



УДК 621.791.753

Сидоренко П.Ю.

Національний технічний університет України «КПІ». Україна, м. Київ

ПРИНЦИПИ КОНСТРУЮВАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ПЛАВКИМ ЕЛЕКТРОДОМ З ІМПУЛЬСНИМИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМИ ДІЯМИ

Сформулированы основные требования и принципы создания комплекта специализированного оборудования для сварки с импульсными электромагнитными воздействиями.

Ключові слова: *сварка с импульсными электромагнитными воздействиями, конструирование, оборудование.*

Постановка задачі

Застосування імпульсних магнітних полів при дуговому зварюванні супроводжується розширенням його технологічних можливостей. Відомо, що використання імпульсних електромагнітних дій (ЕМД) при дуговому зварюванні плавким електроодом дозволяє керувати процесом перенесення електродного металу, впливати на параметрами формування швів у різних просторових положеннях, зменшувати рівень пористості швів [1-3].

Електромагнітні дії на основі імпульсних аксіальних керуючих магнітних полів мають свої особливості, що суттєво відрізняє їх від інших електромагнітних дій. Для їх реалізації необхідно забезпечувати максимально вертикальний фронт імпульсів керуючих магнітних полів, причому тривалість імпульсів не перевищує 0,15 мс. Максимальний ефект від застосування імпульсних ЕМД досягається при великих струмах намагнічування у високочастотних індукторах. Це обумовлює необхідність інтенсивного охолодження їх котушок, виконаних із намоточних матеріалів зі збільшеними перерізами, що призводить до погіршення масогабаритних показників і їх маневрових можливостей. До того, при застосу-

ванні даного способу в умовах зварювання необхідно враховувати наявність зварювальної дуги значної потужності, яка здатна пошкоджувати індуктор, який повинен знаходитись у безпосередній близькості від неї. Аналіз опублікованих матеріалів у цьому напрямку показав, що дані роботи містять обмежену інформацію про вплив градієнту магнітного поля і форми імпульсу на ефективність ЕМД. Це пов'язано із складністю таких досліджень, які у минулі роки проводились дуже трудомісткими експериментальними методами.

Виходячи із зазначеного, метою роботи є визначення особливостей конструювання спеціалізованого обладнання для зварювання з імпульсними електромагнітними діями.

Результати досліджень

Для високопродуктивної роботи конструкції зварювальних пальників повинні забезпечувати швидку та зручну заміну витратних елементів. Тому спеціалізований індуктор розроблено як соплова частини на пальника. Тобто, для трансформування стандартного пальника у спеціалізований достатньо замінити його соплову частину на індуктор для генеруван-

ня у зоні зварювання імпульсних керуючих магнітних полів.

Спеціалізований індуктор являє собою феромагнітне осердя 1 на бічній поверхні якого розміщено обмотку намагнічування 5 (рис. 1). Враховуючи те, що під час розряду конденсатора через обмотку виникають сили, що її деформують, для забезпечення довготривалої роботи даний елемент пальника заливається компаундом 2.

Великі струми намагнічування і частота повторення їх імпульсів спричиняють надмірний розігрів обмотки та складових частин індуктора. Цьому також сприяє близькість розташування його осердя до зони випромінювання дуги. Зазначені обставини також негативно впливають на надійність і працездатність пристрою у цілому і обумовлюють необхідність оснащення його системою примусового водяного охолодження. Поліпшенню теплового режиму також сприяє вірний вибір діаметру дроту котушки намагнічування. До того, за для запобігання виходу з ладу котушки намагнічування через електричний пробій її ізоляційного покриття, слід вірно вибирати тип намотувального дроту.

Досвід використання таких пристроїв дозволяє стверджувати, що для надійної і довготривалої роботи найбільш раціональним є виготовлення обмотки намагнічування з тонкостінної мідної трубки, поверхня якої вкрита ізолятором, а її внутрішню порожнину використано для примусового водяного охолодження. Кінцівки обмотки припаяні до штуцерів 4, які одночасно є елементами комутації струму намагнічування даного електромагніта, та служать для підведення охолоджуючої рідини.

