

АНАЛІЗ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ПРИ ЗАВАРЮВАННІ ДЕФЕКТІВ У КОРПУСНИХ ДЕТАЛЯХ З СІРОГО ЧАВУНУ

Скобло Т.С., Сідашенко О.І., Сайчук О.В., Колпаченко Н.М., Калінін Е.І.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені
Петра Василенка*

Метою даного дослідження було встановити як змінюється фазовий склад при встановленні таких дефектів заварюванням електродом з додатковим модифікуванням рідкої ванни вторинною сировиною від утилізації боєприпасів.

Для виявлення якісного та кількісного складу різних зон відновленого шару, а також для пошуку максимальних зв'язків однакових фаз між відновленою зоною наплавленням, перехідною та основою, використовували оптико-математичний метод дослідження.

Основними дефектами корпусних деталей з сірого чавуну є тріщини, порожнини, скупчення зон з формуванням карбідних фаз, які формуються в зонах зміни товщини стінки. Їх можливо надійно виявляти неруйнівним методом контролю, згідно магнітного параметру по коерцитивній силі.

Метою даного дослідження було встановити як змінюється фазовий склад при встановленні таких дефектів заварюванням електродом з додатковим модифікуванням рідкої ванни вторинною сировиною від утилізації боєприпасів.

Дослідження проводили на відбракованих роздавальних коробках передач, які використовують для сільськогосподарської техніки. Використовували однакові параметри, штучно сформованої тріщини. Заварку проводили після механічного зачищення електродом ЦЧ-4 Ø 3,0 мм з накладенням коротких валиків довжиною 25-30 мм, зварювальним струмом 60-110 А з охолодженням кожного до 60°C та проковуванням зони наприкінці відновлення легким деформуванням молотком при $t = 400^{\circ}\text{C}$ [1].

Для проведення досліджень структуроутворення були відібрані фотографії мікроскопічного та електронікроскопічного аналізів (рис. 1), кожний з яких являє собою три зони формуємих структур при відновленні: основи, перехідної зони і наплавленої.

При цьому зіставлення структуроутворення проводили при модифікуванні шлікерним нанесенням покриттів, дозованим введенням домішки та без використання додаткового модифікування. У якості модифікатора використовували не магнітну складову детонаційної шихти, отриманої від утилізації боєприпасів [2], що включала дисперсний і нанопорошок алмазів та малу частку графіту (3,8% С), оксиди міді до 3,14%, та заліза.

Для виявлення якісного та кількісного складу різних зон відновленого шару, а також для пошуку максимальних зв'язків однакових фаз між відновленою зоною наплавленням, перехідною та основою, використовували оптико-математичний метод дослідження [3].

Крім того, аналізували як розташовуються неоднорідності напруження в зонах наплавлення та навколо грубих включень графіту, які є також місцем формування дефектних зон, тому, що вони впливають на зміну дислокаційної структури і дифузійні процеси.

Методичний підхід базувався на дослідженнях фотографій мікроструктур, одержаних на оптичному мікроскопі «МІМ-8М», електронному «YEOL JSM-6390LV», скануючому «YSM-820» Link «YEOL» зі збільшеннями від 70 до 1000 разів.

