

ЩЕРБИНА КИРИЛ

Центральноукраїнський національний технічний університет

<https://orcid.org/0000-0002-1665-7686>e-mail: kir2912s@ukr.net**ТОРЧІЛОВ ДАНИЛО**

Центральноукраїнський національний технічний університет

<https://orcid.org/0009-0007-6224-1618>e-mail: dtorch99@gmail.com**ЗАЙКА АНДРІЙ**

Центральноукраїнський національний технічний університет

<https://orcid.org/0009-0009-2828-9751>e-mail: zaika_andrii@ukr.net**МАНДЗІЮК ДМИТРО**

Центральноукраїнський національний технічний університет

<https://orcid.org/0009-0004-5730-1469>e-mail: mandzukdmitro50@gmail.com

СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ РАДІАЛЬНОГО РОЗМІРУ ХОНА ДЛЯ ОБРОБКИ МАЛИХ ДІАМЕТРІВ

Удосконалення функціональних параметрів машин, механізмів та технологічного обладнання, що широко застосовуються в сучасному машинобудуванні, значною мірою досягається завдяки оптимізації процесів фінішної обробки деталей, які визначально впливають на надійність і довговічність роботи технічних систем. Особливої уваги потребують елементи гідравлічних машин і паливних систем двигунів внутрішнього згоряння, ефективність функціонування яких суттєво залежить від точності та якості виготовлення елементів керуючої апаратури. До ключових показників якості в цьому контексті належать параметри шорсткості поверхні та ступінь прояву макронерівностей, які безпосередньо впливають на гідродинамічні характеристики потоків, зносостійкість поверхонь сполучення, рівень герметичності вузлів та енергетичну ефективність системи загалом.

Досягнення заданих експлуатаційних і геометричних показників на завершальних етапах формоутворення поверхонь отворів забезпечується завдяки застосуванню процесу хонінгування. Цей процес поєднує високу точність обробки з унікальною здатністю компенсувати та коригувати фактичні геометричні відхилення оброблюваної поверхні. Технологічна зручність хонінгування зумовлена його адаптивністю до реальних похибок форми отвору: режими обробки автоматично узгоджуються з фактичними геометричними умовами, що дозволяє мінімізувати залишкові дефекти без істотного зростання трудомісткості та вартості операції. Завдяки цьому хонінгування є одним з найбільш ефективних методів фінішної обробки отворів у деталях високої точності.

У статті представлено розгорнутий науково-технічний аналіз гідростатичного хону, призначеного для високоточної обробки отворів малих діаметрів. Розглянуто конструктивні особливості інструмента, які забезпечують рівномірний розподіл гідростатичного тиску в зоні контакту та стабільність процесу різання, що сприяє підвищенню якості обробленої поверхні та зниженню коливань навантажень. На основі принципів механіки побудовано математичну модель роботи інструмента в умовах статичної рівноваги, яка пройшла верифікацію за результатами чисельного моделювання. Це дозволило дослідити вплив конструктивних і технологічних параметрів на тиск у робочій зоні та поведінку ріжучих елементів.

Особливу увагу приділено систематизації основних переваг гідростатичного хону порівняно з традиційними інструментами, серед яких — підвищена стабільність процесу обробки завдяки відсутності механічних деформаційних елементів, зменшення зношування ріжучих брусків за рахунок оптимізованого розподілу навантажень та покращення якості поверхні. Водночас ідентифіковано низку конструктивно-технологічних обмежень, пов'язаних з мінімальними оброблюваними діаметрами, вимогами до чистоти робочої рідини та необхідністю точного регулювання гідростатичного тиску. Отримані результати становлять теоретичну та практичну основу для підвищення ефективності процесів хонінгування у високоточному машинобудуванні, зокрема при виготовленні елементів гідравлічних та паливних систем, де особливо важливими є точність і якість оброблених поверхонь.

Ключові слова: хонінгувальна головка, гідростатичний хон, система регулювання радіального розміру, пружна-деформація, пружно-деформуєма оболонка, зона малих переміщень.

