

УДК.621.791.793

Фомічов С. К., Чвертко Є. П.

### ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДО МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПРИ КОНТАКТНОМУ СТИКОВОМУ ЗВАРЮВАННІ БЕЗПЕРЕРВНИМ ОПЛАВЛЕННЯМ

Однією з основних задач виробництва зварних конструкцій є стабілізація якості з'єднань в межах партії однотипних виробів. Найпоширенішим способом розв'язання цієї задачі є стабілізація параметрів режиму та мінімізація рівня технологічних збурень. Значний досвід, накопичений в галузі зварювання, формалізовано у табличних моделях, які пов'язують показники якості з параметрами режиму зварювання. Такі моделі, як правило, дозволяють отримати зварні з'єднання з параметрами якості на рівні гранично допустимих згідно вимог відповідних нормативних документів. Однак у випадку підвищення вимог до якості з'єднання або у разі дії збурень застосування таких моделей не може забезпечити заданого рівня якості.

Дослідження процесу контактного стикового зварювання безперервним оплавленням [1] довели, що висока якість зварних з'єднань забезпечується у разі виконання таких вимог: забезпечення необхідної інтенсивності оплавлення перед осадкою, отримання заданого розподілу температур в деталях, забезпечення необхідних значень величини та швидкості осадки. Оскільки прямі вимірювання наведених величин досить ускладнені, на практиці визначають інші параметри, значення яких впливають на нагрівання деталей. До таких параметрів відносять напругу неробочого ходу, швидкість переміщення деталей та їхні вильоти.

Інформацію про інтенсивність процесу оплавлення можливо отримати за результатами вимірювання електричних параметрів процесу, зокрема напруги у зварювальному колі. Сукупність її миттєвих значень відображає перехідні процеси, які відбуваються під час оплавлення внаслідок утворення та руйнування рідких перемичок, та на які, в свою чергу, впливають енергетичні та механічні параметри режиму. Зміни напруги у вторинному колі під час зварювання можна вважати стохастичними [2–3].

Оскільки передумови для зниження показників якості з'єднань можуть закладатись на всіх стадіях процесу зварювання, оцінка якості може здійснюватись шляхом аналізу осцилограм напруги та розділення їх на групи, які відповідають відхиленням певних параметрів. Таким чином, задача контролю якості зводиться до задачі кластеризації.

При аналізі великих масивів інформації із даними, виникають задачі, що пов'язані з дослідженням топологічної структури даних, розділенням їх на групи (кластери), розподілу по класам і т. ін. Задачі аналізу великих масивів інформації із даними, дослідження їхньої топологічної структури, розділенням їх на групи (кластери), можуть бути успішно вирішені за допомогою нейронних мереж класифікації та кластеризації даних. Особливо важливими при створенні системи контролю якості, є здатність мереж до розділення даних на групи. Математичний апарат та програмне забезпечення для симуляції штучних мереж на персональних комп'ютерах на сьогоднішній день є досить широким.

Метою роботи є оцінка ефективності нейронних мереж при виявленні відхилень у ході процесу нагрівання деталей при контактному стиковому зварюванні безперервним оплавленням для визначення можливості застосування нейронних мереж в якості інструменту моніторингу процесу зварювання.

Експерименти проводились для випадку контактного стикового зварювання безперервним оплавленням арматурних прутків класу А400С діаметром 14 мм. Зварювання проводили на машині МСО-606.

Реєстрацію напруги у вторинному колі машини проводили за допомогою аналого-цифрового перетворювача E-140 (L-Card, Росія).

Частоту аналого-цифрового перетворення 20 кГц на канал було обрано на основі рекомендацій [2] та власних попередніх експериментів. Для підвищення точності вимірювань здійснено заходи щодо захисту кіл вимірювання від електромагнітних перешкод (використання витих пар, установка на вхід перетворювача резисторів для зниження впливу синфазної перешкоди) [3]. Напругу вимірювали на виході джерела живлення. Запис параметрів проводили за допомогою програми File Recorder v. 3.2 із спеціалізованого пакета PowerGraph v. 3.2, призначеного для роботи із продукцією фірми L-Card у середовищі Windows XP. За допомогою меню програмного середовища можна здійснювати налагодження кожного із вхідних каналів АЦП шляхом завдання частоти опитування та рівня вхідного сигналу.

Оцінку якості зварних з'єднань проводили для оптимального режиму та двох випадків постійно діючого відхилення процесу від стійкого стану, які знижують якісні характеристики стику та найчастіше виникають при зварюванні:

- збільшення величини іскрового зазору (крайній випадок – розрив електричного кола);
- зменшення величини іскрового зазору (крайній випадок – перехід від нагрівання оплавленням до нагрівання опором).

Відхилення процесу створювались за рахунок введення збурень за основними параметрами режиму таких, що перевищують допустимі значення. Так, для імітування першої групи режимів було знижено швидкість зближення деталей (допустиме відхилення за параметром складає 10 % [1]), а для другої – знижено напругу неробочого ходу машини (допустиме відхилення складає 20 % [1]).

