

relationship between the porosity and adhesion. Structural studies showed that the hard chromium is by nature a very porous material and if too high current is used while plating the work piece, the number of pores increase rapidly. That as a result causes cracks in coating.

The research also showed that the thickness of the coating depends on the time of specimen handling. The longer the process lasts, the thicker coating is achieved. However, plating excessively thick coating layer increases internal tensions in plated metal which also cause cracking and chunking.

From the results of micro-hardness tests, which showed 257–336 HV 3/15, it can be concluded that the durability of the coating is very high, so the hard-chromium is suitable for cover the cylinders of engines.

Further investigations could be carried out in the field of electrolytes to get to know their precise formulations, which allows determining the impact of different chemicals on plating results. In addition, the thickness of coating should be investigated due to internal tensions in other words; it is advisable to continue the research to find out how thick layer at a time can be plated to prevent generating excessive internal stresses.

## **ПОЛУЧЕНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ В КАТОДНОМ РЕЖИМЕ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ**

**Ю. Г. Алексеев<sup>1</sup>, В. С. Нисс<sup>2</sup>, А. А. Паршутто<sup>1</sup>,  
А. Ю. Королев<sup>1</sup>, А. П. Симончик<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>НТП БНТУ «Политехник», Минск, Беларусь,  
тел./факс: 292-25-98, e-mail: korolyov@metolit.by*

*<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет, Минск,  
Беларусь, тел.: 296-67-22, e-mail: niss@metolit.by*

Электролитно-плазменная обработка (ЭПО) является относительно новой технологией инженерии поверхности, которая включает в себя как анодные процессы (такие, как очистка, полирование, создание оксидных пленок и т.п.), так и катодные процессы

(например, термическая и химико-термическая обработка, очистка).

ЭПО имеет электрохимическую природу, аналогичную гальваническим процессам. Однако применяемое рабочее напряжение во всех технологических процессах ЭПО значительно выше, чем в гальванических технологиях. Двухфазная система электрод–электролит, возникающая при обычном электролизе превращается в четыре составляющих:

электрод, парогазовая оболочка (ПГО), газовый электрический разряд и электролит (рис. 1). В канале электрического разряда образуется низкотемпературная плазма, оказывающая химическое и термическое воздействие на поверхность образца.

Типичная зависимость плотности тока от рабочего напряжения и полярности детали (вольт-амперная характеристика) процесса ЭПО представлена на рис. 2. На характеристике можно вы-

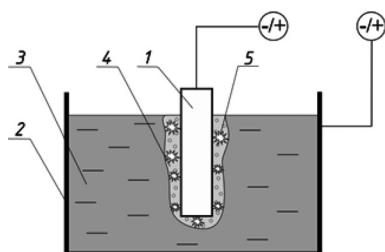


Рис. 1. Схема электролитно-плазменной обработки: 1 – деталь (анод или катод); 2 – ванна; 3 – электролит; 4 – парогазовая оболочка; 5 – электрический разряд

