

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской революции и
ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое
училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

СЕМИГРЕЕВА ИРИНА НИКОЛАЕВНА

УДК 621.983.44

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВЫТЯЖКИ С УТОНЕНИЕМ
ДЕТАЛЕЙ В НАКЛОННЫХ ВРАЩАЮЩИХСЯ МАТРИЦАХ

05.03.05.-Процессы и машины обработки давлением

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва-1988

Работа выполнена в Московском высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Е.А.Попов

Официальные оппоненты - д.т.н., профессор А.Д.Матвеев
к.т.н., доцент В.Ф.Константинов

Ведущее предприятие - указано в решении специализиро-
ванного совета

Защита состоится "18" мая 1988 г. на заседании спе-
циализированного Совета К 053.15.13 в Московском ордена Ленина,
ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени
высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана по адресу: 107005,
Москва, 2-я Бауманская ул., дом 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ имени
Н.Э.Баумана.

Авторе

Спе

Л-
Подпи
Объем

М 474043

72
МВТУ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

НА ДОС
НЕ ВЫДАЕТСЯ

Актуальность проблемы. Основные направления при реализации Программы ускорения научно-технического прогресса связаны с использованием совершенных малоотходных производительных технологических процессов. В современном производстве при частой смене номенклатуры деталей требуется применение гибких технологических процессов, реализуемых на несложном оборудовании, обеспечивающих приближение формы и размеров заготовок к форме и размерам готовой детали. При обработке давлением - это процессы, использующие локализацию очага деформации, которые занимают значительное место при производстве деталей типа тел вращения; тонкостенные цилиндрические оболочки составляют существенную часть номенклатуры деталей электронной, приборостроительной, электротехнической и др. отраслей промышленности.

Одним из процессов, использующих локализацию очага деформации, является способ вытяжки с утонением в наклонных вращающихся матрицах, позволяющий получать тонкостенные цилиндрические детали. Реализация процесса возможна как на станках токарной группы, так и на кузнечно-прессовом оборудовании. При сопоставлении процесса с процессами ротационной вытяжки оболочковых деталей роликами, шариковыми и роликовыми раскатными головками, следует отметить ряд преимуществ вытяжки с утонением в наклонных вращающихся матрицах: большая производительность, универсальность, возможность достижения больших разовых степеней деформации, деформирование можно осуществлять в несколько переходов без введения разупрочняющих термообработок, возможность использования различных видов оборудования, схема деформирования позволяет подвергать обработке материалы с различными механическими характеристиками. Кроме того, используемая оснастка позволяет осуществлять быструю переналадку при изменении толщины стенки и диаметра заготовки, изменения степени деформации, обеспечивает возможность получения деталей переменной толщины стенки.

В ряде работ освещены только результаты экспериментальных исследований процесса, публикаций, связанных с разработкой теоретических основ вытяжки с утонением в наклонных вращающихся матрицах нет, что сдерживает его использование в промышленности и дальнейшее развитие.

В связи с этим актуальной задачей является теоретический ана-

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1474043

Семигреева И.Н. Научные ос



лиз процесса с учетом особенностей механизма деформирования и создание на его основе научно-обоснованной методики расчета технологических режимов процесса, что позволит ускорить широкое внедрение процесса в производство.

Цель работы. Целью настоящей работы является теоретическое и экспериментальное исследование процесса вытяжки с утонением в наклонных вращающихся матрицах тонкостенных цилиндрических деталей и создание научно-обоснованной методики расчета технологических параметров, обеспечивающих получение качественной детали и максимально возможное формоизменение заготовки, кроме того, дающей возможность использовать полученные значения усилий деформирования в качестве исходных данных при проектировании технологической оснастки.

Методы исследования. Исследование процесса осуществлялось с использованием теоретических и экспериментальных методов. Теоретическое исследование процесса выполнено для разработанной расчетной модели процесса на основе инженерного метода с использованием положений теории упругости. Аналитические расчеты проведены с применением ЭЕМ.

