

O'zbekiston

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Узбекский научно-технический и производственный журнал
Композиционные материалы

magnesium (II) ions from aqueous solutions to the obtained sulfocationite were studied in adsorption isothermal models. It was found that the absorption of Ca^{2+} and Mg^{2+} ions into the new cation obtained on the basis of polyvinyl chloride was governed by the Langmuir isothermal model, and the process proceeded through an ion exchange reaction.

Jo'rayev Murod Maxmarajab o'g'li	- kimyo fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) Chirchiq davlat pedagogika instituti d.v.b.,
Xushvaqto'v Suyun Yusuf o'g'li	- kimyo fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) Chirchiq davlat pedagogika instituti d.v.b.,
Masharipova Zulfira Raximboyevna	- kichik ilmiy xodim Chirchiq davlat pedagogika instituti

УДК 666.3.015

СИНТЕЗ МУЛЛИТОВЫХ КРИСТАЛЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА

А.М. Эминов, И.Р. Байжанов, М.Т. Боймуродова, Д.С. Джабберганов, З. Курязов, А. Хакимов, М. Носиров

Введение. Весьма ценным и перспективным материалом для современной техники является силикат алюминия – муллит. Это единственное в системе $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ соединение, устойчивое при высоких температурах [1].

Муллит – минерал подкласса островных силикатов с суммарной формулой $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$. Впервые муллит был обнаружен на острове Мулл в Шотландии, где был найден в естественном состоянии [3].

Химический состав муллита непостоянен: от $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$ до Al_4SiO_8 (или от $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ до $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) [4].

Кристаллическая структура муллита очень похожа на силлиманитовую, т.е. состоит из спаренных цепочек $[\text{Si}_2\text{O}_5]$, в которых Si^{4+} частично изоморфно замещен на Al^{3+} . Отличие от силлиманита состоит в том, что часть атомов алюминия и кремния в муллите распределены статически. Ион алюминия Al^{3+} имеет в муллите как шестерную $[\text{AlO}_6]$, так и четверную $[\text{AlO}_4]$ координацию. Щелочные катионы, присутствующие в расплаве, изменяют координацию алюминия с 4 до 6, способствуя образованию связей $\text{Si} - \text{O} - \text{Al}$ между тетраэдрами.

Таким образом, решетка муллита построена из групп $[\text{AlO}_4]$ и $[\text{AlO}_6]$ и островных групп $[\text{SiO}_4]$ (рис.1). Эти полиэдры образуют цепи, вытянутые вдоль оси с. Получение в расплаве таких групп в близких соотношениях определяется отношением O/Si и в некоторой степени зависит от присутствующих примесей [3,4,5].

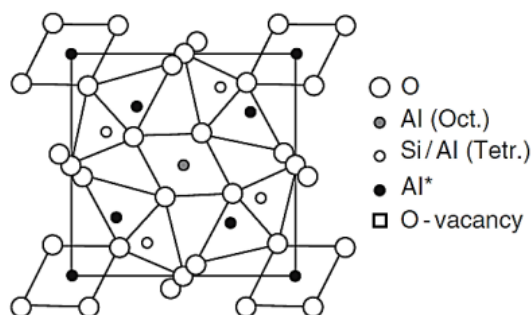


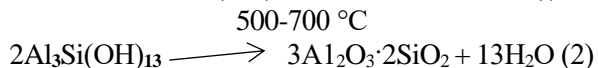
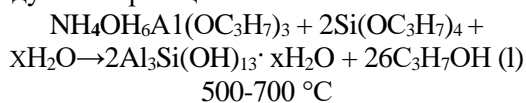
Рис.1. Кристаллическая решетка муллита [2]

За рубежом муллит в промышленных масштабах получают методом спекания из расплава. Плавный муллит состоит из кристаллов короткопризматической формы и значительно уступает по своим свойствам нитевидному кристаллу муллита. В США, Польше, Великобритании, Франции получают муллит в виде спеков, которые размалывают до частиц размером 0,05-30 мкм [6].

