

УДК 536.5: 621.9

КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ РАСЧЕТНЫМ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ МЕТОДАМИ

Беляев А.В.

Научный руководитель – доцент Маминов А.С.

Казанский государственный технический университет им. А.Н.Туполева

В машиностроении широко используются различные виды неразъемных соединений. Среди них наибольшее применение находит сварка. В качестве источника энергии для сварки, резки, наплавки используются термические источники: газовое пламя, сварочная и микроплазменная дуга, электронный луч и др. Использование концентрированных потоков энергии (КПЭ), к числу которых относится лазерное излучение в научных исследованиях и в промышленности непрерывно расширяется.

В работе рассматриваются физические основы работы, основные типы лазеров, свойства и энергетические характеристики лазерного излучения, способы фокусировки лазерного излучения, возможности, применение лазеров в технологии обработки материалов, а также тепловые процессы, протекающие в разных зонах материала при обработке КПЭ. Изучена технология резки металлов на лазерном технологическом комплексе ЛТК – ЛИ20/030 от стадии проектирования до процесса разделения детали. В процессе обработки ЛИ детали подвергаются нагреву до различных температур, которые приводят к образованию структур, зависящих от химического состава, теплофизических свойств материала, размеров детали.

В связи с этим анализируются расчетные методы контроля температурных полей в сварном соединении, основанные на основных понятиях, законах и дифференциальных уравнениях теплопроводности, схематизации нагреваемого тела и классификации источников теплоты.

Для лазерной сварки, резки и наплавки пластин приводится уравнение приращения температур после интегрирования по времени следующего вида:

$$\Delta T_{np} = \frac{q}{2\pi\lambda R} e^{-\frac{v}{2a}(R+x)}$$

где ΔT – приращение температуры в рассматриваемой точке; $R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ – расстояние до рассматриваемой точки от начала координат, см; q – мощность источника теплоты, Вт; v – скорость сварки, см/с; λ – теплопроводность, Вт/(см · К); x – координата, см; a – коэффициент температуропроводности, см²/с.

Приводятся теоретические основы, методика, программа расчета и результаты расчета температурных полей на ЭВМ при лазерной сварке на материалах различной конфигурации (бесконечные и полубесконечные пластины, стержни, сферы и др.), которые позволяют получить численное и графическое решение приращений температур ΔT вокруг источника сварочного тепла. Полученные расчетом данные подтверждаются различными экспериментальными методами.

В работе также рассматриваются экспериментальные способы определения температурных полей: метод термокрасок, термокарандашей, метод термопар; мультиметры со встроенным термоинтерфейсом, прецизионные цифровые термометры с термопарами различных типов и материалов (на примере АТТ-2002); оптические пирометры (С-500 “Самоцвет”, С-500.7 “Кристалл”) и тепловизоры. Знание температурных полей позволяет прогнозировать изменение структуры металла сварного соединения, выбрать оптимальные параметры лазерной сварки, виды и режимы термической обработки для улучшения служебных свойств. Результаты данной работы освоены, внедрены и используются на практических занятиях по теории сварочных процессов.