

ВЛИЯНИЕ СУРЬМЫ НА ТЕМПЕРАТУРЫ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В СЕРОМ ЧУГУНЕ

С.С.Гурик, А.М.Дмитрович, Э.Г.Титенский

Основные свойства чугуна определяются его структурой, которая в значительной степени зависит от состава. Поэтому изучение влияния на кристаллизацию расплава всегда присутствующих или специально вводимых легирующих элементов имеет большое практическое и теоретическое значение.

При модифицировании чугуна происходят сложные физико-химические процессы, в результате которых меняются условия зарождения и роста фаз. О характере влияния добавки на кристаллизацию и перекристаллизацию можно судить, сопоставляя кривые охлаждения модифицированных и немодифицированных образцов /1,2/.

Расплавление 70-граммовых чугуновых образцов производили в кварцевых пробирках в специальной силитовой печи. При 1380° в одну из пробирок на кварцевой сололке вводили сурьму, завернутую в железную фольгу. Для выравнивания температур и химического состава в другую пробирку с эталонным исходным чугуном также добавляли соответствующий кусок фольги. Металл в обеих пробирках тщательно перемешивали и вводили вольфрам-молибденовую дифференциальную термопару. Затем отключали печь и снимали кривые охлаждения. Запись кривых охлаждения производили с помощью фоторегистрирующего пирометра Курнакова (Ф.К-59). Для исследований был выбран чугун следующего химического состава: 3,9% C; 0,9% Si; 0,4% Mn; 0,08% S; 0,07% P; 0,095% Se.

Влияние сурьмы на температуру начала и конца кристаллизации эвтектики представлено на рис. 1,а. Из графиков видно, что эвтектическое превращение в нелегированных чугунах происходит при более низких температурах, чем у обычных.

Характерно, что снижение температур эвтектического превращения при малых добавках сурьмы (\sim до 0,1%) происходит значительно интенсивнее, чем при больших. Если в нелегированном чугуне эвтектика начинает кристаллизоваться при температуре 1155° , то при 0,1% S₀ температура снижается до 1151° , т.е. на 4° . Однако дальнейшее

снижение температуры кристаллизации эвтектики происходит менее интенсивно и при 1,0% введенной сурьмы температура понижается лишь на $8,5^{\circ}$. Это свидетельствует о том, что сурьма способствует кристаллизации чугунов по метастабильной системе.

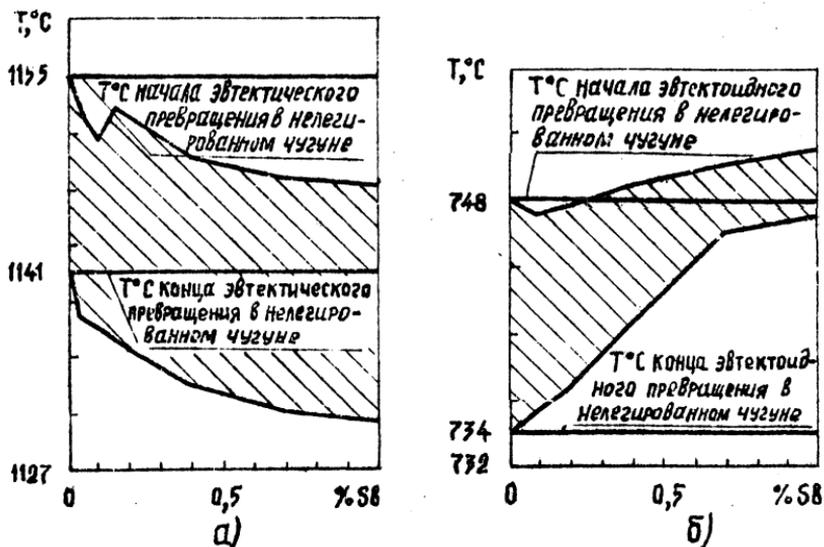


Рис. 1.

Влияние сурьмы на температуры эвтектического превращения (а) и эвтектоидного превращения (б).

Следует отметить наличие максимума на графике температур начала эвтектического превращения при содержании сурьмы в чугуне 0,15%. Это связано с образованием атомных сегрегаций типа $\text{Sb}_2\text{C}_{23}/3$, благодаря чему происходит нейтрализация стабилизирующего жидкость влияния сурьмы и хрома и повышение способности чугуна кристаллизоваться по стабильной системе, т.е. при более высоких температурах.