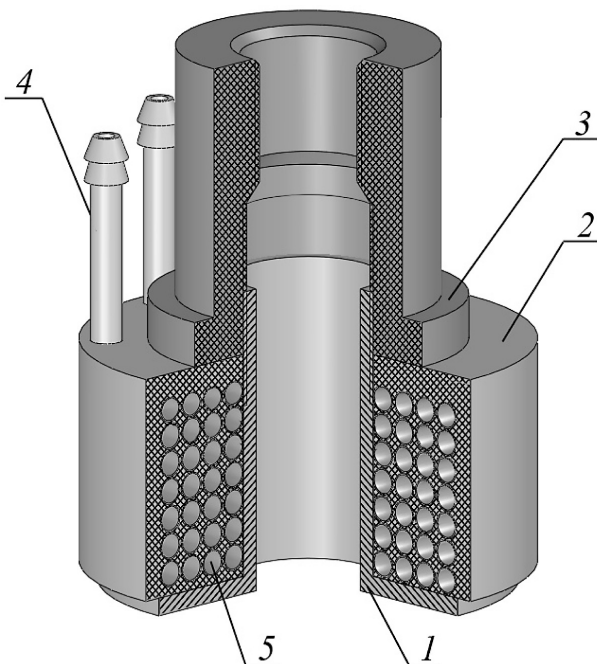


Рис. 1. Конструктивна схема спеціалізованого індуктора

Відомо, що при генеруванні магнітного поля підвищеної частоти у безпосередній близькості до металевих об'єктів в об'ємах останніх наводяться струми Фуко, які спричиняють їх розігрів і додаткові непродуктивні енергетичні витрати. Для мінімізації цього явища в осерді робили вертикальний розріз.

Кришка 3 має два отвори з нарізкою. Одною стороною вона фіксується відносно електродного вузла стандартного пальника, в іншу вкручується осердя, яке утримує обмотку намагнічування. До того, для усунення електричного потенціалу на торці феромагнітного осердя кришку виготовлено із ізолюючого матеріалу.

При створенні спеціалізованих індукторів для зварювання у середовищі інертних газів для забезпечення формування ламінарного газового потоку, достатнього для захисту швів і зони термічного впливу, нижні ділянки їх осердь за формою і розмірами були аналогічними стандартним соплам.

Від конструкції високочастотного індуктора залежить такі його параметри, як індуктивність і активний опір. Для визначення впливу параметрів пристрою генерування керуючого магнітного поля на процес перенесення електродного металу досліджено особливості процесів, що протікають в розрядному контурі, який містить накопичувач енергії (конденсатор) та індуктор.

Процес розряду конденсатора на високочастотний індуктор визначає кількість енергії, яка передається розплавленій краплі електродного металу для її відриву від торця електрода. Величина індукції КМП при фіксованій загальній кількості витків котушки намагнічування змінює своє значення в залежності від кількості її шарів. Збільшення кількості шарів котушки намагнічування спричинює практично лінійне зростання індукції керуючого магнітного поля у межах зварювальної ванни [4]. В свою чергу зміна кількості шарів котушки призводить до зміни її індуктивності. Індуктивність індуктору розраховували за формулою [5]:

$$L = \frac{\omega^2 \mu_0}{4\pi S^2} \int_V dV_M \int_V \frac{t_M t_Q}{r_{MQ}} dV_Q -$$

$$- \frac{\omega}{4\pi S} \int_{V_p} \rho_0(P) dV_P \int_V \frac{[r_{PQ} v] t_Q}{r_{PQ} (r_{PQ} + r_{PQ} v)} dV_Q -$$

$$- \frac{\omega}{4\pi S} \int_{S_s} \sigma_0(G) dS_\sigma \int_V \frac{[r_{GQ} v] t_Q}{r_{GQ} (r_{GQ} + r_{GQ} v)} dV_Q.$$

Перший інтеграл в формулі враховує власну індуктивність котушки, решта інтегралів враховують вплив поля намагніченості магнітопроводу.

