АННОТАЦИИ

Тарасов А. Ф., Коваленко А. К., Алтухов А. В., Лебедь В. Т. Конечно-элементной моделирование многоэтапного формирования ребер на основе разработки структурно-параметрической модели обобщенного инструмента // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

Выполнена разработка структурно-параметрической модели обобщенного инструмента для моделирования интенсивной пластической деформации при формовании вертикальных ребер на цилиндрической заготовке. Разработана геометрическая модель оснастки и заготовки (CAD-модель), модель для анализа НДС и выполнен анализ в CAE-системе процесса многоэтапного деформирования заготовки. Автоматизировано исследование влияния геометрических размеров, формы инструмента и закона трения на реализацию интенсивной пластической деформации ребер. На основе трехмерной конечно-элементной модели выявлено влияние формы и угла наклона граней выпуклого верхнего пуансона на распределение деформаций и растягивающих напряжений в заготовке. Разработаны рекомендации по выбору геометрии верхнего и нижнего пуансонов, которые снижают значения растягивающих напряжений и исключают образование дефектов на свободной грани заготовки. Предложены модификации конструктивной формы пуансонов на последовательных этапах формования ребер для равномерного распределения накопленной пластической деформации вдоль ребер детали. Установлено, что использование структурно- параметрической модели обобщенного инструмента для проведения исследований интенсивного пластического деформирования заготовок позволяет ускорить процесс выполнения расчётов и проектирования технологических процессов, обеспечивающих повышение качества получаемых деталей.

Ключевые слова: многоэтапное моделирования, метод конечных элементов, структурно-параметрическая модель, интеграция, CAD, CAE, напряженно-деформированное состояние, радиальное выдавливание, интенсивная пластическая деформация.

Алиев И. С., Левченко В. Н., Кузенко О. А. Моделирование процесса радиального выдавливания деталей с фланцем // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

Рассмотрен процесс закрытого радиального выдавливания с компенсатором стержневых деталей с фланцем. Методом конечных элементов с помощью программного пакета QForm 2D/3D исследовано напряженно-деформированное состояние заготовки в процессе поэтапной деформации при различных значениях высоты компенсационной щели, предусмотренной на периферии радиальной полости матрицы. В результате исследования получены картины искажения делительной сетки, распределения интенсивности деформаций и интенсивности напряжений в очаге деформации на различных стадиях процесса выдавливания. Максимальные значения интенсивности деформации приобрели слои металла вблизи поверхности контакта заготовки и нижней полуматрицы. Обработкой результатов анализа силового режима построены графики изменения сил закрытого радиального выдавливания и сил раскрытия матрицы по ходу процесса и в зависимости от геометрических параметров детали и относительной высоты компенсатора. Установлено, что значения как силы выдавливания, так и силы раскрытия матрицы, увеличиваются по мере развития процесса, и уменьшаются с увеличением относительной высоты компенсатора. Выполнен также анализ явления подскока сил раскрытия разъемной матрицы в момент снятия основной (деформирующей) нагрузки со стороны пуансона и упругой отдачи технологической системы «штамп-заготовка». Конечно-элементное моделирование показало возможность определения величины приращения сил раскрытия, вызванного этим явлением. Установлено, что с увеличением объема выдавливаемого фланца приращение сил раскрытия матрицы также возрастает.

Ключевые слова: радиальное выдавливание, интенсивность деформаций, интенсивность напряжений, сила выдавливания, сила раскрытия матрицы, метод конечных элементов, полуматрица.

Ахлестин А. В., Левченко В. Н., Ахлестин В. Л. Моделирование процессов контактного взаимодействия инструмента и заготовки при валковой формовке профилей и труб // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

Отмечено увеличение числа работ, направленных на моделирование процессов контактного взаимодействия инструмента и заготовки при валковой формовке. Признана правомерность тезиса о первичности физических моделей по отношению к математическим моделям. Основной проблемой при моделировании является то, что визуально обнаружить поверхность контакта не представляется возможным. Целью работы является: анализ применяемых в настоящее время моделей для определения фактической поверхности контакта при формовке полосовой заготовки в валках; совершенствование нового экспериментального метода «Метод прозрачного инструмента». Разработанный и усовершенствованный авторами метод прозрачного инструмента позволяет экспериментально определять форму и размеры действительной поверхности контакта при взаимодействии инструмента и заготовки. Его суть заключается в применении валкового инструмента, выполненного

из прозрачного материала, например, органического стекла. Наибольший эффект от использования метода возможен в сочетании ее с другими экспериментальными методами механики деформируемого тела: поляризационно-оптическим, тензометрии, координатных сеток и др. Использование ряда технических решений, выполненных на уровне изобретений, позволило расширить возможности метода, повысить его точность. Основной результат метода заключается в том, что «невидимое становится видимым». Метод применяется для исследования процессов холодной штамповки, формовки гнутых профилей и труб, прокатки рельсов, в том числе с несимметричным профилем. Создана действующая модель рабочей клети профилегибочной машины с прозрачными валками, которая в целом является адекватной её реальному объекту.

Ключевые слова: валковая формовка, гнутый профиль, прямошовная сварная труба, валок, моделирование, поверхность контакта, метод прозрачного инструмента.

Добров И. В., Семичев А. В., Морозенко Е. П., Коптилый А. В. Оптический метод физического моделирования локальных деформаций при волочении полосы в монолитной волоке // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

В настоящее время для совершенствования технологических процессов обработки материалов давлением в теории обработки металлов давлением широко используются различные методы моделирования процессов деформации заготовки в очаге деформации. Цель работы – развитие оптического метода физического моделирования локальных деформаций при волочении полосы в монолитной волоке для уточнения механики процесса деформации заготовки; совершенствование математической модели определения энергосиловых параметров процесса волочения, износа инструмента и поверхности протянутой полосы.

Оптический метод исследования локальных деформаций физической модели заготовки в виде намагниченных разноцветных шариков, перемещающихся в модели геометрически подобной волоке, позволяет наглядно представить характерные особенности процесса деформации в зависимости от технологических параметров волочения. Одновременно с относительным перемещением шариков на выходе из волоки (за счет перемещения модели волоки в противоположную сторону) производится цифровая киносъемка, что позволяет анализировать модель пластической деформации как в динамике процесса, так и по его отдельным фотографиям в любой момент времени моделирования пластической деформации. Анализ результатов исследования, представленных на рис. 3, показывает, что механическая «шариковая модель локальной деформации» отражает характер изменения формы поперечного слоя пластически деформируемой заготовки в реальных условиях и может быть использована для исследования локальных деформаций любого (по расположению) слоя материала заготовки на входе в монолитную волоку. Эти особенности кинематики материала заготовки в очаге деформации необходимо учитывать при определении граничных условий процесса волочения полосы в монолитной волоке при уточнении расчета энергосиловых параметров деформации и износа контактных поверхностей волоки и готового изделия.

Ключевые слова: волочение, кинематика, механическая модель, оптический метод, износ.

Гаранич Ю. Ю. Фролов Я. В. Моделирование трансформации внутреннего продольного канала при прокатке с помощью программного обеспечения QForm // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

Процесс сваривания прокаткой в данный момент широко используется для изготовления плоских теплообменников. В этом исследовании предлагается разработка такого способа для изготовления алюминиевых пластин с несколькими продольными каналами для теплообменного оборудования, аналогичных тем, которые в настоящее время производятся с помощью экструзии. Основным преимуществом в этом случае является повышение производительности, по сравнению с процессом прессования. Таким образом, для развития такой технологии должны быть выполнены два условия: выполнение продольных каналов с определенной геометрией и сваривание между алюминиевыми пластинами. Данное теоретическое исследование с помощью метода конечных элементов посвящено решению первой задачи.

В статье было проведено теоретическое исследование трансформации продольных каналов, образованных послойным расположением алюминиевых пластин АД00 с заранее нанесенными ручьями и имеющих различные начальные геометрические характеристики, при сваривании прокаткой. Процесс производился для температуры 450 °C. Исследование проводилось с использованием конечно-элементного моделирования с помощью программного обеспечения QForm. Подобная технология может быть применена для производства плоских теплообменников из алюминия. Показано, как начальная геометрия поперечного сечения канала влияет на его последующую трансформацию, когда двухслойная полоса проходит через очаг деформации во время прокатки. Выделено два типа закрытия каналов в зависимости от соотношения скоростей трансляции металла в область канала в направлении обжатия и уширения.

Кроме того, было обнаружено, что каналы, расположенные на краю полосы, существуют дольше в зоне деформации, чем те, которые расположены в центре полосы. Также каналы на краю полосы получают определенную кривизну в результате разницы скорости расширения металла с краю полосы и в ее центре.

Ключевые слова: сварка прокаткой, конечно-элементное моделирование, каналы, алюминий, теплообменник.

Коноводов Д. В., Андреев В. В., Мартынюк Н. А. Моделирование процесса продольной прокатки полос из сплава алюминия системы Al-Mg-Sc // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

В работе показано, что с целью снижения затрат при исследовании процессов обработки давлением алюминиевых сплавов системы Al-Mg-Sc, целесообразно использовать методы математического моделирования. Создана модель процесса горячей прокатки полос из сплава алюминия системы Al-Mg-Sc с использованием программного продукта QForm VX. В основу математической постановки положена система уравнений, включающая уравнения равновесия, уравнение связи между полем скоростей материальных точек и скоростей деформации, уравнение связи между напряженным и деформированным состоянием, условия несжимаемости, критерий пластичности, уравнения энергетического баланса. Сопротивление деформации материала заготовки считается зависимым от накопленной деформации, текущей скорости деформации и температуры и задается в исходных данных. При построении модели использованы экспериментально определенные кривые деформационного упрочнения сплава 01570. Обоснованы диапазоны варьирования исходных технологических параметров, таких как степень и температура деформации, соотношение ширины к высоте исходной заготовки. С использованием разработанной математической модели проведено теоретическое исследование процесса горячей прокатки полос из выбранного сплава в диапазоне температур 360–420 °С и степеней деформации 15–35 %. По результатам моделирования определены комплексное воздействие указанных технологических параметров на силу и момент прокатки и формоизменение металла в процессе деформации. Получены зависимости силы прокатки и расширения от степени и температуры деформации. Выполнено сравнение результатов моделирования, полученных с использованием предложенной модели процесса прокатки, с экспериментальными данными.

Ключевые слова: прокатка, полоса, алюминий, скандий, модель, температура, деформация, сила, момент, уширение.

Огинский И. К., Ремез О. А. Моделирование процесса непрерывной прокатки в калибрах системы «ромб-квадрат» // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

Целью работы является развитие подходов к исследованиям кинематических параметров непрерывной сортовой прокатки на основе методов компьютерного моделирования, выявление на этой основе сведений о закономерностях изменения технологических параметров при непрерывной прокатке в системе вытяжных калибров «ромб-квадрат». Моделирование процесса прокатки проводилось для стали, склонной к повышенному уширению 08Х13, с использованием программного продукта процессов обработки металлов давлением FORGE 3D, разработанного компанией TRANSVALOR S.A. FORGE 3D. Для полного анализа течения металла в продольном и поперечном направлении в работе представлены реологические кривые исследуемого материала. Моделирование по указанной схеме выполнялось для случаев прокатки с различными сочетаниями переднего и заднего натяжения при различных коэффициентах вытяжки. Полученные результаты позволили выявить закономерности изменения параметров прокатки во взаимосвязи друг с другом. Выявлен качественный и количественный (для исследованного диапазона параметров) характер изменения параметров прокатки в зависимости от натяжения (рассогласования скоростей) Диапазон относительного рассогласования скоростей (по отношению к прокатке без натяжения) составил 2,5…10 % с кратностью 2,5. Диапазон изменения коэффициентов вытяжки составил $\lambda = 1{,}039…1{,}457$, он является достаточно характерным для данной системы калибров. Предварительное сравнение результатов моделирования и экспериментальных данных позволяют сделать вывод о достаточной их сходимости и возможности использования программы FORCE 3D для решения практических задач, связанных с прокаткой в системе калибров «ромб-квадрат».

Ключевые слова: моделирование, сталь, склонность к уширению, реологические кривые, система «ромб-квадрат», натяжение, калибр.

Карнаух С. Г., Мироненко Е. В. Моделирование процесса разделения труб с использованием программного продукта DEFORM 3D // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

Проведен анализ способа разделения труб плоским ножом с использованием программного продукта DEFORM-3D. Выполненные теоретические исследования способа разделения труб плоским ножом позволили выявить последовательность образования стружки-отхода по ходу ножа, оценить энергосиловые параметры процесса разделения и прогнозировать качество разделяемых заготовок. Проведены исследования влияния конфигурации ножа на процесс отделения заготовки от трубы и стружки-отхода по ходу ножа. Анализ полученных результатов показывает, что наиболее оптимальной является остроконечная форма ножа с углом в вершине 50 º, при которой усилие отрезки составляет 16 кН. Качество получаемых заготовок удовлетворительное. На основе анализа безотходных способов разделения труб на мерные заготовки предложен новый способ отрезки и конструкции оборудования для его реализации. Отрезка происходит локально по периметру трубчатой заготовки, что обеспечивает снижение силы отрезки. Учитывая тот факт, что отрезаемая трубчатая заготовка отрезным роликом сдвигается в направлении от оси заготовки, а затем контрроликом – к центру заготовки, проявляется эффект Баушингера. При этом имеет место снижение пределов пропорциональности, упругости и текучести материалов в результате изменения знака нагрузки, если первоначальное нагружение вызвало наличие пластических деформаций. Использование предложенных решений позволяет повысить качество отрезанных трубчатых заготовок, способствует снижению энергосиловых параметров разделения и повышению культуры производства.

Ключевые слова: трубчатая заготовка, нож, геометрические параметры, сила резки, качество.

Кох А. К., Еремкин Е. А. Расчет энергосиловых параметров процесса разгибания гофрированного листа в прямой // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

В статье приводится математическая модель расчета энергосиловых параметров процесса разгибания гофрированного листа в прямой. Приведен анализ последних патентных исследований, публикаций и патентов. Одним из вопросов для решения этой проблемы является моделирование процесса раскатки гофрированного листа в прямую полосу. В данной статье рассматривается возможность моделирования подобного процесса с легкодеформованого материала путем применения метода конечных элементов.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о влиянии на величину площади охлаждающей поверхности таких параметров как количество гофр на заданной длине, величина внутреннего и внешнего радиусов и угла наклона гофр относительно плоской заготовки такой же длины, можно сказать что: с увеличением числа гофр площадь сечения заготовки уменьшается, так как становится меньше прямолинейных частей. Максимальная величина площади сечения достигается при количестве гофр равной пяти; с увеличением внешнего и внутреннего радиуса вершин гофр площадь сечения заготовки уменьшается; с увеличением угла наклона гофр от 30 до 60 градусов величина площади сечения значительно увеличивается.

Предоставленная модель позволяет дать оценку напряженному состоянию при деформации листа, перемещению металла при деформации. Анализ процесса моделирования позволяет дать рекомендации по геометрическим параметрам гофрированного листа, таких как: угол наклона гофрированного листа, радиус вершин гофр, площади поперечного сечения листа.

Ключевые слова: гофрированный лист, изгиб, распределение сил, радиус гофр, профиль валков.

Герасименко А. В., Марков О. Е., Хващинский А. С., Маркова М. А., Ризак П. И. Разработка ресурсосберегающего процесса ковки пустотелых поковок ответственного назначения // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

Робота направлена на решение актуальной научно-технической задачи совершенствования технологических процессов ковки пустотелых поковок с дном на основе применения нового способа и инструмента для ковки без оправки, которые обеспечивают получение качественных пустотелых поковок с требуемой толщиной стенки и диаметром отверстия. Разработаны методика и рекомендации проектирования технологических процессов ковки, которые заключаются в определении диаметра отверстия в заготовке перед протяжкой без оправки в зависимости от диаметра отверстия в поковке и степени деформации. Полученные рекомендации по геометрии оснастки для реализации технологического процесса ковки пустотелых заготовок без оправки подтверждены в производственных условиях. Ковку без оправки целесообразнее производить вырезными бойками с углом выреза 115° и углами скосов 10°. Апробация результатов исследований в производственных условиях позволила подтвердить полученные рекомендации по формоизменению пустотелой заготовки в процессе ковки без оправки вырезными бойками со скосами. Величина подачи должна составлять 0,1 от диаметра заготовки, обжатие за нажим не более 10 %, а последовательность ковки: проход → кантовка на 90° → проход → кантовка на 90° → проход → кантовка на 45° → проход. Была внедрена новая технология ковки пустотелых заготовок без оправки. В результате на 25…30 % повысилась производительность процесса ковки, а число нагревов снизилось на 15…25 %. Установленные в работе решения расширили технологические возможности процесса ковки пустотелых заготовок и повысили их качество.

Ключевые слова: ковка, протяжка, оправка, вырезные бойки, подача, угол скосов, угол вырезов, заковка отверстия, напряженно-деформированное состояние, метод конечных элементов.

Жбанков Я. Г., Алиев И. С. Разработка классификации процессов ковки валов и дисков и выбор направлений их исследований // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

Установлено, что на основе метода морфологических карт возможно генерация большого количества новых способов ковки. Общее число может доходить до нескольких тысяч. Большая часть из таких способов является практически не реализуемой. Для упорядоченности всех этих способов, определения новых потенциально перспективных способов, определения рациональных способов ковки поковок необходимо создать классификацию и выделить на основе анализа наиболее перспективные направления. Целью работы является разработка классификаций способов ковки крупных поковок осадкой и протяжкой.

Для морфологических карт факторы были разбиты еще подробнее: форма инструмента для ковки валов и плит имеет две характеристики – продольную и поперечную форму. Аналогично и для формы заготовки. Классификации составлены на основании выделенных факторов технологического процесса: фактора формы, температурного и кинематического фактора. Подобраны новые, наиболее перспективные способы ковки поковок основных типов. Установлены основные способы ковки поковок типа валов, плит и дисков, которые могут показать высокую эффективность при их реализации. Так для ковки длинномерных изделий предложены способы протяжки в бойках специальной формы, с дополнительным термическим влиянием. Для ковки дисков предложены плиты специальных конструкций, а также заготовки специальной формы.

Ключевые слова: классификация, метод морфологических карт, ковка, протяжка, осадка, валы, диски, плиты.

