

РАСШИРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКОЙ НА МНОГОПОЗИЦИОННЫХ ПРЕССАХ

Титов А.Ю.

УлГТУ, кафедра «Материаловедение и обработка металлов давлением»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Титов Ю. А.

Рассмотрены направления повышения эффективности листоштамповочного производства: разработка металлосберегающих технологических процессов с использованием вытяжки, совмещенной с отбортовкой; применение специальной оснастки позволяющей вести раскрой ленты в шахматном порядке при изготовлении деталей на многопозиционных прессах.

Теоретический анализ напряженно-деформированного состояния кольцевой заготовки в процессе деформирования вытяжкой, совмещенной с отбортовкой, был исследован Матвеевым Г.А. [1]. Автор проводит разделение сечения заготовки на две зоны, отличающиеся по схеме напряженно-деформированного состояния - "зону вытяжки" и "зону отбортовки" и принимает, что границей между зонами вследствие осевой симметрии деформирования является окружность некоторого радиуса $R_{гр}$, на уровне которой меридианальные растягивающие напряжения, возникающие в соответствующих зонах, максимальны и равны между собой.

Требование сохранения этого равенства в каждый момент деформирования является необходимым условием совместного протекания операций вытяжки и отбортовки.

На рис. 1 представлена схема осуществления процесса.

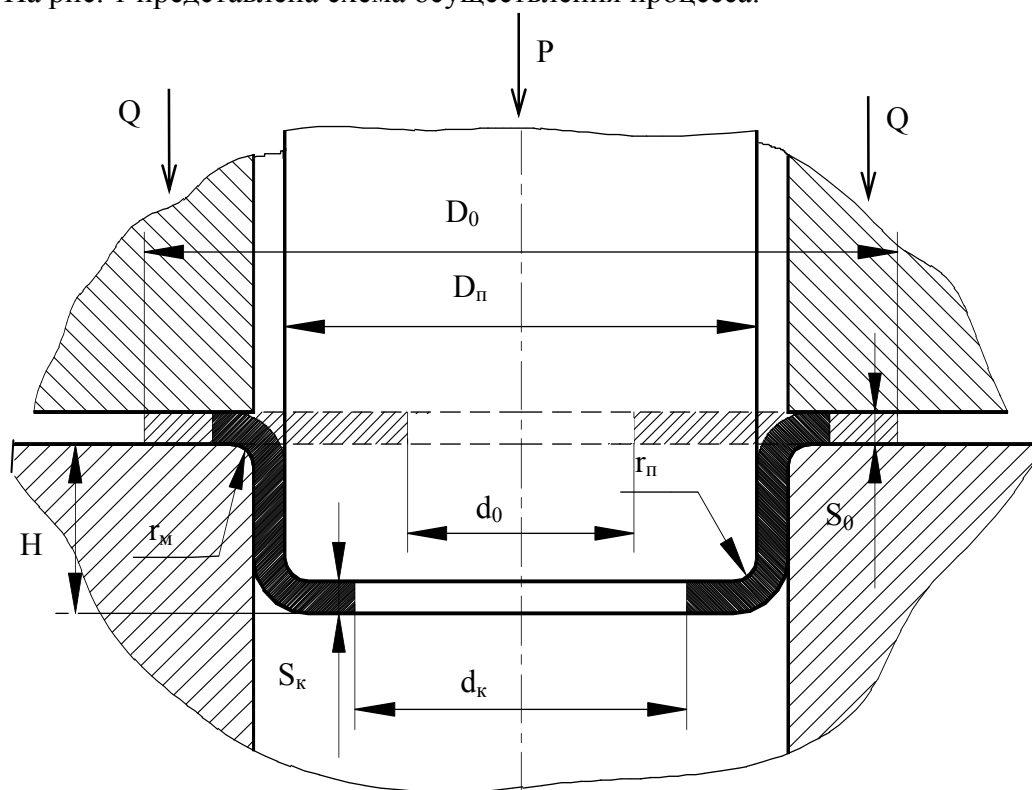


Рис. 1. Схема вытяжки, совмещенной с отбортовкой

Металл в начальный момент деформирования в обеих зонах перейдет в пластическое состояние, т.е. под действием пуансона одновременно перемещаются и наружный край заготовки, и край технологического отверстия. Таким образом, существует три случая соотношения меридиональных растягивающих напряжений.

