

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА ТРАНСФОРМАЦІЇ ОКСИДІВ ПРИ КОНТАКТНОМУ СТИКОВОМУ ЗВАРЮВАННІ РЕЙОК К76Ф

В.І. Швець, І.В. Зяхор, Л.М. Капітанчук

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України. 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Досліджено трансформацію оксидних включень при контактному стиковому зварюванні оплавленням (КСЗО) рейок марки К76Ф з використанням Оже-мікрозонда JAMP 9500F фірми «JEOL» (Японія) із встановленим на ньому рентгенівським енергодисперсійним спектрометром INCA Penta FET x3 і залученням найбільш інформативних методик фрактографічного аналізу. Показано, що високотемпературні оксидні включення без зміни агрегатного стану видаляються в ґрат. На основі оксидів кремнію на оплавленій поверхні в процесі зварювання формуються легкоплавкі залізомарганцеві, а в приконтактному шарі – марганцеві силікати. Неоднорідність розподілу кремнію є причиною формування скупчень силікатів і утворення «матових плям» в приконтактному шарі. Бібліогр. 10, рис. 7.

Ключові слова: контактнo-стикове зварювання, рейки марки КФ76, силікати, «матові плями»

Неметалічні включення (НВ) порушують суцільність металу і, маючи відмінні механічні та фізичні властивості, спричиняють значний вплив на його механічні та експлуатаційні властивості [1]. Для сучасних конверторних рейкових сталей характерна присутність в структурі таких НВ: глобулярні сульфідні та оксиди марганцю, рядкові витягнуті вздовж напрямку прокату залізомарганцеві сульфідні, складні оксиди, що містять кремній, алюміній, кальцій. Перелічені НВ являють собою невидалені продукти розкислення і десульфурізації сталі [2].

В термодформаційних умовах зварювання можлива трансформація НВ з вірогідним посиленням їх негативного впливу. У роботі [3] розглянуто питання оплавлення в приконтактному шарі рейок залізомарганцевих сульфідів. Оплавлення зумовлено існуванням в системі Fe–Mn–S евтектики з температурою плавлення 1164 °С. Показано, що після оплавлення розплав поширюється структурними границями. При охолодженні зварних з'єднань може відбутися розкриття металу по сформованим литим прошаркам. Такий дефект виявляється засобами УЗ контролю, з'єднання в цьому випадку визнається бракованим. Небезпеку становить розтріскування по цим прошаркам в процесі експлуатації після укладання рейок в колію. Рекомендовано режим зварювання, при якому зменшується тепловкладення з метою гальмування процесу оплавлення сульфідів на стадії коагуляції до розповсюдження розплаву по міжзеренних границях [4].

Прості оксиди, що зустрічаються в металі рейок, характеризуються як тугоплавкі – температура плавлення їх значно перевищує температуру плавлення заліза – 1538 °С. У той же час дані

досліджень діаграм стану вказують на існування в оксидних системах легкоплавких евтектик [5]. Наявність легкоплавких евтектик дає підставу припустити можливе оплавлення як комплексних оксидів, так і продуктів дифузійної взаємодії оксидів з матрицею при КСЗО. Утворення рідкої фази з подальшою її кристалізацією може спричинити додаткові внутрішні напруження в металі і зниження властивостей з'єднань.

Мета роботи полягала у встановленні особливостей формування та трансформації оксидних включень в рейкових сталях при КСЗО.

Методика та обладнання. Розглянуті з'єднання рейок марки К76Ф, отримані на машині для контактнo-стикового зварювання К1000 за технологією, розробленою в ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України [6]. Дослідження НВ проводили на поверхнях зламу з'єднань після випробувань на статичний згин. Вивчення мікроструктури поверхні зламу та визначення хімічного складу структурних складових проводили з використанням Оже-мікрозонда JAMP 9500F фірми «JEOL» (Японія) із встановленим на ньому рентгенівським енергодисперсійним спектрометром INCA Penta FET x3 фірми «Oxford Instrument». Енергія первинного електронного пучка становила 10 кеВ при струмі 0,5 нА для методів РЕМ та РСМА та струмі 10 нА для методу Оже-електронної спектроскопії. Спектри Оже – реєструвалися з енергетичною роздільною здатністю $\Delta E/E = 0,6\%$. Перед дослідженнями поверхня зразків піддавалася очищенню безпосередньо в камері аналізу приладу шляхом травлення іонами аргону Ar^+ з енергією 1 кеВ протягом 10 хв. Швидкість травлення по контрольному зразку-свідку

Швець В.І. – <http://orcid.org/0000-0003-4653-7453>, Зяхор І.В. – <http://orcid.org/0000-0001-7780-0688>

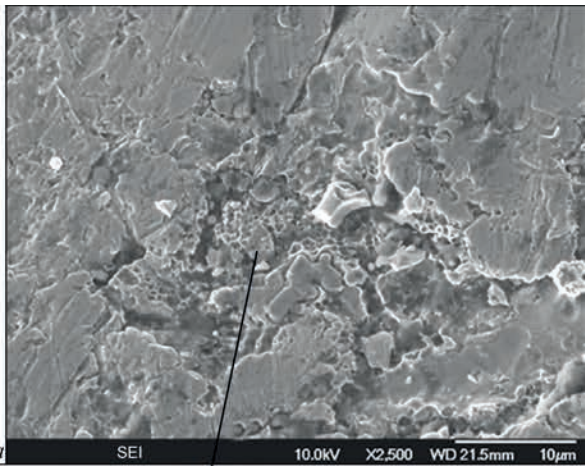
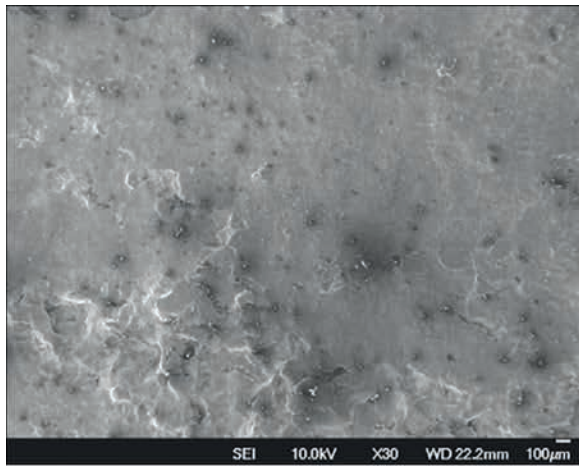
Капітанчук – Л.М. <http://orcid.org/0000-0002-8624-2590>

