

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу  
Хотинова Владислава Альфредовича «Закономерности формирования  
пластичности и вязкости низко- и среднеуглеродистых сталей и  
разработка методов их оценки», представленную к защите на соискание  
ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.01 –  
Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

### Актуальность темы диссертации

При производстве изделий, особенно повышенной ответственности, перед конструкторами неизбежно возникает задача по выбору материала, обеспечивающего требования эксплуатационной надежности. Естественным их желанием является применение материала, обладающего одновременно высокой и прочностью, и вязкостью. Однако в большинстве случаев эти два свойства (прочность и пластичность) ведут себя как сообщающиеся сосуды: повышение одного из них неизбежно происходит за счет снижения другого. Поэтому для каждого конкретного случая условий эксплуатации приходится находить «золотую середину», что зачастую является очень непростой задачей, т.к. повышение прочностных свойств «неправильным» способом может в будущем привести к внезапному выходу изделия из строя.

В связи с вышеизложенным, диссертационная работа В.А. Хотинова, посвященная углублению знаний о достижении повышенных пластических свойств низко- и среднеуглеродистых сталей при необходимом уровне прочностных, безусловно, является актуальным исследованием.

### Научная новизна и практическая значимость результатов диссертации

В представленной диссертационной работе автором на основе собственного экспериментального материала получен ряд новых результатов, среди которых можно отметить:

- 1). Анализ вклада различных механизмов упрочнения низко- и среднеуглеродистых сталей в общую прочность, и оценка их влияния на потерю пластичности, что позволяет научно-обоснованно выбирать способы упрочняющих обработок для достижения заданного комплекса механических свойств;
- 2). Предложена новая классификация параметров текучести материалов на пластические, прочностные и градиентные по возможности их использования для оценки способности металла к пластической деформации и разрушению

- 3). С применением современного экспериментального инструментария обнаружено два типа формирования площадки текучести, первый из которых заключается в образовании и расширении единой полосы Чернова-Людерса и эстафетной активации каналов течения, что не оказывает негативного влияния на общую пластичность материала, а второй выражается в резкой локализации деформации в образце еще в период формирования площадке текучести, что негативно сказывается на общей пластичности
- 4). Научно обоснованы новые методы оценки вязко-пластических характеристик, особенно актуальных для конструкционных сталей, обладающим эффектом деформационного старения, по кривым растяжения, ударного изгиба и фрактографического изучения изломов образцов.

Практическая значимость результатов диссертации Д.А. заключается в том, что на их основе:

- 1). Предложены способы определения вязкости металлических материалов при испытаниях на ударный изгиб с записью диаграмм нагружения, позволяющие проводить аттестацию как конструкционных сталей обычной вязкости, так и высоковязких сталей;
- 2). Разработана методика, позволяющая проводить оценку вязкости разрушения на недоломанных образцах, часто встречающихся при ударных испытаниях высоковязких сталей;
- 3). Даны рекомендации по модернизации технологии производства горячекатаных труб в условиях ОАО «Синарский трубный завод» для гарантированного обеспечения им заданного уровня механических свойств для групп прочности Д, К, Е в широком диапазоне типоразмеров;
- 4). Сформулированы рекомендации по режимам термообработки, обеспечивающих минимизацию эффекта деформационного старения или его устранение.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и заключений, сформулированных в диссертации, подтверждается грамотностью постановки решаемых задач, корректным использованием базовых положений теории металловедения, а также большим объемом экспериментальных данных и сопоставлением полученных методами современного физического материаловедения результатов с результатами других авторов. Результаты работы соответствуют поставленным целям и задачам исследования. Большинство сформулированных в работе научных положений, выводов и рекомендаций имеют достаточное обоснование. Научные результаты диссертации, выносимые на защиту, получены лично автором.

Диссертационная работа отличается хорошим логическим построением написана грамотно и в хорошем стиле.

