

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Гарашенко Ярослав Миколайович

УДК 621.91

**ОСНОВИ КОНСТРУЮВАННЯ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ
АЛМАЗНО-АБРАЗИВНИХ ІНСТРУМЕНТІВ НА БАЗІ
3D СТАТИСТИЧНОГО ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

Спеціальність - 05.03.01 - процеси механічної
обробки, верстати та інструменти

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2004

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі "Різання матеріалів та різальні інструменти" Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Доброскок Володимир Ленінмирович,
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут",
професор кафедри різання матеріалів та різальних інструментів.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Кондусова Олена Борисівна,
Українська державна академія залізничного транспорту, професор кафедри
матеріалів і технології виготовлення виробів транспортного призначення,
м. Харків;

кандидат технічних наук, науковий співробітник
Пасічний Олег Олегович,
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля Національної академії наук
України, м. Київ.

Провідна установа: Запорізький національний технічний університет,
кафедра "Верстати та інструменти", Міністерство освіти і науки України,
м. Запоріжжя.

Захист відбудеться " 21 " жовтня 2004 р. о " 14 " годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.12 у Національному технічному університеті "Харківський політехнічний інститут" за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут".

Автореферат розісланий " 18 " вересня 2004 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Пермяков О.А.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У сучасному машинобудуванні широко використовуються алмазно-абразивні інструменти. Алмазно-абразивні круги застосовуються на проміжних і кінцевих операціях виготовлення лезового інструменту і деталей з важкооброблюваних матеріалів. Ефективність застосування кругів з надтвердих матеріалів досягається тільки при відповідності характеристик їхньої робочої поверхні заданим умовам обробки. Одним з найбільш перспективних напрямків підвищення продуктивності й економічності процесу шліфування є спрямоване регулювання характеристик робочої поверхні алмазно-абразивних кругів. На сучасному етапі розвитку теорії і практики шліфування розроблено ряд методів і способів регулювання характеристик їхньої робочої поверхні. Відсутність узагальненої оцінки та єдиного модельного уявлення про формування статистичних характеристик робочої поверхні кругів створює проблему раціонального використання методів регулювання й обмежує розвиток технологічних можливостей процесу шліфування. Головними причинами, що визначають складність конструювання шліфувальних кругів, являються статистична природа формування характеристик їхньої робочої поверхні і недостатня точність експериментальних методів дослідження. Для вирішення даної проблеми необхідно створення основ конструювання робочої поверхні шліфувальних кругів з урахуванням статистичної природи формування їхніх характеристик. Це стає можливим при поєднанні сучасної об'єктно-статистичної методології та концепції 3D моделювання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Виконання дисертаційної роботи пов'язано з держбюджетною науковою тематикою кафедри "Різання матеріалів та різальні інструменти" Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" у межах тем: "Розробка концепції способів формування високоточних поверхонь виробів машинобудівного та медичного призначення з заданими функціональними властивостями на основі комплексного застосування нових видів покриттів та управління трансформацією стану ріжучих поверхонь алмазно-абразивних інструментів" (ДР № 0100U001084, 1999 – 2001 рр.); «Розробка системи високої технології обробки композиційних матеріалів, що включає об'єктно-орієнтоване статистичне моделювання алмазно-абразивних інструментів, керування формуванням обробленої поверхні з врахуванням властивостей анізотропії, нанесення ефективних функціональних покриттів, у тому числі біоінженерних, і створення експертної системи якості» (ДР № 0102U000977, 2002 – 2004 рр.), в котрих здобувач був виконавцем окремих розділів.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є створення основ конструювання робочої поверхні алмазно-абразивних інструментів на етапах виготовлення й експлуатації на базі статистичної об'єктно-орієнтованої методології 3D моделювання для розширення технологічних можливостей алмазного шліфування важкооброблюваних матеріалів.

Задачі дослідження:

1. Виконати аналіз методологічних підходів до вивчення й удосконалювання робочих процесів алмазного шліфування інструментальних матеріалів.

2. Виявити взаємозв'язок між вмістом зернових фракцій наважки і статистичними характеристиками розмірів зерен шліфпорошків і мікропорошків для забезпечення можливості регулювання статистичних характеристик розподілу вершин зерен на робочій поверхні круга при його виготовленні.

3. Визначити характеристики алмазно-абразивних зерен (параметри розподілу розмірів і їхню кількість у наважки шліфпорошку) для забезпечення реалістичності модельного дослідження робочої поверхні кругів.

4. Встановити взаємозв'язки між характеристиками шліфпорошків, умовами шліфування, статистичними характеристиками розподілу вершин зерен на робочій поверхні кругів і їхніх трансформацій при зносі в процесі шліфування.

5. Виконати оцінку можливості регулювання розподілу вершин зерен на робочій поверхні круга. На етапі виготовлення інструменту – зерновим складом наважки і використанням змішаної наважки. На етапі експлуатації – спрямованим формоутворенням поверхні зв'язки. Розробити математичні моделі, що забезпечують комплексне регулювання статистичних характеристик робочої поверхні алмазно-абразивних кругів на етапі їхнього виготовлення й у процесі експлуатації. Виявити вплив статистичних характеристик розподілу вершин зерен на вихідні показники процесу шліфування.

6. Розробити рекомендації щодо конструювання шліфувальних кругів, котрі мають задані статистичні характеристики робочої поверхні. Виконати практичну реалізацію розроблених алмазно-абразивних кругів на металевій зв'язці і способів формоутворення робочої поверхні для регулювання заданих статистичних характеристик у процесі роботи.

Об'єкт дослідження – алмазно-абразивний інструмент і процес шліфування.

Предмет дослідження – конструювання робочої поверхні алмазно-абразивних інструментів на базі 3D статистичного об'єктно-орієнтованого моделювання.

Методи дослідження. Теоретичні, модельні й експериментальні дослідження виконано на основі фундаментальних положень теорії різання матеріалів, проектування різальних інструментів, теорії ймовірностей і математичної статистики. Основи конструювання робочої поверхні інструментів розроблено на основі сучасної методології статистичного об'єктно-орієнтованого 3D моделювання алмазно-абразивних інструментів.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Вперше в рамках єдиної методології статистичного об'єктно-орієнтованого 3D моделювання вивчено особливості трансформації і методи регулювання розподілу вершин зерен на робочій

поверхні алмазно-абразивних кругів. На етапі виготовлення інструмента – визначення вимог до зернового складу наважки і/або використання змішаної наважки зерен. На етапі експлуатації – керування зміною геометричних параметрів поверхні зв'язки в ході робочого процесу.

2. Створено основи конструювання абразивного шару і робочої поверхні алмазно-абразивних кругів на базі системи функціональних залежностей, що зв'язують їхні основні статистичні властивості: статистичні характеристики розподілу розмірів зерен \Leftrightarrow вимоги до зернового складу наважки; параметри композиційного закону розподілу вершин зерен \Leftrightarrow параметри розподілу розмірів зерен і коефіцієнт відносного критичного заглиблення зерен у зв'язці; статистичні характеристики розподілу вершин зерен \Leftrightarrow параметри композиційного закону розподілу.