Злыгорев В. Н., Рагулина Н. В., Шевцов С. А., Инчаков Е. В., Косилов М. С. Исследование осадки заготовок с вогнутыми под углом 120° гранями // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

Предложен новый способ осадки заготовок. Способ заключается в осадке заготовок с вогнутыми гранями. Разработана методика теоретических исследований. Эта методика заключалась в исследовании механизма закрытия искусственных осевых дефектов в заготовках. Исследования производились на основе метода конечных элементов. Основным параметром исследования была глубина вогнутых граней заготовки. Этот параметр варьировался в диапазоне 0,75; 0,80 и 0,85. Угол вогнутых граней составлял 120°. Результатами теоретических исследований являлись распределения: деформаций и напряжений в теле заготовки в процессе осадки заготовок с вогнутыми гранями. На основе этих параметров устанавливался показатель напряженного состояния в осевой зоне заготовки. В результате теоретических исследований было установлено, что эффективной глубиной вогнутых граней является соотношение диаметров выступов и уступов равных 0,85. Для этого соотношения происходит интенсивное закрытие осевого дефекта. Это объясняется высоким уровнем сжимающих напряжений при осадке заготовок с вогнутыми гранями. Установлена эффективная степень деформации, при которой происходит интенсивное закрытие дефектов. Установлены распределения деформаций по сечению и высоте заготовки, а также изменение показателя напряженного состояния в процессе осадки заготовок с вогнутыми гранями. Проведенные исследования позволили сделать вывод о высокой эффективности предлагаемого нового способа осадки заготовок с вогнутыми гранями.

Ключевые слова: вогнутые грани, осадка, напряженно-деформированное состояние, осевые дефекты слитка, высококачественные поковки.

Алиева Л. И., Алиев И. С., Картамышев Д. А., Донченко Е. И., Чучин О. В. Изготовление сложнопрофилированных деталей в процессе радиально-прямого выдавливания // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

Рассмотрены технологические процессы получения сложнопрофилированных полых деталей способом радиально-прямого выдавливания и пути расширения технологических возможностей способов получения полых деталей радиально-прямым выдавливанием с раздачей. Приведены схемы, позволяющие изготовить полые детали со сложным профилем за счет регулирования высоты радиальной полости. Моделированием методом конечных элементов получены картины распределения напряжений при штамповке способом радиально-прямого выдавливания с раздачей. Установлено, что наибольшей деформации подвержены слои металла, примыкающие ко дну полой детали. Определено, что большие значения интенсивности напряжений сосредоточены в слоях материала заготовки вблизи внутреннего радиуса детали. Исследован общий характер изменения силового режима процесса изготовления сложнопрофилированных деталей. Установлено, что стадии радиального истечения и последующего разворота течения металла с радиального направления на прямое характеризуются нестационарностью процесса и непрерывным ростом силовых характеристик. Определено, что установившаяся стадия исследуемого процесса начинается после разворота течения металла и продолжается до окончательного оформления полого изделия. Экспериментально доказана возможность изготовления сложнопрофилированных полых деталей с переменной толщиной стенки за счет изменения высоты радиальной полости. Установлено, что для получения ступенек на внутренней боковой поверхности полого изделия на последующих переходах необходимо уменьшить поперечные размеры нижних пуансонов. На основе результатов экспериментальных исследований определено, что для получения боковых конических поверхностей требуется увеличить диаметры отверстий формоизменяющих участков матриц.

Ключевые слова: сложнопрофилированные полые детали, радиально-прямое выдавливание, метод конечных элементов, экспериментальные исследования.

Алиев И. С., Корденко М. Ю., Самоглядов А. Д. Комбинированное выдавливание полых конических деталей // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

Рассмотрена схема комбинированного выдавливания полых конических деталей в конической матрице с использованием конической и цилиндрической заготовки. Произведено моделирование процесса комбинированного выдавливания в программном пакете DEFORM-3D. В работе представлен график силовых параметров процесса, а также изображения полей распределения интенсивности деформаций и напряжений, которые позволили определить схему с меньшей силой и более равномерным распределением деформаций и напряжений по объему. Анализ показал, что в обоих случаях поля распределения интенсивности деформаций качественно совпадают. Интенсивность напряжений имеет аналогичную картину распределения с деформациями в течение всего процесса выдавливания. Проанализировав полученные результаты, установлено, что использование конической заготовки позволяет снизить силу процесса выдавливания, что обусловлено лучшей геометрией заготовки. В заготовке наблюдается достаточная проработка металла и более благоприятное распределение деформаций и напряжений, сформированных по объему, а также невысокая склонность к образованию трещин и дефектов, что положительно сказывается при ее дальнейшей обработке. Установлено, что использование конической заготовки в процессе комбинированного выдавливания имеет преимущество по сравнению с цилиндрической. Исходя из анализа полей распределения интенсивности деформаций видно, что на начальных стадиях процесса выдавливания цилиндрическая заготовка имеет лучшую проработку как торцевой, так и центральной части, однако по ходу процесса распределения деформаций изменяются. Максимальные деформации для данного процеса достигают 3. На конечном этапе определено, что коническая заготовка имеет более низкую вероятность к разрушению и трещинообразованию, за счет лучшего распределения деформаций по сечению.

Ключевые слова: полые конические детали, комбинированное выдавливание, деформация, заготовка, напряжение, сила.

Алиева Л. И., Сивак Р. И., Коцюбивская Е. И., Сухоруков С. И. Деформируемость заготовок при радиальном выдавливании с противодавлением // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

Выполнены исследования процесса радиального выдавливания фланца на трубчатой заготовке из алюминиевого сплава АД1 с приложением противодавления, которое создается кольцевой заготовкой из технического свинца. Для оценки влияния истории нагружения на пластичность металла заготовки при объёмном напряжённом состоянии использовано пространство с координатами: показатель напряженного состояния η, параметр Лоде-Надаи μ_σ , накопленная степень деформации e_u и построена поверхность пластичности. Пути деформирования элементарных частиц заготовки, выделенных в различных зонах по высоте заготовки, построены в тех же координатах на основе расчетных данных, выполненных методом конечных элементов.

Для сопоставления результатов анализа деформируемости было также построено пространство, в котором вместо параметра Лоде-Надаи использован показатель напряженного состояния χ, учитывающий влияние объемности напряженного состояния. Отмечено преимущество использования координат η, χ, e_u. вместо η, μ_σ, e_u. Это для оценки степени использования ресурса пластичности ψ упрощает расчёты, так как напряжённое состояние в этом случае описывается известной диаграммой пластичности $e_p(\eta)$, кроме того, расхождение между расчётными и экспериментальными значениями ψ уменьшается. Из анализа полученных результатов следует, что наиболее опасными, с точки зрения разрушения, является точки, которые находится на периферии выдавливаемого фланца и точки, расположенные на внешней поверхности заготовки.

При проведении экспериментальных исследований по выдавливанию трубчатой заготовки без противодавления максимальный диаметр фланца, который можно было получить из алюминиевого сплава, не превышал D_ϕ = 44,36 мм, при этом он имел искаженную грибовидную форму. Создаваемое свинцом противодавление позволяет практически в 1,5 раза увеличить диаметр выдавливаемого фланца и полностью избежать искажения его формы.

Ключевые слова: радиальное выдавливание, трубчатая заготовка, фланец, противодавление, напряжения, степень деформации, показатели напряжённого состояния, ресурс пластичности.

Калюжный В. Л., Потятыник А. Н., Малий К. В. Определение параметров холодного комбинированного выдавливания осесимметричных полых изделий с выступом в донной части со стороны полости // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

Методом конечных элементов проведен анализ холодного комбинированного выдавливания из низкоуглеродистой стали осесимметричных полых полуфабрикатов с выступом на донной части со стороны полости для дальнейшей вытяжки с утонением.

Целью работы является расчетное определение параметров холодного комбинированного выдавливания полуфабрикатов с выступом на донной части со стороны полости.

Комбинированное выдавливание цилиндрической заготовки состоит из одновременного выполнения прямого выдавливания для получения конусной донной части и обратного выдавливания для образования полости и выступа. Установлены зависимости усилия выдавливания, усилия извлечения пуансона из сдеформированной заготовки и усилия выталкивания полуфабриката из матрицы от перемещения соответствующего деформирующего инструмента. Определено напряженно-деформированное состояние и температура сдеформированного металла при формообразовании полуфабриката. При максимальном усилии выдавливания показано распределение удельных усилий на пуансоне, выталкивателе и матрице. С учетом упругой деформации установлены конечные форма и размеры полуфабриката. Расчетным путем определены все необходимые данные для проектирования технологии холодного комбинированного выдавливания полых полуфабрикатов с выступом на донной части со стороны полости, в частности усилия выдавливания – для выбора прессового оборудования, распределение удельных усилий – для проектирования штамповой оснастки, форма и размеры полуфабриката и распределение интенсивности деформаций – для прогнозирования их качества.

Ключевые слова: комбинированное выдавливание, полое изделие с выступом, метод конечных элементов, усилия и удельные усилия, форма и размеры полуфабриката, температура металла, деформированное состояние.

Баглюк Г. А., Шишкина Ю. А., Титов В. А., Кирилюк С. Ф. Влияние деформированного состояния горячештампованных заготовок из порошковых алюмоматричных композитов на их структуру и свойства // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

Приведены результаты исследований особенностей структуры и механических свойств металломатричних композитов, полученных горячей штамповкой из заготовок, состоящих из смеси порошков Al и 15 % (масс.) лигатуры системы TiC – 20 % Al. Применялись выходные заготовки под штамповку двух видов: цилиндрические и в виде полого конуса. Показано, что как прочность, так и твердость композитов, изготовленных из конических заготовок, заметно превышает аналогичные характеристики материалов, полученных из заготовок цилиндрической формы. Применение конических заготовок под штамповку обеспечивает заметное увеличение интенсивности деформации материала по сравнению с цилиндрическими заготовками и приводит к росту микротвердости матричной фазы композитов.

Результаты моделирования процессов горячей штамповки заготовок различной формы показали, что применение заготовок в виде полого конуса характеризуется существенно более широким диапазоном значений разноплотности и интенсивности деформаций по сечению образца на промежуточных этапах процесса по сравнению с цилиндрическими заготовками. Интенсивность деформации преобладающей области сечения поковок, полученных из конических заготовок после их окончательной доштамповки, в 1,5–2,0 раза превышает значения интенсивности деформаций поковок, полученных из цилиндрических заготовок. Структура горячештампованных образцов отличается наличием заметной текстурированности, степень которой возрастает при использовании исходных заготовок конической формы. Более мелкозернистая структура также характерна для поковок, полученных из неспеченных заготовок.

Ключевые слова: алюмоматричный композит, штамповка, интенсивная деформация, гибкость, твердость, структура.

Титов А. В., Поливода С. Л., Титов В. А., Вишневский П. С. Особенности формообразования деталей из волокон алюминиевых сплавов // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

Цель работы – отработка процесса изотермического прессования тонкостенного элемента деталей из волокон алюминиевого сплава АД1. Такие волокна имеют мелкокристаллическую структуру и высокие механические свойства прочности и пластичности за счет сверхбыстрого охлаждения со скоростью 10^5–10^6 °С/с. Волокна получены на установке для диспергирования расплава в Физико-технологическом институте металлов и сплавов НАН Украины. Прессования деталей проводили в КПИ им. Игоря Сикорского в два этапа. На первом этапе выполнено прессования брикетов диаметром 30 мм в холодном состоянии. Плотность брикетов составляла 87–90 %. На втором этапе проведено прессование тонкостенного элемента в изотермических условиях. Экспериментальные результаты были сравнены с результатами численного моделирования в программном комплексе Deform 3D. Задача решена для феноменологической постановки и вязкопластического деформирования. Анализ результатов показал, что в тонкостенном элементе действуют сжимающие напряжения. Их взаимодействие с деформациями сдвига в поперечном сечении элемента способствует сближению и диффузионному соединению отдельных волокон. При этом остаточная пористость не превышает 2–3 %. По мере образования тонкостенного элемента величина сжимающих напряжений несколько уменьшается по его длине. Но возникающие деформации сдвига в поперечном сечении под действием этих напряжений способствуют взаимодействию свободных поверхностей волокон, их диффузионному соединению и уменьшению пористости материала. Качественно прочность взаимодействия слоев проверена экспериментально при испытаниях на изгиб. При изгибе тонкостенного элемента на угол 90 ° отслоение волокон не возникало.

Ключевые слова: тонкостенные элементы, волокна алюминиевого сплава, мелкозернистая структура, изотермическая штамповка, вязкопластичное деформирования, диффузионное соединение.

Ковалевский С. В., Маланчук С. Ф. Исследование поверхностно-пластического деформирования винтовым накатником // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

В работе рассмотрены методы укрепления поверхностей деталей машин. На сегодняшний день существует много методов поверхностно-пластического деформирования (ППД). Такие как, алмазное выглаживание, накатка роликом, вибрационная обработка, дробеструйная обработка и другие. Но эти способы имеют ограниченные технологические возможности, потому что обработка ППД коротких и ограниченных рабочих поверхностей кажется невозможным. Рассмотрена проблема обработки поверхностного слоя детали, а также получение качественных поверхностей детали, увеличения продуктивности обработки, расширение технологических возможностей обработки для уменьшения шероховатости и увеличения твердости детали. Предложено решение проблемы с помощью винтового накатника, возможности которого позволяют регулировать шероховатость и твердость детали, которая обрабатывается, за счет изменения угла наклона накатника и давления. Приведена схема обработки детали винтовым накатником. Показана последовательность проведения экспериментальных исследований. Экспериментально исследовано влияние угла накатника и давления на шероховатость и твердость детали. С помощью моделирования процесса обработки накатником в нейронной сети определены зависимости входных данных. На их основе спрогнозирована выходная шероховатость и твердость детали. Построены графики зависимости параметров шероховатости и твердости HB = $f(\alpha; P)$, Ra = $f(P; \alpha)$. Реализован новый способ обработки ППД винтовым накатником поверхностей, ограниченных с обеих сторон. Также осуществлено расширение технологических возможностей данного способа.

Ключевые слова: винтовой накатник, шероховатость, твердость, угол наклона накатника, давление накатника, рандомизация, модель.

Фролов Е. А., Ясько С. Г., Кравченко С. И. Технологические возможности пневмоударной штамповки вытяжкой тонколистовых деталей // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

Важной проблемой пластического формообразования листового металла является устойчивость процесса деформирования. Потеря устойчивости формообразования приводит к возникновению значительных местных деформаций, разрушению металла или искажению формы детали. Особенно это проявляется при высокоскоростном деформировании тонколистовых заготовок. Проявление того или иного типа потери устойчивости зависит от напряженного состояния, скорости деформирования, анизотропии, механических свойств материала и других факторов. Потеря устойчивости наиболее вероятна при получении деталей из тонких заготовок с использованием высокоскоростного локального нагружения.

В работе выполнено определение параметров деформирования при высокоскоростной вытяжке осесимметричных тонколистовых заготовок, обеспечивающих формообразование деталей без искажения формы рельефа и разрушения металла методом пневмоударной штамповки. На основании проведенных исследований установлены технологические возможности изготовления качественных осесимметричных тонкостенных деталей методом пневмоударной штамповки вытяжкой. Условия устойчивости заготовки при формовке осесимметричных элементов несферической формы подобны условиям устойчивости заготовки при формовке сферических элементов, полученные результаты можно распространить и на вытяжку эллиптических, неглубоких конических и других близких к ним по форме деталей. Пневмоударная штамповка позволяет вытягивать куполообразные детали без применения перетяжных порогов, двухпереходной штамповки и других специальных приемов с относительной толщиной заготовки в два-четыре раза меньше, чем допускается при вытяжке пуансоном.

Ключевые слова: пневмоударная штамповка, вытяжка, формовка, дефекты, устойчивость, куполообразный, рельеф, деталь, заготовка.

Федотьев А. Н., Шкель С. В., Федотьева Л. П. Возможность использования метода ротационного резания для получения объемных наноматериалов // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

В последние годы для совершенствования механических характеристик сталей и сплавов стали применять подходы, основанные на формировании материалов микро- и нанокристаллической структуры. Одним из перспективных методов получения лент субмикрокристаллической и наноструктурой является метод строгания и точения. Однако использование метода строгания позволяет получить ленты с субмикрокристаллической структурой ограниченной длины, а сам процесс строгания имеет определенные ограничения по реализации широкого диапазона режимов обработки. Процесс свободного прямоугольного резания, реализуемый при строгании, имеет определенное влияние на приповерхностные слои лент, полученных таким способом. Такое влияние объясняется повышенным трением создаваемой ленты на поверхностях инструментальной оснастки. В работе нами предложен метод ротационного резания с несвободной поверхностью стружкообразования. Путем моделирования в пакете Deform 3D V11 показана возможность выполнения предложенного метода ротационного резания с несвободной поверхностью стружкообразования для получения лент с СМК-структурой. В результате моделирования получили данные, приближенные к известным результатам, полученных при свободном прямоугольном резании. Полученный результат дает серьезные надежды на расширение возможностей использования процессов резания при создании металлических лент с СМК-структурой за счет выполнения ротационного резания с несвободной поверхностью стружкообразования.

Ключевые слова: субмикрокристаллическая структура, ротационное резание, несвободная поверхность стружкообразования.

Гурковская С. С., Загребельный С. Л. Практические рекомендации к технологическим режимам производства тонких горячекатаных полос // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

На основе результатов теоретических исследований в данной работе сформулирована и программно решена задача по автоматизированному проектированию технологических режимов обжатий при горячей прокатке в непрерывной группе чистовых рабочих клетей ШСГП, направленные на повышение точности получаемого металлопроката. При этом в качестве критериальных оценок использованы условия обеспечения максимальной производительности и обеспечения требуемых показателей качества готового металлопроката. Выполнен анализ условий реализации процесса горячей прокатки относительно тонких полос при одновременной работе систем автоматического регулирования их толщины и плоскостности, разработаны рекомендации по их дальнейшему совершенствованию.

Установлено, что с увеличением перепада температур требуемая разнотолщинность возрастает весьма существенно. При этом с увеличением номинального значения толщины прокатываемых полос абсолютное значение разнотолщинности повышается, что необходимо учитывать при проектировании нажимных механизмов соответствующих рабочих клетей.

Использование систем автоматического регулирования толщины обуславливает повышение вероятности нарушения степени плоскостности, что, в свою очередь, может быть компенсировано за счет стабилизации исходных технологических параметров, а также за счет рационального размещения элементов данных систем, как минимум, в трех последних чистовых рабочих клетях. Сформулированы практические рекомендации по совершенствованию технологических режимов процесса горячей прокатки, в том числе и рекомендации по предварительному профилированию толщины прокатываемых полос, обеспечивающему компенсацию неравномерного распределения температур по их длине.

Ключевые слова: широкая полоса, горячая прокатка, планшетность, разнотолщинность, показатели качества, система автоматического регулирования толщины, критериальные оценки, степень плоскостности, автоматизированное проектирование.

Кассов В. Д., Кабацкий А. В., Бережная Е. В., Малыгина С. В. Совершенствование технологии изготовления порошковой проволоки сложной конструкции // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

Целью данной работы является совершенствование технологии изготовления порошковой проволоки сложной конструкции для износостойкой наплавки. Проволока предложенной конструкции изготавливается путем сворачивания трубки из стальной ленты с введением в нее легирующей шихты и сварочной проволоки.