1. При равенстве экстремальных величин $\sigma_{\rho_{\max}}^{D(\varepsilon)} = \sigma_{\rho_{\max}}^{d(\varepsilon)}$ ожидаемого завершения обеих операций не происходит в связи с тем, что при совмещении процесс деформирования идет в два этапа. Первым является этап, соответствующий периоду роста величины $\sigma_{\rho_{\max}}$ до экстремальных значений, а вторым - этап, соответствующий их уменьшению.

2. Если $\sigma_{\rho_{\max}}^{D(\varepsilon)} > \sigma_{\rho_{\max}}^{d(\varepsilon)}$, то полностью пройдет операция отбортовки и лишь частично — вытяжки.

3. Если $\sigma_{\rho_{\max}}^{D(\varepsilon)} < \sigma_{\rho_{\max}}^{d(\varepsilon)}$, то наоборот: полностью наблюдается операция вытяжки и частично отбортовки.

Для определения факторов, позволяющих влиять на процесс деформирования кольцевой заготовки вытяжкой, совмещенной с отбортовкой, был осуществлен полнофакторный эксперимент и проведен анализ зависимостей [2] $\sigma_{\rho_{\max}}^d$ и $\sigma_{\rho_{\max}}^D$ от параметров процесса (толщина материала S_0 , диаметр отверстия d_0 , диаметр вытяжки $D_{\text{выт}}$, конечный диаметр отверстия d_k , диаметр фланца D_ϕ).

Полное напряжение, передаваемое вертикальной стенке со стороны донной части заготовки, имеет вид [3]:

$$\sigma_{\rho}^d = \left(\xi \cdot \left| \frac{1-2\cdot\chi}{1-\chi/2} \right| \cdot \left(1 - \left(\frac{d_k}{d} \right)^{\left| \frac{1-2\cdot\chi}{1-\chi/2} \right|} \right) + \xi[S_0/(2r_n+S_0)] \right) \exp(\mu_d\alpha). \quad (1)$$

Полное напряжение, которое передается вертикальной стенке со стороны фланцевой части заготовки (в случае преимущественного формообразования вытяжкой [3]) определяется по формуле:

$$\sigma_{\rho}^D = \left[A \cdot \varepsilon_i^n \cdot (\ln(D_\phi / D) + \frac{S_0}{2 \cdot r_m + S_0}) + \frac{2 \cdot \mu_D \cdot Q}{\pi \cdot D_0 \cdot S_0} \right] \exp(\mu_D \pi / 2). \quad (2)$$

Для установления преимущественного (доминирующего $\sigma_{\rho}^{\text{dom}}$) вида деформирования из двух напряжений необходимо выбрать минимальное:

$$\sigma_{\rho}^{\text{dom}} = \min \{ \sigma_{\rho}^d, \sigma_{\rho}^D \}. \quad (3)$$

Усилие на пуансоне будет определяться следующей формулой:

$$P = \pi \cdot (D_n + S_0) \cdot S_0 \cdot \sigma_{\rho}^{\text{dom}}. \quad (4)$$

Для экспериментального исследования влияния основных факторов процесса вытяжки, совмещенной с отбортовкой, была использована кольцевая заготовка из стали 08кп с толщинами $S_0 = 0,6$ и $1,2$ мм, диаметром $D_0 = 65$ мм и с отверстиями $d_0 = 12,5$ и $17,5$ мм. Сила прижима Q варьировалась на 3-х уровнях: 5, 10 и 15 кН. Во всех случаях диаметр вытяжки $D_{\text{выт}}$ был неизменным и составлял 40 мм, радиусы пуансона r_n и матрицы r_m - 5 мм. Заготовки (по три образца на каждый опыт) подвергали поэтапной вытяжке на глубину $H = 2, 4, 6, 8, 10$ и 12 мм. После каждого очередного деформирования

заготовки измерялись выходные параметры: D_ϕ - диаметр фланца, S_k - толщина заготовки на кромке отверстия, d_k - диаметр отверстия, вычислялись относительные изменения фланца $\varepsilon_D = (D_0 - D_\phi)/D_0$, отверстия $\varepsilon_d = (d_k - d_0)/d_0$, а также $\sigma_{p\max}^d$ и $\sigma_{p\max}^D$.

