

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **20540**

(13) **С1**

(46) **2016.10.30**

(51) МПК

**В 21J 13/02** (2006.01)

**В 21K 5/00** (2006.01)

(54)

**СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТУПЕНЧАТОЙ ПОКОВКИ  
С ГЛУХИМИ ПОЛОСТЯМИ КОМБИНИРОВАННЫМ  
ВЫДАВЛИВАНИЕМ В ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКЕ**

(21) Номер заявки: а 20121550

(22) 2012.11.12

(43) 2014.06.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Клубович Владимир Владимирович; Клушин Валерий Александрович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) Рудович А.О. и др. Прогрессивные технологии обработки металлов давлением. – Минск: Экоперспектива, 2004. - Ч. 1. - С. 153-160.

RU 2205722 С1, 2003.

RU 2191654 С1, 2002.

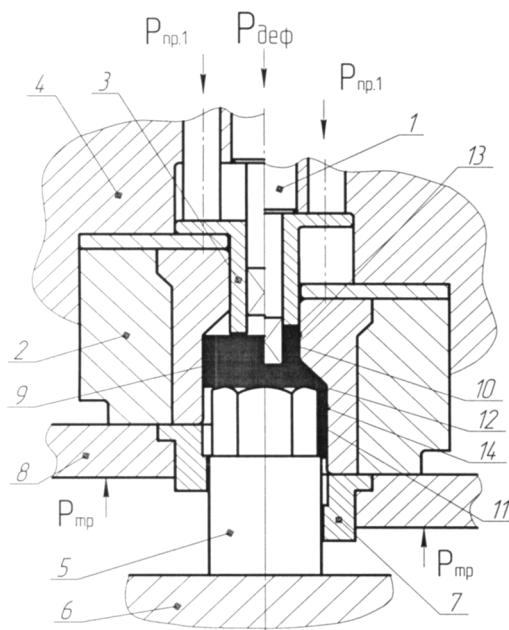
RU 2071863 С1, 1997.

RU 2084305 С1, 1997.

RU 2254201 С1, 2005.

(57)

Способ изготовления ступенчатой поковки с глухими полостями комбинированным выдавливанием в штамповой оснастке, при котором нагревают цилиндрическую металлическую заготовку, устанавливают ее на нижний пуансон, воздействуют на цилиндрическую заготовку верхним подвижным пуансоном, осуществляют формирование верхней и нижней противоположащих ступеней поковки с глухими полостями путем истечения деформируемого



Фиг. 4

**ВУ 20540 С1 2016.10.30**

металла заготовки в соответствующие верхний и нижний калибры штамповой оснастки, образуемые матрицей, верхним подвижным и нижним пуансонами, верхним и нижним выталкивателями, **отличающийся** тем, что прилагают дополнительные усилия к верхнему и/или нижнему торцам цилиндрической металлической заготовки через верхний и/или нижний выталкиватели, обеспечивая одновременное и равномерное заполнение верхнего и нижнего калибров деформируемым металлом цилиндрической заготовки.

---

Изобретение относится к обработке металлов давлением и может быть использовано при разработке малоотходных процессов пластического формообразования ступенчатых поковок с глухими полостями в штамповой оснастке, например головок сменных торцовых ключей.

Известен способ [1] изготовления ступенчатой поковки с глухими полостями обратным выдавливанием в штамповой оснастке на прессе с кантовкой деформируемой заготовки, включающий нагрев цилиндрической металлической заготовки и ее последующую последовательную штамповку с формированием в начале одной ступени с глухой полостью и затем, после кантовки заготовки, штамповку с формированием другой ступени с глухой полостью.

Недостаток известного способа заключается в низкой производительности изготовления поковок. Указанный способ целесообразно использовать только при многопозиционной штамповке на прессе с кантующим устройством.

В качестве прототипа выбран способ [2] изготовления ступенчатой поковки с глухими полостями комбинированным выдавливанием в штамповой оснастке, при котором нагревают цилиндрическую металлическую заготовку, устанавливают ее на нижний пуансон, воздействуют на цилиндрическую заготовку верхним подвижным пуансоном, осуществляют формирование верхней и нижней противолежащих ступеней поковки с глухими полостями путем истечения деформируемого металла заготовки в соответствующие верхний и нижний калибры штамповой оснастки, образуемые матрицей, верхним подвижным и нижним пуансонами, верхним и нижним выталкивателями.

