

Секція 3
ТЕРМОМЕХАНІКА ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

УДК 621.793.927.7

М.С. Михайлишин к. ф.-м. н., проф., В.Я. Гаврилюк, Ч.В. Пулька д. т. н., проф.
 Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ФОРМУВАННЯ НАПЛАВЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ПІД ВПЛИВОМ
 ВІДЦЕНТРОВОГО ОБЕРТОВОГО РУХУ**

M.S. Mykhailyshyn Ph.D., Prof., V.J. Havryliuk, Ch.V. Pulka Dr., Prof.

**THE SHAPING OF A FUSED SURFACE TO THE INFLUENCE OF CENTRIFUGAL
 ROTATIONAL MOTION**

Abstract. Different methods of surfacing are using to strengthen machine parts. The surfacing will perform with using simultaneous centrifugal rotation compared to the traditional surfacing scheme. The disk is located in a fixed position during the entire surfacing process according to the traditional scheme. The rotational movement is carrying out with a certain angular velocity at the time of fusion of the metal layer.

Процес наплавлення має важливе місце для формування зміцнювальних шарів металу на контактуючих поверхнях, що піддаються інтенсивному спрацюванні. Тому важливим є дослідження форми наплавленого валика в залежності від товщини шару металу та кутової швидкості обертання круглих дисків, в момент початку розплавлення порошкоподібного твердого сплаву.

На рис. 1 зображений диск з наплавленим валиком із застосуванням відцентрового обертання. При індукційному наплавленні, в даному випадку при початковому розплавленні твердого сплаву його поверхня, внаслідок дії інерційних сил, буде змінювати свою форму, що в подальшому буде впливати на товщину наплавленого шару металу. Тому необхідно теоретично знайти цей вплив обертального руху на форму поверхні розплавленого валика.

В процесі індукційного наплавлення робочої поверхні тонких круглих дисків застосовується надання диску обертального руху навколо осі симетрії з деякою кутовою швидкістю ω [1 – 3].

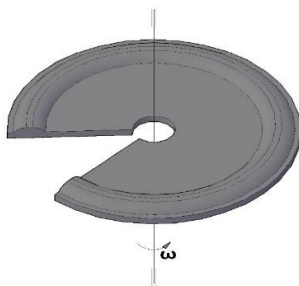


Рис. 1 – Наплавлений диск із застосуванням відцентрового обертання

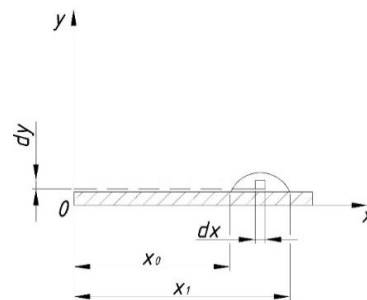


Рис. 2 – Крапля розплавленого металу на поверхні диска

Вважаємо, що рух рідини усталений і вона обертається як тверде тіло. Розплавлений метал знаходиться в рівновазі відносно диска. Рівновага рідини наступає за умови, що дорівнює нулю рівнодійна усіх сил, які діють на точки рідини.

Рівноважному стану відповідає мінімум потенціальної енергії. Повна потенціальна енергія включає в себе гравітаційну складову, поверхневу складову, енергію взаємодії поверхні диска і рідини, енергію взаємодії диска і газу, а також потенціальну енергію елементів рідини у полі сил інерції.

Для простоти розглянемо на рис. 2 двомірний випадок.

В нашому випадку зовнішніми силами є сили тяжіння \vec{F}_g , які направлені вертикально вниз. На елемент рідини площею $dxdy$ і масою $dm = \rho_p dxdy$ (ρ_p – густина одиниці площі рідини) діє сила ваги $dF_g = gdm$ (g – прискорення вільного падіння). Потенціальна енергія елемента рідини в полі сил тяжіння:

$$d\Pi_g = gydm = \rho_p gydxdy. \quad (1)$$

Дійсно:

$$dF_{gy} = -\frac{\partial}{\partial y} d\Pi_g = -\rho_p g dxdy = -gdm. \quad (2)$$

Тоді, виконавши відповідні розрахунки, отримаємо формулу повної потенціальної енергії:

$$\Pi = \int_{x_0}^{x_1} \left[\frac{1}{2} \rho_p y (gy - \omega^2 x^2) + \sigma_{pr} \sqrt{1 + y'^2} + (\sigma_{tr} - \sigma_{tr}) \right] dx, \quad (3)$$

де σ_{pr} – коефіцієнт поверхневого натягу розплаву при контакті з газовою фазою, σ_{tr} – коефіцієнт поверхневого натягу твердого тіла при контакті з розплавом, σ_{tr} – коефіцієнт поверхневого натягу твердого тіла при контакті з газовою фазою.

