

© А. П. Гавриш, д.т.н., професор, Т. А. Роїк, д.т.н., професор,
П. О. Киричок, д.т.н., професор, Ю. Ю. Віцюк, к.т.н., ст.
викладач, НТУУ «КПІ», Київ, Україна

**ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ОБРОБЛЕННЯ
НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРЕЦИЗІЙНОЇ МАШИННОЇ ДОВОДКИ
ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ ДЕТАЛЕЙ ЗІ ЗНОСОСТІЙКИХ
КОМПОЗИТІВ ДЛЯ ПОЛІГРАФІЧНИХ МАШИН**

У статті наведено результати експериментального дослідження продуктивності, ефективної потужності і розмірної стійкості притирів при реалізації технологічних процесів прецизійної машинної доводки плоских поверхонь деталей тертя з нових композиційних матеріалів на основі відходів інструментальних сталей, алюмінію, міді та нікелю для поліграфічних машин. Встановлено залежності продуктивності машинної доводки, ефективної потужності і розмірної стійкості доводочних дисків від режимів різання, матеріалу притиру, типу абразивного інструменту, зернистості мікропорошків, а також складу мастильно-охолоджувальної рідини. Розроблено технологічні рекомендації і регламенти для виробництва.

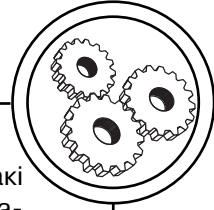
Ключові слова: нові композиційні матеріали, деталі тертя, прецизійна машинна доводка, притири, дрібнозернисті абразивні порошки, режими різання, продуктивність обробки, ефективна потужність, розмірна стійкість.

Постановка проблеми

У сучасних конструкціях поліграфічних машин широко використовуються деталі тертя різного технологічного призначення. Як правило, їх робочі поверхні мають досить високі вимоги до параметрів якості (мінімальна шорсткість з показниками R_a у межах 0,05–1,00 мкм, ступінь наклепу не більше 1,01–1,1, глибина залягання наклепаного шару близько 0,5–1,0 мкм, залишкові напруження стиску не більші за 200–250 МПа), що визначається необхідністю забезпечення од-

ного з найважливіших параметрів — зносостійкості, довговічності, високої ремонтоздатності та максимальних значень коефіцієнта готовності, як найголовнішого з показників надійності поліграфічної техніки.

Для забезпечення вказаних вимог в останні роки науковцями були створені нові високолеговані зносостійкі композитні матеріали на основі інструментальних та штампових сталей 5Х3В3МФС, Р6АМ5Ф3, 7ХГ2ВМФ, алюмінію АК12М2МгН, АМ4,5Кд, АК8МЗч, АК12ММгН+(9-12)% MoS₂, міді



та нікелю ХН55ВМТКЮ [1–11]. Спільною рисою цих композитів є те, що вони синтезовані на основі використання шліфувальних відходів, які здебільшого вивозились у відвали і які дозволили (з застосуванням розроблених технологій) використовувати гостродефіцитні легуючі елементи такі, як вольфрам, ванадій, молібден, нікель, ніобій та ін., що знаходились у складі відходів, для подальшого використання у повторному циклі виробництва при створенні новітніх композиційних матеріалів. Слід зазначити, що нові створені композити [1–11] призначались для конкретних умов експлуатації вузлів машин та обладнання. Виявилось, що для роботи у жорстких умовах експлуатації (температурні навантаження деталей тертя до 600–750 °С, питомі тиски в межах 5–8 МПа) доцільно застосувати на базі інструментальних сталей та нікелю [1–5].

Для менших навантажень і для забезпечення високих вимог зносостійкості застосовувались розроблені композити на основі алюмінію, та міді [6–11].

Внаслідок широкого застосування вказаних нових композитів для виготовлення деталей машин поліграфічної техніки постає завдання оптимізації механічної обробки, яка вимагає забезпечення необхідних параметрів якості поверхонь тертя (перш за все, з точки зору гарантування строків експлуатації поліграфічних комплексів та забезпечення високих показників коефіцієнта готовності). Це стосується і оброблення плоских

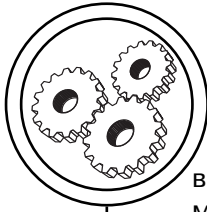
поверхонь деталей тертя. Такі дослідження були виконані і набули достатньо широкого розповсюдження у сучасному промисловому виробництві [12, 13].

Проте слід зауважити, що на першому етапі комплексу досліджень були питання забезпечення високих вимог до якості поверхонь оброблення. Так при прецизійній машинній доводці основна увага приділялась оптимізації режимів оброблення [13]. Були встановлені закономірності впливу на параметри якості поверхонь тертя режимів різання, типу та зернистості абразивних мікропорошків, матеріалу доводочних дисків-притирів та складу мастильно-охолоджуючої рідини.

На жаль, поза увагою дослідників залишились такі важливі для реального виробництва питання, як вплив технологічних факторів оброблення на продуктивність прецизійної машинної доводки поверхонь тертя деталей зі зносостійких композитів. Адже продуктивність доводки істотно впливає на технологічну собівартість обробки, що в умовах жорсткої ринкової конкуренції (поряд з високою якістю продукції) стало основним чинником організації високоефективного сучасного виробництва.

На жаль, ні у вітчизняних [12–14], ні у закордонних [15, 16] джерелах технічної інформації відсутні відомості щодо виконання досліджень у цьому напрямку.

Відсутність науково обґрунтованих рекомендацій стосовно



впливу технологічних параметрів оброблення на продуктивність машинної доводки новітніх зносостійких композитних матеріалів ускладнює технологічну підготовку виробництва деталей та машин для підприємств поліграфічної галузі народного господарства, веде до створення різних технологічних схем прецизійної машинної доводки, далеко не завжди оптимальних, часто суттєво відмінних, які не завжди забезпечують отримання найкращих поверхонь тертя при одночасній мінімальній собівартості технологічних операцій, що, як відомо, досягається тільки на основі технічно обґрунтованої продуктивності обробки.

Отже, враховуючи зазначене, слід конкретизувати, що дослідження впливу технологічних параметрів оброблення на продуктивність прецизійної машинної доводки поверхонь тертя деталей зі зносостійких композитів для поліграфічних машин різного призначення є актуальним питанням, а отримані результати, є важливими як для науковців, так і для технологів промислового виробництва.