Полученные данные (рис.2) свидетельствуют, что в условиях эксперимента формообразование боковой поверхности образцов идет одновременно за счет периферийной и внутренней части заготовки лишь в тех случаях, когда σ_p^d (напряжения во фланцевой части) и σ_p^D (напряжения в донной части) примерно равны, в остальных случаях в зависимости от сочетания параметров процесса доминирует либо вытяжка, либо отбортовка.

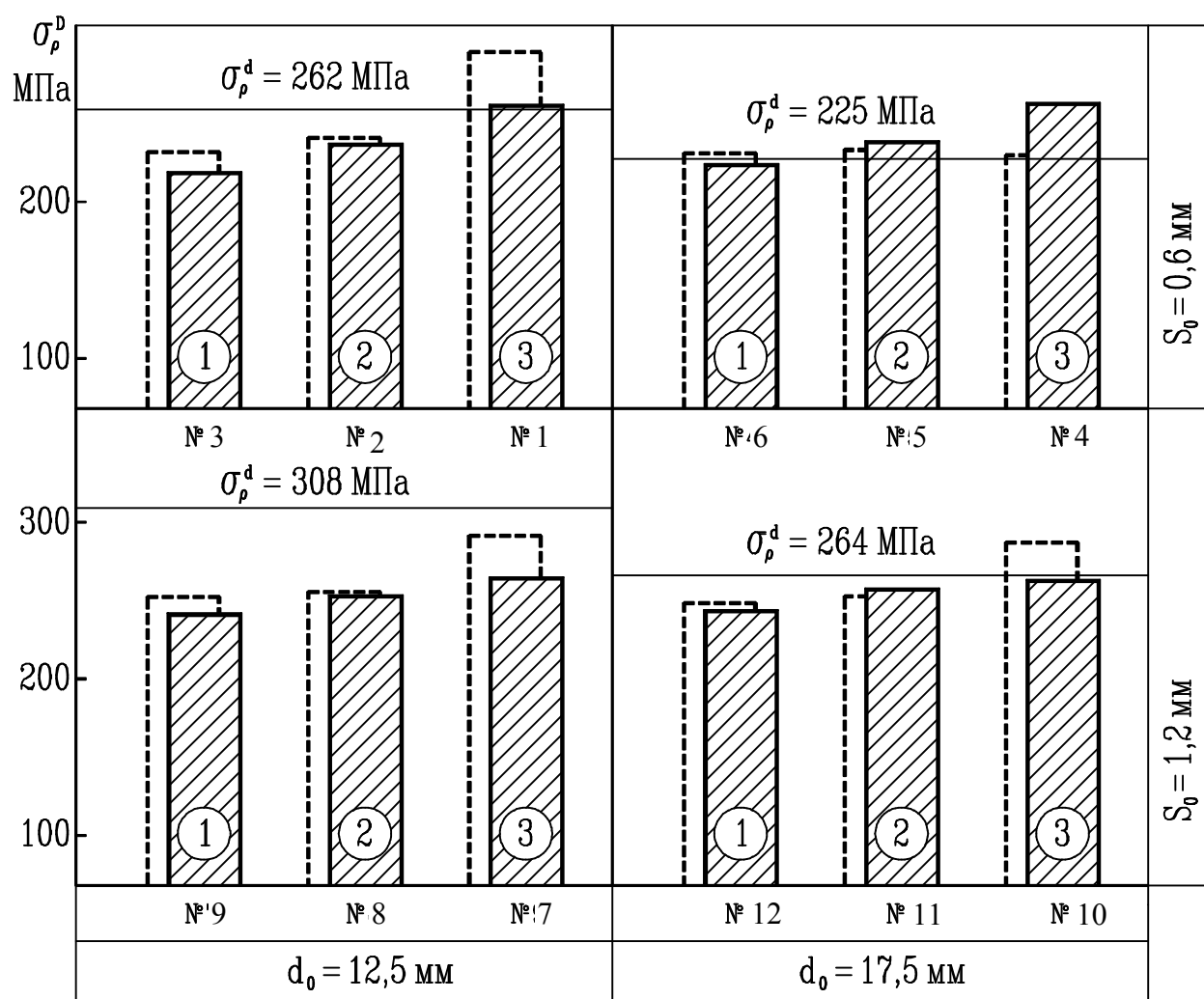


Рис. 2. Результаты расчетов и экспериментальные данные процесса вытяжки, совмещенной с отбортовкой: — расчет; — эксперимент; 1,2,3 - соответственно $Q = 5; 10; 15$ кН

Так увеличение диаметра отверстия с 12,5 до 17,5 мм при небольшой силе прижима Q практически не влияет на характер деформации, однако при увеличении Q от 5 до 15 кН интенсивность деформации внутренней части заготовки резко возрастает, а фланцевой — уменьшается. Включение в процесс деформирования внутренней части кольцевой заготовки позволяет значительно уменьшить размеры исходной заготовки и

увеличить коэффициент использования металла (КИМ). Так, при увеличении Q от 5 до 15 кН и при толщине металла 0,6 мм и 1,2 мм КИМ увеличивается от 5 до 13,3 %, и от 14 до 18 % соответственно.

