

СТРУКТУРА ДИФфуЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ В-CR-V

В. А. Бутуханов, Б. Д. Лыгденов, Н. Г. Бильтриков

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления,
г. Улан-Удэ, Россия

Введение

Для обеспечения необходимых эксплуатационных свойств (высокая твердость в сочетании с удовлетворительной ударной вязкостью) штампов было решено получить на указанных сталях диффузионные слои с наличием боридов. Соединения бора обладают уникальным комплексом физических, физико-технических и химических свойств. Важную роль играют бориды при создании поверхностных покрытий на сталях, такие покрытия отличаются высокой износостойкостью, коррозионной стойкостью и прочностью удержания на основном металле. От TiB_2 к CrB_2 уменьшается хрупкость боридов.

Интерес представляет свойство многих боридных фаз, обеспечивать сочетание их высокой твердости с некоторой пластичностью. Упомянутое выше сочетание высокой твердости с пластическими свойствами создает перспективы использования боридных фаз в составе покрытий на деталях машин и механизмов, работающих в условиях ударных нагрузок.

Цель настоящей работы – исследования структуры и свойств диффузионных слоев углеродистой и штамповой сталей, содержащих бориды хрома и ванадия.

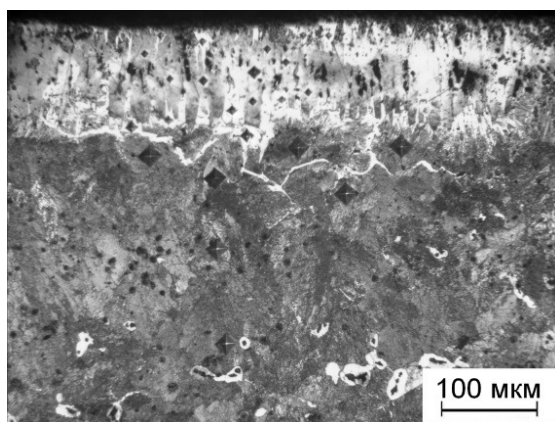
Методика проведения исследований

В качестве объектов исследования были выбраны стали У8А и 5ХНМ. Карбид бора использовался как поставщик атомов бора. Поставщиками активных атомов хрома и ванадия выступали соответствующие ферросплавы, которые были предварительно размельчены до грануляции 0,1 – 0,4 мм. Диффузионное насыщение стальных образцов осуществляли в порошковой смеси 50 % B_4C + 10 % $FeCr$ + 35 % FeV + 2 % NH_4Cl + 3 % NaF в тигле с плавким затвором при $1000^\circ C$ в течение 4 ч.

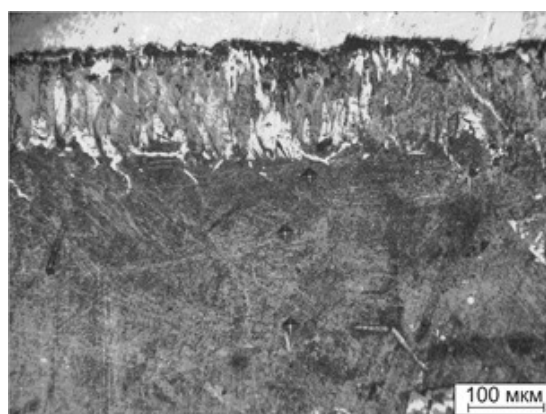
Микроструктуры диффузионных слоев исследовали на оптическом микроскопе «Neophot-21». Микротвердость измеряли на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке 100 г.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате насыщения на поверхности сталей получены диффузионные слои толщиной около 100 мкм, состоящие из трех основных зон: I – внешней (кромка толщиной 30 – 50 мкм); II – промежуточной, которая имеет ярко выраженную игольчатую форму и занимает основную толщину слоя; III – внутренней, примыкающей к границе слой-основа (рисунок 1).



а)



б)

Рисунок 1 – Микроструктура диффузионных слоев, $\times 200$: а) сталь У8А, $h = 100$ мкм; б) сталь 5ХНМ, $h = 120$ мкм.

СТРУКТУРА ДИФфуЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ В-CR-V

На поверхности исследуемых сталей располагается зона с микротвердостью 18540 МПа (рисунок 2). На стали У8 толщина этой зоны слоя достигает 30 мкм, на стали 5ХНМ – до 50 – 70 мкм. Очевидно, что данная зона не является карбидным слоем, т. к. микротвердость карбидных покрытий значительно выше. В связи с тем, что атомный радиус бора ($R_B = 0,08$ нм) меньше, чем хрома ($R_{Cr} = 0,125$ нм) и ванадия ($R_V = 0,134$ нм), вначале идет образование боридной зоны слоя. Микротвердость указанной зоны примерно соответствует микротвердости борида хрома. Следовательно, можно заключить, что в дан-

ной зоне присутствует борид хрома. V и Cr остаются в промежуточной зоне диффузионного слоя в виде твердого раствора.

