

Рис. 4. Распределение меди и серебра в соединении образцов из меди, паянных порошком серебра с частицами менее 1 мкм (протяженность участка 80 мкм; шаг 10,10 мкм)

Распределение меди и серебра в соединениях меди (рис. 4) также свидетельствует о формировании в паяном шве мелкодисперсного сплава эвтектического состава. Ширина диффузионной зоны серебра в меди не превышает 7 мкм.

Сравнительные испытания образцов из меди и латуни на разрыв, паянных порошком серебра с частицами размером менее 1 мкм и припоем ПСр72, показали, что механические свойства полученных соединений практически одинаковы.

Выводы

1. Использование порошков серебра с размером частиц менее 1 мкм позволяет снизить температуру контактно-реактивной пайки меди и латуни

The paper presents the results of investigation of copper and brass joints made using silver powder with less than 1 μm particle size as braze alloys. An explanation is given of the anomalously high speed of formation of a weld melt of an eutectic composition in brazing. Use of powders with a higher degree of dispersity is promising for joining structural materials critical in terms of heating temperature.

не менее чем на 50 °С, сократив при этом время формирования расплава припоя.

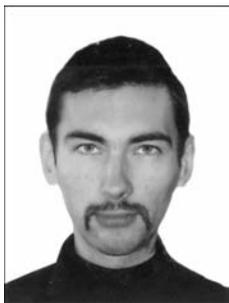
2. Активация процесса плавления при увеличении степени дисперсности порошкового припоя обусловлена увеличением поверхности порошка серебра как основного компонента процесса контактного плавления и интенсификацией массопереноса в расплаве флюса.

3. Использование порошков с высокой степенью дисперсности в качестве припойных материалов перспективно для соединения термически нестабильных конструкционных материалов.

1. Диффузионная сварка микродисперсного композита $AMg5 + 27\% Al_2O_3$ с применением нанослойной фольги Ni/Al / А. Я. Ищенко, Ю. В. Фальченко, А. И. Устинов и др. // Автомат. сварка. — 2007. — № 7. — С. 5–9.
2. Контактнo-стыковая сварка дисперсно-упрочненного медного сплава системы Cu– Al_2O_3 / В. С. Кучук-Яценко, В. И. Швец, П. Н. Чвертко и др. // Там же. — 2004. — № 11. — С. 3–6.
3. Богданов К. Ю. Почему наночастицы плавятся при низкой температуре? — http://www.nanometer.ru/2008/02/9/nanjchastici_temperatura_plavlenia_60-57.html.
4. Size-dependent melting point depression of nanostructures: nanocalorimetric measurements / M. Zhang, M. Yu. Efremov, F. Schiettekatte et al. // Phys. Rev. B. — 2000. — 62(15), Oct. — P. 10548–10557.
5. Хрятин В. Е. Справочник паяльщика. — М.: Машиностроение, 1981. — 348 с.
6. Справочник по пайке / Под ред. И. Е. Петрунина. — М.: Машиностроение, 1984. — 400 с.

Поступила в редакцию 11.02.2008, в окончательном варианте 19.06.2009

ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ



Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины

А. С. Миленин (ИЭС) защитил 8 октября 2008 г. кандидатскую диссертацию на тему «Кинетика термомеханических процессов при сваркопайке титан-алюминиевых балочных конструкций».

Диссертация посвящена изучению характерных особенностей кинетики термомеханического состояния титан-алюминиевых балочных

конструкций в процессе их сваркопайки на примере разработки и оптимизации цикла производства разнородных конструктивных элементов авиационного назначения (направляющих кресел). На основе результатов численных и экспериментальных исследований определено влияние технологических параметров процесса сваркопайки на особенности формирования полей напряже-

ний в области разнородного контакта и на деформированное состояние балочной конструкции после сварки. Определен характер изменения остаточного напряженно-деформированного состояния разнородных конструкций после термической и механической обработки различных видов.