Для определения количественных и качественных показателей влияющих на преимущественный вид деформирования необходимо построить графики граничных кривых, разделяющих области отбортовки и вытяжки.

Рассмотрим начальный момент деформирования с учетом $r_{\Pi} = r_m$ и коэффициентов трения $\mu_d = \mu_r$. Решая уравнения (1) и (2) и принимая $d_k = d_0$, $D_k = D_0$, $d = D = D_{\Pi}$, и обозначив

$$\lambda = \frac{1 - 2 \cdot \chi}{1 - 0,5 \cdot \chi}, \quad (5)$$

получим:

$$\lambda \cdot \left[1 - \left(\frac{d_0}{D_{\Pi}} \right)^{\frac{1}{\lambda}} \right] = \ln \frac{D_0}{D_{\Pi}} + \frac{2 \cdot \mu \cdot Q}{\pi \cdot S_0 \cdot \sigma_T (D_0 - D_{\Pi})}. \quad (6)$$

Следует отметить, что выражение (6) при $\lambda = 1$ и $Q = 0$ (т.е. без учета утонения и прижима) полностью соответствует аналогичной формуле Г.А. Матвеева [1].

Принимая D_0 за аргумент, а за функцию $d_0 = f(D_0)$, и устанавливая все другие переменные уравнения (6) в качестве параметров, запишем:

$$d_0 = D_{\Pi} \cdot \left[1 - \left(\ln \frac{D_0}{D_{\Pi}} + \frac{2 \cdot \mu \cdot Q}{\pi \cdot S_0 \cdot \sigma_T (D_0 - D_{\Pi})} \right) \cdot \frac{1}{\lambda} \right]^{\lambda}. \quad (7)$$

