

К.К. ДИАМАНТОПУЛО

Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь

В.В. КУХАРЬ

Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск

Ю.К. ДИАМАНТОПУЛО

Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОЛУЧЕНИЯ УДЛИНЕННЫХ ПОКОВОК С ЗАОСТРЕННЫМ КОНЦОМ СПОСОБОМ РАСТЯЖЕНИЯ С РАЗРЫВОМ ЗАГОТОВКИ

Обґрунтована можливість одержання поковок типу «зуб борони» та ін. бесштамповим способом розтягуванням із розривом заготовки. Проведені експериментальні дослідження процесу розтягування з розриванням подовжених заготовок із різними режимами місцевого нагрівання, та визначені закономірності, що описують основні геометричні характеристики формозміни спрофільованих заготовок.

Possibility of producing of forging-units likes "tooth of a harrow" and this type ones by forming without dies method based on extension with a breach of the billet is grounded. Experimental researches of extension process with a breach of a long-axis billets under different regimes of differential heating are leading, and analytical functions for describes a base geometrical characteristics of shape forming of profiled billets are determinate.

Ключові слова: поковки, розтягування з розривом заготовок, формоутворення, профілювання.

Введение

Поковки с вытянутой осью представляют собой весьма распространенную группу изделий, изготавливаемых на машиностроительных предприятиях, в условиях ремонтно-механических подразделений и т.п., причем их типоразмеры и серийность производства изменяются в широких пределах. Определенную трудность представляет организация на имеющемся производственном оборудовании удлиненных изделий с заострением, к которым относят поковки типа «зубило пикообразное», «пика», «крейнцимесель», «зуб бороны» и т.п. При этом основными требованиями являются высокие темпы и малозатратность освоения технологий, универсальность оборудования и инструмента, низкая себестоимость и высокое качество изделий.

Анализ предыдущих исследований и публикаций

Крупные уникальные поковки с удлиненной осью, потребность в которых исчисляется одним или несколькими экземплярами, изготавливают, как правило, в кузнечных цехах. При этом производственным оборудованием служат универсальные кузнечные молоты или гидравлические ковочные прессы. Многоступенчатые валы и поковки с заостренным концом также целесообразно изготавливать на радиально-обжимных, радиально-ковочных машинах или других специальных устройствах [1-3], однако эффективность работы данного оборудования оправдана с экономической точки зрения лишь при стабильной его загрузке. При массовом производстве удлиненные поковки рационально получать способами объемной штамповки [4], здесь для вытяжки заготовок и оформления заострений используют ковочные вальцы [5, 6]. К основным недостаткам процессов вальцовки следует отнести трудности переналадок, ограничение по длине вальцуемых заготовок (не более 2/3 длины окружности вальца [5, 6]), интенсивный износ секторных штампов и экономическую целесообразность применения только при крупных производственных программах.

Для существенного уменьшения расхода дорогостоящей штамповой стали, исключения затрат на фрезерование гравюр штампов и получения фасонных заготовок на основном штамповочном оборудовании применяют способы бесштампового профилирования заготовок [7]. Данные способы формообразования могут быть завершающими для некоторых типов изделий. Так деформацией в режиме сверхпластичности ряда сплавов выполняют формообразование длинноосных изделий осевым растяжением, которое включено в концепцию бесштампового профилирования [7], при этом получают не только поковки с заостренным концом, но и заготовки периодического профиля [8]. Для интенсификации процесса формоизменения применяют индукционный или электроконтактный нагрев, реализация которых возможна по схеме предварительного и комбинированного нагрева. Отметим, что известные способы механических испытаний цилиндрических образцов на растяжение (ГОСТ 1497-84), выполняемые на стандартизированных испытательных машинах, также сопровождаются разрывом заготовок с оформлением заострений в месте разрушения по утоненной шейке [9]. Вопросам изучения напряженно-деформированного состояния и, частично, формоизменения шейки при растяжении уделялось достаточно внимания, например, в работах [8-10], поэтому исследования в данной области следует признать весьма удовлетворительными. При этом формообразование заострений при разрыве образцов исследовано не было.

