

УДК 621.919.2  
UDC 621.919.2

## ХОЛОДНА ПЛАСТИЧНА ДЕФОРМАЦІЯ ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ОБРОБЛЮВАНOSTІ ПЛАСТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРОТЯГУВАННЯМ

Посвятенко Е.К., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

Посвятенко Н.І., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

Будяк Р.В., Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, Україна

## COLD PLASTIC DEFORMATION AS THE FACTOR OF INCREASE WORKABILITY OF PLASTIC MATERIAL BY PULLING

Posviatenko E.K., Ph.D., Engineering (Dr.), National Transport University, Kiev, Ukraine

Posviatenko N.I., Ph.D., National Transport University, Kiev, Ukraine

Budiak P.V., Vinnitsa National Agrarian University, Vinnitsa, Ukraine

## ХОЛОДНАЯ ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРОТЯГИВАНИЕМ

Посвятенко Э.К., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Посвятенко Н. И., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Будяк Р. В., Винницкий национальный аграрный университет, Винница, Украина

### Постановка проблеми.

Проблема отримання точних глибоких отворів у деталях типу гільз є актуальною задачею механічної обробки. Релаксація коливань у сусідніх операціях діючих технологічних процесів призводить до виникнення хвилястості поверхні гільз гідроциліндрів. Це викликає недопустимі перетікання і витікання робочої рідини з гідросистем машин, які на сьогодні працюють з тиском порядку 15 МПа. Ці недоліки гідроциліндрів у найближчий час зростатимуть внаслідок переходу на більш високі значення тиску. Крім того, відомі технології не передбачають поліпшення властивостей поверхонь отворів, поверхневих шарів та серцевини гільз гідроциліндрів методами інженерії поверхні. Існують також проблеми оброблюваності різанням високопластичних конструкційних сталей, що застосовуються для виготовлення гільз, а також підвищення коефіцієнту використання матеріалу трубною заготовкою, який не перевищує 0,7 – 0,75.

### Результати дослідження.

На рис. 1 показана побудована нами принципова схема процесу низькошвидкісного вільного ортогонального різання, яка використовується нижче для побудови математичної моделі дії попередньої холодної деформації на оброблюваність пластичних матеріалів. Для допустимого спрощення теоретичного дослідження у схемі передбачено одну площину простого зсуву, що характеризується кутом нахилу останньої (кута зсуву)  $\beta_1$  до напрямку різання  $v$  і середнім дотичним напруженням  $\tau$ .

Відома ніким до сьогодні не спростована принципова залежність О.К. Зворикіна [1, 2], яка поєднує явища у зоні стружки утворення через кут  $\beta_1$ , контактні явища на передній поверхні через середній кут тертя  $\eta$  і передній кут інструменту  $\gamma$ , який отримано при заточуванні:

$$\beta_1 = \frac{\gamma}{2} - \frac{\eta}{2} + \frac{\pi}{4}. \quad (1)$$

У свою чергу, дотичні напруження  $\tau$  пов'язані з мікротвердістю оброблюваного матеріалу видозміненою нами залежністю О.М. Розенберга [1]:

$$\tau = 0,185H_{\mu}. \quad (2)$$

Сказане дає підстави побудувати математичну модель дії поперечної холодної деформації, яка виражатиметься за ланцюжком  $H_\mu \rightarrow \tau \rightarrow \beta_1$ , на оброблюваність пластичних матеріалів, наступним чином.

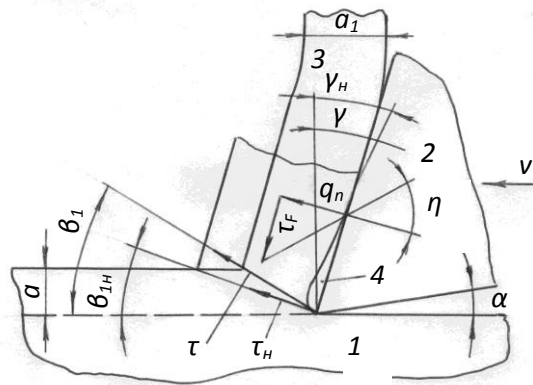


Рисунок 1 – Схема процесу низькошвидкісного вільного ортогонального різання

1 – оброблюваний матеріал;

