

*На правах рукописи*



**ТУШИН РОМАН АНДРЕЕВИЧ**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛАТУННЫХ ГИЛЬЗ**

Специальность 05.02.09 - **Технологии и машины обработки  
давлением**

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

**Тула 2016**

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент  
Ларин Сергей Николаевич

Официальные оппоненты: Лавриненко Владислав Юрьевич, доктор  
технических наук, доцент, профессор ФГБОУ ВО  
«МГТУ им. Баумана»;  
Митин Олег Николаевич, кандидат технических  
наук, начальник службы инновационного развития  
АО «НПО «СПЛАВ» (г. Тула).

Ведущая организация - ФГБОУ ВО «Орловский государственный универ-  
ситет им. Тургенева» (г. Орел).

Защита состоится « 14 » февраля 2017 г. в 14<sup>00</sup> час. на заседании  
диссертационного совета Д 212.271.01 при ФГБОУ ВО «Тульский государ-  
ственный университет» (300012, г. Тула, ГСП, просп. Ленина, д. 92, 9-101).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке  
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» и на сайте:  
<http://tsu.tula.ru/science/dissertation/diss-212-271-01/tushin-ra/>

Автореферат разослан « 14 » декабря 2016 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Черняев Алексей Владимирович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В современном мире производится большое количество охотничьих и спортивных стрелковых систем и патронов различных наименований. Производство патронов носит массовый характер, поэтому процесс их изготовления должен быть наиболее простым и наименее затратным.

Одной из составных частей патрона является гильза, которая может быть стальной, биметаллической, латунной, иногда из алюминиевого сплава или мельхиоровой, а так же широкое распространение получили папковые гильзы, которые представляют собой скатанную в несколько слоев бумажную трубку с надетой на один из ее концов металлической головкой с закраиной, дном и гнездом для капсюля. Мировая практика показывает, что стоимость гильзы составляет до 60 % стоимости всего патрона. Половина выпускаемого количества приходится на латунные охотничьи гильзы. Выбор материала гильзы и совершенствование технологии ее изготовления имеют немаловажное значение для обеспечения конкурентоспособности и надежности действия оружия.

В настоящее время на предприятиях наиболее распространена следующая технология производства латунных охотничьих гильз: вначале вырубается кружок из листового материала заданной толщины, затем выполняется комбинированная вытяжка колпачка. Следующими операциями являются вытяжки с утонением стенки заданной конфигурации с промежуточной термообработкой. Заключительные операции - обрезка, две штамповки капсюльного гнезда, пробивка затравочного отверстия и термохимическая обработка изделия. Недостатком такой технологии является большая длительность производственного цикла, невысокая точность по разностенности вытянутых полуфабрикатов, малый коэффициент использования материала (КИМ).

Наиболее эффективной технологией для производства сложных по профилю деталей является технология с использованием операции комбинированного выдавливания. Применением этой технологии могут быть решены четыре основных недостатка: устранены мигрирующие из операции в операцию микротрещины; кардинально уменьшена разностенность полуфабрикатов; сокращен технологический цикл и повышен коэффициент использования металла (до 88 %). Этого возможно достичь путем отрезки заготовки от прутка после высадки, комбинированного выдавливания заготовки, прошедшей диффузионный отжиг, в штампе с динамическим центрированием инструмента, использования для калибровки диаметральных размеров гильзы вытяжку с утонением стенки. Однако перед отрезкой заготовки исходный прутки из латуни необходимо проверить на однородность свойств, так как на сегодняшний день имеются проблемы в создании однородной микроструктуры по всей длине прутка.

Теоретическое обоснование рациональных технологических режимов операции комбинированного выдавливания прутковых заготовок в ступенчатой матрице пуансоном с плоским и плоскоконусным торцом на основе энергетического метода для изготовления сложнопрофильных полуфабрикатов, обеспечивающих снижение металлоемкости, трудоемкости изготовления, сокращение сроков подготовки производства, является актуальной задачей.

Работа выполнялась в соответствии с государственными контрактами в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы Минобрнауки РФ, грантами РФФИ, научно-технической программой Министерства образования и науки Российской Федерации «Развитие научного потенциала высшей школы», государственным заданием Министерства образования и науки Российской Федерации.

**Цель работы.** Повышение эффективности технологии изготовления латунных гильз к охотничьим патронам с использованием операции комбинированного выдавливания прутковых заготовок путем теоретического обоснования рациональных технологических решений, обеспечивающих увеличение коэффициента использования материала, производительности труда и качества изделия.

Для достижения указанной цели в работе были поставлены следующие **задачи исследований:**

1 Выполнение обзора работ по современному состоянию применения операций холодного выдавливания для изготовления охотничьих гильз, анализ существующих технологических процессов.

2 Разработка математических моделей комбинированного выдавливания прутковых заготовок в ступенчатой матрице пуансоном с плоским и плоскоконусным торцом для изготовления сложнопрофильных полуфабрикатов. Выявление закономерностей влияния технологических параметров, геометрических размеров рабочего профиля инструмента и граничных условий напряженно-деформированного состояния на характер течения материала, скоростные и силовые режимы операции.

3 Проведение экспериментальных исследований операции комбинированного выдавливания прутковых заготовок в ступенчатой матрице пуансоном с плоским и плоскоконусным торцом с анализом возможного появления дефектов.

4 Разработка рекомендаций по выбору прутка из латуни с определенными механическими свойствами и микроструктурой для операций комбинированного выдавливания.

