تصنيع مادة قلوب المحولات الكهربائية التي تعمل عند الترددات المتوسطة والعالية

د. صباح محمد علي
د. سلام حسين علي الحداد
م.عمار مخلف جاسم
الجامعة التكنولوجية

الخلاصة

حضرت عينات فراتية للسلاسل N(Fe+Ni+Zn) , Nc(Fe+Ni+Zn+Cu) و(Ncc(Fe+Ni+Zn+Cu+Coذات بنية متراصة وكثافة ظاهرية بحدود 4.93 g/cm^3 وحجم حبيبي بحدود 20μm ساعدت للحصول على الانفاذية بحدود 700 في المدى MHZ (20 – 0.1) . حصلنا على مفاقيد كهربائية ومغناطيسية في مدى الترددات العالية وفي اغلب الاحوال أقل من 0.085 بسبب ارتفاع المقاومية الكهربائية إضافة إلى كبر وتجانس الإحجام الحبيبية للنماذج المحضرة وقلل ذلك من التيارات الدوامة الى حد كبير مما يسهل الاستخدام في مجال الترددات العالية بدون خسارة . الهسترة المغناطيسية للنماذج N6 , Nc3 , Ncc3 حصلنا منها على قيم واطئة للقوى القهرية Hc(20A/m) و فيض الاستباق Br(60mT) مع ارتفاع قيمة فيض الإشباع .Bs(310 mT) .

1-المقدمة:

كانت الصناعات الكهربائية تعتمد بشكل رئيسي على الحديد وسبائكه المغناطيسية لتلبية متطلبات التطبيق في الترددات الواطئة [1]. نتيجة للحاجة الى العمل عند الترددات العالية وعدم امكانية تقليل خسائر التيارات الدوامية تم البحث عن المواد التي تمتلك خسائر قليلة جدا، ومن هذه

المواد الفرايتات التي تمتلك مقاومية كهربائية وانفاذية مغناطيسية عاليتين عند الترددات العالية.هذه الخصائص المتميزة للفرايتات اهلتها لان تستخدم كمادة قلوب في المحولات الكهربائية التي تعمل عند الترددات المتوسطة [2].

الفرايتات مواد سيراميكية متجانسة رمادية غامقة او سوداء تتركب من خلط انواع مختلفة من الاكاسيد مع اوكسيد الحديديك وهي صلدة جدا وهشة في نفس الوقت . وتمتلك الفرايتات تراكيب بلورية مختلفة وهي على هيئة فرايتات ضعيفة(soft) او قوية (hard ferrite)، وتعد الفرايتات الضعيفة المادة الاساس في صناعة مادة قلوب المحولات الكهربائية[3].

تم تحضير الفرايتات الضعيفة مثل النيكل–زنك والكوبلت والمنغنيز–زنك بطرائق مختلفة منها اليراميكية والتحلل الحراري والترسيب الكيميائي ..... الخ [4-6]

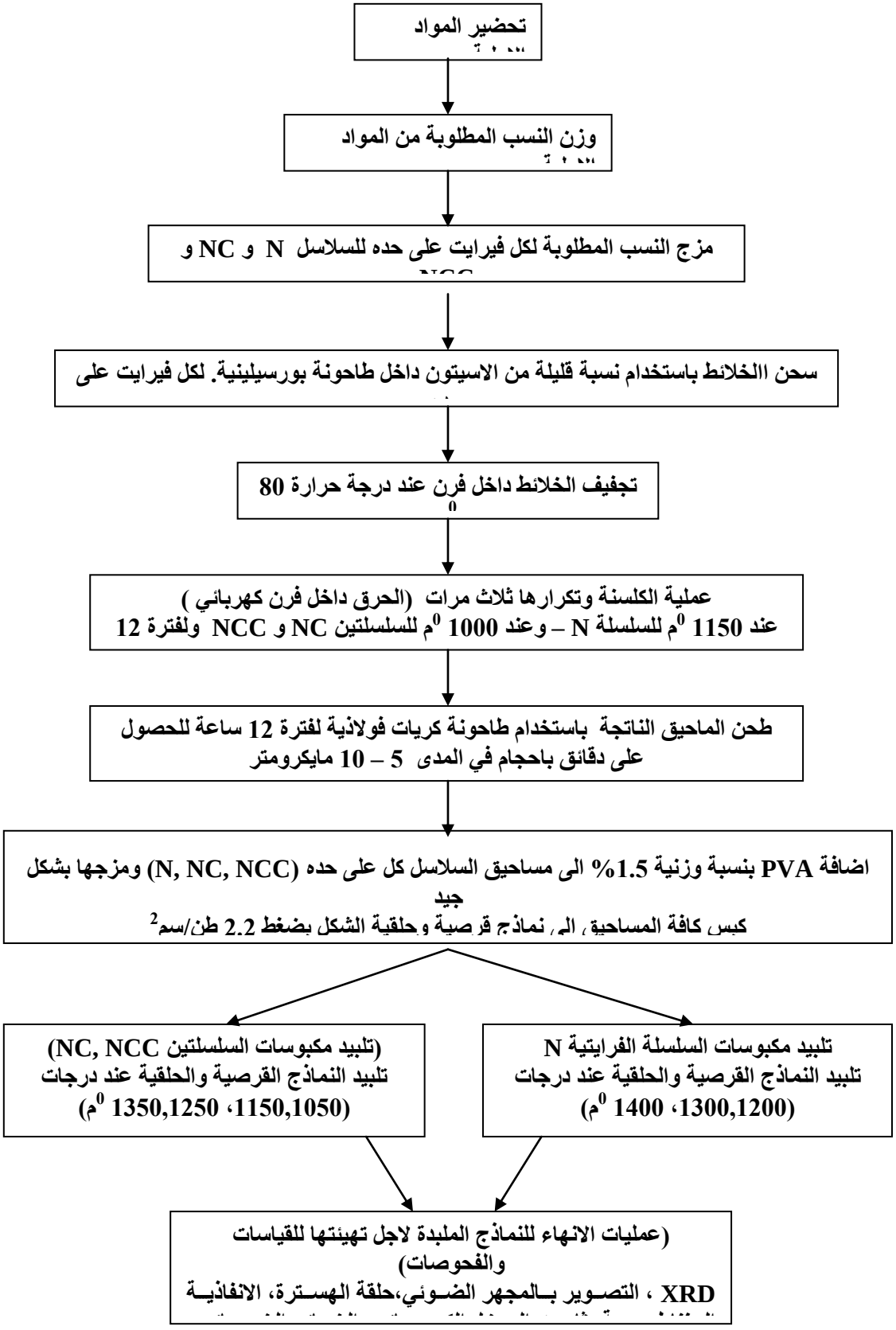
كما ان تطبيقات المواد الفيرايتية تعتمد على سلوك منحنى التمغنط وحلقة الهسترة (B–H)، اي كيفية تغير فيضها المغناطيسي(B) مع شدة المجال المغناطيسي (H)، والفرايتات ذات المنحنى (B–H) الخطى وحلقة هسترة ضيقة مع انفاذية عالية هي المفضلة في استخدامها كمادة قلوب المحولات الكهربائية[7]. ونتيجة للتطور تم الحصول على فرايتات متميزة ومنها : فيرايت Mn–Zn وفرايتNi–Zn اللتان تعملان عند الترددات المتوسطة والعالية وبخسائر قليلة جدا وانفاذية عالية وينتميان الى عائلة فرايتات السبنل(spinel). ولاجل تقليل درجة حرارة التلبيد وتوسيع عرض المدى الترددي العامل مع بقاء الانفاذية العالية والخسائر الواطئة تم التوجه الى استبدال جزئي للأيونات الثنائية بايونات ثنائية اخرى مثل Cr^{+2},Cu^{+2},Co^{+2} الى تركيبة الفيرايتين Mn–Zn و Ni–Zn ، اذ تعمل هذه الايوناتبتغيير محصلة العزوم المغناطيسية الناتجة من التركيب الفرايتي علاوة على زيادة الانفاذية المغناطيسية وتمغنطية الاشباع [8-11].

كما تم دراسة تقليل خسائر القدرة من خلال تطعيم فيرايت النيكل –زنك بايونات الانديوم والتيتانيوم وان هذه التعويضات ادت الى تقليل الخسائر عند بالترددات العالية وصولا الى 3MHz [12] ، في حين التطعيم بايونات الالمنيوم والمنغنيز في فيرايت النيكل –زنك ادت الى زيادة المقاومية الكهربائية والانفاذية الابتدائية وتمغنطية الاشباع ودرجة كوري [13].كما وتم دراسة الخصائص التركيبية وتاثير الحجم الحبيبي على الية التوصيل الكهربائي لفرايت النيكل– زنك [14] والانفاذية المغناطيسية لفرايت النيكل–زنك بلغت 800 عند مدى الترددات العالية [15]. يتضمن البحث الحالي في تحضير فرايتات النيكل –زنك المطعمة بايونات النحاس والكوبلت بالطريقة السيراميكة مع

استخدام الحرارة في المزج الرطب لمكونات الخلطة الفيرايتية وطاحونة الكريات الفولاذية بغية الحصول على دقائق مايكروية وتجانس عالي قبل البدء بعمليات الكبس الهايدروليكي والتلبيد.ويهدف البحث الحالي الى ايجاد تراكيب فيرايتية بطور مستقر وخالي من الاطوار الغريبة ذات انفاذية وتابت عزل وتمغنطية اشباع عالية مع مفاقيد كهربائية ومغناطيسية واستبقائية مغناطيسية وقوة قهرية واطئة.

2-تحضير النماذج الفيرايتية :

توجد عدد من الطرائق لتحضير المواد بشكل عام والفيرايتات بشكل خاص ومنها: الطريقة السراميكية والترسيب الكيميائي والترسيب الاني وعدد من الطرق الكيميائية وطريقة التحضير من الطور الزجاجي. اما في البحث الحالي تم تحضير النماذج الفيرايتية بالطريقة السيراميكية التليدية مع بعض التحسينات في عمليات المزج والطحن بغية الحصول على التجانس العالي .الشكل (1) يمثل مخطط تفصيلي لعمليات تحضير النماذج الفيرايتية قيد البحث، اذ تم استخدام مواد اولية ذات نقاوة عالية والجدول (1) يتضمن مواصفات المود الاولية المستخدمة في البحث ودرجة نقاوتها ومناشئها.ان عمليات تحضير النماذج الفيرايتية المستخدمة في المحولات الكهربائية يمكن اجمالها بالمراحل الاتية:1-مزج المواد الاولية. 2. الكلسنة والقولبة. 3. التلبيد. 4. عمليات الانهاء وترميز.



شكل (1) : مخطط يبين مراحل تحضير النماذج الفيرايتية للسلاسل (N, NC, NCC)

جدول (1) : المواد الاولية المستخدمة في البحث ومواصفاتها

اسم المادة	الصيغة الكيميائية	المنشأ	النقاوة %
اوكسيد الحديديك	Fe_2O_3	Fluka –الماني	%99
اوكسيد الكوبلت	CoO	Fluka –الماني	%99
اوكسيد الزنك	ZnO	Fluka –الماني	%99.9
كربونات النيكل	$NiCO_3$	Fluka –الماني	%99
اوكسيد النحاس	CuO	Fluka –الماني	%99.9
اوكسيد الكروم	Cr_2O_3	Fluka –الماني	%99
كربونات المنغنيز	$MnCO_3$	Fluka –الماني	%99
نترات الحديديك	$Fe(NO_3)_2.9H_2O$	Fluka –الماني	%99
نترات النحاس	$Cu(NO_3)_2.9H_2O$	Fluka –الماني	%99

2-1- تهيئة ومزج المواد الاولية :

يتم تحضير 50 غم من كل تركيب فيرايتي في السلاسل الفيرايتية (NCC, NC , N)، اذ وزنت كل من المواد الاولية (النترات والكربونات والاكاسيد) المذكورة في الجدول (1) وحسب الاوزان التي تحقق التراكيب الفرايتية للسلاسل (NCC, NC, N) الموضحة في الجدول (2). بعد ذلك تمزج المواد الموزنة لكل تركيب فيرايتي مزجا جيدا كلا على حده باستخدام طاحونة بورسيلينية مع اضافة القليل من الكحول على الخليط وذلك لتسهيل وتجانس عملية المزج. وباكتمال عملية المزج لكل تركيب يتم تجفيفها داخل فرن كهربائي عند درجة حرارة 80 ^{0}م لمدة اربعة ساعات ثم تخرج الخليط النهائي من الفرن ليكون جاهزا للكلسنة.

