ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

Олександров Олександр Володимирович

ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА ІНДУКЦІЙНО-ДИНАМІЧНОЇ АПАРАТУРИ МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНИХ УСТАНОВОК З ВИКОРИСТАННЯМ БІМЕТАЛІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ

05.09.06 - електричні апарати

Автореферат дисертації на здобування вченого ступеня кандидата технічних наук

Харків - 1995

ЛННБ України ім.В.Стефаника
00756175 (V)

ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

Олександров Олександр Володимирович

ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА ІНДУКЦІЙНО-ДИНАМІЧНОЇ АПАРАТУРИ МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНИХ УСТАНОВОК З ВИКОРИСТАННЯМ БІМЕТАЛІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ

05.09.06 - електричні апарати

Автореферат дисертації на здобування вченого ступеня кандидата технічних наук

Харків - 1995

АВ 31.805

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі інженерної електрофізики Харківського державного політехнічного університета

Науковий керівник – доктор технічних наук Хіменко Л.Т.

Офіційні опоненти – доктор технічних наук, професор Копил В.К.
– кандидат технічних наук, доцент Зинов'єв В.В.

Провідне підприємство – АО Електричні низьковольтні апарати і системи

Захист відбудеться "2" березня 1995р. на засіданні спеціалізованої вченої ради К 068.39.04 у Харківському державному політехнічному університеті (310002, м.Харків, вул. Фрунзе 21).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці університету.

Автореферат розісланий "26" січня 1995р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради Єгоров Б.О.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Застосування в промисловості технологій магнітно-імпульсної обробки металів (МІОМ) стримується недостатньо високим к.к.д. при обробці високоміцних заготовок, розмір яких співвідноситься з розміром окремих частин їх осьових перерізів. В цих операціях низький к.к.д. обробки обумовлює низький ресурс індукторних систем (ІС), великі габарити і значну енергомісткість обладнання. Ці проблеми можуть бути вирішені шляхом розробки спеціалізованої індукційно-динамічної апаратури (ІДА) магнітно-імпульсних установок (МІУ), до якої, в першу чергу, належать ІС, концентратори магнітного поля (КМП) та узгоджуючі трансформатори (УТ). Її розробці слід приділяти особливу увагу у випадку заготовок, що мають складну форму осьового перерізу, наприклад, у випадку складного формоутворення тонкостінних заготовок. Питання розробки ІДА з високим к.к.д. можуть бути вирішені шляхом комплексного дослідження електромагнітних і механічних процесів у робочих зонах ІДА і заготовках, котрі взаємопов'язано враховують їх двомірний нестаціонарний характер, властивості швидкісного деформування заготовок, можливість використання багатоіндукторних розрядних контурів. У відомих публікаціях повна модель електромеханічних процесів у заготовці була запропонована тільки для операцій обтиснення тонкостінних високопластичних заготовок на циліндричну оправку.

Мета роботи. Дослідити операції МІОМ малогабаритних заготовок, що мають складний осьовий переріз, означити такі параметри ІДА, які дозволяють обробляти малогабаритні заготовки, що мають високу механічну міцність , з мінімальними енерговитратами та максимальним ресурсом обладнання.

Розробити методику чисельного моделювання операцій МІОМ заготовок, що мають складний осьовий переріз, котра дозволяла б з достатньою точністю здійснювати проєктування ІДА МІУ та добір параметрів технологічного процесу, здійснити її експериментальну перевірку.

Наукова новизна. Розроблена математична модель електромагнітних та механічних процесів під час операцій МІОМ осесиметричних заготовок, що мають складний осьовий переріз. Модель дозволяє здійснювати аналіз процесів двомірного формування заготовки, а також деформацій і механічних напруг, що мають місце у робочих зонах і обмотках ІДА. Врахований взаємопов'язаний двомірний характер електромагнітних і механічних процесів. Використана в'язко-пружно-пластична модель деформування металу Фойгта з врахуванням ефекту Баушингера та залежності властивостей металу від швидкості деформування.