Мета роботи

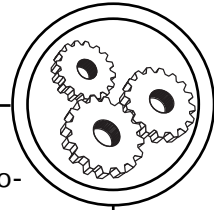
Метою даної роботи було всебічне дослідження впливу технологічних параметрів оброблення (матеріал та зернистість абразивних мікропорошків, матеріал доводочного притиру, режими різання — швидкість різання, питомий тиск доводки, мастильно-охолоджуюча рідина) на продуктивність технологічного процесу

прецизійної машинної доводки плоских поверхонь тертя деталей з нових зносостійких високолегованих композитних сплавів, а також розробка технологічних рекомендацій і регламентів для машинобудівного виробництва поліграфічної техніки різного призначення з метою забезпечення сучасних вимог продуктивності праці та відповідного зниження собівартості технологічних операцій виробництва.

Результати проведених досліджень

Прецизійна машинна доводка плоских поверхонь деталей зі зносостійких композитів виконувалась на сучасних високоточних верстатах типу С-15 на плоских поверхнях лекально підготовлених притирів з чавуну, скла марки «Пірекс», міді з застосуванням дрібнозернистих мікропорошків електрокорунду білого хром частого 33А з вмістом у складі абразиву до 2 % оксиду хрому CrO, електрокорунду титанового 37А, який містить у своєму складі 1,8–2 % оксиду титану TiO₂, електрокорунду білого 23А та монокорунду 43А. Зерна абразивних мікропорошків з карбиду кремнію зеленого (63С), які мають найгострішу ріжучу кромку при виконанні цих досліджень не використовувались, так як вони мають пластинчасту форму і для доводки не придатні [14, 21, 22]. Згідно рекомендацій [13] в усіх дослідженнях використовувались мікропорошки абразивів, зернистість 1–5 мкм.

Вибір верстатів С-15 для прецизійної доводки плоских



поверхонь деталей обумовлювався їх здатністю забезпечити найвищу точність оброблення порівняно з іншим верстатним обладнанням [17, 18], а також тим, що їх кінематика утворює найскладнішу траєкторію переміщення ріжучого абразивного зерна по поверхні деталі оброблення [13]. Внаслідок цього досягається зниження параметрів шорсткості поверхні R_a деталі, яка обробляється прецизійною доводкою на верстаті, що позитивно у подальшому впливає на збільшення зносостійкості пар тертя у машинах при їх експлуатації.

При виконанні досліджень застосовувались наступні режими різання: швидкість різання $V_p = 2-7$ м/хв., питомий тиск $P = 0,02-0,07$ МПа. В усіх дослідах використовувалась мастильно-охолоджуюча рідина зі складом: гас (~ 65 %) + олеїнова кислота (~35 %).

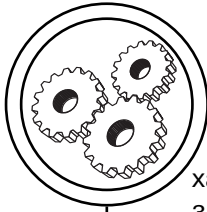
Для досліджень були виготовлені технологічні зразки з композитних сплавів у вигляді шайб з діаметром 20 мм і товщиною 2 мм. Переважна більшість експериментів здійснювалась на зразках різних груп композитів на основі відходів інструментальних сталей 85Х6НФТ [1], 5ХВ3МФС [3], Р6АМ5Ф3 [4], алюмінієвих композитів АК12М2МгН [6] та АК4,5Кд [7], а також композити на основі міді [10] та нікелю [11].

Оцінка продуктивності прецизійної машинної доводки здійснювалась згідно рекомендацій, наведених у роботах [19, 20] за допомогою вимірювань показників зрізаного з поверхні деталі об'єму матеріалу

Q (мм³/хв.) та ефективної потужності доводки N (Вт).

Одночасно (точково) виконувались дослідження такого важливого для технологічної собівартості показника як розмірна стійкість доводочних притирів τ . Оцінка розмірної стійкості здійснювалась за допомогою контактної інтерференційної скла шляхом підрахування кількості веселкових кілець у полі зору. Нормою є бачення 1–2 веселкових кілець, що відповідає вимогам відхилення площинної поверхні притиру у межах 0,1–0,2 мкм. Поява у полі зору більшої кількості веселкових кілець свідчить про те, що доводочний диск — притир втратив необхідну ріжучу здатність (так би мовити — «затупився»), не в змозі здійснювати подальшу високоякісну доводку і підлягає негайному вилученню його з виробництва та ремонту доводочної робочої поверхні методами лекальної заточки — доводки з метою набуття необхідних параметрів точності (~0,1–0,2 мкм на площі 250×250 мм), придатних для повернення диску — притиру у технологічній процес виробництва для подальшого використання при обробці поверхонь деталей.

Враховуючи, що операція ремонту доводочного притиру — високовартісна, виконується вручну висококваліфікованими робітниками лекальниками інструментальних цехів підприємств, а кількість ремонтів притирів безпосередньо залежить від їх зношування у процесі машинної доводки і кількості оброблених деталей та фізико-ме-



ханічних властивостей композитного матеріалу деталі, дуже важливим є знання основних тенденцій стійкості притирів. Зрозуміло, що це — вагомий фактор комплексного технологічного процесу, який впливає як на собівартість операції машинної доводки, так і на організацію структури процесу виробництва деталей з нових композиційних сплавів.

Результати експериментального дослідження, виконаного згідно розробленої методики, наведені нижче.

На рис. 1 показана залежність продуктивності машинної доводки Q від основних режимів різання при обробці композитів на основі інструментальних сталей, а на рис. 2 — для зносостійких композитних сплавів, які синтезовані з відходів кольорових матеріалів.

Аналіз засвідчує, що краща продуктивність доводки притаманна сплавам на основі інстру-

ментальних сталей типу 85Х6НФТ та Р6АМ5Ф3. Найгірша продуктивність забезпечується при прецизійній доводці деталей, виготовлених з важкооброблюваних нікелевих композитів синтезованих з відходів високолегованих сплавів типу ХН55ВМТКЮ.

Досить пристойні результати з продуктивності оброблення мають алюмінієві композитні зносостійкі матеріали типу АК12М2МгН та АК4,5Кд.

