалдар реагенттердің химиялық энергиясын қолдана отырып, түпкілікті өнімге бір

сатыға синтезделуі мүмкін), бұл өз кезегінде қарапайым технологиялық жабдықты пайдалану мүмкіндігін тудырады; процесске кететін уақыт дәстүрлі технологиялармен салыстырғанда едәуір аз, мысалы, агломерация сияқты және әдетте бірнеше секунд/минутты құрайды, бұл пайдалану мен өндіріс шығындарын азайтады; оңай өзгеретін автоматтандырылған және механикаландырылған өндірістер мен технологияларды құру мүмкіндігі; дәстүрлі әдістермен қол жетімді емес, арзан шикізатты қолдана отырып және аз мөлшерде құнды қасиеттері бар заманауи материалдарды синтездеу мүмкіндігі; жоғары кеуектілігі бар соңғы өнімдерді жасау мүмкіндігі, бұл өнімді қолданудың кейбір салаларында қажет болуы мүмкін.

Сонымен қатар, экологиялық аспектіні атап өткен жөн, атап айтқанда, ӨЖС технологиясын қолдану ластаушы заттардың шығарындыларының төмендеуіне және қатты қалдықтарды оңай өңдеуге әкеледі.

ӨЖС процестері материалдар технологиясында ең көп қолданылды. Даму және басқа да бағыттар қызығушылық тудырады, мысалы:

- 1) Пиротехника (газсыз жылу бөлгіш элементтер жасау);
- 2) Металлургия (пиролигатуралар, металдарды балқытуға арналған арнайы шихталар);
- 3) Ғарыштық материалтану (жанудың жаңа режимдері және материалдардың жаңа құрылымдары);
- 4) Ғылыми эксперимент (уақытша рұқсаты бар рентген, фазалық талдау, ӨЖС-калориметрия, жоғары қысымды газ генераторлары, жану теориясының кері есептері).

ӨЖС-процестер туралы ғылым өз әлеуетін іске асырудың жаңа жолдарын іздейді.

ӨЖС мәні келесідей. Егер ұнтақты реагенттер - металл (мысалы, Ti) және металл емес (C немесе B) қоспасынан Сығылған үлгіні қысқа уақыт ішінде жоғары температураға дейін қыздырса (мысалы, қыздыру спиралы), онда экзотермиялық реакция пайда болады, ол жану толқынына ұқсайды. Бұл жағдайда жылу шығару салыстырмалы түрде тар қабатта локализацияланған. Бірінші қабаттағы Реакция сыртқы жылу көзінен басталады. Келесі (суық) қабаттар үлгінің реакцияланған бөлігінен жылу беру арқылы қызады және белгілі бір температураға жеткенде оларда қарқынды өзара әрекеттесу басталады. Осылайша экзотермиялық реакция толқыны пайда болады, ол реактивтер қоспасы арқылы қозғалады, ыстық, қатты, соңғы өнімдерді қалдырады, ал суық бастапқы қоспасы алда болады .

ӨЖС сонымен қатар сүзу жануы кезінде қосылыстарды синтездеу процестерін қамтиды - кеуекті ортада газ ( $O_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2$  және т.б.) жүретін қатты өнімді (оксидтер, нитридтер, гидридтер және т. б.) қалыптастыру үшін металл немесе металл емес ұнтақтардың (мысалы, кремний) газбен әрекеттесуі. Кеуекті рамамен газдың қарқынды жылу алмасуына байланысты супердиабатикалық әсерлер пайда болуы мүмкін. ӨЖС бірегейлігі дәстүрлі

пеш синтезінде 1-10 сағат уақытты қажет ететін өнімдерге реагенттердің толық айналуы болып табылады, ӨЖС бірнеше секунд ішінде қол жеткізіледі. Бұл тұрғыда ӨЖС "ережелерден ерекше жағдайды" білдіреді. Конденсацияланған денелерде Реактивтердің өзара әрекеттесуі, яғни үздіксіз қабаттың немесе жаңа фазаның жеке бөлшектерінің-өнімнің өсуі, әдетте, химиялық реакция жүретін фазалық шекараға атомдарды жеткізу арқылы шектеледі. Қатты заттарда атомдарды жеткізу қатты фазалық диффузияға байланысты жүзеге асырылады, яғни. бұл өте баяу, бұл дәстүрлі синтез процестерінде реакцияның ұзақ ұзақтығына байланысты. ӨЖС толқынында төтенше жағдайларға қол жеткізіледі (жоғары температура - 4000°C дейін, жоғары қыздыру жылдамдығы - 106 К/с дейін және температураның күрт градиенті - 105 к/см дейін) және жану жылдамдығы өте жоғары (көптеген Бейорганикалық жүйелер үшін - 0,1-10 см/С аралығында). Осыған байланысты ол дәстүрлі физикалық материалтану тұрғысынан ерекше емес фазалық және құрылымдық қалыптасу механизмдерін жүзеге асырады, олар ӨЖС процестерінің құрылымдық макрокинетикасының тақырыбын құрайды. Осы факторларға байланысты бұл механизмдерді зерттеу қиын, сондықтан теориялық зерттеулер ӨЖС қалыптасуы мен дамуында маңызды рөл атқарды (және қазіргі уақытта да жалғасуда). Алғашқы эксперименттік және теориялық мақалалар ХХ ғасырдың 70-ші жылдарының басында бір уақытта дерлік жарияланды деп айту жеткілікті.

Өздігінен таралатын жоғары температуралы синтезді зерттеу Химиялық физика, қатты дене физикасы және материалтану түйіскен жерінде жүргізіледі: ӨЖС процестерінің теориясын зерттеу жану ғылымы негізінде, ал ӨЖС өнімдерін зерттеу - қатты дене физикасы мен отқа төзімді қосылыстардың материалтану саласында дамыған әдістер мен идеялардың көмегімен жүзеге асырылады.

Алайда, сыртқы қысымды, бастапқы температураны, қоспаның параметрлерін өзгерту арқылы ӨЖС процестерін реттеуді көздейтін дәстүрлі әдістерді қолдану көбінесе шектеулі болады, мысалы, реакцияның қысымға, температураға немесе қоспаның құрамына қойылатын белгілі бір талаптарға байланысты. Мұндай жағдайларда ӨЖС басқару үшін үлкен мүмкіндіктер зеңбірек пен зымыран отынын жағу, қорытпаларды құю, ұнтақтарды синтездеу және басқа процестерде өзін дәлелдеген физикалық өрістердің әсерін қолдануға мүмкіндік береді. Осыған байланысты физикалық өрістердің ӨЖС заңдылықтарына әсерін зерттеу практикалық және ғылыми қызығушылық тудырады, ол басқарудың жаңа жолдарын іздеуге және реакцияларды зерттеуге бағытталған және қажетті қасиеттері бар ӨЖС өнімдерін өндірудің икемді технологиялық процестерін жасауға нақты негіз болып табылады.

ӨЖС процестерінің мүмкіндіктерін талдау ӨЖС өнімдерін қалыптастыру процестерінің күрделілігіне, осы салада алынған тікелей деректердің белгілі бір фрагментациясына және осы процестерді бағытталған басқару проблемасының көп өлшемділігіне қарамастан, қазіргі уақытта ӨЖС

өнімдерінің құрамы мен құрылымына мақсатты әсер етудің бірнеше тиімді әдістері белгілі деген қорытындыға әкеледі. Бұл әдістердің қатарына бастапқы ӨЖС-жүйеге және оның компоненттеріне әсер ету (құрамның әртүрлі өзгерістері, диспергирлеу, алдын-ала балқыту, механоактивация), ӨЖС - процесті жүргізу жағдайларының өзгеруі (температура, қысым), жүйеге орталықтан тепкіш күштерді, сондай-ақ физикалық өрістерді-электрлік және магниттік әсер ету кіреді, олар синтез процесінде соңғы өнімнің қалыптасу механизмі мен кинетикасына әсер ету мөлшерін тез өзгертуге мүмкіндік береді. Жақсартылған физика-механикалық қасиеттері бар материалдар.

Бүгінгі таңда ӨЖС реакцияларын реттеудің дәстүрлі әдістері жылу жылыту, бастапқы қоспалардың физикалық қасиеттерінің өзгеруі (құрамы, дисперсиясы, кеуектілігі) және т.б. болып табылады, олар негізінен ӨЖС реакцияларының басталуына дейін бастапқы жағдайларды өзгертеді. Бірақ бірқатар артықшылықтарға байланысты жыл сайын зерттеушілердің сыртқы физикалық өрістерді, атап айтқанда электромагниттік өрістерді қолдана отырып, жану процестерін басқару мүмкіндігіне деген назары артып келеді. Мұндай әдістердің артықшылығы өрістердің әсерінің төмен инерциясымен және жану толқынының таралуынан бастап дайын өнімнің пайда болуына дейін процестің кинетикалық параметрлерін өзгерту мүмкіндігімен байланысты.

Тұрақты электр және магнит өрістерінің конденсацияланған жүйелердегі жануға әсерін зерттеу 1980 жылдары басталды-бұл ӨЖС-тің технологиялық және іргелі мәселелеріне байланысты болды. Зерттеушілердің назарын сыртқы өрістердің көмегімен жану процесін басқару мүмкіндігі қызықтырады. Электр өрісінің ӨЖС процестеріне әсерін зерттеу бойынша жұмыстардың айтарлықтай дамуы тұрақты электр өрісі ӨЖС толқындарын ынталандыратын зерттеулер болып табылады.

Сыртқы өрістердің әсері реакция жүйесіне қосымша жылу ағынын тудыратын жылу факторларымен де, жылу мен масса алмасу кинетикасына және ӨЖС процесінің химиялық реакцияларына әсер ететін жылу емес факторлармен де анықталады.

Электр өрісінің жылу емес әсерінің мысалы ретінде реакция фронты бойымен бағытталған Ni-Al жүйесінің жануын электрлік импульсті ынталандыруды келтіруге болады. Осындай электрлік импульсті өңдеу нәтижесінде жану жылдамдығының 1,6 есе артуы байқалады, химиялық түрлену тереңдігі артады; өнімнің құрылымы белгілі осьтік симметрияны алады, бұл жану фронтының электр өрісі бағытында қисықтығынан туындайды.

Бұл жағдайда ынталандырудың жылу емес сипаты электр өңдеу процесінде қоспаның айтарлықтай қызуының жоқтығын растайды. Электр өрісінің тікелей әсерінен басқа, мұнда активтендіретін факторлар импульсті электр тогымен пайда болатын қайталама өрістердің (магниттік және акустикалық) әсерлері болып табылады.

Өрістердің жылу емес әсер ету механизмінде зерттеу салыстырмалы түрде жақында басталған ӨЖС тепе-тең емес электрофизикалық құбылыстары үлкен рөл атқарады. Бұл құбылыстарға мыналар жатады: тұрақты және импульсті ЭМӨ-нің өздігінен пайда болуы, Электрлік және акустикалық тербелістердің пайда болуы және жану кезінде реакциялық жүйеде "ыстық" электрондардың шығарылуы. Реакция фронтының жанында электрондар мен иондардың концентрациясы өте жоғары ( $10^{17}$  см<sup>-3</sup> дейін) газ фазасының иондалуы байқалады.

Жоғарыда аталғанмен қоса ӨЖС – ді жүргізу мен зерттеудің басқа да әдістері қолданылады. Олар: герметикалық ыдыста затпен толық толтырылған, негізделген реакциялық қондырғылар, реагент ретінде сұйық азот қолданылады, газбен айдалады, зат алдын-ала қыздырылады. ӨЖС – ді зерттеу үшін гравиметрлік және калориметрлік әдістер қолданылады. Бұл элементтік жүйелер: металл – металл емес, металл –металл, металл емес–металл емес; металл еместерден құралған қосылыстар (көмірсутектер, азидтер және т.б.)құрамдары; құрамында металл оксиді, тотықсыздандырғыш – металл және металл емес (немесе оның қосылысы) көп компонентті жүйелер және т.б. Барлық жүйелерде қатты компоненттерді дисперсті күйде (әдетте бөлшектер мөлшерлері 200 мкм-ден аспайды) қолданылатыны маңызды. Композиттік материалдарды алудың ең эффективті әдісі өздігінен таралатын жоғарытемпературалық синтез. ӨЖС ұнтақты технологиялар қатарына жатады, бірақ металлургияда қалыптасқан басқа технологиялардан ерекшеленеді, яғни синтез жүргізу үшін ұнтақты жоғары температурада қыздырмайды керісінше оны өртейді. Синтез процесі бастапқы қоспа компоненттерінің әрекетесумен және құнды конденсирленген өнімдердің түзілуімен әрі компоненттердің әрекеттесуінің нәтижесінде бөлінген жылуы бойынша өтеді. Яғни заттың өндірісіне кететін энергошығымды азайтады және өнімнің өзіндік құнын төмендетеді. Жану процесі кезінде ұнтақты қоспалардың фаза түзуі реакциялық ортада өтеді және пайда болған кристалдық қосылысар басқа қосылыстардың бөлшектеріне түрленеді. Осындай жағдайда композиттік кристалдық фазаны алуға мүмкіндік туады. Шпинель мен кремний карбидінің копозициясы мысал ретінде бола алады.

