

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ДОВБАННЯ ВНУТРІШНІХ ГВИНТОВИХ КАНАВОК****Дзюра В. О., Дячун А. Є., Шевчук О. С.**

Разработана технология изготовления внутренних винтовых шлицевых канавок с малыми углами наклона в условиях мелкосерийного производства с помощью специальной технологической оснастки. Приведена конструкция устройства для долбления внутренних винтовых канавок и определена сила резания при долблении. Выведены уравнения регрессии для определения силы долбления с использованием многофакторного эксперимента (определение силы долбления в зависимости от ширины канавки, величины подачи резца и величины переднего угла резца). Проведен графоаналитический анализ результатов экспериментальных исследований с построением поверхностей отклика и их двумерных сечений.

Розроблено технологію виготовлення внутрішніх гвинтових шліцевих канавок з малими кутами нахилу в умовах дрібносерійного виробництва за допомогою спеціального технологічного оснащення. Приведено конструкцію пристрою для довбання внутрішніх гвинтових канавок і визначено силу різання під час довбання. Виведені рівняння регресії для визначення сили довбання з використанням багатофакторного експерименту (визначення сили довбання залежно від ширини канавки, величини подачі різця та величини переднього кута різця). Проведено графоаналітичний аналіз результатів експериментальних досліджень з побудовою поверхонь відгуку та їх двовимірних перерізів.

A technology for manufacture of internal helical spline grooves with small angles of inclination in a small-scale production with the help of special tooling has been worked out. The device designed for internal helical grooves fucking has been shown and cutting force is determined by fucking. We derive the regression equations to determine the strength of fucking using multifactorial experiment (definition of force chiseling depending on the width of the groove, the value of the tool feed and tool rake angle values). Graphical-analytical analysis of the results of experimental studies with the construction of response surfaces and two-dimensional sections has been performed.

Дзюра В. А.

канд. техн. наук, ст. преп. ТНТУ  
volodymyr-dzyura@rambler.ru

Дячун А. Е.

канд. техн. наук, ст. преп. ТНТУ

Шевчук О. С.

аспирант ТНТУ

УДК 631.36

Дзюра В. О., Дячун А. Є., Шевчук О. С.

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ДОВБАННЯ  
ВНУТРІШНІХ ГВИНТОВИХ КАНАВОК**

Шліцьові з'єднання з гвинтовими канавками використовуються в механізмах, де необхідно здійснити спільну передачу руху в осьовому на радіальному коловому напрямках. Зокрема такі з'єднання застосовують в приводах стартерів автомобільних двигунів, в деяких типах коробок швидкостей та інше. Таке з'єднання дозволяє передавати більший крутильний момент завдяки більшій фактичній площі контакту елементів з'єднання, однак його використання обмежене складністю технології його виготовлення. Підвищені вимоги до конструктивних і технологічних параметрів, якості, надійності та довговічності, розширення функціональних можливостей таких з'єднань потребують глибокого аналізу існуючих конструкцій і технологій їх виготовлення та розроблення на цій основі науково обгрунтованих теоретичних та експериментальних напрацювань та їх успішного впровадження у виробництво.

Для одиничного і дрібносерійного виробництва таких з'єднань характерне використання операції довбання гвинтових внутрішніх канавок, що відрізняється від довбання прямих канавок з наступними операціями термічної і фінішної обробки. Для довбання гвинтових канавок на звичайних довбальних верстатах виникає необхідність проектування спеціального технологічного оснащення та інструментів, що в свою чергу вимагає інформації щодо навантажень на систему верстат – пристрій – інструмент – деталь, тобто визначення силових параметрів процесу різання.

Отже, дослідження, спрямовані на розроблення та практичну реалізацію раціональних технологічних процесів отримання гвинтових внутрішніх канавок є актуальними, доцільними та перспективними з точки зору впровадження конкурентоздатних технологій з високими техніко-економічними показниками.

Питанням дослідження процесу довбання шліцьових канавок присвячені наукові праці П. И. Ящеріцина, Л. М. Єременко [1], Г. Шпура, Т. Штеферле [2], А. Л. Воронова, А. Ю. Албагачієва [3], Р. Б. Копилова [4] та інших. Однак цілий ряд питань, що пов'язані з особливостями виконання процесу довбання гвинтових внутрішніх канавок потребують свого вирішення.

