

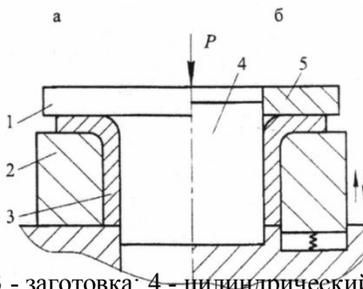
Расчет усилия деформирования при пластическом формоизменении отбортованного фланца в трубной заготовке

Студенты гр.104415 Николаенко А.С., Астапенко А.А.
 Научный руководитель – Исаевич Л.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г.Минск

Формообразование относительно широких фланцев в трубных заготовках проводится в большинстве случаев посредством их отбортовки, являющейся завершающей стадией процесса раздачи концов этих заготовок жестким инструментом. В результате такой операции конец трубной заготовки подвергается раздаче под прямым или близким к нему углом.

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

В связи с этим предложено техническое решение, суть которого сводится к тому, что после отбортовки по описанной выше схеме производят пластическое формоизменение торообразного участка заготовки за счет осадки ее цилиндрической части (рисунок 1б).



1 - пуансон; 2 - матрица; 3 - заготовка; 4 - цилиндрический стержень; 5 - пресс-шайба
 Рисунок 1 – Схемы: а - раздачи; б - осадки трубной заготовки

При определении усилия, необходимого для формоизменения торообразного участка заготовки, процесс деформирования будем рассматривать как открытую прошивку фланца наружным диаметром D трубчатым прошивнем, имеющим наружный диаметр d_1 , а внутренний – d_0 . Уравнение равновесия для этого случая запишется в виде

$$\frac{d\sigma_r}{dr} = -\frac{2\tau_k}{h} \quad (1)$$

Здесь касательные напряжения на границе раздела осаживаемой части 1 (рисунок 2) высотой h трубной заготовки, охваченной фланцем, и недеформируемого участка 2 трубы, заключенного между цилиндрическим стержнем и матрицей, принимаем максимальными $\tau_k = \tau_{\max} = 0,5\sigma_T$. Поэтому для решения дифференциального уравнения (1) возникает необходимость принять такой же величины касательные напряжения и на поверхности контакта заготовки с пресс-шайбой.

Тогда уравнение (1) примет вид $\frac{d\sigma_r}{dr} = -\frac{\sigma_T}{h}$, а после разделения переменных и проведения интегрирования

$$\sigma_r = -\sigma_T \frac{r}{h} + c \quad (2)$$

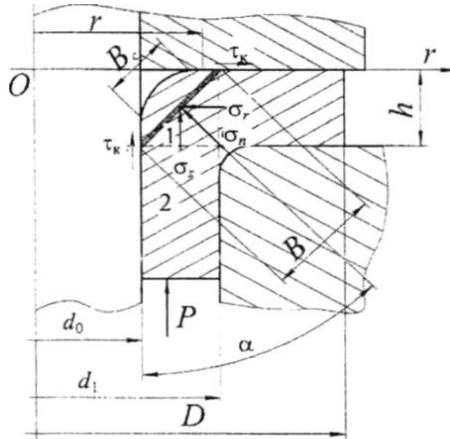


Рисунок 2 – Схема очага деформации при формоизменении торообразного участка

Постоянную интегрирования определим из граничных условий, согласно которым при $r = \frac{d_1}{2}$ будет $\sigma_r = 1,1\sigma_T \ln \frac{D}{d_1}$. Тогда $c = \sigma_T \left(1,1 \ln \frac{D}{d_1} + \frac{d_1}{2h} \right)$. Подставив значения этой постоянной в выражение (2), получим

$$\sigma_r = \sigma_T \left(1,1 \ln \frac{D}{d_1} + \frac{0,5d_1 - r}{h} \right) \quad (3)$$

Уравнение пластичности для данного случая имеет вид

$$\sigma_z - \sigma_r = \sigma_T \quad (4)$$

так как полагаем, что радиальные и тангенциальные напряжения в очаге деформации близки по своим значениям. Используя это условие, на основании уравнения (3) можно записать выражение для определения осевого напряжения

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

Радиальные (3) и осевые (5) 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 rOz (рисунок 2):

$$\sigma_n = \sigma_r a_r + \sigma_z a_z \quad (6)$$

Поскольку в нашем случае $a_r = a_z = \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$ то $\sigma_n = \frac{\sqrt{2}}{2} (\sigma_r + \sigma_z)$.

Подставив сюда значения σ_r и σ_z соответственно из выражений (3) и (5), получим

$$\sigma_n = \frac{\sqrt{2}}{2} \left(1 + 2,2 \ln \frac{D}{d_1} + \frac{d_1 - 2r}{h} \right) \quad (7)$$

Рассмотрев равновесие выделенного элемента (рисунок 2), с учетом выражения (7) найдем

$$B_c = B / \exp \left[\frac{\sqrt{2}}{2} \left(1 + 2,2 \ln \frac{D}{d_1} + \frac{d_1 - d_0}{2h} \right) \right] \quad (8)$$

Тогда усилие деформирования можно представить как

$$P = \sigma_z \cdot \pi \frac{d_1^2 - d_0^2}{4} \quad (9)$$

В соответствии с полученным выражением на графике (рисунок 3) показано изменение усилия формоизменения в зависимости от величины переходной кромки B_c при деформировании трубной заготовки с ранее заданными параметрами из стали 30 при температуре 900°C. Предел текучести для этой стали при заданной температуре согласно составляет 80 МПа.

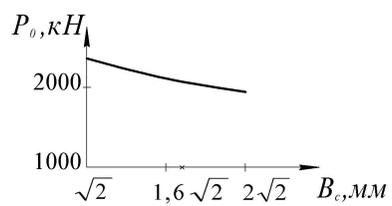


Рисунок 3 – Зависимость усилия формоизменения переходной кромки от ее величины

Из графика следует, что даже для достижения минимальной величины переходной кромки B_c , обеспечивающей фаску $1 \times 45^\circ$, достаточно прессы с номинальным усилием 2500 кН.