

---

## АННОТАЦИИ

---

**Алюшин Ю. А. Двухэтапные модели необратимой деформации на примере линейного растяжения // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

Предложено две модели необратимой деформации, первая из которых использует разные соотношения между поперечными и продольными деформациями на каждом из этапов, при этом второй этап сопровождается диссипацией энергии, накопленной на предшествующей упругой стадии. Для второй модели с идеальной жесткопластической средой обосновано последовательное образование нескольких семейств плоскостей скольжения, причем после образования первого начинается сдвиг по второму семейству, которое требует меньших энергетических затрат. Следствием является диссипация энергии за счет точечных тепловых источников, снижение усилий и прекращение скольжения по первому семейству. Для дальнейшего развития деформации требуется увеличение усилий до критического значения, соответствующего началу первого этапа. Обе модели согласуются с экспериментально наблюдаемыми механизмами необратимой деформации. Дополнительно показана возможность протекания деформации без дополнительной энергии от внешних источников за счет изменения соотношения между дивергенцией вектора ускорения и ротора вектора скорости.

**Ключевые слова:** уравнения движения, кинематически возможные поля скоростей, энергия деформации, диссипация.

**Драгобецкий В. В., Пузырь Р. Г., Гайкова Т. В., Левченко Р. В. Определение компонент тензора деформаций // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

На основе теоретического анализа процесса профилирования замкнутых оболочек получены аналитические зависимости для расчета компонент тензора деформаций при радиально-ротационном способе производства ободов колес, основанные на допущениях теории процессов обработки металлов давлением и теории упругости. Теоретически определены среднее утонение профиля для зон раздачи и обжима, меридиональная и тангенциальная деформации, а также размеры полуфабриката в зависимости от заданной подачи и радиусов профилирующих роликов. Данные выражения позволяют при проектировании технологии радиально-ротационного профилирования и расчете напряженно-деформированного состояния учитывать упрочнение металла после каждого единичного обжатия и прогнозировать степень деформации по переходам.

**Ключевые слова:** обод, заготовка, профилирование, тензор деформаций, раздача, обжим, центральный ручей.

**Матюхин А. Ю. Сравнительный анализ полученного аналитического решения осесимметричной задачи теории пластичности с численным методом // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

В работе представлен сравнительный анализ ранее полученного аналитического решения плоской задачи теории пластичности полуобратным методом с использованием гармонических функций в цилиндрических координатах с одним из численных методов. В основу исследования был положен процесс свободной осадки толстостенного полого цилиндрического изделия в осевом направлении между двумя шероховатыми плитами. Инструментом для решения поставленной задачи принят расчетный комплекс ANSYS, работающий на одном из численных методов – методе конечных элементов. Создана конечно-элементная модель исследуемого цилиндрического полого образца.

Сопоставляя значения средних нормальных контактных напряжений, полученных в результате моделирования процесса в программном продукте ANSYS с аналитическим решением, при тех же параметрах процесса, можно сделать вывод о том, что относительная погрешность не превышает 15 %.

**Ключевые слова:** осесимметричная задача теории пластичности, напряженно-деформированное состояние, гармоническая функция, цилиндрические координаты, метод конечных элементов.

**Грязев М. В., Ларин С. Н., Пасынков А. А. Исследование напряженного состояния заготовки при раздаче трубы коническим пуансоном // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

Выполнены теоретические исследования процесса раздачи трубной заготовки в целях установления влияния механических свойств исходного материала, геометрических параметров инструмента на напряженное и деформированное состояние и силовые режимы. Установлено влияние геометрических параметров пуансона на напряженное состояние и силовые параметры раздачи трубных заготовок.

**Ключевые слова:** раздача, матрица, деформирование, напряжения, деформации.

**Добров И. В., Семичев А. В., Рубан В. Н., Коптиль А. В. Разработка нового визиопластичного метода исследования процессов ОМД на примере осадки симметричной заготовки // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

Разработан новый метод визиопластичности для исследования кинематических параметров процессов ОМД при деформации заготовки с высокими пластическими свойствами. Представлены результаты экспериментальных исследований процессов свободной осадки симметричной заготовки пуансоном с различным профилем контактной поверхности. При осадке заготовки с прямоугольным выступом на торце заготовки бочкообразность деформированной заготовки уменьшается по сравнению с бочкообразностью деформированной заготовки, когда поверхность пуансона выполнена в виде клина. При осадке «без трения» на боковой поверхности выступа заготовки слой пластически деформируемого материала заготовки переходит в стружку, которая отделяется от основного слоя материала обработанной заготовки и скользит на некотором участке по контактной поверхности инструмента. Установлены характерные особенности образования выступов на торцевой поверхности деформированной заготовки при изменении конфигурации формообразующих впадин на поверхности пуансона.

**Ключевые слова:** визиопластичность, осадка, заготовка из пластилина, формообразование выступов при осадке, трение.

**Орлова Е. П., Даирбекова Г. С. Анализ теории расчета энергосиловых параметров процесса вытяжки при штамповке деталей на листоштамповочных многопозиционных автоматах // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

В данной статье проведен анализ теории расчета энергосиловых параметров процесса вытяжки при штамповке деталей на многопозиционных листоштамповочных автоматах. С использованием разработанных в теории обработки металлов давлением способов приближенных решений удалось создать сравнительно стройную методику анализа формоизменяющих операций листовой штамповки, позволяющую учесть влияние многих факторов на процесс деформирования. С целью рационального нагружения и перекоса ползуна, а также смещения инструмента в результате изменения усилий по длине и пути ползуна при штамповке деталей на листоштамповочных многопозиционных автоматах было установлено, что целесообразно осуществлять вытяжку с утонением стенки без уменьшения внутреннего диаметра.

**Ключевые слова:** листовая штамповка, многопозиционный листоштамповочный автомат, энергосиловые параметры, вытяжка, напряженное состояние.

**Белошенко В. А., Пилипенко А. Н., Чишко В. В. Влияние комбинированной пластической деформации и отжига на внутреннее трение субмикроструктурной меди // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

В интервале 300 – 1100 К исследованы температурные зависимости внутреннего трения деформированных и отожженных образцов субмикроструктурной меди М06, FRTP и М1, полученных комбинированной пластической деформацией. Установлены отличия в релаксационном спектре внутреннего трения меди в зависимости от степени ее чистоты и схемы деформирования. Показано, что комбинированная пластическая деформация со сдвигом понижает температуру начала рекристаллизационных процессов и зернограничной релаксации (М06, М1) в сравнении с образцами, подвергнутыми монотонному формоизменению. Наблюдаемая при отжиге сегрегация примесей на границах зерен тормозит процесс рекристаллизации независимо от схемы деформирования. Обсуждаются физические механизмы выявленных эффектов.

**Ключевые слова:** внутреннее трение, медь, комбинированная пластическая деформация, примеси, рекристаллизация, зернограничная релаксация.

**Жбанков Я. Г., Самоглядов А. Д. Повышение качества заготовок для энергетического машиностроения на основе применения способов комбинированного деформирования в процессах ковки // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

Процесс ковки деталей энергетического машиностроения на основе использования комбинированного деформирования профилированием и осадкой, позволяет повысить качество конечного изделия. Установлено, что предварительное профилирование заготовки перед осадкой позволяет повысить уровень деформационной проработки слитка и избавиться от зон затрудненных деформаций. Рассмотрено несколько вариантов профилирования заготовки на прямоугольное сечение плоскими бойками – профилирование заготовки с соотношениями высоты к ширине, равными 0,75 и 0,5. Установлено, что наиболее рациональной схемой профилирования заготовки перед осадкой можно считать схемы профилирования на прямоугольное поперечное сечение с соотношением  $h/b = 0,75$ .

**Ключевые слова:** ковка, слиток, профилирование, осадка, моделирование, метод конечных элементов, деформация.

**Розов Ю. Г. Научное обоснование технологических режимов радиального обжатия прецизионных трубчатых изделий с профилируемой внутренней поверхностью // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

В статье рассмотрено получение прецизионной толстостенной трубчатой заготовки с внутренними винтовыми дорожками на примере изготовления ствола стрелкового оружия с полигональным профилем. Одним из прогрессивных способов получения внутреннего профиля ствола является волочение трубчатой заготовки на профильной оправке через гладкую коническую матрицу с регулируемым ограничением течения металла в осевом направлении. Представлены результаты конечно-элементного моделирования процесса формообразования канала ствола, позволяющие оценить влияние ограничения течения металла в осевом направлении на формирование профиля при различных значениях рабочего угла и длины калибрующего пояса матрицы. Результаты проведенного анализа позволили выработать практические рекомендации, которые могут быть полезны при проектировании рассмотренных процессов.

**Ключевые слова:** трубчатая заготовка, радиальное обжатие, ограничение течения металла, профильная оправка, ствол стрелкового оружия, полигональный профиль.

**Калюжный В. Л., Соколовская С. С. Влияние трения на формообразование осесимметричных полых изделий из стали 10 комбинированной вытяжкой в одноконусной матрице // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

Приведены результаты анализа методом конечных элементов по влиянию коэффициента трения на комбинированную вытяжку в одноконусной матрице осесимметричных полых изделий из стали 10. Для относительной толщины заготовки 1,5%, коэффициента вытяжки 0,4, коэффициентов трения  $\mu = 0,05; 0,08; 0,1$  и 0,15 определены усилия вытяжки и усилия снятия изделия из пуансона, напряженно-деформированное состояние, степень использования ресурса пластичности и температура продеформированного металла при формообразовании. Выявлены конечные формы и размеры изделий. Установлено, что увеличение коэффициента трения приводит к росту усилия вытяжки, усилия съема изделия и увеличению температуры. При этом также возрастают растягивающие напряжения в стенке цилиндрической части продеформированной заготовки и в стенке на радиусе скругления пуансона. Определено, что формообразование с коэффициентом трения  $\mu = 0,15$  на промежуточной стадии вытяжки приводит к полному исчерпанию ресурса пластичности в стенке на радиусе скругления пуансона и обрыву донной части продеформированной заготовки.

**Ключевые слова:** комбинированная вытяжка, полое изделие, одноконусная матрица, коэффициент трения, метод конечных элементов, усилие деформирования, конечные формы и размеры изделий, интенсивность деформаций, степень использования ресурса пластичности.

**Фролов Я. В., Зубко Ю. Ю., Ремез О. А., Ашкелянec А. В. Исследование влияния геометрии пояса матрицы на течение алюминия в процессе МНРКУП // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

В работе представлено исследование влияния геометрии пояса матрицы на течение алюминия в процессе МНРКУП. Для проведения исследования было выбрано математическое моделирование на базе программы QForm V8. QForm V8 хорошо себя зарекомендовал при проведении расчётов влияния геометрии инструмента на течение металла, а также показал хорошие результаты сходимости при сопоставлении с проведёнными экспериментами. Для исследования влияния геометрии пояса матрицы на течение алюминия при МНРКУП использовались 3 варианта пояса с переменной толщиной по сечению. В ходе проведения данной работы было установлено, что QForm V8 хорошо подходит для моделирования процессов интенсивной пластической деформации, а также выбрана оптимальная геометрия пояса матрицы, обеспечивающая наименьшую кривизну спиц ступицы. Результаты исследований будут использованы в дальнейшем при конструировании инструмента и разработке технологии производства деталей типа ступица со спицами методом МНРКУП.

**Ключевые слова:** угловое прессование, размер зерна, деформация, МКЭ модель, прессование, алюминий, НРКУП.

**Бондаренко С. В., Гридин А. Ю., Шапер М. Исследование зависимости температуры и степени деформации тонких участков профилированных полос при валковой разливке-прокатке с дополнительным тепловым сопротивлением // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

В данной работе авторами рассматривается новая технология получения полос с профилированным поперечным сечением на агрегатах валковой разливки-прокатки. Основным элементом в данной технологии является применение профилирующей ленты, которая охватывает один или оба валка-кристаллизатора, что вносит дополнительное тепловое сопротивление в систему металл-валок. В работе проведен теоретический анализ влияния толщины профилирующей ленты на параметры, влияющие на качество тонкостенных элементов профилированной полосы. Для математического анализа использовалась двумерная модель процесса валковой разливки-прокатки в конечно-элементной среде Ansys Flotran. Получены зависимости степени деформации и температуры тонких элементов полосы от высоты зоны кристаллизации-деформации, а также от толщины профи-

лирующей ленты. Результаты, полученные в данной работе, будут использованы при разработке технологии валковой разливки-прокатки полос с профилированным поперечным сечением и позволят получать полосы с высоким уровнем механических свойств.

**Ключевые слова:** валковая разливка-прокатка, профилированная полоса, алюминиевый сплав, компьютерное моделирование, степень деформации, температура.

**Руденко Н. А. Влияние добавки порообразователя на распределение относительной плотности неспеченных прессовок // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

В статье показано, что конечно-элементный программный комплекс DEFORM-3D позволяет проводить моделирование прессования порошковых материалов без проведения сложных экспериментов по калибровке расчетной модели пористого материала. Приведена кривая упрочнения материала основы порошка железа, а также виртуальная кривая упрочнения смеси порошка железа и порошка бикарбоната аммония состава 40/60 по объему. Кривая упрочнения материала основы порошка железа отличается от кривой упрочнения малоуглеродистой стали близкого химического состава. Конечно-элементное моделирование прессования с помощью полученных кривых показало, что добавление порообразователя к порошку железа приводит к гомогенизации распределения плотности по объему порошковой прессовки.

**Ключевые слова:** порошки, моделирование, кривая упрочнения, порообразователь, прессование.

**Алиева Л. И., Алиев И. С., Картамышев Д. А., Чучин О. В. Формоизменение в процессе комбинированного выдавливания полых деталей типа стакана // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

Рассмотрены разновидности комбинированного выдавливания полых деталей и способы радиально-продольного выдавливания в зависимости от кинематики и степени свободы течения металла, разделены на 2 группы – совмещенного и последовательного комбинированного выдавливания. Экспериментальным путем и моделированием методами конечных элементов и верхней оценки установлены характер распределения деформированного состояния для полых деталей типа стакана и накопления деформаций при холодном деформировании. Показано, что расчеты накопленной степени деформации выполненные различными методами моделирования дают значения, близкие к экспериментальным данным. Установлено, что зоны наиболее интенсивной деформации прилегают ко дну и внутренней поверхности полости стакана. Методом конечных элементов изучены закономерности развития напряженно-деформированного состояния заготовок при радиально-прямом выдавливании с раздачей и дана оценка силовому режиму процесса. Установлено, что материальные частицы заготовки, расположенные на периферийных участках, подвергаются немонотонной деформации с положительным значением показателя напряженного состояния.