2 – різальний інструмент;

3 – стружка;

4 – нарост;

$\gamma$  – передній кут;

$\gamma_n$  – передній кут з урахуванням наросту;

$\alpha$  – задній кут;

$\eta$  – середній кут тертя на передній поверхні;

$\beta_1$  – кут нахилу площини зсуву;

$\beta_{1n}$  – кут нахилу площини зсуву при роботі з наростом;

$\tau$  – середнє дотичне напруження в площині зсуву;

$\tau_n$  – середнє дотичне напруження при роботі з наростом;

$q_n$  – середній контактний тиск на передній поверхні;

$\tau_F$  – питома сила тертя;

$a$  – припуск;

$a_1$  – товщина стружки.

Оброблюваність, що характеризується кутом зсуву  $\beta_1$ , залежить від трьох змінних – дотичних напружень  $\tau$ , переднього кута інструменту  $\gamma$ , та середнього кута тертя  $\eta$ . Крім того, передній кут заточування  $\gamma_3$  вибирається таким чином, щоб забезпечувати оптимальну стійкість інструменту  $T_0$ .

Середній коефіцієнт тертя  $\mu$  на передній поверхні різального клину це певна усереднена характеристика напруженого стану у контактній області [2]. Оскільки при обрахуванні середнього коефіцієнту тертя до розрахунку береться уся контактна поверхнева площадка, а напружений стан у зоні контакту і зоні стружкоутворення є єдиним, то середній коефіцієнт тертя є певною узагальненою характеристикою напруженого стану при стружкоутворенні і являє собою відношення двох незалежних одна відносно одної величин: питомої сили тертя  $\tau_F$  і середнього контактного тиску  $q_n$  [3]:

$$\mu = \frac{\tau_F}{q_n} = \operatorname{tg} \eta. \quad (3)$$

Коефіцієнти у формулі (4) є функціями-поліномами. Прийнято, що залежність ймовірності оброблюваності сталей від поперечної холодної деформації носить експонентний характер. Таким чином:

$$\begin{cases} \beta_1 = a_0 [f \tau] + a_1 [f \tau] \gamma + a_2 [f \tau] \eta + \dots + a_n [f \tau] \gamma^n \eta^n \\ a_n = b_{0n} + b_{1n} \tau + \dots + b_{kn} \tau^k \\ \gamma_3 = \frac{\ln T_0}{\beta_1} \end{cases}, \quad (4)$$

де  $a_n, b_n$  – коефіцієнти рівнянь апроксимації;

$n, k$  – порядки рівнянь апроксимації;

$\gamma_3$  – передній кут інструменту отриманий заточуванням;

$\eta$  – середній кут тертя на передній поверхні;

$T_0$  – оптимальна стійкість інструменту.

Ступені поліноміальних рівнянь та значення коефіцієнтів визначається шляхом обробки експериментальних даних, які приведено на рис. 2 і 3.

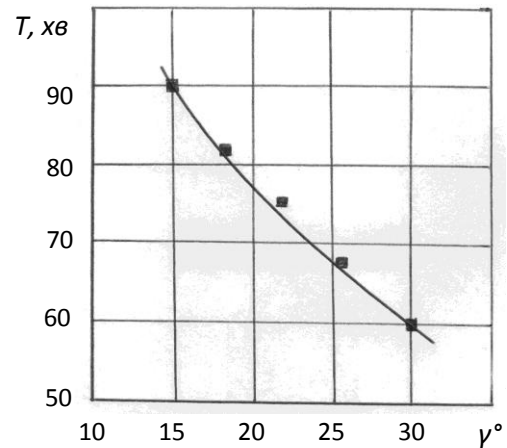
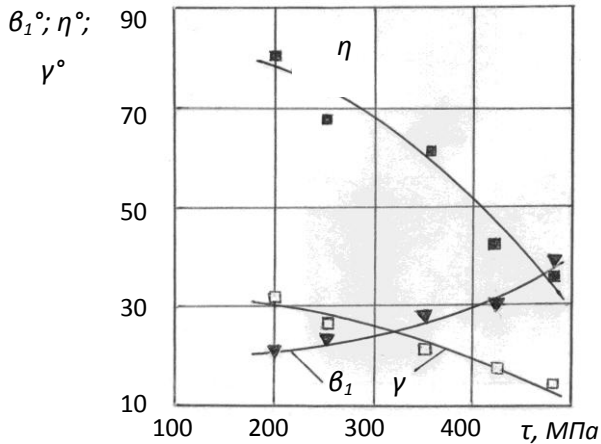