При изготовлении поковки по известному способу комбинированного выдавливания исходную заготовку нагревают до температуры полугорячей штамповки 680-750 °С, а штамповку осуществляют с одновременным формированием верхней и нижней противолежащих ступеней с глухими полостями путем истечения деформируемого металла обратным и прямым выдавливанием. Соотношение скоростей обратного и прямого выдавливания определяется соотношением сечений выдавленных частей заготовки, активных и реактивных сил трения в момент штамповки.

Поковки реальных ступенчатых изделий могут иметь различные формы, размеры и объемы противолежащих ступеней с глухими полостями, в связи с чем окончательное заполнение ступеней истечением деформируемого металла происходит не одновременно, что обуславливает неравномерность деформации поковки. Первыми заполняются ступени с меньшим отношением объема к средней скорости истечения в них деформируемого металла заготовки (ступени малого объема и с большей средней скоростью их заполнения).

Таким образом, недостаток известного способа изготовления ступенчатой поковки с глухими полостями комбинированным выдавливанием деформируемого металла заключается в неравномерной деформации поковки, что обуславливает наличие растягивающих напряжений и зарождения дефектов (микротрещин, разрывов) поковки.

В основу изобретения положена задача повышения качества поковки путем управления кинематикой течения деформируемого металла для обеспечения равномерного заполнения верхней и нижней противолежащих ступеней с глухими полостями вне зависимости от соотношения их объемов.

Поставленная задача достигается тем, что в способе изготовления ступенчатой поковки с глухими полостями комбинированным выдавливанием в штамповой оснастке, при

## ВУ 20540 С1 2016.10.30

котором нагревают цилиндрическую металлическую заготовку, устанавливают ее на нижний пуансон, воздействуют на цилиндрическую заготовку верхним подвижным пуансоном, осуществляют формирование верхней и нижней противолежащих ступеней поковки с глухими полостями путем истечения деформируемого металла заготовки в соответствующие верхний и нижний калибры штамповой оснастки, образуемые матрицей, верхним подвижным и нижним пуансонами, верхним и нижним выталкивателями, прилагают дополнительные усилия к верхнему и/или нижнему торцам цилиндрической металлической заготовки через верхний и/или нижний выталкиватели, обеспечивая одновременное и равномерное заполнение верхнего и нижнего калибров деформируемым металлом цилиндрической заготовки.

Технический результат заявленного объекта проявляется в повышении качества изготовления поковки за счет равномерного заполнения верхней и нижней противолежащих ступеней поковки с глухими полостями и нивелирования значений напряжения. При создании противодействия течению деформируемого металла в верхний и нижний калибры штамповой оснастки деформацию поковки осуществляют в условиях всестороннего неравномерного сжатия.

Для лучшего понимания изобретения его поясняют фигурами, где:

фиг. 1 - известная схема комбинированного выдавливания: верхняя часть штамповой оснастки в конечном верхнем положении (КВП);

фиг. 2 - известная схема комбинированного выдавливания: верхняя часть штамповой оснастки в конечном нижнем положении (КНП);

фиг. 3 - график изменения напряжений в выдавливаемых ступенях поковки при штамповке по известному способу;

фиг. 4 - схема комбинированного выдавливания с приложением дополнительного усилия к верхнему торцу цилиндрической металлической заготовки через верхний выталкиватель: слева - верхняя часть штамповой оснастки в положении начала деформации, справа - верхняя часть штамповой оснастки в конечном нижнем положении (КНП);

фиг. 5 - схема комбинированного выдавливания с приложением дополнительных усилий к верхнему и нижнему торцам заготовки через верхний и нижний выталкиватели: слева - верхняя часть штамповой оснастки в положении начала деформации, справа - верхняя часть штамповой оснастки в конечном нижнем положении (КНП);

фиг. 6 - график изменения напряжений в выдавливаемых ступенях поковки при штамповке с противодействием течению деформируемого металла в верхнюю ступень поковки;

фиг. 7 - график изменения напряжений в выдавливаемых полостях поковки при штамповке с противодействием течению деформируемого металла в верхнюю ступень поковки и подчеканки торцевой поверхности нижней ступени поковки;

фиг. 8 - график изменения напряжений в выдавливаемых полостях поковки при штамповке с противодействием течению деформируемого металла в верхнюю и нижнюю ступени поковки.

Способ поясняют на примере изготовления поковки головки сменной торцового ключа S 32.

Предлагаемая технология изготовления ступенчатой поковки с глухими полостями комбинированным выдавливанием в штамповой оснастке, как и известная, включает нагрев цилиндрической металлической заготовки до температуры 680-750 °С и последующее полугорячее комбинированное выдавливание.

