

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И. Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова
Кафедра металлургических процессов, теплотехники и технологии
специальных материалов

Швецов Никита Сергеевич

Исследование влияния механической активации оксидов титана и меди на
последующее алюмо-термическое восстановление

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

специальность 5В070900 – Металлургия

Алматы 2019


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И. Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра металлургических процессов, теплотехники и технологии
специальных материалов

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующая кафедрой МПТ и ТСМ
Ассоц. проф. Канд. техн. наук
 Чепуштанова Т.А.
“30” апреля 2019 г.

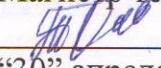
ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

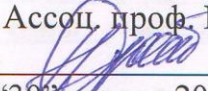
На тему: "Исследование влияния механической активации оксидов титана и
меди на последующее алюмо-термическое восстановление"

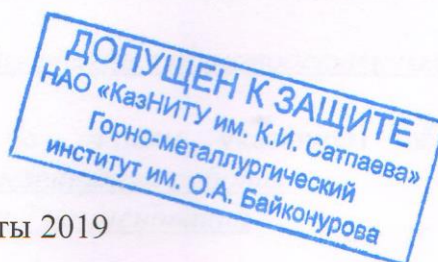
по специальности 5В070900 – Металлургия

Выполнил

Швецов Н.С.

Руководитель от РГП ИПГ
Магистр технических наук
 Осеров Т.Б.
“30” апреля 2019 г.

Научный руководитель
Ассоц. проф. Канд. техн. наук
 Гусейнова Г.Д.
“30” апреля 2019 г.



Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И. Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова
Кафедра металлургических процессов, теплотехники и технологии
специальных материалов
5B070900 – Металлургия



Заведующая кафедрой МПТ и ТСМ
Ассоц. проф. Канд. техн. наук
Чепуштанова Т.А.
“30” апреля 2019 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Швецову Никите Сергеевичу

Тема: Исследование влияния механической активации оксидов титана и меди на последующее алюмо-термическое восстановление.

Утверждена приказом Ректора Университета № 1113-б от «8» октября 2018 г.

Срок сдачи законченной работы: «3» мая 2019 г.

Исходные данные к дипломной работе: Разработка фундаментальных основ механизма взаимодействия механоактивированных систем в реакциях горения;

Краткое содержание дипломной работы:

а) физико-химические характеристики титана, меди и их систем с кислородом, термодинамические характеристики восстановления меди и титана в процессах алюмотермии, механическая активация – процесс оптимизации химикотермических превращений оксидных систем;

б) механохимическая обработка, характеристики механохимического реактора, принципы моделирования и расчеты ударного взаимодействия мелющих тел и обрабатываемого материала;

в) экономическая часть: расчет затрат на проведение исследований, расчеты себестоимости и рентабельности, определение технико-экономических показателей;

г) безопасность и охрана труда: анализ опасных производственных факторов и расчет защитных мероприятий.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): представлены 20 слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература: из 7 наименований




ГРАФИК

подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение	5.02.2019 г.	
Литературный обзор	20.02.2019 г.	
Экспериментальная часть	18.03.2019 г.	
Экономическая часть	19.04.2019 г.	
Безопасность и охрана труда	25.04.2019 г.	
Заключение	27.04.2019 г.	
Нормоконтроль	06.05.2019 г.	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект) с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

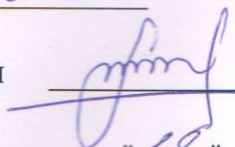
Наименования разделов	Консультанты И.О.Ф (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Экономическая часть	канд. техн. наук, ассоц. проф. Г.Д. Гусейнова	19.04.2019 г.	
Охрана труда	канд. техн. наук, ассоц. проф. Г.Д. Гусейнова	25.04.2019 г.	
Нормконтролер	канд. техн. Наук С.С. Коныратбекова	06.05.2019 г.	

Научный руководитель



Гусейнова Г.Д.

Задание принял к исполнению обучающийся



Швецов Н.С.

Дата

"18" октября 2019 г.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс тапсырмадан, кіріспеден, басқа бөлімде, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен құралған. Бұл дипломдық жұмыс 35 беттен, 10 суреттен және 11 кестеден тұрады. Дипломдық жұмысты жазу барысында 7 әдебиет көздері қолданылды.

Дипломдық жұмыстың мақсаты механикалық белсендірілген оксидтердің құрылымын және титан диоксиді мен мыс оксиді негізіндегі алюминотермиялық жану жүйесін зерттеу болып табылады.

Зерттеу нысаны ретінде планетарлы-ортадантепкіш диірменде механохимиялық өңдеуден өткен титан диоксиді мен мыс оксиді болып табылады.

Сонымен қатар, қоршаған ортаны қорғауға қатысты бөлімдер, сондай-ақ жұмыс орнындағы техникалық қауіпсіздік ережелері талқыланады. Бұл элементтер жұмыс орнында қауіпті жағдайлардың алдын-алу ережелері, сондай-ақ арнайы киімдер мен басқа да компоненттер шығару туралы ережелерге қосылады.

Орындалған зерттеулердің экономикалық көрсеткіштері есептелді.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из задания, введения, основной части, заключения, списка использованной литературы. Работа изложена на 35 страницах компьютерного набора, включает 10 рисунков, 11 таблиц. Список использованной литературы содержит 7 наименований.

Цель дипломной работы состоит в исследовании состояния структуры механоактивированных оксидов и алюминотермического горения активированных систем на основе диоксида титана и оксида меди.

Объектом исследования является диоксид титана и оксид меди, прошедшие механохимическую обработку в планетарно – центробежной мельнице динамического действия.

В работе также рассмотрены разделы, касающиеся охраны окружающей среды, а также правила технической безопасности на производстве.

Были рассчитаны также и экономические показатели проведенных исследований.

ANNOTATION

The thesis consists of a task, introduction, main part, the conclusion, the list of the used literature. Work is it stated on thirty-five pages of a computer set, includes ten drawings, eleven tables. The list of the used literature contains seven names.

The purpose of the thesis consists in research of a condition of structure of the mechanoactivated oxides and alyuminotermichal burning of the activated systems on the basis on dioxide of the titan and oxide of copper.

Object of research is the dioxide of the titan and oxide of copper, which passed mechanochemical processing in planetary – centrifugal mill of dynamic action.

The work also discusses the sections relating to environmental protection, as well as the rules of technical safety at work. These items are added and the rules for the prevention of dangerous cases in the workplace, as well as the issuance of special clothes and other components.

The economic indicators of the studies performed were also calculated.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	8
1	Критический обзор.....	11
2	Экспериментальная часть	13
2.1	Механохимическая обработка	13
2.1.1	Характеристики механохимического реактора. Режимы	13
2.1.2	Принципы моделирования и расчеты ударного взаимодействия мельющих тел и обрабатываемого материала	14
2.1.3	Условия проведения алюминотермического горения СВС/систем.....	15
2.1.4	Методы исследования продуктов активации и синтеза.....	15
2.2	Исследование состояния структуры механоактивированных оксидов и алюминотермического горения активированных систем на основе оксидов титана и меди.....	16
2.2.1	Моделирование и анализ процесса механической активации оксидов	16
2.2.2	Расчеты термодинамических характеристик алюминотермического восстановления оксидов	19
2.2.3	Исследование дисперсности механически обработанных материалов.	23
2.2.4	Исследование степени восстановления активированных систем при печном синтезе	26
3	Экономическая часть	28
4	Безопасность и охрана труда	31
	Заключение	33
	Список использованной литературы	34

ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние научно-технической проблемы

В настоящее время горно-металлургический комплекс является одной из базовых отраслей промышленности Республики Казахстан, играющей важную роль в формировании макроэкономических показателей страны. От того, как в дальнейшем станет развиваться данный комплекс будет зависеть поступательное развитие национальной экономики в целом.

Металлотермические процессы (алюмотермия, силикотермия, магниетермия и др.), позволяющие осуществить восстановление металлов из их солей и оксидов, используются в цветной металлургии и в ферросплавном производстве. Металлотермические смеси, состоящие из порошка металла, обладающего высокой теплотой горения, и кислородо-содержащего вещества с относительно низкой теплотой образования (оксида или соли металла) широко используются в различных отраслях техники.^{[18][20]} Высокая температура, развивающаяся при их горении, позволяет применять термитные составы для разогрева, резки и сварки металлов, в технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, в качестве воспламенителей экзотермических шихт в металлургических процессах, а также зажигательных средств в военной технике.

