УДК 621.7.016.3.002

Е. А. КУЗЬМЕНКО, В. И. КУЗЬМЕНКО, Т. А. ХРИСТОФОРОВА

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СТОЙКОСТЬ ШТАМПОВ ХОЛОДНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ

Рассмотрены факторы, влияющие на эффективность внедрения процессов холодного выдавливания стальных заготовок, которая, в первую очередь, зависит от стойкости штампового инструмента. Приведены результаты исследований повышения стойкости инструмента для холодного выдавливания, выполненных в четырёх разных направлениях: совершенствование конструкции и технологии изготовления штампов; подготовка поверхности заготовок к выдавливанию; повышение комплекса свойств материала штампового инструмента термической обработкой; улучшение штампуемости материала заготовок. Результаты исследований опробованы и внедрены в производство при изготовлении тормозной втулки велосипеда.

Ключевые слова: холодное выдавливание, стойкость, штамповый инструмент, конструкция, термическая обработка, штампуемость, зернистый перлит, быстрорежущая сталь, отпуск.

Розглянуті фактори, що впливають на ефективність впровадження процесів холодного видавлювання сталевих заготівок, яка, в першу чергу, залежить від стійкості штампового інструменту. Приведені результати досліджень шляхів підвищення стійкості інструменту для холодного видавлювання, що виконані в чотирьох різних напрямках: удосконалення конструкції та технології виготовлення штампів; підготовка поверхні заготовок до видавлювання; підвищення комплексу властивостей матеріалу штампового інструменту термічною обробкою; поліпшення штампуємості матеріалу заготовок. Результати досліджень випробувані і впроваджені у виробництво при виготовленні гальмівної втулки велосипеду.

Ключові слова: холодне видавлювання, стійкість, штамповий інструмент, конструкція, тертя, термічна обробка, штампуємість, зернистий перліт, швидкорізальна сталь, відпуск.

Cold extrusion – one of the most effective low-waste manufacturing processes of steel products, the introduction of which in return for machining and hot stamping provides a significant productivity growth, increases the coefficient of metal use and the quality of the surface. There are considered the factors, which influence on the effectiveness of the introduction processes of cold extrusion of steel billets. Economic feasibility and effectiveness of the introduction primarily depends upon the resistance of stamping tool. There are the results of researches of the ways to increase durability of tools for cold extrusion, which performed in four different directions: to improve the structure and fabrication technology of stamps; surface preparation of billets for extrusion; improving complex of properties material of stamping tool using heat treatment; improvement of deformability of material of billets. There are proposed the procedure of heat treatment which increases the service life of stamping tools from high-speed steel M2. Moreover there are proposed the conditions of heat treatment for receipt of uniform structure of globular pearlite in hot – rolled and stamping with different degree steel for improvement of deformability. The results of the research tested and introduced in the manufacture on example of brake sleeve of bicycle.

Keywords: cold extrusion, resistance, stamping tools, structure, heat treatment, deformability, globular pearlite, high-speed steel, tempering.

Введение. Холодное выдавливание (ХВ) – один из наиболее эффективных малоотходных процессов изготовления стальных изделий, внедрение которого взамен обработки резанием и горячей штамповки обеспечивает существенный рост производительности труда, повышает коэффициент использования металла и качество поверхности. По сравнению с литьем и горячей штамповкой экономится до 50 % металла, по сравнению с обработкой резанием отходы в стружку уменьшаются в 2–3 раза. При ХОШ коэффициент использования материала может достигать 0,9−0,95. Точность исполнительных размеров деталей, получаемых ХВ, соответствует 8 квалитету, а шероховатость поверхности не превышает 16−32 мкм.

Недостаток ХВ − высокое сопротивление деформированию из-за пониженной пластичности стали при комнатной температуре, что требует применения оборудования повышенной мощности и технологических смазок, приводит к увеличению числа штамповых переходов и снижению стойкости штамповой оснастки. Чтобы не допустить разрушения формообразующего инструмента, степени деформации за один переход рекомендуют ограничивать 40−55%.

Стойкость штампов холодного выдавливания является одним из основных показателей, влияющих на целесообразность и экономическую эффективность внедрения в производство разрабатываемых технологий. Стойкость − это способность инструмента не разрушаться, а также сохранять первоначальные размеры и свойства, и зависит она от долговечности и износостойкости штампов. Но если долговечность определяется количеством циклов нагружения инструмента до его разрушения в случае поломки или под воздействием усталости, то износостойкость − количеством выдавленных деталей, обусловивших изменение размеров формообразующих элементов в пределах заданного допуска [1].