Полугорячее комбинированное выдавливание осуществляют на штамповой оснастке (фиг. 1, 2), включающей верхний пуансон 1, матрицу 2, верхний выталкиватель 3, установленные в обойме 4 верхней плиты штампа (верхняя плита на фигурах не показана), нижний пуансон 5, закрепленный на нижней плите 6, и нижний выталкиватель 7, установленный в траверсе 8 штампа. Траверса 8 установлена в штампе на колонках, подпружинен-

## ВУ 20540 С1 2016.10.30

на и снабжена тягами, закрепленными в верхней плите и используемыми для съема (выталкивания) отштампованной поковки (колонки и тяги на фигурах не показаны).

По известной технологии изготовление поковки осуществляют из заготовки 9 (фиг. 1) с одновременным формированием верхней 10 и нижней 11 противоположащих ступеней поковки 12 с глухими полостями путем истечения деформируемого металла в соответствующие калибры 13 и 14 штамповой оснастки, образуемые матрицей 2, верхним 1 и нижним 5 пуансонами и верхним 3 и нижним 7 выталкивателями.

Проведенные исследования кинематики течения металла при комбинированном выдавливании поковки по известной технологии показали, что скорость истечения металла в нижнюю ступень поковки (прямое выдавливание) больше скорости истечения металла в верхнюю ступень поковки (обратное выдавливание). Однако значительная разница объемов верхней и нижней ступеней поковки с глухими полостями (объем верхней ступени примерно в четыре раза меньше нижней) предопределила первоочередность заполнения верхней ступени поковки. Отношение объема  $V_{вс}$  верхней ступени к средней скорости  $v_{ср.вс}$  ее заполнения меньше отношения объема  $V_{нс}$  нижней ступени к средней скорости  $v_{ср.нс}$  ее заполнения ( $V_{вс}/v_{ср.вс} < V_{нс}/v_{ср.нс}$ ).

Истечение металла в верхнюю ступень поковки ограничивается по высоте верхним выталкивателем 3, истечение металла в нижнюю ступень поковки не ограничивается для возможности выхода избыточного объема заготовки.

В известной технологии изготовления ступенчатой поковки с глухими полостями комбинированным выдавливанием вначале окончательно формируют верхнюю ступень 10 поковки 12 обратным выдавливанием в условиях всестороннего неравномерного сжатия и затем осуществляют окончательное заполнение нижней ступени 11 поковки прямым выдавливанием со свободным истечением металла заготовки, что обуславливает неоднородность деформации при формообразовании поковки.

На завершающей стадии выдавливания среднее напряжение в верхней ступени 10 поковки 12 имеет значение 700-800 МПа (фиг. 3, кривая 1), а в нижней ступени 11 поковки 12 оно близко к нулевому значению (кривая 2). Напряжения в направлении течения металла (по оси  $z$ ) в нижней ступени поковки 12 - растягивающие  $\sigma_z > 0$ . Наличие растягивающих напряжений может вызывать зарождение дефектов в поковке (микротрещин, разрывов) и ухудшение механических характеристик.

В предлагаемом способе изготовления ступенчатой поковки с глухими полостями комбинированным выдавливанием в штамповой оснастке прилагают дополнительные усилия к верхнему и/или нижнему торцам цилиндрической металлической заготовки через верхний и/или нижний выталкиватели (фиг. 4 и 5), обеспечивая одновременное и равномерное заполнение верхнего и нижнего калибров деформируемым металлом цилиндрической заготовки.

Выдавливание деформируемого металла в каждую из ступеней осуществляют со средними скоростями истечения пропорциональными их объемам ( $V_{вс}/v_{ср.вс} = V_{нс}/v_{ср.нс}$ ).

Дополнительные усилия, прилагаемые к верхнему торцу заготовки через верхний выталкиватель (фиг. 4), позволяют создавать необходимое противодействие (притормаживание) течению металла в верхнюю ступень 10 поковки 12 для обеспечения одновременного равномерного заполнения обеих верхней 10 и нижней 11 ступеней поковки 12. Равномерное заполнение поковки уменьшает неоднородность деформации и значительно сокращает разницу значений средних напряжений в ступенях 10, 11 поковки 12.

На завершающей стадии процесса выдавливания среднее напряжение в верхней ступени поковки (фиг. 6, кривая 1) - 150 МПа, а в нижней ступени оно близко к нулевому значению (кривая 2). Для обеспечения одновременного заполнения полостей поковки требуется максимальное усилие противодействия в верхнюю ступень поковки  $P_{пр.1} = 45,3$  кН.

