



It is shown that the used bismuth-molybdenum catalyst can serve as an effective additive in composition of the complex malleable cast iron modifier, which allows to reduce the cost of modifier and castings.

Н. И. УРБАНОВИЧ, О. С. КОМАРОВ, В. И. ВОЛОСАТИКОВ, Д. О. КОМАРОВ,
И. Б. ПРОВОРОВА, В. С. НИСС, БНТУ, В. А. ХАЦКЕВИЧ, ОАО «МЗОО»

УДК 621.74

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ОТЛИВОК ИЗ КОВКОГО ЧУГУНА

Модифицирование расплава чугуна малыми добавками различных элементов является эффективным способом управления структурой отливок. Так, например, для ковкого чугуна наиболее часто применяют комплексный модификатор, состоящий из алюминия, бора и висмута [1].

Известно [2], что алюминий является химически активным элементом и продукты его взаимодействия с кислородом и азотом способствуют увеличению числа центров графитизации при отжиге белого чугуна, сокращая его продолжительность. Бор – карбидообразующий элемент, который образует карбонитриды, служащие подложкой для зарождения графита. Висмут, как поверхностно-активный элемент, блокирует рост зародышей графита в процессе кристаллизации, чем вызывает глубокое переохлаждение расплава, и обеспечивает образование ледебурита.

Но бор и висмут являются дорогими и дефицитными металлами и это обстоятельство сдерживает их широкое применение в составе комплексного модификатора. Например, на ОАО «МЗОО» для модифицирования чугуна с целью получения ковкого используют алюминий, в результате чего в отливках часто наблюдается графит пластинчатой формы, образовавшийся в ходе кристаллизации эвтектики. В то же время на предприятиях нефтехимической промышленности Республики Беларусь имеются отходы производств, в которых в виде соединений находятся дефицитные металлы. К таким отходам относится отработанный висмут-молибденовый катализатор.

В связи с изложенным выше целью данной работы является совершенствование состава модификатора и технологии модифицирования ковкого чугуна комплексным модификатором, в состав которого входит отработанный висмут-молибденовый катализатор.

Для изучения возможности использования отработанного висмут-молибденового катализатора в качестве модифицирующей добавки вначале проводили исследования в лабораторных условиях. Шихту массой 70 кг расплавляли в индукционной печи ИСТ-01. В качестве шихты использовали литники из ваграночного чугуна ОАО «МЗОО». Для компенсации угара по углероду и кремнию в расплав вводили электродный бой и ферросилиций. Полученный расплав чугуна состава 3,3% С; 1,48% Si; 0,5% Mn; 0,11% S при температуре 1400°C заливали в ковш емкостью 10 кг, предварительно поместив на дно ковша модифицирующую добавку. Состав модификатора и количество вводимых элементов приведены ниже.

Номер опыта	Состав модификаторов, мас. %
1	Без добавки
2	0,015 Al
3	0,015 Al + 0,004 Bi + 0,003 B
4	0,015 Al + 0,042 Bi-Мо катализатор

После 10-секундной выдержки расплава в ковше заливали формы клиновидных проб. Остаток металла после модифицирования различными добавками сливали в изложницу.

На рис. 1 приведены макроструктуры изломов клиновидных проб, которые свидетельствуют о том, что комплексный модификатор, состоящий из алюминия и отработанного висмут-молибденового катализатора (рис. 1, 2), наиболее эффективно устраняет выделение графита при первичной кристаллизации.

С целью проверки модифицирующего действия разработанного комплексного модификатора в промышленных условиях была проведена опытная плавка на ОАО «МЗОО». Для сравнения модифицирующего эффекта с принятой на заводе тех-

