

КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 621.7

АЛИЕВА Л.И., канд. техн. наук, ст. преп. каф. ОМД ДГМА, г. Краматорск.

ЖБАНКОВ Я.Г., аспирант каф. ОМД ДГМА, г. Краматорск.

АБХАРИ П., ассистент каф. ОМД ДГМА, г. Краматорск.

РАДИАЛЬНОЕ ВЫДАВЛИВАНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ВЫСОКИХ ФЛАНЦЕВ

Рассмотрены способы выдавливания полых деталей с относительно высоким фланцем. Установлены преимущества радиального выдавливания с подъемной матрицей. Произведено сравнение силовых режимов радиального выдавливания высокого фланца по схеме с подъемной и неподвижной матрицей.

Розглянуто способи видавлювання деталей із відносно високими фланцями. Встановлено переваги радіального видавлювання із рухомою матрицею. Зроблено порівняння силових режимів радіального видавлювання високого фланця за схемами із рухомою та не рухомою матрицями.

The methods of extrusion of hollow parts with relative high flanges are considered. The advantages of radial extrusion with lifting die are established. The comparison of power mode radial extrusion with lifting and fixed dies is made.

Полые изделия типа труба с фланцем весьма распространены в машиностроении. Традиционные способы изготовления подобных деталей на предприятиях машиностроения - это сварка труб и механическая обработка резаньем, основными недостатками которых являются соответственно плохое качество детали за счет появления шва и большие потери металла на стружку.

Также распространенной технологией изготовления полых деталей является листовая штамповка. Принято считать, что этой технологии присуща высокая производительность, точность и качество изделий. Благодаря последовательному или совмещенному сочетанию операций вытяжки, пробивки, протяжки, и др. можно получить детали весьма хорошего качества. Общим недостатком методов листовой штамповки является многооперационность штамповки и нерациональный расход материала. Данное обстоятельство оказывается существенным фактором при изготовлении деталей из цветных металлов и сплавов. Также типоразмеры получаемых листовой штамповкой деталей весьма ограничены.

Технологические процессы холодного выдавливания полых деталей отличаются высокой эффективностью [1-2].

Благоприятная макроструктура металла и высокое качество поверхности детали получают в результате выдавливания. Вместе с этим улучшаются и экономические показатели, за счет снижения расхода металла и трудоемкости изготовления, а в ряде случаев и за счет улучшения эксплуатационных свойств.

Одной из проблем производства деталей типа втулок с фланцем является де-

фектообразование в процессе выдавливания. Так при выдавливании относительно высоких фланцев на трубе возникают такие дефекты как радиальная утяжина [3] и зажим.

Выдавливание высоких фланцев без образования утяжины на внутренней поверхности и зажима возможно по схеме радиального выдавливания с подъемной матрицей.

Целью данной работы является исследование возможности процесса радиального выдавливания с подвижной матрицей.

Исследование проводилось с помощью метода конечных элементов реализованного в программе Q-Form 2D. Моделировали радиальное выдавливание полой заготовки из материала АД1. Коэффициент трения по Леванову задавали равным 0.3, кривая упрочнения материала заготовки задавалась в виде аппроксимированной зависимости $\sigma_s = 131 \cdot e^{0.28}$, модуль Юнга 75000 МПа, коэффициент Пуассона 0.32. Схемы процессов радиального выдавливания высоких фланцев представлены на рис. 1.

Моделировали выдавливание втулки с фланцем с относительными размерами $R_1/R_0 = 1.44$, $R/R_0 = 0.62$ и высотой фланца $h_f/R_0 = 0.6$.

Результаты моделирования в виде полей распределения скорости деформации по сечению заготовки при радиальном выдавливании фланца с неподвижной матрицей представлены на рис. 2.

На рис. 2 представлено поэтапное формоизменение заготовки в процессе радиального выдавливания. Видно, что при радиальном выдавливании высокого фланца на первом этапе начинает образовываться радиальная утяжина (рис. 2 а-в), которая при дальнейшей деформации становится зажимом (рис. 2 г-д).

Зажим на торце детали является концентратором напряжений и при эксплуатации такой детали она быстро выйдет из строя.

По результатам теоретических исследований построен график зависимости усилия выдавливания от хода ползуна пресса. Из графика видно, что при выдавливании фланца усилие растет прямо пропорционально ходу ползуна пресса и достигает 1 МН.

