

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

К. П. БУНИН и Ю. Н. ТАРАН

**ОБ ОБРАЗОВАНИИ ГРАФИТА
В ЧУГУНАХ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ МАГНИЕМ**

(Представлено академиком И. П. Бардиным 3 X 1953)

Как было показано раньше (¹, ²), графитные включения серого модифицированного магнием чугуна растут, в основном, при эвтектическом превращении. Вскоре после зарождения в жидкости и некоторого роста они обволакиваются аустенитом, и последующий их рост происходит путем выделения углерода из твердого раствора без контакта графита с жидкой фазой.

Аналогичная обстановка создается на фронте графитизации и при отжиге белого чугуна, поскольку уже на самых ранних этапах роста включения графита обычно полностью окружены аустенитом.

Было сделано предположение о том, что узким звеном процесса роста графитных включений, определяющим и скорость роста и форму включений, является отвод атомов железа в аустените пространство в процессе своего образования заполняется атомами углерода, что и приводит к последовательному росту графитных включений. Следует ожидать, что в таких условиях роста форма графитных включений в меньшей степени определяется структурой самого графита и в гораздо большей степени структурой аустенита — формой того пространства в аустените, которое последовательно освобождается при отводе атомов железа от поверхности графита.

В настоящей работе рассматриваются новые факты, подтверждающие это предположение.

Как при затвердевании, так и при отжиге чугуна, содержащего магний, образуются равноосные включения графита. Обычно они считаются шарообразными (¹, ²). Исследование хорошо приготовленных шлифов показывает, однако, что сечения графитных включений представляют обычно многоугольники (см. рис. 1) и, следовательно, включения в действительности имеют форму не шаров, а многогранников. Сами же графитные включения являются поликристаллическими — они состоят из вытянутых в радиальном направлении кристаллитов, что особенно хорошо видно в поляризованном свете (см. рис. 2).

Уже то обстоятельство, что равноосное графитное включение с хорошо выраженной огранкой имеет поликристаллическое внутреннее строение, дает основание усомниться в том, что внешняя форма включения определяется структурой графита. Однако наиболее важным фактом, подтверждающим предположение о том, что форма включений определяется не структурой самого графита, а в первую очередь структурой аустенита, является многогранность внешней формы включений графита.

Путем ускоренного охлаждения после графитизации (930°, 7 час.) низкокремнистого (0,60% Si) белого чугуна, модифицированного магнием, удается создать сетку вторичного цементита вокруг зерен аустенита и тем самым «проявить» структуру матрицы. Сопоставление формы графитных

включений со структурой окружающей их аустенитной матрицы непосредственно показывает, что огранка включений графита определяется строением аустенитной оболочки.

Как видно из рис. 3, при переходе от зерна к зерну аустенита плоскость огранки графитного включения обычно меняется и таким образом форма графитного включения, действительно, «навязывается» ему аустенитной матрицей.

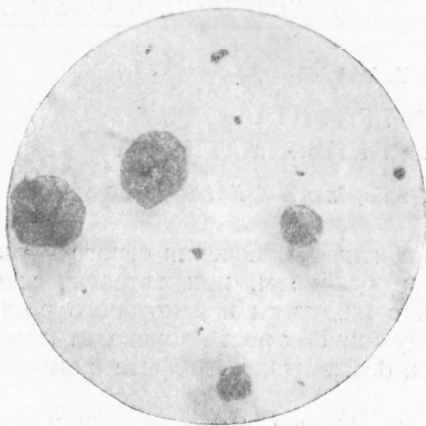


Рис. 1. Шлиф нетравленный. $\times 150$

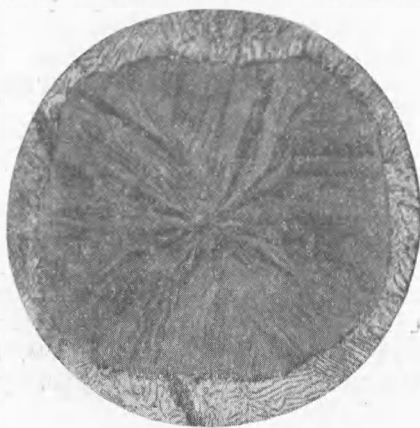


Рис. 2. Шлиф, протравленный 3% спиртовым раствором HNO_3

Из этих данных следует, что степень правильности многогранной формы графитного включения в значительной мере будет определяться относительной ориентацией зерен, составляющих аустенитную оболочку. При случайной ориентации зерен аустенитной оболочки относительно друг друга грани, создающиеся в разных зернах матрицы на фронте выделения графита, будут несогласованы и многогранная форма будет неправильной.

