
АННОТАЦИИ

Алюшин Ю. А. Уравнения движения при осадке полосы с произвольным трением // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Рассмотрены несколько методик определения уравнений движения в форме Лагранжа, в том числе с применением общей методики решения уравнений Лапласа. Обоснованы два варианта уравнений движения для осадки полосы с отсутствием перемещений частиц заготовки относительно инструмента, удовлетворяющие начальным и граничным условиям, а также условиям постоянства объема для любой прямоугольной части исходной заготовки, прилегающей к осям симметрии. Предложено формулировать условия трения при осадке по смещению или фактическим координатам крайних точек заготовки на поверхности контакта с инструментом. Отмечено, что для повышения точности определения локальных характеристик напряженного и деформированного состояний целесообразно использование общих решений с нелинейными комплексно сопряженными функциями и экспериментально обоснованными граничными условиями по смещениям частиц на свободной поверхности заготовки.

Ключевые слова: уравнения движения, переменные Лагранжа, условия трения, граничные условия.

Жбанков Я. Г. Методы моделирования эволюции микроструктуры металла в процессах горячего пластического деформирования // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Основное влияние на структуру металла оказывают химический состав, термическая обработка и пластическая деформация, что подтверждается многочисленными исследованиями. Посредством пластической деформации при определенных условиях можно существенно влиять на размер зерна металла, на распределение карбидов и других включений в структуре металла, на наличие или отсутствие пор в металле. Количественный расчет этого влияния является очень важным с практической точки зрения. Существует множество подходов для расчета эволюции микроструктуры металла в процессах горячего пластического деформирования, которые объединяются в том, что ведется расчет размеров зерна во время статической, динамической и метадинамической рекристаллизации. В работе предложена блок-схема расчета размеров зерна для процессов поэтапного деформирования.

Ключевые слова: микроструктура, ковка, моделирование, штамповка, деформация, расчет.

Алиева Л. И., Картамышев Д. А., Грудкина Н. С., Чучин О. В. Технологические процессы изготовления полых деталей на основе способов комбинированного выдавливания // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Проведено математическое моделирование силового режима процесса комбинированного последовательного радиально-прямого выдавливания полых деталей энергетическим методом верхней оценки. Использован модульный подход, позволяющий рассмотреть процесс последовательного выдавливания поэтапно с раздельным анализом давлений деформирования по очагам деформации радиального центростремительного и прямого выдавливания металла заготовки. Для стадии радиального выдавливания сопоставлены различные кинематические модули – кинематически возможные поля скоростей и установлено преимущество треугольного криволинейного модуля. Для очага деформации прямого выдавливания использован трапецеидальный кинематический модуль. Получено общее решение на основании применения блоков модулей для зон с характерным течением металла, но возможным изменением геометрии инструмента и формы очага деформации. Выполнен анализ полученных расчетных зависимостей, установлена зависимость общего приведенного давления для процесса радиально-прямого выдавливания от геометрических параметров: толщины фланца и толщины стенки стакана. На основе результатов моделирования установлен обратно пропорциональный характер изменения давления на активном пуансоне от увеличения толщины фланца и толщины стенки стакана. Сравнение расчетных значений давлений деформирования с экспериментальными данными, известными технологическими решениями и конечно-элементным моделированием в программном пакете QForm VX подтверждает приемлемость полученных зависимостей для технологических расчетов.

Ключевые слова: комбинированное деформирование, выдавливание, заготовка, энергетический метод верхней оценки, геометрия матрицы.

Алиева Л. И., Малий К. В. Исследование силового режима и формоизменения заготовки при комбинированном радиально-продольном выдавливании // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Цель работы – анализ особенностей силового режима и формоизменения комбинированного деформирования радиально-прямого выдавливанием. В качестве теоретических методов исследования использованы энергетический метод баланса мощностей и метод конечных элементов. Экспериментальные исследования процесса проводились с использованием методов физического моделирования и метода делительных сеток для определения деформированного состояния заготовок. Проведенный теоретический анализ силового режима и формоизменения заготовки при комбинированном радиально-прямым выдавливании. Увеличение

относительных размеров принимающих полостей матриц приводит к снижению значений приведенного давления, что связано с уменьшением степени деформации и контактной поверхности трения между фланцем и матрицами. Учет особенностей течения материала на основе модульного подхода позволило установить оптимальное значение положения радиуса поверхности раздела течения материала при радиально-прямом выдавливании в зависимости от геометрии инструмента, характеризующий особенности присоединенного организационного деформирования. Определено, что основное влияние на положение границы раздела течения материала является трение и относительные размеры детали. Учитывая возможность получения оптимального значения кинематического параметра исходной скорости в прямом направлении выдавливания, установлены аналитические зависимости для определения прироста линейных размеров заготовки по ходу процесса деформирования. Представлены графические зависимости формоизменения заготовки, которые позволяют прогнозировать получение полуфабрикатов с необходимыми геометрическими параметрами. Представлено экспериментальное исследование подтверждает правомерность полученных теоретических моделей радиально-продольного выдавливания.

Ключевые слова: точная объемная штамповка, стержневые детали с фланцем, комбинированное радиально-продольное выдавливание, формоизменение, приведенное давление, деформируемость, силовой режим.

Айнабекова С. С., Есболат А. Б. Моделирование производства деталей запорной арматуры // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

С целью изготовления быстроизнашивающихся деталей в процессе эксплуатации вентилях смоделировали технологический процесс изготовления деталей запорной арматуры. По технологическим и конструкционным расчетам для изготовления детали ползуна были сконструированы штампы последовательного действия в программном комплексе DEFORM-3D. Для изготовления детали применяется малоотходный тип раскроя, далее полосу вводят в вырубной штамп, после чего деталь вырубается по контуру, и пробиваются соответствующие отверстия. После деталь перемещают во второй штамп, где производятся одновременно последующие операции формовки и гибки части детали в соответствии с размерами данного чертежа. Представлены графики изменения напряжений, температуры и усилия при ходе операций вырубки детали и пробивки отверстий, гибки и формовки. Приведены результаты моделирования в разрабатываемых штампах. На основании этого можно сделать заключение о работоспособности штампов последовательного действия для изготовления деталей запорной арматуры.

Ключевые слова: запорная арматура, штамп, моделирование, вырубка, пробивка, формовка, гибка.

Бейгельзимер Я. Е., Решетов А. В., Кулагин Р. Ю., Коршунов А. И., Давиденко А. А. Неоднородность деформации и идеальная пластичность титана при винтовой экструзии // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

В работе проведен анализ прочностных и пластических характеристик образцов промышленно чистого титана в зависимости от эквивалентной пластической деформации, накопленной в процессе винтовой экструзии (ВЭ). Экспериментально показано, что многопроходная ВЭ приводит к насыщению таких характеристик, как предел текучести, относительное сужение, относительное удлинение до разрушения и равномерное удлинение. Этот факт указывает на наличие идеального пластического состояния в обрабатываемом материале. Установлено пороговое значение накопленной пластической деформации для идеально пластического поведения титана при ВЭ. Определены условия, когда прочностные и пластические свойства титана достигают значительного насыщения. Изучены деформированное состояние и механические свойства титана в осевых и периферийных участках поперечного сечения заготовок. Предложено объяснение упрочнения центральной зоны заготовки при ВЭ. Проведена количественная оценка неравномерности распределения механических свойств в поперечном сечении заготовки.

Ключевые слова: винтовая экструзия, кручение под высоким давлением, распределение деформаций, механические свойства, титан.

Федотьев А. Н., Шкель С. В., Бейгельзимер Я. Е. Использование винтовой экструзии для гомогенизации алюминиевых сплавов при производстве профилей // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Гомогенизацию алюминиевых сплавов традиционно проводят при температуре 450–560 °С несколько часов для получения однородной структуры. Однако можно проводить гомогенизацию материалов методом винтовой экструзии. Попытки применить этот подход в экструзионном производстве долгомерных профилей сталкиваются с рядом серьезных проблем. Теоретически обосновали конструкции винтовых матриц, реализующих гомогенизацию пластической деформацией на отдельном пресс-экструдере. При помощи моделирования в пакете Deform 3D V11 проанализировали ряд винтовых каналов и показали возможность проведения винтовой экструзии цилиндрической заготовки от диаметра 150 мм до диаметра 127 мм. При этом заготовка на выходе не имеет искривлений, а эквивалентная деформация по всему ее поперечному сечению превышает 2.

Ключевые слова: винтовая экструзия, гомогенизация алюминиевых сплавов, винтовая матрица.

Бережная Е. В., Грибков Э. П., Бережной М. А. Исследование влияния кинематической асимметрии на формообразование слоя при электроконтактной наплавке ленты // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Проведены исследования напряженно-деформированного состояния электродного материала в термодеформационном очаге при электроконтактной наплавке лентами с использованием методов конечно-элементного моделирования процесса. Показана целесообразность и рациональность создания кинематической асимметрии при электроконтактной наплавке. Проведено исследование влияния величины коэффициента кинематической асимметрии процесса электроконтактной наплавки на прочность сцепления наплавленного функционального слоя с поверхностью детали. Установлено, что при использовании кинематической асимметрии при электроконтактной наплавке лентами уровень касательных контактных напряжений в зоне контакта электродной ленты с поверхностью детали увеличивается и, как следствие, повышается прочность сцепления покрытия с основным металлом. Приведены оптимальные значения коэффициента кинематической асимметрии, обеспечивающие качественное формирование покрытия.

Ключевые слова: конечно-элементное моделирование, электроконтактная наплавка, прокатка, напряженно-деформированное состояние, кинематическая асимметрия, прочность сцепления.

Боровик П. В. Относительное внедрение до скола при резке металла на ножницах в холодном состоянии // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Выполнены теоретические и экспериментальные исследования процесса разделения металлопроката в холодном состоянии на ножницах с параллельными ножами с целью разработки математической модели расчета относительного внедрения до скола при резке металла на ножницах, путем реализации планированного эксперимента на базе моделирования МКЭ. Исследования базировались на разработанной математической 2D модели процесса резки параллельными ножами. По результатам исследований отмечено, что на величину относительного внедрения до скола оказывают предел прочности и предел текучести материала, относительное удлинение после разрыва, содержание углерода, высота разрезаемого сечения и скорость движения ножа. Получено уравнение регрессии, позволяющее определить относительное внедрение до скола при разделении металлопроката на ножницах в холодном состоянии с доверительным интервалом $\pm 5\%$. Результаты работы могут быть рекомендованы к использованию при принятии проектно-конструкторских и технологических решений в вопросах холодного разделения металла на ножницах.

Ключевые слова: относительное внедрение до скола, разделение металлопроката в холодном состоянии, ножницы.

Грибков Э. П., Добронос Ю. К., Свешников И. А. Исследование влияния радиуса изгиба заготовки на энергосиловые параметры процесса профилегибки // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Производство и применение гнутых профилей – один из важнейших путей снижения энергозатрат и металлоемкости изделий, повышения качества машин и сооружений. Точное определение энергосиловых параметров процесса профилегибки позволяет снизить металлоемкость и, как следствие, стоимость агрегатов. На основе реализации трехмерной конечно-элементной модели процесса профилегибки исследовано влияние радиуса подгибка заготовки на энергосиловые параметры. Модель была разработана в среде Abaqus CAE, что позволило учесть трехмерный характер течения и упрочнение материала, определить напряженно-деформированное состояние, а также силу и момент профилегибки. Анализ полученных результатов однозначно указывает на снижение силы и момента профилирования со снижением радиуса галтелей, что коррелирует с результатами конечно-разностного моделирования. При этом для рассчитанного типа профиля уменьшение радиуса галтели с 5 до 1 мм сила снизилась в 1,4 раза, а момент – в 1,7 раза. В то же время уровень напряжений и деформаций остался таким же, что свидетельствует о преимущественном влиянии на энергосиловые параметры протяженности очага деформации.

