

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ*

*Ю.С. ЧЁСОВ, канд. техн. наук, доцент,
Е.А. ЗВЕРЕВ, ассистент,
П.В. ТРЕГУБЧАК, аспирант
(НГТУ, г. Новосибирск)*

Статья поступила 28 декабря 2011 г.

Зверев Е.А. – 630092, г. Новосибирск, пр. К.Маркса, 20,
Новосибирский государственный технический университет,
E-mail: egor_z@ngs.ru

Для обеспечения качества износостойких плазменных покрытий предложена методика назначения наиболее рациональных режимов обработки на стадиях предварительной струйно-абразивной очистки поверхности деталей, плазменного напыления покрытий и финишного шлифования.

Ключевые слова: плазменное напыление, износостойкое покрытие, шлифование, струйно-абразивная обработка, шероховатость поверхности.

В настоящее время в промышленности широко применяются различные методы упрочнения деталей машин, в том числе и плазменное нанесение износостойких покрытий. Однако изделиям с покрытиями свойственна высокая вероятность отказов в процессе эксплуатации. Как правило, основной причиной нарушения работоспособности деталей является нестабильность показателей качества напыленного слоя: химического и фазового состава структуры, степени расплавленности порошкового материала, количества и размера пор, а также характера границы между покрытием и основой. Эти показатели закономерно определяют адгезионную прочность покрытий (прочность сцепления с основой), знак и величину остаточных напряжений в слое покрытия, что, в свою очередь, отражается на эксплуатационных свойствах деталей [1, 2].

В целом качество покрытий является сложной комплексной характеристикой, зависящей от множества факторов технологического процесса. Процесс нанесения плазменных покрытий поэтапно включает в себя предварительную механическую обработку поверхности, собственно

нанесение покрытия и финишную механическую обработку. Очевидно, что качество покрытий закладывается на каждой из стадий технологического процесса. С целью гарантированного обеспечения качества покрытий необходимо найти комплексное решение, заключающееся в согласовании основных этапов обработки с учетом технологической наследственности показателей качества, сформированных на предшествующих стадиях обработки.

В настоящей работе рассматривается один из подходов к решению проблемы повышения качества плазменных покрытий из порошкового материала марки ПГ-С27, основанный на предлагаемой методике назначения наиболее рациональных режимов обработки на каждом этапе технологического процесса. Обеспечение высокого уровня качества покрытий базируется на применении полученной нами ранее [3–6] системы регрессионных уравнений, которая дает возможность управлять режимными условиями на каждой стадии технологического процесса (струйно-абразивная обработка (САО), плазменное напыление и финишное шлифование).

* Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” на 2009 – 2013 годы, мероприятие 1.3.1. (проект П1189).

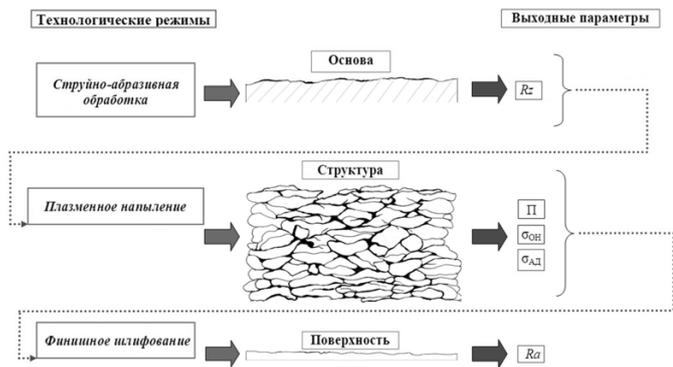


Рис. 1. Схема влияния параметров технологического процесса на качество покрытий

Последовательность назначения режимов обработки на всех стадиях изображена в виде блок-схемы (рис. 1).

На стадии САО управляемыми параметрами являются дистанция и длительность обработки, выходным параметром – шероховатость основы по критерию Rz [3]. Поэтому требуемый интервал времени воздействия САО (при постоянстве дистанции обработки, равной 150 мм) можно определить по зависимости, приведенной на рис. 2.

Рекомендуемый интервал времени, выделенный на кривой, обеспечивает уровень шероховатости поверхности в пределах 95...100 мкм (что сопоставимо с фракционным размером частиц напыляемого порошка), способствующий наибольшему значению адгезионной прочности покрытий. Дальнейшее увеличение длительности обработки нецелесообразно, поскольку наблюдаются снижение шероховатости, рост остаточных напряжений и степени наклепа поверхности детали.