Постановка задачи и цель работы. Проблема повышения стойкости штампового инструмента для холодного выдавливания – задача комплексная, решение которой необходимо вести в следующих четырёх основных направлениях:

1. разработка технологии ХВ, совершенствование конструкции штампов;
2. подготовка поверхности заготовок к выдавливанию;
3. улучшение штампуемости материала заготовок;
4. повышение комплекса свойств материала инструмента термической обработкой.

Примером такого комплексного подхода могут служить результаты исследований специалистов в областях обработки металлов давлением и металловедения, работавших под руководством

© Е. А. Кузьменко, В. И. Кузьменко, Т.А.Христофорова 2016

проф. Евстратова В.А. (НТУ «ХПИ»), и проф. Дьяченко С.С (ХНАДУ) над совершенствованием конструкции штампов и технологий ХВ тормозной втулки велосипедной из стали 15Х на Харьковском велосипедном заводе. Материал изложен в последовательности, отражающей историю разработок на заводе.

Цель данной работы – показать эффективность всестороннего подхода к решению проблемы повышения стойкости штампов.

1. Разработка технологии ХВ, совершенствование конструкции штампов. Основными операциями ХВ являются прямое, обратное, поперечное выдавливание и высадка или их рациональное сочетание. Рассмотрение целесообразности холодного выдавливания любой детали начинается с анализа её конструктивно-технологических параметров: формы, размеров, материала, технических требований, годовой программы выпуска. Тормозная втулка велосипеда представляет собой осесимметричную деталь с центральным ступенчатым сквозным отверстием. Годовая программа выпуска − свыше одного миллиона деталей. Все эти параметры отвечают техническим и экономическим возможностям использования холодного выдавливания.

Технология выдавливания втулки включает отрезку заготовки из калиброванного прутка и её осадку на холодновысадочном автомате, смягчающую термообработку деформированного металла, два перехода обратного выдавливания, прошивку перемычки и минимальную доработку резанием. Если при прямом выдавливании в наиболее тяжелых условиях находится матрица, то при обратном выдавливании – пуансон, и именно его стойкость определяет стойкость штампа в целом и эффективность процесса изготовления втулки [1].

При холодном выдавливании применяют штампы разных конструкций: с направляющими колонками и без них, с направлением пуансона по матрице или по съемнику, а также плунжерного исполнения. Выбор конструкции штампа во многом зависит от характеристики пресса и величины его закрытой высоты, которая обусловливает размеры плит, колонок и других деталей штампа [1–3].

Чтобы обеспечить стабильность процесса холодного выдавливания и снизить удельные рабочие нагрузки на инструмент, необходимо выбирать рациональную компоновку составляющих деталей и узлов штампа, обеспечивающую необходимую прочность и жёсткость при центрировании пуансона и матрицы, а также строгую соосность и параллельность сопрягаемых элементов [1]. Это достигается точностью изготовления изделий. При нарушении соосности возникают эксцентричные нагрузки на пуансон (особенно при обратном выдавливании), что резко снижает его стойкость, а также ухудшает качество изготовляемых деталей, приводя к разностенности. Чем выше износостойкость инструмента, тем более точными получаются выдавленные детали.

Центрирование пуансона относительно матрицы надежнее и точнее осуществлять за счет нерабочих элементов матрицы и пуансона, что предотвращает преждевременные поломки пуансонов из-за завышенных изгибающих моментов, возникающих при эксцентричной нагрузке. Известно, что штампы с направляющими колонками обеспечивают получение деталей с разностенностью, которая не превышает 0,3 мм, в то время как при непосредственном центрировании пуансона по матрице получают детали с разностенностью не более 0,03 мм. Однако направление пуансона по матрице имеет свои недостатки, ограничивающие применение штампов. Увеличение длины пуансонов и матриц отрицательно сказывается на стойкости инструмента. Кроме того, диаметр направляющей части пуансона при эксплуатации изменяется за счет его разогрева и упругих деформаций при выдавливании, что заметно нарушает условия центровки и может привести к поломке [1].