Пояснення цьому може бути надане з урахуванням комплексу фізико-механічних властивостей створених зносостійких композитів [14]. Як відомо [14, 21, 22], сплави на основі нікелю відзначаються певними ускладненнями при їх механічній обробці і відносяться до класу важкооброблюваних матеріалів. Не є виключенням і технологічний процес прецизійної механічної доводки. І хоча при реалізації прецизійної доводки

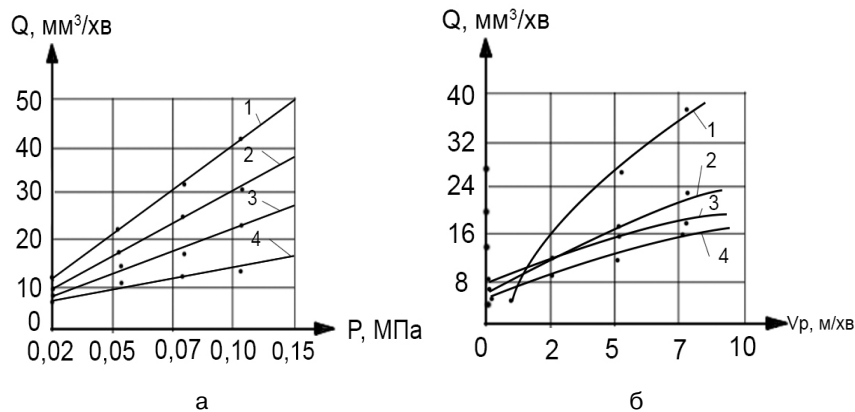


Рис. 1. Вплив питомого тиску P (а) та швидкості різання V_p (б) на продуктивність Q прецизійної машинної доводки зносостійких композитів інструментальних сталей 85Х6НФТ (1), Р6АМ5Ф3 (2), 5ХВ3МФС (3), 7ХГ2ВМФ (4). Матеріал притиру — чавун. Мاستильно-охолоджуюча рідина зі складом — гас (65 %) + олеїнова кислота (35 %)

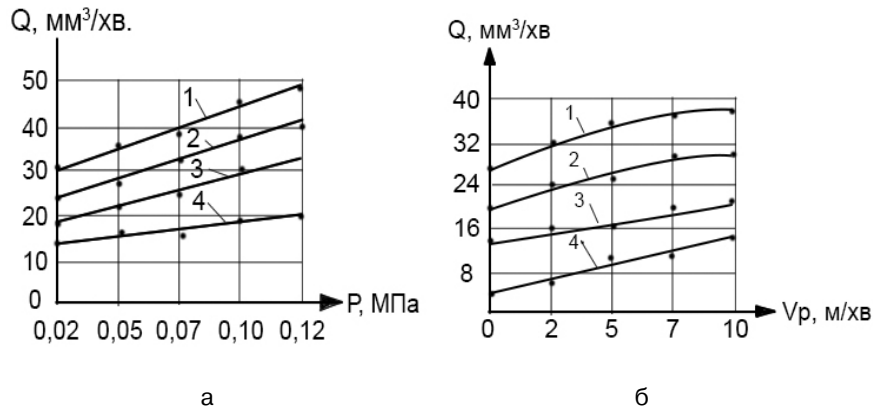
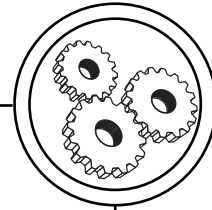


Рис. 2. Вплив питомого тиску P (а) та швидкості різання V_p (б) на продуктивність Q прецизійної доводки зносостійких композитів на базі відходів кольорових сплавів АК12М2МгН (1), АК4,5Кд (2), міді (3), нікелю ХН55ВМТКЮ (4). Матеріал притиру — чавун. Мазильно-охолоджуюча рідина зі складом — гас (65 %) + олеїнова кислота (35 %)

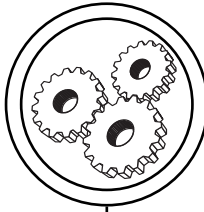
відбуваються надтонкі процеси різання з досить невеликими перерізами α_z , що зрізується при обробленні [14, 21, 22], загальні закони абразивного шліфування та доводки повністю співпадають. Це і було зафіксовано при дослідженні впливу різних технологічних параметрів оброблення на продуктивність при прецизійній машинній доводці нових зносостійких композитів для деталей тертя поліграфічних машин різного призначення.

Для розуміння фізики тонких процесів різання металів при машинній доводці та для технологів-практиків машинобудівних підприємств важливе значення мають результати досліджень впливу технологічних параметрів оброблення (матеріал притиру, тип та зернистість абразивного мікропорошку, склад мазильно-охолоджуючої рідини) на продуктивність Q та ефективність потужності N

прецизійної машинної доводки для різних композиційних сплавів. Деякі усереднені дані їх наведені у табл. 1.

Детальний розгляд наведених даних дозволяє виділити деякі важливі аспекти і зробити важливі висновки.

По-перше, найкращі показники продуктивності Q та ефективності потужності N забезпечує доводка на чавунних притирах. Це відслідковується для усієї гами досліджених композитів. Найвірогідніше, це пояснюється тим, що чавун, який використовується для доводочних притирів, має відповідні специфічні ознаки (на робочій поверхні притиру присутні глобулярні вкраплення вуглецю), що дозволяє ріжучим зернам абразиву під дією сил різання при прецизійній доводці «втиснутись» у вуглецеві глобули на поверхні притиру і зменшити фактичну глибину різання. Це підвищує якість оброблення і

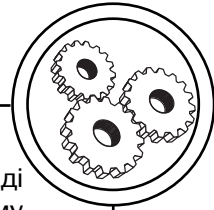


Таблиця 1

Вплив технологічних параметрів оброблення на продуктивність Q та ефективність потужності N прецизійної машинної доводки для різних композиційних сплавів

