

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Католикова Владимира Дмитриевича на тему «Разработка режима азотирования расплава на основе никеля при получении микрогранул на установке плазменного центробежного распыления», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Работа выполнена на очень актуальную тему. Интерес к выплавке и производству сталей и сплавов на основе железа, легированных азотом, достаточно высок, поскольку азот эффективно влияет на стабилизацию аустенита и упрочнение, позволяет экономить никель в составе сталей аустенитного класса. Известно, что: - никель снижает растворимость азота в коррозионностойких сталях; в чистом никеле он не растворяется. Данная работа особенно интересна тем, что в ней уделено внимание получению азотированных микрогранул сплава не системы Fe-Cr(+Mn, +Mo)-Ni, а сплава именно на никелевой основе, хотя и легированного элементами, позволяющими усваивать азот (8-10% Cr, 3,5 – 4,2 Mo, 2,4-2,8 Nb, 1,6-2 Ti).

Для азотирования диссертант выбрал адекватно отвечающий поставленной задаче способ с использованием азотсодержащей плазмы. Им выполнены разработка, анализ и исследование процесса азотирования сплава на основе никеля ЭП741НП на установке плазменного центробежного распыления. В определенном смысле это – одна из пионерских работа для данного вида материала, т.к. информации о термодинамике и кинетике процесса азотирования микрогранул в азотсодержащей плазме не очень много.

Для решения поставленной сложной задачи на начальном этапе автором был проведен анализ научно-технической литературы по вопросу термодинамических и кинетических расчетов процесса насыщения расплава азотом за счет использования азотсодержащей плазмы. Диссертант провел затем собственные полупромышленные эксперименты на установке плазменного центробежного распыления, получив ряд интересных результатов.

К наиболее значимым результатам работы, имеющим **научную новизну**, можно отнести следующие. Установлено, что усвоение расплавом азота из плазмообразующего газа составляет от 25 до 50 %, в зависимости от содержания азота в плазмообразующем газе, а уровень легирования азотом металлического расплава на основе никеля составляет от 20 до 55 % от предела растворимости азота в расплаве, находящемся в равновесии с азотсодержащей плазмой. Показано, что процесс насыщения металла азотом может протекать как на торце оплаваемого электрода при контакте жидкой пленки с азотсодержащей плазмой, так и при взаимодействии капли металла с кроной азотсодержащей плазмы.

Представленная диссертационная работа имеет **практическую значимость**: разработан и на практике опробован режим насыщения многокомпонентного никелевого сплава азотом на установке плазменного центробежного распыления, разработаны практические рекомендации, которые планируются к применению, что подтверждено соответствующим актом.

Работа выполнена на современном исследовательском уровне, её результаты прошли апробацию в научном сообществе: доложены на конференциях, опубликованы в

трёх печатных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и отражают ее содержание, изложенное в автореферате.

Работа вызывает большой интерес и, поскольку многое осталось за рамками объема реферата, возник ряд замечаний.

Замечания по автореферату

1. Диссертант отмечает, что «Для анализа концентраций азота в расплаве большое значение имеют: химический состав сплава; парциальное давление азота в плазмообразующем газе; температура плазмы; температура расплава в зоне контакта металл – газ, а также ряд термодинамических параметров». По этому поводу.

1.1. Представляется, что с учетом содержания работы было бы уместнее говорить не об анализе концентраций, а о получении тех или иных концентраций азота.

1.2. При том, что в перечне факторов химический состав указан на первом месте, диссертант не приводит в автореферате химического состава сплава, ограничиваясь указанием марки сплава.

2. В п.3 новизны отмечается: «Предложена математическая модель, позволяющая прогнозировать содержание азота в микрогранулах при распылении заготовки с использованием азотсодержащей плазмы, с учетом химического состава сплава, парциального давления азота в плазмообразующем газе, скорости вращения расходуемой заготовки, времени контакта жидкой пленки металла с азотсодержащей плазмой на торце вращающегося электрода, температуры протекания процесса». В тексте автореферата на с.13 описывается модель оценки *температуры* расплава; на с. 14 речь идёт о способе оценки *растворимости азота при ПДП в сложнолегированном никелевом сплаве*; на с. 15 качественно описывается *расчет времени насыщения расплава азотом*. Однако изложения именно модели *оценки растворимости азота*, учитывающей *химический состав сплава* на страницах автореферата нет, содержание легирующих элементов играет роль только в контексте оценки температуры расплава (см. формулу 1 на с.13). Об этой модели идет речь и в выводе 4, однако там уже не идет речь об учете химического состава. Получается, химический состав для рассмотренного процесса всё же не важен?

3. Последняя фраза пункта рекомендаций №4 (с.25) изложена не совсем корректно: «В качестве фактора, подтверждающего рекомендуемые требования, можно привести данные работы при скорости вращения заготовки 20000 об/мин, получены более высокие значения по насыщению металла азотом, чем при 15000 об/мин». Если в этой фразе слово «фактор» заменить на «экспериментальный факт», а далее написать «можно привести данные настоящей работы:...» (с двоеточием после слова «работы»), изложенная в ней мысль становится понятнее.

4. Работа, несомненно, полностью соответствует паспорту заявленной специальности. При этом она имеет значимость для отрасли металловедения и материаловедения в машиностроении (ввиду дальнейшего назначения получаемых гранул при использовании). Поэтом в качестве не столько замечания, сколько пожелания: хотелось бы в будущем получить её междисциплинарное развитие, за счёт получения информации о полученных гранулах (однородность химического состава, диапазон размеров и дисперсность, морфология гранул, их эволюция при использовании в качестве материала для технологий порошковой 3-d печати).

Несмотря на высказанные замечания по автореферату, работа оставляет положительное впечатление; данные замечания не снижают общей положительной оценки

диссертационной работы, отличающейся высокой актуальностью и обладающей несомненной научной новизной, научной и практической значимостью.

Основываясь на представленном автореферате, можно **заключить**, что диссертация В.Д. Католикова на тему: «Разработка режима азотирования расплава на основе никеля при получении микрогранул на установке плазменного центробежного распыления», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук:

- является актуальной законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований об особенностях термодинамики и кинетики процесса азотирования расплава на базе никеля изложены научно обоснованные практические решения по азотированию расплава за счет использования азотсодержащей плазмы на установке плазменного центробежного распыления;

- соответствует требованиям п. 2 «Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС» П 710.05-24 от 18 апреля 2024 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученых степеней.

Автор диссертации, Католиков Владимир Дмитриевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Ведущий научный сотрудник,
зав. лабораторией
Физикохимии и механики металлических
Материалов ИМЕТ РАН,
доктор технических наук, доцент



Костина Мария Владимировна

Подпись М.В. Костиной заверяю,
Ученый секретарь ИМЕТ РАН,
к.т.н.



Фомина Ольга Николаевна

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт металлургии и материаловедения
им. А.А. Байкова Российской академии наук
(ИМЕТ РАН)

119334, г. Москва, Ленинский пр., 49
Тел. +7 (499) 135-20-60
E-mail: imet@imet.ac.ru