

М 442516

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

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

На правах рукописи

УДК 621.777.4

Пискарев Михаил Юрьевич

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И МЕТОДИКИ РАСЧЕТА
ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ХОЛОДНОГО КОМБИНИРОВАННОГО
ВЫДАВЛИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПУАНСОМ СО СФЕРИЧЕСКИМ
ТОРЦЕМ

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 – 1985

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

Научный руководитель - д.т.н., профессор ОВЧИНИКОВ А.Г.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор ГАНАГО О.А.

- кандидат технических наук, ст.н.с. ГРАЙДЕР А.Х.

Ведущее предприятие - утверждено решением Ученого совета

Защита диссертации состоится "17" февраля 1986 г. на заседании специализированного совета К.053.15.13 в Московском высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, 2-ая Бауманская ул., д.5.

Ваш отзыв на автореферат в одном экземпляре, заверенный печатью, просим направить по указанному адресу.

С диссертацией
им. Н.Э.Баумана

Автореферат

Ученый секрет
канд. техн. н.

Подп. к печ. :
Типография МЕ

M442.516

00экз.

Актуальность проблемы. В "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981...85 годы и на период до 1990 года" поставлены задачи снижения отходов цветных металлов на 9...11%, повышения производительности труда в машиностроении на 31...36% путем ускоренного внедрения в производство прогрессивных технологических процессов. В работе представлены результаты исследований по разработке технологии холодного комбинированного выдавливания осесимметричных деталей пуансоном со сферическим торцем.

В гидромашиностроении широкое применение находят получаемые механической обработкой детали типа "вкладыш", выполняющие функцию опоры скольжения сферической головки шатуна на валу гидромашин. Деталь представляет собой ступенчатое тело вращения с двумя осесимметричными полостями, одна из которых цилиндрическая и расположена в ступени меньшего диаметра, другая, расположенная в ступени большего диаметра, образована цилиндрической поверхностью, переходящей в сферическую. В качестве материалов используются некоторые дорогостоящие медные сплавы (бронза БрЖ9-4, бронза БрБ2).

Низкий коэффициент использования металла (25...35%), большая трудоемкость и малая производительность, обусловленные сложностью формы и жесткими требованиями к точности размеров (7...II квалитет) и качеству поверхностей (0,63...2,5 по шкале R_a), делают технологический процесс изготовления подобных деталей резанием в условиях серийного производства неэкономичным. Шероховатость и неплотность поверхностного слоя полусферы приводят к преждевременному износу сферических опор. Переход к изготовлению деталей точной холодной объемной штамповкой выдавливанием из более пластичных медных сплавов, характеристики которых улучшаются и удовлетворяют техническим требованиям, предъявляемым условиями эксплуатации, позволит преодолеть существующие трудности.

В настоящее время в технической литературе отсутствуют рекомендации по оценке формоизменения и силового режима при холодном комбинированном выдавливании осесимметричных деталей пуансоном со сферическим торцем. Отсутствуют данные о способности некоторых широко распространенных в промышленности сплавов цветных металлов к пластическому деформированию в холодном состоянии. Поэтому, разработка технологии холодного комбинированного

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1442516

Пискарев М.Ю. Разработка т



выдавливания деталей типа "вкладыш", получение информации о влиянии соотношений геометрических размеров инструмента и заготовки, условий трения между заготовкой и инструментом, характера упрочнения материала заготовки на кинематику, формоизменение и силовой режим, и создание на основе исследований научно-обоснованной методики определения основных параметров процесса является актуальной проблемой.

Цель и задачи работы. Целью работы является разработка научно-обоснованной методики проектирования оптимизированного технологического процесса холодного комбинированного выдавливания деталей типа "вкладыш".

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать расчетную схему процесса на основе анализа физической картины течения металла на разрезных образцах.

2. Разработать методику определения кинематического состояния заготовки на различных стадиях выдавливания и установить влияние на него соотношений геометрических размеров инструмента.

3. Разработать методику определения формоизменения и силового режима при холодном комбинированном выдавливании осесимметричных деталей пуансоном со сферическим торцем.

4. Установить влияние различных факторов, таких как соотношений геометрических размеров инструмента и заготовки, характера деформационного упрочнения материала заготовки и условий трения на границах заготовки и инструмента, на формоизменение и силовые характеристики процесса.

