

Т.Ю. Никонова<sup>1</sup>, Г.С. Жетесова<sup>1</sup>, О.М. Жаркевич<sup>1</sup>,  
А.А. Скаскевич<sup>2</sup>, Н.Д. Стрекаль<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова,  
Караганда, Казахстан

<sup>2</sup>Гродненский государственный университет имени Янки Купала, Гродно, Беларусь  
E-mail: \*zharkevich82@mail.ru

## О возможности применения песчано-полимерных композиционных материалов в изделиях машиностроительного назначения

**Аннотация.** В статье приведены изделия машиностроительного назначения, в которых применяются полимерные композиционные материалы. Данные изделия работают в условиях трения, динамических нагрузках, агрессивных химических средах. Полимерные композиционные материалы используют из-за высоких деформационно-прочностных характеристик и штампующести изделий. Изделия из песчано-полимерных композитов образуются при прохождении нескольких технологических стадий. Ввиду достаточной термостабильности в качестве полимерного связующего для изготовления деталей в машиностроении могут быть использованы термопласты класса полиолефинов. Для деталей, работающих в условиях высокой упругости можно применять высоконаполненные композиты. Песчано-полимерные композиты на основе полиэтилентерефталата имеют повышенные деформационно-прочностными характеристики. Такие композиты обладают высокой стойкостью к воздействию агрессивных сред. Большой эффективностью обладают высоконаполненные кварцесодержащие композиты с полигидроксиэфиром. Основными компонентами песчано-полимерных композитов являются кварцевый песок и гравийные смеси. Деформационно-прочностные свойства полученных полимерных композитов зависят от состава наполнителей их фракций. Применение смазок и пластификаторов улучшает термоформирование композита из-за повышения текучести расплава. Увеличение содержания функциональных добавок вместе с увеличением кварца в композите вызывает снижение его прочностных свойств. Важным этапом в технологии производства изделия машиностроительного назначения является смешивание компонентов песчано-композитного материала. Смешивание происходит различными способами: сухое смешение дисперсных компонентов и компаундирование компонентов композита с получением суперконцентратов.

**Ключевые слова:** полимер, композиционный материал, полиэтилентерефталат, кварцевый песок.

DOI: [doi.org/10.32523/2616-7263-2023-144-3-89-99](https://doi.org/10.32523/2616-7263-2023-144-3-89-99)

### 1. Введение

Традиционным подходом при разработке и изготовлении корпусных изделий в машиностроении является применение металлических материалов трубного и листового прокатов, а также перерабатываемых методами литья. При этом создание конструкций сложной конфигурации предполагает применение конструкционных, легированных и углеродистых сталей с использованием технологий металлообработки и сварки. Такие

конструкции часто нуждаются в использовании эффективных методов их защиты от воздействия коррозионных и абразивных факторов эксплуатации, вызывающих их нарушение режимов эксплуатации узлов и механизмов и их разрушение. Например, при повреждении конструктивных элементов роликов ленточных конвейеров нарушается режим их работы, происходит разрушение подшипникового элемента и торможение ролика, что, в свою очередь, влечет увеличение интенсивности изнашивания транспортёрной ленты и уменьшение ресурса ленточного конвейера.

Ролики являются одним из основных компонентов ленточных конвейеров. Существует большое число конструкций роликов, используемых в ленточных конвейерах с различными параметрами эксплуатационных характеристик. Важным сегментом этих конструкций являются металлополимерные ролики (рисунок 1), у которых отдельные элементы выполнены из полимерных или композиционных материалов различного состава и технологии получения и переработки [1, 2].



Рисунок 1. Металлополимерные ролики конвейера

Среди достаточно широкой номенклатуры полимерных и композиционных материалов для изготовления конструктивных элементов металлополимерных роликов особую перспективу имеют термопласты, которые характеризуются сочетанием достаточно высоких параметров деформационно-прочностных характеристик и технологичности переработки в изделия с использованием высокопроизводительного оборудования – экструдеров и термопластавтоматов [3-7].

Полимерные композиционные материалы используются также при изготовлении полиамидных корпусов подшипников (рисунок 2). Эти материалы обеспечивают устойчивость подшипников к агрессивным химическим веществам, низкие эксплуатационные расходы, малый вес и низкое трение.

