

INTRODUCTION

L'importance du problème matériaux dans un turboréacteur peut être saisie par quelques chiffres :

- sur un moteur de technologie simple tel que l'ATAR équipant les Mirages III, le prix de l'approvisionnement en barres, tôles, pièces brutes de forge et de fonderie représente 1/5 du prix de la machine.
- sur un moteur de même poussée mais à très haut rendement - donnant une diminution^{de} consommation spécifique de 30 à 35 % grâce à des hauts taux de compression et une température élevée devant turbine - l'approvisionnement coûte 3 fois plus cher que le précédent et représente 1/3 du prix de la machine c'est à dire 5 fois plus que le prix de l'approvisionnement de la machine moins évoluée.

Dans la machine à hautes performances, les alliages de titane sont largement utilisés dans les parties relativement froides et des alliages base nickel et cobalt sont presque exclusivement utilisés dans la partie chaude.

Le choix d'un matériau est lié à ses caractéristiques d'emploi, à ses possibilités de mise en oeuvre, à l'expérience acquise, aux moyens industriels et finalement au prix que les performances possibles coûtent.

1. CARACTERISTIQUES D'EMPLOI

Pour déterminer le dimensionnement d'une pièce ou la fiabilité d'un matériau, il est fait appel à un grand nombre de caractéristiques. Cela va des caractéristiques mécaniques classiques à des notions plus complexes nécessitant souvent la mise au point d'essais technologiques par lesquels l'ingénieur tente de reproduire de façon suffisamment simple des conditions de fonctionnement pratiques. Examinons différents aspects de ces problèmes.

1.1. Caractéristiques Mécaniques

1.1.1. Caractéristiques statiques

1.1.1.1. Traction et sensibilité à la propagation des criques

Si la limite élastique et la résistance à la traction sont toujours des caractéristiques de base, les allongements de rupture et la striction ne donnent pas toujours une idée précise des risques de rupture instantanée pour des pièces fortement chargées statiquement. Pour les matériaux à haute résistance, à partir d'un certain niveau de contraintes et d'une certaine dimension du défaut, une crique peut progresser brutalement jusqu'à rupture complète.

Pour faire progresser une crique d'une unité de surface, il faut fournir une énergie d'une valeur G mais en progressant la crique libère une certaine énergie interne dans le système et si cette énergie est supérieure à l'énergie nécessaire pour la décohésion du matériau, il ne peut plus y avoir évolution progressive. Pour une crique dans une plaque de dimensions infinies, il est déterminé une valeur dite G_{lc} .

..../..

- 2 -

Pour comparer les matériaux, les métallurgistes utilisent le critère $K_{1c} = \sqrt{EG}1c$, E étant le module d'élasticité - K_{1c} est appelé résistance à la propagation des criques. Il est possible théoriquement d'en déduire quelles sont les dimensions de défaut à partir desquelles il y a risque de rupture brutale pour une contrainte donnée dans une structure.

1.1.1.2. Fluage

Dans les turboréacteurs, c'est le phénomène de fluage qui est en général le problème important au point de vue statique. Pour les disques et carters le critère généralement utilisé est le fluage allongement 0,1 ou 0,2 % (en admettant toutefois des allongements de l'ordre de 1 % dans les sillages chauds des canaux d'éjection). Pour les aubes de turbine, dont la zone la plus sollicitée au point de vue fluage ne dépasse pas 15 à 20 % de la hauteur de la pale, le Bureau d'Etudes se base sur les allongements 1 %. Une courbe de fluage présente 3 parties : déformation plastique courte durée, allongement de fluage à vitesse constante de longue durée suivi d'un allongement rapide jusqu'à rupture. Pour avoir une bonne fiabilité par rapport à la rupture, il est nécessaire d'avoir une phase tertiaire suffisamment importante (voir allure des courbes planche 1).

La détermination des caractéristiques de fluage d'un matériau représente un travail de laboratoire important surtout lorsque les longues durées sont visées. Des lois générales ont été recherchées pour permettre d'avoir une première approximation à partir d'un nombre d'essais limités. La plus connue est celle des courbes maîtresses Larson Miller de la forme

$$\sigma = f [T (a + b \log t)]$$

avec σ contrainte

T température absolue

t temps

1.1.1.3. Relaxation

Pour certaines pièces telles que la boulonnerie, l'étude de la relaxation - diminution de la contrainte à déformation constante en fonction du temps - est importante (voir allure des courbes planche 1).

1.1.2. Caractéristiques dynamiques

1.1.2.1. Fatigue mécanique

S'il y a en général bonne corrélation entre les déformations en fluage sur moteur et les caractéristiques de fluage mesurées en laboratoire, il n'est malheureusement pas de même pour les problèmes de fatigue mécanique où de très nombreux facteurs interviennent :

- dimension des pièces
- concentration de contraintes
- conditions d'encastrement
- tensions internes
- état de surface
- type de cycle et notamment fréquence
- conditions d'ambiance etc....

.../...