

УДК. 621.771.24

Кох А. К.
Єрьомкін Є. А.

РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОСИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ РОЗГИНАННЯ ГОФРОВАНОГО ЛИСТА В ПРЯМИЙ

У наявних на сьогодні роботах (патентах) [1–4], наведено схему процесу випрямлення гофрованого листа. Математичним моделюванням розглядається задача деформування плоского листа, або формування фасонних профілів, що вимагає подальшого вдосконалення процесу моделювання розкочування.

Метою роботи є розробка математичного моделювання розрахунку енергосилових параметрів процесу розгинання гофрованого листа в прямий.

Випрямлення листа гофрованої форми відбувається в такий спосіб: валки, між якими буде випрямлятися заготовка, розводиться, гофрований лист подається в зазор між валками. Далі відбувається вигин заготовки за рахунок того, що зазор між валками зменшується, заготовка поступово випрямляється в рівну лінію (рис. 1).

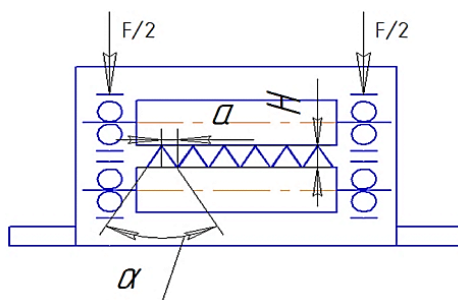


Рис. 1. Схема випрямлення гофрованого листа вигином

Запишемо статистичні рівняння сил відносно вісі x та y , сили, які діють при випрямленні гофровано листа вигином, схема розподілу сил привели на (рис. 2):

$$F_x = \frac{F}{2} \cdot \cos \alpha; \quad (1)$$

$$F_y = \frac{F}{2} \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

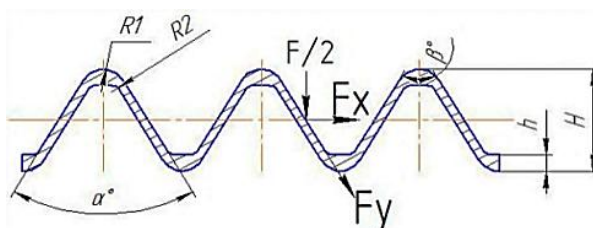


Рис. 2. Розподіл сил при випрямленні гофрованого листа вигином

Визначимо зусилля, необхідне для розгинання гофрованого листа в прямий.
Згинаюча напруга:

$$\sigma_{32} = \frac{M_{32}}{W_H} = \frac{F \cdot a \cdot 6}{b \cdot h^2} \leq \sigma_T, \quad (3)$$

де a – плече вигину;

h – товщина заготовки;

σ_T – границя текучості матеріалу;

b – величина, рівна довжині дуги контакту валка із заготовкою при обтисненні:

$$b = \sqrt{R\Delta h - \frac{\Delta h^2}{4}}, \quad (4)$$

де R – радіус валків;

Δh – абсолютне обтиснення:

$$\Delta h = h_0 - h_1, \quad (5)$$

де h_0 – початкова висота гофрованого листа;

h_1 – одержувана висота листа після розкочування.

Виразимо з формули (3) зусилля, необхідне для розгинання однієї гофри:

$$F = \frac{\sigma_T \cdot b \cdot h^2}{6 \cdot a}. \quad (6)$$

Визначимо зусилля, необхідне для розгинання всіх гофр:

$$F_\Sigma = F \cdot n, \quad (7)$$

де n – кількість гофр.

Одержання широкополосних виробів за рахунок збільшення поверхні охолодження заготовки, що відливається беззупинно. Це відбувається в результаті того, що валки, між якими тече й кристалізується метал, виконуються не плоскими, як у випадку одержання стандартних тонкослябових виробів, а певного горобоподібного профілю, завдяки якому й відбувається збільшення охолоджуваної поверхні одержуваного виробу.

Вихідною заготовкою для проведення експериментальних розрахунків є смуга довжиною l і товщиною h (рис. 3).