Первинна обробка сигналу полягала у виділенні за допомогою цифрового фільтра високочастотної складової сигналу, яка власне відображає хід іскро-вибухового процесу. Після первинної обробки даних їх було розділено на блоки, рівні 10 періодам напруги мережі живлення, виходячи із максимально допустимої тривалості відхилень процесу оплавлення [1]. Довжина блоку складає 4000 значень, що відповідає часу 2 с. Для кожного блоку визначено математичне очікування випадкової величини, після чого виконано нормалізацію значень масивів. У результаті для кожного дослідження було отримано матрицю розмірністю  $1 \times 75$  (рис. 1).

Методом зовнішнього огляду стиків та макрошліфів, руйнуючих механічних випробувань було визначено якісні та неякісні з'єднання для навчання нейронної мережі.

Для кластеризації було застосовано імовірнісну мережу PNN (Probabilistic Neural Networks – імовірнісна нейронна мережа), що належить до радіально-базисних мереж, та LVQ (Learning Vector Quantization – розділення навчальних векторів). Обидві мережі відносять до самоорганізаційних мереж. Кластеризацію здійснювали за ознакою наявності відхилення за одним із параметрів режиму. Таким чином, дані розділялись на три класи.

Штучна нейронна мережа для роботи потребує навчання [4], яке полягає у подаванні на вхід мережі навчальної виборки даних – набору спостережень, який містить ознаки досліджуваного об'єкту.

Однією з серйозних проблем при навчанні мережі є те, що у багатьох випадках мінімізується не та помилка, яку потрібно мінімізувати. Необхідно зменшити помилку, яка з'являється у процесі подавання на неї нових спостережень, потрібно, щоб мережа пристосувалася до них. Іншою проблемою є явище перенавчання нейронної мережі. Мережі із великою кількістю ваг дозволяють відтворювати дуже складні функції, і в цьому сенсі вони схильні до перенавчання. І навпаки, мережа із малою кількістю ваг може не відтворити наявну залежність. Якщо використовувати багаточарові лінійні мережі, помилка може бути завжди меншою, але це може означати, що з'являється явище перенавчання.

