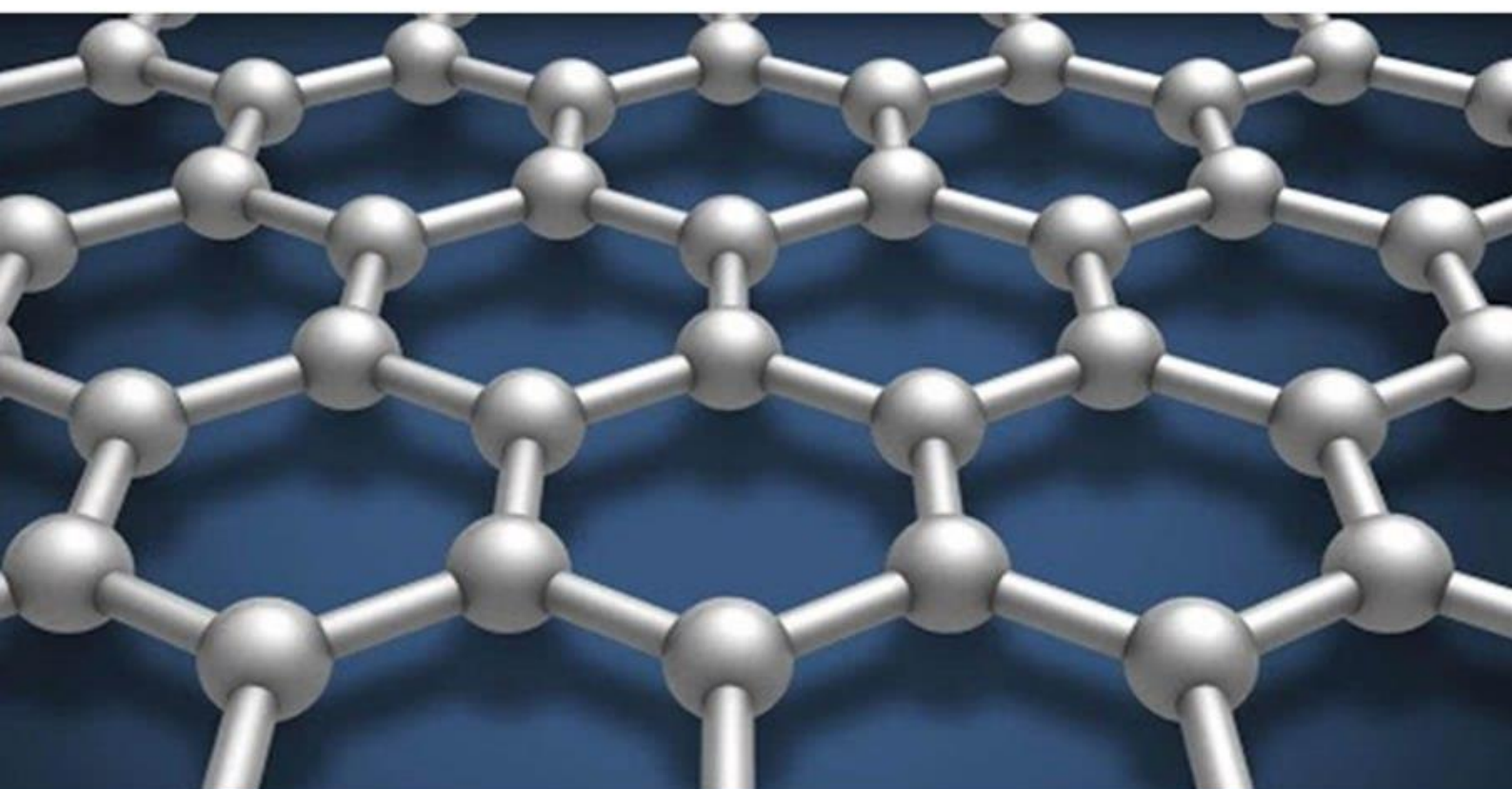


O'zbekiston

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Узбекский научно-технический и производственный журнал
Композиционные материалы

Следовательно, для тщательного изучения механических и эксплуатационных свойств, а также для исследования микроструктуры

