

УДК 621.923

В.Г. КЛИМЕНКО, Полтава, Україна,

А.І. ГРАБЧЕНКО, д-р техн. наук,

І.М. ПИЖОВ, д-р техн. наук,

В.О. ФЕДОРОВИЧ, д-р техн. наук, Харків, Україна

ДЕЯКІ ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЛОСКОГО ТОРЦЕВОГО ШЛІФУВАННЯ

Розглянуто питання, пов'язані з перспективою розширення технологічних можливостей процесу плоского торцевого шліфування за рахунок інтенсифікації прокачування технологічної рідини через зону шліфування, а також вдосконалення процесу правки абразивних кругів. Запропоновано технічні рішення, що дозволили досягти поставленої мети.

Рассмотрены вопросы, связанные с перспективой расширения технологических возможностей процесса плоского торцевого шлифования за счет интенсификации прокачки технологической жидкости через зону шлифования, а также совершенствования процесса правки абразивных кругов. Предложены технические решения, позволившие добиться поставленной цели.

Considered the questions connected with prospect of expansion of technological opportunities of the process of flat grinding due to the intensification of pumping the fluid through a grinding area, as well as improving the process of editing abrasive circles. Proposed technical solutions, which allowed to achieve this goal.

1. Постановка проблеми. В даний час значна кількість деталей машинобудування мають плоскі поверхні, і вони підлягають остаточній обробці на плоскошліфувальних верстатах [1]. При цьому багатомісна обробка продовжує мати важливе значення в механообробці. Чистові процеси обробки виконуються, як правило, на плоскошліфувальних верстатах з поздовжнім або круговим (обертальним) рухами столу [2]. При цьому використовуються в основному периферійні абразивні або алмазні круги. Лінійний характер контакту в зоні різання зумовлює високі питомі навантаження і тим самим сприяє інтенсифікації процесу самозаточування

при значних величинах питомої витрати абразивно-алмазних матеріалів. При обробці крихких матеріалів це додатково призводить до підвищеного рівня браку виробів за відколами та тріщинами. Крім цього зараз виникає нова проблема для технологів. Відомо, що однією з важливіших задач у напрямку практичної реалізації нанотехнологій є технологія обробки нано- та субмікроструктурних матеріалів. Як звісно вони є дуже чутливими до рівня силової та температурної завантаженості. При їх нагріві відбуваються складні структурні зміни, пов'язані з розвитком процесів повернення, рекристалізації, як наслідок, зріст зерна і втрата унікальних фізико-механічних властивостей. На жаль саме процеси шліфування відрізняються високими показниками температури у зоні обробки. Тому задача розробки та дослідження низькотемпературних методів шліфування набуває особливої важливості та актуальності. Наприклад, одним з ефективних прийомів зниження температури при торцевому шліфуванні є попередній нахил вісі обертання шпинделя, що дозволяє керувати величиною площі контакту РПК з деталлю [2].

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Враховуючи викладені вище міркування, як об'єкт для досліджень був обраний процес плоского торцевого шліфування на верстатах з вертикальним розташуванням шпинделя який має ряд істотних переваг перед процесами шліфування, заснованими на використанні периферійних кругів і особливо при обробці крихких звичайних та наноматеріалів.

Відомо, що достатньо ефективним прийомом зниження температури у зоні різання при торцевому шліфуванні є використання спеціальної ванни, яка дозволяє вести обробку у суцільному шарі технологічної рідини (ТР) [3] (рис. 1).

Але саме по собі шліфування у ванні, яка заповнена ТР, ще не вирішує проблеми достатнього заповнення зони обробки ТР, а отже і зниження температури. Цьому протидіє повітряний потік, який виникає при обертанні круга. При цьому є дуже важливим щоб ТР подавалася у ванну не безпосередньо, а через внутрішню порожнину торцевого круга, що створює умови для прокачування її через міжзеренний простір за рахунок дії відцентрових сил [4].

