

## تأثير المعاملة الحرارية على الخواص المغناطيسية لسلسلة سبائك (Fe-Mn) المحضرة بطريقة تكنولوجيا المساحيق

إسماعيل خليل جاسم الدهمشي ، عامر شاكر محمود مهدي ، عقيل صداع مضعن خلف

قسم الفيزياء ، كلية التربية للعلوم الصرفة ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

### الملخص

تمت دراسة النظام الثنائي لسلسلة سبائك  $(Fe_{1-x}Mn_x)$  المغناطيسية والتي شملت تحضير سبائك ذات نسب وزنية مئوية ( $X=25,50,70,80$ ) باستخدام طريقة تكنولوجيا المساحيق . تهدف الدراسة تحديد الخواص المغناطيسية من خلال حلقة الهستير المغناطيسية وبيان تأثير المعاملة الحرارية . حيث تم إيجاد عدد من الخواص المغناطيسية المتمثلة بقيم المغناطيسية المتبقية  $(B_r)$  (Remained Force) ، القوة القهرية  $(H_c)$  (Coercive Force) ، النفاذية المغناطيسية النسبية  $(\mu_r)$  (Magnetic Relative Permeability) والتأثير المغناطيسية  $(\chi_m)$  (Magnetic Susceptibility) للنماذج المدروسة . وجد أن النتائج التجريبية صفات فيرومغناطيسية حساسة بتغير درجة المعاملة الحرارية ، سرعان ما تتحول إلى صفات بارامغناطيسية عند ارتفاع درجات الحرارة . كما تم تحديد درجة المعاملة الحرارية المناسبة للحصول على الخواص المغناطيسية خلال عمليات تصنيع المغناط . فسرت النتائج المستحصلة بدلالة علاقة حركة العزوم المغناطيسية مع درجات حرارة المعاملات الحرارية.

الكلمات الدالة: الخواص المغناطيسية ، تكنولوجيا المساحيق ، المعاملات الحرارية ، المواد الهندسية .

### المقدمة

تعتبر دراسة المواد المغناطيسية من المواضيع المتقدمة التي تتعلق بكثير من التطبيقات الكهربائية التي تدخل في الصناعات الحديثة ، كالمولدات الكهربائية والمحولات الكهربائية وأجهزة حفظ الذاكرة وكمواد ماصة للموجات الكهرومغناطيسية<sup>[2,1]</sup> . فقد نالت المواد المغناطيسية مكانة مرموقة بين المواد الهندسية المختلفة نظراً لما تمتلكه من خواص فيزيائية محدودة تتناسب مع العديد من التطبيقات التكنولوجية المختلفة . تم اختيار سلسلة النظام الثنائي (Binary System) من سلسلة (Fe-Mn) لهذا البحث لأهميتها كسبيكة مغناطيسية تحمل صفات مغناطيسية يعود سببها الى وجود عناصر انتقالية من المنغنيز والحديد يمتلك كل منهما حزمة من نوع (3d) الغير ممتلئة بالالكترونات تماماً<sup>[3]</sup> . تمتاز هذه السلسلة بخواصها الفيزيائية الشاذة (Anomalies) التي ما زالت لحد الان تتابع بحوث عملية ونظرية لتفسير هذا الشذوذ . ان هذا الشذوذ سببه تفاعل الاهتزازات للفونونات (Phonons) مع الاهتزازات للعزوم المغناطيسية المسماة المكونونات (Magnons) . ان هذا التفاعل بين (Interacton Phonons-Magnons) سوف يعيق اهتزازات الذرات مسبباً ظهور خواص فيزيائية شاذة (Anomalies) مثل التمدد الحراري ، البناء البلوري ، التوصيلية الكهربائية والحرارية<sup>[5,4]</sup> . تعزى طبيعة المغناطيسية لسبيكة (Fe-Mn) عن وجود عدد من العزوم المغناطيسية (Magnetic Moment) خلال الشبكة البلورية لعناصر الحديد والمنغنيز والتي تكون موازية لبعضها البعض عند مغنتها مما تؤدي في النهاية الى تكوين سبائك فيرومغناطيسية (Ferromagnetic) يمكن ان يستفاد منها في صناعة المغناط المؤقتة<sup>[6]</sup> . تم دراسة هذه السلسلة (Fe-Mn) لخواصها المغناطيسية باستخدام طريقة جديدة للتحضير هي تكنولوجيا ميتالورجيا المساحيق (Powder Metallurgy) .