جدول (2) : ترميز التراكيب الفرايتية المحضرة

ت	التركيب الفرايتي	الرمز	ت	التركيب الفرايتي	الرمز
1	$Ni_{0.7-x}\ Zn_{0.3+x}\ Fe_2O_4$	N	11	$Ni_{0.4-y}\ Zn_{0.6}\ Cu_y\ Fe_2O_4$	NC
2	$Ni_{0.7}\ Zn_{0.3}\ Fe_2O_4$	N0	12	$Ni_{0.35}\ Zn_{0.6}\ Cu_{0.05}\ Fe_2O_4$	NC1
3	$Ni_{0.65}\ Zn_{0.35}\ Fe_2O_4$	N1	13	$Ni_{0.3}\ Zn_{0.6}\ Cu_{0.1}\ Fe_2O_4$	NC2
4	$Ni_{0.6}\ Zn_{0.4}\ Fe_2O_4$	N2	14	$Ni_{0.25}\ Zn_{0.6}\ Cu_{0.15}\ Fe_2O_4$	NC3
5	$Ni_{0.55}\ Zn_{0.45}\ Fe_2O_4$	N3	15	$Ni_{0.2}\ Zn_{0.6}\ Cu_{0.2}\ Fe_2O_4$	NC4
6	$Ni_{0.5}\ Zn_{0.5}\ Fe_2O_4$	N4	16	$Ni_{0.15}\ Zn_{0.6}\ Cu_{0.25}\ Fe_2O_4$	NC5
7	$Ni_{0.45}\ Zn_{0.55}\ Fe_2O_4$	N5	17	$Ni_{0.25-z}\ Zn_{0.6}\ Cu_{0.15}Co_z\ Fe_2O_4$	NCC
8	$Ni_{0.4}\ Zn_{0.6}\ Fe_2O_4$	N6	18	$Ni_{0.23}\ Zn_{0.6}\ Cu_{0.15}Co_{0.02}\ Fe_2O_4$	NCC1
9	$Ni_{0.35}\ Zn_{0.65}\ Fe_2O_4$	N7	19	$Ni_{0.21}\ Zn_{0.6}\ Cu_{0.15}Co_{0.04}\ Fe_2O_4$	NCC2
10	$Ni_{0.3}\ Zn_{0.7}\ Fe_2O_4$	N8	20	$Ni_{0.19}\ Zn_{0.6}\ Cu_{0.15}Co_{0.06}\ Fe_2O_4$	NCC3
11	$Ni_{0.25}\ Zn_{0.75}\ Fe_2O_4$	N9	21	$Ni_{0.17}\ Zn_{0.6}\ Cu_{0.15}Co_{0.08}\ Fe_2O_4$	NCC4

2-2- الكلسنة والطحن والقولبة :

الخليط المتجانس النهائي لكل تركيب من السلسلة N يتم حرقها عند درجة حرارة 1150 ^{0}م ولفترة 6 ساعات في حين تحرق تراكيب السلسلتين NC & NCC عند 1000 ^{0}م لنفس الفترة ، بعدها يطفأ الفرن ويترك المساحيق لتبرد داخل الفرن ثما تخرج المساحيق من الفرن وتسحن جيدا باستخدام طاحونة بورسلينية. وتكرر عملية الحرق (الكلسنة) والسحن اربع مرات وذلك لضمان التخلص من الكربونات والنترات وعمليات التفاعل الابتدائية للفرايت،ان دقائق المساحيق الناتجة من هذه العملية تكون ذات احجام يساوي او اقل من60 مايكرومتر ،ولاجل الحصول على مكبوسات ذات كثافة عالية يتوجب علينا تقليل حجم الدقائق وذلك من خلال استخدام طاحونة كريات فولاذية ولمدة 12ساعة لنحصل بذلك على حجم بحدود 5-10 مايكرومتر .اما مرحلة القولبةمن خلال استخدام مكبس هايدروليكي(تصل قوته الى 20 طن) وقالب كبس(قطره 20 ملم). يتم اضافة رابط عضوي الى المسحوق بنسبة وزنية مقداره 1.5% من مادة PVA وذلك للحصول على نماذج متماسكة (بقطر 20 ملم وسمك 3.5 ملم) وباستخدام ضغط مقداره 2.2 طن/سم^2.

يتم الحصول على مكبوسات عدد (9) من كل تركيب فيرايتي للسلاسل (N ,NC ,NCC) اي حوالي 171 مكبوسة على شكل اقراص عند ضغط 2.2 طن/سم^2 وبقطر 20ملم وسمك 3.5 ملم. ونتيجة للحاجة الى نماذج حلقية في القياسات المغناطيسية قمنا بعمل فتحات وبقطر 12ملم في مركز المكبوسات عدد (3) من كل تركيب فيرايتي للسلاسل (N ,NC ,NCC) اي حوالي 57 مكبوسة في حين تركت المكبوسات المتبقية على شكل اقراص لتلائم الفحوصات والقياسات الاخرى عليها.

2-3- التلبيد :

يتم تلبيد المكبوسات الفرايتية لكافة السلاسل المحضرة في البحث قيد الدراسة باستخدام فرن كهربائي تصل درجة حرارته القصوى الى 1500 ^{0}م ،اذ تلبد مكبوسات السلسلة N(ذات الاشكال القرصية والحلقية) عند ثلاث درجات حرارة مختلفة وهي 1200,1300,1400 ^{0}م ، في حين لبدت مكبوسات السلاسل NCC وNC (ذات الاشكال القرصية والحلقية) عند درجات حرارة 1050 و1150 و1250 و1350 ^{0}م وبمعدل تسخين 150 ^{0}م/ ساعة ولفترة 12 ساعة متواصلة. بعد وصول درجة الحرارة الى الدرجة المطلوبة وبقاءها عند تلك الدرجة 12 ساعة ثم يطفأ الفرن بعد

ذلك ويترك النماذج داخل الفرن لتبرد وبعدها نخرج النماذج ، تكرر هذه العملية لكل درجة حرارية مطلوبة لحين اكمال كافة النماذج الحلقية والقرصية ولكافة السلاسل الفيرايتية التي هي قيد البحث.

2-4- عمليات الانهاء :

ان النماذج الملبدة لن تكون جاهزة للفحص والقياس الا بعد عمليات الانهاء التي تتضمن الجلغ والصقل للسطوحها وان لكل تركيب فيرايتي عدد من النماذج الحلقية والقرصية ملبدة عند درجات حرارة مختلفة تلائم طرق القياس والفحص المطلوبة.والجدول (2) يبين ترميز النماذج الفيرايتية دون ذكر درجة حرارة التلبيد،فمثلا" الرمز NC1-1250 يشير الى الفيرايت NC1 ($Ni_{0.35}$ $Zn_{0.6}$ $Cu_{0.05}$ Fe_2O_4) الملبد عند 1250 ^{0}م، وهكذا بقية الرموز.

3- القياسات والفحوصات :

الفحوصات التي تجرى على النماذج الفيرايتية تتضمن فحوصات تركيبية (من خلال فحص حيود الاشعة السينيةXRD ، والتصوير بالمجهر الضوئي عالي التكبير، وحساب الكثافة الظاهرية والمسامية بطريقة ارخميدس).كما اشتملت ايضا على فحوصات كهربائية ومغناطيسية من خلال قياس المقاومية الكهربائية وثابت العزل الكهربائي والانفاذية المغناطيسية بجزئيهما الحقيقي والخيالي وحساب الخسائر للنماذج باستخدام منظومة (LCR-meter) Agilent 4294A Precision Impedance Analyzer,40 Hz to 500 MHz . كما تم استخدام منظومة Rema comp c100A لقياس حلقة الهسترة المغناطيسية لنماذج فيرايتية المحضرة .

ان المواد الاولية الداخلة في تحضير الفيرايت ودرجة حرارة التلبيد تؤثران بشكل كبير في خصائص النماذج المنتجة.في حين الخصائص الكهربائية والمغناطيسيةتعتمد بشكل كبير على كثافة النماذج والحجم الحبيبي للنماذج المحضرة واللذان يعتمدان بدورهما على درجة حرارة التلبيد.

3-1- الفحوصات التركيبية:

تم استخدام جهاز حيود الاشعة السينية(XRD) نوع Philips PW 1846 الذي يولد اشعة سينية بطول موجي (1.54) انكستروم لمصدريستخدم النحاس (Cu) وضمن الزاوية(2θ) في المدى15^0-80^0، لتوضيح طبيعة التراكيب البلورية للفرايتات المحضرة.ان نص قانون براغ هو :

$$n\lambda = 2d \sin\theta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

اذ ان (n) تمثل رتبة الحيود ، و(λ) تمثل الطول الموجي للاشعة السينية، و(θ) زاوية حيود الاشعة السينية، في حين تمثل (d) المسافة البينية بين المستويات البلورية .باسخدام هذا القانون يمكن حساب قيمة d لقمم الحيود عند الزوايا(2θ) وبمقارنة هذه القيم مع الجداول القياسية (ASTM) يتم تحديد الطور الفيرايتي وحجم البلورة في النماذج الفيرايتية المحضرة. كما تم تحديد التراكيب العيانية ومدى تجانس حبيبات الفيرايت على سطوح النماذج المحضرة من خلال التصوير الضوئي للسطوح[16].

اما بالنسبة لقياس الكثافة الظاهرية والمسامية فقد اعتمدت طريقة ارخميدس، اذ تم وزن النماذج وهي جافة (D) بواسطة ميزان الكتروني حساس ومن ثم وضعت النماذج داخل ماء مغلي وتم وزنها(S)، وتركت النماذج بعدها داخل الماء لفترة 3 ساعات لتوفير الفترة اللازمةلتشبع مسامات النماذج بالماء واخرج من الماء ثم مسح سطحها الخارجي بالقماش ووزنت وهي رطبة(W)، ومن تطبيق المعادلات ادناه يمكن حساب الكثافة والمسامية :

$$\rho = D / V \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

اذ ان (ρ) تمثل كثافة النموذج ، (V) تمثل حجم النموذج ويساوي حجم الماء المزاح ، اما حجم المسامات (V^1) فيعطى بالعلاقة الاتية: $V^1 = (W - D) / \rho^1$ .....(3)

حيث ان ρ^1 هي كثافة السائل المزاح وهي تساوي 1 غم /سم^3 للماء. اما المسامية porosity(P) للنماذج فتعطى بالعلاقة الاتية : $P\% = [\{(W-D)/ V^1\} / \rho^1] \times 100\ \%$ ....(4)

3-2-الفحوصات الكهربائية :

من قياس المقاومية الكهربائية وثابت العزل الكهربائي (ε) وعامل الفقد الكهربائي ($\tan \delta_\varepsilon$) باستخدام منظومة LCR meter .اذ يتم حساب قيم ثابت العزل للنماذج الفيرايتية (التي على شكل اقراص بقطر 20 ملم وسمك 3.5 ملم) من خلال قياس السعة الكهربائية ($C_p = \varepsilon_0 \varepsilon_r A / l$) عند كل تردد، اذ ان A تمثل مساحة سطح النموذج القرصي. و(l) سمك النموذج، في حين ε_r , ε_0 تمثلان ثابت العزل الكهربائي للنموذج والسماحية الكهربائية للهواء على التوالي. وان عامل الفقد الكهربائي يمكن حسابها من العلاقة الاتية[7]:

$$\tan d_e = \varepsilon_r^{'} / \varepsilon_r^{''} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

3-3-الانفاذية المغناطيسية (μ_r) ودرجة كوري (T_c) وعاملي الفقد المغناطيسي والنسبي:

تم اعتماد النماذج الحلقية ولف عليها سلك ملف وايصال طرفيها الى منظومة LCR meter عند درجة حرارة 25 ^{0}م ومن ثم ايجاد الانفاذية النسبية الحقيقية والخيالية للنماذج الحلقية للفيرايتات μ_r' ,μ_r'' على التوالي. ومن ثم ايجاد عامل الفقد المغناطيسي $\tan\delta_m$ من العلاقة الاتية:

$$\tan\delta_m=\mu_r''/\mu_r' \quad \text{.....} \quad (6)$$

اما عامل الفقد المغناطيسي النسبي $\tan\delta_m/\mu_i$ فيمكن حسابها من العلاقة الاتية :

$$\tan\delta_m/\mu_i = \mu_r''/(\mu_r')^2 \quad \text{.....} \quad (7)$$

اذ تمثل(μ_i) الانفاذية الابتدائية او الحقيقية. اما درجة حرارة كوري فيتم ايجادها من منحنى الانفاذية – درجة الحرارة ، اذ ان الانفاذية سيتغير مع درجة الحرارة وفي درجة حرارة معينة سوف تهبط الانفاذية بشكل حاد وهذه الدرجة تدعى بدرجة كوري وبذلك نسجل هذه الدرجة من المنحنى ولكل نموذج[13, 8] .

3-4-معلمات الهسترة المغناطيسية :

لدراسة معلمات حلقة الهسترة للنماذج الفيرايتية ذات الشكل الحلقي(قطر خارجي 20ملم وقطر داخلي 12ملم وسمك 3.5ملم) يتم لف سلكين بعدد متساوي من اللفاتعلى النموذج الحلقي، اذ يمرر تيار كهربائي باحد الملفين وتعد بمثابة مصدر لتسليط مجال مغناطيسي خارجي(H) يسبب في توليد فيض مغناطيسي ينفذ في النموذج واللذي بدوره يحث تيارا يسري في الملف الثاني كدليل لتولد كثافة فيض مغناطيسي(B).تعتبر حلقة الهسترة من اهم الفحوصات المغناطيسية التي تبين امكانية استخدام المواد كقلوب في المحولات الكهربائية وذلك اعتمادا على مساحة الحلقة. ويفضل في استخدام المواد كقلوباذا كانت حلقة الهسترة المغناطيسية لها صغيرة وضيقة. كما وتساعد حلقة الهسترة في ايجاد الانفاذية المغناطيسية الابتدائية (μ_i) والاستبقائية المغناطيسية (B_r) والقوة القهرية (H_c) [2,3] .

4-<u>النتائج والمناقشة:</u>

يتضمن مناقشة نتائج البحث الحالي اختيار الفيرايت الملائم استخدامه كقلب في المحولة الكهربائية التي تعمل عند الترددات العالية في المدى الترددي (0.1-100 MHz)، ومن دراسة الخصائص التركيبية والفيزياوية تم الاستنتاج بان درجة حرارة التلبيد الملائمة للحصول على الطور الفيرايتي للسلسلة N هي 1400 ^{0}م، اما بالنسبة لفيرايتات السلسلتين NC وNCC كانت

درجة التلبيد مساوية الى 1250 ^{0}م.كما وتم تحديد نوع الفرايت المطلوب من خلال دراسة الانفاذية المغناطيسية وعامل الفقد المغناطيسي وعامل الفقد النسبي بالاضافة الى ثابت العزل الكهرباتي وعامل الفقد الكهربائي للسلسلة N وتم اختيار الفيرايت N6-1400 .وبعد ذلك تم تطعيمها بايونات النحاس المتمثلة بالسلسلة NC ،ومن دراسة الخصائص المذكورة لهذه السلسلة NC ليتم الاستنتاج بان الفيرايت NC3-1250 هو الافضل كمادة قلب محولة ومن ثم قمنا بتحسين هذا الفيرايت وذلك بتطعيمها بايونات الكوبلت لتمثل السلسلة NCC وايضا من دراسة الخصائص اعلاه اسخلصنا بان الفيرايت NCC3-1250 هو الافضل لاستخدامها كمادة قلب للمحولات الكهربائية عند الترددات العالية. واخيرا يتم اكمال قياس بعض المواصفات لهذا الفيرايت مثل (المقاومية المستمرة والمتناوبة – قيمة الفيض المغناطيسي الاشباعي B_s ، القوة القهرية H_c – الفيض المغناطيسي الاستبقائي B_r).

