

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Полухиной Ольги Николаевны «Исследование закономерностей деформационного старения и его влияния на механические свойства сталей типа 08Г2Б с ультрадисперсной структурой», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – «Материаловедение (в машиностроении)».

Актуальность диссертации. Одним из основных требований к прокату, из высокопрочных низкоуглеродистых сталей является стабильность функциональных свойств. Деформационное старение стали приводит к снижению ее пластичности, сопротивлению повторным нагрузкам, вязкости и может получать развитие как в процессе изготовления толстолистового проката, так и эксплуатации изделий. Закономерности развития деформационного старения сталей, в том числе низкоуглеродистых изучены довольно подробно. Но при этом важно сформулировать рекомендации по возможности управлением эффектом деформационного старения, и оценить его влияние на механические свойства.

Поэтому актуальность темы диссертационной работы Полухиной О.Н., направленной на изучение деформационного старения в сталях типа 08Г2Б и его влияния на все стадии растяжения образцов и комплекс механических свойств, не вызывает сомнения.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, 5 глав, заключения. Список цитируемой литературы включает 92 источника. Диссертация изложена на 177 страницах, содержит 75 рисунков и 16 таблиц.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость. Сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведены общие сведения о химическом составе и микроструктуре сталей группы прочности К65(Х80). Проанализированы литературные данные о стадиях деформации и разрушения при статическом растяжении, кинетика образования аустенита. Обоснован выбор метода корреляции цифровых изображений для исследования деформационного старения в сталях.

Во второй главе описаны материалы и методы их исследования. Для проведения экспериментов были выбраны две стали 08Г2Б и 05Г2Б промышленной выплавки, после безрекристаллизационной контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением и последующей термической обработкой по различным режимам. Подробно описан комплекс современных методов изучения структуры, а также дилатометрические и терморентгенографические исследования. Механические характеристики определялись при испытаниях на растяжение плоских и цилиндрических образцов и при испытаниях на ударный изгиб.

Третья глава посвящена исследованию деформационного старения стали 08Г2Б методом корреляции цифровых изображений. На основе анализа картин полей тензора деформации и профиля распределения компоненты деформации ε_{yy} по длине образца рассмотрено формирование и рост зародыша полосы Чернова-Людерса (ПЧЛ). Отмечено, что при прохождении фронта ПЧЛ происходит активизация каналов течения в периодически расположенных участках образца.

Проанализированы закономерности пластического течения в образцах стали 08Г2Б после различных режимов термообработки, которые различались по эффекту деформационного старения. Показано, что структурно-деформационная картина на сосредоточенной стадии растяжения подобна у всех исследованных образцов. Влияние режимов термообработки проявляется на сосредоточенной стадии. Корреляция в ходе кривых, описывающих поперечную и продольную деформации, размер очага деформации и т.д. позволили автору выделить типичный для всех образцов период и сопоставить

его с процессами образования шейки и магистральной трещины. Отмечено, что в образце, в котором ЭДС не проявляется диаграмма растяжения без площадки текучести.

По результатам анализа хода кривых, описывающих изменения различных параметров, сосредоточенная стадия деформации разбита на четыре периода и предложены критерии трещиностойкости материала, характеризующие сопротивление металла образованию и развитию трещины. В конце главы сформулированы выводы.

В четвертой главе рассматривается проявление эффекта деформационного старения при растяжении цилиндрических образцов. Проведение такого исследования обосновано необходимостью сопоставления диаграмм растяжения, проявления ЭДС на плоских и цилиндрических образцах.

Отмечено, что цилиндрические образцы более чувствительны к проявлению эффекта деформационного старения. На основе анализа экспериментальных данных предложен метод оценки величины ЭДС, позволяющий оценить склонность стали к деформационному старению. При сравнении данного параметра у стали К65(Х80) после различных режимов обработки показано, что стали этой группы прочности обладают высокой трещиностойкостью, как при пониженных (до -40°), так и при повышенных температурах. В конце главы сформулированы выводы.

В пятой главе рассмотрена кинетика образования аустенита в стали 08Г2Б, структура и механические свойства после нагрева в межкритический интервал температур. Определены критические точки A_{c1} и A_{c3} при скоростях нагрева 0,3 и 90 $^{\circ}\text{C}/\text{с}$. Установлено, что первые порции образующего при нагреве аустенита закаленной и нормализованной стали имеют повышенное содержание углерода.

Сопоставление пластических и прочностных характеристик показало отсутствие ЭДС после нагрева исследуемой стали в исходном состоянии с любой скоростью в межкритический интервал температур.

Автором предложен оптимальный режим термообработки для стали 08Г2Б обеспечивающий наилучшую конструктивную прочность при отсутствии деформационного старения. В конце пятой главы сформулированы выводы.

В заключении кратко описаны основные экспериментальные результаты работы, выводы и перспектива дальнейшей разработки данной тематики.

Научная новизна. В качестве наиболее важных научных результатов диссертационной работы можно отметить следующие.

