

تأثير نسبة المسامية على قيم الكثافة والصلادة لسبيكة (نيكل-نحاس) والمنتجة بطريقة ميتالورجيا المساحيق

ندى طاهر سلطان*

تاريخ التقديم: 2010/8/29

تاريخ القبول: 2010/12/2

الخلاصة:

يهدف هذا البحث الى انتاج سبائك نيكل-نحاس (Ni-Cu) المسامية بطريقة ميتالورجيا المساحيق Powder Technology وذلك للطلب المتزايد على انتاج وتصنيع مثل هذه السبائك ودخولها في مجالات صناعية وتكنولوجية متعددة، حيث تم العمل في هذا البحث الى أخذ مسحوق النيكل والنحاس واجراء عملية التصنيف الحجمي وبعدها تمت عملية الخلط والمزج للمسحوقين بنسبة (Ni - 30% Cu) وعندها تمت تجزئة الخليط الى اربعة اجزاء تم اضافة مسحوق كلوريد الصوديوم (مادة ماسكة للفراغات) الى ثلاثة منهم بنسب (5-10-20%) بالتوالي والجزء الأخير بقي بدون إضافة وبعدها اجريت عملية المزج للأجزاء الثلاثة الأولى لضمان تجانس مسحوق كلوريد الصوديوم مع الخليط وبعدها تم اجراء عملية الكبس على البارد عند (7ton) ويقوالب ذات ابعاد مختلفة وبعدها تم إجراء عملية التليد للعينات عند (950°C) ولمدة ساعة واحدة وباستخدام غاز الأركون كغاز حامل وبعد عملية التبريد اجريت عملية ازالة حبيبات الكلوريد لتترك خلفها المسامات، ومن ثم تم تحضير العينات (الصقل والتنعيم والأظهار) لأجراء فحص البنية المجهرية وفحص الكثافة والمسامية والصلادة وفحص الأشعة السينية وفحص التآكل.

Increased Porosity and Their Effect on The Density and Hardness Value of (Ni—Cu) Alloy

Abstract:

This research is aimed to produce Ni-Cu alloys by powder metallurgy method because its commercial and technological importance. Nickel and Copper powders were tacked then their powders mixed and blended together and classified to four parts, Sodium Chloride powder added (as a space holder) to three parts and the last remain as it is then these powders mixed and then compacted in hydrostatic pressure at 7ton, then this compact samples were sintered in furnace under argon gas at 950°C for one hour, latest these samples are grinded and polished to examine the microstructure, density, porosity, microhardness, X-ray diffraction and corrosion resistance.

Keywords: Ni-Cu alloys, composite materials matrix Ni, powder metallurgy, porous materials.

خواص ميكانيكية جيدة وقيم منخفضة جداً للوزن النوعي كما تمتلك نفاذية عالية للغازات وموصلية عالية للحرارة [1].

1-المقدمة:

تعرف المواد عالية المسامية (Highly Porous Materials) بأنها مواد ذات تراكيب خلوية (مسامية) وتمتلك

يطلق مصطلح الرغوة (Foam) على بعض التراكيب المسامية على الرغم من أن مصطلح إسفنجي (Sponge) يكون أكثر ملائمة. وتتميز المواد المعدنية المسامية المعروفة بخواص فيزيائية مهمة مثل المتانة العالية نسبة إلى الوزن النوعي المنخفض جداً والمقاومة العالية للضغط مع خاصية إمتصاص جيدة للطاقة [2]. يمكن إنتاج المواد المسامية بطريقة الحالة السائلة حيث يتم تحويل المعدن المنصهر إلى المواد المسامية أما بترغيته مباشرة، أو باستخدام الطريقة غير المباشرة للترغية عن طريق استخدام البوليمر الرغوي أو بسباكة المعدن السائل حول مواد الحشوات الصلبة الحافظة للفراغات التي تحتفظ بالفراغات (في أماكن لا يملؤها المنصهر) وبعد إنتهاء العملية يمكن الحصول على فجوات مسامية. كما يمكن صهر المسحوق المكبوس المحتوي على العوامل المرغية التي تطلق الغازات [3].

