

Поверхность бочки валка образована кольцеобразными выступами и впадинами регулярного профиля с шагом t , величиной углубления h и углом при вершине выступа $\alpha = 60^\circ$. Для экспериментов был выбран профиль с шагом $t = 2,5$ мм.

В табл. 1 приведены результаты сравнительных испытаний рессорных листов на циклическую прочность.

Результаты испытаний показали, что прочность листов после использования новой технологии увеличивается на 30% по сравнению с базовой дробеструйной обработкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ракицкий, А.А. Обеспечение ресурса рессорных подвесок / А.А. Ракицкий, А.К. Бернацкий. Мн.: Наука и техника, 1988. 166 с.
2. Колесниченко, Б.П. Отпечатываемость шероховатости валков на лосе при холодной прокатке и дрессировке / Б.П. Колесниченко, В.Л. Мазур, А.П. Качайлов // Листопрокатное производство. 1972. № 1. С. 76 – 80.
3. Мазур, В.Л. Производство листа с высококачественной поверхностью / В.Л. Мазур. Киев: Техника, 1982. 166 с.
4. Целиков, А.Я. Теория продольной прокатки / А.Я. Целиков, Г.С. Никитин, С.Е. Рокотян. М.: Металлургия, 1980. 320 с.
5. Сторожев, М.В. Теория обработки металлов давлением / М.В. Сторожев, Е.А. Попов. М.: Высшая школа, 1963. 390 с.
6. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. Т. 1 / В.И. Анурьев. М.: Машиностроение, 1980. 728 с.

УДК 621.77

Л.А. ИСАЕВИЧ, д-р техн. наук,
А.В. МАЗУРЕНКО,
А.В. ШИМАНСКИЙ (БНТУ),
М.И. СИДОРЕНКО, канд. техн. наук (РУП «МАЗ»)

ОСОБЕННОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ ФЛАНЦА В ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКЕ

При изготовлении трубчатых деталей с фланцем широко используется процесс отбортовки, осуществляемый за счет растяжения металла по краю полой заготовки [1–3]. Отбортовке предшествует процесс раздачи заготовки с последующим формированием

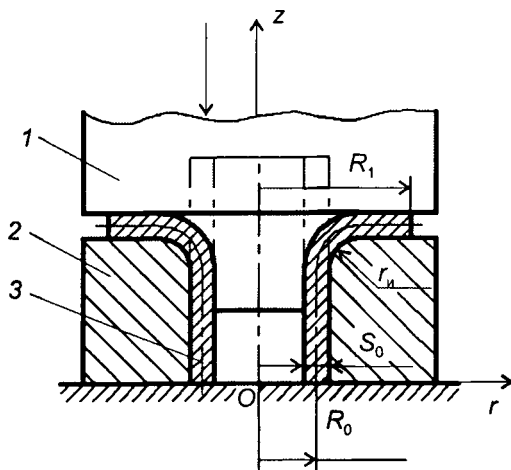


Рис. 1. Схема отбортовки трубной заготовки:
1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – заготовка

фланца (рис. 1). В итоге край фланца утоняется в соответствии с соотношением [3]

$$S_1 = S_0 \sqrt{R_0/R_1}, \quad (1)$$

где S_1 – толщина края фланца; S_0 – толщина стенки заготовки; R_0 – срединный радиус полой заготовки; R_1 – радиус фланца.

Однако в ряде случаев утонение фланца недопустимо в силу конструктивных особенностей готового изделия, поэтому возникает проблема обеспечения постоянства толщины по диаметру фланца. В данной работе это предлагается выполнить за счет предварительного фасонирования трубной заготовки. Для этого вначале определим объем фланца, состоящего из торообразной части и плоской кольцеобразной шайбы.