Рисунок 2 – Залежності середнього кута тертя  $\eta$ , переднього кута  $\gamma$  і кута зсуву  $\beta_1$  від дотичного напруження  $\tau$

Рисунок 3 – Залежність стійкості інструменту від дійсного переднього кута  $\gamma$

Такі дані, що стосуються сталі 10 наведено на рис. 2 і 3. Їх обробка виконувалась за відомою схемою, чому деталі останньої тут не наводяться, а лише описуються фрагментарно.

Таким чином, спочатку визначалась початкова точка та інтервали варіювання факторів  $\tau$ ,  $\gamma$ ,  $\eta$ . Потім за допомогою плану Бокса–Бенкінса [4] описувалась поверхні відгуку. Цей план відтворював не повну квадратичну функцію відгуку. Далі складалась матриця планування і проводились експерименти, які перевірялись за критерієм Кохрена [5]. Потім для кожного параметру, що контролювався, отримували коефіцієнту поліному, визначалась адекватність підбраної функціональної залежності, визначалась значимість коефіцієнтів поліномів, при чому не значимі коефіцієнти відкидалися. Визначались коефіцієнти рівнянь апроксимації (4) для усіх трьох названих вище факторів.

Для визначення адекватності отриманих рівнянь проводився регресійний аналіз за критерієм Фішера. В результаті перевірки значимості коефіцієнтів регресії на основі підходу Паре [6] були визначені значимі коефіцієнти для рівняння (4). В результаті обчислювальної процедури отримали оптимальні значення факторів, що визначались. Таким чином, вектор, що визначався, буде наступним:

$$\left[ \begin{array}{l} \tau = 470 - 500 \text{ МПа} (H_{\mu} = 2,54 - 2,70 \text{ ГПа}) \\ \gamma = 14 - 16^{\circ} \\ \eta = 35 - 38^{\circ} \end{array} \right] \quad (5)$$

Що стосується деформуючого протягування (ДП), то цей процес нас цікавить з двох позицій. З одного боку, ця технологічна операція при її проведенні на трубчастих деталях кінцевої товщини зі значними деформаціями зміцнює наскрізь стінку виробу. Це відбувається тому, що деталь отримує наскрізну деформацію розтягу. Крім цієї обов'язкової деформації, поверхневий шар виробу на глибину до кількох десятків часток міліметра піддається деформації зсуву, викликаною взаємодією деформуючих елементів (ДЕ), які пересуваються по обробленій поверхні (ОП) в режимі ковзання, з останньою. Таким чином, ДП є потужним засобом холодного деформаційного зміцнення (ХДЗ) деталі, що можна використати для обробки різанням при протягуванні. З іншого боку, ДП є джерелом хвилі позаконтактної деформації (ХПД), яка супроводжує кожний ДЕ в динаміці. Це, безумовно, також впливає на зуб різальної частини протяжки, якщо його розмістити в межах дії або поблизу ХПД.

На рисунку 4 подано результати експериментів по вивченню зміцнення поверхні та серцевини трубчастих деталей, виготовлених із сталі 10 та сталі 35. В останньому випадку були використані

зразки частини гільз гідроциліндрів, що виготовляються у виробництві. Відношення товщини  $t_0$  стінки до діаметра  $d_0$  склало  $t_0/d_0 = 0,15$ .