На основании приведенных выше предпосылок разработаны способы получения удлиненных поковок с заостренным концом, в основу которых положены идеи растяжения с разрывом заготовки [11, 12], при этом управление формоизменением и контролирование места разрыва предложено осуществлять дифференцированным или местным нагревом.

Цель работы

Целью данной работы является исследование закономерностей формоизменения и разработка технологических основ получения удлиненных заготовок с заостренным концом способом растяжения с разрывом заготовки при использовании местного нагрева.

Материалы и результаты исследований

Типовыми поковками с удлиненной осью и заостренным концевым участком являются поковки «зуб бороны» (рис. 1), размещаемые на устройствах для боронования на агротехнических машинах, или, например, «зубило пикообразное» (рис. 2) отбойного молотка, используемое для разрушения металлургических емкостей, зачистки слябов и других операций. «Зуб бороны» имеет квадратное, а «зубило» круглое поперечное сечение, оба изделия характеризуются наличием утоненной рабочей части, к которой предъявляются специальные требования по прочности, твердости и износостойкости, достигаемые дополнительной термической обработкой. Учитывая осуществление деформационной проработки (вытяжки) при формообразовании заостренного конца, предъявляемые требования целесообразно достигать режимами высокотемпературной термомеханической обработки. Финишное формирование заострения может быть выполнено заточкой на требуемую геометрию.



Рис. 1. Зуб бороны



Рис. 2. Зубило пикообразное

Испытания проводили на заготовках квадратного поперечного сечения из стали 55Г со стороной квадрата 16 мм (рис. 3). Материал и сечение заготовки соответствует используемым при производстве «зуба бороны». Предварительно на поверхности заготовок мелом наносили границы области нагрева, который осуществляли газовой горелкой до температурного интервала деформаций (1100 – 1150 °С) в процессе растяжения заготовок. Области нагрева имели длину $l_{нагр} = 20$ мм, 24 мм, 28 мм и 34 мм, т.е. в относительных показателях при отношении к стороне квадрата заготовки: $\bar{l}_{нагр} = 1,25; 1,5; 1,75$ и 2,125. Растяжение с разрывом заготовок осуществляли на универсальной испытательной машине Р-20 (0,2 МН) с регистрацией величины усилия по ходу деформации. Также проводили замеры величины рабочего хода до разрыва образцов.

При одинаковых условиях осуществляли разрыв не менее трех заготовок для выполнения статистической обработки экспериментальных данных. После разделения заготовки на две части, каждая из которых имеет заострение в месте прогрева, образования шейки и разрыва, выполняли замеры геометрических характеристик, приведенных на схеме рис. 3. Здесь обозначены: R_1 и R_3 – наружный и внутренний радиусы в продольном направлении заострения профилированной заготовки после разрыва; $h_{пир}$ – высота пирамидальной части профилированной заготовки; $l = 0,5l_{нагр}$ – длина заостренной части (половина длины нагрева заготовки); $a \approx b = ab$ – усредненный размер стороны торца заготовки по месту разрыва; $A \approx B = AB$ – усредненный размер основания пирамидальной части заготовки. Для расчета средних размеров использовали результаты замеров, проведенных по всем четырем сторонам двух профилированных заготовок, образующихся после разрыва. Примеры деформированных образцов приведены на рис. 4.

