

Тришевський О.І.,
Ахлестін В.Л.,
Мухамед'янов С.В.

Харківський національний
технічний університет
сільського господарства
імені П.Василенко,
м. Харків, Україна
E-mail: 3shev@ukr.net

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЗУСИЛЬ ТЕРТЯ НА ФОРМУВАННЯ ПОПЕРЕЧНИХ ЗАМКНУТИХ ГОФРІВ

УДК 621.771.63:621.981

В результаті виконаних досліджень були отримані нові дані про розподіл стоншування, рівнодійної сили тертя і контактної напруги, а також їх впливи на енергосилові параметри процесу формоутворення поперечних гофрів витягом і вигином у нерухомих та таких, що обертаються формуючих елементах.

Отримані данні слід враховувати при теоретичному аналізі процесу формоутворення гофрів, зокрема при визначенні роботи сил тертя з урахуванням ковзання в калібрі, яке раніше не бралось до уваги, а також при уточненому розрахунку зусиль і моментів.

Ключові слова: *поперечные гофры, вытяжка, гибка, неподвижный формующий элемент, вращающийся формующий элемент, усилия трения, контактные напряжения, утонение, энергосиловые параметры.*

Вступ, актуальність і постановка проблеми. Відомо [1], що сили зовнішнього тертя грають важливою роль в процесах обробки металів тиском, зокрема при формуванні у валках профілів з замкнутими гофрами. Від їх величини і розподілу по поверхні контакту залежать напружений і деформований стан металу, характер його формозміни і зусилля, необхідні для деформації.

Проте, досліджень щодо визначення сил тертя при формуванні гофрів відомо небагато, причому теоретичні залежності, отримані з використанням спрощених схем процесу, наприклад [2], потребують експериментальної перевірки. З експериментальних робіт слід зазначити лише дослідження величини і розподілу нормальної і дотичної напруги по поверхні контакту валків із смугою при формуванні подовжніх [3] і поперечних [4] гофрів, виконані поляризаційно-оптичним методом.

Вплив же сил тертя на деформований стан металу і енергосилові параметри процесу формування гофрів не досліджувався взагалі. З'ясування цього впливу стало метою даної роботи.

Основні результати досліджень. Для дослідження тертя при прокатці і формуванні широко застосовується метод загальмовування смуги [5], проте для процесу формування поперечних гофрів він неприйнятний.

Авторами запропонована нова методика досліджень, суть якої полягає в тому, що елементи валків, що формують, встановлюються з можливістю обертання навколо своєї осі: вони також забезпечені пристроєм, що при необхідності запобігає їх обертанню. Використання таких валків дозволяє замінити тертя ковзання в калібрі тертям кочення. Порівнюючи досліджувані параметри при формуванні звичайними (що не обертаються) формуючими елементами, з формуючими елементами, що обертаються, можна оцінити міру впливу сил тертя на ці параметри.

Дослідження проводили в кліті лабораторного стану сталевими валками з опуклими і увігнутими формуючими елементами, для отримання напівкруглих (що найчастіше зустрічаються) поперечних гофрів.

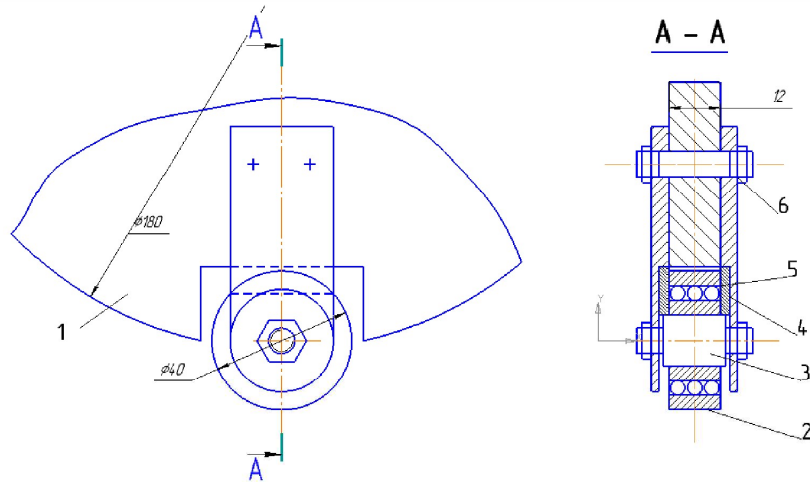


Рис. 1 – Валок з опуклим формуючим елементом, що обертається

На рис. 1 показаний валок 1 з опуклим формуючим елементом 2. В даному випадку він являє собою шарикопідшипник № 203, встановлений на осі 3 і закріплений на валку за допомогою кронштейнів 4. Для загальмовування його обертання служать пластини 5, що затискаються гайками 6.

