

**КОВКА КОНИЧЕСКИХ ОБЕЧАЕК****Жбанков Я. Г., Таган Л. В., Шкира А. В.**

Показаны возможности способаковки конических колец раскаткой обычным кузнечным инструментом полой профилированной заготовки. Установлены факторы, влияющие на формоизменение при раскатке конических колец. Получена зависимость конусности кольца от относительной толщины бурта исходной заготовки. Установлено, что существует область размеров бурта, в которой раскатанная заготовка имеет наибольшую конусность. Получены картины распределения полей логарифмических деформаций по сечению заготовки при раскатке полой ступенчатой заготовки. Установлено, что при раскатке вначале деформируется часть заготовки под буртом, что обуславливает раздачу заготовки с одной стороны и, как следствие, получение конусности на получаемом кольце. Также установлено, что основные деформации при раскатке такого кольца сосредоточены на внутренней его поверхности со стороны большего диаметра.

Показані можливості способу кування конічних кілець розкочуванням звичайним ковальським інструментом порожнистої профільованої заготовки. Встановлено фактори, що впливають на формозміну при розкочування конічних кілець. Отримано залежність конусності кільця від відносної товщини бурту вихідної заготовки. Встановлено, що існує область розмірів бурта, в якій розкачана заготовка має найбільшу конусність. Отримано схеми розподілу полів логарифмічних деформацій по перетину заготовки при розкочуванні порожнистої ступінчастої заготовки. Встановлено, що при розкочуванні спочатку деформується частина заготовки під буртом, що обумовлює роздачу заготовки з одного боку і, як наслідок, отримання конусності на одержуваному кільці. Також встановлено, що основні деформації при розкочуванні такого кільця зосереджені на внутрішній його поверхні з боку більшого діаметру.

The possibilities of method of forging conical ring by forging simple tool from the hollow profiled blanks are shown. Found factors that influence on deformation state in forming by rolling conical rings. Obtain the dependence of taper of ring from the relative thickness of initial billet flange. It is established that there is an area the size of collar, which rolled billet has the greatest taper. Obtained the field distributions of logarithmic strain over the cross section billet rolling profiled hollow billet. Established that at initially forging deformation of the billet under the thickening, which makes extension billet on the one side and as a consequence of receiving taper on the ring. Also found that the main deformation during rolling of a ring centered on the inside surface of the larger diameter.

Жбанков Я. Г.

канд. техн. наук, ассистент кафедры ОМД ДГМА  
omd@dgma.donetsk.ua

Таган Л. В.

аспирант ДГМА

Шкира А. В.

студент ДГМА

УДК 621.7

Жбанков Я. Г., Таган Л. В., Шкира А. В.

**КОВКА КОНИЧЕСКИХ ОБЕЧАЕК**

Изготовить коническую обечайку ковкой возможно несколькими способами. Наиболее простой способ заключается в ковке гладкого цилиндрического кольца [1, 2] и дальнейшей механической обработке поковки до требуемых размеров детали (рис. 1, а). По данному способу металлоемкость изделия за счет напусков и трудоемкость механической обработки детали будут высокими. И они будут тем выше, чем больший угол конусности будет иметь обечайка. Другой способ предполагает ковку нескольких цилиндрических колец с различными размерами и их сварку [3]. После чего полученная ступенчатая заготовка подвергается механической обработке (рис. 1, б). Такой способ предполагает некоторое снижение расходов металла на изготовление детали в сравнении с первым способом, механические свойства такой детали будут пониженные за счет наличия сварного шва. Следующий способковки с элементом штамповки предполагает раскатку обычной цилиндрической обечайки на оправке и раздачу ее специальным инструментом, имеющим определенную конусность [4]. Этот способ (рис. 1, в) позволяет получить поковку типа конической обечайки, однако, в случае мелкосерийного производства или производства поковок различных размеров себестоимость их изготовления будет высокой из-за необходимости изготовления нового инструмента для каждого типоразмера поковок. При раздаче цилиндрической обечайки стенка будет утоняться, что необходимо будет учитывать при изготовлении заготовки для раздачи, что неизбежно приведет к назначению напусков и, как следствие, увеличению расхода металла.