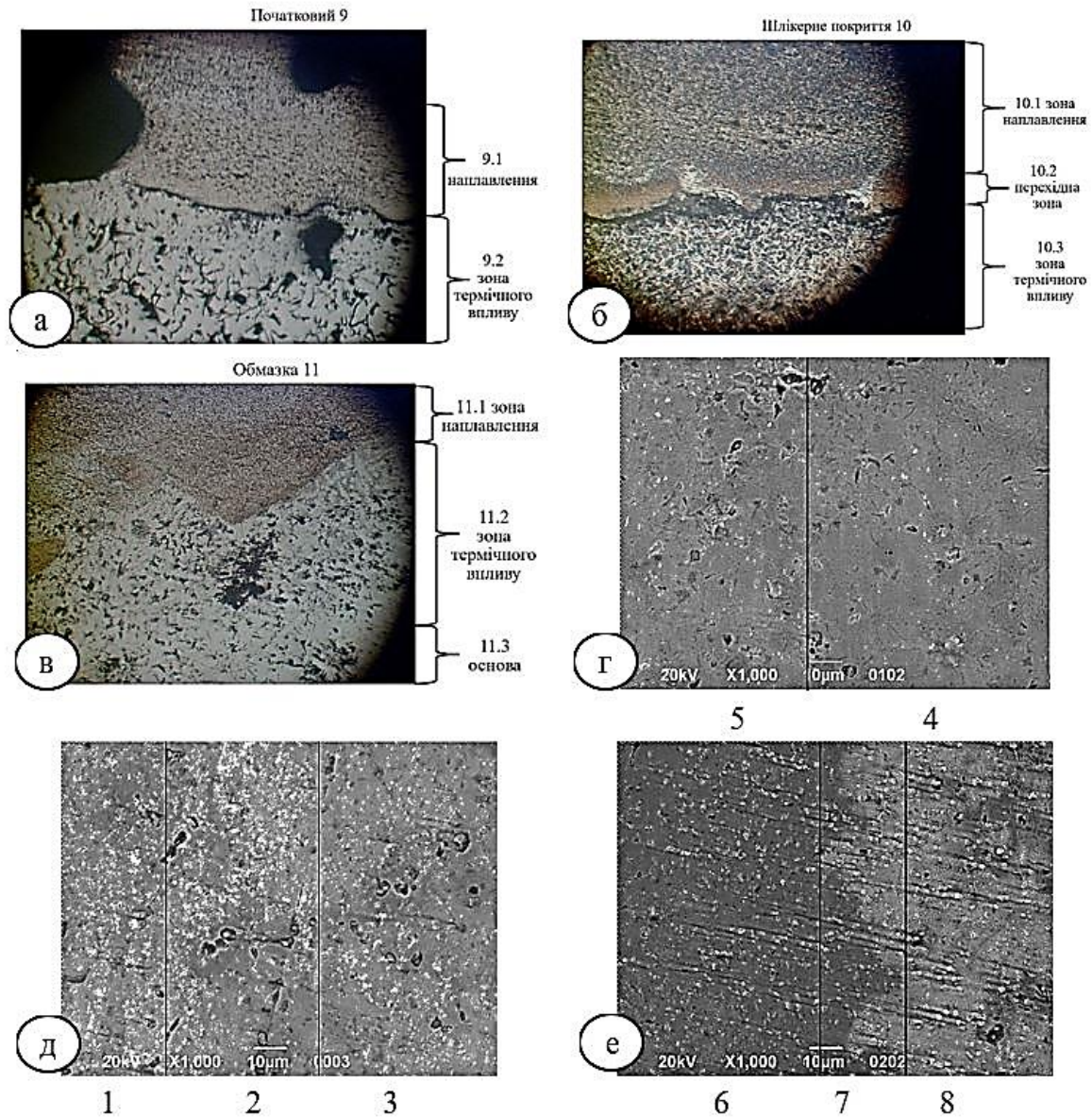


Рис.1. Опис структуроутворення досліджуваних фотографій з використанням розробленої методики оптико-математичного аналізу: а, г – структура без модифікуючої домішки; б, д – шлікерне покриття; в, е – обмазка електрода при дозованому введенні модифікатора

Дослідженнями встановлено, що нерозчинні нано- і дисперсні алмази розташовуються по границях зерен відновленого шару та, частково осідають на дно рідкої ванни, формують хвилясту перехідну зону без дефектів, що відрізняється підвищеною міцністю зчеплення.

В процесі проведення досліджень використовували два підходи, які передбачали сумарне отримання типу формуємих фаз кожної структурної складової, а також їх вплив для встановлення зв'язку між ними.

Для цього розглядали діапазон, одержаних при цифровій обробці півтонів сірого кольору від 0 до 255, шляхом розбиття їх на 16 дискретних інтервали (номерів умовного кольору, які об'єднували в групи: 0-8 – кольори 0-146 характеризують ферит; 9-10 – кольори 147-164 – аустеніт, і 11-16 – кольори 165-255 – карбіди [1].

