

## Литература

1. A. Goswami, A. Kerame, B. Espion Comprass-like robot Part II: Control Strategies, Research report INRIA, 1996. ies,
2. Смалюк А.Ф. Модель устойчивой пассивной ходьбы// Математическое моделирование деформируемого твердого тела: Сб. статей / под ред. О.Л. Шведа. –Мн.: ИТК НАН Беларуси, 1999 –С. 88—97.
3. Chigarev A., Smaliuk A. Simple mathematical model of uncontrolled biped walking. “Mechanika-99, Jnt. Conf., Kaunas, 1999.

## ОЧИСТКА ОТ НАГАРА И ПОЛИРОВАНИЕ КЛАПАНОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНЫМ ПОЛИРОВАНИЕМ

*И.Н. Янковский*

Научный руководитель - к.т.н. *Ю.В. Синькевич*  
*Белорусский национальный технический университет*

От качества очистки поверхностей деталей от загрязнений зависит производительность труда и культура производства при выполнении основных ремонтных операций. Одним из видов эксплуатационных загрязнений деталей двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является нагар, представляющий собой твердые углеродистые частицы, образующиеся в результате сгорания топлива и масла. Нагар имеет предел прочности на сжатие до 30 МПа при толщине обычно не превышающей 10 мм [1]. Существующие методы очистки от нагара (механический, химический, термохимический и комбинированный) имеют ряд недостатков: требуют применения ручного труда во вредных условиях, имеют не высокую производительность и качество очистки, оказывают влияние на физико-химические свойства поверхностного слоя металла [2]. Кроме того, детали ДВС после очистки от нагара, для обеспечения заданных геометрических параметров, в большинстве случаев дополнительно полируют.

С целью повышения производительности очистки, улучшения условий труда и культуры производства исследовалась возможность применения электроимпульсного метода обработки, совмещающего в одном процессе очистку поверхностей от нагара и полирование. Обрабатывались клапаны двигателей бронетанковой техники в течение 5 мин при напряжении  $U=280$  В и силе тока  $I=16...18$  А. Толщина нагара находилась в пределах от 1 до 5 мм. При оценке качества обработки в качестве критериев обработки были приняты: за время обработки клапан должен быть полностью очищен от нагара, диаметр пальца клапана должен находиться в пределах поля допуска, а шероховатость поверхности пальца не должна превышать  $Ra=1,25$  мкм.

На первом этапе обработка велась в электролите, содержащем хлорид-ионы. В этом случае не удалось обеспечить полного удаления нагара -- на поверхности шейки клапана осталось кольцо нагара шириной до 5 мм. Съем металла на сторону составил 20...25 мкм.

На втором этапе в состав электролита, наряду с увеличением концентрации хлорид-ионов, был введен обезжириватель НТ-М (А). Нагар и в этом случае удалить полностью не удалось. При этом оставшееся на шейке клапана кольцо нагара имело нехарактерный металлический оттенок. Съем металла на сторону превысил 50 мкм, а диаметр пальца клапана после обработки вышел за нижнее значение поля допуска.

На третьем этапе был использован электролит на основе сульфат- и фосфат-ионов. Перед электроимпульсной обработкой клапаны дополнительно химически обезжиривались в растворе щелочи, что привело к частичному разрыхлению нагара. После электроимпульсной обработки в течение 5 мин произошел основной съем нагара, однако на шейке клапан осталось кольцо нагара шириной до 5 мм. Съем металла на сторону составил 5 мкм, что позволяет нам увеличить время обработки до полного удаления нагара.

При проведении дальнейших экспериментов было установлено, что повышение напряжения до 380 В обеспечивает полное удаление нагара с поверхности клапана в различных

электролитах. При этом достигался уровень шероховатости ниже заданного, а диаметр пальца клапана находился в пределах поля допуска.

Полученные результаты доказывают перспективность применения электроимпульсного метода обработки в области очистки поверхностей от загрязнений значительной толщины.

#### **Литература**

1. Молодык Н.В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин. Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.: ил.

2. Справочник технолога авторемонтного производства. Под ред. Г.А. Малышева. М., «Транспорт», 1977. – 430 с.

## **ВЛИЯНИЕ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ**

*А.В. Марченко*

Научный руководитель – к.т.н., доцент *И.С. Фролов*  
*Белорусский национальный технический университет*

Особенностью механической обработки стальных деталей является формирование некондиционного внешнего слоя, содержащего внутренние и поверхностные дефекты, а также инородные включения и различные виды загрязнений. Поэтому для нанесения вакуумно-плазменных покрытий требуется предварительная подготовка поверхности подложек. Одним из перспективных методов такой подготовки является электроимпульсное полирование (ЭИП).

Целью работы являлось исследование влияния ЭИП подложек из стали 10 и 12Х18Н10Т на технологические свойства (шероховатость, пористость, микротвердость, адгезионная прочность) вакуумно-плазменных покрытий TiN.

Установлено, что при полировании стальных подложек в течении 1..3 мин шероховатость поверхности снижается с Ra 1..0,5 мкм до Ra 0,16..0,08 мкм, а при увеличении продолжительности обработки до 4..6 мин Ra достигает значений 0,125..0,04 мкм. При этом с подложки удаляется дефектный поверхностный слой и загрязнения, а обработанные поверхности характеризуются высокой отражательной способностью, отсутствием рисок, царапин, прижогов и других тепловых дефектов. На краях полированных подложек исчезают заусенцы и притупляются острые кромки.

Определено, что нанесение покрытия TiN при шероховатости подложки Ra>0,5 мкм практически не изменяет шероховатость поверхности, а при Ra<0,5 мкм шероховатость увеличивается только на 0,02..0,04 мкм. Шероховатость покрытия на механически полированных подложках оказалась выше в среднем на 0,01..0,04 мкм по сравнению с полированными в электролите, что объясняется более благоприятной топографией поверхности при ЭИП. Большие радиусы закругления элементов микрорельефа приводят к меньшей концентрации напряженности электрического поля на вершинах микронеровностей, что обеспечивает более равномерное осаждение покрытия на поверхности подложки.

Были проведены также исследования изменения относительной опорной длины профиля  $r_p$  после электроимпульсного полирования и последующего нанесения покрытия TiN. Наблюдалось уменьшение относительной опорной длины профиля у всех образцов с исходной шероховатостью Ra<1 мкм. Объясняется это избирательным осаждением ионов титана во время нанесения покрытия TiN методом КИБ. У образцов с исходной шероховатостью поверхности Ra 1,5..2 мкм после нанесения TiN покрытия наблюдалось увеличение относительной опорной длины профиля для всех значений уровня  $r$ . Это связано с «залечивающим» действием покрытия, особенно проявляющимся при ионной бомбардировке поверхностей с развитой шероховатостью.

Обработка стальных подложек ЭИП до шероховатости Ra 0,16..0,08 мкм обеспечивает снижение пористости покрытий в 5..8 раз и увеличение их адгезионной прочности в 1,2..1,3 раза, стабилизируя эти параметры на уровнях 3..4 см<sup>-2</sup> и 470..490 МПа соответственно. Это объясняется полным удалением дефектного поверхностного слоя и формированием при ЭИП