

ПРОГНОЗУВАННЯ ТИПІВ ДЕФЕКТІВ ПРИ СТИКОВОМУ ЗВАРЮВАННІ ОПЛАВЛЕННЯМ СТЕРЖНЬОВОЇ АРМАТУРИ ЗАЛІЗОБЕТОНУ

С. К. ФОМІЧОВ, д-р техн. наук, Є. П. ЧВЕРТКО, І. О. СКАЧКОВ, канд. техн. наук, Я. В. СХАБОВСЬКИЙ,
(Нац. техн. ун-т України «КПІ»), П. М. ЧВЕРТКО, канд. техн. наук (Ін-т електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України)

Наведено результати застосування нейронних мереж для вирішення задач прогнозування типів дефектів на прикладі стикового зварювання оплавленням стержньової арматури залізобетону.

The paper gives the results of application of neural networks to solve the problem of prediction of defect types in the case of flash-butt welding of concrete reinforcing bars.

Застосування штучних нейронних мереж [1] на теперішній час є перспективним напрямом прогнозування у реальному часі утворення дефектів при зварюванні [2, 3].

При зварюванні стержньової арматури в з'єднаннях можуть виникати дефекти здебільшого з трьох причин [4]: порушення технологічних режимів зварювання, в тому числі під впливом збурень мережі живлення; порушення умов і правил експлуатації зварювального устаткування; внутрішні дефекти основного металу зварюваних деталей.

Порушення технологічних режимів зварювання у загальному випадку відбувається внаслідок дії різного роду збурень: енергетичних, кінематичних та технологічних. Результатом такої дії може стати поява значних відхилень реальних значень параметрів режиму від встановлених навіть за умови виконання усіх правил експлуатації зварювального обладнання та підготовки деталей до зварювання. Загалом можливими виявляються два варіанти перебігу процесу, які відповідно приводять до недостатнього нагрівання стержнів та до перегріву з'єднання.

У випадку недостатнього нагрівання зварюваних деталей значно знижуються пластичні властивості арматури (значною мірою цей процес виражений при зварюванні попередньо зміцнених стержнів). При осадці відбувається формування з'єднання не по всьому перерізу, що призводить до появи несучільностей на периферії. При механічних випробуваннях на розтяг відбувається крихке руйнування безпосередньо по стику або зоні термічного впливу (ЗТВ). На рис. 1 показано типове руйнування зварного з'єднання при механічних випробуваннях і макрошліф такого з'єднання.

Перегрів з'єднання призводить до зниження характеристик міцності в ЗТВ. При надмірному нагріві в зоні відбувається місцеве відпущення ме-

талу. Зразки після механічних випробувань на розтяг мають дві характерні шийки, які свідчать про знеміцнення з'єднання (рис. 2, а). Структура ЗТВ типова для перегрітих сталей такого класу (рис. 2, б). При подальшому збільшенні циклу нагрівання відбувається характерне руйнування з наявністю гарячих тріщин в площині з'єднання. Межа міцності при цьому зазвичай не перевищує 100...140 МПа.

При моніторингу якості зварних з'єднань виконується оцінювання наявності відхилень процесу оплавлення за сукупною дією збурень (тобто враховується, що деякі збурення підсилюють дію одне одного, а деякі — навпаки, компенсують). Таким чином, принципово можливою є іден-

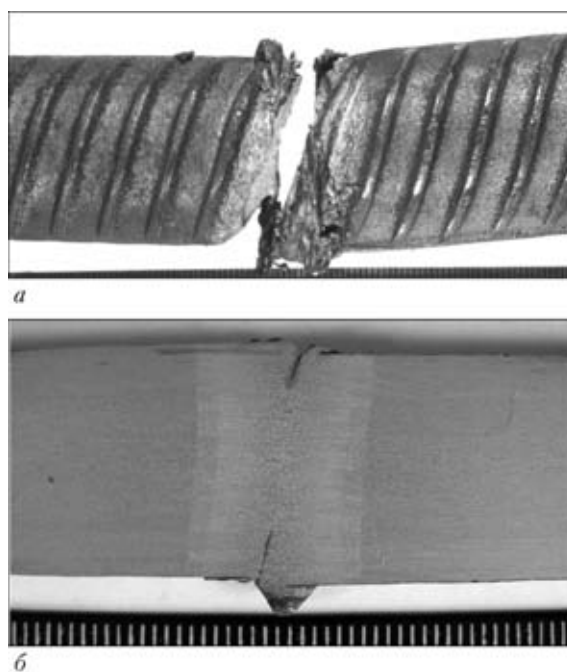


Рис. 1. З'єднання зразків, що зварені з недостатнім нагрівом: а — після механічних випробувань; б — макрошліф

