

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук,
професора Кузнецова Юрія Миколайовича
на дисертаційну роботу Будар Мохамед Р.Ф. «Підвищення ефективності алмазно-абразивного інструменту для обробки високоміцних композиційних матеріалів», подану до захисту в спеціалізовану вчену раду К23.073.02 при Центральноукраїнському національному технічному університеті на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

1.1. Актуальність. Сучасне машинобудування характеризується активним зростанням обсягів використання нових композиційних матеріалів, що володіють заданими фізико-механічними властивостями та спроможні працювати в умовах високих і низьких температур. Але обробка таких матеріалів, зокрема алмазним інструментом, пов'язана з низкою проблем.

Для найбільш застосовуваних скло- та вуглепластиків, карбон-карбонівих матеріалів ці складнощі обумовлюються наявністю в структурі композиту високоміцних армувальних волокон (вуглецевих або високомодульних скляних), які погіршують спроможність інструмента керувати впливати на зону обробки. Як правило, різання матеріалів є достатньо тривалим. За час обробки алмазний інструмент внаслідок деградації змінює стан та власні різальні властивості. Така деградація не є однорідною та пропорційною, і відбувається переважно у зонах, в яких умови обробки досить сильно відрізняються від умов усталеного різання. Зазначена особливість найбільш повно виявляється на інструментах типу алмазної струни, насадки для реноватору, трубчастих свердлах.

Виходячи із принципів та основ функціонально-орієнтованого підходу, розробка умов забезпечення ефективного оброблення виробів із

композиційних армованих матеріалів та прив'язка властивостей крайок інструменту до конкретного виду композиту є дієвим засобом, реалізація якого дозволяє не тільки покращити та стабілізувати умови різання, а і досягти більш повного використання масиву алмазних зерен, підвищити ефективність процесу в цілому.

Таким чином, розробка принципів та методик застосування функціонального підходу до створення алмазного інструменту є подальшим перспективним його розвитком, а дослідження і адаптація процесів формування кластерів робочих поверхонь за допомогою універсального метода лазерного термодформаційного спікання (ЛТДС) дозволить розв'язати важливу народно-господарську задачу, вирішення якої значно скоротить витрати алмазної сировини, підвищить ефективність обробки композитів в цілому.

Дисертаційна робота виконана відповідно до наукової тематики кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського національного технічного університету і пов'язана з тематикою науково-дослідної роботи кафедри «Підвищення ефективності алмазно-абразивного різання карбонових композитів на основі функціонального підходу» (номер державної реєстрації №0120U104288).

1.2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій та їхня достовірність. Наукові положення, висновки і пропозиції у достатній мірі обґрунтовані теоретичним аналізом та експериментальними дослідженнями. Достовірність основних наукових положень, отриманих результатів і зроблених у дисертації висновків визначається основними положеннями теорії різання, механіки деформованого пружного тіла, теорії тепло- та масообміну, теорії пластичного деформування. Формулювання принципів пошуку раціональних умов роботи окремих ділянок інструментальних поверхонь здійснено з використанням теорії графів та теорії комбінаторики. Залучено сучасні методи експериментальних досліджень поверхонь твердих тіл: Експериментальні та

аналітичні дослідження виконувалися із застосуванням сучасних засобів досліджень – електронну растрову мікроскопію та енергодисперсійний рентгенівський мікроаналіз поверхні, засоби відтворення профілю поверхні.. Достовірність також підтверджена послідовністю висновків, відповідністю теоретичних результатів та експериментальних даних. Таким чином, наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані в дисертації, достовірні, а їх обґрунтування проведено з необхідною повнотою. Результати роботи в повній мірі викладено в опублікованих автором працях.

1.3. Наукова новизна отриманих результатів полягає у тому, що автором:

- на основі аналізу процесу алмазно–абразивного різання композиційних матеріалів вперше запропоновано математичну модель, яка враховує особливості взаємодії пружного нежорсткого інструменту із додатковими ступенями вільності з порожнистою структурою композиту, та доведено, що ця взаємодія характеризується відмінностями за локалізацією та часом. Зроблено висновок про доцільність формування робочих поверхонь інструменту у вигляді окремих кластерів;

- удосконалено функціонально–орієнтований підхід до створення алмазно–абразивного інструменту шляхом залучення процедур опису умов роботи кластерів та зіставлення із засобами – матеріальними носіями – їх формування. Показано, що відмінність функціональних особливостей кластерів описується поліномами другого порядку; врахування відмінностей дозволяє активізувати інтенсифікуючі та пригнітити стримуючі чинники процесу взаємодії;

- удосконалено математичну модель формування кластерів поверхні ЛТДС алмазного шару, яка враховує не тільки теплові процеси і явища в зоні обробки, але й динаміку руху робочих органів; запропоновано залежності для визначення розміру кластеру;

- набула подальшого розвитку теорія алмазного мікрорізання композиційних армованих матеріалів шляхом урахування динамічних явищ у

зоні різання як наслідку сукупності роботи окремих поверхневих кластерів. Показано, що більш стабільним і ефективним є різання інструментом, крок розміщення кластерів на якому відповідає кроку армування матеріалу джгутами волокон.

