تأثير إضافة مسحوق الألومينا على خواص مكبوسات الألمنيوم-النيكل المنتجة بطريقة تكنولوجيا المساحيق

أحمد فليح حسين

الجامعة التكنولوجية /قسم هندسة الأنتاج والمعادن

الخلاصة

يهدف هذا البحث تحضير سبائك ألمنيوم-نيكل (Al–Ni) بطريقة تكنولوجيا المساحيق Powder Technology وذلك للطلب المتزايد على انتاج وتصنيع مثل هذه السبائك ودخولها في مجالات صناعية وتكنولوجية متعددة، في هذا البحث تم أخذ مسحوقي الألمنيوم والنيكل واجريت عملية التصنيف الحجمي وبعدها تمت عملية الخلط والمزج للمسحوقين بنسبة (Al – 20% Ni) وعندها أضيف مسحوق الألومينا بنسب (0–3–5–7%) على التوالي وبعدها اجريت عملية الخلط والمزج لضمان تجانس مسحوق الألومينا مع الخليط وتم اجراء عملية الكبس على البارد عند (7ton) وبقوالب من فولاذ العدد وأجريت عملية التلبيد للعينات عند (474°C) ولمدة ساعة واحدة وباستخدام غاز الأركون كغاز خامل وبعد عملية التبريد تم تحضير العينات لأغراض فحص البنية المجهرية، فحص الكثافة والمسامية، الصلادة، فحص الأشعة السينية وفحص مقاومة الأنضغاط، وقد تبين زيادة 10% في قيم الصلادة و80% في قيم مقاومة الأنضغاط بدلالة مقدار الأنضغاط للعينات التي تم إضافة الألومينا اليها بنسبة 7% والتي حققت افضل النتائج.

Abstract:

This research aimed to product Al-Ni alloys by powder metallurgy method because of its commercial and technological important. Nickel and aluminum powders were measured their particle size then the powders mixed and blended with percent (Al - 20% Ni). Alumina (Al_2O_3) powder added to matrix alloy powder with percent (0-3-5-7%) respectively then these powders mixed to obtain homogeneous distribution, then the powders compacted in isostatic cold pressure at 7ton.The sintering process done at (474°C) for one hour under argon gas. After cooling these samples grinded and polished to microstructure, density, porosity, Microhardness and X-ray diffraction tests. From the result the hardness increased with10% and compacting resistance (compacting value as function) increased with 80% at 7% Alumina addition ,and it was the best result .

Key words: Al-Ni alloys, composite materials matrix Al, powder metallurgy, Advance alloys.

المقدمة:Introduction

بسبب التقدم الكبير الذي تحرزه سبائك الألمنيوم– النيكل في المجال التكنولوجي وخاصة في مجال الصناعات المتقدمة وفي أجزاء محركات المكائن والسيارات وبالأخص سبيكة (Al–20Ni) [Bahrami *et al.*2006]، ولعدم قدرة الألمنيوم للتألف مع بعض المعادن بسبب الذوبانية القليلة والتباين الكبير في درجات حرارة الأنصهار وطلباً لزيادة الخواص الميكانيكية والفيزيائية تم اللجوء الى تكنولوجيا المساحيق لأنتاج مكبوسات سبائك الألمنيوم (ألمنيوم– نيكل) ذات التطبيقات العديدة ولكن كما هو معروف من كون الخواص الميكانيكية للمكبوسات المعدنية ضعيفة مقارنةً مع المسبوكات المصبوبة (المنتجة بطريقة السباكة) لذلك تم التوجه الى سبل تطوير هذه المكبوسات ومن أهم هذه الطرق هي إضافة المتضمنات (Employed) الى الخليط المعدني [Nis et al.2007,Gonzaleset al.2003]،ومن هذه المتضمنات مسحوق الألومينا Powder (Al2O3). الذي يضاف الى خليط مسحوقي الألمنيوم والنيكل للحصول على مواصفات افضل للمكبوسات وبعد إتمام عملية الخلط والمزج تجرى عملية الكبس بواسطة مكبس هيدروليكي وبعدها عملية التلبيد في فرن كهربائي وباستخدام غاز الأركون كغاز خامل والذي يعمل على منع الأكسدة أثناء عملية التلبيد والتي أجريت على مرحلتين وبعدها اجريت عملية التنعيم والصقل والأظهار للعينات لأجراء فحوص [البنية المجهرية، الصلادة المايكروية، الكثافة والمسامية].

الجزء العملي Experimental

• تحضير المساحيق Powders Preparation

تم أخذ مسحوق الألمنيوم Aluminum بدرجة نقاوه (99.98) وبحجم حبيبي 35µm (Fluka Co.) مع مسحوق النيكل Nickel بدرجة نقاوه (99.99) وبحجم حبيبي 25µm (Fluka Co.) بنسبة إضافة (Al–20%Ni) وتم استخدام مسحوق الألومينا وبحجم حبيبي 35µm (Fluka Co.) اعتماداً على استخدام جهاز المناخل الهزاز لمعرفة الحجم الحبيبي للمساحيق وتم الأضافة بنسب مختلفة وكما موضحة بالجدول (1)، تم وزن المساحيق بميزان رقمي بحساسية (0.0001)، بعد ذلك اجريت عملية المزج بواسطة الخالط الكهربائي الدوار Electric Rolling Mixers محلي الصنع وبسرعة دوران (700–1000 r.p.m) وباستخدام كرات الألومينا بحجوم مختلفة ولمدة (25min) المبين بالشكل (1). وبعدها تمت عملية الخلط اليدوي لمدة (15min) وذلك لضمان التجانس النوعي والحجمي لخليط المساحيق.