Заварка тріщин без модифікування (рис. 2) характеризується значною неоднорідністю структури в зоні наплавлення з формуванням великої кількості дрібних пор. Зона наплавлення відрізняється збільшенням зерна.

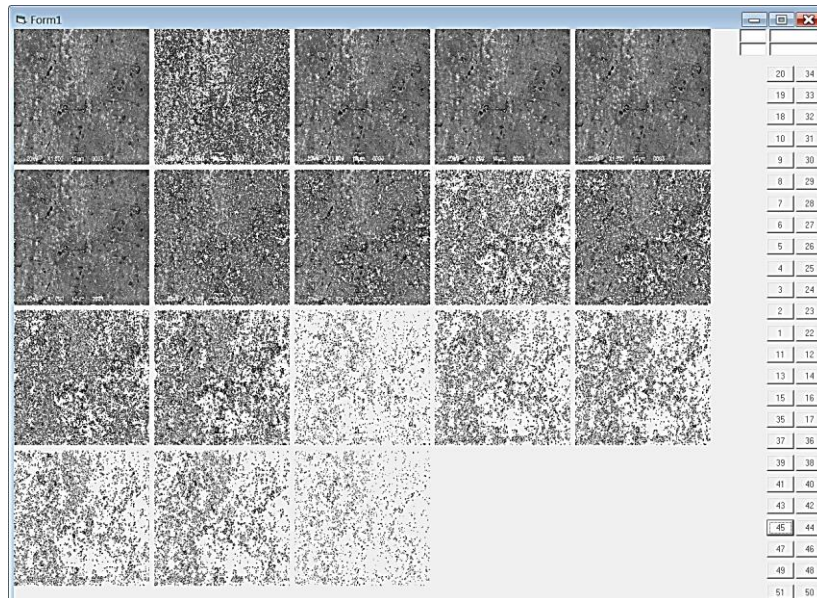


Рис.2. Оптико-математичне описання, сформованої структури без домішки модифікатора

При заварюванні тріщин у корпусних деталях з сірого чавуну та використанням модифікування на основі шлікерного покриття в зоні наплавлення і основному металі різниці в розподілі таких часток практично не виявлено (рис. 3). Це можна пояснити лише тим, що в період наплавлення, введений таким способом модифікатор, осідає на дно рідкої ванни та не впливає на процес кристалізації. Крім того, на мікроструктурних фотографіях виявляються окремі темні крапки, які дозволяють припустити, що вони відповідають агрегатованим, дисперсним виділенням алмазів.

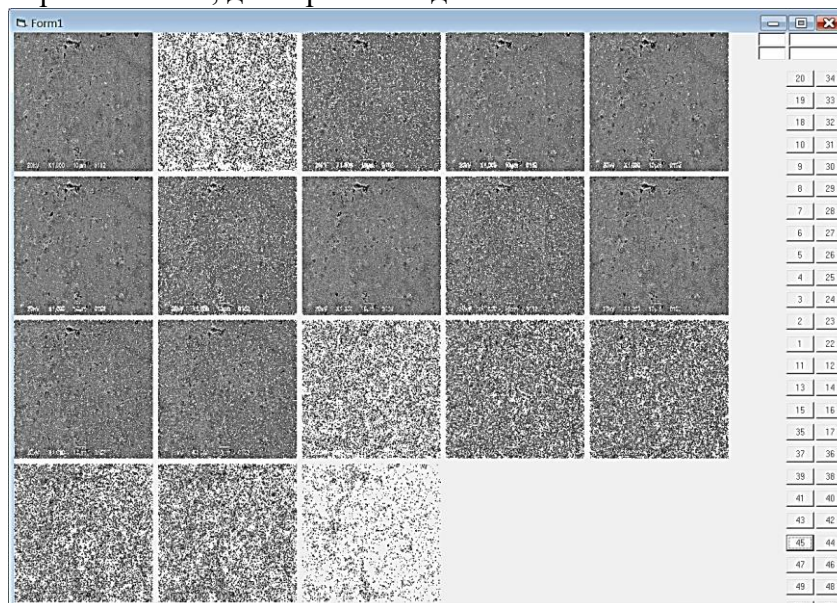


Рис.3. Оптико-математичне описання, сформованої структури при внесенні модифікуючої домішки на основі шлікерного покриття

Модифікування при дозованому введенні домішки, як показали оптико-математичні описання сформованої структури, сприяє рівномірному розподілу не розчинної частки домішки нано- і дисперсних алмазів, які розташовуються по границях зерен (рис. 4).

