



It is shown that carbonic nanotubes, introduced into the melt of babbit B-10, in the quantity of 0,05% of metal mass grind castings microstructure and improves their friction wear resistance.

В. Ю. СТЕЦЕНКО, А. И. РИВКИН, ИТМ НАН Беларуси

УДК 531.4:548.12

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА СТРУКТУРУ И ФРИКЦИОННУЮ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ БАББИТОВ

В настоящее время материалы, содержащие углеродные нанотрубки (УНТ), находят широкое применение в промышленности. На их основе создаются высоко- и низкотемпературные смазочные материалы, антизадирные смазки для тяжело нагруженных узлов и агрегатов. Благодаря своему строению и высокой дисперсности УНТ могут служить модификаторами известных материалов [1]. Установлено, что вследствие повышенной летучести УНТ могут использоваться как модификаторы только для сплавов с относительно низкой температурой плавления [2]. Поэтому исследование влияния углеродных нанотрубок на структуру и износостойкость баббитов является актуальной задачей. В качестве материала экспериментов были выбраны баббиты марок Б-С (81% Pb + 18% Sb + 1% Cu) и Б-10 (73% Pb + 10% Sn + 15% Sb + 2% Cu). Сплавы готовили в печи сопротивления «Snol-1100» в шамото-графитном тигле. После перегрева расплава на 50 °С выше температуры плавления в него вводили УНТ путем их механического замешивания. Затем жидкий металл заливали в стальной кокиль, на дно которого предварительно помещали УНТ. Общее количество УНТ составляло 0,05% от массы расплава. В результате получали отливки из баббитов Б-10 и Б-С, обработанные УНТ. В качестве образцов сравнения были отлиты аналогичные образцы без УНТ. После шлифовки, полировки и химического травления водным раствором кислот (2% HCl + 3% HNO₃ + 1% HF) микроструктуру шлифов анализировали с помощью аппаратно-программного комплекса на базе микроскопа Carl Zeiss «AxioTech vario». Их твердость измеряли на твердомере ТШ-2М. Износостойкость образцов исследовали на машине трения СМЦ-2 в условиях сухого трения по схеме вал-втулка с нагрузкой 0,4 МПа и скоростью скольжения образца относительно сталь-

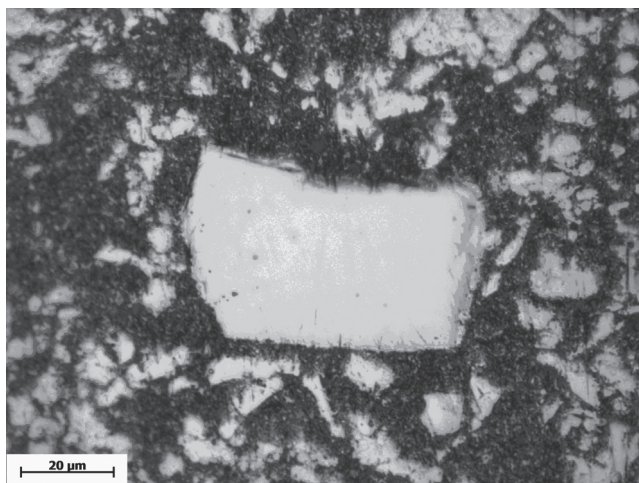
ного шлифованного вала (сталь 45 твердостью 58 HRC) 0,38 м/с. Образцы взвешивали на электронных весах марки «Stratorius BPI S» с точностью до 0,0001 г. Скорость износа образцов рассчитали по формуле:

$$V_{\text{изн}} = \frac{\Delta M}{S\rho\tau},$$

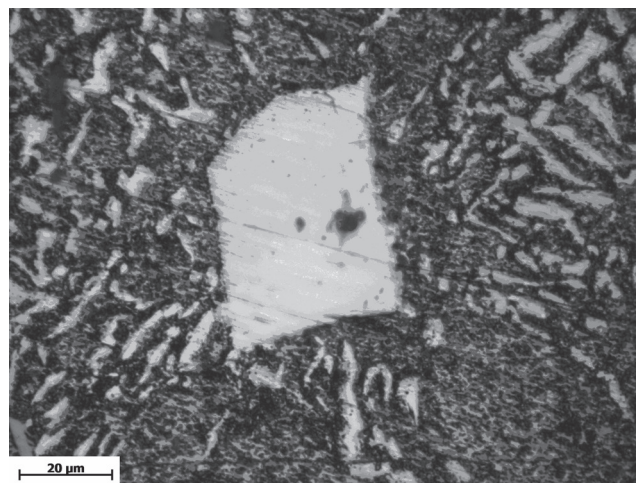
где ΔM – разность массы образца до и после износа; S – площадь рабочей поверхности образца; ρ – плотность образца; τ – время износа. Каждый из полученных образцов проходил испытание на фрикционную износостойкость в течение 3 ч.

