

УДК 621.777.01

Перерва А. В.  
Левандовский В. Ф.

## ПРЕССОВАНИЕ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА И ШИРОКИХ ПАНЕЛЕЙ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ КОНТЕЙНЕРОВ

Прямое и обратное прессование профилей больших сечений и длины из контейнера одним пуансоном требует мощного оборудования. Это, в первую очередь, определяется значительными размерами исходной заготовки, которые могут обеспечить необходимые свойства и размеры изделий [1]. Усовершенствование заготовок для прессования [2] позволяет повысить качество изделий, но не снижает усилие технологического оборудования. Применение универсального оборудования не всегда позволяет достичь высокой экономической эффективности процесса, особенно при изготовлении небольших партий продукции. Такую продукцию целесообразно получать в условиях гибкого производства, если расходы на эксплуатацию оборудования будут сравнительно небольшими. Усилие пресса при производстве крупных профилей из свариваемых материалов можно значительно уменьшить, если применить прессование несколькими пуансонами через одну матрицу требуемого сечения, которое может быть больше суммарной площади пуансонов [3]. При этом необходимо выбрать соотношение размеров сечения готового изделия, приемных контейнеров и сварочной камеры, обеспечивающих допустимую нагрузку на пресс-штемпель, что требует определения размеров пластических зон и контактных давлений при различных условиях деформирования.

Целью работы является исследование влияния параметров прессования на контактное давление, которое необходимо учитывать при выборе оптимальных режимов процесса и расчете инструмента.

Схема, которая воспроизводит условия непрерывного прессования широких панелей [4], а также труб большого диаметра [5], показана на рис. 1.

Прессование осуществляется несколькими пресс-штемпелями 1 одинаковых размеров из контейнера 2, со сварочной камерой 3. В нижней части сварочной камеры 3 установлена матрица 4, сечение которой соответствует форме и размерам сечения требуемого профиля. Между осями смежных пресс-штемпелей расстояние больше, чем соответствующий размер пресс-штемпеля. Заготовки сравнительно небольших размеров подаются в приемники контейнера 2, из которых выдавливаются пресс-штемпелями 1 в сварочную камеру 3, а после сварки и подачи очередной партии заготовок – из сварочной камеры 3 через матрицу 4.

Исходные заготовки при таком способе прессования могут быть одинаковыми для всех изготавливаемых профилей, поэтому при переходе на новое изделие достаточно заменить только матрицу. Значительное уменьшение суммарной площади сечения пресс-штемпелей по сравнению с площадью поперечного сечения сварочной камеры позволяет существенно снизить усилие прессования по сравнению с прессованием одним пресс-штемпелем из контейнера, сечение которого соответствует сечению сварочной камеры.

При этом давление на деформируемый металл и напряжения в пресс-штемпеле увеличиваются, что требует тщательного определения контактных напряжений.

Для обеспечения равномерного течения металла через матрицу необходимо, чтобы пластические зоны I и II, примыкающие соответственно к матрице и пуансонам, разделялись жесткой зоной, перемещающейся вниз как целое. Поэтому длина сварочной камеры должна превышать суммарную протяженность пластических зон I и II.

При прессовании полосы или трубы усилие прессования и размеры пластических зон можно определить методом линий скольжения [6], дающим достоверные результаты [7]. Усилие, действующее со стороны жесткой зоны на пластическую зону  $l$ , примыкающую к матрице, и размеры этой зоны определяются так же, как и при прямом прессовании полосы, толщиной  $S$  из плоской заготовки, толщиной  $S_l$ . Чтобы определить усилие, действующее на пресс-штемпель с размерами  $S_l \times 2c$  ( $2c$  – ширина пресс-штемпеля), необходимо построить сетку

линий скольжения, примыкающую к пресс-штемпелю при соответствующих условиях трения. При шаге между осями пресс-штемпелей  $2b$  можно считать, что в плоскостях, проходящих через оси пресс-штемпелей и середины участков между пресс-штемпелями, касательные напряжения отсутствуют, т. е. линии скольжения пересекают эти поверхности под углом  $45^\circ$ . Тогда сетка линий скольжения определяется при заданном значении  $b/c$  трением между металлом и нижней стенкой АЕ контейнера 2. Для случая, когда  $b/c > 3$  и гладкой стенки (влиянием контактных касательных напряжений пренебрегаем), сетка линий скольжения показана на рис. 1, б, а годограф скоростей – на рис. 1, г. Для шероховатой стенки контейнера вид поля скольжения показан на рис. 1, а, годограф – на рис. 1, в.

