

этом угол поворота валков до их полного контакта с заготовкой $\Delta\alpha_2 = \alpha_n - \alpha_m = 0,6^\circ$. Выдавливаемый в радиальном направлении металл за угол поворота валков на $\Delta\alpha_2$ в дальнейшем образует выступ высотой 0,16...0,17 мм. Поверхность контакта валков с заготовкой при этом имела вид, приведенный на рис. 2,б (правая часть). Опыты прокатки проводили в холодную и с нагревом заготовок до температуры 1030 К. В результате прокатки получены гладкие, без макродефектов поверхности и без кривизны прутки со слабо выраженными продольными выступами.

В исходном состоянии, после холодной и горячей прокатки твердость по Бринеллю составляла соответственно 95; 150 и 110, временное сопротивление на разрыв (образцы стандартные, $d = 6$ мм) 370; 500 и 400 МПа, относительное удлинение 11,6; 9,8 и 17,7 %, сужение слабо выраженной шейки 16; 19 и 28 %.

Литература

1. Колачев, Б. А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов / Б. А. Колачев, В. А. Ливанов, В. И. Елагин. – М.: Металлургия, 1981. – 416 с.
2. Прокатка малопластичных металлов с многосторонним обжатием / Л. А. Барков [и др.]. – Челябинск: Металлургия, 1988. – 304 с.
3. Ложечников, Е. Б. Прокатка непрерывно литых прутков латуни в четырехвалковом калибре / Ложечников Е. Б., Кудин М. В. // Прогрессивные технологии обработки материалов давлением: материалы международной научно – технической конференции. – Мн.: Технопринт, 2004. – С. 70–81.

УДК 621.77.001

Силовые и кинематические параметры формообразования фланцев в трубных заготовках

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

Белорусский национальный технический университет

Пластическое формообразование относительно широких фланцев в трубных заготовках проводится в большинстве случаев посредством их отбортовки, являющейся завершающей стадией процесса раздачи концов этих заготовок жестким инст-

рументом [1-4]. В результате такой операции конец трубной заготовки подвергается раздаче под прямым или близким к нему углом [4, 5]. При реализации процесса раздачи по данной схеме

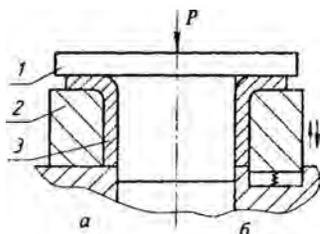


Рисунок 1 – Схема раздачи (а) и

осадки (б) трубной заготовки:

1- пуансон; 2 - матрица;

3 - заготовка

деформирующий пуансон должен содержать плавный переход от цилиндрической части к плоскости в виде торообразной поверхности, которая неизбежно копируется в раздаваемом участке заготовки (рис. 1, а). Однако в ряде случаев это не допускается чертежом готовой детали, например, при изготовлении корпуса водила бортовой передачи заднего

моста автомобилей МАЗ.

Учитывая это, предложено после отбортовки по описанной выше схеме производить пластическое формоизменение торообразного участка заготовки за счет осадки ее цилиндрической части (рис. 1, б). При этом полученную трубную заготовку с плоским фланцем, имеющим торообразный переход к цилиндрической полости, устанавливают в подпружиненную матрицу, а внутрь заготовки вводят ступенчатый пуансон без торообразного перехода от торца ступени к цилиндру.

При определении усилия, необходимого для формоизменения торообразного участка заготовки, процесс деформирования будем рассматривать как открытую прошивку фланца наружным диаметром D трубчатым прошивком, имеющим наружный диаметр d_1 , а внутренний – d_0 .

