

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель генерального директора

по научной работе

АО «НПО «ЦНИИТМАШ»



К.Л. Косырев

«06» июня 2018 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

На диссертационную работу Щукиной Людмилы Евгеньевны на тему «Исследование и разработка процесса легирования металла азотом в агрегатах специальной электрометаллургии с целью повышения качества стали», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Современные требования к качеству металлических изделий и конструкций обусловили тенденцию возрастания доли легированных сталей в общем объеме металлургического производства, это относится и к азотосодержащим изделиям. Новые материалы должны превосходить существующие по механическим и коррозионным свойствам, при одновременном оптимально рассчитанном соотношении цены и качества готового изделия.

При анализе свойств сталей одного класса очевидно, что стали российских марок примерно с тем же содержанием химических элементов часто проигрывают своим аналогам по механическим и коррозионным свойствам. Попытки найти в российских марочниках более прочные и более коррозионностойкие стали показывают, что эта проблема решается в настоящее время за счет повышения содержания в сталях легирующих элементов, что существенно удорожает готовые изделия, делая их неконкурентоспособными, т.е. фактически, в линейке отечественных материалов с высоким уровнем комплекса эксплуатационных свойств отсутствуют современные коррозионностойкие стали, которые обладали бы одновременно и высокой прочностью, и высокой коррозионной стойкостью, будучи при этом относительно приемлемыми по стоимости.

Однако стоит отметить, что для решения этой проблемы в зарубежных аналогах аустенитно-ферритных, мартенситных и аустенитных сталей применяется легирование

азотом, что обеспечивает наличие устойчивой аустенитной структуры в широком интервале температур и одновременно наличие у сталей высоких эксплуатационных характеристик.

Несмотря на все положительные свойства азота, как легирующего элемента, его введение в металл имеет ряд недостатков и сложностей, что сдерживает широкое использование азотированных материалов. Стали с повышенным содержанием азота склонны к появлению газовых раковин, которые образуются при несоблюдении условий кристаллизации металла.

Одна из основных проблем при производстве сталей с регламентированным содержанием азота — получение заданного его содержания в металле при плотной и бездефектной структуре.

Отмечено, что наиболее «комплексным» (по воздействию на переплавляемый металл) методом введения азота в сталь является метод плазменно-дугового переплава (ПДП). ПДП специальных сталей и сплавов — один из важнейших способов получения металла высокого качества.

Несмотря на явные преимущества характерные процессу азотирования при использовании газообразного азота, остаются вопросы, требующие дальнейшего исследования этого способа легирования. В ряде случаев возникает проблема, связанная с равномерным насыщением ванны азотом, стабильным режимом азотирования и влияния различных технологических параметров в целом на процесс. Требуется уточнение ряда термодинамических и кинетических особенностей взаимодействия азота с металлом, например, при плазменно-дуговом переплаве, где азот взаимодействует с жидкой фазой и на стадии пленки на переплавляемом электроде, в капле, в лунке жидкого металла (в кристаллизаторе).

В соответствии с выше сказанным работу Щукиной Людмилы Евгеньевны следует считать актуальной, так как она посвящена решению важных для практики проблем, а именно исследованию процессов азотирования сложнолегированных сталей в агрегатах специальной электрометаллургии.

Содержание диссертационной работы.

Во введении обоснована актуальность исследуемых проблем, описаны цели работы, научная новизна и практическая значимость.

В первой главе представлен аналитический обзор литературы по тематике исследования. Показано преимущества марок стали, легированных азотом. Приведенные конкретные данные, позволяющие оценить связь между легированием металла азотом и служебными свойствами изделий, что особенно важно в условиях развития

промышленности и создания новых марок сталей, отвечающих повышенным требованиям по свойства, при этом конкурентоспособных на рынке. Сформулированы цели диссертационной работы.

Вторая глава посвящена теоретическому анализу взаимодействия азота с металлом при переплаве на установках специальной электрометаллургии. В качестве объекта исследования была выбрана сложнолегированная сталь марки 10X8НМВФБ, которая согласно техническим условиям производится без легирования азотом.

Проведена оценка растворимости азота в расплаве с учетом взаимодействия различных форм азота, находящегося в плазме, с металлом при температурах выше 1973 К. В результате теоретического анализа сделан вывод о том, что при плазменно \square дуговом переплаве и принятых условиях содержание азота в стали может быть доведено практически до 0,30%, что почти в 3 раза превышает предельное содержание азота, достигаемое при стандартных условиях, т.е. проведено обоснование метода легирования сложнолегированных высокохромистых марок стали азотом в агрегате ПДП.