Тонкое и сверхтонкое измельчение всегда сопровождается увеличением запаса свободной (внутренней и поверхностной) энергии измельченного продукта. Эту энергию с успехом можно использовать для увеличения эффективности последующих технологических процессов (ускорения химических реакций, повышения извлечения ценных компонентов, получения новых материалов и т. п.). Значительный интерес к механическим методам ускорения химических реакций, особенно между твердыми телами, начал проявляться в конце XIX в. Д.И. Менделеев, изучая реакции между твердыми телами, указывал, что «необходимо сколь возможно мелко измельчить и перемешать их между собой. Через это взаимодействие значительно ускоряется».

Актуальность работы

Одной из наиболее актуальных задач современной технологии является проблема интенсификации производственных процессов. Особенно это касается массообменных и химических процессов с участием твердой фазы. В первую очередь сюда относятся процессы, которые тормозятся кинетикой межфазного взаимодействия и диффузией в твердой фазе. Их ускорение невозможно только за счет создания активных динамических режимов в аппаратах. Здесь требуется также изменение свойств твердой фазы, увеличение ее активности.

Одним из методов влияния на характеристики твердых тел, наряду с термическими, электрическими, радиационными воздействиями, является механическая обработка твердой фазы. Использование механической энергии для интенсификации технологических процессов является областью

исследований одной из отрасли химической науки - механохимии. В связи с этим представляется актуальным применение подходов, использующих дискретные представления о природе явлений, протекающих в твердой фазе при активации, последствий активации и ее влиянии на кинетику технологических процессов с участием активированных тел.

В производственных условиях важно, чтобы алюмотермическое восстановление, самопроизвольно распространяющееся на всю шихту, состоящую из смеси порошков алюминия и оксида металла, давало достаточное количество тепла для расплавления продуктов реакции, а также разделения металла и шлака. Всплывающий шлак предохраняет металл от взаимодействия с атмосферой. Успешность протекания алюмотермической реакции зависит от размера частиц оксида металла и алюминия, а также от состава их смеси: чем тоньше порошок, тем интенсивнее идут реакции.

Объектом исследования является диоксид титана и оксид меди, прошедшие механохимическую обработку в планетарно – центробежной мельнице динамического действия.

Цель работы состоит в исследовании состояния структуры механоактивированных оксидов и алюмотермического горения активированных систем на основе диоксида титана и оксида меди.

Задачи работы: Исследование состояния структуры механоактивированных оксидов и алюмотермического горения активированных систем на основе оксидов титана и меди, расчет термодинамических характеристик восстановления оксидов в процессах алюмотермии.

Научная новизна: Установлено, что для оксидных систем с различными термодинамическими характеристиками влияние предварительной механохимической активации на развитие последующей реакции алюмотермического восстановления существенно различаются.

Теоретическая основа – анализ литературных данных, промежуточные научные отчеты ИПГ.

Методологическая основа – методы анализа: микроскопический, рентгенофазовый, хроматографический.

Практическая база написания – РГП «Институт проблем горения».

Обоснованием для написания работы послужили выполненные дипломантом эксперименты и лабораторные испытания, которые показали принципиальную возможность осуществления предлагаемой технологии.

1 Критический обзор

Оксид титана (IV) (диоксид титана, двуокись титана, титановые белила, пищевой краситель E171) TiO_2 — амфотерный оксид четырёхвалентного титана. Является основным продуктом титановой индустрии (на производство чистого титана идёт лишь около 5 % титановой руды)

Оксид титана существует в виде нескольких модификаций. В природе встречаются кристаллы с тетрагональной сингонией (анатаз, рутил) и ромбической сингонией (брукит). Искусственно получены ещё две модификации высокого давления — ромбическая IV и гексагональная V.

Нахождение в природе. В чистом виде в природе встречается в виде минералов рутила, анатаза и брукита (по строению первые два имеют тетрагональную, а последний — ромбическую сингонию), причём основную часть составляет рутил.

Физические, термодинамические свойства. Чистый диоксид титана — бесцветные кристаллы (желтеет при нагревании). Для технических целей применяется в раздробленном состоянии, представляя собой белый порошок [1,2]. Не растворяется в воде и разбавленных минеральных кислотах (за исключением плавиковой).

- Температура плавления для рутила — 1870 °С
- Температура кипения для рутила — 2500 °С.
- Плотность при 20 °С:
- для рутила 4,235 г/см³
- для анатаза 4,05 г/см³ (3,95 г/см³)
- для брукита 4,1 г/см³
- температура разложения для рутила 2900 °С

Химические свойства. Диоксид титана амфотерен, то есть проявляет как основные, так и кислотные свойства (хотя реагирует главным образом с концентрированными кислотами) [3]. Медленно растворяется в концентрированной серной кислоте, образуя соответствующие соли четырёхвалентного титана:



В концентрированных растворах щелочей или при сплавлении с ними образуются титаны — соли титановой кислоты (амфотерного гидроксид титана $\text{TiO}(\text{OH})_2$). С перекисью водорода даёт ортотитановую кислоту. При нагревании с аммиаком даёт нитрид титана. При сплавлении с оксидами, гидроксидами и карбонатами образуются титанаты и двойные оксиды [4].

Применение. Основные применения диоксида титана: производителей лакокрасочных материалов, в частности, титановых белил — 57 % от всего потребления (диоксид титана рутильной модификации обладает более высокими пигментными свойствами — светостойкостью, разбеливающей способностью и др.)

- производство пластмасс — 21 %
- производство ламинированной бумаги — 14 %
- производство декоративной косметики.

Оксид меди (II) (окись меди) CuO — основной оксид двухвалентной меди. Кристаллы чёрного цвета, в обычных условиях довольно устойчивые, практически нерастворимые в воде. В природе встречается в виде минерала тенорита (мелаконита) белого цвета.

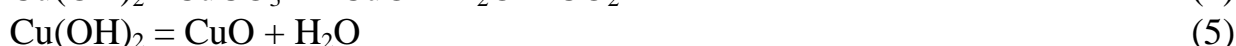
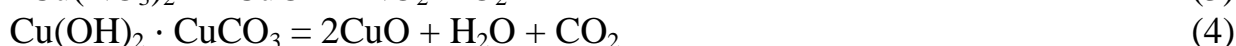
Кристаллическая решётка оксида меди относится к типу моноклинных решёток, с симметрией группы C_{2h} и параметрами решётки $a = 4.6837(5)$, $b = 3.4226(5)$, $c = 5.1288(6)$, $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 99.54^\circ$, $\gamma = 90^\circ$. Атом меди окружён четырьмя атомами кислорода и имеет искажённую плоскую конфигурацию [5].

Получить оксид меди (II) можно:

- нагревая метал. медь на воздухе:



- нагревая гидроксид меди (II), её нитрат или карбонат:



Химические свойства. Оксид меди (II) реагирует с кислотами с образованием соответствующих солей меди (II) и воды. При сплавлении CuO со щелочами образуются купраты. При нагревании до 1100°C разлагается также и с водой.

Оксиду меди (II) соответствует гидроксид меди (II) $\text{Cu}(\text{OH})_2$, который является очень слабым основанием. Он способен растворяться в концентрированных растворах щелочей с образованием комплексов (то есть обладает слабыми амфотерными свойствами)

Применение меди. CuO используют при производстве стекла и эмалей для придания им зелёной и синей окраски. Кроме того, оксид меди применяют в производстве медно-рубинового стекла.

В лабораториях применяют для обнаружения восстановительных свойств веществ. Вещество восстанавливает оксид до металлической меди, при этом чёрный цвет оксида меди переходит в розовую окраску меди [6,7].

2 Экспериментальная часть

Для экспериментальных работ были выбраны:

- диоксид титана (IV), дисперсностью от 90 до 250 мкм по ГОСТу 9808-84
- оксид меди (II) с содержанием CuO - 90 %, Cu - 3,2%, Cu₂O - 6,7% и 0,1% п.п. по ГОСТу 16539-79, дисперсностью \approx от 25 до 140 мкм
- порошок алюминиевый марки ПА-4, чистотой - 99,0 %, Fe - 0,17 %, Si - 0,1 %, Cu-0,003 % и 0,7 % п.п. по ГОСТу 6058-73.

2.1 Механохимическая обработка

2.1.1 Характеристики механохимического реактора. Режимы

Для измельчения и механической активации твердых тел используются аппараты различных конструкций, различающиеся видом механического воздействия на вещество: удар, раскалывание, истирание и т.д. В данной работе применялась центробежно - планетарная мельница, работающая по принципу гравитационного измельчения, который реализуется за счет взаимодействия двух центробежных полей. Схема аппарата представлена на рисунке 1.