Для предотвращения высыпания порошкового материала из металлической оболочки используется намагничивание металлической проволоки.

Рассмотренный вариант изготовления проволоки реализован при разработке технологии наплавки рабочих поверхностей деталей, работающих в условиях интенсивного износа. Процесс наплавки осуществлялся указанной проволокой диаметром 5 мм под слоем флюса. Для проведения опытов выбрана сталь, содержащая 0,5–0,7 % углерода, в основе легирования которой (до 11–12 %) составляет хром. При этом в сталь дополнительно вводят марганец, а также титан как модификатор, измельчающий структуру металла и делающий ее более однородной. Для повышения механических свойств металла и его устойчивости против трещин осуществлялось модифицирование наплавленного металла магнием, который добавляли в виде магниево-алюминиевого лигатуры (в количестве 5–8 %) для предотвращения выгорания магния, а также для облегчения дробления и размола. Выбранная конструкция позволяет повысить качество, технологичность, производительность как при изготовлении проволоки, так и при выполнении наплавки. Применение порошковой проволоки выбранной конструкции и состава при наплавке износостойкой поверхности позволило получить наплавленный металл с благоприятной структурой, а также пониженным содержанием вредных примесей. Испытания также показали, что исследуемые порошковые проволоки имеют также достаточно высокие сварочно-технологические свойства. Результаты исследований позволяют рекомендовать использование рассматриваемой технологии изготовления порошковой проволоки на производстве при наплавке рабочих поверхностей изношенных деталей.

Ключевые слова: порошковая проволока, сложная конструкция, изготовление, технология, намагничивание, наплавка, легирование, модифицирование.

Курпе А. Г. Термомеханическая прокатка толстых листов из стали марки EH36 на стане 3600 ЧАО «МК «АЗОВСТАЛЬ» // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

Разработана технология и впервые изготовлена, способом термомеханической контролируемой прокатки, опытная партия толстолистового проката размерами 25 × 2150 × 8000 мм из судостали марки EH36 в условиях стана 3600 ЧАО «МК АЗОВСТАЛЬ». Технология разработана с использованием общих требований к производству проката способом термомеханической контролируемой прокатки с использованием математической модели технологического процесса. При проектировании технологии использовались принципы низкотемпературной контролируемой прокатки, а именно формирование необходимой структуры и свойств проката при завершении деформации в двухфазной γ - α области.

Выполнено исследование влияния различных схем продольной и поперечной прокатки на механические свойства готовой продукции. Установлены преимущества поперечно-продольной схемы прокатки с повышенным уровнем обжатия в черновых проходах, которые отразились на механических свойствах проката и энергоэффективности производства.

Проведен комплекс основных и дополнительных испытаний, подтверждающий возможность дальнейшего освоения технологии и сертификации продукции.

Установлено, что при термомеханической прокатке получен более высокий уровень предела текучести и временного сопротивления, чем при нормализации, на сопоставимом сортаменте, что позволяет сделать вывод о возможности дальнейшей оптимизации технологии и химического состава стали. Также установлено, что прокатка, которая осуществлена по режимам термомеханической прокатки, обеспечила получение более мелкого зерна феррита 10; 9 балл по сравнению с нормализацией 8; 9 балл для сопоставимого сортамента.

Внедрение технологии термомеханической прокатки вместо нормализации позволит снизить себестоимость проката за счет исключения расходов природного газа на термообработку (нормализацию). Установлено, что для подготовки сертификации, согласно Правилам BV, необходимо дополнительно провести ряд исследований проката из стали марки EH36 различных толщин.

Ключевые слова: термомеханическая прокатка, толстолистовой прокат, технология, судосталь, марка стали EH36.

Медведев М. И., Фролов Я. В., Андреев В. В., Бобух А. С., Беспалова Н. А. Оценка деформируемости титановых сплавов при горячем прессовании труб // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

При производстве труб широкое распространение получили титановые сплавы. Однако в настоящее время знания о рациональных температурно-скоростных параметрах процесса прессования труб из данных сплавов в технической литературе практически отсутствую либо не характерны для параметров процесса. Для точного определения указанных параметров процесса прямого горячего прессования труб необходим учет величины сопротивления деформации материала, что в свою очередь позволит получить полное представление о пластичности металла. Одним из методов определения величины сопротивления деформации являются испытания на кручения цилиндрических образцов с учетом величины крутящего момента и последующего определения степени деформации сдвига, которая может быть рассчитана по известным зависимостям.

С целью уточнения температурно-деформационных режимов прессования труб из титановых сплавов (ВТ1-0, ПТ-7М, ВТ-14, ВТ-15, ВТ-20, ТС-5 и ТС-6) в работе проведено исследование пластичности и сопротивления деформации при горячем кручении образцов. Основными параметрами при этом выступали: температура испытаний 800–1250 °С; скорость деформации 0,25–20 $с^{-1}$. В процессе испытаний использовали три схемы

нагружения: без закрепления пассивного захвата; с закреплением пассивного захвата в осевом направлении; с приложением внешней осевой растягивающей нагрузки при незакрепленном пассивном захвате. Пластичность исследуемых сплавов в работе рассчитывали из количества оборотов до момента начала разрушения.

В результате проведенных экспериментальных исследований были получены графические зависимости крутящего момента от угла закручивания образца на изменение сопротивления деформации металла. Анализ указанных зависимостей позволил определить оптимальный температурный интервал максимальной пластичности для сплавов: ВТ1-0 900–1000 °С; ВТ14 1050–1150 °С; ВТ15 1000–1100 °С; ВТ20 1050–1150 °С; ТС5 950–1100 °С; ТС6 1150–1200 °С; ПТ7-М 950–1050 °С.

Ключевые слова: титан, испытание, кручение, температура, скорость, степень деформации, сопротивление деформации.

Штода М. Н., Самохвал В. М., Максименко О. П., Марченко К. К., Басак И. И. Распределение нагрузок по проходам в чистовом проволочном блоке при прокатке стальной катанки ∅ 5,5 мм // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

В работе разработана методика расчета энергосиловых параметров процесса непрерывной прокатки в системе калибров «овал-круг», которая позволяет определить величину нагрузки для каждого прохода проволочного блока. Исходными данными для расчета являются: характеристики блока (диаметры валков, передаточные числа и др.); размеры калибров по модулям; марка стали прокатываемой полосы; исходная температура раската на входе в блок; частота вращения двигателей привода блока; размеры подката, поступающего в блок; размеры раскатов по модулям блока. Последовательность расчета включает определение геометрических параметров для калибров каждого модуля (обжатия, уширение, коэффициент вытяжки, длина очага и др.) и определение скоростного режима прокатки.

Методика позволяет учитывать особенности конструкции прокатного оборудования. Ошибка определения сопротивления деформации по предлагаемой методике составляет 6,25 %. Сравнение расчетных значений крутящих моментов на валах двигателей с экспериментальными данными подтверждают адекватность предлагаемой модели. Анализ расчетных данных распределения нагрузок по модулям чистового проволочного блока при прокатке катанки диаметром 5,5 мм показывает, что максимальное значение среднего давления наблюдается в 5 модуле, что приводит к повышенному износу валков в этом модуле. Рекомендуется при разработке нового режима настройки блока (разработке новой калибровки валков) учесть этот факт и перераспределить обжатия так, чтобы выровнять распределение средних давлений по модулям. Предлагаемый алгоритм может быть использован для анализа условий работы чистового проволочного блока.

Ключевые слова: энергосиловые параметры, непрерывная прокатка, проволочный блок, высокоскоростная прокатка, износ калибров, калибровка «овал-круг».

Фролов Я. В., Бергеман Г. В., Самсоненко А. А., Андреев В. В., Кузьмина О. М. Повышение механических свойств проката путем изменения температурно-деформационных параметров обработки // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

Основными способами регулирования и повышения механических свойств прокатной продукции являются улучшение химического состава выплавляемой стали путем легирования и усовершенствование процессов термопластичной обработки в линии стана путем регламентирования температурно-деформационно-временных режимов прокатки. Второй способ получил развитие в процессах контролируемой прокатки листа и простого сортового проката из легированных сталей. Малоисследованным вопросом остается определение комплексного воздействия температурных и деформационных режимов прокатки на механические свойства фасонных профилей из стали обыкновенного качества.

В работе проведены экспериментальные исследования совместного воздействия температуры начала прокатки и различных режимов деформации на механические свойства образцов из стали Ст3пс. Исследования проводились в лабораторных условиях на одноклетьевом реверсивном стане 200 кафедры обработки металлов давлением НМетАУ. Образцами служили заготовки квадратного поперечного сечения, прокатка велась на гладких валках без кантовок. Исследовались режимы деформаций с увеличением обжатий, с уменьшением и с равными обжатиями по проходам. Проведены испытания по определению предела текучести, предела прочности, относительного удлинения и ударной вязкости для образцов, прокатанных по различным режимам в диапазоне температур 1000–1200 °С. Анализ полученных данных показал преобладающее влияние температурного фактора на механические свойства проката относительно деформационного режима. Применение различных сочетаний температур начала прокатки и режимов деформации в лабораторных условиях позволяет повысить значение показателей прочности и пластичности на 4 ... 13 %. Максимальные значения предела прочности дает режим деформаций с увеличением обжатий при наинизшей (в исследованном диапазоне) температуре, то есть при 1000 °С. При этом такой режим уменьшает показатели пластических характеристик металла: относительного удлинения и ударной вязкости.

Полученные результаты могут быть реализованы в условиях существующих производств без существенных изменений технологии и оборудования путем прокатки заготовок с пониженной температурой нагрева.

Ключевые слова: горячая прокатка, сталь, температура нагрева, режим деформаций, предел текучести, предел прочности, относительное удлинение, ударная вязкость.

Корчак Е. С., Нагиев Н. И., Беленец Е. Е. Исследование условий эксплуатации и причин возникновения изнашивания в силовых цилиндрах гидравлических прессов // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

Целью работы является создание мер предупреждения износа силовых цилиндров гидравлических прессов путем анализа условий их промышленной эксплуатации и основных причин возникновения износа с последующей разработкой соответствующих мер его устранения. На каждом машинном цикле имеет место циклическое нагружение рабочего цилиндра от минимального до максимального рабочего давления с последующим интенсивным его сбросом до исходного минимального значения. На наружных и внутренних поверхностях корпуса цилиндра развиваются усталостные трещины, интенсивность появления которых зависит, прежде всего, от величины давления рабочей жидкости и геометрии концентраторов напряжений в местах перехода цилиндрической части рабочего цилиндра в донную и фланцевую. Выполнение радиуса закругления галтелей величинами меньше, чем допустимые, приводит к появлению в них ярко выраженных зон концентрации напряжений, а углубление галтелей во внутрь корпуса более, чем на допустимое значение, приводит к возникновению дополнительных радиальных усилий, вызывающих появление пластических деформаций, и усиливают развитие усталостных трещин. Величины указанных допустимых параметров зависят от механических свойств материала корпуса силового цилиндра и его конструктивных особенностей. Кроме усталостного износа в наибольшей степени в силовых цилиндрах гидравлических прессов присутствует кавитационный износ вследствие перепадов давлений на гидравлических сопротивлениях. При неравномерном нагружении, которое в основном происходит при промышленной эксплуатации гидравлических прессов, корпус цилиндра изнашивается неравномерно и выработка его наружных поверхностей имеет односторонний характер. Антифрикционные свойства направляющей втулки и возможность подведения к ней системы смазки позволяют значительно продлить срок эксплуатации плунжера. Качество рабочей жидкости имеет решающее значение для предотвращения износа пар трения силовых цилиндров.

Ключевые слова: пресс гидравлический, цилиндр силовой, давление, жидкость рабочая, корпус цилиндра, галтель, изнашивание.

Попивненко Л. В., Руденко Н. А., Ерёмкин Е. А., Бочанов П. А. Совершенствование конструкции клапанов управления гидравлическими прессами с целью снижения усилия их подъема // Обработка материалов давлением. – 2018. – № 2 (47).

В статье рассмотрена новая конструкция дроссельно-регулирующих клапанов управления без разгрузки. Представлена схема и описана конструкция и особенности работы нового клапана. Приведены недостатки существующих конструкций клапанов управления силовыми блоками гидравлических прессов. Работа клапана осуществляется следующим образом. Жидкость высокого давления подводится к полости А от НАС или от насоса. В закрытом положении плунжер прижат к седлу по запорным фаскам усилием следящего сервопривода. В полостях Б и В находится жидкость низкого давления, так как они связаны через отверстия. Управляющее воздействие на плунжер через шток осуществляет сервопривод, который установлен сверху клапана. При этом открываются запорные фаски и жидкость высокого давления из полости А попадает в полость В, а оттуда через отверстия в полость Б, что способствует практически мгновенному выравниванию давления над и под плунжером. Это обеспечивает существенное уменьшение усилия подъема плунжера. Жесткое соединение плунжера со штоком и штока со штоком сервопривода обеспечивает достижение любого закона открытия и закрытия клапана и делает его легко управляемым и динамически устойчивым на протяжении всей работы. Закрытие запорных фасок осуществляется усилием следящего сервопривода. Применение нового дроссельно-регулирующего клапана управления обеспечит отказ от схем разгрузки клапана с целью уменьшения усилия его подъема, а также упрощение конструкции, уменьшение металлоемкости, повышение технологичности изготовления и надежности работы, улучшение условий ремонта и монтажа, улучшение динамической устойчивости и управляемости клапана при его работе. Фактически, рассмотренная в статье конструкция клапана управления обеспечивает уменьшение усилия подъема клапана в зависимости от диаметра его условного прохода в 10–18 раз.

Ключевые слова: гидравлический пресс, клапан управления, разгрузка клапана, надежность работы клапана, уменьшение усилия подъема клапана.

АНОТАЦІЇ

Тарасов О. Ф., Коваленко А. К., Алтухов О. В., Лебідь В. Т. Скінченно-елементної моделювання багатоетапного формування ребер на основі розробки структурно-параметричної моделі узагальненого інструменту // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

Виконано розробку структурно-параметричної моделі узагальненого інструменту для моделювання інтенсивної пластичної деформації при формовані вертикальних ребер на циліндричної заготовки. Розроблено геометричну модель оснастки та заготовки (CAD-модель), модель для аналізу ІПД і виконаний аналіз в CAE-системі процесу багатоетапного деформування заготовки. Автоматизовано дослідження впливу геометричних розмірів, форми інструменту і закону тертя на реалізацію інтенсивної пластичної деформації ребер. На основі тривимірної скінченно-елементної моделі виявлено вплив форми і кута нахилу граней опуклого верхнього пуансона на розподіл деформацій і розтягуючих напружень в заготівлі. Розроблено рекомендації щодо вибору геометрії верхнього і нижнього пуансонів, які знижують значення розтягуючих напружень і виключають утворення дефектів на вільній грані заготовки. Запропоновано модифікації конструктивної форми пуансонів на послідовних етапах формування ребер для рівномірного розподілу накопиченої пластичної деформації вздовж ребер деталі. Встановлено, що використання структурно-параметричної моделі узагальненого інструменту для проведення досліджень інтенсивного пластичного деформування заготовок дозволяє прискорити процес виконання розрахунків і проектування технологічних процесів, що забезпечують підвищення якості одержуваних деталей.

Ключові слова: багатоетапне моделювання, метод скінченних елементів, структурно-параметрична модель, інтеграція, CAD, CAE, напружено-деформований стан, радіальне видавлювання, інтенсивна пластична деформація.

Алієв І. С., Левченко В. М., Кузенко О. А. Моделювання процесу радіального видавлювання деталей з фланцем // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

Розглянуто процес закритого радіального видавлювання з компенсатором стрижневих деталей з фланцем. Методом скінченних елементів за допомогою програмного пакета QForm 2D/3D досліджено напружено-деформований стан заготовки в процесі поетапної деформації при різних значеннях висоти компенсаційної щілини, передбаченої на периферії радіальної порожнини матриці. В результаті дослідження отримані картини викривлення ділильної сітки, розподілу інтенсивності деформацій і інтенсивності напружень в осередку деформації на різних стадіях процесу видавлювання. Максимальні значення інтенсивності деформації отримали шари металу поблизу поверхні контакту заготовки і нижньої півматриці. Обробкою результатів аналізу силового режиму побудовані графіки зміни сил закритого радіального видавлювання і сил розкриття матриці по ходу процесу і в залежності від геометричних параметрів деталі і відносної висоти компенсатора. Встановлено, що значення як сили видавлювання, так і сили розкриття матриці, збільшуються в міру розвитку процесу, і зменшуються зі збільшенням відносної висоти компенсатора. Виконано також аналіз явища підскоку сил розкриття рознімною матриці в момент зняття основного (деформуючого) навантаження з боку пуансона і пружною віддачі технологічної системи «штамп-заготовка». Скінчено-елементне моделювання показало можливість визначення величини збільшення сил розкриття, викликаного цим явищем. Встановлено, що зі збільшенням обсягу фланця, що видавлюється, приріст сил розкриття матриці також зростає.

Ключові слова: радіальне видавлювання, інтенсивність деформацій, інтенсивність напружень, сила видавлювання, сила розкриття матриці, метод скінчених елементів, півматриця.

Ахлестін О. В., Левченко В. М., Ахлестін В. Л. Моделювання процесів контактної взаємодії інструменту і заготовки при валковому формуванні профілів і труб // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

Відзначено збільшення числа робіт, спрямованих на моделювання процесів контактної взаємодії інструменту і заготовки при валковому формуванні. Визнана правомірність тези про первинність фізичних моделей по відношенню до математичних моделей. Основною проблемою при моделюванні є те, що візуально виявити поверхню контакту не представляється можливим. Метою роботи є: аналіз застосовуваних в даний час моделей для визначення фактичної поверхні контакту при формуванні смугової заготовки в валках; вдосконалення нового експериментального методу «Метод прозорого інструменту». Розроблений і вдосконалений авторами метод прозорого інструменту дозволяє експериментально визначати форму і розміри дійсної поверхні контакту при взаємодії інструменту і заготовки. Його суть полягає в застосуванні валкового інструменту, виконаного з прозорого матеріалу, наприклад, органічного скла. Найбільший ефект від використання методу можливий в поєднанні його з іншими експериментальними методами механіки деформованого тіла: поляризаційно-оптичним, тензометрії, координатних сіток та ін. Використання ряду технічних рішень, виконаних на рівні винаходів, дозволило розширити можливості методу, підвищити його точність. Основний результат методу полягає в тому, що «невидиме стає видимим». Метод застосовується для дослідження процесів холодного штампування, формування гнутих профілів і труб, прокатки рейок, в тому числі з несиметричним профілем. Створена діюча модель робочої кліті профілегибочної машини з прозорими валками, яка в цілому є адекватною її реальному об'єкту.