1.4. Практична цінність.

Практичною цінністю дисертаційного дослідження є:

- сформульовано вимоги до інструментів, що використовуються для різання високоміцних композитів типу КІМФ, розроблено й апробовано низку нових технічних рішень щодо виготовлення інструментів із нанесеним алмазним шаром, зокрема алмазних струн, полотен реноватора та кільцевих свердел;

- розроблено методику визначення функціональних особливостей жорстких (кільцевих свердел), пружних (полотен реноватора) та гнучких (алмазних струн) інструментів, призначених для обробки матеріалів, армованих скляними та вуглецевими волокнами;

- запропоновано емпіричні залежності для визначення режимів ЛТДС при формуванні кластерів робочих поверхонь пропорованих інструментів;

- наведено економічне обґрунтування застосування функціонально-орієнтованого підходу до створення алмазовмісного інструменту;

- розроблені рекомендації щодо виконання операцій різання алмазним інструментом та принципи ведення обробки передано до впровадження на підприємство ТОВ «Кіровоградський інструментальний завод «Лезо»». Отримані результати роботи, методики та моделі використовуються в навчальному процесі Центральноукраїнського національного технічного університету для викладання дисциплін «Технологія фізико-технічної обробки матеріалів» і «Технологія і обладнання фізико-технічної обробки матеріалів».

2. АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ТА ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Дисертаційна робота складається із вступу, 5 основних розділів,

загальних висновків, бібліографічного списку, додатків.

У вступі автор обґрунтовує актуальність теми дисертаційної роботи, визначає мету та задачі дослідження, визначає наукову новизну, наводить дані про апробацію роботи, її практичну цінність, показує зв'язок з науковою тематикою. Подано список публікацій автора за темою дисертації.

У першому розділі проаналізовано умови застосування алмазного інструменту при обробці новітніх композиційних матеріалів, зокрема, карбонової групи. Здійснено аналіз робіт вітчизняних і зарубіжних наукових шкіл зі створення алмазного інструменту. Наведено відомості щодо особливостей формоутворення поверхонь при обробці виробів із композиційних матеріалів з урахуванням їх структури та складу, анізотропії фізико-механічних властивостей; показано, що робота алмазним інструментом відбувається при зміні умов контакту, внаслідок чого можуть виникати дефекти різного характеру, знижуватиметься продуктивність обробки. Зроблено висновок щодо доцільності застосування функціонального підходу до створення робочих крайок алмазного інструменту, детально проаналізовано методологічне підґрунтя, запропоноване відомими вченими у галузі функціонального підходу. На основі закономірностей формування алмазного шару різними методами зроблено висновок, що ЛТДС є найбільш доцільним у застосуванні з позицій оцінки визначених задач.

Унаслідок викладеного вибрано предмет і об'єкт дослідження, сформульовано мету та визначено задачі дослідження.

Другий розділ присвячено викладенню методики формування алмазовмісного шару на основі функціонального підходу. Зазначено, що силові навантаження алмазного шару при роботі інструменту істотно відрізняються і визначаються схемою взаємодії робочих поверхонь з оброблюваною заготовкою.

Обґрунтовано схему формування показників якості обробки та показано, що декомпозиція поверхні на окремі зони (кластери) дозволяє

описати зміну їх властивостей як функцію, отриману внаслідок перетину січною площиною певної моделі поверхні, використовуваної як основа інструменту. Такий функціональний опис дозволяє узгодити умови сполучення окремих кластерів, забезпечити потрібну відмінність їх функціональних властивостей, перейти до функціональної обумовленості формування кластерів на визначених технологічних режимах створення інструменту.

У пошуку раціонального рішення щодо удосконалення інструменту застосовано функціонально-вартісну модель (ФВМ) системи з використанням системно-морфологічного підходу. ФВМ отримано шляхом поєднання функціональної моделі і робочої моделі об'єкта.

Сформульовано основні вимоги до кластерів, а саме: сумісні кластери мають допускати відмінності у сформованих структурах; послідовність сумісних кластерів має наближатися до огинаючої заданого геометричного профіля виробу в цілому; сумісні кластери не повинні мати розривів у структурі; низка сумісних кластерів може утворювати окрему групу зі схожими фізико-механічними характеристиками.