Определим объем кольцеобразной шайбы. Для упрощения расчетов осуществим параллельный перенос оси r . На рис. 2 представлено сечение этой части фланца в системе координат (O', r, z) , ось r которой лежит на горизонтальной части матрицы, а ось z совпадает с осью симметрии заготовки. Функцию $S(r)$, определяющую толщину данной части заготовки, представим в виде

$$S(r) = S_0 \sqrt{R_0/r}. \quad (2)$$

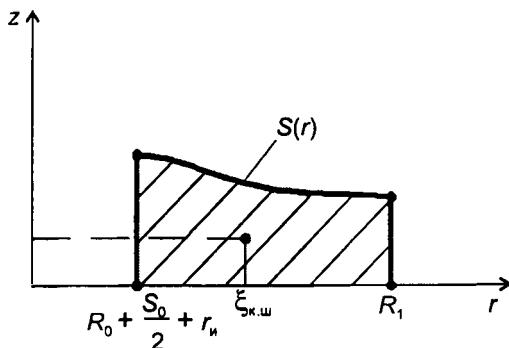


Рис. 2. Сечение кольцеобразной части фланца

Площадь сечения этой части фланца (кольцеобразной шайбы) определяется как

$$F_{к.ш} = \int_{R_0 + S_0/2 + r_n}^{R_1} S_0 \sqrt{R_0/r} dr = 2S_0 \sqrt{R_0} \left(\sqrt{R_1} - \sqrt{R_0 + S_0/2 + r_n} \right),$$

где r_n – радиус изгиба на кромке матрицы.

Эта часть трубной заготовки является телом вращения, объем которого по второй теореме Гульдена

$$V_{к.ш} = F_{к.ш} 2\pi \xi_{к.ш},$$

где $\xi_{к.ш}$ – координата r центра тяжести сечения:

$$\xi_{к.ш} = \frac{1}{F_{к.ш}} \int_{R_0 + S_0/2 + r_n}^{R_1} r S(r) dr = \frac{2}{3} \frac{S_0 \sqrt{R_0}}{F_{к.ш}} \left[R_1^{3/2} - \left(R_0 + \frac{S_0}{2} + r_n \right)^{3/2} \right].$$

Окончательно получим:

$$V_{к.ш} = \frac{4\pi}{3} S_0 \sqrt{R_0} \left[R_1^{3/2} - \left(R_0 + \frac{S_0}{2} + r_n \right)^{3/2} \right]. \quad (3)$$

Объем торообразной части заготовки определим таким же образом. На рис. 3 представим сечение этой части в аналогичной системе координат. Сечение ограничено линией I , которая представляет собой четверть окружности радиусом r_n с центром в точке

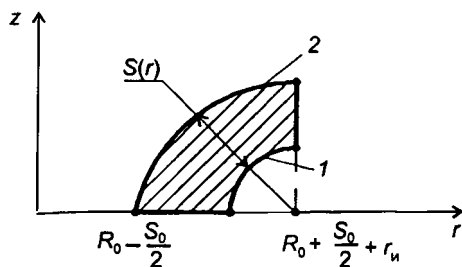


Рис. 3. Сечение торообразной части фланца

$(R_0 + S_0/2 + r_n; 0)$, а также линией 2, которая расположена от линии 1 на расстоянии $S(r)$ (см. формулу (2)), осью r и прямой, параллельной оси z , отстоящей от нее на расстоянии $R_0 + S_0/2 + r_n$. Тогда объем торообразной части заготовки

$$V_T = V_2 - V_1, \quad (4)$$

где V_2 – объем тела, полученного вращением площадки, ограниченной линией 2, осью r и прямой, параллельной оси z ; V_1 – объем тела, полученного вращением вокруг оси z второй четверти круга радиусом r_n с центром в точке $(R_0 + S_0/2 + r_n; 0)$.

