



УКРАЇНА

(19) UA (11) 75676 (13) C2  
(51) МПК  
B21D 26/14 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

## (54) СПОСІБ МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОЇ ОБРОБКИ ТОНКОСТІННИХ МЕТАЛЕВИХ ЗАГОТОВОК

1

2

(21) 2004010512

(22) 23.01.2004

(24) 15.05.2006

(46) 15.05.2006, Бюл. № 5, 2006 р.

(72) Батигін Юрій Вікторович, Лавінський Володимир Іванович, Хавін Валерій Львович, Хищенко Лев Тимофійович

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

(56) US 3998081, 21.12.1976

US 4061007, 06.12.1977

US 5730016, 24.03.1998

RU 2130352, 20.05.1999

(57) 1. Спосіб магнітно-імпульсної обробки тонкостінних металевих заготовок, що полягає в деформуванні заготовки впливом імпульсного магнітного поля з застосуванням індукторної системи, який **відрізняється** тим, що для притягання заготовки на індуктор при використанні одного джерела імпульсного поля частота діючого поля вибирається зі співвідношення:

$$\omega \ll \frac{1}{\mu_0 \cdot \gamma \cdot d^2},$$

де  $\omega$  - циклічна частота діючого поля; $\mu_0$  - магнітна проникність вакууму; $\gamma$  і  $d$  - електропровідність і товщина металу заготовки, при цьому індуктор виконують у вигляді циліндричного витка з внутрішнім отвором, розміри якого відповідають розмірам оброблюваної ділянки заготовки, яку розміщують на торцевій поверхні індуктора.

2. Спосіб магнітно-імпульсної обробки за п. 1, який **відрізняється** тим, що індуктор виконують у вигляді циліндричного витка з внутрішнім отвором у вигляді зрізаного конуса, розміри якого відповідають розмірам оброблюваної ділянки заготовки, а заготовку розміщують на торцевій поверхні індуктора, з боку більшої основи зрізаного конуса.

Винахід відноситься до області обробки металів дією імпульсного магнітного поля і може знайти широке застосування в різних галузях промисловості.

Відомі способи і пристрої для деформування металів енергією імпульсного магнітного поля надані у роботі [1]. Недоліком цих способів і пристроїв є неможливість притягання металевих заготовок власним магнітним полем.

Найбільш близьким до запропонованого є спосіб електромагнітного витягування вм'ятин у провідних матеріалах по патенту [2].

Сутність способу-прототипу полягає в одночасному впливі на металеву листову заготовку низькочастотним та високочастотним магнітними полями. Низькочастотне магнітне поле проникає крізь заготовку, яке не викликає ніякого її деформування. Високочастотне магнітне поле протилежного напрямку та відповідної амплітуди не проникає, але воно взаємодіє з низькочастотним полем поверх заготовки. Суперпозиція полів призводить до того, що між індуктором та заготовкою магнітна

напруженість обертається в нуль, а поза заготовкою є низькочастотне магнітне поле з напруженістю, яка не дорівнює нулю. Силова дія цього поля призводить до притягання листової металеві заготовки до індуктора.

Недоліками прототипу є:

- значне ускладнення усіх складових частин запропонованої магнітно-імпульсної системи з притягання металевих листів, що обумовлене взаємодією двох магнітних полів з різними часовими параметрами (необхідні два джерела потужності, спеціальна індукторна система для генерації двочастотних магнітних полів, складні пристрої синхронізації та управління тощо);

- обмеженість практичних можливостей цієї магнітно-імпульсної системи для обробки тонких та погано провідних металів, що зв'язана з їх фіксованою електродинамічною товщиною (вона повинна забезпечувати проникнення низькочастотного та не проникнення високочастотного полів скрізь заготовку);

- низька ефективність силового тиску, що обу-

(13) C2

(11) 75676

(19) UA

мовлено дією лише одного низькочастотного поля, яке релаксує при проникненні скрізь оброблювану листову заготовку.

Задачею дійсного винаходу є значне спрощення усіх складових частин магнітно-імпульсної системи, яка призначена для притягання тонкостінних металів, усунення яких-небудь обмежень на електродинамічну товщину оброблюваних заготовок та посилення ефективності силової дії на них.

Технічний результат досягається тим, що у способі магнітно-імпульсної обробки тонкостінних металевих заготовок, що полягає в деформуванні заготовки впливом імпульсного магнітного поля з застосуванням індукторної системи, згідно з винаходом, для притягання заготовки на індуктор при використанні одного джерела імпульсного поля частота діючого поля вибирається зі співвідношення:

$$\omega \ll \frac{1}{\mu_0 \cdot \gamma \cdot d^2}$$

де  $\omega$  - циклічна частота діючого поля;  $\mu_0$  - магнітна проникність вакууму;  $\gamma$  і  $d$  - електропровідність і товщина металу заготовки, а індуктор виконують у вигляді циліндричного витка з внутрішнім отвором, розміри якого відповідають розмірам ділянки оброблюваної заготовки, яка розміщується на торцевій поверхні індуктора.