5 Разработка рекомендаций по проектированию технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления латунных гильз охотничьего патрона с использованием холодного комбинированного выдавливания.

6 Использование результатов исследований в промышленности и учебном процессе.

**Объект исследования.** Холодное выдавливание деталей из прутковых заготовок.

**Предмет исследования.** Комбинированное выдавливание деталей типа втулки с перемычкой внутри.

**Методы исследования.** В работе использован комплексный метод исследований, включающий теоретический анализ и экспериментальную проверку полученных результатов в лабораторных условиях. Теоретические исследования операции комбинированного выдавливания выполнены на основе энерге-

тического метода, основанного на экстремальных принципах теории пластичности, компьютерном моделировании процессов в системе символьной математики Maple 14, а также в графическом пакете Pro/ENGINEER.

Экспериментальные исследования проводились с использованием современных испытательных машин и регистрирующей аппаратуры: микротвердомер KBW-01; инвертированный металлографический микроскоп Nikon; камера Nikon D700; оптический эмиссионный спектрометр Spectromaxx; установка ТВЧ фирмы «Элсис», укомплектованная пирометром; модернизированный пресс KB 2330 с манометром.

**Автор защищает:**

- математические модели комбинированного выдавливания прутковых заготовок в ступенчатой матрице пуансоном с плоским и плоскоконусным торцом;

- результаты теоретических исследований операции комбинированного выдавливания прутковых заготовок в ступенчатой матрице с различной геометрией инструмента и на различных стадиях деформирования;

- выявленные количественные закономерности влияния технологических параметров, геометрических размеров рабочего профиля инструмента и граничных условий на характеристики деформирования и силовые режимы операции;

- разработанные рекомендации по выбору исходного материала с определенными механическими свойствами, который используется при изготовлении латунных охотничьих гильз из прутковой заготовки с применением операции комбинированного выдавливания;

- предложенную технологическую схему изготовления латунных гильз к спортивно-охотничьим патронам на примере патрона калибра .338LM, обеспечивающую снижение металлоемкости и трудоемкости изготовления, сокращение сроков подготовки производства и повышение эксплуатационных характеристик.

**Научная новизна** заключается в обосновании технологических параметров операции комбинированного выдавливания деталей типа «втулка с перемычкой», обеспечивающих рациональные силовые и деформационные режимы с реализацией требуемых соотношений скоростей течения деформируемого материала в прямом и обратном направлениях.

**Практическая значимость.** Разработаны рекомендации по проектированию технологических процессов, рабочего инструмента и штамповой оснастки для изготовления полых сложнопрофильных деталей из прутковых заготовок с использованием комбинированного выдавливания, обеспечивающие уменьшение трудоемкости и металлоемкости изготовления деталей, сокращение сроков подготовки производства и повышения эксплуатационных характеристик. Разработан модернизированный штамп для комбинированного выдавливания прутковых заготовок с рациональной рабочей геометрией инструмента.

**Реализация работы.** Разработанные рекомендации по расчету технологических процессов с использованием комбинированного выдавливания были востребованы в опытном производстве ОАО «ТНИТИ» (г. Тула) при проекти-

ровании технологических процессов, инструмента и оснастки для изготовления латунных гильз к охотничьим патронам. Данные рекомендации обеспечивают уменьшение трудоемкости изготовления, сокращение сроков подготовки производства новых изделий, увеличение КИМ, повышение качества готового изделия за счет уменьшения величины допусков размеров.

Отдельные результаты исследований использованы в учебном процессе при подготовке бакалавров техники и технологии направления 15.03.01 «Машиностроение» профиль «Машины и технология обработки металлов давлением», а также магистров по направлениям подготовки 15.04.01 «Машиностроение» и 15.04.02 «Технологические машины и оборудование», а также использованы в научно-исследовательской работе студентов, при выполнении курсовых и дипломных проектов на кафедре «Механика пластического формоизменения» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет».

**Апробация работы.** Основные результаты данной работы представлялись на следующих конференциях и выставках:

- международных молодежных научных конференциях «Гагаринские чтения» (г. Москва, МАТИ им. К.Э. Циолковского, 2004-2014 гг.);

- IX Международной выставке, конгрессе и ассамблее молодежных научно-технических проектов ЭКСПО-НАУКА (г. Москва, ВВЦ, 2003 г.);

- V Всероссийской выставке научно-технического творчества молодежи НТТМ (г. Москва, ВВЦ, 2005 г.);

- XXXXIII студенческой НТК ТулГУ (г. Тула, ГОУ ВПО «ТулГУ», 2006 г.);

- Итоговой Всероссийской научно-практической конференции «Ползуновские гранты» (г. Барнаул, ГОУ ВПО «АлтГТУ им. И.И. Ползунова», 2007 г.);

- XI Международном салоне промышленной собственности «Архимед» (Москва, ВЦ «Сокольники», 2008 г.);

- ежегодных конференциях профессорско-преподавательского состава Тульского государственного университета (2004-2015 г.).

**Публикации.** Материалы проведенных исследований отражены в 5 статьях рецензируемых изданий, внесенных в список ВАК; 8 тезисах докладов на международных и всероссийских научно-технических конференциях общим объемом 2,8 печ. л.; из них авторских – 2 печ. л.

Автор выражает глубокую благодарность доктору технических наук, профессору **А.К. Евдокимову** и доктору технических наук, профессору **С.С. Яковлеву** за консультации при написании диссертационной работы.

