

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ

Виктор МЫШКОВЕЦ, Александр МАКСИМЕНКО, Георгий БАЕВИЧ

Рассмотрено применение специализированного программного обеспечения Ansys для моделирования процессов воздействия лазерного излучения на поверхность различных материалов в лабораторном практикуме по лазерной технологии обработки материалов при подготовке студентов физических специальностей.

The application of specialized software Ansys to simulate the processes of laser radiation on the surface of various materials in a laboratory workshop on laser materials processing technologies in teaching students of physical specialties.

В настоящее время лазерная технология обработки материалов наряду с информационными и нанотехнологиями входит в число наиболее перспективных и развивающихся направлений [1].

Специалисты высшей квалификации, работающие в этой области, занимаются разработкой и созданием автоматизированных лазерных комплексов и технологий для решения широкого круга промышленных задач.

При подготовке таких специалистов в ВУЗах одной из основных дисциплин является курс «Лазерные технологии обработки материалов». Целью данного курса является ознакомление студентов с принципами работы и устройством технологических лазеров, с технологическими процессами лазерной обработки материалов, а также с основными методами моделирования воздействия лазерного излучения на поверхность различных материалов.

Ввиду того, что основное количество процессов воздействия лазерного излучения базируется на тепловом действии, в данной работе рассматривается возможность применения в учебном процессе метода моделирования, позволяющего решать задачи, описывающие нагрев тел лазерным излучением.

В лазерной технологии обработки материалов для решения таких задач используются аналитические методы, основанные на решении дифференциальных уравнений теплопроводности в линейной постановке при линейных граничных условиях; при этом коэффициенты, характеризующие теплофизические свойства материала (теплопроводность, теплоёмкость, плотность, коэффициент теплопередачи и др.) считаются независимыми от температуры [2]. Аналитические решения нелинейных задач теплопроводности обычно используются для проведения инженерных расчётов, в которых не требуется получения результатов с высокой точностью.

При решении более сложных задач, особенностями которых являются: многомерность, необходимость учета фазовых переходов, нелинейность, обусловленная зависимостью от температуры оптических и теплофизических свойств нагреваемых материалов наиболее приемлемыми являются численные методы. К ним относятся: методы конечных разностей, конечных элементов, метод релаксаций и др [3]. Наиболее эффективными являются метод конечных разностей и метод конечных элементов, при реализации которых континуальное представление задачи заменяется его дискретной моделью.

Данные методы реализованы в таких программных продуктах автоматизации инженерного анализа (CAE-системах), как: *Ansys*, *Abaqus*, *SysWeld*, *Nastran* и других. Лидером по широте и универсальности среди перечисленных программ является *Ansys* - программная система конечно-элементного анализа [4].

Ansys при использовании в учебном процессе имеет ряд преимуществ по сравнению с другими программными продуктами:

- наличие литературы, в том числе и на русском языке, описывающей основные этапы работы в этом пакете;
- большое количество примеров моделирования физических процессов с описанием кода программы;

- интуитивно понятный, дружественный графический интерфейс в последних версиях *Ansys Workbench*;

- встроенный модуль для 2D/3D-моделирования и редактирования CAD-геометрии.

Описанное программное обеспечение может быть использовано при проведении лабораторного практикума по лазерной обработке материалов. Основными этапами при моделировании процесса воздействия лазерного излучения на поверхность материала являются:

- создание 3D модели образца, которое осуществляется как с помощью встроенного модуля для моделирования CAD-геометрии *Design Modeler*, так и с использованием иного программного комплекса автоматизированного проектирования, например, *SolidWorks*;

- задание свойств материала образца (теплоемкости, плотности, теплопроводности), как линейных, так и нелинейных, может быть осуществлено с помощью имеющейся встроенной базы материалов или путем добавления материалов и их свойств в модуле *Engineering Data*;

- генерация конечно-элементной сетки реализуется как в автоматическом режиме, так и с использованием параметров плотности сетки. При этом необходимо помнить, что сетка с большим количеством узлов позволяет находить более точное решение, но увеличивает время расчета;

- задание начальной температуры образца и граничных условий – температуры, конвекции или излучения;

- для симуляции лазерного источника необходимо приложить тепловой поток (плотность теплового потока) к узлам конечно-элементной модели. Источник может быть задан с учетом распределения интенсивности по сечению пучка и ее изменения с течением времени;

- для определения температурного поля в зависимости от пространственных координат и в любой момент времени и проведения нестационарного теплового анализа необходимо задать время нагрева лазерным излучением, а также время остывания материала после окончания лазерного воздействия.

Результаты решений для линейного и нелинейного анализа представляют собой значения температуры и плотности теплового потока в узлах конечно-элементной сетки. Эти данные позволяют при постпроцессорной обработке определить характер распределения изотермических поверхностей в исследуемом образце, значения температурных градиентов или потоков в узлах и в центрах элементов, установить зависимости температуры от времени в исследуемых областях образца и др.

Верификация результатов, полученных в ходе моделирования, может быть проведена при использовании метода регистрации границ фазовых и структурных превращений, наблюдаемых в микрошлифах образцов, полученных экспериментальным путем.

Таким образом, преимущество компьютерного моделирования состоит в возможности проводить исследования тепловых процессов при воздействии лазерного излучения на поверхность различных материалов, что позволяет уменьшить затраты и время на проведение экспериментальных и металлографических исследований. Лабораторный практикум с элементами компьютерного моделирования способствует углубленному пониманию изучаемых явлений, что позволяет существенно улучшить качество образовательного процесса за счет его интенсификации и способствует подготовке специалистов высшей квалификации.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Григорьянц, А. Г. Технологические процессы лазерной обработки / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисуров. – Изд.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 663 с.
2. Моделирование теплофизических процессов импульсного лазерного воздействия на металлы / А.А. Углов, И.Ю. Смуров, А. М. Лашин, А.Г. Гуськов. – М.: Наука, 1991. – 288 с.
3. Бахвалов, Н. С. Численные методы / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. – 5-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 636с.

4. Чигарев. А.В. ANSYS для инженеров: справочное пособие / А.В. Чигарев, А.С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. – М.: Машиностроение, – 2004. – 512 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Мышковец Виктор Николаевич – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой радиофизики и электроники УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины».

Максименко Александр Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры радиофизики и электроники УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины».

Баевич Георгий Александрович – старший преподаватель кафедры радиофизики и электроники УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины».

Научные интересы: применение ИКТ в лабораторном практикуме.