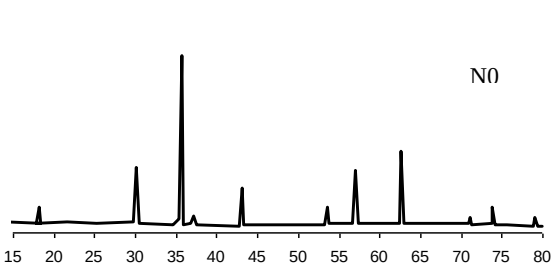
4-1-الخصائص التركيبية:

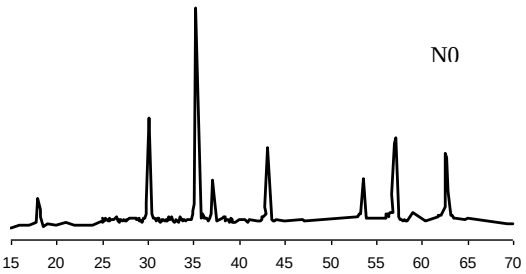
وتتضمن دراسة نمو الاطوار الفيرايتية من خلال فحوصات حيود الاشعة السينية والتصوير الضوئي للنماذج علاوة على حساب الكثافة والمسامية للنماذج وكما يلي في ادناه:

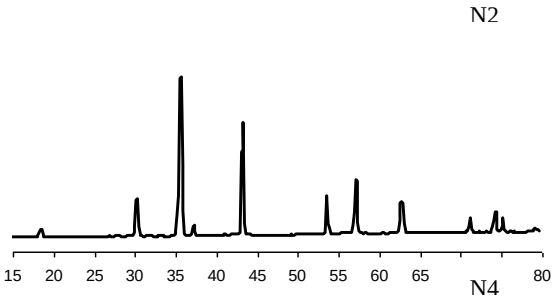
4-1-1-فحص حيود الاشعة السينية:

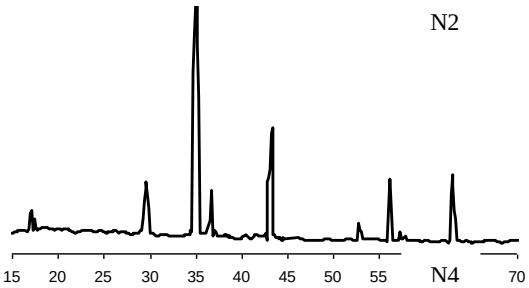
للتاكد من الحصول على الطور الفيرايتي تم اللجوء فحص لنماذج السلاسل الفيرايتية(N وNC و NCC) بحيود الاشعة السينية والاشكال (4)- (7) تبين ذلك، اذ ان الشكلين (2) ،(3) يمثلان اطياف حيود الاشعة السينية لفيرايتات النيكل – زنك (للسلسلة N) الملبدة عند درجة حرارة 1300 و 1400^0 م ،اذ نلاحظ من الشكلين بان النماذج الملبدة عند الدرجة 1400^0 م قد اكتملت نموها للطور الفيرايتي. وقد اظهرت النتائج وجود بعض الاطوار البينية عند درجة حرارة التلبيد الواطئة والتي توثرا سلبا في الخصائص الكهربائية والمغناطيسية مما يعيق استخدامها كمادة قلب في المحولات. واكدت طيف حيود الاشعة السينية على حصول ونمو الاطوار الفيرايتية وغياب الاطوار البينية والغير المرغوبة فيها بشكل تام وذلك عند تلبيد السلسلة N بدرجة حرارة 1400 ^{0} م. في حين يتم تلبيد السلسلتين NC وNCC عند درجة حرارة 1250 ^{0} م والشكلين (4) و (5) يمثلان ذلك. كما ونلاحظ ايضا ازاحات صغيرة في قمم طيف الحيود نحو القيم العالية لزوايا الحيود (2Θ) لفرايتات السلسلتين NC وNCC، وذلك بسبب كبر انصاف اقطار أيونات (النحاس 0.72^{0}A و

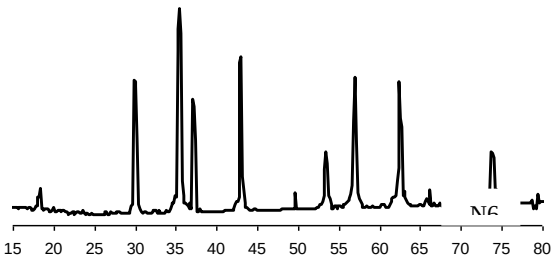
الكوبلت 0.72^0A) المعوضة جزئيا بدلا من ايون النيكل 0.69^0A في فرايتات النيكل – زنك. اذ ان كبر الايون المعوض يسبب تشويه بسيط في ابعاد الشبيكة البلورية ضمن التركيب الفرايتي وبالتالي يسبب الازاحة للقمم في طيف الحيود.

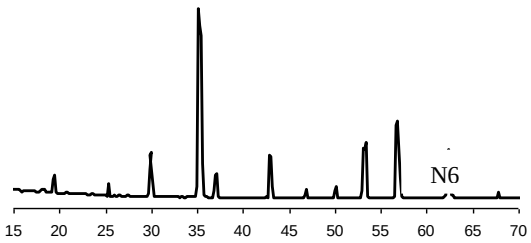

N0
15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80

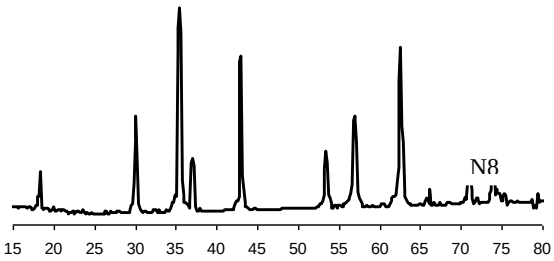

N0
15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70

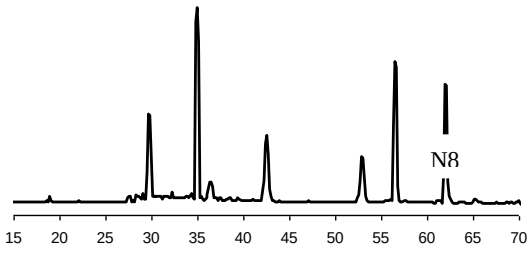

N2
N4
15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 80

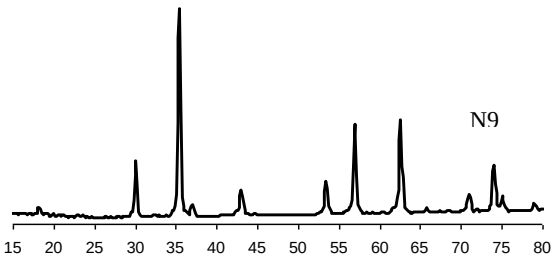

N2
N4
15 20 25 30 35 40 45 50 55 70

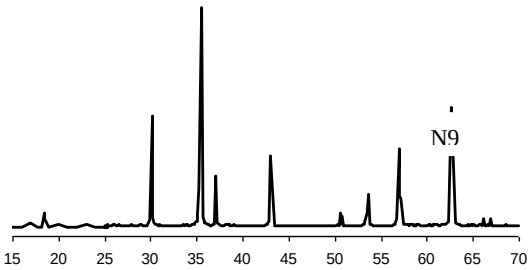

N6
15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80

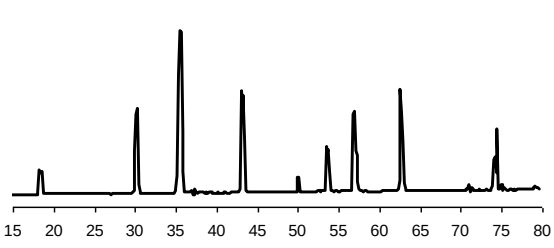

N6
15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70

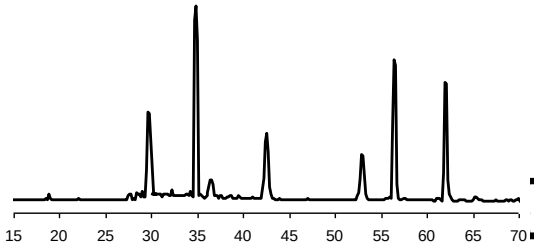

N8
15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80

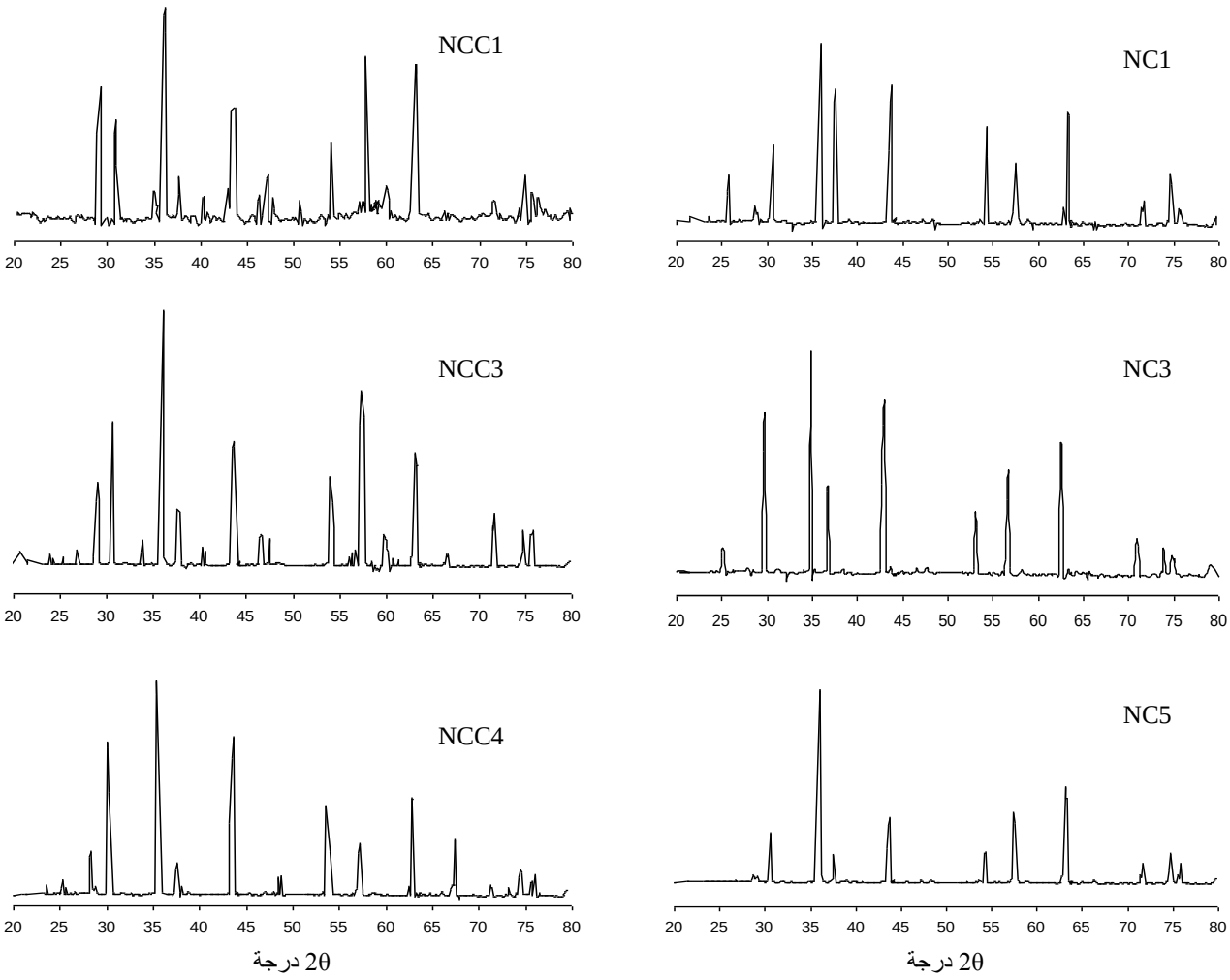

N8
15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70


N9
15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80


N9
15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70


15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80


15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70



4-1-2- التصوير بالمجهر الضوئي :

ان فحص النماذج من خلال حيود الاشعة السينية يعطي بيانات كاملة عن التركيب الطوري للنماذج ولكنها غير كافية لدراسة الخصائص التركيبية، لذا كان من الضروري تصوير النماذج بالمجهر الضوئي وبتكبير500X.

الشكلين (6) و (7) تمثلان صورة سطوح فرايتات السلسلة N الملبدة عند 1300 و 1400 ^{0}م على التوالي وبتكبير 500X حيث يلاحظ من هذه االصور بان الحجم الحبيبي تتغير مع درجة حرارة التلبيد والصيغة التركيبية لفرايتات السلسلة N ،اذ تتراوح الاحجام الحبيبية من 5 الى 10 مايكرونات للنماذج الملبدة عند 1300 ^{0}م في حين تتراوح بين 5 و 20 مايكرومتر للنماذج الملبدة عند 1400 ^{0}م.ويتبين من ذلك بان الحجم الحبيبي يتناسب طرديا مع درجة حرارة التلبيد، الشكلين (8 و9) تمثلان صورة سطوح فرايتات السلسلة NC الملبدة عند 1150 و 1250 ^{0}م

على التوالي، في حين (10 و11) تمثلان صور السطحية لنماذج السلسلة NCC الملبدة عند 1150 و1250 ^{0}م على التوالي.ويتبين من هذه الاشكال بان الاحجام الحبيبية تتراوح بين5 و 15 مايكرومتر للنماذج الملبدة عند درجة تلبيد 1150 و1250 ^{0}م .

