

УДК 621.735.3

Маркова М. А., Злыгорев В. Н., Ризак П. И.

ЗАКОВКА ОТВЕРСТИЯ ПРИ КОВКЕ БОЙКАМИ С ВЫПУКЛЫМ РАБОЧИМ ПРОФИЛЕМ

Приоритетным направлением развития тяжелого машиностроения на сегодняшний день является повышение качества деталей ответственного назначения для повышения их эксплуатационных характеристик и снижение затрат на их производство [1].

К таким деталям относятся поковки типа труб и пустотелые цилиндры с дном. При ковке труб с диаметром отверстия менее 350–300 мм отверстие закрывается напуском. Куется вал, в котором впоследствии рассверливается осевое отверстие. Данная технология приводит к увеличенному расходу металла и удорожанию продукции за счет дорогостоящей механической обработки.

Значительную сложность представляют также поковки пустотелых цилиндров с дном. Существующие методы производства таких поковок предусматривают приварку дна к полым цилиндрам, ротационную ковку, а также ковку с оправкой для получения полых цилиндрических поковок. Эти методы изготовления пустотелых цилиндров с дном, не обеспечивают устранение дефектов металлургического происхождения. Более того, эти методы не обеспечивают полного заковывания дна из-за окисленной поверхности металла заготовки и необходимости использовать дорогих оправок, сварочный шов так же не обладает достаточной надежностью [1, 2]. Однако определение основных технологических параметров процессаковки трубчатых заготовок является весьма сложной задачей. Поэтому в производстве довольно велик объем экспериментальных и доводочных работ, а реализуемые режимы обработки далеки от оптимальных.

В литературе можно найти различные варианты решения данной проблемы. Известен способ изготовления полых поковок, предложенный В. А. Ростовщиковым [3], включающий нагрев полой заготовки до температуры деформации, установку в ее полость короткой оправки и последующую ковку заготовки с подачами и кантовками одновременно четырьмя бойками на радиально-обжимной машине. Недостатком данного способа является невозможность получения труб с высоким качеством поверхности, это обусловлено смещением оправки при ковке в зоне деформирования относительно условной осиковки, что является причиной разностенности поковки и увеличения припусков под последующую механическую обработку.

Известен также способ И. В. Голышева [4], для изготовления полых поковок на гидравлическом ковочном прессе с применением оправки. В данном способе в нагретую полую заготовку устанавливают длинную оправку с небольшим зазором и удерживают при ковке с одной или двух сторон на цепях крана или манипулятором. Ковку производят двумя бойками, обжимая участки заготовки в определенной последовательности без перемещения заготовки относительно оправки. После окончанияковки оправку удаляют из поковки гидравлическим экстрактором или путем перемещения стола прессы.

Этот способ позволяет получать различные полые поковки, в том числе больших поперечных сечений, из полых заготовок и слитков на гидравлических ковочных прессах. Недостатком данного способа является то, что при его осуществлении требуются большие усилия для снятия заготовки с оправки, а в некоторых случаях, из-за заковывания оправки и возникающих при этом больших сил трения между оправкой и заготовкой, не удается снять последнюю с оправки без изменения формы заготовки.

Б. С. Каргиным и Е. С. Котовой изучалось влияние формы бойков на производительность протяжки на оправке [5]. Применение вырезных бойков способствует более интенсивному течению металла в удлинение, что повышает производительность процесса, по сравнению

с ковкой комбинированными бойками, на 25–30 %. Это происходит за счет контакта по максимальной части периметра поперечного сечения заготовки с инструментом, а напряженное состояние при обжатии вырезными бойками в большей степени приближается к всестороннему неравномерному сжатию. При ковке полых заготовок в комбинированных и вырезных бойках интенсивность течения металла различна.

Существующие способы не решают проблемы экономии металла и повышения качества дна пустотелых цилиндров. Решить проблему получения малых диаметров отверстий в поковках и проковки литого металла дна глухонного цилиндра можно применяя способковки, разработанный на кафедре ОМД ДГМА [6]. Однако неисследованным остается вопрос заковки отверстия заготовки при ковке без оправки.