Өздігінен таралатын жоғарытемпературалық синтез ұнтақты интерметалдық материалдарды алудың ең тиімді жолы. Синтездің ерекшеліктері - жоғары температура, көп жағдайда металдың балқу температурасынан асып кететін, химиялық және физикалық процестердің қысқа мерзімділігі, өздігінен тұтануының жоғары жылдамдығы, реакцияның кенеттен өзгеруінің температуралық градиентінде жұмыс істеуі сияқты жақсы қасиеттеріне байланысты түрлі бойында осындай қасиеттері бар композиттік материалдар алуға болатынын көрсетеді. ӨЖС әдісімен нанокұрылымдарды алу үшін барлық көлем аумағында бастапқы өнімнің ұсақтығын қамтамасыз ету керек және оның рекристаллизациялануын, өсуін басу қажет. Бұл компоненттердің төмен температурада әрекеттесуіне жағдай жасайды. Осындай жағдайларды қамтамасыз ететін әдіс механикалық

активтелген компоненттерден тұратын өздігінен таралатын жоғарытемпературалық синтез. Бұл әдіс екі деңгеймен жүреді. Бірінші деңгейде реакциялық шихтаны механикалық активтелген қоспа болуы үшін диірменде активтейді. Одан кейін қоспа өртеледі. Локальді иницирленген реакция компоненттерінің бір-бірімен әрекеттесуінің нәтижесінде шихта өздігінен тұтанатын болады да қосымша энергияны қажет етпейпей, өз энергиясымен ақырғы өнім түзіледі.ӨЖС режимінде ұнтақты реагенттерден өнімді алу үшін ұнтақтарды активациялау керек және оны дайындау жолын анықтап алу қажет. Қоспаларды планетарлы диірменде дайындау әмбебап процестің біріне жатады.Себебі,қысқа уақыт мерзімінде тек қана компоненттерді араластырып қана қоймай, сонымен қатар бастапқы шихтаны активтеуге болады. Соңғысы реакцияның толық өтуін арттырады және синтездің басталу температурасын төмендетеді. Бірақ та, диірмен жоғары жылдамдықпен айналғанда реагенттер өздігінен тұтанып, диірмен ішінде жарылыс болуы мүмкін. Жарылыс пайда болмауы үшін араластырғыш камераны салқындату немесе айналу жылдамдығын азайту керек. Ұнтақтардың бөлшектері шар-бөлшек-шар немесе шар-бөлшек-қабырға тәріздес бір-бірімен соқтығысуы кезінде, ұлғаю энергиясы мен локальді қызу температурасы төмендейді.

ӨЖС процесін жоғары эксплуатациялық қасиеттері бар жаңа материалдар алуда келесі артықшылықтарының арқасында пештік әдіске альтернативті деп қарастыруға болады. Олар: біріншіден, процестің өте аз уақытта өтуінің арқасында бүкіл технологиялық процеске жұмсалатын энергия Олар: біріншіден, процестің өте аз уақытта өтуінің арқасында бүкіл технологиялық процеске жұмсалатын энергия 3-4 есе азаяды. Екіншіден, ӨЖС технологиялары соңғы өнімдердің жоғары тазалығын қамтамасыз етеді. Бұған бастапқы шихтаны (ұнтақтәріздес компоненттердің қоспасы) дұрыстап сараптап, төмендисперсті, жоғары біртекті араластырылған жүйелерді қолданудың арқасында қол жеткізуге болады. Үшіншіден, ӨЖС процесінің жоғары температурасы мен үлкен жылдамдығы, жоғары физика-механикалық қасиеттерін көрсететін қажетті құрылымы мен құрамы керек материалдар алуға мүмкіндік береді. Мұндай заттардың қатарына металлургияда, химиялық өнеркәсіптерде, жанармай-энергетикалық комплекс өндірістерінде, жылулық агрегаттық құрылысында немесе беттік қабатқа пайдаланылатын синтетикалық ӨЖС-муллиттен жасалған отқатөзімді материалдарды жатқызуға болады. Қазіргі уақытта ӨЖС-нің алты технологиялық типі бар. Олар:

1. ӨЖС-ұнтақ дайындау технологиясы
2. ӨЖС-пісіру
3. Күшпен компактiленген ӨЖС-материалдар
4. ӨЖС-металлургия
5. ӨЖС-дәнекерлеу
6. ӨЖС қапталуының газотранспорттық технологиясы



Өздігінен таралатын жоғары температуралық синтез тек технологиялық аймақта ғана қолданылып қоймай, қазіргі заманғы материалтанудың алуан түрлі мәселелерін шешуде де үлкен орын алады [19]. Өздігінен таралатын жоғарытемпературалық синтез ертеңгі күні келесі бағыттарды анықтайды:

1. Құрылымдық макрокинетика, ӨЖС өнімдерінің құрылымын реттеу;
2. Жану процесін көп рет моделдеу;
3. Газфазалы және газдисперсті ӨЖС;
4. Органикалық жүйелердегі ӨЖС;
5. Дәстүрлі емес ұнтақтарды ӨЖС әдісімен алу;
6. Наноөлшемді поликристаллды өнімдерді ӨЖС арқылы алу;
7. Берілген формадағы бұйымдарды бір сатымен алу;
8. Үлкен масштабты үздіксіз ӨЖС өндірісін іске қосу;

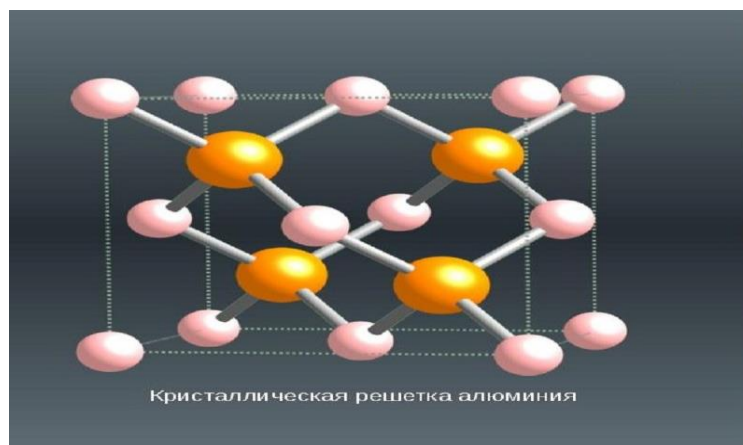
10.Космоста тәжірибелер жасау, микрогравитация эффектiлерiн зерттеу;

Қазіргі таңда ӨЖС процесімен кең ауқымда жұмыс жүргізіп жатқан ғылым орталықтар бар. Олар осы процесті жетік дамытып, жылдан - жылға жаңа жаңалықтар енгізуде. Олар:

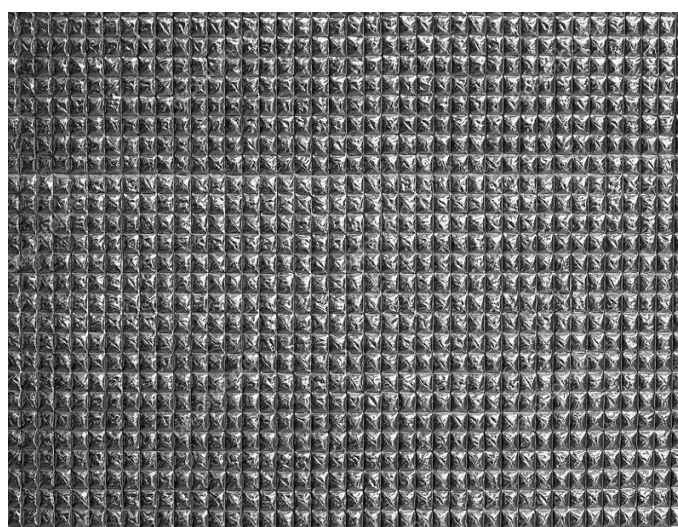
- 1.Құрылым макрокинетикасы және материалтану мәселелер институты (ИСМАН), РАН, Черноголовка, Ресей;
- 2.Құрылым Макрокинетика бөлімі, Томск ғылыми орталығы, Сібір бөлімі РАН, Томск, Ресей;
- 3.ӨЖС ғылыми-оқу орталығы МИСИС-ИСМАН, Мәскеу, Ресей;
- 4.ӨЖС Инженерлік орталығы, Самара, Ресей;
- 5.Армениядағы Химиялық физика институты;
- 6.Жану проблемалар институты, Алматы, Қазақстан;
- 7.Асапластикалық металдар мәселесі институты, РАН, Ресей;
- 8.Ұнтақты металлургия институты, Минск, УФА, Беларусь;
- 9.Жылу және масса алмасу институты, Минск, Беларусь;
- 10.Материалтану мәселелері институты, Киев, Украина;

## **1.2 Алюминий мен кремний оксидінің құрылымы мен қасиеттері**

Алюминий-жер қыртысында ең көп кездесетін металл. Ол жеңіл металдарға жатады. Оның тығыздығы мен массасы аз. Сонымен қатар, оның балқу температурасы өте төмен. Сонымен қатар, ол жоғары икемділікке ие және жылу мен электр өткізгіштің жақсы сипаттамаларын көрсетеді.



5 Сурет - алюминий элементінің кеңістікте кристалдық тор түрдегі бейнесі



6 Сурет – Алюминий элементінің кеңістіктегі құрылымы

Таза алюминий беріктігі небарі 90 МПа құрайды. Бірақ, егер балқымаға кейбір заттар, мысалы, мыс және басқа да заттар қосылса, онда беріктік шегі 700 МПа-ға дейін күрт өседі. Дәл осындай нәтижеге термиялық өндеуді қолдану арқылы қол жеткізуге болады. Тазалығы өте жоғары Алюминий-99,99% зертханалық мақсаттарда пайдалану үшін өндіріледі. Өнеркәсіпте қолдану үшін техникалық таза алюминий қолданылады. Алюминий қорытпаларын алу кезінде темір және кремний сияқты қоспалар қолданылады. Олар алюминий балқымасында ерімейді, бірақ қоспадан негізгі материалдың икемділігін төмендетеді, бірақ сонымен бірге оның беріктігін арттырады.

Алюминий-бұл күміс-ақ беті бар металл. Жоғарыда айтылғандай, оның тығыздығы 2,7 кг / м<sup>3</sup> құрайды. Температура 660°С. Оның электр өткізгіштігі мыс пен оның қорытпаларының 65% құрайды. Алюминий және одан жасалған қорытпалардың көпшілігі коррозияның әсерін тұрақты

кабылдайды. Бұл оның бетінде негізгі материалды атмосфералық ауаның әсерінен қорғайтын оксид пленкасының пайда болуына байланысты.

#### Электрөткізгіштік

Алюминийдің маңызды көрсеткіші оның электр өткізгіштігі болып табылады, ол тек алтыннан, күмістен және мыстан төмен. Электр өткізгіштіктің жоғары коэффициенті төмен тығыздықпен бірге материалды кабель-өткізгіш аймағында жоғары бәсекеге қабілеттілікпен қамтамасыз етеді. Негізгі қоспалардан басқа, бұл көрсеткішке титан, марганец және хром да әсер етеді. Егер алюминий ток өткізгіштерін өндіруге арналған болса, онда қоспалардың жалпы мөлшері 0,01% - дан аспауы керек.