Конец кристаллизации эвтектики у сурьмянистых чугунов также происходит при более низких температурах, чем у обычных. С увеличением содержания сурьмы в чугуне наблюдается некоторое расширение интервала кристаллизации и увеличение времени эвтектического превращения. Это свидетельствует о том, что сурьма препятствует кристаллизации эвтектической жидкости, несмотря на замеченное значительное увеличение количества центров кристаллизации, о чем судили по увеличению числа эвтектических зерен, приходящихся на единицу площади шлифа.

Указанное обстоятельство можно объяснить следующим образом. Сурьма в кристаллизирующихся твердых фазах растворяется значительно меньше, чем в жидком растворе. В процессе кристаллизации сурьма вытесняется из растущих твердых зерен и скапливается перед их фронтом кристаллизации, что ухудшает диффузионные процессы в жидкости, и тем самым замедляет процесс кристаллизации, расширяя интервал эвтектического превращения. Вследствие адсорбции сурьмы по поверхностям кристаллов их рост замедляется. Стабилизируя жидкую фазу, сурьма способствует понижению температуры эвтектической кристаллизации, что приводит к уменьшению размеров критических зародышей. В результате увеличивается число эвтектических зерен, а их размеры уменьшаются.

Весьма существенное влияние оказывает сурьма и на процесс перлитного превращения в чугунах. С увеличением добавки сурьмы в чугун (рис. 1,б) температуры начала и конца превращения значительно повышаются. Особенно заметно повышается температура конца эвтектоидного превращения. Так, при добавке в чугун 1,0% сурьмы она возрастает на $13,6^{\circ}$, в то время как температура начала превращения повышается лишь на $2,6^{\circ}$. Это приводит к сильному сужению интервала перлитного превращения и существенному сокращению времени кристаллизации, что свидетельствует о значительно возросших скоростях перлитообразования в сурьмянистых чугунах.

Повышение температуры эвтектоидного превращения может быть вызвано понижением устойчивости аустенита и повышением устойчивости эвтектоидного цементита, что приводит к уменьшению размеров критических зародышей, увеличению их числа и, как следствие, к дисперсности перлита. Большое количество центров рекристаллизации и повышение температуры превращения способствуют ускорению процесса, что и нашло отражение в сужении интервала рекристаллизации.

Повышение дисперсности перлита, происходящее при легировании серого чугуна сурьмой, подтверждается металлографическими исследованиями (рис.2). Перлит исходного чугуна представляет собой структуру редко расположенных в феррите грубых цементитных пластин (рис.2,а). При содержании в чугуне 0,4% сурьмы расстояние между пластинами значительно уменьшилось, а сами пластины стали гораздо тоньше (рис.2,б). При содержании 0,6% сурьмы пластинки цементита стали весьма тонкими и расстояние между ними уменьшилось еще больше (рис.2в). Образование исключительно тонкопластинчатого перлита

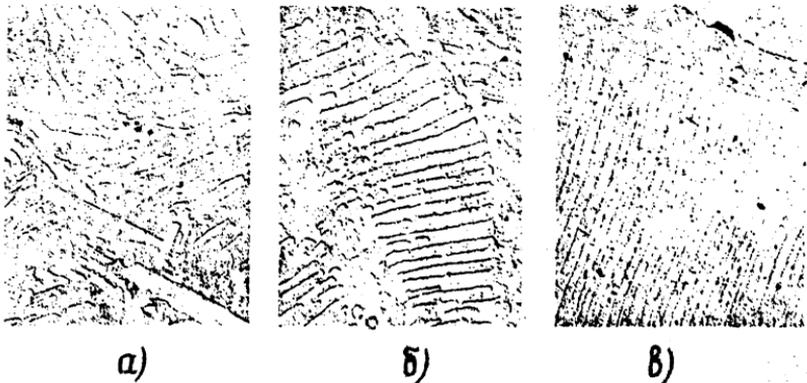


Рис. 2.

Влияние сурьмы на температуры фазовых превращений в сером чугунае.

явилось результатом очень высокой скорости перекристаллизации сплава, что и было выявлено экспериментально с помощью термического анализа.

Таким образом, сурьма оказывает большое влияние на процессы, происходящие в чугунае как при эвтектическом, так и при эвтектоидном превращении. Стабилизируя эвтектическую жидкость, она способствует кристаллизации расплава при более низких температурах и образованию более мелкозернистой структуры. В то же время, понижая устойчивость аустенита, она повышает температуры эвтектоидного превращения и ускоряет процесс рекристаллизации, что способствует перлитизации структуры.

Л и т е р а т у р а

1. Ващенко К.И., Тодоров Р.П. "Металловедение и термическая обработка металлов", № 5, 1961.

2. Шапранов Н.А., Петрова Э.В. Сб. "Кристаллизация металлов", АН СССР, М., 1960.

3. Кристалл М.А. ДАН СССР, т. XXVШ, № 4, 1954.