

Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2306-8744

DOI: 10.37128/2306-8744-2020-3

# Вібрації в техніці та технологіях



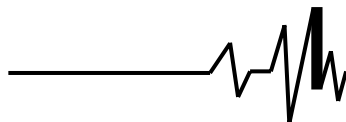
**Всеукраїнський науково-технічний журнал**

**Ukrainian Scientific & Technical Journal**

# **Вібрації в техніці та технологіях**

**№ 3 (98)**

**Вінниця 2020**

**ВІБРАЦІЇ В  
ТЕХНІЦІ ТА  
ТЕХНОЛОГІЯХ**

Журнал науково-виробничого та навчального  
спрямування Видавець: Вінницький національний  
аграрний університет

Заснований у 1994 році під назвою “Вібрації в техніці та  
технологіях”

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової  
інформації

КВ № 16643-5115 ПР від 30.04.2010 р.

*Всеукраїнський науково-технічний журнал “Вібрації в техніці та  
технологіях” / Редколегія: Калетнік Г.М. (головний редактор) та інші. – Вінниця,  
2020. – 3 (98) – 119 с.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного  
університету (протокол №4 від 30.10.2020 р.)*

*Періодичне видання включено до Переліку наукових фахових видань  
України з технічних наук (Категорія «Б» Наказ Міністерства освіти і науки  
України від 02.07.2020 р. № 886)*

**Головний редактор**

**Калетнік Г.М.** – д.е.н., професор,  
академік НААН, Вінницький національний  
аграрний університет

**Заступник головного  
редактора**

**Адамчук В.В.** – д.т.н., проф., акад. НААН,  
Національний науковий центр “Інститут  
механізації та електрифікації сільського  
господарства”

**Відповідальний секретар**

**Солона О.В.** – к.т.н., доц., Вінницький  
національний аграрний університет

**Члени редакційної колегії**

**Булгаков В.М.** – д.т.н., проф., акад. НААН,  
Національний університет біоресурсів і  
природокористування України

**Веселовська Н.Р.** – д.т.н., проф.,  
Вінницький національний аграрний  
університет

**Дерезенько А.І.** – к.т.н., доцент, Вінницький  
національний аграрний університет

**Зіньковський А.П.** – д.т.н., проф., Інститут  
проблем міцності імені Г. С. Писаренка  
НАН України

**Іскович-Лотоцький Р.Д.** – д.т.н., проф.,  
Вінницький національний технічний  
університет

**Купчук І.М.** – к.т.н., ст.викладач, Вінницький  
національний аграрний університет

**Надутьий В.П.** – д.т.н., проф., Інститут  
геотехнічної механіки імені М.С. Полякова  
НАН України

**Матвеев В.В.** – д.ф.-м.н., проф., академік  
НААН, Інститут проблем міцності імені Г.С.  
Писаренка НАН України

**Ольшанський В.П.** – д.ф.-м.н., проф.,  
Харківський національний технічний  
університет сільського господарства імені  
Петра Василенка

**Полєвода Ю.А.** – к.т.н., доцент, Вінницький  
національний аграрний університет

**Спірін А.В.** – к.т.н., доцент, Вінницький  
національний аграрний університет

**Твердохліб І.В.** – к.т.н., доцент, Вінницький  
національний аграрний університет

**Токарчук О.А.** – к.т.н., доцент, Вінницький  
національний аграрний університет

**Цуркан О.В.** – к.т.н. доц., Вінницький  
національний аграрний університет

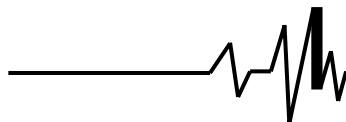
**Зарубіжні члени редакційної колегії**

**Джордан Тодоров Максимов** – д.т.н., проф., Технічний Університет Габрово (Болгарія)

Технічний редактор **Замрій М.А.**

Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний  
університет, тел. 46 – 00– 03

Сайт журналу: <http://vibrojournal.vsau.org/> Електронна адреса: [vibration.vin@ukr.net](mailto:vibration.vin@ukr.net)

**З М І С Т****1. ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ТА МАШИН**

*Булгаков В.М., Адамчук О.В., Кувачов В.П., Бабин І.А.*  
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ  
НОВИМ ВІДЦЕНТРОВИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ .....5

*Матвійчук В. А., Гайдамак О. Л.*  
ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ ПРИ ПОВТОРНО-ЗМІННИХ  
НАВАНТАЖЕННЯХ.....15

*Видмиш А.А., Возняк О.М., Замрій М.А.*  
РОЗРОБКА СПОСОБУ ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНО ДОСЯЖНОГО КОЕФІЦІЄНТА  
ПІДСИЛЕННЯ (ПЕРЕДАЧІ)  $K_{ms}$  .....25

*Руткевич В. С.*  
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСІВ ВИДАВЛЮВАННЯ РІЗИ З НАКЛАДАННЯМ  
УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ НА ІНСТРУМЕНТ .....32

*Калінін Є. І., Сайчук О. В., Колпаченко Н. М.*  
РІВНЯННЯ РУХУ ТРАКТОРА JOHN DEERE 6095B ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО  
ВОДІННЯ.....44

*Швець Л.В.*  
УДОСКОНАЛЕННЯ СТРУШУВАЧА  
ПЛОДОЗНАМАЛЬНОГО.....56

**2. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА**

*Veselovska N., Malakov O., Manzhos E., Hnatyuk O.*  
TEST PLANNING OF SERVICEABILITY OF FLEXIBLE PRODUCTION SYSTEMS EQUIPMENT  
CONSIDERING PLANNING AND MONITORING OF AGRICULTURAL EQUIPMENT .....65

*Токарчук О.А.*  
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЇ І РОЗМІРІВ ЗАБІРНОЇ І КАЛІБРУЮЧОЇ ПОВЕРХНІ  
БЕЗСТРУЖЕЧНИХ МІТЧИКІВ НА ПРОЦЕС ВИДАВЛЮВАННЯ РІЗЬБИ .....76