5. Разработать универсальную оснастку, необходимую для осуществления предлагаемого процесса.

6. Провести испытания партии "вкладышей", изготовленных холодным выдавливанием.

7. Отработать в лаборатории и опробовать в производственных условиях предлагаемый технологический процесс.

Научная новизна. Впервые теоретически решена задача определения кинематического состояния заготовки при холодном комбинированном выдавливании осесимметричных деталей ступенчатой формы пуансоном со сферическим торцем.

На основании энергетического метода разработана теоретическая методика, алгоритм и программа расчета на ЭЦВМ силового

режима и конечных элементов формоизменения для любого момента протекания процесса.

Установлены теоретически и подтверждены экспериментально закономерности влияния соотношений геометрических размеров инструмента и заготовки, механических характеристик материала заготовки, условий трения в зоне контакта инструмента и заготовки на характер формоизменения и силовой режим процесса.

Установлена способность некоторых широко распространенных в промышленности сплавов цветных металлов к пластическому деформированию в холодном состоянии.

На основе теоретического и экспериментального анализа разработана научно-обоснованная методика расчета оптимальных значений параметров технологического процесса холодного выдавливания деталей типа "вкладыш".

Автор защищает:

- расчетную схему, принятую в теоретических исследованиях;
- математическую модель кинематического состояния заготовки;
- методику определения формоизменения и силового режима;
- конструкцию штамповой оснастки для осуществления предлагаемого технологического процесса;
- новый технологический процесс холодного выдавливания деталей типа "вкладыш".

Достоверность результатов, полученных при теоретических исследованиях, подтверждается обоснованием принятых расчетных схем и допущений, исходя из анализа качественных картин деформированного состояния, соблюдением принятых граничных условий, а также удовлетворительной сходимостью расчетных и экспериментальных значений элементов конечного формоизменения (расхождение в пределах 20%) и усилий деформирования (расхождение в пределах 15%). Достоверность результатов экспериментальных исследований гарантирована тщательно разработанной методикой и качественно подготовленной экспериментальной базой.

Практическая ценность. Разработанный технологический процесс холодного комбинированного выдавливания деталей типа "вкладыш" позволяет штамповать изделия различных типоразмеров требуемого качества при повышении производительности и снижении трудоемкости в 2 раза и увеличении коэффициента использования материала в среднем на 45%. Предложенная методика

позволяет оптимизировать процесс выдавливания по нескольким параметрам. По предложенному техпроцессу изготовлена опытная партия деталей и проведены их испытания, показавшие положительный результат. Ожидаемый экономический эффект от внедрения - II тыс. руб. в год.

Предложенная методика может быть использована при разработке технологических процессов холодного комбинированного выдавливания осесимметричных ступенчатой формы деталей пуансоном с другой, отличной от сферической, формой рабочего торца при соответствующей коррекции расчетной схемы.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы доложены и обсуждены на научных семинарах кафедры АМ-6 МВТУ им. Н.Э. Баумана в 1983 и 1985 г.г.

Автор благодарит с.н.с., к.т.н. Дмитриева А.М. за консультации по работе.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав и общих выводов.

Работа изложена 148 страницах машинописного текста, содержит 115 рисунков, 15 таблиц, список литературы из 83 наименований и приложения.

В первой главе показана актуальность решаемой проблемы. Анализируются результаты теоретических и экспериментальных исследований процессов холодного комбинированного выдавливания осесимметричных деталей, полученные Ф.А.Коммелем, Л.Д. Олениным, Л.Г.Степанским, В.М.Колесниковым, В.В.Грязновым, Geiger R., Х.Х.Мяндом и др. учеными. Проведенными исследованиями внесена ясность во многие вопросы, связанные с холодным комбинированным выдавливанием осесимметричных деталей, чем оказана существенная помощь практике. Однако в большинстве работ рассмотрен процесс выдавливания пуансоном с плоским рабочим торцом. Значительно меньше работ посвящено анализу схем выдавливания пуансоном с фасонной поверхностью рабочего торца, и в частности сферической. Влияние фасонной формы пуансона на характер течения металла и параметры выдавливания для случая обратной схемы рассмотрено В.Е.Фаворским, И.Я. Тарновским, Dennison и Ridings. Всеми исследователями отмечается более сложный характер изменения параметров процесса в случае сферической формы рабочего торца пуансона. Задача обратного выдавливания тонкостенных стаканов с внутренней

полусферой ($R < 1,2$) решена Е.И.Семеновым, А.Г.Овчинниковым, А.М.Дмитриевым. Geiger R. приводит некоторые результаты экспериментальных исследований влияния формы рабочего торца пуансона на силовые характеристики и формоизменение при выдавливании деталей типа "поршневых пальцев".

