

ВЛИЯНИЕ НАПЛАВКИ НА ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ ОСИ КОЛЁСНОЙ ПАРЫ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА

В.Я. Огневой, В.М. Щербинин, Г.В. Матохин

Рассмотрены особенности разрушения наплавленного среднеуглеродистого изделия в процессе эксплуатации и методика изучения разрушения

Ключевые слова: наплавка, разрушение, излом, строение, структура, химсостав.

Для изготовления осей колесных пар тележек грузовых вагонов используется углеродистая сталь ОС (ГОСТ 4728-96) с содержанием углерода 0,42-0,50 % по массе. Заготовка оси поступает на вагоностроительное предприятие в кованом виде с последующей нормализацией, либо нормализацией и высоким отпуском.

На вагоностроительном предприятии заготовку подвергают обтачиванию по копиру для получения необходимого профиля с последующей накаткой роликами для повышения усталостной выносливости за счет создания на поверхности наклепанного слоя и, соответственно, благоприятных напряжений сжатия. Никакой наплавки поверхности не допускается.

После изготовления ось подвергается дефектоскопии на наличие дефектов и в последующем производится прессовая посадка колес и установка в тележку. По нормативам гарантийный срок работы тележки составляет 200 тысяч километров пробега.

Однако произошел единичный случай схода грузового вагона производства ОАО «Алтайвагон» по причине разрушения оси колесной пары (рисунок 1), причем разрушение произошло после первой полной загрузки вагона. Общий пробег составил менее 10000 километров

Анализ причин разрушения оси на первом этапе производился авторами по фотографиям излома и отдельных его участков, так как согласно нормативам натурная экспертиза проводилась независимыми организациями, одной из которых являлось ООО «Микроакустика» (г. Екатеринбург).

Изучение поверхности излома (рисунок 2) позволило отметить три основных участка излома: на поверхности блестящий слой, чем-то похожий на литой металл со столбчатой структурой; под этим слоем наличие полукруглых трещин с окисленной поверхно-

стью; в середине ярко выраженная усталостная трещина с зоной долома и несколько системно ориентированных вмятин, которые идентифицированы как вмятины от ударов полуосей друг о друга уже после окончательного разрушения.



Рисунок 1 – Вид разрушенной оси



Рисунок 2 – Поверхность излома

Следует обратить внимание на несколько особенностей поверхности излома:

- столбчатость поверхностного слоя направлена вдоль радиуса оси;
- для кольцевого поверхностного слоя характерно наличие в ряде мест отслоений;
- окисленная поверхность полукруглых трещин имеет коричнево-красный цвет (цвет побежалости), что свидетельствует о нагреве поверхности трещин до температуры примерно 260 °С;
- создаётся впечатление, что усталостные бороздки распространяются от долома, хотя расстояние между ними увеличивается по направлению к долому. Отсюда: усталостная трещина движется от периферии к долому.

При более тщательном изучении отмечено наличие кольцевых канавок под поверхностным слоем, похожих на следы от резца при механической обработке (рисунок 3), а также, опять же под поверхностным слоем, наличие темных включений (возможно шлака) (рисунок 4)



Рисунок 3 – Участок излома с кольцевыми канавками



Рисунок 4 – Участок излома с темными включениями

Макрофрактография по снимкам изломов дала возможность авторам предположить, что поверхностный слой со столбчатой макроструктурой и характерными участками отслоения может быть наплавленным. Химический анализ участков натурального фрагмента разрушенной оси, проведенный в ООО “Микроакустика” (независимая экспертная органи-

зация из г. Екатеринбурга) (таблица 1) подтвердил предположение авторов.

Если учесть, что электродная проволока содержит углерода до 0,1 %, то становится ясно, что поверхностный слой сформировался из сплавления металла электрода с основным металлом. Отсюда и содержание углерода в нем колеблется от 0,15 % в месте несплавления до 0,185 % в месте сплавления.

Таблица 1 - Химический состав в различных участках излома

Участки	Содержание элементов, %		
	C	Mn	Si
Основной металл	0,47	0,84	0,23
Место сплавления с основным металлом	0,185	0,35	0,14
Место несплавления с основным металлом	0,15	0,59	0,23

Наплавленность подтвердила и макроструктура темплета, вырезанного в осевом направлении перпендикулярно поверхности излома (рисунок 5).