© В.І. Швець, І.В. Зяхор, Л.М. Капітанчук, 2023

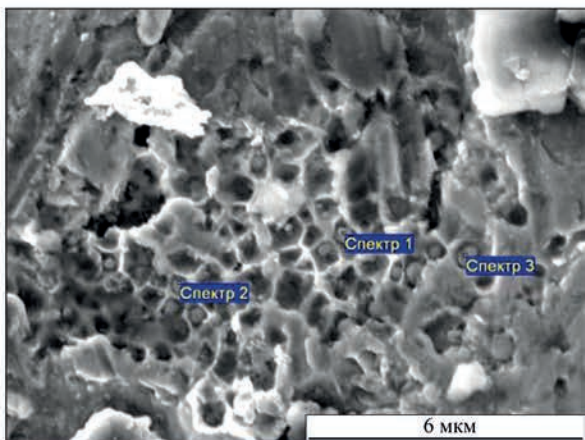
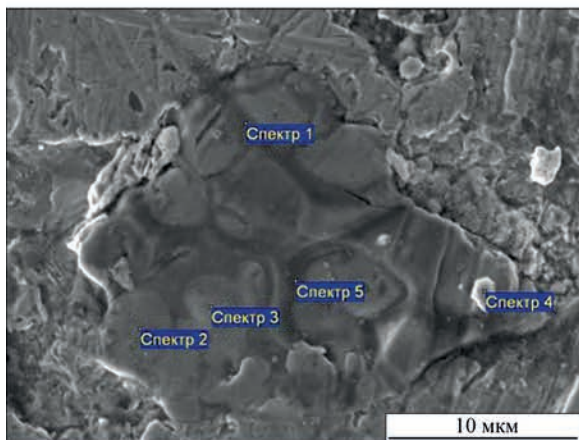
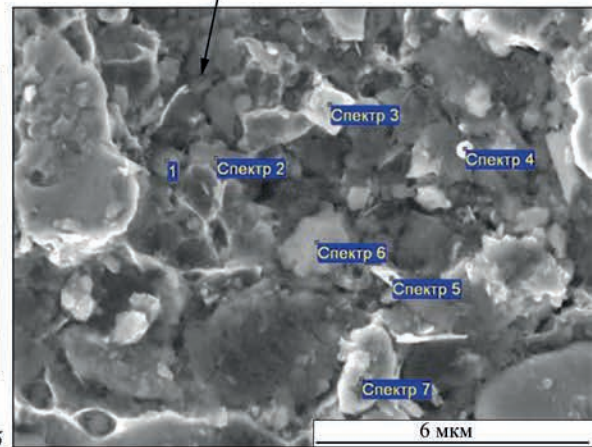
SiO₂ становила 4 нм/хв. Вакуум у камері аналізу знаходився в межах 5·10⁻⁶...5·10⁻⁷ Па. Металографічні дослідження проводили на оптичному мікроскопі НЕОРНОТ 32, оснащеному цифровим фотоапаратом. Мікроструктуру виявляли травленням

попередньо полірованих зразків у 4%-му спиртовому розчині HNO₃.

Результати досліджень та обговорення. Поверхня зламу з'єднань рейок, отриманих на оптимальному режимі, кристалічна. На розкритих дефектах зварювання, що утворюються в разі від-



	C	O	Na	Al	Si	Ca	Fe
1	15,49	51,05	0,56	0,15	18,99	0,24	13,52
2	16,66	57,02	0,66	0,20	17,99	0,18	7,29
3	6,38	56,02	0,32	0,13	0,16	0	36,98
4	21,13	44,63	0,61	0,23	0,58	0,85	31,97
5	15,82	11,48	0,86	0,41	0,88	0,48	70,07
6	20,51	50,38	0,90	1,91	5,44	17,28	3,58
7	11,92	12,53	0,14	0,23	0,50	0,04	74,63



	C	O	Si	Mn	Fe
1	2,73	55,66	7,30	8,40	25,91
2	5,66	50,01	0,60	4,34	39,39
3	1,64	51,05	0,33	5,57	41,40
4	5,39	52,32	0,06	6,61	35,62
5	2,12	55,79	10,52	9,25	22,32

	C	O	Si	Mn	Fe
1	10,68	39,90	8,11	19,24	22,07
2	10,46	33,86	7,12	13,95	34,63
3	10,95	33,47	7,63	16,99	30,97

Рис. 1. Мікроструктура поверхні зламу на ділянці «холодного зварювання»: а – загальний вигляд; б, в, г – результати рентгенівського мікроаналізу неметалічних включень (ат.%)

