

2. Шабловский, О. Н. Тригонометрический профиль скорости сдвигового течения вязкой жидкости / О. Н. Шабловский // Вестн. Южно-Урал. гос. ун-та. Сер. «Математика. Механика. Физика». – № 32 (249). – Вып. 5. – С. 77–82.
3. Шабловский, О. Н. Вихрь скорости и производство энтропии в релаксирующем потоке вязкой жидкости с внутренними источниками / О. Н. Шабловский // Энергетика – Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2011. – № 5. – С. 55–65.

УДК 621.762

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ, БЛАГОПРИЯТНО ВЛИЯЮЩИХ НА ОБРАЗОВАНИЕ ПРОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПОКРЫТИЯ И ОСНОВЫ В ПРОЦЕССЕ СОВМЕСТНОЙ ВЫТЯЖКИ

М. И. Лискович, Д. А. Максименко

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

Напряженное состояние в очаге деформации является определяющим фактором, от которого зависит прочность соединения покрытия с основой и эксплуатационные характеристики изделий.

Исходя из этого следует определить зависимости:

- 1) контактных напряжений на границе между материалом покрытия и основой от степени деформации порошка;
- 2) напряжений в материале основы от степени деформации основы и степени деформации порошка;
- 3) величины усилия совместной вытяжки от основных параметров процесса.

При этом нормальные и касательные напряжения на границе между материалом покрытия и основой, а также между пуансоном и материалом покрытия вместе с величиной степени деформации порошка определяют конечную относительную пористость покрытия, прочность соединения покрытия с основой и основные физико-механические характеристики, а также эксплуатационные свойства покрытия.

Величины напряжений в материале основы определяют предельную степень деформации основы и требуемое количество переходов, а величина усилия совместной деформации – подбор оборудования, энергетические затраты и силовой расчет инструмента.

Рассмотрим схему процесса совместной вытяжки металлической заготовки 2 и порошка 3 с помощью матрицы 1 и пуансона 4 (рис. 1). Для анализа напряженного состояния материала порошка выделим в очаге деформации бесконечно малый элемент (рис. 2) высотой d_z и толщиной h_z , средний диаметр которого D_z , и обозначим действующие напряжения: p – нормальные контактные напряжения на границе между основой и порошком и на границе между пуансоном и порошком; τ_0 и τ_n – касательные контактные напряжения на границах «основа – порошок» и «пуансон – порошок»; σ_z и $\sigma_z + d\sigma_z$ – нормальные напряжения в выделенных сечениях элемента (см. рис. 2).

Расчет напряжений p и τ_0 будем производить, решая совместно дифференциальное уравнение условия равновесия выделенного элемента и уравнение условия пластичности.

Теория процесса осесимметричной вытяжки листового металла разработана в достаточной степени. Наиболее обстоятельно напряженное состояние при листовой вытяжке в различных участках очага деформации изучено Е. А. Поповым [1], [2].

Это позволяет использовать методику и расчетные зависимости, полученные указанным автором для описания процесса вытяжки металлической листовой основы, дополняя и видоизменяя их, если это будет необходимо, таким образом, чтобы сделать возможным учет влияния процесса деформации порошкового материала на процесс деформации основы.

Разделим очаг деформации основы на три участка, так же как это сделано в [1] (см. рис. 1): «А» – участок перехода цилиндрической части заготовки основы в коническую; «Б» – участок конической части; «В» – участок перехода конической части в цилиндрическую часть изделия.

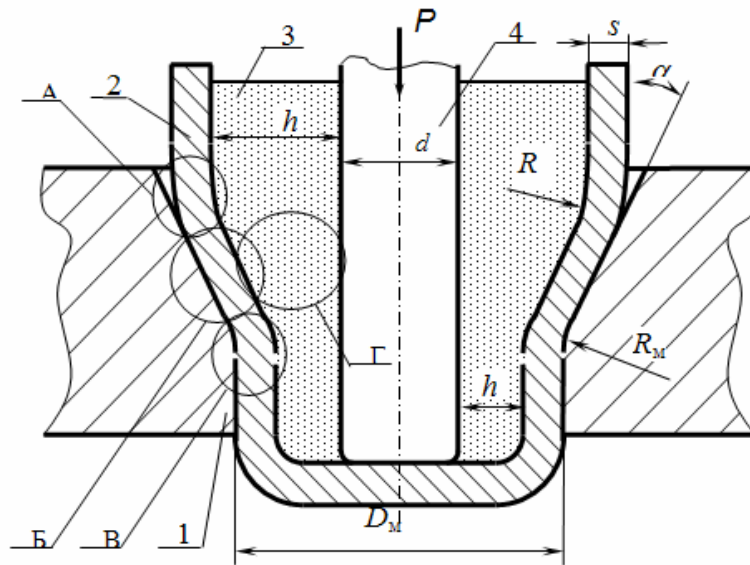


Рис. 1. Схема процесса совместной вытяжки покрытия и основы:
1 – матрица; 2 – металлическая основа; 3 – порошковый состав; 4 – пуансон