SHCHERBYNA KYRYL, TORCHILOV DANYLO, ZAIKA ANDRII, MANDZIUK DMYTRO

Central Ukrainian National Technical University

SYSTEMS FOR CONTROLLING THE RADIAL DIMENSION OF THE HONING FOR MACHINING SMALL DIAMETERS

Improvements in the functional parameters of machines, mechanisms, and technological equipment that are widely used in contemporary mechanical engineering are to a significant extent determined by the optimisation of finishing operations applied to precision parts. These operations critically influence the operational reliability and durability of mechanical systems. In particular, one of the decisive factors for enhancing the efficiency of hydraulic machines and the fuel systems of internal combustion engines is the high manufacturing quality of control equipment components. Among the key indicators of such quality are the parameters of surface roughness and the degree of macro-irregularities of working surfaces, as they have a direct impact on hydrodynamic characteristics, wear resistance, sealing performance of mating connections, and ultimately on the energy efficiency of fluid systems.

Achieving the required precision and surface integrity during the final stages of hole machining is ensured through the honing process. Honing distinguishes itself by its unique capability to combine high dimensional accuracy with the ability to compensate for and correct geometric deviations of the workpiece surface. Its technological flexibility arises from the capacity to adapt machining modes dynamically to the actual shape

errors of the hole, which enables the minimisation of residual defects without a significant increase in operational complexity or labour intensity. As a result, honing remains one of the most effective finishing methods for critical cylindrical surfaces in hydraulic and fuel control equipment.

The article presents an in-depth scientific and technical analysis of a hydrostatic honing tool intended for high-precision machining of small-diameter holes. Special emphasis is placed on the distinctive features of its structural design, which ensure uniform pressure distribution in the contact zone between the tool and the workpiece, leading to enhanced stability of the cutting process and improved repeatability of machining results. A mathematical model describing the static equilibrium of the hydrostatic honing tool has been developed and validated using numerical simulation methods. This model makes it possible to assess the influence of design parameters and technological modes on the pressure field and on the behaviour of the cutting elements during operation.

Particular attention is devoted to systematising the principal advantages of hydrostatic honing tools compared to conventional designs. These include increased stability of the machining process due to the absence of mechanical deformation elements, reduced tool wear owing to optimised load distribution, and enhanced surface quality of the finished parts. At the same time, the research identifies specific design and technological constraints, such as limitations in minimum hole diameter, sensitivity to fluid cleanliness, and the need for precise control of hydrostatic pressure. The obtained results provide a theoretical and practical basis for improving the efficiency of honing operations in precision engineering, particularly for components of hydraulic and fuel control systems that require exceptional accuracy and surface integrity.

Keywords: honing head, hydrostatic honing, radial size control system, elastic deformation, elastically deformable shell, small displacement zone.

Стаття надійшла до редакції / Received 15.10.2025

Прийнята до друку / Accepted 15.11.2025

Постановка проблеми

Сучасні конструкції елементів гідравлічних машин характеризуються наявністю прецизійних отворів зі складною, зокрема переривчастою, конфігурацією поверхонь, що істотно ускладнює забезпечення заданих параметрів геометричної форми та низької шорсткості. У більшості випадків фінальним етапом обробки таких отворів виступає процес хонінгування, ефективність якого набуває особливого значення при роботі з прецизійними та переривчастими поверхнями.

Ключовими завданнями є досягнення високої точності розмірів та форми, а також мінімізація шорсткості поверхонь за рахунок удосконалення конструктивних і експлуатаційних характеристик алмазно-абразивного інструменту. У цьому контексті оптимізація показників процесу хонінгування отворів перетворюється на актуальне науково-технічне завдання, що визначає напрям подальших досліджень у галузі високоточної фінішної обробки.

