

казаться от закалочных печей и печей старения (при естественном старении).

Заводские испытания подтвердили лабораторные исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гериман Г. Б., Ротенберг В. А., Бурхина А. Н.* Основные направления совершенствования литейных алюминиевых сплавов для ответственных деталей двигателей и тракторов. — М.: ЦУНИИТЭИтракторсельмаш, 1978. — 43 с.
2. *Bohrle M.* MTZ. — 1969. — № 9. 12. — С. 344, 472.
3. *Anderko K., Eisenblater I.* Giesserei. — 1973. — №11. — С.329.
4. *Аристова Н. А., Колобнев И. Ф.* Термическая обработка литейных алюминиевых сплавов. — М.: Металлургия, 1977. — 143 с.
5. *Колобнев И. Ф.* Термическая обработка алюминевых сплавов. — М.: Металлургия, 1961. — 413 с.

УДК 669.141.25

Н. Ф. НЕВАР, канд. техн. наук.
Ю. Н. ФАСЕВИЧ (БНТУ)

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК БОРА НА ТРЕЩИНОУСТОЙЧИВОСТЬ, СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СТАЛИ

Для получения высококачественных отливок при плавке и заливке легированных сталей необходимо разработать режимы обработки металла добавками, обеспечивающими существенное понижение пленообразования, получение равноосной структуры, минимальное содержание и равномерное распределение неметаллических включений, уменьшение кристаллизационных трещин и благоприятное распределение упрочняющей карбидной фазы.

В качестве добавок был выбран легирующий комплекс материалов, включающий бор. Опыты показали, что введение в металл 1 — 6% В приводит к понижению склонности металла к пленообразованию, что при обычной плавке и заливке металла в холодные песочно-глинистые формы дает возможность получить отливки без спаев и плен. При этом отмечается понижение степени загрязненности металла неметаллическими включениями. Наиболее эффективна в этом отношении совместная обработка металла кальцием (Ca), церием (Ce) и бором (B).

В сложнолегируемых сталях кислород и азот находятся в связанном состоянии, поэтому анализ содержания газов методом вакуум-плавления характеризует главным образом загрязненность металла неметаллическими включениями.

При добавках бора образуются его оксиды, находящиеся в жидком состоянии при температурах раскисления и заливки и обладающие низким удельным весом. Продуктами взаимодействия церия в расплаве являются оксиды и нитриды с пониженной смачиваемостью металла, а также туго-

плавкие сульфиды церия. Для устранения образования неметаллических включений и их беспорядочного распределения в структуре отливок необходимо проводить дополнительное рафинирование металла [1].



Рис. 1. Микроструктуры сплавов с применением добавок бора:
а – 0,5 – 1,5% В; б – 2 – 4% В; в – 4 – 6% В

Макроструктура стали без добавок бора характеризуется крупным транскристаллическим строением. Добавки бора приводят к заметному изменению морфологии структуры стали. Так, при введении его в относительно небольших количествах (0,5 – 1,5%) структура представляет собой зерна феррита, по границам которых отдельными локальными участками располагается боридная эвтектика (рис. 1, а). Повышение содержания (в пересчете на чистый бор 2 – 3,5%) приводит к увеличению площади участков боридной эвтектики и смыканию их между собой. В данном случае наблюдается характерная для литого сплава дендритная структура. Увеличение содержания бора до 4% ведет к образованию в структуре сплава боридной эвтектики (рис. 1, б) с вкраплениями отдельных мелких зерен перлитного характера. Появление такой структурной составляющей объясняется вытеснением углерода из зон, занимаемых боридной эвтектикой, вследствие чего повышается его концентрация в аустените. В результате добавки бора до 6% в сплаве происходит образование структуры практи-

чески эвтектического состава, состоящей из боридов железа, перлита и технологических добавок необходимых элементов.

