

Все эти преимущества позволяют существенно уменьшить вес конструкции (следовательно, удешевить ее), а в совокупности с применяемым на самолете гораздо более экологичным, относительно неисчерпаемым, энергоемким криогенным топливом (а именно жидким водородом) позволяют говорить о перспективности данного проекта.

Оба фюзеляжа представляемого самолета являются контейнерами для сжиженного водорода, а вся целевая нагрузка перевозится на внешней подвеске под центропланом (Рис. 2)

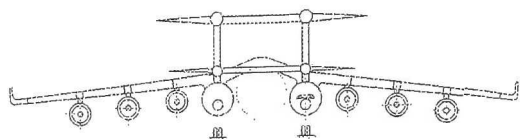


Рис. 2 Схема размещения груза

Такой вариант размещения целевой нагрузки позволяет существенно экономить время при наземном обслуживании самолета в виду возможности одновременного проведения предполетной подготовки и загрузки грузового модуля. Под определенный вид и размер груза подбирается определенный модуль, что позволяет использовать внутренние грузовые объемы полностью. Все это также свидетельствует о перспективности проекта

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ВЫГЛАЖИВАНИЕМ НА МАЛОЦИКЛОВУЮ УСТАЛОСТЬ МАТЕРИАЛА

© 2012 Буханько А.А.<sup>1</sup>, Кочеров Е.П.<sup>2</sup>, Овчинникова С.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева  
(национальный исследовательский университет)

<sup>2</sup>ОАО «Кузнецов», Самара

## EVALUATION PROCEDURE OF EFFECT OF BURNISHING SURFACE TREATMENT UNDER LOW-CYCLE MATERIAL FATIGUE

© 2012 Bukhanko A.A., Kotcherov E.P., Ovchinnikova S.A.

The plastic flow near the angular wedge under the burnishing of surface is considered. Fields of strain and specific internal forces work in the plastic region are specified. An algorithm for determination of part of internal forces work is suggested. This part of work has connected with the material hardening and has effect on the failure of material under the burnishing.

Усталостное разрушение почти всегда зарождается в окрестности поверхности детали. Основными факторами, вносящими вклад в усталостное разрушение, служат кроме геометрических концентраторов деформаций (царапины, выемки, следы от механической обработки), повреждения, вносимые существенными пластическими деформациями в зоне взаимодействия

материала детали с режущим инструментом. Это связано с упрочнением материала и исчерпанием его пластических свойств (охрупчиванием материала). Такое влияние хорошо исследовано в малоцикловой усталости и выражается формулой Кофина-Мэнсона, энергетическая трактовка которой дана Фелтнером-Морроу-Мартинем [1,2].

Деформации в поверхностном слое при обработке выглаживанием можно рассматривать как однократное циклическое нагружение при  $N = 0,5$  и  $\Delta \epsilon_{пл}$ , определяемом технологическим процессом, что позволяет записать формулу Коффина-Мэнсона в виде

$$\Delta \epsilon_{пл} N^a = M(W_{**}). \quad (1)$$

Трактовка формулы Коффина-Мэнсона (1), предложенная Фелтнером-Морроу-Мартинио [1,2], для поверхностного слоя, подвергнутого выглаживанию, принимает вид

$$\sum W_{ц} = W_{**} - W_{п} = W_{кр}, \quad (2)$$

где  $W_{**}$  - работа внутренних сил, характеризующая зарождение макротрещины в исходном материале;  $W_{п}$  - работа внутренних сил в поверхностном слое на пластических деформациях, связанных с его упрочнением;  $W_{кр}$  - суммарная работа внутренних сил, необходимая для разрушения в поврежденном материале.

В работе рассматривается задача о выглаживании, которая возникает в связи с существованием переходной поверхности, соединяющей переднюю и заднюю

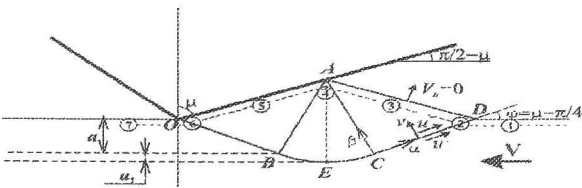


Рис. 1

поверхности резца в процессе резания.

Пластическое течение для процесса выглаживания представлено на рис. 1. При движении частицы в пластической области выделяются семь участков траектории: 1 - частица движется со скоростью  $V$  в недеформированном поверхностном слое; 2, 6 - частица мгновенно деформируется на жёсткопластической границе и рассеивает на пластических деформациях конечную удельную работу внутренних сил  $W$ ; 3, 5 - частица движется, не деформируясь, вдоль свободных поверхностей  $AD$  и  $OA$ , соответственно; 4 - частица движется в веере линий скольжения  $BAC$ , деформируясь с максимальной скоростью

сдвига  $\gamma_{max}$ , и рассеивает удельную работу

$$\frac{W}{2k} = \int_{t_0}^{t_k} \gamma_{max} dt; \quad 7 - \text{ частица движется в}$$

деформированном поверхностном слое со скоростью  $V$ .

Во всех областях определены поля деформаций и удельная работа внутренних сил, согласно [3,4].

