

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗДАЧИ ПЛОСКОГО ФЛАНЦА НА ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКЕ.

Хачатрян Давид Викторович

Студент 6 курса,
кафедра «Системы пластического деформирования»
МГТУ Станкин.

Научный руководитель: Сосенушкин Е.Н.,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Системы пластического деформирования» МГТУ Станкин.

Трубные детали с плоскими фланцами нашли широкое применение в различных отраслях промышленности. Детали небольших диаметров с плоским фланцем в основном применяются в качестве фитингов для соединения элементов трубопроводов на «свободных фланцах» [1]. Такие фитинги чаще всего привариваются к концам скрепляемых труб или навинчиваются на них. Также они могут входить в состав более крупных и сложных деталей, например, тройников.

Трубные детали с фланцем также применяются в строительной индустрии в качестве арматуры для установки рекламных щитов (полые анкеры), возведения строительных лесов и т.п. Подобные детали рационально изготавливать из трубного проката или из сварных труб. Существует целый ряд технологий, в которых применяются трубные заготовки; наиболее эффективными и выгодными с точки зрения экономии металла являются технологии, основанные на операции раздачи концов труб.

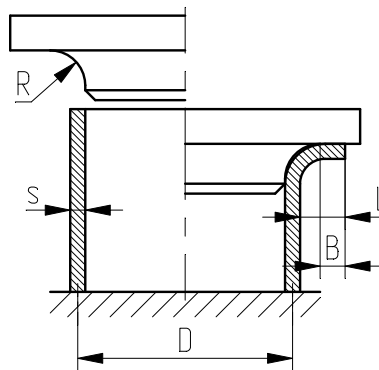


Рис. 1. Схема процесса раздачи плоского фланца на конце трубы без применения матрицы:

R – радиус тороидальной части рабочей поверхности пуансона; D – средний диаметр трубы, s – толщина стенки трубы; L – ширина фланца; B – размер плоского участка фланца.

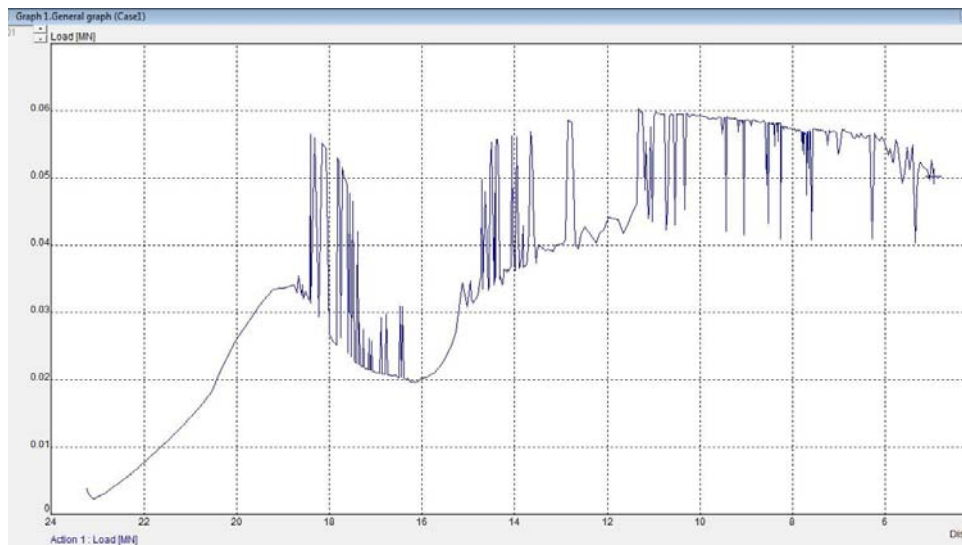
Посредством технологии равномерной раздачи возможно при определённых условиях получать плоский фланец на трубе за один переход. В работе [1] исследован процесс равномерной раздачи плоского фланца на трубной заготовке без применения матрицы (рис. 1) и получены значения оптимальных радиусов скругления тороидальной части рабочей поверхности пуансона, при которых достигалось наибольшее значение отношения ширины плоской части фланца B к ширине криволинейной его части $\Delta=L-B$, а также зависимости для расчёта размеров получаемого фланца и потребных сил деформирования.