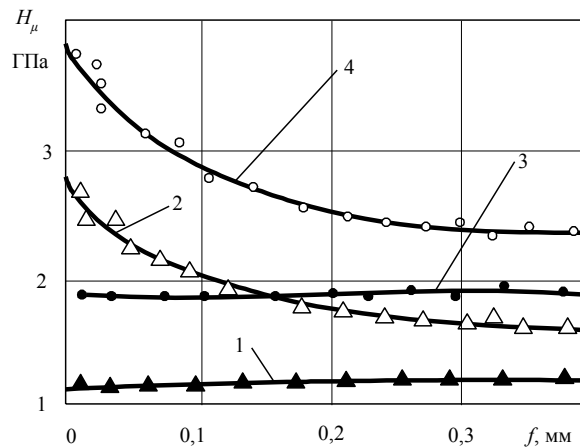


Рисунок 4 – Залежність мікротвердості  $H_\mu$  від товщини  $t$  стінки трубчастої деталі при протягуванні сталі 10 (2) і сталі 35 (4):

$v = 0,15$  м/с;  $a = 0,15$  мм; деформуючий елемент – твердий сплав ВК15М із забірним конусом  $\alpha_3 = 4\epsilon$ ; МОР – сульфофрезол.

Криві 1 і 3 – сталі 10 і 35 відповідно у незміщеному стані.

Із поданих на рисунку 4 даних витікає наступне. Деформуюче протягування зміцнює серцевину деталі зі сталі 10 на 45 % (початкова твердість  $H_\mu = 1,1$  ГПа) і сталі 35 на 30 % (початкова твердість  $H_\mu = 1,9$  ГПа).

Товщина поверхневого шару, зміцненого додатковою деформацією зсуву, у всіх випадках сягає 0,2 мм. У цьому шарі виникає текстура, особливо у деталях із сталей, де домінує феритна складова. Мікротвердість поверхні отворів після ДП сталей 10, 10ГН, 20Г і 35 збільшувалась відповідно на 130; 115; 99 і 90 %. У першому і останньому випадках відповідно до  $H_\mu = 2,8$  ГПа і  $H_\mu = 3,85$  ГПа.

Аналіз численного дослідження кривих " $H_\mu - t$ " типу приведених на рис 4 показав, що ці криві добре апроксимуються нормальним рівнянням прямої (рис. 5):

$$x \cos \psi + y \sin \psi - p = 0, \quad (6)$$

де  $x, y$  – координати точки на прямій;

$p$  – довжина перпендикуляру, опущеного на початку координат на пряму ( $p > 0$ );

$\psi$  – кут нахилу прямої [7].

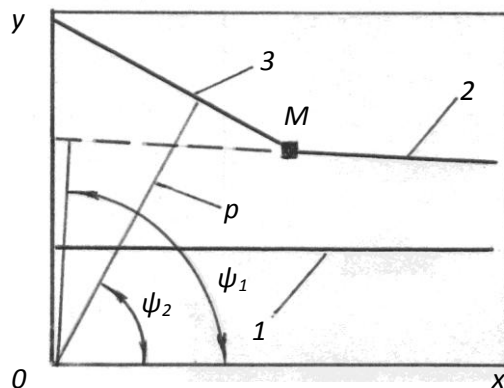


Рисунок 5 – Схема апроксимації кривих, поданих на рисунку 4

Для наших умов:  $p - H_{\mu}$ ;  $\psi = \pi/2$  для початкової мікротвердості заготовки (пряма 1);  $\psi = 70 - 75^\circ$  для ділянки, що характеризує наскрізне зміцнення заготовки розтягом (пряма 2);  $\psi = 55 - 60^\circ$  для ділянки, де відбувається додаткова деформація зсуву (пряма 3);  $M$  – точка, що окреслює границю між останніми двома ділянками. У всіх випадках координата  $x$  для точки  $M$  дорівнює 0,2 мм.

Таким чином, ДП з одним деформуючим елементом, що працює з натягом на сторону 0,15 мм, можна ефективно використати для ХДЗ ОМ перед секцією з 2 – 3 зубців.