Означені конструктивні параметри ІДА, в першу чергу біметалічних ІС і КМП, що дозволяють обробляти малогабаритні заготовки, які мають високу механічну міцність, за мінімальних енерговитрат і високого ресурса обладнання. Показано, що при обробці малогабаритних заготовок застосування спеціально профільованих робочих зон біметалічних ІС дозволяє збільшити максимально можливу напруженність магнітного поля над поверхнею заготовки в 1,5 - 1,85 рази.

Означені геометрії робочих зон і частоти, що дозволяють здійснювати зигоутворення тонкостінних заготовок з мінімальними енерговитратами. Базуючись на чисельних та експериментальних дослідженнях розроблена, ІДА та підібрані режими для операцій укупорювання склотари металевими ковпачками.

Отримані результати підтверджені експериментально.

Практичне значення. На основі запропонованої математичної моделі електромеханічних процесів, що мають місце при МІОМ малогабаритних високопластичних заготовок із складною формою осьового перерізу, розроблено пакет програм,що дозволяє з високою швидкістю і достатньою точністю знаходити найважливіші параметри ІДА МІУ і технологічного процесу, які забезпечують її високий ресурс і к.к.д.

Розроблена ІДА для ряду операцій.

Апробація роботи. Головні результати роботи викладені і обговорені на чотирьох науково-технічних конференціях: " Получение и обработка материалов высоким давлением " (Минськ,

1987); " По проблемам экономии энергетических, материальных и трудовых ресурсов" (Новосибирськ,1990); " Математическое моделирование технологических процессов обработки материалов давлением " (Пермь, 1990); " Компьютер: наука, техника, технология, здоровье " (Харків - Мишкольц, 1993) .

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано 6 друкованих праць.

Особистий внесок дисертанта у працях є визначаючим у розробці математичної моделі електромеханічних процесів під час магнітно-імпульсної обробки заготовок з вільною формою осьового перерізу, дослідженні впливу використання біметалічних конструкцій на ефективність магнітно-імпульсної обробки малогабаритних заготовок, розробці конструкцій індукційно-динамічної апаратури, проведенні експериментів, формулюванні висновків і підготовці матеріалів до публікації.

Структура і обсяг дисертації. Робота складається із вступу, трьох розділів, висновку, переліку літератури з 160 найменувань і вміщує 148 сторінок, 32 малюнків і 4 таблиць.

ЗМІСТ РОБОТИ.

У вступі показана актуальність теми дисертаційної роботи, її наукова новизна і практичне значення, сформульована мета роботи та коротко викладений її основний зміст.

У першому розділі здійснено аналіз розвитку МІОМ, викреслені головні результати теоретичних та експериментальних досліджень в цій галузі. Розглянуті головні типи ІДА МІУ що описані в літературі. Більша її частина розроблена для формоутворення заготовок з широкою зоною обробки та, в більшості, є спіральними ІС з рівномірною намоткою спіралі. Підкреслено, що для обробки малогабаритних заготовок у більшості випадків використовуються КМП. Але відомі КМП мають недостатньо високий к.к.д. і за малої ширини зони обробки з їх допомогою важко забезпечити оптимальний розподіл магнітного поля на поверхні заготовки. Деякі з описаних ІС дозволяють вирішити цю задачу, але вони є склад-

ними у виготовлені та не охоплюють широкого кола операцій.

Підкреслено, що найбільшу механічну міцність при найвищому к.к.д. мають біметалічні ІС і КМП з високострумопроводним шаром, що становить робочі поверхні.

На базі аналізу літературних джерел викреслені головні фактори, що означають конструкцію ІДА та режими обробки. Це - взаємопов'язаний перехідний характер електромагнітних та механічних процесів, двомірний розподіл магнітного поля і струму, в'язко-пружно-пластичний характер імпульсного деформування металу, двомірні високошвидкісні механічні процеси і їх вплив на властивості металу струмопроводів. Показано, що при розробці ІДА для обробки заготовок, що мають складне осьове січення, всі ці фактори повинні враховуватися взаємопов'язано. У більшості публікацій електромагнітні і механічні процеси розглядалися незалежно, або не враховувався їх двомірний характер.

У другому розділі досліджені операції МІОМ малогабаритних високоміцних заготовок, які мають складний осьовий переріз, і означені головні параметри ІДА МІУ, що дозволяють здійснювати їх з максимальним к.к.д.