На наведених фотографіях (див. рис. 2-4) розглянуті результати комбінацій фаз у комірках 3×3 пікселя, які по-різному проявляють границю сплавлення. Оцінка в таких комірках є більш інформативною. Так, рис. 2 та рис. 3, характеризуються малим числом комбінацій кольорів у зонах наплавлення і основному металі. Більш чітко видна різниця на рис. 4, відповідному дозованому введенню модифікатора при наплавленні.

Зроблена спроба чіткіше визначити границю наплавлення і основного металу за ступенем турбулізації при аналізі комірок 10×10 пікселів. У якості критерію використовували відсоток різних комбінацій кольорів. По ідеї в місці стику зон процес дифузії повинен забезпечити більший відсоток таких комбінацій. Однак, крім дифузії при наплавленні можливе і формування хімічних сполук, оскільки шихта містить мідь, а також залишкові концентрації різних домішок [1].

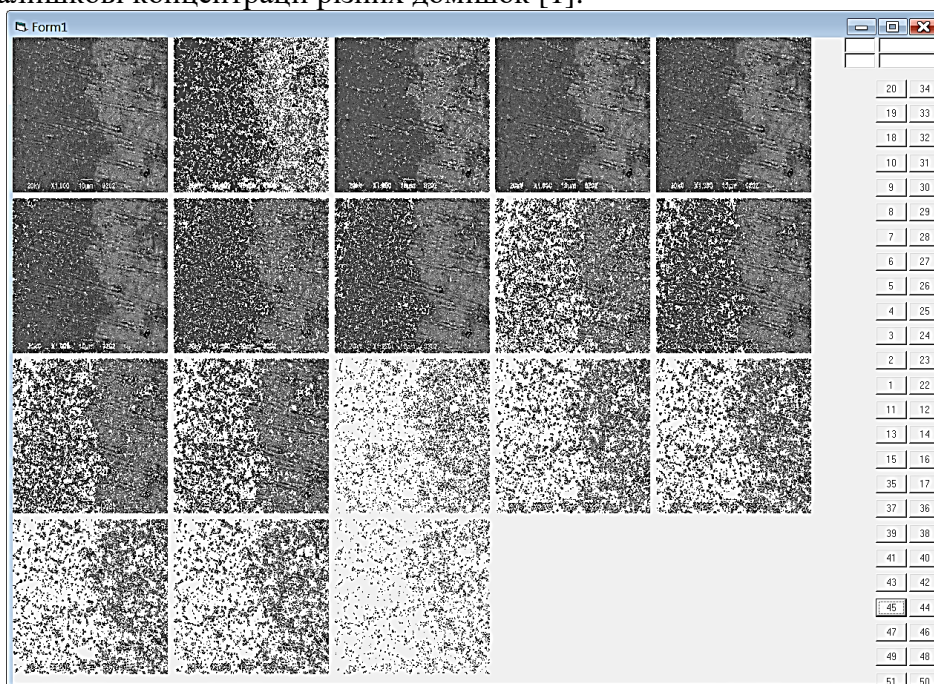


Рис.4. Оптико-математичне описання, сформованої структури при внесенні модифікуючої домішки у вигляді введення обмазки електрода

Розглядали кількість фаз і їх комбінації, які дорівнювали 7 для кожної мікро- і електронних фотографій.

Їх оцінювали в комірках 3×3 пікселя. У цьому випадку:

1 – відповідає фериту; 2 – аустеніту; 3 – карбиду; 4 – ферит з аустенітом; 5 – ферит з карбідом; 6 – аустеніт з карбідом; 7 – ферит-аустеніт-карбід.