Электр өткізгіштік көрсеткіші алюминий орналасқан күйге байланысты өзгеруі мүмкін. Ұзақ күйдіру процесі бұл көрсеткішті арттырады, керісінше, оны азайтады.

Металл маркасына байланысты 200<sup>0</sup>С температурада меншікті кедергі 0,0277-0,029 мкОм\*м шегінде болады.

Жылу өткізгіштік металдың жылу өткізгіштік әсері шамамен 0,50 кал/см\*с\*С құрайды және оның тазалық дәрежесімен жоғарылайды. Бұл мән мыс пен күмістен аз, бірақ басқа металдарға қарағанда үлкен. Оның арқасында алюминий жылу алмастырғыштар мен радиаторлар өндірісінде белсенді қолданылады.

#### Коррозиялық тұрақтылық

Металдың өзі химиялық белсенді зат болып табылады, сондықтан ол алюмотермияда қолданылады. Ауамен байланысқан кезде химиялық инерттілігі мен жоғары беріктігі бар алюминий тотығынан жасалған жұқа пленка пайда болады. Оның негізгі мақсаты-металды кейінгі тотығу процестерінен, сондай-ақ коррозиядан қорғау. Егер алюминий жоғары тазалыққа ие болса, онда бұл пленкада тері тесігі жоқ, оның бетін толығымен жабады және сенімді адгезияны қамтамасыз етеді. Нәтижесінде металл су мен ауаға ғана емес, сонымен қатар сілтілер мен Бейорганикалық қышқылдарға да төзімді.

Қоспалар бар жерлерде пленканың қорғаныш қабаты зақымдалуы мүмкін. Мұндай орындар коррозияға ұшырайды. Сондықтан бетінде нүктелік коррозия байқалуы мүмкін. Егер бренд құрамында 99,7% алюминий және 0,25% темірден аз болса, коррозия жылдамдығы 1.1 құрайды, алюминий мөлшері 99,0% болса, бұл көрсеткіш 31-ге дейін артады.

Құрамындағы темір металдың сілтілерге төзімділігін төмендетеді, бірақ Күкірт пен азот қышқылдарына төзімділігін өзгертпейді.

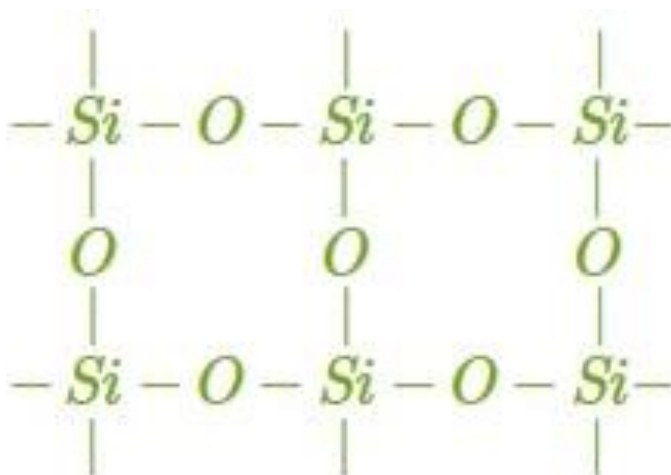
#### Әр түрлі заттармен әрекеттесу

Алюминий температурасы 1000С болған кезде хлормен әрекеттесуге қабілетті. Қыздыру дәрежесіне қарамастан, алюминий сутекті ерітеді, бірақ онымен реакцияға түспейді. Сондықтан ол металда болатын газдардың негізгі компоненті болып табылады.

Алюминий өте кең таралғанына қарамастан, ол метаболизмде де, тірі тіршілік иесінде де қолданылмайды. Ол аздап уытты әсерге ие, бірақ оның

суда еритін көптеген Бейорганикалық қосылыстары бұл күйде ұзақ уақыт тұра алады және тірі организмдерге теріс әсер етеді. Ең улы заттар-ацетаттар, хлоридтер және нитраттар.

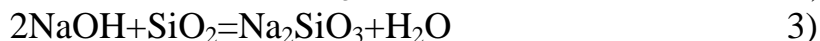
Кремний (IV) оксиді немесе  $\text{SiO}_2$  кремнийі — суда ерімейтін қатты отқа төзімді зат. Басқа металл емес оксидтерден айырмашылығы, ол молекулалық емес құрылымға ие. Оның торындағы әрбір кремний атомы төрт оттегі атомымен коваленттік байланыс арқылы, ал әрбір оттегі атомы екі кремний атомымен байланысады. Атомдық типтегі кристалдық тор пайда болады.  $\text{SiO}_2$  молекулалары жоқ және формула осы заттағы кремний мен оттегі атомдарының қарапайым қатынасын көрсетеді.



7 Сурет- кремний оксидің кеңістікте құрылымы

Табиғатта кремний(IV) оксиді құм, кремний, кварц, тау хрусталы, аметист және т. б. түрінде кездеседі.

Химиялық қасиеттері бойынша кремний оксиді (IV) — қышқыл оксиді. Ол негізгі және амфотериялық оксидтермен, сілтілермен әрекеттеседі. Бұл жағдайда кремний қышқылының тұздары пайда болады силикаттар:

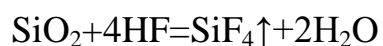


Басқа қышқыл оксидтерден айырмашылығы, ол сумен әрекеттеспейді.

Қызған кезде карбонаттармен әрекеттеседі және олардан көмірқышқыл газын шығарады:



Кремний оксидінің (IV) тағы бір ерекшелігі-гидроторлы қышқылмен әрекеттесу:

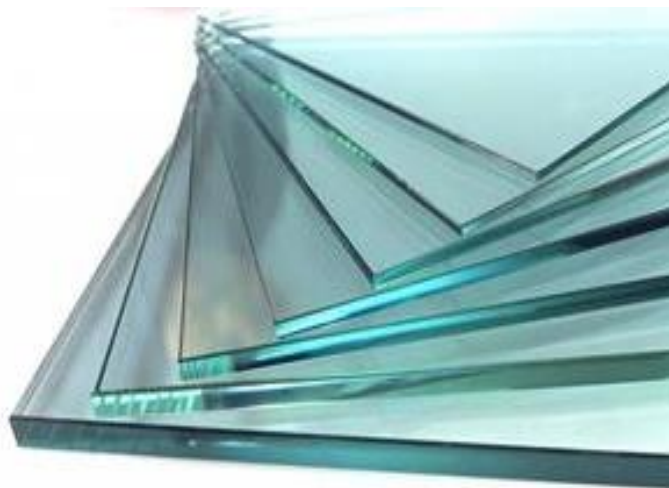


5)

Гидроторлы қышқылдың көмегімен әйнекке сызбалар немесе жазулар қолдануға болады, өйткені оның негізі кремний оксиді(IV).

Қолдану:

Кремний оксиді (IV) терезе әйнегін және шыны ыдысты өндіру үшін қолданылады:



7 Сурет – терезе түрлерін бейнесі

Кварц шамдарын және ыстыққа төзімді зертханалық ыдыстарды дайындау үшін;

Кремнеземді өндірісте өңдеу арқылы шыны және цементтің бірнеше түріналады.

Адамдар шыны өндірумен ертеден айналысқан. Кәдімгі шыныны (құрамы  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$ ) сода, ақ құм және әктастың қоспасын  $1400^\circ\text{C}$ -та балқыту арқылы газдарынан айырып алады: Шынының белгілі бір физикалық-химиялық қасиеттерін жақсарту үшін барий, қорғасын және бор оксидтерін қосу арқылы арнайы сорттарын, яғни отқа төзімді, "сынбайтын", т.б. түрлерін алады. Егер шыныны қайнатқанда сода орнына сақар  $\text{K}_2\text{CO}_3$  қосса, онда қиын балқитын шыны алынады. Одан лабораторияда пайдаланатын ыдыстар жасайды. Ал кальций оксидінің орнына қорғасын оксидін қосса, онда сыну көрсеткіші жоғары — хрусталь алынады. Хрустальдан оптикалық шынылар, көркем бұйымдар, люстра, әдемі ыдыстар, т.б. жасайды. Түсті шынылар алу үшін ауыспалы металдардың әр түрлі оксидтерін қосады: кобальт оксидін  $\text{CoO}$  қосу арқылы көк түсті, хром оксидін  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  қосқанда — жасыл, марганец диоксидін  $\text{MnO}_2$  қосқанда — қызғылт түсті шыны алады. Түсті шыныларды пайдаланып, түрлі мозаикалар, көркем витриналар, т.б. жасайды. Егер кремний диоксидінің шамалы бөлігін бор оксидімен  $\text{B}_2\text{O}_3$  алмастырса, онда жоғары температура мен химиялық заттарға тұрақты шыны алынады. Олар химиялық өндірістерде түтіктер, құбырлар, түрлі құралғылар жасауға пайдаланылады.

Беріктігі жөнінен шойыннан кем емес ситалл деп аталатын осындай шыны кристалл өндіріледі.



8 Сурет - Кварц шыныдан жасалған зертханалық ыдыс



9 Сурет -Бетон плиталары

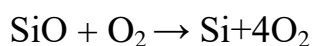
$\text{SiO}_2$  кремний оксиді жердің 90% құрайды және көптеген минералдар мен құрылыс материалдарының негізі болып табылады, атап айтқанда шыны, кірпіш және бетон. Электронды революция, вакуумнан ауысу қатты күйдегі электроника, жетістіктерге негізделген кремний жоспарлы технологиясы, оның негізінде жатыр бірегей жүйесі кремний-термиялық кремний оксиді. Барлық жартылай өткізгіштердің 99% - дан астамы кремнийде жасалады.

Химиялық қасиеттері

Типтік металл емес, инертті.

Тотықсыздандырғыш ретінде:

1) оттегімен



б)

2) фтормен (қызусыз)



3) көміртегімен



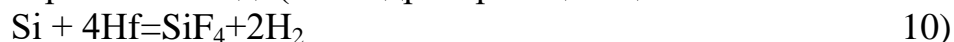
(SiC - карборунд - қатты; нүкте және тегістеу үшін қолданылады)

4) сутегімен өзара әрекеттеспейді.

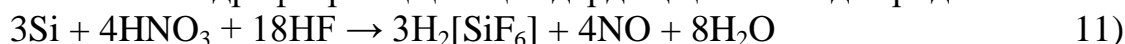
Силан (SiH<sub>4</sub>) металл силицидтерінің қышқылмен ыдырауы арқылы алынады:



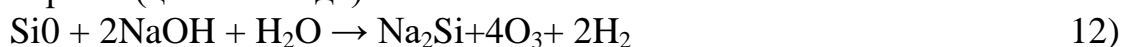
5) қышқылдармен әрекеттеспейді (тек гидроторлы қышқылмен



Ол тек азот және гидрофторлық қышқылдардың қоспасында ериді:



6) сілтілермен (қызған кезде):



### 1.3 Алюминийдің балқу температурасы

Алюминий балқымасын алу, көптеген басқа материалдар сияқты, жылу энергиясы бастапқы металға түскеннен кейін пайда болады. Ол тікелей оған да, сыртқа да түсіп кетуі мүмкін.

Алюминийдің балқу температурасы оның тазалық деңгейіне тікелей байланысты:

1. Ультратазалық алюминий 660, 3°С температурада ериді.
2. 99,5% алюминий мөлшерінде балқу температурасы 657°С құрайды.
3. Бұл металдың құрамында 99% балқыманы 643°С температурада алуға болады.

Алюминий қорытпасы әртүрлі заттарды, соның ішінде легирлеуді қамтуы мүмкін. Олардың болуы балқу температурасының төмендеуіне әкеледі. Мысалы, кремнийдің көп мөлшері болған кезде температура 500°С-қа дейін төмендеуі мүмкін. Қорытпаларда тұрақты балқу температурасы болмайды. Бұл процесс белгілі бір жылу диапазонында жүреді.

### 1.4 Физика-механикалық қасиеттері

Алюминийдің жұмсақтық, штамптаудың икемділігі, өңдеудің жеңілдігі сияқты механикалық қасиеттері көптеген салаларда кең таралды. Әсіресе алюминий басқа металдармен қорытпалардың құрамында жиі қолданылады.

