

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Морозовой Анны Николаевны «Исследование параметров вязкости сталей типа 06Г2Б с ультрадисперсной феррито-бейнитно/мартенситной структурой», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Выполненная работа представляет собой академичное, прецизионное и скрупулёзное исследование процессов зарождения, распространения трещин, формирующихся при испытаниях ударной вязкости KCV группы микролегированных трубных сталей, изготовленных по технологии безрекристаллизационной прокатки.

В литературном обзоре очень подробно описаны виды разрушений, классификация трещин (упругие, дислокационные, поры), рассмотрены механизмы зарождения трещин, их расщепление и слияние.

Далее рассмотрены особенности вязкого излома с его многочисленными особенностями, например, деформационное упрочнение, области формирования пластического деформирования при ударном разрушении, которые определяются мобильностью дислокаций, чистотой границ зерен, дисперсностью карбонитридов и др.

В этом же разделе рассмотрены методы оценки вязкости разрушения, дана связь разных участков диаграмм ударного разрушения с этапами зарождения и распространения трещин (рис. 1.15), показано распределение упругой и пластической деформации, а также твердости в разных зонах испытуемых образцов (рис. 1.16, 1.17) и многое другое.

Следует отметить, что в литературном обзоре (см. разделы 1.1 - 1.4) не встречаются критические суждения со стороны диссертанта.

Одной из задач исследования является «отыскание научно-обоснованных критериев и способов оценки трещиностойкости высоковязких сталей».

В разделе «Материалы и методы исследования» (см. таблица 2.1) представлен химический состав трубных сталей промышленного производства, при этом первые четыре состава есть одна марка стали. Сталь 32Г2Р должна содержать бор (буква Р), но его нет в этой стали, другие стали фактически содержат бор, но в маркировке нет должной буквы «Р».

В этом разделе подробно описана методика механических испытаний образцов, вырезанных из листа или трубных заготовок, приведены схемы

разрезки образцов после их испытаний на копре INSTRON CEAST 9350, кроме того использовался фрактографический анализ изломов и измерения микротвердости в сечениях испытанных образцов.

В третьей главе диссертации подробно рассмотрено изменение геометрический размеров образцов Шарпи высоковязких сталей в результате испытаний, особенности пластической деформации и упрочнения, в том числе в приповерхностных участках изломов.

Здесь показано, как с понижением температуры испытания уменьшается как площадь, так и степень деформации, обусловленные утяжкой (рис. 3.3, стр. 56); изменение доли вязкого (L_C) и волокнистого (L_B) изломов с понижением температуры испытания.

Установлена зависимость степени деформации и твердости в разных зонах образца, построены соответствующие корреляционные уравнения (рис. 3.12; уравнения 3.1, 3.2, 3.3 на стр. 64). Выводы по данной главе (1-4) корректны, но для данного класса сталей вполне ожидаемы, а из вывода 5 (стр. 81) об «обнаружении пластического шарнира между очаговыми трещинами» вполне можно извлечь дополнительную информацию.

В четвертой главе рассмотрены энергосиловые параметры вязкости на основе, в частности, построения, обработки и анализа диаграмм ударного разрушения образцов испытанных при температурах от +20 до -80 °С. Эти диаграммы очень сложны, особенно для вязкого состояния при +20 °С (рис. 4.1). На этих диаграммах выделены характерные точки (F_{max} , F_{2max} , F_{min}), характерные участки ($F_{bf} - F_a$), соответствующие углы наклона и др. Выполненный анализ позволил выделить участок диаграммы, коррелирующий с работой распространения магистральной трещины. При этом предложен критерий K_B для аттестации любых металлических материалов при наличии инструментальной базы, защищенных патентом РФ.

