

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Физическая мезомеханика.
Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»,**

посвященная 90-летию со дня рождения
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН
академика Виктора Евгеньевича Панина

в рамках
**Международного междисциплинарного симпозиума
«Иерархические материалы: разработка и приложения
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года
Томск, Россия**

Томск
Издательство ТГУ
2020

DOI: 10.17223/9785946219242/93

ЭВОЛЮЦИЯ ПОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ДВУХСЛОЙНОМ МАТЕРИАЛЕ С ИЗМЕНЯЮЩИМИСЯ ОПТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

¹Чепак-Гизбрехт М.В., ²Князева А.Г.

¹*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*

²*НИ Томский политехнический университет, Томск*

В настоящее время активно развиваются технологии получения новых материалов и материалов с покрытиями. Перспективным методом получения подобного рода материалов является послойный синтез с последующей лазерной обработкой [1]. Процесс воздействия лазерного луча на поверхность материала сопровождается рядом физико-химических явлений, представляющих интерес для исследования. В ходе облучения оптические и теплофизические свойства материала изменяются, возможны фазовые химические превращения, что сказывается на качестве получаемого изделия. [2-4]. Результат воздействия определяется рядом внешних и внутренних факторов, таких как высокие скорости нагрева и охлаждения, наличие градиентов температур, кинетические параметры диффузии или химических реакций, характер зависимости теплофизических и оптических свойств от температуры и состава.

Цель настоящего исследования состоит в том, чтобы выявить закономерности влияния теплофизических условий синтеза на динамику поля температуры и эффективных свойств. Для достижения поставленной цели сформулирована следующая задача. Полагаем, что образец представляет собой пластину, состоящую из двух слоев. На поверхность верхнего слоя действует импульс лазерного излучения. Плотность энергии в луче лазера распределена по закону Гаусса.

Внешние поверхности первого и второго слоев обмениваются теплом с окружающей средой посредством конвекции и излучения. На границе между слоями температуры одинаковы, различие в тепловых потоках обусловлено особенностями поглощения и отражения лазерного излучения от границ.

При прохождении лазерного излучения через каждый материал, часть энергии отражается от внешней и внутренней границ, часть энергии поглощается первым и вторым слоями, часть энергии поглощается на границе контакта слоев. Таким образом, уравнение теплопроводности для каждого из слоев будет включать в себя слагаемые, характеризующие энергию, поглощенную соответствующим слоем с учетом свойств границы. Полагаем, что первый слой вследствие нагрева претерпевает превращение (например, окисляется с образованием поглощающих центров). В этом случае в уравнении теплопроводности для первого слоя появляется слагаемое, характеризующее тепло, которое выделяется или поглощается вследствие химической реакции.

В начальный момент времени температура слоев одинакова и известна. В центре пластины задано условие симметрии, на удалении от области воздействия лазерного излучения источники и стоки тепла отсутствуют.

В модели возможны упрощенные частные варианты. Например, в случае тонких пленок вследствие возможности осреднения ее температуры по толщине, тепловая задача становится одномерной. При интегрировании учитываются все граничные условия.

В работе принимается, что оптические свойства линейно зависят от степени превращения [6,7], что приводит к изменению во времени поглощенного и отраженного потоков излучения.

Все частные варианты задачи реализованы численно. Для решения использована неявная разностная схема. Выявлено, например, что экзотермическая химическая реакция является причиной самофокусировки лазерного излучения, аналогично [7]; учет зависимости оптических свойств от степени превращения в ходе обработки приводит к увеличению расчетной температуры.

Секция 3. Компьютерное моделирование и дизайн материалов с иерархически организованной структурой

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, проект III.23.2.12 и частично в рамках проекта РФФИ 13-08-98058.

1. Оковитый В.В., Девойно О.Г., Оковитый В.А., Асташинский В.М. Технологические особенности формирования теплозащитных покрытий на основе диоксида циркония // Наука и техника. 2016. Т. 15, № 3. С. 193-199.
2. Мурзин С.П., Балякин В.Б., Мельников А.А., Васильев Н.Н., Лихтнер П.И. Определение возможности улучшения трибологических свойств керамики из карбида кремния импульсно-периодической лазерной обработкой // Компьютерная оптика. 2015. Т. 39, № 1. С. 64-69.
3. Оковитый В.А., Пантелеенко Ф.И., Девойно О.Г., Пантелеенко А.Ф., Оковитый В.В. Исследование процессов обработки импульсами лазерного излучения плазменных покрытий из материалов на основе многофункциональной оксидной керамики // Наука и техника. 2014. № 4. С. 3-10.
4. Аджови А.Е. Эффект Фазовой самомодуляции при передаче по ВОЛС // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2015. Т. 9, №8. С. 43-46.
5. Кандидов В.П., Шленов С.А., Косарева О.Г. Филаментация мощного фемтосекундного лазерного излучения // Квантовая электроника 2009. Т. 39, № 3. С. 205-228.
6. Дик И.Г., Князева А.Г. Зажигание лучистой энергией тонкой пленки с меняющимися в ходе реакции оптическими свойствами // Физика горения и взрыва. 1990. №3. С. 3-7.
7. Дик И.Г., Князева А.Г. Поджигание тонкой пленки пучком лучистой энергии // Физика горения и взрыва. 1991. Т. 27, № 6. С. 3-10.