### الجانب العملي

تعتمد الخواص المغناطيسية للنماذج المحضرة بطريقة تكنولوجيا المساحيق على نقاوة المواد الاولية للمساحيق وذلك لان وجود أية شوائب حتى ولو كانت بنسب صغيرة تسبب نشوء أطوار غريبة تضعف الخواص المغناطيسية والفيزيائية ، لذلك تم استخدام مساحيق معدنية عالية النقاوة محضرة بطريقة التحليل الكهربائي من الحديد و المنغنيز حيث تبلغ نقاوتها أكثر من (99.95 % ) . تم تصميم عدة قوالب من الفولاذ بأبعاد هندسية تلائم النماذج المحضرة للفحوصات المغناطيسية . أما الفحوصات المغناطيسية قبل وبعد إجراء المعاملة الحرارية ، فقد تم إجراءها في منظومة صممت هي أيضاً بدائرة كهربائية مغناطيسية موضحة في الشكل (1) . تم تشكيل العينات بعد إجراء عمليات الخلط للمساحيق باستخدام مكبس هيدروليكي تحت ضغط (4) طن ولمدة 5min لنماذج اسطوانية بأبعاد (r=0.5cm ، L=1.6cm) تلائم فحص الخواص المغناطيسية . يمثل الشكل (2) المسلك التكنولوجي لمراحل تحضير السبائك المغناطيسية (Fe-Mn) بطريقة تكنولوجيا المساحيق . من خلال حلقات الهستير المغناطيسية الناتجة تم تحديد قيم الخواص المغناطيسية مثل القوة القهرية (Hc) (Corecive Force) والمغناطيسية المتبقية  $(B_r)$  (Remained Magnetization) والانفاذية المغناطيسية النسبية  $(\mu_r)$  (Magnetic Relative Permeability) والتأثير المغناطيسية  $(\chi_m)$  (Magnetic Susceptibility) . أما المعاملة الحرارية فقد تم إجرائها خلال استخدام فرن ألماني (Rntert) نوع (Magma2300) و عند درجات  $^{\circ}C$  (750,850,950,1050) وبمعدل تسخين  $^{\circ}C/min$  (5) مع تثبيت النماذج عند الدرجات الحرارية المذكورة لمدة (1/2 hr) ومن ثم التبريد البطيء (Slow Cooling) . تم قياس

ورسم حلقات الهسترة بين المجال المغناطيسي  $H$  (A/m) مع قيم الفيض المغناطيسي  $B$  (T). إذ يستطيع جهاز حلقة الهسترة قياس النفوذية المغناطيسية ( $\mu_r$ ) والقوة القاهرة ( $H_c$ ) والمغناطيسية المتبقية ( $B_r$ )، وذلك من خلال حلقات الهسترة المغناطيسية التي يرسمها الاوسيلوسكوب. الشكل الحقيقي لجهاز حلقة الهسترة موضح في الشكل (1).