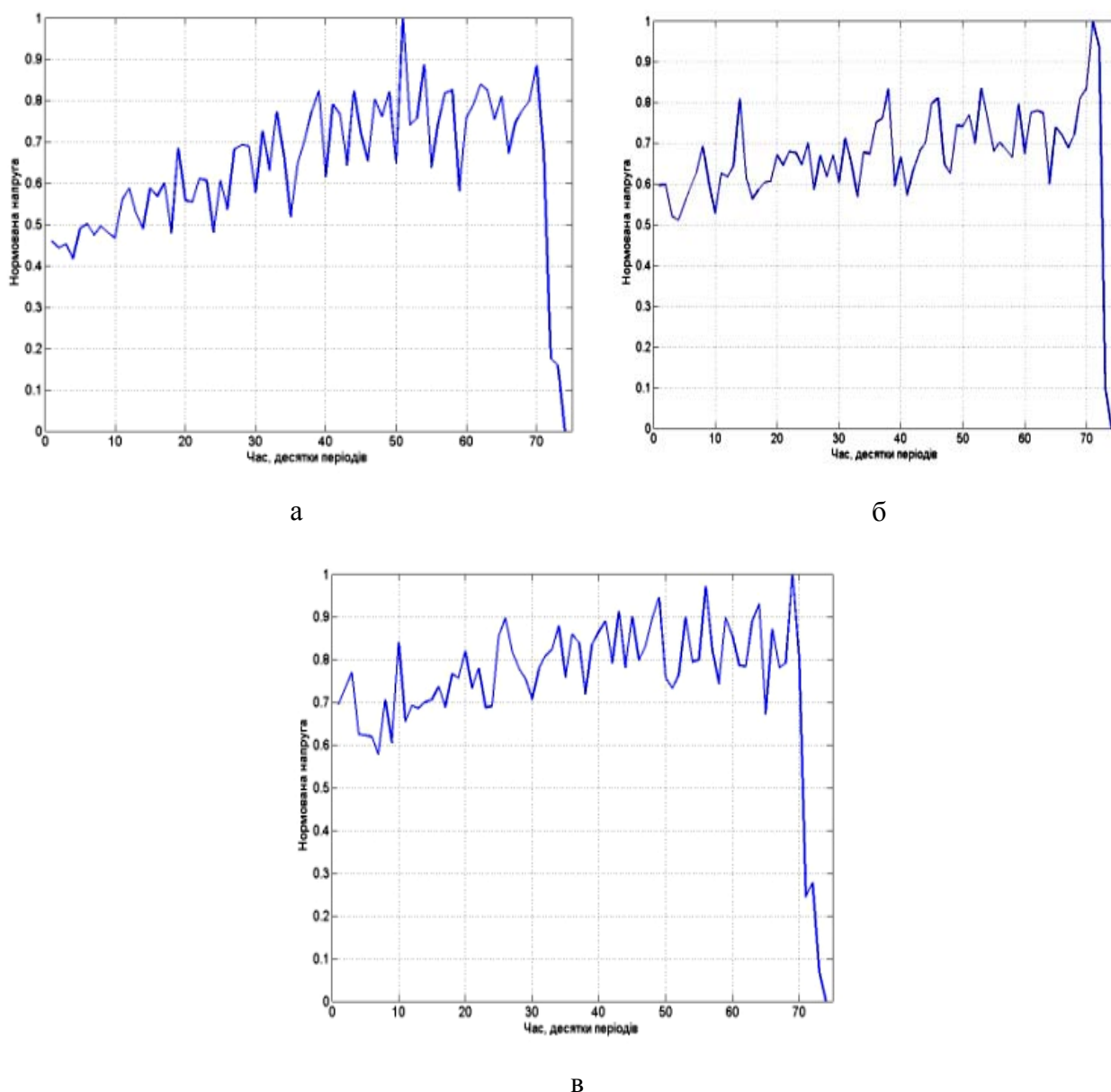


Рис. 1. Інформативний сигнал:

а – для базового режиму; б – для зниженої швидкості оплавлення; в – для зниженої напруги

Перевірка на існування явища перенавчання проводилась за допомогою контрольної послідовності. Частина навчальних послідовностей було зарезервовано як контрольну і не було використано при навчанні.

Для обох типів мереж було застосовано одну навчальну послідовність. Кількість блоків у навчальній послідовності становила 45. Значення для навчальної послідовності обиралися з кожного експерименту. Мережа PNN мала 3 нейрони. Мережа LVQ мала 3 нейрони у другому шарі (відповідно до кількості класів, на які необхідно розділити дані). Навчання мережі LVQ проводилося на протязі 2000 циклів, крок навчання склав 0,05.

Працездатність мереж була перевірена на множинах значень, що не мали жодного відношення до навчання мереж. Для цього було проведено оцінку якості зразків, зварених на оптимальному режимі. Оцінку похибки роботи мереж наведено у табл. 1.

Таблиця 1

## Результати роботи нейронних мереж

Група контролю	Кількість стиків	
	підтверджено	відбраковано
За зовнішнім оглядом	35	2
За результатами випробувань: за структурою	21	9
За механічними випробуваннями	5	2
всього	26	11
За розрахунками мережі:		
PNN	24	13
LVQ	25	12
Помилка роботи мережі		
PNN		8 %
LVQ		5 %

Перевірка нейронної мережі, для визначення точності виявлення відхилень, проводилася подаванням на вхід навчених нейронних мереж усієї послідовності записаних у ході експерименту даних. Зварні з'єднання та типові масиви даних для навчання мереж наведено табл. 2.

Таблиця 2

## Результат повторного розрахунку

Загальна кількість блоків		Вид збурення	
		Збільшений виліт + знижена напруга	Знижена швидкість
		60	30
Кількість вірних відповідей	PNN	47	30
	LVQ	52	30
Помилка роботи мережі	PNN	21,6 %	0 %
	LVQ	13,3 %	0 %

Отримані результати (табл. 2) показали, що застосування штучних нейронних мереж для оцінки якості зварних з'єднань при контактному стиковому зварюванні безперервним оплавленням є принципово можливим. Основною перевагою даного методу є підвищення точності оцінки якості стиків без застосування руйнуючих методів контролю. Підвищення точності роботи мереж потребує вивчення особливостей фізичних процесів, які відбуваються під час оплавлення.

## ВИСНОВКИ

Дослідження довели, що технологія моніторингу якості на основі штучних нейронних мереж дозволяє виявляти відхилення у процесі зварювання безперервним оплавленням.

Для вказаного способу зварювання найбільш інформативним параметром є напруга у вторинному колі машини. Отримані під час вимірювань дані потребують попередньої обробки для збільшення інформативності сигналу.

На основі аналізу ефективності роботи мереж виявлено, що у подальшому доцільно застосовувати мережу LVQ.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кучук-Яценко С. И. Контактная стыковая сварка оплавлением / С. И. Кучук-Яценко. – К. : Наукова думка, 1992. – 236 с.
2. Geoff Shannon August 8, 2007. Gaining control of resistance welding [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.thefabricator.com/ArcWelding/ArcWelding\\_Article.cfm?ID=1689](http://www.thefabricator.com/ArcWelding/ArcWelding_Article.cfm?ID=1689).
3. Денисенко В. Защита от помех датчиков и соединительных проводов систем промышленной автоматизации / В. Денисенко, А. Халявко // Современные технологии автоматизации. – 2001. – № 1. – С. 68–75.
4. Медведев В. С. Нейронные сети: Matlab 6. / В. С. Медведев, В. Г. Потемкин. – М. : Диалог-Мифи, 2002. – 489 с.