



The technology of the structure heredity improvement, which is a perspective and efficient way of improvement of the silumins ingots characteristics, is developed.

Е.И. МАРУКОВИЧ, В.Ю. СТЕЦЕНКО, ИТМ НАН Беларуси

УДК 621.74: 669.714

УЛУЧШЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ – РЕЗЕРВ ПОВЫШЕНИЯ СВОЙСТВ СИЛУМИНОВ

Структурная наследственность представляет собой эффект памяти затвердевающей отливки микроструктуры шихтовых материалов. Проще говоря, какова структура шихты, такова структура получаемой заготовки. Большое влияние структурная наследственность оказывает на микроструктуру отливок из силуминов [1, 2]. Для их производства обычно используют чушковые первичные или вторичные алюминиево-кремниевые сплавы, возврат и лигатуры. Все они, как правило, имеют крупнокристаллическую дендритную структуру, которая наследуется при переплаве отливкой. Низкие свойства литых силуминов в основном определяются слаборазветвленными дендритами кремния. Такая микроструктура возникает при малой концентрации центров кристаллизации кремния. В отливку они попадают из шихтовых материалов. Повысить концентрацию центров кристаллизации кремниевых дендритов можно двумя путями. Первый предполагает измельчение микроструктуры шихтовых материалов, второй – введение в расплав примесных модификаторов. К сожалению, мировое литейное производство пошло по второму пути, который предполагает развитие дорогостоящего, экологически небезопасного производства различных примесных модификаторов и модифицирующих флюсов. Причем для измельчения каждой фазы используются разные модификаторы. Так, для повышения дисперсности первичных кристаллов α -фазы силуминов применяют лигатуры Al–B–Ti и Al–Zr. Алюминиево-кремниевая эвтектика наиболее эффективно модифицируется натрийсодержащими флюсами. Первичные кристаллы кремния в заэвтектических силуминах в основном измельчаются фосфорсодержащими лигатурами. При этом время действия натрийсодержащих флюсов обычно не превышает 0,5 ч [3]. Фосфорсодержащая лигатура модифицирует только первич-

ные кристаллы кремния, но при этом она нейтрализует натрий, связывая его в фосфиды. В результате совместного действия натрия и фосфора получают отливки со слабомодифицированной эвтектикой. Поэтому заготовки из заэвтектического силумина имеют, как правило, только мелкокристаллическую первичную структуру. Это снижает их механические и эксплуатационные свойства и препятствует широкому внедрению в современное машиностроение заэвтектического силумина. Это очень перспективный материал, который имеет относительно низкий коэффициент линейного расширения, повышенный модуль упругости, высокую фрикционную износостойкость, свариваемость и др.

Отсутствие универсальности действия примесных модификаторов, их малое время живучести и взаимный антагонизм существенно снижают эффективность процесса измельчения микроструктуры отливок из алюминиево-кремниевых сплавов. Это заставляет разрабатывать первый путь повышения концентрации центров кристаллизации в слитке, что открывает новый резерв повышения свойств силуминов. Для улучшения структурной наследственности отливок необходимо использовать шихтовые материалы с мелкокристаллической микроструктурой. Установлено, что для того чтобы стабильно получать отливки из силуминов с высокодисперсной структурой, не менее 20% шихты должны иметь такую же микроструктуру [2]. Это предполагает организацию производства по переработке или литью шихтовых материалов в слитки с полностью мелкокристаллической структурой. Для решения этой задачи были разработаны струйный кристаллизатор и устройство затопленно-струйного вторичного охлаждения, позволяющие значительно повысить скорость затвердевания отливки [2]. Это дает возможность при не-

