



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 147658

(13) U

(51) МПК

B21D 26/12 (2006.01)

B21D 26/021 (2011.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки:	u 2020 07962	(72) Винахідник(и):	Косенков Віктор Михайлович (UA), Тищенко Федір Миколайович (UA), Коломійцева Любов Павлівна (UA)
(22) Дата подання заявки:	14.12.2020	(73) Володілець (володільці):	ІНСТИТУТ ІМПУЛЬСНИХ ПРОЦЕСІВ І ТЕХНОЛОГІЙ НАН УКРАЇНИ, пр. Богоявленський, 43-а, м. Миколаїв, 54018 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	03.06.2021		
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію:	02.06.2021, Бюл.№ 22		

**(54) СПОСІБ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО ШТАМПУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ПОДОВЖЕНОЇ КОРОБЧАСТОЇ ФОРМИ**

**(57) Реферат:**

Спосіб електрогідрравлічного штампування деталей подовженої коробчастої форми включає первинне деформування листової заготовки та її остаточне формоутворення імпульсними хвилями тиску, що генерують електричні розряди в розрядній камері з заданими напругою та індуктивністю розрядного контуру генератора імпульсних струмів, та здійснюють - первинне деформування заготовки при попередньому розміщенні в матриці гумового вкладиша, а остаточне формоутворення - при видаленні гумового вкладиша з матриці. При цьому електричні розряди здійснюють при введенні до розрядного контуру генератора імпульсних струмів котушки індуктивності, індуктивність якої складає величину від 70 до 100 мкГн.

UA 147658 U

UA 147658 U

Корисна модель належить до галузі обробки матеріалів тиском, зокрема з використанням енергії електричного розряду у воді, а саме - до технологій імпульсного електрогідравлічного (ЕГ) штампування матеріалів під впливом імпульсного тиску.

Як аналог прийнято спосіб штампування деталей коробчастої форми, який реалізовано в пристрої для штампування деталей коробчастої форми імпульсними джерелами енергії (патент України № 115602, МПК В21D 26/12, опубл. 25.04.2017. Бюл. № 8), за яким здійснюють первинне деформування листової заготовки та її остаточне формоутворення шляхом дії імпульсів тиску рідини на заготовку, яка затиснута між матрицею і розрядною камерою, які здійснюють - первинне деформування заготовки при попередньому розміщенні в матриці гумового вкладиша, а остаточне формоутворення - при видаленні гумового вкладиша з матриці.

Ознаками, які збігаються з суттєвими ознаками корисної моделі, що заявляється, є такі: первинне деформування листової заготовки та її остаточне формоутворення шляхом дії імпульсів тиску рідини на заготовку, яка затиснута між матрицею і розрядною камерою, які здійснюють - первинне деформування заготовки при попередньому розміщенні в матриці гумового вкладиша, а остаточне формоутворення - при видаленні гумового вкладиша з матриці.

Причина, що перешкоджає одержанню очікуваного технічного результату, є така: спосіб не забезпечує якісне електрогідравлічне штампування деталі подовженої коробчастої форми.

Як найближчий аналог прийнято спосіб штампування деталей коробчастої форми, який реалізовано в способі електрогідравлічного штампування деталей подовженої коробчастої форми (Пат. 121822, Україна, МПК В21D 26/12 (2006.01), В21D 26/021 (2011.01). опубл. 27.07.20, Бюл. №14.). Спосіб включає первинне деформування листової заготовки та її остаточне формоутворення шляхом дії імпульсів тиску рідини на заготовку, яка затиснута між матрицею і розрядною камерою, які здійснюють - первинне деформування заготовки при попередньому розміщенні в матриці гумового вкладиша, а остаточне формоутворення - при видаленні гумового вкладиша з матриці, при цьому використовують гумовий вкладиш сідлоподібної форми, модуль Юнга гуми не менший 5 МПа, а його розміри визначають попередньо зі співвідношень:

$$L-2,2 \cdot B \leq L-1,8 \cdot B,$$

$$L_1 = L-2,5 \cdot B,$$

$$0,8 \cdot H \leq h_{\max} \leq H,$$

$$0,6 \cdot H \leq h_{\min} \leq 0,8 \cdot H,$$

$$b = B,$$

де  $L$  - довжина порожнини матриці; при цьому  $L \geq 2,5 \cdot B$ ,

$B$  - ширина порожнини матриці;

