



The interrelation of technology of babbit B83 casting with morphology of the received structure is examined. The new technology of turbulent casting which makes it possible to produce intermetallides of globular form is given.

В. В. ИЛЮШИН, Б. А. ПОТЕХИН, Уральский государственный лесотехнический университет

УДК 621.746.558

ТЕХНОЛОГИЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ЛИТЬЯ – НОВЫЙ СПОСОБ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТРУКТУРЫ СПЛАВОВ

Распространенным способом изготовления средне- и крупногабаритных вкладышей подшипников скольжения является их заливка антифрикционным сплавом. В качестве антифрикционных материалов для подшипников скольжения применяют баббиты, бронзы, сплавы на основе алюминия, железа, различные полимеры, композиционные материалы и др. Оловянные баббиты марок Б83 и Б88 имеют лучшие триботехнические характеристики среди прочих сплавов скольжения. Подшипники с антифрикционным слоем из баббита, нанесенного методом литья, применяют в энергетической, машиностроительной, нефтегазовой и многих других отраслях промышленности [1].

Свойства баббита в значительной степени определяются его структурой [2, 3]. Несмотря на многие достоинства оловянных баббитов, они обладают рядом серьезных недостатков, основные из них – низкая усталостная прочность и неоднородность структуры, вследствие которой сплав имеет различие в химическом составе и свойствах по толщине залитого слоя.

Основная причина низкой усталостной прочности баббитов – это неблагоприятная, остроугольная форма интерметаллидов, вершины и грани которых являются концентраторами напряжений в сплаве.

Неоднородность структуры баббитов связана в первую очередь с ликвационными процессами, происходящими при кристаллизации и охлаждении этого сплава. Данные процессы, как правило, прямое следствие нарушения технологий изготовления и ремонта подшипника скольжения (нарушение температурного режима заливки, наплавки, неверный выбор частоты вращения при центробежной заливке и т. д.).

В настоящее время технологии изготовления и ремонта подшипников скольжения с антифрик-

ционным слоем из оловянного баббита не только не совершенствуются, но зачастую утрачены, что заставляет многие предприятия отказываться от применения баббитов в качестве материалов узлов трения.

Цель данной работы – изучение взаимосвязи технологии литья баббита марки Б83 с морфологией получаемой структуры. Исследования проводили на отливках в виде втулок, которые получали разными способами литья: сифонным (рис. 1, а), центробежным (рис. 1, б) и турбулентным (рис. 2) [4, 5]. Перечисленные способы были реализованы на универсальной литейной машине¹ [5].

Процесс турбулентного литья заключался в следующем (рис. 2). На вращающийся стол 1 устанавливали изложницу (корпус) 2, внутри которой с зазором 1 мм от ее внутренней поверхности помещали подпружиненное ребро 3, закрепленное на неподвижном стержне 4. Далее во вращающуюся изложницу заливали расплав баббита, который ак-

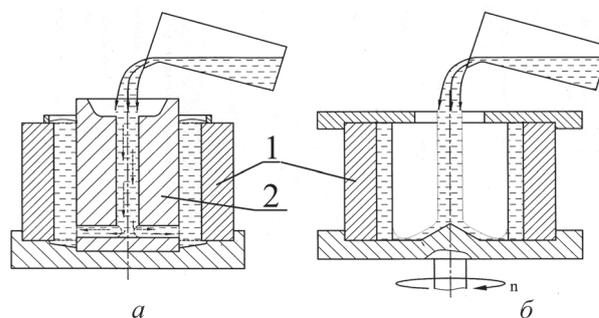


Рис. 1. Схемы заливки баббитом Б83 подшипников скольжения сифонным (а) и центробежным способом (б): 1 – корпус; 2 – стержень

¹ Литейная машина была разработана и изготовлена совместно с ведущим инженером А. Н. Глуценко на кафедре ТМ, ЛМФ, УГЛТУ.

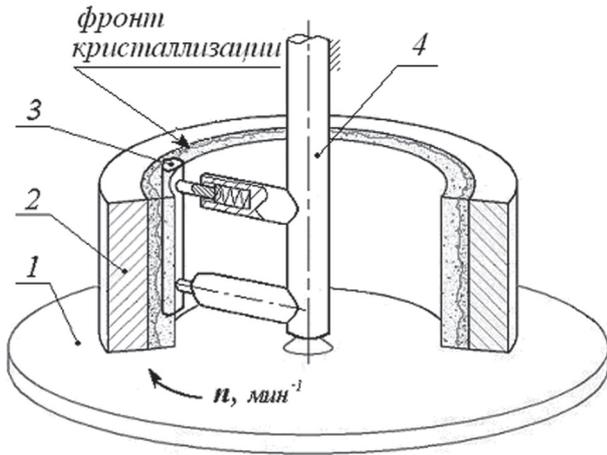


Рис. 2. Принципиальная схема турбулентного литья: 1 – центробежный диск; 2 – изложница; 3 – подпружиненное ребро; 4 – неподвижный стержень

тивно перемешивали подпружиненным ребром. При кристаллизации сплава, идущей от стенок более «холодной» изложницы, фронт кристаллизации оттеснял подпружиненное ребро в направлении оси вращения корпуса.