В перлит входит бороцементитная фаза $Fe_3(C, B)$, в которой, согласно [2, 3], бор замещает до 70 – 80% углерода. Эвтектика в местах стыка имеет ячеистую структуру (рис. 1, в). Такое изменение характера строения локальных участков эвтектики можно объяснить выделением теплоты кристаллизации, уменьшением степени переохлаждения расплава и скорости кристаллизации в этих зонах [4]. Дальнейшие исследования показали, что наиболее существенное уменьшение зоны транскристаллизации и измельчение кристаллов наблюдается при комплексной добавке бора и церия – 2,5 и 0,15% соответственно.

При добавках бора в указанных выше количествах также отмечается наиболее последовательное и эффективное повышение трещиностойчивости. На рис. 2 показано влияние добавок бора на трещиностойчивость стали, определенную на кольцевой технологической пробе с тепловым узлом (рис. 3) путем анализа площади образующихся горячих трещин. Заливка технологических проб осуществлялась при температуре 1480 – 1520°C на металлических стержнях. Диаметр стержня для данной серии сплавов составляет 55 мм.

Анализ полученных результатов позволил установить, что трещиностойчивость стали повышается настолько, что практически выходит за пределы чувствительности пробы [5]. Такое резкое повышение происходит за счет одновременного уменьшения содержания неметаллических включений, а также их более равномерного распределения и устранения скоплений карбидов по границам зерен [6].

Добавки бора оказывают положительное влияние на трещиностойчивость при введении его в количествах 2 – 4%. Понижение трещиностойчивости при введении бора в больших количествах вызвано крупными выделениями избыточной фазы по границам кристаллитов.



Рис. 2. Влияние добавок бора на трещиностойчивость стали



Рис. 3. Кольцевая технологическая проба для определения склонности сплава к образованию трещин

На основании результатов исследований можно рекомендовать введение в расплав легирующего комплекса, состоящего из 0,1% Са, 0,15% Се и 2,5% В, как оптимального для комплексного улучшения структуры, литейных и эксплуатационных свойств литой стали. Наряду с применением ряда технологических мероприятий при заливке это дает возможность получать отливки сложной конфигурации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуляев Б. Б. Теория литейных процессов: Учеб. пособие для вузов. – Л.: Машиностроение, 1976. – 216 с.
2. Бор, его соединения и сплавы / Г. В. Самсонов, Л. Я. Марковский, А. Ф. Жигач, М. Г. Валяшко; Под общ. ред. Г. В. Самсонова. – Киев: АН УССР, 1960. – 590 с.
3. Гальдитейн Я. Е., Мизин В. Г. Модифицирование и микролегирование чугуна и стали. – М.: Металлургия, 1986. – 272 с.
4. Винаров С. Н. Свойства конструкционной стали с бором. – М.: Оборонгиз, 1955. – 325 с.
5. Бабаскин Ю. З. Структура и свойства литой стали. – Киев: Наук. думка, 1980. – 240 с.
6. Золоторевский В. С. Механические свойства металлов: Учеб. для вузов. – М.: Металлургия, 1983. – 352 с.

УДК 621.793

В. М. КОНСТАНТИНОВ, канд. техн. наук,
В. И. СОРОГОВЕЦ, канд. техн. наук,
Т. В. БОРОВИЦКАЯ (ПГУ*)

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЧУГУННЫХ ДЕТАЛЕЙ ДРОБЕМЕТНЫХ УСТАНОВОК ПОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАЗМЕННЫМ УПРОЧНЕНИЕМ

Детали дробеметных установок работают в жестких условиях ударного газообразивного изнашивания. Традиционным материалом для них являются белые износостойкие чугуны. Однако вследствие того что эти детали дорогостоящи и, как правило, изготавливаются в России, ряд предприятий предпочитает производить их собственными силами. Наиболее распространенным сплавом в этом случае является серый чугун. Катастрофически низкая стойкость таких деталей компенсируется их низкой стоимостью и большими объемами производства. Так, например, стойкость лопатки из серого чугуна, отлитой на Полоцком заводе сельхозоборудования (ПЗСО), составляет 3 – 6 ч работы, а стойкость дробеметной камеры, произведенной на ОАО «Минский подшипниковый завод» (ОАО МПЗ), – 2 – 3 смены. В то же время следует отметить, что применение серого чу-

* Полоцкий государственный университет.