$H$  - глибина порожнини матриці;

$l$  - максимальна довжина гумового вкладиша сідлоподібної форми;

$l_1$  - мінімальна довжина гумового вкладиша сідлоподібної форми;

$h_{\max}$  - максимальна висота гумового вкладиша сідлоподібної форми;

$h_{\min}$  - мінімальна висота гумового вкладиша сідлоподібної форми в площині його симетрії, що проходить через його максимальну висоту;

$b$  - максимальна ширина гумового вкладиша сідлоподібної форми.

Ознаками, які збігаються з суттєвими ознаками корисної моделі, що заявляється, є такі: первинне деформування листової заготовки та її остаточне формоутворення імпульсними хвилями тиску, що генерують електричні розряди в розрядній камері з заданими напругою та індуктивністю розрядного контуру генератора імпульсних струмів, та здійснюють - первинне деформування заготовки при попередньому розміщенні в матриці гумового вкладиша, а остаточне формоутворення - при видаленні гумового вкладиша з матриці.

Причина, що перешкоджає одержанню очікуваного технічного результату, є така: спосіб може приводити до розривів заготовки біля тригранних кутів матриці в процесі електрогідравлічного штампування деталі подовженої коробчастої форми.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення способу електрогідравлічного штампування деталей подовженої коробчастої форми шляхом оптимізації параметрів електричних розрядів, що дозволить забезпечити більш рівномірний розподіл імпульсу тиску на заготовку, зменшити пульсації тиску рідини на заготовку та запобігти реверсивному прогину заготовки при деформуванні та її руйнуванню при остаточному формоутворенні, і за рахунок цього підвищити якість електрогідравлічного штампування.

Суть корисної моделі полягає в тому, що у способі електрогідравлічного штампування деталей подовженої коробчастої форми, який включає первинне деформування листової заготовки та її остаточне формоутворення імпульсними хвилями тиску, що генерують електричні розряди в розрядній камері з заданими напругою та індуктивністю розрядного

контур генератора імпульсних струмів, та здійснюють - первинне деформування заготовки при попередньому розміщенні в матриці гумового вкладиша, а остаточне формоутворення - при видаленні гумового вкладиша з матриці, згідно з корисною моделлю, електричні розряди здійснюють при введенні до розрядного контуру генератора імпульсних струмів котушки індуктивності, індуктивність якої складає величину від 70 до 100 мкГн.

Розкриваючи причинно-наслідковий зв'язок між суттєвими ознаками корисної моделі, що заявляється, та очікуваним технічним результатом, необхідно відзначити таке.

Ознака "електричні розряди здійснюють при введенні до розрядного контуру генератора імпульсних струмів котушки індуктивності, індуктивність якої складає величину від 70 до 100 мкГн" - дозволяє забезпечити більш рівномірний розподіл імпульсу тиску на заготовку, зменшити пульсації тиску рідини на заготівку та запобігти реверсивному прогину заготовки при деформуванні та її руйнуванню при остаточному формоутворенні, і за рахунок цього підвищити якість електрогідравлічного штампування.

Збільшення індуктивності розрядного контуру генератора імпульсних струмів (ГІС) приводить до зменшення амплітуди хвиль тиску, що діють на заготовку, але збільшують їх довжину, що приводить до меншого прискорення заготовки в процесі її прогину, і в результаті цього - до зменшення амплітуди хвиль розрядження, що генеруються заготовкою, та зменшення їх впливу на амплітуду хвиль тиску. Крім цього, збільшення індуктивності розрядного контуру ГІС приводить до збільшення опору каналу розряду, через що в ньому виділяється більше енергії, що приводить до збільшення імпульсу хвиль тиску, що генеруються каналом розряду в рідині, які діють на заготовку. Збільшення імпульсу тиску на заготовку при більшій тривалості його дії приводить до збільшення об'єму прогину заготовки та зменшує вірогідність руйнування в процесі електрогідравлічного штампування.