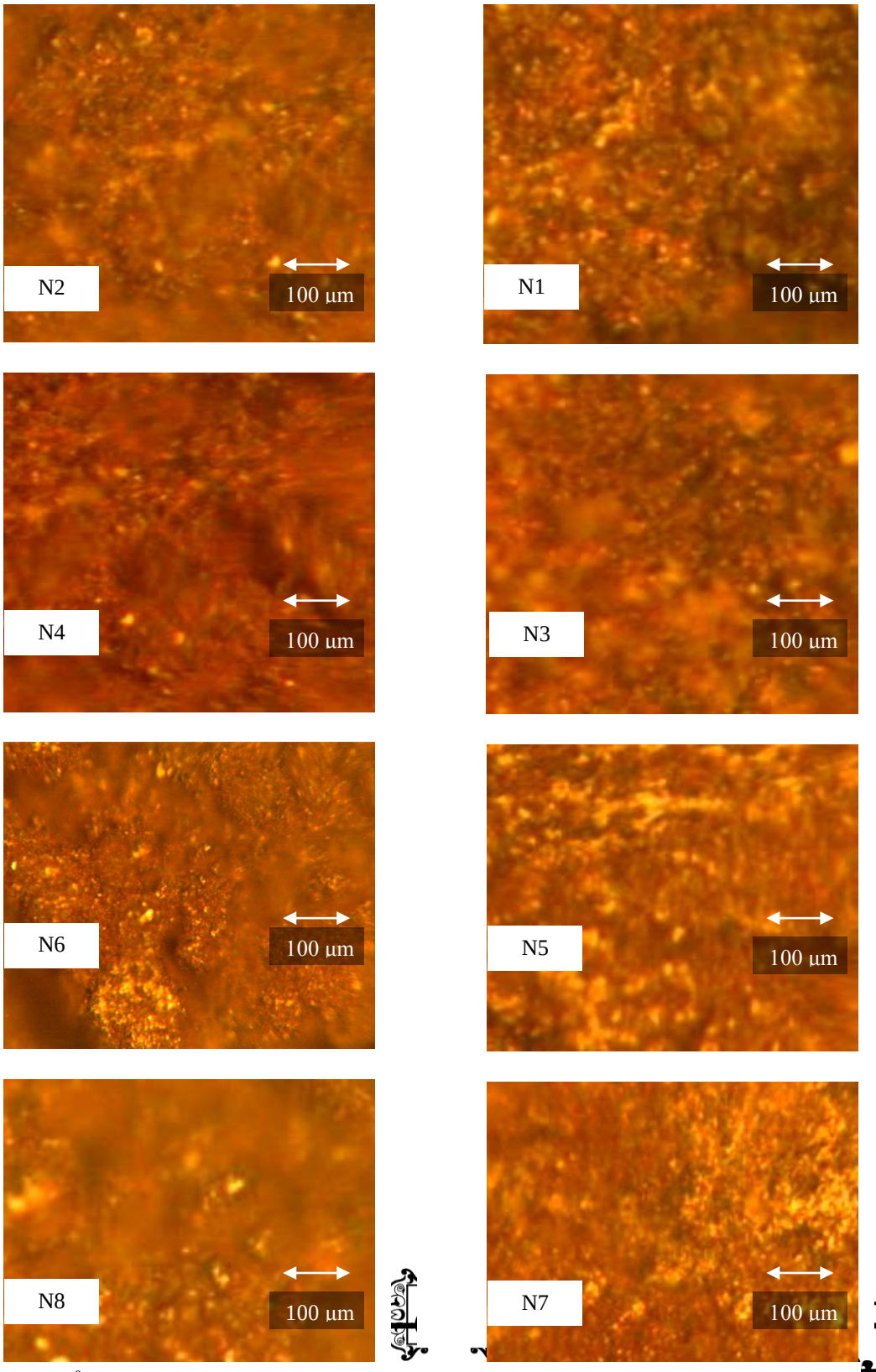
4-1-3 – الكثافة الظاهرية:

تم قياس الكثافة الظاهرية للفرايتات المحضرة بطريقة ارخميدس وادرجت في الجدول (3)، ورسمت هذه القيم على شكل منحنيات والاشكال (12) و (13) و(14) تمثل الكثافة الظاهرية كدالة لنسب مولية لايونات الزنك والنحاس والكوبلت للنماذج المحضرة على التوالي عند درجات حرارة تلبيد مختلفة . بالنسبة للسلسلة N نلاحظ ان الكثافة تزداد بزيادة درجة حرارة التلبيد وصولا الى 4.93 غم/سم^3 للفرايت N6 في حين نلاحظ زيادة الكثافة واستقرارها مع درجة التلبيد للسلسلة NC وصولا الى القيمة 4.863 غم/سم^3 للفرايت NC3، اما في حلة السلسلة NCC تزداد الكثافة مع درجة حرارة التلبيد وصولا الى القيمة 4.891 غم/سم^3 للفرايت NCC3 .وهذه النتائج متأتية من الحصول على طور فيرايتي متكامل واختفاء الاطوار الغريبة والمواد غير المتفاعلة عند درجات التلبيد العالية. كما ان انخفاض درجة حرارة التلبيد المثالية للسلسلتين NC وNCC هي بسبب وجود ايونات النحاس التي تخفض من درجة حرارة التلبيد،اذ ان زيادة درجة الحرارة اكثر يسبب في انصهار وتواجد المسامات مما يقلل الكثافة. من كل ماسبق حول الخصائص التركيبية نستنتج ان درجة حرارة التلبيد المثالية هي 1400 ^{0}م للسلسلة N و 1250 ^{0}م للسلسلتين NC وNCC .

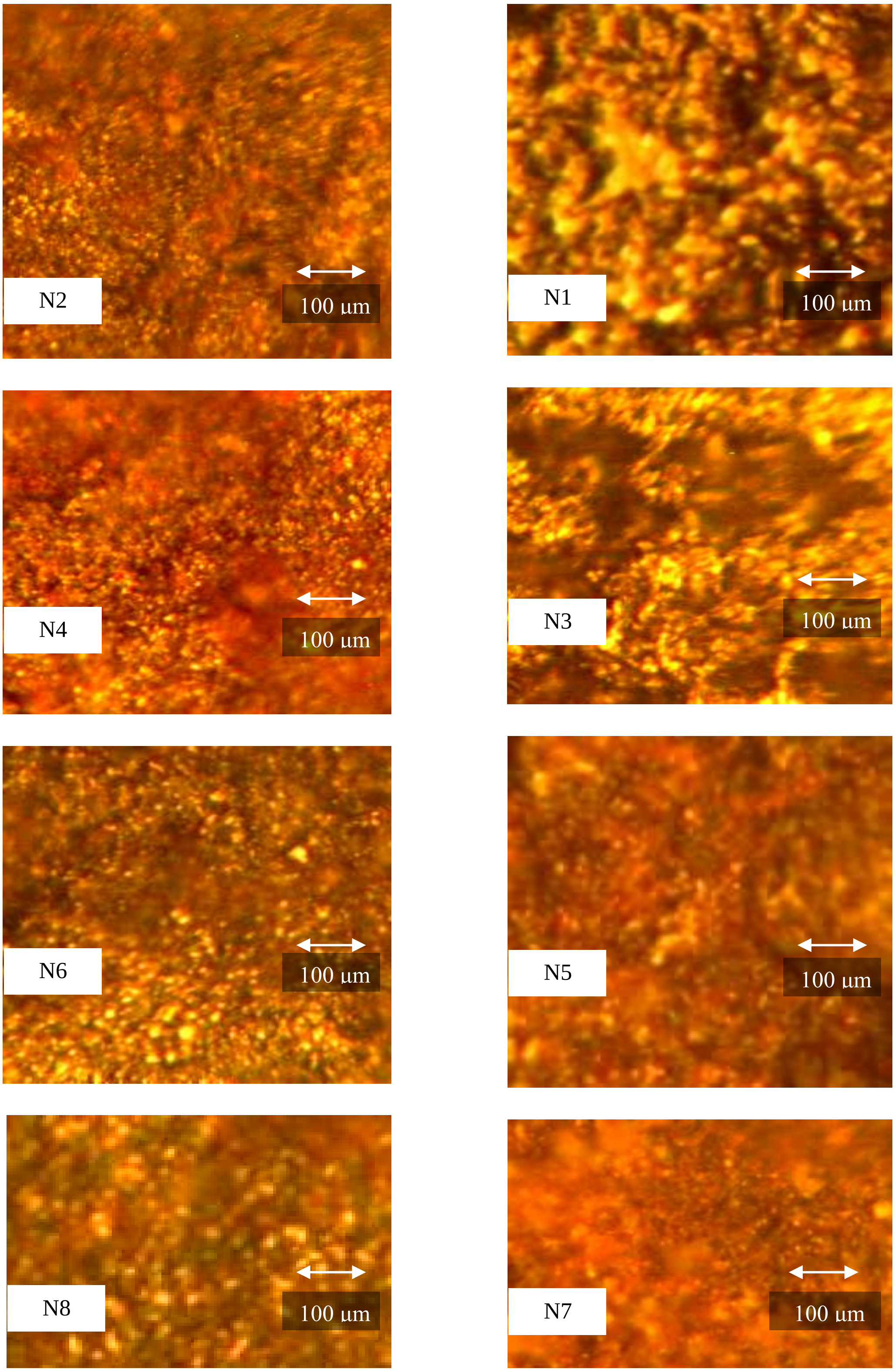
جدول (3): قيم الكثافة الظاهرية لنماذج السلاسل الفيرايتية المحضرة عند درجات حرارة مختلفة

الفيرايت	الكثافة الظاهرية(غم/سم^3) عند درجة حرارة التلبيد						
	1050 ^{0}م	1150 ^{0}م	1200 ^{0}م	1250 ^{0}م	1300 ^{0}م	1350 ^{0}م	1400 ^{0}م
N2	-	-	4.668	-	4.71	-	4.795
N3	-	-	4.684	-	4.727	-	4.81
N4	-	-	4.711	-	4.747	-	4.842
N5	-	-	4.727	-	4.763	-	4.87
N6	-	-	4.75	-	4.795	-	4.93
N7	-	-	4.732	-	4.793	-	4.91
N8	-	-	4.719	-	4.786	-	4.894
NC1	4.8026	4.817	-	4.841	-	4.853	-
NC2	4.809	4.822	-	4.85	-	4.833	-
NC3	4.8053	4.815	-	4.863	-	4.827	-
NC4	4.804	4.816	-	4.858	-	4.831	-
NC5	4.8104	4.815	-	4.863	-	4.837	-
NCC1	4.805	4.835	-	4.866	-	4.853	-

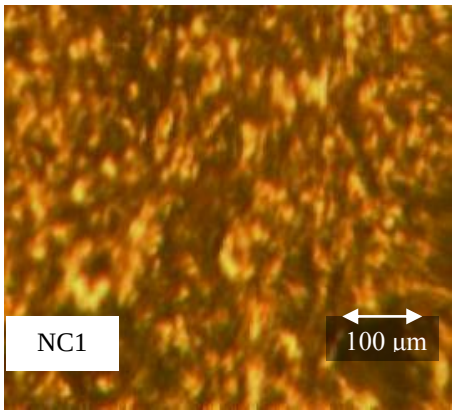
-	4.847	-	4.863	-	4.833	4.807	NCC2
-	4.848	-	4.891	-	4.83	4.813	NCC3
-	4.857	-	4.866	-	4.84	4.833	NCC4

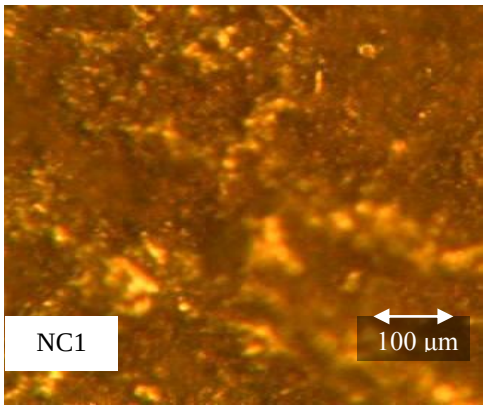


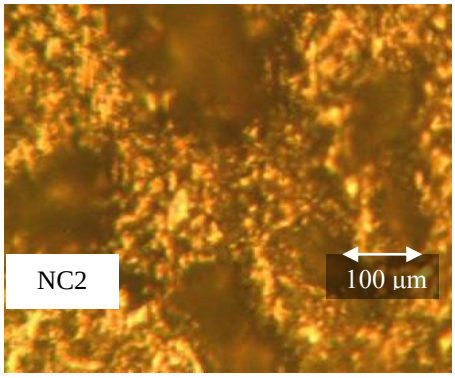
شكل (6):التصوير بالمجهر الضوئي لفرايتات السلسلة N الملبدة عند درجة حرارة 1300 ^{0}م .

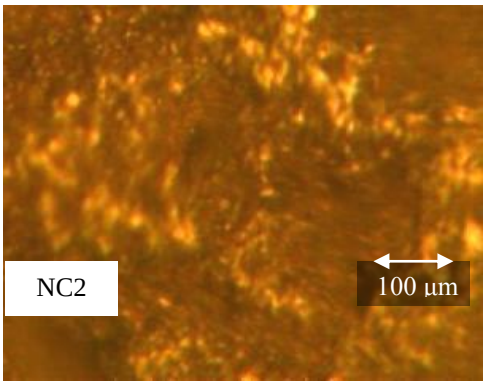


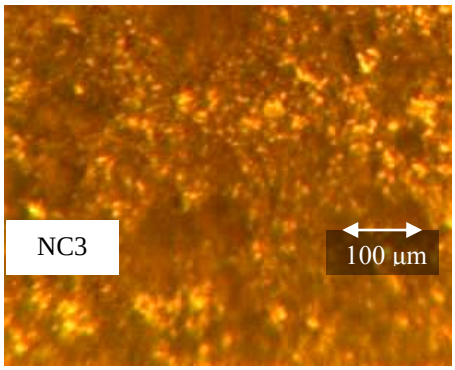
شكل (7): التصوير بالمجهر الضوئي لفرايتات السلسلة N الملبدة عند درجة حرارة 1400 ^{0}م .

