الجمهـوريـــة الجزائـريـــة الديـمـقـراطيـــة الشـعـبيـــة
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليـم العالـي والبحـث العلمـي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
المدرسة الوطنية العليا للتكنولوجيا والهندسة- عنابة-
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE TECHNOLOGIE ET D'INGENIERIE - ANNABA
Département Génie Minier Métallurgie et Matériaux

MEMOIRE

En vue d'obtention du diplôme d'INGENIEUR D'ETAT

Spécialité : science et génie des matériaux

Présenté par
Oulmane Cerine
Boukhetouta Malak

Optimisation des propriétés structurales et magnétiques des alliages nanocristallins $Fe_{80}Co_{20-x}Sm_x$ (x= 0, 1 et 2% at.) synthétisé par broyage mécanique

Encadré par
MRA. **Abderrahmane YOUNES**
Centre de Recherche en Technologies Industrielles-CRTI
MCB. **Nacira DJELLAL**
Ecole Nationale Supérieure de Technologie et d'Ingénierie-ENSTI

Membres du jury :

▪ Pr. Med. Cherif BENOUDIA	Président	ENSTI-Annaba
▪ MCA. Tarek TAHRAOUI	Examinateur	ENSTI-Annaba

Année 2025

Résumé

Ce travail de mémoire s'inscrit dans le cadre de l'étude et de l'optimisation des propriétés structurales et magnétiques de trois alliages nanocristallins : $Fe_{80}Co_{20}$, $Fe_{80}Co_{19}Sm_1$, et $Fe_{80}Co_{18}Sm_2$, élaborés par la technique de broyage mécanique. L'ajout progressif du samarium (Sm) vise à modifier et améliorer les propriétés magnétiques de l'alliage de base $Fe_{80}Co_{20}$, tout en étudiant son influence sur la structure cristalline, la taille des cristallites, et les contraintes internes générées durant le broyage. Les propriétés magnétiques telles que la coercivité, la magnétisation à saturation et la rémanence sont également analysées pour chaque composition. Les échantillons sont caractérisés à l'aide de techniques telles que la diffraction des rayons X (DRX), la microscopie électronique à balayage (MEB), la magnétométrie à échantillon vibrant (VSM) et la calorimétrie différentielle à balayage (DSC). Les résultats obtenus montrent la formation des solutions solides complètes Fe (Co) et Fe (Co, Sm) après 30h de broyage. La taille de cristallites minimale de 15 nm a été enregistrée dans l'alliage $Fe_{80}Co_{19}Sm_1$, avec un taux maximal de microcontrainte de 0.3867%. L'ajout de samarium entraîne une augmentation de la coercivité (Hc) et une diminution de l'aimantation à saturation (Ms).

Abstract

This dissertation work focuses on the study and optimization of the structural and magnetic properties of three nanocrystalline alloys: $Fe_{80}Co_{20}$, $Fe_{80}Co_{19}Sm_1$, and $Fe_{80}Co_{18}Sm_2$, synthesized using the mechanical alloying technique. The progressive addition of samarium (Sm), a rare earth element, aims to modify and enhance the magnetic properties of the base alloy $Fe_{80}Co_{20}$, while also investigating its effect on the crystalline structure, crystallite size, and internal stresses induced during milling. Magnetic properties such as coercivity, saturation magnetization and remanence are also analyzed for each composition. The samples are characterized using various techniques, including X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), vibrating sample magnetometry (VSM) and differential scanning calorimetry (DSC). The obtained results show the formation of complete Fe(Co) and Fe(Co,Sm) solid solutions after 30h of milling. The minimum crystallite size of 15 nm was recorded in the $Fe_{80}Co_{19}Sm_1$ alloy, with a maximum microstrain rate of 0.3867%. The addition of samarium increases the coercivity (Hc) and decreases the saturation magnetization (Ms).

الملخص:

يهدف هذا العمل إلى دراسة وتحسين الخصائص البنيوية والمغناطيسية لثلاث سبائك نانوية بلورية $Fe_{80}Co_{20}$, $Fe_{80}Co_{19}Sm_1$, و$Fe_{80}Co_{18}Sm_2$ والتي تم تحضيرها باستخدام تقنية الطحن الميكانيكي. تُعد هذه الطريقة من تقنيات التخليق في الحالة الصلبة، وتُستخدم للحصول على مواد نانوية التركيب ذات خصائص فيزيائية مميزة، خصوصًا من الناحية المغناطيسية يهدف الاضافة التدريجية لعنصر السماريوم وهو من عناصر الأرض النادرة ، إلى تعديل وتحسين الخصائص المغناطيسية للسبيكة الأصلية . مع دراسة تأثيره على البنية البلورية، حجم البلورات الدقيقة (الكريستاليتات)، والإجهادات الداخلية المتولدة أثناء عملية الطحن. كما يتم تحليل الخصائص المغناطيسية لكل تركيبة، مثل القوة الإكراهية، والتشبع المغناطيسي، والنفاذية المغناطيسية .تمت دراسة العينات باستخدام تقنيات تحليل متعددة، منها حيود الأشعة السينية المجهر الإلكتروني الماسح والمغناطومتر الاهتزازيوستُمكِّن النتائج المتحصّل عليها من تحديد التركيبة المثالية من السماريوم، وشروط الطحن المناسبة، من أجل الحصول على مادة ذات أداء مغناطيسي محسّن، قابلة للاستخدام في تطبيقات مثل النوى المغناطيسية، المجسات، أو أنظمة تخزين الطاقة. تزيد إضافة السماريوم من القسرية (Hc) وتقلل من مغنطة التشبع (Ms)