Матеріал припиру	Характеристика абразиву	Склад МОР	Матеріал композиту												
			85Х6НФТ		Р6АМ5Ф3		5Х3МФС		АК12МГН		АК4,5Кд		ХН55ВМТКЮ		
			Q, мм ² /хв	N, Вт	Q, мм ² /хв	N, Вт	Q, мм ² /хв	N, Вт	Q, мм ² /хв	N, Вт	Q, мм ² /хв	N, Вт	Q, мм ² /хв	N, Вт	
чавун	23АМ7	Гас (65%) + ол. кислота (35%)	27	670	25	685	24	650	370	390	28	350	12	630	
	23АМ3		25	630	23	670	21	630	35	370	27	325	10	600	
	23АМ3	Гас (90%) + ол. кислота (10%)	27	650	25	680	23	620	33	380	26	330	8	610	
	33АМ3		20	500	17	610	12	600	30	350	27	320	14	550	
	33АМ1	Гас (65%) + ол. кислота (35%)	18	480	15	590	10	580	28	340	25	310	11	540	
	33АМ1		19	510	13	595	9	590	26	325	23	305	9	545	
	37АМ5	Гас (65%) + ол. кислота (35%)	23	545	21	585	20	630	29	360	26	330	14	500	
	37АМ3		22	530	20	575	19	620	27	350	24	325	13	590	
	37АМ1		20	510	18	560	17	610	25	320	22	315	10	580	
	43АМ5		25	560	22	600	21	615	27	390	26	360	13	615	
	43АМ3		24	550	21	580	20	612	26	380	25	355	12	605	
	43АМ1		21	540	19	570	18	610	24	370	21	345	7	600	
	43АМ1		23	530	18	650	17	635	31	360	27	330	14	595	
	Мідь	33АМ3	Гас (65%) + ол. кислота (35%)	22	450	16	640	15	615	29	355	26	325	13	555
		33АМ1		20	420	15	635	14	605	27	340	24	320	11	535
43АМ5		24		495	14	660	13	640	30	390	23	345	14	580	
43АМ1		23		480	13	640	12	612	26	370	21	335	12	530	
33АМ3		Гас (65%) + ол. кислота (35%)		20	510	19	645	17	615	30	355	25	325	13	560
33АМ1				19	500	17	635	16	605	29	340	22	315	12	540
37АМ3	21		520	18	655	15	625	28	370	23	340	12	570		
37АМ1	20		515	15	645	13	620	26	350	21	325	11	545		
43АМ5	24		540	20	670	19	635	28	405	20	345	11	575		
43АМ3	22		535	19	660	17	630	27	390	19	335	10	565		
43АМ1	21		525	18	650	16	610	25	380	17	330	9	560		
Скло «Пірекс»	33АМ5	Гас (90%) + ол. кислота (10%)	27	615	26	680	23	655	27	380	21	360	14	565	
	33АМ3		26	600	24	670	21	640	25	360	20	350	12	550	
	33АМ1		23	590	21	660	20	630	24	350	18	340	10	545	
	43АМ3		28	625	29	690	18	650	26	370	16	370	9	580	
	43АМ1		24	610	25	680	19	645	23	360	15	360	8	570	

Примітка: 1. Швидкість різання $V_p = 5$ м/хв.; 2. Питомий тиск $P = 0,05$ МПа.



сприяє підвищенню продуктивності доводки внаслідок умовного збільшення ріжучих зерен, які зрізують шар металу з поверхні деталі не знаходячись у хаотичному стані, а є міцно закріпленими у вуглецевих глобулах. Відповідно, забезпечується мінімізація ефективної потужності N , що є позитивним фактором для оцінки технологічної собівартості операції доводки.

Використання для прецизійної доводки інших типів матеріалів притирів (порівняно з чавуном) дає нижчі результати. З цієї точки зору цікавим є застосування для притирів технічного скла «Пірекс». Для цієї гами дослідів (матеріали притирів, тип та зернистість абразивних зерен, склад мастильно-охолоджуючої рідини, матеріал композиційного сплаву) відслідковуються гірші показники продуктивності Q та ефективної потужності доводки N .

Скоріше за все, це можна пояснити тим, що в процесі різання мікростружок з поверхні оброблення деталі абразивні ріжучі зерна (під дією сил різання і внаслідок високої твердості і жорсткості скла «Пірекс») розтріскується, утворюючи дрібні ріжучі фракції, що фактично зменшує зернистість абразиву. Як наслідок, знижуються продуктивність та ефективна потужність доводки.

По-третє, відзначається суттєве покращення продуктивності Q та ефективної потужності N (у всьому діапазоні досліджень) при використанні для прецизійної доводки зерен електрокорунду білого хром ча-

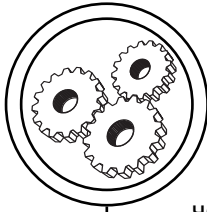
стого (33A) з вмістом у складі абразиву до 2 % оксиду хрому CrO .

Це пояснюється найбільшою гостротою їх зерен, а, відтак, кращою різальною здатністю [13, 14, 21, 22]. До речі, слід відзначити, що ці висновки тожні загальним положенням теорії абразивного оброблення.

По-четверте, прослідковується закономірність покращення параметрів продуктивності Q і ефективності потужності N зі зміною зернистості абразивних мікропорошків. Незалежно від композитного сплаву, що обробляється, марки матеріалу притиру, типу абразиву (електрокорунд хром частий 33A, електрокорунд білий 23A, електрокорунд титановий 37A, монокорунд 43A) найкращі результати отримані при використанні для доводки абразивів електрокорунду хром частого 33A зернистістю 3 мкм. Це тісно корелюється з рекомендаціями для прецизійної машинної доводки із забезпечення відповідних параметрів якості обробки (параметр шорсткості Ra поверхні оброблення, ступінь наклепу K та глибини L його залягання) [13].

І, нарешті, п'яте. Склад мастильно-охолоджуючої рідини також суттєво впливає на параметри продуктивності Q та ефективної потужності N . Доведено, що найкращі показники забезпечує суміш зі складом: гас (~65 %) + олеїнова кислота (~35 %).

Для технологів машинобудівних підприємств вельми важливим є знання розмірної стійкості притирів при прецизійній машинній доводці.



Відомо, що підготовка ріжучої поверхні притирочного диску — довготермінова та високо-вартісна операція. Зазвичай у виробничих умовах ця операція виконується вручну робітниками найвищої кваліфікації (лекальниками) і складає (до повної готовності ріжучої поверхні) близько 180–250 год. Вартість підготовки притиру (залежно від виробництва) лежить у межах 10–15 тис. грн. Доцільно зауважити, що підготовка робочих поверхонь притирів відбувається за методом трьох плит [17, 23]: спочатку відбувається притирка плити № 1 плитою № 2, потім доводяться поверхні плит № 2 та № 3, а на фініші обробляють одна по одній поверхні плит № 3 і № 1. Так роблять багатократно (зберігаючи послідовність оброблення) доки всі три плити не набудуть необхідних кондицій (відповідних значень параметру

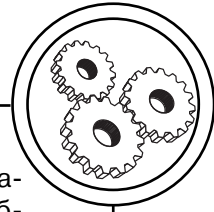
шорсткості R_a та відхилення готової до використання поверхні за вимогами площинності).