**Ключевые слова:** радиально-прямое выдавливание, напряженно-деформированное состояние, накопленная степень деформации, метод конечных элементов, силы деформирования, показатель напряженного состояния.

**Белошенко В. А., Бейгельзимер Я. Е., Возняк Ю. В., Савченко Б. М., Дмитренко В. Ю. Равноканальная многоугольная экструзия полимерных заготовок, полученных FDM-процессом // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

Впервые предложен и реализован новый способ получения структурно-модифицированных полимеров, базирующийся на комбинации FDM-процесса (Fused Deposition Modeling) и равноканальной многоугольной экструзии (РКМУЭ). Методами динамического механического анализа и дюротметрии исследованы физические и механические свойства аморфных (ABS, PET-G) и аморфно-кристаллических (PET) полимеров в широком интервале температур. Выявлены различия в свойствах образцов полимеров, полученных FDM-процессом, в зависимости от направления укладки слоев расплава. Показано, что РКМУЭ обеспечивает улучшение вязкоупругих характеристик полимеров, полученных FDM процессом. Под действием РКМУЭ также повышаются плотность, ударная вязкость, температура стеклования и микротвердость. Предложена физическая модель, описывающая поведение слоистых материалов под действием РКМУЭ.

**Ключевые слова:** полимер, FDM-процесс, равноканальная многоугольная экструзия, вязкоупругие характеристики, микротвердость.

**Марков О. Е., Шарун А. О., Косилов М. С., Инчаков Е. В. Современные способы получения тонкостенных деталей ответственного назначения // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

В статье рассмотрены основные способы производства поковок типа днищ, которые предусматривают формовку заготовки по участкам с последующей вытяжкой, протяжку на оправке с дальнейшей раздачей заготовки, циклическую локальную осадку разгонкой цилиндрической заготовки, а также формовку предварительно нагретого конца вращающейся трубчатой заготовки и сварки. Эти методы изготовления днищ не обеспечивают проработку структуры металла, имеют большое количество переходов, недостаточную надежность сварного шва, а также требуют применения более энергоёмкого оборудования. Известные способы получения крупногабаритных днищ методами сварки двух или нескольких катаных или кованых заготовок характеризуются



ются значительной трудоемкостью, малым коэффициентом использования металла, не обеспечивают высокую надежность изделий, т.к. при изготовлении корпусов неизбежно получение пересекающихся сварных швов, что недопустимо при производстве узлов энергетических установок. Определение основных технологических параметров процессаковки днищ является весьма сложной задачей. Поэтому в производстве большое количество экспериментальных и доводочных работ, а реализуемые режимы обработки далеки от оптимальных.

**Ключевые слова:** ковка, детали атомных реакторов, днища, тонкостенные поковки, слиток.

**Чухлеб В. Л., Клемешов Е. С., Гринкевич В. А., Ярошенко О. А., Халезова Т. А., Фролов А. А., Дья Х.** Промышленное внедрение ресурсосберегающего процессаковки с рациональным режимом формоизменения уменьшенной прибыльной части слитков из коррозионностойких сталей // *Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).*

В статье рассмотрен процессковки слитков с уменьшенной прибыльной частью из коррозионностойких сталей на предприятии ООО «Днепропресс Сталь». В частности, определено формоизменение при ковке прибыльной части слитка при помощи компьютерного моделирования. Основной целью данного исследования являлся анализ формоизменения и напряженно-деформированного состояния металла при протяжке прибыльной части слитка, а также, совершенствование существующих схем деформаций при ковке таких слитков. Результатом работы является получение данных по формоизменению прибыльной части слитка и разработка рекомендаций по оптимизации схем деформации дляковки слитков с уменьшенной прибыльной частью.

**Ключевые слова:** ковка, слиток, протяжка, формоизменение, деформация.

**Мороз Б. С., Пасхалов А. С., Гунин А. В.** Влияние контактных условий и направления действия сил трения на напряженное состояние заготовки при горячем обратном выдавливании полых изделий // *Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).*

Рассмотрены результаты математического моделирования напряженного состояния заготовки при горячем обратном выдавливании полого изделия из сплава АК6 со смазкой и выдавливания с активным действием сил трения при скорости смещения матрицы относительно деформируемой заготовки, равной скорости истечения металла в стенку изделия. Показано, что в принятых скоростных условиях формоизменения силы трения активного действия снижают все компоненты тензора напряжений, неравномерность напряженного состояния деформируемой заготовки и силу деформирования по сравнению с обычным обратным выдавливанием, но не изменяют схему напряженного состояния – «всестороннее неравномерное сжатие».

**Ключевые слова:** математическое моделирование, обратное выдавливание, активное трение, заготовка, напряженное состояние.

**Калюжный А. В., Горностаев В. Н., Гулюк А. А., Олександренко Я. С.** Горячая штамповка полых изделий из высокопрочного алюминиевого сплава с заданной проработкой структуры металла пластической деформацией // *Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).*

Методом конечных элементов проведены исследования и установлены параметры технологии горячей штамповки полого изделия из сплава В93пч с заданной проработкой структуры металла пластической деформацией для обеспечения механических свойств в стенке изделия после термообработки. Расчетным путем определены форма и размеры исходной заготовки, температура подогрева деформирующего инструмента, усилие штамповки, усилие выталкивания изделия из матрицы, удельные усилия на деформирующем инструменте, изменение температуры металла при формообразовании изделия, напряженно-деформированное состояние в деформированном металле, конечные форма и размеры изделия. По результатам моделирования спроектирован и изготовлен штамп для горячей штамповки и проведены экспериментальные исследования на гидравлическом прессе. Выполнены испытания на растяжение стандартных образцов, которые вырезаны из стенки изделия после проведенной термообработки. Определены условный предел текучести, предел прочности, относительное удлинение и твердость. Данные испытаний отвечают требованиям по механическим свойствам деформированного металла в стенке изделия.

**Ключевые слова:** горячая штамповка, полое изделие, алюминиевый сплав, метод конечных элементов, силовые режимы, интенсивность деформаций, экспериментальные исследования, механические свойства.

**Сиккульский В. Т., Тараненко М. Е., Кашеева В. Ю., Сиккульский С. В.** Расчет основных параметров симметричного формоизменения монолитных ребристых панелей двойной кривизны последовательным деформированием // *Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).*

Рассмотрены технологические параметры получения панелей с оребрением двойной кривизны для изделий аэрокосмической техники с использованием перспективного процесса формообразования последовательной местной гибкой с посадкой (разводкой). Описаны процесс и методика расчета необходимого количества местных воздействий и энергии местного воздействия для получения панелей требуемой формы и размеров. Проведено экспериментальное исследование технологического процесса на натурных панелях с жесткими ребрами.

**Ключевые слова:** технологический процесс, формообразование, панель, двойная кривизна, посадка, разводка, пластическая деформация, прогиб.

**Ларин С. Н., Платонов В. И., Чарин А. В. К оценке напряженного состояния материала заготовки в процессе пневмоформовки многослойных листовых конструкций с прямоугольными каналами // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

В статье представлены результаты математического моделирования изотермического деформирования многослойной оболочки в прямоугольный канал. Полученные выражения позволяют провести дальнейший анализ пневмоформовки с целью определения рациональных параметров формоизменения. Полученные выражения справедливы как для материалов, подчиняющихся как кинетическим, так и энергетическим уравнениям ползучести и повреждаемости.

**Ключевые слова:** формоизменение, многослойные конструкции, прямоугольные каналы, силовые параметры.

**Попивненко Л. В., Руденко Н. А., Ищенко В. А. Исследование особенностей прессования и спекания высокопористых материалов, изготовленных с применением различных порообразователей // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

Рассмотрены особенности прессования и спекания образцов, полученных из смеси порошка железа с различными видами порообразователя (бикарбонат аммония, гидрокарбонат натрия, хлорид натрия). Прессование смесей выполнялось в закрытой цилиндрической матрице по односторонней схеме, а спекание прессовок проводилось в контейнере с засыпкой в восстановительной среде. Построены кривые уплотнения и выпрессовки для образцов, сделанных из указанных смесей для диапазона давлений прессования 200–800 МПа с шагом 100 МПа. Установлено влияние применяемых в эксперименте порообразователей на уплотняемость смесей системы железо-порообразователь. Построены зависимости изменения линейных размеров спеченных образцов для фиксированных значений давлений прессования в указанном диапазоне. Экспериментально установлено, что рассмотренные порообразующие вещества являются эффективными для формирования в порошковых изделиях пор требуемого размера, а также для достижения высокой пористости изделий с минимальным загрязнением их продуктами разложения, которые остаются от порообразователя.

**Ключевые слова:** высокопористые материалы, давление прессования, порообразующие вещества, размер пор, кинетика усадки (роста), хлорид натрия.

**Попивненко Л. В., Щасная К. О. Анализ факторов, определяющих прочность формуемых порошковых материалов в закрытых пресс-формах // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

В статье рассмотрены основные факторы, влияющие на прочность формуемых порошковых материалов в закрытых пресс-формах: форма и размер частиц, состояние их поверхности, химический состав материала порошка, давление прессования и температура порошковых материалов при прессовании, плотность прессовок, наличие и вид применяемой смазки. Прочность прессовок особенно важна для изделий тонкого сечения и при низкой плотности. Дополнительное повышение прочности неспеченных прессовок открывает новые возможности технологии порошковой металлургии. Так, в некоторых случаях, можно отказаться от последующего спекания, например, при изготовлении статоров микродвигателей и ряда магнитов. Увеличение прочности порошковых прессовок в некоторых случаях позволяет осуществлять их механическую обработку до спекания. Это позволит сохранить в необходимых случаях пористость поверхности, получать изделия очень сложной конфигурации даже из труднообрабатываемых порошковых материалов, сделать экономически эффективным изготовление даже небольших партий изделий, увеличить размерную точность деталей за счет снижения искажений формы при спекании.

**Ключевые слова:** прочность неспеченных порошковых изделий, давление прессования, хрупкое разрушение, плотность прессовок, холодная сварка частиц, механическое зацепление частиц.

**Павленко Д. В. Особенности уплотнения спеченных титановых сплавов методами обработки давлением // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

Изучена пористость спеченных образцов из порошков титана ПТ5 после деформации горячим изостатическим прессованием, винтовой экструзией и гидроэкструзией. Установлено, что горячее изостатическое прессование обеспечивает уплотнение тонкого поверхностного слоя. Показано, что рациональным методом объемного уплотнения и получения компактных полуфабрикатов титановых сплавов является винтовая экструзия.

**Ключевые слова:** титановые сплавы, порошковая металлургия, винтовая экструзия, горячее изостатическое прессование, гидроэкструзия, структура, пористость.

**Огинский И. К., Ремез О. А. Исследование деформационно-скоростных параметров непрерывной сортовой прокатки // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

Существующие методы расчета деформационно-скоростных режимов прокатки являются несовершенными, поскольку получены на физически упрощенной основе. Целью работы является анализ существующих подходов к определению параметров непрерывной прокатки, выявление ее кинематических особенностей, разработка предложений по совершенствованию методов расчета скоростных режимов прокатки. Результаты ана-

лиза свидетельствуют о том, что все методы в недостаточной степени отражают физическую сторону взаимодействия полосы и валков, не учитывают кинематику перемещения металла и инструмента. Известные методы расчета скоростных режимов прокатки на основе катающего диаметра включают необходимость определения опережения, которое является трудноопределимым параметром, с недостаточно выясненной природой образования даже при прокатке на гладкой бочке. Предложен метод определения катающего диаметра, в основе которого использована кинематическая взаимосвязь валков и выходящего из них раската. Метод исключает необходимость определения опережения при прокатке в вытяжных калибрах при расчете скоростных параметров.

**Ключевые слова:** прокатка, непрерывный стан, валок, опережение, катающий диаметр, скорость.

**Василев Я. Д., Замогильный Р. А., Самокиш Д. Н., Олейник А. В. Повышение точности расчета коэффициента трения при холодной полосовой прокатке // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

Предложен метод теоретического определения коэффициента  $k_{см}$ , характеризующего смазочную эффективность технологических смазок при холодной прокатке по показателям их химических свойств. Использование значений коэффициента  $k_{см}$ , полученных с учетом химических свойств каждой конкретной технологической смазки (эмульсола) позволит повысить точность расчета коэффициента трения при холодной прокатке по любой формуле (методике) как минимум на 10...40%, поскольку до настоящего времени значения коэффициента  $k_{см}$  принимались постоянными и равными соответственно 1,0 (для растительных масел) и 1,4 (для минеральных масел и эмульсолов).

**Ключевые слова:** холодная прокатка, точность, коэффициент трения, технологические смазки, параметр, расчет.

**Василев Я. Д., Самокиш Д. Н., Замогильный Р. А., Железнов Д. В. Экспериментальное исследование влияния натяжения на силу прокатки и кривые пластичности при холодной прокатке // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

Получены экспериментальные данные о силе при холодной прокатке полос толщиной 0,5 мм из стали 08кп без смазки с натяжением, в диапазоне изменения частных относительных обжатий  $\varepsilon$  от 0,1 до 0,4 и относительных натяжений  $q/\sigma_T$  от 0 до 0,5, на базе которых были построены кривые пластичности  $P_3=\varphi(h_1)$ . Экспериментальные кривые  $P_3=\varphi(h_1)$  независимо от уровня и соотношения относительных натяжений имеют одинаковый плавный характер изменения и отличаются между собой только количественно. Это свидетельствует о том, что натяжение является одним из основных стабилизирующих факторов процесса холодной прокатки и подтверждает целесообразность его применения в качестве канала воздействия на толщину, профиль и форму полосы в соответствующих системах автоматического регулирования.

