

УДК 621.981

ФОРМОИЗМЕНЕНИЕ ТРУБЧАТОЙ ЗАГОТОВКИ ПРИ СОВМЕЩЕННОЙ ОПЕРАЦИИ ОБЖИМА – РАЗДАЧИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ТРЕНИЯ

Сулейман Актан Али

Аспирант 3 года

кафедра «Технологии обработки металлов давлением»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: И.Н. Шубин,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии обработки металлов давлением»

При производстве конических деталей широкое распространение нашел совмещенный способ одновременного обжима с раздачей [1-4 и др.].

Особенностью совмещенного процесса обжима-раздачи является наличие двух участков пластической деформации, разделённых между собой упруго деформируемым участком заготовки. На одном из участков пластической деформации осуществляется увеличение диаметра заготовки, т.е. раздача, на другом- уменьшение диаметра заготовки, т.е. обжим. Причём при одинаковых условиях на обоих участках согласно [1] деформирование на участке раздачи осуществляется более интенсивно, чем на участке обжима.

Совмещение раздачи с обжимом повышает суммарную критическую степень деформации за один переход штамповки и расширяет возможности формоизменения трубчатых заготовок, получены раздачей со обжимом в одном штампе, рис. 1.

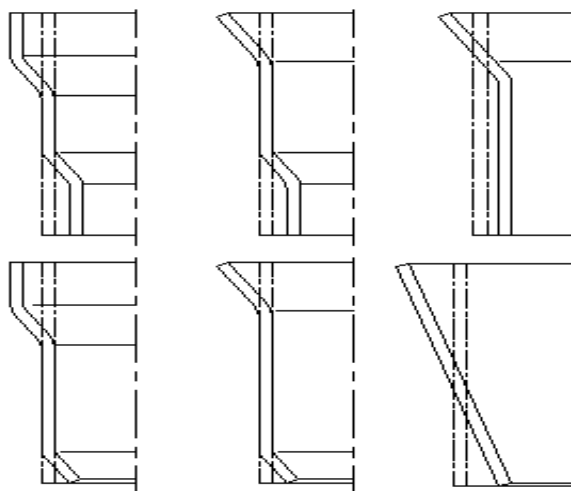


Рис. 1. Типовые детали, получаемые раздачей с обжимом.

Суммарный коэффициент формоизменения равен произведению коэффициентов раздачи и обжима:

$$K_{\Sigma} = K_{\text{Обж}} \cdot K_{\text{Раз}} = \frac{D_z}{d_u} \cdot \frac{D_u}{D_z}, \quad (1)$$

Где d_u — наименьший диаметр участка заготовки, деформируемого обжимом; D_u — наибольший диаметр участка заготовки, деформируемого раздачей; D_z — диаметр исходной заготовки. При одинаковой степени деформации и одинаковых углах конусности α пуансона и матрицы сила раздачи примерно на 10 % меньше силы обжима [5] (сплав Д16Т), в связи с чем, раздача происходит более интенсивно, чем обжим. Задача определения соотношения между зонами обжима и раздачи при свободном протекании совмещения решена Поповым Е.А. [6, 7 и др.]. Приравняв меридиональные напряжения при обжиме и раздаче, полученные им ранее [8], и, принимая суммарный коэффициент формоизменения равным произведению коэффициентов отдельных операций, автор получил уравнение, связывающее коэффициенты обжима и раздачи.

При допустимых коэффициентах обжима $K_{Обж} = 1,5$ и раздачи $K_{Раз} = 1,25$ общий суммарный коэффициент формоизменения при совмещенной операции $K_{\Sigma} = 1,87$ [9]. Совмещение раздачи и обжима наиболее эффективно при изготовлении высоких конических деталей с прямолинейной или криволинейной образующей.

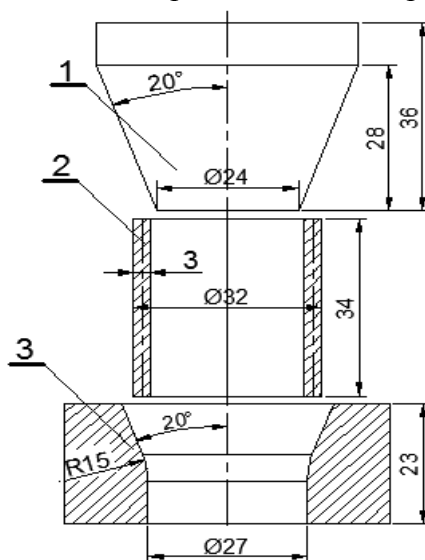


Рис. 2. Штамп одновременного обжима и раздачи
1 – пуансон; 2 – заготовка; 3 – матрица.

