

ВЛИЯНИЕ ПОРОШКА БОРА НА КРИСТАЛЛИЗАЦИЮ И СВОЙСТВА СЕРОГО ЧУГУНА

Расулов Ф.Р.

Азербайджанский технический университет, г.Баку, Азербайджан

Ключевые слова: легирование, порошок, чугун, механических свойств, графит.

Аннотация. Изучено влияние порошка бора на кристаллизацию и механические свойства арматурного чугуна. Установлено, что микролегирование арматурного чугуна порошкообразным ферроборалом способствует увеличению прочности, твердости и уменьшению длины графитовых включений. С вводом относительно большого количества бора формируется структура весьма благоприятная с точки зрения износостойкости.

INFLUENCE OF BORON POWDER ON CRYSTALLIZATION AND PROPERTIES OF GRAY IRON

Rasulov F.R.

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan

Keywords: alloying, powder, cast iron, mechanical properties, graphite.

Abstract. The study of the influence of boron on the crystallization and mechanical properties of reinforcing cast iron. It has been established that microalloying of reinforcing iron with powder ferroboral promotes an increase in the hardness prognosis and a decrease in the length of graphite inclusions. With the introduction of a relatively large amount of boron, a very favourable structure is formed in terms of wear resistance.

Введение. Увеличение стойкости и долговечности сменных деталей технологического оборудования важная и сложная задача. Поэтому большое внимание уделяется изысканию эффективных и экономичных способов, которые позволили бы повысить эксплуатационную стойкость литых деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного износа, в активных и агрессивных средах. Для повышения механических свойств, герметичности, коррозионной стойкости и износостойкости чугуна, используемого для изготовления трубопроводной арматуры, проводили работы по перлитизации структуры СЧ15 путем легирования его порошком ферробора в процессе литья. Положительное влияние бора (В) на свойства и обрабатываемость чугуна известно. Ввод В в чугун способствует его отбелу, причем можно достичь равномерного распределения мелкодисперсных карбидов по сечению отливки.

Ввод бора во всех случаях понижает содержание углерода и кремния в исходном чугуне. Чем выше содержание Si в чугуне, тем сильнее сказывается влияние В на уменьшение размеров эвтектического зерна. Присадка 0,0015 % В полностью устраняет феррит из структуры, способствует размельчению графита с полным исчезновением междендритного графита. При содержании до 0,1 % В карбиды равномерно распределены в металлической матрице, при 0,35 % В чугун становится белым с структурой, близкой к эвтектической. Влияние В на изменение твердости чугуна находится в полном соответствии с его влиянием на

структуру. Резкий подъем твердости при малых количествах В связан с исчезновением феррита, затем нарастанием карбидов и далее с получением структур половинчатого, а затем и белого чугуна [1].

В литературе нет указаний на структурные исследования арматурных чугунов, легированных порошками В.

1. Состав шихты чугуна и методики проведения экспериментов. В работе исследовали чугуны с 3,5 % С; 2,1 % Si; 0,6 % Mn; 0,2 % P и 0,15 % S с добавками порошками бора 0; 0,005 %, 0,1 %, 0,2 % и 1 %. Плавки вели в кислой 50 кг индукционной печи. Порошки ферроборола марки ФБО (0,05%С; <2%Si; 0,015%P; 0,01%S; 20% В; <3 %Al; 0,05 %Cu) с размерами фракции 0,18-0,056 мм в пакетах из алюминиевой фольги вводили в струю жидкого чугуна с температурой 1450-1500° С при заполнении разливочного ковша.

Для определения герметичности изготавливали образцы в виде диска Ø29,5, толщиной рабочего сечения $\delta = 0,8; 0,01$ мм. Герметичность определяли по просачиванию керосина через образец с помощью специальной установки. Уровень герметичности оценивали по значению критического давления $P_{кр}$, при котором обнаруживалось начало просачивания керосина. Механические свойства чугуна определяли по ГОСТ –у 27208- 87, а коррозионную стойкость согласно РТМ 26- 01- 21- 68 НИИ Химмаш. Растворителем служила водопроводная вода.