Зрозуміло, що вказані технологічні особливості та параметри вартості підготовки доводочних притирів (у тому числі і їх ремонтів під час експлуатації в умовах реальної дії факторів різання при машинній доводці) суттєво впливають на технологічну собівартість прецизійної машинної доводки і тому, безумовно, важливим є дослідити дію впливу різних технологічних параметрів на розмірну стійкість τ притирів. Деякі основні результати дослідження впливу режимів різання при доводці різних зносостійких композитних сплавів на розмірну стійкість τ доводочних дисків наведені у табл. 2.

Аналіз наведених у табл. 2 даних дозволяє отримати ряд важливих для технологів-прак-

Таблиця 2
Вплив режимів різання прецизійної машинної доводки на розмірну стійкість доводочних притирів

При- тир	Режими різання		Абра- зивний мікропо- рошок	Розмірна стійкість τ (год.) для різних композитів				
	Швид- кість V_s , м/хв.	Питомий тиск P , МПа		85Х6НФТ [1]	Р6АМ5Ф3 [4]	АК12МГН [6]	АК4,5Кд [7]	ХН55ВТКЮ [11]
Чавун	5	0,05	33АМ5	510	435	765	740	415
	5	0,07		500	420	750	730	400
	5	0,10		490	410	740	720	390
	7	0,05		485	405	730	710	380
	7	0,10		475	400	720	700	365
	10	0,05		470	390	715	705	360
	10	0,10		465	385	710	700	350
	7	0,05	33АМ3	460	425	715	695	385
	7	0,07		450	410	700	680	370
	7	0,10		440	400	690	665	350
	7	0,05	33АМ1	450	410	710	685	380
	7	0,10		440	400	700	675	370
	7	0,05	43АМ3	440	415	680	660	360
	7	0,07		430	405	670	650	350
7	0,10	410		400	660	640	340	
Мідь	5	0,05	33АМ3	430	400	650	630	340
	5	0,07		420	390	640	620	330
	7	0,05	43АМ3	410	380	630	610	320
	7	0,07		400	370	620	600	310

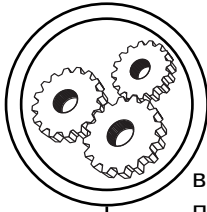


тиків підприємств висновків і рекомендацій. Звертає на себе увагу обставина, що у всьому діапазоні експериментів (різні матеріали притирів, різні типи та зернистість абразивних мікропорошків, досить широкий діапазон режимів різання, матеріалів) відслідковується, що найбільшу розмірну стійкість при прецизійній машинній доводці забезпечують доводочні притири з чавуну. Це пояснюється тим, що завдяки специфіці поверхневої структури чавунних притирів, а саме, наявності на їх поверхні глобул вуглецю, досягається зниження складових сил різання при зрізанні надтонких стружок з поверхні деталі оброблення внаслідок фактичного зменшення глибини різання в результаті деякого занурення абразивних зерен мікропорошків у глобули вуглецю. Відповідно зменшується висота виступів зерен над поверхнею доводочного притиру, що обумовлює зміни перерізу стружки і суттєвий перерозподіл величини та форми силового поля різання. Усе це позитивно впливає на характер зносу робочої поверхні притиру, забезпечуючи досягнення необхідної розмірної стійкості. Для композитів на основі штампових та інструментальних сталей показники розмірної стійкості чавунних притирів τ дорівнюють значенням близько 450–500 год. Для машинної доводки композиційних сплавів на основі алюмінію, які, як відомо, мають кращу оброблюваність, характерним є збільшення розмірної стійкості до 740–760 год. Найменшу розмірну

стійкість τ (близько 400 год.) забезпечують притири при обробці композитів на основі нікелю. Згідно загальної теорії різання матеріалів відомо [21], що найгірша механічна оброблюваність (серед усіх сплавів) притаманна нікелю та сплавам на його основі. Тому одержані результати вагомі та дозволяють створювати сучасні дільниці у цехах для прецизійної механічної доводки різних типів зносостійких композитних сплавів.

Аналогічні результати характерні і для інших видів доводочних притирів, наприклад, мідних (табл. 2), що свідчить про єдність фізичних процесів, які відбуваються при різанні матеріалів методами тонкої машинної доводки та тотожність результатів експериментального дослідження базовим положенням теорії абразивного оброблення.

Слід зазначити, що найкращі результати (табл. 2) забезпечує застосування для доводки абразивних мікропорошків електрокорунду хромчастого (33А) з вмістом у складі абразиву до 2 % оксиду хрому CrO. Пояснити це можна тим, що зерна електрокорунду хром частого (33А) мають гострішу ріжучу кромку (кут при вершині зерна, радіус його заокруглення) [14, 22], що дозволяє зменшити сили різання при обробленні і сприяє підвищенню розмірної стійкості τ притирів. До речі, ця закономірність спостерігається для різних зернистостей абразивних мікропорошків (1,3 та 5 мкм), що ще раз підкреслює єдність фізичних процесів, які



відбуваються у зоні різання при принципово різних технологічних процесах абразивного оброблення матеріалів (доводка, шліфування, хонінгування та суперфініш).

Заслугує на увагу те, що зміна режимів різання при прецизійній машинній доводці у достатньо широкому діапазоні (швидкість різання V_p — 5, 7, 10 м/хв.; питомий тиск P — 0,05; 0,07; 0,10 МПа) також впливає на розмірну стійкість притирів τ . Встановлено, що доводка з більш інтенсивними режимами різання (табл. 2) обумовлює зниження розмірної стійкості τ . Це пояснюється тим, що обробка з підвищеними швидкостями різання та питомими тисками супроводжується зростанням сил різання (a , отже, і сил тертя), які інтенсифікують зношування робочих поверхонь притирів і, таким чином, обумовлюють зменшення розмірної стійкості притирів τ .

Встановлено, що доводка з більш інтенсивними режимами різання (табл. 2) обумовлює зниження розмірної стійкості τ . Це пояснюється тим, що обробка з підвищеними швидкостями різання та питомими тисками супроводжується зростанням сил різання (a , отже, і сил тертя), які інтенсифікують зношування робочих поверхонь притирів і, таким чином, обумовлюють зменшення розмірної стійкості притирів τ .