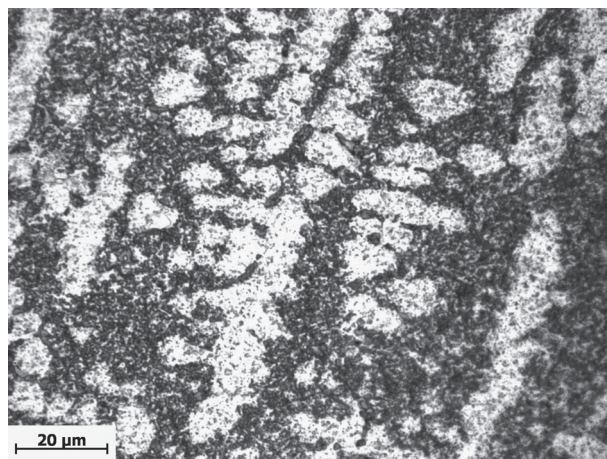
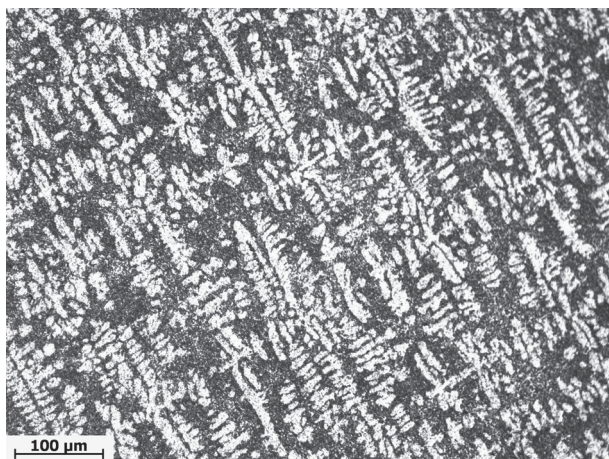


Рис. 1. Микроструктура слитка диаметром 70 мм из сплава АК12 при непрерывном горизонтальном литье без применения модифицирующих флюсов и лигатур

прерывном горизонтальном литье получать слитки диаметром 70 мм из сплава АК12 с полностью высокодисперсной микроструктурой без применения модифицирующих флюсов и лигатур (рис. 1). При этом производительность процесса непрерывного литья составляет 0,9 м/мин, что в 5-6 раз выше, чем у лучших мировых аналогов при вертикальном непрерывном литье (Sung Hoon Engineering (Корея)). Литьем в струйный кристаллизатор получают слитки диаметром 70 мм из сплавов АК18 и АК40 (40% Si) с высокодисперсной микроструктурой (рис. 2). В ГНУ «Институт технологии металлов НАН Беларуси» созданы опытно-промышленные установки непрерывного горизонтального и циклического литья для получения шихтовых материалов из силуминов с мелкокристаллической структурой. Производительность каждой установки составляет в среднем 1 т/ч. Внедрение этого литейного оборудования на предприятиях, которые производят первичные и вторичные силуминовые сплавы и высококремнистые лигатуры, позволит получать отливки с высокодисперсной

микроструктурой без применения дорогостоящих и экологически небезопасных модификаторов.

Улучшение структурной наследственности позволяет упростить технологию получения отливок с высокими механическими и эксплуатационными свойствами, устранив производство примесных модификаторов и модифицирующих флюсов. Именно они делают процесс литья силуминов экологически небезопасным, что требует разработки и производства дорогостоящих вентиляционных и очистных систем и оборудования. Чтобы исключить или снизить такие затраты, необходимо лигатуры и шихтовые силумины разливать не в слабо охлаждаемые изложницы, а в струйные кристаллизаторы, получая слитки с высокодисперсной микроструктурой. Их достаточно расплавить с минимальным перегревом и получать отливки с мелкокристаллической структурой любым способом литья, предусмотренным технологическим процессом. При этом время живучести эффекта наследственного модифицирования составляет не менее 2 ч в зависимости от перегрева расплава.

