

Для обеспечения высокой износостойкости при абразивном изнашивании необходимо использовать твердые сплавы, изготовленные двухстадийным МТФ, который обеспечивает мелкозернистую структуру сплава, малую величину среднего размера кобальтовой фазы и более высокую твердость поверхностного слоя.

Для дальнейшего внедрения технологии МТФ в производство необходимо определение экономической эффективности данной технологии с учетом затрат на электроэнергию, изготовление оснастки и промышленного оборудования для изготовления биметаллических изделий методом МТФ, а также сравнение эксплуатационных показателей буровых долот, оснащенных применяемыми твердосплавными зубками и предлагаемыми биметаллическими зубками.

СПИСОК ЦИТИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Долговечность шарошечных долот / Н.А. Жидовцев, В.Я. Кершенбаум, Э.С. Гинзбург [и др.] – М.: Недра, 1992. – 271 с.
2. Салтыков, С.А. Стереометрическая металлография. – М.: Металлургия, 1970. – 376с.
3. Чернявский, К.С. Стереология в металловедении. – М.: Металлургия, 1977. – 280 с.
4. Диффузионная сварка материалов: справочник. / Под ред. Н.Ф. Казакова. – М.: Машиностроение, 1981. – 271 с.
5. Ключко, Н.А. Основы технологии пайки и термообработки твердосплавного инструмента. – М.: Металлургия, 1981. – 206 с.
6. Лошак, М.Г. Прочность и долговечность твердых сплавов. – Киев: Наук. думка, 1984. – 328 с.

Материал поступил в редакцию 28.09.10

MONTIK S.V. Resource-saving technology for manufacturing of carbide inserts for drill bits

The resource-saving technology of electrocontact mechanical thermal forming bimetallic (hard alloy – steel) inserts for drilling bits was reviewed. It allows to reduce expenditure of hard alloy. The results of research of influencing of technology of mechanical thermal forming on bond strength of hard alloy with steel, on the microstructure and mechanical properties of hard alloys were introduced. The recommendations for a choice of parameters of mechanical thermal forming of bimetallic products were given depending on operating conditions of hard alloy.

УДК 621.792

**Лисовский А.Л., Штемпель О.П., Фруцкий В.А.,
Денисенко С.Ф., Черневич М.В.**

ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОДХОДА К СИНТЕЗУ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛОУХОДОВ ДЛЯ ТРИБОСОПРЯЖЕНИЙ

Введение. Задачи триботехники в последнее время становятся все более сложными, вследствие увеличения нагрузок и скоростей скольжения в трибосопряжениях. Повышение требований к эксплуатационной стойкости и надёжности деталей машин приводит к необходимости постоянного поиска новых более совершенных материалов. В то же время, использование металлоотходов в качестве основы для изготовления износостойких композиционных материалов, является перспективным не только с точки зрения ресурсосбережения и экономической эффективности, но и возможности формирования материала с необходимыми для условий эксплуатации химическим, фазовым составом и строением. Для решения задач такого плана требуется принципиально новый подход, который учитывает все множество факторов, влияющих на эксплуатационных характеристики трибопары.

Цель работы. Создать концептуальный подход к синтезу материалов трибосопряжений для различных эксплуатационных режимов. В основу нового подхода была положена идея самоорганизации диссипативных структур в неравновесных системах, образцы которых получаются при напылении материалов для различных режимов эксплуатации подшипников скольжения.

Результаты исследований и их обсуждение. Объектом исследования в данной работе стали подшипники скольжения, применяемые в кривошипно-шатунных механизмах автомата фасовки масла серии АРМ (рис. 1).