• كبس المساحيق Compact Powders

تمت عملية الكبس بمكبس هيدروليكي ذو سعة كبس (15ton) وبإستخدام قالب إسطواني مصنوع من فولاذ العدد بقطر (2cm) وتم الكبس باستخدام طريقة الكبس على البارد باتجاه واحد للكبس وبقوة ضغط مقدارها (7ton) لمدة (5min) لضمان تماسك المكبوس.

• تلبيد المكبوسات Sintering of Compacts

تم إجراء عملية التلبيد وذلك بوضع المكبوسات داخل حاوية تحت ضغط ثابت كما موضح بالشكل (2) لها فتحتان واحدة لخروج غاز الأوكسجين (Oxygen) والأخرى لضخ غاز الأركون (Argon) كغاز خامل لمنع حدوث التأكسد الذي يقلل من تماسك حبيبات المسحوق عند عملية التلبيد ووضعت الحاوية داخل فرن كهربائي وهذا الفرن مربوط الى مسيطر رقمي، وسخن الفرن لغاية (150°C) وعند هذه الدرجة تم ضخ غاز الأركون وبعدها تم رفع درجة حرارة الفرن الى (300°C) وثبتت درجة الحرارة لمدة (30min) وبعدها تم التلبيد عند درجة حرارة (474°C) لمدة (60min) وهي درجة حرارة تلبيد الألمنيوم والشكل (3) يبين خطوات عملية التلبيد والتي تمثل المعادلة: [Jartychet al.2003]

$$Ts\ (K°) = (Tm+273)\ (0.9-0.7)$$

حيث أن:Ts = درجة حرارة التلبيد.

Tm= درجة حرارة الأنصهار.

ترك عند هذه الدرجة لمدة (1hr) للتأكد من وصول درجة حرارة الفرن الى الدرجة المطلوبة والى المكبوسات بالتساوي بعد ذلك تم تبريد العينات بإبقائها داخل الفرن الى درجة حرارة (150°C) وعندها تم اغلاق تدفق غاز الأركون وعند الوصول الى درجة حرارة الغرفة تم إخراج العينات من الفرن.

• الفحوصات Testes of Samples

1- فحص الكثافة الخضراء للمكبوسات والكثافة بعد التلبيد:

بعد إجراء عملية الكبس تم قياس الكثافة الخضراء للعينات المكبوسة (بعد اجراء عملية الكبس) وكذلك قياس الكثافة الظاهرية للمكبوسات بعد إجراء عملية التلبيد حسب قاعدة ارخميدس.

2- فحص البنية المجهرية والمسامية:

تم اجراء عملية تحضير العينات باجراء عملية التنعيم باستخدام جهاز التنعيم ذو القرص الدوار وباستخدام ورق تنعيم بدرجات (220, 320, 500, 800, 1000) ، ومن ثم تم اجراء عملية الصقل باستخدام قماش صقل خاص واستخدمت حبيبات الألومينا كمادة صقل وبحجم حبيبي (0.3µm)، وبعدها تم الأظهار بغمر العينات بمحلول نايتل (98% Ethanol +2% Altric Acid) لمدة (15sec) وتم غسل العينات بالكحول وجففت بواسطة مجفف العينات، وعندها تم تصوير العينات بواسطة مجهر ضوئي نوع (Olympus) ذو قوة تكبير (2500X) ومتصل الى كاميرا رقمية عالية الدقة مربوطة الى حاسبة تقوم باظهار وخزن الصور المأخوة للعينات. أما قياس نسبة المسامية وقياس حجم المسامات المبينة بالشكل (4) فقد تم باستخدام برنامج S- Image ومبدأ عمل البرنامج يتلخص بأخذ صور العينات من المجهر الضوئي وادخالها الى البرنامج الذي سيقوم بتحليلها وتحويلها الى صور ثنائية اللون (أبيض وأسود) وبعدها يقوم بقياس حجم الحبيبة أو المسامة (الفجوة) ويقوم أيضاً بقياس الكسر الحجمي (نسبة) للحبيبات والمسامات الموجودة في صورة العينة وذلك نسبةً الى مساحة الصورة.

3- فحص صلادة فيكرز المايكروية وفحص حيود الأشعة السينية:

تم فحص صلادة فيكرز للعينات باستخدام جهاز فحص صلادة فيكرز المايكروية حيث سلط حمل مقداره (2.9N) ولمدة غرز (15sec)، وكذلك تم اجراء فحص حيود الأشعة السينية بجهاز نوع (Shimadzu 6000X) والموجود بوزارة العلوم والتكنولوجيا/دائرة بحوث المواد.

