

УДК 621.818

Б.М. Гевко, д.т.н., проф.

А.Я. Палюх, здобувач

Тернопільський державний технічний університет

## ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАТИСКНИХ ГВИНТОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

*Наведено технологічні передумови виготовлення нежорстких гвинтових затискних елементів технологічного оснащення і обладнання. Виведені аналітичні залежності для визначення сили затиску заготовок залежно від осьової сили та інших параметрів. Розглянуто основні технологічні операції при виготовленні нежорстких затискних гвинтових елементів і запропоновані відповідні пристрої для їх затиску і нові способи їх проточування, які зменшують кількість ударів і підвищує якість оброблення.*

**Вступ.** Затискні гвинтові елементи (ЗГЕ) широко використовуються в технологічному оснащенні, тому під час їх виготовлення виникає необхідність у досягненні підвищеної точності і нижчої шорсткості поверхні, які майже не можливо досягнути тільки методами пластичної деформації листових і стрічкових заготовок. Тому у технологічний процес виготовлення нежорстких ЗГЕ доцільно вводити операції механічної обробки поверхонь.

**Аналіз останніх публікацій.** Процес проточування ЗГЕ прохідними різцями в загальному можна розглядати як перетин лінії ЗГЕ на зовнішньому чи внутрішньому діаметрах із лінією траєкторії обробки різцями. Дослідженню технологічних процесів оброблення нежорстких деталей присвячені праці ряду вчених [1–3] однак цілий ряд питань залишаються невирішеними.

Аналіз факторів, які впливають на процес проточування прохідними різцями показує, що внаслідок малої товщини і жорсткості стрічки ЗГЕ проточування необхідно проводити на максимально можливій швидкості з малою подачею та глибиною різання. Глибина різання визначається в основному припуском на оброблення (хоча можливе проточування і за декілька проходів). Небажаним є збільшення глибини різання понад величину товщини заготовки ЗГЕ, що може призвести до задирів та згинання і деформування.

**Основна частина.** На основі приведеного аналізу нами запропоновано декілька способів подолання описаних вище перешкод при

кінцевій механічній обробці ЗГЕ.

Перший спосіб полягає у проточуванні ЗГЕ на верстаті з ЧПК. При цьому процесі величина подачі фасонного різця рівна кроку ЗГЕ, а ширина різальної кромки різця повинна бути більшою висоти гофр ЗГЕ. Даним способом усуваються удари і сила різання, що направлена паралельно осі обертання, які і є основними факторами гнуща стрічки. Хоча при цьому необхідно постійно забезпечувати суміщення початку витка ЗГЕ із різальною кромкою різця на початку вмикання обертів шпинделя верстата. Крім того, при дрібносерійному чи одиничному виробництві на малих підприємствах чи ремонтних цехах не завжди є можливість придбати верстати з ЧПК.

Наступний метод проточування ЗГЕ і пристрій для його реалізації, який схематично представлено на рисунку 1. Суть способу заключається в тому, що для проточування використовуються фасонні різці 7, ширина різальної кромки яких більша величини кроку профільної гвинтової заготовки 1, при цьому здійснюється лише поперечна подача  $S$  перпендикулярно до вісі обертання ЗГЕ на необхідну величину припуску. Тим самим уникають основних періодичних ударів різця по витках, залишається лише удар під час його врізання.

Пристрій, який представлено на рисунку 1, складається із ступінчастої циліндричної оправи 2 із центральним наскрізним отвором, на якій жорстко встановлено гвинтовий затискний елемент 3 у вигляді пружини із гумовими накладками 4. При цьому величина проміжків між витками гвинтового затискного елемента є 3 більша приблизно на 1 мм висоти гофр ЗГЕ.