На основе смеси из каолиновой глины и глинозема в Японии организовано производство синтетического муллитового порошка. Увлажненное сырье тщательно смешивают и перерабатывают в шаровой мельнице. Массу обезвоживают в фильтрпрессах, коржи пропускают через вакуумный ленточный пресс. Выходящий брус разрезают на брикеты, которые после сушки обжигают во вращающейся печи при температуре около 1800°C и охлаждают в барабанном холодильнике. При тепловой обработке происходит образование клинкера с кристаллами муллита размером 50-80 мкм. Конечный продукт содержит от 87,0 до 99,0% муллита. Примеси представлены корундом и стекловидной фазой [7].

Существуют оригинальные и не имеющие промышленного применения методы синтеза

муллита. В работе [8] сообщается о получении высокочистого кристаллического муллита $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ из органических соединений, при разложении которых получают активные продукты по реакции:



Порошки, полученные гидролитическим разложением элементоорганических соединений, высокодисперсный, синтезируются при относительно низких температурах. Но применение этого метода ограничено в связи с необходимостью использования крупных объемов органических соединений с токсичными свойствами.

Кристаллы муллита, имеющиеся в структуре фарфоровых материалов, придают им высокие физико-механические и эстетические свойства [9].

Чистый муллит с минимальным содержанием примесей может быть получен только путем синтеза из высокочистых и высокодисперсных оксидов кремния и алюминия с последующей их термообработкой [10].

Полученные результаты и их обсуждение. Целью описываемой работы являлось изучение структуры и свойства синтетического муллита с использованием микрокремнезема-техногенного отхода производства ферросплава (далее микрокремнезем) и технического глинозема в зависимости от соотношения муллитообразующих оксидов шихты для получения практических рекомендаций по величине его глиноземного модуля.

Исследование проводили на образцах, изготовленных методом высокотемпературного обжига шихт составов: 72% Al_2O_3 и 28% SiO_2 (2,57); 75% Al_2O_3 и 25% SiO_2 (3,0). Химический состав компонентов шихты приведен в табл.1.

Таблица 1

Химический состав компонентов шихты, масс. %

Материал	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	SiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	П.П.П.	Сумма
Технический глинозем	97,8	0,13	-	0,77	0,57	0,20	-	0,47	-	99,94
Микро-кремнезем	1,10	1,01	-	95,56	0,32	0,80	0,81	-	0,40	100,0

Шихту перемешивали вручную. После перемешивания методом прессования были отформованы плитки размером 50x50x10 мм. Отформованные образцы обжигали в одинаковых условиях при температурах 1400,

1500 и 1600 °С. Общая продолжительность обжига составляла 26 часов.

Химический анализ образцов проводили по известной методике, с обработкой проб плавиковой кислотой. Химический состав продуктов обжига приведен в табл.2.

Таблица 2

Химический состав синтезированного муллита (1600 °С)

Глиноземный модуль шихты	Содержание оксида, масс. %						Глиноземный модуль продуктов обжига
	Al_2O_3	SiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	
2,57	70,0	27,65	0,47	0,12	0,52	0,20	2,53
3,00	73,27	25,01	0,42	0,14	0,43	0,15	2,92

Рентгенографические исследование фазового состава синтезированных материалов показывает, что при температуре обжига 1400 °С образование алюмосиликатов не наблюдается. При этой температуре на рентгенограмме обнаружены дифракционные пики, соответствующие корунду ($d - 0,137; 0,140; 0,151; 0,160; 0,208, 0,238; 0,255; 0,348$ нм), кристобалиту ($d - 0,284; 0,404$ нм) и тридимиту ($d - 0,296; 0,381; 0,430$ нм).

С повышением температуры обжига дифракционные пики, относящиеся, корунду уменьшаются, кристобалит и тридимит исчезают,

появляются характерные линии, принадлежащие муллиту.