Создавая противодействие течению металла в обе ступени поковки путем приложения дополнительных усилий к верхнему и нижнему торцам заготовки (поковки) через верхний и нижний выталкиватели (фиг. 5), можно управлять кинематикой течения металла, обеспе-

чивая одновременное и равномерное заполнение верхнего и нижнего калибров штамповой оснастки деформируемым металлом в условиях всестороннего неравномерного сжатия.

Противодавление течению деформируемого металла в верхнюю 10 ступень поковки 12, в которой заполнение калибра деформируемым металлом происходит ранее, осуществляют с момента начала заполнения металлом соответствующего калибра 13, а противодавление течению деформируемого металла в противолежащую нижнюю 11 ступень поковки осуществляют на завершающей стадии штамповки путем подчеканки торцевой поверхности указанной ступени.

Подчеканку осуществляют на завершающей стадии штамповки, когда верхняя половина штамповой оснастки отстоит от конечного нижнего положения (КНП) на  $(0,01 + 0,3)$  рабочего хода ползуна прессы.

При создании противодавления течению металла в обе ступени поковки на завершающей стадии процесса выдавливания напряжения в ступенях сжимающие: среднее напряжение в верхней ступени поковки - 850 МПа (фиг. 7, кривая 1), в нижней ступени - 150 МПа (кривая 2). Для обеспечения одновременного заполнения полостей поковки требуется максимальное усилие противодавления в верхнюю ступень поковки  $P_{пр,1} = 44,5$  кН и в нижнюю ступень  $P_{пр,2} = 518$  кН.

Если противодавление течению деформируемого металла в нижнюю ступень поковки осуществляют на более ранней стадии процесса (фиг. 8), то на завершающей стадии выдавливания среднее напряжение в верхней ступени поковки - 600 МПа (кривая 1), в нижней ступени - 750 МПа (кривая 2). Разница значений средних напряжений в ступенях поковки минимальная. Для обеспечения одновременного заполнения полостей поковки требуется максимальное усилие противодавления в верхнюю ступень поковки  $P_{пр,1} = 120$  кН и в нижнюю ступень  $P_{пр,2} = 420$  кН.

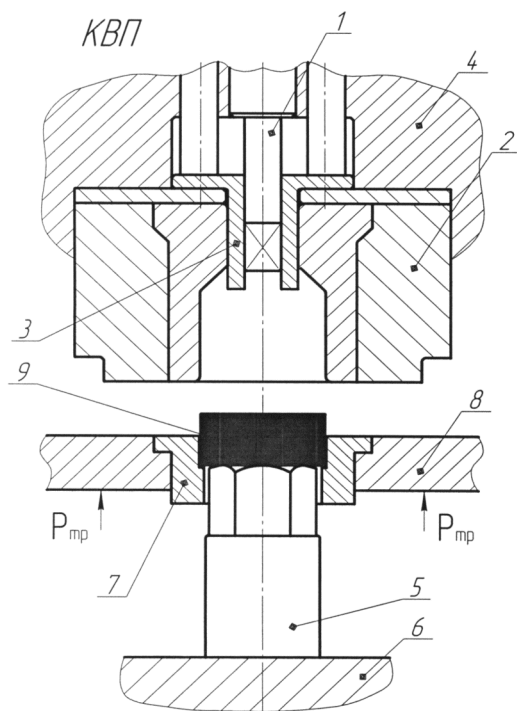
Таким образом, предлагаемый способ изготовления ступенчатой поковки с глухими полостями комбинированным выдавливанием в штамповой оснастке обеспечивает по сравнению с известным способом повышение качества изготовления поковки за счет равномерного заполнения обеих верхней и нижней ступеней поковки. При противодавлении течению деформируемого металла в ступень поковки, в которой заполнение калибра деформируемым металлом происходит ранее, повышение качества достигается за счет нивелирования значений напряжения в ступенях поковки. При противодавлении течению деформируемого металла в обе ступени поковки повышение качества достигается за счет деформации заготовки в условиях всестороннего неравномерного сжатия, что обеспечивает однородность деформации и близость значений средних напряжений в ступенях поковки.

Моделирование новой технологии на кривошипном прессе КВ 2132 усилием 160 тс показало, что предложенный способ изготовления ступенчатой поковки с глухими полостями комбинированным выдавливанием в штамповой оснастке изменяет кинематику течения металла при формообразовании поковки, обеспечивая оптимальные условия (режимы) ее формообразования.