Ще одним фактором, яким характеризується ДП є хвиля позаконтактної деформації, що супроводжує кожен ДЕ при обробці деталей з кінцевою товщиною стінки (рис. 6). А саме такими є порожнисті трубчасті деталі типу гільз гідроциліндрів з глибокими отворами. Для цих виробів характерним є відношення товщини  $t_0$  стінки заготовки до діаметра  $d_0$  отвору  $t_0/d_0 = 0,1-0,15$ . Приблизно це співвідношення спостерігається і для готової деталі, якщо основним процесом обробки отвору є протягування. Відстань від більшої основи робочого конуса ДЕ до максимуму ХПД прийнято позначати  $l_2$ , а всю довжину останньої позначати  $l_1$ . У роботі [8] прийнято вважати, що  $l_1 \approx 3l_2$ . Висоту ХПД для розглядуваного нами ряду сталей і перерізів деталей можна вважати  $h_3 = 0,15-0,25$  мм, а усадку отвору після проходження ДЕ –  $U_{\delta} = 0,015-0,025$  мм.

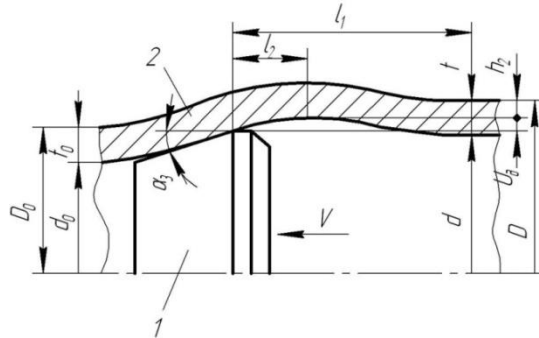


Рисунок 6 – Схема контактної зони при ДП порожнистих трубчастих деталей 2 з кінцевою товщиною стінки деформуючим елементом 1:

$v$  – швидкість протягування;

$D_0$  і  $D$  – відповідно зовнішні діаметри заготовки і деталі після обробки;

$d_0$  і  $d$  – відповідно діаметри отвору заготовки і деталі;

$t_0$  і  $t$  – відповідно товщини стінки заготовки і деталі;

$2\alpha_3$  – кут заборного конуса ДЕ.

Параметри ХПД:  $l_1$  – довжина;  $h_2$  – висота;

$l_2$  – відстань від ДЕ до максимуму хвилі;

$U_{\delta}$  – пружна усадка отвору.

Результати досліджень слугують вихідними даними для розробки комбінованих деформуюче-різальних протяжок [9] та процесу обробки отворів гільз гідроциліндрів за схемою «комбіноване протягування – розкатка». Цими початковими даними є: креслення деталі, інформація про заготовку і оброблюваний матеріал, а також тип виробництва. Товщина дефектного шару на трубній заготовці може сягати величини 0,5 мм.

Виробничі дослідження нового технологічного процесу, побудованого за схемою обробки отвору гільзи «комбіноване протягування – розкатка» та заснованого на використанні інструменту нової конструкції, показали на трьох машинобудівних підприємствах ефективність запропонованої технології у першу чергу за рахунок підвищення коефіцієнта використання матеріалу до 0,85 – 0,90. Випробування техніки, яку було оснащено дослідними зразками гідроциліндрів з гільзами нового зразка (рис. 7), показало надійність цих гідроциліндрів.



Рисунок 7 – Гідроциліндри Ц-100, виготовлені з використанням деформуюче-різального протягування

### **Висновки.**

Розроблена математична модель дії попередньої холодної деформації на оброблюваність пластичних матеріалів.

Показано, що деформуюче протягування зміцнює роздаванням серцевину трубчастих деталей із сталей 10, 10ГН, 20Г і 35 на 30 – 45%. При цьому товщина поверхневого шару цих деталей, зміцненого додатковою деформацією зсуву, сягає 0,2 мм, а мікротвердість поверхні збільшується у 1,9 – 2,3 рази. Висота ХПД знаходиться в межах 0,15 – 0,25 мм, а усадка отвору – 0,015 – 0,025 мм. Це дозволяє побудувати елементарні секції протяжного інструменту у вигляді «деформуюче кільце з натягом 0,15 мм – 2–3 різальні зубці».

