

М357285

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское

ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

АБДУЛЛАЕВ Фатхулла Сагдуллаевич

На правах рукописи

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ШТАМПОВКИ
ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ПОКОВОК В ЗАКРЫТЫХ ШТАМПАХ ВЫДАВЛИВАНИЕМ В
КОЛЫЦЕВУЮ ПОЛОСТЬ.

05.03.05.- Процессы и машины обработки давлением

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1979 г.

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

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

АБДУЛЛАЕВ Фатхулла Сагдуллаевич

На правах рукописи

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ШТАМПОВКИ
ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ПОКОВОК В ЗАКРЫТЫХ ШТАМПАХ ВЫДАВЛИВАНИЕМ В
КОЛЬЦЕВУЮ ПОЛОСТЬ.

05.03.05.- Процессы и машины обработки давлением

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

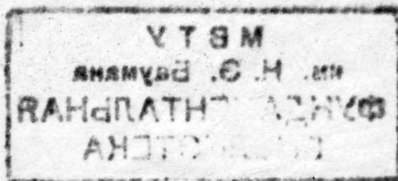
Москва - 1979 г.

НТБ МТУ им. Н.Э.Баумана



1357285

Абдуллаев Ф. С. Разработка



НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

М357285

Работа выполнена в Московском высшем техническом училище

им. Н. Э. Баумана

Научный руководитель: кандидат технических наук,

доцент Кондратенко В. Г.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор **ОХРИМЕНКО Я. М.**

кандидат технических наук,

доцент Степанов Б. А.

Ведущее предприятие указано в решении специализированного
Совета.

Защита диссертации состоится "4" февраля 1980 г.
на заседании специализированного Ученого Совета К.053.15.13
МВТУ им. Н. Э. Баумана по адресу: Москва, 107005, 2-я Бауманская
ул., д. 7.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные
печатью, просим направлять по указанному адресу.

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

Автореферат разослан "4" января 1980 г.

УЧЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА

К. Т. Н., доцент

О. А. ФЕЛИКОВ

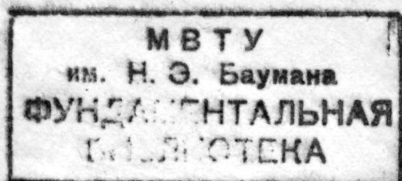
л. 74/85

Подп. к печати 28.12.79

Объем I печ. л.

Тираж 100 экз. Зак. 1394

Ротапринт МВТУ им. Н. Э. Баумана.



Актуальность проблемы. Одним из основных направлений совершенствования технологии кузнечно-прессового производства является разработка и внедрение технологических процессов ОДМ, сокращающих нерациональные потери металла, обеспечивающих повышение производительности труда и качество продукции. В этом отношении перспективным является процесс штамповки в закрытых штампах выдавливанием в боковую полость, который занимает промежуточное положение между штамповкой в закрытых штампах и выдавливанием. Недостаточно широкое применение процессов штамповки в закрытых штампах выдавливанием осесимметричных изделий в значительной мере объясняется отсутствием обоснованных рекомендаций по расчету технологических и энерго силовых параметров процесса, сложности штамповой оснастки и незначительным числом теоретических и экспериментальных работ, которые явились бы основой для разработки технологических процессов и проектирования штамповой оснастки. Эти причины не только тормозят широкое внедрение технологических процессов штамповки в закрытых штампах выдавливанием, но и не позволяют выбирать параметры привода при проектировании специализированного оборудования.

При разработке технологического процесса штамповки в закрытых штампах выдавливанием и конструировании штампов необходимо определить величины деформирующего и распирающего матрицы усилий, выбрать режим предварительной обработки заготовки, тип смазки, величину предельного деформирования. Для поковок различных форм определение этих параметров производится на основании экспериментальных и теоретических исследований на заключительном этапе деформирования — этапе доштамповки. Вопросы формоизменения и исследования напряженно-деформированного состояния осесимметричных поковок на промежуточных этапах процесса деформирования практически не исследовались.