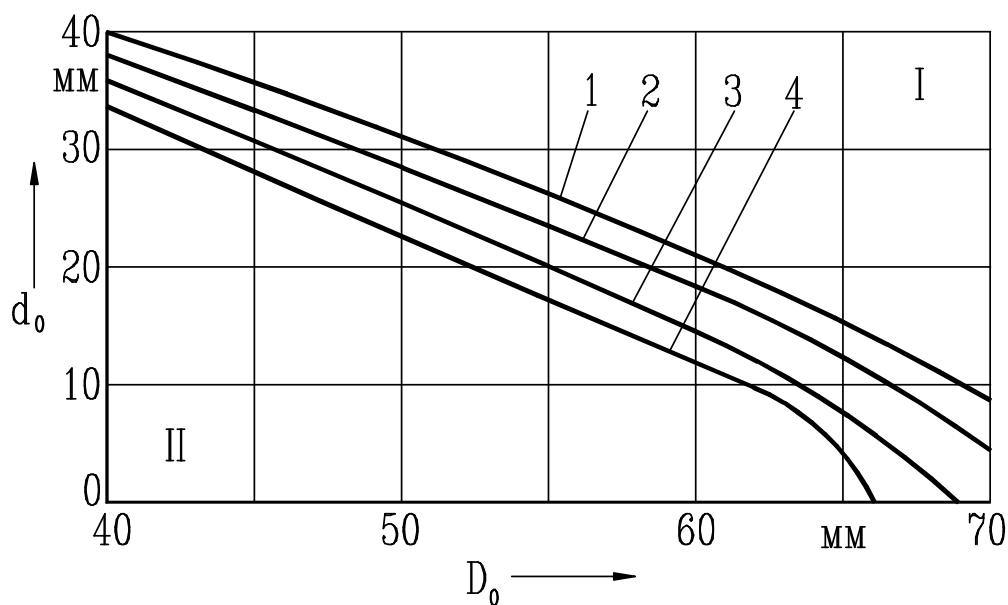
При проведении расчетов значения параметров, входящих в формулы (7, 1 и 2), устанавливаем в соответствии с условиями проведения экспериментальных исследований на стали 08кп (таблица 1). При этом значение λ , учитывающие утонение материала в донной части и входящее в выражение (7) предварительно вычисляем по (5) усредняя по очагу деформации χ :

$$\chi = 1 - \frac{d_0}{D_{\Pi} - 2 \cdot r_{\Pi} - d_0} \cdot \ln \left(\frac{D_{\Pi} - 2 \cdot r_{\Pi}}{d_0} \right). \quad (8)$$

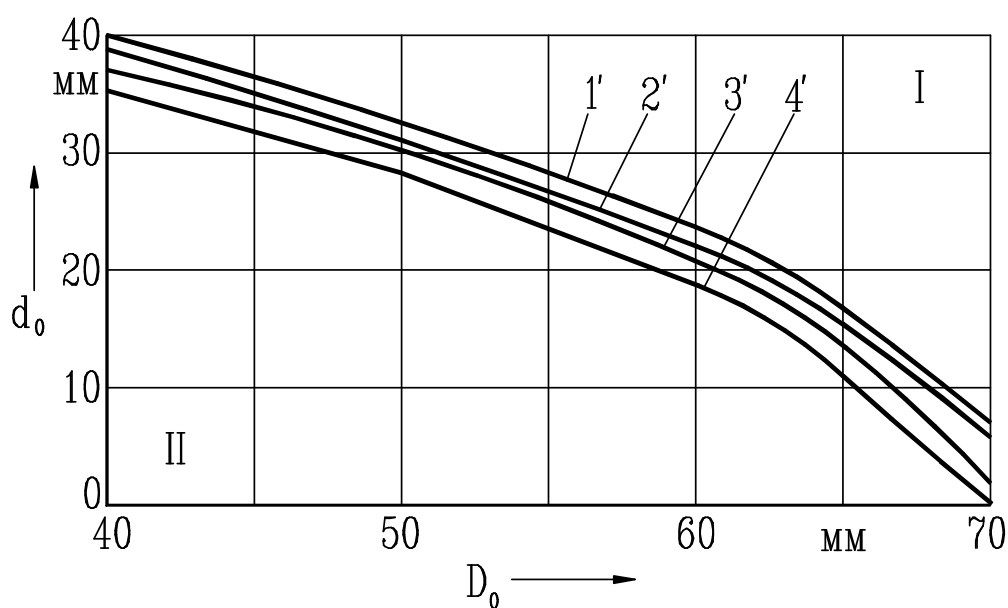
Используя (7), построим диаграммы преимущественного деформирования, т.е. кривые, разделяющие области отбортовки и вытяжки (рис.3).