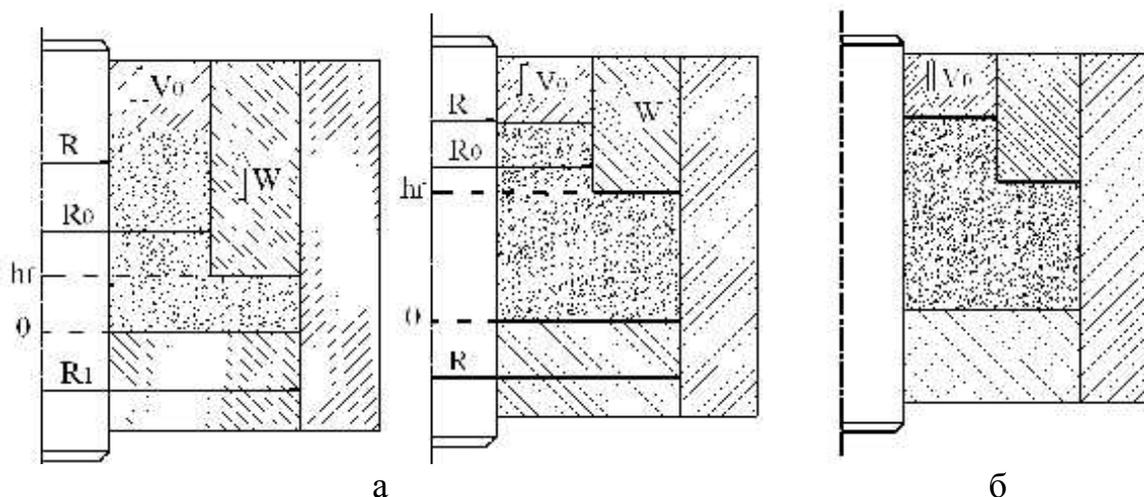


Рис.1. Схемы процессов радиального выдавливания относительно высоких фланцев с подвижной (а) и неподвижной (б) матрицей

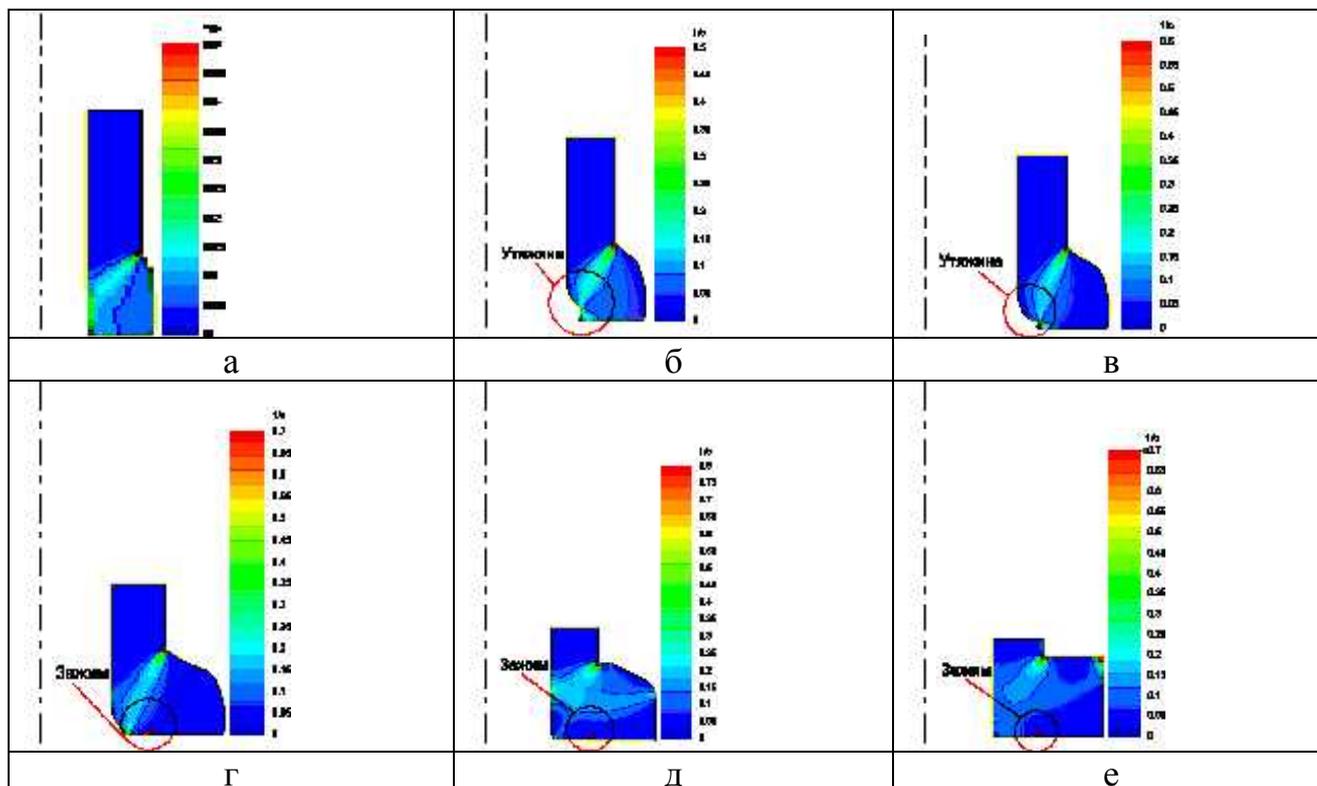


Рис. 2 Поля распределения скорости деформации по меридиональному сечению заготовки в процессе радиального выдавливания

