

О МЕТАЛЛИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ АТОМОВ БОРА В СТАЛИ

Н. Д. ТЮТЁВА, А. И. ФАЛЬКОВ

(Представлено профессором доктором А. Н. Добровидовым)

Гипотеза о металлическом состоянии атомов бора, растворенных в металлах переходных групп, предложена в ряде работ [1, 2, 3].

В работе экспериментально подтверждается предположение о металлическом состоянии атомов бора.

Эксперимент такой: через образцы сечением $0,15 \times 2$ мм и длиной 20 мм, помещенные между двумя электродами в атмосфере инертного газа, пропускался постоянный и переменный ток. В качестве электродов, непосредственно примыкающих к концам исследуемых образцов, использовалось армко — железо. Плотность тока во всех опытах 2300 — 2700 А/см².

Образцы для испытания были сделаны из сплава армко — железа с 1,5 % бора и только из армко — железа. Образцы, изготовленные из сплава железа с 1,5 % бора, нагревались постоянным и переменным током до 1150 — 1250° с выдержкой от 20 до 35 часов. Микроструктура литого ферросплава, из которого были сделаны образцы, дана на фиг. 1. В структуре наряду с зернами феррита видны характерные участки эвтектики, состоящей из борида и окружающей его темно-травящейся составляющей.

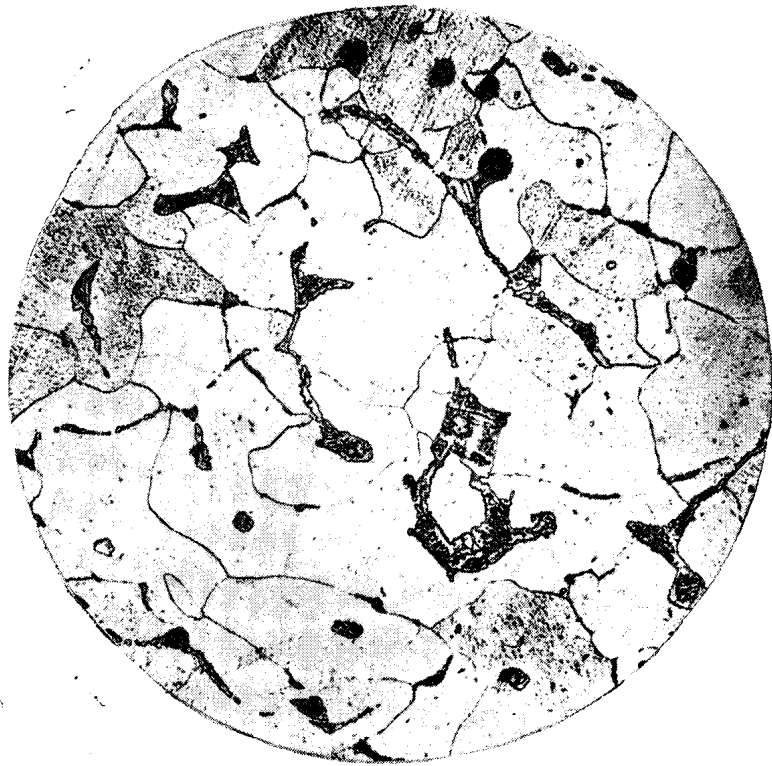
Образец, изготовленный из армко — железа, нагревался только постоянным током по тому же режиму. Все образцы из сплава армко — железа с бором испытывались в литом состоянии. Микроструктура образца сплава с 1,5 % бора после нагрева переменным током ничем не отличается от микроструктуры образца с тем же содержанием бора, отожженного в печи при 1200° и охлажденного на воздухе.

Очевидно, под действием переменного тока переноса бора в сплаве не происходит.

Структура в данном случае не претерпевает никаких изменений, кроме тех, которые имеют место после обычного отжига литого сплава.

Микроструктура образца, сделанного из армко — железа, после 20-часовой выдержки под постоянным током не меняется, если не принимать во внимание незначительных изменений в величине зерна. Данный опыт показал, что мы имели дело с достаточно чистым от примесей железом и что углерод, обычно присутствующий в незначительном количестве в армко — железе, не дал тех явлений, которые были получены в опыте со сплавом железо — бор.