Экспериментальные исследования проводились с использованием специально спроектированного и изготовленного устройства, позволяющего реализовать процесс на базе гидравлического пресса. Экспериментальные исследования заключались в оценке влияния технологических параметров, формы и размеров инструмента, вида материала заготовки на энергосиловые характеристики процесса, предельную степень формоизменения, особенности самого процесса деформирования.

Кроме этого, проводились экспериментальные исследования по возможности включения рассматриваемого процесса в технологический цикл изготовления оболочки для гибкого колеса герметичной волновой зубчатой передачи.

Научная новизна. В работе решена задача по определению границ очага деформации и площади контакта деформирующего инструмента и заготовки в зависимости от технологических режимов обработки и основных геометрических параметров деформирующего инструмента. Проведена разработка модели процесса вытяжки с утонением в наклонных вращающихся матрицах с учетом локализации очага пластической деформации, позволяющая учесть влияние упруго-деформированных участков заготовки, окружающих очаг деформации на на-

пряженное состояние в очаге. При анализе получены значения условных сжимающих напряжений, действующих на границе очага деформации и оказывающих влияние на величину напряжений в очаге. Определены величины составляющих усилия деформирования, действующие на заготовку в процессе обработки, которые позволяют судить о незначительной энергоёмкости процесса. Получены зависимости для оценки предельной степени деформации. Подтверждение правильности принятых допущений и оценки напряженного состояния в очаге осуществлялось использованием численного метода, в частности, релаксационной схемы метода конечных элементов.

На основе комплекса теоретических и экспериментальных исследований разработана научно-обоснованная методика расчета технологических режимов процесса вытяжки с утонением в наклонных вращающихся матрицах, даны рекомендации по проектированию деформирующего инструмента.

Практическая ценность работы заключается в разработке научно-обоснованной методики расчета технологических режимов процесса вытяжки с утонением в наклонных вращающихся матрицах, который обеспечивает получение существенно больших разовых степеней деформации по сравнению с существующими технологическими процессами и значительное повышение предельной степени деформации. Разработан и внедряется в производство более простой и экономичный технологический процесс изготовления гибкого колеса герметичной волновой зубчатой передачи по сравнению с существующими. Разработанная методика расчета технологических параметров процесса принята для подготовки производства корпусов кастрюль из стали 12Х18Н9Т в НПО "Кислородмаш". Применение разработанной методики позволяет свести к минимуму объем экспериментальных работ при внедрении предлагаемого способа в промышленность.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались и обсуждались на семинаре "Прогрессивные методы обработки деталей и автоматизация проектирования технологических процессов" (г. Владимир, 1982г.), на НТС ряда предприятий, а также на научных семинарах кафедры "Машины и автоматизация обработки давлением" МВТУ им. Н.Э. Баумана.

Публикации. Основное содержание работы отражено в четырех печатных работах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав и выводов по каждой главе, общих выводов и приложения.

Работа содержит 129 страниц машинописного текста, 90 рисунков, 14 таблиц и список литературы из 108 наименований. Общий объем работы 257 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы основные положения, которые выносятся на защиту.

В первой главе рассмотрены основные технологические способы получения тонкостенных цилиндрических деталей, дан анализ традиционных методов изготовления, показаны недостатки и преимущества, проведена оценка технологических показателей и качества получаемых деталей, обоснована целесообразность использования процесса вытяжки с утонением в наклонных вращающихся матрицах в технологическом процессе получения осесимметричных тонкостенных деталей.

Вопросами исследования и анализа напряженно-деформированного состояния в процессах вытяжки с утонением в штампах занимались Л.А.Шофман, Е.А.Попов, И.П.Ренне, С.А.Валиев и др. Процессы ротационной вытяжки разрабатывались В.Н.Королевым, В.В.Смирновым, С.П.Яковлевым, А.С.Маленичевым, Л.Г.Юдиным, Э.Томсенон, Ч.Янгом и др., были решены основные вопросы, связанные с определением энерго-силовых параметров процесса, расчетом инструмента и выбором необходимого технологического оборудования для процессов, использующих шариковый и роликовый инструменты.

