

Канд. техн. наук Н. А. МАСЛЕННИКОВ

ШТАМПОВКА-ВЫТЯЖКА ТРЕНИЕМ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ УПРУГО-ФРИКЦИОННЫМ ЭЛЕМЕНТОМ

В процессе экспериментального исследования глубокой вытяжки трением удалось преобразовать внешние силы трения, играющие в обычной штамповке отрицательную роль, в активные положительные, осуществляющие весь процесс формообразования изделия. Это превращение, вызывая изменение силовой схемы, создает в штампуемом металле более благоприятное напряженное и деформированное состояние, приводящее к замене в опасном сечении изделия растягивающих напряжений сжимающими.¹ Способы превращения реактивных сил трения в активные определяются конструкцией и материалом упруго-фрикционного элемента. В предлагаемой статье рассматривается процесс вытяжки металлическим упруго-фрикционным элементом, позволяющий осуществлять вытяжку не только мягких (главным образом алюминиевых), но и черных металлов.

В отличие от беспуансоновой вытяжки резиновым упруго-фрикционным элементом глубокая вытяжка трением металлическим упруго-фрикционным элементом осуществляет перемещение фланца заготовки не в силу своих упруго-эластичных свойств, подобно резине, а механическим путем, основанном на принципе скольжения упруго-фрикционного элемента по наклонной плоскости.

Для осуществления вытяжки трением металлическим упруго-фрикционным элементом, автор предложил специальный закрытый штамп со стальным, а не резиновым, рабочим элементом, определил нужное давление прессы на металлический элемент, угол скоса секторов и величину давления пуансона, т. е. были найдены для нового процесса основные технологические параметры и конструктивные элементы штампа, позволившие экспериментально получить готовые изделия.

Конструкция и принцип работы металлического упруго-фрикционного элемента и специального штампа к нему

Основным звеном металлического упруго-фрикционного элемента (рис. 1) является диск 1, пригнанный по коническому дну 2, основания 3. Диск 1, являющийся металлическим упруго-фрикционным элементом, разрезан на 16 равных секторов 4, разделенных друг от друга резиновыми прокладками 5 толщиной 1 мм каждая. Диск в своем отверстии 6 имеет выточку 7 для пружинящего кольца 8. Снаружи диск имеет специальную выточку 9 для наружного стопорного кольца 10. На рис. 2 представлена фотография металлического упруго-фрикционного элемента.

¹ Н. А. Масленников. Беспуансонная вытяжка тонколистового металла силами трения. «Вестник машиностроения», 1956, № 5.

Если на собранный в основании металлический упруго-фрикционный элемент уложить заготовку 11, матрицу 12 и приемно-передаточный цилиндр 13, а затем дать нагрузку P , то металлический упруго-фрикционный элемент начнет работать. Давление P прессы передается через приемно-передаточный цилиндр 13, матрицу 12 и заготовку 11 на металлические сектора 4 диска 1, которые, сжимая резиновые прокладки 5 и пружинящее кольцо 8, перемещаются по наклонной 2 в радиальном направлении (пунктир), причем силы трения, возникающие между заготовкой и поверхностью металлических секторов, увлекают за собой фланец заготовки в направлении отверстия матрицы. После снятия нагрузки P пружинящее кольцо и прокладки резины разжимаются, и секторы диска возвращаются в исходное положение. При последующих сжатиях металлического упруго-фрикционного элемента все повторяется, пока весь материал фланца заготовки не будет перемещен к отверстию матрицы. Если металлический упруго-фрикционный элемент работает без пуансона, т. е. по схеме (рис. 1), то нет сил, которые в отличие от резинового упруго-фрикционного элемента изгибали бы заготовку по радиусу закругления матрицы. Поэтому происходит бесформенный наплыв металла по периметру протяжного ребра матрицы.

