

ВЛИЯНИЕ ИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ИСХОДНОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ОБРАЗЦОВ ИЗ СПЛАВА Д16Т

Докт. техн. наук, доц. ИВАЩЕНКО С. А., асп. КОЙДА С. Г.

Белорусский национальный технический университет

В условиях современного производства значительно возрастают требования к эксплуатационным и декоративным свойствам промышленных изделий [1]. Одним из высокоэффективных способов улучшения эстетического уровня и качества изделий является использование вакуумно-плазменной технологии нанесения покрытий [2].

Так как вакуумно-плазменные защитно-декоративные покрытия имеют толщину не более 3–5 мкм, шероховатость изделий с покрытием во многом определяется микрогеометрией исходной поверхности. Кроме того, технология формирования вакуумно-плазменных защитно-декоративных покрытий предъявляет особые требования к очистке исходной поверхности [3].

Широкое применение вакуумно-плазменных покрытий для упрочнения деталей из алюминия и его сплавов во многом сдерживается отсутствием научно обоснованных рекомендаций по выбору оптимальных технологических методов подготовки поверхности. Оптимизация технологии подготовки поверхности изделий позволит получать на алюминиевых деталях качественные покрытия при минимальной себестоимости.

Технологический процесс получения вакуумно-плазменных покрытий методом конденсации покрытий в условиях ионной бомбардировки (КИБ) включает в себя бомбардировку основы ускоренными высокоэнергетическими ($E = 10^3$ эВ) ионами материала катода [2]. Ион-

ная бомбардировка относится к физическим методам подготовки поверхности и производится с целью очистки и термической активации поверхности основы. Следствием ионной бомбардировки поверхности является изменение микрорельефа исходной поверхности, обусловленное процессами распыления выступов и травления впадин [1]. В результате образуется поверхность с параметрами шероховатости, отличными от исходных.

Цель данной работы заключалась в исследовании влияния ионной обработки на изменение исходной шероховатости поверхности образцов из алюминиевого сплава Д16Т.

Известно, что в процессе ионной обработки основное влияние на изменение шероховатости поверхности оказывают следующие факторы: энергия, импульс и плотность тока ионов, исходная шероховатость, длительность облучения, угол падения ионов [1]. Так как энергетические параметры ионного потока определяются типом ионного источника, наибольший практический интерес представляет определение влияния технологических факторов процесса ионной обработки на изменение исходной шероховатости поверхности.

Исследования проводились на образцах, имевших различную исходную шероховатость поверхности: Ra: 2,1 мкм – после обработки лезвийным инструментом; 0,18 мкм – после шлифования и 0,09 мкм – после полирования. Образцы устанавливались по отношению к направлению ионного потока под различными углами: 1) $\alpha = 0^\circ$; 2) 25° ; 3) 45° ; 4) 75° ; 5) $\alpha = 90^\circ$. В каждом эксперименте одновременно обрабатывалось по пять образцов. Это позволило усреднить неравномерное распределение плотности ионного потока по объему вакуумной камеры.

Ионная бомбардировка осуществлялась на установке УРМ3.279.048, предназначенной для нанесения износостойких, упрочняющих и декоративных покрытий методом электродугового испарения. В качестве материала катода использовался титан марки ВТ-1-0. Ионы титана ускорялись приложенным к образцам отрицательным потенциалом – 1000 В, ток дугового разряда – 100–120 А, ток соленоида – 1,5–3 А, давление в вакуумной камере $p = 2 \cdot 10^{-2}$ Па. Обработка поверхности проводилась в течение

двух минут. Шероховатость образцов измерялась контактным методом на профилографе-профилометре модели 252: длина трассы ошупывания $l = 6$ мм; отсечка шага – 0,8 мм. На первом этапе исследовали влияние угла атаки ионов на изменение исходной шероховатости поверхности.

Результаты измерения шероховатости поверхности образцов после бомбардировки ионами титана приведены на рис. 1.

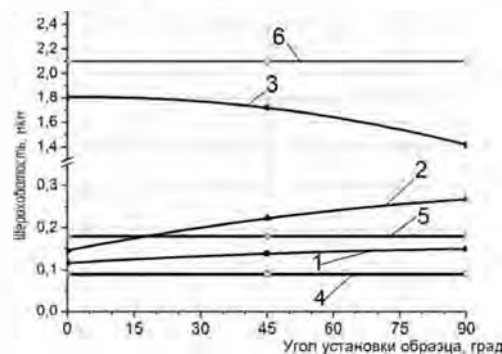


Рис. 1. Влияние угла установки образцов относительно направления ионного потока (Ti^+) на изменение исходной шероховатости поверхности: 1 – образцы после полирования; 2 – то же шлифования; 3 – то же обработки лезвийным инструментом; исходная шероховатость образцов после: 4 – полирования; 5 – шлифования; 6 – лезвийной обработки

Анализ полученных зависимостей показывает, что для образцов с исходной шероховатостью поверхности Ra 2,1 мкм (после обработки лезвийным инструментом) характерно уменьшение шероховатости на всех этапах эксперимента, причем наибольший эффект достигается при угле установки образцов в диапазоне от 45° до 90° . Уменьшение исходной шероховатости поверхности образцов связано с более интенсивным распылением вершин микронеровностей поверхности.

