

40 лет ИТМ НАН Беларуси

В. Ю. СТЕЦЕНКО, ИТМ НАН Беларуси

УДК 621.74:669.714

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРУКТУРНО- ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ МОДИФИКАТОРОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СПЛАВОВ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

It is shown that application of structural heredity allows to increase considerably the efficiency of the modifying process and modifiers activities. This allowed to develop universal structural-superfine silumin modifiers for modifying of black and nonferrous metals.

В настоящее время основная масса отливок изготавливается из сталей, чугунов, силуминов и бронз. Главным способом повышения их механических и эксплуатационных свойств является примесное модифицирование. Для этого разрабатывается огромное количество разнообразных модификаторов. Основными недостатками современного примесного модифицирования являются отсутствие универсальности модификаторов, их экологическая небезопасность и относительно малое время живучести, что снижает эффективность процесса модифицирования и действия модификаторов. В этом отношении наиболее показательным примером служит заэвтектический силумин. Для измельчения его микроструктуры используют фосфорсодержащую лигатуру и натрийсодержащий флюс. Последний измельчает эвтектический кремний за время не более 0,5 ч [1]. Фосфорсодержащая лигатура модифицирует только первичный кремний, но она нейтрализует натрийсодержащий флюс. В результате получают отливки с модифицированной первичной структурой и немодифицированной эвтектикой. Это снижает механические и эксплуатационные свойства заэвтектического силумина и препятствует его широкому внедрению в машиностроение, в частности, в качестве поршней форсированных ДВС.

Повысить эффективность процесса модифицирования и действия модификаторов можно с помощью структурной наследственности [2]. Это весомый резерв повышения механических и эксплуатационных свойств деталей машиностроения. Для осуществления процесса наследственного модифицирования необходимо получение переплава (шихты) и модификаторов с высокой структурной дисперсностью. Она во многом будет определять продолжительность модифицирующего эффекта. Чем выше дисперсность фазовых составляющих шихтовых материалов, тем более эффективно наследственное модифицирование структуры сплава. Установлено, что при литье заэвтектических силуминов время живучести наследственного модифицирования существенно увеличивается, если максимальные размеры кристаллов первичного и эвтектического кремния шихтовых отливок будут менее соответственно 40 и 5 мкм. В настоящее время получить отливки с такой микроструктурой без применения примесных модификаторов можно методом литья закалочным затвердеванием и литьем в кристаллизатор с затопленно-струйной системой охлаждения [3, 4]. Наиболее высокую структурную дисперсность отли-



Стеценко В. Ю.

