

УДК 621.791.762.5

Кавуніченко О.В., канд. техн. наук

Зягор І.В., канд. техн. наук

Антіпін Є.В.

Дідковський О.В.

Шило Ю.А.

Левчук А.М.

Інститут електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України, м. Київ, zyakhor2@ukr.net

## **ТЕХНОЛОГІЯ КОНТАКТНОГО СТИКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ОПЛАВЛЕННЯМ ВИСОКО ЗНОСОСТІЙКОЇ СТАЛІ 110Г13Л ІЗ СУЧАСНИМИ РЕЙКОВИМИ СТАЛЯМИ КОНВЕРТОРНОГО ВИРОБНИЦТВА**

При виготовленні залізничних хрестовин використовують контактне стикове зварювання оплавленням (КСЗО) для з'єднання осердя із зносостійкої сталі 110Г13Л з рейковими закінченнями із мартенівської сталі М76 через проміжну вставку із аустенітної хромонікелевої сталі 08Х18Н10Т. Заміна рейкової сталі М76 на конверторну сталь К76Ф класу міцності ДТ350 вимагає розробки удосконаленої технології КСЗО. Об'єкт дослідження – формування нероз'ємних з'єднань високомарганцевої сталі 110Г13Л із сучасними рейковими сталями при контактному стиковому зварюванні оплавленням.

Мета роботи – встановити вплив температурно-часових та енергосилових параметрів при КСЗО на формування структури та фазового складу, механічних характеристик твердофазних з'єднань зносостійкої високомарганцевої сталі 110Г13Л з рейковою сталлю К76Ф через вставку із аустенітної хромонікелевої сталі; розробити ефективну технологію КСЗО залізничних хрестовин.

Методи дослідження – розрахункові та експериментальні, зокрема, реєстрація зміни технологічних параметрів і термічних циклів при різних способах пресового зварювання, механічні випробування зварних з'єднань, методи світлової (Neophot-32), скануючої електронної мікроскопії (ОЖЕ-мікрозонд JAMP-9500F, «JEOL» із встановленим EDS-спектрометром OXFORD EDS INCA Energy 350), вимірювання твердості (NOVOTEST TC-GRB), мікротвердості (М400, «Лесо»).

Проблеми, характерні для зварювання різнорідних сталей, пов'язані з структурною та хімічною неоднорідністю зони з'єднання, можливістю утворення крихкого проміжного прошарку змінного хімічного складу, зокрема ділянок з мартенситною структурою.

За допомогою алгоритму чисельного вирішення тривимірного рівняння теплопровідності при початкових і граничних умовах, відповідних до реальних умов зварювання зразків, отримано термічні цикли при КСЗО сталі марки К76Ф із аустенітною сталлю 08Х18Н10Т (стик 1) та сталі 110Г13Л із вставкою із сталі 08Х18Н10Т (стик 2).

Розрахунковим і експериментальним методами визначено розподіл температури у зварних стиках (у зоні термічного впливу зварних з'єднань). Визначено діапазони зміни основних технологічних параметрів процесу КСЗО, при яких у процесі оплавлення рейок із сталей К76Ф, 110Г13Л та 08Х18Н10Т забезпечується їх рівномірне нагрівання по перерізу та довжині, достатнє для виконання деформації на задану величину при осадці.

Металографічними дослідженнями з'єднань сталей К76Ф і 110Г13Л через вставку із сталі 08Х18Н10Т показано, що при КСЗО в з'єднанні можуть утворюватись перехідні зони зі змінним хімічним складом глибиною до 3 мм, що є причиною утворення структурної неоднорідності в цій зоні. У з'єднанні присутні перлітні, аустенітні й структури збідненого легованого аустеніту, схильні до мартенситного перетворення. Нестабільні структури збідненого легованого аустеніту розташовуються на відстані близько 2 мм від лінії з'єднання, й ця зона має найнижчу пластичність у з'єднанні.

Обґрунтовано при виготовленні залізничних хрестовин (рис. 1, а) використання технології КСЗО пульсуючим оплавленням, при якій суттєво (приблизно у 2 рази) скорочуються час процесу КСЗО і величина припуску на оплавлення. Показано, що при КСЗО пульсуючим оплавленням забезпечується дозоване енерговкладення і можливість реалізації заданих термічних циклів для запобігання наявності нерегламентованого підвищення твердості (рис. 1, б) внаслідок утворення крихких структурних складових у зварних з'єднаннях.

