

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора
Гордиенко Павла Сергеевича на диссертационную работу
Соколова Павла Валерьевича "Разработка материала на основе концентратов и
отходов горнорудного производства для получения порошковых проволок",
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности

05.16.09 - Материаловедение (в машиностроении)

Соискатель Соколов Павел Валерьевич в обосновании актуальности работы отмечает, что разработка и производство новых материалов, обладающих заданными функциональными свойствами, в данном случае, сварочно-наплавных композиций, является важной народно-хозяйственной задачей. Такие материалы необходимы для эффективного функционирования многих современных производств. Автор задался целью разработать наплавные порошковые проволоки ильменитно-карбонатно-флюоритового типа на основе концентратов и отходов горнорудного и горно-химических производств Дальневосточного региона. Для достижения поставленной цели диссертанту необходимо было решить ряд научно-технических задач:

-провести химико-минералогический анализ сырьевой базы Дальневосточного региона;

-выполнить ориентировочный термодинамический расчет возможных химических реакций компонентов шихты шлаковых систем при температурах электродугового процесса;

-разработать и обосновать состав шлаковой системы ильменитно-карбонатно-флюоритового типа с использованием отходов и концентратов горнорудного производства;

-изучить влияния состава шихты на состав, структуру и свойства формируемых при сварке и наплавке материалов;

-провести сравнительные испытания порошковых проволок в условиях эксплуатации.

Выполненные исследования Соколов Павел Валерьевич изложил в диссертационной работе, состоящей из введения, 5 глав, выводов, списка литературы (146 наименований) и приложений всего на 155 страницах текста с 21 таблицей и 78 рисунков.

В первой главе автор отмечает ведущую роль технологии сварки и наплавки в современном машино- и судостроении. В зависимости от условий работы машин и аппаратов требования к сварочным швам и наплавным металлам различные, но во всех случаях они должны обеспечивать высокие физико-механические и эксплуатационные свойства изделия в целом. Из проведенного литературного анализа по использованию компонентов минерального сырья автор сделал вывод об актуальности проведения поисковых исследовательских работ по созданию сварочных материалов с использованием широкого спектра компонентов минерального сырья и отходов горнорудного производства Дальневосточного региона.

При рассмотрении элементов системы: расплав свариваемого металла – шлаковая система--газовая среда и их взаимодействие необходимо, и это отмечает автор, учитывать особенности термохимических процессов в связи с их пространственным ограничением, что должно приводить к изменению диффузионных и кинетических параметров, происходящих реакций.

На стр.21 автор приводит определение основности шлаковой системы, принятой Международным Институтом сварки, что позволяет разработчикам шихты ориентироваться в происходящих окислительно-восстановительных

термохимических процессах в зонах электродугового переплава. Утверждение, что в сварочной ванне при взаимодействии с компонентами шлаковой системы происходит восстановление таких элементов как титана, циркония, бора, магния и алюминия с переходом их в жидкий металл, требует очень тщательного анализа для каждого элемента отдельно. Что касается титана, то его наличие в расплаве, даже с избытком в системе углерода может быть объяснено образованием и присутствием карбидов, а не восстановленного титана, поэтому к этим данным из литературных источников следует относиться очень осторожно.

Применение сварочных материалов в виде порошковых проволок, как следует из обзора литературных данных и как утверждает соискатель, позволяет повысить производительность и непрерывность процесса сварки, а также получить наплавные слои с заданными свойствами. Применение порошковых проволок позволяет значительно уменьшить себестоимость сварочных и наплавных технологических операций. Одним из достоинств порошковых проволок – возможность изменения состава металла путём изменения состава шихты, помещаемой в объём металлических оболочек, имеющих различные конструкционные особенности, но как отмечает автор, наиболее предпочтительными являются трубчатые конструкции с различным заполнением шихтой (до 50%).

В первой главе соискатель вполне обосновано делает вывод, что, несмотря на довольно широкий ассортимент сварной продукции, активно проводятся исследования по разработке порошковых проволок карбонатно-флюоритового типа, а для таких порошковых проволок основным фактором, обеспечивающим высокие технологические показатели, является подбор состава шихты. Важным фактором при подборе шихты является, кроме газовой защиты зоны расплава, получение высококачественных швов и покрытий за счёт легирования переплавленного металла такими элементами как бор, титан, цирконий, вольфрам, марганец, хром и другими, положительно влияющими на свойства материала шва (повышается, пластичность ударная вязкость, уменьшается стойкость к хрупкому разрушению материала при низких температурах). Автором работы отмечается и широкие возможности использования шеелитового, бадделеитового и других концентратов при получении сварочных материалов.

