

УДК 621.002.3: 621.89

А.П. Гавриш д-р техн. наук, проф., П.О. Киричок д-р техн. наук, проф.,

Т.А. Роїк д-р техн. наук, проф., Ю.Ю. Віцюк, канд. техн. наук,

Національний технічний університет України «КПІ», Україна

Тел./факс: 097-952-18-59

E-mail: roik2011@gmail.com; yuliav@lanet.kiev.ua

СИЛОВЕ ПОЛЕ ПРИ ТОНКОМУ АБРАЗИВНОМУ ШЛІФУВАННІ ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ З НОВИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ СПЛАВІВ ДЛЯ ДРУКАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

В статті наведені результати дослідження складових сил різання при тонкому абразивному шліфуванні деталей тертя з нових композиційних сплавів на основі відходів легованих сталей інструментального виробництва 86Х6НФТ та 4ХМНФС для важких умов роботи поліграфічних машин. Встановлені закономірності впливу режимів тонкого шліфування, матеріалу зерна та зернистості абразивного інструменту, матеріалу зв'язки круга на механізм утворення складових сил різання у зоні зрізання стружки вершиною абразивного зерна.

Ключові слова: нові композиційні сплави, силове поле, складові сил різання, тонке абразивне шліфування, деталі тертя поліграфічних машин.

Вступ

Вимоги до деталей тертя, які працюють в умовах інтенсивного зношування, постійно зростають. Це обумовлює необхідність створення та удосконалення існуючих технологій виготовлення деталей такого типу, включаючи синтез нових видів матеріалів та розробку фінішних операцій технологічного процесу надтонкої абразивної обробки робочих поверхонь тертя з забезпеченням відповідних високих вимог до якості оброблення (мінімальних значень параметрів шорсткості поверхонь R_a , мінімальних спотворень, знаку та значень залишкових напружень, дефектів тонкого поверхневого шару, глибини залягання наклепу ступеню деформації металу у зоні зрізання стружки поодиноким абразивним зерном). Ці якості формують умови придатності поверхні оброблення для задоволення високих функціональних вимог експлуатації, зокрема, суттєвого підвищення строків служби машин та механізмів друкарської техніки.

На жаль, усі ці питання недостатньо досліджені, оскільки нові композиційні матеріали (на основі цінних шліфувальних відходів інструментальних сталей) для деталей, які працюють у жорстких умовах експлуатації, лише нещодавно були створені і почали застосовуватись у промисловості [1 - 5].

Відомо, що на параметри зносостійкості поверхонь тертя суттєво впливають не тільки параметри шорсткості R_a , а і, що не менш важливо, фізичні властивості тонкого шару поверхонь оброблення. Ці властивості (з точки зору загальної теорії шліфування) забезпечуються при обробці взаємодією силового та температурного полів на ріжучому лезі абразивного зерна шліфувального інструменту.

Таким чином, дослідження параметрів силового поля (складових сил різання) при тонкому абразивному шліфуванні нових композиційних матеріалів на основі цінної вторинної сировини – шліфувальних відходів сталей 86Х6НФТ та 4ХМНФС є актуальним питанням, що має наукове та практичне значення.

Отже метою даної роботи було дослідження складових сил різання P_x , P_y , P_z при абразивній обробці деталей з нових композиційних сплавів на основі відходів інструментальних сталей 86Х6НФТ та 4ХМНФС з домішками твердого мастила CaF_2 , та встановлення впливу зернистості шліфувального круга, матеріалу зерна абразиву, типу зв'язки круга і режимів різання на параметри силового поля.

Задачами даного дослідження було:

1. Виконати серію експериментів з визначення складових сил різання при фінішній механічній обробці зразків з нових композиційних матеріалів на основі шліфувальних відходів.
2. Визначити характер впливу зернистості шліфувального круга, матеріалу зерна абразиву та типу зв'язки круга на параметри силового поля.
3. Встановити вплив режимів різання на параметри силового поля при тонкому шліфуванні досліджуваних матеріалів.
4. Узагальнити одержані результати та зробити висновки.
5. Сформулювати практичні рекомендації для промисловців.

Основний зміст та результати роботи

Експериментальне вивчення силового поля, зокрема, складових сил різання P_x , P_y , P_z при тонкому абразивному шліфуванні деталей тертя з нових композиційних сплавів, виконувалось згідно з методикою, наведеною у роботах [5, 6].