Метою даної роботи є проектування і виготовлення спеціального експериментального технологічного оснащення для довбання гвинтових внутрішніх канавок та визначення сили різання, що виникає під час цього процесу.

Робота виконується згідно постанови Кабінету міністрів України «Високопродуктивні технологічні процеси в машинобудуванні» на 2010...2015 роки.

Для забезпечення процесу довбання гвинтових канавок (рис. 1) розроблено принципову схему пристрою, показану на рис. 2, та конструктивне виконання даної схеми у вигляді пристрою на рис. 3.

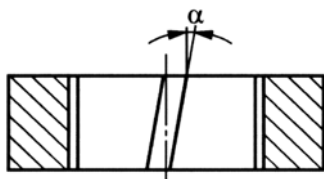


Рис. 1. Шліцьова втулка з косими внутрішніми канавками

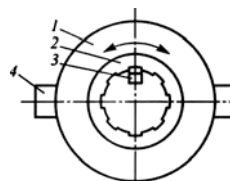


Рис. 2. Принципова схема пристрою для довбання внутрішніх гвинтових канавок:

1 – поворотний корпус пристрою; 2 – заготовка; 3 – різець; 4 – напрямні елементи, що забезпечують поворот пристрою в процесі різання

Пристрій для довбання внутрішніх гвинтових канавок (рис. 3) [5] складається із корпусу 1, який має складний ступінчастий отвір 2, в який встановлено планшайбу 3, яка виконана у вигляді ступінчастої осі, на нижню ступень 4 якої встановлено упорний підшипник 5, який зовнішньою поверхнею взаємодіє з поверхнею складного ступінчастого отвору корпусу. На середню ступень 6 планшайби 3 встановлено радіально-упорний підшипник 7, який також взаємодіє з поверхнею ступінчастого отвору 2. Планшайба має можливість обертального руху відносно корпусу 1. У верхній ступені 8 планшайби виконано масляні канали 9, а по її центру виконано наскрізний ступінчастий отвір 10 для встановлення в нього оброблюваної заготовки 11.

Зверху на планшайбі встановлено механізм затиску 12 оброблюваної заготовки. З двох протилежних боків у верхній ступені 8 планшайби має зрізані лиски 13, до яких прикріплені пластини 14 з утвореним на них виступом 15 з кутом рівним куту нахилу гвинтової шліцьової канавки оброблюваної заготовки.