Конструктивные параметры пуансона и матрицы должны создать наиболее благоприятную схему напряженного состояния этих тяжело нагруженных деталей. Снизить нагрузки на пуансон можно рациональным выбором формы его головки [4]. Большое влияние оказывают также величины радиусов и угла конуса зон перехода от цилиндрической части пуансона к калибрующему пояску и от калибрующего пояска к его торцевой части. Долговечность рабочих деталей штампа будет выше, а вероятность их разрушения от усталости меньше при снижении растягивающих напряжений, которые возникают при обратном ходе. Штампы необходимо конструировать таким образом, чтобы усилия извлечения пуансонов были незначительны, вставки матриц установлены с достаточным натягом, опоры пуансона и выталкивателя работали при минимальных напряжениях изгиба [3].

Операции выдавливания тормозной втулки осуществляли на прессе для холодного выдавливания К0032 в специально разработанных штампах с учетом рекомендаций [1–3]. Применили штампы жесткой конструкции с массивными нижними и верхними плитами, прочными монтажными узлами, с направляющими колонками. Это потребовало последующей механической доделки втулки.

2. Подготовка поверхности заготовок к выдавливанию. Стойкость штампов во многом зависит от качества подготовки поверхности заготовок и смазки деформирующих и деформируемых поверхностей [5, 6], которые влияют на износ инструмента, увеличивая его в несколько раз при неудовлетворительной технологии. Правильный

выбор смазочного покрытия будет способствовать снижению удельной силы выдавливания. Нарушение сплошности смазочного покрытия может приводить к схватыванию материала пуансона и заготовки, вызывая поломку пуансона.

В отличие от операций горячей объёмной и листовой штамповки при ХВ стальных деталей контактные напряжения достигают предельных для материала инструмента значений 2000–2500 МПа, поэтому к их смазке предъявляются очень высокие требования. Процесс нанесения покрытия осуществляют на механизированных гальванических линиях, и он включает свыше 10 операций: очистки от окалины, обезжиривания, травления, промывок холодной и горячей водой, нанесения подсмазочного пористого слоя толщиной 10−40 мкм на основе фосфатов цинка, последующую пропитку стеаратом цинка (концентрат НБ−5) или хозяйственным мылом.

На велозаводе использовали фосфатирование и омыливание с присадкой дисульфида молибдена. В настоящее время в качестве смазки при ХВ рекомендуется использовать фосфатное покрытие на базе концентратов КФ−1 и КФ−2 [5, 6].

3. Улучшение штампуемости материала заготовок. Преимущества процесса ХОШ наиболее полно реализуются при использовании низкоуглеродистых сталей, твёрдость которых не превышает 125 НВ. В этом случае за один переход допускаются деформации до 70−85%, а нагрузки на инструмент значительно ниже 2ГПа.

При многопереходном процессе для улучшения последующей штампуемости заготовок между разными переходами проводят смягчающую термическую обработку деформированной стали. Как правило, при назначении режимов отжига не учитывают неоднородность деформированного состояния заготовок, получаемых холодной объёмной штамповкой, и наличия участков с сильно отличающимися степенями деформации. Например, в заготовке тормозной втулки велосипеда, полученной высадкой на холодновысадочных автоматах, при средней степени деформации 45% есть области, в которых локальная деформация близка к критической (около 20%), и области, в которых локальная деформация превышает 80%.

Принято считать, что оптимальной штампуемостью обладают низкоуглеродистые стали с однородной структурой зернистого перлита, когда карбиды равномерно распределены в ферритной матрице. Пластичность стали с однородной структурой зернистого перлита выше, чем у той же стали с дифференцированной структурой феррита и зернами зернистого перлита [7]. Нагрузки на штамповый инструмент зависят от состояния карбидной фазы даже при небольшом количестве перлита в структуре. Например, при одинаковой твердости 125 НВ кривые упрочнения стали 15Х с однородной структурой зернистого перлита лежат ниже, чем кривые упрочнения этой стали с пластинчатыми карбидами [8].

Большинство исследований по сфероидизации карбидов выполнено на эвтектоидных и заэвтектоидных сталях со структурой пластинчатого перлита с целью улучшения их обрабатываемости резанием. В ходе низкого отжига при температурах субкритического интервала, то есть ниже точки A_{C1}, в таких сталях формируется довольно однородная структура зернистого перлита, однако выдержки при этом достигают десятков часов. С целью ускорения процессов сфероидизации карбидов для высокоуглеродистой стали применяют отжиг при температурах так называемого «интервала отжигаемости» на зернистый перлит (на 15–20 ºС выше точки A_{C1}). В соответствии с диаграммой состояния Fe–C карбидная фаза в этих сталях термодинамически устойчива в межкритическом интервале температур. Благодаря сохранению в химически неоднородном аустените большого количества нерастворившихся карбидов. В ходе охлаждения из "интервала отжигаемости" с малыми скоростями или выдержке при субкритических температурах углерод выделяется на сохранившихся центрах кристаллизации и формируется структура однородного зернистого перлита.