Теоретический анализ процессов ротационной вытяжки в работах В.В.Смирнова, В.Н.Королева, Н.И.Могильного и др. производился исходя из предположения о плоско-деформированном состоянии материала в очаге деформации без учета его локализации. Предпосылки, позволяющие провести анализ напряженно-деформированного состояния заготовки с учетом локализации очага деформации были сделаны в работах И.И.Казакевича, Е.А.Попова, однако, указанные исследования проводились для процессов ротационной вытяжки с утонением, использующей сферический /шариковый или роликовый/ давящий инструмент.

Ряд работ посвящен только экспериментальному исследованию процесса вытяжки с утонением в наклонных вращающихся матрицах. Работ, касающихся анализа напряженно-деформированного состояния заготовки нет, это объясняется сложным механизмом деформирования заготовки: характером воздействия локально приложенной внешней

нагрузки, наличием упруго-деформированных зон заготовки, окружающих очаг деформации, внеконтактной деформацией элементов заготовки. В связи с этим теоретический анализ процесса вытяжки с утонением в наклонных вращающихся матрицах и созданная на его основе методика позволит решить ряд проблем, сдерживающих широкое внедрение процесса в промышленности.

Для достижения поставленной в работе цели необходимо решить следующие задачи:

- определить форму и размеры очага деформации, найти площадь контакта заготовки и инструмента;
- провести теоретический анализ процесса деформирования с локализацией очага деформации с учетом воздействия упруго-деформированных частей заготовки на очаг деформации;
- провести анализ оптимизации процесса деформирования по допустимой величине степени деформации;
- оценить влияние основных конструктивных и технологических факторов на процесс формоизменения заготовки;
- разработать научно-обоснованную методику расчета и проектирования технологического процесса, дать рекомендации по области рационального применения;
- разработать рекомендации по основным параметрам технологической оснастки;
- внедрить в промышленность процесс вытяжки с утонением в наклонных вращающихся матрицах.

Вторая глава посвящена теоретическому анализу процесса вытяжки с утонением в наклонных вращающихся матрицах и определению энерго-силовых параметров процесса.

Исходя из того, что при принятой схеме деформирования очаги деформации локализованы, необходимо определить размеры очагов деформации и площади контакта заготовки и инструмента. Величины площадок контакта верхней и нижней матриц равны. При решении задачи по определению площади контакта использована схема рис. I. В результате решения площадь контакта определяется по выражению:

$$F = \frac{\alpha_1 (S_0 - S_K)}{2 \sin \beta} \left[2R_M - \frac{(S_0 - S_K) \sin \gamma}{\sin \beta} \right], \quad (I)$$

где R_M - радиус матрицы по калибрующему пояску;

$\gamma; \beta$ - угол конусности матрицы и угол наклона деформирующего участка матрицы к оси пуансона;

S_0, S_K - исходная и конечная толщина стенки заготовки;

α_1 - проекция угла пластического контакта для матрицы, определяемая при решении уравнения :

$$P \cos^2 \alpha_1 + Q \cos \alpha_1 + N = 0;$$

где $P = R_m^2 \sin^2 \xi (1 + \operatorname{ctg}^2 \beta)$;

$$Q = R_m^2 \operatorname{ctg} \xi \sin 2\xi (1 + \operatorname{ctg}^2 \beta) + 2R_m [(z_0 + h) \sin \xi - x_0 \cos \xi \operatorname{ctg}^2 \beta];$$

$$N = R_m^2 [\operatorname{ctg}^2 \xi \cos^2 \xi (1 + \operatorname{ctg}^2 \beta) - \operatorname{ctg}^2 \beta (1 + \operatorname{ctg}^2 \xi)] + 2R_m \operatorname{ctg} \xi [\cos \xi (z_0 + h) + x_0 \sin \xi \operatorname{ctg}^2 \beta] + 2z_0 h + h^2;$$

$$x_0 = r_n + S_K - \frac{R_m}{\sin \xi} \sin \beta;$$

$$z_0 = x_0 \operatorname{ctg} \beta;$$

ξ - угол наклона оси матрицы к оси Пуансона;

h - величина подачи инструмента.

