

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 24255

(13) С1

(46) 2024.04.05

(51) МПК

В 21D 22/02 (2006.01)

(54)

ШТАМП ДЛЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

(21) Номер заявки: а 20220141

(22) 2022.05.31

(43) 2024.02.28

(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный аграрный технический университет" (ВУ)

(72) Авторы: Толочко Николай Константинович; Романюк Николай Николаевич; Авраменко Павел Викторович; Сокол Ольга Васильевна; Кравцов Вячеслав Борисович; Копчик Денис Игоревич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный аграрный технический университет" (ВУ)

(56) ВУ 23392 С1, 2021.

TAKEO NAKAGAWA et al. Proceedings of the twenty-fifth international machine tool design and research conference. Birmingham, 1985, p. 505-510.

ТОЛОЧКО Н.К. и др. Прямое изготовление металлических деталей с применением ЛОМ-технологии. Литье и металлургия, 2018, № 1, с. 137-141.

ТОЛОЧКО Н.К. и др. Аддитивные технологии: Проблема ступенчатого рельефа поверхности. Агропанорама, 2019, № 2, с. 12-15.

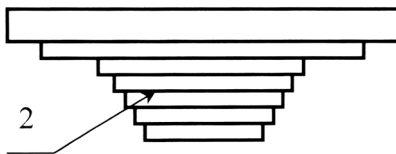
US 5031483, 1991.

EP 0775550 A1, 1997.

RU 2057608 С1, 1996.

(57)

Штамп для листовой штамповки, содержащий выполненные из соединенных между собой листовых выкроек матрицу и пуансон, формообразующие поверхности которых имеют ступенчатый рельеф, отличающийся тем, что матрица и пуансон выполнены из листовых выкроек, материал которых имеет твердость в 2,5-2,6 раза меньше твердости материала листовой заготовки, подвергаемой штампованию.



Фиг. 1

Изобретение относится к обработке металлов давлением, в частности к листовой штамповке.

Известны штампы для листовой штамповки, содержащие металлическую матрицу и пуансон [1].

ВУ 24255 С1 2024.04.05

Шероховатость поверхности деталей, получаемых в таких штампах, непосредственно определяется шероховатостью рабочих формообразующих поверхностей матрицы и пуансона [2]. Поэтому для снижения шероховатости поверхности отштампованных деталей применяют матрицы и пуансоны с низкой шероховатостью формообразующих поверхностей. Для этого при изготовлении матриц и пуансонов по традиционным технологиям металлообработки их формообразующие поверхности подвергают шлифованию и полированию [3].

Изготовление матриц и пуансонов по традиционным технологиям является длительным и дорогостоящим. Сравнительно быстро и дешево можно изготавливать матрицы и пуансоны с использованием аддитивной SL-технологии (Sheet Lamination) [4]. Согласно SL-технологии матрицы и пуансоны изготавливают из листовых металлических выкроек определенной конфигурации. Эти выкройки получают путем контурного раскроя исходных металлических листов, после чего их пакетируют (укладывают в стопку) и соединяют между собой.

Особенность матриц и пуансонов, изготовленных по SL-технологии, состоит в наличии ступенчатого рельефа на наклонных или криволинейных участках их формообразующих поверхностей, что является неизбежным следствием послойного характера изготовления изделий, присущего SL-технологии.

Наиболее близким аналогом (прототипом) заявляемого штампа является штамп для листовой штамповки, содержащий матрицу и пуансон, выполненные из соединенных между собой листовых выкроек, так что формообразующие поверхности матрицы и пуансона имеют ступенчатый рельеф [5].

Наличие ступенчатого рельефа формообразующих поверхностей матрицы и пуансона в штампе-прототипе обусловлено, как отмечалось выше, изготовлением матрицы и пуансона по SL-технологии.

