

ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ У МАШИНОБУДУВАННІ

УДК 621.73.016

А.Г. Абиєв, інж.

С.П. Гожій, к.т.н., доц.

Л.Т. Кривда, д.т.н., проф.

Національний технічний університет України "КПІ"

ШТАМПУВАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ КІЛЬЦЕВИХ ДЕТАЛЕЙ

В статті аналізується метод штампування кільцевих деталей обкочуванням. Розглянуто переваги методу. Наведено приклад характерного виробу. За допомогою енергетичного методу дослідження отримані вирази для визначення силових характеристик процесу штампування у відповідності до прийнятих кінематичних параметрів. У висновках полемізуються умови ефективності методу, зокрема, вибір способу попереднього фасонування заготовки під холодне обкочування.

1. Загальні положення

Конкурентноздатність чи ефективність штампування обкочуванням базується на таких основних його перевагах, як істотне зниження осьового зусилля, рівномірний розподіл деформації, задовільне заповнення кутів, можливість формування тонких фланців на масивній основі та ін. Все це в комплексі дозволяє певну номенклатуру деталей перевести з гарячої обробки на холодну. При цьому знижуються загальні енерговитрати, витрати основних матеріалів та трудомісткість механічної обробки. На особливу увагу заслуговує можливість одержувати функціонально завершені поверхні та конструктивні елементи, які не потребують наступної доробки різанням. Але сукупний ефект можна оцінити при замкнутому циклі виробництва, оскільки частково ефективність від впровадження таких технологій проявляється поза заготівельним виробництвом, де їх використано.

Об'єктом технологічних розробок у цьому напрямку є номенклатура осесиметричних деталей типу заготовок шестерень, кареток синхронізаторів автомобільних коробок передач, катків ходової частини гусеничних тракторів, фігурних фланців трубопроводів та хімічної апаратури. Метою розробок є маловідходні технології виробництва заготовок деталей згаданої номенклатури.

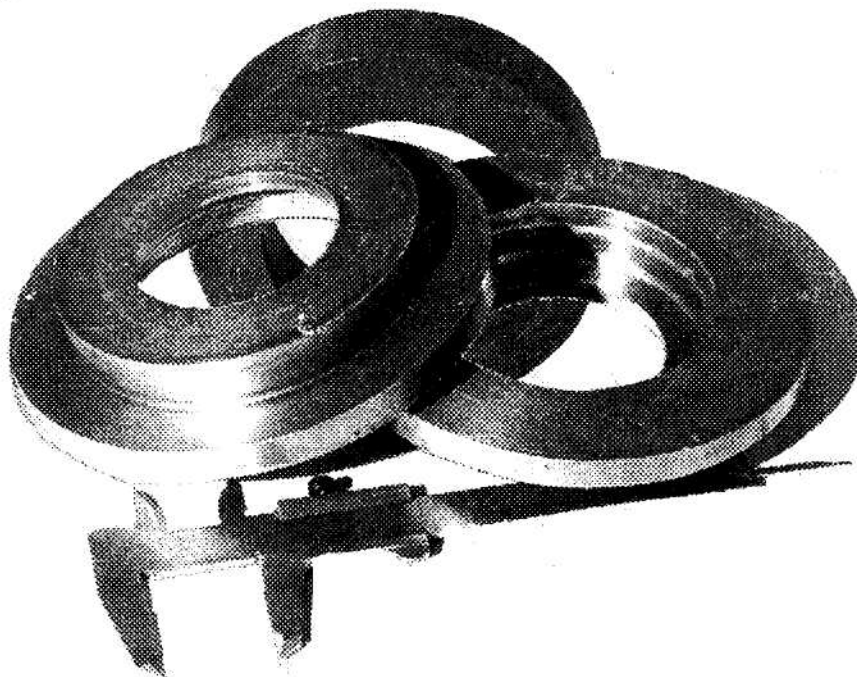


Рис. 1. Заготовка і відштамповані обкочуванням катки ходової системи гусеничного трактора

Концептуальні принципи розробки технологічних процесів у напрямку вирішення поставленої задачі відпрацьовані на кафедрі обробки металів тиском НТУУ “КПІ” в порядку виконання пошукових робіт щодо модернізації виробництва катків гусеничного трактора. Кільцеву заготовку і одержані деталі показано на рис. 1.

Кінцевим результатом розробок є зниження матеріальних витрат на 24 %. В структурі собівартості таких деталей вартість основних матеріалів сягають за 80 %. Приймаючи до уваги, що ціни чорних металів і механічної обробки майже однакові, то фактична економія в ціновому вираженні подвоюється. Отже, сумарний економічний ефект становить приблизно 38 % від діючої собівартості.

