

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 22138

(13) С1

(46) 2018.08.30

(51) МПК

B 21J 13/02 (2006.01)

B 21C 25/02 (2006.01)

(54) ШТАМП ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВЫДАВЛИВАНИЯ ИЗДЕЛИЯ ИЗ ЛИТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЗАГОТОВКИ

(21) Номер заявки: а 20160132

(22) 2016.04.14

(43) 2017.12.30

(71) Заявитель: Покровский Артур Игоревич (ВУ)

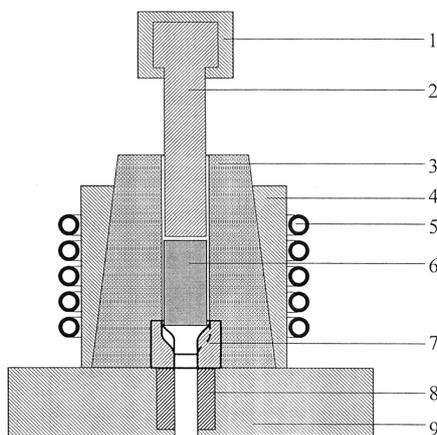
(72) Автор: Покровский Артур Игоревич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Покровский Артур Игоревич (ВУ)

(56) Северденко В.П. и др. Горячее гидродинамическое выдавливание режущего инструмента. - Минск: Наука и техника, 1974. - С. 95-97.
SU 1828779 A1, 1993.
RU 1800736 C, 1995.
RU 2562594 C2, 2015.
SU 927356, 1982.
SU 1281317 A1, 1987.
US 2007/0240480 A1, 2007.
WO 2013/147154 A1, 2013.

(57)

Штамп для горячего выдавливания изделия из литой цилиндрической заготовки, содержащий основание с отверстием, на котором расположен подогреваемый водоохлаждаемым индуктором контейнеродержатель, в котором установлен контейнер, пуансонодержатель, пуансон, установленный в пуансонодержателе с возможностью перемещения в контейнере, матрицу с сужающимся отверстием, запрессованную в контейнер и опирающуюся на калибрующую втулку, соединенную через отверстие в основании с закалочной ванной, отличающийся тем, что сужающееся отверстие матрицы образовано S-образными шлицами и впадинами между ними, форма которых обеспечивает плавное изменение степени деформации упомянутой заготовки и предотвращает образование сгустков.



Фиг. 1

ВУ 22138 С1 2018.08.30

Заявляемое изобретение относится к области машиностроения, в частности к обработке металлов давлением, и может быть использовано для формообразования изделий из малопластичных материалов, в частности чугунов, методом горячего гидродинамического выдавливания.

Горячая пластическая деформация широко используется для изготовления различных изделий из металлов и сплавов. Наиболее распространенными устройствами для горячей пластической деформации металлов и сплавов, пожалуй, являются разнообразные прокатные станы. Так, например, известен стан для поперечно-винтовой прокатки тел вращения, содержащий вращающуюся приводную головку с калиброванными приводными валками и правильно-подающий механизм, который может быть выполнен плавающим в осевом направлении [1].

Недостатками рассматриваемого аналога являются сравнительно высокая стоимость и дефектность изготавливаемых с его применением маломерных изделий, например заготовок для инструмента. Высокая стоимость в данном случае обусловлена относительно невысокой производительностью и сложностью оборудования, а дефектность - высокими температурными градиентами и тяжелыми условиями обработки. В связи с этим прокатное оборудование используется преимущественно для изготовления крупногабаритных изделий.

Для изготовления маломерных изделий более широкое распространение получила схема неравномерного всестороннего сжатия, в частности метод горячего гидродинамического выдавливания, который реализуется в конструкциях разнообразных штампов. Штампы по сравнению с прокатными станами характеризуются меньшими габаритами, меньшим энергопотреблением и большей производительностью.