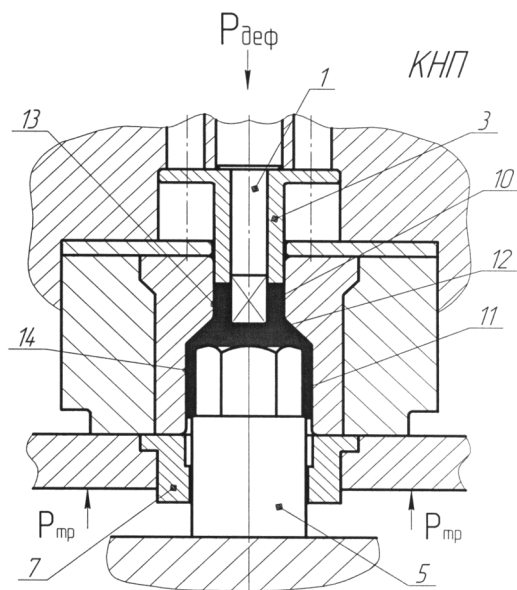
## Источники информации:

1. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т. / Ред. Совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 1987. - Т. 3. Холодная объемная штамповка / Под ред. Г.А.Навроцкого, 1987. - С. 143, рис. 25.

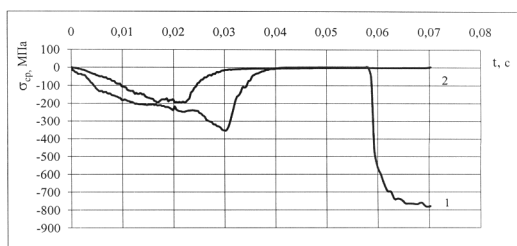
2. Рудович А.О., Клушин В.А. и др. Ресурсосберегающие технологии на КИЗ "СИ-ТОМО" / Под общ. ред. академика НАН Беларуси А.В.Степаненко. Прогрессивные технологии обработки металлов давлением: Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика АН БССР В.П.Северденко: В 2 ч. - Минск: УП "Экоперспектива", 2004. - Ч. 1. - С. 153-160.



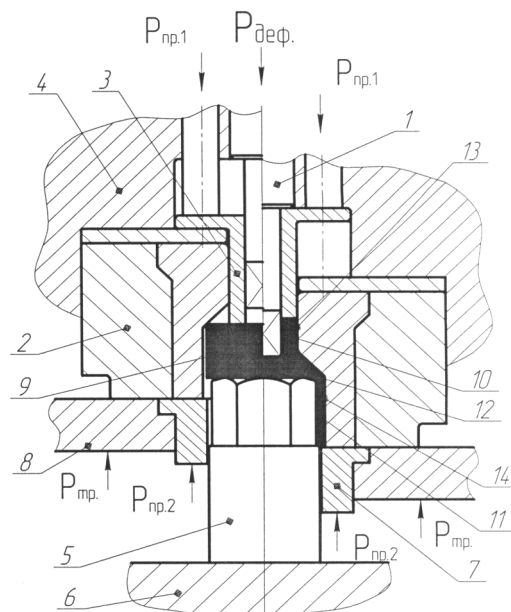
Фиг. 1



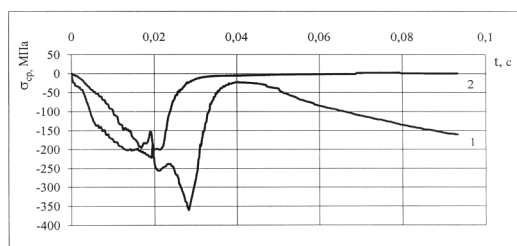
Фиг. 2



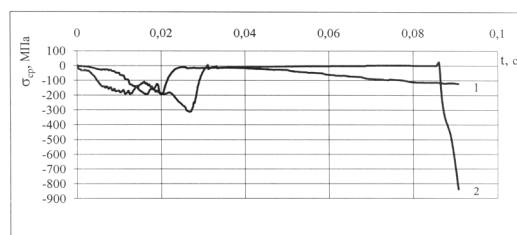
Фиг. 3



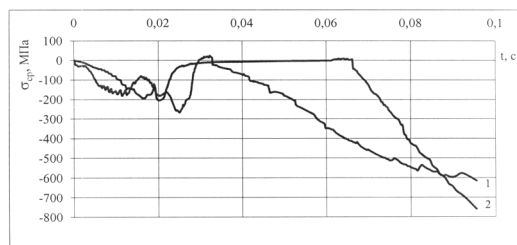
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8