Зроблено висновок, що найбільш доцільним способом забезпечення властивостей поверхонь і сформульованих вище вимог є ЛТДС формування поверхневого шару, який потребує певних удосконалень для отримання закономірностей у керуванні процесом формування елементів поверхні, тобто їх кластерів.

Для визначення можливості локалізації окремого кластеру поверхні розглядали квазістатичну постановку задачі та динамічну. Динамічна постановка задачі передбачає рухоме джерело з урахуванням динаміки приводу, а також явищ під час руху алмазних зерен.

Таким чином, отримана математична модель вперше врахувала динаміку руху алмазних зерен та їх фіксацію на поверхні, що дозволяє визначати локалізацію кластерів, встановлювати їх параметри.

У третьому розділі наведено опис використаного обладнання, а також

методики проведення експериментальних і модельних досліджень. При цьому, для забезпечення сталого процесу ЛТДС застосовувався універсальний лазерно-струменевий комплекс ЛСК-400-5

Нанесення алмазовмісного шару здійснювали на заготовки свердла кільцевого, вставки полотен реноватора, а також для струни у вигляді дроту.

Наведена методика використання засобів електронно-мікроскопічного дослідження за допомогою мікроскопа РЕМ-106-И, методика підготовки препаратів для визначення деградації поверхні інструмента, а також топографічного дослідження поверхні обробленого зразка з метою встановлення глибини дефектного шару та шорсткості поверхні Rz . Запропоновані рівняння для оцінки топографічного контрасту та побудови 3-D зображень поверхонь.

Перевірку ефективності застосування інструменту здійснена на випробувальному обладнанні – пильному верстаті з регульованим асинхронним приводом та свердлувальному верстаті мод. JET-12 з контролюванням продуктивність процесу.

У четвертому розділі наведено результати комплексу теоретико-експериментальних досліджень застосування традиційного та запропонованого інструменту. За допомогою використання розробленої математичної моделі виконана симуляція для визначення умов і відмінностей при роботі кільцевого свердла, полотна реноватора, алмазної струни під час різання матеріалу типу КІМФ.

На основі моделювання поведінки інструменту встановлено закономірності зміни навантажень частин робочої поверхні і, відповідно, функціональних особливостей кластерів робочих поверхонь інструменту, за якими сформульовано вимоги до параметрів алмазовмісного шару. Це дало змогу також довести твердження про можливість опису функціональних відмінностей математичними закономірностями, поданими у вигляді поліномів другого та третього ступеня.

Отримано регресійне рівняння очікуваного розміру кластера.

Порівняння результатів модельного і експериментального досліджень щодо властивостей поверхні показали відносно високу збіжність результатів.

Виконання багатофакторного експерименту дало підстави пов'язати прийняті до уваги фактори виліт зерна над поверхнею h , щільність нанесення зерен на площині поверхні w , швидкість руху v , зусилля притискання p із параметром продуктивності обробки W .

Доведено, що використання інструменту, створеного на основі функціонального підходу, вище на 20–25% для кільцевих свердел, на 40–50% – для гнучкого інструменту (алмазних струн) та на 15–20% – для пружного інструменту (полотен реноватора).

У п'ятому розділі приведено економічне обґрунтування пропонуваніх технічних рішень та інженерна методика їх використання. Для забезпечення відповідності умов формування кластерів поверхні умовам подальшої роботи інструменту запропоновано виконувати реверсивний інжиніринг, що базується на принципі аналізу зношування інструменту після роботи.

Сформульовано вимоги до інструментів, що використовуються для різання матеріалів типу КІМФ. Розроблено методику визначення функціональних особливостей жорстких (кільцевих свердел), пружних (полотна реноватора) та гнучких (алмазної струни) інструментів, призначених для обробки матеріалів, армованих скляними та вуглецевими волокнами. Наведено приклади та перспективи застосування запропонованого підходу при використанні виробів з алмазовмісними шарами у машинобудуванні, зроблено висновок щодо економічної доцільності його використання. Показано, що впровадження даного підходу у вигляді інженерних методик, рекомендацій та алгоритмів вибору умов та режимів різання дає змогу підвищити ефективність обробки та отримати істотний економічний ефект.

3. ПОВНОТА ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

Основні результати дисертації опубліковано в 14 наукових працях, з них 7 друкованих праць у фахових виданнях України та зарубіжних збірниках наукових праць, 5 публікацій у збірниках матеріалів конференцій та 5 патенти України на винахід. Основні теоретичні, практичні та експериментальні результати досліджень, що містяться у дисертаційній роботі, отримані здобувачем особисто. Постановка задач дослідження, формулювання основних положень роботи, опрацювання структури та змісту роботи виконані разом з науковим керівником. Все викладене вище доводить відповідність дисертації Будар Мохамед Р.Ф. вимогам за ознакою «повнота опублікованих результатів».

