

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

О ПРИЧИНАХ ЗАРОЖДЕНИЯ УСТАЛОСТНЫХ ТРЕЩИН НА ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ БАНДАЖЕЙ

Виникнення крихкого руйнування залізничного бандажа обумовлено формуванням високих локальних напружень від неоднорідної пружньо-пластичної деформації при циклічній зміні температур.

Возникновение хрупкого разрушения в железнодорожном бандаже обусловлено формированием высоких локальных напряжений от неоднородной упруго-пластической деформации при циклическом изменении температуры.

Cleavage crack formation is a process nucleation caused by the high local stress produced by inhomogeneous elastic-plastic deformation followed by cycles change of temperature in tyre.

В настоящее время неуклонный рост скоростей движения железнодорожного транспорта с одновременным повышением нагрузки на ось (колесной пары) сопровождается неизбежным ускорением процессов изменяющих внутреннее строение металла деталей подвижного состава. Анализ уровня внутренних напряжений в элементах железнодорожного колеса, преимущественный износ металла при эксплуатации указывают, что одним из наиболее нагруженных участков в колесе следует считать места перехода от поверхности катания к гребню. Обусловлено указанное положение условиями циклического температурно-силового воздействия на металл при торможении подвижно состава, когда температура разогрева может достигать в среднем 700...750 °С [1]. В этом случае градиент температур по сечению обода вместе со сложной формой изделия, особенно для области перехода от поверхности катания к гребню, способствуют росту термических трещин [2].

Целью работы явилась попытка объяснения причин вызывающих формирование термических трещин в железнодорожных колесах и бандажах.

Материалом для исследования служил разрушенный при эксплуатации локомотивный бандаж, изготовленный из стали марки 2 по ГОСТ 398. Микроструктурные исследования проводили с использованием светового микроскопа Еріquant. Структурную неоднородность металла оценивали по данным анализа макроструктуры и количественным характеристикам микроструктуры. Механические свойства определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 398.

Анализ внутреннего строения и уровень механических свойств металла бандажа после разрушения показал, что он соответствует тре-

бованиям ГОСТ 398, предъявляемым к изделиям до эксплуатации. Более того, проведенные дополнительные микроструктурные исследования металла вблизи очага зарождения усталостной трещины не выявили дефектов металлургического происхождения, которые можно классифицировать как способствующие формированию трещины (рис. 1). На основании этого, в первом приближении можно полагать, что причина вызвавшая начало развития процесса разрушения не связана с качеством металла бандажа и может быть обусловлена иными факторами.

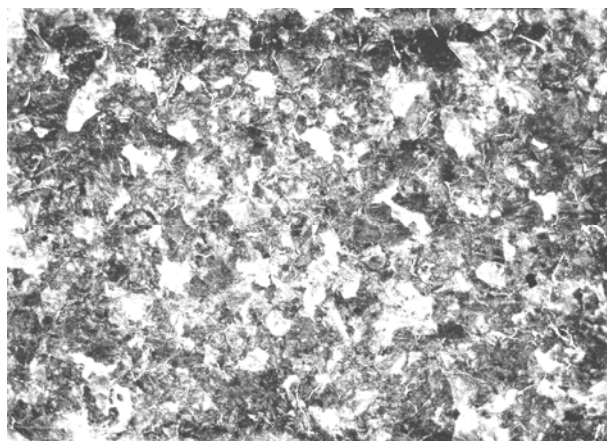


Рис. 1. Микроструктура стали в области зарождения усталостной трещины (увеличение 100)

Первый из них – это формирование термических усталостных трещин, имеющих место от циклической смены этапов торможения и растормаживания подвижного состава. Действительно, как показали исследования на поверхности катания и в местах перехода к гребню, была выявлена сетка поперечно ориентированных, относительно направления катания, трещин различной дисперсности (рис. 2).

Их ориентация относительно результирующих напряжений при эксплуатации бандажа и характерный внешний вид позволяют классифицировать как трещины термического происхождения.

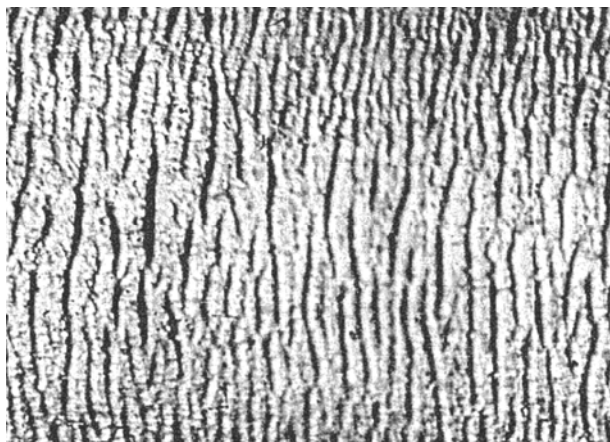


Рис. 2. Внешний вид трещин обнаруженных на поверхности катания бандажа (увеличение 12)