Оскільки імпульс магнітного поля створюється розрядом високовольтного конденсатора на обмотку намагнічування індуктора, необхідне визначення

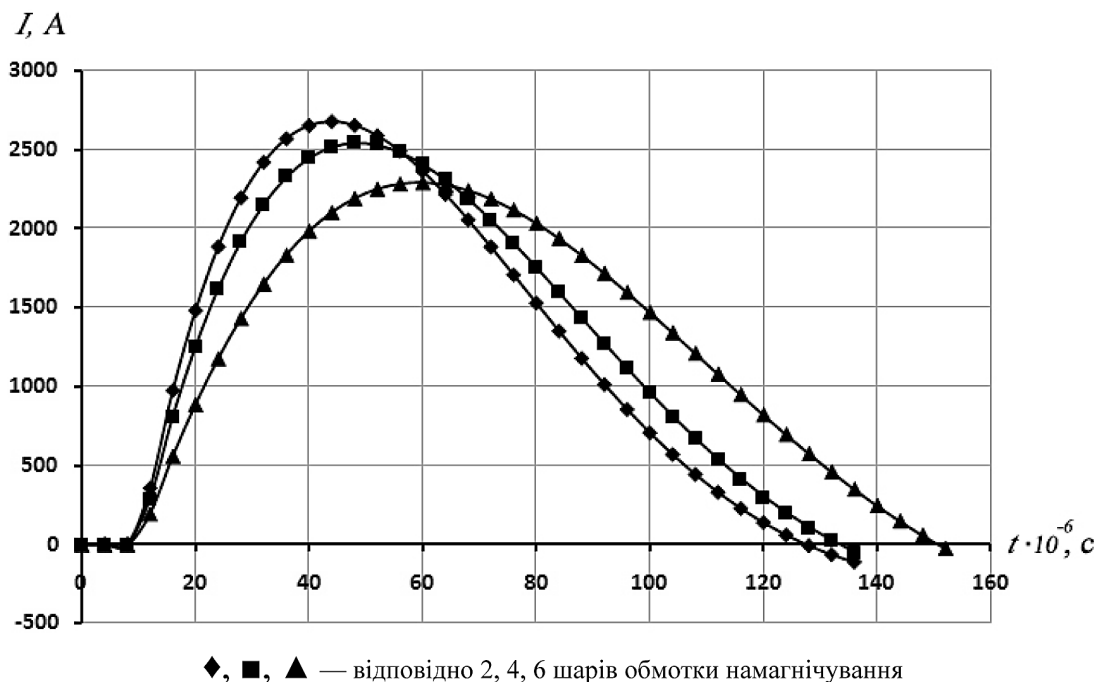


Рис. 2. Залежність струму намагнічування від кількості шарів обмотки індуктора

динаміки зміни струму намагнічування у функції часу. Для цього було створено модель процесу розряду конденсатора на індуктор в програмному пакеті Simulink.

Встановлено, що збільшення кількості шарів котушки намагнічування призводить до зменшення величини вихрового струму, що індуктується в об'ємі краплі та збільшує час його зростання до максимального значення (рис. 2).

За допомогою математичної моделі встановлено, що оптимальне співвідношення індуктивності і

індукції керуючого магнітного поля спостерігається у випадку, коли обмотка намагнічування має 4 шари (рис. 3). При подальшому збільшенні кількості шарів ефективність зменшується. Це пояснюється збільшенням індуктивності індуктора. До того, зафіксовано непропорційне зростання індуктивності і індукції КМП, що у свою чергу пояснюється намагніченістю осердя.

