

На правах рукописи

Шляпугин Алексей Геннадьевич

Совершенствование процессов вытяжки и обжима конических деталей
из кольцевой заготовки

Специальность 050305 – Технологии и машины обработки давлением

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Самара 2007

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени С.П. Королева» (СГАУ)

Научный руководитель: Заслуженный деятель науки и техники РФ, лауреат государственной премии, доктор технических наук, профессор
Гречников Ф.В.

Официальные оппоненты: Доктор технических наук, профессор
Костышев В.А.

Кандидат технических наук, доцент
Почекуев Е.А.

Ведущая организация – ФГУП ГНП РКЦ "ЦСКБ-Прогресс"

Защита состоится «21» марта 2008 г. на заседании диссертационного совета Д212.215.03 при государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет» по адресу: 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке СГАУ.

Автореферат разослан «19» февраля 2008 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук

Клочков Ю.С.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Одним из путей совершенствования металлообрабатывающих отраслей промышленности является интенсификация заготовительно-штамповочного производства, заключающаяся в повышении коэффициента использования металла и повышении производительности труда.

В конструкциях двигателей летательных аппаратов применяются конические детали (форсунки, камеры сгорания и пр.) из жаропрочных хромоникелевых сплавов с относительной толщиной стенки $S_0 / D_0 \leq 0,01$ и относительной высотой $0,5 \leq \frac{H_0}{D_0} \leq 1,0$. Детали подобной геометрической формы

находят применение в виде конических переходов в пневмотрубопроводах летательных аппаратов, при изготовлении коррозионно-стойких трубопроводов в пищевой и молочной промышленности.

Для снижения материалоемкости конических деталей наиболее перспективным является использование технологической схемы, содержащей две операции. На первой операции вытяжки кольцевая заготовка принимает цилиндрическую форму с дном. На второй операции осуществляется обжим цилиндрической заготовки со стороны донной части. В результате обжима получают коническую деталь с меньшей толщиной у меньшего основания.

Промышленное использование данной технологической схемы сдерживается отсутствием научно-обоснованной методики проектирования процесса формообразования конических деталей.

Цель работы – разработка научно-обоснованной методики проектирования процесса изготовления конических деталей с меньшей толщиной у меньшего основания вытяжкой кольцевой заготовки и последующим обжимом цилиндрической заготовки с отверстием.

Для достижения поставленной **цели** необходимо решить следующие **задачи**:

1. Выполнить анализ напряженно-деформированного состояния заготовки в процессах вытяжки и обжима. Определить особенности согласования процессов вытяжки кольцевой заготовки с отверстием и последующего обжима цилиндрической заготовки с отверстием.
2. Определить распределение вдоль образующей деформаций по толщине заготовки после окончания процессов вытяжки и обжима;
3. Определить предельные параметры формоизменения для вытяжки кольцевой заготовки и последующего обжима цилиндрической заготовки с отверстием.
4. Разработать методику проектирования процесса изготовления конической детали с меньшей толщиной у меньшего основания вытяжкой кольцевой заготовки и последующим обжимом цилиндрической заготовки с отверстием.
5. Провести экспериментальные исследования процессов вытяжки кольцевой заготовки и последующего обжима цилиндрической заготовки с отверстием.

Методы исследований. Теоретические исследования процессов глубокой вытяжки заготовки с отверстием в дне и ее последующего обжима выполнены с использованием основных положений теории листовой штамповки; анализ напряженно-деформированного состояния заготовки в исследуемых процессах проведен методом конечных элементов в программном комплексе DEFORM-2D.

Экспериментальные исследования выполнены с использованием координатной делительной сетки, гидропресса ПСУ-250, современной испытательной машины Testometric; обработка экспериментальных данных проведена с применением методов математической статистики.

Автор защищает результаты расчета технологических параметров операции вытяжки кольцевой заготовки и операции последующего обжима цилиндрической заготовки с отверстием, выполненные в конечно-элементном комплексе DEFORM-2D; результаты теоретических и экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния заготовки в процессе формоизменения и вскрытые особенности механизма деформирования при одновременном протекании вытяжки и увеличении размера отверстия, а также особенности операции обжима цилиндрической заготовки с отверстием; определение предельных параметров формоизменения при обжиге в зависимости от механических свойств деформируемого материала, геометрии заготовки и параметров процесса штамповки; конструкцию устройства, позволяющую интенсифицировать процесс вытяжки кольцевой заготовки (устройство для отбортовки); результаты экспериментальных исследований; методику расчета технологических параметров для последовательного формообразования вытяжкой и обжимом кольцевой заготовки, обеспечивающую снижение трудоемкости и сокращение расхода штампуемого металла.

Научная новизна. Установлены закономерности изменения напряженно-деформированного состояния заготовки в процессах вытяжки кольцевой заготовки и последующего обжима цилиндрической заготовки с отверстием; установлены соотношения между технологическими параметрами процессов вытяжки кольцевой заготовки и последующего обжима цилиндрической заготовки с отверстием при изготовлении детали с меньшей толщиной у меньшего основания; разработано устройство, позволяющее расширить технологические возможности процесса вытяжки кольцевой заготовки сопровождаемого увеличением размера отверстия (устройство для отбортовки).

Достоверность результатов обеспечена обоснованным использованием зависимостей теоретического анализа, применяемых допущений, корректностью постановки задачи, применением известных математических методов и программных продуктов, подтверждением

качественных и количественных результатов анализа экспериментальными данными.

Практическая значимость. На основании результатов выполненных теоретических и экспериментальных исследований разработана методика определения основных технологических параметров процесса изготовления конических деталей с меньшей толщиной у меньшего основания вытяжкой из кольцевой заготовки и последующего обжима цилиндрической заготовки с отверстием.

Реализация работы. Разработана научно-обоснованная методика расчета технологических параметров процесса изготовления конической втулки топливного коллектора ГТД основанная на последовательном осуществлении операций вытяжки кольцевой заготовки и обжима цилиндрической заготовки с отверстием. Методика отвечает техническим условиям и требованиям технологического процесса.