Подтверждают приведенное положение данные структурных исследований из которых следует, что по мере продвижения по поверхности катания от наиболее интенсивно нагруженных участков, размерный фактор трещины (ширина и глубина) растет. Обусловлено это несколькими причинами. Одна из них – при интенсивном торможении, как показано [1], температура в слое металла 1...1,5 мм от поверхности катания, может достаточно быстро достигать уровня 700...750 °С. В этом случае уровень внутренних напряжений может определяться различием коэффициентов температурного расширения цементита и феррита. На основании этого местами повышенного уровня внутренних напряжений следует считать межфазные границы, а величина концентрации напряжений должна быть связана с протяженностью указанных границ.

В месте с этим, в приповерхностном объеме металла под действием довольно высоких удельных напряжений в месте контакта бандаж-рельс, с достаточно высокой скоростью неизбежно должны развиваться процессы, изменяющие внутреннее строение металла. В этом случае одним из источников возникновения внутренних напряжений, кроме как от межфазного взаимодействия, может быть неоднородность распределения деформации как по поверхности катания, так и вглубь металла. Кроме этого, указанное влияние будет дополнительно усиливаться за счет циклической смены этапов нагрева и охлаждения, стимулируя развитие динамических полигонизации или

даже рекристаллизации. Учитывая, что с ростом степени пластической деформации, при неизменной температуре нагрева, вплоть до температуры начала рекристаллизации, процессы релаксации внутренних напряжений ускоряются и протекают в большей мере [3], можно ожидать снижения размерного фактора термических трещин. Действительно, как показали исследования, на участках поверхности катания с повышенной суммарной деформацией, наблюдается формирование термических трещин с минимальным (по сравнению с другими участками) размерным фактором.

Снижение интенсивности нагружения бандажа сопровождается неизменным понижением роли пластической деформации, стимулирующей развитие релаксационных процессов при разогреве металла на этапах торможения подвижного состава. При этом как показано в [4], перераспределение дислокаций приводит к формированию полигональных субграниц, которые тормозят протекание релаксационных процессов должно рассматриваться как свидетельство увеличения размерного фактора формируемых трещин.

Наиболее благоприятные условия, с точки зрения зарождения трещин, можно ожидать в месте перехода от поверхности катания к гребню. Обусловлено приведенное положение тем фактом, что температура и цикличность разогрева металла в указанных местах практически не отличаются от объемов на поверхности катания. При этом, в случае низких уровней действующих напряжений, когда износ гребня незначителен, трещины могут достигать существенных размеров (см. рис. 2). По мере продвижения дальше по гребню бандажа к его вершине, уменьшение объема металла и развитая поверхность способствуют снижению температур разогрева. В этом случае вероятность формирования термических трещин критического размера значительно снижается.

На основании анализа полученных результатов можно полагать, что затрудненность развития релаксационных процессов в местах перехода от гребня к поверхности катания является основной причиной формирования дефекта, который в дальнейшем инициирует процесс разрушения бандажа.

Другим фактором, который дополнительно способен инициировать развитие разрушения бандажа – это уровень остаточных растягивающих напряжений, возникающих в процессе посадки бандажа на колесный центр. При этом уровень остаточных растягивающих напряже-

ний в бандаже может изменяться в достаточно широком интервале [5], что в свою очередь определяется соотношением между диаметрами: внешнего для колесного центра и внутреннего для бандажа. При достижении относительно высоких внутренних напряжений после посадки бандажа на колесный центр, получаем дополнительный стимул, который совместно с процессами формирования термических трещин ускоряет разрушение металла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стародубов К. Ф. Влияние термической обработки на прочность железнодорожных колес. Вопросы производства цельнокатаных колес / К. Ф. Стародубов, В. Я. Савенков. – М.: Металлургия, 1969. С. 71-77.

2. Перков О. Н. Структурные изменения в металле железнодорожных колес при формировании термических трещин / О. Н. Перков, И. А. Вакуленко, Г. В. Рейдемейстр. – *Залізн. трансп. України*, 2006. № 1. С. 44-45.
3. Бабич В. К. еформационное старение стали / В. К. Бабич, Ю. П. Гуль, И. Е. Долженков. – М.: Металлургия, 1972. 320 с.
4. Вакуленко И. . Структура и свойства углеродистой стали при знакопеременном деформировании. – Д.: Gaudeamus, 2003. – 94 с.
5. Инструкция по формированию и содержанию колесных пар тягового подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм. – М.: Транспорт, 1998.

Поступила в редакцию 15.01.2008.