В связи с этим исследование технологического процесса штамповки осесимметричных поковок в закрытых штампах выдавливанием в кольцевую полость является актуальной проблемой.

Цель работы. Дальнейшее исследование, создание достоверной математической модели процесса штамповки осесимметричных изделий выдавливанием в кольцевую полость и разработка на ее основе методики проектирования технологических процессов.

Научная новизна. При анализе напряженно-деформированного

состояния в процессе штамповки выдавливанием в кольцевую полость учтен нелинейный характер распределения скоростей течения по высоте в очаге пластической деформации, создана методика исследования напряженно-деформированного состояния для процесса с нестационарным характером течения металла. Получены теоретические зависимости, позволяющие определить требуемое усилие деформирования и оценить величину распорных усилий.

Практическая ценность. Разработаны рекомендации и методика проектирования технологических процессов штамповки в закрытых штампах выдавливанием в кольцевую полость.

Разработаны и опробованы технологические процессы штамповки деталей с фланцами различного профиля на прессе двойного действия ФА - 1732.

Полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований могут быть использованы при разработке процессов холодного и горячего деформирования.

Данная работа является составной частью исследований, проводимых на кафедре "Машины и автоматизация обработки металлов давлением" МВТУ им. Н.Э.Баумана в области разработки, анализа и практического внедрения процессов штамповки в закрытых штампах выдавливанием.

Апробация работы. Основные разделы работы доложены : на научных семинарах кафедры АМ-6 МВТУ им. Н.Э.Баумана - трижды - в 1977, 1978, 1979 г.г., на научно-технической конференции "Прогрессивные методы обработки металлов давлением" г.Ереван в 1979 г. и на отраслевом семинаре Минтяжмаша в г. Орске в декабре 1978 г.

Основное содержание диссертации опубликовано в 5 статьях.

Объем работы. Диссертационная работа изложена на 112 страницах машинописного текста. Она содержит введение, пять глав, выводы, список литературы из 121 наименования и приложения. В диссертации приведены 19 таблиц, 84 рисунка.

В первой главе рассмотрено современное состояние вопроса и сформулированы основные задачи работы.

В развитии теории и практики процесса штамповки в закрытых штампах посвящены работы советских ученых О.А.Ганаго, Л.И.Живова, А.З.Журавлева, А.Г.Овчинникова, Я.М. Охрименко, А.В.Ребельского, Е.И.Семенова, М.В.Сторожева, Л.А.Шофмана и других.

Проведен анализ расчетных формул для определения силовых параметров процесса. Теоретические исследования, проведенные для процессов штамповки в закрытых штампах с выдавливанием в боковую полость инженерным методом, методом характеристик и верхних оценок, позволили в ряде случаев установить расчетные зависимости для определения усилий деформирования и раскрытия матриц. Однако полученные формулы не охватывают все многообразие штампуемых поковок, расчет усилий деформирования по формулам различных авторов дает значительные расхождения. Объем исследований, посвященных изучению напряженно-деформированного состояния в зависимости от основных параметров процесса, недостаточен для расчета технологических процессов. Поэтому дан анализ методов экспериментального исследования напряженно-деформированного состояния. Обосновывается выбор исследования методом измерения твердости в сочетании с определением окружающих деформаций по волокнистой макроструктуре.

На основе проведенного анализа и в соответствии с целью работы поставлены следующие задачи:

1. Изучение влияния геометрических параметров поковки на характер напряженно-деформированного состояния при штамповке в закрытых штампах осесимметричных поковок выдавливанием в кольцевую полость.
2. Теоретический анализ силовых параметров процесса, включая оценку распорных усилий.
3. Определение зоны возможного разрушения и оценка предельного формоизменения.
4. Исследование влияния смазок на силовые параметры процесса.
5. Разработка технологического процесса штамповки в закрытых штампах выдавливанием и внедрение его в производство.

Во второй главе проведено теоретическое исследование процесса.

Весь процесс деформирования заготовки при штамповке выдавливанием в закрытых штампах разбит на четыре этапа:

1. этап свободного осаживания,
2. этап стесненного осаживания,
3. этап свободного истечения в кольцевую полость,
4. этап заполнения углов полости матрицы.

