

дешевые пластики, которые превышают по своим свойствам древесину в 3 и более раз по механическим свойствам.

Список использованных источников

1. Нелюб, И.А. Особенности и преимущества применения современных пластополимерных материалов для изготовления модельной оснастки / И.А. Нелюб, П.А. Кушель, С.Л. Ровин // *Литье и металлургия*. 2010. – Т. 58. – № 4. – С. 36–39

2. Калиниченко, М.Л. Анализ современных композиционных материалов, применяемых при изготовлении модельных комплектов для мелкосерийного литейного производства, полученных с помощью технологии склеивания / М.Л. Калиниченко, Л.П. Долгий, В.А. Калиниченко // *Литье и металлургия*. 2020. – № 3. С. 15–22.

3. Калиниченко, М.Л. Технология склеивания: теория, практика, материалы / М.Л. Калиниченко, Л.П. Долгий, В.А. Калиниченко. – Минск: БНТУ, 2021. – 187 с.

Abstract. The study was oriented in the field of plastics analysis which used in foundries to create casting forms. The type of cast model plastics at the market of our country was systematized in the work. The analysis of their compressive strength properties in the longitudinal and transverse directions, both in the initial state and as compounds obtained using bonding technology, has been carried out. The cost analysis of the use of plastic masses for the production of model kits was carried out.

УДК 621.74

Андрушевич А.А.¹, кандидат технических наук, доцент,

Калиниченко В.А.², кандидат технических наук, доцент,

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,

г. Минск, Республика Беларусь,

²Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

**ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОДШИПНИКОВ
СКОЛЬЖЕНИЯ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ НУЖД
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

Аннотация. Приведены сведения о металлических композиционных материалах и возможностях их применения в техническом

сервисе АПК. Рассмотрена структура, распределение элементов в металлических композиционных материалах для подшипников скольжения сельскохозяйственной техники. Определены параметры, влияющие на качество поверхности трения.

Повышение износостойкости поверхностей деталей в узлах трения является одной из приоритетных задач технического сервиса в АПК. Свойства поверхностных слоев деталей во многом определяют работоспособность сельскохозяйственных машин, поэтому создание рабочих слоев различной толщины и заданной структуры является важной задачей, повышения надежности и ресурса работы сельскохозяйственной техники.

Для увеличения ресурса работы сельскохозяйственных машин используются различные типы подшипников, в основном, качения и скольжения. Производство последних, является более технологичным, так как от момента получения расплава до готового изделия требуется намного меньшее число операций, возможно в условиях небольших предприятий, например, райсельхозтехники. Подшипники скольжения представлены группами из металлов, керамики, пластика и различных комбинаций данных материалов [1, 2].

К классическим подшипникам данного типа можно отнести втулки на основе металлов, как черных, представленных различными типами чугунов, так и цветных на основе бронз, и латуней. Последние являются более универсальными, так как не столь сильно привязаны к твердости контртела. Данный тип материалов также имеет преимущества по сравнению с пластиками и керамикой, поскольку в конструкции подшипников не требуется обечайка и он более прост в использовании.

Одной из основных проблем применения металлических подшипников скольжения является переход узла в аварийный режим, т.е. режим сухого трения. Работа в таком режиме приводит к сильному износу втулки с образованием недопустимых зазоров. В связи с этим представляет интерес разработка металлических материалов, способных обладать максимальной устойчивостью к аварийным режимам. Наиболее перспективными в данной области могут являться металлические композиционные материалы (МКМ) различных типов [3].

Данный тип подшипников скольжения из МКМ в отличие от традиционных втулок может обходиться без смазочных канавок

или смазочных отверстий. При использовании консистентных смазок (для аварийных режимов) для их укладки вполне достаточно поверхностной пористости получаемых материалов.

