Доклады Академии наук СССР
1955. Том 101, № 1

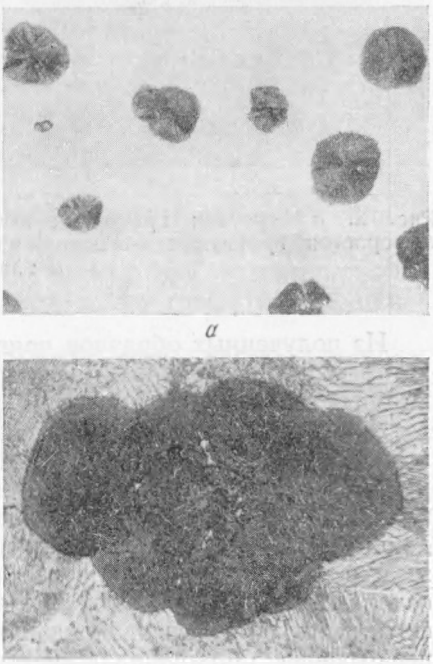
ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

К. П. БУНИН, Ю. Н. ТАРАН и Т. М. ШПАК

О СРОСТКАХ ШАРОВИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ ГРАФИТА В ЧУГУНАХ

(Представлено академиком Г. В. Курдюмовым 3 VII 1954)

При затвердевании серого магниевого чугуна, при отжиге белого магниевого чугуна и чугуна с высоким соотношением концентраций серы и марганца вместо разветвленных графитных включений, типичных для обычного чугуна, образуются компактные равноосные многогранные графитные включения, обычно называемые «шаровидными» (см. рис. 1 *а*). Магний и сера, находясь на границах зерен аустенитной или аустенито-цементитной матрицы, в которой растут включения графита, замедляют здесь отвод атомов матрицы, и пограничные ответвления графита не образуются ([1–4]). Наряду с одиночными шаровидными включениями графита в этих чугунах встречаются и более сложные образования (см. рис. 1 *б*).



а

б

Рис. 1. *а* — сечения многогранных графитных включений в сером магниевом чугуне, × 100; *б* — сложное графитное образование в сером магниевом чугуне, × 800

Микроскопическая картина образования одиночных шаровидных включений графита известна сейчас более или менее детально, но механизм образования сложных включений исследован недостаточно.

В работе ([5]) принимается, что графитное включение сложной формы получается из одного шаровидного включения путем роста на его поверхности выступов. Для такого вывода, однако, в указанной работе не было оснований. Автор исследовал лишь внешний вид графитных включений, выделенных из чугуна путем анодного растворения. Полученные при этом данные, конечно, недостаточны для установления действительной микроскопической картины роста сложных графитных включений. Настоящая работа была поставлена нами с целью определения этой картины.

При исследовании были использованы два чугуна. Первый представлял собой белый чугун с 3,10% C; 0,80% Si; 0,02% Mn и 0,01% S (% S : % Mn = 0,5), полученный путем расплавления смеси электролитного железа, кремния и электродного графита в алундовых тиглях. Отжиг при

900° приводил к образованию в нем шаровидных включений, аналогичных показанным на рис. 1. Для микроскопического исследования использовались образцы, графитизация которых прерывалась на разных этапах отжига путем охлаждения на воздухе. Второй исследованный чугун являлся доэвтектическим модифицированным магнием серым чугуном с 3,10% C; 2,45% Si; 0,62% Mn и 0,02% S. Эвтектическая кристаллизация этого чугуна прерывалась в разные моменты путем закалки образцов в воде.

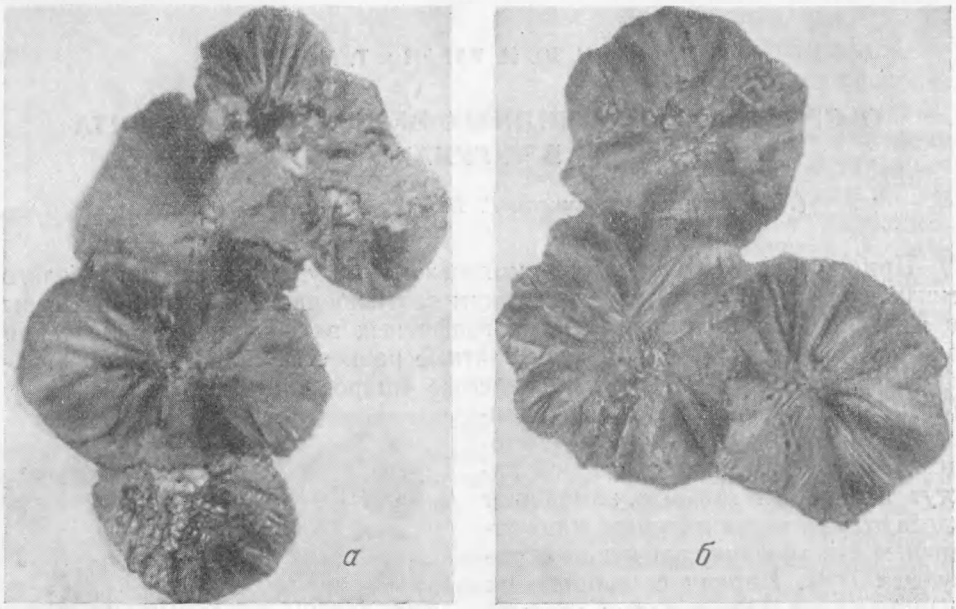


Рис. 2. *а* — сросток графитных включений в сером магниевом чугуне, × 800; *б* — сросток графитных включений в ковком чугуне, отжиг 900°, выдержка 72 часа (S : Mn = 0,5), × 800

Из полученных образцов приготовлялись металлографические шлифы, которые и исследовались в поляризованном свете. При исследовании некоторых образцов применялся метод последовательного сошлифовывания.

