

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ МІКРОСТРУКТУРИ ТА РОЗПОДІЛУ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗВАРНОГО З'ЄДНАННЯ, ОТРИМАНОГО МЕТОДОМ КОНТАКТНОГО СТИКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

М.В. Грушецький, І.Д. Гнилиця, П.М. Присяжнюк, М.І. Бартків

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 48241,
e-mail: zvd@pung.edu.ua

Описано закономірності формування мікроструктури та розподілу механічних властивостей зварного з'єднання, отриманого методом контактної стикової зварки з пульсуючим оплавленням хвостової частини осердя хрестовини залізничного стрілкового переводу з рейками. Розглянуто технологію та необхідне обладнання для отримання зварної конструкції хрестовини. За допомогою металографічного аналізу розглянуто структури зон термічного впливу та перехідних зон зварного з'єднання "марганцева сталь – аустенітна сталь (вставка) – рейкова сталь". Проведено вимірювання твердості за Брінелем на поверхнях кочення елементів хрестовини в процесі експлуатації і безпосередньо після зварювання хрестовини. Проведено аналіз розподілу твердості в зварній хрестовині.

Ключові слова: залізничний транспорт, хрестовина, контактна-стикова зварювання, зона термічного впливу, зносостійкість.

Описаны закономерности формирования микроструктуры и распределения механических свойств сварного соединения полученного методом контактной стыковой сварки с пульсирующим оплавлением хвостовой части сердечника крестовины железнодорожного стрелочного перевода с рельсами. Рассмотрена технология и необходимое оборудование для получения сварной конструкции крестовины. С помощью металлографического анализа рассмотрены структуры зон термического влияния и переходных зон сварного соединения "марганцевая сталь – аустенитная сталь (вставка) – рельсовая сталь". Проведены измерения твердости по Бринелю на поверхностях качения элементов крестовины в процессе эксплуатации и непосредственно после сварки крестовины. Проведен анализ распределения твердости в сварной крестовине.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, крестовина, контактна-стыковая сварка, зона термического влияния, износостойкость.

Regularities of microstructure forming and mechanical properties distribution in welded joints resulted from resistance butt pulsatory welding between the tail part of the centerpiece core of the railway switch with rails are described. The technology of producing a welded crosspiece is described as well as equipment required. The structures of thermally-effected and transition zones of welded joints (i.e. manganese steel – austenitic steel (insert) – rail steel) are examined by metallographic analysis. Brinell hardness numbers of rolling surfaces of the centerpiece elements are established both after welding and during the exploitation

Keywords: railway transport, crosspiece, butt-joint welding, heat-affected zone, durability.

Вступ

Однією з актуальних проблем підвищення експлуатаційних характеристик і надійності залізничних стрілкових переводів є заміна болтових з'єднань зварними сти́ками. З'єднання хвостової частини осердя з рейками, що дотикаються, за допомогою болтів через накладки й вкладиші створює різкий перепад вертикальної жорсткості з'єднання й викликає місцеве зношування кінцівки осердя хрестовини та рейкового закінчення по поверхні кочення (рис. 1). Через це в процесі експлуатації виникають значні ударні навантаження, які призводять до інтенсифікації зношування хвостової частини осердя хрестовини та рейкових закінчень [1]. Також в ряді випадків стрілкові переводи з болтовим з'єднанням не перешкоджають проходженню рухомого складу дистанцій залізничних шляхів на більш високих швидкостях.

Перспективним методом підвищення експлуатаційних характеристик та надійності конструкції з'єднання хвостової частини осердя

хрестовини з рейками, що дотикаються, є застосування контактної стикової зварювання, що на даний час є найбільш актуальним на швидкісних ділянках залізничних шляхів. Також завдяки цьому удосконаленню розміри литої частини осердя можуть бути меншими, що скорочує витрату високомарганцевої сталі більш ніж у 2 рази.

Технологія виробництва зварних хрестовин методом контактної стикової зварювання з пульсуючим оплавленням передбачає використання вставки з високолегованої аустенітної сталі типу 12X18H9, 12X18H10, 12X18H9T, 12X18H10T ГОСТ 5632-72, необхідної для отримання зварного з'єднання осердя хрестовини з марганцевої зносостійкої аустенітної сталі 110Г13Л ГОСТ 977-88 та рейок зі сталі М76 ГОСТ Р 51685-2000, які володіють незадовільною зварюваністю між собою. Хімічний склад вказаних сталей наведено відповідно у таблицях 1 і 2. В таблиці 3 наведено механічні властивості сталей елементів конструкції хрестовини стрілкового переводу.



