

ДИФфуЗИОННО-ЛЕГИРОВАННАЯ ПРОВОЛОКА ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЧУГУНА

В. М. Константинов, Г. А. Ткаченко, А. Г. Слуцкий, М. В. Семенченко
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь

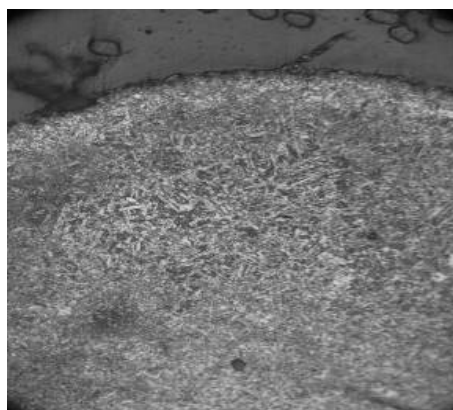
Модифицирования играет важнейшую роль при получении качественных чугуновых отливок. Сравнивая немодифицированный и модифицированный чугун легко выявить различия в микроструктуре, которая в свою очередь, определяет механические и технологические свойства отливки. В модифицированном чугуне повышается прочность и пластичность, снижается твердость и чувствительность микроструктуры к толщине стенок, формируется более однородная микроструктура. Посредством модифицирования можно управлять процессом формирования включений графита, степенью эвтектического переохлаждения чугуна, что позволяет обеспечить понижение склонности чугуна к усадке при его кристаллизации и отбелу.

Получение требуемых механических свойств готовых отливок достигается за счет того, что в чугун непосредственно перед разливкой в формы вводят модифицирующую присадку (бор или алюминий). В результате в расплаве формируется достаточное количество включений (потенциальных центров кристаллизации графита), на которых растворенный в чугуне углерод осаждается в виде графита, а не в виде карбидов (цементита).

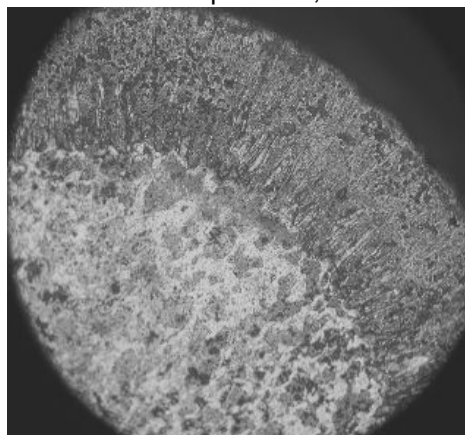
На практике модифицирование часто проводят с использованием чистых металлов или сплавов, которые при добавлении в расплав могут окисляться и выгорать (до 80 %), что снижает эффективность отработки расплава [1, 2]. Взамен традиционно используемых графитизирующих модификаторов была применена диффузионно-легированная проволока. В качестве основы была взята низкоуглеродистая проволока Св08. Методом химико-термической обработки на поверхности проволоки получали алитированный (FeAl) или борированный (FeB , Fe_2B) слои.

Выбор модифицирующих элементов обусловлен тем, что бор изменяет размеры, площадь и характер распределения графитовых включений. Алюминий способствует снижению склонности чугуна к отбелу.

Химико-термическую обработку прутков из проволоки проводили на специально разработанной установке с вращающимся контейнером в порошковой среде, содержащей активатор и вещество содержащее алюминий (бор). Температура алитирования 850°C время обработки 2 часа. Микроструктура после процесса насыщения представляла собой диффузионный слой из FeAl , толщина слоя $50\ldots 80\text{ мкм}$. Борирование заключалось в нагреве до 950°C с изотермической выдержкой 2 часа. Микроструктура борированной проволоки двухфазный слой из FeB и Fe_2B толщина слоя $100\ldots 150\text{ мкм}$ (рисунок 1).



а – алитирование; $\times 350$



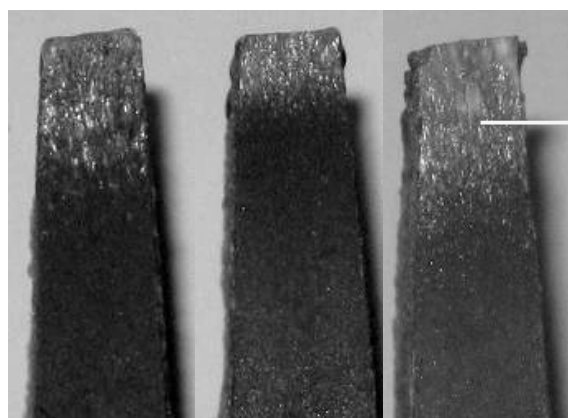
б – борирование; $\times 350$

Рисунок 1 – Стальная проволока после насыщения

Диффузионно-легированную проволоку вводили в ковш перед выпуском жидкого чугуна из плавильной печи, что обеспечивает более эффективное модифицирование. Затем модифицированный чугун разливали по формам с целью получения образцов для изучения технологических (отбела), механических свойств и микроструктуры.

Количество модификатора определяли исходя из 0.1 % масс. на 24 кг расплава.

Склонность чугуна к отбелу оценивали по клиновым пробам. Установлено, что алюминий уменьшает склонность чугуна к отбелу в 2 раза относительно чугуна без модифицирующей добавки, а относительно бора в 1,8 раза (рисунок 2).