Разработанная методика адаптирована для изготовления бесшовных конических переходников из 12Х18Н10Т используемых в индустрии производства напитков. Её использование обеспечивает снижение себестоимости штампованных бесшовных переходников на 22% по сравнению с импортными аналогами.

Отдельные результаты исследований использованы в учебном процессе ГОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени С.П.Королева».

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на Международной научно-технической конференции «Металлофизика, Механика материалов и процессов деформирования» 2004 г., на ежегодных научно-технических конференциях, проводимых в СГАУ (2003 – 2007).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 работ, в том числе в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных Высшей аттестационной комиссией 2 работы.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 108 источников, приложений. Работа изложена на 127 страницах основного текста (без учета приложений и списка используемых источников) и содержит 86 рисунков и 8 таблиц.

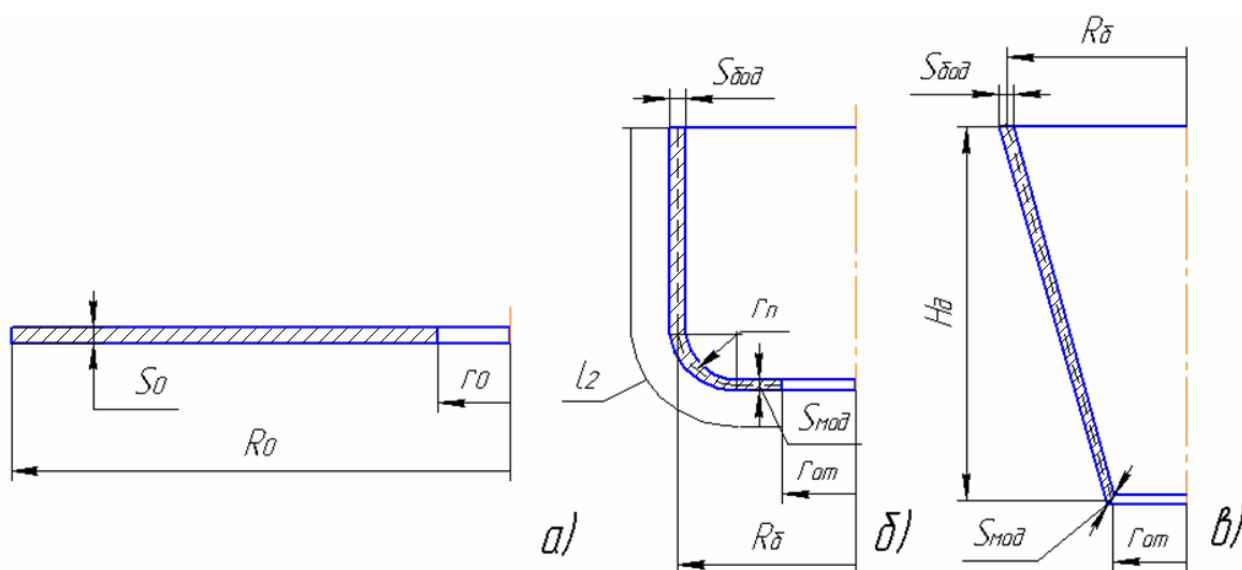
СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность решаемой проблемы, ее научная новизна и практическая ценность.

В первой главе изложено состояние теории и технологии изготовления конических деталей, рассмотрены основные способы их изготовления. Обоснована постановка цели и задач исследования.

Большой вклад в развитие теории и практики изготовления конических деталей внесли Аверкиев Ю.А., Берлет Ю. Н., Гречников Ф.В., Исаченков Е.И., Маслов В.Д., Мошнин Е.Н., Попов Е.А., Попов И.П., Романовский В.П., Сторожев М.В., Чистяков В.П., Шофман Л.А. и др.

Из известных способов получения конических деталей наиболее рациональным является способ штамповки, содержащий две операции – вытяжку кольцевой заготовки и последующем обжим цилиндрической заготовки (рис.1).



а – заготовка; б – цилиндрическая заготовка с отверстием в дне после вытяжки;
в – деталь после обжима

Рисунок 1 – Последовательность изменения формы заготовки

Данный процесс является малоизученным. Отсутствуют научные данные, позволяющие создать методику проектирования технологического процесса и оценить предельные возможности обжима цилиндрической заготовки с отверстием.

Аналитический обзор позволил сформулировать цель и выделить задачи исследования.

Вторая глава посвящена исследованию процессов вытяжки кольцевой заготовки и последующего ее обжима. Исследования были выполнены с помощью конечно-элементного комплекса DEFORM-2D.

На основании результатов исследования деформированного состояния в кольцевой заготовке для широкой группы сплавов установлено, что процесс вытяжки, как и для сплошной заготовки целесообразно рассматривать состоящим из трех стадий (рис.2).

Первая стадия характеризуется ростом очага деформаций до момента перевода всей заготовки в пластическое состояние. На второй стадии начинает перемещаться кромка фланца заготовки. Происходит пластическое течение всей заготовки. Третья стадия начинается с момента, уменьшения усилия процесса, при этом осуществляется перетягивание материала фланца заготовки через кромку матрицы.