Получила последующее развитие методика оценки риска интерметаллидообразования в области поверхностного контакта жидкого алюминия и твердого титана. Дано физическое объяснение процессов на начальном этапе формирования сварнопаяного контакта. Разработана универсальная методика оценки риска формирования охрупчивающих интерметаллидных включений в результате реакционной диффузии в переменном и неоднородном температурном поле в области поверхностного контакта титана с алюминием. Это позволило определить характер влияния источника сварочного нагрева на риск формирования такого рода дефектов на примере сваркопайки титан-алюминиевых балочных авиационных конструкций.



Выявлены особенности кинетики пластического деформирования металла в процессе сваркопайки конструкций из титана и алюминия с позиций риска образования горячих трещин в алюминиевой части разнородного соединения. Показан повышенный риск формирования поперечных горячих трещин в металле шва разнородного сварнопаяного соединения.

Для эффективного анализа результатов численных исследований разработанные средства компьютерного моделирования термомеханических процессов при сваркопайке и послесварочной обработке титан-алюминиевых балочных конструкций включены в проблемно-ориентированный программный пакет.

Проведен комплекс исследований для определения входных параметров разработанных моделей, что позволило получить эффективные средства компьютерного моделирования термомеханических процессов в разнородных изделиях. Данные, полученные посредством модельных экспериментов, с высокой точностью коррелируют с результатами соответствующих численных исследований.

На основе результатов численного анализа термомеханических процессов при сваркопайке и послесварочной обработке титан-алюминиевых направляющих кресел определены оптимальные технологические параметры этих производственных циклов. Численные исследования влияния варьирования геометрических параметров сварнопаяной двутавровой балочной конструкции, а именно положение разнородного стыка, на остаточные деформации изгиба изделия позволили определить оптимальное соотношение титановой и алюминиевой частей стенки двутаврового профиля. Разработанные методики оценки риска формирования дефектов разнородной конструкции дали возможность уточнить допустимые диапазоны варьирования технологических параметров сварки с точки зрения минимизации риска появления охрупчивающих интерметаллидных слоев и горячих трещин.

Исследовано влияние послесварочной обработки различных видов (локальной и общей термической обработки, механической правки) на остаточные напряжения в области разнородного контакта и на форму оси разнородной балочной конструкции. Определены оптимальные технологические параметры этих процессов.

На базе результатов проведенных исследований разработаны научно обоснованные дополнения к технологическим рекомендациям.



А. С. Зацерковный (ИЭС им. Е. О. Патона) защитил 8 октября 2008 г. кандидатскую диссертацию на тему «Моделирование процессов теплообмена струи низкотемпературной плазмы с испаряющимися и экзотермически реагирующими частицами дисперсного материала».

Диссертационная работа посвящена теоретическому исследованию и математическому моделированию теплового и динамического взаимо-

действия плазменной струи с частицами дисперсных материалов в условиях плазменного напыления покрытий. Предложены теоретические модели для расчета теплообмена напыляемой частицы с многокомпонентной плазмой путем учета энергетического вклада ионных и электронных тепловых потоков и экзотермической реакции между компонентами композиционной частицы.

На основе анализа физических процессов, протекающих в кнудсеновском слое плазмы вблизи поверхности напыляемой частицы, получены аналитические выражения для расчета плотностей электронного и ионного токов из плазмы на поверхность частицы, падения потенциала между плазмой и

частицей, а также электронной и ионной составляющих теплового потока из плазмы в частицу. Предложен метод для определения параметров такой плазмы на внешней границе кнудсеновского слоя, входящих в полученные аналитические выражения. В широком диапазоне изменения температуры невозмущенной аргоновой плазмы и температуры поверхностности частицы алюминия проведен численный анализ состава, температуры электронов и тяжелой компоненты приповерхностной плазмы, вычислены соответствующие значения тепловых потоков в частицу.

Разработана математическая модель тепловых процессов, протекающих в композиционной частице при ее нагреве в плазменной струе с учетом экзотермической реакции синтеза интерметаллида в ее объеме.