Алюминийдің бірегей физикалық қасиеттері жоқ, бірақ олардың комбинациясы металды ең көп ізденетін металдардың бірі етеді. Алюминийдің бірегей физикалық қасиеттері жоқ, бірақ олардың комбинациясы металды ең көп ізденетін металдардың бірі етеді. Мох шкаласы бойынша таза алюминийдің қаттылығы үшке тең, бұл көптеген

металдарға қарағанда едәуір төмен. Бұл факт таза металды қолдануға бірден-бір кедергі болып табылады.

Егер алюминийдің физикалық қасиеттерінің кестесін мұқият қарастырар болсақ, онда келесі қасиеттерді көреміз:

Төмен тығыздығы (2.7 г/см<sup>3</sup>);

Жоғары икемділік;

Төмен электр кедергісі (0,027 Ом•мм<sup>2</sup> / м);

Жоғары жылу өткізгіштік (203.5 Вт / (м•К));

Жоғары шағылысу қабілеті;

Төмен балқу температурасы (660°С).

Алюминийдің жоғары иілгіштігі, төмен балқу температурасы, сияқты физикалық қасиеттері бұл металды таза түрінде және кез-келген күрделі конфигурациядағы бұйымдарды өндіру үшін оған негізделген қорытпалардың құрамында қолдануға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл өте төмен температураға дейін салқындаған кезде сынғыштығы жоғарыламайтын бірнеше металдардың бірі. Бұл қасиет криогендік жабдықтар мен жабдықтардың құрылымдық элементтерінде қолданылатын салалардың бірін анықтады.

### **1.5 Алюмосиликаттарды және компазициялық материалдар алу әдістері**

Синтетикалық алюмосиликаттарды алудың ең көп тараған тәсілі металл оксидтерімен кремний және алюминий оксидтерін қыздыру кезіндегі гидротермальды синтез болып табылады. Минералды шикізаттан немесе өндіріс қалдықтарынан сілтілі алюмосиликаттарды алу әдістері де белгілі. Өсімдік шикізатын пайдалана отырып сілтілі алюмосиликаттарды алу тәсілдері патенттік және ғылыми-техникалық әдебиеттерде сипатталмаған. Құрамында сілтілі және сілтілі жер металдары бар алюмосиликаттарды алудың тығы бір әдісі белгілі, оған сәйкес перлит пен диатомит сілтілі ерітіндіде 50-100 г/л Na<sub>2</sub>O 0,95-105°С және Ж:Т=(3-5):1 1,5-3 сағат ішінде өңделеді және 75-120°С температурада қызады. Белгілі әдістің кемшілігі-құрамында сілтілі және сілтілі жер металдарының иондары, сондай-ақ перлит пен диатомитті құрайтын басқа элементтердің иондары бар алюмосиликаттарды алу, бұл алынған өнімнің көлемін шектейді.

Алюминийді табиғи қосылыстардан химиялық жолмен бөліп алу өте қиын, бұл алюминий оксидіндегі байланыстардың жоғары беріктігімен түсіндіріледі, сондықтан алюминийді өнеркәсіптік өндіру үшін Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> алюминий ерітіндісінің электролизі балқытылған Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> криолитінде қолданылады. Процесс нәтижесінде алюминий катодта, анодта - оттеkte бөлінеді:





Бастапқы шикізат-бокситтер. Электролиз 1000°C температурада жүреді: алюминий оксидінің балқу температурасы 2500°C - бұл температурада электролиз жүргізу мүмкін емес, сондықтан алюминий оксиді балқытылған криолитте ериді, содан кейін алынған электролит алюминий алу үшін электролизде қолданылады.

Қазіргі уақытта Композициялық материалдарды алудың жаңа технологияларын (бұдан әрі — КМ) әзірлеуге бағытталған көптеген жұмыстар бар. Әр әдіс белгілі бір жағдайда, әдетте, қолданылатын компоненттерге байланысты белгілі бір болжамды қасиеттері бар нақты КМ алу үшін қолданылады. Композицияны жасаудың кез-келген әдісіне қойылатын негізгі талаптар түпнұсқаны барынша сақтау болып табылады, талшықтардың беріктігі, олардың матрицада жақсы бағдарлануын қамтамасыз ету және компоненттердің берік қосылуына жағдай жасау. Осы немесе басқа әдісті қолдану компоненттердің физикалық-механикалық қасиеттерімен және алынған композициямен, сондай-ақ өнімнің қажетті формасымен анықталады. Жалпы, КМ алудың технологиялық процестерін мыналарға бөлуге болады:

процестегі матрицаның күйіне байланысты үш топ құрылымды қалыптастыру: қатты фазалық, ұнтақ және сұйық фазалық технологиялар.

Қатты фазалық технологияның әдістері үлкен диаметрлі монофиламенттерден (бор) тұратын КМ алу үшін қолданылады, болат және т.б.). Ол үшін пакетті формада салу қажет. Содан кейін пакет жоғары температурада басу, илектеу және т.б. арқылы ықшамдалады.

Ұнтақты металлургия әдістері әдетте ұнтақ бөлшектерінен, жіп тәрізді кристалдардан немесе қысқа талшықтардан толтырғыштары бар КМ жасау үшін қолданылады.

Сұйық фазалық әдістердің бірқатар маңызды артықшылықтары бар, олардың негізгілері КМ-күрделі конфигурациялы бұйымдарды кейіннен ең аз механикалық өңдеумен немесе онсыз; сынғыш компоненттерге шектеулі күштік әсер ету; композиттер жасау үшін пайдаланылатын компоненттердің кең номенклатурасы, жеңілдетілген аппаратуралық қамтамасыз ету; жоғары өнімділік; Үздіксіз технологиялық процестерді механикаландыру, автоматтандыру және іске асыру мүмкіндігі.

Құю технологиясын қолдана отырып, КМ екі жолмен алынады:

- қатты және сұйық фазалардың қосылуы;
- сұйық күйдегі әртүрлі компоненттердің қосылуы.

Қатты және сұйық фазаларды қосу процесі келесі тәртіпте:

- арматуралайтын элементтерді орналастыру (қалау, орнату) матрицалық балқымамен құю алдында құю қалыптарының қуысына;
- гетерогенді матрицалық құйма қалыпқа құю дайындалған арматуралық элементтері бар Балқыма арнайы Агрегатта (шөміште);

- матрицалық балқымаға арматуралау элементтерін енгізу оны кристаллизаторға немесе құю қалыптарына құю процесінде;
- арматуралайтын элементтерді қатысуымен құрастыру (орау) сұйық матрицалық қорытпа.

Сұйық фазалы бұйымдарды алудың технологиялық процесі компоненттерді біріктіру келесі негізгі кезеңдерден тұрады: компоненттерді дайындау (калибрлеу, тазалау, бетін қаптау, арматуралық құрылымға қажетті пішін, конфигурация беру); құрастыру, қуысқа орналастыру арматура нысандары немесе балқымаға арматуралау элементтерін енгізу; матрицалық балқымамен құю, сіндіру; сыртқы әсер ету жағдайларында немесе оларсыз сұйық фазаны қатайту үшін ұстау; қалыптан алу; КМ термиялық және механикалық өңдеу.

КМ алу әдістерінің бірі-вакуумды сығымдау әдісі. Сипатталған процесте арматураны жылыту маңызды рөл атқарады. Егер температура қыздыру жеткіліксіз болса, содан кейін матрицалық балқымамен толық сіндіру, тері тесігінің пайда болуы, өнімнің биіктігінде гетерогенді жетілмеген байланыс болуы мүмкін. Вакуумдық сору әдісі арқылы вольфрам талшықтарымен күшейтілген ыстыққа төзімді қорытпадан композициялық құймалар алынады.

Алюминий тепкіш құюды пайдалану композициялық материалдар функционалды материалдардың (беріктік, қаттылық) ұлғаюы арасындағы қайшылықты ішінара жоюға мүмкіндік береді, тұтқырлығы, икемділігі, тозуға төзімділігі) және төмендеуі толтырғыштың көлемдік үлесінің артуымен технологиялық қасиеттері (кесу, қысым, сұйықтықтың аққыштығы). Арматураның нақты салмағындағы айырмашылықтар анықталды бөлшектер мен матрицалық қорытпалар жеткілікті орталықтан тепкіш күштермен алюминий композициялық материалының балқымасынан жасалған ауыр бөлшектер құйманың сыртқы бетіне түсіп, бөлшектердің 30-40% қатайтылған қабатын және құйманың ішкі бөлігін толығымен бөлшектерсіз құрайды. Бұл әдіс құйылған қабаты бар қабатты өнімдерді алуға мүмкіндік береді.

## **1.6 Алюминий қосылыстарының және олардың негізіндегі материалдардың қолданылу аймақтары**

Алюминий барлық металдардың ең көп қосылыстарға ие. Ол көлік техникасында кеңінен қолданылады, мысалы, ұшақтар, кемелер және автомобильдер салу үшін. Химия өнеркәсібінде алюминий тотықсыздандырғыш ретінде, құрылыс индустриясында терезе жақтаулары мен есіктерін жасау үшін, ал тамақ өнеркәсібінде орау материалдарын жасау үшін қолданылады. Күнделікті өмірде ол ас үй ыдыстарына арналған материал ретінде және тамақ өнімдерін сақтауға арналған фольга түрінде қолданылады.

Алюминий қосылыстары. Глинозем табиғатта абразивті материалдар мен асыл тастар ретінде қолданылатын минералдардың корунд тобында кездесетінін жоғарыда айттық. Глиноземнің басқа да көптеген түрлері бар. Бірге кремнезем ол ретінде пайдаланылады отқа төзімді материалдар дайындау үшін пеш қалау. Сонымен қатар, алюминий химия өнеркәсібінде құрғатқыш және катализатор ретінде, ал зертханалық тәжірибеде хроматографиялық бағандарды толтыруға арналған материал ретінде қолданылады. Жоғарыда айтылғандай, калий алюминийі мен алюминий сульфаты бояу ісінде уыт ретінде қолданылады. Алюминий сульфаты коагулянт ретінде кеңінен қолданылады. Мысалы, ол ағынды сулардан коллоидты затты тұндыру үшін қолданылады.

Алюминийдың айта кетерлік қабілеті ток өткізгіштігі болып табылады. Бұл мүмкіндік оны Мыстың басты бәсекелесі етуге мүмкіндік берді. Ол микросхемаларды өндіруде және тұтастай алғанда микроэлектроника саласында белсенді қолданылады.

Алюминий шатырды өндіру үшін белсенді қолданылады. Бұл парақ материалы жақсы сәндік, тірек және қоршау ерекшеліктерінен басқа, басқа шатыр материалдарымен салыстырғанда қол жетімді құны бойынша да ерекшеленеді. Сонымен қатар, мұндай шатыр профилактикалық тексеруді немесе жөндеуді қажет етпейді, ал оның қызмет ету мерзімі көптеген материалдардан асады.

Таза алюминийге басқа металдарды қосқан кезде сіз кез-келген сәндік ерекшеліктерді ала аласыз. Мұндай шатыр сізге жалпы стильге сәйкес келетін кең түс схемасына ие болуға мүмкіндік береді.

- Алюминий аммоний сульфаты ( $(\text{Al}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4))_2$ ), аммоний алюминий мордандырғыш ретінде, суды тазарту және ағынды суларды тазарту, қағаз өндірісінде, тағамдық қоспалар ретінде және теріні илеу үшін қолданылады.
- Алюминий ацетаты - ерітіндіде тұтқыр зат ретінде қолданылатын тұз.
- Алюминий бораты ( $\text{Al}_2\text{O}_3$   $\text{B}_2\text{O}_3$ ) шыны және керамика өндірісінде қолданылады.
- Алюминий борогидрид ( $\text{Al}(\text{BH})_4$ )<sub>3</sub> реактивті отынға қоспа ретінде қолданылады.
- Алюминий хлориді ( $\text{AlCl}_3$ ) қолданылады: бояу өндірісінде, антиперспиранттар, мұнай өңдеу және синтетикалық резеңке өндірісінде.
- Алюминий хлорогидрид антиперспирант ретінде және гипергидрозды емдеуде қолданылады.
- Алюминий фторосиликаты ( $\text{Al}_2(\text{SiF}_6)_3$ ) синтетикалық тастар, шыны және керамика өндірісінде қолданылады.
- Алюминий гидроксиді ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) қолданылады: антацид ретінде, мордант ретінде, суды тазартуда, шыны және керамика өндірісінде және маталарды гидроқшаулауда.
- Алюминий оксиді ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), глинозем, табиғи түрде корунд (рубин және сапфир), эмирия түрінде кездеседі және әйнек дайындауда қолданылады.