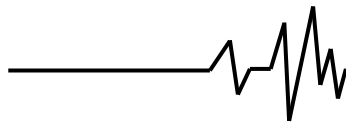
*Грушецький С.М., Яропуд В.М.*  
МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДРІЗАННЯ КАРТОПЛЯНОГО ВОРОХУ  
ЛЕЗОМ ЛЕМІША.....85

*Muzychuk V.*  
STUDY OF THE DEFORMED STATE CONNECTION OF THE PISTON WITH THE ROD OF THE  
UNREGULATED PISTON PUMP .....95

*Труханська О.О.*  
ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН .....104

**3. ПЕРЕРОБНІ ТА ХАРЧОВІ ВИРОБНИЦТВА**

*Полева Ю.А.*  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СКОЛЮВАННЯ ШКАРЛУПИ ГОРІХА В РЕЗУЛЬТАТІ СИЛОВОЇ  
ДІЇ НАПІВСФЕРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ .....111

**Токарчук О.А.**

к.т.н., доцент

**Купчук І. М.**

к.т.н., доцент

*Вінницький національний  
аграрний університет***Tokarchuk O.**

PhD, Associate Professor

**Kurchuk I.**

PhD, Associate Professor

*Vinnitsia National  
Agrarian University***УДК 621.992:621.77****DOI: 10.37128/2306-8744-2020-3-8****ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ  
КОНСТРУКЦІЇ І РОЗМІРІВ  
ЗАБІРНОЇ І КАЛІБРУЮЧОЇ  
ПОВЕРХНІ БЕЗСТРУЖЕЧНИХ  
МІТЧИКІВ НА ПРОЦЕС  
ВИДАВЛЮВАННЯ РІЗЬБИ**

Аналіз сучасних існуючих методів отримання внутрішніх різьб показав, що одним з перспективних методів, зі значними технологічними можливостями і високою продуктивністю, є метод пластичного формоутворення (видавлювання) різьби безстружковими мітчиками.

Комплекс відомих заходів, спрямованих на підвищення стійкості мітчиків, і їх надійності, що полягають у створенні нових інструментальних матеріалів, удосконалення конструкції і оптимізації геометрії ріжучої частини мітчиків, поліпшенні якості робочих поверхонь, застосування нових видів охолодження і оптимальних налагоджень не вирішують остаточного питання високо продуктивного і якісного виготовлення різьбових отворів в нержавіючих і жароміцних сталях не тільки на високоавтоматизованому обладнанні, але навіть і на звичайному.

Обарунтовано, що найбільшого поширення набули мітчики з конічною повнопрофільною забірною частиною; спотворення кроку  $\Delta P$  по вершинах витків в перехідній зоні є одним з головних конструктивних недоліків безстружечних мітчиків. Представлено схему формування профілю різьби безстружечними мітчиками з конічною схемою деформування. Доведено, що геометрична несумісність між профілем різьби мітчика і утвореною їм різьбою є однією з головних причин викривування вершин, розташованих в перехідній зоні і різкого зростання крутного моменту різьбовидавлювання. Оптимізовано параметри безстружечних мітчиків та визначено переваги їх використання в процесі видавлювання різьби.

Основні завдання дослідження: дослідити силові особливості процесу виготовлення різьбових отворів безстружечними мітчиками в деталях з нержавіючих сталей з метою розробки оптимальних конструкцій мітчиків для наскрізних і глухих отворів; розробити технологічний процес виготовлення безстружечних мітчиків необхідної технологічної оснастки до шліфувального верстата, а також для шліфування нарізного профілю мітчиків.

**Ключові слова:** мітчик, видавлювання різьби, нержавіюча сталь, різьбовий отвір, різьба.

**Вступ.** Розвиток електронно-обладнанням ознаменувало початок нового рівня обчислювальної техніки і створення на її основі автоматизації. З'явилися такі нові: види робіт і устаткування з числовим програмним виробництва, як виробничі комплекси і



автоматизовані виробництва, керовані ЕОМ. В автоматизованих виробництвах практично всі технологічні операції характеризуються найвищими показниками продуктивності праці. Однак, для впровадження у виробництво верстатів з ЧПУ, обробних центрів, виробничих комплексів і автоматизованих виробництв, необхідно істотно підвищити надійність роботи всіх технічних засобів, і, в першу чергу, інструментального оснащення. З кожної полумкою інструменту, або його зносом необхідно зупиняти високопродуктивне обладнання. Отже, для ефективної експлуатації високоавтоматизованих виробництв необхідно в 3...5 разів підвищити стійкість і надійність інструменту, і, в першу чергу, різбових.

В даний час процес видавлювання внутрішніх різьб безстружечними мітчиками знайшов своє відображення в спеціальній науково-технічній літературі і отримав певну популярність [1, 2]. З вітчизняних і зарубіжних публікацій з даного питання впливає, що основні економічні та технічні переваги методу (в порівнянні з обробкою різьби ріжучими мітчиками в кольорових металах і високопластичних сталях) полягають у наступному:

1. Підвищена стійкість безстружечних мітчиків;
2. Висока точність видавленого різьблення і менша шорсткість поверхні;
3. Високі швидкості різьбоутворення і збільшена в результаті цього продуктивність праці на операціях виготовлення різбових отворів (до 300%);
4. Підвищена міцність різьби на зріз;
5. Відсутність переточувань, що дозволяє використовувати зайнятих на цій операції кваліфікованих робітників в основному виробництві;
6. Відсутність необхідності очищати різьбу від стружки;
7. Велика міцність безстружечних мітчиків;
8. Збільшення продуктивності праці при потоковій збірці різбових з'єднань за рахунок незначних відхилень розмірів.