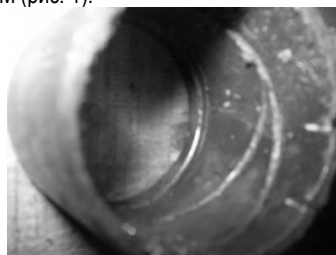


Рис. 1. Втулка подшипника автомата фасовки масла серии АРМ

При проведении анализа работы втулок в условиях производства ОАО «Полоцкий молочный комбинат» было установлено следующее:

- а) втулки подшипников изготовлены цельнометаллическими из антифрикционной оловянистой бронзы БрОФ10-1;
- б) конструктивное расположение узла затрудняет возможность его монтажа – демонтажа, что ограничивает частоту ремонтных мероприятий;
- в) втулка как опора вала воспринимает нагрузки непосредственно с рабочего органа машины;
- г) смазка узла осуществляется посредством закачки консистентного смазочного материала под давлением через технологические каналы в рабочей поверхности втулки. Вид трения трибопары “вал-втулка” – граничный;
- д) трибосопряжение работает под действием переменной динамической нагрузки.

Металлографические исследования, проводимые на комплексе Nikon EpiPhot 200 BD по стандартным методикам, позволили сделать следующие выводы:

- а) структура материала втулки (рис.2) состоит из мягких дендритов α -твердого раствора, богатого медью, и твердых междендритных пространств, богатых оловом, с участками эвтектида;

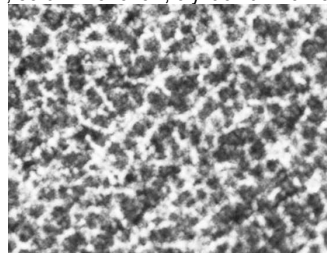


Рис. 2. Структура материала втулки подшипника скольжения из бронзы БрОФ 10-1 $\times 100$

Лисовский А.Л., Штемпель О.П., Фруцкий В.А., Денисенко С.Ф., Черневич М.В. Полоцкий государственный университет. Беларусь, 211440, Витебская обл., г. Новополоцк, ул. Блохина, 29.

б) структура соответствует структурам Шарпи I типа, состоящая из мягкой матрицы, состоящей из меди с равномерно расположенными в ней упрочняющими фазами в виде интерметаллидов $Cu_{31}Sn_8$ и Cu_3P [1].

Для выбора материала основы рассмотрим рекомендуемые режимы для широко используемых антифрикционных материалов, приведенных в таблице 1[2].

Таблица 1. Допустимые режимы эксплуатации антифрикционных материалов

Марка материала	Предельные режимы эксплуатации		
	Давление (P), МПа	Скорость скольжения (V), м/с	[P×V], МПа·м/с
АЧС – 1	0,05 – 9,0	2,0 – 0,2	0,1–1,8
АЧС – 3	0,1-6,0	3,0-0,75	0,3–4,5
АЧВ – 1	0,5-12	5,0-1,0	2,5–12
АЧК – 1	0,5-12	5,0-1,0	2,5–12
БрОЦС 5 – 5 – 5	8	3,0	12
БрОФ 10 – 1	10	10,0	15
БрАЖ 9 – 4	15,0	4,0	12
полимеры	До 5	До 1	-

При анализе приведенных данных видно, что при тяжелых режимах эксплуатации ($P \geq 5$ МПа, $V \geq 3$ м/с) целесообразно использовать сплавы с высокими антифрикционными свойствами типа оловянисто-фосфористых бронз. Однако и у сплавов на основе чугунов есть определенные перспективы при применении в подобных условиях эксплуатации. Несмотря на относительно не высокую скорость скольжения, стальная матрица антифрикционных чугунов характеризуется более высоким комплексом механических свойств (HB 160–270) [3].

В качестве альтернативы дефицитным и дорогостоящим оловянистым бронзам предлагается изготавливать подшипники скольжения из композиционного материала на основе отходов металлообработки серого чугуна с применением термодиффузионного легирования для улучшения эксплуатационных характеристик. Проанализировав влияние наиболее широко применяемых легирующих элементов на структуру и свойства антифрикционного материала, имеющего основу из серого чугуна, пришли к заключению, что для повышения несущей способности материала целесообразно введение бора, а для повышения антифрикционных свойств – меди [1]. Для получения структур, близких к структурам Шарпи I типа, возможно также ввести поры, как резервуары для смазочного материала при трении, поскольку поры, заполненные смазочным материалом, выполняют функции, аналогичные функциям мягких антифрикционных фаз в материале.

