

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Душиной Алены Юрьевны «Послойная плазменная наплавка сталей
аустенитного класса типа 308LSi для аддитивного производства»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности

2.5.8. Сварка, родственные процессы и технологии

Актуальность темы

Технологии аддитивного производства изделий из металлов и сплавов активно развиваются и уже перешли от стадии лабораторных исследований к промышленному применению. Применение аддитивных технологий является востребованным для единичного и мелкосерийного производства крупногабаритных деталей сложной формы. Применение дуговых и плазменных аддитивных технологий для таких задач является наиболее обоснованным с точки зрения производительности и стоимости.

Одной из задач в развитии технологий аддитивного производства является получение материала с заданными характеристиками, и в том числе повышение однородности прочностных свойств в объеме наплавленного материала. Одним из направлений решения этих задач является развитие методов, целью которых является изменение условий кристаллизации ванны жидкого металла. Также находят применение методы последующей пластической деформации наплавленных слоев.

В связи с этим, диссертационная работа Душиной А.Ю., направленная на изучение влияния технологических режимов и приемов плазменно-дуговых методов наплавки на изменение условий кристаллизации, микроструктуру, распределение механических характеристик, обладает актуальностью и имеет научную и практическую значимость.

Анализ содержания диссертации

Диссертационная работа изложена на 148 листах, включает введение, пять глав, основные результаты и выводы по работе, а также список использованной литературы из 141 источника и одно приложение.

В первой главе автор рассматривает существующие технологии наплавки проволочного материала с использованием высококонцентрированных источников теплоты, методы измельчения микроструктуры наплавленных слоев. Отдельно рассмотрены особенности

фазовых и структурных превращений в аустенитных сталях. На основании проведенного литературного обзора Душина А.Ю. обоснованно сформулировала цель и задачи исследования. Здесь же приводится методика и оборудование, применяемое для исследований.

Вторая глава посвящена исследованию влияния термического цикла однослойной и многослойной наплавки на микроструктуру и свойства слоев при работе плазмотрона в одно дуговом и двух дуговом режимах. Автором проведены расчеты распределения тепловых полей, термических циклов, градиентов температур в объеме жидкой ванны с учетом особенностей источника теплоты. Показано, что условия охлаждения существенно отличаются для рассмотренных режимов наплавки. Эти различия находят отражение в микроструктуре наплавленных образцов: применение более концентрированного источника теплоты способствует повышению дисперсности и разориентированности микроструктуры.

В третьей главе исследовалось влияние модуляции тока плазменной наплавки на форму одиночных валиков, особенности кристаллизации, микроструктуру и свойства одиночных валиков и многослойных стенок. Следует отметить применение функции желательности Харрингтона для комплексной оценки влияния частоты модуляции тока с учетом множества оцениваемых параметров. Автором доказано, что применение модуляции с частотой более 5 кГц приводит к повышению стабильности геометрических размеров наплаваемых валиков, снижению транскристаллитного роста до 2-3-х слоев наплавки и получению более однородной по химическому составу структуры.

Влияние холодной проковки рассматривается в четвертой главе диссертации. Убедительно доказано положительное влияние проковки при плазменной наплавке как на однородность структуры, так и на механические свойства.

Пятая глава посвящена исследованию механических свойств и коррозионной стойкости наплавленного металла. Результаты показывают, что механические характеристики металла, полученного наплавкой, превосходят требования, предъявляемые к поковкам и сортовому прокату из стали 04X18N10. Кроме того, применение модуляции тока частотой 5 кГц и послышной проковки при наплавке улучшает коррозионную стойкость получаемых материалов.

Диссертация является законченным трудом, в которой содержится решение актуальной задачи, и выполнена автором на высоком научном уровне.

Научная новизна диссертационной работы

1. Установлено, что при послойной плазменной наплавке проволоки 308LSi феррито-аустениный механизм кристаллизации реализуется при значении градиента температур по фронту кристаллизации более 550 К/мм. При меньшем значении градиента реализуется двойной феррито-аустениный и аустенитно-ферритный механизмы кристаллизации.

2. Установлено, что наплавка высококонцентрированными источниками энергии, применение модуляции тока с частотой более 5 кГц при послойной плазменной наплавке и использование послойной проковки приводят к уменьшению степени транскристаллитного роста зерен.