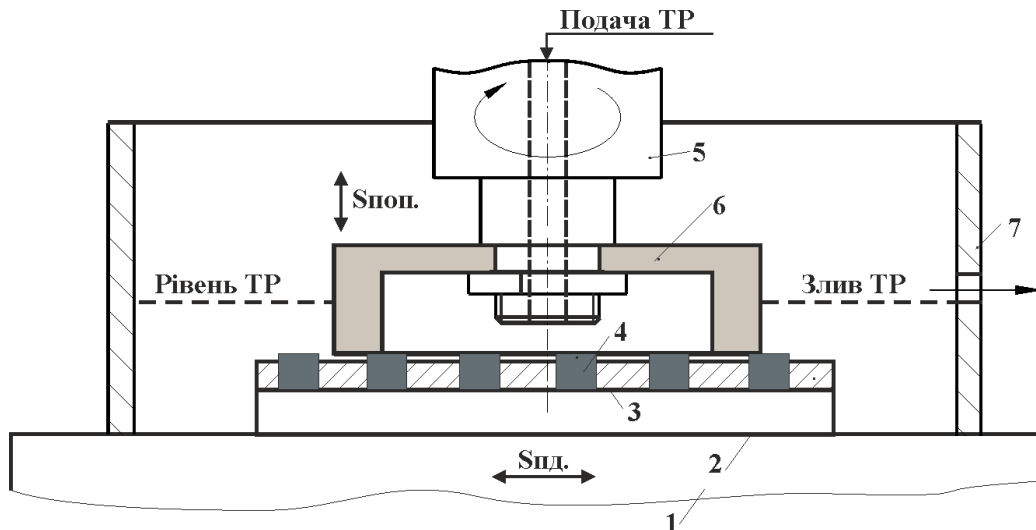


Рисунок 1 – Схема плоского торцевого шліфування з подачею ТР у внутрішню порожнину круга через полий шпиндель
 1 – стіл верстата; 2 – магнітна плита; 3 – сепаратор; 4 – оброблювальний матеріал; 5 – шпиндель; 6 – абразивний круг; 7 – ванна

Найбільш просто та ефективно ця задача вирішується у разі наявності на верстаті полого шпинделя через отвір якого можна без зайвих труднощів подавати у зону шліфування достатню кількість ТР (рис. 1). Такий підхід реалізовано на достатньо габаритних верстатах, наприклад ЗЕ756 та ін. У разі відсутності полого шпинделя можна використовувати запропонований нами спосіб подачі ТР у внутрішню порожнину круга через пази (отвори) в його торці. Для цих цілей була запропонована конструкція збірного торцевого круга (а.с. № 1627394), яка практично може бути реалізована як стосовно до алмазних, так і звичайних абразивних кругів (рис. 2).

Такий спосіб досить добре зарекомендував себе на практиці, хоча має у порівнянні з вищенаведеним способом менші технологічні можливості. Його основним недоліком слід вважати те, що для його реалізації потрібні спеціальні круги з пазами на базовому торці, а також необхідність складання пристрою кожного разу при заміні круга. Окрім цього за наявності пазів є небезпека ослаблення міцності круга (особливо для кругів з неметалічним корпусом), що є додатковим обмежуючим фактором при призначенні високопродуктивних режимів обробки. Все це в цілому може знизити технологічні можливості процесу шліфування.