Задача про знаходження форми поперечного перерізу розплаву зводиться до визначення мінімуму отриманого функціонала при умові постійності площі поперечного перерізу розплаву. Таким чином ми отримали ізопериметричну варіаційну задачу на умовний екстремум. Умова збереження площі поперечного перерізу розплаву має вигляд:

$$\int_{x_0}^{x_1} y dx = S, \quad (4)$$

де S задана величина. Напишемо допоміжний функціонал:

$$\Pi_d = \int_{x_0}^{x_1} \left[\frac{1}{2} \rho_p y (gy - \omega^2 x^2) + \sigma_{pr} \sqrt{1 + y'^2} + (\sigma_{tr} - \sigma_{tr}) + \lambda y \right] dx, \quad (5)$$

де λ – множник Лагранжа. Так як σ_{tr} і σ_{tr} постійні величини при фіксованій температурі, мінімум функціоналу буде визначатися підінтегральною функцією:

$$F = \frac{1}{2} \rho_p y (gy - \omega^2 x^2) + \sigma_{pr} \sqrt{1 + y'^2} + \lambda y. \quad (6)$$

Числові обчислення проводились для таких даних:

$$g = 9.81 \text{ М/с}^2, \rho_p = 7.8 \cdot 10^3 \text{ кг/М}^3, \sigma_{\text{пр}} = 1.75 \text{ Н/М},$$

$$x_0 = 0.05 \text{ м}, \quad x_1 = 0.07 \text{ м}, \quad S = 3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

Результати обчислень приведені на рис.3 і 4.

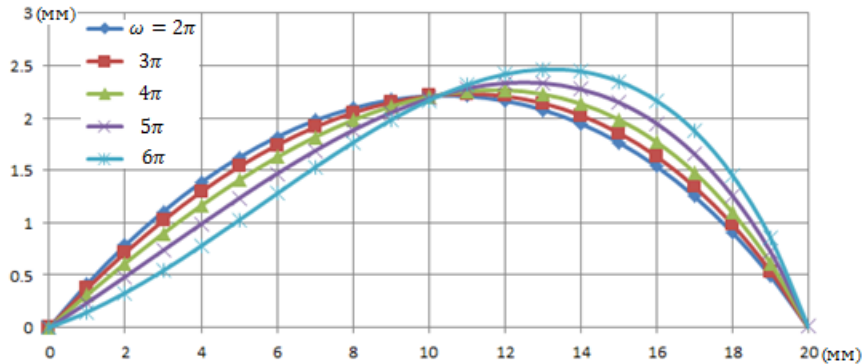


Рис. 3 – Форма поперечного перерізу розплаву ($y(x)$) для різних значень кутової швидкості

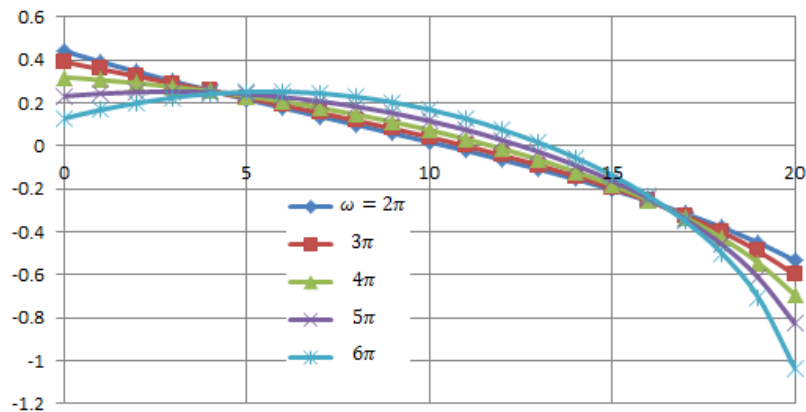


Рис. 4 – Залежність $y'(x)$ для різних значень ω

Як бачимо із зростанням кутової швидкості форма поперечного перерізу розплаву наближається до форми каплі рідини, яка знаходиться на поверхні.

Приведені розрахунки дозволяють отримати задану геометричну форму наплавленого валика в залежності від кутової швидкості і його товщини, що в кінцевому результаті підвищує довговічність роботи наплавленої поверхні, порівнюючи з технологією наплавлення без обертання диска.

Література

1. Пулька Ч.В. Влияние технологических схем индукционной наплавки на стабильность толщины наплавленного слоя [Текст] / Ч.В. Пулька, В.С. Сенчишин, В.Я. Гаврилюк, М.С. Базар // Автоматическая сварка. – 2013. – №4. – С. 65–67.
2. Пат. 77032 UA, МПК В23К 13/00. Спосіб наплавлення тонких дисків / Ч.В. Пулька, О.М. Шаблій, В.Я. Гаврилюк, В.С. Сенчишин; Заявник і власник Терноп. нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя. — № u201201880; Заявл. 20.02.2012; Опубл. 10.09.2012; Бюл.№ 17.
3. Гаврилюк В.Я. Математична модель руху краплі рідкого металу на поверхні обертового сталевго диска [Текст] / В.Я. Гаврилюк, Ч.В. Пулька, В.М. Михайлишин та ін. // Вісник ТНТУ ім. І. Пулюя. – 2020. – №1(97). – С. 5 – 13.