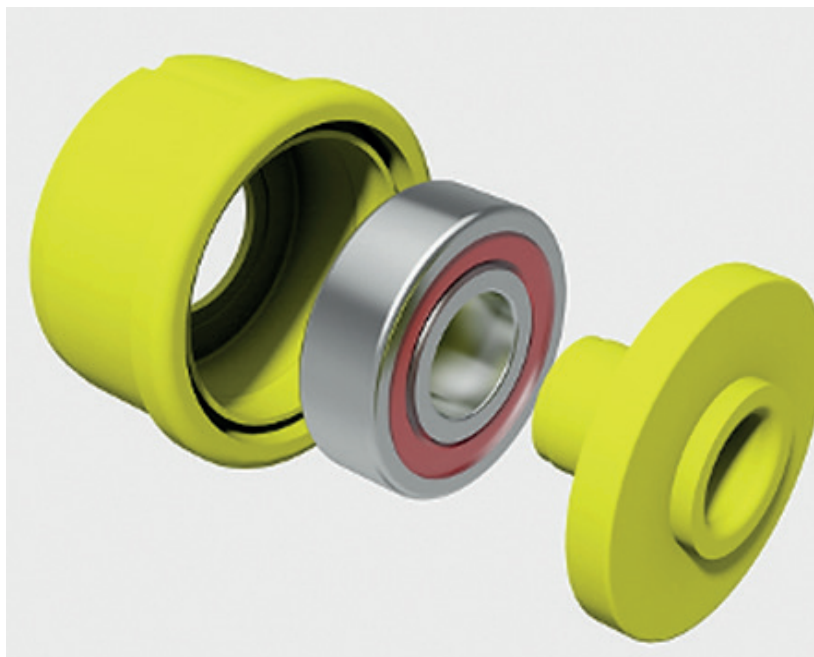


Рисунок 2. Полиамидный корпус подшипника

Также полимерные композиционные материалы применяются при изготовлении:

- манжет;
- грязесъемников;
- направляющих станков;
- тормозных колодок;
- шкивов, маховиков;
- зубчатых и червячных колес.

Полимерные композиционные материалы обеспечивают достижение оптимального сочетания эксплуатационных характеристик конструкционных изделий и их экономической эффективности.

Современные проблемы экологической безопасности окружающей среды вынуждают производителей и переработчиков пластмасс заниматься поиском эффективных способов утилизации и рециклинга отходов. Достигнуты определенные успехи в создании и внедрении в производство машиностроительной продукции полимерных композитов на основе регенерированных термопластов. Переработка полимерных отходов при использовании современных технологий рециклинга позволяет получать промышленные продукты с параметрами деформационно-прочностных и реологических характеристик, близких к первичным, при существенно более низкой стоимости, что повышает эффективность их применения для изготовления машиностроительной продукции различного функционального назначения [8]. Вместе с тем, широкий диапазон использования полимерных композитов в самых сложных конструкциях изделий для различных условий их эксплуатации требует расширения марочного ассортимента полимерных и композиционных материалов на основе термопластов для обеспечения оптимальных технических и экономических параметров.

Поэтому целью статьи является проведение анализа физико-механических свойств песчано-полимерных композиционных материалов в изделиях машиностроительного назначения для последующего совершенствования состава и технологического обеспечения их производства и переработки.

## 2. Методы исследования

На основании литературного обзора определено, что существуют составы полимерных композиционных материалов на основе регенерированных термопластов, модифицированных термоэластопластичными полимерными компонентами, применяемыми в производстве изделий для сферы машиностроения (Беларусь, Россия). В качестве основы таких композитов применяют регенерированный полипропилен производства ОАО «Белвторполимер» (Республика Беларусь), получаемый экструзионной технологией рециклинга амортизированных изделий различного вида. Например, корпус подшипникового узла многие производители конвейерных роликов (Е-конвейер (Россия), «Иркутские конвейерные системы» (Россия) ЗАО «СИПР» (Беларусь)) выполняют не только из стали, но и из полимерных композиционных материалов различного состава, в том числе с применением термопластичных регенерированных пластиков.

Для анализа технологической схемы получения изделия из полимерных материалов использован метод последовательного развертывания.

Для установления качественных характеристик песчано-полимерных смесей применялся критерий оптимальности.

## 3. Результаты и обсуждение

Применяемые в настоящее время технологии получения изделий на основе песчано-полимерных композитов отличаются многостадийностью [6, 9, 10, 11], длительными по времени операциями нагрева полимерной массы при получении высоконаполненной композиционной системы и охлаждения после формования полученного массивного изделия из приготовленной массы расплава полимерного композиционного материала. Общая схема получения изделия из полимерных материалов представлена на рисунке 3.

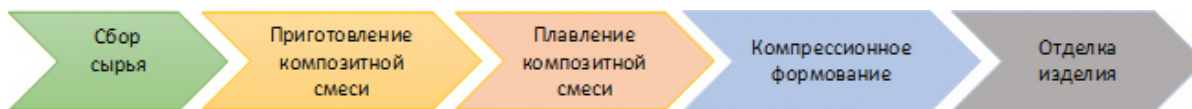


Рисунок 3. Технологическая схема получения изделия из полимерных материалов

Как следствие, производство изделий в указанной последовательности термического воздействия не отличается высокой производительностью и, как правило, изделия характеризуются высокой стоимостью при относительно невысоких материальных затратах на компоненты. Получаемые конструкции на основе песчано-полимерных композитов не отличаются разнообразием конструктивных форм, применением тонкостенных элементов вследствие технологических требований обеспечения равномерного течения массы расплава по оформляющим полостям оснастки при формовании изделий.