Первый и второй этапы не рассматривались, так как достаточно подробно изучены в трудах отечественных и зарубежных исследователей.

На этапе свободного истечения имеет место установившийся процесс течения в центральной зоне и неустановившийся / не стационарный / процесс во фланцевой части заготовки. Характерной особенностью этапа является отсутствие подпора по периметру фланца.

Четвертый этап начинается в момент касания свободной поверхности фланца полости матрицы. На этом этапе происходит заполнение углов полости матрицы, деформирующие и распорные усилия достигают максимальных значений.

Для теоретического анализа силового режима процесса применен энергетический метод баланса мощностей и метод решения приближенных уравнений равновесия совместно с условием пластичности.

Проведенный теоретический анализ основан на установленных в результате экспериментальных исследований формы и размеров очага пластической деформации. Принятая расчетная модель для решения задачи на этапе свободного истечения и на этапе заполнения углов полости матрицы показана на рис. 1а и 1б.

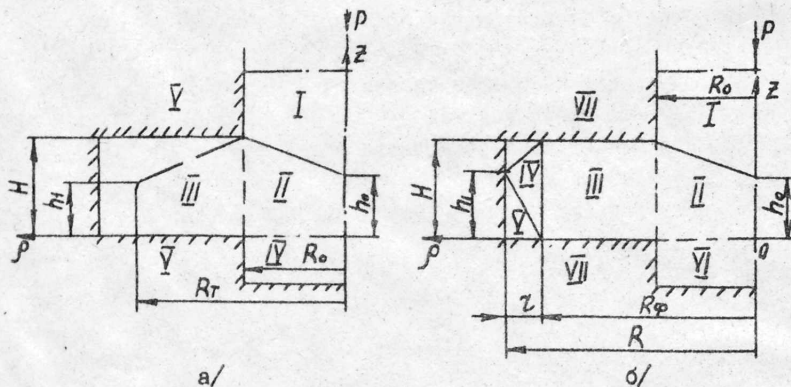


Рис. 1

Решения выполнялись с использованием следующих допущений:

- материал заготовки однороден и неупрочняем;
- упругая деформация пренебрежимо мала;
- касательные напряжения вдоль контактных поверхностей постоянны и пропорциональны сопротивлению текучести материала;

- скорость движения пуансона постоянна.

Усилие деформирования P определяли из условия равенства мощностей внешних и внутренних сил на кинематически возможных скоростях перемещений, удовлетворяющих граничным условиям и условию несжимаемости.

$$W = P \cdot U_0 = \underbrace{W_2 + W_3}_{W_y} + \underbrace{W_{1-2} + W_{2-4} + W_{2-3}}_{W_c} + \underbrace{W_{1-5} + W_{3-5}}_{W_T} \quad (I)$$

W_y - мощность пластического формоизменения.

$$W_y = \sigma_s \int \dot{\epsilon}_i \cdot dV$$

W_c - мощность сил среза на поверхностях разрыва скоростей.

$$W_c = \int \tau_s [U] \cdot ds$$

W_T - мощность сил контактного трения.

$$W_T = \int \tilde{\tau}_x [U] \cdot ds$$

а/ Этап свободного истечения.

$$P = 1,1 \left(1 + \ln \frac{\bar{R}_T - \bar{h}_0}{\bar{R}_0} \right) + \frac{\bar{a}^2 \cdot \bar{R}_0}{(1 - \bar{h}_0)^3} \sqrt{1 + \left(\frac{1 - \bar{h}_0}{\bar{R}_0} \right)^2}$$

$$\cdot \left[\frac{1 - \bar{h}_0^2}{2\bar{a}(1 + \bar{a})} + \frac{\bar{h}_0}{\bar{a}(1 + \bar{a})} \ln \bar{h}_0 \right] + \frac{\bar{R}_0}{6\bar{a}} + \frac{(1 + \bar{h}_0)\bar{R}_0}{2(1 - \bar{h}_0)} + \frac{\bar{h}_0 \bar{R}_0}{(1 - \bar{h}_0)^3} \ln \bar{h}_0 +$$

