

УДК 621.774.72

Горбач О. В.
Мироненко Є. В.
Паламарчук В. О.
Середа В. Г.

ЗАЛЕЖНОСТІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ГАБАРИТІВ ІНСТРУМЕНТУ ТЕРТЯ ДЛЯ ОБКОЧУВАННЯ ТРУБЧАСТИХ ЗАГОТІВОК

Обкочування інструментом тертя кінців труб, які нагріті до температури кування, є високоефективним методом виготовлення порожнистих вісесиметричних виробів та заготовок. Цей процес відноситься до локальних методів обробки металів тиском. Застосовують обкочування кінців труб при виготовленні горловин і днищ балонів високого тиску з труб діаметром від 30 до 400 мм з відносною товщиною стінки 0,02...0,15, корпусів фільтрів та гідравлічних амортизаторів, порожнистих штоків гідроциліндрів, роликів стрічкових конвеєрів та інших деталей машинобудування [1].

Метод тангенційного обкочування полягає у наступному (рис. 1): трубній заготовці 3, кінець якої нагрітий до температури кування, надають обертальний рух навколо її вісі з частотою 400...1000 об/хв. Одночасно інструмент 1, формуюча поверхня якого відповідним чином профільована, виконує поступальний рух зі швидкістю 5...30 мм/с у напрямі, перпендикулярному до вісі обертання заготовки, завдяки чому заготовка деформується до заданої форми [2].

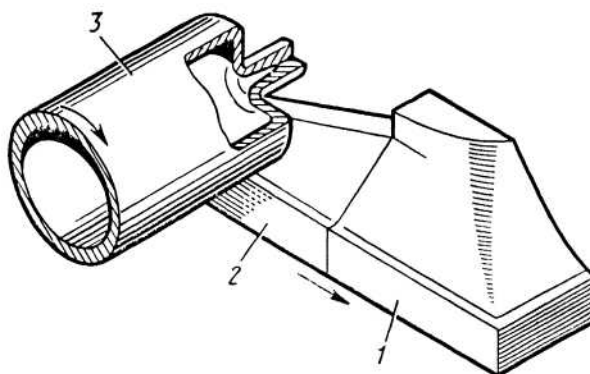


Рис. 1. Схема тангенційного обкочування:
1, 2 – інструменти; 3 – заготовка

Інструмент являє собою брусок (паралелепіпед), виготовлений із високохромистого сплаву литтям по дерев'яним моделям, п'ять сторін якого утворені площинами, а шоста, робоча сторона – лінійчатою поверхнею [3]. Слідом цієї поверхні при її перетині площиною, перпендикулярною до осі, що збігається з напрямком переміщення інструменту, є пряма, дотична до твірної одержуваного виробу.

Положення граней паралелепіпеда характеризується емпіричними коефіцієнтами конструктивного оформлення n_1, n_2, n_3, n_4 , залежними від діаметра вихідної заготовки (рис. 2).

В роботі [2] запропоновані лінійні рівняння, що описують значення коефіцієнтів n_1, n_2, n_3, n_4 в залежності від діаметра вихідної заготовки D :

$$\begin{aligned}n_1 &= 2,448 - 0,0055D; \\n_2 &= 0,7232 - 0,00276D; \\n_3 &= 4,02 - 0,011724D; \\n_4 &= 2,20365 - 0,00897D.\end{aligned}\tag{1}$$

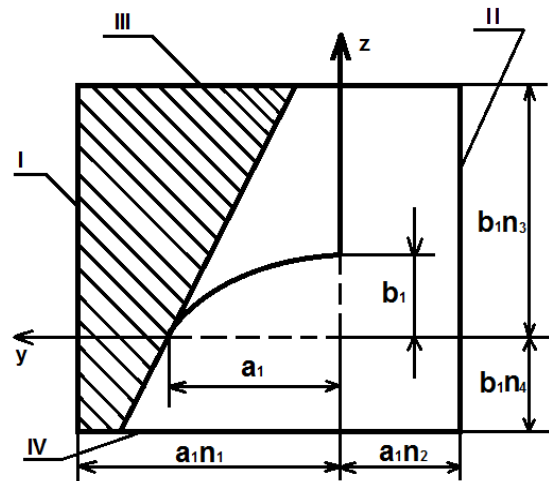


Рис. 2. Схема інструменту для його калібрування при тангенційному обкочуванні [1]

Габарити інструменту (рис. 2) обчислюють за наступними залежностями:

$$\begin{aligned} h_1 &= a_1 \cdot n_1; \\ h_2 &= a_1 \cdot n_2; \\ h_3 &= b_1 \cdot n_3; \\ h_4 &= b_1 \cdot n_4. \end{aligned} \quad (2)$$

Параметр інструменту h_1 характеризує місце кріплення інструменту, параметр h_2 – відповідає за підпір торцевої частини інструменту і його зношення, параметр h_3 – залежить від довжини заготовки і витяжки металу при обкочуванні, параметр h_4 визначається розмірами ділянки нагріву кінця заготовки. Ці параметри визначають габарити інструменту тертя, тому їх невиправдане перевищення призводить до зростання його собівартості, а необгрунтоване зменшення може призвести до передчасного виходу інструмента з ладу. Так зменшення розміру h_1 може привести до ненадійного кріплення інструменту.

