

В.В. Кальченко, проф., д-р техн. наук, **В.І. Венжега**, доц., канд. техн. наук,
Г.В. Пасов, доц., канд. техн. наук
Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів, Україна
e-mail: chntu@ukr.net

Підвищення точності та продуктивності обробки плоских поверхонь деталей, що входять до вузлів і агрегатів автомобілів

Використання нових резервів процесу шліфування плоских поверхонь деталей автомобілів дозволить істотно підвищити продуктивність обробки, знизити нерівномірність зносу профілю круга і підвищити точність та якість оброблених поверхонь, отже є актуальною науковою проблемою, вирішення якої має важливе народногосподарське значення. Проведений аналіз досліджень і публікацій показав важливість розробки і впровадження технологій шліфування зі схрещеними вісями шліфувальних кругів і заготовок, для чого проводиться спеціальна профільна правка круга, що дає змогу отримати на поверхні круга ділянку для зняття чорнового припуску та калібрувальну ділянку. При цьому весь припуск зрізується на ділянці, прилеглої до калібрувальної. Калібрувальна ділянка на вході деталей в зону обробки не приймає участь у зрізуванні припуску, має високу стійкість і на виході формує остаточну точність торцевих поверхонь. В роботі за допомогою матриць перетворення систем координат, які моделюють рухи і повороти вздовж і навколо координатних осей, описано калібрувальну ділянку торця інструмента при його профілюванні на верстаті алмазним олівцем, запропоновано оптимальну довжину калібрувальної ділянки та співвідношення кутів орієнтації шліфувальних кругів в горизонтальній і вертикальній площинах, які дають найкращі результати по точності.

двостороння торцешліфувальна обробка, комбінована правка кругів, профільовані та орієнтовані шліфувальні круги, точність обробки торцевих поверхонь

Постановка проблеми. Вимоги по точності розмірів, відхиленню форми та взаємного розміщення, шорсткості плоских поверхонь деяких деталей, що входять до складу вузлів і агрегатів автомобілів надзвичайно високі і можуть бути досягнені тільки за допомогою обробки шліфуванням. Так торцеве биття внутрішніх і зовнішніх кілець підшипників із сталі ШХ4 твердістю 61...64 HRC класів точності 2 і Т не повинно перевищувати 1,5 мкм при відхиленні ширини 1,5 мкм і шорсткості 0,32 мкм. До торцевих поверхонь роликів підшипників кочення висуваються високі вимоги по точності розмірів, відхилень форми та якості торцевих поверхонь при забезпеченні високої продуктивності обробки. Ролики повинні виготовлятися з підшипникової сталі ШХ 15, бути термічно оброблені до твердості 60...65 HRC, не мати тріщин, раковин, корозії, слідів припалів. Стандартом встановлено для роликів три ступені точності I, II, та III для яких нормуються основні параметри. Так, наприклад, для ступені точності I при довжині ролика до 30 мм верхній граничний відхил $es = +1,5$ мкм, нижній $.0ei = -7,5$ мкм, випуклість торця до 2 мкм. Увігнутість торців роликів не допускається.

В роботі потрібно провести дослідження відомих способів обробки плоских поверхонь деталей та процесу шліфування цих же поверхонь на модернізованому для цього двосторонньому торцешліфувальному верстаті 3342АДО для забезпечення необхідної точності і шорсткості та високої продуктивності обробки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Плоскі поверхні деталей автомобілів в основному обробляють струганням, фрезеруванням, протягуванням і шліфуванням [1, 2, 3]. Якість обробки деталей визначається такими параметрами:

- точністю відстаней між окремими поверхнями;
- непрямолінійністю поверхні в подовжньому і поперечному напрямках;
- непаралельністю і неперпендикулярністю окремих поверхонь між собою;
- розташуванням поверхні під необхідним кутом;
- необхідною шорсткістю поверхні;
- якістю поверхневого шару.

Вказані умови задають залежно від призначення деталі і даної поверхні й проставляють на кресленні.

Непрямолінійність, непаралельність, неперпендикулярність повинні призначатися по ГОСТ 10356–63 при особливих вимогах, витікаючих з умов роботи, виготовлення або вимірювання деталей. За відсутності вказівок про граничні відхилення ці відхилення обмежують полем допуску на розмір або регламентують в нормативних матеріалах на допуски. Шорсткість обробленої поверхні задають залежно від призначення цієї поверхні.