Разработана методика оценки температуры расплава в активной зоне дуги, при необходимости данная методика может быть использована для оценки влияния состава материала переплавляемой заготовки на температуру металла в зоне контакта дуги и металла.

Проведена оценка влияния отношения площадей зоны адсорбции (S_{ab}) и всей площади расплава (S) на протекание процесса азотирования. Показано, что при отношении $S_{ab}/S \geq 0,4$ в ходе процесса азотирования процесс адсорбции превалирует над процессом десорбции, т.е. при поддержке данного соотношения площадей возможно поддерживать процесс азотирования металла с необходимой скоростью и практически исключить чрезмерное выделение азота на стадии лунки жидкого металла. В дальнейшем можно получить бездефектный слиток с равномерным распределением азота.

В третьей главе описаны лабораторные исследования, моделирующие процесс азотирования металла газообразным азотом на установках специальной электрометаллургии. Целью данных экспериментов являлось исследование влияния термодинамических и кинетических параметров на процесс азотирования стали марки 10X8НМВФБ ЧМТУ 1154 – 64 газообразным азотом. Показано принципиальное отличие выбранной схемы переплава заготовки сложнолегированной высокохромистой марки стали от классической схемы: плазма покрывал как торец переплавляемой заготовки, так и ванну жидкого металла в кристаллизаторе, что должно обеспечить равномерность химического состава получаемого образца.

Четвертая глава главе приведены результаты лабораторных экспериментов по легированию азотом стальной заготовки в агрегатах СЭМ. Изложены результаты

азотирования сложнолегированных высокохромистых марок стали на примере модельного сплава в агрегатах специальной электрометаллургии. В результате проведения лабораторных экспериментов установлено, что азотирование металла на установке ПДП с вертикальным положением плазмотрона позволяет достичь более высокого содержания азота в наплавляемом слитке. Полученные экспериментальные данные при переплаве заготовок на установке ПДП с вертикальным положением плазмотрона позволяют заключить, что при увеличении длительности плавки конечное содержание азота в сложнолегированной высокохромистой стали растет, при этом данная тенденция свойственна как для экспериментов с применением плазмотрона мощностью 12 кВт, так и 14 кВт. Экспериментально установлено, что на торце оплавленной заготовки превышение содержания азота достигает 30-50% в сравнении с наплавляемым слитком, в связи с повышенной температурой, соответствующим составом плазмы. Отмечено, что увеличение времени переплава способствует повышению содержания азота в металле (ванне) при прочих равных условиях, что согласуется с теоретическим материалом. Аналогичное влияние на содержание азота в металле оказывает расход плазмообразующего газа.

Пятая глава посвящена анализу свойств полученных образцов из модельных сложнолегированных марок стали. Особое внимание уделялось анализу микроструктуры, их коррозионной стойкости в ряде сред, а также прочностным характеристикам стали. 8.

Показано, что коррозионные свойства исследуемой модельной сложнолегированной высокохромистой стали после введения азота на уровне 0,19% существенно возрастают, что подтверждено испытаниями.

Научная новизна работы:

1. Уточнен механизм азотирования металла при плазменно-дуговом переплаве заготовки, включающий насыщение расплава в пленке на торце переплавляемого электрода плазмой, содержащей повышенное количество частиц диссоциированного азота, деазотацию металла от «сверхравновесного» для данной стали содержания азота на стадии нахождения расплава в кристаллизаторе с последующей стабилизацией химического состава
2. Экспериментально установлено, что при переплаве высокохромистой стали с увеличением расхода плазмообразующего азотосодержащего газа, при прочих равных условиях, можно повысить содержание азота как на торце переплавляемого электрода, отвечающего зоне основного поглощения азота, так и в лунке в кристаллизаторе, и в целом в наплавляемом слитке.
3. Экспериментально установлено, что на торце оплавленной заготовки

превышение содержания азота достигает 30 - 50% в сравнении с наплавляемым слитком, в связи с повышенной температурой соответствующим составом плазмы, а также кинетическими условиями обеспечивается более полное азотирование высокохромистой стали.

Обоснованность научных результатов не вызывает сомнений, так как они получены с использованием современных теоретических представлений о процессах легирования сложнолегированных марок стали в агрегатах специальной электрометаллургии и основаны на анализе и использовании большого массива данных термодинамических расчетов и экспериментальных исследований, в том числе выполненных автором диссертационной работы самостоятельно.