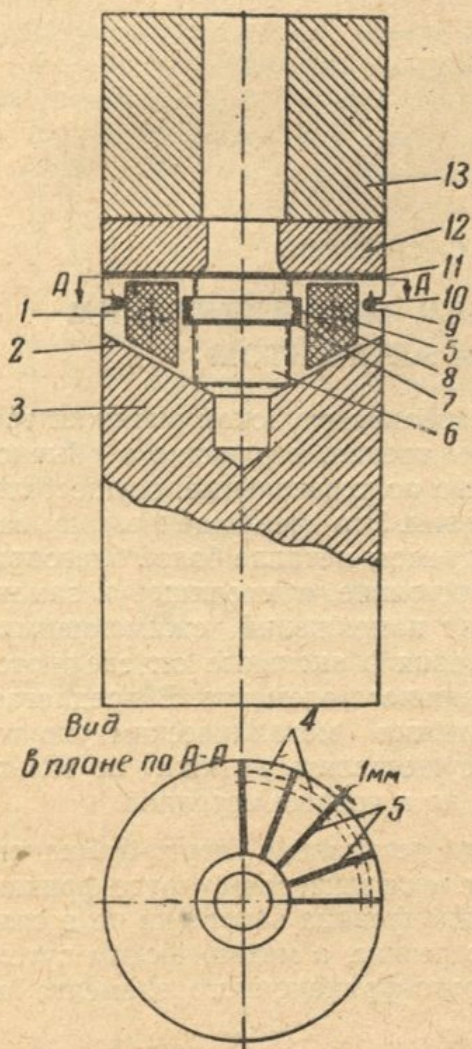


Рис. 1. Схема металлического упруго-фрикционного элемента с его основанием в собранном виде.

кой трением металлическим упруго-фрикционным элементом без пуансона нельзя.

Совершенно очевидно, что для осуществления процесса штамповки металлическим упруго-фрикционным элементом необходимо ввести пуансон, который направлял бы и проштамповал бы подающийся секторами металл

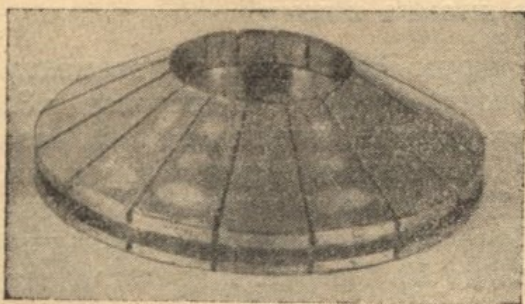


Рис. 2. Фотография металлического упруго-фрикционного элемента.

фланца заготовки. Такое совместное действие металлического упруго-фрикционного элемента и пуансона было осуществлено в специальном комбинированном закрытом штампе. Причем корпус этого штампа был изготовлен таким, чтобы можно было пользоваться им как для металлического, так и для резинового упруго-фрикционного элемента. Конструкция этого комбинированного штам-

Таим образом, в отличие от резинового упруго-фрикционного элемента, получить изделие штамповкой трением металлическим упруго-фрикционным элементом без пуансона нельзя. Совершенно очевидно, что для осуществления процесса штамповки металлическим упруго-фрикционным элементом необходимо ввести пуансон, который направлял бы и проштамповал бы подающийся секторами металл фланца заготовки. Такое совместное действие металлического упруго-фрикционного элемента и пуансона было осуществлено в специальном комбинированном закрытом штампе. Причем корпус этого штампа был изготовлен таким, чтобы можно было пользоваться им как для металлического, так и для резинового упруго-фрикционного элемента. Конструкция этого комбинированного штам-

па представлена на рис. 3. В верхней части корпуса этого штампа дно 7 сделано по конусу с углом наклона образующей в 45° . Коническое дно изготовлено для установки в нем вышеописанного металлического упруго-фрикционного элемента. Нижняя часть корпуса штампа состоит из цилиндра 13, в котором может перемещаться поршень 9 с пуансоном 8. Давление прессы, передаваясь через приемно-передаточный цилиндр 5, матрицу 2 и заготовку 4, сдавливает металлический упруго-фрикционный элемент 6, который, сжимаясь, перемещается в сторону пуансона 8, увлекает силами трения заготовку. Одновременно, открывая краники у штуцера 17, под поршень пуансона подается под постоянным давлением масло или воздух. Пуансон давит на заготовку и, перемещаясь вместе с ней, вытягивает ее в отверстие матрицы.

