

ВІДГУК

офіційного опонента Львова Геннадія Івановича
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.

1. Актуальність теми

Сучасні потреби машинобудування і технічно передових галузей виробництва вимагають широкого використання нових матеріалів. Застосування нових матеріалів у машинобудуванні дозволяє вивести виробництво на якісно новий рівень і підвищити його ефективність. У той самий час складання деталей машин потребує великої кількості роз'ємних з'єднань, оброблення поверхонь яких мало досліджене, тому на цьому етапі розвитку використовують в основному нероз'ємні з'єднання деталей, виготовлених з армованих композиційних матеріалів. Проведення досліджень, пов'язаних із формоутворенням поверхонь роз'ємних з'єднань деталей машин, дозволяє розширити використання армованих композитів у машинобудуванні. Також розроблення нових способів формоутворення роз'ємних поверхонь деталей із представлених матеріалів та використання нових геометричних форм цих поверхонь є адекватними завданнями, що потребують невідкладного вирішення. Водночас необхідне дослідження якості, точності та міцності формоутворених роз'ємних поверхонь на деталях з армованих композиційних матеріалів.

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 й потребує детального дослідження та подальшого вирішення.

Тому тема, якій присвячена дисертаційна робота Довгополова Андрія Юрійовича, є актуальною. Дисертаційну роботу виконано в Сумському державному університеті, на кафедрі «Технології машинобудування, верстатів та інструментів», а її результати впроваджені в промислово-виробничу практику, та учбовий процес, що підтверджує актуальність роботи.

2. Новизна досліджень і отриманих результатів

Новизна досліджень і отриманих у роботі результатів полягає у наступному:

– 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.

3. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі

Достовірність отриманих результатів забезпечена використанням апробованих методів розв'язання експериментальних задач, фізично обґрунтованих конструкцій і матеріалів, доброю кореляцією теоретичних результатів як з отриманих в роботі, так і наведеними в літературних джерелах експериментальними і теоретичними даними.

Теоретичні і експериментальні дослідження виконані на високому науковому рівні

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 щодо забезпечення міцності роз'ємних гвинтових з'єднань, формоутворених в армованих композиційних матеріалах.

4. Практичне значення результатів роботи

Результати дисертаційних досліджень становлять інтерес для впровадження їх на підприємствах, де виготовляють різного роду конструкції, машини та агрегати, до складу яких входять деталі з армованих композиційних матеріалів. Практичне значення одержаних у роботі результатів для технічно передових галузей виробництва полягає в створенні технології формоутворення поверхні роз'ємного з'єднання для деталей, виготовлених з армованих композиційних матеріалів, 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).

5. Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

Основні наукові положення і результати досліджень за темою дисертаційної роботи опубліковані в 17 наукових публікаціях, з яких 5 у виданнях, що входять до переліку фахових видань України та індексуються в міжнародних науко-метричних базах, 1 статтю опубліковано в іноземному виданні, 1 патент України на корисну модель. Результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на 10 наукових конференціях, зокрема на 4 міжнародних.

Аналіз публікацій дозволяє зробити висновок, що основні результати дисертації знайшли повне відображення в наукових виданнях.

Автореферат у повній мірі відбиває основні положення та отримані автором результати досліджень.

6. Оцінка змісту дисертаційної роботи

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, з якої на підставі комплексного аналізу визначено, основні типи з'єднань деталей виготовлених із цих матеріалів. Розглянуто основні типи з'єднань, 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, 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 композиційних матеріалів. Але оскільки немає технології що забезпечила б якісне формоутворення різьб із цим профілем, експериментальне дослідження міцності даного гвинтового профілю, 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 та пружних характеристик армованих композиційних матеріалів, 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 Р – 0,5, а дослідження на розтягання та стискання зразків виконувалося на модифікованій універсальній розривній машині, сертифікованій 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, й час контакту ріжучої кромки з композиційним матеріалом

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 склопластику, 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 та 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, яка підтвердила одержані в результаті моделювання високі показники міцності для даного типу з'єднань. Практичні значення сили, які були визначені в процесі експериментального дослідження, коливаються в середньому від 10 до 14 кН, що є досить непоганим показником міцності для гвинтового з'єднання, виконаного в армованому композиті. 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** 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 армованих композиційних матеріалів, на підприємствах України.

У висновках коротко висвітлюється ступінь розв'язання оставлених в роботі задач, що свідчить про повноту їхнього вирішення та досягнення поставленої мети.

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

7. Основні зауваження по дисертаційній роботі

1. В розділі 3.4 доцільно було б привести інформацію про кількість скінчених елементів в моделях, на яких отримані чисельні результати. Також

корисно провести розрахунки на різних скінчено елементних моделях для демонстрації збіжності результатів при збільшенні кількості елементів.

2. Розмаїття використаних при скінчено-елементному моделюванні критеріїв міцності вимагає детального пояснення. Наприклад, бракує аналізу застосування пошарових критеріїв руйнування крім поліноміальних.

3. Технічні сталі пружності армованого композиційного матеріалу (Таблиця 3.1), отримані в результаті складних обчислень, наведені з точністю 7-мі значеннєвих цифр, що набагато перевищує точність вихідних даних. Крім того доцільне здійснити перевірку позитивної визначеності матриці пружних постійних.

4. Зазначена в роботі модель фізичного контакту між двома гвинтовими поверхнями, вимагає більш детального пояснення, оскільки не зрозуміло, чому саме використана в роботі модель підходить для проведення моделювання.

8. Загальний висновок

На основі вивчення змісту дисертаційної роботи, автореферату і публікацій вважаю, що дисертація Довгополова Андрія Юрійовича «Забезпечення міцності роз'ємного гвинтового з'єднання, формоутвореного в армованому композиційному матеріалі» відповідає паспорту спеціальності 05.02.09 – динаміка та міцність машин. Дисертація є завершеним науковим дослідженням, у якому поставлена та вирішена важлива науково-практична задача із забезпечення міцності, роз'ємних гвинтових з'єднань формоутворених в армованих композиційних матеріалах. Робота виконана на високому рівні, містить нові, цінні з наукової і практичної точок зору результати, написана технічно грамотною мовою. Результати роботи підтверджені актами про впровадження у виробництво та навчальний процес.

Дисертаційна робота Довгополова А.Ю. відповідає вимогам пунктів 9, 11 і 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 №567, а її автор Довгополов А.Ю. заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.09 – динаміка та міцність машин.

Офіційний опонент,
завідувач кафедри динаміки і міцності машин
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»,
Доктор технічних наук, професор



Handwritten signature

Г.І. Львов