Однако теоретическая методика определения кинематического состояния заготовки, формоизменения и силового режима при холодном комбинированном выдавливании пуансоном со сферическим торцем в литературе отсутствует. Не обнаружено материалов по оценке различных технологических факторов на формоизменение и силовой режим выдавливания.

В конце главы ставятся цель и задачи исследования.

Во второй главе разработана методика теоретических исследований процесса холодного комбинированного выдавливания осесимметричных ступенчатой формы деталей пуансоном со сферическим торцем.

На основании выводов из литературного обзора и анализа качественной картины течения металла на разрезных образцах приняты расчетные схемы и допущения. Подобраны подходящие функции скоростей течения, удовлетворяющие условию несжимаемости и граничным условиям. Математически описаны кинематическое и деформированное состояния заготовки на различных стадиях выдавливания. Теоретический анализ формоизменения и силового режима выполнен на основе энергетического метода с использованием вариационного принципа. Для этого установлены математические зависимости мощностей внутренних и внешних сил от технологических факторов. Ввиду громоздкости полученных аналитических выражений мощностей, оптимальное решение задачи находилось численным методом с использованием ЭЦМ "Минск-32". С этой целью разработаны алгоритм и программа расчета. В конце главы на основе результатов расчета проведен анализ закономерностей изменения характеристик процесса от технологических факторов.

Согласно принятой расчетной схеме (рис. I) на первой стадии пуансон внедряется в заготовку на некоторую глубину X_1 , при этом часть металла выдавливается в пространство между пуансоном и матрицей на длину L_{11} (рис. Ia). На второй стадии центральная часть заготовки проталкивается в донное отверстие матрицы на глубину Δ , при этом часть металла вытесняется в

пространство между рабочей поверхностью пуансона и очка матрицы. Ход пуансона в конце данной стадии составляет $X_2 = X + \Delta$, а длина выдавленного элемента — l_{12} (рис. 1б). На третьей стадии при внедрении пуансона на глубину X_3 длины выдавленных элементов вверх и вниз составят, соответственно, l_{13} и l_{23} (рис. 1в).

Как показали результаты предварительных экспериментов, процесс холодного комбинированного выдавливания осесимметричных деталей ступенчатой формы пуансоном со сферическим торцом является нестационарным во всех стадиях. Приращения высот выдавливаемых элементов Δl_{1i} и Δl_{2i} определяются в каждый конкретный момент времени скоростными условиями, которые, в свою очередь, зависят от многих факторов, основными из которых являются соотношения геометрических размеров инструмента и заготовки, условия трения на контактных поверхностях, характер упрочнения материала заготовки, и определяются минимальной энергией внутренних сил.

Все возможные варианты формоизменения при холодном комбинированном выдавливании пуансоном со сферическим торцом в зависимости от изменения указанных выше факторов можно представить схемой (рис. 2)

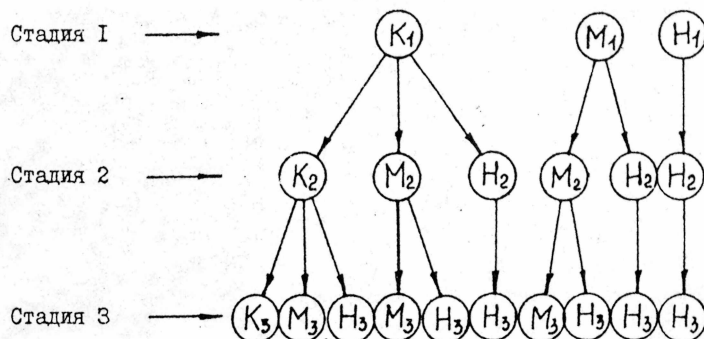


Рис. 2. Схема возможных вариантов формоизменения

В схеме приняты следующие обозначения:

$$K_1 = [x_1 + \lambda_{11} \leq z_1 - \sqrt{z_1^2 - 1}] ; M_1 = [z_1 - \sqrt{z_1^2 - 1} < x_1 + \lambda_{11} \leq z_1] ;$$