Основным показателем скорости к равномерной коррозии металла является отношение:

$$K = M_0 - M_1 / FT, \text{ (г/м}^2 \cdot \text{ч)}, \quad (1)$$

где M_0 – первоначальная масса образца;

M_1 – масса образца после коррозионных испытаний;

F – площадь поверхности образца;

T – продолжительность испытаний.

Скорость коррозии пересчитывали на проницаемость по формуле:

$$P = 8,76 \cdot K / \gamma, \text{ (мм/год)}, \quad (2)$$

где P – проницаемость; γ – плотность чугуна.

Шлифы для металлографического исследования травили сначала в реактиве Мураками, а затем в 2- 3 % спиртовом растворе HNO_3 .

2. Обсуждение результатов. Бор является одним из немногих элементов, малые присадки которого резко уменьшают стабильность графитовых комплексов, ослабляя связи в гексогональном кольце плоской молекулы графита с последующим переводом углерода в истинный жидкий раствор и образованием карбидов железа, марганца и бора при кристаллизации чугуна.

Микролегирование чугуна бором (до 0,05%) незначительно уменьшает отбел, но при дальнейшем увеличении содержания В резко возрастает глубина отбела. При содержании в чугуне 0,02... 0,05 % В обрабатываемость отливок не ухудшалось. В этом случае металлическая основа – перлитоферритная, в нелегированном чугуне, форма графита-пластинчатая прямолинейная неравномерная, а размер $\Gamma_{раз} 180 - \Gamma_{раз} 350$; а в микролегированном чугуне – $\Gamma_{раз} 25 - \Gamma_{раз} 180$.

С увеличением концентрации В до 0,2 % происходит химический отбел чугуна, причем в структуре чугуна с 1 % В графита нет. Количество цементита с повышением содержания В в чугуне непрерывно растет.

Показано, что в цементите может раствориться до 5,2 % В, замещая в нем до 80% [2]. При этом орторомбическая решетка цементита сохраняется, но изменяются параметры его элементарной ячейки, растет её объем, что позволяет находить концентрацию В в бороцементите. Рентгеновское исследование показало, что легирование В привело к образованию в чугуне бороцементита $Fe_3(C, B)$ и при 0,2% В в чугуне в цементите ~ 2% В и при 1% - цементит насыщен В (23% С замещено В). При этом иглы образовавшихся боридов железа Fe_2B состоят из нескольких крупных кристаллических блоков и мелкокристаллических включений моноборида FeB. В сплавах системы Fe – В – С реализуется квазиравновесие боридов Fe_2B , FeB и бороцементита $Fe_3(C, B)$.

Образуя сложный карбоборид железа, В повышает микротвердость не только отбеленной зоны, но и перлита. При нормализации легированного В чугуна значительно повышается его твердость [3]. Механические свойства серого чугуна марки СЧ15, легированного В, приведены на рис. 1.

Рентгенографические данные показывают, что количество бороцементита с повышением содержания В в чугуне непрерывно растет, причем повышение концентрации в нем бора с 0,2 до 1% сопровождается увеличением его твердости (рис. 2,б). Легирование чугунов бором с 0,2% В увеличивает твердость фосфидной эвтектики от 5100 до 7250 МПа в чугуне, а также общую твердость чугуна (рис.2,а). В то же время твердость перлита при легировании чугуна до 0,2 % В не изменяется (3350 МПа) [4-6].