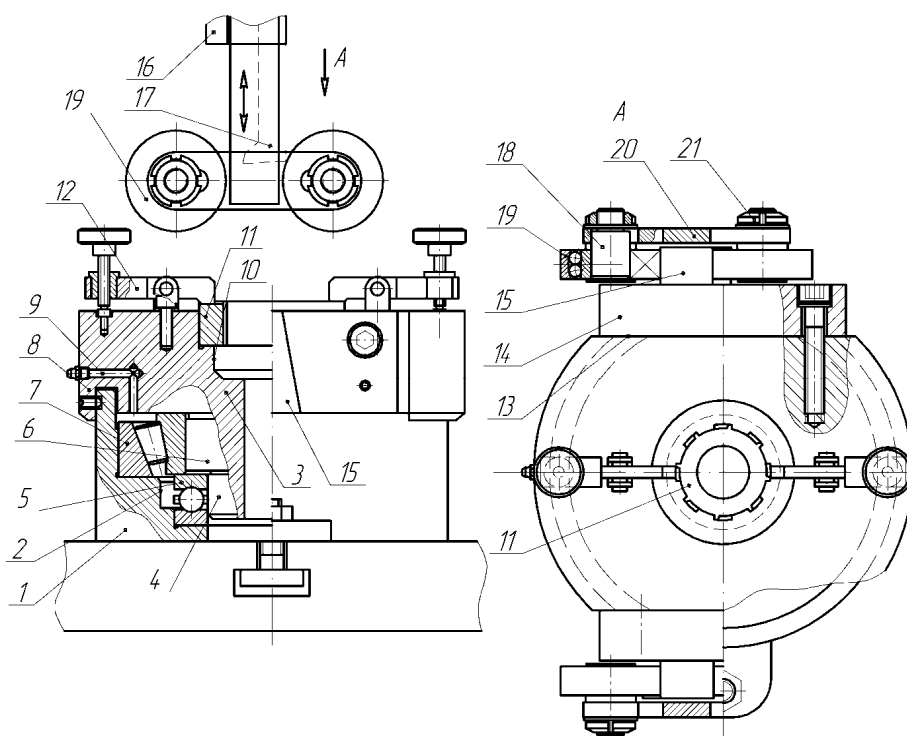


Рис. 3. Пристрій для довбання внутрішніх гвинтових канавок [5]

В різцетримачі 16 верстату розміщений різець 17 із системою направлення пристрою, яка складається із двох пар паралельних валиків 18 на яких посаджені сферичні підшипники 19. Валики з'єднані між собою за допомогою планки 20 та кріпильних елементів 21.

Робота пристрою здійснюється наступним чином. Заготовка встановлюється в отвір 10 планшайби 3 і закріплюється механізмом затиску 12. Різець 17, закріплений в різцетримачі 16, з системою наведення опускається вертикально вниз і починає процес нарізання канавки, а сферичні підшипники 19 починають взаємодію із виступом 15 пластини 14 провертаючи планшайбу 3 на кут повороту шліцьової канавки.

Після закінчення процесу довбання заготовку знімають, а на її місце встановлюють наступну. На основі конструкції пристрою, представленій на рис. 3, виготовлено експериментальний пристрій для дослідження процесу довбання гвинтових внутрішніх канавок, який показано на рис. 4.

Для визначення впливу параметрів процесу різання і геометрії різців (незалежних факторів  $x_i$ ) на силу різання під час довбання гвинтових внутрішніх канавок (параметр оптимізації  $P$ )

проведено повнофакторні експерименти, тобто визначення залежності сили різання від зміни трьох основних факторів: від ширини канавки  $B$ , величини подачі різця  $s$  та величини переднього кута різця  $\gamma$ , тобто  $P = f(B, s, \gamma)$ .

Експеримент проведено для заготовок виготовлених із сталі 45, сірого чавуну СЧ18 та алюмінієвого сплаву АК12. Вимірювання сили різання виконували методами тензометрії.



Рис. 4. Пристрій для дослідження процесу додання гвинтових внутрішніх канавок

Результати кодування факторів та рівні їх варіювання наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Результати кодування факторів та рівні їх варіювання

Фактори	Позначення		Інтерв. варіюв.	Рівні варіювання, натур. / кодовані		
	натур.	код.				
Величина подачі різця $s$ , мм/дв. хід	$X_1$	$x_1$	0,06	0,3 / + 1	0,24 / 0	0,18 / - 1
Ширина канавки $B$ , мм	$X_2$	$x_2$	2	8 / + 1	6 / 0	4 / - 1
Передній кут різця $\gamma$ , град	$X_3$	$x_3$	2	12 / + 1	10 / 0	8 / - 1

Після статистичної обробки інформації за допомогою стандартного програмного забезпечення за результатами проведених ПФЕ  $3^3$ , одержано загальний вигляд рівняння регресії сили різання залежно від зміни величини подачі різця, ширини паза та величини переднього кута різця, тобто  $P_{(x_1, x_2, x_3)}^i = f(s, B, \gamma)$  у кодованих величинах:

– для заготовок із сталі 45:

$$P_{(x_1, x_2, x_3)}^{45} = 3486 + 871,4x_1 + 1162x_2 - 142,4x_3 + 290,6x_1x_2 - 35,63x_1x_3 - 47,63x_2x_3 ; \tag{1}$$

– для заготовок із сірого чавуну:

$$P_{(x_1, x_2, x_3)}^{CЧ} = 2205 + 556,2x_1 + 717,4x_2 - 50x_3 + 178,25x_1x_2 - 11,5x_1x_3 - 45,5x_2x_3 ; \quad (2)$$

