

УДК 625.14:621.771.2.06

А. С. РУДЮК, канд. техн. наук, зам. ген. директора, ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», Харьков

А. В. АНТОНЕНКО, гл. специалист, ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», Харьков

А. В. БАРАБАШ, инженер, ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», Харьков

А. В. ДУРАСОВ, инженер, ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», Харьков

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТРАНСПОРТНОГО МЕТАЛЛА

По результатам анализа эксплуатационной стойкости рельсов различных технологий производства определена структура дефектообразования на главных путях железных дорог Украины. Рассмотрены основные мероприятия в металлургии, направленные на ресурсосбережение при производстве и эксплуатации рельсов. Освоена технология производства транспортного металла из кислородно-конвертерной стали.

Ключевые слова: рельсы, грузонапряженность, эксплуатационная стойкость, срок службы, пропущенный тоннаж, дефекты, конвертер, сталь, прокатка, термообработка, неметаллические включения.

Введение. Железные дороги Украины, являющиеся наиболее экономичным видом транспорта, обеспечивающим 85 % общего грузооборота страны, и в XXI веке сохраняют свою приоритетную роль. Длина железнодорожных путей Украины составляет более 56 тыс. км, а по удельной плотности перевозок страна занимает 6-е место в мире.

Основным элементом конструкции верхнего строения железнодорожного пути являются рельсы, потребление которых железными дорогами Украины составляет 150–200 тыс. т в год. При этом значительное количество рельсов ежегодно изымают из пути вследствие износа или образования внутренних или поверхностных дефектов.

Содержание работы. Для оценки эксплуатационной стойкости рельсов и определения эффективности технологических мероприятий по повышению их металлургического качества ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» ежегодно проводит статистический анализ. Исходными данными для анализа являются отчетные данные об изъятии из пути дефектных и острodefектных рельсов разной технологии производства. Анализ выполнялся применительно к рельсам типа Р65 из мартеновской стали производства ПАО «МК «АЗОВСТАЛЬ» (поверхностно-закаленных с нагрева ТВЧ и незакаленных) и производства ОАО «НТМК» и ОАО «НКМК» (объемно-закаленных).

За основной показатель принимался показатель Q – интенсивность накопления одностороннего изъятия рельсов, отнесенная к величине средней грузонапряженности совокупности участков пути и пропущенному среднему тоннажу до их изъятия из пути.

Окончательное сравнение проводили по относительному обобщенному показателю эксплуатационной стойкости η , расчет которого позволяет установить преимущество рельсов разной технологии производства по условиям эксплуатации. Эффективность исследуемых технологий устанавливалась соотношением показателей Q сравнительной и исследуемой технологий:

$$\eta = \sqrt{\frac{Q_{\text{сравн.}}}{Q_{\text{исслед.}}}}$$

За базовый показатель приняты данные по закаленным рельсам производства ПАО «МК «АЗОВСТАЛЬ», уложенным в бесстыковом пути. Относительный показатель η

определил уровень эксплуатационной стойкости рельсов других категорий качества по видам пути (рис. 1).

Исследовали полигон главных путей шести железных дорог Украины. Суммарная протяженность рельсов типа Р65 на главных путях составляет 27,2 тыс. км, или 92,6 % общей протяженности, из них 19,9 тыс. км – закаленных. Протяженность бесстыкового пути составляет 20,9 тыс. км, или 71,1 % общей протяженности главных путей.