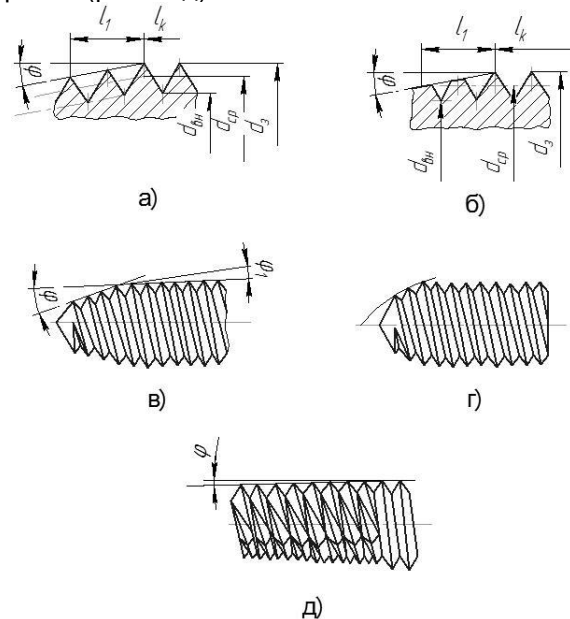
Однак, незважаючи на великий обсяг робіт, присвячених дослідженню процесу різьбовидавлювання, питання, пов'язані з вивченням можливості ефективного використання безстружечних мітчиків при виготовленні різбових отворів в деталях з нержавіючих сталей є актуальними [3]

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Безстружечним мітчиком називається інструмент, призначений для утворення метричної різьби методом пластичної деформації. Робоча частина безстружечного мітчика (вся різьбова ділянка, що безпосередньо бере участь у формуванні профілю різьбоутворення) являє собою гвинт з

не круглим (багатогранним) перетином, по периметру якого є різьба повного профілю. Безстружечний мітчик складається з забірної частини, яка служить для видавлювання різьби, калібруючої частині, призначеної для направлення інструменту і калібрування видавленого профілю, хвостової частини за допомогою якої мітчик закріплюють в патрон [4].

Огляд досліджень, в яких розглядаються питання конструкції і розмірів забірної частини, дозволяє відзначити наступне.

Найбільшого поширення набули мітчики (рис. 1. а) з конічною повнопрофільною забірною частиною [3, 5, 6], хоча ряд авторів рекомендують і циліндричну схему з кутом  $\varphi = 45^\circ$  по зовнішньому діаметру (рис. 1. б), конічної форми з подвійним кутом  $\varphi$  і  $\varphi_1$  (рис. 1. в) параболічну (рис. 1. г) і з подрібненим кроком (рис. 1. д).



**Рис. 1. Конструктивні форми забірної частини безстружечних мітчиків:**  
а) конічна повнопрофільна; б) циліндрична різьба з конусом по зовнішньому діаметру; в) конічна повнопрофільна з подвійним кутом; г) параболічна; д) конічна з подрібненим кроком

Спотворення кроку  $\Delta P$  (рис. 2.) по вершинах витків в перехідній зоні (в зоні переходу конічної різьби в циліндричну) є одним з головних конструктивних недоліків безстружечних мітчиків з конічною повнопрофільною забірною частиною.

Спотворення кроку різьби по вершинах витків утворюється внаслідок того, що шліфувальний круг (рис. 2.), починаючи від точки А (точки перетину основного циліндра і основного конуса), бере участь одночасно у двох рухах: горизонтальному (уздовж осі



мітчика) і вертикальному (по конічному копіру). Додавання зазначених рухів призводить до підрізання кругом профілю різьби і зміщення вершин витка в перехідній зоні на величину  $\Delta P$ , в результаті чого положення фактичного профілю на забірній частині не відповідає теоретичному. Різниця в положеннях профілів призводить до того, що забірні і калібруючі частини мітчика мають як би дві різні різьби, мають однаковий крок, але зміщені відносно один одного на величину  $\Delta P$ . З трикутника BCD:  $CD = CB \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2$ , але  $CB = P \cdot \operatorname{tg} \varphi$  звідси

$CD = P \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2$ . Так як  $FG = -\frac{1}{2} \cdot CD$ , тоді отримаємо:

$$\Delta P = \frac{P}{2} \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2. \quad (1)$$

З формули (1) випливає, що спотворення кроку  $\Delta P$  по вершинах витків зростає зі збільшенням кута забірної конуса і кроку різьби.

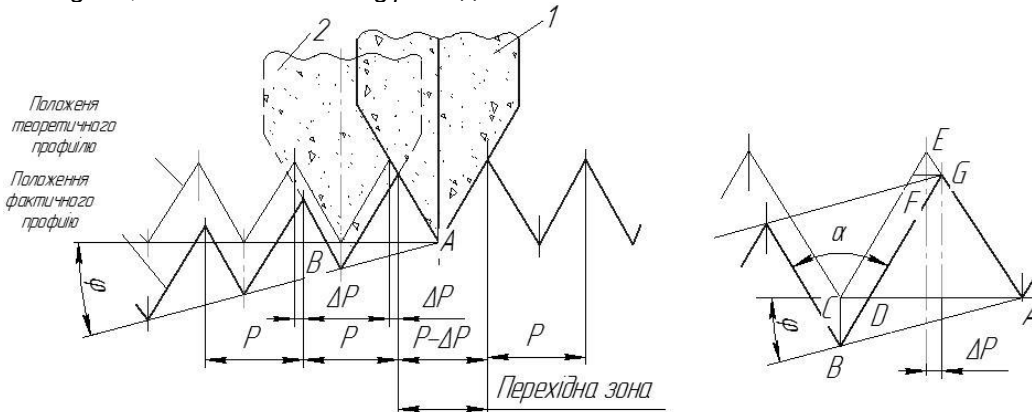


Рис. 2. Спотворення кроку по вершинах різьби у мітчиків з конічною повнопрофільною забірною частиною