Метою дослідження є уточнення залежностей (1)–(2), що дозволило б зменшити собівартість інструменту тертя і, відповідно, усього процесу тангенційного обкочування за рахунок економії матеріалу, а також сприяло б автоматизації створення 3D-моделі інструмента.

Були проведені вимірювання інструментів, що застосовуються у виробництві. На основі цих вимірювань складені таблиці габаритів інструментів і, відповідно, обчислені значення реальних коефіцієнтів конструктивного оформлення (табл. 1). Для зручності використання значення параметрів h_1 – h_4 округлені до чисел, кратних 5.

Порівняння цих виробничих даних та результатів розрахунків за наведеними вище формулами виявили наступні розбіжності між виробничими даними значень параметрів h_1 – h_4 і розрахованими за формулами (1):

- значення параметру h_1 завищені для $D < 50$ мм, а для $D > 140$ мм занижені;
- значення параметру h_2 завищені для $D < 96$ мм;
- при розрахунках параметру h_3 не враховується довжина твірної заготовки, що обкочується. Якщо довжина твірної заготовки значно менше, ніж $\pi R/2$, наприклад, при обкочуванні днища з отвором, значення параметру h_3 суттєво завищені. З іншого боку, якщо довжина твірної більше, ніж $\pi R/2$, наприклад, при обкочуванні еліптичного днища з піввіссю значно більшою, ніж радіус заготовки, то це приведе до виходу металу за межі інструменту і ділянку заготовки не буде деформовано;
- значення параметру h_4 суттєво завищені на усьому діапазоні діаметрів трубних заготовок.

Таблиця 1

Значення реальних коефіцієнтів конструктивного оформлення

D , мм	h_1 , мм	n_1	h_2 , мм	n_2	h_3 , мм	n_3	h_4 , мм	n_4
30	15	2,0000	5	0,3333	10	0,6667	5	0,3333
38	20	2,0526	10	0,5263	15	0,7895	10	0,5263
45	25	2,1111	10	0,4444	15	0,6667	15	0,6667
60	30	2,0000	15	0,5000	20	0,6667	15	0,5000
83	40	1,9639	15	0,3614	25	0,6024	20	0,4819
102	45	1,8824	20	0,3922	30	0,5882	20	0,3922
127	50	1,7874	20	0,3150	35	0,5512	25	0,3937
146	55	1,7534	20	0,2740	35	0,4795	25	0,3425
219	60	1,5479	25	0,2283	45	0,4110	30	0,2740

Враховуючи зазначені розбіжності, запропоновано визначати габарити інструменту за новою схемою (рис. 3) та обчислювати параметри інструменту за формулами (3)–(4).

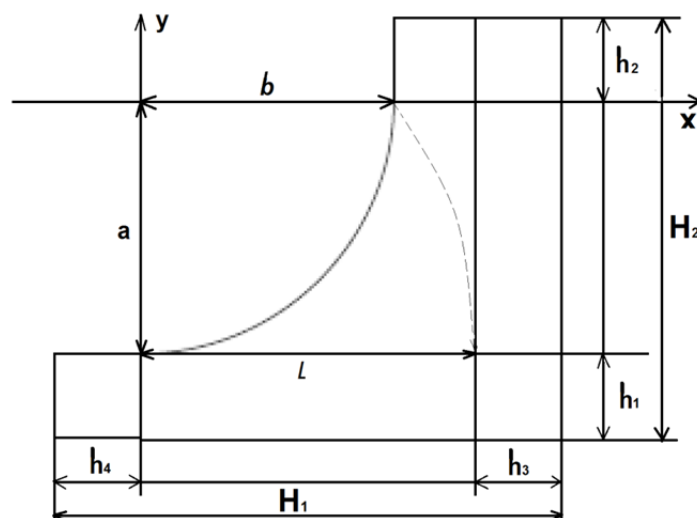


Рис. 3. Нова схема визначення габаритів інструменту тертя для його калібрування при тангенційному обкочуванні

$$\begin{aligned}
 h_1 &= a \cdot (n_1 - 1); \\
 h_2 &= a \cdot n_2; \\
 h_3 &= b \cdot n_3; \\
 h_4 &= b \cdot n_4,
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

де a , b – характеристичні розміри заготівки.