Аналіз досліджень та публікацій

На основі проведеного аналізу конструкцій та принципів роботи існуючих алмазно-абразивних інструментів — хонінгувальних головок і алмазних розверток — для високоточної обробки отворів [1–3] встановлено низку істотних технічних обмежень, які знижують ефективність їх застосування в сучасних виробничих умовах.

Передусім, хонінгувальна головка має недостатню здатність адаптивно реагувати на зміну сил різання, спричинених геометричними відхиленнями оброблюваного отвору як у поздовжньому, так і в поперечному напрямках. Це зумовлено наявністю статичного та кінематичного тертя у кінематичних ланках конструкції, що призводить до затримок у переміщенні абразивних брусків і, відповідно, до нестабільності процесу обробки [4, 5]. Додатковою проблемою є обробка шліцевих та інших переривчастих отворів малого діаметра, яка супроводжується конструктивними ускладненнями хонінгувальної головки та технологічними обмеженнями щодо мінімально можливого діаметра оброблюваних поверхонь [6].

Крім того, алмазна розвертка не забезпечує необхідного рівня технологічної гнучкості для застосування в автоматизованому виробництві. Її експлуатація потребує ручного регулювання розміру інструменту перед кожною операцією та постійного контролю ступеня його зношування, що унеможливорює інтеграцію процесу в безперервні автоматизовані технологічні лінії без додаткових витрат часу та ресурсів.

Отже, метою проведеного дослідження є розроблення алмазно-абразивного інструменту нового покоління, який усуває наявні конструктивно-технологічні обмеження щодо мінімального оброблюваного діаметра та забезпечує високий рівень чутливості до змін параметрів у процесі обробки. Такий інструмент має гарантувати стабільне формування геометрично точної поверхні з мінімальними відхиленнями та низькими показниками шорсткості, що дозволить досягти оптимальних характеристик точності та якості прецизійних отворів у широкому діапазоні розмірів.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є: дослідження і розробка конструкції хона, котрий повинен забезпечити нівелювання недоліків існуючих інструментів для фінішної обробки отворів.

Виклад основного матеріалу

Дана задача вирішується завдяки інструменту, який виконаний у вигляді полого тонкостінного циліндричного тіла з увігнутим дном (рис.1 а)

Алмазні або абразивні зерна нанесені на зовнішню циліндричну поверхню полого гвинтового циліндричного тіла з поперечним перерізом гвинтової лінії, наприклад прямокутної форми (рис.1 б).

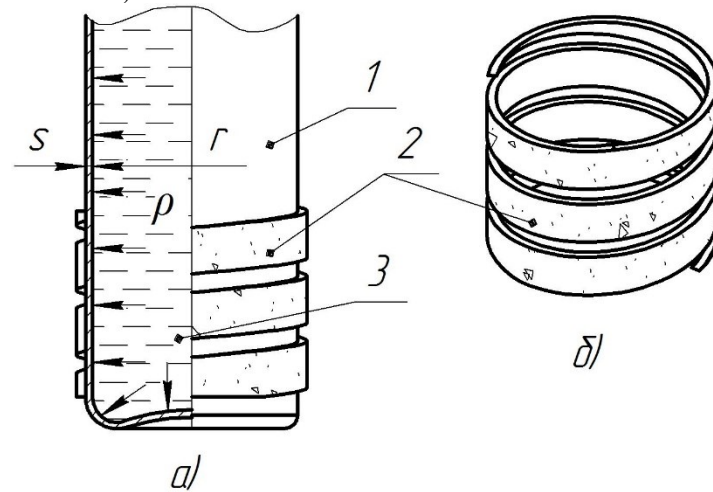
Поле гвинтове циліндричне тіло 2 сполучається своєю внутрішньою циліндричною поверхнею з зовнішньою циліндричною поверхнею полого тонкостінного циліндричного тіла 1 з забезпеченням нерухомої посадки та можливістю спільного пружного деформування в радіальному напрямку. Внутрішня порожнина полого тонкостінного циліндричного тіла 1 заповнена робочою рідиною 3.

