

## **АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ НАПЫЛЕНИЯ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ**

**Постановка проблемы.** Одним из путей повышения ресурса техники и снижения расходов на запасные части является внедрение в производство технологии восстановления и упрочнения деталей с использованием методов газотермического напыления (газопламенное, плазменное, детонационное напыление; электродуговая металлизация). В настоящее время разработаны различные виды порошков, усовершенствованы оборудование и технологии нанесения покрытий, что обуславливает возможность их широкого применения для упрочнения и восстановления деталей машин и оборудования. В промышленно развитых странах с целью решения экологических проблем методы газотермического напыления покрытий, в том числе и газопламенное, используются для замены гальванических технологий. Однако наряду с преимуществами (простота метода, компактность и относительно низкая стоимость оборудования) газопламенное напыление обладает рядом недостатков, которые ограничивают его область применения: низкая прочность сцепления покрытия с основой и его когезионная прочность, высокие пористость и уровень остаточных напряжений в покрытии. Надежность восстановленных деталей во многом зависит от качества напыляемых покрытий, которое определяется, прежде всего, прочностью сцепления его с основой. Последняя зависит от качества подготовки напыляемой поверхности и в большей степени от её шероховатости. Поэтому проблема создания требуемой шероховатости поверхности, обеспечивающей высокий уровень прочности сцепления покрытия с основой, является актуальной.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Установлено [1 – 4], что соединение напыляемого покрытия с основой определяется химическим взаимодействием, силами межмолекулярного взаимодействия и механическим зацеплением. В связи с этим существенное влияние оказывают состав и структура основного материала; параметры шероховатости, основные механические характеристики приповерхностного слоя, твердость, плотность, теплофизические свойства, величина и знак остаточных напряжений, толщина и свойства оксидной пленки и адсорбированных слоев, наличие и основные характеристики промежуточных подслоев.

Предварительная обработка поверхности основы является одним из основных факторов обеспечивающих высокую прочность сцепления покрытия с основой, т.к. в большинстве случаев соединение напыленного покрытия с материалом детали происходит в результате механического сцепления. Следовательно, для того, чтобы напыляемые частицы, которые ударяются и деформируются об основу, прочно сцеплялись с напыляемой поверхностью, основа должна иметь оптимальную шероховатость.

Необходимо отметить, что обеспечение требуемой шероховатости напыляемой поверхности не снимает такие вопросы подготовки поверхности как промывка, удаление влаги, масла, а также окисной пленки.

Существуют следующие способы предварительной обработки поверхностей перед напылением газотермических покрытий [1, 2, 5, 6]:

- механические способы обработки со снятием стружки: нарезание рваной резьбы, фрезерование насечки, фрезерование канавок клиновидной формы, насечка канавок зубилом, нарезание кольцевых канавок, иглофрезерование;

- механические способы обработки без снятия стружки: накатка резьбы, косая сетчатая накатка, обработка методами поверхностного пластического деформирования;
- комбинированные способы механической обработки: нарезка резьбы и прикатка, нарезка резьбы и струйная обработка абразивом;
- обработка свободными абразивами: вибрационная, виброхимическая, центробежная, ультразвуковая, струйно-абразивная;
- предварительное нанесение подслоев из молибдена, никеля, никелевых сплавов, композиционных порошков методами газотермического напыления;
- электроискровая обработка никелевым электродом;
- химическое травление;
- активация подложки дуговым разрядом;
- очистка тлеющим разрядом, катодное распыление.

В соответствии с ГОСТ 9.304-87 в качестве предпочтительного способа обработки для придания шероховатости поверхности и очистки от окислов рекомендуется струйно-абразивная обработка. Причем рекомендованная шероховатость поверхности Ra составляет 6,3 – 16 мкм. Механизм образования развитой шероховатости методом струйно-абразивной обработки рассматривается в работах А. Д. Двоглазовой и Б. А. Поповкина, Ю. А. Медведева и др. [7, 8]. Однако вредное воздействие на здоровье человека и окружающую среду стимулирует ученых к изучению и развитию альтернативных способов подготовки поверхностей под напыление, к которым относятся: механическая обработка, нанесение подслоев и электроискровая обработка [3, 9, 10, 11, 12]. Влияние способов обработки на показатели качества поверхностного слоя рассмотрено в работах Безъязычного, А. В., Лапина В. В., Писаревского М. И., Султанова Т. А., Сулова А. Г., Якухина В. Г., Якушева А.И. и др.