Розроблено рекомендації щодо проектування та нову конструкцію комбінованого деформуюче-різального інструменту для обробки глибоких отворів, який відрізняється тим, що переднє деформуюче кільце є правлячим, друге деформуюче кільце криволінійного профілю виконує основну роботу пластичної деформації, а наступні секції складаються з деформуючого кільця і 2 – 3-х зубців. Інструмент оснащено демпфуючими дистанційними втулками. Розроблено програму розрахунку нового інструменту. Виробничі дослідження процесу, побудованого за схемою обробки отвору гільзи «комбіноване протягування – розкатка» показали на трьох машинобудівних підприємствах ефективність нової технології за рахунок підвищення КВМ до 0,85 – 0,90. Економічний ефект від впровадження маловитратного процесу виготовлення корпусу (гільзи) гідроциліндру Ц-100 складає 26980 грн. на 1000 деталей.

### **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Розенберг А. М. Элементы теории процесса резания металлов / А. М. Розенберг, А. Н. Ерёмин. – М. – Свердловск : Машгиз, 1956. – 320 с.
2. Развитие науки о резании металлов / В.Ф. Бобров [и др.]. – М. : Машиностроение, 1967. – 414 с.
3. Полетика М. Ф. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента / М. Ф. Полетика. – М. : Машиностроение, 1969. – 148 с.
4. Горский В.Г. Планирование промышленных экспериментов / В.Г. Горский , Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова и др. – М.: Металлургия, 1978. – 184 с.
5. Зедгинидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем / И.Г. Зедгинидзе. – М.: Наука, 1976. – 388 с.
6. Гончаров В.Г. Математическое планирование оптимизации коэффициента трения при дискретном упрочнении элементов трибосистем / В.Г. Гончаров // Вестник ХНАДУ. – Харьков: ХНАДУ, 2005. – Вып. 30. – С.36–39.
7. Справочник машиностроителя: в 6 т. / Ф.М. Диментберг [и др.] под ред Н.С. Ачеркана. – М.: Машгиз, 1963. – Т.1. – 592 с.
8. Посвятенко Е. К. Визначення параметрів стружкороздільної канавки при деформуючому протягуванні / Е. К. Посвятенко, Ю. Б. Паладійчук // Вибрації в техніці та технологіях. – 1998. – № 2. – С. 57–59.
9. Патент на винахід 89326 Україна, МПК (2014.01) В23Р 15/00. Комбінована деформуючо-різальна протяжка / Посвятенко Е.К., Паладійчук Ю.Б., Посвятенко Н.І., Будяк Р.В.; власник Вінницький національний аграрний університет; – № u 2013 14974; заявл. 20.12.2013; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 7.

## REFERENCES

1. Rozenberg A.M. Elementy teorii protsessa rezaniya metallov [Elements of the theory of metal cutting process]. Moscow – Sverdlovsk, Mashgiz. 1956. 320 p. (Rus)
2. Bobrov V.F. etc. Razvitie nauki o rezanii metallov [Development of the science of metal cutting ]. Moscow, Mashinostroenie, 1967. 414 p. (Rus)
3. Poletika M.F. Kontaknyye nagruzki na rezhushchikh poverkhostyakh instrumenta [Contact load on the cutting tool surfaces]. Moscow, Mashinostroenie, 1969. 148 p. (Rus)
4. Gorckiy V.G., Adler Yu.P., Markov E.V. etc. Planirovanie promyshlennykh eksperimentov [Planning of industrial experiments]. Moscow, Metallurgiya, 1978. 184 p. (Rus)
5. Zedginidze I.G. Planirovanie eksperimenta dlya issledovaniya mnogokomponentnykh sistem [Design of experiments for the study of multicomponent systems]. Moscow, Nauka, 1976. 388 p. (Rus)
6. Goncharov V.G. Matematicheskoe planirovanie optimizatsii koeffitsienta treniya pri diskretnom uprochnenii elementov tribosistemy [Mathematical planning optimization coefficient of friction at discrete hardening elements tribosystems] Vestnik KHNADU [Journal Kharkov National Road Transport University]. 2005, vol. 30. pp. 36–39. (Rus)
7. Dimentberg F.M. etc. Spravochnik Mashinostroitel'ya [Directory Machinist]. Zhurnal prikladnoy himii [Journal of Applied Chemistry]. Moscow, Mashgiz. 1963, vol.1. 592 p. (Rus)
8. Posviatenko E.K., Paladiychuk Yu.B. Vyznachennya parametriv struzhkorozdilnoi kanavki pry deformuiuchomu protiaguvanni [Definition parameters separate shaving grooves in deforming pulling] Vibratsii v tekhnike s tekhnologiakh [Vibrations in Engineering and Technology]. 1998, no. 2. pp. 57–59. (Ukr)
9. Posviatenko E.K., Paladiychuk Yu.B., Posviatenko N.I., Budyak P.V. Kombinovana defomuiyche-rialna protiazhka [Combined cutting-deforming pull] Patent UA, no u 2013 14974, 2014 (Ukr)