إن أهم المعادلات التي تم استخدامها في القياسات التجريبية خلال حلقات الهسترة هي:

Magnetic field strength

$$H_c = \frac{I \cdot N_p}{L} = \frac{\text{ampere} \cdot \text{turns}}{\text{Length in m}} \left[ \frac{A}{m} \right] \quad \text{----- (1)}$$

حيث حسب قانون أوم

$$I = \frac{V}{R_1} \quad \text{----- (2)}$$

حيث  $V$  فولتية قناة 1 ( $CH_1$ ) راسم الذبذبات.  $N_p$  عدد لفات الابتدائي للمحولة وتساوي (22)  $R_1$  تساوي ( $20\Omega$ ) أوم

Magnetic flux density

$$B_r = \frac{\Phi}{A} = \frac{\text{magnetic flux}}{\text{ares}} \frac{Vs}{m^2} \quad \text{Tesla} \quad \text{-- (3)}$$

حيث الفيض المغناطيسي  $\Phi$  تساوي.

$$\Phi = \pm V_o (C_1 R_6) / N_s \quad \text{----- (4)}$$

حيث  $V_o$ : فولتية قناة 2 ( $CH_2$ ) راسم الذبذبات.  $C_1$  متسعة ( $1\mu F$ ) مايكرو فاراد  $R_6$  مقاومة حرارية ( $1k\Omega$ ) كيلو اوم  $N_s$  عدد لفات الثانوية للمحولة وتساوي (25)

$$\mu = \mu_o \mu_r = \frac{B_r}{H_c} \quad \text{Hm}^{-1} \quad \text{----- (5)}$$

حيث ( $\mu_r$ ) التأثرية المغناطيسية و ( $\mu_o$ ) التأثرية في الفراغ وتساوي ( $10^{-7} * 2\pi$ ) و ( $\mu$ ) التأثرية المغناطيسية إلى النموذج المراد دراسته [7].

إن هذه المعادلات المذكورة أعلاه تم تطبيقها عملياً على قيم القراءات المستحصلة من المنظومة المغناطيسية لحلقة الهسترة.

### النتائج والمناقشة

إن حلقات الهسترة هي من أهم الخصائص للمواد المغناطيسية حيث إن لكل مادة مغناطيسية لها حلقة خاصة بها يتم من خلالها دراسة الخصائص المغناطيسية للمادة المغناطيسية والتي تمثل بالعلاقة بين كثافة الفيض المغناطيسي ( $B$ ) وشدة المجال المغناطيسي المسلط ( $H$ )، المتمثلة بحلقة الهسترة ( $H-B$  Loop) وفي بعض الكتب يطلق عليها بمنحني التخلف المغناطيسي. إن حلقة الهسترة هي مقياس للطاقة المفقودة لوحدة الحجم داخل المادة خلال دورة تمغنط واحدة. وبالنسبة لدراسة الخواص المغناطيسية للمواد فإن شكل حلقة الهسترة المغناطيسية أمر ضروري لتحديد نوعية المغناط المصنعة سواء كانت صلبة ( $Hard$ ) أم لينية ( $Soft$ ). إن من أهم القيم التي يمكن إيجادها من خلال حلقة الهسترة هي القوة القهرية ( $Coercive Force$ ) ( $H_c$ )، المغناطيسية المتبقية

ب- تحديد درجة حرارة المعاملة الحرارية المثالية لإعطاء أفضل خواص مغناطيسية للسبائك المحضرة وهي (950 °C) مع انخفاض واضح في قيم الخواص المغناطيسية فوق درجة المعاملة الحرارية (950 °C) .

ج- فسرت النتائج المستحصلة بدلالة علاقة حركة العزوم المغناطيسية مع درجات الحرارة الى المعاملات الحرارية والتي يمكن الاستنتاج خلالها بأن حركة العزوم المغناطيسية عند (950 °C) قد أصبحت مصطفة بصورة متوازنة مما أكسبها خواص مغناطيسية جيدة مقارنة بالموصفات القياسية . أما فوق هذه الدرجة الحرارية فحدث تحول العزوم المتوازنة الى اتجاهات عشوائية مختلفة .

د- لوحظ أفضل نموذج للنظام الثنائي من حيث النتائج التجريبية لأفضل الخواص المغناطيسية هو (Fe<sub>20</sub>Mn<sub>80</sub>) .