Спотворення кроку в перехідній зоні викликає особливі умови навантаження розташованих тут вершин (рис. 3). Якщо перший і другий витки забірної частини, які беруть участь в роботі, відчувають тиск, що виникає при вдавлюванні жорсткого клина (вдавлюється по обидва боки), то третій виток (перехідний) внаслідок зсуву кроку знаходиться під дією одностороннього тиску, так як бічною поверхнею (рис. 4) він переміщує в осьовому напрямку на відстань  $\Delta P$  фактично повністю сформований профіль різьби гайки, тобто працює за схемою вдавлювання плоского

штампа, а не клина. Навантаження, при якому настає пластичне деформування металу при видавлюванні плоского штампу (без тертя),

$$P = \sigma_T \cdot l \left(1 + \frac{\pi}{2}\right). \quad (2)$$

Якщо умовно розглядати виток різьби мітчика як клиновидну балку, защемлену з однією стороною в тілі мітчика (рис. 4), то головні напруження і їх напрямки визначають по нормальних і дотичних напруг в поперечному напрямку.

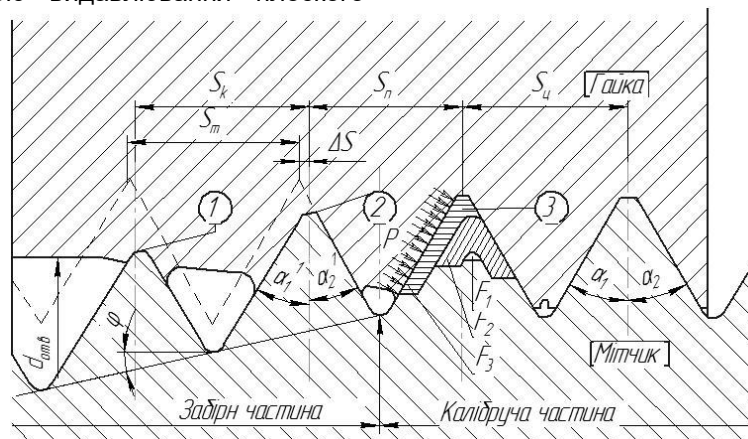


Рис. 3. Схема формування профілю різьби безстружечними мітчиками з конічною схемою деформування

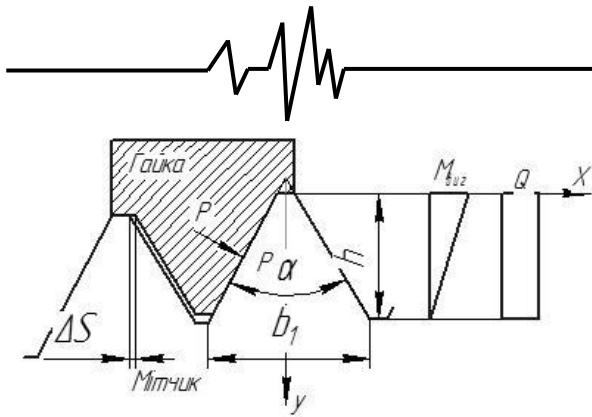


Рис. 4. Сили що діють на виток, розташовані в перехідній зоні

Рівнодіючу силу розподілену по витку різьби навантаження можна вважати прикладеною в середині витка. В цьому випадку нормальні і дотичні напруження при згині можна розрахувати за формулою:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\text{виз}}}{W} = \frac{6 \cdot \sigma_T \cdot l \left(1 + \frac{\pi}{2}\right) \cdot h' \cdot \cos \alpha / 2}{b_1^2}, \quad (3)$$

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_T \cdot l \left(1 + \frac{\pi}{2}\right) \cdot S \cos \alpha / 2}{I \cdot b}, \quad (4)$$

де  $M_{\text{виз}}$  – момент, що вигинає балку;  $W$  – модуль опору розрахункового перерізу балки;  $h'$  – відстань від основи витка до точки прикладання рівнодіючої сили;  $b_1$  – товщина витка, виміряна в осьовому напрямку;  $S$  – статичний момент відсіченої частини перерізу;  $I$  – момент інерції перерізу;  $l$  – довжина бокової поверхні різьби гайки.

Обчислення за формулами (3) і (4) показують, що при виготовленні різьби в матеріалах з  $\sigma_T > 3 \cdot 10^8$  Н/мм<sup>2</sup> мітчиками зі сталі Р18 з кутом забірної конуса  $\varphi > 15^\circ$  витки перехідної зони від спільної дії поперечної сили і згинаючого моменту повинні зрізатися. Це підтверджується експериментальними дослідженнями, виконаними в роботі [7, 8]. Таким чином, геометрична несумісність між профілем різьби мітчика і утвореною ним різьбою є однією з головних причин викривлення вершин, розташованих в перехідній зоні і різкого зростання крутного моменту різьбовидавлювання.

З метою усунення спотворення кроку в перехідній зоні запропоновано кілька варіантів виконання і способів шліфування забірної частини. Так, в роботах [3, 4] спотворення кроку усувається виготовленням на забірній частині несиметричного профілю різьби. Однак, складність виготовлення такого інструменту і неповне усунення дії згинального моменту на перехідний виток не дають підстави вважати цей варіант прийнятним для практичного використання. У роботах [5, 6] для

профілювання забірної частини отримано рівняння комплексної кривої, яка забезпечує лише плавне зменшення спотворення кроку до кінця забірної частини, не усуваючи його повністю, а тільки розподіляючи на більше число витків. Для зменшення навантаження на перехідний виток пропонується збільшення числа граней мітчика до 6 і більше. Але спостерігається при цьому зростання крутного моменту зі збільшенням числа граней що також є небажаним явищем. У роботі [2, 4] пропонується обробляти профіль різьби мітчика одноритковим кругом з корекцією кроку, виробленим шляхом двох перебудов верстата на різні кроки. Необхідність орієнтації круга щодо заданої точки на інструменті і перебудов верстата роблять запропонований спосіб малопродуктивним і не забезпечують відповідної точності. Шліфування ж робочої частини багаторитковим колом, на якому виконаний профіль різьби з витриманим по западинах кроком, також вимагає точного встановлення кола відносно границі, яка розділяє конічну і циліндричну частини заготовки.

