the heat release is concentrated in a specific area of the part. This article deals with the technological procedure for obtaining new wear-resistant coatings, using the SHS process with the initiation of the process by heating the parts with high-frequency currents (HF). Results of tests on wear resistance of the obtained samples are given.

Keywords: high-frequency heating, SHS-process, HTO, wear resistance, hardness.

УДК 501.22:621.763

Андрушевич А.А.[1], кандидат технических наук, доцент;
Калиниченко В.А.[2], кандидат технических наук, доцент
[1)] *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*
[2)] *Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь*

СИНТЕЗ ЛИТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТЯЖЕЛЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация. *В статье представлены сведения о литых композиционных материалах с макрогетерогенной структурой высокой износостойкости для работы в высоконагруженных узлах трения с малыми линейными скоростями, предназначенными для использования в сельскохозяйственных и энергетических машинах агропромышленного комплекса. Описан ряд аспектов применения данных изделий.*

Введение

При эксплуатации машин и оборудования важную роль играет снижение расходов на техническое обслуживание, плановые и текущие ремонты путём повышение надежности узлов и агрегатов [1,2]. В узлах трения данный аспект может быть решен с помощью выхода эксплуатационных свойств материала в режим «безизносного трения», для реализации которого наиболее предпочтительно идеальное выполнение принципа Шарпи. Литые композиционные материалы (КМ) с матрицами на основе медных сплавов и армирующими чугунными гранулами максимально приближены к заяв-

Репозиторий БГАТУ

ленному принципу [3]. За счет введения в металлическую матрицу высокопрочных и высокомодульных гранул резко повышается прочность, жаропрочность, трещиностойкость, вязкость, жесткость материалов. Сочетание матрицы и гранул, обладающих специальными физическими свойствами, открывает широкие возможности для создания новых уникальных композиционных материалов и дает возможность эксплуатировать сельскохозяйственные и энергетические машины в тяжелых условиях, включая режимы сухого трения.

Основная часть

Армированные литые КМ относятся к числу наиболее перспективных конструкционных материалов. В настоящее время хорошо развиты теоретические основы механики армированных композиционных материалов, существенные успехи достигнуты в материаловедении. Однако имеется ряд проблем, связанных с выбором оптимальной технологии, обеспечивающей достижение на практике предсказываемых теорией свойств композитов, управления межфазным взаимодействием для повышения стабильности структуры и свойств КМ, разработкой новых видов армирующих элементов, позволяющих поднять уровень эксплуатационных характеристик композита [3].

Композиционные материалы на основе меди разрабатывают, главным образом, триботехнического назначения, так как они обладают повышенными механическими свойствами. Для макрогетерогенных композиционных материалов, применяемых в узлах трения, важную роль имеет состав матрицы и армирующего элемента. В качестве армирующего элемента, в основном, используется литые гранулы стали ШХ15 или литейная чугунная дробь марки ДЛЧ диаметром порядка 1мм; в отношении состава матрицы имеется широкий спектр материалов, которые удовлетворяют поставленной задаче (повышенная прочность на сжатие, низкий коэффициент трения и высокая износостойкость).

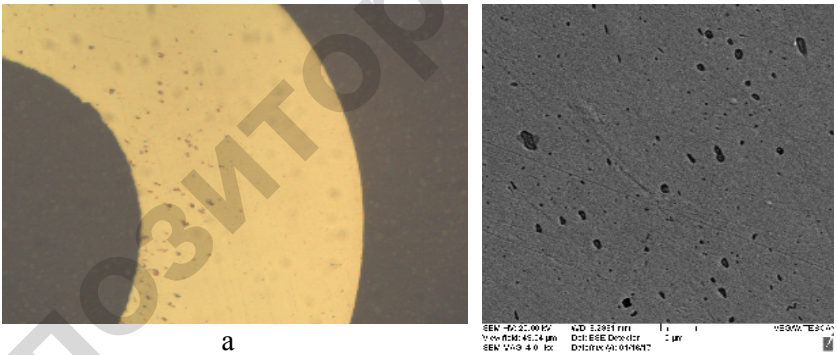
По результатам ранее проведенных испытаний наиболее эффективно использование безоловянистых бронз. Среди них, особое значение в качестве основы играют кремнистые бронзы (содержание кремния до 3,5%). Наибольшее распространение получили бронзы, дополнительно легированные марганцем и никелем, которые улучшают механические и коррозионные свойства. В кремнемарганцевой бронзе БрКМцЗ-1 добавка 1,0...1,5% марганца практически полностью находится в α-твердом растворе, поэтому полуфабрикаты из этого сплава упрочняющей термической обработке не подвергаются. Бронза БрКН1-3 относится к числу термически

Репозиторий БГАТУ

упрочняемых сплавов, в которых никель с кремнием образуют силицид Ni_2Si. Силицид кремния определяет упрочнение бронзы при старении (450°С, 1 час) после закалки с 850°С. Бронзы БрКМцЗ-1 и БрКН1-3 отличаются высокими пружинными и антифрикционными свойствами, а также хорошей коррозионной стойкостью. Бронзы деформируются в горячем и холодном состояниях, свариваются с другими бронзами и сталью, паяются мягкими и твердыми припоями.