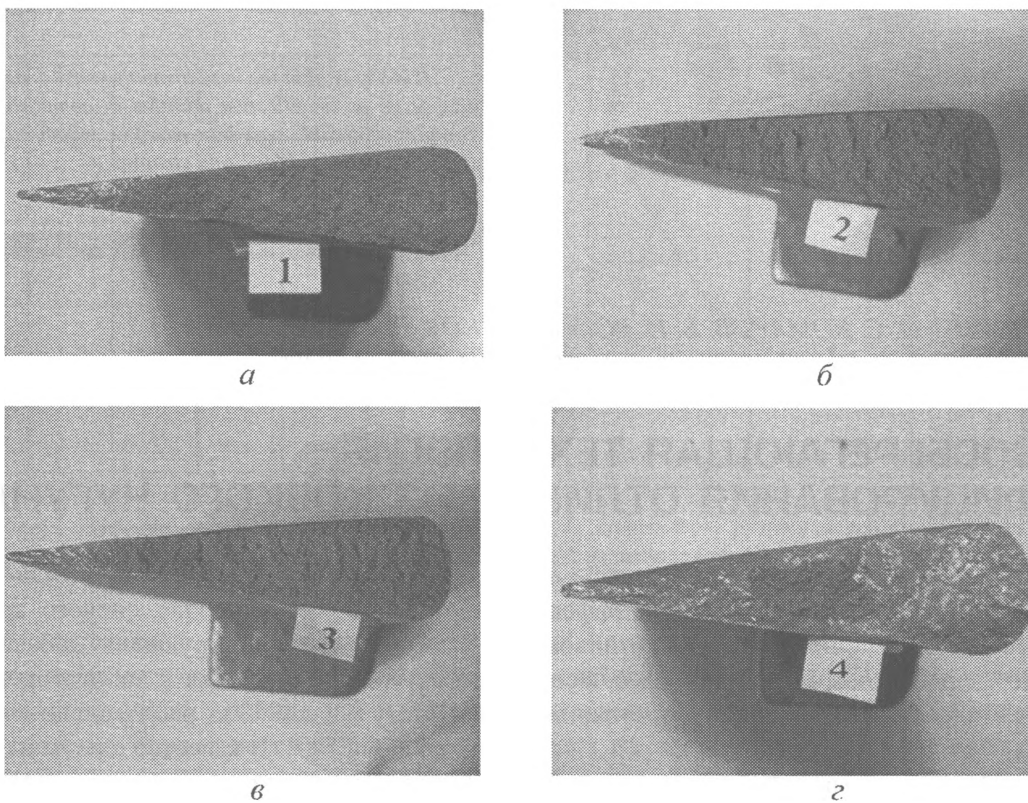


Рис. 1. Макроструктура излома клиновидной пробы из ковкого чугуна: *а* – без добавки; *б* – 0,015% Al; *в* – 0,015% Al + 0,004% Bi + 0,003% B; *г* – 0,015% Al + 0,042% Bi-Mo отработанного катализатора

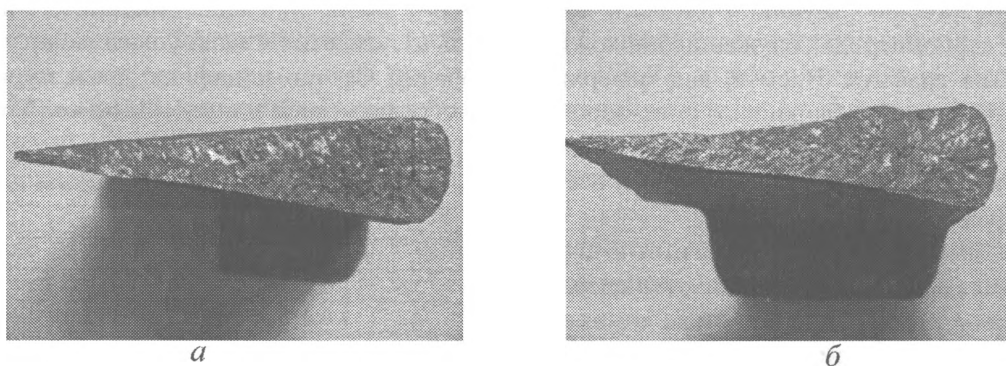
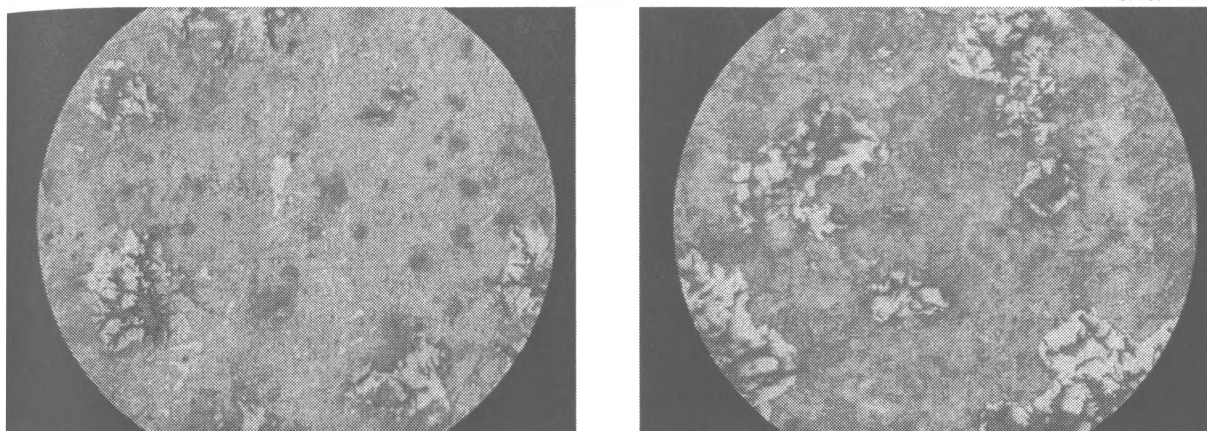


