

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ СВАРКЕ

Картина температурных полей отражает структурные превращения в материалах при их сварке. Интересные явления были обнаружены после интерпретации термограмм, полученных с помощью тепловизора.

Большинство сварочных процессов предусматривает нагрев соединяемых деталей. В этом случае условия нагрева и охлаждения влияют на качество сварного соединения. Характер протекания тепловых процессов определяет направление и полноту протекания металлургических процессов в сварочной ванне, условия формирования структуры металла шва и зоны термического влияния, эксплуатационные свойства сварных соединений [1].

Явления тепло- и массопереноса влияют на структурные превращения сталей при сварке во время нагрева и охлаждения изделий. В теории сварочных процессов, описываемой отечественными и зарубежными исследователями, значительная роль отводится вопросам определения температурных полей и скоростей охлаждения сталей [1–3]. Однако в этих работах не учитывают такие факторы, как теплообмен с окружающей средой, способ сварки. Расчеты часто содержат сложные функциональные зависимости. Это влечет за собой увеличение времени выполнения расчета, привлечение развитого математического аппарата и вычислительной техники.

Наиболее точно и адекватно характер тепловых процессов можно описать по результатам экспериментальных исследований распределения температурных полей. Тепловизионная аппаратура позволяет получить такие данные. Для определения распределения температурных полей при сварке плавлением провели автоматическую сварку в CO_2 пластин 300×150 мм толщиной 8 мм из стали 30ХГСА электродной проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм со скоростью 28–30 см/мин. В качестве источника питания использовался сварочный выпрямитель ВСЖ–303. Регистрацию полей осуществляли с помощью тепловизора ThermaCAM P65HS фирмы FLIR. Съемку проводили на протяжении времени сварки одного прохода (60 с) и в течение 60 с после окончания свар-

ки с частотой 5 кадр/с. В результате проведения эксперимента получили изображения температурных полей (термограмм) процесса нагрева ($t = 60$ с) и охлаждения свариваемого изделия ($t = 120$ с) (рис.1).

На полученных термограммах отчетливо видна картина изменения температурных полей свариваемого изделия. Однако определить координаты точек, соответствующие конкретной изотерме, по полученным изображениям трудно. Причина кроется в том, что тепловизионная съемка процесса сварки проводилась под углом к оси шва и под углом к плоскости свариваемых пластин.

Для получения фронтальной картины температурных полей, пригодной для дальнейшего исследования, полученные данные были обработаны с помощью приложения ThermaCAM Researcher и системы MATLAB. Для получения координат точек изотермы, относительно реальных размеров свариваемых пластин были проведены необходимые преобразования. В преобразованной системе координат находят координаты точек изотермы с последующим определением размеров путем умножения полученных координат на масштабирующие коэффициенты для введенных осей. Масштабирующие коэффициенты вычисляются исходя из размеров осей в пикселах на изображении и нату-

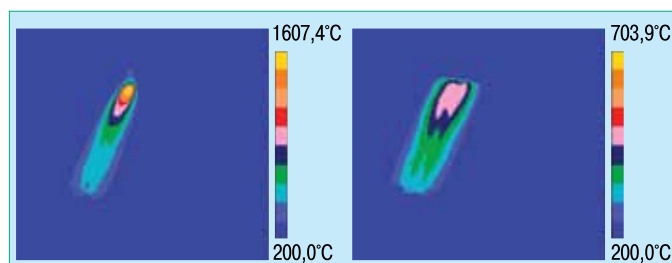


Рис.1 Изображения температурных полей, полученные тепловизором: а) сразу после сварки (нагрев) $t = 60$ с; б) через 60 с после сварки (охлаждение) $t = 120$ с

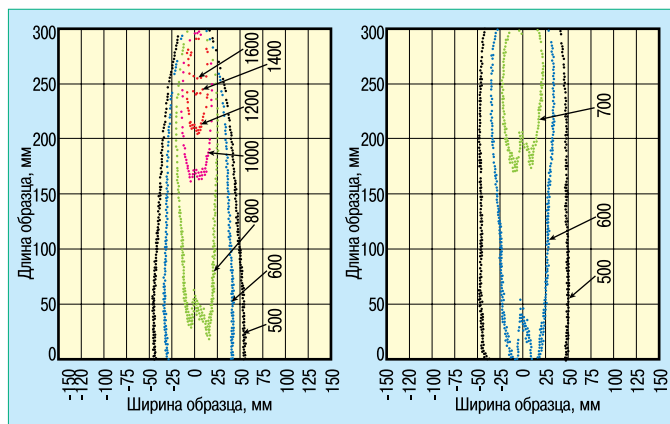


Рис.2 Температурные поля после обработки: а) сразу после сварки (нагрев) $t = 60$ с; б) через 60 с после сварки (охлаждение) $t = 120$ с

ральных размеров свариваемых пластин. Данный алгоритм поиска координат был реализован в математическом пакете MATLAB [4] в виде набора m-файлов. Картина температурных полей после обработки исходных термограмм представлена на рис.3.