Обычно, образование кристаллов муллита из Al_2O_3 и SiO_2 происходят, при температурах обжига 1650-1700 °С. В данном случае процесс формирования кристаллов муллита начинается, при температуре 1500 °С. По нашему мнению, это связано с высокой дисперсностью и реакционной способностью аморфного микрокремнезема. При этой температуре фазовый состав синтезированного материала состоит из кристаллов муллита и единичных кристаллов корунда.

Межплоскостные расстояния образцов, обожженных при температуре 1600 °С, показывают, что, дифракционные пики с $d = 0,142; 0,143; 0,145; 0,152; 0,157; 0,159; 0,169; 0,170; 0,184; 0,188; 0,220; 0,228; 0,241; 0,253; 0,268; 0,287; 0,338; 0,3428; 0,537$ нм соответствуют кристаллам муллита. Это показывает, что при этой температуре процесс формирования кристаллов муллита завершается.

С помощью рентгеноспектрального анализатора IXA-50A количественный анализ и распределение муллитообразующих оксидов (Al_2O_3 и SiO_2) осуществляли по специальной программе через компьютер РДР-8, разработанной в Веймарском Университете (Германия) по методу А.Е.Венке и А.Л.Албее [11]. Этим методом был определен состав муллита - $2Al_2O_3 \cdot SiO_2$. Муллит другого состава практически не был обнаружен, так как характерный дуплетный рефлекс, соответствующий межплоскостным расстояниям муллита с $d = 0,338$ и $0,342$ нм на рентгенограммах нечетко выражен.

Не совсем успешным было также определение составов муллита $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ и $2Al_2O_3 \cdot SiO_2$ по показателю преломления. Во всех

образцах, обожженных при 1600 °С показатели преломления большей части муллита ($N_g = 1,654; N_p = 1,644$) позволяют отнести его к составу $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$. Однако во всех образцах, обожженных при 1500 и 1600 °С встречается муллит с более высокими показателями преломления ($N_g = 1,666, N_p = 1,650$), который предпочтительно можно считать муллитом с повышенным содержанием Al_2O_3 [12,13].

В табл. 3 приведены результаты рентгеноспектрального количественного анализа муллита, обожженного при 1600 °С из шихты с различным глиноземным модулем.

Муллит, обожженный при температуре 1500 °С и 1600 °С можно рассматривать как промежуточный член непрерывного ряда твердых растворов корунда в муллите. Содержание Al_2O_3 изменяется в них в пределах 74,53-76,13 %, т.е. в интервале, соответствующем стехиометрическому составу муллита 3/2 (71,8 % - Al_2O_3) и 2/1 (77,5 % - Al_2O_3). Следует отметить, что содержание Al_2O_3 в кристаллах муллита не зависело от количества Al_2O_3 в шихте. Были также проведены исследования микроструктуры синтезированного материала с помощью растр электронно-микроскопического анализа.

Таблица 3

Шихтовый состав муллита с различным глиноземным модулем

№ образца	Глиноземный модуль шихты					
	2,57			3,00		
	Содержание оксида в муллите, % и его глиноземный модуль (ГМ)					
	Al_2O_3	SiO_2	ГМ	Al_2O_3	SiO_2	ГМ
1	74,53	24,19	3,08	75,04	24,00	3,13
2	74,69	24,19	3,08	76,13	25,51	2,98
3	74,71	24,21	3,00	74,72	25,08	2,98
Ср.	74,64	24,19	3,05	75,27	24,86	3,03

Эти исследования подтвердили результаты рентгенографического анализа [14,15].

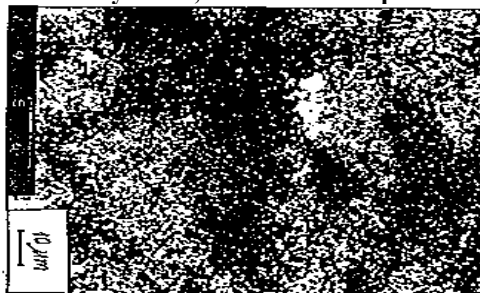
Растр электронно-микроскопические снимки из опытных масс, обожженных при различных температурах, представлены на рис.2-10.

