

КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ И СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ СПЛАВОВ

УДК 669.187.28:669.162.275

Н. В. Кирьякова, В. Н. Костяков, А. А. Волошин

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ЖАРСТОЙКИХ ЧУГУНОВ, ЛЕГИРОВАННЫХ ХРОМОМ, ИЗ ОКСИДНОГО РАСПЛАВА

Исследованы особенности структуры жаростойких чугунов, легированных хромом, из расплава электросталеплавильного шлака. Показано, что небольшие добавки хрома (0,45-1,4 %) стабилизируют структуру чугуна, улучшают его жаростойкость и ростоустойчивость.

Ключевые слова: *сталеплавильный шлак, хром, чугун, расплав, структура, жаростойкость.*

Досліджено особливості структури жаростійких чавунів, які леговані хромом, з розплаву електросталеплавильного шлаку. Показано, що невеликі домішки хрому (0,45-1,4 %) стабілізують структуру чавуну, поліпшують його жаростійкість та стійкість до росту.

Ключові слова: *сталеплавильний шлак, хром, чавун, расплав, структура, жаростійкість.*

The peculiarities of a structure of the heat resistant cast irons, alloyed by chromium from the melt of the electric steel-smelting slag were researched. It was shown that small chromium admixtures (0,45-1,4 %) stabilize the structure of cast iron, improve its heat and growth resistance.

Keywords: *steel-smelting slag, chromium, cast iron, melt, structure, heat resistance.*

Исследована структура жаростойких чугунов, выплавленных в дуговой печи постоянного тока из чугунного лома и легированных хромом из расплава электросталеплавильного шлака. Химический состав выплавленных чугунов приведен в табл. 1.

Из приведенных данных следует, что выплавленный чугун плавки 1-3 по своему химическому составу соответствует жаростойкому чугуну ЖЧХ1 (ГОСТ 7769-82), а плавка 4 - ЖЧХ2. Обращает внимание более низкое содержание серы и фосфора по сравнению с регламентированным ГОСТом.

Таблица 1. Химический состав выплавленных чугунов

Номер плавки	Содержание элементов, %					
	C	Si	Mn	Cr	S	P
1	3,49	2,20	0,70	0,45	0,081	0,20
2	3,57	2,10	0,73	0,57	0,083	0,22
3	3,56	2,80	0,72	0,93	0,078	0,21
4	3,60	1,74	0,79	1,40	0,084	0,21

Кристаллизация и структурообразование сплавов

Для оценки неметаллических включений, содержащихся в опытных чугунах, провели автоматизированный количественный анализ на компьютеризированном микроскопе «Neophot-32» по методике, разработанной в ИЭС им. Е. О. Патона.

Установили, что в матрице чугуна присутствуют 85 % неметаллических включений размером 0,10-0,75 мкм, 12 % – размером 1,0-1,5 мкм. Крупных включений размером 10 мкм практически нет. Объемная доля неметаллических включений находится на уровне 0,37 %, что соответствует чугунам, выплавленным по общепринятой технологии с использованием феррохрома.

Исследования показали, что при содержании 0,45-0,57 % Cr чугун содержит сульфиды в небольшом количестве, а также окисульфиды, оксиды, иногда встречаются хромиты и силикаты. В металле с 0,93 % Cr наряду с хромитами наблюдаются еще и сложные оксиды, шпинели, реже – карбонитриды. В чугуне с 1,4 % Cr тоже встречается небольшое количество карбонитридов. Содержащиеся в исследованном металле сульфиды марганца имеют твердость по Виккерсу HV_{0,025} 257-290 кгс/мм². Микротвердость измеряли на микрометре М-400 фирмы «LECO».

Следует отметить, что наличие сульфидов в исследованных чугунах должно быть регламентировано, поскольку они оказывают отрицательное действие на устойчивость чугуна против окисления. Поэтому содержание серы в чугуне должно быть ограничено 0,12 % (ГОСТ 7769-82). В выплавленных чугунах содержится 0,078-0,084 % S, что должно обеспечивать хорошие показатели жаростойкости чугуна.