Высота стаканчика при штамповке трением металлическим упруго-фрикционным элементом определяется числом сжатия последнего. При каждом ходе прессы сектора металлического упруго-фрикционного элемента, перемещаясь вместе с заготовкой по направлению к пуансону, передвигают металл на величину их хода. Одновременно находящийся под постоянным давлением пуансон вытягивает в отверстие матрицы подающийся секторами металл. Так будет повторяться при каждом сжатии металлического упруго-фрикционного элемента до тех пор, пока почти вся заготовка не будет втянута в отверстие матрицы. Предлагаемый способ был экспериментально проверен и дал положительные результаты. Штамповались заготовки из алюминия, сплава АМЦМ и Ст-1, толщиной от 0,5 до 1,5 мм и диаметром от 60 до 105 мм.

На рис. 4. представлены 3 стаканчика, полученные штамповкой трением металлическим упруго-фрикционным элементом с пуансоном в комбинированном штампе. Стаканчики изготовлены из алюминиевых заготовок, толщиной в 1 мм, левый с исходным коэффициентом вытяжки, равным 2,5, средний — 2,8 и правый — 3,1. Эксперименты проводились с инструментом общепринятой геометрии, а зазор между матрицей и пуансоном был увеличен на 10÷15%, так как материал заготовки не только втя-

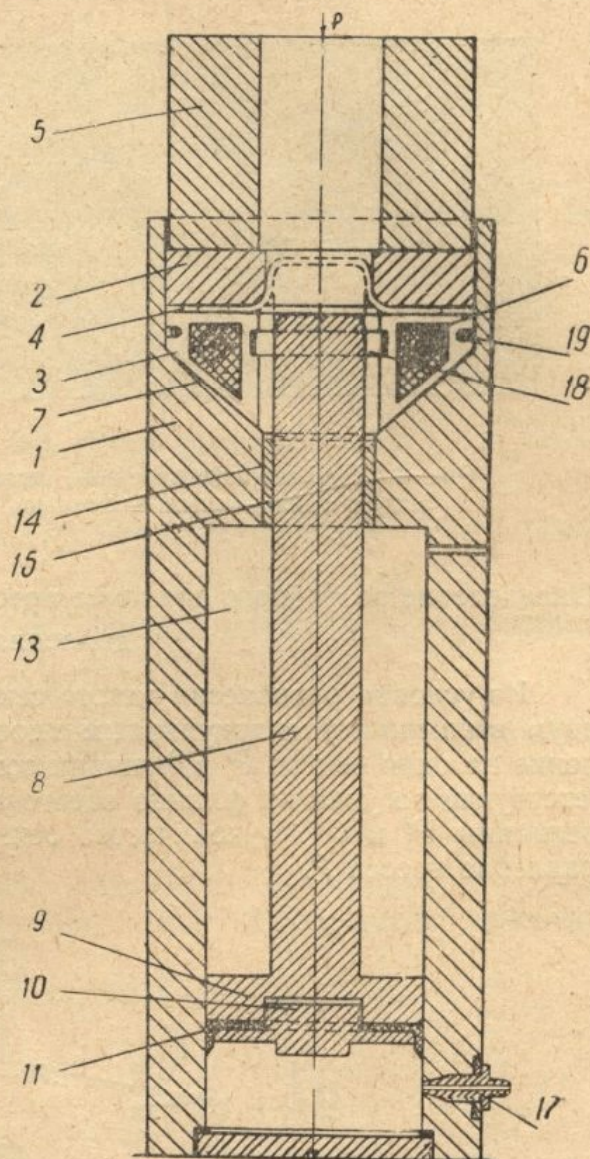


Рис. 3. Разрез комбинированного штампа.

гивается, но и вталкивается в отверстие матрицы. Коническое дно корпуса штампа смазывалось смазкой № 5 (50% канифоли и 50% касторового масла).

