

УДК 669.141.246

С. Я. Шипицын, И. Ф. Кирчу, Н. Я. Золотарь, Ю. А. Козлик *

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

*Национальный технический университет «КПИ», Киев

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЛИТОЙ КОЛЕСНОЙ СТАЛИ

Показана возможность повышения (на 15-57 %) эксплуатационной долговечности (по износостойкости) железнодорожных колес, изготавливаемых литьем в песчано-глинистые формы, за счет микролегирования азотом и дополнительного дисперсионного нитридного упрочнения.

Показана можливість підвищення (на 15-57 %) експлуатаційної довговічності (по зносостійкості) залізничних коліс, виготовлених литтям в піщано-глинясті форми, за рахунок мікролегуювання азотом і додаткового дисперсного нітридного зміцнення,

Possibility of increase (on 15-57 %) operating longevity (on wear-resistance) of the railway wheels made by sand mold casting due to nitrogen microalloying and additional dispersion of nitrogen hardening is shown.

Ключевые слова: литые железнодорожные колеса, микролегирование азотом, дополнительное дисперсионное упрочнение, износостойкость.

Одной из причин выхода из строя железнодорожных колес является изнашивание их рабочей поверхности, причем со стороны реборды при трении скольжения, а на поверхности качения - при трении качения с проскальзыванием и абразивном воздействии песка и других абразивных частичек, находящихся на рельсе.

В данной работе исследовали возможность повысить износостойкость литой колесной стали в наиболее жестких условиях эксплуатации, а именно, при сухом трении скольжения и абразивном изнашивании за счет микролегирования азотом и дополнительного дисперсионного нитридного упрочнения.

Сталь 60Л и 60АФЛ, микролегированную азотом с нитридным упрочнением, заливали в сухую песчано-глинистую форму.

Образцы для испытаний на износостойкость изготавливали из поверхностной зоны отливки, имитирующей сектор железнодорожного колеса, после термической обработки, выбранной по данным работы [1], включающей закалку от 850 °С для стали марки 60Л и 950 °С - для стали марки 60АФЛ и отпуск при 450 °С - для стали марки 60Л и 550 °С - для стали марки 60АФЛ. Такая термообработка обеспечивала твердость стали 60Л на уровне 290-280 НВ, а стали 60АФЛ – 310-320 НВ.

Абразивную износостойкость определяли методом абразивного изнашивания (по потере массы образца) в среде нежестко закрепленных частиц (песок зернистостью 0,15-0,20 мм с толщиной слоя 10 ± 2 мм) по ГОСТу 23.208-79 на лабораторной установке, созданной на базе лабораторных бегунов. Скорость перемещения образцов размерами 10×10×25 мм составляла 0,385 м/с, давление на образец - 0,2 МПа, максимальный путь трения - 2754 м.

Изнашивание при сухом трении скольжения определяли на лабораторной установке

ИМП–М22–М с жестко закрепленным образцом размерами 10×10×25 мм и вращающимся контртелом (ролик с внешним диаметром 40,0 мм и шириной 12 мм). Материал контртела – рельсовая сталь марки 80Г с твердостью 40 HRC, скорость перемещения образца по контртелу – 1 м/с, давление на образец – 0,3 МПа, максимальный путь трения – 3,5 км.

Экспериментальные данные показывают, что сталь, микролегированная азотом с дополнительным дисперсионным нитридным упрочнением, по сравнению со стандартной колесной сталью обладает повышенной (на 57 %) износостойкостью при абразивном изнашивании (скорость изнашивания снижается с 34,3 до 14,8 г/км) и (на 15 %) износостойкостью при сухом трении скольжения (скорость изнашивания снижается с 0,14 до 0,09 г/км). При этом при сухом трении скольжения практически не изменяется коэффициент трения между колесом и рельсом ($K_{тр} = 0,57$), а износ рельса снижается на 25 % (скорость изнашивания снижается с $8 \cdot 10^{-3}$ до $6 \cdot 10^{-3}$ г/км).

Пластическая деформация металла как в случае ее локального характера при абразивном износе, так и микроскопического (при трении скольжения) обуславливает неоднородность напряженного состояния и структуры поверхностного слоя, образование концентраторов напряжений, зарождение и развитие трещин, которые приводят к разрушению поверхностного слоя [2]. Неоднородность структурного и напряженного состояния поверхностного слоя усиливается путем выделения теплоты трения, наличия существенных температурных и диффузионных градиентов к обратному направлению диффузии элементов перемещения вакансий [3]. Накопление вакансий в приповерхностном слое приводит к образованию в нем микроскопических дефектов и снижению его сопротивления изнашиванию.