При этом качество и равнопрочность полученного изделия должны определяться рядом важных факторов:

- высоким значением показателя текучести расплава связующего;
- отсутствием примесей иных полимерных компонентов, твердых примесей и включений в составе связующего;
- фракционным распределением частиц твердого наполнителя;
- активным взаимодействием поверхности раздела фаз наполнителя и связующего.

В литературных источниках содержится достаточно информации о применении песчано-полимерных композиционных составах для изготовления различных изделий конструкционного назначения. При этом чаще всего в качестве полимерного связующего

указанных композитов авторы предлагают применять термопласты класса полиолефинов [12] по причине достаточной термостабильности последних в широком диапазоне температур (150...350 °С).

Чаще всего термомеханическое смешение компонентов песчано-полимерных композитов реализовано в смесителях открытого типа при беспрепятственном доступе кислорода воздуха. Протекающие при этом процессы окисления полимера приводят к образованию радикальных продуктов, являющихся активными центрами взаимодействия связующего с наполнителем [13, 14] на основе полипропилена характеризуются высокими значениями показателя текучести расплава, более высоким уровнем деформационно-прочностных параметров и низкими значениями термической усадки [15].

Полимерные матрицы класса полиолефинов, являющиеся неполярными веществами, плохо взаимодействуют с различными наполнителями, в том числе с кварцем. Однако модификация полимерного связующего малеиновым ангидридом в результате привитой сополимеризации с дальнейшей шшивкой макромолекул решает проблему снижения прочностных характеристик высоконаполненных композитов на основе полиолефинов [15]. Высоконаполненные композиты на основе полипропилена, содержащие дисперсные отходы переработки железных руд (оксид кремния не менее 20%), отличаются высоким модулем упругости. При этом авторы отмечают необходимость применения дополнительных способов повышения межфазного взаимодействия полипропилена и наполнителя.

В последние годы отмечается расширение номенклатуры песчано-полимерных композитов на основе полиэтилентерэфталата (ПЭТФ), отличающихся повышенными деформационно-прочностными характеристиками и стойкостью к воздействию агрессивных сред. Большой объем отходов ПЭТФ и их доступность позволяют применять полученные композиты для производства изделий машиностроительного назначения [16,17]. Так, в работе [18] отмечена эффективность модифицирования ПЭТФ добавками полигидроксиэфир бисфенола А, способствующего структурированию и, как следствие, к повышению прочности (до 20%) и термостойкости (до 25 °С). Отмечается эффективность модифицирования высоконаполненных составов кварцсодержащих композитов на основе ПЭТФ полигидроксиэфиром [16]. Кроме того, высокие значения модуля упругости высоконаполненных композитов на основе ПЭТФ сочетаются с высокой стойкостью поверхности изделий к абразивному изнашиванию [19]. Обладая высокими реологическими характеристиками ПЭТФ связующее обеспечивает эффективную пропитку многокомпонентных композиционных систем, например, «кварцевый песок+древесина», содержащих до 80% наполнителя [9]. При этом отмечается необходимость модифицирования поверхности наполнителя для улучшения поверхностных физических свойств компонентов композита.

Основным наполнителем песчано-полимерных композитов является кварцевый песок, а также гравийные смеси. При этом уровень деформационно-прочностных показателей получаемых полимерных композитов будет определяться фракционным составом наполнителей. В литературе чаще всего упоминают использование горного, карьерного и речного песков [12, 17] с размерами дисперсных частиц миллиметрового, микрометрового и нанометрового диапазонов. При этом химический состав наполнителя, форма частиц и его физические характеристики определяются его происхождением. Следует отметить, что определяющее влияние на механические свойства полученных песчано-полимерных композитов оказывают фракционный состав и активность наполнителя. Наиболее эффективны в структурообразовании полимерной матрицы фракции с размером частиц кварцсодержащего наполнителя в пределах 10-500 мкм [17] при его предельном содержании в составе композита до 90-92 мас.%. Эффективность упрочнения дисперсного кварцсодержащего наполнителя определяется размером частиц (10-50 мкм) и их содержанием (до 25%) и может достигать 30 %. При этом введение в состав связующего фракций наполнителя с размерами менее 1 мкм при концентрациях более 3 -5 мас.%

вызывает загущающий эффект, что отражается в снижении показателя текучести расплава (ПТР) полимера, и, как следствие, – ухудшает гомогенное распределение наполнителя в матрице, вызывает агломерацию частиц наполнителя. Такой эффект особенно актуален для вязких полимерных материалов, таких, как полиэтилен высокого давления и его регенераты [11]. С другой стороны, активность наночастиц кварца способствует структурированию матрицы и снижению подвижности сегментов макромолекул полимерного связующего, что проявляется в повышении жесткости и предела прочности при сжатии полимерного композиционного материала в сравнении с исходным [20].