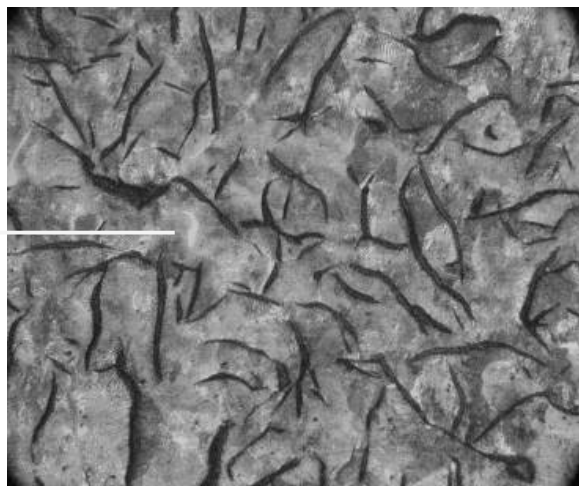
а; $\times 10$ б; $\times 10$ в; $\times 10$
а – добавка бора; б – добавка алюминия; в – без добавок

Рисунок 2 – Клиновья проба на отбел серого чугуна

Добавка проволоки с алюминиевым и борированным слоем привела к изменению микроструктуры основы и формы графита серого чугуна. Микроструктура немодифицированного чугуна представляла собой пластинчатый графит (до 150 мкм длина пластины) и перлитную металлическую основу (рисунок 3).



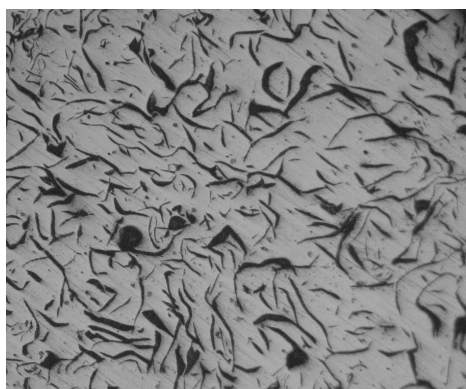
$\times 100$



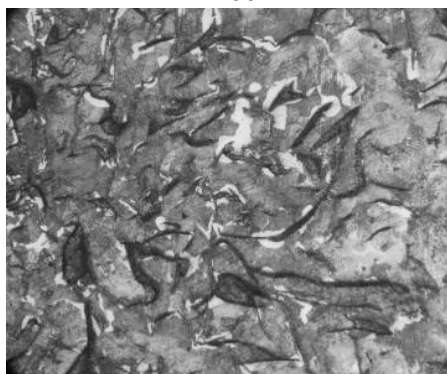
$\times 350$

Рисунок 3 – Серый чугун без модифицирования

В модифицированном алитированной проволокой чугуне наблюдается значительное увеличение дисперсности графита до 80 мкм. Металлическая основа чугуна становится ферритоперлитной (рисунок 4). Чугун, модифицированный бором, испытывает подобные превращения. Размер графитовых включений до 50 мкм, а графит имеет пластинчатую форму. Эффект ферритизации есть, но в меньшей степени, чем у чугуна модифицированного алюминием (рисунок 4).



×100



×350

Рисунок 4 – Серый чугун модифицированный алюминием

Результаты механических испытаний на сжатие (ГОСТ 25.503-97) показали, что модифицированный чугун бором сопротивляется сжатию с большим усилием и обладает большей текучестью материала (таблица 1).

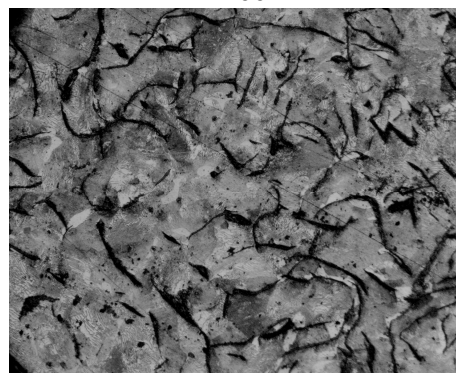
Таблица 1 - Механические испытания чугунов

Серый чугун	Прочность на сжатие, МПа	Твердость, HRB
Исходный	500±10	87±3
Модифицированный бором	563±10	85±3
Модифицированный алюминием	525±10	82±3

Формирование в чугуне ферритоперлитной основы после модифицирования алюминием не привело к снижению прочности материала, а наоборот за счет увеличения дисперсности графита прочность повысилась. Микроструктура модифицированного бором чугуна обеспечила максимальный прирост прочности, что обусловлено большей степенью измельчения графита чугуна и сохранением перлитной основы.



×100



×350

Рисунок 5 – Серый чугун модифицированный бором

Бор, находящийся в химическом соединении с железом (FeB , Fe_2B) является наиболее предпочтительным модификатором для серого чугуна с целью повышения прочности отливки. Это обусловлено в первую очередь значительным измельчением структуры и графитовых включений. Алюминий, находящийся в соединении с железом FeAl снижает склонности к отбелу отливок (в 2 раза) относительно немодифицированного чугуна, но способствует ферритизации металлической основы.

Список литературы:

1. Бестужев Н. И. Внепечная обработка высококачественных чугунов в машиностроении. Мн., Наука и техника, 1992. - 269 с.
2. Чугун: Справочник/ Под редакцией А. Д. Шермана, А. А. Жукова. М., Металлургия, 1991. - 576 с.