$$+ \mu \left(\frac{2\bar{H}_1}{\bar{R}_0} + \frac{\bar{R}_T - \bar{R}_0}{\bar{h}_1 - 1} \ln \bar{h}_1 \right) + \frac{\bar{a}}{\bar{R}_0} + \frac{1}{\bar{R}_0} - \frac{1 - \bar{h}_1}{4(\bar{R}_T - \bar{R}_0)} -$$

$$- (\bar{a} + 1) \frac{\bar{a}}{\bar{R}_0} \ln \left| 1 + \frac{1}{\bar{a}} \right| \quad (2)$$

Параметр "а" находили из условия минимума мощности для второй зоны численным интегрированием.

Полученная формула (2) может быть использована при выдавливании с односторонней заделкой заготовки. В этом случае пластическая зона II будет граничить непосредственно с инстру-

ментом / зона У /. Вследствие этого в выражение для определения W_{2-4} вместо $\bar{\epsilon}_s$ будет $\bar{\epsilon}_k$. Выдавливание фланцев по схеме с односторонней заделкой приводит к ощутимому снижению силовых затрат / 8 - 20 % / по сравнению с выдавливанием по схеме с двухсторонней заделкой. Эта разница уменьшается с увеличением коэффициента трения и полностью исчезает при максимальном трении $\mu = 0,5$. Для определения силовых параметров при двухстороннем выдавливании необходимо в формуле (2) W_{1-5} и W_{2-4} приравнять нулю. Выдавливание фланцев по схеме с двухсторонним приложением нагрузки приводит к снижению удельных усилий на 15 - 30 % по сравнению с односторонним приложением нагрузки.

б/ Этап заполнения углов полости матрицы / этап доштамповки /.

При одностороннем деформировании ввиду несимметричности очага пластической деформации в центральной полости относительно оси фланца и сдвиговых касательных напряжений на поверхности, разделяющей центральную полость и фланец, условия заполнения нижнего и пассивного верхнего углов будут различны. Учитывая сказанное, принята расчетная модель / рис. 1 б / для решения задачи по заполнению углов фланца при одностороннем деформировании. Очаг пластической деформации разбили на три участка II, III, IV, а зоны I, V и VI считали "жесткими". Образующую, получаемую при заполнении угла заменили фаской, образованной прямой, которая описывается уравнением

$$z = H - \frac{H-h_1}{R-R_\varphi} (\rho - R_\varphi)$$

Подставив в выражение (I) все найденные значения мощностей и преобразований, получили формулу для определения относительного удельного усилия на пуансоне для этапа доштамповки:

$$\begin{aligned} \bar{p} = & 1,1 \left(1 + \epsilon_n \frac{\bar{R} - \bar{z}}{\bar{R}_0} \right) + \frac{1 + \sqrt{1 + \left(\frac{1 - \bar{h}_0}{\bar{R}_0} \right)^2}}{(1 - \bar{h}_0)^2} \left[\frac{(1 - \bar{h}_0) \cdot \bar{R}_0}{2} - \frac{\bar{h}_0 \cdot \bar{R}_0}{(1 - \bar{h}_0)} \epsilon_n \frac{1}{\bar{h}_0} + \right. \\ & \left. + \bar{h}_0 \cdot \bar{R}_0 \right] + \frac{1}{\bar{R}_0} + \frac{11(\bar{R}^2 - 8\bar{R}\bar{z} + 3\bar{z}^2)}{6(2\bar{R}^2 - 3\bar{R}\bar{z} + \bar{z}^2)} + \frac{2\bar{R}^2 - 6\bar{R}\bar{z} + 3\bar{z}^2}{4(2\bar{R}^2\bar{z} - 3\bar{z}^2\bar{R} + \bar{z}^3)} + \frac{2\bar{R}\bar{z} - \bar{z}}{8} - \\ & - \frac{(1 - \bar{z})^2}{8\bar{z}^2} \cdot \frac{(2\bar{R}\bar{z} - \bar{z}^2)}{(\bar{R} - \bar{z})} + 2\mu \left(\bar{R} - \bar{R}_0 - \bar{z} + \frac{\bar{H}_1}{\bar{R}_0} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

При двухстороннем приложении деформирующей нагрузки в формуле (3) необходима мощность $W_{2-6} = 0$, а в выражении для определения мощностей W_{1-2} и W_{3-7} поверхность контакта уменьшить вдвое. На значение удельных усилий деформирования в основном влияет параметр $\bar{\epsilon}$ незаполненного металлом угла полости матрицы.

