دراسة الخصائص المغناطيسية لمكبوسات ($Fe_{1-x}Co_x$)

الدكتور امين دواي ثامر* عباس خماس حسين**

تاريخ التسليم:2007/1/25
تاريخ القبول:2007/6/10

الخلاصة

يـــعد موضوع تصنيع قلـــــــوب المحـــــولات الكهربائية بتكنولوجيا المساحيق(Powder Technology) من المواضيع المعقدة بسبب وجود العديد من المتغيرات المتضمنة على سبيل المثال اختيار المواد الاولية , النقاوة , الحجم الحبيبي . اذ ان البحوث المنجزة قد تضمنت استخدام حديد – نيكل , حديد – سليكون وغيرها . وان البحوث المنجزة لحديد – كوبلت في القطر محدودة , وللأهميته في صناعة القلوب في المحولات الكهربائية واجهزة الباروميترات , واجهزة الحاسبة وغيرها فقد اجريت هذه الدراسة .

لذلك استهدفت الدراسة الحالية كلاً مما يأتي : -

1. تحضير مواد لمكبوسات من ($Fe_{1-x}Co_x$) بطريقة تكنولوجيا المساحيق (Powder Technology) وعنـــــد النســـب الـــــــــــوزنية (50 , 35 , 25 , 15 = x) .
2. دراسة تأثير زمن ودرجة حرارة التلبيد على الخواص المغناطيسية (الإنفاذية , القوة القهرية , وشكل حلقة الهسترة) للمواد المحضرة بتكنولوجيا المساحيق .
3. دراسة تأثير النسب المختلفة المضافة من مسحوق الكوبلت النقي على الخواص المغناطيسية والبنية المجهرية للمواد المحضرة .
4. الحصول على اشكال واحجام مختلفة من القلوب الكهربائية .

الكلمات المرشدة:قلب المحول، المكبوسات المغناطيسية،المغناطيسية الدائمة، الهسترة الكبيرة، التردد المتوسط.

Prepare and study the magnetic properties of compacted ($Fe_{1-x}Co_x$)

الجامعة التكنولوجيا/قسم هندسة الانتاج والمعادن،بغداد،العراق*

الجامعة التكنولوجية /قسم هندسة المواد،بغداد ،العراق**

https://doi.org/10.30684/ etj.26.1.9
University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq/2412-0758
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Abstract

The manufacturing of electrical converter using powder-metallurgy can be considered as acomplex-subject due to the several variables which include for examples, selection of raw materials, purity, and grain size. There are many researches that have been used to study iron-nickel, iron-silicon, and so on, but the research on iron-cobalt in our country is limited and due to the significance of core-industrial in electrical converters, barometer and computer devices…….etc, this work has included:

1. Preparing compacted-materials of ($Fe_{1-x}Co_x$) by using powder-metallurgy at different weight ratios (x=15, 25, 35, 50).
2. studying the effect of time and temperature of sintering on magnetic properties (permeability, coercivity force, and hystersis loop) for materials prepared by using powder-metallurgy.
3. studying the effect of different ratios of pure cobalt-powder added on magnetic properties and microstructure of prepared materials.
4. produceing different shapes and sizes of electrical-core.

المقدمة

احتلت المواد المغناطيسية مكانة جيدة في التطبيقات الكهربائية التي تدخل في الصناعة مثل قلوب المحولات الكهربائية المستخدمة في الترددات المختلفة وفي المولدات وتطبيقات حفظ الذاكرة وكمواد ماصة للموجات الكهرومغناطيسية , إذ كانت هذه الأجهزة تعتمد سابقا على الحديد وسبائكه المغناطيسية لتلبية متطلباتها من المواد المغناطيسية[1]. ونتيجة الحاجة إلى تطوير وتصنيع اجهزة ومعدات تعمل عند الترددات العالية, وعدم إمكانية التقنيات القياسية العادية من إزالة او تقليل التيارات الدوامة المتولدة

عند الترددات العالية في قلوب المحولات المصنوعة من سبائك الصلب السليكوني, والتي تقلل من النفوذية المغناطيسية لهذه القلوب إلى درجة كبيرة, لذا تم التوجه الى استعمال القلوب الحديدية المصنوعة بتكنولوجيا المساحيق باستعمال مساحيق معادن نقية او مساحيق بعض الأكسيد المغناطيسية والمعروفة بـ (الفرايتات) في صناعة قلوب المحولات. حيث امتازت هذه الطريقة بإمكانية التحكم بالخواص المغناطيسية وذلك بالتحكم في نوع ونسب المواد الأولية المضافة او من خلال السيطرة على طريقة تصنيعها او اتباع المعاملة الحرارية المناسبة[2] . تعد طرائق تصنيع المغانط الدائمية والمؤقتة (Permanent and Soft Magnats) من التكنولوجيا المهمة جدا في كثير من التطبيقات الصناعية المختلفة وذلك لأنها تدخل في تطبيقات متعددة على سبيل المثال ينتشر استعمال القلوب المصنعة من مساحيق الحديد المرسب كهربائيا (100% Fe) في الملفات عالية التردد في صناعة الهواتف والمذياع . وتستعمل القلوب المصنوعة من البرمالوي [(19 -22% Fe) , (78 % Ni – 81)] في صناعة ملفات الحث وأجهزة الهواتف ذات التردد المنخفض وفي اجهزة شبكة الهواتف متعددة القنوات وفي صناعة المرشحات التي تستخدم في هذه الشبكات إضافة إلى استخدام بعض المواد المغناطيسية في صناعة قلوب المحولات المستخدم في صناعة الحاسوب مثل سبائك حديد – نيكل **و حديد – كوبلت[3] .**

