

УДК 621.793.7

ОЦЕНКА МИКРОТОПОГРАФИИ ПРИ ЩЕТОЧНОЙ ПОДГОТОВКЕ НАПЫЛЯЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

С.А. Лузан, проф., д.т.н.,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Исследована возможность подготовки напыляемой газотермическим способом поверхности металлическими щетками. Выполнена сравнительная оценка микротопографии обработанной поверхности и прочности сцепления покрытия с основой.

Ключевые слова: газотермическое, газопламенное напыление, щеточная обработка.

ОЦІНКА МІКРОТОПОГРАФІЇ ПРИ ЩІТКОВІЙ ПІДГОТОВЦІ НАПИЛЮВАНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ

С.О. Лузан, проф., д.т.н.,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Досліджено можливість підготовки напилюваної газотермічним способом поверхні металевими щітками. Виконано порівняльну оцінку микротопографії обробленої поверхні й міцності зчеплення покриття з основою.

Ключові слова: газотермічне, газополум'яне напилення, щіткова обробка.

EVALUATION OF MICROTOPOGRAPHY AT BRUSH HANDLING OF MACHINE PARTS SPRAYED SURFACES

S. Luzan, Prof., D. Sc. (Eng.),

Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. The possibility of the sprayed surface handling by metal brushes, using the gasothermal method is studied. The comparative evaluation of microphotography of the surface and the adhesion strength of coating with the base is carried out.

Key words: gasothermal, gasoflame spraying, brush handling.

Введение

Одним из успешно развивающихся направлений повышения ресурса деталей машин и оборудования является применение газотермических способов нанесения покрытий с заданными характеристиками. Технологии газотермических нанесений покрытий включают технологические операции по очистке и мойке деталей, созданию шероховатости на напыляемой поверхности с целью повышения прочности сцепления покрытия с основой. Последняя зависит от качества подготовки напыляемой поверхности и в большей степени – от её шероховатости. Поэтому проблема создания требуемой шероховато-

сти поверхности, обеспечивающей высокий уровень прочности сцепления покрытия с основой, является актуальной.

Анализ публикаций

В соответствии с ГОСТ 9.304-87 в качестве предпочтительного способа обработки для придания шероховатости поверхности и очистки от окислов предлагается струйно-абразивная обработка. При этом рекомендованная шероховатость поверхности Ra составляет 6,3–16 мкм. Механизм образования развитой шероховатости методом струйно-абразивной обработки рассматривается в работах Ю.А. Медведева, Б.А. Поповкина и

др. [1, 2]. В то же время вредное воздействие на здоровье человека и окружающую среду вызывает необходимость исследования и развития других способов подготовки поверхностей под напыление, к которым относится, в том числе, и щеточная обработка [3–6]. Данная обработка позволяет применять её как перед напылением, так и в процессе напыления, с целью сокращения времени поступления обработанной поверхности в зону напыления и повышения когезионной прочности покрытия [7].

Цель и постановка задачи

Целью исследования является установление зависимости микротопографии поверхности от параметров щеточной обработки и оценка прочности сцепления газопламенного покрытия при щеточной подготовке напыляемой поверхности.

Результаты исследований и их обсуждение

Оценка микротопографии поверхности проводилась по двум предельным режимам щеточной обработки, охватывающим весь возможный диапазон изменения исходных параметров (табл. 1).

Обработка по «мягкому» режиму обеспечила получение минимального уровня шероховатости, по «жесткому» – максимального. Шероховатость оценивалась параметрами R_a , R_t , RS_m , R_z , R_{mr} (ГОСТ 2789-73 и стандарт ISO 4287-1997), которые определялись на профилографе-профилометре «Taylor/Hobson» (рис. 1, 2), где R_a – среднее арифметическое отклонение профиля, R_t – среднее квадратичное отклонение профиля, R_z – высота неровностей по десяти точкам, RS_m – средний шаг неровностей, R_{mr} – шаг профиля по вершинам. Профили поверхности измерялись вдоль оси образца. Относительная опорная длина (L) – 20 мм, базовая длина – 8 мм.

Из рис. 1, 2 следует, что при «жесткой» обработке происходит соответствующее увеличение параметров R_a , R_t , R_z , а параметры Q_a – среднее арифметическое значение угла наклона профиля и Q_q – среднее квадратичное значение угла наклона профиля остаются неизменными. Значения S_m указывают на то, что при неизменных Q_a , Q_q неровности становятся крупнее и более протяжёнными. Особенно интересным является фиксация эффекта оттеснения материала при жесткой обработке. Этот эффект характеризуется ростом параметров R_a , R_t , R_z в зоне контакта по направлению движения щётки.

