

**ПАРАМЕТРИ ЯКОСТІ ПОВЕРХОНЬ КОМПОЗИТНИХ
САМОЗМАЩУВАЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ
ДЛЯ ДРУКАРСЬКИХ МАШИН ПРИ АБРАЗИВНОМУ ШЛІФУВАННІ**

**Роїк Т.А., д.т.н., професор, Гавриш О.А., д.т.н., професор,
Бровкин А.О., аспірант, Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Анотація. У роботі наведено результати формування параметрів якості поверхонь антифрикційних деталей тертя з нових високолегованих композитів, синтезованих зі шліфувальних відходів легованих сталей, призначених для вузлів високошвидкісних друкарських машин. Показано, що якість поверхонь залежить від взаємодії одночасно виникаючих при абразивному шліфуванні процесів зміцнення та відпочинку поверхневих шарів самозмащувальних деталей.

Ключові слова: композитні деталі, параметри якості, абразивні інструменти, режими шліфування, швидкісні друкарські машини.

**SURFACE QUALITY PARAMETERS OF COMPOSITE
SELF-LUBRICATING FRICTION PARTS FOR PRINTING MACHINES
AT ABRASIVE GRINDING PROCESS**

**Roik T., Doctor of Technical Sciences, Professor, Gavrysh O.A.,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Brovkyn A., postgraduate student,
National Technical University of Ukraine"
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

Abstract. The paper presents the results of the surfaces quality parameters formation for antifriction parts from new highly alloyed composites synthesized from alloyed steels grinding waste intended for units of high-speed printing machines. It was shown the surfaces' quality depends on interaction of simultaneously occurring processes of hardening and rest of self-lubricating parts' surface layers at abrasive grinding processes.

Key words: composite parts, quality parameters, abrasive tools, grinding modes, high-speed printing machines.

Вступ

Розвиток сучасної техніки вимагає забезпечення високих параметрів надійності, працездатності та зносостійкості друкарських машин, їх вузлів і деталей у широкому спектрі умов експлуатації від нормальних до екстремальних (швидкості обертання до 800 об./хв., тиски 3 – 8 МПа). Одним із поширених видів деталей, що експлуатуються у зазначених умовах, є деталі тертьових сполучень високошвидкісних машин поліграфічної техніки, зокрема, ротаційних апаратів типу КВА «Rapida - 105», Heidelberg Speedmaster SM 102 FPL, Star Binder 1509, SITMA C80 750i та ін.

Розробка нових композиційних антифрикційних деталей для важких умов експлуатації з широким використанням як основи для них утилізованих та регенованих шліфувальних відходів інструментальних сталей переконливо довело наявність стабільно високих триботехнічних властивостей цих композитів [1, 2].

Відомості про технологічні засади виготовлення та прецизійної механічної обробки нових композитних деталей детально наведені у роботах [3–9]. Цими дослідженнями було доведено, що на строки служби деталей з нових композитів впливають показники якості поверхонь оброблення, а саме, параметри шорсткості поверхонь R_a та властивості поверхневого шару.

З цієї точки зору висувались задачі досягнення характеристик мінімальної шорсткості R_a поверхонь оброблення, яка є передумовою високих функціональних властивостей деталей. З цією метою були створені технологічні процеси, де фінішна абразивна обробка здійснювалась із застосуванням методів магнітно-абразивного оброблення [10, 11].

На жаль, досліджень одного з найважливіших параметрів якості обробленої поверхні, яким є фізичні властивості тонкого поверхневого шару, а саме, знак і рівень залишкових напружень у зоні оброблення, глибини та ступеню наклепу, практично немає.

Вказані обставини зумовили необхідність детального вивчення властивостей тонкого поверхневого шару після абразивної обробки робочих поверхонь нових антифрикційних деталей для друкарських машин. Виконання дослідів у цьому напрямку дає можливість науково-обґрунтовано підходити до створення технології тонкого абразивного шліфування, а відтак, призначати (в залежності від складу того чи іншого композитного матеріалу) оптимальні режими різання.