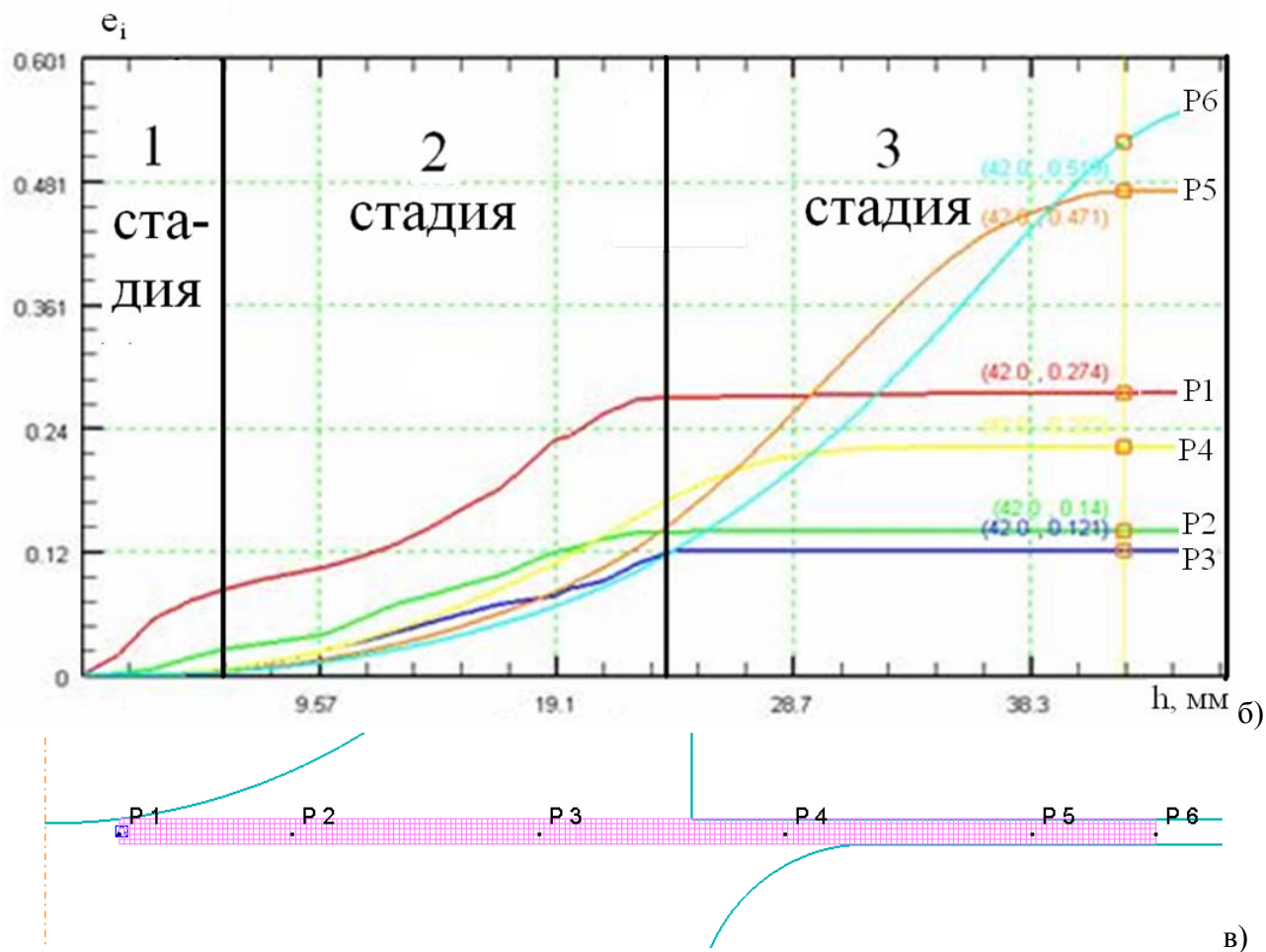


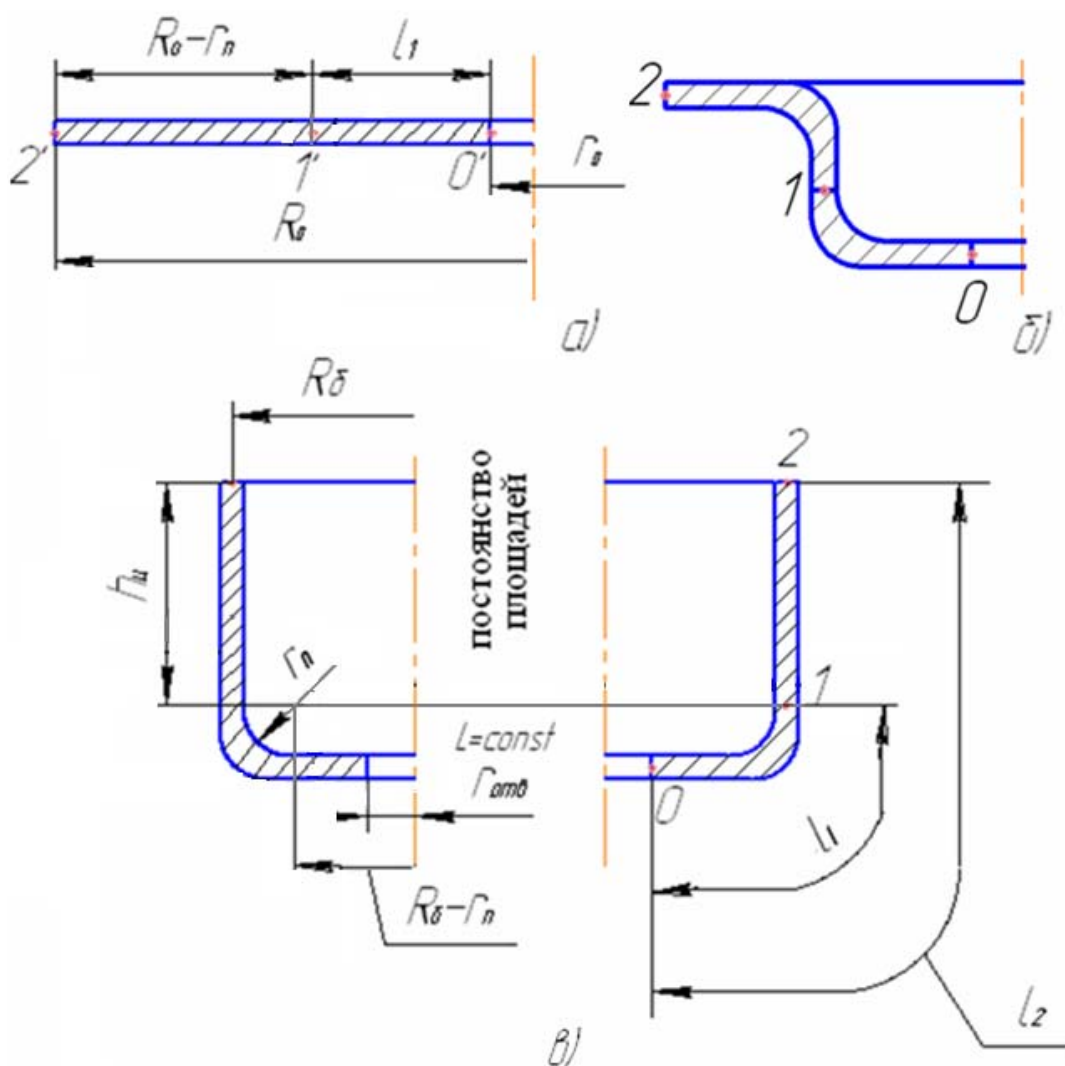
Рисунок 2 – Изменение интенсивности деформаций (e_i) в характерных точках кольцевой заготовки по ходу пуансона ($n = 0,1$, $K_{выт} = 1,5$, $r_n/R_0 = 1,00$, $r_0/R_0 = 0,12$)