Інструмент працює наступним чином. Тиск p , який утворюється в внутрішній порожнині полого тонкостінного циліндричного тіла 1 за рахунок стискання робочої рідини 3, призведе до деформації в напрямку

вісі OZ, що призведе до збільшення початкового діаметру.

Таким чином, запропонована конструкція виконання інструменту забезпечить регулювання радіального розміру за рахунок пружних деформацій без будь-яких проявів статичного і кінематичного тертя в процесі регулювання.

Найбільш доцільно такому інструменту дати найменування гідростатичний хон з змінними різальними елементами (в подальшому ГСТХЗРЕ).



1 – полого тонкостінного циліндричного тіла; 2 – поле гвинтове циліндричне тіло; 3 – рідина; p – гідростатичний тиск; r – внутрішній радіус полого тонкостінного циліндричного тіла; s – полого тонкостінного циліндричного тіла.

Рис. 1. Конструктивні виконання гідростатичного хону з змінними елементами
а) гідростатичний хон; б) змінний різальний елемент

Для визначення ефективності ГСТХЗРЕ необхідно проаналізувати та дослідити геометричну форму, яка б могла забезпечити ефект направленості дії.

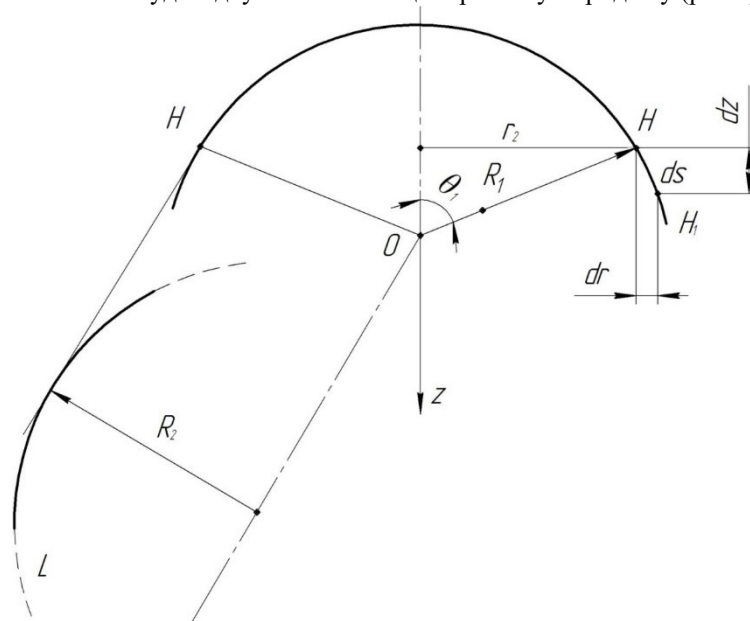
Аналіз та дослідження ГСТХЗРЕ буде відбуватися на основі теорії вісесиметричної деформації оболонок обертання (в подальшому ТВДОО). В основі даної теорії лежать гіпотези Кірхгофа, а саме :

1. Матеріальний елемент, нормальний до серединної поверхні ГСТХЗРЕ, залишається нормальним до неї і після деформації.
2. Нормальне напруження в площині, нормаль до яких співпадає з нормаллю до серединної поверхні, несуттєво малі. В даній теорії ці гіпотези доповнюються ще одною.
3. Змінення довжини нормального до серединної поверхні елемента несуттєво малі.

Для дослідження ГСТХЗРЕ необхідно визначити, які сили виникають за допомогою внутрішнього гідростатичного тиску.

Як було зазначено гідростатичний тиск буде діяти на внутрішні стінки ГСТХЗРЕ і утворюватиме силу, яка буде їх деформувати.

Подальший аналіз ГСТХЗРЕ буде відбуватися в площині розтину меридіану (рис.2) [2].



