

Представленные результаты свидетельствуют о том, что при обкатывании заготовок из ПА с увеличением профильного радиуса деформирующего элемента, при прочих равных условиях, наблюдается сокращение глубины деформации поверхностного слоя. Это в свою очередь не позволяет обеспечить его уплотнение и создать в нем значительный по степени и глубине наклеп. При малом профильном радиусе деформирующего элемента ($R_{пр} = 4$ мм) обеспечивается большее упрочнение поверхности вплоть до перенаклепа.

Для монолитных материалов при одних и тех же усилиях накатывания уменьшение профильного радиуса деформирующего элемента приводит к росту степени наклепа, но уменьшает глубину его распространения [4]. Это является принципиальным отличием ППД заготовок из пористых антифрикционных материалов от монолитных.

Полученные результаты исследования формирования микропрофиля единичного следа при обкатывании заготовок из ПА свидетельствуют о том, что деформирующий элемент с $R_{пр} = 8$ мм является оптимальным с точки зрения обеспечения качества поверхности деталей из исследуемых материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолов, Н.И. О сущности процесса абразивной доводки. В сб.: Передовая технология и автоматизация управления процессами обработки деталей машин. – Л.: Машиностроение, 1970 – С. 398-405.
2. Мартынов, А.Н. Основы метода обработки деталей свободным абразивом, уплотненным инерционными силами. – Саратов: Изд-во СГУ, 1981. – 212 с.
3. Турчак, Л.И. Основы численных методов. – М.: Наука. 1987. – 320 с.
4. Жасимов, М.М. Управление качеством деталей при поверхностном пластическом деформировании. – Алма-Ата: Наука, 1986. – 206 с.

УДК 621.77

Исаевич Л.А., Гуринович В.А., Сидоренко М.И., Шиманский А.В.

РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ ОСАДКИ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ФОРМООБРАЗОВАНИИ ФЛАНЦА В ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКЕ

*Белорусский национальный технический университет
Минск. Беларусь*

Процесс формообразования методом пластического деформирования фланцев в трубных заготовках является разновидностью процесса раздачи концов этих заготовок жестким инструментом [1-4]. При этом конец трубной заготовки подвергается раздаче под прямым или близким к нему углом [4, 5].

Для осуществления процесса раздачи по данной схеме в деформирующем инструменте необходимо иметь плавный переход от цилиндрической части к плоскости в виде торообразной поверхности (рисунок 1). Такая поверхность, естественно, копируется и в раздаваемой части заготовки, что в ряде случаев не допускается конструкцией получаемой детали.

С целью исправления указанного недостатка и обеспечения острой кромки между цилиндрическим отверстием и фланцевой частью толщину стенки заготовки заранее выбирают увеличенной. После этого за счет удаления избытка металла обработкой резанием получают деталь с острой кромкой в зоне перехода от фланца к цилиндрической полости заготовки.

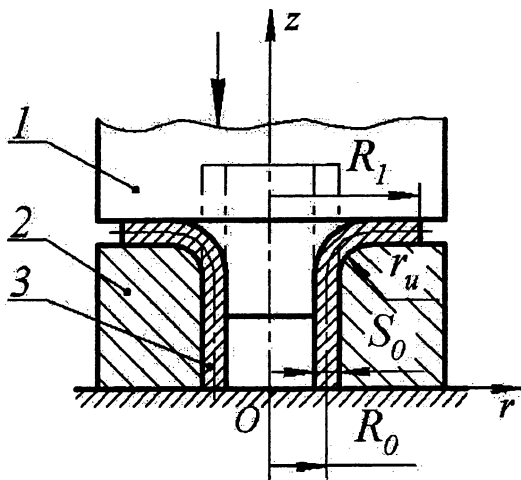


Рисунок 1 – Схема раздачи трубной заготовки:
1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – заготовка

ну её последующей осадки. Нижним торцом заготовка опирается на плиту 5.

При движении пуансона 6 вниз фланцевая часть заготовки 3 с зазором по наружному диаметру попадает в его полость, а в отверстие заготовки заходит цилиндрическая ступень этого же пуансона. Полость ступенчатого пуансона ограничена буртом, внутренний диаметр которого равен диаметру фланца получаемой детали 7.

При дальнейшем движении пуансона 6 вниз после упора фланцевой части заготовки 3 в съемник 8 происходит раздача этой заготовки до тех пор, пока фланец по наружному диаметру не упрется в бурт пуансона. При дальнейшем перемещении пуансона вниз происходит смещение фланцевой части заготовки в этом же направлении без раздачи, поскольку последней препятствуют бурт пуансона и прижим 4. Далее в результате осадки цилиндрической части заготовки происходит формоизменение её торообразного участка путем заполнения полости между съемником 8 и цилиндрической частью пуансона 6.

Для удаления готовой детали 7 из полости пуансона 6 предусмотрен съемник 8, который при ходе пуансона вверх приводится в движение толкателями 9.