Дно заготовки и прилегающий к нему участок (участок 0-1, рис.3) в ходе третьей стадии не деформируется. Толщина образующей заготовки на участке 0-1 после вытяжки определяется наибольшим усилием процесса. В момент достижения наибольшего усилия процесса, схема напряженного состояния на свободном от контакта с инструментом участке, близка к схеме одноосного растяжения. Наибольшим по величине является меридиональное напряжение.

В широком диапазоне значений $K_{выт}$, r_n/R_0 , r_0/R_0 и n (коэффициента вытяжки, отношения радиуса скругления пуансона к радиусу пуансона, отношения

радиуса исходного отверстия в заготовке к радиусу пуансона и показателя степени упрочнения материала) с погрешностью 5%, можно считать, что при вытяжке кольцевой заготовки на участке 0-1 длина образующей не изменяется (рис.3).

Установлена зависимость наименьшей относительной толщины заготовки и положение элемента с наименьшей относительной толщиной от основных параметров процесса (рис. 4,5). Наибольшее влияние на толщину заготовки в опасном сечении оказывает $K_{\text{выт}}$. С ростом относительного размера отверстия положение опасного сечения смещается к оси заготовки. При $r_n/R_0 > 0.6$, $r_0/R_0 > 0.25$ опасное сечение располагается вблизи кромки отверстия.



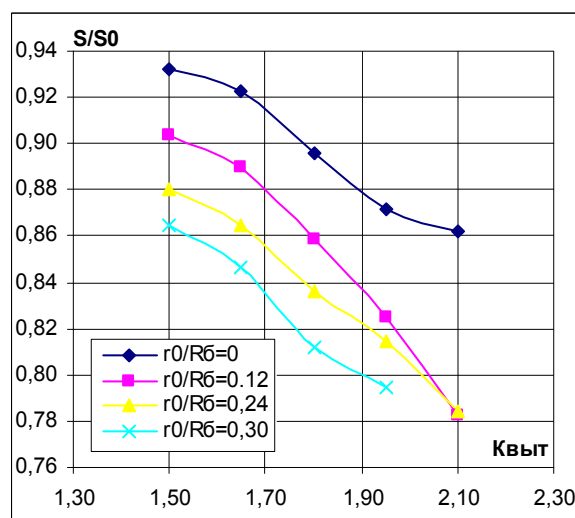
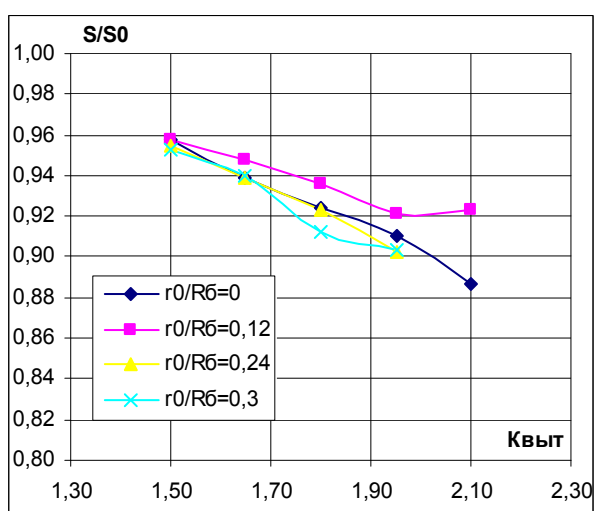
а, б, в – у исходной заготовки, в момент достижения наибольшего усилия, по окончании процесса соответственно

Рисунок 3 –Положение характерных точек у кольцевой заготовки при вытяжке

При обжиге цилиндрической заготовки с отверстием в донной части диаметр отверстия не изменяется (действие изгибающего момента не достаточно для того, чтобы вызвать пластическое формоизменение заготовки).

