

Литература

1. Штемпель, О.П. Интенсификация диффузионного легирования металлических порошков для защитных покрытий в подвижных порошковых смесях: автореф. дис. ... канд. техн. наук / О.П. Штемпель; Полоцк. гос. ун-т. – Новополоцк, 2003. – 24 с.
2. Сороговец, В.И. Получение износостойких покрытий плазменной наплавкой диффузионно-легированных самофлюсующихся порошков: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.01. / В.И. Сороговец; Полоцк. гос. ун-т. – Новополоцк, 2001. – 24 с.
3. Смирнов, Е.В. Виды переноса тепловой энергии в металлических плазменно-напыленных покрытиях и некоторая качественная оценка их теплопроводности / Е.В. Смирнов, В.Е. Ионин // Инженерно-физический журнал. – 1970. – № 4. – С. 17 – 20.
4. Фруцкий, В.А. Антифрикционный материал из легированной бором и медью чугуниной стружки для подшипников скольжения: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.01 / В.А. Фруцкий; Полоцк. гос. ун-т. – Новополоцк, 2006. – 135 с.
5. Медовар, Б.И. Аустенитно-боридные стали и сплавы для сварных конструкций / Б.И. Медовар, Н.И. Пинчук, Л.В. Чикотило. – Киев: Наукова думка, 1970. – 145 с.

УДК 621.792

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ МЕТАЛЛООТХОДОВ

О.П. Штемпель, В.А. Фруцкий, С.Ф. Денисенко

УО «Полоцкий государственный университет», Новополоцк

Объектом исследования в данной работе стали подшипники скольжения, применяемые в узлах кузнечно-прессового оборудования (КПО). Как правило, втулки станков кузнечно-прессового оборудования изготавливают цельнометаллическими из материала типа БрОФ 10-1. При достижении зазоров в сопряжении больше допустимых втулки демонтируют и подвергают утилизации как лом цветного материала. За один ремонтный цикл меняют минимум четыре втулки, при массе одной втулки равной 7,0 кг, общий вес одновременно утилизируемых деталей составляет соответственно 28,0 кг. Экономическая ситуация, сложившаяся в Республики Беларусь на сегодняшний день, заставляет предприятия минимизировать расходы на закупку дорогих дефицитных оловянистых бронз. Недостаток антифрикционных материалов приводит к тому, что оборудование работает в аварийных режимах далеко за пределами допустимых границ безопасной эксплуатации. Анализируя вышеизложенные факты, приходим к необходимости капитального ремонта втулок КПО и, возможно, замене дорогостоящего материала менее дорогим с сохранением эксплуатационных свойств.

Цель работы состоит в изучении взаимосвязи между структурой и эксплуатационными свойствами гетерогенных покрытий из различных материалов, установлении возможности управления эксплуатационными свойствами синтезируемых материалов путем регулирования их структуры.

Материалы и методики исследования. Исследовались свойства различных материалов с гетерогенной структурой. Материалы были получены в результате плазменного напыления диффузионно легированных порошков на основе металлоотходов. Методики получения гетерогенных материалов широко описаны в работах [1, 2]. Полученные покрытия изучали традиционными методами: металлографическим (ГОСТ 9.302), дюрOMETрическим (ГОСТ 200017, ГОСТ 299999), микродюрOMETрическим (ГОСТ 9450). Фазовый рентгеноструктурный полуколичественный анализ проводили на дифрактометре ДРОН-3.0 в медном излучении, монохроматизированном графитовым монохроматором с применением пакета программ «X-RAY». Триботехнические свойства покрытий изучали по методикам [3]. Плазменное напыление осуществляли по рекомендациям [4]. Порошковая смесь фракции 0,065 – 0,1 мм подавалась инъекционным способом. Расстояние напыления 80 – 120 мм при угле наклона напылительной головки 50 – 60°. Относительное вращение детали – 6 об/мин. Нагрев детали контролировали визуально по сопоставительной цветовой шкале. Напыление проводили при холодной детали и минимальном расстоянии до сопла распылителя. По мере разогрева детали расстояние до сопла увеличивали при сокращении угла наклона. После нанесения покрытия изделие подвергали длительному нагреву при t 820 – 860 °С в течение 6 ч. Нагрев проводили в закрытом, герметичном контейнере при заполнении на $\frac{1}{4}$ карбюратором.

Результаты исследования и их обсуждение. При анализе работы втулок, проведенном в цехе КПО Минского подшипникового завода, было установлено следующее: вид трения трибопары «вал-втулка» – граничный; рабочее давление – 5 МПа, скорость скольжения – 5 м/с; узел работает в условиях загрязненности смазочного материала пылью и песком с высокими значениями твердости частиц (до 18 ГПа).

Металлографические исследования оловянистых бронз позволили установить:

а) у литых оловянистых бронз наблюдается резко выраженная дендритная структура (рис. 1), причем в осях дендритов содержится олова меньше, чем в междоусных пространствах, являющихся более легкоплавкими;

б) структура материала соответствует структурам Шарпи I типа [3].

Согласно [5] известны допустимые режимы эксплуатации различных материалов. Из анализа приведенных данных видно, что при тяжелых эксплуатационных режимах ($P \geq 5$ МПа, $V \geq 3$ м/с) целесообразно использовать сплавы с высокими антифрикционными свойствами типа оловянисто-фосфористых бронз. Однако у сплавов на основе чугунов есть определенные перспективы в этом плане.