На основании формул (2) и (3) построены сетчатые номограммы / рис. 3 / для определения $\bar{p}_u$ и $\bar{p}$ в стадиях свободного истечения и заполнения углов полости матрицы /этап доштамповки / в зависимости от геометрических размеров поковки и заданного коэффициента трения.

Оценку величины распорных усилий вели для стадии заполнения полости фланца и для начальной стадии истечения. Усилие раскрытия матрицы определяется площадью эпюры осевых напряжений. Величину и распределение напряжений σ_z определяем на торцевой поверхности заготовки / рис. 2 /. При этом принимали допущение, что в диаметральной сечении имеет место плоское деформированное состояние.

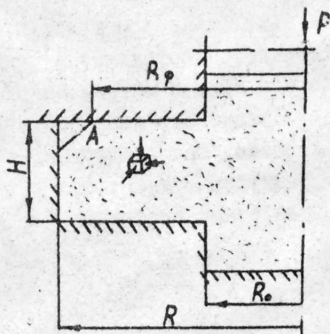


Рис. 2

Используя решение Л.И. Живова для определения напряжений на примыкающих к углу кольцевых участках торцевой поверхности осаживаемого цилиндра и приняв линейный закон распределения на боковой поверхности фланца, можно написать:

$$\sigma_{pф.} = - \left[2,2 + 4 \cdot \left(0,45 - \frac{r}{H} \right) \right] \sigma_s$$

Совместным решением дифференциального уравнения равновесия сил, действующих на кольцевой элемент во фланце

$$-\beta_p r H d\theta + (\beta_p + \frac{\partial \beta_p}{\partial p} dp)(p+dp) H d\theta - 2\beta_s dp H \cdot \frac{d\theta}{2} - 2\tau_k p dp d\theta = 0$$

с условием пластичности $\beta_p - \beta_s = -\beta \beta_s$ получим:

$$\beta_s = -\beta \left[2,2 + 4(0,45 - \frac{\tau}{H}) \right] + \frac{\beta \beta_s}{2} + \beta_s \beta \ln \frac{p}{R} + \frac{2M\beta_s}{H}(p-R)$$

После интегрирования по площади фланца и несложных преобразований, получим формулу для определения относительного удельного усилия раскрытия матриц $\bar{p}_p$:

$$\begin{aligned} \bar{p}_p = & - \left[2,2 + 4(0,45 - \bar{\tau}) \right] \cdot \frac{\bar{R}_\phi^2 - \bar{R}_0^2}{\bar{R}_0^2} + \beta \frac{\bar{R}_\phi^2}{\bar{R}_0^2} \ln \frac{\bar{R}_\phi}{\bar{R}_0} - \beta \ln \frac{\bar{R}_0}{\bar{R}} + \\ & + \frac{2M}{3\bar{R}_0^2} (2\bar{R}_\phi^3 - 2\bar{R}_0^3 - 3\bar{R}\bar{R}_\phi^2 + 3\bar{R}\bar{R}_0^2) - 2M\bar{H}, \end{aligned} \quad (4)$$

При свободном истечении во фланцевом участке, вследствие утонения фланца, отсутствуют силы, действующие в осевом направлении. При выполнении переходных кромок матриц закругленными, величина осевой составляющей контактного напряжения может быть существенной. Рассматривая процесс, как осадку цилиндра, заключенного в кольцо с наружным радиусом R_r , находим относительное удельное усилие распора для этапа свободного истечения.

$$\bar{p}_p = \left(1 + 1,1 \ln \frac{R_r}{R_0} \right) \cdot \frac{R_r}{R_0} \cdot \frac{\left(\frac{R_r}{R_0} + 1 \right)}{\left(\frac{R_r^2}{R_0^2} - 1 \right)} \quad (5)$$

На значение усилия раскрытия матрицы влияет, в основном, параметр τ незаполненного металлом угла полости, и в значительно меньшей мере коэффициент трения μ и высота фланца H .

