

3. Vakulenko I.A. Structure morphology and work hardening of steel / I.A. Vakulenko, V.I. Bolshakov. – Dnipropetrovsk : Makovetski, 2008. – 196 p. (Rus.)
4. Babich V.K. Deformation aging of steel / V.K. Babich, Yu.P. Gul', I.E. Dolzchenkov. – M. : Metalurgia, 1972. – 320 p. (Rus.)
5. Fridel J. Dislocations / J. Fridel. – M. : Mir, 1967. – 643 p. (Rus.)
6. Reed V.T. Dislocations in crystals / V.T. Reed. – M. : GNTI, 1957. – 279 p. (Rus.)
7. Guinet A. Rentgenography of crystals / A. Guinet. – M. : GIF - Mat. Lit., 1961. – 604 p. (Rus.)

Рецензент: В.Г. Єфременко
д-р техн. наук, проф. ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 14.11.2012

УДК 621.77.019

©Троцан А.И.¹, Каверинский В.В.², Носоченко А.О.³, Кошулэ И.М.⁴

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ОБРАЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ РЕЛЬСОВ

Методами оптической и растровой электронной микроскопии, а также микро-рентгеноспектрального анализа изучены особенности поверхностных дефектов, наблюдаемых на рельсах. Установлено, что они представляют собой плёны, раскатанные трещины, газовые пузыри, рванины, которые могут быть заполнены окислами сложного состава, окалиной и алюмосиликатами, образовавшиеся в процессе сталеплавления и прокатного переделов блюмов и рельсов. Показано, что образованию поверхностных дефектов рельсов, может способствовать наличие в металле скоплений оксидных и алюмосиликатных включений.

Ключевые слова: рельсы, дефекты проката, плёны, раскатанные рванины, неметаллические включения, растровая электронная микроскопия, микро-рентгеноспектральный анализ.

Троцан А.И., Каверинський В.В., Носоченко О.О., Кошуле І.М. Дослідження причин утворення поверхових дефектів рейок. Методами оптичної та растрової електронної мікроскопії, а також мікрорентгеноспектрального аналізу вивчені особливості поверхових дефектів, що спостерігаються у рейках. Встановлено, що вони являють собою плівки, розкатані тріщини, газові бульбашки, рванини, які можуть бути заповнені окислами складного складу, окалиною та алюмосилікатами, що утворилися в процесі сталеплавчгї і прокатної переробки блюмів і рейок. Показано, що утворенню поверхових дефектів рейок може сприяти наявність у металі згуртувань оксидних і алюмосилікатних включень.

Ключові слова: рейки, дефекти прокату, плени, розкатані рванини, неметалеві включення, растрова електронна мікроскопія, мікрорентгеноспектрального аналіз.

A.I.Trotsan, V.V. Kaverinskiy, O.O. Nosochenko, I.M. Koshulé. Exploration of the causes of rails superficial defects formation. By methods of optical and scanning electron microscopy, and also micro X-ray spectral analysis features of the superficial defects observed on rails, are investigated. It is fixed that they are rolling films, rolled cracks, gas holes, rolled tearing which can be filled with oxides of complex composition, oxide scale and aluminosilicate, and formed in process of steel-smelting and rolling re-

¹ д-р техн. наук, ГВУЗ « Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

² вед. инж., Институт проблем материаловедения НАН Украины, г. Киев

³ канд. техн. наук, вед. инж. сектора материаловедения прокатного отдела, ПАО «МК «Азовсталь», г. Мариуполь

⁴ начальник ИТЦ техуправления ПАО «МК «Азовсталь», г. Мариуполь

partitions of blooms and rails. It is shown that formation of superficial defects can be promoted by presence in metal of congestions oxide and aluminosilicate inclusions.

Keywords: rails, rolling defects, rolling films, rolling tearing, nonmetallic inclusions, scanning electron microscopy, micro X-ray spectral analysis.

Постановка проблеми. Рельсы являются одной из важнейших разновидностей проката фасонного профиля. Строительство высоконагруженных скоростных железных дорог налагают всё более жесткие требования к качеству производимых рельсов. При совершенствовании технологии производства внимание уделяется не только обеспечению высоких механических свойств металла, но и снижению уровня поверхностных дефектов, образующихся в процессе изготовления, так как их наличие негативно сказывается на эксплуатационной надёжности рельсов [1]. В связи с этим, целесообразным представлялось изучение структуры поверхностных дефектов рельсов с целью выяснения причин их образования.