Аналіз публікацій

Відомо [3, 4], що постійне збільшення швидкостей робочих органів друкарської техніки (до 1000 об./хв.) супроводжується суттєвим збільшенням температур деталей пар тертя (іноді до рівня 300–400°C) та питомих тисків у межах 3,0 – 5,0 МПа. Це обумовлює підвищене зношування поверхонь тертя, у тому числі антифрикційних втулок, вкладнів тощо, а отже, і знос контактної пари, зниження параметрів ремонтоздатності і вихід з ладу друкарської машини у цілому [3, 4].

Разом з тим, технічні параметри зносостійкості поверхонь деталей тертя (незалежно від матеріалу деталі) визначаються кінцевими значеннями показників параметрів якості поверхонь після їх фінішної механічної обробки [6–9].

З фундаментальних засад технології машинобудування відомо, що якість поверхні – комплексне поняття, яке включає в себе геометричну точність, шорсткість, параметри наклепу поверхневого шару (ступінь наклепу та глибина його залягання у тіло деталі), а також рівень і знак (розтяг чи стиск) залишкових напружень поверхні оброблення [12–14].

Виходячи із загальноприйнятих технологічних поглядів, встановлено, що на параметри якості впливають методи фінішного оброблення (тонке шліфування, прецизійна машинна доводка, суперфінішування, хонінгування, магнітно-абразивне оброблення), тип абразивного інструменту (карбід кремнію зелений, електрокорунд білий, моно корунд, карбід кремнію чорний, електрокорунд хромчастий, електрокорунд білий титанистий, надтверді синтетичні матеріали – алмаз синтетичний, кубічний нітрид бору, ельбор, боразон, кермети різного складу), зернистість абразивного інструменту (крупнозернистий, дрібнозернистий), застосування та склад мастильно-охолоджуючого середовища, точності параметрів верстатного обладнання, прецизійність технологічних пристроїв, приладів та спеціального нестандартного обладнання [3, 4, 12–14].

На жаль, усі ці найважливіші питання у комплексі взаємодії різних факторів (абразиви, верстати, режими різання, вплив на якість поверхні параметрів силового та температурного полів та ін.) всебічно не досліджено. Це на практиці обумовлювало появу різноманітних схем побудови технологічного процесу фінішної обробки поверхонь тертя деталей, що були виготовлені з нових композитів. Здебільшого ці процеси не завжди були науково обґрунтованими чи оптимальними і найчастіше мали на меті забезпечити будь-яку механічну обробку, що базується на конкретних можливостях підприємства (верстати, абразивні інструменти, наявність пристроїв та інструментальне забезпечення, а також відповідна кваліфікація робітників - верстатників). Найчастіше такі промислові підприємства вирішували конкретні поточні завдання не зважаючи на якісні характеристики.

Новітні антифрикційні та високозносостійкі композиційні матеріали науковцями створені відносно нещодавно і на сьогодні розгалужених досліджень якості поверхонь при їх механічному обробленні не проводилось.

Саме тому актуальним є виконання технологічних досліджень щодо всебічного вивчення впливу режимних факторів на якість поверхонь оброблення деталей тертя поліграфічних машин з новітніх сучасних марок високозносостійких композиційних матеріалів.

Постановка задачі

Метою досліджень, наведених у роботі, є встановлення науково – обґрунтованих режимів тонкого абразивного шліфування робочих поверхонь антифрикційних деталей з нових композитів, синтезованих на основі утилізованих та регенерованих шліфувальних відходів інструментальних сталей Р6М5К5 та 8Х4В2МФС2, що призначені для роботи при швидкостях обертання до 800 об./хв. і тисках до 5,0 МПа у контактних сполученнях високошвидкісних друкарських машин. Ці режими різання здатні забезпечити відповідні параметри якості шліфованих поверхонь та необхідний рівень експлуатаційних властивостей вузлів тертя високообертового друкарського обладнання.

Результати досліджень та їх обговорення

Методика вивчення фізичних властивостей поверхневого шару зразків наведена у роботах [3, 4]. Слід підкреслити, що у всіх експериментах використовувались зразки з нових композитних антифрикційних матеріалів на основі регенованих шліфувальних відходів сталей з домішками твердого мастила CaF_2 наступного середнього складу: Р6М5К5+5мас.% CaF_2 , 8Х4В2МФС2+5мас.% CaF_2 . Зазначимо, що фізичні властивості поверхневого шару деталей з нових композитів, а саме – глибина та ступінь наклепу, спотворення II-го роду, знак та величина залишкових напружень, цілковито залежать від взаємодії силового та температурного полів [3–5].