2. Технологічні параметри

Встановлено [1], що внаслідок особистостей плинучості металу при деформуванні циліндричних заготовок обкочуванням в їх центральній зоні під дією розтягуючих напружень з'являється утяжина. Радіус її розповсюдження R_y становить приблизно 0,3 поточного значення зовнішнього радіуса R заготовки, що деформується. Тому за кільцеву будемо вважати заготовку з отвором, радіус якого $R_B > R_y$.

При дослідженні процесу штампування обкочуванням суцільних циліндричних деталей використовують показник λ , що являє собою відношення площі поперечного перетину заготовки, що деформується, до проекції на нього контактної плями. Тоді обкочування кільцевих деталей можна характеризувати аналогічним показником λ_k , причому:

$$\lambda_k = \frac{\pi \cdot (R^2 - R_B^2)}{\pi \cdot R^2} \cdot \frac{\pi \cdot R_B^2}{\pi \cdot R^2} = \lambda \cdot \frac{A^2 - 1}{A^2 - A^{0,5}} = \lambda \cdot M.$$

В попередньому позначено $R/R_B = A$ і враховано, що

$$\lambda = \sqrt{\frac{\pi \cdot R}{2 \cdot \Pi}}; \quad \lambda_B = \sqrt{\frac{\pi \cdot R_B}{2 \cdot \Pi}},$$

де Π – параметр обробки обкочуванням [2].

Множник $M_f = f(A)$ в межах $1 < A \leq 2,2$ змінюється від 1,15 до 1,33, що дозволяє прийняти орієнтовно $M \approx 1,25$, тоді

$$\lambda_k \approx 1,25 \cdot \lambda. \tag{1}$$

Розглядаючи контур контактної зони при обкочуванні як перетин гелікоїдальної поверхні деформованого торця заготовки з кінцевою поверхнею інструмента [3], можна впевнитися, що передній фронт локалізованого приконтактного пластичного осередку є гілкою параболи з вершиною біля центра торця, а задній фронт – пряма, яка майже співпадає з радіусом. Тоді для кільцевої заготовки із зростанням λ взаємне положення фронтів наближається до паралельного. Прагнення до збільшення λ співпадає з технологічною необхідністю. Увага до цих обставин загострюється у зв'язку з можливістю звести обкочування кілець до умов задачі подовжньої прокатки. Коли контактна пляма відносно вузька, впливом крайових односторонніх обмежень можна знехтувати, як і кінцевою кривизною країв контактної контуру.

Для сформульованої задачі А.І. Целіковим [4] отримано відомий вираз для середніх питомих зусиль при прокатці. Аналогічний вираз дає Е.П. Унксов [5] для осаджування нахиленими плитами, а С.І. Губкін [6] показав їх тотожність, хоч виводилися вони для різних технологічних процесів.

Прив'язуючи рівняння А.І. Целікова до умов цієї задачі, одержимо

$$\left. \begin{aligned} p_{cp} &= 2 \cdot K \cdot \frac{h}{S \cdot (\delta' - 0,5)} \cdot \left[\left(\frac{h}{r} \right)^{2\delta'} - 1 \right] \\ \delta' &= \frac{\mu \cdot l}{S} = \frac{\mu \cdot \pi \cdot (R + R_B)}{S \cdot \lambda_k} \end{aligned} \right\} \tag{2}$$

Нехтуючи 0,5 в порівнянні з δ' , що допустимо за конкретних умов, і враховуючи, що $h_n = h + S$, а проекція дуги контакту $l = \pi(R + R_k)/\lambda_k$, одержимо з (2):

$$P_{cp} = 2 \cdot K \cdot \frac{h}{\mu \cdot l} \cdot \left[\left(1 + \frac{S}{h} \right)^{2\delta'} - 1 \right] = 2 \cdot K \cdot \frac{h \cdot \lambda_k}{\mu \cdot \pi \cdot (R + R_B)} \cdot \left[\left(1 + \frac{S}{h} \right)^{2\delta'} - 1 \right] \quad (3)$$

Витрати енергії на позаконтактну деформацію $A_{e3} = M_u \cdot 2 \cdot \pi \cdot \varepsilon$ визначаються з урахуванням $\varepsilon = S/(2 \cdot h)$. Згинальний момент знаходиться для випадку співпадання нейтральної та серединної поверхонь, деформаційне зміцнення в межах циклу не враховується, а товщина пружно деформованого шару приймається безкінечно малою.

$$M_u = 2 \cdot K \cdot \frac{h \cdot (R - R_B)^2}{4} \quad (4)$$

Маючи (3) та (4), визначаємо циклову сумарну роботу зовнішніх сил $A_o = A_d + A_m + A_{e3}$ підстановкою значень додатків

$$A_o = 2 \cdot K \cdot S \cdot (R - R_B) \cdot \left\{ \frac{h \cdot \lambda_k}{\mu} \cdot \left[\left(1 + \frac{S}{h} \right)^{2\delta'} - 1 \right] + \frac{\pi \cdot (R - R_B)}{4} \right\}$$