При аналізі електронних фотографій виявили наступні локальні фази і їх комбінації:

1	2	3	4	5	6	7
87,556	0,005	1,366	4,055	1,279	0,887	4,852
93,400	0,004	0,543	3,816	0,658	0,158	1,425
95,012	0,002	0,505	1,876	1,031	0,158	1,415

Невелика частка комбінацій характерна для феритних складових при дозованому введенні модифікатора і мінімальна для інших досліджених варіантів. При шлікерному

покритті введення модифікатора є не стабільним по відношенню як до дозованого, так і традиційного методу наплавлення.

Трохи інша картина отримана при оцінюванні фаз за оптичними мікрофотографіями, які дають загальне уявлення про фазовий склад:

1	2	3	4	5	6	7
86,658	3,649	0,0	9,425	0,001	0,214	0,054
65,770	0,156	2,008	18,568	0,352	3,435	9,711
98,441	0,352	0,0	10,080	0,004	0,020	0,103

Частка фериту, яка сформована у вихідному варіанті (1-й рядок), модифікованих при нанесенні шлікерного покриття (2-й рядок) і дозованому введенні (3-й рядок) та у ряді – порівняльних при оцифруванні фотографій, вони помітно відрізняються. Так, трохи підвищена частка фериту на 8 % відповідає дозованому введенню модифікуючої домішки. Найбільша неоднорідність за розподілом фазового складу характерна для модифікування з використанням шлікерного покриття, де частка фериту, залежно від методу одержання фотографій, змінюється в межах 6-27 % у порівнянні зі структурою наплавлення без модифікування. У цьому варіанті відрізняються і незначні відхилення в збільшенні частки карбідної фази, а також істотні, у комбінаціях фаз – фериту з карбідами.

Підвищена частка залишкового аустеніту до 3,65 % виявлена лише при наплавленні без модифікуючої домішки на оптичній фотографії.

Для дослідження структури і поєднань кольорів у різних зонах використовували розподіл за принципом Бозе. Фрагмент комбінацій кольорів у комірці для побудови гістограм наведений в табл. 1.

Маємо 9 точок, а кожна точка відповідає якомусь кольору. Це дозволяє перерахувати способи розміщення точок в такій комірці. Всього 29 варіантів.

У першому рядку випадок, коли всі 9 кольорів однакові, а в останньому, 29-1, коли всі 9 точок різного кольору. Ця задача, пов'язана з теорією ймовірності.

Знаючи всі випадки, для кожної фотографії, послідовно обходячи її, точка за точкою накопичується кількість випадків. Для кожного випадку (рядку) можна видавати на екран малюнок точок, що відповідають кожному випадку. Відсоток точок, що відповідають кожному випадку і буде гістограмою Бозе.

Наведена табл. 1 має два допоміжних стовпця (перший і другий), а також 9 – основних (з 3-го по 11-й), в яких містяться кількості точок одного і того ж кольору. Сума по стовпцях кількості точок одного і того ж кольору дорівнює 9 (по числу точок в комірках 3×3 пікселі).

Стовпці мають номери від 1 до 9. Ці номери відповідають числу можливих різних кольорів в комірці. Так, номер 1 може бути тільки для випадку, коли всі 9 точок одного і того ж кольору. Номер 9 відповідає тільки одному рядку, коли всі кольори різні. А номеру групи 2 відповідає 4 рядки. Номеру групи 2 відповідає 2 різних кольори, для 4 випадків: 8 + 1; 7 + 2; 6 + 3; 5 + 4.

