



ДИССЕРТАЦИЯ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ



Ин-т электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины.

Крикент И.В. (Ин-т электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины) защитил 2 декабря 2015 г. докторскую диссертацию на тему «Математическое моделирование физических процессов при сварке неплавящимся электродом и дуговой обработке металла».

Диссертация посвящена разработке научно-технических основ повышения эффективности дугового нагрева металлов путем выявления новых закономерностей протекания физических процессов в системе «дуга–металл» с помощью самосогласованных математических моделей; поиску новых способов воздействия на дугу с тугоплавким катодом, обеспечивающих повышение ее проплавляющей способности и производительности сварки неплавящимся электродом.

Разработана замкнутая математическая модель физических процессов в плазме сварочной дуги и в нагреваемом металле при сварке неплавящимся электродом и дуговой обработке металла. Модель предусматривает согласованное описание процессов переноса энергии, вещества и заряда в системе «дуга–металл». Предложены экономичные алгоритмы численного расчета характеристик системы «дуга–металл» методом конечных разностей. Разработано программное обеспечение, которое позволяет проводить массовый вычислительный эксперимент на персональных компьютерах. Проведенная верификация модели подтверждает ее адекватность и достоверность результатов моделирования.

Определены распределенные и интегральные характеристики анодной области стационарной аргоновой дуги с тугоплавким катодом в диапазоне сварочного тока 50...350 А. Установлено, что анодное падение потенциала существенным образом влияет на энергетический баланс дугового разряда и характеристики его теплового и электрического взаимодействия с металлом анода. Показано, что повышение проплавляющей способности дуги при сварке неплавящимся электродом с высокочастотной модуляцией тока импульсами асимметричной формы обусловлено контрагированием токопроводящего канала дуги на переднем фронте импульса высокой крутизны.

Установлено, что максимальное содержание доли паров металла достигается на некотором расстоянии от поверхности анода, испаряющегося в диффузионном режиме. Это объясняется различными скоростями диффузии атомов и ионов пара

и высокой скоростью ионизации-рекомбинации частиц пара в неоднородном температурном поле прианодной плазмы. Диффузия металлического пара в дуговую плазму приводит к формированию в прианодной зоне течения, направленного против газодинамического потока в столбе дуги, что приводит к снижению температуры плазмы на границе с анодным слоем. При этом под воздействием паров металла максимум плотности теплового потока в анод уменьшается и смещается от центра анодного пятна к его периферии. Для увеличения эффективности дугового нагрева свариваемого металла рекомендовано выбирать параметры режима сварки таким образом, чтобы максимальная температура расплава не превышала 2700 К.

Установлено, что причиной синергетической активации проплавляющей способности гибридной (ТИГ + CO₂-лазер) сварки является эффект контракции электрического тока в прианодной дуговой плазме. Этот эффект обусловлен неоднородным распределением анодного падения потенциала вдоль поверхности анода при нагреве плазмы лазерным излучением. Показано, что воздействие электромагнитных сил Лоренца на гидродинамическую обстановку в сварочной ванне способствует увеличению глубины проплавления металла и тем больше, чем меньше размер токового пятна дуги на поверхности анода.

Такая особенность действия силы Лоренца является причиной повышенной проплавляющей способности дуги при А-ТИГ сварке, высокочастотной импульсной сварке неплавящимся электродом и гибридной сварке (ТИГ + CO₂-лазер). Методом вычислительного эксперимента исследованы процессы энерго-, массо- и электропереноса в системе «дуга–свариваемое изделие». Установлено, что экспериментальные данные о распределениях плотности тока и плотности теплового потока в анод, полученные методом разрезного «холодного» анода, дают искаженные представления о характере и величине этих характеристик в реальных условиях дуговой сварки.

Рекомендовано для наиболее эффективного обогрева металлической ванны и интенсификации перемешивания металла в ковше УКП за счет электромагнитных сил использовать электрические дуги с большим током и минимальной длиной. На основании результатов численных экспериментов, проведенных с помощью самосогласованной математической модели, дано объяснение физических эффектов, которые наблюдаются при сварке модулированным током и гибридной лазерно-дуговой сварке. Разработаны рекомендации по повышению эффективности дугового нагрева металлов. Предложены способы воздействия на дугу с тугоплавким катодом, позволяющие повысить ее проплавляющую способность.