

ВИСНОВОК

наукового керівника

на дисертаційну роботу Тань Куна на тему

«Development of supersonic nozzles for cold spraying» («Розроблення надзвукових сопел для холодного газодинамічного напилювання»), поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Розширення можливостей технології холодного газодинамічного напилювання та розроблення нових технічних рішень з нанесення захисних і відновлювальних покриттів є актуальним завданням. На відміну газотермічним методам напилювання покриттів, для яких характерним є плавлення матеріалу покриття, що наноситься (порошок, проволока тощо), формування покриттів при холодному газодинамічному напилюванні відбувається за рахунок високошвидкісного зіткнення частинки порошку, яка знаходиться в твердому стані, тобто її температура є значно меншою за температуру плавлення матеріалу з якого вона отримана. Саме температурно-швидкісні характеристики частинки є головним фактором переходу від ерозії поверхні до утворення адгезійних зв'язків. Прискорення газового потоку і частинок, які подаються в цей потік, відбувається в надзвукових соплах. Від параметрів газу на вході в сопло (тиск і температура), матеріалу і розміру частинок, а також геометрії каналу, залежать температура та швидкість частинки порошку в момент зіткнення. Комплекс фізико-механічних властивостей покриттів, коефіцієнт використання порошку, і взагалі – можливість утворення покриття, в значній мірі залежать від вищезгаданих факторів. Підвищення продуктивності процесу, забезпечення високих експлуатаційних показників якості покриттів, можливість напилювання покриттів на важкодоступні поверхні може бути досягнуто шляхом вдосконалення елементів обладнання та оптимізації режимів напилювання. Тань Кунь в своїй роботі комплексно підійшов до вирішення цих завдань, дослідивши процеси, які протікають в каналі надзвукових сопел при прискоренні частинок порошку газовим потоком, зокрема при його повороті на 90° , а також при високошвидкісному зіткненні частинок з поверхнею та формуванні покриття з використанням чисельного моделювання.

Тань Кунь вступив до аспірантури ХАІ в 2019 році та розпочав роботу за тематикою нанесення покриттів холодним газодинамічним напилюванням. І хоча напрямок досліджень для нього був новим, наполегливість та цілеспрямованість Тань Куна допомогли вирішити низку завдань та досягти поставленої мети дисертаційної роботи. Як зазначалося вище, здобувачем було

розглянуто дві важливі складові процесу холодного напилювання – газодинаміку двофазного потоку та зіткнення частинки порошку з поверхнею. Ці явища можуть бути досліджені з використанням сучасних програмних продуктів інженерного аналізу, зокрема Ansys CFX, SolidWorks Flow Simulation і Abaqus/Explicit, в володінні яких Тань Кунь, вважаю, досяг значних успіхів. Отримання великого масиву даних потребувало певних знань та навичок в методах статистичної оцінки даних, задля чого здобувач оволодів методами теорії планування багатофакторного експерименту, алгоритми яких застосовуються для більшості оптимізаційних задач як експериментальних, так і проектно-розрахункових. Запропоновані в дисертаційній роботі здобувачем методики дослідження та оптимізації процесу холодного газодинамічного напилювання можуть бути використані для різних порошкових матеріалів, дослідження інших методів газотермічного напилювання покриттів, а також для дослідження й оптимізації ряду процесів фізико-технічної обробки поверхні. Розроблені Тань Куном конструкції надзвукових сопел, зокрема поворотних для нанесення покриттів на важкодоступні для напилювання поверхні, а також надані рекомендації з вибору режимів напилювання, представляють великий практичний інтерес та можуть бути впроваджені в реальний сектор. Усі поставлені завдання дисертаційного дослідження були виконані у повному обсязі та на високому науковому рівні. Всі результати, що наведені у дисертації, отримані Тань Куном самостійно. Не виникає сумнівів у його доброчесності при виконанні досліджень.

Варто відзначити, що не дивлячись на те, що робота є теоретичною, здобувач добре знайомий із практичною складовою холодного газодинамічного напилювання. Тань Кунь приймав участь в проведенні експериментальних досліджень процесу холодного газодинамічного напилювання при виконанні кафедральних планів з наукової роботи: засвоїв конструкцію і принцип роботи обладнання; власноруч виконував підготовку зразків та безпосередньо напилював покриття; засвоїв методики дослідження фізико-механічних характеристик покриттів, готував зразки для досліджень, працював з лабораторним обладнанням тощо.

На час закінчення навчання в аспірантурі (2024 р.) Тань Кунь за результатами проведених досліджень опублікував 20 наукових праць, серед яких 5 статей статей у журналах, що індексуються в наукометричних базах даних WoS та/або Scopus (24 цитування, h-index=3 (Author Id 57223095703)), 8 статей у наукових фахових журналах України, що відносяться до категорії «Б», 5 статей в збірниках праць міжнародних конференцій, що індексуються наукометричними базами даних WoS або Scopus, 2 тези доповідей вітчизняних конференцій. Таким чином, вимоги ДАК України щодо повноти публікації

матеріалів дисертації на здобуття ступеня доктора філософії виконані здобувачем в повному обсязі.

Під час навчання в аспірантурі Тань Кунь зарекомендував себе як організований, наполегливий, допитливий молодий дослідник та демонстрував свої найкращі риси та якості. Працюючи в колективі він активно пропонував свої рішення та підходи, відстоював точку зору, структуровано та обґрунтовано доводив свої аргументи. Його можна охарактеризувати як працелюбним молодим вченим, якого не лякають безперервна напружена праця, нескінченний пошук і спроба вирішення наукової проблеми, що є обов'язковими передумовами наукових успіхів. Ще на початку свого навчання мав сильну мотивацію, та був налаштований на високу працездатність і творчу активність, для чого виховував навички систематичної роботи. Також хотілося б відзначити вміння Тань Куна правильно організувати своє робоче місце та систематизувати наукову літературу. Все це вказує на те, що Тань Кунь має необхідні здібності для творчої діяльності та отримання нових знань.

Тань Кунь своєчасно та у повному обсязі виконав навчальний план аспіранта та план наукової роботи, про що публічно звітував на засіданнях кафедри.

На мій погляд, з урахуванням успішного виконання Тань Куном індивідуального навчального плану, індивідуального плану наукової роботи, досягнення результатів навчання за відповідною освітньо-науковою програмою та написання дисертації, яка є результатом самостійного дослідження, є завершеною науковою працею, містить наукову новизну, виконана на належному науковому рівні, відповідає встановленим вимогам до дисертацій докторів філософії, дисертація на тему «Development of supersonic nozzles for cold spraying» («Розроблення надзвукових сопел для холодного газодинамічного напилювання») може бути рекомендована до захисту, а її автор Тань Кунь до присвоєння ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Науковий керівник:
доцент кафедри технології виробництва
авіаційних двигунів,
кандидат технічних наук

20.06.2024 р.

Олександр ШОРИНОВ