

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ БЕССТЫКОВОГО РЕЛЬСОВОГО ПУТИ

Голомбецкий С. С.,

Научные руководители канд. техн. наук, доцент Демченко А. И., канд. техн. наук, профессор Токмин А. М.

Сибирский федеральный университет

В начале XIX века, в связи с увеличением грузоперевозок в нашей стране, нагрузка на железную дорогу увеличивалась, что привело к необходимости улучшать качество и удешевлять изготовление и эксплуатацию рельсового пути. Решение было принято в пользу использования бесстыкового пути.

Бесстыковой путь представляет из себя сварную плетть длиной 800 и более метров из стандартных рельсов длиной 25м.

В связи с высокими напряжениями в сварных стыках из-за температурных напряжений и динамических нагрузок от подвижного состава, к сварным стыкам предъявляются высокие прочностные требования. Но наряду с твердостью, сварной стык должен обладать достаточной надежностью, во избежание хрупкого разрушения при динамической нагрузке.

В нашей стране использовались три основных вида получения сварного соединения рельса: алюмотермитная, ручная дуговая и контактная стыковая сварка. Но при дальнейшем анализе производства бесстыкового пути большее распространение получил контактный способ сварки. Однако этот способ, несмотря на очевидные преимущества, имеет свои особенности, иногда приводящие к разрушениям.

Один из таких видов разрушения произошел на Красноярской железной дороге. Разрушение произошло в перпендикулярном направлении на расстоянии 110–120 мм от сварного стыка (рис. 1).

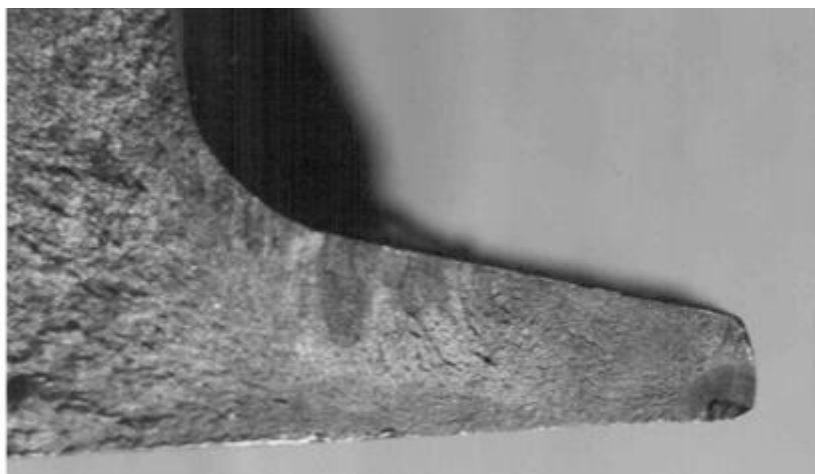


Рисунок 1 – Общий вид поверхности разрушения, х 1

Поверхность разрушения находится в хорошем состоянии и на ней отчетливо можно наблюдать две зоны. Первая зона (правая нижняя часть подошвы рельса) представляет очаг зарождения трещины и область усталостного разрушения (рис. 1, 2), вторая зона, занимающая основную часть поверхности разрушения – зона долома.

Для определения причин разрушения необходимо выполнение комплексного исследования. Прежде всего, требовалось определить соответствие химического состава и некоторых свойств рельса. Химический состав по нормируемым элементам

полностью соответствует требованиям ГОСТа 24182–80. Твердость подошвы рельса составляет НВ 321, что так же соответствует требованиям ГОСТа 24182–80 (табл. 1).

Таблица 1 – Химический состав и твердость рельса

Наименование	С	Mn	S	P	Si	Cr	Ni	Твердость НВ
Фрагмент	0,76	0,83	0,025	0,017	0,28	0,05	0,05	321
ГОСТ 24182–80	0,71–0,82	0,75–1,05	Не более 0.045 0.035		0,18–0,40	-	-	311...401

Для определения причин разрушения необходимо установить природу возникновения очага зарождения трещины. Очаг зарождения трещин четко виден на фрактограмме (рис. 2).