Из статьи [10] установлено, что процесс раздачи происходит более интенсивно, чем процесс обжима, и можно управлять процессом одновременного деформирования заготовки посредством совмещения операций обжима и раздачи с использованием варьированных величин коэффициента трения. Для обеспечения одновременного выполнения операций раздачи и обжима величина коэффициента трения в области раздачи деформируемой заготовки должна в (3-5 раз) превышать значения коэффициента трения в области обжима. Тем самым возрастают меридиональные сжимающие напряжения раздачи, равные или несколько больше напряжений обжима ($\sigma_{PMax}^{Раз} \geq \sigma_{PMax}^{Обж}$).

Учитывая эти замечания, можно установить условия выполнения моделирования и эксперимента совмещенной операции обжима и раздачи.

Размеры заготовки и конструкция штампа совмещенной операции показана на рис. 2.

Моделирование совмещенной операции в программе QFORM

Моделирование процесса совмещенной операции обжима и раздачи выполнены с помощью программного комплекса QFORM.

Для моделирования в программе устанавливается коэффициент трения в области раздачи в 3 раза больше, чем в области обжима. Полученная деталь показана на рис. 3 с силой деформирования 15,2KN.

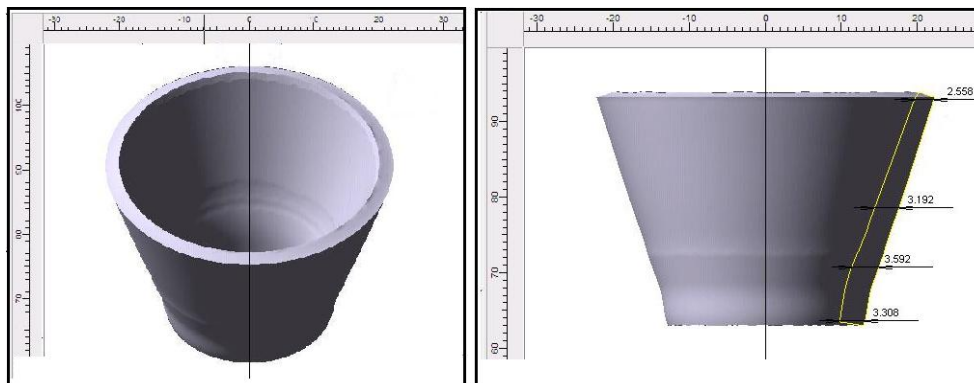


Рис. 3. Моделирование совмещенной операции.

Эксперимент совмещенной операции

Экспериментальные исследования процесса совмещенной операция обжима и раздачи выполнены в штампе рис. 2.

Для совмещенной операции были выбраны холоднодеформированные трубные заготовки из алюминиевого сплава (АД1). Исходные размеры заготовки: высота заготовки $H = 34\text{мм}$, срединный диаметр $D_{\text{ср}} = 29\text{мм}$, толщина стенки заготовки $S = 3\text{мм}$. На поверхность матрицы, где происходит операция обжима, наносится технологическая смазка, где происходит операция раздачи, остается сухой (поверхность пуансона).

Полученная деталь показана на рис. 4. Силой деформирования 16,5KN.



Рис. 4. Эксперимент совмещенной операции.

Анализируя результаты физического эксперимента, установлено, что для принятых трубных заготовок за один переход можно получить деталь с выходом в цилиндрическую часть матрицы.

Анализ результатов эксперимента и моделирования

Из рис. 5 видно, что максимальный диаметр заготовки в области раздачи $D_{\text{ц}}^{\text{Экс}} = 41,46\text{мм}$, $D_{\text{ц}}^{\text{Мод}} = 42\text{мм}$, результаты эксперимента совпадают с результатами моделирования. Расхождение составляет 1,2% .

