

Les superalliages base Nickel monocristallins pour application aux aubes de turbine

César Almecija, Judith Bellon, Marguerite Dejean de La Bâtie, Guillaume Richard, Louis-Justin Tallot



Métallurgie au service des performances des aubes de turbines

Concevoir des aubes de turbines résistant aux plus hautes températures possibles

Objectif pratique

Augmenter la température d'entrée du carburant dans l'aube de turbine

Solution

Objectif industriel

Réduire la consommation de carburant

Les aubes les plus exposées aux hautes températures et pressions

Évolution de la température en entrée de la turbine depuis 1940

Plus sensibles...
- à la fatigue thermique
- au fluage

Résistance au fluage des superalliages pour aubes

Comment améliorer le comportement mécanique ?

Elaboration : la fonderie à modèle perdu

- Moulage d'une partie de la pièce avec un **outillage d'injection** : charge organique (**cire**) ou minérale (**noyau**).
- Assemblage de ces parties sur une **grappe** : recouvrement par une **carapace** (enrobage céramique).
- Évidage de la carapace, coulage du matériau en fusion, **solidification**.
- Casse de la carapace, application de **traitements thermiques** et vérification de la qualité.

Anisotropie : orienter les grains parallèlement aux contraintes principales

Équiaxe

Monocristallin

Colonnaire

Joint de grains fragiles ou avec une faible température de fusion

Zoom sur... le processus de solidification :

Refroidissement naturel → Grains équiaxes

Refroidissement dirigé → Grains colonnaires

Refroidissement dirigé avec sélecteur de grains ou avec insertion d'un germe monocristallin → Monocrystal

Microstructure après traitement thermique

Deux phases

Matrice γ : Ni à 70% + Co, Cr, W, Re, etc.

Phase γ' : Ni_3X (X=Al, Ti, etc.)

Composition : compromis entre...

Améliorer les propriétés...

- coulabilité ;
- adhérence de la couche protectrice ;
- etc.

... sans trop...

- augmenter la densité
- détériorer d'autres propriétés

Pour aller plus loin...

Autres améliorations

Appliquer des **céramiques de revêtement** pour la protéger de la chaleur.

Rendre l'aube creuse pour permettre un **refroidissement interne**

Améliorer la composition

Fabrication additive à l'étude

Limites du procédé

La solidification peut engendrer des **contraintes** dans la pièce : il peut donc provoquer des **déformations plastiques** (dislocations).

Ces défauts peuvent **recristalliser** lors du traitement thermique : **l'aube ne serait plus monocristalline.**