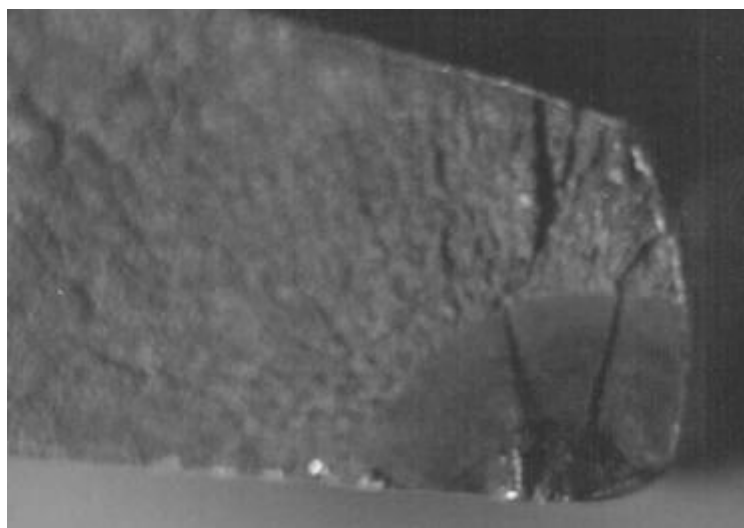


Рисунок 2 – Поверхность разрушения вблизи очага зарождения трещины, х 5

В данном случае наличие дефекта послужило причиной образования трех очагов зарождения трещины. На начальной стадии разрушения (под разрушением следует понимать весь процесс, происходящий от момента образования трещин до полного разделения рельса на две части) эти трещины развивались самостоятельно, но т. к. они находятся на небольшом расстоянии, произошло их быстрое слияние в одну (рис. 2). Продвижение таких трещин носит циклический характер, связанный с условиями нагружения. Известно, что при расстоянии между вершинами трещины меньше их длины, происходит разрыв перемычек и скачкообразно увеличивается длина магистральной трещины. Упругое поле такой трещины так же становится больше по размерам. В данном случае трещины в очагах зарождения расположены не на одной линии, поэтому наблюдается характерные ступеньки (рис. 2). Постепенно по мере роста трещины, происходит уменьшение высоты ступенек и магистральная трещина усталости выходит в одну плоскость. При выходе трещины в одну плоскость она достигает критических размеров и дальнейшее ее распространение протекает практически мгновенно. Это соответствует стадии долома.

Анализ очага разрушения указывает на наличие достаточно большого дефекта (рис. 2). Для установления природы образования такого дефекта было выполнено ряд исследований. Твердость в локальной зоне дефекта подошвы рельса, которая определялась на микротвердомере, оказалась значительно выше НВ (420–543) по сравнению с НВ (228–254) у основного металла.

Металлографические исследования, выполненные на оптическом микроскопе, позволили обнаружить наличие крупных межзеренных дефектов. Эти дефекты имеют вид ломанных светлых линий (рис. 3), кроме того, выявлена неоднородность

структуры. Дефектная область имеет высокодисперсную структуру, соответствующую трооститу, по мере удаления видна переходная область а далее основная структура стали, представляющая собой сорбит. (рис. 4) Значительный интерес представляет различная травимость стали, большей травимостью обладает зона с повышенной твердостью, что несомненно свидетельствует о различном структурном состоянии в различных участках.