$$H_1 = [x_1 + \lambda_{11} > z_1] ; K_2 = [x_2 + \lambda_{12} \leq z_1 - \sqrt{z_1^2 - 1}] ;$$

$$M_2 = [z_1 - \sqrt{z_1^2 - 1} < x_2 + \lambda_{12} \leq z_2] ; H_2 = [x_2 + \lambda_{12} > z_1] ;$$

$$K_3 = [x_3 + \lambda_{13} \leq z_1 - \sqrt{z_1^2 - 1}] ; M_3 = [z_1 - \sqrt{z_1^2 - 1} < x_3 + \lambda_{13} \leq z_1] ;$$

$$H_3 = [x_3 + \lambda_{13} > z_1]$$

При решении задачи приняты следующие упрощающие допущения:

- материал заготовки - жесткопластичный. В нем, согласно принятым расчетным схемам (рис. 1), выделены следующие области: I, II, III - пластические, характеризующие обратное выдавливание; VI, VII - пластические, характеризующие прямое выдавливание; IV - жесткая область проталкиваемой центральной части заготовки; VIII, IX - жесткие области, находящиеся в упруго-напряженном состоянии и перемещаемые в нижней и верхней кольцевых полостях, соответственно; V - застойная зона;
- инерционными силами пренебрегаем ввиду их малости;
- упругую деформацию инструмента не учитываем;
- $\bar{v}_1 = C \bar{v}_0$; $\bar{v}_2 = (1-C) \bar{v}_0$; $\bar{v}_0 = \bar{v}_1 + \bar{v}_2$, где $\bar{v}_2$ - скорость проталкивания области IV; C - формальный скоростной коэффициент, изменяющийся от 0 до 1;
- $\bar{v}_1 = \bar{v}_0 - \bar{v}_2$ - скорость перемещения нижней границы области I относительно $\bar{v}_2$;
- силы трения на поверхностях контакта учитывались зависимостью $\tau = \mu \sigma_z$;
- учет упрочнения материала заготовки проводился на основании эмпирических зависимостей $\sigma_i - \epsilon_i$. При этом допускалось, что на достаточно малом перемещении Пуансона средняя величина интенсивности деформаций в пластической зоне $\epsilon_{i, \text{ср}}$ приблизительно равна среднему значению интенсивности скоростей деформаций $\dot{\epsilon}_{i, \text{ср}}$.

Наибольшую сложность для анализа представляет стадия 3. Кинематически возможные поля скоростей течения задаем подходящими функциями:

Область I (сферические координаты)

$$\begin{aligned} U_{\rho^*, \Gamma} &= \frac{c \delta_1}{h_1^2} (z_1 + h_1 - \rho^*)^2 \cos \varphi \\ U_{\varphi^*, \Gamma} &= \frac{c \delta_1 (z_1 + h_1 - \rho^*) [2 \rho^* - (z_1 + h_1)]}{h_1^2} \sin \varphi \end{aligned} \quad (1)$$

Область II (цилиндрические координаты)

$$U_{z, \Pi} = c \delta_2 z^2; \quad U_{\rho^*, \Pi} = c \delta_2 \left(\frac{R_1^2}{\rho} - \rho \right) z \quad (2)$$

В выражениях (1) и (2) " δ_1 " и " δ_2 " - некоторые коэффициенты, определяемые из условия разрывности на границе раздела областей в интегральной форме:

$$\delta_1 = \frac{h_1^2}{2 \Pi \rho^* (z_1 + h_1 - \rho^*) \cos \varphi_0 \sin \varphi_0}; \quad \delta_2 = \frac{1}{\Pi^2 (R_1^2 - 1)}, \quad \text{где}$$

$$\Pi = \sqrt{(z_1 + h_1)^2 - 1} - \sqrt{z_1^2 - 1}; \quad \rho^* = \sqrt{(\sqrt{z_1^2 - 1} + 0.5 \Pi)^2 + 1};$$

$$\varphi_0 = \arcsin \frac{1}{\rho^*}$$

Область III (цилиндрические координаты)

$$\begin{aligned} U_{z, \text{III}} &= \frac{C + z^2}{R_1^2 - z_1^2 + (\sqrt{z_1^2 - 1} - z)^2}; \\ U_{\rho^*, \text{III}} &= \frac{R_1^2 - \rho^2}{\rho} \times \frac{z [R_1^2 - z_1^2 + (\sqrt{z_1^2 - 1} - z)^2] + (\sqrt{z_1^2 - 1} - z)(C + z^2)}{[R_1^2 - z_1^2 + (\sqrt{z_1^2 - 1} - z)^2]^2} \end{aligned} \quad (3)$$