Существует и еще один способковки конических обечаек, который не обладает перечисленными недостатками. Он заключается в раскатке плоским бойком на цилиндрической оправке полой заготовки со ступенчатой наружной поверхностью (рис. 1, г). Этот способ был опробован в производстве и изготовлена коническая обечайка массой 4,5 т из стали 08Х18Н10Т на ковочном прессе усилием 30 МН [3]. Внедрение данного способа показало значительную экономию металла, 2 т на одну поковку, в сравнении с применяемым ранее способомковки нескольких колец и их последующей сварки (рис. 1, в).

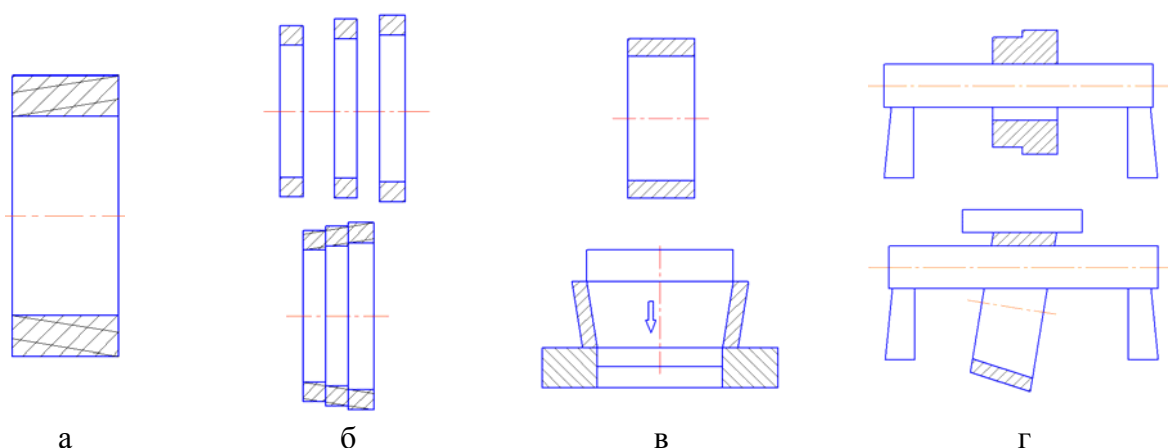


Рис. 1. Варианты изготовления ковкой конусной обечайки

Данный способ (рис. 1, г) получения конических обечаек в некоторой его модификации получил широкое распространение за рубежом. Известно применение этого способа на японском предприятии Murogan Plant, при получении конусной части корпусов ядерного реактора и парогенератора (рис. 2) [5, 6]. Эти кольца получают раскаткой на специальном кузнечном инструменте.

