



УДК 621.919.2

DOI: 10.37128/2520-6168-2019-2-12

**ОБРОБКА ГЛИБОКИХ ОТВОРИВ КОМБІНОВАНОЮ ПРОТЯЖКОЮ**

**Паладійчук Юрій Богданович**, к.т.н., доцент  
**Швець Людмила Василівна**, к.т.н., доцент  
**Кондратюк Дмитро Гнатович**, к.т.н., доцент  
Вінницький національний аграрний університет

**Y. Paladiichuk**, PhD, Associate Professor  
**L. Shvets**, PhD, Associate Professor  
**D. Kondratuk**, PhD, Associate Professor  
Vinnytsia National Agrarian University

*Протягування глибоких отворів, особливо довгомірних корпусів гідроциліндрів, практично унеможлиблює використання протяжок з двохсторонніми стружковими канавками нормальної довжини через недостатню міцність інструменту на розтяг. Для примусового поділу припуску при протягуванні пропонується формування на оброблювальній поверхні деталі повних регулярних макрорельєфів за допомогою деформуючо-різального протягування. Технологічні властивості повних регулярних макрорельєфів дозволяють відмовитись від традиційних стружкоподільних викружок на чорнових, напівчорнових і чистових зубцях протяжки, що дають змогу включати в роботу всю довжину різальної крайки. Дослідження процесу формування повних регулярних макрорельєфів показали, що вони можуть також ефективно використовуватись при вирішенні технологічних задач, зокрема для примусового поділу припуску під протягування, виконуючи свої основні службові функції. Встановлено, що вільне формування валика стружки при протягуванні інструментом з плоскою передньою поверхнею впливають товщина зрізу, властивості оброблювального матеріалу, а також ступінь деформаційного зміцнення. Розміри валика стружки та здатність останньої формувати плоску чи просторову спіраль має велике значення для тих процесів різання, кінематика яких не дає можливості для вільної евакуації стружки із зони стружкоутворення. В першу чергу це стосується внутрішнього протягування, оскільки діаметр валика стружки є визначальним фактором для допустимого ступеня заповнення стружкової канавки протяжкою.*

*Ключові слова: протяжка, деформування, макрорельєф, стружка, рельєфоутворення.*

**Ф.5. Рис. 1. Літ. 12.**

---

**1. Постановка проблеми**

Протягування глибоких отворів практично унеможлиблює використання протяжок з двохсторонніми стружковими канавками довжини через недостатню міцність інструменту на розтяг.

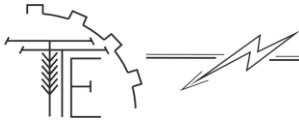
В роботі [1] запропоновано при протягуванні глибоких отворів ділити їх на частини довжиною  $l$  з формуванням кільцеподібних канавок методом дискретного протягування за рахунок короткотермінових зупинок процесу. Для видалення припуску при цьому використовують протяжки з груповою схемою різання, зубці яких мають затиловані викружки шириною 5 ... 15 мм уздовж різальної крайки. Таке поєднання дискретного протягування з груповою схемою різання забезпечує поздовжній і поперечний поділи припуску на окремі площадки, які перетворюються в окремі валики стружки, що вільно розміщуються в об'ємі стружкової канавки і без будь-якого втручання самі по собі випадають з неї після завершення кожного циклу. Формування повних регулярних макрорельєфів комбінованою протяжкою з деформуючою, рельєфоутворювальною, різальною та чистовою калібрувальною секціями дозволяє здійснювати обробку глибоких отворів за один прохід інструменту.

Необхідно зауважити, що при використанні комбінованої протяжки не вивченим залишаються раціональні розміри ромбовидних площадок при формуванні повних регулярних макрорельєфів.

---

**2. Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Для формування рельєфів і поліпшення обробки сталей різанням в літературних джерелах [2 – 12] рекомендується застосовувати попередню холодну пластичну деформацію. При обробці поверхонь аустенітних сталей необхідно забезпечити мікротвердість і створення умов у зоні стружкоутворення робочого інструменту (протяжки). При цьому слід враховувати усадку стружки і фактор швидкості різання оскільки у джерелах наукової літератури недостатньо відомостей про



ефективні способи формування технологічних канавок (макрорельєфів) для стружкоподілу.

### 3. Мета дослідження

Дослідити процес примусового формування повних регулярних макрорельєфів, раціональних розмірів ромбовидних площадок для ділення стружки при протягуванні.