Наиболее близким к заявляемому техническому решению, его прототипом является штамп для горячего гидродинамического выдавливания, содержащий контейнер, установленный в подогреваемом водоохлаждаемым индуктором контейнеродержателе, расположенном на основании с отверстием, пуансонодержатель с пуансоном, установленным с возможностью перемещения в упомянутом контейнере, в котором запрессована коническая матрица, опирающаяся на калибрующую втулку, соединенную через отверстие в основании с закалочной ванной [2]. Нагретая до температуры деформации заготовка устанавливается в контейнер, температура которого поддерживается на уровне 420-450 °С, затем пуансон приводится в движение с помощью, например, гидроцилиндра и продавливает заготовку через отверстие конической матрицы. Деформированная заготовка проходит через калибрующую втулку и попадает в закалочную ванну. В качестве смазки и промежуточной среды в процессе деформации используется графит.

Недостатком прототипа является низкий выход годных изделий из малопластичных материалов, в частности чугуна. По условиям течения металла через коническое отверстие матрицы весь пластический поток можно условно разделить на центральную часть и приповерхностную. Центральный поток движется вдоль оси матрицы, а приповерхностный - вдоль стенок конического отверстия под некоторым углом к оси. Поэтому для достижения выходного отверстия центральному потоку необходимо преодолеть меньшее расстояние, чем приповерхностному. Кроме того, температура центрального потока выше, а его вязкость по сравнению с приповерхностным ниже. Это связано как с трением о стенки матрицы, так и с появлением температурного градиента в результате охлаждения заготовки при ее контакте с контейнером штампа. Оба потока являются сплошными. Весь приповерхностный пластический поток, скользящий по коническим стенкам матрицы, сливается с центральным потоком в зоне перехода от конической части отверстия матрицы к цилиндрической. Размер этой зоны в плане определяется диаметром отверстия, а по высоте - в значительной мере радиусом кривизны профиля матрицы в области перехода ее конической части в цилиндрическую. Поскольку этот радиус слишком мал (для идеальных геометрических фигур равен нулю, а для реальных определяется особенностями техноло-

гического процесса формирования отверстия в матрице и, как правило, не задается технической документацией), то объем зоны взаимодействия потоков оказывается слишком мал, что способствует возникновению турбулентности. Границу перехода можно рассматривать как своего рода лезвие (эффект "скребка"), которое снимает с поверхности заготовки некоторый слой более холодного и вязкого материала. По мере продвижения заготовки через отверстие матрицы более холодный и вязкий материал накапливается вблизи выходного отверстия матрицы с образованием своего рода сгустка. При достижении критического размера сгустка поперечное сечение центрального потока, вязкость которого меньше, уменьшается и сопротивление деформации в целом существенно возрастает. Возрастающее давление пуансона обеспечивает проталкивание такого сгустка через отверстие матрицы, сопротивление деформации снижается, но при этом образуется пережим или трещины на поверхности детали. Далее цикл повторяется - растущий сгусток постепенно повышает сопротивление деформации и по достижении критического размера проталкивается через отверстие матрицы за счет возрастающего давления пуансона с образованием следующего пережима. В результате дефектную деталь приходится возвращать на переплавку.

Задачей заявляемого технического решения является повышение выхода годных изделий из малопластичных материалов.

Поставленная задача решается тем, что в штампе для горячего выдавливания изделия из литой цилиндрической заготовки, содержащем основание с отверстием, на котором расположен подогреваемый водоохлаждаемым индуктором контейнеродержатель, в котором установлен контейнер, пуансонодержатель, пуансон, установленный в пуансонодержателе с возможностью перемещения в контейнере, матрицу с сужающимся отверстием, запрессованную в контейнер и опирающуюся на калибрующую втулку, соединенную через отверстие в основании с закалочной ванной, сужающееся отверстие матрицы образовано S-образными шлицами и впадинами между ними, форма которых обеспечивает плавное изменение степени деформации упомянутой заготовки и предотвращает образование сгустков.