Рекомендації по призначенню величини кута забірної конуса досить суперечливі. Так, для наскрізних отворів в роботах [9, 10, 11] пропонується довжину забірної частини дорівнювати  $(1 \dots 3)P$  і  $20P$ . Оптимальна висота отворів для таких розмірів забірної частини при цьому не вказується.

У раніше проведених експериментальних дослідженнях [11] встановлено, що стійкість безстружечних мітчиків підвищується зі зменшенням кута  $\varphi$ , а отже, застосування мітчиків з короткою забірної частиною нераціонально. Встановлено також, що значення кута  $\varphi = 1^\circ$  слід вважати оптимальним при обробці наскрізних отворів з довжиною різьби  $(0,8 \dots 1,0) \cdot d_6$ .

Підставляючи значення кута  $\varphi = 1^\circ$  в формулу (5), отримаємо, що спотворення кроку по вершинах витків для різьби М8:

$$\Delta P = \frac{P}{2} \cdot \text{tg} \varphi \cdot \text{tg} \alpha / 2 = \frac{1,25}{2} \cdot \text{tg} 1^\circ \cdot \text{tg} 30^\circ = 0,0125 \text{ мм.} \quad (5)$$

За аналогією отримаємо, що для різьби М10 і М12 величина  $\Delta P$  відповідно становить 0,0151 мм і 0,0176 мм.

Як показують обчислення, навіть при такому малому значенні кута  $\varphi = 1^\circ$  ( $l_1 = 20P$ ), величини спотворення кроку різьби досягають значних величин, що не може не відбиватися негативно на процесі різьбо видавлювання. Тому, з огляду на специфічні властивості нержавіючих сталей доцільне збільшення довжини забірної частини мітчиків до  $30P$ .





**Мета роботи** – дослідження впливу конструкції і розмірів забірної і калібруючої поверхні безстружечних мітчиків на процес видавлювання різьби в нержавіючих сталях з цілю підвищення продуктивності процесу і стійкості інструменту.

**Викладення основного матеріалу.**

**Діаметр переднього торця заірної частини.** Безстружечні мітчики, на відміну від ріжучих, не мають гострих кромки на робочих вершинах і тому краще центруються по отвору, підготовленому під різьбу. Отже, діаметр переднього торця  $d_T$  заірної частини безстружечних мітчиків доцільно збільшити до максимально можливих значень, так як зі зростанням діаметра  $d_T$  (рис. 5) збільшується, при одній і тій же довжині заірної частини  $l_1$ , число вершин мітчика, що беруть участь в

формуванні нарізного профілю гайки (збільшується ефективна  $l_{ef}$  довжина заірної частини і зменшується довжина  $l_{bx}$  вхідної ділянки). Виходячи з цих міркувань, в дослідних партіях мітчиків М8, М10 і М12 величина зазору  $S$  (рис. 5) між діаметром  $d_T$  торця мітчика і номінальним діаметром, призначеним для контролю вихідного отвору під різьбу, рівна  $\approx 0,02$  мм. У разі виготовлення отворів під різьбу по найбільших граничних розмірах, величина зазору  $S$  дорівнюватиме – 0,1 мм. Якщо довжину  $l_1$  заірної частини мітчиків прийняти рівною  $30P$  (де  $P$  – крок різьби, мм), то величина зазору  $S \approx 0,02$  мм; довжина ділянки заірної частини мітчика  $l_{bx}$ , який вільно входить в отвір становить приблизно 2 мм, а при  $S \approx 0,1$  мм  $l_{bx} \approx 11$  мм.

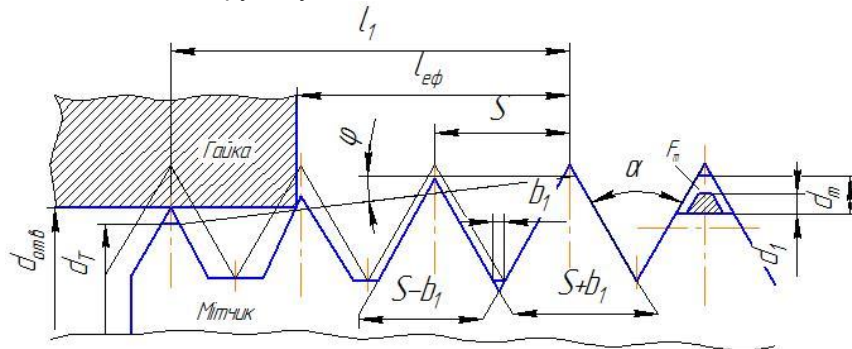


Рис. 5. Схема для визначення діаметра переднього торця мітчика

**Зовнішній діаметр.** Відомо, що критерієм стійкості безстружечних мітчиків є знос по зовнішньому діаметру, при якому припиняється згинчування прохідного нарізного калібру з різьби гайки. Тому призначення оптимального розміру зовнішнього діаметра має важливе практичне значення.

Здавалося б, що з метою підвищення стійкості необхідно дати для зовнішнього діаметра максимальний гарантований запас на знос. Однак, з іншого боку, надмірно гострі вершини більш схильні до припикання в процесі шліфування різьби і, внаслідок цього, можуть викликати підвищений знос мітчика по зовнішньому діаметру.

Крім того, зі зменшенням зовнішнього діаметра різьби мітчика зменшується загальна висота профілю видавленої різьбою гайки, що сприяє зменшенню сил на деформацію металу.

У даній роботі бралися зразки безстружечних мітчиків М6...М16, їх зовнішній діаметр визначається за формулою:

$$d_n = (d_0 + 0,10)_{-0,02} \text{ мм}, \quad (6)$$

де  $d_0$  – номінальний діаметр різьби, мм.

