

М302155

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

Министерство высшего и среднего
специального образования СССР

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

На правах рукописи.

ЦХОНДИЯ Арнолди Георгиевич

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫДАВЛИВАНИЯ
ПУСТОТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ С БОКОВЫМИ ОТРОСТКАМИ

05.03.05 – Машины и технология обработки
давлением

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

Москва, 1976

Министерство высшего и среднего
специального образования СССР

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

На правах рукописи.

ЦХОНДИЯ Арнолди Георгиевич

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫДАВЛИВАНИЯ
ПУСТОТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ С БОКОВЫМИ ОТРОСТКАМИ

05.03.05 - Машины и технологии обработки
давлением

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

Москва, 1976

ВАШИНГТОНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УЧЕБНО-НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИМ. Н. В. ПЕТРОВСКОГО
АНГЛИЙСКИЙ

17302155

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1302155

Цхондия А.Г. Разработка и

Работа выполнена в Московском ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана.

Научные
руководители

- доцент, доктор технических наук
ОВЧИННИКОВ А.Г.
- начальник лаборатории ВИСа,
кандидат технических наук
ТУЛИНКИН Ф.В.

Официальные
оппоненты

- профессор, доктор технических наук
НАВРОЦКИЙ Г.А.
- кандидат технических наук
КОСТАВА А.А.

Ведущее
предприятие

- Ступинский металлургический
комбинат

ЗАЩИТА ДИССЕРТАЦИИ СОСТОИТСЯ "___" _____ 1976 г.

на заседании специализированного Ученого Совета по металло-
ведению и горячей обработке металлов МВТУ им. Н.Э.Баумана
по адресу : Москва, 107005, 2-ая Бауманская ул., дом 5.

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 "17" декабря 1976 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА,
кандидат технических наук,

Д О Ц Е Н Т

БЕЛИКОВ О.А.

Типография МВТУ. Тираж 100 экз. Л - 66609 . Зак. 2066

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ

М В Т У
им. Н. Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

Актуальность проблемы. Дальнейшее развитие летательных аппаратов и машин черепнавигации вызывает необходимость производства различного рода оболочек с боковыми отростками, к которым предъявляют высокие требования качества с точки зрения точности, чистоты поверхности, механических характеристик. При изготовлении оболочек главная роль принадлежит прогрессивным технологическим процессам, в том числе штамповке выдавливанием в закрытых штампах с разъемными матрицами. Использование разъемных матриц позволяет получать поковки сложных форм.

Однако, внедрение в производство процессов штамповки выдавливанием в закрытых штампах на сегодня осуществляется медленными темпами. Основными причинами, затрудняющими широкое применение этой прогрессивной технологии, является несовершенство существующих конструкций штампов для точной объемной штамповки, в том числе специальных устройств для закрытия, зажима и раскрытия секторов матрицы.

Для рационального проектирования технологических процессов изготовления сложных поковок недостаточно изучена кинематика течения, обеспечивающая получение изделий без утяжины и зажимов, с расположением волокнистой структуры в соответствии с направлениями действия наибольших напряжений в процессе эксплуатации изделий; недостаточно изучена механика комбинированного выдавливания с целью выявления оптимальных величин деформирующих усилий и создания условий, обеспечивающих желаемый характер течения.

Цель исследования. Целью настоящей работы является разработка и создание методики проектирования процессов выдавливания пустотелых поковок с боковыми отростками в закрытых штампах с разъемными матрицами. Внедрение результатов в производство.

Методы исследования. Для изучения процесса комбинированного выдавливания типовой поковки — стакана с ребрами — применен экспериментально-аналитический метод визиографичности.

Размеры очага пластической деформации, распределение

скоростей перемещений в процессе формоизменения установлены при деформировании оставших заготовок с нанесенными координатными сетками по характерным сечениям /наборные шайбы, кольцевые заготовки и разъемные по меридиональным сечениям/.

Измерение положений узлов координатных сеток до и после деформации проводились с помощью инструментального микроскопа.

Научная новизна. Разработана методика экспериментально-аналитического исследования процесса штамповки полых деталей с боковыми отрезками и при отсутствии осевой симметрии. Теоретически и экспериментально установлена кинематика течения в процессе штамповки выдавливанием поковки — стакан с ребрами, построены поля деформации и напряжений, разработана методика определения удельного деформирующего усилия на пуансоне в зависимости от условий контактного трения и геометрических соотношений заготовки и инструмента.

