

УДК 621.952

В. Дзюра¹, канд. техн. наук; І. Логуш², канд. техн. наук;
І. Гевко¹, канд. техн. наук; В. Крук²

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

²Національний університет біоресурсів і природокористування України
Бережанський агротехнічний інститут

ВИЗНАЧЕННЯ СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ ВАЛЬЦЮВАННЯ КУЛЬОК У НАПРАВЛЯЮЧІ

Резюме. Наведено технологію вальцювання кульок у направляючі та конструкцію формульованого інструменту для її забезпечення. Виведено аналітичні залежності для визначення силових параметрів технологічного процесу вальцювання кульок у направляючі. Побудовано графічні залежності силових параметрів процесу від конструктивних параметрів встановлюючих лунок.

Ключові слова: вальцювання, формувальні інструменти, кульки, технологічний процес.

V. Dzyura, I. Logush, I. Gevko, V. Kryk

DETERMINATION OF CHARACTERISTICS OF POWER ROLLING BALLS IN GUIDING

The summary. Given the technology of rolling balls in guiding and molding tool design for its support. Analytical dependences for determining the force parameters of the process of rolling balls in the guide are obtained. Construct graphics power parameters of process design parameters setting holes.

Key words: rolling, forming tools, balls, technological process.

Умовні позначення:

де P_1 – вертикальна складова зусилля деформації стінки, Н;

P_x – вертикальна складова сили різання, Н;

n – кількість зубів інструмента;

P_d – зусилля деформації стінки, Н;

α – кут нахилу клина деформуючої частини інструменту, град;

c – ширина частини кільцевого виступу, що піддається деформації, мм;

s – товщина стінки кільцевого виступу, мм;

σ_s – границя текучості матеріалу бази, МПа;

k_1 – коефіцієнт, що враховує зміцнення матеріалу, $k_1=1,2\dots1,3$;

h – глибина кільцевої виточки, мм;

P_z – горизонтальна складова сили різання, Н;

R_c – середній радіус виточки, мм;

P_T – сила тертя між деформуючою частиною інструмента та заготовкою, Н;

r – внутрішній радіус кільцевої канавки, мм;

μ – коефіцієнт тертя між деформуючою частиною інструмента та матеріалом бази;

C_p – коефіцієнт, що враховує особливості процесу різання;

S – подача інструмента, мм/об;

b – ширина виточки, мм;

V – швидкість різання, м/хв;

u, x, n – показники степені відповідних складових формули.

Постановка питання. Кулькові направляючі використовуються в якості станин у металорізальних верстатах, технологічному обладнанні та оснащенні. Вони служать для координування основних вузлів і направлення їх руху у відповідному напрямі.

Залежно від точності верстата до них поставлені вимоги з точності, шорсткості й твердості їх робочих поверхонь. У якості робочих поверхонь у цих вузлах використовуються напівкруглі канавки, технологія виготовлення яких є ще не досить

дослідженою. Основними поверхнями станин є площини для переміщення супортів, серед них розповсюджені поверхні з напівкруглими канавками, які широко використовуються в конструкціях протяжних, карусельних, хонінгувальних та інших верстатів.

Тому розроблення технології й технологічного оснащення для вальцювання тіл кочення у робочі поверхні має важливе значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемам дослідження технології виготовлення напівкруглих канавок присвячені спільні роботи Бабушкіна А.З., Новикова В.Ю., Схиртлаудзе А.Г. [1], Беспалова Б.Л. [2], Аунапу Ф.Ф. [3] та інших.

Однак технологію та інструментальне забезпечення для вальцювання кульок у напівкруглі канавки направляючих систем [4] так і не було розроблено.

Мета роботи. Розробити вальцювальний інструмент для вальцювання кульок у напівкруглі канавки кулькових направляючих, а також визначити основні силові параметри цього процесу.

Роботу виконано згідно з координаційним планом Комітету з питань науки і техніки та Міністерства освіти і науки України з “Машинобудування” під назвою “Високоєфективні технологічні процеси в машинобудуванні” на 2010...2015 роки.

Результати досліджень. Кулькові направляючі широко використовуються у вузлах верстатів, іншому технологічному обладнанні й оснащенні. Формувальний інструмент, який ми розробили, можна використовувати для вальцювання кульок у напівкруглі канавки кулькових направляючих.