Синтетикалық рубин мен сапфир лазерлерде когерентті жарық шығару үшін қолданылады.

- Алюминий фосфаты  $Al_3(PO)_4$  өндірісінде қолданылады: шыны және керамика, целлюлоза және қағаз бұйымдары, косметика, бояулар мен лактар және стоматологиялық цемент жасауда.

- Алюминий сульфаты ( $Al_2(SO)_4)_3$ ) қолданылады: қағаз өндірісінде, мордандырғышта, өрт сөндіргіште, суды тазарту және ағынды суларды тазарту, тағамдық қоспалар ретінде, отқа төзімді және былғары илеу кезінде.

- Көптеген вакциналарда алюминийдің белгілі бір тұздары иммундық стимулятор ретінде вакцинадағы ақуыздың жеткілікті потенциалға жетуіне мүмкіндік беретін иммундық адьювант (иммундық жауап күшейткіш) ретінде қызмет етеді.

Алюминий қорытпаларының тағы бір маңызды қасиеті - олардың жылу сезімталдығы. Қыздырумен айналысатын шеберхананың процедуралары алюминий, болаттан айырмашылығы, алғашқы қызыл түспен еритіндіктен қиындайды. Соққы алауын қолданатын операцияларды жасау біршама тәжірибені қажет етеді, өйткені қандай да бір көрнекі белгілер материалдың еріп кететіндігіне жақын емес. Алюминий қорытпалары, барлық құрылымды қорытпалар сияқты, дәнекерлеу және құю сияқты қыздыру жұмыстарынан кейін ішкі кернеулерге ұшырайды. Осыған байланысты алюминий қорытпаларының проблемасы олардың төмен балқу температурасы болып табылады, бұл оларды термиялық қоздырылған кернеуді жеңілдетуден бұрмалауға барынша сезімтал етеді. Бақылау кезінде стресстен арылуды пештің ішіндегі бөлшектерді термиялық өңдеуден өткізіп, содан кейін біртіндеп салқындату арқылы жасай аласыз.

Алюминий қорытпаларының төмен балқу температурасы оларды зымыранда қолдануға кедергі жасамады; Газдар 3500 К дейін жететін жану камераларын салуда да қолдануға болады. Ағна жоғарғы сатысында қозғалтқыш саптаманың кейбір бөліктері үшін, оның ішінде термикалық критикалық аймақ үшін қалпына келтірілетін салқындатылған алюминий конструкциясын қолданды; шын мәнінде алюминийдің жоғары жылу өткізгіштігі, тіпті жаппай жылу ағынының әсерінен де балқу температурасына жетуге кедергі келтірді, нәтижесінде сенімді және жеңіл компонент пайда болды.

Алюминий дәстүрлі тұрмыстық сым материалы болып табылатын мыс өткізгіштіктің шамамен 65 пайызына ие. 60-шы жылдары алюминий мысқа қарағанда едәуір арзан болды, сондықтан көптеген арматуралар алюминий сымын қабылдауға арналмаған болса да, Құрама Штаттардағы тұрмыстық электр сымдары үшін енгізілді. Алайда, кейбір жағдайларда алюминийдің жылулық кеңеюінің үлкен коэффициенті металды бұрандалы қосылысқа қатысты сымның кеңеюіне және қысылуына әкеліп соғады, нәтижесінде байланысын босатады. Сондай-ақ, таза алюминий тұрақты қысыммен «температура көтерілген сайын» «қайтадан» бейімділікке ие болады, бұл

температураны жоғарылатады. Соңында, ұқсас металдардан гальваникалық коррозия қосылыстың электр кедергісін арттырды.

### **1.7 ӨЖС –әдісінен алдын компоненттерді механикалық активтеу жолдары**

Бейорганикалық заттардың қазіргі заманғы технологиясында бөлшектердің құрылымы микроскопиялық материалдарды синтездеу жаңа әрі болашағы бар бағыт болып табылады. Негіз ретінде жақсы білетін қосылыстарды, мысалы оксидтерді алып, беткі құрылымы өзгергендіктен әртүрлі күтпеген қасиеттері бар материалдар алуға болады. Диэлектриктің сыртына өткізгіштік немесе магниттік қасиеттері бар қосылысты синтездесе, онда бөлшек толығымен өткізгіш немесе магнетиктің қасиеттерін көрсете бастайды. Осындай микрокомпозиционды қосылыстарды алғанда қатты денелерді механохимиялық өңдеу өте қолайлы болып келеді. Бұл мүмкіндіктер қатты денелерді диірмен-активаторларда өндегенде өтетін физико-химиялық процеске ендірілген.

Процесс негізі болып дисперстілік дәрежесі әртүрлі ұнтақ материал алу болып табылады. Дисперсті материалдардың қасиеттері салмақты материалдың қасиеттерінен тікелей айырмашылығы болады, ол бөлшектегі құрылымның өзгеруіне байланысты. Ол өзгерістерге ең алдымен, беттің көлемге қатынасының үлкендігі және атомдардың шектеулі саны, сонымен бірге, тор деформациясы, беттік керілудің пайда болуы және беттік атомдардың тербеліс жиілігінің өзгерісі жатады. Осындай құрылымдық қайтатоптасудың салдарына жоғары дисперсті материалдардың қасиеттерінің қатты өзгеруі кіреді. Мысалға, оцк-Cr аэрозольді бөлшектерде әлсіз ферромагнетизм байқалады, ол беттік магнетизм ретінде қаралады, өйткені бетінде электрондардың күйі тығыз орналасқан. Жоғарыдисперсті материалдардың беттік қабаттарындағы электронды және құрылымдық өзгерістеріне байланысты тағы бір ерекшелігі-олардың жоғары сорбциялық қабілеті мен каталитикалық активтілігі.

Материалдарды дисперсті күйде алудың әр түрлі әдістері бар. Микронды өлшемдегі бөлшектері бар ұнтақты материалдар алудың ең дөрекі әдісіне механикалық ұнтақтау жатады. Бірақ дәл осындай бөлшектер белгілі қасиеттердің жиынтығын алуға керекті спецификалық артықшылықтарға ие. Ең алдымен, олар беткі қабаттың жоғары аморфизациясымен ерекшеленеді. Одан басқа, олардың бетінде дәл ұсақтау кезінде басқа ультрадисперсті өлшемдегі қосылыстар алынуы мүмкін. Олар бөлшектердің қасиеттерін толығымен өзгертеді. Механикалық әсер бергенде өнделетін материалдың компоненттерінің химиялық әрекеттесуі жүріп, бастапқы материалдардың бөлшектерінің бетінде жаңа қосылыстар түзілетін әдіс, механохимиялық өңдеудің бір саласына жатады. Осылайша, бөлшектердің бетінің модификациясы жүреді, кейде оны жаңа сапасы бар капсулаға дейін салады. Өнделетін материалдың қасиеттері соңында оны құрайтын фазалардың құрылымы мен қасиеттерінің ерекшеліктерімен анықталады.

Ұнтақ материалдарды алғанда ұсақтаушы қондырғылардың әртүрлі түрлері қолданылады. Олардың әсері бұзылудың бірнеше түріне негізделген. Яғни: үйкеу, мыжу, сындыру, аралау, соғу және осы әдістердің аралас комбинациясы жүзеге асырылады. Айтылған әдістердің әрқайсысында дене үйкеуші, қысушы, сығушы, кесуші, бұраушы күштердің динамикалық әсерінен ұсақталады. Жіңішке дисперсті материал алу үшін үйкеуді мыжу немесе соғумен бірге қолданады. Материалдағы кернеу ішкі байланыстырғыш күштерден асып түскенде, бұзылу жүреді. Ұсақтаушы аппараттарда соққы әсерінен басқа үлкен әсерді үйкеуші кернеу береді. Соңғылары бұзылу процессін жеңілдетіп, қысушы кернеулер диспергіленетін бөлшектердің құрылымын өзгерткеннен көбірек. Сондықтан олардың қасиеттерін де өзгертеді. Соққы-үйкеліс, ұсақтаушылар қатарына планетарлы диірмендер де кіреді. Ондай диірмендер гравитациялық ұсақтау принципі бойынша жұмыс істейді. Ол екі орталыққа тартқыш өрістердің әрекеттесуінен жүзеге асады.



10 Сурет - Өндірісте және лабораторияларда қолданылатын планетарлы диірмендер түрлері

Диспергілену және активтенудің тиімділігіне әсер ететін параметрлерге, шарлардың тығыздығы мен өлшемі, шарлардың алатын көлемі, шар массалары мен өңделетін заттың қатынасы және тағы басқалары жатады. Эксперимент нәтижесінде дәлелденеді, ұсақтау кезінде өте жақсы нәтижені беретін жағдай, шар көлемі 50% алғанда, шарлар диаметрі 10мм тең [36]. Синтезделген материал қасиетінің тұрақтылығы мен сапасы оның алыну процесінің басқарылуына байланысты. Синтез процесімен басқару әдісі арқылы мәселені шешу реакцияның термокинетикалық сипаттамасына әсер ететін әр түрлі физикалық әдістер, соның ішінде механикалық активтену мен механохимиялық синтезге жай қатынастылық пен әсер ету тиімділігіне байланысты үлкен көңіл бөлінеді. Дәрежелердің сәйкес келуі және деформация түрі, сондай-ақ дайын өнімнің қызу температурасы материалдың физикалық қасиеті мен механикалық қасиетінің өзгеруімен тиімді әдіске жатады, сондай-ақ берілген тапсырма бойынша бұйымның алынуының көптеген технологиялық процестерінің негізін құрайды [36].

Механикалық активтенудің негізгі мақсаты механикалық өңделу шартында бөлшектің азаюы және қатты реагент бетінің өсуі, сондай-ақ кристалдық торда ақаулардың жиналуы. Бір немесе бірнеше компоненттер қатты фазада болатын қатты фаза реакциясының жылдамдығы реакцияласатын қатты фаза бетінің шекарасының шамасы мен салыстырмалы реакциялық қабілеттілігі анықталады. Сондықтан толық механикалық активтенуден кейін химиялық реакцияның жылдамдайды, жаңа материалдың қатты фазалық синтезінің бастапқы температурасының азаюы байқалады.

Механикалық өңделу кезінде барлық оттекті қосылыстар торларының бұрмалануы болады және оттектің тапшылығы бойынша бейстереохимиялық қосылыстардың түзілуі жүреді.

Механохимиялық құбылыстар химиялық активтілікті қамтамасыз ететін, заттың механикалық деструкциялану процесін анализдеуге мүмкіндік беретін жылдам электронды эмиссия болып табылады. Жоғары энергетикалық күйдің себебі мыналар болуы мүмкін: үзілген химиялық байланыстар, зарядталған күйлер және басқа да факторлар. П.Ю.Бутягин бойынша артық беттік энергиясы болжаулары арқылы қысқа өмір сүретін активті орталықтар келтірілді, ол беттік зонаның деформациясы нәтижесінде және ұсақтау процесінің әрекет етуімен үгітіледі.

Көптеген физикалық құбылыстар соқтығысу мен жарылу болған кезде соңғы нәтижесінде химиялық құбылыстарға айналады және ұсату кезінде қатты денелерге механикалық әрекет етуде негізгі әдіс болып табылады. Олар:

- электромагнитті толқындарды, соның ішінде дыбыс және жарық толқындарын кең көлемде иницирлейді;
- ұсатылған материалдардың ысытатуын тудыратын жылу өндіреді;
- электрондар эмиссиясын стимульдейді және потенциалдар айырымын құрайды;
- материалдың біркелкілігін бұзуға әкеледі және заттың бос бетін ұлғайтады;
- серпімді және пластикалық деформацияны болдырады. Деформация релаксациясы және қатты денедегі қалған кернеулер жоғары температурада баяу жүреді және механикалық күшке әрекет етуге айналдыратын зат қандай да уақыт бойы «артық» энергия қоры бола алады;
- минералдың кристалдық торын бұрмалайды, себебі «артық» энергия сәйкес қорын беретін сызықты дислокация және нүктелік ақауларды туғызады;
- ұнтақталған материалдардың біркелкі тегістігін бұзу арқылы заттың (механализ, механокрекинг және т.б) химиялық байланысын бұзады; Ары қарай, түзілген компенсирленбеген химиялық байланыс немесе бос радикалдар «артық» энергия қоры бола алады.
- ұсақтау нәтижесінде өлшемі тек кристалдық тор параметрімен ғана өлшенетін бөлшектерге айналады және диспергирлеу өздігінен барлық термодинамикалық сипаттаманың сәйкес өзгеруімен қайта құрылады;

- соқтығысу немесе жарылу әдістері арқылы қатты затқа механикалық әрекет ету механохимияның ғылыми-методологиялық негізі болып табылатын химиялық тәртіптердің өзгеру ретін болдырады.