В низколегированных жаростойких чугунах наличие графита и его форма в значительной степени определяют поведение чугуна при повышенных температурах, особенно в условиях активной газовой среды. Наличие графита в грубой пластинчатой форме создает возможность для проникновения окислительных агентов газовой среды в глубь отливки. Это способствует развитию окисления металлической массы вдоль графитовых включений. Такой процесс сопровождается значительным увеличением объема, поскольку удельная масса образующихся окислов меньше, чем у окисляющихся элементов. Величина объемного расширения чугунов может достигать 50 %. При этом происходит резкое ухудшение свойств (наряду с развитием роста) вследствие внутреннего окисления, резко ухудшается жаростойкость чугуна [1]. Таким образом, качество графитных включений определяет в конечном итоге ростоустойчивость и жаростойкость чугуна.

Исследование структуры опытных чугунов, проведенное на микроскопе «POLYVAR MET» (на нетравленных образцах), показало, что структура чугуна с 0,45-0,57 % Cr содержит пластинчатый графит (рис. 1, а), форма включений графита — пластинчатая завихренная. Длина включений графита в чугуне с 0,45 % Cr достигает 45 мкм (Пгд45). Такой качественно грубый, крупный пластинчатый графит ускоряет процесс окисления и способствует увеличению роста чугуна.

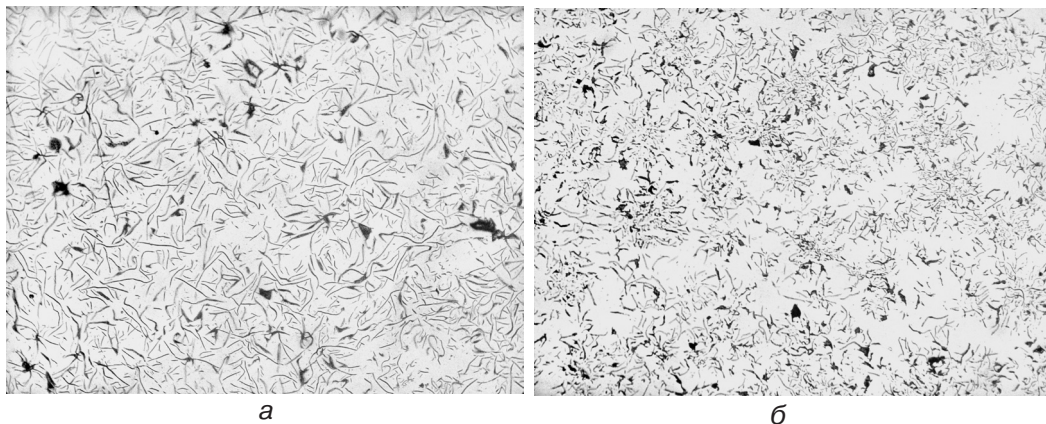
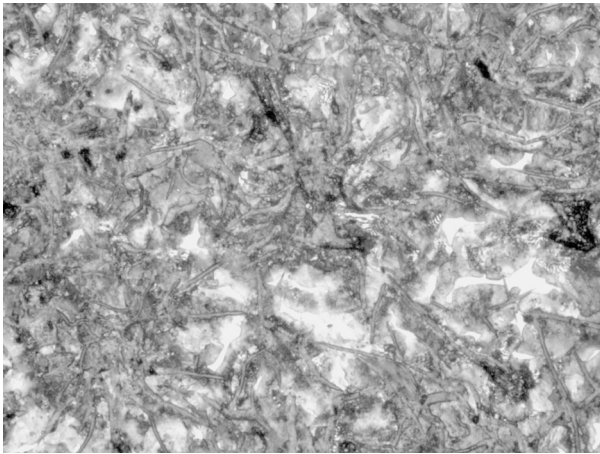


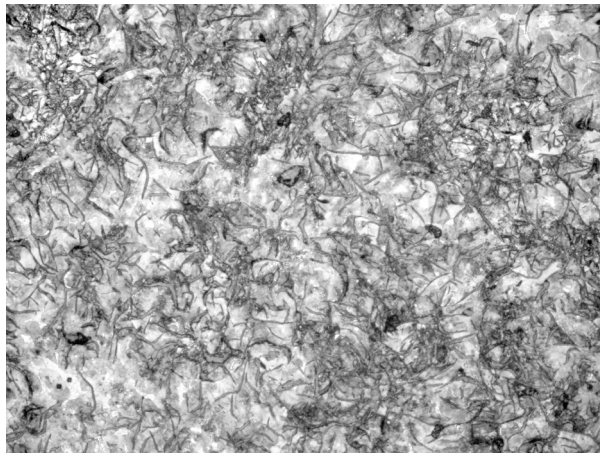
Рис. 1. Распределение графита в опытных чугунах, содержащих хром, в %: а – 0,45; б – 0,93, x100