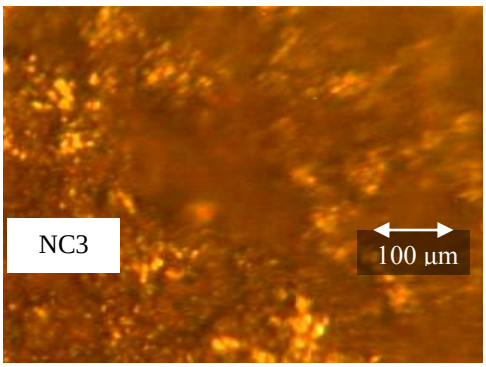


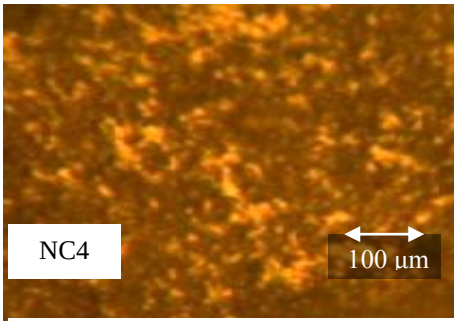




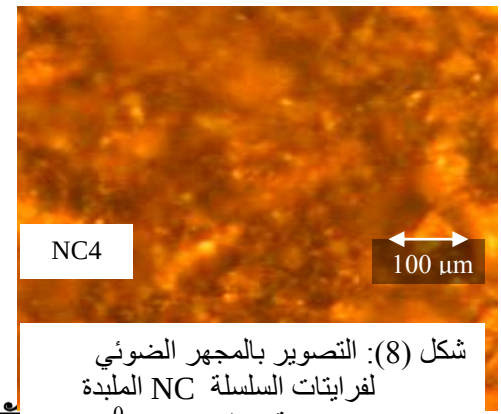




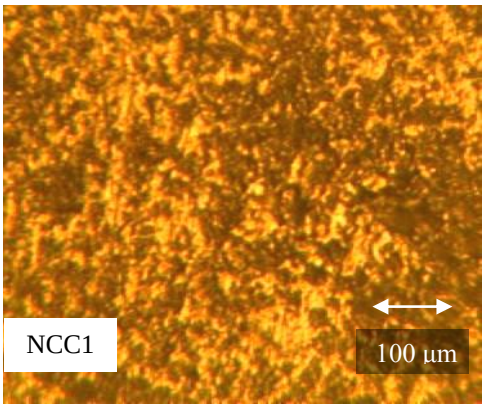


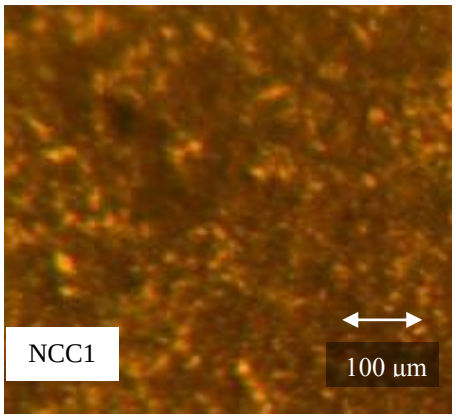


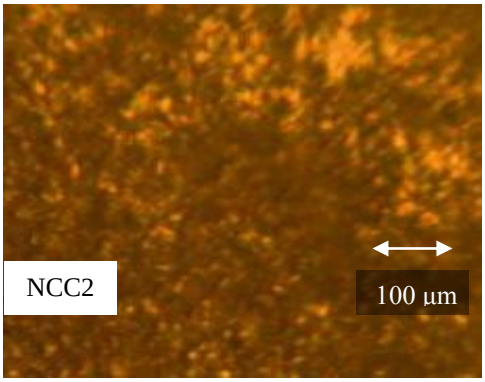
شكل (9): التصوير بالمجهر الضوئي
لفرايتات السلسلة NC الملبدة
عند درجة حرارة 1250 ^{0}م .

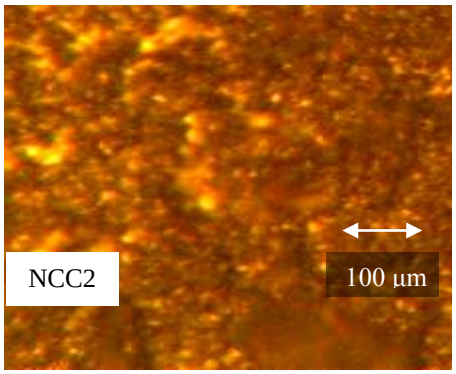


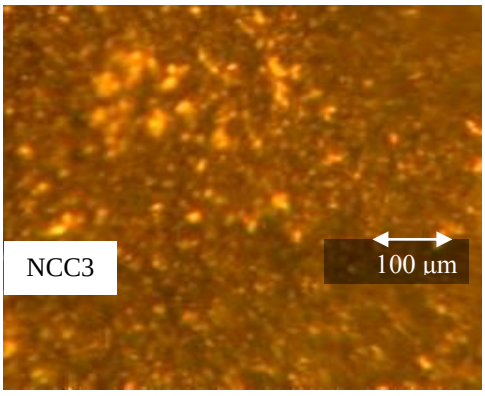
شكل (8): التصوير بالمجهر الضوئي
لفرايتات السلسلة NC الملبدة
عند درجة حرارة 1150 ^{0}م .

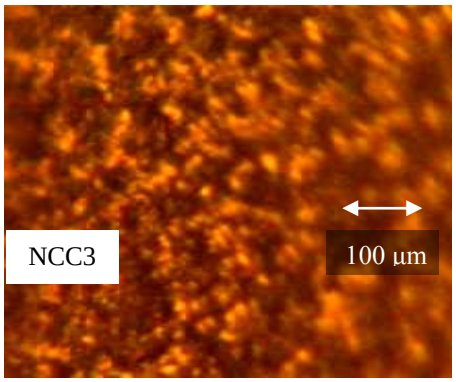


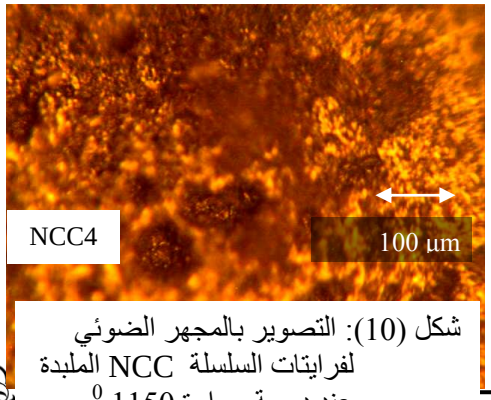




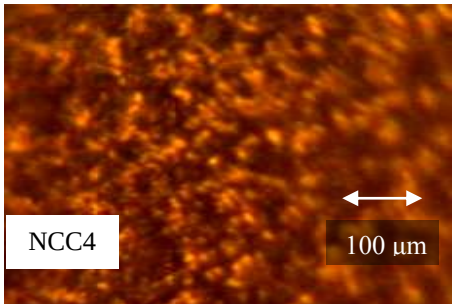




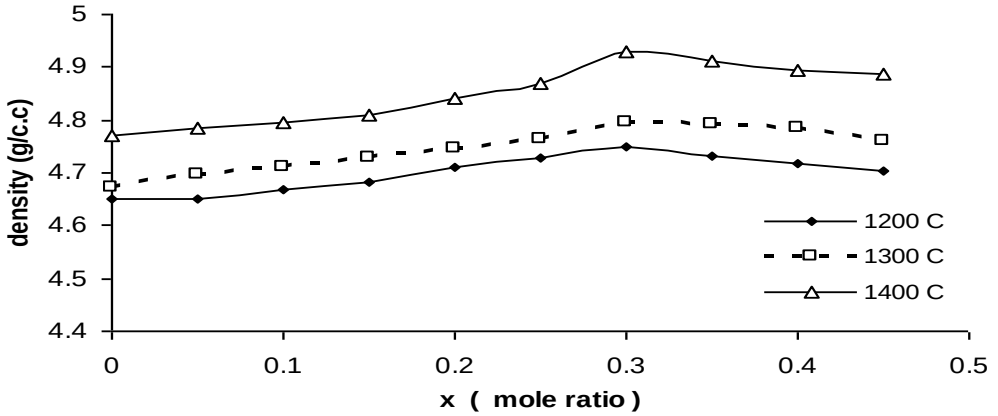




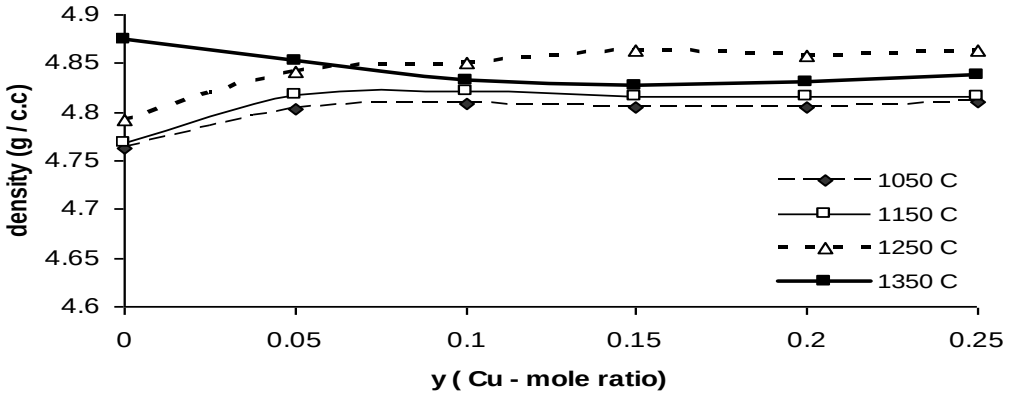
شكل (10): التصوير بالمجهر الضوئي
لفرايتات السلسلة NCC الملبدة
عند درجة حرارة 1150 ^{0}م .



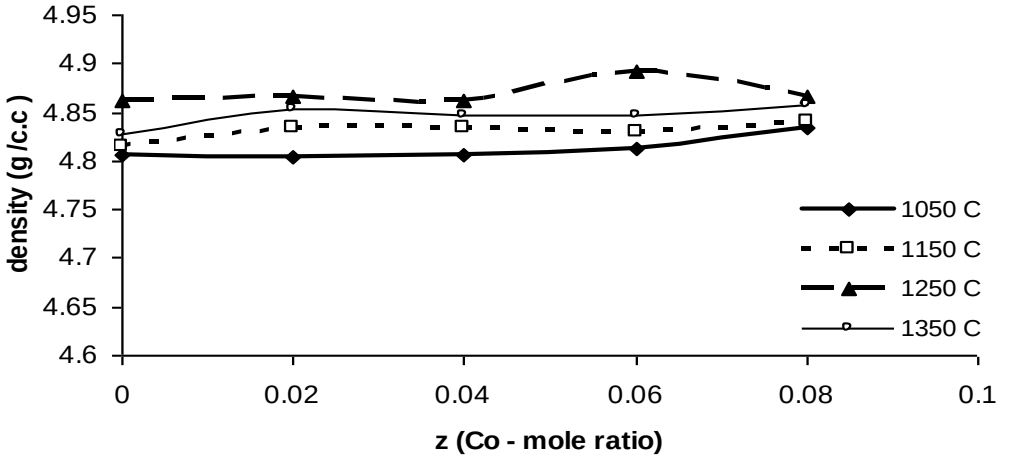
شكل (11): التصوير بالمجهر الضوئي
لفرايتات السلسلة NCC الملبدة
عند درجة حرارة 1250 ^{0}م .



شكل (12): تغير كثافة النماذج الفيرايتية $Ni_{0.7-x}\ Zn_{0.3+x}\ Fe_2O_4$ (السلسلة N) الملبدة عند درجات مختلفة مع نسب التعويض x .



شكل (13): تغير كثافة النماذج الفيرايتية $Ni_{0.4-y}\ Zn_{0.6}\ Cu_y\ Fe_2O_4$(السلسلة NC) الملبدة عند درجات مختلفة مع نسب التعويض y .



شكل (14): تغير كثافة النماذج الفيرايتية $Ni_{0.25-z}\ Zn_{0.6}\ Cu_{0.15}Co_z\ Fe_2O_4$ (السلسلة NCC)الملبدة عند درجات مختلفة مع نسب التعويض z .

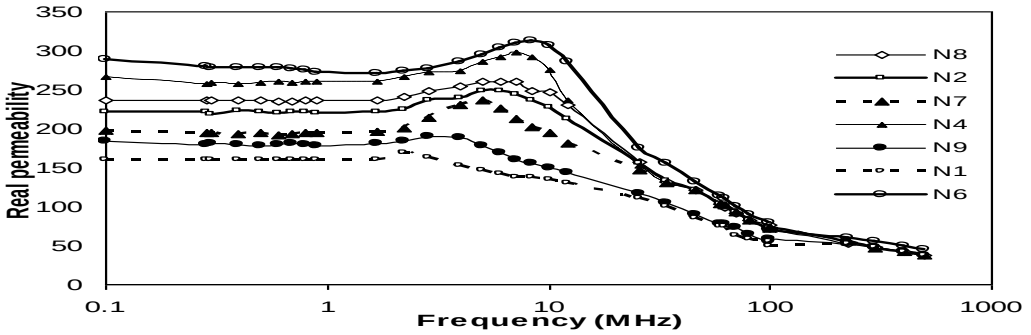
4-2-الخصائص المغناطيسية:

من خلال دراسة الخصائص التركيبية لنماذج كافة السلاسل قيد البحث تم اعتماد درجة حرارة التلبيد 1400^0C لفرايتات السلسلة N و ^0C 1250 للسلسلتين NC و NCC والتي ادت الى تحضير فرايتات ملائمة الاستخدام في قلوب المحولات الكهربائية عند الترددات العالية. كما وتم استخدام مديين لتردد الفحص والقياس (0.1-100MHz) و (100-500MHz). تم استخدام نماذج ذات اشكال حلقية لتلام الفحص بمنظومة LCR meter وبالابعاد : قطر داخلي (12 mm) وقطر خارجي (20 mm) وسمك (3.5 mm).

