

ПЛАЗМЕННО-ИММЕРСИОННАЯ ИОННАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ ТИТАНА В НЕРЖАВЕЮЩУЮ СТАЛЬ

А.Н. Сутыгина, И.А. Шулепов, А.И. Бумагина

Научный руководитель: профессор, д. ф.-м. н. Н.Н. Никитенков

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

E-mail: sutygina2013@mail.ru

THE PLASMA IMMERSION ION IMPLANTATION OF TITANIUM IN STAINLESS STEEL

A.N. Sutygina, I.A. Shulepov, A.I. Bumagina

Scientific Supervisor: Prof., N.N. Nikitenkov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: sutygina2013@mail.ru

In this paper was presented the dependence of the wear resistance of steel X18H10T from processing time of plasma immersion ion implantation of Ti. The concentration of elements in the depth of the modified layer was determined.

В настоящее время для улучшения эксплуатационных свойств материалов применяют методы модификации поверхности. Одним из методов является плазменно-иммерсионная ионная имплантация, сущность которого заключается в том, что изделие помещают в плазму, затем подают на него отрицательный потенциал смещения, происходит ускорение ионов из плазмы и их имплантации в поверхность твёрдого тела. Данный метод улучшает механические свойства материалов, повышает износостойкость, жаропрочность, коррозионную устойчивость.

Целью данной работы является исследование зависимости износостойкости стали марки X18H10T от времени обработки плазменно-иммерсионной ионной имплантацией титана, также определение концентрации элементов по глубине в модифицированном слое.

Первоначально образцы подвергались ионной очистке в плазме аргона, полученной с помощью дугового генератора газовой плазмы с накалимым катодом, при давлении рабочего газа в вакуумной камере 1 Па. Время обработки составило 15 мин. Формирование потока ионов титана на поверхность образца осуществлялось из плазмы вакуумно-дугового испарителя с помощью короткоимпульсного высокочастотного потенциала смещения с длительностью импульса – $0,12 \cdot 10^{-6}$ мин, частотой следования импульсов – 10^5 Гц, амплитудой потенциала смещения – 2 кВ. Поток ионов титана нагревал образец до температуры 400 – 500⁰ С. Время обработки изменялось: 0,5 мин; 1 мин; 1,5 мин; 2 мин; 3 мин.

Для исследования износостойкости модифицированной поверхности были взяты исходный образец и образцы, имплантированные титаном, которые в дальнейшем обрабатывались на высокотемпературном трибометре «High Temperature Tribometer». Высокотемпературный трибометр предназначен для измерения коэффициента трения, износостойкости, интенсивности износа в различных температурных условиях, газовой среде и смазывающих жидкостях. Скорость перемещения зоны контакта вдоль трека составляла 2 см/с, количество кругов – 1000 циклов. Результаты измерения коэффициента трения представлены в таблице 1.

Таблица 1. Зависимость изменения коэффициента трения от времени обработки образцов титаном

Длительность обработки образца, мин	Коэффициент трения
0	0,437
0,5	0,506
1	0,490
1,5	0,494
2	0,236
3	0,168

С помощью трехмерного профилометра Micro Measure 3D Station были определены площади трека износа. Для каждого образца получены 9 значений площадей трека и найдено среднее арифметическое значение. Результаты проведенной работы представлены в таблице 2.

Таблица 2. Зависимость среднего арифметического значения площади трека износа образцов стали от длительности имплантации титана

Ср. ариф. знач. площади трека износа, мкм ²	Длительность обработки титаном, мин					
	Исходный	0,5	1	1,5	2	3
	605	126	667	747	53	49

Из полученных данных, представленных в таблице 1, видно, что для образцов, время обработки которых составило 2, 3 мин, коэффициент трения уменьшается. Для образцов, время обработки которых 0,5, 2, 3 мин, площадь трека износа меньше чем у исходного образца, из этого можно сделать вывод, что износостойкость этих образцов повышается. Исходя из выше сказанного следует, что наиболее оптимальное время обработки 2 и 3 мин, при которых получены наименьшие коэффициенты трения и площади трека износа.

Кроме указанных результатов механических характеристик, изучали также концентрацию элементов по глубине на спектрометре тлеющего разряда GD-PROFILER 2, оже-спектрометре «Шхуна-2» и на трёхмерном профилометре Micro Measure 3D Station.