Враховуючи, що $2 \cdot K = \beta \cdot \sigma_s$, знаходимо з попереднього середнє питоме зусилля на контакті

$$P_{k,cp} = \frac{\beta \cdot \sigma_s}{\pi \cdot (R - R_B)} \cdot \left\{ \frac{h \cdot \lambda_k}{\mu} \cdot \left[\left(1 + \frac{S}{h} \right)^{2\delta'} - 1 \right] + \frac{\pi \cdot (R - R_B)}{4} \right\} \quad (5)$$

Показник ступеня знаходиться за формулою:

$$\delta' \approx 0,7 \cdot \frac{R + R_B}{S} \cdot \sqrt{\frac{H}{R}}$$

Зусилля осьового навантаження та крутячий момент на осциляторі при штампуванні кільцевих деталей даються виразами:

$$P_k = \frac{\pi \cdot (R^2 - R_B^2)}{\lambda_k} \cdot P_{k,cp}; \quad (6)$$

$$M_k = \frac{S \cdot (R^2 - R_B^2)}{2} \cdot \frac{\lambda_k - 1}{\lambda_k} \cdot P_{k,cp} \quad (7)$$

3. Висновки

Формули (6) і (7) дозволяють визначити силові параметри процесу, які необхідні для вибору відповідного обладнання. Осьове зусилля при обкочуванні на порядок нижче, ніж без нього. Той же ефект досягається нагріванням до ковальської температури. Тому перехід з гарячої обробки на холодну є доцільним.

При обкочуванні непаралельність торців деталі усувається використанням обмежувачів осьової подачі. В такому випадку процес штампування закінчується вибігом осцилятора, який характеризується тим, що при нерухомому вздовж осі активному інструменті процес обкочування продовжується з підвищенням показника λ_k аж до завершення пластичного плину в приконтактному локалізованому осередку. Вибіг на обмежувачах сприяє також підвищенню точності виробів за висотою.

Якщо при осаджуванні плоскими плитами матеріал тече радіально, то при обкочуванні переважним є тангенціальний плин. Тому при обкочуванні текстура більш сприятлива, виходячи з переважно радіального навантаження кільцевих деталей в процесі їх роботи.

Слід зауважити, що переваги холодного штампування обкочування можуть бути забезпечені лише за умови належного вирішення питання одержання вихідної заготовки. Освоєні маловідходні методи, наприклад, у виробництві кілець великогабаритних підшипників кочення, в конкретному використанні мають суттєві вади, пов'язані з утворенням в процесі обкочування прикромкових закатів. Це виключає можливість одержання функціонально завершених поверхонь без механічної обробки.

Найбільш зручною є технологія фірми Хазенклевер по виготовленню кілець шляхом осаджування гарячої високої заготовки, її прошивки і наступним розкочуванням з набором

металу за висотою. Великогабаритні заготовки вигинають з прутка потрібного перетину, а кінці з'єднують контактним зварюванням з видаленням ґрату.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Кривда Л.Т., Абыев А.Г.* Оптимальные режимы штамповки обкатыванием осесимметричных деталей // Праці Міжнародної науково-технічної конференції “Прогресивна техніка і технологія машинобуд., приладобуд. і зварювальн. в-ва.”, т. II. – Київ, 1998. – С. 360–365.
2. *Кривда Л.Т., Гожий С.П.* Построение модели пластических течений при осадке обкатыванием цилиндрических заготовок // Праці Міжнародної науково-технічної конференції “Прогресивна техніка і технологія машинобуд., приладобуд. і зварювальн. в-ва.”, т. II. – Київ, 1998. – С. 328–332.
3. *Кривда Л.Т.* Геометрия контакта при осадке цилиндрических деталей с обкатыванием // Вестник Киевского политехнического института. – 1981. – №18 / Серия Машиностроение. – С. 12–15.
4. *Целиков А.И.* Основы теории прокатки. – М.: Металлургия, 1965. – 247 с.
5. *Уиксов Е.П., Попов Е.А., Джонсон У.* Теория пластических деформаций металлов. – М.: Машиностроение, 1983. – 598 с.
6. *Губкин С.И.* Пластическая деформация металлов. – М.: Металлургиздат, 1961. – 306 с.

АБИЄВ Адалат Гусейн-огли – інженер, стажист кафедри обробки металів тиском Механіко-машинобудівного інституту Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– технологічні процеси та обладнання обробки металів тиском.

ГОЖІЙ Сергій Петрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри обробки металів тиском Механіко-машинобудівного інституту Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– технологічні процеси та обладнання обробки металів тиском.

КРИВДА Леонід Трохимович – доктор технічних наук, професор кафедри обробки металів тиском Механіко-машинобудівного інституту Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– технологічні процеси та обладнання обробки металів тиском.

Подано 23.08.02