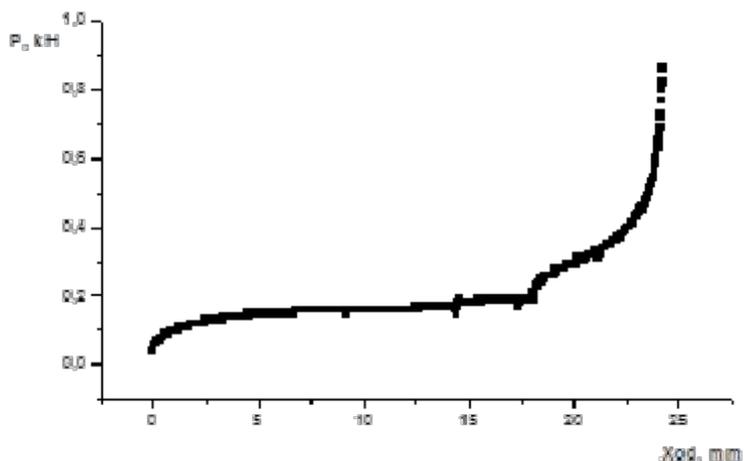


Рис. 3 График зависимости усилия радиального выдавливания по схеме с подвижной матрицей от хода ползуна пресса

Выдавливание фланца по схеме представленной на рис. 1 а происходит в несколько этапов. На первом этапе происходит радиальное выдавливание металла заготовки в полость постоянной высоты (выдавливается низкий фланец рис. 4 а-б). После заполнения данной полости матрица начинает подниматься вверх со скоростью равной $(R_1^2 - R_0^2)/(R_0^2 - R^2)$ от скорости движения деформирующего пуансона.

Из рис. 4 видно, что на определенном этапе радиального выдавливания очаг деформации становится по своей высоте меньше высоты приемной полости под фланец. Деталь, полученная данным способом, не имеет дефектов.

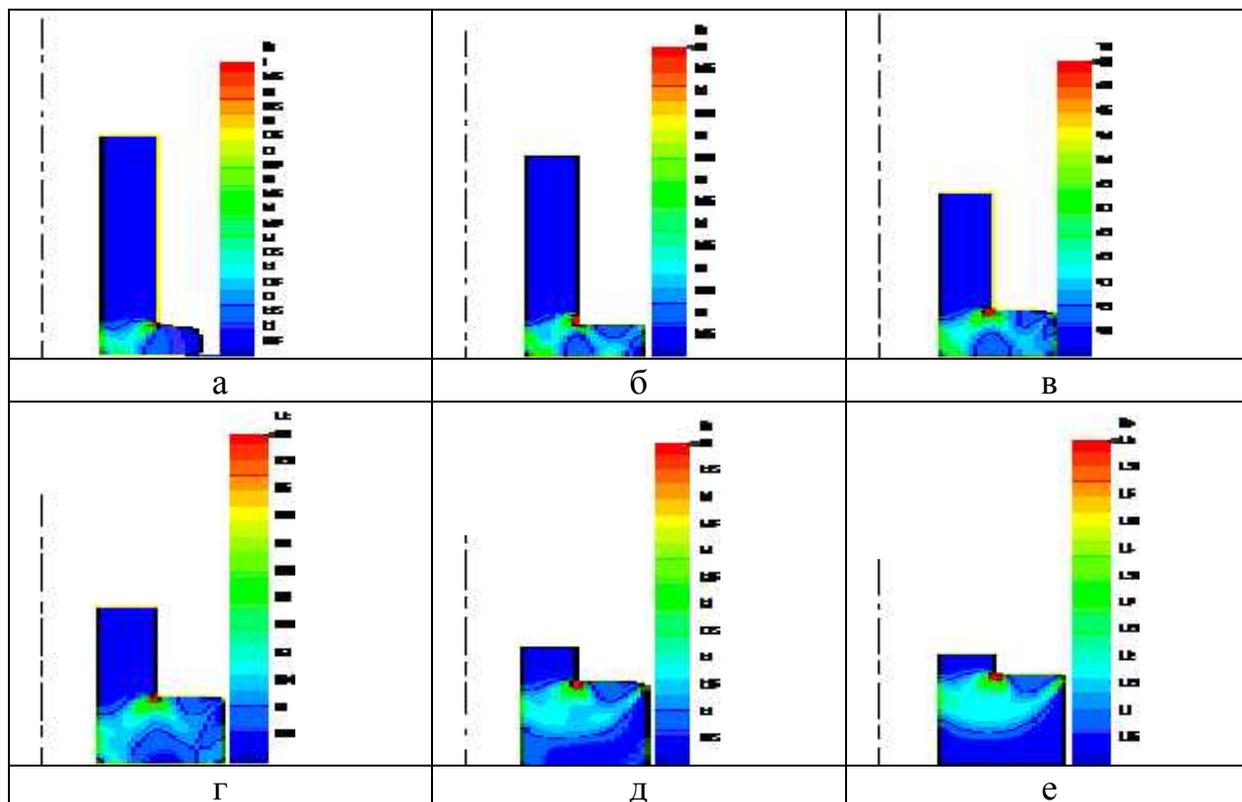


Рис. 4 Поля распределения скорости деформации по меридиональному сечению заготовки в процессе радиального выдавливания с подъемной матрицей

На рис. 5 представлен график зависимости усилия выдавливания от хода ползуна прессы по схеме представленной на рис. 1 а.