Стругання проводять на повздовжньо–стругальних і поперечно– стругальних верстатах. Ці верстати мають широке застосування в одиничному, дрібно- і середньосерійному виробництвах внаслідок універсальності, простоти, достатній точності і меншій вартості в порівнянні з фрезерними верстатами. Стругання розділяють на чорнове і чистове. Чистове стругання проводять з малою подачею або різцями з широкою різальною кромкою при великій подачі. Швидкості різання при цих видах обробки невеликі (4–20 м/хв.). Точність роботи на стругальних і довбальних верстатах 0,1–0,2 мм на 1 м довжини, шорсткість поверхонь при чорновому струганні $Ra = 6,3–25$ мкм, при чистовому $Ra = 0,8–6,3$ мкм.

Найбільш поширений спосіб обробки плоских поверхонь деталей, які не потребують високої точності, на вертикально і горизонтально фрезерних верстатах торцевими і циліндричними фрезами. Фрезерування торцевими фрезами більш продуктивне, ніж фрезерування циліндричними. Це пояснюється тим, що при торцевому фрезеруванні різання металу відбувається одночасно великим числом зубів, а при фрезеруванні циліндричними фрезами двома–трьома зубами. Крім того, можна використовувати торцеві фрези великих діаметрів (до 700 мм), з великим числом зубів або ножів з припаяними або непереточуваними пластинками. Торцеві фрези закріплюють в шпинделі верстата, забезпечуючи при цьому значну жорсткість. Точність фрезерування досягається по 8–11 квалітету, а шорсткість поверхні $Ra = 0,4–0,8$ мкм.

Обробка протягуванням зовнішніх ,заздалегідь не оброблених поверхонь, за один хід протяжки не надто поширений метод обробки , хоч при цьому і досягається висока точність і мала шорсткість поверхні. Суть цього методу полягає в тому, що в процесі обробки кожний різальний зуб протяжки знімає шар металу, що є частиною припуску, а калібруючі зуби зачищають поверхню. При цьому вони довго не втрачають своєї різальної здатності і форми.

Найкращі результати по точності розмірів, відхиленню форми та взаємного розміщення, шорсткості можна отримати при шліфуванні [4,5,6]. Застосовується обдирне і чистове шліфування. Обдирне шліфування поверхонь може бути попередньою або остаточною операцією, якщо не потрібна висока точність і мала шорсткість поверхні. Припуск для обдирного шліфування повинен бути значно меншим ніж для фрезерування і стругання. При великих припусках обдирне шліфування

неекономічне. Обдирне шліфування поверхонь використовують у тому випадку, коли тверда кірка на поверхні заготовки або велика твердість матеріалу утрудняють фрезерування чи стругання. Його застосовують також при обробці плоских поверхонь нежорстких заготовок.

Чорнове і чистове шліфування поверхонь проводять для отримання більш високої точності і малої шорсткості поверхні, коли цього не можна досягти фрезеруванням чи струганням [7,8]. Чистове шліфування поверхонь проводять частиною торця або периферією круга. При шліфуванні торцевою частиною круга застосовують круги чашкової або тарілчастої форми. Шліфування торцем круга більш продуктивне, ніж шліфування периферією, оскільки, звичайно, діаметр круга більший, ніж ширина оброблюваної поверхні, внаслідок чого вона вся піддається обробці. Шліфування периферією круга проводять з поперечною подачею, і тому воно менш продуктивне, але при цьому досягається більш висока точність, ніж при шліфуванні торцем круга.

При плоскому обдирному шліфуванні сталевих заготовок застосовують круги з електрокорунду, а для відливань з чавуна, міді і алюмінію круги з карбіду кремнію зернистістю 80–160 на керамічній або бакелітовій зв'язці. В порівнянні з керамічною бакелітова зв'язка володіє деякою змащувальною дією, забезпечуючи меншу шорсткість оброблюваної поверхні.

Для попереднього і остаточного шліфування сталевих заготовок застосовують переважно круги з електрокорунду, зернистістю 30–80 середньої твердості (С1–С2) і середньої м'якості (СМ1–СМ2) [9,10]. Для шліфування заготовок з чавуну – круги з карбіду кремнію, зернистістю 50–80 і твердістю С1–СМ2. Керамічну зв'язку використовують переважно в кругах при шліфуванні периферією, а бакелітову – в кругах при шліфуванні торцем. Швидкість шліфувальних кругів 30–40 м/с, при швидкісному шліфуванні – 50–60 м/с. Швидкість переміщення заготовки 10–50 м/хв. Глибина різання (0,005–0,03 мм) залежить від зернистості крута, необхідної шорсткості і точності. Подачу при шліфуванні периферією круга вибирають 0,2–0,6 ширини круга за хід столу. При плоскому шліфуванні периферією круга $H_o = 0,4–0,8$ мкм, при тонкому шліфуванні $R_a = 0,05–0,1$ мкм. При тонкому шліфуванні круг правлять алмазом, глибина шліфування 3–5 мкм, швидкість заготовки (столу) 2–4 м/хв.