4- فحص مقاومة الأنضغاط:

تم اجراء فحص مقاومة الأنضغاط وذلك بأخذ خمس عينات اسطوانية لكل سبيكة وبابعاد (قطر 20 mm ارتفاع 40mm) وسلط على العينات ضغط متغير لفترة متغيرة وعندها تم أخذ القراءات ودراسة مقاومة الأنضغاط عن طريق دراسة مقدار التغير بالأرتفاع.

النتائج والمناقشة:

1- فحص الكثافة الخضراء للمكبوسات والكثافة الظاهرية للعينات بعد التلبيد:

من الشكل (5) يتبين أن الكثافة الخضراء للعينات الحاوية على الألومينا تكون أعلى نسبياً من تلك الخالية من مسحوق الألومينا وذلك نتيجة وجود مسحوق الألمنيوم والذي يعتبر أكثر المساحيق المستخدمة لدونة، وأثناء عملية الكبس ولوجود مساحات سطحية كبيرة بين المساحيق سيحدث تشوه لدن لحبيبات الألمنيوم خصوصاً مع حبيبات مسحوق الألومينا وبالتالي سيحدث الترابط بين الحبيبات. [Jartychet al.2003] فقد لوحظ من الشكل (5) نقصان الكثافة الظاهرية بعد التلبيد مقارنة بالكثافة الرطبة للمكبوسات بشكل عام بعد الكبس وذلك بسبب التمدد الحاصل بالمسامات أثناء عملية التلبيد (بسبب الفرق بالتمدد الحراري) والذي يؤدي الى توسع المسامات الغازية الموجودة داخل المكبوس. نتيجة لهذه التغيرات سوف تزداد حجم المسامات داخل المكبوسات (ويؤدي هذا الى توسع معظم المكبوسات) ويلاحظ تمركزها قريباً من المنطقة البعيدة عن المكبس وبعد عملية التلبيد وذلك يرجع الى أنتشار الحبيبات وتتحول أغلب الفجوات الغازية (المسامية) من الفجوات المغلقة الى المفتوحة نتيجة التوسع الناتج بسبب الحرارة والذي يؤدي الى اندماج الفجوات المغلقة مع بعضهاوتكوين الفجوات المفتوحة وتتحول الفجوات الى أشكال شبه كروية ولايوجد فرق واضح بين العينات الحاوية على حبيبات الألومينا والتي لاتحوي عليها[Lü *et al.*1995,Lu *et al.*2006].

2- نتائج فحص البنية المجهرية والمسامية:

الأشكال (6,7,8 and 9) تظهر لنا صور العينات أن الفجوات وعند التسخين الى درجة حرارة (300°C) ولمدة (15min) تتحول الى الشكل الشبه كروي وتبدأ بالتوسع الى حد معين ثم تبدأ بالاعاقة من قبل حبيبات المساحيق التي بدورها تبدأ بالتوسع والأنتشار والترابط في مابينها وتقطع الطريق أمام توسع وتتمد الفجوات أكثر [Lü et al.1995]، أما عند درجة حرارة التلبيد (474°C) والتي تستمر لمدة (1hr) سوف يستمر انتشار وترابط الحبيبات وكذلك سوف تبدأ مرحلة شبيهة بأعادة التبلور للحبيبات وتكون قيمة درجة إعادة التبلور في المكبوسات أقل عما هي في السبائك المسبوكة [Lu *et al.*2006,Marcatoma *et al.*2003,Nowosielski 2007]. ويتبين من نتائج فحص البنية المجهرية تكون الطور (Al3Ni2) بين الألمنيوم والنيكل [Nowosielski *et al.*2007,Nowosielski 2007,Nowosielski *et al.*2005]. كذلك يلاحظ تكون الطور الثانوي (Ni2-Al2O3)[Lü *et al.*1995,Pilarczyk et al.2008]، الذي يتكون على الحدود البلورية للطور (Al3Ni2) والتي تتكون من التفاعل بين حبيبات الألومينا وحبيبات النيكل وهذه الحبيبات تعمل على ملء الفجوات البينية بين الحبيبات وبالتالي تقلل من نسبة المسامية [Rosso *et al.*2006,Shen *et al.*2007]. أما نسبة المسامية وحجم المسامات مبينة بالأشكال (10, 11) التي تبين متوسط حجم ونسبة المسامات المأخوذة من نتائج برنامج S-Image والتي توضح نقصان في كل من حجم ونسبة المسامات بزيادة نسبة الألومينا ويعود ذلك الى تكون الطور الثانوي (Intermetallic Phase) (Ni2-Al2O3) المتكون على الحدود البورية للطور (Al3Ni2) والذي يقلل من توسع المسامات وكذلك يقلل من تكونها أثناء الكبس وذلك بسبب ملء حبيبات الألومينا للفراغات والفجوات المتكونة بين حبيبات المكبوس[Marcatoma et al.2003,Pilarczyk et al.2008,Soko 2008].

3- نتائج فحص صلادة فيكرز المايكروية وفحص حيود الأشعة السينية:

نتائج فحص صلادة فيكرز المايكروية موضحة بالشكل (12) يتبين من خلالها أن الصلادة تزداد بزيادة نسبة إضافة الألومينا وهذا يرجع الى ترسب الألومينا في طور (Al3Ni2) وتكون الطور الثانوي (Intermetallic Phase) (Ni2-Al2O3) بين النيكل وحبيبات الألومينا والذي يعمل كمصد للأنخلاعات ويعمل على تقوية البنية التركيبية للمكبوسات مقارنة مع العينات التي لاتحوي مسحوق الألومينا [Sui 2006].