Для образцов после шлифования (исходная шероховатость Ra 0,18 мкм) уменьшение исходной шероховатости имеет место лишь при установке образцов параллельно направлению ионного потока ($\alpha = 0^\circ$). При увеличении угла ионная бомбардировка поверхности приводит к значительному увеличению исходной шероховатости. Аналогичное явление наблюдается и для образцов после полирования (исходная шероховатость Ra 0,09 мкм). Максимальное увеличение шероховатости зафиксировано при установке образцов перпендикулярно направ-

лению ионного потока ($\alpha = 90^\circ$). Это можно объяснить тем, что бомбардировка поверхности высокоэнергетическими ионами титана приводит к образованию равновесной шероховатости, отличной от исходной, причем процесс распыления впадин превалирует над распылением выступов микронеровностей. Таким образом, бомбардировка изделий из алюминиевых сплавов высокоэнергетическими ионами материала катода (Ti+) эффективна при обработке поверхностей с высокой исходной шероховатостью. Бомбардировка поверхности, полученной после шлифования или полирования, приводит к значительному ухудшению исходной шероховатости.

В связи с этим в качестве альтернативного метода предварительной обработки шлифованных и полированных поверхностей предлагается использовать ионную бомбардировку низкоэнергетическими ионами инертных газов. Для этой цели установка дополнительно оснащена ионным источником типа «Радикал».

Ионная бомбардировка низкоэнергетическими ионами проводилась в течение 20 мин, образцы обрабатывались ионами аргона (Ar+), ускоряющее напряжение – 1,5–4 кВ, ток соле-но-ида – 1,5–3 А, давление в камере $p = 2 \cdot 10^{-2}$ Па. Результаты эксперимента приведены на рис. 2.

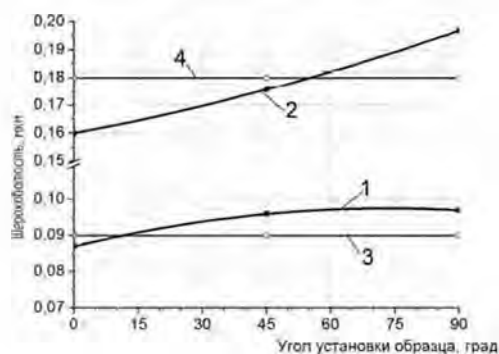


Рис. 2. Влияние угла установки образцов относительно направления ионного потока (Ar+) на изменение исходной шероховатости поверхности: 1 – образцы после полирования; 2 – то же шлифования, исходная шероховатость после; 3 – полирования; 4 – шлифования

Анализ полученных зависимостей показывает, что при бомбардировке низкоэнергетическими ионами характер изменения исходной шероховатости шлифованной поверхности зависит от направления ионного потока. При установке образцов параллельно направлению ионного потока исходная шероховатость об-

разцов уменьшается. По мере увеличения угла шероховатость поверхности увеличивается, достигая своего максимума при угле 90° (обрабатываемая поверхность перпендикулярна направлению ионного потока).

При бомбардировке поверхности после полирования (рис. 2, зависимость 1) наблюдается незначительное увеличение шероховатости поверхности при всех углах установки образцов. На следующем этапе исследовалось влияние продолжительности ионной обработки (Ti+) на изменение исходной шероховатости поверхности образцов, установленных параллельно и перпендикулярно направлению ионного потока (рис. 3).

Анализ результатов экспериментов показывает, что с увеличением времени ионной бомбардировки исходная шероховатость образцов после обработки лезвийным инструментом уменьшилась: в 1,6 раза – для образцов, установленных параллельно направлению ионного потока; в 2 раза – для образцов, установленных перпендикулярно направлению ионного потока. Наиболее существенно шероховатость изменяется в течение первых четырех минут обработки (рис. 3а). В дальнейшем шероховатость изменяется незначительно, что свидетельствует об установлении равновесной микрогеометрии поверхности – скорости распыления выступов соответствует скорости образования впадин микронеровностей

При бомбардировке образцов после шлифования (исходная шероховатость Ra 0,18 мкм) изменение исходной шероховатости определяется положением обрабатываемой поверхности относительно направления ионного потока (рис. 3б). При параллельном расположении образцов в начале обработки шероховатость поверхности незначительно уменьшилась (первые четыре минуты), а затем наблюдалось резкое увеличение шероховатости – до Ra 0,4 мкм. При установке образцов перпендикулярно направлению ионного потока наблюдается рост шероховатости поверхности. Характер кривых 1 и 2 (рис. 3б) показывает, что увеличение времени ионной бомбардировки приводит к значительному увеличению шероховатости поверхности образцов.