Останнім часом отримало розвиток шліфування з великим зніманням металу (600 см³/хв. при обробці сталевих заготовок і 750 см³/хв. при обробці чавунних заготовок) [11,12]. Таке шліфування (силове) у багатьох випадках заміняє стругання, фрезерування, точіння, особливо при обробці поверхонь, що мають окалину, нерівності, значну твердість і ін. Силове шліфування здійснюють двома способами: 1) з великою глибиною різання (6 мм) і малою швидкістю подачі заготовки (1–2 м/хв.); 2) з невеликою глибиною різання і високою швидкістю подачі заготовки. Силове шліфування здійснюють на плоско- і круглошліфувальних верстатах. Для силового шліфування виготовляють круги підвищеної міцності, допускаючи окружні швидкості 70 м/с, що збільшують знімання металу в 2–3 рази в порівнянні зі звичайними методами шліфування. Шліфувальні круги для силового шліфування виготовляють на керамічній або бакелітовій зв'язках, грубозернистими і високопористими. При плоскому шліфуванні торцем круга використовують переважно сегментні круги. Змащувально-охолоджуючі рідини (ЗОР) зменшують нагрів і тертя між кругом і заготовкою. Застосовують наступні ЗОР: 1) емульсії прості і з добавками жирів для шліфування з високим тиском (20 кгс/см²); 2) шліфувальні масла; 3) хімічні рідини з добавками антикорозійних і поверхневих активних речовин. Кількість використання ЗОР до 60 л/хв.

Постановка завдання. Розробити високопродуктивний спосіб обробки для високоточних плоских поверхонь деталей, що входять до вузлів і агрегатів автомобілів, на двосторонніх тоцешліфувальних верстатах, спеціально профільованими кругами з калібрувальною ділянкою.

Виклад основного матеріалу. До складу вузлів і агрегатів автомобілів входить багато деталей, які мають плоскі поверхні, що потребують механічної обробки на металорізальних верстатах. В залежності від призначення деталей, вимог до точності розмірів, відхилень форми і розташування поверхонь, шорсткості, твердості, площі оброблюваних поверхонь застосовуються різноманітні методи обробки, серед яких найпоширенішими є стругання, фрезерування, протягування, шліфування. Серед деталей велику групу складають деталі, що потребують високоточної двосторонньої обробки торцевих поверхонь. Це поршневі пальці, пружини стиску дисків зчеплення, напівмуфти, хрестовини карданних валів, хрестовини муфт, роликові підшипники кочення в яких необхідна обробка внутрішніх, зовнішніх кілець та роликів. Підвищення точності та продуктивності обробки їх торцевих поверхонь є важливою науково-практичною задачею, вирішення якої дозволить як підвищити термін служби вузлів та агрегатів, так і здешевити їх виробництво, а отже підвищити рівень конкурентоспроможності продукції.

Отримання високої точності і продуктивності обробки на двосторонніх торцешліфувальних верстатах забезпечується за рахунок зняття припуску за один прохід, одночасної обробки відразу двох торців кількох деталей, що знаходяться в зоні обробки, простоти завантаження-вивантаження з можливістю автоматизувати цей процес, мінімізації похибки базування, суміщення в часі процесів завантаження, обробки та вивантаження, створення неперервності потоку заготовок [4].

При шліфуванні кругами з плоскими торцями, паралельними один одному і торцям оброблюваних деталей спочатку весь припуск зрізається периферійною ділянкою круга на вході в зону різання, а потім, після обробки партії деталей, забірним конусом, що утворився в результаті зносу. Чистове шліфування та виходжування здійснюється торцями кругів. Даний спосіб шліфування має низьку продуктивність, так як на торцевій поверхні круга знімання металу не відбувається. Відсутність орієнтування кругів забезпечує шліфування без розрахункової геометричної похибки, тому його застосовують для обробки високоточних торців з малими припусками на обробку, а також при обробці великогабаритних плоских поверхонь (пластин, магнітів, кришок, фланців) на напівавтоматах для двостороннього і одностороннього шліфування, де орієнтування не допускається необхідною точністю

Для підвищення ефективності шліфування, зменшення теплового впливу необхідна профільна правка круга. Найбільш раціональним є комбінований спосіб правки, представлений на рисунку 3.