من خلال فحص الأشعة السينية الموضحة بالأشكال (13,14,15 and16) يتبين ظهور الطور (Al3Ni2) والطور الثانوي (Ni2-Al2O3) بنسب قليلة وهو الطور المتكون بين النيكل وسطح حبيبات الألومينا وكذلك ظهور الألومينا بشكل واضح.

4- نتائج فحص الأنضغاط:

يتبين من الشكل (17) أن مقاومة الأنضغاط تزداد بزيادة نسبة إضافة الألومينا وذلك نتيجة زيادة تماسك العينات نتيجة تكون الطور (Ni2-Al2O3) [Marcatoma et al.2003,Szajnar et al 2007].

الأستنتاجات: Conclusions

1- زيادة نسبة الألومينا تؤدي الى زيادة الكثافة الخضراء للمكبوسات.
2- زيادة نسبة الألومينا تؤدي الى تقليل حجم ونسبة المسامات في تركيب المكبوسات.
3- زيادة نسبة الألومينا تؤدي الى زيادة صلادة فيكرز المايكروية للمكبوسات.

4- زيادة نسبة الألومينا تؤدي الى زيادة مقاومة الأنضغاط عن طريق مقاومة التغير بالشكل الناتج عن الأنضغاط.

المصـــادر: References

A. Bahrami, H.R. MadaahHussein, P. Abacji, S. Miraghaei, (2006) Structural and soft electric properties of Al-Ni alloy85Si10AlPowders prepared by mechaAlcal alloying, Materials Letters 60 ,1068-1070.

A. Gonzales, J. Bonastre, L. Escoda, J.J. Kainer, (2003) Aluminum –A lloys and Technology, WileyVH, Weinheim, Germany.

B. Shen, C. Chang, A. Inoue, (2007) Formation, ductile deformation behavior and soft-magnetic properties of (Fe, Co, Al)-B-Si-Nb bulk glassy alloys, Intermetallics 15 ,9-16.

E. Jartych, D. Oleszak, J. Zeng, B. von Gromann, C. Haberling, and H.G. Haldenwanger: (2003) Proc. Conf. on Aluminum Alloys and Their Application, K.U. Kainer, Wolfsburg, Germany ,62-67.

F. Nis, U. Zuperl, V. Gecevska, (2007) High speed milling of light metals, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 24/1,357-364.

J.H. Soko, MechaAlcal properties of Al-Ni alloys, (2008)Journal of Achievements in Materials.

J.J. Sui, (2006) High Temperature alloy fabricated by powder metallurgy, Journal of Alloys and Compounds 411 ,56-62.

J.Q. Marcatoma, V.A.P. Rodriguez, E.M. (2003) Baggio-Saitovitch, mechaAlcal properties and crystallization of the Ni75Si15B10 Amorphous alloy prepared by mechaAlcal alloying, Hyperfine Interactions 146/147 ,97-102.

J. Szajnar, T. Wrbel, (2007) InoNilation of aluminum with titaAlum and boron addition, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 23/1 ,51-54.

L. Lü, M.O. Lai, S. Zhang, (1995) Modeling of the mechaAlcal alloying process, Journal of Materials Processing Technology 52 ,539-546.

M. Rosso, D. Ugues, M. Actis Grande, (2006) The challenge of PM tool steels for the innowation, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 18 ,175-178.

R. Nowosielski, (2007) Soft magnetic polymer-metal composites consisting of nanostructure Fe-basic powders, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 24/1 68-77.

R. Nowosielski, W. Pilarczyk, (2007) The influence of HEBM on the structure of Fe-0.8%C alloys, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 21/1 ,33-36.

R. Nowosielski, W. Pilarczyk, (2005) Structure and properties of Fe6.67%C alloy obtained by mechaAlcal alloying, Journal of Materials Processing Technology 162-163 ,373-378.

W. Lu, L. Yang, B. Yan, W. Huang, B. Lu, (2006) Nan crystalline Fe84Nb7B Alloys prepared by mechaAlcal alloying and ultrahigh-pressure consolidation, Journal of Alloys and Compounds 413 ,85-89.