Було враховано попередньо отримані авторами [3, 4] результати досліджень сил різання та миттєвих контактних температур, що виникають і одночасно діють на вершині абразивного зерна шліфувального круга при зрізанні тонких стружок з поверхні оброблення. При цьому сили різання спричинюють зміцнення тонкого поверхневого шару, у той час як миттєві контактні температури сприяють відпочинку зміцненої від дії сил різання поверхні. Як наслідок, формуються кінцеві значення параметрів якості поверхні оброблення. У роботах [7–9] було прогнозовано, що при раціональному виборі режимів шліфування у майбутньому можливо буде виконувати обробку так, щоб відпочинок поверхневого шару після дії виникаючих температур від нагріву при шліфуванні був здатен повністю усунути зміцнення поверхні від сил різання.

Результати експериментальних досліджень параметрів зміцнення поверхневого шару при тонкому абразивному шліфуванні зразків з нових композитних матеріалів наведені у табл. 1–4.

Таблиця 1 – Залежність наклепу від матеріалу зв'язки круга при шліфуванні зразків з композиту Р6М5К5+5% CaF_2

Абразивний інструмент	Зернистість, мкм	Зв'язка інструменту	Параметри наклепу		
			$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	H_d , МПа	К
23А5К	50	керамічна	23,74	5500	1,52
23А5Гл	50	гліфталева	20,50	5430	1,51
63С5К	50	керамічна	19,39	5430	1,51
63С5Гл	50	гліфталева	17,94	5380	1,49
63СМ28К	28	керамічна	16,71	5570	1,54
63СМ28Гл	28	гліфталева	13,71	4120	1,17
63СМ14К	14	керамічна	14,28	4190	1,19
63СМ14Гл	14	гліфталева	13,30	4170	1,15

Примітки: 1. $\Delta a/a$ – спотворення II-го роду; 2. H_d – мікротвердість деталі після обробки за Вікерсом; 3. К – ступінь наклепу (H_d/H_3); 4. Показники наклепу зразків без обробки: $\Delta a/a \cdot 10^{-4}=0$, мікротвердість $H_3 = 3600$ МПа; 5. Шліфувальні круги: електрокорунд білий (23А), карбід кремнію зелений (63С); 6. Режими шліфування: однопрохідне плоске з виходжуванням, верстат FF -250 “Abawerk” (ФРН), швидкість круга $V_{кр} = 22$ м/с, швидкість виробу $V_v = 2$ м/хв., глибина різання $t = 2$ мкм, охолодження – 3% розчин содової емульсії.

Таблиця 2 – Залежність наклепу від матеріалу зерна при шліфуванні зразків з композиту 8Х4В2МФС2+5%СаF₂ крупнозернистими абразивами

Абразивний інструмент	Зернистість, мкм	Параметри наклепу			Охолодження при обробці
		$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	H _д , МПа	К	
63С10Гл	100	21,30	5490	1,52	емульсія
23А10Гл	100	23,70	5700	1,58	емульсія
63С5Гл	50	17,94	5380	1,49	емульсія
23А5Гл	50	19,25	5290	1,46	без охолодження
М5К	50	20,50	5600	1,55	емульсія
М5Гл	50	20,35	5430	1,51	без охолодження

Примітки: 1. $\Delta a/a$ – спотворення II-го роду; 2. H_д – мікротвердість деталі після обробки за Вікерсом; 3. К – ступінь наклепу (H_д/H_з); 4. Показники наклепу зразків без обробки: $\Delta a/a \cdot 10^{-4}=0$, мікротвердість H_з = 3600 МПа; 5. Шліфувальні круги: електрокорунд білий (23А), карбід кремнію зелений (63С); монокорунд (М) 6. Режим шліфування: однопрохідне плоске з виходжуванням, верстат FF -250 “Abawerk” (ФРН), швидкість круга V_{кр} = 22 м/с, швидкість виробу V_в = 2 м/хв., глибина різання t = 2 мкм, охолодження – 3% розчин содової емульсії.

