

Учитывая вышеизложенное, без дополнительных исследований нельзя рекомендовать для расчетов какую-либо формулу при ХПКП. Поэтому были проведены экспериментальные исследования по определению условий в зоне контакта инструмента с заготовкой.

На лабораторном оборудовании по двухвалковой схеме осуществляли прокатку деталей диаметром 3, 6, 10 мм при степени их обжатия от 0,1 до 0,6, т.е. в пределах возможностей ХПКП. Углы заострения клина принимали соответственно 2°, 3°, 4°, углы наклона его боковых граней – 30°, 40°, 50°.

Для экспериментов использовали материалы с разными механическими свойствами: сталь 20, сталь 40Х и латунь Л62. Горизонтальная проекция площади контакта определялась на заторможенных образцах, прокатанных до различных степеней обжатия. По экспериментальным данным для всех приведенных выше вариантов были построены кривые, отражающие изменения площади контакта в зависимости от степени обжатия заготовок. Одна из этих кривых приведена на рисунке.

Сравнение расчетных и экспериментальной кривых показывает, что наиболее приемлемой из приведенных формул для расчетов при ХПКП является формула (2).

УДК 621.762.4

Л.Е.РЕУТ, Л.С.БОГИНСКИЙ

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ОБЖАТИЕ ПОРИСТОЙ ТРУБЫ В УСЛОВИЯХ ГИДРОДИНАМИКИ И ЖИДКОСТНОГО ТРЕНИЯ

Гидростатическое (гидродинамическое) формование порошков является в настоящее время наиболее распространенным способом обработки давлением крупногабаритных пористых изделий. Однако он связан со значительными энергосиловыми затратами, с использованием громоздкого оборудования, с высокими требованиями к технике безопасности.

Наиболее экономичным и перспективным является способ последовательного прессования порошков в эластичных оболочках (рис. 1), осуществляемый в условиях гидродинамического напора и жидкостного трения [1]. При этом эластичную оболочку 2 с установленной в ней цилиндрической оправкой 3 и порошком 4 протягивают через рабочий конический инструмент 1 с калибрующим диаметром, меньшим наружного диаметра оболочки. В результате на калибрующем участке инструмента (дюзы) происходит радиальное деформирование оболочки и уплотнение порошка на оправку.

В обычных условиях при протягивании эластичной оболочки через металлический рабочий инструмент [2] имеет место возникновение значительных сил трения, что связано с особенностью молекулярного строения эластомеров [3] и не устраняется даже при наличии смазочного материала на контактирующих поверхностях (на коническом участке дюзы смазочный материал выдавливается из очага деформации). Это снижает качество прессуемого изделия, так как под действием сил трения эластичный материал оболочки выте-

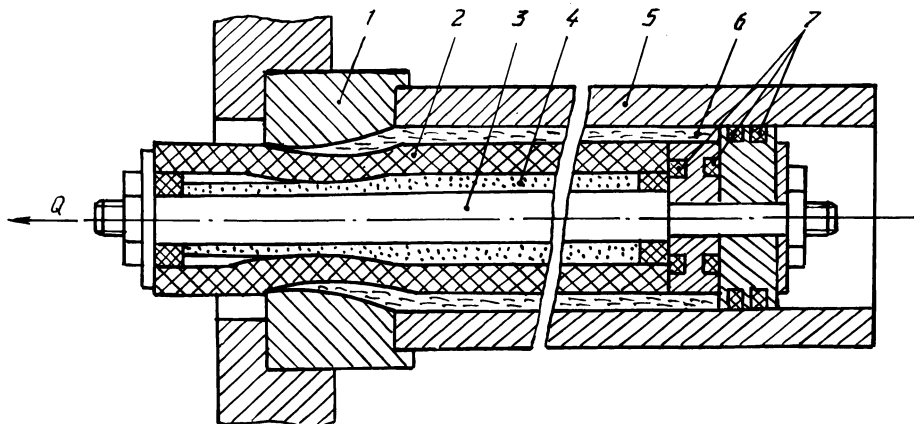


Рис. 1. Схема формирования пористого изделия через эластичную оболочку в условиях гидродинамического напора и жидкостного трения

кает в осевом направлении, увлекая за собой порошок или отрывая целые слои уплотненного изделия.