– для заготовок із алюмінієвого сплаву АК12:

$$P_{(x_1, x_2, x_3)}^{AK12} = 698,2 + 174,6x_1 + 232,6x_2 - 21,6x_3 + 58,2x_1x_2 - 5,4x_1x_3 - 7,2x_2x_3 ; \quad (3)$$

Відповідно у натуральних величинах рівняння регресії (1–3), після перетворення та спрощення виразів, прийнято в кінцевому вигляді:

– для заготовок із сталі 45:

$$P_{(s, B, \gamma)}^{45} = -713,45 + 296,5s + 118,88B + 71,5 \cdot \gamma + 2421,7sB - 296,92s\gamma - 11,92B\gamma ; \quad (4)$$

– для заготовок із сірого чавуну:

$$P_{(s, B, \gamma)}^{CЧ} = -695,5 + 1315,83s + 115,95B + 66,25\gamma + 1485,42sB - 95,83s\gamma - 11,38B\gamma ; \quad (5)$$

– для заготовок із алюмінієвого сплаву АК12:

$$P_{(s, B, \gamma)}^{AK12} = -107,4 + 450s + 17,9B + 10,8\gamma + 485sB - 45s\gamma - 1,8B\gamma . \quad (6)$$

Отримані рівняння регресії (5–6) можуть бути використані для визначення сили довбання  $P$  гвинтових внутрішніх канавок залежно від величини подачі різця  $s$ , ширини канавки  $B$  та величини переднього кута різця  $\gamma$  у таких межах зміни вхідних факторів:  $0,18 \leq s \leq 0,3$  (мм/дв. хід);  $4 \leq B \leq 8$  (мм);  $8 \leq \gamma \leq 12$  (град).

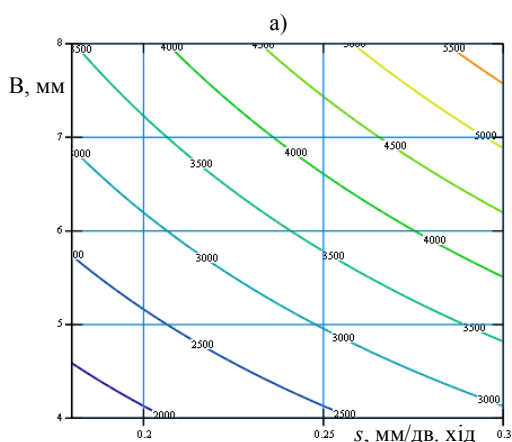
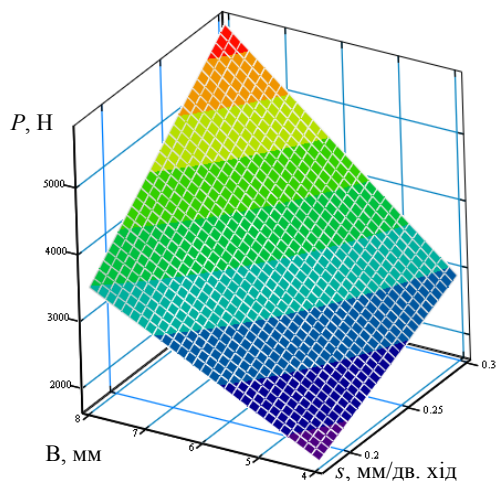
Аналіз наведених регресійних рівнянь показує, що основними факторами, які впливають на збільшення сили різання є: фактори  $x_1, x_2, (s, B)$ , і в меншій мірі має вплив – фактор  $x_3$  ( $\gamma$ ) та комбінації усіх факторів. В загальному для зменшення сили різання необхідно зменшувати величину подачі різця, широкі канавки виконувати на основі попередньо видовбаних вузьких канавок, збільшувати передній кут різця під час заточування. Величина переднього кута різця більше 15 градусів знижує стійкість різця.

Згідно отриманих рівнянь регресії як приклад побудовано поверхні відгуку та двомірні їх перерізи залежності сили довбання від зміни двох факторів для  $x_i = const$ , що наведені на рис. 5–6.