### 4. Результати дослідження

При протягуванні глибоких отворів, які мають співвідношення

$$L \geq 30\sqrt{d} + d, \quad (1)$$

де  $L$  і  $d$  - відповідно довжина і діаметр отвору.

Застосовується протяжка з неглибокою подовженою двохранісною канавкою, в якій формується кілька валиків стружки. При обробці деталей з пластичних матеріалів кожен з таких валиків утворюється при проходженні зубом протяжки лише частини глибини отвору, що не повинна перевищувати величину  $l$ , яка визначається з емпіричної залежності:

$$l \leq C_m d^2 S_z^{-1}, \quad (2)$$

де  $S_z$  - величина підйому на зуб (товщина зрізу);  $C_m$  - коефіцієнт, що характеризує властивості матеріалу деталі та товщину зрізу,  $C_m = 0,003 \dots 0,01$  [7].

Поєднання дискретного протягування з груповою схемою різання забезпечує поздовжній і поперечний поділи припуску на окремі площадки, які перетворюються в окремі валики стружки, що вільно розміщуються в об'ємі стружкової канавки і без будь-якого втручання самі по собі випадають з неї після завершення кожного циклу. Суттєвими недоліками протягування глибоких отворів з формуванням кільцеподібних канавок з обмеженою глибиною (до 0,07 мм) є інтенсивне спрацювання зубців у перехідних точках різальної крайки та потреба у оснащенні обладнання додатковими пристроями для дискретного протягування.

Дослідження процесу формування повних регулярних макрорельєфів показали, що вони можуть також ефективно використовуватись при вирішенні технологічних задач, зокрема для примусового поділу припуску під протягування, виконуючи свої основні службові функції. Підставою для такого твердження є те, що запропоновані нами повні регулярні макрорельєфи на поверхнях отворів мають систему ліво- та правозахідних гвинтових канавок глибиною до 5 мм, що перетинаються між собою і, таким чином, здійснюють поперечно-поздовжній поділ сумарного припуску під протягування на окремі чотирикутні, найчастіше симетричні ромбовидні площадки розміром  $a \times b$ . За довжину  $b$  площадки прийнято вважати ту її діагональ, що спрямована уздовж осі отвору, а перпендикулярна цій осі діагональ має довжину  $a$ . Визначено межі значень кута нахилу сторони елемента повного регулярного макрорельєфу до осі отвору  $\eta = 15^\circ \dots 80^\circ$ .

Технологічні властивості повних регулярних макрорельєфів дозволяють відмовитись від традиційних стружкоподільних викружок на чорнових, напівчистових і чистових зубцях протяжки і включати в роботу всю довжину різальної крайки, що забезпечує наступні переваги. По-перше, з'являється можливість використання для розташування стружки 80...95% об'єму тороїдальної частини стружкової канавки по її довжині (для порівняння: при груповій схемі протягування цей показник знаходиться в межах 20...30 %). По-друге, ліквідувати перехідні ділянки на різальній крайці для створення умов вільного різання, що забезпечує підвищення стійкості і зменшення інтенсивності спрацювання інструмента в 1,5...3 рази. Дослідження зношених площадок зубців протяжки показало, що при протягуванні з використанням повного регулярного макрорельєфу переважають точкові кратероподібні адгезійні явища з охопленням до 50 % спрацьованої поверхні, які поєднуються з поздовжніми рисками абразивного походження, утвореними частками зруйнованого наросту, а спрацювання різальної частини інструменту має адгезійно-абразивну природу.

Якщо величину  $b$  взяти за максимально допустиму довжину різання, при якій ще можливе стабільне формування валика стружки без небезпечних для інструмента явищ (деформації, пакетування та заклинювання стружки), то для прийнятої глибини  $h$  стружкової канавки і допустимого ступеня її заповнення  $1/K$  отримаємо

