

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ИСПЫТАНИЙ

© 2012 Радченко В.П., Морозов А.П.

Самарский государственный технический университет, Самара

COMPREHENSIVE STUDY OF PHYSICAL AND MECHANICAL CONDITION OF THE SURFACE LAYER AFTER VARIOUS MODES OF TESTS

© 2012 Radchenko V.P., Morozov A.P.

The influence of high-cycle fatigue actions of the plane samples of the alloy E1698VD, previously hardened in the rate of the air shot blasting, on the characteristics of roughness and microhardness was researched. We also explored the properties of aluminum AD-1 after scleronomous and rheonomic deformation and destruction of the material. We found that microhardness, roughness depended on the terms of hardening and fatigue tests.

Основными задачами современного авиадвигателестроения является повышение срока службы и надежности изделий с одновременным снижением (или хотя бы не увеличением) их массы. Одним из основных резервов повышения сопротивления усталости деталей с концентраторами напряжений является применение современных поверхностно упрочняющих технологий, при этом не происходит изменения ни геометрических параметров деталей, ни ее массы.

Целью данной работы является исследование физико-механического состояния упрочненных образцов из жаропрочного никелевого сплава ЭИ698ВД, алюминиевых сплавов В95, Д16Т после пневмодробеструйной обработки, температурных выдержек и многоцикловых усталостных испытаний, а также технически чистого алюминия АД-1 в условиях склерономного и реономного деформирования и разрушения материала. Новизна исследований состоит в анализе влияния упрочнения на параметры усталости с точки зрения комплексного характера: как с позиции механики деформируемого твердого тела, так и с позиции металлофизики.

В работе изучено влияние многоцикловых усталостных испытаний

плоских образцов из сплава ЭИ698ВД (типа лопатки), предварительно упрочненных в режиме пневмодробеструйной обработки на характеристики микротвердости, шероховатости, размера зерна поверхностного слоя. Первоначально упрочнения осуществлялось двумя способами – стеклянными шариками (\varnothing 250 мкм) и стальной дробью (\varnothing 315 мкм).

Установлено, что наибольший прирост микротвердости наблюдается при упрочнении стеклянными шариками, где среднее значение микротвердости по Кнуппу составляет 1200-1500 единиц. При обработке стальной дробью НК возрастает до 800-900 единиц.

Выявлено, что структура образцов, обработанных стеклянными шариками, однородна по всему сечению. Средний условный \varnothing зерна составляет $0,0138 \text{ мм}^2$. В поверхностном слое наблюдается небольшое количество трещин. Установлено, что при обработке стальной дробью на поверхности имеется полоса глубиной $0,03\text{-}0,035 \text{ мм}$ со средним \varnothing зерна $0,0099 \text{ мм}^2$. Далее – выявляется однородная микроструктура с величиной зерна $0,0138 \text{ мм}^2$.

При исследовании образцов после усталостных испытаний выявлено, что

наибольшее значение микротвердости наблюдается в периферийной зоне.

Исследование шероховатости, проведенное по параметрам R_z и R_q , установило, что усталостные испытания не оказывают существенного влияния на шероховатость поверхности.

Установлено, что микротвердость коррелирует с величиной сжимающих остаточных напряжений на упрочненной поверхности, а шероховатость не зависит от характера усталостных испытаний.

В работе также рассмотрено влияние режимов пневмодробеструйной обработки (ПДО) и пневмодробеструйной обработки + термоэкспозиции (ПДО+ТЭ) на изменение физико-механического состояния поверхностного слоя, а также на структуру и свойства по глубине исследуемых образцов из алюминиевых сплавов В95, Д16Т.

Анализировались цилиндрические образцы как после ПДО, так и после пневмодробеструйной обработки с последующей термоэкспозицией. В дальнейшем были проведены усталостные испытания.

Установлено, что ПДО значительно влияет на рост микротвердости (в особенности на образцах из сплава В95), где значения микротвердости по Кнуппу возрастают на 1000-3000 единиц по сравнению с исходной структурой. Термоэкспозиция, проведенная на образцах после ПДО, заметно снижает значения микротвердости в обоих рассмотренных сплавах. Практически во всех образцах происходит падение микротвердости до исходного состояния. Наиболее резкое снижение микротвердости заметно у сплава В95, что объясняется его малой теплостойкостью. На расстоянии 700-900 мкм от зоны разрушения после усталостных испытаний сказывается влияние пластической деформация, которая приводит к сильному скачку микротвердости.

