

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы  
Соколовской Элины Александровны на тему:

«Развитие методов цифровизации в материаловедении и металлургии для повышения качества металлопродукции», представленной на соискание  
ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.1 –  
Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Сегодня многие научные центры, инновационные бизнес-структуры, IT-фирмы разрабатывают программные продукты для наблюдения и измерения изображений структур и изломов. Но успех такой высокотехнологической продукции невозможен без метрологического обеспечения цифровых измерений. В этой связи данная работа, направленная, в частности, на формализацию процедур измерений структур и изломов, предполагающих определенную степень автоматизации измерений, весьма актуальна.

На деформацию и разрушение оказывают совместное влияние различные структуры, наблюдаемые на разных масштабных уровнях. Объективная оценка такого влияния основывается на углубленном представлении о механизмах разрушения среды со структурой. Отсюда вытекает необходимость прямых совместных измерений как структур, так и изломов, на всех масштабных уровнях наблюдения, сводящих воедино все стадии процесса разрушения - от образования элементарных актов разрушения, до образования магистральной трещины. Это важно для управления качеством материалов, обоснованного прогноза ресурса эксплуатации.

В этой связи актуальность работы, постановка задач исследования более чем актуальны. Это отражает и то обстоятельство, что результаты, в т.ч., получены при выполнении работ по проектам с 2004 по 2025 гг. с ОАО «ИЛ», НИЦ «Курчатовский институт», ОАО «Белогромаш – Сервис», НИОКР по программе Департамента науки и промышленной политики г. Москвы, ОАО «Северсталь», РФФИ, АВЦП - Федеральное агентство по образованию, ФЦП, с АО НПО «ЦНИИТМАШ», АО «ВМЗ».

При выполнении работы использовано современное исследовательское оборудование, программные решения, цифровые процедуры, в т.ч. разработанные при участии соискателя. Это определило уровень научной новизны результатов, полученных в работе. Из положений научной новизны, в частности, представляющих существенный интерес для атомного материаловедения, можно выделить следующие:

- предложены критерии выбора уровня бинаризации цифровых изображений структур и изломов, оценены факторы, определяющие в целом получение сопоставимых и воспроизводимых результатов измерений изображений структур и изломов – научные основы метрологического обеспечения их цифровых измерений;
- впервые выявлены и оценены масштабы неоднородности вида распределения значений геометрических параметров объектов на изображениях эталонных структур ряда ГОСТ;
- развиты подходы к определению характеристик трещиностойкости сталей, определяющие возможность привязки результатов к структуре, что важно для понимания подходов к конструированию конфигурации структур под заданные свойства;
- выявлены особенности механизма вязкого разрушения, определяющие различия вязкости, единые для сталей различного сортамента и способа получения. Показано, что большим значениям величины коэффициента асимметрии  $A_s$  в эмпирических распределениях числа соседей ямок отвечают ямки большего масштаба;
- возможность кооперативного влияния разнородных структур на разрушение подтверждена для листовой стали 16Г2АФ, где обнаружен неизвестный ранее механизм разрушения: шиферообразный излом, результат совместного действия ниток сульфидов и феррит-перлитной полосчатости в микроструктуре;
- в целом, весьма интересными и полезными оказались полученные представления относительно роли статистической природы объектов,

рассматриваемых обычно в материаловедении и металлургии, что стало одним из результатов цифровизации измерений.

Достоверность полученных результатов подтверждается представительным объемом экспериментальных и расчетных данных, использованием современной исследовательской техники и программных продуктов.

Практическая значимость полученных результатов подтверждена актами о внедрении и практическом использовании результатов работы АО «ВМЗ» Объединенная металлургическая компания (г. Выкса), АО «АВТОВАЗ» (г. Тольятти), ГНЦ РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ» (Москва), ООО ИТ-Сервис (г. Самара), АО «РТП «Петровское» (г. Светлоград).

Основные результаты диссертации представлены в 45 статьях из рецензируемых изданий (перечня ВАК РФ), из которых 34 в изданиях, входящих в систему цитирования WoS, Scopus; 1 монография, 2 учебных пособия, 46 тезисов докладов на международных конференциях. Получено 2 патента.

Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

По тексту автореферата можно сделать следующие замечания и рекомендации:

- предлагаемые подходы к оценке сопротивления материалов разрушению весьма перспективны, тем более, что часть решений апробирована на корпусной стали 15Х2НМФА. Было бы интересно продолжить работы в этом направлении, в первую очередь, в связи с возможностью локальной оценки хладноломкости на малом объеме экспериментального материала и трещиностойкости с привязкой к структуре;

- предложенные подходы к цифровизации изображений апробированы в большей мере к изображениям разномасштабных структур, в меньшей – изломов, преимущественно вязких. Из текста автореферата не понятно, есть



4