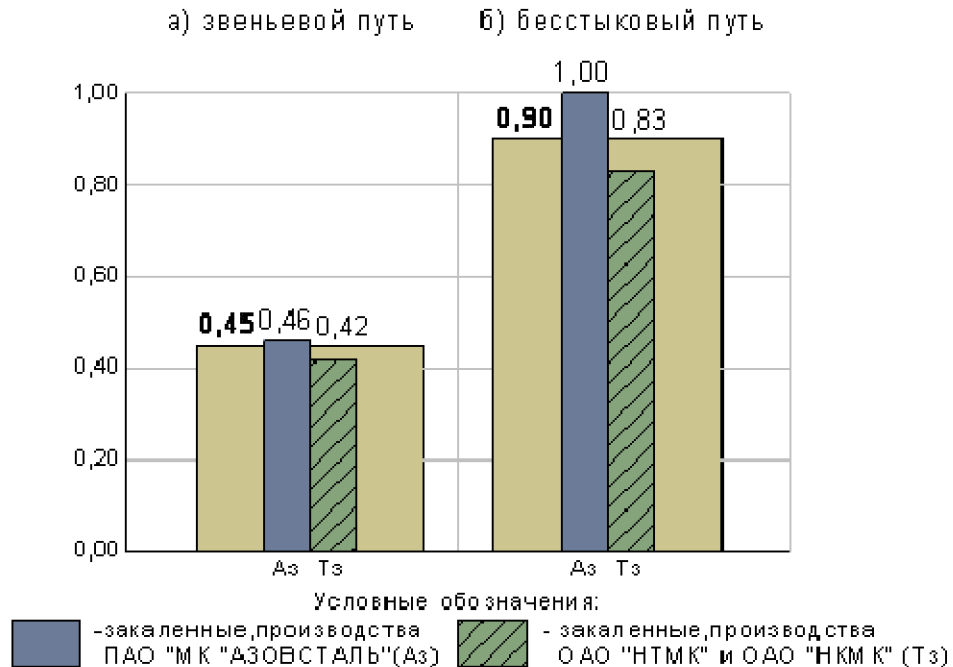


Рис. 1. – Уровень эксплуатационной стойкости рельсов по видам пути

Из анализа следует, что в 2010 г. общее изъятие рельсов из главных путей составило 11 584 шт., в том числе 82,3 % закаленных и 17,7 % незакаленных. Рельсы изымали из магистрального пути преимущественно по I и II группам дефектов – это отслоения, выкрашивания и поперечные трещины в головке рельса, имеющие контактно-усталостное происхождение. Повреждаемость такими дефектами связана с уровнем металлургического качества рельсов, что и определяет необходимость перехода к современным ресурсосберегающим технологиям при производстве рельсов.

Металлургическое качество рельсов и соответственно их эксплуатационная стойкость во многом зависят от:

- структуры стали;
- химического состава металла и его однородности;
- загрязненности рельсовой стали неметаллическими включениями;
- наличия разнообразных внутренних и наружных дефектов металлургического происхождения;
- остаточных напряжений;
- геометрического качества (прямолинейности);
- качества обработки болтовых отверстий и торцов.

В железнодорожной и металлургической отраслях имеются значительные возможности экономии на базе ресурсосберегающих технологий. Взаимосвязь ресурсосберегающих мероприятий в совместной деятельности этих отраслей по повышению надежности и срока службы элементов верхнего строения пути можно разделить на следующие группы: технологические, конструктивные и эксплуатационно-технические (рис. 2).

