

## МАТЕРИАЛЫ ПОКРЫТИЙ

УДК 621. 763

### ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОДШИПНИКОВОГО СПЛАВА, МОДИФИЦИРОВАННОГО УЛЬТРАДИСПЕРСНЫМИ АЛМАЗАМИ

**П.А. ВИТЯЗЬ, В.Ж. ЖОРНИК, Н.Н. ПРОКОПОВИЧ**

*(Институт механики и надежности машин НАН Беларуси, Минск)*

*Модифицирование сплава путем ввода алмазно-графитной шихты УДАГ повышает износостойкость става в 1,8...2,0 раза и снижает коэффициент трения в 1,7... 1,9 раз.*

Введение. Современное машиностроение располагает широким спектром антифрикционных материалов, однако применяемые подшипниковые материалы на основе бронз, баббитов, алюминиевых сплавов, в известной степени, достигли предела своих эксплуатационных возможностей. Поэтому остро стоит задача создания новых подшипниковых материалов, способных работать при более жестких условиях эксплуатации.

Перспективным направлением является создание композиционных антифрикционных материалов, модифицированных порошком ультрадисперсного алмаза (УДА). Порошок УДА обладает уникальной величиной удельной поверхности 400...500 м<sup>2</sup>/г, что позволяет использовать его в различных материалах для существенного улучшения характеристик. В настоящее время УДА используются в гальванопокрытиях, в конструкционных материалах в качестве добавок к маслам. Введение УДА способствует повышению износостойкости, снижению коэффициента трения, увеличению предельной нагрузки, повышению стойкости к агрессивным средам и экстремальным климатическим воздействиям [1].

Исходя из вышеизложенного, представляется возможным применить УДА для модифицирования структуры легкоплавких подшипниковых сплавов и повышения их эксплуатационных свойств.

Цель работы - изучение триботехнических свойств подшипниковых сплавов, модифицированных ультрадисперсными алмазами.

Методика исследований. Для исследований был выбран сплав Б83 (ГОСТ 1320-74), широко применяемый в подшипниках скольжения различных машин. В качестве модификатора была использована алмазно-графитная шихта УДАГ (ТУ РБ 28619110.001-95). Для получения композиционного материала на основе Б83 использовали метод порошковой металлургии, а именно прессование с последующим спеканием в защитной атмосфере. В качестве атмосферы спекания использовали диссоциированный аммиак. Полученные образцы подшипникового сплава, модифицированного УДАГ, подвергались триботехническим испытаниям на трение и износ. Для сравнения были исследованы также образцы промышленно выпускаемого баббита Б83 и образцы баббита Б83, изготовленные методом порошковой металлургии без введения УДАГ. Измерения коэффициента трения и линейного износа проводились автомагически на установке для триботехнических исследований по схеме «палец - диск» в условиях сухого трения. Удельная нагрузка составляла 2,5 МПа, при этом использовались образцы прямоугольной призматической формы с площадью рабочей поверхности 40 мм<sup>2</sup>. Скорость скольжения образца относительно контртела в процессе испытаний составляла около 1 м/с. Контртело изготавливалось из закаленной стали 65Г. Твердость контртела составляла 43.. 45 HRC.

Наряду с этим, интенсивность изнашивания определялась путем взвешивания образца до и после испытаний на аналитических весах АДВ-200М.

Результаты исследований и их обсуждение. Исследования триботехнических свойств показали, что модифицирование подшипникового сплава Б83 с использованием УДАГ приводит к существенному повышению износостойкости (рис. 1).

Износостойкость спеченного немодифицированного баббита Б83 ниже, чем у литого баббита Б83, поэтому можно предположить, что именно введение УДА! способствует повышению износостойкости материала.

Структура оловянного баббита Б83, содержащего олово, сурьму и медь, состоит из следующих структурных составляющих: твердого скелета из игл Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> твердых сравнительно крупных кристаллов SnSb, имеющих форму прямоугольников или треугольников; вязкой основы - тройной эвтектики, состоящей из твердого раствора сурьмы и меди в олове; частиц Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> и SnSb [2].

При заливке баббита большое значение имеет повышенная скорость охлаждения, которая способствует созданию мелкокристаллической структуры. При медленном охлаждении, наоборот, баббит получает очень грубую структуру с повышенной хрупкостью и низкими антифрикционными свойствами. Значительное снижение интенсивности изнашивания подшипникового сплава, модифицированного УДАГ, по-видимому, связано с более мелкодисперсной структурой материала по сравнению с промышленно выпускаемым баббитом (рис. 2).