3. Запропоновано узагальнюючу схему зносу зерен, що заснована на кореляції величини зносу зерна з глибиною залягання його вершини від рівня найбільш виступаючого зерна. Вивчено вплив параметрів зносу зерен на статистичні характеристики розподілу вершин зерен на робочій поверхні алмазно-абразивних кругів. Отримано рівняння регресії для статистичних характеристик розподілу вершин зерен з урахуванням процесів їхнього випадання і зносу.

4. На базі єдиного системного підходу визначено параметри законів розподілу розмірів зерен для всіх зернистостей шліфпорошків, мікро- і субмікропорошків із забезпеченням зернового складу по ДСТУ 3292-95.

5. Запропоновано та досліджено нові конструкції робочої поверхні алмазно-абразивних кругів на токопровідних зв'язках. Розроблено робочі процеси, що забезпечують ефективність їхнього використання шляхом регулювання робочої поверхні на етапах виготовлення й в процесі роботи.

Практичне значення одержаних результатів. Виходячи з результатів модельних і експериментальних досліджень, запропоновано конструкцію робочої поверхні алмазно-абразивних кругів (пат. України 37898). Для регулювання в процесі шліфування статистичних характеристик розподілу вершин зерен розроблено способи електрохімічного формоутворення робочої поверхні кругів на струмопровідних зв'язках (пат. 37932, 37898) і пристрої для їхньої реалізації (пат. 37908, 37973). Розроблені технічні рішення реалізовано при шліфуванні багатогранних різальних пластин (МНТК "Практика", м. Харків) і мітчиків (ЗАТ "Харківський інструментальний завод"). Економічний ефект від впровадження результатів роботи складає більше 30 тис. грн. Результати досліджень використовуються в навчальному процесі кафедри "Різання матеріалів та різальні інструменти" НТУ "ХП" у дисципліні "Об'єктно-орієнтоване моделювання робочих процесів".

Особистий внесок здобувача. Усі наукові положення, які виносяться на захист, розроблено самостійно. Розробка алгоритмів, програмного забезпечення, модельні й експериментальні дослідження виконано самостійно. Постановка задач, теоретичні дослідження й аналіз результатів виконано разом з науковим керівником. Роботи по підготовці патентів України проведено за

участю співавторів. У роботі приведено посилання на авторів і джерела при використанні відомих залежностей, експериментальних даних, наукових положень, комп'ютерних систем моделювання і програмного забезпечення.

Апробація результатів дисертації. Основні наукові положення і дисертаційна робота доповідалися на наукових семінарах кафедри "Різання матеріалів та різальні інструменти" Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" (1999 – 2003), а також на міжнародних науково-технічних конференціях і семінарах: "Developing tendencies of production engineering" (Мишкольц, 2002); 2nd International Conference of "Research and Education" (Мишкольц, 2004); "Високі технології" (Харків – Алушта, 2001, 2002); "Наука і соціальні проблеми суспільства: людина, техніка, технологія, довкілля" (Харків: НТУ "ХПІ", 2001); "Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я" (Харків: НТУ "ХПІ", 2002, 2003). Дисертаційна робота доповідалася в повному обсязі на всеукраїнській молодіжній науково-технічній конференції "Машинобудування України очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво" (Запоріжжя, 2003) і на міжнародній науково-практичній конференції "Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я" (Харків, 2004).

Публікації. За результатами роботи опубліковано 18 наукових робіт, з них 9 статей у фахових виданнях України і 5 патентів на винаходи.

Структура й обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, 5 розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації складає 259 сторінок, з них 3 ілюстрації по тексту, 58 ілюстрацій на 47 сторінках, 1 таблиця по тексту, 17 таблиць на 10 сторінках, 5 додатків на 38 сторінках, 157 використаних літературних джерел на 15 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми і важливість питань, розглянутих у дисертації, сформульовано основні наукові положення і практичне значення досліджень.

Перший розділ присвячено аналізу напрямків удосконалювання ефективності процесу шліфування і методів регулювання експлуатаційних властивостей робочої поверхні алмазно-абразивних кругів. Виконано оцінку методів регулювання щодо можливості їхньої реалізації при конструюванні й у процесі шліфування. Проведено аналіз методів експериментального і модельного досліджень робочої поверхні кругів.

Одним зі шляхів підвищення продуктивності й економічності процесу шліфування є спрямоване регулювання експлуатаційних властивостей робочої поверхні алмазно-абразивних кругів. Формування необхідних експлуатаційних властивостей робочої поверхні круга пов'язано з можливістю завдання і регулювання параметрів складових елементів: зерен, зв'язки, будови абразивного шару і конструктивного виконання робочої поверхні. У роботі розглянуто основні

методи регулювання робочої поверхні круга: завдання вимог до зернового складу шліфувального порошку (Зайцев А.Г.), змішування наважок зерен різної зернистості і формоутворення поверхні зв'язки кругів (Беззубенко М.К., Грабченко А.І., Добротворський С.С., Узунян М.Д., Федорович В.О. та ін.).

Аналіз літературних джерел показав, що електрохімічний метод спрямованого формоутворення робочої поверхні кругів, реалізований у процесі шліфування, є найбільш універсальним для регулювання їхніх експлуатаційних характеристик. Перспективною є реалізація комплексного регулювання характеристик робочої поверхні кругів при їхньому виготовленні й експлуатації.

В якості найбільш представницьких параметрів робочої поверхні круга, з урахуванням робіт Байкалова А.К., Бакуля В.М., Маслова Є.Н., Рєзнікова А.Н., Семка М.Ф. та ін., для вивчення було обрано: кількість зерен; коефіцієнт відносного критичного заглиблення зерен у зв'язці; статистичні характеристики розподілу висоти виступання і глибини залягання вершин зерен.

На сучасному етапі розвитку теорії шліфування дослідження методів спрямованого регулювання доцільно виконувати на базі статистичної об'єктно-орієнтованої методології 3D моделювання алмазно-абразивних інструментів. Дослідження в рамках єдиної методології дозволять створити науково-обґрунтовані основи конструювання робочої поверхні кругів і забезпечити реалізацію комплексного регулювання характеристик.

На підставі проведеного аналізу визначено основні задачі наукового дослідження.

Другий розділ присвячено методикам, використаним в експериментальних і модельних дослідженнях алмазно-абразивних кругів. Представлено методики для визначення вихідних показників процесу шліфування. Розглянуто концепцію 3D статистичного об'єктно-орієнтованого моделювання алмазно-абразивних кругів і представлено результати розробки оригінальних підсистем. Для верифікації моделей використовувався метод лазерного сканування робочої поверхні шліфувальних кругів.

Модельні дослідження виконувалися з використанням системи 3D моделювання алмазно-абразивних інструментів, розробленої на кафедрі різання матеріалів та різальних інструментів НТУ "ХПІ". Система 3D моделювання орієнтована на вивчення статистичних механізмів формування параметрів алмазно-абразивних кругів. Ця система дозволяє конструювати робочу поверхню круга й аналізувати різні методи регулювання її характеристик. У системі 3D моделювання представлено наступні основні можливості завдання конструктивних елементів і властивостей: форма зерен, параметри статистичного закону розподілу розмірів зерен, концентрація алмазів, форма і параметри повздовжнього і поперечного профілю поверхні зв'язки, параметри зносу зерен, площадок зносу, мікрорельєфу зерен і поверхні зв'язки й ін.