В развернутом виде V_1 можно представить выражением

$$V_1 = \frac{\pi^2 r_n^2}{2} \left[R_0 + \frac{S_0}{2} + \left(1 - \frac{4}{3\pi}\right) r_n \right]. \quad (5)$$

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

$$y = y_0 + \sqrt{R^2 - x^2},$$

где $y_0 = \frac{y_2^2 - x_1^2}{2 y_2}$; $y_2 = r_n + S_0 \sqrt{\frac{R_0}{R_0 + S_0/2 + r_n}}$;

$$x_1 = S_0 + r_n; \quad R = \frac{y_2^2 + x_1^2}{2 y_2}.$$

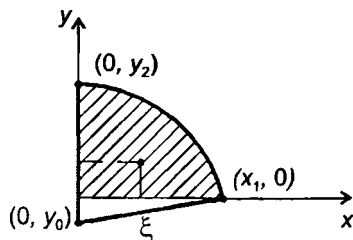


Рис. 4. Расчетная схема торообразной части фланца

Следуя предыдущей схеме расчета, необходимо найти площадь F заштрихованной площадки (рис. 4) и координату x ее центра тяжести ξ :

$$F = \int_0^{x_1} y_0 + \sqrt{R^2 - x^2} dx = \frac{1}{2} \left(x_1 y_0 + R^2 \arcsin \frac{x_1}{R} \right);$$

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

Согласно второй теореме Гульдена $V_2 = F \cdot 2\pi \xi_1$, где $\xi_1 = R_0 + S_0/2 + r_n - \xi$, или

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

Подставив сюда y_0, R и проведя алгебраические преобразования, получим:

$$V_2 = 2\pi \left[\frac{R_0 + S_0/2 + r_n}{2} \left(\frac{x_1 (y_2^2 - x_1^2)}{2 y_2} + \left(\frac{y_2^2 + x_1^2}{2 y_2} \right)^2 \arcsin \frac{2x_1 y_2}{y_2^2 + x_1^2} \right) - \frac{y_2}{12} (y_2^2 + 3x_1^2) \right]. \quad (6)$$

С учетом вышеизложенного (см. формулы (3)–(6)) объем фланца

$$V_\phi = V_{\text{к.ш}} + V_2 - V_1.$$

Теперь найдем длину трубной заготовки, идущей на формообразование фланца, принимая во внимание, что $V_{\text{тп}} = V_{\text{ф}}$.

Известно, что

$$V_{\text{тп}} = \pi l_1 \left[(R_0 + S_0/2)^2 - (R_0 - S_0/2)^2 \right],$$

или после преобразований $V_{\text{тп}} = 2\pi l_1 R_0 S_0$.

Решив последнее выражение с учетом значения $V_{\text{ф}}$, получим:

$$l_1 = \frac{2 \left[R_1^{3/2} - (R_0 + S_0/2 + r_n)^{3/2} \right]}{3 \sqrt{R_0}} + \frac{1}{4R_0 S_0} \left\{ \frac{(R_0 + S_0/2 + r_n)^{3/2}}{r_n \sqrt{R_0 + S_0/2 + r_n} + S_0 \sqrt{R_0}} \times \right. \\ \left. \times \left[x_1 (y_2^2 - x_1^2) + \frac{(y_2^2 + x_1^2)^2}{2 y_2} \arcsin \frac{2x_1 y_2}{y_2^2 + x_1^2} \right] - \frac{y_2}{3} (y_2^2 + 3x_1^2) \right\} - \\ - \frac{\pi r_n^2}{4R_0 S_0} \left[R_0 + S_0/2 + \left(1 - \frac{4}{3\pi} \right) r_n \right].$$

Для формообразования фланца постоянной толщины S_0 необходимо, очевидно, изменить толщину стенки трубы на длине l_1 так, чтобы удовлетворить уравнению

$$S_2 = S_0 \sqrt{R_1/R_0}, \quad (7)$$

как показано на рис. 5. Справедливость данного утверждения легко доказать, если в формулу (1) вместо S_0 подставить значение S_2 . Тогда $S_1 = S_0$.

