

2. Devin L.M. Application of acoustic methods for the monitoring of products made of hard alloys / L.M. Devin, V.P. Bondarenko, O.A. Osadchyi, T.V. Nimchenko // Mater. Sci. – 2009. – 45 (3). – P. 392–398.

УДК 621.923

Мозговий О.В., канд.техн.наук, доцент

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського,
mavimfto@gmail.com

Тітов А.В., канд.техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», avt.kpi@gmail.com

Герасимова О.В.

Національний авіаційний університет, dellta_tt@ukr.net

ВИКОРИСТАННЯ МЕХАНІЧНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОВЕРХНЕВОГО ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ АЛМАЗНИМ ВИГЛАДЖУВАННЯМ

Сучасна промисловість потребує економічних видів металопродукції, поліпшення техніко-економічних показників і підвищення характеристик міцності конструкційних матеріалів. Особливо актуальним це є в авіабудуванні. Вирішення існуючих проблем можливе при науково обґрунтованих і принципово нових прогресивних технологіях обробки конструкційних матеріалів на основі знання механізмів і кінетики структурних і фазових перетворень в них, які відбуваються в метастабільних станах металів і сплавів.

Наряду з традиційними методами визначення структурного стану, надійності і ресурсу матеріалів використовується метод механічної спектроскопії, аналітичні можливості якого широко використовуються при вивченні будови і процесів, які формують їх конструкційні властивості. Механічна спектроскопія як метод пружних і непружних властивостей матеріалів опирається на їх властивості розсіювати енергію механічних коливань. Фізичні параметри, отримані за допомогою даного методу, корелюють з пошкодженістю матеріалів.

Метали, поверхня яких зазнала поверхневого пластичного деформування можна віднести до матеріалів з неоднорідною структурою. Пластична деформація зміцнює поверхневий шар, структура якого відрізняється від основного металу. Глибина зміцнення залежить від технології і режимів обробки, а також потреби величини структурних змін.

Розглянемо тонкостінний вал газотурбінного двигуна. Аналіз технологій виготовлення показує, що ефективною фінішною операцією виготовлення валів є поверхнєве пластичне деформування – алмазне вигладжування [1].

У поперечному перерізі стінку такого валу можна розглядати як систему з однорідного матеріалу з різними механічними характеристиками. Для дослідження зразки були вирізані із стінок вздовж осі валу, який прошов повний цикл виготовлення з різними режимами поверхневого пластичного деформування алмазним вигладжуванням (сила притиску алмазного наконечника до поверхні валу змінювалась від 50 Н до 300 Н). Враховуючи зміну зміцнення матеріалу вала газотурбінного двигуна в глибину від поверхні до середини, отримані зразки можна вважати багатошаровими стержнями з різними механічними характеристиками кожного шару. Оцінити ефективність зміцнення поверхневого шару можна за допомогою теоретичних розрахунків та за відкликом на механічну дію в інфразвуковому та звуковому діапазонах, виходячи із нелінійної залежності між напруженнями і деформаціями, яка описує розсіювання механічної енергії.

Запропонована математична модель для аналізу розсіювання механічної енергії дає змогу вирішити пряму задачу – визначення вихідних характеристик коливних систем при заданих початкових параметрах: модулі пружності і декременти матеріалу шарів,

конструктивні розміри і форми коливань. Розрахунки проводились з використанням програми Mathcad.

Рішення прямої задачі дало змогу розв'язати обернену задачу, при вирішенні якої задаються вихідні параметри механічних характеристик, які необхідні при експлуатації і визначаються оптимальні характеристики вхідних параметрів матеріалу стержня.

При побудові математичної моделі стержень розглядали як трьохшаровий: два зовнішніх шари з поліпшеними характеристиками міцності і середній шар має властивості матеріалу зразка у початковому стані. Модель тришарового стержня базується на гіпотезі плоских перерізів і відповідних енергетичних формулюваннях [2]. Результати теоретичних обрахунків параметрів розсіяння механічної енергії за відомими механічними характеристиками, геометричним розмірами зразків підтверджуються експериментальними даними. Що дало змогу обґрунтувати залежність від власних значень матриці системи диференціальних рівнянь фізичного стану зв'язної системи матеріальних точок, яка прийнята в якості моделі внутрішнього розсіювання енергії. Проведена оптимізація параметрів матриці мас, жорсткості, модулів Юнга, декрементів затухання кожного шару, кількості шарів дозволяє встановити рівноважний стан моделі.

Показано, що ускладнення зв'язної системи матеріальних точок, як і ряду інших моделей, приводить до системи жорстких диференціальних рівнянь, для побудови наближених рішень яких використані гіперболічні многочлени, що утворюють повний базис, а отже, забезпечують рішення при різних варіаціях коефіцієнтів та правих частин систем рівнянь.

Вимірювання внутрішнього тертя (ВТ) проводили на оберненому крутильному маятнику. Амплітуда зсувної деформації при крученні змінювалась від $5 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-3}$, частота коливань - 1,5 Гц. Реєстрацію амплітуди проводили оптичним методом.

Аналіз отриманих результатів свідчить про складні структурні перетворення, які відбуваються в матеріалі в процесі технологічної обробки. На температурних залежностях ВТ спостерігаються невеликі піки і перегини як у низькотемпературній так і у високотемпературній областях. Ці ефекти пов'язані з відомою релаксацією Снука – Кестера (423-523 К). Величина попередньої пластичної деформації впливає на нахил високотемпературної кривої ВТ до шкали температур, а також на величину фону.

Дослідження амплітудної залежності ВТ вказує на стадійність розвитку мікропластичної деформації даної сталі. На залежностях ВТ від амплітуди спостерігаються невеликі прямолінійні ділянки амплітудно-незалежного і амплітудно-залежного ВТ. В залежності від величини притиску алмазного наконечника до поверхні валу змінюється нахил ділянок в амплітудно-залежній області до осі амплітуди деформації. Виявлено непогану кореляцію між зміною параметрів механічної спектроскопії з механічними характеристиками досліджуваних матеріалів, наприклад, межею витривалості.

Використання у роботі методу механічної спектроскопії в інфра- та звуковій області частот при дослідженні ефективності зміцнення поверхні деталей і матеріалів, з яких вони виготовляються, алмазним виглаживанням дозволяє встановлювати оптимальні технологічні режими їх виготовлення, початкові фізико-механічні параметри матеріалу, надійність і ресурс деталей та агрегатів, а також формувати необхідні будову, геометричні та фізичні параметри у неоднорідних за структурою матеріалах.

Список посилань

1. Богуслаев В. А. Формирование параметров качества несущих поверхностей валов ГТД алмазным выглаживанием [Текст] / В. А. Богуслаев, В. Ф. Мозговой, А. Я. Качан, В. А. Титов, А. И. Попенко // Вестник двигателестроения, 2003. – №1. – С. 84 – 89.
2. Хильчевский В. В. Рассеяние энергии при колебаниях тонкостенных элементов конструкции [Текст] / В. В. Хильчевский, В. Г. Дубенец. – К. : Вища школа, 1977. – 256 с.