**Ключевые слова:** экспериментальное исследование, натяжение, сила прокатки, кривые пластичности, холодная прокатка.

**Максименко О. П., Присяжный А. Г., Кухарь В. В., Кузьмин Е. В. Теоретический анализ момента при прокатке с натяжением полосы // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

Правильность расчета момента прокатки позволяет прогнозировать достоверные значения мощности двигателя прокатного стана. Анализ публикаций показал, что известные методы расчета момента прокатки с натяжением полосы не учитывают влияние такого фактора, как среднее интегральное значение продольной силы пластически деформируемого металла. В связи с этим в работе на основе условия устойчивости процесса прокатки и результатов анализа силового взаимодействия полосы с валками получил дальнейшее развитие метод расчета, отличающийся тем, что позволяет определить момент прокатки с натяжением полосы с учетом влияния указанного фактора. С помощью усовершенствованного метода расчета получены новые данные для условий горячей и холодной прокатки полос с натяжениями. Анализ этих данных подтвердил, что составляющая момента прокатки, связанная с влиянием среднего интегрального значения продольной силы пластически деформируемого металла, является существенной. Значения момента прокатки, рассчитанные на основе усовершенствованного метода, хорошо согласуются с опубликованными экспериментальными данными: расхождение между результатами расчета и опытными данными не превысило 25 %.

**Ключевые слова:** полоса, натяжение, момент прокатки, условие устойчивости, продольная сила.

**Найзабеков А. Б., Талмазан В. А., Ержанов А. С., Ерназарова Ф. М., Калдыбекова А. Т. Обзор дефектов поверхности при холодной прокатке // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

В условиях жесткой конкуренции на рынке металлопродукции одним из важных приоритетов каждого металлургического предприятия является обеспечение качества своей продукции. Поверхностные дефекты резко снижают качество продукции, а также являются причиной отсортировки и отбраковки металла, в результате чего промышленное предприятие несет убытки. Таким образом, вопросы, связанные с обеспечением и повышением качества металлопродукции являются весьма актуальными.

Работа носит обзорный характер. В статье произведен обзор основных поверхностных дефектов часто встречающихся на предприятии АО «АрселорМиттал Теміртау», которые являются причиной существенной

отсортировки и отбраковки холоднокатаной продукции. Рассмотрены основные виды дефектов, возможные причины их появления, а также меры предупреждения. Результаты работы позволяют наметить основные и приоритетные направления по обеспечению и повышению качества прокатной продукции на промышленном предприятии АО «АрселорМиттал Теміртау».

**Ключевые слова:** холодная прокатка, поверхностный дефект, качество продукции, дефект «отпечаток», дефект «накол», дефект «вмятина», дефект «царапина».

**Гогаев К. А., Подрезов Ю. Н., Волощенко С. М. Технология производства литых деталей из бейнитного чугуна с шаровидным графитом для почвообрабатывающей сельхозтехники // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

Изучено влияния структуры на механические свойства и механизм износа в условиях максимально приближенных к реальным. Особое внимание уделено процессу превращения остаточного аустенита в мартенсит под действием пластической деформации. Показано, что склонность структуры к реализации этого эффекта является определяющим фактором для повышения износостойкости. Представлены результаты исследования износа лабораторных образцов и результаты полевых испытаний.

**Ключевые слова:** бейнитный чугун, скорость упрочнения, деформационно-индуцированное фазовое превращение.

**Анищенко А. С., Кухарь В. В., Глазко В. В. Исследование упругой деформации кольцевых элементов штамповой оснастки из полиуретана // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

Цель работы – изучение влияния скорости и степени деформации при осадке в упругой области кольцевых образцов из полиуретана. Литые образцы имели наружный и внутренний диаметры, равные соответственно 60 и 30 мм, и высоту 12 мм. Относительная степень деформации была равна 0,1, 0,2 и 0,3. Эксперименты проводили при скорости деформирования, равной 0,1, 0,7 и 3,0 миллиметров в секунду. Установлено, что с ростом степени деформации от 0,1 до 0,3 в интервале скоростей деформирования 0,1–3,0 мм/с давление осадки возрастает в 5,8–3,8 раза. Уменьшение скорости деформирования в 30 раз при  $\varepsilon = 0,1–0,3$  снижает давление осадки в 1,23–1,5 раза. Предложены формулы аппроксимации, определяющие зависимость давления осадки от степени, скорости деформации и деформирования полиуретана.

**Ключевые слова:** полиуретан, осадка, скорость, степень, деформация, давление.

**Карнаух С. Г. Разработка и исследование оборудования для разделения сортового проката на мерные заготовки // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

Разработана установка для ломки сортового проката изгибом. Преимуществом предложенной конструкции является то, что энергия, накопленная в машине за счет упругой деформации станины и привода, расходуется на совершение полезной работы – нанесение концентратора напряжений для ломки изгибом следующей заготовки. Таким образом, в одном цикле работы установки совмещаются две операции: ломка изгибом и нанесение концентратора напряжений в плоскости разделения следующей заготовки, что повышает производительность процесса. Установка статического действия работает в динамическом режиме и обеспечивает повышенную скорость нанесения концентратора напряжений, что повышает качество разделяемых заготовок. По результатам проведенных экспериментальных исследований, по внедрению в образец клиновых инструментов различной формы, получены зависимости сил нанесения концентратора напряжений от хода инструмента. Результаты экспериментальных исследований удовлетворительно согласуются с теоретическими расчетами, которые выполнены по известным математическим моделям, с погрешностью в пределах 5...10%. Погрешность связана с тем, что математическая модель не учитывает упрочнение материала в области деформирования. Кроме того, необходимо более корректно выбирать значения коэффициентов трения скольжения. Проведенные расчеты для стали 20 с концентратором напряжений треугольной формы показывают, что величины накопленной энергии упругой деформации станины и привода гидравлического пресса (примерно 90 Дж) с запасом хватает для нанесения эффективного концентратора напряжения для ломки следующей заготовки (45 Дж), даже с учетом затупления режущих кромок клинового ножа.

**Ключевые слова:** разделение, ломка изгибом, концентратор напряжений, нож, клин, ломатель, качество, сила, работа ломки, прокат, заготовка.

**Калюжный А. В. Интенсификация комбинированной вытяжки осесимметричных полых изделий в одноконусной матрице специального профиля // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

Приведены результаты моделирования методом конечных элементов комбинированной вытяжки спрессованным пуансоном осесимметричных изделий из нержавеющей стали 12Х18Н10Т в одноконусной матрице специального профиля. Боковая поверхность пуансона образована пересечением торов с одинаковыми диаметрами сечения и внешними диаметрами. При вытяжке таким пуансоном металл заполняет впадины на поверхности пуансона в зазоре между матрицей и пуансоном. Это обеспечивает создание дополнительного тянущего усилия до стенки продеформированной заготовки и снижение растягивающих напряжений в опасном

сечении стенки. Проведено моделирование вытяжки традиционным пуансоном и спрофилированным пуансоном. Применение спрофилированного пуансона обеспечивает снижение в 2 раза количества переходов вытяжки и увеличение степени деформации при утонении стенки. Для вытяжки спрофилированным пуансоном изделий с различной толщиной стенки определены зависимости усилия вытяжки от перемещения пуансона, напряженно-деформированное состояние, степень использования ресурса пластичности, температура сформированного металла и установлены усилия снятия изделий из пуансонов. Моделированием выявлены конечные формы и размеры изделий.

**Ключевые слова:** комбинированная вытяжка, полые изделия, матрица специального профиля, спрофилированный пуансон, метод конечных элементов, переходы вытяжки, утонение стенки, усилие вытяжки, конечные размеры изделий, интенсивность деформаций, ресурс пластичности.

**Кривцова О. Н., Кузьмина Н. Ю., Михеев С. С., Цыганова В. М. Эффективность формоизменения полосы в используемых и рекомендуемых калибрах в условиях сортопрокатного стана АО «АрселорМиттал Темиртау» // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

Проведено исследование эффективности формоизменения полосы используемых и рекомендуемых вытяжных калибров при прокатке арматурного профиля различных номеров. Оценка эффективности вытяжных калибров для сортопрокатного стана 320 проводилась в связи с переходом исходной заготовки с 130×130 мм на увеличенное сечение 150×150 мм. Полученные в результате анализа значения подтверждают эффективность деформации в выбранных системах калибров при прокатке арматурных профилей из заготовок увеличенного сечения в условиях сортопрокатного цеха АО «АрселорМиттал Темиртау».

**Ключевые слова:** арматурный прокат, увеличение размеров исходной заготовки, эффективность рекомендуемых систем вытяжных калибров.

**Корнилова А. В., Идармачев И. М., Батарин Р. В., Тет Паинг Разработка основ проектирования машин для обработки металлов давлением с заданной долговечностью // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

В статье проведен анализ возможности проектирования и изготовления кузнечно-прессового оборудования заданной (ограниченной программой заказа) долговечности, приведены преимущества такого подхода в условиях рыночной экономики. Показано, что это требует новой научной базы, включающей в себя пересмотр системы коэффициентов запаса, исследование синергетического влияния на долговечность факторов, которые при традиционной схеме проектирования не считаются влияющими на прочность (долговечность) базовых деталей. Показано расчетами методом конечных элементов, что для кривошипных машин всех классов существует возможность снижения локальных напряжений, лимитирующих долговечность за счет рационального проектирования конструктивных концентраторов напряжений и выявления технологической дефектности методами неразрушающего контроля. Следовательно, возможно проектировать базовые детали заданной долговечности при снижении общей металлоемкости (габаритов машины). Предложено вносить в паспорта прессов ограниченной долговечности места измерений и величины первичных (на момент поставки) магнитных характеристик материала для возможности экспресс-диагностики повреждаемости.

**Ключевые слова:** долговечность, коэрцитивная сила, дефект, коэффициент запаса, диагностика.

**Чоста Н. В. Совершенствование оборудования с клиношарнирным приводом для разделения сортового проката на мерные заготовки // Обработка материалов давлением. – 2017. – № 1 (44).**

Разработаны перспективные схемы оборудования и оснастки с клиношарнирным механизмом. Разработана математическая модель клиношарнирного механизма с переменным углом наклона клина к горизонту. Анализ расчетов показал, что кинематические и энергосиловые параметры клиношарнирного механизма в большой степени зависят от изменения угла, определяющего положение клина и ползуна и угла наклона клина к горизонту. Изменяя величины этих углов, можно добиться различного характера изменения соотношения исполнительной и приводной сил, что позволит для различных операций ОМД подобрать конструкцию и режим работы клиношарнирного механизма, наиболее соответствующие графикам технологических сил.

**Ключевые слова:** разделение, клин, шарнир, ползун, привод, сила разделения, сортовой прокат, заготовка.

---

## АНОТАЦІЇ

---

**Алюшин Ю. А. Двоступні моделі необоротної деформації на прикладі лінійного розтягування // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Запропоновано дві моделі необоротної деформації, перша з яких використовує різні співвідношення між поперечними і поздовжніми деформаціями на кожному з етапів, при цьому другий етап супроводжується дисипацією енергії, накопиченої на попередній пружною стадії. Для другої моделі з ідеальним жорсткопластичним середовищем обґрунтоване послідовне утворення декількох сімейств площин ковзання, причому після утворення першого починається зсув по другому сімейству, що потребує менших енергетичних витрат. Наслідком є дисипація енергії за рахунок точкових теплових джерел, зниження зусиль і припинення ковзання по першому сімейству. Для подальшого розвитку деформації потрібне збільшення зусиль до критичного значення, який відповідає початку першого етапу. Обидві моделі узгоджуються з експериментально спостережуваними механізмами необоротної деформації. Додатково показана можливість протікання деформації без додаткової енергії від зовнішніх джерел за рахунок зміни співвідношення між дивергенцією вектора прискорення і ротора вектора швидкості.

**Ключові слова:** рівняння руху, кінематично можливі поля швидкостей, енергія деформації, дисипація.

**Драгобецький В. В., Пузир Р. Г., Гайкова Т. В., Левченко Р. В. Визначення компонент тензору напружень // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

На основі теоретичного аналізу процесу профілювання замкнених оболонок отримано аналітичні залежності для розрахунку компонент тензора напружень при радіально-ротаційному способі виробництва ободів коліс, засновані на припущеннях теорії процесів обробки металів тиском і теорії пружності. Теоретично визначено середнє потоншення профілю для зон роздачі й обтиснення, меридіональна і тангенціальна деформації, а також розміри напівфабрикату в залежності від заданої подачі і радіусів профілюючих роликів. Дані вирази дозволяють при проектуванні технології радіально-ротаційного профілювання та розрахунку напружено-деформованого стану враховувати зміцнення металу після кожного одиничного обтиснення і прогнозувати ступінь деформації по переходах.

**Ключові слова:** обід, заготовка, профілювання, тензор деформацій, роздача, обтиснення, центральний струмок.

**Матюхін А. Ю. Порівняльний аналіз отриманого аналітичного розв'язання вісесиметричної задачі теорії пластичності з чисельним методом // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

В роботі представлений порівняльний аналіз раніше отриманого аналітичного розв'язку плоскої задачі теорії пластичності напівворотним методом з використанням гармонійних функцій в циліндричних координатах з одним із чисельних методів. В основу дослідження був покладений процес вільного осаджування товстостінного порожнистого циліндрового виробу в осьовому напрямку між двома шорсткими плитами. Інструментом для вирішення поставленого завдання прийнятий розрахунковий комплекс ANSYS, який працює на одному з чисельних методів – методі скінченних елементів. Створена скінченно-елементна модель досліджуваного порожнистого циліндричного зразка.

Зіставляючи значення середніх нормальних контактних напружень, отриманих в результаті моделювання процесу у програмному продукті ANSYS, з аналітичними рішеннями, при тих же параметрах процесу, можна зробити висновок про те, що відносна похибка не перевищує 15 %.

**Ключові слова:** вісесиметрична задача теорії пластичності, напружено-деформований стан, гармонійна функція, циліндричні координати, метод скінченних елементів.