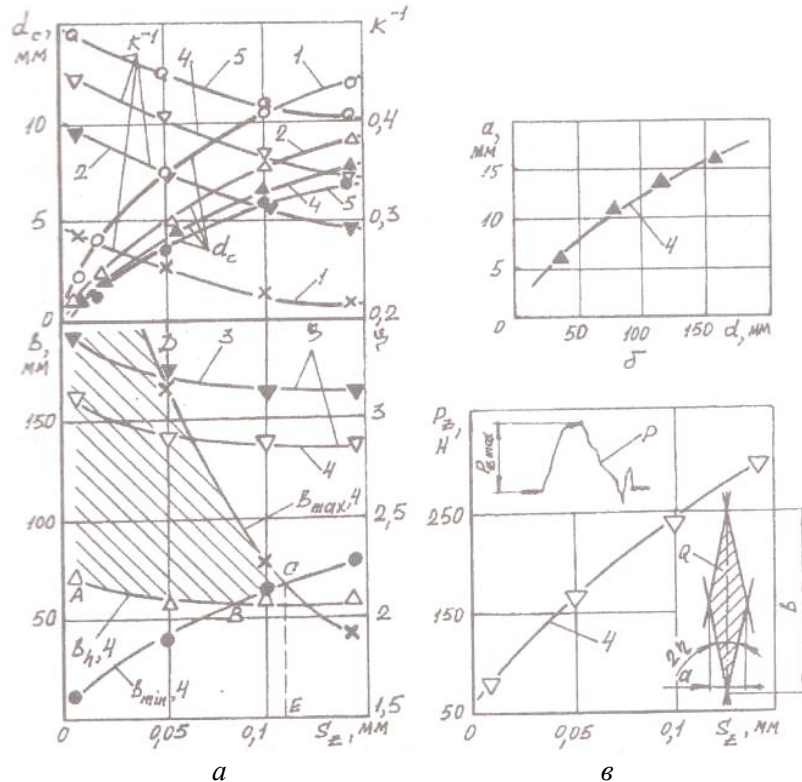
$$b \leq 0,785 h^2 S_z K^{-1}. \quad (3)$$

де  $h$  - глибина канавки протяжки;  $S_z$  - товщина зрізу;  $1/K$  - ступінь заповнення стружкової канавки.

Мінімальне значення довжини різання повинно призначатись з умов формування валика, який складався хоча б з одного повного витка стружки, оскільки у цьому випадку можливе вільне переміщення сформованого валика уздовж канавки вперед шляхом кочення-ковзання. Тоді:

$$b \geq (1,2 \dots 1,5) \xi \pi d_c, \quad (4)$$

де  $\xi$  - коефіцієнт усадки стружки;  $d_c$  - діаметр валика стружки.



**Рис. 1. Залежності діаметра валика стружки  $d_c$ , допустимого ступеня заповнення стружкової канавки  $K^{-1}$  глибиною 5 мм, коефіцієнта усадки стружки  $\xi$  довжини протягування  $b_{\max}$ ,  $b_{\min}$  і  $b_h$  (а) і сили різання  $P_z$  (в) від товщини зрізу  $S_z$ , а також залежність ширини протягування  $b$  від діаметра отвору деталі  $d$  (б) при протягуванні сталей: 10(1-HV115; 2-HV190), 35(3-HV160; 4-HV210) і 45(5-HV230) зі швидкістю 0,13 м/с в середовищі сульфозреолу - Р інструментом із сталі Р6М5 з переднім кутом  $15^\circ$ , заднім кутом  $2^\circ$  і радіусом округлення різальної окрайки 7 мкм. ABCD - зона рекомендованих значень довжини протягування; CE - межа, що показує необхідність збільшення глибини стружкової канавки при збільшенні  $S_z$ ; Р - осцилограма сили різання.**

Точка перетину кривих  $b_{\min}$  і  $b_{\max}$  (рис. 1, а) свідчить про необхідність збільшення глибини стружкової канавки при подальшому зростанні товщини зрізу. При значеннях довжини протягування, що не перевищують величину  $b_{\max}$ , визначену за залежністю (4), формування валика стружки має стабільний характер без небезпечних для інструмента явищ.

Допустимий ступінь заповнення стружкової канавки  $1/K$  показує, яку частину її активної площі можна заповнювати при вибраних умовах обробки. Для вуглецевих та легированих конструкційних сталей значення  $1/K$  знаходиться в межах 0,2 ... 0,6. Підвищити його можна за рахунок холодного деформаційного зміцнення оброблюваного матеріалу, а комбінована протяжка оснащується деформуючою секцією, розміщеною перед рельєфоутворювальною та різальною секціями.