Дослідження здійснені з використанням чисельного аналізу електромагнітних і механічних процесів у заготовках, ІДА і розрядному контурі МІУ. Врахований вплив високошвидкісного деформування струмопроводів на їх електричні і механічні властивості. Використана в'язко-пружно-пластична модель деформування Фойгта з врахуванням ефекту Баушінгера.

На елементарний обсяг струмопроводу в імпульсному магнітному полі діє сила:

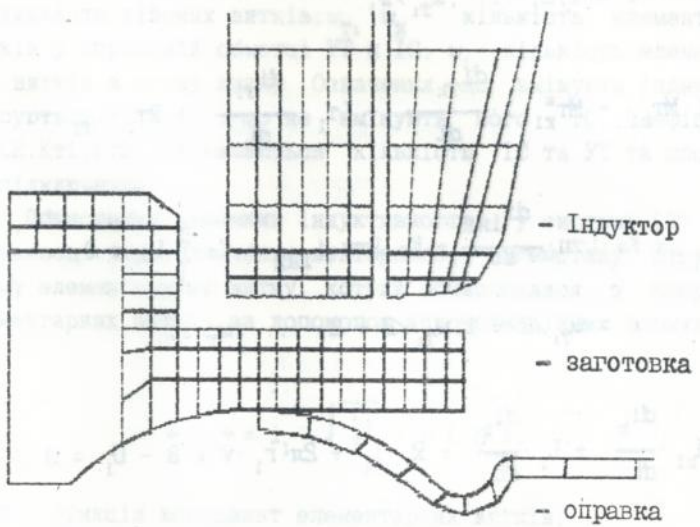
$$\vec{f} = \vec{f}_у + \vec{f}_{эд} + \vec{f}_в + \vec{f}_м + \vec{f}_i \; ; \qquad (1)$$

що складається з електродинамічної сили $\vec{f}_{эд}$; сили пружно-пластичного опору металу $\vec{f}_у$; сили в'язкого тертя $\vec{f}_в$; сили реакції матриці $\vec{f}_м$ и сили опору стисненню міжвиткової ізоля-

ції $\vec{f}_i$.

Для дослідження процесу магнітно-імпульсного формоутворення малогабаритних високоміцних заготовок на осьовий переріз заготовки, матриці і струмопроводів ІДА наносилась розрахункова сітка, складена із чотирикутніх елементів вільної форми, що схематично показана на мал. 1. Було прийнято, що вся маса струмопроводів сконцентрована у вузлах сітки, по пересуванню яких досліджувалось деформування металу. Сітка наносилась таким чином, щоб лінійні розміри її елементів були значно менші радіусів утворюваних ними елементарних витків. У вузлах сітки також дискретизувались сили, що діють на метал струмопроводів.

Схема нанесення розрахункової сітки.



Мал. 1.

Електродинамічна сила знаходилась виходячи із значень індукції магнітного поля у вузлах і струму в елементарних

витках, що отчують вузол, для знаходження яких використовувався метод магнітно-пов'язаних контурів.

Елементарні витки, що належать заготовці , проводячий матриці та струмопроводам ІДА, утворюють систему індуктивно пов'язаних контурів. Електромагнітні процеси в ній описуються системою рівнянь для струму в елементарних витках системи "індуктор-заготовка" i_k та УТ $i_{тк}$, струму в ІС $i_{інд}$ та первісній обмотці УТ $i_{пт}$, а також напруги на витках ІС U_k та УТ

$$\sum_{k,k\neq 1}^{w_T/2} \left(M_{k1} + M^{в}_{k1} \right) \cdot \frac{di_{Tk}}{dt} + L_{T_1} \cdot \frac{di_{T1}}{dt} + R_{T_1} \cdot i_{T1} - U_{T1} = 0;$$

$$1 = 1,2, \ldots, w_{T_1}/2;$$

$$\sum_{k,k\neq 1}^{w_T/2} \left(M_{k1} + M^{в}_{k1} \right) \cdot \frac{di_{Tk}}{dt} + L_{T_1} \cdot \frac{di_{T1}}{dt} + R_{T_1} \cdot i_{T1} +$$