Як вже відзначалось вище, сили різання при шліфуванні металів є джерелом виникнення у зоні різання високих температур та залишкових пластичних деформацій у поверхневих шарах виробу. Сили різання при шліфуванні залежать від міцностних характеристик оброблювального матеріалу, складу абразивного круга та режимів шліфування [6].

Для утворення стружки різальні кромки абразивних зерен вдавлюються у матеріал деталі і на оброблювальній поверхні утворюються канавки у напрямку руху круга.

Згідно з різними дослідженнями процесів мікрорізання та шліфування, встановлено, що при малих глибинах вдавлювання абразивного зерна відбувається пластичне деформування без зрізання стружки – видавлювання матеріалу з боків риски від проходження зерна; лише при глибині вдавлювання 0,06 – 0,1 мкм починається процес утворення стружки перед різальними зернами [6].

У зв'язку з тим, що абразивні зерна шліфувального круга знаходяться на значній відстані одне від одного і для металевих матеріалів діаграми розтягу при однакових повторних навантаженнях співпадають з діаграмою розвантаження, то пружний стан металу можна розглядати як результат силової дії одиничного зерна.

Зміцнення поверхневого шару є результатом нормальної складової сили різання. Тому ступінь наклепу приблизно може характеризуватись величиною нормальної складової сили різання, що припадає на одиничне зерно.

Враховуючи, що різальні зерна шліфувального круга знаходяться на однаковій відстані L_ϕ одне від одного, можна вважати, що кожному зерну відповідає площа L_ϕ^2 .

Тоді кількість різальних зерен m на площі контакту круга з виробом $F=L_k \cdot B$ буде рівною:

$$m = F_m' = L_k \cdot B / l_\phi^2 \quad (1)$$

де B – ширина шліфування, мм; L_k – довжина дуги контакту, мм (для плоского шліфування $L_k = D \cdot t$);

l_ϕ – фактична відстань між зернами, мм;

m – кількість різальних зерен, що припадає на одиницю площі круга;

D – діаметр шліфування, мм;

t – глибина шліфування, мм.

Відстань між зернами l_ϕ може бути визначена експериментально. Для деяких абразивних зерен, зокрема, для карбіду кремнію зереного (63С), електрокорунду білого (23А) та монокорунду (М), l_ϕ розрахована, експериментально уточнена і використовується при дослідженнях силового поля [6].

З урахуванням цього були виконані всебічні дослідження. Значення питомих (віднесених до 10 мм ширини круга) тангенціальної та нормальної складових зусиль різання, що наведені у табл. 1, 2.

Аналіз результатів для обох видів матеріалів показує, що зі збільшенням глибини шліфування нормальна та тангенціальна складові зусилля різання закономірно зростають. Це пояснюється як збільшенням навантаження, що припадає на одиничне різальне зерно, так і збільшенням кількості зерен у зоні контакту шліфувального круга з виробом.

Таблиця 1. Питомі сили різання при плоскому абразивному шліфуванні сплаву 86Х6НФТ+ 5%CaF₂

Глибина шліфування по лімбу верстату t_ϕ , мм	Характеристика круга					
	200×32×16 мм					
	63СМ14СМ2Гл			63СМ14СМ2К16		
	P_z , Н/см	P_y , Н/см	P_y/P_z	P_z , Н/см	P_y , Н/см	P_y/P_z
0,005	20	30	1,50	30	35	0,85
0,1	30	45	1,50	40	45	1,10
0,2	55	85	1,54	75	85	1,13
0,5	145	255	1,75	175	190	1,04

Примітка: Верстат – FF – 350 “Abawerk” (ФРН); режими шліфування: швидкість круга – 22 м/с; поздовжня подача – 0,1 мм/подв. хід; обробка – без охолодження.

Таблиця 2. Питомі сили різання при плоскому абразивному шліфуванні сплаву 4ХНМФС+ 5%CaF₂

Глибина шліфування по лімбу верстату t_ϕ , мм	Характеристика круга					
	200×32×16 мм					
	63СМ14СМ2Гл			63СМ14СМ2К16		
	P_z , Н/см	P_y , Н/см	P_y/P_z	P_z , Н/см	P_y , Н/см	P_y/P_z
0,005	15	20	1,33	20	20	1,00
0,01	25	35	1,40	35	40	1,14
0,02	40	60	1,50	70	60	0,86
0,05	115	130	1,13	120	130	1,81

Примітка: Верстат – FF – 350 “Abawerk” (ФРН); режими шліфування: швидкість круга – 22 м/с; поздовжня подача – 0,1 мм/подв. хід; обробка – без охолодження.