Кроме бронз типа БрК3Мц, была использована бериллиевая бронза БрБ2, обладающая более низкой температурой плавления, отсутствием при ударном воздействии искры, с практически аналогичными механическими свойствами [4]. Высокая прочность и упругость, при одновременно повышенной химической стойкости, хорошая обрабатываемость резанием и свариваемость делает эту бронзу подходящей основой КМ при производстве деталей ответственного назначения. Микроструктура бериллиевой бронзы, полученной литьем в кокиль, приведена на рисунке 1.

Для улучшения демпфирующих свойств композиционных материалов было предложено ввести в матричный состав КМ на основе бронзы БрБ2 углеродные нанотрубки.



а б

а) – х50, б) – х4000

Рисунок 1 – Структура бронзы БрБ2

На протяжении многих лет углеродные нанотрубки, применение которых не ограничивается одной определенной отраслью, используются в научных исследованиях [5]. В результате исследований выявлено, что им присущи такие свойства, как растяжение и изгиб. При действии серьезных механических нагрузок, элементы не рвутся и

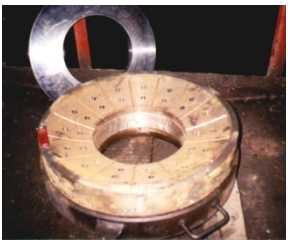
Репозиторий БГАТУ

не ломаются, то есть могут подстраиваться под различные напряжения. Однако материал имеет ограниченные позиции на рынке, из-за проблем с его масштабным производством. Благодаря таким характеристикам, как прочность, изгиб, проводимость, нанотрубки используются во многих областях: в качестве добавок к полимерам; производства композитов и усиления их структуры и свойств; изготовления анодов в батарейках, датчиков и конденсаторов и др. [5].

Предварительными экспериментами установлено, что введение в матричный медный сплав даже небольшого количества углеродных нанотрубок с каркасной структурой (не более 0,05 – 0,1 % от массы) существенно повышает механические свойства композиционного материала.

При изготовлении деталей узлов трения из литых КМ на основе литых гранул чугунов марки ДЛЧ с матрицей из бронзы БрКЗМц1 установлено образование массивной прослойки интерметаллида (200 – 500мкм). При таких толщинах интерметаллид должен разрушаться уже при минимальных динамических нагрузках. В действительности этого не происходит. С появлением данного интерметаллида можно связать высокую износостойкость этого КМ в различных условиях по сравнению с другими материалами подобного типа. Он уже применяется для тяжелонагруженных пар трения, в различных областях промышленности [4].

Из разработанных материалов могут изготавливаться изделия практически любой геометрической формы и размера, включая биметаллические заготовки, например, направляющие различного назначения, червячные колеса, втулки, подшипники скольжения. На рисунке 2 приведены полученные изделия из композиционных материалов на основе бронз БрКЗМц1, БрБ2.



а) – шестерня, б) – биметаллическая втулка, в) – сборный композиционный подшипник рекуперативного подогревателя

Рисунок 2 – Образцы применения композиционных материалов

Репозиторий БГАТУ

Данный тип материалов может эксплуатироваться в ряде агрессивных сред с высокой запылённостью, повышенной температурой или влажностью и др., где использование аналогичных материалов не представляется возможным. Температура эксплуатации изделий составляет до 500 ^{o}C.

Заключение

Рассмотрены особенности синтеза литых композиционных материалах на основе меди с макрогетерогенной структурой, высокой износостойкости для работы в высоконагруженных узлах трения с малыми линейными скоростями. Из разработанных материалов можно изготавливать изделия любой геометрической формы и размеров, включая биметаллические детали, предназначенные для использования в сельскохозяйственных и энергетических машинах агропромышленного комплекса.

Список использованной литературы

1. Жорник, В.И. и др. Рекомендации по ремонту и реконструкции тяжелонагруженных узлов скольжения с использованием композиционных материалов. – Минск: ИТК НАН Беларуси, 2000. – 87 с.

2. Калиниченко, А.С. и др. Нормализация тепломеханического состояния паровых турбин - Сб. матерриалов секции «Энергетическая безопасность союзного государства» 6 - 11.10.14. - Мн. БНТУ,2014. – С. 20-21.

3. Тучинский, Л.И. Композиционные материалы, получаемые методом пропитки. – М.: Металлургия, 1986. – 208 с.

4. Гуляев, А.П. Металловедение, М.: Металлургия, 1986. – 546с.

5.Сайт. http:// fb.ru/ article /231011/ uglerodnyie- nanotrubki-proizvodstvo-primenenie-svoystva просмотрен 16. 12. 2016г. 18:00.

Abstract. The paper presents information about cast composite materials with macroheterogeneous structure with high wear resistance for operation in heavy loaded friction units with small linear velocities intended for use in the units and aggregates of agricultural machinery and energy used in agriculture. Described a number of aspects of use of these products.

Репозиторий БГАТУ