**Грязев М. В., Ларін С. М., Пасинков А. О. Дослідження напруженого стану заготовки при роздачі труби конічним пуансоном // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Виконані теоретичні дослідження процесу роздачі трубної заготовки з метою встановлення впливу механічних властивостей вихідного матеріалу, геометричних параметрів інструменту на напружений і деформований стан та силові режими. Встановлено вплив геометричних параметрів пуансона на напружений стан і силові параметри роздачі трубних заготовок.

**Ключові слова:** роздача, матриця, деформування, напруження, деформація.

**Добров І. В., Семичев А. В., Рубан В. Н., Коптилий А. В. Розробка нового візіопластичного методу дослідження процесів ОМТ на прикладі осаджування симетричної заготовки // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Розроблений новий метод візіопластичності для дослідження кінематичних параметрів процесів ОМТ при деформації заготовки з високими пластичними властивостями. Представлені результати експериментальних досліджень процесів вільного осаджування симетричної заготовки пуансоном з різним профілем контактної

поверхні. При осадці заготовки з прямокутним виступом на торці заготовки бочкоподібність деформованої заготовки зменшується порівняно з бочкоподібністю деформованої заготовки, коли поверхня пуансона виконана у вигляді клину. При осадці «без тертя» на бічній поверхні виступу заготовки шар матеріалу, що пластично деформується, переходить у стружку, яка відокремлюється від основного шару матеріалу поверхні, що обробляється, та ковзає на деякій ділянці по контактній поверхні інструменту. Визначені характерні особливості утворення виступів на торцевій поверхні деформованої заготовки під час зміни конфігурації формоутворюючих западин на поверхні пуансона.

**Ключові слова:** візіопластичність, осадка, заготовка з пластиліну, формоутворення виступів при осадці, тертя.

**Орлова Е. П., Дайрбекова Г. С. Аналіз теорії розрахунку енергосилових параметрів процесу витягування при штампуванні деталей на листоштампувальних багатопозиційних автоматах // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

У даній статті проведений аналіз теорії розрахунку енергосилових параметрів процесу витягування при штампуванні деталей на багатопозиційних листоштампувальних автоматах. З використанням розроблених в теорії обробки металів тиском способів наближених рішень вдалося створити порівняно струнку методику аналізу формозмінної операції листового штампування, що дозволяє врахувати вплив багатьох чинників на процес деформації. З метою раціонального навантаження і перекоосу повзуна, а також зсуву інструменту в результаті зміни зусиль по довжині і шляху повзуна при штампуванні деталей на листоштампувальних багатопозиційних автоматах було встановлено, що доцільно здійснювати витяг із стоншуванням стінки без зменшення внутрішнього діаметру. Сформульовані висновки по роботі.

**Ключові слова:** листовештампування, багатопозиційний листоштамповочний автомат, енергосилові параметри, витяжка, напружений стан.

**Білошенко В. О., Пилипенко А. М., Чижко В. В. Вплив комбінованої пластичної деформації та відпалу на внутрішнє тертя субмікроструктурної міді // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

В інтервалі 300–1100 К досліджені температурні залежності внутрішнього тертя деформованих і відпалених зразків субмікроструктурної міді М06, FRTP і М1, отриманих комбінованою пластичною деформацією. Встановлено відмінності в релаксаційному спектрі внутрішнього тертя міді в залежності від ступеня її чистоти і схеми деформування. Показано, що комбінована пластична деформація зі зсувом знижує температуру початку рекристалізаційних процесів і зернограничної релаксації (М06, М1) в порівнянні із зразками, підданими монотонній формозміні. Сегрегація домішок на межах зерен, яка спостерігається при відпалі, гальмує процес рекристалізації незалежно від схеми деформування. Обговорюються фізичні механізми виявлених ефектів.

**Ключові слова:** внутрішнє тертя, мідь, комбінована пластична деформація, домішки, рекристалізація, зерногранична релаксація.

**Жбанков Я. Г., Самоглядов А. Д. Підвищення якості заготовок для енергетичного машинобудування зна основі використання способів комбінованого деформування в процесах кування // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Процес кування деталей енергетичного машинобудування на основі використання комбінованого деформування профілюванням та осадженням, дозволяє підвищити якість кінцевого виробу. Встановлено, що попереднє профілювання заготовки перед осадженням, дозволяє підвищити рівень деформаційної опрацювання злитка і позбутися зон утруднених деформацій. Розглянуто декілька варіантів профілювання заготовки на прямокутний переріз плоскими бойками – профілювання заготовки з співвідношеннями висоти до ширини, рівними 0,75 та 0,5. Встановлено, що найбільш раціональною схемою профілювання заготовки перед осадженням можна вважати схеми профілювання на прямокутний поперечний переріз з співвідношенням  $h/b = 0,75$ .

**Ключові слова:** кування, злиток, профілювання, осадження, моделювання, метод скінчених елементів, деформація.

**Розов Ю. Г. Наукове обґрунтування технологічних режимів радіального обтиснення прецизійних трубчастих виробів з профільованою внутрішньою поверхнею // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

У статті розглянуто отримання прецизійної товстостінної трубчастої заготовки з внутрішніми гвинтовими доріжками на прикладі виготовлення ствола стрілецької зброї з полігональним профілем. Одним із прогресивних способів отримання внутрішнього профілю ствола є волочіння трубчастої заготовки на профільній оправці через гладку кінчну матрицю з регульованим обмеженням течії металу в осьовому напрямку. Представлено результати скінчено-елементного моделювання процесу формоутворення каналу ствола, які дозволяють оцінити вплив обмеження течії металу в осьовому напрямку на формування профілю при різних значеннях робочого кута і довжини калібрувального паска матриці. Результати проведеного аналізу дозволили виробити практичні рекомендації, які можуть бути корисні при проектуванні розглянутих процесів.

**Ключові слова:** трубчаста заготовка, радіальне обтиснення, обмеження течії металу, профільна оправка, ствол стрілецької зброї, полігональний профіль.

**Каложний В. Л., Соколовська С. С. Вплив тертя на формоутворення вісесиметричних порожнистих виробів із сталі 10 комбінованим витягуванням в одноконусній матриці // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Приведені результати аналізу методом скінченних елементів впливу коефіцієнта тертя на комбіноване витягування в одноконусній матриці вісесиметричних порожнистих виробів із сталі 10. Для відносної товщини заготовки 1,5%, коефіцієнта витяжки 0,4 та коефіцієнтів тертя  $\mu = 0,05; 0,08; 0,1$  і 0,15 визначені зусилля витягування і зусилля зняття виробу з пуансона, напружено-деформований стан, ступінь використання ресурсу пластичності і температура здеформованого металу при формоутворенні. Визначені кінцеві форми і розміри виробів. Встановлено, що збільшення коефіцієнта тертя приводить до росту зусилля витягування, зусилля знімання виробу і підвищення температури. При цьому також ростуть розтягувальні напруження в стінці циліндричної частини здеформованої заготовки і в стінці на радіусі заокруглення пуансона. Визначено, що формоутворення з коефіцієнтом тертя  $\mu = 0,15$  на проміжній стадії витягування призводить до повного вичерпання ресурсу пластичності в стінці на радіусі заокруглення пуансона і відриву донної частини здеформованої заготовки.

**Ключові слова:** комбіноване витягування, порожнистий виріб, одноконусна матриця, коефіцієнт тертя, метод скінченних елементів, зусилля деформування, кінцеві форма та розміри виробів, інтенсивність деформацій, ступінь використання ресурсу пластичності.

**Фролов Я. В., Зубко Ю. Ю., Ремез О. А., Ашкелянець А. В. Дослідження впливу геометрії пояску матриці на течію алюмінію в процесі МНРКУП // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

У цій роботі представлено дослідження впливу геометрії пояску матриці на течію алюмінію в процесі МНРКУП. Для проведення дослідження було вибрано математичне моделювання на базі програми QForm V8. QForm V8 добре себе зарекомендував при проведенні розрахунків впливу геометрії інструменту на течію металу, а також показав хороші результати збіжності при зіставленні з проведеними експериментами. Для дослідження впливу геометрії пояску матриці на течію алюмінію при МНРКУП використовувалися 3 варіанти пояска зі змінною товщиною по перетину. В ході проведення даної роботи було встановлено, що QForm V8 добре підходить для моделювання процесів інтенсивної пластичної деформації, а також обрана оптимальна геометрія пояска матриці забезпечує найменшу кривизну спиць ступиці. Результати досліджень будуть використані в подальшому при конструюванні інструменту і розробці технології виробництва деталей типу втулка зі спицями методом МНРКУП.

**Ключові слова:** кутове пресування, розмір зерна, деформація, МКЕ модель, пресування, алюміній, НРККП.

**Бондаренко С. В., Гридин О. Ю., Шапер М. Дослідження залежності температури і ступеня деформації тонких ділянок профільованих штаб при валковій розливці-прокатці з додатковим тепловим опором // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

У даній роботі авторами розглядається нова технологія отримання штаб з профільованим поперечним перерізом на агрегатах валкової розливки-прокатки. Основним елементом у даній технології є застосування профілюючої стрічки, яка охоплює один або обидва валка-кристалізатора, що вносить додатковий тепловий опір в систему метал-валок. В роботі проведено теоретичний аналіз впливу товщини профілюючої стрічки на параметри, що впливають на якість тонкостінних елементів профільованої штаби. Для математичного аналізу використовувалась двовимірна модель процесу валкової розливки-прокатки в кінцево-елементному середовищі Ansys Flotran. Отримано залежності ступеня деформації і температури тонкостінних елементів штаби від висоти зони кристалізації-деформації, а також, від товщини профілюючої стрічки. Результати, отримані в даній роботі, будуть використані при розробці технології валкової розливки-прокатки штаб з профільованим поперечним перерізом і дозволить отримувати штаби з високим рівнем механічних властивостей.

**Ключові слова:** валкова розливка-прокатка, профільована штаба, алюмінієвий сплав, комп'ютерне моделювання, ступінь деформації, температура.

**Руденко Н. О. Вплив додавання пороутворювача на розподіл відносної щільності неспечених пресовок // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

У статті показано, що кінцево-елементний програмний комплекс DEFORM-3D дозволяє проводити моделювання пресування порошкових матеріалів без проведення складних експериментів з калібрування розрахункової моделі пористого матеріалу. Приведено криву зміцнення матеріалу основи порошку заліза, а також віртуальну криву зміцнення суміші порошку заліза і порошку бікарбонату амонію складу 40/60 за об'ємом. Крива зміцнення матеріалу основи порошку заліза відрізняється від кривої зміцнення маловуглецевої сталі близького хімічного складу. Кінцево-елементне моделювання пресування за допомогою отриманих кривих показало, що додавання пороутворювача до порошка заліза призводить до гомогенізації розподілення щільності за об'ємом порошкової пресовки.

**Ключові слова:** порошки, моделювання, крива зміцнення, пороутворювач, пресування.

**Алієва Л. І., Алієв І. С., Картамишев Д. О., Чучин О. В. Формозмінення в процесі комбінованого видавлювання порожнистих деталей типу стакану // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Розглянуто різновиди комбінованого видавлювання порожнистих деталей і засоби радіально-поздовжнього видавлювання, які в залежності від кінематики і ступеня свободи течії металу розділені на 2 групи – поєднане і послідовне комбіноване видавлювання. Експериментальним шляхом і моделюванням методом кінцевих елементів та верхньої оцінки встановлено характер розподілу деформованого стану для порожнистих



деталей типу склянки і накопичення деформацій при холодному деформуванні. Зображено, що розрахунки накопиченої ступені деформації, виконані різними методами моделювання, дають значення, близькі до експериментальних даних. Встановлено, що зони найбільш інтенсивної деформації прилягають до дна і внутрішньої поверхні порожнини склянки. Методом кінцевих елементів досліджені закономірності розвитку напружено-деформованого стану заготовки при радіально-прямому видавлюванні з роздачею та дана оцінка силовому режиму процесу. Встановлено, що матеріальні частинки заготовки, що розташовані на периферійних ділянках, піддаються немонотонній деформації з позитивним значенням показника напруженого стану.

**Ключові слова:** радіально-пряме видавлювання, напружено-деформований стан, накопичена ступінь деформації, метод кінцевих елементів, сили деформування, показник напруженого стану.

**Білошенко В. А., Бейгельзімер Я. Ю., Возняк Ю. В., Савченко Б. М., Дмитренко В. Ю. Рівноканальна багатокутова екструзія полімерних заготовок, отриманих FDM-процесом // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Вперше запропоновано і реалізовано новий спосіб отримання структурно-модифікованих полімерів, що базується на комбінації FDM-процесу (Fused Deposition Modeling) і рівноканальної багатокутової екструзії (РКБКЕ). Методами динамічного механічного аналізу і дюрOMETрії досліджені фізичні та механічні властивості аморфних (ABS, PET-G) і аморфно-кристалічних (PET) полімерів в широкому інтервалі температур. Виявлено відмінності у властивостях зразків полімерів, отриманих FDM-процесом, в залежності від напрямку укладання шарів розплаву. Показано, що РКБКЕ забезпечує поліпшення в'язкопружних характеристик полімерів, отриманих FDM-процесом. Під дією РКБКЕ також підвищуються щільність, ударна в'язкість, температура склування і мікротвердість. Запропоновано фізичну модель, що описує поведінку шаруватих матеріалів під дією РКБКЕ.

**Ключові слова:** полімер, FDM-процес, рівноканальної багатокутова екструзія, в'язкопружні характеристики, мікротвердість.

**Марков О. Є., Шарун А. О., Косілов М. С., Інчаков Є. В. Сучасні способи виробництва тонкостінних деталей відповідального призначення // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

У статті розглянуті основні способи виробництва поковок типу днищ, які передбачають формовку заготовки по ділянках з подальшою витяжкою, протягування на оправці з подальшою роздачею заготовки, циклічну локальну осадку розгонкою циліндричної заготовки, а також формовку попередньо нагрітого кінця трубчастої заготовки, який обертається і зварювання. Ці методи виготовлення днищ не забезпечують опрацювання структури металу, мають велику кількість переходів, недостатню надійність зварного шва, а також вимагають використання більш енергоємного обладнання. Відомі способи отримання великогабаритних днищ методами зварювання двох або декількох катаних або кованих заготовок характеризуються значною трудомісткістю, малим коефіцієнтом використання металу, не забезпечують високу надійність виробів, тому що при виготовленні корпусів неминуче отримання пересічних зварних швів, що неприпустимо при виробництві вузлів енергетичних установок. Визначення основних технологічних параметрів процесу кування днищ є досить складним завданням. Тому у виробництві велику кількість експериментальних і доводочних робіт, а реалізовані режими обробки далекі від оптимальних.