Таблиця 3 – Залежність ступеню наклепу К від зернистості при шліфуванні зразків з досліджуваних композитів абразивами з карбиду кремнію зеленого (63С) на гліфталевій зв'язці

Абразивний інструмент	Зернистість, мкм	Матеріал композитних зразків	
		Р6М5К5+5%СаF ₂	8Х4В2МФС2+5%СаF ₂
		Параметр наклепу К	
63С10Гл	100	1,95	1,86
63С5Гл	50	1,52	1,47
63СМ28Гл	28	1,17	1,17
63СМ20Гл	20	1,16	1,15
63СМ14Гл	14	1,15	1,12
63СМ7Гл	7	1,13	1,11

Примітки: 1. К – ступінь наклепу (H_д/H_з); 2. Показник наклепу зразка без обробки - мікротвердість H_з = 3600 МПа; 3. Режим шліфування: однопрохідне плоске з виходжуванням, верстат FF -250 “Abawerk” (ФРН), швидкість круга V_{кр} = 22 м/с, швидкість виробу V_в = 2 м/хв., глибина різання t = 2 мкм, охолодження – 3% розчин содової емульсії.

Таблиця 4 – Параметри наклепу на різних рівнях наклепаної зони при абразивному шліфуванні зразків з композитного сплаву P6M5K5+5%CaF₂

Вид обробки, тип круга	Глибина шару вимірювання, мкм							
	5		10		15		20	
	Параметри наклепу							
	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	K	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	K	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	K	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	K
Без охолодження, 23A5Гл	23,74	1,52	22,30	1,50	7,01	1,01	1,27	0,50
З охолодженням, 63C5Гл	17,94	1,49	16,97	1,48	6,90	1,00	1,17	0,40
З охолодженням, 63CM28Гл	13,71	1,17	13,55	1,16	6,90	0,91	2,11	0,30
Без охолодження, 63CM28Гл	13,33	1,16	12,31	1,14	5,91	0,63	2,01	0,28
Без охолодження, MM28Гл	13,30	1,15	12,50	1,12	6,10	0,65	3,10	0,31
З охолодженням, 23AM28Гл	16,90	1,18	14,30	1,15	6,15	0,70	3,50	0,40
Без охолодження, 23AM28Гл	15,75	1,17	13,10	1,14	5,13	0,50	2,70	0,30
З охолодженням, 63CM14Гл	13,30	1,15	12,10	1,12	5,17	0,51	2,80	0,32
Без охолодження, 63CM14Гл	12,90	1,14	10,90	1,11	3,51	0,37	1,65	0,33
З охолодженням, 63CM7Гл	11,70	1,13	10,40	1,10	2,53	0,39	1,93	0,35

Примітки: 1. $\Delta a/a$ – спотворення II-го роду; 2. K – ступінь наклепу (H_d/H_z); H_d – мікротвердість деталі після обробки за Вікерсом; H_z – мікротвердість зразка без обробки за Вікерсом 3. Показники наклепу зразка без обробки: $\Delta a/a \cdot 10^{-4}=0$, $H_z = 3600$ МПа; 4. Шліфувальні круги: електрокорунд білий (23A), карбід кремнію зелений (63C); монокорунд (M); 5. Режим шліфування: однопрохідне плоске з виходжуванням, верстат FF - 250 “Abawerk” (ФРН), швидкість круга $V_{кр} = 22$ м/с, швидкість виробу $V_v = 2$ м/хв., глибина різання $t = 2$ мкм, охолодження – 3% розчин содової емульсії.

Аналізуючи дані табл. 1–4, видно, що при визначенні особливостей утворення наклепу при тонкому шліфуванні деталей з нових композитних матеріалів виявлено наступні закономірності: обробка абразивами на гліфталевій зв'язці забезпечує менший наклеп, ніж обробка на керамічній зв'язці: спотворення II роду $\Delta a/a$, мікротвердість H_d та ступінь наклепу K більші при застосуванні шліфувальних інструментів на керамічній зв'язці. Це є характерним для обох досліджуваних складів композиційних матеріалів, синтезованих з відходів інструментальних сталей. Також слід відзначити схожість цієї залежності як при застосуванні крупнозернистих, так і дрібнозернистих шліфувальних інструментів.

