

Кіровоградський національний
технічний університет
Вченому секретарю спеціалізованої
вченої ради К 23.073.02
О.К. Дідику
просп. Університетський, 8
м. Кропивницький, 25030

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
ОРЛА ВАДИМА МИКОЛАЙОВИЧА

«Підвищення ефективності гідроабразивного різання листових композитних заготовок за рахунок ефекту ініційованого тріщиноутворення»,

представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за
спеціальністю 05.03.01 - процеси механічної обробки, верстати та інструменти

1. АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЇ

На сьогоднішній день, при виробництві конкурентоспроможної продукції, виникає необхідність використання нових матеріалів, що веде за собою створення і використання нових методів обробки. Дані методи повинні забезпечувати високу продуктивність та точність обробки і, водночас, бути малозатратними.

Виконання цих умов лежить і при створенні нових процесів обробки матеріалів різної природи гідроабразивним різанням. Відомо, що гідроабразивне різання є перспективним, хоча і енергоємним, методом оброблення неметалевих композитів, однак, незважаючи на те, що нині існує значна кількість засобів і способів ведення обробки, проблема підвищення ефективності гідроабразивного різання підвищенням продуктивності та якості різання, залишається особливо актуальною.

Одним із шляхів вирішення даної проблеми є зменшення опору оброблюваного матеріалу керованим гідроабразивним руйнуванням. Це досягається кількома способами, один з яких передбачає створення напруженого стану в зоні струминного різання.

Виходячи з цього, науково-технічна задача підвищення ефективності процесу обробки композитних матеріалів гідроабразивним різанням з додатковим ініційованим утворенням тріщин та можливістю прогнозування їх розвитку, є актуальною.

2. АПРОБАЦІЯ РОБОТИ ТА ЇЇ ВІДПОВІДНІСТЬ ПЛАНУ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дисертаційні дослідження виконувалися згідно тематичних планів науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України та є частиною

досліджень науково-дослідних тем: ДТ «Розробка теорії струминно-лазерного різання композитів на основі функціонально-орієнтованого підходу» (№ д.р. 111U001898, 2010-13 рр.), ДТ №29Д/13 «Створення ефективних технологій з оптимізацією параметрів технологічного оснащення для формоутворення виробів з шаруватих та дискретних композитних матеріалів» (д/р №0113U002173, 2013–2014 р.р.). Також дослідження апробовувались в рамках госпдоговірної теми «Розробка технології та виготовлення комплекту зразків з ВВКМ 3D-структури для визначення властивостей матеріалу» (№ д.р. 0116U000939 – замовник ДП «КБ «Південне», м. Дніпро, 2016 р.).

Основні питання дисертаційної роботи були представлені, обговорені та одержали схвалення на 7-ми міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях.

3. НОВИЗНА НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ ТА РЕКОМЕНДАЦІЙ

Виходячи із змісту дисертаційної роботи, нові наукові положення сформульовані наступним чином:

- уперше висунуто гіпотезу впливу накладених циклічних розтяжних зусиль на зону гідроабразивного різання, які зумовлюють ініційоване тріщиноутворення, що дозволяє підвищити продуктивність процесу гідрорізання квазікрихких тонких пластин, а також визначено фактори, які впливають на напрям розвитку мікротріщин та його можливу зміну;

- обґрунтовано використання базових закономірностей механіки руйнування твердих тіл для оцінки зростання продуктивності гідроабразивного руйнування композитних матеріалів;

- розвинуто наукові основи гідроабразивного різання композитів, визначено характеристики, які мають домінуючий вплив на локалізацію ініційованого тріщиноутворення та ефективність процесу в цілому;

- вдосконалено модель надійності процесу гідроабразивного різання з ініційованим тріщиноутворенням і визначено, що ймовірність параметричної відмови визначається узгодженістю швидкості контурної подачі з умовами ініціювання утворення тріщин в тонколистовому композитному матеріалі.

