

УДК 621.791:621.396:004.89

Бажміна Е.А.¹, Удовиченко Ф.В.²

¹ PhD, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ЗАСОБАМИ СЕНСОРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Сучасне зварювальне виробництво переживає активну трансформацію під впливом цифрових технологій та автоматизації, і ключову роль у цьому процесі відіграє впровадження сенсорних систем. В умовах підвищених вимог до якості, точності та продуктивності зварювальних операцій, датчики стають невід'ємним компонентом передових технологічних рішень. Їхнє застосування забезпечує не лише постійний моніторинг параметрів процесу, а й оперативну адаптацію обладнання до змінних умов, що значно знижує ймовірність виникнення дефектів.

Інтеграція сенсорних технологій в роботизовані зварювальні комплекси дозволяє досягати високої точності та повторюваності операцій навіть у складних виробничих умовах. Системи автоматичного відстеження шва, що базуються на візуальних, лазерних та тактильних датчиках, забезпечують динамічну корекцію траєкторії руху зварювального інструмента. Водночас, системи контролю якості в реальному часі дозволяють своєчасно виявляти відхилення від технологічних параметрів, зменшуючи кількість браку та втрат матеріалів.

Датчики все частіше використовуються в складі роботизованих зварювальних комплексів, систем автоматичного відстеження шва та систем контролю якості в реальному часі.

Роботизовані зварювальні системи. Інтеграція різноманітних датчиків дозволяє роботам-зварювальникам адаптуватися до змін у геометрії заготовок та параметрах процесу, забезпечуючи високу точність та повторюваність зварювальних операцій.

Системи автоматичного відстеження шва. Використання візуальних, лазерних або тактильних датчиків дозволяє автоматично коригувати траєкторію руху зварювального пальника, що особливо важливо при зварюванні складних криволінійних швів або деталей зі змінними розмірами.

Системи контролю якості в реальному часі. Датчики, що контролюють параметри зварювальної дуги, температуру зварювальної ванни та інші технологічні параметри, дозволяють оперативно виявляти відхилення від заданих значень та запобігати утворенню дефектів.

Сенсорний синтез. Комбінування даних з різних датчиків (наприклад, візуальних та лазерних) дозволяє отримати більш повну та надійну інформацію про зварювальний процес, підвищуючи точність контролю та прийняття рішень.

Сучасні дослідження та розробки в галузі сенсорних технологій для зварювання спрямовані на покращення характеристик існуючих датчиків, а також на створення нових, більш досконалих сенсорних систем. Основними тенденціями є:

підвищення точності та швидкості реакції датчиків (розробка більш чутливих та швидких сенсорів дає здійснювати більш ефективний контроль зварювальних процесів у реальному часі);

розширення функціональних можливостей (створення багатофункціональних датчиків, здатних одночасно вимірювати кілька параметрів, дає спростити сенсорні системи та зменшити їхню вартість);

інтеграція з системами штучного інтелекту та машинного навчання (застосування алгоритмів штучного інтелекту для обробки даних з датчиків дає здійснювати більш глибокий аналіз зварювальних процесів, прогнозувати виникнення дефектів та оптимізувати параметри зварювання в автоматичному режимі);

створення більш стійких та надійних датчиків (розробка сенсорів, здатних працювати в складних умовах зварювального виробництва (високі температури, електромагнітні поля, бризки металу), є важливим напрямком досліджень);

мініатюризація та інтеграція датчиків (розробка компактних та легко інтегрованих сенсорних систем спрощує їхнє впровадження у різноманітне зварювальне обладнання).

Сенсорні технології є фундаментальною складовою сучасного зварювального виробництва, сприяючи його переходу до вищих рівнів автоматизації та цифрової трансформації. Завдяки широкому спектру типів датчиків, їх інтеграції у роботизовані системи, а також застосуванню алгоритмів штучного інтелекту, з'являється можливість забезпечити не лише стабільність, а й інтелектуальну гнучкість зварювального процесу.

Основні тенденції розвитку сенсорних систем зосереджені на підвищенні точності, швидкості реакції та багатофункціональності датчиків. Окрему увагу приділено створенню надійних сенсорів для роботи в екстремальних умовах, а також мініатюризації компонентів, що полегшує їх інтеграцію в різні типи обладнання. Особливо перспективним є поєднання сенсорних систем із технологіями штучного інтелекту, що дозволяє не лише аналізувати дані, а й передбачати дефекти, оптимізуючи параметри зварювання в автоматичному режимі.