Круги 1 орієнтують в горизонтальній площині на кут γ і у вертикальній - на кут ν з метою зняття припуску за один прохід. Спочатку вся торцева поверхня круга правиться в площині, перпендикулярній осі обертання круга за допомогою стаціонарного пристрою верстата. Після цього, алмазними олівцями 4, закріпленими на диску подачі заготовок 2, правлять ділянки, які прилягають до зовнішніх діаметрів кругів. При цьому величина радіуса правки, по якому переміщується вершина алмазного олівця, вибирається в залежності від форми та розмірів оброблюваної заготовки. У робочому циклі шліфування комбінована правка дає можливість розподілити весь припуск між чорною і чистою ділянками, збільшити робочу довжину дуги контакту деталей з кругом, що підвищує продуктивність обробки, знижує температуру в зоні обробки. Висока точність форми торця деталі

забезпечується на калібрувальній ділянці, прилеглий до зовнішнього діаметру круга, при виході із зони обробки. При цьому калібрувальна ділянка при вході в зону шліфування не приймає участь у зніманні припуску і має високу стійкість, так як напрямні елементи 5 унеможливають її контакт із заготовками.

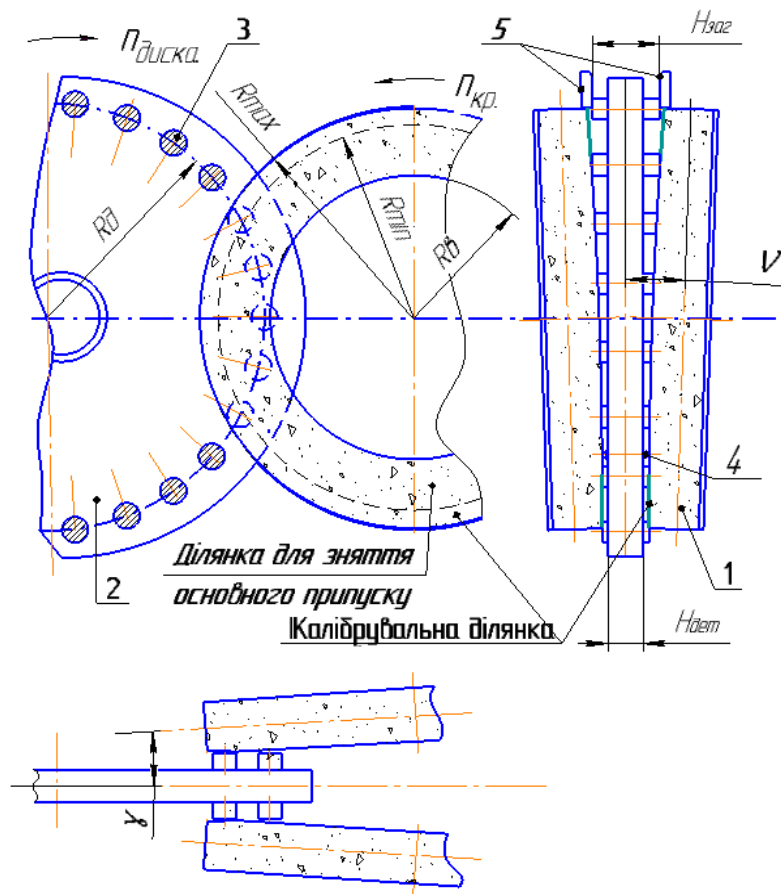


Рисунок 1 – Комбінований спосіб правки

Джерело: розроблено авторами

Проведем дослідження точності формоутворення деталей при запропонованому способі шліфування кругами з калібрувальною ділянкою

Радіус-вектор \vec{R}_i точок калібрувальної ділянки торцевої поверхні шліфувального круга визначається траєкторією руху алмазного олівця:

$$\vec{R}_i(\theta_B, \theta) = A^6(\theta) \cdot A^1(-X_c) \cdot A^5(\nu) \cdot A^4(\gamma) \cdot A^2(Y_c) \cdot A^1(X_c) \cdot A^3(Z_c) \cdot A^6(-\theta_B) \cdot A^1(R_B) \cdot e^{-4} \quad (1)$$

