

40 лет ИТМ НАН Беларуси

В. Ю. СТЕЦЕНКО, А. И. РИВКИН, К. Н. БАРАНОВ, ИТМ НАН Беларуси

УДК 621.74:669.714

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНОЙ ДИСПЕРСНОСТИ И СОДЕРЖАНИЯ МЕДИ НА ФРИКЦИОННУЮ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ЭВТЕКТИЧЕСКОГО АНТИФРИКЦИОННОГО СИЛУМИНА АК15

It is shown that antifriction silumin with 15% silicon content has maximal frictional endurance in friction pair with steel at 3% copper content and dispersion of globular silicon crystals 3-4 micrometer.

В ГНУ «Институт технологии металлов НАН Беларуси» разработан метод циклического литья в струйный кристаллизатор, который по сравнению с традиционными способами литья обеспечивает высокую скорость затвердевания отливок и, как следствие, существенное измельчение их микроструктуры [1]. В настоящее время заготовки из эвтектического силумина, полученные этим методом, с успехом применяются в промышленности в качестве заготовок различных деталей, работающих в узлах трения машин и механизмов. Наиболее высокие свойства имеет эвтектический антифрикционный силумин [2]. Его механические и эксплуатационные свойства существенно зависят от микроструктуры и концентрации легирующих элементов. В связи с этим актуально исследование влияния содержания меди и дисперсности микроструктуры заготовок из эвтектического антифрикционного силумина на их фрикционную износостойкость. Ее определяли на машине трения СМЦ-2 в условиях сухого трения по схеме вал-втулка с нагрузкой 0,8 МПа и скоростью скольжения образца относительно стального шлифованного вала (сталь 45) твердостью 58 HRC 0,38 м/с. Взвешивание образцов проводили на электронных весах марки «Stratorius BP1S» с точностью до 0,0001 г. Расчет скорости износа образцов проводили по следующей формуле:

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

где ΔM – разность массы образца до и после износа; S – площадь рабочей поверхности образца; ρ – плотность образца; τ – время износа.

Твердость образцов измеряли на твердомере ТШ-2М. После шлифовки, полировки и химического травления водным раствором кислот (2%HCl + 3%HNO₃ + 1%HF) микроструктуру образцов анализировали с помощью аппаратно-программного комплекса на базе микроскопа Carl Zeiss «AxioTech vario».

Для определения влияния структурной дисперсности заготовок из сплава АК15 на их фрикционную износостойкость методом литья в струйный кристаллизатор были изготовлены отливки диаметром 50 мм и высотой 160 мм. Микроструктура этих отливок состояла из равномерно распределенных в алюминиевой матрице кристаллов эвтектического кремния глобулярной формы со средним диаметром 1,2 мкм. Для получения кристаллов эвтектического кремния различной дисперсности заготовки подвергали гомогенизации при температуре 520 °С и вы-



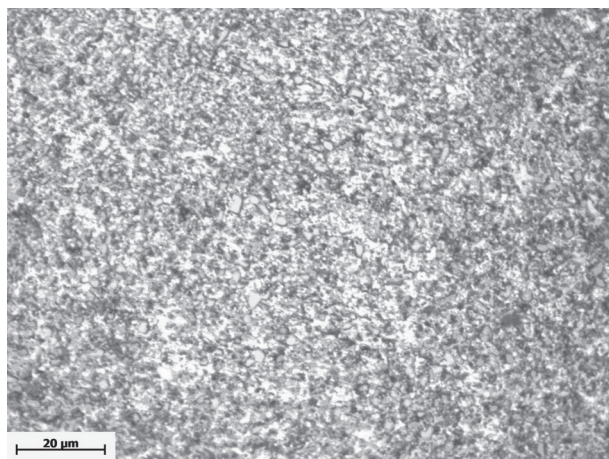
Стеценко В. Ю.



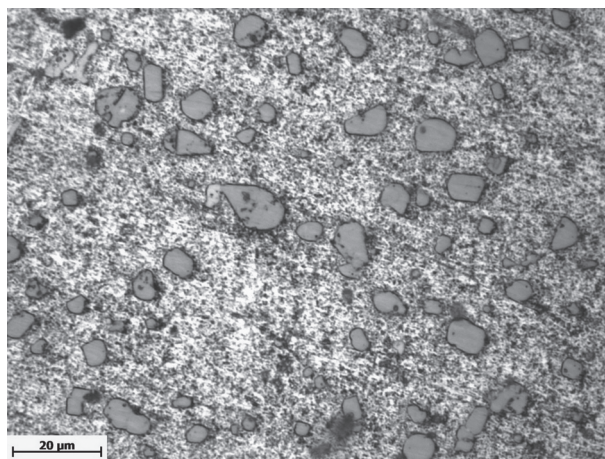
Ривкин А. И.



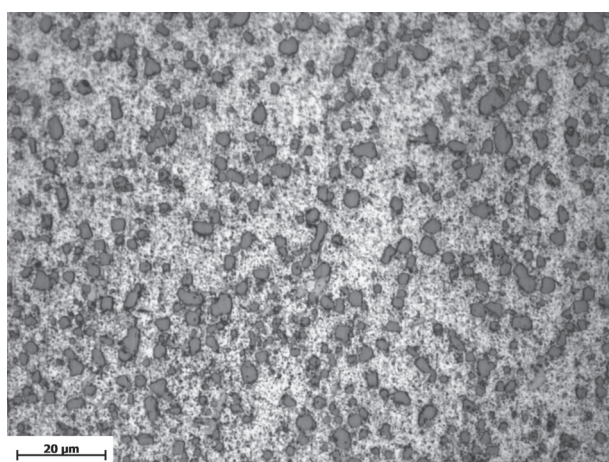
Баранов К. Н.



