Основними технологічними операціями кування гаків, які забезпечують високі механічні показники якості при їх виробництві, є операції осаджування і протягування. При протягуванні довжина заготовки збільшується за рахунок зменшення її поперечного перерізу. Осаджування застосовують для збільшення поперечного перерізу заготовки за рахунок зменшення її висоти. При виконанні цих операцій здійснюється максимальна формозміна, яка потрібна для проробки литої структури злитка [2]. Досі невідомо, яка послідовність виконання операцій осаджування і протягування при куванні гаків є раціональною та як повинна відбуватися послідовність їх виконання і яким чином вони впливають на якість кованих гаків. Зробивши аналітичний огляд наукових робіт, можна зробити деякі висновки. Наприклад, є роботи в яких вважається основною операція протягування [3], а є роботи в яких основною є осаджування [4], [5]. Виходячи з результатів власних досліджень можна зробити висновок, що за рахунок виконання розроблених технологічних умов виготовлення кованих гаків показники їх якості можуть бути поліпшені шляхом виконання режимів кування гаків з раціональним комбінуванням ковальських операцій протягування та осаджування.

Список посилань

1. Вплив форми кованого однорогого гака на його ефективність / Г. Д. Портнов, А. А. Тихий, В. В. Дарієнко, В. В. Пукалов // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : Зб. наук. пр. – Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – Вип. 4 (35). – с. 127 – 133.

2. Основи творення машин / М.Я. Бучинський, О.В. Горик, А.М. Чернявський, С.В. Яхін (За редакцією О.В. Горика). – Харків : Вид-во «НТМТ», 2017. – 448 с.

3. Development and investigation of resources-saving process of shafts forging. / S. B. Kargin // Die forging, Metallurgical and Mining Industry, 2015, № 1, p. 33-36.

4. Удосконалення технології виготовлення крупних поковок на основі використання нового способу осадження / Марков О. Є., Злигорєв В. М., Іванова Ю. О., Лагер О. О., Дорофєєв В. О. // Обработка материалов давлением. ISSN 2076-2151. УДК 621.735.3 21.01.2020 р. №1 (50) с. 91-97.

5. Розробка нового способу осадження крупних злитків / О. Є. Марков, В. М. Злигорєв, О. В. Герасименко, Л. І. Алієва, Р. Ю. Житніков, Є. В. Інчаков // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії, №31 (1306), 2018, с.56-60.

УДК 621.831.004.55

Мельник В.Б. канд. техн. наук, доцент
Леусенко Д.В., аспірантка
Титаренко В.В., магістр
Національний авіаційний університет, м. Київ, melnikvb408@gmail.com

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ АЕРОКОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ УТВОРЕННЯМ НА ПОВЕРХНЯХ ТЕРТЯ ФТОРВМІСНИХ НАНО - МІКРО - РОЗМІРНИХ АНТИФРИКЦІЙНИХ ПРОТИЗНОСНИХ СТРУКТУР

Забезпечення низького рівня тертя, зношування та контактної втоми поверхонь тертя деталей в аерокосмічній техніці ускладнено наявністю високих навантажень, швидкостей, розрідженістю або відсутністю атмосфери, ускладненнями або неможливістю застосування мастил. Однією з технологій, що враховує зазначені особливості зношування, є утворення на поверхнях тертя захисних фторвмісних плівок. Об'єктами первинного застосування та апробації розроблених технологій були: роликові та кулькові підшипники кочення компресора, турбіни та редуктора, а також зубчасті колеса планетарного редуктора турбостартера ТС-12М.

