

УДК 621.771.63

## УТОЧНЕННЯ РОЗРАХУНКУ КАЛІБРУВАННЯ ВАЛКІВ ПРИ ФОРМУВАННІ ГОФРУ ТРАПЕЦІЄВИДНОЇ ФОРМИ З ХВИЛЯСТОЇ ЗАГОТОВКИ

Чавикін М.М. здобувач ВО, Тришевський О.І. д.т.н., професор

*Державний біотехнологічний університет*

*У роботі удосконалена методика розрахунку робочих калібрів валків для формування гофрованих профілів з трапецієвидною формою гофрів при їх формуванні пластичним вигином зі стисненням.*

Нині в різних галузях промисловості, у тому числі і у сільськогосподарському машинобудуванні знаходять дедалі більше застосування вироби у вигляді тонкостінних профілів різного перерізу. Основними перевагами таких виробів є висока міцність і жорсткість за незначної ваги. Процеси виготовлення профілів дають змогу раціонально розподілити метал за перерізом і створити такі форми перерізів, які максимально відповідають умовам їхньої подальшої експлуатації. Це дає змогу створювати нові, легші та досконаліші конструкції, а також окремі їхні елементи, які складаються з одного гнutoго профілю замість кількох гарячекатаних, з'єднаних зварюванням, клепкою або болтами[1].

Найбільш універсальним і широко застосовуваним процесом отримання тонкостінних профілів різноманітної конфігурації є високопродуктивний процес виробництва їх зі полосової заготовки у валках методами профілювання.

Серед гнутих профілів різних типів значну частину складають листові гофровані профілі, в тому числі і найбільш ефективні з них – з гофрами трапецієвидної форми. У зв'язку з постійно зростаючими вимогами до якості вироблюваної продукції виникає необхідність виготовляти профілі з тонколистової сталі підвищеної міцності з якомога меншими радіусами у місцях закруглень і в той же час з мінімальним потоншенням металу і без поверхневих дефектів и тріщин у місцях згину [2]. Існуючі зараз технології та системи калібрування інструменту для виготовлення профілів – валків не завжди забезпечують виконання цих умов.

Один зі шляхів поліпшення якості листових гофрованих гнутих профілів, що застосовуються в сільгоспмашинобудуванні, - їхнє виробництво способом осадження хвилястої заготовки (рис. 1). Для цього способу характерна інша, порівняно зі звичайними способами формування, схема напружено-деформованого стану місць заокруглення гофрів: вони формуються пластичним вигином зі стисненням. Отримувані цим способом профілі вирізняються меншою різницею ширини за довжиною, більш рівномірним розподілом механічних властивостей за перерізом, меншим потоншенням у місцях вигину, останні можуть бути виконані з меншими радіусами.

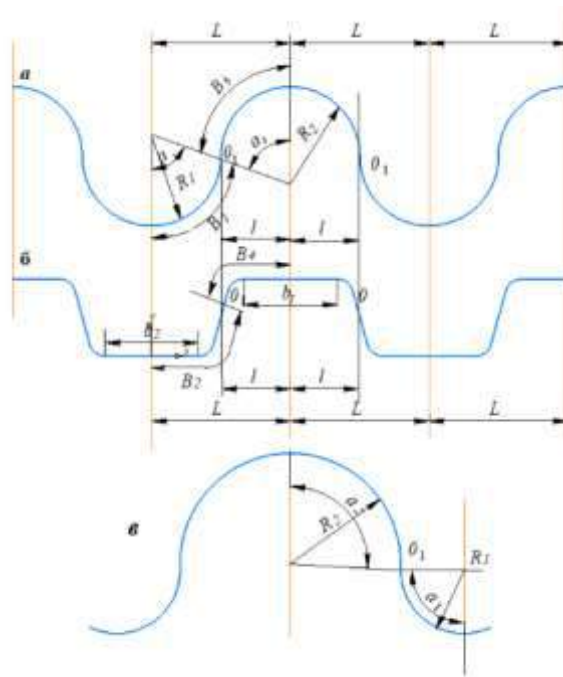


Рис.1 Схема проміжної хвилястої заготовки (а), гофрованого профілю (б) та елемента хвилястої заготовки (в)

Раніше було встановлено три технологічні принципи проектування калібрувань валків під час виробництва гофрованих профілів вказаним способом[3].

1). Відстань  $L$  між осями хвиль хвилястої заготовки має дорівнювати відстані між осями гофрів на готовому профілі;

2). Периметр хвилястої заготовки повинен дорівнювати периметру гофрованого профілю ( $B1 = B2$ ;  $B3 = B4$ );

3). Середні точки  $O$  на похилих прямолінійних ділянках гофрованих профілів повинні відповідати точкам  $O_1$  контакту дуг хвилястої заготовки і перебувати на однаковій відстані ( $l$ ) від осей гофрів.

Геометрична форма проміжної хвилястої заготовки при цьому являла собою профіль, утворений дугами радіусів  $R_1$  і  $R_2$  (рис. 1а, в). Якщо верхні та нижні горизонтальні елементи гофрів профілю мають однакову ширину ( $b_1 = b_2$ ), то радіуси заокруглень і кути підгинання хвилястої заготовки також мають бути однакові ( $R_1 = R_2$ ); ( $a_1 = a_2$ ). Якщо ж ширина цих елементів неоднакова ( $b_1 \neq b_2$ ), то радіуси заокруглень і кути підгинання хвилястої заготовки різні, тобто, в точках  $O_1$  відсутнє сполучення (рис. 1.в), причому ступінь не сполучення збільшується зі збільшенням різниці в ширині елементів, що може призвести до зламу заготовки в місцях з'єднання дуг.

