

У спеціалізовану Вчену раду

К 55.051.03 при

Сумському державному

університеті

ВІДГУК

офіційного опонента кандидата технічних наук **Шийка Олександра Миколайовича** на дисертаційну роботу **Довгополова Андрія Юрійовича** «Забезпечення міцності роз'ємного гвинтового з'єднання, формоутвореного в армованому композиційному матеріалі», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.09 – динаміка та міцність машин.

Актуальність теми та її відповідність планам наукових досліджень

Останнім часом, питанням дослідження міцності конструкцій з армованих композиційних матеріалів як в Україні, так і в усьому світі приділяється досить значна увага. Завдяки своїм перевагам в вазі, та досить високим показникам міцності армовані композиційні матеріали, такі як склопластик та вуглепластик, досить часто використовуються в промисловості. Особливо зазначені матеріали використовуються у великій кількості для виготовлення фюзеляжів літаків та космічних кораблів, а також в інших галузях промисловості, таких як легке машинобудування та приладобудування. Значне застосування знайшли дані армовані композиційні матеріали в модельному спорті.

Що ж стосується з'єднань представлених композитів, то в основному використовуються нероз'ємні з'єднання деталей, виготовлених з даних АКМ, такі як клейові та заклепкові, оскільки завдяки анізотропним властивостям композитів досить складно отримати роз'ємне з'єднання, яке б задовольняло необхідним показникам міцності.

На даному етапі розвитку виробництва гвинтові з'єднання з різьбою спеціального профілю мало використовують для з'єднання деталей, виготовлених з армованих композиційних матеріалів. Причинами цього є складність виготовлення цих профілів, особливо внутрішніх, за рахунок відсутності технологічних можливостей. Різьба круглого профілю за рахунок конструктивних особливостей, а саме відсутності гострих концентраторів напружень через відповідну форму, якнайкраще підходить для реалізації роз'ємного гвинтового з'єднання в деталях із представлених матеріалів. Таким чином, реалізація концепції створення міцного гвинтового з'єднання з круглою різьбою – завдання актуальне і потребує детального дослідження та подальшого вирішення.

Отже, у роботі розв'язане актуальне науково-практичне завдання забезпечення міцності роз'ємного гвинтового з'єднання, формоутвореного в армованому композиційному матеріалі, що

реалізовано на основі створення імітаційної моделі з'єднання в цілому та підтверджено адекватність моделі практичним експериментом.

Важливість вибраного напрямку підтверджується і тим, що робота проводилась у рамках держбюджетних тем наукових досліджень Міністерства освіти і науки України: «Комплексна розробка методів підвищення ефективності оброблення важкооброблюваних матеріалів у різних температурно-кліматичних умовах за рахунок удосконалення різальних інструментів та умов їх застосування» (номер державної реєстрації 0115U000510) і «Підвищення ефективності технологічних процесів виготовлення деталей та складання машин шляхом вдосконалення методів механічної обробки конструкційних матеріалів, технологічного устаткування та оснащення, систем якості організації та методів викладання технічних дисциплін» (державний реєстраційний номер 0116U000933).

Таким чином дисертація Довгополова А. Ю. в якій закладено науково-практичну базу забезпечення міцності роз'ємного гвинтового з'єднання, формоутвореного в армованому композиційному матеріалі, є безумовно актуальною і вчасною.

Оцінка структури, обсягу та змісту роботи

Дисертаційна робота Довгополова А.Ю. містить 150 сторінок друкованого тексту і складається з анотації, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел, що включає 102 найменування на 10 сторінках, містить 62 рисунка, 22 таблиці та 4 додатки на 14 сторінках. Обсяг основного тексту – 122 сторінки, що відповідає вимогам до кандидатських робіт.

У **вступі** розкрита актуальність теми дисертаційної роботи, показано суть і сучасний стан проблеми, що розглядається, дано обґрунтування роботи, наукової новизни і практичного значення роботи, сформульовано мету дослідження, вказано апробацію результатів досліджень, особистий внесок Довгополова А.Ю. у роботі зі співавторами.

