



HAL
open science

Caractéristiques des carbures MC primaires présents dans des alliages réfractaires et superalliages polycristallins de bases diverses obtenus par fonderie classique

Patrice Berthod

► **To cite this version:**

Patrice Berthod. Caractéristiques des carbures MC primaires présents dans des alliages réfractaires et superalliages polycristallins de bases diverses obtenus par fonderie classique. Journées Annuelles du GDR “SAM”, Dec 2018, Villeneuve d’Ascq, France. hal-03189203

HAL Id: hal-03189203

<https://hal.science/hal-03189203>

Submitted on 2 Apr 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.

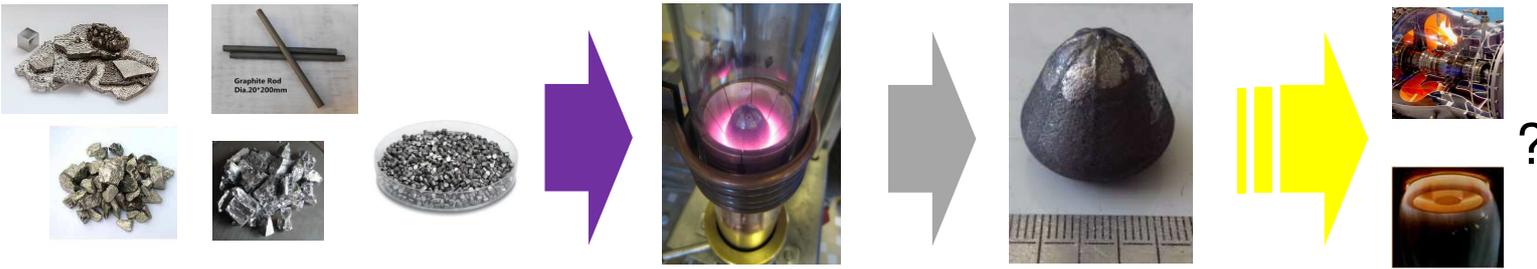
Caractéristiques des carbures MC primaires présents dans des alliages réfractaires et superalliages polycristallins de bases diverses obtenus par fonderie classique

Patrice BERTHOD, Institut Jean Lamour (UMR CNRS 7198, Université de Lorraine), 2 allée André Guinier, Campus ARTEM, BP 50840, 54011 NANCY Cedex ; patrice.berthod@univ-lorraine.fr

Bien que figurant parmi les plus anciennes techniques de fabrication des alliages métalliques réfractaires (pour les moteurs aéronautiques par exemple) la fonderie équiaxe demeure actuellement une voie d'élaboration de grand intérêt pour les superalliages. Elle permet d'obtenir des pièces métalliques de toutes formes et dotées de bonnes résistances chimiques et mécaniques à température élevée (> ou >> 1000°C) pour peu que leurs compositions chimiques et leurs microstructures soient bien adaptées aux conditions d'utilisation. Les éléments de base majoritairement choisis sont le nickel (Tf = 1455°C), le cobalt (1495°C) et le fer (1535°C) mais des éléments plus réfractaires peuvent aussi être envisagés, tels que le niobium (près de 2500°C). La résistance à l'oxydation à haute température et à la corrosion à chaud par les milieux fondus sont classiquement le chrome, l'aluminium, le silicium ... , le premier cité étant a priori le plus polyvalent dans ces rôles. La résistance mécanique à haute température peut être favorisée par la présence d'éléments lourds and solution solide, de dispersoïdes nanométriques ou encore de particules interdendritiques entremêlées avec la matrice. Parmi ces dernières les carbures réfractaires de type MC sont potentiellement des plus efficaces pour assurer la cohésion interdendritique et intergranulaire.

Dans cette communication par affiche sont résumés un certain nombre de résultats microstructuraux obtenus sur des alliages découlant de diverses associations de matrices (base Ni, Co, Fe ou Nb, avec 25-30% Cr) avec de carbures MC eutectiques (TaC, TiC, HfC, NbC et ZrC). Ils permettent de voir qu'en dépit du fort caractère carburigène des éléments MC-formeurs choisis, l'obtention réelle de carbures MC à l'état brut de coulée peut être étroitement dépendante de la base de l'alliage (et il en est de même de leur stabilité à haute température ...).