Для вирішення задач дослідження система 3D моделювання була удосконалена і доповнена

наступними підсистемами: формування сумішей наважок різних зернистостей; зносу зерен за узагальнюючою схемою з урахуванням розташування їхніх вершин щодо найбільш виступаючих.

Функціональні взаємозв'язки вихідних параметрів моделі з досліджуваними параметрами робочої поверхні круга визначалися в розробленій підсистемі кореляційного і функціонально-регресійного аналізу. Розрахунок статистичних характеристик для 25 основних законів розподілу виконувався в удосконаленій підсистемі аналізу наборів розподілів і композицій або сумішей на їхній основі.

Третій розділ присвячено вирішенню задач, направлених на підвищення реалістичності моделювання алмазно-абразивних інструментів. Визначено розмірні параметри зерен наважки алмазно-абразивного порошку, що забезпечують задані вимоги (ГОСТ 9206-80 і ДСТУ 3292-95) щодо зерновому складу, і проведено їхній порівняльний аналіз. Визначено коефіцієнт заповнення модельного об'єму зерен для урахування їхньої фактичної форми і формування кількості зерен в екземплярі моделі наважки, що відповідають реальному кругу.

Наважка зерен як основний елемент абразивного шару круга задає вихідні властивості його робочої поверхні. Основною характеристикою наважки, що визначає розподіл розмірів зерен, є зерновий склад (задані вимоги до вмісту зернових фракцій). Через це вирішувалася задача визначення параметрів статистичного закону розподілу розмірів зерен, що забезпечують задані вимоги до зернового складу порошку з надтвердих матеріалів.

При проведенні порівняльного статистичного аналізу результатів модельних і експериментальних досліджень для всієї гама зернистостей алмазних порошків (шліф-, мікро- і субмікропорошку) додатково до традиційних статистичних характеристик законів розподілу E (математичного сподівання), \sqrt{D} (середньоквадратичного відхилення) використовувалися модифіковані параметри: $k_m = E / a_0$ – коефіцієнт розташування математичного сподівання щодо характеристичного розміру зернистості a_0 ; $k_v = \sqrt{D} / E$ – коефіцієнт варіації. Використання модифікованих параметрів підвищує змістовність статистичних висновків і дозволяє виявляти спільні закономірності для всієї гама зернистостей шліф-, мікро- і субмікропорошків.

Для попереднього визначення параметрів $k_m\{d_3\}$, $k_v\{d_3\}$ розподілу розмірів зерен відповідно до Рисунку 1 – залежність відносного вмісту основної зернової фракції від модифікованих параметрів в $k_m\{d_3\}$, $k_v\{d_3\}$ розподілу розмірів зерен для вузького діапазону зернистостей шліфпорошків – порошків наведена на рис. 1.

Визначення параметрів розподілу розмірів зерен (табл. 1) для кожної моделі провадилося методом ітерацій у системі 3D моделювання. Для всіх екземплярів модельної наважки визначався зерновий склад у підсистемі імітаційного контролю. Як остаточний варіант приймалась наважка зерен з максимально можливим значенням коефіцієнта варіації $k_v\{d_3\}$, що відповідає заданим вимогам до вмісту фракцій.

Таблиця 1 – Области значень параметрів $k_m\{d_3\}$, $k_v\{d_3\}$ розподілу розмірів зерен при різних моделях зерен, що забезпечують вимоги ДСТУ 3292-95 щодо зернового складу

Модель зерен (форма і закон розподілу розмірів)	Параметри розподілу	Групи порошків і діапазони зернистостей					Вибіркове середньо- арифметичне значення K_Φ
		шліфпорошки		мікропорошки		субмікро- порошки	
		вузький діапазон	широкий діапазон	вузький діапазон	широкий діапазон		
Куля, рівномірний закон	$k_m\{d_3\}$	0.805-0.885	0.735-0.740	0.630-0.800	0.605-0.705	0.500-0.550	1.54
	$k_v\{d_3\}$	0.130-0.245	0.375-0.400	0.255-0.610	0.415-0.725	0.825-0.995	
Куля, нормальний закон	$k_m\{d_3\}$	0.845-0.885	0.675-0.715	0.630-0.800	0.565-0.710	0.420-0.530	1.58
	$k_v\{d_3\}$	0.065-0.125	0.205-0.250	0.150-0.355	0.200-0.460	0.385-0.825	
Куля, логнормальний закон	$k_m\{d_3\}$	0.850-0.895	0.685-0.745	0.615-0.795	0.525-0.655	0.245-0.570	1.59
	$k_v\{d_3\}$	0.065-0.120	0.175-0.200	0.145-0.315	0.220-0.400	0.290-1.170	
Тривісний еліпсоїд, рів- номірний закон	$k_m\{d_3\}$	0.920-0.930	0.790-0.825	0.550-0.715	0.510-0.635	0.520-0.550	1.36
	$k_v\{d_3\}$	0.170-0.280	0.420-0.495	0.490-1.000	0.640-1.000	1.000	
Тривісний еліпсоїд, нор- мальний закон	$k_m\{d_3\}$	0.910-0.925	0.790-0.825	0.400-0.725	0.300-0.645	0.440	1.33
	$k_v\{d_3\}$	0.105-0.190	0.290-0.345	0.260-0.970	0.315-1.460	0.665-0.845	
Тривісний еліпсоїд, логнор- мальний закон	$k_m\{d_3\}$	0.920-0.935	0.775-0.815	0.515-0.730	0.435-0.580	0.190-0.470	1.31
	$k_v\{d_3\}$	0.110-0.190	0.275-0.300	0.230-0.520	0.350-0.575	0.450-2.045	

Коефіцієнт заповнення модельного об'єму зерен K_Φ (табл. 1) визначено як відношення модельної кількості зерен у наважці $n_{\text{мод}}$ до фактичної $n_{\text{факт}}$. У якості фактичних узято експериментальні дані ІСМ АН України, отримані під керівництвом В.М. Бакуля. Експериментальні дані містять фактичну кількість алмазних зерен кожної фракції для різних марок і зернистостей шліфпорошку.

На підставі отриманих результатів (табл. 1) виконано аналіз застосовуваності модельної форми зерен і статистичного закону розподілу їхніх розмірів. Дослідження показали, що нормальний закон розподілу має застосування для опису розмірів зерен при коефіцієнті варіації $k_v\{d_3\} < \frac{k_m\{d_3\}}{3}$, тому що розміри зерен мають тільки позитивні значення. Тому, якщо для шліфпорошків можна використовувати нормальний і логарифмічно-нормальний закон розподілу, то для мікро- і субмікропорошків тільки логарифмічно-нормальний. Для шліфпорошків вузького діапазону зернистостей ($k_v < 0.2$) різниця між щільностями імовірності несуттєва. Найбільша близькість до одиниці коефіцієнта заповнення модельного об'єму зерен K_Φ для тривісного еліпсоїда з розподілом розмірів по логарифмічно-нормальному закону (табл. 1) вказує на високий ступінь реалістичності моделі зерен.

