

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ ТА НАПРУЖЕНЬ ДЕФОРМАЦІЇ ПРИ НАПЛАВЛЕННІ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Запропоновано метод визначення температурних полів та напружень деформації при наплавленні, яке дозволило оцінити вплив температурного поля на результати зміни структури матеріалу деталі та появи теплових напружень.

Ключові слова: наплавлення, нагрів, температурне поле, напруження, теплові напруження.

Abstract

The method for determining the temperature fields and deformation stresses during surfacing was proposed, which allowed to estimate the influence of temperature fields on the results of the change in the structure of the material of the part and the appearance of thermal stresses.

Keywords: surfacing, heating, temperature field, stress, thermal stress

Вступ

Сьогодні знаходять широке використання пакети прикладних програм при аналізі теплового впливу процесу наплавлення, адже при використанні пірометрів чи аналогічних приладів виникають складнощі при фіксації даних у часі, а через конструктивні особливості деталі є можливість зростання похибки. В даному випадку застосовується пакет програм кінцево-елементного аналізу [1, 2].

Метою роботи є визначення впливу температурного поля на деталь, що наплавляється, зміни деформацій та напружень при наплавленні.

Результати дослідження

Щоб змоделювати процес нанесення покриття методом кінцево-елементного аналізу, необхідно прийняти декілька спрощень:

- у якості джерела тепла задавалася сукупність теплового потоку і конвекційний теплообміну, що діяли на певну ділянку 3-вимірного аналогу деталі у відповідний момент часу;
- рух джерела тепла створювався почерговою зміною локації дії тепловкладення. При зміні локації дії тепловкладення керувалися експериментальними даними.

Тепловий потік – це величина, що показує яка потужність джерела тепла діє на одиницю площі і визначається за формулою 1.1:

$$H = \frac{P}{S}, \quad (1.1)$$

де H – тепловий потік, Вт/м²;

P – потужність джерела тепла, Вт;

S – площа локації впливу джерела тепла, м².

Потужність джерела тепла у випадку моделювання електродугового наплавлення визначається за формулою 1.2:

$$P = U \cdot I \cdot k_{\text{еф}} \cdot k_{\text{пр}}, \quad (1.2)$$

де U – напруга дуги, В;

I – сила струму дуги, А;

k – коефіцієнт ефективності теплової дії дуги.

$k_{\text{пр}}$ – коефіцієнт пропорційності, що нівелює похибку, яка виникає внаслідок прийняття вищенаведених спрощень, 0,396.

Алгоритм проведення розрахунків у програмному пакеті ANSYS [2].

Використовуємо деталь-представник – вал-шестерня. Першим етапом є створення 3-D твердотілої моделі деталі. Для її побудови використали модуль програми кінцево-елементного аналізу, імпортували попередньо створену модель із системи КОМПАС-3D.

На даному етапі також вводяться властивості матеріалу деталі, що аналізується, (густина, коефіцієнт теплопровідності та т.і.), або обирається матеріал із бази даних програми із наперед визначеними властивостями. Визначаються його основні характеристики (ізотропність, тощо).

Після створення твердотілої моделі генерується її кінцево-елементний аналог, тобто сітка вузлів та елементів. З метою підвищення точності розрахунків доцільним є більш детальне розбиття на елементи тієї області деталі, що безпосередньо межує із областю прикладання навантаження, в нашому випадку це зовнішня поверхня вал-шестерні. Наступним кроком є обрання виду процесів, що аналізуються. У випадку моделювання процесу наплавлення доцільним є аналіз теплових процесів та деформацій і напружень, що виникають внаслідок теплової дії при електродуговому наплавленні (рис. 1). У програмах кінцево-елементного аналізу моделювання зазначених процесів виконується шляхом застосування модуля Thermal-Stress (рис. 2), що містить в собі дві системи Transient Thermal та Transient Structural.