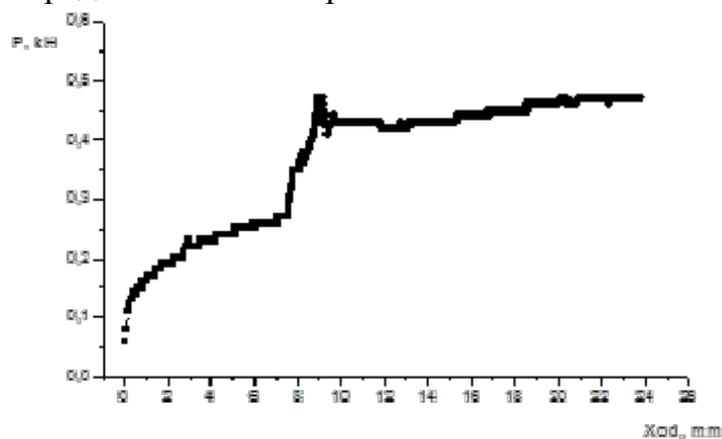


Рис. 5 График зависимости усилия радиального выдавливания по схеме с подвижной матрицей от хода ползуна прессы

Анализ графиков представленных на рис. 3 и рис. 5 позволяет сделать вывод о том, что в процессе радиального выдавливания с подвижной матрицей инструмент является менее нагруженным на последней стадии выдавливания фланца, когда происходит полное заполнение полости штампа в отличие от радиального выдавливания с неподвижной матрицей. Однако по ходу процесса до заключительной стадии усилие выдавливания меньше при реализации схемы с неподвижной матрицей.

Таким образом, при радиальном выдавливании высоких фланцев на заготовке возникают такие дефекты как радиальная утяжина и зажим. Получить деталь с высоким фланцем без утяжины и зажима возможно радиальным выдавливанием с поднимающейся матрицей.

Установлено, что процесс выдавливания по схеме с подвижной матрицей является менее нагруженным на заключительном этапе выдавливания фланца, когда происходит до заполнения полости штампа.

Список литературы: 1. Алиев И.С. Технологические возможности новых способов комбинированного выдавливания. // Кузнечно-штамповочное производство. – 1990.-№2. –С. 7-9. 2. Алиева Л.И., Борисов Р.С. Выдавливание втулок с фланцем // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні. Зб. Наук. Пр. в 2-х ч. Ч.1 – Луганськ: вид-во СНУ ім.В.Даля, 2003.- С. 99-105. 3. Aliev I.S., Zhabankov Y.G. Defectooobrazovanye v processe radialno-pryamogo vidavlyvaniya na konusnoy opravke // Herald of the DSEA, №1E(6), 2007 - www.nbu.gov.ua/e-journals/VDDMA/2007-2e10/07AISTCF.pdf

УДК 621.73

ГРИНКЕВИЧ В.А., докт. техн. наук, проф., НМетАУ, г. Днепропетровск
КУХАРЬ В.В., канд. техн. наук, НМетАУ, ПГТУ, г. Мариуполь
ДИАМАНТОПУЛО К.К., канд. техн. наук, доц., ПГТУ, г. Мариуполь

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ БЕСШТАМПОВОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК НА ПРЕССАХ С ПОВЫШЕНИЕМ ТОЧНОСТИ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ НА ОКОНЧАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЯХ

Рассмотрены процессы получения профилированных заготовок способами свободного формоизменения без заполнения гравюр предварительных ручьев металлом заготовки. На основании комбинаций вариантов технологий бесштампового профилирования и способов интенсификации формоизменения разработана концепция, включающая методы повышения точности заготовок, в том числе на операциях окончательной штамповки.

Ключевые слова: штамповка, профилирование, заготовка, формоизменение, пресс, компенсатор

Розглянуто процеси одержання профільованих заготовок способами вільної формозміни без заповнення гравюр попередніх рівчаків металом заготовки. На основі комбінацій варіантів технологій бесштампового профілювання та способів інтенсифікації формозміни розроблена концепція, що містить методи підвищення точності заготовок, у тому числі на операціях завершального штампування.

Ключові слова: штампування, профілювання, заготовка, формозміна, прес, компенсатор.

Processes of receiving of a profiled billet by methods of free shape changing without filled in engravings of preliminary streams by a metal of the billet are considered. On the base of combinations of technological variants of billets profiling without die-streams and methods of intensification of the shape changing the conception is worked out with include a methods for rising of billets precision during operation of finished die-forging too.

