

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ ПЕРЕД НАНЕСЕНИЕМ ПОКРЫТИЯ*

*Х.М. РАХИМЯНОВ, доктор техн. наук, профессор
Ю.С. СЕМЕНОВА, канд. техн. наук, доцент
М.А. САУТКИНА, магистрант
В.А. СКРЫННИК, магистрант
А.П. ЛИХАЧЕВ, студент
(НГТУ, г. Новосибирск)*

Статья поступила 7 мая 2013 года

Семенова Ю.С. – 630073, г. Новосибирск, пр. К.Маркса, 20,
Новосибирский государственный технический университет,
e-mail: nahat@yandex.ru

Приводятся исследования по подготовке поверхности деталей перед нанесением покрытия. Проведен анализ качества поверхности, подготовленной перед нанесением покрытия абразивно-струйным методом. Приводятся результаты исследования зоны на границе между покрытием и поверхностью основного материала, подготовленной абразивно-струйной обработкой. Покрытие наносилось детонационно-газовым методом. Выявлены негативные последствия абразивно-струйной обработки, отрицательно влияющие на качество покрытия. Предложен метод ультразвукового пластического деформирования (УЗПД) в качестве альтернативы абразивно-струйной обработке. Показаны его преимущества с точки зрения формирования более равномерно распределенного и управляемого микрорельефа, отсутствия микротрещин, шаржирования поверхности абразивным материалом, а также возможности управления напряженно-деформированным состоянием поверхностного слоя детали.

Ключевые слова: подготовка поверхности детали, абразивно-струйная обработка, ультразвуковое пластическое деформирование.

Введение

Важной задачей в технологии нанесения покрытий является обеспечение качества поверхности детали при ее предварительной подготовке. Микрорельеф поверхности, наличие окисных пленок и загрязнений, механическое состояние поверхностного слоя детали значительно влияют на адгезионную прочность покрытий. В зависимости от метода нанесения покрытия и его характеристик в качестве предварительной подготовки поверхности подлож-

ки используются различные методы обработки. К ним относятся: химические (обезжиривание, травление), механические (шлифование, точение, нарезание рваной резьбы, кольцевых канавок, фрезерование насечек), обработка свободными абразивами (вибрационная обработка, абразивно-струйная обработка), методы поверхностного пластического деформирования (обкатка шариками, роликами, выглаживание) и др. [1].

В данной работе проводится анализ методов подготовки поверхности деталей машин перед

* Исследования проведены при финансовой поддержке проекта, выполняемого в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ в 2012 г. и в плановом периоде в 2013–2014 гг. (Шифр заявки 7.759.2011 «Повышение конструктивной прочности материалов конструкционного и инструментального назначения методами, основанными на высокоэнергетическом воздействии»).

нанесением детонационных покрытий. Традиционным методом, обеспечивающим требуемую шероховатость, является абразивно-струйная обработка. В качестве альтернативы предлагается использовать ультразвуковое поверхностное пластическое деформирование (УЗПД). Рассматриваются вопросы обеспечения требуемого геометрического состояния обработанных поверхностей деталей и свойства их поверхностного слоя.

Методики экспериментальных исследований

Исследование геометрических свойств поверхности после абразивно-струйной обработки проводилось на образцах из сплава ВТ-3 (ГОСТ 19807–91) и стали Ст. 3 (ГОСТ 380–94). Образцы обрабатывались на следующих режимах: давление 5 атм, размер частиц абразива 0,4...1 мм, материал частиц – электрокорунд, продолжительность обработки 1 мин.

Геометрия поверхности после абразивно-струйной обработки исследовалась по поперечным шлифам образцов с использованием оптического микроскопа отраженного света Zeiss Axiovert 40 MAT (рис. 1), а также по профилограммам, полученным с помощью профилографа-профилометра модели 525 (рис. 2).