H – точка перетину меридіану та ГСТХЗРЕ. θ_1 – кут, утворюється між нормаллю до серединної поверхні ОФНД та віссю її симетрії; R_1 – радіус кривизни меридіану; R_2 – радіус кривизни, який виражений через радіус паралельного круга; r_2 – радіус паралельного круга.

Рис. 2. ГСТХЗРЕ в площині розтину меридіаном

Для початку визначимо значення гідростатичної сили, яка буде деформувати ГСТХЗРЕ.

$$P_z = P_{z1} + P_{z2}, \quad (1)$$

де P_{z1} – гідростатична сила, яка діє в розтині нормалі, до меридіану;

P_{z2} – гідростатична сила, яка діє в меридіанному розтині.

Отримане рівняння показує, що гідростатична сила буде розподілена на дві складові, які будуть діяти відповідно в розтині нормалі до меридіану та в меридіанному розтині. В першу чергу визначимо гідростатичну силу, яка буде діяти в розтині нормалі до меридіану.

$$P_{z1} = \frac{P_o(s)}{2\pi r_2 \sin \theta_1}, \quad (2)$$

де $P_o(s)$ – сумарне осьове зусилля;

θ_1 – кут, що утворюється між нормаллю до серединної поверхні оболонки з віссю її симетрії;

r_2 – радіус паралельного круга;

Тепер визначимо гідростатичну силу, яка буде діяти в меридіанному розтині.

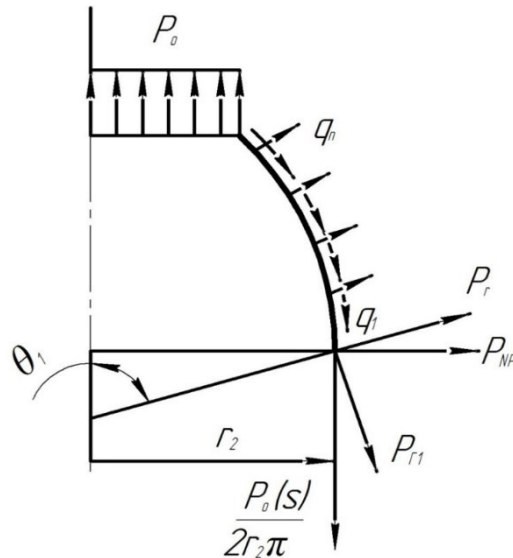
$$P_{z2} = q_n R_2 - P_{z1} \frac{R_2}{R_1}, \quad (3)$$

де R_1 – радіус кривизни меридіану;

R_2 – радіус кривизни, який виражений через радіус паралельного круга;

q_n – нормальне навантаження;

В рівнянні 2.4.5.3 присутнє сумарне осьове навантаження. Для його визначення побудуємо проекції сил, які прикладені до кінцевої ділянки ГСТХЗРЕ.



$P_o(s)$ – сумарне осьове зусилля; P_o – осьове зусилля; P_{NP} – розпірна сила; P_r – радіальна сила; q_n , q_1 – нормальне навантаження.

Рис. 3. Проекція сил, прикладених до кінцевої ділянки ГСТХЗРЕ

Можемо визначити сумарне значення осьового зусилля у відповідності до рис.3

$$P_o(s) = P_o + \int_{s_0}^s (q_n \cos \theta_1 - q_1 \sin \theta_1) 2\pi r_2 ds, \quad (4)$$

де q_1 – нормальне навантаження в осьовому напрямку;

s_0 – початкове значення переміщення;

s – значення переміщення;

ds – похідна від значення переміщення;

Опираючись на рис. 3 визначимо значення розпірної сили.

$$P_{NP} = P_{z1} \cos \theta_1 + P_r \sin \theta_1, \quad (5)$$

Маючи значення сил визначимо величину деформації ГСТХЗРЕ в осьовому та радіальному напрямках.