С целью повышения совместимости полимерного связующего и наполнителя последний подвергают обработке аппретирующими составами, обеспечивающими повышение адгезионного взаимодействия на границе раздела фаз компонентов композиционной системы, что, в свою очередь, проявляется в повышении физико-механических характеристик полимерных композитов. Выбор аппрета в случае песчано-полимерных композитов определяется природой полимерного связующего. Для увеличения активности взаимодействия поверхности кварцевого наполнителя в состав композитов на основе полиолефинов вводят аппреты на основе кремнийорганики, например, аминоэтиламинопропилтриметоксисилан, 2-метил-5-метилдиэтил-силлил-2-(метиленокси-1,3-диоксолано)-пентан, гаммафеноксипропилтриизоамидоксисилоном. Кроме того, содержание связующего и длительность операции смешения компонентов композиции, а также давление прессования оказывают прямое влияние на показатель пористости материала, что позволяет успешно применять полученные композиты не только в качестве конструкционных, но и функциональных, например, для фильтрации [8].

Показано [21], что стеарат кальция практически не оказывает влияния на величину ПТР, а наиболее эффективным является введение стеариновой кислоты в состав полиэтилена высокого давления. Интересно отметить, что при повышении содержания стеариновой кислоты до 3% мас. для композиции с 50 мас. % содержанием мела ПТР повышается. Необходимо отметить, что при использовании смеси стеарата кальция и стеариновой кислоты (в соотношении 2:1) в количестве до 3% мас. ПТР композиции существенно превышает ожидаемые аддитивные значения, что может быть связано с взаимодействием между компонентами. Одновременное использование стеариновой кислоты с другими технологическими добавками, в частности, с стеаратом кальция, хорошо известно для композиций на основе поливинилхлорида [22], но не используется для полиэтиленовых композиций.

Введение в состав песчано-полимерного композита на основе полипропилена компатибилизатора, например, сополимера полипропилена с малеиновым ангидридом, обеспечивает повышение совместимости компонентов композиционной системы «полипропилен-кварц», а применение технологических смазок и пластификаторов улучшает способность композита к термоформованию посредством повышения текучести расплава [15]. При этом рост содержания функциональных добавок наряду с увеличением содержания кварца вызывает пропорциональное снижение прочностных параметров композита.

Для снижения интенсивности процессов деструкции полимерной матрицы и последующей потери прочности в ходе переработки композитов в изделия в их состав вводят антиоксиданты, способствующие ингибированию термоокислительных реакций.

Большое влияние на эксплуатационные характеристики высоконаполненных полимерных композитов оказывает технология их формирования и переработки. Основным этапом технологии совмещения компонентов песчано-полимерных композитов является их смешение. В технологии пластмасс существует практика введения небольших количеств добавок (пигментов, стабилизаторов и т.д.) в виде концентрата модификатора в полимере. Преимуществом этого способа является повышенная точность дозирования компонентов и более равномерное их распределение. Для смешения компонентов высоконаполненных песчано-полимерных композитов применяют высокоскоростные

термокинетические смесители с изолированными камерами [8], инъекционную пластикацию, экструзию [23] и вальцевание [21]. При этом дисперсные компоненты наполнителя и модификаторов предварительно подвергаются сухому смешению в смесителях [21, 23], например, через бункер загрузки или дозирующие устройства в процессе экструзии полимерного композита. Наряду с сухим смешением дисперсных компонентов, используют компаундирование компонентов композита с получением суперконцентратов. В работе [24] авторы предлагают производить криогенное измельчение полимерного связующего, что при подготовке композиционного смесового состава обеспечивает равномерное распределение компонентов в процессе последующего компрессионного термопрессования листовых заготовок композиционного материала.

Таким образом, важным при применении песчано-полимерных композиционных материалов в производстве изделий машиностроительного назначения необходимо учитывать физико-механические свойства композитов и технологию их изготовления и переработки.

#### 4. Выводы

Введение повышенного содержания кварцевого наполнителя обеспечивает увеличение подвижности дисперсных частиц в связующем, в том числе за счет обработки их поверхности аппретирующими составами, что воспрепятствует агрегированию частиц наполнителя и обеспечит формирование малодефектной структуры с максимально возможной степенью плотности композита.

Высоконаполненные композиционные полимерные материалы на основе термопластичных связующих преимущественно перерабатывают методами экструзии (получение композитов и полуфабрикатов) и термопрессования (получение полуфабрикатов и изделий).

