

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОРРОЗИИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОЛЕС

Исследовали влияние коррозионных повреждений на механические свойства колесной стали и железнодорожных колес.

Ключевые слова: железнодорожное колесо, колесная сталь, коррозия, обод, диск, поверхность катания

Проведен анализ современных материалов для защиты железнодорожных колес от коррозионных повреждений и разработать систему защиты поверхностей железнодорожных колес, которая может быть использована при хранении колес на складах и припортовых зонах, транспортировке морскими и сухопутными путями, а также при эксплуатации.

Постановка проблемы

Химическое или электрохимическое взаимодействие металлов и сплавов с окружающей средой и, протекание коррозионных процессов на металлической поверхности неизбежно вследствие термодинамической неустойчивости металла.

Наличие продуктов коррозионного взаимодействия поверхности колес с агрессивными компонентами окружающей среды, несомненно, оказывает существенное влияние на зарождение усталостных повреждений [1 – 12]. Необходима защита поверхности колес от коррозионных повреждений на всех этапах «жизни» колес, в том числе на предэксплуатационных этапах – при хранении и транспортировке к потребителям.

Целью данной работы было изучение влияния коррозионных повреждений на механические свойства колесной стали и железнодорожных колес.

Материалы и методики исследований

Исследовали скорость коррозии колесных сталей марки R7 (ISO 1005-6-94) и марок 2, 3 (ГОСТ 10791-2011) в условиях, которые моделируют условия «жизни» железнодорожных колес, изготовлен-

ных из этих марок: R7 - для пассажирских вагонов локомотивной тяги, пассажирских локомотивов, путевых машин, немоторных вагонов электро- и дизель-поездов; из стали марки 2 – для пассажирских вагонов по требованию потребителей и немоторных вагонов электро- и дизель-поездов; из стали марки 3 – для грузовых вагонов, маневровых и грузовых локомотивов (таблица 1).

Таблица 1

Химический состав образцов колесной стали

Марка стали	Массовая доля элементов, %										
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Al	V	Cu	Ti	S	P
R7	0,46	0,74	0,34	0,19	0,05	0,022	0,032	0,06	0,030	0,007	0,035
2	0,58	0,73	0,32	0,11	0,04	0,017	-	0,08	0,006	0,009	0,018
3	0,66	0,74	0,34	0,09	0,05	0,025	-	0,07	0,006	0,008	0,006

Коррозионные испытания образцов, вырезанных из дисков и ободьев исследованных колес, проводили в камере солевого тумана SC 450/KWT (ГОСТ 9.401), в термогидрокамере Г-4 (ГОСТ 9.041 – 74), натурные испытания проводили на площадке для атмосферных исследований (ГОСТ 15150 – 69 и ГОСТ 9.039 – 74).

Результаты исследований и их обсуждение

После коррозионных испытаний на поверхности всех образцов имелись продукты коррозии, количество которых зависело от типа коррозионной среды, содержания углерода в сталях, места вырезки образцов (рисунок 1).

Результаты исследований коррозионных свойств образцов сталей марок R7, 2, и 3 приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты испытаний образцов колесной стали

Марка стали	Часть колеса	Степень поражения поверхности (%) за период (сут) испытаний в		
		камере солевого тумана, 3 сут	термогидрокамере Г-4, 190 сут	натурных условиях, 250 сут
R7	обод	100	100	80
	диск	100	100	75
2	обод	100	100	97
	диск	100	100	90
3	обод	100	100	100
	диск	100	100	100

