

роховатости металла, предварительно обработанного ортофосфорной кислотой и лучшей адгезией пленки из краски с наполнителем из окисла металла желтого цвета с поверхностью (в другой группе образцов часто наблюдалось отслаивание покрытия в соседних площадках контакта). У других групп образцов значения глубины ЗЛВ и поверхностной микротвердости соответственно составили: для покрытия из краски с наполнителем из окисла металла желтого цвета -  $h = 0,25 \dots 0,30$  мм и  $8\ 000 \dots 8\ 500$  МПа, для окисной пленки ортофосфорной кислоты -  $h = 0,20 \dots 0,25$  мм и  $8\ 000 \dots 8\ 200$  МПа. На образцах без покрытия значительных изменений поверхностной микротвердости не наблюдалось.

Таким образом, было установлено, что наибольшая эффективность в условиях лазерной термообработки импульсным излучением стали Х12М без оплавления поверхности достигнута применением комплексного покрытия из краски с наполнителем из окисла металла желтого цвета и окисной пленки ортофосфорной кислоты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Белый, А.В. Поверхностная упрочняющая обработка с применением концентрированных потоков энергии. – Мн., 1990. – 78с.
2. Коган, Я.Д. Перспективы развития технологий поверхностного упрочнения материалов деталей машин и инструмента // МиТОМ. 1993. №8. С.5-9.
3. Маликов, Л.С. и др. Лазерное упрочнение штампового инструмента // Технология и организация производства. – Киев, 1986. №2. С. 46-48.
4. Жуков, А.А., Кокора, А.Н., Заря, А.Н., Ермакова, Т.С. Особенности структуры и свойств вырубных штампов после дополнительного поверхностного упрочнения режущей кромки при помощи лазерного излучения. ФиХОМ, 1977. №1. С. 141-143.
5. Лазерная техника и технология. В 7 кн. Кн. 6 Основы лазерного термоупрочнения сплавов / Под ред. А.Г. Григорьянца. – М.: Высш. Шк., 1988. – 159с.
6. Рыжов, Э.В., Тютюнников, В.И., Бюдов, В.Т., Горленко, О.А. Технологическое управление параметрами состояния поверхности при лазерной обработке. ФиХОМ, 1983. №1. С.20.
7. Коваленко, В.С. Упрочнение деталей лучом лазера. Киев.: Техника, 1981. – 156с.
8. Андрияхин, В.М., Зверев, С.В., Чеканова, Н.Т. Упрочнение стали У10 лазерным излучением // Автомобильная промышленность 1980. №6. С.28.
9. Патент США № 4313771 Заявлен 29.02.80., Опубл. Б.И. в СССР и за рубежом. 1982. Вып.65., №11.
10. Голубев, П.П., Гурченко, П.С., Кабакович, М.В., Корунчиков, А.И. Износостойкость образцов из стали и чугуна, упрочненных лучом лазера и обычными методами // Автомобильная промышленность 1982. №11. С.27.
11. Андрияхин, В.М., Чеканова, Н.Т. О некоторых видах покрытий, используемых при обработке металлов излучением лазера // Поверхность. 1983. №2. С.145.

УДК 621.793.001.57:621.777.42

*Харченко В.В., Мрочек Ж.А.*

## ПОЛУЧЕНИЕ ПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРЕССОВАНИЕМ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Для производства продукции различного функционального назначения используются технологии изготовления изделий с пленочными покрытиями, создаваемыми за счет испарения металлов в вакууме [1], и прессования многослойных металлических изделий [2]. Однако, по возможностям реализации, как первые, так и вторые имеют определенные ограничения. Так для вакуумных технологий возникают сложности при создании покрытий на длинномерных или неограниченной длины изделиях, тогда как для технологий прессования от-

сутствует возможность управления толщиной наносимых покрытий, что исключает получение пленочных.

Для обеспечения возможностей получения качественной адгезии и управления изменением толщины наносимого покрытия была разработана новая технология прессования [3]. Отличительной ее особенностью от известных способов [2] является использование радиальной подачи материала покрытия на поверхность основы вместо их совместного соосного прессования.