Автором проанализированы особенности основных видов порошковых проволок с наличием в шлаковой системе: карбонатно-флюоритовых (флюорит, магнезит, доломит, мрамор и др.), рутиловых (рутил, алюмосиликаты, карбонаты, ферромарганец) и рутил-карбонатно-флюоритовых (диоксид титана, карбонаты щелочных элементов, фторид кальция) компонентов. Отмечаются их достоинства и недостатки.

Из проведенного анализа автором сделаны выводы: о перспективности использования многокомпонентного минерального сырья Дальневосточных горно-обогатительных и горно-химических производств, и их техногенных отходов, для разработки на их основе новых шлаковых систем сварных электродов; основной задачей, в создании перспективных сварных материалов, является экспериментальное обоснование оптимального состава шлаковой системы, обеспечивающей получение наплавленного металла с заданными свойствами; композиции шлаковой системы должны выполнять и роль поставщика легирующих элементов в расплавленный металл; исследования, связанные с решением проблемы создания сварочно-наплавных материалов с высокими, заданными характеристиками являются актуальными.

Во второй главе соискателем описана блок-схема, в которой приведены поэтапно все процессы, связанные с выбором исходных материалов и испытанием полученных сварочных материалов в условиях эксплуатации. В блок-схеме (рис.2.1 стр.38) отражены этапы работ, связанные с проведением термохимического и

термодинамического анализа возможных реакций в условиях высоких температур и наличие в выбранной системе восстановительных компонентов. Этот этап следует рассматривать как один из основополагающих в данной работе. Этот анализ является теоретической основой в получении необходимых композиций.

Так как шламовая система многокомпонентная, выбор её оптимального состава является не простой задачей и для её решения автором применён метод математического планирования эксперимента с определением конечных параметров (откликов): твёрдость, ударная вязкость, износостойкость, пористость металла.

Автором разработана программа для расчёта зависимостей распределения свойств полученных материалов от состава на основе данных натуральных экспериментов по значениям величин соответствующих откликов.

Следует отметить использование автором при выполнении работы современного отечественного и импортного оборудования. Изготовление образцов порошковых проволок осуществлялось на волочильном стане марки НИИМ-ПП4/350 (разработка Краснодарского НИИ «Монтаж»), для подготовки образцов использовался пресс, дробилки, шаровые мельницы, смесители, а отработка технологии сварки и наплавки проводилась с использованием сварочного полуавтомата, состоящего из источника питания, механизма подачи и тиристорной установки ESABMig500t.

Металлографический анализ проведен с использованием микроскопа «ЕСМЕТАМ РВ 22», и металлографического комплекса «МПИМ 3 ФЦ», определение химического состава проведено на рентгеноспектральном анализаторе Спектроскан МАКС GV 4071. Исследование наплавки проводилось с использованием растрового электронно-зондового микроскопа «ISM-35CJEOL» Химический и фазовый составы исследованы автором с использованием сканирующего рентгенофлуоресцентного спектрометра S4 Pioneer и рентгеновского дифрактометра MiniFlexIIRegaku.

Следует отметить, что во второй главе приведено подробное описание многих используемых современных физических методов и приборов, описаны методы подготовки образцов для проведения соответствующих измерений и анализов. Даже на этом этапе ознакомления с работой чувствуется основательность в методологии выполнения работы и экспериментальная обоснованность получаемых результатов.

Автор в конце раздела 2.2 отмечает, что в процессе выполнения работы большое внимание уделялось анализу и оценке следующих сварочно-технологических характеристик: лёгкость и стабильность горения дуги, качество шва, эластичность дуги, производительность наплавки, отделимость шлаковой корки, пористость наплавленного металла.

Раздел 2.3 посвящен описанию и выбору сырья и материалов, используемых автором для создания порошковых проволок. В качестве исходных металлических компонентов выбраны ленты из низкоуглеродистой стали 08 и ферросплавы, а в качестве материалов для шихты выбраны ильменит (содержится в титаномагнетитовых шлихах), датолитовый и бадделеитовый концентраты, гранодеорит, флюорит, феррохром, мрамор и др., а в качестве восстановителей применены ферромарганец и ферросилиций, а также алюминий (марка АПВ) и порошок графита.

