Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

دراسة تأثير جسيمات التقوية والتلبيد على بعض الخواص الميتالورجية والميكانيكية لمتراكب (نحاس – كاربيد سليكون) المحضر بتقانة ميتالورجيا المساحيق

نجيب سلمان عبطان[١] ، كمال مصطفى حسين[٢]

[١]قسم الهندسة الميكانيكية / كلية الهندسة / جامعة تكريت

[1]Najeebsalman@yahoo.com

[٢]وزارة الصناعة / معمل ادوية سامراء

[2]Engxxxk@yahoo.com

تاريخ استلام البحث: ١٦ / ١١ / ٢٠١٤ تاريخ قبول البحث: ١٤ / ٩ / ٢٠١٥

الملخص

تم تحضير متراكب ذي اساس من معدن النحاس النقي تجارياً والمدعم بنسب حجمية (2,4,6,8,10,12%) من جسيمات كاربيد السليكون باتباع تقانة ميتالورجيا المساحيق .

ثم تم خلط المزيج في خلاط دوراني لمدة ساعتين ثم في خلاط إهتزازي ترددي لمدة 5 دقائق لكل نموذج وتم كبس المزيج على البارد من اتجاه واحد بضغط (350 MPa) في قالب فولاذي بقطر (12 mm) وإرتفاع (100 mm).

وأجري التلبيد عند درجة حرارة (900 °C) لمدة ساعتين . وتم ودراسة بعض الخصائص الميكانيكية والميتالورجية وبيان تأثير جسيمات التقوية على هذه الخصائص . وتبين إنخفاض في قيم الكثافة الخضراء والحجمية وإرتفاع النسبة المئوية للمسامية الحقيقية وزيادة صلادة فيكرز ومقاومة الخضوع الإنضغاطي وإنخفاض في معدل البلى مع زيادة محتوى جسيمات التقوية مع تحسن لبعض الخواص (مثل زيادة الكثافة ونقصان المسامية وانخفاض معدل البلى وزيادة مقاومة الانضغاط) بعد عملية التلبيد .

الكلمات الدالة: ميتالورجيا المساحيق ، جسيمات التقوية ، متراكب (نحاس – كاربيد سليكون) ، الخواص الميكانيكية والميتالورجية ، عملية التلبيد .

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

Study The Effect Of Rienforcement & cintering particals On Some Metallurgical And Mechanical Properties For Composite (Cu – SiC) Prepared By Powder Metallurgy Technique .

Najeeb S. Abtan[1] , Kamal M. Hussein[2]

[1]Mechanical Engineering Department / College Of Engineering / Tikrit University

[1]Najeebsalman@yahoo.com

[2]Ministry of Industry / Samarra Drags Factory

[2]Engxxxk@yahoo.com

Received date: 16 / 11 / 2014 **Accepted date: ١4 / 9 / 2015**

ABSTRACT

commercially pure copper matrix composite reinforced with (0,2,4,6,8,10 and 12$_{vol}$ %) of (SiC) prepared by powder metallurgy technique. , then The mixture was mixed mechanically by using rotating mixer for two hour and frequently mixer for five minute for each sample . The mixture was cold pressed uniaxially at (350 MPa) using die of (12)mm diameter and height (100)mm and sintered at (900 ^{o}C) for two hours and studying the effect of reinforcement content on mechanical and metallurgical properties were studied . The results showed decrease in values of Green & Bulk Density and increasing the percentage of true porosity and increase in values of Vickers hardness and yield compressive resistance and decrease in wear rate with increase reinforcement content with improvement of properties after centering .

Keywords : *Powder Metallurgy , Rienforcement Content , Composite (Cu – SiC) , Mechanical And Metallurgical Properties , cintering.*

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

١. المقدمة (Introduction)

تسمى السبائك التي يتم الحصول عليها من مساحيق المعادن بالكبس ثم التلبيد دون صهر بالسبائك المسحوقية . وكان للعالم الروسي ب. سوبوليفسكي أسبقية إستعمال السبائك المسحوقية (وهي السبائك المنتجة بطريقة ميتالورجيا المساحيق) صناعياً . فقد إستخدم في سنة ١٨٢٧ م طريقة للحصول على مصنوعات (قطع النقد) من مسحوق البلاتين بالكبس ثم التلبيد والطرق [1] .

إن ميتالورجيا المساحيق هي تكنولوجيا عمليات إعداد السبائك والتي يتم من خلالها إنتاج أجزاء بأشكال مختلفة من مساحيق معدنية ، حيث يتم كبس المساحيق للحصول على الأشكال المطلوبة ومن بعد ذلك تسخين هذه الأجزاء الناتجة بعملية تسمى التلبيد وذلك لإحداث الترابط بين الجسيمات للحصول على كتلة متماسكة (Rigid Mass) وتتم عملية الكبس عند مستويات ضغط معينة بإستخدام ماكنة كبس مع عدد مصممة ومصنعة لهذا الغرض وهي القالب والمكبس والتي ربما تكون مكلفة وإن عملية التلبيد اللاحقة تنجز عند درجة حرارة أقل من دجة حرارة إنصهار المعدن الأساس . وتستخدم هذه الطريقة إما لصعوبة إنتاج هذه السبائك بعملية السباكة لعدم إمتزاج مكوناتها في الحالة السائلة أو لصعوبة صهرها [٢] .

وأن التطور الصناعي الكبير قد فرض على الباحثين في تكنولوجيا المواد إيجاد بدائل لمواد تدخل في صناعات مهمة ومقاومة للصدمة ولا تتآكل بسهولة ورخيصة التكاليف ولها صفات نوعية أخرى تجعلها المرتكز الأساسي في تحقيق التطور المنشود . ومن هنا ظهرت أهمية المواد المتراكبة التي تمتلك خصائص وصفات متميزة هي مزيج لجزأين من المواد أحدهما يسمى الحاضن أو الأساس (Matrix) والآخر يدعى بالمدعم (Reinforced) كما وتسمى المادة الأساس (الطور المستمر) أما طور التدعيم فيسمى (الطور الموزع) (Distributed Phase) ويطلق على المنطقة التي تحيط بها المادة الأساس بالطور البيني . إن الاهتمام بنوع ومواصفات كل من المواد الأساس والمواد المدعمة ومعرفة خصائصها تجعلنا نحدد نوع المادة المطلوب إنتاجها والمجال الذي من الممكن أن تستعمل فيه فمثلاً في حقل الفضاء استحدثت مواد متراكبة تتحمل درجات الحرارة العالية وذات كثافة واطئة وفي مجال الطب ولغرض التعويض عن أجزاء جسم الإنسان صنعت مواد متراكبة بمواصفات وتقنيات عالية ضد التآكل والتهشم [٣] .

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

إن منتجات المتراكبات والتي يكون أساسها النحاس والمنتجة بتقانة ميتالورجيا المساحيق تأتي بالمرتبة الثالثة بعد الحديد والفولاذ ومنتجات ميتالورجيا المساحيق التي أساسها الألمنيوم . وإن إستخدام النحاس في تقانة ميتالورجيا المساحيق يعود الى عشرينيات القرن الماضي.

إن المواد المتراكبة ذات الأساس المعدني تم تناولها في دراسات عديدة إبتداءاً من سبعينيات القرن المنصرم ، وهي تستخدم الآن في السلع الرياضية وتغليف الألكترونيات والصفائح وصناعة الأجزاء المتحركة ... الخ ، ويمكن تعريف المواد المتراكبة ذات الأساس المعدني على أنها مصفوفة معدنية تحتوي على متضمنات ثلاثية الأبعاد (المصفوفة تمثل المادة الأساس والمتضمنات تمثل جسيمات التقوية) .