Тогда согласно [6]

$$\sigma_r = \sigma_0 \left(1,1 \ln \frac{D}{d_1} + \frac{0,5d_1 - r}{h} \right), \quad (1)$$

$$\sigma_z = \sigma_0 \left(1 + 1,1 \ln \frac{D}{d_1} + \frac{0,5d_1 - r}{h} \right). \quad (2)$$

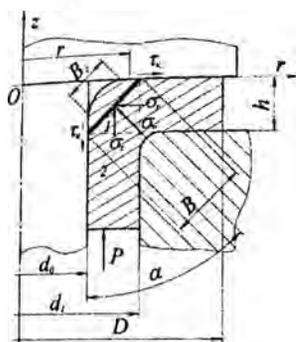


Рисунок 2 – Схема очага деформации при формоизменении торообразного участка

Радиальные (1) и осевые (2) напряжения могут вызвать пластическое формоизменение торообразного участка фланцевой части трубы. Такое формоизменение в свою очередь обусловлено действием нормального напряжения в площадке, равнонаклоненной к осям координат σ_{α} (рис. 2), которое согласно [6]

$$\sigma_n = \sigma_r a_r + \sigma_z a_z.$$

Но поскольку в нашем случае $a_r = a_z = \cos 45^\circ = \sqrt{2}/2$, то в соответствии с предыдущим равенством $\sigma_n = \frac{\sqrt{2}}{2} (\sigma_r + \sigma_z)$. Подставив сюда значения σ_r

и σ_z соответственно из выражений (1) и (2), получим:

$$\sigma_n = \frac{\sqrt{2}}{2} \sigma_0 \left(1 + 2,2 \ln \frac{D}{d_1} + \frac{d_1 - 2r}{h} \right). \quad (3)$$

Анализируя последнее выражение, нетрудно заметить, что значение σ_n зависит от переменной r , которая изменяется в пределах $\frac{d_0}{2} \leq r \leq \frac{d_1}{2}$. При $r = \frac{d_1}{2}$ величина σ_n будет минимальной, а при $r = d_0/2$ она станет максимальной. Учитывая это, очевидно, справедливо будет воспользоваться некоторым средним значением σ_n , т.е. отвечающим значению переменной $2r = \frac{1}{2}(d_1 + d_0)$. Тогда уравнение (3) примет вид:

$$\sigma_{n_{\delta\delta}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \sigma_0 \left(1 + 2,2 \ln \frac{D}{d_1} + \frac{d_1 - d_0}{2h} \right). \quad (4)$$

Для определения величины пластического формоизменения торообразного участка заготовки воспользуемся известным [7] решением о заполнении металлом углубления в деформирующем инструменте, приведенным для случая плоской деформации. В наших обозначениях (рис. 2) его можно записать в виде:

$$\sigma_{n_{\delta}} = \beta \sigma_0 \left(1 + \frac{1}{\delta} \right) \left[\left(\frac{B}{B_c} \right)^{\delta} - 1 \right]. \quad (5)$$

Здесь $\delta = \frac{f}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{f}{\operatorname{tg} 45^\circ} = f$, где f - коэффициент контактного трения. Параметр Лоде в нашем случае можно принять $\beta \approx 1$, а в соответствии с рис. 2 величина $B = h / \sin 45^\circ = \sqrt{2} h$.

Тогда последнее уравнение примет вид:

$$\sigma_{n_{\delta}} = \sigma_0 \left(1 + \frac{1}{f} \right) \left[\left(\frac{B}{B_c} \right)^f - 1 \right]. \quad (6)$$

Теперь будем полагать, что $\sigma_{n_y} = \sigma_{n_{cp}}$, т.е. примем равенство между (4) (6). Искомой величиной в нашем случае является B_c - ширина площадки свободной поверхности.

$$B_c = B \left[1 + \frac{f \left(1 + 2,2 \ln \frac{D}{d_1} + \frac{d_1 - d_0}{2h} \right)}{\sqrt{2(f+1)}} \right]^{1/f}. \quad (7)$$

По полученной формуле произведен расчет параметра B_c для разных коэффициентов контактного трения при формообразовании фланца внешним диаметром $D = 375$ мм из трубы,

имеющей наружный диаметр $d_1 = 294$ мм и внутренний

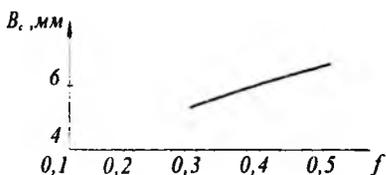


Рисунок 3 – Зависимость величины V_c от коэффициента контактного трения f

$d_0 = 270$ мм. Результаты расчета отражены на графике (рис. 3).