Для исследования границы между покрытием и материалом основы на стальную пластину, предварительно обработанную абразивно-струйным методом, наносилось покрытие NiCr детонационно-газовым методом. После нанесения покрытия поперечные шлифы образцов исследовались также на оптическом микроскопе отраженного света Zeiss Axiovert 40 MAT (рис. 3).

Ультразвуковое поверхностное пластическое деформирование производилось на режимах: статическое усилие прижима инструмента – 150 Н, амплитуда колебаний инструмента – 27 мкм, частота колебаний – 22,4 кГц, частота вращения шпинделя – 930 об/мин, подача инструмента – 0,065 мм/об, диаметр детали – 50 мм, материал – сталь 45 (ГОСТ 1050–88).

Изучение микрорельефа поверхности, обработанной ультразвуковым пластическим деформированием, осуществлялось с помощью комплекса изучения топографии поверхности ZIGO New View 7300. Структура поверхност-

ного слоя обработанной поверхности изучалась по микрошлифам (рис. 4, а, б).

Результаты и обсуждения

На рис. 1 показано увеличенное изображение поверхности, обработанной абразивно-струйным методом. Как видно из рисунка, при такой обработке не исключено возникновение микротрещин (рис. 1, а), шаржирование поверхности частичками абразива (рис. 1, б) и другие дефекты на поверхности (выбоины, задиры, завихрения). При этом их распределение по поверхности происходит случайным образом.

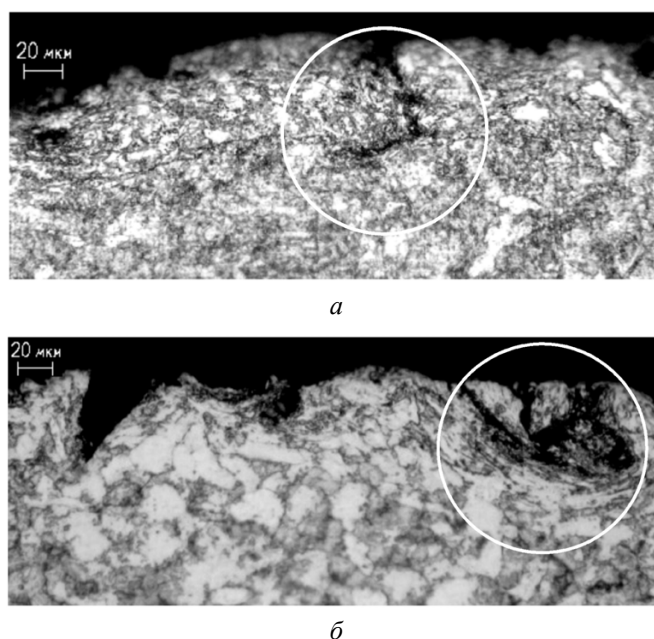


Рис. 1. Поверхность детали после абразивно-струйной обработки

Шероховатость поверхности после абразивно-струйной обработки на указанных режимах составила $Ra = 4 \dots 6$ мкм вне зависимости от обрабатываемого материала. На рис. 2 представлена профилограмма поверхности после абразивно-струйной обработки, которая подтверждает хаотичность распределения микронеровностей.

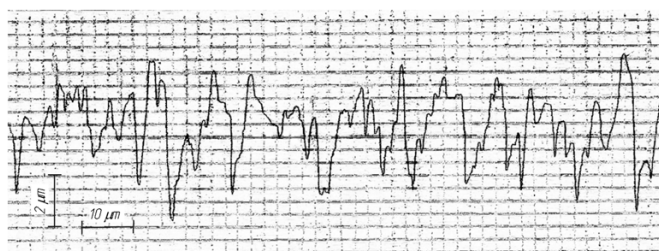


Рис. 2. Шероховатость поверхности после абразивно-струйной обработки

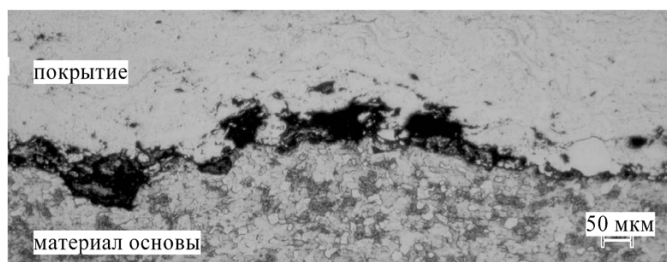


Рис. 3. Граница между покрытием и материалом поверхности детали, обработанной абразивно-струйным методом