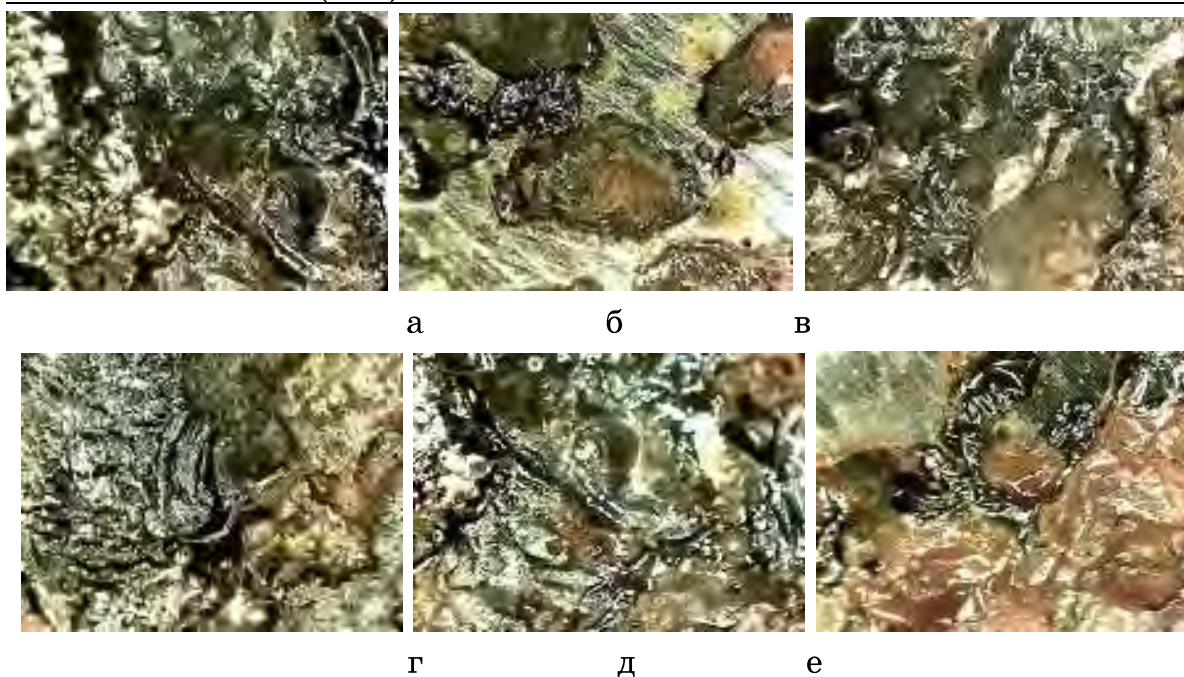


Рисунок 1 - Вид поверхности образцов после коррозионных испытаний в камере солевого тумана: а, в, д – из ободьев колеса; б, г, е – из дисков колес из сталей марок R7, 2, 3, соответственно: x200

При увеличении содержания углерода в сталях скорость коррозии возрастает во всех исследованных коррозионных средах. Образцы из ободьев колес корродировали интенсивнее, чем образцы из дисков. Об этом свидетельствуют как размеры очагов коррозии, так и их общее количество. Представляется, что наличие в ободьях колес остаточных термических напряжений способствует ускорению коррозионного взаимодействия сталей с агрессивными средами.

Результаты механических испытаний образцов колесных сталей марок R7, 2 и 3 в исходном состоянии и после испытаний в различных коррозионных средах приведены в таблице 3.

Как следует из приведенных данных, механические свойства образцов сталей в исходном состоянии зависят от содержания углерода в сталях и от места вырезки образцов из различных участков колес. При этом уровень механических свойств всех указанных сталей соответствует требованиям ISO 1005-6-94 и ГОСТ 10791-2011 для колесных сталей с различным содержанием углерода.

Результаты механических испытаний образцов колесных сталей марок R7, 2, 3 до и после коррозионных испытаний

Марка стали	Место вырезки образца	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение ψ , %	Твердость, НВ	Ударная вязкость a_n , Дж/см ²	Временное сопротивление σ_b , МПа	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа
До испытаний							
R7	обод	18,1	46,3	253	29,0	873	584
	диск	21,2	42,3	201	62,0	725	404
2	обод	15,0	35,0	299	45,0	1045	685
	диск	21,0	37,0	238	43,0	834	400
3	обод	16,0	50,0	307	40,0	1075	685
	диск	17,0	39,0	236	30,0	825	416
После натурных испытаний							
R7	обод	18,0	47,0	247	80,0	864	579
	диск	20,0	43,0	202	65,0	707	403
2	обод	14,0	35,5	300	35,0	1051	687
	диск	19,0	36,5	236	43,0	825	398
3	обод	15,5	50,0	309	45,0	1080	700
	диск	16,0	37,0	236	28,0	825	422
После испытаний в термогидрокамере Г-4							
R7	обод	16,5	49,0	250	61,0	874	579
	диск	16,0	49,0	204	49,0	714	398
2	обод	13,0	37,5	303	55,0	1061	687
	диск	17,0	31,5	230	40,0	805	393
3	обод	14,0	46,0	317	39,0	1110	707
	диск	13,0	31,0	247	15,0	864	398
После испытаний в камере солевого тумана							
R7	обод	15,0	49,0	251	60,0	880	577
	диск	14,0	47,0	197	45,0	690	392
2	обод	12,0	38,0	306	50,0	1072	689
	диск	16,0	30,0	226	39,0	790	388
3	обод	13,0	42,0	323	32,0	1130	718
	диск	10,0	26,0	237	14,0	830	390

Принято считать, что отгрузка железнодорожных колес, сертифицированных в соответствии с требованиями стандартов, гарантирует потребителю их надежность и долговечность при эксплуатации. Однако чаще всего колеса подвергаются более или менее длительному

хранению на складах и при их транспортировке сухопутными или морскими путями. При этом и при эксплуатации колеса подвергаются воздействию окружающих сред. Вследствие коррозионного взаимодействия с этими средами могут ухудшаться эксплуатационные и механические свойства колес, что отрицательно сказывается на их надежности и долговечности.