Созданы вычислительные алгоритмы и разработано соответствующее программное обеспечение, с помощью которого выполнено детальное компьютерное моделирование движения и нагрева как однородных (металлических) испаряющихся, так и композиционных экзотермически реагирующих частиц в плазменной струе.

С целью верификации предложенных математических моделей была проведена серия натурных экспериментов по напылению композиционного порошка Ni-Al. С помощью полученных экспериментальных данных были определены параметры модели движения композиционных частиц и рассчитан параметр, характеризующий скорость протекания экзотермической реакции в их объеме. Предложенные математические модели движения и нагрева могут быть адаптированы для широкого диапазона параметров плазменного напыления, а также для композиционных порошков разного состава и структуры.



А. А. Письменный (ИЭС им. Е. О. Патона) защитил 22 октября 2008 г. кандидатскую диссертацию на тему «Повышение эффективности систем питания машин для контактной точечной сварки».

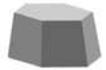
Диссертационная работа посвящена анализу проблем электропитания и управления машинами для контактной точечной сварки сопротивлением (КТС). На основе анализа определены наиболее перспектив-

ные направления для дальнейших работ в этой области. Диссертация содержит систематизированный анализ известных систем питания для КТС, на основе которых проведены теоретические и расчетные оценки наиболее перспективных систем.

Доказана высокая эффективность систем продольной компенсации реактивной мощности однофазных машин для КТС малой и средней мощности до 1000 кВ·А. По сравнению с обычными однофазными машинами они обладают значительно более высоким коэффициентом мощности, обеспечивают повышенную стойкость электродов и стабильность качества соединений в широком диапазоне их удельных сопротивлений.

Разработана методика расчета коэффициентов мощности, значений относительных напряжений и токов по заданным значениям угла включения тиристорного контактора при различных значениях активного сопротивления нагрузки. С использованием разработанного нового метода расчета установлено, что в диапазоне углов включения тиристоров до 60-ти электрических градусов можно получить высокое значение коэффициента мощности $\cos \varphi$ (до 0,95) при отклонении от полной компенсации в сторону недокомпенсации на 25 %.

Для машин КТС мощностью свыше 100 кВ·А признана перспективной система питания с трехфазным преобразова-



телем числа фаз и частоты 30 Гц. Квазисимметричная работа преобразователя позволяет получить близкое к равномерному распределение тока по фазам сети без загрузки нулевого провода, а снижение рабочей частоты тока — повысить коэффициент мощности машины $\cos \varphi$ на 20...30 % в сравнении с традиционной системой питания машин КТС промышленной частоты. В технологическом отношении применение сварки переменным током пониженной частоты 30 Гц позволит повысить действующее значение тока в нагрузке, уменьшить риск подплавления сварочных электродов и случаи выплеска металла из зоны сварки.

Для сварки и микросварки деталей малых (ниже 1 мм) и особо малых (ниже 0,1 мм) толщин предложено использование инверторного преобразователя повышенной частоты сварочного тока как альтернатива машинам конденсаторной сварки.

УДК 621.791(088.8)

ИЗОБРЕТЕНИЯ СТРАН МИРА*

Инверторный источник питания для электродуговой сварки. Изобретение относится к технологическому оборудованию, используемому для ручной дуговой сварки покрытыми электродами, в частности к малогабаритным источникам питания инверторного типа. Инверторный источник питания содержит две параллельные ветви. Каждая ветвь состоит из половины первичной обмотки выходного понижающего трансформатора и двух последовательно соединенных тиристоров. Питающее напряжение подводится в диагональ, образованную между средней точкой первичной обмотки выходного понижающего трансформатора и точкой соединения свободных катодов тиристоров параллельных ветвей. Между точками соединения анодов и катодов тиристоров включен коммутирующий конденсатор, параллельно тиристорам, катоды которых соединены вместе, подключены ограничительные цепи, которые состоят из последовательного соединения дросселя и тиристора. Инверторный источник питания обладает расширенными регулировочными возможностями величины сварочного тока, а именно обеспечивает широтно-импульсное управление, комбинированное импульсное управление, частотно-импульсное управление. Патент России 2306213. А. Ф. Князьков, С. А. Князьков, К. И. Демянцев (Томский политехнический университет) [9].