Область VI (цилиндрические координаты)

$$U_{z, \text{VI}} = \frac{z(z - 2h_2)(1 - c)}{h_2^2}; \quad U_{\rho^*, \text{VI}} = \frac{\rho(h_2 - z)(1 - c)}{h_2^2} \quad (4)$$

Область VII (цилиндрические координаты)

$$U_{z, \text{VII}} = \frac{(c - 1)[h_2^2 + z_2^2 z(z - 2h_2)]}{h_2^2(1 - z_2^2)}; \quad U_{\rho^*, \text{VII}} = \frac{(1 - c) \frac{z^2(z - h_2)}{h_2^2(1 - z_2^2)} (\rho - \frac{1}{\rho})}{h_2^2(1 - z_2^2)} \quad (5)$$

Далее по известным зависимостям теории обработки металлов давлением определяются выражения скоростей деформаций и интенсивностей скоростей деформаций для каждой пластической области.

Методика определения формоизменения и силового режима следующая. Весь ход пуансона разбиваем на некоторое количество элементарных ходов " δ " и в течении каждого элементарного хода считаем процесс установившимся. Длины выдавленных элементов R_{12i} и R_{23i} после каждого элементарного хода, например для стадии 3 варианта H_3 , можно определить следующими зависимостями:

$$\begin{aligned} R_{12j} &= \frac{\delta \left[j(z_1^2 - 1) + \sum_{i=1}^{j-1} C_i \right]}{R_1^2 - z_1^2} + \sqrt[3]{A - \sqrt{B}} + \sqrt[3]{A + \sqrt{B}} - x_2 - i\delta - z_1, \\ R_{23j} &= \frac{\delta}{1 - z_2^2} \times \left[\sum_{i=1}^{j-1} (1 - C_i) + \sum_{i=1}^{j-k} (1 - C_i) \right], \\ A &= \frac{2z_1^3 - 3R_1^2(z_1 - x_2 - i\delta) - 3\left[A + \sum_{i=1}^{i=k} (1 - C_i)\delta\right]}{2}, \\ B &= (R_1^2 - z_1^2)^3 + \left\{ \frac{3R_1^2(z_1 - x_2 - i\delta) - 2z_1^3 + 3\left[A + \sum_{i=1}^{i=k} (1 - C_i)\delta\right]}{2} \right\}^2 \end{aligned} \quad (6)$$

Оптимальные значения параметров " h_1 ", " h_2 ", " C_1 ", " C_2 " при каждом элементарном ходе пуансона определяются минимизацией мощности внутренних сил на кинематически возможных скоростях:

$$\sum W_3 = \sum W_{13} + \sum W_{23} + \sum W_{\tau 3} = \min \quad (7)$$

Силовой режим определяется зависимостями: удельное и полное усилия на пуансоне

$$\bar{q}_{3ny} = \frac{2 \sum W_{3min} \bar{\delta}_{30}}{z_1^2}; \quad \bar{P}_{3ny} = \pi z_1^2 \bar{q}_{3ny} \quad (8)$$

удельное и полное усилия на противоупуансоне

$$\bar{q}_{3np} = \frac{2(W_{13np} + W_{\tau 3np})_{min} \bar{\delta}_{30}}{z_2^2}; \quad \bar{P}_{3np} = \pi z_2^2 \bar{q}_{3np} \quad (9)$$

В третьей главе разработана методика проведения экспериментальных исследований. Эксперименты проводились с целью решения следующих основных задач:

1. Установление влияния на кинематику течения, формоизменение и силовой режим холодного комбинированного выдавливания осесимметричных деталей пуансоном со сферическим торцем различных факторов:
 - а) соотношений геометрических размеров инструмента и заготовки;
 - б) механических характеристик материала заготовки;
 - в) характера подготовки поверхности заготовки.
2. Обоснование достоверности результатов теоретических исследований.