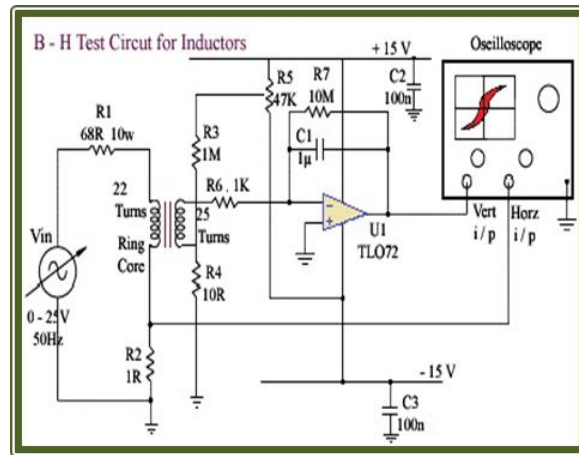
مغناطيسية جيدة هي عند (950 °C) , أما بالنسبة للنماذج فأن النموذج (Fe<sub>20</sub>Mn<sub>80</sub>) فقد حصل على أفضل الخواص المغناطيسية على بقية النماذج الثنائية .

#### الاستنتاجات

تعتبر عملية تصنيع المغناط الدائمة والمؤقتة ودراسة خواصها المغناطيسية من المواضيع المهمة في فيزياء المواد والتي تدخل في كثير من التطبيقات التكنولوجية والتي لم يتطرق لها الباحثون كثيراً داخل القطر , لذلك يعتبر هذا البحث من الدراسات الاولية لتصنيع مغناط ذات صفات مغناطيسية معينة .

يمكن استنتاج من تحضير سلسلة سبائك (Fe-Mn) ودراسة خواصها المغناطيسية بالنقاط الاتية :

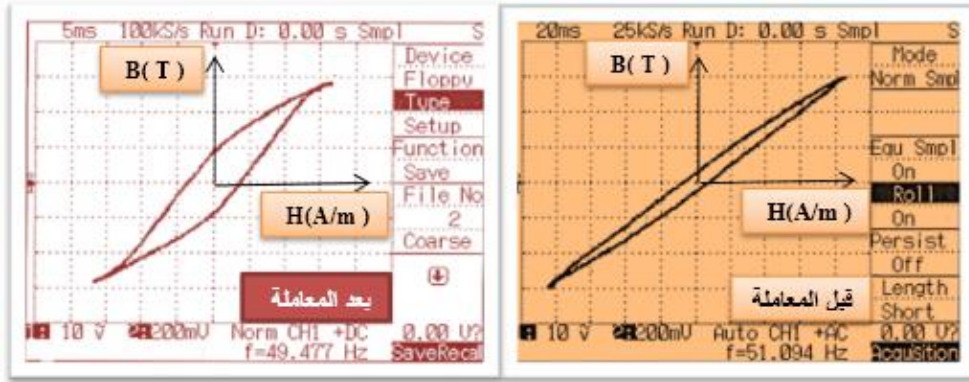
أ- لوحظ تأثير واضح للمعاملة الحرارية المتبعة والفترة الزمنية المختارة على الخواص المغناطيسية .



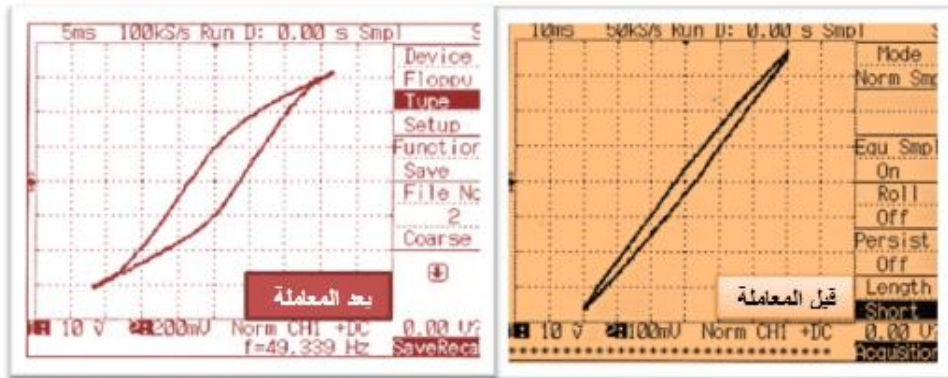
الشكل (1) : المخطط التفصيلي للمنضومة المصنعة لاختبار الخواص المغناطيسية