Сущность заявляемого технического решения заключается в стабилизации значений сопротивления деформации во времени за счет разделения процесса выдавливания на два этапа. Такое разделение позволяет рационально распределить более холодную и вязкую часть материала (сгустка) по высоте сужающегося отверстия матрицы, что предупреждает его накопление перед выходным отверстием и значительно облегчает истечение.

В исходном положении до начала деформации заготовки она контактирует своим торцом с закруглениями S-образных шлицов в верхней части отверстия матрицы. При воздействии на заготовку пуансона начинается процесс деформации с истечением металла в отверстие матрицы. Вначале в максимальной степени деформируется та часть заготовки, которая контактирует со шлицами. Закругленная форма верхней части шлицов обеспечивает максимально плавное изменение степени деформации в области контакта и предотвращает образование сгустков. Суммарный пластический поток, как и в случае прототипа, можно представить как комбинацию потока в центральной части заготовки и потока в ее приповерхностной области. Количество пластических составляющих потока в приповерхностной области соответствует количеству шлицов. Металл внутри этих составляющих течет как в сторону отверстия в матрице, конкурируя с пластическим потоком в центральной части заготовки, так и в области впадин матрицы, что существенно снижает взаимодействие приповерхностного и центрального потоков.

При достижении деформируемой заготовкой нижнего закругления шлицов она одновременно вступает в контакт с верхним закруглением впадин. Начинается вторая стадия деформации, при которой пластические потоки металла в области шлицов затухают, а потоки в области впадин между ними становятся доминирующими. Количество составляющих этого потока равно количеству впадин. Металл в этих областях течет в сторону

отверстия в матрице и конкурирует с пластическим потоком в центральной части заготовки. Поскольку впадины в своей нижней части также имеют закругления, обусловленные S-образной формой, то степень деформации материала изменяется плавно, область взаимодействия потоков в значительной мере распределяется по высоте, и сгустки материала не образуются.

Таким образом, приповерхностный пластический поток материала заготовки в процессе ее деформации при использовании заявляемого штампа, в отличие от прототипа, разделяется по высоте на две части. Сначала этот поток взаимодействует с центральным только своей "шлицевой" компонентой, а на некотором расстоянии по ходу течения металла - "впадинной". Размеры области взаимодействия приповерхностного пластического потока с центральным определяются высотой матрицы, которая зависит от соотношения радиусов ее отверстия на входе и выходе (т.е. от фактической степени деформации) и угла наклона S-образных поверхностей шлицов и впадин к оси отверстия в точках перегиба. Плавный переход сужающейся части отверстия в матрице от большего диаметра к меньшему за счет S-образной формы шлицов и впадин между ними существенно нивелирует фактор турбулентности при взаимодействии приповерхностного и центрального пластических потоков. Эффект "скребка" исчезает.

Сопротивление деформации в данном случае снижается как за счет распределения зоны взаимодействия потоков по высоте, так и за счет снижения турбулентности. Причем величина снижения сопротивления является достаточной для того, чтобы обеспечить снижение требований к форме заготовки. Так, прототип для нивелирования различия в скоростях пластических потоков предполагает использование заготовки с углублением в донной части. Заявляемый же штамп обеспечивает высококачественную обработку цилиндрических заготовок, изготовление которых гораздо проще и дешевле.

Размеры шлицов определяются требуемыми степенями деформации заготовки при формообразовании. Вполне очевидно, что их размеры в плане не могут превышать разницу радиусов на входе и на выходе отверстия в матрице. Также очевидно, что их высота не может быть больше высоты сужающейся части матрицы.

Угол наклона профиля S-образных шлицов и S-образных впадин между ними в точках перегиба к оси отверстия задает характер пластического течения материала. При увеличении этого угла сверх 45° "отраженный" поток будет противодействовать давлению пуансона, что приведет к существенному росту усилия деформации. Уменьшение этого угла до значения менее 15° приводит к необоснованному увеличению размеров матрицы и соответствующему увеличению затрат графита как промежуточной среды.