- механохимиялық реакциялар соқтығысу және жарылу кезінде пайда болған электромагнитті толқындармен иницирленеді, сонда оның механизмін фотохимиялық немесе радиохимиялық реакциялармен ұқсастыруға болады;

- механохимиялық реакциялар соқтығысу немесе жарылу кезінде бөлініп шыққан жылу бойынша дамып, таралады, сонда оның жылдамдығы қарапайым химиялық реакцияға қатысты түсіндіріледі;

- механохимиялық реакциялар қатты денені ұсату кезінде зерттелген электрон ағынымен анықталады;

- механохимиялық реакциялар ұсатылған материалдардың бос бетінің ұлғаюына байланысты өседі, сонда оның жылдамдығы ұсату кинетикасымен анықталады;

- механохимиялық реакциялар бұрмалану мен кристалдық тор дефектісі нәтижесінде дамиды және ақау энергиясы мен дислокация механохимиялық айналулардың қозғаушы күші рөлін атқарады;

- механохимиялық айналулар дисперсті бөлшектер өлшемімен анықталуы мүмкін, ал бастапқы зат жеткілікті түрде түзілуі керек.

Сонымен, ӨЖС процесінің сезгіштігі жүйенің және режим параметрі күйінің өзгеруіне сай ӨЖС өнімдерін алу кезінде икемді технологиялық процестерді өңдеудің негізі болып табылады. Әрекет етудің оның тек дисперстілігін өзгертіп қана қоймай, сондай-ақ энергетикалық күй мен материал құрамын өзгертетін басқа да әдістер мен таңдаулар болуы мүмкін.



## **2 ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ**

### **2.1 Материалдарды ӨЖС –әдісіне дайындау**

Тәжірибелік материалдар ретінде мыналар қолданылды: алюминий ұнтағы, кремний оксиді ұнтағы және көміртек.

Тотықсыздандырғыш ретінде ПА-4 алюминий ұнтағы қолданылды.

Компоненттер ВЛЭ-134 электронды таразыларында өлшеніп, Фарфор ерітіндісінде Мұқият араластырылды. Содан кейін престоу арқылы үлгілерді дайындау үшін жартылай құрғақ қоспаны дайындау үшін жеткілікті кремнезолдың аз мөлшері қосылды. Қоспалардың ылғалдылығы 5-10% болды.

### **2.2 ӨЖС процесін жүргізу режимдері мен жағдайлары**

ӨЖС атмосфералық қысымда және ӨЖС процесін жүргізетін жоғары температуралық пеште үлгіні жандыру арқылы жүргізілді. Үлгілерді диаметрі 20 мм және биіктігі 15 мм арқылы цилиндр тәрізді жасап, сосын лабораторлық пресс-форма арқылы 2-5 МПа дейін престоу дайындалған(сурет 8).



11 Сурет - Лабораторлық пресс немесе үлгілерді қысу аппараты

Тәжірбелік жұмыста өтетін химиялық процестің химиялық теңдеуіне негізделе отырып жалпы реакцияға қажетті компоненттердің өзара салыстырмалы массалық үлестерін анықтауға мүмкіндік аламыз. Бастапқыда Al, SiO<sub>2</sub> және C қоспасының (16 г қоспада 5,6 г Al, 10,4 г SiO<sub>2</sub>) компоненттері мына теңдеумен келесі стехиометриялық қатынаста алынды:

ӨЖС атмосфералық қысымда және ӨЖС процесін жүргізетін камерада жоғары қысымда инертті газ (аргон) ағымында үлгіні жандыру арқылы жүргізілді. Үлгі өлшемдері: диаметрі (d)=20 мм және биіктігі (h)=15 мм болатындай, лабораторлық "Carver" маркалы пресе, 4т қысымда жасалынды (сурет 9).



12 Сурет - Лабораторлық "CARVER" пресі

Тәжірбелік жұмыста өтетін химиялық процестің химиялық теңдеуіне негізделе отырып жалпы реакцияға қажетті компоненттердің өзара салыстырмалы массалық үлестерін анықтауға мүмкіндік аламыз. Бастапқыда SiO<sub>2</sub>, Al және C қоспасының (100 г қоспада 33 г Al, 62 г SiO<sub>2</sub> және 5 г C) компоненттері мына теңдеумен келесі стехиометриялық қатынаста алынды:

### 2.3 ӨЖС-механохимиялық активтену әдісі

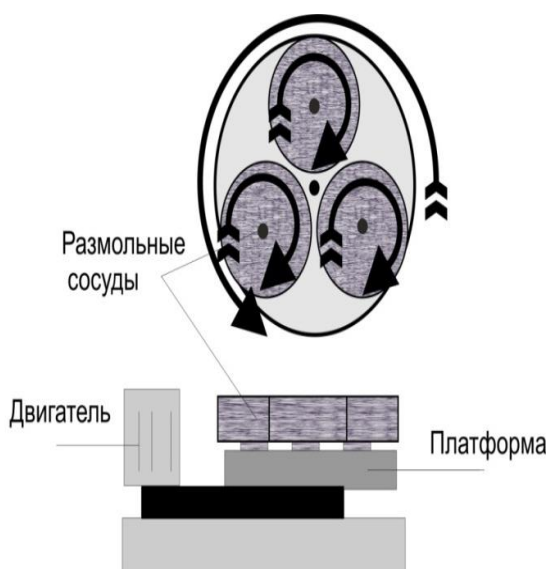
Қатты денелерді майдалау мен механикалық активтендіруде қолданылатын аппараттардың құрылымы, заттарға: соғу, бөлу, қажау, егеу және тағы басқа механикалық әсер етуі бойынша бөлінеді.

Бұл жұмыста, сурет 9 көрсетілген, екі орталықтан тепкіш өрістердің әрекеттесуіне негізделген, гравитациялық үгіту принципімен жұмыс істейтін, орталықтан тепкіш- планетарлы диірмен қолданылды.

Планетарлардың айналу жылдамдығы минутына 700 айналымды, ал ұсақтағыш ыдыстар минутына- 1200 айналымды құрайды. Орталықтан тепкіш- планетарлы диірменде өңдеу кезінде үдеудің шамасы- 20 g-ға дейін

жетеді. Кварцты ұсақтау болат ыдыста болат шарлармен жүргізіледі, сондықтан абразивті тозу есебінен темір диспергіленетін материалға тиіп, ұнтақтық магнитті қасиеттерінің пайда болуына мүмкіндік тудырады. Темірдің үлгілердегі мөлшері өңдеу уақытына да, қолданылатын органикалық қоспаларға да тәуелді өзгеретінін рентгенқұрылымды анализ көрсетеді. Ұсақтау уақытының артуымен темір қоспаларының мөлшері артады.

Ұсақтау эффективтігіне әсер беретін параметрге шарлар көмегі мен мөлшері, ұсақталатын зат көлемі, ұнтақ массасының шар массасына қатынасы және т.б. жатады. Шикізат материалдарын механохимиялық өңдеу бойынша тәжірибелік жұмыстарды жүргізу негізінде аталған параметрлерді ескере отырып, әсер ету уақыты 5–10–20 минут аралығы алынды (интервалы 10 минут). Ұнтақтар салмағының ұнтақтағыш шарлар салмағына қатынасы  $\frac{1}{2}$  құрады.



13 Сурет - Планетарлы орталықтан тепкіш диірмен және схемасы

## 2.4 ӨЖС- температуралық өлшеу әдісі

Жану температурасы пирометрлік термометрмен өлшенді. Raytek 3i 1M (2006 жылы шыққан) пирометрі 600 ден 3000°C ке дейінгі аралықтағы температураларды өлшеуге арналған.

Температураны өлшеу кезіндегі қателік, өлшеу жүргізіліп жатқан температуралық интервалға байланысты. Соған байланысты 1500°C дейінгі температураларды өлшеуде қателік  $\pm 0,5\%$  -ін, 1500-2000°C-ге дейінгі интервалда, алынған температураның  $\pm 1\%$ -ін құрайды, ал 2000°C-ден жоғары температураларды өлшеуде, алынған температуралардың  $\pm 2\%$ -не дейін жетуі мүмкін. Алынған мәліметтерді, реалды уақыт режимінде, компьютерден шығару үшін, прибордың қосымша стандартты PS-232C протоколын қолданатын порты бар. Соның арқасында температураны,

экспериментті басынан аяғына дейін жүргізуде, қадағалауға болады. Прибордың температураны табуының уақыт интервалы- 0,5 с-ті құрайды.



14 Сурет - Жану температурасын өлшейтін пирометр

Алынған сынамалардың сығылуға беріктілігі ДОСМ-3-5 ауыспалы түрдегі, динамометр көмегімен анықталады. Динамометрге қойылатын техникалық талаптар 9500-75 МЕСТна негізделген, ТШ 25,06. 590-76 техникалық шарттарын ескере отырып жасалған.

СВС-процестерде температураны өлшеу мақсатында термопаралары қолданылды, өйткені олар процестің өтуіне жеткілікті уақыт ішінде (15 с дейін) 2300 °с-2500 °С температураға дейін жоғары тұрақтылыққа ие, ал термопаралар таза және қорғалған түрінде де қолданылды (MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> және т.б. жабылған). Эксперимент әдісі келесідей болды: термопара үлгіге орналастырылды, содан кейін үлгі тұрақты қысым бомбасына немесе жоғары қысымды жүретін реакциялар және термопара сигналы тіркелді. Хромел-алюминий қорытпаларынан жасалған термопаралары электр доғалы қондырғыда дәнекерленген. Термопараны жасау үшін 0,1-0,35 мм қимасы бар сым пайдаланылды. Термопарк кешенінің көмегімен қоспалардың жану температурасын анықтау үшін экзотермиялық қосылыстарды ауада және жабық реакциялық көлемде газ қысымында жағу бойынша бірқатар тәжірибелер жүргізілді. Жүргізілген тәжірибелер нәтижесінде термопарк көмегімен анықталады.

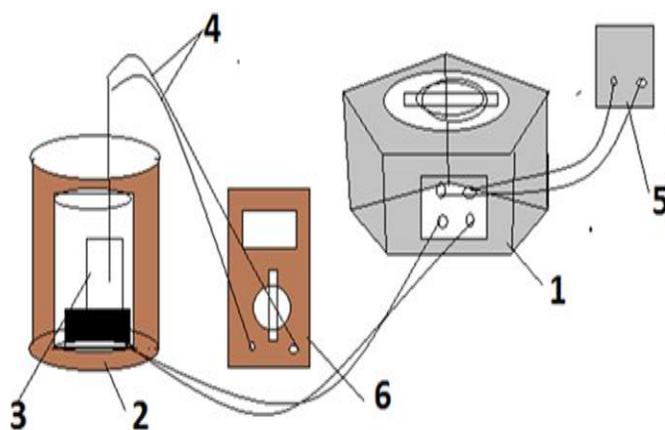
Бұл температураны өлшеуге арналған құрылғының бөлігі болып табылатын әртүрлі материалдардан жасалған өткізгіштің бір ұшына қосылған екі. Өткізгіштердің әртүрлі комбинациясы бар, бірақ ең оңтайлы термоэлектрлік сипаттамалары екі никель қорытпасының қосылысын көрсетеді: хром және алюминий. Дәл осы материалдар өлшеудің жоғары дәлдігін қамтамасыз ету үшін қажет тікелей термоэлектрлік сипаттаманы көрсетеді. Термопараның қасиеттерін сипаттауға көшпес бұрын, оларда қолданылатын қорытпаларға тоқталу керек. Хром (НХ9, 5)-89-91% никель

және 8,7-10% хром қорытпасы. Қалғаны кремний, мыс, марганец және кобальт сияқты материалдардың қоспаларын алады, олардың құрамы 0,6-дан 1,2% - ға дейін құрайтыны белгілі төменде көрсетілген кестеде термопараның мультимер арқылы бақылауға болатын көруге болады.