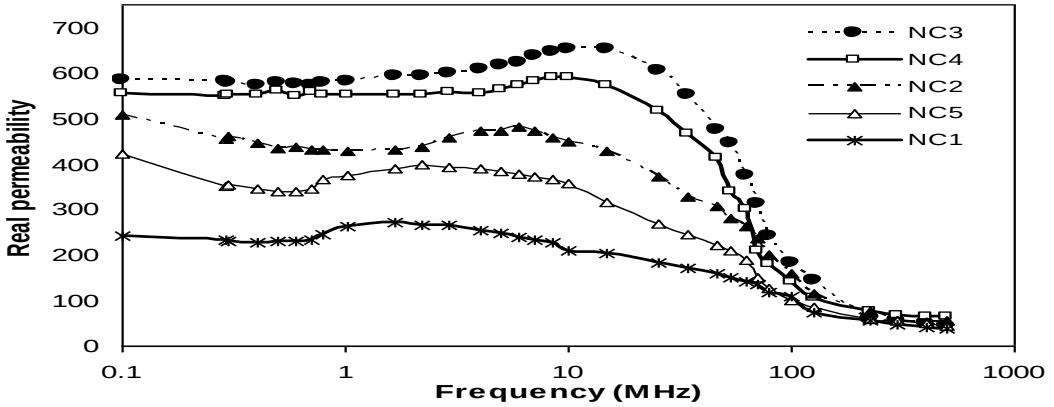
الاشكال (15) و(16) و (17) تمثل تغير قيم الانفاذية النسبية الحقيقية كدالة للتردد في المدى MHz(0.1-500) لفيرايتيات السلاسل N و NC و NCC على التوالي. نلاحظ من الاشكال بان الانفاذية تكون ثابتة عند القيم في المدى MHz(0.1-2) في حين تزداد مع التردد لكافة السلاسل وصولا الى القيمة 313 عند 10MHz للفرايت N6 وبعدها تبدأ قيم الانفاذية بالهبوط التدريجي وصولا الى القيمة 50 عند التردد 200 MHz وكما موضح في الشكل (15). ومن الشكل(16) نلاحظ ان NC3 تمتلك اعلى انفاذية ضمن السلسلة NC، في حين النموذج NCC3 هو الاخر يمتلك اعلى انفاذية ضمن السلسلة NCC والشكل (17) يبين ذلك.

علاوة على الانفاذية المغناطيسية النسبية فان المفاقيد المغناطيسية تعتبر من المعلمات المهمة جدا في تحديد امكانية استخدام المادة الفيرايتية فيى المحولات الكهربائية و تفضل القيم الواطئة للمفاقيد. الاشكال (18) و (19) و(20) تمثل تغير عامل الفقد المغناطيسي للفرايتات مع التردد، اذ نلاحظ حصول النماذج N6 و NC3 و NCC3 على اوطأ القيم (اقل من 0.2) في المدى الترددي MHz(0.1-20) .اما بالنسبة لمعلمة الفقد المغناطيسي النسبي كدالة للتردد لنماذج السلاسل الفيرايتية فهي موضحة في الاشكال (21) و(22) و (23)،اذ يلاحظ امتلاك النماذج N6 و NC3 و NCC3 لاوطأ قيم عامل الفقد المغناطيسي النسبي وهي(اقل من 10^{-6} x 200) في المدى الترددي MHz(0.1-20).ان الانفاذية المغناطيسية النسبية تتاثر بالحجم الحبيبي والتركيب البلوري والكثافة والمسامية للفيرايتات، وان كافة هذه المعلمات هي الاخرى تتاثر بدرجة حرارة التلبيد. ان حصول النماذج N6 و NC3 و NCC3 على افضل المواصفات جاءت من الحجم الحبيبي الكبير والكثافة العالية والمسامية الواطئة علاوة على خلو التركيب البلوري من الاطوار الغريبة.

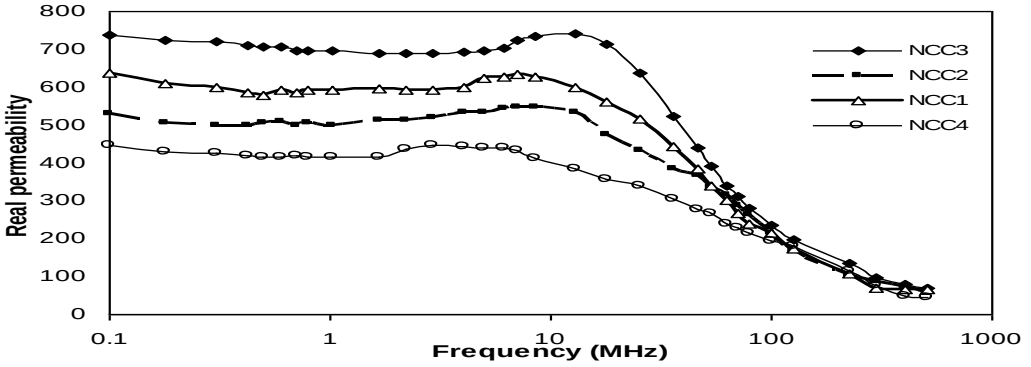
ولاجل معرفة درجة حرارة كوري للنماذج ، قمنا بقياس الانفاذية النسبية كدالة لدرجة الحرارة ومن نقطة الانحدار المفاجئ للانفاذية تم تحديد درجة كوري ، ووجدت بان النماذج N6 و NC3 و NCC3 تمتلك درجة حرارة كوري عالية (اكبر من 150 ^{0}م) وهذا يؤكد ثبات الخصائص المغناطيسية حتى عند ارتفاع درجة حرارة النموذج المستخدم كقلب للمجولات الكهربائية ويدلل هذا ايضا على كفاءة المادة قيد البحث،. والاشكال (24) و(25) و (26) تبين ذلك،



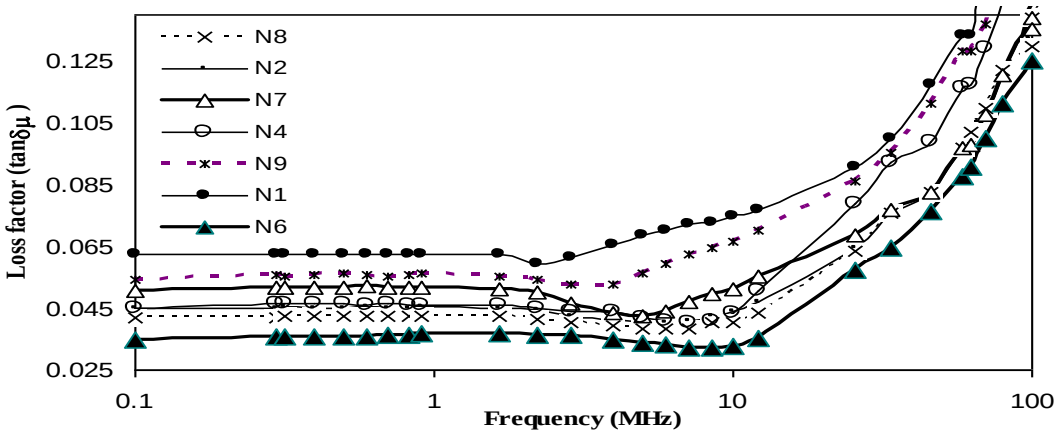
شكل (15):تغير الانفاذية المغناطيسية النسبية مع التردد لفرايتات السلسلة N الملبدة عند 1400 ^{0} م .



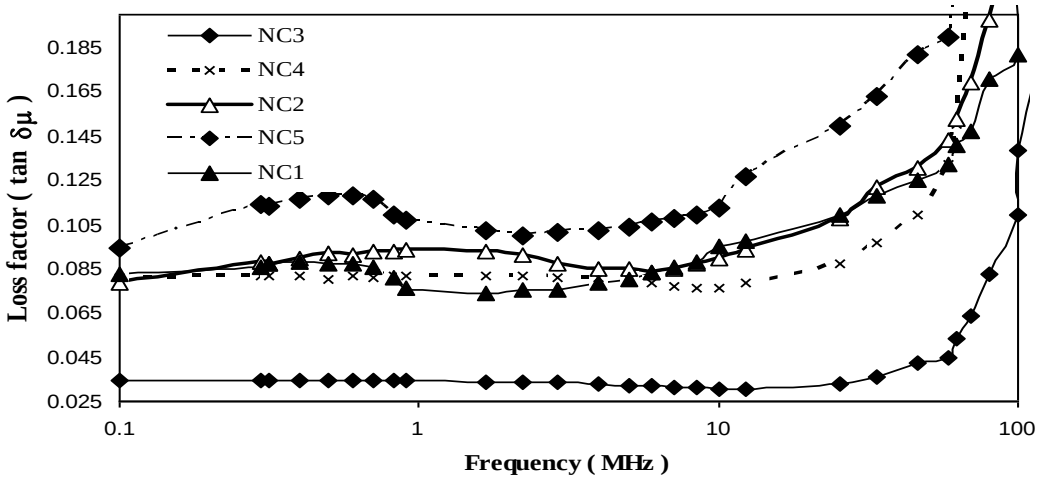
شكل (16) : تغير الانفاذية المغناطيسية النسبية مع التردد لفرايتات السلسلة NC الملبدة عند 1250 ^{0} م .



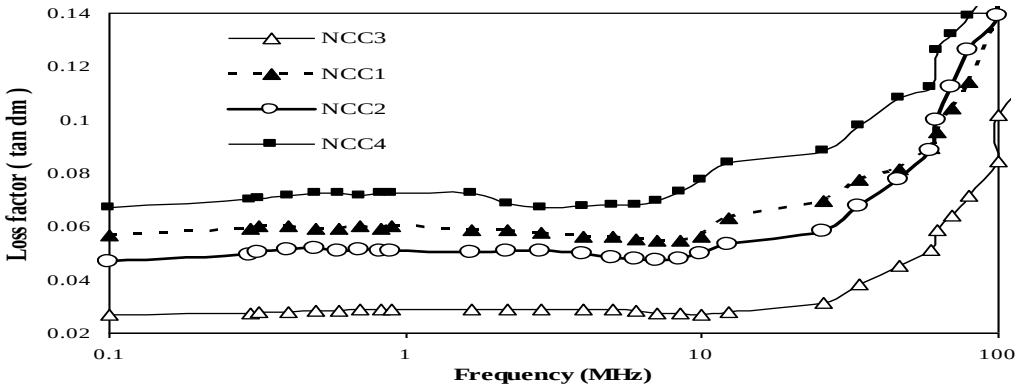
شكل (17) : تغير الانفاذية المغناطيسية النسبية مع التردد لفرايتات السلسلة NCC الملبدة عند 1250 ^{0} م .



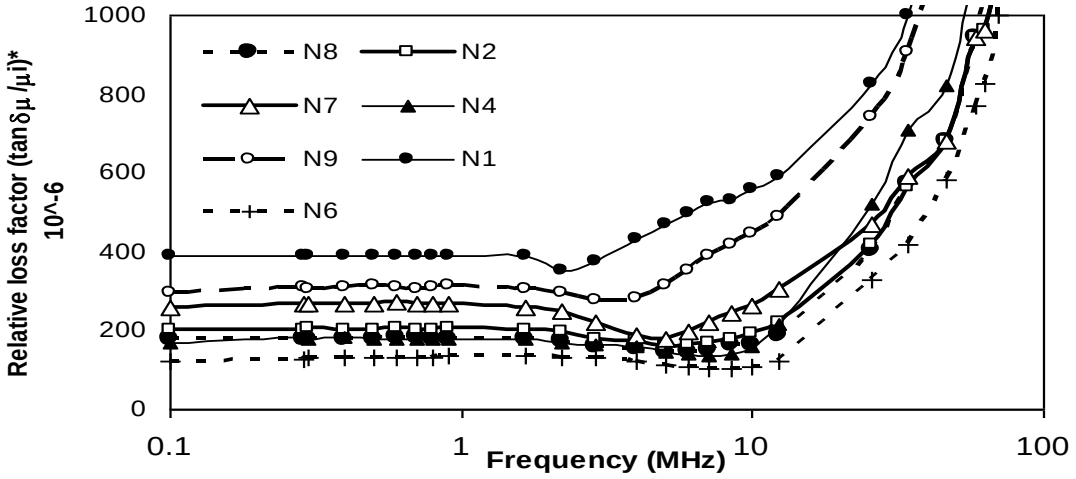
شكل (18) : تغير عامل الفقد المغناطيسي مع التردد لفرايتات السلسلة N الملبدة عند 1400 ^{0} م .



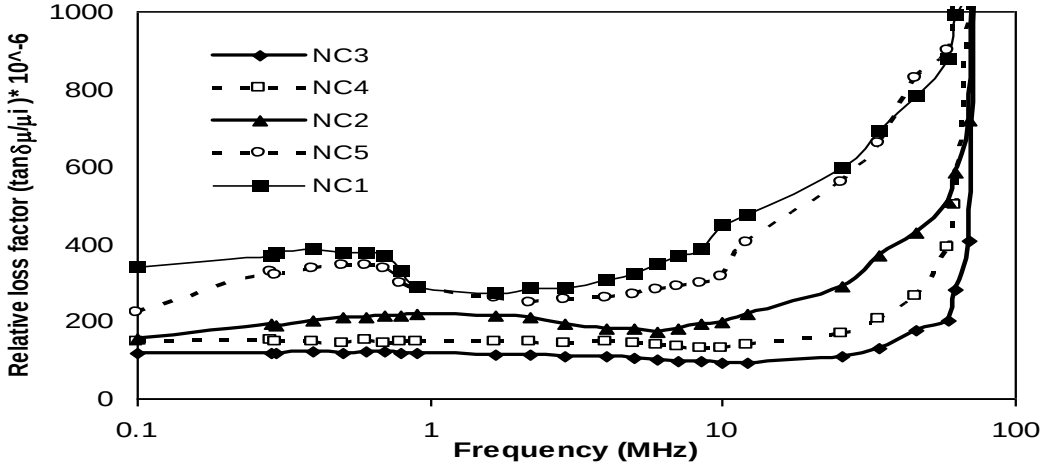
شكل (19) : تغير عامل الفقد المغناطيسي مع التردد لفرايتات السلسلة NC الملبدة عند 1250 ^{0} م .