## РЕФЕРАТ

Посвятенко Е.К. Холодна пластична деформація як фактор підвищення оброблюваності пластичних матеріалів протягуванням / Е.К. Посвятенко, Н.І. Посвятенко, Р.В. Будяк // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2014. – Вип. 30.

Мета роботи – визначення впливу попереднього холодного деформаційного зміцнення (ХДЗ) на оброблюваність пластичних матеріалів низькошвидкісним різанням, зокрема протягуванням.

Установлено зв'язок між процесами у зоні стружкоутворення та контактними процесами на передній поверхні інструменту з урахуванням геометрії останнього, в умовах існування наросту. Висунута гіпотеза про можливість оцінки оброблюваності по зміні кута нахилу зони стружкоутворення з єдиною площиною зсуву. На основі цієї гіпотези побудована математична модель дії попереднього ХДЗ на оброблюваність сталей, з яких виготовляються гільзи гідроциліндрів. Адекватність моделі перевірена експериментально.

Із ряду методів ХДЗ вибрано наскрізне деформуєче протягування. Це дозволяє зміцнити поверхню і серцевину гільзи, а також виконувати чорнові, напівчистові та чистові операції одним комбінованим інструментом – деформуєче різальною протяжкою. Вивчено вплив ХДЗ на оброблюваність сталей. Показано, що цей вплив є позитивним, зокрема з позицій зменшення інтенсивності наростування.

Методи дослідження: математичне планування експериментів, оптична та електронна мікроскопія.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси обробки отворів на основі комбінованого протягування..

Результати статті можуть використовуватись на машинобудівних підприємствах пов'язаних з виготовленням протяжного інструменту і гідроциліндрів.

Подальші дослідження пов'язані з розвитком об'єкта дослідження та перенесення отриманих результатів на інші групи деталей типу гільз.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** КОМБІНОВАНЕ ПРОТЯГУВАННЯ, ГІЛЬЗИ ГІДРОЦИЛІНДРІВ, ОБРОБЛЮВАНІСТЬ РІЗАННЯМ, ХОЛОДНА ДЕФОРМАЦІЯ, ЗОНА СТРУЖКОУТВОРЕННЯ.

## ABSTRACT

Posviatenko E.K., Posviatenko N.I., Budyak P.V. Cold plastic deformation as the factor of increase workability of plastic material by pulling. Visnyk National Transport University. – Kyiv. National Transport University. 2014. – Vol. 30.

Purpose of the study – to determine the effect of cold deformation hardening on the workability of plastic materials.

The connection between the processes in the area of chip formation and the contact process on the front of the instrument. Hypothesized launched to possibility assess workability to change the angle of inclination of the chip formation zone . Based on this hypothesis, the mathematical model influence of the previous cold hardening on the machinability of steel is built . The adequacy of the model is tested experimentally.

Through deforming pulling allows to strengthen the surface and the core barrel. Shown that cold hardening reduces the formation of build-up edge

Methods: mathematical planning of experiments, optical and electron microscopy.

Object of study – processes of holes from the combined pulling.

The results of the article may be used for engineering plants for production of hydraulic cylinders and extended tool.

Further studies on the development of the research object and transfer of the results to other groups of parts such as sleeves.

**KEYWORDS: COMBINED PULLING, SLEEVE CYLINDERS, CUTTING MACHINABILITY, COLD DEFORMATION, ZONE FORMATION CHIPS.**

#### РЕФЕРАТ

Посвятенко Э.К. Холодная пластическая деформация как фактор повышения обрабатываемости пластических материалов протягиванием / Э.К. Посвятенко, Н.И. Посвятенко, Р.В. Будяк// Вестник Национального транспортного университета. – К. : НТУ, 2014. – Вып. 30.

