

С.С. Некрасов, к.т.н., доц.  
 А.Ю. Довгополов, аспірант  
 С.О. Чигрин, студент  
 І.В. Калюжний, студент  
 Сумський державний університет

**Спосіб обробки круглої зовнішньої різьби з великим кроком**

За рахунок певних змін реалізації способу обробки круглих внутрішніх різьб мірним інструментом [14], а також при використанні додаткового обладнання, а саме однозубого різального інструменту, що має можливість оброблення зовнішньої циліндричної поверхні, та розточувального пристрою, запропоновано адаптувати вищезазначений спосіб для виготовлення зовнішніх різьб. У процесі адаптації було розроблено технологію, що дозволяє виготовити круглу зовнішню різьбу будь-якого типорозміру за один прохід. На основі розробленої технології та за рахунок використання однозубого різального інструменту і розточувального пристрою були проведені дослідження, в результаті яких встановлена можливість механічного оброблення різьбових вставок цією технологією. Проведені дослідження дали можливість виготовити металеві вставки із зовнішньою круглою різьбою з великим кроком запропонованим способом. Необхідно відзначити, що спосіб не потребує використання спеціалізованого дорогого обладнання, для нарізання круглої різьби з великим кроком.

**Ключові слова:** кругла різьба; розточувальний пристрій; однозубий різальний інструмент; обробка круглої різьби; механічне оброблення зовнішньої різьби.

**Вступ. Актуальність проблеми.** Кругла різьба використовується в машинобудуванні в обмежених випадках. В основному для з'єднання тонкостінних труб між собою, чи для деталей при роботі з якими легкість згвинчування відіграє важливу роль, або ж коли різьбове з'єднання працює в забрудненому середовищі. Нерідко, круглу різьбу застосовують в санітарно-технічній арматурі чи коли за способом обробки недоцільне використання профільної, наприклад для жести, скла, керамічних матеріалів, штучних смол [1, 2]. До деталей, в яких виконують круглу різьбу, можна віднести: з'єднувальні й перехідні муфти, гайки, деталі водопровідної і тому подібної арматури. Оскільки кругла різьба добре працює в умовах забрудненої різьбової поверхні, то її нерідко нарізають на виробах, що експлуатуються у важких умовах [3]. Цей тип різьби характеризується великою довжиною профілю, відсутністю гострих кутів на витках і великим кутом підйому гвинтової лінії для опору динамічним навантаженням у процесі експлуатації таких з'єднань [4].

Деталі, на яких формуються кругла різьба шляхом різання (профіль круглої різьби з основними параметрами показаний на рисунку 1) мають певні труднощі при їх виготовленні. Труднощі виникають при нарізанні на деталях як зовнішнього так і внутрішнього профілю різьби, оскільки кругла різьба має профіль який характеризується малим внутрішнім діаметром та великий кроком, по відношенню до діаметру.

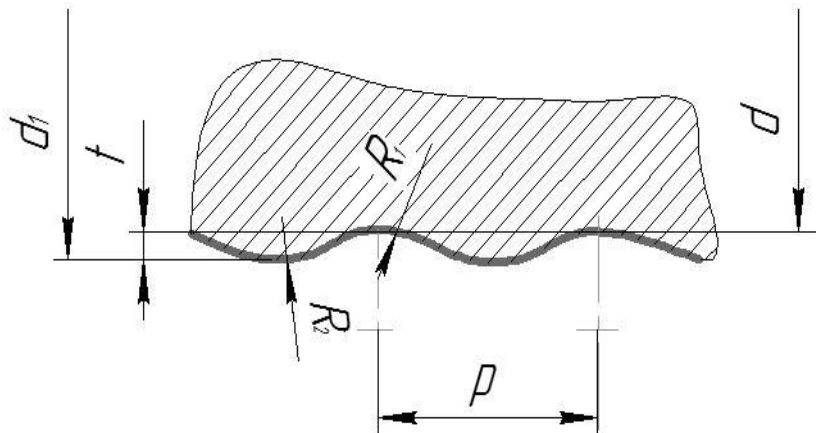


Рис. 1. Профіль круглої різьби із зазначенням всіх основних параметрів:  
 $d_1$  – зовнішній діаметр різьби;  $d$  – внутрішній діаметр різьби;  $t$  – глибина профілю;  $p$  – крок різьби;  $R_1$  та  $R_2$  – радіуси западин і виступів різьб відповідно

На сьогодні відомі такі способи обробки круглої різьби, з великим кроком та малим внутрішнім діаметром:

- точіння фасонним різцем із застосуванням стандартного циклу нарізання різьби за декілька проходів;
- точіння стандартним різцем зі змінною глибиною різання;
- порядкове точіння стандартним різцем.

