

Рис. 4. Залежність інваріантів початкових прискорень від λ для 4-(крива 1), 6-(крива 2) і 8-(крива 3) пазових мальтійських механізмів

Результати проведених досліджень впливу базовідстані на пікові значення кінематичних і динамічних величин показали доцільність використання в приводі мальтійських механізмів кривошипно-кулісних механізмів для збільшення періодів повороту хреста (у межах циклограми машини), зменшення швидкості, початкового та максимального прискорення хреста й кінетичної потужності на валу кривошипа.

1. Артоболевский И. И., Левитский Н. И., Черкудинов С. А. Синтез плоских механизмов. М., 1959. 2. Кухаренко П. Г., Нахапетян Е. Г. Исследование истинной динамики быстроходных мальтійських механізмів // Теория механизмов и машин. X., 1974. С. 8–15. 3. Нахапетян Е. Г., Кухаренко П. Г., Клебанова О. Н. Экспериментальное исследование динамики мальтійських механізмів с криволинейными пазами // Механика машин. М., 1966. Вып. 1–2. С. 138–153. 4. Сперанский Н. В. Проектирование мальтійських механізмів. М., 1960. 5. Фишин М. Е. Механизмы периодического поворота в полиграфических машинах. М., 1973.

УДК 621.923

Я. О. Шахбазов

Українська академія друкарства

ТЕХНОЛОГІЧНІ МОЖЛИВОСТІ СКОРОЧЕННЯ ВИТРАТ АБРАЗИВНИХ КРУГІВ ПРИ ШЛІФУВАННІ

Розглядаються можливості скорочення витрат абразивних шліфувальних кругів при їх правці алмазними інструментами методом точіння в процесі шліфування.

Possibilities of cutback of abrasive grinding wheels spending are examined during their corrections by diamond instruments by a sharpening method in the process of polishing.

Для переважної більшості операцій шліфування абразивними кругами основною технологічною умовою обмеження процесу обробки є стійкість кругів. У процесі шліфування відбувається їх спрацювання, що викликає зміни в різальних властивостях і погіршення якості оброблюваної поверхні заготовки. Тому важливою технологічною характеристикою процесу шліфування абразивними кругами є неперервне або періодичне відновлення їхньої робочої поверхні. Серед відомих відновних методів найчастіше застосовуваним в усіх видах виробництва є точіння алмазними інструментами.

Як показав аналіз робіт [1–4], якісні показники оброблюваної поверхні та вихідні параметри шліфування визначаються переважно технологічними умовами процесу правки кругів. Однак недостатність досліджень з цієї проблеми спричиняє значні витрати при шліфуванні. Так, залежно від умов шліфування витрати кругів тільки на правку досягають 50–60% їх корисного обсягу. Час на правку займає до 50% основного часу на шліфування. Внаслідок цього до 70% собівартості операції шліфування складають витрати, пов'язані з правкою абразивних кругів.

У роботах [2, 4] автори рекомендують проводити правку абразивних кругів, залежно від операції шліфування, глибиною 0,005–0,06 мм. Однак при цьому не враховуються ступінь крихкого руйнування різальних елементів поверхневого шару абразивного круга та можливості використання їх для зрізання припуску із заготовки, що значно впливає на витрати кругів і формування шорсткості оброблюваної поверхні. Отже, існуючі рекомендації не відображають даний процес адекватно і не знайшли широкого розповсюдження на технологічних операціях шліфування заготовок деталей машин.

Метою нашої роботи є розв'язання проблеми щодо визначення технологічних умов процесу правки абразивних кругів на керамічній зв'язці при шліфуванні з метою скорочення їх витрат та забезпечення якості оброблюваної поверхні.