**Цель и постановка задач исследования.** Наша задача состоит в оценке технических характеристик основных методов, применяемых для обработки поверхностей перед напылением газопламенных покрытий, и выборе наиболее технологичного с точки зрения обеспечения высокой прочности сцепления покрытия с основой, универсальности и экологичности технологии.

**Результаты исследования.** Разумеется, что различные способы обработки дают неодинаковую шероховатость поверхностей, а следовательно, и различную степень соединения напыленного слоя с основанием. В таблице 1 приведены основные способы подготовки поверхностей деталей и прочности сцепления покрытий с основой.

Анализ способов подготовки поверхностей показал, что наивысшую прочность сцепления покрытия с основой обеспечивает электроискровая обработка, на втором месте – нарезка рваной резьбы, затем нарезка резьбы с последующей накаткой роликом, накатка, пескоструйная обработка, предварительное нанесение подслоев.

Не смотря на то, что механические методы обработки поверхности обеспечивают достаточно высокую прочность сцепления напыляемого покрытия с основой и удовлетворяют требованию экологичности, однако общим недостатком этих методов является снижение прочностных характеристик и повышение себестоимости восстанавливаемых деталей, так как удаление части материала детали в стружку приводит к значительному увеличению расхода напыляемого порошка.

Абразиво-струйная обработка выгодно отличается своей производительностью, однако в некоторых случаях не обеспечивает достаточного уровня адгезионной прочности напыляемых покрытий. Во многих работах отмечается крайне негативное влияние такой обработки на здоровье человека и состояние окружающей среды.

Таблиця 1

Способы подготовки поверхностей под газопламенное напыление покрытий и их характеристики

Способ подготовки поверхности	Цель обработки, и для каких деталей применяется	Прочность сцепления (по деформации сдвига), МПа	Достоинства	Недостатки
1	2	3	4	5
Накатка (прямая, косая, перекрестная)	Подготовка стальных незакаленных деталей ( $HRC \leq 35$ ) работающих при высоких динамических нагрузках.	100,0	Технологичность и простота процесса.	Подходит только для деталей цилиндрической формы.
Нарезка рваной резьбы	При напылении покрытий толщиной более 1,0 мм на детали, работающие в условиях повышенных нагрузок.	152,0	Технологичность и простота процесса.	Не подходит для обработки твердых и хрупких материалов, и поверхностей неправильной формы. Нецелесообразно для тонкого покрытия.
Нарезка резьбы с последующей накаткой роликом	Создание «замкового профиля» при подготовке деталей типа вал перед нанесением толстых покрытий (от 2 мм и более).	144,0	Технологичность и простота процесса.	Снижаются прочностные характеристики деталей, в частности сопротивление усталости.
Пескоструйная обработка	Повышение шероховатости поверхности при подготовке деталей различной формы.	34,5	Малая энергоемкость и высокая производительность.	Экологически «грязный» метод.
Предварительное нанесение подслоев газотермическим напылением	Применяются при значительном различии коэффициентов термического расширения материала покрытия и основы.	33,1	Высокая производительность и возможность применения для деталей различной формы.	Повышенная себестоимость восстанавливаемых деталей.
Электроискровая обработка	Подготовка поверхностей деталей из малоуглеродистых сталей при напылении толстых слоев на плоскости и поверхности вращения.	167,0	Возможность применения для деталей различной формы с твердостью поверхности $HRC > 40$ . Мобильность оборудования.	Относительно низкая производительность процесса.