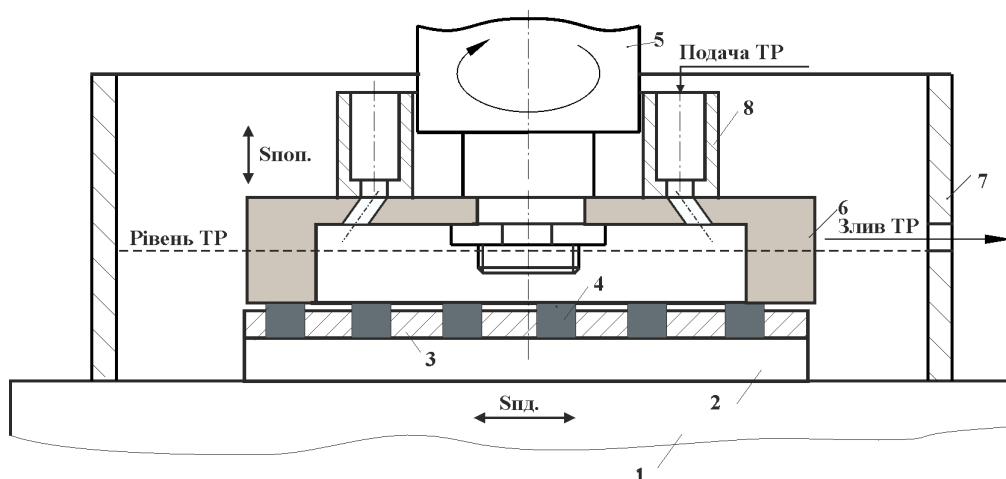


Рисунок 2 – Схема плоского торцевого шліфування з подачею ТР у внутрішню порожнину круга через пази на його торці
 1 – стіл верстата; 2 – магнітна плита; 3 – сепаратор; 4 – оброблювальний матеріал; 5 – шпиндель; 6 – абразивний круг; 7 – ванна; 8 – стакан

3. Мета дослідження. Метою представленої роботи є удосконалення процесу плоского торцевого шліфування з попереднім нахилом вісі обертання шпинделя.

4. Матеріали досліджень. Виконані нами дослідження дозволили запропонувати ряд технічних рішень які дозволили досягти запропонованої мети. Так, наприклад, було запропоновано більш ефективний пристрій подачі ТР у внутрішню порожнину круга, конструкція якого наведена на рис. 3 (пат. № 82805, Україна). Змінна оправка 1, встановлена за допомогою конуса в шпинделі 2 плоскошліфувального верстата, виконана як одне ціле зі стаканом, у внутрішню порожнину якого подається ТР.

Внутрішня поверхня стакана нахилена по відношенню до осі обертання круга під гострим кутом α , що сприяє кращому попаданню технологічної рідини в зону шліфування. При необхідності оправка 1 може додатково кріпитися в шпинделі, наприклад, за допомогою струни (на рисунку не показана) для чого вона має верхній різьбовий отвір. Нижня зовнішня торцева поверхня стакана є головною настановною базою для шліфувального круга 3, який кріпиться до оправки 1 за допомогою шайби

4 і болта 5. Для цього в нижній частині оправки передбачений різьбовий отвір. На утворюючих циліндровій поверхні, яка є для круга направляючою базою, виконані не наскрізними по глибині пази. При цьому візуально дана циліндрова поверхня нагадує шліцьовий вал. В осьовому напрямі пази виконані наскрізними, при цьому з одного боку вони виходять в порожнину стакана, а з іншого у внутрішню порожнину шліфувального круга 3. На торці шайби 4, прилеглому до внутрішнього торця круга 3, не наскрізні по глибині пази виконані в радіальному напрямі, що дозволяє спрямовувати ТР, що надходить з порожнини стакана через пази на оправці 1, на внутрішню поверхню круга 3. Еластична прокладка 6 служить для забезпечення попадання всього потоку рідини в пази шайби 4, а, отже, на внутрішню поверхню круга 3 звідкіля вона під дією відцентрових сил інтенсивно прокачується через зону шліфування, як показано на рисунку 3 стрілками. Отже, змінна оправка одночасно виконує три функції: по-перше, в ній установлюється і закріплюється шліфувальний круг, по-друге, за її допомогою круг механічно зв'язаний зі шпинделем станка, по третє, завдяки стакану і системі пазів оправка виконує функцію доставки технологічної рідини у внутрішню порожнину круга.