Таким чином, виконані модельні дослідження із використанням експериментальних даних В.М. Бакуля підтвердили теоретичне припущення А.М. Колмогорова (про логарифмічно-нормальний закон розподілу розмірів часток при дробленні) і дозволили виявити найбільш реалістичну модель зерен – тривісний еліпсоїд з незалежним розподілом розмірів по кожній з осей по логарифмічно-нормальному закону.

Забезпечення реалістичності моделювання алмазно-абразивних інструментів створило можливості шляхом модельних досліджень виявити функціональні залежності для конструювання робочої поверхні кругів із заданими статистичними характеристиками розподілу вершин зерен УВВ.

Четвертий розділ присвячено розробці основ конструювання робочої поверхні алмазно-абразивних інструментів для визначення можливостей спрямованого регулювання статистичних характеристик робочої поверхні (рис. 2).

Рисунок 2 – Схема спрямованого регулювання статистичних характеристик розподілу вершин зерен на робочій поверхні алмазно-абразивних інструментів

Робоча поверхня алмазно-абразивного круга складається із сукупності об'єктів (наважка зерен і зв'язка), що мають певні властивості: статистичні характеристики розподілу розмірів зерен $k_m\{d_3\}$, $k_v\{d_3\}$; коефіцієнт відносного критичного закладення зерен у зв'язці $\varepsilon_{кр}$ і параметри зносу зерен $r_{и1}$, $r_{и2}$, $r_{и3}$. Конструювання робочої поверхні алмазно-абразивних інструментів можна розглядати як побудову робочих елементів з урахуванням їх властивостей для формування раціональних статистичних характеристик, головною з яких є розподіл вершин зерен: $k_m\{y_{ВВ}\} = E\{y_{ВВ}\}/a_0$, $k_v\{y_{ВВ}\} = s\{y_{ВВ}\}/E\{y_{ВВ}\}$, де a_0 – характеристичний розмір зернистості. Характеристики робочої поверхні повинні забезпечувати задані вихідні показники процесу обробки з урахуванням умов шліфування.

В якості початкового для вершин зерен було прийнято композиційний закон, що враховує рівномірний розподіл їхніх центрів і логарифмічно-нормальний розподіл розмірів (рис. 3).

Рисунок 3 – Щільності розподілів розмірів зерен і вершин зерен відносно максимально виступаючого

Щільність імовірності композиційного закону розподілу висоти виступання вершин зерен над поверхнею зв'язки інструменту має такий вигляд:

$$\varphi(y_{BC}) = k \frac{1}{\exp(\delta_B)} \left[\Phi\left(\frac{\ln(y_{BC}) + \delta_B}{\sigma_B}\right) - \Phi\left(\frac{\ln(y_{BC}) - \delta_B}{\sigma_B}\right) \right], \text{ якщо } 0 \leq y_{BC} \leq \Delta_{\max}; 0, \text{ інакше, (1)}$$

де k - коефіцієнт, що компенсує усікання ($k > 1$, для практичних розрахунків $k \cong 1$); y_{BC} - висота

вершин зерен; δ_B, σ_B - параметри закону розподілу; Δ_{\max} - максимальна висота виступання вершин зерен.

Перехід до закону розподілу глибини залягання вершин зерен y_{BB} (рис. 3) щодо найбільш виступаючих провадиться підстановкою $y_{BC} = \Delta_{\max} - y_{BB}$ в (1).

Раціональні статистичні характеристики повинні відповідати умовам шліфування, що визначають коефіцієнт відносного критичного заглиблення зерен у зв'язці $\varepsilon_{кр}$ і параметри зносу зерен $p_{и1}, p_{и2}, p_{и3}$. Для забезпечення можливості розрахунку статистичних характеристик розподілу вершин зерен y_{BB} модельними дослідженнями було визначено функціональні взаємозв'язки параметрів композиційного закону δ_B, σ_B (1) із коефіцієнтом $\varepsilon_{кр}$ і моментними статистичними характеристиками наважки зерен $E\{d_3\}, s\{d_3\}$:

$$\hat{E} = E\{d_3\} (1 - \varepsilon_{кр}); \hat{s} = s\{d_3\} (1 - \varepsilon_{кр}); \delta_B = \ln \left(\frac{\hat{E}^2}{\sqrt{\hat{s}^2 + \hat{E}^2}} \right); \sigma_B = \sqrt{\ln \left[\left(\frac{\hat{s}}{\hat{E}} \right)^2 + 1 \right]}. \quad (2)$$

Після перетворень для переходу до модифікованих параметрів розподілу розмірів зерен $a_0, k_m\{d_3\}, k_v\{d_3\}$ залежності (2) мають такий вигляд:

$$\delta_B = \ln \left[\frac{a_0 k_m\{d_3\} (1 - \varepsilon_{кр})}{\sqrt{(k_v\{d_3\} + 1)}} \right], \sigma_B = \sqrt{\ln (k_v\{d_3\} + 1)}, \quad (3)$$

де $\delta_B > 0, \sigma_B > 0$. Для випадку $\delta_B \leq 0$ виконується додаткова модифікація рівнянь (1)-(3).

Розрахунок статистичних характеристик розподілу вершин зерен з урахуванням їх зносу виконано з використанням розробленої узагальнюючої схеми, заснованої на взаємозв'язку величини зносу зерна $y_{и(i)}$ із глибиною залягання його вершини $y_{BB(i)}$ від рівня найбільш виступаючого (рис. 4):

Рисунок 4 – Узагальнююча схема формування зносу зерен на робочій поверхні алмазно-абразивних кругів

$$y_{и(i)} = p_{и1} \cdot \Delta_{\max} \left[1 - \left(\frac{y_{BB(i)}}{p_{и2} \cdot \Delta_{\max}} \right)^{p_{и3}} \right], \text{ якщо } 0 \leq y_{BB(i)} \leq \Delta_{\text{wear}}; 0, \text{ інакше,} \quad (4)$$

де $p_{и1} = w_{\max}/\Delta_{\max}$ – параметр зносу, що визначає знос найбільш виступаючого зерна w_{\max} щодо максимальної висоти виступання вершин Δ_{\max} ; $p_{и2} = \Delta_{\text{wear}}/\Delta_{\max}$ – параметр зносу, що визначає глибину області зносу зерен Δ_{wear} відносно Δ_{\max} ; $p_{и3}$ – показник ступеня, що визначає інтенсивність зміни величини зносу зерна в залежності від глибини його залягання.

Аналіз результатів моделювання робочої поверхні з урахуванням зносу дозволив визначити рівняння регресії для залежності статистичних характеристик розподілу вершин зерен від

параметрів зносу (для $p_{из} \geq 1$):

$$E\{y_{ВВ}\}, s\{y_{ВВ}\} = \Delta_{\max} \left[(a p_{из}^2 + b p_{из} + c) p_{и1} + d \right], \quad (5)$$

де $p_{и1}, p_{и2}, p_{из}$ – параметри зносу (рис. 4); a, b, c, d – коефіцієнти рівняння регресії; Δ_{\max} – максимальна висота виступання вершин зерен, $\Delta_{\max} = (1.18...1.34) a_0 (1 - \varepsilon_{кр})$.