де A^1, \dots, A^6 – матриці перетворення систем координат, які моделюють рухи і повороти вздовж і навколо координатних осей;

θ, θ_B – параметри поверхні різального інструменту, які відповідають за кутове і радіальне положення точки робочої поверхні круга;

X_c, Y_c, Z_c – розміри, що визначають положення центра сферичного пальця відносно барабана подачі і робочої площини круга,

γ, ν – кути орієнтації шліфувальної бабки в горизонтальній і вертикальній площинах;

R_B – радіальний розмір розташування осей заготовок в барабані подачі;
 $e4 = (0, 0, 0, 1)^T$ – радіус-вектор вершини діамантового олівця, що співпадає з початком координат.

Рівняння 1 описує калібрувальну ділянку торця інструмента при його профілюванні на верстаті, яка наведена на рис. 2.

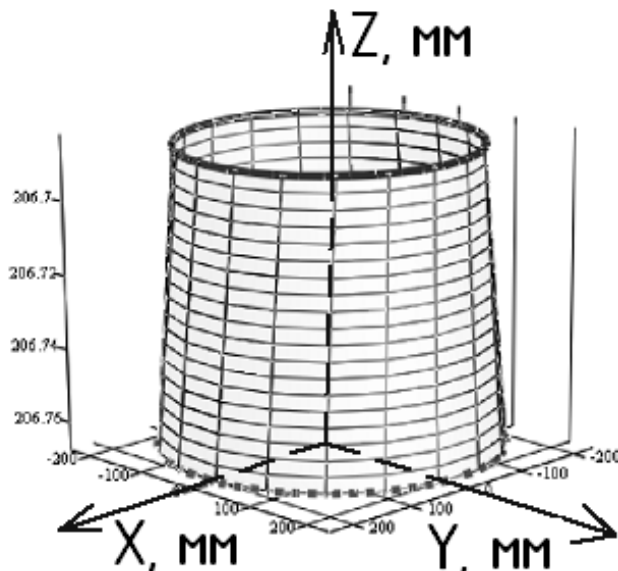


Рисунок 2 – Калібрувальна ділянка круга при збільшенні розмірів вздовж вісі Z в 1000 разів
Джерело: розроблено авторами

Проведені в роботі [4] теоретичні дослідження впливу довжини калібрувальної ділянки, обертання заготовок, кутів орієнтації кругів на точність обробки показали наступні результати.

1. Довжина калібрувальної ділянки повинна бути не меншою діаметру оброблюваної заготовки, але робити її надто великою недоцільно, оскільки точність при цьому фактично не збільшується, а довжина лінії контакту деталі з кругом зменшується.

2. Для підвищення точності обробки необхідно щоб заготовка що обробляється, якщо вона циліндричної форми, обернулась на калібрувальній ділянці не менше одного разу.

3. Найкращі по точності результати отримані при співвідношенні кутів орієнтації в вертикальній ν і горизонтальній γ площинах $\gamma = 1,57 \cdot \nu$. Чим більше відрізняється це співвідношення, тим нижча точність.

Для подачі заготовок в зону обробки між двома шліфувальними кругами залежно від конфігурації та розмірів конкретної заготовки може застосовуватись один із способів (рис.3): а- з прямолінійним рухом заготовок на прохід; б- з круговим рухом заготовок на прохід; в- з маятниковим рухом заготовок; г – врізанням. На рисунку: 1- шліфувальний круг; 2 – заготовка; 3 – напрямні лінійки; 4 – диск; 5 – маятник. Найбільш продуктивним і таким, що потребує мінімального переналагодження верстату є спосіб шліфування з круговим рухом заготовок на прохід. Верстат у заводському виконанні оснащений механізмом подачі заготовок в зону обробки завантажувальним диском, що приводиться до обертання двигуном постійного струму від редуктора, тому дуже легко і в широкому діапазоні можна змінювати величину подачі.