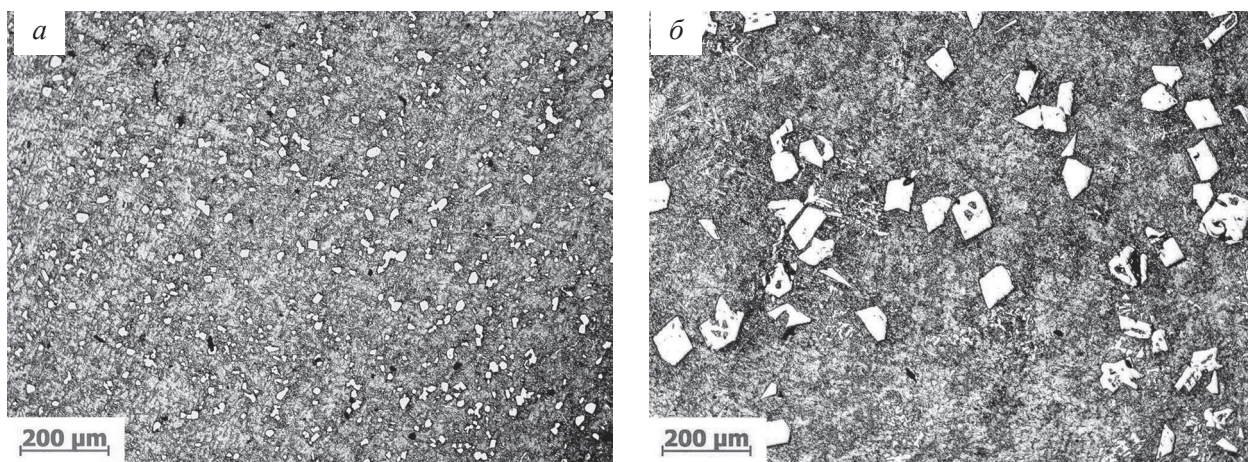


Рис. 1. Микроструктура заготовок поршней диаметром 52 мм из сплава КС-740: *а* – наследственное модифицирование; *б* – заводская технология

вок обеспечивает первый способ литья. Методом литья закалочным затвердеванием получали цилиндрические заготовки диаметром 50 мм и высотой 200 мм из сплава АК18 со средними размерами кристаллов первичного и эвтектического кремния 25 и 0,6 мкм. При литье силуминов в кристаллизатор с затопленно-струйной системой охлаждения по сравнению с обычным (щелевым) производительность процесса увеличивается более чем в 3 раза. Применение устройства затопленно-струйного вторичного охлаждения повышает производительность процесса литья силуминовых слитков диаметром 40 мм в 6 раз [4]. При этом дисперсность кристаллов первичного и эвтектического кремния в отливках в среднем составляла соответственно 0 и 3 мкм.

Исследовали влияние наследственного модифицирования заготовок поршней диаметром 54 мм из заэвтектического силумина КС-740 (АК18) при применении структурно-высокодисперсных слитков, полученных методом литья закалочным затвердеванием и непрерывным горизонтальным литьем в кристаллизатор с затопленно-струйным охлаждением. В заводскую шихту добавляли не менее 30% отливок с высокодисперсной микроструктурой. Никакие модифицирующие флюсы и лигатуры не применяли. Установлено, что при времени живучести наследственного модифицирования более 2 ч размеры кристаллов первичного и эвтектического кремния заготовок поршней в среднем составляли 30 и 6 мкм соответственно (рис. 1, *а*). Заготовки поршней, полученные по обычной заводской технологии, имели микроструктуру с размерами кристаллов первичного и эвтектического кремния 70–80 и 12–20 мкм (рис. 1, *б*).

Силумин может использоваться в качестве модификатора многих сплавов. Он относительно легкоплавок и хорошо растворяется в сталях, чугунах

и бронзах без образования шлаков. Основными компонентами силумина являются алюминий и кремний, которые служат сильными графитизирующими элементами. Они позволяют получать отливки из чугуна без отбела. Алюминий широко применяется в качестве раскислителя и модификатора сталей. Силуминовый модификатор, содержащий Са, Mg, Ti, Sb, Fe, P, РЗМ, является дегазатором, имеющим высокое химическое сродство к кислороду, азоту, сере и водороду. Силумин – это относительно дешевый и доступный материал, обладающий отличными литейными свойствами. Используя структурную наследственность, можно существенно повысить эффективность действия силуминового модификатора. Получаемые структурно-высокодисперсные силуминовые модификаторы (СВСМ) использовали для модифицирования структуры отливок из чугуна, стали, бронз и силуминов.

СВСМ применяли для модифицирования чугуна следующего состава: углерод – 3,0%; кремний – 2,0; марганец – 0,8; хром – 0,4%. Температура модифицирования не превышала 1350 °С. Модификатор вводили в количестве 0,3–0,6% от массы жидкого металла в ковше. Отливки диаметром 30 мм получали литьем в формы из ХТС. Установлено, что СВСМ позволяет получить перлитные заготовки без отбела как с вермикулярным, так и шаровидным графитом (рис. 2). При модифицировании чугуна СВСМ не образовывал шлака и усваивался на 100%. Ввиду относительно низкой температуры плавления этого модификатора его можно использовать для модифицирования ваграночных и доменных чугунов, чтобы получать отливки с повышенными механическими свойствами.