твердых сплавов необходимы современные приборы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Schubert WD. In: 2000 International conference on tungsten hard metals and refractory alloys, Annapolis, MD, USA; 2000.
2. Fang ZZ, Eason JW. Study of nanostructured WC-Co composites. Int J Refract Metal Hard Mater 1995; 13(5):297–303.
3. McCandlish LE, Kear BH, Kim BK. Processing and properties of nanostructured WC-Co. Nanostruct Mater 1992;1(2):119.
4. Goren-Muginstein GR, Berger S, Rosen A. Sintering study of nanocrystalline tungsten carbide powders. Nanostruct Mater 1998;10(5):795–804.
5. Porat R, Berger S, Rosen A. Dilatometric study of the sintering mechanism of nanocrystalline cemented carbides. Nanostruct Mater 1996; 7(4):429–36.
6. Wang X, Fang ZZ, Sohn HY. Grain growth during the early stage of sintering of nanosized WC-Co powder. Int J Refract Metal Hard Mater 2008;26(3):232–41.
7. Cha SI, Hong SH, Kim BK. Spark plasma sintering behavior of nanocrystalline WC-10Co cemented carbide powders. Mater Sci A2003; 351(1–2):31–8.
8. Каблов Е.Н., Лукина Е.А., Заводов А.В., Ефимочкин И.Ю. Формирование структуры твердых сплавов на основе системы WC-Co с субмикронным зерном в присутствии ингибирующих добавок//Труды ВИАМ. 2020. №4-5 (88).

Kalit soʻzlar: qattiq qotishmalar, donachalarni zijlashtirish, uchqun plazmasi yordamida sintezlash, koeretsitiv kuch, kesuvchi asbob, nanostruktura.

Ushbu maqolada sinterlashda WC-Co asosida donachaning zijlanish mexanizmi va aglomeratsiya natijasida nanozarracha strukturasining yoʻqolishi oʻrganilgan. Uchqun plazmali pishirish WC donalarini qayta sintezlash uchun yechim boʻlishi mumkin, chunki usul tez qizitish, shuningdek, bir oʻqli bosim mavjudligi tufayli samarali hisoblaniladi.

Ключевые слова: твердые сплавы, уплотнения зерен, искровое плазменное спекание, коэрцитивная сила, режущий инструмент, наноструктура.

В данной статье изучены механизм уплотнение зерен на основе WC-Co во время спекания и как вследствие агломерации потеря нанозернистой структуры. Решением повторного осаждения зерен WC может встать метод искрового плазменного спекания, так как метод эффективен быстрым нагревом, а также наличием одноосного давления.

Key words: hard alloys, grain compaction, spark plasma sintering, coercive force, cutting tool, nanostructure.

In this article, the mechanism of grain compaction based on WC-Co during sintering and the loss of nanograin structure due to agglomeration are studied. Spark plasma sintering can be a solution for the re-deposition of WC grains, since the method is effective due to rapid heating, as well as the presence of uniaxial pressure.

Камолова Ирода Одилбековна

– докторант кафедры «Авиационный инжиниринг». Ташкентского государственного транспортного университета.

Сайдахмедов Равшан Халходжаевич

– д.т.н., профессор кафедры «Авиационный инжиниринг» Ташкентского государственного транспортного университета

РЕЛАКСАЦИОННЫЕ МАКСИМУМ ВЗАИМОПРОНИКАЮЩИХ ПОЛИМЕРНЫХ СЕТОК ВПС ИЗ ЭПОКСИДНЫХ И ПОЛИУРЕТАНО ПОЛИМЕРОВ

**С.С. Негматов, Т.У. Улмасов, Н.С. Абед, С.С. Жовлиев, Б. Хаминов, Б.Б. Эшмуротов,
Ж.Н. Негматов**

Введение. Вязкоупругое поведение полимеров обуславливает уникальный комплекс их основных физико-механических свойств. Это поведение наиболее ярко проявляется в области перехода полимеров из стеклообразного в высокоэластическое состояние, где наблюдаются

диффузионные перемещения сегментов цепи, именуемые релаксацией. На температурной зависимости коэффициента механических потерь наблюдается пять областей вязкоупругого поведения полимеров, обусловленные определенным типом молекулярной

подвижности: стеклообразному состоянию отвечают колебания атомных групп (γ -релаксация), переходному - диффузионное перемещение сегментов цепи (α -релаксация); высокоэластическому - быстрые короткие перемещения, замедленные дальние перемещения (γ -релаксация); вязкоупругому течению - проскальзывание зацепления дальнего порядка (δ -переход); вязкому течению - движение макромолекул в целом (δ -релаксация) [1-8].