Создание технологии переработки песчано-полимерных композиционных материалов и совершенствование состава их физико-механических свойств даст возможность повысить технико-экономические показатели машиностроительных изделий и технологического оборудования, производимого в Республике Казахстан и в Республике Беларусь, повысить уровень использования регенерированного полимерного сырья и расширить перечень отечественной продукции, выпускаемой для нужд машиностроения.

#### Подтверждения

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант по теме ИРН № АР19680121 «Разработка составов песчано-полимерных композиционных материалов и технологического обеспечения их переработки в изделия машиностроительного назначения»).

#### Список литературы

1. Токменинов К.А. Эффективность освоения полимерных композиционных материалов в промышленности // Russian Economic Bulletin, 2018, Том 1, №3. – С.12 -17.
2. Ковалева С.А., Жорник В.И., Витязь П.А., Григорьева Т.Ф., Восмерилов С.В., Ляхов Н.З. Механосинтезированные наполнители на основе железа и их влияние на структуру высоконаполненных полимерных порошков СВМПЭ: сб. науч. ст. по материалам III Всероссийск. конф., Новосибирск, 1-5 октября. 2019. – С.221.
3. Актуальные проблемы прочности / Междунар. науч. конф. – Витебск, 25-29 мая, 2020. – 400 С.
4. Физико-механические и термомеханические свойства пластифицированных высоконаполненных композитов на основе полипропилена и кварца: науч. ст., Гаида Рауф Азизбеги // Нефтегазовое дело, 2023, No 2. – 118 с.

5. Yern Chee Ching, Nai-Shang Liou Effects of high temperature and ultraviolet radiation on polymer composites //Composites Science and Engineering, 2019, P. 407-426
6. Состав для изготовления водопроводных труб: пат. RU 2 127 393. Заявит.: Самарский гос. тех. унив. – Опубл. 10.03.1999.
7. Влияние добавки углеродных нанотрубок на физико-механические характеристики высоконаполненных полимерных систем: сб. науч. ст. //Минск: БГТУ, 2016. – 39–40.
8. Федоров Ю.И., Михайлов А.С., Ившин С.С., Гибадуллин И.З., Кравченко Э.Ф., Динисламова А.А. Композиционные высоконаполненные составы с полимерной дисперсионной средой // Композиционные высоконаполненные составы с полимерной дисперсионной средой: тез. докл. и сообщений. – С.129.
9. Смесь для получения изделий из композиционных материалов: пат. RU 2 270 870. / В.А. Лукасик, Ю.А. Анцупов, Н.В. Сычев, В.П. Медведев, В.В. Лукьяничев, Д.В. Медведев. – Опубл.27.02.2006.
10. Карпов И.А., Савельева М.О. Материалы, применяемые в производстве песчано-полимерных литейных форм методом селективного отверждения песчаной смеси; сравнение их свойств, характеристик и особенностей // Всероссийская научно-техническая конференция студентов «Студенческая весна 2016». – С.1-2.
11. Курбанова Р.В. Аппретирированные полимерные наноккомпозиты на основе полиэтилена низкой плотности и кварца //Пластические массы, №9-10, 2018. – С.44–46.
12. Песчано-полимерный материал: заявка RY 2000116996/12 / А.М. Тарасенко, А.И. Жуков, М. Манес. – Опубл. 20.07.2001.
13. Черезова Е.Н. Старение и стабилизация полимеров: учебное пособие. Ч. 1 / Е.Н. Черезова, Н.А. Мукменева, В.П. Архиреев; М-во образ. и науки России; Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2012. – 140 с.
14. Кочеткова А. С., Семенова В. А., Соснов Е. А., Малыгин А. А. Влияние строения химически привитых к поверхности полиэтилена двухкомпонентных титан-фосфороксидных наноструктур на свойства композиции //Журнал прикладной химии, 2020, Т. 93, № 8. – С. 1150-1159.
15. Стабилизированный компонент на основе тальконаполненного полипропилена: пат. RU 2 515 437 / Ю. Браун, Й. Вольфшвенгер. – Опубл. 10.05.2014.
16. Композиционный материал: пат. RU 2 631 452. / Т.Н. Стородубцева, А.А. Аксомитный. – Опубл. 22.09.2017.
17. Стородубцева Т.Н., Медведев, И.Н., Бурякова, А.А. Влияние концентрации компонентов в древесном полимерном песчаном композиционном материале на устойчивость к сжатию / сб. ст. Воронежск. гос. лесотехнич. ун-т. 2022. – С.235-242.
18. Беева Д.А., Микитаев А.К., Барокова Е.Б., Беев А.А., Борисов В.А., Якокутова А.А. Полимерный композит на основе полиэтилентерефталата //Фундаментальные исследования, 2013, № 10. – С. 2878-2881.
19. Chand N., Naik A., & Neogi, S. Three-body abrasive wear of short glass fibre polyester composite //Wear, 2000, 242(1-2). – P. 38–46
20. Саскевич А.А. Механизм модифицирующего действия ультрадисперсных кластеров синтетического углерода //Материалы, технологии, инструменты, 2000, Т.5, №2. – С. 47-51.
21. Дудочкина Е.А. Закономерности формирования структурно-механических свойств высоконаполненных полиолефиновых композиций: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.06. – М., 2019. – 154 с.
22. Нифталиев С.И., Лыгина Л.В., Перегудов Ю.С., Прокофьева Л.А. Исследование реологических свойств композиций на основе ПВХ //Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий, 2014, №2. – С.132-134.
23. Yıldırım K., FurkanYıldırım, Y., Wood and Quartz Substituted Composite Material Characteristics / Korkmaz Yıldırım, Yüksel FurkanYıldırım // BioResources, 2021, 16(2). – P. 3607–3622.
24. Preparation and Characterization of Polymer/Silica Nanocomposites via Double In Situ Miniemulsion Polymerization: essential essays / Jianan Zhang, Nannan liu, Mozhen Wang, Xuewu Ge, Mingyuan Wu, Jianjuan Yang, Qingyun Wu, Zhilai Jin. – Mode of access: <http://www.interscience.wiley.com>, 2009.



