

English version below



Proposition de thèse : Etude thermo-cinétique de la précipitation de nitrure de bore dans les aciers bas carbone sans plomb

Mots-clés : nitrure de bore, aciers, effet des éléments d'alliage, microstructures, propriétés mécaniques, usinabilité

Le plomb est présent en faible teneur dans des matériaux tels que les aciers, les alliages base Al et les laitons. Il joue un rôle essentiel en facilitant l'usinabilité de ces matériaux. En effet, il favorise le fractionnement de copeaux ce qui limite les arrêts machines provoqués par un enchevêtrement de copeaux. De plus, du fait de son bas point de fusion, il forme un film lubrifiant entre l'outil et la pièce lors de l'usinage ce qui permet de diminuer les efforts de coupe et d'accroître la durée de vie des outils. Depuis 2023, sur les recommandations de l'agence européenne des produits chimiques (ECHA), il fait partie des substances soumises à autorisation, ceci afin de mieux protéger la santé humaine et l'environnement contre les risques liés aux substances chimiques. L'objectif de ces travaux est d'étudier la substitution du plomb présent dans les aciers bas carbone par le nitrure de bore de structure hexagonale (h-BN). Plus spécifiquement, les travaux de thèse porteront sur l'étude de la précipitation de h-BN dans les aciers bas carbone.

Les objectifs du travail de thèse sont les suivants :

- Préciser la nature et les fractions volumiques de nitrures formés, la présence de phases secondaires éventuelles ainsi que la teneur en B en solution solide dans la matrice métallique et
- Elucider l'effet de saturation de la fraction de phase constaté dans des études antérieures.

Dans un premier temps, l'étude portera sur des nuances modèles (C15, C45) puis sur des aciers commerciaux à teneurs en carbone proches des alliages modèles. Etant donné les très faibles teneurs en B et N ciblées (respectivement inférieures à 80 et 140 ppm), il conviendra d'accentuer les phénomènes de précipitation par l'ajout de B puis par l'ajout d'éléments formateurs de nitrure tels que Al et Ti. Dans un deuxième temps, des échantillons à gradients de composition en B et N seront préparés suivant la méthodologie combinatoire développée au laboratoire SIMaP, la possibilité de combiner ces deux types de gradient sur un même échantillon laissant envisager une cartographie rapide de l'espace de composition.

Le déroulement des travaux reposera sur une étude bibliographique et des calculs thermodynamiques préalables qui serviront d'appui théorique à l'analyse des phénomènes de précipitation et permettront de guider les conditions de précipitation (recuits post-laminages, traitements thermo-chimiques). Les techniques de caractérisation telles que la microscopie électronique à balayage (MEB), la microsonde Castaing, la microscopie électronique en transmission (MET), la sonde atomique tomographique (SAT) seront mises en œuvre ainsi que des essais mécaniques (tests de dureté) et des tests d'usinabilité.

Profils recherchés : Masters ou ingénieurs spécialisés en "Science des matériaux", "Chimie des matériaux" ou "Physique des matériaux", avec des bases solides en thermodynamique et en métallurgie physique. La/le candidate/candidat devra avoir un intérêt fort pour les approches expérimentales et de caractérisation.

Le dossier de candidature doit contenir dans un seul document PDF : un CV, une lettre de motivation et les relevés de notes des diplômes de Licence et Master (ou équivalent). Les candidatures seront présélectionnées avant un entretien par vidéoconférence.

Conditions : La thèse débutera au cours du premier semestre 2025 pour une durée de 36 mois. Elle sera localisée au laboratoire SIMaP (Science et Ingénierie des Matériaux et Procédés, Université Grenoble Alpes) dans le cadre d'une collaboration avec le Centre de Recherche ArcelorMittal (Maizières-les-Metz).

Contacts :

SIMaP: annie.antonini@grenoble-inp.fr, celine.pascal@grenoble-inp.fr, hugo.van-landeghem@grenoble-inp.fr

ArcelorMittal : fares.haddad@arcelormittal.com

PhD Position – Material Science

Thermokinetic study of boron nitride precipitation in lead-free low-carbon steels

Key words: boron nitride, effect of alloying elements, microstructures, mechanical properties, machinability, precipitation, low-carbon steels.

Lead is present in small proportions in materials with improved machinability, such as steels, aluminum-based alloys and brass. It plays an essential role in facilitating the machinability of materials. In fact, it favors the splitting of metal chips, which limits machine stoppages caused by long chips tangles. Moreover, its low melting point enables it to form a lubricating film between the tool and the workpiece during machining, thereby reducing cutting forces and extending tool life. Since 2023, on the recommendation of the European Chemicals Agency (Echa), it has been one of the substances subject to authorization, in order to better protect human health and the environment against the risks associated with chemical substances. However, it appears difficult to find a unique solution that can be adapted to the different families of materials for substituting lead, or for new formulations.

The aim of this work is to study the substitution of lead in low-carbon steels by hexagonal boron nitride (h-BN). More specifically, the thesis will study the precipitation of h-BN in low-carbon steels.

The objectives of this thesis work are as follows:

- Studying the nature and volume fractions of the nitrides formed, the presence of any secondary phases, and the content of B in solid solution in the metal matrix and
- Elucidate the saturation effect of the phase fraction, observed in previous studies (ArcelorMittal internal study).

First, the study will focus on model grades (C15, C45), then on commercial samples with carbon contents close to those of the model alloys. Given the very low B and N contents targeted (below 80 and 140 ppm respectively), the precipitation phenomena will be accentuated by the addition of B, and the addition of nitride-forming alloying elements such as Al and Ti. Secondly, samples with gradients in B and N composition will be prepared using the combinatorial methodology developed at SIMaP laboratory. The possibility of combining these two types of gradient on the same sample opens up the possibility of rapid mapping of the composition space.

The implementation of the work will be based on a bibliographical study and preliminary thermodynamic calculations, which will provide theoretical support for the analysis of precipitation phenomena and, in turn, guide precipitation conditions (post-lamination annealing, thermo-chemical treatments). Characterization techniques such as scanning electron microscopy (SEM), Castaing microprobe (EPMA), transmission electron microscopy (TEM), tomographic atom probe will be used, as well as mechanical tests (hardness tests) and machining tests.

Requirements: Masters or engineers specializing in “Materials Science” and/or “Materials Chemistry” and/or “Materials Physics”, with a solid background in thermodynamics and physical metallurgy. The candidate should have a strong interest in experimental approaches and characterization techniques at different scales.

The application must contain in a single PDF document: a CV, a letter of motivation and transcripts of Bachelor's and Master's degrees (or equivalent). Applications will be pre-selected before an interview by videoconference.

Conditions: Start of thesis: first half of 2025, duration: 36 months. Location: SIMaP laboratory at Saint Martin d'Hères (Laboratoire de Science et Ingénierie des Matériaux et Procédés, Université Grenoble Alpes) 1130 Rue de la Piscine, BP 75, 38402 Saint Martin d'Hères, France. As part of a collaboration between the SIMaP laboratory and the ArcelorMittal Research Center, Maizières-les-Metz.

Contacts:

SIMaP: annie.antoni@grenoble-inp.fr, celine.pascal@grenoble-inp.fr, hugo.van-landeghem@grenoble-inp.fr
ARCELORMITTAL - Etablissement de Maizières-Les-Metz: fares.haddad@arcelormittal.com