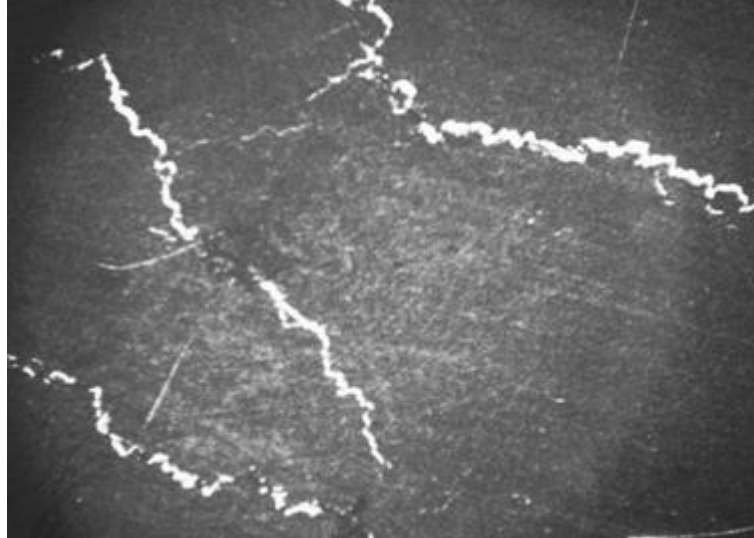


Рисунок 3 – Микроструктура дефектной зоны со стороны подошвы рельсы, x 100

Такие изменения структуры и свойств стали в локальной области свидетельствуют о ее термическом происхождении.

Разрушение, как было указано ранее, произошло на расстоянии 110–120 мм от сварного стыка, т. е. на расстоянии, соответствующему установочной длине зажимов. Это указывает на то, что в процессе сварки между электродом сварочной машины и подошвой рельсы произошел локальный нагрев до температур, превышающих фазовые превращения в стали, т. е. образуется поджог (температура фазовых превращений в данной стали составляет примерно 730 °С). Такой нагрев возможен из-за высокой плотности тока, которая обусловлена неплотным контактом между электродом и подошвой рельсы. Кроме того, может произойти местное подплавление и образование «блуждающей» электрической дуги. Дуга, в свою очередь, может вызвать локальное расплавление стали и электрода. В результате концентрированного термического удара могут образоваться микротрещины и в первую очередь по границам зерен, что и наблюдается в представленном случае (рис. 3).

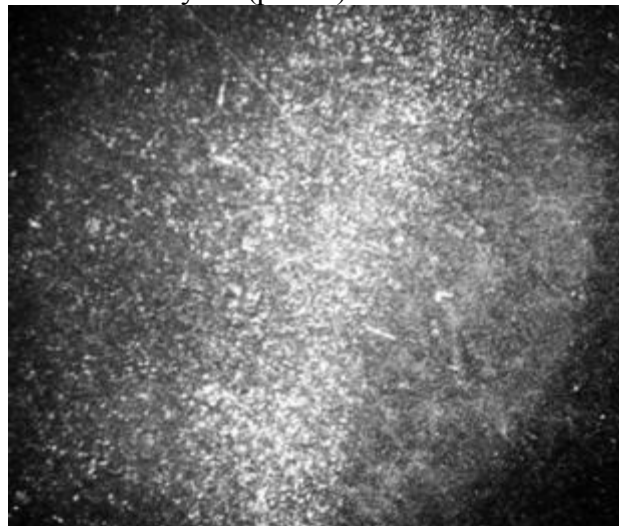


Рисунок 4 – Неоднородная микроструктура стали в области очага зарождения трещины, $\times 100$

Наличие таких дефектов в значительной степени облегчает образование усталостных трещин. Поскольку пластичность дефектной области понижена, это подтверждает высокая твердость, то трещина достаточно легко продвигается и растет до критических размеров. Важно отметить, что трещиностойкость стали из которой изготовлены рельсы также невелика. После достижения трещиной критических размеров произошел окончательный долом рельсы.

Выводы: 1. Разрушение рельсы произошло в результате развития процессов усталости.

2. Зона усталости имеет небольшие размеры (около 50 мм^2).

3. Очагом зарождения трещины явился поджог, который возник в результате стыковой сварки рельсов.

Рекомендации

Для предотвращения подобных дефектов необходимо принимать следующие меры:

- Улучшить контроль качества зачистки поверхностей рельсов контактирующих с токоведущими электродами перед сваркой.
- После каждой операции сварки производить очистку сварочной машины от металлической пыли и грата.
- После каждой операции сварки проверять состояние токоведущих электродов (зажимных губок).