Виконаний у дисертаційній роботі комплекс теоретичних і експериментальних досліджень, висунуті наукові положення та їх практична реалізація дійсно вирішують поставлену науково-технічну задачу – підвищення ефективності процесу струминно-абразивного різання квазікрихких тонколистових заготовок шляхом ініціювання тріщиноутворення в зоні обробки.

4. ОЦІНКА ДОСТОВІРНОСТІ ТА ОБҐРУНТОВАНOSTІ ОСНОВНИХ ПОЛОЖЕНЬ ДИСЕРТАЦІЇ

Отримані теоретичні результати знайшли підтвердження експериментальними дослідженнями у лабораторних та виробничих умовах з використанням сучасної вимірювальної апаратури і обладнання, обробкою результатів експериментальних даних з використанням математичної

статистики. Достовірність отриманих у роботі результатів підтверджуються корелюванням розрахункових і експериментальних даних.

5. ПОВНОТА ВИКЛАДУ РЕЗУЛЬТАТІВ В ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЯХ

Результати дисертації достатньо повно викладені у 14 наукових працях, серед яких 6 статей у наукових фахових виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз даних, 1 стаття в періодичному зарубіжному виданні, 6 тез доповідей, 1 патент України на корисну модель.

Автореферат дисертації достатньо повно відображає основні положення дисертаційної роботи.

6. ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Практична цінність роботи полягає у розробці нового пристрою для створення напруженого стану зони струминного впливу, що дозволяє збільшити швидкість контурної подачі та досягти підвищення продуктивності струминно-абразивного різання, розробці методики дослідження створення зародження і поширення тріщин в матеріалі, для реалізації якої створено лямбда-механізм важільного типу та методики вибору схем різання, розрахунку величини лінійних та крутих зусиль, які є раціональними для пристроїв затиску заготовки. Також розроблено пристрій-маніпулятор для створення навантаження в зоні різання верстату з приводами подач важільного типу.

Практичний результат роботи впроваджено у виробництво на ДП «КБ «Південне» та в навчальний процес Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського при підготовці фахівців ряду технічних спеціальностей.

7. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаних джерел зі 184 найменувань і додатків. Загальний обсяг дисертації разом із списком використаних джерел та додатками складає 211 сторінок.

У вступі розкривається актуальність проблеми, обґрунтовується вибір теми дослідження, сформульовані мета і завдання досліджень, приведені методи досліджень і наукова новизна висунутих положень, а також вказано практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі обґрунтовано проблематику дослідження, яка полягає у забезпеченні ефективності гідроабразивного різання відповідальних тонколистових заготовок із композиційних матеріалів.

Проаналізовані методи струминного різання та пристрої для їх реалізації, визначено класифікаційні ознаки такої обробки та переваги її над іншими методами обробки. Встановлено, що енергія, витрачена на роботу руйнування, залежить як від інструментальної системи обробки, так і від міцності матеріалу та його пружних властивостей.

Аналіз робіт, проведених вітчизняними та зарубіжними вченими показав, що обробка матеріалів різної природи гідроабразивним різанням є перспективною, та, водночас, затратною, так як досить часто, потребує значних витрат як на організацію власне процесу, так і на додаткові технологічні заходи для підвищення якості виробу. Дисертантом доведено, що одним із основних напрямків вдосконалення процесу струминного різання, який не потребує значних витрат, є руйнування оброблюваного матеріалу за рахунок тріщиноутворення.

Виходячи із вище наведеного, сформульовано мету роботи – підвищення ефективності процесу струминно-абразивного різання шляхом ініціювання та прогнозування тріщиноутворення в зоні обробки циклічним силовим навантаженням крайки листової заготовки.

Другий розділ присвячений визначенню шляхів підвищення ефективності струминної обробки ініційованим тріщиноутворенням у зоні гідроабразивного впливу. Для цього визначено параметри, які мають домінуючий вплив на процес утворення тріщин в оброблюваному матеріалі, здійснено дослідження, пов'язані з різними умовами додаткового навантаження на заготовку і проаналізовано швидкість та розмір утворених тріщин в залежності як від умов навантаження, так і від природи матеріалу.