Из рис.2 видно, что при температуре 1400 °С формирование кристаллов муллита не четко выражается. Растр электронно-микроскопические (РЭМ), снимки муллита, обожженных при 1500 °С резко не отличаются от РЭМ снимков муллита, обожженных при 1400 °С (рис.2). Но рентгенограмма показывает, что при 1500 °С кристаллические фазы состоят из муллита и незначительного количества корунда.

С целью уточнения образовавшихся кристаллов были проведены РЭМ снимки с помощью анализатора с определением ионов Al^{3+} и Si^{4+} с точечным методом.

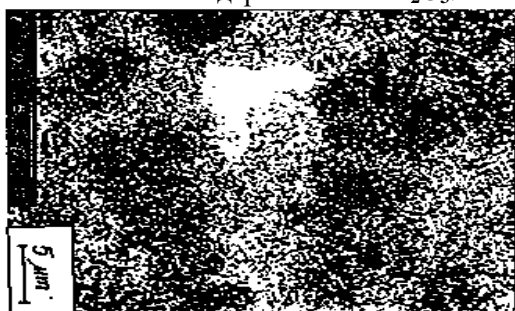


Рис.2. Растр электронно-микроскопического снимка муллита, обожженного при 1400 °С



**Рис.3. Растр электронно-микроскопического снимка муллита, обожженного при 1400 °C
Распределение ионов Al^{3+} (белые точки)**

Из рис.3 видно, что ионы Al^{3+} и Si^4 четко выражены и подтверждают присутствие кристаллов муллита. На рис.4-10 хорошо прослеживается различный характер кристаллизации муллита. Видно, что кристаллы муллита имеют столбчатую, призматическую форму, ориентированными перпендикулярно поверхности основной массы показывают, что образование кристаллов протекает относительно при низких температурах по диффузионному механизму. Следует отметить, что в основном формируется муллит с высоким содержанием $\alpha-Al_2O_3$.



**Рис.4. Растр электронно-микроскопического снимка муллита, обожженного при 1400 °C
Распределение ионов Si^{4+} (белые точки)**



Рис.5. Растр электронно-микроскопического снимка муллита, обожженного при 1500 °C



**Рис.6. Растр электронно-микроскопического снимка муллита, обожженного при 1500 °C
Распределение ионов Al^{3+} (белые точки)**



**Рис.7. Растр электронно-микроскопического снимка муллита, обожженного при 1500 °C
Распределение ионов Si^{4+} (белые точки)**

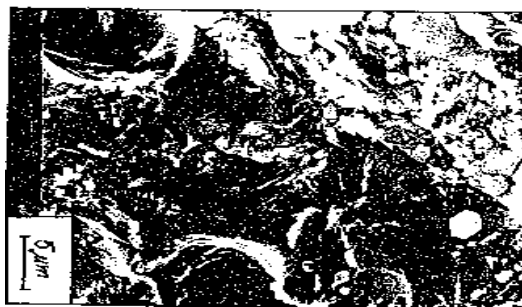
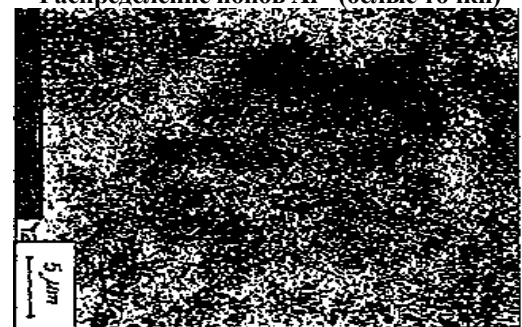


Рис.8. Растр электронно-микроскопического снимка муллита, обожженного при 1600 °C



**Рис.9. электронно-микроскопического снимка муллита, обожженного при 1600 °C
Распределение ионов Al^{3+} (белые точки)**



**Рис.10. Растр электронно-микроскопического снимка муллита, обожженного при 1600 °C
Распределение ионов Si^{4+} (белые точки)**

Проведенные исследования по синтезу кристаллов муллита на основе микрокремнезема

Образование кристаллов муллита при низких температурах объясняется дефектной структурой микрокремнезема. Поэтому, естественно предположить, что с повышением дефектности структуры микрокремнезема, растёт скорость диффузии, следовательно, образование кристаллов муллита.