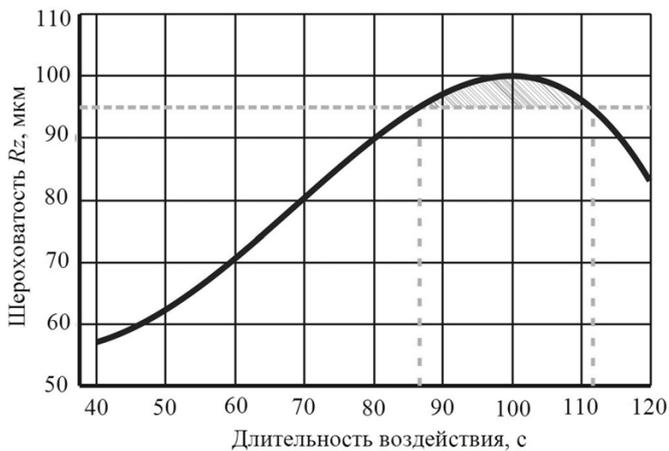


Рис. 2. Зависимость шероховатости поверхности от времени воздействия САО

При плазменном напылении основными показателями качества покрытий были приняты адгезионная прочность $\sigma_{ад}$, пористость Π и уровень остаточных напряжений $\sigma_{он}$, а управляемыми режимными параметрами – сила тока дуги плазмотрона, расход плазмообразующего газа и дистанция напыления. На рис. 3 показана область возможных сочетаний режимов плазменного напыления, построенная на базе ранее полученных регрессионных уравнений [4, 5], при постоянстве дистанции напыления, равной 110 мм.

Результаты металлографического анализа и исследования эксплуатационных свойств покрытий подтверждают, что в выделенной области ре-

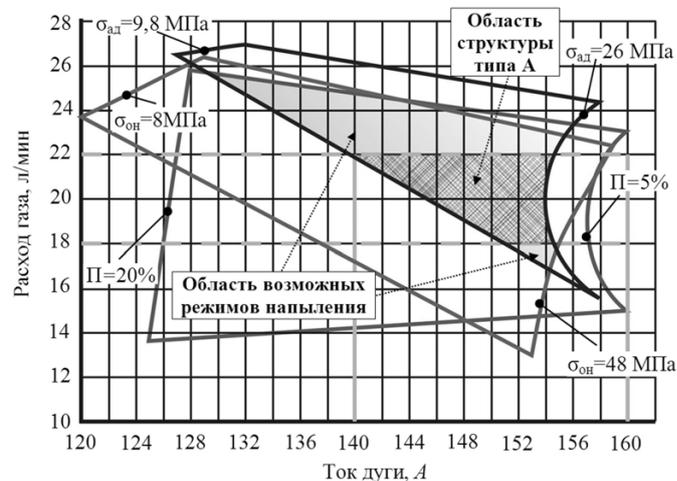


Рис. 3. Определение области режимов плазменного напыления

жимов напыления формируется наиболее благоприятный вариант структуры (структура типа А), который обеспечивает наибольшую адгезионную прочность, умеренный уровень остаточных напряжений и наименьшую пористость, что положительно сказывается на износостойкости и контактной выносливости слоя покрытий [7].

Заключительной и очень важной стадией технологического процесса является финишная механическая обработка покрытий. Ее назначение состоит не только в формировании необходимых геометрической и размерной точности, шероховатости поверхности деталей, но и в сохранении показателей качества покрытий, достигнутых на предшествующих этапах, обеспечивая тем самым технологическую преемственность. В качестве варьируемых режимных параметров при круглом наружном абразивном шлифовании были приняты глубина резания t и линейная ско-

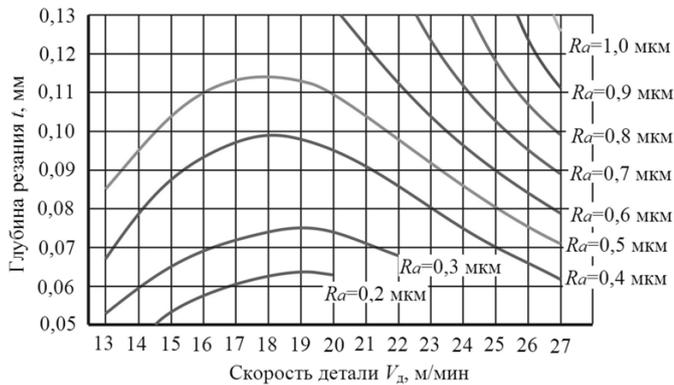


Рис. 4. Определение режимов шлифования

рость вращения детали V_d , а выходным – шероховатость поверхности по критерию Ra [6]. В исследуемом диапазоне режимов формируется микрорельеф поверхности с шероховатостью в пределах 0,15...1,50 мкм. При этом качество покрытий гарантированно обеспечивается при отсутствии поверхностных дефектов: сколов, трещин и отслоений.

Для получения требуемой шероховатости поверхности режимы шлифования выбираются по кривым сочетания условий обработки (рис. 4).

В зависимости от требуемого значения шероховатости и величины припуска на обработку, рассчитываемого по известным методикам, выбирается глубина резания и линейная скорость вращения детали (а на ее основе – частота вращения), обеспечивающие минимальное число проходов, чем достигается максимальная производительность операции шлифования.

Предложенная методика была реализована на ОАО «Новосибирский стрелочный завод» в технологическом процессе производства специальных подкладок, используемых в конструкции стрелочного перевода рельсов. Изготовление этих подкладок осуществляется при помощи штампа, на котором одновременно совершаются операции пробивки гнезд прямоугольной формы и рубки полосы из стали Ст. 3. Одной из серьезных проблем, значительно снижающих точность изготовления подкладок, является довольно быстрое изнашивание поверхностей неподвижных базовых элементов оснастки штампа в момент перемещении полосы. Рабочая зона штампа изображена на рис. 5.