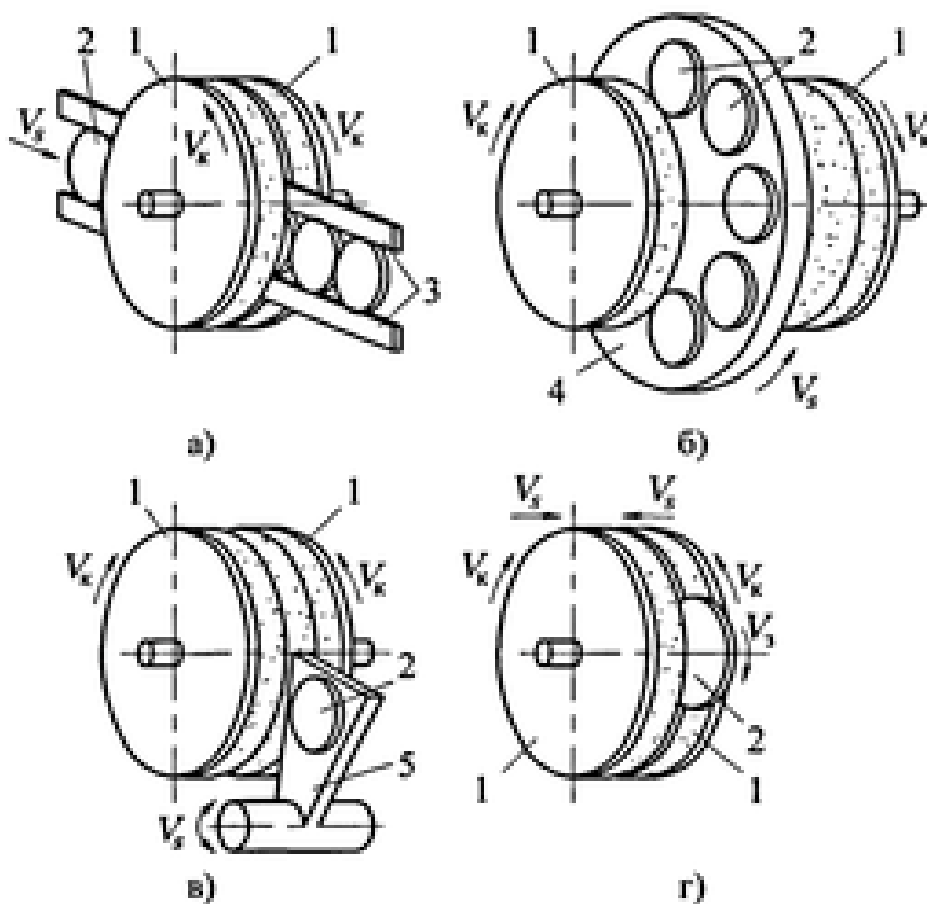


Рисунок 3 - Способи двостороннього торцевого шліфування

Джерело: на підставі [4]

Висновки. У роботі досліджено та запропоновано високопродуктивний спосіб обробки для плоских поверхонь деталей, що входять до складу вузлів і агрегатів автомобілів, в противіс силовому шліфуванню, на двосторонньому торцешліфувальному верстаті спеціально профільованими кругами з конічною калібрувальною ділянкою на торці. Це дозволяє підвищити їх параметри точності, шорсткості та продуктивності обробки, що є важливою науково-практичною задачею, вирішення якої дозволить як підвищити термін служби вузлів та агрегатів, так і здешевити їх виробництво, а отже підвищити рівень конкурентоспроможності продукції.

Список літератури

1. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. Основи технології виробництва і ремонту автомобілів: навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ ім Івана Пулюя, 2021. 544 с.
2. Кальченко В. І., Кальченко В. В., Венжега В. І. Відновлення деталей автомобілів: навч. посіб. Чернівці : ЧНТУ, 2013. 192 с.
3. Радик Д. Л., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик М. Д. Технологічні методи ремонтного відновлення деталей машин: навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2014. 213 с
4. Венжега В.І. Підвищення ефективності шліфування торців при схрещених осях деталі та круга з калібрувальною ділянкою: дис. канд. техн. наук: 05.03.01 / Національний технічний ун-т

