

УДК 621.762:539.5

Двірник Я.В.¹, Єсауленко С.В.²

¹ доц. НУ «Запорізька політехніка»

² асп. НУ «Запорізька політехніка»

МЕХАНІЗМИ ЗАРОДЖЕННЯ ТА РОЗВИТКУ ВТОМНИХ ПОШКОДЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ АВІАЦІЙНИХ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ ВИГОТОВЛЕНИХ ЗІ СПЛАВІВ НА ТИТАНОВІЙ ОСНОВІ

Титанові сплави широко застосовуються в авіаційних двигунах завдяки їх високій питомій міцності, корозійній стійкості та жароміцності. Однак, ці матеріали схильні до втомного руйнування при тривалій експлуатації, що становить серйозну загрозу безпеці польотів. Розуміння механізмів втомного пошкодження титанових деталей є критично важливим для забезпечення надійності та довговічності авіаційної техніки.

Явище зменшення міцності деталей машин під дією циклічного навантаження було виявлене ще в середині XIX століття. Це послужило підставою створення ново-го напрямку науки про міцність матеріалів і конструкцій – втоми матеріалів [1].

Втомне руйнування відбувається при циклічному навантаженні тіла, температурному, силовому або вібраційному, в результаті накопичення в ньому незворотних ушкоджень, що призводять до утворення і розвитку тріщини.

Механізми втомного руйнування.

Процеси втомного руйнування титанових деталей авіадвигунів можна умовно розділити на три основні етапи: зародження втомних тріщин; поширення втомних тріщин; руйнування при досягненні критичного розміру тріщини.

Інкубаційний період розвитку руйнування характеризується скупченням дефектів, зародженням дислокацій, їх рухом, виникненням дислокаційних петель після проходження дислокацій через потенційні силові бар'єри решітки, що створюються силами внутрішньої взаємодії між атомами, молекулами, зернами тощо, виникненням ліній ковзання, об'єднанням цих ліній у смуги ковзання і, нарешті, виникненням певної структури тіла з переважною орієнтацією зерен і зрушеннями по площадках ковзання. Потім починається втрата стійкості процесу мікропластичної деформації [2].

При достатній кількості дислокацій у центрі їх скупчення утворюється мікро-дефект, у який «звалюються» всі дислокації скупчення. Цей механізм пояснює вибуховий характер виникнення мікродефектів типу субмікроскопічних і мікроскопічних тріщин відразу значних розмірів у порівнянні з розмірами атомів.

Як правило, пружне циклічне деформування тіла призводить до зародження і зростання тріщин без утворення скільки-небудь значної зони пластичних деформацій навколо вершини тріщини, тобто втомне руйнування тіл відбувається без спотворення їх форми і зміни розмірів і носить крихкий характер. Воно зумовлено структурною неоднорідністю тіла, що полягає у випадковому розподілі розмірів зерен, напрямків їх кристалографічних площин, у наявності різних фаз, включень, дефектів кристалічної решітки. У зернах, несприятливо орієнтованих до зовнішнього навантаження, виникають лінії зсуву в результаті руху та об'єднання дислокацій по певних кристалографічних площинах вже на ранній стадії [3].

Втомним руйнування піддаються деталі авіаційних двигунів як роторної частини, так і статорної, а саме: колесо відцентрове; диск вентилятору; диск компресору; робоча лопатка компресору; кільце центруюче; ричаги.

Методи підвищення втомної довговічності.

Для запобігання втомному руйнуванню титанових деталей авіадвигунів застосовуються такі підходи:

- вдосконалення конструкції;
- зменшення концентрації напружень;
- раціональний вибір геометричних параметрів.
- поверхнева обробка:
- введення стискаючих залишкових напружень;
- поліпшення опору втомі (азотування, дробоструменева обробка).
- контроль дефектності матеріалу:

неруйнівний контроль для виявлення дефектів;
удосконалення технологій виготовлення.
розробка нових сплавів;
оптимізація хімічного складу та мікроструктури;
підвищення опору втомному руйнуванню.

Систематизація знань про механізми втомного пошкодження титанових деталей авіаційних двигунів дозволяє комплексно підходити до вирішення проблеми забезпечення їх надійності та довговічності. Розуміння впливу різних факторів на процеси зародження, поширення та руйнування за втомою є ключовим для розробки ефективних інженерних рішень, спрямованих на підвищення безпеки польотів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ясній П. В. Пластично деформовані матеріали: втома і тріщинотривкість / П. В. Ясній. – Львів: Світ, 1998. – 224 с.
2. Піскунов В. Г. Опір матеріалів з основами теорії пружності й пластичності / В. Г. Піскунов, В. С. Сіпетов, В. Д. Шевченко, Ю. М. Федоренко. – Київ : Вища школа, 1995. – 271 с.
3. Дяченко С. С. Фізичні основи міцності та пластичності металів: навч. посібник / С. С. Дяченко. – Харків : Видавництво ХНАДУ, 2003. – 26 с.