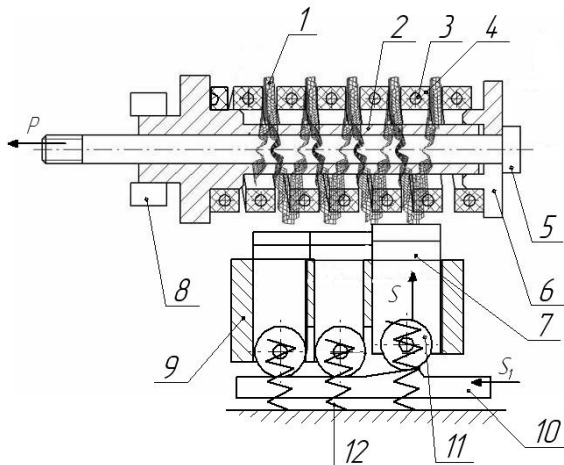


Рис. 1. Технологічна схема проточування ЗГЕ та пристрій для його реалізації

У центральному отворі оправи 2 встановлено тягу 5, що приєднується до пневмо- (гідро-) приводу верстата, на якій встановлюють швидкозмінну ступінчасту шайбу 6. Пристрій встановлюють в кулачках 8 патрона токарного верстата. Перед початком обробки ЗГЕ 1 загвинчують на оправу між витки гвинтового затискного елемента 3. Після цього встановлюють швидкозмінну шайбу 6, одна із ступеней якої заходить у внутрішній отвір гвинтового затискного елемента, та здійснюють затиск тягою 5 через пневмопривід. При цьому виліт витків ЗГЕ відносно гвинтового затискного елемента на 1–2 міліметри більший від припуску обробки. Вказана умова значно підвищує жорсткість ЗГЕ, що зменшує ймовірність її згину. Для підвищення точності та зменшення часу обробки рекомендовано використовувати декілька різців. При цьому ширина різальної крайки різця залежить від кількості одночасно оброблюваних витків. Остання величина визначається технічними характеристиками верстата, зокрема його потужністю. Подачу різців виконують за допомогою шаблона 10 через ролики 11, а пружини 12 служать як замикаючі ланки механізму.

Величина поперечної подачі різців  $S$  залежить від величини подачі  $S_f$  шаблона та його геометричних характеристик. Зокрема рекомендовано при врізанні різця виконувати мінімальну поперечну подачу з поступовим наростанням її величини.

Силу затиску ЗГЕ при проточуванні зовнішнього діаметра, використовуючи пристрій, представлений на рис. 1, визначаємо із умови рівності моменту різання і моменту тертя. Момент різання дорівнює:

$$M_p = P_z \cdot R_3, \quad (1)$$

де  $P_z$  – сила різання, Н;

$R_3$  – зовнішній радіус заготовки, мм.

Також знаходимо момент тертя для затиску ЗГЕ гвинтовим затискним елементом:

$$M_{Tp} = \frac{2P_z \cdot \mu_T \cdot (R_3^3 - R_6^3)}{3 \cdot (R_3^2 - R_6^2)}, \quad (2)$$

де  $P_z$  – сила затиску ЗГЕ, Н;

$\mu_T$  – коефіцієнт тертя між матеріалом ЗГЕ і гумовою накладкою гвинтового затискного елемента;

$R_6$  – харіус гвинтового затискного елемента, мм.

Прирівнюючи формули (1) і (2), після простих перетворень знаходимо необхідну силу затиску ЗГЕ:

$$P_3 = \frac{3 \cdot K \cdot P_z \cdot R_3 \cdot (R_3^2 - R_6^2)}{2 \cdot \mu_T \cdot (R_3^3 - R_6^3)}, \quad (3)$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу,  $K = 1,2-1,5$ .

Силу тяги  $P_{ш}$  на штоці пневмоприводу верстата знаходимо із залежності:

$$P_{ш} = P_3 + P_0, \quad (4)$$

де  $P_0$  – сила деформації гвинтового затискного елемента, Н.

Силу деформації гвинтового затискного елемента знаходимо за формулою:

$$P_0 = \frac{4\Delta h \cdot \cos \alpha_3}{\pi \cdot D_1^3 \cdot i \cdot \left( \frac{\cos^2 \alpha_3}{GI_p} + \frac{\sin^2 \alpha_3}{EI_x} \right)}, \quad (5)$$

де  $\Delta h$  – деформація гвинтового елемента в осьовому напрямку, мм;

$\alpha_3$  – кут підйому витків гвинтового елемента, град;

$D_1$  – початковий зовнішній діаметр гвинтового елемента, мм;

$i$  – кількість витків гвинтового елемента;

$G$  – модуль зсуву матеріалу гвинтового елемента, МПа;

$E$  – модуль першого роду матеріалу гвинтового елемента, МПа;

$I_p$  – полярний момент інерції поперечного січення гвинтового елемента, мм<sup>4</sup>;

$I_x$  – осьовий момент інерції поперечного січення гвинтового елемента, мм<sup>4</sup>.

Отже, для зменшення сили тяги  $P_{ш}$  на штоці потрібно зменшувати зазор між ЗГЕ та затискним гвинтовим елементом, а також підбирати матеріал накладки, що має високий коефіцієнт тертя  $\mu_T$ .

