

УДК 669.017:621.771:621.785

ПОЛУЧЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ БОРА В УСЛОВИЯХ СВС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Б. П. Серeda, д.т.н., проф., С. В. Бабаченко, асп., Д. Б. Серeda, магистр

ЗГИА «Запорожская государственная инженерная академия»

Одним из наиболее перспективных направлений улучшения эксплуатационных характеристик машин и агрегатов, работающих в сложных условиях изнашивания и воздействия агрессивных коррозионных сред, является нанесение на их поверхность защитных покрытий на основе титана.

Для обеспечения высоких физико-механических свойств деталей большое значение имеют величина и знак остаточных напряжений на поверхности, которые в значительной степени зависят от разницы коэффициентов линейного расширения отдельных зон покрытия и основы. С точки зрения максимального сопротивления разрушению, оптимальным является покрытие, в котором значение коэффициента линейного расширения постепенно увеличивается при переходе от поверхностных зон к внутренним, при этом обеспечивается наиболее благоприятная эпюра распределения остаточных напряжений. Такой характер распределения остаточных напряжений наблюдается в борированных покрытиях легированных титаном [1].

Технологические процессы нанесения покрытий осуществляли в условиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), представляющего собой высокоинтенсивное экзотермическое взаимодействие химических элементов в конденсированной фазе, способное к самопроизвольному распространению в виде волны горения [2].

Структура и свойства борированных покрытий легированных титаном, полученных на поверхности стали в режиме теплового самовоспламенения зависит от протекания химических газотранспортных реакций [3]. Указанные реакции становятся возможными при введении в исходную порошковую смесь специальных добавок - газотранспортных агентов и наличии градиента температур. Реализация химического транспорта обеспечивается путем последовательной смены отдельных температурных стадий, характеризующихся изменением уровня температуры в каждой точке смеси от первоначального значения до температуры горения.

Химико-термическую обработку (ХТО) проводили на образцах сталей марок 20, 45, У8, ШХ15 в реакторах открытого типа с обеспечением инертной атмосферы.

Для составления реакционных смесей использовали порошки оксида алюминия (III) – Al_2O_3 ; оксида хрома (III) - Cr_2O_3 ; алюминия, титана и технического бора; в качестве газотранспортного агента (ГТА) применяли металлический йод – I_2 . Продолжительность изотермической выдержки после завершения теплового самовоспламенения изменяли от 15 до 60 минут.

Микроструктуру покрытий изучали с помощью оптического микроскопа «Neophot-2», рентгеноструктурный анализ осуществляли на дифрактометре ДРОН-3М, измерение твердости проводилось на приборе ПМТ-3.

Как показывает анализ полученных экспериментальных данных, количество нано порошка бора в шихте должно быть ограничено из-за его способности повышать температуру в процессе ХТО. Установлено, что наиболее рациональное содержание нано порошка бора в шихте составляет 10-12% (масс.), которое при выбранном соотношении насыщающих компонентов соответствует на диаграмме состояния *Ti-B* [4] области образования диборида *TiB₂*, характеризующегося высокой износостойкостью.

Оптимальное содержание ГТА составляет 3% (по массе). При его большем содержании наблюдается интенсивное растравление поверхности образцов, а также резкое уменьшение толщины слоя. В зависимости от длительности ХТО, на сталях формируются покрытия толщиной 45... 100 мкм.

Согласно данным металлографического анализа, увеличение содержания углерода в стали приводит к снижению общей глубины диффузионных слоев, а также глубины поверхностных зон, имеющих высокую концентрацию насыщающих веществ. Поскольку титан имеет высокую способность к боридообразованию и высокое химическое сродство к железу, то в поверхностном слое образуются зоны, содержащие диборид титана *TiB₂* и титанид железа *FeTi₂* (содержание в поверхностном слое титана и бора соответственно 60 и 25%). Поверхностная микротвердость для углеродистых сталей составляет 27000...32000 МПа. Приповерхностная зона представляет собой твердый раствор бора и титана в α -железе с дисперсными включениями *FeTi₂*. Следующая за ним зона состоит из моноборида железа, легированного титаном. При титаноборировании сталей 9ХС и ШХ15 в приповерхностных зонах образуются бориды сложного состава (*Fe,Ti,Cr*)B. Поверхностная микротвердость находится в пределах 25500...27500 МПа.

В отличие от однокомпонентного титанирования [5,6], при титаноборировании не образуется зона частичного обезуглероживания, что положительно влияет на механические характеристики деталей. Особенностью данного типа ХТО является насыщение поверхности не только титаном и бором, но и алюминием, который проникает на всю толщину покрытия, образуя легированные боридные фазы.

Таблица 1
Коррозионная стойкость углеродистых сталей до и после ХТО

Марка стали	Потеря массы, г/м ²	
	Исходный образец	Образец с покрытием
Сталь 20	5,3	1,4
Сталь 45	4,7	0,8
У8	5,8	1,0

Образцы подвергали испытаниям на коррозионную стойкость и износостойкость. Результаты испытаний на коррозионную стойкость углеродистых сталей в 3%-ном растворе *NaCl* представлены в табл. 1.

Выводы

Износостойкость образцов оценивали на установке механического трения СМТ-2 по стандартной схеме. Испытания показали, что износостойкость стальных изделий с покрытием возрастает в 8...10 раз, по сравнению с необработанным аналогом, и в 1,6...2,7 раза, по сравнению с деталями, обработанными в изотермических условиях.

Практически полная безотходность СВС-процессов, незначительные энергозатраты, химическая чистота продукта, высокая скорость синтеза характеризуют данный способ ХТО как экологически приемлемую, ресурсосберегающую технологию, которую можно применить для повышения износостойкости и поверхностной твердости изделий при существенном снижении себестоимости готовой продукции по сравнению с традиционными технологиями получения покрытий [7,8].

Список использованных источников

1. Прогрессивные методы химико-термической обработки / Под ред. Г.Н. Дубинина и Я.Д. Когана. - М.: Машиностроение, 1979. - 184 с.
2. Мержанов А.Г. Процессы горения и синтез материалов/ Под ред. В.Т. Телепы, А.В. Хачояна. Черноголовка: ИСМАН,1998. – 512с.
3. Шефер Г. Химические транспортные реакции. - М.: Мир, 1964. - 189 с.
4. Хансен М, Андерко К. Структуры двойных сплавов. - М.: Металлургиздат, 1962. - 608 с.
5. Серета Б.П., Падалка В.П., Ивашко Д.Ю.. Получение титановых покрытий методом газотранспортных СВС-реакций, Состояние, проблемы и направление развития производства цветных металлов на Украине.-Запорожье: ЗГИА,1997.-С.234-235.
6. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник/ Г.В.Борисенко, Л.А. Васильев, Л.Г. Ворошнин [и др.] – М.: Металлургия, 1985.-384 с.
7. Серета Б.П. Поверхневе зміцнення матеріалів / Б.П. Серета, Н.Є. Калініна, І.В. Кругляк (Монографія). – Запоріжжя: Вид-во ЗДІА,2004. – 230с.
8. Серета Б.П. Поверхностное упрочнение меди и медных сплавов в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза/ Б.П. Серета, І.В. Кругляк, Д.О. Кругляк//Металургія: наукові праці ЗДІА.-2010.-Вип.21.-С-132-136