Ключевые слова: профилегибка, калибр, профиль, напряженно-деформированное состояние, математическая модель, метод конечных элементов.

Тарасов А. Ф., Алтухов А. В., Грибков Э. П., Салалайко А. И. Конечно-элементное моделирование процесса прокатки с использованием интенсивного пластического деформирования заготовок // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

В работе рассмотрен процесс интенсивной пластической деформации на основе прокатки со скручиванием заготовки. Технология заключалась в последовательной прокатке заготовки в клети с гладкой бочкой валков и в клети с калиброванными валками. Калибр представлял собой параллелограмм, наклоненный на угол кручения заготовки. На эффективность данного процесса влияет ряд параметров, а именно геометрические размеры и форма калибра, расстояние между клетями, радиусы валков, обжатие в первой клети, межклетевое натяжение. На основе трёхмерной конечно-элементной модели было исследовано влияние угла наклона ручья калибра и расстояния между клетями на распределение деформации по сечению заготовки. Было установлено, что наиболее рациональным является угол наклона ручья от 15 до 20 градусов. Меньший угол наклона приводит к нарушению условия захвата металла валками, больший – к снижению эффективности процесса. Также установлено, что наиболее рациональным является расстояние между клетями 125 мм.

Ключевые слова: интенсивная пластическая деформация, прокатка, калибр, кручение, напряженно-деформированное состояние, математическая модель, метод конечных элементов.

Чигиринский В. В., Путноки А. Ю., Левицкая В. А. Нагружение пластической среды в условиях асимметричного плоского воздействия // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

На базе метода гармонических функций разработана математическая модель асимметричного нагружения очага деформации для плоской задачи теории пластичности. Используя граничные условия, учитывающее переменное положение наклонной площадки в зоне контакта, и особенности решения замкнутой задачи теории пластичности, математически представлен процесс пластического формоизменения единым выражением для всего очага деформации. Показано, что модель адекватно реагирует на изменения технологических параметров процесса при асимметричном нагружении. Это позволяет учесть данный фактор влияния на компоненты тензора напряжений плоской задачи. Влияние фактора формы, коэффициента трения и угла захвата совпадает с литературными данными, опубликованными в открытой печати. Распределение контактных нормальных напряжений характеризуется крайней неравномерностью при прокатке тонких полос и уменьшением влияния контактного трения, т. е. равномерным распределением по длине дуги контакта, при прокатке толстых полос.

Ключевые слова: гармонические функции, плоская задача, асимметрия нагружения, напряженное состояние, факторы влияния, аналитическое решение.

Ашкеев Ж. А., Андреященко В. А., Абдираманов С. Т. Исследование процесса закрытой штамповки, реализующей интенсивные пластические деформации // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Приведены результаты исследования процесса деформирования в закрытой матрице, реализующего интенсивные пластические деформации. Для исследования ИПД в закрытой матрице предварительно были проведены лабораторные эксперименты с использованием многослойных пластилиновых образцов, а также алюминиевых образцов. Анализ результатов исследования с помощью использования пластилиновых, алюминиевых образцов и компьютерного моделирования показал, что в объеме заготовки реализуются интенсивные пластические деформации, которые интенсифицируются с увеличением количества циклов деформирования. Кроме того, сравнительный анализ показал хорошую корреляцию результатов компьютерного моделирования и экспериментальных данных, наблюдается идентичность и сходимость полученных значений. Экспериментальные исследования показали, что с увеличением циклов деформирования увеличивается прочность металла и другие показатели по сравнению с исходными значениями.

Ключевые слова: матрица, пуансон, контейнер, образцы, заготовки, деформация, напряжение.

Омаров Ш. А. Интенсификация формоизменяющих операций // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Показана возможность интенсификации МЭИФ путем предварительной обработки заготовки ИМП. Такая обработка приводит к уменьшению доверительного интервала точек диаграммы предельного деформирования в (1,3–1,5) раза. Сделана оценка предельного формоизменения заготовок из легкоплавких материалов в условиях МЭИФ. Разработана расчетно-экспериментальная методика получения диаграммы предельных деформаций тонколистового металла для процессов формовки подвижными средами. Суть методики заключается в разрушении образцов давлением полиуретана. Измеряется толщина образца вблизи зоны разрушения или шейкообразования и вычисляется деформация по толщине. Соотношения между главными деформациями определяются на основе известной кривой деформационного упрочнения материала.

Ключевые слова: интенсификация формообразующих операций, листовая штамповка подвижными средами, магнитно-эластоимпульсная штамповка, напряженно-деформированное состояние, диаграмма предельных деформаций.

Тараненко М. Е. Метод снижения коробления листоштампованных деталей // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Предложен новый метод значительного снижения коробления (поводок, депланации) крупногабаритных листовых деталей, предназначенных, в основном, для сборки автокузовов и других узлов и приборов, требующих высокой точности изготовления. Метод применим при формообразовании деталей из деформационно-упрочняющихся материалов. В основу метода положено создание в деформируемом материале импульсного нагружения, согласованного с периодом релаксации остаточных напряжений определенного материала. Метод реализуется при формоизменении на многоконтурных электрогидравлических прессах с пространственно-временным управлением нагружения.

Ключевые слова: остаточные напряжения, упругая и пластическая деформации, импульс нагружения, период, частота, управление нагружением, последовательность деформирования, технологическая наследственность.

Титов А. В., Басов А. Ю., Лавриненков А. Д., Вишневский П. С., Лысенко О. Н., Титов В. А. Некоторые особенности изотермической штамповки точных деталей с тонкостенными элементами // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Проведен анализ перспективных процессов формообразования тонкостенных элементов конструкций. Обоснованы преимущества использования изотермической штамповки для изготовления моноколес различного типа. Предложена конструкторско-технологическая классификация деталей с тонкостенными элементами

на примере моноколес. Выполнено численное моделирование процесса изотермической штамповки типовых представителей моноколес с радиальным и соосным расположением лопаток в CAD/CAE Deform 3D. Проведена оценка влияния энергосиловых параметров и напряженно-деформированного состояния при формообразовании моноколес, перемещения материальных частиц заготовки при заполнении рабочей полости штампа. Получены оптимизированные технологические параметры процесса: скорость деформирования, необходимое усилие деформирования, температура нагрева, а также геометрия рабочей полости штампа. Показано, что при проектировании процессов формообразования необходимо учитывать использование ресурса пластичности.

Ключевые слова: изотермическая штамповка, моноколесо, тонкостенные элементы, лопатка, метод конечных элементов, вязкопластическая модель, сверхпластичность.

Кривцова О. Н., Лутченко Н. А., Кузьминов И. И., Плужников В. А. Исследование и анализ качества метизной продукции // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Цель работы – исследование и анализ экспериментальных и статистических невыполнений требований многомерного качества проволочной продукции типа 2,30-П1-Ц1 ГОСТ 3282-74, произведенных в ТОО «Каз-Метиз». Представлены результаты обработки экспериментальных и статистических данных, статистический анализ по невыполнению требований многомерного качества проволочной продукции по совокупности механических свойств, произведенной в ТОО «Kaz-Metiz». Определены условные вероятности дефектов при производстве проволоки и их различных сочетаний. Построены гистограммы по сочетаниям наиболее важных показателей. Произведена структуризация вариантов нарушения качества. Оценка состояния качества выполняли с использованием относительного показателя – энтропии.

Ключевые слова: проволочная продукция, совокупность механических свойств, анализ и оценка многомерного качества.

Розов Ю. Г. Напряжённое состояние трубчатой заготовки в операциях неравномерного обжима и раздачи // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Предложен способ изготовления осесимметричных тонкостенных трубчатых изделий некруглого поперечного сечения методом проталкивания тонкостенной трубчатой заготовки в профильный инструмент и рассмотрены особенности процесса. Предложена методика расчёта коэффициентов формоизменения трубчатой заготовки в операциях неравномерного обжима и раздачи при изготовлении осесимметричных тонкостенных трубчатых изделий некруглого профиля. Получены формулы для расчёта и определены факторы, влияющие на величину приращения меридионального напряжения в операциях обжима и раздачи, возникающего из-за изгиба стенки деформируемой трубчатой заготовки при изготовлении осесимметричных тонкостенных трубчатых изделий некруглого поперечного сечения с профильными элементами, параллельными продольной оси, и образующими винтовую поверхность. Определена величина минимального радиуса изгиба стенки в поперечном сечении деформируемой трубчатой заготовки в операциях обжима и раздачи при изготовлении осесимметричных тонкостенных трубчатых изделий некруглого профиля.

Ключевые слова: трубчатая заготовка, трубчатое изделие, неравномерный обжим, раздача, осесимметричный некруглый профиль, коэффициент формоизменения, изгиб.

Загорянский В. Г., Гайкова Т. В. Исследование влияния толщины прослойки интерметаллидов на сопротивление на отрыв слоев биметалла медь-алюминий // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Прослойка интерметаллидов, образующихся при получении биметалла медь-алюминий плакированием взрывом, влияет на сопротивление на отрыв соединения слоев. Работа посвящена выбору и определению параметров математической зависимости, описывающей влияния толщины прослойки на сопротивление на отрыв соединения слоев. Механические испытания выполнялись по стандартной методике, принятой при испытании на отрыв слоев биметаллических листовых образцов. Математическая обработка результатов экспериментов выполнялась с использованием численного метода определения аналитического вида функции для нелинейной зависимости и уточнения коэффициентов по методу наименьших квадратов. Впервые количественно установлено, что искомая зависимость ближе всего к логарифмической функции. Для полученной логарифмической зависимости методом наименьших квадратов найдены значения коэффициентов при переменной.

Ключевые слова: биметалл медь-алюминий, плакирование взрывом, прослойка интерметаллидов, сопротивление на отрыв, зависимость.

Белошенко В. А., Возняк А. В., Возняк Ю. В., Дмитренко В. Ю., Савченко Б. М., Чишко В. В. Влияние равноканальной многоугловой экструзии на структуру и свойства полимерных композитов различной архитектуры // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Показано, что равноканальная многоугловая экструзия (РКМУЭ) является эффективным способом структурной модификации полимерных композитов различной архитектуры и открывает новые возможности в управлении их морфологией и свойствами. РКМУЭ позволяет повысить плотность, ударную вязкость и динамический модуль упругости слоистых композитов PET/ABS и PET-G/ABS, полученных FDM-процессом. В случае полимерных нанокомпозитов LLDPE/CNT_s РКМУЭ способствует увеличению электрической проводимости, модуля Юнга, предела текучести, относительного удлинения и ударной вязкости. У гибридных

полимерных композитов LLDPE-CaCO₃-C значительно повышается микротвердость и снижается степень ее анизотропии вследствие формирования ориентированной структуры полимерной матрицы и увеличения степени ее кристалличности.

Ключевые слова: полимерные композиты, равноканальная многоугольная экструзия, микроструктура, физические и механические свойства.