مراحل التحضير

المواد الأولية

المواد الأولية المستعملة في تحضير نماذج سلسلة ($Fe_{1-x}\ Co_x$) ذات النظام الثنائي تتمثل باستعمال مسحوق حديد نقي من نوع (α) وبنقاوة (98.8 %) ومجهزة من قبل شركة (MERCK) ألماني المنشأ . وذلك بالاستعانة بجهاز حيود الأشعة السينية. ومعدن كوبلت ذي نقاوة (97.8 %) وقد تم إجراء التحليل الكيميائي بصورة أولية على المعادن المستعملة لمعرفة درجة النقاوة والتركيب الكيميائي للحديد والكوبلت .

ومن الجدير بالذكر بان الخواص المغناطيسية للنماذج المحضرة تعتمد بشكل كبير على نقاوة المواد الأولية المستعملة . إذ إن وجود الشوائب في المواد الأولية تكون سببا في نشوء أطوار غريبة قد تؤدي إلى تغير في الخواص التركيبية وإعاقة توجه العزوم المغناطيسية باتجاه المجال المغناطيسي المسلط فتحدث هبوطاً في الخواص المغناطيسية .

الطحن

تم استخدام طاحونة مختبرية ذات كرات فولاذية نوع (Kyoto) منشأ ياباني لغرض طحن رقائق هشة من معدن الكوبلت وتحويله الى مسحوق ناعم باستخدام عدد من الكرات الفولاذية مدة زمنية مقدارها (16) ساعة ثم تم غربلة المسحوق الناتج باستخدام غرابيل قياسية مصنوعة من فولاذ غير قابل للصدأ (Stainless Steel) وبفتحات قياسية (75 µm) .

إن حجم الدقائق يؤثر في قابلية الخلط للمسحوق وسرعة وقابلية عملية التشكيل او الكبس وكذلك قابلية المسحوق على التقلص والانكماش .

إن دقائق المسحوق يجب ان لا يكون صغيرا جدا لان ذلك يؤدي الى زيادة السطح النوعي للدقائق وبالتالي يقلل من قابليته على التشكيل أو الكبس ويفضل احتواء المسحوق على دقائق ذات أحجام مختلفة حيث ستزداد متانة المكبوسة . وذلك بسبب قيام الدقائق الصغيرة بملء الفراغات بين الدقائق الكبيرة [6] .

حساب النسب الوزنية

تحسب الاوزان للمواد الداخلة في تحضير النماذج بدقة بوساطة ميزان حساس نوع (Satorius) الماني المنشأ دقته لغاية (10^{-3}) من الغرام .

المزج والخلط

لدراسة النسبة المئوية لمسحوق الكوبلت المضافة إلى مسحوق الحديد على خواص النماذج فقد تم اختيار النسب الوزنية الاتية لمعدن الكوبلت ($Fe_{1-x}Co_x$, x = 15, 25 , 35 , 50) وعلى التوالي .

تمزج المواد الأولية التي تم وزنها لكل أنموذج من نماذج السلسلة من (FeCo) مع إضافة مادة بولي فينال الكحول (PVA) بنسبة (15 % wt) من وزن المزيج كمادة رابطة ويساعد على تشكيل السبيكة أثناء عملية الكبس واتبعت تقنية عملية المزج الجاف للمساحيق فترة (8) ساعات للحصول على مزيج متجانس وغير متكتل لكل أنموذج .

مرحلة التشكيل أو الكبس

تم تشكيل جميع النماذج بالكبس على البارد (Cold Pressing) وباستعمال مكبس هيدروليكي اعتيادي نوع (Tokyo Koki SEIZOSHO , Co , JAPAN) ذي مواصفات يصل قيمة الحد الاقصى للضغط في الجهاز الى (50 طن) أما النماذج المحضرة فقد تم الكبس تحت ضغط (4 طن)