Исследование особенностей кинематики течения выполнено экспериментально-аналитическим методом координатных сеток. Разработана методика нанесения и измерения координатной сетки и обработки опытных данных. Для нанесения сетки в виде пирамидальных углублений с точностью до 0,03 мм было изготовлено специальное приспособление. Для исследования формоизменения и силового режима выбраны три марки сплавов цветных металлов: бронза Бр0Ф7-0,2; латунь Л63; алюминиевый сплав АМг-2. Определены их механические характеристики и зависимости упрочнения от степени деформации.

Приведена методика оценки точности измерений, разработан план эксперимента. В качестве оборудования для проведения эксперимента использовали гидравлический пресс П-125 с максимальным усилием - 1250 кн. Скорость плунжера принималась постоянной - 2 мм/с.

При проведении экспериментов использовали следующую оснастку: матрицы, пуансоны, противополопуансоны, направляющие втулки и выталкиватели. Диаметры очка матрицы составляли 13; 16; 18,5 мм, диаметры пуансонов - 8; 9; 10; 11,5; 12,5; 13; 14,5 мм, диаметры противополопуансонов - 3,75; 4,75; 5,75; 8 мм, диаметр донного отверстия матрицы - 8 мм, "Δ" - 1,4; 2,6; 3,8; 5 мм.

При исследовании влияния характера подготовки поверхности заготовки на параметры процесса использовались заготовки обезжиренные, смазанные гидравлическим маслом МГЕ-10А, графитовой смазкой, Циатим 201, с нанесением подсмазочного слоя пассивированием с последующей смазкой Циалм 201.

В качестве регистрирующей и записывающей аппаратуры исполь-

зовали: холодографы, месдозы, тензодатчики, усилитель ТА-5, осциллограф Н-115.

В четвертой главе представлены результаты экспериментального исследования влияния технологических факторов на кинематику формоизменения и силовой режим холодного комбинированного выдавливания пуансоном со сферическим торцем.

Изучение кинематики течения методом координатной сетки позволило установить закономерности течения металла, выявить условия и зоны возможного нарушения сплошности поковки при выдавливании.

При исследовании силового режима установлено, что усилия выдавливания уменьшаются при увеличении $\bar{R}_1/\bar{\tau}_1$; $\bar{D}/\bar{R}_2$; уменьшении $\bar{\tau}_2/\bar{R}_2$; $\bar{H}_0/\bar{R}_2$; меньшем упрочнении материала заготовки; создании на поверхности заготовки подсмазочного слоя с последующим нанесением смазки. Зависимости силовых характеристик от указанных факторов для частных случаев представлены на рис. 3, 4.

Исследование формоизменения при холодном комбинированном выдавливании пуансоном со сферическим торцем показало, что данный параметр является сложной функцией технологических факторов. При этом наибольшее влияние оказывают отношения $\bar{R}_1/\bar{\tau}_1$ и $\bar{\tau}_2/\bar{R}_2$. Зависимости формоизменения от указанных факторов приведены на рис. 5.

Сравнение значений основных параметров процесса выдавливания, полученных экспериментально и рассчитанных теоретически, показало их удовлетворительную сходимость в пределах 20 %.

В пятой главе на основании проведенных исследований разработана методика проектирования технологических процессов холодного комбинированного выдавливания деталей типа "вкладыш". Описана конструкция универсального штампа и сменной оснастки. Приведены результаты расчета оптимальных параметров процесса выдавливания "вкладышей" по пяти типоразмерам. Дается сравнение их с результатами, полученными при штамповке опытных образцов в лабораторных условиях. При этом удельные усилия, действующие на инструмент, находились в пределах 1600...2700 МПа. Разработаны рекомендации по обеспечению требуемого качества изделий и повышению стойкости инструмента.

В шестой главе приведены расчеты ожидаемого экономического эффекта от внедрения в серийное производство технологического процесса холодного выдавливания "вкладышей", который составил 11 тыс. руб. в год за счет экономии материала, увеличения произ-