Слід зазначити, що ці закономірності ідентичні для різних марок оброблюваних композитів, різних матеріалів притирів, різних абразивних мікропорошків та їх зернистостей

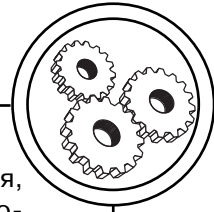
(табл. 2), що в свою чергу підкреслює єдність фізичних явищ при прецизійній машинній доводці та є побічним показником коректності та об'єктивності виконаних досліджень.

Таким чином, з урахуванням виконаних досліджень технології підприємств мають змогу призначати такі режими різання при машинній доводці, які забезпечують досягнення максимальних значень продуктивності, розмірної стійкості притирів та мінімальної ефективної потужності технологічної операції оброблення.

Проте, остаточні значення режимів прецизійної доводки необхідно здійснювати лише з урахуванням найважливішого фактора — призначення їх на такому рівні, який здатний забезпечити одержання мінімальних параметрів шорсткості поверхні R_a , глибини залягання залишкових напружень поверхневого шару оброблення деталі.

Усі ці параметри є найголовнішими для забезпечення максимальної зносостійкості деталей тертя, що має першочергове значення для суттєвого зростання експлуатаційних можливостей в цілому машин, зокрема збільшенню їх терміну служби та суттєвому зменшенню кількості міжремонтних простоїв обладнання.

Дослідження впливу режимних факторів на параметри якості поверхонь оброблення при прецизійній машинній доводці були виконані авторами попередньо, а їх результати наведені у роботах [13, 24]. В них зазначені оптимальні режими



різання, які забезпечують отримання найліпшої якості прецизійної доводки. Слід підкреслити, що згідно рекомендацій та розроблених регламентів [13, 24] найкращі показники шорсткості, ступеню наклепу та рівня залишкових напружень можливо реалізувати при роботі з мінімальними швидкостями різання ($\sim V_p = 2-5$ м/хв.) та питомими тисками ($\sim P = 0,05$ МПа).

З результатів, отриманих при виконанні даного дослідження, показано, що використання для прецизійної доводки мінімальних режимів різання обумовлює зниження продуктивності та ефективної потужності оброблення. Тому, з урахуванням вимог отримання найкращих параметрів якості та прийнятних значень продуктивності, ефективної потужності та розмірної стійкості притирів, прецизійну машинну доводку деталей тертя зі зносостійких композитних сплавів слід виконувати з такими режимами різання: швидкість різання $V_p = 2-7$ м/хв., питомий тиск $P = 0,05-0,07$ МПа).

Висновки

Узагальнюючи комплекс виконаних досліджень необхідно зробити важливі як наукові, так і практичні висновки.

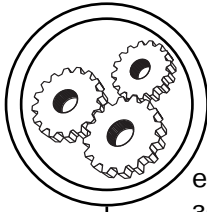
Вперше в науковій практиці досліджено вплив технологічних факторів оброблення на продуктивність прецизійної машинної доводки поверхонь тертя деталей зі зносостійких композиційних сплавів для поліграфічних машин різного призначення з урахуванням досягнення необхідних параметрів

якості поверхонь оброблення, ефективної потужності технологічної операції та максимальної розмірної стійкості доводочних притирів.

Показано, що основні закономірності прецизійної машинної доводки деталей тертя різних зносостійких композиційних матеріалів (на основі інструментальних сталей, алюмінію, міді, нікелю) співпадає з базовими положеннями теорії абразивного оброблення, що є суттєвим вкладом у розвиток поліграфічного машинобудування.

Найкращі показники продуктивності оброблення, ефективної потужності технологічної операції прецизійної доводки, розмірної стійкості притирів при механічній доводці забезпечує використання для оброблення чавунних дисків — притирів, застосування дрібнозернистих (1–3 мкм) абразивних мікропорошків електрокорунду хромчастого (33А) із вмістом у складі до 2 % оксиду хрому CrO та наступними режимами обробки: $V_p = 2-7$ м/хв., питомий тиск $P = 0,05-0,07$ МПа, мастильно-охолоджуюча рідина — суміш зі складом — гас (65 %) + олеїнова кислота (35 %).

Подальші дослідження технологічних процесів прецизійної машинної доводки зносостійких композитних сплавів різного типу (на основі штампових та інструментальних сталей, алюмінію, міді та нікелю) доцільно спрямувати на всебічне вивчення впливу найсучасніших абразивних інструментів із синтетичних мікропорошків алмазу, кубічного нітриду бору (кубаніт,

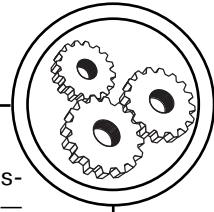


ельбор, боразон) та дрібно-зернистих паст на їх основі на параметри якості поверхонь, продуктивності оброблення, ефективної потужності технологічної операції та розмірної

стійкості притирів, а також встановленню їх впливу на параметри зносостійкості та довговічності деталей машин і механізмів численних машинних комплексів поліграфії.