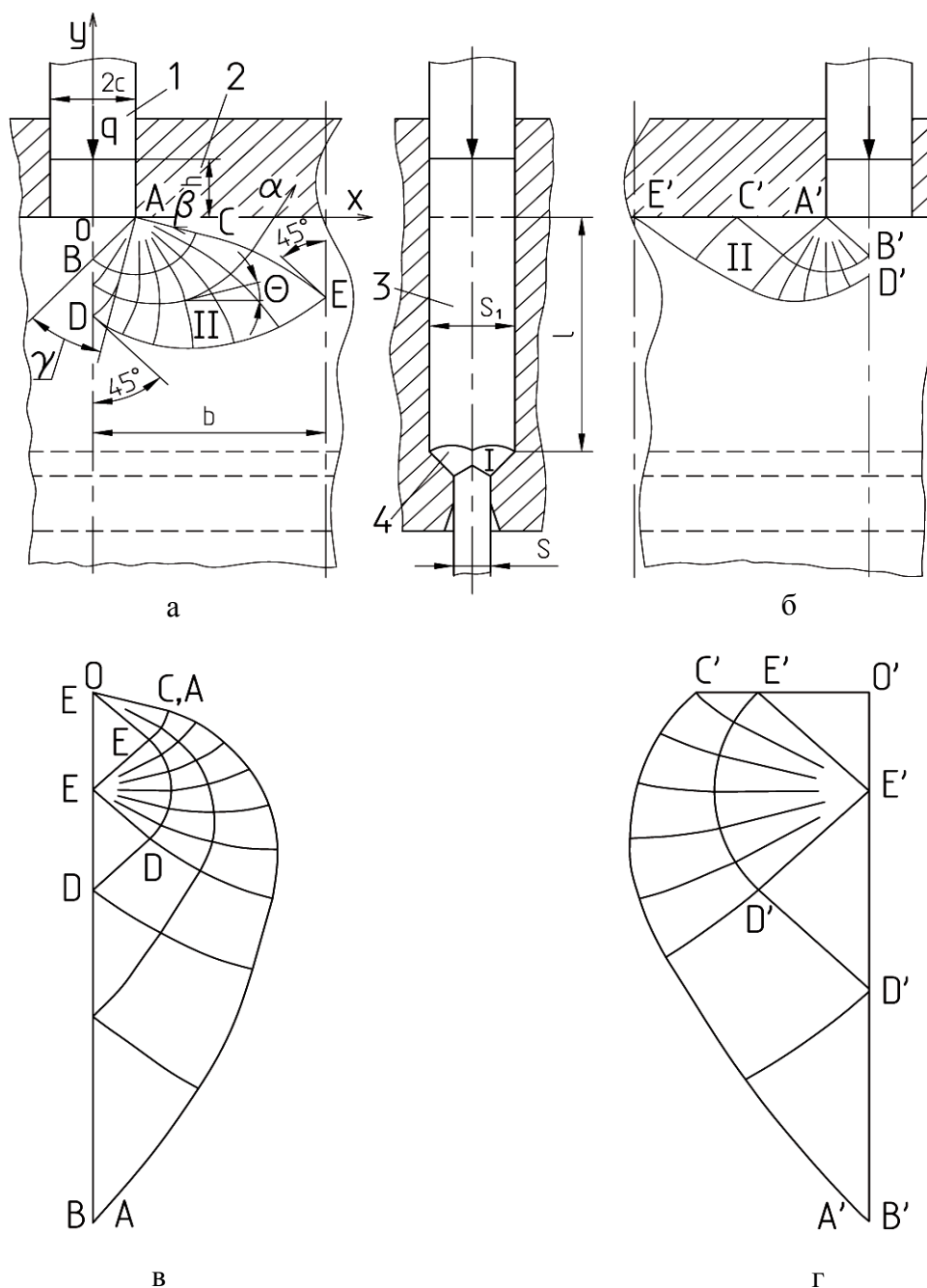


Рис. 1. Схема прессования полосы:

а – сетка линий скольжения при шероховатой нижней стенке контейнера;

б – сетка линий скольжения при гладкой нижней стенке контейнера;

в – годограф скоростей течения металла, соответствующий сетке линий скольжения а;

г – годограф скоростей течения металла, соответствующий сетке линий скольжения б

Контактные напряжения и размеры пластической зоны II, примыкающей к соответствующему приемнику контейнера, определяются для конкретного значения  $b/c$  после построения сетки линий скольжения. При определении контактных напряжений считаем, что снизу на эту зону на единичной длине заготовки действует усилие:

$$P_I = q_1 b, \quad (1)$$

где  $q_1$  – давление, необходимое для прямого прессования полосы толщиной  $S$  из заготовки толщиной  $S_I$  при соответствующих условиях трения из контейнера высотой  $l$  [6].