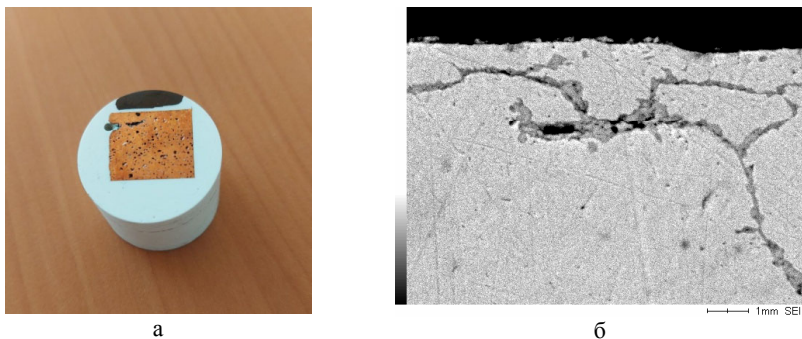
Кроме того, актуальным стоит вопрос управления свойствами МКМ по сечению подшипника. В рабочей зоне подшипника, находящейся до зоны критического износа, прочностные и триботехнические свойства должны быть максимальными, которые обеспечиваются получением оптимальной структуры, состоящей из бронзовой матрицы, пересыщенной равномерно распределенными твердыми включениями карбидов. За этой зоной данные характеристики перестают иметь решающее значение.

Для изучения возможности улучшения триботехнических свойств МКМ были проведены исследования структур образцов на основе кремнистой бронзы БрКМЦ 3-1 после поверхностного упрочняющего легирования. Образцы размещались в керамических формах, покрывались слоем из смеси воска и карбидосодержащих порошков на основе титана и железа диаметром фракций 0,2–0,5 мм. Образцы подвергались индукционному нагреву до проплавления воска и поверхностного слоя бронзы. По окончании процесса образцы извлекались из формы. Общий вид очищенного образца бронзы БрКМЦ3-1 представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид очищенного образца на основе бронзы БрКМЦ3-1

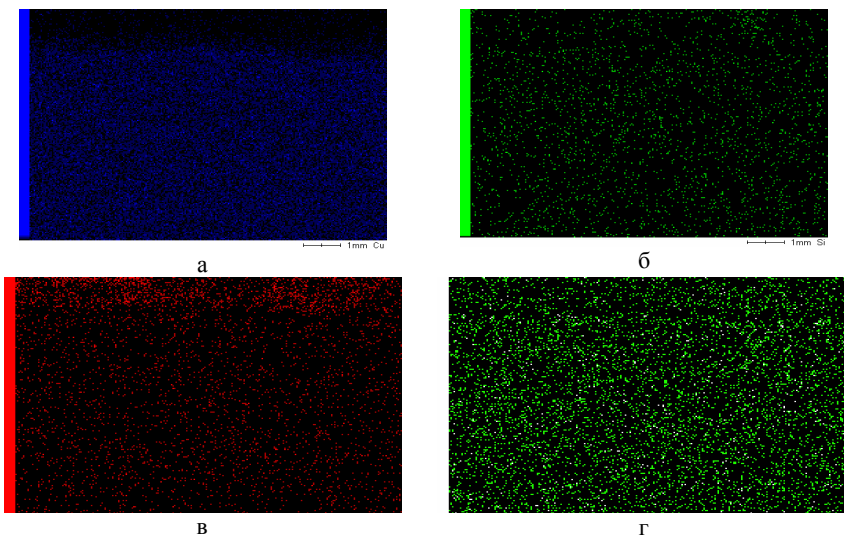
Из полученных образцов были изготовлены микрошлифы для последующего металлографического анализа (рисунок 2). Полученные образцы исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-7000 со встроенной системой элементного микроанализа.