СВСМ использовали для модифицирования стали 35 при литье по выплавляемым моделям. Средняя толщина отливки составляла 11 мм. При

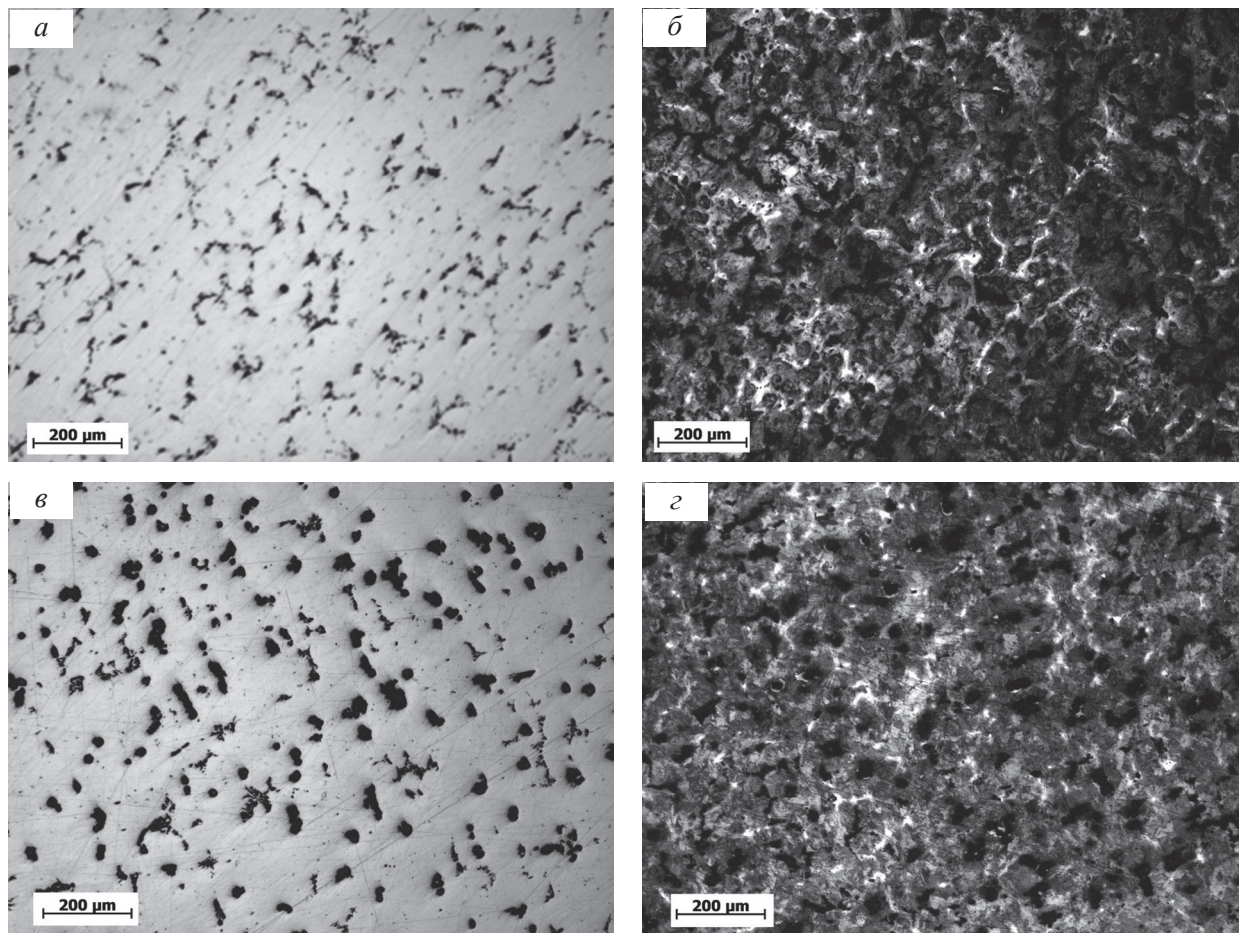


Рис. 2. Микроструктура отливок диаметром 30 мм из чугуна, модифицированного СВСМ, полученных при литье в форму из ХТС: а, в – не травлено; б, г – после травления никелем

литье по обычной (заводской) технологии размер первичного зерна в среднем составлял 900 мкм, а отливки имели перлитно-ферритную металлическую матрицу с содержанием феррита 20% (рис. 3, а). После модифицирования СВСМ размер первичного зерна в среднем составлял 300 мкм, а заготовки имели перлитную металлическую матрицу (рис. 3, б).