## Құмды-полимерлі композициялық материалдарды машина жасау бұйымдарында қолдану мүмкіндіктері

Т.Ю. Никонова<sup>1</sup>, Г.С. Жетесова<sup>1</sup>, О.М. Жаркевич<sup>1</sup>, А.А. Скаскевич<sup>2</sup>, Н.Д. Стрекаль<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ө. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан

<sup>2</sup> Янки Купала атындағы Гродно мемлекеттік университеті, Гродно, Беларусь

**Аңдатпа.** Мақалада полимерлі композициялық материалдар қолданылатын машина жасау бұйымдары келтірілген. Бұл бұйымдар үйкеліс жағдайында, динамикалық жүктемелерде, агрессивті химиялық ортада жұмыс істейді. Полимерлі композициялық материалдар жоғары деформациялық-беріктік сипаттамаларына және бұйымдардың штампталуына байланысты қолданылады. Құм-полимерлі композиттерден жасалған бұйымдар бірнеше технологиялық кезеңдерден өткен кезде пайда болады. Термиялық тұрақтылықтың жеткілікті болуына байланысты полимерлі байланыстырғыш ретінде машина жасауда бөлшектер жасау үшін полиолефин класындағы термопластиктерді қолдануға болады. Жоғары серпімділік жағдайында жұмыс істейтін бөлшектер үшін жоғары толтырылған композиттерді қолдануға болады. Полиэтиленерэфталға негізделген құм-полимерлі композиттерде жоғарылатылған деформациялық-беріктік сипаттамалары бар. Мұндай композиттер агрессивті орталардың әсеріне жоғары төзімділікке ие. Полигидроксиэфірі бар жоғары толтырылған кварцты композиттер үлкен тиімділікке ие. Құм-полимерлі композиттердің негізгі компоненттері – кварц құмы мен қиыршықтас қоспалары. Алынған полимерлі композиттердің деформациялық-беріктік қасиеттері олардың фракцияларының толтырғыштарының құрамына байланысты. Майлағыштар мен пластификаторларды қолдану бақытпаның аққыштығының жоғарылауына байланысты композиттің термиялық қалыптасуын жақсартады. Композиттегі кварцтың жоғарылауымен функционалды қоспалардың құрамының артуы оның беріктік қасиеттерінің төмендеуіне әкеледі. Машина жасау мақсатындағы өнімді өндіру технологиясының маңызды кезеңдері құм-композиттік материалдың компоненттерін араластыру болып табылады. Араластыру әртүрлі жолдармен жүреді: дисперсті компоненттерді құрғақ араластыру және суперконцентраттар алу үшін композиттік компоненттерді құрастыру.

**Түйін сөздер:** полимер, композициялық материал, полиэтиленерэфталат, кварц құмы.

## Possibilities of using sand-polymer composite materials in engineering products

T. Nikonova<sup>1</sup>, G. Zhetessova<sup>1</sup>, O. Zharkevich<sup>1</sup>, A. Skaskevich<sup>2</sup>, N. Strecal<sup>2</sup>