Кожен із запропонованих способів відрізняється один від одного кінематикою рухів, застосуванням інструментом і способом формоутворення.

Якщо розглянути перший із вищенаведених способів, а саме це точіння фасонним різцем методом стандартного нарізання різьби за декілька проходів, то припуск у цьому способі знімається завдяки синхронному обертанню деталі й прямолінійному переміщенню фасонного різця вздовж її осі. За один оберт заготовки різець переміщається на відстань, що дорівнює кроку різьби, при цьому врізання за глибиною здійснюється за декілька проходів. Спосіб аналогічний нарізання метричної різьби різцем на токарному верстаті. Глибина кожного проходу зазвичай різна. Для кожного конкретного профілю різьби визначається оптимальна величина площі поперечного перерізу зрізаного різцем шару, що в процесі різання повинна залишатися незмінною або наблизитися до неї. Це забезпечується зменшенням глибини різання за кожним проходом [5]. Модель точіння фасонним різцем із застосуванням стандартного циклу нарізання різьби за декілька проходів наведена на рисунку 2.

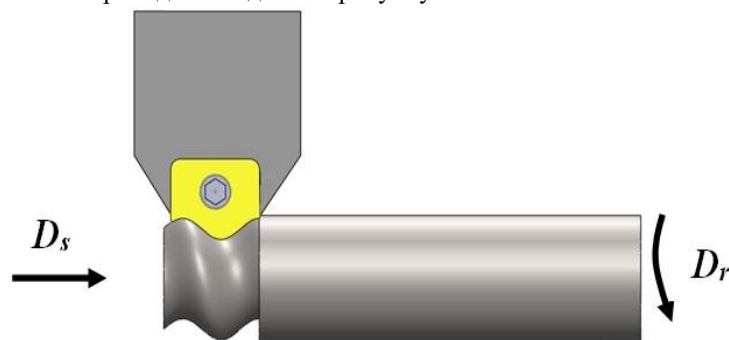


Рис. 2. Модель точіння фасонним різцем із застосуванням стандартного циклу нарізання різьби за декілька проходів

Недоліками цього способу обробки, є:

- необхідність використання спеціальних різьбових різців і пластин;
- необхідність обробки за кілька проходів;
- велика сила різання;
- низька стійкість інструменту;
- виконання технологічної канавки для виходу різця [6].

Варіації цього способу поширені в таких наукових працях і винаходах [7–10]. Основними недоліками способу у більшості вищерозглянутих працях, є підвищені вібрації внаслідок великої довжини контакту різальної кромки та деталі і, як наслідок, погіршення якості поверхні та зменшення продуктивності процесу обробки. До недоліків цього методу також можна віднести необхідність використання спеціалізованих вартісних різальних пластин [7] для кожного кроку різьби, що значно підвищує собівартість її обробки.

Вище зазначений спосіб обробки круглої різьби кардинально відрізняється від попереднього, оскільки реалізувати цей спосіб можна лише на верстатах що дозволяють складну кінематику рухів, вони повинні забезпечувати синхронність обертання шпинделя і радіальне зворотно-поступальне переміщення різця. Адже при точінні стандартним різцем зі зміною глибиною різання (рис. 3) зняття припуску здійснюється за рахунок поєднання рівномірного обертального руху деталі й прямолінійного вздовж її осі та одночасно радіального зворотно-поступального руху різця. Точіння необхідного профілю різьби можна здійснювати за один прохід. Подача в даному разі визначається не кроком різьби, а нормативними значеннями для конкретної використовуваної пластини, матеріалу деталі, глибини профілю і заданої шорсткості оброблюваної поверхні [10].

Основна проблема під час реалізації даного способу – виконання синхронних рухів для здійснення обробки, для цього необхідне використання спеціально оснащеного токарного верстата, що забезпечує синхронність обертання шпинделя і радіальне зворотно-поступальне переміщення різця, або використання верстату із ЧПК з керованою С-віссю, що реалізує складну кінематику рухів, змінну глибину різання на вершинах і западинах профілю.