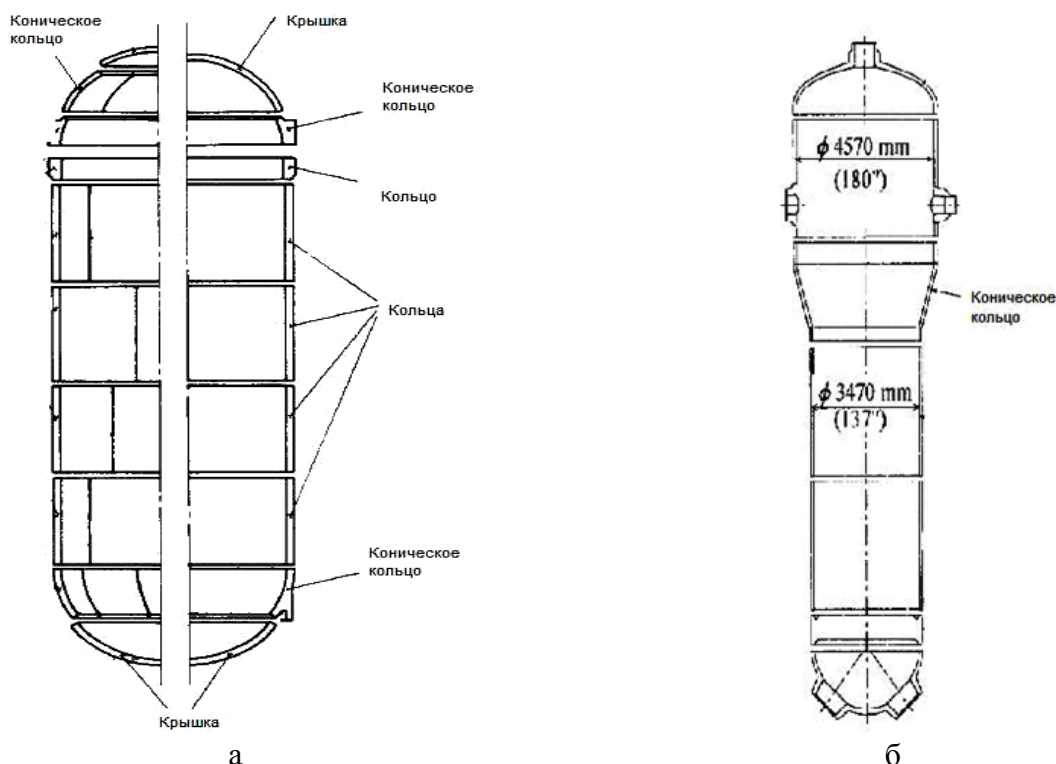


Рис. 2. Схема корпуса ядерного реактора (а) и парогенератора (б), изготавливаемых на японском предприятии Murogan Plant

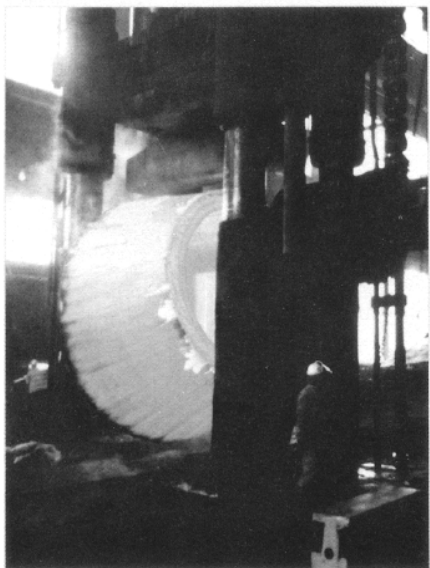


Рис. 3. Получение конической обечайки раскаткой на немецком заводе Siemens AG (KWU) [7]

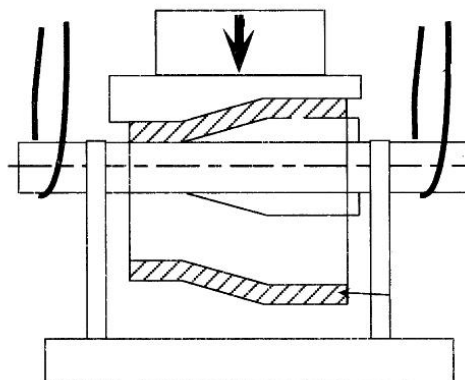


Рис. 4. Схема раскатки конического кольца специальным инструментом

На рис. 2 показана схема корпуса ядерного реактора и парогенератора, основные части корпуса которых изготовлены при помощи операции – раскатки. В верхней части реактора присутствуют конические кольца, которые получают с помощью описываемого способа.

Данный способ используется на различных немецких заводах, таких как Siemens AG (KWU), Thyssen Henrichshütte, Schmiedewerke Krupp-Klöckner. Пример такой раскатки приведен на рис. 3 [7].

На рис. 4 приведена схема изготовления ступенчатого конического кольца. Его изготовление производят при помощи специального инструмента [6]. Вначале изготавливают обычное кольцо при помощи операции раскатки, после чего это кольцо надевается на оправку специальной формы и при помощи специального бойка производят раскатку до необходимых размеров. Недостатком этого способа является то, что необходимо иметь инструмент различной формы и размеров для производства различной номенклатуры поковок.