Пояснення цьому може бути надано з урахуванням властивостей гліфталевої зв'язки, а саме, її меншою жорсткістю, більшою еластичністю у порівнянні з керамічною зв'язкою. Внаслідок цього під час зрізання стружки з поверхні зразка, що досліджується, на ріжучому лезі абразивного зерна

утворюється відповідна сила різання, яка залежить від технологічних режимів різання [3, 4]. Ця сила деформує шар матеріалу і обумовлює утворення у ньому різних дефектів (наклеп, спотворення II роду, залишкові напруження). При цьому, саме завдяки еластичності гліфталевої зв'язки, сили різання перерозподіляються і демпфують ріжуче зерно у матеріал абразивного круга. Це зменшує фактичну глибину шліфування і, відповідно, зменшує складові сил різання, які у свою чергу, обумовлюють зменшення параметрів наклепу [6–9].

При тонкому абразивному шліфуванні деталей тертя з нових композиційних матеріалів в результаті досліджень виявлено залежність параметрів наклепу від матеріалу зерна абразиву, на основі якого формується шліфувальний інструмент. Експериментально доведено, що мінімальні спотворення II роду, мікротвердість, ступінь наклепу та глибина залягання дефектів за товщиною поверхневого шару забезпечують застосування шліфувальних кругів на основі карбіду кремнію зеленого (63С).

Найбільш чітко це проявляється при тонкому абразивному шліфуванні крупнозернистими абразивами (табл. 2), хоча така ж залежність існує і для випадку шліфування дрібнозернистими кругами (табл. 3).

Узагальнюючи експериментальні дані як для крупнозернистих, так і дрібнозернистих абразивних інструментів, необхідно зробити загальний висновок про зменшення наклепу при тонкому шліфуванні абразивними кругами на основі карбіду кремнію зеленого (63С).

Зменшення наклепу можна пояснити більш гострою формою ріжучого леза кожного окремого зерна абразиву та більшою крихкістю зерен карбіду кремнію зеленого, здатних при шліфуванні сприймати та передавати деформованим мікрооб'ємам металу (в процесі зрізання стружки) менші навантаження, ніж зерна електрокорунду білого (23А) і монокорунду (М).

Аналіз результатів показує, що існує фактичний зв'язок між параметрами наклепу та зернистістю абразивного інструменту. Незалежно від виду абразивного інструменту зі зменшенням його зернистості (у діапазоні 100 – 7 мкм) параметри наклепу зменшуються. Мінімальний наклеп забезпечує шліфування кругами зернистістю 14 мкм з карбіду кремнію зеленого (63С) на гліфталевій зв'язці (Гл) - типу 63СМ14Гл. Підвищення ступеню наклепу зі збільшенням розміру зерна пояснюється суттєвим збільшенням силової дії на мікрооб'єм металу [3, 4], у зв'язку з чим зростає ступінь пластичної деформації.

Необхідно зазначити, що отримані висновки про закономірності утворення наклепу підтверджуються різними фізичними методами вимірювання (рентгеноструктурний та металографічний аналізи, індукційне зондування поверхні оброблення) [1–6]. Це свідчить про наявність внутрішнього зв'язку між різними параметрами наклепу та підтверджує достовірність результатів досліджень.

У даній роботі не ставилась задача отримання кореляційних моделей зв'язку між різними досліджуваними параметрами. Проте, слід звернути увагу на те, що у більшості випадків параметри наклепу менші при шліфуванні без охолодження змащувально-охолоджуючою рідиною, ніж при різанні з охолод-

женням. Це пояснюється більшим впливом миттєвих контактних температур при зрізанні стружки і відпочинком металу після дії силового поля [3, 4].

Втім питання застосування охолоджуючої рідини при тонкому шліфуванні нових композиційних матеріалів має вирішуватись у комплексному поєднанні з призначенням режимів різання, які також повинні забезпечити мінімальну шорсткість поверхні оброблення нових високошвидкісних деталей тертя, що є важливим показником якості і суттєво впливає на параметри зношування при їх роботі і довговічності відповідних вузлів, зокрема, ротаційних поліграфічних машин типу КВА «Rapida - 105», Heidelberg Speedmaster SM 102 FPL, Star Binder 1509 та ін.

Аналіз табл. 4 показує, що глибина наклепаної зони залежність від зернистості інструменту, зменшуючись від 20 мкм (при розмірі зерна 50 – 55 мкм) до 5 мкм (при розмірі зерна 7 – 14 мкм).