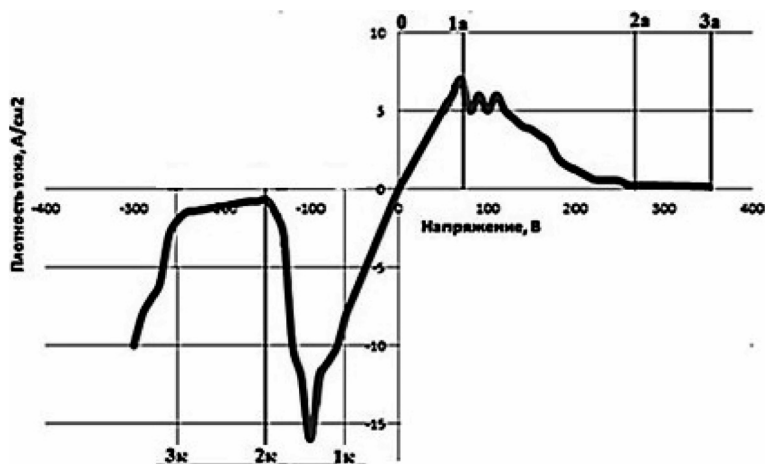


Рис. 2. Зависимость плотности тока от рабочего напряжения и полярности детали

делить три характерные зоны независимо от полярности детали: 0–1к, 0–1а – электрохимический процесс электролиза в жидком электролите; 1к–2к, 1а–2а – переходной (коммутационный) процесс с периодическим образованием парогазовой оболочки за счет кипения электролита у поверхности детали; 2к–3к, 2а–3а – зона устойчивого пленочного кипения электролита с образованием стабильной ПГО. Для технологического применения обычно используются режимы в зоне 2–3.

Для определения возможности нанесения металлических покрытий на изделия в катодном процессе ЭПО были проведены исследования по нанесению цинка и никеля на плоские образцы из стали Ст3. В качестве электролитов использовались сульфаты металлов, формирующих гальванические покрытия (цинка и никеля). Разработанная схема нанесения покрытий представлена на рис. 3. Обрабатываемое изделие 2 закрепляется над поверхностью бака с электролитом и подключается к отрицательному полюсу источника питания 1. Электролит из бака 6 с помощью циркуляционного насоса 7 прокачивается через спрейер 3 и направляется на поверхность заготовки-катада. В спрейере

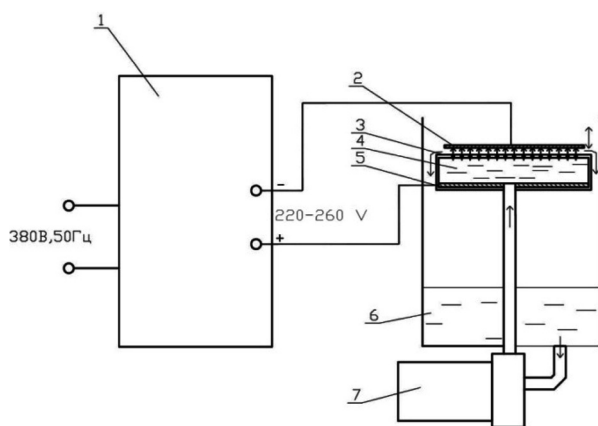


Рис. 3. Схема нанесения гальванических покрытий на плоские образцы в режиме катодной ЭПО

находится электрод 5, подключенный к положительному полюсу источника питания.

Положительно поляризованный электролит 4, выходя из спрейера, создает на поверхности заготовки-катода парогазовую оболочку, в которой одновременно протекают два процесса: электролиз в жидкой среде за счет разности потенциалов между заготовкой (катодом) и рабочей ванной (анодом) и возникновение электрических разрядов в парогазовой оболочке вокруг поверхности заготовки, за счет чего происходит формирование электролитной плазмы. Эти особенности процесса катодной ЭПО обеспечивают высокую адгезию наносимого гальванического покрытия. Установлено, что прочное соединение покрытия с основой достигается за счет электрических разрядов в электролитной плазме, которые приводят к локальному нагреву микронных детали и осажденного покрытия выше температуры плавления и получению сплава материала детали и покрытия. В результате образуется плавный переход от материала детали к материалу покрытия без переходной зоны в отличие от традиционного гальванического покрытия.

Проведенные микроструктурные исследования полученных цинковых и никелевых покрытий позволили установить, что в зависимости от технологических параметров обработки толщина наносимого покрытия может достигать 30–40 мкм.

В результате экспериментальных исследований установлены зависимости, характеризующие влияние температуры электролита (рис. 4) и рабочего напряжения (рис. 5) на скорость нанесения гальванических цинковых покрытий.

