

КОМБИНИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ В ПЛАЗМЕ ДУГОВЫХ РАЗРЯДОВ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Т.А. Куренбин¹, магистрант гр. 4АМЗ1,

И.М. Гончаренко^{1,2}, к.т.н.

¹Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

²ФГБУН Институт сильноточной электроники СО РАН, 634055,

Россия, г. Томск, пр-т Академический, 2/3,

тел. (923)-417-66-92

E-mail: curenbin@yandex.ru

Введение. В случае применения деталей из конструкционных сталей в триботехнических системах при самых разных условиях работы наиболее нагруженными оказываются их поверхностные слои. Роль их в долговечности машин и механизмов особенно возросла в настоящее время, когда условия эксплуатации в большинстве отраслей промышленности характеризуются увеличением нагрузок, температур, агрессивностью сред, а разработка и создание новых объемных материалов является весьма дорогостоящим и длительным процессом. Изменение свойств поверхности в желаемом направлении сегодня проводят двумя основными способами: во-первых, нанесением слоев другого материала с необходимыми свойствами в виде пленочного покрытия на формообразующую поверхность детали, во-вторых, изменением состава поверхностной зоны металла в результате диффузионных процессов, приводящих к образованию нового структурно-фазового состояния, отличного от сердцевины. Одним из популярных методов диффузионного изменения свойств поверхности на сегодняшний день является азотирование, при котором повышаются сопротивление усталости, коррозионная стойкость, теплостойкость, твердость и износостойкость [1, 2]. Традиционно процесс азотирования стальных деталей заключается в поверхностном насыщении азотом в азото-водородной среде (например, диссоциированного аммиака NH_3) при температурах нагрева 500-700 °С в течение 20-90 часов. Глубина упрочненного слоя находится в пределах 0,2-0,8 мм. Анализ существующих способов азотирования показывает существенно заметную эффективность данного метода для упрочнения сталей содержащих легирующие нитридообразующие элементы, такие, например, как титан, хром, ванадий, алюминий и др. Легированные стали после азотирования имеют поверхностную твердость HV 850-1200 кГ/мм^2 [3, 4], в то время как твердость азотированной поверхности у деталей из углеродистых и слаболегированных сталей не превышает HV 350-500 кГ/мм^2 [5]. Наличие легирующих материалов увеличивает растворимость азота в железе и способствует значительному увеличению твердости и прочности за счет формирования в насыщаемом слое ультрадисперсных нитридов указанных элементов. Однако высоколегированные стали, применяемые для изготовления деталей под азотирование, имеют сложную технологию выплавки и содержат дорогостоящие и дефицитные легирующие материалы. В большинстве случаев для конструкционной прочности узлов сопряжения различных деталей не требуется легирование их основы по всему объему. Поэтому, в связи с решением задач по экономии материалов, с одновременным достижением заданных

механических эксплуатационных свойств поверхностного слоя, а также интенсификации производства разработка новых технологических операций химико-термической обработки (ХТО) является актуальной проблемой в современном машиностроении. Нами проведены исследования по упрочнению поверхности стальных образцов (40Х) комбинированным вакуумным методом в плазме дуговых разрядов, состоящим из легирования некоторыми металлами и азотом.

Материалы и методика эксперимента. Исследования проводили на образцах из конструкционной легированной стали 40Х. Комбинированная обработка состояла из следующих этапов: нанесение на поверхность конструкционной стали тонкой пленки (~0,2 мкм) металлов образующих нитриды, в частности нержавеющей стали (12Х18Н10Т), алюминия или титана; нагрев образцов в плазме аргона; изотермическая выдержка при температуре 550°С и последующее азотирование в течении 2 часов при температуре 500°С в плазме дугового газового разряда низкого давления (~ 0,1 Па). Для реализации данного процесса использовалась установка на базе вакуумно-дугового разряда, в которой за один технологический цикл без перегрузки обрабатываемых деталей можно реализовать все этапы комбинированного упрочнения.

Толщину нитридной области азотированного слоя определяли методом оптической металлографии после химического травления поперечного микрошлифа экспериментальных образцов. Общую глубину упрочненного слоя от поверхности выявляли по замерам твердости по Виккерсу на этих же шлифах с помощью микротвердомера ПМТ-3М при испытательных нагрузках в диапазоне 50-100 г.

Результаты эксперимента. Исследование влияния легирования поверхностного слоя стали 40Х нитридообразующими металлами на твердость и глубину азотированного слоя показало, что предварительное нанесение пленки перечисленных выше металлов, оказывает значительное влияние на характеристики азотированного слоя.

На рис. 1 представлен характер распределения микротвердости по глубине в поверхностном слое стали 40Х в зависимости от легирующего материала.

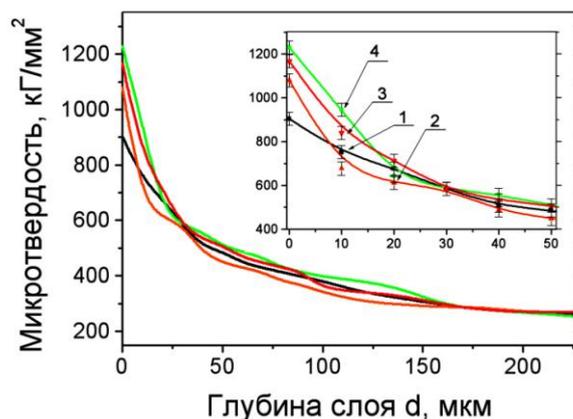


Рис.1. Распределение микротвердости по глубине в поверхностном слое стали 40Х после комбинированной поверхностной обработки, включающей нанесение тонкой пленки нитридообразующего металла и последующее ионное азотирование в дуговом разряде в течении 2 ч. при температуре 500°С : 1 – образец азотированный без предварительного легирования; 2 – легированный нержавеющей сталью 12Х18Н10Т; 3 – легированный Ti; 4 – легированный Al.