Витрати абразивних кругів зазвичай складаються з витрат на шліфування та формування рельєфу. Витрати при формуванні рельєфу круга залежать від товщини видаленого шару і технологічних умов, до яких відносяться глибина взаємодії та розміри контактуючих матеріалів. До непродуктивних витрат абразивних зерен при формуванні рельєфу належить та кількість повністю видалених зерен, частину яких при певних умовах можна зберегти на робочій поверхні круга для виконання процесу шліфування [5]. А це при відомих розмірах контактуючих елементів системи залежить від глибини їх взаємодії. Тому для визначення кількості зруйнованих абразивних зерен потрібно скористатися законом розподілу їх на робочій поверхні круга. За початок відліку слід прийняти вершину найбільш виступаючого зерна на робочій поверхні абразивного круга після його спрацювання [1]. Якщо на одиниці робочої поверхні абразивного круга розташовано Z_0 зерен, то на відстані h_3 від вершини найбільш виступаючих зерен цієї поверхні їх буде Z_h , тобто

$$Z_h = Z_0 F(h_3), \quad (1)$$

де $F(h_3)$ — функція розподілу вершин зерен при значеннях аргументу h_3 .

З роботи [1] відомо, що за функцію розподілу вершин зерен на робочій поверхні абразивного круга слід прийняти закон нормального розподілу. Однак використання його в області малих відстаней від найбільш виступаючих зерен не дозволяє отримати достовірні результати. Тому теоретичну криву видозмінюють з умови забезпечення 2%-ної кількості зерен на нульовому рівні від вершин найбільш виступаючих зерен. Для таких умов побудовано графік (рис. 1) залежності функції розподілу $F(h)$ зерен від співвідношення h/r_1 — глибини правки h і середнього радіуса абразивного зерна r_1 . Графік відсунуто до осі ординат з умови забезпечення 2,5%-ної кількості зерен на нульовому рівні від вершин найбільш виступаючих зерен. У цьому випадку графік розподілу абразивних зерен на робочій поверхні круга має поліноміальну характеристику з апроксимуючим рівнянням у вигляді

$$F(h) = 6,4844(h/r_1)^4 - 15,151(h/r_1)^3 + 10,243(h/r_1)^2 - 0,6047(h/r_1) + 0,0267. \quad (2)$$

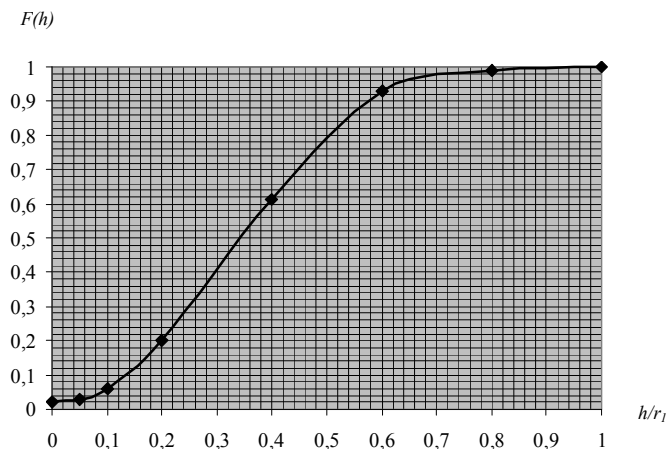


Рис. 1. Графік залежності функції розподілу $F(h)$ зерен від співвідношення h/r_1 .

За рівнянням (2) розраховано статистичні параметри робочої поверхні абразивного круга діаметром 400 мм, товщиною 40 мм і зернистістю 16, 25 і 40. Результати розрахунків загальної кількості зерен Z_0 та активних зерен Z_a наведено в таблиці. Як показують дослідження [5], характер руйнування робочої поверхні абразивних кругів при їх правці алмазним інструментом, що забезпечує відповідний рельєф на робочій поверхні круга для проведення шліфування, визначається глибиною взаємодії h кристала алмазу й абразивного зерна та їх розмірами, геометричною характеристикою якої є поперечна подача правильного алмазного інструмента. Однак при цьому необхідно враховувати, що при малих глибинах формування рельєфу ступінь розвиненості робочої поверхні абразивного круга та його різальна здатність є мінімальними. Тому для зрізування припуску з поверхні заготовок потрібно якомога частіше виконувати правку і формування робочого рельєфу, що, у свою чергу, зумовлює непро-

дуктивні витрати абразивних кругів. При великих глибинах формування рельєфу ті абразивні зерна на робочій поверхні круга, які можуть здійснювати зрізування припуску, будуть видалені, що також спричиняє непродуктивні витрати кругів.