а

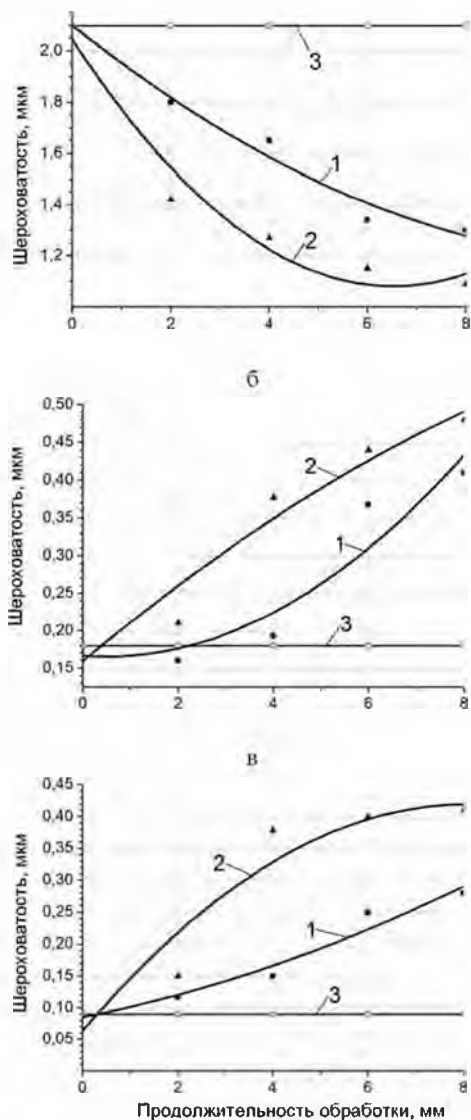


Рис. 3. Влияние продолжительности ионной бомбардировки (Ti+) на изменение исходной шероховатости поверхности образцов, установленных: а, б, в – после точения, шлифования, полирования соответственно: 1 – параллельно ионному потоку; 2 – перпендикулярно ионному потоку; 3 – исходная шероховатость

Ионная обработка полированных поверхностей (рис. 3в) также повышает их исходную шероховатость.

Характерной особенностью рассматриваемых на рис. 3 зависимостей является то, что с увеличением времени обработки шероховатость поверхности образцов не изменяется. Это свидетельствует о том, что скорость распыле-

ния выступов равна скорости образования впадин микронеровности поверхности.

Таким образом, бомбардировку поверхности детали из алюминиевого сплава высокоэнергетическими ионами можно рекомендовать для обработки поверхностей с высокой шероховатостью. Для обработки шлифованных и полированных поверхностей использовать ионную обработку Ti+ нецелесообразно, так как она существенно увеличивает исходную шероховатость поверхности, что отрицательно сказывается на цветовых и декоративных характеристиках покрытия.

ВЫВОДЫ

1. Бомбардировку поверхности изделий из сплава Д16Т после обработки лезвийным инструментом целесообразно осуществлять высокоэнергетическими ионами Ti+, обеспечивая тем самым существенное (до 50 %) снижение исходной шероховатости поверхности.

2. При нанесении покрытий на поверхности после шлифования и полирования не следует использовать ионную бомбардировку Ti+, так как при этом существенно увеличивается исходная шероховатость поверхности. Для обработки таких деталей следует использовать бомбардировку ионами инертных газов.

3. Для снижения негативного влияния ионной бомбардировки на исходную шероховатость обрабатываемой поверхности изделия необходимо устанавливать параллельно направлению ионного потока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плешивцев, Н. В. Катодное распыление / Н. В. Плешивцев. – М.: Атомиздат, 1968. – 347 с.
2. Иващенко, С. А. Газотермические и вакуумно-плазменные покрытия со специальными физико-механическими свойствами / С. А. Иващенко, И. С. Фролов, Ж. А. Мрочек. – Минск: Технопринт, 2001. – 236 с.
3. Иващенко, С. А. Вакуумно-плазменные покрытия / Ж. А. Мрочек, А. К. Вершина, С. А. Иващенко. – Минск: Технопринт, 2004. – 369 с.

Поступила 10.02.2010

УДК 621.876