Видно, что на промежутке от поверхности до 50 мкм, распределение твердости у стали легированной алюминием (*кривая 4*) и титаном (*кривая 3*), значительно отличается от азотированной стали без предварительного легирования (*кривая 1*). Далее в глубину распределение носит схожий характер. Также из рис.1. видно, что азотирование предварительно легированной стали 40X позволяет увеличить поверхностную твердость в 1,3-1,5 раза (табл.1). Следует отметить, что предварительное легирование влияет на формирование протяженности как нитридной области («белого слоя») так и общей толщины азотированного слоя. Максимальная величина упрочненного слоя была обнаружена для образца легированного Al, значения приведены в таблице 1.

Таблица 1. Твердость и толщина азотированного слоя

Режим обработки	Поверхностная твердость при нагрузке 100 гр., кГ/мм ²	Поверхностная твердость при нагрузке 50 гр., кГ/мм ²	Протяженность «белого слоя», мкм	Общая протяженность упрочненного слоя, мкм
Сталь 40X азотированная	794	904	11-12	140-150
Сталь 40X+ покрытие 12X18H10T +азотированная	909	1087	6-7	120-130
Сталь 40X+ покрытие Ti +азотированная	952	1168	11-13	140-150
Сталь 40X+ покрытие Al +азотированная	1020	1230	13-14	150-160

Выводы:

1. Упрочнение поверхности стальных образцов комбинированным вакуумным методом в плазме дуговых разрядов позволяет увеличить твердость и протяженность азотированного слоя низколегированных сталей, что является актуальной задачей в современном машиностроении.

2. Данный метод имеет промышленное применение, поскольку сталь 40X, широко используется для изготовления ответственных деталей и механизмов работающих в условия высоких нагрузок, температур и агрессивных сред.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (грант № 13-08-98058 р_сибирь_a) и поддержке ФНИ СО РАН (Государственное задание, проект П.9.5.2. «Закономерности и механизмы формирования и модификации структуры и свойств наноструктурированных слоев и покрытий»).

Список литературы:

1. Лахтин, Ю.М, Коган Я.Д. Азотирование стали. – М.: Машиностроение, 1976. – 256 с.

2. Арзамасов Б.Н., Братухин А.Г., Елисеев Ю.С., Панайоти Т.А.. Ионная химико-термическая обработка сплавов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. –400 с.
3. Gemma K., Ohtsuka T., Fujiwara T., Kawakami M. A new perspective for rapid nitriding in high Cr austenitic steels // J. Mater. Sci. – 2001. –№ 36. – P. 5231–5235.
4. Андреев А.А., Кунченко В.В., Саблев Л.П., Ступак Р.И., Шулаев В.М. Азотирование стали в плазме модифицированного вакуумно-дугового разряда // Технология машиностроения. – 2002. – №5. – С. 27–30.
- 5 Alsaran A., Karakan M., Celik A. The investigation of mechanical properties of ion-nitrided AISI 5140 low-alloy steel // Mater Charact. – 2002. – № 48. P. 323– 327.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ КАРБИД ТИТАНА - ТИТАНОВАЯ МАТРИЦА

*О.Г. Ленивцева, ассистент,
В.В. Самойленко, аспирант,
И.А. Поляков, аспирант,
Е.А. Ложкина, к.т.н., доц.*

*Новосибирский государственный технический университет,
630073, Россия, г. Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20
тел.(8383)-346-06-12
E-mail: lenivtseva_olga@mail.ru*

В настоящее время известно множество способов поверхностного упрочнения металлов. Одним из эффективных методов, позволяющих в десятки раз повысить триботехнические свойства металлов, является поверхностное упрочнение карбидами IV-V групп периодической системы химических элементов Менделеева. Несмотря на многообразие карбидных фаз, наибольшее распространение для упрочнения железоуглеродистых и титановых сплавов получили карбиды титана TiC [1-6]. Они отличаются высокой твердостью и износостойкостью [7, 8].

Формирование карбидных частиц в наплавленном слое возможно при реализации нескольких подходов:

1. Введение карбидных частиц непосредственно в расплав. Частицы в процессе кристаллизации не успевают раствориться и сохраняют свою исходную форму и размеры. Подача шихты в ванну расплава происходит в струе защитного газа или дозировано через бункер [9]. Основным недостатком данной технологии является низкая адгезия карбидных частиц и матрицы, что способствует отделению частиц в процессе изнашивания. Данный подход обычно реализуется при лазерной и электронно-лучевой наплавке в вакууме [9].

2. Переплавление поверхностного слоя материала заготовки с предварительно нанесенными порошковыми смесями. В качестве наплавочных смесей может использоваться смесь графита с металлом или порошок карбида. При реализации данного подхода морфология карбидных частиц не зависит от исходного состава наплавляемой порошковой смеси, так как в процессе обработки происходит полное или частичное растворение углерода и карбида титана в ванне расплава [2, 6, 8, 10-]