Скорость вращения платформы составляла 700 оборотов в минуту. Скорость вращения размольных сосудов - 1200 оборотов в минуту. Причем движение платформы и размольных сосудов реализуется в противоходе.

Теоретическое значение скорости его в момент отрыва от стенки барабана под углом 180° или близким к нему (наиболее часто реализующаяся ситуация в мельницах планетарного типа) составляет:

$$v = v_1 + v_2 = 2\pi [\omega_1(R_1 + R_2) + \omega_2 R_2], \quad (6)$$

где ω_1 , ω_2 – число оборотов вокруг общей оси и планетарной оси соответственно; R_1 , R_2 - радиусы общего и планетарного вращений.

Выражая (v) через характеристики мельницы, получим

$$v = 2\pi\omega_1 R_2 [k + (m + 1)], \quad (7)$$

где k – кинематическая характеристика мельницы ($k = \omega_1/\omega_2$);

m – геометрическая характеристика мельницы ($m = R_1/R_2$).

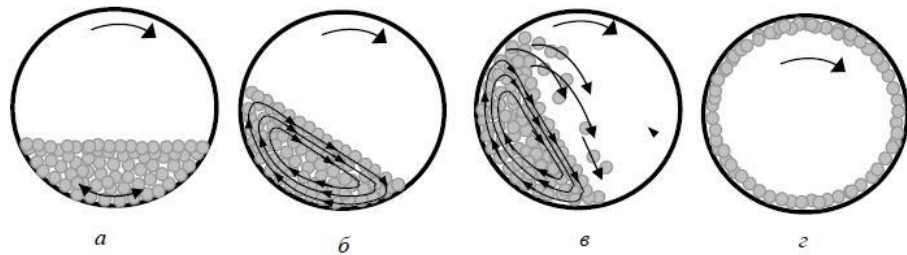


Рисунок 1 - Схема режима движения размольных сосудов центробежной планетарной мельницы

Расчет мощности мельницы при работе может быть выполнен по формуле:

$$W_{\text{план}} = W_{\text{шар}} (4\pi^2 R^2 N^2 / 981) * (n_1 / n_2), \quad (8)$$

где $W_{\text{шар}}$ - мощность мельницы в режиме работы ее как шаровой:

$$W_{\text{шар}} = 6,1 \sqrt{D}, \text{ кВт}; \quad (9)$$

где D - диаметр барабана, м; N - число оборотов ротора, с^{-1} ;
 n_1 - критическое число оборотов центробежной мельницы:

$$n_1 = 0,8N \sqrt{R_1 / R_2} \quad (10)$$

n_2 - критическое число оборотов центробежной мельницы в условиях ее работы как шаровой:

$$n_2 = 32 / \sqrt{D} \quad (11)$$

Эти параметры используются при расчете моделирующих схем процесса механической обработки в мельницах.

2.1.2 Принципы моделирования и расчеты ударного взаимодействия мелющих тел и обрабатываемого материала

Расчет взаимодействия мелющих тел и обрабатываемого материала проводился на основании модели, предложенной в работах с использованием базовых формул:

определения толщины подвижный слой обрабатываемого материала (δ):

$$\delta = M_1 / [p_1(\Pi + \Pi_b) * (1 - p)] \approx 4M_1 / [p_1(\Pi + \Pi_b)\pi], \quad (12)$$

где p - пористость подвижного слоя, принятая равной для максимально плотной упаковки сферических частиц ($p \approx 1 - \pi/4$); M_1 - масса измельчаемого

оксида меди (γ); ρ_1 - плотность оксида меди; Π - цилиндрическая составляющая поверхности барабана (см^2); Π_b - суммарная поверхность шаров; относительной скорости W соударения шара со стенкой барабана мельницы, моделируемой плоским слоем ($R_1 \ll 1_2$): изменение локальной температуры (T) на ударно-фрикционном контакте на площади (ε) за время (t) определяется по уравнению тепломассопереноса:

2.1.3 Условия проведения алюминотермического горения СВС/систем

СВ-синтез проводился в электрической лабораторной печи СНОЛ как без доступа кислорода воздуха (под слоем древесного угля), так и в воздушной среде при температурах 700 – 900 °С. Образцы формировались на лабораторном прессе марки «Carver» при усилии 5 т размерами: $D = 20$ мм, $H = 20$ мм. Соотношение компонентов ($\text{CuO} + \text{Al}$) и ($\text{TiO}_2 + \text{Al}$) смеси рассчитано по стехиометрии (на 100 г смеси 18,4 г Al и 81,6 г CuO и на 100 г смеси 31 г Al и 69 г TiO_2) согласно уравнениям:



Образцы помещали в предварительно нагретую до заданной температуры печь, выдерживали 30 минут, после СВ-синтеза охлаждение образцов проводили на воздухе или охлаждали вместе с печью. Температуру возгорания определяли пирометром «Проминь», диапазон измерения температуры которого от 800 до 5000 °С с точностью определения ± 5 %.

2.1.4 Методы исследования продуктов активации и синтеза

Определение дисперсности порошка проводилось на поляризационном микроскопе марки ПОЛАМ Р - 211, предназначенном для исследования кристаллических объектов в проходящем и отраженном свете. Увеличение микроскопа от 19 до 720. Минимальный размер коноскопируемого зерна 0,017 мм. Цена деления шкалы механизма микроскопической фокусировки 0,002 мм. Цену деления шкалы окуляра вычисляют по формуле:

$$\varepsilon = ZT/A, \quad (15)$$

где ε - цена деления окуляра, мм; Z - число делений объект - микрометра; T - цена деления объект - микрометра, мм; A - число делений шкалы окуляра.

Метод основан на том, что при прохождении смеси адсорбата (аргона) с газом - носителем постоянного состава через адсорбер с порошком при температуре жидкого азота устанавливается адсорбционное равновесие. Затем, поглощенный адсорбат при повышении температуры десорбирует в поток газовой смеси. Изменение концентрации при адсорбции и десорбции, регистрируется катарометром и записывается на диаграмме в виде пиков. Для расчетов использовался десорбционный пик как менее размытый. Принцип работы катарометра основан на зависимости теплоотдачи нагретых нитей от состава омывающей их смеси, так как при изменении состава газа изменяется его теплопроводность, что приводит к изменению температуры и, следовательно, сопротивления нитей металла. Удельная поверхность порошков определялась соотношением площадей десорбционных пиков измеряемого порошка и эталона. В качестве эталона использовался Al_2O_3 массой 0,23 г с удельной поверхностью 243 м²/г удельную поверхность образца находили из соотношения:

$$S = S_э \times f_{и} \times q_э / f_э \times q_{и}, \quad (16)$$

Образцы помещали в предварительно нагретую до заданной температуры печь, выдерживали 30 минут, после СВ-синтеза охлаждение образцов проводили на воздухе или охлаждали вместе с печью. Температуру возгорания определяли пирометром «Проминь», диапазон измерения температуры которого от 800 до 5000 °С с точностью определения $\pm 5 \%$.

2.2 Исследование состояния структуры механоактивированных оксидов и алюмотермического горения активированных систем на основе оксидов титана и меди

2.2.1 Моделирование и анализ процесса механической активации оксидов

На основе динамической модели, представленной в работах, рассчитаны t-P-T-условия для механохимической обработки оксида меди и диоксида титана. В качестве механохимического реактора рассматривается стальная шаровая 3-х барабанная центробежно-планетарная мельница со следующими характеристиками:

- геометрический фактор $m = l_1/l_2 = 2,3$; где $l_1 = 11,5$ см и $l_2 = 5,0$ см радиусы водила и барабана мельницы, соответственно;
- кинетический фактор $k = w_2/w_1 = -1,7$; где $w_2 = 20$ см⁻¹ и $w_1 = 11,7$ см⁻¹-число оборотов барабана и оппозитное число оборотов водила, соответственно;
- объем барабана $V = \pi R^2 h \approx 450$ см³, где $h = 5,5$ см - высота,
- отношение массы шаровой загрузки (M) и оксида меди (M_1) составляло $M + M_1 = 100+50 = 150$ г, а для диоксида титана – $400+200 = 600$ г.

- радиус шаров $R \approx 0,5$ см;
- плотность стальных шаров $\rho = 7,8$ г/см³,
- число шаров $N = M/\rho v = 3M/4\pi R^3 \rho$, $3 \times 100/4 \times 3,14 (0,5)^3 \times 7,8 \approx 24$ при обработке оксида меди и 120 при обработке диоксида титана.