Изучен фазовый состав титаномагнетитового шлиха Фадеевского горнорудного узла Приморского края, используемого при обосновании шлаковой системы ильменито-карбонатно-флюоритового типа, в качестве борсодержащего сырья использован датолитовый концентрат ООО «Бор» г. Дальнегорск.

Следует отметить очень важный для практики вывод о том, что обогащение титаномагнетитового шлиха не оказывает существенной роли на свойства наплавленного металла. Это должно свидетельствовать о том, что содержащиеся в исходном материале, в основном, оксидные компоненты, в зоне расплава практически не реагирует с расплавом.

Из изложенного материала второй главы автор сделал вывод о том, что для создания порошковых проволок целесообразно взять датолитовый концентрат, титаномагнетитовые отходы как основные компоненты, а в качестве легирующих элементов взять марганец и хром (ферросплавы), в качестве восстановителя – углерод.

Третья глава посвящена разработке шлаковой системы ильменито–карбонатно - флюоритового типа в качестве основных компонентов которой взяты флюорит, гранодиорит, туф; в качестве стабилизирующего компонента – титаномагнетитовый шлик; газообразующие компоненты – доломит, мрамор, известняк; легирующие элементы – марганец, титан, цирконий, вольфрам, бор. Начиная с 76 по 78 стр. автор приводит довольно подробные данные о химическом составе компонентов шлаковой системы и в качестве легирующих компонентов упоминается ильменит и входящие в него в виде примесей элементы. Необходимо было бы указать при каких температурах и дополнительных условиях будет выполняться легирование расплавленного металла. Это относится и к легированию расплава другими элементами.

В уравнении раскисления (3.1) допущена опечатка (образуется FeSiO_3).

Автором проделана большая работа по расчёту возможных химических реакций в зоне высоких температур и наличие в анализируемой зоне окислительных и восстановительных реакций с расчётом компонентов анализируемой шлаковой системы и расплава металла.

Отдельно в разделе 3.4 представлены результаты анализа восстановительных процессов в зоне дуги и электрошлакового переплава с участием компонентов шлаковой системы, графитового порошка в качестве восстановителя. Определено максимальное содержание титана (0,41%) в наплавленном металле в зависимости от соотношения графита и шлика (максимум при 20/80 %) и бора (0,27%) при отношении датолитового концентрата к графиту (90/10 %).

При электрошлаковом переплаве максимальное содержание титана в системе составляет – 0,435%, при содержании шлика к графиту в соотношении равном 60:40, и - 0,465%, при содержании шлика к алюминию в соотношении 50:50. Сделан вывод о том, что углерод является более предпочтительным восстановителем, как для титана, так и для бора.

Для получения шлаковой системы с оптимальным соотношением компонентов, в качестве которых взяты шлик (титаномагнетитовый), флюорит и датолитовый концентрат, автором проведено исследование влияния их соотношения на выходные параметры, характеризующие работоспособность шлаковой системы: пористость, коэффициент потерь, зернистость и др. параметры.

Многочисленные экспериментальные результаты влияния массовых долей входных параметров на свойства полученных наплавных материалов представлены в виде диаграмм из анализа которых сделан вывод о том, что оптимальным соотношением исходных компонентов является: шлик - 27,5%; флюорит 5% и датолитовый концентрат 4,5%, а в составе основы содержится (%): гранодиорита – 8, мрамора – 37, бадделеита – 1, ферромарганца - 10, ферросилиция – 7.

По результатам исследований, представленных в главе 3 автором сделаны выводы:

- обоснован состав шихты ильменито – карбонатно – флюоритового типа;
- в составе наплавного материала установлено наличие восстановленных титана, бора и других легирующих элементов. (Но здесь нужно ответить на вопрос, почему восстановленных форм указанных элементов незначительное количество?);
- установлены высокие качества наплавного металла.