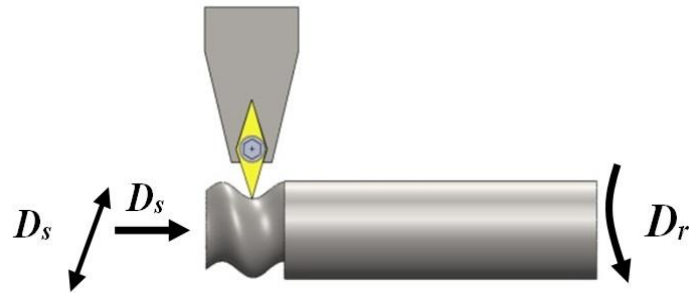


Рис. 3. Точіння стандартним різцем зі змінною глибиною різання

Для обробки круглих різьб також застосовують спосіб точіння стандартним різцем із постійним зміщенням вершини різця вздовж профілю різьби, де знімання припуску здійснюється за рахунок виконання різцем декількох проходів (рис. 4). Кінематичні рухи при цьому є поєднанням синхронного рівномірного обертального руху деталі і прямолінійного руху різця вздовж її осі (рис. 5). Початок кожного нового проходу зміщений щодо попереднього, повторюючи профіль різьби. Величину зміщення в радіальному та осьовому напрямках необхідно дуже точно розраховувати з урахуванням радіуса при вершині, щоб забезпечити отримання необхідного профілю різьби [11]. Величина зміщення нового проходу щодо попереднього повинна бути достатньою для забезпечення необхідної точності та, особливо, шорсткості різьбової поверхні, оскільки в результаті зміщення утворюється макрорельєф на поверхні профілю.

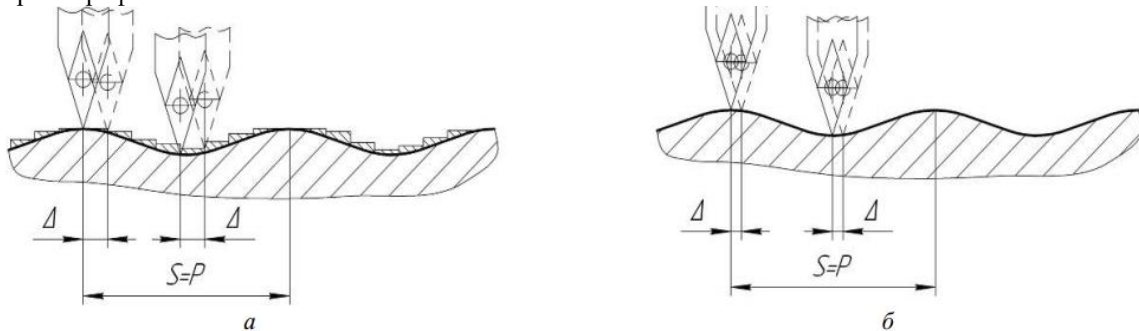


Рис. 4. Схема зрізання припуску при точінні внутрішніх різей стандартним різцем: а) чорнова обробка; б) чистова обробка

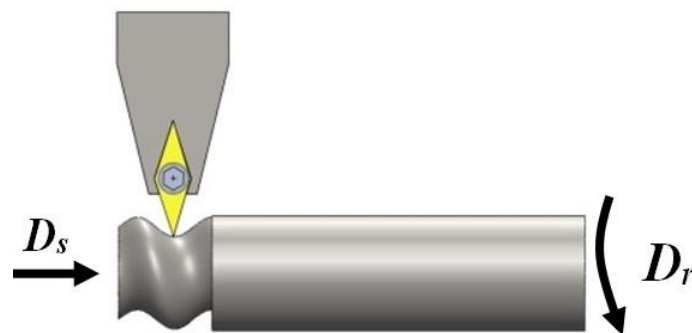


Рис. 5. Модель точіння стандартним різцем

Спосіб може бути реалізований на універсальному обладнанні й характеризується низькими силами різання та вібраціями, що дозволяє забезпечити відносно високу стійкість інструменту [12, 13]. Недолік цього методу полягає в тому, що точність і шорсткість профілю круглої різьби залежить від величини радіальних та осьових зміщень.

Всі вищеписані способи підходять як для обробки внутрішніх так і зовнішніх різьбових поверхонь, оскільки кінематика процесу залишається незмінною в процесі оброблення, а змінюється лише інструмент який використовується для виготовлення різьби. У випадку обробки зовнішньої круглої різьби конструкція інструменту забезпечує можливість його руху по зовнішній поверхні деталі на якій формується різьба, а при виготовленні внутрішньої навпаки.