Ключові слова: валкове формування, гнутий профіль, прямошовна зварна труба, валок, моделювання, поверхня контакту, метод прозорого інструменту.

Добров І. В., Сьомічев А. В., Морозенко О. П., Коптілий А. В. Оптичний метод фізичного моделювання локальних деформацій під час волочіння смуги в монолітній волоці // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

В даний час для вдосконалення технологічних процесів обробки матеріалів тиском в теорії обробки металів тиском широко використовуються різні методи моделювання процесів деформації заготовки в осередку деформації. Мета роботи – розвиток оптичного методу фізичного моделювання локальних деформацій під час волочіння смуги в монолітній волоці для уточнення механіки процесу деформації заготовки; вдосконалення математичної моделі визначення енергосилових параметрів процесу волочіння, зносу інструменту і поверхні простягнутої смуги.

Оптичний метод дослідження локальних деформацій фізичної моделі заготовки у вигляді намагнічених різнокольорових кульок, які прямують в моделі геометрично подібної волоки, дозволяє наочно уявити характерні особливості процесу деформації в залежності від технологічних параметрів волочіння. Одночасно з відносним переміщенням кульок на виході з волоки (за рахунок переміщення моделі волоки в протилежну сторону) проводиться цифрова кінозйомка, що дозволяє аналізувати модель пластичної деформації як в динаміці процесу, так і по його окремих фотографіях в будь-який момент часу моделювання пластичної деформації. Аналіз результатів дослідження, представлених на рис. 3 показує, що механічна «кулькова модель локальної деформації» відображає характер зміни форми поперечного шару пластично деформується заготовки в реальних умовах і може бути використана для дослідження локальних деформації будь-якого (по розташуванню) шару матеріалу заготовки на вході в монолітну волоку. Ці особливості кінематики матеріалу заготовки в осередку деформації необхідно враховувати при визначенні граничних умов процесу волочіння смуги в монолітній волоці при уточненні розрахунку енергосилових параметрів деформації і зносу контактних поверхонь волоки і готового виробу.

Ключові слова: волочіння, кінематика, механічна модель, оптичний метод, зношування.

Гараніч Ю. Ю., Фролов Я. В. Моделювання трансформації внутрішнього поздовжнього каналу при прокатці за допомогою програмного забезпечення QForm // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

Процес зварювання прокаткою на даний момент широко використовується для виготовлення плоских теплообмінників. У цьому дослідженні пропонується розробка такого способу виготовлення алюмінієвих пластин з декількома поздовжніми каналами для теплообмінного обладнання, аналогічних тим, які в даний час виробляються за допомогою екструзії. Основною перевагою в цьому випадку є підвищення продуктивності, в порівнянні з процесом пресування. Таким чином, для розвитку такої технології повинні бути виконані дві умови: створення поздовжніх каналів з певною геометрією і зварювання між шарами алюмінієвих пластин. Дане теоретичне дослідження за допомогою методу скінченних елементів присвячено вирішенню першої задачі.

У статті було проведено теоретичне дослідження трансформації поздовжніх каналів, утворених пошаровим розташуванням алюмінієвих пластин АД00 з попередньо нанесеними рівчаками, що мають різні початкові геометричні характеристики, при зварюванні прокаткою. Процес проводився для температури 450 °С. Дослідження проводилося з використанням кінцево-елементного моделювання за допомогою програмного забезпечення QForm. Подібна технологія може бути застосована для виробництва плоских теплообмінників з алюмінію. Показано, як початкова геометрія поперечного перерізу каналу впливає на його подальшу трансформацію, коли двошарова штаба проходить крізь зону деформації під час прокатки. Виділено два типи закриття каналів в залежності від співвідношення швидкостей трансляції металу в область каналу в напрямку обтиснення і розширення.

Крім того, було виявлено, що канали, розташовані на краю штаби, існують довше в зоні деформації, ніж ті, які розташовані в центрі смуги. Також канали на краю смуги отримують певну кривизну в результаті різниці швидкості розширення металу з краю смуги та в її центрі.

Ключові слова: зварювання прокаткою, кінцево-елементне моделювання, канали, алюміній, теплообмінник.

Коноводов Д. В., Андреєв В. В., Мартинюк М. О. Моделювання процесу поздовжньої прокатки штаб зі сплаву алюмінію системи Al-Mg-Sc // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

В роботі показано, що з метою зниження витрат при дослідженні процесів обробки тиском алюмінієвих сплавів системи Al-Mg-Sc, доцільно використовувати методи математичного моделювання. Створена модель процесу гарячої прокатки штаб зі сплаву алюмінію системи Al-Mg-Sc з використанням програмного продукту QForm VX. В основу математичної постановки покладена система рівнянь, яка включає рівняння рівноваги, рівняння зв'язку між полем швидкостей матеріальних точок та швидкостей деформації, рівняння зв'язку між напруженим та деформованим станом, умови нестискаємості, критерій пластичності, рівняння енергетичного балансу. Опір деформації матеріалу заготовки вважається залежним від накопленої деформації, поточної швидкості деформації і температури та задається у вихідних даних. При побудові моделі використані експериментально визначені криві деформаційного зміцнення сплаву 01570. Обґрунтовано діапазони варіювання вихідних технологічних параметрів, таких як ступінь та температура деформації, співвідношення ширини до висоти вихідної заготовки. З використанням розробленої математичної моделі проведено теоретичне дослідження процесу гарячої прокатки штаб з обраного сплаву в діапазоні температур 360–420 °С та ступенів деформації 15–35 %. За результатами моделювання визначено комплексний вплив вказаних технологічних параметрів на силу і момент прокатки та формозміну металу в процесі деформації. Отримані залежності сили прокатки і розширення від ступеня та температури деформації. Виконано порівняння результатів моделювання, які отримані з використанням запропонованої моделі процесу прокатки, з експериментальними даними.

Ключові слова: прокатка, полоса, алюміній, скандій, модель, температура, деформація, сила, момент, розширення.

Огінський Й. К., Ремез О. А. Моделювання процесу безперервної прокатки в калібрах системи «ромб-квадрат» // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

Метою роботи є розвиток підходів до досліджень кінематичних параметрів безперервної сортової прокатки на основі методів комп'ютерного моделювання, виявлення на цій основі відомостей про закономірності зміни технологічних параметрів при безперервній прокатці в системі витяжних калібрів «ромб-квадрат». Моделювання процесу прокатки проводилося для сталі, схильної до підвищеного розширення 08Х13, з використанням програмного продукту процесів обробки металів тиском FORGE 3D, розробленого компанією TRANSVALOR S.A. FORGE 3D. Для повного аналізу перебігу металу в подовжньому і поперечному напрямку в роботі представлені реологічні криві досліджуваного матеріалу. Моделювання за вказаною схемою виконувалося для випадків прокатки з різними поєднаннями переднього і заднього натягу при різних коефіцієнтах витяжки. Отримані результати дозволили виявити закономірності зміни параметрів прокатки у взаємозв'язку один з одним. Виявлено якісний і кількісний (для дослідженого діапазону параметрів) характер зміни параметрів прокатки в залежності від натягу (неузгодженості швидкостей) Діапазон відносної неузгодженості швидкостей (по відношенню до прокатці без натягу) склав 2,5 ... 10 % з кратністю 2,5. Діапазон зміни коефіцієнтів витяжки склав λ = 1,039 ... 1,457, він є досить характерним для даної системи калібрів. Попереднє порівняння результатів моделювання і експериментальних даних дозволяють зробити висновок про достатню їх збіжності і можливості використання програми FORCE 3D для вирішення практичних завдань, пов'язаних з прокаткою в системі калібрів «ромб-квадрат».

Ключові слова: моделювання, сталь, схильність до розширення, реологічні криві, система «ромб-квадрат», натяг, калібр.

Карнаух С. Г., Мироненко Є. В. Моделювання процесу поділу труб з використанням програмного продукту DEFORM 3D // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

Проведено аналіз способу поділу труб плоским ножем з використанням програмного продукту DEFORM-3D. Виконані теоретичні дослідження способу поділу труб плоским ножем дозволили виявити послідовність створення стружки-відходу по ходу ножа, оцінити енергосилові параметри процесу поділу та прогнозувати якість розділених заготовок. Проведені дослідження впливу конфігурації ножа на процес відділення заготовки від труби та стружки-відходу по ходу ножа. Аналіз отриманих результатів показує, що оптимальною є кінцева форма ножів з кутом у вершині 50 º, при цьому сила розділення становить 16 кН. Якість отриманих заготовок задовільна. На основі аналізу безвідходних способів поділу труб на мірні заготовки запропоновано новий спосіб відрізки та конструкції обладнання для його реалізації. Відрізка відбувається локально по периметру трубчатої заготовки, що забезпечує зниження сили відрізки. З урахуванням цього факту, що трубчаста заготовка, разом з відрізним роликом переміщується в напрямку від осі заготовки, а потім з контрроліком – до центру заготовки, проявляється ефект Баушингера. При цьому має місце зменшення величин напружень пропорційності, пружності та текучості матеріалів в результаті зміни знаку навантаження, якщо первинне навантаження викликало наявність пластичних деформацій. Використання запропонованих рішень дозволяє підвищити якість відрізаних трубчастих заготовок, сприяє зниженню енергоємних параметрів поділу та підвищення культури виробництва.

Ключові слова: трубчаста заготовка, ніж, геометричні параметри, сила різання, якість.

Кох А. К., Єрьомкін Є. А. Розрахунок енергосилових параметрів процесу розгинання гофрованого листа в прямий // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

У статті наводиться математична модель розрахунку енергосилових параметрів процесу розгинання гофрованого листа в прямий. Наведено аналіз останніх патентних досліджень, публікацій і патентів. Одним з питань для вирішення цієї проблеми є моделювання процесу розкочування гофрованого листа в пряму смугу. У даній статті розглядається можливість моделювання подібного процесу з легкодеформованого матеріалу шляхом застосування методу кінцевих елементів.

Проведені дослідження дозволяють зробити висновок про вплив на величину площі охолоджувальної поверхні таких параметрів як кількість гофр на заданій довжині, величина внутрішнього й зовнішнього радіусів і кута нахилу гофр стосовно плоскої заготівки такої ж довжини, можна сказати що: зі збільшенням числа гофр площа перерізу заготівки зменшується, так як стає менше прямолінійних частин. Максимальна величина площі перерізу досягається при кількості гофр рівній п’яти; зі збільшенням зовнішнього та внутрішнього радіуса вершин гофр площа перерізу заготовки зменшується; зі збільшенням кута нахилу гофр від 30 до 60 градусів величина площі перерізу значно збільшується.

Надана модель дозволяє дати оцінку напруженому стану при деформації листа, переміщенню металу при деформації. Аналіз процесу моделювання дозволяє дати рекомендації за геометричними параметрами гофрованого листа, таких як: кут нахилу гофрованого листа, радіус вершин гофр, площі поперечного перерізу листа.

Ключові слова: гофрований лист, вигин, розподіл сил, радіус гофр, профіль валків.

Герасименко О. В., Марков О. Є., Хващинський А. С., Маркова М. О., Різак П. І. Розробка ресурсозберігаючого процесу кування пустотілих поковок відповідального призначення // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

Робота спрямована на вирішення актуальної науково-технічної задачі вдосконалення технологічних процесів кування пустотілих поковок типу циліндра на основі застосування нового способу та інструменту для кування без оправки, які забезпечують отримання якісних пустотілих поковок з необхідною товщиною стінки

і діаметром отвору. Розроблено методику та рекомендації з проектування технологічних процесів кування, які полягають у визначенні діаметра отвору заготовки перед протягуванням без оправки в залежності від діаметра отвору поковки і ступеня деформації. Отримано рекомендації з геометрії оснащення для реалізації технологічного процесу кування пустотілих заготовок без оправки підтверджені у виробничих умовах. Кування без оправки доцільно проводити вирізними бойками з кутом вирізів 115° і кутами скосів 10°. Апробація результатів досліджень у виробничих умовах дозволила підтвердити отримані рекомендації з формозміни пустотілої заготовки в процесі кування без оправки вирізними бойками зі скосами. Величина подачі повинна становити 0,1 від діаметра заготовки, обтиснення за натискання не більше 10 %, а послідовність кування: прохід → кантування на 90° → прохід → кантування на 90° → прохід → кантування на 45° → прохід. Була впроваджена нова технологія кування пустотілих заготовок без оправки. В результаті на 25...30 % підвищилася продуктивність процесу кування, а кількість нагрівань знизилася на 15...25 %. Встановлені в роботі рішення розширили технологічні можливості процесу кування пустотілих заготовок та підвищили їх якість.

Ключові слова: кування, протягування, оправка, вирізні бойки, подача, кут скосів бойків, кут вирізів бойків, заковування отвору, напружено-деформований стан, метод скінчених елементів.

Жбанков Я. Г., Алієв І. С. Розробка класифікації процесів кування валів і дисків і вибір напрямків їх досліджень // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

Встановлено, що на основі методу морфологічних карт можливо генерація великої кількості нових способів кування. Загальна кількість може доходити до декількох тисяч. Велика частина з таких способів є практично не реалізовується. Для впорядкованості всіх цих способів, визначення нових потенційно перспективних способів, визначення раціональних способів кування поковок необхідно створити класифікацію і виділити на основі аналізу найбільш перспективні напрямки. Метою роботи є розробка класифікацій способів кування великих поковок осадкою і протяжкою.

Для морфологічних карт чинники були розбиті ще докладніше: форма інструменту для кування валів і плит має дві характеристики - подовжню і поперечну форму. Аналогічно і для форми заготовки. Класифікації складені на підставі виділених факторів технологічного процесу: фактора форми, температурного і кінематичного фактора. Підібрані нові, найбільш перспективні способи кування поковок основних типів. Встановлено основні способи кування поковок типу валів, плит та дисків, які можуть показати високу ефективність при їх реалізації. Так для кування довгомірних виробів запропоновані способи протягання в бойках спеціальної форми, з додатковим термічним впливом. Для кування дисків запропоновані плити спеціальних конструкцій, а також заготовки спеціальної форми.

Ключові слова: класифікація, метод морфологічних карт, кування, протяжка, осадження, вали, диски, плити.

Злигорєв В. М., Рагуліна Н. В., Шевцов С. О., Інчаков Є. В., Косілов М. С. Дослідження осадження заготовок з увігнутими під кутом 120^0 гранями // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

Запропоновано новий спосіб осадження заготовок. Спосіб полягає в осаджені заготовок з увігнутими гранями. Розроблено методику теоретичних досліджень. Ця методика полягала в дослідженні механізму закриття штучних осьових дефектів в заготовках. Дослідження проводилися на основі методу скінчених елементів. Основним параметром дослідження була глибина увігнутих граней заготовки. Цей параметр варіювався в діапазоні 0,75; 0,80 і 0,85. Кут увігнутих граней становив 120°. Результатами теоретичних досліджень були розподіли: деформацій і напружень в тілі заготовки в процесі осадження заготовок з увігнутими гранями. На основі цих параметрів встановлювався показник напруженого стану в осьовій зоні заготовки. В результаті теоретичних досліджень було встановлено, що ефективною глибиною увігнутих граней є співвідношення діаметрів виступів і уступів рівних 0,85. Для цього співвідношення відбувається інтенсивне закриття осьового дефекту. Це пояснюється високим рівнем стискають напружень при осаджені заготовок з увігнутими гранями. Встановлена ефективна ступінь деформації, при якій відбувається інтенсивне закриття дефектів. Встановлені розподіл деформацій за перерізом і висоті заготовки, а також зміна показника напруженого стану в процесі осадження заготовок з увігнутими гранями. Проведені дослідження дозволили зробити висновок про високу ефективність запропонованого нового способу осадження заготовок з увігнутими гранями.

Ключові слова: увігнуті грані, осадження, напружено-деформований стан, осьові дефекти злитка, високоякісні поковки.

Алієва Л. І., Алієв І. С., Картамишев Д. О., Донченко Є. І., Чучин О. В. Виготовлення складнопрофільованих деталей у процесі радіально-прямого видавлювання // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

Розглянуто технологічні процеси отримання складнопрофільованих порожнистих деталей способом радіально-прямого видавлювання та шляхи розширення технологічних можливостей способів отримання порожнистих деталей радіально-прямим видавлюванням з роздачею. Наведено схеми, що дозволяють виготовити порожнисті деталі зі складним профілем за рахунок регулювання висоти радіальної порожнини. Моделюванням методом скінчених елементів отримані картини розподілу напружень при штампуванні способом радіально-прямого видавлювання з роздачею. Встановлено, що до найбільшої деформації схильні шари металу, які примикають до дна порожнистої деталі. Визначено, що великі значення інтенсивності напружень зосереджені в шарах матеріалу заготовки поблизу внутрішнього радіусу деталі. Досліджено загальний характер зміни силового режиму процесу виготовлення складнопрофільованих деталей. Встановлено, що стадії радіального

витікання та подальший розворот течії металу з радіального напрямку на пряме характеризуються нестаціонарністю процесу та безперервним зростанням силових характеристик. Визначено, що встановлена стадія досліджуваного процесу починається після розвороту течії металу і триває до остаточного формування полого виробу. Експериментально доведено можливість виготовлення складнопрофільованих порожнистих деталей зі змінною товщиною стінки за рахунок зміни висоти радіальної порожнини. Встановлено, що для отримання сходинок на внутрішній боковій поверхні порожнього виробу на наступних переходах необхідно зменшити поперечні розміри нижніх пуансонів. На основі результатів експериментальних досліджень визначено, що для отримання бічних конічних поверхонь потрібно збільшити діаметри отворів формозмінних ділянок матриць.

Ключові слова: складнопрофільовані порожнисті деталі, радіально-пряме видавлювання, метод скінчених елементів, експериментальні дослідження.

Алієв І. С., Корденко М. Ю., Самоглядов А. Д. Комбіноване видавлювання порожнистих конічних деталей // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

Розглянуто схему комбінованого видавлювання порожнистих конічних деталей в конічної матриці з використанням конічної і циліндричної заготовки. Вироблено моделювання процесу комбінованого видавлювання в програмному пакеті DEFORM-3D. У роботі представлений графік силових параметрів процесу, а також зображення полів розподілу інтенсивності деформацій і напружень, які дозволили визначити схему з меншою силою і більш рівномірним розподілом деформацій і напружень за обсягом. Аналіз показав, що в обох випадках поля розподілу інтенсивності деформацій якісно збігаються. Інтенсивність напружень має аналогічну картину розподілу з деформаціями протягом всього процесу видавлювання. Проаналізувавши отримані результати, встановлено, що використання конічної заготовки дозволяє знизити силу процесу видавлювання, що обумовлено кращою геометрією заготовки. У заготовці спостерігається достатнє опрацювання металу і більш сприятливий розподіл деформацій і напружень, сформованих за обсягом, а також невисоку схильність до утворення тріщин і дефектів, що позитивно позначається при її подальшій обробці. Встановлено, що використання конічної заготовки в процесі комбінованого видавлювання має перевагу в порівнянні з циліндричною. Виходячи з аналізу полів розподілу інтенсивності деформацій видно, що на початкових стадіях процесу видавлювання циліндрична заготовка має кращу опрацювання як торцевої, так і центральної частини, проте по ходу процесу розподілу деформацій змінюються. Максимальні деформації для даного процесу досягають 3. На кінцевому етапі визначено, що конічна заготовка має більш низьку ймовірність до руйнування і утворення тріщин, за рахунок кращого розподілу деформацій по перерізу.