Бондаренко С. В., Гридин А. Ю., Шапер М. Влияние холодной прокатки на гладкой бочке на механические свойства предварительно профилированных полос из алюминиевого сплава EN AW-6082 // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Исследована возможность получения тонких плоских полос из алюминиевого сплава EN AW-6082 с гетерогенными по ширине механическими свойствами путем прокатки на гладкой бочке предварительно профилированных полос, полученных валковой разливкой-прокаткой. Экспериментально определена оптимальная разница между толщинами элементов профилированных полос, которая гарантирует получение максимального прироста основных показателей механических свойств на отдельных элементах полосы, а именно предела прочности, предела текучести и твердости. Полученная разница между толщинами элементов позволила уточнить один из технологических параметров новой энергосберегающей технологии изготовления полос с переменными по ширине механическими свойствами с применением оригинального устройства валковой разливки-прокатки профилированных полос: толщину профилирующей стальной ленты.

Ключевые слова: профилированная полоса, алюминиевый сплав, деформация, гетерогенные механические свойства, холодная прокатка на гладкой бочке.

Василев Я. Д., Замогильный Р. А., Ковтун А. П. К определению коэффициента трения при холодной прокатке по экспериментальным эпюрам контактных напряжений // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Установлено, что принятие грубых допущений в качестве моделей напряжений трения при прокатке типа «закона Амонтона» для определения коэффициента трения по экспериментальным эпюрам контактных напряжений приводит к получению ошибочных значений данного параметра. Для получения надежных данных о коэффициенте трения при прокатке по экспериментальным эпюрам контактных напряжений необходима корректная модель напряжений трения процесса. На базе новой модели напряжений трения, учитывающей закономерности кинематики очага деформации при прокатке тонких полос, создана и реализована современная методика определения коэффициента трения по эпюрам контактных напряжений. С использованием предложенной методики получены новые данные о величине коэффициента трения при холодной прокатке по экспериментальным эпюрам контактных напряжений. Сопоставление этих данных с коэффициентами трения, полученными другими методами, показало их хорошее соответствие, что служит подтверждением точности и надежности предложенной методики определения коэффициента трения по экспериментальным эпюрам контактных напряжений и дает основание рекомендовать её для практического применения.

Ключевые слова: коэффициент трения, контактные напряжения, экспериментальные эпюры, методика, точность; кинематика, прокатка.

Ермаханбетов К. Е., Быхин Б. Б., Абишкенов М. Ж. опережение металла при сортовой прокатке с реализацией интенсивной пластической деформации // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Приведены результаты экспериментального определения опережения при сортовой прокатке с реализацией интенсивной пластической деформации в новой системе калибровки валков «ромб-квадрат». При проведении эксперимента использован современный метод тензометрического исследования на установке ZET LAB, которая позволяет с высокой точностью определить требуемые параметры исследования. Установлено, что при интенсивной прокатке с поперечным сдвигом фактические значения опережения металла ниже, чем значения опережения, определенные аналитическим способом, что обусловлено снижением продольной скорости металла в очаге деформации. Результаты эксперимента представляют определенный теоритический и практический интерес при разработке калибровки валков.

Ключевые слова: опережение металла, интенсивно пластическая деформация, поперечный сдвиг, система калибровки валков, очаг деформации, традиционный метод, сортовая прокатка.

Кухарь В. В., Курпе А. Г. Уточнение методики расчета тепловых потерь металла на непрерывных станах горячей прокатки // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

В данной работе усовершенствована методика расчета тепловых потерь металла при горячей прокатке на непрерывных станах. Предложенная методика применима для непрерывных станов с различной компоновкой основного технологического оборудования в диапазоне температур, подходящих для моделирования процессов горячей прокатки, нормализующей прокатки и процесса ТМСП из углеродистых и микролегированных марок стали.

Предложен инженерный расчет неучтенных потерь температуры раската излучением и конвекцией, который впервые, через фактор времени, дополнительно учитывает факторы скорости движения полосы, длину рольганга и длину раската, а также длину дуги контакта металла с валками. Закономерные связи между данными

факторами, затраченным временем и величиной падения температуры ранее были неизвестны, из-за чего расчет по известным методикам приводил к значительным погрешностям. Возможность учета указанных факторов в различной комбинации в зависимости от способа прокатки раската (последовательной или одновременной в нескольких клетях) повышает точность технологических расчетов, обеспечивает универсальность разработанного метода относительно различных типов станов и составляет научную новизну работы. Разработана формула для расчета потерь температуры при смотке рулонов на установке CoilBox. Формула впервые учитывает влияние на температуру таких параметров, как длина полосы, скорость смотки и размотки, толщина полосы, внутренний радиус сматываемого рулона, время нахождения раската в смотанном состоянии. Выполнена проверка усовершенствованной модели на фактических данных, полученных на стане 1700 ММК «Имени Ильича», данных различных авторов, а также в ходе совместных сравнительных расчетов с инженеринговыми компаниями, в ходе подготовки проекта реконструкции стана с установкой оборудования CoilBox. Усовершенствованная модель может быть использована для моделирования технологии ТМСР на непрерывных станах горячей прокатки с различным расположением основного технологического оборудования.

Ключевые слова: моделирование, плоский прокат, температурный режим, CoilBox.

Огинский И. К., Таратута К. В., Востоцкий С. Н. Совмещенные процессы в обработке металлов давлением // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Целью является анализ существующих способов и работ, посвященных совмещенным процессам обработки металлов давлением, выявление эффективных методов и приемов совмещения процессов, оценка трудоемкости их реализации, перспективность применения. Выполнен анализ существующих совмещенных процессов при обработке металлов давлением. Отмечена недостаточная изученность технологических особенностей базовых и совмещаемых процессов. Подтверждена перспективность развития направления. Необходимым условием создания новых технологий является развитие теоретических основ базовых областей знаний. Технологические разработки всегда сопровождаются созданием дополнительного оборудования. Для создания новых видов оборудования необходимы уточненные методы их расчета и новые проектно-конструкторские решения.

Ключевые слова: совмещенные процессы, прокатка, ковка, волочение, прессование, гибка, валковая разливка-прокатка.

Фролов Е. А., Черная Ю. А. Экспериментальное исследование влияния конструктивных факторов на прочность клеевого соединения направляющих элементов УСПШ // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Проведены экспериментальные исследования по определению степени влияния конструктивно-технологических факторов на прочность клеевого соединения направляющих колонок универсально-сборных переналаживаемых штампов с помощью образцов, имитирующих реальное соединение. Закрепление элементов штампа производилось посредством эпоксидного клея марки ЭК-3У0. Определена степень влияния количества горизонтальных канавок на посадочных местах колонок, двухстороннего зазора в них, шероховатости поверхности соединяемых деталей, а также длины и диаметра посадочных частей направляющих элементов на прочность клеевого соединения. Установлено, что с увеличением двухстороннего зазора до 0,4–0,6 мм прочность уменьшалась от 1,5 до 2,5 %, максимальная прочность получена при бесканавочном соединении с шероховатостью склеиваемой поверхности Rz 215. Также определена минимально допустимая длина соединяемой части колонки равная (0,7–1,2) диаметра.

Ключевые слова: экспериментальный метод, универсально-сборный переналаживаемый штамп, прочность, клеевое соединение, направляющие элементы.

Явтушенко А. В., Проценко В. М. Расчет валков прокатных станов на прочность и деформацию в среде AutoCAD Mechanical // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 1 (46).

Рассмотрены возможности геометрического моделирования валков прокатных станов и выполнение расчетов на прочность и деформацию в системе САПР AutoCAD Mechanical 2018. Ранее этот программный комплекс использовался для моделирования и расчета валов редукторов, рычагов, кулачков и др. деталей машин. Построены расчетные схемы и эпюры изгибающих моментов и напряжений валков четырехвалковой клетки стана холодной прокатки полос. Определены опасные сечения и коэффициенты запаса статической и усталостной прочности в этих сечениях. Выполнены сравнения полученных в AutoCAD Mechanical данных с литературными расчетными данными и показано их соответствие. Методом конечных элементов (МКЭ) выполнена оценка напряженно – деформированного состояния опорного вала и определены зоны высоких локальных напряжений на поверхности вала. Показано, что программный комплекс AutoCAD Mechanical 2018 может быть использован при расчете валков рабочих клеток прокатных станов.

Ключевые слова: прокатная клеть, валок, прочность, деформация, генератор, расчетные модули, метод конечных элементов.

АНОТАЦІЇ

Алюшин Ю. А. Рівняння руху при осадженні смуги з довільним тертям // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Розглянуто декілька методик визначення рівнянь руху в формі Лагранжа, в тому числі із застосуванням загальної методики рішення рівнянь Лапласа. Обґрунтовано два варіанти рівнянь руху для осадження смуги з відсутністю переміщень частинок заготовки щодо інструменту, що задовольняють початковим і граничним умовам, а також умов постійності об'єму для будь-якої прямокутної частини вихідної заготовки, що прилягає до осей симетрії. Запропоновано формулювати умови тертя при осадженні по зсуву або фактичним координатам крайніх точок заготовки на поверхні контакту з інструментом. Відзначено, що для підвищення точності визначення локальних характеристик напруженого і деформованого станів доцільне використання загальних рішень з нелінійними комплексно сполученими функціями і експериментально обґрунтованими граничними умовами по зсувах частинок на вільній поверхні заготовки.

Ключові слова: рівняння руху, змінні Лагранжа, умови тертя, граничні умови.

Жбанков Я. Г. Методи моделювання еволюції мікроструктури металу в процесах гарячого пластичного деформування // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Основний вплив на структуру металу надають хімічний склад, термічна обробка і пластична деформація, що підтверджується численними дослідженнями. За допомогою пластичної деформації при певних умовах можна суттєво впливати на розмір зерна металу, на розподіл карбідів і інших включень в структурі металу, на наявність або відсутність порожнин в металі. Кількісний розрахунок цього впливу є дуже важливим з практичної точки зору. Існує безліч підходів для розрахунку еволюції мікроструктури металу в процесах гарячого пластичного деформування, які об'єднуються в тому, що ведеться розрахунок розмірів зерна під час статичної, динамічної і метадінамічної рекристалізації. В роботі запропонована блок-схема розрахунку розмірів зерна для процесів деформування за стадіями.

Ключові слова: мікроструктура, кування, штампування, моделювання, деформація, розрахунок.

Алієва Л. І., Картамишев Д. А., Грудкіна Н. С., Чучин О. В. Технологічні процеси виготовлення порожнистих деталей на основі засобів комбінованого видавлювання // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Проведено математичне моделювання силового режиму процесу комбінованого послідовного радіально-прямого видавлювання порожнистих деталей енергетичним методом верхньої оцінки. Використаний модульний підхід, що дозволяє розглянути процес послідовного видавлювання постадійно з роздільним аналізом тисків деформування по осередках деформації радіального доцентрового і прямого видавлювання металу заготовки. Для стадії радіального видавлювання зіставлені різні кінематичні модулі – кінематичне можливі поля швидкостей і встановлено перевагу трикутного криволінійного модуля. Для осередку деформації прямого видавлювання використаний трапецеїдальний кінематичний модуль. Отримано загальне рішення на підставі застосування блоків модулів для зон з характерною течією металу, але можливою зміною геометрії інструменту та форми осередку деформації. Виконано аналіз отриманих розрахункових залежностей, встановлена залежність загального приведенного тиску для процесу радіально-прямого видавлювання від геометричних параметрів: товщини фланця і товщини стінки стакану. На основі результатів моделювання встановлено зворотно-пропорційний характер зміни тиску на активному пуансоні від збільшення товщини фланця і товщини стінки стакану. Порівняння розрахункових значень напруги деформування з експериментальними даними, відомими технологічними рішеннями та кінчево-елементним моделюванням у програмному пакеті QForm VX підтверджує прийнятність отриманих залежностей для технологічних розрахунків.