Почнемо з визначення радіальної деформації, так як вона відповідає за отримання необхідного нам розміру.

$$\xi = \frac{r_2}{Eh} \left(q_n R_2 - \left[\frac{R_2}{R_1} + \mu \right] \frac{P_o(s)}{2r_2 \sin \theta_1} \right), \quad (6)$$

де E – модуль пружності матеріалу;

μ – модуль Пуассона матеріалу;

h – товщина стінки;

Тепер визначимо значення осьової деформації ГСТХЗРЕ.

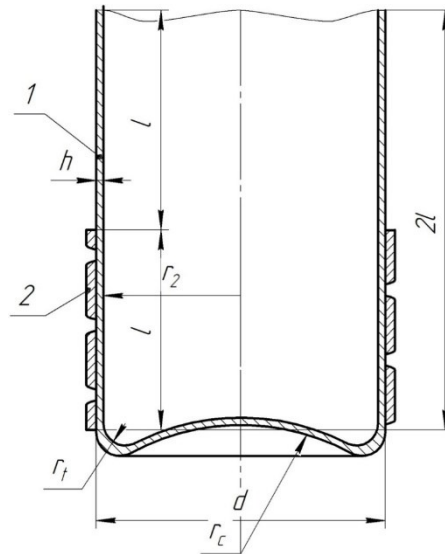
$$\zeta = C - \xi \operatorname{ctg} \theta_1 + \int \left(\varepsilon_1 - \frac{R_2}{R_1} \varepsilon_2 \right) (\sin \theta_1)^{-1} ds, \quad (7)$$

де C – постійна, яка характеризує осьове переміщення ГСТХЗРЕ, як жорсткого тіла.

Маючи всі необхідні значення для визначення процесів та сил, які виникають під час функціонування ГСТХЗРЕ, можемо визначити найоптимальнішу геометричну форму. Для аналізу геометричної форми ОФНД, необхідно зазначити, що вони бувають циліндричної, сферичної, у вигляді тору та змішаної форми.

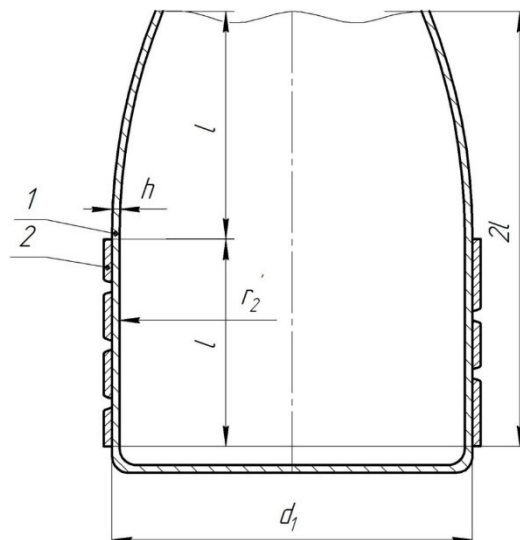
Найбільш доцільно, як прототип геометричної ГСТХЗРЕ, використати ГСТХЗРЕ у вигляді циліндра з

увігнутим дном (рис. 4), що вказує на те, що дно містить у собі декілька геометричних форм, а саме тор та сферу. Сфера, яка направлена у внутрішню порожнину повинна забезпечити компенсацію значення радіальної деформації відносно значення осьової деформації та дозволити утворити після деформації площинне дно.



1 – ОФНД у вигляді циліндру з площини дном; 2 – НААЗ; l – довжина НААЗ; d – внутрішній діаметр НААЗ;
 r_c – радіус сфери; r_t – радіус тора.

Рис. 4. ГСТХЗРЕ у вигляді циліндру з увігнутим дном



1 – ГСТХЗРЕ у вигляді циліндру з площини дном; 2 – НААЗ; r'_2 – внутрішній радіус ГСТХЗРЕ після деформації;
 d_f – внутрішній діаметр НААЗ після деформації.

Рис. 5. ГСТХЗРЕ у вигляді циліндра з увігнутим дном після деформації

Як відомо за літературними джерелами, ГСТХЗРЕ у вигляді циліндра з увігнутим дном після деформації буде мати наступний вигляд (рис. 5).