В третьей главе описывается методика проведения экспериментальных исследований и экспериментальная оснастка. Варьируемые параметры: относительная высота фланца, относительный диаметр фланца, расположение фланца по высоте поковки относительно верхнего торца, характер приложения деформирующих усилий /одностороннее или двухстороннее деформирование /, технологическая

смазка. В качестве исследуемого материала использовали свинец, алюминиевые сплавы АД-1 и АК-1. Для оценки влияния контактных сил трения использовались : цинтим, свиной жир, смесь дисульфида молибдена с минеральным маслом.

Напряженно-деформированное состояние исследовали путем сочетания метода измерения твердости и определения деформаций по волокнистой макроструктуре. Тарировочный график, связывающий величину твердости по Виккерсу HV с интенсивностью напряжений

σ , строим по результатам испытаний на сжатие. По измеренному полю твердости на деформированных образцах с помощью тарировочного графика определяли интенсивность напряжений. После замера твердости, поверхности, где проводили измерения, вновь шлифовались и полировались для выявления волокнистой макроструктуры.

Для проведения экспериментов были разработаны штампы со сменными рабочими матрицами и горизонтальными плоскостями разреза. Усилие деформирования измеряли при помощи верхней и нижней месдоз с наклеенными по схеме полумоста тензодатчиками. Для определения распирающих усилий использовали динамометрические стяжные болты с наклеенными по такой же схеме, как и на месдозе, тензодатчиками. В качестве регистрирующей аппаратуры использовали усилитель 8АНЧ-7М, осциллограф К 12-22.

Для проведения экспериментальных исследований было использовано оборудование: разрывная машина МР-0,5, УИМ 50, винтовой фрикционный пресс-молот усилием 160 т.с.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований. При штамповке в закрытых штампах с выдавливанием в кольцевую полость усилие деформирования по ходу, как правило, возрастает. Для процесса характерны два этапа, при которых усилие деформирования резко возрастает. Это этап закрытого осаживания и этап заполнения углов полости матрицы / этап доштамповки /. Уменьшение высоты фланца ведет к росту потребного усилия деформирования. Увеличение диаметра выдавливаемого фланца при постоянной высоте также ведет к возрастанию усилия деформирования. Удельное усилие деформирования снижается на 15 - 25 % по схеме с односторонней заделкой в условиях одностороннего деформирования по сравнению с двухсторонней заделкой в условиях одностороннего деформирования. На стадии истечения выдавливание по схеме с двухсторонней заделкой, двухстороннее выдавливание

требует меньших на 8 – 25 % значений удельных усилий деформирования, чем при двухсторонней заделке и одностороннем деформировании. При больших значениях радиуса скругления на входе в кольцевую полость, усилие деформирования на стадии истечения уменьшается. С развитием процесса, на этапе доштамповки, различие в усилиях сглаживается. Рост распирающих усилий начинается с момента вытекания металла в кольцевую полость, и остается постоянным на всем этапе свободного истечения. На этапе доштамповки усилие распора растет. Величина максимального усилия распора может быть соизмеримой с усилием деформирования. На стадии свободного истечения на значение усилий распора влияет, в основном, величина радиуса скругления на входе в кольцевую полость. Сопоставление экспериментальных и теоретических данных по силовым параметрам процесса дает удовлетворительную сходимость.