Характеристики упругих (ν , E) и теплофизических (c , λ , a) свойств для материалов, участвующих во взаимодействии мелющих тел и обрабатываемого материала приведены ниже:

Для стали (шары):

- коэффициент Пуассона $\nu = 0,85$;
- модуль Юнга $E = 2,23 \times 10^{12}$ дин/см²;
- удельная теплоемкость $c = 66,7 \times 10^5$ эрг/г \times К
- теплопроводность $\lambda = 75,3 \times 10^5$ эрг/см \times К \times с;
- температуропроводность $a = \lambda/\rho c = 0,144$ см²/с.
- податливость $\theta = 4(1-\nu^2)/E = 1,65 \times 10^{-12}$ см²/дин.

Так как изменение упругих свойств зависит от типа решетки, можно воспользоваться характеристиками упругости оксида с моноклинной сингонией с близкими к оксиду меди параметрами. Оксид меди имеет кристаллическую структуру моноклинной сингонии с параметрами:

$$a = 0,4684 \text{ нм}; b = 0,3425 \text{ нм}; c = 0,5129 \text{ нм}; c/a = 1,09$$

Близкими к оксиду меди характеристиками обладает оксид циркония - моноклинная сингония с параметрами:

$$a = 0,517 \text{ нм}; b = 0,526 \text{ нм}; c = 0,530 \text{ нм}; c/a = 1,02.$$

Для диоксида (IV) титана:

- коэффициент Пуассона $\nu = 0,139$
- модуль Юнга $E = 2,12 \times 10^{12}$ дин/см²
- удельная теплоемкость $c = 103,7$ эрг/г \times К
- теплопроводность $\lambda = 25 \times 10^5$ эрг/см \times К \times с
- температуропроводность $a = \lambda/\rho c = 0,46$ см²/с
- плотность $\rho = 5,27$ г/см³
- податливость $\theta = 4(1-\nu^2)/E = 1,85 \times 10^{-12}$ см²/дин

Для оксида (II) меди:

- коэффициент Пуассона $\nu = 0,325$
- модуль Юнга $E = 5,21 \times 10^{12}$ дин/см²
- удельная теплоемкость $c = 119,24$ эрг/г \times К
- теплопроводность $\lambda = 7,8$ эрг/см \times К \times с
- температуропроводность $a = \lambda/\rho c = 0,01$ см²/с
- плотность $\rho = 6,4$ г/см³

Для сравнительного анализа основные из перечисленных выше характеристик материалов, участвующих в процессе механического взаимодействия, приведены в таблице 1.

$$\delta = 4 \times 50/6,4(170-75,36) \times 3,14 = 0,041 \text{ см}$$

$$W_n = 1742,6 \times 0,3 \approx 522,8 \text{ см/с};$$

$$W_t \approx 1652,1 \text{ см/с}$$

Из результатов следует, что на ударно-фрикционном контакте при обработке материалов в планетарно - центробежной мельнице развиваются высокие значения локальных температур и напряжений во времени (t).

Отличительной особенностью полученных результатов по двум оксидам CuO и TiO₂ является существенная разница в температурах на контакте в зоне взаимодействия. Для диоксида титана она составляет 2156 К, а для оксида меди - 1344 К. Расчетное значение ΔT, т.е. температуры на локализованном участке действия шаров на обрабатываемый порошок диоксида титана на уровне температуры плавления T_{пл} = 1870 °С, но в связи с низкими значениями тепловой диссоциации восстановления титана при механохимической обработке не происходит, для этого необходимы дополнительные условия.

Расчетное значение температуры для оксида меди свидетельствуют о возможном разложении оксида меди на закись меди с выделением активного кислорода. Наличие смеси оксида и закиси меди обеспечивают контактное плавление (по эвтектической реакции при температуре 1075 °С) также с выделением активного кислорода, согласно диаграмме состояния. Поскольку данная система имеет высокую теплопроводность, то диссипация выделившегося тепла по объему обрабатываемого порошка и шаров приводит к тому, что средняя температура в реакторе будет значительно ниже (≤ 375 °С).

Вероятность проявления того или другого процесса будет обеспечиваться режимами обработки: средняя частота ударов (соотношение массы порошка к массе шаров M_п/M_ш) и время воздействия.

Таблица 1 – Исходные данные для расчетов характеристик процесса активации

Параметры	Мелющие тела (стальные шары)	Диоксид титана TiO ₂	Оксид меди CuO
Плотность (ρ), г/см ³	7,8	5,27	6,4
Податливость $\theta=4(1-\nu)^2/E$, см ² /дин	$1,65 \times 10^{-12}$	$1,85 \times 10^{-12}$	$0,69 \times 10^{-12}$
Коэффициент Пуассона (ν), безразмерный	0,85	0,139	0,325
Модуль Юнга (E), дин/см ²	$2,23 \times 10^{12}$	$2,118 \times 10^{12}$	$5,21 \times 10^{12}$
Удельная теплоемкость (с), эрг/(г×К)	$66,7 \times 10^5$	$103,7 \times 10^5$	$119,24 \times 10^5$
Теплопроводность (λ), эрг/(см×К×с)	$75,3 \times 10^5$	25×10^5	$7,8 \times 10^5$
Температуропроводность $a = \lambda / (\rho c)$, см ² /с	0,144	0,46	0,01

Таблица 2 – Значения условий, возникающих на ударно-фрикционном контакте при соотношении массы материала и мелюших тел 1/2

Параметры	Расчетные значения	
	Диоксид титана	Оксид меди
δ , см	0,095	0,041
W , см/с	1180	1742,64
W_n , см/с	354	522,8
W_t , см/с	1062	1652,1
τ , с	27×10^{-6}	$4,15 \times 10^{-6}$
P_n , дин/см ²	$5,9 \times 10^{10}$	$8,94 \times 10^{10}$
P_t , дин/см ²	$9,2 \times 10^{10}$	$14,16 \times 10^{10}$
ϵ , см ²	$2,52 \times 10^{-3}$	-
$\Delta T(x,t)$	2156	1344

2.2.2 Расчеты термодинамических характеристик алюминотермического восстановления оксидов

Все химические процессы характеризуется термодинамическими и кинетическими параметрами (рис. 2). Термодинамический анализ позволяет оценить энергетическую возможность и направление протекания реакций, предпочтительность той или иной реакции, оптимальные режимы протекания процесса, а также пути подавления нежелательных реакций.

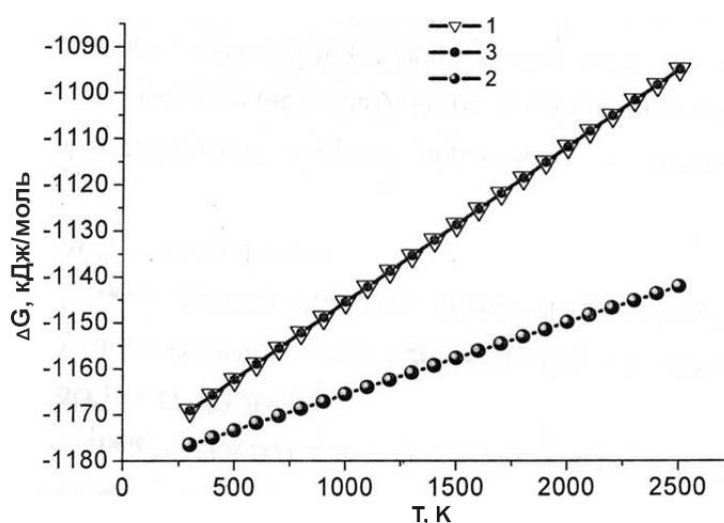


Рисунок 2 - Изменение свободной энергии образования (ΔG) алюминотермического восстановления оксида меди в зависимости от T , К

Основной характеристикой устойчивости соединений, служащей мерой энергии межатомной связи, является изобарный термодинамический потенциал или свободная энергия их образования, определяемая уравнением Гиббса-Гельмгольца:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (17)$$

Однако более полные данные имеются по теплотам образования, которые сравнительно мало отличаются от значений свободных энергий.