Таблиця 1

Комбінації кольорів у комірі										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
01	01	9								
02	02	8	1							
	03	7	2							
	04	6	3							
	05	5	4							
03	06	7	1	1						
	07	6	2	1						
	08	5	2	2						
	09	5	3	1						
	10	4	4	1						
	11	4	3	2						
04	12	3	3	3						
	13	5	2	1	1					
	14	4	3	1	1					
	15	4	2	2	1					
	16	3	3	2	1					
05	17	3	2	2	2					
	18	5	1	1	1	1				
	19	4	2	1	1	1				
	20	3	2	2	1	1				
	21	3	2	1	1	1				
06	22	2	2	2	2	1				
	23	4	1	1	1	1	1			
	24	3	2	1	1	1	1			
07	25	2	2	2	1	1	1			
	26	3	1	1	1	1	1	1		
08	27	2	2	1	1	1	1	1		
	28	2	1	1	1	1	1	1	1	
09	29	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Таблиця 1, була основою побудови гістограм Бозе, які представлені на рис. 5 -7. При введенні модифікуючих домішок до 11 рядків мають максимальні значення комбінацій кольорів. Без модифікування число таких показань не перевищувало 5.

Аналіз цих гістограм підтвердив зміну числа комбінацій при модифікуванні, який відповідає різним збільшенням фотографій (електронних і оптичних). Інша картина має місце при заварюванні дефектів без введення модифікуючих домішок де число комбінацій є мінімальним.

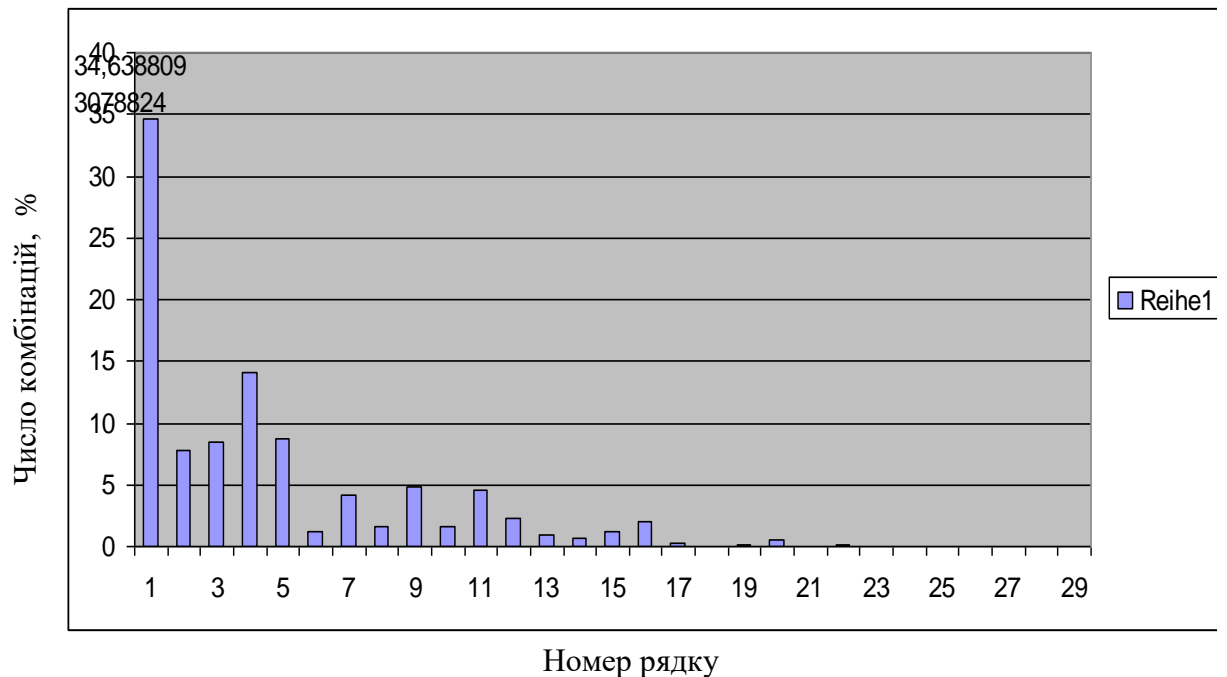


Рис.5. Гістограма комбінацій фаз, оцінена по мікрофотографії без модифікуючої домішки

Аналізом проведених досліджень з використанням оптико-математичного аналізу структурних зон – наплавлення, перехідної та вихідного металу можна відзначити наступне.