Визначено, що змінюючи напружений стан зони різання і досягаючи його певного рівня за рахунок необхідної амплітуди та частоти навантажувальної сили, а також регулюючи кількість навантажень поверхні відповідної заготовки, можна отримати прогнозоване зростання довжини тріщини, а її локалізацію провести відповідним збільшенням контурної подачі.

У третьому розділі наведена розроблена спеціальна методика для здійснення та дослідження процесу гідроабразивного різання з ініційованим тріщиноутворенням квазікрихких матеріалів. Методика реалізована використанням розробленого силового навантажувального пристрою важільного типу, побудованого у вигляді λ -механізму, оснащеного двома кроковими двигунами для забезпечення пласко-паралельного переміщення листової заготовки, який дозволяє змінювати амплітуду і частоту коливань та їх форму, отримувати певну розподіленість навантажень.

Для адекватного проведення досліджень здійснена ідентифікація моделі ініційованого розвитку мікротріщин при циклічному навантаженні та метрологічна оцінка вимірів. Визначення напруженого стану зони обробки і зміну цього стану при накладанні попереднього навантаження на торець заготовки здійснено тензовимірюванням. Динаміку розвитку сітки мікротріщин здійснено на основі електронно-мікроскопічних досліджень. Для отримання топографічного контрасту у відбитих електронах на растровому мікроскопі та проведення усіх необхідних вимірів неметалізовані заготовки попередньо металізували із закріпленням отриманого шару металу хімічними реагентами.

Для оцінки виду і характеристик навантаження, отримуваних при використанні у якості робочих машин крокових двигунів виконано математичне

моделювання поведінки механізму. Визначено, що зміна довжини важелів та просторового положення механізму веде до зміни амплітуди і форм коливань, і, відповідно, доводить доцільність використання даного механізму для досліджень явищ керованого тріщиноутворення в тонколистових матеріалах.

У четвертому розділі представлено результати експериментальних досліджень, які доводять теоретичні викладки роботи щодо підвищення продуктивності процесу гідрорізання ініційованим тріщиноутворенням. Дослідженнями визначено раціональні форми та амплітуди коливань циклічного кромкового навантаження для різних матеріалів. Визначено коефіцієнти пропорційності у рівнянні зв'язку довжини мікротріщин із кількістю циклів навантажень, що дає можливість корегувати режими ведення обробки заготовок різної величини та хімічного складу.

Показано, що зміна лінійного навантаження уздовж крайки на моментне на утримуючих кліщатах дає істотно відмінний результат, що пояснюється відмінністю напружено-деформованого стану зони різання в заготовці від ідеальних умов.

Для прогнозування поширення тріщин за очікувану зону, утворену на крайках різку, запропоновано використовувати закон Вейбула-Гнеденко, що дозволить вірно обмежувати швидкість контурної подачі.

П'ятий розділ присвячено синтезу та розробці оригінального обладнання для підвищення продуктивності гідрорізання за рахунок створеного напруженого стану листової заготовки від дії крутих моментів та лінійних переміщень у зоні струминного впливу при затисненні заготовки та її переміщенні за заданим контуром різання. В основі системи знаходиться гідрорізний верстат з ЧПУ із введеними двома додатковими приводами: приводом лінійного навантаження заготовки та приводом навантаження моментом схватів.

Розроблена інженерна методика розрахунку продуктивності за рахунок ефектів ініційованого тріщиноутворення. Вибрано основні технологічні режими обробки і окремі властивості оброблюваних матеріалів, які визначають продуктивність процесу. Для визначення домінуючого впливу цих параметрів здійснено факторне планування експерименту. Отримано регресійні рівняння для визначення швидкості контурної подачі ряду досліджуваних матеріалів.

Наведена методика визначення раціональних умов закріплення заготовки в пристрої додаткового силового навантаження та методика економічного обґрунтування пропонованих технічних рішень для здійснення різання з ініційованим тріщиноутворенням.

