

УДК 621.771

Гайдамак О. Л.
Огородников В. А.
Гончарук А. О.

МУЛЬТИШТАМП ДЛЯ РАДИАЛЬНОГО ОБЖАТИЯ

Одной из важных задач современных технологий обработки металлов давлением является уменьшение усилий деформирования и мощности прессового оборудования. Решать эту проблему возможно разными путями. Один из них – создание штампов способных значительно (в десятки и более раз) повысить полезное усилие, которое может развить деформирующий инструмент, установленный на стандартном прессе, сравнительно с усилием самого пресса. Это возможно достичь путем разработки мультиштампов, которые позволят увеличить стандартное усилие пресса во много раз.

Существуют разного типа радиально обжимные машины, обеспечивающие радиальную деформацию детали [1–4]. Указанные машины не решают проблему уменьшения усилий деформирования и мощности применяемого прессового оборудования.

Еще древнегреческий мыслитель Архимед (287 до н. э. – 212 до н. э.) предложил применить рычаги для увеличения человеческих возможностей при передвижении тяжелых грузов. Эти рычаги человечество применяет до сих пор. Применяя разные разновидности рычагов, становится возможным значительно увеличить полезную силу штамповых инструментов, действующую на деформируемую заготовку. Таким образом, появляется возможность применять относительно маломощное прессовое оборудование для достижения значительных усилий рабочего инструмента.

Целью данной работы является разработка штампов, способных значительно повысить полезное усилие деформирования, по сравнению с усилием пресса, на котором они устанавливаются.

Рассмотрим предложенную конструкцию мультиштампа для изготовления квадрата на хвостовой части детали, например, развертки. Мультиштамп (рис. 1) состоит из следующих частей. Четыре пуансона 4, расположенные попарно один напротив второго и закрепленные в направляющих 7 с помощью осей 5, зашплинтованных шплинтами 6. Направляющие пуансонов 7 закреплены между собою верхней плитой 3 и нижней плитой 8. Толкатель 1 (на проекции «вид с верху», толкатель 1 не показан) двигается по направляющей 2. Выталкиватель 10 двигается по направляющей 9. Деформируемая деталь 11 располагается в отверстии выталкивателя 10.

Мультиштамп работает следующим образом. Заготовка 11 вставляется в отверстие выталкивателя 10, который вставляется в направляющую 9. Пуансоны 4 занимают исходную позицию, показанную пунктирными линиями *Б*. Ползун пресса (на рис. 1 не показан) нажимает на толкатель 1, который в свою очередь нажимает на пуансоны 4. Пуансоны, поворачиваясь вокруг осей 5, двигаются вниз, обжимая заготовку в радиальном направлении и деформируя её, образуя с круглого квадратный профиль хвостовой части заготовки развертки.

Конечная позиция пуансонов изображена основными сплошными линиями *В*. Для того чтобы извлечь сформированную заготовку 11, выталкиватель 10 поднимает пуансоны 4 в исходное положение *Б* и дальше извлекается из направляющей 9 вместе с заготовкой 11.

Исследуем силовые характеристики данной конструкции. С этой целью рассмотрим расчетную схему мультиштампа (рис. 2).

Выясним, какой будет реакция *R*, которая создает деформирующее усилие и действует на заготовку, в зависимости от толкающей силы *F* и изменения угла β , в процессе деформирования. Для решения этой задачи составим уравнения равновесия, это уравнения проекций сил на оси координат и сумма моментов относительно точки *O*.