Ключові слова: комбіноване деформування, видавлювання, заготівка, енергетичний метод верхньої оцінки, геометрія матриці.

Алієва Л. І., Малій Х. В. Дослідження силового режиму і формозміни заготовки при комбінованому радіально-поздовжньому видавлюванні // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Мета роботи – аналіз особливостей силового режиму та формозміни комбінованого деформування радіально-прямого видавлюванням. В якості теоретичних методів дослідження використані енергетичний метод балансу потужностей і метод скінченних елементів. Експериментальні дослідження процесу проводилися з використанням методів фізичного моделювання та методу ділильних сіток для визначення деформованого стану заготовок. Проведений теоретичний аналіз силового режиму і формозміни заготовки при комбінованому радіально-прямому видавлюванні. Збільшення відносних розмірів приймаючих порожнин матриць призводить до зниження значень приведенного тиску, що пов'язано зі зменшенням ступеню деформації і контактної поверхні тертя між фланцем і матрицями. Урахування особливостей течії матеріалу на основі модульного підходу дозволило встановити оптимальне значення положення радіуса поверхні розділу течії матеріалу при радіально-

прямому видавлюванню в залежності від геометрії інструменту, що характеризує особливості приєднаного осередку деформування. Визначено, що основний вплив на положення межі розподілу течії матеріалу є тертя і відносні розміри деталі. Враховуючи можливість отримання оптимального значення кінематичного параметра вихідної швидкості в прямому напрямку видавлювання, встановлені аналітичні залежності для визначення приросту лінійних розмірів заготовки по ходу процесу деформування. Представлені графічні залежності формозміни заготовки, які дозволяють прогнозувати отримання напівфабрикатів з необхідними геометричними параметрами. Представлене експериментальне дослідження підтверджує правомірність отриманих теоретичних моделей радіально-поздовжнього видавлювання.

Ключові слова: точне об'ємне штампування, стрижневі деталі з фланцем, комбіноване радіально-поздовжнє видавлювання, формозміна, приведений тиск, деформівність, силовий режим.

Айнабекова С. С., Есболат А. Б. Моделювання виробництва деталей запірної арматури // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

З метою виготовлення швидкозношуваних деталей в процесі експлуатації вентилів змоделивали технологічний процес виготовлення деталей запірної арматури. За технологічними і конструкційними розрахунками для виготовлення деталі повзуна були сконструйовані штампи послідовної дії в програмному комплексі DEFORM-3D. Для виготовлення деталі застосовується маловідходний тип розкрою, далі смугу вводять в вирубний штамп, після чого деталь вирубється по контуру, і пробиваються відповідні отвори. Після деталь переміщують в другій штамп, де виробляються одночасно наступні операції формовки та згинання частини деталі відповідно до розмірів даного креслення. Представлені графіки зміни напружень, температури і зусилля при ході операцій вирубку деталі і пробивання отворів, згинання та формування. Наведено результати моделювання в розроблених штампах. На підставі цього можна зробити висновок про працездатність штампів послідовної дії для виготовлення деталей запірної арматури.

Ключові слова: запірна арматура, штамп, моделювання, вирубка, пробивка, формовка, гнучка.

Бейгельзімер Я. Ю., Решетов О. В., Кулагін Р. Ю., Коршунов О. І., Давиденко О. А. Неоднорідність деформації та ідеальна пластичність титану при гвинтовій екструзії // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

В роботі проведено аналіз характеристик міцності і пластичності зразків промислово чистого титану в залежності від еквівалентної пластичної деформації, накопиченої в процесі гвинтової екструзії (ГЕ). Експериментально показано, що багатопродіна ГЕ призводить до насичення таких характеристик, як межа плину, відносне звуження, відносне подовження до руйнування та рівномірне подовження. Цей факт вказує на наявність ідеального пластичного стану в оброблюваному матеріалі. Встановлено порогове значення накопиченої пластичної деформації для ідеально пластичної поведінки титану при ГЕ. Визначено умови, коли міцність і пластичні властивості титану досягають значень насичення. Вивчено деформований стан і механічні властивості титану в осевих і периферійних ділянках поперечного перерізу заготовок. Запропоновано пояснення зміцнення центральної зони заготовки при ГЕ. Проведена кількісна оцінка нерівномірності розподілу механічних властивостей в поперечному перерізі заготовки.

Ключові слова: гвинтова екструзія, кручення під високим тиском, розподіл деформацій, механічні властивості, титан.

Федотьев А. М., Шкель С. В., Бейгельзімер Я. Ю. Застосування гвинтової екструзії з метою гомогенізації алюмінієвих сплавів при виробництві профілей // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Гомогенізацію алюмінієвих сплавів традиційно проводять при температурі 450–560 °С кілька годин для отримання однорідної структури. Однак можна проводити гомогенізацію матеріалів методом гвинтової екструзії. Спроби застосувати цей підхід в екструзійному виробництві довгомірних профілів стикаються з низкою серйозних проблем. Теоретично обґрунтували конструкції гвинтових матриць, що реалізують гомогенізацію пластичною деформацією на окремому прес-екструдері. За допомогою моделювання в пакеті Deform 3D V11 проаналізували ряд гвинтових каналів і показали можливість проведення гвинтової екструзії циліндричної заготовки від діаметра 150 мм до діаметра 127 мм. При цьому заготовка на виході не має викривлень, а еквівалентна деформація по всьому її поперечному перерізу перевищує 2.

Ключові слова: гвинтова екструзія, гомогенізація алюмінієвих сплавів, гвинтова матриця.

Бережна О. В., Грибков Е. П., Бережний М. О. Дослідження впливу кінематичної асиметрії на формоутворення шару при електроконтактному наплавленні стрічки // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Проведено дослідження напружено-деформованого стану електродного матеріалу у термдеформаційному осередку при електроконтактному наплавленні стрічками з використанням методів кінцево-елементного моделювання процесу. Показано доцільність та раціональність створення кінематичної асиметрії при електроконтактному наплавленні. Проведено дослідження впливу величини коефіцієнту кінематичної асиметрії процесу електроконтактного наплавлення на міцність зчеплення наплавленого функціонального шару з поверхнею деталі. Встановлено, що при використанні кінематичної асиметрії при електроконтактному наплавленні

стрічками рівень дотичних контактних напружень у зоні контакту електродної стрічки з поверхню деталі збільшується і, як наслідок, підвищується міцність зчеплення покриття з основним металом. Наведено оптимальні значення коефіцієнту кінематичної асиметрії, що забезпечують якісне формування покриття.

Ключові слова: кінцево-елементне моделювання, електроконтактне наплавлення, прокатка, напружено-деформований стан, кінематична асиметрія, міцність зчеплення.

Боровик П. В. Відносне проникнення до сколу при різанні металу на ножицях в холодному стані // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Виконано теоретичні та експериментальні дослідження процесу розділення металопрокату в холодному стані на ножицях з паралельними ножами з метою розробки математичної моделі розрахунку відносного проникнення до сколу при різанні металу на ножицях, шляхом реалізації планованого експерименту на базі моделювання МСЕ. Дослідження базувалися на розробленій математичній 2D моделі процесу різання паралельними ножами. За результатами досліджень відзначено, що на величину відносного проникнення до сколу надають межа міцності і межа текучості матеріалу, відносне подовження після розриву, вміст вуглецю, висота розрізаного перетину і швидкість руху ножа. Отримано рівняння регресії, що дозволяє визначити відносне проникнення до сколу при поділі металопрокату на ножицях в холодному стані з довірчим інтервалом $\pm 5\%$. Результати роботи можуть бути рекомендовані для використання при прийнятті проектно-конструкторських і технологічних рішень в питаннях холодного поділу металу на ножицях.

Ключові слова: відносне проникнення до сколу, поділ металопрокату в холодному стані, ножиці.

Грибков Е. П., Добронос Ю. К., Свешников І. А. Дослідження впливу радіусу згину заготовки на енергосилові параметри процесу профілезгину // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Виробництво і застосування гнутих профілів – один з найважливіших шляхів зниження енерговитрат і металоємності виробів, підвищення якості машин і споруд. Точне визначення енергосилових параметрів процесу профілезгину дозволяє знизити металоємність і, як наслідок, вартість агрегатів. На основі реалізації тривимірної скінчено-елементної моделі процесу профілезгину досліджено вплив радіусу згину заготовки на енергосилові параметри. Модель була розроблена в середовищі Abaqus CAE, що дозволило врахувати тривимірний характер течії і зміцнення матеріалу, визначити напружено-деформований стан, а також силу і момент профілезгину. Аналіз отриманих результатів однозначно вказує на зниження сили і моменту профілювання зі зниженням радіусу згину, що корелює з результатами кінцево-різницевого моделювання. При цьому для розрахованого типу профілю при зменшенні радіусу галтелі з 5 до 1 мм сила знизилася в 1,4 рази, а момент – в 1,7 рази. У той же час рівень напружень і деформацій залишився таким же, що свідчить про переважне вплив на енергосилові параметри протяжності осередку деформації.

Ключові слова: профілезгин, калібр, профіль, напружено-деформований стан, математична модель, метод скінчених елементів.

Тарасов О. Ф., Алтухов О. В., Грибков Е. П., Салалайко О. І. Скінчено-елементне моделювання процесу прокатки з використанням інтенсивного пластичного деформування заготовок // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

У роботі розглянуто процес інтенсивної пластичної деформації на основі прокатки з скручуванням заготовки. Технологія полягала в послідовній прокатці заготовки в кліті з гладкою бочкою валків і в кліті з каліброваними валками. Калібр являв собою паралелограм, нахилений на кут кручення заготовки. На ефективність даного процесу впливає ряд параметрів, а саме геометричні розміри і форма калібру, відстань між клітями, радіуси валків, обтиснення в першій кліті, міжклітьове натягнення. На основі тривимірної скінчено-елементної моделі було досліджено вплив кута нахилу рівчака калібру і відстані між клітями на розподіл деформації по перерізу заготовки. Було встановлено, що найбільш раціональним є кут нахилу рівчака від 15 до 20 градусів. Менший кут нахилу призводить до порушення умови захоплення металу валками, більший – до зниження ефективності процесу. Також встановлено, що найбільш раціональною у даному випадку є відстань між клітями 125 мм.

Ключові слова: інтенсивна пластична деформація, прокатка, калібр, кручення, напружено-деформований стан, математична модель, метод скінчених елементів.

Чигиринський В. В., Путники О. Ю., Левицька В. А. Навантаження пластичного середовища в умовах асиметричного плоского впливу // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

На базі методу гармонійних функцій розроблена математична модель асиметричного навантаження осередку деформації для плоскої задачі теорії пластичності. Використовуючи граничні умови, що враховують змінне положення похилої площадки в зоні контакту, і особливості вирішення замкнутої задачі теорії пластичності, математично представлено процес пластичного формозмінення єдиним виразом для всього осередку деформації. Показано, що модель адекватно реагує на зміни технологічних параметрів процесу при асиметричному навантаженні. Це дозволяє врахувати цей фактор впливу на компоненти тензора напружень плоскої задачі. Вплив фактора форми, коефіцієнта тертя і кута захоплення збігається з літературними даними, опублікованими в пресі. Розподіл контактних нормальних напружень характеризується крайньою нерівномірністю при прокатці тонких смуг і зменшенням впливу контактного тертя, тобто рівномірним розподілом по довжині дуги контакту, при прокатці товстих смуг.