Кристаллизация и структурообразование сплавов

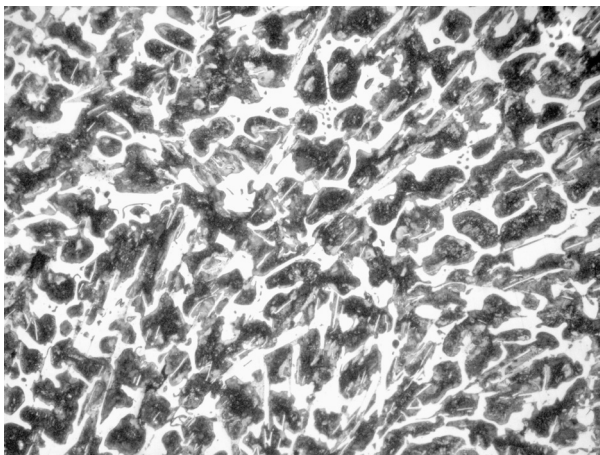
При содержании 0,9 % Cr графит в структуре чугуна измельчается до 15 мкм (Пгд15). Распределение включений графита междендритное пластинчатое (ПГр9), в отдельных областях – розеточное (ПГр7). Количество включений графита достигает 10 % (ПГ10). Следует отметить благоприятное влияние хрома на измельчение



а



б



в

Рис. 2. Микроструктура опытных образцов, содержащих хром; в %: а – 0,45; б – 0,93; в – 1,4, $\times 100$

графита (рис. 1, б), что, в свою очередь, обеспечивает однородность свойств в разных сечениях отливки, а также с уменьшением количества и размельчением графита повышается ростоустойчивость чугуна с одновременным улучшением жаростойкости.

При дальнейшем повышении содержания хрома до 1,4 % в структуре чугуна графит не наблюдается, весь углерод в металле находится в связанном состоянии в виде цементита. Вследствие отсутствия графита такой чугун является прекрасным материалом в отношении жаростойкости и ростоустойчивости, а максимальный эффект сопротивления росту достигается не только за счет понижения окисляемости, но и путем исключения процессов графитизации [2, 3].

Исследование микроструктуры опытных чугунов (на травленных образцах) показало, что во всех образцах карбиды не наблюдаются, поскольку в металл вводили недостаточное количество карбидообразующих добавок (хрома). Структура металлической основы исследованных чугунов – перлит (Пт1). Содержание перлита в структуре чугуна достигает 100 % (П(ФО)). Только в образцах с наименьшим содержанием хрома (0,45 %) наблюдаются очень малые участки феррита (1-2 %) на фоне основной структуры перлита (рис. 2, а). Известно, что чугун, имеющий ферритную составляющую, имеет худшую сопротивляемость окислению, чем перлитный. В чугунах с большим содержанием хрома (0,93-1,4 %) феррит отсутствует (рис. 2, б, в).

Кристаллизация и структурообразование сплавов

Дисперсность перлита в структуре чугуна имеет средние показатели и соответствует $Pd_{0,5-1,0}$. Известно, что более дисперсная структура перлита металлической основы и неориентированного равномерно распределенного графита обеспечивает лучшую ростоустойчивость