**Общественное признание достигнутых результатов.** В результате участия во всероссийских и международных конференциях и выставках получены 4 медали и 8 дипломов, а также почетные грамоты.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения и четырех разделов, заключения, списка использованных источников из 124 наименований, 3 приложений и включает 122 страницы машинописного текста, содержит 46 рисунков и 7 таблиц. Общий объем - 154 страницы.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснованы актуальность рассматриваемой в работе задачи, ее научная новизна, практическая ценность работы, приведены положения, выносимые на защиту, и краткое содержание разделов диссертации.

**В первом разделе** проведены обзор изготовления охотничьих гильз, анализ существующих технологических процессов, которые показали, что данные детали можно получать более рациональным способом, например, с использованием холодного комбинированного выдавливания сложнопрофильным инструментом. Обоснована постановка целей и задач исследования.

Значительный вклад в развитие теории пластичности и методов анализа процессов обработки металлов давлением теории и технологии холодного выдавливания внесли отечественные учёные В.А. Головин, С.И. Губкин, Г.А. Данилин, В.А. Демин, А.М. Дмитриев, А.К. Евдокимов, В.А. Евстратов, В.Л. Колмогоров, В.Д. Кухарь, В.М. Лялин, А.Г. Овчинников, С.Д. Радченко, И.П. Ренне, Е.И. Семенов, Е.Н. Сосенушкин, Е.Н. Степанский, Л.А. Шофман, С.П. Яковлев, С.С. Яковлев и другие, а также зарубежные учёные Б. Авицур, У. Джонсон, Х. Кудо и др. В трудах этих ученых разработаны и усовершенствованы методы анализа процессов пластического формоизменения, даны примеры их применения к анализу процессов обработки металлов давлением.

Основное внимание в периодической литературе уделяется теоретическим и экспериментальным исследованиям операций прямого и обратного выдавливания осесимметричных деталей. Мало внимания уделяется в научно-технической литературе исследованиям напряженного и деформированного состояния, кинематики течения материала, силовых режимов операции холодного комбинированного выдавливания прутковых заготовок деталей типа втулки с перемычкой внутри.

Широкий круг вопросов, связанных с проектированием технологических схем изготовления латунных гильз к спортивно-охотничьим патронам, на примере патрона калибра .338LM, и поиском рациональных условий ведения этих процессов, обеспечивающих изготовление изделий заданного качества, не решен. Повышение эффективности производства латунных гильз является актуальной и важной задачей, решение которой может быть достигнуто внедрением технологических процессов холодного комбинированного выдавливания сложнопрофильным инструментом.

**Во втором разделе** приведены разработанные математические модели осевого комбинированного выдавливания прутковых заготовок в ступенчатой матрице пуансоном с плоским и плоскоконусным торцом, основные уравнения энергетического метода, рассмотрены стационарная и нестационарные стадии процесса. Выявлены закономерности влияния технологических параметров, геометрических размеров рабочего профиля инструмента и граничных условий на характер течения материала и силовые режимы операции.

Для теоретического анализа процесса выдавливания использовался метод верхних оценок на основе кинематически-возможного поля скоростей. Решена задача комбинированного выдавливания в конической матрице плоскоконусным пуансоном деталей типа тонкостенных ступенчатых втулок с фигурной перемычкой.

На рисунке 1 показано опорное решение комбинированного холодного выдавливания в виде разрывного поля скоростей (а) и его годографа (б). В предложенной схеме деформирования введены следующие обозначения: 1, 0 - мертвая зона; 2, 3, 4, 7, 9 - блоки очагов пластической деформации; 6 - непродетформированная часть заготовки; 5, 8 - элементы выдавленного изделия;  $x, y$  - параметры очага пластической деформации;  $z$  - параметр слияния потоков течения металла;  $t, t_1, H$  - толщины стенок изделия и перемычки;  $D, D_1, d, d_1, a, b$  - размеры инструмента;  $V_1$  - скорость движения инструмента, в нашем случае пуансона с коническим торцом;  $V_4$  - скорость движения непродетформированной части заготовки (скоростной параметр);  $V_{ij}$  - скорости разрыва;  $V_3, V_7$  - скорости истечения металла в обратном и прямом направлениях соответственно;  $p$  - давление. На участке контейнера, равном  $H-x-b$ , действуют силы активного трения  $\tau_k$  в пользу обратного истечения.