Выявлено, что ПДО значительно искажает рельеф образцов и способствует сильному росту шероховатости. Установлено, что термоэкспозиция не влияет на изменение шероховатости поверхности.

Микроструктурный анализ поперечного сечения образцов выявляет наличие трех ярко выраженных зон:

- сильно наклепанный темнотравящийся поверхностный слой;

- основная зона, протяженность которой составляет порядка 40 мм. Это зона, в которой имеется также большое количество дефектов, которые в основном сконцентрированы по границам зерен;

- глубинная зона, в которую плавно переходит основная зона. Это область характеризуется сравнительно небольшим количеством дефектов.

ТЭ приводит к частичному уменьшению признаков наклепанной структуры.

Влияние склерономного и реономного деформирования материала изучалось на 29 круглых образцах \varnothing 4 мм и длиной 40 мм, вырезанных как в продольном, так и в поперечном к оси заготовки направлениях из технически чистого алюминия марки АД-1. В ходе исследований были выполнены программы испытаний:

упругопластическое, ступенчатое, комбинированное нагружение. Методика проведения эксперимента включает в себя: исследование макроструктуры, замеры микротвердости по Кнуппу на разрушенных и неразрушенных образцах в рабочей зоне; исследование шероховатости проводилось по параметрам R_a , R_y , R_z , R_q .

Проведенный анализ образцов позволяет сделать следующие выводы:

- наиболее гладкая поверхность наблюдается у образцов, вырезанных в продольном направлении к оси заготовки с последующими испытаниями на ползучесть;

- максимальная шероховатость достигается на образцах, вырезанных в поперечном направлении к оси заготовки. Программа испытаний оказывает незначительное влияние на изменение шероховатости;

- на значения микротвердости не оказывает влияния методика изготовления образцов, а влияет программа испытаний;

- максимальный рост микротвердости наблюдается в зоне разрушения на образцах после испытаний

на ползучесть. Длина этой зоны составляет 2-5 мм.

Таким образом, проведенные исследования объясняют причины повышения сопротивления усталости на микроуровне (с точки зрения металлофизики), а также позволяют

разработать методы контроля и диагностирования напряженно-деформированного состояния в упрочненном слое образцов по параметрам микротвердости, шероховатости по установленным корреляционным связям.

ПОДЪЁМНАЯ СИЛА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ С ИНТЕРЦЕПТОРОМ

© 2012 Редькина К.В., Фролов В.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), Самара

LIFT OF THE AIRFOIL WITH SPOILER

© 2012 Ksenia V. Redkina, Vladimir A. Frolov

A model of a stationary vortex for the potential circulation flow around airfoil-spoiler combination has been proposed. The solution is obtained for the flow of incompressible ideal fluid. The Complex Variable Function Theory is applied. For the simulation of the recirculation area, a stationary vortex is used, the location of which is found by minimizing a velocity function. Dependence of the lift on the angle of attack, relative length of the spoiler and its angle of deflection is obtained.

Целью работы является разработка математической модели течения около аэродинамического профиля с интерцептором. Теоретическая значимость работы заключается в получении фундаментальных новых знаний о параметрах циркуляционных потенциальных течений около аэродинамического профиля с интерцептором.

В ряде работ [1-3] рассматривались математические модели течений около аэродинамических профилей с интерцепторами. В работах [1, 2] стационарная рециркуляционная зона за интерцептором моделировалась методом конформных отображений. В работе [3] математическая модель основывалась на нестационарном подходе и использовался метод дискретных вихрей. В данной работе предлагается математическая модель, основанная на предположении о стационарности точечного вихря, расположенного за интерцептором. Достоверность результатов расчёта коэффициента подъёмной силы профиля с интерцептором оценивается сравнением с

результатами, полученными в вычислительном пакете ANSYSCFX.

Рассматривается задача течения жидкости около симметричного аэродинамического профиля с эллиптической носовой частью ($\bar{c} = 0,15; \bar{x}_c = 0,3$) при наличии стационарного вихря за интерцептором, моделирующего отрывную зону.

В рамках численно-аналитического метода (ЧАМ) моделирование хвостовой части профиля и интерцептора выполняется с помощью набора точечных вихрей, равномерно распределённых по их поверхностям. Хвостовая часть профиля и интерцептор разбиваются на граничные элементы, в пределах каждого помещается точечный вихрь и контрольная точка, используется численная схема метода дискретных вихрей « $1/4 - 3/4$ ». На $1/4$ граничного элемента располагается точечный вихрь, а на $3/4$ — контрольная точка. ЧАМ позволяет получить квазианалитическое решение на носовой части профиля. Для этого используется