Розмір  $a$  (рис. 1, в) елемента припуску вибирається таким чином, щоб забезпечити вільне ортогональне різання зі змінною шириною зрізу, але без суттєвого впливу кривизни припуску на розміри валика стружки. Це означає, що розмір  $a$  знаходиться в межах 5 ... 15 мм для діаметрів отворів  $d = 32 \dots 165$  мм, а співвідношення  $a/S_z$  досягає 100 ... 200 для чорнових зубців протяжки і 500 ... 1000 - для чистових. Крок  $t$  зубців визначається за залежністю:

$$t = 0,5h (4,4 - \operatorname{tg} \gamma + 2L/b), \quad (5)$$

де  $\gamma$  - передній кут зубця.

При розрахунку  $b$  за (3) і (4) його величина уточнювалась, щоб співвідношення  $L/b$  знаходилось в ряду цілих чисел. Це забезпечує утворення повних валиків стружки.

На рис. 1 подано результати експериментальних досліджень основних факторів процесу протягування, що характеризують його механіку. Ці дослідження показали, що зростання товщини



зрізу призводить до збільшення розмірів валика стружки, що вільно формується, зменшення величини допустимого ступеня заповнення стружкової канавки, зближення допустимих значень довжини протягування, якими обумовлюється процес утворення лише одного валика стружки та збільшення складової сили різання, що визначає сумарну величину сили протягування, тобто у підсумку - до певного ускладнення умов перебігу процесу різання.

Тому при проектуванні комбінованих протяжок з рельєфоутворюючою та різальною секціями в першу чергу слід брати до уваги саме фактори стружкоутворення на чорнових зубцях, які працюють з найбільшими підйомами на зуб ( $S_z = 0,10 \dots 0,15$  мм). Зона обмеження робочих значень параметра  $b$  на рис.(а) заштрихована, при цьому точка перетину кривих  $b_{max}$  і  $b_{min}$  свідчить про необхідність збільшення глибини стружкової канавки при подальшому зростанні товщини зрізу. Ширину протягування  $a$  слід вибирати, користуючись даними, наведеними на рис. (б), коригуючи її величину таким чином, щоб уздовж перерізу деталі ( $\pi d$ ) було розміщено ціле число рівних між собою відрізків. Із наведених на рисунку даних видно, що холодне деформаційне зміцнення оброблюваного матеріалу позитивно впливає на характеристики процесу різання.

Дослідження процесу вільного формування валика стружки інструментом з плоскою передньою поверхнею показали, що на цей параметр впливають товщина зрізу, властивості оброблюваного матеріалу, а також ступінь деформаційного зміцнення. Розміри валика стружки та здатність останньої формувати плоску чи просторову спіраль має велике значення для тих процесів різання, кінематика яких не дає можливості для вільної евакуації стружки із зони стружкоутворення. В першу чергу це стосується внутрішнього протягування, оскільки діаметр валика стружки є визначальним фактором для допустимого ступеня заповнення стружкової канавки протяжок.

Збільшення твердості оброблюваного матеріалу на 50...60 % за допомогою холодного деформаційного зміцнення із середніми значеннями деформації ( $\xi = 10 \dots 50$  %) призводить до зменшення діаметра валика стружки на 40...50 %, що забезпечує поліпшення умов заповнення стружкової канавки. Так, для сталі 10 допустимий ступінь заповнення канавки збільшується з 0,20...0,25 до 0,30...0,35. Подібна тенденція спостерігається також і при підвищенні вмісту вуглецю у конструкційних феритно-перлітних сталях, яке супроводжується збільшенням твердості. Розташування сталей у порядку поліпшення оброблюваності виглядає так: сталь 10, сталь 35, сталь 45. Збільшення товщини зрізу в межах  $S_z = 0,01 \dots 0,14$  призводить до зростання діаметра валика стружки від  $d_c = 1 \dots 2$  мм до 7...12 мм з одночасним погіршенням умов заповнюваності стружкової канавки, що характеризується зниженням параметра  $K^{-1}$  на 10...30 %. Експерименти показали, що для досліджених марок сталей єдиним значущим і універсальним фактором, який впливає на діаметр валика стружки є її товщина, яка залежить від сумісного впливу коефіцієнта усадки і товщини зрізу.