Несмотря на очевидные выгоды способаковки конических обечаек плоскими бойками на цилиндрической оправке, примеры внедрения такой операции на отечественных предприятиях практически отсутствуют из-за недостатка рекомендаций по расчету параметров исходной заготовки, размеров поволоков, которые возможно получать, и факторов, влияющих на формоизменение. Поэтому исследования, направленные на определение факторов, влияющих на формоизменение при раскатке полой ступенчатой заготовки и разработка на их основе рекомендаций, являются актуальными.

Целью данной статьи является исследование параметров формоизменения процесса раскатки полой ступенчатой заготовки плоским бойком на цилиндрической гладкой оправке.

Проведено физическое моделирование процессаковки конусного бандажа на основе способа раскатки ступенчатой полой заготовки плоским бойком на цилиндрической оправке. Моделирование проводилось на свинцовых образцах. Процесс изготовления конусного бандажа схематически представлен на рис. 5.

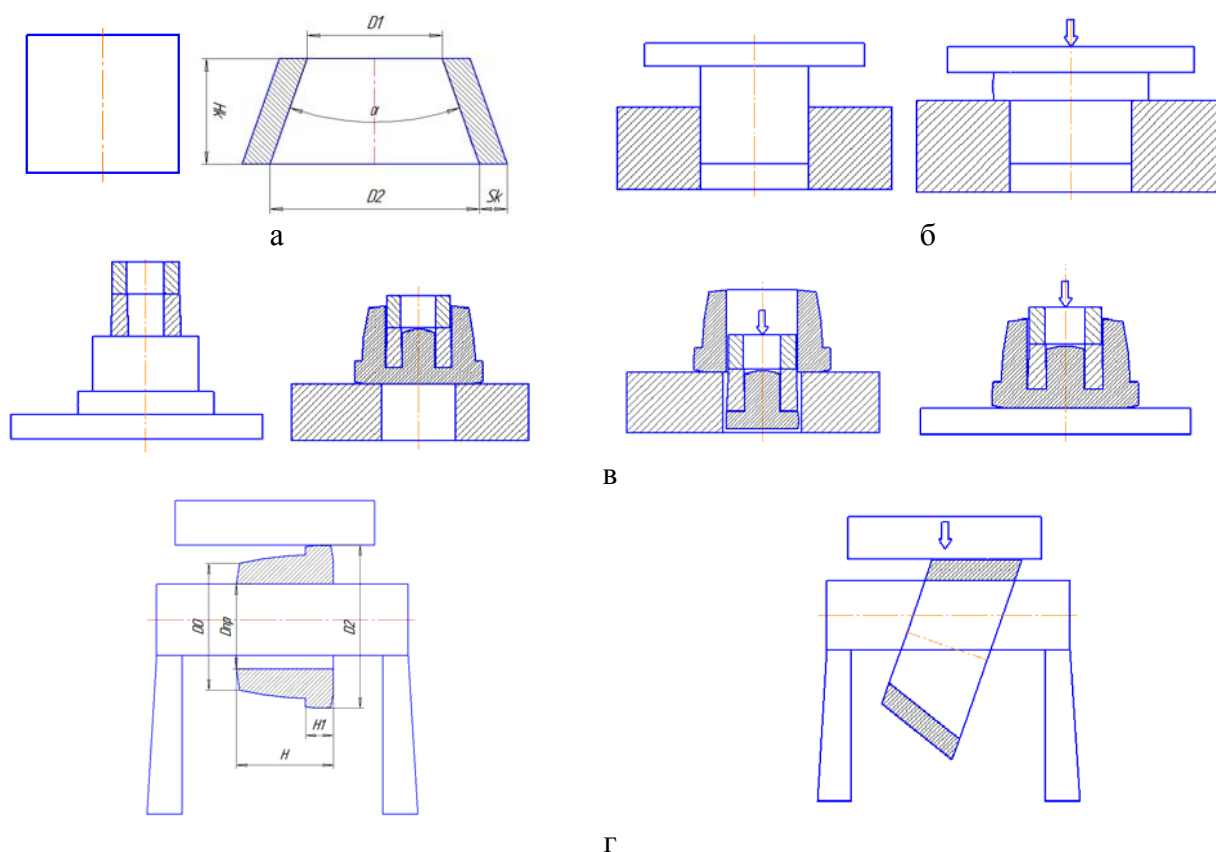


Рис. 5. Переходыковки конусного бандажа

Вначале отливалась цилиндрическая свинцовая заготовка диаметром 60 мм и высотой 54 мм. После этого часть заготовки высаживалась в подкладном штампе (рис. 4, б). Причем величина высаживаемого утолщения варьировалась. После высадки полученная ступенчатая заготовка устанавливалась буртом вниз на плоскую плиту. Сверху на заготовку устанавливались полой прошивень и надставка, которые внедрялись в заготовку. После чего заготовка с прошивнем и надставкой перемещались на плиту с отверстием, и прошивалась насквозь

(рис. 4, в). Полученное отверстие имело диаметр 40 мм. Далее полученная цилиндрическая полая ступенчатая заготовка одевалась на цилиндрическую гладкую оправку диаметром 34 мм и раскатывалась до толщины стенки 11 мм. Величина обжатий составляла 15 %. На рис. 5 представлены фотографии поэтапного изготовления конусного бандажа.