З метою зіставлення і узагальнення результатів раніше виконаних і даних досліджень геометричні параметри валків (діаметри, конфігурація і розміри формуючих елементів), матеріал і розміри заготовки (алюміній, $\sigma_B = 150$ МПа; товщина 3 мм; ширина 15 мм) були узяті такими ж, як в раніше виконаних дослідженнях [4]. Крім того, для досліджень використали смуги із сталі 08кп товщиною 1,5 і 2 мм, шириною 12 мм.

Для повнішого вивчення процесу формоутворення гофрів дослідження проводили також при формуванні гофрів без витягу (гнуттям).

Зусилля на валках і моменти, що крутять, а також стоншування вимірювали за методиками, описаними в роботі [4].

Розподіл стоншування при формуванні алюмінієвої смуги нерухомим формуючим елементом (рис.2, суцільна лінія), має явно виражену нерівномірність по ширині гофра відносно його осі (максимум доводиться на друге по ходу формування ребро) і аналогічно розподілу поверхневої деформації, встановленому в роботі [4].

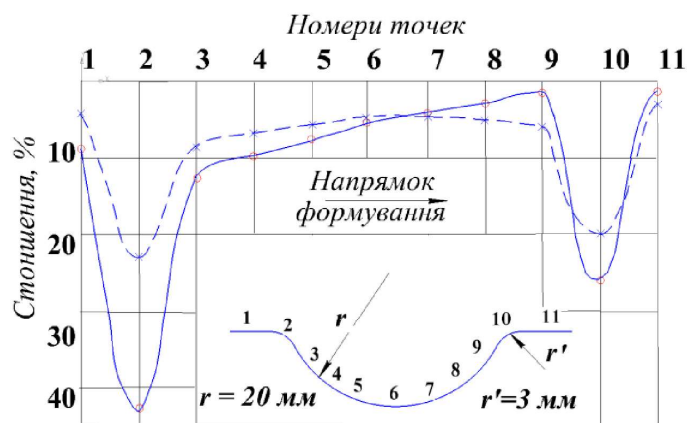


Рис.2 – Розподіл стоншення при формовці поперечного гофра з нерухомим (суцільна лінія) та таким, що обертається (переривчаста) формуючими елементами

Застосування формуючого елемента, що обертається, дозволяє значно (на 45%) зменшити максимальне стоншування на другому ребрі і практично вирівняти деформації відносно осі симетрії гофра (рис. 2, штрихова лінія). Деяка відмінність у величинах сто-

ншування на першому і другому ребрах (20 і 24% відповідно) пояснюється тим, що відповідно до [4] після прикладання до смуги найбільших деформуючих зусиль (у момент її проходження через осьову площину валків) друге ребро гофра ще деякий час відформовується, тоді як перше звільняється від дії формуючих елементів. Крім того, позначається вплив тертя в самому підшипнику.

Аналогічно розподіляються деформації на гофрах при формуванні сталевих смуг (табл. 1).

Таблиця 1

Відносне стоншування при формуванні гофрів на сталевих смугах нерухомими (1) та рухомими (2) формуючими елементами, що обертаються

Номери точок (см. рис.2)	S=1,5 мм		S=2 мм	
	1	2	1	2
2	25	16	23	10,8
6	5,8	4,3	5,2	3,6
10	18	14	16	8,9

Раніше [4] було показано, що при формуванні в звичайних валках з мірою витягу більше допустимою метал на другому ребрі гофра руйнується. При використанні елементів, що обертаються, він не руйнується, оскільки деформується більш рівномірно по ширині гофра.

При формуванні гофрів гнуттям (без витягу) сили тертя діють на невеликих майданчиках контакту [3] і, як показали виміри, практично не впливають на стоншування.