– На сосредоточенной стадии деформации плоских образцов стали 08Г2Б выделен определенный (линейный) период, начало и протяженность которого можно использовать в качестве критерия трещиностойкости сталей группы прочности К65(Х80).

– Впервые методом корреляции изображений изучено возникновение и функционирование каналов течения плоских образцов на всех стадиях растяжения.

– Установлены основные факторы эффекта деформационного старения, влияющие на комплекс механических свойств стали типа 08Г2Б.

Практическая значимость данной работы подтверждается патентом № 2646548 на способ определения вязкости металлических материалов, при испытаниях на ударный изгиб с записью диаграмм нагружения. На основании результатов исследования и анализа механических свойств при деформационном старении разработан параметр D , позволяющий прогнозировать состояние металла допустимого для безопасной эксплуатации конструкций.

Даны рекомендации по режимам термообработки сталей группы прочности К65(Х80) обеспечивающие ослабление эффекта деформационного старения или его устранение.

Достоверность и обоснованность результатов работы подтверждается большим объемом экспериментов, проведенных с

использованием современных методов исследований, включающих терморентгенографический термический анализ, дилатометрические исследования и испытания механических свойств.

Замечания по работе:

Объяснения, рассматриваемых в диссертации эффектов, в основном, кажутся убедительными. Но с моей точки зрения, автор упускает из виду следующие обстоятельства.

1. Плоские образцы для механических испытаний центрируются и закрепляются в захватах разрывной машины, при этом осевая линия образца должна совпадать с линией движения центра подвижного захвата, а ориентация граней и зажимного устройства в ходе деформации остается неизменной. Мне кажется, что автор работы не учитывает, что появление полосы Чернова-Людерса под углом $30-45^\circ$ с малым вектором сдвига может приводить к искривлению образца в плоскости основной грани и усилению касательных напряжений по второй системе скольжения, в результате этого возникают дополнительные полосы Чернова-Людерса под углом сдвига $-(30-45^\circ)$, которые быстро растут до столкновения первыми полосами. Происходит выпрямление образца. На карте распределения деформации ε_{xy} есть точки, где $\varepsilon_{xy} = 0$, вероятно, здесь расположены позиции столкновения полос первого и второго типа. С моей точки зрения, параметр D , характеризующий величину эффекта деформационного старения не имеет исключительного значения, а просто отражает характер распределения полос I и II типа.

2. Анализ концентрации углерода в аустените только по параметру решетки не очень достоверен. Гораздо точнее его можно определить на дилатометре по положению мартенситной точки. Сомнительно, что содержание углерода в аустените после закалки составляет $0,45 \pm 0,02$ масс%, при общем содержании $0,08\%$, и при этом отмечается резкое падение $\sigma_{0,2}$.

3. Автор при объяснении эффекта деформационного старения в стали 08Г2Б приводит ссылки работ других исследователей по изменению

структурного состояния, плотности дислокаций, сегрегации примесных атомов и т.д., но хотелось бы видеть в работе авторские снимки структур (ПЭМ) подтверждающие эти данные.

4. В главе 5 приведены электронномикроскопические снимки структуры стали 08Г2Б. На электроннограммах присутствуют рефлексы различных фаз. К сожалению, автор не приводит ни одного темнопольного изображения полученного в рефлексах γ -фазы и др., по которым можно однозначно видеть размер и расположение этих фаз.

5. Автор диссертационной работы называет стали группы прочности К65(Х80) как строительные. Однако эти стали используются для изготовления сварных труб. Эффект деформационного старения в сталях подобной системы легирования рассматривается, например, в диссертации Варнак О.В.

Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и не снижают ее научную и практическую ценность. Диссертация Полухиной О.Н. является законченным исследованием. Автор работы обладает достаточными научно-техническими знаниями и владеет информацией о современном состоянии материаловедческих достижений в проблеме деформационного старения низкоуглеродистых сталей.

Заключение.

Диссертация Полухиной О.Н. является научно-квалификационной работой, результаты которой вносят вклад в решение научно-технической проблемы в части раздела изучения закономерностей деформационного старения низкоуглеродистых сталей с целью обеспечения длительной безаварийной эксплуатации изделий.

Содержание диссертации полностью соответствует формуле специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении) п.1.3.

Текст автореферата в достаточной мере отражает содержание диссертации. Полученные результаты соответствуют целям и задачам

диссертационной работы и отражены в 7 публикациях автора в журналах включенных в перечень ВАК.

Содержание диссертации соответствует требованиям п.п. 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученой степени» утвержденных постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор Полухина Ольга Николаевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении).

Официальный оппонент
доктор технических наук
старший научный сотрудник

Ирина Леонидовна Яковлева

Главный научный сотрудник,
лаборатории физического металловедения
ФГБУН Института физики металлов
имени М.Н. Михеева УрО РАН
E-mail: labmet@imp.uran.ru
Т.: 89126363362
620108, г. Екатеринбург,
ул. С. Ковалевской, 18



И. Ю. Арапова
Ученый сотрудник ИФМ УрО РАН
И.Ю. Арапова
«13» мая 2019 г.