ОБЩЕСТВО «ЗНАНИЕ» РОССИИ
ПРИВОЛЖСКИЙ ДОМ ЗНАНИЙ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НЕФТИ И ГАЗА им. И.М. ГУБКИНА

XX Международная
научно-техническая конференция

МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА

Сборник статей

март 2024 г.

Пенза

УДК 620.22+621.77+621.81+621.91
ББК 30.3+30.6+30.42+65.2
М34

МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА:
М34 сборник статей XX Международной научно-технической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2024. – 144 с.

ISBN 978-5-8356-1825-5

Под редакцией *Е.А. Чуфистова*, кандидата технических наук, профессора Пензенского государственного университета

ISBN 978-5-8356-1825-5

СОДЕРЖАНИЕ

Е. А. Шапиро // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - Краснодар, 2013. - № 86. - С. 230-252.

Шапиро Евгений Александрович
Романовский Владислав Леонидович
Уваров Никита Алексеевич
Сенченко Дмитрий Сергеевич

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

Shapiro E.A.
Romanovsky V.L.
Uvarov N.A.
Senchenko D.S.

Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia

---

УДК620.22+621.77+621.81+621.91

ПРОИЗВОДСТВО РЕЛЬСОВ ИЗ БЕЙНИТНОЙ СТАЛИ

А.М. Юнусов, Т.Н. Осколкова

PRODUCTION OF RAILS MADE OF BAINITE STEEL

A.M. Yunusov, T.N. Oskolkova

Аннотация. Представлены результаты исследования рельсов на основе бейнитной структуры двух плавок, микролегированных молибденом и ниобием. Проведена сравнительная оценка металла рельсов двух опытных плавок. В результате микролегирования стали никелем наблюдается повышение механических свойств и особенно ударной вязкости при положительной и отрицательной температуре испытаний.

Ключевые слова: рельсы, сталь, микролегирование, молибден, ниобий, микроструктура, верхний бейнит, нижний бейнит, механические свойства, ударная вязкость.

Abstract. The results of a study of rails based on the bainite structure of two melts microalloyed with molybdenum and niobium are presented. A comparative assessment of the metal rails of two experimental smelters was carried out. As a result of micro-alloying of steel with nickel, an increase in mechanical properties and especially in toughness is observed at positive and negative test temperatures.

Keywords: rails, steel, microalloying, molybdenum, niobium, microstructure, upper bainite, lower bainite, mechanical properties, toughness.

С целью производства железнодорожных рельсов, способных обеспечить длительную прочность в сложных условиях эксплуатации, наметилось новое направление по созданию высокопрочных рельсов на основе бейнитной структуры, интерес к которой обусловлен хорошим сочетанием ее прочности, пластичности и ударной вязкости.

Бейнитная структура, как известно [1], может быть достигнута термической обработкой либо комплексным легированием. В проведённых ранее исследованиях установлено, что в рельсах из среднеуглеродистой стали, легированной хромом, молибденом, никелем и ванадием, возможно получение микроструктуры нижнего бейнита, которая применяется для ответственных изделий с высокой конструктивной прочностью [2].

В настоящей работе представлены результаты по выплавке и прокатке двух опытных плавок усовершенствованного химического состава (таблица 1), условно маркированных №1 (микролегированная молибденом) и №2 (микролегированная никелем).

Таблица 1

Химический состав исследуемых рельсовых сталей

Марка стали	Массовая доля элементов, %					
	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni
№1 (+Mo)	0,31 – 0,33	1,54 – 1,58	1,42 – 1,48	1,04 – 1,08	***0,25 – 0,28***	0,09 – 0,11
№2 (+Ni)	0,31 – 0,33	1,54 – 1,58	0,90 – 0,96	1,44 – 1,46	-	***1,05 – 1,08***

Как видно из представленных данных, химический состав двух опытных марок сталей имеет достаточно существенные отличия между собой по кремнию, хрому, никелю и молибдену.

