

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ МАШИН, СПОРУД І ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ ОБЛАДНАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

КНИШУК СЕРГІЙ ІВАНОВИЧ

УДК 621.791.92

**РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ІНДУКЦІЙНОГО НАПЛАВЛЕННЯ
ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКО-ГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ТА
ДОСЛІДЖЕННЯ НАПЛАВЛЕНОГО ШАРУ МЕТАЛУ**

131 «Прикладна механіка»

Автореферат
дипломної роботи «магістр»

Тернопіль
2018

Роботу виконано на кафедрі технології і обладнання зварювального виробництва Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: доктор технічних наук, професор кафедри технології і обладнання зварювального виробництва
Пулька Чеслав Вікторович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Рецензент: доктор технічних наук, професор, зав. кафедри транспортних технологій та механіки
Попович Павло Васильович
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 23 лютого 2018 р. о 12⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №13 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Федьковича, 9, навчальний корпус №3, ауд. 12

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В різних галузях народного господарства, в тому числі сільськогосподарського машинобудування, широке застосування знайшли тонкі сталеві диски, які застосовуються як диски луцильників, ножі-гичкорізи, дискові ножі для різання шиферу і зрізання соняшнику, диски копачів бурякозбиральних комбайнів, диски сошників зернових сівалок, фрези і т. п. З метою підвищення їх стійкості проти спрацювання і забезпечення самозагострювання в процесі експлуатації робочі поверхні їх зміцнюють різними методами наплавлення.

Широке розповсюдження для зміцнення робочих поверхонь вище названих деталей отримало індукційне наплавлення стійкими проти спрацювання порошкоподібними твердими сплавами.

Існуючим процесам наплавлення тонких дисків, в тому числі і індукційному, властиві такі недоліки: порівняно низька продуктивність, велика енергоємність, нерівномірність товщини шару наплавлюваного металу, а також складність підбору конструкції індукторів і нагрівальних систем в залежності від геометричних розмірів деталей і наплавленого валика.

Відомі методи одночасного індукційного наплавлення тонких дисків призначені для певного діаметра і розміру зони наплавлення. При зміні геометричних розмірів диска і зони наплавлення необхідно шукати інші конструктивні параметри індукторів або нагрівальних систем. Шлях експериментального їх дослідження вимагає певного часу і великих матеріальних затрат.

Особливу складність являє собою завдання наплавлення тонких сталевих дисків як суцільної так і зубчатої форми з шириною наплавлення, більшою за висоту зуба, що пов'язано з конструюванням і проектуванням нагрівальних джерел (індукторів і систем), і необхідністю проведення значної кількості експериментів, при розробленні нових технологічних процесів для наплавлення дисків довільних діаметрів і розмірів зони наплавлення виходячи з потреб технології.

Мета роботи: розроблення технології індукційного наплавлення деталей сільськогосподарських машин та дослідження наплавленого шару металу.

Об'єкт, методи та джерела дослідження. Основним об'єктом дослідження є технологічний процес та закономірності індукційного наплавлення тонких сталевих дисків порошкоподібними твердими сплавами. Для отримання основних результатів використано методи технічної електродинаміки, теорії теплопровідності та аналітичні методи дослідження електротермічних і термодеоформаційних процесів, що протікають в системі «індуктор-метал», «метал-шихта» при індукційному наплавленні зносостійкими порошкоподібними твердими сплавами. Структуру наплавленого валика визначали методом спектрального, хімічного аналізів і металографічними дослідженнями на сучасному обладнанні. Обробку результатів проводили з використання прикладних комп'ютерних програм і методів математичного моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів:

- розроблений новий технологічний процес та обладнання для індукційного наплавлення тонких сталевих дисків, що дозволить

підвищити продуктивність та рівномірність товщини шару наплавленого металу та економити електроенергію в порівнянні з існуючою технологією наплавлення;

- встановлено, що використання комбінованого екранування теплових та електромагнітних полів в процесі наплавлення дисків зубчатої форми дозволило створити однакову температуру в зоні наплавлення, яка забезпечує рівномірне розплавлення нанесеного порошкоподібного твердого сплаву, що в свою чергу призводить до отримання рівномірного шару наплавленого металу;
- обґрунтовано та вибрано математичну модель, що дозволяє проектувати нагрівальні системи «індуктор, тепловий та електромагнітний екрани» в залежності від розмірів дисків та ширини зони наплавлення.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані графічні залежності, які дозволяють визначати конструктивні розміри нагрівальних джерел (індукторів і систем) для наплавлення дисків зубчатої форми довільних діаметрів і розмірів зони наплавлення, що дає можливість скоротити термін і матеріальні затрати які пов'язані з розробленням нових технологічних процесів наплавлення дисків. На основі проведених досліджень розроблено технологічний процес для наплавлення дисків зубчатої форми з використанням системи «індуктор, тепловий та електромагнітний екрани», яка покращує рівномірність товщини шару наплавленого металу на 12,4%, скорочує час наплавлення з 32 до 22 с та зменшує використання електроенергії на 42...56%.

