

ВИСНОВОК

наукового керівника

на дисертаційну роботу Ху Веньцзе на тему «Cold spraying of protective and restorative coatings on parts of aviation engineering made of titanium alloys» («Холодне напилення захисних і відновних покриттів на деталі авіаційної техніки з титанових сплавів»), поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 132 Матеріалознавство

Тематика дослідження є актуальною та спрямована на вирішення існуючої прикладної проблеми – підвищення експлуатаційних характеристик поверхонь деталей з титанових сплавів, а також подовження ресурсу їх роботи при відновлювальному ремонті. Технологія холодного газодинамічного напилювання наразі розглядається як перспективний метод формування захисних й відновлювальних покриттів, що за простотою, собівартістю та якістю покриттів може бути альтернативою існуючим технологіям захисту та ремонту деталей з титанових сплавів, а в деяких випадках чи не єдиним можливим рішенням з точки зору нанесення покриттів на такі сплави.

Ху Веньцзе вступив до аспірантури Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» в 2019 році. В короткий термін він легко інтегрувався в новий колектив та розпочав роботу за тематикою нанесення покриттів холодним газодинамічним напилюванням. Вміння працювати з літературою, дозволило Ху Веньцзе проаналізувати існуючі напрацювання й здобутки інших вчених з об'єкту та предмету дослідження, зробити певні висновки та знайти питання, які й досі залишаються актуальними та потребують вирішення.

В дисертаційній роботі наведено результати досліджень процесів прискорення двофазного потоку (газ + тверді частинки) в каналах надзвукових сопел для холодного газодинамічного напилювання та високошвидкісної взаємодії частинок порошку з поверхнею з метою подальшого розвитку наукових основ методу холодного газодинамічного напилювання та розробленням на його основі нових технологій захисту й відновлення деталей з титанових сплавів.

Питання прискорення частинок порошку газовим потоком в соплах, зокрема з поворотом потоку на 90° , мають важливе значення для холодного газодинамічного напилювання як з практичної, так і з наукової точок зору, оскільки саме швидкість частинок є тим фактором, що визначає можливість утворення покриттів. Окрім того, саме за параметром швидкості частинок в

момент зіткнення з підкладкою здебільшого виконують оптимізацію режимів напилювання та оптимізацію на цій основі технологічних процесів напилювання покриттів. В зв'язку з цим задача наукового дослідження основ методу холодного газодинамічного напилювання й досі є актуальною.

Формулювання завдань дисертаційної роботи виходячи з вищезазначеного, включає в себе проведення досліджень з оптимізації геометрії каналу надзвукових сопел та параметрів процесу за швидкістю частинок в момент зіткнення з поверхнею. Здобувачем на основі аналізу існуючої літератури було визначено низку параметрів, які характеризують геометрію надзвукових сопел та впливають на швидкість частинок порошку на виході з сопла. Ху Веньцзе визначив певні оптимальні значення параметрів сопел, коли швидкість в момент зіткнення з підкладкою буде максимально можливою, що, як відомо, впливає на забезпечення кращих показників якості покриттів та найбільший коефіцієнт використання порошку.

Безумовно серед дослідників процесу холодного газодинамічного напилювання існує інтерес до явища високошвидкісного зіткнення частинок порошку з поверхнею підкладки. Проте через наявність різноманітних процесів, які протікають при цьому, ця тема недостатньо вивчена, а всі механізми цього явища й досі не встановлено. Вивчення умов закріплення частинок порошку на поверхні є ключовим завданням, вирішення якого дозволяє зрозуміти механізми утворення покриттів. Результати, отримані при вирішенні завдання оптимізації, дозволять просунутися в цьому напрямку, а саме дослідити залежності деформування частинки при зіткненні в залежності від її швидкості в момент контакту. В роботі подано результати чисельного моделювання процесів зіткнення частинок з поверхнею – як одиначної частинки, так і багатьох частинок, зокрема гетерогенних порошкових матеріалів; показана можливість утворення зв'язків між ними та підкладкою; встановлено деякі особливості ударної взаємодії частинок з підкладкою; визначено умови утворення покриттів різних порошків, які дають змогу в подальшому розробляти фізичні та математичні моделі, а також встановити закономірності формування кінцевих властивостей покриттів.

Усі поставлені завдання дисертаційного дослідження були виконані у повному обсязі та на високому науковому рівні, що, вважаю, буде слугувати подальшому розвитку метода холодного газодинамічного напилювання, розроблення нових технологій та технічних рішень з формування захисних й відновлювальних покриттів холодним газодинамічним напилюванням, зокрема на деталях з титанових сплавів з високими експлуатаційними показниками. Усі результати, що наведені у дисертації, отримані Ху Веньцзе самостійно. Не виникає сумнівів у його добросовісності при виконанні досліджень.

На час закінчення навчання в аспірантурі (2024 р.) Ху Веньцзе за результатами проведених досліджень опублікував 19 наукових праць, серед яких 7 статей статей у журналах, що індексуються в наукометричних базах даних WoS та/або Scopus (21 цитування, h-index = 3 (Author Id 57223091250)), 6 статей у наукових фахових журналах України, що відносяться до категорії «Б», 4 статті у збірниках праць міжнародних конференцій, які індексуються у наукометричній базі даних Scopus, 1 тези доповіді вітчизняної конференції, 1 патент на корисну модель (Китайська Народна Республіка). Таким чином, вимоги ДАК України щодо повноти публікації матеріалів дисертації на здобуття ступеня доктора філософії виконані здобувачем в повному обсязі.

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

Враховуючи вищезазначене, з урахуванням успішного виконання Ху Веньцзе 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 «Cold spraying of protective and restorative coatings on parts of aviation engineering made of titanium alloys» («Холодне напилення захисних і відновних покриттів на деталі авіаційної техніки з титанових сплавів») може бути рекомендована до захисту, а її автор Ху Веньцзе до присвоєння ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

Науковий керівник:

доцент кафедри технології виробництва
авіаційних двигунів,
кандидат технічних наук



Олександр ШОРИНОВ