Одной из основных задач в данной работе являлось установление того, на каком этапе металлургического передела формируются наблюдаемые дефекты – в процессе прокатки (прокатное происхождение) или при производстве слитков (сталеплавильное происхождение), что необходимо для выдачи корректных технологических рекомендаций по их устранению.

Анализ последних исследований и публикаций. Дефекты рельсов отличаются многообразием, но все их можно условно разделить на возникшие в процессе прокатного передела и унаследованные от слитка [1, 2]. Дефект, унаследованный от слитка, характеризуется большей степенью диффузионного окисления и обезуглероживания прилегающего металла. Состав неметаллических включений, заполняющих прокатные и сталеплавильные дефекты также несколько различен – прокатные плёны обычно заполнены оксидами железа (окалиной) в сталеплавильных дефектах чаще помимо окалины имеют место алюмосиликаты, окислы сложного состава, содержащие углерод [2, 3]. От сталеплавильного дефекта диффузионное окисление распространяется на значительное расстояние в виде полосок-ответвлений мелких окислов с их ориентацией по границам зёрен [4]. Одним из факторов, способствующих возникновению дефектов, может быть загрязненность металла неметаллическими включениями [5, 6]. Но включения могут быть и вторичными – возникшими в твёрдом состоянии по месту дефекта. Они обычно присутствуют в том случае, если ли дефект уже был на слитке и представляют собой сложные силикаты, стёкла, хромиты или окислы титана (в зависимости от состава стали) [4].

Цель статьи – выяснение причин возникновения поверхностных дефектов на рельсах и выдача рекомендаций, направленных на предотвращение их возникновения.

Изложение основного материала. Визуальный осмотр показал, что дефекты представляют собой мелкие отслоения, надрывы и продиры поверхности рельсов, располагающиеся как на поверхности головки, так и в шейке и подошве (рис. 1).

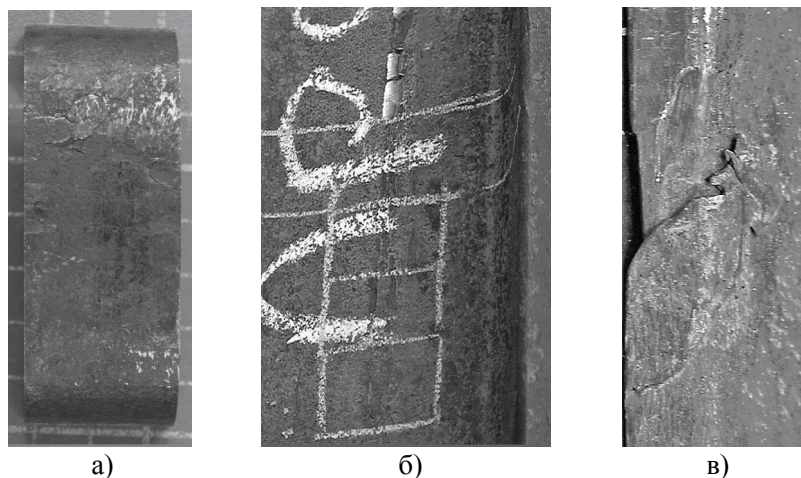


Рис. 1 – Внешний вид дефектов: а) головка; б) шейка; в) подошва

Строение дефектов изучалось на микрошлифах, изготовленных поперек направления

прокатки при увеличении 100 и 200 крат, а также характер микроструктуры металла в области дефектов. Микроструктуру выявляли химическим травлением в 4 % спиртовом растворе HNO_3 . Оценку микроструктуры проводили на оптическом микроскопе AXIO Observer D1.m.

С 01.02.12 по 08.05.12 было проведено 26 металлографических исследований, в ходе которых исследовано 54 пробы рельсового металла. Дефекты, локализованные в головке рельса, составили 55 % от общего числа, локализованные в подошве – 40 %, в шейке – 5 %. По заключениям данных исследований, дефекты сталеплавильного происхождения наблюдаются в 20 случаях (37 %), дефекты прокатного производства в 30 случаях (56 %), общие в 4 случаях (7 %). Дефекты, локализованные на поверхности катания головки и в шейке рельса, чаще всего представляли собой раскатанные загрязнения и раскатанные трещины (то есть дефекты сталеплавильного происхождения), локализованные в крайней трети подошвы (на кромке пера) и на боковой поверхности головки в большинстве случаев являлись прокатными пленами.