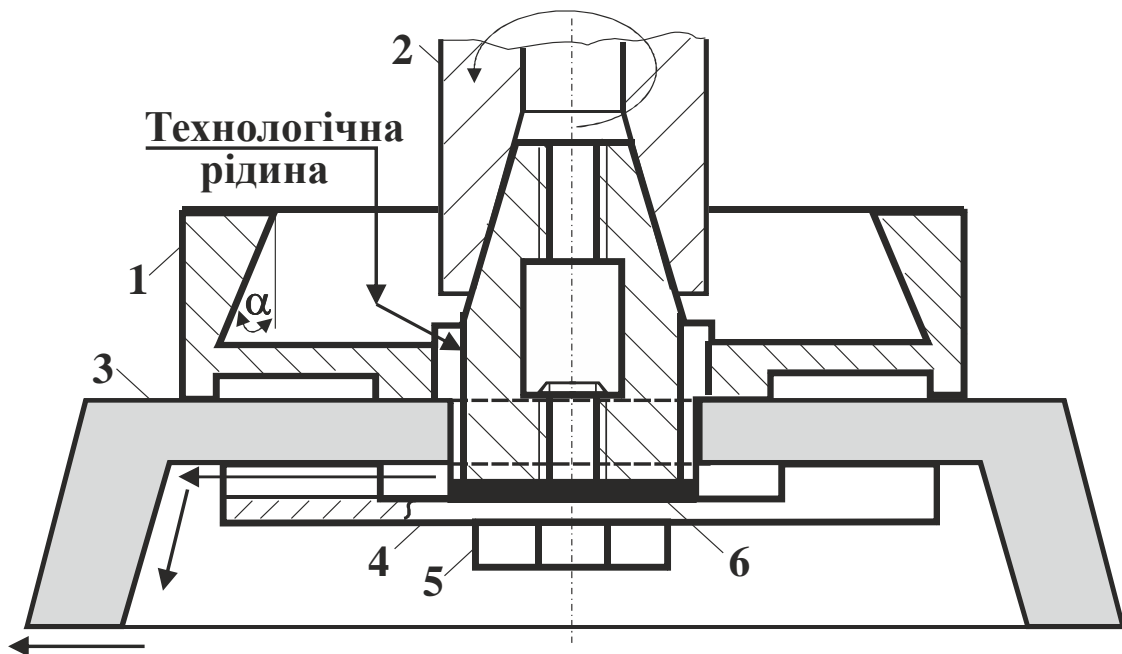


Рисунок 3 – Пристрій для подачі ТР у зону шліфування

Таким чином за рахунок розташування пазів на стаціонарній змінній оправці, виконаній спільно зі стаканом для подачі технологічної рідини, запропонований пристрій дозволяє, по-перше, використовувати стандартні шліфувальні круги, а, отже, реалізовувати високопродуктивні режими шліфування, по-друге, зменшити допоміжний час на обробку за рахунок виключення операції складання пристрою при зміні круга.

Як було сказано вище, при плоскому торцевому шліфуванні часто користуються прийомом, коли шліфувальний круг на етапі попередньої обробки повертають на певний кут α (рис. 4) завдяки чому можна керувати довжиною (площею) контакту робочої поверхні круга (РПК), а отже і силовою та температурною напруженістю процесу шліфування в цілому.