Минимальный диаметр заготовки в области обжима $d_u^{Экс} = 23,22\text{мм}$, $d_u^{Мод} = 22,4\text{мм}$. Расхождение составляет 3,6% .

Коэффициент формоизменения для совмещенной операции при эксперименте ($K_{\Sigma}^{Экс} = 1,8$). При моделировании ($K_{\Sigma}^{Мод} = 1,87$). Расхождение - 3,7% .

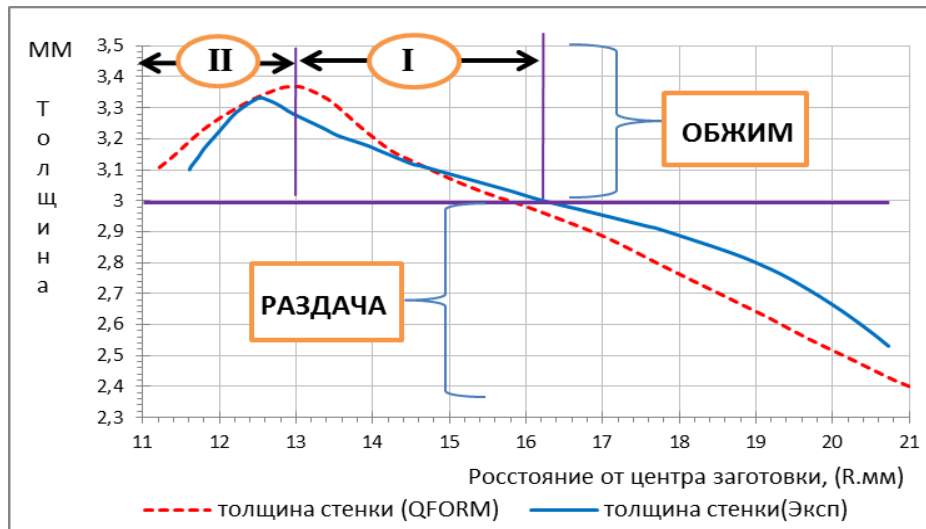


Рис. 5. Изменение толщины стенки заготовки относительно расстояния от центра заготовки.

Диаметр заготовки, разграничивающий области раздачи и обжима после деформирования ($S = S_0 = 3\text{мм}$), равен при моделировании 31,6мм ($D_{гр}^{Мод}$), при эксперименте- 32,42мм ($D_{гр}^{Экс}$). Расхождение- 2,6%.

Из рис. 6 видно что, высота заготовки при моделировании - 30,7мм ($H^{Мод}$), при эксперименте- 30,95мм ($H^{Экс}$). Расхождение-0,8%.

При совмещенной операции раздачи и обжима общая высота заготовка уменьшается (8,9% при эксперименте, 9,7% при моделировании).

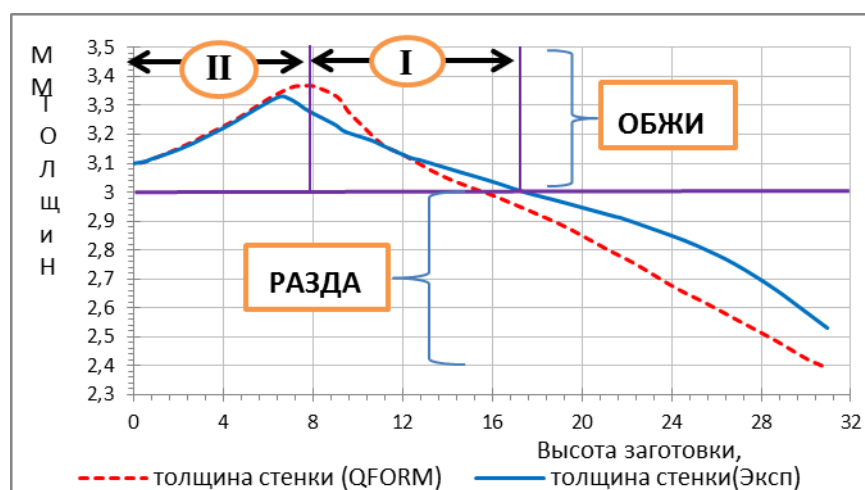


Рис. 6. Изменение толщины стенки заготовки по высоте заготовки.