**Ключові слова:** кування, деталі атомних реакторів, днища, тонкостінні поковки, злиток.

**Чухліб В. Л., Клемешев Є. С., Грінкевич В. А., Ярошенко О. А., Халезова Т. А., Фролов А. А., Дня Х. Промислове впровадження ресурсозберігаючого процесу кування з раціональним режимом формозміни зменшеної прибуткової частини зливків з корозійностійких сталей // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

У статті розглянуто процес кування злитків із зменшеною прибутковою частиною з корозійностійких сталей на підприємстві ТОВ «Дніпропрес Сталь». Зокрема, розглянуто формозмінення прибуткової частини злитка за допомогою комп'ютерного моделювання. Основною метою даного дослідження був аналіз формозміни і напружено-деформованого стану металу прибуткової частини злитка при протягуванні, а також удосконалення існуючих схем деформацій при куванні. Результатом роботи є отримання даних з формозміни прибуткової частини злитка і розробка рекомендацій по оптимізації схем деформації для кування злитків зі зменшеною прибутковою частиною.

**Ключові слова:** кування, злиток, протягування, формозмінення, деформація.

**Мороз Б. С., Пасхалов О. С., Гунін О. В. Вплив контактних умов та напрямку дії сил тертя на напружений стан заготовки при гарячому зворотному видавлюванні порожнистих виробів // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Розглянуто результати математичного моделювання напруженого стану заготовки при гарячому зворотному видавлюванні пустотілого виробу зі сплаву АК6 з мастилом і видавлювання з активною дією сил тертя при швидкості зсуву матриці щодо заготовки, що деформується, яка рівна швидкості течії металу в стінку виробу. Показано, що у прийнятних швидкісних умовах формозміни сили тертя активної дії знижують всі компоненти тензора напружень, нерівномірність напруженого стану заготовки, що деформується, і силу деформування порівняно із звичайним зворотним видавлюванням, але не змінюють схему напруженого стану – «всесічне нерівномірне стиснення».

**Ключові слова:** математичне моделювання, зворотне видавлювання, активне тертя, заготовка, напружений стан.

**Каложний В. Л., Горностаї В. М., Гулюк О. О., Олександренко Я. С. Гаряче штампування порожнистих виробів із високоміцного алюмінієвого сплаву з заданим опрацюванням структури металу пластичною деформацією // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Методом скінченних елементів проведено дослідження і встановлені параметри технології гарячого штампування порожнистого виробу зі сплаву В93пч із заданим пропрацюванням структури металу пластичною деформацією для забезпечення механічних властивостей в стінці виробу після термообробки. Розрахунковим шляхом визначені форма і розміри вихідної заготовки, температура підігріву деформуючого інструменту, зусилля штампування, зусилля виштовхування виробу з матриці, питомі зусилля на деформуючому інструменті, зміна температури металу при формоутворенні виробу, напружено-деформований стан в zdeформованому металі, кінцеві форма і розміри виробу. За результатами моделювання спроектований і виготовлений штамп для гарячого штампування і проведено експериментальні дослідження на гідравлічному пресі. Виконано випробування на розтягнення стандартних зразків, які вирізані з стінки виробу після проведеної термообробки. Визначені умовна межа текучості, межа міцності, відносне подовження і твердість. Дані випробувань відповідають вимогам за механічними властивостями zdeформованого металу в стінці виробу.

**Ключові слова:** гаряче штампування, порожнистий виріб, алюмінієвий сплав, метод скінченних елементів, силові режими, інтенсивність деформацій, експериментальні дослідження, механічні властивості.

**Сікульський В. Т., Тараненко М. Є., Кашеєва В. Ю., Сікульський С. В. Розрахунок основних параметрів симетричного формозмінення монолітних ребристих панелей подвійної кривизни послідовним деформуванням // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Розглянуто технологічні параметри отримання панелей з ребрами подвійної кривизни для виробів аерокосмічної техніки з використанням перспективного технологічного процесу формоутворення послідовним місцевим згинанням з посадкою (розводкою). Описано процес і методику розрахунку необхідної кількості місцевих впливів і енергії місцевого впливу для отримання панелей необхідної форми і розмірів. Проведено експериментальне дослідження методики розрахунку параметрів на натурних панелях з жорсткими ребрами.

**Ключові слова:** технологічний процес, формоутворення, панель, подвійна кривизна, посадка, розводка, пластична деформація, прогин.

**Ларін С.М., Платонов В. І., Чарін О. В. До оцінки напруженого стану матеріалу заготовки в процесі пневмоформування багатошарових листових конструкцій з прямокутними каналами // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

У статті представлені результати математичного моделювання ізотермічного деформування багатошарової оболонки в прямокутний канал. Отримані вирази дозволяють провести подальший аналіз пневмоформування з метою визначення раціональних параметрів формозміни. Отримані вирази справедливі для матеріалів, які підпорядковуються як кінетичним, так і енергетичним рівнянням повзучості та пошкоджуваності.

**Ключові слова:** формозмінення, багатошарові конструкції, прямокутні канали, силові параметри.

**Попівненко Л. В., Руденко Н. О., Іщенко В. А. Дослідження особливостей пресування і спікання високопористих матеріалів, виготовлених із застосуванням різних пороутворюючих речовин // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Розглянуті особливості пресування і спікання зразків, отриманих з суміші порошку заліза з різними видами пороутворювача (бікарбонат амонію, гідрокарбонат натрію, хлорид натрію). Пресування сумішей виконувалося в закритій циліндричній матриці за однією схемою, а спікання пресувань проводилося у контейнері із засипкою у відновному середовищі. Побудовані криві ущільнення і випресування для зразків, зроблених з вказаних сумішей для діапазону тиску пресування 200–800 МПа з кроком 100 МПа. Встановлений вплив вживаних в експерименті пороутворювачів на ступінь ущільнення сумішей системи залізо-пороутворювач. Побудовані залежності зміни лінійних розмірів спечених зразків для фіксованих значень тиску пресування у вказаному діапазоні. Експериментально встановлено, що розглянуті пороутворюючі речовини є ефективними для формування в порошкових виробках пор необхідного розміру, а також для досягнення високої пористості виробів з мінімальним забрудненням їх продуктами розкладання, які залишаються від пороутворювача.

**Ключові слова:** високопористі матеріали, тиск пресування, поростворюючі речовини, розмір пор, кінетика усадки (зростання), хлорид натрію.

**Попівненко Л. В., Щасна К. О. Аналіз чинників, що визначають міцність сформованих порошкових матеріалів в закритих прес-формах // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

У статті розглянуті основні чинники, що впливають на міцність сформованих порошкових матеріалів в закритих прес-формах: форма та розмір часток, стан їх поверхні, хімічний склад матеріалу порошку, тиск пресування і температура порошкових матеріалів при пресуванні, щільність пресувань, наявність і вигляд вживаного мастила. Міцність пресувань особливо важлива для виробів тонкого перетину і при низькій щільності. Додаткове підвищення міцності неспечених пресувань відкриває нові можливості технології порошкової металургії. Так, в деяких випадках, можна відмовитися від подальшого спікання, наприклад, при виготовленні статорів мікродвигунів і ряду магнітів. Збільшення міцності порошкових пресувань в деяких випадках дозволяє здійснювати їх механічну обробку до спікання. Це дозволить зберегти в необхідних випадках пористість поверхні,

отримувати вироби дуже складної конфігурації навіть з важкооброблюваних порошкових матеріалів, зробити економічно ефективним виготовлення навіть невеликих партій виробів, збільшити розмірну точність деталей за рахунок зниження спотворень форми при спіканні.

**Ключові слова:** міцність неспечених порошкових виробів, тиск пресування, крихке руйнування, щільність пресувань, холодна зварка часток, механічне зачеплення часток.

**Павленко Д. В. Особливості ущільнення спечених титанових сплавів методами обробки тиском // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Досліджено пористість спечених зразків з порошків титану ПТ5 після деформації гарячим ізостатичним пресуванням, гвинтовою екструзією та гідроекструзією. Встановлено, що гаряче ізостатичне пресування забезпечує ущільнення тонкого поверхневого шару зразків. Показано, що раціональним методом об'ємного ущільнення і отримання компактних напівфабрикатів титанових сплавів є гвинтова екструзія.

**Ключові слова:** титанові сплави, порошкова металургія, гвинтова екструзія, гаряче ізостатичне пресування, гідроекструзія, структура, пористість.

**Огинський Й. К., Ремез О. А. Дослідження деформаційно-швидкісних параметрів безперервної сортової прокатки // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Існуючі методи розрахунку деформаційно-швидкісних режимів прокатки є недосконалими, оскільки отримані на фізично спрощеній основі. Метою роботи є аналіз існуючих підходів до визначення параметрів безперервної прокатки, виявлення її кінематичних особливостей, розробка пропозицій щодо вдосконалення методів розрахунку швидкісних режимів прокатки. Результати аналізу свідчать про те, що всі методи в недостатній мірі відображають фізичну сторону взаємодії штаби і валків, не враховують кінематику переміщення металу та інструменту. Відомі методи розрахунку швидкісних режимів прокатки на основі катаючого діаметра включають необхідність визначення випередження, яке є важко визначеним параметром, з недостатньо з'ясованою природою утворення навіть при прокатці на гладкій бочці. Запропоновано метод визначення катаючого діаметру, в основі якого використано кінематичний взаємозв'язок валків та розкату, який з них виходить. Метод виключає необхідність визначення випередження при прокатці в витяжних калібрах при розрахунку швидкісних параметрів.

**Ключові слова:** прокатка, безперервний стан, валок, випередження, катаючий діаметр, швидкість.

**Василев Я. Д., Замогильний Р. А., Самокіш Д. Н., Олійник А. В. Підвищення точності розрахунку коефіцієнта тертя при холодній смуговій прокатці // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Запропоновано метод теоретичного визначення коефіцієнта  $k_{cm}$ , що характеризує змащувальну ефективність технологічних мастил при холодній прокатці за показниками їх хімічних властивостей. Використання значень коефіцієнта  $k_{cm}$ , отриманих з урахуванням хімічних властивостей кожного конкретного технологічного мастила (емульсолу) дозволить підвищити точність розрахунку коефіцієнта тертя при холодній прокатці по будь-якій формулі (методиці) як мінімум на 10...40%, оскільки до теперішнього часу значення коефіцієнта  $k_{cm}$  приймалися постійними і рівними відповідно 1,0 (для рослинних масел) і 1,4 (для мінеральних масел і емульсолів).

**Ключові слова:** холодна прокатка, точність, коефіцієнт тертя, технологічні мастила, параметр, розрахунок.

**Василев Я. Д., Самокіш Д. Н., Замогильний Р. А., Желєзнов Д. В. Експериментальне дослідження впливу натягу на силу прокатки і криві пластичності при холодній прокатці // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Отримано експериментальні дані про силу при холодній прокатці штаб товщиною 0,5 мм зі сталі 08кп без мастила з натягом, в діапазоні зміни часткових відносних обтиснень  $\epsilon$  від 0,1 до 0,4 і відносних натягів  $q/\sigma_T$  від 0 до 0,5, на базі яких були побудовані криві пластичності  $P_\epsilon = \varphi(h_1)$ . Експериментальні криві  $P_\epsilon = \varphi(h_1)$  незалежно від рівня і співвідношення відносних натягів мають однаковий плавний характер зміни і відрізняються між собою тільки кількісно. Це свідчить про те, що натяг є одним з основних стабілізуючих чинників процесу холодної прокатки і підтверджує доцільність його застосування в якості каналу впливу на товщину, профіль і форму штаби в відповідних системах автоматичного регулювання.

**Ключові слова:** експериментальне дослідження, натяг, сила прокатки, криві пластичності, холодна прокатка.

**Максименко О. П., Присяжний А. Г., Кухар В. В., Кузьмін Є. В. Теоретичний аналіз моменту при прокатці з натягом штаби // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Правильність розрахунку моменту прокатки дозволяє прогнозувати достовірні значення потужності двигуна прокатного стану. Аналіз публікацій показав, що відомі методи розрахунку моменту прокатки з натягом штаби не враховують вплив такого чинника, як середнє інтегральне значення подовжньої сили металу, що пластично деформується. У зв'язку з цим в роботі на основі умови сталості процесу прокатки і результатів аналізу силової взаємодії штаби з валками отримав подальший розвиток метод розрахунку, який відрізняється тим, що дозволяє визначити момент прокатки з натягом штаби з урахуванням впливу вказаного чинника. За допомогою вдоскона-

леного методу розрахунку отримані нові дані для умов гарячої та холодної прокатки штаб з натягами. Аналіз цих даних підтвердив, що складова моменту прокатки, яка пов'язана з впливом середнього інтегрального значення подовжньої сили металу, що пластично деформується, є істотною. Значення моменту прокатки, розраховані на основі вдосконаленого методу, добре узгоджуються з опублікованими експериментальними даними: розбіжність між результатами розрахунку і дослідними даними не перевищила 25%.

**Ключові слова:** штаба, натяг, момент прокатки, умова сталості, подовжня сила.

**Найзабеков А. Б., Талмазан В. А., Єржанов А. С., Єрназарова Ф. М., Калдибекова А. Т. Огляд дефектів поверхні при холодній прокатці // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

В умовах жорсткої конкуренції на ринку металопродукції одним з важливих пріоритетів кожного металургійного підприємства є забезпечення якості своєї продукції. Поверхневі дефекти різко знижують якість продукції, а також є причиною відсортювання і відбракування металу, в результаті чого промислове підприємство зазнає збитків. Таким чином, питання, пов'язані із забезпеченням та підвищенням якості металопродукції є дуже актуальними.