Key words: die-forging, profiling, billet, shape changing, press, compensator

1. Введение

В расчетах любого технологического процесса штамповки определяют возможность его выполнения на установленном основном цеховом оборудовании, необходимость привлечения кузнечно-штамповочных машин подходящей мощности или установки дополнительного профилирующего оборудования [1]. Задачей подготовительного профилирования перед объемной штамповкой является приближение формы заготовок к конфигурации готового изделия. Это позволяет существенно снизить

отходы металла в облой, повысить стойкость штамповой оснастки, уменьшить усилие на окончательном переходе штамповки (которое, как правило, максимально), повысить равномерность распределения давления по гравюре штампа.

Последовательное формоизменение заготовок в штампах кривошипных прессов связано с рядом ограничений, в частности, с постоянством величины хода кривошипного механизма и с ограниченной шириной штампового пространства. Это лимитирует возможности проведения заготовительных операций, подобных тем, что осуществляют на штамповочных молотах. Учитывая необходимость сохранения гибкости и быстрой переналадки технологической цепочки, использование дополнительного профилирующего оборудования становится нецелесообразным, что требует разрешения определенных технических противоречий, связанных с поиском разновидностей подготовительных формоизменяющих операций, выполнение которых эффективно на прессовом оборудовании с минимальными затратами в инструмент.

2. Постановка проблемы, анализ последних исследований и публикаций

Следовательно, экономичные профилирующие операции, направленные на существенное ресурсосбережение, должны быть выполнимы с максимальным свободным формоизменением, т.е. без ограничения течения металла полостями штампа. Исходя из вышесказанного, идеальным с точки зрения универсальности инструментом являются гладкие параллельные плиты или другие нематериалоёмкие плиты упрощенной конфигурации.

Большинство технологических переходов штамповки содержит подготовительную операцию осадки, на основе которой возможно развитие различных способов профилирования заготовок. Изучению процесса осадки посвящены фундаментальные работы Я.М. Охрименко, Л.Н. Соколова, И.Я. Тарновского, В.А. Тюрина и др. ученых. Несмотря на его активное изучение и в настоящее время [2, 3], возможности осадки с точки зрения использования в качестве профилирующей операции раскрыты недостаточно. При этом управление геометрической неравномерностью деформации в требуемом направлении при свободном формоизменении вне гравюры штампа может быть интенсифицировано различными способами [4-8]. Из последних публикаций в специализированных периодических изданиях особо следует выделить работы А.Л. Воронцова [9, 10], посвященные получению несимметричных фасонных заготовок осадкой с привлечением приемов интенсификации или затруднения пластического течения. Такие инструментальные, температурные и другие способы интенсификации формоизменения металла заготовки могут комбинироваться при повышении точности на предварительных и окончательных операциях.

Повышение точности формоизменения осуществляют путем увеличения жесткости системы «пресс-штамп», например, стяжек станин прессов [11], или введения элементов с гибкими связями [12]. В настоящее время для аннигиляции погрешностей системы «пресс-штамп» получили распространение упругие компенсаторы [13]. Поиск направлений перспективного развития экономичных технологий штамповки на основном прессовом оборудовании требует разработки концепции бесштампового профилирования заготовок с повышением точности на операциях окончательного формоизменения.

3. Цель работы. Целью настоящей работы является разработка классификации подготовительных операций, научное обоснование которых может составить основу концепции бесштампового профилирования заготовок на прессовом оборудова-

нии с определением методов интенсификации формоизменения металла и повышения точности на переходах штамповки.

4. Изложение основного материала

Получение заготовок профилированной формы без использования формообразования в подготовительных ручьях производится способами, в основу которых положены сжатие (осадка) инструментом различной упрощенной конфигурации, продольный изгиб и растяжение с разрывом заготовки. Профилирование продольным изгибом может быть распространено на пластины и трубчатые заготовки, в зависимости от объекта штамповки. Для управления формоизменением целесообразно использование дифференцированного нагрева или подстуживания заготовок [14]. Причем данные приемы применимы к способам получения длиномерных заготовок с заостренным концом («зубила», «зубья бороны» и т.п.) [15]. Разработанная концепция бесштампового профилирования заготовок на прессах приведена на рис. 1.