Количественный рентгеновский анализ синтезированных материалов, обожженных, при температуре 1600 °С показывает, что содержание муллита в образцах составляет 85-90 % .

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о возможности синтеза муллита на основе микрокремнезема – техногенного отхода производства ферросплава.

Синтезированные материалы по своим физико-техническим свойствам не уступают муллиту, полученному из природного кварца. На наш взгляд, проведенные исследования представляют научно-практический интерес, а синтезированные материалы могут найти практическое применение в области технической и тонкой керамике.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Путилин Ю.М., Ю.А.Белякова, В.П.Голенко. Синтез минералов. Том 2 – М.: Недра, 1987, 256 с.
2. Брэгг, У. Кристаллическая структура минералов / У. Брэгг, Г. Кларинбург. – М.: Мир, 1967. – 315 с.
3. Стрелов, К.К. Технология огнеупоров: Учеб. пособие / К.К. Стрелов. – М.: Metallurgy, 1978. – 508 с.
4. Хаджи, В.Е. Синтез минералов / В.Е. Хаджи, Л.И. Цинобер, Л.М. Штеренлихт [и др.] – М.: Недра, 1987. – Т. 2. – С. 140-142.
5. Стрелов, К.К. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов: Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. / К.К. Стрелов, И.Д. Кашеев. - М.: Metallurgy, 1996. – 608 с.
6. Virginia J., Kianite and mullite. Amer. Ceram. Soc. Bull. 1982. V. 61. № 12. p.1264-1267.
7. Okada K., Otuska N. Synthesis of Mullite Whiskers and Their Application in Composites. J.Amer. Ceram. Soc. 1991. V.74, № 10, p. 2414-2418.
8. Schubert H. Porzellane hoher Festigkeit. Neil 5. Cristobalite- porzellan. Sprechsal. 1987. Vol.120. N 12. pp.1131-1134.
9. Hildmann B.O., Schneider H., Schmuecker M. High Temperature Behaviour of Polycrystalline Aluminosilicate Fibres with Mullite Bulk Composition. II. Kinetics of Mullite Formation. J. Europ. Ceram. Soc. 1996. V.16. p.287-292.
10. Балкевич В.Л., Беляков А.В., Менькова Е.Р. К вопросу о синтезе и спекании чистого муллита. Труды Московского химико-технологического института им. Д.И. Менделеева. 1983, № 128, с. 54-59.
11. Bence A.E., Albee A.L. Neues Versatz zur Herstellung von Mullit. Bol. Soc. Esp. Ceram. 1982. V. 40. № 5. pp. 382-403.
12. Baudin C., Osendi M.J., Aza S. Mullite Materials from a 3:2 Alumina – Silica Gel. Part I: Green Processing and Porosity. J. Europ. Ceram. Soc. 1992. V.10. p. 393-398.
13. Baudin C., Osendi M.J., Aza S. Mullite Materials from a 3:2 Alumina – Silica Gel. Part II: Microstructural Evolution. J. Europ. Ceram. Soc. 1992. V.10. p. 399-403.
14. Pask J. Importance of Starting Materials on Reactions and Phase Equilibria in the Al₂O₃ – SiO₂ system. J. Europ. Ceram. Soc. V.16. 1996. P. 101-108.
15. Piluso P., Gaillard L., Lequeux N., Boch P. Mullitization and Densification of (Al₂O₃ + 2SiO₂) powder compacts by Microwave Sintering. J. Europ. Ceram. Soc. 1996. V.16. p. 121-125.