Наиболее существенное ухудшение механических свойств наблюдалось у образцов после испытаний в камере солевого тумана, несколько меньшим было ухудшение свойств после испытаний образцов в термогидрокамере Г-4 и наименьшее ухудшение свойств наблюдали у образцов, прошедших натурные коррозионные испытания.

На рисунке 2 изображены структуры изломов образцов стали марки 3 после коррозионных испытаний в различных средах, а именно натуральных (а), в камерах Г-4 (б) и солевого тумана (в). Очевидно, вследствие коррозионных поражений происходит огрубление участков разрушения с увеличением доли хрупкой составляющей излома образца.

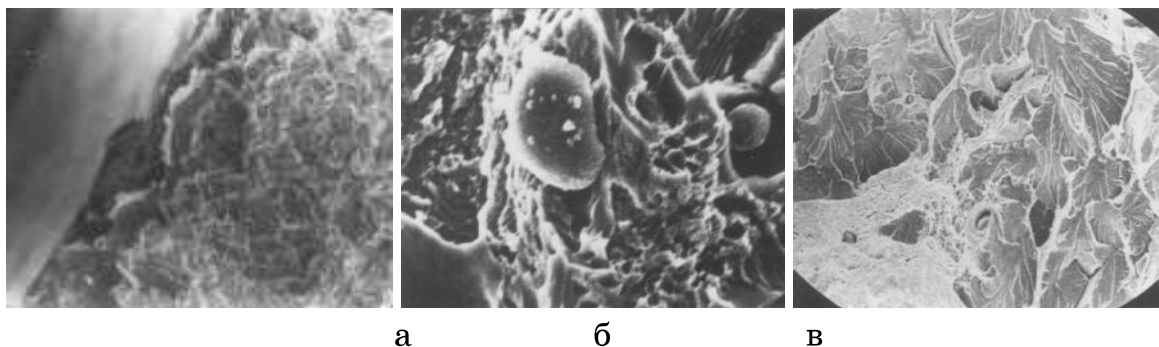


Рисунок 2 - Структура изломов образцов колесной стали марки 3 после коррозионных испытаний: а – х1200; б, в – х5000

Результаты механических испытаний образцов позволили обнаружить, а также качественно и количественно оценить влияние коррозионных сред на прочностные и пластические свойства колесных сталей и, следовательно, на эксплуатационные свойства железнодорожных колес. Данные выполненных исследований структурных изменений, проходящих в процессе эксплуатации железнодорожных колес [14], позволяют сделать заключение, что в первую очередь от взаимодействия с окружающей средой необходимо защищать диск железнодорожного колеса, а также переходную зону обод-диск. Это связано с тем, что в процессе движения колеса при эксплуатации,

скорость вращения обода больше, чем у диска и влага, воздействующая на обод, стекает на поверхность диска, дополнительно загрязненную различного рода агрессивными частицами. Кроме того, в процессе эксплуатации в диске возникают достаточно высокие напряжения, которые способствуют ускорению процессов коррозионного разрушения. Необходимо защищать также боковые поверхности ободьев колес. При этом на поверхность катания колеса нельзя наносить какие-либо защитные покрытия, т.к. это может повлиять на условия трения пары колесо-рельс при движении подвижного состава.

Выводы

Необходимо провести анализ современных материалов для защиты железнодорожных колес от коррозионных повреждений и разработать систему защиты поверхностей железнодорожных колес, которая может быть использована при хранении колес на складах и припортовых зонах, транспортировке морскими и сухопутными путями, а также при эксплуатации.