Ключові слова: порожнисті конічні деталі, комбіноване видавлювання, деформація, заготовка, напруження, сила деформування.

Алієва Л. І., Сівак Р. І., Коцюбівська Е. І., Сухоруков С. І. Деформуємість заготовок при радіальному видавлюванні з протитиском // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

Виконано дослідження процесу радіального видавлювання фланця на трубчастій заготовці з алюмінієвого сплаву АД1 з додатком протитиску, який створюється кільцевою заготовкою з технічного свинцю. Для оцінки впливу історії навантаження на пластичність металу заготовки при об'ємному напруженому стані використано простір з координатами: показник напруженого стану η, параметр Лоде-Надаї μ_σ і накопичена ступінь деформації e_u, побудована поверхня пластичності. Шляхи деформування елементарних частинок заготовки, виділених в різних зонах по висоті заготовки, побудовані у таких самих координатах на основі розрахункових даних, виконаних методом кінцевих елементів. Для співставлення результатів аналізу деформівності було також побудовано простір, в якому замість параметра Лоде-Надаї використаний показник напруженого стану χ, що враховує вплив об'ємності напруженого стану. Відзначено переваги використання координат η, χ, e_u замість η, μ_σ, e_u для оцінки ступеня використання ресурсу пластичності ψ. Це спрощує розрахунки, оскільки напружений стан в цьому випадку описується відомою діаграмою пластичності e_p (η), крім того, розбіжність між розрахунковими й експериментальними значеннями ψ зменшується. З аналізу отриманих результатів випливає, що найбільш небезпечними, з точки зору руйнування, є точки, які знаходиться на периферії фланця, що видавлюється, і точки, розташовані на зовнішній поверхні заготовки. При проведенні експериментальних досліджень з витіснення трубчастої заготовки без протитиску максимальний діаметр фланця, який можна було отримати з алюмінієвого сплаву, не перевищував D_ϕ = 44,36 мм, при цьому він мав спотворену грібовидну форму. Створюваний свинцем протитиск дозволяє практично в 1,5 рази збільшити діаметр фланця, що видавлюється, і повністю уникнути спотворення його форми.

Ключові слова: радіальне видавлювання, трубчаста заготовка, фланець, протитиск, напруження, ступінь деформації, показники напруженого стану, ресурс пластичності.

Калюжний В. Л., Потятиник А. М., Малій Х. В. Визначення параметрів холодного комбінованого видавлювання вісесиметричних порожнистих напівфабрикатів із виступом у донній частині зі сторони порожнини // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

Методом скінченних елементів проведений аналіз холодного комбінованого видавлювання із низьковуглецевої сталі вісесиметричних порожнистих напівфабрикатів з виступом на конусній донній частині зі сторони порожнини під подальше витягування з потоншенням.

Метою роботи є розрахункове встановлення параметрів холодного комбінованого видавлювання напівфабрикатів з виступом на донній частині зі сторони порожнини.

Комбіноване видавлювання циліндричної заготовки полягає в одночасному виконанні прямого видавлювання для отримання конусної донної частини та зворотного видавлювання для утворення порожнини і виступу. Встановлені залежності зусилля видавлювання, діставання пуансона із здеформованої заготовки та зусилля виштовхування напівфабрикату із матриці від переміщення відповідного деформуючого інструмента. Визначений напружено-деформований стан та температура здеформованого металу при формоутворенні напівфабрикату. При максимальному зусиллі видавлювання показаний розподіл питомих зусиль на пуансоні, виштовхувачі і матриці. З урахуванням пружної деформації розраховані кінцеві форми і розміри напівфабрикату. Розрахунковим шляхом визначені всі необхідні дані для проектування технології комбінованого видавлювання порожнистих напівфабрикатів з виступом на донній частині зі сторони порожнини, зокрема зусилля видавлювання – для вибору пресового обладнання, розподіл питомих зусиль – для проектування штампового оснащення, форма і розміри напівфабрикату та розподіл інтенсивності деформацій – для прогнозування їх якості.

Ключові слова: комбіноване видавлювання, порожнистий виріб, метод скінченних елементів, зусилля і питомі зусилля, форма і розміри виробу, температура метала, деформований стан.

Баглюк Г. А., Шишкіна Ю. О., Тітов В. А., Кирилюк С. Ф. Вплив деформованого стану горячештампованих заготовок з порошкових алюмоматрічних композитів на їх структуру та властивості // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

Наведено результати досліджень особливостей структури та механічних властивостей металоматричних композитів, отриманих гарячим штампуванням із заготовок, що складаються із суміші порошків Al і 15 % (мас.) лігатури системи TiC – 20 % Al. Застосовувалися вихідні заготовки під штампування двох видів: циліндричні та у вигляді порожнистого конуса. Показано, що як міцність, так і твердість композитів, виготовлених з конічних заготовок, помітно перевищує аналогічні характеристики матеріалів, отриманих із заготовок циліндричної форми. Застосування конічних заготовок під штампування забезпечує помітне збільшення інтенсивності деформації матеріалу у порівнянні з циліндричними заготовками і призводить до росту мікротвердості матричної фази композитів.

Результати моделювання процесів гарячого штампування заготовок різної форми показали, що застосування заготовок у вигляді порожнього конуса характеризується істотно більш широким діапазоном значень різнощільності і інтенсивності деформацій по перетину зразка на проміжних етапах процесу в порівнянні з циліндричними заготовками. Інтенсивність деформації переважної області перетину поковок, отриманих з конічних заготовок після їх остаточної доштамповки, в 1,5–2,0 рази перевищує значення інтенсивності деформацій поковок, отриманих з циліндрических заготовок. Структура горячештампованих зразків відрізняється наявністю помітної текстурованості, ступінь якої зростає при використанні вихідних заготовок конічної форми. Більш дрібнозерниста структура також характерна для поковок, отриманих з неспеченних заготовок.

Ключові слова: алюмоматричний композит, штампування, інтенсивність деформацій, міцність, твердість, структура.

Тітов А. В., Поливода С. Л., Тітов В. А., Вишневський П. С. Особливості формоутворення деталей з волокон алюмінієвих сплавів // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

Мета роботи – відпрацювання процесу ізотермічного пресування тонкостінного елементу деталей з волокон алюмінієвого сплаву АД1. Такі волокна мають дрібнокристалічну структуру та високі механічні властивості міцності і пластичності за рахунок надшвидкого охолодження зі швидкістю 10^5–10^6 °С/с. Волокна отримані на установці для диспергування розплаву в Фізико-технологічному інституті металів та сплавів НАН України. Пресування деталей проведено в КПІ ім. Ігоря Сікорського у два етапи. На першому етапі виконано пресування брикетів діаметром 30 мм у холодному стані. Щільність брикетів становила 87–90 %. На другому етапі проведене пресування тонкостінного елементу в ізотермічних умовах. Експериментальні результати були порівняні з результатами чисельного моделювання в програмному комплексі Deform 3D. Задача вирішена для феноменологічної постановки та в'язкопластичного деформування. Аналіз результатів показав, що в тонкостінному елементі діють стискаючі напруження. Їх взаємодія з деформаціями зсуву в поперечному перерізі елементу сприяє зближенню та дифузійному з'єднанню окремих волокон. При цьому залишкова пористість не перевищує 2–3 %. По мірі утворення тонкостінного елементу величина стискаючих напружень декілька зменшується по його довжині. Але виникаючи деформації зсуву в поперечному перерізі під дією цих напружень сприяють взаємодії вільних поверхонь волокон, їх дифузійному з'єднанню та зменшенню пористості матеріалу. Якісно міцність взаємодії шарів перевірена експериментально при випробуваннях на згин. При згині тонкостінного елементу на кут 90° відшарування волокон не виникало.

Ключові слова: тонкостінні елементи, волокна алюмінієвого сплаву, дрібнозерниста структура, ізотермічне штампування, в'язкопластичне деформування, дифузійне з'єднання.

Ковалевський С. В., Маланчук С. Ф. Дослідження поверхнево-пластичного деформування гвинтовим накатником // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

В роботі розглянуто методи зміцнення поверхонь деталей машин. На сьогоднішній день існує багато методів поверхнево-пластичного деформування (ППД). Такі як, алмазне вигладжування, накочування роликом, вібраційна обробка, дробеструйна обробка та інші. Але ці способи мають обмежені технологічні можливості, тому, що обробка ППД коротких та обмежених робочих поверхонь здається неможливим. Розглянуто проблему

обробки поверхневого шару деталі, а саме здобуття якісних поверхонь деталі, збільшення продуктивності обробки, розширення технологічних можливостей обробки для зменшення шорсткості і збільшення твердості деталі. Запропоновано вирішення проблеми за допомогою гвинтового накатника, можливості якого дозволяють регулювати шорсткість і твердість деталі, яка оброблюється, за рахунок зміни кута нахилу накатника і тиску. Приведено схему обробки деталі гвинтовим накатником. Наведено послідовність проведення експериментальних досліджень. Експериментально досліджено вплив кута нахилу гвинтового накатника і тиску на шорсткість і твердість деталі. За допомогою моделювання процесу обробки накатником в нейронній сеті встановлені залежності вхідних даних на параметри шорсткості і твердості оброблюваної заготовки. На їх основі спрогнозована вихідна шорсткість і твердість деталі. Побудовано графіки залежності параметрів шорсткості і твердості HB = $f(\alpha; P)$, Ra = $f(P; \alpha)$. Реалізовано новий спосіб обробки ППД гвинтовим накатником поверхонь обмежених з обох сторін. Також здійснено розширення технологічних можливостей даного способу.

Ключові слова: гвинтовий накатник, шорсткість, твердість,кут нахилу накатника, тиск накатника, рандомізація, модель.

Фролов Є. А., Яcько С. Г., Кравченко С. І. Технологічні можливості пневмоударного штампування витяжкою тонколистових деталей // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

Важливою проблемою пластичного формоутворення листового металу є стійкість процесу деформування. Втрата стійкості формоутворення призводить до виникнення значних місцевих деформацій, руйнування металу або спотворення форми деталі. Особливо це проявляється при високошвидкісному деформуванні тонколистових заготовок. Прояв того або іншого типу втрати стійкості залежить від напруженого стану, швидкості деформування, анізотропії, механічних властивостей матеріалу і інших факторів. Втрата стійкості найбільш імовірна при отриманні деталей з тонких заготовок з використанням високошвидкісного локального навантаження.

В роботі виконано визначення параметрів деформування при високошвидкісний витяжці вісесиметричних тонколистових заготовок, що забезпечують формоутворення деталей без спотворення форми рельєфу і руйнування металу методом пневмоударного штампування. На підставі проведених досліджень встановлено технологічні можливості виготовлення якісних вісесиметричних тонкостінних деталей методом пневмоударного штампування витяжкою. Умови стійкості заготовки при формуванні вісесиметричних елементів несферичної форми подібні до умов стійкості заготовки при формуванні сферичних елементів, отримані результати можна поширити і на витяжку еліптичних, неглибоких конічних та інших близьких до них за формою деталей. Пневмоударне штампування дозволяє витягувати куполоподібні деталі без застосування перетяжних порогів, двохперехідного штампування та інших спеціальних прийомів з відносною товщиною заготовки в два - чотири рази менше, ніж допускається при витяжці пуансоном.

Ключові слова: пневмоударне штампування, витягування, формування, дефекти, стійкість, куполоподібний, рельєф, деталь, заготовка.

Федотьєв А. М., Шкель С. В., Федотьєва Л. П. Можливість застосування метода ротаційного різання для отримання об'ємних наноматеріалів // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

В останні роки для вдосконалення механічних характеристик сталей і сплавів стали застосовувати підходи, засновані на формуванні матеріалів мікро- та нанокристалічної структури. Одним з перспективних методів отримання стрічок субмікрокристалічної і наноструктурою є метод стругання і точіння. Але використання методу стругання дає змогу отримати стрічки із субмікрокристалічною структурою обмеженої довжини, а сам процес стругання має певні обмеження стосовно реалізації широкого діапазону режимів обробки. Процес вільного прямокутного різання, що реалізується при струганні має певний вплив на приповерхневі шари стрічок, отриманих таким способом. Такий вплив пояснюється підвищеним тертям утворюваної стрічки на поверхнях інструментального оснащення. У роботі нами запропонований метод ротаційного різання із невільною поверхнею стружкоутворення. Шляхом моделювання в пакеті Deform 3D V11 показана можливість виконання запропонованого методу ротаційного різання з невільною поверхнею стружкоутворення для отримання стрічок з СМК-структурою. В результаті моделювання отримали дані, що наближені до відомих результатів, отриманих при вільному прямокутному різанні. Отриманий результат дає серйозні сподівання на розширення можливостей використання процесів різання при створенні металевих стрічок із СМК-структурою за рахунок виконання ротаційного різання із невільною поверхнею стружкоутворення.

Ключові слова: субмікрокристалічна структура, ротаційне різання, невільна поверхня стружкоутворення.

Гурковська С. С., Загребельний С. Л. Практичні рекомендації до технологічних режимів виробництва тонких гарячекатаних смуг // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

На основі результатів теоретичних досліджень в даній роботі сформульовано і програмно вирішено завдання з автоматизованого проектування технологічних режимів обтиснень під час гарячої прокатки в безперервної групі чистових робочих клітей ШСГП, спрямовані на підвищення точності виробляємого металопрокату. При цьому в якості критеріальних оцінок використані умови забезпечення максимальної продуктивності, а також забезпечення необхідних показників якості готового металопрокату. Виконано аналіз умов реалізації процесу гарячої прокатки відносно тонких смуг при одночасній роботі систем автоматичного регулювання їх товщини і площинності, розроблені рекомендації щодо їх подальшого вдосконалення.

Встановлено, що зі збільшенням перепаду температур необхідна різнотовщинність зростає досить істотно. При цьому зі збільшенням номінального значення товщини прокочуваних смуг абсолютне значення різнотовщинності підвищується, що необхідно враховувати при проектуванні натискних механізмів відповідних робочих клітей.

Використання систем автоматичного регулювання товщини обумовлює підвищення ймовірності порушення ступеня площинності, що, в свою чергу, може бути компенсовано за рахунок стабілізації вихідних технологічних параметрів, а також за рахунок раціонального розміщення елементів даних систем, як мінімум, в трьох останніх чистових робочих клітях. Сформульовано практичні рекомендації щодо вдосконалення технологічних режимів процесу гарячої прокатки, в тому числі і рекомендації щодо попереднього профілізації товщини прокатаних смуг, що забезпечує компенсацію нерівномірного розподілу температур по їх довжині.

Ключові слова: широка штаба, гаряча прокатка, планшетність, різнотовщінність, показники якості, система автоматичного регулювання товщини, критеріальні оцінки, ступінь площинності, автоматизоване проектування.

Кассов В. Д., Кабацький О. В., Бережна О. В., Малигіна С. В. Вдосконалення технології виготовлення порошкового дроту складної конструкції // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

Метою даної роботи є вдосконалення технології виготовлення порошкового дроту складної конструкції для зносостійкого наплавлення. Дріт запропонованої конструкції виготовляється шляхом згортання трубки із сталевої стрічки з введенням в неї легуючої шихти і зварювального дроту. Для запобігання висипання порошкового матеріалу з металевої оболонки використовується намагнічування металевого дроту.

Розглянутий варіант виготовлення дроту реалізований при розробці технології наплавлення робочих поверхонь деталей, що працюють в умовах інтенсивного зносу. Процес наплавлення здійснювався зазначеним дротом діаметром 5 мм під шаром флюсу. Для проведення дослідів вибрано сталь, що містить 0,5–0,7 % вуглецю, основу легування якої (до 11–12 %) становить хром. При цьому у сталь додатково вводять марганець, а також титан як модифікатор, що подрібнює структуру металу та робить її більш однорідною. Для підвищення механічних властивостей металу і його стійкості проти тріщин здійснювалося модифікування наплавленого металу магнієм, який додавали у вигляді магнієво-алюмінієвої лігатури (в кількості 5–8 %) для запобігання вигоряння магнію, а також для полегшення дроблення і розмелювання. Обрана конструкція дозволяє підвищити якість, технологічність, продуктивність як при виготовленні дроту, так і при виконанні наплавлення. Застосування порошкового дроту обраної конструкції і складу при наплавленні зносостійкої поверхні дозволило отримати наплавлений метал зі сприятливою структурою, а також зниженим вмістом шкідливих домішок. Випробування також показали, що досліджувані порошкові дроти мають також досить високі зварювально-технологічні характеристики. Результати досліджень дозволяють рекомендувати використання розглянутої технології виготовлення порошкового дроту у виробництві при наплавленні робочих поверхонь зношених деталей.

Ключові слова: порошковий дріт, складна конструкція, виготовлення, технологія, намагнічування, наплавлення, легування, модифікування.

Курпе О. Г. Термомеханічна прокатка товстих листів зі сталі марки ЕН36 на стані 3600 ПрАТ «МК «АЗОВСТАЛЬ» // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

Розроблена технологія та вперше виготовлена, способом термомеханічної контрольованої прокатки, дослідна партія товстолистового прокату розмірами 25 × 2150 × 8000 мм зі судосталі марки ЕН36 в умовах стану 3600 ПрАТ «МК АЗОВСТАЛЬ». Технологія розроблена з використанням загальних вимог до виробництва прокату способом термомеханічної контрольованої прокатки з використанням математичної моделі технологічного процесу. При проектуванні технології використовувалися принципи низькотемпературної контрольованої прокатки, а саме формування необхідної структури і властивостей прокату при завершенні деформації у двофазній γ - α області.

Виконано дослідження впливу різних схем поздовжньої та поперечної прокатки на механічні властивості готової продукції. Встановлені переваги поперечно-поздовжньої схеми прокатки з підвищеним рівнем обтискування в чорнових проходах, які відбилися на механічних властивостях прокату та енергоефективності виробництва.

Проведено комплекс основних та додаткових випробувань, що підтверджує можливість подальшого засвоєння технології та сертифікації продукції.

