

И. А. ВАКУЛЕНКО (ДИИТ), О. Н. ПЕРКОВ (ИЧМ НАНУ, Днепропетровск)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ

В статті розглядається вирішення актуальної науково-технічної проблеми – розробка технології зміцнюючої термічної обробки залізничних коліс.

В статье рассматривается решение актуальной научно-технической проблемы – разработка технологии упрочняющей термической обработки железнодорожных колес.

In the article the solution of urgent scientific and technical problem is considered – the development of technology of hardening thermal treatment of railroad wheels.

Эксплуатационная надежность железнодорожного колеса во многом определяется уровнем ударной вязкости материала диска, а также стойкостью обода к зарождению термических трещин по поверхности катания. Основными видами разрушения колес в эксплуатации по элементам являются усталостные повреждения диска с зарождением трещин в приободной части на внутренней стороне колеса и разрушение обода вследствие распространения термических трещин. Уровень ударной вязкости стали, особенно её хладостойкость, в значительной степени определяется структурным состоянием, формируемым при термической обработке колеса. Известно, что стойкость обода к распространению термических трещин

существенно повышается при наличии в нём сжимающих тангенциальных остаточных напряжений [1].

На основе анализа нормативно-технической документации [2] большинство производителей железнодорожных колес используют углеродистые стали с содержанием углерода в интервале 0,55...0,65 %. В горячекатаном состоянии или после отжига, структура указанных сталей с учетом стехиометрии может включать до 25 % структурно свободного феррита. Указанная структурная составляющая располагается в виде сетки по границам бывших аустенитных зерен или отдельных зерен, после достаточно медленного охлаждения (рис. 1а).

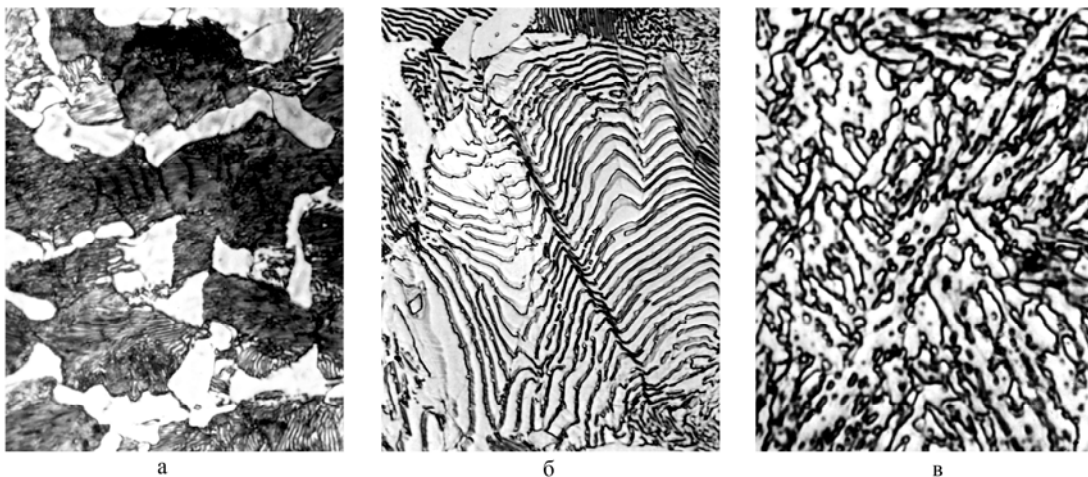


Рис. 1. Структура стали с 0,6 % С после нормализации (а), изотермического распада при температуре 650 °С (б), формирования бейнита и последующего отпуска при 650 °С (в), (увеличение а – 800; б, в – 2000)

Увеличение скорости охлаждения, например как в случае термической обработки элементов железнодорожных колес (обод, диск, места перехода диска к ободу и ступице), сопровождается, одновременно с диспергированием перлитных колоний, уменьшением объемной доли структурно свободного феррита за счет форми-

рования псевдозвтектоида. Однако, для указанных содержаний углерода (0,55...0,65 %) даже при достижении максимально возможных скоростей охлаждения (ограничение геометрическими размерами обода) их все же недостаточно для полного исчезновения избыточного феррита. Оптимальной структурой для дости-

жения требуемого комплекса свойств в ободке железнодорожного колеса является структура пластинчатого сорбита с прерывающейся сеткой структурно свободного феррита (рис. 1б). Полученные данные относительно оптимального структурного состояния углеродистой стали, предназначенной для изготовления железнодорожных колес, вместе с известными техническими решениями по технологии термического упрочнения позволили разработать [3] и успешно использовать в настоящее время упрочняющую обработку как полностью железнодорожного колеса, так и отдельных его элементов.