$K_B = W_B \cdot S_{bf}$, где W_B – работа разрушения на ниспадающем линейном участке кривой нагружения $F_{bf} - F_a$ (рис. 4.1 а). Полное уравнение

(4.1 и 4.2 на стр.87) записано: $K_B = \frac{1}{2} \cdot (F_{bf} + F_a) \cdot (S_a - S_{bf}) \cdot S_{bf}$. В этом

уравнении не все в полной мере ясно, а именно: следовало бы рассматривать не трапецию, а площадь треугольника, для этого величины F_{bf} и F_a не следует складывать, а вычитать из F_{bf} значение F_a , далее зачем умножать значение W_B на величину S_{bf} ? Что такое S_{bf} ?

Рисунок 4.3 (стр. 88) иллюстрирует хорошую корреляцию ударной вязкости KCV и критерия K_B ($R^2=0,93$), таким образом, для оценки качества трубного проката, например, достаточно оценить KCV, а если нужен

критерий K_B – определить его согласно корреляционному уравнению (рис. 4.3).

Далее на каждой стадии диаграммы разрушения определены зоны излома: вязкая, волокнистая, долома (рис. 4.5, уравнение 4.3 на стр. 91), определена энергоемкость каждой стадии разрушения (табл. 4.1, 4.2) при комнатной и пониженной температурах (рис. 4.5, табл. 4.3, 4.4).

В пятой главе диссертации скрупулезно и детально рассмотрено формирование трещин разного типа, начиная с источников – пор, формирующихся при прокатке вследствие «раскалывания крупных (3 мкм) ограненных частиц $Ti(Nb)C,N$ » (см. рис. 5.4), рассмотрена эволюция «расщеплений» (зарождение, развитие, слияние), влияние этих процессов на формировании показателей КСВ.

Фрактограммы микрорельефа зон изломов информативны и убедительны.

На рис. 5.25 представлены сериальные кривые ударной вязкости двух сталей (№1 и №2, табл. 2.1), которые незначительно различаются, по химическому составу, который соответствует марочному составу, а показатели КСВ различаются в интервале температур $-40\dots-60$ °С в 2 и более раз. Эта ситуация хорошо проанализирована с точки зрения особенностей трещинообразования, в частности, но не с точки зрения состава и технологии производства этих сталей, что в прикладном отношении было бы особенно интересно.

В целом выполненная диссертационная работа является *законченным научным исследованием*. Обращает на себя внимание *прецизионность* проведения экспериментов, *глубина анализа и обработки* полученных результатов.

Вместе с тем можно сделать замечания, поставить вопросы.

1. Предложенный критерий вязкости K_B не вполне понятен, а именно, почему параметры F_{bf} и F_a складываются (уравнение 4.2), из текста диссертации следует из F_{bf} вычитать величину F_a , зачем множить показатель W_B на некую величину S_{bf} .

2. Сериальные кривые ударной вязкости двух одностипных сталей (№1 и №2, табл. 2.1) различаются по значениям КСВ в интервале температур испытания $-40\dots-60$ °С более чем 2 раза. Почему?

3. В таблице 2.1 (стр. 46) не строго записана маркировка исследованных сталей, например, сталь №5 не содержит бор, а в маркировке он есть, в других сталях бор есть, а в маркировке его нет.

Сделанные замечания не снижают общей *положительной оценки* работы в целом, ее *научная новизна несомненна*. *Актуальность и*

практическая значимость данного исследования заключается в том, что результаты могут быть реализованы, в первую очередь, в научных исследованиях, например, при совершенствовании марочного состава трубных сталей, режимов контролируемой прокатки и последующей термической обработки.

Выполненная диссертационная работа *соответствует всем требованиям п.9* Положения ВАК о присуждении ученых степеней, *хорошо опубликована* и автор ее, Морозова Анна Николаевна, *в полной мере заслуживает* присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – *Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.*

Автореферат по содержанию соответствует диссертации.

Потехин Борис Алексеевич,
профессор кафедры Технологии металлов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Уральский государственный лесотехнический университет
профессор, доктор технических наук

620100, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37

Тел.: (343) 262-96-38; 8-4

e-mail: general@usfeu.ru, pba-ur@yandex.ru

Подпись Потехин
заверил
Начальник
общего отдела Уетин
вед. документооборота



_____/Потехин Б.А./
"24" ноября 2016 г.
г. Екатеринбург