

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ДИФфуЗИОННОЙ ЗОНЫ ПРИ БОРОЦЕМЕНТАЦИИ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Н. Ю. Филоненко, С. Б. Пиляева*, Н. А. Здоровец*

*Днепропетровская государственная медицинская академия
Днепропетровский национальный университет им. Олеся Гончара

Несмотря на широкое практическое применение насыщения сталей бором, остается неразрешенным вопрос, связанный с механизмом структурообразования в диффузионной зоне. Известно, что в борсодержащих сплавах или в сталях в результате насыщения бором происходит образование бористых и борсодержащих фаз [1, 2]. Однако отсутствуют литературные сведения о структуре бороцементированного слоя.

В настоящей работе осуществляли изучение структуры, фазового состава и физико-механических свойств диффузионной зоны при одновременном насыщении поверхности низкоуглеродистой стали бором и углеродом.

Исследование проводили на образцах из стали 25. Химико-термическую обработку образцов осуществляли по следующему режиму: бороцементация в течение четырех часов при температуре 950°C в древесноугольном карбюризаторе с добавкой карбида бора и активатора.

Микроструктуру сплавов исследовали на сканирующем электронном микроскопе с микроанализатором JSM – 6490 series и на микроскопе «Neophot - 21». Микромеханические характеристики определяли на микротвердомере ПМТ-3. Рентгеноструктурный анализ проводили на установке ДРОН-3 в Со-К α -излучении при напряжении U=35 кВ и анодном токе I=14 мА. Определение фазового состава и содержания бора и углерода в поверхностных слоях образцов осуществляли методом послыонного рентгеноструктурного и спектрального анализа [5].

Результаты послыонного спектрального анализа бороцементированного слоя приведены на рисунке 1.

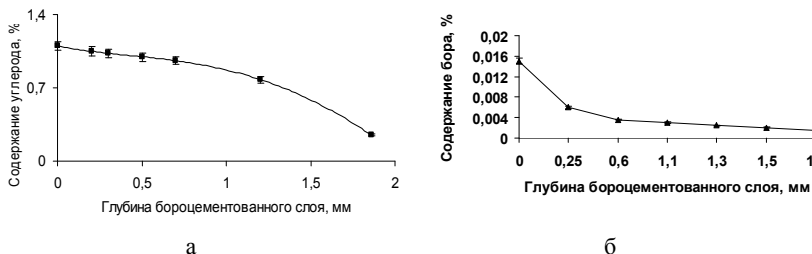


Рис. 1. Распределение углерода (а) и бора (б) по глубине диффузионной зоны после насыщения поверхности образца стали 25

Как видно из рисунка 1, в поверхностной зоне максимальное содержание бора составляет 0,006 %, а углерода 0,9 % (мас.). С увеличением глубины

бороцементованного слоя содержание бора резко уменьшается.

В таблице 1 приведены результаты зависимости глубины и микротвердости бороцементованного слоя от содержания карбида бора в насыщающей среде.

Таблица 1
Зависимость глубины и микротвердости бороцементованного слоя от состава насыщающей среды

Содержание карбида бора в насыщающей среде, %	Глубина слоя, мм	Микротвердость перлита на глубине 200 мкм, МПА
0	0,86	2630
1	1,12	2890
2	1,85	3220
3	1,92	3320
4	1,01	3350
5	0,9	3321

Как видно из таблицы 1, глубина и микротвердость перлита бороцементованного слоя зависит от содержания карбида бора в насыщающей среде.

На рис. 2 представлена микроструктура бороцементованного слоя образца стали 25, охлажденного на воздухе.

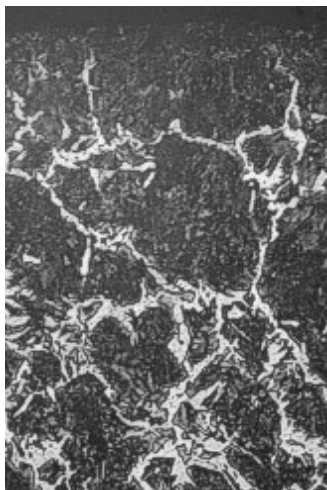


Рис. 2. Микроструктура образца стали 25 после одновременного насыщения поверхности бором и углеродом, х50

Исследование микроструктуры бороцементованного слоя, что диффузионная зона может быть разделена на три зоны. Структура слоя у поверхности образца состоит из перлитных зерен. Перлит имеет дисперсное строение, по сравнению с цементованным, с микротвердостью 3,3 ГПа. По границам перлитных зерен присутствовали выделения боридов Fe_2B , бороцементита $Fe_3(CB)$, кубического борокарбида $Fe_{23}(CB)_6$. Рентгеноструктурный анализ этого слоя

на глубине 200 мкм зафиксировал следующий фазовый состав α -Fe, борид Fe_2B , бороцементит $\text{Fe}_3(\text{CB})$, кубический борокарбид $\text{Fe}_{23}(\text{CB})_6$. Во второй зоне по границам перлитных зон наблюдали прослойки α -фазы, в которых наблюдали включения бороцементита и борокарбида $\text{Fe}_{23}(\text{CB})_6$. Рентгеноструктурный анализ показал присутствие фаз: α -фазы, бороцементита $\text{Fe}_3(\text{CB})$, кубического борокарбида $\text{Fe}_{23}(\text{CB})_6$. В третьей зоне наблюдаются участки феррита и перлита, бориды и борсодержащие фазы отсутствуют. Эта зона содержит перлит, α -фазу, цементит Fe_3C .