وأن هذه المتضمنات قد تكون ألياف متواصلة أو دقائق غير متواصلة أو خيوط قوية رفيعة مثل السليكون ومواد التقوية تتضمن الكاربيدات مثل (B_4C , SiC) والنيتريدات مثل (Si_3N_4) والآكاسيد مثل (Al_2O_3 , SiO_2) وبعض العناصر مثل (Si , C) . وأن كاربيد السليكون SiC على سبيل المثال جرى إستخدامه على نحو واسع في المواد المتراكبة ذات الأساس المعدني . وإن المواد المركبة ذات الأساس المعدني تظهر تحسناً ملحوظاً في الخواص الميتالورجيا والميكانيكية مثل المقاومة ومعامل يونك ومقاومة الكلال والخواص الترايبولوجية ومعامل التمدد الحراري الواطئ . وإن سبائك النحاس تعتبر الأكثر شهرة بالنسبة للمتراكبات ذات الأساس المعدني نظراً للخواص الجيدة [4]-[5]-[6]-[7]-[8] .

ونظراً للتوصيلة الكهربائية والحرارية العاليتين ومقاومة البلى الجيدة ودرجة الإذابة العالية تم إستخدام النحاس وسبائكه على نطاق واسع في التطبيقات الحرارية والإلكترونية كما في تغليف الالكترونيات والمماسات الكهربائية وأقطاب اللحام بالمقاومة ، وبالرغم من ذلك فإن الخواص الميكانيكية الواطئة نسبياً في كل من درجة الحرارة العالية ودرجة حرارة الغرفة حددت أو قللت من التطبيقات الواسعة للنحاس النقي. ويمكن تحسين الخواص الميكانيكية بإضافة مواد تقوية للنحاس وسبائكه .

وبمعنى آخر إن المركبات التي أساسها النحاس والمقواة بالجسيمات قد تكون لها فوائد عديدة ومميزة جداً لا تمتلكها سبائك النحاس مثل الخواص الميكانيكية العالية ومقاومة البلى الجيدة [1]-[9].

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

٢. الجزء العملي (Exprimental Part)

تحضير المساحيق :

تم استخدام مسحوق النحاس بنقاوة (99.7) وحجم جسيمات (≥ 63µm) ومسحوق كاربيد السليكون بنقاوة (٩٩.٥) وحجم جسيمات (≥ 80µm) . ثم تم تحضير متراكبات ذات اساس من معدن النحاس والمدعم بنسب حجمية (12,10,8,6,4,2%) من جسيمات كاربيد السليكون . ثم تم خلط المزيج في خلاط دوراني [Pharma PTFE Test] ألماني المنشأ ويدور بمعدل (١٨-١٠٠ دورة / دقيقة) لمدة ساعتين ثم في خلاط إهتزازي ترددي نوع (Shaker Heidolph) ألماني المنشأ والذي يعمل وفق مبدأ الإهتزاز بجميع الجوانب وضمن مدى (٢٠٠ - ٢٤٠٠ حركة ترددي / دقيقة) لمدة 5 دقائق لكل نموذج وكما مبين بالشكل (١) والشكل (٢) وذلك لضمان التجانس النوعي والحجمي لخليط المسحوق .

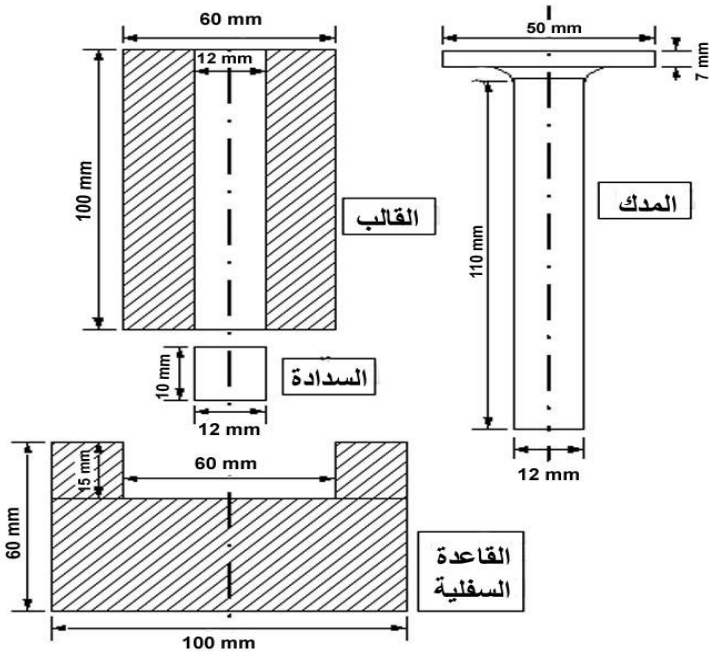
شكل (١): جهاز الخلط الدوراني

شكل (٢): جهاز الخلط الاهتزازي

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

كبس المساحيق :

بعد الانتهاء من مجانسة المساحيق بعملية الخلط تم كبس العينات على البارد في قالب فولاذي بقطر (12) ملم وإرتفاع (١٠٠) ملم مصلد ذو صلادة (60HRC) وباتجاه واحد (uniaxial) ، وتعد القوالب من العناصر الاساسية في عملية الكبس لأنه من خلالها يمكننا الحصول على مكبوسات حسب الاشكال والابعاد المطلوبة . وتم وضع مزيج المسحوق المخلوط داخل قالب الكبس ومن ثم تسليط ضغط مقداره (350 MPa) ولمدة دقيقة لتفادي احتمالية حدوث الارجاع المرن [10]–[11] . وقد تمت عملية الكبس عن طريق استخدام ماكنة الاختبارات الجامعة (Universal Testing Machine) نوع (HOYTOM) صينية المنشأ ذات سعة كبس (170 KN) .



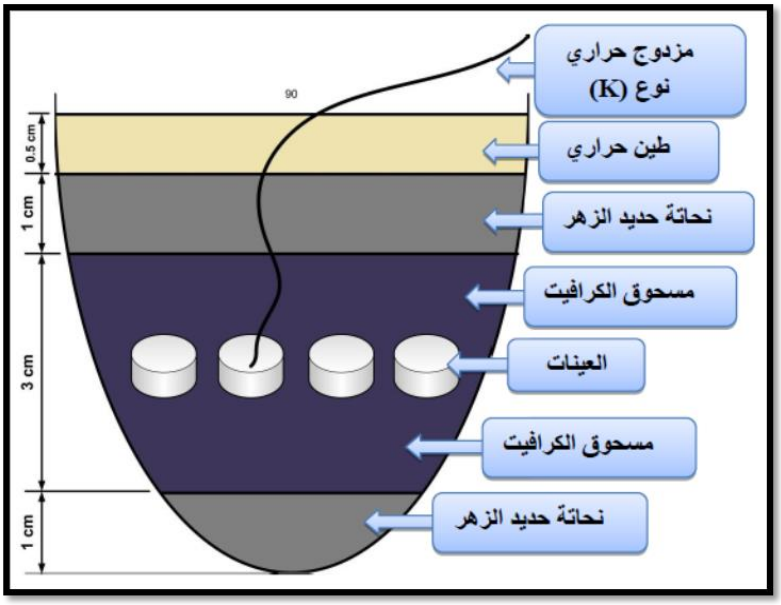
شكل (٣): أبعاد قالب الكبس

تلبيد المكبوسات :