Таким чином, для зменшення втрат енергії в контурі необхідно забезпечувати мінімальну його індук-

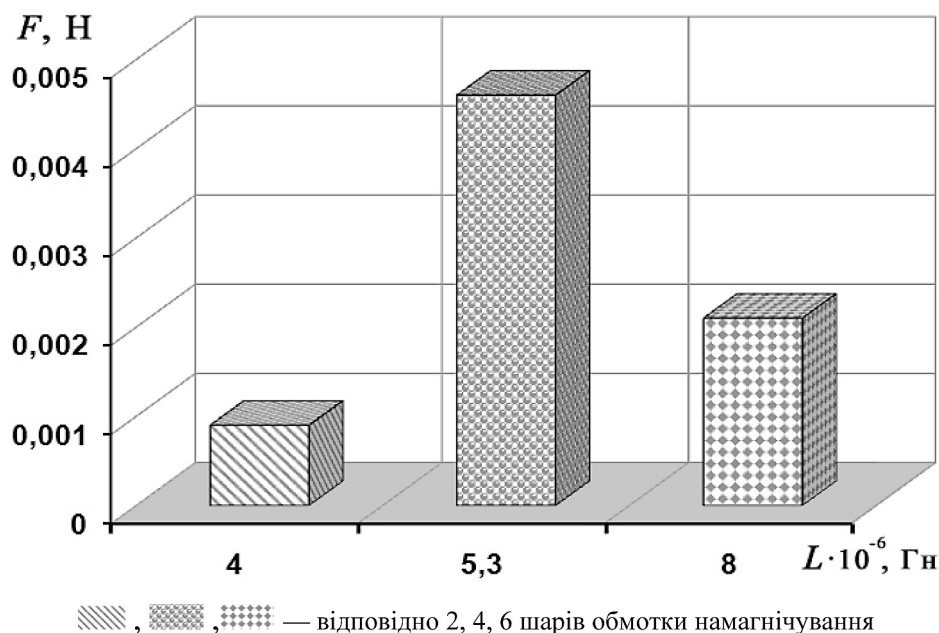


Рис. 3. Залежність електромагнітної сили від кількості шарів обмотки намагнічування

тивність і активний опір. Тобто, розрядний контур повинен мати як можна менші розміри, а з'єднувальні дроти повинні мати значні перерізи і малу довжину. Тому генератор імпульсів КМП доцільно розміщувати поблизу індуктора. Для цього він повинен мати незначні габаритні розміри. Цього досягали автономним розміщенням джерел живлення конденсаторів на корпусі установки.

Апарат керування імпульсними ЕМД при дуговому зварюванні плавким електродом складається із випрямляча, конденсатора, блоку комутації і високо-частотного індуктора. Після заряджання конденсатора до заданої напруги від випрямляча спрацьовує пристрій комутації і накопичувач енергії розряджається на індуктор. Внаслідок цього виникає силова дія на краплі електродного металу та ванну.

При розробці апарату керування ЕМД виникає ряд труднощів, що пов'язані з наявністю високої напруги заряджання конденсаторів (до 1000 В). Це в свою чергу накладає обмеження на клас ізоляційних матеріалів для уникнення електричного пробоя та підвищує небезпеку для зварників, що будуть використовувати цей апарат. Тому актуальною задачею є зниження напруги заряджання конденсаторів без зміни ефективності керування масопереносом за допомогою імпульсних ЕМД. Відомо, що енергія роз-

ряду конденсатора визначається за формулою: $E = CU^2/2$. Отже для збереження незмінної енергії системи, зменшення напруги досягається збільшенням ємності конденсаторів. Для цього, досліджували вплив ємності конденсатору і напруги його заряджання на величину і форму імпульсу струму намагнічування (рис. 4).

Встановлено, що зменшення напруги на 25% призводить до зменшення величини струму намагнічування на 52% і суттєво збільшує час його зростання до максимального значення.

Таким чином, зменшення напруги заряджання конденсаторів з одночасним збільшенням їх ємності негативно впливає на ефективність керування процесом перенесення електродного металу.

