

ОСОБЛИВОСТІ КОЛИВАНЬ МОНОКРИСТАЛІЧНИХ ЛОПАТОК СУЧАСНИХ ГТД

Чугай М.О.

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

Підвищення ефективності сучасних ГТД пов'язане із зростанням максимальної температури газу. Ці параметри визначаються можливістю створення, в першу чергу, лопатки першого ступеню, яка зазвичай є охолоджуваною, а також лопаток подальших ступенів. У ряді сучасних робіт наголошується, що якість проектування лопаток газової турбіни визначає основні параметри перспективних ГТД. Тому, як для першого ступеню газової турбіни, так і для подальших використовуються монокристалічні жароміцні сплави, що мають високі жароміцні властивості.

У даній роботі проведено аналіз впливу типу матеріалу і кристалографічної орієнтації (КГО) для неохолоджуваних лопаток. Для них вибір аксіальної орієнтації монокристалічного матеріалу неоднозначний. При аксіальній орієнтації [001] подовжній модуль пружності є мінімальним, але жорсткість на кручення максимальною. Максимальний подовжній модуль пружності досягається при аксіальній орієнтації монокристалічного матеріалу [111].

Вибір раціональної орієнтації монокристалічного матеріалу залежить від геометричної форми лопаток, форм їх коливань і розподілу вібраційних напружень, що представляє найбільшу небезпеку [1-3].

Неохолоджувані лопатки виготовляються з полікристалічних сплавів або монокристалічних з розташуванням матеріалу з аксіальними орієнтаціями [001] та [111].

Для всіх лопаток використовуються тривимірні скінченноелементні моделі. Для пера лопатки використовувалися 20-вузлові гексаедальні ізопараметричні елементи, а для полиць, замків і ніжок лопаток – 10-вузлові тетраедальні елементи (рис. 1). В разі полікристалічних сплавів матеріалу був однорідним (ізотропним) та матриця податливості мала діагональний вигляд. Для монокристалічних лопаток матеріал стає ортотропним і вигляд матриці податливості залежить від його орієнтації.

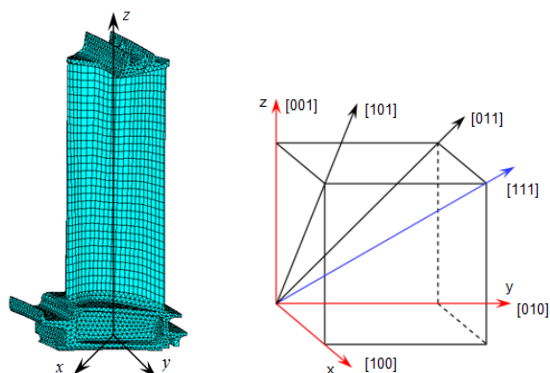


Рис. 1. Структура монокристала

Вибір матеріалу залежить від конкретних вимог до спектру власних частот. Форми коливань міняються залежно від матеріалу і орієнтації КГО. Нижчі форми коливань міняються слабкіше, а вищі сильніше. Поля відносних інтенсивностей напружень міняються істотно при будь-якій орієнтації монокристалічного матеріалу. Зони найбільших відносних напружень зазвичай зміщуються до периферії лопаток. Результати даних досліджень використовувалися на виробництві при виборі матеріалу лопаток.

1. Придорожний Р.П., Шереметьев А.В., Зиньковский А.П. Влияние кристаллографической ориентации на спектр собственных частот и форм колебаний монокристаллических рабочих лопаток турбин // Вестник двигателестроения. – 2006. – №2. – С.42-48.
2. Мельникова Г.В., Шорр Б.Ф. Влияние кристаллографической ориентации монокристалла и ее технологического разброса на частотный спектр турбинных лопаток / Авиационно-космическая техника и технология. – 2001. – №26. – С. 140-144.
3. Ножницкий Ю.А., Голубовский Е.Р. О прочностной надежности монокристаллических рабочих лопаток высокотемпературных турбин перспективных ГТД // Прочность материалов и ресурс элементов энергооборудования. Труды ЦКТИ. – СПб, 2009. – Вып. 296. – С. 74-82.

PECULIARITIES OF VIBRATION SINGLE-CRYSTAL BLADES MODERN GAS-TURBINE ENGINES

In the article the features of vibrations of the uncooled blades are examined from polycrystal and single-crystal material. The analysis of influence of type of material and crystallography orientation is conducted on the spectrum of natural frequencies, forms of vibrations and distributing of relative stresses. Theoretical and experimental results are compared.