Практическая ценность. В результате проведенных исследований разработана методика проектирования технологического процесса; внедрено в производство изготовление полых деталей с боковыми отрезками. Разработанный технологический процесс штамповки выдавливанием в разъемных матрицах с использованием эффекта локального очага деформации позволяет получать прецизионные /высокой точности/ поковки сложной формы из легких металлов и сплавов. При этом на преобладающих этапах непрерывного комбинированного выдавливания силы трения, возникающие на контактной поверхности с инструментом, способствуют течению металла /активные силы трения/, что позволяет снижать деформирующее усилие.

Апробация работы. По разработкам диссертационной темы сделаны научные доклады на межотраслевой научно-технической конференции /Москва, ВИАС, апрель 1974г./, на Всесоюзной межузовской научной конференции /Мосстанкин, сентябрь, 1975г./. Два сообщения на кафедре АМБ МВТУ им. Баумана в течение 1972 + 1975г.г. Штампованные поковки данной работы /как экспонаты точных поковок/ были представлены на выс-

Объем работы. Диссертационная работа изложена на 110 страницах машинописного текста, включающих в себя введение и четыре главы, выводы по каждой главе, общие выводы по работе и приложение. Содержит 78 рисунков и список литературы из 113 наименований.

В первой главе рассмотрены существующие технологии изготовления поковок с боковыми отроутками горячим выдавливанием, применяемые при этом конструкции штампов, принципы их работы; аналитические и экспериментальные исследования процессов бокового выдавливания. Отмечено, что в деле развития прогрессивной штамповки в закрытых штампах весомый вклад внесен ЭНИКМАШем, НИИТАВТОПРОМом, НИИМАШем, НИИТРАКТОРОСЕЛЬХОЗМАШем, МАМИ, МВТУ им. Баумана, МИСиС, РИСХМ, ВИСом, Ленинградским и Горьковским политехническими институтами, а также многими советскими и зарубежными исследователями.

Из проведенного анализа литературных данных следует, что подавляющее большинство исследований напряженно-деформированного состояния заготовок в процессе выдавливания или штамповки в закрытых штампах выполнено применительно к схеме осесимметричного или плоского течения. Совсем мало исследований, посвященных разработке комбинированных /где за один цикл нагружения можно наблюдать обратное, боковое, прямое истечение металла/ процессов. Отсутствуют теоретические исследования процессов комбинированного выдавливания для случая схемы деформирования, приводящей к схеме напряженного состояния при наличии всех компонентов вектора скорости.

Математический аппарат, при помощи которого описаны напряженное и деформированное состояние заготовки в процессе сложного формоизменения, также весьма сложный. Аналитические формулы подсчета энергосиловых параметров закрытого выдавливания характеризуются большими допущениями, отклоняющимися от реального процесса, громоздки, не удобны для практического применения.

Для получения поковок сложной формы можно применять закрытые штампы с несколькими плоскостями разреза. Для проведения штамповки в закрытых штампах с несколькими плоскостями разреза матриц наиболее целесообразно применять специализированные многоплунжерные гидравлические прессы или расширить возможность использования существующих гидравлических прессов, применяя универсальные блоки штампов, имеющих в наладке одновременно несколько деформирующих пуансонов с системами противодавления.

В настоящее время отсутствует методика определения параметров для проектирования специализированных гидравлических прессов и универсальных блоков штампов.

Разработка конструкции универсальных блоков штампов для штамповки полых деталей с боковыми отрезками возможна после выбора технологического процесса, определения силовых параметров.

В соответствии с поставленной целью исследования, задачами исследования данной работы являются :

- установление функциональных зависимостей между геометрическими соотношениями поковки, условиями контактного трения и кинематикой течения, деформированным и напряженным состоянием заготовки в условиях комбинированного выдавливания ;
- разработка конструкций штампов, обеспечивающих штамповку указанных поковок ;
- внедрение результатов исследований в производство.

Во второй главе разработана технология штамповки выдавливанием пустотелого стакана с наружными немоными по высоте ребрами.