تمت عملية الكبس بمكبس هيدروليكي ذو سعة كيس (15ton) وباستخدام بقوالب إسطوانية بعمق (3cm) مصنوعة من الفولاذ باقطار (1.5-2-4cm) وتم الكبس باستخدام طريقة الكبس على البارد باتجاه واحد للكبس وبقوة ضغط مقدارها (7ton) لمدة (5min) لضمان تماسك المكبوس.

2-1 كبس المساحيق Compact Powders

تم إجراء عملية التلييد وذلك بوضع المكبوسات داخل حاوية لها فتحتان علوية لخروج غاز الأوكسجين (Oxygen) وسفلية لدخول غاز الأركون (Argon) كغاز حامل لمنع حدوث التأكسد والذي يقلل من تماسك حبيبات المساحيق عند عملية التلييد ووضع الحاوية داخل فرن كهربائي وهذا الفرن مربوط إلى قارئ رقمي وإلى منظم غاز الأركون والشكل (1) يبين خطوات عملية التلييد. وسخن الفرن لغاية (250°C) وعند هذه الدرجة تم ضخ غاز الأركون وبعدها تم رفع درجة حرارة الفرن إلى (300°C) وثبتت درجة الحرارة لمدة (30min) وبعدها تم التلييد عند درجة حرارة (950°C) لمدة (60min) وهي درجة حرارة تلييد النحاس والتي تمثل المعادلة: [5]

2-2 تلييد المكبوسات Sintering of Compacts

تم إجراء عملية التلييد وذلك بوضع المكبوسات داخل حاوية لها فتحتان علوية لخروج غاز الأوكسجين (Oxygen) وسفلية لدخول غاز الأركون (Argon) كغاز حامل لمنع حدوث التأكسد والذي يقلل من تماسك حبيبات المساحيق عند عملية التلييد ووضع الحاوية داخل فرن كهربائي وهذا الفرن مربوط إلى قارئ رقمي وإلى منظم غاز الأركون والشكل (1) يبين خطوات عملية التلييد. وسخن الفرن لغاية (250°C) وعند هذه الدرجة تم ضخ غاز الأركون وبعدها تم رفع درجة حرارة الفرن إلى (300°C) وثبتت درجة الحرارة لمدة (30min) وبعدها تم التلييد عند درجة حرارة (950°C) لمدة (60min) وهي درجة حرارة تلييد النحاس والتي تمثل المعادلة: [5]

$$Ts = (Tm + 273) (0.9 - 0.7) \dots (K^{\circ}) \quad (1)$$

حيث أن: Ts = درجة حرارة التلييد.
Tm = درجة حرارة الأنصهار.

وتترك المكبوسات عند هذه الدرجة لمدة (1hr) للتأكد من وصول درجة حرارة الفرن إلى الدرجة المطلوبة وإلى المكبوسات بالتساوي بعد ذلك بردت العينات بإبقائها داخل الفرن إلى درجة حرارة (250°C)

2-الجزء العملي Experimental تحضير المساحيق Powders Preparation

تم أخذ مسحوق النيكل بدرجة نقاوه (99.98%) وبحجم حبيبي (+25µm) مع مسحوق النحاس Copper بدرجة نقاوه (99.98%) وبحجم حبيبي (+25µm) ونسبة إضافة (Ni-30%Cu) وتم استخدام مسحوق كلوريد الصوديوم (كمادة حافظة للفراغات) وبحجم حبيبي (+55µm) وتم الأضافة بنسب مختلفة وكما موضحة بالجدول (1) وتم استخدام جهاز المناخل الهزاز لمعرفة الحجم الحبيبي للمساحيق، وتم وزن المساحيق بميزان رقمي ولغاية 4 درجات بعد الفارزة (4digit)، وبعدها تم إجراء عملية المزج بواسطة الخالط الكهربائي الدوار Electric Rolling Mixers محلي الصنع وبسرعة دوران

المجهر الضوئي وادخالها الى البرنامج الذي سيقوم بتحليلها وتحويلها الى صور ثنائية اللون (أبيض وأسود) وبعدها يقوم بقياس حجم الحبيبة أو المسامية (الفجوة) ويقوم أيضاً بقياس الكسر الحجمي (نسبة) للحبيبات والمسامات الموجودة في صورة العينة وذلك نسبةً الى مساحة الصورة.