Статистичні характеристики робочого шару абразивного круга

h, мм	r ₁ , мм	Z ₀ , шт.	Z _a , шт.	Z _p , шт.		
				r ₂ = 0,05 мм	r ₂ = 0,1 мм	r ₂ = 0,2 мм
0,005	0,08	783744	19842	9227	10182	10824
0,01	0,08	783744	65168	17371	20065	21981
0,02	0,08	783744	238499	27742	33743	38162
0,03	0,08	783744	446430	33050	41674	47993
0,04	0,08	783744	624252	35608	46670	54620
0,05	0,08	783744	737033	36109	49696	59162
0,005	0,125	437088	7844	4473	4905	5205
0,01	0,125	437088	15904	7544	8493	9166
0,02	0,125	437088	58727	14481	17503	19809
0,03	0,125	437088	123973	18791	23817	27737
0,04	0,125	437088	198265	21297	28123	33436
0,05	0,125	437088	271010	22561	31125	37684
0,005	0,2	205984	3656	2147	2375	2541
0,01	0,2	205984	4164	2638	2891	3070
0,02	0,2	205984	11155	5189	6008	6612
0,03	0,2	205984	24431	7714	9482	10853
0,04	0,2	205984	42154	9506	12295	14510
0,05	0,2	205984	62682	10654	14457	17490

Тому при виборі технологічних умов формування рельєфу абразивних кругів слід враховувати як стійкість їх після формування, так і характер руйнування поверхневого шару безпосередньо в процесі формування. Для прикладу наведемо розрахунок критичної глибини h_k взаємодії абразивного круга і кристала алмаза, яка викликає макроруйнування (повне руйнування) абразивного зерна за теоретичними дослідженнями [5]. При радіусі r_2 при вершині кристала алмаза 0,1 мм: для зернистості 16 h_k дорівнює 0,025 мм; для зернистості 25 — 0,03 мм; для зернистості 40 — 0,04 мм. При радіусі при вершині кристала алмаза 0,25 мм: для зернистості 16 h_k становить 0,019 мм; для зернистості 25 — 0,021 мм; для зернистості 40 — 0,025 мм. При радіусі при вершині кристала алмаза 0,5 мм: для зернистості 16 h_k дорівнює 0,016 мм; для зернистості 25 — 0,018 мм; для зернистості 40 — 0,02 мм.

Процес формування рельєфу абразивного круга здійснюється до усталеного процесу, тобто подальше видалення абразивного шару при незмінних умовах не викликатиме зміни стану робочої поверхні круга [1]. Для цього потрібно, щоб кількість зерен, які піддаються макроруйнуванню, від проходу до проходу залишилася незмінною. У цьому випадку, при видаленні з

робочій поверхні абразивного шару з глибиною формування t_k , частина абразивних зерен Z_p , що піддаються макроруйнуванню, з їх загальної кількості Z_a при взаємодії з алмазним інструментом складатиме

$$\frac{Z_a}{Z_p} = 1 - \frac{F(h_c)}{F(h_c + t_k)}, \quad (3)$$

де h_c — рівень розташування вершин виступаючих зерен.

Оскільки макроруйнування абразивних зерен в процесі формування рельєфу круга відбувається за закономірностями руйнування крихких матеріалів, при яких глибина руйнування перевищує глибину взаємодії зерна і кристала алмаза, то при обчисленнях за значення h_c брали глибину полюса руйнування абразивних зерен, розрахунок якої подано в роботі [5].

Розрахункові значення Z_p за рівнянням (3) наведено в таблиці. Керування кількістю абразивних зерен, які піддаються макроруйнуванню, можна здійснювати вибором глибини формування рельєфу або розміром кристала алмаза інструмента. Враховуючи те, що спрацювання абразивного круга в процесі шліфування не перевищує 0,02 мм [4], очевидно, глибину формування рельєфу слід встановити в межах до 0,025 мм. Це, у свою чергу, зменшує кількість абразивних зерен, які піддаються макроруйнуванню, і непродуктивні витрати, забезпечує використання їх для виконання процесу різання при шліфуванні.