Цель работы – определение влияния предварительного холодного деформационного упрочнения на обрабатываемость пластичных материалов низкоскоростным резанием, в частности протягиванием.

Установлена связь между процессами в зоне стружкообразования и контактными процессами на передней поверхности инструмента с учетом геометрии последнего, в условиях существования нароста. Выдвинута гипотеза о возможности оценки обрабатываемости по изменению угла наклона зоны стружкообразования с единой плоскостью сдвига. На основе этой гипотезы построена математическая модель действия предварительного холодного деформационного упрочнения на обрабатываемость сталей, используемых для изготовления гильзы гидроцилиндров. Адекватность модели проверена экспериментально.

Из ряда методов холодного деформационного упрочнения выбрано сквозное деформирующее протягивание. Это позволило упрочнить поверхность и сердцевину гильзы, а также производить черновые, полустачные и чистовые операции одним комбинированным инструментом – деформирующе режущей протяжкой. Изучено влияние холодного деформационного упрочнения на обрабатываемость сталей. Показано, что это влияние является положительным, в частности с позиции уменьшения интенсивности наростообразования.

Методы исследования: математическое планирование экспериментов, оптическая и электронная микроскопия.

Объект исследования – технологические процессы обработки отверстий на основе комбинированного протягивания.

Результаты статьи могут использоваться машиностроительных предприятиях, связанных с использованием протяжного инструмента и изготовлением гидроцилиндров.

Дальнейшие исследования связаны с усовершенствованием объекта исследования и применением полученных результатов на других группах деталей типа гильзы.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: КОМБИНИРОВАННОЕ ПРОТЯГИВАНИЕ, ГИЛЬЗЫ ГИДРОЦИЛИНДРОВ, ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ РЕЗАНИЕМ, ХОЛОДНАЯ ДЕФОРМАЦИЯ, ЗОНА СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ.**

#### АВТОРИ:

Посвятенко Едуард Карпович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, e-mail: natali1963@ukr.net, тел. 044-280-97-73, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 101а.

Посвятенко Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри дорожніх машин, e-mail: natali1963@ukr.net, тел. 044-280-97-73, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 226.



Будяк Руслан Володимирович, асистент, Вінницький національний аграрний університет, e-mail: gus\_budyak@yahoo.com, тел.+380972454448, Україна, 21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3, кафедра експлуатації машино-тракторного парку і технічного сервісу.

**AUTHORS:**

Posviatenko Eduard.K., Ph.D., Engineering (Dr.), National Transport University, professor department Manufacture, Repair and Materials Science, e-mail: natali1963@ukr.net, tel. 044-280-98-05, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of.101a.

Posviatenko Natalia.I., Ph.D., associate professor, National Transport University, associate professor department road vehicles, e-mail: natali1963@ukr.net, tel. 044-280-97-73, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of.226.

Budiak Puslan V., assistant, Vinnitsa National Agrarian University, assistant department Operation of the machinery park and Technical Service; e-mail: melnicktamara@yandex.ua, tel.+380955966210, Ukraine, 21008, Vinnitsa, Soniachna str, 3, department Operation of the machinery park and Technical Service.

**АВТОРЫ:**

Посвятенко Эдуард Карпович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры производства, ремонта и материаловедения, e-mail: natali1963@ukr.net, тел. 044-280-97-73, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 101а.

Посвятенко Наталия Ивановна, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры дорожных машин, e-mail: natali1963@ukr.net, тел. 044-280-97-73, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 226.

Будяк Руслан Владимирович, ассистент, Винницкий национальный аграрный университет, e-mail: gus\_budyak@yahoo.com, тел.+380972454448, Украина, 21008, г. Винница, ул. Солнечная, 3, кафедра эксплуатации машинно-тракторного парка и технического сервиса.

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Ляшенко Б.А. доктор технічних наук, професор, завідувач лабораторії Інституту проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України, Київ, Україна.

Матейчик В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Київ, Україна.

**REVIEWERS:**

Liashenko B.A., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, Head of Laboratory of The Institute for Problems of Strength, Kyiv, Ukraine.

Mateichik V.P., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, professor, department of Environment and Safety, Kyiv, Ukraine.