В доэвтектоидных сталях рекристаллизационный отжиг при 700−720 °С с выдержкой до 6 часов, рекомендуемый для получения структуры зернистого перлита, не обеспечивают снижения твёрдости до требуемых значений 125 НВ по всему сечению неоднородно-деформированных заготовок, особенно в областях, деформированных со степенями менее 40 % [9]. В низкоуглеродистой стали с повышением температуры отжига до т. A_{C1} в соответствии с диаграммой Fe–C начинается растворение карбидов в аустените и "интервал отжигаемости" на зернистый перлит практически отсутствует. Поэтому на заводах применяли полный отжиг при 900°С, что не только удлиняло продолжительность нагрева и увеличивало энергозатраты при термической обработке, усиливало окисление и обезуглероживание металла, но и приводило к формированию структуры пластинчатого перлита с сильно выраженной разнозернистостью ферритных зёрен.

Как показали проведенные исследования [9, 10], при определённых температурно-временных условиях нагрева можно добиться и в малоуглеродистых сталях появления своеобразного «интервала отжигаемости» на зернистый перлит. Так, в ходе медленного нагрева стали I5X, из которой изготавливают тормозную втулку велосипеда, до температуры т. A_{C1}, равной 740 °С, со средними скоростями, не превышающими 1−2 °С /мин (нагрев садки с печью), аустенит, как правило, зарождается на границах ферритных зерен вдали от перлитных участков, что затрудняет растворение в нем карбидов. Для того чтобы карбиды растворялись в **γ**−фазе, они

предварительно должны перейти из карбидов перлита в α−фазу. Благодаря повышенному количеству дефектов кристаллического строения, возникающих в ходе α−γ превращения, углерод задерживается в феррите, скапливаясь вокруг дислокаций, возникших из-за фазового наклёпа. Согласно Кану, дислокации, окруженные атмосферой атомов углерода, могут при охлаждении играть роль готовых центров кристаллизации вторичного и третичного цементита. Очевидно, этим можно объяснить появление на фоне ферритных зерен мелких карбидов, которых не было здесь до нагрева, что следует рассматривать как начало перераспределения карбидов в матрице. Малоуглеродистый аустенит даже при последующем охлаждении на воздухе распадается в верхнем интервале субкритических температур с выделением структурно-свободного феррита. После полуторачасовой выдержки при температуре т. A_{C1} можно наблюдать заметное перераспределение карбидов в ферритной матрице, причем однородность структуры зернистого перлита выше, чем после девяти часового отжига при 720 ºС .

Естественно, что степень однородности структур зернистого перлита в сталях с разным содержанием углерода трудно сравнима. Говоря об однородности структуры зернистого перлита, а высокоуглеродистых сталях, в большей степени имеют в виду однородность размеров карбидов и их равномерное распределение внутри перлитных колоний, а не перераспределение карбидной фазы в объёме ферритных зерен, как в случае низкоуглеродистых сталей. Это объясняется разными путями диффузии углерода до центров кристаллизации цементита. В высокоуглеродистых сталях они соизмеримы с межпластинчатым расстоянием в исходном перлите, в низкоуглеродистых – с размером ферритных зерен, который, как правило, в десятки раз больше [10].

В ходе исследований [9] были получены неожиданные результаты о влиянии скорости нагрева до температур т. A_{C1} на продукты распада аустенита при последующем охлаждении с печью или на воздухе. При ускорении нагрева до 100 °С /мин участки аустенита зарождаются преимущественно на границах феррито-перлитных зёрен, что способствует растворению карбидов в γ−фазе и насыщению её углеродом. Это повышает устойчивость аустенита к распаду при последующем охлаждении, так как сдвигает С–образные кривые вправо. В результате фазовое превращение развивается при пониженных температурах субкритического интервала, когда атомы углерода теряют свою диффузионную подвижность и аустенит, охлаждённый на воздухе или даже с печью, распадается с образованием участков пластинчатого перлита или сорбита повышенной твёрдости (свыше 138 НВ) [10].