Апробація. Окремі результати роботи доповідались на VI Міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій. Том 1», Тернопіль, ТНТУ, 16 – 17 листопада 2017 р.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 8 частин, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 152 арк. формату А4, графічна частина – 16 аркушів формату А1.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено мету та завдання, об'єкт та предмет розроблення та досліджень, сформульовано наукову новизну та практичне значення результатів..

В аналітичній частині проведено аналіз конструкції та матеріалу виробу, вказано технічні умови згідно яких виготовляється і поставляється виріб. Розглянуто вимоги які пред'являються до порошкоподібних твердих сплавів, а також проведено огляд існуючих методів наплавлення тонких плоских деталей, показано переваги індукційного наплавлення. Виконано постановку задач на дипломну роботу.

В науково-дослідній частині проведено вибір і обґрунтування математичної моделі оптимізації потужності теплових джерел та температурного поля яка використовується з метою наплавлення тонких сталевих дисків. На її основі створені інженерні методики розрахунку нагрівальних систем у випадках коли

індуктор неекраниваний, коли екраниваний тільки електромагнітним екраном і коли існує нагрівальна система індуктор, тепловий і електромагнітний екрани. Також досліджено остигання диска після наплавлення за отриманими інженерними формулами для визначення температури в різні моменти часу в довільній точці зони наплавлення у випадках, коли ширина зони наплавлення рівна 50 і 20 мм. Обґрунтовано переваги нагрівальної системи індуктор, тепловий та електромагнітний екрани над існуючою технологією наплавлення за структурою, твердістю та зносостійкістю наплавленого шару металу, а також економією електроенергії та продуктивністю процесу наплавлення.

В технологічній частині роботи проведено техніко-економічне обґрунтування способу наплавлення, наплавлювального обладнання та матеріалів, параметрів режимів наплавлення і технологічної оснастки. Проведено розрахунок нормування витрат наплавлювальних матеріалів та спроектовано технологічний процес наплавлення дисків зубчастої форми.

В конструкторській частині проведено вибір засобів технологічного оснащення. Вдосконалено механізовану лінію для неперервно-послідовного індукційного наплавлення тонких сталевих дисків, яка дозволяє механізувати процес їх наплавлення включаючи завантаження заготовок, засипання порошкоподібного твердого сплаву, наплавлення та розвантаження їх після наплавлення.

В спеціальній частині розглянуто особливості використання систем автоматизованого проектування для вирішення технологічних задач. Зокрема проведено розрахунок та проектування модуля прямозубої зубчастої передачі з допомогою прикладного програмного забезпечення.

В частині «Обґрунтування економічної ефективності» розглянуто питання організації виробництва і проведено розрахунки техніко-економічної ефективності проектних рішень в порівнянні з базовим варіантом.

В частині «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проведено оцінку технологічного процесу з умов техніки безпеки, електробезпеки, пожежної безпеки, виконано розрахунок захисного заземлюючого пристрою для вибраного обладнання та передбачено протипожежні заходи при виконанні запропонованого технологічного процесу.

В частині «Екологія» проаналізовано актуальність охорони навколишнього середовища, розглянуто питання забруднення довкілля, що виникає внаслідок реалізації технологічного процесу, а також запропоновано заходи зі зменшення забруднення довкілля при реалізації технологічного процесу.

У загальних висновках щодо дипломної роботи описано прийняті в проекті автором конструктивні та технологічні рішення, проведені дослідження наплавленого шару металу порошкоподібним твердим сплавом за допомогою нагрівальної системи індуктор, тепловий та електромагнітний екрани, які показали що мікроструктура, твердість і зносостійкість перебувають на тому ж рівні, що і за існуючою нагрівальною системою тобто без екранування теплових і електромагніт полів, встановлено, що стабільність товщини шару наплавленого металу підвищується на 12,4%; прийнято оригінальні науково-інженерні рішення; обґрунтовано техніко-економічні показники в порівнянні з базовими, для

впровадження вдосконаленої технології з індукційного наплавлення деталей сільськогосподарських машин, які працюють в умовах абразивного середовища у виробництво; передбачено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, а також заходи щодо зменшення забруднення середовища при реалізації запропонованих рішень.

В додатках до пояснювальної записки приведено відомості специфікацій.

В графічній частині приведено технологічний процес виготовлення виробу з вказанням необхідних технологічних операцій, креслення модернізованої установки для наплавлення тонких плоских, яка запропоновано для реалізації технологічного процесу та графіки аналітично-дослідницької роботи, а саме параметри нагрівальних систем (без врахування електромагнітного і теплового екранування, з урахуванням тільки електромагнітного екранування та з урахуванням електромагнітного і теплового екранування) і режимів наплавлення та розподіл температури по радіусу диска для різних моментів часу при нагріванні.

