

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР



"Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина"

ГНЦ ФГУП "ЦНИИчермет им. И.П. Бардина"

105005 г. Москва, ул. Радио, д. 23/9, стр. 2
Тел. +7(495)777-93-01; факс +7(495)777-93-00
e-mail: chermet@chermet.net
www.chermet.net

« 30 » 09 2010 год № 2706-1/10
на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор
Государственного научного центра
Федерального государственного
унитарного предприятия «Центральный
научно-исследовательский институт
черной металлургии им. И.П. Бардина»
В. В. Семенов

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Пережогина Виталия Юрьевича на тему «Оценка факторов, определяющих воспроизводимость результатов цифровых измерений структур в сталях и сплавах», представленную в экспертный совет НИТУ «МИСиС» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Актуальность темы диссертационной работы

Не вызывает сомнения, что управление качеством стали основывается на формировании оптимальной её структуры – с учетом назначения металлопродукции. Однако для промышленных технологий характерна развитая неоднородность структур вследствие различных сценариев протекания технологической наследственности в рамках широкого поля допуска технологии. В этой связи получившая широкое распространение оценка структур по эталонным шкалам во многих случаях не позволяет объективно оценить существующее разнообразие геометрии строения номинально однотипных структур. Цифровизация металлографических методов может помочь в получении количественных оценок структур, выделении их критических параметров, определяющих разброс свойств широкого спектра материалов. Для получения

такого рода характеристик морфологии различных структур необходимо учесть факторы воспроизводимости цифровых измерений. Эта задача решена далеко не полностью, что и определяет **актуальность** настоящей диссертационной работы.

Структура и содержание диссертационной работы:

Диссертация состоит из введения, 3 глав, выводов и списка использованной литературы из 139 наименований, изложена на 235 страницах и содержит 129 рисунков и 37 таблиц.

Целью диссертационной работы является разработка подходов к метрологически обеспеченному измерению разнородных структур сталей и сплавов для определения закономерностей их строения. Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

- Изучение геометрии строения эталонных структур шкал ряда ГОСТ.
- Изучение влияния методики металлографических исследований на воспроизводимость получаемых результатов.
- Обоснование принципов выбора оптимальной бинаризации изображений структур и изломов.
- Разработка оптимальных цифровых процедур обработки изображений неоднородных структур для объективного измерения их параметров и сопутствующих изломов с учетом особенностей природы исследуемых объектов.
- Накопление представительной статистики измерений элементов структур.
- Использование разработанных подходов для описания неоднородности строения различных структур сталей: поковки из улучшаемой стали 38ХНЗМФА и лист из стали 09Г2С (включая измерение морфологии изломов) и твердых сплавов для наплавов рабочих органов сельхозтехники.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель и задачи исследования, изложены научная новизна и практическая значимость полученных результатов, а также представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен аналитический обзор литературы, в котором показано влияние типа структур и их неоднородности на свойства сталей и сплавов, что определяет необходимость совершенствования метрологического обеспечения процедур измерения. Сопоставлены возможности различных методов металлографических исследований и показаны пути перехода от ручных к автоматизированным методам. Подробно описаны теоретические основы обработки изображений в материаловедении и других областях (основные методы подготовки, бинаризации, фильтрации и др.).

Во второй главе содержится описание материалов и методов исследования. Материалами исследования послужили изображения эталонов структур из ГОСТ 5639, ГОСТ 5640, ГОСТ 1778 и ГОСТ 3443 и изображения реальных структур и изломов различных сталей (38ХНЗМФА, 09Г2С, СтЗсп и др.) и твердых сплавов. Проводили пробоподготовку на прессовальном аппарате SimpliMet 1000 (Buehler), шлифовально-полировальном аппарате AlliedTwinPrep 5 и микроскопе Axio Observer D1m Carl Zeiss с использованием программного обеспечения Tixomet. Для анализа изображений использовались написанные автором в Mathcad и Matlab алгоритмы, а также возможности ImageJ и Excel.

В третьей главе описано влияние основных факторов металлографических исследований (времени травления, оптического увеличения, выбора поля зрения, метода бинаризации и фильтрации изображений и др.) на конечный результат измерения параметров структурных составляющих.

Приведены результаты анализа и измерения структур эталонных изображений по ГОСТ 5639 – Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна, ГОСТ 3443 – Отливки из чугуна с различной формой графита и изломов (Шкала 3. Г. Количество включений графита), ГОСТ 5640 – Металлографический метод оценки микроструктуры листов и ленты (Шкала 3. Полосчатость феррито-перлитной структуры), ГОСТ 1778 – Металлографические методы определения неметаллических включений (Шкала – нитриды точечные). Показана различная статистическая природа объектов структуры от балла к баллу.

Показано применение описанных методов и созданных процедур на реальных структурах сталей и сплавов, что позволило выявить параметры структуры (размеры объектов, их размещение, статистические коэффициенты их распределений и др.) связанные со свойствами исследуемых материалов. Выявлено влияние типов строения структур на методы их измерения.

Следует особо отметить представительность полученных результатов. Массовые измерения структур позволили автору убедительно показать важность статистических оценок морфологии разнообразных структур, что неразрывно связано со статистической природой её строения.

