



При обычной сварке шов имеет выпуклую форму (рис. 5, а), а при сварке с воздействием ПРМП — благоприятную (с точки зрения уменьшения коэффициента концентрации напряжений) вогнутую форму (рис. 5, б) с плавным переходом шва к основному металлу при отсутствии подрезов.

Таким образом, возможно, использование ПРМП для управления формой швов тавровых соединений. В дальнейшем целесообразно исследовать взаимосвязь параметров ПРМП (индукции, частоты ПРМП) с формой шва, размерами его в сечении и служебными характеристиками тавровых сварных соединений.

Выводы

1. При сварке тавровых соединений из ферромагнитных сталей продольная компонента ПРМП в зоне дуги в 2...3 раза меньше, чем при наплавке на плоскую поверхность.

In welding of T-joints from ferro-magnetic steels a longitudinal component of controlling longitudinal field in the arc zone is 2...3 times lower than that in surfacing on flat surface. Optimum sizes of solenoid generating longitudinal magnetic field are defined at which the required level of induction in the welding arc zone in ferromagnetic steel T-joint welding is provided.

2. Путем выбора оптимальных размеров соленоида при сварке тавровых соединений в зоне дуги можно добиться такого же уровня индукции ПРМП, как и при наплавке на плоскую пластину при равной намагничивающей силе катушки.

1. Размышляев А. Д., Маевский В. Р., Сидоренко С. М. Расчет индукции магнитного поля соленоида с ферромагнитным сердечником применительно к дуговой наплавке // Автомат. сварка. — 2001. — № 8. — С. 22–24.
2. Размышляев А. Д. Влияние магнитного поля на размеры зоны проплавления при наплавке под флюсом // Там же. 1996. — № 8. — С. 25–26, 30.
3. Акулов А. И., Бельчук Г. А., Демянцева В. П. Технология и оборудование сварки плавлением. — М.: Машиностроение, 1977. — 432 с.

Поступила в редакцию 01.10.2001

УДК 621.791.76

УДАРНАЯ СВАРКА В ВАКУУМЕ АЛЮМИНИЯ С МЕДЬЮ

Г. К. ХАРЧЕНКО, д-р техн. наук, Ю. В. ФАЛЬЧЕНКО, В. В. АРСЕНЮК, кандидаты техн. наук, Е. В. ПОЛОВЕЦКИЙ, инж. (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Изучены особенности массопереноса при ударной сварке в вакууме алюминия с медью. Разработан процесс соединения без образования интерметаллидов в стыке.

Ключевые слова: ударная сварка, массоперенос, биметалл, интерметаллид

Биметаллические соединения алюминия с медью имеют высокую теплопроводность, электропроводность и широко применяются в различных отраслях промышленности. Сварка взрывом (в силу ряда специфических особенностей) является одним из наиболее эффективных методов получения медно-алюминиевых переходников. Последующая холодная прокатка, вырезка плоских или штамповка сложной формы композиционных переходников позволяет получить качественные медно-алюминиевые контакты различного назначения [1].

Нахлесточные биметаллические соединения в виде шайб можно изготавливать также диффузионной сваркой в вакууме, что значительно упрощает технологию изготовления медно-алюминиевых контактов. Однако в процессе сварки в стыке образуется сплошная прослойка интерметаллидов, обладающих диэлектрическими свойствами, что обуславливает высокое электросопротивление биметаллического контакта. В связи с тем, что инкубационный период образования интерметаллида при температуре 500 °С не превышает нескольких секунд [2], можно утверждать, что традиционные способы диффузионной сварки не обеспечат формирование соединения алюминия с медью без интерметаллидной прослойки.

Представляется перспективным применить для сварки указанных металлов способ ударной сварки в вакууме (УСВ), при котором время высокотемпературной деформации составляет примерно 10^{-2} с, т. е. значительно меньше инкубационного периода образования интерметаллида. Авторами установлено, что способ УСВ наиболее перспективен для соединения разнородных металлов, имеющих ограниченную взаимную растворимость и малую длительность инкубационного периода образования интерметаллидов. На примерах соединения тугоплавких металлов со сталью [3] установлено, что при УСВ на стадии скоростной осадки в стыке протекают интенсивные диффузионные процессы, которые обуславливают формирование

обширной зоны объемного взаимодействия в виде твердых растворов свариваемых металлов без образования интерметаллидов.

