УДК 621.74.019:621.747.58

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ

Г.А. Околович, А.В. Габец, Е.О. Чертовских

Разработаны режимы регулируемой термообработки, обеспечивающие повышение эксплуатационной надежности крупных железнодорожных деталей тележки грузового вагона. Проанализированы особенности формирования дисперсной феррито-перлитной структуры под воздействием низких скоростей охлаждения. Проведены исследования влияния особенностей термообработки на ударную вязкость при отрицательных температурах.

Ключевые слова: низкоуглеродистая сталь, ударная вязкость, феррито-перлитная структура, усталостная прочность.

Боковые рамы и надрессорные балки являются несущими элементами тележек грузовых вагонов. Они работают в условиях повышенных циклических нагрузок и степень их эксплуатационной надежности во многом определяет уровень безопасности движения, величину межремонтных пробегов, экономические показатели транспортных процессов.

Существующая нормативная база изготовления надрессорных балок и боковых рам не отвечает современным требованиям к уровню эксплуатационной надежности деталей. Детали изготавливаются из сталей 20ГФЛ, 20ГЛ, 20ГТЛ массой по 500 кг.

Действующий отраслевой стандарт ОСТ 32.183-2001 и ТТЦВ-31-695-2006 ориентирован только на детали тележки модели 18-100, которая, прослужив несколько десятков лет, исчерпала свой ресурс.

В настоящее время существует свыше 20 различных конструкций тележек грузовых вагонов, поэтому возникла острая необходимость в универсализации стандарта, регламентирующего требования к качеству боковых рам и надрессорных балок. В результате разработан единый нормативный регламент изготовления и приёмки продукции в странах СНГ (Грузии, Балтии) являясь межгосударственным стандартом. С 1 июля 2014 года вводится в действие межгосударственный стандарт ГОСТ 32400-2013 «Рама боковая и балка надрессорная литые тележек железнодорожных грузовых вагонов. Технические условия». В разделе механических свойств установлены требования, обязывающие детали рамы и балки термообрабатывать – нормализация или нормализация с отжигом I рода, что предусматривает повышение уровня хладостойкости стали в части ударной вязкость KCV^{-60}. Показатель ударной вязкости вводится как обязательный (браковочный) с повышением его величины с 1,7 до 2,0 КДж/ м^2 (к 01.01.2016г.). Для получения требуемого значения ударной вязкости KCV^{-60} проектом стандарта вводится обязательная продувка жидкого металла инертным газом. Это дает возможность повысить его чистоту по неметаллическим включениям.

Для многих металлов при определенных температурах изменяется механизм разрушения. Температурный интервал изменения характера разрушения называют порогом хладноломкости. Положение порога хладноломкости зависит от многих факторов:

1) структуры и размера зерна (измельчение зерна понижает порог хладноломкости);
2) состава металла (вредное влияние имеют многое загрязняющие металл примеси);
3) скорость деформации (увеличение скорости деформации повышает порог хладноломкости);
4) размер детали (большее сечение имеет выше порог хладноломкости).

Таким образом вид разрушения изделия зависит от химического состава металла, его структурного состояния, условий нагружений и температуры эксплуатации.

Относительно формы трещины следует отметить, что надрез (концентратор) не влияет на порог хладноломкости. Это обстоятельство объясняется тем, что на дне надреза возникает вначале трещина и вне зависимости от исходного концентратора напряжения состояние в устье трещины становится одинаковым (хотя оно было существенно разным до возникновения трещины).[1]. Таким образом, надежным конструкционным материалом является такой, в котором работа распространения трещины не равна нулю. Т.е. запас вязкости не может быть равным нулю, так как возможно появление в процессе эксплуатации ухудшающих вязкость (повышающие порог хладноломкости) обстоятельств, а это приведет к охрупчиванию материала. В соот-

ветствии с этим, положение порога хладноломкости характеризует сопротивление хрупкому разрушению.

Чем ниже положение порога, тем более надёжен материал, так как охрупчивающие факторы могут ещё и не привести его в состояние, склонное к хрупкому разрушению. Таким образом, выше порога хладноломкости материал тоже может быть ненадёжным, если мало абсолютное значение работы распространение трещины (a_p). Поэтому надо стремиться к повышению этой величины, характеризующей сопротивление вязкому разрушению.

Работу распространения трещины получают испытанием (по Я.Б. Фридману и Б.А. Дроздовскому) ударных образцов с заранее нанесенным надрезом с радиусом R=0,25 мм. Поэтому при массовых приёмо-сдаточных испытаниях (для установления степени надёжности материала) проводят испытание на одном типе образца, при одной, реже двух температурах [1]. При этом определяют, проходит ли по кондиции материал. Например, (в нашем случае) норма по техническим условиям KCV^{-60} = 20 КДж/м^2. Это значит, что ударная вязкость при -60°С более 20 КДж/м^2 - материал годен, а менее 20 КДж/м^2 – не годен.