С целью определения величины осадки цилиндрической части заготовки найдем объем свободной полости над торообразным участком фланца. Для этого вначале определим объем торообразной части заготовки. На рисунке 3 представлено сечение этой части в декартовой системе координат (O, r, z) , ось r которой параллельна горизонтальной плоскости прижима и отдалена от неё на расстояние r_n , а ось z совпадает с осью симметрии заготовки. Сечение ограничено линией 1, которая представляет собой четверть окружности радиусом r_n с центром в точке $(R_0 + S_0/2 + r_n, 0)$, а также линией 2, которая расположена от линии 1 на расстоянии $S(r) = S_0 \sqrt{R_0/r}$, осью r и прямой, параллельной оси z , отстоящей от неё на расстоянии $R_0 + S_0/2 + r_n$ [5]. Тогда объем торообразной части заготовки будет

Однако при этом около 40% металла уходит в стружку, что существенно снижает коэффициент его использования и приводит к повышению себестоимости изготовления деталей.

В связи с этим было предложено техническое решение, суть которого сводится к тому, что после отбортовки по описанной выше схеме производят пластическое формоизменение торообразного участка заготовки за счет осадки её цилиндрической части (рисунок 2). Для этого полученную трубную заготовку 3 с фланцем, перпендикулярным её оси, содержащую торообразный участок между цилиндрическим отверстием и фланцевой частью, устанавливают в подпружиненный прижим 4, высота которого больше длины цилиндрической части готовой детали на величину её последующей осадки.

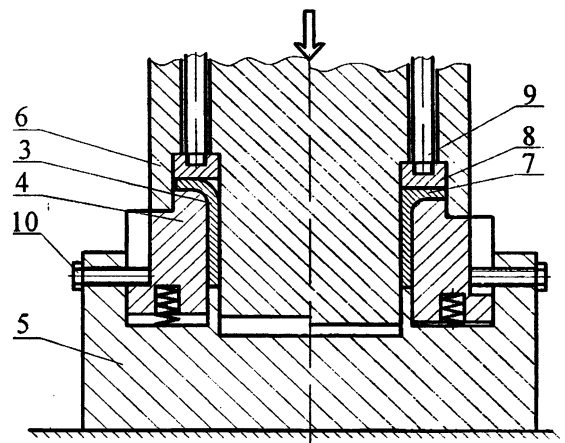


Рисунок 2 – Схема штампа формоизменения торообразного участка заготовки

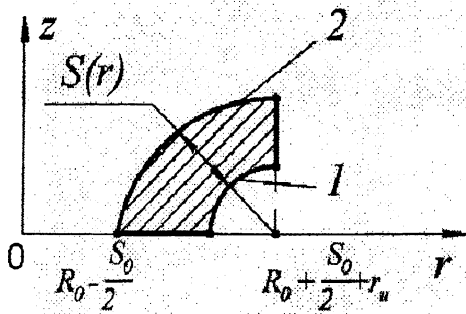


Рисунок 3 – Сечение торообразной части фланца

$$V_T = V_2 - V_1, \quad (1)$$

где V_1 – объем тела, полученного вращением вокруг оси z второй четверти круга, радиусом r_n с центром в точке $(R_0 + S_0/2 + r_n, 0)$;

V_2 – объем тела, полученного вращением площадки, ограниченной линией 2, осью r и прямой, параллельной оси z с координатой $r = R_0 + S_0/2 + r_n$.

В развернутом виде объем V_1 можно представить выражением:

$$V_1 = \frac{\pi^2 r_n^2}{2} \left[R_0 + \frac{S_0}{2} + \left(1 - \frac{4}{3\pi}\right) r_n \right]. \quad (2)$$

Для расчета объема V_2 аппроксимируем линию 2 частью окружности (рисунок 4) в новой системе координат, ось x которой совпадает с осью r , но направлена в другую сторону с целью упрощения дальнейшего решения, а ось y параллельна оси z и удалена от нее на расстояние $R_0 + S_0/2 + r_n$. Уравнение этой окружности будет:

$$y = y_0 + \sqrt{R^2 - x^2}, \quad (3)$$

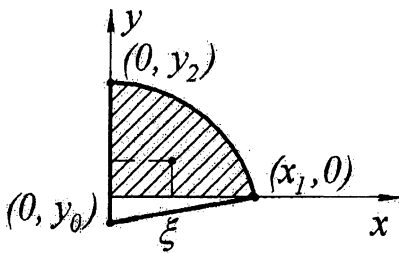


Рисунок 4 - Аппроксимация кривой Z

$$\text{где } y_0 = \frac{y_2^2 - x_1^2}{2 y_2},$$

$$R = \frac{y_2^2 + x_1^2}{2 y_2},$$

$$x_1 = S_0 + r_n,$$

$$y_2 = r_n + S_0 \sqrt{\frac{R_0}{R_0 + S_0/2 + r_n}}.$$

Площадь заштрихованной площадки (рисунок 4) и x -координату её центра тяжести ξ найдем как:

$$F_2 = \int_0^{x_1} y_0 + \sqrt{R^2 - x^2} dx = \frac{1}{2} \left(x_1 y_0 + R^2 \arcsin \frac{x_1}{R} \right), \quad (4)$$

$$\xi = \frac{1}{F} \int_0^{x_1} x \left(y_0 + \sqrt{R^2 - x^2} \right) dx = \frac{1}{F} \left(\frac{y_0 x_1^2}{2} + \frac{R^3 + y_0^3}{3} \right). \quad (5)$$

