

# ИССЛЕДОВАНИЕ КОГЕЗИИ ПОКРЫТИЯ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПОРОШКА

**И. С. Плешкунов**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель А. Т. Бельский

Нанесение покрытий методами обработки металлов давлением представляет собой определенный интерес до настоящего времени. 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 протягивалось через волочильный инструмент, в рабочий конус которого подавался порошковый материал. Активными силами трения порошок увлекается проволокой в деформационную зону волоки, где происходит его деформация.

Образования соединения при формировании покрытия представляет собой сложный процесс, так как соединение происходит при совместной пластической деформации при температурах ниже температуры рекристаллизации.

Известны несколько подходов к объяснению этого явления [1]–[3]. В соответствии с энергетической теорией для образования соединения необходимо повысить уровень энергии соединяемых металлов путем нагрева, упругой или пластической деформацией.

Авторы дислокационной теории утверждают, что для соединения в твердой фазе необходимо обеспечить выход дислокаций к поверхности соединения.

В соответствии с теорией топохимических реакций соединение в твердой фазе происходит в результате развития физического контакта через сближение, возбуждение активных центров путем давления и нагрева возле выхода дислокаций.

При формировании покрытия из металлического порошка в процессе волочения имеются все предпосылки образования соединения в твердой фазе как отдельных частиц друг с другом, так и с длинномерным изделием.

Деформация отдельных частиц порошка наблюдается по всей длине рабочей зоны волоки. Однако на первой стадии волочения преимущественное значение в уплотнении порошкового материала имеет относительное перемещение частиц друг относительно друга, а на второй стадии преобладает их деформация.

Так как работа деформации в основном переходит в тепло, то в результате этого явления происходит как локальный, так и общий нагрев деформируемых тел, который способствует развитию металлических связей за счет увеличения подвижности атомов и протеканию процессов диффузии соединяемых металлов.

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.

Существующие методы определения прочности наносимых покрытий основаны на различии физико-механических свойств металла покрытия и основного металла детали. Большинство качественных методов основано на деформации образца, при которой происходит разрушение покрытия или основного металла. Метод контроля выбирают в зависимости от металла покрытия, вида и назначения детали.

Анализируя существующие методы прочности покрытия, за основу был взят метод изгиба. Для определения когезии покрытия из металлического порошка была разработана и изготовлена установка (рис. 1).

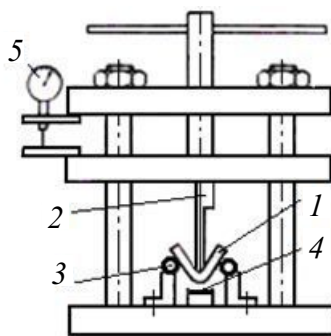


Рис. 1. Установка для определения когезии покрытия

Испытания прочности когезии покрытия проводили следующим образом. Образец с покрытием 1 помещали на ролики 3, расстояние между которыми регулировалось в зависимости от диаметра испытуемого образца. Перемещая пуансон 2, осуществляли деформацию изгиба образца до тех пор, пока не происходило разрушение покрытия, которое фиксировали с помощью зеркала 4. Величину перемещения пуан-

сона, который имел закругление, равное половине диаметра испытуемого образца, определяли с помощью индикатора 5. В качестве угла загиба принимался угол поворота одной части образца по отношению к другой части, лежащей по другую сторону от пуансона.

Исследованию на когезию подвергались металлические порошковые покрытия, полученные при различных условиях формирования на длинномерном изделии в процессе его волочения.

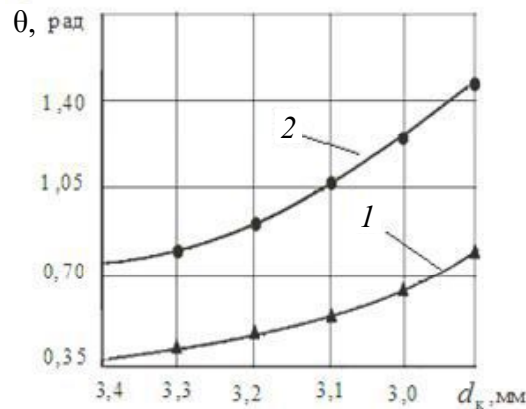


Рис. 2. Зависимость угла загиба от степени деформации:  
1 – покрытие из оловянного порошка; 2 – покрытие из свинцового порошка

Исследуя влияние степени деформации длинномерного изделия при нанесении покрытий из порошка олова марки ПО2 и порошка свинца марки ПС2 на стальной проволоке марки БСтЗкп с исходным диаметром  $d_n = 5,53$  мм и скоростью волочения  $V = 0,106$  м/с, было замечено, что увеличение степени деформации при волочении приводит к увеличению когезия покрытия (рис. 2).