وباستعمال قالب معدني خاص للحصول على النماذج المناسبة والملائمة لمتطلبات الأجهزة المختبرية المستخدمة لغرض فحص الخواص المطلوبة , وبعد إجراء محاولات عديدة لعملية الكبس من حيث الضغط أو نسبة ونوعية المادة الرابطة المضاف إلى المسحوق لكي نحصل على متانة كافية لنقل الأنموذج لغرض عملية التجفيف والتلبيد , وتم اتباع الضغط المذكور سابقا لكبس النماذج , وقد تم كبس نماذج القلوب بطريقة الكبس المحوري الجاف وبأشكال قرصية (Pellet) بقطر (25 ملم) وارتفاعه (5 ملم) وأخرى اسطوانية (Cylinders) بقطر (12 ملم) وارتفاعه (40 ملم) لكونهما الشكلان القياسيان المعتمدان لفحص المواد المغناطيسية حسب نظام (ASTM) . وبعد الانتهاء من عملية كبس النماذج وثم تجفيفها باستخدام فرن التجفيف الكهربائي من نوع (Heraeus) عند درجة حرارة (160 ^oC) مدة (24 ساعة) وذلك لإزالة الرطوبة والاجهادات المتولدة أثناء عملية الكبس .

التلبيد

النماذج المحضرة والتي تم كبسها على البارد تكون غير جاهزة للاستعمال ولان خواصها الميكانيكية تكون ضعيفة مثل المتانة ولأجل تحسين الخواص الميكانيكية للنماذج المكبوسة , فإنها تحتاج إلى معاملة حرارية تدعى بعملية التلبيد (Sintering) والتي تجرى بدرجات حرارة اقل من درجة انصهار المادة (Melting Point) وعادة عند درجات حرارية تتراوح بين[T_m (0.7 – 0.9)] من درجة انصهار المادة المحضرة وقد تم تلبيد النماذج المحضرة باستخدام فرن نوع(Electric Furnace TACHYON . Co , LTD . Japan) وعند درجات حرارة التلبيد ((1000 ^oC , 1100 ^oC , 1200 ^oC وبمعدل تسخين 100 ^oC /h وبامرار غاز الاركون على النماذج الموجودة داخل حاوية خاصة في الفرن وعند وصول درجة حرارة التسخين إلى درجة التلبيد المطلوبة يترك الأنموذج مدة أربع ساعات عند درجة التلبيد القصوى ثم يطفأ الفرن وتترك النماذج لتبرد داخل الفرن إلى درجة حرارة الغرفة . واستخدم غاز الاركون لكونها ذات جهد تأين عالي جدا , والأساس في عملية التلبيد هو انتقال المادة عن طريق الانتشار الحجمي والانتشار الذاتي السطحي والطاقة المطلقة المرتبطة بأسطح الدقائق والتي تلعب دورا كبيرا عند عملية التلبيد فهي عند تحررها

أثناء عملية التسخين تقوم بدور القوة المحركة الأساسية لعملية التلبيد وتبدأ الذرات الموجودة على السطح بالحركة لانها ذات حركية أعلى مقارنة مع الذرات الموجودة داخل الدقائق .

قياس وفحص النماذج

من الفحوصات التي اجريت على النماذج المحضرة في البحث اشتملت على فحوصات تركيبية تمثلت بفحص مجهري وتصوير البنية المجهرية للنماذج وفحص تصوير الأشعة السينية وفحص حيود الأشعة السينية (XRD) . وحساب كثافة ومسامية النماذج المحضرة وباتباع طريقة ارخميدس , كما اشتملت على فحوصات كهربائية لقياس المقاومية الكهربائية للنماذج وفحوصات مغناطيسية لإيجاد ودراسة خصائص حلقة الهسترة وكذلك قياس الانفاذية المغناطيسية , كما اجريت فحوصات حرارية مثل التوصيل الحراري ومعامل التمدد وفحوصات ميكانيكية مثل قياس الصلادة للنماذج المحضرة وان خصائص النماذج المحضرة تتأثر بزمن ودرجة حرارة التلبيد حيث تكون الطاقة المتوفرة كافية لتفاعل المواد الداخلة كما ان الخواص المغناطيسية تعتمد على كثافة النماذج وعلى مدى الحجم الحبيبي واللذين يعتمدان بدورهما على درجة حرارة التلبيد .

الفحص المجهري

لغرض تحضير النماذج للفحص ولدراسة التركيب المجهري والمحضرة بطريقة ميتالورجيا المساحيق تم اجراء عمليات التنعيم (Grinding) من خلال استخدام اوراق تنعيم ذات حبيبات من كاربيد التنكستن وبدرجات (120 , 350 , 500 , 800 , 1200) مايكرون على التوالي ثم تبدأ عملية غسل النماذج بالماء لتحضيرها لعملية الصقل (Polishing) . فقد تم استخدام محلول إظهار من النيتال (Nital) بنسبة حجمية (2%) حامض النتريك (HNO_3) و (98%) كحول لغرض عملية الاظهار . أخيرا تم استخدام المجهر الضوئي نوع (ALTAY) منشأ (India) ذي قوة تكبيرية (100X – 200X) والمجهز بكاميرا تصوير تم استخدامه لتصوير اسطح النماذج المحضرة وبقوى تكبير مختلفة , والغرض من ذلك لملاحظة الخواص المجهرية للاطوار الناتجة عند تأثير درجات المعاملة الحرارية وزمن التلبيد .

