

Les Superalliages base nickel : près d'un siècle de développement de matériaux pour l'aéronautique fonctionnant à haute température

Jean-Yves Guédou

 <http://interfas.univ-tlse2.fr/nacelles/958>

Référence électronique

Jean-Yves Guédou, « Les Superalliages base nickel : près d'un siècle de développement de matériaux pour l'aéronautique fonctionnant à haute température », *Nacelles* [En ligne], 8 | 2020, mis en ligne le 20 mai 2020, consulté le 10 mai 2023. URL : <http://interfas.univ-tlse2.fr/nacelles/958>

Les Superalliages base nickel : près d'un siècle de développement de matériaux pour l'aéronautique fonctionnant à haute température

Jean-Yves Guédou

PLAN

La « Préhistoire » : avant 1920

La Genèse des superalliages dans l'entre-deux-guerres (1920-1940)

L'Essor des superalliages au cours de la Seconde Guerre mondiale

Le fantastique développement des superalliages durant les Trente Glorieuses (1950-1980)

Les deux superalliages « fondateurs » : le Waspaloy et l'INCO718

Applications industrielles chez les motoristes aéronautiques

1970-1980 : le temps des études de base sur les superalliages

« L'Âge d'or » des superalliages : 1980 à 2000

Conclusion et perspectives : les superalliages base nickel au ^{xxi}^e siècle

TEXTE

- 1 Les alliages à base de nickel, qu'on appelle « superalliages », sont des matériaux stratégiques dans le domaine de la propulsion aéronautique et spatiale puisqu'on ne saurait pas fabriquer les turboréacteurs pour avions et les moteurs spatiaux sans les mettre en œuvre. Les alliages les plus performants utilisés aujourd'hui résultent du développement continu au cours du siècle dernier d'alliages dont ont eu d'abord besoin les fabricants de machines produisant de l'énergie, c'est-à-dire les turbines pour applications navales, industrielles et enfin aéronautiques. Cet article relate ces évolutions et les principales étapes du développement de cette famille de matériaux.

La « Préhistoire » : avant 1920

- 2 De tous temps, l'homme a eu besoin de matériaux de bonne résistance mécanique et pouvant supporter des températures bien supérieures à la température ambiante : il a ainsi mis en œuvre dès la Pré-

histoire des alliages métalliques (familles des bronzes puis des alliages à base de fer) ainsi que des céramiques. La révolution industrielle du ^{xix}^e siècle a vu l'apparition des turbines à vapeur, dont les premiers modèles brevetés en Angleterre par Charles Parsons en 1884¹ servaient à la propulsion de bateaux. Ce brevet racheté par George Westinghouse a permis à ce dernier de développer des turbines pour produire de l'électricité aux États-Unis dès les années 1900 : on est alors passé en une vingtaine d'années d'une puissance de 10 CV (soit 7,5 kW) à 300 kW, ce qui a considérablement accru les sollicitations mécaniques et thermiques dans ces machines et a nécessité l'emploi de matériaux alliant une bonne résistance sous ces deux aspects. Les premiers matériaux utilisés étaient naturellement des alliages à base de fer, auxquels on commençait à ajouter du chrome et du nickel. Le nickel (Ni), élément chimique métallique, a été identifié au milieu du ^{xviii}^e siècle par le Suédois Cronstedt. Les utilisations du nickel demeurent longtemps marginales en raison de son coût élevé. L'industrie du nickel démarre à la suite de la découverte de gisements en Nouvelle-Calédonie en 1874 dans un contexte de course aux armements qui a poussé à la mise au point des aciers spéciaux. Les minerais silicatés exploités en Nouvelle-Calédonie ont pu être traités grâce au procédé de l'Allemand Theodor Fleitmann pour le compte de la société Le Nickel dans les années 1880. Le traitement des minerais sulfurés canadiens a été résolu par l'Anglais Ludwig Mond en 1890 (procédé « nickel carbonyle »). Les premiers alliages à base de nickel sont obtenus en y ajoutant du cuivre (Cu) ou du chrome (Cr). L'Américain Ambrose Monell dépose en 1906 un brevet d'alliage 70Ni-30Cu (US811239) qu'il baptise le Monel 400, pour des applications dans l'industrie chimique². Presque simultanément, l'Anglais Albert Marsh dépose un brevet d'alliage 80Ni-20Cr (UK2129) pour thermocouples, résistors et éléments de chauffage³. Ces alliages très résistants à la corrosion et l'oxydation, présentent en outre une bonne tenue mécanique à des températures élevées : ce sont là les matériaux « fondateurs » à partir desquels va se déclencher la « grande épopée » des alliages de nickel qu'on appellera plus tard « superalliages ».

La Genèse des superalliages dans l'entre-deux-guerres (1920-1940)

- 3 Les travaux se multiplient dans les années 1920 avec beaucoup de dépôts de brevets en Grande-Bretagne ainsi qu'aux États-Unis et c'est l'Américain Paul Merica⁴, ingénieur dans l'International Nickel Company (Canada), qui, en ajoutant 5 % d'aluminium (Al) à un alliage Monel 400 (67Ni-30-34Cu + Silicium (Si), Fer (Fe), Manganèse (Mn)), observe une forte augmentation de la résistance mécanique jusqu'à 500 °C après traitement de vieillissement⁵ (fig. 1). Cet alliage est baptisé Monel K500 et sera utilisé pour des ailettes de turbine à vapeur. Le brevet US1572744 est délivré le 26 juin 1923 (fig. 1).

Fig. 1.a. Paul D. Merica



(Auteur inconnu, début xx^e siècle, domaine public)

Fig. 1b. Le brevet de Paul D. Merica