

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора
Воронька Віталія Володимировича
на дисертаційну роботу Онопченка Антона Віталійовича
«Удосконалення технології штампування-витягування авіаційних деталей
складної форми з урахуванням кінематики течії металу на ребрах матриць»,
подану до захисту в спеціалізовану вчену раду Д 64.062.04
Національного аерокосмічного університету
«Харківський авіаційний інститут»
на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю
05.07.02 – проектування, виробництво та випробування літальних апаратів

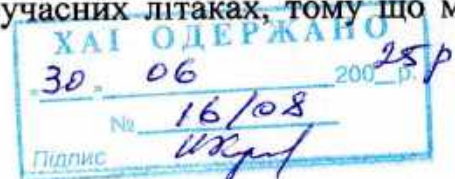
1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Здобувачем подана дисертаційна робота, яка складається з анотації, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і трьох додатків. Повний обсяг дисертації становить 195 сторінок, у тому числі основний текст на 110 сторінках, 62 рисунка, 20 таблиць, 135 найменувань літературних джерел на 17 сторінках, 3 додатки на 22 сторінках.

1.1 Актуальність обраної теми

У сучасному газотурбобудуванні значну питому вагу становлять просторові деталі, одержувані з листових заготовок. Так, наприклад, за способом формоутворення заготовок деталі газотурбінного двигуна розподіляються за масою наступним чином: гарячим штампуванням – 50,5%; листовим штампуванням – 18,1%; литтям – 13%. Взагалі листове штампування є поширеним і прогресивним видом технології оброблення металів тиском та дозволяє виготовляти велику номенклатуру різноманітних плоских та просторових деталей. За середніми оцінками найбільша кількість деталей виготовляється холодним штампуванням, зокрема з листа близько 9000 кг, 7900 кг – з профілів та близько 2800 кг – із труб.

В аерокосмічній техніці поширені сталі, алюмінієві та титанові сплави. Останні знаходять все більше застосування в сучасних літаках, тому що мають



вищу температурну стабільність, ніж алюмінієві сплави, і вдвічі меншу вагу, ніж більшість сталей, на додаток до гарної втомної міцності, стійкості до розповсюдження тріщин і в'язкості руйнування. Разом з цим, формоутворення деталей з титанових сплавів виявляється трудомістким та супроводжується великим обсягом довідних робіт. Таким чином, виникає необхідність у вдосконаленні існуючих методів листового штампування авіаційних деталей складної форми з високоміцних та малопластичних сталей та сплавів.

Виходячи з цього дана робота присвячена вирішенню актуального завдання удосконалення технології штампування-витягування завдяки уточненню впливу технологічних факторів на силові параметри процесу деформування та якісні показники штампованих деталей.

Дисертаційна робота виконувалася на кафедрі технологій виробництва авіаційних двигунів Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» при реалізації держбюджетних тем Міністерства освіти і науки України, де автор був безпосереднім виконавцем, а саме: «Теоретичні основи створення захисних нанокompозитних покриттів на високонавантажених елементах конструкцій авіаційних двигунів» (№ ДР 0112U001320); «Теоретичні основи створення єдиної комплексної системи керування якістю відповідальних деталей аерокосмічної техніки технологічними методами» (№ ДР 0115U001220); «Комплексні технології управління якістю відповідальних деталей аерокосмічної техніки» (№ ДР 0117U002503); «Підвищення продуктивності та екологічної безпеки процесів механічної обробки різанням, пластичного деформування і нанесення покриттів на важкооброблювані матеріали деталей ГТД» (№ ДР 0120U102116).

1.2 Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій та їхня достовірність.

Наукова новизна отриманих у роботі результатів полягає в тому, що автором розроблені підходи до технологічного удосконалення, підвищення ефективності штампування-витягування авіаційних деталей складної форми, що дозволяє забезпечити задані показники якості одержуваних деталей.

При цьому автором у науковому плані зроблено наступне:

1. Уперше з урахуванням вимоги соленоїдальності отримано систему рівнянь, що описує просторове поле швидкостей переміщень металу на ребрах матриць інструментальних штампів та дає змогу визначати раціональні параметри технологічного процесу штампування-витягування авіаційних деталей складної форми.

2. Уточнено математичні моделі процесу деформування металу на ребрах матриць при штампуванні-витягуванні, які дають змогу досліджувати картину течії металу у просторі, визначати його напружено-деформований стан та прогнозувати виникнення руйнувань у процесі формоутворення деталей складної форми.

3. Запропоновано алгоритм технологічної підготовки штампування-витягування деталей складної геометрії в якому вперше врахована просторова картина течії металу на ребрах матриць, що дає додаткову можливість виявляти недоліки пропонованого технологічного процесу та скоротити час на проектування та виготовлення штампового оснащення, а відповідно і терміни підготовки дрібносерійного виробництва деталей складної форми з листа.