Протяженность плато переходной области, где проявляется релаксация, сильно зависит от длины молекулярных цепей, что используется иногда для определения молекулярной массы полимеров [1].

Молекулярная подвижность полимеров, кроме влияния температуры, наиболее сильно проявляется в тех случаях, когда время воздействия сравнимо со временем релаксации системы [4].

Процессы механической релаксации в полимерах подразделяются на линейные и нелинейные. Линейные релаксации полимеров не связаны с фазовыми структурными изменениями в полимерах, а определяются лишь перегруппировкой участков молекул при установлении равновесного напряжения. Нелинейные релаксации полимеров наблюдаются при больших напряжениях и деформациях и связаны со структурными изменениями полимеров. Процессы нелинейной релаксации в аморфных и кристаллических полимерах имеют много общего, что позволяет связывать их с наличием в твердых полимерах надмолекулярных образований [6, 7].

Изменение морфологии надмолекулярных структур, а также их преобразование в результате разрушения в процессе деформации образцов, вызывает проявление нелинейных релаксационных свойств [5-7].

Отсутствие стройных молекулярных теорий, описывающих релаксационные явления в полимерах, делает экспериментальное исследование процессов молекулярной релаксации полимеров в широком интервале температур особенно важным, на что нацелено исследование в данной статье.

Целью исследования является изучение релаксационных максимумов взаимопроникающих полимерных сеток (ВПС) из эпоксидных и полиуретановых полимеров.

Объект и метод исследования. Объектом исследования является ВПС на основе эпоксидиановых полимеров и полиуретана. Выбор ВПС обусловлен тем, что наличие гибких макромолекул термопластичного полимера позволяет резко повысить вязкоупругие свойства

системы. При выборе в качестве компонента системы эпоксидных полимеров учитывалось их технологичность, высокая адгезия к подложке, высокий динамический модуль упругости и прочностные характеристики. Вместе с тем у эпоксидных полимеров сравнительно низкие коэффициент механических потерь и ударная прочность.

Исходя из вышеизложенного, в качестве объекта исследования были выбраны: ВПС на основе эпоксидиановых полимеров (из эпоксидных олигомеров ЭД-16, ЭД-20 (ГОСТ 10587-76), ЭИС-1 (ТУ38 1091 76), отвержденные малеиновым ангидридом (ГОСТ 57-58-78) и термопластичные полиуретаны УК-1 и термоэластопласт марки ПР (ТУ38-103-185 -92). Выбор отвердителя малеинового ангидрида обусловлен высокотемпературным отверждением эпоксидных олигомеров в присутствии в системе термопластичного полиуретана. Полиуретан растворяется в эпоксидных олигомерах при повышенных температурах.

В качестве наполнителей были выбраны: каолин (ГОСТ 6138-76) Ангренского месторождения, тальк (ГОСТ 879-76) Завальевского месторождения и графит (ГОСТ 44404-78), которые способствуют повышению механических потерь вследствие внутреннего трения между частицами и приводят к значительному снижению стоимости композиции.

В данном разделе рассматривается методика определения важнейших физико-механических свойств композиционных полимерных материалов.

Адгезионную прочность покрытий на основе исследованных композиций определяли методом отрыва грибков, соединенных между собой связующим на разрывной машине "FR-100/1 (ГДР)".

Микротвердость покрытий на основе исследуемых полимеров и композиций на их основе определяли прибором ПМТ-3, представляющий собой микроскоп с устройством для вдавливания индентора в испытуемый материал под определенной статической нагрузкой.

Микротвердость H_M рассчитывали по формуле:

$$H_M = \frac{KP}{d_1^2} \cdot \text{МПа} \quad (1)$$

где: K - константа прибора, равная 1854;

P - статическая нагрузка H_M ;

d - диагональ отпечатка, образуемого при вдавливании в покрытие под определенной статической нагрузкой, M .

