

Плазменно-порошковая наплавка баббитовых сплавов

*Авторы (Authors): Коберник Н.В., к.т.н., Михеев Р.С., к.т.н., Гвоздев П.П., инж.,
(University): МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Аннотация

Рассмотрены различные способы получения баббитовых покрытий и показаны основные причины, снижающие эксплуатационные характеристики баббитовых сплавов. Предложен вариант плазменно-порошковой наплавки слоев из баббитов. Экспериментальные исследования показали, что применение плазменно-порошковой наплавки является перспективным для получения покрытий из баббитовых сплавов, характеризующихся повышенной износостойкостью при сохранении коэффициента трения.

Плазменно-порошковая наплавка баббитовых сплавов

*Коберник Н.В., к.т.н., Михеев Р.С., к.т.н., Гвоздев П.П., инж.,
МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Введение

Антифрикционные сплавы баббита на оловянной основе находят широкое применение в подшипниках скольжения, работающих в экстремальных условиях. Структура баббита представляет собой мягкую матрицу с включениями армирующей фазы. Матрицей является α -фаза (твердый раствор Sb и Cu в Sn), обеспечивающая хорошую прирабатываемость, а также особый микрорельеф поверхности, улучшающий снабжение маслом участков трения и теплоотвод от них. Твердые включения (β -фаза (SnSb) и γ -фаза (Cu₃Sn)) обеспечивают высокую износостойкость [1, 2]. Баббиты обладают самыми высокими антифрикционными свойствами среди сплавов своего класса, однако имеют низкую усталостную прочность, что ограничивает диапазон толщин антифрикционных покрытий, получаемых из баббита. Невысокие показатели усталостной прочности обусловлены размером и формой частиц армирующей фазы, являющейся концентраторами напряжений. В работах [2, 3] показано, что при снижении размера частиц β фазы баббита марки Б83 в несколько раз повышается усталостная прочность и демпфирующая способность баббита.

Традиционно баббитовые покрытия на подшипниках скольжения изготавливаются методами литья. Однако литейные технологии имеют ряд недостатков: низкая адгезионная прочность покрытия с основой, ликвация армирующих элементов по сечению отливки, склонность к дефектам типа усадочных раковин и пор, необходимость оставлять высокий припуск под механическую обработку. За последнее время появились методы литья, способные решить некоторые из вышеперечисленных проблем. Однако, проблемы, связанные с адгезионной прочностью и припуском под механическую обработку, на сегодняшний день не нашли решения литейными способами.

В настоящее время для получения антифрикционных слоев подшипников скольжения все большее распространение находят методы напыления и наплавки. Применение, указанных способов позволяет решить проблему ликвации армирующей фазы, снизить припуск под механическую обработку и повысить адгезионную прочность антифрикционного слоя. Кроме того, высокие, по сравнению с литейными методами, скорости охлаждения позволяют получить дисперсную структуру, что способствует повышению

усталостной прочности и, как следствие, повышению износостойкости. Все это делает методы напыление и наплавки перспективными технологией для изготовления подшипников скольжения.

Особый интерес имеет технология плазменно-порошковой наплавки, которая легко автоматизируется, обеспечивает минимальное проплавление и обеспечивает стабильность качества наплавленного покрытия. Поэтому данная работа посвящена разработке технологии плазменно-порошковой наплавки баббитовых сплавов на подложку из стали.

Методика проведения экспериментов

Антифрикционный слой наносили методом плазменно-порошковой наплавки на поверхность пластины из углеродистой стали марки Ст3сп (ГОСТ 380-2005). Наплавку выполняли «углом назад» на постоянном токе прямой полярности, значение которого не превышало 50А. Для получения покрытий, применяли установку фирмы Castolin Eutectic EuTronic GAP 3002 AC/DC. В качестве присадочного материала применяли коммерческий порошок LT29240 (Castolin E utectic), который соответствует марки SnSb8Cu4 по ИСО 4381-91. Размер частиц порошка составлял 100-150 мкм (рис. 1).

