Proposition de sujet de thèse

Titre : « **Mesure de la conductivité thermique et de la chaleur massique à pression constante des métaux liquides (fondus)** »

Co-directeurs : Morgan Dal – (PIMM ENSAM, morgan.dal@ensem.eu), Philippe Le Masson (IRDL UBS)

Co-encadrement : Mickaël Courtois (IRDL UBS, mickael.courtois@univ-ubs.fr), Thomas Pierre (IRDL UBS).

Contexte - problématique

Dans le cadre de la simulation numérique des procédés de mise en forme des métaux à l’état liquide (soudage, fabrication additive…), la connaissance précise des propriétés est cruciale et reste assez peu maîtrisée. Par exemple, sur la simulation de fabrication additive, il a été montré qu’une variation de
10 % de la conductivité thermique entraîne la modification de la profondeur de cordon de soudure de plus de 5 % ; or dans la littérature cette propriété peut être affichée avec une variation allant du simple au double. Cette limite de la connaissance actuelle ressort continuellement dans les conclusions de travaux numériques et mérite une attention particulière et un positionnement plus fort dans le domaine de la caractérisation des métaux à l’état liquide.

Motivations scientifiques

La thèse proposée ici s’inscrit dans la poursuite du travail engagé sur la caractérisation des métaux à hautes températures. Depuis plusieurs années, le laboratoire PIMM (Paris) et l’IRDL (Lorient) développent cette thématique notamment à travers la mise en place d’installations expérimentales dédiées. Aujourd’hui ces installations permettent la mesure fiable de la tension de surface et de la masse volumique en fonction de la température sur la gamme [1 500 °C – 3 500 °C]. Des développements récents ont permis la preuve de fonctionnement pour la mesure de viscosité. Il reste donc à traiter les propriétés purement thermiques (conductivité thermique et chaleur massique) quasi-inexistantes dans la littérature actuellement. Si de nombreuses méthodes de mesure existent pour les matériaux solides (méthode flash, plaque chaude gardée…) elles sont peu appropriées aux liquides à cause des phénomènes de transport et de difficultés technologiques et techniques expérimentales.

Objectifs

L’objectif principal est de développer/améliorer une installation et une méthode, sur la base de l’existant, pour mesurer de manière fiable et validée la diffusivité, la conductivité thermique et la chaleur massique de métaux usuels à hautes température en phase liquide. Le développement de modèles analytiques flux/température (type flash) et température/température basés sur des solutions analytiques de l’équation de la chaleur sera étudié. Cette dernière étant fausse car négligeant le transport sera adaptée pour permettre une mesure rapide et directe. Des études inverses (pour l’estimation de la diffusivité thermique) couplant simulation (analytique ou numérique) et mesure seront implémentées.

Moyens mobilisés

Suite à des investigations préliminaires (à Paris et à Lorient), il a été observé que la configuration « film liquide » est la plus pertinente. Notons que les moyens nécessaires à cette thèse sont essentiellement existant (ENSAM et UBS). Dans les deux cas, le chauffage est réalisé par laser, dans une enceinte à atmosphère contrôlée. La mesure de température est réalisée dans les deux cas sans contact par pyrométrie multispectrale (Lorient) et par pyrométrie à bande (Paris).

Aptitudes du candidat

La thèse touchant à la fois les trois volets expérimental, analytique et numérique, le candidat devra avoir un goût équivalent pour ces trois axes. Scientifiquement, il devra avoir de solides connaissances dans les domaines des transferts thermiques par conduction (développement des modèles analytiques) et par rayonnement (pyrométrie multispectrale) et de la mécanique des fluides (métaux liquides). Des compétences en programmation, techniques d’estimation de paramètres et simulations numériques par éléments finis seront également requises.

La thèse se déroulera sur trois ans et sera partagée en temps égaux entre le laboratoire PIMM et l’IRDL.