8. ЗАУВАЖЕННЯ ПО ДИСЕРТАЦІЇ ТА АВТОРЕФЕРАТУ

1. Тріщиноутворення в матеріалі, який обробляється, являє собою невизначений (хаотичний) динамічний процес, який буде суттєвим чином залежати від динамічних пульсацій гідродинамічних параметрів струменя. Тому в роботі бажано було б визначити вплив динамічних пульсацій швидкості,

зокрема по периферії струменя на процес тріщиноутворення та забезпечення його стабільності.

2. Теорія тріщиноутворення є розвиненою частиною механіки матеріалів. Існує значна кількість аналітичних розробок, чисельних досліджень, значний обсяг експериментальних вимірів. Дані дослідження бажано висвітлити в роботі та авторефераті і використати як основу для проведення досліджень процесу струминного різання із ініціалізацією процесу тріщиноутворення.

3. Наведені на рисунку 3.8 а,б (розділ 3, ст. 118) механізми мають стрижневі ланки значної довжини. При роботі механізмів будуть мати місце згинальні динамічні деформації ланок, а в еквівалентній розрахунковій схемі (рис. 3.12, розділ 3, ст. 123) враховані не згинальні, а поздовжні коливання стрижнів.

4. В роботі недостатньо охарактеризований використовуваний абразив, а оскільки саме абразивна частинка виконує мікрорізання, тобто провокує початкове пошкодження волокна в композиті або самому матеріалі, вона безпосередньо визначає радіус концентратора напружень, який врешті буде обумовлювати інтенсивність вивільнення пружної деформації і відповідно швидкість зростання тріщини. На це треба було б звернути більшу увагу.

5. В роботі автор недостатньо висвітлив умови зміни напружень у верхівках різу при зростанні самого розрізу. Оскільки в цьому випадку частина матеріалу, яка залишилася до закінчення різу змінюватиметься, то при однакових навантаженнях напруження відповідно також буде змінюватись. Треба було б більш детально зупинитися на цьому аспекті.

6. Тріщиноутворення має різні закономірності в різних композитних матеріалах. Тому бажано визначати особливості тріщиноутворення в різних типах композитних матеріалів, зокрема в ортотропних та трансверсально ізотропних композитних матеріалах. Тому бажано було б в розділі 4 представити інформацію щодо особливостей формування напружено-деформованого стану та застосування необхідних механізмів для навантаження заготовки.

9. ЗАКЛЮЧНА ОЦІНКА ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Наведені зауваження не впливають на головні теоретичні та практичні результати досліджень та не змінюють загальної позитивної оцінки роботи. В цілому, в дисертаційній роботі Орла Вадима Миколайовича «Підвищення ефективності гідроабразивного різання листових композитних заготовок за рахунок ефекту ініційованого тріщиноутворення» отримані нові науково обґрунтовані результати в галузі обробки композитних матеріалів гідроабразивним різанням за рахунок прогнозованого тріщиноутворення, що підвищує продуктивність процесу та зменшує енергетичні витрати.

Робота має перспективу подальшого розвитку у напрямку підвищення ефективності обробки матеріалів гідрорізанням.

Виконана дисертаційна робота вирішує важливу науково-технічну задачу, повністю відповідає вимогам п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» до кандидатських дисертацій, має наукову новизну та практичну цінність, впровадження у виробництво та навчальний процес. Дисертація на тему «Підвищення ефективності гідроабразивного різання листових композитних заготовок за рахунок ефекту ініційованого тріщиноутворення» заслуговує на позитивну оцінку, а її автор, Орел Вадим Миколайович, на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.01 – «Процеси механічної обробки, верстати та інструменти».

Офіційний опонент,
кандидат технічних наук,
доцент кафедри конструювання
верстатів та машин,
Механіко-машинобудівний інститут,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»



О. Я. Юрчишин

Підпис офіційного опонента
засвідчую:
Перший проректор
КПІ ім. Ігоря Сікорського



Ю.І. Якименко