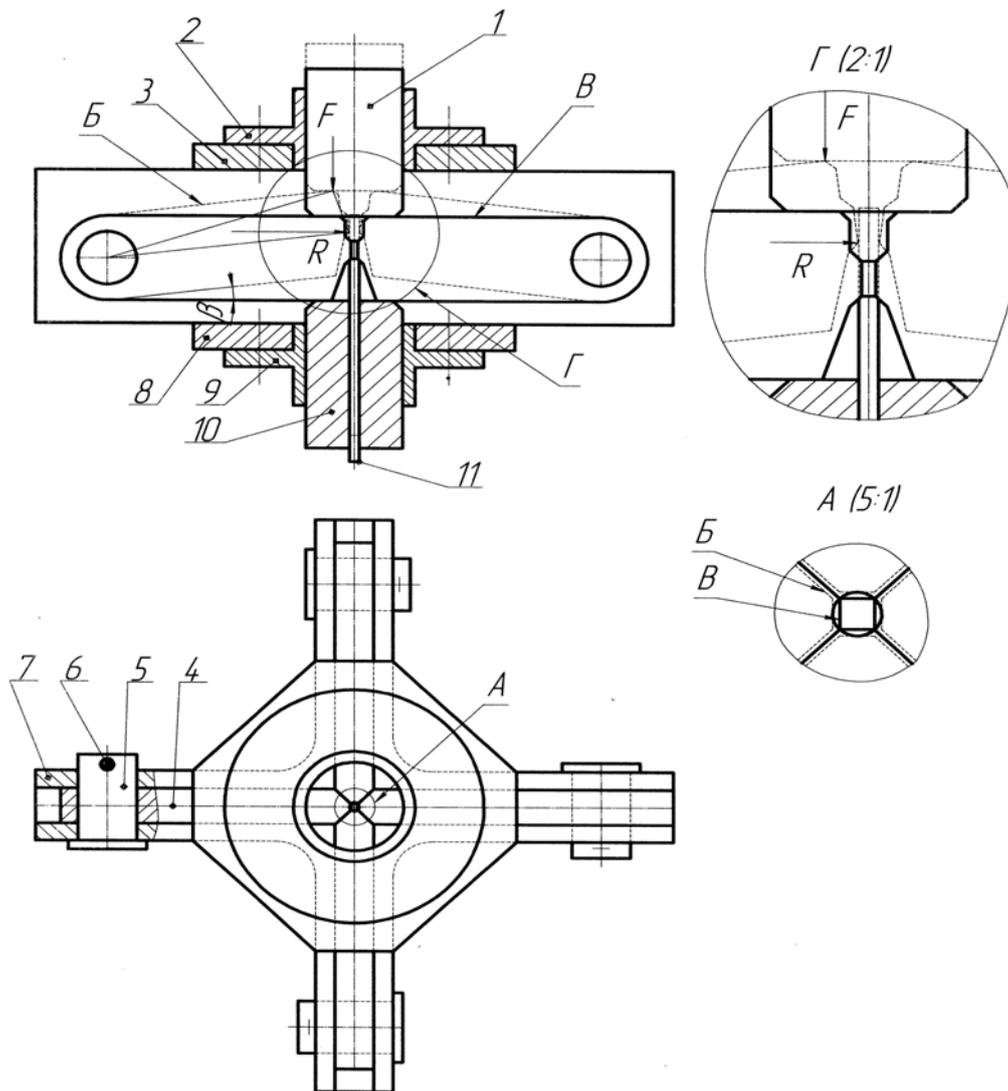


Рис. 1. Конструктивная схема мультиштампа:

1 – толкатель; 2 – направляющая толкателя; 3 – верхняя плита; 4 – пуансоны; 5 – ось; 6 – шплинт; 7 – направляющая пуансонов; 8 – нижняя плита; 9 – направляющая выталкивателя; 10 – выталкиватель; 11 – заготовка

