

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛИРОВКА ИЗДЕЛИЙ
С ТОНКИМИ ПОКРЫТИЯМИ

А.Н. Михайлов, Е.А. Михайлова, Т.Я. Аль-Судани, И.А. Фомин
Донецкий национальный технический университет

У даній роботі розглянуті особливості формування поверхневого шару вакуумних іонно-плазмових покриттів для виробів машинобудування. Установлено зв'язки між товщиною покриття й параметрами шорсткості поверхонь основи й покриття. Це дає можливість проектувати необхідну структуру операцій технологічного процесу до й після нанесення покриття на поверхні виробу.

В настоящее время для повышения качества изделий машиностроения широко применяются вакуумные ионно-плазменные покрытия различного назначения [1, 2]. Эти покрытия позволяют существенно повысить эксплуатационные свойства различных изделий машиностроения. Вместе с тем для обеспечения заданных свойств изделий с вакуумными ионно-плазменными покрытиями необходима технологическая подготовка изделия к нанесению покрытия, выполнение покрытия и дальнейшая отделочная обработка поверхностного слоя изделия с покрытием. Эти вопросы не достаточно освещены в современной литературе [1, 2, 3], а также требуют уточнения и дальнейшей разработки.

Проведенные исследования показывают [1, 2], что возможны варианты образования структуры покрытия. На параметры структуры вакуумных ионно-плазменных покрытий влияют следующие факторы: температура поверхности основы поверхности изделия, давление реакционного газа, ток дуги.

В целом структуру покрытия можно представить тремя вариантами [3]:

- I зона, низкотемпературная, формируется при температуре поверхности основы до температуры $T_1 = 0,35 T_{пл}$, где $T_{пл}$ - температура плавления конденсированного вещества;

- II зона, промежуточная, формируется при температуре поверхности основы от T_1 до T_2 , где $T_2 = (0,45 \dots 0,5) T_{пл}$;

- III зона, высокотемпературная, формируется при температуре поверхности основы выше T_2 .

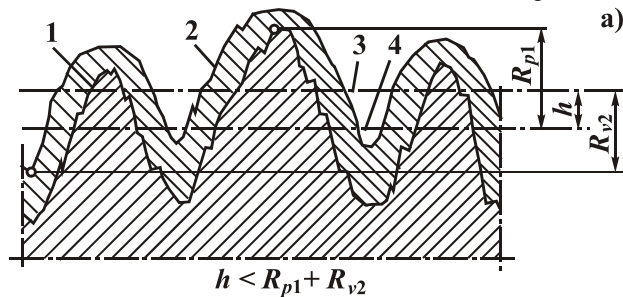
Также заметим, что наиболее целесообразно наносить покрытия на поверхность изделия со структурой I и II зон. Это обусловлено тем,

что структура покрытия III зоны может иметь измененную кристаллическую решетку.

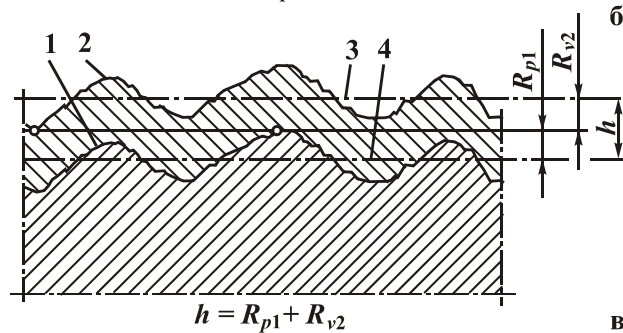
Выполненные исследования позволили установить, что между толщиной покрытия, параметрами шероховатости основы поверхности изделия и параметрами шероховатости покрытия существует связь. Эта связь может быть трех видов (рис. 1).

Первый вид связей (рис. 1,а) возникает тогда, когда толщина покрытия h меньше, чем сумма высоты сглаживания профиля шероховатости R_{p1} основы и глубины сглаживания профиля шероховатости R_{v1} покрытия. Данная связь может быть представлена выражением:

$$h < R_{p1} + R_{v2}; \quad (1)$$



а) где h - толщина покрытия;
 R_{p1} - высота сглаживания профиля шероховатости основы;
 R_{v2} - глубина сглаживания профиля шероховатости покрытия.

