

## СОВМЕЩЕННАЯ УПРОЧНЯЮЩАЯ ОБРАБОТКА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ НАРУЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Миранович А.В., Акулович Л.М.

Белорусский государственный аграрный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь

Для повышения срока службы деталей машин, работающих в условиях коррозионно-абразивного изнашивания, в машиностроении широко применяют технологии термического упрочнения, нанесения покрытий, а также способы плазменного и лазерного модифицирования поверхностей, обеспечивающие формирование наноструктурированных поверхностных слоев высокой твердости [1]. Рациональное сочетание материалов трущихся деталей и технологий их упрочнения с образованием защитных градиентных покрытий на рабочих поверхностях позволяет обеспечивать комплекс физико-механических характеристик поверхностных слоев, соответствующий эксплуатационным требованиям в конкретных условиях работы. Однако опыт применения технологий упрочнения поверхностей показывает, что каждый из известных способов имеет свою конкретную область рационального применения, а некоторые из них исчерпали свои возможности. Поэтому актуальным является одновременное воздействие на упрочняемую поверхность несколькими видами энергии, например, механической, химической, тепловой, электромагнитной, лучевой и др. Такое воздействие высокоэнергетическими концентрированными потоками энергии реализуют современные электрофизические и электрохимические методы. Способы, основанные на использовании энергии света и магнитного поля, которая является естественным неисчерпаемым источником, наиболее перспективны. Электромагнитные потоки наиболее просты в реализации и удобны в управлении, что является предпосылкой для создания технологий комбинированной упрочняющей размерной обработки [2], например, при совмещении магнитно-электрического упрочнения (МЭУ) (рисунок 1) со шлифованием (*а*) и с поверхностным пластическим деформированием (ППД) (*б*).

При классической схеме МЭУ наружных цилиндрических поверхностей заготовку 1 располагают относительно полюсного наконечника электромагнита 2 (см. рис. 1) с определенным зазором, а полюсный наконечник и заготовку подключают к источнику импульсного технологического тока 6. В зазор из бункера-дозатора 4 подают ферромагнитный порошок (ФМП), частицы которого при попадании в рабочий зазор выстраиваются под действием магнитного поля в токопроводящие «цепочки» 3 и замыкают электрическую цепь. При прохождении электрического разряда по «цепочке» частицы ФМП в местах контакта оплавляются, и расплав наносится на поверхность заготовки в виде точечных вкраплений. Упрочненный слой формируется путем

образования на поверхности детали множества точечных вкраплений из материала частиц порошка. Первоначально на поверхности формируются единичные точечные вкрапления округлой формы, затем участки между ними заполняются новыми вкраплениями. После МЭУ шероховатость поверхности находится в пределах  $Ra\ 12.5...40$  (мкм), что требует последующей чистовой обработки.

Шлифование можно совместить с МЭУ (рисунок 1, а), соблюдая постоянство расстояния от образующей абразивного круга до оси детали, что обеспечит нанесение покрытия заданной толщины.

При совмещении МЭУ с ППД (рисунок 1, б) для разогрева поверхностного слоя используется технологическое тепло, образовавшееся от прохождения энергии электрических разрядов при МЭУ. Шероховатость поверхности после комбинированного упрочнения находится в пределах  $Ra\ 1,25 \dots 0,63$  (мкм) и увеличивается опорная поверхность (рисунок 2), характеризующая распределение металла по высоте в шероховатом поверхностном слое.

