

## ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ НА ПАРАМЕТРЫ И КИНЕТИКУ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СПЛАВОВ ЭВТЕКТИЧЕСКОГО ТИПА

О.С.Комаров, В.А.Бахмат

Многочисленными исследованиями установлены общие закономерности кристаллизации высокоуглеродистых сплавов железа. Однако ряд положений теории кристаллизации чугуна остается спорным. К их числу относится и вопрос взаимосвязи параметров кристаллизации. Авторы одних работ /1/ утверждают, что графитизирующие добавки повышают температуру и увеличивают продолжительность кристаллизации эвтектики. По мнению других /2/, продолжительность превращения при повышении температуры сокращается. В ряде работ /3/ утверждается, что модифицирование, изменяя переохлаждение расплава, не может оказывать сколько-нибудь существенное влияние на кинетику

процесса кристаллизации, так как последняя определяется исключительно теплопроводом.

Для выяснения взаимосвязи параметров кристаллизации эвтектики чугуна, микролегированного присадками алюминия, сурьмы и висмута, использовали дифференциальную схему измерения температур охлаждения 70-граммовых образцов состава: 3,87% С; 0,99% Si; 0,20% Mn; 0,043% S; 0,085% P и 0,11% Сг. Добавки вводили в количестве 0,05+0,4% от веса образца при 1420°.

Изменение параметров кристаллизации чугуна, микролегированного алюминием, показано на рис. I. Как видно, добавки Al повышают температуру начала эвтектического распада жидкости

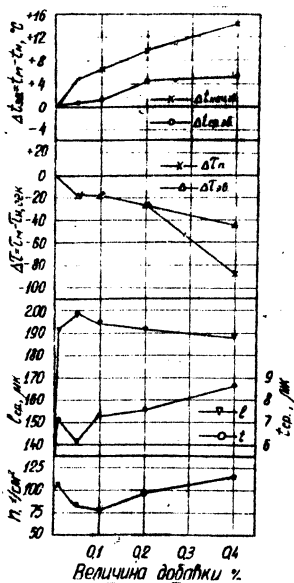


Рис. I.

Влияние добавки Al на параметры кристаллизации чугуна

( $\Delta t$  нач.эв.) и интервал превращения ( $\Delta t_{\text{ср.эв.}}$ ). При этом время полной ( $\tau_n$ ) и эвтектической ( $\tau_{\text{эв}}$ ) кристаллизации сокращается в микролегированном чугуна по сравнению с исходным. Увеличение длины  $l$  и толщины  $t$  включений графита в чугуна с присадкой свидетельствует о том, что алюминий способствует росту графитного дендрита. Снижение числа эвтектических зерен  $N$  связано, по-видимому, с повышением температуры зародышеобразования графита.

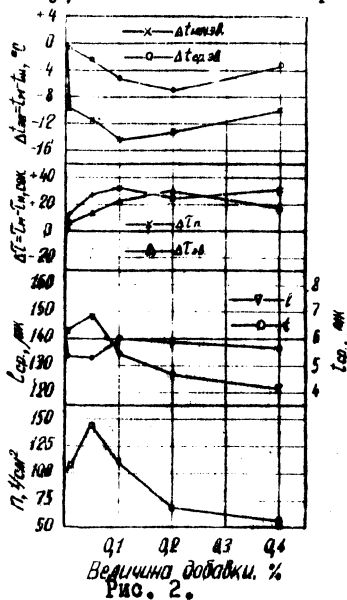


Рис. 2.

Влияние добавок Вt на параметры кристаллизации чугуна.

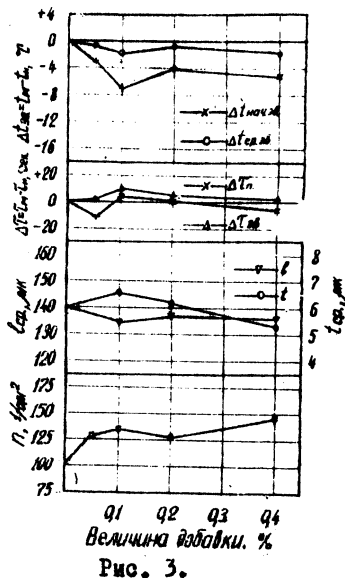


Рис. 3.

Влияние добавок Sb на параметры кристаллизации чугуна

Висмут (рис. 2) понижает температурный интервал превращения, увеличивая его продолжительность. Включения графита при этом измельчаются, а число центров кристаллизации вначале растет, но по мере роста добавки уменьшается.

Данные по влиянию Sb приведены на рис. 3. Сурьма повышает устойчивость жидкой фазы эвтектического состава, но положение площадки при этом не изменяется. Не отмечается существенных изменений продолжительности эвтектического превращения и размеров включений графита. Рост числа центров кристаллизации связан, очевидно, с переохлаждением расплава, микролегированного сурьмой.

Таким образом, присадки могут препятствовать ( $Bi$ ), способствовать кристаллизации ( $Al$ ) или не оказывать на нее заметного влияния ( $Sb$ ). В первом случае замедляется темп и снижается температурный интервал эвтектического превращения.

Элементы, способствующие росту графита, ускоряют выделение твердой фазы, вследствие чего растет температура и сокращается продолжительность кристаллизации эвтектики.

Эксперименты показали, что затвердевание сплавов эвтектического типа, в целом подчиняясь условиям теплоотвода, зависит от характера влияния примесей на условия роста ведущей кристаллизацию фазы.

Термический метод исследования влияния присадок на кристаллизацию чугунов, широко применяемый в настоящее время, имеет ряд недостатков. Основным из них является несоответствие начала и особенно конца температурной остановки началу и концу кристаллизации эвтектики [4]. В связи с этим представляло интерес проверить установленный на основании изучения кривых охлаждения характер влияния присадок на процесс кристаллизации чугуна с помощью прямых измерений скорости нарастания твердой фазы.