بعد ان تمت عملية الكبس تكون المكبوسات جاهزة لعملية التلبيد ، وتم اجراء عملية التلبيد للمكبوسات من خلال استخدام فرن كهربائي Electric Muffle Furnace نوع [CARBOLITE] ولمنع تأكسد المكبوسات اثناء عملية التلبيد تم تغطيتها بمسحوقي الكرافيت ونحاتة حديد الزهر في حاوية خزفية خاصة . حيث تم وضع طبقة من نحاتة حديد الزهر

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

في قاع الحاوية وبسمك (1) سم ثم طبقة من الكرافيت سمكها (1.5) سم وتم وضع المكبوسات فوق طبقة الكرافيت مع تثبيت مزدوج حراري نوع (K) قرب المكبوسات لمراقبة درجة الحرارة والسيطرة عليها . وبعد ذلك تم تغطية المكبوسات بطبقة اخرى من الكرافيت بسمك (1.5) سم ثم طبقة اخرى من نحاتة حديد الزهر سمكها (1) سم . ثم تم غلق الحاوية بطبقة من الطين الحراري . وكما مبين بالشكل (٤) . وكررت العملية لجميع المكبوسات . وتركت الحاويات لكي تجف وبعد جفاف الطين الحراري وضعت الحاويات داخل الفرن ، وتم رفع درجة حرارة الفرن الى درجة (900℃) وهي درجة حرارة التلبيد وبمعدل (13) ℃ / (Min) والابقاء على المكبوسات داخل الحاويات داخل الفرن لمدة ساعتان ثم اطفاء الفرن وتبريد المكبوسات داخل الفرن تبريد بطيء الى درجة حرارة الغرفة [12]-[13]-[14]-[15] .



الشكل (٤): حاوية التلبيد الخزفية

قبل اجراء الفحوصات تم اجراء عمليتي التنعيم والصقل Grinding and Polishing ، بأوراق من اوكسيد الألمنيوم (Al_2O_3) وبتدرج حجمي من (400) إلى (2000) مايكروميتر . ثم تم صقل العينات بقطع قماش وبمعجون صقل تجاري وتمت الاستعانة بعض الأحيان بجهاز التنعيم والصقل نوع (Controlab-Mecapol P200) .

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

الفحوصات :

١- فحص الكثافة الخضراء للمكبوسات قبل التلبيد والكثافة الحجمية بعد التلبيد :

بعد إجراء عملية الكبس تم دراسة الكثافة الخضراء و بعد عملية التلبيد تم دراسة الكثافة الحجمية للمكبوسات حسب نظرية أرخميدس إستنادا الى المعيار العالمي (ASTM C373 – 88) وكما في المعادلة التالية :

$$\rho = \frac{W_d}{W_s - W_i} * \rho_w \quad ---(1)$$

حيث ان : -

ρ = تمثل الكثافة الخضراء وكثافة التلبيد (g/cm^3)

ρ_w = كثافة السائل المستخدم ($1g/cm^3$)

W_d = الوزن الجاف لمكبوسة بالغرام

W_i = الوزن المعلق للمكبوسة بالغرام

W_s = الوزن المشبع للمكبوسة بالغرام

٢- فحص النسبة المئوية للمسامية الحقيقية :

تم إحتساب النسبة المئوية للمسامية الحقيقية وفق العلاقة التالية إستنادا الى المعيار العالمي (ASTM C373 – 88):

$$T.P\ \% = \frac{P_{th} - P}{P_{th}} * 100 \quad ---(2)$$

حيث ان : -

$T.P\ \%$ = النسبة المئوية للمسامية الحقيقية

P_{th} = الكثافة النظرية (g/cm^3)

P = الكثافة الخضراء او الكثافة الحجمية

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

٣- فحص صلادة فيكرز :

وقد تم فحص الصلادة باستخدام طريقة فيكرز من خلال غرز الأداة (هرم ماسي رباعي القاعدة) . وبتسليط قوة مقدارها (500 gm) ولمدة (10 Sec) . ومن خلال احتساب اقطار الأثر الناتج يمكن معرفة صلادة فيكرز للمكبوسة من خلال تطبيق المعادلة الآتية وفق المعيار العالمي (ASTM E92 – 82):- :-

$$Hv = Hv = 1.8544\ P/D_v^2\ Kg/mm^2 - - - (3)$$

حيث ان : -

P = الحمل المسلط (Kg)

D_v = متوسط قطر الأثر الهرمي الشكل الناتج من جراء تسليط الحمل على السطح .

وقد تم استخدام جهاز قياس صلادة فيكرز (Vickers Hardness) حيث تم تسجيل 10 قراءات للمكبوسة الواحدة (5 قراءات لكل وجه من أوجه المكبوسة) بصورة قطرية أو شعاعيه من مركز سطح المكبوسة إلى محيطها ومن ثم حساب متوسط هذه القراءات للحصول على قيمة واحدة للصلادة وتكون دقيقة .

٤- فحص مقاومة الإنضغاط :

تم فحص المكبوسات على جهاز الاختبارات (SHIMADZU – UH 600 KNI) وفق المعيار العالمي (ASTME9-09) . بعد ان تم تحضير المكبوسات وتنعيمها بورق تنعيم بتدرج من 400 الى 2000 مايكروميتر وتثبيتها بين فكي الجهاز ومن ثم تسليط حمل إنضغاط الى حد الفشل للمكبوسات من خلال ملاحظة منحني (الاجهاد – الانفعال) الذي يتم رسمه من قبل الجهاز ومن خلال الرسم تم استخراج قيم اجهاد الخضوع الانضغاطي Compressive Yield Stress.(0.2 σ) .

٥- فحص معدل البلى :

تم اجراء اختبار معدل البلى باستخدام جهاز يعمل بطريقة (Pin – on – Disc) باستخدام جهاز قياس السرعة (Digital Tachometer) نوع (HQRP) وفق المعيار العالمي (ASTM G99-95a) . حيث يتم تسليط حمل عمودي عبر مسمار (Pin) من خلال (Holder) مربوط ويحمل المكبوسة (العينة) على قرص دوار . حيث تتم

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

القراءة عن طريق متحسس علوي مربوط بشكل عمودي على الذراع الماسك للمكبوسة وتنتقل القراءة بعد ذلك الى مقياس رقمي مثبت في مقدمة الجهاز، وتثبت الاحمال المطلوبة في اعلى الجهاز وحسب ما مطلوب .

وقد تم احتساب معدل البلى باستخدام الطريقة الوزنية والتي تتضمن احتساب مقدار الفقدان بالوزن لكل عينة من خلال وزن العينة قبل ربطها على الجهاز وبعد الانتهاء من تشغيل الجهاز (حسب الوقت المقرر) بواسطة ميزان حساس رقمي وتطبيق العلاقة التالية : -

$$W = \frac{\Delta W}{SD} \text{ (gm/cm)} \text{ ----- (4)}$$

حيث ان : -

W = معدل البلى (gm/cm)

ΔW = الوزن المفقود (gm) ويمثل الفرق بالوزن للعينة قبل التشغيل وبعده

SD = تمثل مسافة الإنزلاق (cm) وهي تساوي

$SD = \pi D n t$

حيث ان : -

D = يمثل قطر القرص (cm)

n = تمل السرعة الدورانية للقرص (rpm)

t = زمن الاختبار (min)

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

الجدول (١): متغيرات عملية الفحص

السرعة الدورانية للقرص	480 r.p.m
زمن الاختبار	20 min
الحمل العمودي المسلط	15 N
قطر قرص الاختبار	60 mm
صلادة القرص	62 HRC

٣. النتائج والمناقشة (Results &Discussions)