При моделировании высота заготовки в области раздачи- 15мм ($h^{Мод}$), в области обжима- 15,7мм ($h^{Мод}$), при эксперименте высота заготовки в области раздачи-

13,53мм ($h^{экс}$) и в области обжима- 17,42мм ($h^{экс}$). Расхождение в первом случае составляет- 9,8%, во втором случае- 10,9%.

Толщина стенки заготовки

Минимальная толщина стенки в области раздачи (у края заготовки), а максимальная толщина стенки в области обжима у входа в цилиндрическую часть матрицы, и несколько уменьшается по мере приближения к краевой части заготовки за счёт положительного значения σ_{θ} в этом месте.

Из рис. 5. 6 видно, что увеличение толщины стенки заготовки в области обжима при моделировании находится в пределах от 3 до 3,37мм (I зона), и уменьшение толщины стенки находятся в пределах от 3,37 до 3,1мм (II зона).

Увеличение толщины стенки заготовки в области обжима при эксперименте находится в пределах от 3 до 3,33мм (I зона), и уменьшение толщины стенки находится в пределах от 3,33 до 3,1мм (II зона).

Результаты моделирования и эксперимента совпадают в области обжима с точностью 1,2% .

Также из рис. 5.6 видно, что уменьшение толщины стенки заготовки в области раздачи при моделировании находится в пределах от 3 до 2,4 мм.

Уменьшение толщины стенки заготовки в области раздачи при эксперименте находится в пределах от 3 до 2,53мм.

Утонения при моделировании 20%, а при эксперименте 15,6%.

Результаты моделирования и эксперимента совпадают в области раздачи с точностью 5,4% .

Деформация по толщине стенки ϵ_z

Из рис. 7 видно, что значения деформации по толщине стенки в области раздачи отрицательные, что говорит о наличии утонения в области раздачи.

В области обжима имеют место положительные значения деформаций по толщине, то есть происходит утолщение стенки.

На рис. 7 показано, что увеличение деформации по толщине стенки в области обжима при моделировании находится в пределах от 0 до 0,116 (I зона), и уменьшение деформаций по толщине стенки находятся в пределах от 0,116 до 0,033(II зона).

Увеличение деформаций по толщине стенки заготовки в области обжима при эксперименте находится в пределах от 0 до 0,105 (I зона), и уменьшение деформаций по толщине стенки находится в пределах от 0,105 до 0,033(II зона). Расхождение составляет 9,5%.

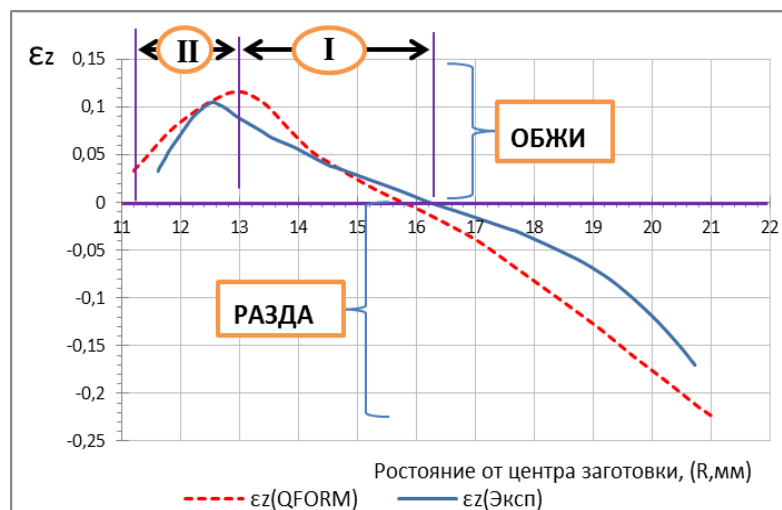


Рис. 7. Деформация по толщине стенки относительно расстояния от центра заготовки.

Также из рис. 7 видно, что уменьшение деформации по толщине стенки в области раздачи при моделировании находится в пределах от 0 до -0,223.

Уменьшение толщины стенки заготовки в области раздачи при эксперименте находится в пределах от 0 до -0,17. Расхождение составляет 23,7%.

Окружная деформация ϵ_{θ}

Из рис. 8 видно, что значения окружной деформации в области раздачи положительные, увеличивается диаметр заготовки. В области обжима будут отрицательные значения окружной деформации, диаметр заготовки уменьшается.