3. Установлено, что применение модуляции тока с частотой более 5 кГц при плазменной наплавке и послойного деформирования приводит к уменьшению скорости коррозии и изменению ее характера.

Практическая и теоретическая значимость результатов работы

1. Расширены представления о процессах кристаллизации сталей аустенитного класса с пороговым ферритным числом FN 8 при плазменной наплавке и плазменной наплавке плавящимся электродом.

2. Экспериментально показано повышение механических свойств и коррозионной стойкости материалов, полученных плазменной наплавкой с модуляцией тока, а также при использовании пластической деформации при плазменной наплавке плавящимся электродом.

3. Результаты работы использовались при изготовлении опытных заготовок детали проточной части перспективного авиационного двигателя из хромоникелевых сплавов на АО «Пермский завод «Машиностроитель».

Достоверность научных результатов и обоснованность выводов

Достоверность научных результатов подтверждается применением разнообразных современных методов исследования и оборудования, солидным объемом экспериментальных данных, а также соответствием полученных результатов известным теоретическим представлениям и результатам других исследователей.

Замечания

1. Местами автор использует термин «сварка» применительно к аддитивным технологиям (например, на с. 11), что не совсем корректно. При

описании основных методов сварки и наплавки присутствует некоторая неточность в терминологии, в частности GTAW назван «газоэлектрической сваркой вольфрамовым электродом». Метод плазменной наплавки плавящимся электродом обозначается «плазма-МИГ» наплавкой, на сколько корректно использовать такой термин?

2. При описании режимов плазменной наплавки с модуляцией тока не раскрыты параметры модуляции: значение тока в паузе, время импульса и паузы.

3. Указано, что при плазменной наплавке скорость подачи проволоки составляла 3,5 м/мин при скорости наплавки 20 м/ч (с. 27), тогда как при плазменной наплавке плавящимся электродом соответственно 6,6 м/мин и 90 см/мин. Мощности источников также отличаются. Насколько корректно сравнивать между собой получаемые в данном случае результаты?

4. Присутствуют опечатки и описки, в частности, на с. 33 указано, что наплавленный металл соответствует стали аустенитного класса «04X10H10», на стр. 112 для обозначения механических характеристик используется термин «предел сопротивления».

5. Не приводятся соотношения для определения относительного отклонения ширины и высоты валиков. Физический смысл этих величин не совсем понятен с учетом того, что их значения колеблются в диапазоне 70-97% (таблица 3.1).

Однако, указанные замечания не снижают научную и практическую значимость полученных результатов.

Соответствие диссертационной работы указанной специальности

Диссертационная работа Душиной Алены Юрьевны по содержанию и полноте изложенного материала соответствует паспорту специальности 2.5.8. Сварка, родственные процессы и технологии: пункту 1 – «Металлургические процессы в сварочной ванне, кристаллизация сварных швов»; пункту 2 – «Физические процессы в материалах при сварке и родственных технологиях, фазовые и структурные превращения, образование соединений и формирование их свойств».

Заключение

Диссертационная работа Душиной Алены Юрьевны является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержатся научно

обоснованные технологические решения, позволяющие повысить однородность механических характеристик изделий из аустенитных сталей при послойной плазменной наплавке. Применение разработанных решений позволит сократить сроки и затраты при производстве изделий сложной формы.

На основании вышеизложенного, считаю, что диссертационная работа соответствует требованиям п.9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в редакциях от 21.04.2016 № 335 и 12.10.18 № 1168), а ее автор Душина Алена Юрьевна достойна присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8. Сварка, родственные процессы и технологии.

Официальный оппонент:

кандидат технических наук (специальность 05.02.10 – «Сварка, родственные процессы и технологии»), доцент кафедры Технологии металлов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ"

_____ Слива Андрей Петрович.

14. 2023

удостоверено

ДИРЕКТОР НАЧАЛЬНИКА
РАБОТЫ С ПЕРСОНАЛОМ
Л.И. ПОЛЕВАЯ

Л



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ"

Адрес: 111250, Россия, г. Москва, ВН.ТЕР.Г. МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ОКРУГ ЛЕФОРТОВО, УЛ КРАСНОКАЗАРМЕННАЯ, Д.14, СТР.1

Телефон: +7 495 362-75-60

Адрес электронной почты: universe@mpei.ac.ru

Сайт подразделения: <https://mpei.ru>