Розроблений пристрій для завальцювання кульок у направляючі [5] виконано у вигляді державки 1, на другому кінці якої виконано зрізаний уступ 2, зфрезерований з двох боків. На зфрезерованих ділянках виконано два радіальних глухих отвори 3 паралельно площинам зрізу. В ці отвори встановлено пружини 4 з фіксуєчими кульками 5. Останні виступаючими частинами входять у лунки 6 формуючого елемента 7 у вигляді циліндра, який у верхній внутрішній частині має форму зрізаного уступу 2, а у нижній частині формуючого елемента 7 рівномірно по колу виконано радіусні лунки 8 для виходу стружки. Крім цього, в нижній частині по напрямку колового обертання виконано, наприклад, чотири жорстко встановлені твердосплавні напівкруглі ріжучі леза 9 з переднім γ і заднім α кутами з торця і боковими задніми кутами α_1 . В міру піднімання вверх ріжуче лезо 9 переходить у формуючі напівкруглі елементи 10, якими методом пластичної деформації через виточки 11 здійснюється завальцювання виступів 12 під кульки 13, які вставляють в отвори заготовок 14.

У державці 1 виконано наскрізний отвір 15, в який жорстко встановлено тонкостінну втулку 16 для подавання змащувально-охолоджувальної рідини в зону різання і завальцювання. В нижній її частині встановлено центрувальний ковпачок 17, прикріплений до пружини стиснення 18, верхній кінець якого прикріплений до торця державки 1 з можливістю осьового переміщення.

Центрувальний ковпачок 17 намагнічений для утримання кульки 13 під час її завальцювання у сферичних виїмках 19 заготовки 14.

Робота пристрою для завальцювання кульок у направляючі здійснюється таким чином. Державка 1 встановлюється в шпindelь верстата (на кресленні не показано), після чого на стіл верстата встановлюється заготовка 14 і сферичними виїмками 19 під кульки 13, в які вони встановлюються. До сферичної виїмки підводиться пристрій і намагнічений центрувальний ковпачок з кулькою, за допомогою якого здійснюється центрування кульки відносно оправки і сферичної виїмки.

Після підготовчих робіт вмикається змащувально-охолоджувальна рідина, яка по каналах тонкостінної втулки 15 надходить у зону різання канавки 11 і деформування виступу 12. Вмикається верстат, пристрій обертається, при цьому здійснюється осьова подача напівкруглими елементами 10 канавки 11, а формуючими інструментами 9 здійснюється вальцювання кульки в заготовці.