В поперечном сечении вид отслоений до травления показан на рис. 2 (а). Полость отслоений распространяется параллельно поверхности, не разветвлена и заполнена окалиной. По стенкам и в продолжение отслоений выявлены довольно мелкие диффузионные окислы, вероятнее всего образовавшиеся в твердом состоянии. Область их распространения имеет незначительную ширину. Вид дефектов указывает, что они представляют собой плены. Отсутствие скоплений неметаллических включений и значительного диффузионного окисления отслоившегося металла, позволяет предположить, что образование этих плен произошло в процессе прокатного передела. Микроструктура после травления показана на рис. 2 (б). Отслоившийся металл обезуглероживлен, но характер обезуглероживания аналогичен обезуглероживанию, произошедшему в поверхностном слое на участке без дефектов, что подтверждает то, что образование плен не связано с дефектами слитка, так как в этом случае следовало бы ожидать более сильного обезуглероживания и большей глубины залегания дефекта [1, 2].

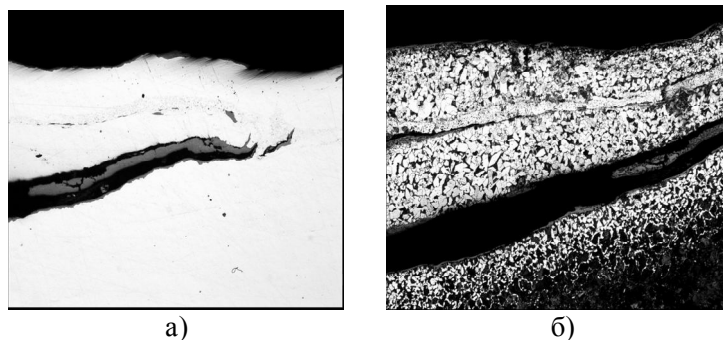


Рис. 2 – Микрофотография прокатного дефекта (увеличение $\times 500$): а) нетравленный образец; б) травление в 4 % спиртовом растворе HNO_3

Учитывая размеры и форму отслоений, по-нашему мнению, наиболее вероятной причиной образования плен является наличие мелких рванин на блюмах; также возможно образование подобных дефектов в результате механического повреждения заготовки при нагреве или прокатке рельсов. Механические повреждения заготовок обычно образуются вследствие пониженной пластичности стали. Снижение пластичности, в свою очередь, как правило, вызвано отклонением от температурного режима нагрева и прокатки, явлениями перегрева или недогрева стали, чрезмерным охлаждением раската в процессе деформации [1]. Таким образом, с целью предотвращения формирования дефектов прокатного характера рекомендуется более тщательно контролировать качество поверхности прокатных валков и направляющих роликов, отслеживать исправность клетей, транспортных устройств, соблюдать режимы прокатки в соответствии с действующими ТИ и ТУ.

Микроисследования целого ряда образцов, вырезанных из различных частей рельса (головки, шейки и подошвы), показали, что дефекты могут иметь вид тонкой или широко раскрытой трещины (типа полости), наклонной трещины, иногда, тонкой извилистой трещины. В большинстве случаев трещины полностью или частично заполнены грубыми неметаллическими включениями типа сложных окислов и окалиной. В области, прилегающей к дефекту, обыч-

но наблюдалось, диффузионное окисление и обезуглероживание металла. Проведенное исследование позволяет предположить, что данные дефекты представляют собой, как раскатанные трещины (сталеплавильные дефекты), так и прокатные плёны. Микрофотография характерного дефекта прокатного происхождения, наблюдаемого в подошве рельса, представлена на рисунке 3. С целью уточнения природы происхождения дефектов проводили микрорентгеноспектральное исследование при помощи растрового электронного микроскопа GSM – 6490 LV. В результате исследования установлено, что неметаллические включения представляют собой сложные окислы, в составе которых наблюдаются Si, Al, Mn, Ca, Na, K, Fe; в отдельных случаях S и Ti (рис. 4). Окислы подобного состава характерны для дефектов сталеплавильного происхождения.