На рис. 8 показано, что уменьшение окружной деформации в области обжима при моделировании находится в пределах от 0 до -0,258.

Также из рис. 8 видно, что увеличение окружной деформации в области раздачи при моделировании находится в пределах от 0 до 0,37.

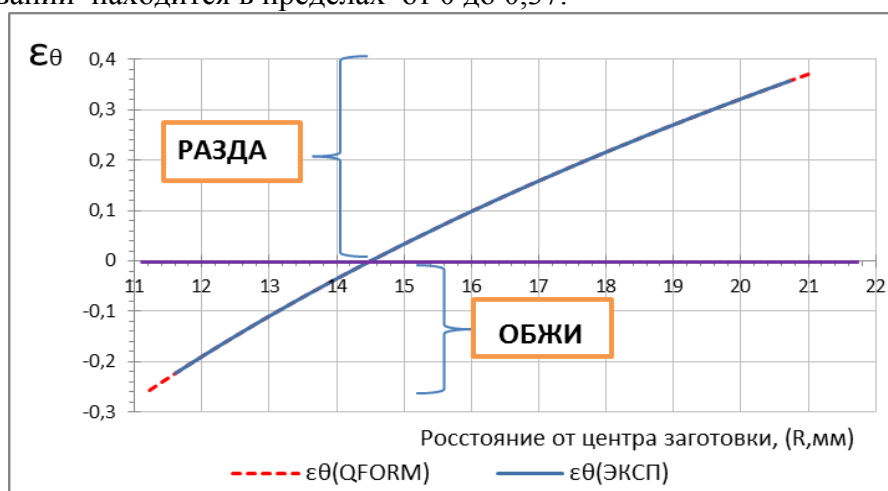


Рис. 8. Окружная деформация относительно расстояния от центра заготовки.

Уменьшение окружной деформации в области обжима при эксперименте находится в пределах от 0 до -0,222. Расхождение - 14%.

Уменьшение толщины стенки заготовки в области раздачи при эксперименте находится в пределах от 0 до 0,357. Расхождение – 3,5%.

Меридиональная деформация ε_p

Деформированное состояние при обжиге неоднородно по очагу деформации. Оно меняется в зависимости от соотношения нормальных напряжений σ_p и σ_θ . В точках, где $\varepsilon_p = 0$, когда $\sigma_p = \frac{\sigma_z + \sigma_\theta}{2} = \frac{0 + \sigma_\theta}{2} = \frac{-\sigma_s}{2}$ (из условия пластичности при обжиге. $\sigma_\theta = -\sigma_s$), тогда, $|\varepsilon_z| = |\varepsilon_\theta|$ (из условия несжимаемости $\varepsilon_p + \varepsilon_z + \varepsilon_\theta = 0$) и абсолютные значения напряжений $\sigma_p = \left| \frac{\sigma_\theta}{2} \right|$ и $\sigma_\theta = \sigma_s$, меридиональная деформация ε_p заготовки в процессе деформирования не изменяется (равна нулю), деформированное состояние плоское. На остальных участках заготовки деформированное состояние объемное.

Из рис. 9 видно что, отрицательное значение ε_p находится в I зона, которая располагается от разграничивающего диаметра области обжига и раздачи до места, где $\varepsilon_p = 0$ и $\sigma_p = \frac{-\sigma_s}{2}$. Положительное значение ε_p находится во II зона, которая располагается от точки, где $\varepsilon_p = 0$ до края заготовки, где ε_p имеет максимальная положительного значения.

Деформированное состояние при раздаче также неоднородно по очагу деформации. Оно меняется в зависимости от соотношения нормальных напряжений σ_p и σ_θ . В точках, где абсолютные значения напряжений σ_p и σ_θ равны между собой, толщина заготовки в процессе деформирования не изменяется, $\varepsilon_z = 0$ при $\sigma_z = \frac{\sigma_p + \sigma_\theta}{2} = 0$, (из условия пластичности при раздаче. $\sigma_\theta - \sigma_p = \sigma_s$), деформированное состояние плоское тогда $|\varepsilon_p| = |\varepsilon_\theta|$, (из условия не сжимаемости). В общем случае деформированное состояние заготовки объемное, причем там, где $|\sigma_p| > |\sigma_\theta|$, происходит даже утолщение стенки ($\varepsilon_z > 0$), а на участке, где $|\sigma_p| < |\sigma_\theta|$ - утонение ($\varepsilon_z < 0$). В области раздачи ε_p имеет отрицательное значение.