Значение проекции угла пластического контакта для матрицы α_1 позволяет определить размеры очага деформации в тангенциальном направлении.

Анализ механизма деформирования показывает, что полн напряжений и деформаций в очаге должны определяться с учетом влияния упруго-деформированных зон, окружающих очаг деформации. Точное решение задачи весьма сложно, поэтому при анализе приняты допущения, позволяющие получить замкнутые решения без существенного искажения реального процесса деформирования.

Заготовка рассматривалась состоящей из жестко-пластических зон /очаги деформации/ и внеконтактных участков, испытывающих только упругие деформации. В очаге деформации принималось плоско-деформированное состояние заготовки. Материал заготовки - упруго-пластический, упрочняющийся, подчиняющийся условию пластичности Губера - Мизеса.

Сечение очага деформации в осевом направлении имеет вид усеченной призмы. Кривизной заготовки и скручиванием пренебрегаем. Процесс обработки осуществляется с хорошей смазкой $|\mu| < 0,1$, поэтому можно принять, что касательные напряжения на контактных поверхностях, вызванные силами трения, пропорциональны нормальным напряжениям. Взаимодействие упругих и пластических зон заготовки ограничивается поясом деформации. Рассматривается установившийся процесс, при котором очаги деформации находятся на достаточном удалении от дна и торца заготовки.

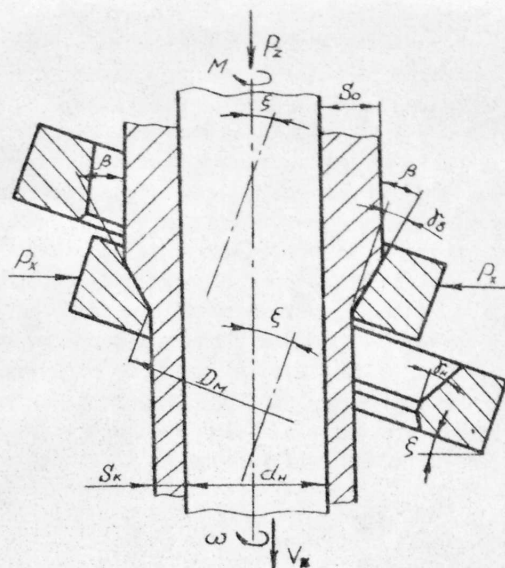


Рис. I.

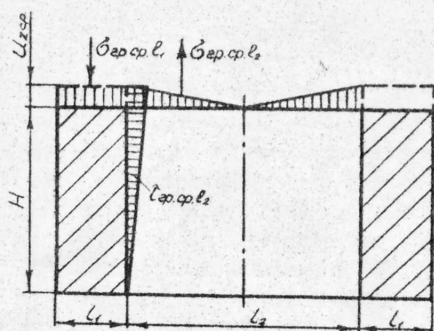


Рис. 2.

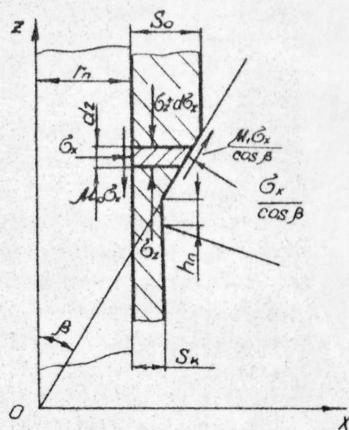


Рис. 3.

При анализе процесса основываемся на упрощенной модели деформирования, в качестве такой модели принимаем, что граничные условия определяются из условий деформирования на поясе деформации. Для приближенного моделирования принимаем, что высота очага деформации постоянна по углу, определяющему участок пластического контакта и равна ее максимальному значению. Завышение размеров очага до некоторой степени может компенсировать неучтенное в такой модели влияние на граничные условия упруго-деформированных участков заготовки, расположенных над очагами.