Калит сўзлар: глинозем модули, муллит, микрокремнезем, кварц, феррокотишма, дефектли структура, кристаллар морфологияси.

Мақолада табиий кварц ўрнига феррокотишма ишлаб чиқариш чиқиндиси бўлган микрокремнезем ёрдамида муллит кристалларини синтез қилиш бўйича тадқиқот натижалари келтирилган. Кварц ўрнига микрокремнеземни киритилиши билан унинг аморф тузилиши туфайли муллитнинг синтез температураси 80-100°С гача пасайиши аниқланди. Ҳосил бўлган кристаллар морфологияси, алюминий ва кремний ионларининг муллитнинг бутун ҳажми бўйича тақсимланиши растр электрон микроскопик таҳлили орқали аниқланди.

Ключевые слова: глиноземный модуль, муллит, микрокремнезем, кварц, ферросплав, дефектная структура, морфология кристаллов.

В статье приведены результаты исследования по синтезу кристаллов муллита с применением микрокремнезема – отхода производства ферросплава, взамен природного кварца. Установлено, что с введением микрокремнезема вместе кварца, температура синтеза муллита снижается на 80-100°С за счет аморфной структуры микрокремнезема. Растом электронно-микроскопического анализа определены морфологии кристаллов и распределение ионов алюминия и кремния по всему объему муллита.

Keywords: alumina module, mullite, microsilicon, quartz, ferroalloy, defective structure, crystal morphology.

1. Химия и физикохимия композиционных материалов и нанокompозитов

Э.А. Пирматов, А.Н. Шодиев, А.А. Саидахмедов, Ф.М. Пармонов, У.Г. Амиров. Физико-химическое исследование продуктов гидролитического разложения промышленных растворов молибдата натрия.....	3
Д.Р. Атакузиева, З.С. Алихонова, У.К. Уринов. Влияние смеси сульфатоалюмината кальция и β двухкальциевого силиката на твердение портландцемента.....	7
М.Х. Кучкарова, С.С. Негматов, С.Б. Юлчиева, К.С. Негматова, Х.Ю. Рахимов. Анализ смазочноохлаждающих жидкостей, используемых в машиностроении.....	10
Н.Т.Турабов, Ж.Н. Тоджиев, Ш.С.Назиров. 2,7-динитрозо-1,8-диоксианфталин-3,6-дисульфокислота как аналитический реагент для спектрофотометрического определения меди(II).....	13
А.Т. Бозоров, М.У. Каримов, А.Т. Джалилов, С.У. Соатов. Паст малекуляр массали кремний (IV) оксидини маҳаллий хом ашёлар асосида синтез қилиш ва техник хоссаларини ўрганиш.....	16
М.Т. Қаршиев, О.Т. Каримов, Ф.Н. Нурқулов. Антипиренлар билан модификацияланган целлюлоза асосидаги материалларни сканерли электрон-микроскоп ва элемент анализларини тадқиқ этиш.....	19
Ж.Э. Рахмонқулов, Ф.Б. Эшқурбонов, Ж.Б. Нормуротов, М.А. Жураев. Тўқимачилик саноати оқова сувларини тозалаш учун самарали комплекс ҳосил қилувчи ионит синтези ва тадқиқоти.....	22
Д.У. Хайриева, Г.А. Нуралиева. Баъзи 3d-металларининг глицин ва оксамид билан аралаш лигандли комплекс бирикмаларини синтези ва тадқиқоти.....	25
У.Н. Рузиев, С.Н. Расулова, В.П. Гуро, М.А. Ибрагимова, С.Н. Ким, У.Р. Эрназаров. Анодное растворение вольфрама в растворах электролита на основе редкого кали.....	29
М.К. Худжаев, Г.Ф. Пирназаров, А.Г. Кадиров. Определение силы реакции связи композитной клиновой пары... ..	34
Н.А. Исмаилова, А.С. Сидиков, Б.Т. Тураев. Механизм защитного действия ингибированного покрытия.....	35
М.М. Jurayev, S.Y. Xushvaqto, Z.R. Masharipova. Polivinilxlorid plastikat asosida olingan yangi sulfokationitning sorbsion xossalari.....	39
А.М. Эминов, И.Р. Байжанов, М.Т. Боймуродова, Д.С. Джабберганов, З. Курязов, А. Хакимов, М. Носиров. Синтез муллитовых кристаллов с применением микрокремнезема.....	42
Г.Б. Сидрасулиева, И.А. Бахромова, Ш.М. Ўринова, Н.Т. Каттаев, Х.И. Акбаров. O-g-C ₃ N ₄ /Fe ₂ O ₃ композит фотокатализатори синтези ва физик-кимёвий хоссалари.....	47
А.К. Nomozov, Kh.S. Beknazarov, A.T. Dzhaliylov. Synthesis and investigation of characteristics of corrosion inhibitor IKMM-1 ST20 steel in 1 M HCl solution.....	51
В.А. Normurodov, X.X. Turayev, M.E. Toshiyev, A.T. Djaliylov, F.N. Nurqulov. Sintez qilingan polisulfid tiokol kauchuklarning fizik-kimyoviy xossalari o'rganish.....	54
Ф.А. Khamdamova, O.S. Maksumova. Synthesis of monomer compounds based on acrylamide.....	57
С.А. Ахмаджанов, А.М. Искендеров, Э.У. Тешабаева, Ш.С. Аминов. Структуры и адсорбционные свойства монтмориллонита Каракалпакистана.....	60
В.Т. Berdiyarov, Sh.T. Hojiyev, J.B. Ismailov, M.M. Gapparova. Rux ferritini elementar oltingugurt bilan tiklash jarayonining termodinamik jihatlari.....	65