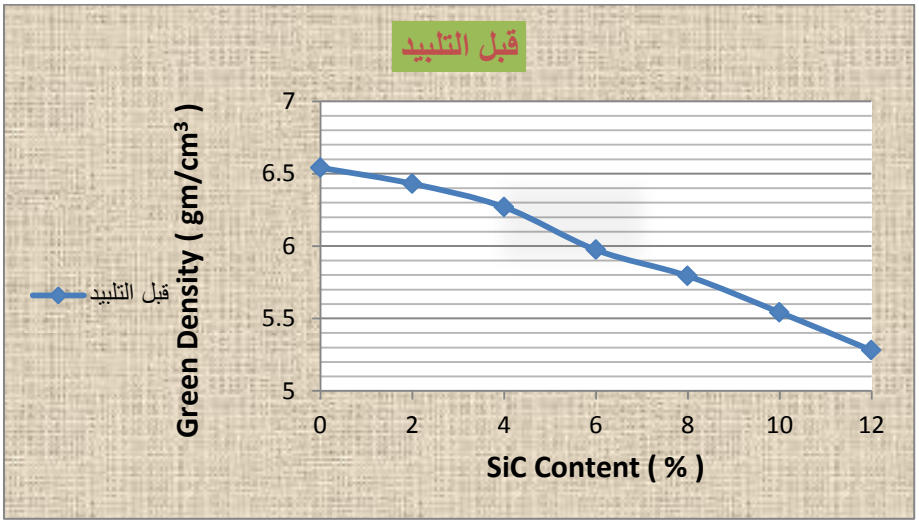
١- فحص الكثافة الخضراء للمكبوسات قبل التلبيد والكثافة الحجمية بعد التلبيد :

يبين الشكل (5) العلاقة بين التغيير بالنسب الحجمية لجسيمات كاربيد السليكون والكثافة الخضراء قبل اجراء عملية التلبيد ويلاحظ من خلال الشكل ان زيادة النسب الحجمية المضافة لكاربيد السليكون قد ادت الى نقصان في الكثافة الخضراء ، إذ تقل الكثافة الخضراء من (6.541 – 5.279) غم/سم٣ عند محتوى كاربيد السليكون من (0%) الى (12%) .

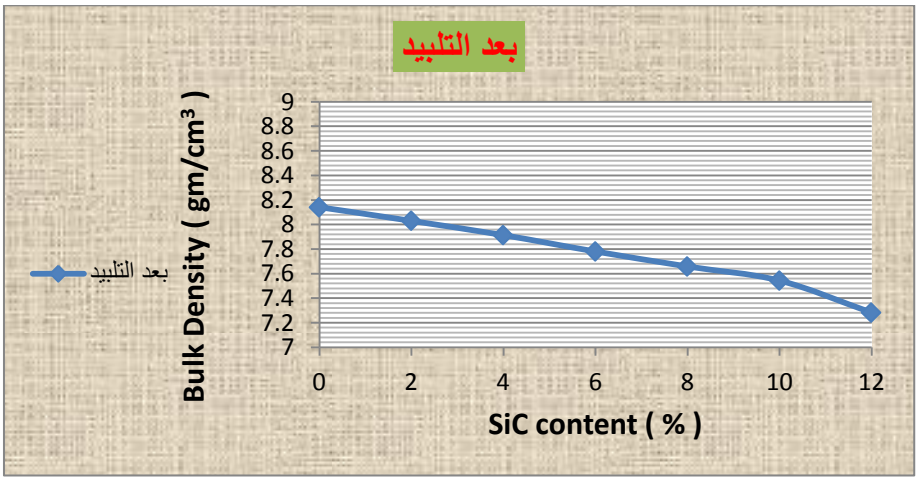
كما يبين الشكل (6) العلاقة بين التغيير بالنسب الحجمية لجسيمات كاربيد السليكون والكثافة الحجمية بعد اجراء عملية التلبيد بدرجة حرارة 900 م° ولمدة ساعتين ويلاحظ من خلال الشكل ان زيادة النسب الحجمية المضافة لكاربيد السليكون قد ادت الى نقصان في الكثافة الحجمية، إذ تقل الكثافة الحجمية بعد التلبيد من (8.141–7.382) غم/سم^3 عند محتوى كاربيد السليكون من (0%) الى (12%) . ويعزى هذا النقصان في الكثافة الخضراء والكثافة الحجمية الى الكثافة المنخفضة لكاربيد السليكون (3.21) غم/سم^3 إذا ما قورنت بكثافة النحاس المرتفعة لذلك من الطبيعي حدوث نقصان في الكثافة الخضراء والكثافة الحجمية لمتراكب (Cu–SiC) عند اضافة جسيمات كاربيد السليكون وهذا يتفق مع ما أشار وتوصل إليه [١٦] .

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

كما ويتبين ان قيم الكثافة بعد التلبيد قد زادت عن قيم الكثافة قبل التلبيد وذلك بسبب زيادة قوة الترابط بين النحاس وكاربيد السليكون نتيجة درجة حرارة التلبيد 900 م° ولمدة ساعتين والتي بدورها تساعد على تحسين السطح البيني (Inter Face) للمتراكبات وتحسين الترابط بين الجسيمات اضافة الى ان عملية الكبس البارد بحد ذاتها ينتج عنها متراكبات ذات كثافة خضراء تقل كثيراً عن الكثافة النظرية لذلك فمن المنطقي ان تكون الكثافة الحجمية اعلى من الكثافة الخضراء إذ تقترب الكثافة الحجمية من الكثافة النظرية نتيجة حدوث الاندماج بين جسيمات المتراكب خلال عملية التلبيد والذي يؤيد ذلك التصوير المجهري (الموضح في الملحق) حيث نلاحظ النقصان في المسامية لأشكال المتراكبات بعد التلبيد والذي يؤدي بدوره الى الزيادة في الكثافة وهذا يتفق مع المصدر [16] .



الشكل (5): العلاقة بين التغيير بالنسب الحجمية لجسيمات كاربيد السليكون والكثافة الخضراء



الشكل (6): العلاقة بين التغيير بالنسب الحجمية لجسيمات كاربيد السليكون والكثافة الحجمية

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

٢- فحص النسبة المئوية للمسامية الحقيقية :

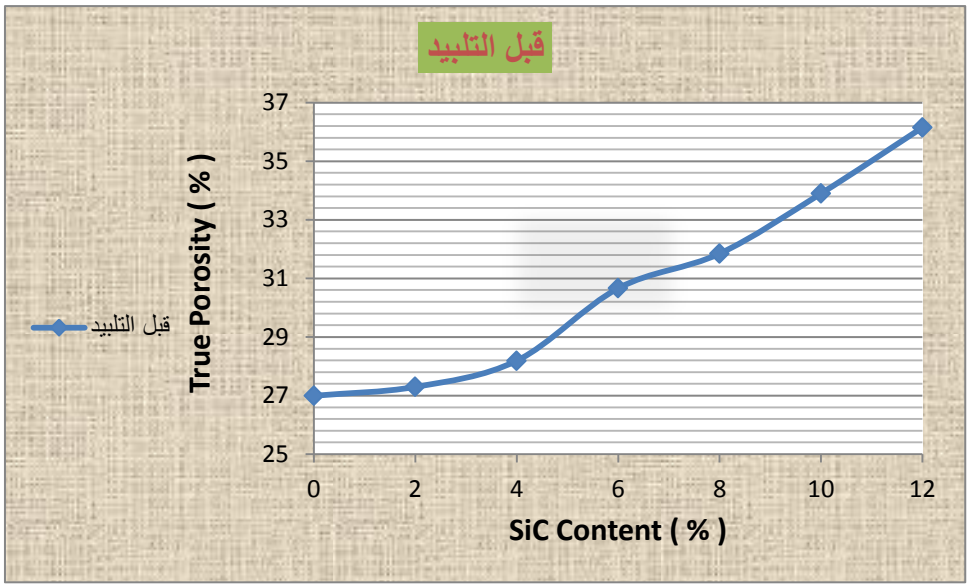
الشكل (7) يبين العلاقة الطردية بين التغيير بالنسب الحجمية لجسيمات كاربيد السليكون والمسامية الحقيقية قبل التلبيد على عكس ماتم ملاحظته في علاقة الكثافة مع تغيير محتوى كاربيد السليكون ، ويلاحظ من خلال الشكل ان زيادة النسب الحجمية المضافة لكاربيد السليكون قد أدت الى زيادة المسامية الحقيقية حيث تزداد النسبة المئوية للمسامية الحقيقية من (26.992 – 36.147) % عند محتوى كاربيد السليكون من (0%) الى (12%) .