Ще один спосіб обробки круглої внутрішньої різьби (був запропонований у 2013 році) – це обробка різьбової поверхні мірним інструментом (рис. 6), цей спосіб був узятий за основу для подальшої роботи [14].

Згідно з цим способом, обробку круглої внутрішньої різьби виконують за один прохід. Кінематика самого процесу обробки така: різальному інструменту надають прямолінійного руху вздовж осі заготовки, як різальний інструмент використовують мірну фрезу з діаметром  $D$ , що дорівнює сумі внутрішнього діаметра  $D_I$  різьби, висоти  $H_I$  профілю і допуску  $T_{HI}$  на висоту профілю різьби, з рівномірно розподіленими по периферії фрези різальними пластинами, профіль яких встановлений симетрично відносно площини, перпендикулярної до осі фрези, і з кутом  $\epsilon$  при вершині що дорівнює  $35^\circ \div 90^\circ$ , при цьому фрези надають обертання щодо власної осі й додатково забезпечують коловий рух фрези навколо осі заготовки, узгоджений із прямолінійним рухом фрези таким чином, що за один коловий рух фрези надають прямолінійного руху вздовж осі заготовки, величина якого дорівнює кроку  $p$  різьби, причому діаметр колового руху дорівнює сумі висоти  $H_I$  профілю різьби і допуску  $T_{HI}$  на висоту профілю; крім того, вісь заготовки розміщують паралельно відносно осі обертання фрези.

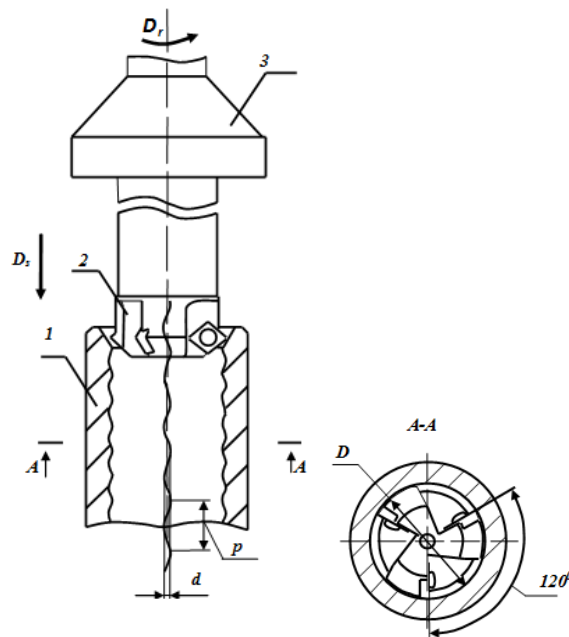


Рис. 6. Спосіб обробки круглої внутрішньої різьби мірним інструментом [15]

Оскільки профіль різьби таким способом одержують як огинаючу послідовного ряду положень різальної кромки інструменту в результаті його переміщення відносно оброблюваної поверхні заготовки, то такий спосіб отримання можна віднести до методу огинання. Більше того, істотною відмінністю цього способу від вихрового нарізання різьби є те, що в розглянутому способі профіль різальної кромки не копіюється на оброблювану поверхню, а різальна кромка знаходиться завжди на оброблюваній поверхні. Обробка різьби способом огинання вперше запропонована лише в 2013 році [14], тому на сьогодні є дуже мало наукових праць що до цього напрямку.

Основним недоліком представленого способу є те, що за даної реалізації процесу обробки його можна використовувати лише для нарізання внутрішніх різьб, а також для кожного типорозміру різьби необхідно виготовляти різальний інструмент необхідного діаметра.

У сучасних умовах швидкого розвитку промисловості та машинобудування є велика потреба виробництв щодо нових універсальних способів обробки, які б потребували як можна менше матеріальних і фізичних затрат для виготовлення продукції, під час реалізації яких не потрібно було б використовувати дорогий інструмент та обладнання для реалізації процесу виготовлення продукції.

**Мета дослідження.** Адаптація способу виготовлення круглої внутрішньої різьби мірним інструментом для обробки круглої зовнішньої різьби будь якого типорозміру, за рахунок застосування однозубого різального інструменту та розточувального пристрою.