Варьируя величину утолщения на заготовке, были получены конусные бандажи с различной величиной конусности.

Проведены три эксперимента по раскатке конусного бандажа из полой ступенчатой заготовки различных размеров. Варьировалось соотношение высоты бурта и высоты заготовки при неизменных диаметральных размерах. Так высадкой и прошивкой получали заготовки с диаметром бурта ( $D_2$ ) 77 мм и высотой ( $H_1$ ) 9, 13 и 17 мм. На рис. 4 представлен график зависимости величины угла конуса полученного бандажа от относительной высоты бурта заготовки, построенный по результатам физического моделирования.



Рис. 5. Фотографии поэтапного деформирования заготовки при ковке конусного бандажа

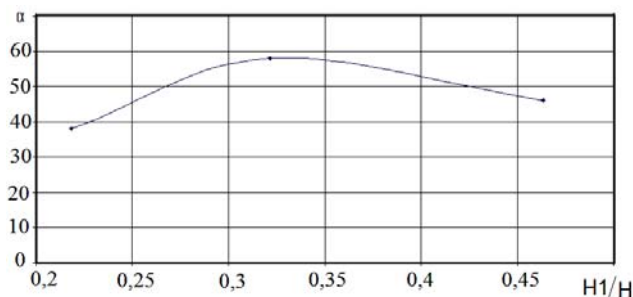


Рис. 6. График зависимости угла конусности бандажа  $\alpha$  от относительной высоты бурта  $H_1/H$  на заготовке при  $D_2/D_0 = 1,28$

Полученная зависимость (рис. 4) позволяет сделать вывод о том, что высота бурта исходной заготовки определяет величину конусности получаемого бандажа. Также можно заметить, что существуют значения относительной высоты бурта заготовки, при которых конусность после раскатки будет наибольшей.

Для анализа деформированного состояния заготовки в процессе раскатки использован метод конечных элементов [8]. Моделировался процесс раскатки полой заготовки со ступенчатой наружной поверхностью. Размеры заготовки были следующие:  $D_2 = 1500$  мм,  $D_0 = 1250$  мм,  $D_{np} = 500$  мм,  $H_1 = 300$  мм,  $H_2 = 690$  мм. В качестве материала заготовки принималась сталь 35, заготовка нагревалась до температуры  $1100$  °С, деформирование производилось с постоянной скоростью  $10$  мм/с.

На рис. 5 показаны поля распределения деформаций по сечению заготовки в процессе раскатки.