Отже, гарантований запас на знос для всіх мітчиків був прийнятий однаковим і становив 0,08 мм.

**Середній діаметр.** До числа оптимізованих параметрів, крім форми і розмірів поперечного перерізу мітчика, форми і розмірів його заірної частини і зовнішнього діаметра, слід також віднести і середній діаметр, котрий є основною величиною, що впливає на розміри утвореної різьбою

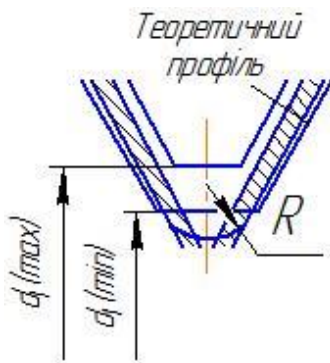
**Внутрішній діаметр.** При призначенні внутрішнього діаметра необхідно враховувати, що безстружечні мітчики за принципом роботи поділяються на дві групи: внутрішній діаметр не бере участі в формуванні вершин видавленої різьби і не обмежується точними розмірами (відкритий контур, 1 група); внутрішній діаметр обмежений допуском і, внаслідок цього, формує вершину різьби (закритий контур, 2 група).

При видавлюванні різьби мітчиком з відкритим контуром на вершині профілю утворюється своєрідна складка металу, кратер. Мітчик з закритим контуром утворює вершину різьби, відповідного контуру западини різьби мітчика. Залежно від матеріалу деталі і вимог, що пред'являються до різьби, мітчики можуть бути виготовлені як з відкритим, так і з закритим контуром.



Експериментальними дослідженнями встановлено, що виготовлення різьби мітчиками з закритим контуром в чорних металах утруднено, так як навіть при незначному переповненні профілю різьби мітчика матеріалом гайки (в силу неминучих неточностей діаметра підготовленого під різьбу отвора) відбувається різке зростання крутного моменту і заклинювання мітчика, що приводить до його поломки. Тому мітчики з закритим контуром застосовувати при обробці чорних металів недоцільно. Мітчики з відкритим контуром більш прості у виготовленні, і крутний момент різьбовидавлювання при роботі ними менше. Однак, якість вершин різьби і точність розмірів вищі при використанні мітчиків з закритим контуром.

Найбільший внутрішній діаметр мітчиків з відкритим контуром може бути прийнятий рівним номінальному внутрішньому діаметру різьби гайки (рис. 6).



**Рис. 6. Схема допусків внутрішнього діаметра гайки і внутрішнього діаметра безстружечного мітчика з відкритим контуром**

Нижнє відхилення внутрішнього діаметра різьби мітчика в цьому випадку не регламентується. Западина може мати закруглену форму, але закруглення кутів не повинно заходити за лінію найменшого внутрішнього діаметра різьби гайки.

**Калібруюча частина.** Профіль різьби, що видавлюється, остаточно формується першим витком калібруючої частини. Наступні витки служать в основному для направлення мітчика і забезпечення переміщення його по подачі (самозатягування).

Експериментально встановлено, що в міру зносу першого витка знос поступово поширюється на наступні витки калібруючої частини, а роль калібрування переходить від першого витка до другого і т.д. При обробці наскрізних отворів знос може поширюватися на значну кількість витків. Але зі збільшенням їх числа зростає машинний час обробки. Тому застосування мітчиків з калібруючою частиною, що має більш ніж 6-10 витків недоцільно.

**Зворотна калібруюча конусність.**

Дослідженнями встановлено, який крутний момент, що виникає при різьбовидавлюванні, доповнюється моментом, що з'являються внаслідок тертя між різьбовою поверхнею циліндричної ділянки і профілем видавленим різьбою. Для зменшення крутного моменту бажано робити мітчики з тонкою калібруючою частиною, тобто зі зменшенням зовнішнього, середнього і внутрішнього діаметрів в напрямку до хвостовика.

Експерименти показали, що величина зменшення крутного моменту при роботі мітчиками, що мають зворотну конусність що калібрує, в порівнянні з мітчиками, що мають циліндричну калібруючу частину, залежить від висоти гайки і величини пружного відновлення розмірів різьбового отвору, яка, в свою чергу, визначається фізико-механічними властивостями оброблюваного матеріалу. Чим більша величина пружного відновлення, тим більшою мірою позначається наявність зворотної конусності калібруючих мітчиків на зменшення крутного моменту. При цьому збільшення зворотної конусності більш ніж 0,15 мм на 100 мм довжини не приводить до помітного зниження крутного моменту

**Змащувально-охолоджуюча рідина.** Вирішальне значення при видавлюванні різьби набуває мастило. Мастило запобігає нарощуванню матеріалу на робочій поверхні інструменту і гарантує, що крутний момент не буде дуже великим. Тому мастило повинно застосовуватися завжди. Для змащення при різьбовидавлюванні найкраще підходять графітовмісні масла, що використовуються при обробці матеріалів тиском.

**Висновки.** Оптимізовано параметри використання безстружечних мітчиків та визначено переваги їх застосування в процесі видавлювання різьби, що полягають у наступному:

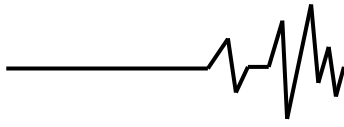
- не утворюється стружка;
- різьба в наскрізному і глухому отворі може бути виготовлена одним і тим же інструментом;
- виключаються помилки кроку різьби і кута профілю в тому вигляді, в якому вони можуть з'явитися в нарізаній різьбі;
- після проходження мітчика, шорсткість обробленої поверхні не потрібно додатково нічим обробляти;
- безстружкові мітчики можуть працювати з більш високою частотою обертання, тому що пластичність багатьох матеріалів зростає зі збільшенням швидкості обробки; на стійкість це негативне впливає;
- існує незначна можливість поломки завдяки жорсткій конструкції інструменту.