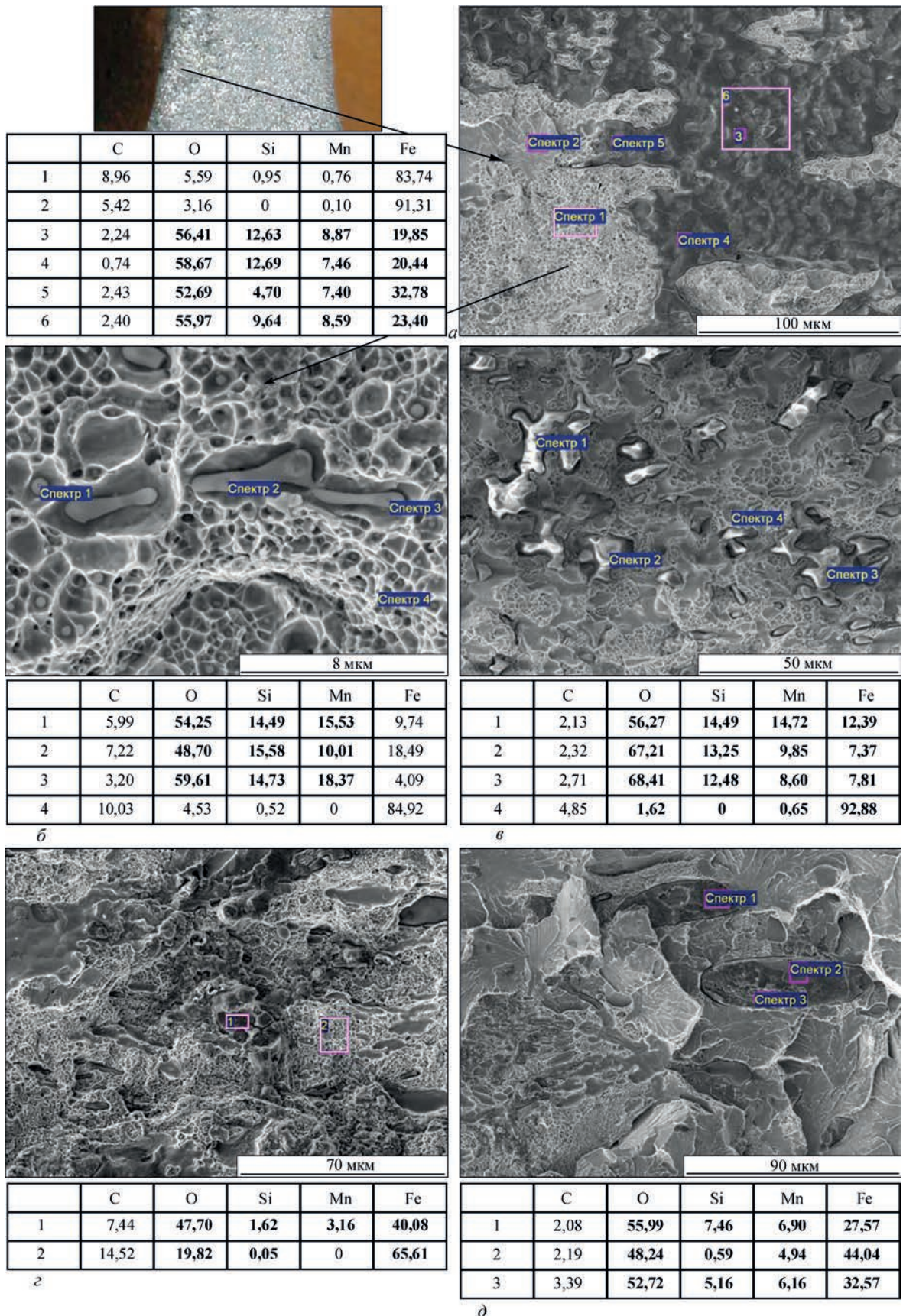
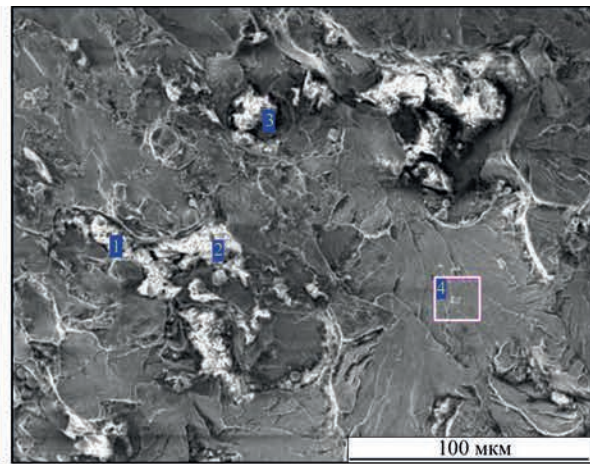
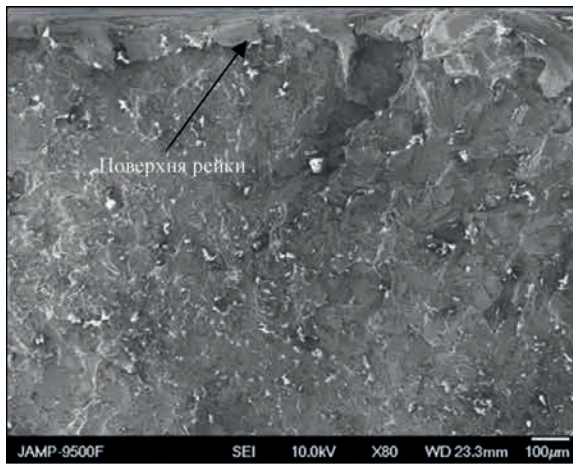


Рис. 2. Мікроструктура поверхні зламу на ділянці «непровару»: а – загальний вигляд; б, в, г, д – результати рентгенівського мікроаналізу неметалічних включень (ат.%)

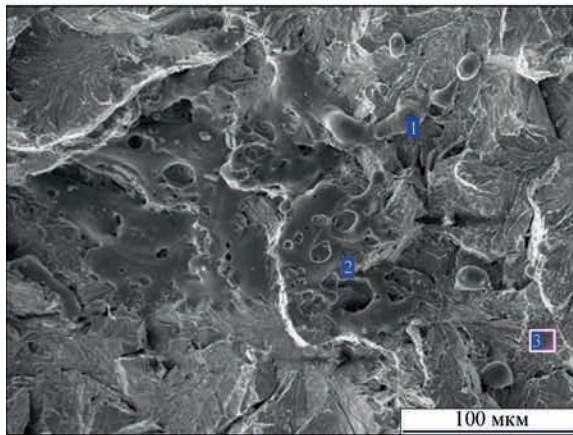
хилення параметрів режиму від оптимальних, візуально поверхня плоска. Для отримання більш

повного уявлення про формування і трансформацію НВ поряд з дослідженням на поверхні криста-