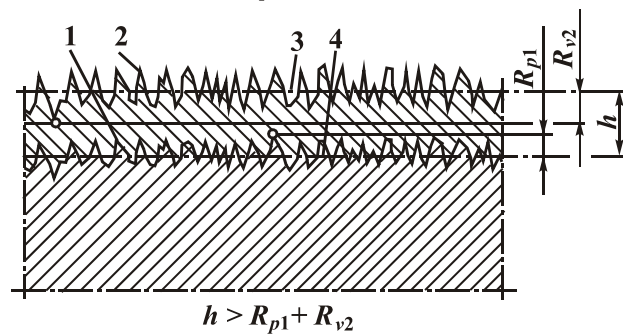


б) Можно отметить, что параметры высоты сглаживания профиля шероховатости R_{p1} основы и глубины сглаживания профиля шероховатости R_{v1} покрытия определяются на основании следующих выражений:

$$R_{\max 1} = R_{p1} + R_{v1},$$

$$R_{\max 2} = R_{p2} + R_{v2};$$

где $R_{\max 1}$ и $R_{\max 2}$ - наибольшие высоты профилей шероховатости основы и покрытия, соответственно;
 R_{p1} и R_{p2} - высоты сглаживания профиля шероховатости основы и покрытия, соответственно;



в)

Рис. 1. Схемы вариантов соотношений толщины покрытия и параметров шероховатости поверхности основы и покрытия:
 а - при $h < R_{p1} + R_{v2}$; б - при $h = R_{p1} + R_{v2}$; в - при $h > R_{p1} + R_{v2}$

R_{v1} и R_{v2} - глубины сглаживания профиля шероховатости покрытия основы и покрытия, соответственно.

Можно отметить, что покрытия с данным видом связи можно рекомендовать, для следующих случаев:

- для нанесения покрытия, на поверхность изделия имеющего большие параметры шероховатости, для защиты от коррозии;
- для нанесения супер тонких покрытий на поверхность изделия.

В этом случае, толщина покрытия меньше параметров шероховатости и покрытие повторяет геометрию покрытия основы.

Второй вид связей (рис. 1,б) возникает тогда, когда толщина покрытия h равна сумме высоты сглаживания профиля шероховатости основы R_{p1} и глубины сглаживания профиля шероховатости покрытия R_{v1} . Эта связь может быть представлена следующим выражением

$$h = R_{p1} + R_{v2}. \quad (2)$$

В этом случае толщина покрытия соизмерима с параметрами шероховатости поверхностей. Это переходные покрытия, они могут применяться как для решения вопросов коррозионной стойкости, так и для износостойкости.

Третий вид связей (рис. 1,в) образуется тогда, когда толщина покрытия h больше суммы высоты сглаживания профиля шероховатости основы R_{p1} и глубины сглаживания профиля шероховатости покрытия R_{v1} . Эта связь может быть представлена следующим выражением

$$h > R_{p1} + R_{v2}. \quad (3)$$

В этом случае толщина покрытия больше параметров шероховатости поверхностей. Эти покрытия могут применяться для решения вопросов повышения износостойкости.

Выполненные исследования позволили установить связи между толщиной покрытия и параметрами шероховатости поверхностей основы и покрытия.

Полированием эластичными кругами получают шероховатость поверхности, находящуюся в пределах $R_a = 0,16 \dots 0,010$ мкм. Количество снимаемого в процессе полирования металла составляет $0,01 \dots 0,03$ мм, скорость вращения полировального круга – $10 \dots 40$ м/с. Зернистость абразива выбирают в зависимости от вида полирования:

- для черного полирования зернистость шлифпорошка $10 \dots 6$ (размер зерен $100 \dots 60$ мкм);

- для чистового полирования зернистость шлифпорошка от 6 ... 4 (размер зерен 60 ... 40 мкм) микрошлифпорошка до М40 ... М10 (размер зерен 40 ... 10 мкм).

Можно отметить, что нитрид титановые покрытия, наносимые вакуумным ионно-плазменным напылением, имеют микротвердость порядка 20 ГПа и выше, при этом толщина покрытия может находиться в следующих пределах 2 ... 15 мкм.

Выполненный анализ особенностей **полировки поверхности до нанесения** вакуумного ионно-плазменного покрытия (в основном нитрид титановых покрытий) позволил установить следующее:

- до нанесения ионно-плазменного покрытия необходимо выполнить полировку поверхности;
- перед полировкой поверхности изделия необходимо обеспечить параметры шероховатости поверхности $R_a = 0,32 \dots 0,16$ мкм;
- полировка поверхности может быть выполнена традиционными методами.