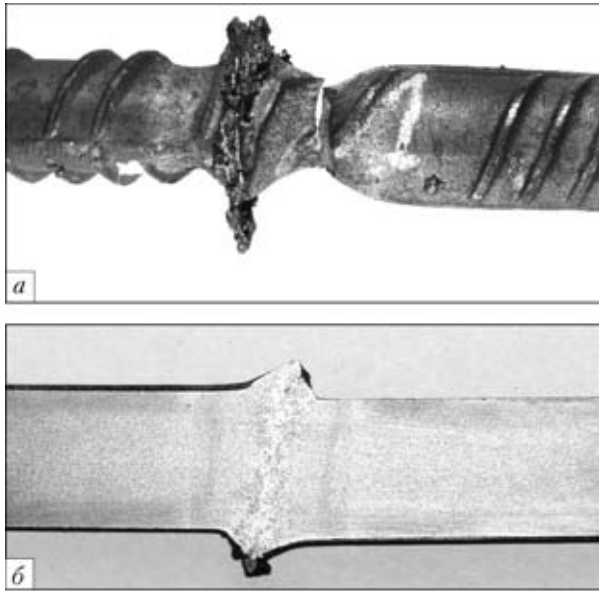


Рис. 2. З'єднання зразків, що зварені з перегрівом: а — після механічних випробувань; б — макрошліф

тифікація описаних вище процесів, які приводять до зменшення або збільшення зони нагрівання.

Порушення умов і правил експлуатації зварювального устаткування у загальному випадку приводять до зміни параметрів режиму зварювання відносно встановлених технологією значень з вини оператора установки, а також до виникнення збурень, пов'язаних із недотриманням технології підготовки деталей до зварювання.

Дія таких відхилень подібна до дії збурень, описаної вище, та приводить до виникнення подібних відхилень у процесі зварювання, тобто до утворення аналогічних дефектів у стиках. Окрім того, у ряді випадків спостерігається утворення на бічній поверхні деталей «підпалів», по яким у подальшому відбувається руйнування зразків (рис. 3). Як правило, виникнення таких дефектів відбувається при недостатньому зусиллі затискання зварюваних деталей або сильному забрудненні струмопідвідних губок внаслідок недотримання процедур технічного обслуговування обладнання. У місці нещільного прилягання деталі до електрода збільшується перехідний електричний опір до величини, що перевищує опір іскрового зазору, і починається процес локального оплавлення деталь-електрод. Як зазначено вище, «підпали», що виникають при цьому у вигляді кратерів, суттєво знижують механічні властивості зварних з'єднань. Виникненню «підпалів» також сприяє підвищений електричний опір між профільною боковою поверхнею арматури і електродом.

Ідентифікація за допомогою системи моніторингу якості зварних з'єднань порушень у ході процесу зварювання, що приводять до утворення указаних дефектів, принципово можлива. Однак вони будуть розпізнані системою за ознаками, характерними для порушень технологічних режимів

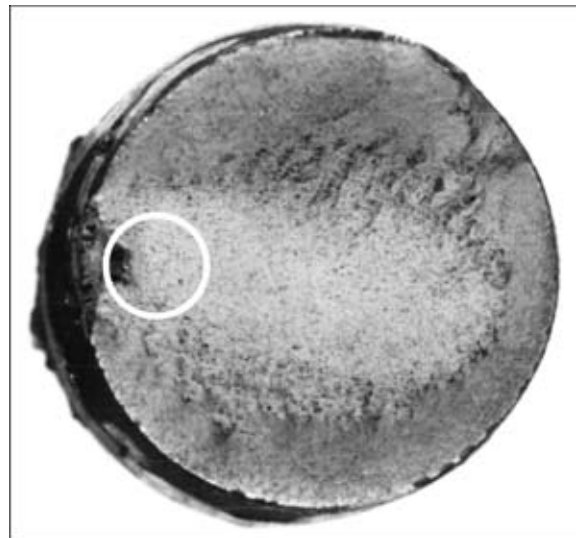


Рис. 3. Руйнування зразка арматури з дефектом бічної поверхні

зварювання. При цьому з'єднання у будь-якому випадку будуть позначені як браковані.

Внутрішні дефекти основного металу, тобто дефекти, пов'язані з виробництвом стержньової арматури, інколи спостерігаються у зварних з'єднаннях. Здебільшого це так звані закати, які утворюються безпосередньо в процесі прокатки арматури на металургійних заводах. Вони виникають, як правило, на крайових ділянках слябів або блюмсів і являють собою шар оксидів або окалини, розташований у внутрішній частині основного металу (рис. 4). Запобігти наявності таких дефектів у зварних з'єднаннях можна тільки за умови організації 100%-ного вхідного контролю якості зварюваних арматурних стержнів. Виявлення цих дефектів системою моніторингу якості зварних з'єднань практично неможливе.

