

3	1000	2,5	1,14	100	32	7,8	380	5,13	30	6,3	100	3545	5,91	0,813
4	1250	2,5	1,14	125	32	8,6	380	5,66	30	6,3	125	3432	7,15	0,896
5	1600	2,5	1,14	160	32	8,9	380	5,86	30	3,2	160	3305	8,81	0,927
6	2000	2,5	1,14	200	32	8,7	380	5,73	30	3,2	200	3198	10,65	0,906

Результаты исследований позволили определить оптимальную скорость резания  $v_0 = 151$  м/мин по максимальному значению  $\cos\varphi$ , при которой активная мощность привода главного движения используется наиболее эффективно с максимальной величиной  $\cos\varphi = 0,91$ . Установлено, что оптимальная скорость резания, определенная стойкостными испытаниями, составляет 125–137 м/мин, что повышает энергоэффективность предложенного способа на 12–14 %.

### ВЫВОДЫ

1. Результаты экспериментальных исследований и их анализ подтверждают возможность использования энергетических показателей электродвигателя привода главного движения при определении оптимальной скорости резания.

2. Экспериментально подтверждена взаимосвязь рабочих характеристик электродвигателя привода главного движения и оптимальной скорости резания.

3. Предложенный способ и разработанную методику можно рекомендовать для практического использования при проектировании и освоении энергосберегающих технологий в машиностроительном производстве.

### ЛИТЕРАТУРА

1. **Проектирование** технологических процессов в машиностроении: учеб. пособие для вузов / И. П. Филонов [и др.]; под общ. ред. И. П. Филонова. – Минск: УП «Технопринт», 2003. – 910 с.
2. **Адаменко, В. М.** Теоретические предпосылки оптимизации процесса резания по энергопотребляющим показателям технологического оборудования // Машиностроение: сб. науч. тр. / под ред. И. П. Филонова. – Минск: УП «Технопринт», 2001. – Вып. 17. – 398 с.
3. **Старков, В. К.** Технологические методы повышения надежности обработки на станках с ЧПУ / В. К. Старков. – М.: Машиностроение, 1984.
4. **Каштальян, И. А.** Оценка и выбор критериев оптимальности для задач управления нестационарными процессами резания на станках с ЧПУ / И. А. Каштальян // Материалы. Технологии. Инструменты. – 2002. – № 4. – С. 32–36.
5. **Мрочек, Ж. А.** Оптимизация параметров формообразования поверхностей резанием по энергопотребляющим показателям технологического оборудования / Ж. А. Мрочек, В. М. Адаменко, Д. В. Адаменко // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2007. – С. 54–57.
6. **Ящерицын, П. И.** Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах: учеб. для вузов / П. И. Ящерицын. – Минск: Вышэйш. шк., 1990. – 512 с.
7. **Данилов, И. А.** Общая электротехника с основами электроники: учеб. пособие для неэлектрических специальностей техникумов / И. А. Данилов, П. М. Иванов. – М.: Высш. шк., 1989. – 752 с.

Поступила 21.01.2010

УДК 621.793

## 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]. Ионная 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)  $\alpha = 0$ ; 2)  $25^\circ$ ; 3)  $45^\circ$ ; 4)  $75^\circ$ ; 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 УРМЗ.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 соленида – 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 профилографо-профилометре модели 252: длина трассы ощупывания  $l = 6$  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.

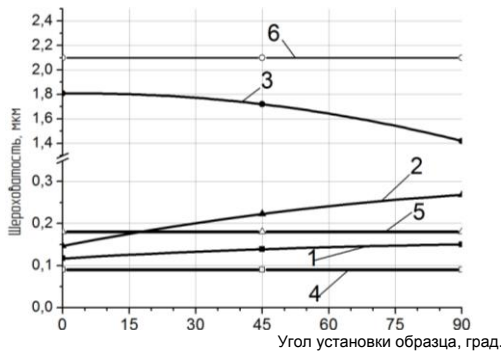


Рис. 1. Влияние угла установки образцов относительно направления ионного потока (Ti<sup>+</sup>) на изменение исходной шероховатости поверхности: 1 – образцы после полирования; 2 – то же шлифования; 3 – то же обработки лезвийным инструментом; исходная шероховатость образцов после: 4 – полирования; 5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

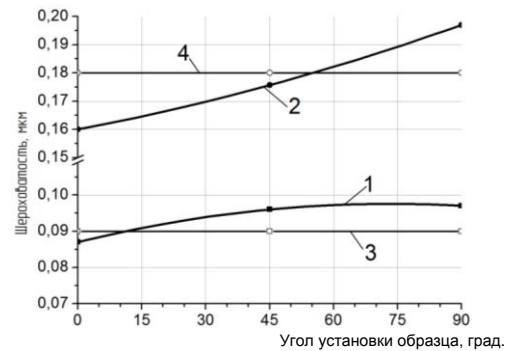


Рис. 2. Влияние угла установки образцов относительно направления ионного потока (Ar<sup>+</sup>) на изменение исходной шероховатости поверхности: 1 – образцы после полирования; 2 – то же шлифования; исходная шероховатость после: 3 – полирования; 4 – шлифования

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 образцов 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 – скорость распыления выступов соответствует скорости образования впадин микронеровностей.