На рис. 9 показано, что увеличение меридиональной деформации в области обжига при моделировании находится в пределах от 0 до 0,225 (II зона), и при уменьшении меридиональной деформации находится в пределах от 0 до -0,086 (I зона).

Увеличение меридиональной деформации в области обжига при эксперименте находится в пределах от 0 до 0,189 (II зона), и уменьшение меридиональной деформации находится в пределах от 0 до -0,112 (I зона).

Расхождение составляет 16% для II зоны и 30% для I зоны, результатов моделирования и эксперимента.

Также из рис. 9 видно, что уменьшение меридиональной деформации в области раздачи при моделировании находится в пределах от -0,086 до -0,147.

Уменьшение меридиональной деформации в области раздачи при эксперименте находится в пределах от -0,112 до -0,187. Расхождение – (30-27)%.

Общая высота заготовки после деформирования уменьшается за счет отрицательных значений ε_p при раздаче и в I зоны при обжиге.

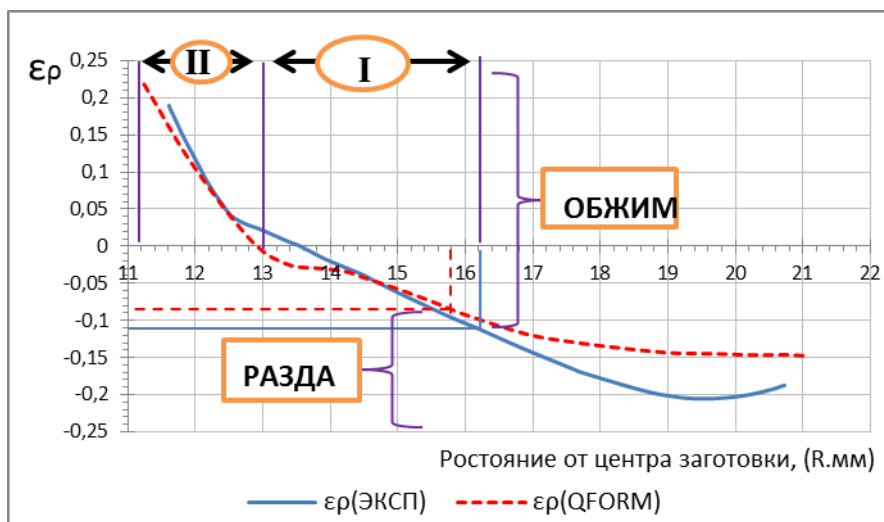
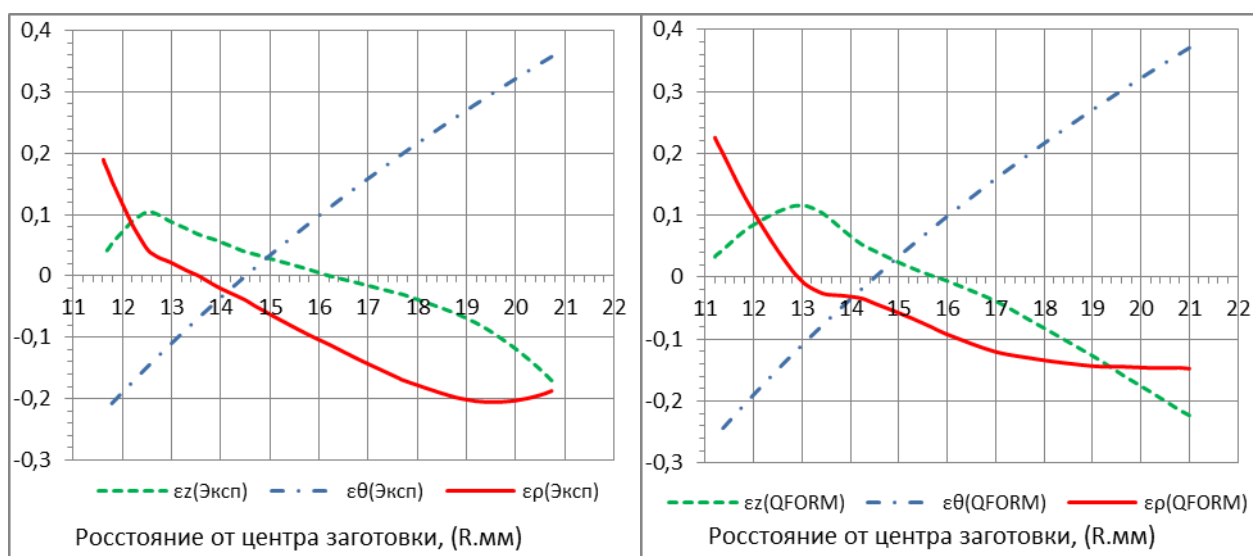