Перед литьем перечисленными выше способами баббит разогревали в стальном тигле. Температурные режимы процесса литья: температура расплава баббита – 410–420 °С, температура оснастки и стального корпуса-изложницы перед заливкой – 90–150 °С.

На каждой отливке выделяли три зоны (рис. 3): внутреннюю (рабочая поверхность подшипника скольжения); центральную и внешнюю, через которую обеспечивается адгезионное взаимодействие антифрикционного сплава с материалом корпуса будущего подшипника скольжения.

Баббит марки Б83 (ГОСТ 1320–98) (10–12% Sb, 5,5–6,5% Cu, основа – Sn) состоит из относительно мягкой матрицы (твердый раствор сурьмы

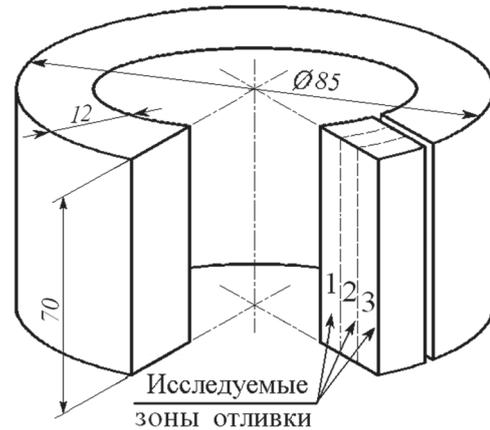


Рис. 3. Схема разрезки баббитовой втулки для исследований

и меди в олове, α -фаза) и расположенных в ней твердых кристаллов интерметаллидных соединений (SnSb, β -фаза и Cu_3Sn , ϵ -фаза) [6].

Структуры баббита марки Б83, полученного анализируемыми методами литья, показаны на рис. 4. Морфология интерметаллидов SnSb в баббите марки Б83, отлитом разными способами, приведена в табл. 1.

Как показано в работах [2, 3, 7], одним из основных факторов, определяющих весь комплекс свойств баббита Б83, является его структура и в частности размер интерметаллида SnSb. Результаты количественного металлографического анализа размеров и формы интерметаллида SnSb баббита Б83 в зависимости от способов литья приведены в табл. 2.

Исследования структур выполнены на микроскопе ПОЛАМ Р-312, Neophot 32 с фотографированием на видеокамеру Lumenera LU 375С с последующей обработкой результатов на програм-

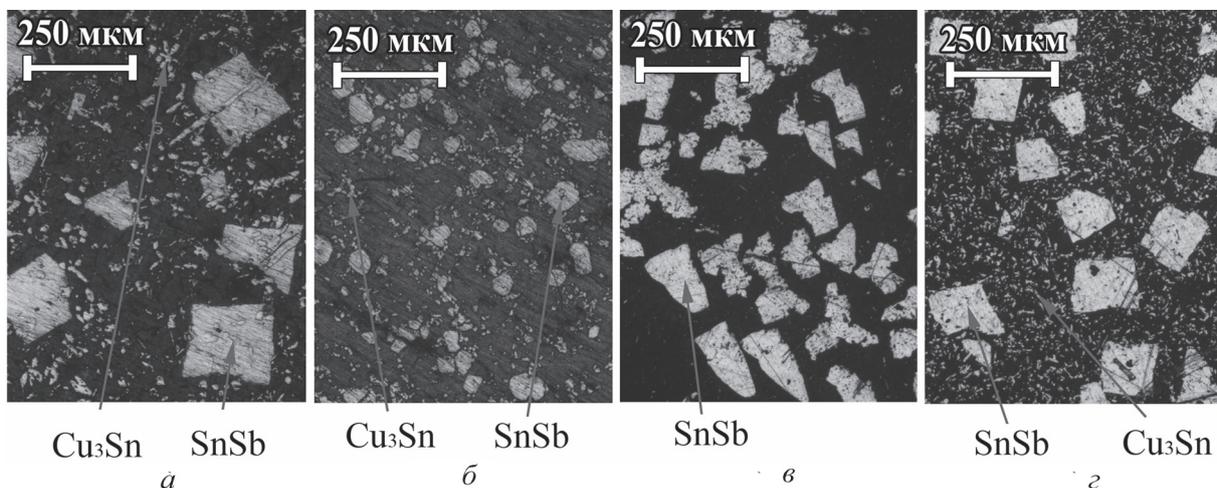


Рис. 4. Структура баббита Б83, полученного разными способами литья: а – сифонным; б – турбулентным; в – центробежным (внутренняя зона отливки – 1, см. рис. 3); з – центробежным (внешняя зона отливки – 3)