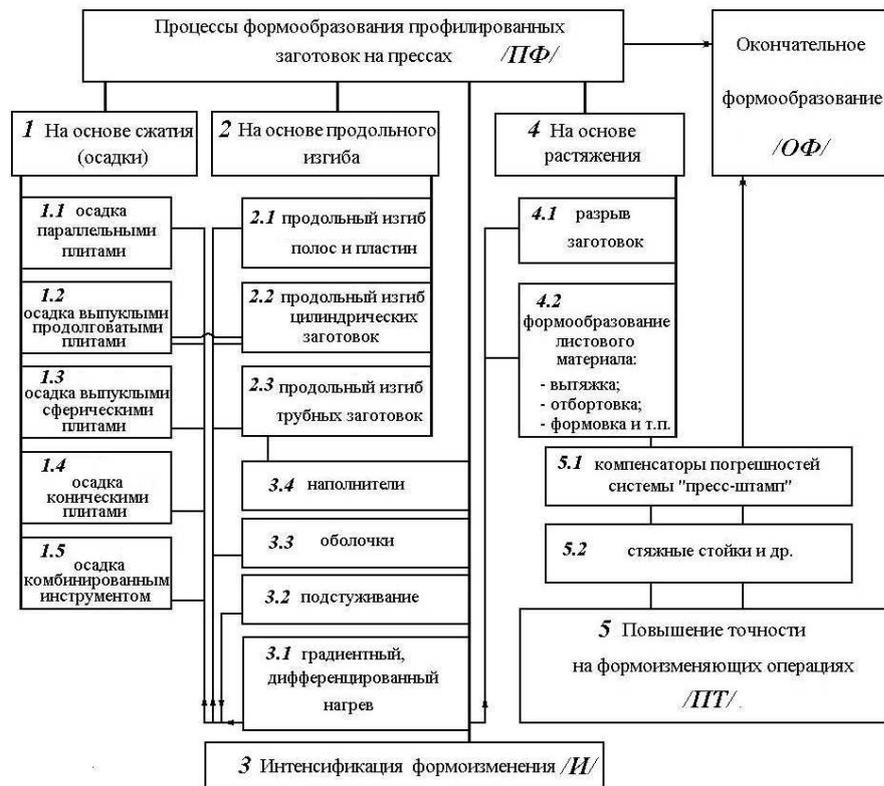


Рис. 1. Концепция бесштампового профилирования заготовок на прессах

Для оценки бочкообразности заготовок при осадке плоскопараллельными плитами используют данные Я.М. Охрименко, которые получены для свинцовых экспериментальных образцов и не учитывают количественной разницы бочкообразности заготовок из разных материалов при идентичных условиях деформирования. Экспериментальные исследования бочкообразования при холодной и горячей осадке меди (М1), алюминия (АД1), латуни (Л62) и стали (Ст.3) позволили описать зависимости развития неравномерности деформации от степени осадки и первоначального коэффициента контакта [16], при этом для получения уравнений регрессии применены методы аналогового моделирования. Переход от показателей объемной бочкообразности к вычислению линейных размеров позволяет оценивать условия трения на контакте заготовок с плоскопараллельными плитами.

Базовые знания по осадке выпуклыми сферическими плитами приведены в работах уральских ученых [17], однако производство такого инструмента сопряжено с

рядом технологических неудобств. Гораздо проще получать конические выпуклые плиты, характер формоизменения заготовок при осадке которыми также является критерием для оценки контактных условий в одном из методов исследования коэффициента деформационного трения. Выпуклые продолговатые плиты позволяют выполнить вытяжку заготовки в горизонтальной плоскости (рис. 2), перпендикулярной продольным осям данных плит, и перераспределение металла по длине заготовки [18]. Боковой профиль осажённых заготовок способствует выравниванию неравномерности деформации с минимизацией облоя при дальнейшей штамповке поковок типа пластин.

Получение профилированных заготовок под поковки с изогнутой осью становится возможным при использовании способов, основанных на продольном изгибе, когда торцевой осадке подвергают цилиндрические заготовки с отношением высоты к диаметру больше 3,5 [19]. Восполнение сведений об искажении торцевых участков на такой заготовительной операции позволит уточнить расчетную схему процесса и получить исходные данные для определения критических степеней осадки и расчета размеров инструмента с центрирующими выточками. Расширение объектов исследования на полосы [20] и трубные заготовки [21, 22] необходимо для оценки механики формоизменения, исключения гофрообразования и прогнозирования размеров проходных сечений с точки зрения минимизации гидравлических сопротивлений крутоизогнутых трубных элементов. Гибку тонкостенных трубных заготовок рационально проводить с наполнителями, свойства которых необходимо выбирать в зависимости от свойств трубных заготовок.

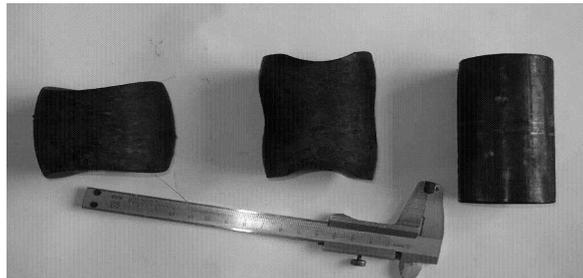


Рис. 2. Заготовки, осажённые выпуклыми продолговатыми плитами

Оригинальным способом получения заготовок с заостренным концом является процесс разрыва, осуществляемый на прессах, подобным машинам для испытаний на растяжение [23]. Пример фотографий заготовок, полученных таким способом, приведен на рис. 3. При необходимости может быть проведена доштамповка в окончательных ручьях прессового оборудования.

