



*It is shown that the new turbulent way of casting of slip bearings not only removes liquating heterogeneities and qualitatively improves morphology of intermetallides in babbit B83, but also extends the possibilities of its application.*

Б. А. ПОТЕХИН, В. В. ИЛЮШИН,

А. С. ХРИСТОЛЮБОВ, Уральский государственный лесотехнический университет

УДК 620.22; 539.5

## ОСОБЫЕ СВОЙСТВА БАББИТА Б83, ПОЛУЧЕННОГО ТУРБУЛЕНТНЫМ СПОСОБОМ ЛИТЬЯ

Во многих машиностроительных изделиях широко применяются сплавы скольжения, в частности баббиты. По антифрикционным свойствам баббиты превосходят все остальные сплавы скольжения, но значительно уступают им по сопротивлению усталости, что сказывается на общей работоспособности подшипников [1]. Баббиты обладают низкой твердостью (13–32 НВ), имеют невысокую температуру плавления (240–320 °С), повышенную размягчаемость (9–24 НВ при 100 °С), отлично прирабатываются, являются своеобразным компенсатором разного рода неточностей обработки антифрикционного слоя и монтажа подшипникового узла.

Наилучшим комплексом антифрикционных свойств обладают оловянные баббиты (Б88, Б83, Б83С). Из-за высокого содержания дорогостоящего олова их используют преимущественно для подшипников ответственного назначения, применяемых в паровых турбинах, дизелях, распределительных валах маломощных двигателей и компрессорах и т. п., работающих при больших скоростях и нагрузках [2, 3].

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

сурьмы и меди в олове,  $\alpha$ -фаза) и расположенных в ней твердых кристаллов интерметаллидных соединений (SnSb,  $\beta$ -фаза и  $\text{Cu}_3\text{Sn}$ ,  $\varepsilon$ -фаза) (рис. 1).

Одним из главных недостатков оловянных баббитов является их недеформируемость по причине остроугольной и иглообразной формы интерметаллидов SnSb,  $\text{Cu}_3\text{Sn}$ . Такая форма служит сильным концентратором напряжений при механических нагрузках и исключает получение подшипников скольжения путем деформации оловянного баббита, а это, в свою очередь, сужает область их рационального применения.

Другой недостаток оловянных баббитов – неоднородность структуры, особо проявляющаяся при центробежном способе литья и связанная в первую очередь с ликвацией по удельному весу.

Указанные выше структурные недостатки отсутствуют в баббите Б83, отлитом, разработанным нами, новым турбулентным способом литья<sup>1</sup> [4].

Цель данной работы – изучение свойств баббита Б83, отлитого турбулентным способом литья. При этом исследовали свойства на отливках в виде втулок высотой 70 мм с наружным диаметром 85 мм и толщиной стенки 12 мм (рис. 3 [5]). Исследованию подвергали внутреннюю, центральную и внешнюю зоны отливки баббита Б83, полученного турбулентным, центробежным и сифонным способами литья.

Деформируемость баббитовых образцов оценивали путем сжатия образцов специальной конструкции и нахождения степени деформации, при которой начинали образовываться трещины в кристаллах интерметаллида SnSb. При этом в каждом случае анализировали участок образца с общим количеством кристаллов SnSb от 30 до 100 шт.

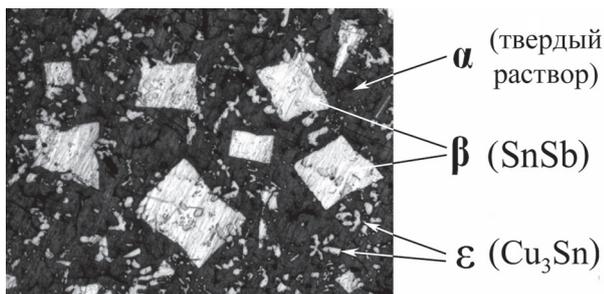


Рис. 1. Микроструктура баббита Б83

<sup>1</sup> Способ был разработан совместно с ведущим инженером А. Н. Глушенко на кафедре ТМ, ЛМФ, УГЛТУ.