Остаточні габарити інструменту тертя:

$$H_1 = h_3 + l + h_4, \quad H_2 = h_1 + R + h_2,
 \tag{4}$$

де R – радіус заготівки;

l – довжина твірної.

За даними табл. 1 були побудовані математичні залежності $n_1(D)$, $n_2(D)$, $n_3(D)$, $n_4(D)$.

$$\begin{aligned}n_1 &= 1,5603 \cdot 10^{-5} \cdot D^2 - 0,0073 \cdot D + 2,4211; \\n_2 &= -8,4053 \cdot 10^{-7} \cdot D^2 - 0,0013 \cdot D + 0,3215; \\n_3 &= 9,6401 \cdot 10^{-7} \cdot D^2 - 0,0019 \cdot D + 0,6748; \\n_4 &= -1,0105 \cdot 10^{-5} \cdot D^2 - 0,0013 \cdot D + 0,4412.\end{aligned}\tag{5}$$

Тип цих залежностей був вибраний зі статистичного аналізу наведених у табл. 1 даних. При цьому враховували, що він повинен бути найпростіший з усіх можливих, які дають достатній збіг розрахованих даних з табличними. Коефіцієнти обраних поліноміальних залежностей розраховували за допомогою програми STATISTICA. Оцінку адекватності цих залежностей виконували непрямым шляхом, аналізуючи нормальність розподілу залишків [4] і порівнюючи суму квадратів залишків, отриманих у цій моделі з відповідними сумами, отриманими при використанні інших залежностей (лінійної, експоненціальної).

На основі виконаних досліджень запропоновані така схема з проектування інструмента тертя.

1. Отримати вихідні дані: радіус трубної заготовки, технологічні параметри обкочувальної машини.
2. Обчислити за формулами (5) коефіцієнти конструктивного оформлення інструменту.
3. Обчислити за формулами (3)–(4) значення габаритів H_1 , H_2 інструменту тертя та допоміжних параметрів $h_1 - h_4$. Для зручності округлити їх до найближчого цілого числа, яке ділиться на п'ять. Третій розмір інструменту – це його довжина, яка окремо визначається з технологічних параметрів процесу.

Подальше проектування інструменту виконується за допомогою програмного продукту DELCAM PowerShare у такій послідовності [5, 6] (рис. 4).

4. Створити новий файл в програмному продукті DELCAM PowerShare, вибрати систему координат.
5. На основі вихідних даних в площині XOY побудувати твірну днища знизу до точки перетину з віссю обертання заготовки.
6. Побудувати дотичні до твірної, таким чином, щоб кут між ними був однаковим та не більшим 5° .

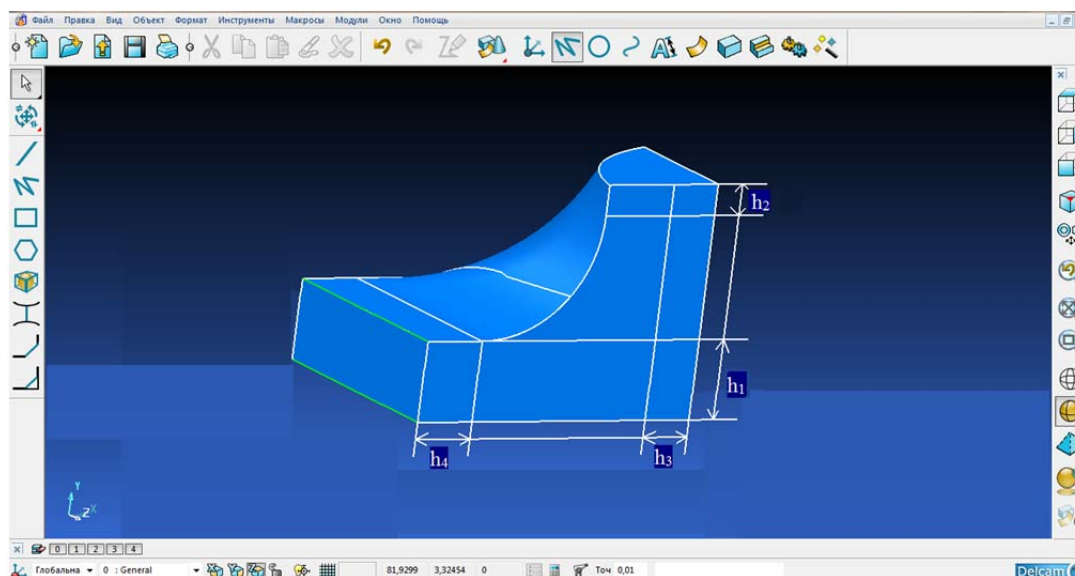


Рис. 4. Модель інструмента тертя в програмному продукті Delcam PowerShare

7. З точки – початку координат побудувати лінію вздовж вісі OZ довжиною, яка дорівнює вибраній довжині інструменту.