3-2 فحص صلادة فيكرز المايكروية وفحص حيود الأشعة السينية:

تم فحص صلادة فيكرز للعينات باستخدام جهاز فحص صلادة فيكرز المايكروية حيث سلط حمل مقداره (4.5N) ولمدة (20sec)، وكذلك تم اجراء فحص حيود الأشعة السينية بجهاز نوع (Shimadzu) والموجود بوزارة العلوم والتكنولوجيا / دائرة بحوث المواد.

4-النتائج والمناقشة:

4-1فحص الكثافة الخضراء للمكبوسات والكثافة الظاهرية للعينات بعد التليد وإزالة المادة الحافظة:

من الشكل (2) يتبين أن الكثافة الخضراء للعينات الحاوية على كلوريد الصوديوم تكون أعلى نسبياً من تلك الخالية من حبيبات مسحوق كلوريد الصوديوم وذلك نتيجة وجود مسحوق النحاس والذي يعتبر أكثر المساحيق المستخدمة لونه، وأثناء عملية الكبس ولوجود مساحات سطحية كبيرة بين المساحيق سيحدث تشوه لدن لحبيبات النحاس (خصوصاً مع حبيبات مسحوق كلوريد الصوديوم) وبالتالي سيحدث الترابط بين الحبيبات. [8] فقد لوحظ من الشكل (2) نقصان الكثافة الظاهرية بعد التليد مقارنة بالكثافة الرطبة للمكبوسات بشكل عام بعد الكبس وذلك بسبب التمدد الحاصل بالمسامات أثناء عملية التليد (بسبب الفرق بالتمدد الحراري) والذي يؤدي الى توسع المسامات الغازية الموجودة داخل المكبوس شكل (3). وكنتيجة لهذه التغيرات سوف تزداد حجم المسامات داخل المكبوسات (ويؤدي هذا الى توسع معظم المكبوسات) ويلاحظ تمركزها قريباً من

وعندها تم اغلاق تدفق غاز الأركون وعند الوصول الى درجة حرارة الغرفة تم إخراج العينات من الفرن، وبعدها تمت عملية ازالة المادة الحافظة للفراغات بواسطة عملية الأذابة بالماء.

3-الفحوصات Testes of Samples

فحص الكثافة الخضراء للمكبوسات والكثافة بعد التليد:

بعد إجراء عملية الكبس تم دراسة الكثافة الخضراء للعينات المكبوسة (بعد اجراء عملية الكبس) وكذلك دراسة الكثافة الظاهرية للمكبوسات بعد إجراء عملية التليد حسب نظرية ارخميدس وكما في المعادلة الأتية: [6]

$$\rho = Wd / (Ws - W) \dots (g/Cm^3) \dots (2)$$

حيث أن: $\rho =$ الكثافة الظاهرية (g/Cm³). $Wd =$ وزن النموذج وهو جاف (g).

$Ws =$ وزن النموذج وهو مشبع بالماء (g). $Wn =$ وزن النموذج وهو مغمور بالماء (g).

3-1فحص البنية المجهرية والمسامية:

تم اجراء عملية تحضير العينات باجراء عملية التنعيم باستخدام جهاز التنعيم ذو القرص الدوار وباستخدام ورق تنعيم بدرجات (120, 220, 320, 400. 500,) ومن (600, 800, 1000, 1200, 2000) ثم تم اجراء عملية الصقل باستخدام قماش صقل خاص واستخدمت حبيبات الألومينا كمادة صقل وبحجم حبيبي (0.3µm)، وبعدها تم الأظهار بغمر العينات بمحلول (2% Nitric Acid+ 98% Ethanol) لمدة (30sec) وتم غسل العينات بالكحول وجففت بواسطة مجفف العينات، وعندها تم تصوير العينات بواسطة مجهر ضوئي نوع (Olympus) ذو قوة تكبير تصل الى (1500X) ومتصل الى كاميرا رقمية دقيقة مربوطة الى حاسبة تقوم باظهار الصور وخرن الصور المأخوذة للعينات. أما قياس نسبة المسامية وقياس حجم المسامات فقد تم باستخدام برنامج S-Image، ومبدأ عمل البرنامج يتلخص بأخذ صور العينات من

الكبس وذلك بسبب زيادة الفراغات والفجوات المتكونة بين حبيبات المكبوس نتيجة الأختلاف بالحجم والشكل. [2, 14]، وان نوع الفراغات المتكونة هي مسامات مغلقة وهي مطلوبة في مثل هذه السبائك وان طريقة اضافة المواد الحافظة للفراغ بشكل دقائق ينتج مسامات مغلقة.