Формирование такого рельефа объясняется тем, что, ударяясь о поверхность, частицы абразива удаляют материал поверхности детали в случайном порядке. В результате на поверхности образуется характерный рисунок, состоящий из расположенных случайным образом царапин и сколов. Прогнозировать состояние поверхности после абразивно-струйной обработки можно лишь с использованием статистических методов. При этом полученная таким образом поверхность имеет высокую активность и быстро вступает в химическое взаимодействие с окружающей средой, в результате чего окисляется. Поэтому обработку производят непосредственно перед нанесением покрытия.

На рис. 3 показана граница между покрытием и материалом основы. Нерегулярность микрорельефа поверхности детали не позволила образоваться сплошной границе с покрытием, видны отслоения, несплошности. При этом шаржированные частицы абразива остались в слое, разделяющем материал основы и покрытие, что препятствует формированию прочного соединения.

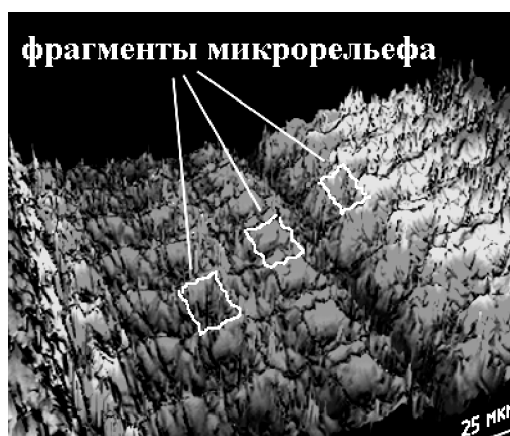
Перечисленные недостатки вызвали необходимость поиска альтернативы абразивно-струйному

методу обработки. В работе предлагается использовать метод ультразвукового пластического деформирования. Этот метод позволяет получать регулярный микрорельеф с управляемой геометрией (формой, высотой, размерами его фрагментов). Кроме того, доказано, что данная обработка способствует заживлению мелких микротрещин на поверхности, полученных на предшествующих этапах обработки. При этом происходит формирование и равномерное распределение остаточных напряжений сжатия в поверхностном слое [2].

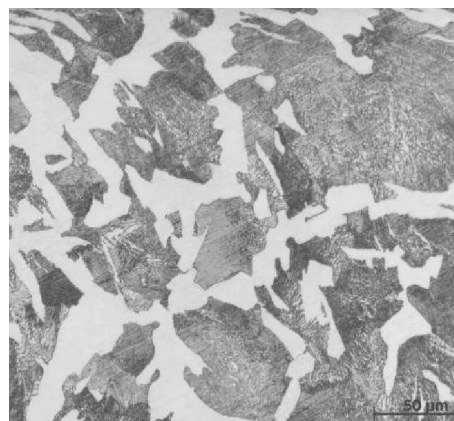
На рис. 4, а показано трехмерное изображение поверхности стального образца после УЗПД. Из рисунка видно, что на поверхности действительно формируется регулярный микрорельеф с четко различимыми фрагментами. При этом формой и размерами этих фрагментов можно управлять за счет изменения режимов обработки [3].

Изучение шлифа поверхности (рис. 4, б), обработанной методом УЗПД, показало, что в отличие от абразивно-струйной обработки в поверхности не возникают микротрещины, нет дефектов в виде шаржированных частиц абразива и других дефектов. Искривленные у поверхности зерна свидетельствуют о наличии пластической деформации материала поверхностного слоя. В данных условиях обработки глубина деформационного воздействия составила около 30 мкм.