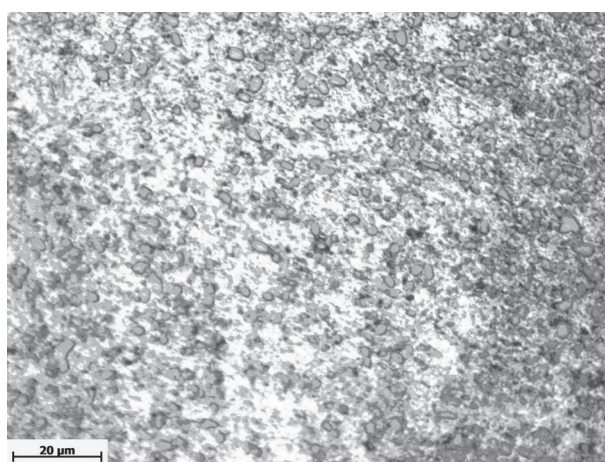
a



б



в



г

Микроструктура гомогенизированных образцов из сплава АК15:
a – 520 °С, 1 ч; *б* – 520 °С, 4 ч; *в* – 520 °С, 6 ч; *г* – 520 °С, 10 ч

держке 1–10 ч. В результате были получены образцы из силумина АК15 со средними диаметрами глобулярных кристаллов эвтектического кремния 2–7 мкм (см. рисунок).

Каждый из полученных образцов проходил испытания на фрикционную износостойкость в течение 3 ч. Результаты приведены в табл. 1.

Из таблицы следует, что увеличение диаметра глобулярных кристаллов эвтектического кремния в сплаве АК15 от 1,2 до 3,2–3,9 мкм позволяет повысить фрикционную износостойкость образцов на 9–14%, а их дальнейшее укрупнение не приводит к значительному повышению износостойкости образцов. Наиболее приемлемым размером

включений шаровидного кремния для антифрикционного эвтектического силумина является 3–4 мкм, так как такая дисперсность кристаллов эвтектики позволяет существенно повысить износостойкость заготовок и не требует длительной термообработки.

Известно, что легирование силуминов медью позволяет повысить механические свойства заготовок. Поэтому для исследования влияния содержания меди на фрикционную износостойкость эвтектического антифрикционного силумина литьем в струйный кристаллизатор были изготовлены отливки диаметром 50 мм и высотой 160 мм из сплава АК15 с содержанием меди 1, 2, 3 и 4%. Их тер-

Таблица 1. Влияние дисперсности глобулярных кристаллов кремния на фрикционную износостойкость сплава АК15

Номер образца	Температура гомогенизации, °С	Время гомогенизации, ч	Дисперсность кристаллов эвтектического кремния, мкм	Твердость НВ	Средняя скорость износа, мм/ч
0	–	–	1,2	72,6	0,1235
1	520	1	2,2	72,6	0,1172
2	520	3	3,2	72,6	0,1126
3	520	5	3,9	72,6	0,1065
4	520	10	7,0	72,6	0,1029

Т а б л и ц а 2. Влияние содержания меди на твердость и фрикционную износостойкость сплава АК15

Номер образца	Материал образца	Режим термообработки	Средняя дисперсность кристаллов эвтектического кремния, мкм	Твердость НВ	Средняя скорость износа, мм/ч
5	АК15	Гомогенизация 520 °С, 4 ч	3,7	72,6	0,1134
6	АК15М1	T5	3,5	77,9	0,1132
7	АК15М2	T5	3,6	98,2	0,0991
8	АК15М3	T5	3,8	113,8	0,0835
9	АК15М4	T5	3,7	129,0	0,0811

мообработку проводили по режиму T5: нагрев до температуры 520 °С, выдержка в течение 4 ч, закалка в воде и последующее искусственное старение в течение 6 ч при температуре 175 °С. Время испытания образцов на фрикционную износостойкость составляло 3 ч. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Из таблицы следует, что наиболее рациональным содержанием меди в антифрикционном силумине АК15 является 3–4%, так как обеспечивается повышение твердости заготовок в среднем в 1,7 раза и износостойкости более чем на 20%.

Проведенные исследования позволили определить рациональный состав и термообработку эвтектического антифрикционного силумина, которые обеспечивают ему максимальную износостойкость при фрикционном трении.

Проводили производственные испытания заготовок. Для этого были получены отливки диаметром 140 мм и высотой 100 мм из сплава АК15М3. После термообработки по режиму T5 из них были

изготовлены втулки диаметрами 125 и 115 мм для проведения производственных испытаний на ОАО «Белшина» (г. Бобруйск). Они устанавливались в сборочные станки СПД в качестве подшипников скольжения, работающих без смазки, взамен аналогичных из БрОЦС5-5-5. Установлено, что за 6 мес. работы станков в круглосуточном режиме износ этих втулок составил не более 0,04%. На сопрягаемых с втулками частях стального вала задиров и других следов износа не обнаружено. В настоящее время подшипники скольжения из антифрикционного силумина успешно используются на ОАО «Белшина». Стоимость заготовок из антифрикционного силумина в 2,0–2,5 раза ниже, а масса более чем в 3,5 раза меньше, чем аналогичных из антифрикционных бронз БрОЦС5–5-5 и БрАЖ9-4.

Таким образом, антифрикционный силумин АК15 имеет максимальную фрикционную износостойкость в паре трения со сталью при содержании меди 3% и дисперсности глобулярных кристаллов кремния 3–4 мкм.

Литература

1. Марукович Е. И., Стеценко В. Ю. Модифицирование сплавов. Мн.: Беларуская навука, 2009.
2. Стеценко В. Ю., Ривкин А. И. Новый антифрикционный силумин АК15М3 // Литье и металлургия. 2009. № 3. С. 114–115.