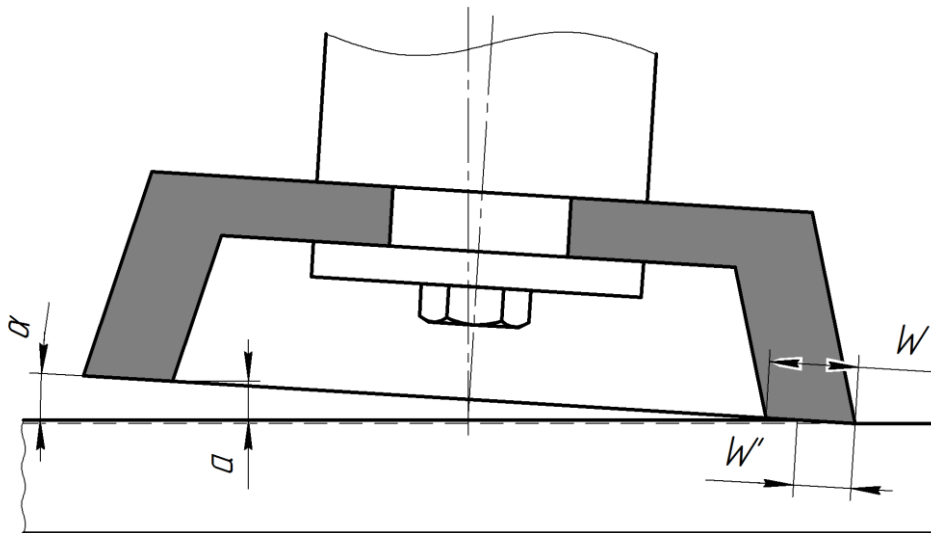


Рисунок 4 – Схема плоского торцевого шліфування з нахилом круга

У певному діапазоні значень кута α (від десятка хвилин до декілька градусів) у контакті з поверхнею деталі знаходиться тільки частина РПК (з одного його боку), при цьому довжина контакту (W') менша ніж ширина РПК (W). По мірі зменшення кута α площа контакту РПК з деталлю збільшується і при $\alpha=0$ вона досягає максимального рівня. Другим позитивним моментом нахилу круга є забезпечення кращого доступу ТР у зону шліфування. Все це дозволяє істотно підвищити продуктивність обробки за рахунок зниження тепловиділення в зоні різання. Але при цьому неминуче підвищення шорсткості і відхилення форми поверхні деталі (у даному випадку має місце її увігнутість). Тому

така схема може застосовуватися у випадках незначних вимог до шорсткості та геометричних відхилень, тобто при попередньому (чорновому) шліфуванні. По мірі посилення вказаних вимог величину кута α треба зменшувати і при прецизійному шліфуванні приймати рівною нуля. Це стає можливим тому, що при чистових і остаточних операціях шліфування використовуються достатньо ошадливі режими різання у наслідок чого вірогідність негативного впливу температурного фактору значно зменшується. Суттєвим недоліком схеми шліфування з нахилом РПК на кут α є те, що при цьому не передбачається захист кромки круга, оскільки подача на глибину здійснюється таким чином, що зовнішня кромка круга першою вступає в роботу. При обробці високотвердих матеріалів (наприклад надтвердих, таких як алмаз та щільні модифікації нітридів бору) це може призвести до браку виробів, наприклад, через врізання кола в області вершини різця при його заточуванні.

При цьому найбільш раціональним варіантом обробки слід вважати такий, коли вертикальна подача (S_v) здійснюється на подвійний хід столу верстата, а величина кута β між вектором подовжньої подачі ($S_{пд.}$) столу і віссю шпинделя не перевищує 90° (рис. 5 а,б, пат. № 76437, Україна).

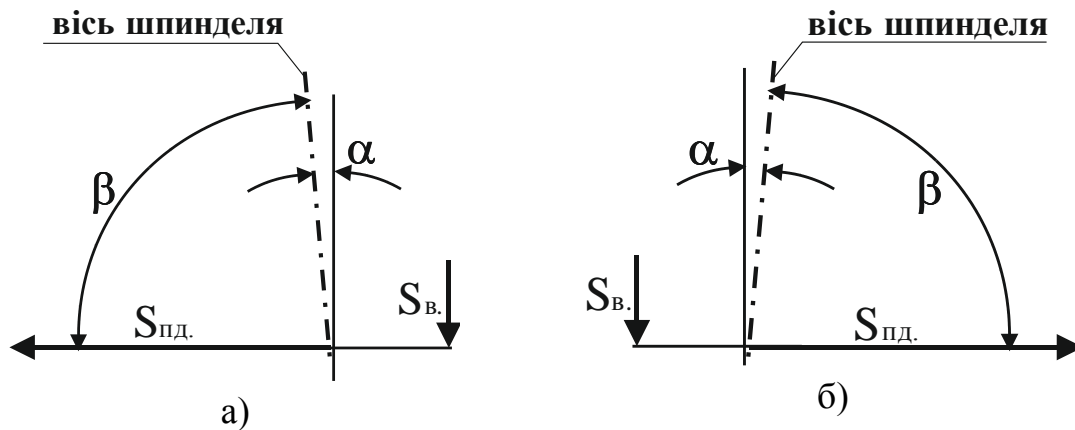


Рисунок 5 – Порядок здійснення S_v на подвійний хід столу верстата

З урахуванням вищевикладеного, стосовно обробки надтвердих матеріалів запропоновано новий підхід до процесу шліфування, який полягає в тому, що як і в відомих випадках круг заздалегідь повертають щодо напрямку подовжньої подачі так, щоб твірна його робочій поверхні розташовувалася по відношенню до вказаного напрямку під певним