Визначений діапазон індуктивності розрядного контуру ГІС є оптимальним для виділення в каналі розряду найбільшої енергії розряду. Крім цього, тривалість дії хвиль тиску рідини на заготовку стає приблизно у 3 рази більша, ніж час пробігу пружних хвиль в заготовці, що зменшує негативний вплив пружних коливань заготовки на величину тиску, що діє на неї.

Спосіб пояснюється кресленнями, де на фіг.1 зображено поздовжній розріз пристрою при первинному деформуванні заготовки, на фіг. 2 - вид А фіг. 1, на фіг. 3 - поздовжній розріз пристрою при остаточному формоутворенні, на фіг. 4 - вид А фіг. 3, на фіг. 5-10 фото зразків після штампування за способом, згідно з найближчим аналогом (фіг. 5, 7, 9) та згідно з корисною моделлю (фіг. 6, 8, 10).

Пристрій для реалізації способу містить (фіг. 1-4) матрицю 1, гумовий вкладиш 2, який встановлений в порожнині 3 матриці 1, плоску заготовку 4, встановлену на фланці матриці 1, притиснуту фланцем розрядної камери 5 до матриці 1, яка встановлена на робочому столі 6. Електророзрядна камера 5 містить електродну систему 7, з'єднану з генератором імпульсних струмів (на кресленні не показано). Електророзрядна камера 5 заповнена рідиною 8. Для виходу повітря з порожнини 3 матриці 1 виконані отвори 9. До розрядного контуру генератора імпульсних струмів (ГІС) підключено котушку індуктивності 10.

Спосіб здійснюється таким чином.

Попередньо вибирають гуму з модулем Юнга не менш 5 МПа, далі, виходячи з геометричних розмірів матриці 1, визначають розміри гумового вкладиша 2 зі співвідношень:

$$L-2,2 \cdot B \leq L-1,8 \cdot B,$$

$$L_1 = L-2,5 \cdot B,$$

$$0,8 \cdot H \leq h_{\max} \leq H,$$

$$0,6 \cdot H \leq h_{\min} \leq 0,8 \cdot H,$$

$$b = B,$$

де  $L$  - довжина порожнини матриці; при цьому  $L \geq 2,5 \cdot B$ ,

$B$  - ширина порожнини матриці;

$H$  - глибина порожнини матриці;

$l$  - максимальна довжина гумового вкладиша сідлоподібної форми;

$l_1$  - мінімальна довжина гумового вкладиша сідлоподібної форми;

$h_{\max}$  - максимальна висота гумового вкладиша сідлоподібної форми;

$h_{\min}$  - мінімальна висота гумового вкладиша сідлоподібної форми в площині його симетрії,

що проходить через його максимальна висоту;

$b$  - максимальна ширина гумового вкладиша сідлоподібної форми,

та надають йому сідлоподібної форми.

Далі в порожнину 3 матриці 1 встановлюють гумовий вкладиш сідлоподібної форми 2 співвісно порожнині матриці (фіг. 1-2). На фланець матриці 1 встановлюють плоску заготовку 4 і притискають її фланцем розрядної камери 5 до матриці 1, яка встановлена на робочому столі 6.