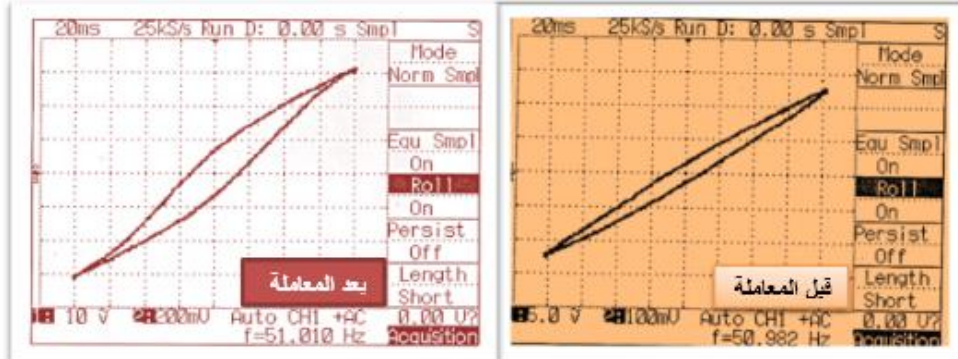
الشكل (2) : المسلك التكنولوجي التوضيحي لمرحلة تحضير النماذج المدروسة بطريقة ميتالورجيا المساحيق



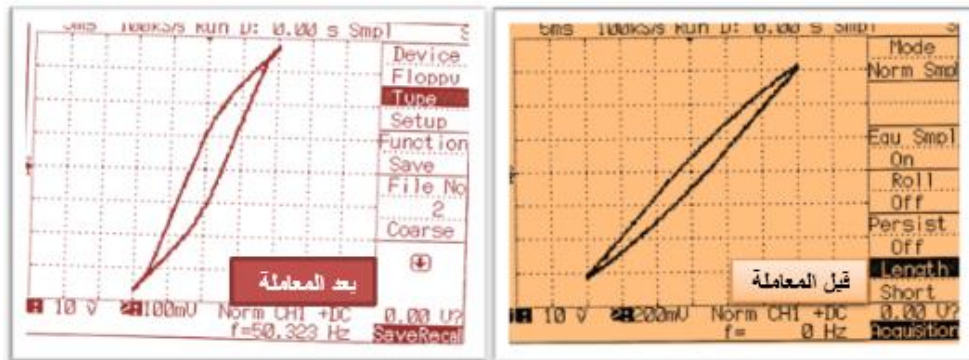
الشكل (3) : حلقة الهستيرة للنموذج (Fe<sub>20</sub>Mn<sub>80</sub>)