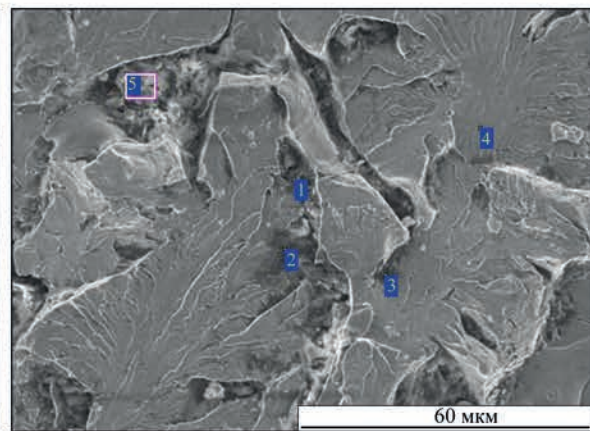
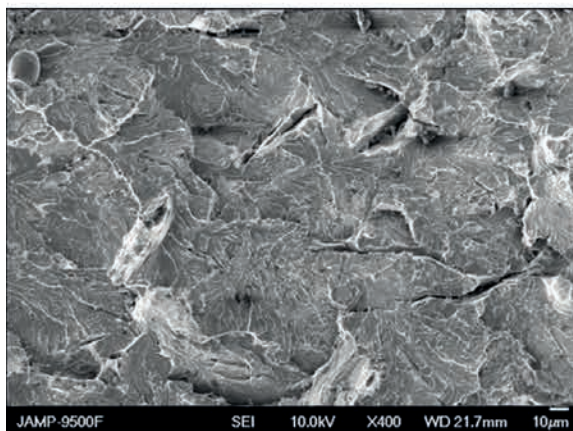
	C	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Fe
1	65,54	23,93	0,62	0,26	1,32	1,04	0,50	0,26	0,32	2,54	3,70
2	32,24	33,83	0,31	0,51	2,08	1,09	0,40	0,50	0,23	1,29	27,52
3	65,48	5,79			4,76	16,05	1,04		2,05	1,80	3,04
4	8,34	6,74			0,40	0,92					83,60

а



	C	O	Si	Mn	Fe
1	7,57	23,32	0,21	0	68,89
2	3,09	57,02	0,98	0,10	38,82
3	5,43	3,53	1,37	0,23	89,43

б



	C	O	Na	Al	Si	S	Ca	Fe	Cu
1	71,29	13,13	0,23	0,29	0,92		0,61	13,53	
2	73,69	14,97		1,34	0,68			9,32	
3	70,75	17,11	0,10	1,17	0,81	0,23	0,69	9,16	
4	7,85	3,36			1,26			87,53	
5	67,52	24,46		2,13	1,29	0,15	1,08	2,96	0,27

в

Рис. 3. Мікроструктура поверхні зламу та результати рентгенівського мікроаналізу неметалевих включень на ділянці неповно-го видалення розплаву в грат: а – тугоплавкі оксиди; б – оксиди заліза; в – вторинні тріщини (ат.%)

лічного зламу і в приконтактному шарі з'єднання розглянуто утворення структурних складових на ділянках таких дефектів зварювання як «холодне зварювання» і «непровар» [7].

Особливість «холодного зварювання» полягає у недостатньому нагріві рейки перед осадкою і, як наслідок, неповне оплавлення торця. Поверхня зламу на цій ділянці розкриття плоска (рис. 1). У межах плоскої поверхні спостерігаються тугоплавкі неметалеві включення, такі як оксиди кремнію, алюмінію, комплексні оксиди, що включають алюміній, кальцій, кремній, глобулярні оксиди заліза (рис. 1, б.). Поруч із оксидами зустрічаються оплавленого виду силікати у вигляді плівок (рис. 1, в) і скупчень дрібних глобулярних частинок, розмір яких становить частки мікрона (рис. 1, г). Глобулярні частинки є продуктом фрагментації залізомарганцевої плівки і зумовлюють локально в'язкий характер зламу.

Непровари утворюються в місцях більш інтенсивного проплавлення. На поверхні зламу непровари виділяються як гладкі ділянки, які не мають чітко вираженої кристалічної структури. Згідно з результатами рентгенівського мікроаналізу більшу частину поверхні непровару складає шар залізомарганцевого силікату (рис. 2, а, спектр 3). У межах непровару зустрічаються плівки легкоплавкого оксиду заліза – вюститу (рис. 2, г, спектр 1). У шарах залізомарганцевих силікатів, як і плівках вюститу виявляються скупчення глобулярних частинок розміром переважно менше 1 мкм (рис. 2, б, спектр 1). Частинки є продуктами фрагментації плівок залізомарганцевих силікатів і вюститу відповідно. Незначний розмір частинок зумовлює в'язкий характер зламу на ділянках їх розташування.

У перехідній зоні на межі ділянки непровару з кристалічним зломом зустрічаються включення залізомарганцевих силікатів оплавленого виду зі зниженим вмістом заліза у порівнянні з шаром залізомарганцевих силікатів (рис. 2, в). Зустрічаються плівки залізомарганцевих силікатів з підвищеним вмістом заліза (рис. 2, д).

Як видно, структурні складові, що спостерігаються на поверхні непровару, належать до системи Si–Mn–Fe–O. Передумовою для їх утворення,

очевидно, є наявність в системі $\text{SiO}_2\text{--FeO}$ евтектик з температурою 1178 та 1117 °C [4], а також необмежена розчинність в системі MnO–FeO [8]. Очевидно, що в процесі зварювання має місце окислення металу оплавлених торців рейок. На поверхні перш за все утворюється легкоплавкий оксид заліза (вюстит) з деяким вмістом марганцю. Взаємодія приповерхневого оксиду кремнію з оксидом заліза та збільшення вмісту дифузійно-активного марганцю веде до формування залізомарганцевих силікатів. Джерелом марганцю може бути як метал рейки, так і тугоплавкі його оксиди. Наявність і розподіл включень оксиду кремнію в поверхневому шарі визначає хімічний склад і морфологію структурних складових поверхні непровару.

При КЗСО оплавлений на торцях метал рейок видаляється при осадці за межі перерізу заготовки. Разом з розплавом видаляються продукти окислення поверхневого шару і НВ, що містяться в розплаві. При дослідженні ділянки зламу з неповним видаленням розплаву виявлено численні включення комплексних оксидів алюмінію, кальцію, кремнію (рис. 3, а). Зустрічаються глобулярні та плівкові оксиди заліза (рис. 3, б). Характерною особливістю мікроструктури є вторинні тріщини розміром до 100 мкм (рис. 3, в). Тріщини містять дрібні оксидні включення, що спостерігаються на тлі підвищеного до 50...70 ат. % вмісту вуглецю. Високий вміст вуглецю пов'язаний з перерозподілом його в термодформаційних умовах зварювання та заповненням об'ємів на межі неметалевих включень та матриці [9].