Регулювання статистичних характеристик розподілу вершин зерен на робочій поверхні алмазно-абразивних кругів реалізується за допомогою визначення статистичних характеристик наважки (на етапі виготовлення кругів) чи поверхні зв'язки (при експлуатації кругів). На рис. 2 і 5 представлені методи, для яких досліджувалися технологічні можливості регулювання статистичних характеристик розподілу вершин зерен. Методи регулювання статистичних характеристик розподілу вершин зерен, реалізовані при виготовленні кругів – завдання вимог на зерновий склад наважки і використання змішаних наважок. У процесі експлуатації кругів – формоутворення поверхні зв'язки, що дозволяє регулювати її статистичні характеристики.

Рисунок 5 – Щільності розподілу глибини залягання вершин зерен від рівня найбільш виступаючих при використанні методів спрямованого регулювання

У результаті аналізу можливостей регулювання статистичних характеристик розподілу вершин зерен отримано рекомендації і функціональні залежності, що дозволяють реалізувати комплексне регулювання на етапі виготовлення й експлуатації шліфувальних кругів.

Регулювання статистичних характеристик уВВ шляхом завдання зернового складу наважки в основному забезпечується зміною вмісту основної фракції (рис 6). Зміна зернового складу ДС

Рисунок 6 – Вплив відносного змісту основної зернової фракції наважки $P_{осн}$ на щільність розподілу й висоти виступання вершин зерен

зміні моментних статистичних характеристик. Для вузького діапазону зернистостей шліфпорошків збільшення вмісту основної фракції з 70 % до 100 % дозволяє зменшити $k_m\{уВВ\}$ на 3.8 % і $k_v\{уВВ\}$ на 2.4 %.

Дослідження змішаних наважок дозволило одержати рівняння регресії для залежності статистичних характеристик розподілу вершин зерен уВВ від параметрів суміші:

$$E, \sigma\{y_{ВВ}\}_{Суміші} = a_{0(\max)} \left[(a p_{C2}^3 + b p_{C2}^2 + c p_{C2} + d) p_{C1}^2 + (e p_{C2}^3 + f p_{C2}^2 + g p_{C2} + h) p_{C1} + (i p_{C2}^2 + j p_{C2} + k) \right], \quad (6)$$

де $a_{0(\max)}$ – найбільший характеристичний розмір зернистості компоненти суміші; a, \dots, k – коефіцієнти рівняння регресії; p_{C1} – відношення характеристичних розмірів $a_{0(i)}/a_{0(j)}$;

$p_{c2} = n_i / \sum_{i=1}^N n_i$ – відносна кількість зерен i -ї компоненти з меншим характеристичним розміром a_0 .

Щільність імовірності для змішаної наважки зерен визначається по залежності:

$$\varphi(u) = \sum_{i=1}^N f_i \varphi_i(x_i), \quad (7)$$

де $f_i = F_i / \sum_{i=1}^N F_i$ – коефіцієнт відносного змісту i -ї компоненти; F_i – кількість зерен у i -ї компоненті змішаної наважки.

На рис. 7 представлено вплив параметрів суміші наважок на щільність розподілу вершин зерен на робочій поверхні алмазно-абразивних інструментів.

Рисунок 7 – Щільності розподілу вершин зерен щодо поверхні зв'язки для інструменту, виготовленого на основі змішаної наважки:
 а - вплив пропорцій кількості зерен компонент змішаної наважки;
 б - вплив відношення характеристичних розмірів зернистостей компонентів.

Аналіз результатів досліджень показав, що суміщення методів регулювання, реалізованих при виготовленні кругів, протилежних по характеру формування щільності розподілу вершин зерен, дозволяє збільшити область регулювання статистичних характеристик. Завдання зернового складу забезпечує більшу щільність розподілу для найбільш виступаючих зерен у порівнянні зі стандартним кругом. Використання змішаних наважок дозволяє задавати більшу щільність розподілу для вершин зерен, розташованих поблизу поверхні зв'язки, завдяки додаванню компонента з характеристичним розміром зернистості a_0 меншим, чим в основній компоненті суміші (рис. 7).

Дослідження впливу нерівностей поверхні зв'язки на статистичні характеристики розподілу вершин зерен дозволило визначити функціональні залежності, необхідні для спрямованого регулювання статистичних характеристик у процесі експлуатації з урахуванням умов шліфування для відновлення їхньої втрати в результаті зміни коефіцієнта відносного критичного заглиблення зерен у зв'язці і параметрів зносу. Приклад залежності статистичних характеристик розподілу вершин зерен від висоти хвилястості повздовжнього профілю робочої поверхні шліфувальних кругів представлений на рис. 8.

Рисунок 8 – Вплив висоти хвилястості повздовжнього профілю поверхні зв'язки на статистичні характеристики розподілу глибини залягання вершин зерен уВВ (зернистість 100/80, $\varepsilon_{кр} = 0.5$)

Результуючий розподіл вершин зерен являється композицією вихідного розподілу вершин

зерен і розподілу нерівностей поверхні зв'язки. Розподіл нерівностей поверхні зв'язки являє собою розподіл проекцій центрів зерен на поверхню зв'язки. Хвилястість повздовжнього профілю по гармонійній кривій приводить до щільності імовірності нерівностей поверхні зв'язки за законом арксинуса. По ширині забірного конуса поперечного профілю формується щільність імовірності за рівномірним законом.

Завданням хвилястості повздовжнього профілю можливо формувати робочу поверхню круга з такими статистичними характеристиками, що властиві меншим значенням коефіцієнту $\epsilon_{кр}$ (при менш навантаженому процесі обробки). Наприклад, при умовах шліфування, що визначають $\epsilon_{кр} = 0.7 - 0.8$, формування висоти хвилястості поверхні зв'язки $H_{хвил} = 0.4 - 0.6 \cdot a_0$ забезпечує статистичні характеристики, що властиві для $\epsilon_{кр} = 0.1 - 0.3$.

Проведені дослідження виявили можливості спрямованого регулювання статистичних характеристик розподілу вершин зерен при виготовленні й експлуатації алмазно-абразивних кругів. Визначено функціональні залежності, що зв'язують основні конструктивні параметри алмазно-абразивних інструментів і експлуатаційні характеристики (коефіцієнт відносного критичного заглиблення зерен у зв'язці, параметри зносу, регульована хвилястість поверхні зв'язки) зі статистичними характеристиками розподілу вершин зерен на робочій поверхні. Таким чином, створено основи конструювання робочої поверхні алмазно-абразивних інструментів для спрямованого завдання раціональних статистичних характеристик, що створює передумови для практичної реалізації їхнього комплексного регулювання.

У п'ятому розділі представлено результати реалізації розроблених підходів з конструювання робочої поверхні із заданими статистичними характеристиками шляхом спрямованого формоутворення поверхні зв'язки стандартних і спеціальних (на базі змішаних наважок) алмазних кругів.

При розробці робочих процесів із регулюванням статистичних характеристик у процесі шліфування використано принцип спрямованого електрохімічного впливу на робочу поверхню шліфувального круга за автономною схемою, створений на кафедрі "Різання матеріалів та різальні інструменти" НТУ "ХП". Спрямованість впливу забезпечено поділом робочої поверхні електрода-інструмента по ширині і довжині на електрично ізольовані області із незалежним регулюванням подачі струму на кожен з них (пат. 37908, 37973). Формування заданого повздовжнього профілю зв'язки забезпечено регулюванням параметрів електричних імпульсів, синхронізованих з обертанням круга (пат. 37932).