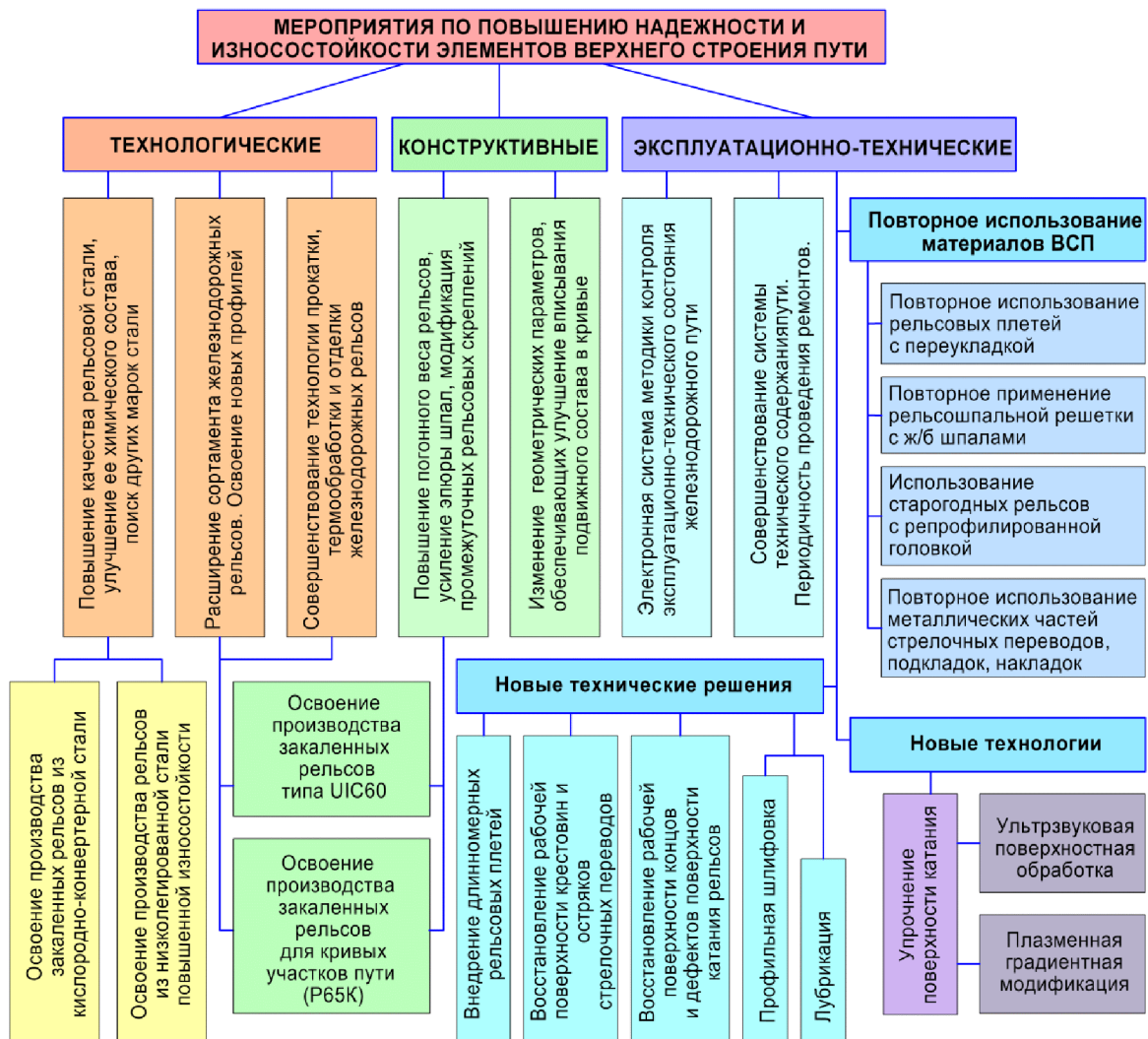


Рис. 2. – Комплекс ресурсосберегающих мероприятий

В металлургии мероприятия по ресурсосбережению и повышению срока службы рельсов включают:

- повышение качества стали (переход к кислородно-конвертерному и электросталеплавильному способам выплавки, применение вакуумирования и непрерывной разливки на МНЛЗ);
- использование тепла прокатного нагрева при термоупрочнении;
- разработку новых марок стали, дифференцированных по назначению и использованию;
- освоение новых профилей, позволяющих более полно обеспечить эффективное использование ресурса на основе дифференциации сфер и условий их применения.

За последние десятилетия в мировой практике технология производства рельсов претерпела существенные изменения, при этом кислородно-конвертерный и электросталеплавильный способы выплавки рельсовой стали вытеснили мартеновский.

Кислородно-конвертерный способ производства позволяет получить рельсовую сталь со стабильным химическим составом, низким содержанием вредных примесей и минимальным содержанием газов и неметаллических включений. Использование такой технологии выплавки приводит к понижению содержания газов, улучшению макроструктуры, уменьшению поверхностных дефектов и, как следствие, к повышению срока службы рельсов.

