

РАЗРАБОТКА ПРЕЦИЗИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СВАРКИ РАЗНОРОДНЫХ И РАЗНОТОЛЩИННЫХ МЕТАЛЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПА ПРОСТРАНСТВЕННО- ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЛОЖЕНИЕМ

**Э. С. Гилязов, В. Г. Добровольский, В. С. Четверов,
О. И. Сорокин, А. И. Захаренко**

Тольяттинский государственный университет
ООО «Сварочные машины и технологии»
г. Тольятти

Соединения разнородных металлов (различных цветных металлов и сплавов между собой или со сталями) и разнотолщинные соединения имеют широкое распространение в приоритетных высокотехнологичных отраслях промышленности – ракетно-космический сектор, авиастроение, производство устройств военного назначения, энергетика и химическое машиностроение.

Существенной проблемой при сварке разнородных металлов между собой (особенно высокотехнологичных цветных металлов или цветных металлов со сталями) является сложность получения необходимой прочности и коррозионной стойкости сварных соединений, вызванная спецификой интенсивно протекающих физико-химических процессов между жидкой и твердой фазой в зоне образования сварного соединения. Как правило соединения разнородных металлов, полученные сваркой плавлением, обладают высокой хрупкостью из-за образования в шве и околошовной зоне хрупких металлических соединений и интерметаллидных фаз, и склонны к развитию различных видов коррозионного разрушения из-за значительной химической как микро-, так и макронеоднородности в зоне сварного соединения.

В мировой практике проблемы сварки разнородных металлов решают различными путями. Это применение специальных методов сварки, таких как лазерная и электронно-лучевая сварка, механические способы сварки – сварка взрывом, фрикционная сварка, сварка трением. Однако основными недостатками этих способов является, во первых, их высокая стоимость и низкая технологичность, а во вторых, существенные ограничения по области применения.

Наиболее универсальным и технологичным процессом сварки соединений разнородных металлов является дуговая сварка. При использовании дуговых способов сварки

широко применяется подход, основанный на использовании между соединяемыми разнородными металлами вставок из промежуточного металла. Однако данный подход значительно увеличивает трудоёмкость, материалоемкость и себестоимость технологического процесса. При непосредственном соединении разнородных металлов между собой без применения промежуточных вставок, для дуговой сварки применяют технологии, основанные на оплавлении менее тугоплавкого металла через слой более тугоплавкого, без непосредственного взаимодействия жидких ванн обоих материалов. Однако соединения, полученные таким способом, характеризуются не высокой прочностью и пластичностью.

Анализ температурно-временных зависимостей образования интерметаллидов и развития диффузионных процессов наглядно показывает, что существует теоретическая возможность дуговой сварки разнородных металлов с получением любых типов сварных соединений без образования хрупких фаз. Для реализации таких технологий необходимы способы сварки и оборудование, позволяющие выполнять точное регулирование количества тепла вводимого в каждый свариваемый материал, и управление скоростью протекающих химических реакций.

При сварке элементов различной толщины возникает проблема, связанная с тем, что вследствие различной толщины каждого из соединяемых элементов картина температурного поля в каждом из них различна, что приводит к отклонению размеров и формы шва от проектных, или даже к дефектам в виде несплавлений, непроваров, или же наоборот, к прожогам более тонкого элемента.

Основной мерой, способствующей получению симметричного сварного шва с требуемыми размерами и формой, является выравнивание картины температурного поля в каждой из свариваемых кромок. В существ-

вующей практике для этого применяют принцип пространственного регулирования тепловложением, а именно:

– смещают центр пятна нагрева сварочной дуги на более толстый элемент, тем самым увеличивая количество тепла вводимого в толстый элемент и уменьшая количество тепла вводимого в тонкий элемент. Однако данный подход имеет весьма ограниченную область применения и характеризуется отсутствием чётких рекомендаций по его практическому использованию.

– применяют специальные конструкции сварных соединений с протачиваемыми буртами, отбортовками, нахлёстками. Это способствует регулированию количества тепла вводимого в каждую свариваемую кромку. Однако этот подход очень трудоёмок и материалоёмок.

Цель работы – повышение качества сварных соединений разнородных металлов и разнотолщинных элементов, снижение трудоёмкости их выполнения и расширение технических возможностей получения таких соединений за счёт разработки и исследования способа дуговой сварки с высокоточным пространственно-параметрическим управлением тепловложения в зону сварки.

Наиболее эффективно поставленная цель может быть решена за счёт использования для сварки разнородных и разнотолщинных металлов принципа пространственно-параметрического управления тепловложением. Этот способ позволит выполнять эффективное управление количеством тепла вводимого в каждую свариваемую кромку, что в свою очередь позволит, создавая в каждой свариваемой кромке температурное поле со специфическими параметрами, и позволит эффективно управлять скоростью тепловых процессов и химических реакций в зоне сварного соединения.

Принципиальной новизной разрабатываемых нами технологий сварки является возможность точного управления тепловложением в каждую из свариваемых кромок, путём управления пространственным положением дуги, осуществляемым за счёт изменения параметров её собственного магнитного поля. Изменять количество тепла, вводимого в каждую из свариваемых кромок можно целенаправленно отклоняя сварочную дугу на каждую из свариваемых кромок в отдельности. Таким образом, дуга принудительно с заранее заданным периодом отклоняется то на одну, то на другую соединяемую кромку. С точки зрения сварки разнородных и раз-

толщинных материалов созданы уникальные предпосылки для управления количеством тепла, вводимого в каждую свариваемую кромку в отдельности. Это позволяет при сварке разнородных металлов нагревать каждую из свариваемых кромок до различных температур, и создаёт условия для реализации процессов сварки без применения дорогостоящих промежуточных слоёв между соединяемыми деталями и при сварке разнотолщинных деталей нагревать каждую из соединяемых кромок до примерно одинаковой температуры, с учётом конкретной толщины каждой кромки.