На кристалічній поверхні зламу з'єднання мікроструктура являє собою фасетки внутрізерного сколу з елементами пластичної деформації: язичками, гребенями відриву (рис. 4, б). В мікроструктурі присутні дрібні включення сульфідів марганцю (рис. 5, б), глобулярні включення оксиду заліза (рис. 5, а), включення оксидів легуючих елементів, зокрема, карбооксидів титану (рис. 5, в). Зустрічаються скупчення дрібних сульфідів (рис. 5, в) – продуктів фрагментації легкоплавкої плівки (Fe,Mn)S, що формується в приконтактному шарі [3].

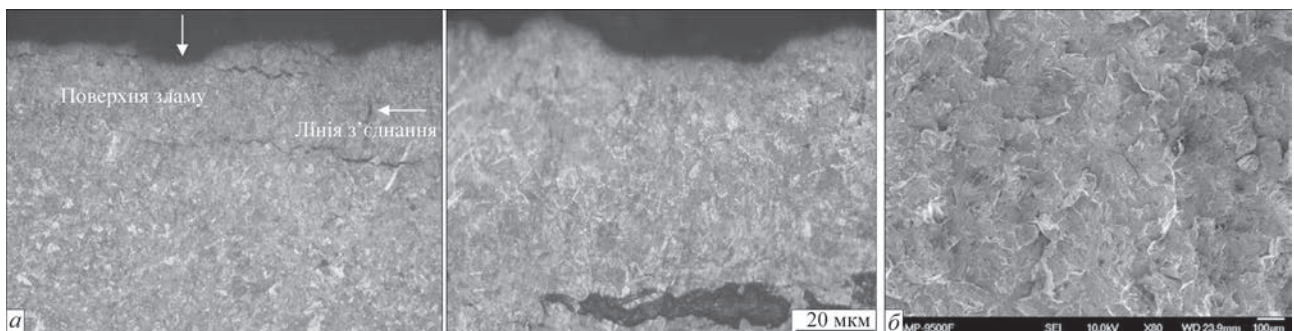


Рис. 4. Мікроструктура приповерхневого шару (а) і поверхні зламу (б)

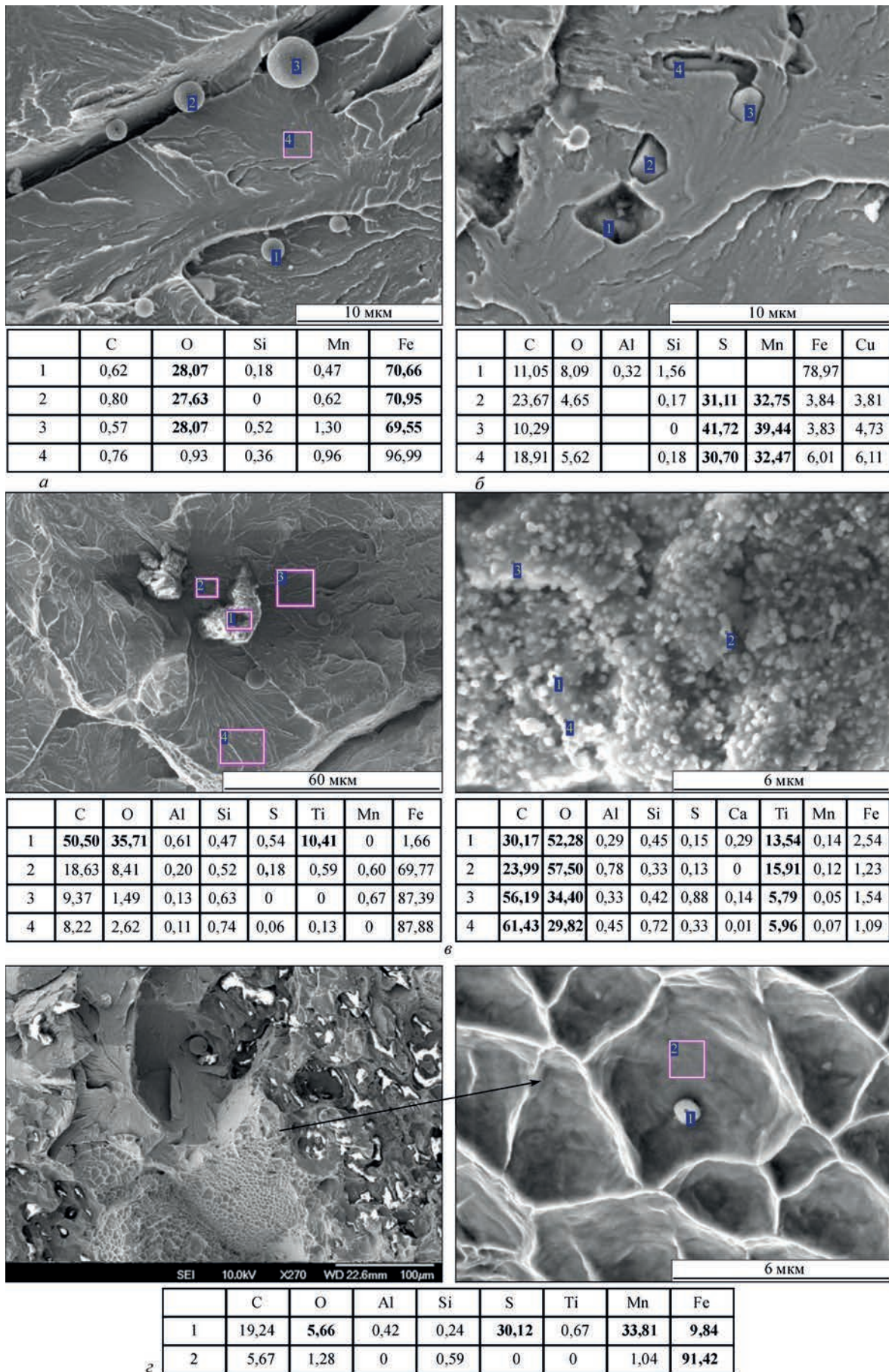
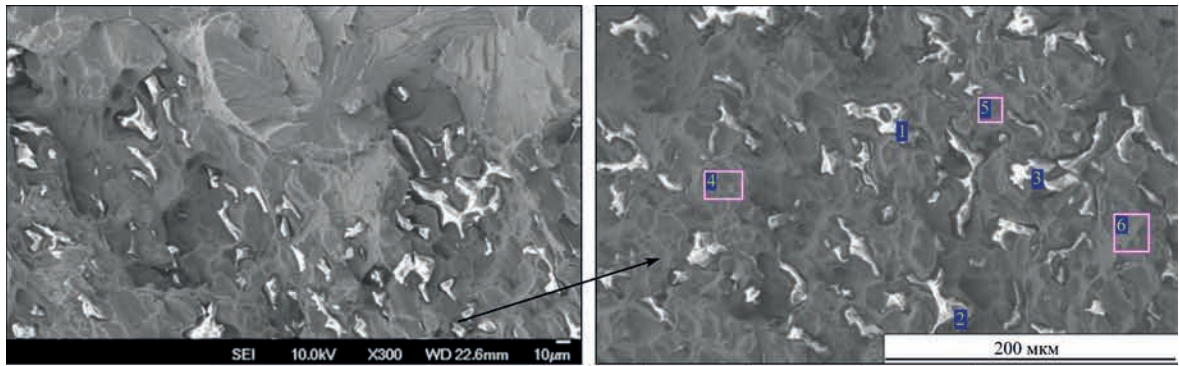
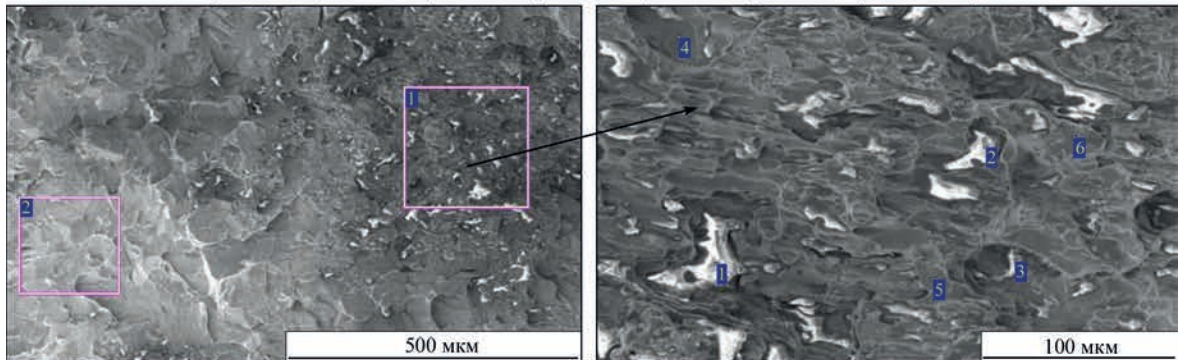