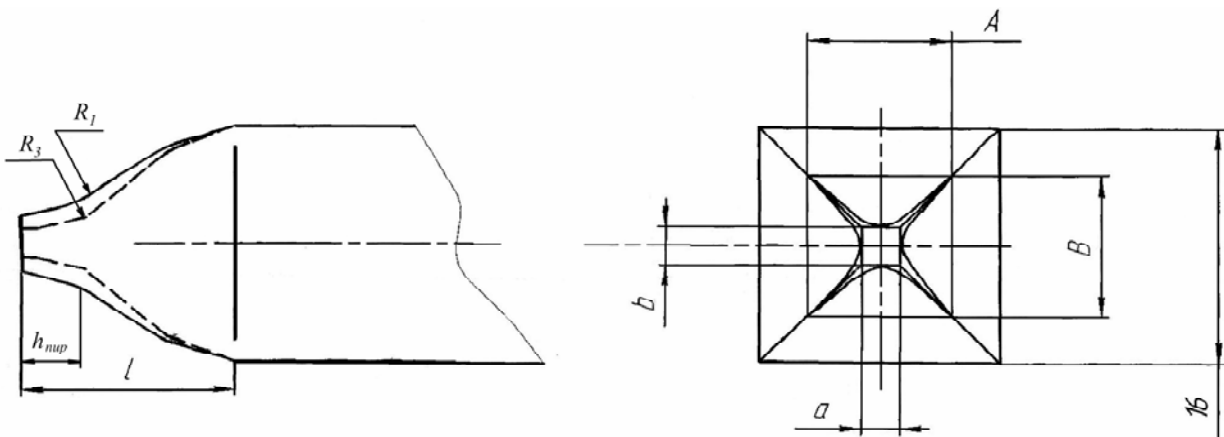


Рис. 3. Схема обмера деформированных образцов

Размеры участка местного нагрева оказывают влияние на такие параметры, как величина рабочего хода до разрыва заготовок, максимальное усилие деформации растяжения, размеры и конфигурация геометрических характеристик заостренного участка. При малой протяженности зоны местного нагрева заостренная часть имеет выраженную усеченную форму с оформлением размеров $a \approx b = ab$ (рис. 4,б).

Увеличение протяженности зоны местного нагрева приводит к снижению величины размера ab , вплоть до оформления пикообразной части и острых кромок торцов разорванных заготовок (рис. 4,в). Графики, отражающие зависимости изменения геометрических размеров заостренных концов заготовок после разрыва от величины участка нагрева $l_{нагр}$, приведены на рис. 5. Рост размеров зоны местного нагрева сопровождается уменьшением усредненного размера основания пирамидальной части заготовки АВ. При этом увеличение размеров участка $l_{нагр}$ приводит к почти полному росту протяженности пирамидальной части заготовок $h_{пир}$. Аналогичным образом наблюдается увеличение радиусов R_1 и R_3 , причем размер R_1 возрастает более интенсивно.