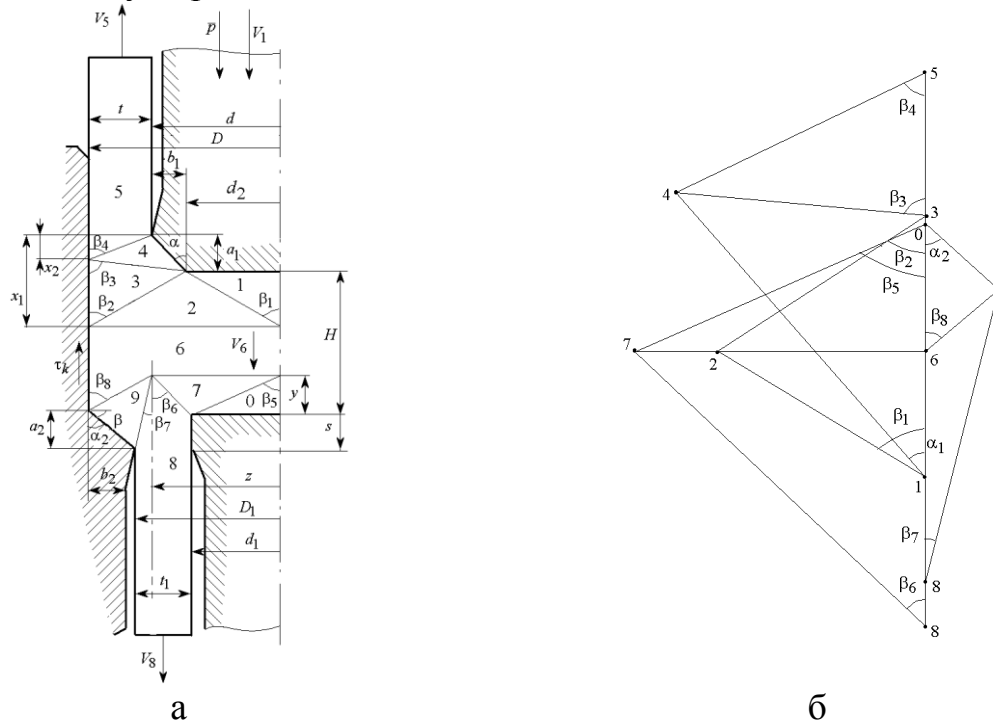


Рисунок 1 - Разрывное поле скоростей и годограф

При разработке математической модели использовались следующие допущения:

- материал изотропный, идеально жесткопластический;
- напряженное состояние соответствует плоской деформации;
- при переходе от плоской деформации к осесимметричной используется гипотеза Халлинга - Митчелла в интерпретации из предложенного примера в работе;



- трение на контактных границах распределено равномерно;  $\tau_k = m \cdot k$ , где  $k = \sigma_s / \sqrt{3}$ , а  $m$  – коэффициент пластического трения, соответствующего закону Прандтля;

- очаг пластической деформации ограничен плоскостями;

- рабочие пояски на инструменте за сингулярными точками минимальны, и в модели их не учитываем.

В работе получены соотношения для определения скоростей течения материала, деформаций, а также мощностей внешних и внутренних сил, совместное решение которых позволило получить выражение для определения безразмерного значения давления:

$$\frac{\bar{P}}{2k} = \frac{AB}{2d[B + m(H - b)]},$$

где  $m = 0,5$ ,  $A = \frac{D^2 + (a - x)^2}{D \operatorname{ctg} \alpha - a + x} + \frac{D(x^2 + t^2)}{t(D \operatorname{ctg} \alpha - a + x)} + m \frac{Dd / \sin^2 \alpha}{D \operatorname{ctg} \alpha - a + x} + m \frac{dx}{t}$ ,

$$B = \frac{2zd_1 + y^2}{y} + \frac{d_1 y}{z - d_1} + \frac{(D - z)^2 + (y - b)^2}{(D - z) \operatorname{ctg} \beta - b + y} + \frac{(D - z)[(D_1 - z)^2 + y^2]}{(D_1 - z)[(D - z) \operatorname{ctg} \beta - b + y]} + m \frac{(D - z)b_1 / \sin^2 \beta}{(D - z) \operatorname{ctg} \beta - b + y}.$$

Остальные величины получены из рисунка 1.

На основе приведенных соотношений выполнены теоретические исследования параметров комбинированного выдавливания. Выявлены закономерности влияния технологических параметров, геометрических размеров рабочего профиля инструмента и граничных условий на характер течения материала и силовые режимы операции.

На рисунке 2 представлены графические зависимости изменения относительной величины давления деформирования  $p / (2k)$  от угла конусности торца пуансона  $\alpha$  при различных коэффициентах трения  $m$ . Расчеты выполнены при следующих геометрических параметрах заготовки и детали:  $D = 17$  мм;  $d = 11,9$  мм;  $H = 4$  мм;  $\beta = 75^\circ$ ;  $d_1 = 5,3$  мм;  $b_1 = 5$  мм;  $D_1 = 13$  мм. Геометрические размеры выбраны с учетом использования результатов исследований в промышленности.

Анализ графических зависимостей и результатов расчетов показывает, что существует минимум силы (относительного давления) деформирования, который с увеличением коэффициента трения  $m$  с 0,2 до 0,8 смещается в сторону больших углов  $\alpha$  конусности торца пуансона (с  $38^\circ$  до  $48^\circ$ ). Установлено, что давление деформирования имеет независимые минимальные значения при минимизированных значениях параметров  $x$  и  $y$  от степени деформации  $\varepsilon_{об}$ , и угла скоса пуансона  $\alpha$ . Показано, что при комбинированном выдавливании возможны две основные стадии деформирования, стационарная и конечная нестационарная, которые характеризуются в первом случае двойным очагом пластической деформации и промежуточной деформируемой заготовкой с активным

трением на контейнере в пользу обратного выдавливания и во втором случае глобальной поверхностью разрыва скоростей  $V_{2,5}$ .