Встановлено, що при термомеханічній прокатці отримано більш вищий рівень межі плинності та тимчасового опору, ніж при нормалізації, на порівнянному сортаменті, що дозволяє зробити висновок про можливість подальшої оптимізації технології та хімічного складу сталі. Також встановлено, що прокатка, здійснена по режимах термомеханічної прокатки, забезпечила отримання більш дрібного зерна фериту 10; 9 бал в порівнянні з нормалізацією 8; 9 бал для порівнянного сортаменту.

Впровадження технології термомеханічної прокатки замість нормалізації дозволить знизити собівартість прокату за рахунок виключення витрат природного газу на термообробку (нормалізацію). Встановлено, що для підготовки сертифікації, згідно з Правилами BV, необхідно додатково провести низку досліджень прокату зі сталі марки ЕН36 різної товщини.

Ключові слова: термомеханічна прокатка, товстолистовий прокат, технологія, судосталь, марка сталі ЕН36.

Медведєв М. І., Фролов Я. В., Андреєв В. В., Бобух О. С., Безпалова Н. О. Оцінка деформівності титанових сплавів при гарячому пресуванні труб // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

При виробництві труб широкого поширення набули титанові сплави. Однак в даний час знання про раціональні температурно-швидкісні параметри процесу пресування труб з даних сплавів в технічній літературі практично не доступні або не характерні для параметрів процесу. Для точного визначення зазначених параметрів процесу прямого гарячого пресування труб необхідне урахування величини опору деформації матеріалу, що в свою чергу дозволить отримати повне уявлення щодо пластичності металу. Одним з методів визначення величини опору деформації є випробування на крутіння циліндричних зразків з урахуванням величини крутного моменту і подальшого визначення ступеня деформації зсуву, яке може бути розраховано за відомими залежностями.

З метою уточнення температурно-деформаційних режимів пресування труб з титанових сплавів (ВТ1-0, ПТ-7М, ВТ-14, ВТ-15, ВТ-20, ТС-5 і ТС-6) в роботі проведено дослідження пластичності та опору деформації при гарячому крученні зразків. Основними параметрами при цьому виступали: температура випробувань 800–1250 °С; швидкість деформації 0,25–20 $с^{-1}$. В процесі випробувань використовували три схеми навантаження: без закріплення пасивного захоплення; із закріпленням пасивного захоплення в осьовому напрямку; з додатком зовнішнього осьового розтягуючого навантаження при незакріпленому пасивному захопленні. Пластичність досліджуваних сплавів в роботі розраховували з кількості оборотів до моменту початку руйнування.

В результаті проведених експериментальних досліджень були отримані графічні залежності крутного моменту від кута закручування зразка на зміну опору деформації металу. Аналіз зазначених залежностей дозволив визначити оптимальний температурний інтервал максимальної пластичності для сплавів: ВТ1-0 900–1000 °С; ВТ14 1050–1150 °С; ВТ15 1000–1100 °С; ВТ20 1050–1150 °С; ТС5 950–1100 °С; ТС6 1150–1200 °С; ПТ7-М 950–1050 °С.

Ключові слова: титан, випробування, кручення, температура, швидкість, ступінь деформації, опір деформації.

Штода М. М., Самохвал В. М., Максименко О. П., Марченко К. К., Басак І. І. Розподіл навантажень по проходах у чистовому проволочному блоці при прокатці сталевої катанки ∅ 5,5 мм // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

В роботі розроблена методика розрахунку енергосилових параметрів процесу неперервної прокатки в системі калібрів «овал-круг», яка дозволяє визначити величину навантаження для кожного проходу дротяного блоку.

Вихідними даними для розрахунку є: характеристики блоку (діаметри валків, передавальні числа і ін.); розміри калібрів за модулями; марка стали прокочуваної смуги; вихідна температура розкату на вході в блок; частота обертання двигунів приводу блоку; розміри підкату, що надходить в блок; розміри роскату по модулях блоку. Послідовність розрахунку включає визначення геометричних параметрів для калібрів кожного модуля (обтиску, розширення, коефіцієнт витяжки, довжина осередку і ін.) і визначення швидкісного режиму прокатки.

Методика дозволяє врахувати особливості конструкції прокатного обладнання. Похибка визначення супротиву деформації за пропонованою методикою становить 6,25 %. Порівняння розрахованих значень крутних моментів на валах двигунів з експериментальними даними підтверджують адекватність пропонованої моделі. Аналіз розрахункових даних розподілення навантажень по модулях чистового проволочного блоку при прокатці катанки діаметром 5,5 мм показує, що максимальне значення середнього тиску спостерігається в 5 модулі, що призводить до збільшеного зносу валків в цьому модулі. Рекомендується при розробці нового режиму налагодження блоку (розробці нової калібровки валків) врахувати цей факту та перерозподілити обтиснення так, щоб вирівняти розподілення середніх тисків по модулях. Запропонований алгоритм може бути використаний для аналізу умов роботи чистового дротяного блоку.

Ключові слова: енергосилові параметри, неперервна прокатка, дротяний блок, високошвидкісна прокатка, знос калібрів, калібровка «овал-круг».

Фролов Я. В., Бергеман Г. В., Самсоненко А. А., Андреєв В. В., Кузьміна О. М. Підвищення механічних властивостей прокату шляхом зміни температурно-деформаційних параметрів обробки // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

Основними способами регулювання і підвищення механічних властивостей прокатної продукції є поліпшення хімічного складу сталі, що виплавляється, шляхом легування та удосконалення процесів термопластичної обробки в лінії стану шляхом регламентування температурно-деформаційно-часових режимів прокатки. Другий спосіб отримав розвиток в процесах контрольованої прокатки листа та простого сортового прокату з легованих сталей. Малодослідженим питанням залишається визначення комплексного впливу температурних і деформаційних режимів прокатки на механічні властивості фасонних профілів зі сталей звичайної якості.

В роботі проведені експериментальні дослідження спільного впливу температури початку прокатки та різних режимів деформації на механічні властивості зразків зі сталі Ст3пс. Дослідження проводились в лабораторних умовах на одноклітьовому реверсивному стані 200 кафедри обробки металів тиском НМетАУ. Зразками були заготовки квадратного поперечного перерізу, прокатка велась на гладких валках без кантування. Досліджувались режими деформацій із збільшенням обтисків, зі зменшенням і з рівними обтисками за проходами. Проведені випробування по визначенню межі плинності, межі міцності, відносного подовження та ударної в'язкості для зразків, що прокатані по різним режимам в діапазоні температур 1000–1200 ºС. Аналіз отриманих даних показав переважний вплив температурного фактору на механічні властивості прокату відносно деформаційного режиму.

Застосування різних сполучень температур початку прокатки і режимів деформації в лабораторних умовах дозволяє підвищити значення показників міцності і пластичності на 4 ... 13 %. Максимальні значення межі міцності дає режим деформацій зі збільшенням обтисків при найнижчій (у дослідженому діапазоні) температурі, тобто при 1000 ºС. Однак цей режим водночас зменшує показники пластичних характеристик металу: відносного подовження та ударної в'язкості.

Отримані результати можуть бути реалізовані в умовах існуючих виробництв без суттєвих змін технології та устаткування шляхом прокатки заготовок зі зниженою температурою нагріву.

Ключові слова: гаряча прокатка, сталь, температура нагріву, режим деформацій, межа плинності, межа міцності, відносне подовження, ударна в'язкість.

Корчак О. С., Нагієв М. І., Біленець К. Є. Дослідження умов експлуатації та причин виникнення зношення в силових циліндрах гідравлічних пресів // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

Метою роботи є створення заходів запобігання зношенню силових циліндрів гідравлічних пресів шляхом аналізу умов їх промислової експлуатації та основних причин виникнення зношення з послідуючою розробкою відповідних заходів його усунення. На кожному машинному циклі має місце циклічне навантаження робочого циліндра від мінімального до максимального робочого тиску з наступним інтенсивним його скиданням до вихідного мінімального значення. На зовнішніх та внутрішніх поверхнях корпусу циліндра розвиваються тріщини від утомленості, інтенсивність появи яких залежить, перш за все, від величини тиску робочої рідини та геометрії концентраторів напружень в місцях переходу циліндричної частини робочого циліндра в донну та фланцеву. Виконання радіусу заокруглення галтелей величинами меншими, ніж припустимі, призводить до появи в них яскраво виражених зон концентрації напружень, а заглиблення галтелей в всередину корпусу більше ніж на припустиме значення призводить до виникнення додаткових радіальних зусиль, що спричиняють появу пластичних деформацій та посилюють розвиток тріщин від утомленості. Величини зазначених припустимих параметрів залежать від механічних властивостей матеріалу корпусу силового циліндра та його конструктивних особливостей. Крім зношення від утомленості найбільшою мірою в силових циліндрах гідравлічних пресів присутнє кавітаційне зношення внаслідок перепадів тисків на гідравлічних опорах. При нерівномірному навантаженні, яке переважно відбувається при промисловій експлуатації гідравлічних пресів, корпус циліндра зношується нерівномірно і вироблення його зовнішніх поверхонь мають однобічний характер. Антифрикційні властивості напрямної втулки та можливість підведення до неї системи змащення дозволяють значно подовжити строк експлуатації плунжера. Якість робочої рідини має вирішальне значення при запобіганні зношенню пар тертя силових циліндрів.

Ключові слова: прес гідравлічний, циліндр силовий, тиск, рідина робоча, корпус циліндра, галтель, зношення.

Попівненко Л. В., Руденко Н. О., Єрьомкін Є. А., Бочанов П. А. Удосконалення конструкції клапанів керування гідравлічними пресами з метою зменшення зусилля їх підйому // Обробка матеріалів тиском. – 2018. – № 2 (47).

У статті розглянута нова конструкція дросельно-регулюючих клапанів керування без розвантаження. Представлена схема і описана конструкція та особливості роботи нового клапана. Наведено недоліки існуючих конструкцій клапанів керування силовими блоками гідравлічних пресів. Робота клапана здійснюється в такий спосіб. Рідина високого тиску підводиться до порожнини А від НАС або від насосу. У закритому положенні плунжер притискають до сідла по запірних фасках силою слідкуючого сервоприводу. В порожнинах Б і В знаходиться рідина низького тиску, так як вони пов'язані через отвори. Керуючу дію на плунжер через шток здійснює сервопривод, який встановлюється з верхньої частини клапана. При цьому відкриваються запірні фаски та рідина високого тиску з порожнини А потрапляє в порожнину В, а потім через отвори в порожнину Б, що сприяє практично моментальному вирівнюванню тиску над і під плунжером. Це забезпечує істотне зменшення зусилля підйому плунжера. Жорстке з'єднання плунжера зі штоком та штоком з сервоприводом забезпечує досягнення будь-якого закону відкриття та закриття клапана и робить його легко керованим та динамічно стійким на протязі всієї роботи. Закриття запірних фасок здійснюється силою слідкуючого сервопривода. Застосування нового дросельно-регулюючого клапана управління забезпечить відмову від схем розвантаження клапана з метою зменшення зусилля його підйому, а також спрощення конструкції, зменшення металоємності, підвищення технологічності виготовлення і надійності роботи, поліпшення умов ремонту та монтажу, поліпшення динамічної стійкості і керованості клапана при його роботі. Фактично, розглянута в статті конструкція клапана управління забезпечує зменшення зусилля підйому клапана в залежності від діаметра його умовного проходу в 10–18 разів.

Ключові слова: гідравлічний прес, клапан керування, розвантаження клапана, надійність роботи клапана, зменшення зусилля підйому клапана.

ABSTRACTS

Tarasov O. F., Kovalenko A. K., Altukhov O. V., Lebid V. T. Finite-element modeling of multi-stage formation of ribs based on the development of a structural-parametric model of a generalized tools // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

Development of structural and parametric model of generalized tool for severe plastic deformation simulating during the forming of vertical ribs on the cylindrical workpiece was completed. A geometric model of die tooling and a workpiece (CAD model), a model for analyzing stress-strain state were developed, and an analysis in the CAE - system of the process of the multi-stage workpiece deformation was made. The study of the influence of the geometric dimensions, shape of tools and the friction law on the implementation of severe plastic deformation of the ribs has been automated. On the basis of a three-dimensional finite element model, the influence of the shape and inclination angle of convex faces of upper punch on the distribution of strains and tensile stresses in the workpiece has been revealed. Recommendations on the choice of the geometry of the upper and lower punches are developed, which reduce the values of tensile stresses and eliminate the formation of defects on the free face of the workpiece. Modifications of punches constructive form at successive stages of the ribs formation are proposed for uniform distribution of accumulated plastic deformation along the edges of the detail. It has been established that the use of a structural-parametric model of a generalized tool for conducting studies of severe plastic deformation of blanks allows us to accelerate the process of performing calculations and designing technological processes that ensure the improvement of the quality of produced parts.

Keywords: multi-stage simulation, finite element method, structural-parametric model, integration, CAD, CAE, stress-strain state, radial extrusion, severe plastic deformation.

Aliiev I. S., Levchenko V. M., Kuzenko O. A. Simulation of radial extrusion process with flange parts // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

The process of closed radial extrusion with a compensator for core parts with a flange is considered. The stress-strain state of the workpiece in the process of gradual deformation at various values in the height of the compensation gap provided on the periphery of the radial cavity in the matrix was studied using the QForm 2D/3D software package. As a result of the study, we obtained the distortion of the dividing grid, the distribution of strain intensity and stress intensity in the deformation zone at various stages of the extrusion process. The maximum values of the strain intensity were acquired by layers of metal near the contact surface of the workpiece and the lower half-matrix. By processing the results of the force mode analysis, the graphs of the forces variations in the closed radial extrusion and the forces of matrix opening during the process and depending on the geometrical parameters of the part and the relative height of the compensator were determined. It has been made that the values of both the extrusion force and the force of opening the matrix increase with the development of the process, and decrease with increasing relative height of the compensator. An analysis was also made in the phenomenon of opening force on the matrix at the moment of removing the main (deforming) load from the side of the punch and the elastic recoil of the «die-workpiece» technological system. Finite element modeling has been showed the possibility of determining the magnitude in the increment of opening force on the matrix by this phenomenon. It is considered that with an increase in the volume of the extruded flange, the increment of opening force on the matrix also increases.

Keywords: radial extrusion, strain intensity, stress intensity, extrusion force, matrix opening force, finite element method, semi-matrix.

Akhlestin O. V., Levchenko V. M., Akhlestin V. L. Modeling the processes of contact interaction between the tool and the workpiece during the roll forming of profiles and pipes // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

An increase in the number of works aimed at modeling the processes of contact interaction between the tool and the workpiece during roll forming was noted. The validity of the thesis about the primacy of physical models in relation to mathematical models is recognized. The main problem with modeling is that it is not possible to visually detect the contact surface. The aim of the work is: analysis of currently used models to determine the actual contact surface when forming a strip billet in rolls; improvement of the new experimental method “Transparent Instrument Method”. The method of a transparent tool developed and improved by the authors allows experimentally determining the shape and dimensions of the actual contact surface during the interaction of the tool and the workpiece. Its essence lies in the use of a roller tool made of a transparent material, such as organic glass. The greatest effect from using the method is possible in combination with other experimental methods of deformable body mechanics: polarization-optical, strain gauges, coordinate grids, etc. The use of a number of technical solutions made at the level of inventions has allowed the method to be expanded and its accuracy improved. The main result of the method is that the "invisible becomes visible." The method is used to study the processes of cold forming, forming bent profiles and pipes, rolling rails, including those with an asymmetric profile. A working model of the working stand of the roll forming machine with transparent rolls, which is generally adequate to its real object, has been created.

Keywords: roll forming, curved profile, longitudinal welded pipe, roller, modeling, contact surface, method of transparent tool.

Dobrov I. V., Semichev A. V., Morozenko E. P., Koptilyy A. V. Optical method of physical simulation of local deformation during strip drawing using monolithic tool // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

At present, various methods of simulating the processes of deformation of the workpiece in the deformation focal area are widely used to improve the technological processes of material processing by pressure in the theory of metal pressure treatment. The purpose of the work is to develop an optical method of physical modeling of local deformations during drawing a strip in a monolithic duct to clarify the mechanics of the workpiece deformation; perfection of the mathematical model for determining the power-power parameters of the drawing process, the wear of the tool and the surface of the stretched strip.

The optical method of studying local deformations of the physical model of the workpiece in the form of magnetized multicolored balls moving in a geometrically similar velocity model allows to visualize the characteristic features of the deformation process, depending on the technological parameters of drawing. Simultaneously with the relative movement of the balls at the output from the drawing (due to the movement of the model of the drawing in the opposite direction), a digital film is made, which allows to analyze the model of plastic deformation both in the dynamics of the process and on its individual photographs at any time during the simulation of plastic deformation. Analysis of the research results presented in Fig. 3 shows that the mechanical "ball model of local deformation" reflects the nature of the change in the shape of the transverse layer of a plastic-deformable workpiece under real conditions and can be used to study the local deformations of any (in the arrangement) of the material layer of the billet at the entrance to the monolithic drag. These features of the kinematics of the material of the workpiece in the deformation hearth must be taken into account when determining the boundary conditions of the dragging of the strip in a monolithic drag at the refinement of the calculation of the power-strength parameters of the deformation and wear of the contact surfaces of the drawing and the finished product.

Keywords: drawing, kinematics, mechanical model, optical method, wear.

Haranich Y. Y., Frolov Y. V. Simulation of inner longitudinal channel transformation at rolling using QForm software // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

Roll bonding process is already widely used for manufacturing of flat heat exchangers. In this research it is proposed to set up such process for producing of aluminum plates with multiple longitudinal channels for heat exchanging equipment, similar to those which are currently produced by means of extrusion. The main benefit in this case is the advancing of manufacturing rate comparable to extrusion. Thus, in order to develop such technology two conditions must be satisfied: the performance of longitudinal channels and the bonding between layers. Present work is devoted to the first task. A theoretical study of the transformation of the longitudinal channels formed by layer-by-layer disposition of aluminum plates 1050 with previously applied grooves which have different initial geometrical characteristics during roll boning was conducted in this article. The process was carried out for a temperature of 450 °C. The presented study was made via finite element simulation using the QForm software. Such technology can be used to produce flat aluminum heat exchangers.

It is shown how the initial cross-sectional geometry of a channel affects its subsequent transformation when a two-layer strip passes through a deformation zone during the roll bonding process. Two types of closure of channels have been identified depending on metal translation rates to the channel area in the direction of compression and expanding. Prevalence of the horizontal translation of metal over the vertical one causes horizontal closure of a channel with subsequent appearance of a vertical lap. On the contrary, in case the vertical translation of metal prevails over the horizontal translation leads to the vertical closure.

In addition, it was found that channels located on the edge of strip last longer in the deformation zone than those located on the center of a strip and channels on the edge obtain certain curvature due to the difference of metal expanding rate at the end and at the center.

Keywords: roll bonding, finite element simulation, channels, aluminum, heat exchanger.