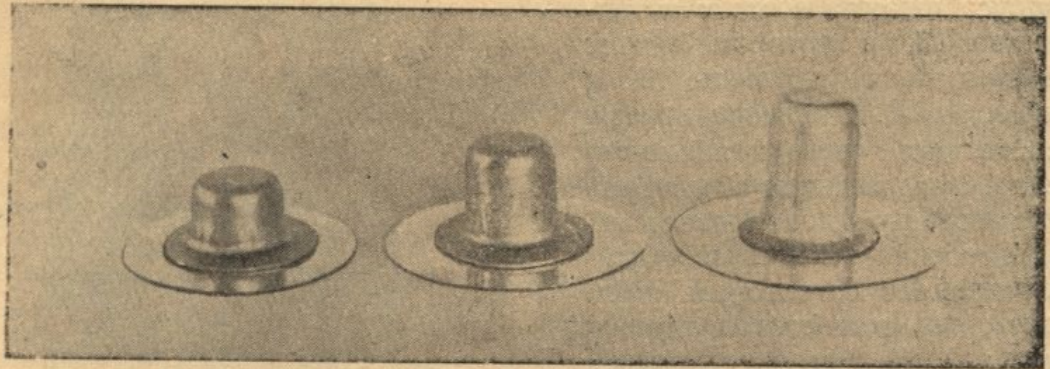


Рис. 4. Детали, изготовленные штамповкой трением металлическим упруго-фрикционным элементом в комбинированном штампе.

Определение потребного давления прессы, угла скоса секторов и величины давления пуансона

Из условия равновесия одного сектора и из полученных уравнений по двум взаимно-перпендикулярным плоскостям находилось потребное давление на один сектор P' в функции сопротивления деформированию соответствующего участка фланца заготовки Q' . Затем помножив найденные величины P' и Q' на количество секторов m , было найдено потребное давление прессы P .

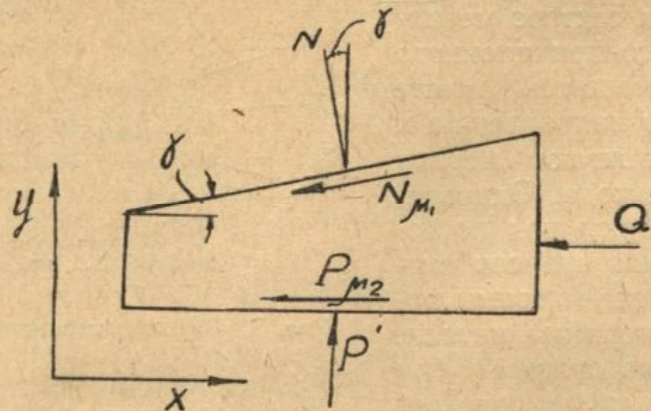


Рис. 5. Схема сил, действующих на отдельный сектор металлического упруго-фрикционного элемента.

На рис. 5 представлен выделенный сектор с действующими на него силами, где $\mu_1 = \text{tg } \varphi_1$ и $\mu_2 = \text{tg } \varphi_2$ — коэффициенты трения.

Проекция всех сил, действующих на сектор

по оси X -ов:

$$-Q' + N \sin \gamma - N \text{tg } \varphi_1 \cos \gamma - P' \text{tg } \varphi_2 = 0, \quad (1)$$

по оси Y -ов:

$$P' - N \cos \gamma - N \text{tg } \varphi_1 \sin \gamma = 0. \quad (2)$$

Из уравнения 2 находим N , значение которого подставляем в уравнение 1 и после некоторых преобразований окончательно получим для полного давления прессы P обычное уравнение одностороннего клина:

$$P = \frac{Q}{\operatorname{tg}(\gamma - \varphi_1) - \operatorname{tg} \varphi_2} \quad (3)$$

с условием самоторможения $\gamma \leq \varphi_1 + \varphi_2$, так как $\varphi_1 \neq \varphi_2$.

Для осуществления штамповки самоторможение недопустимо, поэтому необходимо, чтобы $\gamma > \varphi_1 + \varphi_2$.

Можно принять

$$\mu_1 = \operatorname{tg} \varphi_1 \cong 0,1, \text{ тогда } \varphi_1 \cong 6^\circ;$$

$$\mu_2 = \operatorname{tg} \varphi_2 \cong 0,2 \div 0,3, \text{ тогда } \varphi_2 \cong 12^\circ \div 17^\circ.$$

Следовательно, минимальный угол скоса секторов может быть порядка $\gamma \cong 20^\circ \div 25^\circ$.