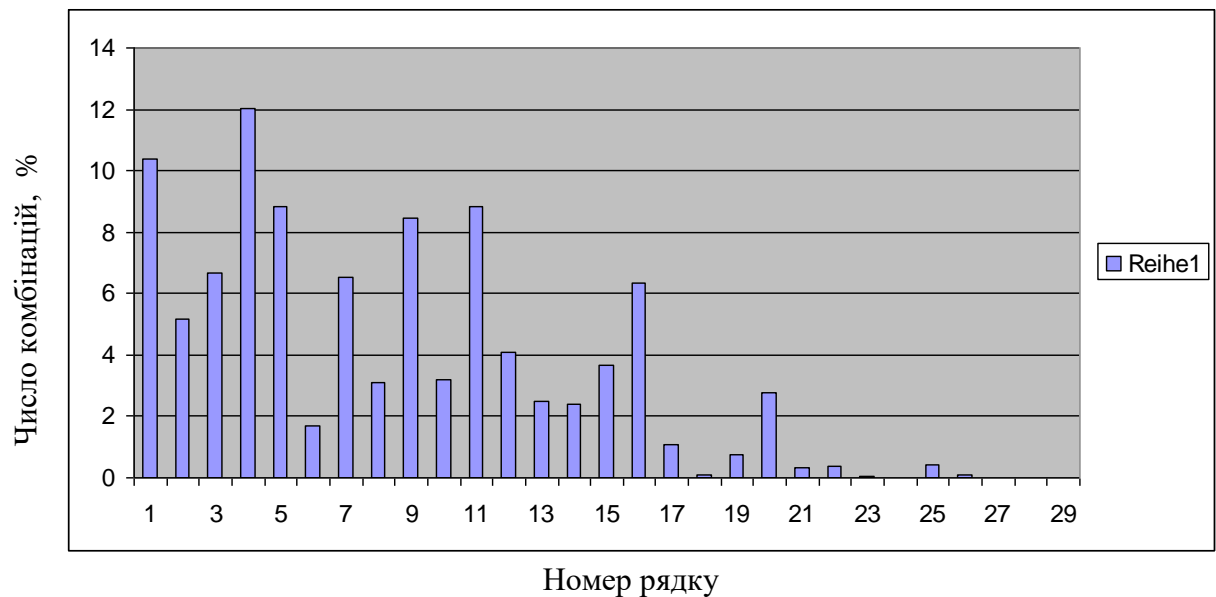


Рис.6. Гістограма комбінацій фаз, оцінена по мікрофотографії при модифікуванні зі шлікерним покриттям

