
УДК 669.14.018.298'781

**ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА СТРОЕНИЕ И
ОБЪЕМНУЮ ДОЛЮ МНОГОФАЗНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СПЛАВАХ
СИСТЕМЫ Fe-B-C.**

Филоненко Н.Ю.

Украинский государственный химико-технологический университет

Многие механические свойства сплавов зависят от процессов происходящих по границам зерен. А именно от наличия примеси на границах зерен, ее возможности образовывать многокомпонентное стехиометрическое соединение или несколько таких соединений.

В структуре борсодержащих конструкционных сталей перлитного класса происходит образование бористых фаз, которые располагаются в ферритной составляющей и по границам зерен [1-3]. Авторами работы [4] показано, что включения имеют слоистое строение и состоят из нескольких борсодержащих фаз.

Настоящая работа посвящена изучению влияния пластической деформации на морфологию и объемную долю многофазных включений в сплавах системы Fe-B-C.

Исследования проводились на образцах сплавов на железной основе с содержанием углерода 0,003-0,5% (мас.), бора 0,02-0,7% (мас.).

Исследуемые образцы подвергали пластической деформации при температуре 25°C, 950°C со степенью деформации 10%, 20%, 40%.

Микроструктуру сплавов исследовали на металлографическом микроскопе «НЕОФОТ – 2.0» и на сканирующем электронном микроскопе с анализатором JSM – 6490 series. Рентгеноструктурный анализ осуществляли с помощью рентгеновского аппарата ДРОН – 3 в Fe K_α излучении, термический анализ на «Деревотографе фирмы МОМ. Размер включений оценивали по методике, описанной в работе [5].

Микроструктура сплавов в исходном состоянии после выплавки представляла собой ферритно-перлитную смесь с многофазными включениями (рис. 1)

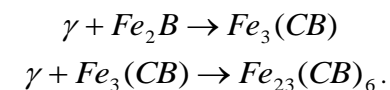
Исследование структуры двух и трехфазных включений проводили методом последовательного снятия слоев. На рис 1, а, б приведена первоначальная микроструктура трехфазного включения. После снятия, слоя толщиной 50мкм с поверхности трехфазного включения остается средняя фаза - Fe₃(CB) и наружная фаза - Fe₂₃(CB)₆. Последующее снятие слоя толщиной 70мкм позволяет микроструктурно наблюдать внешнюю фазу - Fe₂₃(CB)₆.



Рис. 1 Микроструктура многофазного включения борсодержащего сплава с содержанием бора 0,09%, углерода 0,5% исходная микроструктура включения а)×1000, б) ×10000,..

Исследование структуры трехфазного включения показало, что в центре включения образуется борид Fe_2B , окруженный бороцементитом и внешняя оболочка состоит из соединения $Fe_{23}(CB)_6$. Трехфазные включения располагались по границам бывших аустенитных зерен.

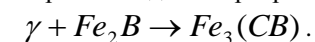
Формирование трехслойного включения, образованного из борида Fe_2B , бороцементита $Fe_3(CB)$ и кубического борокарбида $Fe_{23}(CB)_6$ можно предположить, что происходит в результате прохождения перитектоидных превращений:



Как видно из рис.1, а в районе границы образуется зона свободная от выделений. Приграничная полоса, не имеющая выделений имеет ширину 15-20 мкм.

В объеме зерна феррита наблюдали образование двухфазных включений. Двухфазные включения состояли из борида железа Fe_2B расположенного в центральной части включения и внешней оболочки бороцементита - $Fe_3(CB)$.

Образование двухслойных включений, состоящих из борида Fe_2B в оболочке фазы $Fe_3(CB)$ может быть связано с прохождением перитектоидного превращения:



В результате пластической деформации при температуре 25°C со степенью $\xi=10$ % в структуре сплавов присутствуют многофазные

включения, размер и объемная доля которых не изменилась, по сравнению с исходными образцами. Увеличение степени холодной пластической деформации до 20% приводит к незначительному дроблению многофазных включений, расположенных по границам бывших аустенитных зерен 2, а. В феррите так же происходит незначительное дробление слоистых включений. Дальнейшее увеличение степени пластической деформации до 40% сопровождается к дроблению многофазных включений, а так же к незначительному уменьшению их размеров.

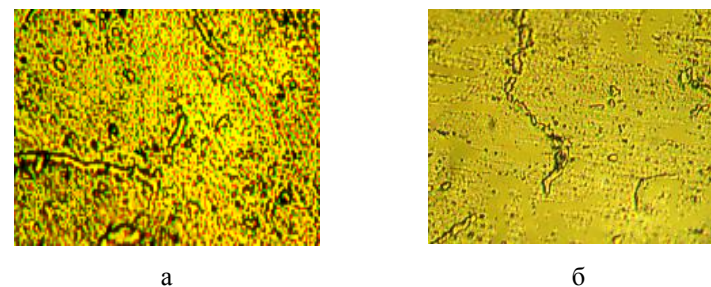


Рис. 2 Микроструктура сплава с содержанием углерода 0,3%(вес.), бора 0,1% (вес.) после деформации при температуре 25°C: а) 20%, б) 40%.x 1000

В результате горячей пластической деформации при температуре 950°C наблюдали более значительные изменения в структуре многофазных включений. При степени деформации 10% наблюдали образование многофазных включений размером 4-5 мкм округлой формы как по границам бывших аустенитных зерен, так и в зерне феррита (рис. 3, а), имеющих трехфазное и двухфазное строение.