ВИСНОВКИ

Прийняті в дипломній роботі наукові та інженерно-технологічні рішення дозволили вдосконалити технологію індукційного наплавлення тонких плоских деталей сільськогосподарських машин і досягти суттєвого покращення окремих показників технологічного процесу, а саме модернізувати лінію для неперервно-послідовного індукційного наплавлення тонких сталевих дисків, яка дозволяє автоматизувати процес їх наплавлення включаючи завантаження заготовок, засипання порошкоподібного твердого сплаву, наплавлення та розвантаження їх після наплавлення, покращити та підвищити якість та ефективність наплавлювальних робіт, забезпечити отримання більш якісних наплавлених деталей, а також зменшити затрати електроенергії та підвищити продуктивність процесу наплавлення.

Обґрунтована та вибрана математична модель, яка дозволяє визначити конструктивні параметри нагрівальної системи індуктор, тепловий та електромагнітний екрани в широкому діапазоні розмірів деталі та наплавленого шару металу.

Розроблені та вдосконалені конструкції автоматизованої лінії дали змогу підвищити якість виготовлення виробу і зменшити підготовчо-заклучний час на операціях. Крім того, завдяки застосуванню запропонованих нововведень вдалося досягнути значного покращення умов роботи виробничих робітників.

Обґрунтування техніко-економічної ефективності запропонованих рішень дозволило підтвердити правильність прийнятих проектно-технологічних рішень, що завдяки впровадженню у виробництво запропонованої технології індукційного наплавлення, можна досягнути значних економічних показників.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Книшук С.І. Вимірювання температури в зоні наплавлення тонких елементів конструкції з використанням індукційного наплавлення [Текст] / Пулька Ч.В., Сенчишин В.С., Гаврилюк В.Я., Книшук С.І. Тези доповіді на VI Міжнародній

науково-технічній конференції молодих вчених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». Том 1, 16-17 листопада. – Тернопіль, ТНТУ, 2017. – С. 38.

АНОТАЦІЯ

. Книшук С. І. Розроблення технології індукційного наплавлення деталей сільськогосподарських машин та дослідження наплавленого шару металу. – Рукопис.

Дипломна робота магістра на здобуття освітнього ступення «магістр» за спеціальністю 131 – Прикладна механіка. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, 20187.

Дипломна робота присвячена розробленню технології індукційного наплавлення деталей сільськогосподарських машин та дослідження наплавленого шару металу.

Проведений огляд існуючих способів наплавлення тонких плоских деталей в тому числі сталевих дисків, які працюють в абразивному середовищі із забезпеченням процесу самозагострювання, здійснено аналіз конструкції виробу та наплавлювальних порошкоподібних твердих сплавів. Обґрунтовано спосіб наплавлення. Для реалізації та механізації технологічного процесу наплавлення модернізовано відповідне обладнання. Запропоновано рекомендації щодо застосування нагрівальної системи індуктор, тепловий та електромагнітний екрани яка забезпечує рівномірне температурне поле в зоні наплавлення з метою підвищення стабільності товщини шару наплавленого металу, зносостійкості, продуктивності процесу та економії електроенергії.

Результати роботи можуть бути впроваджені у виробництво при виготовленні тонких плоских деталей сільськогосподарських машин, які працюють у умовах абразивного середовища.

Впровадження запропонованої технології у виробництво дозволить досягнути значних економічних показників та ефективність виробництва.

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЯ, ІНДУКТОР, НАПЛАВЛЕННЯ, ПОРОШКОПОДІБНИЙ ТВЕРДИЙ СПЛАВ, ПОТОКОВА ЛІНІЯ.

ANNOTATION

Knyshuk S. I. Development of technology of inductive surfacing of agricultural machines parts and research of surfaced layer of metal. – Manuscript.

Diploma thesis for Master Degree in speciality 131 – Applied Mechanics. – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2018.

The development of technology of inductive surfacing of agricultural machines parts and research of the surfaced layer of metal have been investigated in the thesis.

The research of the existing methods of surfacing the thin flat parts, including steel discs, operating in abrasive environment and performing the self-steepening process, has been conducted. The analysis of construction of the product and the surfacing powdered solid alloys has been carried out. The method of surfacing has been proved. The

appropriate equipment has been upgraded for the implementation and mechanization of the technological process of surfacing. The recommendations for the application of the heating system inductor, thermal and electromagnetic screens that create the even temperature field in the area of surfacing to increase the stability of the thickness of the weld metal layer, wear resistance, process efficiency and energy saving have been developed.

The results of the research can be implemented in the manufacture of thin flat parts of agricultural machines operating in abrasive working environment.

The implementation of the technology into production will cause the increase of the economic results and production efficiency.

Key words: TECHNOLOGY, INDUCTOR, SURFACING, POWDERED SOLID ALLOYS, FLOW LINE.