Фторвмісні плівки утворюються при фізико-хімічній взаємодії матеріалу поверхонь з мікрочастинками фторованого графіту (CFx)n, введеними у вигляді присадки в мастильний

матеріал. Під дією тертя частинки фторованого графіту руйнуються, оголюються зв'язки, що несуть вільні атоми фтору, які хімічно реагують з металевими, наприклад, сталевими поверхнями, і утворюють еластичний шар фторидів заліза FeF_3, що істотно відрізняється за властивостями базової поверхні. Поверхні тертя при цьому стають гладкішими і міцнішими, витримують більше циклів навантаження до настання викришування, адсорбують мастило і відштовхують вологу - джерело водню, що руйнує поверхню.

Ефективність нової технології обумовлена високою термічною стабільністю та довговічністю плівок (CFx)n порівняно з оксидами та іншими антифрикційними плівками.

Після взаємодії частинок (CFx)n з металами на поверхні утворюється шар фторидів, наприклад FeF_3, що мають дзеркальний вигляд, шорсткість на порядок нижче, ніж у оксидів, більш високу мікротвердість і в 1,2-1,5 рази більшу контактну витривалість. Поверхня набуває гідрофобності та високої хемосорбційної здатності. Технологія утворення фторвмісних захисних плівок пройшла успішні лабораторні та експлуатаційні випробування на авіаційних газотурбінних двигунах, автотранспортних двигунах внутрішнього згоряння, газомоторних компресорах, у приводах та шпинделях металорізальних верстатів. Технологічний процес реалізується при обкатуванні пар тертя, коли в обкатну рідину вводять 1...5% порошку карбонофториду. Обкатку вузлів тертя проводять спочатку без навантаження, а потім при номінальній частоті обертання та навантаженні. Якість обкатки забезпечується контролем моменту тертя, мікротвердості, шорсткості, температури розігріву поверхонь, енергії активації (методом склерометрії), параметрів, зношування. Час обкатки уточнюється для кожного вузла тертя і становить від 5-10 хв до 0,5 год. Для номенклатури деталей вузлів тертя редуктора турбостартера ТС-12М рекомендована обробка у фторвмісних приробіткових рідинах підшипників і зубчастих коліс (табл.1).

Таблиця 1 – Номенклатура деталей

Найменування вузла турбостартера	Позначення підшипника	Кількість	Позначення зубчастого колеса	Кількість
Редуктор	85-276207Р1 5-32206Р8 5-42204Б4 26-42209Л2Т1	1 1 6 2	Шестерня планетарна (центральна) Сателіт Шестерня кільцева (зубчастий вінець)	1 3 1

Обкатку підшипників проводили поза виробом (у лабораторних умовах) на машині тертя МІ-1М за схемою, наведеною на рис. 1. Режими обкатки: частота обертання шпинделя $n_{шп}$ = 300...350 хв$^{-1}$; радіальне навантаження Р = 0,1 ... 25 Н.

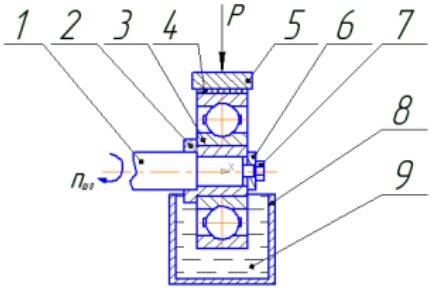

Рис. 1 – Схема дослідження підшипників на машині тертя МІ-1М:
1 – шпиндель; 2 – втулка; 3 – підшипник; 4 – прокладка фрикційна; 5 – гальмівна колодка; 6 – шайба; 7 – гвинт; 8 – ванна; 9 – припрацювальна рідина

Склад присадки (CFx)n для обкатки деталей турбостартера: карбонофторид (CFx)n - 30...33% мас; поверхнево-активні речовини ПАР – 6,0-6,3% мас; гас – інше.

Обкатку зубчастих коліс проводили поза виробом на верстатах токарної групи за схемами, наведеними на рис. 2 і 3.

При обкатуванні зубчастих коліс із зовнішнім зачепленням (рис. 2) планетарна шестерня закріплюється в патроні токарного верстата. Сателіт встановлюється на оправці, що закріплена в різцетримачі супорта верстата.