У **першому розділі** проведений літературний огляд, який дозволив розібратися з детальною класифікацією з'єднань деталей, виготовлених з армованих композиційних матеріалів (АКМ), з якої на підставі комплексного аналізу визначено основні типи з'єднань деталей, виготовлених із цих матеріалів. Розглянуто основні типи з'єднань з АКМ, для яких проводиться дослідження, пов'язані з точністю, якістю та міцністю. Проведений детальний аналіз методів дослідження міцності дозволив встановити, що в основному дослідження проводяться для нероз'ємних з'єднань деталей, виготовлених з армованих матеріалів. Що ж стосується роз'ємних з'єднань, таких як, гвинтові з'єднання з різьбою формоутвореною на поверхні деталей, виготовлених з АКМ, то вони мало використовуються, основна причина цьому – відсутність достовірної інформації про показники міцності цих з'єднань. У свою чергу, згідно з більшістю літературних джерел гвинтові поверхні зі спеціальним профілем (наприклад, круглим) повинні мати непогані

показники міцності при формоутворенні їх на деталях з АКМ, але оскільки немає технології, що забезпечила б якісне формоутворення різьби із цим профілем, експериментальне дослідження міцності даного гвинтового профілю, формоутвореного на деталях з АКМ, є неможливим. Обґрунтована актуальність досліджень, сформульовані мета та задачі досліджень. Обрані теоретичні, експериментальні і комп'ютерні методи досліджень. Визначені основні етапи реалізації поставленої науково-практичної задачі.

В **другому розділі** представлено отримання механічних і пружних характеристик АКМ та розроблення теорії формоутворення різанням внутрішньої гвинтової поверхні з круглим профілем у деталях, виготовлених з армованих композиційних матеріалів. Для досягнення поставленої мети насамперед обрано склопластиковий армований матеріал. Далі було проведено комплекс експериментів з одержання фізико-механічних, та пружних властивостей представленого матеріалу. Визначення деформацій дослідних зразків проводилося з використанням методу тензометрування за допомогою розривної машини моделі 2007 P-0,5, а дослідження на розтягання та стискання зразків виконувалося на модифікованій універсальній розривній машині УМЕ-10ТМ, сертифікованої лабораторії Сумського державного університету. Представлена технологія виготовлення гвинтових поверхонь методом огинання, оскільки лише в цьому методі геометрія інструмента не впливає на формування профілю різьби. Армовані композити краще обробляти гостро заточеним різцем. Ще однією перевагою цього методу є те, що обробка гвинтової поверхні відбувається за один прохід. Це зменшує час обробки, а отже, і час контакту ріжучої кромки з АКМ також зменшується, що позитивно впливає на сам процес різання і не допускає миттєвого зростання температур та зношення кромки.

В **третьому розділі** показано розроблення імітаційної моделі для дослідження напружено-деформованого стану роз'ємного з'єднання з круглою різьбою в деталях, виготовлених з армованих композиційних матеріалів. Моделювання напружено-деформованого стану представленого гвинтового з'єднання проводили методом скінченно-елементного аналізу з використанням програмного продукту LS-DYNA. Виконана модель з'єднання у вигляді 3D-CAD-моделей в графічному редакторі SOLIDWORKS, скінченно-елементна сітка також створена засобами SOLIDWORKS, до складу якого входить модуль скінченно-елементного аналізу COSMOSWORKS. Представлено математичний опис моделі армованого склопластикового матеріалу з використанням ключового слова *MAT_COMPOSITE_DAMAGE, яка дозволила в повному обсязі задати всі механічні властивості армованого склопластикового матеріалу. Описане математичне формулювання моделі напружено-деформованого стану гвинтового з'єднання з круглою різьбою, формоутвореного в армованому композиційному матеріалі. Одержані основні показники міцності даного з'єднання дозволили підтвердити поставлену на початку гіпотезу, що міцність гвинтового з'єднання при використанні круглого профілю різьби буде значно вищою, ніж

у випадках з іншими профілями. Одержані в результаті моделювання сили, які і визначають міцність з'єднання, коливаються в середньому від 10 до 14 кН, що є досить непоганим показником міцності для роз'ємного з'єднання, виконаного в армованому композиті.