Ключові слова: гармонійні функції, плоска задача, асиметрія навантаження, напружений стан, чинники впливу, аналітичне рішення.

Ашкеєв Ж. А., Андреященко В. О., Абдираманов С. Т. Дослідження процесу закритого штампування, що реалізує інтенсивні пластичні деформації // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Наведено результати дослідження процесу деформування в закритій матриці, що реалізує інтенсивні пластичні деформації. Для дослідження ПД в закритій матриці попередньо проведені лабораторні експерименти з використанням багатошарових пластилінових зразків, а також алюмінієвих зразків. Аналіз результатів дослідження з використанням пластилінових, алюмінієвих моделей та комп'ютерного моделювання показав, що в обсязі заготовок реалізуються інтенсивні пластичні деформації, які інтенсифікуються з збільшенням кількості циклів деформування. Крім того, порівняльний аналіз показав хорошу кореляцію результатів комп'ютерного моделювання та експериментальних даних, спостерігається ідентичність та збіжність отриманих значень. Експериментальні дослідження показали, що при збільшенні циклів деформування збільшується міцність металу та інших показників у порівнянні з вихідними значеннями.

Ключові слова: матриця, пуансон, контейнер, види, заготовки, деформація, напруга.

Омаров Ш. А. Інтенсифікація формозмінних операцій // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Показана можливість інтенсифікації МЕІФ шляхом попередньої обробки заготовки ІМП. Така обробка призводить до зменшення довірчого інтервалу точок діаграми граничного деформування в (1,3–1,5) рази. Зроблено оцінку граничного формозмінення заготовок з легкоплавких матеріалів в умовах МЕІФ. Розроблено розрахунково-експериментальну методику отримання діаграми граничних деформацій тонколистового металу для процесів формування рухливими середовищами. Суть методики полягає в руйнуванні зразків тиском поліуретану. Вимірюється товщина зразка поблизу зони руйнування або шейкоутворення і обчислюється деформація по товщині. Співвідношення між головними деформаціями визначаються на основі відомої кривої деформаційного зміцнення матеріалу.

Ключові слова: інтенсифікація формотворчих операцій, листове штампування рухливими середовищами, магнітно-еластоімпульсне штампування, напружено-деформований стан, діаграма граничних деформацій.

Тараненко М. Є. Метод зниження викривлення листоштампованих деталей // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Запропоновано новий метод значного зниження викривлення (жолоблення, депланації) крупногабаритних листових деталей, які призначені, в основному, для збирання автокузовів та інших вузлів та приладів, що потребують високої точності виготовлення. Метод може бути застосовано при формоутворенні деталей з деформаційно-зміцнюваних матеріалів. До основи методу покладено створення у деформованому матеріалі імпульсного навантаження, яке погоджено з періодом релаксації залишкових напружень визначеного матеріалу. Метод може бути реалізовано при формозміні на багатоконтурних електрогідравлічних пресах з просторово-часовим керуванням навантаженням.

Ключові слова: залишкові напруження, пружна та пластична деформація, імпульс навантаження, період, частота, керування навантаженням, послідовність деформування, технологічна спадковість.

Тітов А. В., Басов О. Ю., Лаврінєнков А. Д., Вишневський П. С., Лисенко О. М., Тітов В. А. Деякі особливості ізотермічного штампування точних деталей з тонкостінними елементами // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Проведено аналіз перспективних процесів формоутворення тонкостінних елементів конструкцій. Обґрунтовано переваги використання ізотермічного штампування для виготовлення моноколес різного типу. Запропоновано конструкторсько-технологічну класифікацію деталей з тонкостінними елементами на прикладі моноколес. Виконано чисельне моделювання процесу ізотермічного штампування типових представників моноколес з радіальним і співвісним розташуванням лопаток в CAD/CAE Deform 3D. Проведена оцінка впливу енергосилових параметрів та напружено-деформованого стану при формоутворенні моноколес, переміщення матеріальних частинок заготовки при заповненні робочої порожнини штамп. Отримані оптимізовані технологічні параметри процесу: швидкість деформування, необхідне зусилля деформування, температура нагріву, а також геометрія робочої порожнини штамп. Показано, що при проектуванні процесів формоутворення необхідно враховувати використання ресурсу пластичності.

Ключові слова: ізотермічне штампування, моноколесо, тонкостінні елементи, лопатка, метод скінченних елементів, в'язкопластична модель, надпластичність.

Кривцова О. Н., Лутченко Н. А., Кузьмів І. І., Плужников В. А. Дослідження і аналіз якості метизної продукції // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Мета роботи – дослідження та аналіз експериментальних і статистичних невиконань вимог багатовимірної якості дрітної продукції типу 2,30-ПІ-ЦІ ГОСТ 3282-74, вироблених в ТОО «Каз-Метиз». Представлені результати обробки експериментальних і статистичних даних, статистичний аналіз по невиконанню вимог багатовимірної якості дрітної продукції за сукупністю механічних властивостей, виробленої в ТОВ «Каз-Метиз».

Визначено умовні ймовірності дефектів при виробництві дроту і їх різних поєднань. Побудовано гістограми по сполученням найбільш важливих показників. Проведена структуризація варіантів порушення якості. Оцінку стану якості виконали з використанням відносного показника - ентропії.

Ключові слова: дрова продукція, сукупність механічних властивостей, аналіз і оцінка багатомірної якості.

Розов Ю. Г. Напружений стан трубчастої заготовки в операціях нерівномірного обтиску і роздачі // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Запропоновано спосіб виготовлення тонкостінних вісесиметричних тонкостінних трубчастих виробів некруглого поперечного перерізу методом проштовхування тонкостінної трубчастої заготовки в профільний інструмент і розглянуті особливості процесу. Запропоновано методику розрахунку коефіцієнтів формозміни трубчастої заготовки в операціях нерівномірного обтиску і роздачі при виготовленні тонкостінних трубчастих виробів некруглого профілю. Отримано формули для розрахунку та визначено фактори, що впливають на величину приросту меридіонального напруження в операціях обтиску і роздачі, яка виникає через вигин стінки трубчастої заготовки при виготовленні тонкостінних трубчастих виробів некруглого поперечного перерізу з профільними елементами, паралельними поздовжньої осі, і які утворюють гвинтову поверхню. Визначено величину мінімального радіусу вигину стінки в поперечному перерізі деформованої трубчастої заготовки в операціях обтиску і роздачі при виготовленні тонкостінних трубчастих виробів некруглого профілю.

Ключові слова: трубчаста заготовка, трубчастий виріб, нерівномірний обтиск, роздача, вісесиметричний некруглий профіль, коефіцієнт формозміни, вигин.

Загорянський В. Г., Гайкова Т. В. Дослідження впливу товщини прошарку інтерметалідів на опір на відрив шарів біметалу мідь-алюміній // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Прощарок інтерметалідів, що утворюються при отриманні біметалу мідь-алюміній плакуванням вибухом, впливає на опір на відрив з'єднання шарів. Робота присвячена вибору і визначенню параметрів математичної залежності, що описує вплив товщини прошарку на опір на відрив з'єднання шарів. Механічні випробування виконувалися за стандартною методикою, прийнятою під час випробування на відрив шарів біметалевих листових зразків. Математична обробка результатів експериментів виконувалася з використанням чисельного методу визначення аналітичного виду функції для нелінійної залежності та уточнення коефіцієнтів за методом найменших квадратів. Вперше кількісно встановлено, що шукана залежність ближче всього до логарифмічної функції. Для отриманої логарифмічної залежності методом найменших квадратів знайдені значення коефіцієнтів при змінній.

Ключові слова: біметал мідь-алюміній, плакування вибухом, прошарок інтерметалідів, опір на відрив, залежність.

Білошенко В. О., Возняк А. В., Возняк Ю. В., Дмитренко В. Ю., Савченко Б. М., Чишко В. В. Вплив рівноканальної багатокутової екструзії на структуру та властивості полімерних композитів різної архітектури // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Показано, що рівноканальна багатокутова екструзія (РКБКЕ) є ефективним способом структурної модифікації полімерних композитів різної архітектури і відкриває нові можливості в управлінні їх морфологією і властивостями. РКБКЕ дозволяє підвищити густину, ударну в'язкість і динамічний модуль пружності шаруватих композитів PET/ABS і PET-G/ABS, одержаних FDM-процесом. У разі полімерних нанокompозитів LLDPE/CNT₃ РКБКЕ сприяє збільшенню електричної провідності, модуля Юнга, межі текучості, відносного подовження і ударної в'язкості. У гібридних полімерних композитів LLDPE-CaCO₃-C значно підвищується мікротвердість і знижується ступінь її анізотропії внаслідок формування орієнтованої структури полімерної матриці і збільшення ступеня її кристалічності.

Ключові слова: полімерні композити, рівноканальна багатокутова екструзія, мікроструктура, фізичні і механічні властивості.

Бондаренко С. В., Гридин О. Ю., Шапер М. Вплив холодної прокатки на гладкій бочці на механічні властивості попередньо профільованих штаб з алюмінієвого сплаву EN AW-6082 // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Досліджена можливість виготовлення тонких плоских штаб з алюмінієвого сплаву EN AW-6082 з гетерогенними по ширині механічними властивостями шляхом прокатки на гладкій бочці попередньо профільованих штаб, що виготовлені валковою розливкою-прокаткою. Експериментально визначена оптимальна різниця між товщинами елементів профільованих штаб, яка гарантує одержання максимального приросту основних показників механічних властивостей на окремих елементах штаби, а саме межі міцності, межі плинності та твердості. Визначена різниця між товщинами елементів дозволила уточнити один з технологічних параметрів нової енергозберігаючої технології виготовлення штаб зі змінними по ширині механічними властивостями з застосуванням оригінального пристрою валкової розливки-прокатки профільованих штаб: товщину профілюючої сталеної стрічки.

Ключові слова: профільована штаба, алюмінієвий сплав, деформація, гетерогенні механічні властивості, холодна прокатка на гладкій бочці.

Васильов Я. Д., Замогильний Р. А., Ковтун А. П. До визначення коефіцієнта тертя при холодній прокатці по експериментальним епюрах контактних напружень // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Встановлено, що прийняття грубих припущень в якості моделей напружень тертя при прокатці типу «закону Амонтона» для визначення коефіцієнта тертя за експериментальними епюрами контактних напружень призводить до отримання помилкових значень даного параметра. Для отримання надійних даних про коефіцієнт тертя при прокатці за експериментальними епюрами контактних напружень необхідна коректна модель напружень тертя процесу. На базі нової моделі напружень тертя, що враховує закономірності кінематики осередку деформації при прокатці тонких штаб, створена і реалізована сучасна методика визначення коефіцієнта тертя за епюрами контактних напружень. З використанням запропонованої методики отримані нові дані про величину коефіцієнта тертя при холодній прокатці за експериментальними епюрами контактних напружень. Зіставлення цих даних з коефіцієнтами тертя, отриманими іншими методами, показало їх високу відповідність, що служить підтвердженням точності і надійності запропонованої методики визначення коефіцієнта тертя за експериментальними епюрами контактних напружень і дає підставу рекомендувати її для практичного застосування.