ويبين الشكل (8) ايضاً العلاقة الطردية بين التغيير بالنسب الحجمية لجسيمات كاربيد السليكون والمسامية الحقيقية بعد اجراء عملية التلبيد بدرجة حرارة 900 م° ولمدة ساعتين ويلاحظ من الشكل ان زيادة النسب الحجمية المضافة لكاربيد السليكون قد أدت الى زيادة المسامية الحقيقية إذ تزداد النسبة المئوية للمسامية الحقيقية من (9.138–10.884) % عند محتوى كاربيد السليكون من (0%) الى (12%) .

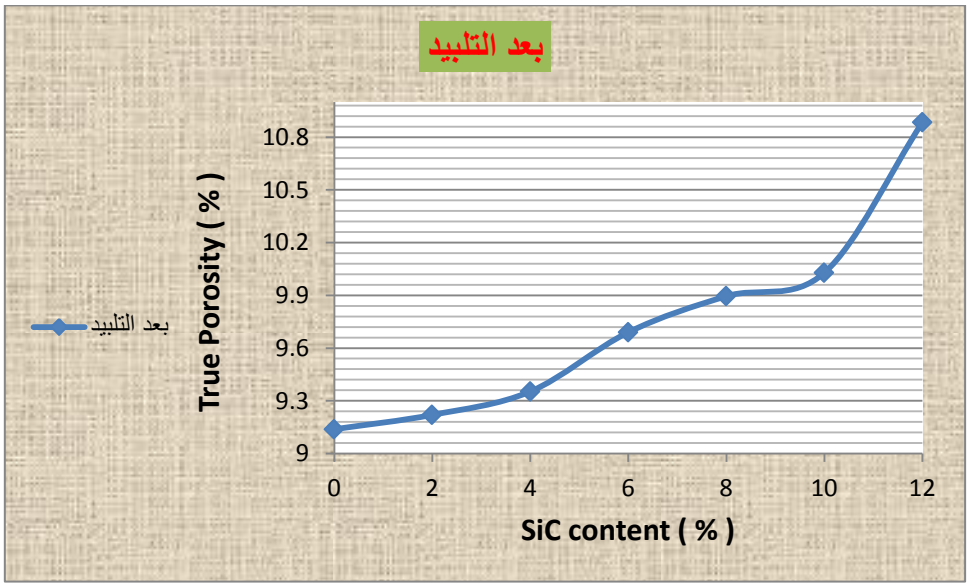
ويعزى سبب زيادة المسامية الحقيقية بزيادة محتوى كاربيد السليكون الى ان المسامية تعتبر نتيجة عكسية للكثافة وبما ان الكثافة تتناقص بزيادة محتوى كاربيد السليكون فمن الضروري ان تكون نسبة المسام عالية عند زيادة محتوى كاربيد السليكون وهذا ما يؤكده ايضاً الفحص المجهري (الموضح في الملحق) علاوة على عدم توفر ترطيب بين المعدن الاساس وجسيمات التقوية اضافة الى عدم حدوث الاندماج التام بين الجسيمات للمتراكبات قبل التلبيد.

اما عن نسبة المسامية الحقيقية بعد التلبيد ومقارنتها بنسبتها قبل التلبيد فيلاحظ ان النسبة المئوية للمسامية الحقيقية قد قلت بعد اجراء عملية التلبيد ويعزى هذا النقصان الواضح في نسبة المسام الحقيقية الى تحسين الالتصاق بين المعدن الاساس وجسيمات التقوية خلال عملية التلبيد علاوة على زيادة قيم الكثافة الواضحة بعد التلبيد عن قيمها قبل التلبيد كما ذكرنا سابقاً بالاضافة الى تكون اجهاد هايدروستاتيكي يعمل على غلق المسامات خلال التشويه اللدن بين النحاس وكاربيد السليكون ، إذ ان لعملية التلبيد دور كبير في انكماش وتقليل حجم المسامات في المتراكبات من خلال زيادة الاندماج نتيجة حصول عملية الانتشار في الحالة الصلبة. وان التصوير المجهري للمتراكبات (الموضح في الملحق) يؤيد ذلك وهذا يتفق مع ما اشار اليه في المصادر [16]–[17]–[18] .

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849



الشكل (7): العلاقة بين التغيير بالنسب الحجمية لجسيمات كاربيد السليكون والمسامية الحقيقية قبل التلبيد



الشكل (8): العلاقة بين التغيير بالنسب الحجمية لجسيمات كاربيد السليكون والمسامية الحقيقية بعد اجراء عملية التلبيد

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

٣- فحص صلادة فيكرز :

يبين الشكل (9) العلاقة بين التغيير بالنسب الحجمية لجسيمات كاربيد السليكون وصلادة فيكرز قبل اجراء عملية التلبيد ويلاحظ من الشكل ان الصلادة تزداد مع زيادة محتوى كاربيد السليكون ، حيث تزداد الصلادة من (59.6-93.35) عند محتوى كاربيد السليكون من (0%) الى (12%) .

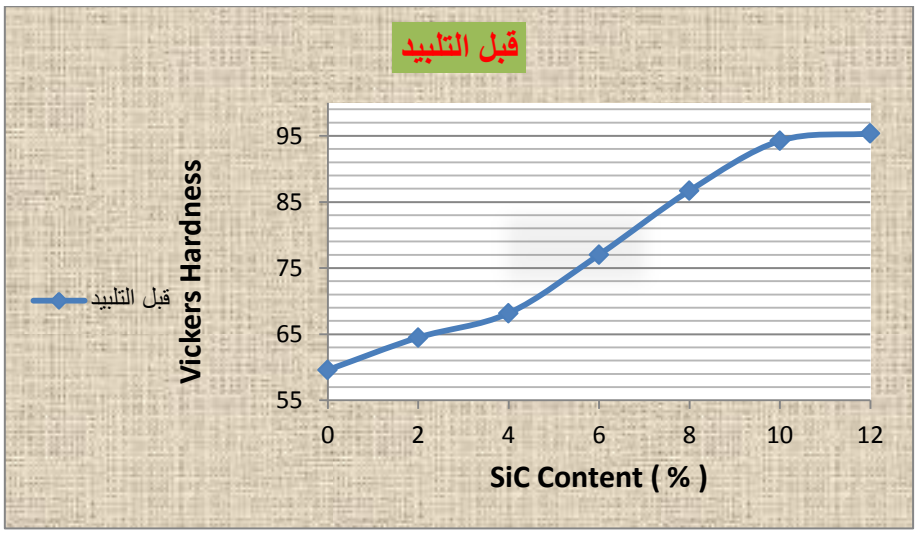
ويبين الشكل (10) العلاقة بين التغيير بالنسب الحجمية لجسيمات كاربيد السليكون وصلادة فيكرز بعد اجراء عملية التلبيد بدرجة حرارة 900 م° ولمدة ساعتين . ويلاحظ من الشكل ان الصلادة تزداد مع زيادة محتوى كاربيد السليكون ، حيث تزداد الصلادة من (45.36-86.75) عند محتوى كاربيد السليكون من (0%) الى (12%) .