У **четвертому розділі** представлена практична перевірка міцності гвинтового з'єднання з круглою різьбою деталей, виготовлених з АКМ, підтвердила одержані в результаті моделювання високі показники міцності для даного типу з'єднань. Проведена перевірка адекватності результатів експериментального дослідження показала, що одержана в результаті дослідження модель є адекватною відповідно до всіх параметрів. Похибка одержаних значень допустимої сили для цього з'єднання з різними основними параметрами сягає менше 1 %.

У **п'ятому розділі** на підставі адекватності імітаційної моделі представлено дослідження впливу основних геометричних параметрів круглої різьби та пружних характеристик армованого композита через параметр ψ_1 – відносний об'ємний вміст арматури шару в поздовжньому напрямку на значення максимальної сили, яке витримає з'єднання (його несучої здатності). Проведено оцінювання похибки прямих вимірювань на основі розрахунку вибіркового стандартного відхилення даних експерименту. Приведені приклади впровадження гвинтового з'єднання з круглою різьбою в деталях, виготовлених з АКМ, на підприємствах України.

Висновки по роботі підсумовують результати дослідження. Вони у логічному порядку показують реалізацію поставлених задач.

В цілому, по роботі слід відмітити всебічність і різноманітність проведених досліджень. Обрані автором методи досліджень виконують свою необхідну функцію при розв'язанні поставлених задач.

У **додатках** наведено результати експерименту з одержання пружних характеристик АКМ, керуючу програму на мові програмування Python для одержання списку елементів моделі з файлу середовища COSMOSWORKS, командний файл LS-DYNA та акти впровадження.

Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі

– уперше визначено вплив параметрів гвинтового з'єднання на його міцність в деталях з армованих композиційних матеріалів, що дозволило встановити залежність міцності з'єднання від геометрії профілю;

– уперше теоретично обґрунтовані технологічні параметри нарізання круглих гвинтових поверхонь методом безцентроїдного огинання на фрезерних верстатах з ЧПК в армованих композиційних матеріалах для забезпечення максимальної міцності гвинтового з'єднання;

– уперше запропоновано методологічні основи визначення максимальної несучої здатності в з'єднанні з армованого композиційного матеріалу в залежності від механічних характеристик та геометрії профілю круглої різьби.

Практичне значення результатів роботи

Для технічно передових галузей виробництва практичне значення роботи полягає у створенні технології формоутворення поверхні роз'ємного з'єднання для деталей, виготовлених з АКМ, та розробленні алгоритму дослідження міцності цього роз'ємного з'єднання з круглою різьбою за різних напружено-деформованих станів. Ці розробки в сукупності з усіма ознаками розширюють можливість використання роз'ємних з'єднань у машинобудуванні та виводять використання АКМ на новий рівень.

Основні результати роботи впроваджено у виробництво на підприємстві ТОВ «Науково-виробнича компанія «Папірус» (м. Суми), державному підприємстві «Конструкторське бюро «Південне» ім. М. К. Янгеля» (м. Дніпро), а також під час підготовки науково-дослідних і кваліфікаційних робіт студентів.

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій

Наукові положення, які висунуті в роботі, базуються на наукових положеннях теорії різання матеріалів, опору матеріалів, математичного та комп'ютерного моделювання. Достовірність результатів роботи забезпечується точністю постановки завдань при побудові математичних моделей, обґрунтованістю прийнятих допущень, використанням математично коректних методів. Адекватність отриманих результатів підтверджена експериментальною перевіркою і результатами впровадження на підприємстві.