В случае восстановления меди из оксида (II) алюминием возможны варианты реакций:



	T	Cp	H	S	G	Reference
1	3CuO+2Al=3Cu+Al2O3					
2	T	deltaH	deltaS	deltaG		
3	C	kcal	cal/K	kcal	K	Log(K)
4	0.000	-288.642	-7.700	-286.538	1.910E+229	229.281
5	100.000	-289.224	-9.518	-285.672	2.132E+167	167.329
6	200.000	-289.715	-10.690	-284.657	3.126E+131	131.495
7	300.000	-290.101	-11.434	-283.548	1.348E+108	108.130
8	400.000	-290.448	-11.990	-282.376	4.852E+091	91.686
9	500.000	-290.843	-12.537	-281.150	3.024E+079	79.481
10	600.000	-291.321	-13.118	-279.867	1.139E+070	70.057
11	700.000	-296.933	-19.138	-278.309	3.219E+062	62.508
12	800.000	-297.346	-19.542	-276.374	1.945E+056	56.289
13	900.000	-297.712	-19.869	-274.403	1.329E+051	51.124
14	1000.000	-298.018	-20.120	-272.403	5.817E+046	46.765
15						
16	Formula	FM	Conc.	Amount	Amount	Volume
17		g/mol	wt-%	mol	g	l or ml
18	CuO	79.545	81.557	3.000	238.636	37.819 ml
19	Al	26.982	18.443	2.000	53.963	19.986 ml
20		g/mol	wt-%	mol	g	l or ml
21	Cu	63.546	65.153	3.000	190.638	21.277 ml
22	Al2O3	101.961	34.847	1.000	101.961	25.715 ml

Рисунок 3 – Термодинамические параметры реакции
 $3\text{CuO} + 2\text{Al} = 3\text{Cu} + \text{Al}_2\text{O}_3$



Свободная энергия образования, характеризующая потенциальную возможность взаимодействия оксида (II) меди с алюминием, рассчитывают по формуле

$$\Delta G^{\circ}_{298,16} = \Delta H^{\circ}_{298,16} - \Delta S^{\circ}_{298,16}, \quad (21)$$

где $\Delta H^{\circ}_{298,16}$ – изменение энтальпии (тепловой эффект) при образовании соединений в стандартных условиях, кДж/моль; $\Delta S^{\circ}_{298,16}$ – стандартное значение энтропии, Дж/моль × град

Изменение теплоты образования с температурой по уравнению:

$$\Delta G_T = (\Delta H^{\circ}_{298,16} \times 1000 - T \times \Delta S^{\circ}_{298,16}) / 1000, \quad (22)$$

Таблица 3 – Исходные данные для веществ, участвующих в реакции восстановления оксида меди (II) алюминием

Материал	$\Delta H^{\circ}_{298,16}$ в кДж/моль	$\Delta S^{\circ}_{298,16}$ в Дж/моль×град
Al	0	28,31
Al ₂ O ₃	-1675	50,94
Cu	0	33,3
CuO	-165,3	42,64
Cu ₂ O	-167,36	93,93

$$\begin{aligned} - \Sigma \Delta H^{\circ}_{298,16} &= -3(-165,3) - 2(0) + 3(0) + (-1675) = (-1\ 179,1) & (23) \\ \Sigma \Delta S^{\circ}_{298,16} &= -3(42,64) - 2(28,31) + 3(33,3) + 50,94 = (-33,7) \\ \Delta G^{\circ}_{298,16} &= -1\ 145,4 \text{ Дж/моль} \\ - \Sigma \Delta H^{\circ}_{298,16} &= -4(-165,3) - 2(0) + 2(0) + (-1675) + (-167,36) = (-1\ 181,16) \\ \Sigma \Delta S^{\circ}_{298,16} &= -4(42,64) - 2(28,31) + 2(33,3) + 50,94 + 93,93 = (-15,71) \\ \Delta G^{\circ}_{298,16} &= -1\ 165,45 \text{ Дж/моль} \\ - \Sigma \Delta H^{\circ}_{298,16} &= -4(-165,3) - 2(0) + 2(0) + (-1675) + (-165,3) = (-1\ 179,1) \\ \Sigma \Delta S^{\circ}_{298,16} &= -3(42,64) - 2(28,31) + 3(33,3) + 50,94 = (-33,7) \\ \Delta G^{\circ}_{298,16} &= -1\ 145,4 \text{ Дж/моль} \end{aligned}$$

Таблица 4 – Исходные данные для веществ, участвующих в реакции восстановления диоксида титана алюминием

Материал	$\Delta H^{\circ}_{298,16}$ в кДж/моль	$\Delta S^{\circ}_{298,16}$ в Дж/моль × град
Al	0	-28,31
Al ₂ O ₃	-1675	-50,94
Ti	0	-30,66
TiO	-526,28	-34,79
TiO ₂	-944,5	-50,37

$$\begin{aligned} - \Sigma \Delta H^{\circ}_{298,16} &= -3(-944,5) - 4(0) + 3(0) + 2(-1675) = (-516,5) & (27) \\ \Sigma \Delta S^{\circ}_{298,16} &= -3(50,37) - 4(28,31) + 3(30,66) + 2(50,94) = (-70,49) \\ \Delta G^{\circ}_{298,16} &= -446,01 \text{ Дж/моль} \\ - \Sigma \Delta H^{\circ}_{298,16} &= -2(-944,5) - 2(0) + (0) + (-1675) + (-526,28) = (-312,3) \\ \Sigma \Delta S^{\circ}_{298,16} &= -2(50,37) - 2(28,31) + (30,66) + (50,94) + (34,79) = (-40,97) \\ \Delta G^{\circ}_{298,16} &= -271,33 \text{ Дж/моль} \\ - \Sigma \Delta H^{\circ}_{298,16} &= -5(-944,5) - 4(0) + 2(0) + 2(-1675) + 3(-944,5) = (-146,1) \\ \Sigma \Delta S^{\circ}_{298,16} &= -5(50,37) - 4(28,31) + 2(30,66) + 2(50,94) + 3(50,37) = (-50,78) \\ \Delta G^{\circ}_{298,16} &= -95,32 \text{ Дж/моль.} \end{aligned}$$

В случае восстановления титана из оксида (IV) алюминием возможны варианты реакции:



	T	Cp	H	S	G	Reference
1	3TiO2+4Al=3Ti+2Al2O3					
2	T	deltaH	deltaS	deltaG	K	Log(K)
3	C	kcal	cal/K	kcal		
4	0.000	-123.411	-16.049	-119.027	1.748E+095	95.243
5	100.000	-124.156	-18.377	-117.298	5.080E+068	68.706
6	200.000	-124.708	-19.702	-115.386	2.004E+053	53.302
7	300.000	-125.011	-20.290	-113.382	1.729E+043	43.238
8	400.000	-125.170	-20.546	-111.339	1.417E+036	36.151
9	500.000	-125.360	-20.807	-109.273	7.784E+030	30.891
10	600.000	-125.658	-21.170	-107.174	6.729E+026	26.828
11	700.000	-136.200	-32.471	-104.600	3.112E+023	23.493
12	800.000	-136.177	-32.452	-101.351	4.387E+020	20.642
13	900.000	-132.816	-29.531	-98.172	1.951E+018	18.290
14	1000.000	-133.091	-29.757	-95.207	2.211E+016	16.345
15						
16	Formula	FM	Conc.	Amount	Amount	Volume
17		g/mol	wt-%	mol	g	l or ml
18	TiO2	79.899	68.953	3.000	239.696	56.666 ml
19	Al	26.982	31.047	4.000	107.926	39.973 ml
20		g/mol	wt-%	mol	g	l or ml
21	Ti	47.900	41.338	3.000	143.700	31.891 ml
22	Al2O3	101.961	58.662	2.000	203.923	51.431 ml

Рисунок 4 – Термодинамические параметры реакции $3\text{TiO}_2 + 4\text{Al} = 3\text{Ti} + 2\text{Al}_2\text{O}_3$

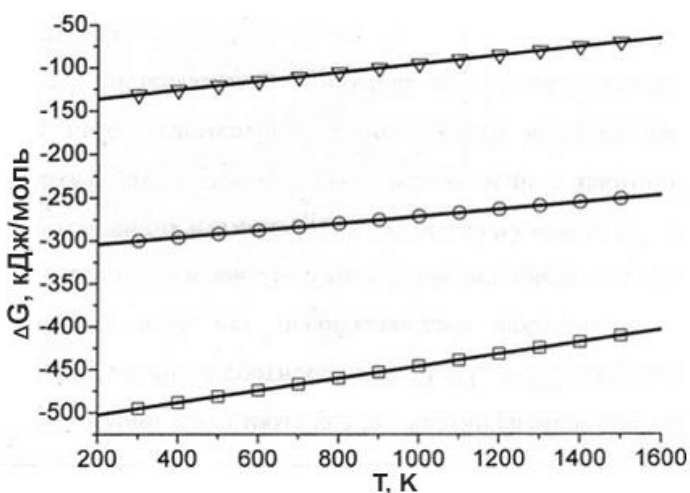


Рисунок 5 - Изменение свободной энергии образования (ΔG) алюминотермического восстановления диоксида титана в зависимости T, K

2.2.3 Исследование дисперсности механически обработанных материалов

Первой и основной характеристикой порошкового материала, полученного в результате измельчения, является его дисперсность. На рисунках (6-9) приведены гистограммы распределения дисперсности порошка оксида меди и смеси ($\text{CuO} + \text{Al}$) исходного и обработанного в центробежно-планетарной мельнице. В исходном CuO (Рис. 6) размер частиц составляет от 23 до 139 мкм и преобладают частицы (47,5 %) размером 70 - 93 мкм; частиц размером 46 - 70 мкм - до 24 %, и около 20 % частиц размером 93 - 139 мкм, небольшая часть порошка (6,5 %) приходится на размер частиц 23 - 46 мкм. Гистограмма распределения по дисперсности оксида меди, обработанного в мельнице, показывает, что происходит интенсивное измельчение порошка, полностью исчезает крупная фракция (70 -139 мкм), появляется мелкая фракция ≤ 12 до 23 мкм.