Пояснити вплив сил тертя при витягу на деформацію металу можна, якщо представити складний рух, що здійснюється формуючими елементами, як два простих: вертикальне зближення і обертання навколо осі. При зближенні формуючих елементів сили тертя, на поверхні контакту (рис. 3, а) спрямовані проти їх руху (тут і далі приймаємо, що вони прикладені до інструменту). Епюри питомих зусиль і сил тертя симетричні відносно осі гофра, причому сили тертя по різні сторони від осі мають різні знаки [3]. Практично так само розподіляється контактна напруга при формуванні елементами, що обертаються. При обертанні опуклого формуючого елемента сили тертя, спрямовані проти обертання на усій ділянці контакту. При поєднанні цих двох простих рухів у разі формування нерухомим елементом питомі сили тертя підсумовуються (рис. 3, б). Зі зміною епюри цих сил відповідно змінюється епюра питомих зусиль зі зміщенням рівнодійної P (без зміни її величини) на відстань B від осі симетрії гофра убік, протилежний до напрямку формування.

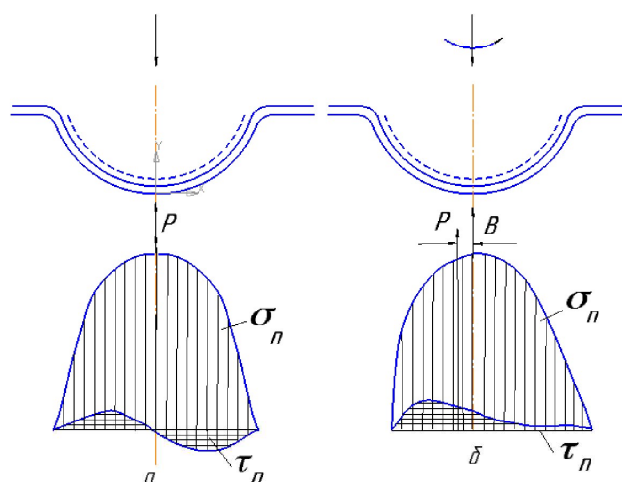


Рис. 3 – Схема дії сил тертя і епюри контактних напружень при формуванні валками з обертюваними (а) і нерухомими (б) формуючими елементами

Для оцінки впливу сил тертя на енергосилові параметри були експериментально визначені максимальні зусилля на валках і крутний момент при формуванні гофрів витяжкою і гнуттям. Середні значення результатів трьох вимірювань наведені в табл. 2. З таблиці видно, що сили тертя на поверхні контакту опуклого формуючого елемента з смугою обумовлюють істотне збільшення моменту (на 22,2 ÷ 28,4% при витяжці і 29 ÷ 37% при згинанні), в меншій мірі - зусилля на валках при згинанні (на 10 ÷ 13%) і практично не впливають на зусилля при витяжці (збільшення на 1,2 ÷ 6,1%).

Таблиця 2

Енергосилові параметри формування гофрів нерухомими (1) і обертовими (2) формуючими елементами (3 - відхилення,%)

Заготовка	Зусилля на валках P , Н						Крутний момент M , Нм					
	витяжка			гнуття			витяжка			гнуття		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Алюміній, 3 мм	3240	3200	1,2	930	820	11	127	91	28,4	34	21,5	37
Сталь, 1,5 мм	7050	6640	5,5	805	710	13	270	210	22,2	24	17	29
Сталь, 2 мм	8700	8000	6,1	1290	1160	10	317	244	23	37	25	32,5

Збільшення моменту при витяжці пояснюється зміщенням рівнодіючої питомих зусиль P , яке було показано на рис. 3, б. Відповідно до цього ж рисунка зусилля з валках при формуванні витяжкою не повинне збільшуватися. Незначне збільшення зусилля, виявлене експериментом, пояснюється зміщенням формуючих елементів один щодо одного (в результаті пружних деформацій валків), яке викликає незначний пережим смуги в калібрі. Слід зазначити, що при згинанні енергосилові параметри мають максимальні значення під час формоутворення ребер гофра (при витяжці - в момент формовки гофра на найбільшу висоту). Збільшення зусилля на валках при згинанні відбувається за рахунок вертикальної складової від рівнодіючої сил тертя. Ця ж рівнодіюча дає і додатковий момент тертя.

