

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОДА ЦЕЛЬНОКАТАНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО КОЛЕСА НА КОМПЛЕКС СВОЙСТВ

INFLUENCE SPEED COOLING OF RIM WHOLE ROLLING RAILWAY WHEEL ON COMPLEX OF PROPERTIES

Вакуленко Л.И. *, Дыя Х.**, Пройдак С.В.**, Болотова Д.М.****

Приднепровская железная дорога, Украина, **Czestochowa University of Technology, Faculty of Production Engineering and Materials Technology, Institute of Metal Forming and Safety Engineering, *Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им.акад. В.Лазаряна, каф. «Технология материалов», ****Днепропетровский профессиональный железнодорожный лицей*

Abstract

The provide development of structural transformations on a diffusive mechanism at high speeds of the speed-up cooling from the temperatures of completion rolling rim of railway wheel. Forming of internal stresses from the phase peening at pearlitic transformation of austenite is conditioned of level of strength stress steel of rim wheel after the speed-up cooling.

1. Состояние проблемы

Возрастание интенсивности эксплуатации железнодорожного транспорта требует решения ряда проблем технического и технологического характера. Одним из направлений повышения эксплуатационной безопасности является использование обработок элементов подвижного состава, способствующих увеличению комплекса механических свойств и, в первую очередь, прочности. Прирост прочностных характеристик углеродистой стали может быть достигнут в результате разработки состава сталей с использованием комплексного легирования либо термического упрочнения. Подвергая ускоренному охлаждению поверхность катания железнодорожного колеса, достигаемые величины скоростей охлаждения определяются расстоянием от поверхности основного теплоотвода [1].

2. Материал и методика исследований

Материалом для исследования служила углеродистая сталь железнодорожного колеса с 0,55% С, 0,66% Si, 0,47% Mn, 0,003% S, 0,011% P, 0,09% Cr. Железнодорожное колесо термоупрочняли по существующей технологии: нагрев до температур выше A_{c3} , выдержка при

этой температуре для завершения процесса гомогенизации аустенита и ускоренно охлаждалось по поверхности катания. Структуру изучали с использованием электронного и светового микроскопов. Степень дефектности структуры металла после ускоренного охлаждения оценивали с использованием методик рентгеновского структурного анализа. Комплекс свойств стали определяли при растяжении со скоростью деформации 10^{-3} с^{-1} .

3. Результаты и их обсуждение

При изучении структуры металла по толщине обода была установлена максимальная скорость охлаждения, которая составила $9^\circ\text{C}/\text{с}$. на расстоянии до 5 мм. На расстоянии 45мм указанная характеристика снижается примерно в 4 раза и достигает порядка $2^\circ\text{C}/\text{с}$. После завершения ускоренного охлаждения, изменение структуры стали обода колеса определяется расстоянием объемов металла от поверхности теплоотвода. Приведенное положение основано на том, что температура завершения охлаждения в различных слоях металла будет различной. Анализ характера зависимости межпластиночного расстояния перлитной колонии (λ) от скорости охлаждения (V) (рис. 1) и достигаемый уровень прочностных свойств (рис. 2) свидетельствует, что основным структурным элементом является дисперсность перлита.

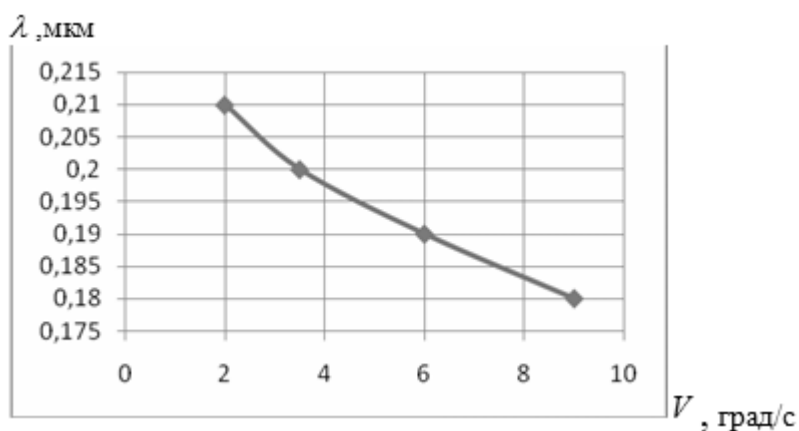


Рис. 1. Зависимость межпластиночного расстояния перлитной колонии от скорости охлаждения металла обода колеса

Возрастание интенсивности охлаждения от минимальных до максимальных значений сопровождается ростом пределов текучести (σ_T) и прочности (σ_B) от 20 до 30% относительно горячекатаного состояния. Описание построенных зависимостей прочностных свойств от толщины