المسامات

طور Ni3Cu

D: سبيكة رقم 4.

A:1: سبيكة حاوية على Ni 70% وبدون اضافة NaCl وقبل التلييد

B:2: سبيكة حاوية على Ni 66.5% بنسبة اضافة NaCl 5%

C:3: سبيكة حاوية على Ni 63% بنسبة اضافة NaCl 10%

D:4: سبيكة حاوية على Ni 56% بنسبة اضافة NaCl 20%

3-4 تأثير نسبة اضافة NaCl على خواص الكثافة والصلادة:

يلاحظ من الشكل (5) ان نسبة المسامية تزداد مع زيادة نسبة اضافة NaCl ولكن حجم المسامات يقل نسبة الى حجم المسامات (الفراغات) الموجودة في السبيكة الحاوية على Ni 70% وبدون اضافة NaCl. ولكن حجم المسامات لا يقل بنسبة كبيرة مع زيادة اضافة نسبة NaCl اذا ان حجم هذه المسامات يعتمد على حجم دقائق مسحوق NaCl المضافة.

4-4 نتائج فحص صلادة فيكرز المايكروية وفحص حيود الأشعة السينية:

وننتائج فحص صلادة فيكرز المايكروية موضحة بالشكل (6) ويتبين من خلالها أن الصلادة تقل بزيادة نسبة إضافة كلوريد الصوديوم بعد اجراء عملية التلييد مقارنة مع السبيكة الاساسية بدون اضافة وهذا يرجع الى ان عملية التلييد تؤدي الى زيادة تراكب دقائق المسحوق والتي ستخلف الفراغات (المسامات) بعد عملية الإذابة وبالتالي ستضعف التركيب البلوري للمكبوسات

المنطقة البعيدة عن المكبس، [5] وبعد عملية التلييد 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 بعضها وتكوين الفجوات المفتوحة وتتحول الفجوات الى أشكال شبه كروية وهذا التأثير يكون أكبر بعد عملية الأزالة للمواد الحافظة للفراغات بالأذابة بالماء وذلك نتيجة تكون الفراغات الأضافية الناتجة عن الفراغ الذي تتركه حبيبات الكلوريد المزالة. [9, 10]

4-2 نتائج فحص البنية المجهرية والمسامية:

الشكل (4) يظهر لنا صور العينات أن الفجوات وعند التسخين الى درجة حرارة (300°C) ولمدة (15min) تتحول الى الشكل شبه كروي وتبدأ بالتوسع الى حد معين ثم تبدأ بالاعاقاة من قبل حبيبات المساحيق التي بدورها تبدأ بالتوسع والانتشار والترابط في ما بينها وتقطع الطريق أمام توسع وتمدد الفجوات أكثر، [11] أما عند درجة حرارة التلييد (950°C) والتي تستمر لمدة (1hr) سوف يستمر انتشار وترابط الحبيبات وكذلك سوف تبدأ مرحلة شبيهة بأعادة التبلور للحبيبات، [6, 7, 8] وهذه الدرجة تكون أكبر في المكبوسات عن السبائك المسبوكة. ويتبين من نتائج فحص البنية المجهرية تكون الطور (Ni4Cu7) [6, 9, 12] بين النيكل والنحاس، ويلاحظ بعد اجراء عملية إذابة المادة الحافظة للفراغات تكون فراغات مشابهة للحيز الذي كانت تحتله حبيبات كلوريد الصوديوم [5, 13]. أما نسبة المسامية وحجم المسامات بالشكل (14) التي تبين متوسط حجم ونسبة المسامات المأخوذة من نتائج برنامج S-Image والتي توضح زيادة في كل من حجم ونسبة المسامات بزيادة نسبة كلوريد الصوديوم ويعود ذلك الى ترك حبيبات الكلوريد موقعها ضمن المكبوسات نتيجة عملية الإذابة في الماء [12, 13] وكذلك تزيد من تكونها أثناء