Для изменения структуры бороцементированного слоя после диффузионного насыщения было проведено подстуживание и выдержка при температуре 880 °С в течение 1 часа. Выбор температуры, до которой осуществляли подстуживание, основывали на результатах работы [5]. После выдержки при температуре 880 °С и охлаждения на воздухе наблюдали изменение объемной доли и размеров борсодержащих фаз в бороцементированном слое. При этом в первой и второй зоне не наблюдали присутствие борида Fe_2B . Эти зоны были упрочнены мелкодисперсными включениями бороцементита, расположенными в объеме перлитных зерен.

Износ бороцементированных слоев определяли на установке для испытания валковых и штамповых материалов с усилиями прижима 200 кг·с и скоростью вращения 140-150 об/мин. Относительную износостойкость определяли по формуле $\varepsilon = \Delta m_{\text{ст}} / \Delta m_{\text{образ}}$. В качестве эталона использовали образцы после цементации в деревновугильном карбюризаторе при тех же условиях насыщения. Хрупкость рассчитывали по соотношению $\gamma = D_2 - d_2 / d_2$, где γ -бал хрупкости размер зоны разрушения, d -отпечаток индентора.

Температура выдержки после подстуживания оказывает влияние на хрупкость и износостойкость бороцементированных слоев (рис. 3).

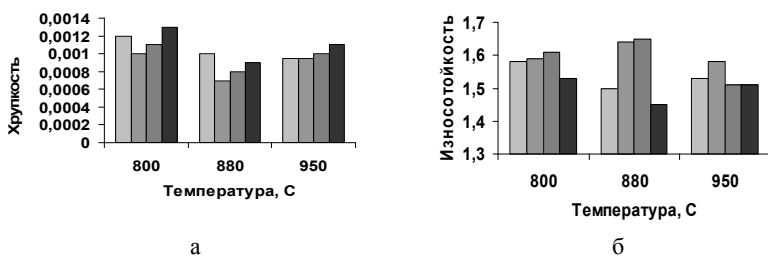


Рис. 3. Зависимость хрупкости и износостойкости бороцементированных слоев от температуры для сплавов с содержанием карбида бора в насыщающей среде – 1 % (мас.) B_4C , – 2 % (мас.) B_4C , 3 % (мас.) B_4C , – 4% (мас.) B_4C

Проведенное исследование позволило получить бороцементированные слои: однородные по структуре и глубине, упрочненные мелкодисперсными борокарбидами. В результате бороцементации наблюдали увеличение глубины бороцементированного слоя в 1,5-1,7 раза по сравнению с образцами прошедшими цементацию. Это позволяет сделать вывод о том, что присутствие бора в

насыщающей среде позволяет улучшить физическо-химические свойства бороцементированного слоя, и уменьшить время насыщения поверхности образцов. В результате бороцементации увеличивается твердость в 1,2-1,4 раза и относительная износостойкость в сравнении с процессом цементации. Охлаждение и выдержка при температуре 860-900 °С позволяет уменьшить хрупкость бороцементированного слоя в 1,25-1,4 раза по сравнению с цементационным слоем (рис. 3).

Выводы.

1. Показано, что диффузионная зона при бороцементации может быть разделена на три зоны, которые различаются фазовым составом.
2. Проведенное исследование позволило получить более износостойкие бороцементированные слои: однородные по структуре и глубине, упрочненные мелкодисперсными борокарбидами.

Использованная литература.

1. Парусов В.В., Парусов О.В., Сычков А.Б. Прокат из борсодержащих сталей для высокопрочных крепежных изделий. /Монография. Днепропетровск. Арт-пресс. 2010. с. 160
2. Глухов В.П. Боридные покрытия на железе и сталях/Киев: Научная мысль, 1970. – 208 с.
3. Гольдштейн Я.Е., Мизин В.Г. Модифицирование и микролегирование чугуна и стали. /М: Металлургия, 1986, 271 с.
4. Твердохлебова С.В., Спиридонова И.М., Бондаренко А.М. Спектральный анализ бору в бормыстячих сплавах// Заводська лабораторія- 1990-№11, с. 46-49.
5. Филоненко Н.Ю. Исследование структуры многофазных включений в сплавах системы Fe-B-C/Пиляева С.Б.//III Международная научная конференция «Физико-химические основы формирования и модификации микро - и наноструктур" (ФММН'2009) 21-23 октября, Харьков, 2009г.: тезисы докл.- с.439-443.