Для розрахунку граничної кількості одночасно оброблюваних витків потрібно визначити вертикальну складову сили різання  $P_z$ , що визначається за відомою формулою:

$$P_z = C_{p_z} \cdot H^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot V^n, \quad (6)$$

де  $S$  – поперечна подача різця, мм/об.;

$C_{p_z}$  – постійний коефіцієнт різання;

$V$  – швидкість різання, м/хв.;

$H$  – ширина різання, мм;

$x_p, y_p, n$  – показники степенів, що визначаються залежно від умов

різання, характеристики різального та оброблюваного матеріалу, геометрії різального інструмента та інших параметрів.

Величина поперечної подачі різця  $s$  залежить від величини подачі  $s_1$  шаблону та його геометричних характеристик. Зокрема, рекомендовано при врізанні різця виконувати мінімальну поперечну подачу з поступовим наростанням її величини.

Якщо під час проточування відбувається деформація матеріалу ЗГЕ використовується третій метод механічної обробки ЗГЕ – силове шліфування витків на круглошліфувальних верстатах. Цей метод забезпечує низьку глибину і значну швидкість різання. Ширина круга може досягати повної довжини ЗГЕ, тобто одночасній обробці піддаються усі витки. Якість і точність оброблених поверхонь найвищі у порівнянні із вказаними вище методами. Слід приділяти особливу увагу матеріалу шліфувального круга, що в основному залежить від матеріалу ЗГЕ. Крім цього, цей спосіб є основним для обробки загартованих ЗГЕ, а недоліком даного методу є ймовірність зміни хімічної структури матеріалу ЗГЕ. Тангенціальну силу шліфування  $P_{z1}$  визначаємо за формулою:

$$P_{z1} = \frac{m \cdot H \cdot s_3^w}{d \cdot v_k^a}, \quad (7)$$

де  $s_3$  – поперечна подача круга, мм/с;

$m$  – кількість одночасно оброблених витків;

$v_k$  – швидкість круга, м/с;

$w, a$  – показники ступенів, що враховують властивості матеріалів шліфувального круга та оброблюваного ЗГЕ;

$d$  – коефіцієнт, що враховує напрямок обертання ЗГЕ.

У деяких випадках необхідно забезпечити підвищені вимоги щодо точності і якості внутрішнього діаметра ЗГЕ, для цього виконують розточування ЗГЕ.

Пристрій для розточування внутрішнього діаметра нежорстких ЗГЕ представлено на рис. 2. Пристрій закріплено на шпинделі токарно-гвинторізного верстата. Робота пристрою аналогічна роботі пристрою, представленого на рис. 1.

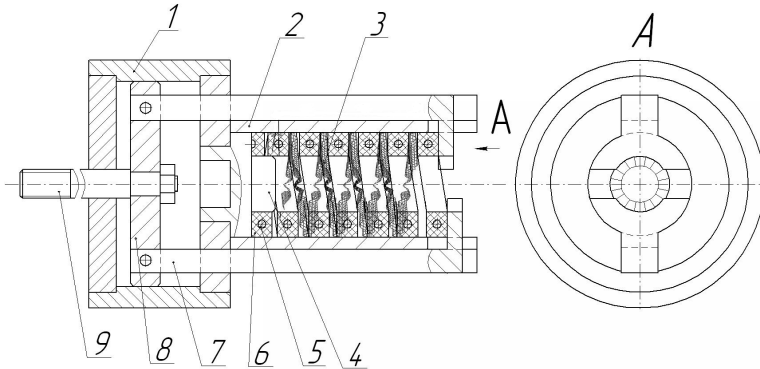


Рис. 2. Пристрій для розточування внутрішнього діаметра нежорстких ЗГЕ:

1 – циліндричний корпус; 2 – базова втулка;

3 – ЗГЕ; 4 – опора; 5 – затискний елемент; 6 – гумова накладка;

7 – захват; 8 – циліндр; 9 – тяга

На ЗГЕ досить часто потрібно виконувати пази різної конфігурації, зокрема, рівномірно розподілені по зовнішньому діаметру. Для цього виконують механічну обробку дисковими фрезами або дисковими абразивними кругами. Пристрій для виконання цього процесу показано на рисунку 3. Принцип роботи пристрою аналогічний вказаним вище.