- [3] A. Gonzales, J. Bonastre, L. Escoda, J.J. Su
- [4] E. Jartych, D. Oleszak, J.
- [5] L. Lü, M.O. Lai, S. Zhang, Modeling of the mechanical alloying process, *Journal of Materials Processing Technology* 52 (1995) 539-546.
- [6] W. Lu, L. Yang, B. Yan, W. Huang, B. Lu, Nan crystalline Fe 84 Nb 7 B Alloys prepared by mechanical alloying and ultrahigh-pressure consolidation, *Journal of Alloys and Compounds* 413 (2006) 85-89. 9
- [7] J.Q. Marcatoma, V.A.P. Rodriguez, E.M. Baggio-Saitovitch, mechanical properties and crystallization of the Cu 75 Si 15 B 10 Amorphous alloy prepared by mechanical alloying, *Hyperfine Interactions* 146/147 (2003) 97-102.
- [8] R. Nowosielski, W. Pilarczyk, The influence of HEBM on the structure of Fe-0.8%C alloys, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 21/1 (2007) 33-36.
- [9] R. Nowosielski, Soft magnetic polymer-metal composites consisting of nanostructure Fe-basic powders, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 24/1 (2007) 68-77.
- [10] R. Nowosielski, W. Pilarczyk, Structure and properties of Fe6.67%C alloy obtained by mechanical alloying, *Journal of Materials Processing Technology* 162-163 (2005) 373-378.
- [11] W. Pilarczyk, R. Nowosielski, M. Nowak, M. Kciuk, The structural changes of Al-Ti-Fe

الحاوية على NaCl مقارنة مع العينات التي لا تحوي مسحوق كلوريد الصوديوم. [15, 16]. كما يلاحظ من الشكل (6) ان العلاقة ما بين الصلادة ومقاومة الانضغاط علاقة طردية ويمكن الاستنتاج ان مقاومة الانضغاط تزداد مع زيادة نسبة النيكل في المنتج. حيث تم استخدام تقنية حيود الاشعة السينية والموضحة بالشكل (7) لغرض معرفة الاطوار المتكونة قبل وبعد اضافة (NaCl) وخاصة الطور (Ni3Cu) وبعدها دراسة تأثير اضافة (NaCl) على الاطوار المتكونة. حيث يوضح الشكل (7) الاطوار الناتجة في كل من السبيكة الاساس والسبيكة المنتجة بعد اضافة NaCl واجراء عملية التليد. ويظهر من الشكل ان السبيكة الاساس تحوي طور واحد هو Ni3Cu ولكن عند اضافة NaCl وينسب مختلفة ظهر ان هناك اطوار اخرى ناتجة من تفاعل او اذابة NaCl في طور Ni3Cu.

5-الاستنتاجات: Conclusions

زيادة نسبة كلوريد الصوديوم يؤدي الى نقصان الكثافة الخضراء والكثافة الظاهرية للمكبوسات.
زيادة نسبة كلوريد الصوديوم يؤدي الى زيادة حجم ونسبة المسامات في تركيب المكبوسات.
زيادة نسبة كلوريد الصوديوم يؤدي الى نقصان صلادة فيكرز المايكروية للمكبوسات.