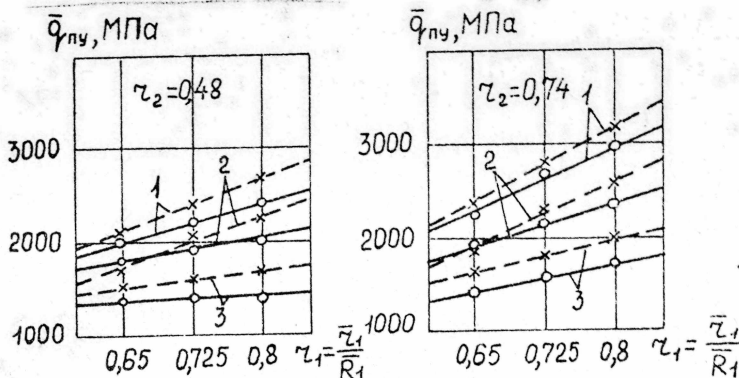


Рис. 3. Влияние относительных радиусов пуансона $\tau_1 = \bar{r}_1 / R_1$ и противопуансона $\tau_2 = \bar{r}_2 / R_2$ на удельное усилие на пуансоне $\bar{q}_{ny}$ при $R_1 = R_2 / 2$; $H = H_0 / R_1 = 2,25$; $\Delta = \Delta_0 / R_1 = 0,35$; материал - БрФ7-0,2 отжиг; пассивирование; смазка - Циатим 201; 1 - $x = \bar{x} / R_1 = 2$; 2 - $x = 1,5$; 3 - $x = 1$; —○— эксперимент; —×— теория ($\mu = 0,1$)

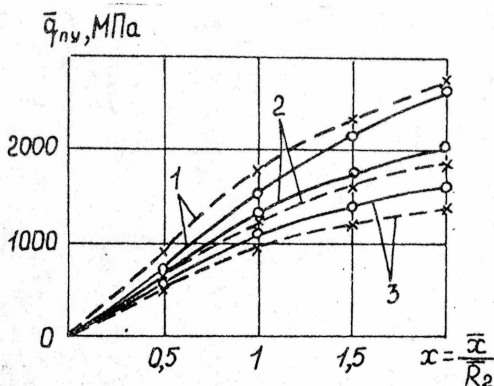


Рис. 4. Влияние материала заготовки на удельное усилие на пуансоне $\bar{q}_{ny}$ при $R_1 = 1,64$; $\tau_1 = \bar{r}_1 / R_1 = 1,15$; $\tau_2 = 0,61$; $\Delta = 0,35$; $H_0 = 2,25$; смазка - Циатим 201; 1 - БрФ7-0,2 отжиг; 2 - Л63 отжиг; 3 - АМг-2 отжиг; —○— эксперимент; —×— теория ($\mu = 0,1$)