В результате пластического деформирования происходит истечение металла из очага преимущественно в осевом направлении. Элементы заготовки, находящиеся в очаге деформации испытывают сжатие в радиальном направлении и удлинение в осевом, которое вызовет смещение участков заготовки, расположенных над очагом. Исходя из условия постоянства объема величина осевого смещения U_{zmax} верхнего края элемента заготовки, расположенного над очагом :

$$U_{zmax} = \left(1 - \frac{S_K}{S_0}\right) \frac{2L_1 V_z \cos \beta}{dn \omega} \quad (2)$$

Величины обжатий при прохождении участка заготовки по очагу деформации изменяются, следовательно, изменяются и объемы металла, вытесняемые из очага, кроме того, в силу сплошности заготовки, деформация в очаге вызовет некоторую внеконтактную деформацию в участках заготовки, прилегающих к очагу, поэтому можно принять усредненное значение U_z по очагу деформации:

$$U_{zcp} = \left(1 - \frac{S_K}{S_0}\right) \frac{L_1 V_z \cos \beta}{dn \omega} \quad (3)$$

На рис.2. представлена схема, используемая при определении граничных напряжений. На границе очага деформации L_1 с участками заготовки, расположенными между очагами L_2 не должно быть разрыва в смещениях, условие удовлетворяется, если принять, что осевое смещение U_{zcp} вызывает упругие деформации в участках L_2 . Считаем, что действие упругих деформаций от одного очага проявляется на участке, равном $L_2/2$, тогда величина сдвига, возникающего за счет неоднородности деформации на участке $L_2/2$:

$$\gamma_{max L_2} = \left(1 - \frac{S_K}{S_0}\right) \frac{2L_1 V_z \cos \beta}{L_2 dn \omega} \quad (4)$$

Используя закон Гука находим максимальное значение касательных напряжений, действующих на границе упруго-деформированного участка заготовки l_2 с очагом деформации l_1 :

$$\tau_{max} = G\gamma = \frac{E}{2(1+\nu)} \left(1 - \frac{s_k}{s_0}\right) \frac{2l_1 V_z \cos \beta}{l_2 d n \omega} . \quad (5)$$

На нижней границе очага деформации значение касательных напряжений равно нулю, принимая линейное возрастание касательных напряжений, осредняем значение касательных напряжений, действующих на границе:

$$\tau_{cp.l_2} = \frac{\tau_{max}}{2} = \frac{E}{2(1+\nu)} \left(1 - \frac{s_k}{s_0}\right) \frac{l_1 V_z \cos \beta}{l_2 d n \omega} . \quad (6)$$

Действие касательных напряжений на границе очага и упруго-деформированной части заготовки вызывает появление в очаге деформации касательных напряжений $\tau_{cp.l_1}$, которые затрудняют осевое истечение металла из очага. Действие касательных напряжений $\tau_{cp.l_1}$ можно условно представить как действие сжимающих напряжений $\sigma_{cp.l_1}$, равномерно распределенных на верхней границе очага деформации l_1 . Условие равенства сил, возникающих в очаге за счет осевого смещения $U_{ос}$ и сил, вызванных действием касательных напряжений, можно записать:

$$-\tau_{cp.l_2} \cdot H \frac{s_0 + s_k}{2} = \sigma_{cp.l_1} \cdot s_0 \cdot l_1$$

или после преобразований и подстановки:

$$\sigma_{cp.l_1} = - \frac{E(s_0 - s_k) V_z \cos \beta (s_0^2 - s_k^2)}{4(1+\nu) s_0^2 l_2 t g \beta d n \omega} , \quad (7)$$

где E - модуль упругости, ν - коэффициент Пуассона, $d n$ - диаметр пуансона, $V_z \omega$ - скорости осевого и тангенциального перемещения инструмента.

Из полученного выражения (7) видно, что величина условных сжимающих напряжений увеличивается с увеличением осевой подачи инструмента, степени деформации, а также зависит от упруго-пластических констант материала и размеров очага деформации.