СВСМ вводили в 100-тонный сталь-ковш на шанге в количестве 0,03% от массы плавки. Уста-

новлено, что такое модифицирование улучшило макроструктуру непрерывнолитого слитка размером 300×400 мм из стали 45 по осевой ликвации, ликвационным полоскам и общим трещинам, краевым точечным загрязнениям и подкорковым пузырям. После обжатия модифицированной заготовки до размера диаметром 140 мм улучшение структуры наблюдалось по центральной пористости, точечной неоднородности и подсадочной

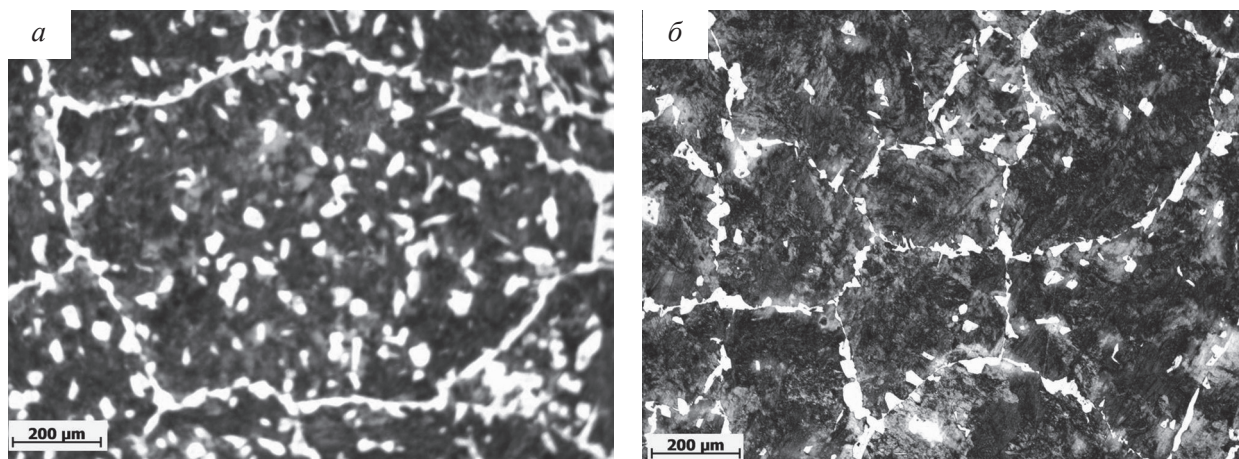


Рис. 3. Микроструктура отливок из стали 35, полученных при литье по выплавляемым моделям: а – по заводской технологии; б – после модифицирования СВСМ

