

І. Ю. Михайлова

МОДЕЛЮВАННЯ ЛАЗЕРНОЇ БЕЗКОНТАКТНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ДВОХ ПРОМЕНІВ

У статті надано результати моделювання безконтактної лазерної деформації адаптивним методом за використання двох променів, підведених до тонкої металевої пластини з протилежних боків.

Ключові слова: двопротинева лазерна деформація, моделювання безконтактної деформації, тонка металева пластинка.

1. Вступ

Дослідження, про які йдеться у доповіді відносяться до галузі машинобудування. Сучасний рівень розвитку лазерних технологій дає можливість застосовувати лазерне випромінювання в інженерії поверхні для контрольованої зміни структури верхніх шарів матеріалів. Це дозволяє використовувати температурні процеси для створення структурних напруг, що призводять до деформації. Однак, локальність дії променів та висока швидкість проходження процесів ускладнюють проведення експериментальних досліджень та визначають необхідність застосовувати методи математичного моделювання для підбору параметрів. Тому дослідження, про які йдеться в статті є актуальними.

2. Постановка проблеми

Визначення кута згину при безконтактній деформації неможливий без побудови математичної моделі, що пов'язує характеристики лазера, матеріалу, середовища та технології обробки з результатами розрахунку. Також така математична модель повинна враховувати характеристики математичного методу для найшвидшого отримання результату без втрат точності. Проблемою даної статті є визначення залежності між кількістю та характеристиками лазерів, з одного боку, та результуючим значенням кута згину, з іншого.

3. Основна частина

3.1. Аналіз літературних джерел по темі дослідження. В роботі [1] було розглянуто алгоритми побудови різницевої сітки, що використовуються на етапі дискретизації області в методі скінченних різниць для розв'язування диференціальних рівнянь в частинних похідних. Отримано алгоритм побудови адаптивних сіток, що згущує вузли у регіонах з великим градієнтом досліджуваної функції, та

розріджує в областях, де вона змінюється плавно. Це дало можливість зменшити час розрахунку значень функції (до 3,7 раз) без значної втрати точності (похибка складає < 18 %).

В роботі [2] було адаптовано отриманий метод побудови різницевої сітки до використання в радіальній системі координат. Це дало можливість використати його для моделювання температурного поля металевої деталі клиноподібної форми, що піддавалася лазерній обробці з Гаусовим розподілом інтенсивності опромінення поверхні матеріалу.

В роботі [3] було адаптовано градієнтний метод оптимізації для знаходження таких параметрів лазерного променя, в результаті використання яких, температури на верхній та нижній поверхнях тонкої пластини у зоні дії променя співпадали та належали заздалегідь визначеному діапазону.

В роботі [4] було розглянуто різні варіанти дискретизації розрахункової області для методу скінчених різниць, наведено метод контролю похибки результату та методика побудови змінної нерівномірної сітки.

В роботі [5] було досліджено використання адаптивного методу побудови сітки для вирішення нестационарного тривимірного рівняння теплопровідності, що моделює температурне поле з використанням Гаусового, кусково-постійного, кусково-змінного та постійного розподілу інтенсивності лазерного опромінення. Запропоновано модифікацію до моделі Волертсона, що використовується для визначення кута згину при безконтактній деформації. Проведено порівняння розрахованих та емпіричних значень кутів (відмінність < 10 %).

3.2. Результати досліджень. Моделювання проводилося для тонкої пластини зі сталі 65Г з розмірами: $L_x = 20 \text{ mm}$, $L_y = 20 \text{ mm}$, $L_z = 2 \text{ mm}$. До пластини підводилися два лазери, розташовані в протилежних півплощинах відносно пластини, з радіусом променя $R = 2 \text{ mm}$ та Гаусовим розподілом щільності. Швидкість руху лазерів $V = 10 \frac{\text{mm}}{\text{sec}}$. Інші параметри роботи лазерів указані в табл. 1.

Параметри роботи лазерів для розрахунку

№ п/п	Потужність верхнього лазера	Час роботи верхнього лазера	Потужність нижнього лазера	Час роботи нижнього лазера
1	$q_{upper} = 40 \frac{Wt}{mm^2}$	$t_{upper} = 0,2 \text{ sec}$	$q_{lower} = 10 \frac{Wt}{mm^2}$	$t_{lower} = 0,2 \text{ sec}$
2	$q_{upper} = 40 \frac{Wt}{mm^2}$	$t_{upper} = 0,2 \text{ sec}$	$q_{lower} = 20 \frac{Wt}{mm^2}$	$t_{lower} = 0,2 \text{ sec}$
3	$q_{upper} = 40 \frac{Wt}{mm^2}$	$t_{upper} = 0,1;2 \text{ sec}$	$q_{lower} = 5 \frac{Wt}{mm^2}$	$t_{lower} = 0,2 \text{ sec}$
4	$q_{upper} = 40 \frac{Wt}{mm^2}$	$t_{upper} = 0,2 \text{ sec}$	$q_{lower} = 5 \frac{Wt}{mm^2}$	$t_{lower} = 0,1;2 \text{ sec}$

Використовується багатопрохідний метод згину. Час одного проходу – 2 сек. Пауза між проходами – 0,2 сек.