- "Харківський політехнічний ін-т". Харків, 2009. 214с.
5. Kalchenko V., Kalchenko V., Kolohoida A., Kalchenko O., Kalchenko, D. Building a model of the process of shaping tapered calibrating areas of wheels at the two-sided grinding of round ends. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. 1(116). P. 62–70.
 6. Кальченко В.І., Кальченко Д.В., Следнікова О.С. 3D-моделювання інструментів, процесу зняття припуску та формоутворення при двосторонньому торцевому шліфуванні некруглих деталей орієнтованими кругами. *Збірник наукових праць Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Високі технології в машинобудуванні*. 2016. Вип. 1 (26). С. 31-39.
 7. Кальченко В.І., Венжега В.І., Следнікова О.С., Кальченко Д.В. Теоретичне та експериментальне дослідження процесів зняття припуску, зносу кругів, точності формоутворення та теплонапруженості під час шліфування торців деталей. *Збірник наукових праць Чернігівського національного технологічного університету. Технічні науки та технології*. 2016. Вип.4 (6). С. 25-34.
 8. Кальченко В.І., Кальченко В.В., Следнікова О.С., Кальченко Д.В. Дослідження процесу шліфування торців орієнтованих деталей профільованими кругами. *Вісник Черкаського державного технічного університету. Сер. Технічні науки*. 2016. Вип. 4. С. 69-79.
 9. Kalchenko D. Theoretical and experimental study of double-sided grinding process of round face ends by orientated wheels with calibrating sections. *Scientific Journal of TNTU. Manufacturing engineering and automated processes*. 2018. Vol 89. No 1. P. 100–112.
 10. Сіра Н.М., Кологойда А.В., Литвин О.О., Кальченко Д.В. Теоретичне та експериментальне дослідження процесу двостороннього шліфування торців деталей із різними діаметрами. *Науковий журнал «Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського»*. 2018. Т. 29 (68), ч. 1. С. 19-26.
 11. Kalchenko Volodymyr, Kalchenko Vitaliy, Kolohoida Antonina, Yeroshenko Andrii, Kalchenko Dmytro . Building a Model of Dressing the Working Surfaces of Wheels During the Two-Side Grinding of Round End Faces at CNC Machines . *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 1, No. (1 (115)). P. 86–93. (Scopus)
 12. Kalchenko Volodymyr, Kalchenko Vitaliy, Kolohoida Antonina, Kalchenko Olga, Kalchenko Dmytro. Building a Model of the Process of Shaping Tapered Calibrating Areas of Wheels at the Two-Sided Grinding of Round Ends . *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 2, No.1 (116). P.62–70. (Scopus)

References

1. Gevko, I.B., Rohatynskiy, R.M., Lyashuk, O.L., Gud, V.Z., Levkovich, M.G., Stashkiv, M.Ya. & Sipravskaya, M.D. (2021). *Osnovy tekhnologii vyrobnytstva i remontu avtomobiliv: navchal'nyy posibnyk*. [Fundamentals of automobile production and repair technology: a study guide]. Ternopil: Ivan Pulyuy TNTU [in Ukrainian].
2. Kalchenko, V.I., Kalchenko, V.V. & Venzhega, V.I. (2013). *Vidnovlennia detalej avtomobiliv* [Restoration of car parts]. Chernihiv: ChNTU [in Ukrainian].
3. Radikm D.L., Levkovychm M.G., Vasylykivm V.V. & Radikm M.D. (2014). *Tekhnologichni metody remontnoho vidnovlennia detalej mashyn* [Technological methods of repairing machine parts]. Ternopil: TNTU [in Ukrainian].
4. Venzhega, V.I. (2009). Pidvyschennia efektyvnosti shlifuvannia tortsiv pry skhreschenykh osiakh detali ta kruha z kalibruval'noiu diliankoiu [Increasing the efficiency of grinding the ends with crossed axes of the part and the circle with a calibration area]. *Candidate's thesis*. Kharkiv [in Ukrainian].
5. Kalchenko V., Kalchenko V., Kolohoida A., Kalchenko O. & Kalchenko, D. (2022). Building a model of the process of shaping tapered calibrating areas of wheels at the two-sided grinding of round ends. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(116), p. 62–70 [in English].
6. Kalchenko, V.I., Kalchenko, D.V. & Slednikova, O.S. (2016). 3D-modeliuvannia instrumentiv, protsesu zniattia pryprysku ta formoutvorennia pry dvostoronn'omu tortsevomu shlifuvanni nekrulnykh detalej oriientovanykh kruhamy [3D modeling of tools, the process of allowance removal and forming during two-sided face grinding of non-round parts with oriented circles]. *Zbirnyk naukovykh prats' Natsional'noho tekhnichnoho universytetu «Kharkivskiy politekhnichnyy instytut». Vysoki tekhnologii v mashynobuduvanni – Collection of scientific works of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*. *High technologies in mechanical engineering, Vol. 1 (26)*, 31-39 [in Ukrainian].
7. Kalchenko, V.I., Venzhega, V.I., Slednikova, O.S. & Kalchenko, D.V. (2016). Teoretychne ta eksperymental'ne doslidzhennia protsesiv zniattia pryprysku, znosu kruhiv, tochnosti formoutvorennia ta