Робота носить оглядовий характер. У статті проведений огляд основних поверхневих дефектів, які часто зустрічаються на підприємстві АТ «АрселорМіттал Теміртау», які є причиною суттєвої відсортювання і відбракування холоднокатаної продукції. Розглянуто основні види дефектів, можливі причини їх появи, а також заходи попередження. Результати роботи дозволяють намітити основні та пріоритетні напрямки щодо забезпечення та підвищення якості прокатної продукції на промисловому підприємстві АТ «АрселорМіттал Теміртау».

**Ключові слова:** холодна прокатка, поверхневий дефект, якість продукції, дефект «відбиток», дефект «накол», дефект «вм'ятина», дефект «подряпина».

**Гогаев К. О., Подрезов Ю. М., Волощенко С. М. Технологія виробництва деталей з бейнітного чавуну з кулястим графітом для ґрунтообробної сільгосптехніки // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Вивчено вплив структури на механічні властивості та механізми зношування в умовах, що максимально наближені до реальних. Особлива увага приділена процесу перетворення залишкового аустеніту в мартенсит під дією пластичної деформації. Показано, що схильність структури до реалізації цього ефекту є визначальним фактором для підвищення зносостійкості. Наведені результати дослідження зносу лабораторних зразків та результати польових випробувань землекороблювальної техніки.

**Ключові слова:** бейнітний чавун, швидкість зміцнення, деформаційно індукване фазове перетворення.

**Аніщенко О. С., Кухар В. В., Глазко В. В. Дослідження пружної деформації кільцевих елементів штампового оснащення з поліуретану // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Мета роботи – вивчення впливу швидкості і ступеня деформації при осаджуванні в пружній області кільцевих зразків з поліуретану. Литі зразки мали зовнішній і внутрішній діаметри 60 і 30 мм та висоту 12 мм. Відносна ступінь деформації дорівнювала 0,1, 0,2 і 0,3. Експерименти проводили при швидкості деформування, що дорівнює 0,1, 0,7 і 3,0 міліметрів в секунду. Встановлено, що з ростом ступеня деформації від 0,1 до 0,3 в інтервалі швидкостей деформування 0,1–3,0 мм/с тиск осаджування зростає в 5,8–3,8 рази. Зменшення швидкості деформування в 30 разів при  $\epsilon = 0,1–0,3$  знижує тиск осаджування у 1,23–1,5 рази. Запропоновано формули апроксимації, що визначають залежність тиску осаджування від ступеня, швидкості деформації та деформування поліуретану.

**Ключові слова:** поліуретан, осаджування, швидкість, ступінь, деформація, тиск.

**Карнаух С. Г. Розробка та дослідження обладнання для поділу сортового прокату на мірні заготовки // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Розроблена установка для ломки сортового прокату згином. Перевагою запропонованої конструкції є те, що енергія, яка накопичена в машині за рахунок пружної деформації станини і приводу, витрачається на виконання корисної роботи – нанесення концентратора напружень для ломки згином наступної заготовки. Таким чином, в одному циклі роботи установки поєднуються дві операції: ломка згином і нанесення концентратора напружень в площині поділу наступної заготовки, що підвищує продуктивність процесу. Установка статичної дії працює в динамічному режимі і забезпечує підвищену швидкість нанесення концентратора напружень, що підвищує якість заготовок. За результатами проведених експериментальних досліджень вдавлювання в зразок клинових інструментів різної форми отримані залежності сил нанесення концентратора напружень від ходу інструменту. Результати експериментальних досліджень задовільно узгоджуються з теоретичними розрахунками, які виконані за відомими математичними моделями, з похибкою в межах 5...10%. Похибка пов'язана з тим, що математична модель не враховує зміцнення матеріалу в області деформування. Крім того, необхідно більш коректно вибирати значення коефіцієнтів тертя ковзання. Проведені розрахунки для сталі 20 з концентратором напружень трикутної форми показують, що величини накопиченої енергії пружної деформації станини і приводу гідравлічного преса (приблизно 90 Дж) з запасом вистачає для нанесення ефективного концентратора напружень для ломки наступної заготовки (45 Дж), навіть з урахуванням затушення ріжучих кромки клинового ножа.

**Ключові слова:** поділ, ломка згином, концентратор напружень, ніж, клин, ломатель, якість, сила, робота ломки, прокат, заготовка.

**Калюжний О. В. Інтенсифікація комбінованого витягування вісесиметричних порожнистих виробів в одноконусній матриці спеціального профіля // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Приведені результати моделювання методом скінченних елементів комбінованого витягування зпрофільованим пуансоном вісесиметричних порожнистих виробів із нержавіючої сталі 12X18H10T в одноконусній матриці спеціального профіля. Бокова поверхня пуансона утворена перетином торів з однаковими діаметрами перерізу та зовнішніми діаметрами. При витягуванні таким пуансоном метал заповнює впадини на поверхні пуансона в зазорі між матрицею та пуансоном. Це забезпечує створення додаткового тягнучого зусилля до стінки здеформованої заготовки і зниження розтягувальних напружень у небезпечному перерізі стінки. Проведене моделювання традиційним пуансоном та зпрофільованим пуансоном. Використання зпрофільованого пуансона забезпечує скорочення в 2 рази кількість переходів витягування та збільшення ступеня деформації при потоншенні стінки. Для витягування зпрофільованим пуансоном виробів з різною товщиною стінки визначені залежності зусилля витягування від переміщення пуансона, напружено-деформований стан, ступінь використання ресурсу пластичності, температура здеформованого металу і встановлені зусилля знімання виробів з пуансонів. Моделюванням виявлені кінцеві форми і розміри виробів.

**Ключові слова:** комбіноване витягування, порожнисті вироби, матриця спеціального профіля, зпрофільований пуансон, метод скінченних елементів, переходи витягування, потоншення стінки, зусилля витягування, кінцеві розміри виробів, інтенсивність деформацій, ресурс пластичності.

**Кривцова О. М., Кузьміна Н. Ю., Міхєєв С. С., Циганова В. М. Ефективність формозміни полоси в використовуваних та рекомендованих калібрах в умовах сортопрокатного стану АТ «АрселорМіттал Теміртау» // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Проведено дослідження ефективності формозміни смуги використовуваних і рекомендованих витяжних калібрів при прокатці арматурного профілю різних номерів. Оцінка ефективності витяжних калібрів для сортопрокатного стану 320 проводилася у зв'язку з переходом вихідної заготовки з 130×130 мм на збільшене перетин 150×150 мм. Отримані в результаті аналізу значення підтверджують ефективність деформації в обраних системах калібрів при прокатці арматурних профілів з заготовок збільшеного перетину в умовах сортопрокатного цеху АТ «АрселорМіттал Теміртау».

**Ключові слова:** арматурний прокат, збільшення розмірів вихідної заготовки, ефективність рекомендованих систем витяжних калібрів.

**Корнілова А. В., Ідармачев І. М., Батарін Р. В., Тет Паінг Розробка основ проектування машин для обробки металів тиском із заданою довговічністю // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

У статті проведено аналіз можливості проектування і виготовлення ковальсько-пресового обладнання заданої (обмеженою програмою замовлення) довговічності, наведені переваги такого підходу в умовах ринкової економіки. Показано, що це вимагає нової наукової бази, що включає в себе перегляд системи коефіцієнтів запасу, дослідження синергетичного впливу на довговічність факторів, які при традиційній схемі проектування не вважаються впливають на міцність (довговічність) базових деталей. Показано розрахунками методом кінцевих елементів, що для кривошипних машин всіх класів існує можливість зниження локальних напружень, що лімітують довговічність за рахунок раціонального проектування конструктивних концентраторів напружень та виявлення технологічної дефектності методами неруйнівного контролю. Отже можливо проектувати базові деталі заданої довговічності при зниженні загальної металоємності (габаритів машини). Запропоновано вносити до паспорту пресів обмеженою довговічністю місця вимірювань і величини первинних (на момент поставки) магнітних характеристик матеріалу для можливості експрес-діагностики пошкоджуваності.

**Ключові слова:** довговічність, коерцитивна сила, дефект, коефіцієнт запасу, діагностика.

**Чоста Н. В. Удосконалення обладнання з клиношарнірним приводом для поділу сортового прокату на мірні заготовки // Обробка матеріалів тиском. – 2017. – № 1 (44).**

Розроблено перспективні схеми обладнання і оснащення з клиношарнірним механізмом. Розроблено математичну модель клиношарнірного механізму зі змінним кутом нахилу клина до горизонту. Аналіз розрахунків показав, що кінематичні та енергосилові параметри клиношарнірного механізму значною мірою залежать від зміни кута, що визначає положення клина і повзуну, а також кута нахилу клина до горизонту. Змінюючи величини цих кутів, можна домогтися різного характеру зміни співвідношення виконавчої і приводної сили, що дозволить для різних операцій ОМТ підібрати конструкцію і режим роботи клиношарнірного механізму, які найбільш відповідають графікам технологічних сил.

**Ключові слова:** розподіл, клин, шарнір, повзун, привід, сила поділу, сортовий прокат, заготовка.

---

**ABSTRACTS**

---

**Alyushin Y. A. A two-stage model of irreversible deformations on the example of linear stretching // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

Are proposed two models of irreversible deformation, the first of which uses a different correlation between transverse and longitudinal deformations at each stage, while the second stage is accompanied by dissipation of energy stored in the previous elastic stage. For the second model with ideal rigid-plastic medium is substantiated the sequential formation of several families of planes of sliding, and after the formation of the first shift starts in the second family, which consumes less energy. The consequence is the dissipation of energy due to point heat sources, reduction of efforts and the cessation of slip on the first family. For the further development of deformation requires an increase in effort up to a critical value, corresponding to the beginning of the first stage. Both models are consistent with the experimentally observed mechanisms of irreversible deformation. Additionally is showed the possibility of occurrence of deformation without additional energy from outside sources by changing the ratio between the divergence of the acceleration vector and the rotor of the velocity vector.

**Keywords:** The equations of motion, kinematically possible velocity fields, strain energy, dissipation.

**Dragobeckij V. V., Puzyr' R. G., Gajkova T. V., Levchenko R. V. The definition component of the stress tensor // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

Theoretical studies conducted for the process of radial-rotary profiling rims wheels of vehicles. Definition of meridional, radial and tangential strains at the first transition of the profiling of the wheel rim of steel billets. The basis of the research on the method processin metals pressure theory and the theory of elasticity. Analytical dependences for the calculation of the stress tensor components with radial-rotary method of manufacturing wheel rims obtained on the basis of theoretical analysis profiling process closed shells. Theoretically, identified thinning profile of the average dispensing and crimping, meridional and tangential deformation zones as well as the size of the semifinished product, depending on the desired flow and the radii of profiling rollers. Obtain a simplified expression for calculation of the size of semi-final, taking into account the true strain for each shell turnover. These expressions allow the design of technology radial rotary profiling and the calculation of stress-strain state to consider the metal reinforcement after each compression unit and to predict the degree of deformation on transitions. Facilitation dependencies can be used in engineering calculations in pre-production process.

**Keywords:** rim; billet; profiling; strain tensor; distribution; crimping; the central stream.

**Matiukhin A. Comparative analysis of the obtained analytical solutions of axially symmetric task of the theory plasticity with a numerical method // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

The paper presents a comparative analysis of the previously obtained analytical solution of a plane problem of the theory of plasticity, half reverse method with using of harmonic functions in cylindrical coordinates with one of the numerical methods. In the study was based on the precipitation process of free thick-walled hollow cylindrical articles in an axial direction between the two rough plates. A tool for solving tasks adopted by the calculation complex ANSYS running on one of the numerical methods – the finite element method. Was created a finite element model of the studied cylindrical hollow sample.

Comparing the values of average normal contact stresses resulting from the modeling process in software ANSYS with the analytical solution, under the same process parameters, it can be concluded that the relative error does not exceed 15 %.

**Keywords:** Axisymmetric problem of plasticity theory, stress-strain condition, harmonic function, cylindrical coordinates, the finite element method.

**Gryazev M. V., Larin S. N., Pasyukov A. A. Investigation of the stressed state of the billet and power regimes during the distribution of the tube by a conical punch // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

Theoretical studies of the process of distribution of the pipe billet were carried out in order to determine the influence of the mechanical properties of the initial material, the geometric parameters of the tool on the stressed and deformed states, and the power regimes. The influence of the geometric parameters of the punch on the stressed state and the force parameters of the distribution of pipe blanks is established.

**Keywords:** distribution, matrix deformation, stress, deformation.

**Dobrov I. W., Semichev A. W., Ruban W. N., Koptlyi A. W. Development of the new visual method for plastic deformation and investigation of the process of working metals by pressure with forging of symmetrical work piece as an example // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

It is developed the new universal method for plastic deformation necessary to reduce costs and to increase precision of calculation of the kinematical parameters of the symmetrical work piece. It is investigated the process of plastic deformation by the new visual method. It is used the instrument with different profiles. The container for the modeling the process of deformation consists of parts that help to open it and to put a new work piece. The piece from the plasticine contains the strips of the different colors. The plastic deformation of the strips helps to find the parameters of the deformation. It is found the deformation features for the specific values of deformation, dimensions of the piece, profile of the work piece. The deformation in the middle of the stock for the piece with rectangular protrusion is less than while forging the stock with cone. It is found the conditions when the metal of the piece is cutting. The new meth-

od for plastic deformation of the forging shows new characteristics of the kinematics of the process of plastic deformation of the work piece depending on the different ways of the profile forming of the finished product.

**Keywords:** visual method for plastic deformation, forging, work piece from plasticine, forming of protrusion, friction.

**Orlova E. P., Dairbekova G. S. The theory of calculating the energy-power parameters of the drawing process on a metal sheet stamping multi-position automatic // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

In this article the analysis of theory of calculation of energy power parameters of process of extraction is conducted at stamping of details on multi-position sheet stamping automats. With the use of the metals worked out in the theory of treatment it was succeeded to create pressure of methods of close decisions comparatively slender methodology of analysis form changing operation of the sheet stamping, allowing to take into account influence of many factors on the process of deformation. With the purpose of rational loading and defect of slide-block, and also displacement of instrument as a result of change of efforts on length and way of slide-block at stamping of details it was set on multi position sheet stamping automats, that it is expedient to carry out ironing wall without reduction of internal diameter. Conclusion of study are formed.

