

Résumé

Les Transformations Tribologiques de Surface (TTS), connues sous le nom de phases blanches (White Etching Layer) dans le contact roue-rail, correspondent à des transformations progressives et irréversibles à la surface des rails pouvant conduire à la fissuration puis la rupture des rails. Ces zones de structures nanocristallines sont constituées de plusieurs phases qui témoignent d'une plasticité sévère et d'élévations de température (pouvant dépasser la température d'austénitisation). Un scénario de formation progressive des WEL a été proposé par l'introduction de stades d'évolution de la microstructure dans le cas d'aciers perlitiques utilisés dans le ferroviaire. Ces stades se définissent par des indicateurs obtenus par une méthode d'observations multi-échelles. Un modèle thermomécanique prenant en compte un couplage entre pression hydrostatique, cisaillement et température est présenté. Des simulations 2-D par éléments finis représentatives des conditions du contact roue-rail ont permis de reproduire qualitativement des zones de WEL. Ce modèle est de même capable de rendre compte des effets de la dynamique ferroviaire sur la cinétique de formation de WEL qui pourrait plus particulièrement expliquer la formation éparse de WEL par ilot. Des essais représentatifs des conditions du contact-roue rail ont été effectués pour valider le rôle du cisaillement dans la formation de WEL. D'une part, des essais cycliques de cisaillement pur sous température contrôlée (éprouvette « chapeau ») ont été réalisés en utilisant le simulateur thermomécanique GLEEBLE. D'autre part, des essais de type galet sur rail circulaire ont été menés pour déterminer le couplage pression-cisaillement.

Titre traduit

Multiphysical modelling of the mechanisms of white etching layer formation

Résumé

Tribological Surface Transformations (TTS), known as White Etching Layer (WEL) in the wheel-rail contact, correspond to progressive and irreversible transformations on the rail surface that can lead to cracking and then failure of the rails. These areas of nanocrystalline structures are made up of several phases which show severe plastic deformation and temperature rises (which can exceed the austenitization temperature). A scenario of progressive formation of WELs has been proposed by introducing stages of microstructure evolution in the case of pearlitic steels used in railways. These stages are defined by indicators obtained by a multi-scale observations method (optical analyses and EBSD). A thermomechanical model taking into account a coupling between hydrostatic pressure, shear stress and temperature is presented. 2-D finite element simulations representative of the wheel-rail contact conditions have successfully qualitatively reproduced WEL spots. This model is also able to capture the effects of the rail dynamics on the formation kinetics of WEL, which could explain the sparsely

scattered formation of WEL by island. Representative tests of wheel-rail contact conditions were carried out to validate the role of shear stress in WEL formation. On the one hand, cyclic tests of pure shear under controlled temperature ("hat-shaped" specimen) were carried out using the GLEEBLE thermomechanical simulator (Mateis-LaMCoS, INSA Lyon). On the other hand, "roller on circular rail" experiments (Triboring test rig, LaMCoS INSA Lyon) were performed to determine the pressure-shear coupling.