- teplonapruzhnosti pid chas shlifuvannia tortsiv detalej [Theoretical and experimental study of the processes of removal of allowance, wear of wheels, accuracy of forming and thermal stress during grinding of the ends of parts]. *Zbirnyk naukovykh prats' Chernihivs'koho natsional'noho tekhnolohichnoho universytetu. Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Collection of scientific papers of the Chernihiv National University of Technology. Technical sciences and technologies, Issue 4 (6)*, 25-34. [in Ukrainian].
8. Kalchenko, V.I., Kalchenko, V.V., Slednikova, O.S. & Kalchenko, D.V. (2016). Doslidzhennia protsesu shlifuvannia tortsiv oriєntovanykh detalej profil'ovanykh kruhamy [Study of the process of grinding the ends of oriented parts with profiled circles]. *Visnyk Cherkas'koho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu. Ser. Tekhnichni nauky – Bulletin of the Cherkasy State Technical University. Ser. Technical sciences, Issue 4*, 69-79 [in Ukrainian].
 9. Kalchenko, D. (2018). Theoretical and experimental study of double-sided grinding process of round face ends by oriented wheels with calibrating sections. *Scientific Journal of TNTU. Manufacturing engineering and automated processes, Vol 89, No. 1*, 100–112 [in English].
 10. Syra, N.M., Kologoyda, A.V., Lytvyn, O.O. & Kalchenko, D.V. (2018). Teoretychne ta eksperymental'ne doslidzhennia protsesu dvostoronn'oho shlifuvannia tortsiv detalej iz riznymy diametramy [Theoretical and experimental study of the process of two-sided grinding of the ends of parts with different diameters]. *Naukovyj zhurnal «Vcheni zapysky Tavrijs'koho natsional'noho universytetu imeni V.I. Vernads'koho» – Scientific journal "Scientific Notes of the Tavra National University named after V.I. Vernadsky", Vol. 29 (68), Part 1*, 19-26 [in Ukrainian].
 11. Kalchenko, V., Kalchenko, V., Kolohoida, A., Yeroshenko, A. & Kalchenko, D. (2022). Building a Model of Dressing the Working Surfaces of Wheels During the Two-Side Grinding of Round End Faces at CNC Machines *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 1, No. 1 (115). P. 86–93 [in English].
 12. Kalchenko, V., Kalchenko, V., Kolohoida, A., Kalchenko, O. & Kalchenko, D. (2022). Building a Model of the Process of Shaping Tapered Calibrating Areas of Wheels at the Two-Sided Grinding of Round Ends. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* Vol. 2, No. 1 (116), P.62–70 [in English].

Volodymyr Kalchenko, Prof., DSc., **Volodymyr Venzhega**, Assoc. Prof., PhD tech sci.,

Hennadiy Pasov, Assoc. Prof., PhD tech sci.

Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv, Ukraine

Increasing the Accuracy and Productivity of Processing Flat Surfaces of Parts that Are Part of Car Assemblies and Assemblies

The use of new reserves of the process of grinding the flat surfaces of parts allows to significantly increase the productivity of processing, reduce the uneven wear of the wheel profile and increase the accuracy and quality of the processed surfaces, therefore, it is an urgent scientific problem, the solution of which is of important national economic importance.

The analysis of research and publications showed the importance of the development and implementation of grinding technologies with crossed axes of grinding wheels and workpieces, for which a special profile adjustment of the wheel is carried out, which makes it possible to obtain an area for removing the rough allowance and a calibration area on the surface of the wheel. At the same time, the entire allowance is cut in the area adjacent to the calibration area. The calibration section at the entrance of the parts to the processing area does not participate in cutting the allowance, has high stability and at the exit forms the final accuracy of the end surfaces. The paper describes the calibration area of the tool end when it is profiled on a machine with a diamond pencil using the transformation matrices of coordinate systems that model movements and rotations along and around the coordinate axes, the optimal length of the calibration area and the ratio of the orientation angles of the grinding wheels in the horizontal and vertical planes are proposed, which give the best results in terms of accuracy.

This method makes it possible to increase their parameters of accuracy, roughness and processing productivity, which is an important scientific and practical task, the solution of which will allow both to increase the service life of nodes and aggregates, and to reduce the cost of their production, and therefore to increase the level of competitiveness of products.

double-sided face grinding, combined grinding wheels, profiled and oriented grinding wheels, accuracy of end surface processing

Одержано (Received) 28.03.2023

Прорецензовано (Reviewed) 01.04.2023

Прийнято до друку (Approved) 03.04.2023