В настоящий момент нет однозначных сведений о влиянии наличия упрочненного слоя в поверхности детали на ее взаимосвязь с покрытием. Однако в исследованиях взаимосвязи свойств материала основы и покрытия необходимо учитывать не только геометрические, но и физико-механические свойства поверхности.



а



б

Рис. 4. Поверхность после ультразвукового пластического деформирования

Выводы

На основании экспериментальных исследований можно сделать вывод, что рельеф поверхности после УЗПД более управляем и равномерен по сравнению с абразивно-струйной обработкой.

Проведенные исследования показали, что применение ультразвукового пластического деформирования в качестве предварительной обработки деталей перед нанесением покрытия имеет перспективы. Однако окончательные выводы можно сделать лишь после нанесения покрытия на обработанную методом УЗПД поверхность. Необходимо изучить влияние исходного состояния поверхности детали (твердости, микрорельефа, напряженно-деформированного состояния) на свойства покрытия. Анализ свойств покрытий, наносимых на обработанные различными методами поверхности, позволит сделать

вывод о целесообразности применения УЗПД в качестве предварительной обработки деталей перед нанесением покрытия.

Список литературы

1. *Техника и технологии нанесения покрытий* / В.Я. Фролов, В.С. Клубникин, Г.К. Петров, Б.А. Юшин: учеб. пособие. – СПб: Изд-во Политехнического университета, 2008. – 387 с.
2. *Высокоэнергетические процессы обработки материалов* / О.П. Солоненко, А.П. Алхимов, Х.М. Рахимьянов и др. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2000. – 425 с. – (Низкотемпературная плазма. Т. 18).
3. *Рахимьянов Х.М.* Моделирование процесса формирования регулярного микрорельефа при ультразвуковом пластическом деформировании / Х.М. Рахимьянов, Ю.С. Семенова // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2010. – № 2. – С. 3–9.

Providing of substrate surface quality prior to coating by ultrasonic plastic deformation treatment

Kh. M. Rakhimyanov, Yu.S. Semyonova, M. A. Sautkina, V. A. Skrinnik, A.P. Likhatchev.

Novosibirsk State Technical University, Karl Marx avenue, 20,
Novosibirsk, 630073, Russian Federation

Abstract

Studies on the preparation of the substrate surface prior to coating are presented. The quality analysis of the surface, prepared by grit blasting to coating, is carried out. Results of studies on the boundary zone between the coating and the substrate prepared by grit blasting are performed. Negative effects of abrasive blasting, adversely affecting the quality of the coating, are revealed. A method of ultrasonic plastic deformation (UZPD) as an alternative to abrasive blasting is proposed. Advantages of this method in terms of a more evenly distributed and managed microrelief, the lack of microcracks, caricaturing the surface of an abrasive material, and ability to manage the stress-strain state of the surface layer of the substrate were showed.

Keywords: substrate surface quality prior to coating, abrasive flow machining, ultrasonic plastic deformation.

References

1. Frolov V.Ja., Klubnikin V.S., Petrov G.K., Jushin B.A. *Tehnika i tehnologii nanesenija pokrytij* (Technique and plating technologies). Saint Petersburg, St.Petersburg State Polytechnic University, 2008. 387 p.
2. Solonenko O.P., Alhimov A.P., Marusin V.V., Orishich A.M., Rahimjanov H.M., Salimov R.A., Shhukin V.G., Kosarev V.F. *Nizkotemperaturnaja plazma. T. 18: Vysokojenergeticheskie processy obrabotki materialov* (Low-temperature plasma. Vol. 18: High-energy materials processing). Novosibirsk, Nauka, 2000. 425 p.
3. Rahimjanov H.M., Semenova Ju.S. *Uprochnjajushhie tehnologii i pokrytija*, 2010, no. 2, pp. 3-9.