Таблица 1 Режимы щеточной обработки поверхности

Вид обработки	$d_{ш}$, мм	N , мм	D , мм	$l_{ш}$, мм	n , об/мин	P , шт/см ²	$V_{под}$, м/с
«Мягкий» режим	0,35	0,5	150	60	60	20	0,1
«Жесткий» режим	0,8	3,00	150	30	150	40	0,1

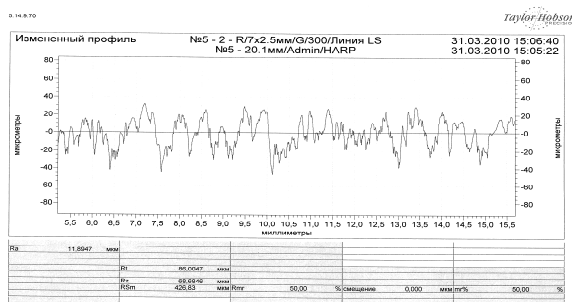


Рис. 1. Профилограмма обработанной поверхности при «жесткой» обработке щеточным инструментом. Параметры высотные, мкм: $R_a = 11,89$; $R_z = 68,7$; $R_t = 86,0$; шаговые, мкм: $S_m = 426,83$; смешанные: $R_{mr}=50$

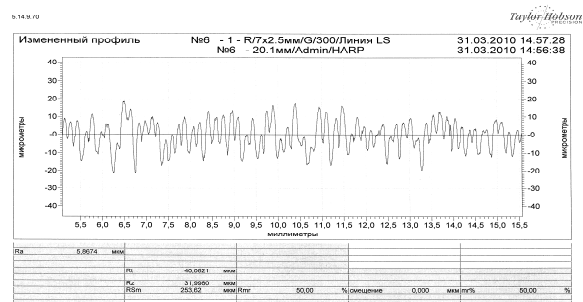


Рис. 2. Профилограмма обработанной поверхности при «мягкой» обработке щеточным инструментом. Параметры высотные, мкм: $R_a = 5,9$; $R_z = 31,0$; $R_t = 40,1$; шаговые, мкм: $S_m = 253,6$; смешанные: $R_{mr}=50$

Данные исследования позволяют сформулировать следующую методику исследования микропогографии поверхности, зависимость её параметров от обработки поверхности щётками с изменяющимися параметрами $d_{и}$, N , $l_{и}$, n , P :

– микропогография поверхности характеризуется параметрами R_a , R_z , R_t , Q_a , Q_q ;

– для характеристики высотных параметров профиля необходимо использовать параметры R_a , R_z , R_t ;

– для характеристики микрорельефа профиля и опосредованной характеристики шаговых параметров профиля следует использовать параметры Q_a , Q_q .

Результаты данного исследования можно использовать при разработке технологии получения регламентированной микропогографии поверхности деталей. Параметры R_p , $R_{выст}$, $R_{вп}$, θ , V рассчитывались по методикам [8–10]. Высота сглаживания R_p определялась как расстояние от линии выступов к средней линии. Средние радиусы выступов $R_{выст}$ и впадин $R_{вп}$ определялись по формулам (1) [8]

$$R_{выст} = \frac{9R_a^2 S_m^2}{128(R_p - 0,5R_a)^3};$$

$$R_{вп} = \frac{9R_a^2 S_m^2}{128(5,5R_a - R_p)^3}. \quad (1)$$

Средний угол наклона боковой стенки профиля рассчитывали по формуле (2) [11]

$$\theta = \arctan \frac{2R_{max}}{S}, \quad (2)$$

где R_{max} – наибольшая высота профиля; S – средний шаг выступов профиля относительно опорной длины.

Параметры опорной кривой v , b_1 вычисляли по формулам (3) [10]

$$v = 2t_{cp} \frac{R_p}{R_a} - 1; \quad b_1 = t_{cp} \left(\frac{R_{max}}{R_p} \right)^V, \quad (3)$$

где t_{cp} – относительная опорная длина профиля на уровне средней линии.

Для сравнения качества подготовки поверхности под напыление представлена микро-

погография поверхности (рис. 3) после струйно-абразивной обработки (размер частиц электрокорунда 0,5–0,8 мм, давление сжатого воздуха 0,5 МПа).

