

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу Батина Сергея Евгеньевича «Модель комплексного оценивания прочностных свойств металлических материалов на основе системного анализа зеренно-фазовой структуры», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические и информационные системы)

Актуальность темы диссертационного исследования

Работа посвящена актуальной проблеме оценки физико-механических свойств при создании функциональных материалов. Рассматриваются вопросы количественного описания взаимосвязи микро- и макросвойств материалов. Приводится системный анализ связи характеристик микроструктуры металлического материала (средний размер зерен, долей фаз, морфологии зерен и включений, текстуры материала) с измеряемыми в макроскопическом эксперименте его прочностными свойствами. Это дает полное основание считать, что тема диссертационной работы является актуальной.

Общая характеристика, содержание и основные результаты работы

Целью работы является повышение эффективности процессов создания функциональных металлических материалов за счет применения моделей и алгоритмов, позволяющих проводить комплексное оценивание прочностных свойств металлического материала на основе системного анализа характеристик его микроструктуры. Диссертационная работа С.Е. Батина состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Основной текст диссертации (без приложения) составляет 130 страниц, содержит 21 рисунок и 17 таблиц. Список литературы включает 102 источника.

В первой главе обозначены основные проблемы, возникающие при разработке и производстве металлических функциональных материалов, приведена формулировка проблемы описания связи макроскопических прочностных свойств таких материалов и их характеристик микроструктуры. Делается утверждение, что функциональные металлические материалы (ФММ) представляют собой сложные технические системы, создаваемые специализированным образом для работы в заданных условиях. Проведенный в

первой главе анализ литературы позволил диссертанту обосновать необходимость и актуальность разработки модели комплексного оценивания эксплуатационных свойств, создаваемых ФММ, основанную на обработке результатов анализа изображений микроструктуры с помощью аппарата нечетких множеств.

Вторая глава посвящена содержательной и математической постановке задачи комплексного оценивания свойств функциональных металлических материалов, на основе данных об их микроструктуре, то есть получению приближенного вида оператора, устанавливающего нечеткие отношения между параметрами микроструктуры и макросвойствами для материала с заданным химическим составом и обработанного известным способом. Для решения поставленной задачи предлагается использовать аппарат нечетких множеств. Кроме этого в главе приводится методика определения минимально допустимого количества экспериментов и значимых характеристик зеренно-фазовой структуры материала, а также алгоритм оценки устойчивости модели в стохастическом смысле, которые позволяют определять рамки ее применимости на практике.

В третьей главе описывается алгоритм оценки представительности изображения микроструктуры металлического функционального материала. В качестве представительного изображения микроструктуры материала в диссертации предлагается считать плоскую фотографию микрошлифа, позволяющую определить необходимый комплекс характеристик микроструктуры материала с наперед заданной точностью. Приводится оценка размеров представительных изображений зеренной структуры для исследуемого класса металлических материалов. Даны практические рекомендации для минимально допустимых размеров изображения, отвечающего требованиям представительности, в зависимости от среднего размера зерна.

Четвертая глава посвящена применению описанных моделей и алгоритмов для оценки свойств металлических материалов к данным, полученным в ходе натурного эксперимента. В качестве демонстрационного примера рассматривается процесс создания функциональной стали с заданным набором прочностных свойств на базе стали 80 с помощью специальных методов термообработки. Применяются алгоритмы по определению минимально допустимого количества экспериментов и выявлению значимых характеристик микроструктуры для выбранного комплекса прочностных свойств. Проводится

оценка устойчивости в стохастическом смысле для полученных значений макросвойств. Приводятся анализ полученных результатов и рекомендации по внедрению разработанных моделей в практику создания металлических функциональных материалов.

Научная новизна и достоверность положений, выводов и рекомендаций

Диссертантом предложена оригинальная модель оценивания прочностных свойств материала, отличающаяся использованием нечетких отношений для установления причинно-следственных связей между параметрами микроструктуры и макросвойствами, что дает возможность более эффективно проектировать функциональные материалы.