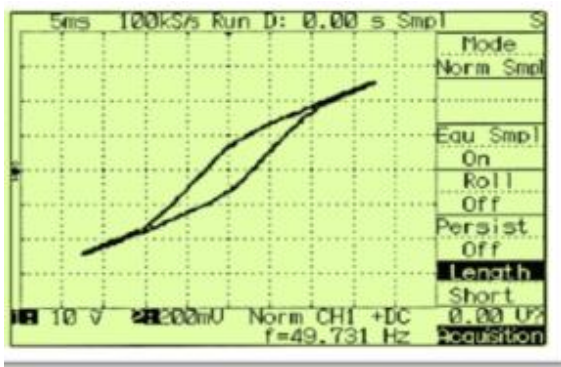
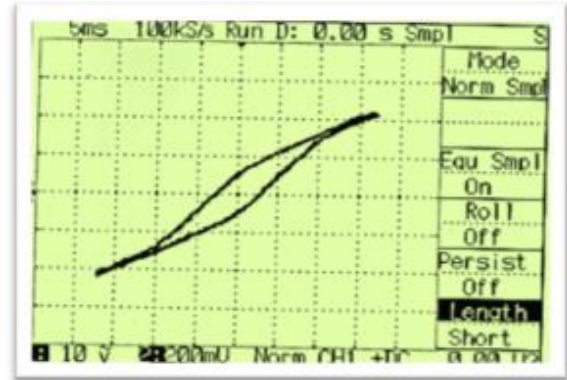
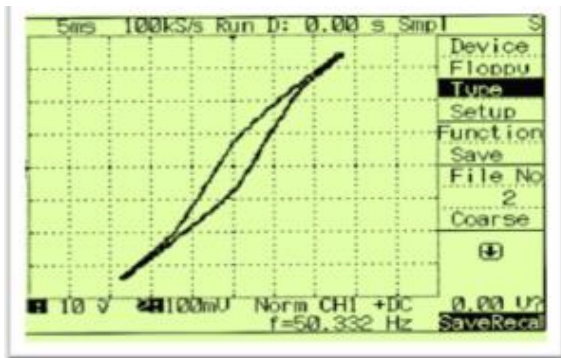
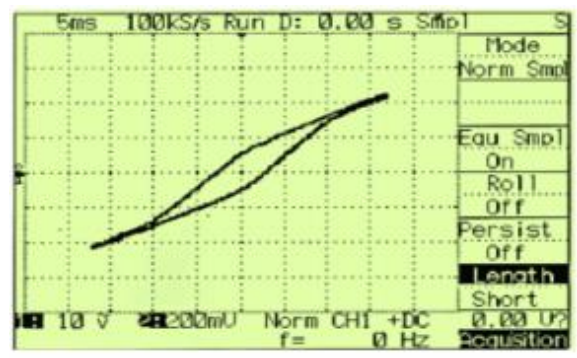
الشكل (4) : حلقة الهستيرة للنموذج (Fe<sub>30</sub>Mn<sub>70</sub>)



الشكل (5) : حلقة الهستيرة للنموذج (Fe<sub>50</sub>Mn<sub>50</sub>)



الشكل (6) : حلقة الهستيرة للنموذج (Fe<sub>25</sub>Mn<sub>75</sub>)

الشكل (9) : حلقة الهستيرة عند (1050 C) للنموذج (Fe<sub>50</sub>Mn<sub>50</sub>)الشكل (7) : حلقة الهستيرة عند (1050 C) للنموذج (Fe<sub>20</sub>Mn<sub>80</sub>)الشكل (10) : حلقة الهستيرة عند (1050 C) للنموذج (Fe<sub>75</sub>Mn<sub>25</sub>)الشكل (8) : حلقة الهستيرة عند (1050 C) للنموذج (Fe<sub>30</sub>Mn<sub>70</sub>)