-270	0,5458	0,5444	0,5448	0,5448	0,5450	0,5453	0,5455	0,5457	0,5458
-260	0,5411	0,5404	0,5418	0,5419	0,5420	0,5423	0,5425	0,5428	0,5429
-250	0,5365	0,5351	0,5365	0,5368	0,5369	0,5377	0,5382	0,5388	0,5393
-240	0,5320	0,5306	0,5320	0,5323	0,5324	0,5332	0,5337	0,5343	0,5348
-230	0,5275	0,5261	0,5275	0,5278	0,5279	0,5287	0,5292	0,5298	0,5303
-220	0,5230	0,5216	0,5230	0,5233	0,5234	0,5242	0,5247	0,5253	0,5258
-210	0,5185	0,5171	0,5185	0,5188	0,5189	0,5197	0,5202	0,5208	0,5213
-200	0,5140	0,5126	0,5140	0,5143	0,5144	0,5152	0,5157	0,5163	0,5168
-190	0,5095	0,5081	0,5095	0,5098	0,5099	0,5107	0,5112	0,5118	0,5123
-180	0,5050	0,5036	0,5050	0,5053	0,5054	0,5062	0,5067	0,5073	0,5078
-170	0,5005	0,4991	0,5005	0,5008	0,5009	0,5017	0,5022	0,5028	0,5033
-160	0,4960	0,4946	0,4960	0,4963	0,4964	0,4972	0,4977	0,4983	0,4988
-150	0,4915	0,4901	0,4915	0,4918	0,4919	0,4927	0,4932	0,4938	0,4943
-140	0,4870	0,4856	0,4870	0,4873	0,4874	0,4882	0,4887	0,4893	0,4898
-130	0,4825	0,4811	0,4825	0,4828	0,4829	0,4837	0,4842	0,4848	0,4853
-120	0,4780	0,4766	0,4780	0,4783	0,4784	0,4792	0,4797	0,4803	0,4808
-110	0,4735	0,4721	0,4735	0,4738	0,4739	0,4747	0,4752	0,4758	0,4763
-100	0,4690	0,4676	0,4690	0,4693	0,4694	0,4702	0,4707	0,4713	0,4718
-90	0,4645	0,4631	0,4645	0,4648	0,4649	0,4657	0,4662	0,4668	0,4673
-80	0,4600	0,4586	0,4600	0,4603	0,4604	0,4612	0,4617	0,4623	0,4628
-70	0,4555	0,4541	0,4555	0,4558	0,4559	0,4567	0,4572	0,4578	0,4583
-60	0,4510	0,4496	0,4510	0,4513	0,4514	0,4522	0,4527	0,4533	0,4538
-50	0,4465	0,4451	0,4465	0,4468	0,4469	0,4477	0,4482	0,4488	0,4493
-40	0,4420	0,4406	0,4420	0,4423	0,4424	0,4432	0,4437	0,4443	0,4448
-30	0,4375	0,4361	0,4375	0,4378	0,4379	0,4387	0,4392	0,4398	0,4403
-20	0,4330	0,4316	0,4330	0,4333	0,4334	0,4342	0,4347	0,4353	0,4358
-10	0,4285	0,4271	0,4285	0,4288	0,4289	0,4297	0,4302	0,4308	0,4313
0	0,4240	0,4226	0,4240	0,4243	0,4244	0,4252	0,4257	0,4263	0,4268
10	0,4195	0,4181	0,4195	0,4198	0,4199	0,4207	0,4212	0,4218	0,4223
20	0,4150	0,4136	0,4150	0,4153	0,4154	0,4162	0,4167	0,4173	0,4178
30	0,4105	0,4091	0,4105	0,4108	0,4109	0,4117	0,4122	0,4128	0,4133
40	0,4060	0,4046	0,4060	0,4063	0,4064	0,4072	0,4077	0,4083	0,4088
50	0,4015	0,4001	0,4015	0,4018	0,4019	0,4027	0,4032	0,4038	0,4043
60	0,3970	0,3956	0,3970	0,3973	0,3974	0,3982	0,3987	0,3993	0,3998
70	0,3925	0,3911	0,3925	0,3928	0,3929	0,3937	0,3942	0,3948	0,3953
80	0,3880	0,3866	0,3880	0,3883	0,3884	0,3892	0,3897	0,3903	0,3908
90	0,3835	0,3821	0,3835	0,3838	0,3839	0,3847	0,3852	0,3858	0,3863
100	0,3790	0,3776	0,3790	0,3793	0,3794	0,3802	0,3807	0,3813	0,3818
110	0,3745	0,3731	0,3745	0,3748	0,3749	0,3757	0,3762	0,3768	0,3773
120	0,3700	0,3686	0,3700	0,3703	0,3704	0,3712	0,3717	0,3723	0,3728
130	0,3655	0,3641	0,3655	0,3658	0,3659	0,3667	0,3672	0,3678	0,3683
140	0,3610	0,3596	0,3610	0,3613	0,3614	0,3622	0,3627	0,3633	0,3638
150	0,3565	0,3551	0,3565	0,3568	0,3569	0,3577	0,3582	0,3588	0,3593
160	0,3520	0,3506	0,3520	0,3523	0,3524	0,3532	0,3537	0,3543	0,3548
170	0,3475	0,3461	0,3475	0,3478	0,3479	0,3487	0,3492	0,3498	0,3503
180	0,3430	0,3416	0,3430	0,3433	0,3434	0,3442	0,3447	0,3453	0,3458
190	0,3385	0,3371	0,3385	0,3388	0,3389	0,3397	0,3402	0,3408	0,3413

15 Сурет - термопара әдіс арқылы анықталатын мәліметтер

## 2.5 Өздігінен таралатын жоғары температуралық синтезінің негізгі әдістері



16 Сурет ӨЖС –әдісіне арналған қондырғы

1 – автотрансформатор, 2 – жоғары қысымдағы пеш, 3-үлгі 4-термопара, 5- ток көзі, 6- мультимер

Жоғары қысымы жағдайында СВ- синтезі 1-суретте көрсетілген зерттеу қондырғысында кремний оксиді негізінде композициялық материалдарды алу келесідей жүзеге асады.

Алдын ала синтезге дейін үлгілерді дайындалады. Компоненттерді механикалық активтеу арқылы ұнтақ қоспаларын басу арқылы жасалған. Сонымен қатар диаметрі 2 см және биіктігі 1,5 см цилиндрлік үлгілерде табілетка түрде жасаймыз.

Цилиндр тәрізді пешке салып қыздарамыз. СВ-синтез ішіне үлгіні 600-700 °С дейін алдын-ала қыздыруға мүмкіндік береді. СВ-синтез процестерінің температуралық деректерін өлшеуді бақылау үшін температураны тіркейтін термопарамен және пирометр көмегімен анықтаймыз.



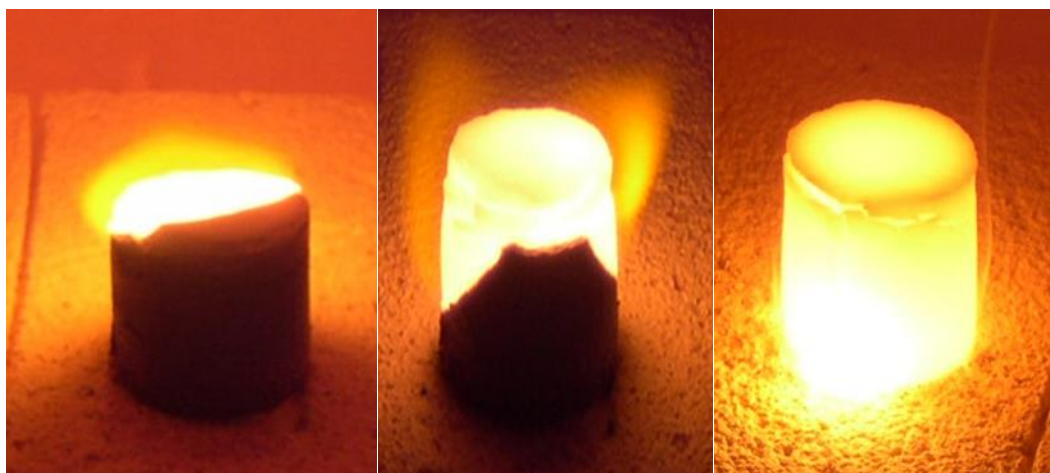
17 Сурет - үлгілерді қыздыруға арналған муфельді пеш

Муфельді пештер - бұл әртүрлі материалдарды - керамика, алтын, күміс, платина, химиялық заттарды жылытуға арналған жабдық. Ол өзінің табиғаты бойынша кең ауқымды және барлық жерде қолданылады. Электр муфель пеші көптеген салаларда, негізінен химиялық зертханаларда және ғылыми институттарда материалдарды термиялық өңдеу үшін қолданылады.

### 3 НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

#### 3.1 Өздігінен таралатын жоғары температуралық синтез $\text{Al}+\text{SiO}_2+\text{C}$ жүйесінің жануын зерттеу

$\text{Al}+\text{SiO}_2+\text{C}$  жүйесінің жануын екі әдіспен жүргізілді: атмосфералық қысымда және тұрақты қысымда ӨЖС процесін өткізетін камерада (вакуумда). Атмосфералық қысымда тәжірибелік үлгілерге ӨЖС-ті өткізу кезінде процесс: тұтану мезетінен (сурет 18 а), жану толқынының таралуынан және артынан суу сатысы жүретін (сурет 18 б), сынаманың көлемдік жануынан тұрады. Тұтану үлгінің максималды қызу аймағында басталып, оның беті мен көлемі арқылы таралады. Температура сынаманың ортасында ең үлкен мәнге жеткенде процесс жылулық жарылыс тудырып, жану толқыны үлгінің ортасынан бетіне қарай таралады. Артынан процесс сөну периодымен бітіп, синтезделіп жатқан үлгіде фазалардың нақты құрылымы түзіледі (сурет 18 в).



18 Сурет - ӨЖС процесінің жүруінің жалпы бейнесі

а) тұтану, б) жану толқынының таралуы, в) сөну периоды

Ауада жандыру процесінің температурасына әсер ететін фактор үлгі құрамындағы Al массалық үлесіне тәуелді болады, яғни массалық үлестің артуына сәйкесті үлгінің жану температурасы бірдеп артып отырады. Себебі Al үлгі құрамындағы  $\text{SiO}_2$  тотықсыздандырып қоймастан ауадағы оттегімен әрекеттесуі бірге жүріледі. Сондықтан температура вакуумдық ортаға қарағанда ана ғұрлым жоғары болады.

Жүйеде болатын әртүрлі электрохимиялық тотығу-тотықсыздану реакцияларының жалпы теңдеулері





Әртүрлі үлгілерді төменде тәжірибе нәтижесі бойынша Al/SiO<sub>2</sub>/C және Al/SiO<sub>2</sub> жүйелердің әртүрлі пайыздағы алюминийдің және стехиометриялық қатыспен алынған үлгілері көрсетілген.



19 Сурет - Өздігінен таралатын синтезі арқылы алынатын үлгілер

Al-SiO<sub>2</sub>-C жүйесіндегі композиттердің өздігінен жоғары температуралы синтезінің шарттарын зерттеу жолмен жүргізілді:

- үлгілердің өздігінен тұтануы орын алған жүйені 700 °C температураға дейін алдын ала қыздыратын жоғары қысымды реакторда;

Карбонитті және силицидті композиттерін алу мүмкіндігін зерттеу үшін графит түрінде көміртектің аз мөлшері кейбір тәжірибелік үлгілердің құрамына енгізілді.