Встановлюють електродну систему 7, з'єднану з ГІС, до розрядного контуру якого підключають котушку індуктивності 10, індуктивність якої складає величину від 70 до 100 мкГн. Порожнину розрядної камери 8 заповнюють рідиною. На електроди 7 від ГІС подають високу напругу та здійснюють первинне деформування листової заготовки хвилями тиску, що утворюються при здійсненні високовольтного електричного розряду в рідині в розрядній камері 5, які навантажують заготовку 4. Під дією імпульсів тиску заготовка 4 деформується і витягується з фланців матриці 1 та розрядної камери 5, починає заповнювати порожнину матриці 3. Гумовий вкладиш сідлоподібної форми 2 обмежує витягування заготовки 4 з фланців біля подовжених боків порожнини матриці 3, зменшуючи падіння тиску на заготовку 4 від хвиль розрядження, що генеруються при її русі. В результаті цього тиск на заготовку 4 зменшується повільніше, що дає час для більшого витягування заготовки з фланців біля коротких боків порожнини матриці 3. При цьому забезпечується більша наповненість порожнини матриці матеріалом заготовки в її кутах при деформуванні. Потім переходять до другого етапу штампування - остаточного формоутворення. Деформовану заготовку 4 витягують з матриці 1, видаляють гумовий вкладиш сідлоподібної форми 2, встановлюють деформовану заготовку 4 в матрицю 1, затискають її між матрицею 1 і розрядною камерою 5 (фіг. 3-4). До розрядного контуру генератора імпульсних струмів вводять котушку індуктивності, індуктивність якої складає величину від 70 до 100 мкГн, та здійснюють високовольтні електричні розряди. Дію продовжують доти, поки заготовка 4 не набуде необхідної форми.

Приклад. Було проведено електрогідравлічне штампування плоскої заготовки з високоміцної сталі марки HSLA350 (стандарт American Society for Testing and Materials ASTM A715) товщиною 1,35 мм двома способами. Перший спосіб, згідно з найближчим аналогом, а другий - згідно зі способом, що заявляється, індуктивність котушки індуктивності складала 84,5 мкГн.

Виходячи із розмірів порожнини матриці ( $L=112$  мм,  $B=40$  мм,  $H=20$  мм), визначили розміри гумового вкладиша сідлоподібної форми  $l=40$  мм,  $l_1=12$  мм,  $h_{\max}=16$  мм,  $h_{\min}=12$  мм. Далі в порожнину матриці встановили гумовий вкладиш сідлоподібної форми. Згідно з першим способом, здійснили первинне деформування заготовки, потім деформовану заготовку витягнули з матриці та видалили гумовий вкладиш сідлоподібної форми. Деформовану заготовку знов встановили в матрицю та закінчили процес штампування. Згідно з другим способом, деформування заготовки здійснювали аналогічно першому, але до розрядного контуру ГІС попередньо підключали котушку індуктивності.

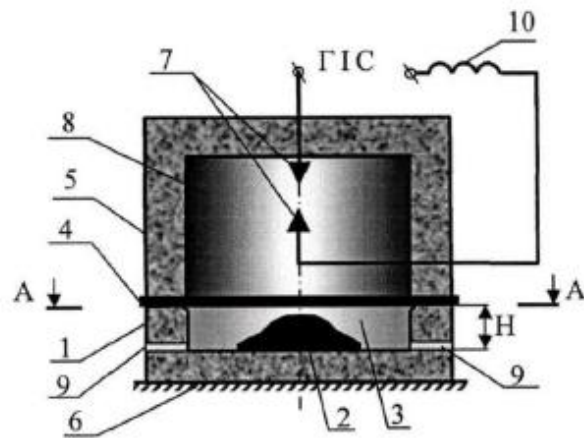
Фото зразків заготовок, штампування яких здійснювали за двома способами, наведені на: фіг. 5, 7, 9 - згідно з найближчим аналогом, на фіг. 6, 8, 10 - з підключенням до розрядного контуру ГІС котушки індуктивності, згідно з корисною моделлю, що заявляється.

Отримані результати показали, що використання гумового вкладиша сідлоподібної форми та здійснення електричних розрядів при введенні до розрядного контуру генератора імпульсних струмів котушки індуктивності, індуктивність якої складає величину від 70 до 100 мкГн, забезпечує електрогідравлічне штампування деталей подовженої коробчастої форми, яка ближче до форми порожнини матриці, в той час як з використанням вкладиша, але без використання котушки індуктивності, заготовка набуває форми, яка характеризується меншим заповненням тригранних кутів матриці та має на 15 % менший об'єм порожнини.