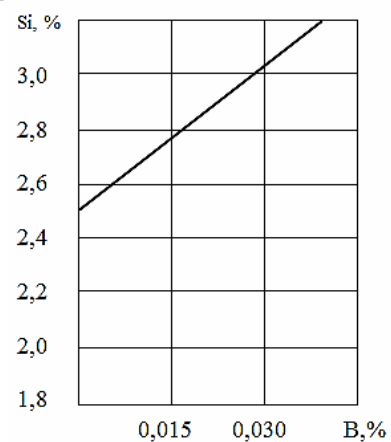


Рис. 1. Механические свойства серого чугуна легированного

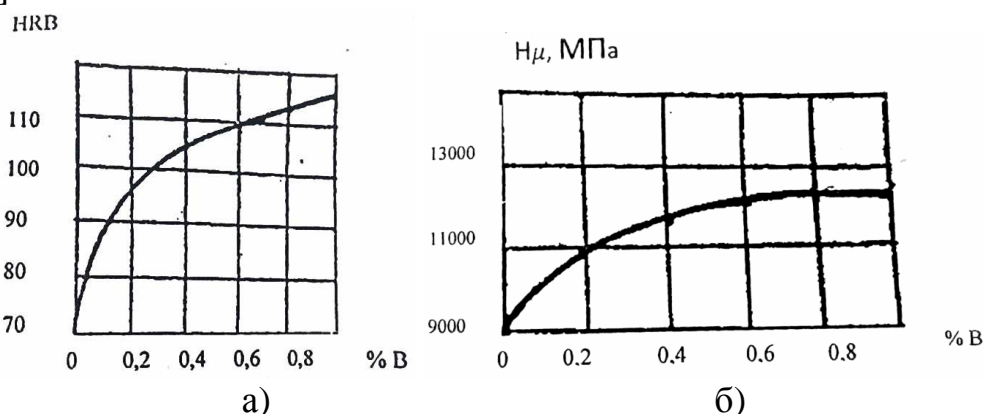


Рис. 2. Зависимость общей твердости HRB металла отливки (а) и микротвердости H_{μ} , бороцементита (б) от содержания В в чугуне

Ниже приведены физико-механические и эксплуатационные свойства нелегированного и легированного с небольшим количеством (0,02...0,05 %) бора чугунов (табл. 1).

Табл. 1. Физико-механические и эксплуатационные свойства нелегированного и легированного с небольшим количеством бора чугунов

Чугун	σ_B , МПа	НВ	$R_{кр}$, МПа	ρ , г/см ³	K , г/м ² ч.	П, м/год
Нелегированный	170	176	3,1	7,0	0,071	0,086
Легированный	225	221	11,2	7,19	0,034	0,040

Выводы. Микролегирование арматурного чугуна порошкообразным ферроборалом способствует увеличению прочности, твердости и уменьшению длины графитовых включений. С вводом относительно большого количества бора (0,2...1%) формируется структура весьма благоприятная с точки зрения износостойкости: основа чугуна – перлит – сохраняется мягкой пластичной и при достаточном количестве пластинчатого графита (для сохранения антифрикционных свойств) появляется избыточный фазабороцементит с твердостью, еще более высокой, чем твердость фосфидной эвтектики.

Список литературы

1. Ворошнин Л.Г. Борирование сталей и чугунов. справ. пособие. Минск: Беларусь, 1981. 205с.
2. Гиршович Н.Г. Кристаллизация и свойства чугуна в отливках. М.: Машиностроение, 1966. 668 с.
3. Тескер Е.И., Гурьев В.А., Гребнев Ю.В., Афолина Е.И., Тескер С.Е. Поверхностное легирование деталей порошковыми материалами в литейной форме // Физика и химия обработки материалов. 2004. №4. С. 48-51
4. Rasulov F.R., Babaev A.I. Surface Alloying of the Casting in the Casting Mold // Engineering and Applied Sciences. 2018. Vol. 3, No.1-3. P. 64-73.
5. Расулов Ф.Р. Улучшение характеристик материала поверхностного слоя чугунной отливки // Механика – машиностроение. 2008. №3. С. 70-73.
6. Гурьев М.А. Упрочнение литых деталей поверхностным легированием на основе бора // Ползуновский альманах. 2009. № 2. С. 46-47.

Сведения об авторе:

Расулов Физули Расул оглы – к.т.н., доцент, АзГУ, г. Баку.