Уменьшение участка l_2 вызывает увеличение граничных напряжений, максимальные значения, которых могут достичь граничные напряжения: $\sigma_{cp.l_2} \leq \sigma_s$, $\tau_{cp.l_2} \leq \sigma_s/2$. В случае, когда $\sigma_{cp.l_1} \neq \sigma_s$

можно записать равенство:

$$\sigma_{\text{зр.ср.}} l_1 \cdot s_0 \cdot l_1 = - \sigma_s \cdot s_0 \cdot l_2 / 2$$

откуда

$$\sigma_{\text{зр.ср.}} l_1 = - \frac{\sigma_s l_2}{2 l_1} \quad (8)$$

В выражении (8), определяющем предельное значение $\sigma_{\text{зр.ср.}} l_1$ при уменьшении величины участка l_2 , т.е. $l_2 \rightarrow 0$, происходит уменьшение $\sigma_{\text{зр.ср.}} l_1$, т.е. $\sigma_{\text{зр.ср.}} l_1 \rightarrow 0$, а процесс деформирования переходит в процесс вытяжки с утонением стенки.

Анализ напряженного состояния заготовки в очаге деформации проведен с использованием инженерного метода. На основе совместного решения дифференциального уравнения равновесия, составленного для участка заготовки, расположенного в очаге и условия пластичности были получены величины главных напряжений:

$$\begin{aligned} \sigma_z &= \frac{\sigma_s}{m} \left[1 - \left(\frac{F_K}{F_0} \right)^{\frac{m}{1-m}} \right] - \left(\frac{F_K}{F_0} \right)^{\frac{m}{1-m}} \sigma_{\text{зр.ср.}} l_1; \\ \sigma_x &= \sigma_s \left\{ 1 + \frac{1}{m} \left[1 - \left(\frac{F_K}{F_0} \right)^{\frac{m}{1-m}} \right] \right\} - \left(\frac{F_K}{F_0} \right)^{\frac{m}{1-m}} \sigma_{\text{зр.ср.}} l_1; \\ \sigma_\theta &= \frac{\sigma_x + \sigma_z}{2}; \end{aligned} \quad (9)$$

где $m = 1 - \frac{\alpha}{2A}$; $A = \frac{1}{2(r_n + s_0 + s_K)} \left(\frac{F_{\text{тг.в}}}{s_0 - s_K} + \frac{\mu_1 F}{s_0 - s_K} - \mu_0 \alpha r_n \text{tg} \beta \right)$;

$$F_K = \frac{\pi}{2} (2r_n s_K + s_K^2); F_0 = \frac{\pi}{2} (2r_n s_0 + s_0^2);$$

F - площадь контакта, F_0 , F_K - элементы площади контакта на входе и выходе из очага деформации, α - угол пластического контакта, μ_0 , μ_1 - коэффициенты трения.

При анализе напряженного состояния была использована схема, представленная на рис.3.

Затем определялись составляющие технологического усилия процесса. Зная распределение контактных напряжений и значения составляющих площади контакта, определяем величины усилий, действующих на заготовку. Значение осевой составляющей определяется:

$$P_z = 2 \left(F_z \cdot \sigma_z + \mu_0 r_n \sigma_x \alpha \frac{s_0 - s_K}{\text{tg} \beta} \right). \quad (10)$$

Радиальная составляющая, приложенная со стороны матрицы:

$$P_x = \sigma_x \cdot F_x . \quad (II)$$

Тангенциальная составляющая усилия деформирования:

$$P_\theta = \sigma_\theta \cdot F_\theta , \quad (I2)$$

где F_z , F_x , F_θ - проекции площадки контакта на плоскости, перпендикулярные осям Z , X и Y .

Величина крутящего момента, действующего на заготовку:

$$M_{кр.} = M_{тр.} + M_{пл.} , \quad (I3)$$

где $M_{тр.}$ - момент трения в подшипниках установки, равный

$$M_{тр.} = P_z \cdot R_{подш.} \cdot \eta ;$$

$M_{пл.}$ - момент, расходуемый на пластическую деформацию, равный

$$M_{пл.} = 2 P_\theta (r_n + s_0) .$$

Мощность привода, необходимая для ведения процесса:

$$N = \frac{M_{кр.} \cdot n}{975} .$$

Далее приводится выражение для определения предельной степени деформации, полученное исходя из критерия прочности стенки заготовки и выражение для значения критического крутящего момента, прикладываемого к заготовке, вызывающего образование винтообразных складок.