Рисунок 1 – Спрацьовані частини елементів хрестовини

Таблиця 1 – Хімічний склад сталей аустенітного класу

Марка сталі	C, %	Ni, %	Cr, %	Mn, %	Si, %	Cu, %	Ti, %	Cr, %	P, %	S, %
12X18H9	до 0,12	8-10	17-19	до 2	до 0,8	-	-	17-19	до 0,035	до 0,02
12X18H10	до 0,12	9-11	17-19	до 2	до 0,8	-	-	17-19	до 0,035	до 0,02
12X18H9T	до 0,12	8-9,5	17-19	до 2	до 0,8	до 0,3	до 0,8	17-19	до 0,035	до 0,02
12X18H10T	до 0,12	9-11	17-19	до 2	до 0,8	до 0,3	до 0,8	17-19	до 0,035	до 0,02

Таблиця 2 – Хімічний склад сталей елементів конструкції хрестовини стрілкового переводу

Марка сталі	Mn, %	Ni, %	Si, %	C, %	Cr, %	Cu, %	P, %	S, %
M76 (рейка)	0,75-1,05	-	0,18-1,4	0,71-0,82	-	-	до 0,035	до 0,045
110Г13Л (хрестовина)	11,5-15	до 1	0,8-1	0,9-1,4	до 0,1	до 0,3	до 0,12	до 0,05

Таблиця 3 – Механічні властивості сталей елементів конструкції хрестовини стрілкового переводу

Марка сталі	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	Ψ , %	KCU_{+20} , МДж/м ²
M76 (рейка) гартована	1200	810	6	2,5	2,5
110Г13Л (хрестовина)	654-830	360-380	44	37	-
110Г13Л (хрестовина) гартована	800-1000	250-400	35-45	40-50	2,0-3,0