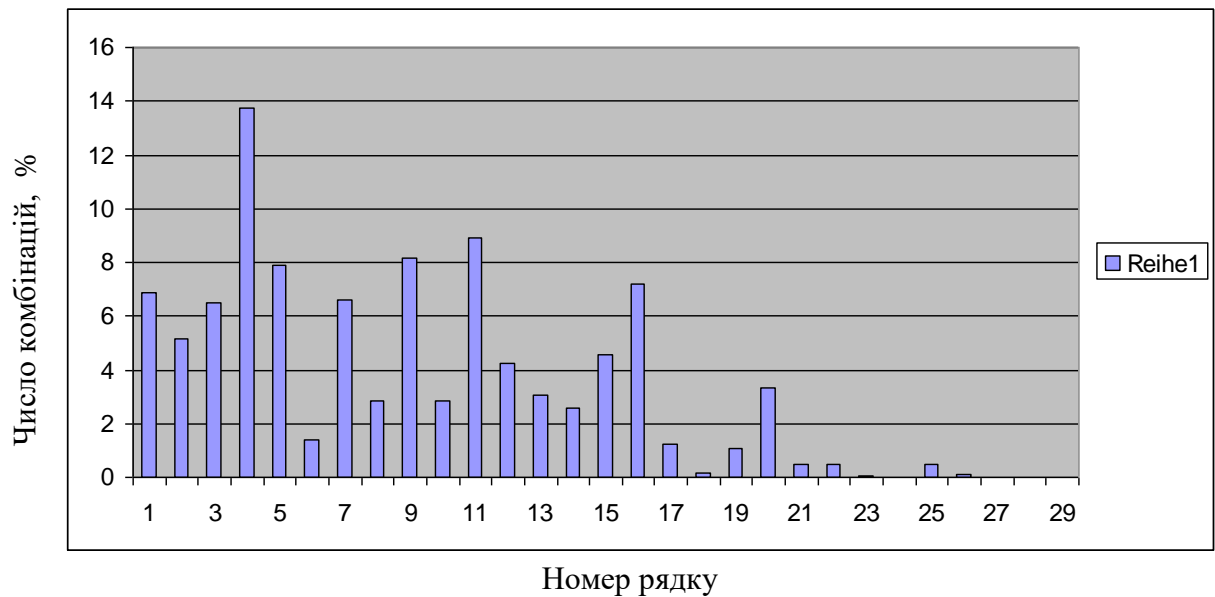


Рис.7. Гістограма комбінацій фаз, оцінена по мікрофотографії при дозованому введенні модифікатора

Запропонований метод аналізу описання структурних особливостей формування фаз, їх кількості і комбінацій при різних способах введення модифікуючої домішки з використанням не магнітної складової детонаційної шихти, що включає нано та дисперсні алмази, а також мікродомішки компонентів впливають на подрібнення зерен, їх рівномірний розподіл у зоні наплавлення, особливо при дозованому її введенні у рідку ванну. Найбільший ефект досягається при рівномірному, дозованому введенні такої модифікуючої домішки за рахунок локальних мікроохолоджувачів. Це сприяє зниженню тепловкладень і змінює умови кристалізації, які супроводжуються турбулізацією, зменшенням розміру зерен, збільшенню зв'язків між різними фазами наплавленого шару і основного металу. Нерозчинні нано- і дисперсні алмази розташовуються по границях зерен відновленого шару та, частково осідають на дно рідкої ванни, формують хвилясту перехідну зону без дефектів, що відрізняється підвищеною міцністю зчеплення.

Список використаних джерел

1. Скобло Т.С. Эффективная технология восстановления корпусных деталей из серого чугуна методом заварки дефектов / Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Белкин Е.Л. // Ежемесячный научно-технический и производственный журнал «Сварочное производство» – 2017. – 12 (997) – С. 33-39.
2. Сайчук А.В. Влияние способа введения модификатора на качество восстановления дефектов в сером чугуне отливок / Вісник ХНТУСГ ім. П Василенка «Ресурсозберігаючі матеріали та обладнання в ремонтному виробництві» Випуск 183. – Х.: ХНТУСГ, 2017. – С. 3-7.
3. Скобло Т.С. Применение компьютерного анализа металлографических изображений при исследовании структуры высокохромистого чугуна / Т.С. Скобло, О.Ю. Клочко, Е.Л. Белкин // Заводская лаборатория. Диагностика материалов – М.: 2012. – №6 (78) – С.35-42.

Аннотация

АНАЛИЗ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИИ ПРИ ЗАВАРИВАНИИ ДЕФЕКТОВ В КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА

Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Сайчук А.В., Колпаченко Н.М., Калинин Е.И.

Целью данного исследования было установить как меняется фазовый состав при установлении таких дефектов заваркой электродом с дополнительным модифицированием жидкой ванны вторичным сырьем от утилизации боеприпасов.

Для выявления качественного и количественного состава различных зон восстановленного слоя, а также для поиска максимальных связей одинаковых фаз между восстановленной зоны наплавкой, переходной и основой, использовали оптико-математический метод исследования.

Abstract

ANALYSIS OF STRUCTURE FORMATION WHEN BREWING DEFECTS IN BODY PARTS OF GRAY CAST IRON

Skoblo TS, Sidashenko A.I., Saychuk A.V., Kolpachenko N.M., Kalinin E.I.

The purpose of this study was to establish how the phase composition changes when such defects are established by welding the electrode with an additional modification of the liquid bath with secondary raw materials from the disposal of ammunition.

To identify the qualitative and quantitative composition of the various zones of the restored layer, as well as to search for the maximum connections of the same phases between the restored surfacing zone, the transitional zone and the base, they used an optical-mathematical method of research.