Давление на пуансон:

$$q = q_1 + q_2, \quad (2)$$

где  $q_2$  – приращение давления, найденное по соответствующей сетке линий скольжения при заданном значении  $b/c$  и коэффициенте трения.

Давление можно представить в безразмерном виде, разделив его на пластическую постоянную материала:

$$k = \sigma_t / \sqrt{3},$$

где  $\sigma_t$  – предел текучести деформируемого металла.

Давление в безразмерном виде:

$$n = n_1 + n_2, \quad (3)$$

где  $n_1 = q_1 / k$ ;  $n_2 = q_2 / k$ .

Чтобы определить контактное напряжение  $q$ , необходимо знать среднее нормальное напряжение в какой-либо точке построенной сетки линий скольжения, например, в точке D. Для определенности будем считать его в этой точке растягивающим, т. е. положительным. Тогда среднее напряжение вдоль линии DE (линия  $\alpha$ ):

$$\sigma = \sigma_D + 2k (\theta - \theta_D), \quad (4)$$

где  $\sigma_D$ ,  $\theta_D$  – среднее напряжение и угол  $\theta$  в точке D.

Касательное напряжение вдоль линии DE равно пластической постоянной  $k$ .

Так как линия DE определена при построении линий скольжения, то можем найти составляющую  $P_y$  силы, которая действует на единичной длине заготовки на участке DE. Эта составляющая уравнивается силой  $P_I$ . Тогда:

$$P_I + P_y = 0. \quad (5)$$

Составляющая :

$$P_y = \int_0^b \sigma dx + \int_{y_D}^{y_E} k dy.$$

Учитывая (4), после интегрирования получим:

$$P_y = \sigma_D b + 2k \int_0^b (\theta - \theta_D) dx + k (y_E - y_D). \quad (6)$$

Второе слагаемое правой части формулы (6) можно определить только численно.

Учитывая (1), (5) и (6), получим после преобразований:

$$\sigma_D = -q_1 - k [2 \int_0^b (\theta - \theta_D) dx + y_E - y_D] / b. \quad (7)$$

На входе металла в сварочную камеру 3 (линия OA):

$$\sigma_y = \sigma_D - k (l + 4\gamma). \quad (8)$$

С учетом трения металла о стенки приемника:

$$q = |\sigma_y| + 2 k \mu h / c, \quad (9)$$

где  $\mu$  – коэффициент трения по Зибелю.

Таким образом, среднее контактное давление на пресс-штемпель:

$$q = q_I + k \left[ 2 \int_0^b (\theta - \theta_D) dx + y_E - y_D \right] / b + k (1 + 4\gamma) + 2 k \mu h / c. \quad (10)$$

Соответственно:

$$n_I = 1 + 4\gamma + 2 \mu h / c + 2 \left[ \int_0^b (\theta - \theta_D) dx \right] / b. \quad (11)$$

Изменение относительного давления в зависимости от шага между пуансонами при  $h = 0$  показано на рис. 2.

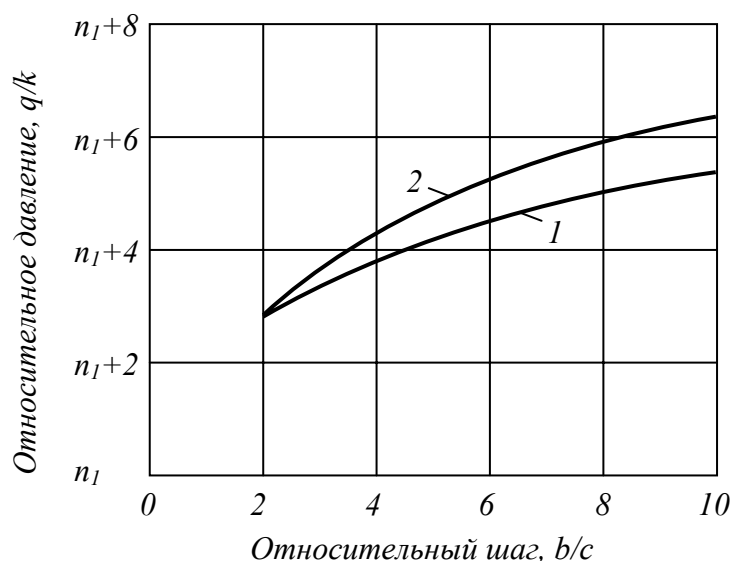


Рис. 2. Влияние расстояния между пуансонами на давление прессования:

1 – давление при абсолютно шероховатой верхней стенке контейнера;

2 – давление при гладкой верхней стенке контейнера.

Как следует из рис. 2, давление при абсолютно шероховатой верхней стенке контейнера превышает давление при гладкой стенке, поэтому в технологических расчетах следует пользоваться данными, полученными при максимальном трении. Этому же случаю соответствует наибольшая глубина пластической зоны II.