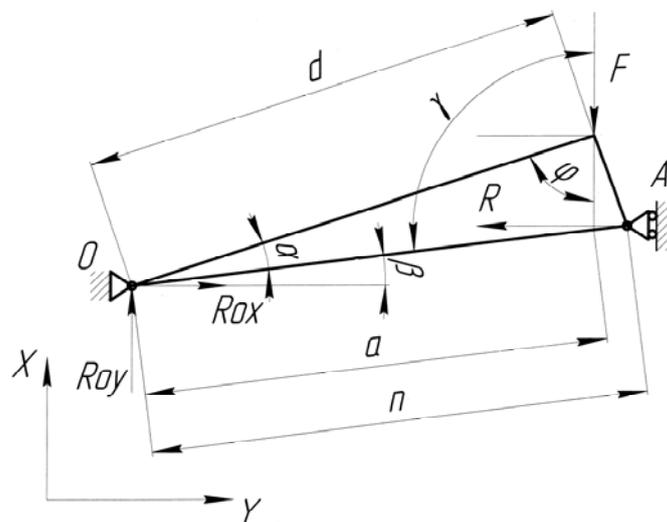


Рис. 2. Расчетная схема мультиштампа

$$\sum F_x = 0, \quad R_{ox} - R = 0. \quad (1)$$

$$\sum F_y = 0, \quad R_{oy} - F = 0. \quad (2)$$

$$\sum M_o = 0, \quad R \cdot n \cdot \sin \beta - F \cdot a \cdot \cos \beta = 0. \quad (3)$$

Из теоремы синусов запишем уравнения:

$$d / \sin \gamma = a / \sin \varphi. \quad (4)$$

Из уравнения (4) найдем:

$$a = (d \cdot \sin \varphi) / \sin \gamma. \quad (5)$$

Из расчетной схемы определим значение углов:

$$\varphi = 90 - \alpha - \beta; \quad (6)$$

$$\gamma = 90 + \beta. \quad (7)$$

Подставим уравнения (6), (7) в уравнение (5):

$$a = [d \cdot \sin(90 - \alpha - \beta)] / \sin(90 + \beta). \quad (8)$$

Из уравнения (3) найдем:

$$R = (F \cdot a \cdot \cos \beta) / (n \cdot \sin \beta). \quad (9)$$

Из уравнения (2) найдем:

$$R_{oy} = F. \quad (10)$$

Из уравнения (1) найдем:

$$R_{ox} = R. \quad (11)$$

Полная реакция опоры в точке O :

$$R_o = \sqrt{R_{ox}^2 + R_{oy}^2}. \quad (12)$$

Угол α назначается из конструктивных соображений согласно размерам пуансона. Угол β изменяется от определенного значения выбранного по размерам деформируемой заготовки и размеров пуансона до нуля градусов. Обычно $10^\circ > \beta > 0^\circ$.

По приведенным математическим зависимостям разработана компьютерная программа в MS Excel и проведено моделирование, с помощью которого исследовано как изменяется деформирующая сила R в зависимости от изменения угла β и построен соответствующий график (рис. 3) при предварительно заданном постоянном толкающем усилии $F = 1$ Н.

Проанализировав полученный график можно утверждать, что десятикратное увеличение деформирующей силы R сравнительно с толкающей силой F , которое создает прессовое оборудование, наблюдается при угле $\beta = 5,35^\circ$, пятидесятикратное при угле $1,1^\circ$. При углах,

которые приближаются к 0° , увеличение деформирующего усилия может достигать значительных величин и ограничивается лишь прочностью самого мультиштампа. Приведенные результаты получены для исследуемого штампа с размерами $n = 250$ мм, $d = 243,77$ мм, $\alpha = 11,3^\circ$ (рис. 2). При этом для исследованной заготовки диаметром 10 мм величина деформации для формирования квадратной части развертки составляет 1,46 мм. Для достижения этой величины деформации пуансоны в исходном положении имеют наклон $\beta = 7^\circ$, при этом расчетное увеличение деформирующей силы составляет 7,6 раза и с уменьшением угла β увеличение деформирующей силы резко возрастает. Особенно при углах $\beta < 1^\circ$ усилие растет в 50 и более раз. Однако величина деформации заготовки при исследованных размерах штампа для малых углов будет небольшой. Так величина деформации при повороте пуансонов от $\beta = 1^\circ$ до $\beta = 0^\circ$ составляет 0,04 мм. Если мы хотим увеличить ход пуансонов для заданных углов, необходимо соответственно увеличивать размеры пуансонов, их радиус вращения относительно осей поворота. Например, если необходимо увеличить одностороннюю деформацию детали в 5 раз и довести её с 1,46 мм до 7,3 мм, необходимо в 5 раз увеличить размер пуансонов и довести размер n с 250 мм до 1250 мм.

