

**РАСЧЁТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЕРИОДИЧНОСТИ ИНСПЕКЦИЙ В ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ВАЛА ЗАДНЕГО ВИНТА ДВИГАТЕЛЯ НК-12МП  
С УЧЁТОМ РАЗВИТИЯ ТРЕЩИН МНОГОЦИКЛОВОЙ УСТАЛОСТИ**

©2016 Е.П. Кочеров<sup>1</sup>, С.Д. Потапов<sup>2</sup>, Д.Д. Перепелица<sup>2</sup>, И.А. Селиванов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Публичное акционерное общество «Кузнецов», г. Самара

<sup>2</sup>Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова, г. Москва

**EXPERIMENTAL-NUMERICAL RESEARCH FOR DEFINING THE INSPECTION PERIODICITY OF THE  
REAR PROPELLER SHAFT IN SERVICE ON NK-12MP ENGINE TAKING INTO ACCOUNT HIGH-  
CYCLE FATIGUE CRACK PROPAGATION**

Kocherov E.P., Selivanov I.A. (PJSC «Kuznetsov», Samara, Russian Federation),

Potapov S.D., Perepelitsa D.D. (Central Institute of Aviation Motors named after P.I. Baranov,  
Moscow, Russian Federation)

Has been carried out the inspection *periodicity of propeller shaft in service conditions regarding to fatigue cracks propagation, the tension analysis of spline on the rear propeller and has been executed fractography research of shaft fracture surfaces.*

Работа по определению периодичности инспекций в эксплуатации вала заднего винта двигателя НК-12МП (рис. 1) с учётом развития трещин многоциклового усталости проводилась в два этапа.

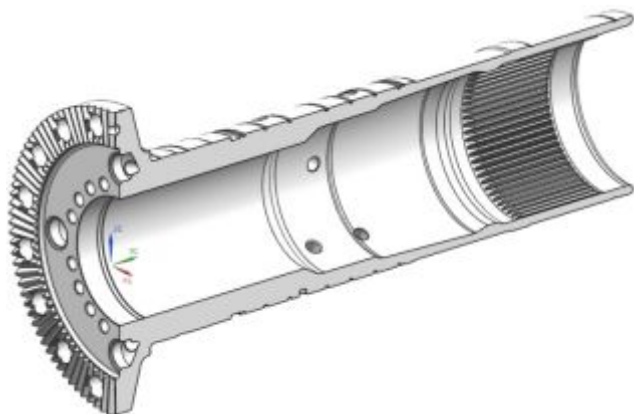


Рис. 1. Вал заднего винта двигателя НК-12МП

На первом этапе с использованием моделей высокого уровня проведено определение напряжённо-деформированного состояния вала заднего винта двигателя НК-12МП с учётом:

- монтажных усилий, возникающих при затяжке шпилек крепления втулки винта;
- осевой силы, вызванной аэродинамическими нагрузками на винт;
- изгибающего момента, связанного с косым обдувом винта;
- крутящего момента.

Полученные величины напряжений в зоне хиртового соединения (рис. 2) позволи-

ли провести оценки коэффициентов интенсивности напряжений в вершинах трещин, возникающих в зоне контактного сопряжения хиртов, и распространяющихся в процессе эксплуатации двигателя в тело фланца вала.

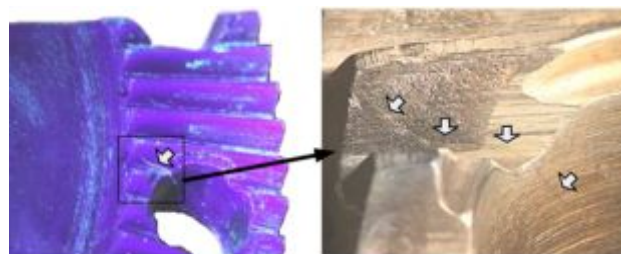


Рис. 2. Расположение усталостных трещин в шлицах

На втором этапе на основе макро- и микрофрактографических исследований поверхностей излома валов (рис. 3, 4) определены:



