الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة تيسمسيلت

HADJADJ Naima

نيابة العمادة المكلفة بما بعد التدرج و
البحث العلمي والعلاقات الخارجية
كلية العلوم والتكنولوجيا

الملخص: البورنة هي عملية كيميائية حرارية تنتج طبقات من البوريدات شديدة الصلابة (حوالي HV 2000)، مقاومة للتآكل ودرجات الحرارة العالية. يتم تنفيذ عملية انتشار البور في درجة حرارة بين 1073 و 2731 كلفين لمدة تتراوح من 1 إلى 12 ساعة، مما يثري السطح بالبور. يقدم هذا العمل دراسة نظرية لمحاكاة هذه العملية في فولاذ AISI 316، باستخدام نموذج ديبكوف والطريقة التكاملية، معتمدين على معادلات توازن الكتلة. تمت مقارنة سماكة الطبقات المتوقعة التي تم الحصول عليها بهذه النماذج مع النتائج التجريبية. علاوة على ذلك، ولتحسين دقة التنبؤ للنموذجين، من الضروري الحصول على قياسات دقيقة لانتشار البور في كل مرحلة. بعد التحقق، تم حساب متوسط أخطاء التربيع، والتي بلغت 1,6 ميكرومتر لطبقة Fe_2B و0,75 ميكرومتر لطبقة FeB، مما يؤكد دقة النماذج.

الكلمات المفتاحية: البورنة، الانتشار، بوريدات الحديد، نموذج ديبكوف، الطريقة التكاملية.

RESUME:

La boruration est un procédé thermochimique qui produit des couches de borures très dures (environ 2000 HV), résistantes à l'usure et à haute température. Cette diffusion du bore est réalisée à 1073-1273 K pendant 1 à 12 heures, enrichissant la surface en bore. Ce travail propose une étude théorique pour simuler ce processus dans l'acier AISI 316, en utilisant les modèles de Dybkov et de la méthode intégrale, basés sur les équations de bilan de masse. Les prédictions des épaisseurs de couches obtenues avec ces modèles ont été confrontées aux résultats expérimentaux. De plus, afin d'améliorer la prédictibilité des deux modèles, il est nécessaire de trouver des mesures précises sur la diffusion du bore dans chaque phase. Après validation, les erreurs moyennes quadratiques ont été calculées, obtenant 1,6 µm pour Fe_2B et 0,75 µm pour FeB, confirmant la précision des modèles.

Mots-clés : Boruration, Diffusion, Borures de fer, Modèle de Dybkov, méthode intégrale.

Abstract :

Boronizing is a thermochemical process that produces very hard boride layers (around 2000 HV), resistant to wear and high temperatures. This boron diffusion is carried out at 1073-1273 K for 1 to 12 hours, enriching the surface with boron. This work presents a theoretical study to simulate this process in AISI 316 steel, using the Dybkov model and the integral method, based on mass balance equations. The predicted layer thicknesses obtained with these models were compared with experimental results. Furthermore, to improve the predictive accuracy of the models, precise measurements of boron diffusion in each phase are required. After validation, the mean squared errors were calculated, resulting in 1.6 µm for Fe_2B and 0.75 µm for FeB, confirming the accuracy of the models.

Keywords: Boronizing, diffusion, Iron borides, Dybkov model, Integral method.

المشرف

نائب العميد لما بعد التدرج
والبحث العلمي والعلاقات الخارجية

13/04/2025

العميد