С помощью спектрометра тлеющего разряда GD-PROFILER 2 определялась зависимость интенсивности от времени распыления. Затем была определена глубина кратеров на трёхмерном профилометре Micro Measure 3D Station после GD-PROFILER 2, для вычисления скорости распыления материала с поверхности модифицированных слоев. Были скорректированы коэффициенты элементной чувствительности. Затем была определена концентрация элементов для каждого образца. Зная глубину распределения элементов, которая рассчитана как произведение скорости на время распыления, и концентрацию элементов, получаем зависимости концентрации элементов от глубины для каждого образца. Данные зависимости для образцов, время обработки которых составило 0,5 и 2 мин, представлены на рис. 1, из которых видно увеличение глубины проникновения титана при увеличении времени имплантации титана. Для образца, время обработки которого 0,5 мин, максимальное количество имплантированного титана составило 40 ат.% на глубине 200 нм, для 1 мин ~ 40 ат.% на глубине около 100 нм, для 1,5 мин ~ 20 ат.% на глубине до 100 нм, на глубине до ~ 400 нм составляет 25 ат.% для 3 мин обработки и до 20 ат.% для 2 мин, также на этих образцах получена максимальная глубина проникновения Ti и составляет ~ 800 нм. Затем на всех образцах наблюдается снижение концентрации титана.

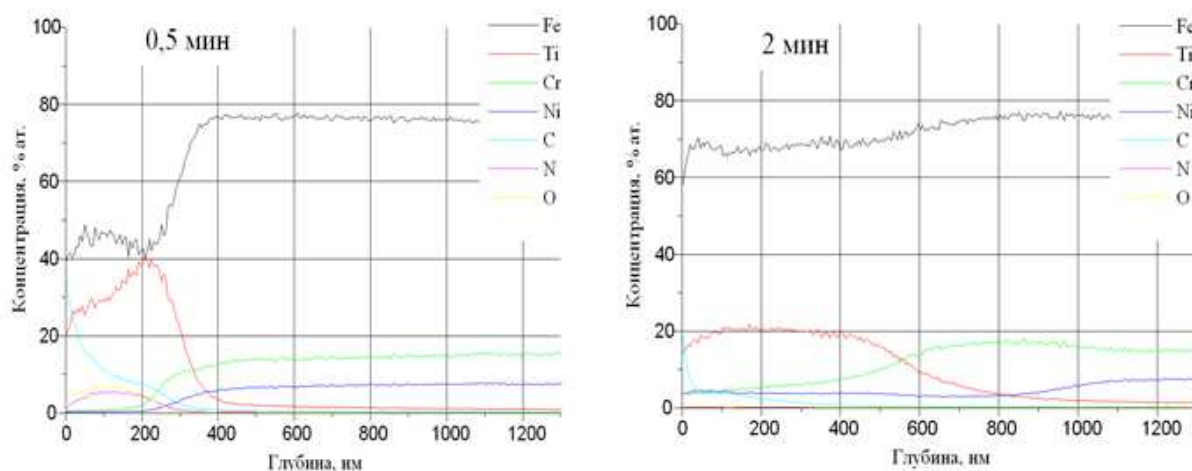


Рис 1. Зависимость концентрации элементов от глубины для 0,5 и 2 мин обработки образцов стали титаном

Во время испытаний на трибометре при увеличении количества оборотов модифицированный приповерхностный слой уменьшается в месте контакта образца и металлического шарика. Так как образцы неоднородны по составу, то модифицированный слой имеет разную концентрацию и глубину проникновения титана. Чем выше концентрация и глубина проникновения титана, тем выше должна быть износостойкость образца, что можем проследить из полученных данных. Образцы, время обработки которых 2 и 3 мин, имеют наибольшую глубину проникновения титана и наименьшие площади треков износа. Также образец, время обработки которого 0,5 мин, имеет площадь трека износа меньше, чем у исходного образца и образцов, время обработки которых 1 и 1,5 мин, это связано с тем, что глубина проникновения титана в этом образце больше.

В результате проведенных исследований было установлено, что при увеличении времени обработки возрастает глубина проникновения титана в сталь. Существенное увеличение глубины проникновения атомов титана наблюдается при 2 и 3 мин и равно ~ 800 нм. Из трибологических испытаний выявлено, что у этих образцов наименьшие коэффициенты трения и площади треков износа. В соответствии с выше сказанным, можно сделать вывод, что наиболее оптимальное время обработки для образцов стали марки X18N10T составляет 2 и 3 мин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козлов Э.В., Рябчиков А.И., Шаркаев Ю.П.. Формирование интерметаллидных слоев методом высокоинтенсивной ионной имплантации // 6th international conference on modification of materials with particle beams and plasma flows. – Томск, 2002. – С. 242–243.
2. Григорьев С.Н., Табаков В.П., Волосова М.А.. Технологические методы повышения износостойкости контактных площадок режущего инструмента. – Ульяновск.: УлГТУ, 2011. – 263 с.