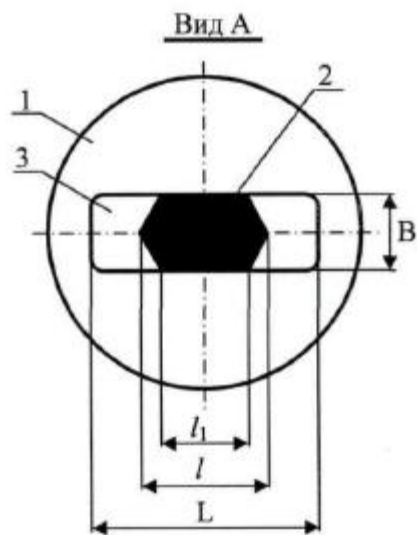
Таким чином, удосконалення способу, що заявляється, дозволяє забезпечити більш рівномірний розподіл імпульсу тиску на заготовку та запобігти реверсивному прогину заготовки при деформуванні та її руйнуванню при остаточному формоутворенні і, за рахунок цього підвищити якість електрогідравлічного штампування.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб електрогідравлічного штампування деталей подовженої коробчастої форми, який включає первинне деформування листової заготовки та її остаточне формоутворення імпульсними хвилями тиску, що генерують електричні розряди в розрядній камері з заданими напругою та індуктивністю розрядного контуру генератора імпульсних струмів, та здійснюють - первинне деформування заготовки при попередньому розміщенні в матриці гумового вкладиша, а остаточне формоутворення - при видаленні гумового вкладиша з матриці, який **відрізняється** тим, що електричні розряди здійснюють при введенні до розрядного контуру генератора імпульсних струмів котушки індуктивності, індуктивність якої складає величину від 70 до 100 мкГн.



Фиг. 1



Фиг. 2





Fig. 5



Fig. 6



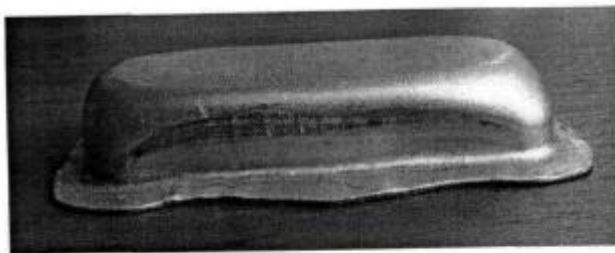


Fig. 7

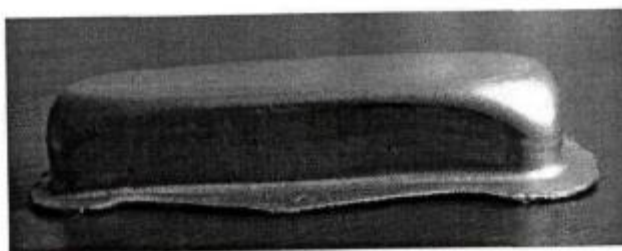


Fig. 8

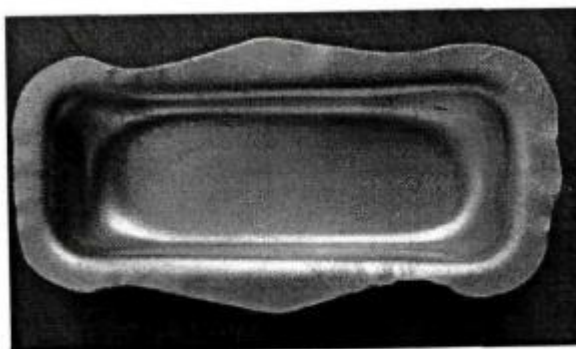


Fig. 9

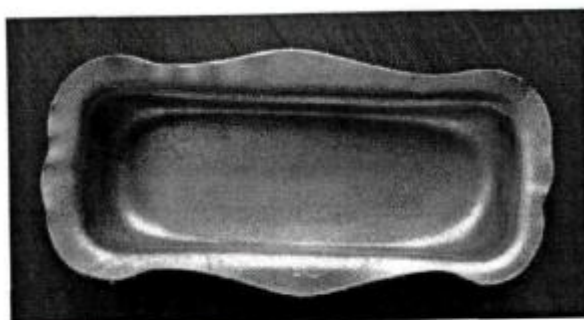


Fig. 10