

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ

УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский

ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт

атомной энергетики –

филиал федерального государственного

автономного образовательного учреждения

высшего образования

«Национальный исследовательский

ядерный университет «МИФИ»

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

Студгородок, д. 1, г. Обнинск,

Калужская область, 249040

тел.(48439)3-69-31, факс (48439)7-08-22

E-mail: info@iate.obninsk.ru

27.03.2018г. № 06-1160

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор НИЯУ МИФИ,

и.о. директора Обнинского института

атомной энергетики – филиала

федерального государственного

автономного образовательного

учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский

ядерный университет «МИФИ»



д-р экон. наук, профессор

Т.Н. Леонова

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Удалой Марины Рустямовны «Разработка и исследование термоэлектрического метода оценки состава и структуры многокомпонентных сплавов в промышленных металлургических технологиях», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02. – «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов»

Диссертационная работа посвящена исследованию температурных и концентрационных зависимостей термоэдс алюминиевого сплава Al-Mn-Cu и Fe-C-Si-Mn и разработке экспресс-метода контроля состава данных сплавов методом термоэдс.

Метод термоэдс является известным неразрушающим методом, основанным на эффекте Зеебека, который заключается в возникновении электрического тока в цепи разнородных проводников, спаи которых находятся при разных температурах.

Определённое развитие данный метод получил в чёрной металлургии, где он позволил решить ряд вопросов, касающихся анализа металлов и их сплавов. Термоэлектрический метод использовался для контроля толщины металлических покрытий и рассортировки стали по маркам и определения содержания кремния в трансформаторной стали. В дальнейшем этот метод контроля состава стали применялся для решения таких задач, как определение углерода и кремния в стали,

определение кремния в простых и легированных сталях, чугунах и некоторых ферросплавах. Использование данного метода для экспресс-анализа углерода по ходу плавки в сталеплавильных агрегатах: мартеновских и дуговых сталеплавильных печах обеспечило повышение их производительности. Следует также отметить, что приборы, реализующие метод термоэдс, обеспечили успешное внедрение двухванных сталеплавильных агрегатов, а в цветной металлургии – применялась для контроля химического состава электролизёров.

Следует отметить, что влияние химического состава стали и алюминиевых сплавов при различных режимах термообработки на термоЭДС изучено недостаточно. Большой интерес представляет изучение возможности применения метода термоЭДС при охлаждении пробы, отобранной из расплава, т.к. разработка этого метода позволит прогнозировать химический состав и структуру сплава на этапе его выплавки в плавильном агрегате. Поэтому исследование температурных и концентрационных зависимостей термоэдс алюминиевых сплавов и сталей является актуальной задачей.

В диссертационной работе представлено исследование влияния химического состава и термообработки двойных и тройных сплавов алюминия на термоэдс; на основе экспериментальных данных разработана статистическая методика определения содержания C, Si и Mn в сплаве Al-Mn-Cu; на основе данных, полученных ранее в МИСиС, разработана методика оперативного одновременного контроля содержания кремния, углерода и марганца в железоуглеродистых сплавах Fe-C-Si-Mn.

Научная новизна работы:

1. Впервые при помощи исследования интегральной термоэдс доказана более высокая чувствительность данного параметра к изменению химического состава и температуре отжига и закалки сплава Al-Mn-Cu по сравнению с методами электропроводности и твёрдости.
2. Показано, что закономерности изменения термоэдс от температуры отжига отражают информацию об энергетической структуре металла: электронной плотности вблизи энергетического максимума. Достижение определенных

температур закалки приводит к необратимым изменениям энергетической структуры.

3. Показано, что метод интегральной термоэдс позволяет оперативно определять содержание углерода, марганца и кремния в алюминиевом сплаве Al-Mn-Cu.
4. Предложена методика экспресс-контроля основных компонентов стали – углерода, кремния и марганца – которая позволяет при помощи измерения термоэдс образца и математического расчета одновременно определять содержание C, Si, Mn с погрешностью 0,1%.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в получении экспериментальных данных об изменении интегральной термоэдс алюминиевого деформируемого сплава Al-Mn-Cu при различном содержании меди и при различных температурах закалки. Найденные закономерности позволили разработать экспресс-методику контроля химического состава изделий методом термоэдс. Информация, полученная об изменении энергетической структуры сплава при различном содержании меди и температурах закалки, может быть полезна для подбора состава алюминиевого деформируемого сплава в зависимости от цели использования.

Полученные закономерности изменения термоэдс стали от градиента температуры легли в основу разработки методики определения содержания углерода, марганца и кремния в среднеуглеродистой стали. Исследование закономерности изменения термоэдс от разности температур между горячим и холодным электродами дополняет имеющуюся картину о деталях электронной структуры среднеуглеродистой стали.

Диссертация состоит из пяти глав.

Первая глава диссертации носит обзорный характер. В ней подробно описаны термоэлектрические явления, приборы, созданные на основе эффекта Зеебека. Дан литературный обзор металлургических исследований, выполненных при помощи термоэлектрического метода.

Во второй главе подробно описаны измеряемые образцы, а также методики и измерительные установки. Дано объяснение режимов термообработки сплавов Al-

Mn-Cu и Fe-C-Si-Mn. Приведена таблица с характеристиками измерительных устройств и их погрешностями.