У рамках проведених досліджень було виявлено, що при використанні двох лазерів, що працюють одночасно, кут згину збільшується при збільшенні різниці їх потужностей. У випадку, коли один з лазерів працює в той час, як інший ще вимкнений, кут збільшується коли першим включається більш потужний лазер. Результати розрахунку подані у табл. 2.

Таблиця 2

Розраховане значення кута згину

№ п/п розрахунку з табл. 1	Кут згину після 1 проходу, рад.	Кут згину після 2 проходу, рад.	Кут згину після 3 проходу, рад.
1	0,034	0,037	0,039
2	0,032	0,034	0,035
3	0,037	0,039	0,04
4	0,045	0,047	0,0478

В результаті обробки даних були отримані залежності між взаємним розташуванням лазерів, їх потужністю та результуючим кутом. Отримані результати можуть бути враховані при практичному використанні лазерної безконтактної деформації для отримання необхідних кутів згину.

Література

1. Лук'яненко С. О. Адаптивні обчислювальні методи моделювання об'єктів з розподіленими параметрами [Текст] / С. О. Лук'яненко. – К. : ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2004. – 236 с.
2. Головка Л. Ф. Математическое моделирование тепловых процессов при лазерной обработке материалов для энергомашиностроения [Текст] / Л. Ф. Головка, С. А. Лукьяненко, А. Г. Ажевский, О. Я. Зинчук, И. Ю. Михайлова; под ред. Г. К. Вороновского, И. В. Недина // Экономическая безопасность государства и интеграционные формы ее обеспечения. – К. : Знання України, 2007. – С. 343–348.

Таблиця 1

3. Головка Л. Ф. Моделирование температурного поля при деформации материалов лазерным излучением [Текст] : сб. науч. пр. / Л. Ф. Головка, С. О. Лук'яненко, Д. С. Смаковський, І. Ю. Михайлова, В. А. Агеско // Моделирование та інформаційні технології. – Інститут проблем моделювання в енергетиці НАНУ. – К. : ІПМЭ НАНУ, 2008. – С. 28–35.
4. Лук'яненко С. О. Адаптивний метод моделювання об'єктів з розподіленими параметрами [Текст] / С. О. Лук'яненко, І. Ю. Михайлова, С. І. Шаповалова ; під ред. Л. Ф. Головка, С. О. Лук'яненка // Лазерні технології та комп'ютерне моделювання. – К. : Вістка, 2009. – С. 78–97.
5. Головка Л. Ф. Моделирование процесса бесконтактной лазерной деформации адаптивным методом [Текст] / Л. Ф. Головка, С. О. Лукьяненко, И. Ю. Михайлова, В. А. Третьак // Электронное моделирование. – Институт проблем моделирования в энергетике им. Г. Е. Пухова НАН Украины, 2011. – Вып. 3. – Том 33. – С. 71–84.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНОЙ БЕСКОНТАКТНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДВУХ ЛУЧЕЙ

И. Ю. Михайлова

В статье поданы результаты моделирования бесконтактной лазерной деформации адаптивным методом при использовании двух лучей, подведенных к тонкой металлической пластине с противоположных боков.

Ключевые слова: двулучевая лазерная деформация, моделирование бесконтактной деформации, тонкая металлическая пластина.

Ирина Юрьевна Михайлова, аспирант кафедры автоматизации проектирования энергетических процессов и систем теплоэнергетического факультета Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт», тел.: (066) 206-00-10, e-mail: iren_mikhaylova@yahoo.co.uk.

MODELLING OF LASER CONTACTLESS DEFORMATION USING TWO RAYS

I. Mykhailova

The article describes the results of the adaptive method modeling of contactless laser deformation using two rays, applied to opposite sides of thin metal plate.

Keywords: two-ray laser deformation, contactless deformation modeling, thin metal plate.

Iryna Mykhailova, post-graduate student of the Automation of Power Processes and Systems Design sub-Department, Heat-and-Power Engineering Department, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», tel.: (066) 206-00-10, e-mail: iren_mikhaylova@yahoo.co.uk.