Для расчета температурных полей на поверхности пластины по известным формулам [1–3] была разработана компьютерная программа [5]. Анализ температурных полей, полученных экспериментальным и расчетным путем, показал, что расчетные температурные поля сильно упрощают реальную картину. Следует отметить, что расчетные и экспериментальные значения термограмм совпадают в диапазоне от 1600 до 1100°C только по ширине сварного шва. Экспериментальные изотермы по сравнению с расчетными значениями имеют более вытянутую форму (рис.2, 3) вдоль сварного шва. А на краю, удаленном от источника нагрева,

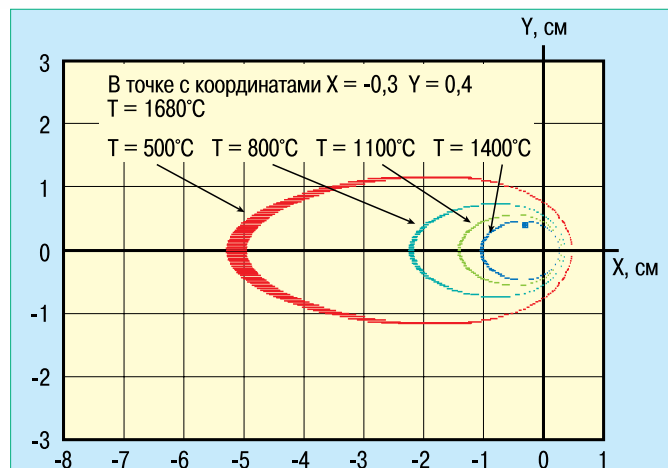


Рис.3 Расчетное распределение температурных полей

появляется раздвоение. Эти явления требуют дополнительного изучения и объяснения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Фролов В.** Теория сварочных процессов. – М.: Высш. школа, 1988.
2. **Рыкалин Н.** Расчеты тепловых процессов при сварке. – Москва, 1951.
3. **Березовский Б.** Математические модели дуговой сварки, в 7 т. Том 4. Основы тепловых процессов в свариваемых изделиях. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006.
4. **Чен К., Джиглин П., Ирвинг А.** MATLAB в математических исследованиях: Пер. с англ. – М.: Мир, 2001.
5. **Чинахов Д., Агренич Е.** Автоматизированный расчет формы шва и распределения тепла в сварном соединении при сварке плавлением: Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2007612644 (РФ) – Бюл. "Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем", 2007.

9-й Международный Симпозиум ISMTII-2009

Летом в Санкт-Петербурге прошел 9-й Международный Симпозиум по измерительным технологиям и интеллектуальному приборостроению (9th International Symposium on Measurement Technology and Intelligent Instruments – ISMTII-2009). Его организаторы – Международный комитет по измерениям и приборостроению (ICMI, Гонконг), Конструкторско-технологический институт научного приборостроения СО РАН (КТИ НП СО РАН) и ряд других крупных научных сообществ. Возглавляли работу директор КТИ НП СО РАН, заслуженный деятель науки РФ профессор, д.т.н. Юрий Васильевич Чугуй и профессор Жу Ли (см. фото).

В работе Симпозиума приняли участие 313 специалистов из 28 стран и регионов из научных организаций России, Китая, Германии и Тайваня. Сотрудники Физико-технического Института Германии (РТВ) – одного из ведущих метрологических институтов мира – проявили большой интерес к Симпозиуму.

По приглашению организаторов Симпозиума на пленарных и секционных заседаниях выступили выдающиеся ученые (всего 33 доклада). Работали 10 секций, на них было заслушано 120 сообщений. Для научного обсуждения новых измерительных технологий работали две стендовые секции. Основная тематика Симпозиума касалась измерений геометрических и механических величин, новых терагерцевых диагностических методов, промышленных и транспортных интеллектуальных инструментов. В рамках встреч за круглым столом обсуждались вопросы: "Технология для разработки микро/нано-координатно-измерительных машин" (организатор – проф. К.-С. Фан, Национальный Тайванский



Председатель организационного комитета ISMTII-2009 проф. Чугуй Ю.В. (в центре) и почетный председатель симпозиума проф. Жу Ли (слева)

Университет) и "Концепции измерений: прошлое, настоящее и будущее" (организатор – проф. Р.Е. Тайманов, ВНИИМ им. Д.И. Менделеева). Труды Симпозиума (4 тома) были готовы к началу его работы. Известно, как важно участникам мероприятий заранее ознакомиться с текстами докладов и спланировать свою работу. Радовало, что среди гостей Симпозиума были представители некоторых крупных производственных объединений и заводов России. В работе Симпозиума приняли участие 63 молодых ученых. Из них 10 лучших авторов отмечены сертификатами.

Организаторы Симпозиума благодарят всех участников, рецензентов и спонсоров этого мероприятия. С докладами и ходом работы можно ознакомиться на сайте ISMTII-2009: www.tdisie.nsc.ru/ismtii2009

Председатель ISMTII-2009, директор КТИ НП СО РАН, д.т.н., проф. Чугуй Ю.В.