فحص النماذج بالأشعة السينية

تم إجراء فحوصات الأشعة السينية للنماذج المحضرة بوساطة جهاز تصوير الأشعة السينية نوع (Philips) ألماني المنشأ والتي يسلط فولتية مقدارها (5 KV)

مدة Sec) . حيث تبين خلو النماذج من أي عيوب كالتشققات والفجوات .

فحص حيود الأشعة السينية

لبيان طبيعة التراكيب البلورية والأطوار المتكونة للنماذج المحضرة تم استخدام جهاز حيود الأشعة السينية (XRD) من نوع (Philips) ألماني المنشأ والذي يولد أشعة سينية بطول موجي (1.5418 A^o) ومعدن الهدف (Target) المستخدم في أنبوب الأشعة السينية هو النحاس (Cu) وكانت ظروف التشغيل ضمن تيار (20 mA) وفولتية (30 KV) وضمن مدى زاوي ($2\theta = 25^o - 80^o$) .

ومن خلال تحليل نتائج الحيود الذي حصلنا عليه من ارتفاع القمم (Peaks) وبمقارنة هذه القيم مع الجداول القياسية (ASTM) تم تحديد البناء البلوري والأطوار للنماذج المحضرة .

دراسة الخصائص التركيبية

ان الغاية من الفحوصات التركيبية بيان نمو الأطوار ودرجة تجانسها وإمكانية تحديد درجة التلبيد الملائمة . وكذلك دراسة تغيير وتأثير النسب الوزنية للخلطة على نمو الأطوار .

نتائج الفحص التركيبي

يوضح الشكلان (1 – 1) و (1 – 2) البنية المجهرية (Microstructure) للانموذجين المحضرين (Fe_{65} Co_{35}) و (Fe_{50} Co_{50}) بطريقة تكنولوجيا المساحيق . إذ يظهر من الشكلين إن البنية تتكون على العموم من أرضية الحديد الأساس ذات اللون الفاتح مع الطور المتكون ($CoFe_2O_4$) ذات اللون غامق او رمادي . حيث تبدو عملية الانتشار واضحة وبصورة متجانسة وهناك ترابط جيد بين طور الحديد وطور ($CoFe_2O_4$)

نتائج فحص حيود الأشعة السينية

أظهرت فحص حيود الأشعة السينية للانموذج المحضر (Fe_{50} Co_{50}) والموضح في الشكل (1 – 3) والمحضر عند درجة حرارة (1200 ^oC) نمو للأطوار وذلك بعد مقارنة قيم (d) عند قيم الزوايا (2Ɵ) العائدة لقمم الحيود (Peaks) مع الجداول القياسية لبطاقة (ASTM) .

نتائج قياس الكثافة الظاهرية

الجدول (1 - 1) يبين قيم الكثافة الظاهرية للنماذج المحضرة لسلسلة ($Fe_{1-x}Co_x$) ولدرجات تلبيد مختلفة .

رمز الانموذج	الكثافة غم / سم^3 عند 1000 ^oC	الكثافة غم / سم^3 عند 1100 ^oC	الكثافة غم / سم^3 عند 1200 ^oC
$Fe_{85}Co_{15}$	4.10	4.32	4.41
$Fe_{75}Co_{25}$	4.12	4.34	4.40
$Fe_{65}Co_{35}$	4.21	4.35	4.46
$Fe_{50}Co_{50}$	4.10	4.35	4.48

الجدول (1 – 1) يبين قيم الكثافة الظاهرية للنماذج المحضرة لسلسلة ($Fe_{1-x}Co_x$) ولدرجات تلبيد مختلفة

يلاحظ قيم واطئة لكثافة النماذج عند درجة تلبيد واطئة وذلك بسبب وجود مسامات واضحة وقلة تجانس المركب , لكن توجد زيادة في كثافة نموذجي ($Fe_{65}Co_{35}$) و ($Fe_{50}Co_{50}$) عند درجة (1200 ^oC) . وبشكل عام توجد زيادة في الكثافة بزيادة درجة التلبيد وسبب ذلك يعود الى زيادة انتشار ذرات المركب وحصول عملية الانماء الحبيبي حيث تنتشر الدقائق الصغيرة داخل الدقائق الكبيرة المتماسة معها بتكوينها لمناطق الرقبة (Knee Region) اولا وباستمرار الحرارة العالية للتلبيد تتحول الدقائق المختلفة الاحجام المتماسة الى دقائق اكبر حجما بعد الغائها للمسامات التي بينها حتى لا يبقى من تلك المسامات الا القليل واعتمادا على نمو الاطوار . كما ان الحجم الحبيبي يزداد بزيادة درجة التلبيد .

اخيرا يمكن القول انه لا يمكن تحقيق الكثافة النظرية وذلك بسبب عدم انتهاء او اختفاء المسامات كليا .