Згідно рис. 5, 6 та рівнянь регресії 4–6 видно, що із збільшенням величини подачі різця, ширини канавки та із зменшенням переднього кута різця величина сили різання зростає. Для заготовок із сталі 45 максимальна значення сили різання досягає 6000 Н, при цьому мінімальне значення складає 2000 Н при мінімальній подачі і найменшій ширині канавки.

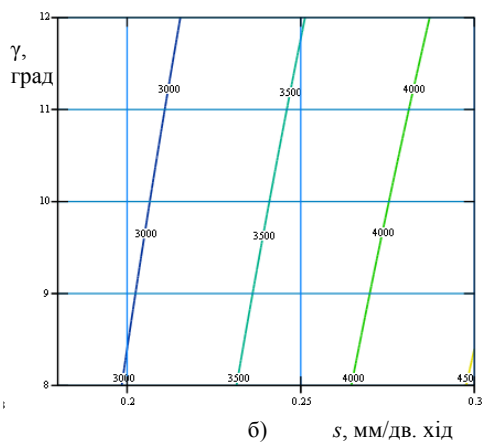
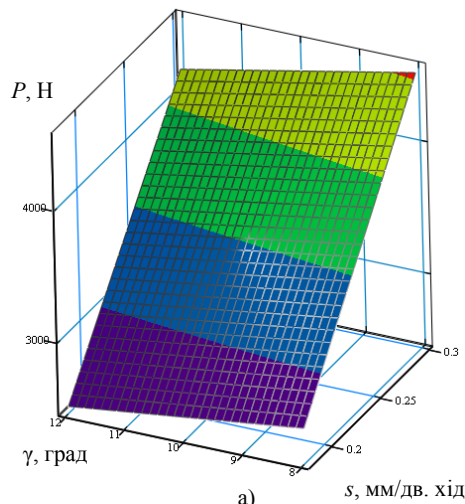
Для заготовок із сірого чавуну максимальна значення сили різання досягає 3500 Н, при цьому мінімальне значення складає 1200 Н.

Для заготовок із алюмінієвого сплаву АК12 максимальна значення сили різання досягає 1100 Н, при цьому мінімальне значення складає 400 Н.



а)  
б)

Рис. 5. Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз поверхні відгуку (б) залежності сили різання  $P_{(s,B)}$  під час додання гвинтових пазів в заготовках із сталі 45 ( $\gamma = 10^\circ$ )



а)  
б)

Рис. 6. Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз поверхні відгуку (б) залежності сили різання  $P_{(s,\gamma)}$  під час додання гвинтових пазів в заготовках із сталі 45 ( $B = 6$  мм)

### ВИСНОВКИ

Спроековано і виготовлено експериментальний пристрій для додання гвинтових внутрішніх канавок, за допомогою якого проведено ряд експериментальних досліджень сили різання під час додання.

На основі результатів експериментальних досліджень виведено рівняння регресій для визначення сили додання залежно від ширини канавки, величини подачі різця та величини переднього кута різця. Побудовано відповідні графічні залежності.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Яцерицын П. И. Основы резания материалов и режущий инструмент / П. И. Яцерицын, Л. М. Еременко, Н. И. Жигалко. – Мн. : Выц. школа, 1981. – 560 с.
2. Шпура Г. Справочник по технологии резания материалов / Г. Шпура, Т. Штеферле; [пер. с нем. под ред. Ю. М. Соломенцева]. – М. : Машиностроение, 1985. – 688 с.
3. Воронцов А. Л. Разработка новой теории резания. Стругание и протягивание / А. Л. Воронцов, Н. М. Султан-Заде, А. Ю. Албагачиев // Вестник машиностроения. – 2008. – № 10. – С. 71–73.
4. Копылов Р. Б. Работа на строгальных и долбежных станках / Копылов Р. Б. – Л. : Лениздат, 1975. – 391 с.
5. Патент № 60544 Україна, МПК В24В 39/00. Пристрій для нарізання гвинтових шліцьових канавок / Пономаренко С. В., Шевчук О. С., Дзюра В. О., Нагорняк Г. С. – № u2010 13580; заявл. 15.11.2010, опубл. 25.06.2011; Бюл. № 12. – 4 с.

Стаття надійшла до редакції 17.10.2011 р.