**Список використаних джерел**

1. Любін М. В. Дослідження процесу пластичного формоутворення внутрішньої метричної різі інструментом з радіальним переміщенням деформуючих пластин : автореф. дис. на здобуття канд. техн. наук : 05.03.05. Вінниця, 1997. 17 с.
2. Любін Н. В. Исследование процесса пластического формообразования внутренней метрической резьбы инструментом с радиальным перемещением деформирующих пластин : дис. ... канд. техн. наук: 05.03.05 / Винница, Винницкий гос. технический ун-т., 1997. 256 с.
3. Огородников В. А., Нахайчук О. В., Любін М. В. Використаний ресурс пластичності металу в процесі видавлювання внутрішньої різі. Вестник ВПИ. 1998. №1. С.68–72.
4. А. с. 882690, МПК В21Н 3/08. Бесстружечный метчик / Г. П. Урлапов, Н. В. Любін. № 2737401/25-08 ; заявл. 19.03.79 ; опубл. 23.11.81, Бюл. № 43.
5. Меньшаков В. М., Урлапов Г. П., Середя В. С. Бесстружечные метчики. М. : «Машиностроение», 1976. 167 с.
6. Turych V., Veselovska N., Rutkevych V., Shargorodsky S. Investigation of the process of thread extrusion using the ultra sound. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. №6/1(90). P. 60–68.
7. Веселовська Н. Р., Турич В. В., Руткевич В. С. Контактна взаємодія інструмента з деталлю у процесах поверхневого пластичного деформування з ультразвуком. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2017. № 2(85). С. 51–58.
8. Любін М. В., Токарчук О. А. Вплив хіміко-термічної обробки інструменту на процес виготовлення метричних різей у важкооброблюваних сталях. *Вібрації в техніці та технологіях*. Вінниця ВНАУ, 2019. № 1 (92). С. 48–55.
9. Любін М. В., Токарчук О. А. Вплив способу кріплення безстружкових мітчиків на процес витискування різьби. *Вібрації в техніці та технологіях*. Вінниця ВНАУ, 2019. № 2 (93). С. 56–61.
10. Любін М. В., Токарчук О. А. Аналіз конструктивних і технологічних рішень, спрямованих на ефективність виробництва при виготовленні різьбових отворів в нержавіючих сталях. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. – 2018. № 4. С. 57–64.
11. Токарчук О. А. Аналіз впливу форми і розмірів поперечного перерізу безстружкових мітчиків на процес видавлювання різьби. *Вібрації в техніці та технологіях*. Вінниця ВНАУ, 2020. № 2 (97) С. 108–122.

**Список джерел у транслітерації**

1. Lyubin, M. V. (1997). *Doslidzhennya procesu plastichnogo formoutvorennya vnutrishnoyi metricnoyi rizi instrumentom z radialnim peremishhennyam deformuyuchikh plastin* [Investigation of the process of plastic molding of an internal metric cut with a radial displacement tool of deforming plates]. (*Extended abstract of Candidate's thesis*). Vinniczya. [in Ukrainian].
2. Lyubin, N. V. (1997). *Issledovanie processa plasticheskogo formoobrazovaniya vnutrennej metricheskoj rezby instrumentom s radialnym peremeshheniem deformiruyushhikh plastin* [Investigation of the process of plastic forming of internal metric threads with a tool with radial movement of deforming plates]. (*Candidate's thesis*). Vinniczka, Vinniczkiy gos. tekhnicheskij un-t. [in Russian].
3. Ogorodnikov, V. A., Nakhajchuk, O. V., Lyubin, M. V. (1998). *Vikoristanij resurs plastichnosti metalu v procesi vidavlyuvannya vnutrishnoyi rizi* [The resource of plasticity of metal in the process of extrusion of an internal cut is used]. *Vestnik VPI*. 1. 68–72. [in Ukrainian].
4. Patent № 882690, МПК В21Н 3/08. *Besstruzhechnyj metchik [Chiplless tap]* / G. P. Urlapov, N. V. Lyubin. № 2737401/25-08 ; yayavl. 19.03.79; opubl. 23.11.81, Byul. № 43. [in Russian].
5. Menshakov, V. M., Urlapov, G. P., Sereda, V. S. (1976). *Besstruzhechnye metcheki [Chiplless taps]*. M. : «Mashinostroenie». [in Russian].
6. Turych, V., Veselovska, N., Rutkevych, V., Shargorodsky, S. (2017). Investigation of the process of thread extrusion using the ultra sound. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6/1(90). 60–68. [in English].
7. Veselovska, N. R., Turich, V. V., Rutkevich, V. S. (2017). *Kontaktna vzayemodiya instrumenta z detallyu u procesakh poverkhnevogo plastichnogo deformuvannya z ultrazvukom* [Contact of the tool with the part in the processes of surface plastic deformation with ultrasound]. *Vibracziyi v tekhnici ta tekhnologiyakh*. 2(85). 51–58. [in Ukrainian].
8. Lyubin, M. V., Tokarchuk, O. A. (2019). *Vpliv khimiko-termichnoyi obrobki instrumentu na proces вигotvlennya metricnikh rizej u vazhkoobroblyuvanikh stalyakh* [Influence of chemical-thermal treatment of the tool on the process of manufacturing of metric cuts in hard-machined steels]. *Vibracziyi v tekhnici ta tekhnologiyakh*. Vinniczya VNAU, 1(92), 48–55. [in Ukrainian].
9. Lyubin, M. V., Tokarchuk, O. A. (2019). *Vpliv sposobu kriplennya bezstruzhkovikh mitchikiv na proces vitiskuvannya rizbi* [The influence of the method of fastening the stringless



taps on the process of squeezing the thread]. *Vibracziyi v tekhnici ta tekhnologiyakh. Vi`nniczya VNAU*, 2(93), 56–61. [in Ukrainian].

