

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ И СХВАТЫВАНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е. В. Короткевич

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

Научный руководитель А. Т. Бельский

При формировании покрытия из металлического порошка его уплотнение происходит за счет скольжения частиц друг относительно друга, деформации контактных областей и объемной деформации.

На первой стадии плотность формируемого покрытия из порошка металла возрастает за счет лучшей укладки частиц и в меньшей мере – за счет роста их контактной поверхности. После того, когда становится невозможным дальнейший сдвиг частиц друг относительно друга без их деформации, наступает вторая стадия уплотнения.

Вторая стадия уплотнения характеризуется тем, что происходит рост контактной поверхности за счет деформации объема частиц, непосредственно прилегающих к контактам. Роль проскальзывания в уплотнении порошкового слоя на этом этапе уменьшается.

На третьей стадии процесс деформации охватывает значительную часть объема частиц, и уплотнение порошка происходит за счет истечения материала в межчастичные поры.

При формировании покрытия на длинномерном изделии с использованием порошков металлов их уплотнение также происходит в три стадии.

Рассматривая условие захвата порошка проволокой, была получена следующая зависимость для коэффициента трения между проволокой и частицами порошка:

$$f \geq \operatorname{tg} \beta - \xi \sin \beta,$$

где 2β – угол входного конуса волюки; ξ – коэффициент бокового давления.

На основании данной зависимости построена номограмма для определения требуемого коэффициента трения (рис. 1) при различных значениях бокового давления.

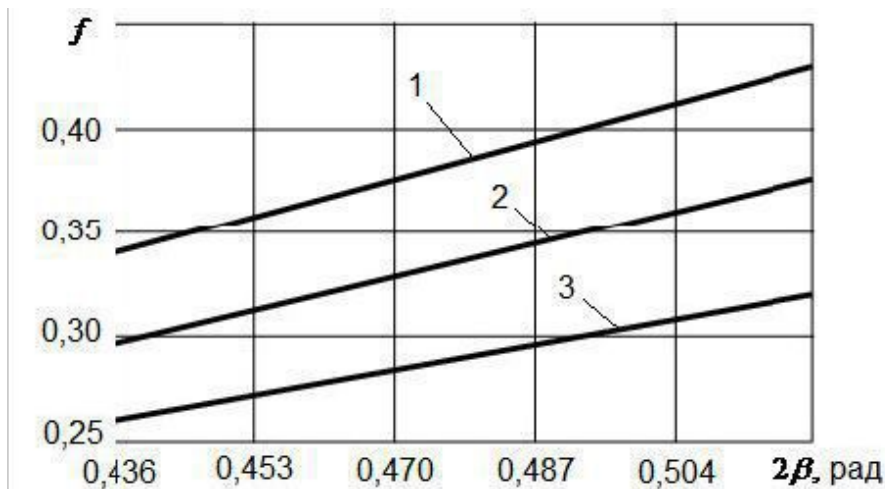


Рис. 1. Номограмма для определения требуемого коэффициента трения:
1 – $\xi = 0,3$; 2 – $\xi = 0,4$; 3 – $\xi = 0,5$

Для реализации требуемого коэффициента трения возникает необходимость на поверхность проволоки нанести шероховатость, характеристикой которой будет глубина рисок.

Условие увлечения металлического порошка проволокой в зону деформации в этом случае будет иметь место, если выполняется неравенство:

$$\frac{F_{\text{тр}}}{A_{\text{сп}}} \leq [\tau_{\text{сп}}],$$

где $F_{\text{тр}}$ – сила трения на поверхности контакта частицы порошка металла с протягиваемой проволокой; $A_{\text{сп}}$ – площадь среза частицы порошка; $[\tau_{\text{сп}}]$ – допускаемое напряжение на срез материала частицы порошка.

После соответствующих преобразований была получена зависимость для определения глубины риска на проволоке, при которой не наблюдается срез частицы сферической формы, в следующем виде:

$$h_p \geq r \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4\sigma_{\phi}^2}{\pi^2 [\tau_{\text{сп}}]^2}} \right),$$

где r – радиус частицы, имеющей форму сферы; σ_{ϕ} – истинное значение предела текучести металлического порошка, применяемого для формирования покрытия в процессе волочения.

Используя данную зависимость, были построены графики для определения требуемой глубины рисок в зависимости от размера сферической частицы порошка олова (рис. 2).

