

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Мусихина С.А.

«Влияние химической неоднородности среднеуглеродистых низколегированных сталей на формирование структуры и комплекса свойств при термическом воздействии» по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Актуальность работы. Достижение оптимального сочетания прочности, пластичности и вязкости конструкционных сталей обеспечивается за счет конструирования оптимальной структуры. Её конфигурация – результат эволюции структуры и дефектов по всей технологической цепочке. Наличие широкого поля допуска технологии определяет многообразие сценариев проявления технологической наследственности даже в рамках достаточно хорошо отлаженного производственного процесса. Отсюда очевидно, что для объективного управления качеством металла, в частности, за счет оптимизации технологии термической обработки стали необходимо достижение более глубокого понимания механизмов структурных преобразований, в т.ч. в связи с технологически неизбежной химической неоднородностью металла, подвергаемого термической обработке. Это обстоятельство определяет актуальность настоящей диссертационной работы.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций.

Выявлены закономерности распада переохлажденного аустенита в стали 26Х1МФА с исходной кристаллографически упорядоченной и неупорядоченной структурой после аустенитизации в интервале температур $A_{c1}...A_{c3}+150$ °С. С помощью метода дифракции обратно рассеянных электронов показано (EBSD), что в интервале температур

высокого отпуска и (межкритическом интервале) МКИ исходная кристаллографически упорядоченная структура обладает повышенной устойчивостью, что связано с малой подвижностью специальных границ $\Sigma 3$ и выделением вдоль границ дисперсных карбидов.

Для сталей типа 26Х1МФА показано, что измельчение зерна феррита после обработки из межкритического интервала температур, обеспечивает прочность и вязкость металла на уровне улучшаемой стали.

Установлена природа наблюдаемого в работе аномального изменения прочностных свойств по сечению стенки труб нефтегазового сортамента, изготовленных из непрерывнолитой заготовки, - дальнейшие последствия зональной ликвации, в первую очередь углерода и марганца.

Оценено распределение элементов в зонах внутреннего окисления трубных сталей (типа 50ХГФА) и его влияние на устойчивость переохлажденного аустенита.

Достоверность полученных результатов. Подтверждается применением стандартизированных методов лабораторных испытаний и исследований сталей, воспроизводимостью и согласованностью анализируемых данных, использованием современных методов исследования. В частности, металлографический анализ осуществляли с применением оптического микроскопа "Epihot 200" в широком диапазоне увеличений (100...1000 крат).

Исследование субмикроструктуры и фрактографический анализ выполнялся с использованием растрового электронного микроскопа Jeol JSM 6490-LV с приставкой для микроанализа Inka DryCool. Исследования тонких фольг на просвет и локальный химический анализ проводились на просвечивающем электронном микроскопе Jeol «JEM-2100» с приставкой для микроанализа InkaEnergyTEM 250 при ускоряющем напряжении 200 кВ.

Анализ химического состава металла проводили с помощью искрового спектрометра SPECTROMAXx. Определение содержания газов в стали по методу восстановительного плавления производили с помощью газоанализатора ONH 2000.

Построение термокинетических диаграмм распада переохлажденного аустенита проводили на dilatометре «Linseis L78 R. I. T. A.».

Следует отметить использование в необходимом объеме статистических процедур для обработки экспериментальных результатов, например, при оценке закономерностей распределения химических элементов по толщине стенки трубы (например, с. 80 и 93 диссертации).

Степень обоснованности научных положений и выводов. Все сформулированные автором научные положения и выводы основываются на необходимом и достаточном объеме теоретических и экспериментальных данных.

Так, например, для получения более глубокого понимания роли зон внутреннего окисления в процессах структурообразования при распаде переохлажденного аустенита, прямые наблюдения структур и оценки характера распределения химических элементов (на основе микрорентгеноспектрального анализа) были дополнены физическим моделированием процесса эволюции дефекта при горячей пластической деформации различной интенсивности (с целью создания в материале зон внутреннего окисления). Такой подход позволил получить весьма интересные результаты.