Розглянемо можливості зменшення непродуктивних витрат абразивного круга на прикладі зернистості 25. Для створення висоти рельєфу на робочій поверхні абразивного круга при формуванні його робочої поверхні необхідно встановити поперечну подачу алмазного інструмента, тобто глибину формування t_ϕ не менше 0,025 мм. При меншій глибині формування висота рельєфу на робочій поверхні абразивного круга буде незначною, що частіше викликати формування рельєфу та непродуктивні витрати круга. Забезпечення (по можливості) максимальної кількості абразивних зерен на робочій поверхні круга вимагає формування рельєфу в режимі мікроруйнування абразивних зерен. Теоретичні розрахунки показують, що такого рельєфу можна досягти при використанні інструмента з радіусом при вершині кристала алмаза не більше 0,1 мм, враховуючи 20% відхилення. При формуванні рельєфу абразивного круга кристалом алмаза інших розмірів (див. таблицю) видалення абразивного шару з робочої поверхні круга відбуватиметься в режимі макроруйнування зерен, що призведе до непродуктивних витрат абразивних кругів і збільшення відстані між робочими зернами й викликати підвищення шорсткості обробленої поверхні заготовки у процесі шліфування.

За прийнятим законом розподілу і методикою розрахунку непродуктивні витрати абразивного круга в процесі формування його рельєфу при 25–30% збереження зерен на робочій поверхні можуть бути скорочені до 15–20% за рахунок вибору розміру кристала алмаза, що, відповідно, приведе до зменшення загальних витрат у процесі шліфування.

Ідентичність впливу технологічних умов формування рельєфу робочої поверхні абразивних кругів на їх витрати і шорсткість оброблюваної поверхні перевіряли експериментальними дослідженнями. На круглошліфувальному верстаті після формування рельєфу алмазним олівцем на граничних режимах, які визначають ступінь руйнування робочої поверхні абразивного круга 24A25C1K5 і формування його рельєфу, шліфували кільця діаметром 40 мм зі сталі 45. Попередньо їх обробили із шорсткістю $Ra = 6,3$ мкм. Технологічні умови шліфування були такими: поздовжня подача при шліфуванні $S_n = 4$ мм/об; глибина шліфування $t = 0,01$ мм; швидкість заготовки $V_3 = 12,5$ м/хв. Шліфування трьох партій заготовок проводили із застосуванням мастильно-охолоджувальної рідини з емульсії. Режим шліфування для всіх кілець був однаковим, що дозволило встановити ступінь впливу умов формування рельєфу на шорсткість оброблюваної поверхні. Профілограми оброблених поверхонь кілець наведено на рис. 2.

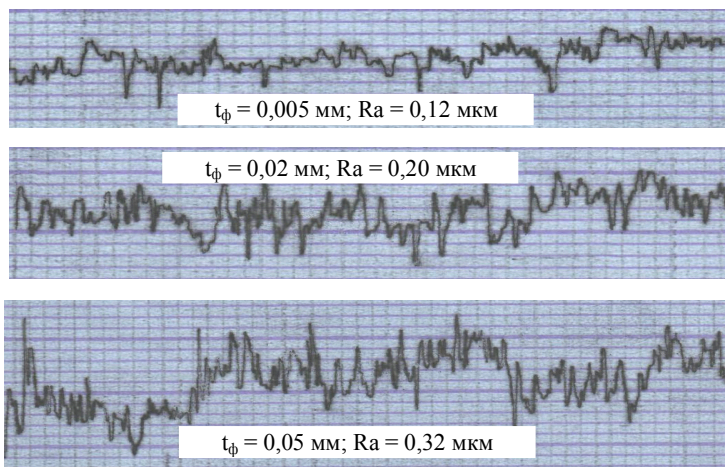


Рис. 2. Утворення шорсткості оброблюваної поверхні при шліфуванні без виходжування