Сопrotивление деформированию фланца заготовки Q определяется уравнением

$$Q = \pi(d_n + S)S\sigma_m' \quad (4)$$

где d_n — диаметр пуансона,

S — толщина заготовки,

σ_m' — максимальное напряжение, вызываемое сопротивлением деформированию фланца заготовки и подсчитываемое по уравнению

$$\sigma_m'' = 1,2B[(1 - \vartheta) \ln \kappa_0]^2 \ln [\vartheta(\kappa_0 - 1) + 1],$$

в котором

$$\vartheta = \frac{1}{1,386\alpha + 1}.$$

κ_0 — исходный коэффициент вытяжки заготовки,

α и B — константы материала, причем константа α численно равна действительной деформации разрывного образца в момент образования шейки $\alpha = \epsilon_{ш}$, а константа B определяется уравнением (по Большаниной):

$$B = \sigma_b \frac{e^2}{\alpha^2},$$

где σ_b — предел прочности металла,

e — основание натуральных логарифмов.

Давление на пуансон должно быть постоянным, не превосходящим усилий, вызывающих обрыв дна штампуемого стакана и достаточных для перегиба заготовки по закруглению протяжного ребра матрицы и ее вы-

равнивания. В противном случае пуансон не будет втягивать в отверстие матрицы весь подающийся секторами металл, и тогда вокруг пуансона образуется гофр.

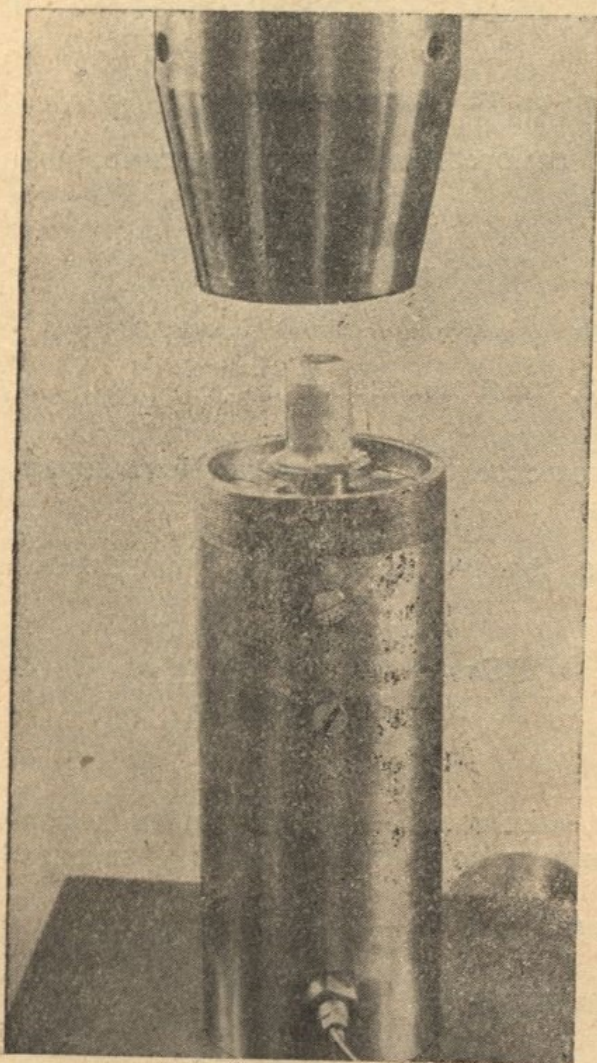


Рис. 6. Фотография закрытого штампа с металлическим упруго-фрикционным элементом, без матрицы и приемно-передаточного цилиндра.

Штамповка трением металлическим упруго-фрикционным элементом была осуществлена как опыт особого случая штамповки-вытяжки упруго-фрикционным элементом наибольшей твердости. Эксперименты показали, что глубокая вытяжка трением не только возможна в этом случае, но что она одновременно позволяет использовать преимущества как вытяжки трением, так и преимущества прогрессивного способа вытяжки с подогревом, что, естественно, даст возможность значительно интенсифицировать процесс штамповки-вытяжки.

На рис. 6 представлена фотография закрытого штампа с металлическим упруго-фрикционным элементом, без матрицы и приемно-передаточного цилиндра.