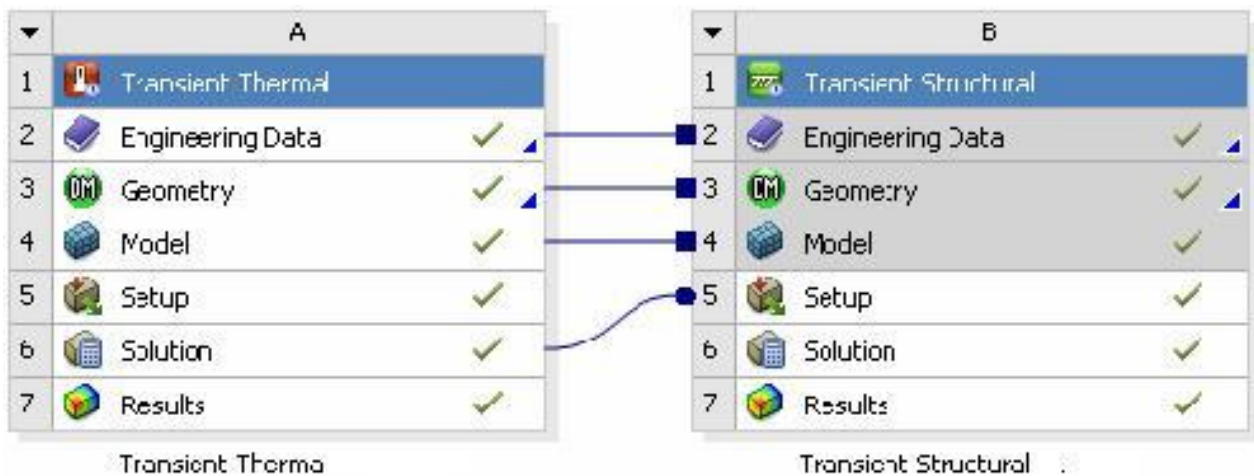


Рисунок 1 - Приклад визначення системи, що аналізується

Першою системою (рис. 1, А) є аналіз динамічних теплових процесів у деталі внаслідок дії навантаження у вигляді теплового потоку - Transient Thermal. Другою системою (рис. 1, В) є аналіз динамічних процесів напружено-деформованого стану деталі Transient Structural, що спричинений впливом нерівномірного розповсюдження тепла у деталі під час його нагрівання.

Між двома системами існує взаємозв'язок, адже в них використовуються такі спільні данні, як 3-D твердотіла модель, її фізико-механічні властивості та кінцево-елементний аналог. Проте у вигляді навантаження для другої системи є результати розрахунків першої, тобто температурне поле в деталі, що було визначене (6 Solution A → 5 Setup B).

У якості навантаження, для аналізу процесу наплавлення розглядаємо рухомий тепловий потік визначеної потужності, що діє на деталь під час наплення. Рухомість теплового потоку імітується таким чином. Розбиваємо розрахунковий процес на кроки. Навантаження на першому кроці у вигляді теплового потоку застосовуємо для певної ділянки поверхні. Вводимо величину теплового потоку,

що перераховується із потужності джерела, а також час його дії на даній ділянці. На наступному кроці призначаємо тепловий потік для сусідньої ділянки поверхні, при цьому знімаємо її з попередньої, і т.д. Процес покрокового навантаження передбачає врахування розрахункових величин, що накопичуються від дії попередніх кроків.

Результатом розрахунку першої системи - Transient Thermal є температурне поле, яке може бути показане у графічному вигляді (рис. 2) та чисельних масивах, що формуються автоматично. Ці масиви даних є основою для розрахунку деформацій та напружень в матеріалі деталі. Тобто результати розрахунку системи Transient Thermal є вхідними даними, що вводяться у систему Transient Structural у вигляді навантаження (див. рис. 1).

Температурний вплив дозволяє розрахувати напруження та деформації деталі, що відновлюється .