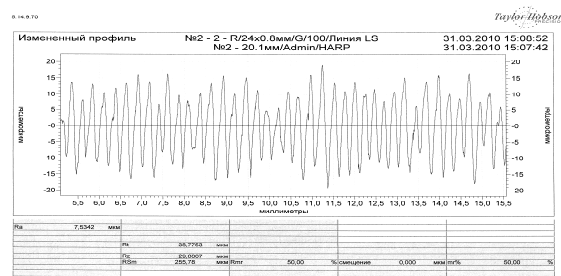


Рис. 3. Профилограмма поверхности после струйно-абразивной обработки. Параметры высотные, мкм: $R_a = 7,53$; $R_z = 29,88$; $R_t = 38,77$; шаговые, мкм: $S_m = 255,78$; смешанные: $R_{mr} = 50$

Установлено, что увеличение $d_{и}$ (при $l_{и} = \text{const}$) приводит к росту шероховатости обрабатываемой поверхности (рис. 4).

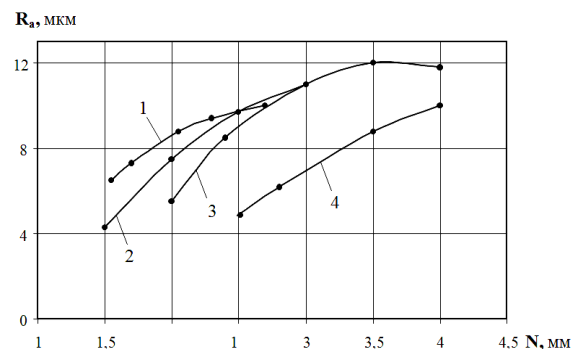
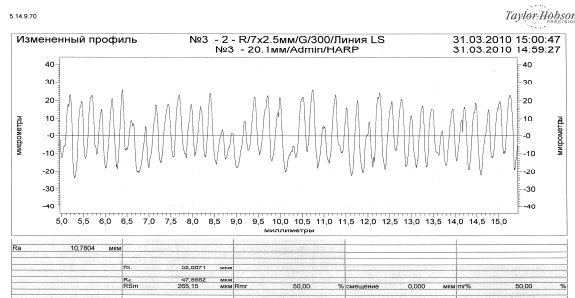


Рис. 4. Влияние натяга на высоту микронеровностей R_a при разных $d_{и}$ и $l_{и}$ игл ($n=150$ об/мин): 1 – $d_{и}=0,5$ мм; $l_{и}=20$ мм; $P=20$ шт/см²; 2 – $d_{и}=0,5$ мм; $l_{и}=40$ мм; $P=20$ шт/см²; 3 – $d_{и}=0,8$ мм; $l_{и}=40$ мм; $P=30$ шт/см²; 4 – $d_{и}=0,8$ мм; $l_{и}=60$ мм; $P=30$ шт/см²

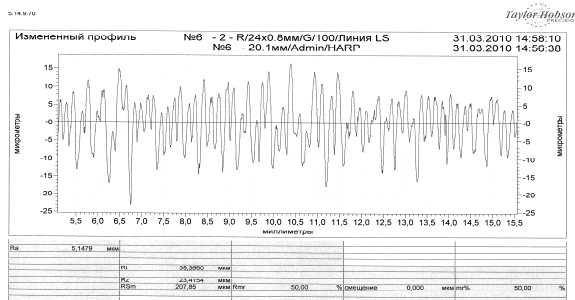
Это объясняется ростом пластических деформаций. Выбор свободной длины игл влияет на выбор натяга. Установлено, что увеличение натяга при увеличении длины игл снижает эффективность обработки поверхности и приводит к росту напряжений изгиба в иглах. Наряду с этим, при равных натягах (рис. 4, кривые 1 и 2), щетка с большей длиной игл обеспечивает получение меньшей шероховатости поверхности, что объясняется уменьшением глубины проникновения в результате увеличения длины игл. Уменьшение шероховатости наблюдается при достижении

скорости щетки $n > 150$ –160 об./мин. Это объясняется тем, что с ростом скорости обработки увеличивается отжатие игл, что приводит к уменьшению их внедрения в обрабатываемую поверхность и снижению шероховатости. Увеличение плотности расположения игл (P) существенного влияния на шероховатость обрабатываемой поверхности не оказывает. С увеличением натяга шероховатость поверхности растет в результате увеличения глубины внедрения игл. Увеличение натяга свыше оптимальных значений приводит к уменьшению глубины внедрения игл.

Анализ полученных профилограмм (рис. 5) показал, что максимальная величина $R_z = 48$ мкм получена при скорости вращения щетки 150 об/мин, а минимальная величина $R_z = 23,4$ мкм – при скорости вращения щетки 200 об./мин.