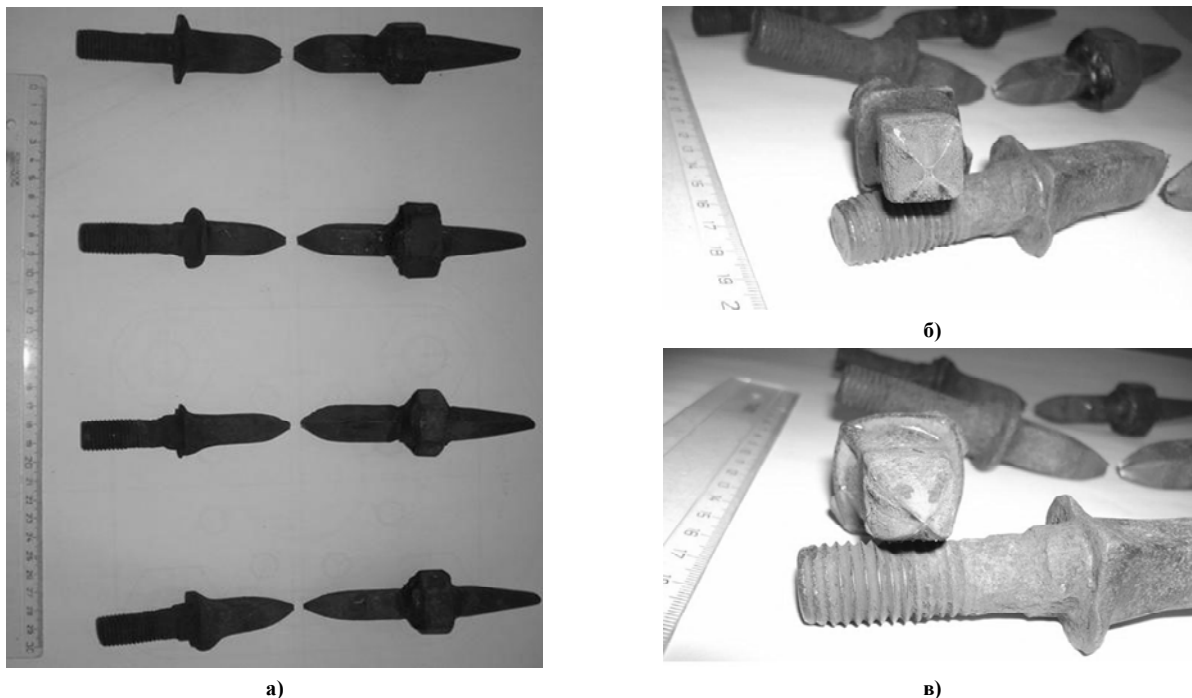


Рис. 4. Фотографии заготовок после деформации:
 а – разорванные заготовки квадратного поперечного сечения;
 б и в – заготовки с различной конфигурацией заострений, образованных в месте разрыва

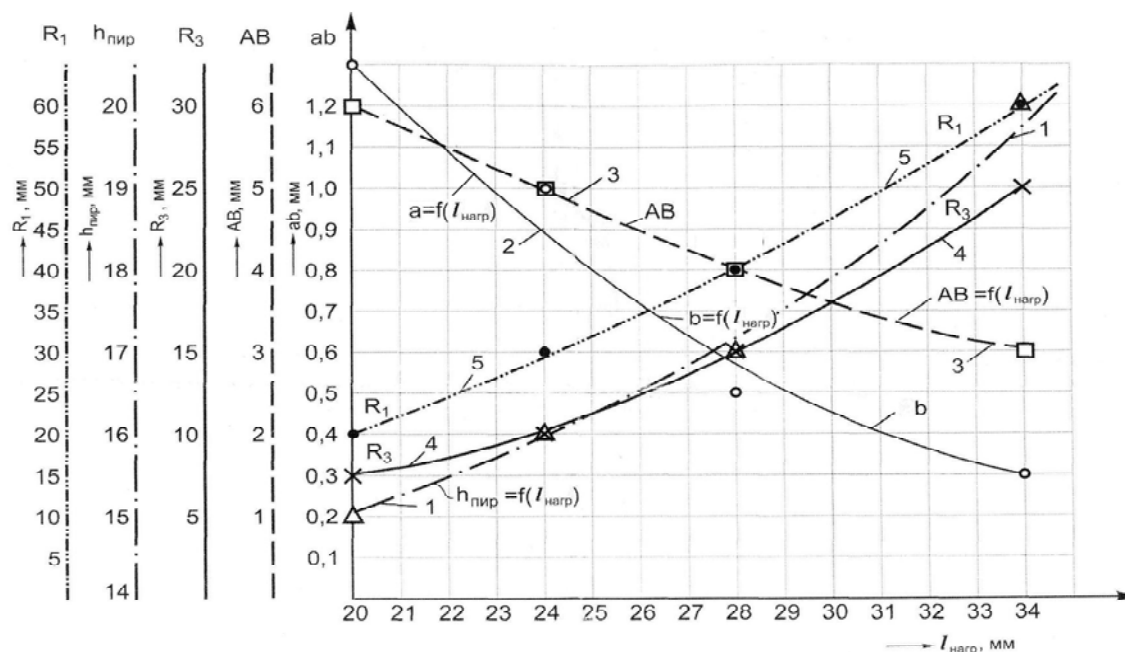


Рис. 5. Зависимости геометрических размеров заостренных частей после разрыва в результате растяжения заготовок от протяженности зоны местного нагрева $l_{нагр}$