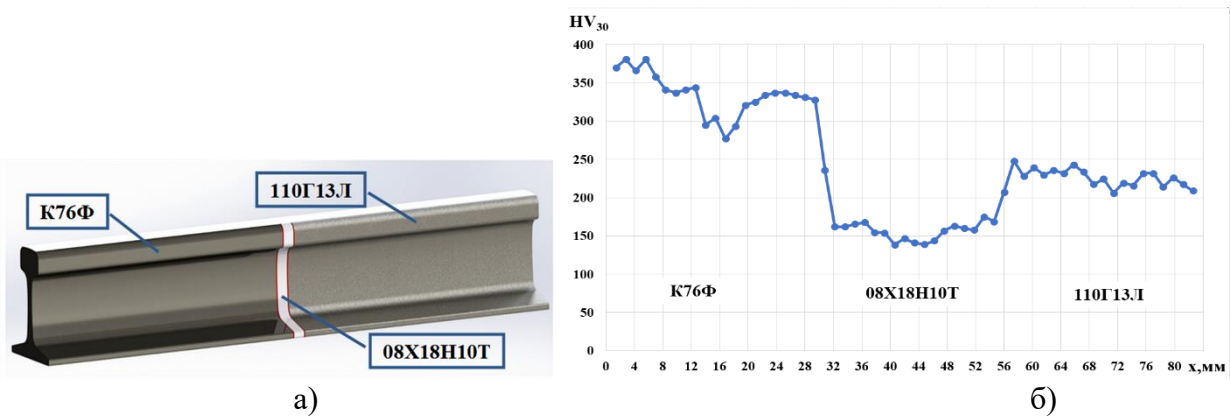


Рис. 1 – Схема комбінованого з'єднання (а), розподіл твердості у зварній хрестовині із сталей К76Ф/08X18Н10Т/110Г13Л (б)

Встановлено вплив процесу КСЗО стика 2 на структурні зміни у зоні з'єднання стика 1. Встановлено мінімальну ширину вставки із сталі 08X18Н10Т, при якій не відбувається нагрів стика 1 до температур  $T > T_{AC3}$ , і виключаються негативні структурні перетворення у стика 1. Встановлено, що відсутність крихких карбідів хрому в зоні термічного впливу обох стиків комбінованого з'єднання (рис. 2) забезпечується за рахунок реалізації заданих температурно-часових умов КСЗО пульсуючим оплавленням, при яких не відбувається суттєва дифузія вуглецю в зоні з'єднання К76Ф/08X18Н10Т, при умові оптимізації ширини проміжної вставки із сталі 08X18Н10Т. При використанні розробленої технології КСЗО забезпечується отримання перлітної структури заданої дисперсності (сорбітно-трооститної) з боку рейкової сталі К76Ф і розподіл твердості, який відповідає вимогам чинних стандартів: ТУ У 30.2-14367980-028:2018 та EN14587-3:2012.

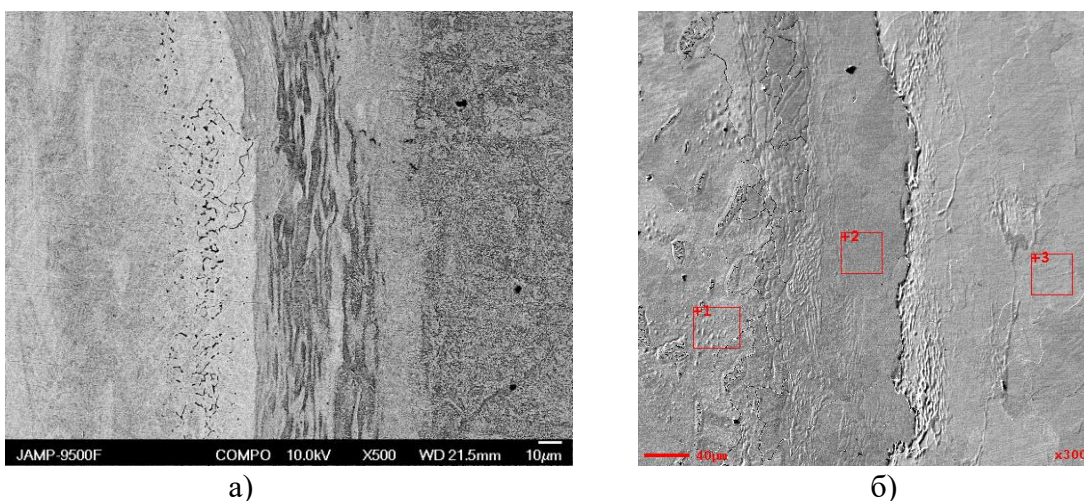


Рис. 2 – СЕМ-зображення з'єднань сталей К76Ф/08X18Н10Т (а), 110Г13Л/08X18Н10Т (б)

Результати досліджень мають практичну цінність для Дніпровського стрілочного заводу і можуть бути впроваджені при будівництві та ремонті залізничних колій України.