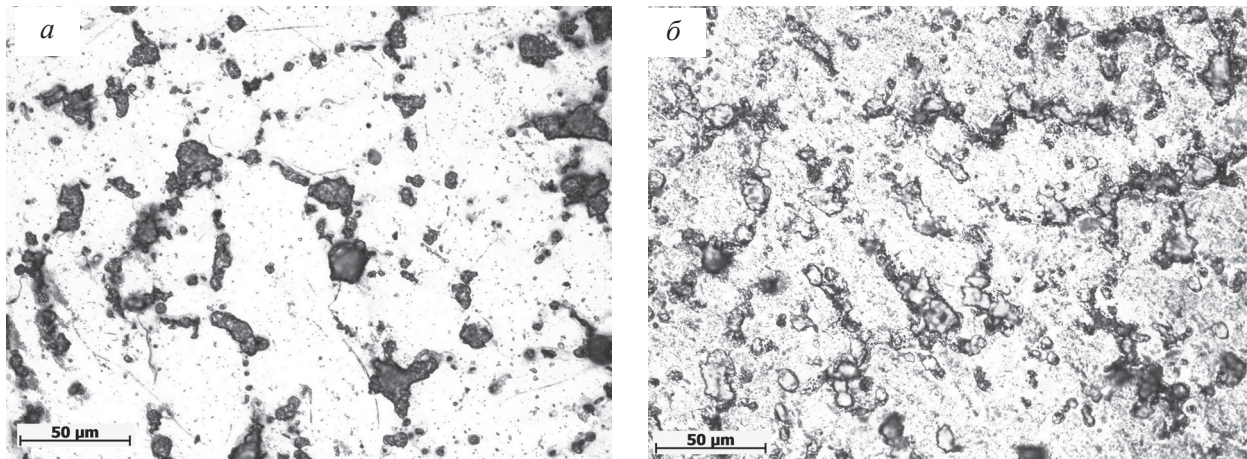


Рис. 4. Микроструктура отливок диаметром 30 мм из бронзы БрОЦС5-5-5, полученных при литье в стальной кокиль: *а* – без модифицирования; *б* – после модифицирования СВСМ

ликвации. Кроме того, модифицирование непрерывнолитого стального слитка СВСМ привело к увеличению дисперсности аустенитного зерна в 1,5–2,0 раза.

СВСМ применяли для модифицирования отливок из стали 35Л при литье в формы-пробники из ХТС размером 15×15×60 мм. СВСМ вводили в ковш емкостью 0,5 т сэндвич-процессом в количестве 0,2% от массы жидкого металла. Структуру серийных отливок измельчали модификатором состава: Al – 25–30%; PЗМ – 30; Cu – 5; Fe – 15; Ni – 20–25%. Его вводили в ковш в количестве 0,2% от массы жидкого металла. Установлено, что СВСМ измельчал микроструктуру опытных образцов по сравнению с серийными в 1,7 раза и повышал прочность в среднем на 23%.

СВСМ использовали для измельчения микроструктуры отливок диаметром 30 мм из бронзы БрОЦС5-5-5 при литье в стальной кокиль. Модификатор вводили в количестве 1% от массы жидкого металла в ковше. Установлено, что модифицирование СВСМ измельчило микроструктуру отли-

вок в среднем 2 раза и повысило их твердость в среднем на 51% (рис. 4).

СВСМ применяли для модифицирования структуры отливок диаметром 30 мм из бронзы БрАЖ9-4 при литье в стальной кокиль. Модификатор вводили в количестве 1% от массы жидкого металла в ковше. Микроструктура отливок из бронзы БрАЖ9-4, полученных по обычной технологии, была представлена в виде сквозной транскристаллизации (рис. 5, *а*). Установлено, что модифицирование СВСМ позволило получить отливки с равноосной зеренной структурой α -фазы, измельчить частицы $FeAl_3$ более чем в 5 раз и повысить твердость заготовок в среднем на 21% (рис. 5, *б*).

СВСМ использовали для измельчения микроструктуры отливок диаметром 30 мм из эвтектического силумина АК18 при литье в стальной кокиль. Модификатор вводили в количестве 0,5% от массы жидкого металла в ковше. Установлено, что СВСМ измельчал кристаллы первичного и эвтектического кремния в 3–5 раз и приводил к получению полностью модифицированной микроструктуры (рис. 6).