Штамповка данной поковки производится на вертикальном гидравлическом прессе номинальным усилием 1200 тс и применением в наладке двух буферных устройств — гидроприжимов: верхнего и нижнего. Верхний гидроприжим обеспечивает надежное закрытие разъемных матриц, нижний выполняет роль противодавления. Жидкость для цилиндра верхнего гидравлического прижима поступает из общей магистрали высокого дав-

ления, а для цилиндра нижнего гидроприжима из индивидуального гидропривода.

Комбинированное выдавливание поковки основано на принципе перемещения незакрепленной матрицы, на динамическом равновесии системы инструмент-заготовка в процессе течения металла в полости штампа.

В дальнейших разделах этой главы дана методика экспериментального исследования процесса комбинированного выдавливания. Эксперименты проведены на натурных образцах / в эксперименте использовались свыше 100 составных заготовок из разных сплавов : АВ, АК4-І, АК6, БрХ0,8/ .

Применение вышеуказанных заготовок позволило установить одновременное течение внутренних и наружных слоев, зафиксировать координаты перемещений узлов координатной сетки в направлении осей ρ , Z , θ на промежуточных стадиях и конечного формоизменения заготовки. В результате установлено распределение приращения, скорости и степени деформации. Для определения приращения деформации фиксировались положения каждой узловой точки сетки проекциями на координатные оси ρ , Z , θ . Вычитая координаты точек, соответствующие началу данного этапа, находили проекции перемещений точек u_ρ , u_θ , u_z . Вычитая из перемещений одной узловой точки перемещения другой, находили проекции приращений перемещения на этом этапе. Относя проекции приращения перемещений в проекции расстояния между рассматриваемыми точками, находили приращения деформации. Для определения скорости деформации необходимо приращение деформации в направлении оси разделить на время, в течение которого это приращение происходило, или же произвести графическое дифференцирование по времени кривой приращения деформации.

Проверкой правильности определения деформации явилось соблюдение условия постоянства объема:

$$\Delta \epsilon_\rho + \Delta \epsilon_\theta + \Delta \epsilon_z = 0$$

Для выявления влияния геометрических размеров, формы

и количества боковых ребер на величину и характер силовых параметров комбинированного выдавливания записаны усилие, ход и отметки времени при выдавливании с различным количеством / от I до 6 / боковых полостей и различным их расположением /симметричным и несимметричным/.

Приведенные графики деформирующих усилий по ходу пуансона имеют пять характерных участков, соответствующих открытой, закрытой осадке заготовки, началу и концу заполнения боковых полостей штампа, этапу закрытой прошивки и доштамповки дна. В результате анализа кривых силового тензометрирования установлены условия, показывающие работу штампа в "благоприятных" и "неблагоприятных" условиях. Вид кривых удельного усилия при этом не меняется. На этапе закрытой прошивки для деталей с последовательным шагом расположения боковых отростков в плане / от I до 6 / действие активных сил трения / III участок / существенно /на этом участке происходит заметное падение удельного усилия на пуансоне/. Для деталей с асимметричным расположением и различным шагом / углом между отростками / действие активных сил трения незначительно и осуществляется на незначительном этапе непрерывного формоизменения поковки.

В третьей главе для теоретического анализа кинематики течения и создания расчетной формулы удельного усилия предложена схематизация бокового выдавливания в условиях асимметричного течения. Это позволило, на основании экспериментальных исследований, выбрать наиболее реальные граничные условия с целью последующего определения полей деформации.

Для определения скоростей перемещения v_s, v_a, v_z , скоростей деформации $\dot{\epsilon}_s, \dot{\epsilon}_a, \dot{\epsilon}_z, \dot{\eta}_{sz}, \dot{\eta}_{az}, \dot{\eta}_{sa}$, а также интенсивностей скоростей деформации $\dot{\epsilon}_i$ использованы:

1. Уравнения равновесия / сохранения импульса/:

$$\operatorname{div}(\sigma_{ij}) = 0;$$

2. Условия несжимаемости /сохранения массы/:

$$\xi_x + \xi_y + \xi_z = 0;$$

3. Кинематические / геометрические / уравнения, определяемые соотношениями тензора скоростей деформации и вектором скорости:

$$v_{ij} = \text{def}(v);$$

4. Интенсивность скоростей деформации в общем виде определялись по формуле:

$$\xi_i = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\xi_x - \xi_y)^2 + (\xi_y - \xi_z)^2 + (\xi_z - \xi_x)^2 + \frac{3}{2}(\eta_{xz}^2 + \eta_{\theta\theta}^2 + \eta_{\theta z}^2)}$$