#### Замечания по работе

1. В диссертационной работе присутствует ряд опечаток или неточностей, например:
  - На стр. 79 первое предложение не согласовано;
  - На стр. 121 опечатка: написано «для сталей группы I –  $t_{xp} = - 55 \text{ }^\circ\text{C}$ », а должно быть: группы «II»;
  - На рис. 5.5 отсутствуют линии «1-2» и «3-4», которые упоминаются по тексту;
  - В таблице 3.2 приводятся данные для сталей № 1 и 4, тогда как по ходу рассуждений в этом разделе всюду фигурируют результаты микроструктурных исследований для стали № 2.
2. Основное замечание касается полного отсутствия в диссертационной работе методической информации и первичных экспериментальных данных, что не позволяет судить о корректности полученных результатов и промежуточных выводов. В частности, за исключением раздела 5.1, нигде не говорится о геометрии испытуемых образцов, скорости деформации, применения экстензометра, температуры испытания и т.п. Если вся эта информация изложена в публикациях, то хотя бы ее следовало выложить в Приложение. Например, в различных разделах диссертационной работы как один из основных обсуждаемых показателей используется отношение сосредоточенного относительного удлинения к равномерному. Однако абсолютное значение сосредоточенного удлинения является функцией площади сечения, а абсолютное значение равномерного удлинения – длины рабочей части образца, соответственно любые изменения в геометрии образца автоматически приведут к изменению значения используемого параметра. То же самое относится к соотношению относительных удлинений на трех введенных автором стадиях сосредоточенной деформации (табл. 2.7 и 5.3).
3. По ходу всей работы автор приводит конечные результаты вычислений, которые в большинстве случаев не достаточно понятно, каким образом выполнены. Например, на рисунках 1.7, 4.3 и таблицах 3.3 и 4.2 приводятся данные по вкладу различных механизмов в общее упрочнение, но как они были определены и с использованием каких экспериментальных результатов – никаких сведений нет. В частности, приводятся данные по упрочнению за счет блокировки дислокаций примесными атмосферами, которые, видимо,

определялись по величине зуба текучести. Если это так, то это не корректно, т.к. величина зуба текучести зависит от жесткости испытательной машины, но, самое главное, от скорости нагружения: очень низкие скорости деформации могут привести не только к полному исчезновению зуба текучести, но даже к отсутствию площадки текучести!

4. В таблице 3.1. приведены химические составы исследуемых сталей, при этом нет никаких слов о том, случайны ли различия в их составах или это было целенаправленное микролегирование по содержанию меди, никеля, хрома и молибдена.
5. На рис. 4.5 приведены явно некорректные данные по испытанию одной и той же стали в разных состояниях: начальные участки в упругой области не могут иметь столь радикально отличающиеся углы наклона (величину модуля упругости).
6. На стр. 158 присутствует фраза « ... скорость настолько велика, что не удалось (ее определить)... при заданной частоте съемки» И нигде не говорится, какая же это была скорость съемки, что не позволяет провести хотя бы нижнюю оценку скорости роста зародыша полосы Людерса.
7. На стр. 236 говорится, что величина твердорастворного упрочнения (ТРУ) в исследуемых сталях с увеличением содержания углерода падает, но это нонсенс, т.к. концентрационная зависимость ТРУ не может быть в принципе отрицательной.
8. Очень странно, что в одном случае (в главе 2, стр. 91, рис. 2.18) различные периоды на сосредоточенной стадии деформации трактуются, как «период I – центральной (волокнутой)  $R_v$ , период II – радиальной  $R_p$ , период III – губам среза  $R_\lambda$ », т.е. уже на стадии I идет зарождение магистральной трещины, а в другом случае (глава 3, стр. 117 и 118) уже другая трактовка, согласно которой период I «контролируется пластическим течением в шейке», а на периоде II «доминирующим процессом является рост магистральной трещины в объеме образца». При этом ни в том, ни в другом случае не приводится никаких доказательств (например, металлографическим способом) наличия трещины в той или иной точке диаграммы.
9. Несмотря на то, что сам автор на стр. 229 пишет о том, что при переходе в процессе испытания на растяжение в область сосредоточенной деформации, диаграмма «описывает деформацию не всего образца, а в локальном участке – шейке, и, более точно, в активной ее зоне», при нахождении соотношений относительных деформаций различных периодов это обстоятельство никак не учитывается. А, ведь, с непрерывным сужением активной зоны деформации, в ней резко возрастает не только реальная степень деформации, но и реальная

скорость деформации, что приводит к значительному снижению роли механизмов деформации, имеющих термоактивационную природу.