Цель работы – исследование заковывания отверстия при протяжке вырезными бойками со скосами. В связи с этим тема актуальна и своевременна, решает важную научно-практическую проблему разработки и совершенствования способов изготовления ковкой поволоков труб и цилиндров с дном, которые гарантируют получение продукции высокого качества.

Поставленная цель реализована на основе метода конечных элементов. Численные эксперименты проводились с использованием ЭВМ. При обработке результатов численных экспериментов применялись методы математической статистики.

При ковке цилиндров с дном широкое распространение получил способ протяжки поволоков вырезными бойками. Поэтому исследования и анализ влияния геометрических параметров кузнечного инструмента, на напряженно-деформированное состояние, целесообразнее начать со схемыковки вырезными бойками. Однако уменьшить степень заковки отверстия можно за счет увеличения вытяжки при протяжке. Интенсифицировать вытяжку при протяжке, а соответственно, снизить степень заковки отверстия в заготовке можно за счёт применения вырезных бойков со скосами [6]. Угол скосов бойков (β) также служит значимым фактором, он определяет величину подачи. Из опытаковки плит плоскими бойками со скосами эффективный угол составляет $10\text{--}30^\circ$ [7]. Исходные данные для расчета: сталь 34ХНМ4, $t = 1200^\circ\text{C}$; $v = 40 \text{ мм / с}$; $D = 1000 \text{ мм}$. Отношения наружного и внутреннего диаметра отверстия $d_0 / D = 0,3$.

Исследуемая схема протяжки представлена на рис. 1. В исследовании использовались цилиндрические стальные полые модели. Высота заготовок составляла $H_1 = 238 \text{ мм}$.

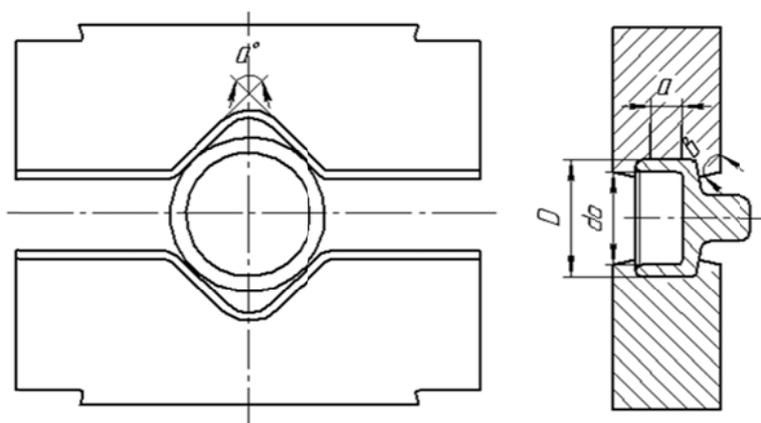


Рис. 1. Схема протяжки вырезными бойками со скосами

Заготовки протягивались вырезными бойками с углами выреза $\alpha = 90^\circ, 115^\circ, 140^\circ$ и углом скоса вырезов $\beta = 10^\circ$ [7] и длинной горизонтальной полки деформирующей части, которая определяет величину подачи, $a = 100 \text{ мм}$ (рис. 2). Степень деформации заготовки составляла 20 %, 40 % и 60 %.

Исследовалось влияние трех факторов, которые варьировались на трех уровнях, в результате получаем 27 схем для исследования. Результаты расчета степень и интенсивность заковки внутреннего отверстия при протяжке.