Рисунок 2 – Загальний вигляд хрестовини залізничних стрілкових переводів

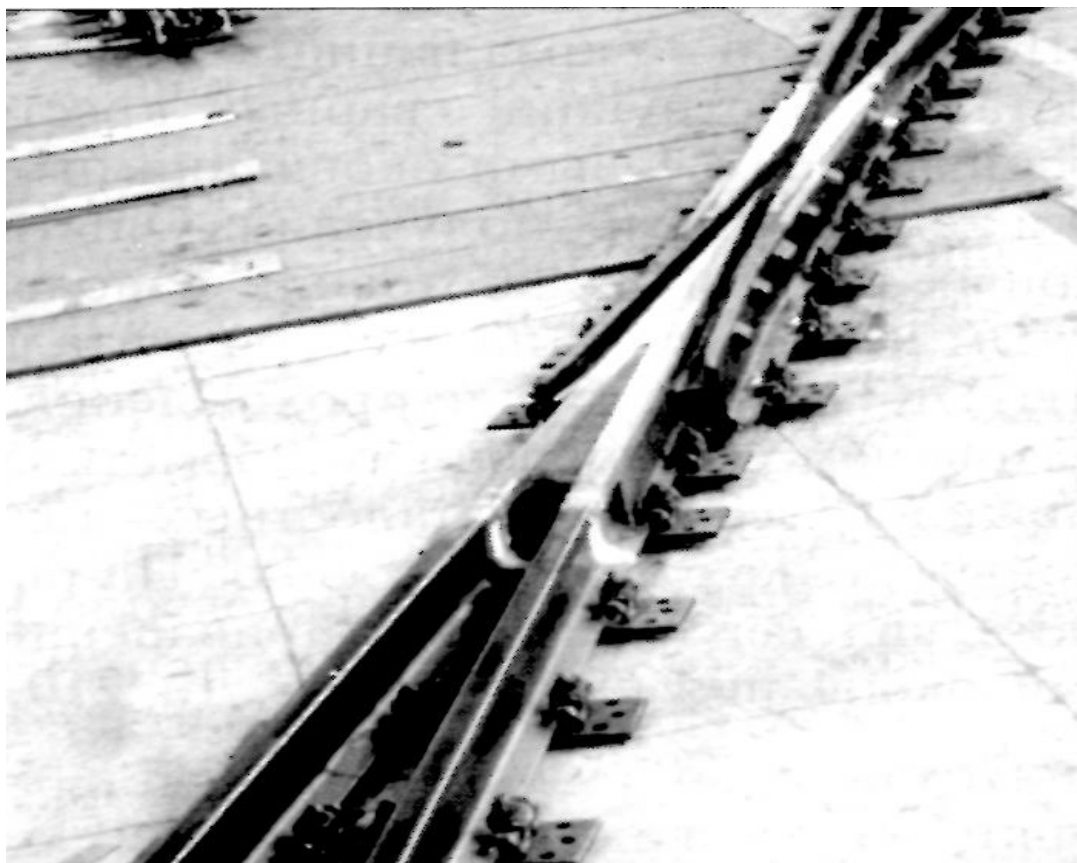


Рисунок 3 – Хрестовина з привареними рейковими закінченнями

Зварну конструкцію хрестовини виконують у два етапи: зварювання рейкової сталі зі вставкою та зварювання вставки з литим осердям хрестовини. Загальний вигляд хрестовини

залізничних стрілкових переводів зображений на рисунку 2. Хрестовина з привареними рейковими закінченнями зображена на рисунку 3.

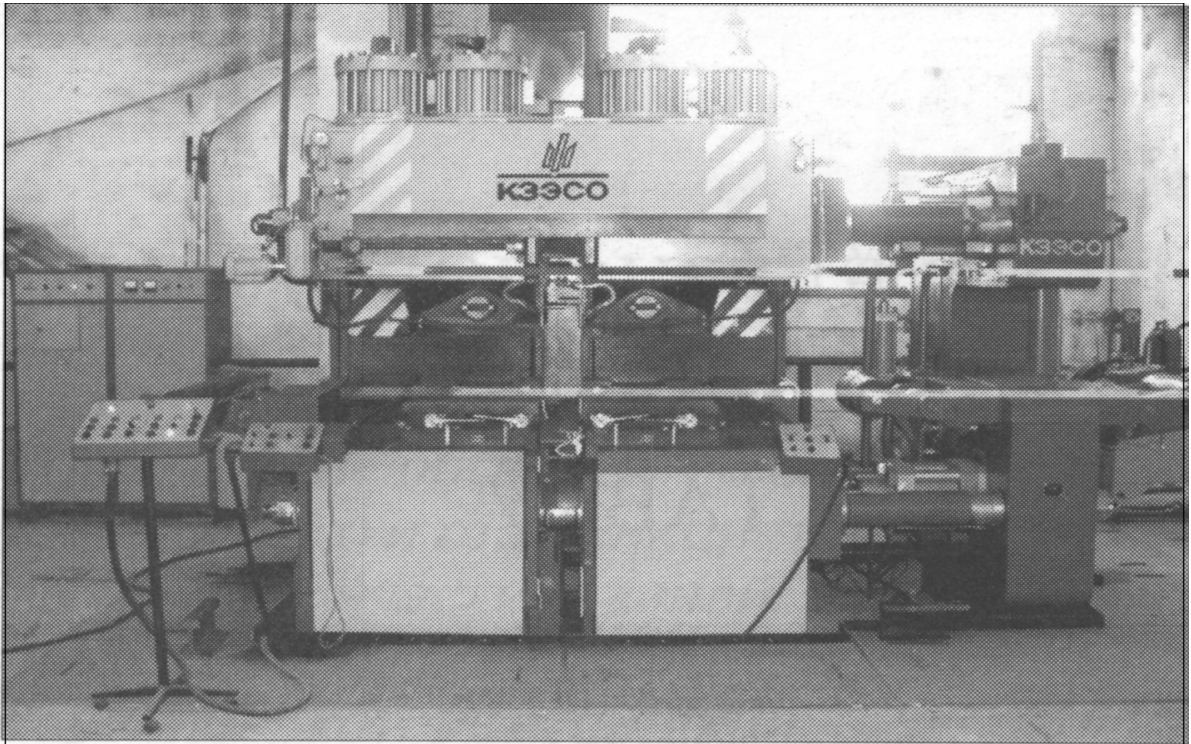


Рисунок 4 – Загальний вигляд зварювальної машина K924M



Рисунок 5 – Процес зварювання хрестовини стрілкового переводу

Для реалізації вказаної технології застосували спеціалізоване обладнання – модернізовану зварювальну машину K924M консольного типу з бічним завантаженням деталей. Загальний вигляд зварювальної машини K924M зображений на рисунку 4, а процес зварювання хрестовини стрілкового переводу – на рисунку 5.