Следует отметить, что размеры плоских участков получаемых данным способом фланцев ограничиваются явлением отрыва кромки фланца от плоской рабочей части пуансона с дальнейшим выворачиванием трубы наизнанку [1,2,3]. Это происходит по причине стремления материала заготовки к минимальным значениям окружных растягивающих напряжений во фланце, которые максимальны на самой кромке, что выражается в прекращении увеличения диаметра кромки фланца по достижении некоторого предельного его значения, а затем происходит отрыв кромки от плоской

поверхности пуансона вследствие того, что нормальное давление $p = s \cdot \left(\frac{\sigma_\theta - \sigma_\rho}{R_2 - R_1} \right)$ [3]

на границе контакта с пуансоном становится отрицательным; здесь R_1 и R_2 - радиусы кривизны срединной поверхности в меридиональном и нормальном сечениях, s - толщина стенки заготовки.

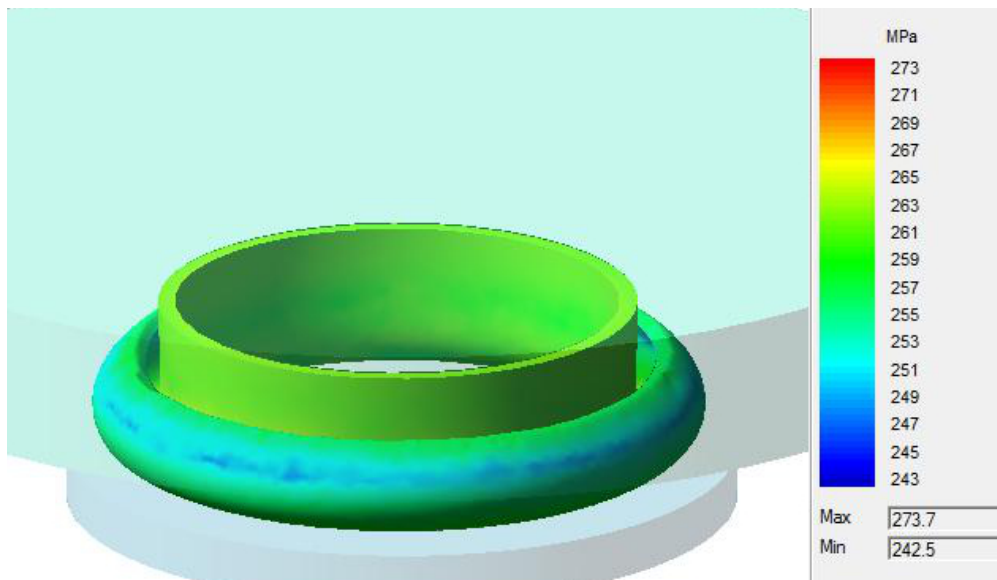
На рис. 2, а)-г) показаны результаты моделирования выворота трубной заготовки при раздаче по пуансону без применения матрицы в программе QForm v4.3, а на рис. 3 показан вид вывернутой трубной заготовки, полученной экспериментально в лабораторных условиях при раздаче по пуансону без матрицы. Материал заготовок – алюминиевый сплав Д16, температура заготовки и инструментов составляет 150⁰С.



