

Раздел I. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 621.762

А.В. СТЕПАНЕНКО, д-р техн.наук (БПИ),
Е.Г. СЫЧЕВ, А.Т. БЕЛЬСКИЙ (ГПИ)

О ВЛИЯНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОЛОЧИЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЯ

При нанесении металлических покрытий из порошкового материала на длинномерное изделие в процессе волочения в зоне уплотнения и деформации можно выделить три характерных участка. На первом участке происходит уплотнение и деформация порошкообразного материала. При этом в конце его плотность сформированного покрытия достигает плотности компактного материала. Одновременно происходит увеличение действующих напряжений как в покрытии, так и в длинномерном изделии.

На втором участке формирования покрытия происходит дальнейшее увеличение действующих напряжений. Окончание его будет определяться условием

$$\sigma_s = P_x + \sigma_x, \quad (1)$$

где P_x — нормальное контактное давление; σ_x — среднее продольное напряжение.

На третьем участке происходит совместная деформация как длинномерного изделия, так и формируемого покрытия. Протяженность его зависит от протяженности двух первых участков и длины рабочего конуса волочильного инструмента.

Рассмотрим влияние геометрических параметров волоки на протяженность первого участка. Известно, что частицы порошкового материала в процессе утряски занимают положение, при котором объем пустот минимален. Если форма частиц представляет собой сферу, то нетрудно получить зависимость плотности порошкообразного материала в состоянии утряски в долях плотности компактного металла. Эта зависимость может быть представлена в следующем виде:

$$\gamma_{ут} = \pi \gamma_M / 6, \quad (2)$$

где $\gamma_{ут}$ — плотность порошкового металлического материала в состоянии утряски; γ_M — плотность компактного материала.

Допустим, что от сечения, где плотность порошкообразного материала соответствует плотности порошка в состоянии утряски, порошок перемешивается слоями с протеканием радиальной деформации. На основании этого предположения заключаем, что число частиц в каждом последующем сечении формируемого покрытия будет оставаться постоянным.

Выделим в начале первого участка (рис. 1) некоторый элементарный объем порошкообразного материала (рис. 2). Условная площадь в сечении, где плотность формируемого покрытия равна плотности в состоянии утряски, приходящаяся на одну частицу, определяется выражением

$$F_{ут}^1 = v/h, \quad (3)$$

где v – объем выделенного порошкообразного материала; h – высота.

Исходя из рис. 2 для нашего случая, можно записать

$$F_{ут}^1 = 4r^2. \quad (4)$$

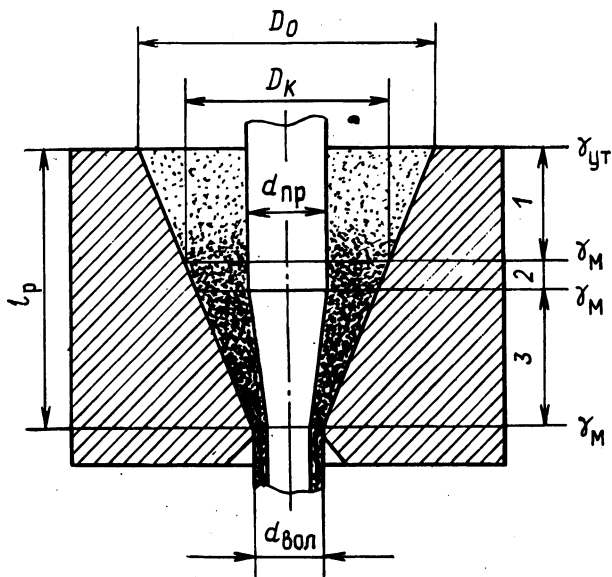


Рис. 1. Схема формирования порошкового покрытия при волочении.

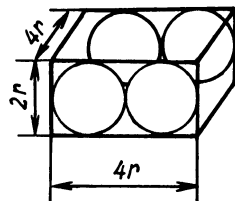


Рис. 2. Элементарный объем порошкообразного материала.

Тогда число частиц, которое укладывается в сечении, где порошкообразный материал находится в состоянии утряски, определяется из выражения

$$n_{ут} = [\pi (D_0^2 - d_{пр}^2)] / (16r^2). \quad (5)$$

Число частиц в сечении, где плотность материала формируемого покрытия достигает плотности компактного металла, определяется по зависимости

$$n_к = F_к^1 / F_к, \quad (6)$$

где $F_к$ – площадь формируемого покрытия в сечении, где плотность равна плотности компактного металла; $F_к^1$ – условная площадь, приходящаяся на одну частицу в этом сечении. Из условия равенства частиц в любом сечении можно записать

$$F_{\text{к}}^1 = 4r^2 \frac{D_{\text{к}}^2 - d_{\text{пр}}^2}{D_0^2 - d_{\text{пр}}^2} \quad (7)$$

В то же время средняя плотность, состоящая из четырех частиц металла, в сечении (плотность формируемого покрытия достигает плотности компактного металла при условии, что в процессе уплотнения и деформации высота выделенного элементарного объема не изменилась) определяется выражением

$$G_{\text{к}} = 32 \text{ г} \frac{D_{\text{к}}^2 - d_{\text{пр}}^2}{D_0^2 - d_{\text{пр}}^2} \gamma_{\text{м}} \quad (8)$$