#### **Викладення основного матеріалу. Викладення основного матеріалу.**

Як уже зазначалося вище, представлений спосіб формоутворення круглої різьби (рис. 6) має два істотних недоліки. Основним недоліком є те що, за цієї реалізації процесу обробки його можна використовувати лише для нарізування внутрішніх різьб, а також для кожного типорозміру різьби необхідно виготовляти різальний інструмент необхідного діаметра.

Саме за рахунок певних змін у реалізації цього способу, а також використання додаткового обладнання, а саме однозубого різального інструменту та розточувального пристрою (рис. 7 а, б), вдалося адаптувати вищезазначений спосіб для обробки круглих зовнішніх різьб за один прохід.

Спрощена кінематика процесу фрезерування різьби має такий вигляд: різальному інструменту надають прямолінійного руху уздовж осі заготовки, обертання щодо власної осі та колового руху навколо осі заготовки, який узгоджений із прямолінійним рухом різального інструменту вздовж осі заготовки таким чином, що за один коловий рух різальному інструменту надають прямолінійний рух уздовж осі заготовки на величину, що дорівнює кроку  $p$  різьби, крім того, вісь заготовки розміщують паралельно відносно осі обертання різального інструменту. Як різальний інструмент використовують різець, який може формувати діаметр  $d_{інст.}$ , що дорівнює сумі внутрішнього діаметра  $d$  різьби та глибини  $t$  профілю різьби (рис. 7 а).

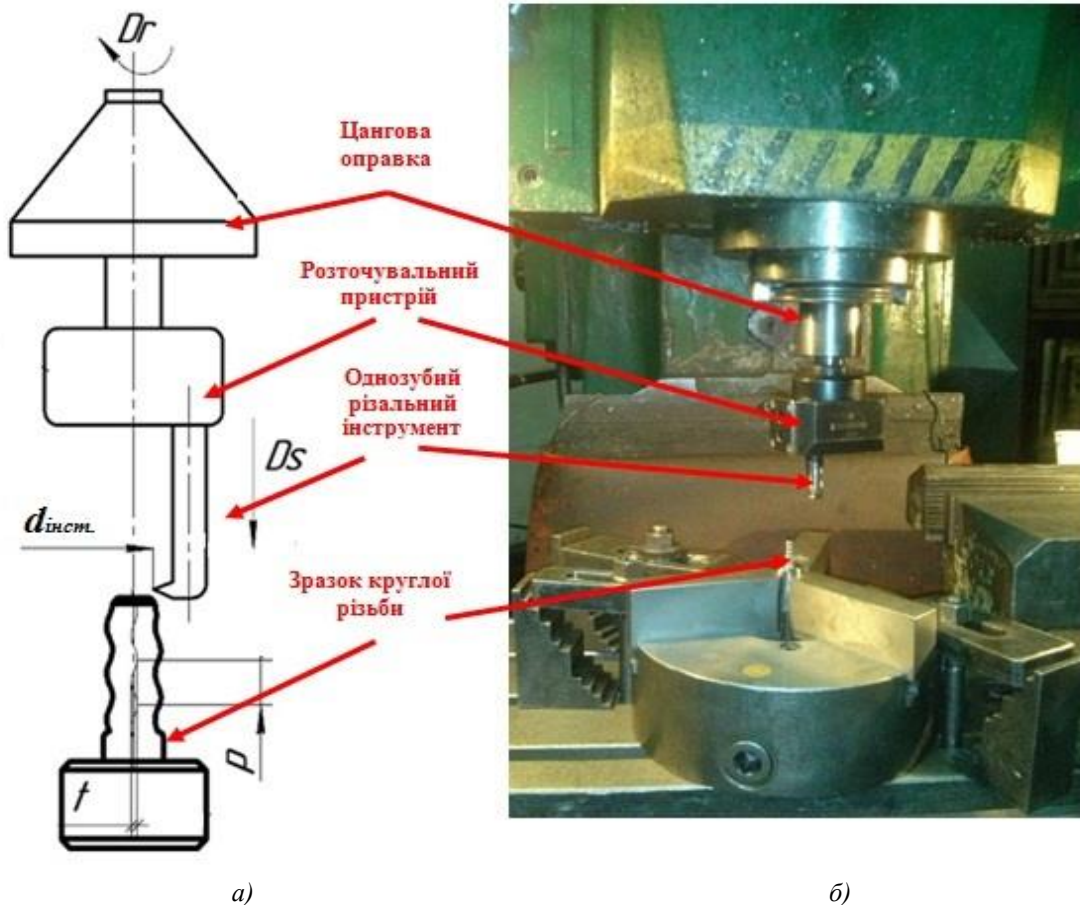


Рис. 7. Запропонований спосіб обробки круглої зовнішньої різьби:

