



HAL
open science

Evolution microstructurale à haute température d'alliages à base cobalt, nickel et/ou fer riches en chrome et contenant de très fortes fractions de carbures de tantale

Gaël Pierson, Kevin Duretz, Laura Corona, Patrice Berthod, Elodie Conrath

► To cite this version:

Gaël Pierson, Kevin Duretz, Laura Corona, Patrice Berthod, Elodie Conrath. Evolution microstructurale à haute température d'alliages à base cobalt, nickel et/ou fer riches en chrome et contenant de très fortes fractions de carbures de tantale. Matériaux 2014, Nov 2014, Montpellier, France. hal-03427185

HAL Id: hal-03427185

<https://hal.science/hal-03427185>

Submitted on 13 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Evolution microstructurale à haute température d'alliages à base cobalt, nickel et/ou fer riches en chrome et contenant de très fortes fractions de carbures de tantale

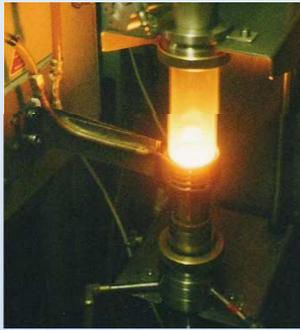
Gaël Pierson^a, Kevin Duret^a, Laura Corona^a, Patrice Berthod^b et Elodie Conrath^b

^a Faculté des Sciences et Technologies, Université de Lorraine, B.P. 70239, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex, France

^b Institut Jean Lamour, département CP2S, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Lorraine, B.P. 70239, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex, France
patrice.berthod@univ-lorraine.fr

Les alliages basés sur un ou plusieurs des éléments Co, Ni et Fe, riches en chrome et durcis par des carbures de tantale peuvent être candidats au remplacement des matériaux très riches en carbures de chrome. Ces carbures TaC impliquent moins de carbone et sont possiblement moins sujets à une oxydation catastrophique en cas d'exposition prolongée à haute température suite aux intenses frictions en service. De tels alliages, de type M-30Cr-1C-15Ta, avec M=Co, Ni et/ou Fe ont été élaborés par fonderie puis exposés à haute température au moyen d'essais en four à des températures s'échelonnant entre 1000 et 1200°C (alliages de type M-30Cr-1C-15Ta ou MM'-30Cr-1C-15Ta avec M et M'=Co, Ni ou Fe). Les échantillons ainsi vieilliss ont été examinés en vue de voir comment leurs microstructures auront évolué (morphologie, fractions volumiques apparentes) et comment leur duretés d'origine ont pu s'en trouver affectées.

Fusion et solidification sous 300mbars d'argon en four à induction à haute fréquence (éléments purs → lingots de 40g)



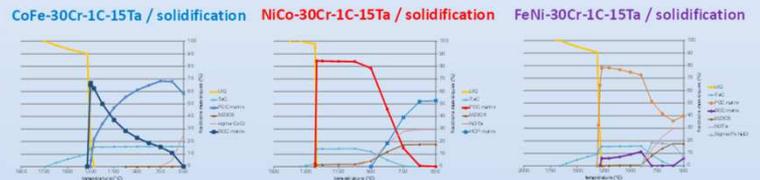
Les microstructures à l'état brut de coulée des alliages obtenus présentent toutes une matrice dendritique et une population de carbures très dense.

Les matrices, visiblement monophasées dans le cas des alliages M-30Cr-1C-15Ta (austénitiques dans les cas M=Co et Ni, ferritique dans le cas M=Fe), peuvent être composées de deux parties dans le cas des alliages MM'-30Cr-1C-15Ta. En effet des zones sombres, qui ne sont pas des carbures, sont visibles dans les alliages MM'=CoFe et MM'=FeNi (zones ferritiques sombres riches en Cr).

Les carbures sont principalement des carbures TaC (exclusivement dans les alliages M=Co et MM'=CoFe et MM'=NiCo), mais des carbures de chrome sont parfois présents (peu dans l'alliage MM'=CoFe, significativement dans les alliages M=Ni et M=Fe). Les carbures TaC peuvent être de deux origines : pro-eutectiques (forme compacte) et eutectiques (morphologie script entremêlés avec la matrice).

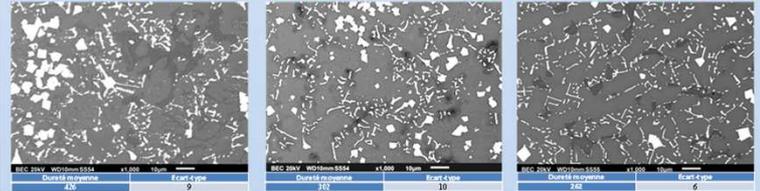
Des calculs thermodynamiques réalisés à l'aide du logiciel Thermo-Calc (version N) indiquent en effet que, pour ces teneurs en carbone et en tantale particulièrement élevées, la solidification devrait commencer par la cristallisation de premiers carbures TaC. S'ensuit le développement de la matrice.

Une seconde séquence de carbures TaC correspond à la partie eutectique de la solidification où des TaC mêlés à la matrice précipitent à leur tour.