Микроструктура отливок баббита Б-С, необработанных УНТ, состояла из первичных кристаллов сурьмы со средним размером 38 мкм и свинцово-сурьмянистой эвтектики дисперсностью 8 мкм (рис. 1, а). Отливки того же баббита, обработанные УНТ, имели среднюю дисперсность первичных кристаллов сурьмы 26 мкм, а свинцово-сурьмянистой эвтектики – 6 мкм (рис. 1, б). Твердость отливок баббита Б-С без УНТ составляла 17,6 НВ, а после введения УНТ – 18,6 НВ. Испытания образцов на фрикционную износостойкость показали, что средняя скорость износа образцов баббита Б-С, структурированного УНТ, составила 0,05 мм/ч, а образцов того же баббита без обработки УНТ – 0,03 мм/ч. Установлено, что модифицирование расплава баббита Б-С УНТ в количестве 0,05% от массы расплава позволяет измельчить микроструктуру отливок в среднем в 1,5 раза и повысить твердость на 6%. Износостойкость образцов, обработанных УНТ, по сравнению с контрольными снижается в среднем на 40%.

Отливки сплава Б-10, немодифицированные УНТ, состояли из первичных кристаллов твердого раствора олова в сурьме средней дисперсностью 20 мкм и кристаллов свинцово-сурьмянистой эв-

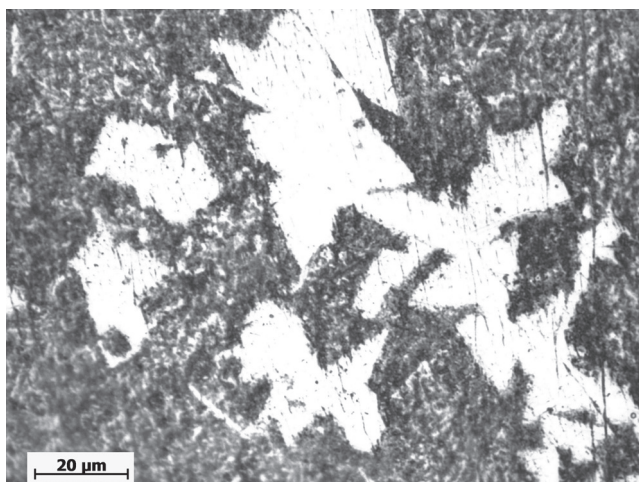


a

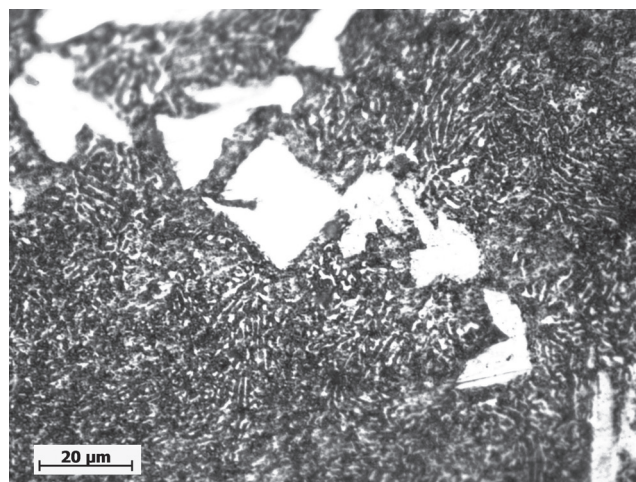


б

Рис. 1. Микроструктура отливок диаметром 34 мм из баббита Б-С при литье в кокиль: *a* – без УНТ; *б* – с УНТ



a



б

Рис. 2. Микроструктура отливок диаметром 34 мм из баббита Б-10 при литье в кокиль: *a* – без УНТ; *б* – с УНТ

тектики средним размером 2,5 мкм (рис. 2, *a*). В отливках, обработанных УНТ, средний размер первичных кристаллов был равен 16 мкм, а эвтектики – 1,3 мкм (рис. 2, *б*). Твердость отливок баббита Б-10 до модифицирования составляла 30,3 НВ, а после модифицирования – 29,4 НВ. Средняя скорость износа контрольных образцов из баббита Б-10 составила 0,0270 мм/ч, а образцов того же баббита с УНТ – 0,0197 мм/ч. Проведенные исследования показали, что в отливках, модифицированных УНТ в количестве 0,05% от массы

расплава, дисперсность фазовых составляющих выше в среднем в 1,4 раза, а твердость на 3% ниже, чем у контрольных образцов. Износостойкость баббита Б-10, обработанного УНТ, в среднем на 30% выше, чем аналогичного немодифицированного.

Таким образом, углеродные нанотрубки, введенные в расплав баббита Б-10, в количестве 0,05% от массы металла измельчают микроструктуру отливок и повышают их фрикционную износостойкость.

Литература

1. Витязь П. А., Шпилевский Э. М., Комарова В. И., Комаров А. И., Жорник В. И. Структура и трибологические свойства модифицированной фуллеренами оксидокерамики // Сб. науч. тр. ИТМО НАН Беларуси. Мн., 2005. С. 15–20.
2. Стеценко В. Ю. Применение фуллеренов в качестве модификаторов сплавов // Литье и металлургия. 2008. № 3. С. 297–298.