



диффузии в твердой фазе, а также когда расплавленный алюминий контактирует со сталью. Таким образом, этот метод не позволяет полностью избежать образования интерметаллидов. Однако толщину слоя интерметаллидов можно свести к минимуму за счет более низкого тепловложения. Следовательно, процесс с переносом холодного металла уже был изучен для сваркопайки алюминия со сталью, причем низкое тепловложение ограничивает образование хрупких интерметаллидов системы железо–алюминий.

Исследования, проведенные в компании «Фрониус», показали, что химический состав присадочной проволоки и основного материала играет важную роль в отношении характера образующейся прослойки, поскольку взаимодействие легирующих элементов (марганца, кремния и цинка) влияет на образование ИМФ. Следовательно, в рассматриваемых в работе исследованиях химический состав присадочной проволоки, а также и металлического покрытия на стали взяты в качестве параметров, влияющих на толщину слоя интерметаллидов и характеристики соединения. Для этой цели выполнены нахлесточные паяносварные швы алюминия и стали с использованием сталей с различным покрытием и различных присадочных проволок. Для сравнения выполняли также заклепочные и адгезивные соединения. Испытания включали исследования сечения, испытания на растяжение, солевым туманом и на циклическую коррозию. Проводили также детальные исследования слоев интерметаллида.

В ходе проведенных исследований изучали влияние различных присадочных проволок и различных металлических покрытий на сталь при пайкосварке алюминия со сталью с низким тепловложением. Эти исследования продемонстрировали потенциальные возможности вариантов процесса МИГ/МАГ с низким тепловложением, особенно с холодным переносом металла для сваркопайки этих сочетаний. Эти результаты показали, что паяносварные швы можно успешно получать со слоями ИМФ толщиной менее 10 мкм, что традиционно рекомендуется для обеспечения максимальных характеристик соединения. Самая большая толщина прослойки наблюдалась в соединениях стали с покрытием «Алузи», полученным с помощью присадочной проволоки $AlSi_3Mn$ (до 6 мкм). Максимальная прочность была реализована для того

же сочетания основного материала присадки, однако, в этом случае наблюдалось разрушение в ЗТВ алюминия приблизительно при 85 % предела прочности на растяжение основного материала алюминия. Этот уровень прочности сопоставим с тем, которого можно ожидать при сварке алюминиевых сплавов.

Применение подобных режимов сварки при использовании различных присадочных проволок привело к различной толщине слоя ИМФ, длине смачивания, а также характеристикам соединения. Не установлено четкой зависимости между характеристиками соединениями и толщиной слоя ИМФ, которая во всех случаях было ниже 10 мкм. Это может означать, что влияние толщины слоя ИМФ является ограниченным или незначительным, пока она ниже 10 мкм. Эксперименты на различных сталях с покрытием с использованием различных присадочных проволок позволили установить некоторые ключевые параметры, которые необходимо учитывать при выборе присадочной проволоки для получения оптимальных характеристик паяносварного шва:

по сравнению с присадкой на основе алюминия низкая точка плавления и относительная мягкость присадочной проволоки на основе цинка усложнили подачу проволоки и управление геометрией шва (наблюдалась тенденция образования узкого, но очень выпуклого валика шва). Тем не менее, этот тип присадочного материала продемонстрировал преимущества минимальной толщины слоя ИМФ, высоких характеристик соединения, а также лучшую коррозионную стойкость;

присадка $AlSi_3Mn1$ видимо, предпочтительнее присадки $AlSi_5$ исходя из получаемых характеристик соединения;

среди различных комбинаций присадочных проволок и сталей с различным покрытием, испытанных в данной работе, самая низкая коррозионная стойкость наблюдалась в соединениях, полученных на оцинкованной стали с присадкой на основе алюминия.

Хотя для паяносварных швов на алюминии получены приемлемые результаты в отношении прочности, образование хрупких ИМФ при термических процессах может снизить формуемость этих соединений. Этот аспект не был изучен в ходе исследований.