где

$$\xi_x = \frac{\partial v_x}{\partial x}; \quad \xi_y = \frac{v_y}{y} + \frac{\partial v_y}{\partial y}; \quad \xi_z = \frac{\partial v_z}{\partial z};$$

$$\eta_{xz} = \frac{\partial v_x}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial x}; \quad \eta_{\theta\theta} = \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} - \frac{v_\theta}{\theta} + \frac{1}{\theta} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta};$$

Численные значения вышеприведенных деформационных параметров для соответствующих им граничных условий были рассчитаны с помощью ЭЦВМ. По результатам расчетов построены графики распределения полей скоростей течения и скоростей деформации.

Данная методика теоретического анализа кинематики течения позволит более строго оценить пластическое формоизменение при сравнительно упрощенной схематизации бокового выдавливания с целью создания / верхняя оценка / расчетной формулы для определения удельного деформирующего усилия на пуансоне при боковом выдавливании.

Для верхней оценки деформирующего усилия при боковом выдавливании найдены мощности внешних и внутренних сил. Задаваясь распределением скоростей течения определяли скорости и интенсивности скоростей деформации, затем находили мощности внутренних сил ($N_{внi}$). мощности

сил среза ($N_{ср.i}$) на границах участков и мощности сил трения (N_T) на границах контакта заготовки с инструментом. Приравняв сумму мощностей внутренних сил $N_{вн.i} + N_{ср.i} + N_T$ к мощности, расходуемой на пуансоне, после преобразования получили следующую расчетную формулу:

$$q/\sigma_s = \frac{1}{\sqrt{3}} \left\{ \frac{1}{\gamma_I + \gamma_{II}} \left[2 + \gamma_I \left(1 + \gamma_{II} \frac{\mu}{\sqrt{3}} \right) + \gamma_{II} \sqrt{3 + \left(\frac{\gamma_I}{\gamma_{II}} \right)^2} + \frac{1}{3h} \left(1 + h + \gamma_I + \mu \sqrt{3} \right) + \left(2 + \frac{1}{\gamma_{II}} \right) \ln R + \left(2 + \frac{2}{h} + \frac{1}{\gamma_I} \right) \ln \frac{R_I}{r_I} \right] \right\};$$

Формула устанавливает функциональную зависимость удельного усилия на пуансоне q/σ_s от:

1. Количества отрошков

$$\gamma_I + \gamma_{II} = \frac{\pi}{n},$$

где n - количество отрошков,

γ_I - угол между линией раздела течения и осью симметрии / в плане / бокового отрошка,

γ_{II} - величина угла входного канала в отрошок.

2. Величин соотношения γ_I/γ_{II} , характеризующего ширину входного канала в отрошок.

3. $R = \frac{\bar{R}}{r}$ - относительного радиуса матрицы / отношение радиуса матрицы $\bar{R}$ к радиусу пуансона r /.

4. Величин $\ln \frac{R_I}{r_I}$ и h , характеризующих соответственно длину и высоту отрошка.

5. μ - величины контактного трения.

Результаты решения, определяющие влияние тех или иных вышеприведенных компонентов на силовой режим бокового выдавливания, показаны на соответствующих графиках.

В четвертой главе дана натурная фотография общего вида прессы с блоками штампа, подготовленного для штамповки типовой поковки — стакан с ребрами, показан продольный разрез штамповой оснастки с наименованием узлов конструкции, а также чертеж разъемных секторов для штамповки поковки. Даны расчетные выражения по определению технологических нагрузок.

Используя результаты экспериментальных и теоретических исследований поковки — стакан с ребрами, разработаны технологии изготовления других поволоков данного вида /класса/, в том числе: дана технология и схема деформации полой поковки /сплав ВМ 65-1; $G = 16 \text{ кг}$; $F_{\text{пр}} = 600 \text{ см}^2$ / с диафрагмой, бобышками и эксцентрично расположенным относительно оси массивным отростком; технология и схема деформации поковки /сплав АК6; $G = 5 \text{ кг}$; $F_{\text{пр}} = 283 \text{ см}^2$ / с глубокими осесимметричными сквозными отверстиями и сложным криволинейным контуром в плане; технология и схема деформации компактной поковки /сплав АК8; $G = 6,5 \text{ кг}$; $F_{\text{пр}} = 340 \text{ см}^2$ / с идентичными радиальными фланцами в плане.

