

## ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ФОСФОРА НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК ПРИ ИНТЕНСИВНОМ ОХЛАЖДЕНИИ

При изготовлении отливок из серых чугунов, особенно высокопрочных марок, при плавке, разливке, модифицировании и других технологических операциях всегда подразумевается воздействие на первичную кристаллизацию чугуна. Однако при исследовании влияния структуры на механические свойства, как правило, ограничиваются изучением вторичной микроструктуры чугуна без учета особенностей формирования первичной макроструктуры. Это часто приводит к противоречиям и недостоверным результатам.

При изучении первичной макроструктуры обычно ограничиваются рассмотрением величины эвтектических зерен, совершенно игнорируя наличие первичного аустенита, который, как правило, имеет форму разветвленных дендритов той или иной степени дисперсности [1]. Такое состояние обусловлено трудоемкостью выявления этой структурной составляющей, применением в качестве травителей специальных реактивов, а главное, тем, что не во всех случаях достигается желаемый результат.

В цехах массового производства тонкостенных чугунных отливок в состав металла для улучшения его жидкотекучести часто вводится повышенное содержание фосфора (до 0,5 %), который, как показали исследования, попутно способствует увеличению прочностных свойств чугуна. На рис. 1 приведены графики изменения пределов прочности при растяжении ( $\sigma_B$ ) и изгибе ( $\sigma_H$ ) в зависимости от содержания фосфора в чугуне.

Эти графики включают в себя результаты статистической обработки данных механических испытаний и химического анализа стандартных проб, отлитых в течение годового периода в цехе котлов Нижнетагильского котельно-радиаторного завода при текущем контроле качества выплавляемого чугуна. В выборку при статистической обработке входили данные проб, содержащих углерод, кремний и марганец в пределах среднего значения (плюс-минус одно среднеквадратичное отклонение).

Среднее содержание углерода, кремния, марганца и фосфора соответственно составляло 3,50, 2,50, 0,65 и 0,32 %, а среднеквадратичное отклонение – 0,12, 0,12, 0,07 и 0,05 %. Каждая точка на приведенных зависимостях получена при испытании десятков образцов.

Кривые влияния фосфора имеют два максимума, хотя в микроструктурах проб с повышенным и обычным содержанием фосфора видимых различий не

наблюдалось. Металлографические же исследования первичной макроструктуры показали, что первый максимум связан со значительным увеличением в структуре количества и дисперсности дендритов первичного аустенита и вероятным распределением фосфидной эвтектики по большей межкристаллитной поверхности, а также с меньшим развитием процессов внутрикристаллической ликвации (рис. 2). В то же время величина эвтектических зерен практически не изменилась.

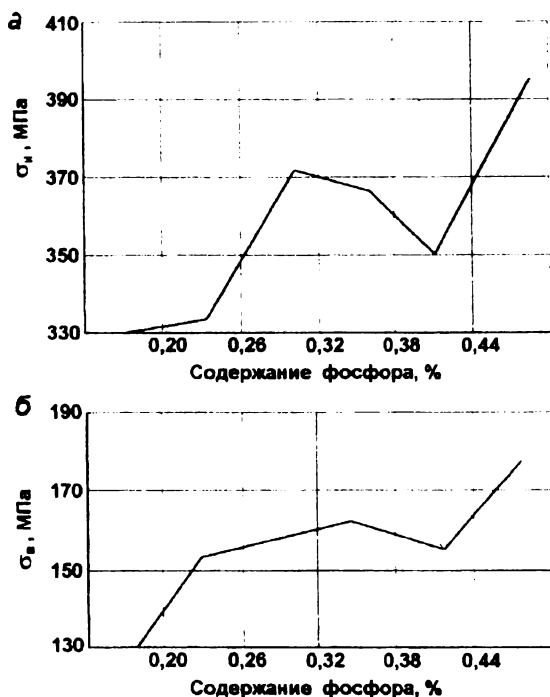


Рис. 1. Влияние фосфора на прочность чугуновых отливок:  
а – при изгибе; б – при растяжении

При дальнейшем увеличении содержания фосфора количество, форма и дисперсность дендритов стабилизировались, а некоторое снижение показателей прочности, по-видимому, связано с прекращением прироста межкристаллитных поверхностей раздела и с увеличением на этих поверхностях пленочных включений фосфидной эвтектики. Причем накопление ликватов идет как в междендритных ячейках совместно с формированием эвтектической составляющей, так и на границах эвтектических зерен, формирование которых заканчивается на последних этапах первичной кристаллизации.

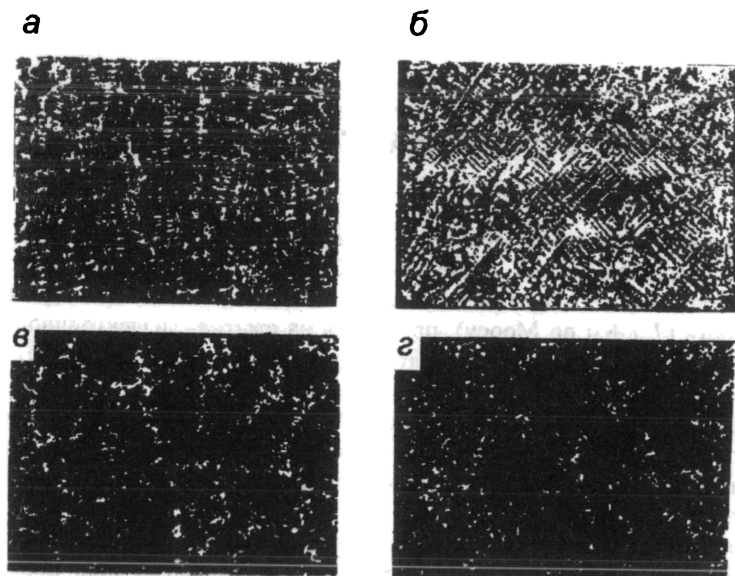


Рис. 2. Дендритная и эвтектическая составляющие первичной структуры: а, б – дендриты первичного аустенита (а – 0,16 % Р; б – 0,34 % Р); в, г – эвтектические зерна (в – 0,16 % Р; г – 0,34 % Р)

Таким образом, включения фосфидной эвтектики могут находиться в зависимости от взаимопроникновения дендритной и эвтектической составляющей по границам и внутри эвтектических зерен, если эти зерна содержат дендрит или даже пакет дендритов первичного аустенита. В таком случае можно предположить значительно меньшее влияние фосфидной эвтектики на механические свойства, когда она находится в междендритных ячейках внутри эвтектических зерен.

При дальнейшем повышении содержания фосфора фосфидная эвтектика образует вокруг эвтектических зерен сплошную сетку, прочностные свойства чугуна значительно возрастают, но металл при этом становится хрупким. Поэтому целесообразным следует считать содержание фосфора, соответствующее первому максимуму (0,20–0,35 %).

#### Литература

1. Храпковский Э. Я. Структура и прочность тонкостенных отливок из серого чугуна. – М.: Машиностроение, 1965. – 170 с.