Застосування пульсуючого оплавлення [2] забезпечує оптимальне нагрівання рейкової і

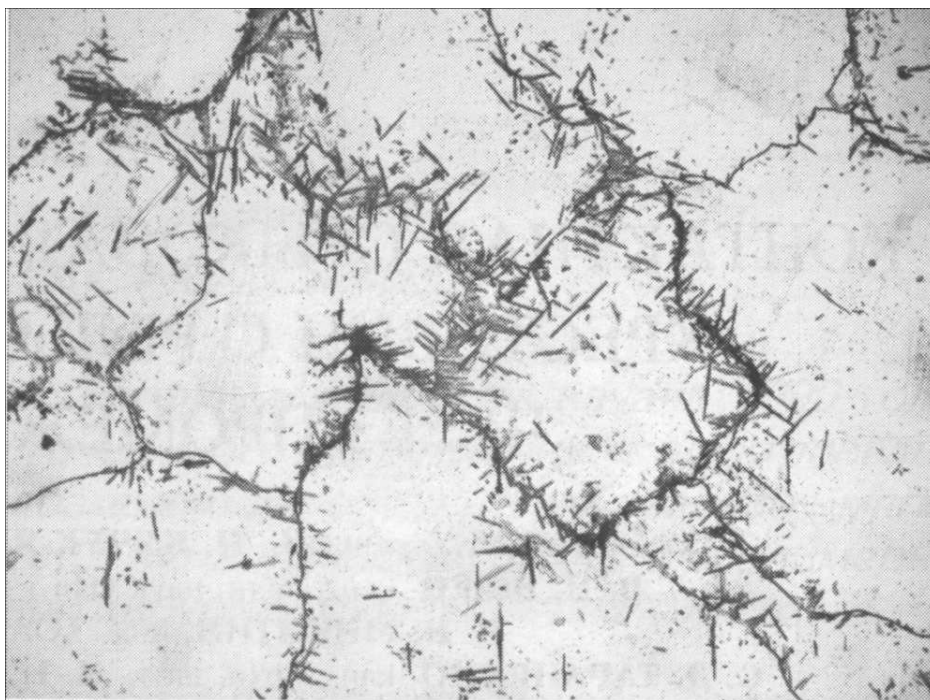


Рисунок 6 – Мікроструктура (×200) ЗТВ марганцевої сталі 110Г13Л

ауспенітної сталі, які відрізняються за своїми теплофізичними властивостями, і, як наслідок цього, їх рівномірну деформацію при стисканні деталей в процесі контактної-стикового зварювання (осіданні).

Методика та результати досліджень

За результатами металографічного аналізу у структурі зварного з'єднання виділено такі ділянки:

- зона термічного впливу (ЗТВ) марганцевої сталі;
- ЗТВ вставки з ауспенітної сталі;
- ЗТВ рейкової сталі;
- перехідна зона “марганцева сталь – ауспенітна сталь”;
- перехідна зона “рейкова сталь – ауспенітна сталь”.

Структура марганцевої сталі в ЗТВ залишається ауспенітною. Зміни в мікроструктурі ЗТВ починаються з виділення карбідів на границях зерен. З підвищенням температури цей процес інтенсифікується: карбідна сітка стає ширшою, з'являються голчасті карбіди в об'ємі зерна (рис. 6). При зростанні температури карбідоутворення гальмується, і у приконтатному шарі марганцевої сталі виявляються ауспенітні зерна, що утворилися у процесі збірної рекристалізації. За більш високих температур карбіди розчиняються в матриці. Найбільш інтенсивно даний процес розвивається при 500... 600°C [3].

Центральна частина ауспенітної вставки шириною близько 10 мм має структуру полієдричної будови з витягнутими уздовж прокату включеннями δ -фериту, що виділися на границях ауспенітних зерен.