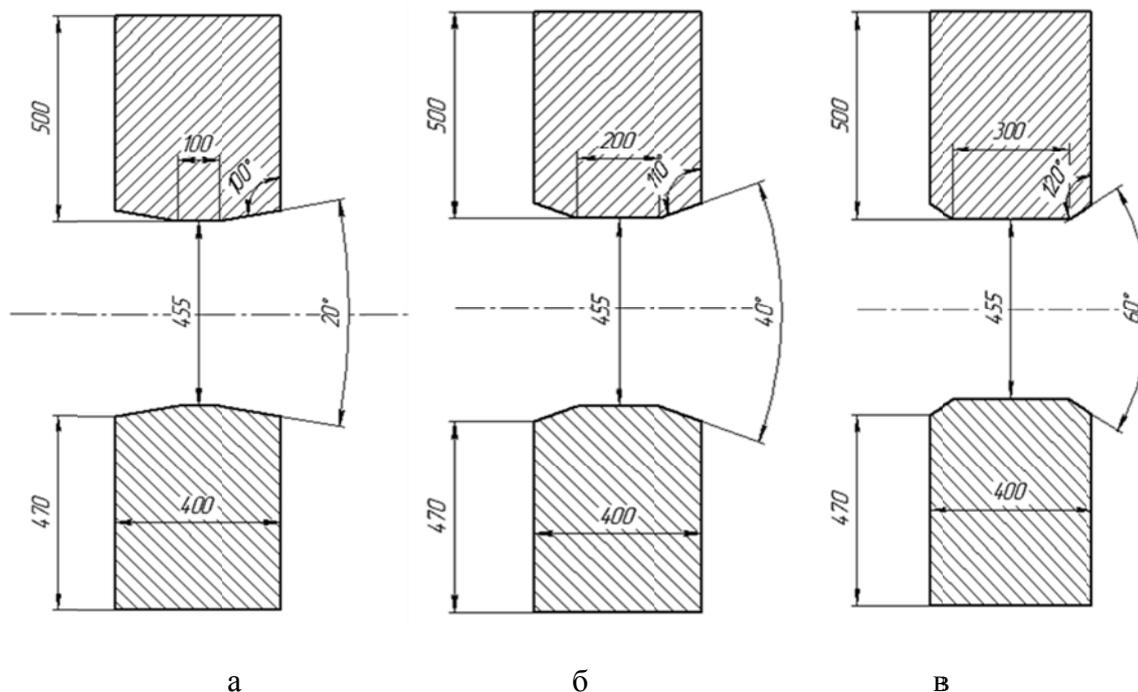


Рис. 2. Вырезные бойки со скосами с различной шириной деформирующей части и углами скосов:
а – 10°; б – 20°; в – 30°

Два фактора (угол скоса бойков и величина подачи) связаны между собой и не могут выступать независимыми параметрами. Таким образом, эти два фактора можно объединить в один параметр и разделить исследование на три схемы, при которых будет варьироваться угол выреза бойков.

Протяжка бойками с углом выреза 90° с подачами, равными $0,1D$ обеспечивает заковку отверстия при увеличении степени обжатия заготовки (рис. 3). Однако величина заковки уменьшается с увеличением диаметра отверстия заготовки (d_0).

Оценить интенсивность заковки («скорость заковки») можно после анализа тех результатов, что представлены на рис. 4. Полученные результаты показывают, что преимущественное влияние на заковку оказывает исходный диаметр отверстия заготовки. Однако интенсивность заковки отверстия уменьшается при увеличении степени обжатия заготовки, что является важным научным наблюдением и не было известно ранее (рис. 4).

Таким образом, для получения поковок с большим диаметром отверстия необходимо применять заготовки с большим диаметром отверстия.

Увеличение угла выреза бойков до $\alpha = 115^\circ$ приводит к схожим результатам по заковке диаметра отверстия поковки при увеличении степени обжатия и уменьшения толщины стенки (рис. 5).

При этом величина конечного относительного диаметра (d/D) меньше, чем для угла выреза $\alpha = 90^\circ$ (см. рис. 3) при одинаковых условиях деформирования.