Сущность заявляемого технического решения поясняется фиг. 1-3, где на фиг. 1 приведено схематическое изображение заявляемого штампа, на фиг. 2 приведен вид сверху матрицы штампа, а на фиг. 3 приведено сечение этой матрицы по линии А-А* на фиг. 2.

Как видно из приведенных фигур, заявляемый штамп для горячего выдавливания изделий из малопластичных материалов содержит пуансонодержатель 1, в котором установлен пуансон 2 с возможностью перемещения в контейнере 3. Контейнер 3 удерживается контейнеродержателем 4, который подогревается индуктором 5 с водяным охлаждением. Обрабатываемая заготовка 6 устанавливается в контейнер 3 и опирается на матрицу 7, запрессованную в контейнере 3. В нижней части матрицы 7 расположена калибрующая втулка 8, которая установлена в отверстии основания 9. Контейнеродержатель 4 жестко установлен на основании 9 и удерживает конструкцию в сборе во время работы. Матрица 7 снабжена сужающимся отверстием с радиусом на входе R и радиусом на выходе r с осью O . В сужающемся отверстии матрицы 7 расположены шлицы 10, чередующиеся с впадинами 11. S-образная поверхность шлица, максимально приближенная к оси O , ограничена образующей поверхности шлица 10^* , а S-образная поверхность впадины, максимально удаленная от оси O , ограничена образующей поверхности впадины 11^* . Угол наклона образующей поверхности шлица 10^* в точке перегиба s_1 обозначен через α , а угол

наклона образующей поверхности впадины 11* в точке перегиба s_2 обозначен через β . Направления течения составляющих пластического потока внутри отверстия матрицы указаны фигурными стрелками.

Заявляемый штамп для горячего выдавливания изделий из малопластичных материалов работает следующим образом.

Нагретую до рабочей температуры заготовку 6 устанавливают в контейнер 3 на графитный пресс-остаток, сохраняющийся от предшествующего цикла (на фигурах не показан во избежание их загромождения) и расположенный на матрице 7. Для более точной центровки заготовки и снижения ее трения о стенки контейнера может быть дополнительно использован стакан из графита. Контейнер 3 подогревается до рабочей температуры 420-450 °С с помощью водоохлаждаемого индуктора 5. Теплопередающей средой в данном случае является контейнеродержатель 4. Пуансон 2, установленный в пуансонодержателе 1, приводится в действие, например, с помощью гидроцилиндра (на фигурах не показан) и выдавливает заготовку 6 через отверстие матрицы 7. Деформированная заготовка проходит через калибрующую втулку 8, установленную в отверстии основания 9, и далее в закалочную ванну (на фигурах не показана).

При прохождении заготовки 6 через отверстие матрицы 7 она на первом этапе подвергается деформации за счет воздействия шлицов 10. Совокупный пластический поток на этом этапе можно представить как суперпозицию его составляющей в центральной части заготовки, направление течения которой обусловлено преимущественно воздействием пуансона и окаймляющих ее составляющих вблизи шлицов, количество которых равно количеству шлицов, а направление течения обусловлено S-образным профилем шлицов 10.

Глубина составляющих пластического потока вблизи шлицов (расстояние от поверхности заготовки до слияния с центральным потоком, т.е. до той точки, в которой направления течения обоих потоков начинают совпадать) зависит от ряда факторов, наиболее существенными среди которых являются угол наклона α образующей поверхности шлица 10* в точке перегиба s_1 к оси отверстия, а также радиуса ее кривизны в начальной и конечной точках. С увеличением радиуса кривизны и значения α эта глубина возрастает. Поскольку температура составляющих пластического потока вблизи шлицов ниже, а ее вязкость больше, то после охлаждения заготовки соответствующие им области оказываются упрочненными в большей степени, чем центральная часть заготовки. Расположение областей повышенного упрочнения совпадает с расположением шлицов. В то же время уменьшение радиусов кривизны и значения угла α (сглаживание профиля отверстия в матрице) приводит к уменьшению глубины окаймляющих потоков, выравниванию структуры материала заготовки по всему объему.