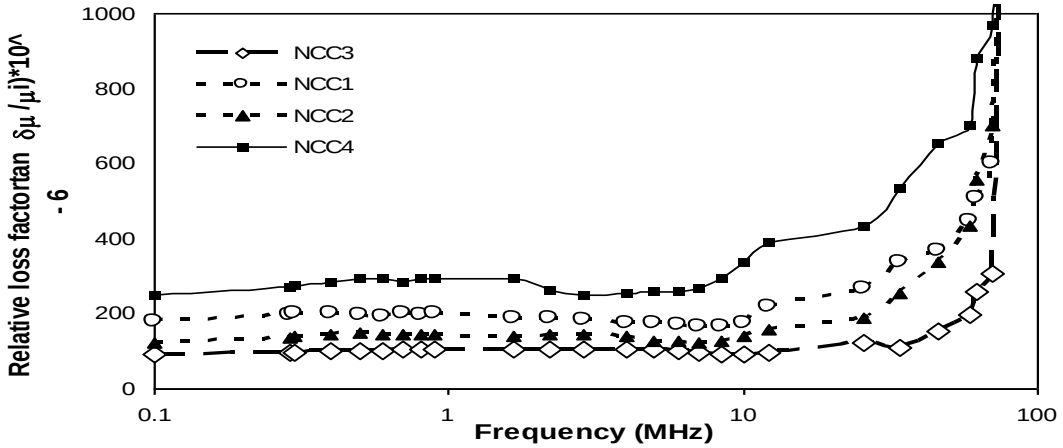
شكل (20) :تغير عامل الفقد المغناطيسي مع التردد لفرايتات السلسلة NCC الملبدة عند 1250 ^{0} م .



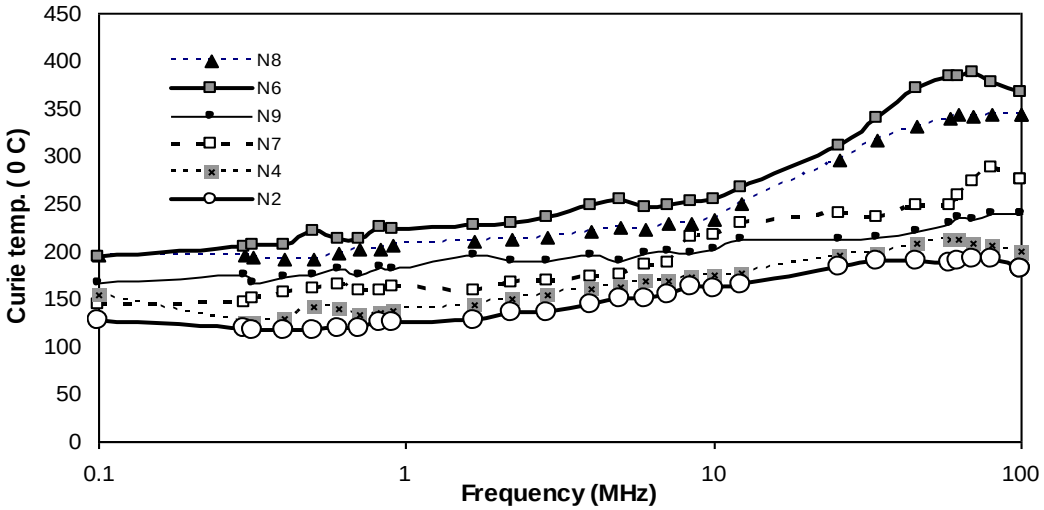
شكل (21):تغير عامل الفقد المغناطيسي النسبي مع التردد لفرايتات السلسلة N الملبدة عند 1400 ^{0} م .



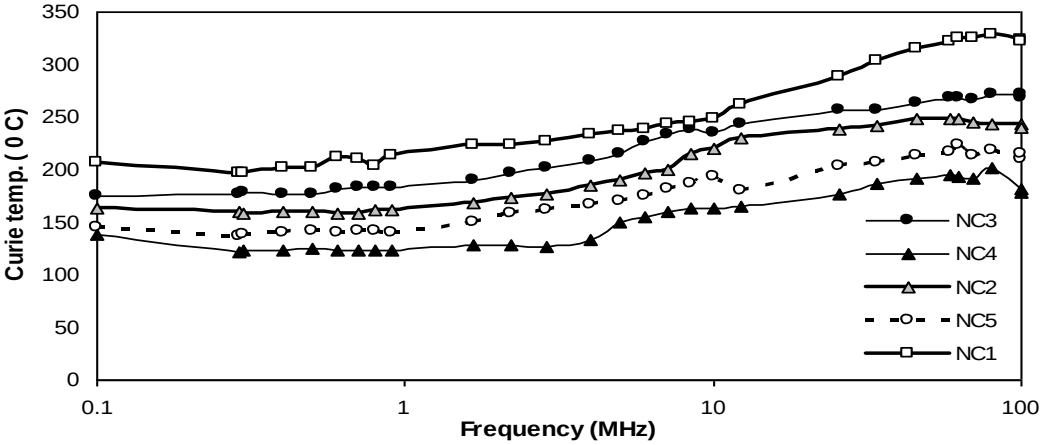
شكل (22) : تغير عامل الفقد المغناطيسي النسبي مع التردد لفرايتات السلسلة NC الملبدة عند 1250 ^{0} م .



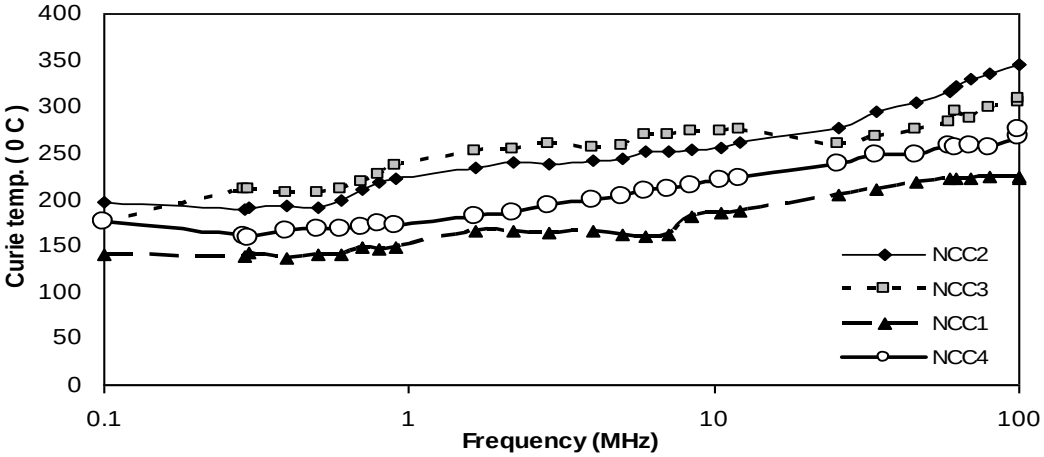
شكل (23) :تغير عامل الفقد المغناطيسي النسبي مع التردد لفرايتات السلسلة NCC الملبدة عند 1250 ^{0} م .



شكل (24) :درجة حرارة كوري T_C كدالة للتردد لفرايتات السلسلة N الملبدة عند 1400 ^{0} م .



شكل (25) : درجة حرارة كوري T_C كدالة للتردد لفرايتات السلسلة NC الملبدة عند 1250 ^{0} م .



شكل (26) : درجة حرارة كوري T_C كدالة للتردد لفرايتات السلسلة N CC الملبدة عند 1250 ^{0} م .

4-3- الخصائص الكهربائية:

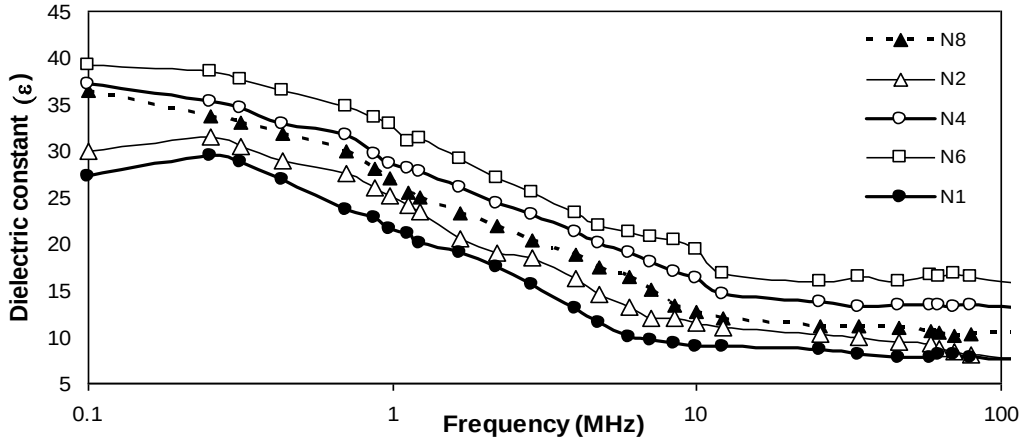
تم استخدام نماذج على شكل اقراص بقطر 20 mm وسمك 3.5 mm ملبدة عند درجة حرارة ^0C 1400 للسلسلة N و ^0C 1250 للسلسلتين NC و NCC ،اذ تم طلاء طرفي الاقراص بغشاء من الالمنيوم بالترسيب الحراري. وباستخدام منظومة LCR meter تم قياس وحساب ثابت العزل الكهربائي وعامل الفقد الكهربائي عند درجة حرارة المحيط 25^0C كدالة للتردد في المدى 0.1- 100 MHz .

الاشكال (27) و(28) و(29) تبين تغير قيم ثابت العزل الكهربائي ε_r مع التردد لنماذج فيرايتية مختلفة، اذ يلاحظ تناقص تدريجي لثابت العزل مع زيادة التردد ولكافة النماذج. يتبين من الاشكال ان اعلى قيم لثابت العزل الكهربائي كانت للنماذج N6 و NC3 و NCC3 عند الترددات العالية . اما بالنسبة لعامل الفقد الكهربائي $\tan \delta\varepsilon$ فقد كانت ذات قيم واطئة جدا" اذ كانت اقل من 0.2 للنموذج N6 عند المدى 60 MHz -0.1 كما موضح في الشكل (30) ، في حين بلغت القيمة 0.1 للنموذج NC3 عند المدى الترددي 60 MHz -0.1 كما موضح في الشكل (31) ، بينما كانت قيمة عامل الفقدالكهربائي للنموذج NCC3 اقل من 0.1 عند المدى الترددي 60 MHz -0.1 والشكل (32) يوضح ذلك.

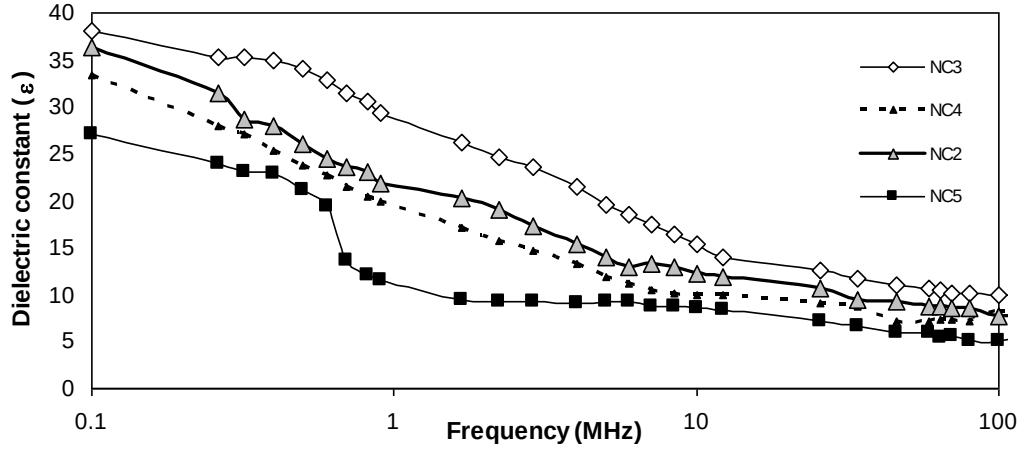
ان انتظام تناقص او تزايد ثابت العزل الكهربائي وامتلاكها قيما عالية مستمرة تتاتى من استقرارية الطور الفيرايتي مع تجانس الحجم الحبيبي للنماج . كما ان عدم وجود المسامات بين الحبيبات (الكثافة العالية) للنماذج كانت هي الاخرى سببا اخرا لاستقرارية ثابت العزل الكهربائي في المدى الترددي العامل.

فرايتات النيكل – زنك بشكل عام تمتلك مقاومية كهربائية عالية عند الترددات الواطئة جدا". اذ تمتلك فرايتات السلاسل N و NC و NCC مقاومية كهربائية مستمرة ($\rho_{d.c}$) القيم $10^4 - 10^6$ Ω.m ، بينما بلغت المقاومية الكهربائية المتناوبة ($\rho_{a.c}$) القيم (15 – 60 Ω.m) للنماذج N6 و NC3 و NCC3 ضمن المدى الترددي 100 MHz -0.1 وهذة نتجة جيدة تدل على ان قيم التوصيلية الكهربائية ($\sigma_{a.c}$) واطئة جدا" وتبلغ القيم ($1.2 \times10^{-2} - 2 \times10^{-2}$ $\Omega^{-1}.m^{-1}$) عند الترددات العالية ضمن نفس المدى الترددي للمقاومية . ان القيم الذكورة اعلاه للتوصيلية الكهربائية ($\sigma_{a.c}$) عند الترددات العالية هي السبب في انخفاض قيم الفقد الكهربائي للنماذج الفيرايتية قيد البحث الحالي ،اذ ان هذه القيم سوف تكون المسؤلة عن غياب التيارات

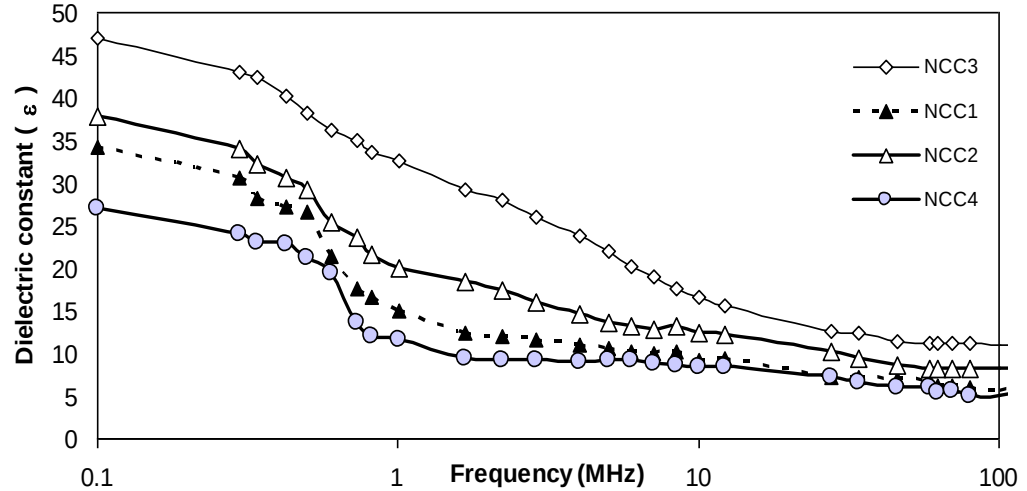
الدوامية eddy current عند الترددات العالية وبذلك تقل خسائر الكهربائية للمحولة وبالتالي ترتفع كفاءة المحولات الكهربائية التي تعمل عند الترددات العالية