початковим кутом α , а поперекову подачу здійснюють на подвійний хід. Новим є те (пат. № 76437, Україна), що круг періодично повертають в попереднє положення, одночасно з цим місце здійснення поперекової подачі зміщують на протилежну сторону ширини робочої поверхні круга (РПК), при цьому як критерій для зміни положення круга вибирають паралельність утворюючою його робочій поверхні по відношенню до напрямку подовжньої подачі, а початкову величину кута приймають в межах $\alpha=2^\circ-2,5^\circ$. Така періодична зміна положення круга забезпечує суттєве зниження браку виробів, рівномірність зносу круга, а, отже і найбільш повне його використання.

Взявши за основу таку схему обробки і з метою встановлення залежності довжини лінії (W') контакту РПК з поверхнею деталі від таких факторів, як кут α нахилу РПК та глибина шліфування t нами було проведено комп'ютерне моделювання зони контакту круга та деталі у середовищі «Компас» [5]. Ширина оброблюваної деталі приймалася рівною мінімальному діаметру круга. Встановлено (рис. 6), що, наприклад, для торцевого круга з $D_{\max}=150\text{мм}$ і шириною РПК $W=20\text{мм}$ при значеннях кута нахилу $\alpha=0,35^\circ$ і глибини шліфування $t=0,04\text{мм}$ у контакті з деталлю приймає участь приблизно 33% ширини РПК ($W'=6,55\text{мм}$).

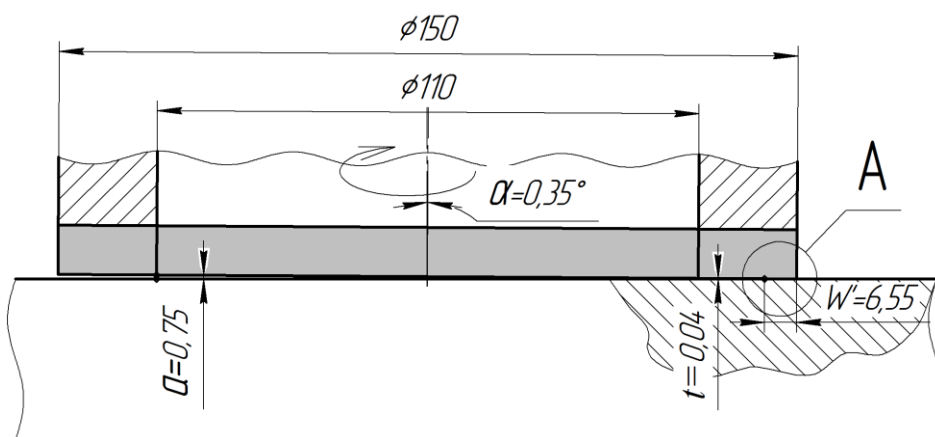


Рисунок 6 – До моделювання характеру контакту РПК з оброблювальною деталлю

При цьому відстань точки внутрішньої кромки круга від необробленої поверхні деталі складає $a=0,75\text{мм}$. Для даних умов обробки

протилежна внутрішня кромка круга може вступити в контакт з поверхнею деталі у випадку, коли $\alpha \leq 1'$. Зі збільшенням глибини обробки значення параметру W' природно буде також зростати. На рисунку 7 наведено залежності параметра W' від кута α нахилу РПК та глибини шліфування t які отримано внаслідок моделювання. Як видно з рисунка, функція $W'=f(\alpha)$ має нелінійний характер. При цьому в області малих значень кута α має місце різка залежність від нього параметра W' . Що стосується залежності параметра W' від глибини шліфування t , то вона лінійна, що природно. Звісно, що площа контакту РПК з поверхнею деталі є функцію таких параметрів як W' та дуга контакту круга з деталлю l , тобто $S=f(W', l)$. Тому маючи можливість визначення цієї площі, можна розрахувати теоретичне значення температури в зоні шліфування.