Експериментальні дослідження були проведені на стендах, створених на базі протяжного верстата мод. 7Б57, поперечно-стругального верстата мод. 7М37, горизонтально-фрезерного верстата мод. 6М83Г та токарного універсального верстата 1К62. Стенди працювали з вимірювальним модулем, який складався з трьохкомпонентного динамометра УДМ-600, підсилювача сигналів тензодатчиків ТОПА3-3-02 і осцилографа Н071.2. Робочі елементи рельєфоутворюючої секції та вся різальна секція протяжки, а також різці з плоскою попередньою поверхнею і двозубі різці з видовженою стружковою канавкою були виготовлені із швидкорізальної сталі Р6М5 (HRC 63...65) і переточувались за допомогою шліфувальних кругів із кубічного нітриду бору. Дослідження було проведено в лабораторних умовах на зразках із сталей 10, 35, 45 і ШХ15, на заготовках із трубного прокату із сталі 35, при цьому оброблюваний матеріал попередньо зміцнювався холодною пластичною деформацією у 1,3 ... 2 рази. Дослідження процесу примусового формування стружки здійснювались за методикою, згідно якої допустимий ступінь заповнення стружкової канавки знаходився за допомогою фотозйомки та запису сил протягування і шорсткості обробленої поверхні. Глибина цих канавок змінювались в межах  $h = 1 \dots 10$  мм. Явища у зоні контакту інструмента з деталлю вивчались за допомогою методу миттєвої зупинки процесу обробки. Кут нахилу сторони елемента повного регулярного макрорельєфу до напрямку руху інструмента змінювався в межах  $\eta = 0^\circ \dots 45^\circ$ . Мاستильно-охолоджуючим середовищем у дослідженнях служив сульфорезол-Р. Швидкість різання знаходилась в межах 0,005...0,200 м/с, а підйом на зуб змінювався в діапазоні  $S_z = 0,01 \dots 0,20$  мм. В роботі використовувались методи оптичної та електронної мікроскопії, мікротвердості, графоаналітичної обробки мікроструктури.

При протягуванні необхідно враховувати умови ділення стружки. Для забезпечення примусового поділу стружки необхідно створювати умови формування макрорельєфів. Це





дозволить підвищити значення коефіцієнта використання матеріалу заготовки (трубний прокат) до 0,9 ... 0,95, а в окремих випадках - до 0,98, знизити трудомісткість операцій обробки отвору за рахунок їх поєднання в одну операцію. Запропонований ресурсозберігаючий процес має також інші суттєві переваги порівняно з традиційними технологіями, що полягають у зменшенні витрат на обслуговування складного дороговартісного інструменту.

Для створення повних регулярних макрорельєфів при використанні пластичних матеріалів слід попередньо піддати їх холодному деформуванню. Результати експериментальних досліджень та виробничих випробувань запропонованого ресурсозберігаючого процесу протягування та комбінованого інструменту дозволили зробити наступні висновки.

## 5. Висновки

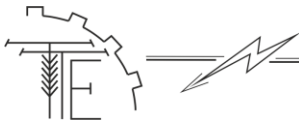
Валик стружки, утвореної при зрізуванні окремої ділянки макрорельєфу на стадії стружкоутворення повинен визначатись геометричними параметрами елементарної площадки  $b \times a$  макрорельєфу. Розмір  $a_{max}$  повинен забезпечувати вільне ортогональне різання без суттєвого впливу кривизни припуску отвору деталі на розміри валка стружки. Формування повних регулярних макрорельєфів на оброблювальній поверхні дозволяє замінити кожну окрему групу зубців протяжки одним зубом із суцільною різальною крайкою.