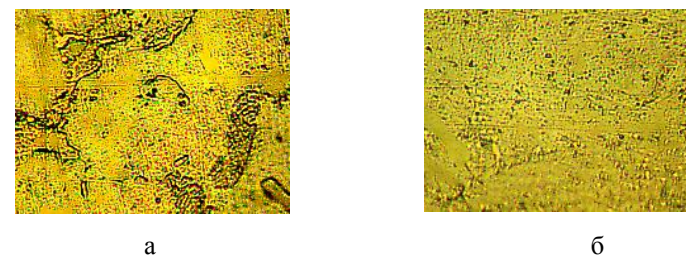


Рис. 3 Микроструктура сплава с содержанием углерода 0,3%(вес.), бора 0,1% (вес.) после деформации при температуре 950°C: а) 10%, б) 20%, в) 40%.x 1000

Увеличение степени деформации до 20% (рис.3, б) способствует образованию мелкодисперсных борокарбидных $\text{Fe}_3(\text{CB})$ включений, размером 0,5-1мкм, более равномерно распределенных в объеме зерна феррита по сравнению с исходным образцом. При этом объемная доля включений уменьшилась. Дальнейшее увеличение степени предварительной деформации до 40% приводит к образованию однофазных включений – борокарбида $\text{Fe}_3(\text{CB})$, имеющих стержневую и округлую форму размером 0,5-1,5мкм. На рис 4 представлена зависимость размеров включений от степени горячей пластической деформации.

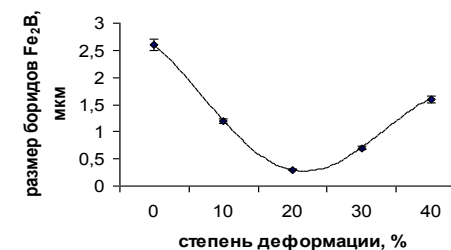


Рис.4 Зависимость размеров включений от степени деформации для борсодержащего сплава с содержанием углерода 0,3%(вес.), бора 0,1% (вес.) после деформации при температуре 950°C:

Образование многофазных борсодержащих включений происходит в результате сегрегационных явлений, которые интенсифицируются в результате роста размеров аустенитных зерен и уменьшения протяженности границ. Бор является горофильным элементом [7], стремящимся диффундировать к неоднородностям микроструктуры. Обогащение границ зерен может происходить в результате равновесной, или не равновесной сегрегации бора. В исходном сплаве атомы бора и углерода, не вошедший в твердый раствор, сегрегируют к границам аустенитных зерен. Поэтому многофазные включения образуются преимущественно по границам бывших аустенитных зерен. Как видно из проведенных исследований холодная пластическая деформация практически не оказывает влияния на строение и объемную долю многофазных включений. Влияние горячей пластической деформации на структуру и объемную долю включений более значительно. Горячая пластическая деформация оказывает влияние на распределение атомов бора и углерода в сплаве. Вероятно, при степени предварительной

деформации 20% в результате горячей пластической деформации образуется однородная структура, при которой наблюдается меньшая хрупкость и большая износостойкость.

Выводы:

1. В сплавах на железной основе с содержанием углерода 0,003-0,5%(вес.), и бора 0,01-0,7% (вес.) происходит образование многофазных включений по границам зерен, которые имеют двухфазное и трехфазное строение.
2. Образование многофазных включений по границам зерен свидетельствует о частичном совпадении зон сегрегации бора и углерода.
3. Оптимальными условиями для уменьшения размеров и объемной доли слоистых включений является температура пластической деформации 950°C и степень деформации 20%

Использованная литература.

1. Гольдштейн Я.Е., Мизин В.Г. Модифицирование и микролегирование чугуна и стали. Металлургия, 1986, с.271.
2. Лякишев Н.П., Плинер Ю.Л., Лаппо Борсодержащие сплав и стали. – М., Металлургия, 1986, с.191.
3. Бокштейн С.З. Диффузия и структура металлов. М., Металлургия, 1973, с. 206.
4. Новіков М.М., Спиридонова І.М., Філоненко Н.Ю. Особливості боридних фаз у вуглецевих сталях, що містять бор. Вісник Київського університету, 2006, випуск 33, с.525-531.
5. Чернявский К.С. “Стереология в металловедении” – М. “Металлургия” 1977, 279с.
6. Франтов И.И., Голованенко С.А., Назаров А.В., Хромов С.М. Влияние углерода и бора на фазовые превращения низколегированной стали, «Качественные стали и сплавы» М.:Металлургия, 1978, №3, с.20-21.
7. Криштал М.А. Механизм диффузии в железных сплавах. М.: Металлургия.-1972.-399 с.