Таблица 1. Характерная форма интерметаллидов SnSb в баббите марки Б83, залитом разными способами

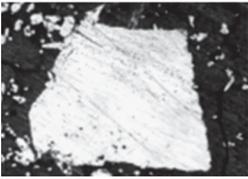
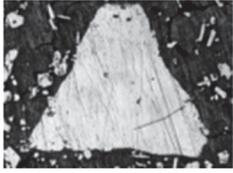
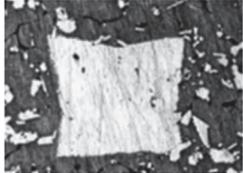
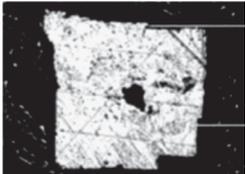
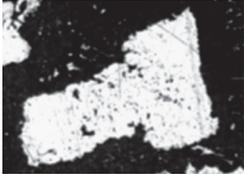
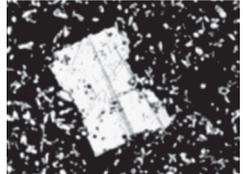
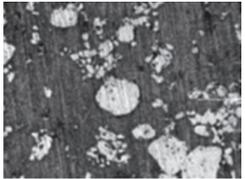
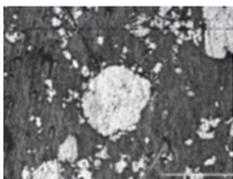
Зоны баббитовой отливки – втулки		
внутренняя 1	центральная 2	внешняя 3
сифонный способ литья		
		
центробежный способ литья		
		
турбулентный способ литья		
		

Таблица 2. Параметры интерметаллидов SnSb в баббите Б83, залитом разными способами

Способ литья	Зона отливки	Размеры кристалла $h \times l$ или диаметр, мкм	Средняя площадь кристалла S , мкм ²	Стандартный (круглый) фактор F_s
Сифонный	1	245×265	62231	0,49
	2	280×290	67387	0,43
	3	210×200	44964	0,39
Центробежный	1	250×255	64527	0,53
	2	237×137	35420	0,59
	3	188×125	29340	0,59
«Турбулентный»	1	диаметр 63	3443	0,90
	2	диаметр 106	8800	0,87
	3	диаметр 100	7477	0,86

мном комплексе SIAMS Photolab¹. Данный комплекс был использован для сравнения геометрических параметров кристаллов SnSb (β -фаза) в баббите Б83 в зависимости от способов литья. При этом были оценены следующие параметры: средняя площадь частиц S , мм²; периметр частиц P , мм, в сечении образца; стандартный (круглый) фактор формы F_s – отношение периметра круга, который по своей площади эквивалентен площади сечения кристалла к фактической площади кристалла. Диапазон значений фактора формы F_s изменяется от 0 до 1. Для круга (сферы) они равны единице, а чем больше сечение кристалла отличается от круга, тем меньше значение F_s .

¹ Литейная машина была разработана и изготовлена совместно с ведущим инженером А. Н. Глушенко на кафедре ТМ, ЛМФ, УГЛУТ.

Распределение и размеры интерметаллидов SnSb и Cu₃Sn в баббите, отлитом сифонным способом, достаточно равномерны как по высоте отливки – втулки, так и по ее поперечному сечению (рис. 4, а, табл. 1, 2). Заметных ликваций не наблюдается.

Структура баббита, полученного центробежным способом, показана на рис. 4, в, г. В данном случае условия кристаллизации расплава принципиально отличаются от сифонного способа литья. При центробежной заливке вращающийся корпус (изложница) приводит расплав баббита во вращательное движение и его скорость вскоре становится равной скорости изложницы. Расплав становится практически неподвижен относительно вращающейся системы диск-изложница, при этом на все структурные составляющие, кристаллизующие интерметаллиды

Cu_3Sn и SnSb , действуют центробежные силы. Эта ситуация вызывает неравномерное распределение интерметаллидов по удельному весу [1, 8], по толщине отливки (рис. 4, в, з). Относительно легкие интерметаллиды SnSb «всплывают» в первую зону отливки, а тяжелые интерметаллиды Cu_3Sn сосредотачиваются в третьей зоне отливки.