НОВЫЕ КНИГИ

С. Фельбер. Трубопроводное производство (на английском языке). — Вена: OEGS (Австрийское сварочное общество), 2009. — 792 с.

Во вступлении речь идет о разработке и использовании трубных и дуплексных сталей при строительстве трубопроводов для транспортировки природного газа и сырой нефти в Австрии, Европе, Америке, Австралии; об авариях и их причинах, профилактике, ловушках трещин, коррозии и защите от коррозии; способах определения и оценки дефектов.

Представлены материалы для трубопроводов, которые включают трубные стали (класс прочности X70, X80, X100 и X120) и дуплексные стали (1.4462) с химическим составом, стандартами и обозначениями, физическими свойствами, фазовыми диаграммами, особенностями превращения, выделения фаз, показателями коррозионной стойкости, механическими свойствами, особенностями изготовления.

Даны сведения о свариваемости и термической обработке трубных и дуплексных сталей с учетом эквивалентного содержания углерода $C_{ЭКВ}$ и твердости, эквивалентном содержании хрома и никеля ($Cr_{ЭКВ}$ и $Ni_{ЭКВ}$), зоне крупного зерна в ЗТВ, содержании феррита в металле шва и ЗТВ, трещинах, вызванных водородом, горячих трещинах. Приведены особенности о ручной дуговой сварке металлов, дуговой сварке металлов в среде защитных газов, сварке вольфрамовым электродом в среде инертных газов, гипербарической сварке, новых разработках (сварке трением с перемешиванием, электронно-лучевой сварке, электронно-лучевой сварке при уменьшенном вакууме, лазерной сварке, лазерной гибридной сварке).



Описаны результаты механических испытаний на растяжение, оценки твердости, ударной вязкости трубных и дуплексных сталей и их сравнение со справочными данными. Приведены также результаты механических испытаний на разрушение (испытания CTOD, испытания на задержание трещин) трубных и дуплексных сталей и их сравнения со справочными данными, безопасность излома при механических нагрузках и прогнозы усталостной долговечности, безопасность излома при механических нагрузках и оценки ресурса трубопровода с природным газом.

Описаны физические методы оценки материалов (металлография на просвет, испытания на микротвердость, количественный анализ микроструктуры, электронный сканирующий микроскоп (SEM), микроанализ электронным зондом), итоги результатов и сравнение со справочной информацией.

Приведены сведения об особенностях проектирования, строительства, эксплуатации трубопроводов (наземных и морских) в гражданском строительстве, строительстве трубопроводов, используемых технологиях сварки и транспортировки, полевых испытаниях со сталями класса X80, испытаниях сварных соединений и покрытий и др. Рассмотрены экономические аспекты, безопасность, защита и экологические аспекты.

Даны сведения о качестве исследований в области строительства трубопроводов.

Рассчитана на специалистов, занимающихся проектированием, производством и эксплуатацией трубопроводного транспорта.

Инженерия поверхности. Новые порошковые композиционные материалы. Сварка: В 2-х частях. Ч. 1 (273 с.) и Ч. 2 (350 с.). — Матер. Международ. симп., провод. в рамках 12-й Международной выставки «Порошковая металлургия - 2009», междунар. спец. салона «Защита от коррозии. Покрытия - 2009», Минск, 25–27 марта 2009 г., Институт порошковой металлургии ГНПО ПМ НАН Беларуси, 2009 г.

В обе части сборника включены доклады Международного симпозиума «Инженерия поверхности. Новые порошковые композиционные материалы. Сварка» (25–27 марта 2009 г.). Тематика семинара включала следующие разделы: инженерия поверхности (18 докл.); защитные покрытия (19 докл.); новые технологии получения и свойства порошковых композиционных материалов (25 докл.); применение порошковых композиционных материалов в технике (21 докл.); передовые сварочные технологии, материалы и оборудование. Совершенствование нормативной базы (11 докл.).

География участников включала ученых, специалистов, преподавателей и аспирантов и охватывала такие города, как Москва, Минск, С.-Петербург, Киев, Новочеркасск, Луцк, Ригу, Гжель, Гомель, Томск, Таллинн, Полоцк.