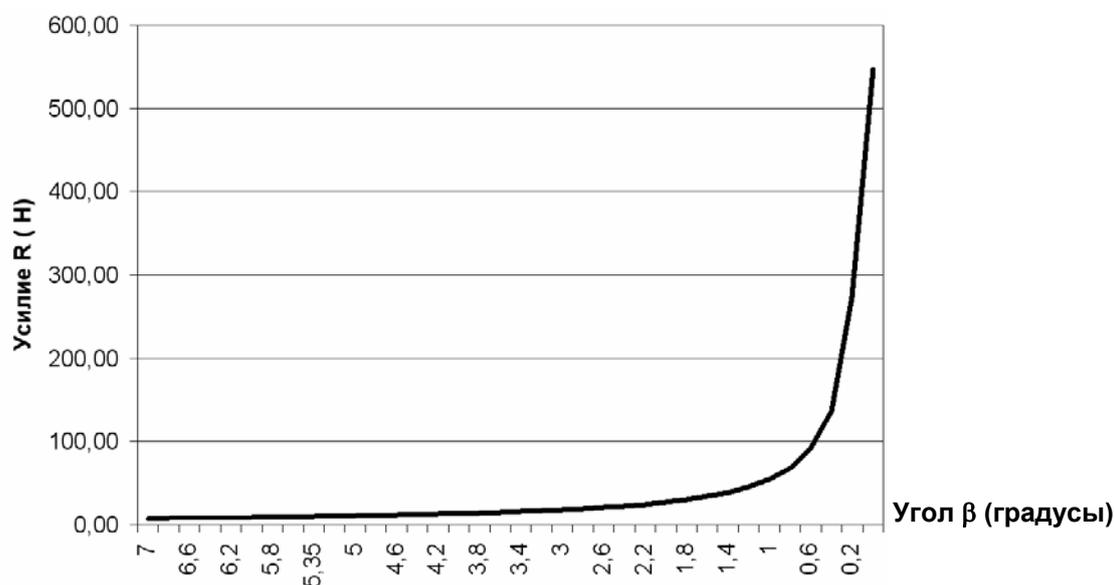


Рис. 3. Зависимость деформирующего усилия R от угла β при постоянном значении толкающей силы $F = 1$ Н

С увеличением степени деформации сопротивляемость деформированию заготовки значительно возрастает по сравнению с первоначальным этапом деформирования, при этом автоматически возрастает деформирующая сила рабочих инструментов (пуансонов) предложенного штампа, что благоприятно сказывается на условиях формоизменения заготовки и силовом режиме деформирования.

Таким образом, можно утверждать, что применение мультиштампов в промышленности позволит значительно уменьшить мощность прессового оборудования для достижения одних и тех же результатов. Кроме того, согласно работам [4, 5, 6], радиальное обжатие создает благоприятное напряженно-деформированное состояние и способствует деформированию заготовки без разрушения. Сфера применения мультиштампа может быть наиболее эффективной для чеканочного производства (чеканка монет и т. п.), где деформируются детали с небольшой глубиной деформации при высоком сопротивлении деформированию, а также других задач, в которых необходима большая сила при относительно небольшой деформации. Количество пуансонов мультиштампов может быть различным, в зависимости от поставленной задачи. Ориентировочный перечень деталей, при изготовлении которых может быть использован мультиштамп показанный на рис. 4.