نتائج فحص الصلادة

ان تأثير المعاملة الحرارية على الخواص الميكانيكية خاصة الصلادة

للانمـوذجين ($Fe_{65}Co_{35}$) و ($Fe_{50}Co_{50}$) الانمـــــــوذجين تكـــــــون قليلـــــــة . حيث يلاحظ بان قيم الصلادة (Hv) لكلا

عند حالتهما الاولى , لكن سرعان التوصل اليه في [4] ما تزداد قيم الصلادة عند ارتفاع درجات الحرارة للمعاملة الحرارية وتصـــل قيمتها العظمـى عنـد درجـــــــة (^oC 1200) حيث تساوي (HV = 623) و (HV = 766) للانمـــــــوذجين ($Fe_{65}Co_{35}$) و ($Fe_{50}Co_{50}$) على التوالي , بعدها تنخفض قيم الصلادة لكلا الانموذجين مع ارتفاع درجات المعاملة الحرارية فوق (^oC 1200) . و هذه النتائج في توافق جيد مع ما تم

رمز الانموذج	HV 600 ^oC	HV 1000 ^oC	HV 1100 ^oC	HV 1200 ^oC

$Fe_{85}Co_{15}$	285	473	480	485
$Fe_{75}Co_{25}$	286	500	510	565
$Fe_{65}Co_{35}$	285	565	612	623
$Fe_{50}Co_{50}$	287	651	760	766

رمز الانموذج	المقاومية الكهربائية Ω .cm للنماذج عند 1000	المقاومية الكهربائية Ω .cm للنماذج عند 1100	المقاومية الكهربائية Ω . cm للنماذج عند 1200

والجدول (1 - 2) يبين قيم صلادة فيكرز (HV) للنماذج الملبدة .

تظهر نتائج الجدول بين قيم صلادة فيكرز تزداد بزيادة نسبة الكوبلت وبزيادة درجة حرارة التلبيد وهذا يدل على زيادة في الاستقرارية .

نتائج قياس المقاومية الكهربائية

لقد تم قياس المقاومية الكهربائية للنماذج المحضرة وعند درجات تلبيد مختلفة والجدول (1 – 3) يبين قيم المقاومية الكهربائية للنماذج المحضرة .

جدول(1 - 3) يبين قيم المقاومية الكهربائية للنماذج المحضرة

	^oC	^oC	^oC
$Fe_{85}Co_{15}$	$1.2 * 10^6$	$0.8* 10^6$	$0.1 * 10^6$
$Fe_{75}Co_{25}$	$1.5 * 10^6$	$0.7 * 10^6$	$1.8 * 10^5$
$Fe_{65}Co_{35}$	$1.31 * 10^6$	$0.5 * 10^6$	$0.8* 10^5$
$Fe_{50}Co_{50}$	$1.6 * 10^6$	$1.1 * 10^6$	$0.7 * 10^5$

المحضرة ومن ملاحظة الجدول بشكل عام من النماذج نجد ان النماذج المحضرة من سلسلة ($Fe_{1-x}Co_x$) يحتاج الى درجة حرارة عالية لنمو طوره فان ذلك يزيد من الكهربائية عند درجات التلبيد الواطئة لوجود المسامات والمعروف عن الهواء بانه عازل جيد .

كذلك يلاحظ نقصان في قيم المقاومية الكهربائية مع زيادة درجة التلبيد وهذا يدل على نقصان المسامات وزيادة في الكثافة والحجم الحبيبي الذي يؤدي الى تقليص الحدود الحبيبية التي كانت تعد كمناطق اعاقة فرصة تولد الاطوار البينية عند درجات الحرارة الواطئة وبالتالي زيادة المسامات ونقصان الكثافة مما يعني قيماً عالية للمقاومية

درجة حرارة ($1200\ ^oC$) وهذا دلالة على نقصان المسامات والزيادة في الكثافة كما اظهر ذلك في نتائج قياس الكثافة السابقة . ان نتائج قياس المقاومية الكهربائية للنماذج المحضرة تنطبق مع ما

تزيد من قيم المقاومية الكهربائية . كما يلاحظ بان قيم المقاومية الكهربائية تقل بزيادة نسبة الكوبلت بعد (x = 35) ويعزى ذلك الى تجانس وارتباط وتماسك دقائق الكوبلت عند درجات التلبيد العالي مما يؤدي الى تقليل المسامات الموجودة في النماذج المحضرة .

الفحوصات المغناطيسية

ان خصائص النماذج المحضرة تعتمد بالاساس على خصائص المادة التركيبية اكثر من ابعادها الهندسية , ويمكن القول بان الإنفاذية المغناطيسية للقلب ذات المقطع العرضي الكبير تختلف عن مثيلتها ذات المقطع العرضي الصغير , والسبب في ذلك يعود الى اختلاف تعرض سطح العينة لجو الفرن . وهكذا فان الخسائر المغناطيسية الواطئة هي الاساس في تطوير النماذج المحضرة ولاجل تحقيق هذا الهدف من الضروري ان تتم السيطرة على عملية التصنيع للحصول على التركيب المجهري الملائم الذي يتضمن الكثافة العالية والخصائص المغناطيسية المرغوبة , ولعل من اهم الفحوصات التي تجرى على القلوب المغناطيسية وخصوصا قلوب المحولات الكهربائية هي الفحوصات المغناطيسية واحدى اهم انواع هذه الفحوصات هي قياس الإنفاذية المغناطيسية وحلقة الهسترة المغناطيسية .