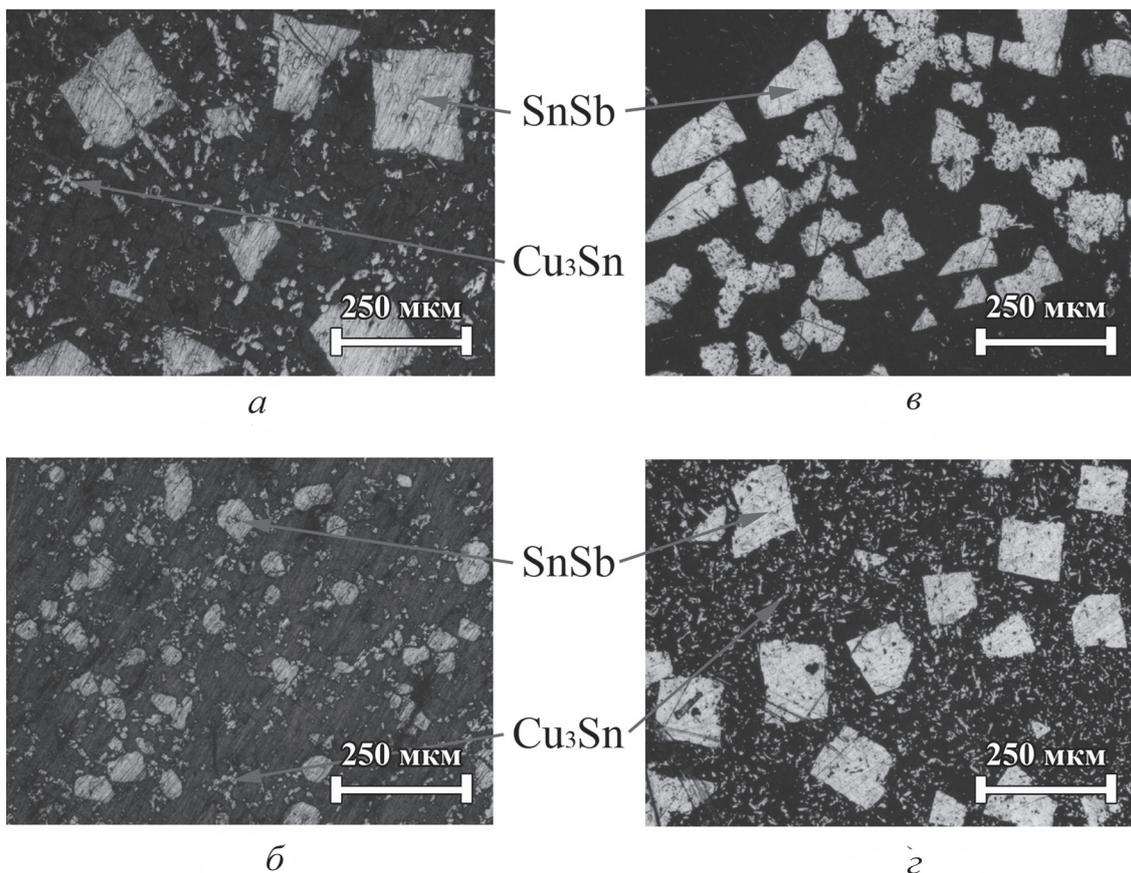


Рис. 2. Структура баббита Б83, полученного разными способами литья: *а* – сифонным; *б* – турбулентным; *в* – центробежным (внутренняя зона отливки); *з* – центробежным (внешняя зона отливки)

Испытание по определению усталостной прочности заключалось в консольном изгибе плоских образцов с заданными амплитудами деформации, которые были пересчитаны в напряжения, изменяющиеся по симметричному циклу с частотой 50 Гц.

Коэффициент трения баббита Б83, полученный разными способами литья, определен при различных нагрузочно-скоростных режимах испытания в условиях граничной смазки турбинным маслом марки ТП-22. Испытания проводили по отработанной методике на компьютеризированной установке трения торцового типа по схеме диск – пальчиковые образцы [6].

Наиболее характерная микроструктура баббита Б83, полученного сифонным, турбулентным и центробежным способами литья, приведена на рис. 2.

Распределение интерметаллидов SnSb и Cu<sub>3</sub>Sn в баббите Б83, отлитом сифонным способом (плавный подвод металла снизу в металлическую форму), достаточно равномерно как по высоте отливки – втулки, так и по ее поперечному сечению (рис. 2, *а*). Заметной ликвации по удельному весу не проявляется.