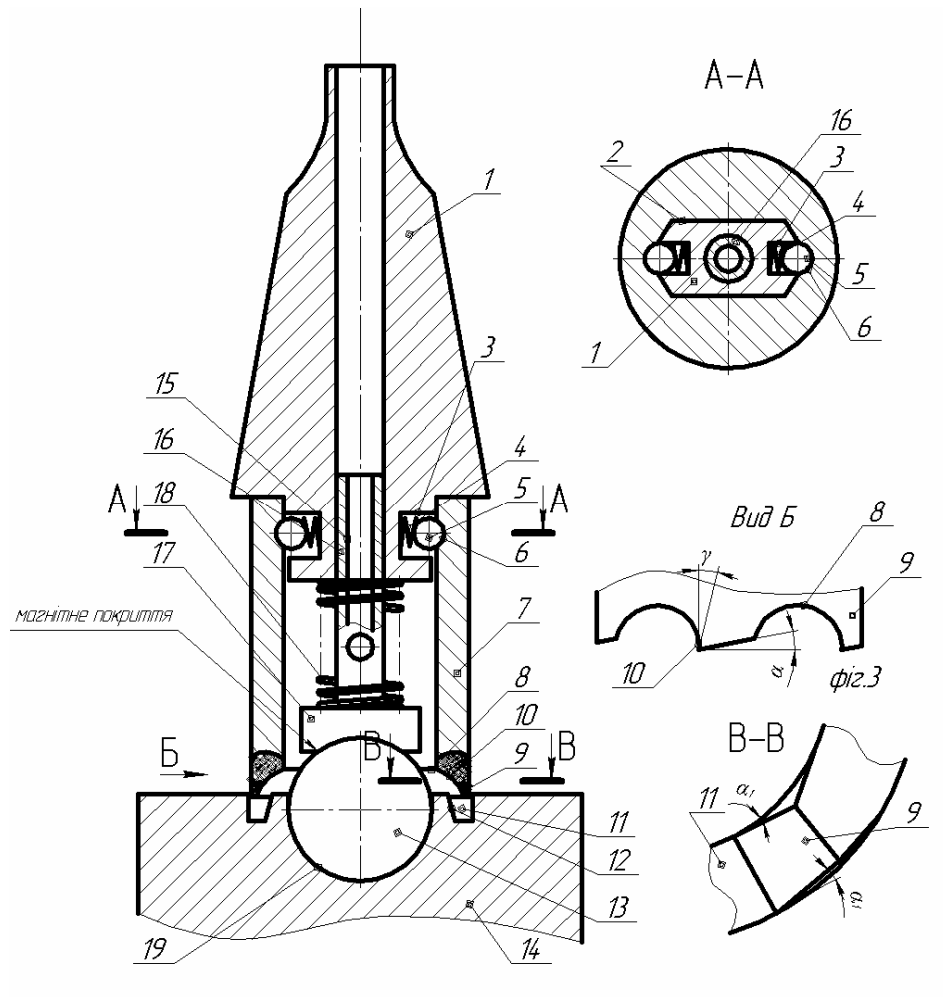


Рис. 1. Пристрій для завальцювання кульок у направляючих

Для забезпечення вальцювання кульки з можливістю його обертання в гнізді або жорсткої посадки вибирають необхідні режими і час вальцювання.

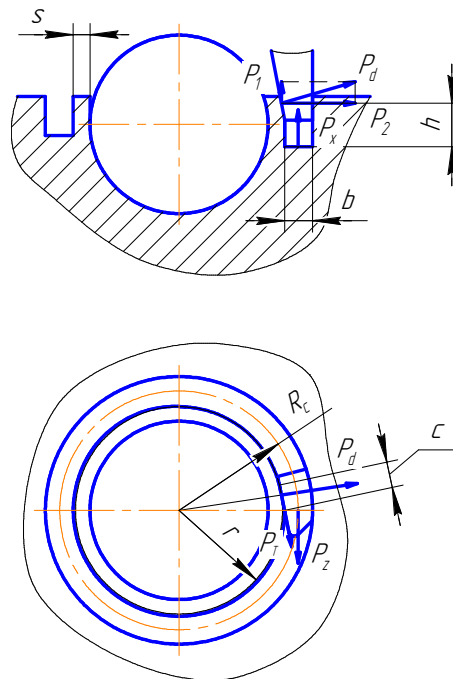


Рис. 1. Розрахункова схема для розрахунку інструмента для завальцювання кульки

Основними параметрами, що визначають силові характеристики інструментів, які використовуються на свердлильних верстатах є осьова сила P_o та крутильний момент M .

Згідно з розрахунковою схемою (рис. 1) осьову силу визначаємо з залежності

$$P_0 = n(P_1 + P_x) \quad (1)$$

Вертикальну складову зусилля деформації стінки визначаємо із виразу

$$P_1 = P_d \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

Зусилля деформації стінки визначаємо за формулою

$$P_d = \frac{c \cdot s^2 \cdot \sigma_s \cdot k_1}{4 \cdot h} \quad (3)$$

Підставляючи величини з формул (2) і (3) у формулу (1), отримано вираз для визначення осьової сили

$$P_0 = n \cdot \left(P_x + \frac{c \cdot s^2 \cdot \sigma_s \cdot k_1 \cdot \sin \alpha}{4 \cdot h} \right) \quad (4)$$

Крутильний момент визначаємо за формулою

$$M = n(P_z \cdot R_c + P_T \cdot r), \quad (5)$$

силу тертя – за відомою залежністю

$$P_T = \mu \cdot P_d \quad (6)$$

Підставляючи значення формул (3) і (5) у формулу (6), отримуємо залежність для визначення крутного моменту

$$M = n \cdot \left(P_z \cdot R_c + \frac{r \cdot \mu \cdot c \cdot s^2 \cdot \sigma_s \cdot k_1}{4 \cdot h} \right) \quad (7)$$

Складові сил різання визначаємо за емпіричними залежностями

$$P_z = C_p \cdot S^{y_z} \cdot b^{x_z} \cdot V^{n_z}; \quad (8)$$

$$P_x = C_{px} \cdot S^{y_x} \cdot b^{x_x} \cdot V^{n_x}.$$

За виведеними аналітичними залежностями побудовано графіки залежностей силових параметрів процесу від конструктивних параметрів лунки.