Список використаної літератури

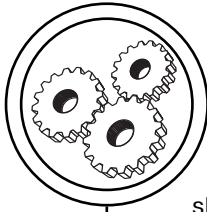
1. Патент України № 60520, МПК С22С33/02 (2006.01). Антифрикційний композиційний матеріал на основі сталі / Роїк Т. А., Гавриш А. П., Киричок П. О., Гавриш О. А., Віцюк Ю. Ю., Мельник О. О., опубл. 25.06.2011, Бюл. № 12.
2. Патент України № 60522, МПК С22С33/02 (2006.01). Підшипниковий композиційний матеріал на основі інструментальної сталі / Роїк Т. А., Гавриш А. П., Киричок П. О., Гавриш О. А., Віцюк Ю. Ю., Мельник О. О. опубл. 25.06.2011, Бюл. № 12.
3. Патент України № 25627, С22С33/02. Підшипниковий композиційний матеріал на основі сталі / Роїк Т. А., Гавриш А. П., Холявко В. В., Зора Б. П., опубл. 10.08.07, Бюл. № 12.
4. Патент України № 30377 МПК (2006), С22С33/02. Порошковий антифрикційний матеріал на основі швидкорізальної сталі / Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, В. В. Холявко, Б. П. Зора, опубл. 25.02.08, Бюл. № 4.
5. Патент України на винахід № 102299, МПК С22С33/02 (2006.01). Антифрикційний композиційний матеріал на основі інструментальної сталі / Роїк Т. А., Гавриш А. П., Гавриш О. А., Киричок П. О., Віцюк Ю. Ю., Мельник О. О., Подрезов Ю. М., Замулко С. О., Зора Б. П. — Заявка № а201113514 від 16.11.2011. — Опубл. 25.06.2013, Бюл. № 12.
6. Патент України № 60174А МКИ (2003), С22С21/02. Порошковий антифрикційний матеріал на основі алюмінію / Т. А. Роїк, О. Л. Комнацький, опубл. 15.09.2003, Бюл. № 9.
7. Патент України № 34407, МПК (2006), С22С21/02. Композиційний підшипниковий матеріал на основі алюмінію / Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, О. А. Гавриш, В. В. Холявко, О. М. Прохоренко, опубл. 11.08.08, Бюл. № 15.
8. Патент України № 26862, С22С21/02. Антифрикційний матеріал на основі алюмінію / Роїк Т. А., Гавриш А. П., Киричок П. О., Гавриш О. А., опубл. 10.10.07, Бюл. № 16.
9. Патент України № 75523, МПКС22С21/02(2006.01). Зносостійкий матеріал на основі алюмінієвого сплаву / Роїк Т. А., Гавриш А. П., Гавриш О. А., Киричок П. О., Віцюк Ю. Ю., Мельник О. О., Замулко С. О., Дорфман І. Є., опубл. 10.12.2012, Бюл. № 23.
10. Патент України № 40139 МПК(2009), С22С9/02, С22С9/00, С22С1/00, С22С1/04, С22С1/05. Антифрикційний композиційний матеріал / Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, О. А. Гавриш, В. В. Холявко, Ю. Ю. Віцюк, О. О. Мельник, опубл. 25.03.2009, Бюл. № 6.
11. Патент України № 31545 МПК (2006), С22С33/02. Антифрикційний композиційний матеріал на основі нікелю / Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, О. А. Гавриш, В. В. Холявко, Ю. Ю. Віцюк, опубл. 10.04.08, Бюл. № 7.
12. Киричок П. О. Технологія поліграфічного машинобудування : Навчальний посібник / П. О. Киричок, Т. А. Роїк, А. В. Шевчук, А. П. Гавриш, О. І. Лотоцька. — К. : НТУУ «КПІ» ВПІ ВПК «Політехніка», 2014. — 504 с.



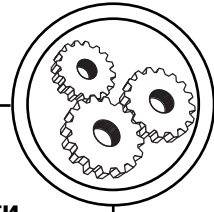
13. Cocs M. The effect of compressive and smearing forces on the film present in metallic contact / M. Cocs // Aircraft production. — 2013. — № 4(1978). — vol. 2. — pp. 42–59.
14. Lal G. K. The Role of Grain Tip Radials in Fine Grinding / G. K. Lal, M. C. Shaw // Journal of Engineering For Industry, Vol. 97. — Issue 3, Arizona State University, USA, pp. 1119–1125. — Online July 15, 2010.
15. Кремень З. И. Доводка плоских поверхностей / З. И. Кремень. — К. : Техника, 1974. — 225 с.
16. Соколов С. П. Тонкое шлифование и доводка / С. П. Соколов. — М. : Машгиз, 1981. — 296 с.
17. Лысанов В. С. Эльбор в машиностроении : Монография / В. С. Лысанов, В. А. Букин, Б. А. Глазковский та ін. / Под общ. ред. В. С. Лысанова. — Л. : Машиностроение, 1978. — 280 с.
18. Чеповецкий И. Х. Основы финишной алмазной обработки : Монография / И. Х. Чеповецкий. — К. : Наукова думка, 1980. — 468 с.
19. Мазур М. П. Основы теории резания материалов : Пidrучник / Під заг. ред. М. П. Мазура. — Львів : Новий світ, 2010. — 423 с.
20. Лавриненко В. І. Надтверді абразивні матеріали в механообробці : Енциклопедичний довідник / В. І. Лавриненко, М. В. Новіков / Під ред. акад. НАН України М. В. Новікова. — К. : ІНМ ім. В. М. Бакуля НАН України, 2013. — 456 с.
21. Гавриш А. П. Финишная алмазно-абразивная обработка магнитных материалов / А. П. Гавриш. — К. : Вища школа, 1983. — 172 с.
22. Гавриш А. П. Залишкові напруження при прецизійній машинній доводці поверхневих шарів деталей зі зносостійких алюмінієвих композитів для поліграфічної техніки / А. П. Гавриш, П. О. Киричок, Т. А. Роїк, Ю. Ю. Віцюк // Междунар. сборник науч. трудов «Прогрессивные технологии и системы машиностроения». — Донецк : ДонНТУ. — 2014. — № 2. — С. 42–52.

References

1. Patent Ukraine № 60520, MPK S22S33/02 (2006.01). Antyfraktsiyni kompozytsiyni material na osnovi stali / Roik T. A., Havrysh A. P., Kyrychok P. O., Havrysh O. A., Vitsiuk Iu. Iu., Melnyk O. O., opubl. 25.06.2011, Biul. № 12.
2. Patent Ukraine № 60522, MPK S22S33/02 (2006.01). Pidshyprnykovyi kompozytsiyni material na osnovi instrumentalnoi stali / Roik T. A., Havrysh A. P., Kyrychok P. O., Havrysh O. A., Vitsiuk Iu. Iu., Melnyk O. O. opubl. 25.06.2011, Biul. № 12.
3. Patent Ukraine № 25627, S22S33/ 02. Pidshyprnykovyi kompozytsiyni material na osnovi stali / Roik T. A., Havrysh A. P., Kholiavko V. V., Zora B. P., opubl. 10.08.07, Biul. № 12.
4. Patent Ukraine № 30377 MPK (2006), S22S33/02. Poroshkovyi antyfraktsiyni material na osnovi shvydkorizalnoi stali / T. A. Roik, A. P. Havrysh, V. V. Kholiavko, B. P. Zora, opubl. 25.02.08, Biul. № 4.
5. Patent Ukraine na vynakhid № 102299, MPK S22S33/02 (2006.01). Antyfraktsiyni kompozytsiyni material na osnovi instrumentalnoi stali / Roik T. A., Havrysh A. P., Havrysh O. A., Kyrychok P. O., Vitsiuk Iu. Iu., Melnyk O. O., Podrezov Iu. M., Zamulko S. O., Zora B. P. — Zaiavka № a201113514 vid 16.11.2011. — Opubl. 25.06.2013, Biul. № 12.
6. Patent Ukraine № 60174A MKY (2003), S22S21/02. Poroshkovyi antyfraktsiyni material na osnovi aliuminiuu / T. A. Roik, O. L. Komnatskiy, opubl. 15.09.2003, Biul. № 9.