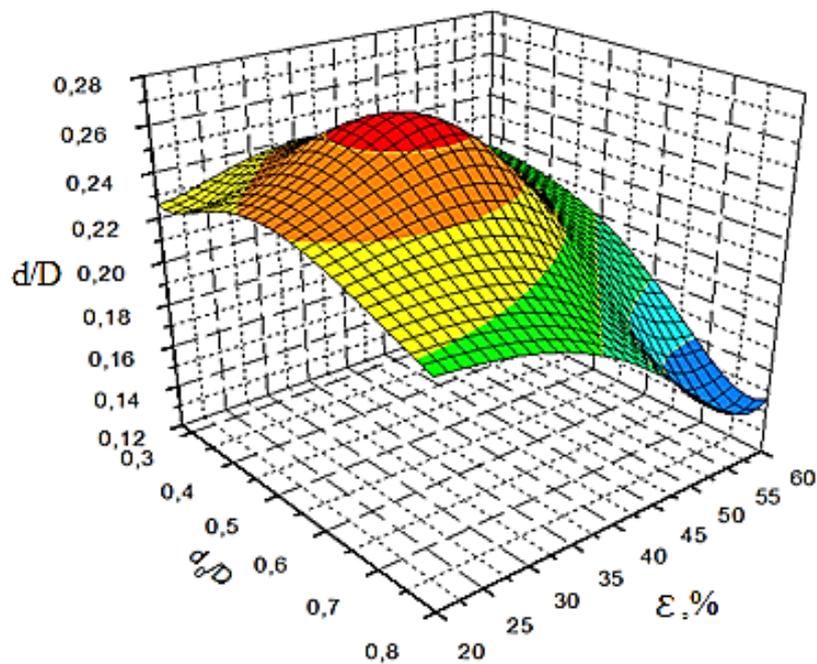


Рис. 3. Степень заковки отверстия при протяжке полых цилиндров бойками с углом выреза $\alpha = 90^\circ$ и углами скосов $\beta = 10^\circ$

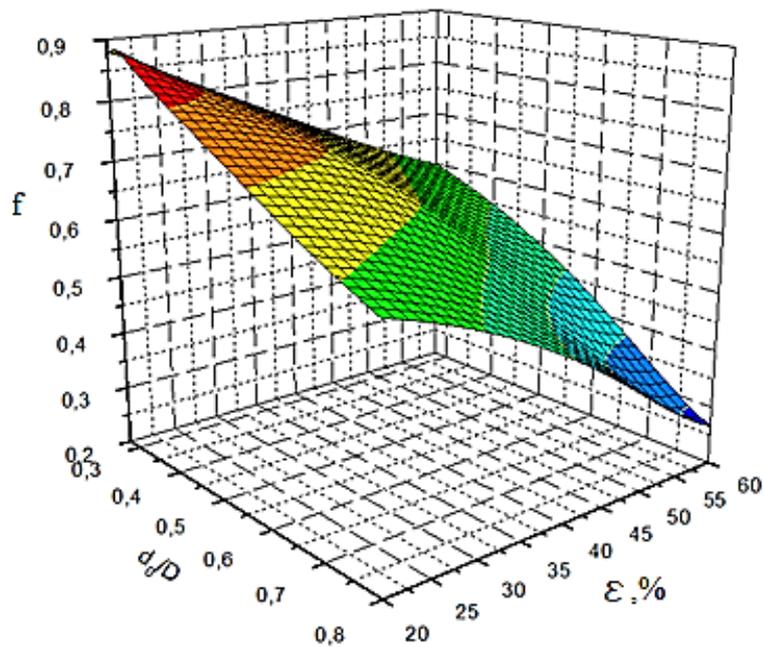


Рис. 4. Интенсивность заковки отверстия при протяжке полых цилиндров бойками с углом выреза $\alpha = 90^\circ$ и углами скосов $\beta = 10^\circ$

Интенсивность заковки (f) для данной геометрии инструмента преимущественно зависит от исходного относительного диаметра (d_0 / D) нежели от степени обжатия (рис. 6). Полученные результаты позволяют сделать вывод, что степень заковки увеличивается, а скорость заковки одинакова при разных значениях обжатия, т. е. диаметр, заковывается практически с постоянной скоростью (рис. 5 и 6).