ферритного промежутка перлитной колонии и расстояния свободного пробега дислокаций в феррите перлита соотношением типа Холла-Петча (1), свидетельствует о развитии (σ_i и k_y – напряжение трения кристаллической решетки феррита перлитной колонии и угловой коэффициент зависимости соответственно) структурных превращений по диффузионному механизму:

$$\sigma_T, \sigma_e = \sigma_i + k_y \Delta^{\frac{1}{2}}. \quad (1)$$

Более того, по абсолютным значениям постоянных уравнения (1) [2] при реализуемых скоростях охлаждения обнаружено отсутствие пересыщения твердого раствора атомами углерода, а уровень прочности определяется состоянием межфазных границ перлитной колонии. Дополнительным свидетельством является возрастание роли фазового наклепа на прочность стали с ростом скорости охлаждения. Учитывая значительное сечение металла обода железнодорожного колеса и связанное с этим ограничение максимальной скорости охлаждения [3], резервом роста характеристик прочности может быть дополнительное диспергирование структуры в целом. Так, в процессе горячей пластической деформации при выкатывании профиля обода металл в аустенитном состоянии подвергается определенному горячему наклепу. По существующей технологии изготовления железнодорожного цельнокатанного колеса после завершения всех формообразующих операций колесо медленно охлаждается на воздухе. За время охлаждения не только полностью исчезают признаки горячего наклепа аустенита, но и существенно увеличивается размер зерна аустенита благодаря развитию процессов собирательной рекристаллизации. Далее, использование отдельного нагрева до температур аустенитной области для термического упрочнения способствует дополнительному росту зерна аустенита, увеличение которого может составлять в несколько раз. На основании этого, после термического упрочнения получаем полностью ожидаемое негативное влияние на уровень ударной вязкости металла обода.

По сравнению с легирующими добавками ванадия и ниобия в состав стали железнодорожного колеса [2], определенного эффекта торможения роста зерна аустенита следует ожидать от использования ускоренного охлаждения обода после завершения его горячей формообразующей деформации. Действительно, если сразу после завершения выкатывания обода на прокатном стане подвергнуть его ускоренному охлаждению, можно решить ряд вопросов. Одним из положительных решений будет сохранение горячего наклепа аустенита перед ускоренным охлаждением обода колеса. Степень сохранения горячего наклепа будет определяться длительностью выдержки металла после завершения горячего обжигания металла.

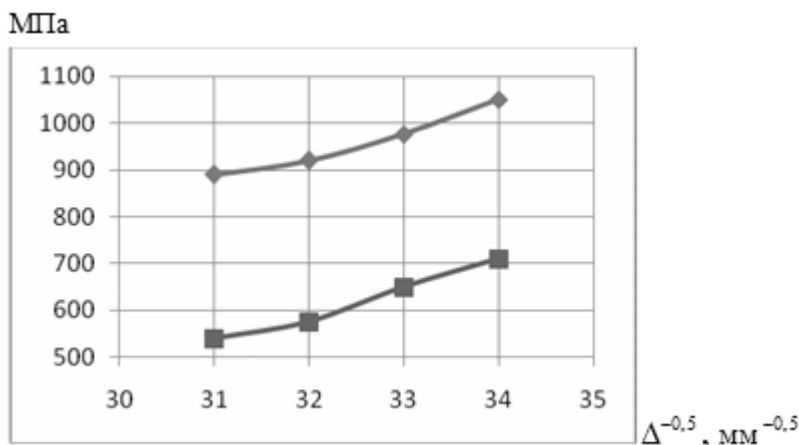


Рис. 2. Влияние длины свободного пробега в феррите перлита (Δ) на предел текучести (■) и прочности (◆) стали железнодорожного колеса после ускоренного охлаждения со скоростями $2 \div 9$ град/с

В этом случае будет предотвращено развитие собирательной рекристаллизации аустенита и, как следствие этого, сохранено его мелкозернистое строение. Более того, наклепанное состояние аустенита должно способствовать снижению его устойчивости при охлаждении, что можно рассматривать как дополнительный фактор повышения скорости охлаждения металла. Учитывая положительный опыт использования тепла прокатного нагрева для термического упрочнения в потоке прокатных станов значительного сортамента высокопрочной металлопродукции, предлагаемое изменение технологии изготовления высокопрочных железнодорожных колес является достаточно перспективным техническим решением.

Литература

1. Вакуленко І.О., Анофрієв В.Г., Грищенко М.А., Перков О.М.: Дефекти залізничних коліс. Вид-во «Маковецький», Дніпропетровськ 2009.
2. Вакуленко І.А., Большаков В.И.: Морфология структуры и деформационное упрочнение стали. Из-во «Маковецкий», Днепропетровск 2008.
3. Бабаченко А.И.: Надежность и долговечность железнодорожных колес и бандажей. Изд-во «ПГАСА», Днепропетровск 2015.