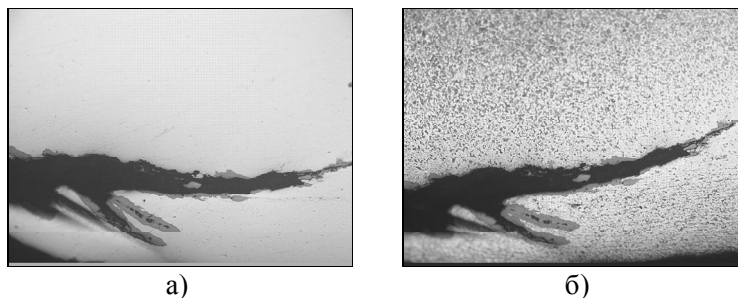
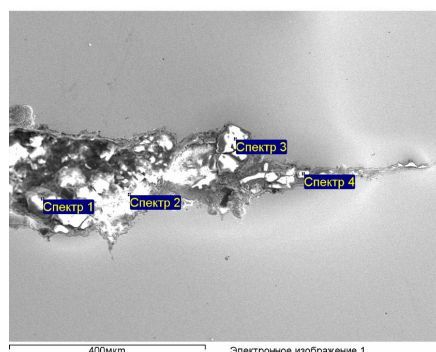


Рис. 3 – Микрофотография трещины в подошве рельса (увеличение $\times 100$): а) не-травленный образец; б) травленный образец



Спектр	O	Na	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Итог
Спектр 1	39,00	2,37	6,13	24,33	0,38	2,45	1,10		0,79	23,44	100,00
Спектр 2	47,27	2,24	6,85	33,72		3,47	0,85	0,23	1,36	4,01	100,00
Спектр 3	52,02	2,47	6,24	33,24		2,86	0,50		1,79	0,88	100,00
Спектр 4	49,48	1,91	6,59	31,94		2,53	0,73	0,45	5,19	1,17	100,00

Рис. 4 – Результаты микрорентгеноспектрального исследования образца подошвы рельса по месту дефекта

В ряде случаев в зоне, прилегающей к дефекту, наблюдались скопления неметаллических включений. Известно, что их наличие может отрицательно сказываться на механических свойствах рельсов, в том числе приводить к локальному снижению пластичности [5, 6, 7], что в свою очередь может стать одной из причин, способствующих образованию и усугублению дефектов в процессе прокатки [1, 2]. Поэтому образцы, содержащие значительное количество включений вблизи дефектов, подвергались более тщательному исследованию методом растровой электронной микроскопии с применением микрорентгеноспектрального анализа.

На рис. 5 представлены фотографии микроструктуры головки, шейки и подошвы рельса в районе дефектов, полученные при помощи электронного микроскопа, в таблице 1 приведены результаты микрорентгеноспектрального анализа в обозначенных на рисунке точках.

Из представленных микрофотографий видно, что вблизи дефектов наблюдаются скопления мелких неметаллических включений, которые, очевидно, являются вторичными – выделившимися в твёрдом металле вследствие диффузии кислорода по месту дефекта, происходящей в процессе длительной выдержки заготовки при высокой температуре [4].

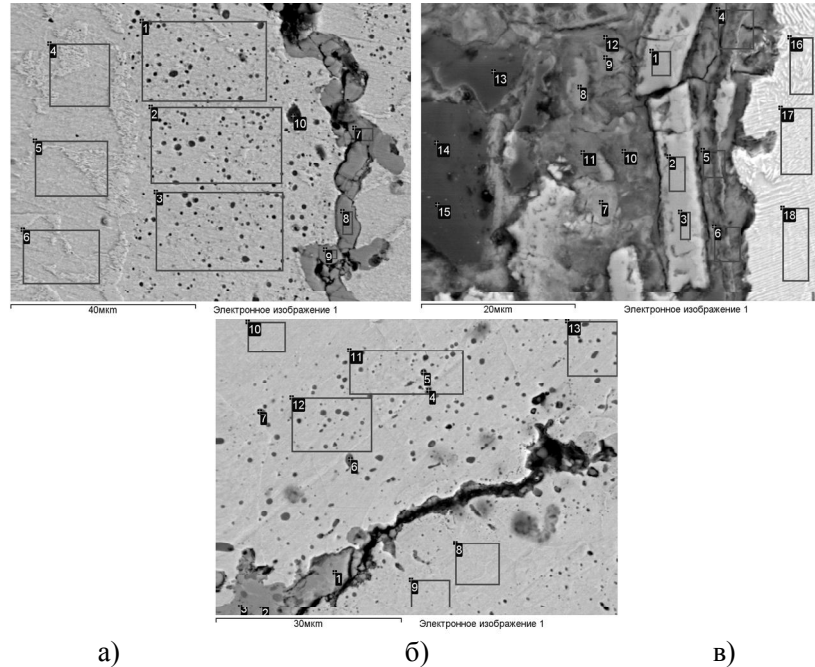


Рис. 5 – Микроструктура головки, шейки и подошвы рельса в районе дефектов

Приведенные в таблице результаты микрорентгеноспектральных исследований неметаллических включений позволяют сделать вывод, что подавляющее большинство включений представляют собой оксиды сложного состава на основе Si или Mn. Существенной разницы в составе включений, наблюдаемых в головке, подошве и шейке рельсов, не обнаружено.