При изготовлении матриц и пуансонов по SL-технологии толщина металлических выкроек может варьироваться в широких пределах - от десятых долей миллиметра до нескольких миллиметров. Причем чем больше толщина листовых выкроек, тем меньше количество их требуется для изготовления матриц и пуансонов и, соответственно, тем меньше длительность и стоимость изготовления. Однако с увеличением толщины листовых выкроек становится все более ярко выраженным ступенчатый рельеф формообразующих поверхностей матриц и пуансонов. Наличие этого рельефа существенно ограничивает или вовсе делает невозможным применение матриц и пуансонов для листовой штамповки. Это объясняется тем, что ступенчатый рельеф формообразующих поверхностей матриц и пуансонов откладывает свой отпечаток на поверхностях штампуемых изделий, что может быть крайне нежелательным и даже недопустимым с учетом требований, предъявляемых к качеству изделий.

В свою очередь, откладывание отпечатка ступенчатого рельефа поверхностей матриц и пуансонов на поверхностях штампуемых изделий обусловлено сравнительно высокой твердостью материала матриц и пуансонов, которая обычно значительно выше твердости материала штампуемых изделий.

Для предотвращения нежелательного влияния ступенчатого рельефа формообразующих поверхностей матриц и пуансонов, изготовленных по SL-технологии, на качество поверхности штампуемых изделий используют разные технические приемы. Обычно ступенчатый рельеф формообразующих поверхностей матриц и пуансонов, изготовленных по SL-технологии, сглаживают в процессе постобработки: сначала ступеньки рельефа удаляют фрезерованием, после чего поверхности шлифуют и полируют [4]. Также применяют специальные накладки, которые изготавливают из листовых металлических заготовок и устанавливают на формообразующих поверхностях матрицы и пуансона, обладающих ступенчатым рельефом, благодаря чему в процессе штампования поверхности штампуемых изделий предохраняются от нежелательного отпечатывания на них сту-

пенчатого рельефа [6]. Однако такие приемы приводят к увеличению длительности и стоимости изготовления штамповой оснастки в целом.

Таким образом, недостаток штампа-прототипа заключается в том, что получаемые с помощью листовой штамповки изделия имеют большую шероховатость поверхности, обусловленную наличием на ней отпечатков ступенчатого рельефа формообразующих поверхностей матриц и пуансонов, а предотвращение нежелательного влияния ступенчатого рельефа проведением постобработки матриц и пуансонов или применением предохранительных накладок приводит к увеличению длительности и стоимости изготовления штамповой оснастки.

Задача заявляемого изобретения заключается в обеспечении малой шероховатости поверхности получаемых листовой штамповкой деталей путем сглаживания ступенчатого рельефа формообразующих поверхностей матрицы и пуансона в процессе штампования.

Особенность поставленной задачи заключается в том, что сглаживание ступенчатого рельефа формообразующих поверхностей матрицы и пуансона должно осуществляться непосредственно в процессе штампования, а не в процессе какой-либо постобработки, причем для осуществления сглаживания ступенчатого рельефа не должны использоваться какие-либо специальные приспособления, включая предохранительные накладки.

Поставленная задача достигается тем, что в штампе для листовой штамповки, содержащем выполненные из соединенных между собой листовых выкроек матрицу и пуансон, формообразующие поверхности которых имеют ступенчатый рельеф, согласно изобретению, матрица и пуансон выполнены из листовых выкроек, материал которых имеет твердость в 2,5-2,6 раза меньше твердости материала листовой заготовки, подвергаемой штампованию.

С помощью заявляемого штампа можно получать изделия как гибочной, так и вытяжной листовой штамповкой.

Сущность изобретения поясняется фиг. 1-3.

На фиг. 1 схематично изображен пуансон 2 в исходном состоянии, т. е. до штампования.

На фиг. 2 схематично изображена матрица 1 в исходном состоянии, т. е. до штампования. Подвергаемая штампованию листовая заготовка 3 расположена на матрице 1.

И матрица 1, и пуансон 2 выполнены из соединенных между собой листовых выкроек, так что формообразующие поверхности матрицы и пуансона имеют ступенчатый рельеф.