Як видно з рис. 2, шорсткість оброблюваної поверхні заготовок кілець зростає зі збільшенням глибини формування t_{κ} рельєфу від 0,005 до 0,05 мм. Так, для умов формування рельєфу з глибиною 0,005 мм шорсткість обробленої поверхні без виходжування складає $Ra = 0,12$ мкм; із збільшенням глибини в межах 0,005–0,05 шорсткість обробленої поверхні зростає до $Ra = 0,32$ мкм. Якщо порівняти закономірності зміни шорсткості обробленої поверхні з кількістю повністю зруйнованих зерен з таблиці для наведених умов шліфування, то доходимо висновку, що темпи зміни цих параметрів рівнозначні. Тому закономірність змін шорсткості обробленої поверхні заготовок при шліфуванні після формування рельєфу абразивного круга можна пояснити лише впливом глибини правки на ступінь руйнування робочого поверхневого шару круга. А це викликає зміну кількості абразивних зерен та відстані між ними на робочій поверхні і, відповідно, шорсткості оброблюваної поверхні.

Таким чином, на основі проведених досліджень встановлено технологічні умови процесу правки абразивних шліфувальних кругів, які дають змогу зменшити витрати на експлуатацію абразивних кругів і забезпечити необхідну шорсткість оброблюваної поверхні на операціях шліфування.

1. Королев А. В. Исследование процессов образования поверхностей инструмента и детали при абразивной обработке. Саратов, 1975. 2. Маталин А. А. Новые направления развития технологии чистовой обработки. К., 1972. 3. Федорович В. А. Розробка наукових основ та способів практичної реалізації управління пристосовуваністю при алмазному шліфуванні надтвердих матеріалів: Автореф. дис... д-ра техн. наук. Х., 2002. 4. Филмонов Л. Н. Высокоскоростное шлифование. М., 1979. 5. Шахбазов Я. О. Наукові і технологічні основи формування різального рельєфу шліфувальних кругів з метою підвищення ефективності обробки: Автореф. дис... д-ра техн. наук. Х., 2007.

УДК 681.652 + 655.281

В. Т. Сенкусь, В. О. Босак, І. М. Кравчук

Українська академія друкарства

КІНЕМАТИКА МЕХАНІЗМУ ПРИВОДУ ФАЛЬЦНОЖІВ УДАРНОГО ФАЛЬЦЮВАННЯ З КРИВОЛІНІЙНОЮ НАПРЯМНОЮ В РУЛОННИХ ДРУКАРСЬКИХ МАШИНАХ

Розглядається новий механізм приводу фальцножів ударного фальцювання з криволінійною напрямною в рулонних друкарських машинах, який забезпечує безударну роботу пристрою і підвищену точність фальцювання. Проведено розрахунки кінематики механізму і профілювання криволінійної напрямної.

A new mechanism of the shock folding with the curvilinear sending of folding unit's drive of roll printing presses is examined, what provides stressless work of device and enhanceable exactness of folding. The calculations of mechanism kinematics and profiling of the curvilinear sending were conducted.

Для поперечного фальцювання відрізаних від паперової стрічки аркушів використовуються фальцювальні пристрої ударного типу з двома видами механізмів — планетарним і Тукера [3]. Ці механізми дають можливість одночасно фальцювати велику кількість (до 72) підібраних аркушів [2].

У планетарному механізмі 1 (рис. 1) на циліндрі встановлено рухомі голки (графейки) 2 для проведення стрічки і фальцювальний ніж 3 на валу 4. З торця циліндра на валу 4 жорстко закріплено зубчасте колесо 5, яке має привод від паразитного зубчастого колеса 6, що обкочується при обертанні циліндра по нерухомому зубчастому колесі 7. При цьому край фальцножа описує видовжену гіпоциклоїду (на рисунку зображено пунктирною лінією). Край фальцножа виходить за периферію циліндра, ударяє по аркушу 8 і проштовхує його між фальцваликами 9, 10, у результаті чого здійснюється згин аркуша. Недоліком механізму є невисока точність фальцювання ($\pm 1,6$ мм) [2]. Однією з причин цього є те, що ніж вдаряє по аркушу не посередині.