Замена мартеновского способа производства стали кислородно-конвертерным способствует снижению расхода металла по переделу и увеличению выхода годного при приемке рельсовой продукции. Так, по данным ОАО «НТМК», при кислородно-конвертерном способе выплавки общий передел рельсов типа Р65 в 1999 г. составлял 9,32 %, в 2010 г. – 3,16 %, а при мартеновском способе общий передел в 1999 г. составлял 24,74 % (табл. 1).

Таблица 1. – Качественные показатели по рельсам типа Р65 при различных способах производства

Показатели		Способ производства рельсовой стали					
		мартеновский			конвертерный		
		ОАО «НТМК»	ПАО «МК «АЗОВ-СТАЛЬ»		ОАО «НТМК»		
		1999 г.	1999 г.	2005 г.	1999 г.	2010 г.	2011 г. (7мес.)
Осмотрено рельсов, т		133089	144263	170217	72613		
Выход рельсов 1 сорта, %		97,37	92,0	87,9	98,03		
Брак, %		1,47			0,52		
Передел, %	Общий, в т.ч.:	24,74	7,89	11,88	9,32	3,16	3,08
	по металлу	16,45	4,60	4,96	2,33		
	по прокату	2,90	3,07	6,70	3,93	1,23	1,06
	по отделке	1,11	0,22	0,22	1,70	0,29	0,23
	по термообработке	1,48	–	–	1,36	0,32	0,28
Выход рельсов 25 м		74,54			89,31		

Следует также отметить, что переход к производству рельсов из непрерывнолитых заготовок дает возможность увеличить выход годного металла. На современных машинах непрерывного литья заготовок выход годного составляет 98,5 %. Непрерывная разливка стали дает возможность улучшить качество металла за счет уменьшения химической неоднородности, сегрегации, количества внутренних и поверхностных дефектов, улучшения макроструктуры и получения более качественной поверхности раската. Переход от прокатки рельсов из катаной заготовки к прокатке их из непрерывнолитых заготовок позволил уменьшить количество рельсов с дефектами поверхности от 12 % до 1 %.

Повышению выхода годного рельсов способствуют и технологические мероприятия в прокатном производстве. Так, применение многозонного нагрева заготовки в печи с шагающими балками с автоматизированной системой управления нагревом приводит к повышению однородности структуры по длине и исключает образование высоких напряжений в рельсах после прокатки. Применение предварительного гидросбива окалины позволяет повысить качество поверхности рельсов.

Увеличение жесткости конструкции прокатных клетей приводит к увеличению точности профиля рельса по сечению и повышению их прямолинейности, а повышение мощности приводов клетей – к повышению интенсивности деформации и способствует образованию мелкозернистой структуры металла.

Прокатка в универсальных клетях благодаря равномерной проработке и симметричной деформации металла по всему сечению позволяет получить более точный профиль рельса по длине раската, уменьшить количество дефектов поверхности, улучшить однородность структуры и плотность металла.

Термическое упрочнение рельсов по всей длине является важнейшим технологическим процессом, обеспечивающим значительное улучшение качества рельсов и их служебных свойств. В настоящее время в мировой практике производства железнодорожных рельсов известны следующие способы их термического упрочнения:

- объемная закалка в масле с повторного печного нагрева;
- поверхностная закалка головки рельсов с нагрева токами высокой частоты (ТВЧ);
- закалка рельсов с использованием тепла прокатного нагрева.

Поверхностная закалка головки рельса с индукционного нагрева ТВЧ, применяемая в ПАО «МК «АЗОВСТАЛЬ», имеет ряд преимуществ по сравнению с объемной закалкой в масле, применяемой в ОАО «НТМК» и ОАО «НКМК»:

- сокращение времени процесса термообработки;
- отсутствие нагревательных и отпускных печей;
- полная механизация и автоматизация процесса закалки;
- более высокая экологическая чистота технологического процесса.

Поверхностно-закаленные рельсы с использованием нагрева ТВЧ отличаются дисперсной мелкозернистой структурой металла закаленного слоя головки, благоприятной эпюрой распределения напряжений по профилю рельса с наличием на поверхности головки напряжений сжатия, высокой контактно-усталостной прочностью, живучестью и долговечностью. Распределение твердости по поперечному сечению головки представлено на рис. 3.