На рис. 6 приведены графические зависимости усилия растяжения с разрывом заготовок от величины хода в процессе деформации. Максимальная величина усилия ($P = 11,1$ кН) при условиях проведения опытов зарегистрирована для размеров участка местного нагрева $l_{нагр} = 20$ мм, при этом рабочий ход испытательной машины до разрыва заготовки был наименьший и составлял 38 мм. При протяженности

зоны местного нагрева $l_{\text{нагр}} = 24$ мм максимальное усилие растяжения составило 9,5 кН, а величина рабочего хода 49 мм. Соответственно, при длине нагреваемого участка $l_{\text{нагр}} = 28$ мм максимальное усилие составило 8,0 кН, а величина рабочего хода 66 мм. При наибольшей протяженности нагреваемого участка $l_{\text{нагр}} = 34$ мм наблюдается минимальное значение усилия растяжения $P = 7,1$ кН и наибольшая величина рабочего хода испытательной машины 82 мм. Таким образом, при вовлечении большего объема металла в зону нагрева усилие растяжения заготовок снижается, увеличивается их удлинение (вытяжка) и интенсифицируется шейкообразование с оформлением заостренной пикообразной части заготовок в месте разрыва.

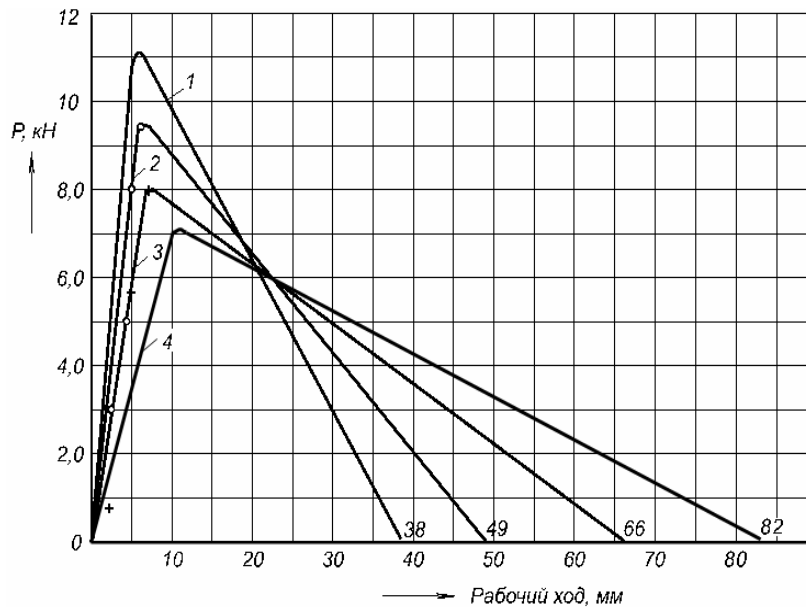


Рис. 6. Зависимость усилия разрыва образцов от величины рабочего хода при различных размерах зоны местного нагрева:
 1 – $l_{\text{нагр}} = 20$ мм; 2 – $l_{\text{нагр}} = 24$ мм; 3 – $l_{\text{нагр}} = 28$ мм; 4 – $l_{\text{нагр}} = 34$ мм

Технологическая реализация способов получения удлиненных поковок с заостренным концом возможна на прессовом или испытательном оборудовании, при этом целесообразным является оснащение производственного оборудования высокоскоростными нагревательными устройствами для осуществления местного нагрева. Наиболее подходящим является индукционный способ нагрева с расчетной длиной индуктора для обеспечения требуемой величины $l_{\text{нагр}}$. Конструктивная схема машины [13], предложенной для производства поковок типа стержня с заостренным концом, приведена на рис. 7. Размещение конструктивных элементов позволяет распределять металл и формировать два конических заостренных конца без использования формирующего инструмента, исключить энергетически невыгодный нагрев всей заготовки.