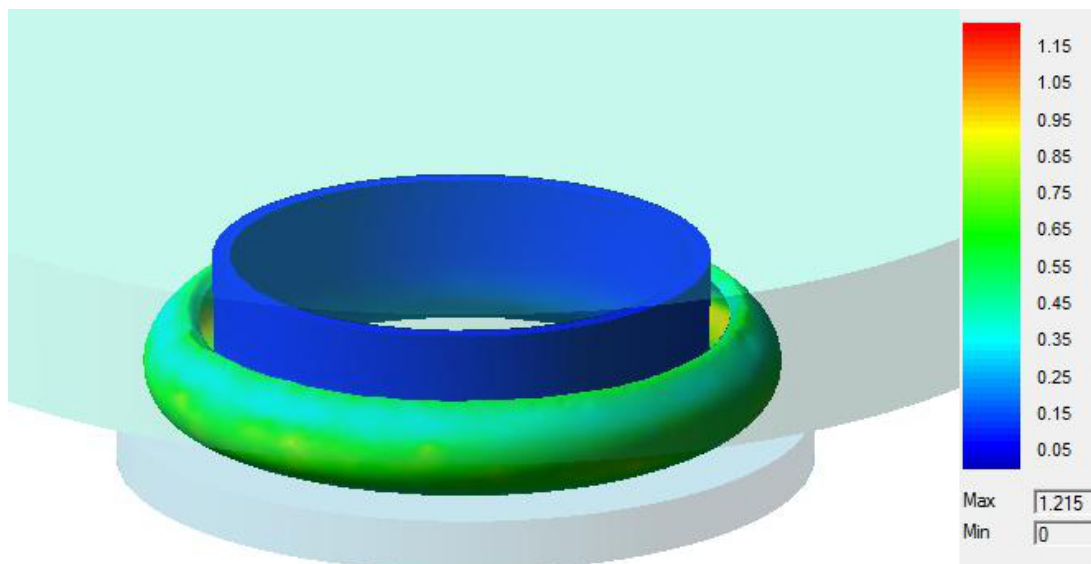
а).



б).



в).



г).

Рис. 2. Моделирование выворота заготовки при раздаче без матрицы в среде QForm v4.3:

- а) – зависимость «сила – перемещение», Н/мм;
- б) – контур заготовки, подвергшейся вывороту;
- в) – меридиональные напряжения, МПа;
- г) – значения накопленной деформации.



Рис. 3. Штампованная трубная заготовка после выворота в результате равномерной раздачи по пуансону без применения матрицы.

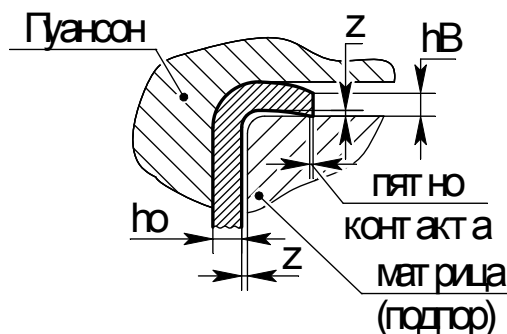
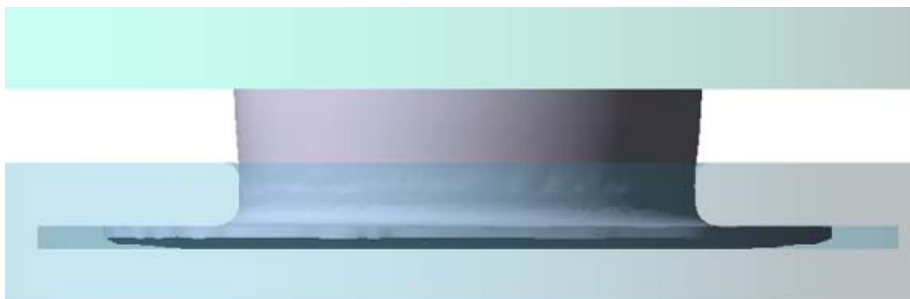