Активными участкам деформирования частицы вдоль траектории являются участки 2, 4, 6. Процессы деформирования на этих участках можно трактовать как полуциклы жёсткого деформирования в интервале начальных и конечных деформаций соответствующего этапа. Это означает, что в повреждении материала участвует не вся рассеянная энергия, а только её часть  $W_{п}$ , связанная с упрочнением. Определение этой части не может быть рассчитано в рамках идеального жёсткопластического тела, но может быть оценено из диаграммы  $\sigma - \delta$  по вычисленным значениям деформаций.

Алгоритм определения части работы внутренних сил в процессе выглаживания, оценивающей поврежденность материала ЭК79, представлен на графиках рис. 2: (а) -

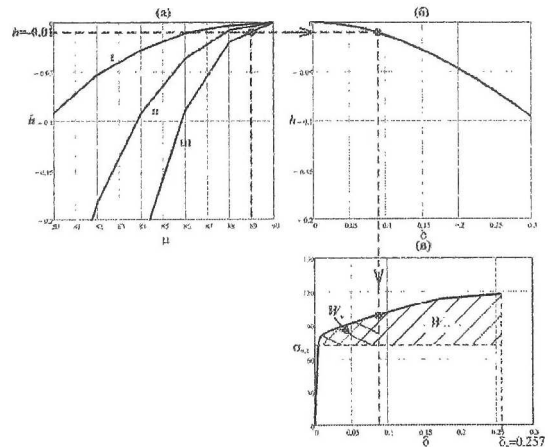


Рис. 2

изменение параметра упрочнения  $h = E_{ii}$  (первый инвариант тензора конечных деформаций Альманси) вдоль траектории движения частицы для различных углов  $\mu$  (линия I - на участке  $CD$ , линия II - в веере  $BAC$ , III - на участке  $OB$ ); (б) - связь параметра упрочнения  $h$  с относительным удлинением  $\delta$  в эксперименте об одно-

осном растяжении цилиндрического образца;

(в) – диаграмма нагружения ЭК79.

Работы внутренних сил  $W_{**}$  и  $W_n$  определяются площадями (см. рис. 2,в) в полосе под статической диаграммой  $\sigma - \delta$  и  $\sigma_{0,2}$  по конечным деформациям частицы после пересечения пластической области.

Рассеиваемая работа внутренних сил при выглаживании вызывает повреждение, и снижает способность материала упрочняться. Согласно (2) это приводит к уменьшению величины  $W_{**}$  на величину  $W_n$ , что соответствует уменьшению ресурса упрочнения материала. В рассмотренном примере угол клина принят равным  $89^\circ$  и отношение площадей  $\frac{W_{**}}{W_n} \approx 5,6$ .

УДК 621.787:539.319

## ВЛИЯНИЕ АЗОТИРОВАНИЯ НА ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ И ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ ОБРАЗЦОВ С НАДРЕЗАМИ ИЗ СТАЛИ 38Х2МЮА

© 2012 В.С. Вакулюк, А.В. Чирков, А.С. Букатый, О.В. Каранаева, П.А. Шляпников

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

## NITRIDING INFLUENCE ON RESIDUAL STRESSES AND LIMIT OF ENDURANCE OF SPECIMENS WITH NOTCHES MADE OF 38X2MЮA STEEL

© 2012 V.S. Vakuljuk, A.V. Chirkov, A.S. Bukatyi, O.V. Karanaeva, P.A. Shlyapnikov

The residual stresses after nitriding in specimens with notch made of 38X2MЮA steel are studied. It is established that for evaluation of limit of endurance increment at bending of such specimens the average residual stresses criterion can be used.

С целью изучения влияния азотирования на остаточные напряжения и предел выносливости деталей из стали 38Х2МЮА были проведены эксперименты на гладких образцах диаметром 5 мм и на образцах с глубокими надрезами V-образного профиля (рис. 1) двух радиусов  $R = 0,5$  мм и  $R = 2,5$  мм.

Одна половина образцов подвергалась азотированию в течение 6 часов (А1), другая – 8 часов (А2). Определение осевых  $\sigma_z$  остаточных напряжений проводилось методом удаления части поверхности на гладких цилиндрических образцах и

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Feltner, С.Е., Microplastic strain hysteresis energy as a criterion for fatigue fracture / С.Е. Feltner, J.D. Morrow. – Trans. ASME, 1961. – 83, №1. – P. 15-22.
2. Martin, D.E. An energy criterion for low-cycle fatigue / D.E. Martin // J. Basic Eng., Trans. ASME. – 1961. – P. 565-571.
3. Хромов, А.И. Концентраторы деформаций / А.И. Хромов, А.А. Буханько, С.Л. Степанов // Доклады Академии наук. – 2006. – Т. 407, № 6. – С. 777-781. Буханько, А. А. Адиабатическое распределение диссипации энергии в окрестности центра веера характеристик / А.А. Буханько, Е.П. Кочеров, В.А. Самойлов // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. физ.-мат. науки, 2009. – № 2(19). – С. 252-256.

меридиональных  $\sigma_\varphi$  (осевых  $\sigma_z$  – в наименьшем сечении) на образцах с надрезами (рис.2).

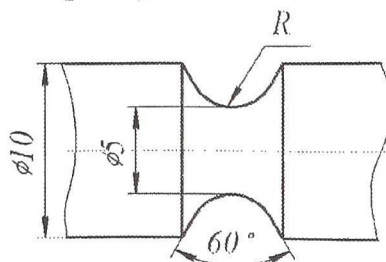


Рис. 1. Образец с надрезом радиуса R