Комплексне регулювання статистичних характеристик реалізовано шляхом формоутворення поверхні зв'язки алмазних кругів, виготовлених на основі змішаної наважки зерен. Спеціальні круги 12A2-45° 150x10x32 AC6 100/80 (50 кар) и 63/50 (8 кар) M2-01 були виготовлені на ВАТ "Полтавський алмазний завод". При шліфуванні багатогранних різальних пластин із твердого

сплаву ВК8 вдалося забезпечити підвищену продуктивність (у 1.3 – 1.8 рази більшу в порівнянні з використанням стандартних кругів) і зменшити кількість браку по відколах і припікам поверхонь з 0.7 % до 0.3 %.

Регулювання статистичних характеристик розподілу вершин зерен шляхом формоутворення поверхні зв'язки алмазних кругів (пат. 37898, 37908, 37932, 37973) реалізовано при шліфуванні мітчиків (ЗАТ "Харківський інструментальний завод", економічний ефект становить 194 грн. на 10 тис. шт.) і багатогранних ріжучих пластин (МНТК "Практика", 2 124 грн. на 10 тис. шт.).

Запропонована конструкція шліфувального круга з глибиною нерівностей (що задається в залежності від умов шліфування) 0.2 - 1.2 характеристичного розміру зернистості дозволяє забезпечувати раціональні статистичні характеристики розподілу вершин зерен. Взаємозв'язок вихідних показників процесу шліфування зі статистичними характеристиками розподілу вершин зерен представлено на рис. 9.

Рисунок 9 – Вплив статистичних характеристик розподілу глибини залягання вершин зерен на вихідні показники процесу шліфування мітчиків зі сталі 9ХС

Визначення і завдання раціональних статистичних характеристик дозволило збільшити продуктивність обробки мітчиків у 1.5 – 2.2 рази (різальних пластин у 1.3 – 1.8 рази) і зменшити витрату алмазних кругів у 1.4 – 2.1 рази (різальних пластин у 1.5 – 2.3 рази) при забезпеченні необхідної якості обробленої поверхні.

Розроблений спосіб шліфування багатогранних пластин (пат. 37950) дозволив підвищити точність обробки задніх поверхонь пластин до ± 0.01 мм.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена створенню основ конструювання робочої поверхні алмазно-абразивних інструментів на етапах виготовлення й експлуатації, в рамках якої зроблені наступні висновки:

1. Дослідження методів і способів регулювання статистичних характеристик робочої поверхні кругів у рамках єдиної концепції статистичної об'єктно-орієнтованої методології 3D моделювання алмазно-абразивних кругів дозволило створити основи конструювання їхньої робочої поверхні. Регулювання статистичних характеристик робочої поверхні кругів забезпечується завданням необхідних властивостей елементів робочої поверхні – зерен наважки (при виготовленні кругів) і поверхні зв'язки (у процесі шліфування). На етапі виготовлення інструменту - визначенням вимог до зернового складу наважки, використанням суміші наважок зерен. На етапі експлуатації - спрямованим формоутворенням поверхні зв'язки в ході робочого процесу.

2. Виявлений взаємозв'язок параметрів розподілу розмірів алмазних зерен із вмістом зернових фракцій наважки дозволяє реалізувати регулювання статистичних характеристик розподілу їхніх

вершин на робочій поверхні круга на етапі його виготовлення за допомогою завдання вимог до зернового складу алмазно-абразивного порошку.

3. Підбір зернового складу наважки дозволяє істотно збільшити щільність розподілу найбільш виступаючих вершин зерен при несуттєвій зміні моментних статистичних характеристик. Для вузького діапазону зернистостей шліфпорошків збільшення вмісту основної фракції з 70 % до 100 % дозволяє зменшити $k_m\{y_{BC}\}$ на 3.8 % і $k_v\{y_{BC}\}$ на 2.4 %.

4. Виготовлення алмазно-абразивних кругів на основі змішаних наважок дозволяє розширити технологічні можливості регулювання статистичних характеристик робочої поверхні кругів на етапі їхнього виготовлення. Додаткові можливості забезпечуються збільшенням області регулювання статистичних характеристик за рахунок суміщення методів регулювання, що протилежно впливають на характер формування щільності розподілу вершин зерен. Змішані наважки зерен забезпечують формування найбільшої щільності розподілу для вершин зерен у поверхні зв'язки. Завдання вимог на зерновий склад наважки забезпечує формування більшої щільності для найбільш виступаючих зерен.

5. Використання параметрів закону розподілу розмірів зерен відповідно до існуючих вимог на зерновий склад наважки дозволяє забезпечити реалістичність моделювання при вивченні статистичних характеристик робочої поверхні кругів. Адекватність моделі робочої поверхні алмазних кругів на металевій зв'язці підтверджено шляхом порівняння їх модельних статистичних характеристик з експериментальними, отриманими лазерним скануванням.

6. Найбільш реалістичною моделлю алмазних зерен є тривісний еліпсоїд з незалежним розподілом розмірів по кожній з осей за логарифмічно-нормальним законом. Такий висновок підтверджує теоретичне припущення А.М. Колмогорова (про логарифмічно-нормальний закон розподілу розмірів часток при дробленні).

7. Запропонована конструкція шліфувального круга з глибиною нерівностей (задається в залежності від конкретних умов шліфування - коефіцієнта відносного критичного заглиблення зерен у зв'язці і параметрів зносу) 0.2 - 1.2 характеристичного розміру зернистості дозволяє забезпечувати раціональні статистичні характеристики розподілу вершин зерен. Практичне використання алмазних кругів з раціональними статистичними характеристиками робочої поверхні дозволило підвищити продуктивність шліфування мітчиків у 1.5 - 2.2 рази (різальних пластин у 1.3 - 1.8 рази) і зменшити витрату алмазних кругів у 1.4 - 2.1 рази (різальних пластин у 1.5 - 2.3 рази) при забезпеченні необхідної якості обробленої поверхні. Економічний ефект від впроваджень на ЗАТ "Харківський інструментальний завод" і МНТК "Практика" складає більше 30 тис. грн.

8. Комплексне регулювання статистичних характеристик робочої поверхні алмазно-абразивних кругів при їхньому виготовленні й експлуатації дозволяє сполучати позитивні фактори

методів і способів регулювання. Спрямоване формоутворення поверхні зв'язки алмазних кругів на базі змішаної наважки підтвердило ефективність такого підходу. При шліфуванні багатогранних різальних пластин вдалося забезпечити високу продуктивність ($22 - 24 \text{ мм}^3/\text{с}$), характерну при спрямованому формоутворенні стандартних кругів, і зменшити кількість браку по відколам і припікам поверхонь з 0.7% до 0.3% .

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Доброскок В.Л., Гаращенко Я.Н., Воронков В.И. Взаимосвязь зернового состава навески с параметрами распределения размеров зерен // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ "ХПІ". – 2001. – № 7. – С. 60 – 67.

Здобувачем одержано функціональні залежності вмісту зернових фракцій наважки від статистичних характеристик розмірів алмазних зерен.