$$+ K_2 \cdot L_{тп} \cdot \frac{di_{інд}}{dt} + K_2 \cdot R_{тп} \cdot i_{інд} + K_2 \cdot \sum_{j}^{n} U_j = 0;$$

$$1 = w_{T_1}/2 + 1, w_{T_1}/2 + 2, \ldots, w_T/2;$$

$$\sum_{k,k\neq 1}^{w_{эл}} M_{k1} \cdot \frac{di_k}{dt} + L_1 \cdot \frac{di_1}{dt} + R_1 \cdot i_1 + 2\pi r_1 \cdot \vec{v} \times \vec{B} - U_1 = 0;$$

$$1 = 1,2, \ldots, w_{эл} \qquad (2)$$

$$\sum_{k=1}^{w_1^T} i_{Tk} = \sum_{k=w_1^T+1}^{w_1^T+w_2^T} i_{Tk} = \ldots = \sum_{k=w_{T_1}/2-w^T_{nT-1}+1}^{w_{T_1}/2} i_{Tk} = i_p/K_{T1};$$

$$\sum_{k=w_{T1}/2+1}^{w_{T}/2} i_{Tk} = i_{Ind} / 2 ;$$

$$\sum_{k=1}^{w_i} i_k = \sum_{k=w_i+1}^{w_i+w_2} i_k = \ldots = \sum_{k=w_i-w_n+1}^{w_i} i_k = i_{Ind}/K1 ;$$

$$Lpk \cdot \frac{\partial i_p}{\partial t} + Rpk \cdot i_p + \frac{1}{C}\int_{t_1} i_p\, dt + Kt2 \cdot 2 \cdot \sum_{j}^{n_T/2} Ut_j = U_0 ;$$

де M_{k1} - взаємна індуктивність k-го і i-го елементарних витків; M^s_{k1} - взаємна індуктивність i-го витка і витка, симетричного k-му елементарному витку; U_j - напруга на j-ому витку, n - кількість дійсних витків; $w_{T_1}, w_{И}$ - кількість елементарних витків у первісній обмотці УТ и ІС; w_i - кількість елементарних витків в i-ому витку. Означення що вміщують індекс "т" стосуються УТ, а ті, що не вміщують його - ІС. Коефіцієнти K1,K2,Kт1,Kт2 визначаються кількістю ІС та УТ та способом їх підключення.

Обчислення взаємних індуктивностей у системі (2) здійснювалось через значення векторного потенціалу струму в i-ому елементарному витку, котрий обчислювався з координат елементарних витків за допомогою апроксимаційних формул.

$$A_{k1} = i_1 \cdot \sqrt{\frac{r_1}{r_k}} \cdot f(\beta); \qquad (3)$$

де β - функція координат елементарних витків;

$$f(\beta) = \frac{A}{\beta + B} + C \cdot \beta + D ; \qquad (4)$$

Означені чотири набори коефіцієнтів A,B,C,D, що дозво-

ляють знаходити векторний потенціал витка з струмом в усьому практично важливому просторовому діапазоні за мінімальних витрат часу з помилкою не більшою 1,5%.

За умов однорідного стану металу для кожного елементарного витка сили в'язко-пружно-пластичного опору діючі на і-ий вузол, знаходились виходячи з амплітуди і швидкості обсягового деформування елементарних витків, що його оточують. Сила упруго пластичного опору металу, що діє на і-ий вузел, дорівнює

$$\vec{F}_{yi}(t) = \sum_{j}^{k} \frac{1}{2} \vec{\Theta}_{1j}(t)\vec{S}_{1j}(t) + \frac{1}{2} \vec{\Theta}_{2j}(t)\vec{S}_{2j}(t) + \frac{1}{4} \vec{\Theta}_{2j}(t)\vec{S}_{vj}(t)\vec{r}_i - \tau_j(t) \cdot 2\pi r_i(t) \left(\vec{\ell}_{1j}(t) + \vec{\ell}_{2j}(t) \right); \quad (5)$$

де $\vec{\Theta}_{1j}(t)$ - нормальна напруга у січенні j-го елементарного витка; $\vec{S}_{1j}(t)$- площа поверхні елементарного витка, що співвідноситься до неї; $\vec{\ell}_{1j}(t)$ - сторони його осьового перерізу; $\tau_j(t)$ -тангенціальна напруга в його січенні; $r_i(t)$- радіус i-го вузла; $\vec{S}_{vj}(t)$ - площа осьового перерізу j-говитка.