При абразивному шліфуванні використання дрібнозернистих кругів на гліфталевій зв'язці також знижує величини тангенціальної та нормальної складових сили різання (табл. 1 - 4). Це пояснюється більшою пружністю гліфталевої зв'язки у порівнянні з керамічною.

Для розрахунку навантаження на окреме зерно було прийнято, що у процесі стружкоутворення приймає участь у середньому 0,1 всіх зерен, які знаходяться на периферії круга, тобто:

$$m=0,1 \cdot L_k \cdot B / l_\phi^2 \quad (2)$$

Таблиця 3. Розрахункове навантаження на окреме різальне зерно круга при абразивному шліфуванні зразків з композиційного сплаву 86Х6НФТ + 5%CaF₂

Глибина шліфування по лімбу верстату t_l , мм	Довжина дуги контакту L_k , мм	Характеристика круга					
		63СМ14СМ2ГЛ			63СМ14СМ2К16		
		m	P_{z3} , Н	P_{y3} , Н	m	P_{z3} , Н	P_{y3} , Н
0,005	0,77	460	0,032	0,054	230	0,096	0,081
0,01	1,1	660	0,038	0,06	330	0,132	0,090
0,02	1,5	900	0,055	0,08	450	0,220	0,198
0,05	2,5	1500	0,083	0,156	750	0,240	0,310

Примітка: Верстат – FF – 350 “Abawerk” (ФРН); режими шліфування: швидкість круга – 22 м/с; поздовжня подача – 0,1 мм/подв. хід; В – 10 мм; охолодження – 3% розчин содової емульсії.

Таблиця 4. Розрахункове навантаження на окреме різальне зерно круга при абразивному шліфуванні зразків з композиційного сплаву 4ХНМФС + 5%CaF₂

Глибина шліфування по лімбу верстату t_l , мм	Довжина дуги контакту L_k , мм	Характеристика круга					
		400×32×16 мм			200×32×16 мм		
		63С25СМ2К			63СМ14СМ2ГЛ		
		m	P_{z3} , Н	P_{y3} , Н	m	P_{z3} , Н	P_{y3} , Н
0,005	0,77	11	2,7	5,4	460	0,022	0,033
0,01	1,1	16	3,1	5,6	660	0,030	0,045
0,02	1,5	24	3,3	6,3	900	0,033	0,056
0,05	2,5	40	4,5	8,0	1500	0,047	0,067

Примітка: Верстат – FF – 350 “Abawerk” (ФРН); режими шліфування: швидкість круга – 22 м/с; поздовжня подача – 0,1 мм/подв. хід; В – 10 мм; охолодження – 3% розчин содової емульсії.

З експериментальних даних (табл. 3, 4) видно, що при тонкому абразивному шліфуванні навантаження, що припадає на одне абразивне зерно зростає дуже інтенсивно до глибини 0,012 мм. При подальшому збільшенні глибини шліфування величина розрахункового навантаження незначна. Тому подальше збільшення сил різання пов'язане, в основному, тільки зі збільшенням кількості різальних абразивних зерен у зоні контакту шліфувального круга з виробом.

При використанні еластичних зв'язок, наприклад, гліфталевих, навантаження на одне зерно менше залежить від глибини різання.

При шліфуванні дрібнозернистими кругами значення P_{z3} та P_{y3} приблизно у 100 разів менші, ніж при шліфуванні крупнозернистими кругами (табл. 4). Таким значним зменшенням нормальної складової зусилля різання одиничним зерном і пояснюється, в основному, зниження ступеню зміцнення поверхневого шару і умов покращення формування мінімальної шорсткості поверхонь оброблення деталей тертя з нових композитних матеріалів [5] при використанні дрібнозернистих абразивних інструментів.

Висновки

Таким чином, узагальнюючи наведені експериментальні дані слід зробити наступні загальні висновки:

1. З точки зору формування поглядів на процеси утворення умов забезпечення якісних показників поверхонь оброблення деталей тертя високошвидкісних друкарських машин, вперше виконано дослідження силових параметрів поля при тонкому абразивному шліфуванні деталей тертя з нових композиційних сплавів, які синтезовані з утилізованих шліфувальних відходів інструментальних легованих сталей.