Рис. 2. Макроструктура излома клиновидной пробы из ковкого чугуна: *а* – с добавкой 0,015% Al; *б* – с добавкой 0,015% Al + 0,042% Bi-Mo отработанного катализатора

нологией модифицирования в один ковш вводили добавку алюминия в количестве 0,015% от массы расплава, в другой – комплексный модификатор, состоящий из алюминия (0,015%) и отработанного висмут-молибденового катализатора (0,042%). Из каждого ковша чугуном состава 3,1% C; 1,5% Si; 0,5% Mn; 0,1% Cr; 0,13% S заливали формы для получения клиновидных проб и кварцевые ампулы диаметром 20 мм, длиной 150 мм с целью получения образцов для проведения дальнейших исследований по изучению кинетики распада цементита в процессе отжига белого чугуна на ковкий.

На рис. 2 приведены макроструктуры изломов клиновидных проб, анализируя которые можно сделать вывод об эффективном модифицирующем действии комплексного модификатора, так как его применение полностью подавляет выделение первичного графита в процессе кристаллизации чугуна (рис. 2, б).

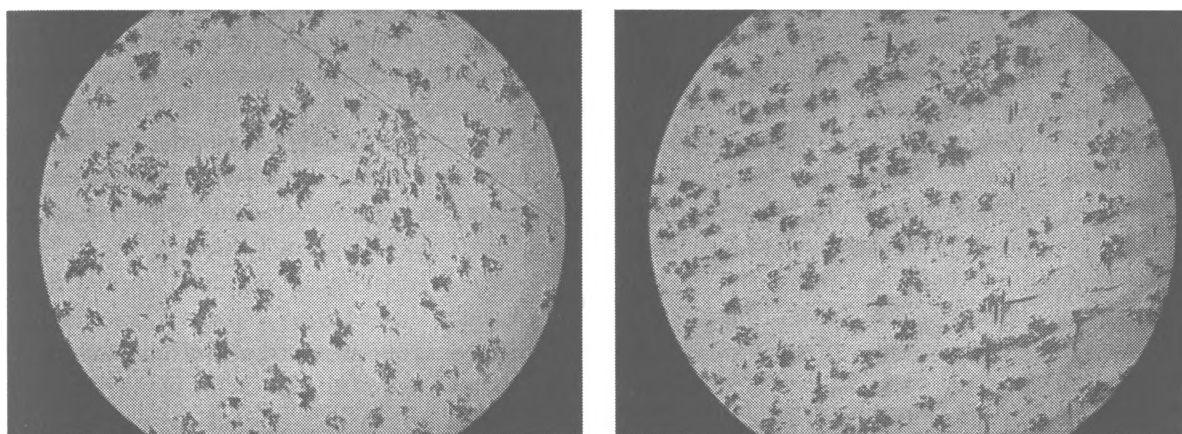
Для проведения исследований по изучению кинетики распада цементита во время отжига белого чугуна из прутков диаметром 20 мм нарезали образцы длиной 15 мм и помещали их в графитовые тигли с засыпкой, состоящей из песка с 10%



a

б

Рис. 3. Микроструктура ковкого чугуна после отжига в течение 12 ч: *a* – с добавкой 0,015% Al; *б* – с добавкой 0,015%Al +0,042%Bi-Мо отработанного катализатора. $\times 500$