На фиг. 3 схематично изображен штамп после штампования, содержащий матрицу 1 и пуансон 2. В результате штампования, выполняемого воздействием пуансона 2 на листовую заготовку, она пластически деформируется и превращается в изделие 4, имеющее форму, соответствующую формообразующим поверхностям матрицы 1 и пуансона 2. В процессе штампования выступы ступенек матрицы 1 и пуансона 2 сминаются, поскольку материал листовых выкроек, из которых выполнены матрица 1 и пуансон 2, имеет твердость в 2,5 или более раз меньше твердости материала листовой заготовки, подвергаемой штампованию. Как следствие, ступенчатый рельеф сглаживается и не отпечатывается на поверхности отштампованного изделия.

Сущность изобретения дополнительно поясняется результатами описываемых ниже экспериментов по вытяжной листовой штамповке с разным соотношением твердости материала листовых выкроек, из которых изготовлены матрица и пуансон, h_b , и материала листовой заготовки, подвергаемой штампованию, h_3 .

При проведении экспериментов использовали в разных комбинациях листовые выкройки и листовые заготовки из различных марок алюминиевых сплавов ($h = 125$ или 174 НВ), латуни ($h = 115$ или 160 НВ), а также пластика на основе полиамида ($h = 61$ НВ).

Рабочие формообразующие поверхности матрицы и пуансона имели вид усеченных конусов. Они были составлены из наборов листовых заготовок в виде колец в случае мат-

риц и виде дисков в случае пуансонов. Листовые заготовки имели вид дисков. Соответственно, отштампованные изделия имели форму тарелок.

Боковые рабочие поверхности матрицы и пуансона имели ступенчатый рельеф с высотой ступенек, равной толщине листовых выкровок. Обычно этот рельеф отпечатывается на боковой поверхности отштампованных изделий в форме тарелок при условии, когда материал листовых выкровок матрицы и пуансона тверже материала листовой заготовки, т. е. когда $h_B > h_3$ [6]. Поэтому во избежание этого нежелательного явления, казалось бы, достаточно обеспечить обратное условие, когда материал листовых выкровок матрицы и пуансона мягче материала листовой заготовки, т. е. когда $h_B > h_3$, благодаря чему выступы ступенек на поверхности матрицы и пуансона будут сминаться в процессе штампования, не вызывая отпечатков на поверхности листовой заготовки.

Однако, как показывают результаты экспериментов, это обратное условие требует уточнения. Дело в том, что если материал листовой заготовки незначительно тверже материала листовых выкровок, т. е. отношение $\gamma = h_3/h_B$ недостаточно велико, то наряду со смятием выступов ступенек на поверхности листовой заготовки все же образуется ступенчатый рельеф. По мере увеличения отношения γ смятие выступов ступенек становится более сильным, а ступенчатый рельеф менее заметным. Наконец, при превышении некоторого критического отношения γ_k ступенчатый рельеф перестает образовываться вообще.

Соответствующие результаты экспериментов представлены в таблице.

№ опыта	h_B , НВ	h_3 , НВ	$\gamma = h_3/h_B$	Наличие смятия ступенек	Наличие отпечатков ступенек
1	174	125	0,7($\gamma_1 < 1$)	есть	есть
2	160	115	1,4($\gamma_2 > 1$)	есть	есть
3	125	61	2,0($\gamma_3 > 1$; $\gamma_3 > \gamma_2$)	есть	есть
4	160	61	2,6($\gamma_4 > 1$; $\gamma_4 > \gamma_3$)	есть	нет

В экспериментах использовали разные марки алюминиевых сплавов и латуни, пластик на основе полиамида, из которых готовили листовые выкровки матрицы и пуансона либо листовой заготовки; кроме того, из алюминиевых сплавов и латуни готовили листовые заготовки. При проведении испытаний листовые выкровки матрицы и пуансона, с одной стороны, и листовые заготовки, с другой стороны, брали попарно в разных сочетаниях, так чтобы получались различные значения отношения γ .

В опыте 1 для сравнения представлен случай испытаний, когда $h_B > h_3$ ($\gamma < 1$), что соответствует штампу-прототипу. Ввиду того что отношение γ недостаточно мало ($\gamma_1 = 0,7$), наряду с образованием ступенчатого рельефа наблюдается смятие выступов ступенек.