Для анализа деформированного состояния искаженную делительную сетку восстанавливаем по волокнистой макроструктуре при увеличении ее в 10 раз. Форму и границы очага пластической деформации /далее очага деформации / определяли по точкам перегиба вертикальных линий координатной сетки. Расчет деформаций, произведенный с помощью соотношений, полученных И.П.Ренне, позволил построить изолинии интенсивности деформаций в меридиональном сечении выдавленных заготовок. Использование данной методики позволило рассмотреть различие в характере распределения деформаций при односторонней и двухсторонней подаче металла. При односторонней подаче металла значительное сжатие испытывают слои, расположенные у нижней границы очага деформации. При двухсторонней подаче зона максимального сжатия размещена в середине очага. Главные деформации на боковой поверхности определены по искаженной делительной сетке. Распределение окружной деформации вдоль горизонтальной оси симметрии определено по волокнистой макроструктуре, радиальная – дифференцированием уравнения совместности линейных деформаций из условия несжимаемости. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что для практических расчетов интенсивность деформаций на боковом контуре можно принять равной окружной деформации.

При анализе напряженного состояния интенсивность напряжений определена по замеру твердости. Главные напряжения на боковом контуре поковки рассчитаны из соотношений деформационной теории, принимая, что ось 2 направлена по нормали к боковому

контуру, свободному от нагрузки, тогда $\varepsilon_2 = 0$. Построенные по этой методике эпюры главных напряжений показывают, что окружные напряжения на экваторе боковой поверхности являются растягивающими, а осевые напряжения стремятся к уменьшению, напряженное состояние близко к линейному растяжению, что приводит к снижению пластичности деформируемого металла, следовательно, наиболее опасной зоной, с точки зрения возможного разрушения, является зона боковой поверхности. Используя диаграмму пластичности, был оценен использованный ресурс пластичности по критериям Смирнова-Аляева, Колмогорова и Огорсдникова.

Исследование формоизменения позволило установить характер искажения формы фланца, получить аналитические зависимости, позволяющие определить размеры поковки в зависимости от хода деформирования на этапе свободного истечения. Влияние материала заготовки на формоизменение незначительно.

Принимая силы трения по высоте контактной поверхности заготовки в полости штампа постоянными и используя закон трения в виде $\tau = \mu \cdot \sigma_n$, произведен расчет коэффициента трения. Данный способ позволил определить, что из испытанных смазок наиболее эффективной оказалась смесь дисульфида молибдена с минеральным маслом.

В пятой главе даны рекомендации по проектированию технологических процессов и штамповой оснастки, показана последовательность проектирования технологического процесса. Произведена разбивка поковок на две группы, для каждой группы поковок даны рекомендации: по выбору плоскости разреза матрицы, внешних и внутренних радиусов скругления, назначение припусков, допусков и штамповочных уклонов, по определению объема поковки. Дана последовательность расчета деформируемых и распорных усилий. Рассмотрены особенности конструкций штамповой оснастки. Предложена схема комбинированной штамповки в закрытом штампе.

Разработанные рекомендации и процессы опробованы в производственных условиях и приняты к использованию на нескольких промышленных предприятиях. Ожидаемый экономический эффект составит 85 тыс. рублей в год.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ.

1. В результате теоретического анализа получены зависимости для определения усилия деформирования в любой момент времени в зависимости от геометрических характеристик поковки и величины коэффициента контактного трения.

2. Исследовано напряженно-деформированное состояние и определены зоны возможного разрушения. При этом использован метод измерения твердости в сочетании с методом определения деформаций по волокнистой макроструктуре.

3. Получены зависимости для определения геометрической формы и размеров заготовки на этапе свободного истечения металла. Эти зависимости позволяют спроектировать оптимальный инструмент при использовании штамповки выдавливанием в кольцевую полость в качестве заготовительного перехода / например, при штамповке поковок типа конических шестерен, шестерен и дисков с высоким ободом и т.д. /.

4. Проведенные исследования показали, что основными факторами, определяющими кинематическое и деформационное состояние заготовки в процессе деформирования, являются отношение высоты фланца к диаметру верхней ступицы и, в меньшей степени, отношение диаметров фланца и ступицы.

5. При одностороннем деформировании распределение скоростей течения по высоте — нелинейное, что приводит к неодинаковому заполнению углов в полости фланца. Верхний угол заполняется в последнюю очередь.