Процесс получения антифрикционного материала, а затем – би-металлического подшипника скольжения включает следующие операции:

- сбор стружки на участке обработки отливок из серого чугуна;
- отбор фракции размером 0,06–0,10 мм;
- легирование частиц стружки бором и медью;
- изготовление стальных колец подшипников;
- напыление колец полученным материалом;
- отжиг заготовок;
- обработка заготовок.

Стружку собирают на участке механической обработки отливок из серого чугуна, ее сепарируют и с помощью механических сит выделяют фракцию размером 0,06...0,10 мм.

Легирование частиц стружки производят бором и медью, при этом диффузионное насыщение стружки осуществляют в подвижных расходуемых смесях [4]. Полученный материал содержит до 1,5 % В и около 15 % Си.

Получение диффузионно-легированного порошка – это только первый этап в достижении антифрикционных свойств материала. Следующий этап – формирование слоя антифрикционного материала на рабочей поверхности детали.

Для формирования на рабочей поверхности подшипника скольжения слоя композиционного антифрикционного материала было применено плазменное напыление материала на установке ВДУ–ЗД.

При применении пробно-аналитического метода выявили оптимальные режимы для нанесения диффузионно-легированного порошка на основе чугунной стружки на деталях типа “Втулка”, которые представляют собой тонкостенные цилиндры с толщиной стенки 4мм.

Порошковый материал подавался в плазмотрон с помощью питателя. Расход плазмообразующего газа (аргона) составлял 20 л/мин, диаметр сопла плазмотрона – 5 мм. Ось отверстия сопла составляла с напыляемой поверхностью втулки угол около 60°. Расстояние от сопла до детали изменялось в пределах 80–120 мм. Напыление начинали при минимальном этом расстоянии, по мере разогрева детали расстояние увеличивали.

Для дополнительного повышения эксплуатационных свойств возможно введение пористости. Поры, как резервуары для смазочного материала при трении, выполняют функции, аналогичные функциям мягких антифрикционных фаз в материале. Количественный состав пор при различной силе тока существенно отличается. При уменьшении силы тока до 150 А происходит существенное увеличение пористости материала. Это происходит вследствие малой пластичности элементарных частиц, из-за недостаточного нагрева. При увеличении силы тока до 300 А, пластичность частиц увеличивается, что приводит к уменьшению пористости материала более, чем в два раза (таблица 2).

Таблица 2. Пористость композиционного материала при различной силе тока

Материал	Сила тока, А	Пористость, %		
		минимальная	максимальная	средняя
Исходная стружка СЧ20	200	18	31	24
СЧ20+В+Си	150	18	32	24
СЧ20+В+Си	200	11	22	17
СЧ20+В+Си	300	6	15	11

Таким образом, с точки зрения образования антифрикционных структур наиболее оптимальным является ток напыления до 300А.

Для оценки влияния различных технологических факторов экспериментально исследована прочность сцепления $\sigma_{сц}$ покрытий (таблица 3).

Таблица 3. Прочность сцепления материала при плазменном напылении, МПа

Сила тока, А	Дистанция напыления, мм			Прочность сцепления, МПа
	80	100	120	
100	4,8	4,1	3,6	60...65
200	7,9	7,2	6,6	70...75
300	13,0	13,4	12,5	80...90

При анализе данных было выяснено следующее:

– выходной параметр $\sigma_{сц}$ (МПа) увеличивается с ростом силы тока и уменьшается с увеличением дистанции напыления; резкое улучшение адгезии с ростом температуры подложки – в два раза – может быть объяснено не только дополнительной активацией поверхности, но и частичным связыванием адсорбированных поверхностных пленок бором. Заметное влияние на прочность сцепления оказывает пластичность поверхности контакта. Это может быть достигнуто за счет добавки в поверхностный слой легкоплавкой меди, либо напылением пластичного подслоя из никель-алюминиевого порошка.

Для окончательного формирования требуемой микроструктуры композиционного материала применили диффузионный отжиг в печи с защитной атмосферой из экогаза ПСО-09, получаемого неполным сжиганием природного газа с недостатком кислорода около 10%, при температуре 820–860 °С, в течение 6 ч. Длительный отжиг при высоких температурах позволил достичь высоких прочностей связи покрытия с

основой, слоев и разнородных фаз покрытия между собой, за счет взаимного диффузионного перераспределения легирующих элементов.