Виявлено, що недоліком апарату керування імпульсними ЕМД з одним накопичувачем є короткочасність електромагнітної сили, що діє на об'єкт керування, який має певну інерційність. Найчастіше це призводить до погіршення ефективності керування процесом масопереносу.

Проблему збільшення тривалості дії імпульсу електромагнітної сили вирішували послідовним розряджанням із заданим фазовим зсувом батареї конденсаторів на індуктор. Для цього створювали n паралельних віток розрядної батареї з n каналами керу-

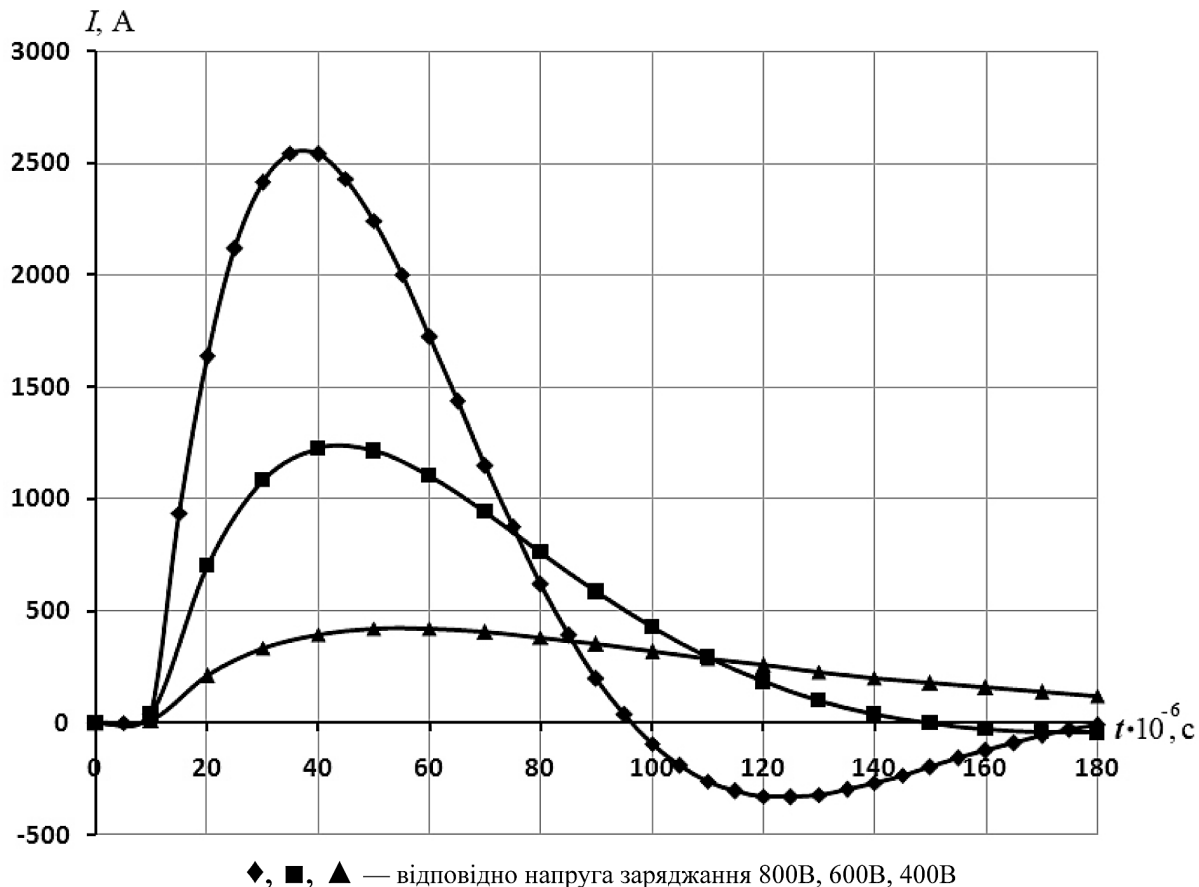


Рис. 4. Залежність струму намагнічування від ємності конденсатору і напруги його заряджання