Ключові слова: коефіцієнт тертя, контактні напруження, експериментальні епюри, методика; точність, кінематика, прокатка.

Ермаханбетов К. Е., Бихін Б. Б., Абішкенов М. Ж. Випередження металу при сортової прокатці з реалізацією інтенсивної пластичної деформації // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Наведено результати експериментального визначення випередження при сортової прокатці з реалізацією інтенсивної пластичної деформації в новій системі калібрування валків «ромб-квадрат». При проведенні експерименту використано сучасний метод тензометрического дослідження на установці ZET LAB, яка дозволяє з високою точністю визначити необхідні параметри дослідження. Встановлено, що при інтенсивній прокатці з поперечним зсувом фактичні значення випередження металу нижче, ніж значення випередження, визначені аналітичним способом, що обумовлено зниженням поздовжньої швидкості металу в осередку деформації. Результати експерименту представляють певний теоретичний і практичний інтерес при розробці калібрування валків.

Ключові слова: випередження металу, інтенсивна пластична деформація, поперечний зсув, система калібрування валків, осередок деформації, традиційний метод, сортова прокатка.

Кухар В. В., Курпе О. Г. Уточнення методики розрахунку теплових втрат металу на безперервних станах гарячої прокатки // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

В зазначеній роботі вдосконалена методика розрахунку теплових втрат металу при гарячій прокатці на безперервних станах. Запропонована методика застосовується для безперервних станів з різноманітним компонуванням основного технологічного обладнання в діапазоні температур, придатних за для моделювання процесів гарячої прокатки, нормалізованої прокатки, та процесу ТМСП з вуглецевих та мікролегованих марок сталі.

Інженерний розрахунок неврахованих втрат температури розкату випромінюванням та конвекцією, який запропоновано вперше, через фактор часу, додатково враховує фактори швидкості руху полоси, довжину рольгангу, а також довжину дуги контакту металу з валками. Закономірні зв'язки між зазначеними факторами, витраченим часом та рівнем зниження температури раніше були невідомі, через це розрахунок по відомим методикам приводив к значним похибкам. Можливість врахування вказаних факторів в різноманітній комбінації в залежності від способу прокатки розкату (послідовного або одночасного в декількох клітках) підвищує точність технологічних розрахунків, забезпечує універсальність розробленого методу відносно різноманітних типів станів та складає наукову новизну роботи. Розроблена формула для розрахунку втрат температури при змотуванні рулонів на установці CoilBox. Формула уперше враховує вплив на температуру таких параметрів, як довжина полоси, швидкість змотування та розмотування, товщина полоси, внутрішній радіус рулону, який змотується, час перебування розкату в змотаному стані. Виконана перевірка вдосконаленої моделі на фактичних даних, які були отримані на стані 1700 ММК «Імені Ілліча», даних різноманітних авторів, а також під час спільних порівняльних розрахунків з інжиніринговими компаніями, під час підготовці проекту реконструкції стану з установкою обладнання CoilBox. Вдосконалена модель може бути використана для моделювання технології ТМСП на безперервних станах гарячої прокатки з різноманітним розташуванням основного технологічного обладнання.

Ключові слова: моделювання, плоский прокат, температурний режим, CoilBox.

Огинський Й. К., Таратута К. В., Востоцький С. М. Суміщені процеси в обробці металів тиском // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Метою є аналіз існуючих способів і робіт, присвячених суміщеним процесам обробки металів тиском, виявлення ефективних методів і прийомів поєднання процесів, оцінка трудомісткості їх реалізації, перспективність застосування. Виконано аналіз існуючих суміщених процесів при обробці металів тиском. Відзначено недостатня вивченість технологічних особливостей базових і процесів, які суміщаються. Підтверджено перспективність розвитку напрямку. Необхідною умовою створення нових технологій є розвиток теоретичних

основ базових галузей знань. Технологічні розробки завжди супроводжуються створенням додаткового обладнання. Для створення нових видів обладнання необхідні уточнення методи їх розрахунку і нові проектно-конструкторські рішення.

Ключові слова: суміщені процеси, прокатка, кування, волочіння, пресування, гнуття, валкове розливання-прокатка.

Фролов Є. А., Чорна Ю. А. Експериментальне дослідження впливу конструктивних чинників на міцність клейового з'єднання напрямних елементів УСПШ // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Проведено експериментальні дослідження щодо визначення ступеня впливу конструктивно-технологічних факторів на міцність клейового з'єднання напрямних колонок універсально-збірних переналагоджуваних штампів за допомогою зразків, що імітують реальне з'єднання. Закріплення елементів штампа здійснювалося за допомогою епоксидного клею марки ЕК-3У0. Визначено ступінь впливу кількості горизонтальних каналок на посадочних місцях колонок, двостороннього зазору в них, шорсткості поверхні деталей, що з'єднуються, а також довжини і діаметра посадочних частин напрямних елементів на міцність клейового з'єднання. Встановлено, що зі збільшенням двостороннього зазору до 0,4–0,6 мм міцність зменшувалася від 1,5 до 2,5 %, максимальна міцність отримана при безканавковому з'єднанні з шорсткістю поверхні, що склеюється, Rz 215. Також визначена мінімально допустима довжина частини колонки, що з'єднується, дорівнююча (0,7–1,2) діаметру.

Ключові слова: експериментальний метод, універсально-збірний переналагоджуваний штамп, міцність, клейове з'єднання, направляючі елементи.

Явтушенко О. В., Проценко В. М. Розрахунок валків прокатних станів на міцність і деформацію в середовищі AutoCAD Mechanical // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 1 (46).

Розглянуто можливості геометричного моделювання валків прокатних станів і виконання розрахунків на міцність і деформацію в системі САПР AutoCAD Mechanical 2018. Раніше цей програмний комплекс використовувався для моделювання і розрахунку валів редукторів, важелів, кулачків та ін. деталей машин. Побудовано розрахункові схеми і епюри згинальних моментів і напружень валків чотиривалкової кліті стана холодної прокатки смуг. Визначено небезпечні перетини і коефіцієнти запасу статичної міцності і міцності на втому у цих перетинах. Виконано порівняння отриманих в AutoCAD Mechanical даних з літературними розрахунковими даними і показана їх відповідність. Методом скінчених елементів (МСЕ) виконана оцінка напружено – деформованого стану опорного валка і визначено зони високих локальних напружень на поверхні валка. Показано, що програмний комплекс AutoCAD Mechanical 2018 може застосовуватись при розрахунку валків робочих клітей прокатних станів.

Ключові слова: прокатна кліть, валок, міцність, деформація, генератор, розрахунковий модуль, метод скінчених елементів.

ABSTRACTS

Alyushin Y. A. Equations of motion for the draft of a strip with arbitrary friction // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

Several methods for determining the equations of motion in the form of Lagrange are considered, including using the general procedure for solving the Laplace equations. Two variants of the equations of motion for settling a strip with the absence of displacements of workpiece particles with respect to the tool, satisfying the initial and boundary conditions, and also the conditions for the constancy of the volume for any rectangular part of the initial workpiece adjacent to the symmetry axes are justified. It is proposed to formulate the frictional conditions for drafts from the displacement or actual coordinates of the extreme points of the workpiece on the contact surface with the tool. It is noted that to improve the accuracy of determining the local characteristics of stressed and deformed states, it is expedient to use general solutions with nonlinear complex conjugate functions and experimentally grounded boundary conditions on the displacements of particles on the free surface of the billet.

Keywords: equations of motion, Lagrange variables, friction conditions, boundary conditions.

Zhbankov I. G. The methods of calculation metal structure evolution in hot forging processes // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

The main influence on structure of metal has the chemical composition, heat treatment and plastic strain that is confirmed by the number of researches. By the metal forming with the determined conditions it is possible to influence on the metal grain size, carbide segregation and others inclusions in the metal structure and to presence or absence of voids. The numerical calculation of this impact has important practical value. It is a lot of approaches to calculate the microstructure evolution in hot forging processes which are joining by the fact that calculation provided in three stages in static, dynamic and meta dynamic recrystallizations. In the paper proposed block-schema for calculation grain size during multistage forging process.

Keywords: microstructure, forging, simulation, strain, calculation.

Aliieva L. I., Kartamyshev D. O., Grudkina N. S., Chuchin O. V. Technological processes of manufacturing hollow parts on the basis of methods of combined extrusion // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

The mathematical modeling of the power mode of the combined sequential radial-forward extrusion of hollow parts by the energetic method of the upper assessment is carried out. A modular approach has been used that allows us to consider the process of sequential extrusion in a step-by-step manner with a separate analysis of deformation pressures along the centers of deformation of radial centripetal and direct extrusion of the metal of the workpiece. For the stage of radial extrusion, different kinematic modules are compared and kinematically possible velocity fields and the advantage of the triangular curvilinear module is established. For the focal point of deformation of direct extrusion a trapezoidal kinematic module is used. A general solution is obtained based on the application of module blocks for areas with a characteristic metal flow, but possible variation in the geometry of the instrument and the shape of the deformation focus. The analysis of the calculated dependences is performed, the dependence of the total reduced pressure on the radial-straight extrusion process on the geometric parameters: the flange thickness and the cup wall thickness is established. Based on the simulation results, the proportional nature of the pressure change on the active punch is established from the increase in flange thickness and the wall thickness of the cup. Comparison of the calculated values of deformation pressures with experimental data, known technological solutions and finite element simulation in the software package QForm VX confirms the acceptability of the obtained dependencies for technological calculations.

Keywords: combined deformation, extrusion, billet, die geometry.

Aliieva L. I., Malii K. V. Investigation of the power mode and the forming preform in the combined radial-longitudinal extrusion // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

The purpose of the work is to analyze the features of the power regime and the modification of the combined deformation by radial-direct extrusion. As theoretical methods of research, the energy method of the balance of power and the method of finite elements were used. Experimental studies of the process were carried out using physical simulation methods and the method of dividing grids to determine the deformed state of the workpieces. A theoretical analysis of the power regime and the shape modification of the workpiece with the combined radial-direct extrusion. An increase in the relative sizes of the receiving cavities of the matrices leads to a decrease in the values of the reduced pressure, which is associated with a decrease in the degree of deformation and the contact surface of the friction between the flange and the matrices. The account of the material flow characteristics on the basis of the modular approach has made it possible to establish the optimal value of the position of the radius of the interface of the material flow during radial-direct extrusion, depending on the geometry of the tool, characterizing the features of the associated organization of deformation. It is determined that the main effect on the position of the interface between the material flow is friction

and relative dimensions of the part. Considering the possibility of obtaining an optimal value of the kinematic parameter of the initial velocity in the forward direction of extrusion, analytical dependencies have been established for determining the increment of the linear dimensions of the workpiece during the deformation process. The graphic dependencies of the shape forming of the workpiece are presented, which allow to predict the receipt of semi-finished products with the necessary geometric parameters. The presented experimental study confirms the validity of the obtained theoretical models of radial-longitudinal extrusion.

Keywords: precision forging, rod parts with flange, combined radial-longitudinal extrusion, relative pressure, deformability, power mode.