Предварительное нанесение подслоев из молибдена, никеля и композиционных порошков методами газотермического напыления благотворно сказывается на величине адгезионной прочности газопламенных покрытий, но при этом существенно повышается себестоимость восстановленных деталей и трудоемкость процесса восстановления.

При электроискровой обработке обеспечивается хорошее сцепление между покрытием и подложкой за счет повышения шероховатости. Причем метод позволяет обрабатывать поверхности с твердостью HRC>40, и в отличие от методов механической обработки может применяться для деталей различной формы и размеров. Электроискровая обработка является экологически чистым методом, позволяет управлять прочностью сцепления покрытия с основой не только за счет повышения шероховатости, но и путем изменения химического состава приповерхностного слоя при использовании различных материалов в качестве электрода.

### **Выводы.**

1. Анализ технических характеристик основных методов, применяемых для обработки поверхностей перед напылением газопламенных покрытий, показал, что наивысшую прочность сцепления напыленного покрытия с основой обеспечивает электроискровая обработка.

2. Метод позволяет управлять прочностью сцепления в широких пределах путем изменения химического состава приповерхностного слоя при использовании различных материалов в качестве электрода.

3. Электроискровая обработка является экологически безопасным методом и позволяет обрабатывать поверхности с твердостью HRC>40, что является важным при восстановительном ремонте деталей машин.

4. Решение проблемы повышения прочности сцепления газопламенных покрытий с основой целесообразно осуществить путем применения электроискровой обработки для подготовки поверхности.