а) спрощена кінематика процесу обробки; б) фото процесу формоутворення круглої різьби

Величину діаметра  $d_{інст.}$ , для обробки круглої різьби визначають за формулою 1, та встановлюють її на розточувальному пристрої

$$d_{інст.} = d + t, \quad (1)$$

де  $d$  – внутрішній діаметр різьби, мм;

$t$  – глибина профілю різьби, мм.

Спосіб реалізують на трикоординатному верстаті з ЧПК 6P13Ф3, у шпинделі якого встановлюють цангову оправку із закріпленим у ній розточувальним пристроєм та однозубим різальним інструментом (рис. 7 б).

Обробку круглої зовнішньої різьби проводять з однієї установки заготовки, перед цим виконавши на заготовці зовнішній діаметр та фаску для заходу різьби. Для цього способу не обов'язково виконання канавки для виходу інструменту.

Режими обробки круглої зовнішньої різьби вибирають згідно з рекомендованими режимами для різального інструменту, в залежності від оброблюваного матеріалу заготовки.

Обробляють різьбу в такій послідовності:

1. На прискореному переміщенні уздовж осі заготовки підводять однозубий різальний інструмент до заготовки у вихідну позицію.

2. Задають інструменту обертання навколо власної осі, яке забезпечує головний рух різання  $D_r$ .

3. Надають різальному інструменту коловий рух навколо осі заготовки, узгоджений з прямолінійним рухом  $D_s$ . За один коловий рух інструмент переміщується уздовж осі заготовки, на величину кроку  $p$  мм різьби. Діаметр колового руху інструменту дорівнює  $t$  глибині профілю різьби. Інструмент на робочій подачі переміщують уздовж осі заготовки на задану глибину.

4. Реверсують траєкторію переміщення вздовж осі заготовки та виводять інструмент із різьбової зовнішньої поверхні на прискореній подачі в початкове положення. Діаметр колового руху при виведенні з різьбової зовнішньої поверхні дорівнює глибині профілю різьби  $t$ .

Для практичної перевірки, запропонованою технологією були виготовлені металеві вставки з конструкційної сталі, ескіз даної вставки представлений на рисунку 8 а.

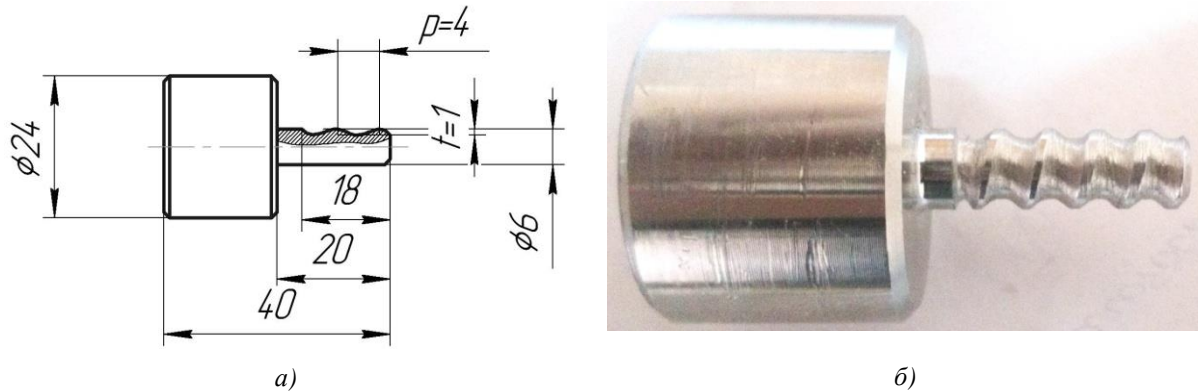


Рис. 8. Металеві вставки круглої зовнішньої різьби: а) ескіз металевої вставки; б) фото вставки

Для повної перевірки, можливості обробки круглої зовнішньої різьби запропонованою технологією, металеві вставки виготовлялися з різними основними параметрами такими як крок різьби  $p$  та глибина профілю різьби  $t$ . У таблиці 1 подані параметри, що змінювалися, та межі варіювання даними параметрами в процесі експерименту.