**Keywords:** sheet stamping, multi-position sheet stamping automat, energy power parameters, extraction, tense state.

**Beloshenko V. A., Pilipenko A. N., Chishko V. V. The effect of the combined plastic deformation and annealing on the internal friction of submicrocrystalline copper // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

In the range of 300 – 1100 K are studied the temperature dependences of the internal friction of deformed and annealed samples of submicrocrystalline copper M0b, FRTP, and M1 obtained by combined plastic deformation. The differences in the relaxation spectrum of the internal friction of copper are found, depending on the degree of its purity and the deformation scheme. It is shown that combined plastic deformation with a shift lowers the temperature of the onset of recrystallization processes and grain-boundary relaxation (M0b, M1) in comparison with samples subjected to monotonous form change. The segregation of impurities observed at annealing at the grain boundaries inhibits the recrystallization process irrespective of the deformation scheme. Physical mechanisms of the revealed effects are discussed.

**Keywords:** internal friction, copper, combined plastic deformation, impurities, recrystallization, grain-boundary relaxation.

**Zhbankov I. G., Samoglyadov A. D. Improving the quality of blanks power engineering using the process of pre-forging ingots with using a base tool // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

Forging process of parts of power engineering is based on using of combined deformation to improve the quality of the final product. It is established that preliminary forging of ingots before the upsetting, can increase the level of deformation of the ingot and to get rid of the zones of difficult deformation. The forging of the work piece on a rectangular cross-section flat dies – forging of the work piece with the ratio of height to width is 0.75 and 0.5. It is established that the most rational scheme of the forging of the work piece before the upsetting can be considered the scheme of bending a rectangular cross section with a ratio  $h/b = 0,75$ .

**Keywords:** forging, ingot, profiling, sediment, simulation, finite element method, deformation.

**Rozov Y. G. Scientific substantiation of technological modes of radial compression of precision tubular products with a profiled inner surface // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

The article deals with obtaining precision thick-walled tubular blank with internal helical tracks by the example of the manufacture of small arms barrel with polygonal profile. Progressive method of manufacturing the inner profile is drawn through a matrix of smooth tapered tubular blank on the mandrel profile with an adjustable restriction of metal flow in the axial direction. The results of the simulation of forming the inner surface of the process are presented. This allowed us to estimate the effect of limiting the flow of metal in the axial direction to form the profile of the different sizes and geometry of the matrix. This has allowed to develop practical recommendations that can be useful in the design review process.

**Keywords:** pipe blank, radial compression, limiting the flow of metal, profiled mandrel, barrel of small arms polygonal profile.

**Kalyuzhny V. L., Sokolovskaya S. S. The influence of friction on forming axisymmetric hollow products with steel 10 in one-cone matrix // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

There are the results of analysis by method of finite elements on the effect of the friction coefficient on the combined drawing into a one-conical matrix of axisymmetric hollow products of steel 10. For the relative thickness of the workpiece of 1.5%, drawing coefficient of 0.4 friction coefficient  $\mu = 0.05; 0.08; 0.1$  and 0.15 determined efforts of drawing and effort of removing products from the punch, the stress-strain state, the degree of resource of plasticity use and temperature with deformed metal during formation. The final shape and size of the product are revealed. It is established, that an increase friction coefficient leads to an increase of efforts of drawing, and efforts of removal products and temperature increase. This also increases the tensile stress in the wall of the cylindrical portion with a deformed workpiece and in wall on a radius of curvature of the punch. It is defined, that formation with a friction coefficient  $\mu = 0.15$  at an intermediate stage of extractor leads to the complete exhaustion of a resource of plasticity in the wall at the radius of curvature of the punch and breakage of bottom portion with the deformed workpiece.

**Keywords:** combined drawing, hollow parts, one-cone matrix, coefficient of friction, finite element method, stress deformation, finite forms and sizes of products, the intensity of the deformation, the degree of resource of plasticity use.

**Frolov Y. V., Zubko Y. Y., Remez O. A., Ashkleyanets A. V. Investigation of the influence of the geometry of the girdle of the matrix on the flow of aluminum in the process of the MNRKUP // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

This paper presents a study of the influence of the geometry of the matrix girdle on the flow of aluminum in the process of the MNRKUP. For the research we used mathematical modeling based on QForm V8. QForm V8 proved to be very successful when calculating the effect of tool geometry on metal flow, and also it showed good convergence results when compared with experiments. To study the influence of the geometry of the matrix girdle on aluminum flow, three variants of a belt with variable thickness along the cross-section were used in the MNRKUP. In the course of this work, it was established that QForm V8 is well suited for modeling the processes of intense plastic deformation, and also the optimal geometry of the matrix girdle providing the least curvature of the hub spokes was chosen. The results of the research will be used later in the design of the tool and the development of the technology for the production of hub-type parts with spokes by the MNRKUP method.

**Keywords:** angular pressing, grain size, deformation, fe model, extrusion, aluminum, NECAE.

**Bondarenko S. V., Gridin A. Ju., Shaper M. Researches of the dependence of temperature and degree of deforming thin parts of profiled strips under twin-roll casting with an additional thermal resistance // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

In this paper, the authors consider a new technology for producing strips with a profiled cross-section on twin-roll casting units. Profiling strip is the main element of this technology which covers one or both of the roll-crystallizers, which contributes additional thermal resistance into metal-roll system. In this paper the authors perform theoretical analysis of the influence of profiling strip thickness on parameters, which affect the quality of thin-walled parts of the profiled strip. Two-dimensional model of twin-roll casting in finite-element environment Ansys Flotran was used for mathematical analysis. Dependences of the degree of deformation and temperature of thin strip elements on the height of the crystallization-deformation zone, as well as on the thickness of the profiling strip were obtained in this paper. The results obtained in this study will be used in developing the twin-roll casting technology for manufacturing strips with profiled cross section and will allow to get strips with high level of mechanical properties.

**Keywords:** twin-roll casting, profiled strip, aluminum alloy, computer simulation, degree of deformation. temperature.

**Rudenko N. A. Influence of pore-former addition on the distribution of the relative density of green parts // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

The fact that the finite element software complex DEFORM-3D allows to model the pressing of powder materials without conducting complex experiments calibrating the computational model of porous material was determined in article. The stress-strain curve of base material (iron powder) and virtual stress-strain curve of the mixture of iron powder with ammonium bicarbonate 40/60 in volume was shown. The stress-strain curve of iron powder base material differs from the stress-strain curve of low-carbon steel of similar chemical composition. Finite element modeling of pressing by received curves has demonstrated that addition of pore-former to iron powder leads to the homogeneity of density distribution according to the volume of powder pressing.

**Keywords:** powders, modeling, stress-strain curve, pore-former, pressing.

**Aliieva L. I., Aliiev I. S., Kartamyshev D. A., Chuchin O. V. Shaping in the process of combined extrusion of hollow parts like cartridge // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

The types of combined extrusion of hollow parts and methods of radial-longitudinal extrusion depending on the kinematics and the degree of freedom of metal flow are considered. These types are divided into 2 groups - combined and sequential combined extrusion. The character and distribution of the deformed state for hollow parts of the cup-type and the accumulation of deformations during cold deformation are determined experimentally and by finite element methods and an upper bound method. The calculations of the accumulated degree of deformation performed by various modeling methods yield values close to the experimental data are shown. The zones of the most intensive deformation adjoin to the bottom and inner surface of the cavity of the cup are established. The finite element method was used to study the regularities in the development of the stressed-deformed state of blanks during radial-forward extrusion with distribution and the evaluation of the power regime of the process. The material particles of the part located on the peripheral areas undergo a nonmonotonic deformation with a positive value of the stress state index are established.

**Keywords:** radial-forward extrusion; mode of deformation; accumulated degree of deformation; finite element method; deformation force, stress state index.

**Beloshenko V. A., Bejgel'zimer Ja. E., Voznjak Ju. V., Savchenko B. M., Dmitrenko V. Ju. Equal-channel multi-angular extrusion of the polymeric billets obtained by the FDM-process // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

A new method for obtaining structurally modified polymers based on the combination of the FDM-process (Fused Deposition Modeling) and equal-channel multi-angle extrusion (ECMAE) was firstly proposed and implemented. Physical and mechanical properties of amorphous (ABS, PET-G) and amorphous-crystalline (PET) polymers in a wide range of temperatures were studied with the help of dynamic mechanical analysis and durometry. The differences in the properties of polymer samples obtained by the FDM process were revealed in dependence on the direction of laying of the melt layers. It was shown that ECMAE provides an improvement in the viscoelastic characteristics of polymers obtained by the FDM-process. Density, toughness, glass transition temperature and micro-hardness are also increased under the action of ECMAE. A physical model describing the behavior of layered materials under the action of ECMAE was proposed.

**Keywords:** polymer, FDM process, equal-channel multi-angle extrusion, viscoelastic characteristics, microhardness.



**Markov O. E., Sharun A. O., Kosilov M. S., Inchakov E. V. Modern methods for producing thin-walled parts of important purpose // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

The main methods of the forging manufacturing of bottoms, which provide sectional forming of the workpiece with subsequent pulling, pulling on the mandrel with the further distribution of the workpiece, cyclic local upsetting by distilling a cylindrical workpiece, as well as forming the previously heated end of the rotating tubular billet and welding, are described in the article. These methods of manufacturing bottoms do not provide working of metal structure, have a large number of transitions, lack of reliability of welding joint and require the use of more energy intensive equipment. The known methods of producing large bottoms by welding two or more forged or rolled billets are characterized by considerable complexity, low utilization of metal and do not provide high reliability of the product, since overlapping welded joints are inevitable under the manufacture of hulls, which is unacceptable in the production of power plants components. The definition of the main technological parameters of forging bottoms is very challenging. Therefore, many experimental and development works are used in the production, and implemented processing modes are far from optimal.

**Keywords:** forging, nuclear reactor parts, bottoms, thin-walled forgings, ingot.

**Chukhlib V. L., Klemeshov Y. S., Grinkevich V. A., Yaroshenko O. A., Khalezova T. A., Frolov A. A., Dyja H. Industrial implementation of resource-saving forging process with a rational mode of forming the reduced profitable part of the ingots from corrosion-resistant steels // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

The article describes the process of forging ingots with the reduced profitable part made of corrosion resistant steel at the joint stock company "Dnepropress Steel". In particular, form-changing under the process of forging profitable part of the ingot with the help of computer simulation was determined. The main purpose of this study was the analysis of deformation and stress-strain state of metal in profitable part of the ingot, as well as the improvement of existing schemes of deformation when forging ingots with the reduced profitable part. The result is the obtained data on the forming of profitable part of the ingot and development of recommendations on the optimization of deformation for forging ingots with the reduced profitable part.

**Keywords:** forging, ingot, cogging, forming, deformation.

**Moroz B. S., Paskhalov A. S., Gunin A. V. The influence of contact conditions and direction of the force of friction on the stress state of billets under hot backward extrusion of hollow products // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

The results of the mathematical simulation of the billet in stressed state under hot indirect extrusion of a hollow product made of AK6 alloy with lubrication and under extrusion with active frictional forces, with the speed rate of the matrix displacement relative to the deformable billet, which is equal to the velocity of metal flow into the product wall, were analyzed. It was shown that frictional active forces under the assumed speed conditions of form-changing reduce all the components of the stress tensor, as well as the unevenness of the stressed deformed billet and the deforming force in comparison with the conventional reverse extrusion, but do not change the stress state diagram – «full uneven compression».

**Keywords:** Mathematical modeling, modeling, hot indirect extrusion, active friction, stressed state, billet.

**Kaliuzhnyi V. L., Gornostay V. N., Guljuk A. A., Oleksandrenko Ja. S., Hot forging of hollow high-strength aluminum alloys products with specified metal structure working // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

Using the finite element method, research of technology and parameters for hot forging of hollow products of alloy B93pч with specified working the metal structure by plastic deformation, to provide mechanical properties in the product wall after heat treatment were carried out. Shape and dimensions of initial workpiece, temperature for heating deforming die, forging force, force of pushing the product from matrix, the specific forces on the deforming die, temperature change during product forming, stress-strain state in deformed metal, final shape and size of the product were calculated. According to the results of modeling the stamp for hot forging was designed and manufactured. Experimental research in hydraulic press was carried out. Stretching tests for standard samples, cut from the wall of the product after heat treatment, were performed. Conventional yield strength, strength limit, relative elongation and hardness were defined. Test data meet the requirements for the mechanical properties of deformed metal in the wall of the product.

**Keywords:** hot forging, hollow product, aluminum alloy, finite element method, force mode, strain intensity, experimental research, mechanical properties.

**Sykulski V.T., Taranenko M.Ye., Kashcheeva V.Y., Sykulski S.V. The calculation of the basic parameters of the symmetrical forming of monolithic ribbed panels with double curvature by successive deformation // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

Technological parameters of receiving panels with double curvature ribbing for aerospace engineering products using the most promising process of forming by successive local flexible fit (wiring) are considered. The process and methodology of calculating the required number of local impacts and energy local impact to obtain panels of the desired shape and size are described. Experimental studies of technological process on full-scale panels with hard edges are conducted.

**Keywords:** technological process, forming, panel, double curvature, fit, wiring, plastic deformation, deflection.

**Larin S. N., Platonov V. I., Charin A. V. To the evaluation of the stress state of the workpiece material in the process of pneumatic forming of multilayer sheet structures with rectangular channels // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

The article presents the results of mathematical modeling of isothermal deformation of a multilayer shell in a rectangular channel. The obtained expressions allow further analysis of pneumatic forming to determine rational param-

eters of the deformation. The expressions are valid for both materials, following both kinetic and energy equations of creep and damage.