Дальнейшее движение заготовки через отверстие матрицы сопровождается ее пластической деформацией за счет взаимодействия с S-образными поверхностями впадин 11. Пластические потоки, обусловленные взаимодействием материала заготовки со шлицами, в этот момент почти исчезают, зато интенсифицируются потоки в областях взаимодействия заготовки с впадинами. Глубина этих потоков определяется уже углом наклона β образующей поверхности впадин 11* в точке перегиба s_2 . Если $\alpha = \beta$, то глубины этих потоков и размеры соответствующих им упрочненных областей совпадают. Особенности структуры деформированной заготовки в этом случае также определяются различием скоростей течения пластических потоков в ее центральной и периферийной частях. Чем меньше значения α и β , тем равномернее структура. Если же, например, $\alpha = 0,5\beta$ (или наоборот, $\alpha = 2\beta$), то глубина и характеристики упрочненных областей, сформированных под влиянием впадин, будут сильно отличаться от глубин и характеристик упрочненных областей, сформированных под влиянием шлицов. В этом случае структура заготовки после охлаждения будет максимально неоднородной. Ее можно представить как многожильную, где центральную жилу, образованную пластическим потоком в центральной части заготовки, окаймляют жилы, образованные приповерхностными пластическими потоками.

Окаймляющие жилы, образованные в результате взаимодействия материала заготовки со шлицами и впадинами, значительно отличаются между собой по свойствам и чередуются друг с другом. Если перед началом деформации на боковой поверхности заготовки начертить линию (окружность), то по окончании деформации она станет волнистой, а количество и расположение изгибов будет точно соответствовать расположению шлицов и впадин. В результате формирования такой многожильной структуры заметно повышаются упругие и другие эксплуатационные свойства готового изделия. Поэтому фактический профиль отверстия в матрице (углы α и β , радиусы кривизны образующих) выбирается с учетом данного фактора и требуемых характеристик полученного изделия.

Таким образом, разделение процесса деформации на две стадии, реализуемые непрерывно-последовательно в едином технологическом цикле, позволяет разделить область взаимодействия центрального и приповерхностного пластического потоков при деформации заготовки на две части, распределенные по высоте матрицы. Это предупреждает образование в области взаимодействия потоков сгустков материала, ответственных за появление дефектов типа пережимов и трещин, стабилизирует величину сопротивления деформации и способствует формированию многожильной структуры деформированной заготовки, обеспечивающей повышение эксплуатационных характеристик готового изделия.

Заявляемый штамп может быть также использован и для формообразования изделий из высокопластичных материалов. В этом случае положительный эффект от его использования заключается в повышении максимально возможной степени деформации, реализуемой за один проход. При этом изделия, формируемые с использованием прототипа за два технологических цикла деформации, при использовании заявляемого штампа могут быть изготовлены за один цикл при сохранении высокого качества.

Испытания заявляемого штампа для горячего выдавливания изделий из малопластичных материалов проводили при деформации образцов из чугуна.

В качестве исходных использовали литые цилиндрические заготовки диаметром 40,8 мм, полученные методом литья в песчаные формы чугуна марки ВЧ-50. Заготовки нагревали токами высокой частоты в индукторе до температуры 900-1000 °С, помещали в контейнер заявляемого штампа и проводили горячую пластическую деформацию. Степень и условия деформации задавались конструктивными особенностями штампа, которые указаны в таблице. Для сравнения такие же образцы изготавливали на штампе-прототипе. Влияние конструктивных особенностей штампа на выход годных изделий и их качество приведено в таблице.