Из закона постоянства массы до и после деформирования покрытия, наносимого в процессе волочения, получаем

$$\frac{16}{3} \pi r^3 \gamma_{\text{м}} = 32 \text{ г}^3 \frac{D_{\text{к}}^2 - d_{\text{пр}}^2}{D_0^2 - d_{\text{пр}}^2} \gamma_{\text{м}} \quad (9)$$

Теперь нетрудно получить зависимость

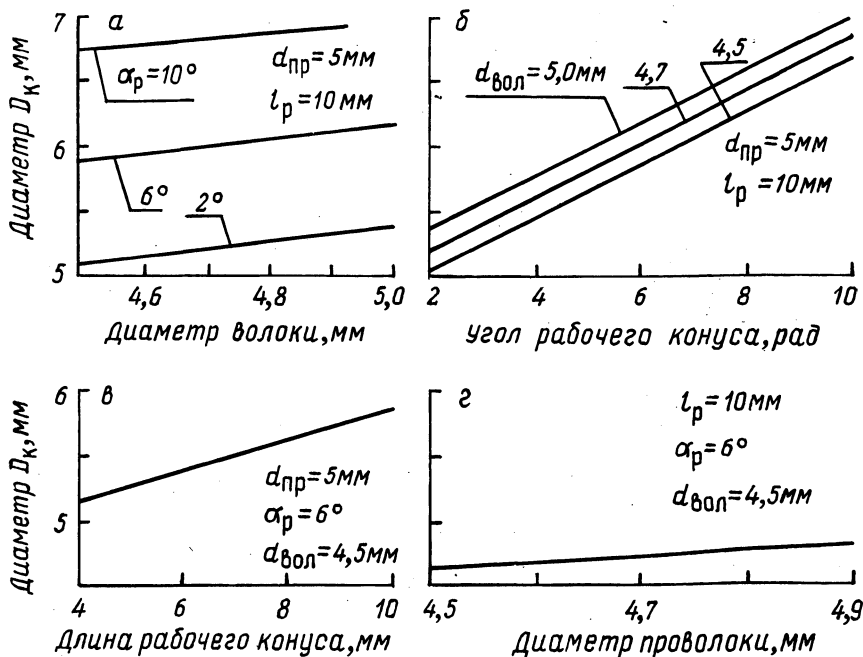


Рис. 3. Графики изменения диаметра $D_{\text{к}}$ от: диаметра волокна (а); угла рабочего конуса (б); длины рабочего конуса (в) и диаметра проволоки (г).

$$D_{\text{к}} = \sqrt{(D_0^2 - d_{\text{пр}}^2) \pi/6 + d_{\text{пр}}^2}, \quad (10)$$

где $D_0 = d_{\text{вол}} + 2l_p \text{tg } \alpha$.

Тогда с учетом выражения (11) зависимость (10) можно представить в следующей форме:

$$D_{\text{к}} = \sqrt{[(d_{\text{вол}} + 2l_p \text{tg } \alpha)^2 - d_{\text{пр}}^2] \pi/6 + d_{\text{пр}}^2}.$$

Таким образом, получена зависимость для определения диаметра рабочего конуса волоочильного инструмента, где плотность формируемого покрытия на длинномерном изделии достигает плотности компактного металла, при условии, что у входа в рабочий конус волокни его плотность соответствовала плотности металлического порошка в состоянии утряски, и предел текучести материала покрытия был меньше предела текучести материала сердечника.

На рис. 3 приведены графики, на которых показаны зависимости изменения величины диаметра $D_{\text{к}}$ от диаметра волокни (а), от угла рабочего конуса волоочильного инструмента (б), от длины рабочего конуса волокни (в), от диаметра проволоки (г). Из рис. 3 видно, что с увеличением этих параметров происходит увеличение диаметра $D_{\text{к}}$ и наибольшее влияние оказывает изменение угла рабочего конуса волокни.

Знание диаметра волоочильного инструмента, где плотность порошкообразного материала достигает плотности компактного металла, необходимо для: определения начальных условий действующих напряжений, а также толщины покрытия длинномерного изделия.

УДК 621.983.44

И.Г. ДОБРОВОЛЬСКИЙ, канд.техн.наук, (БПИ),
В.И. МОЗАЛЬКОВ (НИИ техноприбор, г. Смоленск)

ОСОБЕННОСТИ КИНЕМАТИКИ РОТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ШАРИКОВЫМИ ГОЛОВКАМИ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Интенсивное развитие ряда отраслей промышленности вызвало острую необходимость получения тонкостенных трубчатых деталей из самых различных сталей и сплавов. При внутренней поперечной прокатке труб большого диаметра [1] с использованием центробежных сил деформирующего инструмента труба-заготовка помещается в матрицу и обрабатывается изнутри роликами или шариками, находящимися в кассете. Процесс прокатки осуществляется путем изменения положения заготовки относительно инструмента, которое производится различным сочетанием вращательного и поступательного движений матрицы с заготовкой и роликовой (шариковой) кассеты [2]. К преимуществам внутренней поперечной прокатки, по сравнению с наружной, относятся возможность пластического деформирования (формовки) металла преимущественно сжатием и получения изделий с внутренними фланцами, простенка-