У приконтатній області металу вставки шириною близько 7 мм на границі як з рейковою, так і марганцевою сталлями відбуваються

фазові перетворення. Спочатку проходить процес розпаду δ -фериту. У міру наближення до стику розпад δ -фериту інтенсифікується, і супроводжується фазовою перекристалізацією з утворенням феритно-ауспенітної структури (рис. 7). Структури, що утворилися, не знижують показників міцнісних характеристик зварного з'єднання.

Рейкова сталь в ЗТВ зберігає сорбітоподібну структуру. У приконтатному шарі пластинчастий сорбіт переходить в зернистий, збільшується розмір зерен (рис. 8).

Перехідні зони контактних меж ауспенітної сталі з рейковою і марганцевою формуються в результаті оплавлення торців деталей, що сполучаються, і подальшого при осіданні перемішування і витискування розплаву в грат. При цьому у перехідних зонах утворюються структурні складові проміжного хімічного складу. Перехідна зона “марганцева сталь – ауспенітна сталь” має стабільну ауспенітну структуру (рис. 9).

У перехідній зоні “рейкова сталь – ауспенітна сталь” (рис. 10) утворюються нестабільні ауспенітні структури, в яких при охолодженні відходить мартенситне перетворення [4].

Для оцінки впливу наклепу, що виникає в процесі експлуатації, на твердість зварної залізничної хрестовини були проведені виміри твердості за Брінелем на поверхнях кочення елементів хрестовини (рис. 12). Результати вимірів наведені на рисунку 11.

Твердість по поверхні кочення колісних пар значно підвищується в результаті наклепу і стає практично однаковою по всій поверхні. В зоні термічного впливу рейкової сталі (М76) відбувається вирівнювання твердості, що є позитивним фактором, з огляду на появу місцевого зношування в місцях зі зниженою твердістю.