Для отливок, полученных центробежным способом, характерно существенное различие струк-

тур из внешней и внутренней зон (рис. 2, *в*, *з*). Таким образом, в рабочем слое отливки подшипника скольжения (внутренняя зона) химический, структурный и фазовый составы не соответствуют баббиту Б83.

Особые условия кристаллизации баббита Б83, отлитого турбулентным способом, обеспечили получение более дисперсной структуры с существенно меньшим размером кристаллов интерметаллида SnSb и их глобулизацию.

Баббит марки Б83 и его аналоги используются исключительно как литейные сплавы и только в виде отливок из-за недеформируемости при комнатной температуре. Причиной этого является хрупкость остроугольных интерметаллидов SnSb, сформировавшихся в процессе литья сифонным и центробежным способами.

На рис. 3 показано, как уже после деформации ( $\epsilon$ ) сжатием на 4 % этого баббита, полученного сифонной заливкой (линия 2), в интерметаллидах SnSb формируются трещины (*а*); при деформации 15–20% интерметаллиды разрушаются путем сдвига (*б*) и далее при  $\epsilon \geq 30\%$  – дробятся (*в*). Таким образом, баббит Б83 с остроугольными интерметаллидами при пластической деформации уже в 4% начинает разрушаться с образованием тре-

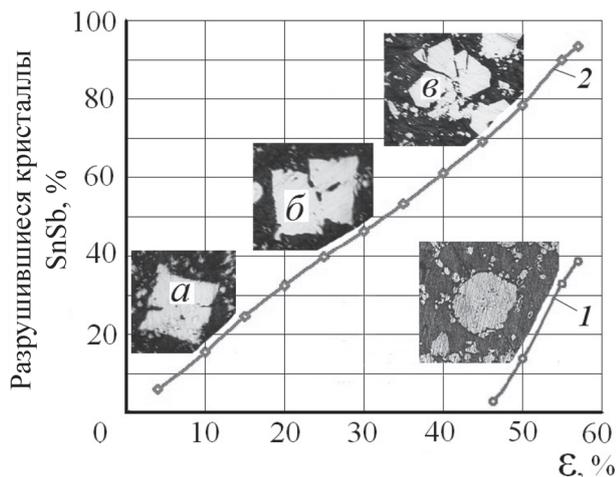


Рис. 3. Влияние степени пластической деформации ( $\epsilon$ ) при сжатии на количество разрушившихся интерметаллидов SnSb в баббите Б83, отлитом турбулентным (1) и сифонным (2) способами. Степень деформации: а – 4 %; б –  $\geq 15$ ; в –  $\geq 30\%$

щин в интерметаллиде SnSb. Этот же баббит с глобулярной формой интерметаллида SnSb (линия 1) не разрушается при деформации прокаткой до 45 %.

Таким образом, турбулентный способ литья переводит литейный сплав Б83 в холодно-деформируемый, что расширяет возможности рационального его применения.

Усталостные испытания баббита Б83 в разном структурном состоянии показали существенную зависимость усталостной прочности от морфологии интерметаллида SnSb и распределения SnSb и  $Cu_3Sn$  по сечению отливок. На рис. 4 приведены усталостные кривые баббита Б83, отлитого исследуемыми способами.

Баббит, отлитый сифонным способом (кривая 2), имеет усталостную прочность, одинаковую по всему сечению отливки, и выше, чем у баббита, отлитого центробежным способом. Наибольшее

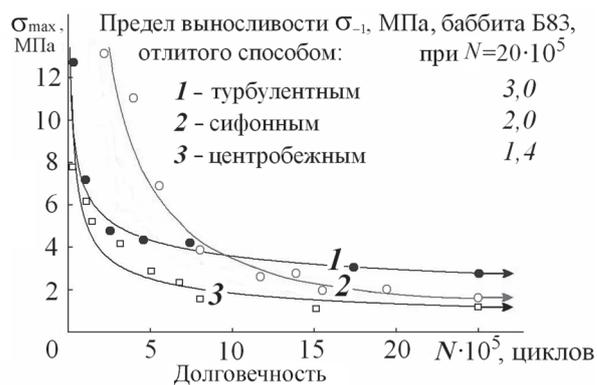


Рис. 4. Кривые усталости баббита Б83, отлитого разными способами

значение предела выносливости (в 1,5–2,0 раза выше, чем у баббита, отлитого другими способами) имеет баббит с глобулярной формой интерметаллида SnSb (кривая 1). Очевидна причина этого – меньшее количество концентраторов напряжений.