Основные результаты металлографических и триботехнических исследований материалов, полученных по предлагаемой технологии, представлены на рис. 3, таблица 4.

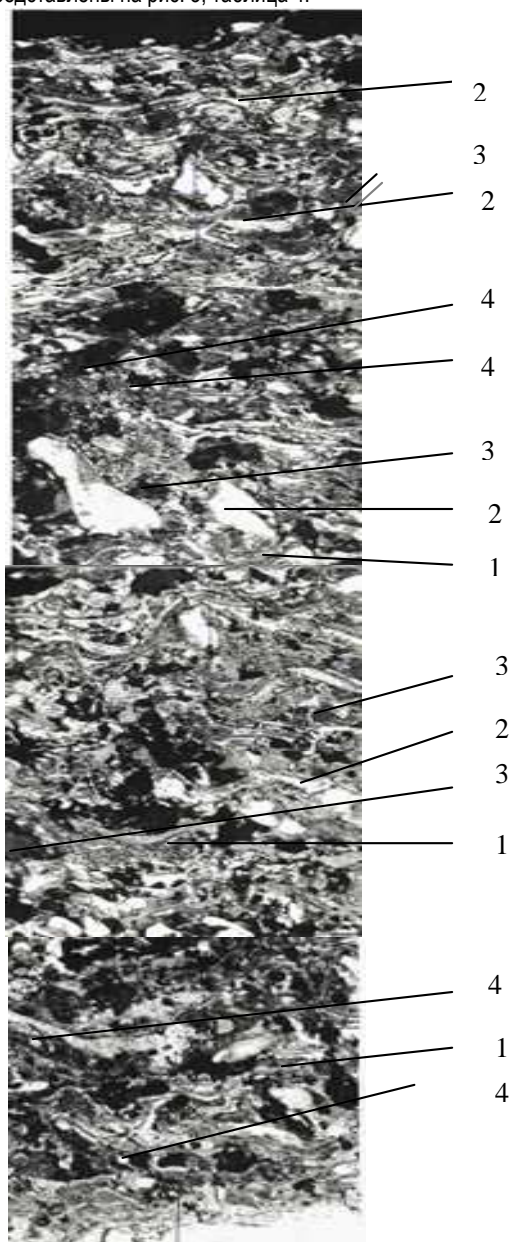


Рис. 3. Микроструктура плазменного покрытия из диффузионно-легирующей бором и медью стружки серого чугуна. X 300: 1 – участки мелкодисперсной бористой эвтектики; 2 – ламели α -фазы с фрагментами перлита; 3 – медистые включения; 4 – боридные, бороцементитные включения

Установлено, что на строение напыленного слоя решающее значение оказывает сила тока и состав напыляемой порошковой смеси (таблица 4). Строение покрытия, отвечающее эксплуатационным требованиям, представлено на рис. 3. Такое покрытие после термообработки обеспечивает высокий уровень антифрикционных свойств (таблица 5), не уступающих антифрикционным оловянистым бронзам.

Анализ полученных данных свидетельствует, что у композиционного материала, синтезированного из отходов серого чугуна с микроструктурой, подобной структурам Шарпи I типа, эксплуатационные характеристики, в том числе износостойкость, соответствуют показателям антифрикционных материалов на медной основе. Что позволяет применять синтезированный материал в качестве заме-

нителя дорогостоящих дефицитных бронз в тяжело нагруженных подшипниках скольжения.

