

DEPARTEMENT PMDM : PROCÉDES METALLURGIE DURABILITE MATERIAUX PROPOSITION THESE DE DOCTORAT

TITRE	Hybridation de procédés de la métallurgie des poudres pour produire des aciers maraging denses à microstructure contrôlée.
OBJECTIFS	<p>Ce projet de thèse de doctorat dédié à l'hybridation de procédés de la métallurgie des poudres pour élaborer des composés denses à microstructure contrôlée est un des objectifs identifiés du programme de recherche de l'EquipEx+/CALHIPSO (ANR-21-ESRE-0039). Cette thèse devrait permettre d'avancer sur deux verrous scientifiques (OS2 Surfaces et OS3 Microstructure et un verrou technologique (OT3) ...</p> <p>En particulier, A. Bolsonella, dans le cadre de sa thèse de doctorat, a démontré l'existence d'une stabilité dans le domaine plastique lorsque les aciers maraging sont préparés par métallurgie des poudres par rapport aux mêmes aciers produits par des procédés traditionnels. Pour comprendre ce comportement « très particulier », il est essentiel d'étudier la composition chimique ainsi que la microstructure à chaque étape du procédé, depuis la préparation des poudres jusqu'à l'obtention d'un matériau dense par frittage. De plus, il s'est indispensable de suivre l'évolution de ces microstructures au cours d'un traitement thermique de vieillissement nécessaire à la précipitation des intermétalliques dont les mécanismes doivent être compris en vue de les maîtriser.</p>
CONTEXTE	<p>Les procédés d'impression et de frittage sous charge des poudres pris séparément sont proches de leurs limites en termes de densité, de dimension et de complexité. Une solution pertinente serait de réaliser l'hybridation de ces procédés pour produire des composés de forme complexe au plus proche des dimensions finales et à microstructure contrôlée. L'enjeu de ce travail est d'être capable de générer des microstructures différentes originales préparées par impression de poudres métalliques et frittage naturel, frittage SPS ou HIP de poudres broyées et, enfin, en couplant les deux procédés. Ainsi, l'influence des microstructures sur les propriétés mécaniques pourra être étudiée. Pour ce faire, le choix des aciers maraging s'est imposé pour acquérir des données car il est bien connu des partenaires du projet.</p>
DESCRIPTION	<p>Ce projet interdisciplinaire et collaboratif s'articule autour de 4 phases complémentaires</p> <p>Phase 1 - Fabrication des poudres d'acier maraging « à façon » en termes de taille, forme, distribution voire de composition chimique. Cette fabrication se fera via une collaboration avec la plateforme ICB/TITAN qui maîtrise ce type de fabrication. En parallèle, FEMTO/DMA réalisera les mélanges de polymères chargés sur la base de connaissances antérieures. De son côté, ICB/CALHIPSO réalisera une activation mécanique des poudres atomisées pour partir de phases hors équilibres. L'élaboration de mélanges avec de plus larges spectres composés de populations bimodales voire trimodales en taille de particules sera envisagée pour une utilisation rationnelle des poudres.</p> <p>Phase 2 - Mise en forme des poudres par deux procédés de la métallurgie des poudres maîtrisés par l'équipe encadrante, (i) l'impression de polymères chargés en poudres par le procédé de dépôt de fil fondu avec un extrudeur (FEMTO/DMA) et (ii) le frittage de poudres sous charge (ICB/CALHIPSO). Il s'agira de comparer les microstructures des M300 préparés, de manière indépendante, par les deux laboratoires à partir de leurs recettes avec celles des échantillons élaborés en combinant de manière optimale les deux technologies. Une meilleure compréhension des phénomènes impliqués dans ces procédés (coalescence, diffusion, cristallinité, énergie d'activation, ...) est indispensable en vue de les maîtriser et produire des composés complexes, homogènes et avec une porosité minimale.</p>

	<p>Phase 3 : Évolution des microstructures après un traitement de vieillissement.</p> <p>Après l'étape de fabrication (forgeage, fabrication additive ou frittage), des traitements thermiques sont nécessaires comme un traitement de durcissement structural aussi appelé vieillissement. Une étude de l'influence du traitement thermique notamment celle du vieillissement qui permet la précipitation des intermétalliques sera abordée. L'objectif principal de cette étape est d'identifier la température de traitement à appliquer aux pièces frittées. En effet, la microstructure et les phases obtenues après frittage sont totalement différentes de celles obtenues par les méthodes traditionnelles. Ceci nécessite une bonne connaissance de « l'état fritté » afin de trouver la plage de température permettant la précipitation des intermétalliques responsables du durcissement tout en évitant tout retour à la phase austénitique. Là encore, il est prévu de tester le HIP puisqu'il pourrait être utilisé pour réaliser le traitement de vieillissement sur les pièces façonnées usinées après l'étape de frittage.</p> <p>Phase 4 : Détermination des propriétés mécaniques résultantes et des variations dimensionnelles (Plateformes UBFC, AMESTISTE, MIFHYSTO et ARCEM-CARNOT). Des essais de traction, de résilience et de flexion seront effectués en vue de corréliser les microstructures induites avec les propriétés mécaniques et, par voie de conséquence, à celles des poudres de départ (FEMTO/DMA). Des analyses complémentaires par tomographie X pourront être envisagées pour évaluer la porosité et pour suivre les modes de rupture (FEMTO/DMA). Le contrôle dimensionnel, sans contact, à chaque étape du procédé sera réalisé pour quantifier l'influence des paramètres pour obtenir des pièces au plus proche des dimensions finales afin de repousser les limites de nos procédés en choisissant les meilleures conditions. Enfin, il nous faut comprendre la présence de ce plateau plastique qui aujourd'hui sans réponse. En effet, en plus d'une augmentation de la résistance mécanique, les échantillons frittés issus de poudres broyées présentent une stabilité dans le domaine plastique qui suggère un grand potentiel pour le développement d'aciers maraging nanostructurés. Cependant, ce comportement jamais démontré sur ces aciers reste à expliquer. Trouver l'origine de cette stabilité dans le domaine plastique est le défi scientifique à relever.</p>
<p>RESP.(S)</p>	<p>Pr. Frédéric BERNARD (fbernard@u-bourgogne.fr) Plateforme CALHIPSO / Laboratoire ICB – Département PMDM Pr. Thierry BARRIERE (thierry.barriere@univ-fcomte.fr) Dept.DMA / Laboratoire FEMTO-ST</p>
<p>LIEU</p>	<p>Plateforme CALHIPSO à la Maison de la Métallurgie (Dijon) adossée au laboratoire ICB – 64 rue de Sully – 21000 DIJON</p>