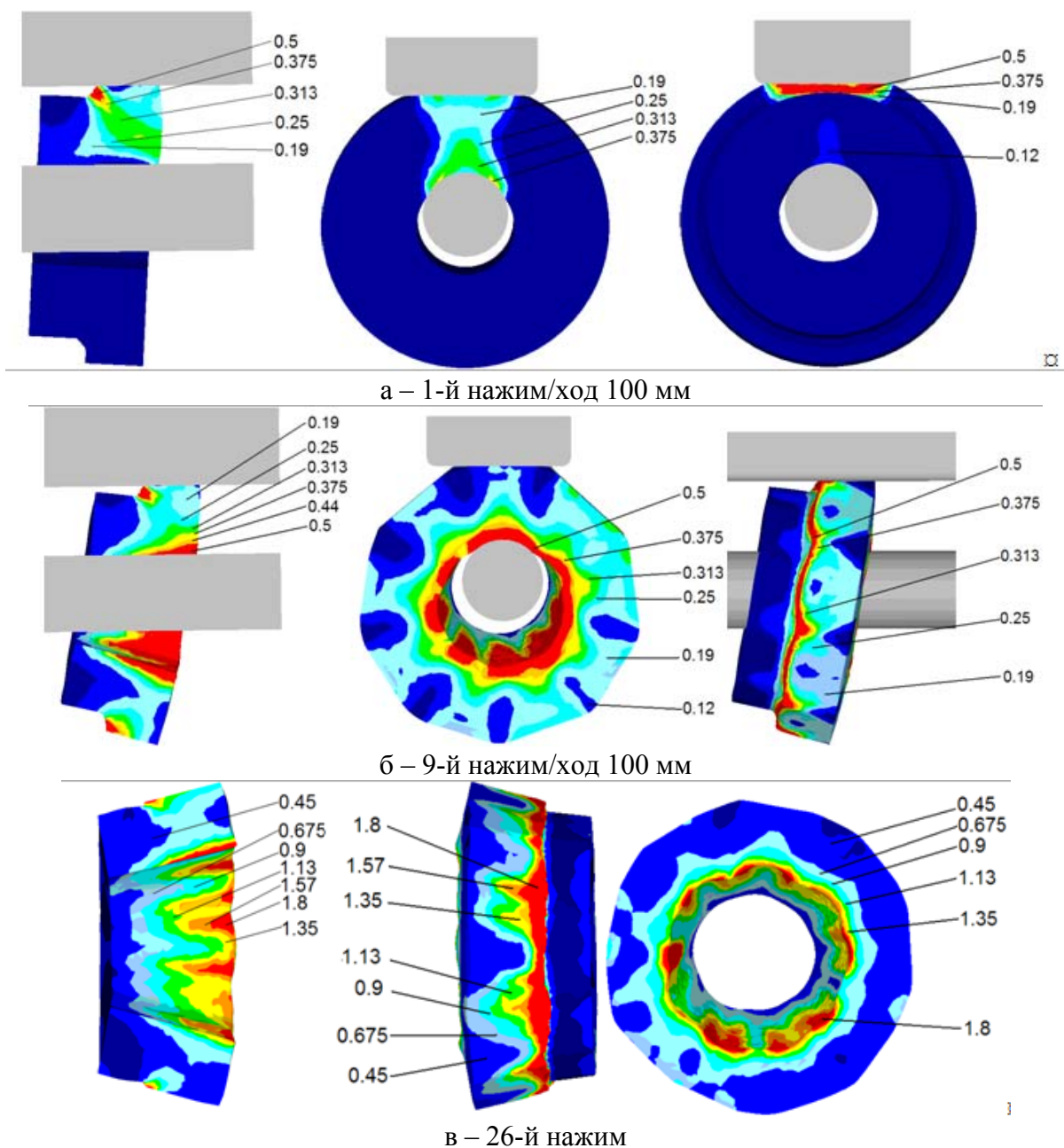


Рис. 5. Поля распределения деформаций по сечению заготовки в процессе раскатки полой ступенчатой заготовки

Анализ полей распределения деформаций по сечению заготовки позволяет сделать следующие выводы. В начале обжатия ступенчатой заготовки верхним бойком деформируется ее часть с большим диаметром. Наибольшие деформации сосредотачиваются у оправки, здесь их величина достигает 0,31. Также большие деформации, равные величине 0,5, наблюдаются в углу ступени на поверхности заготовки. Здесь образуется зажим. Часть заготовки с меньшим наружным диаметром практически не деформируется.