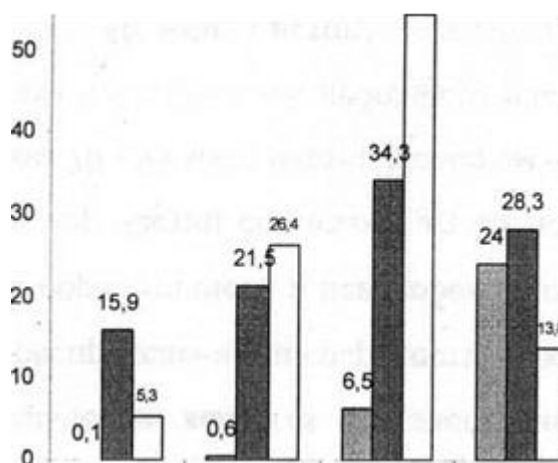


Рисунок 6 – Распределение частиц по размерам исходного оксида меди и после механохимической обработки в течение 10 и 30 минут ($M_{\text{п}}/M_{\text{ш}}=1/4$)

Условия обработки оксида меди в мельнице оказывают значительное влияние на его дисперсность. Изменение соотношения массы порошка к массе шаров от 1/4 (Рис. 6) до 1/7, 1/10 и 1/15 (Рис. 9) приводит к значительному изменению степени дисперсности. При одном времени обработки (30 мин) наиболее интенсивен процесс измельчения оксида меди при соотношении $M_{\text{п}}/M_{\text{ш}} = 1/10$. В порошке присутствует до 41,9 % частиц размером 12-23 мкм, 25,5 % - частиц размером до 46 мкм и 25,7 % - до 70 мкм.

Механохимическая обработка смеси оксида меди с алюминием приводит к интенсивному процессу агломерации частиц (Рис. 5), что связано с добавлением более пластической составляющей - порошка алюминия. Область распределения частиц от 23 до 464 мкм.

Основная доля частиц при 10 минутной обработке приходится на достаточно крупные фракции: от 139 до 232 мкм и составляет 24,6 % и от 232 до 464 мкм - 48,6 %. Увеличение продолжительности обработки до 30 минут

приводит к уменьшению доли фракции 232 ÷ 464 мкм до 23,6 % и увеличению доли второй крупной фракции до 35,9 %.

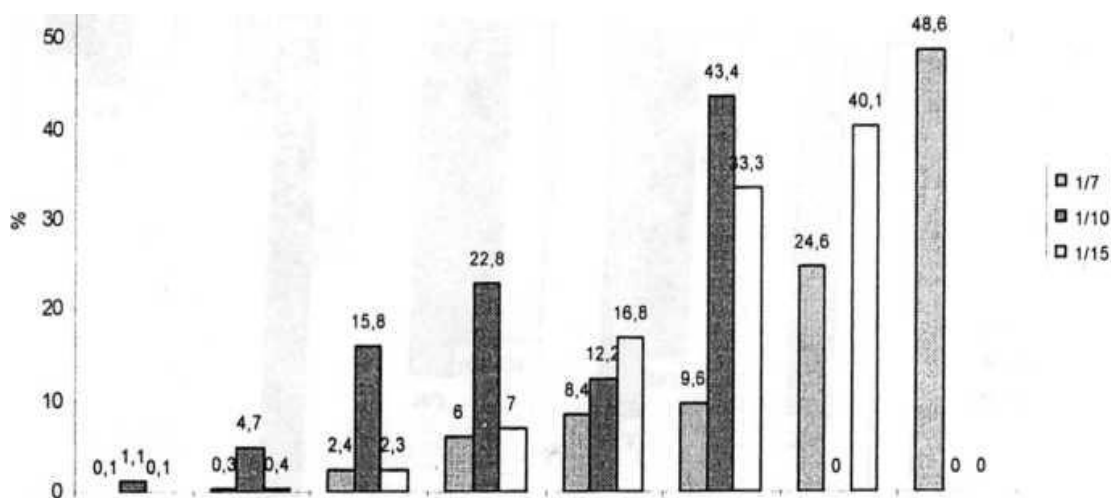


Рисунок 7 – Распределение частиц по размерам смеси оксида меди с алюминием при различных условиях механической обработки

$\text{CuO} + \text{Al}$, $M_{\text{II}}/M_{\text{III}} = 1/7$

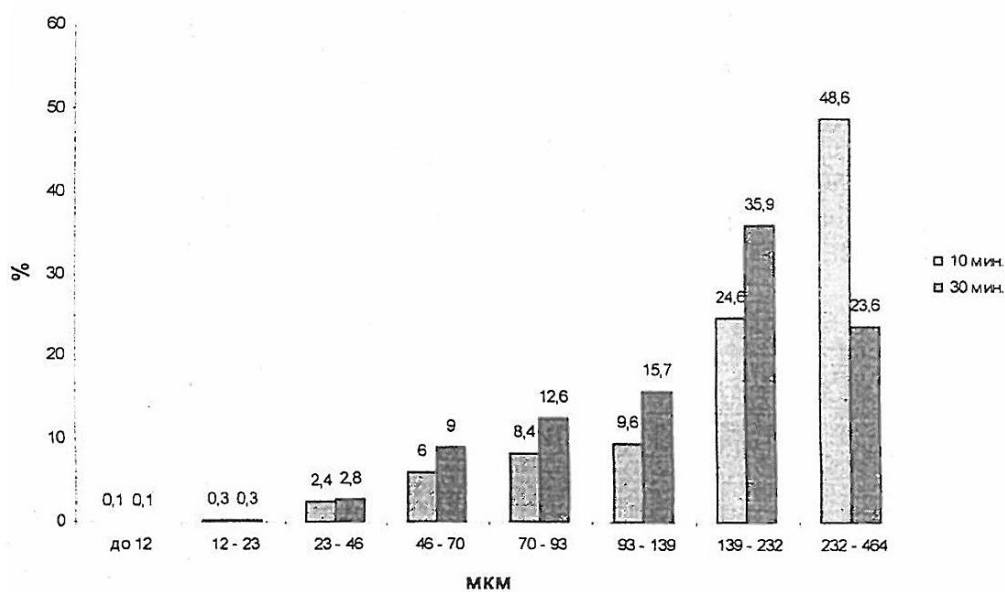


Рисунок 8 - Распределение частиц смеси ($\text{CuO} + \text{Al}$) после механической обработки при соотношении $M_{\text{II}}/M_{\text{III}}$ равном 1/7

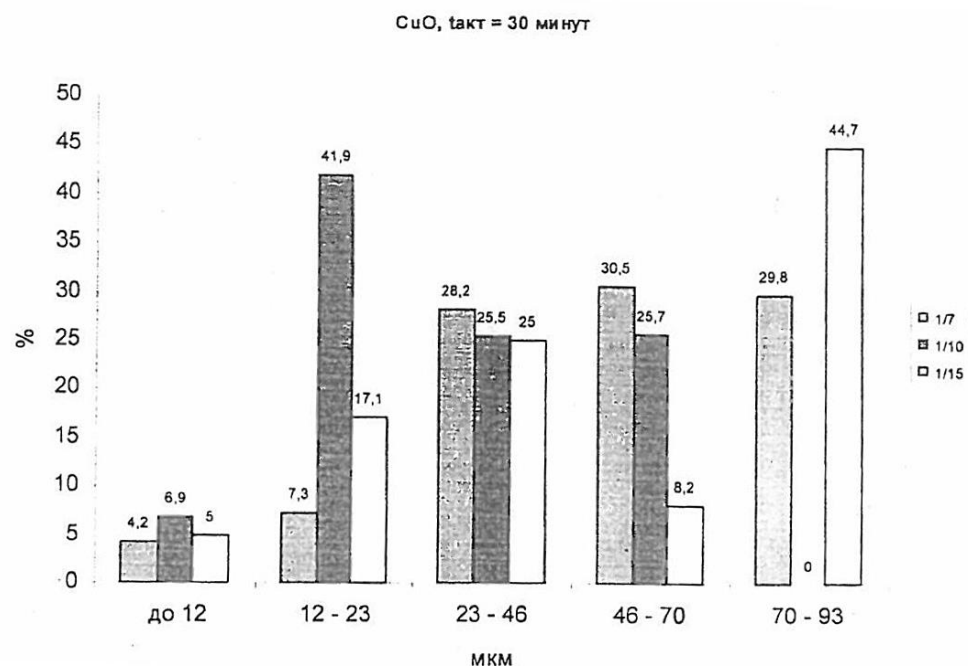


Рисунок 9 – Распределение частиц по размерам оксида меди после различных условий механохимической обработки

Не менее яркие эффекты твердофазных реакций были обнаружены при обработке оксидов в динамической мельнице с различными восстановителями. Было установлено практически полное восстановление оксида олова алюминием при обработке системы в центробежно-планетарной мельнице в течении нескольких минут.