Как видно из графика, с уменьшением коэффициента контактного трения протяженность свободной поверхности V_c в

зоне перехода от полости трубы к фланцу уменьшается. Однако этого не достаточно, чтобы удовлетворить условию чертежа, согласно которому величина V_c не должна превышать

$2\sqrt{2}$ мм, что соответствует фаске в зоне перехода от цилиндрического отверстия к фланцу равной $2 \times 45^\circ$. Поэтому требуется совершенствование данного процесса отбортовки.

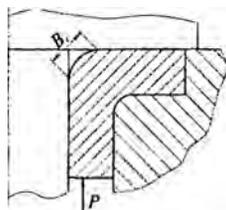


Рисунок 4 – Конструкция матрицы с ограничением радиального течения фланца

С этой целью предложено ввести упорный буртик в матрице для ограничения радиального течения фланца от центра к периферии (рис. 4).

Это позволит направить течение металла в заполненные полости, образованной заготовкой, цилиндрической частью пуансона и его торцем.

Найдем чему будет равно напряжение σ_{ny} при заданном

$V_c = 2\sqrt{2}$ мм для предельного коэффициента трения $f = 0,5$.

Согласно уравнению (6) $\sigma_{ny} = 3\sigma_0(\sqrt{h/2} - 1)$.

Поскольку $\sigma_{n_y} = \sigma_{n_{cp}} = \sqrt{2}(\sigma_r + \sigma_z)/2$, то в соответствии с уравнением пластичности $\sigma_z - \sigma_r = \sigma_0$ можно записать $\sigma_z = \sqrt{2}\sigma_{n_{cp}}/2 + \sigma_0/2$, а с учетом значения $\sigma_{n_{cp}}$ получим $\sigma_z = \sigma_0 [3\sqrt{2}(\sqrt{h/2} - 1) + 1]/2$.

Для случая, когда толщина стенки трубы $h = 12$ мм, а величина $V_c = 2\sqrt{2}$ мм, значение $\sigma_z = 3,56\sigma_0$. При $V_c = 5\sqrt{2}$ мм и отсутствии упорного буртика $\sigma_z = 1,66\sigma_0$. Таким образом, для достижения требуемой величины V_c необходимо увеличивать осевое напряжение более чем в два раза.

Литература

1. Романовский, В. П. Справочник по холодной штамповке / В. П. Романовский. – Л.: Машиностроение, 1971. – 782 с.
2. Зубцов, М. Е. Листовая штамповка / М. Е. Зубцов. – Л.: Машиностроение, 1980. – 432 с.
3. Попов, Е. А. Основы теории листовой штамповки. / Е. А. Попов. – М.: Машиностроение, 1968. – 284 с.
4. Ершов, В. И. Совершенствование формоизменяющих операций листовой штамповки / В. И. Ершов, В. И. Глазков, М. Ф. Каширин. – М.: Машиностроение, 1990. – 312 с.
5. Особенности формообразования пластическим деформированием фланца в трубной заготовке / Л. А. Исаевич [и др.] // *Металлургия*. – Минск: Наука и техника, 2005, Вып.29. – С. 157–164.
6. Сторожев, М. В. Теория обработки металлов давлением / М. В. Сторожев, Е. И. Попов. – М.: Машиностроение, 1977. – 423 с.
7. Способ повышения усталостной прочности и долговечности малолистовых рессор / Л. А. Исаевич, Д. М. Иваницкий // *Металлургия*. – Минск: Наука и техника, 2005, Вып.29. – С. 148–157.
8. Третьяков, А. В. Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением / А. В. Третьяков, В. И. Зюзин. – М.: *Металлургия*, 1973. – 224 с.
9. Грудев, А. П. Внешнее трение при прокатке / А. П. Грудев. – М.: *Металлургия*, 1973. – 298 с.