Предлагается оригинальный вариант осуществления способа последовательного прессования пористых изделий в эластичных оболочках, позволяющий устранить указанные недостатки за счет создания в очаге деформации гидродинамического напора, обеспечивающего работу оболочки в условиях жидкостного трения. С этой целью оболочку 2 и матрицу 5 выполняют с кольцевым зазором, который заполняют какой-либо смазочной жидкостью 6, удерживаемой в системе при работе устройства с помощью торцевых и радиальных уплотнений 7. В процессе перемещения оболочки через дюзу 1 происходит сжатие жидкости и нагнетание в ней давления, которое в начальный момент обеспечивает гидростатическое обжатие оболочки по всей длине и подуплотнение порошка по объему прессовки. Окончательное прессование изделия до необходимой плотности происходит в зоне калибрующего участка дюзы. Предварительное подуплотнение порошка обеспечивает прочность прессовки и снижает вероятность возникновения сдвиговых деформаций в очаге окончательного прессования. В определенный момент, когда давление жидкости станет достаточным для разведения контакта между дюзой и оболочкой, возникает гидродинамический напор, обеспечивающий работу в режиме жидкостного трения. Теперь общее усилие процесса не зависит от контактного трения и полностью определяется усилием, необходимым для сжатия жидкости и радиального деформирования оболочки. При разделении контактных поверхностей смазочной пленкой с низким сопротивлением сдвигу уменьшается внешнее трение, наиболее полно используются упругие свойства деформируемого материала. Создание условий для возникновения гидродинамического эффекта, заключающегося в способности среды создавать смазочный клин, выдерживающий значительные давления, обеспечивает работу инструмента и оболочки в режиме жидкостного трения. В условиях деформирования многокомпонентной системы наблюдается взаимодействие сред с различными реологическими свойствами.

Предложенный способ прессования порошков был положен в основу создания опытной установки, на которой получены изделия трубчатой формы $\varnothing 40 \times 34$ мм, длиной 300 мм из порошков железа ПЖ4К (ГОСТ 9849–86), меди ПМС-2 (ГОСТ 4960–75) и никеля ПНК-2 (ГОСТ 9722–79) с конечной относительной плотностью 0,6; 0,53; 0,65 соответственно. Среднее усилие процесса составляло 4–6 кН. Эластичная оболочка была выполнена из полиуретана марки СКУ-ПФЛ, а в качестве рабочей жидкости использован мыльный водный раствор.

Исследование силовых параметров процесса показало, что с момента начала перемещения оболочки происходит нарастание усилия протягивания, что связано с дополнительными затратами на сжатие жидкости. Начиная с момента возникновения гидродинамического напора и выхода жидкости из системы, общее усилие процесса несколько снижается и на протяжении всего периода протягивания остается постоянным. При этом порошок находится под постоянным гидростатическим давлением, а в зоне калибрующего участка дюзы испытывает дополнительное радиальное уплотнение. Такая схема нагружения обеспечивает получение изделия с достаточной прочностью и равномерно распределенной плотностью по длине.

Общее усилие Q процесса прессования в гидродинамическом режиме определяется суммой усилий: Q_1 — усилие сжатия жидкости, т.е. гидростатическое давление; Q_2 — усилие радиального сжатия оболочки с порошком; Q_3 — усилие для преодоления трения. С момента возникновения гидродинамического напора и жидкостного трения составляющая общего усилия $Q_3 = 0$, и тогда на прессование порошка идет полное усилие процесса.

На рис. 2 представлен характер изменения рабочего усилия в зависимости от радиальной деформации $\Delta d/d$ оболочки и степени ее армирования. Армирование оболочки применяют для увеличения ее осевой жесткости и снижения эффекта перетекания эластичного материала.