Возможность получения изделий из нескольких контейнеров-питателей проверена при горячем прессовании полосы толщиной 2,0 мм и шириной 113 мм в опытном штампе. Для формирования полосы использовалась цельная вставка с выполненными в ней тремя контейнерами-питателями, сварочной камерой и матрицей. Вставка монтировалась в бандаже, который предотвращал ее разрушение при нагружении.

В контейнеры-питатели загружались заготовки диаметром 16 мм и длиной 30 мм. из алюминиевого сплава АВ. Прессование проводилось при температуре 400...420 °С, которая обеспечивалась нагревателем сопротивления, смонтированным на внешней поверхности бандажа.

Многоконтейнерное прессование изделий из свариваемых алюминиевых сплавов целесообразно применять для получения изделий типа труб большого диаметра с относительно тонкой стенкой, а так же широких панелей, толщина сечения которых значительно меньше их ширины. В этом случае при исследовании процесса его можно представить как прессование полосы постоянного сечения несколькими пресс-штемпелями, равномерно расположенными по ширине полосы.

При прессовании на универсальных прессах известных конструкций с периодическими остановками на поверхности изделия появляются отпечатки, которые практически не изменяют толщину, но ухудшают внешний вид. Отпечатки вызываются уменьшением предела текучести материала в пояске матрицы и уменьшением ее упругой деформации.

Чтобы избежать отпечатков и обеспечить непрерывность процесса прессования, пресс [4] снабжен контейнерами-питателями с пресс-штемпелями и шиберами в совокупности обеспечивающими непрерывность подачи металла в сварочную камеру. Две группы контейнеров-питателей работают поочередно. Сообщение и разобщение питательных каналов при прессовании труб [5] происходит при повороте одной из частей контейнера.

### ВЫВОДЫ

1. Показана возможность получения прессованием изделий из свариваемых пластичных материалов, в частности алюминиевых сплавов, с использованием нескольких контейнеров.

2. Установлено, что усилие деформирования при прессовании из нескольких контейнеров существенно зависит от отношения суммарной площади сечения пуансонов и сварочной камеры: при заданной площади сечения получаемого профиля оно уменьшается с уменьшением этого отношения.

3. Выполненные исследования позволяют определить основные технологические параметры процесса многоконтейнерного непрерывного прессования, которые необходимы для расчета инструмента и проектирования оборудования.

4. Результаты могут быть использованы для непрерывного прессования длинномерных изделий типа труб большого диаметра и широких панелей, объем которых превышает объем контейнера пресса, а также при гибком производстве мелких партий изделий, когда применение универсальных прессов большого усилия нерентабельно.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Данченко В. Н. Производство профилей из алюминиевых сплавов. Теория и технология / В. Н. Данченко, А. А. Миленин, А. Н. Головки. – Днепропетровск : Системные технологии, 2002. – 448 с.
2. Сысоев А. В. Повышение технологичности слитков из алюминиевых сплавов, применяемых для изготовления профилей и труб / А. В. Сысоев, А. И. Батулин // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2005. – № 5. – С. 38–40.
3. Hodel U. Peichzeitiges Strangpressen aus mehrere Rezipien - bohrungen - Verfahren und Anlagenkonzepte / U. Hodel, A. Wagner, G. Singer // Aluminium (BRD). – 1984. – № 3. – S. 189–193.
4. А. с. 1365455 СССР, МКИ В21С 23/00. Гидравлический пресс для непрерывного прессования преимущественно панелей / А. В. Перерва, Г. В. Кожевников и др. (СССР). – № 4004542/31-27; заявлено 07.01.86; зарегистрировано 08.09.87.
5. А. с. 1459040 СССР, МКИ В21С 23/21. Пресс гидравлический для непрерывного прессования труб / А. В. Перерва, Г. В. Кожевников. (СССР). – № 3923066/31-27; заявлено 08.07.85; зарегистрировано 15.10.88.
6. Томсен Э. Механика пластических деформаций при обработке давлением / Э. Томсен, Ч. Янг, Ш. Кобаяши. – М. : Металлургия, 1969. – 504 с.
7. Мороз Б. С. Некоторые результаты моделирования прессования с помощью конечно – элементной программы QFORM / Б. С. Мороз // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії та машинобудуванні : тематич. зб. наук. пр. – Краматорськ : ДДМА, 2007. – С. 184–187.

Перерва А. В. – канд. техн. наук, доц. ДИТМ МНТУ;

Левандовский В. Ф. – канд. техн. наук, доц. кафедры МТО ДГМА.

ДИТМ МНТУ – Донбасский институт техники и менеджмента Международного научно-технического университета, г. Краматорск;

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: mto@dgma.donetsk.ua