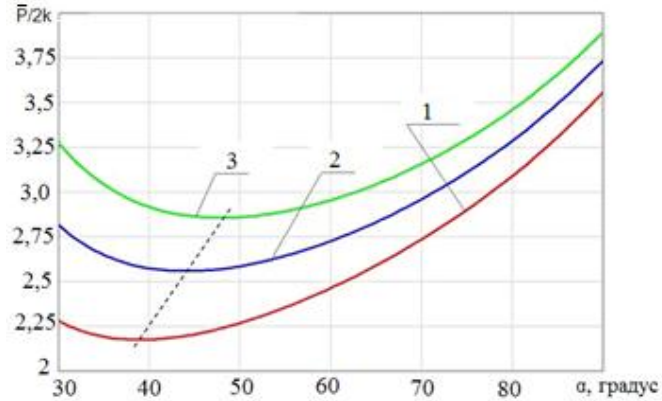


Рисунок 2 – Зависимости изменения относительного давления деформирования от угла конусности торца пуансона: кривая 1 -  $m = 0,2$ ; кривая 2 -  $m = 0,5$ ; кривая 3 -  $m = 0,8$

На рисунке 3 представлены графические зависимости изменения скорости движения блока  $V_6$  от угла конусности торца пуансона  $\alpha$  при различных коэффициентах пластического трения  $m$ . Установлено, что влияние угла на скоростной параметр  $V_6$  аналогично влиянию угла на давление. Причем, как видим из рисунка 3, начиная с рациональных значений углов и больше, угол скоса  $\alpha$  торца пуансона практически не влияет на скорость перемещения заготовки  $V_6$  (вправо от пунктирной линии). При малых углах скоса  $\alpha < 20^\circ$  скорость прямого выдавливания увеличивается.

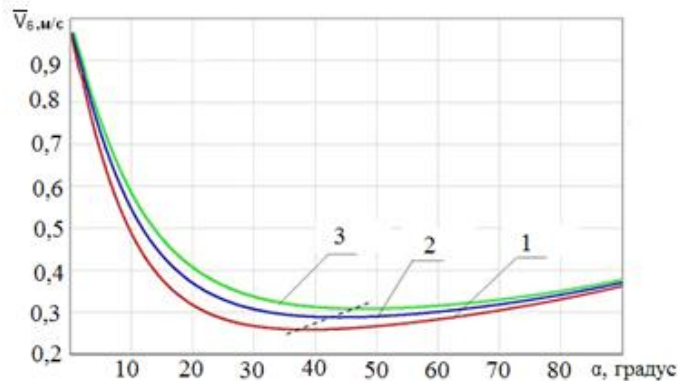


Рисунок 3 – Зависимости изменения скорости движения заготовки от угла конусности торца пуансона: кривая 1 -  $m = 0,2$ ; кривая 2 -  $m = 0,5$ ; кривая 3 -  $m = 0,8$

Для рассмотренной операции упрочнение материала учитывается среднеинтегральным расчетом:

$$\sigma_{s\text{cp}} = \left[ \int_0^{\varepsilon_{i\text{max}}} (A + B\varepsilon_i^n) d\varepsilon_i \right] / \varepsilon_{i\text{max}},$$

где  $\varepsilon_i$  - величина интенсивности деформации;  $A$ ,  $B$  и  $n$  - коэффициенты, которые выбираются из кривых упрочнения.

По значениям  $k_{cp} = \sigma_{scp} / \sqrt{3}$  рассчитывается давление, а при умножении на площадь поперечного сечения - сила деформирования.

**В третьем разделе** диссертационной работы рассмотрены экспериментальные исследования и методы оценки свойств материала, а именно его технологические, эксплуатационные и экономические характеристики. С учетом всех этих требований наиболее пригодными материалами для изготовления охотничьих гильз является латунь марки Л68 или Л70.

На рисунке 4 приведены графические зависимости изменения относительной величины давления  $p/(2k)$  деформирования от степени деформации  $\varepsilon = d/D$  с экспериментальными данными (на рисунке указаны точки). Экспериментальные данные определялись по манометру, предварительно тарированному динамометром. Установлено, что расчетные величины относительных величин давления деформирования отличаются от экспериментальных значений не более чем на 5...10 %.

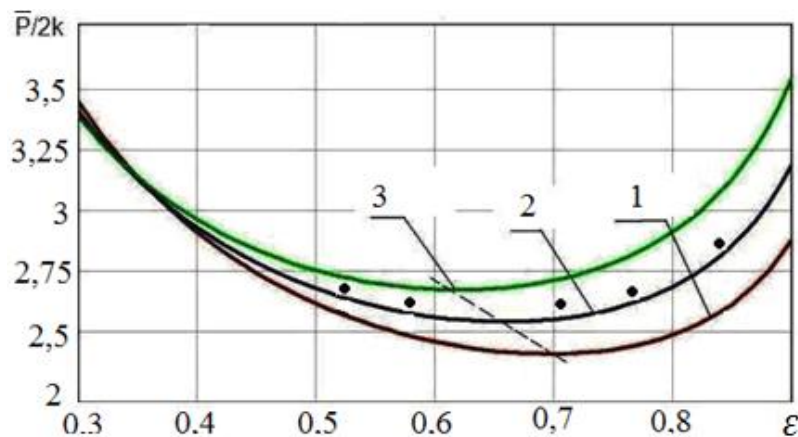


Рисунок 4 – Зависимости изменения давления деформирования от степени деформации: кривая 1 -  $m = 0,2$ ; кривая 2 -  $m = 0,5$ ; кривая 3 -  $m = 0,8$

Изучено влияние термических операций на механические свойства латуни. Проведен комплексный анализ прутковых заготовок: проверка на наличие внутренних дефектов, контроль микроструктуры, проверка химического состава, определение твердости заготовок (таблица). Разработаны рекомендации по выбору механических свойств прутка. Анализ результатов измерений микроструктуры металла показал, что наиболее рациональными для операции выдавливания являются заготовки с микроструктурой металла, состоящей из равноосных зерен альфа-латуни величиной 4...7 баллов, не допускаются трещины, расслоения, раковины, неметаллические включения и пресс-утяжины, твердость по Виккерсу HV должна быть не более 110 единиц.