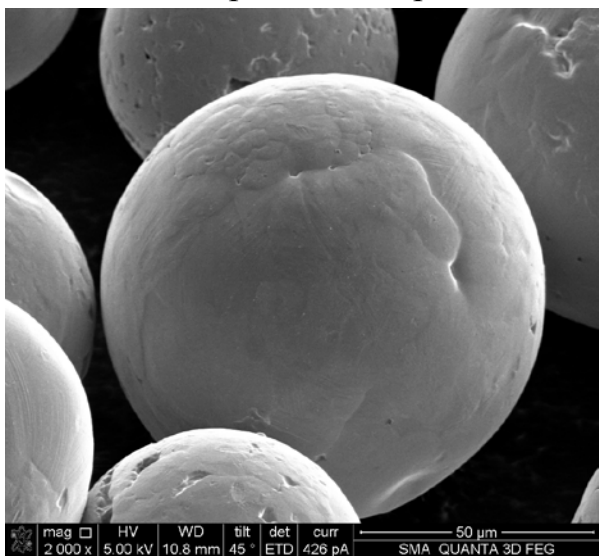


Рис. 1 Присадочный порошок баббита марки SnSb8Cu4 по ИСО 4381-91 для плазменной наплавки x 2 000

Из наплавленных образцов были подготовлены микрошлифы, изучена структура и химический состав наплавленного металла. Структуру наплавленных покрытий исследовали на оптическом микроскопе Leica DM1LM с использованием программы Qwin для анализа изображений, а также на растровом электронном микроскопе FEI Quanta 3D FEG, оснащенных приставкой для микрорентгеноспектрального анализа.

Наплавленные покрытия подвергали экспресс оценки эксплуатационных характеристик, путем проведения испытаний на трение скольжение без смазки по схеме «втулка - диск» (рис. 2). Режимы трибонагружения составляли: окружная скорость $V=0,39$ м/с, длительность цикла при постоянной нагрузке

$t_{\text{цикла}}=10$ мин, диапазон изменения нагрузки от 0,2 до 7,0 МПа. В качестве контртела применяли втулку из стали 45 (HRC>45). Испытываемый образец в виде диска был неподвижен.

Поведение образцов при сухом трении оценивали по коэффициенту трения и величине объемной интенсивности изнашивания (I_v), определяемой как отношение объема уносимого материала к пути трения.

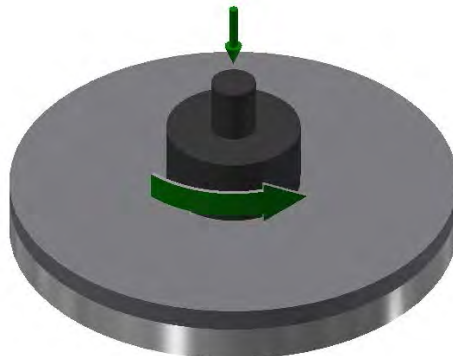


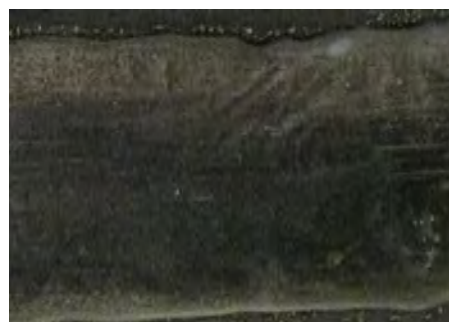
Рисунок 2. Схема трибологических испытаний «втулка - диск»

Результаты и обсуждение

По результатам проведенных экспериментов удалось получить наплавленные покрытия с удовлетворительным формированием (рисунок 3).