## Список використаних джерел

1. Лунгол И. В. Повышение эффективности деформирующе-режущего инструмента при протягивании глубоких отверстий: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.03.01. - К., 1988. - 16 с.
2. Ткачук Н. А. Континуальная и дискретно-континуальная модификация поверхностей деталей: монография / Н. А. Ткачук, С. С. Дьяченко и др. Харьков, «Планета-Принт», 2018. - 259 с.
3. ISO14577-3:2015. Metallic materials. Instrumented indentation test for hardness and materials parameters. Part 3: Calibration of reference blocks. Geneva: ISO Publ, 2015. - 8 p.
4. Trent E. M. Metal Cutting. - London; Boston; Durban; Singapore; Sydney; Toronto; Wellington: Butterworths, 1984. - 254 p.
5. Enahoro H. E. Effect of cold - working on chip formation in metal cutting // Ann. C.S.R.P., 1966. - №13. - P. 251 - 261.
6. Wagner H. D. Macrofragmentation and macrofragmentation phenomena in composite materials / H. B. Wagner, O. Lourie, X. F. Zhou // Compos. A., 1999. - № 1(30). - P. 59 - 66.
7. Oliver W. C. Measurement of hardness and elastic modulus by instrumented indentation: Advances in understanding and refinements to methodology / W. C. Oliver, G. M. Pharr // J. Mater. res., 2004. - V. 19. - № 1. - P. 3 - 20.
8. Марченко А. П. Інноваційні технології композиційного зміцнення поверхні елементів виробів для оборонної та енергетичної галузей / А. П. Марченко, М. А. Ткачук, О. В. Соболев та ін. // Механіка та машинобудування, 2017. - № 1. - С. 234 - 236.
9. Будяк Р. В. Дослідження фізико-механічних властивостей поверхні гільз після протягування / Р.В. Будяк, В. М. Бандура // Східно-Європейський журнал передових технологій, 2014. - № 1(5). - С. 38 - 40.
10. Будяк Р. В. Холодна пластична деформація як фактор підвищення оброблюваності пластичних матеріалів протягуванням / Е.К. Посвятенко, Н.І. Посвятенко, Р.В. Будяк// Вісник Національного транспортного університету, 2014. - № 30(1). - С. 307 - 315.
11. Stout K.Y. A Proposal for Standardisation of Assessment of Three-Dimensional Mikro-Topography-Part 1: Surface Digitisation and Parametric Characterisation / K. Y. Stout, W. P. Dong, E. Mainsah // Birmingham: The University of Birmingham, 1993. - 21 p.
12. Chen X. On the thermally induced cracking of a segmented coating deposited on the outer surface of a hollow cylinder / X. Chen, G. Chen // Surface and Coat. Technol, 2009. - № 9 (203). - P. 1114 - 1120.

## References

- [1] DSTU 2860:1994 (1995) *Nadiinist tekhniki. Terminy ta vyznachennia [Reliability of technology. Terms and definitions]*. Kiev: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
- [2] Tkachuk, N. A., Dyachenko, S. S., Posvyatenko, E. K. and others (2018) *Kontynualnaia y dyskretno-kontynualnaia modyfykatsiya poverkhnostei detalei: monohrafiia [Continuous and discrete-continual modification of parts surfaces: Monograph]*. Kharkov: Planeta-Prynt [in Russian].



- [3] ISO14577-3:2015 (2015) Metallic materials. Instrumented indentation test for hardness and materials parameters. Part 3: Calibration of reference blocks. Geneva: ISO Publ.
- [4] Trent, E. M. (1984) Metal Cutting. London, Boston, Durban, Singapore, Sydney, Toronto, Wellington, Butterworths.
- [5] Enahoro, H. E. (1966) Effect of cold – working on chip formation in metal cutting, 13, 251 – 261, Ann. C.S.R.P.
- [6] Wagner, H. B., Lourie, O., Zhou, X. F. (1999) Macrofragmentation and macrofragmentation phenomena in composite materials, 1, 59 – 66, Compos A.
- [7] Oliver, W. C., Pharr, G. M. (2004) Measurement of hardness and elastic modulus by instrumented indentation: Advances in understanding and refinements to methodology, J., V.19, 1, 3 – 20, Mater. res.
- [8] Marchenko, A. P., Tkachuk, M. A., Sobol, O. V. and others (2017) *Innovatsiini tekhnolohii kompozytsiinoho zmitsnennia poverkhni elementiv vyrobiv dlia oboronnoi ta enerhetychnoi haluzei [Innovative technologies of composite strengthening of surface elements of products for the defense and power industries]*, 1, 234 – 236, Mechanics and machine building [in Ukrainian].
- [9] Chatterjee-Fisher, R., Eisel, F. V., Hofmann R. and others (1990) *Azotyrovanye y karbonytryrovanye: monohrafiya [Nitriding and carbonitriding: monograph.]* Moscow: Metallurhiya [in Russian].
- [10] Falub, C. V., Karimi, A., Ante, M., Kalls, W. (2007). Interdependence between stress and texture in arc evaporated Ti-Al-N thin films, 12 (201), 5891 – 5898, Surface and Coatings Technology.
- [11] Stout, K. Y., Dong, W. P., Mainsah, E. (1993) A Proposal for Standardisation of Assessment of Three-Dimensional Mikro-Topography-Part 1. Surface Digitisation and Parametric Characterisation. Birmingham: The University of Birmingham.
- [12] Chen, X., Chen, G. (2009) On the thermally induced cracking of a segmented coating deposited on the outer surface of a hollow cylinder, 9 (203), 1114 – 1120, Surface and Coat. Technol.