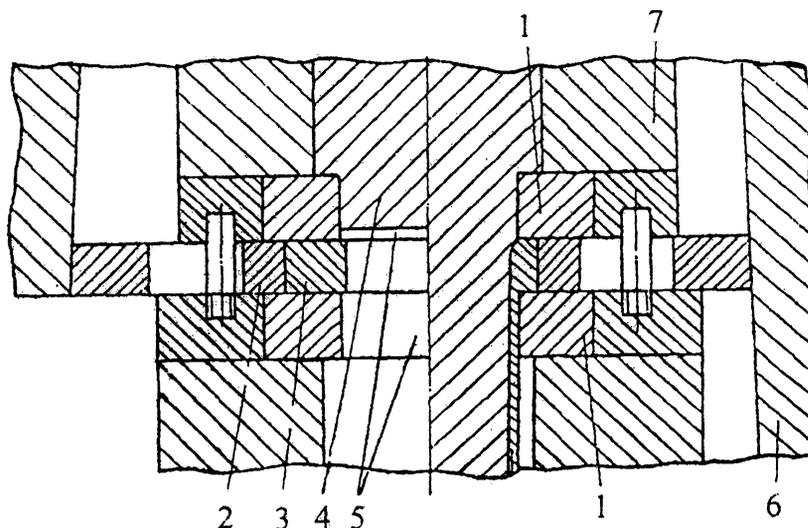


Рисунок 1 – Схема формирования покрытия на прессуемом профиле

Реализация разработанной технологии (Рисунок 1) осуществлялась по схеме, включающей установку в среднюю часть матрицы 1 перед прессованием нагретой заготовки из материала покрытия, которая выполнялась в виде кольца 3 с очком в поперечном сечении, совпадающим по форме с сечением калибрующей части 5 матрицы. Контейнер 7, через который подавался нагретый материал профиля, перед деформированием прижимался к торцевой поверхности матрицы 1. При воздействии на материал основы 4 плунжером и приведении в движение материала покрытия секционными толкателями 2, взаимодействующими своими коническими поверхностями с внутренней поверхностью перемещающегося бандажа 6, начинался процесс формообразования основы и нанесение материала покрытия на профиль.

Моделирование такой схемы процесса формирования покрытия подтвердило как ее обоснованность для получения качественной адгезии, так и возможность управления его толщиной. Так при нанесении медного покрытия на боковую поверхность заготовки, выполненной из стали 10, был получен слой, толщина которого равнялась 2 мкм (Рисунок 2), а между впадинами микронеровностей ее поверхности она достигала 4 мкм [4].

В отличие от технологий соосного перемещения материалов основы и покрытия [2] в разработанной технологии покрытие подвергается дополнительным сдвиговым деформациям. Аналогичные деформации материалов наблюдаются при их поперечно-боковом прессовании [5]. Такие однонаправленные сдвиговые деформации (их называют деформациями простого сдвига) могут быть реализованы только в таких процессах [5, 6], разновидностью которых фактически является и предложенный процесс нанесения покрытий. Отличительной особенностью инструмента для реализации рассматриваемых дополнительных деформаций в профилях является наличие в нем двух разнополюсных концентраторов напряжений. Возле одного полюса на поверхности деформируемого металла создаются высокие давления, а возле другого низкие.



Рисунок 2 – Снимок фрагмента поперечного сечения профиля с покрытием

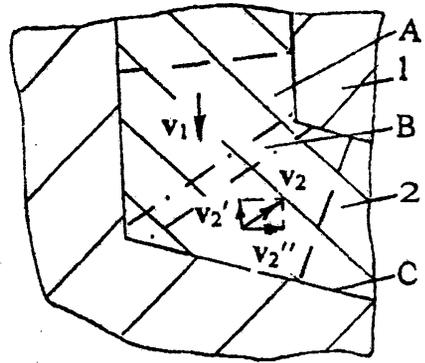


Рисунок 3 – Фрагмент сечения инструмента для осуществления поперечно-бокового прессования материала

Механизм взаимодействия частей формуемого металла, приводящего к однонаправленным сдвиговым деформациям в поперечных сечениях профиля можно объяснить следующим образом [7]: в некоторой области поперечного сечения А инструмента 1, где происходит изменение направления движения металла 2, перемещающийся поток можно разделить на два (Рисунок 3). Один из них (первый поток) имеет скорость  $v_1$ , совпадающую с направлением действия плунжера. Второй имеет скорость  $v_2$ , направленную под углом к скорости  $v_1$ , и представляет собой поток металла, возникший в результате отражения первого от стенки С в месте ее перегиба в результате упруго-пластического взаимодействия. Попадающие под воздействие двух потоков слои металла В будут деформироваться однонаправленным сдвигом, когда  $v_2$  будет иметь составляющую скорости  $v_2''$ , направленную в противоположную сторону  $v_1$ .