الجدول (1) : نتائج الفحوصات المغناطيسية للنظام الثنائي

Temp Anneal (C°)	Sample	H <sub>c</sub> (KA/m)	B <sub>r</sub> (Tesla)	μ <sub>r</sub>	χ <sub>m</sub>
RT	Fe <sub>20</sub> Mn <sub>80</sub>	0.318	0.088	0.276	0.724
	Fe <sub>30</sub> Mn <sub>70</sub>	0.315	0.085	0.269	0.731
	Fe <sub>50</sub> Mn <sub>50</sub>	0.313	0.083	0.265	0.735
	Fe <sub>75</sub> Mn <sub>25</sub>	0.311	0.081	0.273	0.74
750	Fe <sub>20</sub> Mn <sub>80</sub>	0.323	0.084	0.255	0.727
	Fe <sub>30</sub> Mn <sub>70</sub>	0.319	0.084	0.263	0.745
	Fe <sub>50</sub> Mn <sub>50</sub>	0.317	0.081	0.263	0.737
	Fe <sub>75</sub> Mn <sub>25</sub>	0.314	0.086	0.263	0.737
850	Fe <sub>20</sub> Mn <sub>80</sub>	0.411	0.085	0.206	0.794
	Fe <sub>30</sub> Mn <sub>70</sub>	0.363	0.086	0.236	0.764
	Fe <sub>50</sub> Mn <sub>50</sub>	0.352	0.087	0.247	0.753
	Fe <sub>75</sub> Mn <sub>25</sub>	0.332	0.091	0.274	0.726
950	Fe <sub>20</sub> Mn <sub>80</sub>	0.550	0.054	0.098	0.902
	Fe <sub>30</sub> Mn <sub>70</sub>	0.412	0.062	0.150	0.850
	Fe <sub>50</sub> Mn <sub>50</sub>	0.387	0.075	0.193	0.807
	Fe <sub>75</sub> Mn <sub>25</sub>	0.343	0.086	0.236	0.764
1050	Fe <sub>20</sub> Mn <sub>80</sub>	0.171	0.059	0.345	-0.655
	Fe <sub>30</sub> Mn <sub>70</sub>	0.193	0.063	0.326	-0.674
	Fe <sub>50</sub> Mn <sub>50</sub>	0.203	0.066	0.325	-0.675
	Fe <sub>75</sub> Mn <sub>25</sub>	0.267	0.078	0.292	-0.708

## المصادر

- 1- J. Crangle, Magnetic Properties of Solid, Willmer Brothers Limited, London (2009) .
- 2- P.J. Brown and I.K. Jassim, J. Physique, C8, P307, (1988) .
- 3- F.James, Introduction to Material Science for Engineering 5<sup>nd</sup> edition , p.570 , (2008) .
- 4- D. Hadfield , Permanent Magnet and Magnetism , 1<sup>st</sup> edition , London (2005) .
- 5- M. Kadziolka , W. Zarek and E. Popiel , Journal of Physics, Conference Series , 217 (2010) .
- 6- S. Rengara and S. Hee , Finland . J. Nanoscience , Voll 1 , P561 (2011) .
- 7- E-mail : [R.Clarke@surrey.ac.uk](mailto:R.Clarke@surrey.ac.uk) Lsat modified : 2008 May 10<sup>th</sup> .
- 8- M.V. Schifagarde, I.A. Abrikosov and B. Johansson, Origin of the Invar Effect in Fe-Ni Alloys Nature, Vol.400, P.46, (1999) .
- 9- E. Xiang, Y. O. Shah and Z. Zhou, Electron, Mater, Lett, Vol.2, V Substituted Co-Ni-Fe, Structural , Morphological and Electrical Properties, (2015) .
- 10- B.D. Culitny, "Introduction to Magnetic Materials", Addison – Wesley, London, ( 1972 ) .

## The Effect of Heat Treatment on The Magnetic Properties of The (Fe-Mn) Alloys Prepared by Powder Metallurgy Method

**I.K. Jassim , A.S. Msghen , A.S. Mahmood**

*Physics Department , College of Education and Pure Sciences , Tikrit University , Tikrit , Iraq*

### Abstract

This research studied the magnetic series of  $(Fe_{1-x}Mn_x)$  which included the preparation alloys with weight ratios ( $X=25,50,70,80$ ) by using Powder technology method . This study aimed to determine the Magnetic properties through the magnetic hysteresis loop . Number of magnetic properties have been found such as Remained force ( $B_r$ ), Coercive force ( $H_c$ ), Magnetic Relative permeability ( $\mu_r$ ), and Magnetic Susceptibility ( $\chi_m$ ) for all study Samples . This experimental results were found a ferromagnetic behavior and sensitive to the heat treatment , which shows rapidity changeable to the paramagnetic behavior with the increasing the temperature degrees . The suitable heat treatment degree determined to get magnetic properties through the magnetic manufacturing operations . The results were explained due to the motion relation of magnetic spins with temperature degrees of heat treatment.

**Key words:** Magnetic properties , Powder metallurgy , Heat treatment , Material engineering .