Рис. 9. Меридиональная деформация относительно расстояния от центра заготовки



а) Эксперимент

б) Моделирование

Рис. 10. Изменение Деформации (окружной ϵ_{θ} , толщиной ϵ_z , Меридиональная деформация ϵ_{ρ}) относительно от расстояния от центра заготовки.

Из (рис. 10) видно, что значения меридиональной деформации в области раздачи отрицательные, уменьшается длина (высота) заготовки, а в области обжима, знак меридиональной деформации ϵ_{ρ} меняется, за счет различной интенсивности (приращений деформаций) изменения окружной ϵ_{θ} и толщиной ϵ_z деформаций.

Выводы

1. С помощью совмещенной операции обжим и раздачи трубной заготовки можно получить переходник с большим коэффициентом формоизменения. Это доказа-

но при моделировании ($K_{\Sigma}^{\text{Мод}} = 1,87$) и эксперименте ($K_{\Sigma}^{\text{Экс}} = 1,8$). Это совпадает с теоритическим исследованием $K_{\Sigma} = 1,87$.

2. Можно получить более устойчивый процесс деформирования заготовки с помощью варьируемой величины коэффициента трения между заготовкой и инструментом.
3. Высота заготовки после деформирования уменьшается 8,9% при эксперименте, а при моделировании 9,7%. Расхождение 8,7%.
4. Увеличение коэффициента трения в области раздачи приводит к увеличению меридионального сжимающего напряжения σ_p и утонению стенки заготовки. Утонение при моделировании 20%, при эксперименте 15,6%.
5. Чем меньше утонение в области раздачи, тем меньше высота заготовки в области раздачи, и диаметр заготовки, разграничивающий области раздачи и обжима после деформирования ($S = S_0 = 3\text{мм}$) возрастает и смещается к торцу заготовки.
6. Высота заготовки в области обжима несколько увеличивается относительно высоты заготовки в области раздачи, за счет положительного значения ε_p у входа в цилиндрическую часть матрицы.

Литература

1. Семёнов Е. И. Ковка и штамповка. - М.: Машиностроение, 1987 с.
2. Справочник по холодной штамповке / Романовский В. И. — 6-е изд., перераб. и доп. - Л. : Машиностроение. Ленингр. отделение, 1979. - 520 с , ил.
3. Попов Е.А. Использование трубной заготовки вместо листовой / Попов Е.А. // Новые процессы обработки металлов давлением, стр. 144-150. — СССР М; : Акад. Наук, 1962. - 188с.
4. Горелова И. А., Погорелов Ю. М. Анализ способов получения трубных приварных бесшовных переходников - (Механика и процессы управления : Труды 33-го Уральского семинара ; Серия Технология и машины обработки металлов давлением, 2003).
5. Горбунов М.Н. Штамповка деталей из трубчатых заготовок. - М.: Машгиз, 1960.- 190 С.
6. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки. - М.: Машино строение, 1968.-283 С.
7. Попов Е.А. Использование трубной заготовки вместо листовой // Новые процессы обработки металлов давлением. - 1962. - С. 144 - 150.
8. Способы моделирования оснастки для штамповки раздачей // Blech Rohre Profile. - 2002. - №9 - С. 36-38.
9. Попов Е.А., Ковалев В.Г., Шубин И.Н. Технология и автоматизация листовой штамповки. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. - 480 С.
10. Статья «Напряженно-деформированное состояние в совмещенной операции раздачи и обжима при изготовлении переходников».