У свою чергу сила в'язкого опору дорівнює:

$$\vec{F}_{Bi} = \sum_{j}^{k} \left[2N_1 \frac{d\vec{\ell}_{1j}(t)}{dt} \cdot \vec{S}_{1j}(t) + 2N_2 \frac{d\vec{\ell}_{2j}(t)}{dt} \cdot \vec{S}_{2j}(t) + \frac{\pi}{4} N_2 \frac{d\vec{r}_j(t)}{dt} S_{vj}(t) \right]; \quad (6)$$

де коефіцієнти N_i знаходяться виходячи з геометрії елементарного витка.

Розглянуто вплив частоти розрядного струму та конструкції ІС на її електромагнітний зв'язок з малогабаритною заго-

товков. Показано, що застосування біметалічних конструкцій з мідними робочими зонами при високих частотах еквівалентне збільшенню частоти втричі. При обробці біметалічних заготовок двухвитковими монометалічними ІС, що мають співвідношення ширини витка до діелектричного зазору не більше 3, має місце шунтування по боковим поверхням витків більш ніж 50% розрядного струму, що утворює великий тиск на міжвиткову ізоляцію. Розглянуті обмеження на застосування багатовиткових індукторів при обробці малогабаритних заготовок.

Показано, що для біметалічних ІС напруженість магнітного поля над поверхнею заготовки обмежується неоднорідністю струморозподілу у високострумопроводному шарі. У двухвиткових ІС з робочими зонами, що мають рівну ширину витків , неоднорідність плотності струму сягає при частотах 25 - 50 кГц 1,7 - 1,9.

Струм в заготовці може бути збільшений у 1,5 - 1,85 рази за рахунок застосування профільованих робочих зон, в котрих співвідношення зазору під краями ІС до зазору під його середньою частиною складає 1,7 - 2,1. Наведені залежності відносного збільшення зазору під краями ІС від частоти, конструкції заготовки і ІС, що забезпечують однородний (±3%) розподіл густини струму по перерізу високострумопроводного шару. Аналогічні залежності наведені для двохвиткових ІС з співвідношенням ширин витків 2:3.

Розроблена ІДА МІУ для операцій обтиску бронзових рухомих наконечників, що широко застосовуються у гідромашинах.

У третьому розділі розглянуті операції складного формоутворення тонкостінних заготовок, надані рекомендації щодо вибору конструкції ІДА МІУ, що дозволяє здійснювати їх з мінімальними енерговитратами.

При чисельному дослідженні цих операцій у порівнянні з загальним випадком заготовок, що мають складне осьове січення, були прийняті наступні додаткові умови: - відсутні пластичні деформації в ІС і робочих зонах КМП; - товщина заготовки значно менша її радіуса, а також радіусів зигів, що вона утворює; - відсутня механічна напруга в заготовці

у напрямку, перпендикулярному до її поверхні.

Були розглянуті операції, в котрих використовувалась біметалічна ІДА. Для дослідження електромагнітних і механічних процесів на осьовий переріз заготовки і високострумопровідного шару робочої зони ІС наносилась розрахункова сітка, утворена ламаними лініями , вузли яких лежать на середніх лініях січень. У вузлах, що належать заготовці, зосереджувалась вся її маса. Деформування заготовки відслідкувалось по пересуванню вузлів розрахункової сітки під впливом сили, котра складається з тих же складових частин, що і в (1), за винятком $\vec{f}_и$.

Електро-динамічна сила , що діє на елементарні витки, знаходилась або за методикою, описаною у другому розділі , або при припущенні відсутності складової напруженості магнітного поля, перпендикулярної поверхні заготовки. Тоді система елементарних витків розглядається як система індуктивно пов'язаних концентричних катушок.