Висновки

1. Таким чином, в результаті виконаних досліджень були отримані нові дані про розподіл стоншування, рівнодійної сили тертя і контактної напруги, а також їх впливи на енергосилові параметри процесу формоутворення поперечних гофрів витягом і вигинном у нерухомих та таких, що обертаються формуючих елементах.

2. Отримані данні слід враховувати при теоретичному аналізі процесу формоутворення гофрів, зокрема при визначенні роботи сил тертя з урахуванням ковзання в калібрі, яке раніше не бралось до уваги, а також при уточненому розрахунку зусиль і моментів.

Література:

1. Леванов Н.А., Колмогоров В.Л., Буркин С.П. и др. Контактное трение в процессах обработки металлов давлением/ М.: Металлургия. 1976.—416 с.
2. Тришевский О.И., Алексеев Ю.Н. Энергосиловые параметры процесса валковой формовки глухих поперечных периодических гофров. // Гнутые профили проката. – Харьков: УкрНИИМет, – 1974, – вып. 2. – с 86-91.
3. Ахлестин В. Л., Козлович М. М., Подвойский Ю. А. Определение с помощью ЭВМ контактных напряжений при формовке гофров. // Гнутые профили проката. – Харьков: УкрНИИМет, – 1977. – вып. 5. – с. 50 -56.

4. Ахлестин В. Л., Тришевский О.И., Козлович М. М. Исследование процесса формовки поперечных гофров. // Гнутые профили проката. — Харьков: УкрНИИМет, — 1979. — вып. 7. — с. 57-64.
5. Никитин Г.С. Теория непрерывной продольной прокатки. / М.: Изд. МГУ им. Баумана 2009. — 400с.
6. Ахлестин В.Л., Козлович М. М. Применение поляризационно-оптического метода для исследования процессов формовки профилей. // Гнутые профили проката. — Харьков: УкрНИИМет. — 1979. — вып. 7 — с. 50-56.
7. А. с. 631791 (СССР).

Summary

Trishevsky O.I., Ahlestin V.L., Muhamedjanov S. V. Researches of influence of forces of friction on at a receipt transversal reserved by corrugation extraction and bend

New data are got about distribution of reduction of thickness, resultant of friction and pin tensions, and also their influences on the energypower parameters of process of receipt transversal corrugations extraction are bend in the revolved and immobile pilchard elements.

Keywords: *Transversal corrugations, extraction, flexible immobile and revolved pilchard element, forces of friction, reduction of thickness of purveyance, pin tensions, energypower parameters*

References

1. Levanov N.A., Kolmogorov V.L., Burkin S.P. i dr. Kontaktnoe trenie v processah obrabotki metallov davleniem/ М.: Metallurgiya. 1976.—416 s.
2. Trishevskij O.I., Alekseev Yu.N. Energossilovye parametry processa valkovoj formovki gluhih poperechnyh periodicheskikh gofrov. // Gnutye profili prokata. — Harkov: UkrNIIMet, — 1974, — vyp. 2. — s 86-91.
3. Ahlestin V. L., Kozlovich M. M., Podvojskij Yu. A. Opredelenie s pomoshyu EVM kontaktnyh napryazhenij pri formovke gofrov. // Gnutye profili prokata. — Harkov: UkrNIIMet, — 1977. — vyp. 5. — s. 50 -56.
4. Ahlestin V. L., Trishevskij O.I., Kozlovich M. M. Issledovanie processa for-movki poperechnyh gofrov. // Gnutye profili prokata. — Harkov: UkrNIIMet, — 1979. — vyp. 7. — s. 57-64.
5. Nikitin G.S. Teoriya nepreryvnoj prodolnoj prokatki. / М.: Izd.MGU im. Bau-mana 2009. — 400s.
6. Ahlestin V.L., Kozlovich M. M. Primenenie polyarizacionno-opticheskogo metoda dlya issledovaniya processov formovki profilej. // Gnutye profili prokata. — Harkov: UkrNIIMet. — 1979. — vyp. 7 — s. 50-56.
7. A.s. 631791 (SSSR).