З метою запобігання зламу заготовки розроблено нову методику проектування калібрувань, що має ту особливість, що кути  $a_1 = a_2$ , а похилі прямолінійні ділянки гофрованого профілю є прямолінійними і на проміжній хвилястій заготівці, для того, щоб у процесі її формування та подальшого осадження вони не зазнавали значних деформацій (порівнянних із деформаціями ділянок, які згинаються).

Горизонтальні прямолінійні елементи гофрів можуть мати як однакову, так і різну довжину. В обох випадках для визначення конфігурації хвилястої заготовки достатньо враховувати дві умови (рис. 2).

1) периметр заготовки має дорівнювати периметру гофрованого профілю ( $l_1 + l_2 = l_5 ; l_3 + l_4 = l_6$ );

2) відстані між осями гофрів мають дорівнювати відстаням між осями відповідних хвиль заготовки ( $L$ ).

На підставі схеми рис.2.б можна скласти рівняння:

$$R_1 \sin a + b \cos a + R_2 \sin a = L; \quad (1)$$

де  $R_1$  і  $R_2$  - радіуси хвиль заготовки (за нейтральною лінією);

$b$  - ширина похилої прямолінійної ділянки;

$a$  - кут підгинання елементів хвилястої заготовки;

$L$  - відстань між осями гофрів (хвиль).

Величину радіусів хвиль можна виразити таким чином (рис.2) :

$$R_1 = \frac{l_3}{a} = \frac{l_1+l_2}{a}; \quad R_2 = \frac{l_6}{a} = \frac{l_3+l_4}{a}. \quad (2)$$

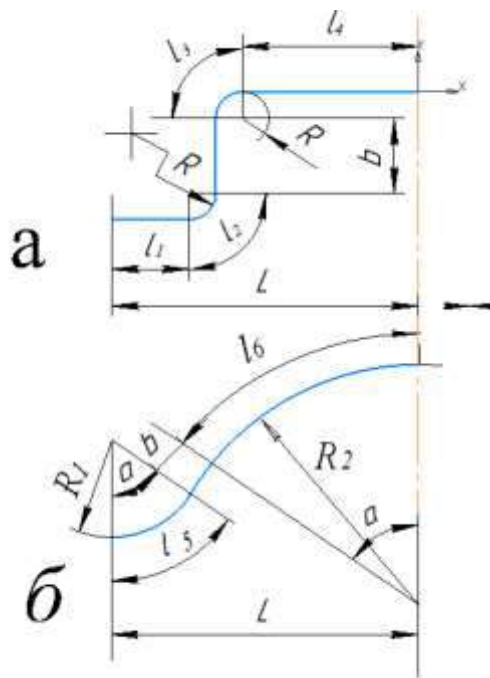


Рис.2. Схема для визначення параметрів хвилястої заготовки з похилою прямолінійною ділянкою: а – гофрований профіль; б – хвиляста заготовка

Підставивши (2) у (1) і зробивши перетворення, отримуємо:

$$\frac{l_1+l_2+l_3+l_4}{a} \sin a + b \cos a = L. \quad (3)$$

Представим функції  $\sin a$  і  $\cos a$  у вигляді рядів:

$$\left. \begin{aligned} \sin a &= a - \frac{a^3}{3!} + \frac{a^5}{5!} + \dots \\ \cos a &= 1 - \frac{a^2}{2!} + \frac{a^4}{4!} + \dots \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Для розв'язання рівняння (3) обмежимося трьома членами кожного з рядів (4), що дає досить високу точність. Після перетворень отримуємо:

$$A \left( 1 - \frac{a^2}{3!} + \frac{a^4}{5!} \right) + b \left( 1 - \frac{a^3}{2!} + \frac{a^4}{4!} \right) = L, \quad (5)$$

де:  $A = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$ ,

Розв'язавши це рівняння, знайдемо кут підгинання хвилястої заготовки  $a$  (у радіанах).

Виготовлення гофрованих профілів із трапецієподібними, а також і з прямокутними гофрама за калібруваннями, розрахованими з використанням наведеної вище методики, забезпечує отримання якісної продукції.

### **Висновки.**

Вдосконалена схема формування листових гофрованих профілів з гофрама трапецієвидної форми, яка передбачає переформування створеної на попередніх переходах хвилястої заготовки синусоїдального профілю у гофри потрібної конфігурації. При цьому на відміну від відомих схем формування в зоні формування змінюється схема напружено-деформованого стану металу, гофри формуються за рахунок пластичного вигину зі стисненням, що сприяє підвищенню якості готової продукції за рахунок більш рівномірного розподілу механічних властивостей за перерізом, меншому потоншенню у місцях вигину, а також отриманню перерізу гофрів з меншими радіусами заокруглення.

### **Список використаних джерел**

1. Виробництво і застосування гнутих профілів прокату: довідник / Тришевський І.С. та інш. Київ / Техніка, 1975. 536.
2. Jicai Liang, Chuandong Chen, Ce Liang, Yi Li, Guangyi Chen, Xiaoming Li, and Aicheng Wang. / One-Time Roll-Forming Technology for High-Strength Steel Profiles with “ $\Xi$ ” Section. *Advances in Materials Science and Engineering* Volume 2019, Article ID 6505914, 10 pages. <https://doi.org/10.1155/2019/6505914>.
3. Paralikas J, Salonitis K, Chryssolouris. Investigation of the effect of roll forming pass design on main redundant deformations on profiles from AHSS: *Int J Adv Manuf Technol* v.56: 2011. Pp.475–491.