<sup>1</sup>A. Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

<sup>2</sup>Yanka Kupala Grodno State University, Grodno, Belarus

**Abstract.** The article presents products for machine-building purposes, in which polymer composite materials are used. These products operate under friction, dynamic loads, aggressive chemical environments. Polymer composite materials are used because of the high deformation-strength characteristics and stamping of products. Products from sand-polymer composites are formed during the passage of several technological stages. Due to sufficient thermal stability, thermoplastics of the polyolefin class can be used as a polymer binder for the manufacture of parts in mechanical engineering. For parts operating under conditions of high elasticity, highly filled composites can be used. Sand-polymer composites based on polyethylene terephthal have increased deformation and strength characteristics. Such composites are highly resistant to aggressive media. Highly filled quartz-containing composites with polyhydroxyether are highly effective. The main components of sand-polymer composites are quartz sand and gravel mixtures. The deformation-strength properties of the obtained polymer composites depend on the composition of the fillers of their fractions. The use of lubricants and plasticizers improves the thermoforming of the composite due to an increase in the fluidity of the melt. An increase in the content of functional additives in place of an increase in quartz in the composite causes a decrease in its strength properties. An important stage in the production technology of a machine-building product is the mixing of the components of the sand-composite material. Mixing occurs in various ways: dry mixing of dispersed components and compounding of composite components to obtain superconcentrates.

**Keywords:** polymer, composite material, polyethylene terephthalate, quartz sand.

## References

1. Tokmeninov K.A. Effektivnost' osvoeniya polimernykh kompozitsionnykh materialov v promyshlennosti //Russian Economic Bulletin, 2018, Tom 1, №3. P.12 -17. [in Russian]
2. Kovaleva S.A., Zhornik V.I., Vityaz' P.A., Grigor'yeva T.F., Vosmerikov S.V., Lyakhov N.Z. Mekhanosintezirovannyye napolniteli na osnove zheleza i ikh vliyaniye na strukturu vysokonapolnennykh polimernykh poroshkov SVMPE: sb. nauch. st. po materialam III Vserossiysk. konf., Novosibirsk, 1-5 oktyabrya, 2019. P.221. [in Russian]
3. Aktual'nyye problemy prochnosti / Mezhdunar. nauch. konf. – Vitebsk, 25-29 maya, 2020. 400 p. [in Russian]
4. Fiziko-mekhanicheskiye i termodeformatsionnyye svoystva plastifitsirovannykh vysokonapolnennykh kompozitov na osnove polipropilena i kvartsa: nauch. st., Gamida Rauf Azizbeyli // Neftegazovoye delo, 2023, No 2. – 118 p. [in Russian]
5. Yern Chee Ching, Nai-Shang Liou Effects of high temperature and ultraviolet radiation on polymer composites //Composites Science and Engineering, 2019. P. 407-426
6. Sostav dlya izgotovleniya vodoprovodnykh trub: pat. RU 2 127 393. Zayavit.: Samarskiy gos. tekhn. univ. – Opubl. 10.03.1999. [in Russian]
7. Vliyaniye dobavki uglerodnykh nanotrubok na fiziko-mekhanicheskiye kharakteristiki vysokonapolnennykh polimernykh sistem: sb. nauch. st. //Minsk: BGTU, 2016. P.39-40. [in Russian]
8. Fedorov YU.I., Mikhaylov A.S., Ivshin S.S., Gibadullin I.Z., Kravchenko E.F., Dinislamova A.A. Kompozitsionnyye vysokonapolnennyye sostavy s polimernoy dispersionnoy sredoy //Kompozitsionnyye vysokonapolnennyye sostavy s polimernoy dispersionnoy sredoy: tez. dokl. i soobshcheniy, 2018. P.129 [in Russian]
9. Smes' dlya polucheniya izdeliy iz kompozitsionnykh materialov: pat. RU 2 270 870. / V.A. Lukasik, YU.A. Antsupov, N.V. Sychev, V.P. Medvedev, V.V. Luk'yanichev, D.V. Medvedev. – Opubl.27.02.2006. [in Russian]
10. Karpov I.A., Savel'yeva M.O. Materialy, primenyayemye v proizvodstve peschano-polimernykh liteynykh form metodom selektivnogo otverzheniya peschanoy smesi; sravneniye ikh svoystv, kharakteristik i osobennostey // Vserossiyskaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya studentov «Studencheskaya vesna 2016». – P. 1–2 [in Russian]
11. Kurbanova R.V. Appretirovannyye polimernyye nanokompozity na osnove polietilena nizkoy plotnosti i kvartsa //Plasticheskiye massy, №9-10, 2018. – S.44–46
12. Peschano-polimernyy material: zayavka RY 2000116996/12 / A.M. Tarasenko, A.I. Zhukov, M. Manes.- Opubl. 20.07.2001. [in Russian]
13. Cherezova Ye.N. Stareniye i stabilizatsiya polimerov: uchebnoye posobiye. CH. 1 /Ye.N. Cherezova, N.A. Mukmeneva, V.P. Arkhireyev; M-vo obraz. i nauki Rossii; Kazan. nats. issled. tekhnol. un-t. – Kazan': Izd-vo KNITU, 2012. – 140 p. [in Russian]
14. Kochetkova A. S., Semenova V. A., Sosnov Ye. A., Malygin A. A. Vliyaniye stroyeniya khimicheskoi privykh k poverkhnosti polietilena dvukhkompontnykh titan-fosforoksidnykh nanostruktur na svoystva kompozitsii //Zhurnal prikladnoy khimii, 2020, T. 93, № 8. P. 1150-1159. [in Russian]
15. Stabilizirovannyy komponent na osnove tal'konapolnennogo polipropilena: pat. RU 2 515 437 / YU. Braun, Y. Vol'fshvenger. – Opubl. 10.05.2014. [in Russian]
16. Kompozitsionnyy material: pat. RU 2 631 452. / T.N. Storodubtseva, A.A. Aksomitnyy. – Opubl. 22.09.2017. [in Russian]
17. Storodubtseva T.N., Medvedev, I.N., Buryakova, A.A. Vliyaniye kontsentratsii komponentov v drevesnom polimernom peschanom kompozitsionnom materiale na ustoychivost' k szhatiyu / sb. st. Voronezhsk. gos. lesotekhnich. un-t. 2022. – P. 235–242. [in Russian]
18. Beyeva D.A., Mikitayev A.K., Barokova Ye.B., Beyev A.A., Borisov V.A., Yakokutova A.A. Polimernyy kompozit na osnove polietilentereftalata //Fundamental'nyye issledovaniya, 2013, № 10. P. 2878-2881 [in Russian]
19. Chand N., Naik A., & Neogi, S. Three-body abrasive wear of short glass fibre polyester composite //Wear, 2000, 242(1-2). – P. 38–46
20. Skaskevich A.A. Mekhanizm modifitsiruyushchego deystviya ul'tradispersnykh klasterov sinteticheskogo ugleroda //Materialy, tekhnologii, instrumenty, 2000, T.5, №2. – S. 47-51. 21. Dudochkina Ye.A. Zakonomernosti formirovaniya strukturno-mekhanicheskikh svoystv vysokonapolnennykh poliolefinovykh kompozitsiy: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.17.06. – M., 2019. – 154 p. [in Russian]