Учитывая возникновение достаточно сложного напряженного состояния в металле диска при эксплуатации, что обусловлено конструктивными особенностями, эпюрой напряжений, можно полагать, что использование упрочняющей термической обработки элементов диска окажет существенное влияние на напряженное состояние других элементов колеса, например обода.

В условиях промышленного производства железнодорожных колес поиск оптимальных параметров термического упрочнения позволил определить влияние интенсивности охлаждения на процессы структурных превращений в металле колес. Так, использование принудительного охлаждения диска, особенно в местах его перехода к ободу и ступице, при длительности 10...15 с и интенсивности подачи охладителя 0,08...0,12 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с), позволило достигнуть скорости охлаждения 20...60 °С/с с образованием бейнитной структуры на глубине от поверхности теплоотвода до 20 % толщины диска. С другой стороны, увеличение интенсивности подачи охладителя более 0,12 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с) привело к излишнему охлаждению поверхностного слоя до температур ниже  $M_n$ . В этом случае не достигаются условия разогрева охлажденного металла, за счет тепла внутренних объемов, до требуемого уровня. Разогрев должен быть адекватным влиянию на процессы структурообразования отпуска при 600...650 °С. Такого нагрева достаточно, даже при коротких выдержках, для формирования глобулярных структур (рис. 1в). Уменьшение интенсивности подачи охладителя менее чем 0,08 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с) привело к снижению скорости охлаждения поверхностного слоя. В этом случае формирование преимущественно перлитных структур с пластинчатым строением карбидной фазы не обеспечивало достижения необходимого уровня хладостойкости.

На основании проведенных исследований была разработана технология термоупрочнения железнодорожных колес, которая прошла опробование на серийно изготавливаемых, в колесопрокатном цеху Нижнеднепровского трубо-

прокатного завода, цельнокатаных колесах диаметром 957 мм из стали с 0,58 % С и 0,78 % Mn. Колеса перед термической обработкой обтачивали на номинальные размеры по [4] (толщина диска в месте перехода в обод составляла 17 мм, а в ступицу – 24 мм). Колеса нагревали в печи с температурой 850 °С в течение 2,5 ч. Ободья всех колес принудительно, прерывисто охлаждали в закалочной машине в течение 140 с с интенсивностью подачи воды 0,12 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с). Одновременно металл диска и места его перехода в обод и ступицу подвергали охлаждению с интенсивностью подачи воды 0,10 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с) в течение 12 с.

Заключительной операцией был отпуск при температуре 500 °С, длительностью выдержки 2,5 ч. Анализ комплекса свойств производили на образцах, которые отбирались от диска в местах перехода диска в обод. В результате использованной термической обработки комплекс свойств металла железнодорожного колеса составил значения: предел прочности при растяжении 880 Н/мм<sup>2</sup>; относительное удлинение и сужение соответственно 19 и 49 %. Величина ударной вязкости при температурах испытания +20, –20 и –40 °С составила значения 0,8; 0,4 и 0,3 МДж/м<sup>2</sup>, соответственно. Величина остаточных напряжений в ободке колеса, определяемая по методике сходимости концов обода после разрезания колеса от гребня к ступице, составила значение 2,2 мм, что является достаточным по требованиям нормативно-технической документации.

Таким образом, использование ускоренного охлаждения элементов колеса, как составляющей общего технологического процесса производства, обеспечивает повышение конструктивной прочности и надежности за счет достижения высокого комплекса свойств, особенно значений ударной вязкости металла, с одновременно высокой стойкостью обода к зарождению и распространению термических трещин.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ларин, Т. В. Пути повышения надежности и долговечности цельнокатаных колес [Текст] / Т. В. Ларин, Ю. М. Парышев // Железнодорожный транспорт. – 1973. – С. 56-59.
2. ГОСТ 10791. Колеса цельнокатаные. Технические условия [Текст].
3. Данченко, Н. И. Зависимость усталостной прочности и ударной вязкости колесной стали от ее структурного состояния [Текст] / Н. И. Данченко, О. Н. Перков, Т. А. Гладкова. – В кн.: Теория и практика термической обработки проката. – М.: Металлургия, 1984. – С. 43-45.
4. ГОСТ 9036. Колеса цельнокатаные. Конструкция и размеры [Текст].

Поступила в редколлегию 26.08.2008.