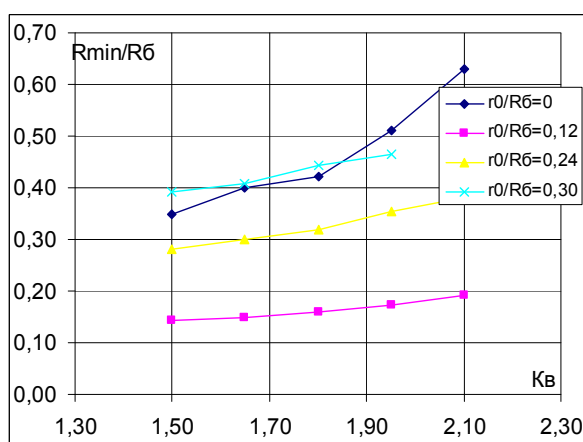
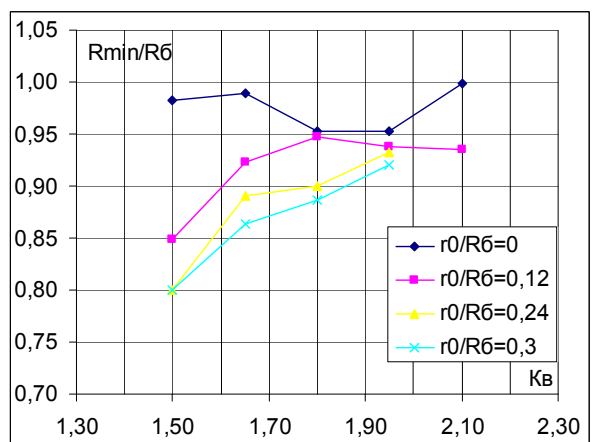
Установлено что изменение длины образующей заготовки при обжиге цилиндрической заготовки с отверстием, независимо от значений r_n/R_0 , r_0/R_0 и n с погрешностью до 6% можно не учитывать.

Исследовано влияние межоперационной разупрочняющей термообработки на толщину заготовки при обжиге. Установлено, что межоперационный отжиг проводить нецелесообразно.



а, б – соответственно при $r_n/R_0 = 0.2$, $r_n/R_0 = 1.0$

Рисунок 4 – Зависимость наименьшей относительной толщины заготовки от коэффициента вытяжки и относительного размера отверстия выполняемого в заготовке при $n=0.1$



а, б – соответственно для: $r_n/R_0 = 0.2$, $r_n/R_0 = 1.0$

Рисунок 5 – Положение сечения с наименьшей относительной толщиной зависимости от коэффициента вытяжки и относительного размера отверстия выполняемого в заготовке при $n=0.1$

Третья глава посвящена разработке аналитических зависимостей описывающих изменение вдоль образующей деформаций по толщине заготовки после операций вытяжки (e_s) и обжима (e_{so}). Зависимости получены на основании известных теоретических положений листовой штамповки и результатов расчета в программном комплексе DEFORM-2D, с использованием полиномов второй степени:

$$e_s = al^2 + bl + c, \quad e_{so} = Al^2 + Bl + C$$

где l – длина образующей, a, b, c, A, B, C – параметры полинома для вытяжки и обжима соответственно.

В качестве характерных точек для определения параметров уравнения полинома выбраны точки на кромках отверстия и фланца, и центральной части свободного участка (рис.3).

Значения параметров полиномов, описывающего распределение деформаций по толщине вдоль образующей вытянутой кольцевой заготовки, определяются по следующим зависимостям:

$$\begin{cases} a = \frac{(e_{ST0} - e_{ST1})l_2 + (e_{ST2} - e_{ST0})l_1}{l_1 l_2 (l_1 + l_2)}, & A = -\frac{e_{SOT1}}{l_1(l_2 - l_1)}, \\ b = \frac{(e_{ST1} - e_{ST0})l_2^2 + (e_{ST2} - e_{ST0})l_1^2}{l_1 l_2 (l_1 - l_2)}, & B = \frac{e_{SOT1}}{l_1 \left(1 - \frac{l_1}{l_2}\right)}, \\ c = e_{ST0}. & C = 0, \end{cases}$$

Деформации в характерных точках ($e_{ST0}, e_{ST1}, e_{ST2}, e_{SOT0}, e_{SOT1}, e_{SOT2}$), определяются по зависимостям:

$$e_{ST0} = -\frac{1}{2} \ln \left| \frac{r_{om}}{r_0} \right|,$$

$$e_{ST1} = \frac{\psi_{uu}}{1-\psi_{uu}} \sqrt{(1-\psi_{uu}) \left[(\ln K_{B_{\text{вн}}})^{\frac{1}{1-\psi_{uu}}} + 0.2\mu \left(K_{B_{\text{вн}}} - 1 - 9K_{B_{\text{вн}}} \frac{S_0}{R_0} \right) K_{B_{\text{вн}}} + \frac{S_0}{2r_m + S_0} \right]} (1 + 1.6\mu),$$

$$e_{ST2} = \frac{1}{2} \ln \left| \frac{R_0}{R_\sigma} \right|,$$

$$e_{SOT0} = 0,$$

$$e_{SOT1} = \frac{(1 + \mu \operatorname{ctg} \gamma) \left(1 - \frac{r_{om}}{l_1 \sin \gamma + r_{om}} \right) + 1}{(1 + \mu \operatorname{ctg} \gamma) \left(1 - \frac{r_{om}}{l_1 \sin \gamma + r_{om}} \right) - 2} \ln \frac{l_1 \sin \gamma + r_{om}}{R_{\sigma}},$$

$$e_{SOT2} = 0.$$

где μ - коэффициент трения, γ – угол конусности обжимной матрицы, а положение точек 0,1,2 определяется соответственно длинами образующих (рис.3):

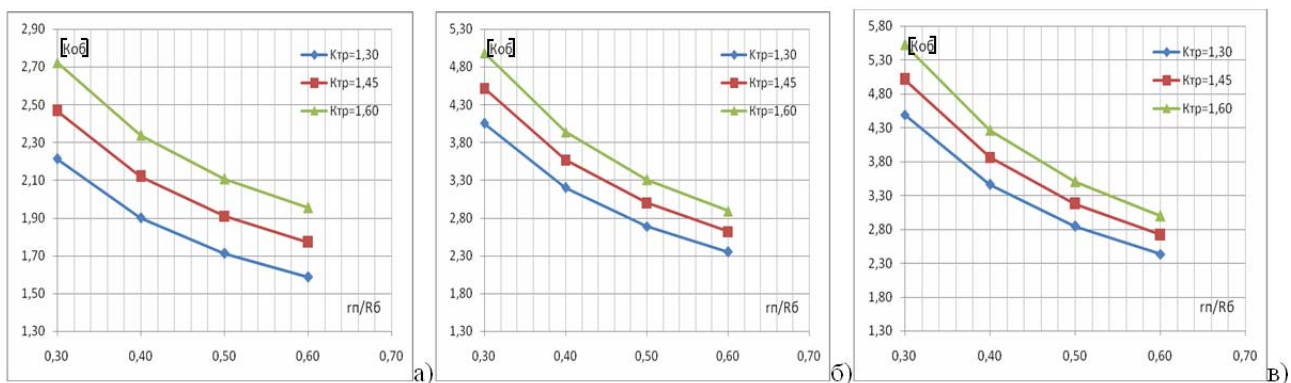
$$l_1 = 0.57r_n + R_{\sigma} - r_{om},$$