Полоса 2 подается в зону обработки по приводным роликам до специального упора (не показан). Затем происходит ее фиксация за счет прижима боковых сторон пневмозажимом 1 и

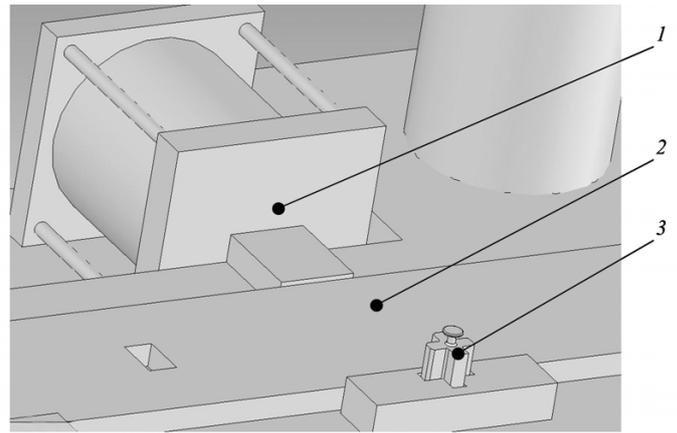


Рис. 5. Рабочая зона:

- 1 – пневмозажим; 2 – стальная полоса;
3 – вкладыш

неподвижным упором (вкладышем) 3. Очевидно, что размерный износ рабочей поверхности вкладыша непосредственно влияет на точность выпускаемых изделий. В итоге наблюдается смещение оси гнезд относительно граней подкладки.

В соответствии с традиционной заводской технологией деталь изготавливается из стали 45 и подвергается объемной закалке в индукционной печи до твердости HRC 40...45. При внедрении предлагаемой технологии процесс изготовления вкладышей подвергается существенным изменениям, связанным с особенностями плазменного напыления покрытий.

Внешний вид вкладыша после нанесения покрытий на рабочие грани показан на рис. 6.



Рис. 6. Внешний вид вкладыша после плазменного напыления



При внедрении новой технологии основными источниками экономии затрат на изготовление вкладышей являются:

1) повышение ресурса работы изделий на 15 %;

2) использование в качестве исходного материала заготовки стали 20 вместо более дорогой стали 45;

3) возможность многократного восстановления рабочих граней вкладышей.

Годовой экономический эффект от внедрения новой технологии составил порядка 1,4 млн руб.

Список литературы

1. Пузряков А.Ф. Теоретические основы плазменного напыления. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 360 с.

2. Газотермические покрытия из порошковых материалов: справочник / Ю.С. Борисов, Ю.А. Харламов, С.Л. Сидоренко, Е.Н. Ардаговская. – Киев: Изд-во Наукова думка, 1987. – 544 с.

3. Чёсов Ю.С. Исследование износостойкости покрытий при плазменном напылении / Ю.С. Чёсов, Е.А. Зверев, Н.Л. Прокопьев, А.С. Ваганов, Н.В. Антохина // Ресурсосберегающие технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и техно-

логической оснастки от нано- до макроуровня: Материалы 11-й международной научно-практической конференции. В 2 ч. – СПб.: Изд-во СПбПУ, 2009. – Ч. 1. – С. 181–186.

4. Чёсов Ю.С., Зверев Е.А., Трегубчак П.В. Исследование уровня остаточных напряжений в покрытиях при плазменном напылении // Проблемы повышения эффективности металлообработки в промышленности на современном этапе. Материалы 8-й Всерос. науч.-практ. конф. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. – С. 24–28.

5. Чёсов Ю.С., Зверев Е.А., Ерохин И.А. Моделирование свойств износостойких покрытий при плазменном напылении // Прогрессивные технологии в современном машиностроении: Материалы VI междунар. науч.-техн. конф. – Пенза: АННОО “Приволжский Дом знаний”, 2010. – С. 15–17.

6. Чёсов Ю.С., Зверев Е.А., Трегубчак П.В. Влияние режимов абразивного шлифования на шероховатость поверхности плазменных покрытий // Проблемы повышения эффективности металлообработки в промышленности на современном этапе: Материалы 9-й Всерос. науч.-практ. конф. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – С. 16–20.

7. Чёсов Ю.С., Зверев Е.А., Плохов А.В. Структура плазменных износостойких покрытий из порошкового материала марки ПГ-С27 // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2010. – № 1(46). – С. 14–18.

Technological assurance of quality of plasma coatings

Yu.S. Chosov, E.A. Zverev, P. V. Tregubchak

For assurance of quality of wear-resistant coatings the technique of determination of the most rational regimes of processing at stages of preparatory sandblasting of a surface of details, plasma spraying of coatings and finishing grinding is offered.

Key words: plasma spraying, wear-resistant coating, grinding, sandblasting, surface roughness.