Таблица 5 - Изменение удельной поверхности при измельчении TiO₂

№ п.п.	Центробежно-планетарная мельница	
	Продолжительность измельчения, мин	Удельная поверхность, м ² /г
1	15	15,0
2	30	17,0
3	60	18,8
4	90	19,0
5	120	19,5
6	180	12,6

2.2.4 Исследование степени восстановления активированных систем при печном синтезе

Степень восстановления меди в механическом реакторе зависит в значительной мере от соотношения $M_{\text{п}}/M_{\text{ш}}$. И чем меньше это соотношение, т.е. больше масса обрабатываемого порошка (при одном количестве и массе размольных шаров), тем сильнее эффект восстановления (Рис. 7). При соотношении $M_{\text{п}}/M_{\text{ш}} = 1/4$ в течение 10 минут имеет место практически полное восстановление меди.

Таблица 6 - Зависимость параметров горения от соотношения массы материала ($M_{\text{п}}$) к массе мелющих тел ($M_{\text{ш}}$) при механической активации (10 мин. состав 80 % TiO_2 и 20 % Al)

$M_{\text{п}}/M_{\text{ш}}$	Характеристики горения	
	время инициирования, мин	максимальная температура горения, °C
Неактив.	0	1850
1/2	15	1950
1/6	8	2100
1/8	5	2100

Измерения температуры горения ($T_{\text{г}}$) образцов показали, что после предварительной механической активации диоксида титана, ($T_{\text{г}}$) повышается от 1850 °C до 2100 °C (Рис. 8).

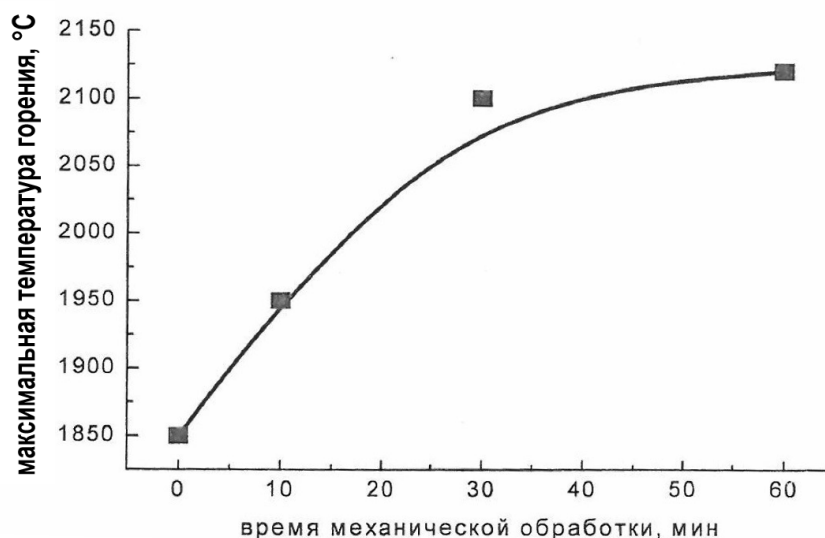


Рисунок 10 - Зависимость максимальной температуры горения от времени механической активации (состав 80 % TiO_2 и 20 % Al)

Таким образом, в процессе обработки в механическом реакторе смеси $\text{CuO} + \text{Al}$, стехиометрического состава, происходит не только восстановление. Чистая медь (в виде пластинок), обнаруженная на крышке, является результатом конденсации паров Си на более холодной металлической поверхности реактора (Рис. 8). Отсюда следует, что локально температура в объеме синтезируемого материала может достигать 2600 К.

Таблица 7 - Фазовый состав материалов на основе диоксида титана после СВС Смеси (80 % TiO_2 + 20 % Al)

Характеристика образца			Продукты реакции
активированный материал	время активации, мин	соотношение при мех. обработке	
-	-	-	Основная фаза - X-Ti; 40 % - корунд, следы рутила и TiN
TiO_2	10	1/2	Основная фаза - X-Ti; 20 % - корунд, следы рутила и TiN
TiO_2	10	1/8	30 % - X-Ti; 30 % - TiN 15 % - корунд, следы рутила
$\text{TiO}_2 + \text{Al}$	10	1/2	Основная фаза - TiN; 15 % - корунд, следы рутила и X-Ti

Таблица 8 – Результаты РФА после механохимической активации и СВ-синтеза системы $\text{CuO} + \text{Al}$

Материал	УСЛОВИЯ ОБРАБОТКИ			ФАЗОВЫЙ СОСТАВ, %					
	M_{II}/M_{III}	t, МИН	t-СВС, МИН (700°C)	Cu	Cu_2O	CuO	Al_2O_3	$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	Al^*Cu
CuO	-	-	-	1,1	6,3	92,6	-	-	-
* $\text{CuO}+\text{Al}$	-	-	60	76,1	12,1	-	10,3	~1,5	-
CuO				-	-	-			-
CuO	1/7	30	-	0,6	0	99,2			
* $\text{Cu}+\text{Al}$			60	24,2	12,6	17,6	36,2	-2,0	8,9
* $\text{CuO}+\text{Al}$	1/10	10	-	74,0	15,0	-	7,5	-	-
* $\text{CuO}+\text{Al}$			60	27,0	55,7	10,0	5,9		
* $\text{CuO}+\text{Al}$	1/10	30	-	84,0	4,4	-	6,6	-	
* $\text{CuO}+\text{Al}$	1/10	60	-	76,1	13,6	-	-	-	-
* $\text{CuO}+\text{Al}$	1/7	10	-	81,0	-	-	18,9	-	-
* $\text{CuO}+\text{Al}$	1/4	10	-	~90	-	-	~10	-	-

Примечание: * - состав – 81,6 % CuO + 18,4 % Al

3 Экономическая часть

Расчет затрат на проведение исследований

В данном разделе приводится расчет основных затрат на проведение опытов. Всего было проведено 16 опытов в течение всех исследований.

Таблица 9 - Расчет амортизационных отчислений основного оборудования

Наименование оборудования	Срок службы, лет	Кол-во, шт	Цена, тг	Годовая стоимость, тг	На, %	Годовая сумма амортизации, тг
Центробежно-планетарная мельница	20	1	200000	200000	6,25	10000
Итого				200000		10000

Затраты на основные и вспомогательные материалы составляют 1693 тг за 3 месяца (таблица 7).

Таким образом, общая стоимость оборудования составляет 200000 тг. Таким образом, затраты на основные и вспомогательные материалы составляют 1693 тг за 3 месяца.

Расчет затрат на электроэнергию

Работа выполнялась в дневное время суток, поэтому затраты на освещение отсутствуют. Следовательно, на электроэнергию израсходовано 1422,9 тг.

Расчет затрат на холодную воду

Расход холодной воды рассчитывается на 48 опытов = $8 \cdot 48 = 384 \text{ дм}^3$

Расчет воды на мытье химической посуды = $0,384 \cdot 25 = 9,6 \text{ тг}$

Затраты на мытье посуды составляют = $1 \cdot 25 = 25 \text{ тг}$

Затраты на холодную воду = $9,6 + 25 = 34,6 \text{ тг}$. за 3 месяца

Расчет заработной платы и начислений

Соц. отчисления 11 % от оплаты труда = $270000 \cdot 0,11 = 29700 \text{ тг}$

Итого зарплата с начислениями составит = $270000 + 29700 = 299700 \text{ тг}$

Расчет общей суммы затрат

Расчет общей суммы затрат включает в себя затраты на сырье, реактивы, воду, электроэнергию, амортизационные отчисления за оборудование и заработную плату. Все затраты сведены в таблицу 8.

