

ОТЗЫВ официального оппонента

доктора технических наук, профессора
Мелюкова Валерия Васильевича

на диссертационную работу
Варушкина Степана Владимировича
«Управление электронно-лучевой наплавкой
проволочным материалом по параметрам
тормозного рентгеновского излучения»,
представленную в диссертационный совет Д ПНИПУ.05.03
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.02.10 – Сварка, родственные технологии и процессы

Актуальность

Для восстановления и ремонта изношенных участков деталей, повышения их износостойкости и эксплуатационных характеристик широко применяется наплавка проволочных сварных материалов.

Электронно-лучевая наплавка дает преимущества по сравнению с электродуговыми способами при восстановлении деталей из химически активных металлов с обеспечением необходимых требований по механическим свойствам и плотности наплавленного слоя.

При электронно-лучевой наплавке проволочным материалом возникает проблема обеспечения точного совмещения пучка с присадочной проволокой, так как диаметр концентрированного пучка электронов в зоне плавления меньше диаметра присадочной проволоки и поэтому незначительное смещение оси пучка электронов относительно оси проволоки нарушает стабильное формирование наплавленного валика.

Применяемые в настоящее время цифровые системы позиционирования электронного пучка с использованием сигнала отраженных и вторично-эмиссионных электронов не обладают достаточным быстродействием и требуют большой объем вычислительных операций.

Задача управления процессом многослойной электронно-лучевой наплавки проволочным материалом с позиционированием пучка электронов по сигналу тормозного рентгеновского излучения, возникающего при взаимодействии электронного пучка с присадочной проволокой и подложкой в процессе периодических колебаний пучка в зоне плавления присадочной проволоки, является актуальной прикладной задачей.

Варушкин Степан Владимирович в диссертационной работе «Управление электронно-лучевой наплавкой проволочным материалом по параметрам тормозного рентгеновского излучения» поставил и решил эту

актуальную задачу путем динамического управления положением пучка электронов относительно присадочной проволоки с использованием синхронного накопления и детектирования сигнала тормозного рентгеновского излучения в процессе взаимодействия пучка электронов с присадочной проволокой и подложкой.

Научная новизна работы:

Автором данной диссертационной работы разработана аналитическая модель математической обработки сигнала тормозного рентгеновского излучения методом синхронного накопления и детектирования.

Предложена методика, позволяющая анализировать сигнал тормозного рентгеновского излучения и определять положение электронного пучка относительно присадочной проволоки в процессе непрерывных периодических колебаний в зоне плавления присадочной проволоки.

Установлено наличие области линейной зависимости обработанного методом синхронного детектирования сигнала тормозного рентгеновского излучения при отклонении оси электронного пучка от оси присадочной проволоки.

Создана замкнутая система оперативного контроля и динамического управления положением пучка электронов относительно неподвижной в поперечном направлении оси присадочной проволоки без прерывания процесса наплавки при периодических колебаниях пучка относительно оси присадочной проволоки.

Обоснованность и достоверность

Использование современных средств проведения исследований, обоснованность методов исследований, верификация модели по экспериментальным данным, полученным на действующих технологических машинах электронно-лучевой сварки подтверждают достоверность полученных в диссертации результатов.

Апробация и публикации

Результаты проведенных исследований докладывались, обсуждались на 11 региональных, всероссийских и международных научно-технических конференциях, форумах и семинарах. По теме диссертационного исследования было опубликовано 24 печатные работы, в том числе 4 в журналах, входящих в международные базы цитирования Scopus или Web of Science, 6 в изданиях, рекомендованных ВАК, 2 патента РФ.

Личный вклад соискателя

Соискателем лично разработана математическая модель описывающая формирование тормозного рентгеновского излучения от технологических параметров при взаимодействии с присадочной проволокой и подложкой в процессе периодических колебаний электронного пучка.

Выполнены экспериментальные исследования формирования тормозного рентгеновского излучения в процессе электронно-лучевой наплавки проволокой. Предложен способ динамического управления положением пучка электронов относительно присадочной проволоки в процессе электронно-лучевой наплавки, а также выполнена его экспериментальная апробация.