Механические свойства при растяжении, ударная вязкость и твёрдость на поверхности катания головки (ПКГ) для рельсов двух опытных плавок представлены в таблице 2.

Таблица 2

Механические свойства и параметры микроструктуры

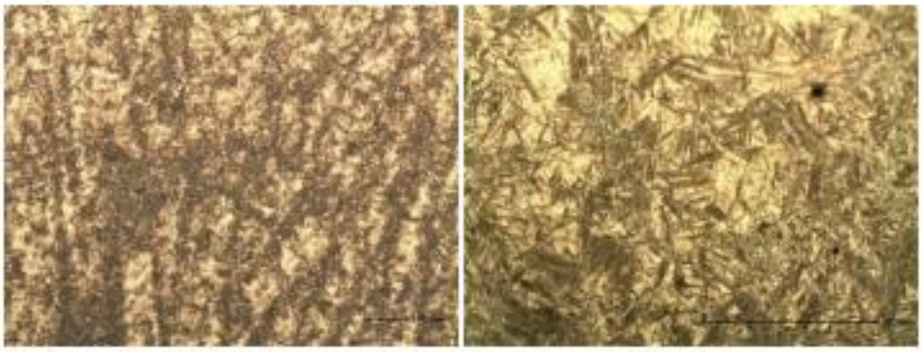
Марка стали	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ_5	ψ	KCU, +20°C	KCU, -60°C	Твёрдость на ПКГ
	Н/мм^2		%		Дж/см^2	Дж/см^2	HB
№1 (+Mo)	960 - 980	1390 - 1430	14,0 – 15,0	27 - 32	50 - 65	24 - 34	394 - 399
№2 (+Ni)	1150 - 1180	1510 - 1570	10,0 – 11,5	27 - 30	58 - 64	36 - 47	444 - 462

Результаты механических испытаний металла из опытной стали (таблица 2) показывают, что металл стали марки состава№2, по сравнению со сталью марки состава№1, обладает более высоким комплексом прочностных свойств, но более низким относительным удлинением при близких значениях относительного сужения.

Ударная вязкость этих двух марок сталей при испытании при температуре + 20 ºС достаточно близка между собой, но при испытании с температурой -60 ºС на стали марки состава №2 получен более высокий уровень значений. По результатам испытаний можно сделать вывод о положительном влиянии никеля на ударную вязкость при отрицательной температуре.

Полученные результаты измерения твёрдости показали, что рельсы из стали марки состава №2 обладают в целом более высоким уровнем твёрдости по сравнению с металлом рельсов из стали марки состава №1, что связано с разной степенью легирования.

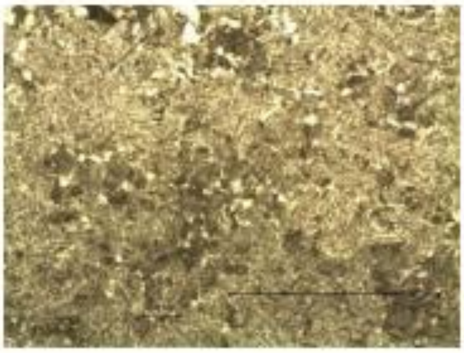
Исследование микроструктуры на оптическом микроскопе Olympus GX71 показало, что в металле головки рельса из стали марки состава №2 присутствуют участки структурной неоднородности, вызванной пластической деформацией при прокатке в виде чередующихся зон, обогащенных углеродом, с зонами, обедненными углеродом. В связи с этим при охлаждении рельса с прокатного нагрева в участках, обогащенных углеродом, произошло мартенситное превращение, а в участках, обедненных углеродом, образовался бейнит (рисунок 1).