Полученная математическая модель (7) преимущественного деформирования кольцевой заготовки вытяжкой, совмещенной с отбортовкой и методика построения диаграмм преимущественного деформирования может быть использована для построения номограмм технологами на промышленных предприятиях с установившейся номенклатурой изделий с известным размерным рядом.

Анализ диаграмм показывает, что области преимущественного деформирования вытяжкой при прочих равных условиях соответствуют бóльшие значения диаметра и толщины заготовки, а также усилия прижима. Влияние диаметра отверстия противоположно, т.е. с его увеличением формообразование осуществляется за счет внутренней части заготовки, т.е. отбортовкой. Это подтверждается сравнением расчетных и опытных данных, которые показывают, что формообразование осуществляется одновременно за счет периферийной и внутренней ее частей: в опытах №1, 6 и 10 σ_p^d и σ_p^D примерно равны, в остальных случаях в зависимости от сочетания параметров процесса доминирует либо вытяжка, либо отбортовка.



а)



б)

Рис. 3. Диаграммы граничных кривых вытяжки - отбортовки: I – зона отбортовки, II – зона вытяжки; а) - $S_0 = 0,6$ мм; 1,2,3,4 - соответственно $Q = 0; 5; 10; 15$ кН; б) - $Q = 5$ кН; 1',2',3',4' - соответственно $S_0 = 0,6; 1,2; 2,0; 2,5$ мм;

Увеличение усилия прижима Q интенсифицирует деформацию внутренней части заготовки, при меньшей толщине материала это влияние больше. Увеличение диаметра отверстия с 12,5 до 17,5 мм при небольшом усилии прижима Q незначительно влияет на характер деформации, однако при увеличении Q от 5 до 15 кН интенсивность деформации внутренней части заготовки резко возрастает, а фланцевой уменьшается. Это позволяет уменьшить диаметр заготовки и увеличить КИМ на 5—18%

Анализ математической модели (7) позволяет устанавливать преимущественный вид деформирования и дает возможность рассчитывать параметры металлосберегающих технологических процессов листовой штамповки на основе вытяжки - отбортовки за счет выбора усилия прижима или диаметра отверстия в исходной заготовке.

Вторым направлением расширения технологических возможностей изготовления деталей листовой штамповкой на многопозиционном прессе является способ осуществления шахматного раскроя ленты.

Широкое использование многопозиционных прессов в машиностроительном производстве при изготовлении деталей листовой штамповкой из рулонного и ленточного материала обусловлено повышением производительности труда, уменьшением количества единиц оборудования и числа работающих. Кроме того, многопозиционные прессы позволяют легко и быстро переналаживаться с выпуска одной продукции на другую.

Однако особенности конструкции многопозиционных прессов ограничивают их технологические возможности, в частности, не представляется возможным осуществить двухрядный раскрой материала, что позволило бы увеличить коэффициент использования материала.

В используемых технологических процессах штамповки на многопозиционном прессе лента подается перпендикулярно оси прессы, в направлении которой перемещается полуфабрикат с позиции на позицию. Учитывая эту особенность, предлагается осуществление двухрядного раскроя следующими тремя способами:

1. За счет возвратно-поступательного движения ленты по ширине:
 - 1.1. подвижной кареткой в рабочей зоне штампа [4]
 - 1.2. подвижной кареткой вне рабочей зоны штампа [5]
2. За счет возвратно-поступательного движения штампа по отношению к ленте
 - 2.1. по отрезку прямой линии
 - 2.2. по отрезку окружности [6]
3. За счет второго прохода ленточного материала через рабочую зону штампа с переориентацией на 180° .

Применение в практике первых двух способов ограничено и приемлемо только лишь для заготовок круглой и осесимметричной формы. Если форма заготовки отлична от круглой можно применить способ 3. Однако существует сложность внедрения третьего способа— требуется переориентация заготовки на 90° (рис.4).