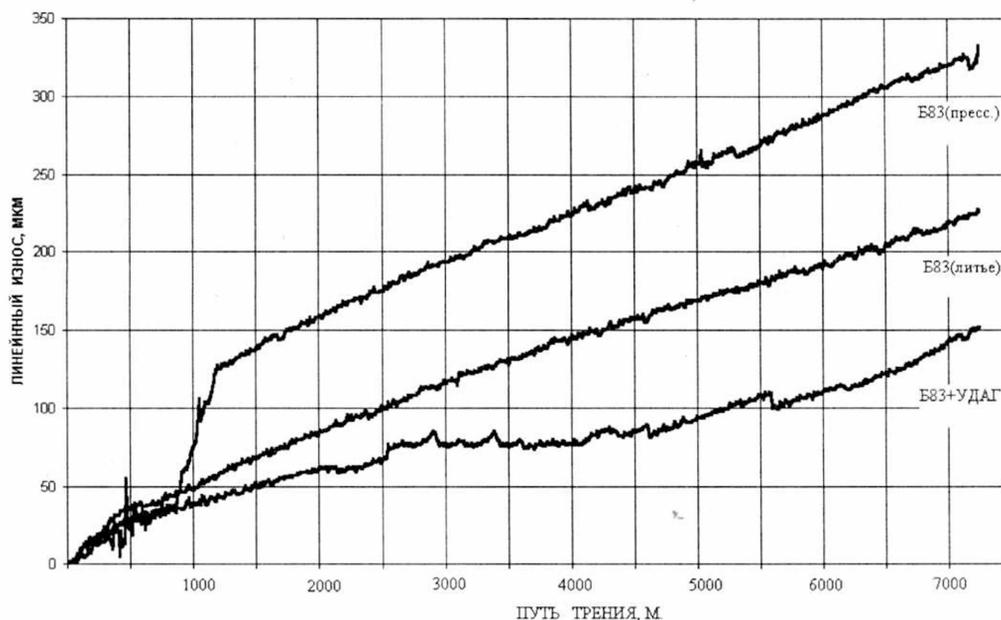
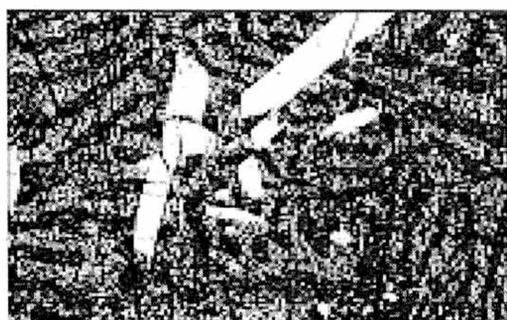
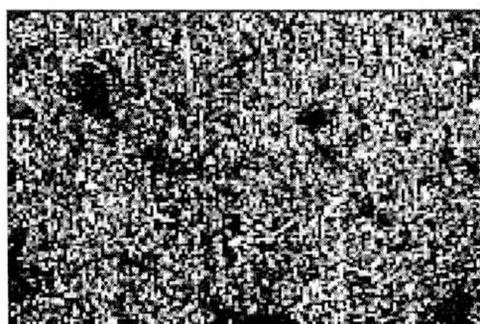


Рис. 1. Зависимость величины износа баббитовых подшипниковых сплавов от пути трения



а)



б)

Рис. 2. Структура оловянного баббита Б83 (x400):  
а - Б83 (литой); б - Б83 + УДАГ

Известно, что энергия трения аккумулируется в приповерхностном слое, создает поля напряжений, вызывает рост количества дефектов кристаллической решетки, в частности - дислокаций [3]. Эти явления интенсивно развиваются в более пластичном и мягком материале и приводят к микронаклепу и усталостным процессам. Мелкодисперсные частицы более твердого модификатора служат препятствием для перемещающихся при этом дислокаций и не позволяют им скапливаться и трансформироваться в объемные дефекты (поры, трещины). В итоге достигается более высокая износостойкость подшипникового сплава. Количество графита в модифицированном сплаве достаточно для обеспечения смазочного действия, а равномерное его распределение препятствует вторичной рекристаллизации мелкодисперсных частиц баббита и их окислению. Поверхностные пленки обладают низким сопротивлением сдвигу, предотвращают адгезионное взаимодействие с поверхностью контртела и, таким образом, значительно снижают коэффициент трения подшипникового сплава, модифицированного УДАГ (рис. 3).

Как следует из представленных графиков, у модифицированного материала время приработки значительно меньше по сравнению с немодифицированными. Также следует обратить внимание на более

стабильное протекание процесса трения у модифицированного подшипникового сплава. Это свидетельствует об уменьшении явления схватывания при трении. В процессе работы ультрадисперсные алмазы способствуют деформационному упрочнению поверхностного слоя материалов сопряжения и обеспечивают низкую шероховатость поверхностей сопряжения. Частицы графита, входящие в состав УДАГ, выступая в роли твердой смазки, предотвращают схватывание материалов сопряжения и обеспечивают более низкий коэффициент трения.