4. ЗАУВАЖЕННЯ ПО РОБОТІ

1. На мій погляд, виглядає дискусійним і не зовсім коректним п.2 наукової новизни, задекларований здобувачем як **«Удосконалено функціонально-орієнтований підхід... і далі по тексту»**. В р.1 дисертації і авторефераті немає посилань на докторську дисертацію і низку публікацій проф. Михайлова О.М., зокрема, статті «Закономерности эволюционного процесса развития технологии машиностроения» (1995 г.) і його монографії «Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения» (Донецк: ДонНТУ, 2009.-346с.), де вже була запропонована методологія і теорія функціонально-орієнтованого підходу до синтезу нових технологій.

Тому більше відповідає дійсності формулювання п.2 наступним чином: **«Вперше використано функціонально-орієнтований підхід з морфологічним аналізом до створення алмазно-абразивного інструменту і далі по тексту»**.

2. Не зовсім вдало за архітектурою побудована дисертація з 5-ти розділів, бо дуже кучо виглядає розділ 5. Більш солідно виглядали б 4 розділи. Тому доцільно конструктивно-розрахункову частину перенести в розділ 4, підправивши назву, а економічні розрахунки по відомим методикам

і формулам перенести в додатки. Доцільно також частину п.2.1 досліджень інших авторів з розділу 2 разом з рис.2.1 і 2.2 перенести в розділ 1.

3. При побудові функціонально – вартісної діаграми (стор. 102 -103) автор обмежується лише теоретичними міркуваннями, не пов'язавши їх з практичним виконанням. Разом з тим, відсутні конкретні функціональні та матеріальні носії.

4. Аналізуючи зміни умов роботи інструменту автор зазначив, що такі зміни є функціональні і випадкові. Однак запропонована модель враховує переважно функціональні відмови. Таку позицію потрібно обґрунтувати.

5. У дисертації слід було більш повно зазначити множину матеріальних носіїв функцій та їх вирази для пропонованих інструментів.

6. У роботі відсутні умови проведення експериментальних досліджень для всієї гама створеного інструменту. Їх порядок дещо незрозумілий.

7. Зустрічаються спрощення і недоречності в аналітичних залежностях, наприклад, на 3-му рівні функціональних елементів стрічка або струна розглядаються як балки з повним навантаженням Q_n , що неприпустимо для 7-го рівня нанозони. Є також похибки редакційного характеру і недоречності, зокрема, автор в деяких місцях утотожнює функціонально-орієнтований підхід з функціонально-вартісним аналізом, де в останньому мінімізують витрати за рахунок усунення зайвих функцій.

Вказані недоліки не знижують наукового та практичного рівня дисертаційної роботи, не впливають на її позитивну оцінку і носять характер побажань для подальших досліджень.

5. ВИСНОВОК ЩОДО ВІДПОВІДНОСТІ ВСТАНОВЛЕНИМ ВИМОГАМ

Дисертація відповідає спеціальності 05.03.01 - процеси механічної обробки, верстати та інструменти, написана і оформлена згідно з вимогами, які пред'являються до дисертаційних робіт. Автореферат в повній мірі відображає зміст дисертації.

6. ОЦІНКА ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ЇЇ ЗАВЕРШЕНОСТІ

Дисертація Будар Мохаме Р.Ф. є завершеною науковою працею, що характеризується актуальністю, науковою новизною, практичним значенням одержаних результатів. Дисертація містить науково обґрунтовані положення, що підтверджені експериментально і забезпечують розв'язання важливої науково – прикладної проблеми – підвищення ефективності алмазно–абразивного різання високоміцних композиційних матеріалів на основі раціонального формування щільності, фракційності елементів алмазовмісного шару робочої поверхні інструменту засобами лазерного термомодеформаційного спікання.

Дисертаційна робота «Підвищення ефективності алмазно–абразивного інструменту для обробки високоміцних композиційних матеріалів» відповідає вимогам п.9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою кабінету Міністрів України №567 (зі змінами внесеними згідно Постанови Кабінету Міністрів України №656 від 19.08.2015), що пред'являються до кандидатських дисертацій, а її автор – Будар Мохамед Р.Ф. заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти.

Офіційний опонент

професор кафедри конструювання машин

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені

Ігоря Сікорського», д.т.н., професор

Кузнєцов Ю.М.

Підпис Кузнєцова Ю.М. засвідчую:

Вчений секретар

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені

Ігоря Сікорського»

Холявко В.В.