8. Вздовж цієї лінії утворити масив дотичних. Кількість копій дорівнює загальній кількості дотичних.

9. Прибрати зайві дотичні та частини дуг твірної, залишити каркас робочої поверхні інструменту.

10. Через отримані лінії побудувати робочу поверхню інструменту.

11. Побудувати межі майбутнього інструменту, використовуючи параметри $h_1 - h_4$

12. Побудувати площини – бокові та нижню поверхні інструменту.

13. Обмежити робочу поверхню інструменту, прибрати зайві частини площин, робочої поверхні та дотичні.

14. Отримати модель інструменту тертя (рис.4).

15. На базі моделі скласти, з використанням програмного продукту Delcam PowerMill, програму для фрезерного верстата з ЧПУ з виготовлення моделі інструменту.

Ця послідовність дій дозволяє у найкоротший термін спроектувати та виготовити модель інструмента тертя для тангенційного обкочування труб.

ВИСНОВКИ

Проаналізовані розміри інструментів тертя при тангенційному обкочуванні трубних заготовок, які застосовуються у виробництві. На основі цих даних було складено таблиці для габаритів інструменту, і виявлені недоліки у запропонованих раніше залежностях.

За допомогою програмного продукту STATISTICA були отримані залежності для обчислення коефіцієнтів конструктивного оформлення інструменту. Розроблена нова схема для калібрування інструменту тертя. Розроблені рекомендації щодо обчислення габаритів інструменту тертя та проектування моделі інструменту.

Виконані дослідження є продовженням роботи з автоматизації процесу проектування інструмента тертя [7].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Капорович В. Г. *Производство деталей из труб обкаткой* / В. Г. Капорович. – М. : Машиностроение, 1978. – 136 с.
2. *Производство изделий машиностроения горячей обкаткой: монография* / Под ред. В. С. Рыжикова, В. К. Удовенко. – Краматорск : ДГМА, 2006. – 284 с.
3. *Моделирование рабочей поверхности инструмента для тангенциальной обкатки труб* / А. Н. Обухов, А. Ф. Тарасов, В. А. Паламарчук, В. Г. Серeda, Е. В. Горбач // *Обработка металлов давлением : сб. науч. тр.* – Краматорск : ДГМА, 2011. – № 2(27). – С. 186–189.
4. Серeda В. Г. *Моделирование технологических процессов статистическими методами : монография* / В. Г. Серeda, В. А. Паламарчук, Я. Е. Пыц. – Краматорск : ДГМА, 2010. – 84 с.
5. *Особенности проектирования инструментов для тангенциальной обкатки трубчатых заготовок в среде Delcam PowerShape* / А. Ф. Тарасов, В. А. Паламарчук, Е. В. Горбач, М. Л. Корнева // *Вісник національного технічного університету ХПІ «Нові рішення в сучасних технологіях»*. – Х. : НТУ ХПІ, 2010. – № 57. – С. 75–79.
6. *Точность проектирования рабочей поверхности инструмента трения для тангенциальной обкатки труб* / А. Н. Обухов, А. Ф. Тарасов, В. А. Паламарчук, В. Г. Серeda, Е. В. Горбач // *Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением*. – 2012. – № 9. – С. 30–33.
7. Серeda В. Г. *Исследование форм днищ для автоматизации проектирования инструмента трения* / В. Г. Серeda, Е. В. Горбач, В. А. Паламарчук // *Вісник національного технічного університету ХПІ «Нові рішення в сучасних технологіях»*. – Х. : НТУ ХПІ, 2012. – № 47(953). – С. 177–180.

Горбач О. В. – аспірант ДДМА;

Мироненко Є. В. – д-р техн. наук, проф., зав. каф. «Менеджмент» ДДМА;

Паламарчук В. О. – канд. техн. наук, доц. каф. ВМ ДДМА;

Серeda В. Г. – канд. техн. наук, доц. каф. МПФ ДДМА.

ДДМА – Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ.

E-mail: vm@dgma.donetsk.ua

Стаття надійшла до редакції 10.12.2013 р.