Сформульовані у дисертаційній роботі висновки, наукові положення та рекомендації обґрунтовані. Вони базуються на загальних рівняннях механіки суцільних середовищ, фундаментальних основах теорії пластичної течії металів, механіки деформування і руйнування металів.

Експериментальні дослідження виконувались у лабораторних умовах з використанням сучасних методів дослідження і вимірювальної апаратури. Штампування-витягування виконувалось на чотирьох типах інструментальних штампів, на модернізованому пресі моделі П-125 з фіксацією поточного зусилля за допомогою каліброваного манометра. Цифрове моделювання процесу холодного штампування-витягування проводилося за допомогою ліцензійного пакета скінченних елементів LS-DYNA.

Достовірність отриманих результатів підтверджено експериментальними дослідженнями, корелюється з отриманими результатами інших розробників, та їх практичним використанням в промислових умовах.

У сукупності це дає можливість вважати отримані в роботі основні наукові положення, висновки і рекомендації достовірними.

1.3 Практична значення результатів роботи

Практична цінність дисертаційних досліджень полягає у наступному:

- встановлено граничний ступінь витягування та зусиллям для досліджуваних матеріалів, зокрема: для сплавів АМг та Д16Т граничний ступінь витягування в межах 1,6...1,64; для АМц 1,6...1,7, а ОТ4 вище за 2,1;
- розроблено рекомендації, використання яких дає змогу розширити технологічні можливості штампування-витягування таких сплавів як АМг, АМц, Д16Т та ОТ4 завдяки раціональним режимам штампування, які забезпечують відсутність розривів, а також показників якості одержуваних деталей;
- з використанням запропонованого алгоритму технологічної підготовки штампування-витягування деталей складної геометрії удосконалено маршрутну технологію виготовлення дефлектора двигуна Д-136;
- результати роботи підтверджено дослідно-промисловими випробуваннями на АТ «Мотор-Січ» (м. Запоріжжя), ДП «Завод ім. В. О. Малишева» (м. Харків), АТ «Світло Шахтаря» (м. Харків) та прийнято до впровадження.

2. АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ТА ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і трьох додатків.

У вступі автор обґрунтував актуальність теми та необхідність вибраного напрямку досліджень, сформульовано їх мету й завдання, викладено наукову новизну й практичне значення отриманих результатів, наведено відомості про структуру дисертаційної роботи.

У першому розділі виконано огляд літературних джерел, в яких подано аналіз сучасного стану процесів штампування листових деталей. Розглянуто шляхи інтенсифікації та методи підвищення ефективності процесу штампування-витягування авіаційних деталей складної форми. Відзначено актуальність завдан-

ня побудови раціональних технологічних процесів, що дають мінімальні трудомісткість та собівартість виготовлення деталей авіаційної техніки за потрібної їх якості. Розроблено структурну схему напрямків досліджень у галузі штампування листового металу.

В результаті виконаного аналізу сформульовано мету й визначено задачі дисертаційної роботи.

У другому розділі подано опис устаткування для штампування, обґрунтовано вибір матеріалів, запропоновано структуру дослідження енергосилових параметрів процесу штампування-витягування і якості виробів. Розглянуто особливості деформування металу при штампуванні-витягуванні та запропоновано метод розрахунку енергосилових параметрів процесу пластичного деформування металів, що ґрунтується на замкнутій системі рівнянь механіки суцільних середовищ. Проаналізовано показники якості деталей, виготовлених штампуванням-витягуванням та запропоновано методику оцінювання якості деталей, які одержують штампуванням-витягуванням.

У третьому розділі досліджено кінематику процесу течії металу на перетяжному ребрі при штампуванні-витягуванні. Отримано системи рівнянь, що описують поля швидкостей переміщень металу, деформацій і швидкостей деформацій в матеріалі деталі на перетяжному ребрі. Визначено функціональний зв'язок між роботою деформування і параметрами режиму штампування на ребрі матриці.

Четвертий розділ присвячено проведенню цифрових та натурних експериментальних досліджень впливу параметрів режиму штампування-витягування на енергосилові характеристики процесу, на якість одержуваних деталей та розробленню рекомендацій щодо розширення технологічних можливостей процесу штампування-витягування деталей авіаційної техніки. Проведено цифрове моделювання процесу штампування-витягування за допомогою LS-DYNA з перевіркою адекватності цифрових моделей досліджуваних процесів, а також математичних моделей, отриманих при теоретичному дослідженні кінематики течії металу.

У п'ятому розділі наведено рекомендації щодо проєктування технологічних процесів виготовлення листових деталей авіадвигуна та розрахунку еконо-

мічної ефективності. Запропоновано алгоритм проектування ТП, в якому акцентовано увагу на дослідженні кінематики течії металу на ребрах матриць, що дає змогу на етапі розроблення виявити недоліки проектного ТП та скоротити час переходу до робочого процесу з одночасною економією коштовних матеріалів, які широко використовуються в авіаційній галузі.

