

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

УДК 669.65.018.24

Влияние температуры и скорости деформации на механические свойства баббита Б83 с различной структурой

Ф. А. Садыков, Н. П. Барыкин, И. Ш. Валеев

Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Уфа, Россия

Экспериментально установлены зависимости параметров механических свойств (пределы текучести и прочности, относительное удлинение, коэффициент скоростной чувствительности, напряжения течения, микротвердость) от температуры и скорости деформации баббита Б83 с различной структурой.

Ключевые слова: баббит, механические свойства, структура, температурно-скоростные условия.

Введение. Высокооловянистый баббит Б83 широко используется в качестве вкладышей подшипников скольжения паровых турбин [1]. Эксплуатационные свойства баббита в значительной степени зависят от его структуры и механических характеристик [2]. Известно, что указанный материал является трехфазным сплавом и состоит из α -, β - и η -фаз [3]. Однако в литературных источниках содержится недостаточно информации о влиянии структуры, в частности размера β -фазы, на реологические свойства сплава, что затрудняет выбор рациональных вариантов его обработки. В данной работе приведены результаты исследований в этом направлении.

Методика эксперимента. Объектом исследования служил баббит Б83 (хим. состав, вес.%: (5,5...6,5)Cu, (10...12)Sb, остальное – Sn), имеющий различное структурное состояние, полученное: литьем в форму из титанового сплава ВТ9 (размер β -фазы 250 мкм); литьем в водоохлаждаемую форму из латуни Л62 (размер β -фазы 50 мкм); прокаткой за семь проходов с общей степенью деформации 70% при комнатной температуре (размер β -фазы 30 мкм).

Плоские образцы с рабочей частью $l_0 = 15$ мм и поперечным сечением $S_0 = 15$ мм² подвергались деформации растяжением при температурах $T = 20$ и 100°C и скоростях деформации $\dot{\epsilon} = 10^{-4} \dots 10^{-2}$ с⁻¹ на универсальной испытательной машине фирмы “Instron”.

Коэффициент скоростной чувствительности напряжения течения определяли по максимальным значениям напряжения течения в соответствии с формулой [4]

$$m = \partial \ln \sigma / \partial \ln \dot{\epsilon}.$$

Микротвердость определяли прибором ПМТ-3М при нагрузке 0,05 Н.

Структурные исследования образцов были выполнены с использованием оптического (Neofot-32) микроскопа.

Результаты и их обсуждение. Результаты испытания образцов на растяжение при различных температурно-скоростных условиях деформации представлены на рис. 1, 2. Анализ кривых показывает, что имеет место зависимость деформационного поведения материала как от температурно-скоростных условий деформации, так и от структуры, в частности от размера β -фазы сплава. Из рис. 1 видно, что с повышением температуры деформации наблюдается существенное снижение уровня напряжений течения и увеличение пластичности сплава во всех трех структурных состояниях. Так, повышение температуры с 20 до 100°C обеспечивает снижение напряжения течения в два–восемь раз и увеличение относительного удлинения δ от 2...26 до 6...95% в зависимости от размера β -фазы сплава.