Таким чином, на основі наведених експериментальних досліджень, можна дійти висновку, що при тонкому абразивному шліфуванні нових композитних сплавів відбуваються складні процеси зміцнення та відпочинку тонкого шару поверхонь тертя нових підшипників ковзання, які впливають на показники стійкості та довговічності. Знання закономірностей утворення наклепу дозволяє технологам промислових підприємств створювати технологічні процеси, які враховують вплив складу абразивного інструменту на параметри якості композитних самозмащувальних деталей тертя, що дозволяє оптимізувати режими різання, створювати ефективні технологічні процеси для виробництва та отримувати високі параметри якості конструкційних деталей різного призначення.

Висновки

1. Дістало подальшого розвитку дослідження особливостей абразивного оброблення нових композиційних матеріалів, синтезованих на основі утилізованих та регенерованих шліфувальних відходів інструментальних сталей з точки зору формування у поверхневих шарах шліфованих поверхонь параметрів якості з мінімізацією спотворень вихідних властивостей металу внаслідок дії силового та температурного полів.

2. Показано, що на параметри наклепу поверхневого шару суттєво впливають матеріал зерна абразиву, зернистість шліфувального круга та тип зв'язки абразивного інструменту, а також такий технологічний фактор, як застосування для оброблення змащувально-охолоджуючої рідини.

3. Найкращі показники параметрів наклепу, а саме мінімальні спотворення II-го роду, мінімальна мікротвердість та ступінь наклепу, а також мінімальна глибина утворення наклепу у шарі поверхні оброблення деталі забезпечують абразивні інструменти з карбиду кремнію зеленого (63С) зернистістю 14–20 мкм на гліфталевій зв'язці.

4. Для забезпечення необхідних умов з якості поверхневого шару (параметри наклепу, шорсткість поверхні оброблення) абразивне шліфування деталей з нових композиційних матеріалів необхідно виконувати із застосуванням тонких режимів

різання, а саме для плоского однопрохідного шліфування периферією круга: швидкість круга 22 м/с, швидкість виробу (поздовжня подача) – 2 м/хв., глибина різання – 2 мкм, охолодження – 3 % розчин содової емульсії.

5. Подальші дослідження процесу тонкого абразивного шліфування нових композитних деталей будуть спрямовані на всебічне вивчення характеру залишкових напружень у поверхневому шарі оброблення, зокрема, величини напружень, їх знаку (розтягу чи стискання) та глибини залягання. Це дасть можливість виконати комплексний аналіз властивостей поверхні деталі з урахуванням вимог подальшого підвищення термінів служби деталей тертя та друкарських машин в цілому.

Література

1. Roik T., Rashedi A., Khanam T., Chaubey A., Balaganesan G., Ali S. Structure and properties of new antifriction composites based on tool steel grinding waste//Journal «Sustainability» MDPI Open Access Publishing, 2021, Volume 13, Issue 16, No 8823, pp. 1–10, published 6th August 2021, Basel, Switzerland, ISSN 2071-1050, <https://doi.org/10.3390/su13168823>, <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/16/8823/pdf>.

2. Роїк Т. А., Віцюк Ю. Ю. Антифрикційний композиційний матеріал на основі шліфувальних відходів інструментальної сталі для деталей друкарських машин//Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». –Луцьк. –Вип. 68, 2019. – С.79–85. DOI:10.36910/6775.24153966.2019.68.12, https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/naukovi_notatky/article/view/254/238.

3. Шліфування і доводка зносостійких антифрикційних композитних деталей друкарських машин: монографія/[А. П. Гавриш, П. О. Киричок, Т. А. Роїк, Ю. Ю. Віцюк, В. Г. Олійник]. – ч. 2. – К.:Видавничий дім „АртЕк”, 2019. – 132 с.,ISBN 978-617-7674-76-3. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42300>.

4. Шліфування і доводка зносостійких антифрикційних композитних деталей друкарських машин: монографія/[А. П. Гавриш, Т. А. Роїк, О. А. Гавриш, П. О. Киричок, Ю. Ю. Віцюк, В. Г. Олійник]. – ч. 3.– К.: Видавничий дім „АртЕк”, 2021.–202 с., ISBN 978-617-7814-80-0. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41909>.