Таким образом, в рабочем слое отливки подшипника скольжения (первая зона) химический, структурный и фазовый составы не соответствуют баббиту Б83, что должно приводить к низким его служебным свойствам.

Нами предложен метод механического перемешивания расплава баббита в процессе центробежной заливки (см. рис. 2), который заключается в том, что расплав баббита активно перемешивается упругим (подпружиненным) ребром.

Кристаллизация расплава после заливки его во вращающийся корпус начинается с образования интерметаллидов Cu_3Sn при температуре 375 °С. Выделение интерметаллида SnSb происходит при температуре 273 °С [2], т. е. в условиях турбулентного движения жидкости [8], а интерметаллиды при этом принимают округлую, глобулярную форму.

Можно предположить следующий механизм образования глобулярной формы интерметаллида SnSb . Зародыши SnSb первоначально имеют обычную остроугольную форму (рис. 4, а), однако в турбулентном потоке расплава они, скорее всего, приобретают, кроме поступательного, еще и интенсивное вращательное движение, т. е. формируется дополнительная компонента скорости движения остроугольных выступов интерметаллида SnSb относительно расплава. Оценить эту скорость мы не можем. Однако эта компонента (дополнительная скорость), кроме того, создает трение выступов зародышей интерметаллида SnSb , что и формирует округлую или глобулярную форму интерметаллидов SnSb .

Из этого следует, что именно турбулентность движения расплава обеспечивает особые условия кристаллизации интерметаллида SnSb и, как следствие, его особую морфологию (рис. 4, б, табл. 1, 2). Кристаллизация интерметаллида SnSb в условиях турбулентно-движущегося расплава ведет к диспергированию структуры сплава в целом. Площадь интерметаллидов в сечении шлифа уменьшается в среднем на порядок в сравнении с другими способами литья (табл. 2).

Интерметаллид Cu_3Sn также теряет свою иглообразность при кристаллизации его из турбулентно-движущегося расплава. Анализ морфологии интерметаллида Cu_3Sn затруднен из-за его дисперсности, которая значительно выше, чем дисперсность интерметаллида SnSb . Однако есть основания полагать, что компактность и этого интерметаллида выше после «турбулентной» заливки.

Структура баббита Б85, образующаяся в результате турбулентного литья, исходя из общих принципов формирования механических и технологических и служебных свойств баббитов, более благоприятна [1, 3, 7], чем структура, образующаяся при традиционных способах литья.

В отличие от центробежной при турбулентной кристаллизации нет проявления ликвации по удельному весу или расслоений (рис. 4, табл. 1) от действия центробежных сил на интерметаллиды, имеющих разный удельный вес относительно расплава [1, 5]. Новая технология турбулентного литья позволяет получать интерметаллиды глобулярной формы. Устраняет концентраторы напряжений в баббитовых сплавах, которыми являются острые вершины углов и грани интерметаллидов, что позитивно влияет на весь комплекс механических, технологических и служебных свойств этих сплавов. Новая технология позволит повысить надежность узлов трения машин, механизмов.

Литература

1. Петриченко В. К. Антифрикционные материалы и подшипники скольжения. М.: Машгиз, 1954.
2. Зернин М. В., Яковлев А. В. Исследованию усталостной долговечности баббитового слоя тяжело нагруженных подшипников скольжения // Завод. лаб. 1997. Т. 63. № 11. С. 39–47.
3. Садыков Ф. А., Барыкин Н. П., Валеев И. Ш. Влияние структурного состояния на механические свойства баббита // Физика и химия обработки материалов. 2001. № 2. С. 86–90.
4. Устройство для турбулентного перемешивания кристаллизующегося металла в процессе центробежного литья: Пат. 53947 РФ / Б. А. Потехин, А. Н. Глущенко.
5. Потехин Б. А., Глущенко А. Н., Илюшин В. В. Свойства баббита марки Б83 // Технология металлов. 2006. № 3. С. 17–22.
6. Барыкин Н. П., Садыков Ф. А., Даниленко В. Н., Асланян И. Р. К вопросу о структуре баббита Б83 // Материаловедение. 2001. № 8. С. 24–27.
7. Садыков Ф. А., Барыкин Н. П., Валеев И. Ш. Влияние температуры деформации на механические свойства баббита Б83 с различной структурой // Проблемы прочности. 2002. № 2. С. 121–126.
8. Глущенко А. Н. Закономерности формирования структуры и свойств оловянных баббитов в зависимости от способов литья: Дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2006.