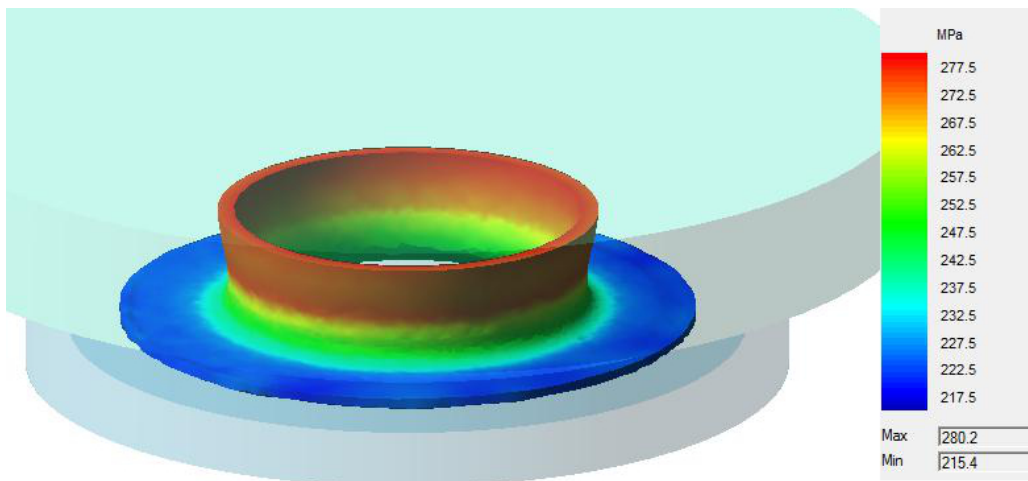
Рис. 4. Создание матрицей подпора кромки заготовки: h_0 – начальная толщина стенки заготовки, h_b – толщина стенки заготовки на кромке получаемого фланца, z – зазор между заготовкой и инструментом.

Для устранения явления выворота при раздаче трубных заготовок необходимо использовать специальную матрицу, которая создавала бы подпор кромки заготовки, ограничивая её перемещение в осевом направлении (рис. 4).

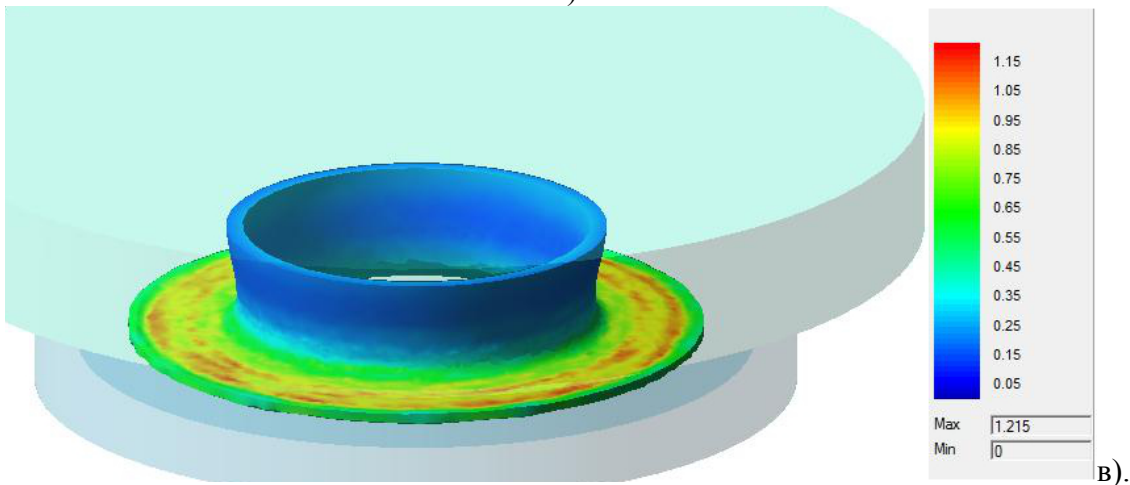
На рис. 5, а)-г) показаны результаты моделирования раздачи фланца на трубной заготовке с подпором кромки в программе QForm v4.3, а на рис. 6 показан вид трубной заготовки с плоским фланцем, полученным экспериментально в лабораторных условиях при раздаче по пуансону с применением матрицы. Материал заготовок – алюминиевый сплав Д16, температура заготовки и инструментов составляет 150°C .



а).



б).



в).

г).