## Результаты замера твердости

| Место замера          | Твердость образцов по Виккерсу, HV |       |       |       |      |     |
|-----------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|------|-----|
|                       | 1                                  | 2     | 3     | 4     | 5    | 6   |
| На краю               | 85.2                               | 79    | 121.1 | 125.4 | 86.2 | 109 |
| Между краем и центром | 87                                 | 78    | 125   | 121   | 84   | 109 |
| Центр                 | 122.6                              | 141.5 | 124   | 168   | 103  | 123 |
| Среднее значение      | 98                                 | 100   | 124   | 138   | 91   | 113 |

Для исключения образования дефектов на полуфабрикате после операции комбинированное выдавливание сформулированы дополнительные требования, предъявляемые к прутковой заготовке.

**В четвертом разделе** диссертационной работы изложены разработанные рекомендации по совершенствованию технологии изготовления гильз к спортивно-охотничьим патронам с использованием прутковой заготовки.

Предлагается для изготовления сложнопрофильных деталей использовать холодное комбинированное выдавливание ступенчатого полуфабриката с перемычкой внутри (рисунок 5, б). Последующими операциями являются: вытяжка-калибровка (рисунок 5, в), пробивка запального отверстия, подрезка торца и ряд термохимических операций.

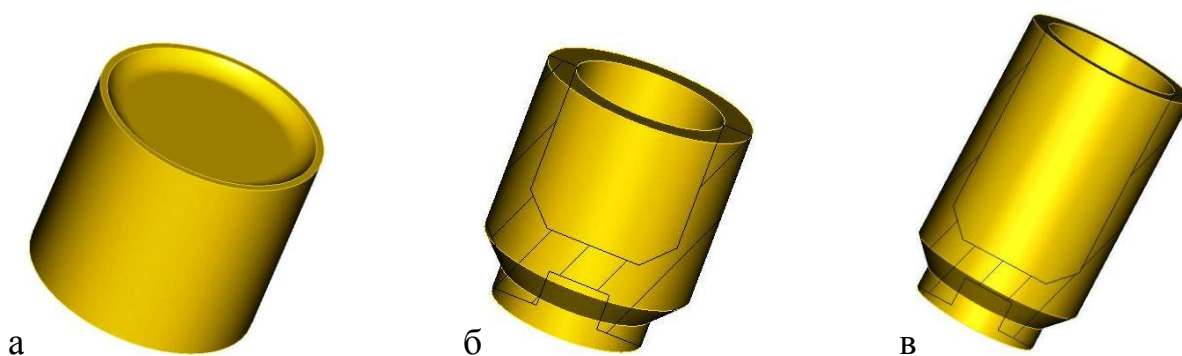


Рисунок 5 – Вид заготовок после осадки (а), после комбинированного выдавливания полуфабриката (б), после вытяжки с утонением стенки (в)

Маршрутный технологический процесс предлагаемой технологической схемы изготовления гильз к спортивно-охотничьим патронам представлен на рисунке 6.

Разработаны рекомендации по проектированию технологического процесса изготовления охотничьих гильз, позволяющие учесть особенности элементов ее конструкции с привлечением разработанной математической модели.

Спроектированы инструмент с рациональной рабочей геометрией и модернизированная штамповая оснастка (рисунок 7) для холодного комбинированного выдавливания, особенностями которой являются использование в конструкции штампа центрирующего узла, снабженного информационными и делительными шкалами, а также наличие быстросъемного крепежа для фиксации матрицы и пуансона. При использовании данной конструкции, которая позво-

ляет центрировать инструмент с высокой точностью, реализуется заданная величина разностенности у полуфабрикатов.

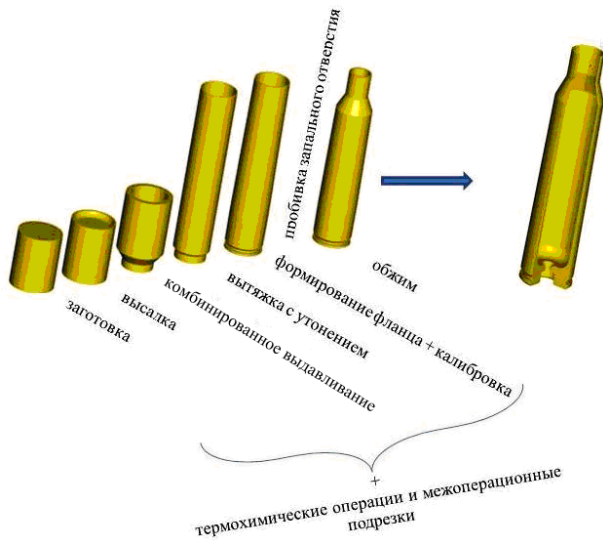


Рисунок 6 – Маршрутная технологическая схема изготовления гильз к спортивно-охотничьим патронам с использованием прутковой заготовки