Рис. 2. Макрорельеф поверхности излома вала

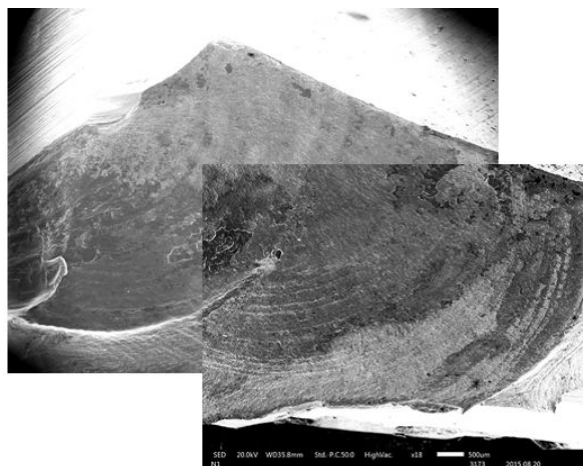


Рис. 3. Микрорельеф поверхности излома вала

- причины образования трещин усталости;
- причины, приводящие к изменению направления развития трещин в процессе эксплуатации двигателей;
- скорости развития трещин;
- эксплуатационные факторы, вносящие наибольший вклад в скорость развития трещин.

На основе полученных данных разработан регламент проведения инспекций на предмет выявления трещин, контроля за скоростью их развития в эксплуатации, а также критерии отстранения валов от эксплуатации.

УДК 004.942

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ОРИЕНТИРОВОК НА ФЕСТОНООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ВЫТЯЖКЕ

©2016 А.Т. Тиабашвили, Р.П. Дорогов, Я.А. Ерисов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

### SIMULATION OF CRYSTALLOGRAPHIC ORIENTATION INFLUENCE ON THE EARING PROCESS DURING EXTENSION PROCEDURE

Tiabashvili A.T., Dorogov R.P., Erisov Y.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

*On the basis of the earlier developed anisotropic material model using finite-element modeling has been studied the influence of ideal crystallographic orientations on the earing process during stretching of caps made from aluminum alloy 8011A. It has been determined that orientation  $\{124\}\langle 123\rangle$  causes formation of 4 ears at angle  $45^\circ$  in rolling direction, while orientations  $\{230\}\langle 231\rangle$ ,  $\{135\}\langle 130\rangle$ ,  $\{100\}\langle 100\rangle$  cause ears in rolling and transverse directions. Also it has been shown that one possible combination of ideal crystallographic orientations, which eliminates earing and non-uniform thickness of cap, is the following:  $\{124\}\langle 123\rangle$  - 43,9%;  $\{135\}\langle 130\rangle$  - 29,2%;  $\{230\}\langle 231\rangle$  - 25,6%;  $\{100\}\langle 100\rangle$  - 1,3%.*

В данной работе на примере моделирования процесса вытяжки в программе LS-DYNA приведены результаты практической реализации пользовательской модели материала, учитывающей в явном виде параметры кристаллографической ориентации структуры и константы кристаллической решётки.

Для того, чтобы в ходе компьютерного моделирования учесть кристаллографическую ориентацию структуры и сформулировать требования к ней, использовалась модель материала, состоящая из следующих элементов [1-2]: критерий пластичности, учитывающий параметры кристаллографической ориентации и кристаллической решётки в явном виде [3]; линейная изотропная модель упрочнения [6]; уравнение расчёта напряжений при упруго-пластической де-

формации, базирующееся на линеаризации критерия пластичности методом касательных [3-4].

Для реализации приведённой модели в программе LS-DYNA создан пользовательский материал UMAT 47 на языке программирования Fortran [5]. С использованием данной модели выполнено моделирование процесса вытяжки колпачков из алюминиевого сплава 8011A. При моделировании задавались следующие свойства материала заготовки: предел прочности – 140 МПа; предел текучести – 130 МПа; относительное удлинение – 3%; модуль Юнга – 70 ГПа; коэффициент Пуассона – 0,3 [6]. Наиболее характерные ориентировки алюминиевого сплава 8011A [7] и их параметры приведены в табл. 1.