10. Lyubin, M. V., Tokarchuk, O. A. (2018). Analiz konstruktivnikh i tekhnologichnikh rishen, spryamovanih na efektyvnist virobnytva pri vigotovlenni rizbovikh otvoriv v nerzhaviyuchikh stalyakh [Analysis of structural and technological solutions aimed at production efficiency in the manufacture of threaded holes in stainless steels]. *Tekhnika, energetika, transport APK*, 4(103), 57–64. [in Ukrainian].

11. Tokarchuk, O. A. (2020). Analysis of the influence of the form and dimensions of the cross-section of cleanless tapers on the process of extracting threads. *Vibrations in engineering and technology*, 2(97), 108–122. [in Ukrainian].

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ И РАЗМЕРОВ ЗАБОРНОЙ И КАЛИБРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ БЕССТРУЖЕЧНЫХ МЕТЧИКОВ НА ПРОЦЕСС РЕЗЬБОВЫДАВЛИВАНИЯ

Анализ современных существующих методов получения внутренних резьб показал, что одним из перспективных методов, со значительными технологическими возможностями и высокой производительностью, является метод пластического формообразования (выдавливание) резьбы безстружечной метчиками.

Комплекс известных мер, направленных на повышение устойчивости метчиков и их надежности, заключающиеся в создании новых инструментальных материалов, усовершенствование конструкции и оптимизации геометрии режущей части метчиков, улучшении качества рабочих поверхностей, применении новых видов охлаждения и оптимальных настроек, не решают окончательного вопроса высокопроизводительного и качественного изготовления резьбовых отверстий в нержавеющей и жаропрочных сталях не только на высокоавтоматизированном оборудовании, но даже и на обычном.

Обосновано, что наибольшее распространение получили метчики с конической полнопрофильной заборной частью; искажения шага  $\Delta P$  по вершинам витков в переходной зоне является одним из главных конструктивных недостатков безстружечных метчиков. Представлена схема формирования профиля резьбы безстружечными метчиками с конической схемой деформирования. Доказано, что геометрическая несовместимость между профилем резьбы метчика и образованной им

резьбой является одной из главных причин выкрашивание вершин, расположенных в переходной зоне и резкого роста крутящего момента резьбовыдавливания. Оптимизированы параметры безстружечных метчиков и определены преимущества их использования в процессе выдавливания резьбы.

Основные задачи исследования: исследовать силовые особенности процесса изготовления резьбовых отверстий бесстружечными метчиками в деталях из нержавеющей стали с целью разработки оптимальных конструкций метчиков для сквозных и глухих отверстий; разработать технологический процесс изготовления бесстружечных метчиков необходимой технологической оснастки к шлифовальному станку, а также для шлифовки нарезного профиля метчиков.

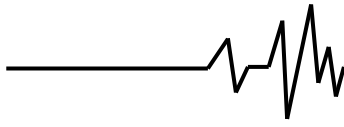
**Ключевые слова:** метчик, выдавливание резьбы, нержавеющая сталь, резьбовое отверстие, резьба.

### RESEARCH ON INFLUENCE OF CONSTRUCTIONS SIZES OF THE INTAKE AND CALIBRATION SURFACE OF CHIPLESS TAPS FOR THE PROCESS OF EXTRACTION OF THREAD

The analysis of modern existing methods for producing internal thread showed that one of the most promising methods, with significant technological capabilities and high productivity, is the method of plastic shaping (extrusion) of the thread with chipless taps.

The complex of known measures aimed at increasing the stability of taps and their reliability, consisting in the creation of new tool materials, improvement of the design and optimization of the geometry of the cutting part of the taps, improvement of the quality of working surfaces, the use of new types of cooling and optimal settings, do not solve the final issue of high performance and high quality manufacturing of thread holes in stainless and heat-resistant steels not only on highly automated equipment, but even on conventional ones.

It is substantiated that the most widespread are taps with a conical full-profile intake part; distortion of the pitch  $\Delta P$  at the tops of the turns in the transition zone is one of the main design disadvantages of chipless taps. A diagram of the formation of a thread profile by chipless taps with a conical deformation pattern is presented. It is proved that the geometric incompatibility between the thread profile of the tap and the thread formed by it is one of the main reasons for the chipping of the tops located in the transition zone and a sharp increase in the torque of the thread extrusion. The parameters of chipless taps are optimized and



the advantages of their use in the process of thread extrusion are determined.

The main objectives of the research: to investigate the power features of the process of manufacturing threaded holes with chipless taps in stainless steel parts in order to develop optimal designs of taps for through and blind holes; to

develop a technological process for the manufacture of chipless taps of the necessary technological equipment for a grinding machine, as well as for grinding the threaded profile of taps.

**Key words:** tap, thread extrusion, stainless steel, threaded hole, thread.

#### **Відомості про авторів**

**Токарчук Олексій Анатолійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: tokarchuk@vsau.vin.ua).

**Купчук Ігор Миколайович** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри «Загальнотехнічних дисциплін та охорони праці» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: kupchuk.igor@i.ua).

**Токарчук Алексей Анатольевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологических процессов та оборудования перерабатывающих и пищевых производств Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина, 21008, e-mail: tokarchuk@vsau.vin.ua).

**Купчук Игорь Николаевич** - кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «общетехнических дисциплин и охраны труда» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина, 21008, e-mail: [kupchuk.igor@i.ua](mailto:kupchuk.igor@i.ua)).

**Tokarchuk Oleksii** – PhD, Associate Professor of the Department of «Technological Processes and Equipment for Processing and Food Productions» of the Vinnytsia National Agrarian University (St. Solnyshchnaya, 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: tokarchuk@vsau.vin.ua).

**Kupchuk Igor** – *candidate of technical sciences (Ph.D in Engeneering)*, Senior Lecturer of the Department of General Technical Disciplines and Occupational Safety of Vinnitsa National Agrarian University (Sonyachna St., 3, Vinnitsa, Ukraine, 21008, e-mail: kupchuk.igor@i.ua).