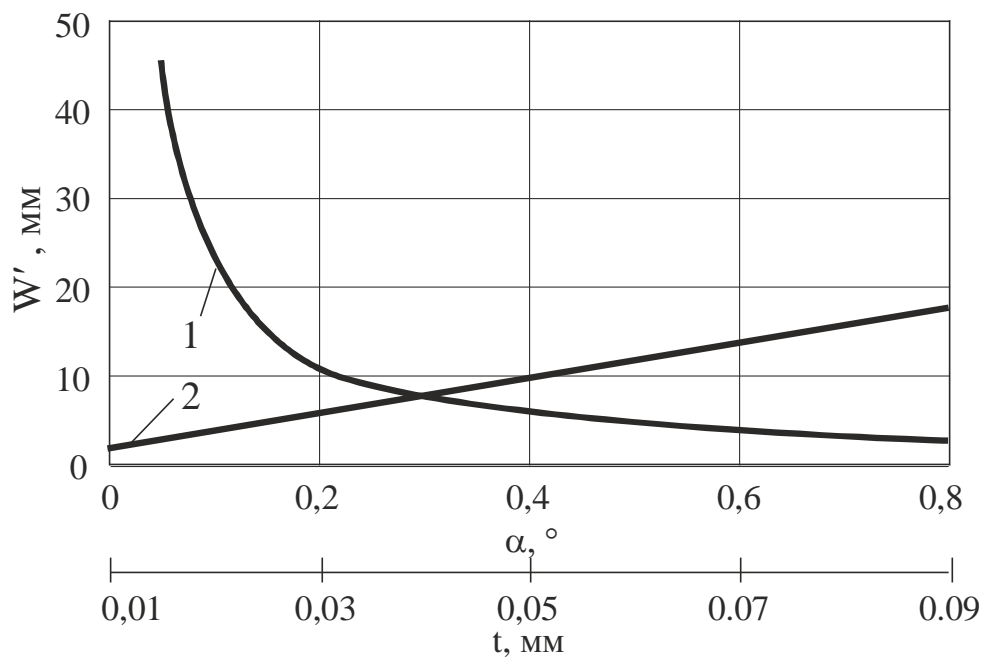


Рисунок 7 – Графіки залежностей: 1)- $W'=f(\alpha)$ ($t=0,04$ мм), 2)- $W'=f(t)$ ($\alpha=0,35^\circ$).

Умови моделювання: $d_{k \max}=500$ мм, $W=50$ мм, $B= d_{k \min}=400$ мм

Взагалі на практиці це може дозволити обґрунтовано встановлювати оптимальні умови процесу плоского торцевого шліфування. Унаслідок проведених досліджень нами була запропонована конструкція плоскошліфувального верстата з вертикальним шпинделем, який працює торцем круга (пат. № 81400. Україна). Технічний результат полягає в тому,

що запропонована конструкція верстата дозволяє, по-перше, здійснювати як попереднє (за умови, що рівень зливного отвору знаходиться вище за рівень зони шліфування), так і остаточне шліфування (за умови, що рівень зливного отвору знаходиться нижче за рівень зони шліфування), по-друге, використання додаткового електродвигуна, пов'язаного з шпинделем за допомогою механічної муфти зі змінним пружним елементом дозволяє істотно підвищити ефективність попереднього шліфування за рахунок створення механічних коливань (вібрацій) шпинделя, а, отже, і шліфувального круга (тобто фактично реалізовується вібраційне шліфування). В цілому це призводить до істотного розширення технологічних можливостей процесу шліфування.

Як відомо, правка абразивних кругів є однією найбільш поширених областей використання алмазів [6]. Під цим процесом розуміють цілеспрямований вплив на РПК з метою надання їй необхідної геометричної форми, а також створення на ній необхідних параметрів різального рельєфу.