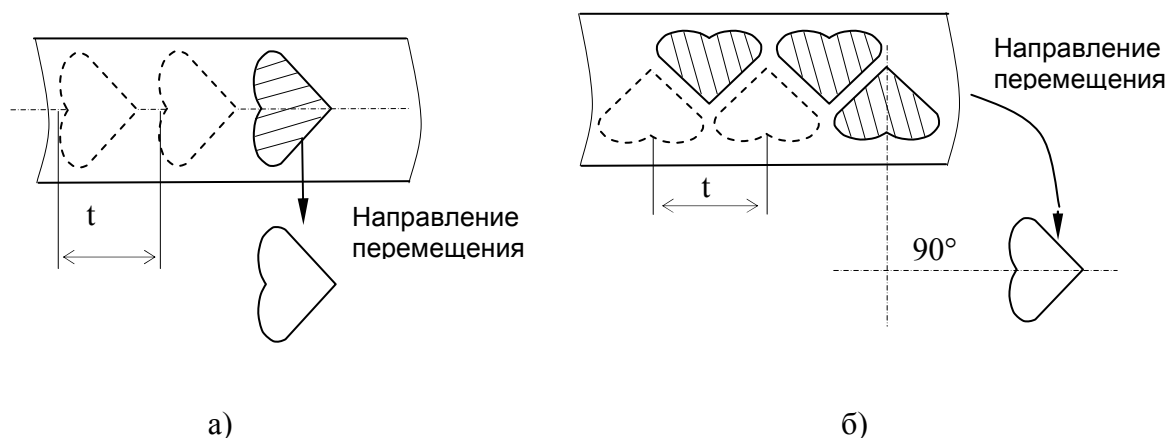


Рис.4. Схема вырубki заготовок а) по действующей технологии, б) по новой технологии

Применение специального устройства поворота вырубленной заготовки на 90° перед её перемещением на следующую позицию многопозиционного пресса [7] упрощает применение третьего способа в действующих технологических процессах.

Устройство поворота на 90° вырубленной заготовки показано на рис.5. Предлагаемое устройство содержит поворотный стакан 7, гильзу 10 с направляющими поворотными пазами 8, рычажный механизм 11 и возвратную пружину 6. В нижней плите штампа 1 выполнены пазы под рейкерные линейки 12 для передвижения вырубленной и сориентированной заготовки рейкерной подачей по столу пресса 2 на следующую позицию многопозиционного пресса.