$$l_2 = \frac{K_{выт}^2 R_{\sigma}^2 - 0.32r_n^2 - [K_{омн} (1.14r_n + 2R_{\sigma}) - 1.14r_n] r_{om}}{2R_{\sigma}}.$$

Толщина детали в произвольной точке образующей (l) рассчитывается по зависимости:

$$S = S_0 \exp[(A+a)l^2 + (B+b)l + c]$$

Четвертая глава посвящена определению предельных параметров формоизменения и разработке методики расчета технологических параметров последовательного формоизменения операциями вытяжки кольцевой заготовки и обжима цилиндрической заготовки с отверстием. Предложена зависимость, связывающая значения коэффициента обжима для трубных заготовок с коэффициентом обжима цилиндрических заготовок с отверстием (рис.6).



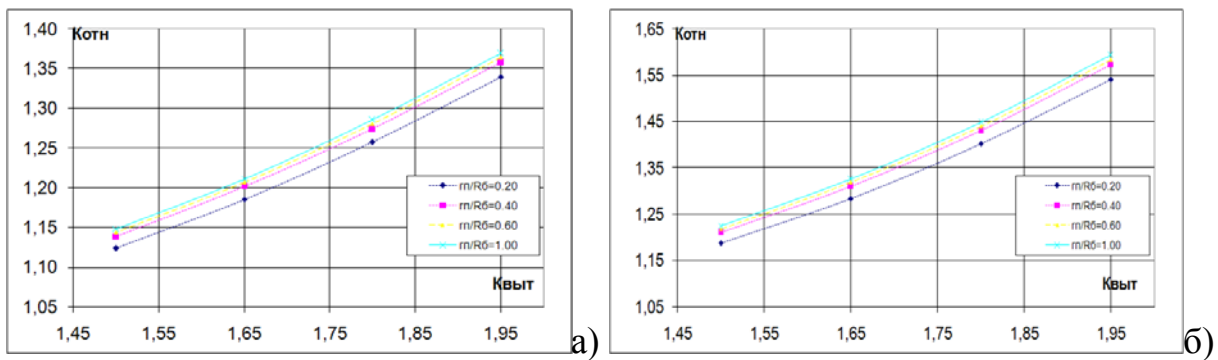
угол конусности матрицы: а, б, в – 15°, 30°, 45° соответственно

Рисунок 6 – Зависимость предельных значений коэффициента обжима цилиндрической заготовки $[K_{об}]$ от предельного значения коэффициента

обжима трубной заготовки $[K_{TP}]$, угла конусности обжимной матрицы и относительного радиуса скругления пуансона используемого при вытяжке

Определена зависимость коэффициента изменения размера отверстия ($K_{отн}$) от коэффициента вытяжки и других параметров процесса вытяжки кольцевой заготовки (рис.7):

$$\begin{cases} I = \frac{\psi_{ul}}{1-\psi_{ul}} \sqrt{\left[(\ln K_{выт})^{\frac{1}{1-\psi_{ul}}} + 0,2\mu \left(K_{выт} - 1 - 9K_{выт} \frac{S_0}{R_0} \right) K_{выт} + S_0 \left(\frac{1}{2r_m + S_0} - \frac{1}{2r_n + S_0} \right) \right] \frac{(1-\psi_{ul})R_0}{(R_0 - r_{om})}} \\ K_{отн} = \frac{\psi_{ul} I + 1}{1 - \psi_{ul} I} \end{cases} \quad (1)$$



а, б – $\Psi_{ш} = 0.5$ при $r_{от}/R_0 = 0,12$ и $0,3$ соответственно

Рисунок 7 – Зависимость коэффициента изменения размеров отверстия от коэффициента вытяжки и технологических параметров процесса при $\mu = 0.12$

Разработана методика расчета технологических параметров для последовательного формоизменения вытяжкой кольцевой заготовки и обжимом цилиндрического полуфабриката с отверстием. Расчет технологических параметров осуществляется в следующем порядке:

1. Рассчитываются значения:

$$R_0 = \sqrt{2R_0 \left[(R_0 - r_0) \left(\frac{1}{\sin \gamma} - 1 \right) - 0.57r_n \right] + (0.57r_n + R_0)^2},$$

$$K_{выт} = R_0 / R_0.$$

2. В соответствии с зависимостями, представленными на рис.7 определяется значение $K_{отн}$.

3. Рассчитывается значение: $r_0 = r_0 \cdot K_{отн}$.

4. Определяется возможность использования рассматриваемой технологической схемы для изготовления конкретной детали по гофрообразованию при обжиге (рис.6) и разрушению кольцевой заготовки при вытяжке в опасном сечении, продольного разрыва по кромке отверстия по рекомендациям Романовского В.П.

5. За исходную толщину заготовки принимается наибольшее из значений рассчитанное по (2)-(4):

$$S_{OT0} = \frac{S_{T0}}{K_{отн}^2}, \quad (2)$$

$$S_{OT1} = \frac{S_{T1}}{\exp[(A+a)l_1^2 + (B+b)l_1+c]}, \quad (3)$$

$$S_{OT2} = \frac{S_{T2}}{K_{выт}^2}. \quad (4)$$

6. По традиционной зависимости определяются усилия необходимые для осуществления вытяжки кольцевой заготовки и обжима цилиндрической заготовки с отверстием:

$$P = \pi D_0 S_0 \sigma_{\rho \max},$$

при вытяжке и обжиге, соответственно считая, что $\sigma_{\rho \max} = \sigma_{\rho \max}^{выт}$ и $\sigma_{\rho \max} = \sigma_{\rho \max}^{об}$.