3. ПОВНОТА ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

Основний зміст роботи відображено у 12 публікаціях: 7 статей (дві без спів-авторів) у виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України, три з яких належать до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus та Web of Science), п'ять тез доповідей на науково-технічних конференціях, одна з яких належить до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus та Web of Science).

Теоретичні положення і практичні результати нові і взаємопов'язані, та отримані на основі результатів аналізу технології штампування-витягування авіаційних деталей. Результати роботи свідчать про наявність внеску здобувача в науку. В роботі досягнуто поставлену мету досліджень.

4. ЗАУВАЖЕННЯ ПО ЗМІСТУ І ОФОРМЛЕННЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА АВТОРЕФЕРАТУ

1. В роботі та авторефераті немає даних щодо матеріалів які використовуються для виготовлення штампового оснащення, яке використовується при виробництві дефлектора двигуна Д-136, ресурсних характеристик оснащення та економічного ефекту від її використання, адже наявність імпульсних навантажень буде суттєво впливати на спрацювання матриці та інших конструктивних елементів.

2. В теоретичній частині проведено дослідження деформованого стану та отримано залежності для розрахунку повної роботи деформації через функції швидкості та дисипації енергії, але відсутні дані щодо впливу теплового ефекту, який при імпульсному навантаженні впливає як на хід процесу обробки, так і на кінцеві властивості оброблених матеріалів, особливо тонкостінних із алюмінієвих

та титанових сплавів.

3. У четвертому розділі, в експериментальній частині роботи, доцільно б було дослідити вплив удосконаленої технології штампування-витягування деталей складної форми не тільки з алюмінієвих та титанового сплавів, але й інших матеріалів, які використовуються для виготовлення деталей авіаційних двигунів, наприклад сталей.

4. В оформленні дисертації та автореферату мають місце деякі недоліки друкарського характеру.

5. В рукописі дисертації та авторефераті допущено технічну помилку у списку наукових праць здобувача, а саме публікації №11 та №12 слід було б розмістити у групі статей у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, а публікації №4 та №5 у списку публікацій, які додатково відображають наукові результати дисертації, у зв'язку з тим, що тематика видань, в яких опубліковано статті №4 та №5, не повністю відповідає спеціальності.

Вказані вище недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

5. ВИСНОВОК ПРО ВІДПОВІДНІСТЬ ВСТАНОВЛЕНИМ ВИМОГАМ

Дисертаційна робота Онопченка Антона Віталійовича «Удосконалення технології штампування-витягування авіаційних деталей складної форми з урахуванням кінематики течії металу на ребрах матриць» відповідає спеціальності 05.07.02 – проектування, виробництво та випробування літальних апаратів, написана і оформлена згідно з вимогами, які пред'являються до дисертаційних робіт. Автореферат у повній мірі відображає зміст дисертації.

6. ОЦІНКА ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЇ І ЇЇ ЗАВЕРШЕНОСТІ

Дисертаційна робота Онопченка А. В. «Удосконалення технології штампування-витягування авіаційних деталей складної форми з урахуванням кінематики течії металу на ребрах матриць», є завершеною науковою працею і містить нові науково обґрунтовані теоретичні результати, які мають практичне значення для

вирішення завдання удосконалення технології штампування-витягування завдяки уточненню впливу технологічних факторів на силові параметри процесу деформування та якісні показники штампованих деталей.

1. Наукові положення, отримані в роботі, достовірні і достатні для обґрунтування зроблених висновків. Незважаючи на наведені вище недоліки, дисертація у цілому виконана на достатньо високому науковому рівні, її нові теоретичні і практичні розробки актуальні, цікаві та достовірні.

2. Основний зміст роботи достатньо повно викладений у 12 наукових працях, що відповідає Наказу МОН України № 1220 від 23.09.2019 р.

3. Зміст автореферату відображає основні положення роботи.

4. На підставі вище викладеного вважаю, що подана дисертаційна робота «Удосконалення технології штампування-витягування авіаційних деталей складної форми з урахуванням кінематики течії металу на ребрах матриць», відповідає паспорту спеціальності 05.07.02 – проектування, виробництво та випробування літальних апаратів та вимогам п. п. 9, 11, 12 «порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567 (зі змінами), а її автор – Онопченко Антон Віталійович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.07.02 – проектування, виробництво та випробування літальних апаратів.

Офіційний опонент,

проректор з науково-педагогічної роботи

Харківського Національного університету

міського господарства імені С. М. Бекетова,

д-р техн. наук, професор



Віталій ВОРОНЬКО