5. Scientific Foundations of Solving Engineering Tasks and Problems: Collective monograph /[Demchyna B., Vozniuk L., Surmai M., Hladyshev D., Babyak V.]– etc. –International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, USA, 2021. 758 p.// Chapter “Mechanical Engineering And Mechanical Engineering”. [Roik T., Gavrysh O., Gavrysh Ju.] Surfaces’ roughness of composite bearings based on grinding waste for printing machines units at fine cubonite grinding, International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, USA, 2021. p.p. 565–576, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data ISBN - 978-1-63848-664-0, DOI 10.46299/ISG.2021.MONO.TECH.II. URL: <https://isg-konf.com>, <https://isg-konf.com/uk/scientific-foundations-of-solving-engineering-tasks-and-problems-technical-sciences-ua/>.

6. Findings of modern engineering research and developments: Scientific monograph. Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 2022. 554 p./Chapter-Roik T. A., Gavrysh O. A., Vitsiuk Iu. Iu. Modeling of the composite parts' surface microrelief for printing equipment after magnetic abrasive processing. Edition: Riga, Latvia: «Baltija Publishing», Published: May 9, 2022, pp. 413-436. <http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/book/217>, <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-207-4-15>

7. Роїк Т. А., Гавриш О. А., Штефан Є. В., Шостачук О. П. Вплив абразивного інструменту та режимів шліфування на рівень контактних температур композиційних самозмащувальних деталей вузлів поліграфічних машин//Технологія і техніка друкарства. – №4 (70). – 2020, С. 53–64. DOI: [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(70\).2020.239760](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(70).2020.239760).

8. Гавриш А. П., Роїк Т. А., Киричок П. О., Гавриш О. А., Віцюк Ю. Ю. Вплив складу інструменту і режимів тонкого ельборового шліфування на шорсткість поверхонь композитних підшипників ковзання поліграфічних машин// Процеси механічної обробки в машинобудуванні: Зб. наук. праць. – Житомир: ЖДТУ, Вип.. 14. – 2013, С. 16–32. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pmom_2013_14_4.

9. Гавриш А. П., Киричок П. О., Роїк Т. А., Віцюк Ю. Ю. Вплив складу інструменту і режимів тонкого алмазного шліфування на шорсткість поверхонь композитних підшипників ковзання поліграфічних машин//Наукові Вісті НТУУ «КПІ». –№5. –2013, С. 80–86. http://nbuv.gov.ua/ujrn/nvkpi_2013_5_12.

10. Гавриш А.П. Магнітно-абразивна обробка в важкодоступних місцях важконавантажених підшипників ковзання/А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, В.А. Ковальов, О.О. Мельник, Ю.Ю. Віцюк// Технологія і техніка друкарства. Київ: НТУУ «КПІ» ВПІ, 2009. – №3 (25). - С. 4–7. <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/57881>, [https://doi.org/10.20535/2077-7264.3\(25\).2009.57881](https://doi.org/10.20535/2077-7264.3(25).2009.57881)

11. Гавриш А.П. Дослідження динаміки магнітно-абразивної обробки спеціальних матеріалів /А.П Гавриш, О.О. Мельник // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2008. - №1(44) .-С. 15-20. <http://vtn.ztu.edu.ua/article/view/81824>, [https://doi.org/10.26642/tn-2008-1\(44\)-15-20](https://doi.org/10.26642/tn-2008-1(44)-15-20)

12. Новиков М. В. Абразивні матеріали //Енциклопедія Сучасної України: електрон. версія [веб-сайт]/гол. ред.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк та ін.; ІНМ НАН України, НТШ, Київ: Інститут енциклопед. досл. НАН України, 2006: http://esu.com.ua/search_articles.php?id=42203.

13. Инструменты из сверхтвердых материалов/ под. ред. Н. В. Новикова и С. А. Клименко. — Изд. 2-е, перераб. и доп.—М.: Машиностроение, 2014. 608с.

ISBN 978-5-94275-703-8. URL: <https://docplayer.ru/40252931-Instrumenty-iz-sverhtverdyh-materialov.html> .

14. Основи теорії різання матеріалів/ Мазур М. П. та ін.; за ред. М. П. Мазура. 3-е вид. перероб. і доп. Львів: Новий Світ, 2000, 2020. 471 с. ISBN 978-966-418-105-8. URL: <http://ns2000.com.ua/wp-content/uploads/2019/11/Osnovy-teorii-rizan.mater.pdf> .