Розглянемо можливість виявлення відповідних груп дефектів з метою проведення атестації технології за допомогою запропонованої методики.

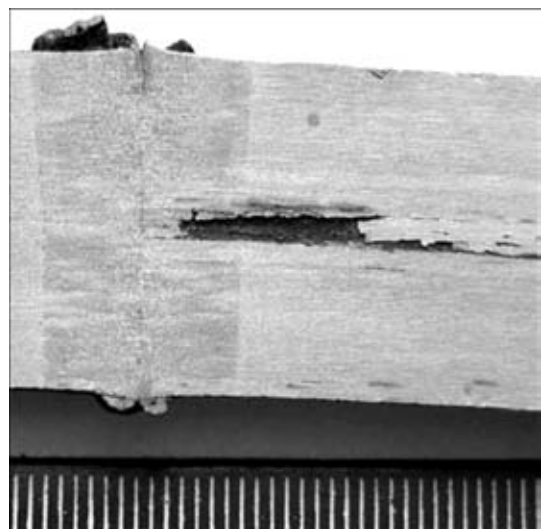


Рис. 4. Внутрішні дефекти основного металу арматури



Порушення технологічних режимів приводять до появи постійно діючих збурень за окремими параметрами. Для таких умов роботи детально розглянуто вплив відхилень параметрів режиму на показники якості з'єднань та оцінено можливість застосування для ідентифікації відхилень нейронних мереж. Оскільки система моніторингу якості зварних з'єднань виконує оцінювання наявності відхилень процесу оплавлення за сукупною дією збурень, принципово можливою є ідентифікація процесів, які

приводять до зменшення або збільшення зони нагрівання. Точність визначення відхилень при цьому становить не нижче за 87 % і деякою мірою залежить від застосованої нейронної мережі.

Порушення умов і правил експлуатації зварювального устаткування у загальному випадку приводять до зміни параметрів режиму зварювання відносно встановлених технологією значень з вини оператора установки, а також до виникнення збурень, пов'язаних із недотриманням технології