При термообработке на предприятии детали крупного литья массой по 500 кг имеют низкую скорость охлаждения 7 ^{o}С/мин (рис.1, 2), что приводит к образованию критичного зерна не более 7÷8 балла и низким значением ударной вязкости зачастую не более нормативных требований 16,7 Дж/см^2.

Определение сопротивления хрупкому разрушению проводили на KCV^{-60} тип I ГОСТ 9454 для выявления в дальнейшем порога хладноломкости. Другими словами, при построении серийной кривой важно изменение вида излома (содержание вязкой составляющей, %). Известно, что вязкость низкоуглеродистых низколегированных сталей при отрицательных температурах резко снижается. Повышение порога хладноломкости достигается легированием никелем.

При охлаждении по режиму T=940 ^{o}С, t=30 мин, V=6 ^{o}С/сек, (рис.3, а) высокая скорость охлаждения приводит, по-видимому, к формированию участков структуры верхнего бейнита, снижающего ударную вязкость до 12,5 Дж/см^2. Отметим, что при снижение температуры нормализации до 860 ^{o}С (рис.3, а) высокая скорость охлаждения 7 ^{o}С/сек приводит к уменьшению доли фрагментов верхнего бейнита, что повышает ударную вязкость до 23,6 Дж/см^2. Можно полагать, одной из причин этого вероятно является более мелкозернистая структура исходного аустенита, которая, как известно, затрудняет промежуточное превращение, способствуя образованию перлита [3].

На рис.3 представлена тенденция увеличения уровня ударной вязкости при понижении температуры нагрева и увеличении времени выдержки. Таким образом высокие температуры нормализации при длительной выдержке отрицательно влияют на ударную вязкость. При снижении температуры нормализации до 860 ^{o}С (рис.6, г), необходимо увеличение времени выдержки до 60 мин и применение охлаждения со скоростью 3,5^{o}С/сек.

Появление дополнительной фазы в виде верхнего бейнита в феррито-перлитной структуре приводит к возникновению внутренних напряжений 2 рода связанных с воздействием на поверхность при термообработке. К таким напряжениям относят напряжения нарушающие равновесную систему, локализующихся в пределах одного или нескольких кристаллических зерен. В результате приложение нагрузки к материалу не проходит бесследно, напряжения под действием нагрузки постепенно накапливаются и изменяют физико-механические свойства материала. При этом происходит сложение внешних растягивающих напряжений с внутренними того же знака, что приводит к разрушению материала при небольших напряжениях. Из практики отмечены противоречивые случаи при усталостных испытаниях. По установленной теории о усталостных разрушениях [4] следует, что напряжения больше выносливости материала приводят к формированию в верхних слоях усталостных микротрещин. Трещины активно развиваются во время работы механизма и приводят к разрушению. В испытательном центре установлено, что рамы боковые зачастую выдерживают на 10-15% больнее количество циклов при больших нагрузках, нежели при меньших (нагрузки изменяются от 45-90 т, с частотой 5 Гц испытание продолжается до 10 млн. циклов) в следствии наклепа.

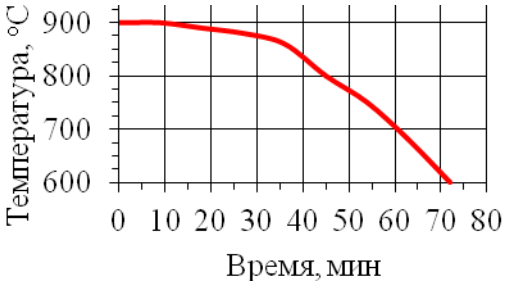


Рис.1. Кривая охлаждения детали «Рамы боковой» после нормализации по режиму 940°С, время выдержки 3 час

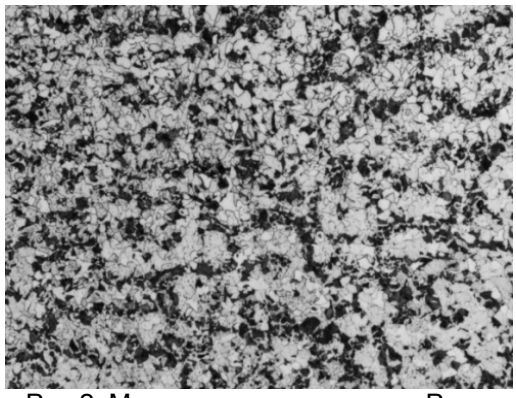
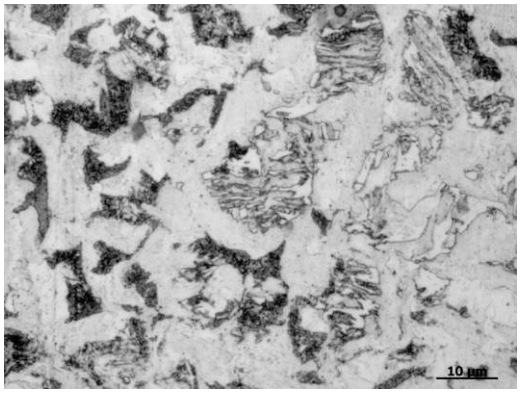
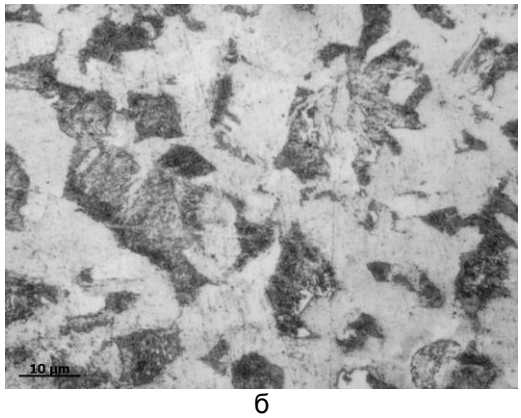