Вместе с тем, проведенный анализ особенностей **полировки поверхности после нанесения покрытия** также позволил установить:

- процесс полировки имеет определенные специфические особенности, связанные с тем, что при традиционных методах полирования припуск на обработку составляет 0,01 ... 0,03 мм, а толщина нитрид титанового покрытия составляет 2 ... 15 мкм, поэтому здесь традиционные методы не подходят из-за возможности повреждения или полного удаления покрытия;
- вследствие того, что нитрид титановое покрытие имеет толщину, находящуюся в пределах 2 ... 15 мкм, процесс полировки должен быть направлен не на сьем материала покрытия, а только на уменьшение параметров шероховатости в пределах шероховатости;
- расчет и назначение припусков на обработку покрытия поверхности изделия должен иметь новый подход, отличный от рекомендуемых для специальных или обычных материалов;
- вследствие того, что микротвердость нитрид титанового покрытия составляет 20 ГПа и выше, а его толщина составляет 2 ... 15 мкм, полировка должна выполняться тонкими микрошлифпорошками с размерами зерен меньше толщины покрытия (М5 ... М10) и имеющих более низкую твердость, чем нитрид титановое покрытие (электрокорунд нормальный и белый, формокорунд и другие материалы);
- данный вид полирования называется высотным сглаживающим полированием или глянецванием покрытия поверхности изделия.

Для выполнения полировки поверхности с вакуумным нитрид титановым покрытием необходимо выполнение высотного сглаживающего полирования, базирующегося на следующем:

Для выполнения полировки поверхности с вакуумным нитрид титановым покрытием необходимо выполнение высотного сглаживающего полирования, базирующегося на следующем:

- в качестве абразивных материалов необходимо использовать тонкие микрошлифпорошки с размерами зерен меньше толщины покрытия зернистостью M5 ... M10;

- применяемые абразивы должны иметь более низкую твердость, чем нитрид титановое покрытие, это исключит возможность повреждения покрытия, здесь будут удаляться только вершины профиля шероховатости и реализовываться процесс их сглаживания;

- на новых методах расчета припусков высотного сглаживающего полирования.

Последовательно назначая припуски по всем операциям и переходам из условия неполного удаления высоты шероховатости, полученной на этапе напыления покрытия, при механической обработке на этапе технологического процесса после нанесения вакуумного ионно-плазменного покрытия обеспечивается эффективность отделочной обработки поверхности изделия близкая к предельному значению. При этом суммарное значение всех припусков на этом этапе обработки не должно превышать величины параметров высоты шероховатости поверхности, образующейся на этапе нанесения покрытия.

Для поверхности изделий с покрытием минимальный припуск (двусторонний припуск) на обработку можно определить:

$$2z_{\min i} = 2 \frac{R_{\max(i-1)}}{n}; \quad (4)$$

где $z_{\min i}$ - минимальны припуск на обработку i -го слоя;

$R_{\max(i-1)}$ - наибольшая высота профиля $(i-1)$ -го слоя, здесь

$$R_{\max(i-1)} = R_{p(i-1)} + R_{v(i-1)};$$

n - коэффициент уточнения припуска (для высотного сглаживающего полирования покрытий $n = 1,3 \dots 2,0$).

Можно отметить, что при $n = 2$ полностью выполняется сглаживание высоты профиля $R_{p(i-1)}$ до центральной линии сглаживания, а при $n = 1,3$ происходит уменьшение $R_{\max(i-1)}$ на 30%.

Библиографический список

1. Машиностроение. Энциклопедия. / Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. // Технология, оборудование и системы управления в электронном

машиностроении. Т. III – 8. / Ю.В. Панфилов, Л.К. Ковалев, В.А. Блохин и др. – М.: Машиностроение, 2000. – 744 с.

2. Михайлов А.Н., Михайлова Е.А.. Общая классификация вакуумных ионно-плазменных покрытий на внутренних цилиндрических поверхностях изделий машиностроения. // Упрочняющие технологии и покрытия. – М.: Машиностроение, №7. 2006. С. 3 – 6.

3. Ющенко К.А., Борисов Ю.С., Кузнецов В.Д., Корж В.М. Інженерія поверхні: Підручник. – К.: Наукова думка, 2007. – 558 с