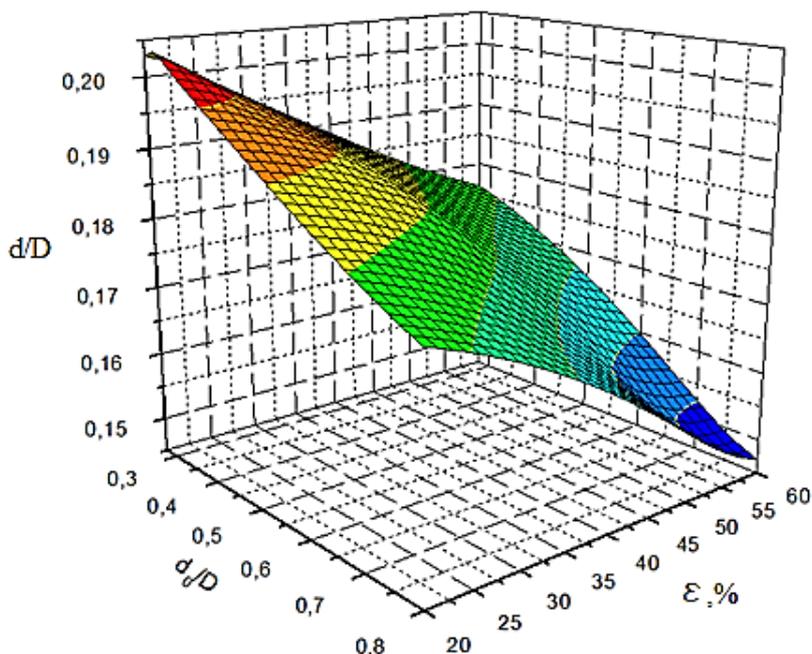


Рис. 5. Степень заковки отверстия при протяжке полых цилиндров бойками с углом выреза $\alpha = 115^\circ$ и углами скосов $\beta = 10^\circ$

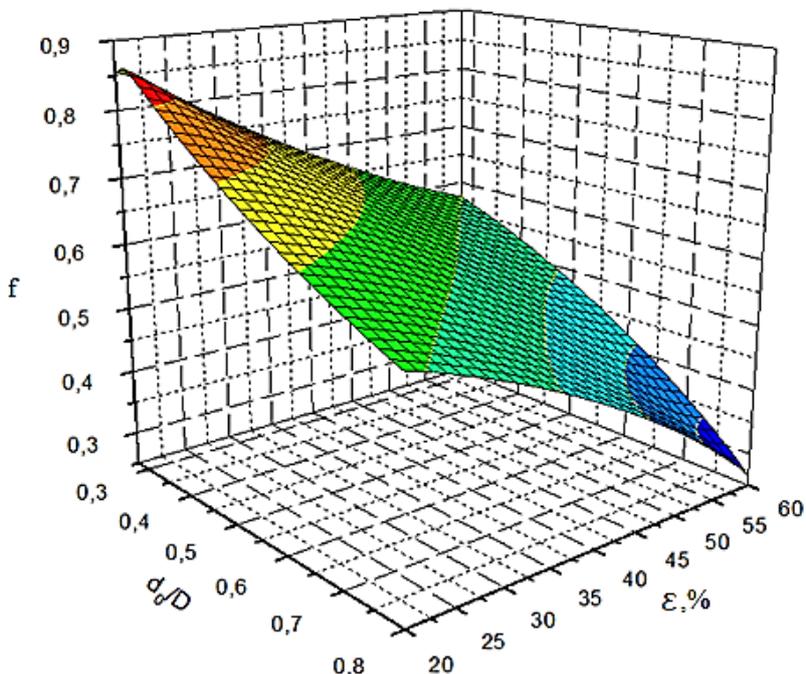


Рис. 6. Интенсивность заковки отверстия при протяжке полых цилиндров бойками с углом выреза $\alpha = 115^\circ$ и углами скосов $\beta = 10^\circ$

При угле выреза $\alpha = 140^\circ$ степень заковки отверстия увеличивается (рис. 7) особенно при начальном относительном диаметре $d_0 / D > 0,4$. Эти результаты соответствуют интенсивности заковки, которая уменьшается с уменьшением толщины стенки заготовки (рис. 8). Полученная закономерность объясняется тем, что большие углы выреза способствуют увеличению уширения, а соответственно уменьшению набора толщины стенки при одинаковых обжатиях.