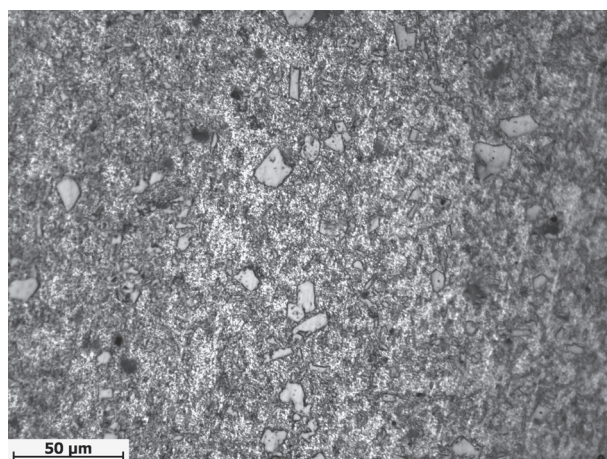
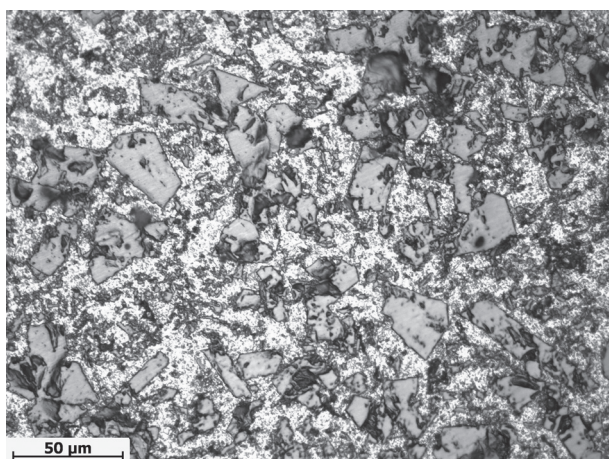


Рис. 2. Микроструктура слитков диаметром 70 мм из заэвтектических силуминов при литье в струйный кристаллизатор без применения модифицирующих флюсов и лигатур: а – сплав АК40; б – сплав АК18

В Республике Беларусь не производится первичный алюминий, но возможно литье вторичных силуминовых слитков с высокодисперсной микроструктурой. Крупные предприятия по изготовлению заготовок из алюминиево-кремниевых сплавов могут перерабатывать собственные отходы производства и лить высококремнистые лигатуры с мелкокристаллической структурой. Это позволит предприятиям Республики Беларусь улучшить структурную наследственность отливок из силуминов и повысить их свойства.

Разработка и применение литейной технологии, основанной на улучшении структурной наследственности, позволили решить проблему получения заготовок поршней ДВС диаметром 54 мм из заэвтектического силумина КС-740 с полностью модифицированной микроструктурой. При этом ее дисперсность увеличилась в 2-4 раза.

В результате улучшения структурной наследственности значительно повышаются антифрикционные свойства отливок из силумина. Так, триботехнические испытания образцов на машине

трения СМЦ-2 со смазкой И20А при нормальном напряжении 200 Н и вращении со скоростью 300 об/мин показали, что линейный износ по стали 45 у силумина АК15М3 с улучшенной структурой наследственностью в 23 раза меньше, чем у бронзы БрОЦС5-5-5. Коэффициент трения по стали 45 в условиях смазки у образцов из опытного силумина АК15М3 в 1,35 раз ниже, чем у аналогичных образцов из бронзы БрОЦС5-5-5.

В настоящее время подшипники скольжения из силуминов с улучшенной структурной наследственностью поставляются ОАО «Белшина» (г. Бобруйск) взамен аналогичных деталей из бронзы БрОЦС5-5-5. Червячные колеса из эвтектических и заэвтектических силуминов с улучшенной структурной наследственностью внедрены в производство и поставляются на ОАО «Завод «Оптик» (г. Лида) взамен аналогичных колес из бронзы БрАЖ9-4.

Таким образом, улучшение структурной наследственности является перспективным и эффективным способом повышения свойств силуминов.

Литература

1. Никитин В. И., Никитин К. В. Наследственность в литых сплавах. М.: Машиностроение-1, 2005.
2. Марукович Е. И., Стеценко В. Ю. Модифицирование сплавов. Мн.: Беларуская навука, 2009.
3. Альтман М. Б., Стромская Н. П. Повышение свойств стандартных литейных алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1984.