Экспериментально установлено ([6–9]), что каждое шаровидное графитное включение, независимо от условий его образования, является поликристаллическим телом, составленным из вытянутых в радиальном направлении пирамидальных кристаллитов графита, основания которых совпадают с поверхностью включения, а вершины сходятся в его центре; при этом в каждом из них плоскости базиса решетки графита параллельны основаниям пирамид. При микроскопическом исследовании сечений графитных включений в поляризованном свете легко выявляется их внутреннее строение: обнаруживаются структурные центры сечений и направления роста.

При исследовании было установлено, что механизм образования сложных графитных включений в сером и ковком чугунах одинаков: они создаются путем срастания нескольких шаровидных включений, зародившихся и росших в матрице сначала отдельно друг от друга. Об этом свидетельствует как наличие в каждом сечении графитного включения самостоятельного структурного центра, так и наличие поверхностей срастания (см. рис. 2). По лучистости сечений хорошо видны направления роста графитных включений до момента их соприкосновения.

Исследование образцов, в которых образование графита при эвтектической кристаллизации или при отжиге прерывалось быстрым охлаждением,

показывает, что процесс срастания происходит в том случае, если зарождающиеся и растущие в аустенитной или аустенито-цементитной матрице графитные включения располагаются близко друг от друга. В процессе роста таких включений, по мере отвода находящихся между ними атомов матрицы, поверхности включений все больше и больше сближаются и, наконец, вступают в контакт. При этом на поверхности срастающихся графитных включений могут оставаться в том или ином количестве остатки металлической матрицы (см. рис. 1 *б*).

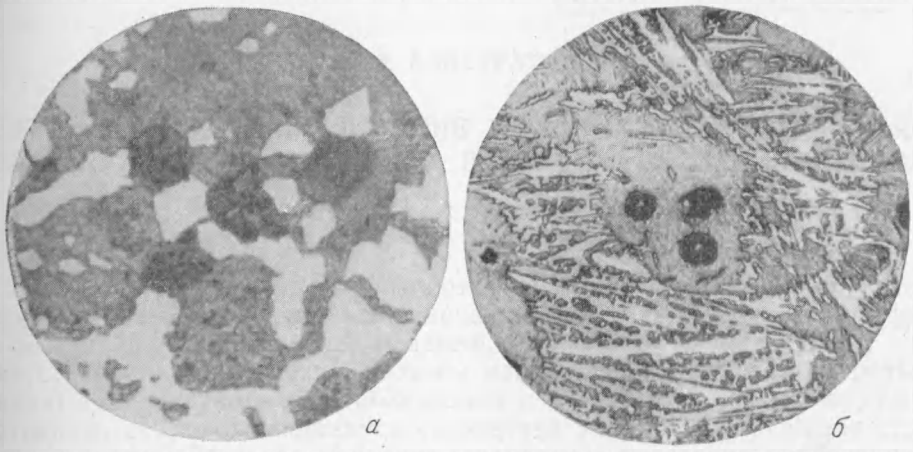


Рис. 3. *а* — расположение графитных включений в начальной стадии их роста при отжиге белого чугуна, отжиг 900°, выдержка 24 часа (S : Mn = 0,5), × 800; *б* — расположение графитных включений в начальной стадии их роста при кристаллизации серого магниевого чугуна, × 800

Области, в которых образующиеся зародыши графита настолько сближены, что вырастающие на их базе графитные включения доходят до соприкосновения и срастаются, обнаруживаются как при эвтектическом превращении в серых магниевых чугунах, так и при графитизирующем отжиге (см. рис. 3).

Таким образом, на основании приведенных выше данных можно утверждать, что компактные графитные включения сложной формы являются сростками шаровидных включений графита, вырастающих при затвердевании или при отжиге чугуна из отдельных близко расположенных друг к другу зародышей графита.

Днепропетровский металлургический институт
им. И. В. Сталина

Поступило
22 VI 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] К. П. Бунин, Г. И. Иванцов, ДАН, 72, № 6 (1950). [2] К. П. Бунин, Г. И. Иванцов, Я. Н. Малиночка, Структура чугуна, 1952. [3] К. П. Бунин, Сборн. Высокопрочный чугун, 1951. [4] К. П. Бунин, Н. М. Данильченко, Литейное производство, № 1 (1950). [5] П. И. Степин, Тр. н.-техн. сессии по вопросам соврем. технолог. термообраб. и металловед. чугуна, 1954. [6] H. Morrogh, W. J. Williams, J. Iron and Steel Inst., 155, 3 (1947). [7] H. Weld, R. Cunningham, F. Boswell, J. of Metals, 7 (1952). [8] M. Parthasarthi, B. Nijhawan, ibid., 5, No. 5 (1953). [9] Ю. Н. Таран, Литейное производство, № 6 (1954).