Холодная пластическая деформация, как известно, способствует сфероидизации карбидов при нагреве, что объясняют влиянием повышенного количества «рекристаллизационных вакансий», ускоряющих диффузию углерода. В случае деформаций на 5−10 %, приводящих к развитию при нагреве стабилизирующей полигонизации, подавляющей первичную рекристаллизацию феррита, интенсивность процессов сфероидизации практически такая же, как в горячекатаной стали.

Нагрев сильнодеформированной стали до температур субкритического интервала вызывает рекристаллизацию, интенсивную сфероидизацию и заметное перераспределение карбидов в феррите. Очевидно, дислокации, окруженные атмосферами примесных атомов углерода, перемещаясь при нагреве в места своего стока, как бы разносят углерод по матрице. После аннигиляции дефектов кристаллического строения эти участки оказываются пересыщенными углеродом, что приводит к выделению в этих местах карбидов. Кроме того, как было установлено авторами работы [11], скорость диффузии углерода намного меньше скорости перемещения рекристаллизованных границ, поэтому в местах расположения исчезнувших исходных границ сохраняется повышенная концентрация углерода, что может приводить к выделению здесь цементита. Всё это способствует перераспределению карбидов в рекристаллизованной матрице и получению после нагрева однородной структуры зернистого перлита.

Благодаря большей степени сфероидизации карбидов в деформированной стали при нагреве в субкритичеком интервале температур, выше температуры т. A_{C1} их устойчивость относительно растворения в аустените больше, чем в горячекатаном металле. Так, в сталях, деформированных на 20 % и более, карбиды при медленном нагреве практически не растворяются в γ−фазе в температурном интервале т. A_{C1}−т. A_{C1}+20°С. Это позволяет рекомендовать такой режим для производственных условий. Довольно однородная структура зернистого перлита в неоднородно деформированных заготовках, изготавливаемых методами холодной объемной штамповки, получается после трёхчасового отжига при температурах «интервала отжигаемости» [9, 10].

Режим, включающий нагрев высаженных заготовок из стали 15Х с печью до температур 740−760°С был внедрён на велозаводе и позволил вдвое сократить продолжительность отжига, повысить срок службы реторт и корзин, изготовленных из жаростойких сталей, а, главное, получить довольно однородную структуру зернистого перлита, улучшить штампуемость материала заготовок и тем самым снизить расход матриц и пуансонов холодного выдавливания на 15−25 %.

4. **Совершенствование режима термической обработки материала штампа.** К материалу штампов, помимо требований высокой твердости и теплостойкости, которые необходимы для режущего инструмента, предъявляется целый ряд

дополнительных требований, которые определяются конкретными условиями роботы инструмента. Чтобы определить критерии качества материала штампового инструмента необходимо знать условия его эксплуатации, характер разрушающих напряжений и причину выхода инструмента из строя. Большинство пуансонов, как правило, изнашивается, однако в случае пуансонов для обратного выдавливания глубоких полостей возможно разрушение от циклических сжимающе-растягивающих напряжений или изгибающих нагрузок [12, 13]. Как известно, при прямом ходе пуансон испытывает значительные сжимающие напряжения, а при обратном – растягивающие. Некоторые рабочие детали штампов холодного деформирования (матрица, выталкиватели, опоры) выходят из строя вследствие появления усталостных трещин. То есть в каждом конкретном случае конструкционная прочность материала будет определяться либо уровнем твердости, либо пределом текучести при изгибе или растяжении, либо каким-то другим критерием.

Фрактографические исследования изломов и средней стойкости пуансонов первого и второго переходов из стали Р6М5 при двухпереходном выдавливании тормозной втулки, проводимое в течение ряда лет на Харьковском велосипедном заводе, показали следующее [12]. Долговечность пуансонов первого перехода определяется уровнем изгибающих напряжений и, в среднем, составляет 7 тыс. циклов нагружения, а пуансоны второго перехода подвергаются циклическим сжимающе-растягивающим нагрузкам и выдавливают до разрушения 20 тыс. деталей. Таким образом, для пуансонов первого перехода необходимо повышать прочность на изгиб, для пуансонов второго перехода – предел прочность на сжатие и растяжение и твёрдость