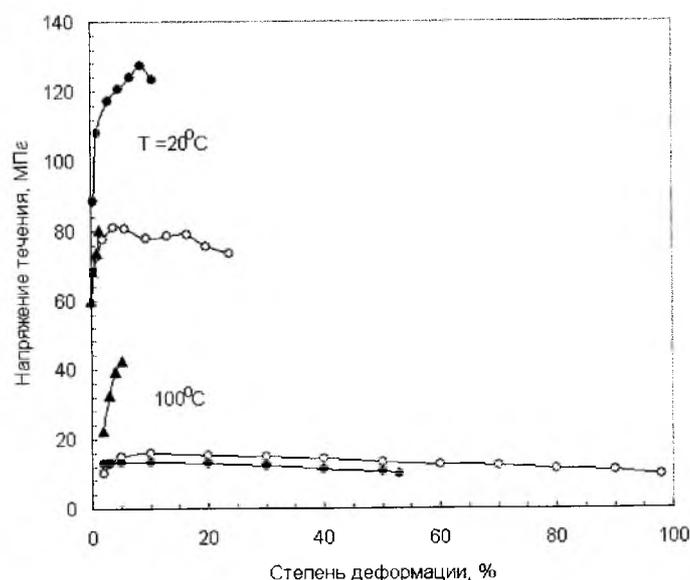


Рис. 1. Напряжения течения баббита при различной температуре ($\dot{\epsilon} = 10^{-3} \text{ с}^{-1}$): \circ – $\beta = 30 \text{ мкм}$; \bullet – $\beta = 50 \text{ мкм}$; \blacktriangle – $\beta = 250 \text{ мкм}$.

Влияние скорости деформации на реологическое поведение сплава иллюстрирует рис. 2. Видно, что с понижением скорости деформации уменьшаются напряжения течения. Например, уменьшение скорости деформации с 10^{-2} до 10^{-4} с^{-1} при температуре 100°C приводит к снижению уровня напряжений течения баббита (размер β -фазы равен 50 мкм) до шести раз.

Влияние размера β -фазы баббита на пределы текучести и прочности при различных температурах показано на рис. 3. Следует отметить, что это влияние неоднозначное. При температуре деформации 20°C уменьшение размера β -фазы с 250 до 50 мкм приводит к повышению пределов текучести и прочности. Уменьшение же размера β -фазы до 30 мкм, наоборот, способствует снижению указанных параметров. С повышением температуры де-

формации до 100°C наблюдается иная картина: при уменьшении размера β -фазы до 50 мкм происходит снижение пределов текучести и прочности, при дальнейшем уменьшении размера β -фазы до 30 мкм – их незначительный рост.

Анализируя рис. 1, следует отметить, что разупрочнение сплава происходит после степени деформации 2...8%. Действительно, интервал гомологических температур деформации баббита составляет $(0,57...0,86)T_{пл}$ для основной α -фазы сплава. Разупрочнение же баббита, которое произошло в данном случае, связано с процессами динамического возврата и рекристаллизации.

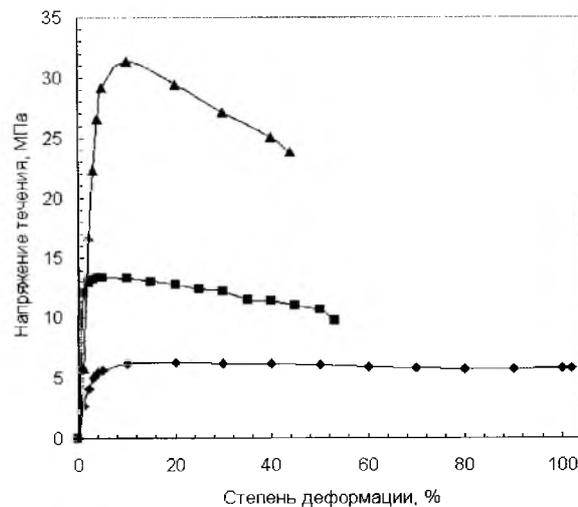


Рис. 2. Напряжения течения баббита (размер β -фазы равен 50 мкм) при различных скоростях деформации ($T = 100^\circ\text{C}$): \diamond – $\dot{\epsilon} = 10^{-4} \text{ c}^{-1}$; \blacksquare – $\dot{\epsilon} = 10^{-3} \text{ c}^{-1}$; \blacktriangle – $\dot{\epsilon} = 10^{-2} \text{ c}^{-1}$.