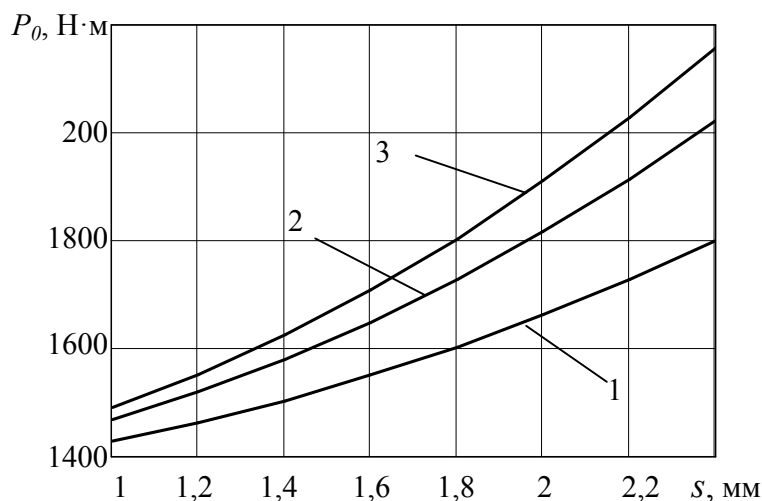


Рис. 3. Графік залежності осьової сили вальцювання кульки від товщини стінки між кулькою та виточкою: 1 – сталь 08; 2 – сталь 30; 3 – сталь 45

На рис. 3 зображено залежності величини осьової сили вальцювання від товщини стінки між кулькою та виточкою. Як бачимо з графіка, величина осьової сили вальцювання збільшується зі збільшенням товщини стінки між кулькою та виточкою.

На рис. 4 і 5 зображено залежності величини моментів вальцювання від товщини стінки між кулькою та виточкою й від радіуса кульки.

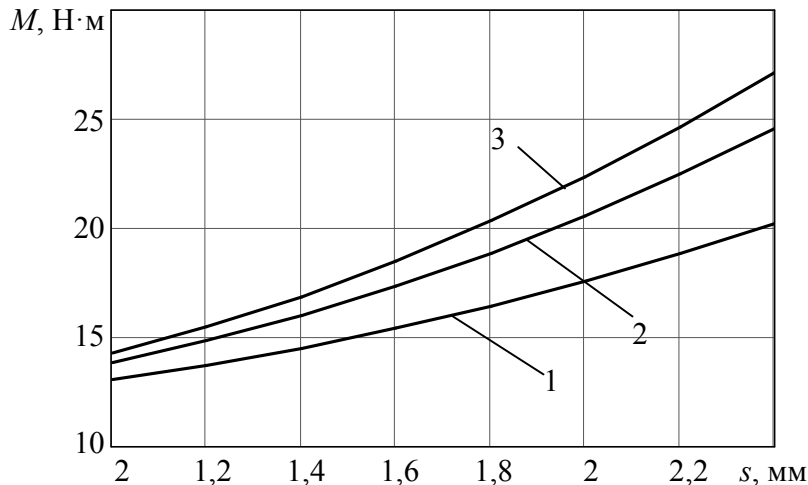


Рис. 4. Графік залежності моменту вальцювання кульки від товщини стінки між кулькою та виточкою: 1 – сталь 08; 2 – сталь 30; 3 – сталь 45