Рис. 5. Результати рентгенівського мікроаналізу неметалічних включень на поверхні кристалічного зламу (ат.%): а – оксиди заліза; б – оксиди марганцю; в – карбоксиди титану; г – залізомарганцеві сульфіді



	C	O	Al	Si	Mn	Fe
1	3,27	66,66	1,11	16,48	11,61	0,86
2	3,36	61,08	3,15	16,70	14,73	0,99
3	2,41	68,91	1,32	16,39	6,90	0,90
4	4,43	1,57	0,11	0	0,80	93,09
5	5,51	0,86	0	0,18	0,81	90,76
6	4,70	1,50	0	0,15	1,11	92,54

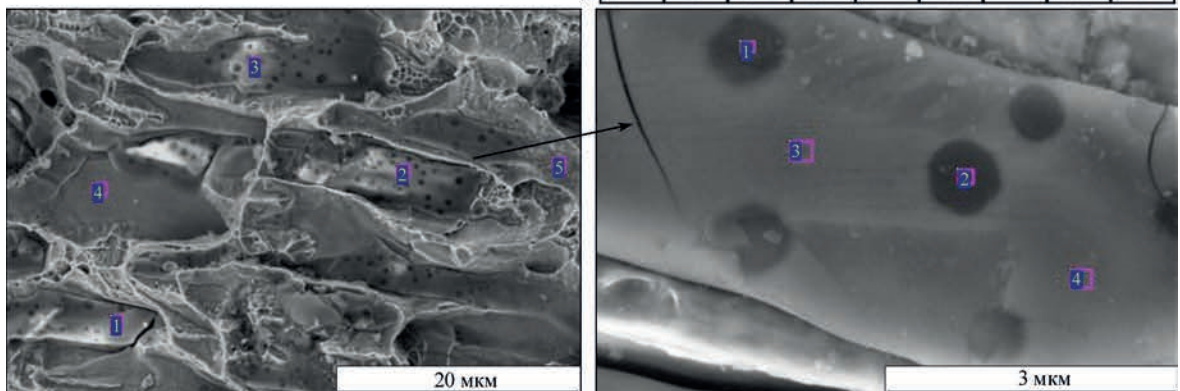
a



	C	O	Al	Si	Cr	Mn	Fe
1	14,43	21,93	0,11	5,76	0,34	5,47	51,96
2	7,01	1,63	0,05	0,41	0,34	1,45	89,11

б

	C	O	Na	Al	Si	Cr	Mn	Fe
1	2,88	66,74	0	0	18,05	0	10,32	2,01
2	31,24	50,68	0,47	0,16	10,67	0,04	5,85	0,89
3	3,16	59,39	0,25	0,06	18,88	0,04	15,63	2,60
4	7,85	1,74	0	0	0,73	0	0,71	88,97
5	8,81	4,65	0	0,16	0,81	0,05	1,50	84,02
6	3,88	1,74	0,29	0	0,51	0	0,08	93,51



	C	O	Al	Si	S	Cr	Mn	Fe
1	1,72	59,34	0,16	17,06	0,33	0,27	18,95	2,17
2	1,85	61,66	0,21	16,54	0,20	0,05	17,76	1,75
3	1,96	63,29	0,04	16,14	0,05	0	17,06	1,46
4	1,28	0,98	0,05	0,20	0	0	1,23	96,27
5	11,57	17,56	0,31	3,96	0,36	0	5,84	60,40