Разработан алгоритм определения представительности цифровых данных о микроструктуре для оценки макроскопических свойств материала, отличающийся способом генерации модельной объемной структуры, заданием сечения сгенерированной зеренной структуры плоскостью и вычислением размеров представительного изображения на основе статистического критерия.

Также разработана методика определения минимально допустимого числа экспериментов и значимых параметров при проведении оценки прочностных свойств металлических материалов в рамках новой модели комплексного оценивания, позволяющая получать оценки с допустимым значением погрешности на основе меньшего числа экспериментов.

Достоверность и обоснованность результатов и выводов работы подтверждается корректным использованием современных математических методов, широкой успешной практикой применения методов теории нечетких множеств в других предметных областях, верификацией полученных теоретических результатов в экспериментах на реальных данных.

Практическая значимость диссертации заключается в применении разработанных моделей и алгоритмов при проектировании новых материалов, что упрощает процесс, позволяя уменьшить число натуральных экспериментов и, тем самым, снизить стоимость такого проектирования. Модель оценивания комплексных свойств материалов реализована в виде программы для ЭВМ «Нечеткий определитель комплексных свойств материалов (НОКСМ)». Имеются акты внедрения результатов исследований на предприятии, а также в учебном процессе ПНИПУ (г. Пермь).

Замечания по работе

1. В первой главе диссертации делается предположение, что микроструктура и химический состав металлов и сплавов однозначно определяют комплекс его механических характеристик, а обратное утверждение верно?

2. Во второй главе полагается, что для построения предложенной модели комплексного оценивания необходимо иметь экспериментальные данные о параметрах микроструктуры и макросвойствах исследуемого материала. Однако не обосновывается обязательный набор параметров зеренно-фазовой структуры, который существенно влияет на формируемые механические свойства конкретного металлического материала. Кто решает эту проблему – эксперт-металловед, или сама модель позволяет дать необходимые рекомендации?

3. При разработке алгоритма оценки представительности цифрового изображения зеренной структуры (3 глава) делается сильное допущение о форме зерен и нормальном законе их распределения. Хотя обоснования этих гипотез в работе явно не хватает.

4. В работе не приводится общая оценка трудоемкости формирования необходимой базы данных, включающей большое количество экспериментальных результатов, представленных экспертами. К сожалению, не рассмотрен вопрос о возможности переноса разработанной базы данных в информационно-аналитические системы других организаций или создания общей базы данных для различных функциональных материалов, что значительно бы повысило эффективность применения разработанной модели.

5. В четвертой главе диссертации в числе положительных эффектов от внедрения упоминается снижение необходимого числа экспериментов и, соответственно, времени на создание материала с заданными свойствами. Однако не уточняется, будет ли такая экономия времени и средств для других создаваемых функциональных материалов, а не только для функциональных сталей, исследованных в диссертации.

Заключение

Диссертационная работа Батина С.Е. «Модель комплексного оценивания прочностных свойств металлических материалов на основе системного анализа зеренно-фазовой структуры» является самостоятельным научно – практическим

исследованием, выполненным на актуальную тему, обладает научной новизной, имеет теоретическую и практическую значимость, полностью отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842. Автор работы Батин Сергей Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические и информационные системы).

Официальный оппонент

доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры «Информационные
системы» ФГБОУ ВО «Ижевский
государственный технический университет
имени М.Т. Калашникова»

Вологдин С.В.

«09» декабря 2020 г.

Подпись д.т.н., доцента

Вологодина Сергея Валентиновича заверяю

Ученый секретарь

Ученого совета,

профессор, д.т.н.

Сивцев Николай Сергеевич

ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»
426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 42, корп. 6, к. 408
Телефон (3412) 77-60-55 доб. 6354 e-mail: vologdin_sv@mail.ru