7. Patent Ukrainy № 34407, MPK (2006), S22S21/02. Kompozytsiyni pidshypnykovyi material na osnovi aliuminiuu / T. A. Roik, A. P. Havrysh, O. A. Havrysh, V. V. Kholiavko, O. M. Prokhorenko, opubl. 11.08.08, Biul. № 15.
8. Patent Ukrainy № 26862, S22S21/02. Antyfraktsiyni material na osnovi aliuminiuu / Roik T. A., Havrysh A. P., Kyrychok P. O., Havrysh O. A., opubl. 10.10.07, Biul. № 16.
9. Patent Ukrainy № 75523, MPKS22S21/02(2006.01). Znosostiiky material na osnovi aliuminiievoho splavu / Roik T. A., Havrysh A. P., Havrysh O. A., Kyrychok P. O., Vitsiuk Iu. Iu., Melnyk O. O., Zamulko S. O., Dorfman I. Ie., opubl. 10.12.2012, Biul. № 23.
10. Patent Ukrainy № 40139 MPK(2009), C22C9/02, S22S9/00, S22S1/00, S22S1/04, S22S1/05. Antyfraktsiyni kompozytsiyni material / T. A. Roik, A. P. Havrysh, O. A. Havrysh, V. V. Kholiavko, Iu. Iu. Vitsiuk, O. O. Melnyk, opubl. 25.03.2009, Biul. № 6.
11. Patent Ukrainy № 31545 MPK (2006), S22S33/02. Antyfraktsiyni kompozytsiyni material na osnovi nikeliu / T. A. Roik, A. P. Havrysh, O. A. Havrysh, V. V. Kholiavko, Iu. Iu. Vitsiuk, opubl. 10.04.08, Biul. № 7.
12. Kyrychok P. O. Tekhnolohiia polihrafichnoho mashynobuduvannia : Navchalnyi posibnyk / P. O. Kyrychok, T. A. Roik, A. V. Shevchuk, A. P. Havrysh, O. I. Lototska. — K. : NTUU «KPI» VPI VPK «Politehnika», 2014. — 504 s.
13. Cocs M. The effect of compressive and smearing forces on the film present in metallic contacts / M. Cocs // Aircraft production. — 2013. — № 4(1978). — vol. 2. — pp. 42–59.
14. Lal G. K. The Role of Grain Tip Radials in Fine Grinding / G. K. Lal, M. C. Shaw // Journal of Engineering For Industry, Vol. 97. — Issue 3, Arizona State University, USA, pp. 1119–1125. — Online July 15, 2010.
15. Kremen' Z. I. Dovodka ploskih poverhnostej / Z. I. Kremen'. — K. : Tehnika, 1974. — 225 s.
16. Sokolov S. P. Tonkoe shlifovanie i dovodka / S. P. Sokolov. — M. : Mashgiz, 1981. — 296 s.
17. Lysanov V. S. Jel'bor v mashinostroenii : Monografija / V. S. Lysanov, V. A. Bukin, B. A. Glagl'skij ta in. / Pod obshh. red. V. S. Lysanova. — L. : Mashinostroenie, 1978. — 280 s.
18. Chepoveckij I. H. Osnovy finishnoj almaznoj obrabotki : Monografija / I. H. Chepoveckij. — K. : Naukova dumka, 1980. — 468 s.
19. Mazur M. P. Osnovy teorii rizannia materialiv : Pidruchnyk / Pid zah. red. M. P. Mazura. — Lviv : Novyi svit, 2010. — 423 s.
20. Lavrynenko V. I. Nadtverdi abrazivni materialy v mekhanooobrobtsi : Entsiklopedychnyi dovidnyk / V. I. Lavrynenko, M. V. Novikov / Pid red. akad. NAN Ukrainy M. V. Novikova. — K. : INM im. V. M. Bakulia NAN Ukrainy, 2013. — 456 s.
21. Gavrish A. P. Finishnaja almazno-abrazivnaja obrabotka magnitnykh materialov / A. P. Gavrish. — K. : Vishha shkola, 1983. — 172 s.
22. Havrysh A. P. Zalyshkovi napruzhennia pry pretsyziinii mashynii dovodtsi poverkhnevnykh shariv detalei zi znosostiikykh aliuminiievykh kompozytiv dlia polihrafichnoi tekhniki / A. P. Havrysh, P. O. Kyrychok, T. A. Roik, Iu. Iu. Vitsiuk // Mezhdunar. sbornik nauch. trudov «Progressivnye tehnologii i sistemy mashinostroenija». — Doneck : DonNTU. — 2014. — № 2. — S. 42–52.



В статье приведены результаты экспериментального исследования производительности, эффективной мощности и размерной стойкости притиров при реализации технологических процессов прецизионной машинной доводки плоских поверхностей деталей трения из новых композиционных материалов на основе отходов инструментальных сталей, алюминия, меди и никеля для полиграфических машин. Установлены зависимости производительности машинной доводки, эффективной мощности и размерной стойкости доводочных дисков от режимов резания, материала притира, типа абразивного инструмента, зернистости микропорошков, а также состава смазочно-охлаждающей жидкости. Разработаны технологические рекомендации и регламенты для производства.

Ключевые слова: новые композиционные материалы, детали трения, прецизионная машинная доводка, притиры, мелкозернистые абразивные порошки, режимы резания, производительность обработки, эффективная мощность, размерная стойкость.

In a paper the research results of productivity experimental researches, effective power and dimension durability of laps at technological processes of fine machining of friction parts' surfaces from new composite materials based on grinding wastes of tool steels, aluminium, copper and nickel for printing machines have been presented. There were determined the dependences of machining productivity, effective power and dimension durability of lap discs from cutting parameters, material of lap, type of abrasive tool, granularity of micropowders and composition of cutting emulsion. The technological recommendations and orders for production were developed.

Key words: new composite materials, friction parts, fine machining, laps, fine abrasive powders, cutting parameters, productivity of machining, effective power, dimension durability.

Рецензент — О. М. Величко, д.т.н.,
професор, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 13.06.14