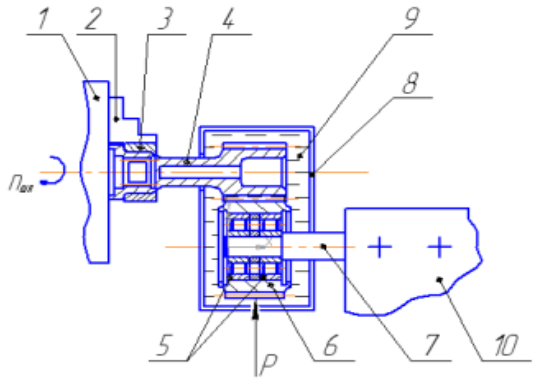

Рис. 2 – Схема дослідження зубчастих коліс. Зовнішнє зачеплення: 1 – патрон; 2 – кулачок; 3 – полукільця; 4 – шестерня; 5 – підшипники; 6 – сателіт; 7 – оправка; 8 – ванна; 9 – припрацювальна рідина; 10 – супорт

При обкатуванні зубчастих коліс із внутрішнім зачепленням (рис. 3) зубчастий вінець кільцевої шестерні редуктора закріплюється у спеціальному пристрої, встановленому в патроні токарного верстата. Сателіт встановлюється на оправці в різцетримачі верстата. Режими обкатки: частота обертання шпинделя $n_{шп}$ = 100…1000 хв$^{-1}$; радіальне навантаження P = 0,1 ... 250 Н. Склад припрацювальної рідини і час обробки ті ж, що і для підшипників. Навантаження у зубчастому з'єднанні створюється поперечним переміщенням супорта токарного верстата. Контроль рівня навантаження здійснюється за тарованим лімбом верстата. Підшипники і зубчасті колеса, що пройшли обкатку і контроль параметрів, підлягали складанню і випробуванням у складі турбостартера.

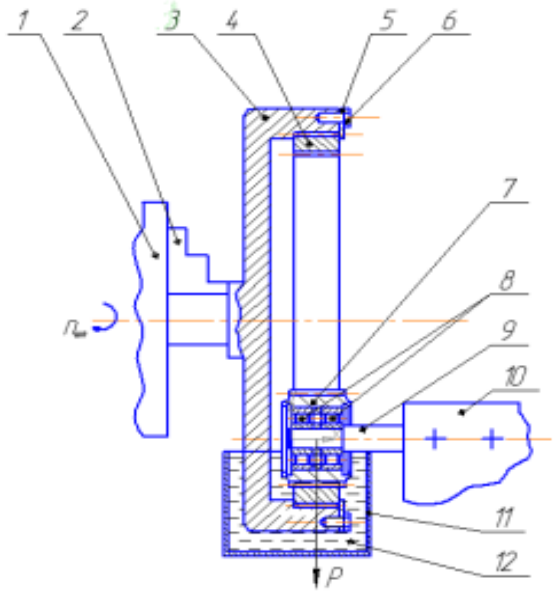

Рис. 3 – Схема дослідження зубчастих коліс. Внутрішнє зачеплення: 1 – патрон; 2 – кулачок; 3 – пристосування; 4 – зубчастий венець кільцевої шестерні; 5 – планка; 6 – гвинт; 7 – сателіт; 8 – підшипники; 9 – оправка; 10 – супорт; 11 – ванна; 12 – припрацювальна рідина

Узагальнення результатів лабораторних і стендових випробувань деталей турбостартера ТС-12М показало, що інтенсивність зносу при реалізації технології утворення фторвмісних захисних плівок на поверхнях тертя зменшується не менше ніж на 25-30%; число циклів навантаження до настання викришування в підшипниках зростає в 1,2-1,5 рази; навантажувальна здатність мастильного шару підвищується на 35...40%; навантаження заїдання збільшується до 2 разів.