Логично было предположить, что один и тот же режим стандартной термической обработки быстрорежущей стали Р6М5, который проводится в соответствии с требованиями ГОСТ 19265-73 (закалка и двукратный отпуск при 560 °С по 1 часу), не может удовлетворять различным требованиям, предъявляемым к режущему и разным видам штампового инструмента. Системные исследования влияния режимов первого отпуска на структуру и свойства стали после стандартного второго отпуска позволили выделить три стадии первого отпуска − «первичного разупрочнения», «максимального упрочнения» и «вторичного разупрочнения» и разработать следующие рекомендации для назначения режима термической обработки штампового инструмента из стали Р6М5 [13]:

1) если материал инструмента должен иметь высокие значения твердости, предела текучести при сжатии, сопротивления хрупкому разрушению и теплостойкости, первый отпуск закаленной быстрорежущей стали необходимо прерывать на стадии «первичного разупрочнения»;

2) если от материала инструмента требуется высокое сопротивление изгибающим нагрузкам, то первый отпуск следует завершать на стадии «вторичного разупрочнения».

При стандартном режиме первый отпуск завершается на стадии «максимального разупрочнения», что приводит после второго отпуска к снижению прочностных свойств [13], поэтому общепринятый режим термической обработки не следует рекомендовать для штампового инструмента из стали Р6М5.

Согласно разработанному принципу выбора температурно-временных параметров первого отпуска, для пуансонов первого перехода первый отпуск необходимо завершать на стадии «вторичного разупрочнения», что повышает предел прочности при изгибе с 3000 до 3250 МПа, хотя незначительно снижает твёрдость и предел текучести при сжатии.

Для пуансонов второго перехода первый отпуск надо завершать на стадии «первичного разупрочнения». Это повышает твердость и предел прочности при сжатии на 1–1,5 HRC и 150 МПа соответственно по сравнению с показателями, полученными после стандартной термической обработки. Объясняется эффект упрочнения почти двукратным измельчением карбидов отпуска и их более равномерным распределением в матрице [13].

Опытные промышленные испытания показали, что после термической обработка по предложенным технологиям средняя стойкость пуансонов первого перехода составила 11 тысяч циклов нагружения, а пуансонов второго перехода – 40 тысяч циклов, что соответственно в 1,6 и 2,0 раза выше стойкости пуансонов, отпущенных по стандартной технологии. Таким образом, изменение режима первого отпуска позволило значительно повысить стойкость штампового инструмента, изготовленного из стали Р6М5.

Выводы. Рассмотрены факторы, определяющие стойкость штампового инструмента при холодном выдавливании, которые были использованы при проектировании оснастки и разработке технологий холодного выдавливания и подготовки поверхности заготовок. Приведены результаты научных исследований, опытно-промышленных испытаний и промышленного внедрения многопереходного процесса холодного выдавливания тормозной втулки велосипеда из стали 15Х на Харьковском велосипедном заводе.

Показано, что пуансоны разных переходов одного технологического процесса выдавливания, выполненные из быстрорежущей стали Р6М5, могут разрушаться от различных напряжений, поэтому необходим дифференцированный подход к выбору режимов их термической обработки. Предложен

принцип выбора температурно-временных параметров первого отпуска в зависимости от условий работы штампового инструмента из стали Р6М5. Для пуансонов, который должны иметь высокие значения твердости и предела текучести при сжатии, первый отпуск закаленной быстрорежущей стали необходимо прерывать на стадии «первичного разупрочнения». Для пуансонов, от которых требуется высокое сопротивление изгибающим нагрузкам, первый отпуск следует завершать на стадии «вторичного разупрочнения».

Разработан режим смягчающей термической обработки неоднородно-деформированных заготовок из стали 15 Х, которая позволяет получить наиболее однородную структуру зернистого перлита, обладающую наилучшей штампуемостью, и включает медленный нагрев с печью до температур т. A_{C1}–т. A_{C1} + 20 °С.

В результате внедрения выполненных разработок средняя стойкость пуансонов первого перехода составила 11 тысяч циклов нагружения, а пуансонов второго перехода – 40 тысяч циклов.