Сила упруго-пластичного опору заготовки знаходилась аналогічно випадку заготовки складного осьового січення без урахування опору заготовки зсуву. Замість цього були враховані сили опору заготовки згибу , котрі знаходились через моменти опору згибу елементарних витків, а також радіуси кривизни заготовки у областях , сусідніх розглядаємому вузлу. При знаходженні сил демфируючого опору металу також розглядалися їх продольна та азімутальна составляюча. Використовувалась упруга модель матриці.

Для ІС з профільованою робочою зоною наведені залежності співвідношення ширини її паралельної частини до ширини зигу для алюмінієвих і латунних заготовок для різних ширин і глибин зигу, розмірів робочого зазору, товщин заготовки. Для латунних заготовок воно лежить у межах 0,67 - 0,88 , а для алюмінієвих : 0,54 - 0,77.

Показаний вплив частоти розрядного струму на ефективність механічного формоутворення зигу. При товщинах алюмінієвої заготовки 0,2 - 0,5 мм має місце мінімум напруженості магнітного поля над поверхнею заготовки, необхідної

для виникнення зигу у діапазоні частот 20 - 40 кГц.

Чисельно і експериментально досліджені операції укупорки скляних пляшок, що мають і не мають винтового різблення, алюмінієвими ковпачками. З'ясовані основні параметри ІС та УТ, а також параметри розрядного контуру МІУ, що дозволяють здійснювати укупорку цих типів пляшок, витрачаючи на одну операцію 153 і 32 Дж, відповідно. При цьому розрахункові значення необхідної енергії складають, відповідно, 128 і 28 Дж. Експериментальні результати отримані з використанням обладнання, розробленого на основі чисельного аналізу.

Здійснена експериментальна перевірка чисельної методики розрахунків електромагнітних процесів, запропонованої в цій роботі. Виміри відносного розподілу напруженості магнітного поля над поверхньою алюмінієвого ковпачка показали співпадання чисельних і експериментальних результатів в межах помилки вимірювань.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Запропонована двомірна математична модель, що дозволяє знаходити конструкцію індукторів, концентраторів магнітного поля та погоджуючих трансформаторів, а також параметри розрядного контуру МІУ і технологічного режиму, що забезпечують максимальний к.к.д. і ресурс індукційно-динамічної апаратури при магнітно-імпульсній обробці малогабаритних високо-міцних заготовок з довільною формою осьового перерізу. В моделі в перехідному режимі врахований взаємопов'язаний характер електромагнітних і механічних процесів у заготовці , індукційно-динамічній апаратурі та розрядному контурі МІУ ; вплив високошвидкісного деформування заготовки і робочої зони індуктора або концентратора магнітного поля, в'язко-пружно-пластичний характер деформування металу. Модель дозволяє досліджувати процеси у багатоіндукторних розрядних контурах, що мають узгоджуючі трансформатори.

2. Розроблено пакет програм, що реалізує запропоновану модель.

3. Чисельно досліджені операції магнітно-імпульсної обробки малогабаритних високоміцних заготовок, що мають складне осьове січення. Показано, що застосування в цих операціях біметалічних індукторів та концентраторів магнітного поля при частоті, вищій 10 кГц , дозволяє на 11 - 16 % покращити їх електромагнітний зв'язок з заготовкою та зменшити механічне навантаження на міжвиткову ізоляцію індуктора.

4. Означені конструкції робочих зон біметалічних індукторів, що забезпечують рівномірний (±3%) розподіл густини струму у високострумопроводному шарі біметала, що дозволяє збільшити максимально дозволену напруженність магнітного поля над поверхнею заготовки у 1,5 - 1,85 рази.

5 . Чисельно і експериментально досліджені операції складного формоутворення тонкостінних малогабаритних заготовок . Означені конструктивні параметри індукторів, що дозволяють найбільш ефективно здійснювати формоутворення зигів алюмінієвих та латуних заготовок. Показано вплив частоти розрядного струму на ефективність зигоутворення.