Отже, рис. 5 вказує не те, що дана геометрична форма дає можливість забезпечення деформації направленої дії.

Направленість дії забезпечується тим, що присутні так названі концентратори напруження в достатній мірі. Вони розподіляють гідростатичну силу за необхідними точками деформації.

Прийдемо до висновку, що дана геометрична форма буде забезпечувати направленість дії та буде компенсувати значення радіальної деформації відносно значення осьової деформації.

Але для використання ГСТХЗРЕ у вигляді циліндра з увігнутим дном в СРРР, необхідно провести ряд розрахунків за ТВДОО, в яких визначити границю міцності та величину радіального переміщення. Так як розрахунки будуть відбуватися за складними емпіричними формулами доцільно розробити програмний продукт.

Висновки

Проведений аналіз конструкції та принципу роботи гідростатичного хону зі змінними різальними елементами (ГСТХЗРЕ) засвідчив ефективність використання порожнистого тонкостінного циліндричного корпусу з увігнутим дном у поєднанні з гвинтовим циліндричним елементом із закріпленими абразивними зернами. Регулювання радіального розміру відбувається за рахунок пружних деформацій оболонки під дією

внутрішнього гідростатичного тиску, що дозволяє виключити статичне та кінематичне тертя. Теоретичне обґрунтування виконано на базі теорії вісесиметричної деформації оболонок обертання (ТВДОО), що дало можливість визначити сили, які виникають у нормальному та меридіональному розрізах, та описати закономірності осьових і радіальних переміщень.

Геометричне рішення у вигляді циліндричної оболонки з увігнутим дном забезпечує наявність концентраторів напруження, які спрямовано розподіляють гідростатичні сили та компенсують радіальні деформації відносно осьових. Поєднання сферичних і тороїдальних елементів дна сприяє формуванню площинного дна після навантаження, що стабілізує положення різальних елементів і забезпечує рівномірний тиск по всій довжині контакту. Це підвищує точність формоутворення отворів та зменшує похибки, пов'язані з нерівномірним зношуванням або перекосами інструменту.

Застосування ГСТХЗРЕ відкриває можливості гнучкого керування робочим розміром інструменту в реальному часі та створює передумови для інтеграції в адаптивні системи регулювання процесу хонінгування (СРРР). Для практичного впровадження необхідні уточнені розрахунки за ТВДОО з визначенням граничних значень міцності та радіальних переміщень, а також розробка програмного забезпечення для параметричної оптимізації конструкцій. Це забезпечить високоточну, стабільну та керовану роботу інструменту в сучасному машинобудуванні.

Література

1. Lawrence, K.D.; Ramamoorthy, B. Multi-surface topography targeted plateau honing for the processing of cylinder liner surfaces of automotive engines. *Appl. Surf. Sci.* 2016, 365, 19-30.
2. Demirci, I.; Mezghani, S.; Yousfi, M.; El Mansori, M. Impact of superficial surface texture anisotropy in helical slide and plateau honing on ring-pack performance. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part J J. Eng. Tribol.* 2015, 230, 1030-1037.
3. Deshpande, A.K.; Bhole, H.A.; Choudhari, L.A. Analysis of Super-Finishing Honing Operation with Old and New Plateau Honing Machine Concept. *Int. J. Eng. Res. Gen. Sci.* 2015, 3, 812-818.
4. Paswan, S.K.; Bedi, T.S.; Singh, A.K. Modeling and simulation of surface roughness in magnetorheological fluid based honing process. *Wear* 2017, 376-377, 1207-1221.
5. Arantes, L.J.; Fernandes, K.A.; Schramm, C.R.; Silveira Leal, J.E.; Piratelli-Filho, A.; Franco, S.D.; Arencibia, R.V. The roughness characterization in cylinders obtained by conventional and flexible honing processes. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2017, 93, 635-649.
6. Gehring-group: веб-сайт. URL: <https://gehring-group.com/en/honing/tools/> дата звернення 12.10.2025
7. К.К. Щербина, А.І. Гречка В.А. Мажара, Т.В. Дяченко Kinematics of cutting process while honing holes with a hone with variable geometry of sticks. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КНТУ, 2020. – Вип.50. – С.159-164
8. Підгаєцький М. М. Гідростатичний хон для обробки отворів малих діаметрів / М. М. Підгаєцький, К. К. Щербина // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні. – Харків : НТУ «ХПІ», 2012. – № 53(959). – С. 3–10.
9. Спосіб регулювання радіального розміру при обробці отворів та інструмент для його здійснення : пат. на винахід № 101595 Україна, МПК B23D 77/00, B24B 33/00 / М. М. Підгаєцький, К. К. Щербина ; заявник і патентовласник Кіровоградський національний технічний університет. – № u201102968; заявл. 14.03.2011; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 7. – 6 с. : іл.
10. K. Scherbyna Mechanics of contact interaction of elastic helical hone and machining surface / K. Scherbyna // Вісник Хмельницького національного університету : Технічні науки. – Хмельницький: ХНУ, 2019. – №4 (275). – С.15-21.