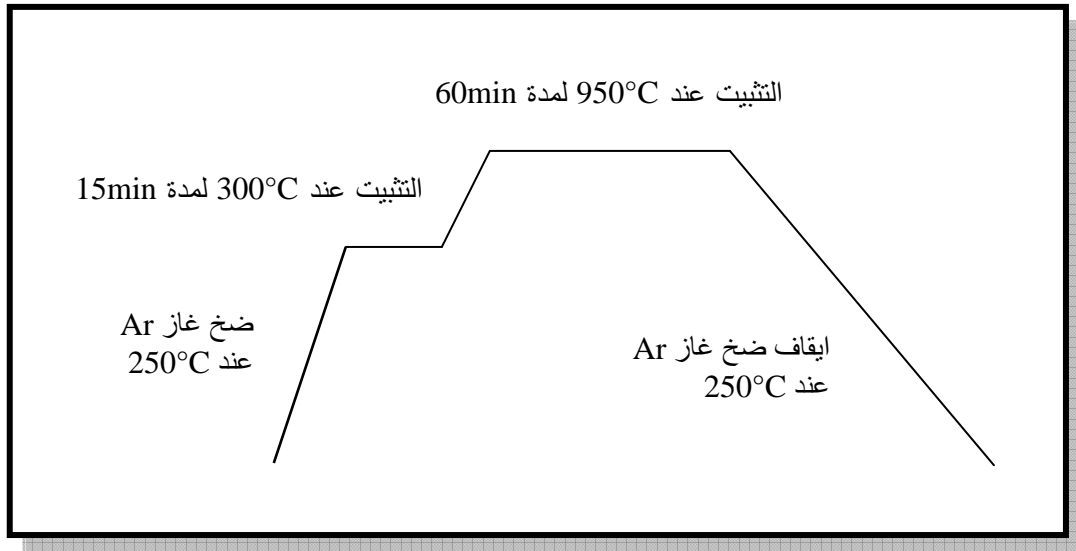
المصادر: References

- [1] A. Bahrami, H.R. Madaah Hussein, P. Abacji, S. Miraghaei, Structural and soft electric properties of Ni-Cu alloy 85 Si 10 Ni Powders prepared by mechanical alloying, *Materials Letters* 60 (2006) 1068-1070. 5
- [2] F. Cus, U. Zuperl, V. Gecevska, High speed milling of light metals, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 24/1 (2007) 357-364.

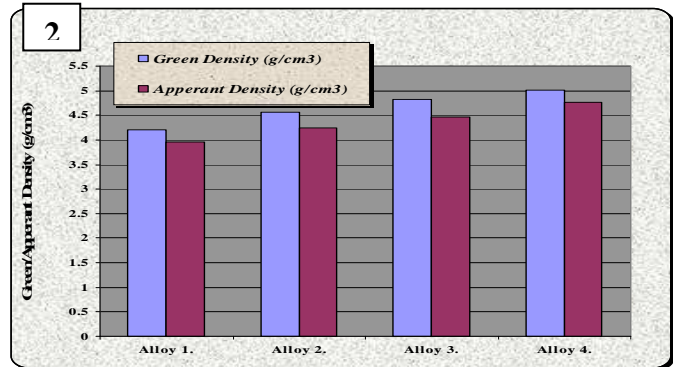
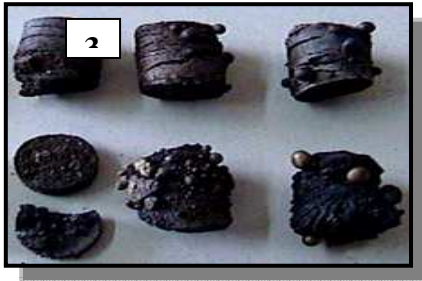
- [14] J.H. Soko, Mechanical properties of Ni-Cu alloys, Journal of Achievements in Materials, 2008.
- [15] J.J. Sui, High Temperature alloy fabricated by powder metallurgy, Journal of Alloys and Compounds 411 (2006) 56-62.
- [16] J. Szajnar, T. Wróbel, Inoculation of aluminum with titanium and boron addition, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 23/1 (2007) 51-54.
- alloy during mechanical alloying process, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 29/2 (2008) 131-138.
- [12] M. Rosso, D. Ugues, M. Actis Grande, The challenge of PM tool steels for the innovation, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 18 (2006) 175-178.
- [13] B. Shen, C. Chang, A. Inoue, Formation, ductile deformation behavior and soft-magnetic properties of (Fe, Co, Ni)-B-Si-Nb bulk glassy alloys, Intermetallics 15 (2007) 9-16.