При бомбардировке образцов после шлифования (исходная шероховатость  $Ra\ 0,18\ \mu m$ ) 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  $Ra\ 0,4\ \mu m$ . 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.

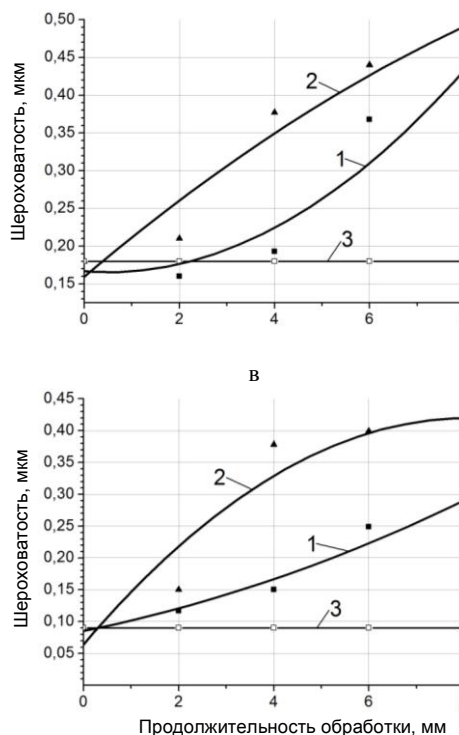
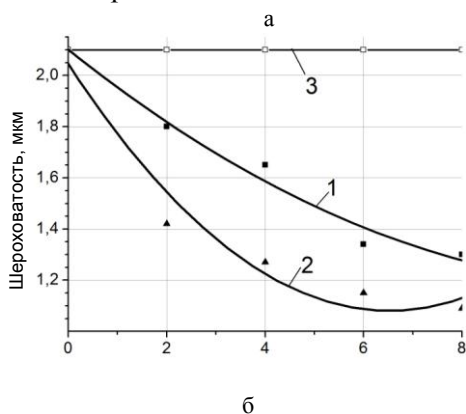


Рис. 3. Влияние продолжительности ионной бомбардировки ( $Ti^+$ ) на изменение исходной шероховатости поверхности образцов, установленных: а, б, в – после точения, шлифования, полирования соответственно: 1 – параллельно ионному потоку; 2 – перпендикулярно ионному потоку; 3 – исходная шероховатость

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 распыления 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 шерохова-

тость 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

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛИФТОВ И ТЕНДЕНЦИЙ ИХ РАЗВИТИЯ

*Канд. техн. наук АНТОНЕВИЧ А. И.*

*Белорусский национальный технический университет*

Республика Беларусь имеет выгодное географическое положение и удобный рынок для поставки лифтов. Кроме того, Беларусь является одним из крупных производителей данной техники. Лифтостроение – отрасль промышленности, характеризующаяся большой динамикой развития и рентабельностью, но вместе с тем в ней наблюдается и достаточно жесткая конкуренция производителей. Мировой рынок лифтов представлен следующими фирмами [1]: «Отис» (США), конструкции лифтов которой производят в России, Японии, Украине; KONE (Финляндия); «Шиндлер» (Швейцария); Карачаровским механическим и Щербинским лифтостроительными заводами (Россия); Могилевским заводом лифтового машиностроения (Беларусь); Shenyang Brilliant Elevator Co., Ltd (Китай); «Тисен» (Германия); «Пишава» (Польша); «Изамет» (Болгария); Mitsubishi (Япония) и др. Современные темпы развития техники приводят к тому, что продукция быстро морально устаревает, а также изменяются традиционные понятия в данной области, что и обуславливает настоящий анализ существующих

конструкций лифтов, систем управления и тенденций их развития. В зависимости от привода лифты бывают [2, 3]: электрические, гидравлические и пневматические.

Гидравлические лифты уступают лифтам с электрическим приводом, но позволяют разрешать сложные технологические решения, например: круглая (в горизонтальном сечении) кабина; полное отсутствие шахты; вход и выход на сопредельных стенках. К отличительным особенностям гидравлических лифтов [4] относят: плавность хода, точность остановки, возможность прямого воздействия цилиндра при небольшой высоте подъема, а также уникальную возможность установки лифта при наличии одной капитальной (несущей) стенки. Лифты оснащены системой аварийного опускания и открывания при внезапном отключении электроэнергии. Гидравлические лифты используют при небольшой высоте подъема и имеют сложную систему тросов и гидравлических цилиндров, для них не требуется машинное помещение.