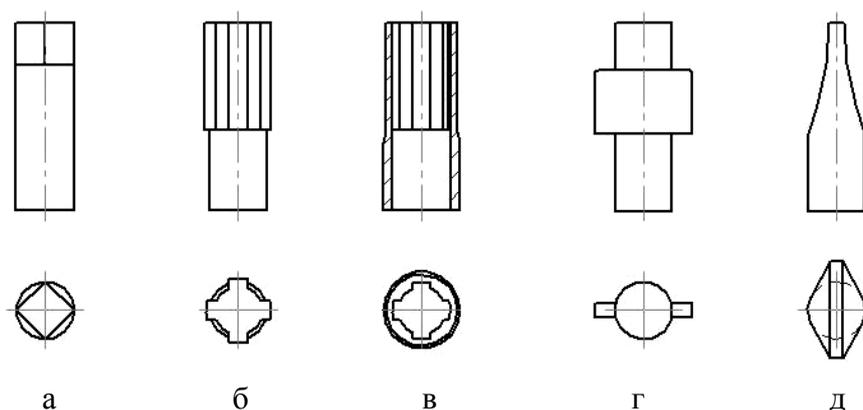


Рис. 4. Ориентировочный перечень деталей, при изготовлении которых может быть использован мультиштамп:

а – квадратный участок на конце или в середине детали; б – внешняя шлицевая поверхность детали; в – внутренняя шлицевая поверхность детали; г – плоский участок в середине детали; д – фигурный участок на конце или в середине детали

ВЫВОДЫ

Предложен новый класс штампов, которые получили название «мультиштампы». Эти штампы способны повысить усилие деформирования в десятки и больше раз в сравнение с усилием прессового оборудования, на котором они устанавливаются. Путем разработки математических зависимостей и компьютерного исследования нагрузок, которые могут развить пуансоны мультиштампа, наглядно показана эффективность предложенной конструкции. Показаны возможные области применения мультиштампа в промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковка и объемная штамповка стали : справочник., Т. 2 / Бабенко В. А., Брюханов А. Н., Глушков В. Н. и др.; под ред. М. В. Сторожева. – М. : Машиностроение, 1967. – 447 с.
2. Алиев И. С. Исследование силового режима процесса радиально-прямого выдавливания с обжатием / И. С. Алиев, Я. Г. Жбанков // Обработка материалов давлением : сб. научн. тр. – Краматорск : ДГМА, 2009. – № 2 (21). – С. 22–28.
3. Алиев И. С. Анализ процесса радиально-обратного выдавливания деталей типа «стакан с фланцем» энергетическим методом / И. С. Алиев, Н. С. Грудкина // Обработка материалов давлением : сб. научн. тр. – Краматорск : ДГМА, 2009. – № 2 (21). – С. 29–33.
4. Огородников В. А. Напряженно - деформированное состояние при формировании внутреннего шлицевого профиля методом обжатия на оправке / В. А. Огородников, И. Г. Савчинский, О. В. Нахайчук // Тяжелое машиностроения. – 2004. – № 12. – С. 31–33.
5. Огородников В. А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением / В. А. Огородников. – Киев : Вища школа, Головное изд-во, 1983. – 175 с.
6. Моделирование напряженного состояния в процессах объемного формоизменения на основании гипотезы о подобии путей деформирования / В. А. Огородников, М. А. Рвачев, В. Д. Покрас, О. Л. Гайдамак // Кузнечно-штамповочное производство. – 1991. – № 11. – С. 2–4.

Гайдамак О. Л. – канд. техн. наук, доц. ВНТУ;

Огородников В. А. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой ВНТУ;

Гончарук А. О. – инженер ВНТУ.

ВНТУ – Винницкий национальный технический университет, г. Винница.

E-mail: vaogorodnikov@ukr.net
vntu111@gmail.com