REFERENCES

1. Gubenko S.I. Osobennosti korrozii kolYosnyih staley s raznoy mikrostrukturoy / S.I. Gubenko, S.I. Pinchuk, E.V. Belaya // Teoriya i praktika metallurgii. – 2009. – # 1-2. – S. 111-117.
2. Gubenko S.I. Vliyanie strukturnogo sostoyaniya kolYosnoy stali na razvitie korrozii / S.I. Gubenko, S.I. Pinchuk, E.V. Belaya // Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyishlennost. – 2009. – #2. – S. 69-73.
3. Gubenko S. Some peculiarities of corrosion of wheels steel / S. Gubenko, S. Pinchuk, Y. Proidak, E. Belaja, A. Kozlowsky, A. Shramko // Transport problems. – 2009. – V. 4. – Issue 3. – Poland. – Part 2. – P. 5-14.
4. Pinchuk S.I. Issledovanie strukturnyih i fazovyih izmeneniy, proishodyaschih vblizi poverhnosti kataniya zheleznodorozhnyih kolYos pri ekspluatatsii / S.I. Pinchuk, S.I. Gubenko, E.V. Belaya // Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie. – Dnepropetrovsk: PGASA. – 2009. – # 48. – S. 11-21.
5. Pinchuk S. Correlation Between Electrochemical Corrosion and Structural State of Steel by Simulation of Operation Conditions of Railway Wheels / S. Pinchuk, S. Gubenko, E. Belaya // Chemistry & Chemical Technology. – 2010. – V. 4. – #2. – LvIv – P. 151-158.
6. Pinchuk S.I. Korroziya zheleznodorozhnyih kolYos pri ekspluatatsii / S.I. Pinchuk, S.I. Gubenko, E.V. Belaya // FIziko-hImIchna mehanIka

- materIalIv: problemi korozIYi ta protikorozIynogo zahistu materIalIv. – 2010. – # 8. – S. 761-764.
7. Gubenko S.I. Issledovanie faktorov i mehanizma korrozionnogo raz-rusheniya stali pri ekspluatatsii zheleznodorozhnyih kolYos / S.I. Gu-benko, S.I. Pinchuk, A.V. Belaya // Metaloznavstvo ta termIchna obrobka metalIv. – 2011. – # 1-2 (52-53). – S. 94-103.
8. Gubenko S.I. Issledovanie vliyaniya nemetallicheskih vklyucheniy na korrozionnoe povedenie kolYosnoy stali / S.I. Gubenko, S.I. Pinchuk, E.V. Belaya // Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyishlennost. – 2011. – # 2. – S. 69-71.
9. Gubenko S.I. Rol nemetallicheskih vklyucheniy v zarozhdenii korrozi-onnyih povrezhdeniy v kolYosnoy stali / S.I. Gubenko, S.I. Pinchuk, E.V. Belaya // Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie. – Dnepropetrovsk: PGASA. – 2011. – # 58. – S. 203-206.
10. Gubenko S.I. Vliyanie nemetallicheskih vklyucheniy na mehaniches-kie svoystva kolYosnoy stali v razlichnyih sredah / S.I. Gubenko, S.I. Pinchuk, E.V. Belaya // New technologies and achievements in metal-lurgy and materials engineering. Series: Monographs, #24. – Czestochowa, Poland. – 2012. – S. 602-608.
11. Gubenko S.I. Vliyanie sredy na mehanicheskie svoystva kolYosnoy stali, sodержashey nemetallicheskie vklyucheniya / S.I. Gubenko, S.I. Pinchuk, E.V. Belaya // Stroitelstvo, materialovedenie, mashinos-troenie. – Dnepropetrovsk: PGASA. – 2012. – # 64. – S. 98-102.
12. Pinchuk S.I. Vliyanie korrozionnih povrezhdeniy na mehanicheskie svoystva kolesnoy stali i zheleznodorozhnyih koles / S.I. Pinchuk, S.I. Gubenko, E.V. Belaya, G.Yu. Galchenko // HHIII vseukraYinska naukovopraktichna konferentsIya «InnovatsIyniy potentsIal svItovoYi nauki – HHI storIchchya»: tezi dopovIdey – ZaporIzhzhya. – 2013. – S. 69-74.
13. Tomashov N.D. Teoriya korrozii i zaschityi metallov / N.D. Tomashov. – M.: AN. SSSR, 1959. – S. 497-498.
14. Belaya E.V. Zakonomernosti fazovyyih, strukturnih izmeneniy v kolesnyih stalyah i zaschita poverhnostnyih sloYiv zheleznodorozhnyih koles ot korrozii: dis. k-tatehn.nauk: 05.02.01 / Belaya Elena Viktorovna; NAN Ukrainyi, Nats. Metal. Akad. Ukrainyi. – D., 2014. – S. 57 - 157.