6. Досліджені операції магнітно-імпульсної укупорки склотари алюмінієвими ковпачками. Розроблена індукційно-динамічна апаратура МІУ та означені параметри технологічного процесу, що дозволяють мінімізувати енергомісткість цих операцій. Отримано співпадіння чисельних та експериментальних результатів у межах 16%.

Основні результати дисертаційної роботи надруковані у наступних друкованих працях

1. Александров А.В. Исследование электромагнитных процессов в многовитковых индукторных системах, согласующих трансформаторах и концентраторах магнитного поля при магнитно-импульсной обработке металлов // Известия вузов. Электромеханика, 1991, N8 , с. 92.

2. Пшиков П.М., Матвейчук В.А., Александров А.В. и др. А.с. СССР N 1571871, МКл⁵ B21D 26/14. Устройство для магнитно-импульсной обработки.

3. Белый И.В.,Александров А.В.,Горкин А. Л. Технологические операции, выполненные методом магнитно-импульсной обработки материалов с одновременным нагревом заготовки // Получение и обработка материалов высоким давлением: Тез.докл.- Минск: Наука и техника, 1987, с.17.

4. Александров А.В., Сегедий О.Г. Оптимизация многовитковых индукторных систем для магнитно-импульсного деформирования тонкостенных трубчатых заготовок // Научно-техн. конф. по проблемам экономии энергетических, материальных и трудовых ресурсов: Тез.докл . - Новосибирск : Новосибирский электротехнический ин-т,1990, с.23.

5. Александров А.В., Хименко Л.Т.,Решетников В.В. и др. Численное моделирование процессов зигования тонкостенных трубчатых заготовок импульсным магнитным полем // Математическое моделирование технологических процессов обработки материалов давлением : Тез.докл. - Пермь, 1990, с.62.

6. Александров А.В. Математическое моделирование технологических операций сложного формообразования токопроводящих заготовок произвольного осевого сечения импульсным магнитным полем // Компьютер : наука, техника, технология, здоровье : Тез . докл . международной научно-техн. конф. - Харьков - Мишкольц (Венгрия), 1993. - ч II, с. 211 - 213.

Alexandrov A.V. THE STUDY AND DEVELOPMENT OF INDUCTION-DYNAMIC APPARATUS USING BIMETALLIC CONSTRUCTIONS FOR MAGNETIC-PULSE INSTALLATIONS.

A thesis submitted for a candidate of sciences (engineering) degree on the speciality 05.09.06 - electric apparatus. Kharkov State Polytechnical University, Kharkov, Ukraine, 1995.

Presented are 5 scientific works and 1 Autor's Certificate which include theoretical and experimental study of magnetic-pulse treatment operations of current-condactive blanks having intricate cross-section with bimetallic induction-dynamic apparatus used. A two-dimensional mathematical model of the electromechanical processes has been constructed. Th; analysis of the bimetallic field-magnet operational zones' construction effect on the extent of the blank shaping has been carried out. Constructions of the bimetallic field-magnets that allow to increase 2-3,5 times the maximum permissible magnetic field pressure on the blank have been found.

Александров А.В. Исследование и разработка индукционно-динамической аппаратуры магнитно-импульсных установок с использованием биметаллических конструкций.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.06 - электрические аппараты, Харьковский гос. политехн. ун-т, Харьков, 1995.

Защищается 5 научных работ и 1 авторское свидетельство , которые содержат теоретические и экспериментальные исследования операций магнитно-импульсной обработки токопроводящих заготовок сложного осевого сечения с использованием биметаллической индукционно-динамической аппаратуры. Построена двумерная математическая модель электромеханических процессов. Осуществлен анализ влияния конструкции рабочих зон биметаллических индукторов на степень формообразования заготовки. Определены конструкции биметаллических индукторов, которые позволяют в 2-3,5 раза увеличить максимально допустимое давление магнитного поля на заготовку.

Ключові слова:

Індукційно-динамічна апаратури, магнітне поле, індуктор.

16

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Підписано до друку 12.12.94 г. Формат 60x84 1/16. Папір тип.
Друк офсетний. Умовно-друк. арк. 1,0. Тираж 100, Зак. 34.

Ротапринт Інституту монокристалів
Харків, пр. Леніна, 60.
30-70-97

456636

Ав 31.805