в

	C	O	Al	Si	Mn	Fe
1	1,99	51,28	0	20,57	1,81	24,35
2	2,10	62,25	0,06	23,36	3,49	8,74
3	0,68	58,26	0,22	16,10	21,05	3,69
4	1,91	59,21	0,11	16,63	18,96	3,17

Рис.6. Результати рентгенівського мікроаналізу силікатів прикордонного шару з'єднання рейок (ат.%): а – марганцеві алюмо-силікати; б, в – марганцеві силікати

Поряд із високотемпературними оксидами на поверхні зламу спостерігаються оплавленого виду марганцеві силікати та алюмосилікати розміром до 30 мкм (рис. 6, а, б). Показано, що вони мають литу структуру (рис. 6, в). На відміну від шару залізомарганцевих силікатів на поверхні непровару вміст заліза в них незначний. Магістральна тріщина при руйнуванні проходить на відстані близько 20...50 мкм від лінії з'єднання (рис. 4, а). Трансформація неметалевих включень, присутніх на поверхні кристалічного зламу, вочевидь, протікає в шарі неоплавленого металу. Враховуючи те, що в системі $\text{SiO}_2\text{--MnO}$ існують евтектики з температурою 1250 та 1315 °С [4], утворення марганцевих силікатів у приконтатному шарі, вочевидь, відбувається завдяки дифузійній взаємодії поверхнево активного в залізі марганцю з кремнійвмісними оксидами.

Включення силікатів часто утворюють скупчення. Враховуючи те, що розкриття металу рейки при навантаженні відбувається по ослабленій межі силікатів з матрицею, як це видно в мікροструктурі зламу (рис. 6, а, б), місця скупчень силікатів у нормативних документах віднесені до дефектів зварних з'єднань, що класифікуються як «матові плями» (рис. 7). Поява їх у мікροструктурі

рі зламу зумовлена особливістю розподілу оксиду кремнію в металі рейок. Деяка кількість «матових плям» у з'єднаннях рейок допустима. Однак сумарна площа не має бути більше 15 мм² [10].

Висновки

1. Високотемпературні оксидні включення, окрім оксиду кремнію, при зварюванні рейок переходять без зміни агрегатного стану в оплавлений шар і видаляються в ґрат при осадці.

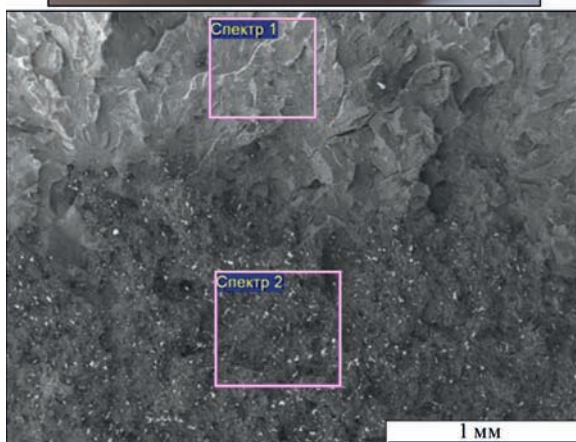
2. Існування в оксидних системах $\text{SiO}_2\text{--FeO}$, MnO--FeO легкоплавких евтектик з температурою 1178, 1117 та 1250 °С, 1315 відповідно, а також необмежена розчинність в системі MnO--FeO є передумовою формування марганцевих силікатів на поверхні оплавлених торців рейок при зварюванні і в приконтатному шарі з'єднання.

3. Залізомарганцеві силікати на оплавлених торцях рейок утворюються внаслідок взаємодії легкоплавкого оксиду заліза з включеннями оксиду кремнію і подальшої дифузії марганцю з металу рейки. Технологія зварювання передбачає видалення при осадці залізомарганцевих силікатів разом із розплавом у ґрат.

4. Марганцеві силікати в приконтатному шарі з'єднання є продуктом дифузійної взаємодії поверхнево активного в залізі марганцю з кремнійвмісними оксидними включеннями. Включення марганцевих силікатів часто утворюють скупчення внаслідок неоднорідного розподілу оксидів кремнію в металі рейок. Через слабку адгезію до заліза скупчення силікатів впливають на результати випробувань з'єднань на ударну в'язкість та статичний вигин і класифікуються як дефекти зварних з'єднань, так звані «матові плями». Загальна площа їх обмежена і не має перевищувати 15 мм² [10].

Список літератури

1. Губенко С.И., Ошкадеров С.П. (2016) *Неметаллические включения в стали*. Київ, Наукова думка.
2. Левченко Н.В. (2006) Изменение неметаллических включений в процессе производства рельсов. *Металлургическая и горнорудная промышленность*, 2, 63–65.
3. Кучук-Яценко С.И., Швеи В.И., Дидковский А.В., Антипин Е.В. (2016) Влияние неметаллических включений рельсовой стали на формирование сварного соединения. *Автоматическая сварка*, 5-6 (753), 28–32.
4. Кучук-Яценко С.И., Дидковский О.В., Богорський М.В. та ін. (2002) *Спосіб контактної стикової зварювання оплавленням*. Пат. 46820 Україна 6 В23К11/04, С2. Опубл. 17.06.2002 г., Бюл. № 6.
5. Галахов Ф.Я. (1991) *Диаграммы состояния систем тугоплавких оксидов: Справочник*. Л., Наука.
6. Kuchuk-Yatsenko, S., Shvets V., Didkovsky A., et al. (2016) Flash-butt welding of high-strength rails. *Mining Informatics. Automation and Electrical Engineering*, 4(528), 40–48.
7. Кучук-Яценко С.И., В.К. Лебедев (1976) *Контактная стыковая сварка непрерывным оплавлением*. Киев, Наукова думка.