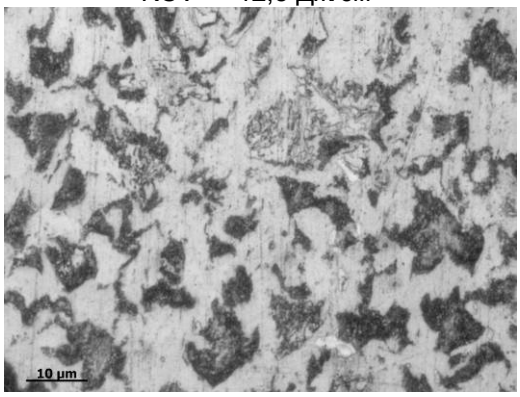
Рис.2. Микроструктура детали «Рама боковая» после нормализации в проходной печи(KCV^{-60}: 5,1÷10 Дж/см^2), Х100



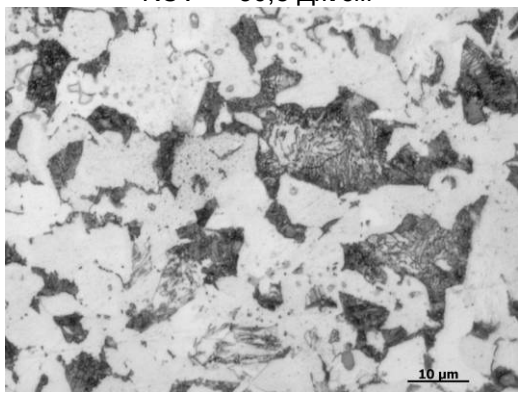
а
Т=940 °С, t=30 мин, V=6 °С/сек, KCV^{-60}=12,5 Дж/см^2



б
Т=940 °С, t=30 мин, V=4,5 °С/сек, KCV^{-60}=30,8 Дж/см^2



в
Т=860 °С, t=60 мин, V=7 °С/сек, KCV^{-60}=23,6 Дж/см^2



г
Т=860 °С, t=60 мин, V=3,5 °С/сек, KCV^{-60}=38,5 Дж/см^2

Рис.3. Микроструктура стали 20ГФЛ после управляемого охлаждения, Х1000

ВЫВОДЫ

1. Нормализация массивных деталей при перегреве 50 ºС выше Ас3 и увеличенном времени выдержки приводит к росту аустенитных зерен, что в свою очередь снижает усталостную прочность материала, в особенности при пониженных температурах, когда продукты фазового превращения имеют грубую угловатую форму перлита, выраженную в виде ячеистого перлита.

2. Доказано, что увеличение скорости охлаждения до 6…7°С/сек, при высоких температурах нормализации (940 ^{o}С) формирует верхний бейнит, а при граничных (860 ^{o}С) наоборот область промежуточных превращений обеспечивает формирования ферритоперлитной структуры с включениями нижнего бейнита, повышающего ударную вязкость.

3. Время выдержки деталей в печи при граничных температурах нормализации следует увеличивать, и применять скорости охлаждения 3оС/сек, что обеспечивает ударную вязкость KCV^{-60} =38,5 Дж/см^2.

4. Для низкоуглеродистых сталей рекомендовано применять средний отпуск 600 ^{o}С с выдержкой не менее 1 часа, применение высокого отпуска 680 ^{o}С при таком же времени выдержки приведет к охрупчиванию стали, в результате формирования перьевидного мартенсита отпуска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуляев А.П. Металловедение, М: Металлургия, 1986 г., 540 с.
2. Адаскин А.М. Материаловедение в машиностроении / М.:Юрайт, 2012, 535 с.
3. Владимиров В.И. Физическая природа разрушения металлов . М.: Металлургия, 1984, 280 с.
4. Книга дом Основы работоспособности техники

Околович Г.А. *– д.т.н., профессор, Алтайский государственный технический университет.*

Габец А.В. *– к.т.н., директор по развитию, руководитель НИС ООО «Алтайский сталелитейный завод».*

Чертовских Е.О. *– аспирант кафедры МТиО, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова.*