### ОБРАБОТКА ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ПРОТЯЖКОЙ

*Протяжка глубоких отверстий, особенно длинномерных корпусов гидроцилиндров, практически исключает использования протяжек с двухсторонними стружечными канавками нормальной длины из-за недостаточной стойкости инструмента на растяжение. Для принудительного деления припуска при протягивании предлагается формирование на обрабатываемой поверхности детали полных регулярных макрорельефов с помощью деформирующе-режущего протягивания. Технологические свойства полных регулярных макрорельефов позволяют отказаться от традиционных стружкоделительных выемок на черновых, получерновых и чистовых зубьях протяжки, что позволяет включать в работу всю длину режущей кромки. Исследование процесса формирования полных регулярных макрорельефов показало, что они могут также эффективно использоваться при решении технологических задач, в частности для принудительного разделения припуска под протягивание, выполняя свои основные служебные функции. Установлено, что свободное формирование валика стружки при протягивании инструментом с плоской передней поверхностью влияют толщина среза, свойства обрабатываемого материала, а также степень деформационного упрочнения. Размеры валика стружки и способность последнего формировать плоскую или пространственную спираль имеет большое значение для тех процессов резки, кинематика которых не дает возможности для свободной эвакуации стружки из зоны стружкообразования. В первую очередь это касается внутреннего протягивания, поскольку диаметр валика стружки является определяющим фактором для допустимой степени заполнения стружечной канавки протяжек.*

*Ключевые слова: протяжка, деформирование, макрорельеф, стружка, рельефообразование.*

*Ф. 5. Рис. 1. Лит. 12.*

### PROCESSING OF DEEP SURFACES WITH COMBINED TREATMENT

*When broaching deep openings, especially long-length casing of hydraulic cylinders, practically makes it cutting with two-sided shaving grooves of normal length due to insufficient strength of the tool for tension. For the forced separation of the shear layer at the stroke, it is proposed to create, on the working surface of the part, full regular macroreliefs with the help of deformation and cutting stretching. The technological properties of the full control of the macro-relief will allow the traditional chip-split*



*scrubs to be abandoned on the rough, semi-roughing and finishing blades of the drag, allowing for the entire length of the cutting loop to be put into operation. The study of the formation of complete regular macroreliefs has shown that they can also be used effectively in solving technological problems, in particular for the forced separation of the let down into cutting, fulfilling its basic service functions. It has been established that the free formation of a cutting roll when it is stretched by a tool with a flat front surface affects the thickness of the cut, the properties of the processing material, as well as the degree of deformation strengthening. The dimensions of the cutting roll and the ability of the latter to form a flat or spatial spiral is of great importance for those cutting processes whose kinematics does not allow for the free evacuation of chips from the chipping zone. First of all it concerns internal cutting, since the diameter of the cutting roll is the determining factor for the permissible degree of filling of the cutting groove.*

**Key words:** broaching, deformation, macrorelief, shavings, relief formation.

**F. 5. Fig. 1. Ref. 12.**

### **ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Паладійчук Юрій Богданович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Агроінженерії і технічного сервісу» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: rewet@vsau.vin.ua).

**Швець Людмила Василівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Агроінженерії і технічного сервісу» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: shlv0505@i.ua).

**Кондратюк Дмитро Гнатович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Агроінженерії і технічного сервісу» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: kondratuk@vsau.vin.ua).

**Паладійчук Юрій Богданович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Агроинженерии и технического сервиса» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: rewet@vsau.vin.ua).

**Швец Людмила Василівна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Агроинженерии и технического сервиса» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: shlv0505@i.ua).

**Кондратюк Дмитрий Игнатьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Агроинженерии и технического сервиса» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: kondratuk@vsau.vin.ua).

**Y. Paladiichuk** – PhD, Associate Professor of the Department of “Agroengineering and technical service” of Vinnytsia National Agrarian University (3, Sunny St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: rewet@vsau.vin.ua).

**L. Shvets** – PhD, Associate Professor of the Department of “Agroengineering and technical service” of Vinnytsia National Agrarian University (3, Sunny St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: shlv0505@i.ua).

**D. Kondratuk** – PhD, Associate Professor of the Department of “Agroengineering and technical service” of Vinnytsia National Agrarian University (3, Sunny St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: kondratuk@vsau.vin.ua).