Кесте -1 Al/SiO<sub>2</sub>/C жүйе әртүрлі қатынаспен алынған үлгілер

Құрамы масс үлес, %				
Al	39	37	35	33
SiO <sub>3</sub>	56	58	60	62
C	5	5	5	5

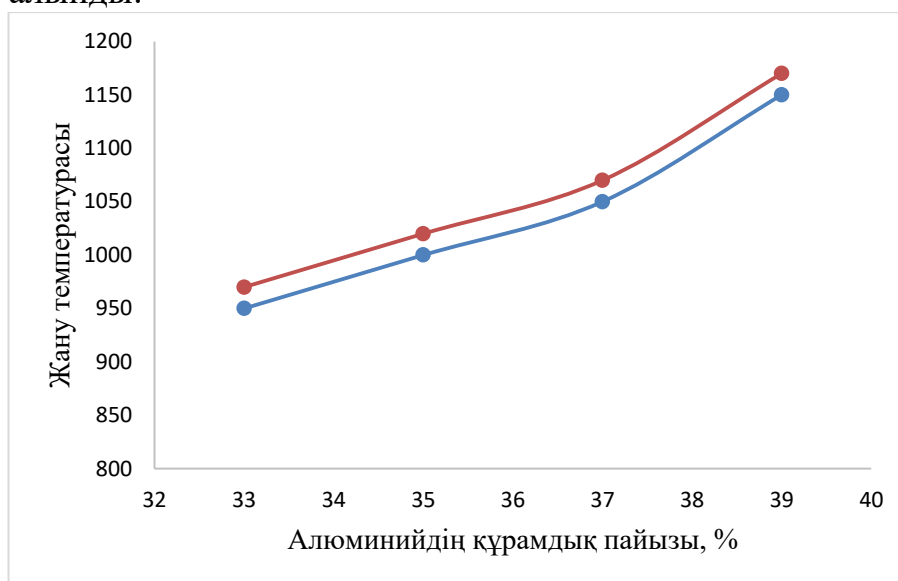
Кесте -2 Al/SiO<sub>2</sub> жүйе әртүрлі қатынаспен алынған үлгілер

Құрамы масс үлес, %				
Al	39	37	35	33
SiO <sub>3</sub>	61	63	65	67

Үлгілерді алдын-ала қыздыру арқылы жоғары температурада жүргізілген тәжірибелер тұрақты өзін-өзі тұтануды және барлық қосылыстар үшін ӨЖС синтезінің өтуін көрсетті.



Бастапқыда  $\text{SiO}_2$ , Al және C қоспасының (100 г. қоспадағы құрамдары көрсетілген) компоненттері мына теңдеумен келесі стехиометриялық қатынаста алынды:



20 Сурет - Al-SiO<sub>2</sub>-Al-C жүйенің жану температурасы ауа қатысында тәуелділік графигі

20-суретте аллюминий құрамындық пайызы ұлғаюымен температураның төмендеуі барлық құрамдарға тән. Бұл экзотермиялық құрамдардың негізгі жылу бөлінуіне байланысты алюмотермиялық реакция үшін пайыздық мөлшері 33-39 аралығында қысымның ұлғаюымен газдың жылуөткізгіштігі артады, бұл жылу жоғалтудың ұлғаюына және жүйедегі температураның төмендеуіне әкеледі. Ары қарай аллюминий құрамы артқанда экзотермиялық реакция жүрмейтінін байқаймыз.

Кесте 3 – Рентгенфазалық анализі нәтижесі бойынша синтездеуден кейін алынған мәліметтер

мазмұны Al, %	Құрылған фазалардың мазмұны, %					
	Al <sub>4,59</sub> Si <sub>1,41</sub> O <sub>9,7</sub> Mullite	Si	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>4</sub> Si <sub>3</sub>	Al <sub>4</sub> C <sub>3</sub>
33	29	28,6	22,0	11	5,7	3,7
35	32,1	22,7	25,1	11,1	4,3	4,7

Әр түрлі құрамдағы Al/SiO<sub>2</sub>/C жүйенің рентгенограммасында 33:62:5 құрамдарында Al<sub>4,59</sub>Si<sub>1,41</sub>O<sub>9,7</sub>, бар екенін көрсетсе (3-кестеде), Si мөлшерінің жоғарылағанын көрсетті. Келесі 35:60:5 құрамдарда да осындай көрсеткіш орын алады. Әртүрлі аумақтардағы фазалық құрамдарының өзгеруі аллюминий бар бір қосылыстардың екіншісіне оның тотықсыздануына қарай біртіндеп айналуын көрсетеді. РФА мәліметтері материал көлеміндегі

фазалық құрамның өзгеруін көрсетеді. Алынған нәтижелер алюминий тотықсыздануының біртіндеген сипатын және ӨЖС толқынының әртүрлі аумақтағы алюминийдің тотығуы дәлелдейді.

Al/SiO<sub>2</sub>/C жүйеде көрсетілгендей ерекше жоғары қысыммен қысу барысы көрсетілген.

Бұл жүйеде жоғары қысу

Кесте -4 Al/SiO<sub>2</sub>/C жүйе әртүрлі қатынаспен алынған үлгілер

Құрамы масс үлес, %					
Al	5МПа	39	37	35	33
SiO <sub>2</sub>		56	58	60	62
C		5	5	5	5

Соңы кесте кремний оксидімен алюминий термиялық реакциялардың жоғары қысыммен қысу арқылы өздігінен тұтанатын айқын көруге болады бұл тәжірибе бойынша 2-5 МПа арқылы қысу арқылы өздігінен тұтануын байқаған көрінеді.

## ҚОРЫТЫНДЫ

ӨЖС әдісімен композициялық материалдар қиын балқитын қосылыстар, ұнтақтар алу технологияларын қарастырдық. ӨЖС әдісімен алюминий силикатының, кремний оксидінің құрамына, қасиеттеріне зерттеу жұмыстарын жасадық. Отқа төзімді материалдардың жаңа нанокұрылымды композициялық материалдардың алыну жолдары көрсетілген.

ӨЖС- процесінің қалай жүретінін көрдік. Өздігімен таралатын жоғары температуралы синтез әдісімен  $Al+SiO_2+C$  жүйесінің жануына зерттеу жүргізіп, нәтижелер алынды.

Бұл жұмыста кремний оксидін ӨЖС – әдісімен композициялық материалдарды алуға болады. Бұл процесс ауа қатысында жүргізілді. Сонымен қатар үлгілерді синтезден кейін РФА анализ жасалынды.

## Қолданылған әдебиеттер

- 1.Макрокинетика СВС в оксиде кремния в присутствии золей кремнезема: отчет о НИР/ДГП «ИПГ» РГП «КазНУ им.аль-Фараби». – Алматы, 2006. – 48 с. – Инв.№ 0206РК01237.
- 2.Макрокинетические закономерности СВС в оксидах железа в условиях гетерокоагуляции золей кремнезема: отчет о НИР/ДГП «ИПГ» РГП «КазНУ им.аль-Фараби». – Алматы, 2007. – 45 с. – Инв.№ 0207РК01564.
- 3.Вольперт В.А., Барзыкин Р.А. Теория волнового горения в СВСсистемах. Препринт ОИХФ АН СССР. – Черногловка. – 1988. – 48 с.
- 4.Итин В.И., Найбороденко Ю.С. Высокотемпературный синтез интерметаллических соединений. – Томск: – Изд-во ТГУ, – 1989. – 270 с.
- 5.Кузнецов К.Б. Получение монокристаллических нитридов титана, циркония и гафния прямым нагревом металлической преформы электрическим током в среде газообразного азота // Перспективные материалы. – 2008. – №5 (спец.). – С.416-421.
- 6.Боровинская И.П. Особенности синтеза СВС-керамики при высоких давлениях газа // Самораспространяющийся высокотемпературный синтез: теория и практика. – Черногловка: Территория, 2001. – С. 236-251.
- 7.Мержанов А.Г., Боровинская И.П., Володин Ю.Е. О механизме горения пористых металлических образцов в азоте // ДАН СССР. – 1972. – Т.206, №4. – С. 905-908.
- 8.Трусков Д.В. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез нитридов титана и циркония с применением азидов натрия и комбинаций элементного и оксидного сырья: дис. ... канд. техн. наук: 01.04.17 / Самарский государственный университет. – Самара, 2005. – 174 с.
- 9.Евстигнеев В.В. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез Современные проблемы // Ползуновский вестник. – 2005. – №4-1. – С. 21-34.
- 10.Орлов Г.И., Виноградов С.В., Миронова Н.В., Чернышев Е.А. Синтез и технология нитрида кремния // Химическая промышленность. Серия Элементоорганические соединения и их применение. Обзорная информация. – М., 1989. – С. 173.
- 11.Tomaszkiewicz I., Beck P.F., Alexander K.B. Thermodynamics of silicon nitride. I. Standard molar enthalpies of formation  $\Delta H_f^\circ$  at the temperature 298K of  $\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$  and  $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$  // J. Chem therm. – 1999. – Vol.3. – P. 303-322.

12. Косолапова Т.Я., Андреева Т.В., Бортницкая Т.С. и др. Неметаллические тугоплавкие соединения. – М.: Металлургия, 1985. – 224 с.

Бабушкин Н.В., Ковалевский А.А., Строгова А.С. Исследование электрофизических свойств МДП-структур с пленками нитрида кремния, легированными редкоземельными элементами // Микроэлектроника. – 2014. – Т.43, №4. – С. 250-255

13. Левашов Е.А., Рогачев А.С. Перспективные материалы и технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. – М.: МИССИС, 2011. – 377 с.

14. Yeha C.L., Li R.F. Formation of  $TiB_2-Al_2O_3$  and  $NbB_2-Al_2O_3$  composites by combustion synthesis involving thermite reactions // Chemical Engineering Journal. – 2009. – №147. – P. 405-411.

15. Wang L.L., Munir Z.A., Maximov Y.M. Thermite reactions: their utilization in synthesis and processing of materials // J. Mater. Sci. – 1993. – №28. – P. 3693-3708.

16. Кипарисов С.Е., Левинский Ю.В., Петров А.П. Карбид титана, получение свойства, приложение. – М.: Высшая школа, 1987. – 312 с.

17. Белошенко В.А., Варюхин В.Н., Шкуратов Б.Е. Получение углерод-азотных покрытий, модифицированных нитридом титана // Журнал технической физики. – 2004. – Т.74, вып. 7. – С. 54-63.

18. Карпов В.Ф., Кострицкий А.И., Паскал В.В. Коррозионно-электрохимическое поведение вакуумных покрытий из нитрида титана на сталь // Вакуумные покрытия – 87: тез. докл. 4-й науч.-техн. конф. – Рига, ЛатНИИТИ, 1987. – С. 153-155.

19. Смоланов Н.А., Панькин Н.А., Четвертакова О.Ф. Оптическая диагностика катодной низкотемпературной плазмы в технологии получения нитрид-карбид-титановых соединений // Матер. XXXVI междунар. (Звенигородской) конф. по физике плазмы и УТС. – Звенигород, 2009. – С. 14-18.

20. Кульментьев А.И., Кульментьева О.П., Махмуд А.М. Структура и свойства нанокристаллических покрытий из нитрида титана, полученных при непрерывном осаждении или ионно-плазменной имплантации // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – 2011. – №2 (24). – С.18-25.

21. Кузнецов К.Б. Получение монолитных нитридов титана, циркония и гафния прямым нагревом металлической преформы электрическим током в среде газообразного азота // Перспективные материалы. – 2008. – №5 (спец.). – С.416-421.

22. Боровинская И.П. Особенности синтеза СВС-керамики при высоких давлениях газа // Самораспространяющийся высокотемпературный синтез: теория и практика. – Черноголовка: Территория, 2001. – С. 236-251.

23. Трусов Д.В. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез нитридов титана и циркония с применением азидов натрия и

комбинаций элементного и оксидного сырья: дис. ... канд. техн. наук: 01.04.17 / Самарский государственный университет. – Самара, 2005. – 174 с.

24. Евстигнеев В.В. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Современные проблемы // Ползуновский вестник. – 2005. – №4-1. – С. 21-34.

25. Орлов Г.И., Виноградов С.В., Миронова Н.В., Чернышев Е.А. Синтез и технология нитрида кремния // Химическая промышленность. Серия Элементоорганические соединения и их применение. Обзорная информация. – М., 1989. – С. 173.

26. Tomaszkiwicz I., Beck P.F., Alexander K.B. Thermodynamics of silicon nitride. I. Standard molar enthalpies of formation  $\Delta H_f^\circ(m)$  at the temperature 298K of  $\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$  and  $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$  // J. Chem therm. – 1999. – Vol.3. – P. 303-322.