

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Р.Е. Крюкова

«ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ, СВОЙСТВ СТАЛЬНЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ УГЛЕРОДФТОРСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния»

Одной из актуальных проблем в области сварочного производства является повышение качества сварных соединений, работающих в особых условиях (экстремально низких или высоких температур, абразивного износа, интенсивных механических нагрузок и др.), формируемых с применением новых сварочных материалов. В последние годы наблюдается опережающее развитие технологий электродуговой сварки и наплавки с применением порошковых проволок и углеродсодержащих и углеродфторсодержащих флюсов и флюсовых добавок. Установить влияние небольшого количества вводимых во флюс добавок на физическую природу и механизм формирования необходимых эксплуатационных свойств металла неразъемных соединений и электродуговых покрытий можно только, применяя современные методы физического материаловедения (растровую и просвечивающую электронные микроскопии). В этой связи диссертационная работа Р.Е. Крюкова, вносящая вклад в развитие физики конденсированного состояния в области изучения физической природы, механизмов и закономерностей формирования макро-, микроструктуры, структурно-фазовых состояний и свойств сварных соединений и электродуговых покрытий, получаемых с применением углеродфторсодержащих материалов, является своевременной и актуальной.

В первой части работы Крюкова Р.Е. теоретически обосновано, что механизм и физическая природа влияния углеродфторсодержащих материалов на свойства сварного соединения и наплавленных слоев, полученных электродуговым способом, основаны на рафинирующем и газозащитном эффекте соединений фтора и углерода. Установлены и научно обоснованы закономерности влияния химического состава углеродфторсодержащих флюсовых материалов на макро- и микроструктуру, предел прочности, предел текучести, относительное удлинение, ударную вязкость при отрицательных температурах и твердость сварных швов и наплавленных слоев, полученных электродуговым способом. В результате проведенных исследований достигнуто повышение ударной вязкости при отрицательных температурах металла сварного соединения из стали 09Г2С КСУ<sup>-40</sup> на 40 – 80 % без роста концентрации углерода в сварном шве, исключительно посредством введения в состав флюсов до 6 % углеродфторсодержащих материалов.



Во второй части работы Крюкова Р.Е. получены новые количественные данные и установлены механизмы упрочнения (формированием мартенситной структуры при самозакалке, твердорастворное, зернограничное, дисперсионное), закономерности влияния химического состава электродуговых покрытий систем Fe-C-Si-Mn-Cr-V-Mo, Fe-C-Si-Mn-Cr-W-V, Fe-C-Si-Mn-Cr-Mo-V, Fe-C-Si-Mn-Ni-Mo-W-V и Fe-C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo-V на их твердость и абразивную износостойкость. По результатам проведенного многофакторного корреляционного анализа определены зависимости твердости наплавленного слоя и его износостойкости от массовой доли элементов, входящих в состав порошковых проволок системы Fe-C-Si-Mn-Cr-Mo-Ni-V-Co. Полученные зависимости рекомендованы для прогнозирования твердости наплавленного слоя и его износостойкости при изменении химического состава наплавленного металла.

Диссертационная работа по своим целям, задачам, основному содержанию, методам исследования и научной новизне в большей степени соответствует специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния» по пункту 1 «Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы свойств металлов и их сплавов, неорганических и органических соединений, диэлектриков и в том числе материалов световодов как в твердом, так и в аморфном состоянии в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления». Достоинством работы Р.Е. Крюкова является практическое использование результатов теоретических исследований, что соответствует пункту п.6 «Разработка экспериментальных методов изучения физических свойств и создание физических основ промышленной технологии получения материалов с определенными свойствами» паспорта специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

Основное содержание диссертации опубликовано в 171 печатных работах, в том числе в 48 статьях в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации материалов диссертаций, 32 статьях, индексируемых в изданиях Scopus и Web of Science, а также 1 монографии и защищено 20 патентами Российской Федерации.

В качестве замечаний по работе следует отметить:

- 1) К сожалению, в автореферате не просматривается роль и влияние углеродфторсодержащих добавок на упрочнение наплавленного металла.
- 2) Рассматривая порошковые проволоки системы Fe-C-Si-Mn-Cr-Mo-Ni-V-Co, следовало бы указать диапазоны исследуемых концентраций.

В целом, по новизне, научной и практической значимости, достоверности основных выводов и заключений диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор Крюков

Роман Евгеньевич заслуживает присуждения искомой степени по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

Профессор, доктор физ.-мат. наук,  
главный научный сотрудник  
кафедры Обработки металлов  
давлением Федерального  
государственного автономного  
образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский  
технологический университет  
«МИСиС»

Прокошкин Сергей Дмитриевич

12.08.2022 г.

119049, Москва, Ленинский просп., 4  
+7 499 230 2863  
prokoshkin@tmo.misis.ru

Я, Прокошкин Сергей Дмитриевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой их диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

01.04.07 – физика конденсированного состояния

ПОДПИСЬ \_\_\_\_\_ ЗАВЕРЯЮ  
Проректор по безопасности  
и общим вопросам  
НИТУ «МИСиС» \_\_\_\_\_ И.М. Исаев