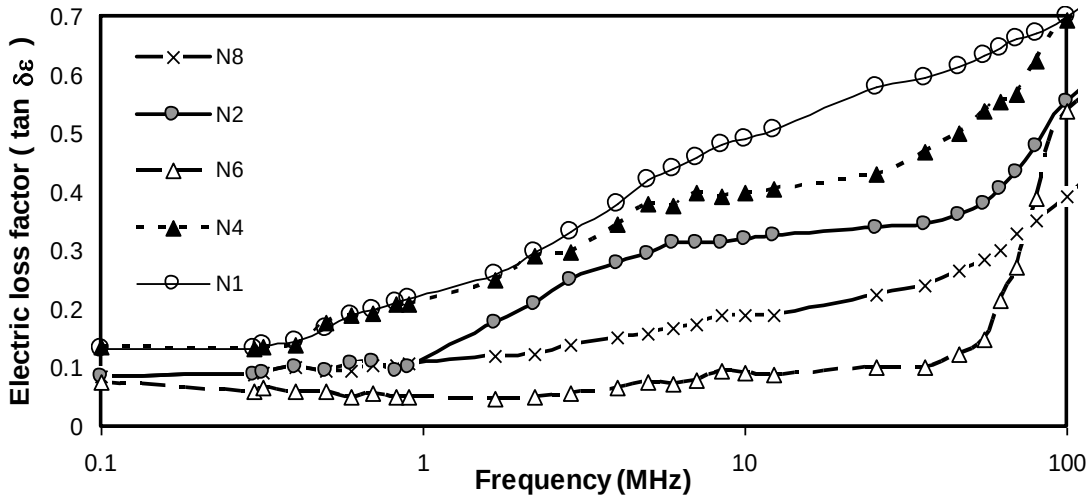
شكل (27) :تغير ثابت العزل الكهربائي ε مع التردد لفرايتات السلسلة N الملبدة عند 1400 ^{0} م



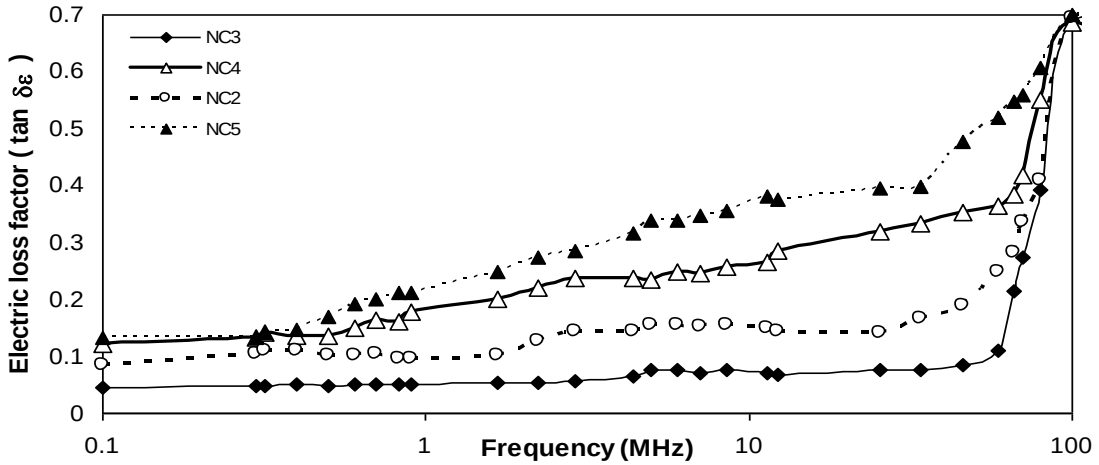
شكل (28) : تغير ثابت العزل الكهربائي ε مع التردد لفرايتات السلسلة NC الملبدة عند 1250 ^{0} م .



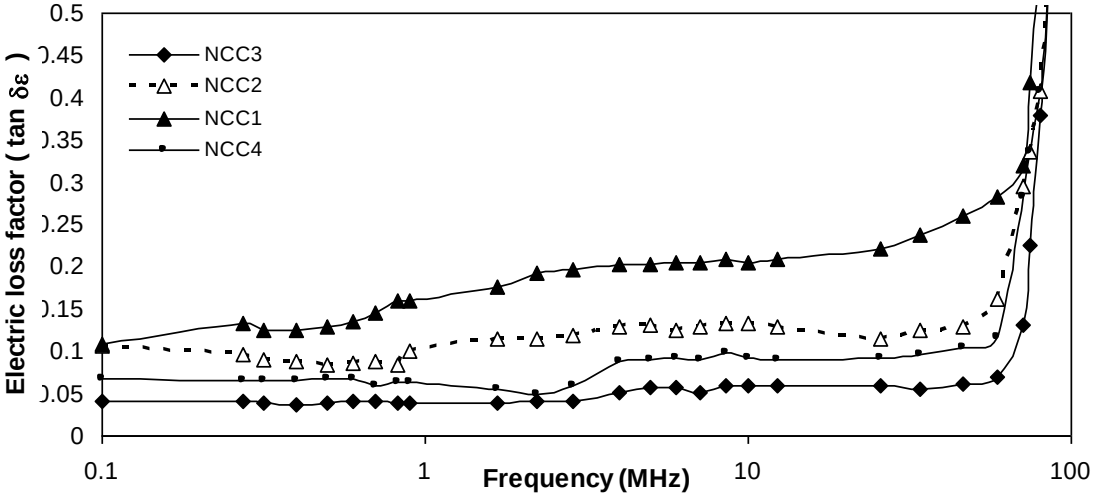
شكل (29) : تغير ثابت العزل الكهربائي ε مع التردد لفرايتات السلسلة NCC الملبدة عند 1250 ^{0} م .



شكل (30) :تغير عامل الفقد الكهربائي مع التردد لفرايتات السلسلة N الملبدة عند 1400 ^{0} م .



شكل (31) : تغير عامل الفقد الكهربائي مع التردد لفرايتات السلسلة NC الملبدة عند 1250 ^{0} م .



شكل (32) : تغير عامل الفقد الكهربائي مع التردد لفرايتات السلسلة NCC الملبدة عند 1250 ^{0} م .

5-الية اختيار مادة قلوب المحولات الكهربائية التي تعمل في المدى MHz (100 – 0.1) :

تم تحضير عدد كبير من التراكيب الفرايتية عند درجات حرارة مختلفة ومن دراسة الخصائص التركيبية (طيف حيود الاشعة السينية – الكثافة) تم اعتماد درجة حرارة اتلبيد 1400 ^0C للسلسلة N و 1250^0C للسلسلتين NC وNCC . وبعد دراسة الخصائص الكهربائية (ثابث العزل – عامل الفقد الكهربائي – المقاومية والتوصيلية الكهربائية) والخصائص المغناطيسية (الانفاذية المغناطيسية النسبية – وعامل الفقد المغناطيسي– وعامل الفقد المغناطيسي النسبي– درجة كوري) تم اعتماد النماذج N6–1400 و NC3–1250 وNCC3–1250 والتي تمتلك الخصائص المثلى لاستخدامها كقلب في المحولات الكهربائية في المدى الترددي (0.1–100 MHz) والجدول (4) ادناه يبين ذلك.

جدول (4): الخصائص المهمة والضرورية للنماذج الفيرايتية المحضرة والتي تلائم استخدامها في المحولات.

الخاصية	(N6- 1400) 0.1-100 MHz	(NC3- 1250) 0.1-100 MHz	(NCC3- 1250) 0.1-100 MHz
درجة كوري T_C (^0C)	220 -335	170 -260	210 - 340
الكثافة (g/cm^3)	4.932	4.863	4.891
المقاومية ($\rho_{d.c}$ ($\Omega.m$)	$10^4 – 10^6$		
المقاومية($\rho_{a.c}$ ($\Omega.m$)	15 - 35	30-60	27- 12
الانفاذية المغناطيسية μ_r	65 - 280	90 -590	200 -720
ثابت العزل ε_r	16 -39	9 - 38	12- 47
عامل الفقد المغناطيسي $\tan \delta\mu$	0.032 -0.030 0.030 – 0.115	0.032 – 0.028 0.028 – 0.0852	0.027 -0.023 0.023 -0.0843
عامل الفقد المغناطيسي النسبي $\tan \delta\mu / \mu_i * 10^{-6}$	(120 -110) and (110 to ≥ 1500)	(110 -100) and 100 to ≥ 1500	(110 -100) and (100 to ≥ 1500)
الفقد الكهربائي $\tan \delta\varepsilon$			
اشباع الفيض المغناطيسي (B_S) mT at 1200A/m	184 -220	206 – 232	245 - 310
الاستبقائية المغناطيسية (B_r) mT	150 -60	75 -160	70- 175
القوة القهرية المغناطيسية (H_C) A/ m	35- 54	25-43	20- 40

6-الاستنتاجات:

من خلال عمليات التحضير والفحص ودراسة الخصائص التركيبية والفيزياوية والكهربائيةوالمغناطيسية تم التوصل الى جملة من الاستنتاجات وكما ياتي:-

- تم تحضير فرايتات السلاسل N و NC و NCC والحصول على نماذج متراصة ذات كثافة ظاهرية عالية تصل الى حدود $4.93\ g/cm^3$ ومسامية واطئة جدا وحجوم حبيبية بحدود $20\mu m$ ،وهذه ساعدت كثيرا في الحصول على قيم عالية للانفاذية بحدود 700 في المدى 0.1-20 MHz .
- تم قياس وحساب المفاقيد الكهربائية والمغناطيسية في مدى الترددات العالية وكانت في اغلب الاحوال اقل من 0.085 وذلك بسبب ارتفاع المقاومية الكهربائية من جهة وتجانس وكبر الاحجام الحبيبية للنماذج المحضرة، وبالنتيجة كل ذلك يساعد في تقليل التيارات الدوامية الى حد كبير ومما يسهل من استخدامها في مجال الترددات العلية بدون خسارة.
- ومن دراسة الهسرة المغناطيسية للنماذج N6 و NC3 و NCC3 حصلنا على قيم واطئة للقوة القهرية H_C (20 A/m) فيض الاستبقائي B_r (60mT) مع ارتفاع قيمة فيض الاشباع B_S (310 mT).

7- References:(المصادر)

[1] V. L. O. BritoL . F. A. de Almeida, A. K. Hirata and A. C. C. Migliano , Progress In Electromagnetics Research Letters, Vol. 13,pp. 103-112, 2010.
[2] C.Heck, "Magnetic Materials and their Applications", London:Butterworths,1974.
[3] Kingery. W. D., Bowen. H.K, Uhlmann D.R. Introduction to Ceramics, 1976.
[4] S. K. Date, and others, phys. stat. sol. (c) 1, No. 12, 3495–3498 (2004).
[5] Chul Won Kim and Jae Gui Koh, Journal of the Korean Physical Society, Vol. 41, No. 3 pp. 364_370, September 2002.
[6] N. Podyal, Synthesis and characterization of magnetic nanoparticles, M.Sc. thesis, University of texaz at arilington, December 2005,USA,
[7] M. Arshed, M. Siddique, M. A. Islam, N. M. Butt, T. Abbas, M. Ahmed, Solid State Communications **93**, 599 (1995).
[8] M. A. Amer, and others, Egypt. J. Solids, Vol. (28), No. (2), (2005).
[9] B. Parvatheeswara Rao, and others, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials Vol. 7, No. 2, pp. 701 – 704, April 2005.
[10] A. T. Raghavender and K. M. Jadhav, Bull. Mater. Sci., Vol. 32, No. 6, pp. 575–578, December 2009.
[11] M. K. El-Nimr, M. A. Ahmed and M. A. El hiti, J. Mater. Sci. Letters 13, 1500 (1994).
[12] B. Parvatheeswara Rao, and others, Journal of Electrical Engineering, Vol. 57. No. 8/S, pp.130-133, 2006.
[13] A.A. Sattar, H.M. El-Sayed, and M.M. El-Tabey, Journal of Applied Sciences 5 (1):pp. 162-168, 2005.
[14] J. Job Thomas, S. Krishnan and N. Kalarikkal, 1st International Conference on Nanostructured Materials and Nanocomposites (6 – 8 April 2009, Kottayam, India).

[15] L. V. Lemos, F. C. L. Melo, V. L. O. Brito and A. C. C. Migliano, Progress In Electromagnetics Research, PIER 91, 303–318, 2009.
[16] B. E.Warren, X-ray Diffraction, Addison-Wesley, Reading, MA, p.253, (1980).

Agilent 4294A Precision Impedance Analyzer,

40 Hz to 110 MHz

Manufacturing of Electric Transformer Core Materials **Operating At Medium and High Frequencies.**

Abstract

Samples should be made and prepared as Ferrites chains N(Fe+Ni+Zn),Nc(Fe+Ni+Zn+Cu) and Ncc(Fe+Ni+Zn+Cu+Co) which has been high backing density seems to be around 4.93 g/cm^3 with grain size 20μm, guiding to get permeability with 700 in the range (0.1-20)MHZ. Electrical and Magnetic losses in the high frequencies less than 0.085. Because the resistivity as well as the coarse grain sizes and homogeneity. All this has being decreased the eddy currents which means it is suitable in high frequencies fields without huge losses. The magnetic hysterias for all samples specially N6, Nc3 and Ncc3 shows low in Hc(20A/m), Br(60mT) with increasing in Bs(310 mT).