نتائج قياس الإنفاذية المغناطيسية

نتائج الانفاذية النسبية (μr) (Relative Permeability) والتأثرية المغناطيسية χ (Magnetic Susceptibility) للنماذج المحضرة بطريقة تكنولوجيا المساحيق يمكن ملاحظتها من الجدول (1 - 4) .

نتائج فحوصات حلقة الهسترة المغناطيسية

ان احد اهم الخصائص لاية مادة مغناطيسية هي العلاقة بين كثافة الفيض المغناطيسية (B) وشدة المجال المغناطيسي المسلط (H) , المتمثلة بحلقة الهسترة (B - H Loop)

وحلقة الهسترة هي مقياس للطاقة المفقودة لوحدة الحجم خلال دورة تمغنط واحدة . وبالنسبة لدراسة الخواص المغناطيسية الى المواد فان شكل حلقة الهسترة المغناطيسية وان اهم القيم التي يمكن ايجادها من حلقة الهسترة هي القوة القاهرة Hc (Coercive Force) والمغناطيسية المتبقية

المغناطيسية النسبية μr (Relative Permeability) والتأثرية المغناطيسية χ (Magnetic Susceptibility) والشكل (4 - 1)

يوضح حلقة الهسترة لانموذج ($Fe_{65}Co_{35}$) مع انموذج ($Fe_{50}Co_{50}$) بعد اجراء المعاملات الحرارية (التلبيد) [8,9,]. ان نتائج الشكل (4-1) الذي يوضح حلقة الهسترة للانموذجين بعد اجراء عملية امر ضروري لتحديد نوعية المغانط المصنعة سواءا كانت صلدة (Hard) او لينة (Soft) . [5,6,7]

(Remance Flux Density) Br والانفاذية

التلبيد عند ^{o}1200) . تتطابق مع ما تم التوصل اليه في [10].

جدول (1 – 4) يمثل قيم النفاذية المغناطيسية للانماذج المحضرة عند تلبيد (^{o}C 1200) ولمدة اربع ساعات

Sample	Temp. ^{o}C	B_0 200 MT	μr	B_0 300 MT	μr	B_0 400 MT	μr	B_0 500 MT	μr	Av.of μr	$\mu = \mu r * 4\pi * 10^{-7}$
$Fe_{85}Co_{15}$	1000	214	1.07	316	1.05	420	1.05	516	1.03	1.05	$1.31*10^{-6}$
$Fe_{85}Co_{15}$	1100	216	1.08	316	1.05	421	1.05	517	1.03	1.05	$1.31*10^{-6}$
$Fe_{85}Co_{15}$	1200	217	1.08	318	1.06	420	1.05	517	1.03	1.06	$1.33*10^{-6}$
$Fe_{75}Co_{25}$	1000	240	1.20	320	1.06	432	1.08	520	1.04	1.07	$1.34*10^{-6}$
$Fe_{75}Co_{25}$	1100	242	1.21	322	1.07	434	1.08	522	1.05	1.08	$1.35*10^{-6}$
$Fe_{75}Co_{25}$	1200	243	1.21	327	1.1	434	1.08	523	1.05	1.09	$1.36*10^{-6}$
$Fe_{65}Co_{35}$	1000	322	1.61	450	1.5	530	1.32	566	1.13	1.39	$1.74*10^{-6}$