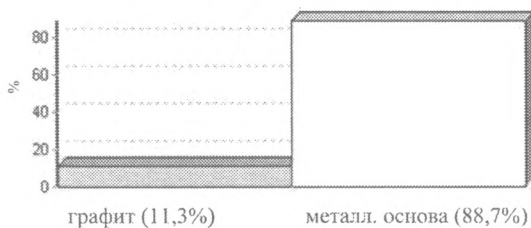


a

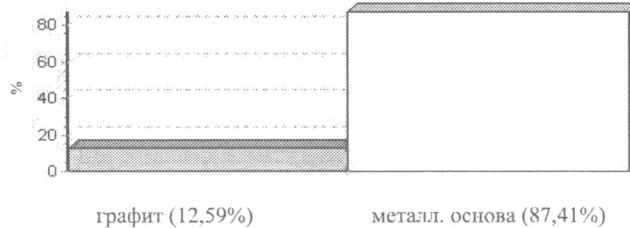
б

Рис. 4. Микроструктура ковкого чугуна после отжига в течение 12 ч: *a* – с добавкой 0,015% Al; *б* – с добавкой 0,015%Al +0,042%Bi-Мо отработанного катализатора $\times 100$

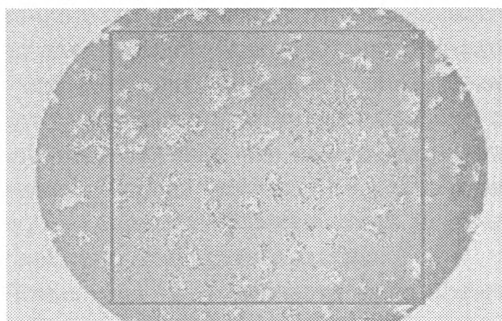
Гистограмма распределения



Гистограмма распределения

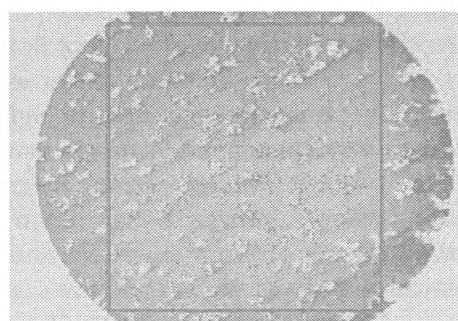


Микроструктура ковкого чугуна. $\times 100$



Модифицированный Al

Микроструктура ковкого чугуна. $\times 100$



Модифицированный Al + Bi-Мо отработанный катализатор

Рис. 5. Площадь, занятая графитом

графита. В каждый тигель помещали по два образца, один из которых модифицированный комплексным модификатором, второй – только алюминием. Тигли с образцами устанавливали в нагретую печь и выдерживали при температуре 980 °С. В процессе выдержки через каждые 2 ч извлекали по одному тиглю с образцами и охлаждали их на воздухе. Последний тигель извлекли через 12 ч. Проведенные исследования по изучению кинетики распада цементита показали, что распад цементита произошел быстрее в модифицированном комплексным модификатором чугуна, о чем свидетельствуют микроструктуры образцов после 12-часового отжига (рис. 3). В образце из чугуна, модифицированном только алюминием, процесс графитизации еще не завершился, так как в нем наблюдается наличие нераспавшегося цементита (рис. 3, а).

Об увеличении количества центров графита в чугуна при модифицировании комплексным модификатором свидетельствуют микроструктуры, представленные на рис. 4. Установлено, что количество центров на единицу площади в 2 раза выше у чугуна, модифицированного комплексной добавкой.

На рис. 5 показаны гистограммы, полученные в результате сканирования образцов по площади, равной 1 939 540 мкм². Для сканирования применяли компьютерную программу Auto Scan 3 Studio. Установлено, что площадь, занятая хлопьевидным графитом, выше у чугуна, модифицированного комплексным модификатором и составляет 12,59%, в то же время для чугуна с добавкой только алюминия она составила 11,3%.

Выводы

1. Установлено, что отработанный висмут-молибденовый катализатор может служить эффективной добавкой в составе комплексного модификатора для получения ковкого чугуна.
2. Экспериментально доказано, что введение комплексного модификатора (Al+Bi-Mo отработанный катализатор) сокращает время графитизирующего отжига.
3. Показано, что для эффективного модифицирования можно использовать вторичные ресурсы, позволяющие удешевить модификатор и тем самым снизить стоимость отливок.

Литература

1. Богачев И. Н., Давыдов Г. С., Рожкова С. Б. Графитизация и термическая обработка белого чугуна. М.: Машиностроение, 1964.
2. Комаров О. С. Формирование структуры чугунных отливок. Мн.: Наука и техника, 1977.