В настоящее время ведутся разработки и промышленное опробование энергосберегающей и экологически чистой технологии термоупрочнения рельсов с использованием тепла прокатного нагрева с двухсторонним дифференцированным охлаждением сжатым воздухом или водовоздушной смесью. Исключение специального нагрева под закалку рельсов сводит к минимуму выбросы тепла в окружающую среду. Использование в качестве охладителя воздуха или водовоздушной смеси приводит к выбросу за пределы цеха мелких механических частиц в смеси с каплями воды, которые легко улавливаются простейшими устройствами. В перспективе применение такого способа термического упрочнения рельсов позволит получить оптимальную структуру по сечению головки рельса и высокие показатели механических свойств рельсов.

Окончательной технологической операцией является отделка рельсов.

Для получения требуемой прямолинейности, снижения усилий правки и остаточных напряжений в рельсах применяют:

- пилы горячей и холодной резки;
- горизонтальные роликотправительные машины с большим числом валков;
- гидравлические прессы для правки рельсов в двух плоскостях без кантовки, с лазерным измерением величины и профиля местных неровностей;
- агрегатные сверлильно-отрезные станки фирмы «Вагнер»;
- оборудование для упрочнения болтовых отверстий;
- новые средства для маркировки.

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» в 2011 г. применительно к условиям ПАО «МК «АЗОВСТАЛЬ» была разработана и освоена технология выплавки рельсовой стали марки К76Ф в кислородном конвертере. Технологический процесс производства рельсовой стали включал:

- выплавку стали в конвертере емкостью 350 т;
- выпуск стали в ковш с отсечкой окисленного шлака;
- раскисление;
- микролегирование и модифицирование на установке «ковш-печь» (УКП);

– дегазацию жидкой стали на установке ковшевого вакуумирования (УКВ).

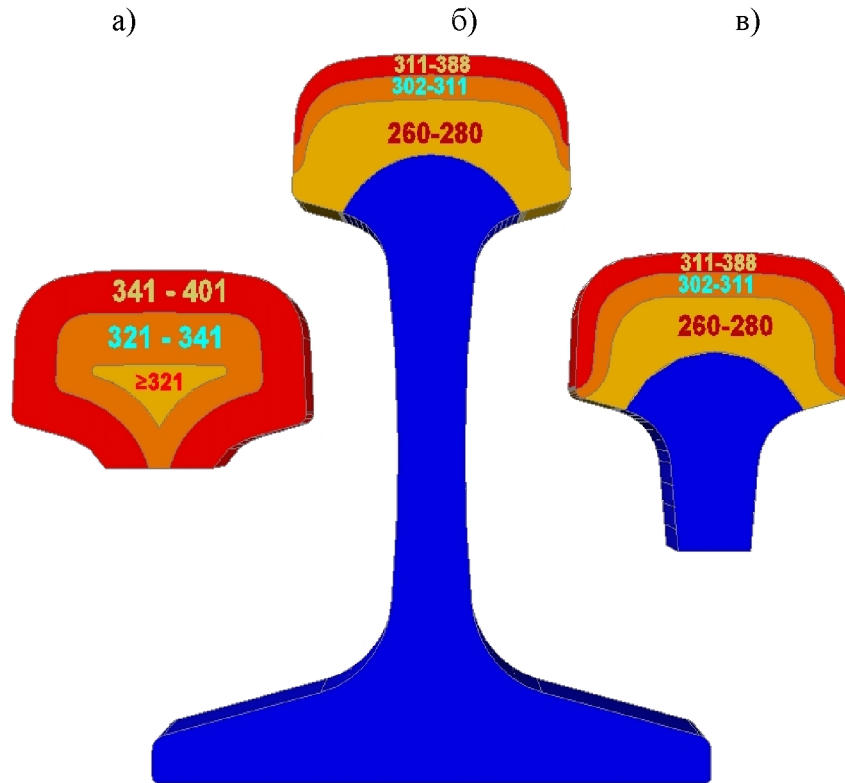


Рис. 3 – Распределение твердости (HV) по поперечному сечению головки рельсов: а) объемно-закаленный; б) поверхностно-закаленный с нагрева ТВЧ; в) поверхностно-закаленный с нагрева ТВЧ с закаленными боковыми гранями

Обработка стали на УКП и УКВ с применением продувки аргоном обеспечивает однородность стали по химическому составу, уменьшает содержание вредных примесей и неметаллических включений.