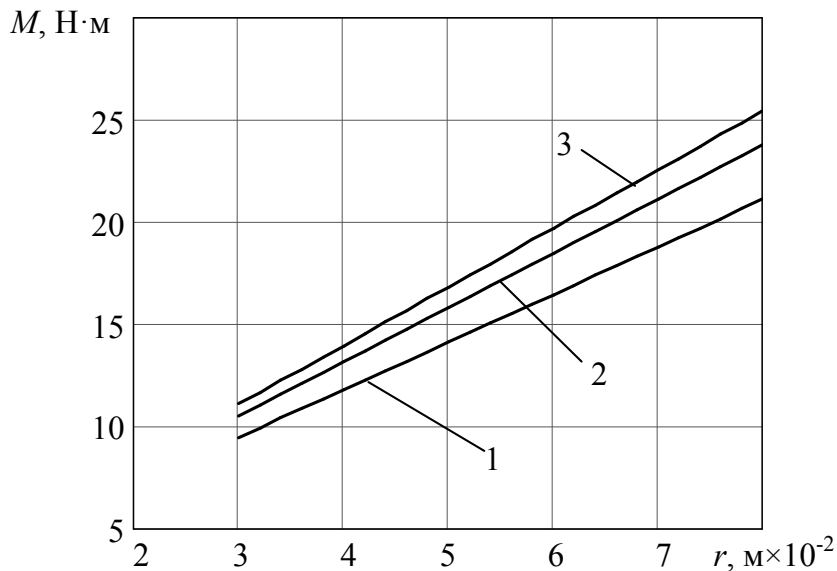


Рис. 5. Графік залежності моменту завальцювання кульки від радіуса кульки: 1 – сталь 08; 2 – сталь 30; 3 – сталь 45

Із графіків, що на рис. 3 і 4, робимо висновок, що зі збільшенням товщини стінки між виточкою та кулькою зростає осьова сила і крутильний момент завальцювання, при цьому зростання цих параметрів носить квадратичний характер, а криві представлено у вигляді парабол.

На рисунку 5 бачимо, що зі збільшенням радіуса кульки, а відповідно й радіуса виточки, зростає крутильний момент завальцювання кульки за прямо пропорційною залежністю.

Зміцнення направляючих здійснюють наклепуванням кульками і накочувальними роликками. Для цього використовують кульки, загартовані до твердості HRC 62–64, швидкість прокатування становить 40...50 м/хв, мікротвердість на 30–40%, шорсткість зменшується від 0,8–1,6 до 0,2–0,4 мкм. Коефіцієнт тертя знижується на 15–20%.

У процесі накатування поверхня вигладжується і наклепується, при цьому ці операції в ряді випадків замінюють малопродуктивний процес шліфування. Залежно від оброблювального матеріалу і режимів процесу глибина наклепуваного шару може змінюватися в межах 0,2–5 мкм і більше, а твердість поверхневого шару збільшується на 40–50%.

Після проведення досліджень можна зробити такі **висновки**.

1. Встановлено що конструктивні параметри, такі, як товщина стінки між кулькою й виточкою та радіус кульки чинять значний вплив на зміну силових параметрів при вальцюванні кульок у лунки.

2. При проектуванні спеціального пристрою для вальцювання кульок у лунки необхідно забезпечити можливість проточувати канавки навколо лунок з різною товщиною стінки.

Література

1. Бабушкин А.З. Технология изготовления металлообрабатывающих станков и автоматических линий / А.З. Бабушкин, В.Ю. Новиков, А.Г. Схиртладзе. – М. : Машиностроение, 1982. – 271 с.
2. Беспалов Б.Л. Технология машиностроения / Б.Л. Беспалов, Л.А. Глейзер, И.М. Колесов. – М.: Машиностроение, 1973. – 448 с.
3. Аунапу Ф.Ф. Технология машиностроения / Ф.Ф. Аунапу. – М.: Машиностроение, 1968. – 492 с.
4. Пат. №50887 Україна, МПК В65G 33/16. Подавальний транспортер / Дзюра В.О., Ляшук О.Л., Крук В.В., Пік А.І., Кирик О.М.; заявник і власник патенту ТДТУ. – №u200913763; заявл. 28.12.2009; опубл. 25.06.2010, Бюл. №12.
5. Пат. №50886 Україна, МПК В21D 39/00. Пристрій для завальцювання кульок в напрямні / Гевко Б.М., Крук В.В., Дзюра В.О., Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Дячун А.Є.; заявник і власник патенту ТДТУ. – №u200913761; заявл. 28.12.2009; опубл. 25.06.2010, Бюл. №12.

Отримано 27.08.2010 р.