В работе приведена методика установления точных исходных заготовок под штамповку, заключающаяся в дифференциации объема исходной заготовки непосредственно в штампе.

В данной главе отражены технологические факторы, в той или иной степени влияющие на формирование структуры и механические свойства поволоков, т.е. влияние таких факторов, как выбор вида исходной заготовки, температурного режима нагрева и смазки, схемы деформации и оборудования, режимов термообработки и т.д.

С целью уточнения течения металла, выявления наличия благоприятного расположения волоков в направлении наибольших нормальных напряжений, возникающих в изделии во время его работы, а также определения равномерности распределения структуры и свойств в штампованных поволоках после деформирования и соответствующей термической обработки,

были проведены механические испытания образцов, вырезанных из поковок. Приведены макроструктуры продольных и поперечных сечений как по бобышке, ребру и отроосткам, так и в местах переходов от полки к долеой части поковки.

Общие выводы.

1. Установлена возможность из обширного наименования сплавов, за один ход пресса, новым методом /с использованием эффекта локального очага деформации/ горячего закрытого выдавливания, получить полые поковки с боковыми отроостками с максимальным приближением их форм и размеров к формам и размерам готовой детали.

2. Разработана /с использованием координатных сеток на оригинальных составных заготовках/ методика экспериментального исследования распределения перемещений и скоростей деформации. Экспериментально установлена механика процесса и произведено тензометрирование силовых параметров комбинированного выдавливания поковки — стакана с ребрами.

3. Предложена схематизация бокового выдавливания с учетом проведенных экспериментальных исследований. Разработана методика теоретического анализа напряженно-деформированного состояния при выдавливании изделий в условиях неосесимметричного течения.

4. Проведен упрощенный теоретический анализ напряженно-деформированного состояния заготовки методом верхней оценки, позволивший вывести новую расчетную формулу для определения удельного усилия на пуансоне при боковом выдавливании поковки.

5. Разработана методика проектирования и определения энерго-силовых параметров процессов комбинированного выдавливания с применением одного или двух буферных

устройств /гидроприжимов/.

6. Изготовленные конструкции блоков штампов с гидроприжимами и регулируемым давлением позволяют замкнуть пресса двойного действия для штамповки поковок сложной формы.

7. Разработанным способом горячего закрытого выдавливания можно обеспечить почти равномерные степени деформации по всему объему формирующейся заготовки и, как следствие, получается равноосная, мелкозернистая, обычно разнообразно ориентированная структура и повышаются все показатели сопротивления и коррозионной стойкости, а также пластичности, вязкости и усталостной прочности.

8. Внедрение результатов разработок и исследований данной диссертационной работы в производство дало 502814 рублей экономического эффекта.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Тулянкин Ф.В., Цхондия А.Г. Номенклатура сплавов для производства поковок и штампов. В кн. Структура и свойства полуфабрикатов из алюминевых сплавов. М., "Металлургия", 1974, с. 330-337.

2. Тулянкин Ф.В., Цхондия А.Г. К вопросу закрытого выдавливания с противодавлением. "Технология легких сплавов", 1975, № 8, с. 41-43.

3. Овчинников А.Г., Тулянкин Ф.В., Цхондия А.Г. Исследование процесса штамповки пустотелых изделий с боковыми отрезками в закрытых штампах. Материалы докладов Всесоюзной межвузовской научной конференции по совершенствованию точной штамповки в закрытых штампах. НИИМАШ, Москва, 1975.

4. Тулянкин Ф.В., Цхондия А.Г. и др. О применении моделирования при отработке технологических процессов изготовления штампов. "Технология легких сплавов", 1976, № 3, с. 56-61.

5. Тулянкин Ф.В., Цхондия А.Г. Горячее закрытое выдавливание алюминиевых сплавов. В кн. Металловедение и технологии легких сплавов. М., "Наука", 1976, с. 143-144.