Розрахунок наведено для вал-шестерні при наплавленні в середовщі CO₂ дротом Нп-30ХГСА на режимах: I=197 А; U=21,78 В; V_H=20,6 м/хв.; S_H=4,4 мм.

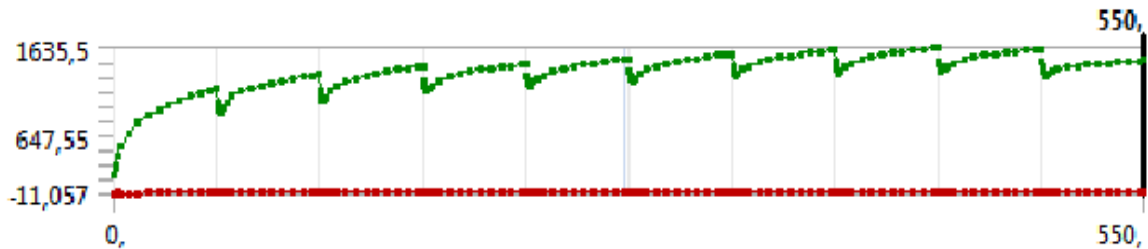


Рисунок 2– Графічне зображення температурного поля за весь проміжок часу наплавлення

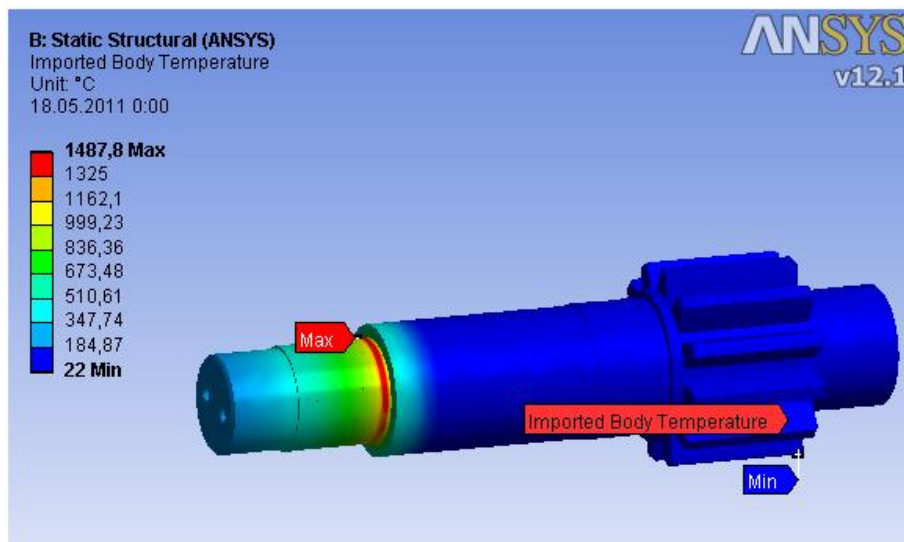


Рисунок 3 – Розподілення температури при нагріві під час наплавлення

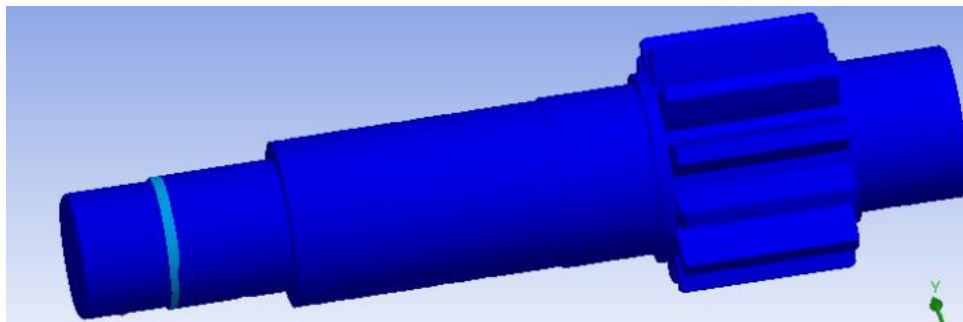


Рисунок 3 – Стан деформації деталі до наплавлення

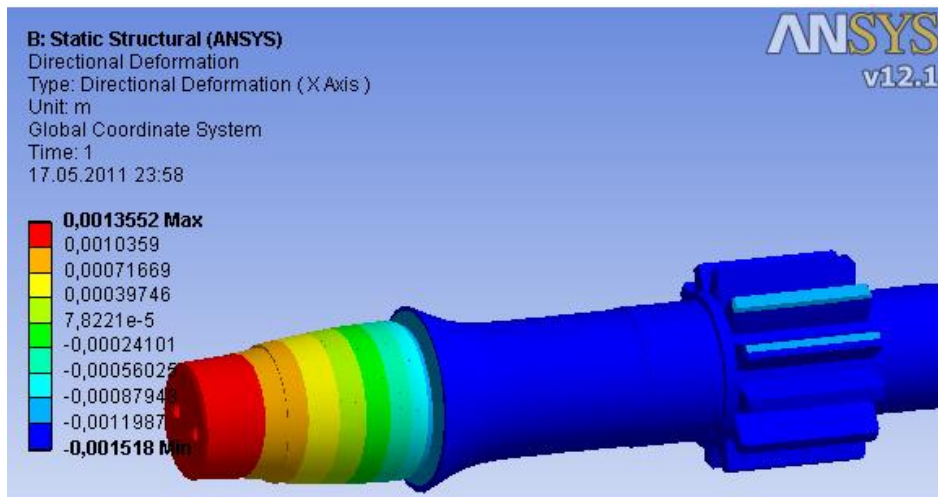


Рисунок 4.– Деформації, які утворились відносно осі X і Y після наплавлення відносно осі X