Для расширения представлений о механизмах превращения структур при обработке исследуемых сталей в интервале температур МКИ наблюдения структур в оптическом и электронном микроскопах были дополнены результатами EBSD – анализа.

В целом, проведенный полный комплекс исследований обеспечил возможность максимально объективно обосновать сформулированные научные положения и выводы, качество предложенных рекомендаций.

Практическая значимость результатов работы.

Предложены режимы термической обработки из межкритического интервала температур позволяющие получить значения механических свойств, соответствующие группам прочности М и Т по ГОСТ 632 – 80 при обеспечении требуемого уровня пластичности и вязкости (пластичности) соответственно.

Построены термокинетические диаграммы распада переохлажденного аустенита в стали 32Г2Ф с различным содержанием легирующих элементов и примесей.

Предложена методика определения устойчивости переохлажденного аустенита в локальных областях, содержащих дефекты типа внутреннего окисления.

Замечания.

- представляется излишне высокой доля учебных пособий, ГОСТов и справочников общего характера (15 %) в перечне списка литературы (из 98 наименований), использованной при подготовке диссертационной работы;
- разноплановый анализ структур было бы полезно дополнить более полным исследованием строения изломов. Отсюда возможность получения существенной информации о природе различий вязкости, например, по толщине стенки трубы, в условиях, когда ограниченность объемов экспериментального материала (габаритов изделия) не позволяет сделать соответствующие полноценные оценки на основе использования стандартных механических испытаний;
- при оценке различий в уровне ударной вязкости (при вариации режимов термической обработки, в рамках данной работы), особенно в

связи с упоминанием о том, что обработка из МКИ способствует уменьшению склонности стали к обратимой отпускной хрупкости (с. 10 автореферата), более информативным могло быть использование ударных образцов с мягким надрезом (типа Менаже). Их чувствительность при оценке склонности сталей к зернограничному разрушению выше;

- при наличии в работе разномасштабных результатов наблюдения структуры металла (например, рис. 3.9-3.11, стр. 57-59 диссертационной работы) не получили должного внимания количественные оценки микроструктур, возможности получения которых могут быть реализованы при использовании современных программных продуктов. Это, в частности, позволило бы внести в оценку их однородности, например, в масштабах толщины стенки трубы, количественные меры, сделав более конкретными критерии их однородности;

- в целом, при хорошем оформлении работы есть отдельные досадные опечатки и небрежность при оформлении некоторых рисунков, например, рис. 3.13 (с. 62 диссертационной работы), где читателю предоставлена возможность самостоятельного разделения точек, относящихся к результатам измерения твердости и ударной вязкости.

В целом указанные недостатки не снижают общего положительного впечатления о диссертационной работе С.А. Мусихина.

Заключение.

Диссертационная работа Мусихина Сергея Александровича является законченной научно-исследовательской, квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технологические разработки, имеющие существенное значение для экономики страны.

Результаты работы целесообразно использовать для повышения качества трубных сталей, совершенствования технологий ее термической обработки, при разработке сталей новых поколений.

Диссертация написана доступным языком и аккуратно оформлена.

Автореферат диссертации и публикации автора (из них три по списку ВАК) соответствуют содержанию диссертации и достаточно полно ее отражают.

В целом, диссертационная работа Мусихина Сергея Александровича по своему теоретическому, методическому и экспериментальному уровню, объему работы, актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости полученных результатов соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям "Положением о порядке присуждения ученых степеней" (в ред. Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 N 842), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Официальный оппонент,
профессор кафедры металловедения
и физики прочности, ФГАОУ ВПО

НИТУ "МИСиС", д.т.н.,
профессор

Кудря Александр Викторович

Дата: 01.12.2015 г.

А.В. Кудря

ЗАВЕРЯЮ

И.М. ИСАЕВ