



Investigating high temperature nanoscale elementary mechanisms in a novel high strength alloy by in-situ TEM

Context: Future aeronautic and aerospace applications will require materials able to sustain very high temperatures, i.e in the range 1200°C – 1600°C under mechanical loading. Over the last two decades, research efforts have been made directed to break with the conventional alloy design (addition of solute atoms to a principal base-element), and have led to the breakthrough concept based on multi-principal elements, mixed in (near) equiatomic proportions and stabilized by high-entropy^[COU]. Among the potential candidates for high-temperature (HT) applications, the refractory complex concentrated alloys (RCCAs) with body-centered cubic (bcc) based structure have received an increasing attention, but they still lack strength above 0.6T_m, making them difficult to use for applications at very high temperature.

In the present project, DoReMi, standing for “Development of New Advanced Refractory Concentrated Complex Alloys with Eutectic Carbide/BCC Microstructures”, we propose to develop a new type of alloy that benefits from the properties of both RCCAs for toughness and carbide for ultra high strength. A recent study reports indeed excellent and promising properties^[WEI]. However, the field of investigation is currently blank and the carbide eutectic RCCA concept still needs to be rationalized, raising fundamental questions, especially regarding thermal stability and underlying deformation mechanisms. This position hence aims at deciphering elementary plasticity mechanisms. In links with partners of the project; we will perform in-situ micromechanical tests inside a transmission electron microscope (TEM), a renown technique at CEMES^[MOM], in order to observe deformation mechanisms in a wide range of temperatures and on different eutectic alloys, and try to correlate them with macroscopic mechanical tests. A special interest will be paid to bcc plasticity and strain accommodation at the bcc-carbide interface.

Mission: The PPM group at CEMES is looking for PhD candidates for a one year position within the ANR project DoReMi (IRCP – ICMPE – LSPM – CEMES). The applicant is expected to perform in-situ heating and straining TEM experiments, write reports and communicate about the work to international audiences.

Skills: Strong interest in the field of physical metallurgy and demonstrated skills in TEM (conventional imaging, electron diffraction) are required. Working experience for analyzing defects in TEM and sample preparation (conventionnal, FIB) will be appreciated. Ability to communicate clearly on the technical areas concerned by adapting to the interlocutors and to discuss constructively the progress of the project.

Contact: F. Momprou, CEMES-CNRS, 29 rue Marvig 31055 Toulouse.
frederic.momprou@cemes.fr

Ref:

[COU] : Senkov, O. N. ; Miracle, D. B. ; Chaput, K. J. ; Couzinie, J.-P., J. Mater. Res. 2018, 33 (19), 3092-3128. <https://doi.org/10.1557/jmr.2018.153>.

[MOM] : Legros, M. ; Momprou, F. ; Caillard, D. Nat. Mater. 2024, 23 (1), 20-22.
<https://doi.org/10.1038/s41563-023-01739-2>.

[WEI] : Wei, Q. ; Xu, X. ; Shen, Q. ; Luo, G. ; Zhang, J. ; Li, J. ; Fang, Q. ; Liu, C.-T. ; Chen, M. ; Nieh, T.-G. ; Chen, J. Sci. Adv. 2022, 8 (27), 2068. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abo2068>.

Étude des mécanismes élémentaires à l'échelle nanométrique dans un nouvel alliage à haute résistance par TEM in situ

Contexte : Les futures applications aéronautiques et aérospatiales nécessiteront des matériaux capables de supporter des températures très élevées, de l'ordre de 1200°C à 1600°C, et sous charges mécaniques. Au cours des deux dernières décennies, des efforts de recherche ont été déployés pour rompre avec la conception conventionnelle des alliages (ajout d'atomes de soluté à un élément de base principal) et ont abouti à un concept révolutionnaire basé sur des éléments principaux multiples, mélangés dans des proportions (presque) équiatomiques et stabilisés par une forte entropie^[COU]. Parmi les candidats potentiels pour les applications à haute température (HT), les alliages concentrés complexes réfractaires (RCCA) avec une structure à base de cubes centrés (bcc) ont fait l'objet d'une attention croissante, mais ils manquent encore de résistance au-dessus de 0,6T_m, ce qui les rend difficiles à utiliser pour des applications à très haute température.

Dans le présent projet, DoReMi, qui signifie « Development of New Advanced Refractory Concentrated Complex Alloys with Eutectic Carbide/BCC Microstructures », nous proposons de développer un nouveau type d'alliage qui bénéficie à la fois des propriétés des RCCA pour la ténacité et du carbure pour la résistance ultra-élevée. Une étude récente fait état de propriétés excellentes et prometteuses [WEI]. Cependant, le champ d'investigation est actuellement vierge et le concept de RCCA eutectique au carbure doit encore être rationalisé, ce qui soulève des questions fondamentales, notamment en ce qui concerne la stabilité thermique et les mécanismes de déformation sous-jacents. Ce poste vise donc à décrypter les mécanismes élémentaires de plasticité. En lien avec les partenaires du projet, nous réaliserons des essais micromécaniques in-situ dans un microscope électronique à transmission (MET), technique réputée au CEMES^[MOM], afin d'observer les mécanismes de déformation dans une large gamme de températures et sur différents alliages eutectiques, et d'essayer de les corrélés avec des essais mécaniques macroscopiques. Un intérêt particulier sera porté à la plasticité bcc et à l'accommodation de la déformation à l'interface bcc-carbure.

Mission : Le groupe PPM du CEMES recherche des doctorants pour un poste d'un an dans le cadre du projet ANR DoReMi (IRCP - ICMPE - LSPM - CEMES). Le candidat devra réaliser des expériences de chauffage et de déformation in-situ en MET, rédiger des rapports et communiquer sur ses travaux auprès d'un public international.

Compétences : Un fort intérêt pour le domaine de la métallurgie physique et des compétences démontrées en MET (imagerie conventionnelle, diffraction électronique) sont nécessaires. Une expérience professionnelle de l'analyse des défauts en MET et de la préparation d'échantillons (conventionnel, FIB) sera appréciée. Capacité à communiquer clairement sur les domaines techniques concernés en s'adaptant aux interlocuteurs et à discuter de manière constructive de l'avancement du projet.

Contact : F. Mompiau, CEMES-CNRS, 29 rue Marvig 31055 Toulouse.
frederic.mompiau@cemes.fr

Réf :

[COU] : Senkov, O. N. ; Miracle, D. B. ; Chaput, K. J. ; Couzinie, J.-P., J. Mater. Res. 2018, 33 (19), 3092-3128. <https://doi.org/10.1557/jmr.2018.153>.

[MOM] : Legros, M. ; Mompiau, F. ; Caillard, D. Nat. Mater. 2024, 23 (1), 20-22.
<https://doi.org/10.1038/s41563-023-01739-2>.

[WEI] : Wei, Q. ; Xu, X. ; Shen, Q. ; Luo, G. ; Zhang, J. ; Li, J. ; Fang, Q. ; Liu, C.-T. ; Chen, M. ; Nieh, T.-G. ; Chen, J. Sci. Adv. 2022, 8 (27), 2068. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abo2068>.