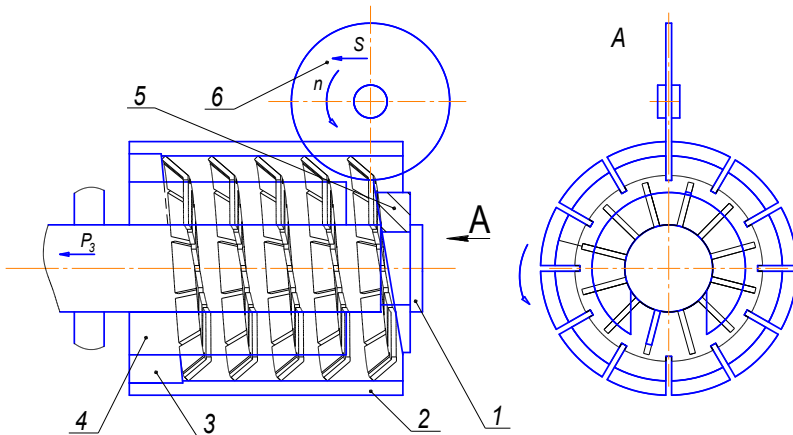


Рис. 3. Пристрій для розрізання пазів на зовнішньому контурі ЗГЕ:

1 – шток; 2 – оправка; 3 – упор; 4 – шпонка;

5 – швидкознімна шайба; 6 – абразивний дисковий круг

Зусилля затиску деталі у пристрої на рис. 3 визначено за формулою:

$$F = \frac{f \cdot E \cdot \mu \cdot s^3 \cdot a \cdot \left( \frac{\pi \cdot h_2}{n} - b \right)}{h \cdot \left( 3a^2 \cdot \left( h_2 - \frac{d}{2} \right) - a^3 \right)}, \quad (8)$$

де  $h$  – ширина перемички по зовнішньому контуру ЗГЕ, мм;

$s$  – товщина матеріалу пружини, мм;

$f$  – величина прогину пелюстки ЗГЕ, мм;

$E$  – модуль пружності першого роду матеріалу ЗГЕ, МПа;

$h_2$  – довжина внутрішнього паза, мм;

$n$  – кількість пазів на одному витку ЗГЕ;

$\mu$  – коефіцієнт тертя між оправкою та ЗГЕ;

$a$  – відстань від краю пелюстки до точки прикладання зосередженої сили, мм;

$d$  – внутрішній діаметр ЗГЕ, мм;

$b$  – ширина паза, мм.

Величину  $a$  визначають згідно з конструктивними особливостями пристрою.

Для затиску із використанням швидкозмінної шайби:

$$a = h_2 - \frac{D_3 - d}{4}, \quad (9)$$

де  $D_3$  – зовнішній діаметр швидкозмінної шайби, мм.

### Висновки:

1. Проведено аналіз методів механічної обробки нежорстких ЗГЕ і запропоновані нові способи, що зменшують кількість ударів та підвищують якість обробки.

2. Виведені аналітичні залежності для визначення зусилля затиску і різання при виготовленні нежорстких ЗГЕ технологічного оснащення.

3. Представлено нові конструкції пристроїв для механічної обробки ЗГЕ, які забезпечують зменшення динамічних навантажень під час їх проточування і підвищують якість оброблення.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Гевко Б.М. Технологічні основи формоутворення різнопрофільних гвинтових заготовок деталей машин / Б.М. Гевко, М.І. Пилипець та ін. – Тернопіль, 2009. – 459 с.
2. Технологія автоматизованого виробництва : підручник / О.О.

- Жолобов, В.А. Кирилович, П.П. Мельничук, В.А. Яновський.* – Житомир : ЖДТУ, 2008. – 1014 с.
3. *Гевко Б.М.* Динаміка процесу розточування гвинтових гофрованих заготовок / Б.М. Гевко, А.Є. Дячун // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – Тернопіль, 2008. – Т. 13. – № 1. – С. 70–79.
  4. Пристрій для неперервного навивання гвинтових заготовок : пат. № 37301 Україна, МПК В21D 11/00 / *О.Л. Ляшук, А.Я. Палюх, Р.Р. Івасечко, І.Б. Гевко* ; заявник і патентовласник Тернопільський державний технічний університет. – № у 200806852 ; заявл. 19.05.08 ; опубл. 10.11.08, Бюл. № 21.
  5. Пристрій для навивання і калібрування гвинтових заготовок : пат. № 36854 Україна, МПК В21D 11/06 / *І.Б. Гевко, А.Я. Палюх, Р.Р. Івасечко, О.Л. Ляшук* ; заявник і патентовласник Тернопільський державний технічний університет. – № у 200807191 ; заявл. 23.05.08 ; опубл. 25.11.08, Бюл. № 22.

ГЕВКО Богдан Матвійович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології машинобудування Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя, заслужений винахідник України.

Наукові інтереси:

- технологія машинобудування;
- піднімально-транспортні машини.

Тел.: (0352) 25–16–86.

E-mail: kaf\_tm@tu.edu.te.ua

ПАЛЮХ Андрій Ярославович – здобувач Тернопільського державного технічного університету.

Наукові інтереси:

- технологія машинобудування.

Подано 16.09.2009