Таблица

Результаты микрорентгеноспектрального анализа неметаллических включений, наблюдаемых в головке, подошве и шейке рельсов

Головка рельса (рис. 5, а)														
Спектр	C	O	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Mn	Fe	Итого	
1	0,6	2,51	0,01	0,08	0,54	0,12		0,07	0,07	0,05	1,03	94,94	100	
2	0,79	2,46		0,1	0,56	0,11	0,05			0,14	1,3	94,38	100	
3		2,94	0,15	0,05	0,43		0,13		0,02	0,12	1,14	95,73	100	
4	1,45	0,58	0,14	0,1	0,43	0,04	0,03				0,71	96,66	100	
5	1,32	0,7		0,02	0,36	0,03	0,03			0,02	0,82	96,92	100	
6	0,35	0,7		0,06	0,34		0,08			0,05	1,11	97,64	100	
7		30,34	0,12		0,01	0,03	0,1				0,34	72,04	100	
8		27,77		0,06	0,03	0,04	0,06			0,04	0,33	74,36	100	
9		28,43	0,05	0,08	0,1			0,08	0,02	0,04	0,4	73,89	100	
10	4,04	25,96	0,42	0,79	7,32	0,06	0,1	4,81		0,04	15,3	39,14	100	
Шейка рельса (рис. 5, б)														
Спектр	C	O	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Итого
1		35,44	0,08	0,05		0,13		0,05		0,2		0,64	67,27	100
2		35,76			0,06					0,04	0,08	0,51	68,83	100
3		34	0,02	0,03					0,06		0,13	0,61	70,94	100

Продолжение таблицы

4	13,13	34,94		0,07	0,62	1,29	0,04	0,19		0,14	0,09	0,47	48,71	100
5	11,69	32,45		0,03	0,5	1,03	0,08	0,16		0,07	0,04	0,32	53,3	100
6	12,25	31,63	0,04	0,06	0,66	1,21		0,12	0,09	0,11		0,31	53,35	100
7	3,47	34,57	0,04	0,14	0,55	0,47	0,12	0,16	0,11	0,04	0,06	0,48	59,57	100
8	11,93	39,62	0,07	0,08	0,43	0,6		0,08		0,04	0,02	0,14	47,2	100
9	13,14	37,8	0,07	0,02	0,52	0,51		0,2		0,02	0,08	0,23	47,27	100
10	14,29	38,63	0,06		0,12	1,26	0,12	0,11				0,33	45,02	100
11	10,46	38,44	0,1		0,2	1,79		0,09	0,1	0,01		0,25	48,62	100
12	10,02	41,01	0,03	0,11	0,12	1,89		0,15		0,02	0,16	0,12	46,52	100
13	13,94	48,98	0,24	5,32	23,17	0,05	2,39	0,55	0,22			2,83	2,32	100
14	8,36	52,98	0,28	5,69	26,74	0,03	2,64	0,32	0,11			1,8	1,06	100
15	14,26	51,85	0,14	5,03	23,74	0,01	2,23	0,28	0,12			1,6	0,69	100
16	3,37	0,85	0,14	0,05	0,2	0,07				0,09		1,09	93,93	100
17	4,02	1,44		0,05	0,23		0,06	0,03		0,19	0,08	1,01	93,07	100
18	3,79	1,62		0,16	0,25	0,1	0,11			0,07	0,06	0,91	93,11	100

Подошва рельса (рис. 5, в)

Спектр	C	O	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Итог
1		28,32		0,05	0,07	0,07	0,01			0,1	0,07	1,38	72,28	100
2	12,17	35,66							0,03		0,08	0,53	51,68	100
3	13,19	34,97	0,07		0,15				0,06	0,05	1	0,27	51,34	100
4	4,93	18,27	0,1		4,91	0,06			0,01	0,03	0,02	9,31	62,33	100
5	2,46	18,29		0,05	5,91	0,05	0,05	0,09		0,53	0,15	14,48	57,96	100
6	5,20	20,11			8,12	0,62		0,09		0,27		18,39	47,04	100
7	5,79	10,5	0,07		3,53	0,12	0,03	0,02	0,06	0,1	0,07	8,34	71,37	100
8	1,65	0,77		0,02	0,38	0,03		0,01		0,19	0,05	0,9	96,16	100
9	0,82	0,45		0,01	0,41	0,07				0,03		0,63	97,53	100
10	1,33	0,87		0,05	0,31	0,06	0,12	0,07		0,04	0,06	0,82	96,07	100
11	2,37	2,77			0,72	0,18	0,05	0,08		0,14	0,08	1,03	92,42	100
12	2,54	2,5		0,24	0,56	0,01				0,03	0,03	1,13	92,93	100
13	3,18	3,15		0,09	0,67	0,07		0,01		0,15	0,01	1,33	91,23	100