Список литературы

1. *Евстратов В. А.* Основы технологии выдавливания и конструирования штампов. / *В. А. Евстратов.* – Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1987. – 144 с.
2. *Евстратов В. А.* Пути повышения стойкости пуансонов для холодного выдавливания / *В. А. Евстратов, В. И. Ерёмин* // Автомобильная промышленность. – 1981. − №11. − С. 30−31.
3. Холодная и полугорячая объёмная штамповка на прессах: методические рекомендации / *[В. А Головин, В. А. Евстратов, Л. И. Рудман и др.].* − М.: НИИМАШ, 1981. − 73 с.
4. *Афанасьева Г. И.* О видах и причинах выхода из строя пуансонов для холодного выдавливания стальных деталей / *Г. И. Афанасьева, В. А. Евстратов* // Кузнечно-штамповое производство. − 1974. − №4. − С. 7–10.
5. *Евстратов В. А.* Исследование трения при пластической деформаци / *В.А. Евстратов, В. И. Кузьменко* // Трибология и надёжность: сб. науч. трудов 8-й междунар. конф. − Санкт-Петербург: Санкт- Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2008. − С. 264−269.
6. *Даниленко В. Я.* Исследование трения при холодном выдавливании / *В. Я. Даниленко, В. А. Евстратов, В. И. Кузьменко* // Кузнечно-штамповочное производство. − 2010. − №5. − С. 11−18.
7. *Jonck R.* Gluhen auf Best Umfor Barkeit bei der Kaltformgebung / *R. Jonck* // ZwF. – 1974. − bd 6, № 11. – P. 525−532.
8. *Дьяченко С. С.* Пути повышения качества деталей и совершенствование технолоии холодной объёмной штамповкой / *С. С. Дьяченко, Е. А. Кузьменко, В. И. Кузьменко* // Кузнечно-штамповочное производство. – 1997. − № 6. – С. 12–15.
9. *Дьяченко С. С.* Разработка режима смягчающего отжига неоднородно деформированных заготовок / *С. С. Дьяченко, Е. А. Кузьменко, А. И. Поляничка* // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1989. − № 6. − С. 6−9.
10. *Кузьменко Е. А.* Улучшение штампуемости доэвтектоидных сталей в процессах холодного деформирования / *Е. А. Кузьменко, В. И. Кузьменко* // Обработка металлов давлением. − 2008. − № 1 (19). – С. 163−167.
11. *Бокштейн С. З.* Влияние углерода на перемещение границ зерен при рекристаллизации железа / *С. З. Бокштейн, С. Т. Кишкин, Л. М. Мороз* // МиТОМ. – 1962. − № 3. – С. 8–13.
12. Разрушающие напряжения и термическая обработка пуансонов обратного выдавливания / *[В. А. Евстратов, Т. А. Оприщенко, А. И. Христофоров, С. С. Дьяченко].* // Кузнечно-штамповочное производство. – 1995. – № 8. – С. 21–22.
13. Роль параметров первого отпуска в повышении стойкости инструмента из стали Р6М5 / *[Т. А. Оприщенко, С. С. Дьяченко, Е. А. Кузьменко и др.]* // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2011. − № 2. – С. 34−37.

References (transliterated)