Цель настоящей работы состояла в получении нахлесточного биметаллического соединения медь–алюминий в виде шайб без интерметаллидной прослойки в стыке способом УСВ. Сваривали медь М1 и сплав алюминия АД1 в виде заготовок диаметром 30 и толщиной 2 и 4 мм. Перед сваркой заготовки обезжиривали, стыкуемые поверхности шабрили. Сварку заготовок осуществляли на установке У-394М. Параметры процесса УСВ: температура сварки — 500 °С; энергия удара — 2...3 кДж. Для нагрева использовали кольцевые электронно-лучевые нагреватели. Масса ударника и скорость его перемещения обеспечивали необходимую энергию, идущую на образование сварного соединения. В процессе предварительного нагрева образцы меди и алюминия находились в разведенном состоянии (зазор составлял 2...3 мм). Импульсная нагрузка устраняет зазор между образцами и перемещает их в холодную формирующую матрицу, где происходит сварка в твердой фазе с одновременной формовкой биметаллического контакта необходимой конфигурации [4]. Деформация образцов меди и алюминия по толщине составляет соответственно 10 и 40 %, что обуславливает механическое разрушение оксидной пленки на алюминии в процессе сварки. Металлографический и микрорентгеноспектральный анализы сварного соединения показали отсутствие интерметаллидов в стыке. Микротвердость (нагрузка 10 г) меди, алюминия и стыка составляет соответственно 680, 350 и 400 МПа.

Изучали особенности массопереноса при УСВ алюминия с медью. Перед сваркой на медь наносили изотоп ^{63}Ni (толщина покрытия составляла 1...2 мкм). Установлено, что перемещение ^{63}Ni идет в алюминий и медь на расстояние до 50 мкм. Коэффициент массопереноса достигает 10^{-2} см²/с, что еще раз подтверждает ранее открытое явление аномального ускорения диффузионных процессов в твердых металлах при высокоинтенсивном силовом воздействии [5].



Проводили сравнительные испытания биметаллических контактов, имеющих в стыке слой интерметаллидов, и без них. Для образования в стыке слоя интерметаллида толщиной 10...15 мкм соединения, полученные УСВ, дополнительно отжигали при температуре 500 °С в течение 45 мин. Установлено, что более высокие показатели тепло- и электропроводности имеют биметаллические контакты, не содержащие в стыке интерметаллиды.

1. Пеев А. П. Разработка технологических процессов изготовления сваркой взрывом медно-алюминиевых элементов токоподводящих узлов для предприятий энергетики и электрометаллургии: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Волгоград: ВГУ, 2001. — 19 с.

2. Труннев В. В., Якушин А. Ф., Якушина Г. В. Кинетика роста промежуточных фаз в соединении меди с алюминием // Свароч. пр-во. — 1971. — № 1. — С. 15–16.
3. *Металлургия* и технология сварки тугоплавких металлов и сплавов на их основе / С. М. Гуревич, М. М. Нероденко, Г. К. Харченко, Е. А. Аснис, Е. В. Полищук. — Киев: Наук. думка, 1982. — 304 с.
4. Arsenyuk V., Ignatenko A., Kharchenko G. Vacuum percussion welding — a new method joining dissimilar metals // Proc. of symp. on exploiting solid state joining, 13–14 Sept., 1999. — Cambridge, Great Abington: TWI, EWI, 1999.
5. *Аномальное* ускорение диффузии при импульсном нагружении металлов / Л. Н. Лариков, Ф. М. Фальченко, В. Ф. Мазанко, С. М. Гуревич, Г. К. Харченко // Докл. АН УССР. Сер. А. — 1975. — № 7. — С. 635–639.

The process of vacuum percussion welding of aluminium to copper has been developed. Metallography and X-ray microanalysis proved the absence of intermetallic compounds in the resulting welded joints.

