

УДК 621.74:669.714

СТРУКТУРНО-ВЫСОКОДИСПЕРСНЫЙ СИЛУМИНОВЫЙ МОДИФИКАТОР ДЛЯ ЧУГУНОВ И МЕДНЫХ СПЛАВОВ

В. Ю. СТЕЦЕНКО, А. И. РИВКИН, А. П. ГУТЕВ, А. М. ПЕВНЕВ

*Государственное научное учреждение
«Институт технологии металлов Национальной
академии наук Беларуси», г. Могилев*

Введение

В настоящее время для каждого сплава разрабатываются собственные модификаторы. Это увеличивает их стоимость и усложняет процесс получения отливок. Модификаторы медных сплавов малоэффективны и поэтому они не используются. Для графитизирующего модифицирования чугуна, в основном, применяют модификаторы на основе кремния. Вследствие высокой температуры плавления и слабого растворения в жидком чугуне, они не могут использоваться при относительно низких температурах, например, для модифицирования ваграночного чугуна. При использовании кремнийсодержащих модификаторов образуются шлаки, что существенно усложняет технологию получения качественных отливок. В ГНУ «ИТМ НАНБ» разработаны универсальные и более эффективные модификаторы на основе алюминия, которые обладают следующими преимуществами: имеют низкую температуру плавления; практически полностью усваиваются расплавом; обладают дегазирующим действием; имеют высокое сродство к кислороду, азоту, сере, водороду; характеризуются низкой стоимостью; обладают хорошими литейными свойствами [1]. Главной особенностью этих модификаторов является их высокодисперсная микроструктура. Известно, что она существенно усиливает эффект их действия [2]. Структурно-высокодисперсный силуминовый модификатор на основе АК12 с небольшими добавками Mg, Ca и Ti (СВСМ-1) получали методом литья закалочным затвердеванием [3], [4]. Микроструктура СВСМ-1 представлена интерметаллидами, содержащими магний, и алюминиево-кремниевой эвтектикой (рис. 1).

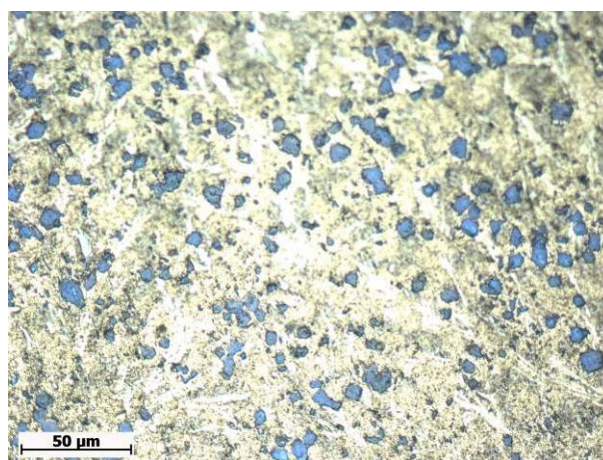


Рис. 1. Микроструктура структурно-высокодисперсного силуминового модификатора (СВСМ-1)

Постановка задачи

Задача настоящей работы – определить принципиальную возможность применения СВСМ-1 для модифицирования структуры чугуна и сплавов на основе меди.

Методика проведения и описание эксперимента

Модификатор получали на опытной установке литья закалочным затвердением в виде литых заготовок диаметром 50 мм и высотой 160 мм. После чего их измельчали в щековой дробилке до размеров 5–10 мм и использовали для обработки чугуна следующего химсостава, %: углерод – 3,0; кремний – 2,0; марганец – 0,8; хром – 0,4. Расплав готовили в индукционной печи марки ИСТ-016 с кислой футеровкой. В качестве шихты использовали 100%-й возврат. СВСМ-1 вводили в жидкий чугун «сэндвич»-процессом при температуре 1300 °С в количествах: 0,3 %; 0,6 %; 0,9 % от массы металла в ковше. После заполнения чугуном ковша примерно на половину наблюдался пироэффект. При этом разбрызгивания металла и образования шлаков не наблюдалось. Модифицированные и немодифицированные отливки диаметром 30 мм и высотой 70 мм получали литьем в формы из ХТС. Из средней части полученных заготовок были вырезаны поперечные шлифы. После их шлифовки, полировки и химического травления 4%-м водным раствором смеси фосфорной и хромовой кислот микроструктуру шлифов анализировали с помощью аппаратно-программного комплекса на базе микроскопа «Carl Zeiss Axiotech vario». Методом сравнительного металлографического анализа исследовали микроструктуры полученных отливок по ГОСТ 3443–87.

СВСМ-1 использовали для модифицирования бронз БрАЖ9-4, БрОЦС5-5-5 и латуни ЛЦ40Сд. Эксперименты проводили следующим образом. Плавку вели в индукционной печи марки ПИ-2М в карбидокремниевом тигле. В качестве шихты использовали вторичный чушковый сплав. Расплав перегревали до температуры 1170 °С. СВСМ-1 в количестве 1 % от массы расплава помещали на дно разливочного ковша перед сливом металла из печи. При растворении модификатора не наблюдалось пироэффекта, образования шлака и выделения вредных газов. После механического перемешивания и непродолжительной выдержки в ковше расплав разливали бронзу заливали в стальной кокиль диаметром 30 мм, предварительно прогретый до 200 °С. Из средней части отливок вырезали образцы. После шлифовки, полировки и химического травления 15%-м раствором серной кислоты их микроструктуру исследовали методом металлографического сравнительного анализа.

