УДК 621.924 : 62-253.51

Гончар Н.В., канд. техн. наук, доцент
Гребенніков М.О., аспірант
Криворученко В.Л., аспірант
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕХАНІЗАЦІЯ ФІНІШНОГО ЕТАПУ ВИРОБНИЦТВА СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ АВІАЦІЙНОГО ДВИГУНА

Сучасні реалії технологічного розвитку світової промисловості ставлять перед машинобудуванням завдання реалізації нових інноваційних технологій, що дають змогу збільшувати продуктивність праці та підвищувати якість продукції. Поєднання цих умов забезпечує конкурентоспроможність продукції, що виготовляється. Підвищені вимоги до надійності, точності та збільшення потужності за умови збереження і навіть зменшення габаритів машин і механізмів, ведуть до широкого застосування в їхній конструкції деталей зі складнопрофільними поверхнями. Насамперед до таких деталей відносять деталі двигунів літальних апаратів.

Формоутворення і забезпечення якості виготовлення складнопрофільних поверхонь вимагає складного руху виконавчих органів обробного обладнання або застосування складних за формою (фасонних) інструментів. Вибір виду фінішної обробки має велике значення, тому що поверхні мають дефектний шар, який характеризується високим рівнем залишкових напружень, нерівномірності шорсткості поверхні та деформаційного наклепу, що знижує їхню міцність, витривалість, а отже, їх надійність і працездатність [1].

Деталі зі складнопрофільними поверхнями, такі як роторні та статорні лопатки, є найвідповідальнішими у формуванні повітряних потоків і тисків авіаційних двигунів, а відповідно від точності їх виготовлення багато в чому залежать динамічні та вібраційні характеристики двигуна. Кількість тільки роторних лопаток компресора в одному авіадвигуні може перевищувати 1400 штук. Велика номенклатура типорозмірів лопаток за ступенями і малі величини допуску на профіль, у межах від 0,06 до 0,16 мм, пред’являють підвищені вимоги до заготівельного виробництва та механічної формоутворювальної обробки для того, щоб досягти найбільше наближення до вимог креслень самих лопаток, як за формою, так і за точністю. Використання високошвидкісного фрезерування в поєднанні з постійністю підібраних режимів різання та оптимальною формою ріжучого інструменту, забезпечує отримання лопаток із шорсткістю поверхні до *Ra* 0,5 та припуском під фінішну обробку (для видалення слідів, що залишає на поверхнях профілю інструмент) до 0,01 мм на бік за основними перерізами.

Фінішна обробка складнопрофільних поверхонь (аеродинамічних поверхонь пера) традиційними механічними способами обробки – шліфуванням – практично не застосовується, оскільки для абразивного оброблення потрібне створення дорогих верстатів і спеціальних інструментів, у яких профіль повинен геометрично відображати топологію оброблюваної поверхні. У результаті, забезпечення параметрів якості поверхні лопаток, відповідно кресленням, досягається доводочними операціями, які виконуються вручну (рис. 1, а), і які є дуже трудомісткими. Трудомісткість полірування однієї лопатки в середньому становить від 80 до 90 хвилин. І завдання зменшення частини ручної праці в виробництві таких особо відповідальних деталей є актуальним

Тому для цих цілей ведеться пошук і розробка механізованих спеціальних технологій фінішного оброблення. Одним з напрямків є методи, в яких у якості інструменту застосовується потік різноманітних ущільнених середовищ, що несуть робочі елементи, які під час переміщення уздовж оброблюваної поверхні вступають в контакт з її нерівностями,

зрізаючи або деформуючи їх. Такими можуть виступати, наприклад, вібро-, турбо- і магнітоабразивна технології.

Широко використовуваним у світовій практиці методом механічного полірування складнопрофільних деталей, зокрема й тонкостінних, є метод вібраційного оброблення абразивними наповнювачами спеціальної форми (чіпсами). Перевагою цього методу обробки перед іншими видами полірування є простота управління, відтворюваність і контрольованість параметрів обробки, екологічна чистота та безпека, універсальність застосовуваного обладнання, а також низька енергоємність і висока продуктивність процесу.

Попередні дослідження показали, що при використанні наповнювача RXXD (рис. 2, б), для обробки лопаток компресора високого тиску з жароміцного нікелевого сплаву після програмного фрезерування склав 4 години, а для лопаток з титанового сплаву - 3 години. Враховуючи те, що на сучасному вібраційному обладнанні можливо обробити до 150 лопаток водночас, трудомісткість виготовлення лопаток цим методом в середньому буде в межах від 1,2 до 1,6 хвилин на одиницю. Під час обмірювання лопаток після виконання вібраційної обробки встановлено, що максимальний шар з поверхні профілю лопаток, який видаляється, становив 0,01 мм на сторону, і 0,2 мм за довжиною хорди (мінімальна відстань між вхідною і вихідною кромками лопаток). Досягнута шорсткість поверхні становила в межах від *Ra* 0,2 до *Ra* 0,3.

а)

б)

Рис.1 – Полірування профіля лопатки, яке виконується вручну (а) і в середовищі абразивного наповнювача (б).

Підтверджувальні порівняльні випробування межі міцності виготовлених лопаток за представленою технологією та технологією з ручним поліруванням довели, що застосування високопродуктивної механічної вібраційної обробки після фрезерних програмних операцій дає змогу виключити з технологічного процесу виготовлення лопаток ручне полірування. Ця заміна дає змогу за рахунок скорочення часу обробки значно знизити собівартість виготовлення. При цьому забезпечується отримання стабільно високої якості поверхні складнопрофільних поверхонь лопатки.

Заміна полірувальних операцій, що виконуються вручну, на механічне полірування, дасть змогу виключити вплив випадкових чинників на якість лопаток, що виготовляються, і досягти сталості в геометричних розмірах і параметрах якості поверхневого шару в умовах всіх типів виробництва.

Список посилань

1. Гончар Н.В., Гребенніков М.О., Криворученко В.Л., Слободян А.Г. Оптимізація технологічного процесу виготовлення лопаток в умовах одиничного виробництва ГТД // Матеріали XIII міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем». – Чернігів: ЧНТУ, 2023. – Том 1. – С. 218.