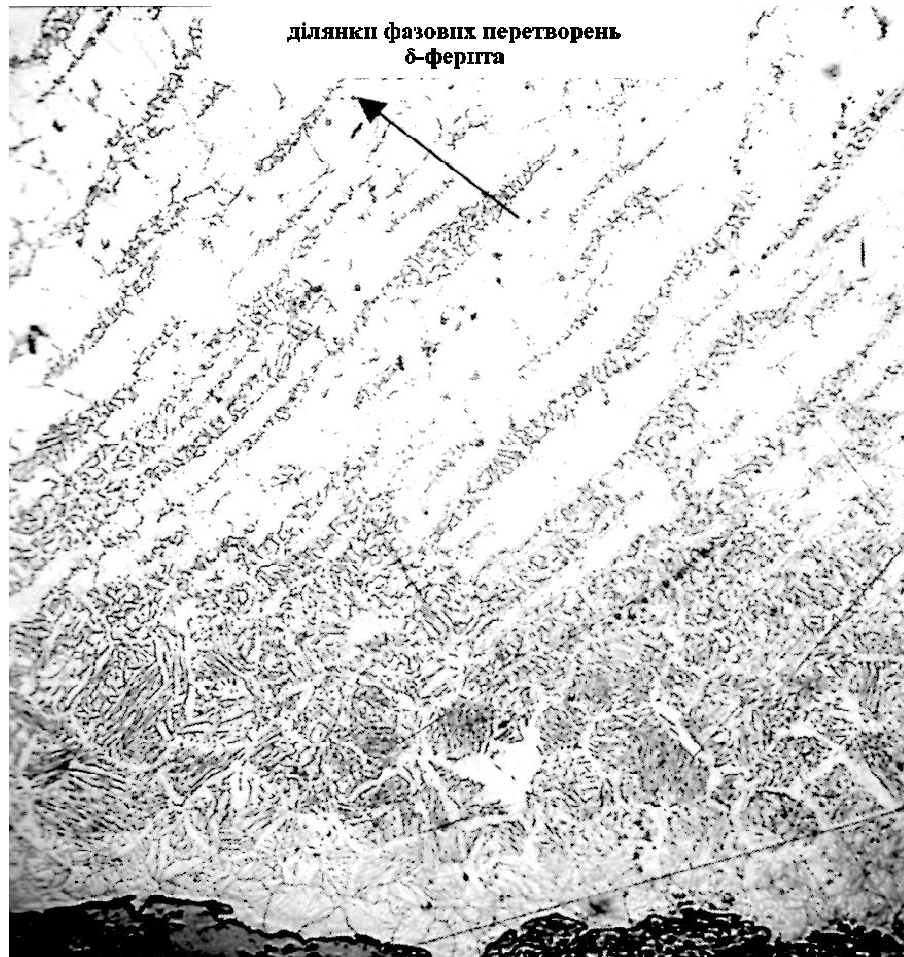


Рисунок 7 – Мікроструктура ($\times 200$) ЗТВ вставки з аустенітної сталі 12X18H10T

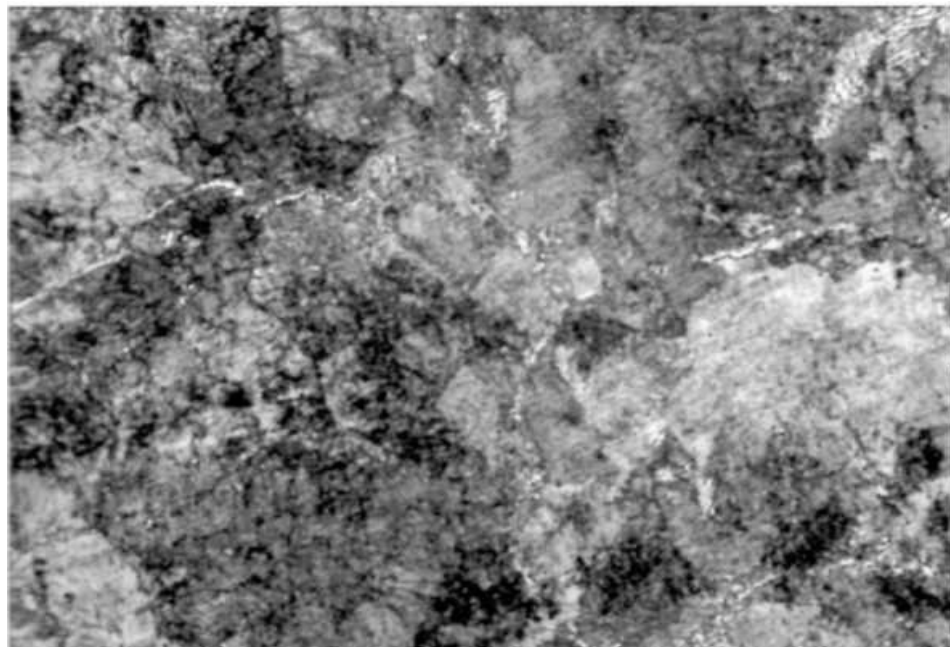


Рисунок 8 – Мікроструктура ($\times 500$) ЗТВ рейкової сталі М76

Незначне локальне зношування хрестовини в зоні вставки, яке виникає на початковому етапі експлуатації, пояснюється різним ступенем первинної деформації, необхідної для

утворення практично однакової твердості рейкової сталі М76, високолегованої аустенітної сталі 12X18H10T та марганцевої сталі 110Г13Л і його подальшого розвитку не відбувається [5].