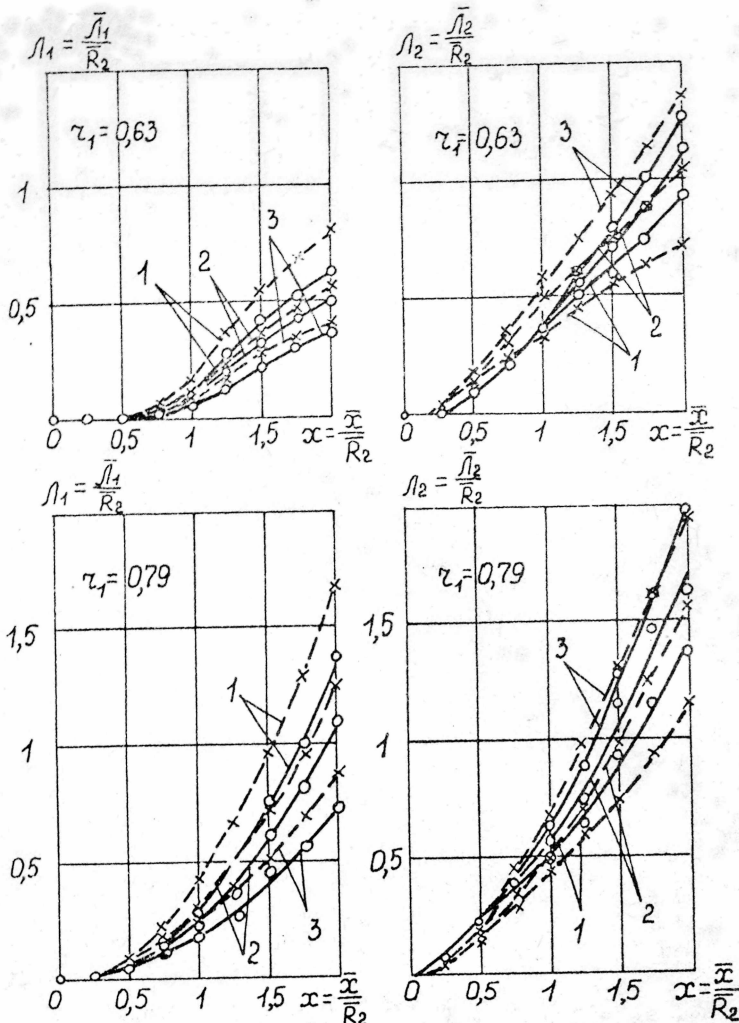


Рис. 5. Влияние относительных радиусов пуансона $\tau_1 = \frac{r_1}{R_1}$ и
 противоположного $\tau_2 = \frac{r_2}{R_2}$ на формоизменение по ходу пуансона
 при $R_1 = 1,64$; $H_0 = 2,25$; $\Delta = 0,35$; материал — БрФ7-0,2
 отжиг — пассивирование; смазка — Циатим 201; 1 — $\tau_2 = 0,74$;
 2 — $\tau_2 = 0,61$; 3 — $\tau_2 = 0,48$; —○— эксперимент;
 ---x--- теория ($\mu = 0,1$)

водительности и снижения трудоемкости.

Общие выводы

1. Предложен способ штамповки деталей типа "вкладыш" холодным комбинированным выдавливанием пуансоном со сферическим торцем, применение которого позволяет повысить производительность и снизить трудоемкость процесса изготовления деталей по сравнению с механической обработкой в 2 раза, увеличить коэффициент использования материала в среднем на 45%, улучшить эксплуатационные характеристики изделия.

2. Разработана расчетная схема и методика определения кинематического состояния заготовки при холодном комбинированном выдавливании осесимметричных ступенчатой формы деталей пуансоном со сферическим торцем, пользуясь которой можно определить распределение скоростей течения, скоростей деформаций и интенсивностей скоростей деформаций по объему заготовки, установить влияние технологических факторов на состояние пластичности материала в данный момент деформирования и возникновения возможных мест нарушения сплошности заготовки.

3. Разработана методика расчета формоизменения и силового режима процесса, что позволяет, не прибегая к эксперименту, определить, в первом приближении, конечные элементы формоизменения и усилия выдавливания, оценить стойкость инструмента и подобрать пресс.

4. Установлены математические зависимости мощностей внутренних сил от технологических факторов. Минимизация суммарной мощности при помощи ЭЦВМ позволила оптимизировать процесс выдавливания по нескольким параметрам и определить зависимости формоизменения и силового режима от различных факторов, благодаря чему для каждой конкретной детали можно установить оптимальные технологические параметры процесса ее штамповки, обеспечивающие выполнение технических требований на изделие при минимальных затратах материала и энергии, и гарантированной стойкости инструмента.

5. Экспериментальные исследования, проведенные на основании разработанной методики, позволили установить влияние соотношений геометрических размеров инструмента и заготовки, механических характеристик обрабатываемого материала и характера подготовки поверхности заготовки на основные параметры процесса холодного комбинированного выдавливания пуансоном

со сферическим торцем. При этом наибольшее влияние оказывают отношения радиуса очка матрицы к радиусу пуансона и радиуса противоположного пуансона к радиусу донного отверстия матрицы. Установленные зависимости дают возможность на практике управлять процессом. Расхождения между расчетными и экспериментальными данными составляют не более 20%, что подтверждает правомерность принятой расчетной схемы и предложенной методики исследования процесса.

6. Проведенные исследования позволили разработать рекомендации по проектированию технологических процессов холодного комбинированного выдавливания деталей типа "вкладыш" и выдать техническое задание на изготовление универсального штампа и оснастки.

7. Технологический процесс холодного выдавливания "вкладышей" опробован в лабораторных условиях. Партия деталей прошла гарантийные испытания. Ожидаемый экономический эффект от внедрения в серийное производство составляет 11 тыс. руб. в год.

Основное содержание диссертации изложено в работах

1. Пискарев М.Д. Верхняя оценка усилия холодного выдавливания детали типа "вкладыш". - Известия ВУЗов. Машиностроение, 1985, № 10, с. 132-137.

2. Овчинников А.Г., Пискарев М.Д. Кинематическое состояние заготовки при комбинированном выдавливании пуансоном со сферическим торцем. - Труды / МВТУ, 1985, № 441, Машины и технология обработки металлов давлением, с. 52-59.