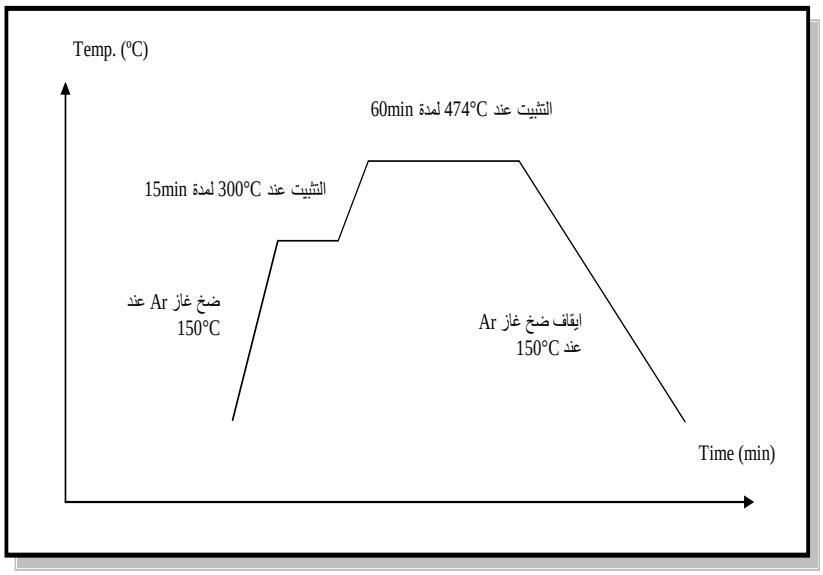
W. Pilarczyk, R. Nowosielski, M. Nowak, M. Kciuk, (2008) The structural changes of Al-Ti-Fe alloy during mechaAlcal alloying process, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 29/2 ,131-138.

جدول (1): يبين التركيب الكيمياوي للمساحيق المخلوطة.

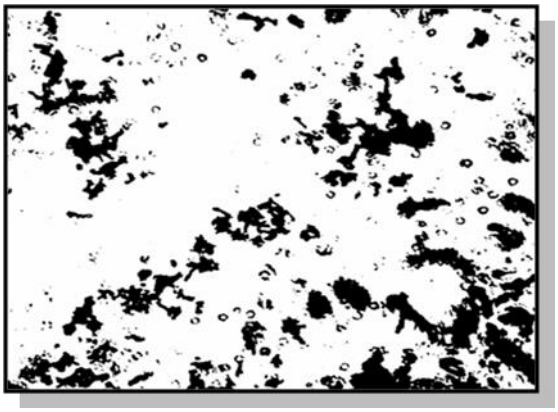
Alloy No.	*Al%*	*Ni%*	*Al_2O_3%*
Alloy 1	80	20	……..
Alloy 2	77.6	19.40	3
Alloy 3	76	19	5
Alloy 4	74.4	18.6	7

شكل (1): يبين الخالط الكهربائي الدوار الذي أجريت به عملية الخلط الميكانيكي.

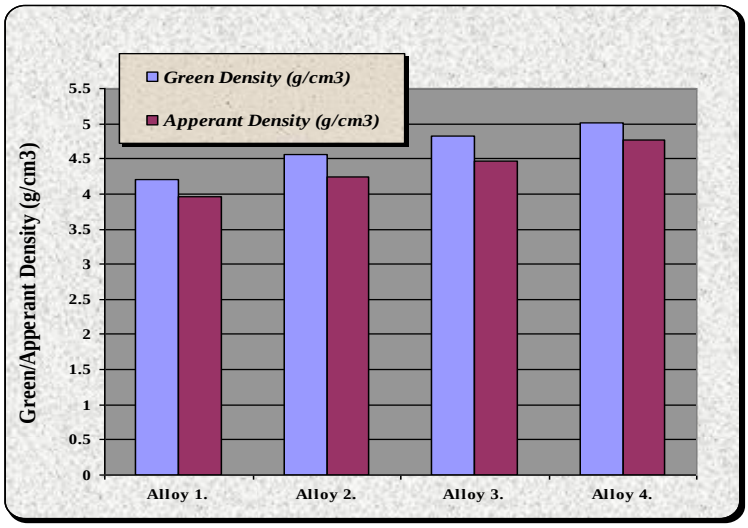
شكل (2): يبين الحاوية التي وضعت فيها العينات اثناء عملية التلبيد والتي يضخ خلالها غاز الأركون.



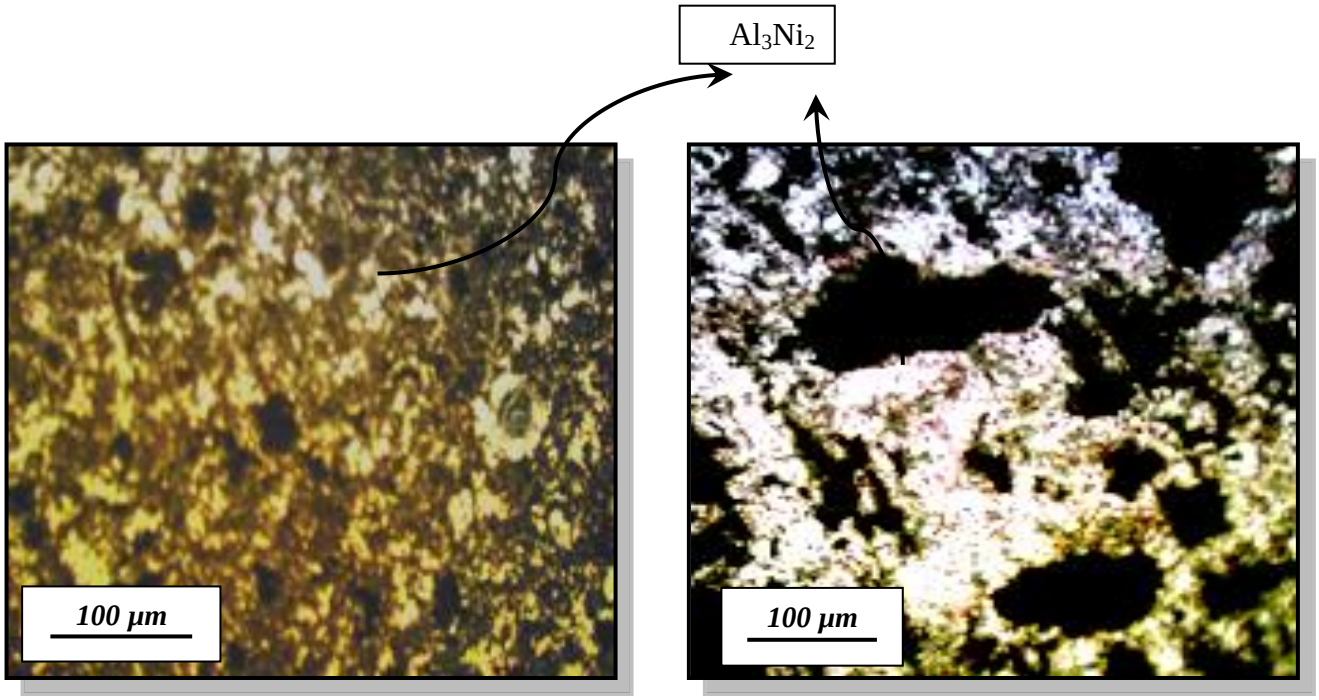
شكل (3): يبين مراحل عملية التلبيد.