Данная часть трубной заготовки является телом вращения, объем которого согласно 2-й теореме Гульдена [5] будет:

$$V_2 = F_2 \cdot 2\pi \xi_1,$$

где $\xi_1 = R_0 + S_0/2 + r_n - \xi$.

Тогда с учетом выражений (4) и (5) окончательно запишем:

$$V_2 = \pi \left[(R_0 + S_0/2 + r_n) \left(x_1 y_0 + R^2 \arcsin \frac{x_1}{R} \right) - \frac{y_2}{6} (y_2^2 + 3x_1^2) \right]. \quad (6)$$

Поскольку свободная полость, заполняемая впоследствии металлом в результате осадки цилиндрической части заготовки, ограничена линией 2 (рисунок 3), цилиндрической частью пуансона 6 и съёмником 8 (рисунок 2), то для определения объема этой полости, очевидно, не нужно учитывать величину объема V_1 .

Определим объем штамповой полости, приходящийся на торообразный участок деформируемой заготовки, включая объем V_1

$$V_{\text{ш}} = \pi(R_0 + S_0/2 + r_{\text{н}})^2(S(r) + r_{\text{н}}).$$

Согласно [5] $S(r) = S_0\sqrt{R_0/r}$,

где r – текущее значение радиуса во фланцевой части.

В нашем случае $S(r) = S_0\sqrt{R_0/(R_0 + S_0/2 + r_{\text{н}})}$.

Тогда

$$V_{\text{ш}} = \pi(R_0 + S_0/2 + r_{\text{н}})^2 \cdot \left[r_{\text{н}} + S_0\sqrt{R_0/(R_0 + S_0/2 + r_{\text{н}})} \right]. \quad (7)$$

Объем свободной полости над торообразным участком можно представить как

$$V_{\text{п}} = V_{\text{ш}} - V_2$$

или с учетом выражений (6) и (7) в виде

$$V_{\text{п}} = \pi \left\{ (R_0 + S_0/2 + r_{\text{н}})^2 \cdot \left[r_{\text{н}} + S_0\sqrt{R_0/(R_0 + S_0/2 + r_{\text{н}})} \right] - \left[(R_0 + S_0/2 + r_{\text{н}}) \cdot \left(x_1 y_0 + R^2 \arcsin \frac{x_1}{R} \right) - \frac{y_2}{6} (y_2^2 + 3x_1^2) \right] \right\}. \quad (8)$$

Найденный объем будет заполняться объемом металла из цилиндрической части заготовки в результате её осадки. В этом случае должно соблюдаться условие

$$V_{\text{п}} = V_{\text{ц}} = \pi \cdot \Delta h \cdot \left[(R_0 + S_0/2)^2 - (R_0 - S_0/2)^2 \right] = 2\pi \cdot \Delta h \cdot R_0 \cdot S_0.$$

Отсюда с учетом выражения (8) определим величину

$$\Delta h = \frac{1}{2R_0 S_0} \left\{ (R_0 + S_0/2 + r_{\text{н}})^2 \cdot \left[r_{\text{н}} + S_0\sqrt{R_0/(R_0 + S_0/2 + r_{\text{н}})} \right] - \left[(R_0 + S_0/2 + r_{\text{н}}) \cdot \left(x_1 y_0 + R^2 \arcsin \frac{x_1}{R} \right) - \frac{y_2}{6} (y_2^2 + 3x_1^2) \right] \right\}. \quad (9)$$

Таким образом, зная параметры готовой детали после операции раздачи, легко найти величину осадки цилиндрической части заготовки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке. – Л.:Машиностроение, 1971. – 782 с: ил. 2. Зубцов, М.Е. Листовая штамповка. – Л.:Машиностроение, 1980. – 432 с: ил. 3. Попов, Е.А. Основы теории листовой штамповки. – М.:Машиностроение, 1968. – 284с: ил. 4. Ершов, В.И., Глазков, В.И., Каширин, М.Ф. Совершенствование формоизменяющих операций листовой штамповки. – М.:Машиностроение, 1990. – 312с: ил. 5. Особенности формообразования пластическим деформированием фланца в трубной заготовке/ Л.А. Исаевич, А.В. Мазуренок, А.В. Шиманский, М.И. Сидоренко// Металлургия. – Минск: Наука и техника, 2005. Вып.29. с 157-164.