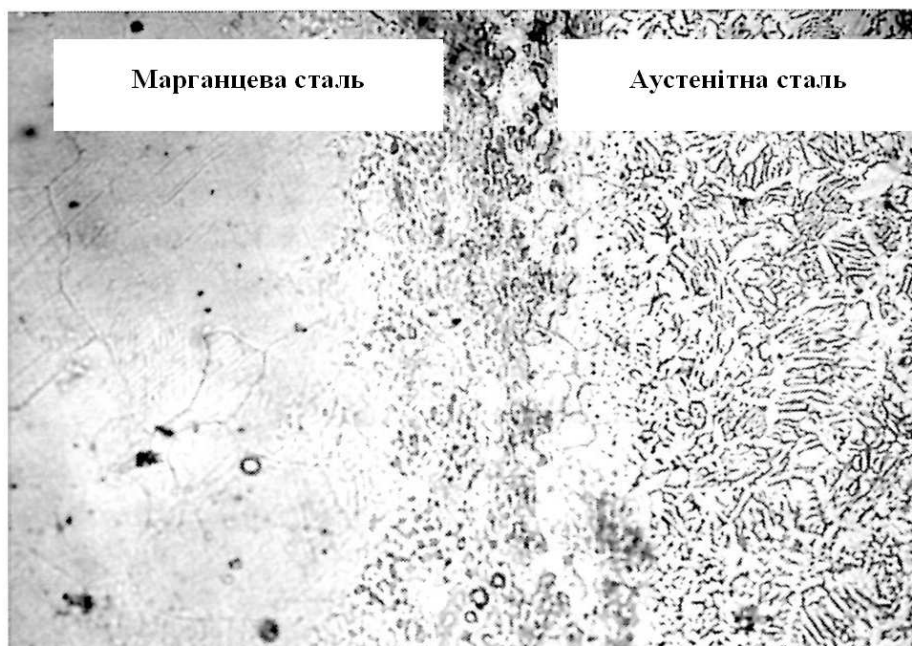


Рисунок 9 – Мікроструктура (×200) перехідної зони “марганцева сталь – аустенітна сталь”

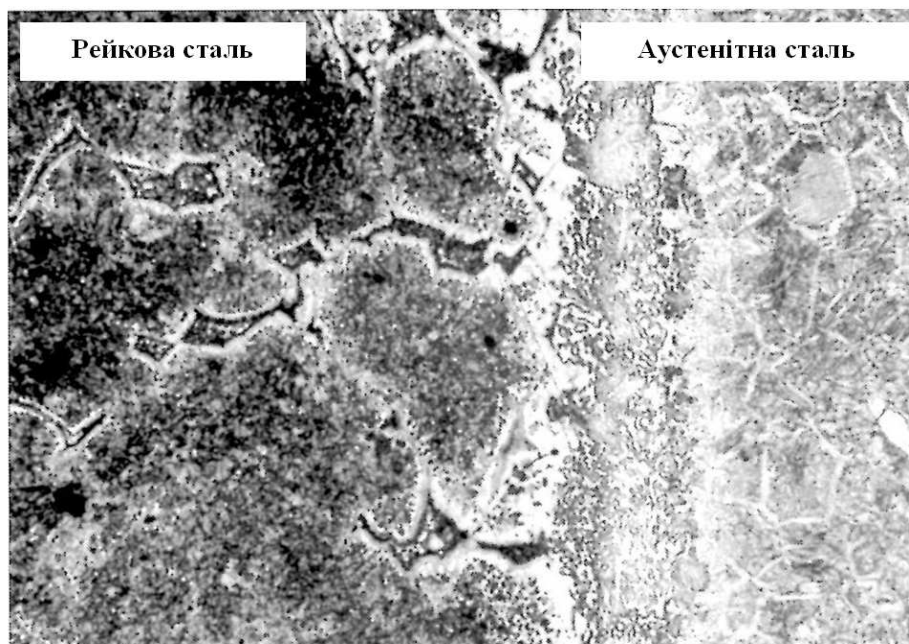


Рисунок 10 – Мікроструктура (×200) перехідної зони “рейкова сталь – аустенітна сталь”

Висновки

Контактне стикове зварювання з пульсуючим оплавленням що здійснюється за допомогою машини К924М, дає змогу отримувати зварні з'єднання елементів залізничних хрестовин, що задовольняють вимогам технічних умов [6] без застосування додаткової термічної обробки. У перехідних зонах та зонах термічного впливу зварюваних сталей не зафіксовано критичних структурних складових, які б негативно впливали на роботоздатність отриманого зварного з'єднання. Зростання твердості по поверхнях кочення елементів хрестовини при експлуатації внаслідок наклепу призводить до підвищення зносостійкості вузла.

Література

- 1 Карпушенко Н.И. Железнодорожный путь / Н.И. Карпушенко, С.И. Клинов, Н.Н. Пугря, М.П. Смирнов; за ред. Т.Г. Яковлева. – М.: Транспорт, 1999. – 405 с.
- 2 Контактная стыковая сварка рельсов. Опыт применения и перспективы совершенствования / С.И. Кучук-Яценко, В.Г. Кривенко, А.В. Бондарук, А.В. Дидковский // Автоматическая сварка. – 2003. – №12. – С.32-37.
- 3 Превращения в аустенитной высокомарганцевистой стали / П.Л. Грузни, В.И Григоркин, В.В. Мураль, Л.Н Москалева // Металловедение и термообработка металлов. – 1969. – №1. – С. 5-9.