Таблиця 1

Параметри що змінювалися в ході експерименту

Параметр що змінювався	Позначення	Межі варіювання
Глибина профілю різьби	$t$	0,5–1,0
Крок різьби	$p$	1,0–4,0

Обравши всі необхідні значення кроку різьби  $p$  та глибини профілю різьби  $t$ , було розраховано діаметр фрези за формулою 1, який необхідно встановлювати на розточувальному пристрої. Всі подальші розрахунки зведені в таблицю 2.

Таблиця 2

Розрахунковий діаметр фрези та обрані значення параметрів

$t$	$p$	Діаметр фрези
1	4	5
1	1	5
0,5	4	5,5
0,5	1	5,5
0,75	2,5	5,25

На основі поданої технології на вставках вдалося виготовити круглу зовнішню різьбу з різними параметрами, які представлені в таблиці 2, для кожного випадку виконано по п'ять дослідів для перевірки адекватності запропонованого способу обробки різьбової поверхні. Фото «вставки круглої різьби» з кроком різьби 4 мм та глибиною профілю різьби 0,5 мм представлено на рисунку 8 б.

Проведені експериментальні дослідження підтвердили можливість виготовлення круглої зовнішньої різьби вищеописаним способом, що дозволяє зробити висновок що поставлена на початку дослідження мета адаптації способу [14] виконана в повному обсязі.

**Висновки.** У результаті проведеного експериментального дослідження, було адаптовано раніше відомий спосіб обробки круглих внутрішніх різьб для обробки зовнішніх, за рахунок додаткового введення в систему розточувального пристрою та однозубого різального інструменту.

В процесі адаптації було розроблено таку технологію обробки різьб, на основі якої, можливо виготовити круглу зовнішню різьбу будь-якого типорозміру за один прохід, за рахунок використання розточувального пристрою, оскільки значення діаметру інструменту  $d_{\text{інст.}}$  встановлюється саме на цьому пристрої.

В запропонованому авторами способі обробки круглих зовнішніх різьб, є дві суттєві переваги які кардинально відрізняють його від всіх інших способів для виготовлення круглих зовнішніх різьб. Перша, це те що формування різьбової поверхні відбувається за один прохід, друга, для його реалізації не потрібно використовувати спеціалізоване дороге обладнання.

#### **Перспективи подальших досліджень.**

Подальші дослідження будуть спрямовані на підтвердження скорочення часу обробки зовнішньої круглої різьби вказаним способом. Для цього планується провести експериментальне дослідження, в якому виконати механічну обробку даним способом зовнішньої різьби різного типорозміру, з подальшим порівнянням затраченого часу на обробку, з часом який витрачається на обробку різьби іншими способами. Також в подальшому, даний спосіб обробки планується використати для виготовлення, вставок з круглою зовнішньою різьбою, для дослідження міцності роз'ємного різьбового з'єднання з круглою різьбою в деталях виготовлених з армованих композиційних матеріалів.

#### **Список використаної літератури:**

1. Sandvik top hammer rock drilling tools [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу : <http://www.docuarchive.com/view/e64ea8b8450102afc49c4df48ae80672/SAnDvik-TOP-HAMMER-ROCK-DRILLING-TOOLS.pdf>.
2. Jimeno E.L. Drilling and blasting of rocks / E.L. Jimeno. – Rotterdam : Brookfield, 1995. – 392 с.
3. Некрасов С.С. Исследование возможности коррекции размеров круглой резьбы при обработке мерным инструментом / С.С. Некрасов, Е.А. Агеева // Журнал инженерных наук. – 2016. – Т. 3, № 1. – С. А34–А37.
4. ISO 10208 Rock drilling equipment ; left-hand rope threads. – 1991.
5. Patent US 2008149698A (2010) USA, The female part of the drilling equipment and its manufacturing method.
6. Некрасов С.С. Способы обработки круглой резьбы / С.С. Некрасов, Д.В. Криворучко, А.А. Нешта // Оборудование и инструмент для профессионалов: металлообработка. – 2013. – № 4. – С. 86–88.
7. Patent US 6293360 B1 (2001). USA. Thread joint percussive drilling equipment. Liljebrand Per-Olof, Olsson U.
8. Patent WO 2007133145 A1 (2007). A female part for top hammer-drilling and method for manufacturing a female part. Nava P., Sörensen P.
9. Patent US 5064004 A (1991). USA, Drill rod for percussion drilling. Lars-Gunnar. L.
10. Patent US5044842 A (1991). USA, Round screw thread machining method / M.Miyata, T.Matsumura, M.Kawasumi.
11. Patent 2334590 (2008). Combined method of needle-turning threads machining.
12. Древаль А.Е. Точность обработки внутренних резьб комбинированным инструментом / А.Е. Древаль, О.В. Мальков, А.В. Литвиненко // Известия высших учебных заведений. Серия : Машиностроение. – 2011. – № 12. – С. 45–52.
13. Mal'kov V.A. Precision of the external-thread profile in thread cutting / V.A. Mal'kov // Russian Engineering Research. – 2013. – № 33. – Pp. 172–175.
14. Пат. UA 103734. МПК В23С 3/32 (2006.01), В23В 1/00. Спосіб обробки круглої внутрішньої різьби / С.С. Некрасов, Д.В. Криворучко, А.О. Нешта. – № а201214037 ; заявл. 10.12.201 2; 11.11.2013, Бюл. № 21.