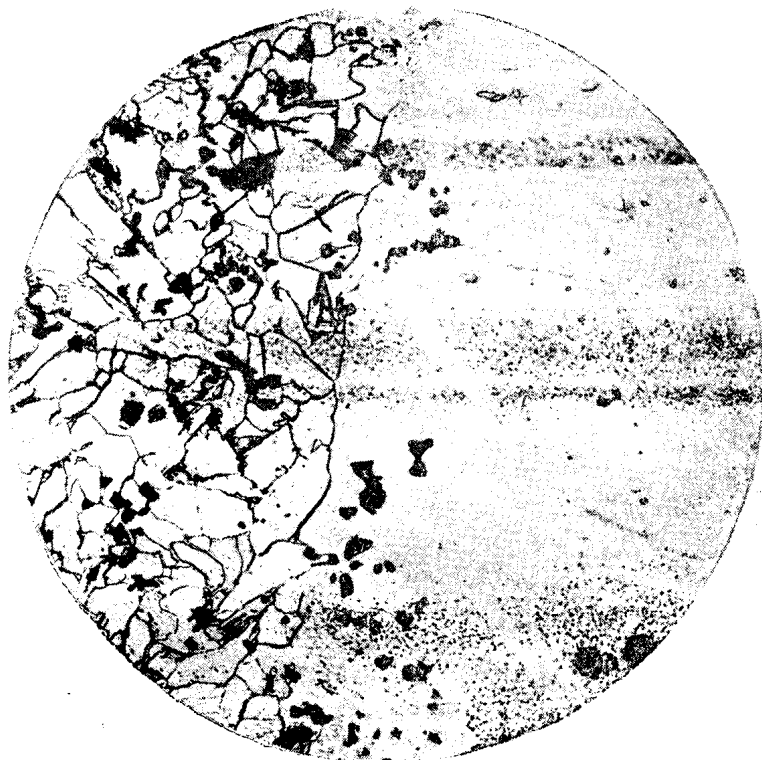
Образец из сплава железо — бор, нагревавшийся постоянным током, показал совершенно иной результат. Макроструктура (фиг. 2) показывает резкое различие в строении отдельных частей образца.



Фиг. 1



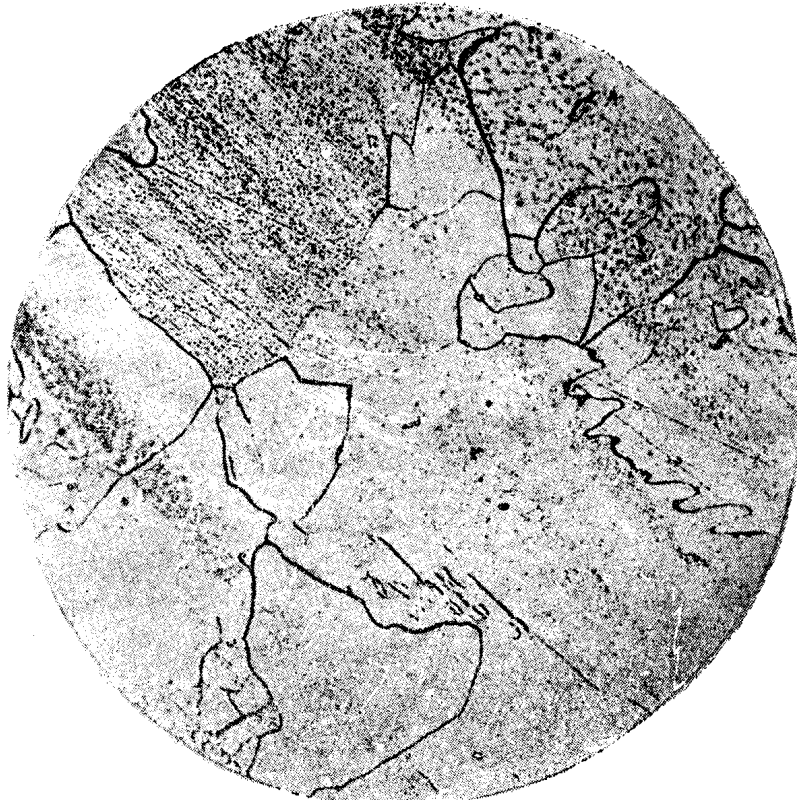
Фиг. 2



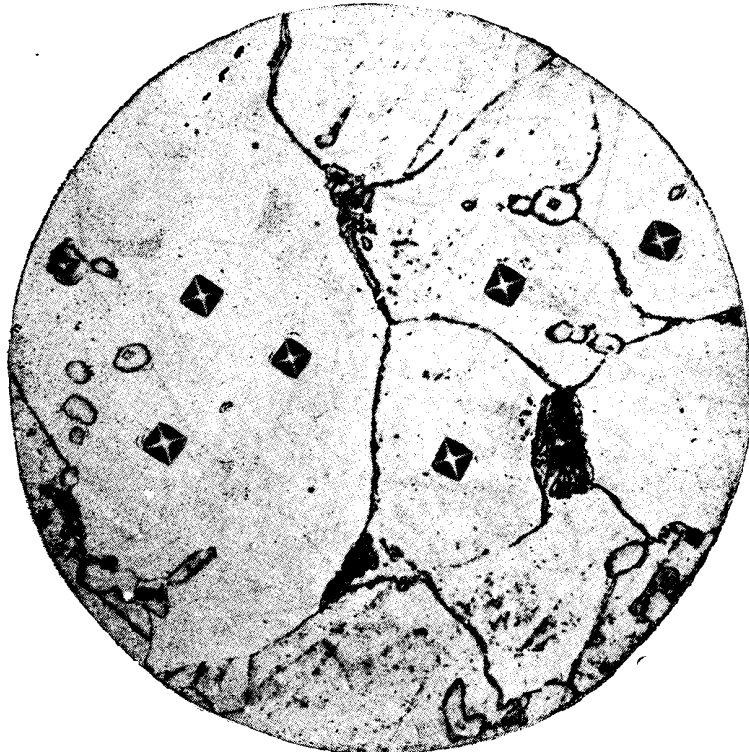
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

