

УДК 621.762
ФОРМИРОВАНИЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПОРОШКА
ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ

Г. П. ТАРИКОВ, А. Т. БЕЛЬСКИЙ, В. В. КОМРАКОВ

Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. П. О. Сухого»
Гомель, Беларусь

До настоящего времени нанесение покрытий методами обработки металлов давлением представляет собой определенный интерес. Учитывая, что волочение является высокопроизводительным процессом, была разработана технология нанесения защитных покрытий на длинномерное изделие в процессе волочения.

Формирование порошкового покрытия осуществлялось на волочильном стане барабанного типа следующим образом.

Длинномерное изделие протягивается через волочильный инструмент в рабочий конус которого подается порошковый материал. Активными силами трения порошок увлекается проволокой в деформационную зону волоки, где происходит его деформация.

Схватывание частиц порошка друг с другом, а также адгезия к материалу длинномерного изделия происходит вследствие возникающих нормальных напряжений в очаге уплотнения и деформации.

Распределение нормальных напряжений вдоль очага деформации определяется по зависимости:

$$\sigma = \frac{[k - B/(m + A)](D_x^2 - d^2)^A}{(D_0^2 - d^2)^{m+A}} + \frac{B}{(m + A)(D_x^2 - d^2)^m},$$

где k , B и A – постоянные коэффициенты, определяемые по зависимостям:

$$k = \beta n_t n_v \nu_k^m (D_k^2 - d^2)^m \sigma_{mc}; B = k \left(m + 1 + \frac{d}{2 \operatorname{tg} \alpha D_{cp}} \right);$$

$$A = 1 + \frac{f_1 + \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha (1 - f_1 \operatorname{tg} \alpha)},$$

β – коэффициент Лоде; n_v – коэффициент, учитывающий влияние скорости; n_t – коэффициент, учитывающий влияние температуры; ν_k – относительная плотность покрытия; D_k – диаметр волоки, где порошковый материал достигает плотности компактного металла; d – диаметр проволоки; m – коэффициент, принимающий значение от 3 до 5; σ_{mc} – усредненное значение сопротивления металлической порошка пластической деформации; 2α – угол рабочего конуса волоки; D_{cp} – средний диаметр в зоне деформации волоки;

f_1 – коэффициент трения порошкового материала по поверхности волокни; D_0, D_x – начальный и текущий диаметр деформационной зоны волокни.

Деформация отдельных частиц порошка имеет место по всей длине рабочей зоны волокни. Однако в первой стадии волочения преимущественное значение в уплотнении порошкового материала имеет относительное перемещение частиц, а во второй стадии преобладает их деформация.

В результате деформации частиц и протягиваемой проволоки происходит увеличение их поверхностей. Относительное увеличение поверхности частицы порошка вследствие протекания пластической деформации можно рассчитать по зависимости:

$$\Delta = 1,5 (16 / 9\pi)^{1/3},$$

а относительное увеличение площади боковой поверхности проволоки в результате пластической деформации по отношению к исходной

$$\Delta = \sqrt{\mu},$$

где μ – вытяжка, характеризующая степень деформации.

Адгезия покрытия из металлического порошкового материала идет с высоким уровнем активации частиц в результате их деформации, которая приводит к увеличению и обновлению поверхности, повышению потенциальной энергии атомов и выделению тепла. Весь комплекс физико-химических явлений, происходящих как внутри порошкового слоя, так и на поверхности проволоки приводит к получению соединения в твердой фазе.

Указанным способом осуществлялось формирование покрытий на стальной проволоке из порошков олова, свинца, меди и цинка. Толщину покрытия защитного слоя измеряли на поперечных микрошлифах с использованием металлографического микроскопа.

В результате математической обработки полученных экспериментальных данных была получена эмпирическая зависимость для определения толщины слоя

$$h = A \left(1 - d \ln \frac{d}{d_{\text{вол}}} \right),$$

где A – коэффициент, определяемый опытным путем и зависящий от скорости волочения, материала проволоки, вида порошкового материала и геометрии волочильного инструмента; d – диаметр проволоки; $d_{\text{вол}}$ – диаметр волокни.

С увеличением дисперсности порошкового материала наблюдается увеличение толщины покрытия из порошкового металлического материала, а с увеличением скорости волочения – толщина защитного слоя на проволоке уменьшается.