**Keywords:** forming, multi-layer construction, rectangular channels, power parameters.

**Popivnenko L. V., Rudenko N. A., Ishchenko V. A. Research into features of compacting and sintering of highly porous materials manufactured by using various blowing agents // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

The features of the compaction and sintering of samples obtained from a mixture of iron powder with various types of blowing agents (ammonium bicarbonate, sodium bicarbonate, sodium chloride) are considered. Compaction of the mixtures was performed in a closed cylindrical matrix according to one-way scheme, and the sintering of pressings was held in the container with the filling in a reducing environment. The curves of the compaction and pressing-out for the samples made of the specified mixtures for the range of pressing pressures between 200 and 800 MPa with the step of 100 MPa. The effect of blowing agents on the compactibility of the mixtures in the system iron-blowing agent used in the experiment is determined. The dependences of changes in linear dimensions of sintered samples for fixed values of the pressing pressures in the specified range are plotted. It is established experimentally that the considered pore-forming substances are effective for forming the powder product of the desired pore size and also for achieving high porosity of products with their minimal contamination by decomposition products that remain from the blowing agent.

**Keywords:** high-porous materials, compaction pressure, pore-forming agents, pore size, kinetics of shrinkage (growth), sodium chloride.

**Popivnenko L. V., Shchasnaya K. O. Analysis of the factors determining the strength of the molding powder materials in closed molds // Processing of materials by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

The article describes The main factors affecting the strength of the molding powder materials in closed molds: form and size of particles, their surface condition, chemical composition of powder material, compacting pressure and temperature of the powder materials when pressing, the density of pressing, the presence and type of the applied lubricant. The strength of pressing is especially important for products of thin cross section and low density. An additional increase in strength of unsintered pressings opens new opportunities for technology of powder metallurgy. So, in some cases, it is possible to refuse subsequent sintering, for example, in the manufacture of motor stators and some magnets. Increasing the strength of powder pressings in some cases allows them to be machined before sintering. This will allow you to save the porosity of the surface in necessary cases, to obtain products of very complex configurations even from hard powder materials, to make production of even small batches of products cost-effective and to increase the dimensional accuracy of the parts due to the reduction of distortion when sintering.

**Keywords:** strength of unsintered powder products, compacting pressure, brittle fracture, pressing density, cold welding of the particles, the mechanical cohesion of particles.

**Pavlenko D. V. Features of compaction of sintered titanium alloys by means of pressure treatment // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

The porosity of samples sintered from powders of titanium PT5 after deformation by hot isostatic pressing, screw extrusion and hydrostatic extrusion is studied. It is established that hot isostatic pressing provides compaction of a thin surface layer. It is shown that screw extrusion is the rational method of volumetric compaction and obtaining compact semi-finished products of titanium alloys.

**Keywords:** titanium alloys, powder metallurgy, screw extrusion, hot isostatic pressing, hydrostatic extrusion, structure, porosity.

**Oginskyi I. K., Remez O. A. The study deformation-speed parameters of the continuous bar rolling // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

Existing methods of deformation and rolling speed modes calculation are imperfect, because they are obtained on a physically simplified basis. The aim is to analyze existing approaches to define continuous rolling parameters, the identification of its kinematic characteristics, and development of proposals for improving the methods of rolling speed modes calculation. The analysis shows that all of the methods are reflect to the interaction of physical strip side and the rolls insufficiently, they ignore movement kinematics the metal and the tool. Known methods of the rolling speed modes calculation are based on the effective roll diameter including necessity of the forward slip determination, that is hard to define and has the insufficiently elucidated nature of its appearance, even in case of rolling on a smooth barrel. The method of efficient roll diameter determination that based on kinematic is connected rolls and metal after rolling in them. This method eliminates the necessity of forward slip determination in breakdown pass for calculation of velocity parameters.

**Keywords:** rolling, continuous mill, roll, forward slip, efficient roll diameter, speed.

**Vasilev Ya. D., Zamogil'nyj R. A., Samokish D. N., Oleynik A. V. Increase of accuracy of calculation of the coefficient of friction in cold strip rolling // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

A method to determine the theoretical ratio  $k_{cm}$  characterizing the lubricating efficiency of lubricants technology in cold rolling in terms of their chemical properties has been considered in this article. Using  $k_{cm}$  coefficient values are obtained by the chemical properties of each particular technological lubricant (emulsol) will improve the accuracy in calculation the friction coefficient in cold rolling according to any formula (procedure) for a minimum of 10 ... 40%, as far values  $k_{cm}$  coefficient assumed constant and respectively equal to 1.0 (for vegetable oil) and 1.4 (for mineral oils are soluble).

**Keywords:** cold rolling; accuracy; friction factor; parameter; calculation.

**Vasilev Ya. D., Samokish D. N., Zamogil'nyj R. A., Zheleznov D. V. Experimental study of the effect of tension on rolling force curves and plasticity in cold rolling // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

The experimental data for the force from cold rolling strip thickens 0.5 mm of 08кп steel without lubrication under tension, in the range of the partial relative reductions  $\varepsilon$  from 0.1 to 0.4 and relative tensions  $q/\sigma_T$  from 0 to 0.5 on the basis of which the curves were constructed plasticity  $P_3=\varphi(h_1)$  has been obtained. The experimental curves of  $P_3=\varphi(h_1)$  regardless to the level of tension and relative ratios have the same smooth nature to change and differ only quantitatively. This indicates the tension which is one of the main factors stabilizing cold rolling process and confirms the appropriateness of its use as the channel influence on the thickness profile in strip form and corresponding automatic control systems.

**Keywords:** experimental studies, tension, rolling force, curves plasticity, cold rolling.

**Maksymenko O. P., Prysiashnyi A. H., Kukhar V. V., Kuzmin Ye. V. Theoretical analysis of roll torque at rolling with tension of the strip // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

Exact calculation of rolling torque allows computing the reliable values of power engine in a rolling mill. By analyzing publications was allowed to set the known methods of calculation in rolling torque with tension of a strip didn't take into account influence of such factor, as the resultant value of longitudinal force in rolled metal. In this connection with the method of calculation in rolling torque got further development in this paper. The method was founded on stability condition of rolling and results by analysis of power interaction of a strip with rolls. The method allowed to compute rolling torque with tension of a strip, taking into account influence of the resultant value of longitudinal force in rolled metal. New information was got for terms as hot and cold rolling strips with tension by the use of improved method in the calculation. The analysis of these data has been confirmed, an influence of the resultant value of longitudinal force in rolled metal was substantial. The rolling torque values, computed on basis of the improved method, comport well with the published experimental information. Divergence between the results of calculation and experimental information did not exceed 25 %.

**Keywords:** strip, tension, rolling torque, stability condition, longitudinal force.

**Nayzabekov A. B., Talmazan V., Yerzhanov A. S., Ernazarova F. M., Kaldybekova A. T. Review surface defects in cold rolling // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

In the highly competitive market, one of the important priorities in the metallurgical enterprise is to ensure the quality of its products. Surface defects dramatically reduce the quality of products, and are also responsible for sorting and rejection of metal, resulting in an industrial enterprise incurs losses. Thus, the issues related to ensuring and improving the quality of steel products is highly relevant.

The research below is a review. The paper made an overview of the major surface defects frequently occurring in the enterprise JSC "ArcelorMittal Temirtau", which are responsible for a substantial culling and sorting out cold production. The main type of defects, possible causes of their occurrence, as well as preventive measures has been obtained. The results make it possible to identify key priorities and to ensure and improve the quality of rolled products at the industrial enterprise JSC "ArcelorMittal Temirtau".

**Keywords:** Cold rolling, surface defect, quality of products, defect «fingerprint», defect «pinned», defect «dent», defect «scratch».

**Gogaev K. A., Podrezov Y. N., Voloschenko S. M. Технология производства литых деталей из бейнитного чугуна с шаровидным графитом для почвообрабатывающей сельхозтехники // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

The influence on a structure of mechanical properties and wear mechanism under technological conditions was studied. The main attention concentrates on strain induced phase transformation of residual austenite to martensite. Structural ability to realize TRIP – effect is responsible for high wear resister. Experimental results obtained by wear tests of laboratory samples and natural tests of agricultural equipment.

**Keywords:** biotitic cast irons, work hardening rate, strain-induced phase transition.

**Anishchenko A. S., Kuhar V. V., Glazko V. V. Research in elastic deformation of the ring members of die tooling made of polyurethane // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

The aim of this work is to study the effect of rate and degree of deformation when upsetting in the elastic ring specimens made of polyurethane. Molded samples had external and internal diameters equal to respectively 60 and 30 mm and the height was 12 mm. The relative degree of deformation was equal to 0.1, 0.2 and 0.3. The experiments were performed at the deformation rate of 0.1, 0.7 and 3.0 millimeters per second. It is established that with increasing degree of deformation from 0.1 to 0.3 in the interval of deformation rates of 0.1-3.0 mm/s upsetting pressure increases by 5.8-3.8 times. The decrease of the strain rate by 30 times for  $\varepsilon = 0.1$  and 0.3 reduces the upsetting pressure by 1.23-1.5 times. The proposed approximation formulas determine the pressure precipitation of the degree, strain rate, and deformation of the polyurethane.

**Keywords:** polyurethane, sludge, speed, degree of deformation, pressure.

**Karnaukh S. G. Development and research of equipment for section iron separation into measured workpieces // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

A unit for section iron bending breaking has been developed. The advantage of the proposed design is in the energy, accumulated in the machine due to the elastic deformation of the frame and drive, which is expended for performing useful work - stress concentrator applying for bending breaking the next workpiece. Thus, in one cycle of the installation, two operations are combined: bending breaking and stress concentrator applying in the plane of separation of the next workpiece, which increases the productivity of the process. Static action installation operates in dynamic

mode and provides an increased speed of stress concentrator application, which improves the quality of the separated workpieces. Based on the results of the experimental studies, concerning the application of various forms of wedge tools to the sample, the dependence of the forces of stress concentrator applying on the tool stroke was obtained. The results of the experimental studies are satisfactorily agreed with theoretical calculations, which were performed according to the known mathematical models, with the error within 5...10%. The error is due to the fact that the mathematical model does not take into account the hardening of the material in the deformation area. In addition, it is necessary to choose the values of the sliding friction coefficients more correctly. The calculations, carried out for steel 20 with triangular stress concentrator, show that the accumulated energy of the elastic deformation of the frame and the drive of the hydraulic press (about 90 Joules) is sufficient for effective stress concentrator applying for breaking the next workpiece (45 Joules), even taking into account the cutting edges blunting of the wedge knife.

**Keywords:** separation, bending breaking, stress concentrator, knife, wedge, breaker, quality, strength, breaking work, section iron, workpiece.

**Kaliuzhnyi A. V. Intensification of the combined drawing axisymmetric hollow articles through special profiled single-cone matrix // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

The FEM simulation results of the combined drawing of the stainless steel 12X18H10T axisymmetric articles by profiled punch through special profiled single-cone matrix are presented. The punch's lateral surface is formed by the torus intersection with equal diameters and external diameters of sections. When drawing with such punch the metal fills the cavity on the punch surface and in the gap between the matrix and the punch. This causes the creation of additional pulling force to the wall of the deformed article and reducing the tensile stress in the wall's unsafe section. Drawing modeling is carried out for traditional and profiled punches. The use of profiled punch reduces the number of transitions in the drawing in 2 times and an increase the degree of deformation in wall thinning. For punch drawing of the products with different wall thicknesses efforts, the stress-strain state, the degree of use of a resource of plasticity, deformed metal temperature are determined. The efforts, required to remove the product from the punch are determined. Final product dimensions and shape are identified by FEM.

**Keywords:** combined drawing, hollow products, the matrix of a special profile, profiled punch, finite element method, drawing transitions, wall thinning, drawing force, the final product dimensions, the intensity of deformation plasticity resource.

**Krivtsova O. N., Kuzminova N. Yu., Mikheev S. S., Tsyganova V. M. Efficiency of the strip forming in the used and recommended gauges in terms of section-rolling mill of JSC «ArcelorMittal Temirtau» // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

The study of the effectiveness of the strip forming in the used and recommended stretching gauges when rolling rebar of different numbers was performed. Evaluation of the effectiveness of stretching gauges for section-rolling mill 320 was carried out due to the change of the initial workpiece with 130×130 mm section into increased section of 150×150 mm. The values obtained as a result of the analysis confirm the efficiency of deformation of the selected gauges systems when rolling rebar from workpieces of increased cross-section in terms of section-rolling workshop of JSC «ArcelorMittal Temirtau».

**Keywords:** rebar, size increasing of the initial workpiece, effectiveness of the recommended stretching gauges systems.

**Kornilova A. V., Idarmachev I. M., Batarin R. V., Tet Paing. Development of the basics of designing machines for processing metals with pressure with specified longevity // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

The article analyzes the possibility of designing and manufacturing forging and pressing equipment of a specified (limited order) longevity, the advantages of this approach in terms of market economy are given. It is shown that this requires a new scientific base, including a revision of the system of stock factors, the study of the synergistic effect on longevity of factors, which under the traditional design scheme, are not considered to affect the strength (longevity) of base parts. It is shown, using finite element calculations, that it is possible for crank machines of all classes to reduce local stresses that limit longevity due to rational design of constructive stress concentrators and detection of technological defects by methods of nondestructive testing. Therefore, it is possible to design basic details of a given longevity with a reduction in the total metal capacity (machine dimensions). It is suggested to include in the presses passport of limited longevity of the measurement place and the value of primary (at the time of delivery) magnetic characteristics of material to make the express diagnostics of damage possible.

**Keywords:** durability, coercive force, defect, safety factor, diagnostics.

**Chosta N. V. Improvement of wedge-swivel drive equipment for section iron separation into measured workpieces // Materials working by pressure. – 2017. – № 1 (44).**

Promising schemes of equipment and tooling with wedge-swivel mechanism were developed. The mathematical model of wedge-swivel mechanism with variable tilt angle to the horizon was drawn up. Analysis of calculations showed that the kinematic and power parameter of wedge-swivel mechanism is largely independent of angle changes, which define the position of the wedge, the wedge slide and tilt angle to the horizon. By changing the values of these angles, it is possible to achieve different nature of correlation change for executive and driving forces. It makes it possible for a variety of metal forming operations to choose the design and operation mode of the wedge-swivel mechanism of the most appropriate schedules of technological forces.

**Keywords:** separation, wedge, hinge, slide, drive, strength of separation, section iron, workpiece.