а)



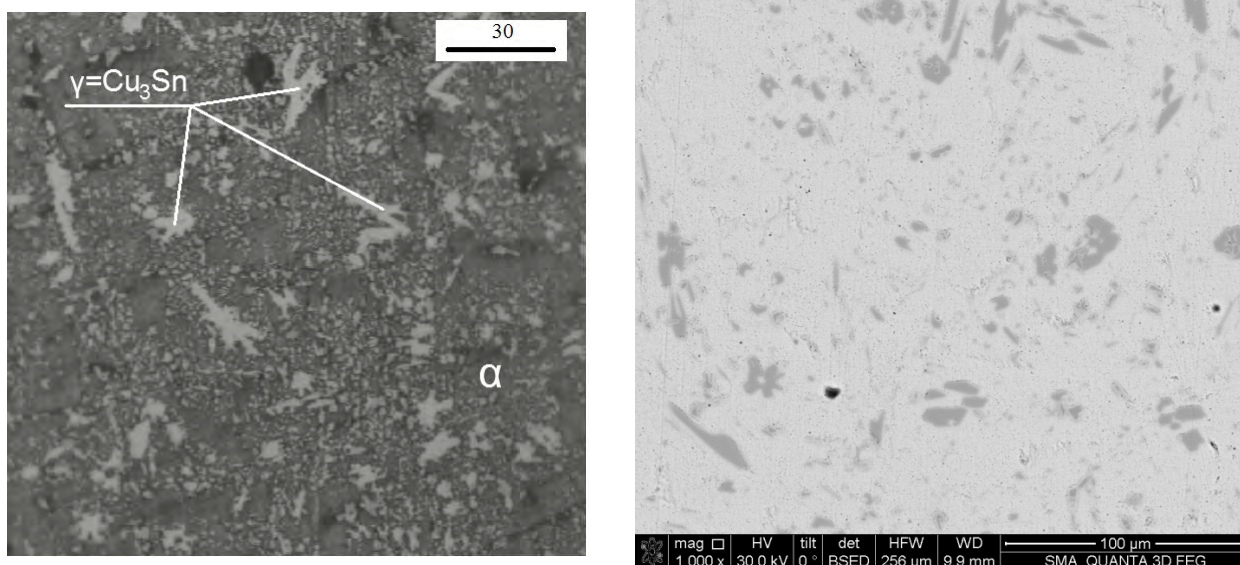
б)

Рисунок. 3 Внешний вид наплавленных покрытий баббитовых сплавов

Структура полученных покрытий представлена на рисунке 4. Видно, что структура наплавленного металла представляет собой игольчатые частицы γ -фазы (Cu_3Sn) в матрице α -фазы. Кристаллы β -фазы (SnSb) не обнаружены, что может быть связано со степенью легирования баббита марки SnSb8Cu4 (твердый раствор сурьмы в олове содержит 9,4 % Sb [5]).

Микрорентгеноспектральный анализ наплавленного металла показал отсутствие выгорания легирующих элементов во время наплавки (рисунок 5, а и таблица 1). В зоне сплавления наблюдается минимальное перемешивание основного и наплавленного металла. Лишь в небольшой зоне (не более 2 мкм) вдоль линии сплавления наблюдается присутствие следов основного металла (Fe) (рисунок 5, б и рисунок 6). Эти данные позволяют рекомендовать для

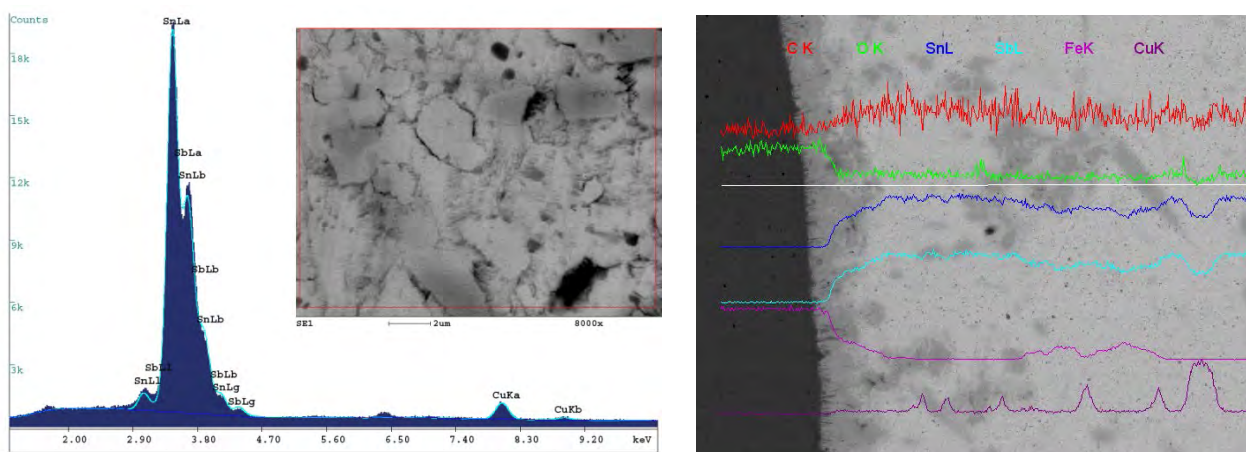
получения антифрикционных покрытий применение метода плазменной наплавки баббита.