2. Для забезпечення високих вимог до якості виробів з нових композитних матеріалів необхідно враховувати, що найкращі показники (з точки зору дії силових факторів процесу абразивної обробки, зокрема, складових сил різання P_z , P_y , P_x) гарантує застосування інструментів на основі карбиду кремнію зеленого (63С) на гліфталевій зв'язці (Гл), які мають зернистість – 14 – 20 мкм.

3. Дослідження показали, що суттєво впливають на параметри якості поверхонь абразивного оброблення режими різання. Для практичних цілей отримання стабільних та високих результатів щодо параметрів якості поверхонь оброблення забезпечує використання наступних режимів різання: шліфувальний круг 63СМ14СМ2Гл; швидкість круга – 22 м/с; поздовжня подача – 0,1 мм/подв. хід; ширина шліфування (В) – 10 мм; охолодження – 3% розчин содової емульсії.

Список літератури:

1. Підшипниковий композиційний матеріал на основі інструментальної сталі: патент України № 60522, МПК С22С33/02 (2006.01) / 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. Порошковий антифрикційний матеріал на основі швидкорізальної сталі: патент України № 30377 МПК (2006), С22С33/02 / Роїк Т. А., Гавриш А. П., Холяк В. В., Зора Б. П. - опубл. 25.02.08, Бюл. № 4.

3. Нові технології фінішного оброблення композиційних підшипників ковзання для жорстких умов експлуатації: монографія / [Гавриш А. П., Мельник О. О., Роїк Т. А. и др.]. - К.: НТУУ КПІ, 2012. - 196 с.

4. Принципи одержання композиційних зносостійких матеріалів на основі відходів інструментального виробництва / [Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, П. О. Киричок та ін.]

// Прогрессивные технологии и системы машиностроения: междунар. сб. науч. Трудов. – 2012. – Вып. 1, 2 (43). – С. 261-265.

5. Вплив абразивного інструменту на шорсткість поверхонь композитних підшипників поліграфічної техніки при тонкому шліфуванні / [А.П. Гавриш, П.О. Киричок, Т.А. Роїк, Ю.Ю. Віцюк] // Технологія і техніка друкарства. – 2012. - № 3. – С. 65 – 77.

6. Гавриш А.П. Алмазно-абразивна обробка магнітних матеріалів: Монографія / А.П. Гавриш, П.П. Мельничук. – Житомир: ЖДТУ, 2004. – 552 с.

Надійшла до редакції 31.12.2012.

**А. П. Гавриш, П. А. Киричок,
Т. А. Роїк, Ю. Ю. Віцюк**

Национальный технический университет Украины
«КПИ», Украина

**СИЛОВОЕ ПОЛЕ ПРИ ТОНКОМ
АБРАЗИВНОМ ШЛИФОВАНИИ ДЕТАЛЕЙ
ТРЕНИЯ ИЗ НОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ
СПЛАВОВ ДЛЯ ПЕЧАТНЫХ МАШИН**

В статье приведены результаты исследований составляющих сил резания при тонком абразивном шлифовании деталей трения из новых композиционных сплавов на основе отходов легированных сталей инструментального производства 86Х6НФТ и 4ХМНФС для тяжелых условий работы полиграфических машин. Установлены закономерности влияния режимов тонкого шлифования, материала зерна и зернистости абразивного инструмента, материала связки круга на механизм образования составляющих сил резания в зоне срезания стружки вершиной абразивного зерна.

Ключевые слова: новые композиционные сплавы, силовое поле, составляющие сил резания, тонкое абразивное шлифование, детали трения полиграфических машин.

**A. P. Gavrish, P. O. Kyrychok,
T. A. Roik, Yu. Yu. Vitsuk**

National Technical University of Ukraine «KPI»,
Ukraine

**FORCEFIELD AND FINE ABRASIVE
GRINDING OF FRICTION PIECES FROM NEW
COMPOSITE ALLOYS FOR PRINTING
MACHINES**

The paper presents the research results of cutting forces' rectangular components during fine abrasive grinding of friction pieces of new composite materials on the basis of grinding alloy tool steels' wastes of 86X6HFT, 4XMHFS for heavy operating conditions of printing machines. The regularities of the influence of fine grinding parameters, materials of grain, abrasive tool graininess and abrasive discs material of bond on the mechanism of formation of cutting forces' rectangular components in the cutting zone by abrasive grain top have been determined.

Key words: new composite alloys, force field, cutting forces' rectangular components, fine abrasive grinding, friction pieces of printing machines.