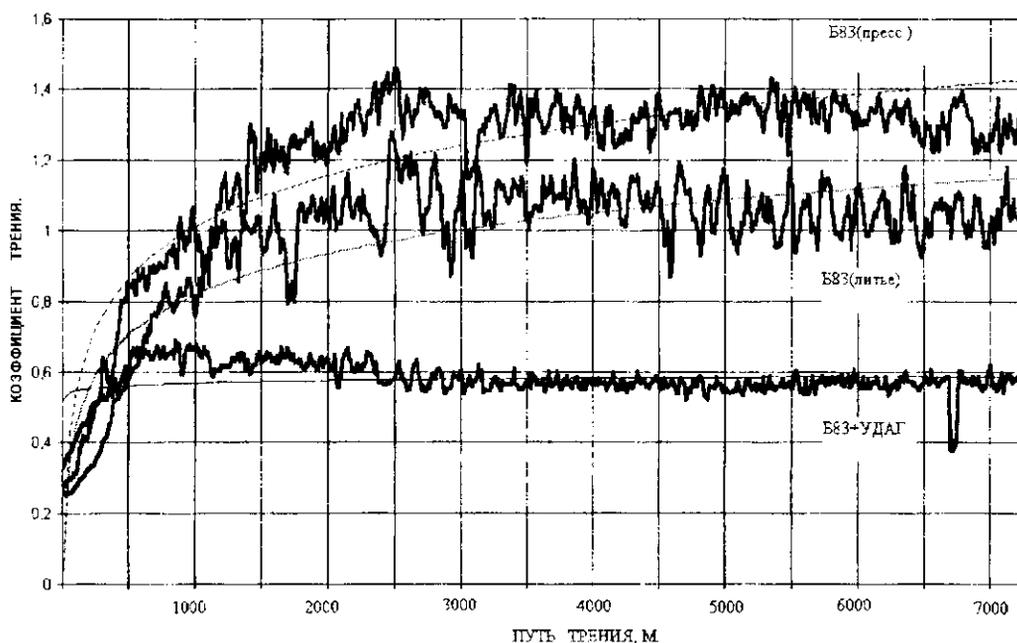


Рис. 3. Зависимости коэффициента трения баббитовых подшипниковых сплавов от пути трения

Проведенные исследования влияния концентрации модификатора на триботехнические свойства подшипникового сплава Б83 (таблица) показали, что при концентрации УДАГ 0,005 мас. % триботехнические характеристики модифицированного сплава практически не отличаются от триботехнических характеристик исходного сплава Б83. Однако уже при увеличении концентрации до 0,01 мас. % наблюдается значительное повышение износостойкости и снижение коэффициента трения. При этом следует отметить, что при увеличении концентрации УДАГ более 1,5 мас. % наблюдается повышение интенсивности изнашивания и уже при содержании УДАГ 2 мас. % интенсивность изнашивания сплава, модифицированного УДАГ, превышает интенсивность изнашивания немодифицированного литого сплава Б83. Это, вероятно, вызвано тем, что при превышении пороговой концентрации УДАГ в сплаве начинается разупорядочение структуры, что приводит к образованию и увеличению числа дефектов в виде трещин. Таким образом, запредельное увеличение объемного содержания модификатора способствует повышению хрупкости материала.

Триботехнические свойства модифицированного баббита Б83

Компоненты, мас. %		Триботехнические свойства	
Баббит	УДАГ	Коэффициент трения	Интенсивность изнашивания, мг/м
100	—	0,99... 1,10	0,0196-0,0213
99,995	0,005	0,97...1,10	0,0198-0,0220
99,99	0,01	0,79...0,81	0,0103-0,0110
99	1	0,57-0,59	0,0099-0,0107
98,5	1,5	0,73-0,81	0,0189-0,0191
98	2	0,75-0,77	0,0276-0,0296

Из представленных данных следует, что модифицирование сплава путем ввода УДАГ обеспечивает повышение износостойкости сплава в 1,8...2,0 раза и снижение коэффициента трения в 1,7...1,9 раз. Эффективность действия УДАГ базируется на принципах дисперсного упрочнения и введения в состав сплава антифрикционного компонента (графита). Структура материала изменяется не столько из-за упрочняющего действия частиц, сколько из-за их активного воздействия на процесс зарождения, формирования и роста центров кристаллизации материала. По-видимому, именно за счет высокой поверхностной активности частиц ультрадисперсного алмаза происходит изменение морфологии сплава, наблюдается уменьшение размеров зерен, что положительно сказывается на триботехнических свойствах подшипникового сплава.

Выводы. Проведенные исследования показали, что модифицирование подшипникового сплава Б83 позволяет снизить коэффициент трения и повысить износостойкость материала, при этом наилучшими триботехническими свойствами обладает сплав с содержанием УДАГ около 1 мас. %.

Модифицирование с помощью УДАГ позволяет улучшить характеристики традиционных подшипниковых материалов и создать новые с повышенными эксплуатационными свойствами, что, в свою очередь, существенно расширяет диапазон применения легкоплавких подшипниковых материалов в узлах трения машин различного функционального назначения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Витязь П.А., Жорник В.И. Перспективы применения алмазов при создании машин и технических систем // Надежность машин и технических системах: Материалы междунар. науч.-техн. конф.: В 2 т. / Под общ. ред. О.В. Берестнева. - Мн.: ИТК НАНБ, 2001. Т. 1 - С. 30-34.
2. Болховитинов Н.Ф. Металловедение и термическая обработка. М.: Машгиз, 1961. С. 425-426.
3. Триботехнические характеристики композиционных, многослойных покрытий / Е.В. Овчинников, С.Д. Лещик, В.А. Струк и др, //Трение и износ. -2000. - Т. 21, №2. - С. 147-156.