Третья глава посвящена исследованию интегральной термоэдс первичного алюминия и его двойных сплавов. Проведено сравнение термоэдс различных марок первичного алюминия между собой, а также - с двойными сплавами состава Al-Cu, Al-Mn, Al-Mg, Al-Sc, Al-Zr. Автор делает вывод о преимущественном влиянии некоторых элементов на термоэдс сплава, объясняя результаты с помощью квантовой теории металлов.

В четвёртой главе подробно описывается работа со сплавами Al-Mn-Cu. Помимо измерений интегральной термоэдс, образцы этого сплава, прошедшие специальную термообработку, подвергались измерениям электропроводности и твёрдости. В главе приведено подробное описание поведения измеренных свойств с материаловедческой точки зрения. Показано, что все три метода эффективны в разных диапазонах химического состава. Но преимущество метода термоэдс заключается в более высокой чувствительности к минимальным концентрациям меди – 0,5 – 2 %, а также к изменению фазового состава образца после отжига и закалки. На основе экспериментальных данных разработана методика экспресс-контроля примесей Cu, Mn и Si.

Пятая глава описывает анализ данных о интегральной термоэдс железоуглеродистых сплавов. Для составления экспресс-методики определения содержания элементов C, Si и Mn была выбрана как пример одна из температурных кривых. Автор показывает на этой кривой некоторые закономерности, характерные для температурных кривых всех остальных железоуглеродистых сплавов. Начало каждого этапа отметили буквой русского алфавита, назвав эти координаты «характеристическими точками». Используя три характеристических точки – ординату и абсциссу экстремума и значение абсциссы при термоэдс равной нулю, разработана на базе уравнений линейной регрессии оперативная методика одновременного определения трех примесей в железоуглеродистых сплавах.

Выбор темы, оригинальность подхода к обработке экспериментальных данных, теоретический и математический анализ, проведённый на высоком уровне, определяют новизну данного исследования. Достоверность результатов

обеспечивается использованием проверенных экспериментальных методик, а также использованием современных средств измерений необходимой точности.

Материал диссертации изложен чётко и ясно. В целом, диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу. Вместе с тем по тексту диссертации и автореферата можно сделать следующие замечания:

1. Мало фотографий микроструктуры образцов сплавов Al-Mn-Cu.
2. Объяснения результатов исследования теплопроводности сплавов Al-Mn-Cu следовало бы обосновать результатами исследований микроструктуры образцов, либо ссылками на известные опубликованные результаты.
3. В отличие от части исследования, посвященного алюминиевым сплавам, в главе про железоуглеродистые сплавы не приводится объяснений изменения термоэДС с точки зрения физики металлов.
4. Для наглядной демонстрации возможностей экспресс-метода можно было бы создать компьютерную программу, позволяющую оперативно решать уравнения линейной регрессии и определять химический состав.

Тем не менее, указанные замечания не умаляют очевидные достоинства и научную значимость выполненного исследования. Полученные результаты, отражающие большой фактический материал, представленный автором, могут послужить основой для дальнейших исследований закономерностей изменения термоэДС различных сплавов от температуры и состава.

Считаем, что рассматриваемая диссертационная работа по поставленным задачам, уровню их решения, актуальности и научной новизне полученных результатов полностью соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении учёных степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842), предъявляемых к кандидатским диссертациям, а её автор, Удалая Карина Рустямовна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов».

Отзыв подготовлен:

1. доктором технических наук (специальность: 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод

из эксплуатации»), профессором, начальником ресурсного центра отделения «Ядерная физика и технологии» Обнинского института атомной энергетики – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» Чусовым Игорем Александровичем (249034, Калужская область, г. Обнинск, Студенческий городок, 1, электронная почта: igrch@mail.ru, телефон +7-980-511-38-96;

2. доктором физико-математических наук (специальность: 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики»), профессором, и.о. заведующего отделением «Лазерных и плазменных технологий» Обнинского института атомной энергетики – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» Степановым Владимиром Александровичем (249034, Калужская область, г. Обнинск, Студенческий городок, 1, электронная почта: stepanov@iate.obninsk.ru, телефон +7-960-522-72-84.

Отзыв обсуждён и единогласно утверждён на расширенном заседании научно-технических советов отделения «Ядерная физика и технологии» и отделения «Лазерных и плазменных технологий» Обнинского института атомной энергетики 20 марта 2018 года, протокол № 4.

Начальник ресурсного центра Обнинского института атомной энергетики – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,

Д-р техн.наук, профессор

Чусов Игорь Александрович

И.о. заведующего отделения «Лазерных и плазменных технологий» Обнинского института атомной энергетики – филиала федерального

государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Д-р физ.-мат. наук, профессор

Степанов Владимир Александрович

Подписи Чусова И.А. и Степанова В.А. заверяю:

Проректор НИЯУ МИФИ,
и.о. директора ИАТЭ НИЯУ МИФИ, д-р экон. наук, профессор



Леонова Т.Н.
20.03.2018

Исп. Чусов И.А.
Тел. : 8-980-511-38-96

15.05.2018,

Д 212.132.02