2. Доброскок В.Л., Гаращенко Я.Н. Выбор параметров распределения размеров зерен шлифпорошка в соответствии с заданными требованиями по содержанию фракций // Високі технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2001. – Вип. 1(4). – С. 55 – 63.

Здобувачем проведено модельні дослідження з визначення параметрів розподілу розмірів зерен відповідно до вимог ГОСТ 9206-80 щодо вмісту фракцій.

3. Доброскок В.Л., Воронков В.И., Гаращенко Я.Н. Визуализация 3D модели рабочей поверхности шлифовальных кругов с использованием графиков MathCad // Вісник інженерної академії України. – Київ. – 2001. – № 3. – С. 485 – 488.

Здобувачем програмно реалізовано можливість 3D візуалізації досліджуваної ділянки робочої поверхні алмазно-абразивного круга на базі можливостей взаємодії Visual FoxPro з MathCad на основі механізмів OLE.

4. Доброскок В.Л., Гаращенко Я.Н., Воронков В.И. Модификация законов распределения при статистическом моделировании алмазно-абразивных инструментов // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков: НТУ "ХПІ". – 2002. – Вып. 61. – С. 51 – 59.

Здобувачем реалізовано статистичну параметризацію для 12 законів розподілу, використовуваних при описі характеристик алмазно-абразивних інструментів.

5. Доброскок В.Л., Гаращенко Я.Н., Воронков В.И. Комплексная система анализа наборов распределений и композиций на их основе // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ "ХПІ". – 2002. – № 9, Т. 10. – С. 39 – 44.

Здобувачем розроблено алгоритм аналізу наборів розподілу з використанням статистичної параметризації стосовно алмазно-абразивних інструментів.

6. Грабченко А.И., Доброскок В.Л., Гаращенко Я.Н. Анализ методов формообразования рабочей поверхности шлифовальных кругов на токопроводных связках // Високі технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2002. – Вип. 1(5). – С. 82 – 93.

Здобувачем розглянуто методи формоутворення робочої поверхні алмазно-абразивних кругів для регулювання статистичних характеристик у процесі роботи.

7. Грабченко А.И., Доброскок В.Л., Гаращенко Я.Н. Основные закономерности направленного формообразования рабочей поверхности шлифовальных кругов электрохимическим методом // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2002. – Вып. 62. – С. 30–43.

Здобувачем одержано окремі функціональні залежності з розрахунку електрохімічних параметрів спрямованого формоутворення робочої поверхні алмазних кругів, що забезпечують регулювання статистичних характеристик.

8. Доброскок В.Л., Гаращенко Я.Н., Наконечный В.Ф. Определение параметров распределения размеров зерен для абразивно-алмазных порошков по ДСТУ и ГОСТ // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ "ХПИ". – 2003. – №8, т. 1. – С. 71 – 86.

Здобувачем проведено модельні дослідження з визначення параметрів розподілу розмірів зерен відповідно до вимог ДСТУ 3292-95 щодо вмісту фракцій.

9. Доброскок В.Л., Гаращенко Я.Н. Коэффициент заполнения модельного объема зерен абразивно-алмазных шлифпорошков // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. – Краматорськ: ДДМА. – 2003. – Вип. 13. – С. 152 – 158.

Здобувачем визначено коефіцієнти заповнення модельного об'єму зерен для випадку розподілу їхніх розмірів по логарифмічно-нормальному закону.

10. Доброскок В.Л., Гаращенко Я.Н. Формування алмазно-абразивного інструмента на основі суміші навішень зерен різної зернистості // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – Житомир: ЖДТУ. – 2003. – Вип. 2 (26), Т. II. – С. 51 – 55.

Здобувачем одержано функціональні залежності статистичних характеристик робочої поверхні алмазно-абразивних кругів від параметрів змішаної наважки.

11. Декл. пат. 37898 А УКРАЇНА, МПК В24В1/00 / А.І. Грабченко, М. Хорват (HU), В.Л. Доброскок, Ф. Лієрат (DE), Ю.Л. Уварова, Я.М. Гаращенко; ХДПУ. Шліфувальний круг і спосіб формування і підтримки його повздовжнього профілю – № 2000042461; Заяв. 28.04.2000; Опубл. 15.05.2001, Бюл. № 4.

Здобувачем запропоновано конструкцію шліфувального круга, що містить виступи, які чергуються, і канавки з глибиною, що становить 0.2-1 від максимального розміру зерен.

12. Декл. пат. 37908 А УКРАЇНА, МПК В24D17/00 / А.І. Грабченко, М. Хорват (HU), В.Л. Доброскок, Ю.Л. Уварова, Я.М. Гаращенко; ХДПУ. Пристрій для електрохімічної правки шліфувальних кругів на електропровідній металевій зв'язці – № 2000052513 Заяв. 04.05.2000; Опубл. 15.05.2001, Бюл. № 4.

Здобувачем запропоновано елементи конструкції пристрою для електрохімічного формоутворення робочої поверхні шліфувальних кругів у процесі роботи.

13. Декл. пат. 37932 А УКРАЇНА, МПК В24В53/00 / А.І. Грабченко, М. Хорват (HU), В.Л. Доброскок, Ю.Л. Уварова, Я.М. Гаращенко; ХДПУ. Спосіб формування переривчастої робочої поверхні шліфувального круга – № 2000052558; Заяв. 04.05.2000; Опубл. 15.05.2001, Бюл. № 4.

Здобувачем запропоновано функціональний вид меж інтегрування математичної моделі електрохімічного формоутворення робочої поверхні шліфувального круга при подачі на електрод-інструмент електричних імпульсів, синхронізованих з обертанням круга.

14. Декл. пат. 37950 А УКРАЇНА, МПК В24В1/00, В24В17/00 / А.І. Грабченко, В.Л. Доброскок, А. Мамалис (GR), Ю.Л. Уварова, Я.М. Гаращенко; ХДПУ. Спосіб шліфування некруглих деталей – № 2000052622; Заяв. 06.05.2000; Опубл. 15.05.2001, Бюл. №4.

Здобувачем запропоновано зіставляти тривалість безперервного контакту копіра із упором з періодом обертання заготівки.

15. Декл. пат. 37973 А УКРАЇНА, МПК В24В53/04 / А.І. Грабченко, М. Хорват (HU), В.Л. Доброскок, Я.М. Гаращенко, Ю.Л. Уварова; ХДПУ. Пристрій для правки шліфувального круга з переривчастою робочою поверхнею на електропровідній зв'язці – № 2000052685; Заяв. 12.05.2000; Опубл. 15.05.2001, Бюл. № 4.

Здобувачем виконано експериментальні дослідження з формування поверхні зв'язки алмазно-абразивних кругів для розширення можливостей регулювання статистичних характеристик їхньої робочої поверхні в процесі роботи.

16. A.I. Grabchenko, V.L. Dobroskok, Y.N. Garashchenko. The object-oriented statistical system 3D modeling the abrasive-diamond tool // Production process and systems. – Miskolc: University press. – 2002. – Vol. 1. – P. 51 – 57.

Здобувачем сформульовано комплекс умов, необхідних для реалістичного 3D моделювання алмазно-абразивних інструментів.