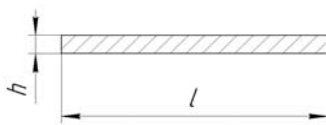


Рис. 3. Вихідна заготовка, відносно якої ведеться розрахунок

Периметр вихідної заготовки:

$$P = 2 \cdot (h + l).$$

У даній роботі проводиться розрахунок залежності величини периметра поверхні гофрованої заготовки від таких параметрів, як:

- кількість гофр на заданій довжині;
- величина радіуса вершини гофри;
- кут нахилу гофр до вихідної поверхні.

Визначимо вплив числа гофр на заданій довжині з однаковим радіусом вершини гофр і кутом нахилу:

$$P = 2 \cdot (b_1 + h),$$

$$\text{де } b_1 = \frac{\beta \cdot 2\pi \cdot (3R_1 \cdot 3R_2)}{360} + 6a;$$

R_1 – зовнішній радіус гофри, мм;

R_2 – внутрішній радіус гофри, мм;

a – плече вигину, мм;

β – кут нахилу, град.

Побудуємо графік залежності периметра поверхні від кількості гофр на заданій довжині.

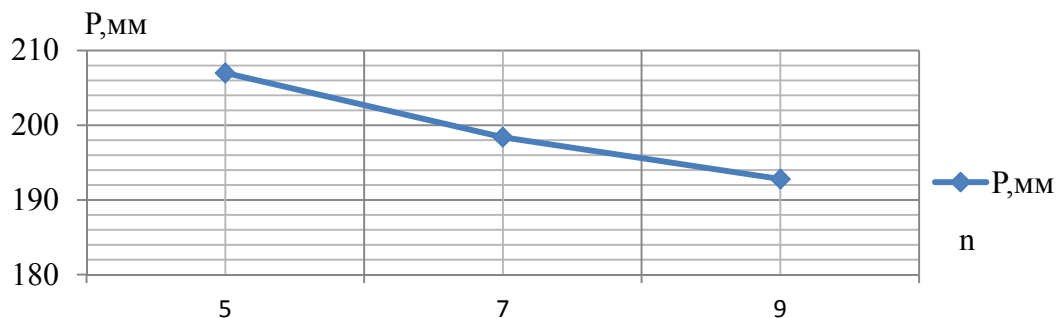


Рис. 4. Графік залежності периметру охолоджувальної поверхні від числа гофр

Визначимо вплив радіуса вершини гофр на периметр охолоджувальної поверхні:

$$P = 2 \cdot (b_1 + n),$$

$$\text{де } b_1 = \frac{\beta \cdot 2\pi \cdot (3R_1 \cdot 3R_2)}{360} + 6a;$$

R_1 – зовнішній радіус гофр, мм;

R_2 – внутрішній радіус гофр, мм;

a – плече вигину, мм;

β – кут нахилу, град.

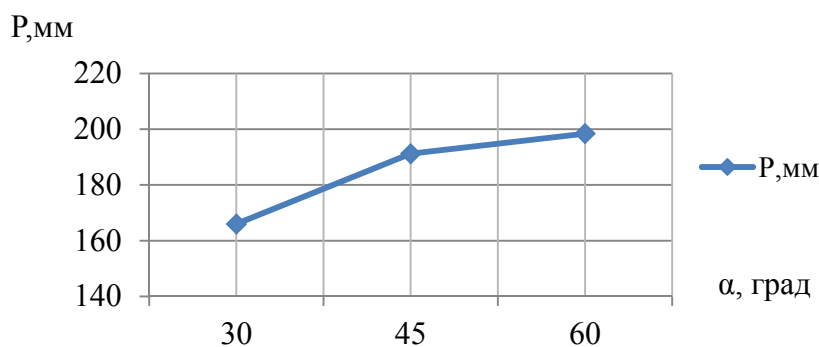


Рис. 5. Графік залежності периметру заготовки від кута нахилу гофр

На основі вище приведених формул буди проведені розрахунки в системі симуляції Solid Edge ST4, яка має ліцензією для ознайомлення з навчальною метою, або для домашньої мети, випрямлення гофрованого листа за наступними входними даними:

$R_1 = 7$ мм, $R_2 = R_1 - h$, $b = 10$ мм, $H = 112,5$ мм, $\alpha = 60^\circ$, $\beta = 120^\circ$, $F_1 = 486$ Н, $F_2 = 286$ Н, матеріал – свинець.