а)

б)

Рисунок 4 Оптическая (а) и электронная (б) микроскопия наплавленного металла



а)

б)

Рисунок. 5 Электронная микроскопия наплавленного металла (а) и зоны сплавления (б)

Таблица 1 Микрорентгеноспектральный анализ наплавленного металла

Элемент	измеренные значения		ИСО 4381-91
	по массе %	ат %	по массе %
Sn	84,49	81,89	88,0 – 90,0
Sb	11,51	10,87	7,0 – 8,0
Cu	4,00	7,24	3,0 – 4,0

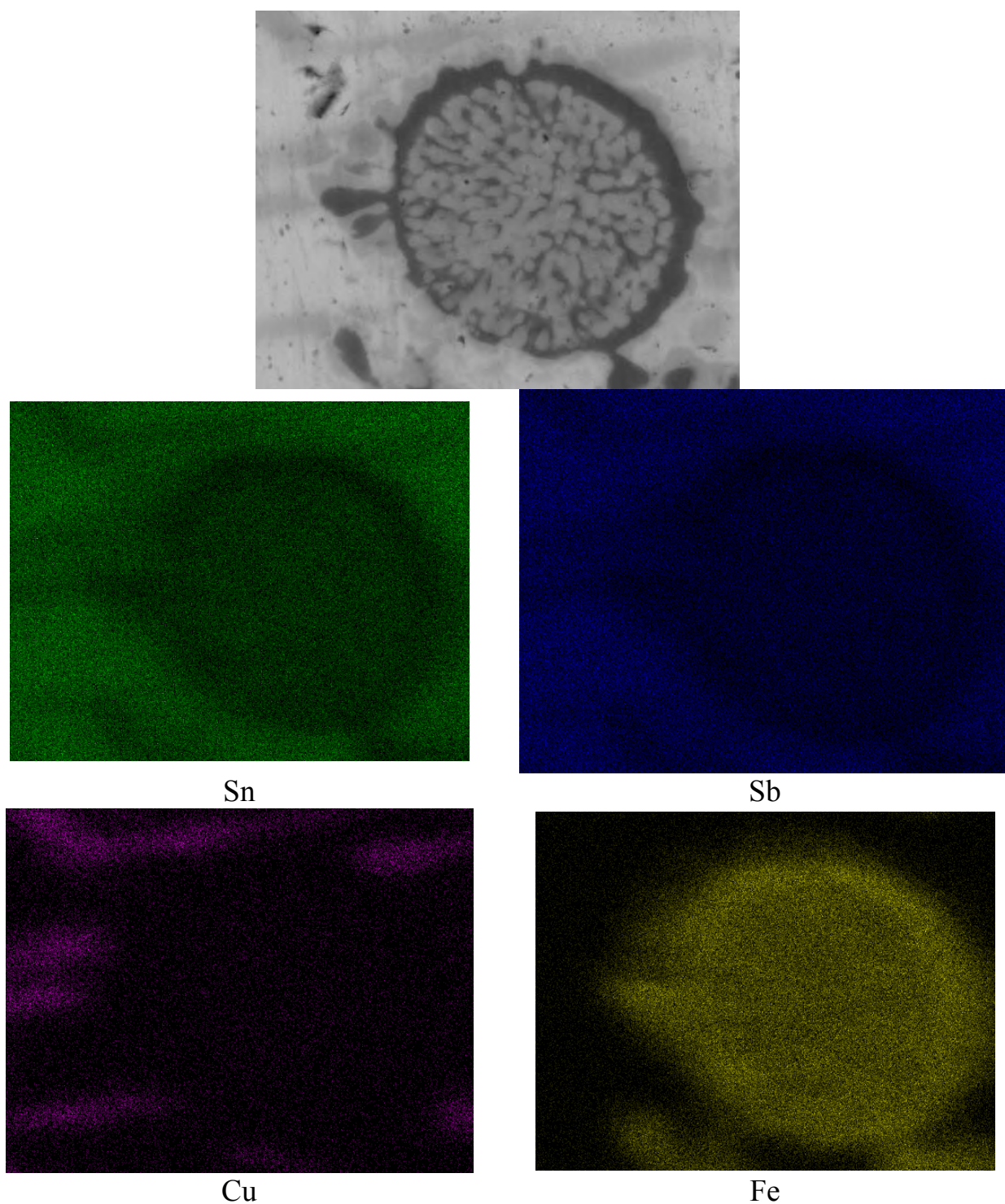


Рисунок. 6 Участок наплавленного металла около линии сплавления,
снятый в характеристическом излучении

Результаты испытаний на трение и износ представлены в табл. 2. Для обеспечения возможности сравнения результатов испытаний образцы промышленного баббита марки Б83, полученного по литейной технологии, и наплавленных покрытий проводили в одинаковых условиях. Видно, что покрытия, полученные плазменной наплавкой, обладают большей

износостойкостью по сравнению с литым баббитом при сохранении уровня коэффициентов трения.

Таблица 2. Результаты испытания на трение и износ

Нагрузка, Н	Промышленный баббит		Наплавленный баббит	
	$I_v \times 10^{-2}$ мм ³ /м	$f_{п}/f_6$	$I_v \times 10^{-2}$ мм ³ /м	$f_{п}/f_6$
18	2,0	1	0,32	0,94
28	0,69	1	0,42	0,98
39	0,79	1	0,62	0,97
50	0,85	1	0,81	0,97
60	0,95	1	0,55	0,97

Выводы.