Таблица 4. Влияние режимов нанесения материала Сч+В+Си на структуру и пористость покрытия

Состав материала	Режимы напыления, А	Микроструктура $\times 300$	Пористость, %
Чистый СЧ-20	200		9,54
СЧ-20 +В	200		8,67
СЧ 20 +В +Си	150		8,27
СЧ 20 +В +Си	200		6,38
СЧ 20 +В +Си	300		4,15

Таблица 5. Износ вкладышей образцов мг*Е⁻⁵

Материал	Путь трения, м			Твердость, НВ
	2000	4000	6000	
БрОФ 10-1	1,30	1,45	1,57	90
БрОЦС 5-5-5	0,95	1,67	2,95	60
БрАЖ 9-4	0,85	1,19	1,75	130
СЧ20	4,10	4,50	11,30	100
СЧ20+Си+В	1,23	1,35	1,46	90
БрОФ 10-1	1,30	1,45	1,57	90

По результатам проведенной работы можно сделать выводы о возможностях разработанной технологии получения композиционного антифрикционного материала:

- возможно формирование материалов на основе стружки серого чугуна с необходимыми для условий эксплуатации химическим, фазовым составом и строением;
- разработанная технология позволяет получать материалы с наперед заданными свойствами и с возможностью их регулирования в широких диапазонах;
- возможность получения дешевого материала по свойствам, не уступающим известным антифрикционным материалам.

В современных экономических условиях целесообразно применение в ремонтных производствах промышленных предприятий технологий получения материалов на основе металлоотходов, позволяющих обеспечить высокие эксплуатационные свойства трибосопряжений, не уступающие исходным цельнометаллическим деталям из оловянистых бронз.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фруцкий, В.А. Антифрикционный материал из легирующей бором и медью чугунной стружки для подшипников скольжения: дис. канд.техн.наук: 05.02.01 / В.А. Фруцкий. – Новополоцк, 2006. – 135 с.
2. Гаркунов, Д.Н. Триботехника: учебник для ст-тов втузов. – М.: Машиностроение, 1999. – 336 с.
3. Восстановление деталей машин: Справочник / Ф.И. Пантелеенко, В.П. Лялякин, В.П. Иванов, В.М. Константинов; под ред. В.П. Иванова. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
4. Штемпель, О.П. Интенсификация диффузионного легирования металлических порошков для защитных покрытий в подвижных порошковых смесях: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.01.

LISOVSKIY A.L., SHTEMPEL O.P., FRUCKIY V.A., DENISENOK S.F., CHERNEVICH M.V. Features of the integrated approach to synthesis of materials on the basis of metal waste products for tribe of interfaces

The antifrictional materials working at high speeds of sliding and the large pressure are considered. The reasons high endurance antifrictional tin bronze such as BrOF10-1 in such conditions are analysed. The technology of drawing endurance of a composite material received from waste products of machining cast iron with subsequent(next) economical alloyage of the initial material in mobile spent mixes is developed. The opportunity of reception of an antifrictional material, with structure similar to structures Sharpy I of a type which is not making a concession on endurance antifrictional bronze such is shown. It is possible to vary chemical structure, structure and properties of the composite material, put on a working surface, in a wide range, selecting optimum parameters for concrete conditions. Use in repair manufacture of the enterprises of technology of reception of a composite material on a basis metal waste products of grey pig-iron with application thermomodiffusion alloy(ed) steel is economically expedient.

УДК 6663022 (088.8)

Есавкин В.И.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ШНЕКОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Введение. Целью настоящей работы является усиление внимания к проблеме улучшения качества изделий при их формовании в прессах, снижению энергозатрат, повышению производительности и износостойкости шнеков, как основных рабочих органов, обеспечивающих прессование сырьевой массы и ее транспортирование.

Конструктивное исполнение шнеков существенно влияет на эффективность работы винтовых транспортеров, прессов шнекопоршневых бетононасосов.

Многими авторами были выполнены работы по совершенствованию конструктивного исполнения шнеков. Видоизменялись рабочие поверхности наружные и внутренние, напорные лопасти, шаг лопастей. По этим разработкам можно выделить следующие виды шнеков:

- шнек, содержащий напорные лопасти, расположенные с переменным шагом, причем, напорные лопасти выполнены с радиальными вырезами, расположенными под углом 30–35° и выгнуты под углом 60–65° к оси вала [1];
- шнек, содержащий винтовую и выжимную лопасть [2];
- шнек, включающий вал с винтовой и выжимной лопастью, выполненной в виде консоли, наружная радиальная поверхность которой описана радиусом шнека, а внутренняя описана гиперболической или логарифмической спиралью [3];
- шнек, включающий вал с винтовой и выжимной лопастью, выполненной в виде консоли, наружная радиальная поверхность которой описана радиусом шнека, а внутренняя описана гиперболической или логарифмической спиралью с углом ее заострения 25–45° (рис. 1) [4];