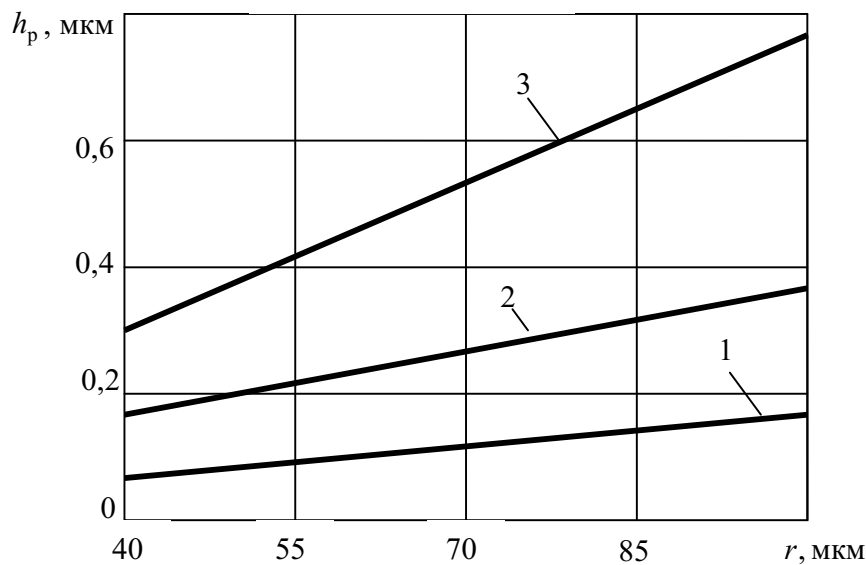


Рис. 2. График для определения требуемой глубины рисок в зависимости от размера сферической частицы порошка олова:
 1 - $m = 3$; 2 - $m = 4$; 3 - $m = 5$

Из анализа существующих гипотез [1]–[3] соединения металлов в твердом состоянии можно прийти к выводу, что для протекания процесса схватывания необходимо сблизить контактируемые поверхности на расстояния, соизмеримые с параметрами кристаллической решетки, а также создать условия для протекания пластической деформации в зоне контакта.

В результате исследования производства биметаллов обработкой металлов давлением были получены сведения, которые предполагают рассматривать соединение металлов в условиях совместной пластической деформации как комплексный процесс, который можно разделить на три стадии.

На первой стадии происходит развитие механической связи между слоями, обжатие неровностей поверхностных слоев, частичное разрушение оксидных пленок, а также контактирование локальных участков ювенильных поверхностей, в результате чего появляются узлы схватывания.

На второй стадии в результате превращения узлов схватывания в мостики сцепления наблюдается уменьшение свободной энергии контактирующих поверхностей и появление вблизи границы раздела зон с повышенной концентрацией вакансий, дислокаций и других дефектов строения металла.

На третьей стадии происходит превращение мостиков сцепления в межслойную границу в результате диффузионных процессов, вызванных воздействием температуры и появлением дефектов строения металлов вблизи границы раздела слоев.

Для металлического порошка характерной особенностью является наличие огромной поверхности по отношению к объему. Так, для порошков металла сферической формы отношение площади поверхности S к ее объему V составляет $\frac{3}{r}$ и, чем меньше размер частицы, тем больше это отношение увеличивается. Наличие огромной поверхности по отношению к объему способствует проявлению схватывания, так как сила сцепления прямо пропорциональна площади контактов.

По мере повышения давления контактная поверхность между частицами порошка металла возрастает, атомы сближаются, и их взаимодействие проявляется в виде сцепления.

Одна из положительных особенностей формирования покрытия из порошка металла связана с возможностью использования повышенной свободной энергии частиц порошка благодаря наличию в них высокой концентрации дефектов кристаллической решетки. Уровень этой энергии возрастает при уменьшении размера частиц и предварительной их деформации.

При формировании покрытия из порошка металла на длинномерном изделии в процессе волочения происходит пластическая деформация как частиц порошка металла покрытия, так и протягиваемой проволоки, при этом наблюдается увеличение температуры контактных поверхностей, в результате чего образуется покрытие, имеющее достаточную прочность.

Полученные зависимости для определения необходимого коэффициента трения и необходимой глубины рисков нашли подтверждения при нанесении покрытий в лабораторных условиях на проволоку из металлических порошков различных марок. При формировании покрытий использовали волочильный инструмент с различными углами входного конуса, а также применяли порошки металлов различной дисперсности.

Л и т е р а т у р а

1. Семенов, А. П. Схватывание металлов / А. П. Семенов. – М. : Машгиз, 1958. – 280 с.
2. Гельман, А. С. Основы сварки давлением / А. С. Гельман. – М. : Машиностроение, 1970. – 312 с.
3. Каракозов, Э. С. Сварка металлов давлением / Э. С. Каракозов. – М. : Машиностроение, 1986. – 280 с.