10. В п. 2 замечаний уже говорилось, что соотношение сосредоточенного и равномерного относительных удлинений зависит от геометрии рабочей области испытуемых образцов, т.е. при всех выводах о связи процесса деформации с конкретными значениями различных компонент относительного удлинения автору следовало указывать, что эти результаты справедливы для конкретной геометрии образца. Кроме того, размер центральной зоны образца на изломе (по определению автора «волокнустый») находится в сильной зависимости от диаметра образца: чем больше диаметр, тем больше степень стеснения материала и, соответственно, тем большая площадь в относительных единицах приходится на нее в общем сечении. При маленьком диаметре и низкой прочности, эта зона вообще может отсутствовать, а разрушение происходить, по сути, чистым сдвигом. Этот момент автором при обсуждении соотношения относительных удлинений, соответствующих различным периодам, никак не учитывает.
11. Выводы автора о линейной связи различных параметров диаграммы растяжения и изменения геометрии (относительного сужения) образцов с ударной вязкостью, хотя и очень интересны, по мнению рецензента слишком категоричны. Например, испытания на ударный изгиб во многих случаях предназначены для проверки возможного охрупчивания при отрицательных температурах. В работе нет никаких сведений об испытании образцов на растяжение при отрицательных температурах, поэтому не понятно, можно ли распространять полученные зависимости в область отрицательных температур. Кроме того, хорошо известно, что, например, наличие отпускной хрупкости, практически, не проявляется на ходе механической диаграммы и внешнем виде образцов, тогда как при ударных испытаниях происходит резкий провал в значениях. Это опять же вопрос к правомерности распространения полученных результатов на стали с ослабленными (охрупченными) по той или иной причине границами зерен? То же самое относится и к водородной повреждаемости, которая никак не проявляется ни при стандартных испытаниях на растяжение, ни при ударных испытаниях, зато приводит к резкой потере пластичности при очень медленном нагружении. Поэтому возникает вопрос, можно ли с помощью разработанных автором средств контроля обнаруживать эффект водородного охрупчивания?

Несмотря на высказанные замечания, которые не носят принципиальный характер и не оказывают влияние на основные выводы, можно констатировать, что диссертация выполнена на достаточно высоком уровне.



Основное содержание диссертационной работы отражено в 52 статьях, в том числе 46 – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ по специальности 05.16.01, и 6 патентов РФ и в материалах международных конференций. Автореферат и опубликованные работы достаточно полно и точно отражают содержание диссертации.

### Заключение

Представленная диссертационная работа по своим актуальности, содержанию, научной новизне и практической значимости полученных результатов соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Хотинков Владислав Альфредович заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.01 - Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

На обработку персональных данных согласен.

Официальный оппонент

Д.ф.-м.н., профессор

Мерсон Дмитрий Львович

Мерсон Дмитрий Львович,  
ученая степень: доктор физико-математических наук,  
шифр научной специальности 01.04.07 –  
Физика конденсированного состояния  
ученое звание: профессор по специальности,  
должность: директор Научно-исследовательского  
института прогрессивных технологий, профессор  
кафедры нанотехнологий, материаловедения и механики  
федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
адрес: 445020, Самарская область, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14  
Телефон: 8(8482) 53-91-69, Факс: 8(8482) 54-64-44  
E-mail: d.merson@tltsu.ru

Подпись Д.Л. Мерсона заверяю



*Мерсона Д.Л.*  
**ЗАВЕРЯЮ**  
начальника управления делами ТГУ  
*Шпомер* Н.В. Шпомер  
2021 г.