Сравнительный анализ процессов показал, что при уплотнении без гидродинамики [2] ($Q_1 = 0$) общее усилие Q ниже, чем при работе в условиях жидкостного трения ($Q_3 = 0$). Очевидно, что составляющая Q_1 , отсутствующая для случая обычного последовательного прессования [2], превышает Q_3 , необходимое для преодоления контактного трения. Однако, несмотря на возрастание силовых затрат, качество изделий, уплотняемых в условиях

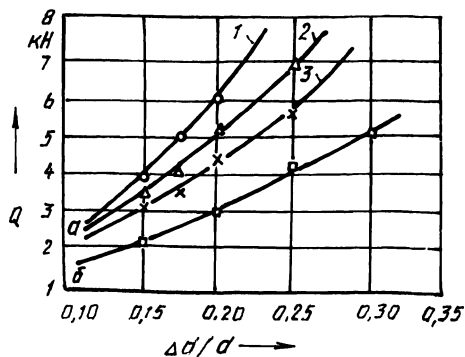


Рис. 2. Влияние гидродинамического эффекта на общее усилие процесса прессования в зависимости от деформации оболочки и степени ее армирования:

a — прессование в оболочке со степенью армирования 12 % (1), 6 % (2) и неармированной (3) в гидродинамическом режиме; *б* — прессование без гидродинамического режима

гидродинамического режима, значительно превосходит качество изделий, полученных по схеме [2]. В последнем случае велика вероятность возникновения трещин и неравномерного распределения плотности (до 5–12 %) по длине прессовки, являющихся результатом контактного трения. В то же время при уплотнении изделий в режиме гидродинамики и жидкостного трения возможно получение более высокоплотных (на 20–40 %) пористых труб с равномерно распределенной плотностью по длине.

Таким образом, предлагаемый способ прессования порошков объединяет в себе все преимущества методов последовательного и гидростатического уплотнения порошковых материалов, прост в эксплуатации и позволяет получать изделия с широким диапазоном размеров и плотностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 1068227 (СССР). Способ прессования трубчатых изделий из порошков и устройство для его осуществления / А.В.Степаненко, А.С.Богинский, Л.Е.Реут, О.П.Реут.
2. А.с. 859031 (СССР). Устройство для прессования изделий из порошков / А.В.Степаненко, Л.С.Богинский, Л.Е.Реут.
3. Исаченков Е.И. Контактное трение и смазки. – М., 1978. – 207 с.

УДК 621.787.4

Д.И.ДМИТРОВИЧ, Т.В.КАЛИНОВСКАЯ

О КРИТЕРИЯХ САМООРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Поверхностное пластическое деформирование (ППД) является упруго-пластическим процессом. Его анализ только с позиции теории идеальной пластичности не дает результатов, поскольку при ППД упругая деформация соизмерима с пластической, а соотношение между ними зависит от среднего напряжения на контактной площадке, формирующейся в процессе вдавливания инструмента (ролика, шарика) в обрабатываемый материал. При переходе к качению основные закономерности сохраняются. Рассмотрение данного процесса в развитии, от нулевого напряжения на контактной площадке до среднего, соответствующего пластической задаче, показало, что выбранный диапазон напряжений включает три реперные точки. В них имеют место аналитические решения. Первая точка – это граница чисто упругой области нагружения, в пределах которой размеры контактной площадки и усилие деформирования зависят от среднего напряжения и определяются теорией упругости. В этой реперной точке среднее напряжение зависит от принятых допущений о распределении напряжений и колеблется от $2k$ до $2,6k$ (k – предел текучести на сдвиг). Во второй точке имеет место предпластическое состояние ($\sigma_{\text{ср}} = \pi k$). Третья – граница между упруго-пластической и пластической областями нагружения ($\sigma_{\text{ср}} = 5,14k$ – для плоской задачи, $\sigma_{\text{ср}} = 5,68k$ – для осесимметричной при плоском пуансоне, $\sigma_{\text{ср}} = 5,35k$ – при сферическом). В области