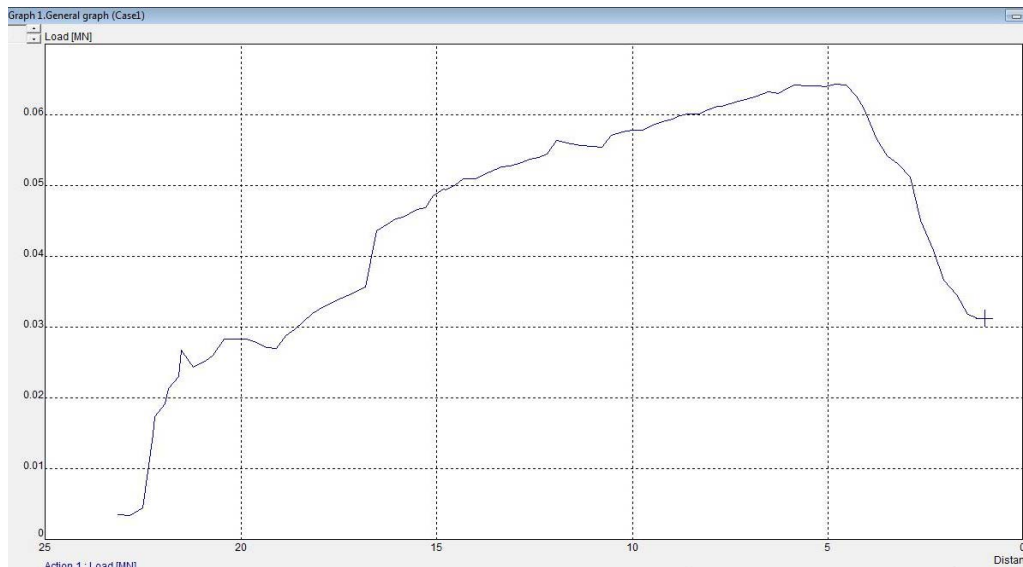


Рис. 5. Моделирование раздачи плоского фланца на трубе с подпором кромки в среде QForm v4.3:

- а) – контур заготовки со сформированным фланцем;
- б) – меридиональные напряжения, МПа;
- в) – значения накопленной деформации;
- г) – зависимость «сила – перемещение», Н/мм.



Рис. 6. Плоский фланец, полученный на трубной заготовке экспериментально раздачей с применением матрицы.

Основным фактором, ограничивающим формоизменение заготовки при раздаче, является утонение и потеря устойчивости кромки получаемого фланца в виде трещинообразования при превышении значений тангенциальных растягивающих напряжений σ_θ предела прочности материала заготовки [2]. Другим, не менее важным фактором, является потеря устойчивости цилиндрической части заготовки. В процессе раздачи с увеличением диаметра фланца растут меридиональные сжимающие напряжения σ_ρ , которые достигают максимума в цилиндрической части трубной заготовки, что приводит к потере устойчивости в виде раздачи конца заготовки по плоскости толкающего пуансона при превышении значения σ_ρ предела текучести материала заготовки, что отражено ниспадающей частью графика «сила-перемещение» в диапазоне (5;0)мм на рис. 5, г). Распределение меридиональных напряжений по длине заготовки и форма потери устойчивости заготовки показаны на рис. 5, б).

Если принять напряжённое состояние в получаемом фланце плоским, то упрощённо (без учёта трения и уменьшения толщины стенки заготовки) оно описывается уравнением [4]:

$$-\frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + \frac{\sigma_s}{\rho} = 0. \quad (1)$$

Общее решение этого уравнения:

$$\sigma_\rho = \sigma_s \ln \rho + C, \quad (2)$$

где ρ - радиус заготовки во фланце, $C = -\sigma_s \ln \rho_\phi$ при $\rho = \rho_\phi$, $\sigma_\rho = 0$; величина ρ_ϕ определяется предельным значением коэффициента раздачи $k_{ПР} = \frac{\rho_\phi}{\rho_0}$, который зависит от пластических свойств материала.