Глава 4 посвящена изложению материалов исследования по созданию наплавочных порошковых проволок на основе разработанной шлаковой системы для

восстановления изношенных деталей подвижного железнодорожного состава. Автором приведены данные по номенклатуре деталей подлежащих ремонту, указаны материалы, и марки сталей из которых они изготовлены и каким эксплуатационным характеристикам они должны соответствовать после соответствующих ремонтных восстановительных работ. Автором проведены исследования по влиянию феррохрома, графита, ферромарганца на твёрдость наплавного металла, определён диапазон их концентраций в шихте порошковой проволоки. Обоснование оптимальных составов шихты автором сделаны на основе результатов экспериментов, выполненных с привлечением методов математического планирования и анализа соответствующих диаграмм: соотношения массовых долей компонентов шихты - конечные свойства наплавного металла (ударная вязкость, износостойкость, твёрдость).

Предложен состав шихты порошковой проволоки для получения деформирующих покрытий с твёрдостью 500 и 350 НВ, изготовлены опытные партии порошковых проволок, выполнены наплавки и исследованы свойства, состав наплавленного металла. При исследовании микроструктуры и элементного состава металла в зоне наплавления автором установлено повышенное содержание углерода в некоторых микрizonaх. Сделан вполне обоснованный вывод о возможном образовании карбидов некоторых металлов.

Из представленных в 4-ой главе результатов сделан, я считаю, основной вывод о том, что созданы порошковые проволоки ильменито – карбонатно - флюоритового типа из концентратов и отходов горнорудного производства Дальневосточного региона для восстановления деталей железнодорожного подвижного состава.

Пятая глава диссертационной работы посвящена расчёту себестоимости, экономической эффективности, опытно-сравнительным испытаниям опытных партий образцов обработанных разработанными автором сварочными материалами.

В общих выводах по проделанной работе автор указывает, что проведён анализ минерально-сырьевой базы, разработана методологическая схема создания наплавочных порошковых проволок, разработаны составы шлаковой шихты, исследованы состав, структура и свойства наплавного металла, проведены термодинамические расчёты вероятных реакций в зоне расплава. Если сравнить поставленную в работе цель и планируемые для её достижения решаемые задачи (стр.7), а также представленные в работе результаты и сделанные выводы, то несомненно автор с успехом справился с решением поставленных перед ним задач и достиг планируемой цели. И надо отметить, что работа заканчивается очень хорошим практическим достижением, а научная новизна не вызывает сомнения. Проведён термодинамический анализ возможных реакций, выявлены взаимосвязи состава шихты и планируемых свойств наплавленного материала, обоснована экспериментально и теоретически возможность создания новых материалов с использованием концентратов и отходов горнорудных и горнохимических производств Дальневосточного региона.

Практическая значимость проведённых работ не вызывает никаких сомнений, а достоверность результатов базируется на данных полученных на современных физических приборах.

Все полученные результаты опубликованы в журналах, рекомендуемых ВАК РФ по данной специальности, прошли апробацию на международных и Российских конференциях. Представленные диссертация и автореферат хорошо оформлены.

Содержание диссертации адекватно отражено в автореферате. Тексты диссертации и автореферата изложены доходчиво, воспринимаются легко. Некоторые незначительные замечания, сделанные при анализе содержания глав ни в коем случае не портят общего очень хорошего впечатления от большого объёма выполненной, очень нужной для практики работы.

На основе анализа результатов исследований, представленных в диссертационной работе Соколова Павла Валерьевича "Разработка материала на основе концентратов и отходов горнорудного производства для получения порошковых проволок" считаю, что работа содержит научно-технические обоснования и технологические решения, направленные на получение новых материалов для сварочных производств, важных для нашей страны. По актуальности и новизне, обоснованности и практической значимости сделанных выводов, объёму опубликованных в открытой печати работ, диссертация Соколова Павла Валерьевича соответствует требованиям п.9 Положения о порядке присуждения учёных степеней (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013г. №842), предъявляемых к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук и соответствует паспорту специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение), а её автор Соколов Павел Валерьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 - Материаловедение (в машиностроении).

Официальный оппонент доктор
технических наук, (02.00.05
Электрохимия) профессор,
заведующий лабораторией
защитных покрытий и морской
коррозии Федерального
государственного бюджетного
учреждения науки Института
химии Дальневосточного
отделения Российской академии
наук

Павел Сергеевич Гордиенко

4.12.2016 г.

690022, Приморский край, г.
Владивосток, пр-т 100-летия
Владивостока, 159
Тел: 8-4232- 312-590
e-mail: pavel.gordienko@mail.ru

Подпись д.т.н., профессора П. С. Гордиенко заверяю.

Ученый секретарь
Института химии ДВО РАН, к.х.н.



Д.В. Маринин