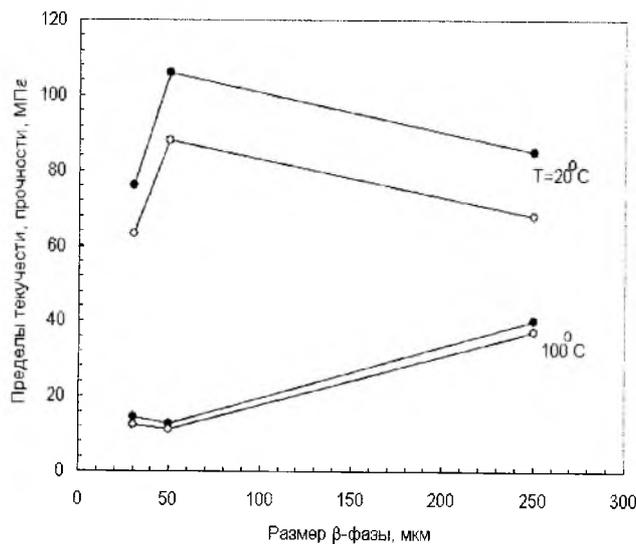


Рис. 3. Зависимости пределов текучести (○) и прочности (●) баббита от размера β -фазы при различных температурах деформации ($\dot{\epsilon} = 10^{-3} \text{ c}^{-1}$).

Как свидетельствуют результаты испытаний, пластичность сплава зависит от температурно-скоростных условий деформации и структурного состояния материала. В частности, зависимость относительного удлинения δ образцов от размера β -фазы (рис. 4) показывает, что при температурах деформации 20 и 100°C с уменьшением размера β -фазы значительно увеличивается относительное удлинение. Например, уменьшение размера β -фазы с 250 до 30 мкм при этих температурах обуславливает увеличение δ с 2 до 26% и с 5 до 95% соответственно.

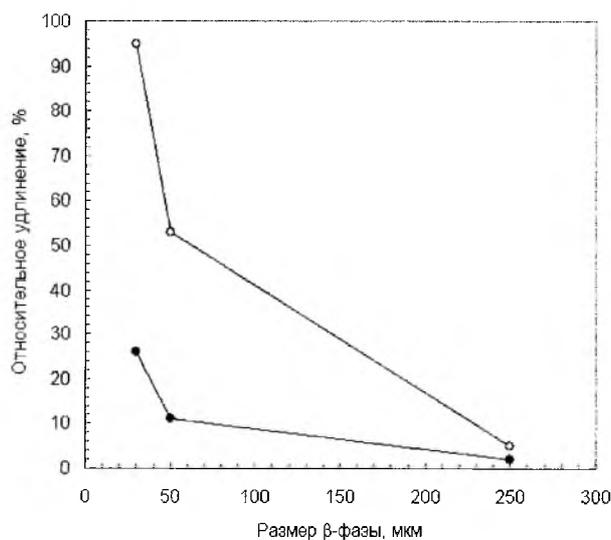


Рис. 4. Зависимость относительного удлинения баббита от размера β -фазы при различных температурах (\bullet – $T = 20^\circ\text{C}$; \circ – $T = 100^\circ\text{C}$) деформации ($\dot{\epsilon} = 10^{-3} \text{ c}^{-1}$).

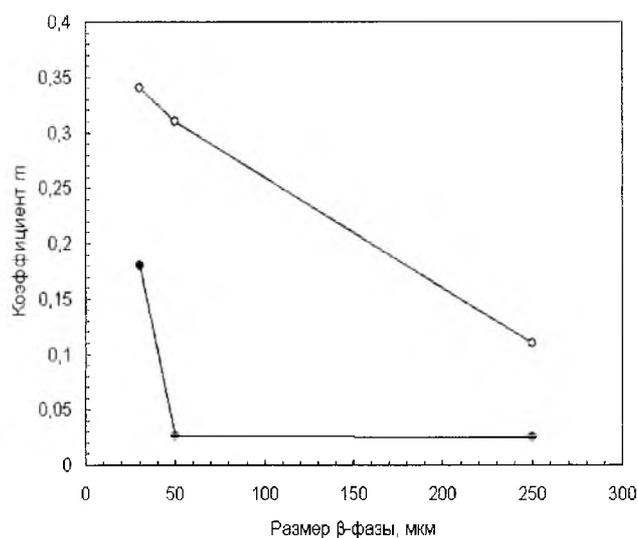


Рис. 5. Зависимость коэффициента скоростной чувствительности напряжения течения m от размера β -фазы баббита при различных температурах деформации (\bullet – $T = 20^\circ\text{C}$; \circ – $T = 100^\circ\text{C}$).