На участке «А» воздействием порошкового материала пренебрегаем, анализируя только процесс пластического изгиба при переходе цилиндрической части заготовки основы в коническую. На участке «Б» будем рассматривать процесс свертывания полой основы на конической матрице с дополнительным давлением на основу со стороны порошкового материала, на участке «В» – процесс пластического изгиба при переходе конической части основы в цилиндрическую часть изделия.

Усилие совместной вытяжки будем определять в следующем виде:

$$P = \sigma_{pMAX} \pi(D_M - s)s + P_{TP},$$

где первое слагаемое учитывает величину усилия, необходимого для вытяжки основы с учетом влияния давления и сил трения со стороны порошка; σ_{pMAX} – максимальное растягивающее напряжение, действующее в материале основы в осевом направлении в месте окончания участка «В», которое будем определять последовательным расчетом напряжений в основе, начиная с участка «А» и заканчивая участком «В»; D_M – диаметр цилиндрического отверстия в матрице; s – толщина материала основы; P_{TP} – усилие, затрачиваемое на трение порошка по пуансону.

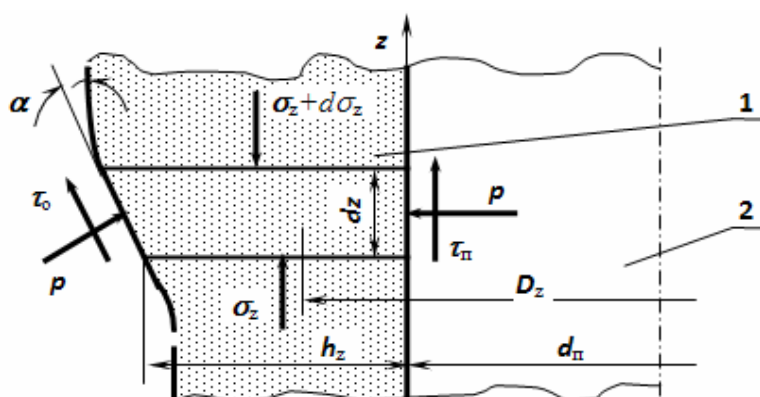


Рис. 2. Схема выделенного элемента материала порошка:
1 – порошковый состав; 2 – пуансон

Используя принцип подхода и терминологию, применяемую А. В. Степаненко и Л. А. Исаевичем [3], был исследован процесс совместной вытяжки металлической основы и порошкового покрытия

Так как на участке «А» (см. рис. 2) перехода цилиндрической части заготовки металлической основы в коническую воздействием порошкового материала на процесс деформирования основы можно пренебречь, то для определения радиальных напряжений на этом участке σ_r использовались расчетные зависимости, приведенные в [1, с. 376].

Величину дополнительного усилия $P_{\text{ТР}}$, которое нужно приложить со стороны пуансона, чтобы преодолеть силы трения порошка по пуансону, можно представить следующим образом:

$$P_{\text{ТР}} = \frac{\pi f_{\text{II}} d_{\text{II}}}{\sin \alpha} \int_{h_{\text{Н}}}^{h_{\text{П}}} p dh_z, \quad (2.35)$$

где d_{II} – диаметр пуансона.

Полученные расчетные зависимости для определения нормальных и касательных напряжений на границе материала покрытия и основы позволяют выявить факторы, влияющие на величину этих напряжений, определить расчетные зависимости для нахождения величины растягивающего напряжения в материале основы, а также усилия совместной вытяжки.

Литература

1. Сторожев, М. В. Теория обработки металлов давлением / Е. А. Сторожев, Е. А. Попов. – М. : Машиностроение, 1971. – 424 с.
2. Попов, Е. А. Основы теории листовой штамповки / Е. А. Попов. – М. : Машиностроение, 1977. – 278 с.
3. Степаненко, А. В. Непрерывное формирование металлических порошков и гранул / А. В. Степаненко, Л. А. Исаевич. – Минск : Наука и техника, 1980. – 256 с.