شكل (4): يبين كيفية تحليل الصورة الى ثنائية اللون ببرنامج S-Image

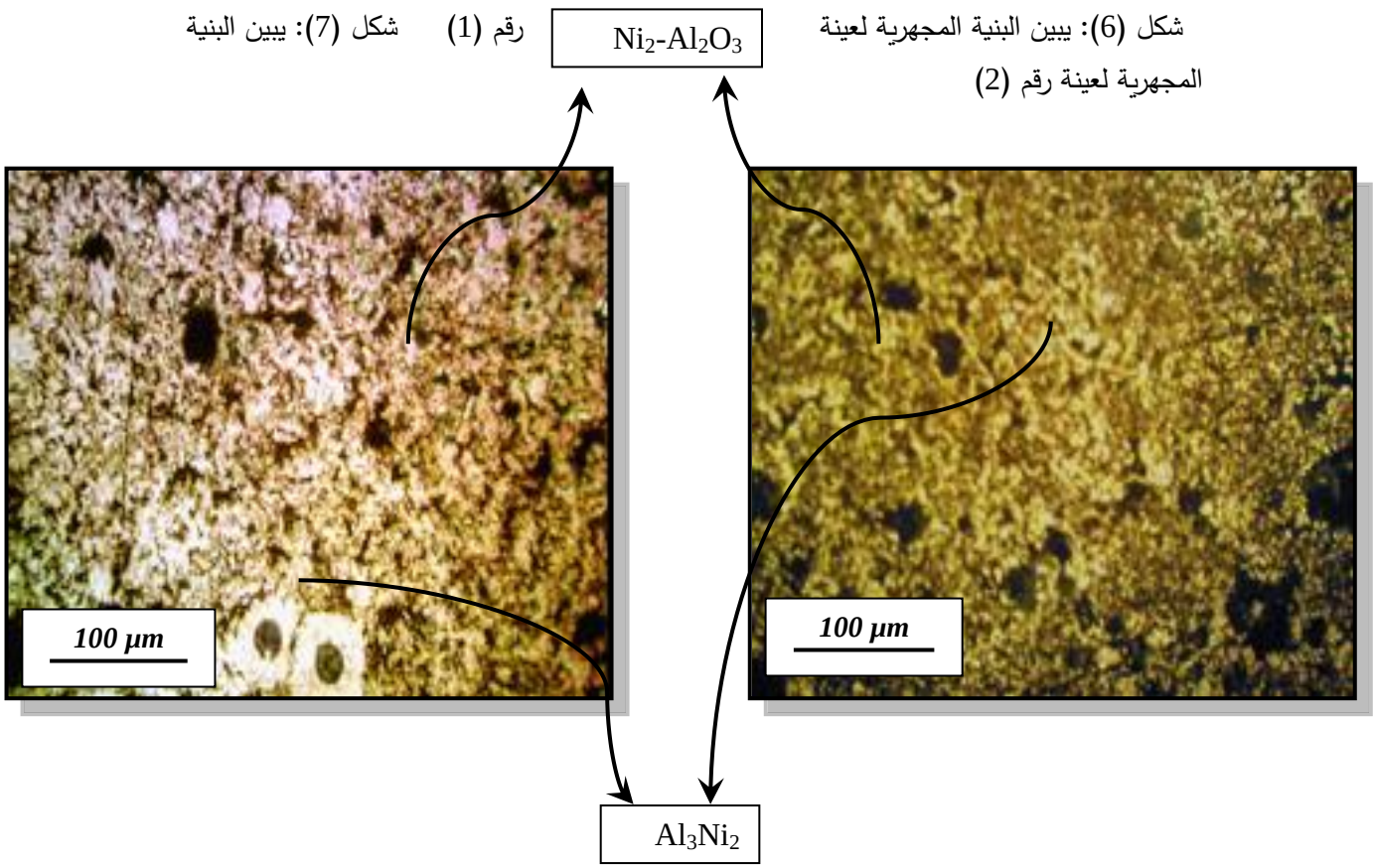


شكل (5): يبين الكثافة الخضراء والظاهرية للعينات قبل وبعد التلبيد.