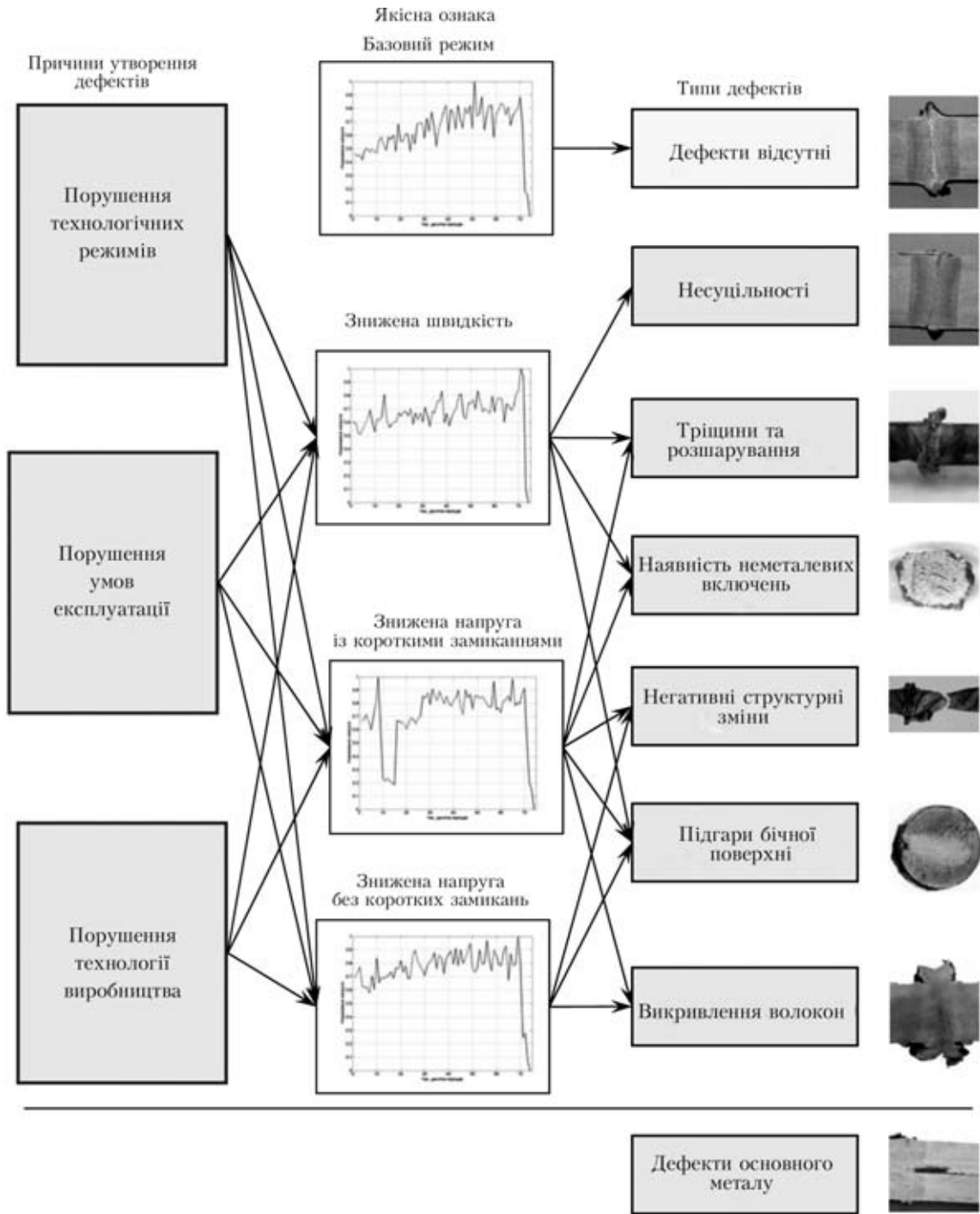


Рис. 5. Прогнозування типів дефектів у стиках стержньової арматури залізобетону із застосуванням штучних нейронних мереж (атлас дефектів)



підготовки деталей до зварювання. Оскільки дія таких порушень приводить до виникнення подібних до описаних вище відхилень у процесі зварювання, це стає причиною утворення аналогічних дефектів у стиках. Отже вони будуть розпізнані системою за ознаками, характерними для порушень технологічних режимів зварювання.

Виявлення за допомогою системи моніторингу внутрішніх *дефектів основного металу*, тобто дефектів, пов'язаних з виробництвом стержнєвої арматури, практично неможливе.

За результатами механічних випробувань встановлено, що відхиленням певних параметрів режиму відповідає поява певних дефектів у зварних з'єднаннях. Це робить можливим застосування системи моніторингу до прогнозування можливості появи тих чи інших дефектів у стиках. Узагальнену характеристику ідентифікації дефектів стиків наведено на рис. 5.

Висновки

Запропонована технологія моніторингу якості зварних з'єднань придатна до застосування при прове-

денні атестації технології зварювання разом з методами руйнуючого контролю. Технологія дає адекватні результати при роботі з машинами, у яких передбачені штучні зворотні зв'язки за енергетичними параметрами процесу зварювання, оскільки ідентифікація якості з'єднання відбувається за показниками стабільності процесу оплавлення.

1. Скачков И. О., Четвертко Е. П. Оценка стабильности процесса оплавления при контактной стыковой сварке // Автомат. сварка. — 2011. — № 3. — С. 38–40.
2. Скачков И. О., Шевченко М. В. Методика контролю якості джерел живлення для дугового зварювання із застосуванням штучних нейронних мереж // Наук. вісті Нац. техн. ун-ту України «КПІ». — 2008. — № 4. — С. 115–122.
3. К вопросу применения нейронных сетей для контроля качества сварных соединений при подводной сварке / И. О. Скачков, А. Е. Пирумов, С. Ю. Максимов и др. // Автомат. сварка. — 2006. — № 6. — С. 27–31.
4. Четвертко П. М., Четвертко Е. П. Особливості контактного стикового зварювання безперервним оплавленням стержнєвої арматури залізобетону // Вісник Нац. ун-ту кораблебудування ім. Адмірала Макарова. — 2010. — № 4. — С. 62–69.

Надійшла до редакції
22.09.2011

ВНИМАНИЮ СПЕЦИАЛИСТОВ! Книга «Неразрушающий контроль в Украине»

Украинское общество неразрушающего контроля и технической диагностики готовит к изданию книгу «Неразрушающий контроль в Украине». В книге будет представлена справочная информация о предприятиях и организациях Украины, занимающихся исследованиями и разработками в области неразрушающего контроля, изготовлением и продажей материалов, приборов и оборудования, оказанием услуг в области технического диагностирования. Издание справочника будет способствовать обмену информацией, ускорению решения многих задач по неразрушающему контролю и технической диагностике.

Книга будет включать следующие разделы:

- Неразрушающий контроль в институтах НАН Украины
- Неразрушающий контроль в университетах
- Изготовители и поставщики средств неразрушающего контроля
- Производственные лаборатории и предприятия
- Обучение и сертификация персонала
- Испытательные лаборатории и сертификация продукции
- Стандартизация и метрология в неразрушающем контроле
- Украинское общество неразрушающего контроля и технической диагностики
- Итоги профессиональных конкурсов УО НКТД
- Конференции и выставки
- Книги, журналы, интернет

Тел.: (044) 200-46-66; тел./факс: (044) 206-01-66; e-mail: ndt@paton.kiev.ua