وتعزى الزيادة الحاصلة في الصلادة نتيجة اضافة جسيمات كاربيد السليكون بالرغم من نقصان الكثافة وزيادة نسبة المسامية الى الصلادة العالية لجسيمات كاربيد السليكون والتي تقع ضمن مدى (2500-3300) kgf/mm^2 بالاضافة الى كثرة الاسطح البينية المتكونة نتيجة اضافة جسيمات التقوية (SiC) علاوة على زيادة المقاومة للتشوه اللدن وزيادة الاجهادات الداخلية المتبقية بسبب الفرق بمعامل التمدد الحراري بين المادة الاساس وجسيمات التقوية والذي ينتج عنه الكثير من الانخلاعات والتي تؤدي بالتالي الى زيادة الصلادة للمتراكبات لان جسيمات كاربيد السليكون ذات الصلادة العالية تعمل كعوائق لتشوه المادة الاساس وبالتالي اعاقة حركة الانخلاعات إذ يؤدي ذلك الى ان يكون الاجهاد كبيراً لكي تمر الانخلاعة من خلال الجسيمات وبذلك يتطلب زيادة الحمل المسلط وهذا يعني بحد ذاته زيادة في قيم الصلادة كما ان التجانس في التوزيع بين المادة الاساس وجسيمات التقوية لها دور كبير ايضاً في زيادة الصلادة وهذا ما توضحه صور التصوير المجهري. وهذا يتفق مع ما اشار اليه في المصادر[16]-[19]-[20]-[21]-[22] .

ان قيم الصلادة بعد التلبيد قد انخفضت نسبياً لتصبح اقل من قيم الصلادة قبل التلبيد للمتراكبات بالرغم من الزيادة الواضحة لقيم الكثافة للمتراكبات ونقصان المسامية بعد اجراء عملية التلبيد وذلك بسبب ازالة الاجهادات المخزونة في المتراكبات نتيجة ارتفاع درجة التلبيد الى 900 م° ولمدة ساعتين مما أدى ذلك الى نقصان في معدلات الصلادة . اما بالنسبة للمكبوسات قبل التلبيد فان الحمل المسلط وهو (350) ميكاباسكال ادى الى تشكيل المعدن وخزن اجهادات بداخله وبمعنى اخر فان حدوث التشكيل اللدن له تاثير واسع النطاق على قيم الصلادة حيث ان عملية الاستجابة للمساحيق المعدنية للتشوه الحاصل بسبب الضغط المسلط هي عملية معقدة مقارنة بالمعادن الصلدة ويمكن تصنيف هذه الاستجابة

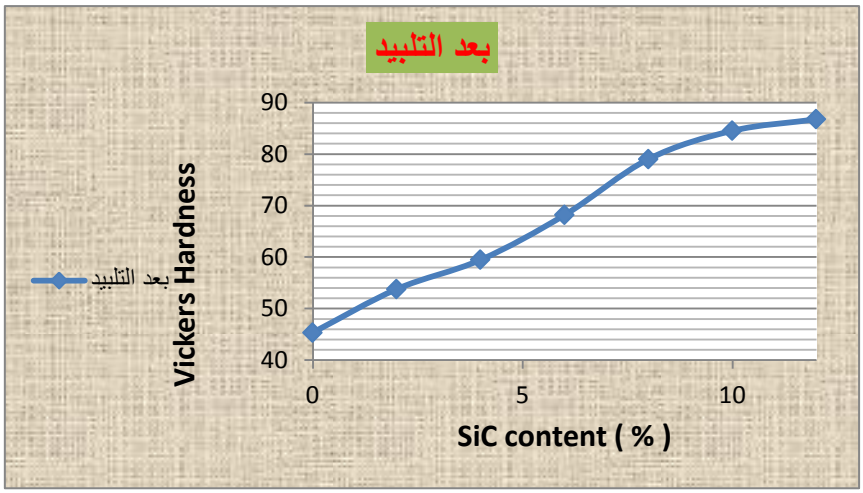
Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

الى مرحلتين ، فالمرحلة الاولى تكون متمثلة بتجمع وتكدس دقائق المسحوق السائبة خلال المرحلة المبكرة من عملية التكثيف أو التراص . اما المرحلة الثانية فتكون متمثلة بتكوين الجسم المسامي (المكبوسة الخضراء) خلال المرحلة المتاخرة من عملية الكبس ، ويتم خلال المراحل الاولية لعملية الكبس تكثيف الدقائق أو الجسيمات السائبة بانزلاقها باتجاه الكبس واعادة ترتيبها وباستمرار الكبس يحدث تشوه موضعي للجسيمات عند نقاط تماسها وبالتالي يحدث الخضوع للجسيمات بنسبة كبيرة (الدخول بالمرحلة اللدنة اي التشكيل) عندها يبدأ المسحوق بالتشوه حتى الوصول الى الجسم المسامي (المكبوسة الخضراء) . وهذا يتفق مع [23]–[24] .علاوة على تكون الطور SIO_2 بعد اجراء عملية التلبيد والمبين في فحص حيود الأشعة السينية ويعتقد الباحث ان تكون هذا الطور ولو كان بنسبة قليلة يشير الى حصول نقصان قليل في محتوى كاربيد السليكون مما يؤدي الى نقصان قيم الصلادة بعد التلبيد عما كانت عليه قبل التلبيد .



الشكل (9): العلاقة بين التغيير بالنسب الحجمية لجسيمات كاربيد السليكون وصلادة فيكرز قبل اجراء عملية التلبيد

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849



الشكل (10): العلاقة بين التغيير بالنسب الحجمية لجسيمات كاربيد السليكون وصلادة فيكرز بعد اجراء عملية التلبيد

٤- فحص مقاومة الإنضغاط :

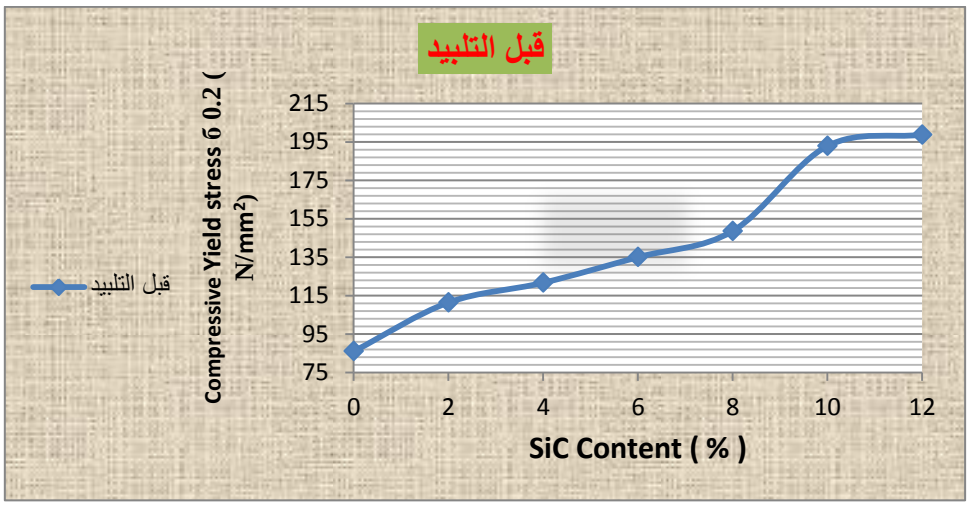
تبين الأشكال (11) و (١٢) العلاقة بين التغيير بالنسب الحجمية لجسيمات كاربيد السليكون واجهاد الخضوع الانضغاطي قبل عملية التلبيد وبعد عملية التلبيد ويلاحظ من الشكل (١١) ان زيادة النسب الحجمية المضافة لكاربيد السليكون قد ادت الى زيادة مقاومة الخضوع الانضغاطي حيث زادت مقاومة الخضوع الانضغاطي من (198.77 – 85.96) نيوتن/ملم^{2} عند محتوى كاربيد السليكون من (0%) الى (12%) .