На рис. 6 представлена микрофотография дефекта в шейке рельса, а на рис. 7 фотографии этой же области шлифа в рентгеновском излучении. Из представленных результатов видно, что окислы, заполняющие данную трещину, имеет сложный состав (содержит O, Al, Si, K, Mn) и представляет собой оксиды железа и алюмосиликаты.

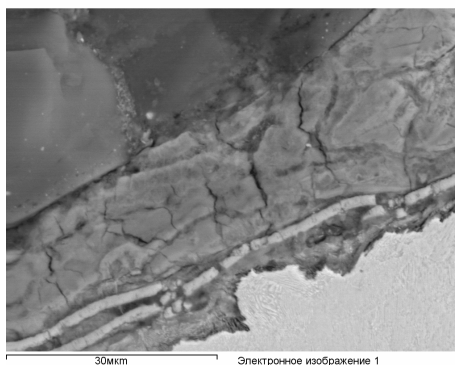


Рис. 6 – Микрофотография окислов, заполняющих дефект в шейке рельса

Из рис. 7 видно, что окисел, заполняющий дефект имеет два слоя. Слой, прилегающий к металлу, содержит O, Fe и некоторое количество S, P, Ca, K и C. Этот слой можно интерпретировать как оксид железа (окалину) с некоторой примесью серы и других элементов. Слой окисла, отстоящий далее от металла, не содержит железа, но содержит O, Al, Si, K, значительно большие количества Mn, некоторое количество Na и значительно меньшую долю серы. Таким образом, этот слой представляется алюмосиликатом. Подобный многослойный характер заполняющих дефект окислов выявлен и на других дефектах, локализованных в шейке рельса, и свидетельствует о вероятном сталеплавильном происхождении этих дефектов.

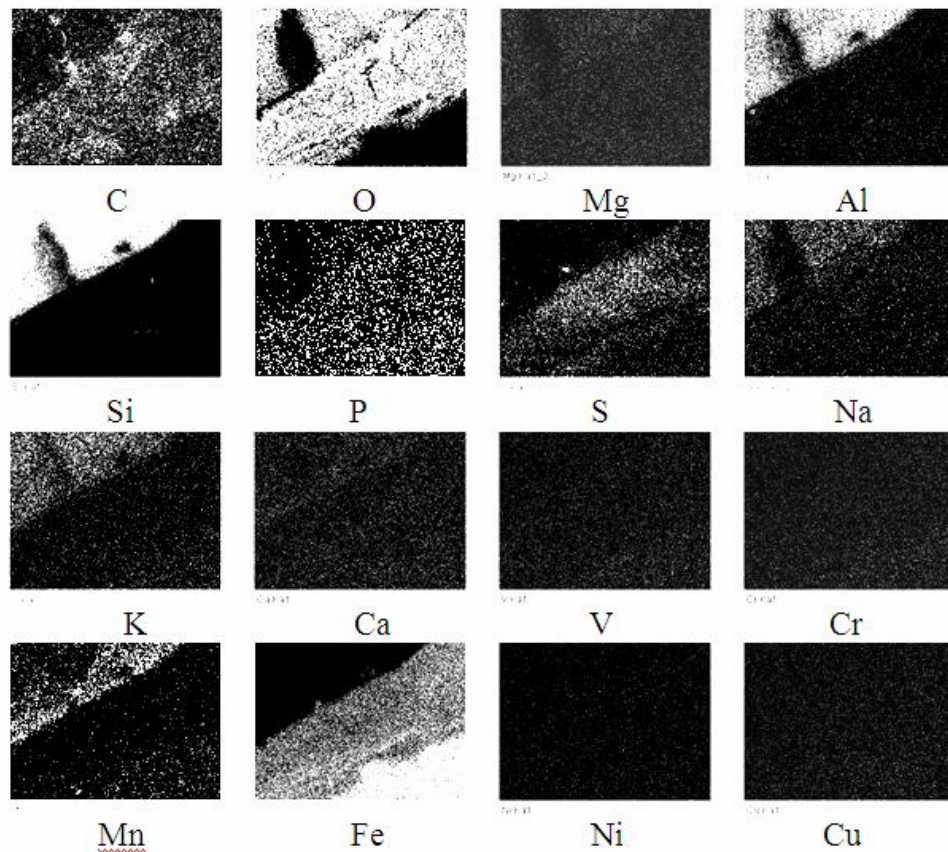


Рис. 7 – Результаты микрорентгеноспектрального исследования состава окисла, заполняющего трещину и прилегающих неметаллических включений, наблюдаемых в шейке рельса