Из полученных зависимостей видно, что производительность процесса нанесения покрытий повышается при снижении температуры электролита и рабочего напряжения. Повышение скорости нанесения покрытий при снижении температуры электролита происходит из-за уменьшения парообразования в парогазовой оболочке, что обеспечивает уменьшение ее толщины. Уменьшение толщины парогазовой оболочки приводит к повышению плотности рабочего тока и соответственно производительности процесса нанесения покрытий.

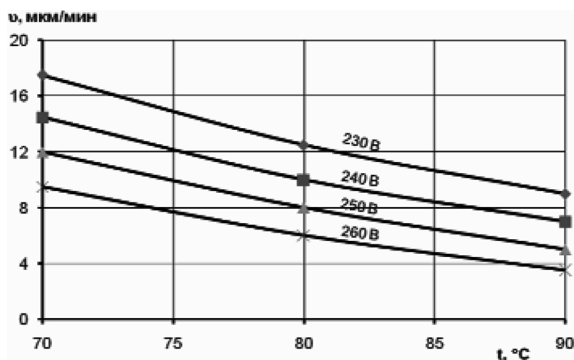


Рис. 4. Влияние температуры электролита на скорость нанесения гальванических цинковых покрытий

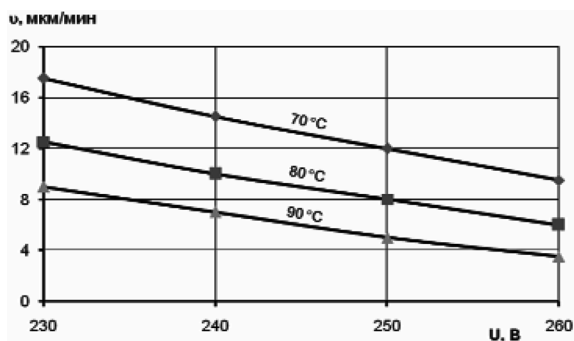


Рис. 5. Влияние рабочего напряжения на скорость нанесения гальванических цинковых покрытий

Установлено, что формирование качественных покрытий возможно в следующих диапазонах технологических параметров: концентрация электролита 16–24 %, температура электролита 75–90 °С, рабочее напряжение 200–260 В, продолжительность обработки 30–90 с.

Исследование технологических особенностей разработанного метода позволило сделать вывод о том, что наиболее перспективной областью его применения является нанесение гальванических покрытий на поверхности плоских и цилиндрических профилей бесконечной длины, получаемых прокаткой и волоче-

нием и требующих защиты от коррозии. В частности метод может быть использован для нанесения покрытий на поверхность катанки, ленты, листа, проволоки, прутка, арматуры и др.

**Выводы.** 1. Разработан метод нанесения гальванических покрытий на основе цинка и никеля в катодном режиме ЭПО, обеспечивающий высокую адгезию наносимого покрытия.

2. Прочное соединение покрытия с основой достигается за счет электрических разрядов в электролитной плазме, которые приводят к локальному нагреву микрон зон детали и осажденного покрытия выше температуры плавления и получению сплава материала детали и покрытия. В результате образуется плавный переход от материала детали к материалу покрытия без переходной зоны в отличие от традиционного гальванического покрытия.

3. Установлено, что формирование качественных покрытий толщиной до 40 мкм возможно в следующих диапазонах технологических параметров: концентрация электролита 16–24 %, температура электролита 75–90 °С, рабочее напряжение 200–260 В, продолжительность обработки 30–90 с.

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ КОРРОЗИОННО-СТОЙКИХ И ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ХРОМА НА РЕЖУЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ**

**М. А. Андреев, Л. В. Маркова, А. Н. Суворов,  
Ю. О. Лисовская**

*Институт порошковой металлургии,  
Минск, Беларусь, тел.: 292-63-63, факс: 210-11-17,  
e-mail: andrejev.mikhail@gmail.com*

Для повышения эксплуатационных характеристик и обеспечения длительной работоспособности режущего инструмента существует множество способов обработки его поверхности, включая нанесение износостойких, упрочняющих, коррозионно-стойких и других функциональных покрытий физическими и хи-