На границе слой-основа, судя по микротвердости (около 12880 МПа) и микроструктуре, располагается зона, состоящая из карбоборидов железа («борный цементит») $Fe_3(B,C)$.

Под диффузионным слоем не наблюдается переходной обезуглероженной зоны, характерной для процессов хромирования и ванадирования. Это, по-видимому, можно объяснить тем, что бор вытесняет углерод стали из зоны боридов в переходную зону.



Рисунок 2 – Распределение микротвердости по глубине диффузионного слоя

Было проведено испытание на ударную вязкость образцов после диффузионного насыщения. Испытания на ударную вязкость проводили согласно ГОСТ 9454-78 на маятниковом копре МК-30А. Образцы имели U-образный концентратор. Все образцы были подвергнуты термической обработке (закалка, отпуск). Для установления характера изменения ударной вязкости после диффузионного насыщения также была определена ударная вязкость стальных образцов (У8, 5ХНМ) после термической обработки (закалка,

отпуск) без диффузионного насыщения.

В результате проведенных испытаний установлено, что ударная вязкость образцов после диффузионного насыщения в изучаемой смеси и термической обработки понижается незначительно по сравнению с ударной вязкостью образцов после термической обработки без диффузионного насыщения. Ударная вязкость стали 5ХНМ без диффузионного насыщения составляет $24,54 \text{ кгм/см}^2$. Ударная вязкость стали 5ХНМ после диффузионного насыщения – $21,37 \text{ кгм/см}^2$.

Таблица 1 – Результаты испытаний на ударную вязкость

Марка стали	Твердость, HRC	Ширина, мм	Толщина, мм	Площадь сечения, см ²	Затраченная работа, кгм/см ²	Ударная вязкость, кгм/см ²
Образцы после термической обработки (закалка + отпуск)						
5ХНМ	40	8,31	10	0,831	20,4	24,54
У8	55	8,6	9,92	0,853	18,6	21,8
Образцы после диффузионного насыщения и термической обработки (закалка + отпуск)						
5ХНМ	60	8,42	10	0,842	18	21,37
У8	60	9,16	10,9	0,998	19,4	19,43

Заключение

Таким образом, диффузионное насыщение сталей У8 и 5ХНМ в исследуемой смеси позволяет повысить твердость до 60 HRC при незначительном снижении ударной вязкости. Это обуславливает возможность получения диффузионных слоев с оптимальным сочетанием повышенной твердости и приемлемой ударной вязкости.

Список литературы:

1. Гурьев М. А., Иванов С. Г., Кошелева Е. А., Иванов А. Г., Грешилов А. Д., Гурьев А. М., Лыгденов Б. Д., Околович Г. А. Комплексное диффузионное упрочнение тяжелонагруженных машин и инструмента Ползуновский вестник. 2010. № 1. С. 114-121.
2. Бутуханов В. А., Лыгденов Б. Д., Харев Ю.П., Мосоров В.И. Исследование процесса диффузионного насыщения стали 5ХНМ бором и хромом // Ползуновский альманах: Барнаул, АлтГТУ. 2011. №4. С. 42.
3. Ворошнин Л. Г., Менделеева О. Л., Сметкин В. А. Теория и технология химико-термической обработки: учебное пособие. Минск: Новое знание, 2010. С. 11-12.
4. Евдокимов В. Д., Клименко Л. П., Евдокимова А. Н. Технология упрочнения машино-

строительных материалов: Учебное пособие-справочник. Одесса: Изд-во НГТУ, 2005. С. 123.

5. Бутуханов В. А., Цыреторов Б. Ш., Тугутов Ж. В., Лыгденов Б. Д. Исследование процессов хромирования и ванадирования сталей ХВГ и У8 // Проблемы повышения эффективности металлообработки в промышленности на современном этапе: материалы 11-ой Всероссийской научно-практической конференции. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. С. 302-303.

6. Крукович М. Г., Прусаков Б. А., Сизов И. Г. Пластичность борированных слоев. М., ФизМатЛит, 2010. С. 384.

7. Бельский Е. И., Ситкевич М. В., Понкратин Е. И., Степанович В. А. Химико-термическая обработка инструментальных материалов. Минск: Наука и техника, 1986. С. 247.

8. Борисенок Г. В., Васильев Л. А., Ворошнин Л. Г. и др. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: Справочник. М.: Металлургия, 1981. С. 191.

9. Бутуханов В. А., Грешилов А. Д., Лыгденов Б.Д., Галаа О. Исследование процесса диффузионного насыщения в смеси, содержащей оксид ванадия и алюминий // Ползуновский вестник: Барнаул, АлтГТУ. 2012, №1. С. 94-95.