Не вызывает сомнений **научная новизна** диссертационной работы, которая заключается в следующем:

- На основе анализа полей яркости (в 256 оттенках серого) некоторых типичных изображений структур (феррито-перлитных полосчатых, зеренных, дендритных, неметаллических включений и серного отпечатка и др.) определены факторы (время травления, величина оптического увеличения, алгоритм бинаризации и др.) и масштаб их влияния на воспроизводимость результатов измерения геометрических параметров элементов строения структур, в т.ч. с учетом статистической природы их строения.

- Из сопоставления подобия бинарных структур, соответствующих последовательному изменению уровня бинаризации их изображений (в оттенках серого от 1 до 256 с шагом 1) следует, что на кривой в системе координат «суммарные площадь объектов – и их периметр» может наблюдаться несколько перегибов, отвечающих оптимальному уровню бинаризации для отдельных однотипных элементов структур (мультиризация), что может быть использовано для их объективного выделения при количественном измерении параметров геометрии.

- Показано, что у изображений структур, соответствующих шкалам ГОСТ 5639, 3443, 5640 и 1778, могут отличаться характеристики распределений значений геометрических параметров, таких, как коэффициенты эксцесса и асимметрии. В частности, величина коэффициента асимметрии A_s для

исследуемых изображений варьировалась в широких пределах: $0,2 \leq A_s \leq 1,8$; $-0,15 \leq A_s \leq 1,3$; $0,1 \leq A_s \leq 6$, $-0,7 \leq A_s \leq 1,2$ (для всех параметров структуры) соответственно. Это указывает на различие статистической природы строения изображений эталонных шкал.

- Предложенные процедуры получения и обработки изображений были использованы для сопоставления эффективности измерения карбидов в структуре и изломах твердого сплава на железной основе (по их площади и поперечнику); оценки неоднородности размеров неметаллических включений и их размещения в металле (на основе статистики полиэдров Вороного) крупных поковок из стали 38ХНЗМФА, масштаб которой оказался соизмерим с масштабом неоднородности трещиностойкости, экспериментально измеренной ранее; для выявления степени взаимосвязи параметров полосчатости в микроструктуре листов различной толщины из стали 09Г2С и сопутствующей ей морфологии изломов.

Практическая ценность состоит в использовании предложенных процедур обработки изображений структур и изломов для выявления неоднородности строения структур и соответствующих им изломов.

Достоверность результатов обеспечивается использованием современной техники, массовых цифровых измерений структур в сочетании с разнообразным программным обеспечением и статистическими методами обработки результатов.

Основные результаты работы автора представлены на российских и международных научных конференциях и семинарах, опубликованы в 5 статьях в научных журналах, каждый из которых входит в перечень журналов, рекомендованных ВАК, 4 – в базы данных WoS и Scopus.

Автореферат диссертационной работы полностью соответствует ее содержанию. Диссертационная работа написана ясным языком с большим количеством графических материалов, описывающих результаты работы. Содержание работы соответствует поставленной цели, все поставленные задачи в работе выполнены.

По содержанию и оформлению работы можно сделать следующие **замечания и предложения:**

1. Отмечая недостатки стандартного метода балльной оценки, автор оперирует отдельными примерами структур из ГОСТ. Неясно возможен ли в таком случае полноценный переход от визуальных качественных оценок к полностью автоматизированным процедурам?

2. В работе показано, что измерение объектов методом площадей преимущественно использовать для замкнутых равноосных объектов, тогда как метод секущих лучше использовать при измерении, например, степени полосчатости листовых феррито-перлитных сталей. Было бы целесообразно уточнить границы эффективного применения данных методов.

3. При описании времени травления как фактора металлографического исследования получены зависимости средней площади объектов (дендритов или частиц), имеющие разный вид. Но в то же время не определены способы выявления критических точек на получаемых графиках для определения оптимального времени травления шлифов.

4. Кроме того, в работе встречаются опечатки и неточности. Так в автореферате указано, что диссертация состоит из четырех глав, а фактически их три.

Перечисленные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации. Диссертация написана автором самостоятельно и содержит новые научные и практические результаты. Публикации в полной мере отражают содержание работы.

Заключение.

Диссертационная работа «Оценка факторов, определяющих воспроизводимость результатов цифровых измерений структур в сталях и сплавах» по своему теоретическому и экспериментальному уровню, актуальности, объему работы, научной новизне и практической значимости полученных результатов соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете "МИСиС", предъявляемым к диссертациям на соискание ученой

степени кандидата технических наук, а ее автор Пережогин Виталий Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Диссертационная работа Пережогина Виталия Юрьевича «Оценка факторов, определяющих воспроизводимость результатов цифровых измерений структур в сталях и сплавах» заслушана и обсужден на заседании объединенного Научно – технического совета Научного центра качественных сталей и Центра сталей для труб и сварных конструкций ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», протокол № 3 от «03» сентября 2020 года.

Отзыв составил:

Ведущий научный сотрудник ЦТСК,
д.т.н., профессор



Зикеев В.Н.

Подпись руки Зикеева В.Н. заверяю.
Ученый секретарь



Москвина Т.П.

Данные о ведущей организации:

Государственный научный центр Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина» (ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина») 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 23/9, стр.2

тел.: +7(495)777-93-01, эл. почта: chermet@chermet.net