При определении значений микротвердости важно в строго контролируемом диапазоне, выдерживать величину нагрузки P , время нагрузки τ и длительность действия нагрузки $\tau_{дл}$. При определении микротвердости принимали:

$$P=1 \text{ Н}; \tau=15 \text{ с}; \tau_{дл} = 30 \text{ с}$$

Ударную прочность полимерных покрытий определяли на приборе У-2, представляющим собой вертикальный копер.

Прибор состоит из станины, запрессованной в нее наковальни бойка, направляющей трубы, груза и приспособления для сбрасывания груза.

Испытуемая пластинка с покрытием укладывается между наковальней и шариком бойка. Груз в направляющей трубе может быть установлен на любой высоте в пределах до 0,5 м. прочность покрытия при ударе (в Н*м) оценивали по максимальной высоте, с которой падает груз весом 19,6 Н, не вызывая механического разрушения покрытия: отслоения, появления трещин, сколов и деформации на месте удара.

Толщину покрытий измеряли магнитным толщиномером ТИП-10.

Для изучения теплофизических свойств, в частности определения коэффициента теплопроводности нами предварительно был применен стационарный метод определения теплового потока при комнатной температуре - теплотрический метод.

Метод основан на регистрации теплового потока от плоского источника постоянной мощности сквозь испытуемый образец к телу с постоянной температурой.

Температурную зависимость теплопроводности исследуемых полимеров и композиций на их основе изучали динамическим методом.

Экспериментальное определение теплопроводности исследуемых композиций проводилось в диапазоне температур (240-500 К) по ГОСТ 23630.2-79 на приборе ИТ - λ - 400-одном из немногих приборов для теплофизических исследований, выпускаемых нашей промышленностью.

Измерение теплопроводности проводилось на образцах из полимерных композиций λ 15 мм.

Теплопроводность образцов для каждой температуры вычисляли по формуле:

$$\lambda = \frac{h}{P_0} \quad (2)$$

где. h - высота образца: P_0 тепловое сопротивление образца. Тепловое сопротивление образца вычисляли по формуле [9-10].

$$P_0 = \frac{P_0 S (1 + K_c)}{P_T K_T} - P_K \quad (3)$$

где: P_0 - температура образца через каждые 25 К;

P_T - температура на тепломере, выраженная в делениях измерительного прибора;
 S — площадь поперечного сечения, м^2 ;

P_K —поправка, учитывающая тепловое сопротивление контактов и определяемая из градуировки приборов;

K_T -коэффициент пропорциональности, характеризующий эффективную проводимость рабочего слоя, которой определяется из градуировки прибора;

K_C -поправка на теплоемкость образца, определяемая по формуле:

$$K_C = \frac{C_0 M_0}{2(C_0 M_0 + C_0 M_0)} \quad (4)$$

Здесь: C_0 -удельная теплоемкость образца, Дж/(кг.К);

C_c - удельная теплоемкость стержня, Дж/(кг.К)

M_0 —масса образца, кг;

M_c —масса стержня кг.

Обработка всех экспериментальных данных проводилась по известным методам математической статистики.

Результаты исследования и их анализ. В

настоящее время термопластичные полиуретаны, продукты взаимодействия простых и сложных полиэфиров с различными диизоцианатами находят все большее применение в различных отраслях промышленности. По своим характеристикам они близки к высокомолекулярным резиноподобным материалам и обладают высокой гибкостью цепей и особенно высоким коэффициентом механических потерь

Использование термореактивных эпоксидных полимеров в паре с термопластичным полимером, в частности полиуретаном, придает композиции на их основе высокие физико-механические, ударно-прочностные и особенно вязкоупругие свойства, что позволяет получить эффективные вибропоглощающие, звукоизолирующие и демпфирующие материалы для применения в машиностроении и других отраслях промышленности.

Как известно, физико-механические, в том числе вязкоупругие свойства, любого полимера, композиции на их основе существенным образом зависят от температуры окружающей среды.