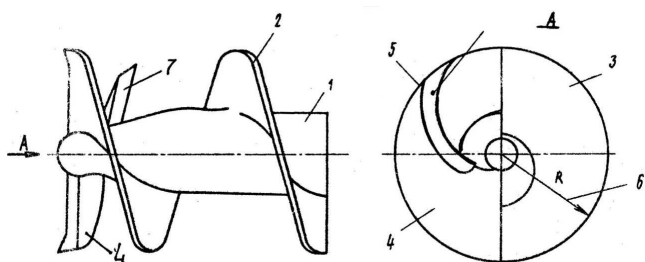


Рис. 1. Шнек с выжимной и с консольной выжимной лопастью: 1 – вал; 2 – винтовая лопасть; 3 – выжимная лопасть; 4 – консольная выжимная лопасть; 5 – радиальная поверхность консольной выжимной лопасти; 6 – шнек; 7 – внутренняя поверхность консольной выжимной лопасти с углом заострения 25–45°

- шнек, включающий вал с винтовой и выжимной лопастью, рабочая и задняя поверхность винтовой спирали имеет форму ветви клотоиды (рис. 2) [5].

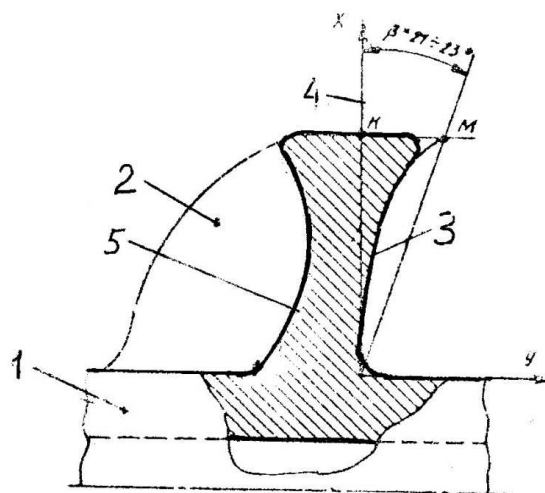


Рис. 2. Шнек с выжимной лопастью, рабочая и задняя поверхность которой выполнена по усеченной ветви клотоиды: 1 – вал; 2 – винтовая спираль; 3 – рабочая поверхность; 4 – нормаль; 5 – задняя поверхность

Анализ конструктивного решения шнеков. Работы по повышению эффективности шнековых рабочих органов направлены по следующим направлениям:

- по конструктивному совершенствованию выжимных лопастей, как основных элементов, обеспечивающих повышение производительности, улучшающие качество изделий, снижающие энергоемкость;
- по совершенствованию и исследованию формы рабочей и задней поверхности винтовой спирали шнека, влияющей на эффективность прессования, перемешивания и перетирания керамических масс и позволяющей повысить износостойкость шнеков.

Используемые на прессах, на винтовых конвейерах и бетононасосах шнековые рабочие органы в большинстве случаев имеют рабочие и задние поверхности выжимных лопастей прямолинейные. При скольжении керамической массы по прямолинейной рабочей поверхности лопасти масса ее не деформируется и перемешивание происходит за счет сил трения о винтовую поверхность лопасти и корпус шнека. При движении керамической массы по винтовой поверхности происходит ее прижатие к корпусу, т.к. винтовая лопасть прямолинейна, то и направляется транспортируемая прессуемая масса к корпусу, т.е. степень уплотнения неодинаковая по объему, и качество формовки получается низким, кроме того, снижается и производительность, т.к. приходится преодолевать значительные силы трения между вращающейся массой, находящейся на шнеке и корпусом пресса.

Есавкин Вячеслав Иванович, ст. преподаватель кафедры машиноведения Брестского государственного технического университета. Беларусь, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.