Повышение износостойкости при прочих равных условиях достигается диспергированием зерна, перераспределением с границ в объем зерна упрочняющих фаз и неметаллических включений, диспергированием и снижением неоднородности распределения фаз выделения, что способствует равномерному распределению дислокаций и вакансий и повышению энергоемкости поверхностного слоя [3].

С этих позиций можно объяснить повышение износостойкости колесной стали микролегированием азотом и дополнительным дисперсионным нитридным упрочнением.

Во-первых, за счет измельчения дендритной структуры и торможения нитридной фазой миграции границ происходит уменьшение размера аустенитного зерна с 5 до 6 баллов (ГОСТ 5639-82) и соответственно повышение дисперсности мартенсита с 6 до 4 баллов (ГОСТ 8233-95) и продуктов его распада – сорбита и троостосорбита. Это, в свою очередь, существенно улучшает механические свойства стали (таблица) и ее теплостойкость. Так, провоцирующий отпуск при 450 °С в течение 250 ч понизил твердость стали марки 60Л с 270 до 240 НВ, а снижение твердости стали марки 60АФЛ с 320 до 250 НВ произошло только после многократного отпуска: 450 °С – 500 ч + 500 °С – 300 ч + 550 °С – 100 ч.

Механические свойства сталей

Марка стали	Температура °С		σ_b	σ	δ	Ψ	КСУ, Дж/см ²
	закалка	отпуск					
60Л	850	450	900	620	3	3	6,5
60АФЛ	950	550	1150	1070	9,6	27,9	7,0

На повышение износостойкости положительно также влияют глобуляризация и уменьшение размеров неметаллических включений при микролегировании стали. Так, размер сульфидных включений уменьшился с 12 до 8 мкм, силикатных – с 50 до 40 мкм, а оксидных – с 60 до 35 мкм.

Таким образом, доказана принципиальная возможность за счет микролегирования азотом и дополнительного дисперсионного нитридного упрочнения повышения

эксплуатационной долговечности (по износостойкости) железнодорожных колес, изготавливаемых по технологии литья в стандартные, наиболее распространенные и дешевые песчано-глинистые формы.



Список литературы

1. Создание математической модели формирования свойств литых низко- и среднелегированных конструкционных сталей методами легирования, модифицирования и термической обработки: Отчет о НИР (заключительный) НАН Украины Институт проблем литья. – ОЦО 102 ТЭ; № ГР 800571; Инв. № В 119692. - Киев, 1981. - 224 с.
2. Крагельский И. В. Трение и износ. - М.: Машиностроение, 1968. - 480 с.
3. Любарский И. В., Палатник Л. С. Металлофизика трения. - М.: Металлургия, 1976. - 176 с.

Поступила 22.01.2009

УДК 621.74.047

**Ю. Н. Логинов, Р. К. Мысик, С. Л. Смирнов, С. В. Брусницын,
А. В. Сулицин, И. А. Груздева**

Уральский государственный технический университет – УПИ, Екатеринбург

АНИЗОТРОПИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕНДРИТНОЙ СТРУКТУРЫ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ КИСЛОРОДОСОДЕРЖАЩЕЙ МЕДИ

Изучена структура литой заготовки прямоугольного сечения, полученной на установке непрерывного литья типа HAZELETT и предназначенной для последующей деформации на стане горячей сортовой прокатки. Произведено пошаговое измерение твердости по Бриннелю на темплетях поперечного сечения литой заготовки, продольного вертикального и продольного горизонтального сечений. На основании отклонений формы отпечатков от правильной окружности сделан вывод об анизотропии свойств меди, полученной способом непрерывного литья. Построены координатные зависимости, характеризующие анизотропию литого металла. На основании анализа модели упруго-пластической среды сделано заключение о наличии связи между некруглой формой отпечатков, расположением дендритов, а также текстурой литого металла. Выводы подтверждены статистической обработкой.

Вивчена структура литої заготовки прямокутного перерізу, яка отримана на установці безперервного лиття типу HAZELETT і призначена для наступної деформації на стані гарячої сортової прокатки. Вироблено покроковий вимір твердості по Бріннелю на темплетях поперечного перерізу литої заготовки, поздовжнього вертикального і продольного горизонтального перерізу. На основі відхилень форми відбитків від правильного кола було зроблено висновок про анізотропію властивостей міді, отриманої способом безперервного лиття. Побудовані координатні залежності, які характеризують анізтропію литого металу. На основі аналізу моделі пружно-пластичного середовища було зроблено висновок про наявність зв'язку між некруглою формою відбитків, розміщенням дендритів, а також текстурою литого металу. Висновки підтвержені статистичною обробкою.

Structure of cast rectangular cross section poured on Hazelett continuous casting machine and meant for subsequent deformation on hot-rolling profilled mill is studied. Step by step Brinell hardness test on cross-section, longitudinal vertical and horizontal section templet is taken. Conclusion about copper properties anisotropy poured on continuous casting method is drawn