1. Evstratov V. A. Osnovyi tehnologii vyidavlivaniya i konstruirovaniya shtampov. [Extrusion technology basics and design stamps]. – Kharkov: Vischa shk. Izd-vo pri Khark. un-te, 1987. – 144 p.
2. Evstratov V. A. Puti povyisheniya stoykosti puansonov dlya holodnogo vyidavlivaniya [Ways to improve the resistance of the punches for the cold extrusion]. // Avtomobilnaya promyishlennost. – 1981. P. 30–31.
3. Holodnaya i polugoryachaya ob'Yomnaya shtampovka na pressah: metodicheskie rekomendatsii / [Cold and half-hot volume stamping on the presses]. Moscow: NIIMASH, 1981. 73 p.
4. Afanaseva G. I. O vidah i prichinah vyihoda iz stroya puansonov dlya holodnogo vyidavlivaniya stalnyih detaley / [About the types and causes of going out order of punches for the cold extrusion of steel parts] // Kuznechno-shtampovoe proizvodstvo. 1974. No 4. P. 7–10.
5. Evstratov V. A. Issledovanie treniya pri plasticheskoy deformatsi [Research of friction during plastic deformation]// Tribologiya i nadYozhnost: sb. nauch. trudov 8-y mezhdunar. konf. Sankt-Peterburg: Sankt- Peterburgskiy gos. un-t putey soobscheniya, 2008. P. 264–269.
6. Danilenko V. Ya. Issledovanie treniya pri holodnom vyidavlivanii [Research of friction during cold extrusion]. // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. 2010. No 11. P. 11–18.
7. Jonck R. Gluhen auf Best Umfor Barkeit bei der Kaltformgebung // ZwF. – 1974. − bd 6, № 11. – S. 525−532.
8. Dyachenko S. S. Puti povyisheniya kachestva detaley i sovershenstvovanie tehnoloii holodnoy ob'Yomnoy shtampovkoy / [Ways to improve the quality of parts and improving technology of cold volumetric stamping. // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. – 1997. No 6. P. 12–15.
9. Dyachenko S. S. Razrabotka rezhima smyagchayuschego otzhiga neodnorodno deformirovannyih zagotovok [Develop regime for softening annealing of inhomogeneous deformed workpieces]. // Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov. – 1989. No 6. P. 6–9.
10. Kuzmenko E. A. Uluchshenie shtampuemosti doevtektoidnyih staley v protsessah holodnogo deformirovaniya [Improvement of ability to stamping of hypoeutectoid steel in processes of cold deformation] // Obrabotka metallov davleniem. 2008. No 1(19). P. 163–167.
11. Bokshteyn S. Z. Vliyanie ugleroda na peremeschenie granits zeren pri rekristallizatsii zheleza [Influence of carbon on the movement of grain boundaries in recrystallization of iron] // MiTOM. – 1962. No 3. P. 8–13.
12. Razrushayuschie napryazheniya i termicheskaya obrabotka puansonov obratnogo vyidavlivaniya / [Destructive stress and heat treatment of punches for reverse extrusion]. // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. – 1995. No 8. P. 21–22.
13. Rol parametrov pervogo otpuska v povyishenii stoykosti instrumenta iz stali R6M5 / [First tempering parameter role in increasing resistance of tools from steel M2] // NovI materIali I tehnologIYi v metalurgIYi ta mashinobuduvannI. – 2011. No 2. P. 34–37.

*Надійшла (*received*) 03.11.2016*

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Факторы, определяющие стойкость штампов холодного выдавливания / Е. А. Кузьменко, В. И. Кузьменко, Т. А. Христофорова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. – № 31(1203). – С. 50–56. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2519-2671

Фактори, що визначають стійкість штампов холодного видавлювання / Е. А. Кузьменко, В. І. Кузьменко, Т. А. Христофорова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. – № 31(1203). – С. 50–56. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2519-2671/

Influence of the radius of rounding of the conical special profiled matrix on the forming and size of products with the neck by the closed reducing of tubular workpieces / O. V. Kaluzhny, I. P. Kulikov // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative technologies and equipment handling materials in mechanical engineering and metallurgy. – Kharkiv: NTU «KhPI» – 2016. – No 31(1203). – P. 50–56. – Bibliogr.: 13 – ISSN 2519-2671

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Кузьменко Елена Алексеевна **–** кандидат технических наук, старший научны сотрудник, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры «Охрана труда и окружающей среды»; телефон (050)0665141; e-mail: vileta@list.ru.

Кузьменко Олена Олексіївна **–** кандидат технічних наук, старший наукові співробітник, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри «Охорона праці та навколишнього середовища»; телефон (050) 0665141; e mail: vileta@list.ru.

Kuzmenko Olena − Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Senior Researcher, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Associate Professor at the Department of Safety and Environment; tel.: (050)0665141; e-mail: vileta@list.ru.

Кузьменко Виктор Иванович − кандидат технических наук, доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», профессор кафедры «Обработка металлов давлением», телефон (050)541-16-22; e-mail: vileta@list.ru.

Кузьменко Віктор Іванович **–** кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри «Обробка металів тиском», телефон (050) 541-16-22; e mail: vileta@list.ru

Kuzmenko Viktor − Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Professor at the Department of Processing of Metals by Pressing; tel.: (050)541-16-22; e-mail: vileta@list.ru.

Христофорова Татьяня Анатольевна − кандидат технических наук, доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры «Общая и неорганическая химия», телефон (067)572-06-18; e-mail: t_xristoforova@mail.ru.

Христофорова Татьяня Анатоліївна **–** кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри «Загальна і неорганічна хімія», телефон (067) 572-06-18; e mail: t_xristoforova@mail.ru.

Khristoforova Tatiana − Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Associate Professor at the Department of General and Inorganic Chemistry; tel.: (067)572-06-18; e-mail: t_xristoforova@mail.ru