Практическая значимость диссертационной работы:

1. Определены пределы и условия достижения высоких концентраций азота в высокохромистом металле с получением плотного слитка.
2. Рекомендованы режимы азотирования высокохромистого расплава на установке плазменно-дугового переплава.
3. Экспериментально показано положительное влияние «сверхравновесных» содержаний азота на коррозионные свойства различных марок стали.

Полученные в ходе выполнения диссертационной работы результаты планируются использовать при разработке технических решений и совершенствования промышленной технологии выплавки методом ПДП азотосодержащих высокохромистых марок стали, что подтверждено соответствующим актом.

Достоверность результатов: подтверждается соответствующими расчетами, применением современного оборудования и методов исследования экспериментальных образцов, а также удовлетворительным совпадением результатов расчетов и экспериментов.

По диссертационной работе имеются следующие **замечания**:

1. в работе не показана равномерность распределения по объему исследуемых слитков как азота, так и других химических элементов;
2. не обоснована целесообразность получения такого большого содержания азота в стали 10X8HMBФБ;
3. не приведено сравнение экономической эффективности предложенного метода азотирования в сравнении с другими;
4. к недостаткам можно факт того, что методика выполнения эксперимента разбросана по всей работе. Методики экспериментов, исследований и

испытаний рекомендуется вынести в отдельную главу.

Диссертационная работа написана и оформлена в соответствии с действующими нормативами. Автореферат диссертации полностью соответствует ее содержанию. Структура диссертационной работы состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы из 93 наименований. Диссертация изложена на 116 страницах машинописного текста, содержит 24 таблицы, 31 рисунок и 1 приложение.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 4 печатных работах в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК для публикации материалов диссертационных работ, и достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

Заключение

Представленная диссертация является научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему и обладающей внутренним единством, и соответствует специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».


Диссертационная работа Щукиной Людмилы Евгеньевны отвечает требованиям ВАК РФ в части п.9 Положения о присуждении ученых степеней (утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), в которой содержится решение задач, имеющих большое значение для металлургической отрасли, а именно: уточнен механизм азотирования металла при плазменно-дуговом переплаве заготовки, показано, что на торце оплавленной заготовки превышение содержания азота достигает 30 – 50% в сравнении с наплавляемым слитком, установлено, что при переплаве высокохромистой стали с увеличением расхода плазмообразующего азотосодержащего газа, при прочих равных условиях, можно повысить содержание азота как на торце переплавляемого электрода, отвечающего зоне основного поглощения азота, так и в лунке в кристаллизаторе, и в целом в направляемом слитке, показано, что содержание азота в наплавляемом слитке сложнолегированной марки стали при плазменно-дуговом переплаве (ПДП) контролируется соотношением площадей зон адсорбции и общей площади жидкого расплава, предложена модель насыщения сложнолегированной высокохромистой марки стали при ПДП в пленке на переплавляемой заготовке, что было учтено при разработке технических решений и совершенствования промышленной технологии выплавки методом ПДП азотосодержащих высокохромистых марок стали.

Считаем, что диссертационная работа «Исследование и разработка процесса легирования металла азотом в агрегатах специальной электрометаллургии с целью повышения качества стали» соответствует требованиям к кандидатским диссертациям, а

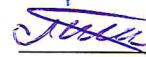
её автор, Щукина Людмила Евгеньевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Доклад по диссертационной работе заслушан и обсужден на НТС ИМиМ АО «НПО «ЦНИИТМАШ». За предложенное заключение проголосовали единогласно. Протокол № 5 от 05.06.2018 г.

Председатель НТС ИМиМ,
Д.т.н., проф.

 В.С. Дуб

Ученый секретарь НТС ИМиМ

 Д.С. Толстых

Подписи В.С. Дуба, Д.С. Толстых заверяю

Ученый секретарь АО «НПО «ЦНИИТМАШ»





М.А. Бараненко

Государственный научный центр Российской Федерации Акционерное общество
«Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский
институт технологии машиностроения»

(ГНЦ РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ»)

Россия, 115088, г. Москва, ул. Шарикоподшипниковская, д.4

Тел.: +7(495) 675-83-02, e-mail: cniitmash@cniitmash.ru

Web-сайт: <http://www.cniitmash.ru>