Konovodov D. V., Andreev V. V., Martyniuk M. O. Modeling of the longitudinal rolling process of the aluminum alloy Al-Mg-Sc // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

It has been shown that in order to reduce the cost of investigating the processes of treatment with Al-Mg-Sc Aluminum Aluminum Alloys, it is advisable to use the methods of mathematical modeling. The Al-Mg-Sc aluminum alloy headquarters model was developed using the QForm VX software. The basis of the mathematical formulation is the system of equations, which include the equilibrium equation, the equation of relation between the field of velocities of material points and the rates of deformation, the equation of relation between the stressed and deformed state, the conditions of misalignment, the criterion of plasticity, the energy balance equation. The resistance of the deformation of the material to the workpiece is considered to be dependent on the accumulated deformation, the current rate of deformation and temperature and is given in the input data. In the construction of the model, experimentally determined deformation curves for the alloy 01570 were used. The ranges of variation of the initial technological parameters, such as the degree and temperature of deformation, the ratio of width to the height of the original workpiece, were substantiated. Using the developed mathematical model, the theoretical study of the hot rolling process of the headquarters of the selected alloy in the range of temperatures 360-420 ° C and degrees of deformation of 15–35 % was conducted. According to the results of the simulation,

the complex influence of the indicated technological parameters on the strength and moment of rolling and shaping of the metal in the process of deformation has been determined. The dependences of rolling forces and extensions on the degree and temperature of deformation were obtained. A comparison of simulation results obtained using the proposed model of rolling process with experimental data is performed.

Keywords: rolling, strip, aluminum, scandium, model, temperature, deformation, force, moment, widening.

Oginsky I. K., Remez O. A. Simulation of continuous rolling process in "diamond – square" groove system // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

The aim of the work is to develop approaches to the study of the kinematic parameters of continuous section rolling based on computer simulation methods, identifying on this basis information about the patterns of change of technological parameters during continuous rolling in the system of exhaust calibers "rhombus-square". The rolling process was simulated for steel prone to increased 08X13 broadening using FORVALOR S.A. FORGE 3D. For a complete analysis of the flow of metal in the longitudinal and transverse directions, the work presents rheological curves of the material under study. Modeling according to the specified scheme was carried out for rolling cases with various combinations of front and rear tension with different drawing ratios. The results obtained allowed us to identify patterns of changes in the parameters of rolling in conjunction with each other. A qualitative and quantitative (for the studied range of parameters) nature of changes in rolling parameters as a function of tension (velocity mismatch) was found. The relative mismatch velocity range (with respect to non-tension rolling) was 2.5 ... 10% with a multiplicity of 2.5. The range of variation of the drawing ratio was λ = 1.039 ... 1.457, it is quite characteristic for this system of calibers. A preliminary comparison of the simulation results and experimental data allows us to conclude that they are sufficiently convergent and that FORCE 3D can be used to solve practical problems associated with rolling in the rhombus-square gauge system.

Keywords: simulation, steel, propensity to broadening, rheological curves, "diamond - square" system, tension, groove.

Karnaukh S. G., Mironenko E. V. Modeling the process of pipe separation using the software product DEFORM 3D // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

The analysis of the method of separation of pipes with a flat knife using the software product DEFORM-3D. Performed theoretical studies of the method of separating pipes with a flat knife allowed us to reveal the sequence of formation of chips-waste along the knife, to estimate the energy-power parameters of the separation process and to predict the quality of the divided blanks. Studies of the influence of the configuration of the knife on the process of separation of the workpiece from the pipe and shavings-waste along the knife. Analysis of the results shows that the most optimal is a pointed knife shape with an angle of 50 degrees at the apex, at which the force of the segments is 16 kN. The quality of the blanks is satisfactory. Based on the analysis of waste-free ways of separating pipes into dimensional workpieces, a new method for cutting and equipment design for its implementation has been proposed. Segment occurs locally around the perimeter of the tubular billet, which ensures a reduction in the strength of the segments. Taking into account the fact that the tubular billet being cut off with a cutting roller moves in the direction from the billet axis, and then with the control pin toward the center of the billet, the Bauschinger effect appears. In this case, there is a decrease in the limits of proportionality, elasticity and fluidity of materials as a result of a change in the sign of the load, if the initial loading caused the presence of plastic deformations. The use of the proposed solutions allows to improve the quality of the cut tubular blanks, helps to reduce energy-power separation parameters and increase the production culture.

Keywords: tubular billet, knife, geometrical parameters, cutting force, quality.

Kokh A. K., Yeromkin Ye. A. Calculation of power-strength parameters of the process of expansion of the corrugated sheet in a straight line // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

The artical deals a mathematical model for calculation of energy-power parameters of the process of expansion of the corrugated sheet in a straight line. The analysis of recent patent researches, publications and patents is given. One of the questions to solve this problem is to simulate the rolling process of the corrugated sheet in a straight line. In this paper, the possibility of simulating a similar process from an easily deformed material is considered by applying the finite element method.

The conducted studies allow us to conclude about the influence on the size of the area of the cooling surface of such parameters as the number of corrugations at a given length, the value of internal and external radii and the angle of the corrugation in relation to the flat billet of the same length, we can say that: with an increase in the number of corrugations the area of the section of the stock is reduced, since less rectilinear parts become. The maximum value of the cross-sectional area is achieved with the number of corrugations equal to five; with the increase of the outer and inner radius of the vertices of the corrugation, the area of the workpiece cut decreases; with an increase in the angle of the corrugation from 30 to 60 degrees, the size of the section area is significantly increased.

The given model allows to give an estimation of a stressed state at deformation of a sheet, displacement of metal at deformation. The analysis of the modeling process allows us to give recommendations on the geometric parameters of the corrugated sheet, such as: the angle of inclination of the corrugated sheet, the radius of the edges of the corrugations, the area of the cross section of the sheet.

Keywords: corrugated sheet, bend, force distribution, corrugate radius, roll profile.

Gerasimenko O. V., Markov O. E., Hvashinskiy A. S., Marкova M. O., Rizak P. I. Development of resource-saving process for forging of hollow forgings for responsible destination // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

This study is aimed at solving the actual scientific and technical problem of developing improved technological processes for forging hollow workpieces like cylinders. The technical result is achieved through the use of a new method and tools for forging without a mandrel, which provides high-quality hollow forgings with the desired wall thickness and hole diameter. A technique and technological process recommendations for forging have been developed. These recommendations are to determine the diameter of the hole in the workpiece before forging without mandrel, depending on the diameter of the hole in the workpiece and the degree of deformation. The recommendation of the tool geometry for accomplishing the blank forging without a mandrel was confirmed under industrial conditions. The forging without a mandrel was produced with cut-out dies with an angle of 115 ° and cut bevel angle of 10 °. Validation studies under industrial conditions allowed the confirmation of recommendations to achieve a formable hollow workpiece during forging without a mandrel by cut-out dies with bevels. The value of feed should be 0.1 of the workpiece diameter. The reduction should be less than 10 %. The forging sequence should be: pass° → canting to 90 ° → pass° → canting to 90 ° → pas ° → canting to 45 ° → pass. New technology for hollow workpiece forging without a mandrel has been introduced. As a result, the efficiency of the forging process was increased by 25…30 %. The number of heating cycles was reduced by 15…25 %. An expansion in the technological capabilities of the process for forging hollow workpieces was achieved.

Keywords: forging, drawing, mandrel, cut-out dies, feed, bevels, the angle of cut, closing of the hole, the stress-strain state, finite element method.

Zhbankov I. G., Aliiev I. S. Development the classification of forging schemes for production shafts and discs and ways of their research // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

It has been established that, based on the method of morphological maps, it is possible to generate a large number of new methods of forging. The total number can reach several thousand. Most of these methods are practically not feasible. To order all these methods, determine new potentially promising methods, determine rational methods of forging forgings, it is necessary to create a classification and select the most promising directions based on the analysis. The aim of the work is to develop classifications of methods for forging large forgings by upsetting and drawing.

For morphological maps, the factors were broken down even more: the shape of the tool for forging shafts and plates has two characteristics – longitudinal and transverse. Similarly for the shape of the workpiece. The classifications are based on selected process factors: a form factor, a temperature and a kinematic factor. New, the most promising methods of forging forgings of the main types were selected. The main methods of forging forgings such as shafts, plates and discs, which can show high efficiency in their implementation, have been established. So for the forging of long products, the methods of pulling in the strikers of a special form, with an additional thermal effect, are proposed. For the forging of discs, special-purpose plates are proposed, as well as special-shaped blanks.

Keywords: classification, morphological map method, forging, upsetting, shafts, discs, plates.

Zligoriev V. N., Ragulina N. V., Shevtzov S. A., Inchacov E. V., Kosilov M. S. Investigation of the workpieces upsetting with concave angles of 120 ° // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

A new method of upsetting workpieces is proposed. The method consists in upsetting of the workpieces with concave faces. A methodology for theoretical research has been developed. This technique consisted in investigating the mechanism of closing of artificial axial defects in blanks. The studies were carried out on the basis of finite element method. The main parameter of the study was the depth of the concave faces of the workpiece. This parameter varied in the range 0.75; 0.80 and 0.85. The angle of the concave faces was 120°. The results of the theoretical studies were the distribution of: deformations and stresses in the body of the workpieces during the upsetting of the workpieces with concave faces. On the basis of these parameters, the index of the stressed state in the axial zone of the workpiece was established. As a result of theoretical studies it was found that the effective depth of the concave faces is the ratio of the diameters of the protrusions and ledges equal to 0.85. For this relationship, an intensive closing of the axial defect occurs. This is due to the high level of compressive stresses during the draft of workpieces with concave faces. An effective degree of deformation is established, at which an intensive closure of defects occurs. The distribution of deformations along the cross-section and the height of the workpiece has been established, as well as the change in the index of the stressed state during the deposition of blanks with concave faces. The carried out researches have allowed to draw a conclusion about high efficiency of the proposed new method of settling blanks with concave faces.

Keywords: concave faces, upsetting, stress-strain state, axial defects of the ingot, high-quality forgings.

Aliieva L. I., Aliiev I. S., Kartamyshev D. O., Donchenko E. I., Chuchin O. V. Production of complex surface profiles parts in the process of radial-forward extrusion // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

Technological processes for obtaining complex-shaped hollow parts by radial-forward extrusion and ways of expanding the technological capabilities of methods for obtaining hollow parts by radial-forward extrusion with distribution are considered. The presented schemes allow making hollow parts with a complex profile by adjusting the height of the radial cavity. Patterns of stress distribution during stamping by the method of radial-forward extrusion with distribution were obtained by the simulation of the finite elements method. It has been established that the metal layers

adjacent to the bottom of the hollow part are subjected to the greatest deformation. Large values of stress intensity are concentrated in the layers of the workpiece material near the inner radius of the part is determined. The general nature of the change in the power mode of the process of manufacturing complex shaped parts is investigated. It has been established that the stages of radial outflow and the subsequent reversal of the flow of metal from the radial direction to the straight line are characterized by non-stationarity of the process and continuous growth of power characteristics. The steady-state stage of the process under study begins after the turn of the metal flow and continues until the final design of the hollow product was determined. The possibility of manufacturing complex-shaped hollow parts with variable wall thickness by varying the height of the radial cavity was experimentally proven. It has been established that in order to obtain steps on the inner side surface of a hollow product at subsequent transitions, it is necessary to reduce the lateral dimensions of the lower punches. Based on the results of experimental studies, it was determined that in order to obtain lateral conical surfaces, it is required to increase the diameters of the holes of the form-changing sections of the matrices.

Keywords: complex profiled hollow parts, radial-forward extrusion, finite element method, experimental studies.

Aliiev I. S., Kordenko M. U., Samoglyadov A. D. Combined extrusion of hollow conical parts // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

The scheme of combined extrusion of hollow conical parts in a conical matrix using a conical and cylindrical billet is considered. The simulation of the process of combined extrusion in the software package DEFORM-3D. The paper presents a graph of the power parameters of the process, as well as images of the fields of the distribution of the intensity of strains and stresses, which made it possible to define a circuit with a smaller force and a more uniform distribution of the strains and stresses over the volume. The analysis showed that in both cases the fields of the intensity distribution of the deformations coincide qualitatively. The stress intensity has a similar distribution pattern with deformations during the entire extrusion process. After analyzing the results, it was found that the use of a conical billet reduces the force of the extrusion process, which is due to the best geometry of the billet. It has been established that the use of a conical billet in the process of combined extrusion has an advantage over a cylindrical one. Based on the analysis of the fields of the intensity distribution of the deformations, it can be seen that at the initial stages of the extrusion process the cylindrical billet has the best development of both the end and the central part, however, during the process of distribution of the deformations change. Maximum deformations for this process reach 3. At the final stage, it is determined that the conical billet has a lower probability of fracture and cracking, due to a better distribution of deformations over the section. Conical billet has a better geometry, as well as a more favorable distribution of the intensity of deformations and stresses in the extrusion process, which allows you to get less power of the process and reduce the possibility of defects and the formation of cracks. Also, the tapered billet has a smaller stroke to obtain a semi-finished product, which makes it possible to increase the overall performance of the process to obtain a finished product. In the workpiece, there is a sufficient study of the metal and a more favorable distribution of deformations and stresses formed by volume, as well as a low tendency to the formation of cracks and defects, which has a positive effect on its further processing.

Keywords: hollow conical parts, combined extrusion, deformation, workpiece, stress, deformation force.

Aliieva L. I., Sivak R. I., Kotsiubivskaya E. I., Sukhorukov S. I. Deformability of billet by radial extrusion with backpressure // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

The process of radial extrusion with the flange on a tubular billet of aluminum alloy AD1 by the application of backpressure, which is created by an annular billet of technical lead, has been studied. To assess the impact of the loading history on the plasticity of billet under a volume stress state, used filed with coordinates of stress state indicator (η), the Lode – Nadai parameter (μ_σ), the accumulated degree of deformation (e_u), and the surface plasticity are constructed. Path of elementary particles deformation on billet, selected in different zones along the height of the billet, are constructed in the same coordinates on the basis of calculated data performed by the finite element method.

To compare the results of the deformability analysis, it was also create field in which, instead of the Lode-Nadai parameter used filed of stress state indicator (χ), accounting for taking into account the influence of the stress state volume. The advantages of using coordinates (η, χ, e_u) are noted instead of (η, μ_σ, e_u), to assess the degree of utilization plasticity resource ψ simplifies calculations, such as stress state that in this case is described by a known plasticity diagram $e_p(\eta)$, and also, the discrepancy between the calculated and experimental values of ψ has been reduced. From the analysis of the obtained results it follows that most critical in terms of destruction appear the points that is on the periphery of the extruded flange and the points located on the outer surface of the billet.

When conducting experimental studies with extrusion tubular billet without backpressure application, maximum of flange diameter that could be obtained from aluminum alloy did not exceed D_ϕ = 44.36 mm, at the same time it had a distorted mushroom shape. Created by lead backpressure allows almost 1.5 once increase the diameter of the extruded flange and completely avoid distortion of its shapes.

Keywords: radial extrusion, tubular billet, flange, backpressure, stresses, degree of deformation, stress state, plasticity resource.

Kaliuzhnyi V. L., Potiatynik A. M., Malii K. V. Determination of the parameters of cold combined extrusion of axisymmetric hollow products with a deck in the bottom part from the side of the hole // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

The fem was used to simulate cold combined extrusion from low-carbon steel of axisymmetric hollow products with a protrusion on the bottom from the cavity side and set parameters for technology engineering.

The purpose of the work is to estimate the parameters of cold combined squeezing of semifinished products with a projection on the bottom part from the side of the cavity.

The dependencies of the extrusion force and the extraction effort of the punch from the deformed workpiece were identified by a calculation. The workpiece was deformed from the movement of the punch and the force of pushing the item out of the matrix from the displacement of the ejector. At the maximum value of the extrusion force, the distributions of the specific forces on the contact surfaces between the rough workpiece and the deforming warping tool are given. Taking into account the resilient deformation, the final shape and dimensions of the item are established. The distribution of strain component and the strain intensity in the deformed metal of the item are shown. The distribution of the strain intensity and the experimental diagram of true stresses effective stress predict the mechanical properties in different parts of the item volume. The thermal effect are determined by the cold shaping by indirect extrusion. Recommendations for engineering a deforming tool are proposed, in particular, extrusion pressures – for the choice of press equipment, the distribution of specific efforts – for designing die-casting equipment, the shape and size of the semifinished product and the distribution of the intensity of deformations – to predict their quality.

Keywords: combined extrusion, hollow product, finite element method, forces and specific forces, shape and product dimensions, thermal effect, strain state/deformed state.

Baglyuk G. A., Shishkina Yu. O., Titov V. A., Kirilyuk S. F. Influence of the deformed state of hot-stamped blanks from powder alumomatrix composites on their structure and properties // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

The results of studies of the features of the structure and mechanical properties of metal-matrix composites obtained by hot stamping from blanks consisting of a mixture of Al powders and 15 % (mass.) Of a Ti-C system master alloy – 20 % Al are given. Output blanks were used for two types of stamping: cylindrical and in the form of a hollow cone. It is shown that both the strength and hardness of composites made from conical billets, significantly exceeds the similar characteristics of materials obtained from cylindrical billets. The use of conical blanks for stamping provides a noticeable increase in the intensity of deformation of the material compared to cylindrical blanks and leads to an increase in the microhardness of the matrix phase of the composites.

The results of the simulation of hot stamping of blanks of various shapes showed that the use of blanks in the form of a hollow cone is characterized by a significantly wider range of values of different densities and intensity of deformations across the sample section at intermediate stages of the process compared to cylindrical blanks. The intensity of deformation of the predominant region of the cross section of forgings obtained from conical blanks after their final stamping is 1.5–2.0 times higher than the values of the intensity of deformation of forgings obtained from cylindrical blanks. The structure of hot-stamped samples is characterized by the presence of a noticeable texturing, the degree of which increases when using the initial conical shaped blanks. A finer-grained structure is also characteristic of forgings obtained from green billets.

Keywords: aluminum-matrix composite, forging, strain intensity, strength, hardness, structure.