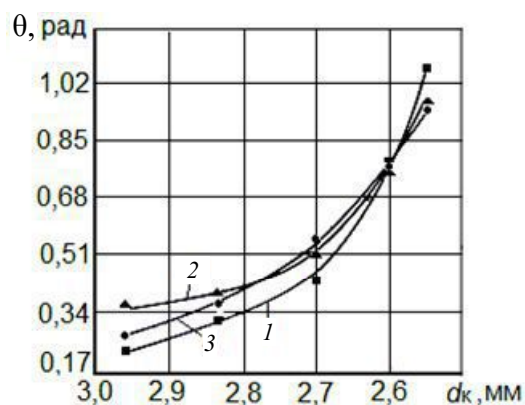


Рис. 3. Влияние угла загиба от степени деформации при различных скоростях волочения:  
1 –  $V = 0,134$  м/с; 2 –  $V = 0,209$  м/с; 3 –  $V = 0,074$  м/с

Исследуя когезию оловянных покрытий на медной проволоке при различных скоростях волочения, были получены результаты, представленные на рис. 3. Из зависимостей видно, что при применении волочильного инструмента с диаметром ка-

либрующей зоны  $d_k = 2,6$  мм при различных скоростях когезии покрытий имеет примерно одинаковое значение.

Изучая влияние дисперсности металлического порошка на когезию покрытия, полученного в процессе волочения длинномерного изделия, были получены результаты, изображенные на рис. 4.

Формирования покрытий осуществляли с применением свинцового порошка различной дисперсности, полученного из свинца марки С2 путем распыления.

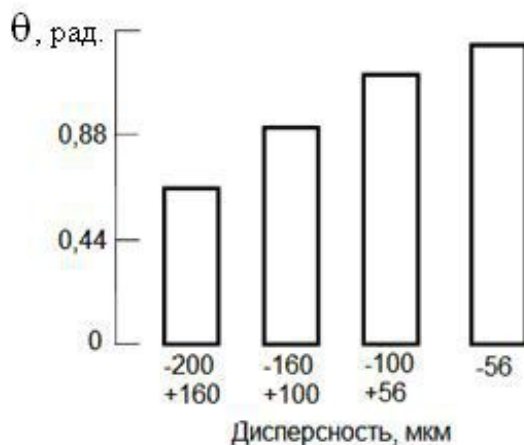


Рис. 4. Зависимость угла загиба от дисперсности порошка

Получения порошков различного гранулометрического состава осуществляли путем просеивания порошка через наборы сит.

Формирования покрытия из порошка свинца осуществляли на медной проволоке с исходным диаметром  $d_n = 4,1$  мм. Скорость волочения при проведении экспериментов составляла  $V = 0,106$  м/с. Диаметр калибрующей зоны волочильного инструмента при проведении экспериментов был равен:  $d_k = 3,8$  мм.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- 1) с увеличением степени деформации при формировании покрытия наблюдается повышение когезии покрытия;
- 2) для получения покрытия с лучшими когезионными свойствами необходимо использовать мелкодисперсные порошки металлов;
- 3) скорость волочения при формировании покрытия оказывает различное влияние на когезию покрытия и зависит от степени деформации.

#### Литература

1. Семенов, А. П. Схватывание металлов / А. П. Семенов. – М. : Машгиз, 1958. – 279 с.
2. Сварка разнородных металлов и сплавов / В. Р. Рябов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1984. – 239 с.
3. Казаков, Н. Ф. Диффузионная сварка металлов / Н. Ф. Казаков. – М. : Машиностроение, 1976. – 312 с.