Различия в структуре баббита Б83 весьма существенно влияют на коэффициент трения. Баббит, отлитый сифонным и турбулентным способами, имеет практически одинаковый коэффициент трения (рис. 5, кривые 1 и 2). Разная морфология интерметаллидов SnSb в данном случае не оказывает влияния на коэффициент трения, по-видимому, из-за того, что площадь опорной поверхности (суммарная площадь сечения интерметаллидов) остается в обоих случаях одинаковой.

Коэффициент трения отливки, отлитой центробежным способом, от 1,5 до 2,0 раз выше, чем у отливки, отлитой сифонным и турбулентным способами. Это объясняется, главным образом, неравномерным распределением интерметаллидов в зоне трения вследствие ликвации в сплаве, полученном центробежным способом литья.

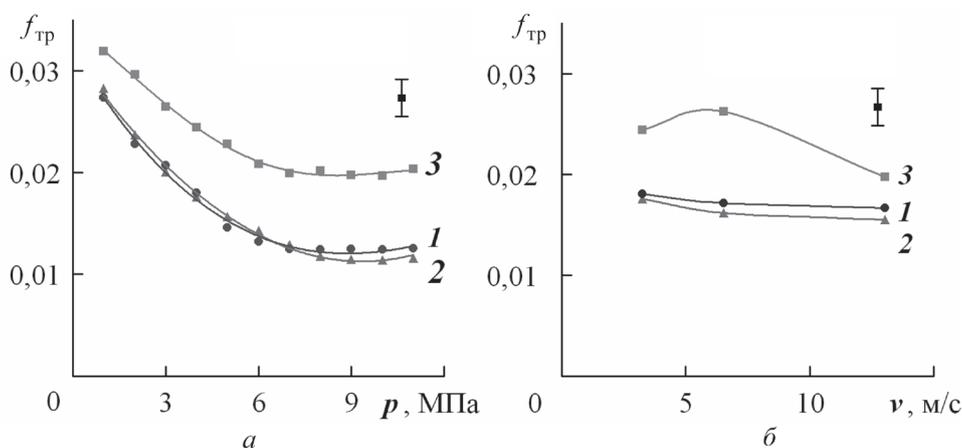


Рис. 5. Зависимость коэффициента трения ( $f_{тр}$ ) баббита Б83, отлитого турбулентным (1), сифонным (2) и центробежным (3) способами от удельного давления ( $p$ ) при скорости скольжения  $v = 3,3$  м/с (а) и скорости скольжения при удельном давлении  $p = 4$  МПа (б)

Таким образом, новый турбулентный способ литья подшипников скольжения не только устраняет ликвационные неоднородности и качественно улучшает морфологию интерметаллидов в баббите Б83, но и переводит на новый уровень сочетание технологических, механических и служебных свойств этого антифрикционного сплава, что расширяет возможности рационального применения баббита Б83.

### Литература

1. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / А. В. Чичинадзе, Э. М. Берлинер, Э. Д. Браун и др.; Под общ. ред. А. В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 2003.
2. Конструкционные материалы: Справ. / Б. Н. Арзамасов, В. А. Бростем, Н. А. Буше и др.; Под общ. ред. Б. Н. Арзамасова. М.: Машиностроение, 1990.
3. К а з а н с к и й В. Н., Я з ы к о в А. Е., Б е л и к о в а Н. З. Подшипники и системы смазывания паровых турбин. Изд. 3-е пер. и доп. Челябинск: Цицеро, 2004.
4. Устройство для турбулентного перемешивания кристаллизующегося металла в процессе центробежного литья: Пат. 53947 РФ / Б. А. Потехин, А. Н. Глущенко.
5. И л ю ш и н В. В., П о т е х и н Б. А. Технология турбулентного литья – новый способ совершенствования структуры сплавов // Литье и металлургия. 2010. № 3 (спецвыпуск) С. 69–72.
5. П о т е х и н Б. А., Г л у щ е н к о А. Н., И л ю ш и н В. В. Свойства баббита марки Б83 // Технология металлов. 2006. № 3. С. 17–22.