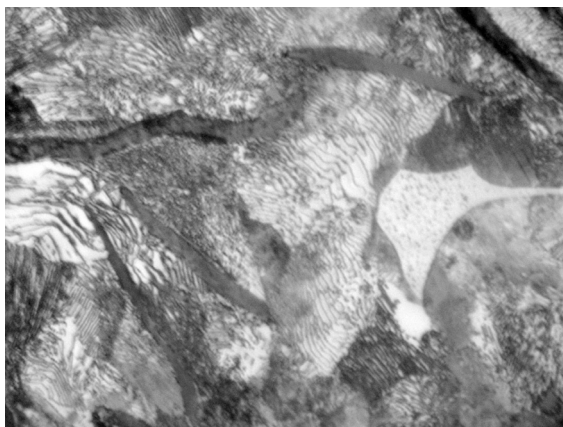
Увеличение содержания хрома от 0,45 до 0,93 % приводит к увеличению количества ледебурита с 10 до 15 % (рис. 3, а, б), а дальнейший его рост до 1,4 % сопровождается увеличением цементита до 25 % (Ц25). Площадь, занимаемая включениями цементита, составляет от ЦП6000 до ЦП1300 (рис. 3, в). Чугун, содержащий 1,4 % Cr, благодаря отсутствию графитных включений гораздо меньше подвержен разрушению под действием окисления, чем обычный серый чугун. Кроме того, при наличии цементита и отсутствии графитных центров кристаллизации интенсивное окисление металла вследствие процессов графитизации происходит при значительно более высоких температурах, чем у обычных серых чугунов. Следует отметить, что при содержании хрома 1,4 % содержание кремния должно удовлетворять соотношению $Si/Cr > 1$, тогда цементит перлитной металлической основы обладает большей устойчивостью, чем цементит обыкновенного чугуна, а это обеспечивает лучшую жаростойкость.

В работе была исследована микротвердость структурных составляющих опытных чугунов. Результаты показали, что при увеличении содержания хрома в металле растет микротвердость структурных составляющих и, прежде всего, перлита и ледебурита. При содержании в металле 1,4% Cr образуется самая твердая составляющая в исследованных чугунах – цементит (табл. 2).

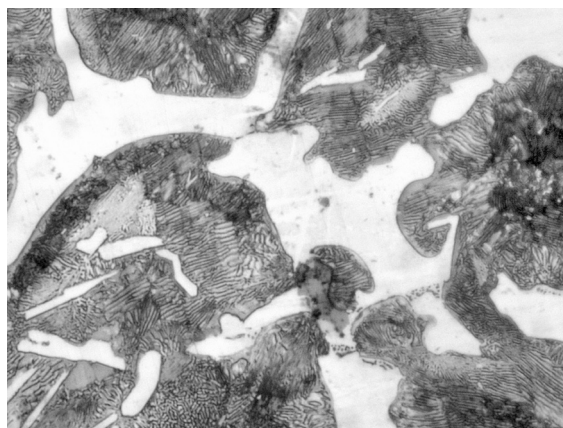
Таким образом, результаты выполненных исследований показали, что легирование чугуна хромом из оксидного расплава сталеплавильного шлака позволяет получать достаточно стабильное содержание хрома в чугуне. Небольшие добавки



а



б



в

Рис. 3. Микроструктура опытных образцов, содержащих хром, в %: а – 0,45; б – 0,93; в – 1,4, $\times 1000$

Таблица 2. Твердость по Виккерсу структурных составляющих, HV0,01, кгс/мм²

Содержание Cr, %	Перлит	Ледебурит	Цементит
0,45-0,57	274-285	439-446	–
0,93	274-285	439-455	–
1,4	314-330	–	882-920

хрома в чугуне (0,45-1,4 %) способствуют получению дисперсного перлита, стабилизируют структуру чугуна, обеспечивая удовлетворительную жаростойкость и ростоустойчивость.

Легирование чугуна хромом из расплава шлака достаточно эффективно и экономически выгодно, поскольку позволяет исключить использование феррохрома из технологического процесса получения отливок.



Список литературы

1. Бобро Ю. Г. Жаростойкие и ростоустойчивые чугуны. – М.: Машгиз, 1960. – 167с.
2. Александров Н. Н., Клочнев Н. И. Технология получения и свойства жаростойких чугунов. – М.: Машиностроение, 1964. – 169с.
3. Легирование чугуна хромом из оксидного расплава электросталеплавильного шлака / В. Н. Костяков, Н. В. Кирьякова, А. И. Мацкул и др. // Процессы литья. – 2010. – № 1. – С. 63-65.

Поступила 29.03.2012

УДК 669.715:538.65:536.421.4

**В. И. Дубоделов, В. А. Середенко, А. В. Косинская,
В. Я. Хоружий**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА АЛЮМОНИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ЭВТЕКТИЧЕСКОГО СОСТАВА, ЗАКРИСТАЛЛИЗОВАННОГО В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Исследованы структура эвтектического сплава Al-Ni, влияние на нее постоянного однородного магнитного поля при кристаллизации расплава и изменения свойств полученных материалов.

Ключевые слова: сплавы Al-Ni, затвердевание, постоянное магнитное поле, структура, эвтектический состав.