Тангенциальные напряжения во фланце:

$$\sigma_\theta = \sigma_s + \sigma_s \ln \frac{\rho}{\rho_\phi}. \quad (3)$$

В качестве примера рассчитаны напряжения, возникающие в деформированной части трубной заготовки $\text{Ø}40 \times 2$ мм из сплава Д16 при раздаче фланца с подпором кромки с помощью плоской матрицы с учётом контактного трения при 20°C .

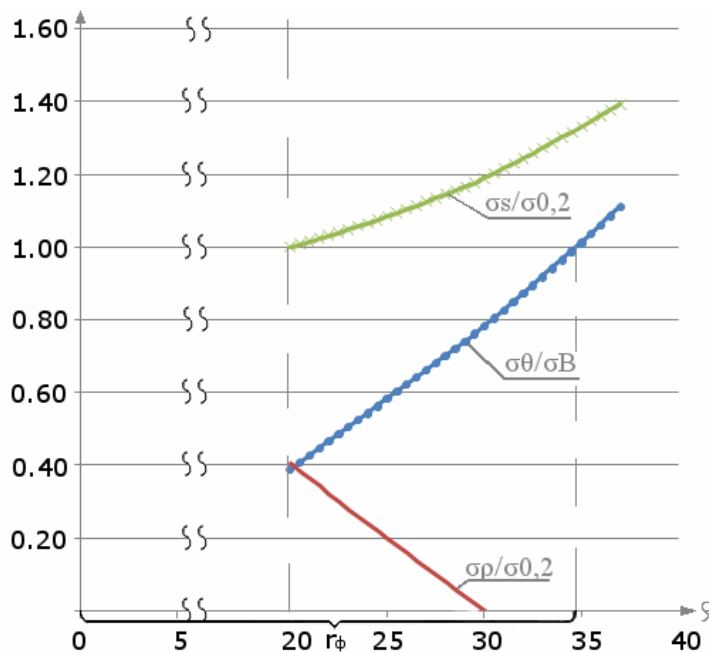


Рис. 6. Распределение σ_{θ}/σ_B , $\sigma_s/\sigma_{0.2}$, $\sigma_{\rho}/\sigma_{0.2}$ вдоль образующей заготовки из сплава Д16 в очаге деформации при 20⁰С.

Выводы:

1). Для исключения явления выворота при раздаче фланца необходимо применять плоскую матрицу, которая обеспечит подпор кромки заготовки, ограничив её перемещение в осевом направлении.

2). С целью исключения потери устойчивости цилиндрической части трубной заготовки необходимо создать наружный подпор по её длине с помощью дополнительной обоймы либо углубления в толкающем пуансоне; создание внутреннего подпора с помощью кольцевых вкладышей не приносит заметного эффекта [5].

3). Для увеличения ресурса пластичности материала заготовки при холодном деформировании с целью снижения вероятности трещинообразования возможно использовать эффект Баушингера, проявляющийся в быстрой смене знака нагружения на противоположный в очаге деформирования и реализующийся при совмещении процессов обжима на (15...20)% и раздачи с применением плоской матрицы.

Библиографический список:

1. Каюшин В. А. Исследование отбортовки концов труб непрерывной раздачей жёстким пуансоном без применения матрицы.// Кузнечно-штамповочное производство. – 1982. - № 2. С.28-30.
2. Горбунов М.Н. Штамповка деталей из трубчатых заготовок.// М.: Машгиз, 1960.- 190 с.
3. Непершин Р. И. Раздача тонкостенной трубы криволинейным жестким пуансоном. Вестник МГТУ Станкин. Научный рецензируемый журнал.// - М.:МГТУ «Станкин». - №4 (8). – 2009. - С. 54-60.
4. Попов Е.А., Сторожев М.В. Теория обработки металлов давлением.// - М.: Машиностроение. – 1977. – 423 с.
5. Пашкевич А.Г., Каширин М.Ф. Устойчивость цилиндрических оболочек в процессах штамповки осевым усилием деформирования.// Кузнечно-штамповочное производство. – 1974. - №3. С.18,19.