Установлено, что такие сдвиговые деформации способствуют снижению неоднородности структурных особенностей в поперечных и продольных сечениях материала покрытия по сравнению со структурными особенностями покрытий на профилях, изготавливаемых другими способами прессования. Однако полагать наличие больших сдвиговых деформаций между материалами покрытия и основы в предложенной технологии, по сравнению с существующими схемами изготовления профилей с покрытием, нет оснований. Наличие таких сдвиговых деформаций между материалами покрытия и основы обеспечивают возможность их соединения [2].

Предложенный способ изготовления профилей с покрытием, в том числе и многослойным, может быть распространен на другие виды продукции, например, на получение листовых изделий с покрытиями. Эти изделия могут выполняться, в частности, для кузовных деталей машин, как с защитными, так и декоративно-защитными покрытиями. Предложенный метод является экологически приемлемым и не более энергетически затратным, по сравнению с существующими технологиями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Плазменно-вакуумные покрытия/Ж.А.Мрочек, А.К.Вершина, С.А.Иващенко и др. Мн.: УП «Технопринт». 2004. – 369с.
2. Король, В.И., Гидьденгорн, М.С. Основы технологии производства многослойных металлов. М.: Металлургия. 1970. – 236с.
3. Способ нанесения покрытия на профиль: А. с. 1699672 СССР: МКИ В 21 С 23/22 (В.В.Харченко). Бюл. изобрет. 1991. № 47.
4. Харченко, В.В., Тюрин, Л.Н., Макушок, Е.М. и др. Некоторые закономерности процесса нанесения радиальным обжатием покрытия на прессуемый профиль//Весті АН

Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. 1994. №2. С. 43–47. 5. Жолобов, В.В., Зверев, Г.И. Прессование металлов. М.: Металлургия, 1971. – 455с. 6. Процессы пластического структурообразования металлов/Сегал В.М., Резников В.И., Копылов В.И. и др.– Мн.: Навука і тэхніка. 1994. – 232с. 7. Макушок, Е.М., Харченко, В.В.//Докл. НАН Беларусі. 1999. Т. 43, №2. С. 116–119.

УДК 621.9.048.4.06

*Нерода М.В.*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ШЛИФОВАНИЯ УПРОЧНЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ**

*УО «Барановичский государственный университет»  
Барановичи, Беларусь*

Магнитно-электрическое шлифование (МЭШ) является способом комбинированной обработки токопроводящих материалов, сочетающим процессы абразивного микрорезания с электроконтактным и/или электроэрозионным воздействием магнитного поля [1]. Физическая сущность МЭШ заключается в механическом контакте абразивного токопроводящего инструмента с поверхностью детали, замыкании электродов (инструмент-деталь) продуктами шлифования по локальным пятнам контакта, расплавлении контактных мостиков теплотой электротоков и образовании разрядов с последующими электроэрозионными явлениями, происходящими под действием внешнего магнитного поля [2, 3, 4]. Разрушение обрабатываемой поверхности при МЭШ происходит в результате микрорезания и пластического отгеснения металла зернами абразива, электроконтактного расплавления стружки и оплавления поверхности, электроэрозионных явлений и воздействий магнитного поля на расплав и продукты эрозии. Сочетание этих процессов определяет специфику формирования микрогеометрии поверхности при МЭШ.

Для обработки МЭШ упрочненных поверхностей деталей была создана специальная установка на базе фрезерного станка Н1Ф. Обработку поверхностей образцов производили в соответствии со схемой, представленной на Рисунок 1. Токопроводящий абразивный круг 7 через скользящий контакт 6 и обрабатываемый образец подсоединялись соответственно к отрицательному и положительному полюсам выпрямителя 3. Магнитное поле создавалось с помощью индуктивных катушек 5 и магнитопровода 8. Регулирование силы тока в цепи и магнитной индукции производилось ЛАТРом 1 и 9.

Для составления моделей МЭШ поверхностей, наплавленных сормайтотом ГН1, исследования проводились по центральному ротатбельному композиционному плану [5] на основе полного факторного эксперимента 25. В качестве параметров оптимизации процесса были приняты: шероховатость поверхности  $Ra(Y_1)$  [мкм] после обработки и съем материала  $Q(Y_2)$  [мг] покрытия. Переменными являлись следующие факторы: технологический ток  $I$  [А], величина магнитной индукции  $B$  [Тл], скорость резания  $V$  [м.с-1], глубина шлифования  $H$  [мм], продольная подача  $S$  [мм.с-1].

Постоянным фактором в опытах была принята зернистость токопроводящего круга ПП250х25х32-5С25Т6КАЛ. В каждой точке плана проводилось по четыре повторных опыта. Условия опытов представлены в таб.1.