В третьей главе изложена методика проведения экспериментальных исследований, основной задачей которых является проверка полученных теоретических зависимостей. Были проведены экспериментальные исследования, целью которых являлось подтверждение достоверности выбранной модели теоретического исследования процесса вытяжки с утонением в наклонных вращающихся матрицах, оценка влияния технологических параметров деформирования и конструктивных вариантов деформирующего инструмента. Для проведения экспериментальных исследований была разработана и изготовлена установка, позволяющая реализовать процесс деформирования на традиционном кузнечно-прессовом оборудовании без его переделки. В качестве оборудования использовался гидравлический пресс. В работе приве-

дена схема экспериментальной установки, дана блок-схема измерительного комплекса.

В результате экспериментальных исследований было оценено влияние технологических параметров и конструктивных вариантов деформирующего инструмента на силовые и энергетические условия протекания процесса, предельную степень деформации за один технологический переход для различных материалов. Проведенные исследования показали хорошую сходимость с результатами теоретического анализа. Некоторое несовпадение между теорией и экспериментом при определении составляющих усилия вытяжки объясняется схематизацией реального процесса деформирования при анализе напряженно-деформированного состояния заготовки. Проведена оценка влияния различных факторов на качество и точность получаемых деталей. Установлена возможность получения деталей с локальными утолщениями стенки. Определены возможные виды дефектов и брака, получаемых в процессе вытяжки в наклонных вращающихся матрицах, деталей; даны рекомендации по их устранению.

В четвертой главе дана краткая характеристика особенностей релаксационной схемы метода конечных элементов /РСМКЭ/ и приведены результаты использования РСМКЭ для оценки напряженно-деформированного состояния заготовки в процессе обработки в наклонных вращающихся матрицах. Расчеты напряженно-деформированного состояния проводились для частного случая деформирования. В результате решения задачи с использованием РСМКЭ получены распределения напряжений в осевом сечении заготовки, определена область пластической деформации. Получены данные о распределении перемещений металла под действием деформирующего инструмента и данные о распределении напряжений в инструменте. Сопоставление результатов расчета по РСМКЭ и по выражениям, полученным в результате анализа напряженно-деформированного состояния заготовки показывают удовлетворительную сходимость результатов, что подтверждает принятые при анализе допущения.

В пятой главе изложена инженерная методика расчета технологических режимов процесса вытяжки с утонением в наклонных вращающихся матрицах. Исходными данными при проектировании технологического процесса являются геометрические размеры заготовки: радиус и толщина стенки. Толщина стенки заготовки определяется из

равенства объемов детали и полуфабриката. Высоту полуфабриката определяют с учетом технологического припуска на обрезку края.

В зависимости от требуемой толщины стенки детали и толщины стенки полуфабриката определяют степень деформации и количество переходов. Исходя из условия допустимого значения величины подачи инструмента, определяют величину подачи, обеспечивающую получение качественной поверхности детали.

На основании заданных геометрических размеров детали и принятых технологических параметров обработки, по предложенным рекомендациям, осуществляют выбор основных геометрических характеристик матриц. Диаметр пуансона выбирается исходя из заданного внутреннего диаметра готовой детали.

Затем переходят к расчету площади контакта заготовки и инструмента, определяют значения напряжений в очаге деформации. Программа расчета на ЭВМ прилагается. По полученным данным определяют энерго-силовые параметры процесса, исходя из которых оценивают возможность разрушения стенки оболочки на выходе из очага деформации по критерию прочности стенки и определяют вероятность потери устойчивости стенки детали с образованием винтообразных складок.

На основании полученных значений энерго-силовых параметров проводят выбор оборудования и определяют конструкцию фиксации матриц, обеспечивающую необходимую жесткость и возможность точной регулировки зазора; выбирают электродвигатель необходимой мощности.