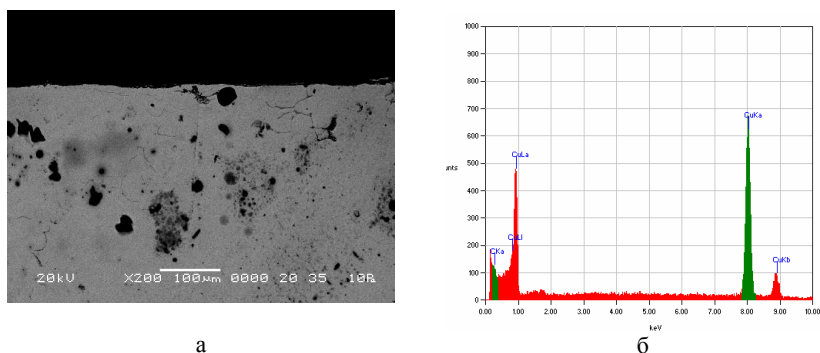
а – общий вид микрошлифа МКМ основе бронзы БрКМЦЗ-1;
б – микроструктура полученного поверхностного слоя.
Рисунок 2 – Микроструктура МКМ на основе бронзы БрКМЦЗ-1
после упрочнения

Анализ микроструктуры МКМ показал хорошую адгезию сформированного слоя из карбидосодержащих порошков на основе титана и железа, полученного методом индукционной наплавки, и бронзовой матрицы (рисунок 2б). Медь, как основной компонент матричного сплава, равномерно распределена по площади (рисунок 3а). Кремний (рисунок 3б) распределен относительно равномерно, хотя местами наблюдаются колебания в его количестве в зоны с его повышенной концентрацией и обедненные. Это возможно связано с реакциями, протекающими в упрочняемой зоне и повышенной газонасыщенностью, что может оказывать негативное влияние на свойства получаемых композиций. Железо и титан (рисунок 3в, 3г) также распределены равномерно, но есть и крупные включения. Видно, что поверхностный слой имеет хорошую зону контакта с основным материалом.

На рисунке 4 показана фотография образца после индукционного нагрева. Зерна матричного сплава хорошо видны, и наблюдаются в основном дисперсные интерметаллиды, различных размеров. Проведен химический анализ поверхностного слоя, расположенного на выбранной матрице – бронзе. На рисунке 4б представлено распределение меди по сечению в исследуемом образце.



а – медь, б – кремний, в – титан, г – железо
Рисунок 3 – Распределение исследованных элементов
в упрочняемом поверхностном слое МКМ



а – зона сканирования
бронзовой матрицы; б – распределение по меди в исследуемой зоне сплава
БрКМЦ3-1

Проведенные исследования показали возможность регулирования качества получаемой рабочей поверхности изменением температуры заливаемого металла, так и скоростью заливки. Уменьшение скорости заливки и увеличение времени выдержки образцов позволили увеличить толщину карбидонасыщенного слоя на 20–30 %. Увеличение температуры заливаемого металла с 1200°C до 1250°C

позволило интенсифицировать процесс выгорания воскового связующего и в результате значительно снизить газовую пористость в поверхностном слое.

Заключение. Проведенные эксперименты по формированию композитной структуры на бронзовой матрице показали возможность реализации предложенного процесса в условиях предприятий технического сервиса для производства подшипников скольжения из металлических композиционных материалов. Качество и плотность упрочняемой поверхности определяются типом и количеством растворенных элементов, температурно-временным режимом синтеза и скоростью протекания реакции на границе контакта матрица – карбидные включения.

Список использованных источников

1. A.S. Kalinichenko, V.A. Kalinichenko, V.G. Luhn. Interaction between matrix alloy and reinforcing granules during the process of casted composite material synthesis. Материалы 12-го международного симпозиума «Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы сварка». Минск. 07-09.04.2021. С. 332–337.
2. Девойно, О.Г. Технология формирования износостойких покрытий на железной основе методами лазерной обработки / О.Г. Девойно, М.А. Кардаполова, А.С. Калиниченко и др. – Минск: БНТУ, 2020. – 282 с.
3. Калиниченко В.А., Андрушевич А.А., Парфенов А.И. Прикладные исследования: литые композиционные материалы для техники агропромышленного комплекса. Сборник научных трудов по материалам VII Международной научно-практической конференции «Модернизация аграрного образования», 14 декабря 2021 г., г. Томск. С. 846 – 849.

Abstract. In the study the information about metal composite materials and the possibilities of their application in technical service in the agricultural and industrial complex is given. The structure of the distribution of elements in metal composite materials for sliding bearings of agricultural machinery is considered. The parameters affecting the quality of the friction surface are determined.