Плавку четырех 10-граммовых образцов вышеприведенного состава производили в адуловых тиглях диаметром 6 мм, установленных в кварцевую пробурку диаметром 24 мм, закрепленную в силитовой печи. После расплавления металла в один из тиглей опускали платина-платинородочевую термопару диаметром 0,3 мм, защищенную кварцевым наконечником диаметром 1 мм. В качестве изоляции для электродов термопары использовали окись хрома, замешанную на растворе жидкого стекла. После достижения  $1420^{\circ}$  в расплав второго тигля вводили алюминий, а в третий - висмут в количестве 0,2% от веса чугунового образца. Сплав четвертого тигля был эталонным и не подвергался микролегированию. Процесс охлаждения вместе с печью прерывали на различных этапах кристаллизации эвтектики и с помощью специального приспособления три последних тигля опускались в 10-процентный водный раствор  $NaCl$ . Полученные слитки разрезали на половине высоты и образцы одного опыта устанавливали в трубки и заливали сплавом Вуда. После травления в 10-процентном растворе азотной кислоты определяли площадь илфа, занятую твердой фазой.

На рис. 4. стрелками показаны температуры на кривой охлаждения чугуна первого тигля, с которых производили закалку образцов, и соответствующие им значения количества твердой фазы для эталонного

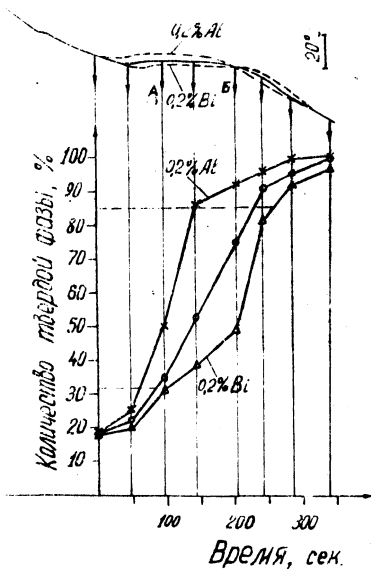


Рис. 4.

Кинетика роста твердой фазы в чугунах с присадками алюминия и висмута

Таким образом, проведенные эксперименты показали, что темп

кристаллизации существенно зависят от типа добавки.

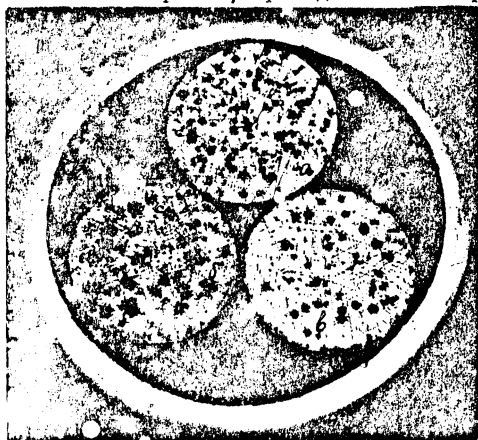


Рис. 5.

Микроструктура образцов чугуна, закаленных с температур, соответствующих точке А кривой охлаждения: а - без добавки; б - 0,2% Al; в - 0,2% Bi.

чугуна и чугунов с добавками Al и Bi. Макроструктуры образцов, закаленных в моменты, соответствующие температурам, обозначенными точками А и Б, приведены на рис. 5 и 6. Схематически штриховыми линиями на основании ранее проделанных экспериментов показаны кривые охлаждения микролегированных образцов. Висмут снижает температуру и увеличивает продолжительность эвтектического интервала, а алюминий ускоряет кристаллизацию и повышает температуру кристаллизации эвтектики.

Согласно данным, приведенным на рис. 4-6, выделение твердой фазы эвтектического состава происходит преимущественно в процессе температурной остановки. Но время этой остановки, а следовательно, и темп кристаллизации

кристаллизации определяется не только теплопроводом, но и характером влияния примесей. Примеси, облегчающие условия зарождения и роста эвтектических фаз, ускоряют процесс кристаллизации, вследствие чего повышается температура превращения. Примеси, затрудняющие рост графита и аустенита, увеличивают продолжительность и снижают температуру кристаллизации эвтектики чугуна.

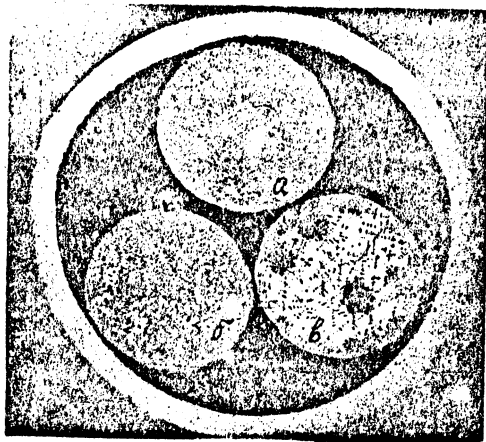


Рис. 6.  
Микроструктура образцов чугуна, закаленных с температур, соответствующих точке Б кривой охлаждения; а-без добавки; б - 0,2% Al ; в-0,2% Bi.

#### Л и т е р а т у р а

1. Б о г а ч е в И.Н. Металлография чугуна. Свердловск, 1962.
2. В а щ е н к о К.И., Р у д о й Р.П. "Металловедение и термическая обработка металлов", №5, 1961.
3. Г и р ш о в и ч Н.Г., Н е х е н д з и Ю.А. "Литейное производство", №5, 1962.
4. Б у н и н К.П., Т а р а н Ю.Н. Сб. "Кристаллизация металлов", М., 1960.