Для реализации таких технологий необходимы способы сварки и оборудование, позволяющие выполнять точное регулирование количества тепла вводимого в каждый свариваемый материал. Например, при сварке титана с алюминием в алюминий должно быть введено количество тепла необходимое для его расплавления, а титан должен оставаться в твёрдом состоянии, но с поверхностью нагретой до определённой температуры. Температура титана должна быть достаточной для развития диффузионных процессов и образования соединения. При этом при заданной температуре поверхности титана можно чётко определить время в течении которого интерметаллиды в зоне контакта жидкого алюминия и твёрдого титана не образуются.

Существующие в мире технологии способны регулировать количество вводимого в свариваемые кромки тепла по двум отдельным принципам – это управление значениями параметров режима сварки (параметрическое управление тепловложением), и целенаправленное изменение пространственного положения пятна нагрева дуги (пространственное управление тепловложением).

Наиболее эффективным будет совместное пространственное и параметрическое управление тепловложением (далее пространственно-параметрическое управление тепловложением). Именно использование принципа пространственно-параметрического управления тепловложением позволит гибко и точно регулировать количество тепла вводимого в каждую свариваемую кромку. Проведённый анализ показал, что в настоящий момент отсутствуют технологии, реализующие на практике данный принцип управления тепловложением.

Т.о. в нашем проекте для сварки разнородных и разнотолщинных материалов предлагается использовать принципиально новый

РАЗРАБОТКА ПРЕЦИЗИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СВАРКИ РАЗНОРОДНЫХ И РАЗНОТОЛЩИННЫХ МЕТАЛЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПА ПРОСТРАНСТВЕННО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЛОЖЕНИЕМ

подход, основанный на пространственно-параметрическом управлении тепловложением при сварке.

В настоящее время созданы необходимые предпосылки для практического применения принципа пространственно-параметрического управления тепловложением при сварке. Производственной инновационной фирмой ООО «Сварочные машины и технологии» (г. Тольятти) разработан и изготовлен опытный образец сварочной установки для автоматической аргодуговой сварки с управляемым тепловложением. Данное оборудование впервые позволяет на практике реализовать описанный выше принцип пространственно-параметрического управления тепловложением.

Следующим важным этапом в создании новых технологий сварки, основанных на принципе пространственно-параметрического управления тепловложением является проведение исследований с целью разработки технологий сварки разнородных и разнотолщинных элементов.

Для разработки технологий прецизионной сварки разнородных и разнотолщинных соединений нам необходимо решить следующие задачи:

1. Провести экспериментальные исследования по установлению практической эффективности применения принципа пространственно-параметрического управления тепловложением для сварки разнородных и разнотолщинных соединений;

2. Разработать принципы проектирования технологий сварки разнородных и разнотолщинных соединений с использованием способа сварки с управляемым тепловложением;

3. Разработать программное обеспечение для проектирования режимов сварки разработанных прецизионных технологий.

Реализация вышеобозначенных задач позволит создать все необходимые условия для перехода к этапу разработки промышленных технологий сварки разнородных и разнотолщинных соединений, с применением принципа пространственно-параметрического управления тепловложением.

Решение задач исследования будет осуществлено экспериментальными и расчётными методами, с применением стандартных и оригинальных методик измерения количества введённого в тело тепла; методов математического планирования экспериментов и статистических методов обработки дан-

ных, методов микроструктурного, рентгеноспектрального анализа, механических испытаний сварных соединений.

Таким образом, основные работы на этом этапе НИР будут заключаться в исследовании практических возможностей дуговой сварки с управляемым тепловложением для соединения разнородных и разнотолщинных материалов.

В результате выполнения проекта будут получены следующие виды продукции:

1. Прецизионная технология дуговой сварки разнородных металлов с высокоточным пространственно-параметрическим регулированием тепловложения в зону сварки;

2. Прецизионная технология дуговой сварки элементов с большой разницей толщин с высокоточным пространственно-параметрическим регулированием тепловложения в зону сварки

3. Методы проектирования технологических процессов сварки с использованием разработанных прецизионных технологий.

4. Программное обеспечение для проектирования режимов сварки разработанных прецизионных технологий.

Разрабатываемые технологии сварки разнородных и разнотолщинных материалов должны обеспечить снижение себестоимости сварного соединения не менее чем на 20%. и повышение производительности технологического процесса получения сварного соединения не менее чем на 30% по сравнению с конкурентными технологическими процессами. При достижении указанных выше экономических эффектов будет достигнуто значительное повышение эксплуатационных характеристик сварных соединений, а также значительно расширены технологические возможности дуговой сварки ранее не достижимые в конкурентных аналогах.

Полученные в ходе исследования результаты будут использованы для разработки промышленных технологий автоматической аргодуговой сварки разнородных и разнотолщинных элементов. Данные технологии будут реализованы в виде синергетическим программ управления для разработанного в ООО «Сварочные машины и технологии» оборудования для сварки с управляемым тепловложением (модели «СМТ-1» и «СМТ-2»). Реализация продукта будет происходить в комплекте с вышеуказанными моделями оборудования через ООО «Сварочные машины и технологии».