В пятой главе приведены: данные по материалам, оборудованию, методикам и результатам экспериментальных исследований. С целью подтверждения достоверности результатов анализа, выполненного в программе DEFORM-2D, проведена серия физических экспериментов по определению толщины кольцевой заготовки. Для проведения экспериментов использовали АМц и 12Х18Н10Т. Сравнение экспериментальных данных с результатами расчета в DEFORM-2D приведены на рис.8. Как видно из рис.8 при использовании в модели с 10 конечными элементами по толщине заготовки результаты моделирования укладываются в 5% доверительный интервал экспериментальных значений.

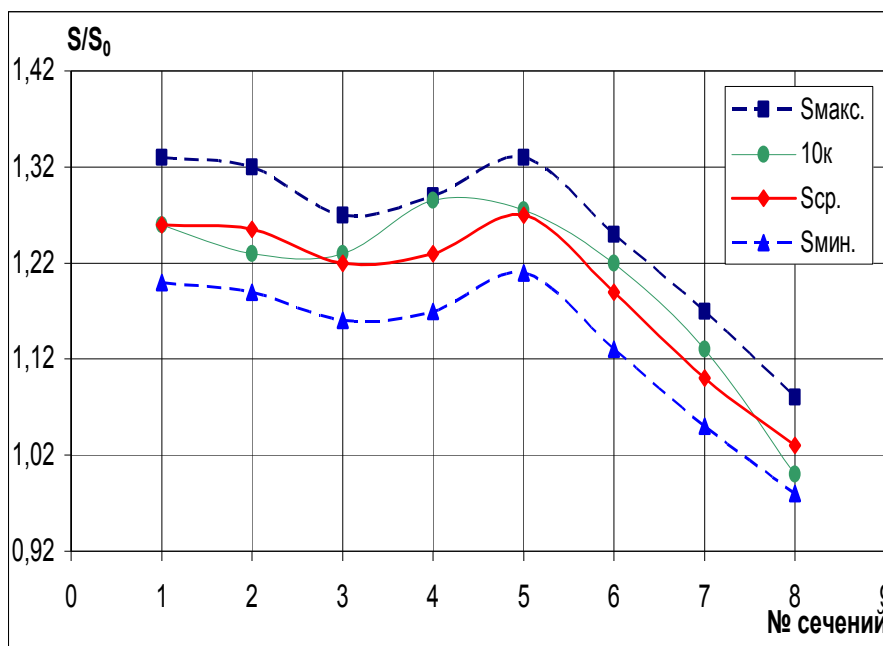
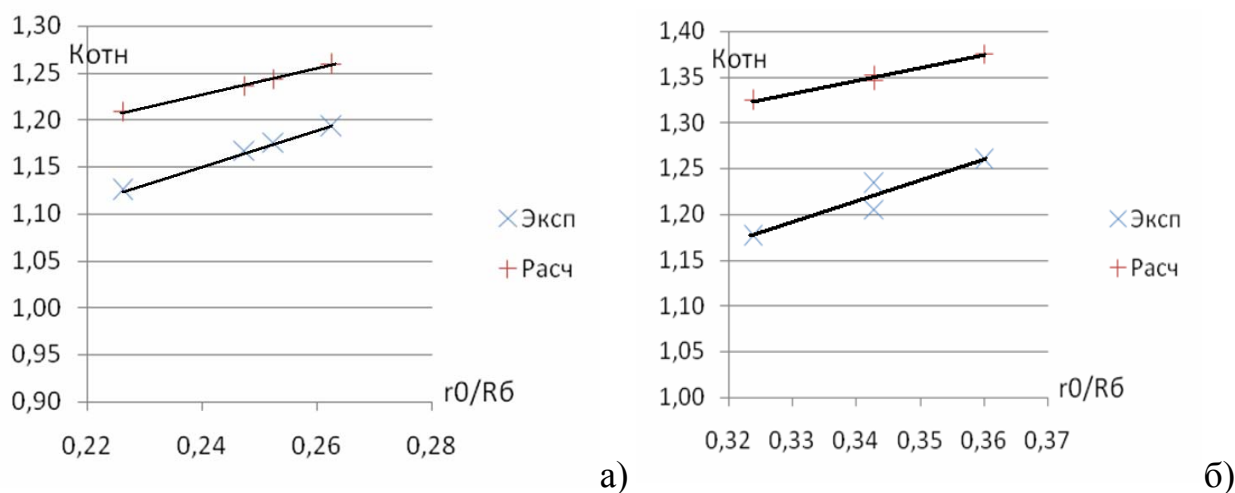


Рисунок 8 – Сравнение относительных толщин вдоль образующей после обжима заготовки из АМц с отверстием $r_{om} / R_o = 0,38$ из расчета в DEFORM-2D с экспериментальными данными