К основным элементам машины относят верхнюю и нижнюю подвижные поперечины на колоннах, силовой исполнительный механизм (например, гидравлический цилиндр), соединенный с подвижной поперечиной, зажимы для фиксации заготовок и пульт управления. Устройство ускоренного локального охлаждения предложено устанавливать с возможностью перемещения в горизонтальной и вертикальной плоскостях, что выполнимо при помощи шарнирно закрепленного поворотного рычага и пружины, регулирующей вертикальное перемещение индуктора (см. рис. 7). Машина работает следующим образом. Рычаг 10, соединенный с нагревателем 11 и пружиной 9, которая одета на колонну 2, отводят в горизонтальной плоскости в нерабочее положение. Заготовку 12 для последующего разрыва устанавливают в зажимы 13 и 14. Индукционный нагреватель щелевого типа надвигается на место разогрева двоянной заготовки 12 и разогревает его

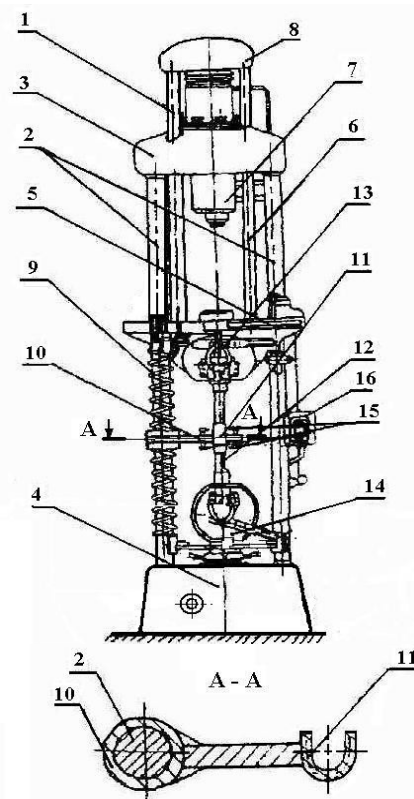


Рис. 7. Машина для производства поковок типа стержень с заостренным концом:
 1 – рама; 2 – колонны; 3 и 4 – верхняя и нижняя поперечины; 5 – подвижная поперечина; 6 – штоки; 7 – рабочий цилиндр; 8 – перекладина; 9 – пружина; 10 – поворотный рычаг; 11 – щелевой индуктор; 12 – заготовка; 13 и 14 – зажимы; 15 – форсунки для подачи охладителя; 16 – пульт управления

до требуемой температуры (согласно интервалу ковочных температур для используемого материала заготовки). Автоматически включаемый рабочий цилиндр 7, соединенный с подвижной поперечиной 5, приводит к растяжению зажатой заготовки. Перед окончательным отделением одной поковки от другой или сразу после него через форсунки 15 подается охладитель, при помощи которого проводят закалку двух заостренных конических концов. После этого поковки удаляют из машины, после чего цикл повторяется. Таким образом, соединение операций местного нагрева сдвоенной заготовки, безинструментальное формообразование двух заостренных концов, их разделение и закалка создают комплексный положительный эффект.

Выводы

Одним из наиболее перспективных направлений развития технологий штамповки являются способы бесштампового формообразования, к которым относят разновидности операций растяжения с разрывом заготовки, позволяющие получать удлиненные поковки с заостренным концом. Управлять формированием заостренной части требуемой конфигурации целесообразно путем применения местного нагрева, причем для установления рациональных технологических режимов деформации, определения конструктивных параметров индукционных нагревателей и элементов модернизации оборудования необходима разработка детерминированных математических моделей формоизменения заготовок.