Промышленные испытания СВСМ-1 проводились на ЧУП «Випра» (г. Гомель). Чушки первичного сплава ЛЦ40Сд плавил в стационарной индукционной раздаточной печи емкостью 200 кг, входящей в комплекс литья под давлением на ЧУП «Випра». Модификатор механически замешивали в расплав при температуре 900 °С. При этом пироэффекта, образования шлаков и экологически небезопасных газовых выделений не наблюдалось. После обработки расплав не подвергали рафинированию и фильтрованию. Модифицированную латунь разливали в течение 1,5 часов на машине литья под давлением 711А08. В результате эксперимента были получены опытные образцы отливок «Кран ВБ», из массивной части которых были вырезаны поперечные шлифы. Их шлифовали, полировали и травили раствором серной кислоты с концентрацией $1,5 \cdot 10^{-4}$ кг/м³. Испытания твердости медных сплавов проводились на твердомере ТШ2М.

Результаты эксперимента и их обсуждение

Отливки из немодифицированного чугуна имели феррито-перлитную матрицу и междендритный точечный графит (ПГф1 – ПГр8 – П45). Микроструктура отливок, полученных после модифицирования СВСМ-1 в количестве 0,3 %, была представле-

на перлитной матрицей с вермикулярным графитом (ВГф4 – ВГр4 – ВГ98 – П92) (рис. 2, *а*). Увеличение концентрации модификатора до 0,6 % позволило получить перлитные отливки с шаровидным графитом (ШГф4 – ШГд25 – П92) (рис. 2, *б*). Дальнейшее увеличение концентрации приводило к образованию ледебуритной структуры.

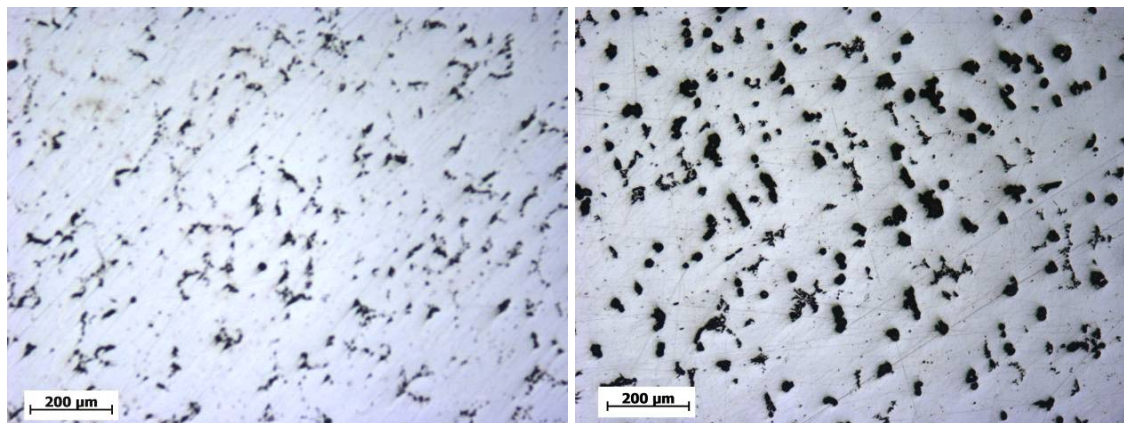
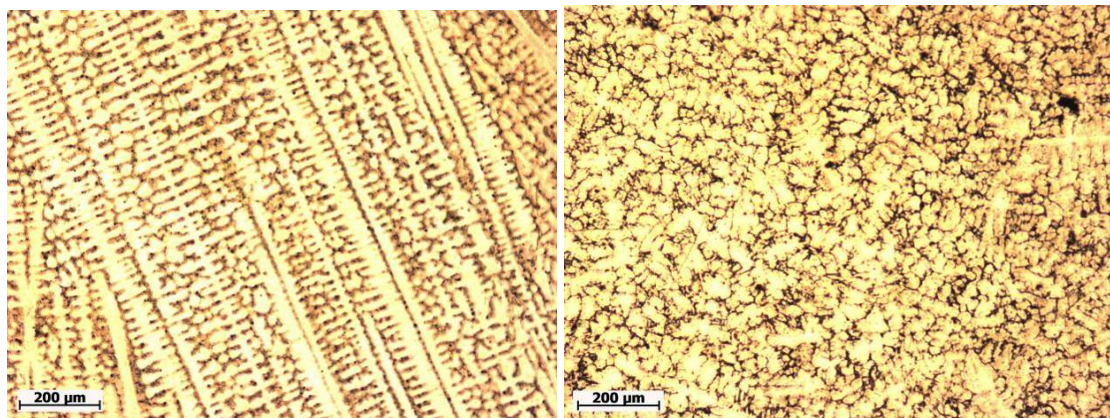
*а)**б)*