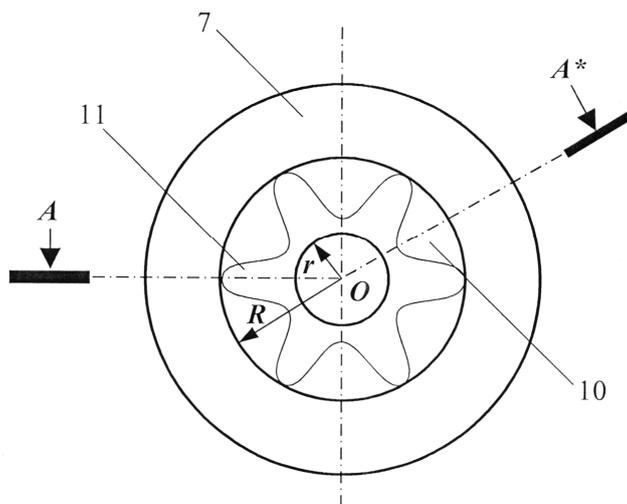
Из приведенных данных видно, что заявляемый штамп для горячего выдавливания изделий из малопластичных материалов обеспечивает формообразование изделий из чугуна со степенью деформации вплоть до 80 % с высоким выходом годных, в то время как использование прототипа возможно лишь для небольших степеней деформации при существенном количестве брака. Равномерное распределение упрочненных областей вдоль изделия, отражающих пластическое течение материала в процессе деформации, и отсутствие дефектов свидетельствует об отсутствии периодического накопления сгустков вблизи выходного отверстия матрицы и стабилизации сопротивления деформации.

Влияние конструктивных особенностей штампа на выход годных изделий

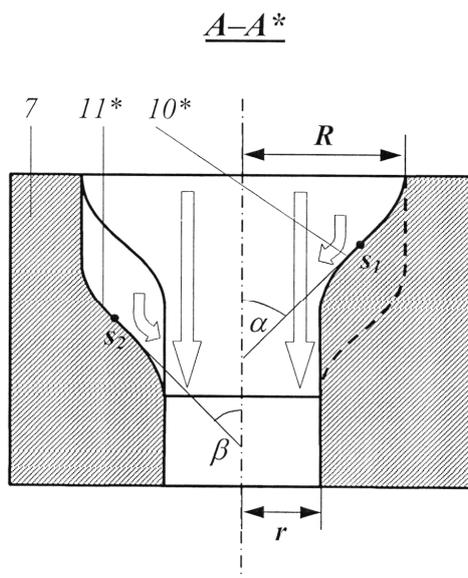
№ п/п	Характеристики штампа			Выход годных, %	Примечание	
	Степень деформации, %	α , град	β , град			
1	10	45	45	100	равномерный упрочненный слой на поверхности заготовок с незначительными элементами многожильной структуры	
2	20	45	45	100		
3	40	45	45	100		
4	60	45	45	100		
5	80	45	45	99		
6	10	Прототип		98	высокая неоднородность упрочненного слоя, повышенное сопротивление деформации, пережимы, трещины	
7	20			95		
8	40			56		
9	60			-		брак 100 %, пережимы
10	80			-		брак 100 %, пережимы
11	40	50	50	99	повышенное сопротивление деформации	
12	40	30	30	100	равномерный упрочненный слой на поверхности заготовок с элементами многожильной структуры	
13	40	15	15	100		
14	40	10	10	100	высокий расход графита	
15	40	45	15	100	многожильная структура упрочненного слоя	
16	40	15	45	100		
17	40	15	15	100	структура относительно однородная	

Источники информации:

1. А.с. СССР 202851, МПК В21В, 1967.
2. Северденко В.П., Мурас В.С., Суходрев Э.Ш. Горячее гидродинамическое выдавливание режущего инструмента. - Минск: Наука и техника, 1974. - С. 95-97 (прототип).



Фиг. 2



Фиг. 3