6. Произведена оценка распорных усилий в зависимости от геометрических характеристик поковки и условий контактного трения. Показано, что с увеличением относительной высоты фланца удельные распорные усилия уменьшаются.

Уменьшение контактного трения может привести на этапе доштамповки к увеличению распорных усилий при избытке металла в заготовке.

7. Исследования показали, что наибольшее значение интенсивности деформации на этапе истечения локализуется вблизи неподвижной границы жесткой и пластической зоны, а при двухстороннем деформировании — в центре фланца. На этапе доштамповки появляются дополнительные зоны больших деформаций в верхней части фланца по биссектрисам внутренних углов.

8. Разработаны рекомендации по проектированию технологических процессов штамповки в закрытых штампах выдавливанием, которые использованы при освоении технологии штамповки деталей с фланцами на ряде промышленных предприятий.

9. Напряженное состояние меняется в процессе заполнения фланца / от разноименной на стадии истечения до схемы трехосного неравномерного сжатия на стадии доштамповки /.

10. Допустимые соотношения между диаметрами фланца и ступицы ограничиваются возможностью формообразования на стадии истечения. Предельные соотношения зависят от свойств материала, температурно-скоростных условий деформирования.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

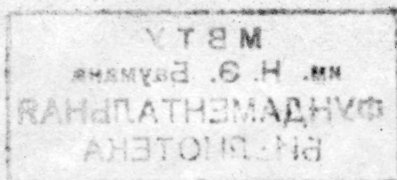
1. Кондратенко В.Г., Абдуллаев Ф.С., Гаманкова Л.Е. Определение очага пластической деформации при закрытой штамповке выдавливанием в кольцевую полость осесимметричных деталей. Технология производства, научная организация труда и управления. НИИМАШ, № 2, 1979 г.

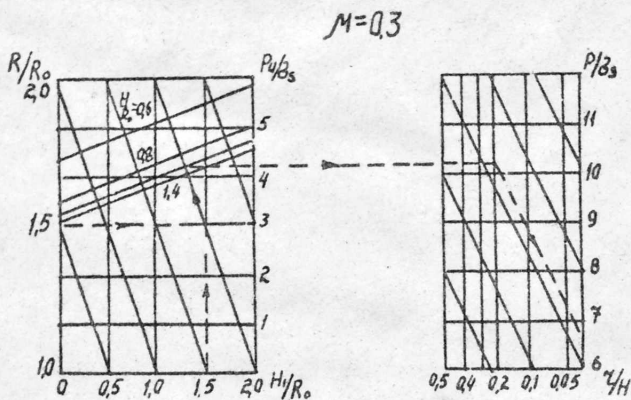
2. Кондратенко В.Г., Абдуллаев Ф.С., Гаманкова Л.Е. Исследование силовых параметров штамповки выдавливанием осесимметричных поковок в закрытых штампах. Изв. Вузов. Машиностроение, № 7, 1979 г.

3. Кондратенко В.Г., Абдуллаев Ф.С., Блинов М.В., Кузьмин А.И. Исследование напряженно-деформированного состояния в закрытых штампах с выдавливанием в кольцевую полость. Прогрессивные методы обработки металлов давлением. Материалы республиканской научно-технической конференции, посвященной 150-летию вхождения Армении в состав России. Ереван, 1979 г.

4. Кондратенко В.Г., Абдуллаев Ф.С., Кузьмин А.И., Блинов М.В. Определение формы заготовки при штамповке. Изв. Вузов. Машиностроение, № 8, 1979 г.

5. Кондратенко В.Г., Абдуллаев Ф.С., Гаманкова Л.Е. Исследование напряженно-деформированного состояния при закрытой штамповке выдавливанием в кольцевую полость осесимметричных деталей с тонким фланцем. Новая техника, № 7, Ташкент, 1979 г.





истечение

заполнение

ключ $\frac{H}{R_0} - \frac{R}{R_0} - \frac{H}{R_0} - \frac{P_0}{P_0} - \frac{L}{H} - \frac{P}{P_0}$

Рис. 3