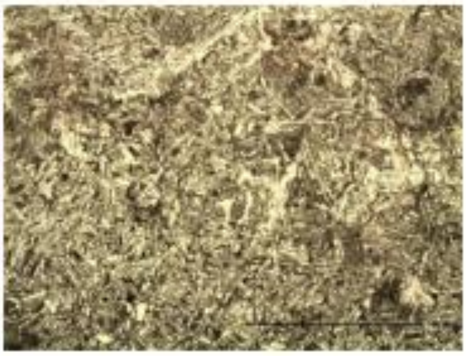
а *б*

Рис. 1. Микроструктура головки рельса из стали состава №2:
а – структурная неоднородность на глубине около 2 мм (участки бейнита нижнего (темные), участки мартенсита (светлые), х100;
б – микроструктура на глубине до 10 мм от поверхности катания головки, х500

Микроструктура металла головки рельса из стали марки состава №1 приведена на рисунке 2. Вблизи поверхности выкружки частично наблюдается обезуглероженный слой, видны мелкие зерна полигонального феррита. Структура преимущественно состоит из нижнего бейнита, имеющего игольчатое строение. По мере удаления от поверхности в структуре появляются участки верхнего бейнита. На глубине свыше 20 мм структура практически полностью представлена верхним бейнитом.



а



б

Рис. 2. Микроструктура головки рельса из стали марки 30Х2Г2САФМ: а – нижний бейнит и мелкие зерна полигонального феррита вблизи поверхности выкружки, х500; б – микроструктура на глубине около 20 мм (преимущественно верхний бейнит), х500

Выводы

1. Проведена сравнительная оценка металла горячекатаных рельсов из сталей марок состава №1 (микролегированная молибденом) и состава №2 (микролегированная никелем). Показано положительное влияние никеля на повышение всего комплекса механических свойств и особенно ударной вязкости, как при положительной, так и отрицательной температуре.

2. Проведена оценка микроструктуры опытных рельсов, показавшая получение игольчатых структур верхнего и нижнего бейнита, а также мартенсита, с преобладанием его в перьях подошвы, образовавшихся в результате непрерывного охлаждения.

Библиографический список

1. Железные дороги мира. - 2011. - № 5. - С. 71–75.

2. Павлов, В.В. Железнодорожные рельсы из бейнитной стали / В.В. Павлов, Л.А. Годик, Л.В. Корнева, Н.А. Козырев, Е.П. Кузнецов // Наука Техника. Производство. Металлург. - 2007. - С.51-54.

Юнусов Анатолий Майдарисович
АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат», г. Новокузнецк, Россия

Yunusov A.M.
JSC "EVRAZ United West Siberian Metallurgical Plant", Novokuznetsk, Russia

Осколкова Татьяна Николаевна
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

Oskolkova T.N.
Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

УДК 62-233.3/9
ББК 34.4

ВЛИЯНИЕ НАГРУЗКИ НА ПОГРЕШНОСТЬ ВРАЩЕНИЯ В ПЛАНЕТАРНО-ЦЕВОЧНОЙ ПЕРЕДАЧЕ С МОДИФИЦИРОВАННЫМ ПРОФИЛЕМ САТЕЛЛИТА

Е.А. Чуфистов, О.Е. Чуфистов

EFFECT OF THE LOAD ON THE ROTATION ERROR IN A PLANETARY GEAR WITH A MODIFIED SATELLITE PROFILE

E.A. Tchufistov, O.E. Tchufistov

Аннотация. Исследованы ошибки угла поворота выходного звена планетарно-цевочной передачи без нагрузки и с нагрузкой. Показано, что погрешность вращения выходного вала зависит не только от модификации профиля зубьев сателлита, но также и от передаваемого вращающего момента. Приведены результаты расчетов и их анализ.

Ключевые слова: планетарно-цевочная передача, зацепление, зазор, кривые однопарного контакта, угол упругого поворота, крутильная жесткость, люфт погрешность вращения.

Abstract. The errors of the rotation angle of the output link of the planetary gear without load and with load are investigated. It is shown that the rotation error of the output shaft depends not only on the modification of the profile of the satellite teeth, but also on the transmitted torque. The results of calculations and their analysis are presented.

Keywords: planetary gear, engagement, gap, curves of single-pair contact, angle of elastic rotation, torsional stiffness, backlash, rotation error.