Для предотвращения формирования дефектов сталеплавильного характера необходимо уделять внимание соблюдению термовременного режима разливки, подготовке изложниц (применение высококачественных сухих сифонных припасов, правильно смазанных изложниц), также рекомендуется использовать шихтовые материалы, легирующие добавки и теплоизолирующие смеси с влажностью не превышающей допустимый уровень (не более 1,5 ppm) [2, 3].

Исследованию в рентгеновском излучении подвергались образцы и из других частей рельса (головки и подошвы). В состав включений, обнаруженных в головке рельса, входят O, Si, Al, Mn. Следовательно, наблюдаемые включения представляют собой алюмосиликаты, а дефекты, вероятно, имеют сталеплавильное происхождение. Дефекты подошвы рельса заполнены окислами сложного состава с преобладанием Fe и содержащие некоторые количества Si, Al, Mn. Находящиеся вблизи дефектов включения – это также окислы, но состав их несколько иной. Они зачастую не содержат или почти не содержат калия, но в ряде случаев содержат серу эти включения, возможно, вторичные. Исходя из вышеуказанного характера окислов и меньшей степени обезуглероживания металла можно заключить о вероятном возникновении и развитии этих дефектов в процессе прокатного передела.

Выводы

1. Поверхностные дефекты рельсов имеют как сталеплавильное (установлено в 37 % случаев), так и прокатное происхождение (установлено в 56 % случаев).
2. К сталеплавильным дефектам можно отнести плёны, раскатанные трещины, раскатанные неметаллические включения, газовые пузыри.
3. К прокатным дефектам относятся плёны, заполненные окалиной и алюмосиликатами, которые образуются вследствие механического травмирования заготовки в процессе прокатного передела.
4. Дефекты, локализованные на поверхности катания головки и в шейке рельса, чаще всего представляли собой раскатанные загрязнения и раскатанные трещины (то есть дефекты сталеплавильного происхождения), локализованные в крайней трети подошвы (на кромке пера) и на боковой поверхности головки в большинстве случаев являлись прокатными пленами.
5. Для предотвращения формирования дефектов сталеплавильного характера необходимо в процессе сталеплавильного передела уделять внимание соблюдению технологии разливки, подготовки изложниц (применение высококачественных сухих сифонных припасов, правильно смазанных изложниц), использовать шихтовые материалы, легирующие добавки и теплоизолирующие смеси с влажностью, не превышающей допустимый уровень (не более 1,5 ppm).
6. Для предотвращения формирования дефектов прокатного характера рекомендуется использование бездефектных валков и транспортных устройств, исправных прокатных калибров и правильных настроек привалковой арматуры.

Список использованных источников:

1. Дефекты и качество рельсовой стали : Справ. изд. / В.В. Павлов, М.В. Темлянцев, Л.В. Корнева и др. – М. : Теплотехник, 2006. – 218 с.
2. Дефекты стальных слитков и проката : Справ. изд. / В.В. Правосудович, В.П. Сокуренок, В.Н. Данченко и др. – М. : Интернет Инжиниринг, 2006. – 384 с.
3. Дефекты стали. Справочник под редакцией С.М. Новокшеновой и М.И. Виноград. – М. : Metallurgia, 1984.
4. Рубенчик А.Е. К вопросу о природе трещин и рванин на металле первого передела / А.Е. Рубенчик, М.И. Сорокин // Сталь. – № 12. – 1981. – С. 62-66.
5. Левченко Н.В. Изменение неметаллических включений в процессе производства рельсов / Н.В. Левченко // Metallургическая и горнорудная промышленность. – №2. – 2006. – С. 63-65.
6. Новый методический подход к оценке загрязнённости рельсов включениями кислородной группы / А.А. Дерябин, А.Б. Добужская, Л.В. Минаева [и др.] // Сталь. – №1. – 2001. – С. 70-73.
7. Совершенствование сортамента и технологии производства железнодорожных рельсов / Д.В. Сталинский, А.С. Рудюк, И.В. Ганошенко [и др.] // Metallургическая и горнорудная промышленность. – №6. – 2010. – С. 66-68.