22. Niftaliyev S.I., Lygina L.V., Peregudov YU.S., Prokof'yeva L.A. Issledovaniye reologicheskikh svoystv kompozitsiy na osnove PVKH //Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy, 2014, №2. P.132-134 [in Russian]

23. Yıldırım K., FurkanYıldırım, Y., Wood and Quartz Substituted Composite Material Characteristics / Korkmaz Yıldırım, Yüksel FurkanYıldırım // BioResources, 2021, 16(2). – P. 3607–3622.

24. Preparation and Characterization of Polymer/Silica Nanocomposites via Double In Situ Miniemulsion Polymerization: essential essays / Jianan Zhang, Nannan liu, Mozhen Wang, Xuewu Ge, Mingyuan Wu, Jianjuan Yang, Qingyun Wu, Zhilai Jin. – Mode of access: <http://www.interscience.wiley.com>, 2009.

### Сведения об авторах:

**Т.Ю. Никонова** – к.т.н., и.о. доцента, Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

**Г.С. Жетесова** – д.т.н., профессор, Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

**О.М. Жаркевич** – к.т.н., профессор, Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

**А.А. Скаскевич** – к.т.н., доцент, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, ул. Элизы Ожешко, 22, Гродно, Беларусь.

**Н.Д. Стрекаль** – к.м.н., профессор, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, ул. Элизы Ожешко, 22, Гродно, Беларусь.

**Т.Ю. Никонова** – т.ғ.к., доцент м.а., Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Н. Назарбаев даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

**Г.С. Жетесова** – т.ғ.д., профессор, Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Н. Назарбаев даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

**О. Жаркевич** – т.ғ.к., профессор, Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Н. Назарбаев даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

**А.А. Скаскевич** – т.ғ.к., доцент, Янка Купала атындағы Гродно мемлекеттік университеті, Элиза Ожешко көш., 22, Гродно, Беларусь.

**Н.Д. Стрекаль** – м.ғ.к., профессор, Янка Купала атындағы Гродно мемлекеттік университеті, Элиза Ожешко көш., 22, Гродно, Беларусь.

**T. Nikonova** – Candidate of Technical Sciences, acting Associate Professor, A. Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev Ave., Karaganda, Kazakhstan.

**G. Zhetessova** – Doctor of Technical Sciences, Professor, A. Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev Ave., Karaganda, Kazakhstan.

**O. Zharkevich** – Candidate of Technical Sciences, Professor, A. Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev Ave., Karaganda, Kazakhstan.

**A. Skaskevich** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Yanka Kupala State University of Grodno, 22 Eliza Ozheshko st., Grodno, Belarus.

**N. Strekal** – Candidate of Medical Sciences, Professor, Yanka Kupala State University of Grodno, 22 Eliza Ozheshko st., Grodno, Belarus.