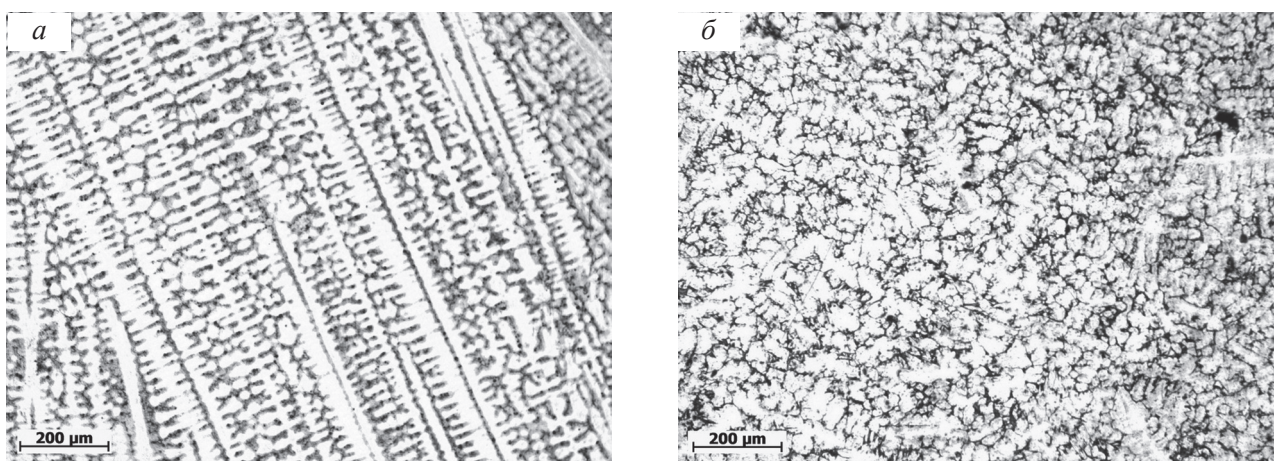


Рис. 5. Микроструктура отливок диаметром 30 мм из бронзы БрАЖ9-4, полученных при литье в стальной кокиль: *а* – без модифицирования; *б* – после модифицирования СВСМ

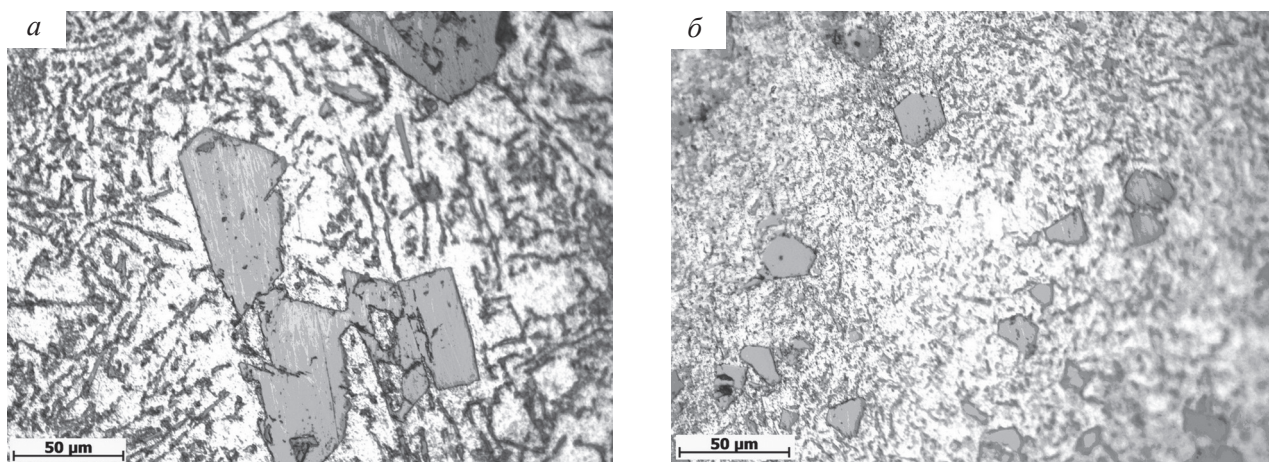


Рис. 6. Микроструктура отливок диаметром 30 мм из сплава АК18, полученных при литье в стальной кокиль: *а* – без модифицирования; *б* – после модифицирования СВСМ