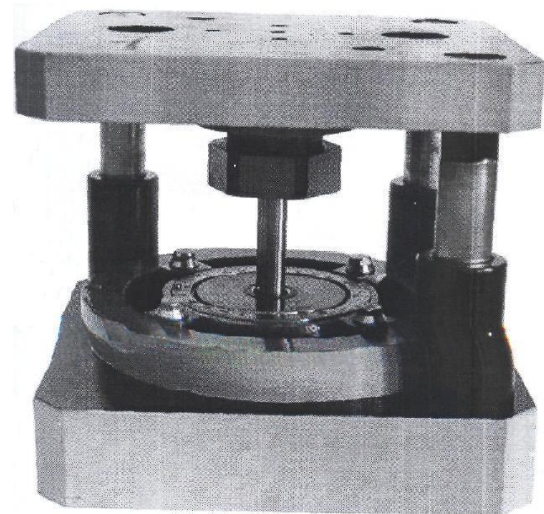


Рисунок 7 - Штамп для комбинированного выдавливания с динамическим центрированием рабочего инструмента

Установлено, что механические свойства деталей, изготовленных по предлагаемой технологической схеме, не уступают механическим свойствам деталей, полученных по существующему технологическому процессу, включающему в себя использование многооперационной вытяжки (рисунок 8).

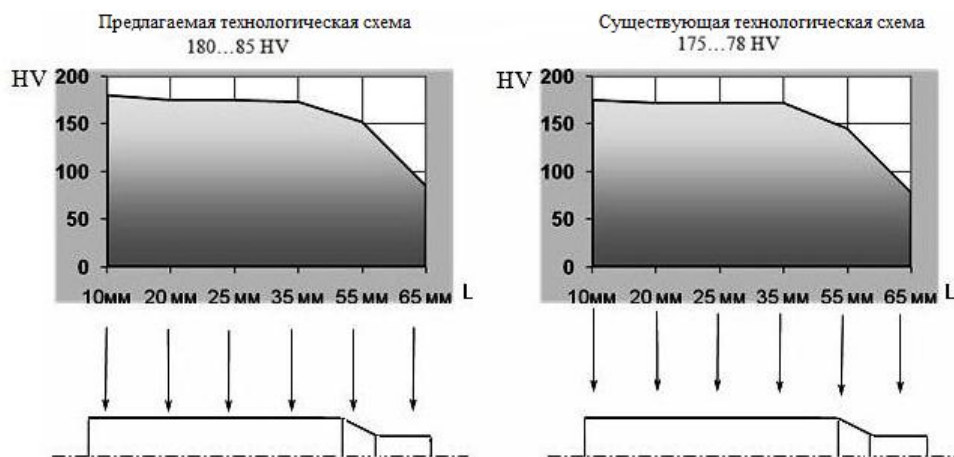


Рисунок 8 - Сравнение распределения твердости HV на гильзе производства Финляндии и гильзе изготовленной по предлагаемой технологической схеме

Результаты теоретических и экспериментальных исследований использованы в опытном производстве ОАО «ТНТИ» (г. Тула). Данные рекомендации обеспечивают сокращение трудоемкости изготовления в 1,2...1,5 раза, сниже-

ние сроков подготовки производства новых изделий до 1,5 раза, увеличение КИМ с 55 до 88 %, повышение качества готового изделия путем уменьшения величины допусков размеров в 2...2,5 раза.

**В заключении** приводятся основные результаты и выводы по выполненной работе.

**В приложении** содержатся тексты программ для ЭВМ по расчету силовых и деформационных параметров исследуемых операций, а также акты внедрения работы в промышленности и учебном процессе.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В работе **решена актуальная научно-техническая задача**, состоящая в теоретическом обосновании рациональных технологических режимов операции комбинированного выдавливания прутковых заготовок в ступенчатой матрице пуансоном с плоским и плоскоконусным торцом на основе энергетического метода для изготовления сложнопрофильных полуфабрикатов, обеспечивающая снижение металлоемкости и трудоемкости изготовления, сокращение сроков подготовки производства и повышение эксплуатационных характеристик.

В процессе теоретических и экспериментальных исследований достигнуты следующие **основные результаты и сделаны выводы**:

1 Выполнен обзор работ по применению операций холодного выдавливания для изготовления охотничьих гильз. Выяснено, что эти детали можно получать более рациональным способом, например, с использованием холодного комбинированного выдавливания сложнопрофильным инструментом. Проведен обзор теоретических методов исследования холодного комбинированного выдавливания.

2 Разработаны математические модели холодного комбинированного выдавливания в форме опорных решений на стационарной и нестационарной стадиях формоизменения, позволяющих выявить напряженное и деформированное состояния заготовки и характер течения металла при пластическом деформировании. Установлено, что давление деформирования имеет независимые минимальные значения при минимизированных значениях параметров  $x$  и  $y$  от степени деформации  $\varepsilon_{об}$ , и угла скоса пуансона  $\alpha$ . Показано, что при комбинированном выдавливании возможны две основные стадии деформирования, стационарная и конечная нестационарная, которые характеризуются в первом случае двойным очагом пластической деформации и промежуточной деформируемой заготовкой с активным трением на контейнере в пользу обратного выдавливания и во втором случае глобальной поверхностью разрыва скоростей  $V_{2,5}$ .