**Литература:** 1. Борисов Ю.С. Газотермические покрытия из порошковых материалов / Ю.С. Борисов, Ю.А. Харламов. – Киев: Наукова Думка, 1987. – 210 с. 2. Витязь П.А. Теория и практика газопламенного напыления / П.А. Витязь, В.С. Ивашко, Е.Д. Мануйло. – Минск: Наука і техника, 1993. – 295 с. 3. Кудинов В.В. Нанесение плазмой тугоплавких покрытий / В.В. Кудинов, В.М. Иванов. – М.: Машиностроение, 1981. – 192 с. 4. Рыкалин Н.Н. Физические и химические проблемы соединения разнородных материалов / Н.Н. Рыкалин, М.Х. Шоршоров, Ю.Л. Красулин. // Неорг. материалы. – 1965. –Т.1. – С. 29 – 36. 5. Терехов Д.Ю. Способ подготовки поверхности перед газотермическим напылением / Д.Ю. Терехов, Б.М. Соловьев // Авторское свидетельство СССР №1638198 АІ С23С 4/02 30.08.91 Бюл. №32. – Всесоюзное научно-производственное объединение восстановления деталей «Ремдеталь». 6. Надольский В.О. Способ подготовки поверхности деталей / В.О. Надольский, А.Н. Навознов // Авторское свидетельство СССР № 1758082 АІ С23С 4/02 30.08.92. Бюл. №32. 7. 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. 8. Поповкин Б.А. Прогрессивная технология и оборудование для дробеструйной очистки металла / Б.А. Поповкин // Технология, организация производства и управления. – 1978. – №10. – С. 31 – 35. 9. Ивашко В.С. Прочность сцепления покрытий из самофлюсующихся твердых сплавов / В.С. Ивашко // Машиностроение. – 1979. – Вып. 2. – С. 103-105. 10. Кудинов В.В. Получение покрытий высокотемпературным распылением / В.В. Кудинов., Л.К. Дружинин. – М.: МИР, 1973. – 85 с. 11. Куприянов И. Л. Газотермические покрытия с повышенной прочностью сцепления / И. Л. Куприянов, М. А. Геллер. – Минск: Наука і тэхніка, 1990. – 176 с. 12. Масино М.А. Организация восстановления автомобильных деталей / М.А. Масино. – М.: Транспорт, 1981. – 176 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Borisov Ju.S. *Gazotermicheskie pokrytija iz poroshkovyh materialov* / Ju.S. Borisov, Ju.A. Harlamov. – Kiev: Naukova Dumka, 1987. – 210 s. 2. Vitjaz' P.A. *Teorija i praktika gazoplamnennogo napylenija* / P.A. Vitjaz', V.S. Ivashko, E.D. Manujlo. – Minsk: Navuka i tehnika, 1993. – 295 s. 3. Kudinov V.V. *Nanesenie plazmoj tugoplavkih pokrytij* / V.V. Kudinov, V.M. Ivanov. – M.: Mashinostroenie, 1981. – 192 s. 4. Rykalin N.N. *Fizicheskie i himicheskie problemy soedinenija raznorodnyh materialov* / N.N. Rykalin, M.X. Shorshorov, Ju.L. Krasulin. // *Neorg. materialy*. – 1965. – T.1. – S. 29 – 36. 5. Terehov D.Ju. *Sposob podgotovki poverhnosti przed gazotermicheskim napyleniem* / D.Ju. Terehov, B.M. Solov'ev // *Avto-rskoe svidetel'stvo SSSR №1638198 AI S23S 4/02 30.08.91 Bjul. №32*. – *Vsesojuznoe nauchno-proizvodstvennoe ob#edinenie vosstanovlenija detalej «Remdetal'»*. 6. Nadol'skij V.O. *Spo-sob podgotovki poverhnosti detalej* / V.O. Nadol'skij, A.N. Navoznov // *Avtorskoe svidete-l'stvo SSSR № 1758082 AI S23S 4/02 30.08.92. Bjul. №32*. 7. Medvedev Ju.A. *O vlijanii shero-hovatosti i stepeni naklepa na prochnost' sceplenija plazmennyh pokrytij* / Ju.A. Medvedev, I.A. Morozov // *Fizika i himija obrabotki materialov*. – 1975. – №4. – S. 27-30. 8. Popovkin B.A. *Progressivnaja tehnologija i oborudovanie dlja drobestrujnoj ochistki metala* / B.A. Popovkin // *Tehnologija, organizacija proizvodstva i upravlenija*. □ 1978. □ №10. – S. 31 □ 35. 9. Ivashko V.S. *Prochnost' sceplenija pokrytij iz samofljususujuvihsja tverdih splavov* / V.S. Ivashko // *Mashinostroenie*. – 1979. – Vyp. 2. – S. 103-105. 10. Kudinov V.V. *Poluchenie pokry-tij vysokotemperaturnym raspyleniem* / V.V. Kudinov., L.K. Druzhinin. – M.: MIR, 1973. – 85 s. 11. Kuprijanov I. L. *Gazotermicheskie pokrytija s povyshennoj prochnost'ju sceplenija* / I. L. Kuprijanov, M. A. Geller. – Minsk: Navuka i tjehnika, 1990. – 176 s. 12. Masino M.A. *Organiza-cija vosstanovlenija avtomobil'nyh detalej* / M.A. Masino. – M.: Transport, 1981. – 176 s.

Лузан С.О., Горбачевська О.М., Биша В.М.

#### АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПІДГОТОВКИ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ НАПИЛЕННЯ ГАЗОТЕРМІЧНИХ ПОКРИТТІВ

Проведено аналіз існуючих способів підготовки поверхонь деталей перед напиленням газотермічних покриттів. Обґрунтовано вибір електроіскрової обробки в якості методу підготовки поверхні основи при відновлювальному ремонті деталей машин.

Лузан С.А., канд. техн. наук; Горбачевская О.М., Биша В.М.

#### АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ НАПЫЛЕНИЯ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Проведен анализ существующих способов подготовки поверхностей деталей перед напылением газотермических покрытий. Обосновано выбор электроискровой обработки в качестве метода подготовки поверхности основы при восстановительном ремонте деталей машин.

Luzan S.O., Gorbachevska O.M., Bisha V.M.

#### THE ANALYSIS OF DETAILS SURFACES PREPARATION METHODS TO DEPOSITING THERMAL SPRAYED COATINGS

The analysis of existing methods of details surfaces preparation before depositing thermal sprayed coatings is carried out. The choice of electrospark treatment for substrate surfaces preparation at regenerative repair of machine parts is proved.

---