ويلاحظ من الشكل (١٢) ان زيادة النسب الحجمية المضافة لكاربيد السليكون ، قد ادت الى زيادة مقاومة الخضوع الانضغاطي حيث زادت مقاومة الخضوع الانضغاطي من (132.85 – 422) نيوتن/ملم^{2} عند محتوى كاربيد السليكون من (0%) الى (12%) .

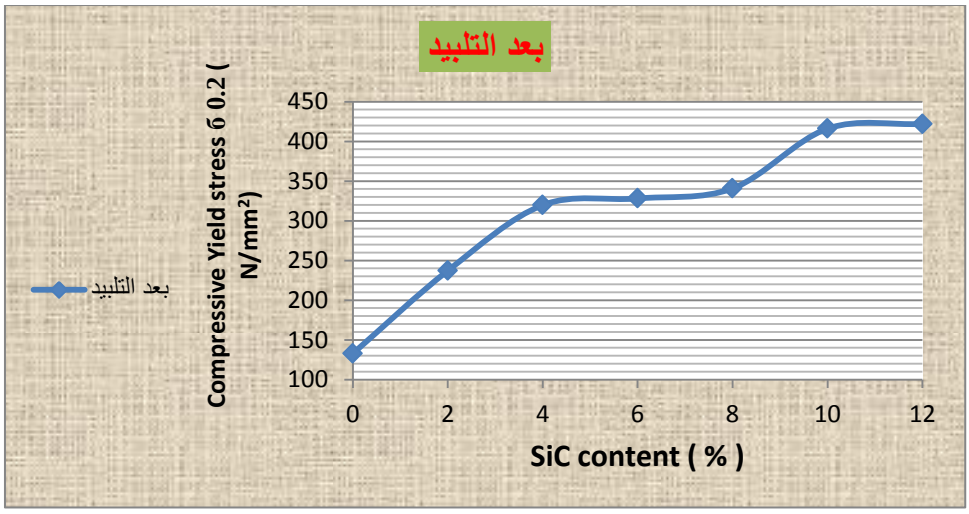
ان زيادة اجهاد الخضوع الانضغاطي بزيادة محتوى جسيمات التقوية قبل التلبيد وبعد التلبيد وكذلك زيادة قيم اجهاد الخضوع الانضغاطي بعد التلبيد عن قيمه قبل التلبيد تعزى الى الصلادة العالية لجسيمات التقوية والتي ادت الى زيادة صلادة المتراكبات بزيادة محتوى كاربيد السليكون علاوة على مقاومة التشوهات الموقعية بفعالية عالية وبالتالي تكوين عينات متماسكة ذات مقاومة انضغاط عالية ويمكن العودة الى الاسباب التي ادت الى زيادة الصلادة للمتراكبات والموضحة في الفقرة (3) . كما ان لدرجة حرارة التلبيد العالية ولمدة ساعتين دوراً مهماً في زيادة قوة الترابط بين جسيمات مكونات المتراكبات من خلال الانتشار والتوزيع الجيد وكذلك زيادة الكثافة والنقصان في نسب المسامية بعد التلبيد مما

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

يؤدي الى دعم وتسليح كتلة المتراكب. وهذا يتفق مع [25] .ويعتقد الباحث ان تكون طور SiO2 بعد التلبيد كان سبب انخفاض قيم الصلادة بعد التلبيد ولكن بنفس الوقت أدى تكون هذا الطور الى تحسين خواص السطح البيني الناشيء بين جسيمات كاربيد السليكون كطور تقوية والطور الأساس (النحاس)مما زاد من قوة الترابط بينهما والتي ربما شغلت الفراغات مما يفسر ارتفاع قيم مقاومة الخضوع الإنضغاطي بعد التلبيد عن قيمها قبل التلبيد .



الشكل (11): العلاقة بين التغيير بالنسب الحجمية لجسيمات كاربيد السليكون واجهاد الخضوع الانضغاطي قبل عملية التلبيد



الشكل (12): العلاقة بين التغيير بالنسب الحجمية لجسيمات كاربيد السليكون واجهاد الخضوع الانضغاطي بعد عملية التلبيد

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

فحص معدل البلى :

تبين الأشكال (13) و (١٤) العلاقة بين التغيير بالنسب الحجمية لجسيمات كاربيد السليكون ومعدل البلى قبل اجراء عملية التلبيد وبعد إجراء عملية التلبيد ويلاحظ من خلال الشكل (١٣) ان زيادة النسب الحجمية المضافة لكاربيد السليكون قد ادت الى انخفاض معدل البلى حيث قل معدل البلى من ($1.5113*10^{-5}$ – $1.3815*10^{-6}$) غم/سم عند محتوى كاربيد السليكون من (0%) الى (12%) ، ويلاحظ من الشكل (١٤) ان زيادة النسب الحجمية المضافة لكاربيد السليكون قد ادت الى انخفاض معدل البلى حيث قل معدل البلى من ($1.4973*10^{-7}$ – $1.476*10^{-8}$) غم/سم عند محتوى كاربيد السليكون من (0%) الى (12%) .

ان انخفاض معدل البلى عند زيادة محتوى جسيمات التقوية يعزى الى ان المتراكبات تكون اكثر صلادة عند اضافة جسيمات كاربيد السليكون بحيث يكون الفقدان بالوزن قليل نتيجة تقوية الاساس او الارضية بالجسيمات السيراميكية التي تعرقل تقدم الانخلاعات لذلك سوف تتولد اجهادات تقاومها الجسيمات القاسية (SiC) وبالتالي توليد كثافة انخلاعية ويكون للفرق في معامل التمدد الحراري دور كبير في هذه العملية والتي ينتج عنها زيادة الصلادة بزيادة محتوى جسيمات التقوية .

اضافة الى ان جسيمات كاربيد السليكون تتغرز في قرص جهاز اختبار البلى بسبب صلادتها العالية وتعمل على تخديشه مما يتطلب قوى احتكاكية اكبر لكي ينزلق سطح المكبوسات على سطح قرص الاختبار وبذلك سوف تستهلك طاقة على الاحتكاك الحاصل بين جسيمات التقوية والقرص . وعند زيادة محتوى جسيمات التقوية فان معظم الطاقة تستهلك على الاحتكاك بين جسيمات التقوية وقرص الاختبار وبذلك سوف يبتعد الاساس المعدني عن قرص الاختبار (يقل التلامس) ونتيجة لذلك يقل معدل البلى .