Способ электроконтактной наплавки. Изобретение может быть использовано при восстановлении изношенных деталей электроконтактными способами с применением присадочных материалов в виде стальных проволок, лент и порошковых. К поверхности вала прижимают присадочную проволоку, разогревают ее до пластического состояния мощными кратковременными импульсами тока и осаживают усилием наплавляющего ролика. Формируют сплошное металлопокрытие путем приварки к наплавляемой поверхности перекрывающихся друг друга по длине и ширине сварных площадок. Между присадочной проволокой и рабочей поверхностью наплавляющего ролика размещают защитную ленту в форме бесконечного кольца из высокоэлектро- и теплопроводного металла, например из меди. Это позволяет многократно снизить контактные напряжения в электродном металле и уменьшить износ инструмента. Патент России 2307009. М. З. Нафиков, М. Н. Фархшатов, И. И. Загиров (Башкирский государственный аграрный университет) [9].

В работе содержится описание разработки, изготовления и испытания экспериментального образца инверторного источника питания повышенной частоты тока 500 Гц для контактной точечной микросварки, в котором реализован специально разработанный алгоритм автоматического управления режимом сварки. Этот источник питания обеспечивает процесс высококачественной сварки изделий в диапазоне толщин 0,05...0,5 мм и моделирует источник питания с частотой тока 30 Гц для сварки изделий в диапазоне толщин 5...8 мм.

Новый источник питания успешно испытан при сварке металлов углеродистой группы с толщиной свариваемых деталей менее 1 мм. Получены положительные отзывы о качестве сварных соединений от ведущих предприятий страны.

Способ электроконтактной приварки металлических порошков. Изобретение относится к электроконтактной роликовой приварке порошковых материалов и может быть использовано для восстановления изношенных и упрочнения рабочих поверхностей деталей типа тел вращения. На деталь предварительно контактной сваркой приваривают сетку. Деталь приводят во вращение со скоростью приварки. На сетку дозируют подачу порошка в зону контакта роликовый электрод — деталь с одновременным пропуском импульсов сварочного тока при постоянном перемещении роликового электрода вдоль оси детали. Размер ячеек сетки обеспечивает транспортировку порошка под роликовый электрод, но не превышает ширину роликового электрода. Появляется возможность приварки неферромагнитного порошка и снижается пористость наплавленного слоя. Патент России 2307010. Р. Н. Сайфуллин, М. Н. Фархшатов, И. Р. Гаскаров (То же) [9].

Машина дуговой сварки с несколькими плавящимися электродами. Машина содержит первую сварочную проволоку, которая подается с помощью первого механизма в разделку кромок между свариваемыми заготовками; вторую сварочную проволоку, подаваемую вторым механизмом в корневую часть разделки, а также источник питания, первый контакт которого соединен с токоподводом первой проволоки, а второй контакт соединен с токоподводом второй проволоки и свариваемой заготовкой. Источник питания содержит выходной каскад, выполняющий быстрое изменение полярности постоянного тока. Форма волны тока источника питания создается генератором сигналов, который управляет широтно-импульсным модулятором. Патент США 7105773. R. K. Myers, T. M. O'Donnel, P. O. A. Yost (Lincoln Global Inc.) [9].

Способ и устройство для центрирования торцов труб в машине дуговой сварки неповоротных стыков. Машина стыковой сварки труб содержит корпус, имеющий канал для ввода концов свариваемых труб; сварочную головку; ротор; источник света, направляющий световой луч в канал на трубный стык, а также датчик, принимающий световое излучение, интенсивность которого меняется в зависимости от положения труб. Датчик детектирует либо излучение, отраженное от стыка, или излучение, прошедшее через стык. При центрировании труб включают световой источник и контролируют световое излучение с помощью датчика, который вырабатывает выходной сигнал, пропорциональный интенсивности

* Приведены сведения о патентах, опубликованных в реферативном журнале «Изобретения стран мира» № 8 за 2008 г.