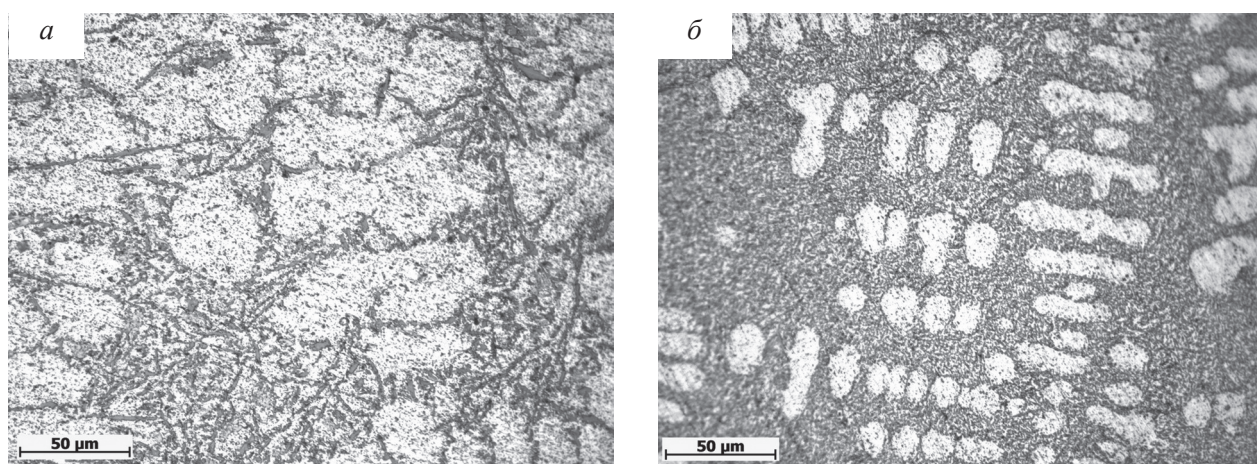


Рис. 7. Микроструктура отливок диаметром 30 мм из сплава АК12, полученных при литье в стальной кокиль: *а* – без модифицирования; *б* – после модифицирования СВСМ

СВСМ применяли для модифицирования микроструктуры отливок диаметром 30 мм из эвтектического силумина АК12 при литье в стальной кокиль. Модификатор вводили в количестве 0,5% от массы расплава в ковше. Установлено, что СВСМ измельчал размеры зерен α -фазы в среднем в 2,5 раза и повышал дисперсность эвтектического кремния в среднем в 7 раз (рис. 7).

СВСМ применяли для измельчения микроструктуры отливок «Корпус редуктора» из сплава АК12 при литье под давлением. Структура заготовок, полученных по заводской технологии, состояла из зерен α -фазы размером 40–50 мкм и эв-

тектики с дисперсностью кристаллов эвтектического кремния до 20 мкм. Обработка расплава СВСМ в количестве 0,5% от массы жидкого металла позволила измельчить зерна α -фазы до размеров 10–15 мкм и получить глобулярный эвтектический кремний диаметром 1 мкм. При этом брак отливок по негерметичности в среднем снижался на 15%.

Таким образом, применение структурной наследственности позволило разработать универсальные структурно-высокодисперсные силуминовые модификаторы для модифицирования черных и цветных металлов.

Литература

1. Альтман М. Б. и др. Повышение свойств стандартных литейных алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1984.
2. Никитин В. И., Никитин К. В. Наследственность в литых сплавах. М.: Машиностроение-1, 2005.
3. Марукович Е. И., Стеценко В. Ю. Получение отливок из заэвтектического силумина методом литья закалочным затвердением // Литье и металлургия. 2005. № 2. Ч. 1. С. 142–144.
4. Стеценко В. Ю., Ривкин А. И., Певнев А. М. Повышение эффективности непрерывного литья силуминов // Металлургия и литейное производство. 2007. Беларусь: Тр. конф. Жлобин, 2007. С. 265–267.