Рис. 2. Микроструктура чугуновых отливок диаметром 30 мм, полученных литьем в форму из ХТС: *а* – модифицированного СВСМ-1 в количестве 0,3 %; *б* – модифицированного СВСМ-1 в количестве 0,6 %

Было установлено, что для получения отливок из чугуна с вермикулярным графитом и перлитной матрицей оптимальной концентрацией является 0,3 % от массы металла в ковше, а для получения чугуновых отливок с шаровидным графитом и перлитной матрицей – 0,6 % от массы металла в ковше. Увеличение концентрации модификатора до 0,9 % приводит к образованию цементита.

Микроструктура отливок из бронзы БрАЖ9-4, полученных по обычной технологии, была представлена в виде сквозной транскристаллизации дендритов α -фазы, алюминий-медной эвтектикой дисперсностью менее 1 мкм и включениями $FeAl_3$ размером 6–8 мкм (рис. 3, *а*). Обработка расплава СВСМ-1 в количестве 1 % от массы металла в ковше позволила получить отливки с равноосными зёрнами α -фазы размером 35–0 мкм и включениями $FeAl_3$ дисперсностью 1–1,5 мкм, дисперсность эвтектики при этом не изменилась (рис. 3, *б*). Твёрдость немодифицированных образцов составляла 107 НВ, а модифицированных – 129 НВ. Было установлено, что применение СВСМ-1 в количестве 1 % от массы сплава для модифицирования бронзы БрАЖ9-4 позволило получить отливки диаметром 30 мм с равноосными дендритами α -фазы, измельчить частицы $FeAl_3$ более чем в 5 раз и повысить твёрдость заготовок, в среднем на 21 %.

Микроструктура отливок из бронзы БрОЦС5-5-5, полученных без применения модификаторов, представляла собой зёрна α -фазы толщиной 50–80 мкм и выделениями свинца размерами 15–30 мкм. В отливках, полученных после обработки расплава СВСМ-1 в количестве 1 % от массы сплава, толщина α -фазы составила 25–35 мкм, а выделений свинца – 13–15 мкм. Твёрдость немодифицированного образца из бронзы БрОЦС5-5-5 составляла 68 НВ, модифицированного – 103 НВ. Было установлено, что модифицирование бронзы БрОЦС5-5-5 СВСМ-1 в количестве 1 % от массы расплава позволяет измельчить α -фазу и выделения свинца в среднем в 2 раза и повысить твёрдость заготовок диаметром 30 мм в среднем на 51 %.



а)

б)

Рис. 3. Микроструктура отливок из бронзы БрАЖ9-4: а – немодифицированная; б – модифицированная СВСМ-1

Микроструктура отливок из латуни ЛЦ40Сд была представлена в виде дендритов α -фазы. В отливках, полученных по заводской технологии, толщина дендритов α -фазы составляла 10–12 мкм. После модифицирования СВСМ-1 их размер уменьшился до 5–7 мкм. Такая структура сохранялась на протяжении 1,5 часов разливки. Разбраковка опытной партии отливок в количестве 1000 штук показала, что газоусадочная пористость заготовок уменьшилась на 8 %. Из этого следует, что при литье под давлением обработка расплава латуни СВСМ-1 в количестве 1 % от массы расплава позволяет увеличить дисперсность микроструктуры отливок в среднем в 2 раза и снизить их брак по газоусадочной пористости в среднем на 8 %.

Заключение

Таким образом, структурно-высокодисперсный силуминовый модификатор позволил: при температуре менее 1300 °С получить перлитные отливки из чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом; измельчить микроструктуру отливок медных сплавов БрАЖ9-4, БрОЦС5-5-5, ЛЦ40Сд в среднем в 2 раза и повысить их твердость до 50 %; снизить брак отливок из латуни ЛЦ40Сд по газоусадочной пористости при литье под давлением в среднем на 8 %.

Литература

1. Стеценко, В. Ю. Универсальные структурно-высокодисперсные силуминовые модификаторы сплавов / В. Ю. Стеценко // Технологии, оборудование, качество : тез. докл. 11-го междунар. симп., Минск, 13–16 мая 2008 г. / ВП «Экспофорум». – Минск, 2008. – С. 101.
2. Никитин, В. И. Наследственное влияние мелкокристаллических модификаторов на свойства алюминиевых сплавов / В. И. Никитин // Литейн. пр-во. – 2002. – № 10. – С. 16–18.
3. Марукович, Е. И. Получение отливок из заэвтектического силумина методом литья закалочным затвердеванием / Е. И. Марукович, В. Ю. Стеценко // Литье и металлургия. – 2005. – № 2, ч. 1. – С. 142–144.
4. Marukovich E.I., Stetsenko V.Yu. Casting of silumins with nanostructure eutectic silicon. The 66th World Foundry Congress. 6–9 September 2004. Istanbul. P. 1349–1354.

Получено 23.10.2008 г.