

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАКАЛКИ СТАЛЕЙ

А.С. Побиха

В настоящее время во многих областях производства лазеры существенно повышают производительность процессов термоупрочнения, создают качественно новые возможности для их совершенствования. Это делает всё более актуальной проблему оптимизации режимов лазерного воздействия. Процесс оптимизации включает в себя выбор способа воздействия лазера и параметров пучка для получения структуры с требуемыми физическими свойствами. В связи с этим появляется необходимость в изучении особенностей воздействия лазерного излучения при процессах лазерной поверхностной закалки сталей.

Большинство лазерных технологических процессов имеют в своей основе тепловое воздействие лазерного излучения на непрозрачные среды [1], которое условно можно разделить на несколько стадий:

- поглощение светового потока и передача его энергии тепловым колебанием решётки твёрдого тела;
- нагрев вещества без его разрушения;
- развитие испарения вещества в зоне воздействия луча лазера и разлёт продуктов разрушения;
- остывание вещества после окончания действия лазерного излучения;

При анализе и исследовании ряда технологических процессов, выполняемых без разрушения материала, стадию нагрева следует считать основной.

После перехода энергии излучения лазера в теплоту начинается процесс нагрева материала. Поглощённая световая энергия передаётся от зоны воздействия послойно с помощью различных механизмов теплопроводности, из которых для металлов основным является электронная теплопроводность.

Для технологических процессов лазерной термообработки значительный интерес представляет рассмотрение ряда характеристик стадии нагрева, таких, как распределение температуры в металле в области обработки, скорости нагрева и охлаждения, глубины прогретого слоя. Такие характеристики можно получить из решения задач теплопроводности.

Моделирование нагрева стальной заготовки лазерным излучением было выполнено с использованием метода конечных элементов [2] основная идея которого состоит в том, что любую непрерывную величину можно аппроксимировать дискретной моделью, которая строится на множестве кусочно-непрерывных функций, определенных на конечном числе подобластей.

На основе построенной модели было получено распределение температурных полей в заготовке и показано, что при кратковременном воздействии лазерного излучения происходит быстрый нагрев элемента объема образца и столь же быстрое остывание.

При нагреве имеет место процесс $T_{\alpha} \rightarrow T_{\gamma}$, т.е. происходит фазовый переход от низкотемпературной (α -фаза) к высокотемпературной (γ -фаза) форме железа. В γ -фазе весь углерод, содержащийся в стали, перейдет в раствор, образуется аустенит.

При быстром охлаждении диффузия атомов железа и углерода, необходимая для перестройки кристаллической решетки и выделения из нее углерода, не успеет произойти. Образуется тетрагональная кристаллическая решетка близкая к α -фазе, но содержащая такое количество углерода, которое может находиться только в γ -фазе. Этот переход называют мартенситным, т.е. происходит образование мартенсита – перенасыщенного раствора углерода в α -железе, в котором атомы углерода частично упорядочены. Мартенсит является основной составляющей закаленной стали.

Таким образом, физическая модель процесса лазерной поверхностной закалки сталей позволяет адекватно описать процесс термоупрочнения на основе эмпирических данных.

1. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов: Л17 Справочник / Н.Н.Рыкалин, А.А.Углов, И.В.Зуев, А.Н.Кокора. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.

2. Шабров Н. Н. Метод конечных элементов в расчетах деталей тепловых двигателей. – Л.: Машиностроение, 1983. – 212 с.