Температурний фактор також має суттєве значення і у випадку правки абразивних кругів алмазними олівцями. В ідеалі треба забезпечувати у процесі правки заходи щодо зниження до потрібного рівня температури в контактній зоні (нижче за критичне для алмазу значення, тобто $T \leq 700^\circ\text{C}$) внаслідок чого сповільнюється прояв відомому ефекту графітизації алмазу. Згідно ГОСТ 607-80 у цьому випадку рекомендується використовувати рясну подачу ТР (не менш ніж 20л/хв.). Нами встановлено, що найбільш ефективно це можна вирішити стосовно правки торцевих кругів на верстатах з вертикальним шпинделем. Це стає можливим за рахунок проведення процесу у суцільному шарі ТР (пат. № 76444, Україна). Зазначені вище підходи до виготовлення та експлуатації алмазних олівців зводять до мінімуму необхідність у вихідному контролі готових алмазних правлячих олівців, сприяє підвищенню їх якості, а, отже, і їх загального терміну служби при подальшій експлуатації.

5. Висновки та перспективи розвитку. Таким чином, виконані розробки щодо процесу торцевого шліфування з попереднім нахилом круга дозволили удосконалити цей спосіб обробки і тим самим створити

умови для розширення його технологічних можливостей. У подальшому представляє значний інтерес питання визначення впливу умов обробки на площу контакту РПК з поверхнею деталей та відхилення їх форми.

Список використаних джерел: 1. Маталін А.А. Технология машиностроения / А.А. Маталін - Л.: Машиностроение, 1985. - 496 с. 2. Наерман М.С. Справочник молодого шлифовщика. / М.С. Наерман. - М.: Высшая школа, 1985. - 207 с. 3. Грабченко А.И. Расширение технологических возможностей процесса плоского торцевого шлифования / А.И. Грабченко, И.Н. Пыжов, В.Г. Клименко // Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб.–Харьков: 2012.- Вып. 81.-С. 64-75. 4. Худобин Л.В. Техника применения смазочно-охлаждающих средств в металлообработке / Л.В. Худобин, Е.Г. Бердичевский. - М.: Машиностроение. - 1977. – 189 с. 5. Грабченко А.И. Комп'ютерне моделювання зони контакту торцевого круга з деталлю на плоскошлифовальних верстатах / А.И. Грабченко, І.М. Пижов, В.Г. Клименко // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали XI міжнародної науково-технічної конференції. – Краматорськ: 2013. –С. 62. 6. P.K. Sen. Synthetische Diamant-Abrichtrohlinge für den zukunfftigen Industriebedarf. http://www.idr-online.com/german/pages/archive/2002_2/16_art/art16_2_02.htm.

Bibliography (transliterated): 1. Matalin A.A. Tehnologija mashinostroenija / A.A. Matalin - L.: Mashinostroenie, 1985. - 496 s. 2. Naerman M.S. Spravochnik molodogo shlifovshhika. / M.S. Naerman. -M.: Vysshaja shkola, 1985. -207 s. 3. Grabchenko A.I. Rasshirenie tehnologicheskikh vozmozhnostej processa ploskogo torcovogo shlifovaniya / A.I. Grabchenko, I.N. Pyzhov, V.G. Klimenko // Rezanie i instrument v tehnologicheskikh sistemah: Mezhdunar. nach.-tehn. sb.–Har'kov: 2012.- Vyp. 81.-S. 64-75. 4. Hudobin L.V. Tehnika primenenija smazочно-ohlazhdajushhih sredstv v metalloobrabotke / L.V. Hudobin, E.G. Berdichevskij. - M.: Mashinostroenie. - 1977. –189 s. 5. Grabchenko A.I. Komp'juterne modeljuvannja zoni kontaktu torcevogogo kruga z detal'ju na ploskoshlifoval'nih verstatah / A.I. Grabchenko, I.M. Pizhov, V.G. Klimenko // Vazhke mashinobuduvannja. Problemi ta perspektivi rozvitku. Materiali mizhnarodnoї naukovo-tehnicnoї konferencii. – Kramators'k: 2013. –S. 62. 6. P.K. Sen. Synthetische Diamant-Abrichtrohlinge für den zukunfftigen Industriebedarf. http://www.idr-online.com/german/pages/archive/2002_2/16_art/art16_2_02.htm.