Для посилення процесу збудження нормальної складової напруженості індуктор виконують у вигляді зрізаного конуса, розміри якого відповідають розмірам ділянки оброблюваної заготовки, що притягається, а заготовку поміщають на торцеву поверхню індуктора, з боку більшої основи конуса.

На Фігурі приведена одна зі схем реалізації пропонованого способу, де показаний ємнісний накопичувач енергії - 1, пристрій керування (комутатор) - 2, одновитковий індуктор - соленоїд, що генерує імпульсне магнітне поле з необхідними часовими параметрами - 3, оброблювана тонкостінна листова заготовка - 4, 5 - робоча зона.

Пропонований спосіб здійснюється таким чином.

Ємнісний накопичувач - 1 попередньо заряджається до заданого рівня енергії. Пристрій керування - 2 замикає контур, у якому відбувається розряд ємнісного накопичувача на індуктор - соленоїд - 3. При протіканні струму соленоїд створює могутнє магнітне поле, що збуджує у металі тонкостінної заготовки - 4 інтенсивні нормальну та тангенціальну компоненти напруженості магнітного поля.

Вихровий струм, наведений у металі заготовки має дві складових. Перша з них обумовлена похідною тангенціальної компоненти напруженості магнітного поля по нормальній просторовій координаті, друга - похідною нормальної компоненти напруженості магнітного поля по радіальній просторовій координаті. Взаємодія першої складової з тангенціальною напруженістю дає звісну силу магнітного тиску, що відштовхує заготовку. Взаємодія другої складової з тією ж тангенціальною напруженістю дає протилежно направлену нормальну

пондермоторну силу, що притягує заготовку. Окрім останньої, притягання заготовки буде обумовлене також радіальною компонентою пондермоторної сили, що збуджується при взаємодії вихрового току у металі листової заготовки з нормальною компонентою напруженості магнітного поля. Ця сила направлена до геометричного центру індукторної системи і створює згинаючий механічний момент, що у еквіваленті дає ефект притягання.

У частотному діапазоні діючих полів, що установлюється нерівністю  $\omega \ll \frac{1}{\mu_0 \gamma d^2}$ , сили притя-

гання значно перевищують сили відштовхування. Цей факт обумовлює у цілому дію ефекту, з якого металева листова заготовка притягується імпульсним магнітним полем індуктора у зоні його внутрішнього вікна.

Приклад здійснення способу. Була виготовлена експериментальна модель індукторної системи з одновитковим соленоїдом, внутрішнє вікно якого має форму усіченого конуса. Схематично об'єкт дослідження показаний на фіг.

Геометрія індукторної системи згідно фіг. у області її робочої зони:  $R_1=5\text{мм}$ ,  $R_2=20\text{мм}$ ,  $R_3=22\text{мм}$ , кут нахилу твірної конуса -  $\beta \approx 60^\circ$ .

Як заготовки використовувались листова електротехнічна  $\left( \gamma = 0,15 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}} \right)$  та листова

конструкційна сталь  $\left( \gamma = 0,8 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}} \right)$  з товщиною  $\sim 0,5 \div 0,8\text{мм}$ .

Мета експерименту - практична апробація можливостей даної індукторної системи з виконання виробничої операції щодо витягання визначених ділянок у листових металах. Джерелом електричної потужності була магнітно-імпульсна установка МІУ-9.

Реалізація процесу притягання визначених ділянок металевих листових заготовок була здійснена при частоті  $\sim 2,7\text{кГц}$  (визначалася по осцилограмі струму в соленоїді) у діапазоні напружень на ємнісному накопичувачі 5,5кВ. Струм у соленоїді - 100кА, робоча енергія до  $\sim 8,5\text{кДж}$ .

Після 5-10-разової дії імпульсного магнітного поля (5-10 розрядів накопичувача, кількість залежала від типу оброблюваного зразка) на рівній поверхні оброблюваних металевих зразків з'являлися витяги з формою, приближеною до сферичних сегментів з діаметром основи до  $\varnothing 0,038\text{м}$  та висотою -  $h \leq 0,0018\text{м}$ .

У цілому в результаті проведених експериментів були отримані якісні зразки, що ілюструють реальну працездатність запропонованого способу магнітно-імпульсної обробки тонкостінних металевих заготовок для виконання виробничої операції з притягання металевих листових заготовок.

Спосіб обробки тонкостінних металевих заготовок розроблений у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут».

Джерела інформації:

1. Белый И.В.; Фетик С.М.; Хименко Л.Т. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов. - Харьков: Вища школа, 1977, - 168с.