1. Применение плазменной наплавки сплава баббита марки SnSb8Cu4 позволяет получить наплавленный металл без выгорания легирующих элементов и с минимальным перемешиванием основного и наплавленного металла.
2. Испытания наплавленных покрытий на трение и износ показало, что износостойкость наплавленного покрытия выше, чем износостойкость литого баббита, при сохранении или снижении коэффициента трения.
3. Представленные результаты показывают перспективность применения плазменно-порошковой наплавки баббитовых сплавов.

Список использованной литературы.

1. Материаловедение: учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др.; Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. – 5-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 648 с.: ил.
2. Потехин Б.А., Глущенко А.Н., Илюшин В.В. Свойства баббита Б83. Технология металлов. 2006. №3. С. 17-23.
3. Н.П. Барыкин, Р.Ф. Фазлыяхметов, А.Х. Валеева. Влияние структуры баббита Б 83 на интенсивность износа трибосопряжений. «Металловедение и термическая обработка металлов» №2 (608). 2006г. с. 44-46.
4. Wear behavior in Al2024–CNTs composites synthesized by mechanical alloying. R. Pérez-Bustamante, J. L. Bueno-Escobedo, J. Jiménez-Lobato b, I. Estrada-Guel a , M. Miki-Yoshida, L. Licea-Jiménez, R. Martínez-Sánchez. Wear 292–293 (2012) 169–175.
5. Диаграммы состояния двойных металлических систем / Под ред. Н.П. Лякишева.-М.:, Машиностроение.- 1996 г