Сталь разливали сифонным способом в изложницы, уширенные кверху с прибыльными надставками, в слитки массой 8,7 т. Прокатку слитков на заготовки и прокатку рельсов производили по действующей на комбинате технологии.

Разработанная технология выплавки обеспечила получение стали с химическим составом в соответствии с требованиями ДСТУ 4344:2004 «Рельсы обычные для железных дорог широкой колеи (табл. 2).

Таблица 2. – Химический состав рельсовой стали К76Ф

Массовая доля элементов, %					
С	Mn	Si	V	S	P
Требования ДСТУ 4344					
0,71–0,82	0,80–1,30	0,25–0,45	0,030–0,070	≤0,040	≤0,035
фактическое содержание					
0,74–0,81	0,86–0,96	0,24–0,36	0,032–0,067	0,002–0,020	0,011–0,025
среднее значение					
0,78	0,91	0,30	0,50	0,011	0,018

Длина строчек неметаллических включений рельсовой стали, выплавленной в конвертерном цехе, представлена в табл. 3.

Таблица 3. - Загрязненность рельсовой стали хрупкоразрушенными окислами

Марка стали	Средняя длина строчек хрупкоразрушенных окислов, мм	
	в головных рельсах	в донных рельсах
К76Ф	0,59	0,55
М76Т	1,15	0,95

Микроструктура рельсов представляет собой троостосорбит с переходом к сорбитообразному перлиту и исходной перлитной структуре, что также соответствует требованиям ДСТУ 4344.

Свойства термоупрочненных рельсов полностью удовлетворяют требованиям категории 1 по ДСТУ 4344 (табл. 4).

Таблица 4. – Свойства термоупрочненных рельсов из стали марки К76Ф

Механические свойства					Твердость, НВ		Расхождение паза, мм
σ_s , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	поверхности катания	по оси на глубине 11 мм	
Требования ДСТУ 4344							
≥800	≥1196	≥8	≥25	≥25	341–401	≥ 302	≤ 3
фактические значения							
800–991	1226–1396	8–15,5	25–42	25–43	341–395	302–341	1,1–2,8
средние значения							
896	1311	12	33	34	368	322	1,9

Результаты квалификационных испытаний опытной партии рельсов типа Р65, изготовленной из конвертерной стали марки К76Ф, выплавленной по разработанной технологии, показали, что качество рельсов полностью удовлетворяет требованиям ДСТУ 4344, а результаты стендовых испытаний – требованиям НБ ЖТ ТМ 01-98 «Элементы верхнего строения пути. Нормы безопасности» (табл. 5).

Таблица 5 – Условный предел выносливости и трещиностойкости рельсов типа Р65 из кислородно-конвертерной рельсовой стали марки К76Ф

Контролируемая характеристика	ГОСТ Р 51685 (Россия)	Номер плавки				
		вакуумированная		невакуумированная		
		КФ15	КФ366	КФ368	КФ392	КУ458
Массовая доля углерода, %	0,71–0,82	0,76	0,75	0,77	0,80	0,78
Временное сопротивление разрыву, МПа	≥1180	1260,0	1363	1352	1376	1373
Относительное сужение, %	≥25	33	28,5	31,1	29,0	33,1
Ударная вязкость, Дж/см ²	≥25	42	32	33	29	17,6
Условный предел выносливости, МПа	≥370*	386	379	400	396	399
Трещиностойкость, МПа м ^{1/2}	≥32*	<u>47–52</u> 49,6	<u>49–66</u> 55,5	<u>46–47</u> 46,6	<u>42–45</u> 44	<u>41–43</u> 42,5