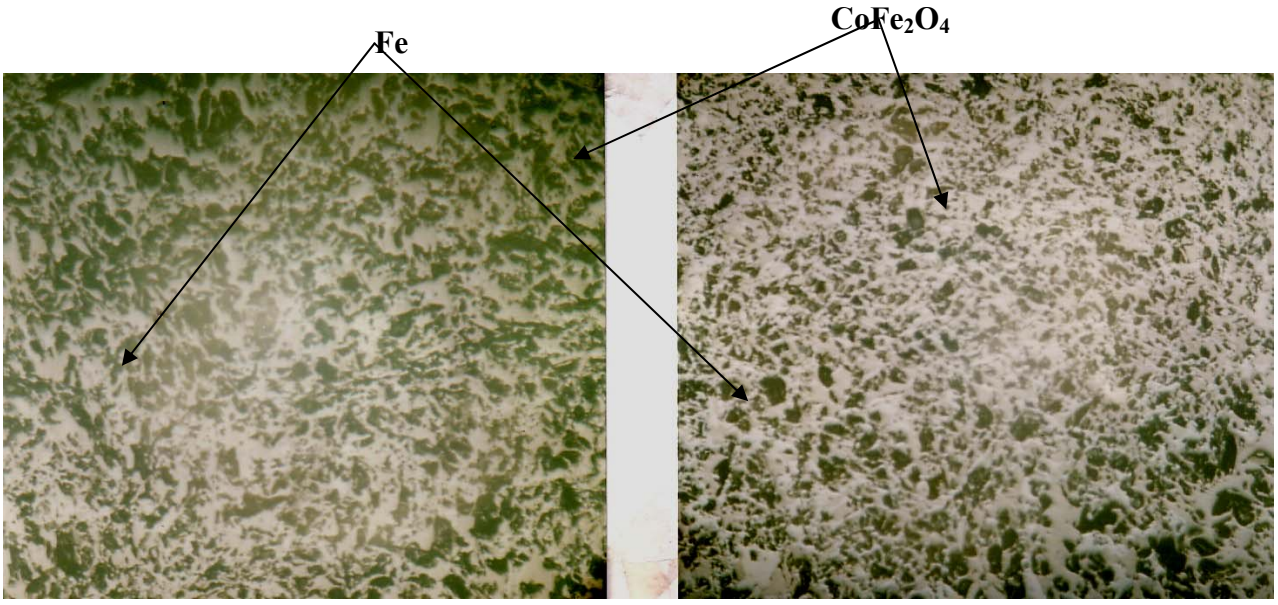
الاستنتاجات والتوصيات

من اهم النقاط التي توصلت اليها الدراسة الحالية هي : -

1. لوحظ تأثير المعاملة الحرارية أي زيادة درجة حرارة التلبيد من 1100°C إلى 1200 °C له تأثير واضح في النماذج المدروسة وبالتالي زيادة في قيم الخواص المغناطيسية والكهربائية مثل الإنفاذية المغناطيسية النسبية ونقصان المقاومية الكهربائية .
2. ان قيم الكثافة تتناسب طرديا مع درجة حرارة التلبيد و هي تؤثر بدورها في قيم المقاومية الكهربائية و المغناطيسية .حيث تتناسب الكثافة عكسيا مع المقاومية الكهربائية.
3. زيادة نسبة عنصر الكوبالت عن (35 %) له تأثير واضح في الخواص المغناطيسية و خاصة شكل و حجم حلقة الهستيرة , حيث كانت الخواص المغناطيسية ضعيفة للنماذج ذات النسب الاقل من النسبة المذكورة اعلاه .
4. لوحظ تأثير زمن التلبيد على الخواص المغناطيسية للنماذج المدروسة . وافضل زمن تلبيد كانت اربع ساعات للنماذج المحضرة .
5. أظهرت نتائج حيود الأشعة السينية بأن الطور ($CoFe_2O_4$) هو الطور السائد في النماذج المحضرة .
6. كانت قيمة الضغط الملائمة للكبس هي بمقدار (4 طن) للنماذج المدروسة والتي تؤدي الى الحصول على نماذج متماسكة وجيدة للتنقل لإجراء المعاملات اللاحقة عليها .