Отчетливо определилась линия раздела двух зон (фиг. 3). В зоне, прилегающей к катоду, заметно увеличение концентрации бора, сопровождающееся сильным измельчением зерна и образованием вокруг каждого из зерен эвтектических участков и темнотравящейся составляющей, подобно той, которая окружает бориды в эвтектических участках литого ферросплава (фиг. 4). По направлению к аноду непосредственно за линией раздела следует крупное зерно феррита — до 2 мм, затем феррит становится более мелкозернистым. Средняя часть образца представляет собой зерна феррита, свободные от присутствия боридов и темнотравящейся составляющей (фиг. 5).

На положительном полюсе образца на границах и в центре зерен имеются преимущественно коагулированные бориды без твердого раствора — темнотравящейся составляющей. Лишь в отдельных местах остались участки эвтектического строения (фиг. 6).

Необходимо помнить, что перенос бора, как и углерода, в постоянном электрическом поле может осуществиться только тогда, когда они находятся в твердом растворе. Атомы бора, входящие в химическое соединение — бориды, непосредственно под действием постоянного тока не переносятся.

В литом ферросплаве до нагрева его постоянным током были эвтектические участки — бориды в окружении темнотравящейся составляющей (предположительно твердый раствор бора в α -железе). Исчезновение эвтектики и ее составляющих в средней части образца мы можем объяснить только переносом бора под действием постоянного тока в направлении катода. При этом опыт показал, что бор был перенесен не только на концевую часть испытуемого образца, но и на подводющую ток пластинку из армо — железа. Микроструктура пластинки дана на фиг. 7 (сильно измельченное зерно феррита в окружении темнотравящейся составляющей, бориды отсутствуют).

Полученные экспериментальные данные позволяют процесс переноса бора под действием постоянного тока представить так: положительно ионизированные атомы бора твердого раствора переносятся под влиянием электрического поля к катоду. Так как температура нагрева достигает 1150 — 1250°, то борид вследствие диффузии растворяется в феррите, пополняя его новыми положительно ионизированными атомами бора. Вновь образованные за счет растворения боридов ионы бора, пока существует электрическое поле, непрерывно переносятся к катоду. Процесс электропереноса бора будет продолжаться, пока не исчезнут полностью эвтектические участки, что и наблюдалось в нашем опыте.

Такой механизм переноса бора наблюдается по всей длине образца, в том числе и в зоне анода. Однако температура в зоне анода была значительно ниже (750 — 800°), чем в средней части образца, и поэтому бориды полностью не растворились. Структура в зоне анода приведена на фиг. 6.

В данном случае процесс переноса ионизированных атомов бора проходил со значительным опережением в сравнении с диффузионным процессом растворения боридов, поэтому в зоне анода образца бориды остались изолированными, т. е. без окружения твердого раствора. Микротвердость темнотравящейся составляющей эвтектики литого ферросплава $H_v = 306 \text{ кг/мм}^2$.

Микротвердость темнотравящейся составляющей эвтектики на катоде образца и на подводящих к нему ток пластинках $H_v = 284 — 300 \text{ кг/мм}^2$.

Таким образом, данные микротвердости и характер травимости указывают, что мы имеем дело с одной и той же структурной состав-

ляющей, но в одном случае она была получена при кристаллизации литого ферросплава, в другом — в результате переноса бора под влиянием постоянного тока.

Обращает на себя внимание дугообразная форма линии раздела зон (фиг. 2). Форма эта получилась в результате различной температуры образца с краев и в средней части. На основании этого можно утверждать, что подвижность бора при электропереносе сильно увеличивается с повышением температуры.

Выводы

1. Настоящей работой экспериментально подтверждено, что бор в железе находится в металлическом состоянии, подвержен электропереносу, т.е. проявляет себя как электроположительный элемент.

2. Подвижность ионов бора в интервале исследуемых температур 1150—1250° при электропереносе резко увеличивается с повышением температуры.

3. Процесс электропереноса положительно ионизированных атомов бора под действием постоянного электрического поля проходит быстрее по сравнению с процессом диффузионного растворения боридов ферросплава.

4. Эффект электропереноса и положительной ионизации бора дает основание утверждать, что бор образует в сплавах твердые растворы.

5. Явление электропереноса бора может быть использовано для деборирования сплавов, в которых присутствие бора нежелательно.

6. Использование чистого железа в качестве „приемника“ ионизированных атомов бора при электропереносе с применением микроструктурного и точного количественного анализов позволит определить растворимость бора в α и γ -железе и скорость диффузии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев Т. А. Новое в теории железо-углеродистых сплавов, Лениздат, 1939.
2. Самсонов Г. В. и Цейтина Н. И. Физика металлов и металловедение, вып. 2, 303, 1955.
3. Францевич А. Н. и Калинович М. К. Вопросы порошковой металлургии и прочность металлов, вып. 3, 1956.