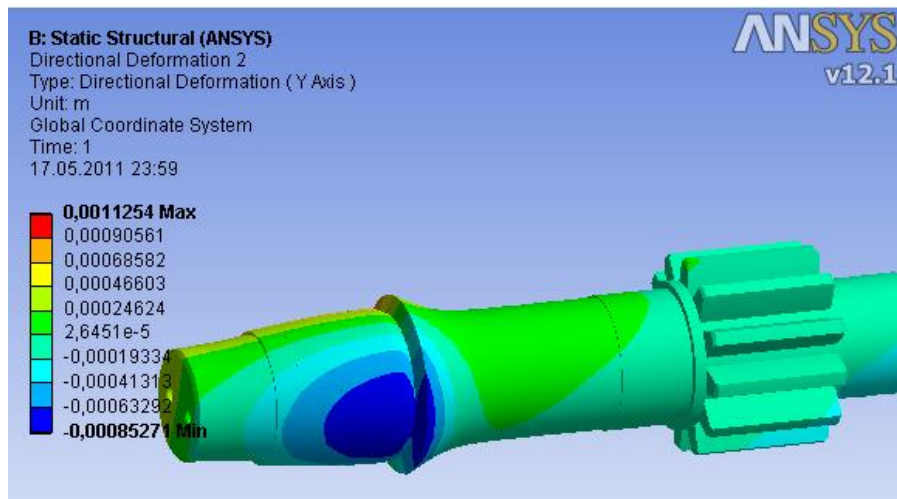


Рисунок 5 – Деформації, які утворились після наплавлення відносно осі Y

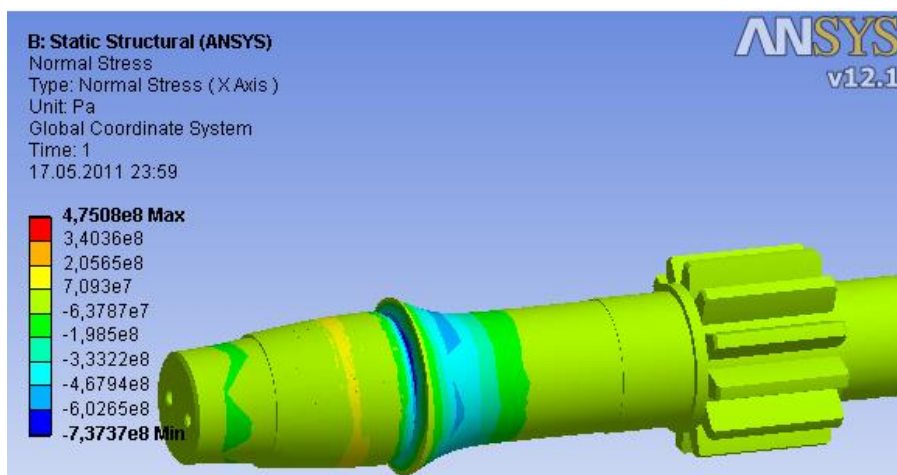


Рисунок 6 – Напруження, що виникають після наплавлення відносно осі X

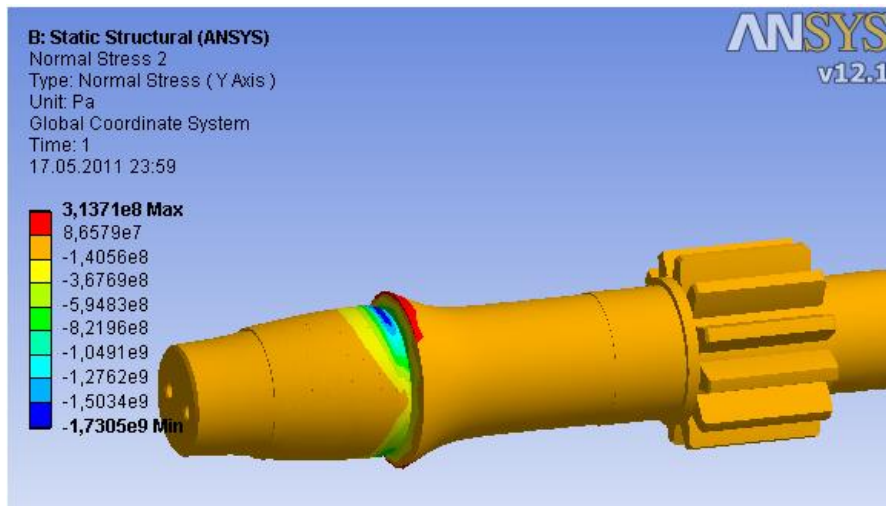


Рисунок 7 – Напруження, що виникають після наплавлення відносно осі Y

Розрахунки показали, що температурні поля, які утворюються в процесі відновлення вал-шестерні виникають під час завершальної стадії наплавлення, що призводить до суттєвої зміни структури матеріалу вал-шестерні та появи теплових напружень. Для поліпшення якості відновленої деталі, її структурного та напруженого стану, необхідно провести термічну обробку.

Висновки

Встановлено, що запропонований підхід дозволяє підвищити загальну точність визначення внутрішніх напружень та деформації викликаних впливом наданої температури при електродуговому наплавленні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Василик А.В. Теплові розрахунки при зварюванні / А.В. Василик, Я.А. Дрогомирецький, Я.А. Криль. – Івано-Франківськ: Факел, 2004. – 209с.
2. Куплун А.Б. ANSYS в руках інженера./ А.Б. Куплун, Е.М. Морозов, М.А. Олферьева – М.: Едиториал УРСС, 2003 – 272 с

Шиліна Олена Павлівна – канд. техн. наук, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: epshilina.tpz@gmail.com

Носов Дмитро Юрійович – студент групи ЗВ-17м, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет,

Shilina Olena P. – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of department of machine-building, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: epshilina.tpz@gmail.com

Nosov Dmitry Yuriyovych - student group ZV-17m, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University