а



б

Рис. 5. Профилограмма поверхности основы после щеточной обработки ($d_n = 0,8$ мм; $S_{щ} = 1,2$ м/мин; $N_{щ} = 3$ мм). Скорость вращения: а – $n = 150$ об/мин; б – $n = 200$ об./мин

Учитывая то, что характер микрорельефа, полученный щеточной обработкой, остается одним и тем же при изменении параметров процесса, можно считать, что качественно картина формирования шероховатости поверхности отражена правильно.

Сравнительные испытания на прочность сцепления покрытий с основой на сдвиг, нанесенных газопламенным напылением на поверхности, подготовленные струйно-абразивным методом и щеточной обработкой, осуществляли на цилиндрических образцах с кольцевым участком покрытия. Подготовка поверхности щеткой со скоростью оборотов 150–160 об./мин и установленном натяге 3 мм позволяет получить шероховатость стальной поверхности $R_a = 10$ –12 мкм (при струйно-абразивной обработке $R_a = 6$ –8 мкм), что обеспечивает увеличение площади поверхности основы под нанесение покрытий и, как следствие, способствует увеличению прочности сцепления покрытия с основой (22 МПа – при струйно-абразивной обработке поверхности; 28 МПа – при щеточной обработке поверхности) [10].

Выводы

Микротопография поверхности зависит от параметров щеточной обработки, причем при усилении режима обработки происходит соответствующее увеличение параметров R_a , R_b , R_z , а параметры Q_a – среднее арифметическое значение угла наклона профиля и Q_q – среднее квадратичное значение угла наклона профиля остаются неизменными.

Установлено, что максимальная величина $R_z = 48$ мкм получена при скорости вращения щетки 150 об./мин, диаметре игл – 0,8 мм, скорости подачи – 1,2 м/мин и натяге – 3 мм.

Результаты сравнительных испытаний прочности сцепления газотермических покрытий с основой на сдвиг показали преимущества щеточной обработки и возможность ее использования в технологии упрочнения или восстановления цилиндрических поверхностей деталей машин.

Литература

1. Медведев Ю.А. О влиянии шероховатости и степени наклепа на прочность сцепления плазменных покрытий / Ю.А. Медведев, И.А. Морозов // Физика и химия обработки материалов. – 1975. – №4. – С. 27–30.
2. Поповкин Б.А. Прогрессивная технология и оборудование для дробеструйной очистки металла / Б.А. Поповкин // Техно-

- логия, организация производства и управления. – 1978. – №10. – С. 31–35.
3. Ивашко В.С. Прочность сцепления покрытий из самофлюсующихся твердых сплавов / В.С. Ивашко // *Машиностроение*. – 1979. – Вып. 2. – С. 103–105.
 4. Кудинов В.В. Получение покрытий высокотемпературным распылением / В.В. Кудинов, Л.К. Дружинин. – М.: МИР, 1973. – 84 с.
 5. Куприянов И. Л. Газотермические покрытия с повышенной прочностью сцепления / И. Л. Куприянов, М. А. Геллер. – Минск: Наука і тэхніка, 1990. – 176 с.
 6. Лузан С.А. Анализ способов подготовки поверхностей деталей для напыления газотермических покрытий / С.А. Лузан, О.М. Горбачевская, В.М. Биша // *Механіка та машинобудування*. – 2012. – № 1. – С. 124–128.
 7. Полянский А.С. Обоснование возможности подготовки поверхности металлическими щетками для газотермического напыления покрытий / А.С. Полянский, С.А. Лузан, Е.С. Дерябкина // *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: зб. наук. пр.* – 2011. – Вып. 11, Том 1. – С. 34–42.
 8. Анцупов В.П. Теория и практика плакирования изделий гибким инструментом / В.П. Анцупов. – Магнитогорск: МГТУ им. Г. И. Носова, 1999. – 244 с.
 9. Рыжов Э.В. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей / Э.В. Рыжов, А.Г. Сулов, В.П. Федоров. – М.: Машиностроение, 1979. – 176 с.
 10. Сулов А.Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей / А.Г. Сулов. – М.: Машиностроение, 1987. – 208 с.
 11. Харламов Ю.А. Перспективы развития технологии газотермического напыления / Ю.А. Харламов, Н.А. Будагьянц // *Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов: сб. докл. 3-й Международной конференции ОТТОМ-3. Часть 2.* – Х.: ННЦ ХФТИ, ИПЦ «Контраст». – 2002. – С. 125–133.
 12. Лузан С.О. Концепція відновлювального ремонту засобів транспорту і їх елементів інтегрованими газополумєновими технологіями: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / С.О. Лузан. – Харків, 2013. – 40 с.
- Рецензент: В.И. Мощенок, профессор, к.т.н., ХНАДУ.
- Статья поступила в редакцию 15 декабря 2014 г.
-