#### **References:**

1. SANDVIK Coromant (2016), «Sandvik top hammer rock drilling tools», Available at: <http://www.docuarchive.com/view/e64ea8b8450102afc49c4df48ae80672/SAnDvik-TOP-HAMMER-ROCK-DRILLING-TOOLS.pdf>.
2. Jimeno, E.L. (1995), *Drilling and blasting of rocks*, Rotterdam, Brookfield, 95 p.
3. Nekrasov, S.S. and Ageeva, E.A. (2016), *Investigation of the possibility of correction circular thread sizes in the processing of dimensional tool Wood*, Journal of Engineering, No. 3, Pp. 34–37.
4. ISO 10208 (1991), Rock drilling equipment, left-hand rope threads.
5. The female part of the drilling equipment and its manufacturing method (2010), USA, Patent US 2008149698A.
6. Nekrasov, S.S., Krivoruchko, D.V. and Neshta, A.A. (2013), «Methods of processing round thread», *Equipment and tools for professionals*, No. 4, Pp. 86–88.
7. Liljebrand, Per-Olof and Olsson, U. (2001), Thread joint percussive drilling equipment, USA, Patent US 6293360 B1.
8. Nava, P. and Sörensen, P. (2007), A female part for top hammer-drilling and method for manufacturing a female part, Patent WO 2007133145 A1.
9. Lars-Gunnar, L. (1991), USA, Drill rod for percussion drilling, Patent US 5064004 A.
10. Miyata, M., Matsumura, T. and Kawasumi, M. (1991), Round screw thread machining method, USA, Patent US5044842 A.
11. Combined method of needle-turning threads machining, (2008), Patent 2334590.

12. Dreval', A.Y., Mal'kov, O.V. and Litvinenko, A.V. (2011), «Tochnost' obrabotki vnutrennikh rez'b kombinirovannym instrumentom, *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy*, Seriya Mashinostroyeniye, No. 12, Pp. 45–52.
13. Mal'kov, V.A. (2013), «Precision of the external-thread profile in thread cutting», *Russian Engineering Research*, No. 33, Pp. 172–175.
14. Nekrasov, S.S., Kry'voruchko, D.V. and Neshta, A.O. (2012), Sposib obrobky` krugloyi vnutrishn`oyi riz`by`, [The method of machining of the round internal thread], Patent UA 103734.

**Некрасов** Сергій Сергійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри опору матеріалів і машинознавства Сумського державного університету.

Наукові інтереси:

- технологія машинобудування;
- системи автоматизованого проектування.

E-mail: nekrasovss@gmail.com.

**Довгополов** Андрій Юрійович – аспірант кафедри ТМВІ Сумського державного університету.

Наукові інтереси:

- теорія різання;
- верстати з ЧПК.

E-mail: d\_a\_y\_@ukr.net.

**Чигрин** Сергій Олегович – студент кафедри ТМВІ Сумського державного університету.

Наукові інтереси:

- теорія різання;
- верстати з ЧПК.

**Калюжний** Іван Володимирович – студент кафедри ТМВІ Сумського державного університету.

Наукові інтереси:

- теорія різання;
- верстати з ЧПК.

E-mail: endaeron@gmail.com.

Стаття надійшла до редакції 25.10.2018.