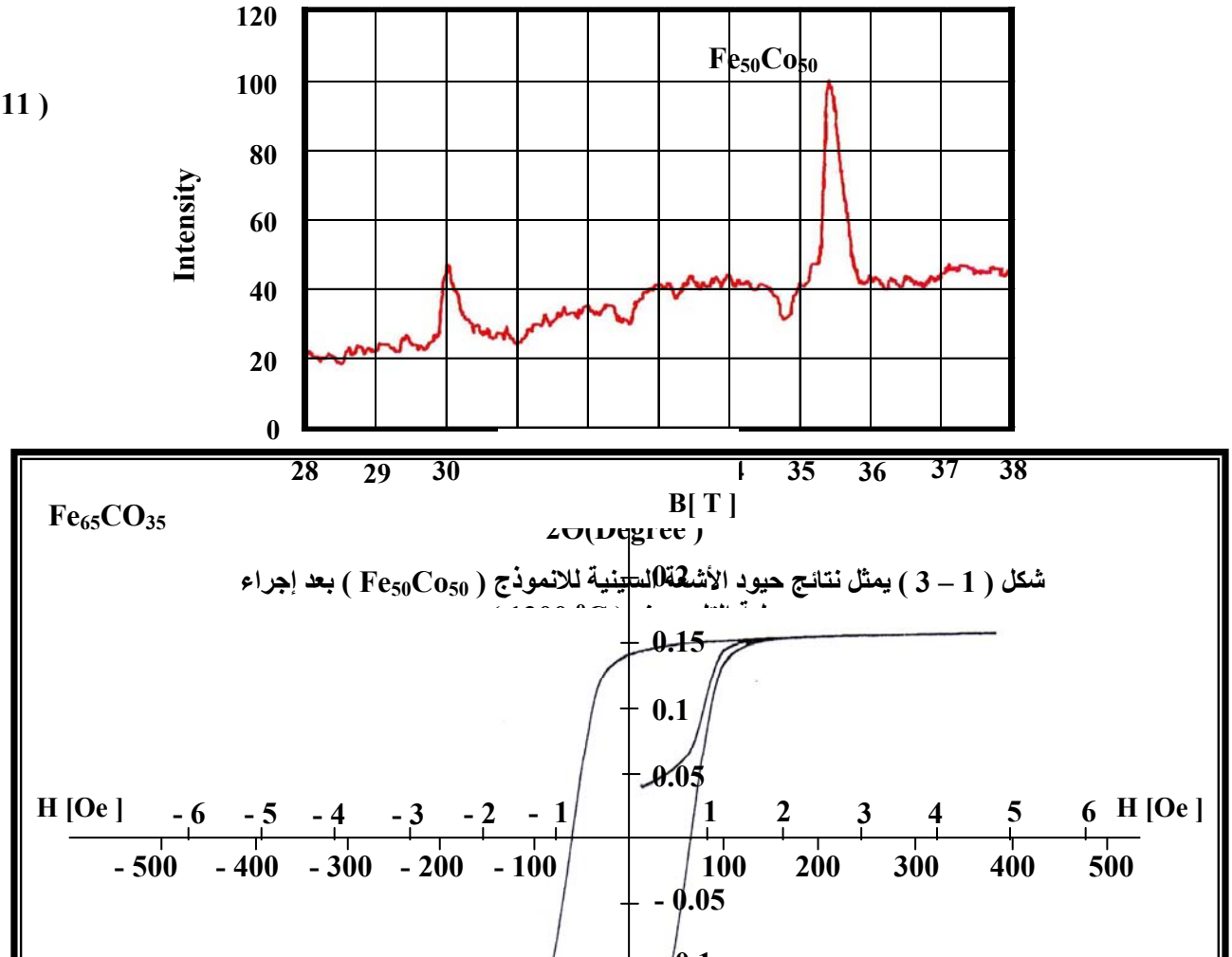
التوصيات و المقترحات

1. تحضير نماذج من سلسلة ($Fe_{1-x}Co_x$) على شكل أغشية رقيقة (thin film) ودراسة خواص طبقات الطلاء التركيبية والكهربائية.
2. إدخال عوامل إضافية مؤثرة في تحضير النماذج و بيان اثر هذه العوامل في قيم الخواص المغناطيسية ,واهم هذه العوامل هي زمن الطحن ومعدل حجم الحبيبي و النقاوة والتوزيع ألحجمي للدقائق وتغيير ازمان التلبيد ودراسة مدى تأثير ذلك في الكثافة والمسامية وبالتالي في الخصائص الفيزيائية .
3. تحضير نماذج من عناصر ذات أنظمة ثلاثية مثل (Fe-Ni-Co)(Co-Mn-Fe)و دراسة خواصها التركيبية والمغناطيسية و الحرارية.
4. قياس خواص كهربائية أخرى (كثابت العزل وظل الفقد الكهربائي) للنماذج المحضرة لسلسلة ($Fe_{1-x}Co_x$) بطريقة ميتالوجيا المساحيق وبطريقة السباكة ,ومقارنة النتائج المستحصلة مع قيم الخواص التركيبية والمغناطيسية.



شكل (1 – 1) يوضح البنية المجهرية للانموذج ($Fe_{65}Co_{35}$) الملبدة عند ^oC 1200 وبقوة تكبير 200X

شكل (1 – 2) يوضح البنية المجهرية للانموذج ($Fe_{50}Co_{50}$) الملبدة عند ^oC 1200 وبقوة تكبير 200X



شكل (1 – 3) يمثل نتائج حيود الأشعة السينية للانموذج ($Fe_{50}Co_{50}$) بعد إجراء

References

شكل (1 - 4) يوضح حلقة الهسترة للانموذجين ($Fe_{50}Co_{50}$ و $Fe_{65}Co_{35}$) بعد إجراء عملية التلبيد عند ($1200\ ^oC$)

1. Bolton,.w, “Engineering Materials Technology” Butterwotth pub.co.2003.
2. Yosida, k. “Theory of Magnetism” Chapman and Hall, London, 1998.
3. Wohlfarth,E.P “Ferromagnetic Materials” North.Holand Publishing Company, 1980.
4. Abbas.K.Hussein M.Sc. Thesis, The University of Technology . Dept. of Production Eng.& Metallurgy,2000.
5. Calister, Jr. “ Materials Science and Engineering “ John Wiley, Newyork . 2003.
6. Hadfield, D. “ History of The Development of Sintered Permanent Magnet “. Powder Metallurgy .No.3, 1979.
7. Diver,H.B. “ Modern Permanent Magnet Materials”. Metals and Materials, October 1976.
8. Alvenslebn, et al. “ A Study of Alnico Magnets By Atom Probe Field Ion Microscopy”. Scripta Metallurgy .Vol.18,pp.337-342,1984.
9. Jon, J. et al. “The Structure of Ni-Co-Al-Ti-Cu-Fe Permanent Magnets” IEEE Transaction on Magnetics, Vol.Mag-6,No.2,June, 1970.
10. Luzhinskaya, M.G. “ Domain and The Magnetostatic Interaction of One Domain Formation in Magnetically Alloys” The Physics of Metals and Metallugraphy” Vol.61,No.