Поступила в редакцию 09.04.2002

Диссертации на соискание ученой степени



Национальный НИИ охраны труда Министерства труда и социальной политики

О. Г. Левченко (ИЭС) защитил 14 мая 2002 г. докторскую диссертацию на тему «Способы и средства защиты локализации и нейтрализации сварочных аэрозолей».

В диссертации развиты представления о формировании состава сварочных аэрозолей (СА) при электродуговом сварочном процессе как результате равновесного и неравновесного испарения компонентов расплава, разработаны математические модели химического состава твердой составляющей СА (ТССА). Показано, что за счет выбора режима сварки можно регулировать соотношение равновесного и неравновесного испарения компонентов расплава и изменять состав ТССА.

Диссертантом установлено, что при сварке модулированным током в отличие от сварки постоянным током удается снизить интенсивность выделения ТССА и содержания в нем марганца до 2,5 раз. Показано, что сложные зависимости интенсивности определения СА от сварочного тока в основном обусловлены глубиной проплавления основного металла. Минимальный уровень выделения СА достигается при максимальном проплавлении основного металла.

В работе показано, что СА и способы сварки, при которых они образуются, можно классифицировать по химическому составу газоподобной составляющей СА (ГССА) и присвоить им названия: бесфтористый, фтористый, оксидоуглеродный, озоновый, фтористо-оксидоуглеродный и фтористо-озоновый. Установлено, что наиболее универсальным фильтрующим материалом для улавливания вредных компонентов ГССА и ТССА является природный алюмосиликат-цеолит; для нейтрализации монооксида углерода наиболее эффективным фильтрующим материалом является предложенная новая модификация цеолит-кадмий и кобальтзамещенный клиноптилолит.

С участием диссертанта налажен серийный выпуск фильтровентиляционных агрегатов «Темп-2000» и модификаций на их основе, переносных вентиляционных агрегатов «Шмель-2500», а также портативных устройств очистки и подачи воздуха в зону дыхания сварщика — «Шмель-40».



Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины

В. Г. Кузьменко (ИЭС) защитил 12 июня 2002 г. докторскую диссертацию на тему «Термодинамические и структурные аспекты выбора составов флюсов для электродуговой сварки (основы теории флюсов нейтрального типа)».

В диссертации изложены теоретические положения о принципах выбора состава флюсов для электродуговой сварки. В основу выбора положены результаты анализа требований к флюсам, изучения физико-химических процессов в сварочной ванне, а также термодинамические и структурные исследования шлаковых расплавов в диапазоне температур 1500...2000 К. Обоснованы принципы выбора состава флюсов нейтрального типа, физико-химические свойства которых способны оптимально адаптироваться к состоянию зон сварочной ванны.

Диссертантом установлено, что позитивное и негативное влияние флюса на металл сварочной ванны реализуется через шесть ее экспериментально определенных функциональных зон, включающих плавление металла и флюса, действие дуги, турбулентное течение металла и шлака, ламинарные течения металла и шлака, неподвижности металла, твердожидкое состояние металла и шлака, локализация которых обусловлена экспериментально-асимметричным термоциклом нагрева и охлаждения металла и флюса.

Термодинамические исследования шлаков системы $MnO-SiO_2-Me_2O_y$ показали, что при добавлении Al_2O_3 , CaO , TiO_2 , ZrO_2 имеет место сложный характер межзонного взаимодействия, который сопровождается знакопеременным отклонением от законов идеальных расплавов, обусловленным энергетической неравноценностью ионов в расплавах и влиянием ковалентных связей между ними. В результате измерения активностей компонентов определены составы шлаков с высоким содержанием Al_2O_3 , которые при сбалансированном сочетании с компонентами, имеющими разное соотношение ионных и ковалентных связей, существенно ограничивают активность MnO и SiO_2 и соответственно способность окислять металл.

Установленный в диссертации механизм действия шлаков на металл сварочной ванны позволяет прогнозировать их влияние на сварочно-технологические и металлургические характеристики сварочного процесса.