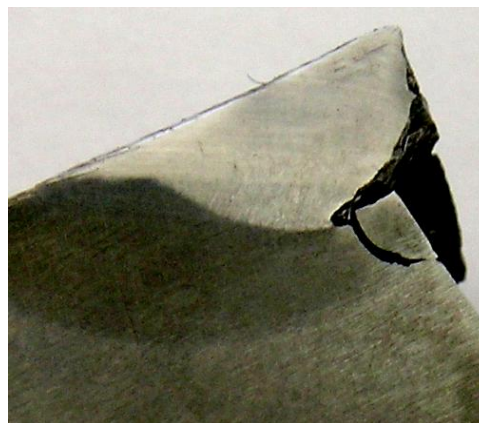
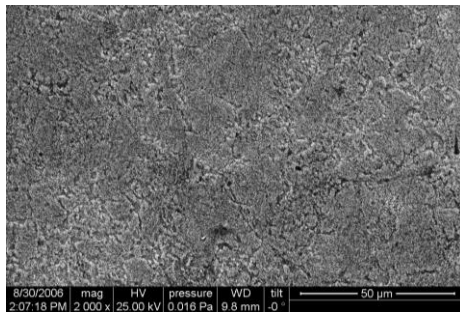


Рисунок 5 – Макроструктура темплета

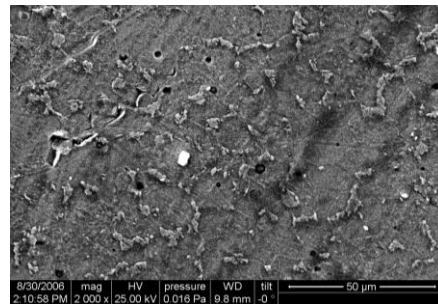
На рисунке различаются три зоны: светлая (слаботравящаяся малоуглеродистая) с отчетливо различающимися столбчатыми кристаллами, характерными для металла сварного шва; более темная, по травлению характерная для среднеуглеродистых сталей; наиболее темная, характерная для зоны термического влияния при сварке.

Структура основного и наплавленного металла, исследованная на сканирующем электронном микроскопе (рисунок 6), показывает, что основной металл отличается от наплавленного большей чистотой по шлаковым включениям.

ВЛИЯНИЕ НАПЛАВКИ НА ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ ОСИ КОЛЁСНОЙ ПАРЫ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА



а)



б)

Рисунок 6 – Микроструктура металла:

а) основного (характерная для кованого); б) наплавленного (характерного для литого).
Чёрные точки – неметаллические шлаковые включения

Отдельные шлаковые включения в наплавленном металле и их химический состав показаны на рисунке 7 и в таблице 2.

Наличие сварного шва легко объясняет проявление на поверхности излома под кольцевой зоной ряда полукруглых трещин с окисленной поверхностью (рисунок 2). Это ничто иное, как горячие трещины, возникшие в основном металле непосредственно после сварки.

Полукруглые трещины, возникшие практически по всей окружности в процессе эксплуатации оси начали двигаться, объединились в одну кольцевую, которая в последующем начала двигаться по усталостному механизму и в определённый момент привела к долому.

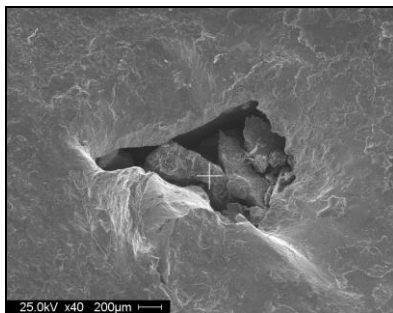


Рисунок 7 – Шлаковое включение в наплавленном металле

Тщательное расследование на предприятии показало, что при обтачивании оси по профилю произошел сбой и резец врезался в поверхность оси. Для исправления брака была сделана попытка заварить канавку без учета того, что металл с углеродным потенциалом 0,5 % не сваривается обычными способами.

Таблица 2 - Химический состав шлакового включения наплавленного металла

Содержание элементов, %								
C	O	Mg	Si	K	Ca	Ti	Mn	Fe
36.4	10.7	0.8	2.8	0.6	3.1	8.5	6.6	30.5

Выводы

1. Фрактография и дополнительные исследования позволили установить причину разрушения и его последовательность. В процессе сварки возникли участки несплавления шва с более высокоуглеродистым металлом, в которых остались следы токарного резца, а некоторые были заполнены шлаком.

2. В процессе нагрева основного металла в нем возникли ряд полукруглых горячих трещин, которые и явились инициаторами последующего разрушения. Металл оси сопротивлялся развитию трещин, откуда и небольшой участок усталостного разрушения.

3. В комплексе процесс разрушения наплавленной оси представляет собой малоцикловую усталость с развитием инициированных в процессе изготовления трещин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Огневой В.Я. Фрактография. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2000. – 208 с.
2. Шанаурин А.М., Комлев Д.Г. Заключение о причинах разрушения оси № 32673. – Екатеринбург, 2006.

Огневой В.Я., к.т.н., профессор каф МТМО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: mitom@mail.altstu.ru тел. (3852)290-963

Щербинин В.М., пом. главного инженера ОАО «Алтайвагон», тел. (38532) 36-094,

Матюхин Г.В., д.т.н., проф., ФГБОУ ВПО «Дальневосточный государственный технический университет», тел. 8(423)260-42-10, e-mail: torgac@mail.ru.