Для интенсификации течения металла и управления формоизменением заготовок применяют различные способы, такие как специальная предварительная термообработка с получением заготовок с переменным пределом текучести по объему, неравномерный или градиентный нагрев перед деформированием, причем данные способы применимы как к профилирующим операциям на основе осадки, так и на основе продольного изгиба [7, 8]. Создание осадочного инструмента с существенной разницей контактных условий (коэффициентов трения) на верхней и нижней плите в процессах горячей обработки представляется проблематичным, из-за истирания поверхностного слоя в результате течения металла буквально за первые формоизменяющие операции. При этом применение градиентного нагрева требует учета условий теплопередачи, выравнивания разницы температур по высоте заготовки и прогрева штампа при остывании заготовки для определения параметров нагревательных

устройств и темпа штамповки [24]. При этом достаточным является рассмотрение двумерной задачи при моделировании тепловых процессов с функционально заданным градиентом температур по высоте заготовки из-за пренебрежительно малого перепада температуры по поперечным сечениям.

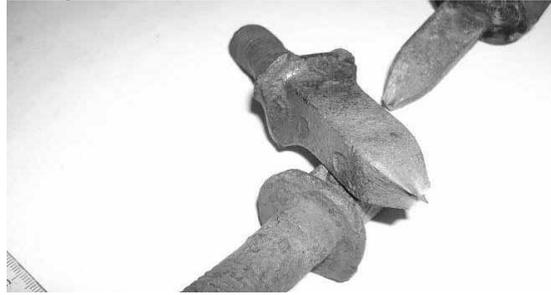


Рис. 3. Профилированные заготовки с заостренным концом

Точность размеров формоизменяющих операций повышают применением компенсирующих элементов. С данной точки зрения наиболее простыми, надежными и экономически выгодными являются компенсаторы системы «пресс-штамп» на основе упругих (чаще полиуретановых) пластин с переменной жесткостью по длине и ширине. Методика расчета компенсаторов включает определение вертикальной и угловой жесткости прессового оборудования и выбора толщины упругой пластины с реализацией деформации сжатия не более чем 25-30 %. Перспективным направлением является разработка универсальных конструкций компенсаторов, рассчитанных на широкий диапазон технологических усилий [13]. Внедрение таких устройств на прессах горячей и холодной штамповки (разнообразные технологические процессы) позволило снизить износ направляющих элементов на 14-17 %, сократить поломки пуансонов на 16-23 %, повысить точность штамповки на 63 %, а также обеспечить доштамповку с формированием нормированного облоя в окончательном ручье штампа.

Таким образом, разработана концепция получения профилированных заготовок в штамповом пространстве основного прессового оборудования с формообразованием вне гравюр штампов. Определена номенклатура поковок, к которым применимы данные способы подготовки заготовок. Перспективным направлением следует признать проведение комплекса экспериментальных и теоретических исследований операций бесштампового профилирования заготовок, направленных на разработку и научное обоснование методик расчета заготовок с точки зрения прогнозирования их формоизменения.

Список литературы: 1. Володин И. М. Развитие основ проектирования ресурсосберегающих технологий горячей объемной штамповки / И. М. Володин // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: зб. наук. пр. –Краматорськ, 2007.– С. 208–210. 2. Дмитриев А.М. Общая теория осадки и высадки цилиндрических заготовок. Часть 1. Высадка / А.М. Дмитриев, А.Л. Воронцов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Машиностроение». – 2004. – №1. – С. 82-103. 3. Добров И.В. Анализ процессов трения твердых и пластически деформируемых тел в механике машин на примере осадки симметричной заготовки плоскими бойками / И.В. Добров // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2009. - №3. – С.3-20. 4. А.с. 1697967 СССР, МКИ В 21 J 5/08. Способ получения местных утолщений [Текст] / Козлов И.К., Гейко И.К., Башкатова Н.С., Пикинер Ю.С., Чубарь А.Г., Гейко К.И. (СССР). – №4755140; заявл. 24.08.89. опубл. 15.12.89, Б.И. № 46. – 3с.,ил. 5. А.с. № 1555035 СССР, МКИ В 21 D. Способ утолщения стенки трубы [Текст] / Стрижок В.И., Козлов И.К. – № 1676983/25-27; заявл. 12.07.71; опубл. 15.10.88, Б.И. № 13. – 2с. 6. Греш-