Ainabekova S. S., Esbolat A. B. Simulation of production of parts of shut-off valves // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

In order to manufacture wear parts during the operation of the valves, the technological process of manufacturing the parts of the stop valves was modeled. According to technological and structural calculations for the production of the slider part, stamps of sequential action were designed in the DEFORM-3D software package. To produce the part, a low-waste type of cutting is used, then the strip is introduced into the die, after which the part is cut along the contour, and corresponding holes are punched. Afterwards the part is moved to the second stamp, where the subsequent molding and bending operations of the part of the part are simultaneously performed in accordance with the dimensions of this drawing. The graphs of changes in stresses, temperatures and forces during the operations of punching and punching holes, bending and forming are presented. The results of modeling in the developed dies are presented. On the basis of this, it is possible to draw a conclusion on the operability of stamps of sequential action for the manufacture of parts of the stop valves.

Keywords: stop valves, stamp, modeling, cutting, punching, forming, bending.

Beygelzimer Y. Yu., Reshetov O. V., Kulagin R. Yu., Korshunov O. I., Davydenko O. A. Heterogeneity of deformation and ideal plasticity of titanium during the twist extrusion // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

This paper deals with the analysis of strength and plastic characteristics of commercially pure titanium specimens as a function of equivalent plastic strain accumulated during Twist Extrusion (TE) process. It is shown experimentally that multi pass TE leads to the saturation of yield stress, reduction in area, elongation to failure and uniform elongation. This fact indicates the occurrence of an ideal plastic state in the processed material. The threshold value of accumulated plastic strain for ideal plastic behavior of titanium during TE is defined. The conditions when the strength and plastic characteristics of titanium attain the saturation values were defined. The strain state and mechanical properties of titanium billets processed by TE are studied in both axial and peripheral areas. An explanation for the hardening central zone of the billet during TE is offered. The non-uniformity in mechanical property distribution is quantitatively estimated in the billet cross-section.

Keywords: twist extrusion, high pressure torsion, strain distribution, mechanical properties, titanium.

Fedotiev A. M., Shkel S. V., Beygelzimer Y. Y. Using twist extrusion to homogenize aluminum alloys in the production of profiles // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

Homogenization of aluminum alloys is traditionally carried out at a temperature of 450–560 °C for several hours to obtain a homogeneous structure. However, it is possible to homogenize materials by twist extrusion. Attempts to apply this approach in the extrusion production of long-length profiles face a number of serious problems. Theoretically substantiated twist design matrices realizing homogenization by plastic deformation on a separate press extruder. Using modeling in the Deform 3D V11 package, a number of screw channels were analyzed and the possibility of twist extrusion of a cylindrical billet from a diameter of 150 mm to a diameter of 127 mm was shown. In this case, the workpiece at the outlet has no curvatures, and the equivalent deformation along its entire cross section exceeds 2.

Keywords: twist extrusion, homogenization of aluminum alloys, twist matrix.

Berezshnaya O. V., Gribkov E. P., Berezshnoy M. O. Investigation of the influence of kinematic asymmetry on the formation of a layer during electric contact surfacing of a strip // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

Investigations of the stress-strain state of the electrode material in the thermal deformation zone in the case of electric contact surfacing with tapes were carried out using the finite element modeling of the process. The expediency and rationality of creation of the kinematic asymmetry during the electric contact surfacing with stripes is shown. The influence of the magnitude of the kinematic asymmetry coefficient of the electric contact surfacing process on the adhesion strength of the deposited functional layer to the workpiece surface is investigated. It has been established that with the use of kinematic asymmetry during the electric contact surfacing, the level of tangential contact stresses in the contact area of the electrode tape with the surface of the part increases and, as a consequence, the adhesion strength of the coating with the surface of the detail increases. The optimum values of the kinematic asymmetry coefficient during the electric contact surfacing are provided, which ensure the qualitative formation of the functional coating.

Keywords: finite element modeling, electric contact surfacing, rolling, stress-strain state, kinematic asymmetry, adhesion strength.

Borovik P. V. Relative penetration of fracture at shearing metal in a cold condition by shears // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

Theoretical and experimental studies of the separation of rolled metal in the cold state on scissors with parallel knives were performed with the aim of developing a mathematical model for calculating the relative incidence prior to cleavage during cutting metal on scissors, by implementing a planned experiment based on FEM simulation. The research was based on the developed mathematical 2D model of the process of cutting parallel knives. According to the results of the research, it is noted that the relative penetration prior to cleavage is exerted by the ultimate strength and yield strength of the material, the elongation after rupture, the carbon content, the height of the cut section and the speed of the knife. A regression equation was obtained. It allows to determine the relative introduction prior to cleavage during the separation of metal rolls on scissors in the cold state with a confidence interval of $\pm 5\%$. The results of the work can be recommended for use in making design and technological decisions in the field of cold metal separation on scissors.

Keywords: relative penetration of fracture, separation of rolled metal in cold condition, shears.

Gribkov E. P., Dobronosov Yu. K., Sveshnikov I. A. Investigation of the influence of the bending billet radius on the energy-force parameters of the profiling process // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

Production and application of bent profiles is one of the most important ways to reduce energy consumption and metal consumption of products, improve the quality of machines and structures. The precise determination of the energy-force parameters of the profiling process makes it possible to reduce the metal consumption and, as a consequence, the cost of the units. Based on the implementation of the three-dimensional finite element model of the profiling process, the influence of the radius of the bending of the billet on the energy-strength parameters was investigated. The model was developed in the environment of Abaqus CAE, which allowed to take into account the three-dimensional nature of the flow and hardening of the material, to determine the stress-strain state, as well as the strength and moment of the profiling. The analysis of the obtained results unequivocally indicates a decrease in the force and moment of profiling with a decrease in the fillet radius, which correlates with the results of finite difference modeling. At the same time, for the calculated type of profile, the reduction in the radius of the fillet from 5 to 1 mm decreased by a factor of 1.4 and the time by a factor of 1.7. At the same time, the level of stresses and deformations remained the same, which indicates a predominant effect on the energy-force parameters of the extent of the deformation focus.

Keywords: profiling, gauge, profile, stress-strain state, mathematical model, finite element method.

Tarasov O. F., Altukhov O. V., Gribkov E. P., Salalajko O. I. Finite-element modeling of the rolling process with the use of severe plastic deformation of blanks // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

The process of severe plastic deformation on the basis of rolling with blank torsion is considered in the article. The technology lay in successive rolling of blanks in a cage with a smooth barrel of rolls and in a cage with calibrated rolls. The caliber was a parallelogram inclined to the torsion angle of the blank. The effectiveness of this process is affected by a number of parameters, namely, the geometric dimensions and shape of the caliber, distance between cages, radius of rolls, squeezing in the first cage, tension between cages. The influence of the inclination angle of the caliber ditch and the distance between cages on the distribution of strain on the cross section of the blank was investigated on the basis of the three-dimensional finite-element model. It was found that the most rational angle of inclination of the caliber ditch is from 15 to 20 degrees. A smaller inclination angle leads to the violation of the conditions of capturing metal rolls, a greater – to the decrease of the process efficiency. It was also determined that the most rational distance between cages is 125 mm.

Keywords: severe plastic deformation, rolling, caliber, torsion, tense-deformed state, mathematical model, finite element method.

Chigirinsky V. V., Putnoki A. Y., Levitskaya V. A. Loading of plastic environment under conditions of asymmetric plane impact // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

A mathematical model of the asymmetric loading of the deformation focus for a plane problem of the theory of plasticity is developed on the basis of the method of harmonic functions. Using the boundary conditions, taking into account the variable position of the inclined area in the contact zone, and the peculiarities of the solution of the closed problem of the theory of plasticity, the process of plastic shaping is mathematically presented as the only expression for the entire focus of deformation. It is shown that the model adequately reacts to changes in technological parameters of the process under asymmetric loading. This allows us to take into account this factor influencing the components of the stress tensor of a plane problem. The influence of the form factor, coefficient of friction and angle of capturing coincides with the literature data published in the open press. The distribution of contact normal stresses is characterized by an extreme unevenness in the rolling of thin strips and decrease of the influence of contact friction, that is a uniform distribution along the length of the contact arc, during the rolling of thick strips.

Keywords: harmonic functions, plane problem, loading asymmetry, stress state, influence factors, analytical solution.

Ashkeev Zh. A., Andreyashchenko V. A., Abdiramanov S. T. Study of the process of closed stamping, implementing intensive plastic deformations // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

The article presents the results of the study of the deforming process in a closed matrix that implements intensive plastic deformations. Preliminary laboratory experiments with the use of multilayer plasticine samples, as well as aluminum samples, were applied for the study of IAPS in a closed matrix. The analysis of the study results with the usage of plasticine, aluminum samples and computer simulation has demonstrated that intensive plastic deformations are realized in the volume of blanks, which are intensified with an increase in the number of deformation cycles. In addition, the comparative analysis has showed a good correlation between the results of computer simulation and experimental data, there is an identity and convergence of the obtained values. Experimental studies have proved that when increasing deformation cycles the strength of the metal and other indicators increases in comparison with the initial values.

Keywords: matrix, punch, container, types, blanks, deformation, tension.

Omarov S. A. Intensification of shaping operations // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

The possibility of the intensification of MAIF by pre-treatment of IMP workpieces was demonstrated. This treatment leads to a decrease in the confidence interval of the points of the limiting deformation diagram in (1,3–1,5) times. An estimation of limiting shaping of workpieces from low-melting material in the conditions of MAIF was made. A computational and experimental method of obtaining a diagram of limiting deformations of sheet metal for forming processes by moving media was developed. The essence of the technique lies in the destruction of samples by polyurethane pressure. The thickness of the sample is measured near the fracture zone or neck formation and the thickness deformation is calculated. The relations between the principal deformations are determined on the basis of the known curve of deformation hardening of the material.

Keywords: intensification of the shaping operations, sheet stamping by moving media, magnetic blastomussa stamping, stress-strain state, diagram of limiting deformations.

Taranenko M. E. Method of reducing the curvature of sheet-stamped parts // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

A new method of significant reducing the curvature (buckling, deplanation) of large-dimension sheet articles, which are mainly used for assembling car-bodies and other units and devices requiring high precision manufacturing, is proposed. The method can be implemented for shaping parts made of deformation-strengthening materials. The essence of the method is the creation of impulse loading in the deformed material which is coordinated with the relaxation period of the residual stresses of the specified material. The method can be realized at shaping on multi-contour electrohydraulic presses with spatial-temporary control of loading.

Keywords: residual stresses, elastic and plastic deformation, loading impulse, period, frequency, loading control, sequence of deformation, technological heredity.

Titov A. V., Basov A. Y., Lavrinenkov A. D., Vishnevskii P. S., Lysenko O. M., Titov V. A. Some features of isothermal forming of precision parts with thin-walled elements // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

The analysis of advanced processes of forming of thin-walled structural elements is carried out. The advantages of using isothermal forming for the manufacture of mono wheels of various types are substantiated. A design and technological classification of parts with thin-walled elements by the example of mono wheels is proposed. Numerical simulation of isothermal stamping process of typical representatives of mono wheels with radial and coaxial arrangement of blades in CAD / CAE Deform 3D is performed. The effect of energy-force parameters and stress-strain state during shaping of mono wheels, displacement of material particles of the workpiece during filling of the working cavity of the stamp is estimated. The optimized technological parameters of the process are obtained: the deformation rate, the required deformation force, the heating temperature, and also the geometry of the working cavity of the die. It is shown that when designing forming processes, it is necessary to consider the use of the plasticity resource.