Bibliography:

1. Defects and quality of a rail steel: the Reference media / V.V. Pavlov, M.V. Temljantsev, L.V. Korneva, etc. – M. : Heating engineer, 2006. – 218 p. (Rus.)
2. Defects of steel ingots and hire: the Reference media / V.V. Pravosudovich, V.P. Sokurenko, V.N. Danchenko, etc. – M. : Internet Engineering, 2006. – 384 p. (Rus.)
3. Defects of steel. A directory under S.M. Novokshchenova and M.I. Vinograd's edition. – M. : Metallurgy, 1984. (Rus.)
4. Rubenchik A.E. To a question on the nature of cracks and rags on metal of the first repartition / A.E. Rubenchik, M.I. Sorokin // Steel. – № 12. – 1981. – P. 62-66. (Rus.)
5. Levchenko N.V. Change of nonmetallics in the course of manufacture of rails / N.V. Levchenko // The Metallurgical and mining industry. – № 2. – 2006. – P. 63-65. (Rus.)
6. The new methodical approach to an estimation of impurity of rails pluggings of oxygen group / A.A. Derjabin, A.B. Dobuzhsky, L.V. Minaev [etc.] // The Steel. – № 1. – 2001. – P. 70-73. (Rus.)

7. Perfection of an assortment and the production technology of railway rails / D.V.Stalinsky, A.S. Ruduk, I.V. Ganoshenko [etc.] // Metallurgical and mining industry. – № 6. – 2010. – P. 66-68. (Rus.)

Рецензент: И.Ф. Ткаченко
д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 20.10.2012

УДК: 621.785: 669.017

©Иващенко В.Ю.*

ВЛИЯНИЕ ТЦО НА СТОЙКОСТЬ ПРОТИВ ТЕРМИЧЕСКОЙ УСТАЛОСТИ СТАЛИ 50ХН

В статье показано, что термоциклическая обработка (ТЦО), повышая комплекс механических свойств стали 50ХН, позволяет значительно повысить стойкость к термической усталости. Металлографические исследования трещин термической усталости показали, что параметры макроструктуры и микроструктуры оказывают влияние на развитие и локализацию трещин.

Ключевые слова: сталь, термоциклическая обработка, термическая усталость.

Иващенко В.Ю. Вплив ТЦО на стійкість проти термічної втоми сталі 50ХН. У статті показано, що термоциклічна обробка, підвищуючи комплекс механічних властивостей сталі 50ХН, дозволяє значно покращити стійкість до термічної втоми. Металографічні дослідження тріщин термічної втоми показали, що параметри макроструктури (розташування і форма ліквіаційних ділянок, скупчення включень) і микроструктури (тип структури, розмір зерна) впливають на розвиток і локалізацію тріщин.

Ключові слова: сталь, термоциклічна обробка, термічна втома.

V.Yu. Ivaschenko. Thermocyclical treatment's influence on resistance to thermal weariness of steel. In this article was showed that complex of mechanical characteristics of steel (5%C+1%Cr+1%Ni) and resistance to thermal weariness can be promoted by the thermo cyclical treatment. Metallographic studies of the thermal weariness cracks has shown that parameters macrostructure and microstructure influence on development and localization of the cracks.

Keywords: steel, thermo cyclical treatment, resistance to thermal weariness.

Постановка проблемы. Инструмент для горячей деформации металла работает в сложных условиях циклического температурно-силового воздействия, и одной из основных причин выхода его из строя является возникновение сетки трещин разгара, и как следствие - термической усталости. Выявление причин разрушения и повышение долговечности инструмента путем предотвращения разгара поверхности остается актуальной технической задачей.

Анализ последних исследований и публикаций. Рабочая стойкость инструмента зависит от многих факторов, так или иначе влияющих на процессы термоусталости: температур деформируемой заготовки и граничного слоя, теплофизических свойств контактируемых материалов, времени и скорости деформации, микрорельефа инструмента, контактного давления и др. Разными авторами предлагаются различные пути повышения стойкости: оптимизация технологического процесса деформации и, в том числе, температурного режима эксплуатации инструмента [1, 2], оптимизация технологических процессов производства и термообработки инструмента [3, 4], очистка стали от примесей, снижающих стойкость против термоусталости [5].

* канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь