

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ И СТРУКТУРА КОМПЛЕКСНЫХ БОРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ

С.Г. Иванов, И.А. Гармаева, А.П. Андросов, В.В. Зобнев,
А.М. Гурьев, В.А. Марков

В работе рассмотрена микроструктура поверхности штамповой стали и диффузионного слоя после одновременного комплексного боротитанирования в порошковых смесях на основе карбида бора. Высказаны предположения о механизмах диффузии бора и титана в поверхность железоуглеродистых сплавов.

Ключевые слова: химико-термическая обработка, упрочнение, диффузия.

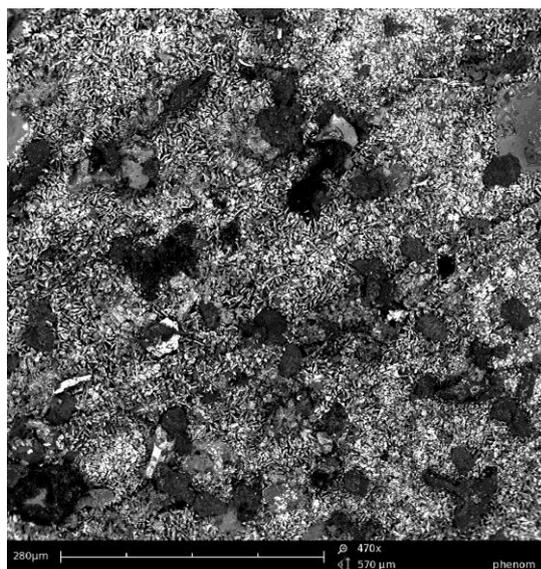
Химико-термическая обработка по-прежнему является основным способом получения упрочняющих покрытий, ряд из которых получить другими способами либо невозможно, либо экономически невыгодно.

По сравнению с традиционно применяемыми в промышленности в качестве способов ХТО цементацией и азотированием, такие операции как борирование, хромирование и титанирование позволяют обеспечить более высокий комплекс механических и эксплуатационных свойств упрочненного слоя, и соответственно, более высокий ресурс работы упрочненного изделия в целом. Новые технологии нанесения таких покрытий должны обеспечивать стабильность процесса получения покрытия, повышение его пластичности, уменьшение длительности выдержки при высокой температуре, приводящее к росту зерна и снижению механических и эксплуатационных характеристик материала изделия.

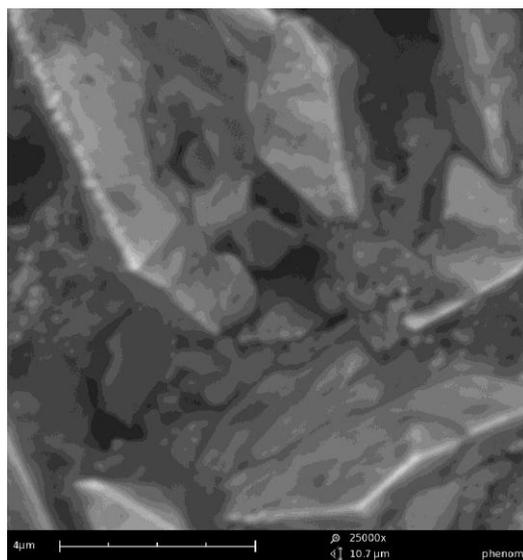
Особый интерес представляют технологии комплексного насыщения поверхности стальных изделий бором и хромом а также бором и титаном, позволяющие значительно (в 2-5 раз) снизить затраты времени и энергии, повысить эксплуатационные характеристики диффузионных покрытий на основе бора [1-4]. Вопросы выбора состава исходных материалов, температурных и временных параметров режимов процесса и их взаимосвязи со свойствами полученных покрытий при комплексном насыщении поверхности железоуглеродистых сплавов практически не изучены. Кроме того, при упрочнении с использованием боротитанирования точных деталей и оснастки большое значение приобретает вопрос изменения размеров и шероховатости упрочняемого изделия в ходе обработки.

В данной работе проведены эксперименты по одновременному диффузионному боротитанированию штамповой стали 5ХНМ. Процесс насыщения производили при температуре 950°C в течение 2,5 ч в камерной печи типа СНОЛ. В качестве насыщающей среды использовали оригинальную обмазку, содержащую карбид бора, диборид титана, карбид титана и ферротитан. После проведения процесса насыщения обмазку удаляли, образцы очищали металлическими щетками и промывали в горячей (50–60°C) воде. Поверхность упрочненного слоя и поперечные металлографические шлифы исследовали с помощью электронного микроскопа Phenom G2 Pro. Результаты микроскопических исследований приведены на рисунках 1 и 2.

На рисунке 1 приведена микроструктура поверхности упрочненного слоя. До насыщения шероховатость поверхности образцов не превышала 0,2 мкм. После насыщения, шероховатость выросла до 4,5 мкм. Как видно из представленных рисунков, большая часть поверхности упрочненного образца покрыта кристаллическими образованиями, предположительно состоящими из боридов железа и титана. Темные «островки» содержат более высокие концентрации бора (содержание бора в них достигает 35 ат. %) Данные предположения основываются как на особенностях электронной микроскопии (чем легче средняя атомная масса соединения, тем темнее оно выглядит на изображении), так и на результатах микронзондового анализа с помощью анализатора X-MAX premium с активной площадью детектора 80мм².



а)



г)

Рисунок 1 - Микроструктура поверхности боротитанированного слоя на стали



б)



в)

Микроструктура поперечного микрошлифа приведена на рисунке 2. На поперечном шлифе видна пористость в нанесенном слое, вероятно имеющая диффузионный характер. Как видно из рисунков, места диффузии бора сильно фрагментированы и представляют собой поликристаллические образования. В результате преимущественной диффузии бора в этих местах преобладает «реакционный» тип образования боридов – когда они образуются из простых веществ. Поэтому на поверхности этих участков происходит образование моноборида железа FeB, имеющего больший объем, чему способствуют растягивающие усилия внутри фазы.

Границы раздела между поликристаллами имеют более высокую поверхностную энергию, в результате чего на них становится возможным захват более тяжелых атомов титана а также встречная диффузия железа с образованием сложных боридов и твердых растворов, о чем свидетельствует более светлый фон границ. В местах совместной диффузии бора и титана преобладает диффузионный механизм образования покрытия: когда диффундирующие элементы покрытия образуют фазы внедрения либо замещения.

Так например, бор в этом случае способен легировать карбид железа Fe_3C с образованием карбоборида $Fe_3(C,B)$ вплоть до образования борного цементита Fe_3B , являющегося нестабильной фазой и распадающейся по перитектической реакции на моно- и гемиборид железа. Диффундирующий титан замещает железо в карбидах и

карбоборидах железа, таким образом повышая их устойчивость [5].



Рисунок 2 - Поперечный микрошлиф боротитанированного слоя на стали

Там где прослеживается более сильная концентрация бора (на рисунке 2 эти области несколько темнее), наблюдается более высокая концентрация феррита, так как бор является сильным ферритообразующим элементом. В местах одновременной диффузии бора и титана наоборот, повышено содержание перлита. Объясняется это тем, что титан является сильным карбидообразующим элементом и в данном случае карбиды титана выступают центрами зарождения легированных титаном карбидов и карбоборидов железа с участием углерода, вытесненного из соседних областей диффундирующим бором.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Распределение атомов бора и углерода в диффузионном слое после борирования стали 08кп. Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Мосоров В.И., Инхеев Б.С. Современные наукоемкие технологии. 2006. № 5. С. 35-36.
2. Влияние параметров борхромирования на структуру стали и физико-механические свойства диффузионного слоя. Гурьев А.М., Иванов С.Г., Лыгденов Б.Д., Власова О.А., Кошелева Е.А., Гурьев М.А., Гармаева И.А. Ползуновский вестник. 2007. № 3. С. 28-34.
3. Совершенствование технологии химико-термической обработки инструментальных сталей. Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Власова О.А. Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. 2009. № 1. С. 14-15.

4. Структура и свойства упрочненных бором и бором совместно с титаном поверхности штамповых сталей 5ХНВ и 5Х2НМВФ. Гурьев А.М., Иванов С.Г., Гурьев М.А., Иванов А.Г., Лыгденов Б.Д., Земляков С.А., Долгоров А.А. Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2010. Т. 7. № 1. С. 27-31.

5. Диаграммы состояния двойных металлических систем. В 3-х т. Под общ. ред. академика РАН Н.П. Лякишева. М.: Машиностроение, 1996. т.1.

Иванов С.Г., к.т.н., инженер-электроник 1 категории кафедры «Общая физика»,

e-mail: serg225582@mail.ru,

Гармаева И.А., к.т.н., докторант,

Андросов А.П., к.т.н., доцент кафедры ТММ,

Зобнев В.В., аспирант,

Гурьев А.М., д.т.н., профессор, зав. кафедрой НГиГ,

e-mail: gurievam@mail.ru

Марков В.А., д.т.н., проф., проф. кафедры МТuО, тел. 8(3852)290-765
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»