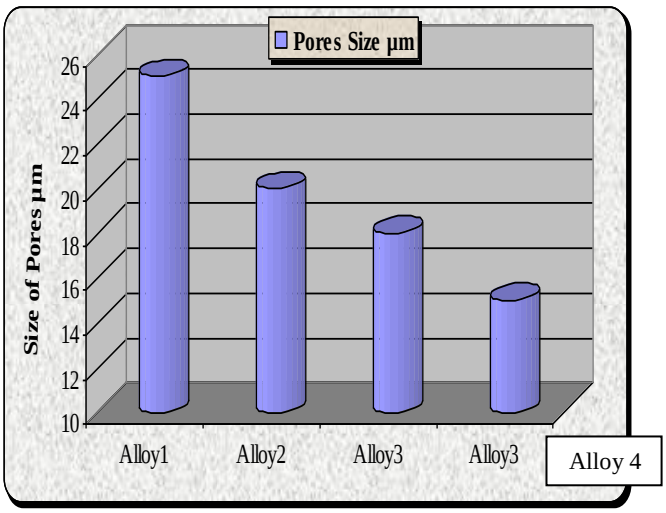
شكل (6): يبين البنية المجهرية لعينة رقم (1)

شكل (7): يبين البنية المجهرية لعينة رقم (2)

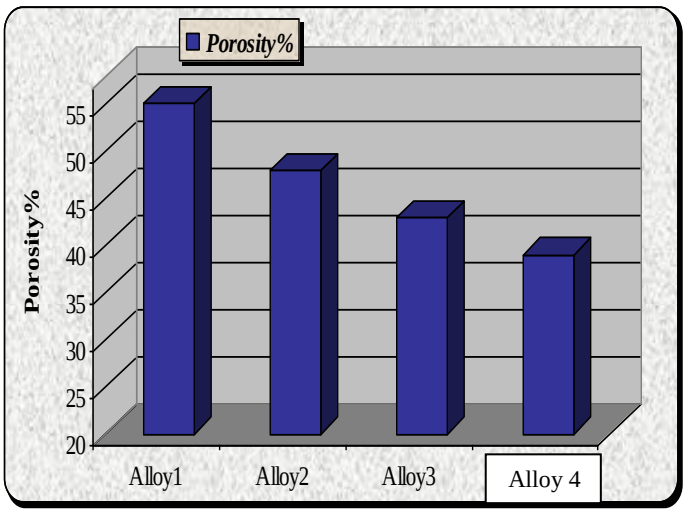


شكل (8): يبين البنية المجهرية لعينة رقم (3)

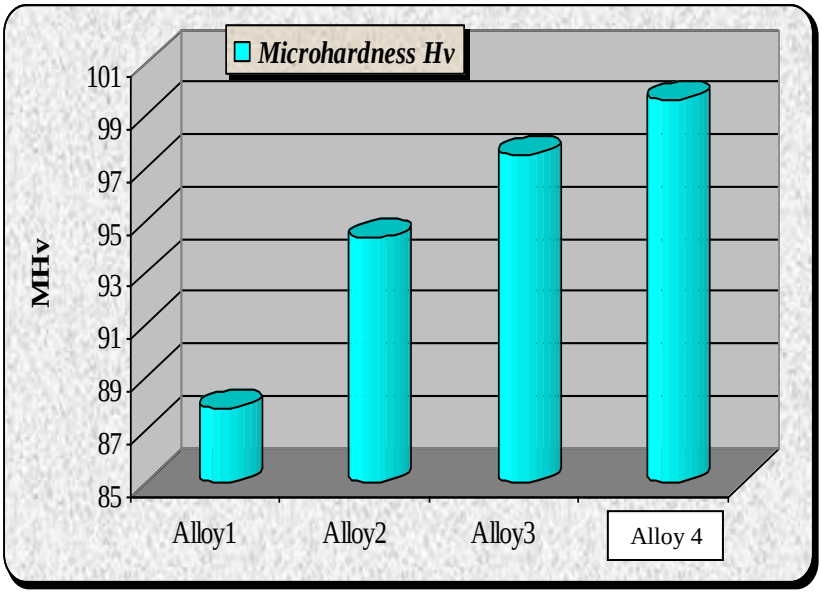
شكل (9): يبين البنية المجهرية لعينة رقم (4)



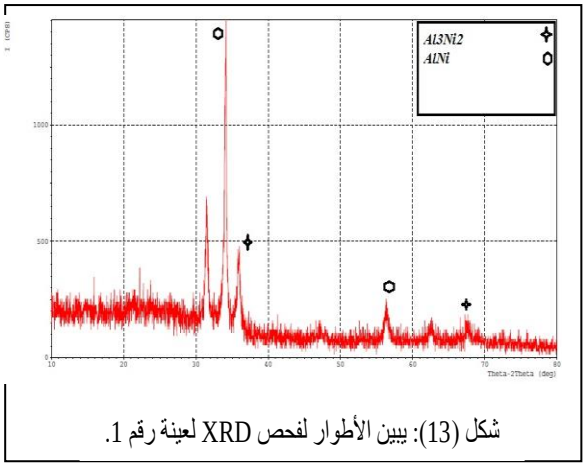
شكل (10): يبين متوسط حجم المسامـات للمكبوسات لأربعة.