17. V.L. Dobroskok, E.V. Filimonov, Y.N. Garachshenko. Paradigms of Modelling of Abrasive-Diamond Tools // 2nd International Conference of "Research and Education". – Miskolc: University press. – 2004. – P. 43 – 51.

Здобувачем одержано функціональні залежності параметрів композиційного закону розподілу вершин зерен від статистичних характеристик розподілу розмірів зерен і коефіцієнта відносного критичного заглиблення зерен у зв'язці.

18. Доброскок В.Л., Гаращенко Я.Н. Трансформация статистических характеристик рельефа рабочей поверхности шлифовальных кругов при износе зерен // Наука і освіта. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2004. – С. 83 – 98.

Здобувачем запропоновано узагальнюючу схему зносу зерен, засновану на кореляції величини зносу зерна з глибиною залягання його вершини від рівня найбільш виступаючих зерен. Отримано рівняння регресії для статистичних характеристик розподілу вершин зерен з урахуванням процесів їхнього випадання і зносу.

АНОТАЦІЇ

Гарашенко Я.М. Основи конструювання робочої поверхні алмазно-абразивних інструментів на базі 3D статистичного об'єктно-орієнтованого моделювання. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти. – Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, 2004.

Дисертацію присвячено розробці основ конструювання робочої поверхні алмазно-абразивних інструментів для розширення їхніх технологічних можливостей шляхом регулювання статистичних характеристик робочої поверхні. Вивчено основні методи регулювання: на етапі виготовлення кругів – визначенням зернового складу наважки, змішуванням наважок різних зернистостей; на етапі експлуатації – примусовою зміною геометричних характеристик поверхні зв'язки.

Дослідження виконано на основі статистичної об'єктно-орієнтованої методології з використанням системи 3D моделювання алмазно-абразивних кругів, розробленої на кафедрі різання матеріалів та різальних інструментів НТУ «ХПІ».

Ключові слова: алмазно-абразивний інструмент, конструювання робочої поверхні, процес шліфування, регулювання статистичних характеристик, об'єктно-орієнтоване 3D моделювання.

Гарашенко Я.Н. Основы конструирования рабочей поверхности алмазно-абразивных инструментов на базе 3D статистического объектно-ориентированного моделирования. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.03.01 – процессы механической обработки, станки и инструменты. – Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", Харьков, 2004.

Диссертация посвящена разработке основ конструирования рабочей поверхности алмазно-абразивных инструментов на токопроводных связках для расширения их технологических возможностей путем регулирования статистических характеристик рабочей поверхности. Изучены следующие методы регулирования: на этапе изготовления кругов – задание зернового состава навески, смешивание навесок различных зернистостей; на этапе эксплуатации – принудительное изменение геометрических характеристик поверхности связки.

Исследования проводились на основе статистической объектно-ориентированной

методологии с использованием системы 3D моделирования алмазно-абразивных инструментов, разработанной на кафедре резания материалов и режущих инструментов НТУ «ХПИ». Для решения задач исследования система 3D моделирования была усовершенствована и дополнена оригинальными подсистемами.

Решены задачи, направленные на повышение реалистичности моделирования и оценки статистических характеристик рабочей поверхности алмазно-абразивных кругов. Определены статистические характеристики распределения размеров зерен навески абразивного порошка, обеспечивающих заданные требования (ГОСТ 9206-80 и ДСТУ 3292-95) по зерновому составу. Определен коэффициент заполнения модельного объема зерен для формирования их реалистичного количества в модельной навеске. На основе модельных исследований, подтверждающих теоретическое предположение А.Н. Колмогорова и известных экспериментальных данных, выявлена наиболее реалистичная модель зерен в форме трехосного эллипсоида с независимым распределением размеров по каждой из осей по логарифмически-нормальному закону.

Разработаны основы конструирования рабочей поверхности алмазно-абразивных инструментов на токопроводных связках, включающие систему зависимостей для расчета статистических характеристик как для исходного распределения вершин зерен с учетом процессов их выпадения и износа, так и для трансформированного при использовании методов направленного регулирования на этапах изготовления и их эксплуатации. Определены возможности направленного регулирования статистических характеристик распределения вершин зерен на рабочей поверхности алмазно-абразивных кругов для обеспечения необходимых условий эффективного шлифования. Определены функциональные зависимости, связывающие основные конструктивные параметры алмазно-абразивных инструментов и эксплуатационные характеристики (коэффициент относительной критической заделки зерен в связке, параметры износа, регулируемая неравномерность поверхности связки) со статистическими характеристиками распределения вершин зерен на рабочей поверхности.

Регулирование статистических характеристик распределения вершин зерен на рабочей поверхности алмазных кругов реализовано путем направленного формообразования поверхности связки стандартных и специальных (на базе смешанных навесок) кругов. Разработаны технические решения (защищенные патентами) и практические рекомендации, что позволило повысить эффективность рабочих процессов изготовления режущих инструментов.

Регулирование статистических характеристик распределения вершин зерен путем формообразования поверхности связки алмазных кругов реализовано при шлифовании метчиков (ЗАО "Харьковский инструментальный завод") и многогранных режущих пластин (МНТК "Практика").

Комплексное регулирование статистических характеристик реализовывалось путем формообразования поверхности связки алмазных кругов, изготовленных на основе смешанной навески зерен. При шлифовании многогранных пластин из твердого сплава ВК8 удалось обеспечить повышенную производительность (в 1.3 – 1.8 раза большую по сравнению с использованием стандартных кругов) и уменьшить количество брака по сколам и прижогам поверхностей с 0.7 % до 0.3 %.

Предложенная конструкция шлифовального круга с глубиной неровностей (задаваемой в зависимости от условий шлифования) 0.2 - 1.2 характеристического размера зернистости позволяет обеспечивать рациональные статистические характеристики распределения вершин зерен. Определение и задание рациональных статистических характеристик позволило увеличить производительность обработки метчиков в 1.5 – 2.2 раза (режущих пластин в 1.3 – 1.8 раза) и уменьшить расход алмазных кругов в 1.4 – 2.1 раза (режущих пластин в 1.5 – 2.3 раза) при обеспечении требуемого качества обработанной поверхности.

Ключевые слова: алмазно-абразивный инструмент, конструирование рабочей поверхности, процесс шлифования, регулирование статистических характеристик, объектно-ориентированное 3D моделирование.

Garashchenko Y.M. Fundamentals of designing of working surface of diamond-abrasive tools on the base of 3D statistical object-oriented modelling. – Manuscript.

Thesis for the Degree of Candidate of Technical Sciences on specialty 05.03.01 – Machining processes, machine tools and tools. – National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Kharkov, 2004.

The dissertation is devoted to development of designing fundamentals of working surface of diamond-abrasive tools with conductive bonds for enhancement of their technological potentialities owing to adjustment of statistical characteristics of working surface. The following methods of adjustment are investigated: at production stage of wheels – specifying of grain composition of weight measure, mixing of weight measures of various graininess; at operation stage – forced change of geometrical characteristics of bond surface.

Researches were carried out on the basis of statistical object-oriented methodology using 3D modelling system of the diamond-abrasive wheels, developed at the Department of material cutting and cutting tools of NTU "KPI".

Key words: diamond-abrasive tool, designing of working surface, grinding process, adjustment of statistical characteristics, object-oriented 3D modelling.