Исследование температурной зависимости показателя, характеризующего вязкоупругое поведение ВПС композиций на основе эпоксидных и полиуретановых полимеров, коэффициента механических потерь позволяет определить важную эксплуатационную характеристику, ее температуру стеклования, где проявляется основной релаксационный процесс,

обусловленный сегментальной подвижностью цепей.

Взаимное проникновение структур, осуществляемое на надмолекулярном уровне и происходящие при этом изменения в структуре полимеров, составляющих систему, в процессе формирования новой структуры должно несомненно повлиять на сегментальную подвижность цепей, следовательно, на их температуру стеклования.

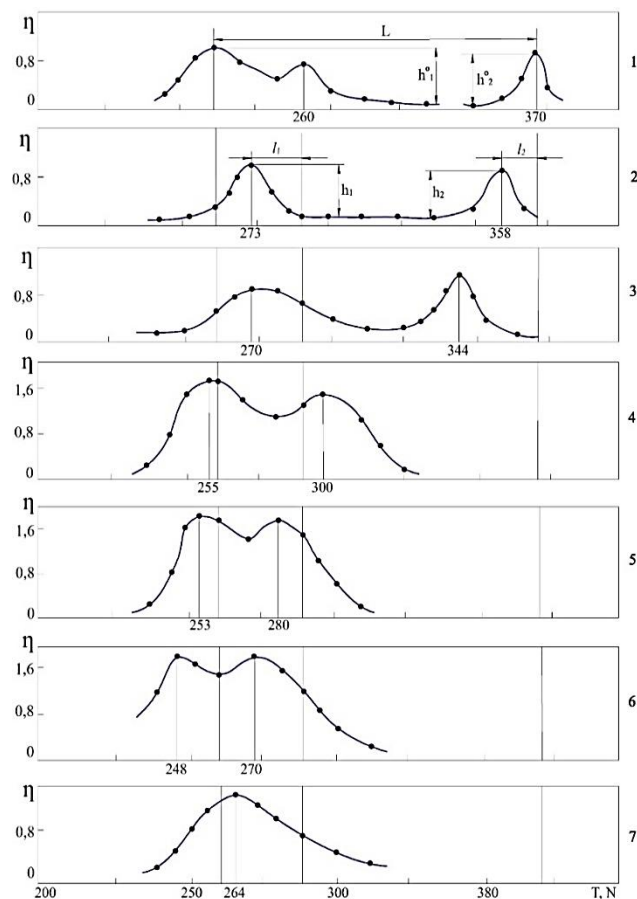
На рисунке 1 приведены результаты исследований зависимости релаксационных максимумов системы ЭД:ПУ от температуры их стеклования.

Как видно из рис. 1, динамические механические спектры ВПС релаксационных максимумов показали, что температура стеклования гомополимеров, составляющих систему, сдвигаются и приближаются друг к другу.

Максимумы коэффициента механических потерь компонентов несколько уменьшается до соотношения ЭД:ПУ 70:30. Начиная с этого соотношения до соотношении УД: ПУ 80:20, наблюдается резкое увеличение максимумов коэффициента механических потерь компонентов в системе в целом.

Наблюдаемое смещение положения температуры стеклования компонентов системы и приближение их друг к другу является следствием взаимного проникновения структур. Макромолекулы эпоксидного полимера, точнее его сетчатая структура служит для полиуретана как наполнитель.

Следовательно, температура стеклования полиуретанового составляющего ВПС смещается в сторону более высоких температур. Гибкие макромолекулы термопластичного полиуретана играют роль пластификатора для эпоксидного полимера, а также способствует увеличению дефектов в пространственной сетке жесткого компонента. Эти обстоятельства приводят к смещению температуры стеклования эпоксидного полимера в сторону более низких температур. Чем больше содержание полиуретана в системе, тем больше несовершенства эпоксидной сетки и его температура стеклования смещается в сторону более низких температур. При соотношении компонентов в смеси, равном 65:35 (ЭД:ПУ), наблюдается смещение температуры стеклования полиуретана в сторону более низких температур настолько, что она оказалась ниже, чем температура стеклования чистого полиуретана (рис. 1). Это обусловлено разрушением крупных надмолекулярных структур полиуретана и уменьшением плотности упаковки макромолекул в системе.