Расчет изменения себестоимости

$$U = 3 \cdot \frac{(E_2 - E_1)}{E_2} = 103208,45 \text{ тг.}$$

Таблица 10 - Общие затраты на научно-исследовательскую работу

Наименование затрат	Сумма затрат, тг
Амортизационные отчисления за 3 месяца, тг	2499
Основные и вспомогательные материалы, тг	1693
Затраты на потребление электричества, кВт · ч	2473,5
Затраты на потребление холодной воды, л	34,6
Заработная плата, тг	299700
Итого	306400,1

Расчет накоплений на научно – исследовательскую работу

$$A = C_{\text{п}} \cdot I_0 \cdot 0,33 = 71289 \text{ тг.}$$

$$A_1 = 200000 \cdot 1,08 \cdot 0,33 \cdot (1 + 0,1) = 78408 \text{ тг.}$$

$$A_2 = 200000 \cdot 1,082 \cdot 0,33 \cdot (1 + 0,1)^2 = 86408,52 \text{ тг.}$$

$$B_1 = 306400,1 + 78408 = 384808,1 \text{ тг.}$$

$$B_2 = 306400,1 + 86408,52 = 392808,62 \text{ тг.}$$

Расчет рентабельности исследования

$$\mathcal{E}_0 = 3 + C_{\text{п}} \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1 + e) \cdot (3/12) = 326002,1 \text{ тг}$$

Эконом. эффект научно – исследовательской работы определяется

$$\mathcal{E}_0 = 3 + C_{\text{п}} \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1 + e)^2 \cdot (3/12) = 345604 \text{ тг}$$

Тогда 10 % рентабельности производства на второй год эконом. эффект составит:

$$\mathcal{E}_0 = (3 + C_{\text{п}} \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1 + e)^2 \cdot (3/12)) \cdot 0,1 = 34560 \text{ тг}$$

Экономический эффект НИР при 10 % рентабельности на второй год составит:

$$345604,1 + 34560,4 = 380164,5 \text{ тг}$$

Срок окупаемости проекта рассчитываем по формуле:

$$T = \frac{K}{U} = 1,9 \text{ года}$$

Технико – экономические показатели

На основании рассчитанных данных составим таблицу основных технико-экономических показателей (таблица 11)

Таблица 11 –Технико - экономические показатели

Показатели	Значения
Капитальные затраты на оборудование, тг	200000
Затраты на исследования, тг	306400,1
Заработная плата и начисления, тг	299700
Накопления на исследования, тг	71289
Накопления на исследования за 1 год, тг	78408
Накопления на исследования за 2 год, тг	86408,52
Стоимость проекта, тг	377689,1
Стоимость проекта за 1 год, тг	384808,1
Стоимость проекта за 2 год, тг	392808,62
Срок окупаемости, года	1,9
Эконом.эффективность исследовательской работы при 10 % рентабельности за первый год, тг	32600,21
Эконом.эффективность исследовательской работы при 10 % рентабельности за второй год, тг	34560,4

4 Безопасность и охрана труда

Технический регламент. Требования к безопасности процессов металлургических производств

Риск воздействия опасным веществом должен быть снижен до практически возможного, учитывая научно-технические методы и предельные значения воздействия этого вещества и условия окружающей среды, применяя технологии и оборудование, соответствующие требованиям промышленной безопасности.

Анализ опасных производственных факторов

Вдыхание вредных веществ - наиболее распространенная опасность в лабораторной практике. Особую опасность представляют вещества, вдыхание невысоких концентраций которых в течение длительного времени приводит к хроническим отравлениям.

Организационные мероприятия

Руководство работой по охране труда и контроль за ее состоянием, ответственность за правильную организацию и постановку работы в части решения вопросов охраны труда при разработке новых технологических процессов, оборудования и аппаратов, возлагается на директора и главного инженера института.

Обеспечение электробезопасности

Насыщенность современных лабораторий электрооборудованием чрезвычайно высоко. Чаще всего следует отметить используемые в качестве основных источников тепла различные электронагревательные приборы мощностью, от нескольких ватт до десятков киловатт, в том числе сушильные шкафы, электропечи и так далее.

Расчет защитного заземления

Расчет заземления предварительно проводят для того, чтобы определить основные параметры заземляющего устройства: число, размеры и размещение одиночных заземлителей и заземляющих проводников, при которых напряжение прикосновения и шага в случае замыкания на заземленный корпус не превысит безопасной величины (сопротивление 4 Ом).

Обеспечение воздухообмена

Вентиляция в лаборатории осуществляется через оконные и дверные проемы. В летнее время для охлаждения применяется кондиционирование. Вентиляция является эффективным средством обеспечения нужных гигиенических качеств воздуха, соответствующих требованиям СН и П проектирования промышленных предприятий и лабораторий.

Обеспечение спецодеждой и индивидуальными средствами защиты

Индивидуальная защита имеет вспомогательный характер и ее никак нельзя подменить техническими мероприятиями по обеспечению нормальных условий труда. Спецодежда служит для защиты работающего от неблагоприятных воздействий различных сред, не нарушая при этом нормального функционирования организма.

Организация искусственного освещения

Искусственным освещением считается электрическое освещение. Оно необходимо для проведения работ в темное время суток или в местах без достаточного естественного освещения. Выбор источника света зависит от характера работы, условий среды, размеров помещения и других факторов. Энергетические источники света характеризуются номинальными значениями напряжения, мощности, светового потока, линейными размерами.

Противопожарные мероприятия

Пожарная безопасность должна обеспечиваться системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Ответственность за соблюдение необходимого противопожарного режима и своевременное выполнение противопожарных мероприятий возлагается на руководителей. Руководители предприятия обязаны назначить приказом должностных лиц, ответственных за пожарную безопасность отдельных объектов. Ответственность за пожарную безопасность несет каждый на своем месте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований по расчету параметров процесса активации оксидных систем с различными термодинамическими характеристиками исследуемых систем на основе оксида меди и диоксида титана показывают, что для легко- и трудновосстанавливаемых оксидов влияние механической активации на развитие реакции алюмотермического горения существенно отличаются.

В работе проанализированы системы с оксидом меди и диоксидом титана, которые относятся к группе d-переходных металлов, также представлены материалы исследований по выявлению закономерностей алюмотермического горения предварительно активированных систем с оксидами d-переходных металлов.

Выбор их был обусловлен тем, что они принципиально отличаются по термодинамическим характеристикам. Оксид меди (CuO) является легковосстанавливаемым, а диоксид титана (TiO_2) - трудновосстанавливаемым. Сравнительная характеристика результатов исследований, проведенных в единых условиях данной работы на материалах, принципиально различающихся как механическими, так и физико-химическими характеристиками, является очень важной задачей, решение которой сводится к разработке обобщенных модельных представлений, описывающих горение механически активированных систем в зависимости от различных внешних параметров и условий оптимизации процессов металлотермического горения.

В связи с этим в работе проведен расчет характеристик по динамической модели, описывающих изменение силовых, временных и тепловых параметров процесса активации CuO , TiO_2 и их смеси с алюминием.

Рассчитаны и проанализированы изменения термодинамических характеристик, конкретно свободной энергии образования при восстановлении оксида меди и диоксида титана алюминием в зависимости от температуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Кириченко О.А., Ушаков В.А., Андриюшкова О.А., Ивченко С.В., Полубояров В. А. Фазовые превращения и массоперенос в механически активированных низкотемпературных оксидах алюминия// Неорганические материалы. 1999.-Т.35. -№3. -С.333-341.

2 Левашов Е.А., Курбаткина В.В., Колесниченко К.В. Закономерности влияния предварительного механического активирования на реакционную способность СВС-смесей на основе титана// Известия ВУЗов. Цветная металлургия. 2000.№6. С.61-72.

3 Глинка Н.Л. Общая химия //Под ред. А.И.Ермакова. М.: Интеграл-Пресс, 2002. -728с.

4 Энциклопедия неорганических материалов/ Гл. ред. Украин. Сов. Энцикл. Киев: Т.2. 1977. - 816с.

5 Хайнике Г. Трибохимия//Пер. с англ. М.: Мир, 1987.-584с.

6 Авакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов. - Новосибирск. Наука. Сиб. Отделение. -1986. -304с.

7 Уракаев Ф.Х., Болдырев В.В. Расчет физико-химических параметров реакторов для механохимических процессов//Неорганические материалы.Т.35. № 2. 1999. -С.248-256.