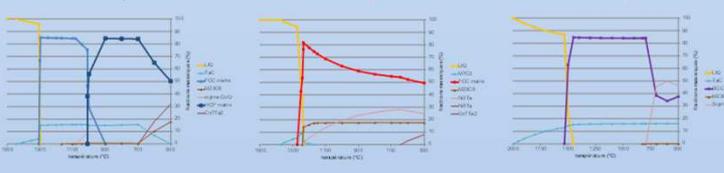


Les fractions de carbures TaC obtenues sont évidemment assez fortes dans les six alliages. Cependant une partie des carbures TaC s'est retrouvée en périphérie des lingots. Des carbures TaC compacts pro-eutectiques, de forme angulaire, y ont été manifestement déplacés sous l'effet du brassage électromagnétique lors de la première partie de la solidification. Ce phénomène semble d'autant plus marqué que l'intervalle de température entre le début de la solidification et le début d'apparition des dendrites de matrice était plus grand et du fait que ces dernières n'ont pu que très tardivement empêcher cette migration (par exemple : cas du Fe-30Cr-1C-15Ta, qui ne contient de fait quasiment plus de carbures pro-eutectiques à cœur).

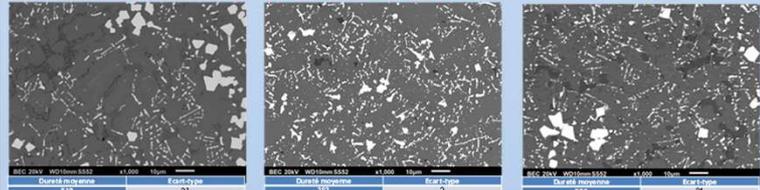
Microstructures brut de coulée



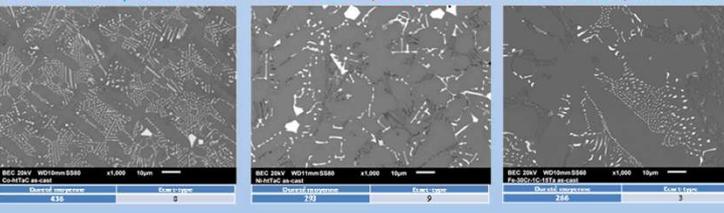
Microstructures après 40h de traitement



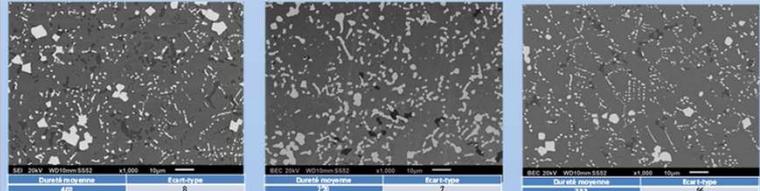
Microstructures après 40h à 1000°C



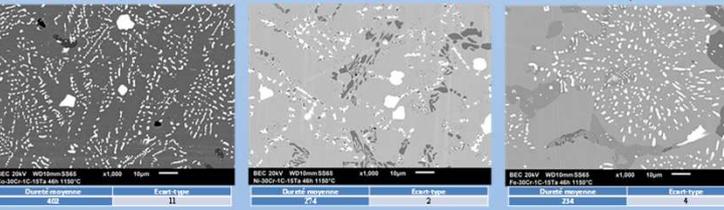
Microstructures après 46h à 1150°C



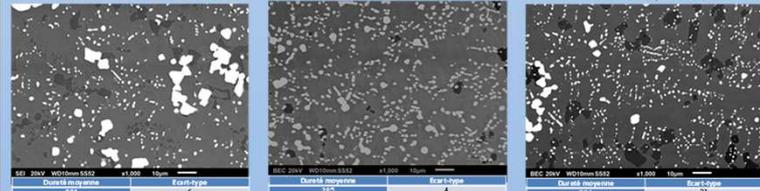
Microstructures après 40h à 1100°C



Microstructures après 40h à 1200°C



Microstructures après 40h à 1200°C



Pendant un séjour de 46 heures à 1150°C les alliages M-30Cr-1C-15Ta ont vu leurs carbures eutectiques évoluer, surtout d'un point de vue morphologique : les carbures de tantale se sont fragmentés (script → chapelets de carbures ronds) et les carbures de chrome, quand ils étaient initialement présents, sont devenus plus grossiers. Les TaC pro-eutectiques n'ont pas évolué de façon sensible.

Suite à ces évolutions, la dureté de ces trois alliages a sensiblement diminué.

Dans le cas des alliages MM'-30Cr-1C-15Ta les mêmes phénomènes se sont produits lors de séjours à haute température : fragmentation des TaC et perte de leur forme script plus continue, coalescence des carbures de chrome. Pour une même durée d'exposition ces phénomènes sont d'autant plus marqués que la température était plus élevée.

De façon générale, là aussi les duretés se sont trouvées diminuées par ces phénomènes, mais dans certains cas la grande valeur des écarts-types (3 valeurs) ne permet pas vraiment d'en juger.

Ces six alliages riches en chrome et à fortes teneurs en tantale et en carbone sont naturellement fortement chargés en carbures, totalement ou au minimum principalement TaC. Du fait d'une partie pro-eutectique de la précipitation de ces derniers, une partie des TaC a été éjectée de la microstructure de cœur et n'ont pu ainsi participer aux propriétés mécaniques locales. Les duretés de départ n'étaient de fait déjà pas très élevées. Si en service ces alliages sont amenés à monter haut en température suite, par exemple, à des frictions intenses et prolongées, il peut s'en suivre une baisse de dureté et conséquemment de la résistance de ces alliages à l'usure.

L'amélioration de la résistance de tels alliages à l'usure passe déjà par une élaboration moins susceptible d'entraîner la perte d'une partie des carbures TaC, puis par la favorisation des carbures TaC aux dépens des carbures de chrome (base cobalt ou présence de cobalt en forte quantité plutôt que nickel notamment), et une amélioration de la stabilité de ces derniers à haute température.