Для модифицированных магнием чугунов характерно, что при росте графитных включений в поликристаллическом аустените ускорения отвода атомов железа по границам зерен обычно не происходит, и поэтому включения не приобретают разветвленной формы, типичной для обычных ковких чугунов.

Магний, как поверхностно-активный элемент, концентрируется на границах зерен и каким-то образом тормозит пограничную передвижку атомов железа. Это ценное свойство магния проявляется и при затвердевании серого чугуна и при отжиге белого чугуна.

Наиболее правильную многогранную форму будут иметь, очевидно, те графитные включения, которые при затвердевании чугуна растут в монокристаллической аустенитной оболочке. В случае поликристаллической аустенитной оболочки иногда в пределах одного зерна аустенита образуется не одна, а две и три плоскости (см. рис. 4). Углы между ними будут, очевидно, соответствовать углам, наблюдающимся в монокристаллическом аустените.

Огранка аустенитной матрицы, создающаяся в процессе отвода атомов железа от фронта графитизации в процессе роста включений графита в чугунах, содержащих магний, обусловлена меньшей свободной энергией матрицы с ограненной поверхностью в сравнении с матрицей со сферической поверхностью, что хорошо согласуется с данными П. И. Лукирского (3).

Очень важным аргументом в пользу предположения о том, что форма графитных включений в чугунах с магнием определяется процессами, происходящими в аустенитной матрице, является сходство формы графит-

ных включений с формой пустот, образующихся в некоторых условиях в металлах.

Образование пустот было обнаружено при взаимной диффузии металлов с гранецентрированной кубической решеткой в таких парах, как никель — медь, золото — серебро и медь — латунь (4, 5).

Установлено, что диффузионный переход атомов через границу в этих парах металлов нескомпенсирован. Атомы второго металла каждой из

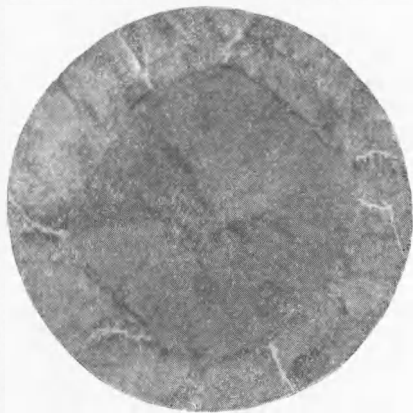


Рис. 3. Шлиф, протравленный 3% спиртовым раствором HNO_3

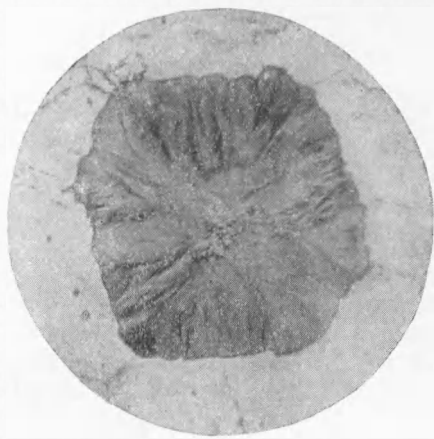


Рис. 4. Шлиф, протравленный водным раствором $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 + \text{KOH}$

этих пар (в третьей паре атомы цинка) чаще переходят через границу, чем атомы первого. Так как в металлах с плотной гранецентрированной кубической решеткой диффузия происходит, в основном, при помощи вакансий, то этому нескомпенсированному обмену атомами диффундирующих друг в друга металлов соответствует поток вакансий через границу от первого ко второму металлу каждой пары. В результате в диффузионной зоне на стороне второго металла создается избыток вакансий, объединение которых, происходящее в отдельных участках этой зоны, приводит к зарождению и росту пустот. Исследование показывает, что эти пустоты имеют форму равноосных многогранников. По данным, полученным в нашей лаборатории, аустенит, имеющий кубическую гранецентрированную решетку, не отличается в этом отношении от указанных выше металлов.

Таким образом, сравнение показывает, что форма графитных включений и пустот, образующихся в металлах путем постепенного отвода атомов из некоторых областей металлической матрицы, одинакова. Из этого следует, что форма графитных включений также определяется происходящими в металлической матрице процессами, обеспечивающими отвод атомов железа в аустените от поверхности графитных включений.

Днепропетровский металлургический институт
им. И. В. Сталина

Поступило
20 VI 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ К. П. Бунин, Г. И. Иванцов, ДАН, 72, 1052 (1950). ² К. П. Бунин, Г. И. Иванцов, Я. Н. Малиночка, Структура чугуна, 1952. ³ П. И. Лукирский, ДАН, 46, № 7 (1945). ⁴ F. D. Rosi, B. H. Alexander, C. A. Dabe, J. of Metals, 4, № 2, 189 (1952). ⁵ R. S. Barnes, Phys. Soc. Proc., 65, 512 (1952).