Литература

1. 1. Лазоркин В. А. Качество поковок, изготавливаемых радиальной ковкой на гидравлическом ковочном прессе / В. А. Лазоркин, Р. В. Яценко, Ю. В. Мельников // Кузнечно-штамповочное производство. – 2005. – № 5. – С. 8-11.
2. Пат. 2242322 Российская Федерация, МКИ³ В 21 J 13/02 К 7/16. Четырехбойковое ковочное устройство / А. М. Володин, Л. Г. Конев, В. А. Лазоркин (РФ); ОАО «Тяжпрессмаш» (РФ). – № 2003110915/02; Заявл. 16.04.03; Опубл. 20.12.04, Бюл. № 65. – 6 с.; ил.
3. Василевский О. В. Деформирующий инструмент дляковки поковок с вытянутой осью / О. В. Василевский, В. В. Кухарь // Вестник Национального технического университета «ХПИ»: Сб. научн. тр. Тематический выпуск: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2009. – № 15. – С. 81-87.
4. Каржан В. В. Прогрессивная технология и оборудование для обработки давлением / В. В. Каржан // Кузнечно-штамповочное пр-во. – 1985. – № 8. – С. 10– 13.
5. Атрошенко А. П. Технология горячей вальцовки / А. П. Атрошенко. – Л.: Машиностроение, 1964. – 210 с.
6. Смирнов В. К. Горячая вальцовка заготовок / В. К. Смирнов, К. И. Литвинов, С. В. Харитонин. – М.: Машиностроение, 1980. – 150 с.
7. Гринкевич В. А. Разработка концепции бесштампового профилирования заготовок на прессах с повышением точности формоизменения на окончательных операциях / В. А. Гринкевич, В. В. Кухарь, К. К. Діамантопуло // Вестник Национального технического университета «ХПИ»: сб. научн. тр. Тематический выпуск: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2009. – № 32. – С. 26-32.
8. Смирнов О. М. Обработка металлов давлением в состоянии сверхпластичности / О. М. Смирнов. – М.: Машиностроение, 1979. – 184 с.
9. Кнорозов Б. В. Технология металлов / Б. В. Кнорозов, Л. Ф. Усова, А. В. Третьяков. – М.: Металлургия, 1978. – 904 с.
10. Кириця І. Ю. Удосконалення процесів холодного пластичного деформування при отриманні вісесиметричних заготовок з глухим отвором: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня – ... канд. техн. наук: 05.03.05 / Вінницький національний техн. ун-т. – Вінниця, 2008. – 20 с.
11. 11. Пат. 18568 Україна, МПК (2006) В21J 5/00. Спосіб одержання заготовок з загостреним кінцем / К. К. Діамантопуло, О. І. Сердюк, Ю. К. Діамантопуло (Україна); Приазовський державний технічний університет (Україна). – № u200605103; Заявл. 10.05.2006; Опубл. 15.11.2006, Бюл. № 11. – 2 с.
12. Пат. 24977 Україна, МПК (2006) В21J 5/00. Спосіб одержання подвоєної заготовки для безвідходного штампування / Ю. К. Діамантопуло (Україна); Приазовський державний технічний університет (Україна). – № u200701522; Заявл. 13.02.2007; Опубл. 25.07.2007, Бюл. № 11. – 2 с.
13. Пат. 19382 Україна, МПК (2006) В21J 5/00. Машина для виробництва поковок типу стрижня з загостреним кінцем / К. К. Діамантопуло, О. І. Сердюк, Ю. К. Діамантопуло, А. М. Литвин, Е. А. Мкртчян (Україна); Приазовський державний технічний університет (Україна). – № u2006606600; Заявл. 13.06.2006; Опубл. 15.12.2006, Бюл. № 12. – 3 с.: іл.

Надійшла 24.02.2010р.