Соотношение компонентов: 1-ПУ-100%, ЭД-100%;
ЭД:ПУ 2- 85:15; 3- 75:25; 4 – 65:35; 5 – 60:40; 6 –
50:50; 7 – 30:70.

Рис. 1. Зависимость релаксационного процесса композиции от температуры стеклования ВПС композиции и покрытий на их основе

Резкое увеличение величины коэффициента механических потерь ВПС в целом, начиная с соотношения компонентов 65:35 (ЭД:ПУ), обусловлено увеличением взаимодействия между макромолекулами и надмолекулярными структурами гомополимеров, составляющих систему, при отсутствии химической связи между ними.

При содержании компонентов, равном 40:60 (ЭД:ПУ), взаимодействия между макромолекулами гомополимеров вследствие прерывности эпоксидной фазы уменьшается, следовательно, величина коэффициента механических потерь уменьшается, наблюдается некоторое увеличение величины динамического модуля упругости системы.

Таким образом, можно утверждать, что в данной металлополимерной системе имеет место взаимное переплетение макромолекул двух разнородных полимеров и свойства, которых существенно отличается от свойств составляющих систему полимеров.

Эксперименты показали, что к такому же выводу можно прийти, анализируя не только релаксационные, но и резонансные максимумы.

С.Б. Мирзажоннова, Б.Б. Юсупов, Н.У. Хасанова, Л.А. Буранов, Х.С. Аслонов. Извлечения металлов из техногенных отходов гидрометаллургическим способом	96
И.Н. Нугманов, Х.Х. Бобоев, Р.Х. Муродқосимов. Природа сверхпластического течения и ползучести.....	99
Б.К. Тиладов. Технологические процессы получения газифицируемых пеномоделей и стальных зубьев борона с износостойким твердосплавным покрытием и последующим упрочнением.....	101
У.К. Уринов, Д.Р. Атакузиева, А.М. Батиров. Технологические возможности получения газообразного сырья для процесса фишера тропша из биомассы	105
А.А. Юсупов, Б.М. Сайдумаров, С.С. Файзуллаев. Технология термоциклической обработки для повышения износостойкости зубчатых колес	108
Ш.Т. Тошматова, Н.Д. Тураходжаев, Н.Х. Таджиев, Ф.М. Махмудов. Микротўлқинли печи ёрдамида алюминий қотишмасини суюқлантириш технологияси	111
О.М. Ёқубов, А.С. Хасанов, И.С. Умаралиев, Х.Ю. Джумаева, Ж.Б. Суннатов, М.М. Якубов, Ш.А. Мухамеджанова. Обогащение и переработка техногенных образований на АО «Алмалыкский ГМК»	113
R.A. Abdirahimova, S.T. Yulchieva, Z.A. Smanova. Analytical application of modified polymer sorbents from waste fiber "nitron"	117
С.С. Бектурганова, С.Ф. Фозилов, Ж.О. Бобоев, Х.С. Фозилов, У.К. Уринов, Д.Р. Атакузиева. Шўртан газ-кимё мажмуаси иккиламчи маҳсулотидан метилэтилкетонни олиш ва тозалаш усуллариини такомиллаштириш	119
А.А. Сарымсаков, Х.Э. Юнусов, М.М. Мирхалисов, В.Е. Агабеков, Ж.В. Игнатович. Воздухопроницаемый антибактериальный биоматериал со стабилизированными наночастицами серебра	123
Sh.A. Axmedova, N.D. Turaxodjayev, Sh.N. Saidxodjayeva. Additiv texnologiyalar yordamida ishlab chiqarilgan suyuqlantrib oluvchi modellar (LVM) yordamida quyma ishlab chiqarish texnologiyasi	127
Ж.М. Бегатов, М.С. Эргашев. Влияние режимов низкотемпературной нитроцементации на структуру и свойства стали X12Ф1	129
М. Каршиев, А. Саттаров, Ш. Мустафоев, Т. Пардаев, А.А. Етмишев. Технология получения фильтрующих элементов для очистки моторного масла автомобиля марки ISUZU методом осаждения в пористую заготовку из газопылевого потока воздуха с анизотропной структурой и внедрение их в промышленность.....	132