Разработанная методика расчета технологических параметров процесса принята для подготовки производства корпусов кастрюль из стали I2X18H10T в НПО "Кислородмаш".

На основании изложенной методики разработан технологический процесс изготовления гибкого колеса волновой зубчатой передачи Ø42 мм, включающий в себя три основных этапа: 1. холодная вытяжка толстостенного стакана; 2. вытяжка с утонением в наклонных вращающихся матрицах; 3. формовка горловины эластичной средой. Предложенный технологический процесс позволяет сократить по сравнению с существующим число операций с 17 до 10, повысить коэффициент использования металла с 0,2 до 0,65, снизить трудоемкость изготовления. Ожидаемый экономический эффект от внедрения технологического процесса изготовления гибкого колеса на предприятии электронной промышленности 10,0 тыс. рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. В результате анализа прогрессивных методов получения тонкостенных цилиндрических деталей установлено, что процесс вытяжки с утонением в наклонных вращающихся матрицах обеспечивает возможность достижения больших разовых степеней деформации, обладает большей производительностью и универсальностью по сравнению с используемыми методами производства тонкостенных цилиндрических деталей.

2. На основании анализа получены теоретические зависимости, позволяющие определить размеры площади контакта в зависимости от размеров исходной заготовки, технологических параметров процесса и геометрических размеров и формы деформирующего инструмента.

3. Разработана расчетная схема процесса, позволяющая учитывать влияние упруго-деформированных зон заготовки на характер напряженного состояния в очаге деформации. Определены величины осевых сжимающих напряжений в зависимости от размеров очага деформации, технологических параметров обработки и характеристик материалов.

4. Величина сжимающих граничных напряжений оказывает влияние на допустимую степень деформации, при увеличении абсолютного значения граничных напряжений возрастает допустимая степень деформации стенки заготовки.

5. Использование численных методов, в частности РСМКЭ, позволило выявить характер распределения напряжений в очаге деформации и прилегающих упруго-деформированных участках заготовки и подтвердить принятые при теоретическом анализе допущения.

6. Экспериментальные исследования показали достаточную достоверность теоретического анализа процесса вытяжки с утонением в наклонных вращающихся матрицах.

7. Разработана научно-обоснованная методика процесса вытяжки с утонением в наклонных вращающихся матрицах, позволяющая сократить до минимума объем экспериментальных работ при внедрении процесса.

8. Для изготовления корпуса кастрюль из нержавеющей стали разработана методика расчета технологических параметров, даны рекомендации по проектированию деформирующего инструмента. Разработан технологический процесс производства гибкого колеса волновой передачи, включающий вытяжку с утонением в наклонных вращающихся

матрицах. Процесс характеризуется высоким коэффициентом использования материала и низкой трудоемкостью.

Внедрение разработанного технологического процесса изготовления оболочки гибкого колеса волновой передачи позволит получить годовой экономический эффект 10,0 тыс.руб.

Основное содержание диссертации отражено в работах:

1. Семигреева И.Н. Анализ напряженно-деформированного состояния заготовки при вытяжке с утонением во вращающихся наклонных матрицах // Машины и технология обработки давлением.- М., 1983.-С.91-102.

2. Семигреева И.Н. Выбор способа изготовления тонкостенных цилиндрических оболочек путем оценки производительности технологического процесса // Прогрессивные методы обработки деталей и автоматизация проектирования технологических процессов: Тез. докл.научно-технического семинара.-Владимир,1982.-С.12-14.

3. Семигреева И.Н. Определение площади контакта при вытяжке с утонением во вращающихся наклонных матрицах / ЛитНИИНТИ.- Вильнюс,1986.-Ис.- Деп.в ЛитНИИНТИ 25.07.86. № 1684-Ли.

4. Семигреева И.Н. Изменение показателей геометрической точности цилиндрических заготовок в процессе вытяжки с утонением в наклонных вращающихся матрицах / ЛитНИИНТИ.-Вильнюс,1987.- Ис.- Деп.в ЛитНИИНТИ 04.12.87. № 1996-Ли.

Вильнюс

