

**К. С. Радченко, Е. А. Платонов, М. М. Ямшинский, Г. Е. Федоров**

Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев

## **УЛУЧШЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ИЗНОСОСТОЙКОГО ВЫСОКОХРОМИСТОГО ЧУГУНА**

В условиях интенсивного абразивного изнашивания применяют белые износостойкие высокохромистые чугуны (ВХЧ). Высокая стойкость этих чугунов обеспечивается структурой, состоящей из карбидов хрома типа  $(Cr, Fe)_7C_3$ , расположенных в аустенитной, мартенситной или мартенситно-аустенитной матрице.

Улучшить структуру износостойких хромистых чугунов можно дополнительным микролегированием и модифицированием. Повысить износостойкость относительно мягких участков аустенита (бывшего аустенита), и таким образом всего сплава, можно упрочнением его мелкодисперсными карбидами или карбонитридами таких элементов как титан, ванадий, ниобий. Из многих элементов, образующих высокотвердые карбиды, наиболее перспективным является титан.

РЗМ практически не используют при производстве износостойких ВХЧ, что связано, с одной стороны, при модифицировании высокохромистых чугунов редкоземельными металлами эффект влияния на их структуру и свойства не такой заметный, как для некоторых групп специальных сталей и высокопрочного чугуна. С другой стороны, данные по влиянию РЗМ на свойства ВХЧ ограничены и часто противоречивы. Неправильно выбранная технология модифицирования высокохромистых чугунов добавками РЗМ может привести к отсутствию эффекта улучшения структуры сплавов, или даже ухудшения некоторых свойств.

В качестве исходного чугуна использовали ВХЧ следующего химического состава, %: 2,8 С, 0,8 Si, 4,3 Mn, 20,5 Cr,  $\leq 0,05$  S,  $\leq 0,05$  P. Чугун выплавляли в индукционной печи ИСТ-006 с кислой футеровкой. Титан вводили в виде ферротитана ФТи35 в тигель печи в конце плавки, предварительно раскислив сплав 0,2 % алюминия. РЗМ в виде лигатуры Мц50Ж3 с содержанием 45...50 % Ce, 20...30 % La, 10...15 % Nd вводили в тигель печи непосредственно перед выпуском металла.

Присадки в чугун титана совместно с РЗМ заметно измельчают структуру исходного ВХЧ. В центральной части образцов значительно уменьшается ширина и особенно длина дендритов первичного аустенита. Очевидно, церий и его соединения, образовавшиеся перед кристаллизацией сплава, откладываются как поверхностно-активные вещества на границе растущих дендритов аустенита, ограничивая их рост. Кроме этого, в сплаве, содержащем 0,1 % РЗМ эвтектика  $\gamma+(\text{Cr, Fe})_7\text{C}_3$  имеет более мелкодисперсное строение.

Титан образует карбиды и карбонитриды, которые расположены в основном в аустенитной матрице и на границах фаз матрица-карбид. В карбидах хрома их значительно меньше. Учитывая соответствие типов кристаллических решеток они могут выступать центрами кристаллизации аустенита, и, таким образом, инокулировать расплав.

В тоже время тугоплавкие частички  $\text{TiC}$  или  $\text{Ti}(\text{C,N})$ , которые образовались до кристаллизации основной массы расплава, находясь на границе зерен, могут эффективно противостоять росту фаз, измельчать их и способствовать эффекту модифицирования чугуна.

РЗМ эффективно связывают серу и кислород в ВХЧ и находятся в составе сульфидов и оксисульфидов преимущественно сферической формы, других соединений РЗМ не выявлено. Оксисульфиды РЗМ равномерно распределены в структуре, их количество растет с увеличением общего содержания РЗМ в сплаве. Кроме того, встречаются включения, в которых сульфид РЗМ находится рядом с карбонитридом титана (сульфид находится внутри карбонитрида).

Модифицирование высокохромистого чугуна (хромомарганцевого) присадками титана и РЗМ существенно влияет на структуру сплава. При этом уменьшается ширина и длина первичных дендритов аустенита, измельчается эвтектика. Упрочнение аустенита мелкодисперсными твердыми карбидами и карбонитридами способствует повышению абразивной износостойкости металла отливки.

Для улучшения структуры, нейтрализации влияния вредных примесей, высокохромистые (хромомарганцевые) чугуны целесообразно во время выпуска из плавильного агрегата дополнительно обрабатывать присадками титана в количествах 0,15...0,2 % и РЗМ в количествах 0,15...0,25 % по расчету.