Результати деформації: загальне переміщення – $9,64e-005$ мм; напруження $0,0573$ МПа; максимальний розрахунковий запас міцності по напруженню 2 .

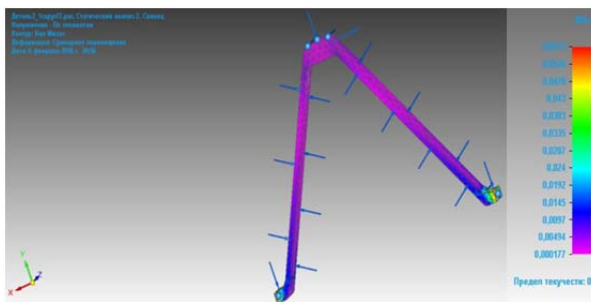


Рис. 6. Загальний вигляд результатів виконання процесів моделювання в Solid Edge ST4

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження дозволяють зробити висновок про вплив на величину площі охолоджувальної поверхні таких параметрів, як кількість гофр на заданій довжині, величина внутрішнього й зовнішнього радіусів і кута нахилу гофр стосовно плоскої заготовки такої ж довжини. Можна сказати, що:

- зі збільшенням числа гофр площа перерізу заготовки зменшується, так як стає менше прямолінійних частин. Максимальна величина площі перерізу досягається при кількості гофр рівній п'яти;
- зі збільшенням зовнішнього та внутрішнього радіуса вершин гофр площа перерізу заготовки зменшується;
- зі збільшенням кута нахилу гофр від 30 до 60 градусів величина площі перерізу значно збільшується.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. № 67475, B21B 1/00, B21B 1/02. Спосіб одержання литтям-прокаткою листів (штаб) шириною, більшою від довжини бочки обтискуючих валків / Роганов М. Л., Роганов Л. Л. ; заявник і патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – № 2003109005 ; заявл. 06.10.2003 ; опубл. 15.06.2004, Бюл. № 6.
2. Советов Б. Я. Моделирование систем / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М. : Высшая школа, 2001. – 275 с.
3. Овчаренко В. А. Основы метода конечных элементов и його застосування в інженерних розрахунках : навчальний посібник / В. А. Овчаренко, С. В. Подлесний, С. М. Зінченко. – Краматорськ : ДДМА, 2008. – 380 с.
4. Коновалов Ю. В. Справочник прокатчика : справочное издание в 2-х книгах. Книга 1. Производство горячекатаных листов и полос / Ю. В. Коновалов . – М. : Теплотехник, 2008. – 680 с.

REFERENCES

1. Pat. № 67475, B21B 1/00, B21B 1/02. Sposib oderzhannja littjam-prokatkoju listiv (shtab) shirinoju, bil'shoju vid dovzhini bochki obtiskujuchih valkiv / Roganov M. L., Roganov L. L. ; zajavnik i patentovlasnik Donbas'ka derzhavna mashinobudivna akademiya. – № 2003109005 ; zajavl. 06.10.2003 ; opubl. 15.06.2004, Bjul. № 6.
2. Sovetov B. Ja. Modelirovanie sistem / B. Ja. Sovetov, S. A. Jakovlev. – M. : Vysshaja shkola, 2001. – 275 s.
3. Ovcharenko V. A. Osnovi metodu kincevih elementiv i jogo zastosuvannja v inzhenernih rozrahunkah : navchal'nij posibnik / V. A. Ovcharenko, S. V. Podlesnij, S. M. Zinchenko. – Kramators'k : DDMA, 2008. – 380 s.
4. Konovalov Ju. V. Spravochnik prokatchika : spravocnoe izdanie v 2-h knigah. Kniga 1. Proizvodstvo gorjachekatannyh listov i polos / Ju. V. Konovalov . – M. : Teplotehnik, 2008. – 680 s.

Кох А. К. – аспірант каф. КДіМПМ ДДМА;

Єрьомкін Є. А. – канд. техн. наук, доц. каф. КДіМПМ ДДМА.

ДДМА – Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ.

E-mail: anton-kokh17@ukr.net; evg.eremkin@gmail.com

Стаття надійшла до редакції 20.02.2018 р.