3 В результате проведенного исследования выявлено влияние технологических параметров процесса и геометрических параметров инструмента на силовые и деформационные характеристики. Показано, что с увеличением степени деформации силовые и деформационные характеристики операции возрастают на 20...40 %, коэффициент трения на контактных поверхностях - увеличивается на 25...45 %. Установлено, что рациональные углы конусности пуансона

лежат в диапазоне  $\alpha=40...50^\circ$ , соответствующему минимальному значению силы комбинированного выдавливания. С увеличением угла конусности матрицы происходит рост относительной величины силы. Рациональным углом конусности матрицы следует считать диапазон углов угол  $\alpha=25...30^\circ$ . Установлено, что расчетные величины относительного давления деформирования превышают экспериментальные не более чем на 5...10 %.

4 Проведены экспериментальные исследования по оценке свойств выдавливаемого материала в зависимости от его исходных характеристик. Установлено, что пруток в состоянии поставки должен иметь следующие механические характеристики: равноосные зерна альфа латуни величиной 4...7 балла, не допускаются трещины, расслоения, раковины, неметаллические включения и прессутяжины, твердость по Виккерсу HV должна быть не более 100...110 единиц.

5 Разработанные рекомендации по расчету технологических процессов с использованием комбинированного выдавливания были востребованы в опытном производстве филиала ОАО «ТНИТИ» (г. Тула) при проектировании технологических процессов, инструмента и оснастки для изготовления латунных гильз к охотничьим патронам. Данные рекомендации обеспечивают уменьшение трудоемкости изготовления в 1,2...1,5 раза за счет сокращения технологического цикла на 4 механические операции; сокращение сроков подготовки производства новых изделий в 1,1...1,5 раза; увеличение КИМ с 55 до 88 %. При этом уменьшается количество термохимических операций, что улучшает экологическое состояние атмосферы на производстве.

6 Отдельные материалы научных исследований использованы в учебном процессе на кафедре «Механика пластического формоизменения» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет».

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНО В ПУБЛИКАЦИЯХ**

**1 Тушин Р.А. Влияние термообработки материала на работоспособность гильзы // Известия ТулГУ. Технические науки. Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. Вып. 3. С. 126-131.**

**2 Тушин Р.А. Осевое комплексное выдавливание // Известия ТулГУ. Технические науки. Тула: Изд-во ТулГУ, 2013. Вып. 3. С. 596-602.**

**3 Тушин Р.А. Определение характеристик латуни для операции «осадка» при производстве гильз // Известия ТулГУ. Технические науки. Тула: Изд-во ТулГУ, 2013. Вып. 3. С. 591-596.**

**4 Тушин Р.А., Крутиков П.В. Евдокимов А.К. Комплексное выдавливание ступенчатых втулок с фигурной перемычкой внутри // Известия ТулГУ. Технические науки. Тула: Изд-во ТулГУ, 2013. Вып. 6. Ч. 2. С. 56-65.**

**5 Тушин Р.А. Технологические параметры операции комплексного выдавливания ступенчатых втулок с фигурной перемычкой // Известия ТулГУ. Сер. Технические науки. Тула: Изд-во ТулГУ. 2015. Вып. 3. С. 89-99.**

- 6 Тушин Р.А. Комбинированное выдавливание ступенчатых стаканов // XXX Гагаринские чтения. Научные труды Международной молодежной научной конференции: тезисы докладов. М.: МАТИ, 2004. Том 1. С. 55–56.
- 7 Тушин Р.А. Использование комплексного выдавливания для изготовления латунных // XXXI Гагаринские чтения. Научные труды Международной молодежной научной конференции: тезисы докладов. М.: МАТИ, 2005. Том 1. С. 149–150.
- 8 Тушин Р.А. Выбор схемы выдавливания для изготовления гильзовых полуфабрикатов // XXXII Гагаринские чтения. Научные труды Международной молодежной научной конференции: тезисы докладов. М.: МАТИ, 2006. Том 1. С. 234 – 235.
- 9 Тушин Р.А. Комплексное выдавливание ступенчатых втулок с перемычкой // XXXIII Гагаринские чтения. Научные труды Международной молодежной научной конференции: тезисы докладов. М.: МАТИ, 2007. Том 1. С. 266 – 267.
- 10 Тушин Р.А. Холодное выдавливание гильз. Проблемы и решения // Всероссийская выставка научно-технического творчества молодежи НТТМ-2005: сборник материалов при поддержке ЮНЕСКО. Россия, Москва: ОАО «ГАО ВВЦ», 2005. С. 331 – 332.
- 11 Тушин Р.А. Изготовление толстодонных гильз с использованием комплексного выдавливания // Сборник тезисов Всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов «Современные технологии обработки металлов и средства их автоматизации». Тула: Изд-во ТулГУ, 2008. С. 52-54.
- 12 Тушин Р.А. Изготовление латунных гильз с использованием комплексного выдавливания // Сборник тезисов III магистерской научно-технической конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2008. С. 285-286.
- 13 Тушин Р.А. Разработка технологии и освоение производства снайперских прецизионных гильз типа «Magnum» калибров 8,6x69 мм и 7,62x69 мм // Сборник научных трудов «Техника XXI века глазами молодых ученых и специалистов». Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. С 313-315.

Подписано в печать 08.12.2016.

Формат бумаги 60×84  $\frac{1}{16}$ . Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 0,9. Уч.-изд. л. 0,8.

Тираж 100 экз. Заказ 084.

Тульский государственный университет.  
300012, г. Тула, просп. Ленина, 92

Отпечатано в Издательстве ТулГУ.  
300012, г. Тула, пр. Ленина, 95