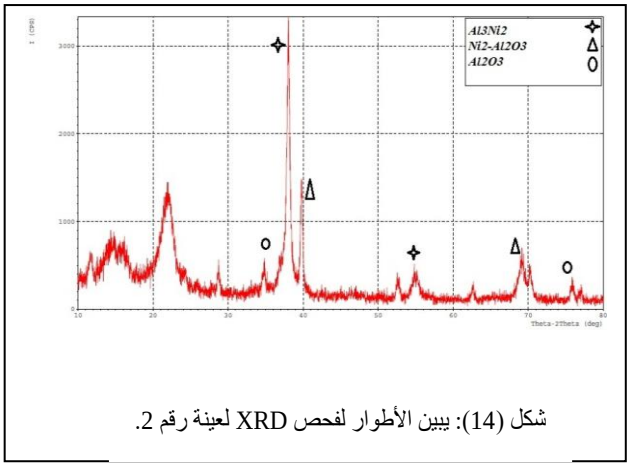
شكل (11): يبين نسبة المسامية في كل مكبوسة.



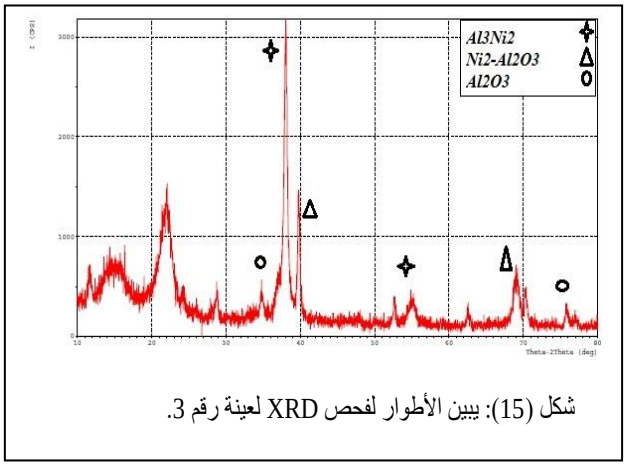
شكل (12): يبين صلادة فيكرز المايكروية للمكبوسات.



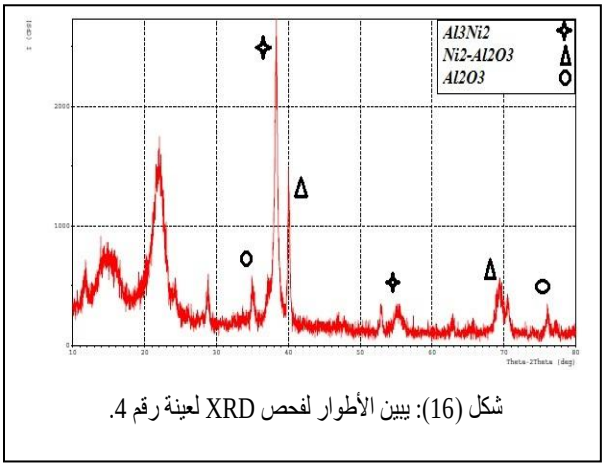
شكل (13): يبين الأطوار لفحص XRD لعينة رقم 1.



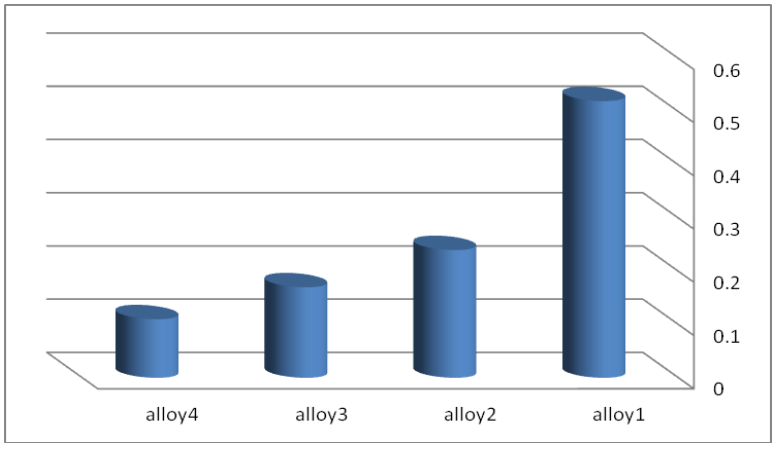
شكل (14): يبين الأطوار لفحص XRD لعينة رقم 2.



شكل (15): يبين الأطوار لفحص XRD لعينة رقم 3.



شكل (16): يبين الأطوار لفحص XRD لعينة رقم 4.



شكل (17): نقصان مقدار الأنضغاط مع زيادة نسبة الاضافة.