Для придания специальных свойств чугуны можно легировать элементами как растворимыми в материале матрицы – для повышения общей несущей способности, так и не растворимыми, образующими самостоятельные упрочняющие фазы. А для получения структур, близких к структурам Шарпи I типа, возможен ввод пор, как резервуаров для смазочного материала при трении, поскольку поры, заполненные смазочным материалом, выполняют функции, аналогичные функциям мягких фаз в антифрикционном материале.

Для получения эвтектических структур с максимальной стойкостью в данных условиях эксплуатации был предложен метод нанесения материала плазменным напылением. Для оценки влияния различных технологических факторов экспериментально исследована прочность сцепления $\sigma_{сч}$ покрытий (табл. 1).

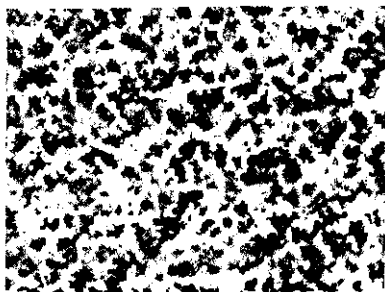


Рис. 1. Структура подшипника скольжения из бронзы БрОФ 10-1

Таблица 1

Прочность сцепления материала при плазменном напылении, МПа

Сила тока, А	Дистанция напыления, мм		
	80	100	120
100	4,8	4,1	3,6
200	7,9	7,2	6,6
300	13,0	13,4	12,5

При анализе данных было выяснено следующее:

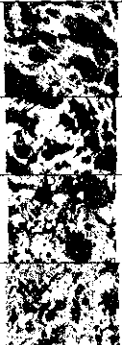
- высокая чувствительность выходного параметра $\sigma_{сч}$, (МПа) ко всем варьируемым элементам технологии;
- улучшение адгезии с ростом силы тока и ухудшение ее с увеличением дистанции напыления;
- высокая чувствительность величины $\sigma_{сч}$ к изменению силы тока.

Заметное влияние на прочность сцепления оказывает пластификация поверхности контакта. Это может быть достигнуто как за счет добавки в поверхностный слой легкоплавкой меди, так и напылением пластичного подслоя из никель-алюминиевого порошка.

Однако конечной целью было получение структуры близкой по конструкции структурам Шарпи I типа. Проведенные исследования выявили следующее (табл. 2):

Таблица 2

Влияние режимов нанесения материала Сч+В+Св на структуру материала

Состав материала	Режимы напыления, А	Фотография	Пористость, %
Сч-20 + В	200		8,67
Сч 20 + В + Св	200		8,27
Сч 20 + В + Св	150		6,38
Сч 20 + В + Св	300		4,15

Наиболее близкой к искомой получается структура при добавлении меди и токе напыления 300 А. Исходя из полученных результатов был проведен последний этап – триботехнические испытания.

При проведении сопоставительных испытаний были выяснены следующие результаты (табл. 3):

Таблица 3

Износ вкладышей образцов, мг*Е-5

Материал	Путь трения, м			НВ
	2000	4000	6000	
БрОФ 10-1	1,6	1,65	1,7	90
БрОЦС 5-5-5	0,95	1,67	2,95	60
БрАЖ 9-4	0,25	1,05	1,65	130
Ni + 15 % Cu	0,1	0,15	0,45	110
Сч20	4,1	4,5	11,3	100
Сч + Св + В	0,23	0,35	0,465	90

На основании вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Для замены дефицитных бронз в ряде случаев можно применять экономно- легированные материалы на основе отходов металлообработки.
2. Управлять эксплуатационными свойствами синтезируемого антифрикционного материала возможно не только оптимальным подбором легирующих элементов, но и, за счет этого, подбором структур, наиболее стойких при данных условиях эксплуатации.

Литература

1. Пантелеенко, Ф.И. Теоретические и технологические основы получения самофлюсующихся порошков на железной основе диффузионным легированием и разработка износостойких композиционных покрытий из них: дис. ... д-ра техн. наук / Ф.И. Пантелеенко. – Минск, 1992. – 245 с.
2. Козловский, И.Л. Разработка порошковых борсодержащих антифрикционных материалов на основе железа для тяжело нагруженных узлов трения: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.16.06 / И.Л. Козловский; Белорус. респуб. НИО порошковой металлургии. – Минск, 1988. – 18 с.
3. Фруцкий, В.А. Антифрикционный материал из легированной бором и медью чугуновой стружки для подшипников скольжения: дис. канд. техн. наук: 05.02.01 / В.А. Фруцкий; Полоцк. гос. ун-т. – Новополоцк, 2006. – 135 с.
4. Хасуй, А. Техника напыления / А. Хасуй; пер. с япон. – М.: Машиностроение, 1979. – 272 с.
5. Орлов, П.И. Основы конструирования: справ.-метод. пособие: в 2 кн. / П.И. Орлов; под ред. П.Н. Учаева. – М.: Машиностроение, 1988. – Кн. 1. – 560 с.

УДК 621.762

РАЗРАБОТКА ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ И УСТРОЙСТВ НА ИХ ОСНОВЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ И ОСУШКИ ГАЗОВ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

М.В. Тумилович, Д.А. Такопуло, О.К. Шпаковская

ГНУ «Институт порошковой металлургии НАН Беларуси», Минск

Введение. Одним из перспективных направлений применения пористых материалов, определяемых их высокими капиллярными и фильтрующими свойствами, является очистка сжатых газов, воздуха от влаги, капель воды и механических примесей. Особенно остро стоит вопрос очистки и осушки сжатых газов в условиях эксплуатации пневмосистем при отрицательных температурах. Это, в первую очередь, относится к системам привода шаровых кранов для очистки и осушки природного газа на