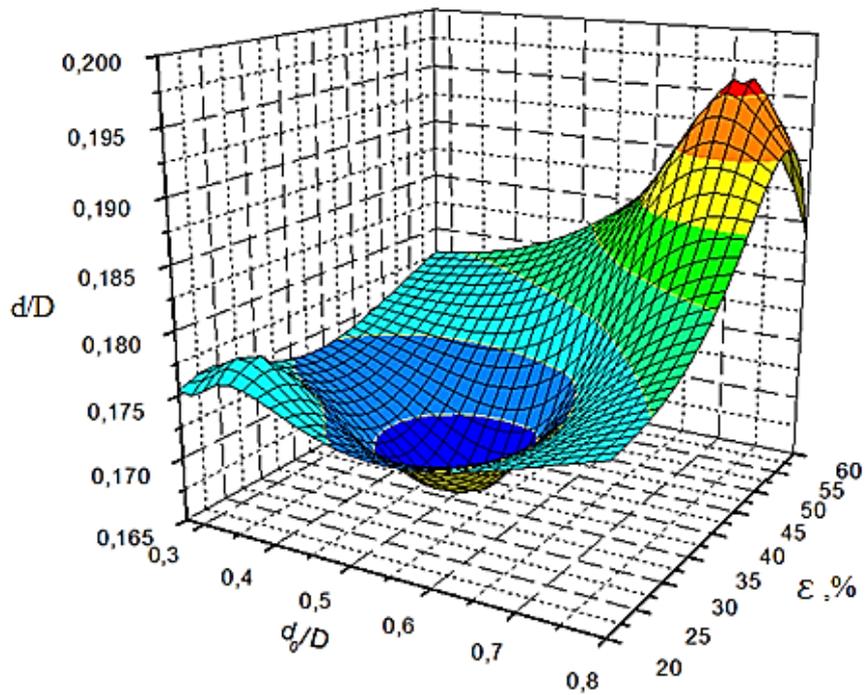


Рис. 7. Степень заковки отверстия при протяжке полых цилиндров бойками с углом выреза $\alpha = 140^\circ$ и углами скосов $\beta = 10^\circ$

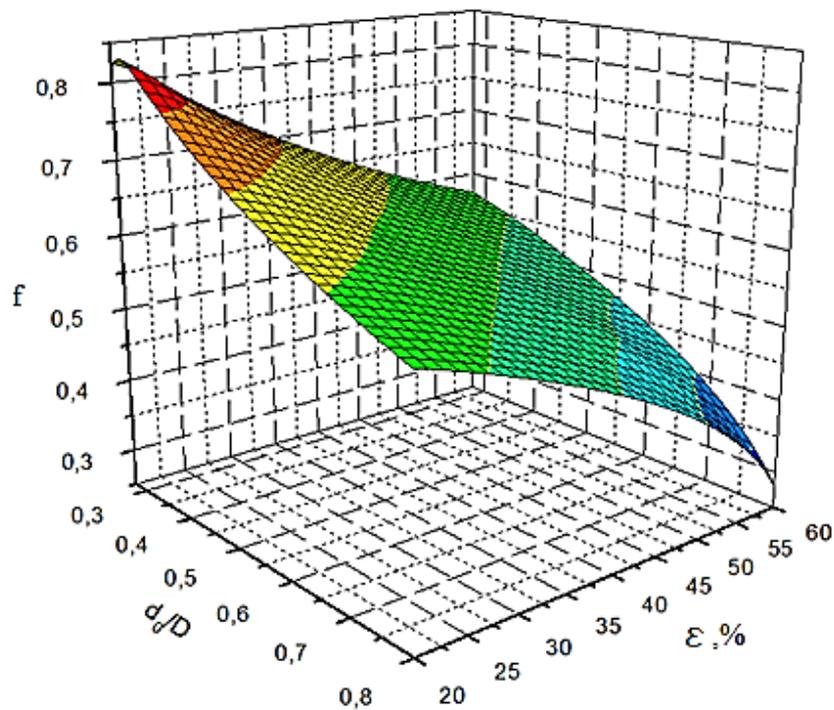


Рис. 8. Интенсивность заковки отверстия при протяжке полых цилиндров бойками с углом выреза $\alpha = 140^\circ$ и углами скосов $\beta = 10^\circ$

ВЫВОДЫ

1. Полученные результаты показывают, что преимущественное влияние на заковку оказывает исходный диаметр отверстия заготовки. Однако интенсивность заковки отверстия уменьшается при увеличении степени обжатия заготовки, что является важным научным наблюдением, и не было известно ранее. Таким образом, для уменьшения степени заковки отверстия необходимо применять заготовки с большим диаметром отверстия.