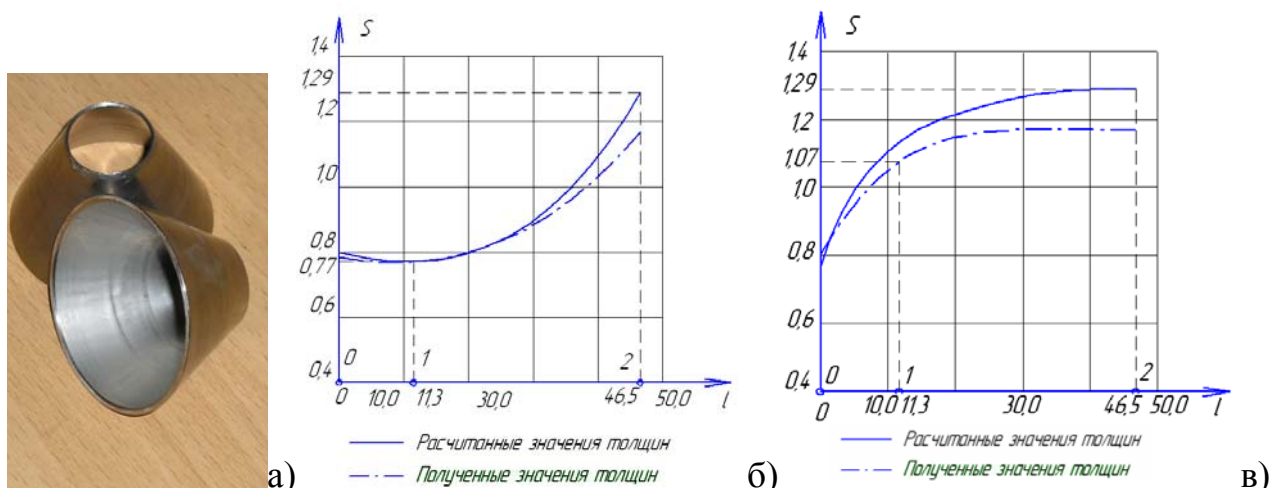
Сравнение данных размеров отверстий, получаемых при вытяжке кольцевой заготовки, с расчетом по аналитической зависимости (1) показало, что погрешность составляет 13% (рис. 9).



а – для АМц с $K_{\text{выт}}=2,00$, $r_{п}/R_{б}=0,38$; б – для 12Х18Н10Т при $K_{\text{выт}}=1,75$, $r_{п}/R_{б}=0,20$

Рисунок 9 – Зависимость относительного размера отверстия от относительного размера отверстия

Эксперименты показали достоверность предлагаемой методики расчета толщины заготовки с погрешностью при вытяжке 11%, и 12% при обжиме (рис. 10).



а – деталь «Конус»; б – после вытяжки; в – после обжима (у детали)
 Рисунок 10 – Распределение толщин вдоль образующей после операций при изготовлении детали «Конус»

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Установлено, что одним из наиболее рациональных процессов изготовления конических деталей с меньшей толщиной у меньшего основания является вытяжка цилиндрического изделия с отверстием в дне и его последующий обжим в матрице конической формы.

2. Выполнен анализ напряженно-деформированного состояния, позволивший определить следующие особенности процессов вытяжки кольцевой и последующего обжима цилиндрической заготовки с отверстием: для определения толщины заготовки после вытяжки на участке дна и прилегающем к нему участке необходимо рассматривать момент достижения наибольшего усилия процесса; изменение длины образующей на участке дна и прилегающем к нему участке при вытяжке кольцевой заготовки составляет менее 5%; изменение длины образующей при обжиме цилиндрической заготовки с отверстием составляет 6%; при обжиме цилиндрической заготовки размеры отверстия не изменяться; отжиг после обжима проводить не целесообразно.

3. Определены аналитические зависимости распределения вдоль образующей деформаций по толщине после окончания процессов вытяжки кольцевой заготовки и обжима цилиндрической заготовки с отверстием в зависимости от параметров процесса.

4. Определена зависимость предельного коэффициента обжима цилиндрической заготовки с отверстием в зависимости от угла конусности обжимной матрицы, предельного коэффициента обжима трубной заготовки, относительного радиуса скругления пуансона.

5. Разработана методика проектирования процессов вытяжки кольцевой заготовки и последующего обжима цилиндрической заготовки с отверстием для изготовления конических деталей с меньшей толщиной у меньшего основания.

6. Результаты экспериментальных исследований подтвердили достоверность теоретического анализа и показали удовлетворительную сходимость результатов анализа с экспериментальными данными с погрешностью 13%, для полученной зависимости относительного размера отверстия и 12% для методики проектирования процессов вытяжки кольцевой заготовки и последующего обжима цилиндрической заготовки с отверстием.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНО В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ

В ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных Высшей аттестационной комиссией:

1. Демьяненко Е.Г. Исследование процесса формообразования цельноштампованных деталей по схеме отбортовка-формовка [Текст] / Е.Г. Демьяненко, И.П. Попов, А.Г. Шляпугин // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета, №1, 2006 стр. 138-145.

2. Устройство для отбортовки отверстия / Маслов В.Д., Попов И.П., Шляпугин А.Г. – Патент на полезную модель № 61608, 2006г.

и других изданиях:

1. Демьяненко Е.Г. Исследование процесса формообразования цельноштампованных деталей по схеме отбортовка-формовка [Текст] / Е.Г. Демьяненко, А.Г. Шляпугин // Международная научно-техническая конференция «Металлофизика, Механика материалов и процессов деформирования», Сборник трудов – Самара, СГАУ, 2004. – С.13.

2. Шляпугин А.Г. Исследование совмещенных процессов для получения деталей оживальной формы [Текст] / А.Г. Шляпугин // Всероссийская молодежная научная конференция с международным участием «VIII Королевские чтения», Сборник трудов. – Самара СГАУ, 2005. – С.233.

3. Гречников Ф.В. Использование программы DEFORM-2D для описания процессов листовой штамповки [Текст] / Ф.В. Гречников, А.Г. Шляпугин, К.А. Николенко ; СГАУ, - Самара, 2006. – 6 с. Деп. во ВИНТИ 15.06.2006. №804-В2006.

4. Маслов В.Д. Оценка эффективности современных методов штамповки конических деталей [Текст] / В.Д. Маслов, А.Г. Шляпугин, К.А. Николенко ; СГАУ, - Самара, 2006. – 6 с. Деп. во ВИНТИ 31.08.2006. № 1113-В2006.

5. Гречников Ф.В. Основы автоматизации конструирования и технологической подготовки [Текст] / Ф.В. Гречников, В.И. Дровяников, А.Г. Шляпугин. – Самара. : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та., 2006 г. – 91 с.: ил.