Détails expérimentaux



Résultats microstructuraux

	TiC ?	TaC ?	NbC ?	HfC ?	ZrC ?	
Base Ni →	 NON Ni-25Cr-0,5C-2Ti	 partiellement Ni-25Cr-0,4C-6Ta	 partiellement Ni-25Cr-0,5C-3,9Nb	 OUI Ni-25Cr-0,5C-5,6Hf	 OUI Ni-25Cr-0,5C-3,8Zr	Toutes teneurs en % massique
Base Co →	 OUI ! Co-25Cr-0,5C-2Ti	 OUI Co-25Cr-0,5C-7,5Ta	 OUI Co-25Cr-0,5C-3,9Nb	 OUI Co-25Cr-0,5C-7,4Hf	 OUI Co-25Cr-0,5C-3,8Zr	
Base Fe →	 partiellement Fe-25Cr-0,5C-2Ti	 OUI Fe-30Cr-0,4C-6Ta	 OUI Fe-25Cr-0,5C-3,9Nb	 OUI Fe-25Cr-0,5C-5,6Hf	 OUI Fe-25Cr-0,5C-3,8Zr	
Base Nb →	 NON Nb-32,5Cr-0,4C-1,6Ti	 NON Nb-30Cr-0,4C-5,9Ta	 NON	 NON Nb-32,5Cr-0,4C-5,6Hf	 NON Fe-32,5Cr-0,4C-2,9Zr	

25 µm
Pour toutes les micrographies MEB/BSE

Commentaires et conclusion

Tous les alliages élaborés comportent des dendrites de matrice (excepté l'alliage base Nb avec Hf) et des eutectiques interdendritiques. Dans quelques cas une autre phase pro-eutectique semble présente, comme les carbures HfC polyédriques dans les alliages base cobalt et base fer et les ZrC globuleux dans l'alliage base fer. On peut même penser que ces carbures pro-eutectiques ont été la première phase à cristalliser.

Malgré que leurs enthalpies libres de formation standard soient bien inférieures à celles des carbures de chrome (Cr₇C₃, Cr₂₃C₆) les carbures MC ne cristallisent pas nécessairement aux dépens de ces derniers. Cela dépend de la base de l'alliage. Dans les cinq cas étudiés (TiC, TaC, NbC, HfC et ZrC) les MC constituent l'unique phase carbure présente dans les alliages base COBALT, ainsi que dans les base FER. Dans les base NICKEL ce n'est le cas que des HfC et ZrC : les NbC et les TaC cohabitent avec les carbures de chrome alors que ces derniers se développent en lieu et place des TiC que l'on aurait pu attendre et qui sont en fait quasiment absents. Quant aux alliages de niobium, dont la matrice est double (solution solide de Nb cubique centrée et eutectique Nb_{ss} - Cr₂Nb (phase de Laves), aucun des MC attendus ne s'est formé, à l'exception de quelques petits HfC globuleux qui semblent avoir servi de support à la germination des globules Nb_{ss}.

Ainsi, s'il est nécessaire d'obtenir des carbures MC eutectiques de type script pour assurer sur long terme la cohésion interdendritique et intergranulaire des alliages de fonderie équiaxe pour retarder le début du fluage tertiaire, prendre une base cobalt-chrome apparaît donc comme la meilleure solution.

Remerciements :

Un grand merci aux nombreux stagiaires de Master 1, de Master 2, doctorants et post-doctorants de la Faculté des Sciences et Technologies de l'Université de Lorraine (partie Nancy) impliqués d'année en année dans ce travail d'exploration : Ouarda Abed, Merzouk Bouaraba, Junfu Cai, Elodie Conrath, Ludovic Hélicher, Yassin Hamini, Zohra Hirneur, Mira Khair, Valentin Kuhn, Albert Leroy, Alexandre Navet, Grégory Michel, Sylvain Michon, Jérémy Peultier, Anne-Sophie Renck, Mélissa Ritouet, Safa Tlili, Céline Vébert