References

1. Lawrence, K.D.; Ramamoorthy, B. Multi-surface topography targeted plateau honing for the processing of cylinder liner surfaces of automotive engines. *Appl. Surf. Sci.* 2016, 365, 19-30.
2. Demirci, I.; Mezghani, S.; Yousfi, M.; El Mansori, M. Impact of superficial surface texture anisotropy in helical slide and plateau honing on ring-pack performance. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part J J. Eng. Tribol.* 2015, 230, 1030-1037.
3. Deshpande, A.K.; Bhole, H.A.; Choudhari, L.A. Analysis of Super-Finishing Honing Operation with Old and New Plateau Honing Machine Concept. *Int. J. Eng. Res. Gen. Sci.* 2015, 3, 812-818.
4. Paswan, S.K.; Bedi, T.S.; Singh, A.K. Modeling and simulation of surface roughness in magnetorheological fluid based honing process. *Wear* 2017, 376-377, 1207-1221.
5. Arantes, L.J.; Fernandes, K.A.; Schramm, C.R.; Silveira Leal, J.E.; Piratelli-Filho, A.; Franco, S.D.; Arencibia, R.V. The roughness characterization in cylinders obtained by conventional and flexible honing processes. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2017, 93, 635-649.
6. Gehring-group: veb-sait. URL: <https://gehring-group.com/en/honing/tools/> data zvernennia 12.10.2025
7. K.K. Shcherbyna, A.I. Hrechka V.A. Mazhara, T.V. Diachenko Kinematics of cutting process while honing holes with a hone with variable geometry of sticks. *Konstruiuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia silskohospodarskykh mashyn*. – Kirovohrad: KNTU, 2020. – Vyp.50. – S.159-164
8. Pidhaietskyi M. M. Hidrostatychnyi khon dlia obrobky otvoriv malykh diametriv / M. M. Pidhaietskyi, K. K. Shcherbyna // *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI»*. Serii: Tekhnolohii v mashynobuduvanni. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2012. – № 53(959). – S. 3–10.
9. Sposib rehuliuвання radialnoho rozmiru pry obrobtsi otvoriv ta instrument dlia yoho zdiisnennia : pat. na vynakhid № 101595 Ukraina, MPK B23D 77/00, B24V 33/00 / M. M. Pidhaietskyi, K. K. Shcherbyna ; zaiavnyk i patentovlasnyk Kirovohradskyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet. – № u201102968; zaiavl. 14.03.2011; opubl. 10.04.2013, Biul. № 7. – 6 s. : il.
10. K. Scherbyna Mechanics of contact interaction of elastic helical hone and machining surface / K. Scherbyna // *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu : Tekhnichni nauky*. – Khmelnytskyi: KhNU, 2019. – №4 (275). – S.15-21.