Titov A. V., Polivoda S. L., Titov V. A., Vishnevskiy P. S. Features of shaping parts of aluminum alloy fibers // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

The purpose of the work is to work out the process of isothermal pressing of the thin-walled element of parts from the fibers of aluminum alloy AD1. Such fibers have a fine crystalline structure and high mechanical properties of strength and ductility due to ultrafast cooling with a velocity of 10^5–10^6 °C/s. Fibers obtained at the plant for dispersing the melt at the Physics and Technology Institute of Metals and Alloys of the National Academy of Sciences of Ukraine. Pressing of parts was carried out in the KPI Igor Sikorsky in two stages. At the first stage, compresses of briquettes with a diameter of 30 mm in a cold state were executed. The density of briquettes was 87–90 %. In the second stage, the extrusion of the thin-walled element was carried out under isothermal conditions. Experimental results were compared with the results of numerical simulation in the software complex Deform 3D. The problem is solved for phenomenological formulation and visco-plastic deformation. Analysis of the results showed that in the thin-walled element there are compressive stresses. Their interaction with the deformations of the shear in the cross-section of the element contributes to the convergence and diffusion of the individual fibers. At the same time, the residual porosity does not exceed 2–3 %. As the thin-walled element is formed, the amount of compressive stress decreases slightly over its length. However, due to the deformation of the shear in the cross section under the influence of these stresses, the interaction of the free surfaces of the fibers, their diffusion connection and the decrease of porosity of the material contribute. Qualitatively, the strength of the interaction of layers is verified experimentally in bending tests. When bending a thin-walled element at 90 °, there was no splitting of fibers.

Keywords: thin-walled elements, aluminum alloy fibers, fine-grained structure, isothermal forming, visco-plastic deformation, diffusion compound.

Kovalevsky S. V., Malanchuk S. F. Investigation of surface plastic deformation by a screw in a knurling // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

The paper discusses methods for strengthening the surfaces of machine parts. To date, there are many methods of surface plastic deformation (PPD). Such as, diamond smoothing, knurling roller, vibration treatment, shot blasting and others. But these methods have limited technological capabilities, because the processing of FPD for short and limited working surfaces seems impossible. In the given work the problem of processing of a surface layer of a part is considered, namely the obtaining of high-quality parts of a part, increase of processing productivity, expansion of technological possibilities of processing for increase of roughness and hardness of a part. The problem solving with the help of a screwdriver is offered, the possibilities of which allow to adjust the roughness and hardness of the part being processed, due to the change of the angle of inclination of the roller. The scheme of detail processing by a screw cutter is resulted. The sequence of carrying out of experimental researches is resulted. The influence of the angle of inclination of the screw cutter on the roughness and hardness of the part is experimentally investigated. With the help of simulation of the process of processing by the rapper in the neural network, the dependencies of the input data are established. On their basis with the forecasted initial roughness and hardness of the details. Graphs of dependence HB = $f(\alpha; P)$, Ra = $f(P; \alpha)$ were constructed. A new method of processing the PPD with a screw rotator of surfaces limited on both sides has been implemented. Also expanded the technological capabilities of this method.

Keywords: screw cutter, roughness, hardness, angle of inclination, roller pressure, randomisation, model.

Frolov Ye. A., Yasko S. G., Kravchenko S. I. Technological possibilities of pneumatic impact punching by stretching thin sheeted parts // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

An important problem of plastic formation of sheet metal is the stability of the deformation process. Loss of stability of the formation leads to significant local deformation, destruction of the metal or distortion of the shape of the part. This is especially evident in the high-speed deformation of thin-sheet blanks. The manifestation of this or that type of loss of stability depends on the stress state, strain rate, anisotropy, mechanical properties of the material and other factors. Loss of stability is most likely when parts are received from thin workpieces using high-speed local loading.

In the work, the deformation parameters were determined at high-speed drawing of axisymmetric thin-sheet blanks, which ensure the formation of parts without distortion of the relief form and metal destruction by the method of pneumatic impact forming. On the basis of the conducted research, the technological capabilities of manufacturing high-quality axisymmetric thin-walled parts have been established by the method of pneumatic impact punching by drawing. The conditions of stability of the workpiece when forming axisymmetric elements of non-spherical shape are similar to the conditions of stability of the workpiece when forming spherical elements, the results can be extended to the hood of elliptical, shallow conical and other parts similar in shape. Air-percussion stamping allows you to pull out dome-shaped parts without using over-tensioning thresholds, two-stage stamping and other special techniques with a relative thickness of the workpiece two to four times less than that allowed by drawing a punch.

Keywords: pneumatic impact stamping, drawing, forming, defects, stability, domed, relief, detail, workpiece.

Fedotiev A. M., Shkel S. V., Fedotieva L. P. The possibility of using the rotational cutting method for obtaining bulk nanomaterials // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

In recent years, to improve the mechanical characteristics of steels and alloys, approaches based on the formation of materials of micro- and nanocrystalline structure have been used. One of the promising methods for obtaining ribbons by submicrocrystalline and nanostructures is the method of planing and turning. However, the use of the planing method makes it possible to obtain ribbons with a submicrocrystalline structure of limited length, and the planing process itself has certain limitations on the realization of a wide range of processing regimes. The process of free rectangular cutting, realized during planing, has a certain influence on the near-surface layers of tapes obtained in this way. Such influence is explained by the increased friction of the created tape on the surfaces of tooling. In this paper we propose a method of rotational cutting with a non-free surface of chip formation. Modeling in the Deform 3D V11 package demonstrated the possibility of performing the proposed method of rotary cutting with a non-free chip-forming surface to produce tapes with a SMC structure. As a result, the simulation obtained data that are close to the known results obtained with free rectangular cutting. The obtained result gives serious hopes for expanding the possibilities of using cutting processes when creating metal strips with SMC-structure due to rotational cutting with a non-free surface of chip forming.

Keywords: submicrocrystalline structure, rotational cutting, not free surface of chip formation.

Gurkovskaya S. S., Zagrebelniy S. L. Practical recommendations to technological modes of production of thin hot-rolled strips // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

Based on the results of theoretical research in this paper, the program task on the automated design of the technological modes of compression during hot rolling in a continuous group of finishing working stands SHSGP aimed at increasing the accuracy of the resulting rolled metal product is formulated and solved. At the same time, criterial assessments used the conditions for ensuring maximum productivity, and ensuring the required quality indicators of the finished metal. The analysis of the conditions for the implementation of the hot rolling process for relatively thin strips with simultaneous operation of automatic control systems for their thickness and flatness has been carried out, and recommendations for their further improvement have been developed.

It has been found that with an increase in temperature difference, the required thickness variation increases very significantly. At the same time, with an increase in the nominal value of the rolled strip thickness, the absolute value of the thickness variation increases, which must be taken into account when designing the pressure mechanisms of the respective working stands.

The use of automatic thickness control systems causes an increase in the probability of a violation of the degree of flatness, which, in turn, can be compensated for by stabilizing the initial process parameters, and by rationally arranging the elements of these systems in at least the last three finishing working cells. Practical recommendations have been formulated to improve the technological regimes of the hot rolling process, including recommendations for the preliminary profiling of the thickness of the rolled strips, which compensates for the uneven distribution of temperatures along their length.

Keywords: wide strip, hot rolling, flatness, multifilamentity, quality indicators, automatic thickness control system, criterion estimates, flatness degree, computer-aided design.

Kassov V. D., Kabatsky A. V., Berezhnaya E. V., Malygina S. V. Improvement of manufacturing technology of flux cored wire of complex design // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

The aim of the presented work is improving of manufacturing technology of the flux cored wire of complex design. The wire of the offered construction is made by twisting of tube from a steel ribbon with adding inside of it alloying charge and welding wire. To prevent the spilling out of powder material from the metal shell, magnetization of the metal wire is used. The task can be solved due to the fact that the metal wire supplied from a separate unwinder passes through the inductor, where it is magnetized.

The chosen variant of wire manufacturing is realized at development of weld depositing technology of epositsng of details working in the conditions of intensive wear. The process of weld depositing was made by the indicated wire of 5 mm diameter by submerged arc welding. For experiments, selected steel containing 0.5–0.7 % carbon, the basis of alloying of which (up to 11–12 %) is chromium. At the same time, manganese is added to the steel, as well as titanium, as a modifier, refining the metal structure and making it more uniform. To improve the mechanical properties of the metal and its resistance to cracks, the weld metal was modified by magnesium, which was added as a magnesium aluminum alloy (in an amount of 5–8 %) to prevent magnesium burnout, and to facilitate crushing and grinding. The chosen construction of flux cored wire allows to improve quality, productivity, technologicalness both at making of wire and at implementation of weld depositing. Application of flux cored wire of the chosen construction and composition at weld depositing of wear resistant surface allowed to get a deposited metal with a favorable structure, and lower content of harmful admixtures. All of it provides the increasing of plastic properties, shock viscidity and hot crack resistance of deposited metal. Tests also showed that the researched flux cored wire had also high enough welding-technological properties. The results of researches allow to recommend the use of the considered manufacturing technology of flux cored wire on a production at weld depositing of working surfaces of threadbare details.

Keywords: flux-cored wire, complex design, manufacturing, technology, magnetization, depositing, alloying, modifying.

Kurpe O. H. Thermomechanical rolling of hot rolled plate of steel grade EH36 at the rolling mill 3600 PJSC "AZOVSTAL" // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

The technology has been developed and the pilot batch of plates of shipbuilding steel grade EH36 with dimensions 25 × 2150 × 8000 mm has been firstly produced by the method of thermomechanical controlled rolling at the rolling mill 3600 PJSC "AZOVSTAL". The technology has been developed using the general requirements for the production of plate by the method of thermomechanical controlled rolling and applying the mathematical model of the technological process. While drafting the technology the principles of low-temperature controlled rolling has been applied, specifically the forming of the required structure and properties of rolled products at the finishing of the deformation in two-phase γ - α field.

The research of influence of different lengthwise rolling and cross rolling patterns on mechanical properties of finished products has been conducted. The advantages of the lengthwise and cross rolling pattern with increased reduction level in roughing stands have been determined which influenced the mechanical properties of rolled products and the production energy efficiency.

The set of basic and additional tests has been performed which supports the possibility of further technology development and products certification.

It has been determined that the level of yield strength and tensile strength was higher after thermomechanical rolling than after normalization for the comparable product-mix that allows for the conclusion about the possibility of further technological process optimization and steel chemical composition improvement. It has also been determined that the rolling performed based upon thermomechanical rolling schedule delivered the obtainment of a smaller ferrite grain 10; 9 grades in comparison to normalization 8; 9 grades for the comparable product-mix.

The implementation of the thermomechanical rolling technology instead of normalization will allow to reduce the production costs by means of excluding natural gas expenses for heat treatment (normalization). It has been determined that for certification preparation in accordance with BV rules it is additionally necessary to conduct a number of tests of plates with steel grade EH36 with different thicknesses.

Keywords: thermomechanical rolling, plate, technology, shipbuilding steel, steel grade EH36.

Medvedev M. I., Frolov Ya. V., Andreiev V. V., Bobukh O. S., Bezpalova N. O. Evaluation of titanium alloys deformability during hot extrusion of tubes // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

Titanium alloys are widely used in the tubes production. However, the current knowledge of rational temperature-speed extrusion process parameters of these tubes alloys in technical literature is almost absent or is not typical for the process parameters. For an accurate determination of these parameters of the direct hot extrusion of tubes requires take the strain resistance of the material, which, consequently, will provide a complete understanding of metal ductility. One method of determining the strain resistance value is the Torsion testing of cylindrical specimens with the torque and then determining the degree of shear strain, which can be calculated using known relationships.

In order to clarify the temperature-deformation regimes of the tube's extrusion from titanium alloys (VT1-0, PT-7M, VT-14, VT-15, VT-20, TS-5 and TS-6) in a study of ductility and strain resistance during hot torsion of samples. The main parameters were: test temperature 800–1250 °C; strain rate 0.25–20 sec^{-1}. During the tests three loading schemes were used: without fixing passive capture; with fixing passive grip in the axial direction; with the application of external axial tensile load at non-bound passively capture. The ductility of the alloys was calculated from the number of turns until the beginning of the destruction.

As a result of the experimental studies, graphical dependences of the torque upon the angle of twisting of the specimen on the change the strain resistance of the metal were obtained. Analysis of the indicated dependencies allowed to determine the optimal temperature range for maximum plasticity for alloys: VT1-0 900–1000 °C; VT14 1050–1150 °C; VT15 1000–1100 °C; VT20 1050–1150 °C; TS5 950–1100 °C; TS6 1150–1200 °C; PT7-M 950–1050 °C.

Keywords: titanium, test, torsion, temperature, speed, degree of deformation, strain resistance.

Shtoda M. N., Samohval V. M., Maksimenko O. P., Marchenko K. K., Basak I. I. Distribution of loads on calibers of finish block at rolling steel wire rod ∅ 5.5 mm // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

The method of calculating the energy-force parameters of the continuous rolling process in the calibers "oval-circle" has been developed.

The initial data for the calculation are: the characteristics of the block (roll diameters, gear ratios, etc.); gauge sizes by module; steel grade, rolled strip; the initial temperature of the block at the entrance to the block; engine speed of the drive unit; the size of the rolled, entering the block; roll sizes by block modules. The calculation sequence includes determining the geometrical parameters for calibers of each module (compression, broadening, drawing ratio, hearth length, etc.) and determining the speed mode of rolling.

The method allows to determine the load value for each pass of the wire block. The technique allows to take into account the design features of rolling equipment. The error in determining the resistance to deformation by the proposed method is 6.25 %. A comparison of the calculated torque values on the motor shafts with the experimental data confirm the adequacy of the proposed model. Analysis of the calculated load distribution data on the modules of a finish wire block at the rolling of a wire rod with a diameter of 5.5 mm shows that the maximum value of the average pressure is observed in module 5, which leads to an increased wear of the rolls in this module. It is recommended that when design a new block setting mode (a new roll pass design), take into account this fact and redistribute the reduction so as to equalize the distribution of mean pressures by modules. The proposed algorithm can be used to analyze the working conditions of the finishing wire block.

Keywords: energy-power parameters, continuous rolling, wire block, high-speed rolling, wear of calibers, calibers "oval-circle".

Frolov Ya. V., Bergeman G. V., Samsonenko A. A., Andreiev V. V., Kuzmina O. M. Increase of mechanical properties of rolled products by changing the temperature-deformation parameters of processing // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

The main ways to regulate and improve the mechanical properties of rolled products are to improve the chemical composition of the melted steel by alloying and to improve the thermoplastic treatment in the mill line by changing the temperature-deformation-time rolling regimes. The second method was developed in the processes of controlled sheet rolling and simple long products from alloy steels. The definition of the complex effect of temperature and deformation rolling regimes on the mechanical properties of shaped profiles of ordinary quality steel remains a little investigated issue.

In the work, experimental studies of the joint effect of the rolling-start temperature and various strain regimes on the mechanical properties of specimens made of St3ps steel were carried out. The investigations were carried out at laboratory conditions on the single-stand reversible mill 200 of Metal Forming Department of the NMetAU. The specimens had square cross-section, rolling was carried out on smooth rolls without tilt. The modes of deformation were investigated with increasing reduction, with decreasing and with equal reduction along the passes. The tests were carried out to determine the yield strength, ultimate strength, elongation, and impact toughness for samples rolled in different modes in the temperature range 1000–1200 °C. The analysis of the obtained data showed the prevailing influence of the temperature factor on the mechanical properties of rolled products relative to the deformation mode. The use of various combinations of temperatures of the beginning of rolling and deformation modes in laboratory conditions makes it possible to increase the value of strength and ductility parameters by 4 ... 13%. The maximum values of the tensile strength are at the deformation mode with increasing reduction at the lowest temperature (in the investigated range), that is, at 1000 ° C. In this case a regime reduces the parameters of the plastic characteristics of the metal: the relative elongation and impact toughness.

The obtained results can be realized in the conditions of existing productions without significant changes in technology and equipment by rolling billet with a reduced heating temperature.

Keywords: hot rolling, steel, heating temperature, deformation regime, yield strength, strength limit, relative elongation, impacting viscosity.

Korchak E. S., Nagiev N. I., Belenets K. Ye. Investigation of operating conditions and reasons of wear appearance in hydraulic presses power cylinders // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

The purpose of the work is to create measures to prevent wear of hydraulic cylinders of hydraulic presses by analyzing the conditions of their industrial exploitation and the main causes of deterioration with the subsequent development of appropriate measures to eliminate it. On each machine cycle there is a cyclic load of the power cylinder from the minimum to the maximum working pressure, followed by its intense discharge to the initial minimum value. At the outer and interior surfaces of the cylinder body, wear cracks are developing, the intensity of which depends, first of all, on the value of hydraulic fluid pressure and the geometry of the stress concentrators at the points of transition of the cylindrical part of the working cylinder to the bottom and the flange. Execution of the radius of rounding of galleys by the sizes smaller than the permissible ones leads to the appearance of brightly expressed zones of concentration of stresses in them, and the deepening of the galleys inside the case more than the permissible value leads to the appearance of additional radial forces that cause the appearance of plastic deformations and enhance the development of wear cracks. The values of these assumed parameters depend on the mechanical properties of the material of the body of the power cylinder and its design features. In addition to wear cracks, the cavitation wear due to pressure drop across hydraulic resistances is most commonly present in the hydraulic cylinders of hydraulic presses. In an uneven load, which is mainly due to the industrial operation of hydraulic presses, the cylinder body wears out unevenly and the development of its defects is one-sided. The antifriction properties of the guide bush and the possibility of bringing it to the lubrication system can significantly extend the life of the plunger. The quality of hydraulic fluid is crucial for preventing the wear of friction pairs of power cylinders.

Keywords: hydraulic press, power cylinder, pressure, hydraulic fluid, cylinder body, fillet, wear.

Popivnenko L. V., Rudenko N. A., Eremkin E. A., Bochanov P. A. Improvement of control valves design for hydraulic presses with the aim of decreasing lift force // Material working by pressure. – 2018. – № 2 (47).

The article deals with a new design of control throttle valves without unloading. Design and features of working the new valve are presented. The disadvantages of existing control valves for power blocks of hydraulic presses are given. The use of a new throttle control valve will exclude the complex unloading schemes. The operation of the valve is carried out as follows. High-pressure liquid is brought to the cavity A from pump-accumulator station or from the pump. In the closed position, the plunger is pressed against the saddle by the shutter chutes by the force of the servodrive. In the cavities Б and В there is a low pressure liquid, since they are tied through the openings. The control action on the plunger through rod is carried out by a servodrive, which is mounted on the top of the valve. At the same time, the locking chamfers are opened and the gland from the cavity A falls into the cavity Б, and from there through the openings in the cavity В, which contributes to the almost instantaneous alignment of pressure above and under the plunger. This provides a significant reduction in the lifting force of the plunger. The rigid joining of the plunger to the rod and rod with the servodrive ensures that any valve opening and closing law is attained and makes it easy to operate and dynamically stable throughout the entire operation. The closure of the shutter bevels is carried out by the force of the servodrive. This solution provides the lift force decreasing, simplification of the design, less metal consumption, the easy manufactured and higher reliability, the improvement of repair and maintenance conditions and increase the dynamic stability and controllability during operation. In fact, the design of the control valve, considered in the article, provides a reduction in the valve lift force. Depending on the diameter of valve conditional pass, lift force decreases in 10–18 times.

Keywords: hydraulic press, control valve, valve uploading, operating reliability of valve, decreasing of valve lift force.