2. Физико-механика и трибология композиционных материалов

Ш.Н. Джалилов, Ш.В. Рахманов, К.С. Негматова, Н.А. Икромов, Б.М. Тожибоев, С.С. Негматов, Ш.Ю. Рахимов, Р.Х. Пирматов. Исследование физико-механических свойств и долговечности разработанных композиционных полимер-полимерных связующих клеев при длительном действии повышенной температуры....	69
С.А. Турсунбаев, Н.Д. Тураходжаев, Ш.Ў. Худойкулов, Р.С. Зокиров, Ш.Н. Турахужаева. Алюминий қотишмасини литий фтор бирикмаси билан легирланганда унинг оқувчанлик хоссасига таъсири.....	72
Г.Т. Нуралиев, П.Ж. Тожиев, Х.Х. Тураев, А.Т. Джалилов. Изучение физико-механических свойств модифицированных полиэтиленовых композиций.....	74

3. Разработка и технология получения композиционных материалов

М.Б. Мухитдинов, Ш.В. Рахманов, Ш.А. Алиқобулов, Б.М. Тожибоев, Н.А. Икромов, Н.С. Абед, С.С. Негматов, Ш.А. Бозорбоев, Ё.С. Раджабов. Исследование и разработка оптимальных рецептуры композиционных полимерных материалов для покрытия рабочей поверхности форм в производстве архитектурно-художественных строительных конструкций.....	78
К.С. Негматова, М.Э. Икрамова, М.Н. Негматова, Ш.Н. Расулова, И.А. Набиева, С.С. Негматов, Н.С. Абед, М.А. Бабаджанова, Ф.А. Лапасова. Исследование процесса крашения белковых волокон композиционными красителями на основе солей поливалентных металлов.....	81
Х.К. Эшкабилов, Ш.А. Бердиев, С.С. Негматов. Комбинированная технология газового азотирования с последующим оксидированием в парах воды мало- и среднеуглеродистых сталей.....	85
Х.А. Абдурахимов. Оптимизация процесса получения коагулянта из обожженного каолина Ангренского месторождения.....	89
М.К. Худжаев, А. Маткаримов, С. Хожаматов. Динамика неосесимметричного композитного клина.....	93