На рис. 5, б показана заготовка после девятого нажима. Каждый нажим выполнялся с ходом 100 мм. Видно, что уже после первого прохода по контуру заготовки верхним бойком образуется конусность. Это объясняется тем, что при обжатии основные деформации сосредотачиваются в области заготовки возле утолщения, т. е. заготовка сначала раздается с одной стороны. Такое деформирование и обуславливает интенсивную раздачу кольца с одной стороны.

После того как бурт на кольце будет сбит раскаткой, увеличение конусности кольца остановится и при дальнейшей раскатке будет получаться кольцо с более тонкой стенкой и неизменяющейся конусностью.

### ВЫВОДЫ

Существует множество способов получения полых конических деталей ковкой, имеющих ряд недостатков. Наиболее целесообразным является раскатка обычным кузнечным инструментом полой заготовки со ступенчатой наружной поверхностью.

Проведены физическое и математическое моделирование процесса раскатки конических колец. Моделирование подтвердило возможность получения конических колец обычным кузнечным инструментом. Установлено, что на величину конусности кольца оказывают влияние геометрические параметры полой ступенчатой заготовки. В частности, установлено, что существуют значения относительной высоты бурта на заготовке, при которых конусность раскатываемого кольца максимальна.

Математическое моделирование позволило установить характер деформированного состояния заготовки при ее раскатке. Установлено, что при деформировании ступенчатого кольца плоским бойком на гладкой оправке наибольшие деформации сосредотачиваются вблизи оправки под буртом кольца, что и обуславливает раздачу кольца вначале раскатки только с одной стороны. Этот эффект и позволяет получать конусные кольца.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория и технологияковки / Л. Н. Соколов, Н. К. Голубятников, В. Н. Ефимов, И. П. Шелаев. – К. : Выща школа, 1989. – 317 с.
2. Охрименко Я. М. Технология кузнечно-штамповочного производства / Я. М. Охрименко. – М. : Машиностроение, 1972. – 560 с.
3. Опыт изготовления крупногабаритных конических обечаек ковкой на прессах / В. Д. Арефьев, А. В. Пакало, Г. С. Рябцев, А. И. Зубков, А. Ю. Петунин // Кузнечно-штамповочное производство. – 1985. – № 1. – С. 10–12.
4. Чигасов П. И. Ковка пустотелых поковок конической формы / П. И. Чигасов // Кузнечно-штамповочное производство. – 1985. – № 4. – С. 38.
5. Current forging technology for integrated type steel forgings for nuclear steam supply system components / S. Kawaguchi, H. Moritani, H. Tsukada, K. Suzuki, E. Mural, I. Sato // Nuclear Engineering and Design. – 1984. – № 81. – С. 219–229.
6. Current steel forgings and their properties for steam generator of nuclear power plant / K. Suzuki, I. Sato, M. Kusuhashi, H. Tsukada // Nuclear Engineering and Design. – 2000. – № 198. – С. 15–23.
7. Erve M. State of the art in the manufacture of heavy forgings for reactor components in the federal republic of Germany / M. Erve, F. Papouschek, K. Fischer, Ch. Maidorn // Nuclear Engineering and Design. – 1988. – № 108. – С. 487–495.
8. Иванов К. М. Метод конечных элементов в технологических задачах: уч. пособие / К. М. Иванов, В. С. Шевченко, Э. Е. Юргенсон. – СПб. : Изд-во ПИМаш, 2000. – 224 с.

Статья поступила в редакцию 10.11.2011 г.