Практическая значимость

Практическая значимость представленной работы состоит в следующем:

1. Показана целесообразность использования тормозного рентгеновского излучения в качестве сигнала обратной связи и применения непрерывных колебаний электронного пучка в процессе управления его положением относительно присадочной проволоки при электронно-лучевой наплавке.
2. Разработан способ электронно-лучевой наплавки с динамическим управлением положением электронного пучка по сигналу тормозного рентгеновского излучения из технологической зоны. Способ исключает вынужденные прерывания процесса вследствие выхода присадочной проволоки из зоны воздействия электронного пучка и повышает воспроизводимость качества наплавки на величину до 50% за счет уменьшения колебания ширины наплавленных слоев и их смещения относительно друг друга.
3. Результаты диссертационного исследования использованы предприятиями АО «Машиностроитель» и ПАО «Протон-ПМ» в процессе разработки технологии электронно-лучевой многослойной наплавки экспериментальных образцов.

Соответствие диссертации установленным критериям

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук Варушкина С.В. соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. В диссертации приведены ссылки на авторов и источники заимствованных

материалов и отдельных результатов. В работе соискатель отмечает вклад в научные труды, опубликованные лично и/или в соавторстве.

Содержание диссертации

Диссертация соответствует поставленным целям и задачам и в достаточной мере отражает их решение. Произведен анализ литературных данных в области управления процессами электронно-лучевой обработки материалов. Разработана методика проведения исследований, описано использованное оборудование и программное обеспечение, предложены методы математической обработки. Проведены эксперименты по электронно-лучевой наплавке проволокой. Разработаны и верифицированы математические модели. Установлены закономерности и особенности сигнала тормозного рентгеновского излучения в процессе электронно-лучевой наплавки проволокой. Разработан способ многослойной электронно-лучевой наплавки с оперативным управлением положением пучка электронов по сигналу тормозного рентгеновского излучения из технологической зоны.

Замечания и предложения

1. В цели диссертационной работы и далее в тексте используется выражение «...управление положением присадочной проволоки...», а из описания управления процессом наплавки проволочным материалом (п.2.3 и рис. 2.15) следует, что ось присадочной проволоки (её положение) остается неподвижной в поперечном направлении, если не учитывать возмущений подающего механизма. Такое выражение не является корректным при изложении управления процессом наплавки с разверткой электронного пучка относительно неподвижной в поперечном направлении оси присадочной проволоки.
2. В третьей главе диссертации приведены результаты экспериментальных исследований процесса наплавки при развертке электронного пучка по кольцевой траектории, но не рассмотрены и не приведены возможности предложенного метода управления процессом наплавки в случае формирования поперечной, растровой, X-образной, V-образной и других видов развертки электронного пучка.
3. При моделировании и верификации результатов обработки сигнала тормозного рентгеновского излучения (рисунки 3.7, 3.8,..., 3.11) значения сигнала представлены в относительных

величинах. В диссертационной работе не обоснованно использование относительных величин, а не абсолютных.

Заключение

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук Варушкина С.В. на тему «Управление электронно-лучевой наплавкой проволочным материалом по параметрам тормозного рентгеновского излучения» представляет собой законченную работу. Достижение поставленной цели основано на литературном анализе проблемы, моделировании и экспериментальных исследованиях. Разработанный способ электронно-лучевой наплавки с оперативным управлением повышает воспроизводимость качества наплавки за счет уменьшения колебания ширины наплавленных слоев и их смещения относительно друг друга.

Результаты диссертационных исследований отражены в 6 статьях в научных журналах, рекомендованных ВАК.

Представленная диссертационная работа «Управление электронно-лучевой наплавкой проволочным материалом по параметрам тормозного рентгеновского излучения» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Варушкин Степан Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.10 – Сварка, родственные процессы и технологии.

Официальный оппонент,
Доктор технических наук, профессор,
директор ООО «Вятский
аттестационный центр»

 / Мелюков Валерий Васильевич /

Подпись проф., д-ра техн.
Мелюкова В.В. заверяю:

 /Т.Я. Мелюкова /
Исполнительный директор
ООО «ВАЦ»

Место работы:
610033, город Киров, ул.Московская, 107б, оф. 402
ООО «Вятский аттестационный центр»
Тел.: +7 (8332) 25-19-25
E-mail: vcc.naks@mail.ru; <http://naks-kirov.ru>