* – по НБ ЖТ ТМ 01-98

В настоящее время выплавлено более 2000 плавов кислородно-конвертерной стали марки К76Ф. Рельсы, изготовленные из этой стали, поставляются железным дорогам Украины и за рубеж. В 2012 г. для определения эксплуатационных показателей и установления оптимальных сфер применения рельсов начаты полигонные испытания партии рельсов на Экспериментальном кольце ОАО «ВНИИЖТ» (г. Москва).

Продолжаются работы по дальнейшему совершенствованию технологии производства рельсовой стали и рельсов ПАО «МК «АЗОВСТАЛЬ», что позволит повысить их эксплуатационные свойства.

Вывод. Таким образом, внедрение современных ресурсосберегающих технологий позволит сэкономить значительные финансовые средства, уменьшить потребление ресурсов, снизить себестоимость продукции, повысить конкурентоспособность отрасли.

Надійшла до редколегії 25.10.2012

УДК 625.14:621.771.2.06

О некоторых аспектах энерго- и ресурсосберегающей технологии производства транспортного металла / Рудюк А.С., Антоненко А.В., Барабаш А.В., Дурасов А.В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2012. – №46(952). – С. 169-176.

За висновками аналізу експлуатаційної стійкості рейок різних технологій виробництва визначено структуру дефектоутворення на головних коліях залізниць України. Розглянуто основні заходи в металургії, які направлені на ресурсозбереження при виробництві та експлуатації рейок. Освоєно технологію виробництва транспортного металу з киснево-конвертерної сталі.

Ключові слова: рейки, вантажонапруженість, експлуатаційна стійкість, термін служби, пропущений тоннаж, дефекти, конвертер, сталь, прокатка, термообробка, неметалеві включення.

Structure of defect formation on main railways of Ukraine was determined according to results of analysis of operation resistance of different manufacture technologies' rails. Main actions in metallurgy directed to resources saving during manufacture and operation of rails were considered. Technology of transport metal production from basic oxygen steel was mastered. Im.: 3 DBMS is drawn is developed.

Keywords: rails, load intensity, operation resistance, life time, lost tonnage, defects, converter, steel, rolling, thermal treatment, nonmetal insertion.

УДК 083.74:621.771

Я. М. ПЫХТИН, зав. отд. стандартизации, ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», Харьков
К. Ф. ПЕРЕТЯТЬКО, ст. науч. сотр., ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», Харьков
Г. И. СНИМЩИКОВА, ст. науч. сотр., ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», Харьков
Т. А. ЦАРЁВА, инженер, ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», Харьков

ГАРМОНИЗАЦИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛОПРОКАТА

В статье рассмотрен анализ требований отечественных, международных и европейских стандартов к сортовым и фасонным видам проката. Приведено сравнение круглого, квадратного проката, двутавров, уголков, швеллеров по основным качественным характеристикам (сортаментный ряд, размеры, предельные отклонения по размерам и длине профиля, перекос полок, прогиб стенки, кривизна).

Ключевые слова: стандарт, гармонизация, круглый прокат, квадратный прокат, швеллер, уголок, двутавр, предельные отклонения.

Введение. Разработка стандартов в области металлургической промышленности, направленная на энергоэффективность и энергосбережение, является первоочередной задачей в работе по стандартизации ГП «УкрНТЦ «Энергосталь». В настоящее время разрабатываются современные национальные стандарты, гармонизированные с международными и европейскими, что позволит производить энергоэффективную и конкурентоспособную продукцию.

Разработанные ТК 2 ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» и действующие в настоящее время стандарты: ДСТУ 4738:2007 (ГОСТ 2590-2006) «Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент», ДСТУ 4746:2007 (ГОСТ 2591-2006) «Прокат сортовой

© Я. М. Пыхтин, К. Ф. Перетятыко, Г. И. Снимщикова, Т. А. Царёва, 2012