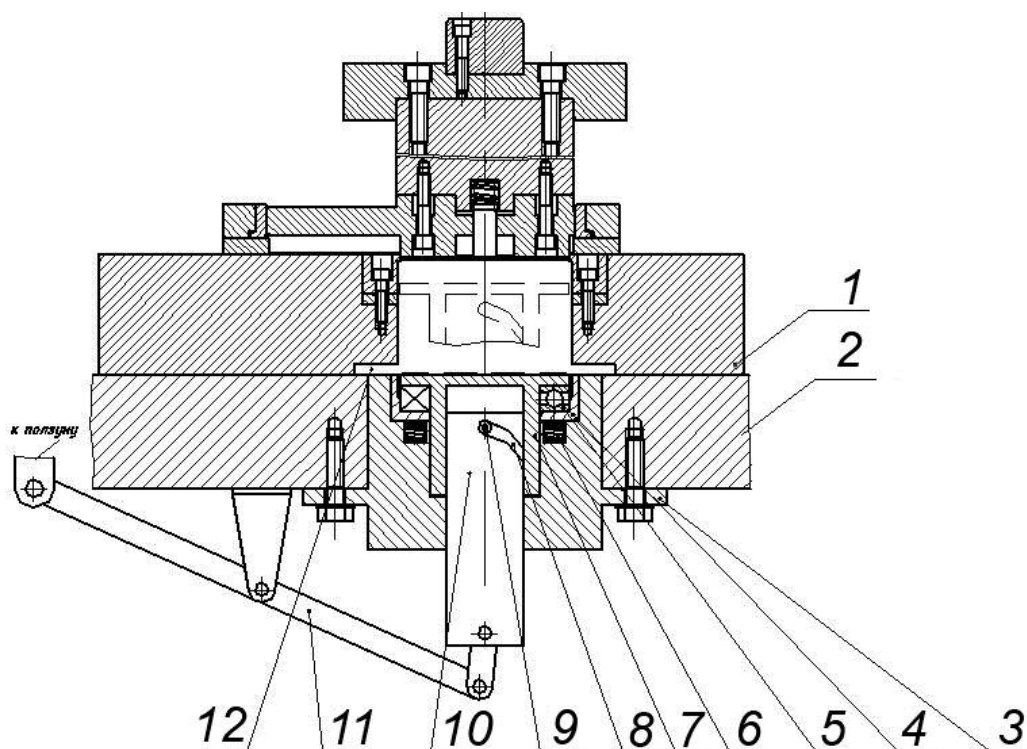


Рис. 5. Устройство поворота вырубленной заготовки на 90° .

Устройство работает следующим образом. При ходе ползуна вниз посредством рычажного механизма 11 гильза 10 перемещаясь вверх, производит толкающее действие и вращает поворотный стакан 7. Поворот стакана 7 происходит за счёт фигурных направляющих пазов 8 в гильзе 10 и подшипников 9, установленных в поворотном стакане 7. Для устранения перекосов поворотного стакана 7 относительно гильзы 10 необходимо изготавливать не менее двух пазов.

При достижении гильзой 10 и поворотного стакана 7 крайнего верхнего положения происходит вырубка заготовки. Вырубленная заготовка падает на поворотный стакан 7. При ходе ползуна вверх посредством рычажного механизма 11 поворотный стакан 7 и гильза 10 движутся вертикально вниз под действием возвратной пружины 6. В крайнем нижнем положении гильзы 10 поворотный стакан 7, повернут на 90° .

После этого переориентированная заготовка подаётся на следующую позицию многопозиционного пресса.

Анализ действующих технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой на многопозиционных прессах в ОАО «УАЗ» и ОАО «ДААЗ» показал, что расширение технологических возможностей многопозиционных прессов вышеперечисленными способами позволяет увеличить КИМ на 10-15%.

Литература

1. Ковка и штамповка. Справочник в 4 томах, том 1. Листовая штамповка под редакцией Е.И. Семенова. - Москва: Машиностроение, 1985. 544 с.
2. Титов Ю.А. Разработка металлосберегающих процессов штамповки деталей типа тел вращения вытяжкой-отбортовкой: дисс. канд. техн. наук. – Н.-Н., 2000. – 179 с.
3. Берлет Ю.Н, Титов Ю.А, Филимонов В.И. Об условиях протекания процесса вытяжки, совмещенного с неполной отбортовкой // Кузнечно-штамповочное производство, 2000, №2. С.20-24.
4. А. с. 812385 СССР, МКИ В 21 D 43/14. Устройство к прессу для зигзагообразной подачи листового материала / А.П. Сизякин, М.И. Прокудин, Г.З. Берман, В.П. Бирюков, С.И. Марченко, Г.П. Елецкий. - № 2734322/25-27; заявл. 11.03.89; опубл. 15.03.81, Бюл. № 10.
5. Приоритет на пол. модель №2006144322. Устройство к многопозиционному прессу для подачи ленточного материала с использованием шахматного раскроя / Ю.А. Титов, А.Ю. Титов, Н.В. Губанова. 25.01.07.
6. А. с. 1606240 СССР, МКИ В 21 D 28/08. Подающее револьверное устройство штампа / Е.М. Джемчельский. - № 4466594/23-27; заявл. 27.07.88; опубл. 15.11.90, Бюл. № 42.
7. Приоритет на пол. модель №2006144324. Устройство для поворота не осесимметричных заготовок / Ю.А. Титов, А.Ю. Титов, К.О. Байкалов. 12.12.06