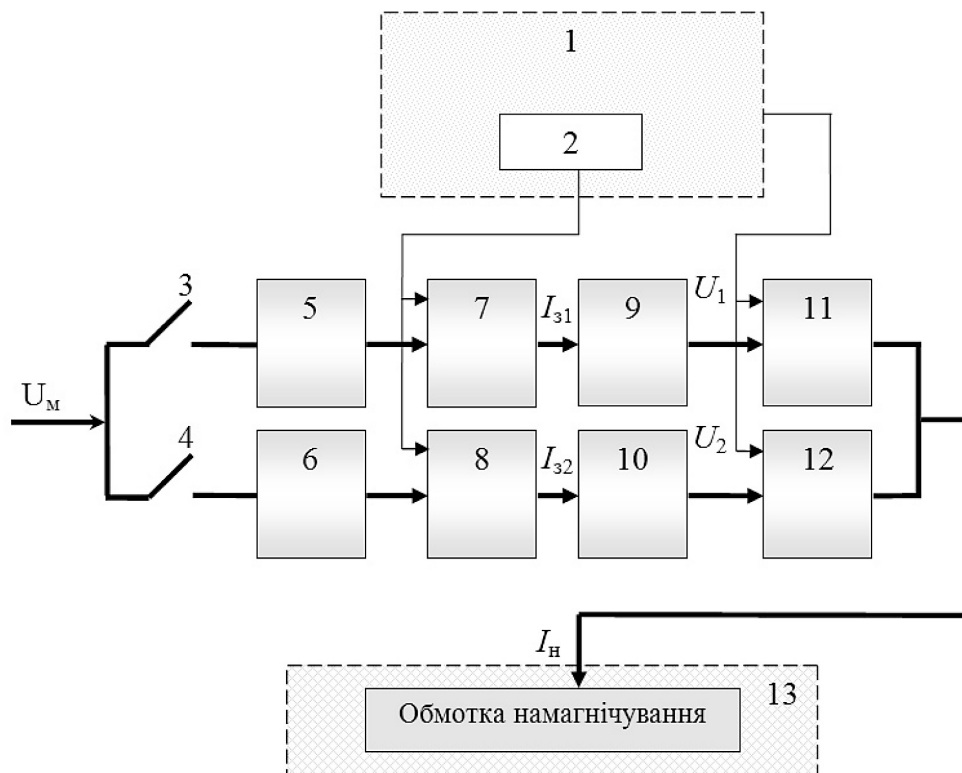


Рис. 5. Функціональна схема пристрою керування імпульсними електромагнітними діями

вання та стабілізували напругу зарядження конденсаторів в умовах змінної частоти спрацьовування блоку комутації.

Зміною кількості конденсаторів, що функціонують (на рис. 5 їх два), регулювали величину імпульсу електромагнітної сили.

Для формування послідовностей імпульсів струму I_n і можливості регулювання їх амплітуди кожен із конденсаторів (рис. 5 поз. 9 і 10) має автономну систему заряджання. Вони створені із високовольтних стабілізованих джерел живлення (5 і 6), виходи яких з'єднані з регуляторами струмів зарядження I_{31} і I_{32} (7 і 8). Величини I_{31} і I_{32} задаються блоком дискретних сигналів, який введено до складу інтерфейсу вводу 2. Послідовний розряд конденсаторів здійснюється за допомогою тиристорних комутаційних блоків (11 і 12), сигнали керування якими виробляє блок формування часових інтервалів, що входить до складу блоку керування (1). Ввімкнення джерел живлення (5 і 6) до промислової мережі здійснюється тумблерами (3 і 4). Останніми також можна задавати кількість конденсаторів, що функціонують. Таким чином, включені до складу апарату керування ЕМД блоки утворюють дві паралельні вітки, з'єднані на вході обмотки намагнічування.