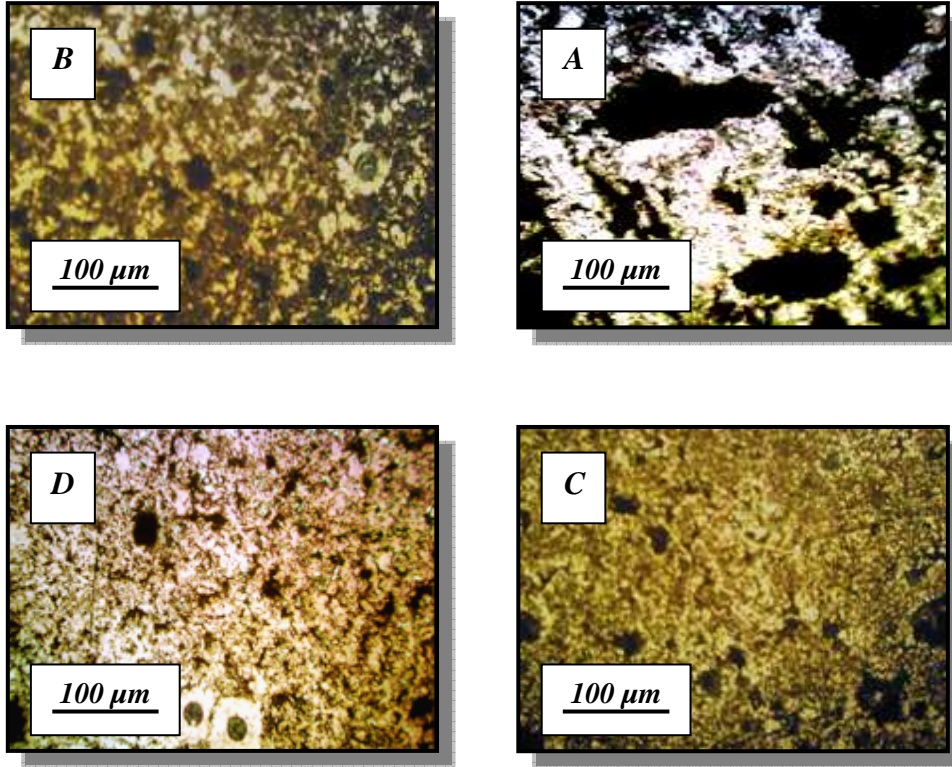
جدول (1): يبين التركيب الكيماوي للمساحيق المخلوطة ونسبها الوزنية

| Alloy No. | Ni% | الوزن (غم) | Cu% | الوزن (غم) | NaCl% | الوزن (غم) |
|-----------|------|------------|------|------------|-------|------------|
| Alloy 1 | 70 | 175 | 30 | 75 | | |
| Alloy 2 | 66.5 | 166.25 | 28.5 | 71.25 | 5 | 12.5 |
| Alloy 3 | 63 | 157.5 | 27 | 67.5 | 10 | 25 |
| Alloy 4 | 56 | 140 | 24 | 60 | 20 | 50 |

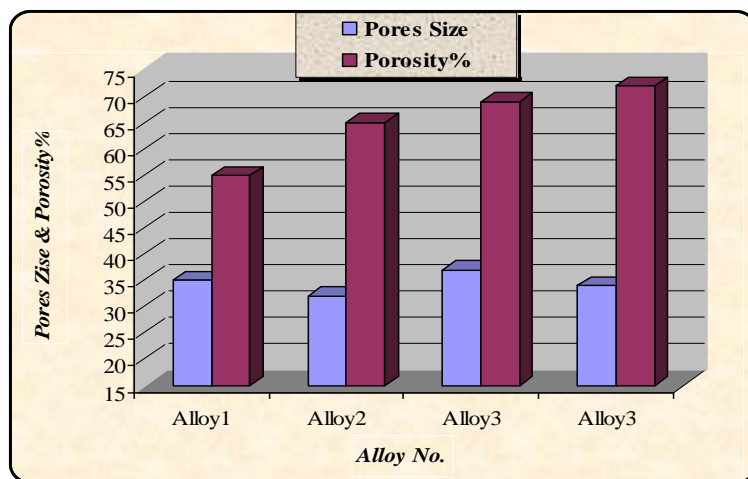


شكل (1): يبين مراحل عملية التلبيد.

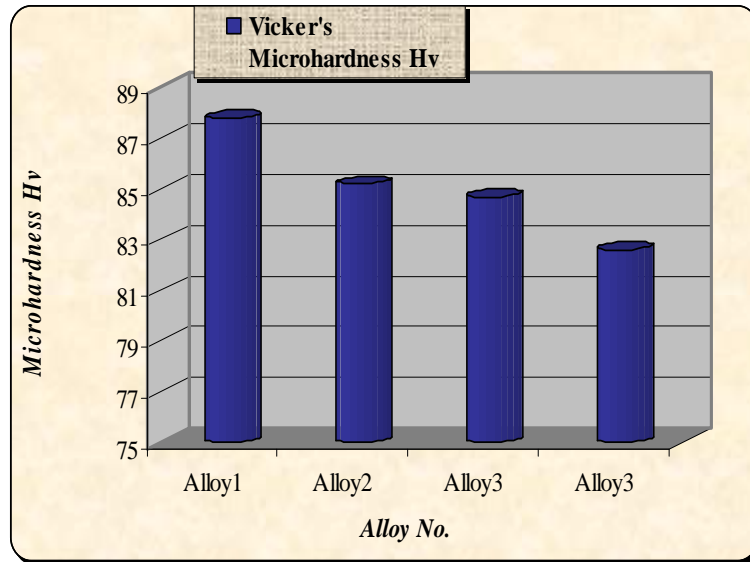
شكل (2): يبين الكثافة الخضراء والظاهرية للعينات قبل وبعد التلبيد.
شكل (3): يبين بعض انواع الفشل الحاصل اثناء عملية التلبيد.