По значениям максимальных напряжений течения баббита построены зависимости коэффициента скоростной чувствительности напряжения течения m от температуры деформации для образцов с разным размером β -фазы (рис. 5). Как видно, при комнатной температуре параметр m составляет 0,03 (размер β -фазы 250 и 50 мкм). С уменьшением размера β -фазы до 30 мкм происходит резкое увеличение коэффициента m до 0,18. При температуре деформации 100°C наблюдается рост параметра m с 0,11 (размер β -фазы 250 мкм) до 0,31 и 0,34 (размер β -фазы 50 и 30 мкм соответственно).

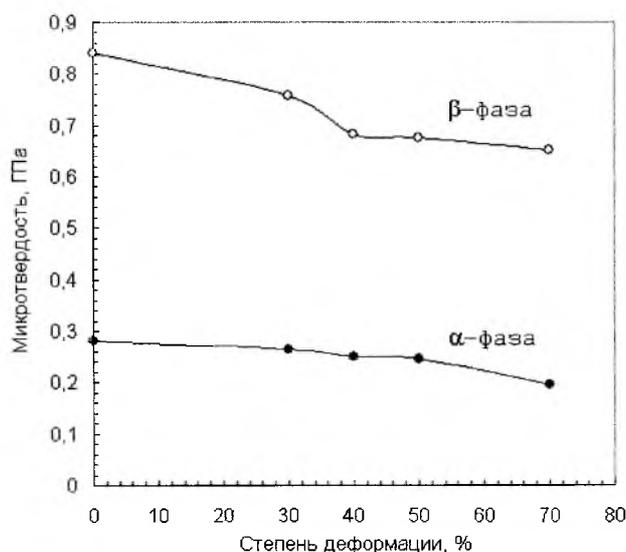


Рис. 6. Зависимость микротвердости баббита от степени деформации при прокатке.

Представленные на рис. 6 данные по микротвердости α - и β -фаз литого сплава после прокатки с различными степенями деформации показывают следующее. Микротвердость α -фазы уменьшается с 0,27 ГПа в исходном состоянии до 0,2 ГПа после прокатки до 70%. В то же время микротвердость β -фазы уменьшается более существенно: с 0,84 до 0,65 ГПа. Полученные данные коррелируют с результатами механических испытаний на растяжение образцов, поскольку при прокатке, по-видимому, также происходит возврат и рекристаллизация составляющих фаз в условиях горячей деформации сплава.

Заключение. Уменьшение размера β -фазы с 250 до 30 мкм при температурах 20 и 100°C приводит к увеличению относительного удлинения с 2 до 26% и с 5 до 95% соответственно и снижению напряжений течения сплава в 1,5–2 раза. Со снижением скорости деформации с 10^{-2} до 10^{-4} с $^{-1}$ пределы текучести и прочности баббита Б83 уменьшаются в 1,4–1,7 раза, а с повышением температуры с 20 до 100°C – указанные характеристики снижаются в 2–8 раз, коэффициент скоростной чувствительности напряжения течения повышается с 0,03 до 0,34.

Резюме

Експериментально встановлено залежності параметрів механічних властивостей (границі текучості і міцності, відносне подовження, коефіцієнт швидкісної чутливості, напруга течення, мікротвердість) від температури і швидкості деформації бабіту Б83 з різною структурою.

1. *Петриченко В. К.* Антифрикционные материалы и подшипники скольжения. – М.: Машгиз, 1954. – 383 с.
2. *Зернин М. В., Яковлев А. В.* К исследованию усталостной долговечности баббитового слоя тяжело нагруженных подшипников скольжения // Завод. лаб. – 1997. – **63**, № 11. – С. 39 – 47.
3. *Лахтин Ю. М.* Металловедение и термическая обработка металлов. – М.: Металлургия, 1976. – 407 с.
4. *Новиков И. И., Поротной В. К.* Сверхпластичность сплавов с ультрамелким зерном. – М.: Металлургия, 1981. – 168 с.

Поступила 06. 06. 2001