В опытах 2-4 представлены случаи испытаний, когда $h_B < h_3$ ($\gamma > 1$). При этом в опытах 2 и 3 отношение γ недостаточно велико ($\gamma_2 = 1,4$ и $\gamma_3 = 2$), поэтому наряду со смятием выступов ступенек на поверхности листовой заготовки все же образуется ступенчатый рельеф. В противоположность этому в опыте 4 отношение γ достигает такого значения ($\gamma_4 = 2,6$), превышающего некоторое критическое значение γ_k , начиная с которого в процессе штампования происходит смятие выступов ступенек на поверхности матрицы и пуансона, но отпечатки на поверхности листовой заготовки не образуются, что соответствует заявляемому штампу.

Как видно из таблицы, ступенчатый рельеф перестает образовываться при условии, когда отношение γ равно или превышает критическое значение $\gamma_k \approx 2,5$.

Сущность изобретения также поясняется фиг. 4-9, которые иллюстрируют результаты экспериментов, представленных в таблице.

На фиг. 4 показан пуансон в исходном состоянии, т. е. до штампования (он состоит из листовых выкроек, выполненных из пластика на основе полиамида). Боковые стенки формообразующей поверхности пуансона обладают ступенчатым рельефом. Как видно на фиг. 4, ступеньки пуансона имеют четко обозначенные выступы.

На фиг. 5 показан тот же пуансон, что и на фиг. 4, но после штампования. Как видно на фиг. 5, выступы ступенек пуансона в результате штамповки подвергаются смятию, так что ступенчатый рельеф оказывается сглаженным (аналогичному смятию подвергаются выступы ступенек матрицы).

На фиг. 6-9 показаны типичные изделия в форме тарелки из латуни, отштампованные при разных значениях γ .

На фиг. 6 показано изделие, отштампованное при условии $\gamma < \gamma_k$ ($\gamma = 1,4$), с вогнутой поверхностью, имеющей отпечатки ступенчатого рельефа пуансона.

На фиг. 7 показано изделие, отштампованное при условии $\gamma < \gamma_k$ ($\gamma = 1,4$), с выпуклой поверхностью, имеющей отпечатки ступенчатого рельефа матрицы.

На фиг. 8 показано изделие, отштампованное при условии $\gamma < \gamma_k$ ($\gamma = 2,6$), с вогнутой поверхностью без отпечатков ступенчатого рельефа.

На фиг. 9 показано изделие, отштампованное при условии $\gamma < \gamma_k$ ($\gamma = 2,6$), с выпуклой поверхностью без отпечатков ступенчатого рельефа.

Таким образом, для того чтобы обеспечить штамповку без отпечатков ступенчатого рельефа, следует понижать твердость материала листовых выкроек матрицы и пуансона по сравнению с твердостью материала листовой заготовки, т. е. увеличивать значение γ до значений, равных или превышающих критическое значение γ_k . Очевидно, что это увеличение не может быть беспредельным. Максимально допустимыми являются такие значения γ , при которых затрудняется реализация процесса штампования, когда требуется существенно увеличивать усилия прессования или предотвращать возможное повреждение матрицы и пуансона. Такие значения γ определяются экспериментально с учетом конкретных условий штампования.

Заявляемый штамп позволяет получать штампованные металлические изделия, шероховатость поверхности которых определяется только исходной шероховатостью поверхности листовой металлической заготовки и не зависит от шероховатости формообразующей поверхности матрицы и пуансона. Как следствие, становится экономически выгодным применять матрицы и пуансоны, изготовленные по SL-технологии, поскольку благодаря подбору оптимальных соотношений твердости материала листовых выкроек, из которых изготовлены матрица и пуансон, и материала листовой заготовки, подвергаемой штампованию, устраняется отрицательное влияние ступенчатого рельефа формообразующих поверхностей матрицы и пуансона, характерного для изделий, получаемых по SL-технологии. При этом отпадает необходимость в целенаправленном сглаживании ступенчатого рельефа формообразующих поверхностей матриц и пуансонов путем специальной постобработки (фрезерование, шлифование, полирование) или в изготовлении специальных предохранительных накладок, что ведет повышению длительности и стоимости процесса штампования. Это обусловлено тем, что ступенчатый рельеф сглаживается в процессе штампования.