Висновки

1. Для забезпечення максимальної індукції магнітного поля і надійної довготривалої роботи спеці-

лізованого пальника індуктор доцільно виготовлювати як його соплову частину. Крім того, ламінарний потік газу, достатній для захисту швів і зони термічного впливу, забезпечується при відповідності форми і розмірів внутрішньої поверхні осердя аналогічним стандартним соплом.

2. Зменшення втрат енергії в розрядному контурі спеціалізованого індуктору досягається мінімізацією індуктивності і активного опору котушки намагнічування та скороченням довжини з'єднувальних дротів.

3. Зменшення напруги заряджання конденсаторів на 25% призводить до зменшення величини струму намагнічування у 2 рази з суттєвим збільшенням часу його зростання до максимального значення, що негативно впливає на ефективність застосування імпульсних ЕМД.

Література

- [1] Сидоренко П.Ю. Вплив імпульсних електромагнітних дій на параметри формування швів при зварюванні у різних просторових положеннях / Сидоренко П.Ю., Рижов Р.М., Керосір О.В. — Обробка матеріалів у машинобудуванні. — 2010. — с.70-73.
- [2] Сидоренко. П.Ю. Использование импульсных электромагнитных воздействий для управления процессом переноса электродного металла при дуговой сварке / Сидоренко. П.Ю., Рыжов Р.Н. — Автоматическая сварка. — 2010. — №6. — с.52-53.

- [3] Сидоренко. П.Ю. Вплив імпульсних електромагнітних дій на пористість швів / Сидоренко. П.Ю., Рыжов Р.Н. — Технологические системы К., 2012, №58. — с.65-67.
- [4] Ришов Р.М. Принципи конструювання спеціалізованих пальників для дугового зварювання з електромагнітними діями / Ришов Р.М., Сидоренко П.Ю., Золотовський А.О. — Наукові вісті НТУУ "КПІ". — 2006.- №1.- С. 54-59.
- [5] Тозони О.В. Метод вторичних джерел в електротехніці / Тозони О.В. — М.: Энергія. — 1975. — 296 С.

Sidorenko P. Y.

National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute". Ukraine, Kiev

PRINCIPLES OF DESIGNING OF SPECIALIZED EQUIPMENT FOR CONSUMABLE ELECTRODE WELDING WITH ELECTROMAGNETIC STIRRING

The main requirements and making approach to the suite of special equipment for welding with the defined impulsive electromagnetic affects are formulated based on our researches.

Keywords: *welding with the defined impulsive electromagnetic affects, design, equipment.*

References

- [1] Sydorenko P.Ju. Vplyv impul'snyh elektromagnitnyh dij na parametry formuvannja shviv pry zvarjuvanni u riznyh prostorovyh polozhennjah / Sydorenko P.Ju., Ryzhov R.M., Kerosir O.V. Obrobka materialiv u mashynobuduvanni. — 2010. — s.70—73
- [2] Sidorenko. P.Ju. Ispol'zovanie impul'snyh jelektromagnitnyh vozdeystvij dlja upravlenija processom perenosa jelektrodnogo metalla pri dugovoj svarke / Sidorenko. P.Ju., Ryzhov R.N. — Avtomaticheskaja svarka. — 2010. — №26. — s.52—53
- [3] Sydorenko. P.Ju. Vplyv impul'snyh elektromagnitnyh dij na porystist' shviv / Sydorenko. P.Ju., Rtizhov R.N. — Tehnologicheskye systemti K., 2012, N°58. — s.65—67
- [4] Ryzhov R.M. Prynцыпы konstrуjувannja specializovanyh pal'nykiv dlja dugovogo zvarjuvannja z elektromagnitnymy dijamy / Ryzhov R.M., Sydorenko P.Ju., Zolotovs'kyj A.O. — Naukovi visti NTUU "KPI". — 2006. — №1. — S. 54—59
- [5] Tozoni O.V. Metod vtorichnyh istochnikov v jelektrotehnikе / Tozoni O.V. — M.: Jenergija. — 1975. — 296 S.