

ОСОБЛИВОСТІ КОЛИВАНЬ МОНОКРИСТАЛІЧНИХ ЛОПАТОК З ПОШКОДЖЕННЯМИ

Чугай М. О.

Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України,
chugay@ipmach.kharkov.ua

Монокристалічні лопатки турбін сучасних ГТД працюють в умовах високих температур та інтенсивних вібраційних навантажень. Ці лопатки відрізняються складністю конструкції та неоднорідністю матеріалу, що обумовлено як монокристалічною структурою матеріалу, так і впливом температурних полів. Монокристалічні лопатки, як і полікристалічні, під час експлуатації можуть отримати пошкодження, в тому числі, у вигляді тріщин. Дані проблеми для монокристалічних лопаток мають ряд особливостей та потребують спеціальних досліджень. Найбільш цікавими є дослідження коливань монокристалічних лопаток з тріщинами, які знаходяться під кутом до подовжньої вісі лопатки [1, 2]. В області знаходження тріщини виникають великі градієнти деформацій та напружень, що обумовлює необхідність використання спеціальних скінченних елементів, що відображають ці особливості [3].

Розглянуто лопатку ГТД, що не охолоджується, із монокристалічного нікелевого жароміцного сплаву з пошкодженням. Геометрична форма лопатки та знаходження кристалографічних осей [100], [010], [001] при їх збігу з осями x , y , z , та місце розташування пошкодження представлено на рис. 1. У даній роботі досліджено вплив кристалографічної орієнтації та пошкоджень на власні частоти, форми коливань та локалізацію інтенсивностей напружень.

Використання монокристалічного матеріалу помітно збільшує власні частоти лопаток. Причому для матеріалу з КГО [111] це збільшення помітно більше, ніж для матеріалу з КГО [001]. Матеріал с КГО [001] робить більший вплив на частоти переважно крутильних коливань, а матеріал з КГО [111] – на частоти переважно згибних коливань.

Вплив пошкоджень на частоти та розподіл відносних напружень залежить як від матеріалу лопатки, так і від форми коливань. Для ряду форм коливань вплив пошкоджень більш позначається на монокристалічні лопатки, чим на полікристалічні. Вибір найбільш раціональної КГО матеріалу лопатки залежить від її конструктивних особливостей і частотного діапазону, в якому

Конференція молодих учених «Підстригачівські читання – 2014», 28–30 травня 2014 р., Львів

збуджуватимуться найбільш інтенсивні коливання, та від можливого очікуваного розташування пошкоджень.



Рис. 1. Геометрія лопатки і схема знаходження осей КГО [100], [010], [001] при збігу з вісями x , y , z

1. *Ножницький Ю. А., Голубовський Е. Р.* Монокристалічні робочі лопатки високотемпературних турбін перспективних ГТД // *Авіаційно-космічна техніка та технологія*. – 2006. – **35**, № 9. – С. 117-123.
2. *Голубовський Е. Р., Жуков Н. Д., Стадніков А. Н., Черкасова С. А., Петухов А. Н.* Експериментальна оцінка опори багатоциклової втомі монокристалів нікелевих сплавів і монокристалічних лопаток ГТД // *Міцність матеріалів і елементів конструкцій: Тез. допов. Междунар. наук.-техн. конф. / В 2 т.* – Київ: Ін-т проблем міцності ім. Г. С. Писаренко НАН України, 2010. – Т. 1. – С. 104-105.
3. *Сиратори М., Миєсси Т., Мацусіта Х.* Обчислювальна механіка руйнування / *Пер. з японск.* – М.: Мир, 1986. – 334 с.

PECULIARITIES OF VIBRATION SINGLE-CRYSTAL BLADES WITH DAMAGES

The work presents an analysis of vibrations of single crystal turbine blade with damage. The calculations was spent on the basis of the 3D models by finite elements method with the use of the special finite elements that account for the stress localization effect in the crack apex. Influence of crystallographic anisotropy and damages on natural frequencies, modes and stress intensities localizations is estimated.