Преимущество заявляемого штампа также состоит в том, что матрицы и пуансоны со ступенчатым рельефом формообразующих поверхностей, у которых выступы ступенек были подвергнуты смятию при первоначальном штамповании, можно использовать многократно, т. е. заявляемый штамп позволяет изготавливать изделия партиями.

Источники информации:

1. БИЛИБИН К.И. и др. Холодная штамповка: учеб. пособие. Москва: Изд-во М1 ТУ им. Н.Э. Баумана, 2010, 68 с.

ВУ 24255 С1 2024.04.05

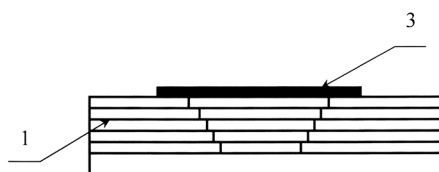
2. ВЛАДИМИРОВ В.М. и др. Справочник молодого слесаря по штампам и пресс-формам. Москва: Высш. школа, 1979, 248 с.

3. НИКИТЕНКО В.М. и др. Штампы листовой штамповки. Технология изготовления штамповой оснастки: текст лекций, в 2 ч. Ч. 1, УЛГТУ, 2010, 68 с.

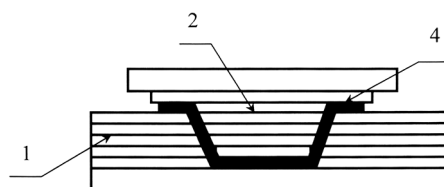
4. ТОЛОЧКО Н.К. и др. Аддитивные технологии: проблема ступенчатого рельефа поверхности. Агропанорама. 2019, № 2, с. 12-16.

5. NAKAGAWA T. et al. Laser Cut Sheet Laminated Forming Dies by Diffusion Bonding. Proceedings of the 25th International Machine Tool Design and Research Conference, L. of Birmingham, England, April 22-24, 1985, p. 505-510.

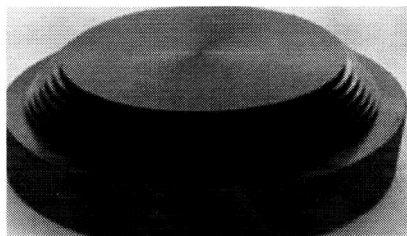
6. ВУ 23392, 2021.



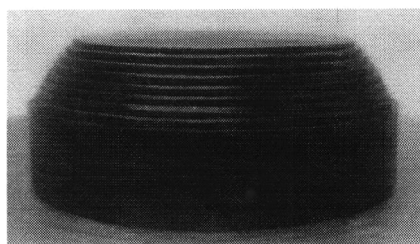
Фиг. 2



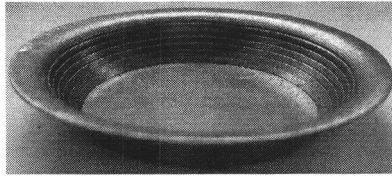
Фиг. 3



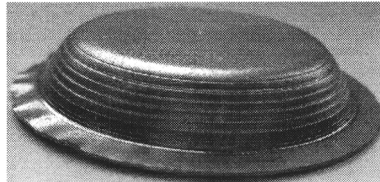
Фиг. 4



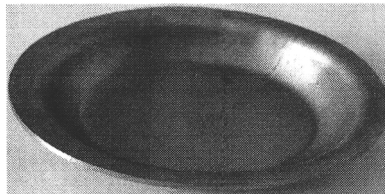
Фиг. 5



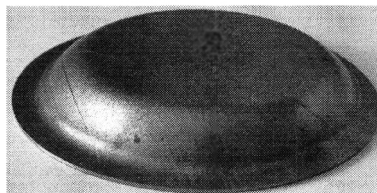
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9