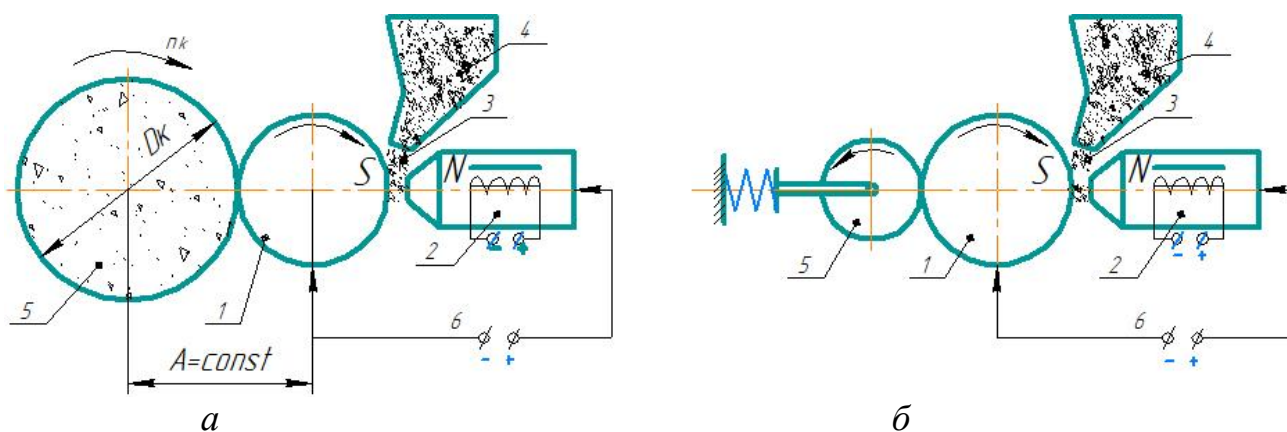


Рисунок 1 – Схема совмещения МЭУ со шлифованием (а) и с ППД (б):  
 1 – заготовка; 2 – электромагнит; 3 – ферромагнитный порошок; 4 – бункер-дозатор; 5 – шлифовальный круг (а), 5 – деформирующий инструмент (б); 6 – источник разрядного тока

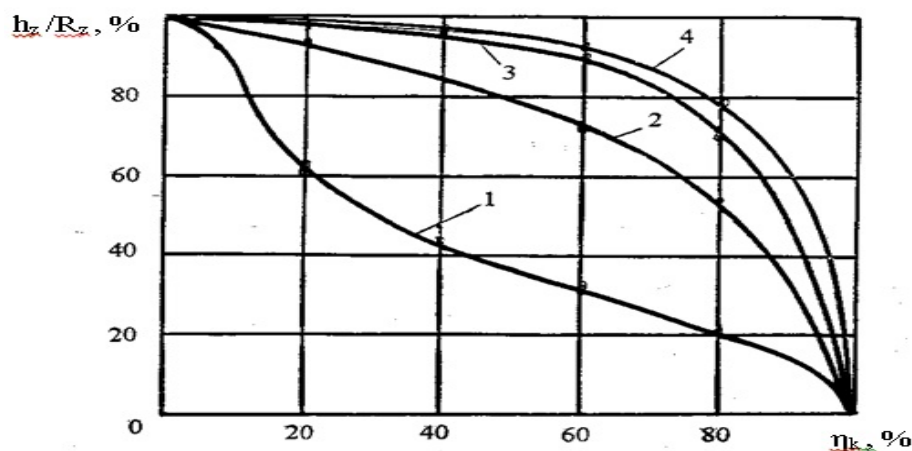


Рисунок 2 – Опорные кривые упрочненных поверхностей: 1 – МЭУ, 2 – МЭУ с ППД, 3 и 4 – МЭУ со шлифованием;  $h_z$  – высота уровней;  $R_z$  – высота неровностей;  $\eta_k$  – отношение отрезков внутри контура ко всей длине

Установлено:

- предложенная схема совмещения МЭУ со шлифованием позволяет контролировать толщину наносимого покрытия;
- опорная поверхность после совмещения МЭУ с чистовыми способами обработки увеличивается в 2...3 раза.

1. Технологические и эксплуатационные методы обеспечения качества машин / В. Б. Альгин [и др.] ; под общ. ред. П. А. Витязя. – Минск : Беларус. Навука. 2010. – 109 с.
2. Обработка и упрочнение поверхностей при изготовлении и восстановлении деталей / В. И. Бородавко [и др.]; под общ. ред. М. Л. Хейфеца и С. А. Клименко. – Минск : Беларуская навука. 2013. – 463 с.

УДК 621.192

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ КОНЦЕВЫМИ ФРЕЗАМИ**

**Михайлов М.И., Кирпичев Е.А., Лукьянчик К.В., Мякенький А.Г.**

Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого  
Гомель, Республика Беларусь

Как известно, применяются четыре способа фрезерования отверстий [1]. При первом способе – фреза вводится в центр отлитого или предварительно просверленного отверстия с ускоренной подачей. После включения вращения шпинделя фрезу с рабочей подачей перемещают по оси, перпендикулярной направлению движения. При этом осуществляется два вида подхода фрезы к точке, лежащей на круговой эквидистанте. В первом случае фрезу сразу же подводят к точке, после чего осуществляют фрезерование с использованием круговой интерполяции в плоскости. Но в этом случае при быстрой смене направления фрезерования происходит изменение жёсткости технологической системы, в результате чего образуется зарез на поверхности отверстия. Чтобы избежать этого, участок подхода фрезы разбивается на два участка, и на втором участке снижают рабочую подачу. Кроме того, может быть принят такой случай, когда после касания фрезой окружности производится останов движения подачи и после некоторого промежутка времени возобновляется обработка по дуге окружности. Если производится обработка большого отверстия с предварительно полученным отверстием, то фрезу следует подводить не в центр отверстия, а к его краю, что даёт возможность уменьшить время подхода к обрабатываемой поверхности. Отличие второго способа от первого заключается в том, что фреза не прямо подходит к поверхности обрабатываемого отверстия, а по определённому радиусу, что уменьшает влияние изменения действия сил технологической системы.