О.Г. Абдуллаев, А.В. Умаров. Тўйинмаган полиэфир смоласи ва «фарғонаазот» аж да ҳосил бўладиган қаттиқ чиқинди асосида автошпатлевка ишлаб чиқариш технологиясини йўлга қўйиш	135
4. Прикладные, экономические и экологические аспекты применения композиционных материалов	
Б.М. Абдураимов, А.И. Худойбердиев. Сополимеры в качестве структурообразователей для фарфоровой массы... ..	140
Н.А. Кадилов, М.Н. Мусаев, В.В. Зайниддинов. Саноат чиқиндилардан иккиламчи хом-ашё сифатида фойдаланишнинг замонавий усуллари	143
Д.Б. Саидмирзаева, Ш.П. Нуруллаев, И. Рўзматов, З.С. Алихонова, Х.С. Толипова, Ш. Қўзибоев. Магнит хоссали композицион адсорбентлар билан оқова сувларни нефть маҳсулотларидан тозалаш	145
К.М. Муртазаев, Х.Г. Азимов. Ёнғиндан ҳимояловчи, қавариқланадиган полимер композитларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини тадқиқ этиш	148
А.Г. Анисович, Т.Ж. Кодиров, У.О. Худанов, М.И. Маркевич, В.И. Журавлева, У.Б. Нуриддинов. Создание композиционных материалов на основе натуральной кожи	154
Д.Ш. Шакарова, Ч.К. Бегимкулова, А.Б. Ибрагимов. Наногибридный хитозан-кремнеземный адсорбент для извлечения ионов тяжелых металлов из загрязненных вод	157
Н.А. Игамкулова, Ш.Ш. Менглиев, Ш.А. Омонов. Саноат сорбентларининг деградацияга учраш сабабларини аниқлаш	160
М.Р. Амонов, К.А. Равшанов, М.И. Рахмонов, М. Бакаева. Битумные композиции на основе госсипола	162
Ж.К. Мухамедов, С.М. Турабжанов, Н.К. Насирова, К.Г. Мухамедов. Технология очистки сточных вод кожевенного производства	165
F.B. Isakulov, S.B. Raximov, Z.A. Smanova, Q.K. Arifjanov, B.R. Ummatova. O'zbekistondagi tabiiy kaolinlarni temir va titan birikmalaridan tozalash va boyitish	168
И.О. Камолова, Р.Х. Сайдахмедов. Формирование наноструктуры на основе твердого сплава WC-CO искровым плазменным спеканием	170
5. Методы исследования, приборов и оборудования композиционных материалов	
С.С. Негматов, Т.У. Улмасов, Н.С. Абед, С.С. Жовлиев, Б. Хаминов, Б.Б. Эшмуротов, Ж.Н. Негматов. Релаксационные максимум взаимопроникающих полимерных сеток впис из эпоксидных и полиуретано полимеров... ..	173
Ш.Ш. Ахмадалиев. Кучланган-деформацияланган холат экспериментал тадқиқот усуллариининг таҳлили	177
М.Н. Мусаев, В.В. Зайниддинов, Н.А. Кадилов. Методы эффективного использования промышленных отходов автомобильной промышленности	179
A.SH. Bekmirzayev, D.A. Xandamov, R.J. Eshmetov, X.S. Talipova. Qo'ng'irtog' bentonitlarining aminlangan na'munalarini iqtisodiy-spektroskopik ko'rsatkichlari	181
Sh.P. Shumkarova, M.N. Rajapova. Comprehensive assessment of the quality of rubber-fabric jersey of different assortment	185
Ш.Ш. Менглиев, Н.А. Игамкулова, Г.А. Хакимова, Ж.Р. Эргашев. Определение качественного и количественного состава сивушных масел методом газожидкостной хроматографии	188
М. Каршиев, А. Саттаров, К.И. Юнусалиева, Ж.М. Бегатов, А.А. Етмишев. Регенерация фильтров для очистки питьевых вод из металлических порошков бронзы методом ультразвука	190
M. Ergashev, Z.Sh. Sadullayev, L.M. Raufov, A.A. Abdukaxxarov. Yeyilgan detallarni qayta tiklashning zamonaviy usullari	192