Далее определим длину участка трубной заготовки, подлежащего фасонированию. Для этого найдем объем фасонированного участка. Форма концевого фасонированного участка близка к форме полого усеченного конуса объемом

$$V_{\text{к.ф}} = V_{\text{у.к}} - V_{\text{ц}},$$

где $V_{\text{у.к}}$ — объем усеченного конуса:

$$V_{\text{у.к}} = \frac{1}{3} \pi l_1 \left[\left(R_0 - \frac{S_0}{2} + S_2 \right)^2 + \left(R_0 - \frac{S_0}{2} + S_2 \right) \left(R_0 + \frac{S_0}{2} \right) + \left(R_0 + \frac{S_0}{2} \right)^2 \right];$$

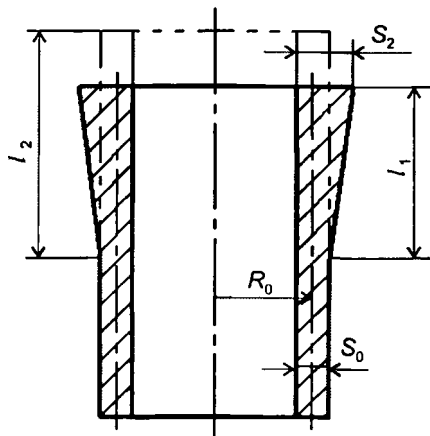


Рис. 5. Форма фасонированного участка трубы

V_u — объем цилиндрической полости: $V_u = \pi l_1 (R_0 - S_0/2)^2$.
Выполним алгебраические преобразования и получим:

$$V_{к.ф} = \frac{\pi}{3} l_1 \left[(S_0 + S_2)(3R_0 - S_0/2) + S_2^2 \right].$$

Подставив формулу (7) в последнее выражение, окончательно найдем:

$$V_{к.ф} = \frac{\pi}{3} l_1 S_0 \left[S_0 \frac{R_1}{R_0} + \left(1 + \sqrt{\frac{R_1}{R_0}} \right) \left(3R_0 - \frac{S_0}{2} \right) \right].$$

Длину участка трубной заготовки, расходуемого на фасонирование, определим из условия

$$V_{к.ф} = \pi l_2 \left[(R_0 + S_0/2)^2 - (R_0 - S_0/2)^2 \right] = 2\pi R_0 S_0 l_2.$$

Тогда с учетом преобразований запишем:

$$l_2 = \frac{l_1}{6R_0} \left[S_0 \frac{R_1}{R_0} + \left(1 + \sqrt{\frac{R_1}{R_0}} \right) \left(3R_0 - \frac{S_0}{2} \right) \right]. \quad (8)$$

Экспериментальные исследования по формообразованию фланца проводили на свинцовых трубных заготовках высотой 60 мм с

наружным диаметром 70 мм и толщиной стенки 3 мм. При этом получали фланец диаметром 102 мм с исходной толщиной стенки и радиусом $r_n = 3$ мм. Таким образом моделировали процесс формообразования фланцев в полых заготовках из стали 35, подвергаемых локальному нагреву в зоне деформации. Фасонирование заготовки осуществляли в безоблойном штампе.

Поскольку длина l_2 значительно превышает толщину стенки трубной заготовки, в начальный момент ее осадки наблюдается потеря устойчивости за счет выпучивания наружу стенки в свободной полости матрицы. Такое явление описано в работе [4]. Это обусловило необходимость наличия цилиндрической части в матрице над зоной фасонирования.

Эксперименты показали, что результаты расчетов, проведенных по уравнениям (7) и (8), достаточно хорошо согласуются с опытными данными. Это подтверждает корректность принятых допущений.

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. Теория обработки металлов давлением / под ред. И.Я. Тарновского. М.: Металлургиздат, 1963. 672 с.

УДК 621.983.4

И.М. ШИМАНОВИЧ, канд. техн. наук,
О.А. ШИМАНОВИЧ (БНТУ)

ОПТИМИЗАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РОТАЦИОННОЙ ВЫТЯЖКИ ШАРИКОВЫМИ МАТРИЦАМИ

Ротационная вытяжка шариковыми матрицами представляет собой процесс формообразования полрой заготовки, находящейся на вращающейся оправке, с помощью специального устройства, в котором основным формоизменяющим инструментом являются шарики. Процесс осуществляется на универсальном токарно-винторезном станке, продольный суппорт которого используется для установки устройства, а шпиндель станка – для закрепления на нем оправки.