2. Общей закономерностью для исследуемых схемковки является то, что интенсивность заковки отверстия одинакова при различных обжатиях для постоянных соотношениях размеров заготовки.

3. Рекомендуемая подача для интенсивной вытяжки заготовки и уменьшения степени заковки отверстия должна быть в диапазоне $(0,1-0,2)D$.

4. После проведения теоретического исследования механизма заковки отверстия цилиндра была выбрана эффективная схема, в которой вырезные бойки имели вырез 115° и ширину деформирующей части $0,1D$ (угол скоса 10°). Геометрические параметры заготовки $d_0 / D = 0,8$. В данной схеме при протяжке течение металла происходило вдоль оси, что способствует удлинению поковки и не полной заковке отверстия по сравнению с другими способами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кальченко П. П. Новые технологические процессыковки крупных прессовых поковок : монография / П. П. Кальченко, О. Е. Марков. – Краматорск : ДГМА, 2014. – 100 с. – ISBN 978-966-379-692-5.
2. Марков О. Е. Ресурсосберегающие технологические процессыковки крупных валов и плит : монография / О. Е. Марков, И. С. Алиев. – Краматорск : ДГМА, 2012. – 324 с. – ISBN 978-966-379-583-6.
3. Ростовициков В. А. Технология и оборудование для формообразования полых длинномерных поковок горячим радиальным обжатием / В. А. Ростовициков // Кузнечно-штамповочное производство. – 1987. – № 6. – С. 10–13.
4. Гольшев И. В. Ротационная ковка полых цилиндрических заготовок : дис. ...канд. техн. наук :05.03.05 / Гольшев Игорь Владимирович. – Тула, 2008. – 139 с. – 04200851335.
5. Каргин Б. С. Сравнение производительности при протяжкепустотелых поковок на оправке комбинированными и вырезными бойками / Б. С. Каргин, Е. С. Котова / Вісник приазовського державного технічного університету. Сер. :Технічні науки. – 2013. – № 27. – С. 49–52.
6. Пат. 86881 Україна, МПК (2013.01) В 21 J 5/00. Спосіб кування порожнистих циліндрів з дном / Марков О. Є., Маркова М. О.; заявник та власник Марков О. Є., Маркова М. О., Краматорськ. – № u201309697; заявл. 05.08.13; опубл. 10.01.14, Бюл. № 1. – 5 с. : іл.
7. Марков О. Е. Деформированное состояние при протяжке укороченных слитков бойками со скосами [Электронный ресурс] / О. Е. Марков // Научный вестник ДГМА : сб. науч. трудов. – Краматорск, 2013. – № 2 (12Е). – С. 70–78. – Режим доступа : [http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vesnik/№2\(12E\)_2013/article/12.pdf](http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vesnik/№2(12E)_2013/article/12.pdf)
8. Схемыковки крупных поковок с интенсивными пластическими деформациями / М. А. Маркова, Р. С. Недодай, А. О. Шарун, К. Л. Чуева // Тези. Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції «Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку». – 23–24 вересня 2014 року. – Краматорськ ДДМА, 2014. – С. 61. – ISBN 978-966-379-640-6.
9. Маркова М. А. Исследование деформированного состояния заготовки при протяжке полых поковок без оправки бойками со скосами / М. А. Маркова // Научный Вестник ДГМА : сб. науч. трудов. – Краматорск, 2014. – № 3 (15Е). – С. 75–82.
10. Маркова М. А. Формоизменение полых поковок в процессе протяжки без оправки бойками со скосами / М. А. Маркова, П. И. Ризак // Обработка материалов давлением : сб. науч. трудов. – Краматорск : ДГМА, 2014. – № 2 (39). – С. 81–87. – ISSN 2076-2151.