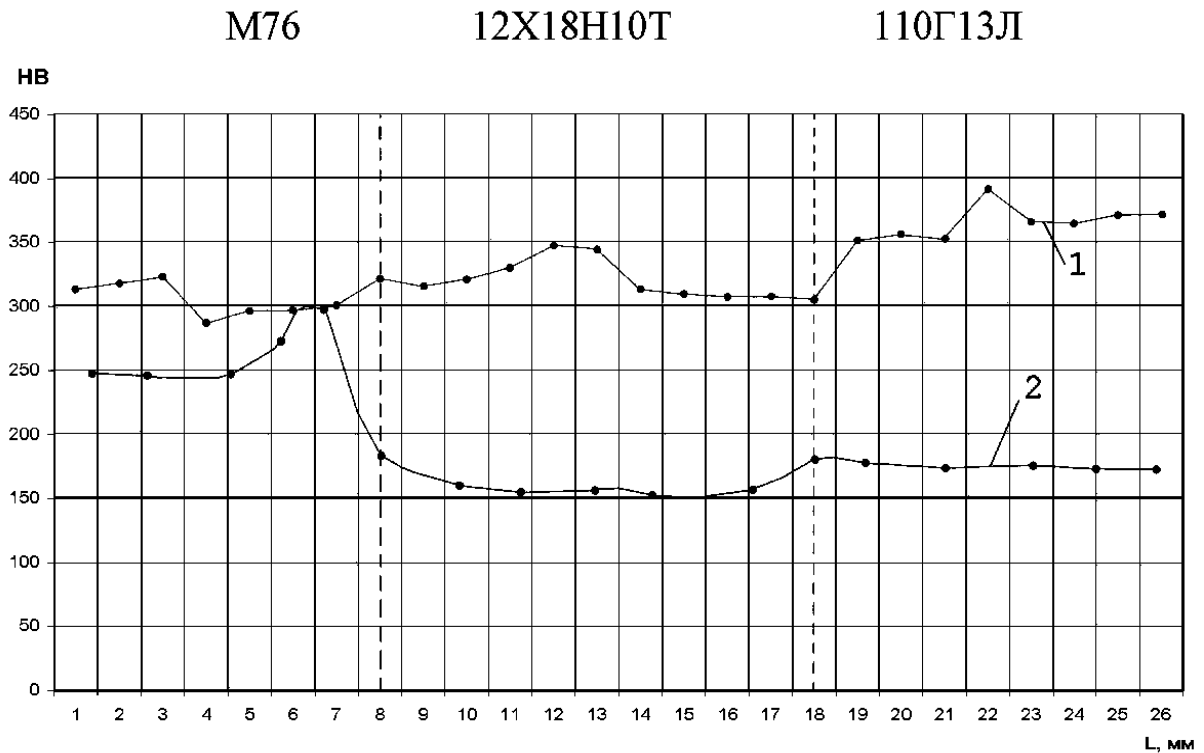


Рисунок 11 – Розподіл твердості за Брінелем у зварній хрестовині в процесі експлуатації (1) і після зварювання (2)



Рисунок 12 – Ділянки замірів твердості за Брінелем на поверхнях кочення елементів хрестовини

4 Особенности формирования структуры соединений рельсовой стали М76 со сталью 110Г13Л, выполненных контактной стыковой сваркой оплавлением / С.И. Кучук-Яценко, В.И. Швец, Г.Н. Гордань [и др.] // Автоматическая сварка. – 2006. – № 1. – С.3-9.

5 Работоспособность соединений железнодорожных хрестовин, выполненных контактной стыковой сваркой / С.И. Кучук-Яценко, В.И. Швец [и др.] // Автоматическая сварка. – 2008. – № 9. – С.38-42.

6 Хрестовини та сердечники з привареними рейковими закінченнями типу Р65, Р50 UIC60 ТУ У 27.3-26524137-1342:2006 [Чинне з 2006 – 05– 12]. – УкрДНТЦ Енергосталь.

Стаття надійшла до редакційної колегії
12.12.11
Рекомендована до друку професором
Дрогомирецьким Я.М.