Keywords: isothermal stamping, mono wheel, thin-walled elements, blade, finite element method, viscoelastic model, super plasticity.

Krivtsova O. N., Lutchenko N. A., Kuzminov I. I., Pluzhnikov V. A. Analysis and assessment of the quality of wire products // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

The papers purpose is a research and analysis of experimental and statistical non-performance requirements of multidimensional quality in the wire production like 2,30-P1-TS1 GOST 3282-74 made in Kaz-Metiz LLP. The processing results are experimental and statistical data, statistical analysis of non-compliance with the requirements of multidimensional quality in a wire product on the set of mechanical properties produced in LLP "Kaz-Metiz" are presented. Conditional probabilities of defects at production of a wire and their various combinations are defined. Histograms on combinations of the most important indicators are constructed. The structuring of the variants in a quality violations is made. The evaluation of the quality state using the relative indicator-entropy was performed.

Keywords: wire products, set of mechanical properties, analysis and evaluation of multidimensional quality.

Rozov Yu. G. Stress state of a tubular billet in operations of uneven squeezing and dispensing // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

The method of manufacturing of axisymmetric thin-walled tubular products of non-circular cross-section by pushing of a thin-walled tubular billet into a profile tool is proposed and the features of the process are considered. The technique of calculating the coefficients of a tubular billet forming in operations of uneven crimping and dispensing in the manufacture of axisymmetric thin-walled tubular products of a non-circular profile is proposed. Formulas for calculation and factors determining the meridian stress increment in squeezing and dispensing operations which result from the wall bending of the deformable tubular billet in the manufacture of axisymmetric thin-walled tubular products of nonround cross section with profile elements parallel to the longitudinal axis and forming a screw surface are obtained. The value of the minimum bending radius of the wall in the cross section of the deformable tubular billet in squeezing and dispensing operations in the manufacture of axisymmetric thin-walled tubular products of nonrounds is determined.

Key words: tubular billet, tubular product, uneven squeezing, dispensing, axisymmetric non-circular profile, deformation coefficient, bending.

Zagoryianskii V.G., Haikova T.V. Study of the influence of intermetallide layer thickness on the resistance to bimetal copper-aluminum layers separation // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

The intermetallide layer formed in the production of copper-aluminum bimetal by explosion cladding affects the resistance to layers separation. The work is devoted to the selection and determination of the mathematical dependence parameters describing the influence of the layer thickness on the resistance to layers separation. Mechanical tests were carried out according to the standard procedure adopted in the separation layers test of bimetallic sheet samples. Mathematical processing of experimental results which uses the numerical method of determining the analytical function form for nonlinear dependence and coefficients refinement by the least squares method was carried out. For the first time it is quantitatively established that the sought dependence is closest to the logarithmic function. For the obtained logarithmic dependence by the least squares method the coefficients values of the variable are found.

Key words: copper-aluminum bimetal, explosive cladding, intermetallide layer, resistance to separation, dependence.

Beloshenko V. A., Voznyak A. V., Voznyak Yu. V., Dmitrenko V. Yu., Savchenko B. M., Chishko V. V. Influence of equal channel multiple-angular extrusion on structure and properties of polymer composites of various architecture // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

It is shown that equal-channel multiple-angular extrusion (ECMAE) is an effective method of structural modification of polymer composites in various architectures and opens new possibilities in the management morphology and properties. ECMAE makes it possible to increase the density, toughness and dynamic modulus of elasticity of PET/ABS and PET-G/ABS layered composites produced by the FDM process. In the case of LLDPE/CNT_s polymeric nanocomposites, ECMAE promotes an increase in electrical conductivity, Young's modulus, yield strength, elongation, and toughness. The hybrid polymeric composites LLDPE-CaCO₃-C significantly increase the micro hardness and reduce the degree of its anisotropy due to the formation of an oriented structure in the polymer matrix and an increase in the degree of its crystallinity.

Keywords: polymer composites, equal-channel multiple-angular extrusion, microstructure, physical and mechanical properties.

Bondarenko S. V., Grydin A. Yu., Schaper M. Impact of cold rolling in plain rolls on mechanical properties of pre-profiled strips of an aluminum alloy EN AW-6082 // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

In this paper the possibility of producing thin flat strips of an aluminum alloy EN AW-6082 with heterogeneous mechanical properties in width by rolling in plain rolls of pre-profiled strips has been previously obtained by twin-roll casting has been investigated. Experimentally determined the optimal difference between the thicknesses of profiled strips elements, which guarantees the maximum increase of the main mechanical properties indicators on the individual strips elements obtaining, namely the tensile strength, yield strength and hardness. Obtained difference between the thicknesses of the elements allowed determining one of the technological parameters in a new energy-saving technology for production of strips with variable mechanical properties along the width with use of the original device for twin-roll casting profiled strips: thickness of profiling steel strip.

Keywords: profiled strip, aluminum alloy, deformation, heterogeneous mechanical properties, cold rolling in plain rolls.

Vasilev Ya. D., Zamogil'nyi R. A., Kovtun A. P. To the determination of the coefficient of friction during cold rolling according to the experimental diagrams of contact stresses // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

The adoption of rough assumptions as models frictional stresses in the rolling of the "Amonton law" type for the determination the friction coefficient from the experimental diagrams of contact stresses leads to erroneous values of this parameter has been established. In order to obtain reliable data on the coefficient of friction during rolling by the

experimental diagrams of contact stresses, a correct model of the frictional stresses in the process is necessary. Based on a new model of frictional stresses, taking into account the kinematics deformation mechanism during rolling thin strips, a modern method for determining the coefficient of friction in terms of contact stresses was developed and implemented. With the use of the proposed method, new data on the value of the coefficient of friction during cold rolling according to the experimental diagrams of contact stresses are obtained. Comparison the data with the coefficients of friction obtained by other methods has shown that they are in good agreement, which confirms the accuracy and reliability of the proposed method for determining the friction coefficient from the experimental plots of contact stresses and gives grounds for recommending it for practical application.

Keywords: friction coefficient; contact stresses; experimental diagrams; methodology; accuracy; kinematics; rolling.

Ermakhanbetov K. E., Bykhin B. B., Abishkenov M. Zh. Anticipation of metal during long rolling with the realization of intensive plastic deformation // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

In article results of experimental definition advancing at high-quality rolling with realization of intensively plastic deformation are given in the new system of calibration rolls "rhombus square". When carrying out an experiment it is used a modern method of a tens metric research on the ZET LAB installation which will allow determining the required research parameters with high precision. It is established that at intensive rolling with cross shift the actual values of advancing metal are lower, than the values of advancing defined in the analytical way that is caused by decrease in longitudinal speed of metal in the deformation center. Results of an experiment are of a certain theoretical and practical interest when developing calibration rolls.

Keywords: metal advancing, intensively plastic deformation, cross shift, system of calibration of rolls, deformation center, traditional method, high-quality rolling.

Kukhar V. V., Kurpe A. G. Specification of the method for calculating the thermal loss of metal on continuous hot rolling mills // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

The thesis improves the calculation methodology of metal heat loss during hot rolling procedure at continuous mills. The proposed methodology can be implemented at continuous mills with various in-line equipment arrangement within the temperature ranges appropriate for processes simulation of hot rolling, normalized rolling and TMCP process of carbon and microalloying steel grades.

It offers engineering analysis of unaccounted temperature losses of feed by means of radiation and convection, which, for the first time, through the time factor, additionally accounts for strip motion speed factors, roller table length and feed length, and also length of rolls contact arc with metal. Regular links between these factors, time spent and value of heat loss were previously unknown. So, the calculation under the available methodologies resulted in significant measures of inaccuracy. The accountability of the above mentioned factors in the various compositions depending on the rolling method (successive or simultaneous in several stands) increases the engineering simulation accuracy, ensures the versatility of the elaborated method with respect to different types of mills and makes the scientific novelty of the study. The formula was developed to calculate the temperature loss while coiling at the CoilBox facility. For the first time the formula accounts for the influence on the temperature of such variables as strip length, coiling and uncoiling speed, strip thickness, inside radius of the reeling coil, the time the feed rests being coiled. The improved model was verified based on actual data from rolling mill 1700 of PJSC "Ilyich Iron and Steel Works", records of different authors and was also tested during collaborative calculations of reference with engineering companies while preparing the mill renovation project with CoilBox facility installation. The improved model can be used for TMCP technology simulation at the continuous hot rolling mills with various in-line equipment.

Keywords: simulation, flat products, temperature conditions, CoilBox.

Oginskyi I. K., Taratuta K. V., Vostotskyi S. M. Combined processes in metal forming // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

The aim is to analyze existing methods and works on combined processes of metal forming, to identify effective methods and techniques for combining processes, to evaluate the complexity of their implementation, and the prospects for their application. The analysis of existing combined processes in the processing of metals by pressure is performed. The lack of knowledge of the technological features of basic and compatible processes is noted. The prospects for the development of the direction have been confirmed. A prerequisite for the creation of new technologies is the development of the theoretical foundations of the basic fields of knowledge. Technological developments are always accompanied by the creation of additional equipment. For the creation of new types of equipment, more accurate methods of their calculation and new design solutions are needed.

Keywords: combined processes, rolling, forging, drawing, pressing, bending, rolling casting-rolling.

Frolov Y. A., Chorna Y. A. Experimental study of the influence of constructive factors on the strength of the glued joint of the guide elements of universally-assembled reconfigurable dies // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

Experimental studies to determine the degree of influence of structural and technological factors on the strength of the glued joint of the guide columns of universally-assembled retrofitted dies using samples simulating a real connection have been carried out. The fastening of the stamp elements was carried out with the help of epoxy glue EK-3U0. The degree of influence of the number of horizontal grooves on the seats of the columns, the double-sided clearance in them, the roughness of the surface of the parts to be joined, and the length and diameter of the seating elements of the guide elements on the strength of the adhesive joint are determined. It was found out that with increasing the bilateral clearance to 0.4-0.6 mm, the strength decreased from 1.5 to 2.5%, the maximum strength was obtained with a non-jawed connection with the roughness of the bonded surface Rz215. Also, the minimum permissible length of the connected part of the column is equal to (0.7–1.2) of the diameter.

Keywords: experimental method, universally-assembled retrofitted die, strength, adhesive bonding, guiding elements.

Yavtushenko A. V., Protsenko V. M. Calculation of rolls of rolling mills for strength and deformation in the AutoCAD Mechanical environment // Material working by pressure. – 2018. – № 1 (46).

Opportunities of geometrical modelling of rolls of rolling mills and performance of calculations on durability and deformation in SAPR AutoCAD Mechanical 2018 system are considered. Formerly this program complex was used for modelling and calculating the shaft of gearboxes, levers, cams, etc. of machines elements. Design and orthographic diagrams for bending moments and pressure of rolls of the four-high rougher of the cold mill of strips are constructed. Dangerous sections and factors of a stock of static and fatigue durability in these sections are determined. Comparison of received in AutoCAD Mechanical data with literary design data is carried out and their conformity is shown. An estimation of the tensely-deformed condition of a supporting roll is done using the method of final elements (MFE) and zones of high local pressure on a surface of a roll are determined. It is shown, that AutoCAD Mechanical 2018 program complex can be used in calculation of rolls of rolling mills.

Keywords: the rolling mill, rolls, durability, deformation, generator, design module, method of final elements.