Примітки	С	О	Al	Si	Mn	Fe
1 Фасетки сколу	8,34	2,74	0	0,25	0,13	88,55
2 Пляма	7,01	16,52	0,45	4,08	5,86	66,08

Рис. 7. «Матові плями» на поверхні зламу з'єднань рейок та результати рентгенівського мікроаналізу поверхонь з площі (ат.%)

8. Javojskij V.I. (1969) *Theorie der Stahlerzeugung*. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. Leipzig.
9. Aksenova, K.V., Gromov, V.E., Ivanov, Yu.F. et al. (2017) Carbon redistribution under deformation of steels with bainite and martensite structures. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*, 60(7), 544–548. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2017-7-544-548>
10. ТУУ 24.1-40075815-002:2016. *Рейки нові зварені для залізниць*.
4. Kuchuk-Yatsenko, S.I., Didkovsky, O.V., Bogorsky, M.V. et al. (2002) *Method of flash-butt welding*. Pat. 46820 Ukraine, Int. Cl. 6 B23K11/04, C2, Publ. 17.06.2002
5. Galakhov, F.Ya. (1991) *State diagrams of refractory oxide systems: Refer. book*. Leningrad. Nauka [in Russian].
6. Kuchuk-Yatsenko, S., Shvets, V., Didkovsky, A., et al. (2016) Flash-butt welding of high-strength rails. *Mining Informatics. Automation and Electrical Engineering*, 4(528), 40–48.
7. Kuchuk-Yatsenko, S.I., Lebedev, V.K. (1976) *Flash-butt welding*. Kyiv, Naukova Dumka [in Russian].
8. Javojskij, V.I. (1969) *Theorie der Stahlerzeugung*. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. Leipzig.
9. Aksenova, K.V., Gromov, V.E., Ivanov, Yu.F. et al. (2017) Carbon redistribution under deformation of steels with bainite and martensite structures. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*, 60(7), 544–548 [in Russian]. DOI: <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2017-7-544-548>.
10. ТУУ 24.1-40075815-002:2016. *New welded rails for railways* [in Ukrainian].

References

1. Gubenko, S.I., Oshkaderov, S.P. (2016) *Nonmetallic inclusions in steel*. Kyiv, Naukova Dumka [in Russian].
2. Levchenko, N.V. (2006) Change of nonmetallic inclusions in manufacture of rails. *Metallurgicheskaya i Gornorudnaya Promyshlennost*, 2, 63–65.
3. Kuchuk-Yatsenko, S.I., Didkovsky, A.V., Shvets, V.I. et al. (2016) Flash-butt welding of high-strength rails of nowadays production. *The Paton Welding J.*, 5-6 (753), 4-12.

FEATURES OF FORMATION AND TRANSFORMATION OF OXIDES IN FLASH-BUTT WELDING OF K76F RAILS

V.I. Shvets, I.V. Zyakhor, L.M. Kapitanchuk

E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine. 11 Kazymyr Malevych Str., 03150, Kyiv, Ukraine.

E-mail: office@paton.kiev.ua

The transformation of oxide inclusions in flash-butt welding (FBW) of K76F rails was studied with the use of the Auger-microprobe JAMP 9500F of «JEOL» company (Japan) with the X-ray energy dispersion spectrometer INCA Penta FET x3 mounted on it and involvement of the most informative methodologies of fractographic analysis. It is shown that high-temperature oxide inclusions without changing the aggregate state are removed as a flash. On the basis of silicon oxides on a molten surface in the welding process, easy fusible iron manganese and in the near-contact layer - manganese silicates are formed. The heterogeneity of silicon distribution is the cause of formation of clusters of silicates and formation of “matt spots” in the near-contact layer. 10 Ref., 7 Fig.

Keywords: flash-butt welding, K76 rails, silicates, «matt spots»

Надійшла до редакції 22.05.2023

ПЕРЕДПЛАТА 2024



Журнал «**Автоматичне зварювання**» – міжнародний науково-технічний та виробничий журнал у галузі технічних наук. В журналі публікуються результати досліджень за напрямками: металознавство та металургія зварювання, наплавлення та інших споріднених технологій; технології та матеріали для зварювання конструкційних матеріалів; виробництво зварних металоконструкцій для різних галузей промисловості; відновлювальний ремонт для подовження ресурсу зварних конструкцій і вузлів; проблеми міцності, конструювання та оптимізації зварних конструкцій; технології 3D друку, які базуються на зварювальних процесах; гібридні технології зварювання. В журналі публікується також інформація про нові зварювальні матеріали, джерела живлення та технології; звіти про виставки, конференції та семінари, анонси нових книг та винаходів, новини від відомих компаній та інше.



Журнал «**Сучасна електрометалургія**» – міжнародний науково-теоретичний та виробничий журнал у галузі технічних наук. В журналі публікуються результати досліджень у сферах: металургія чорних і кольорових металів та сплавів; спеціальна електрометалургія (електрошлакова, електронно-променева, плазмова- та вакуумно-дугова технології); нові матеріали; енерго- і ресурсозбереження; металознавство, 3D технології у спеціальній електрометалургії. Публікується також допоміжна інформація з тематики журналу.



Журнал «**Технічна діагностика та неруйнівний контроль**» – міжнародний науково-технічний та виробничий журнал у галузі технічних наук. В журналі публікуються результати досліджень з діагностики матеріалів і конструкцій та методи неруйнівного контролю для оцінки стану матеріалів і конструкцій; теорія, методи і засоби технічної діагностики. Розміщуються матеріали з моніторингу конструкцій та подовження ресурсу та працездатності засобами НК. Публікується супутня інформація з тематики журналу, а також інформація про події та новини в Українському товаристві НК та ТД.

РЕКЛАМА В ЖУРНАЛАХ

Реклама публікується на обкладинках і внутрішніх вклейках журналів.

Перша сторінка обкладинки – 200x200 мм.

Друга, третя і четверта сторінки обкладинки – 200x290 мм.

Перша, друга, третя, четверта сторінки внутрішньої обкладинки – 200x290 мм.

Вклейка А4 – 200x290 мм. Розворот А3 – 400x290 мм. А5 – 185x130 мм.

Розміри журналів після обрізу 200x290 мм.

Всі файли в форматі IBM PC, кольорова модель СМЯК, роздільна здатність 300 dpi.

ВАРТІСТЬ РЕКЛАМИ

Ціна договірна. Передбачена система знижок. Вартість публікації статті на правах реклами становить половину вартості рекламної площі. Публікується тільки профільна реклама з тематики журналів. Відносно вартості, знижок та термінів публікації прохання звертатися у видавництво.

ВИДАВНИЦТВО

Міжнародна Асоціація «Зварювання»
03150, Київ, вул. Казимира Малевича, 11
Тел./факс: 38044 205-23-90
E-mail: journal@paton.kiev.ua
<https://patonpublishinghouse.com>