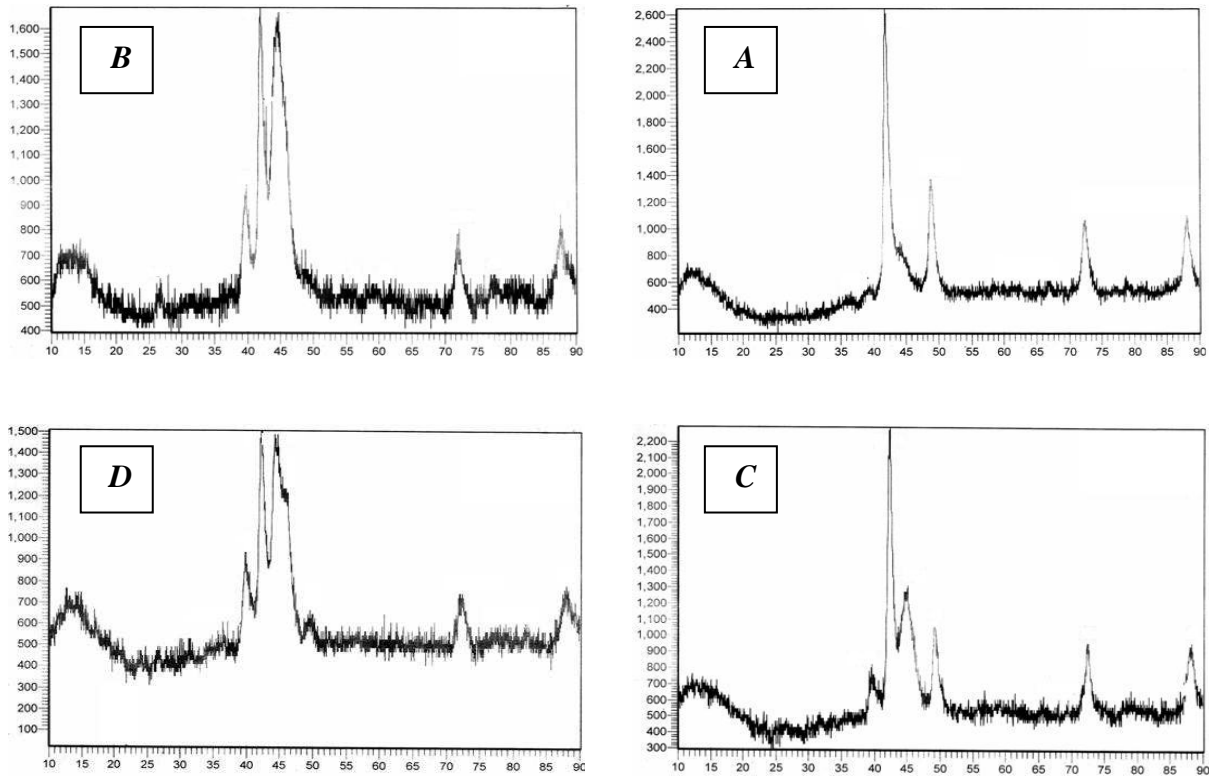
شكل (4): يبين التركيب المجهرى للعينات، A: سبيكة رقم 1، B: سبيكة رقم 2، C: سبيكة رقم 3،



شكل (5): يبين متوسط حجم المسامات للمكبوسات الأربعة ونسبة المسامية في كل مكبوسة.



شكل (6): يبين صلادة فيكرز المايكروية للمكبوسات.



شكل (7): يبين فحص حيود الأشعة السينية، A: سبيكة 1، B: سبيكة 2، C: سبيكة 3، D: سبيكة 4. حيث ان: المحور (Y) يمثل $I/I_0 = \text{الشدة}$ المحور (X) يمثل $2\theta = \text{الزاوية}$