

Modélisation expérimentale et numérique de la régression de la ferrite delta dans le système Fe-Cr-Ni: application aux aciers inoxydables austénitiques

Mahmoud SAIED

Sous la direction de Muriel VERON et de Catherine TASSIN

mardi 24 mai à 14h

amphithéâtre Jean Besson (Phelma Campus)

Résumé : La ferrite résiduelle δ est présente dans les microstructures de coulée des aciers inoxydables austénitiques. Elle résulte de la transformation incomplète $\delta \rightarrow \gamma$ ayant lieu l'étape de solidification. Sa présence peut nuire à la forgeabilité à chaud des aciers inoxydables et peut conduire à la formation de criques de rives et de pailles en J lors du laminage à chaud des brames. Ce travail de thèse a pour but de comprendre les mécanismes de la transformation $\delta \rightarrow \gamma$ à haute température dans les aciers inoxydables austénitiques via une modélisation expérimentale et numérique. La transformation a été étudiée dans un alliage ternaire Fe-Cr-Ni coulé par lingot et de composition proche de celle des alliages industriels. Trois morphologies de ferrite ont été mises en évidence à l'état brut de solidification: lattes au bord du lingot, vermiculaire et lattes au centre. Leur cinétique de dissolution est étudiée à des températures allant de 1140°C à 1340°C et caractérisée en termes de fraction de ferrite et profils de composition du Cr et du Ni. La dissolution de la ferrite vermiculaire comprend trois étapes : une croissance initiale transitoire suivie par deux régimes de dissolution à haute puis à faible taux de transformation. D'un autre côté, il a été possible d'étudier la dissolution de la ferrite dans des microstructures multicouches élaborées par l'empilement de plaques de ferrite et d'austénite du système Fe-Cr-Ni et soudées à l'état solide par Compression Isostatique à Chaud puis réduits en épaisseurs par laminages successifs. L'étude et la caractérisation de la cinétique de dissolution de la ferrite est plus facile dans ces microstructures étant donnée la planéité initiale des interfaces δ/γ . L'analyse des résultats expérimentaux a été menée via le développement d'un modèle numérique, à interface mobile, de la transformation de phases $\delta \rightarrow \gamma$ pilotée par la diffusion. La diffusion peut être traitée dans les géométries plane, cylindrique et sphérique. En guise de validation, le modèle a été utilisé pour analyser la dissolution de la ferrite dans les microstructures multicouches. Par la suite il a été appliqué au cas de la ferrite vermiculaire en usant d'une approche novatrice où la morphologie des dendrites est approximée par une combinaison de cylindres et de sphères. Malgré la simplicité des hypothèses sous-jacentes, le modèle a permis d'expliquer les mécanismes de croissance initiale et de changement de régime de dissolution. D'autre part, via une étude paramétrique, l'effet des données d'entrée a été étudié et les plus pertinentes d'entre eux en termes de prédiction quantitative ont été mises en avant, en particulier la description thermodynamique du diagramme Fe-Cr-Ni, le gradient initial et la distribution des rayons des particules de ferrite.