Сформульовані в дисертаційній роботі наукові положення, висновки та рекомендації достатньо обґрунтовані з наукової та технічної точок зору і є основою для розробки нових рішень, практичних і теоретичних підходів.

Повнота викладу основних результатів дисертації в наукових фахових виданнях

Основні результати дослідження опубліковано в 17 наукових публікаціях, з яких 5 у виданнях, що входять до переліку фахових видань України та індексуються в міжнародних науко-метричних базах. Одну статтю опубліковано в іноземному виданні, 10 тез доповідей на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях. Отримано 1 патент України на корисну модель.

Зауваження щодо змісту дисертаційної роботи:

1. У сформульованих задачах доцільно було б конкретизувати через які експлуатаційні характеристики роз'ємних з'єднань виявляються фактори, що впливають на їх зниження.
2. У розділі 1 приведені відомості про різні види суцільних з'єднань без достатнього аналізу придатності їх застосування згідно з поставленими завданнями дослідження.

3. Приводяться зварні з'єднання, хоча в роботі розглядаються роз'ємні з'єднання з армованих композиційних матеріалів.
4. Більшість літературного огляду присвячена нероз'ємним з'єднанням, хоча дослідження присвячене роз'ємним.
5. На рисунку 2.2 було б доцільніше написати не «міцності» а «границі міцності».
6. Сторінка 55, перший абзац, не приведені критерії точності та якості виконання різьбової поверхні.
7. Сторінка 56, рисунок 2.11 не має вказаних у тексті позначень на геометрію інструмента.

Зауваження до оформлення автореферату:

1. В тексті автореферату не наведена класифікація спеціальних профілів різьби, що ускладнює розуміння, на якому місці в ній знаходиться кругла різьба.
2. З тексту автореферату незрозуміло, яка технологія використовувалася для виготовлення склотканини та епоксидної смоли.
3. Таблиця 5 автореферату погано розділяється з текстом, на сторінці 5 доцільно використати слово «склала» замість «становила».
4. В тексті автореферату часто зустрічаються хибні переноси, сторінка 8, третій абзац, слово «його», сторінка 11, третій абзац, в слові «жорсткого», також зустрічаються зайві коми.

Зауваження, зроблені до дисертації та автореферату свідчать про багатогранність теми дисертації, мають здебільшого рекомендаційний характер і не зменшують наукової новизни, практичного значення, достовірності і обґрунтованості результатів, що виносяться на захист. Таким чином дисертаційна робота заслуговує позитивної оцінки.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Довгополова Андрія Юрійовича «Забезпечення міцності роз'ємного гвинтового з'єднання, формоутвореного в армованому композиційному матеріалі» є закінченою роботою, в якій розв'язане важливе науково-практичне завдання розвитку методів забезпечення міцності роз'ємних гвинтових з'єднань, формоутворених в армованих композиційних матеріалах.

Дисертаційний рукопис характеризується логічною внутрішньою структурою від постановки задач до заключних висновків, викладений зрозумілою технічною мовою. Достовірність та обґрунтованість висновків і рекомендацій, наукова та практична цінність дослідження свідчать про достатню кваліфікацію автора.

Зміст автореферату повністю відповідає змісту роботи та є ідентичним основним її положенням. Тексти дисертації та автореферату викладені на належному науковому рівні, їх оформлення здійснено згідно відповідних вимог. Загальні висновки дисертаційної роботи повністю відповідають меті проведеного в ній дослідження.

На підставі вище викладеного вважаю, що представлена дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.02.09 – « Динаміка та міцність машин», вимогам п.11 «Порядку присудження наукових ступенів...» МОН України що стосується кандидатських дисертацій, а її автор Довгополов А.Ю. заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.09 – « Динаміка та міцність машин».

Офіційний опонент:

доцент кафедри технічного сервісу
Сумського національного аграрного
університету
кандидат технічних наук, доцент



О.М. Шийко