нов В. И. Дифференциальное деформирование при штамповке заготовок удлинённой формы / В. И. Грешнов // Кузнечно-штамповочное пр-во. – 1994. – № 10. – С. 14–17. 7. Спосіб одержання профільованої заготовки [Текст] : пат. 43614 А Україна, МПК 7 В 21К 1/08. / Кухар В.В., Діамантопуло К.К., Мазан В.І.; заявитель и патентообладатель Приазовский государственный технический университет. - № 2001042391; заявл. 10.04.2001; опубл. 17.12.2001, Бюл.№11. – 14 с.,ил. 8. Кухар В. В. Розробка рекомендацій до використання диференційованого нагрівання при одержанні профільованої заготовки осаджуванням із втратою стійкості / В. В. Кухар, К. К. Діамантопуло // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у металургії і машинобудуванні: зб. наук. пр.– Краматорськ, 2001.– С. 321–326. 9. Воронцов А.Л. Исследование осадки цилиндрической заготовки с затрудненным течением металла на одном из торцов / А.Л. Воронцов // Вестник машиностроения. – 2009. - №2 – С. 67-74. 10. Воронцов А.Л. Теория осадки малоэластичных материалов в пластичных оболочках / А.Л. Воронцов // Вестник машиностроения. – 2009. - №3. – С.71-75. 11. Бигун О.П. Расчет деформаций открытой станины со стяжками // Прогрессивная технология и оборудование для листовой штамповки и гибки / Под ред. В.В. Каржана и В.А. Мельника. – Воронеж, 1984. – С. 20-29. 12. Діамантопуло К.К. Математическая модель кривошипной машины с гибким элементом для возвратно-поступательного перемещения ползуна / К.К. Діамантопуло, А.Н. Обухов, А.А. Онищенко, В.В. Кухарь // Захист металургійних машин від поломок. – Маріуполь, 2000. – Вип. №5. – С. 128-131. 13. Діамантопуло К.К. Компенсация несоосности системы «пресс-штамп» изношенного штамповочного оборудования / К.К. Діамантопуло, В.В. Кухарь, А.И. Евтеев // Металлургические процессы и оборудование. - №2. – июнь 2005 г. – С.31-34. 14. Спосіб одержання фасонної заготовки під наступне штампування [Текст]: пат. 49389 А Україна, МПК 7 В 21 К/08 / Базаря В.І., Діамантопуло К.К., Кухар В.В.; заявитель и патентообладатель Приазовский государственный технический университет. - № 2001118135; заявл. 28.11.2001; опубл. 16.09.02, Бюл. №9. – 4с. 15. Спосіб одержання заготовок з загостреним кінцем [Текст]: пат. 18568 Україна, МПК (2006), В21J 5/00 / Діамантопуло К.К., Сердюк О.І., Діамантопуло Ю.К.; заявитель и патентообладатель Приазовский государственный технический университет. - № u200605103; заявл. 10.05.2006; опубл. 15.11.2006, Бюл.№11. – 2с. 16. Кухарь В. В. Неравномерность деформации при свободном формоизменении заготовок из цветных металлов и сплавов / В. В. Кухарь, О. А. Лаврентик, В. А. Бурко // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2006. – Вип. 16. – С. 123–127. 17. Тарновский И. Я. Свободная ковка на прессах./ И. Я. Тарновский, В. Н. Трубин, М. Г. Златкин – М.: Машиностроение, 1967. – 328 с. 18. Кухарь В. В. Моделирование формоизменения металла при осадке цилиндрических заготовок выпуклыми продолговатыми плитами / В.В. Кухарь, С. А. Короткий, В. А. Бурко // Вісник Хмельницького національного університету.– Хмельницький: ХНУ, 2008.– № 5. – С. 204–208. 19. Спосіб одержання профільованої заготовки [Текст]: пат. 40182 А Україна, МПК 7 В 21К 1/08. / Кухар В.В., Діамантопуло К.К., Кадава В.В.; заявитель и патентообладатель Приазовский государственный технический университет. - №2000085092; заявл. 31.08.2000; опубл. 16.07.2001, Бюл.№6. – 3 с.ил. 20. Діамантопуло К.К. Исследование формоизменения относительно высоких полос при профилировании осадкой с продольным изгибом // К.К. Діамантопуло, В.В. Кухарь // Обработка материалов давлением. - №1 (20), 2009. – С. 181-185. 21. Кухарь В.В. Получение обводных патрубков с минимальным гидравлическим сопротивлением // В.В. Кухарь, А.В. Грушко / Вестник Приазовского государственного технического университета. Вып. 15. – Мариуполь. – 2005. – С. 109 -112. 22. Грушко А.В. Деформируемость обводных патрубков в процессе их формоизменения продольным изгибом / А.В. Грушко, В.В. Кухарь // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії: Зб.наук.пр. Краматорськ. – ДДМА. – 2006. – С. 335-339. 23. Машина для виробництва поковок типу стрижня з загостреним кінцем [Текст]: пат. 19382 Україна, МПК (2006), В21J 5/00. / Діамантопуло К.К., Сердюк О.І., Діамантопуло Ю.К., Литвин А.М., Мкртчян Е.В.; заявитель и патентообладатель Приазовский государственный технический университет. - № u200606600; заявл. 13.06.2006; опубл. 15.12.2006, Бюл. № 12. – 3 с.,ил. 24. Кухарь В.В. Моделирование температурного поля неравномерно нагретой по длине заготовки при её остывании на штампе // В.В. Кухарь, О.А. Лаврентик, В.А. Бурко, М.В.