وعلاوة على ذلك فان معدل البلى يقل عند اضافة جسيمات (SiC) التي تسبب زيادة الصلادة. إذ ان معدل البلى يتناسب تناسباً عكسياً مع الصلادة وفق العلاقة الآتية : –

$$V = K * \frac{Wx}{H} - - -(5)$$

حيث ان :

V = حجم البلى

K = معامل (ثابت) البلى

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

W = الحمل العمودي

X = مسافة الانزلاق

H = صلادة المادة

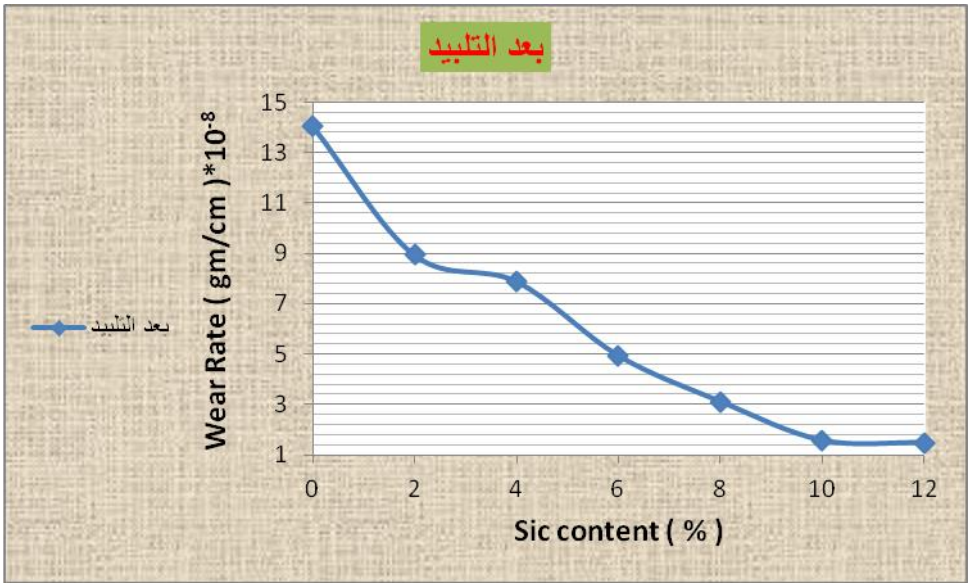
وهذا يتفق مع ما اشار اليه المصادر [16]-[26]-[27]-[28] .

كما يتبين انخفاض ونقصان قيم معدلات البلى للمتراكبات (المكبوسات) بعد التلبيد عن قيمها قبل التلبيد . وهذا يعتبر تناقض مع قيم الصلادة التي تقل بعد التلبيد إذا ما تم التفسير وفق العلاقة (5) اعلاه . ولكن السبب وراء نقصان معدلات البلى للمتراكبات بعد التلبيد في دراستنا الحالية عن قيمها قبل التلبيد هو انه في حالة العينات قبل التلبيد يحدث خلع للجسيمات نتيجة الحمل المسلط على المكبوسات الملامسة لقرص جهاز اختبار البلى وهذا الخلع سببه ضعف الترابط بين جسيمات المتراكبات والذي يؤيد هذا قيم مقاومة الانضغاط للعينات قبل التلبيد اضافة للتصوير المجهري للعينات(الموضحة في الملحق) قبل التلبيد .

اما في حالة العينات بعد التلبيد فانه لم يحصل خلع بالجسيمات اثناء اجراء الفحص أو الاختبار نتيجة قوة الترابط العالية والاندماج الحاصل بسبب عملية التلبيد ورفع درجة الحرارة الى 900 م° و لمدة ساعتين والذي يؤيد هذا قيم مقاومة الانضغاط للعينات بعد التلبيد اضافة للتصوير المجهري للعينات (الموضحة في الملحق) بعد التلبيد ، بالإضافة الى إنخفاض نسب المسامية بعد التلبيد .

الشكل (13): العلاقة بين التغيير بالنسب الحجمية لجسيمات كاربيد السليكون ومعدل البلى قبل اجراء عملية التلبيد

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849



الشكل (14): العلاقة بين التغيير بالنسب الحجمية لجسيمات كاربيد السليكون ومعدل البلى بعد اجراء عملية التلبيد

٤. الإستنتاجات (Conclusions)

١- إنخفاض الكثافة الخضراء والكثافة الحجمية تدريجيا بزيادة نسبة محتوى جسيمات التقوية (SiC) .

٢- إرتفاع النسبة المئوية للمسامية الحقيقية تدريجيا بزيادة نسبة محتوى جسيمات التقوية (SiC) .

٣- إرتفاع صلادة فيكرز تدريجيا بزيادة نسبة محتوى جسيمات التقوية (SiC) .

٤- إرتفاع مقاومة الخضوع الإنضغاطي بزيادة نسبة محتوى جسيمات التقوية (SiC) .

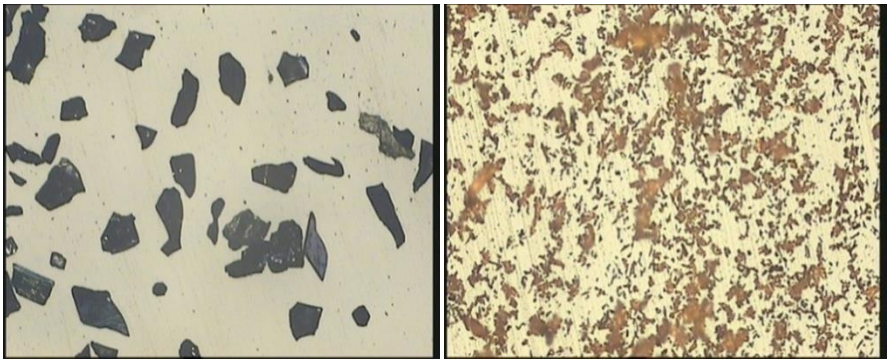
٥- إنخفاض معدل البلى بزيادة نسبة محتوى جسيمات التقوية (SiC) .

٦- لدرجة حرارة التلبيد تأثير كبير على خصائص المتراكبات ،حيث تسببت بأرتفاع قيم الكثافة بعد التلبيد وإنخفاض نسبة المسامية في المتراكبات وإنخفاض قيم الصلادة وزيادة قيم مقاومة الخضوع الإنضغاطي مع إنخفاض في معدل البلى .

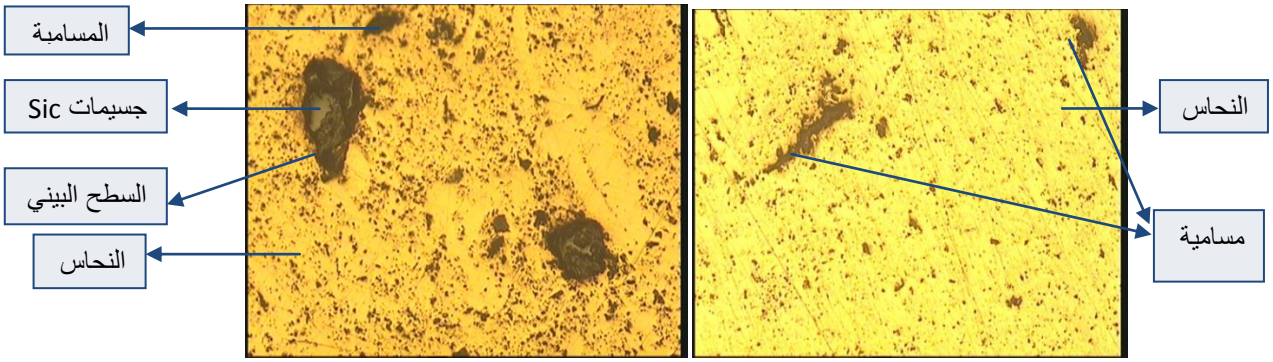
Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

الملحق Appendix

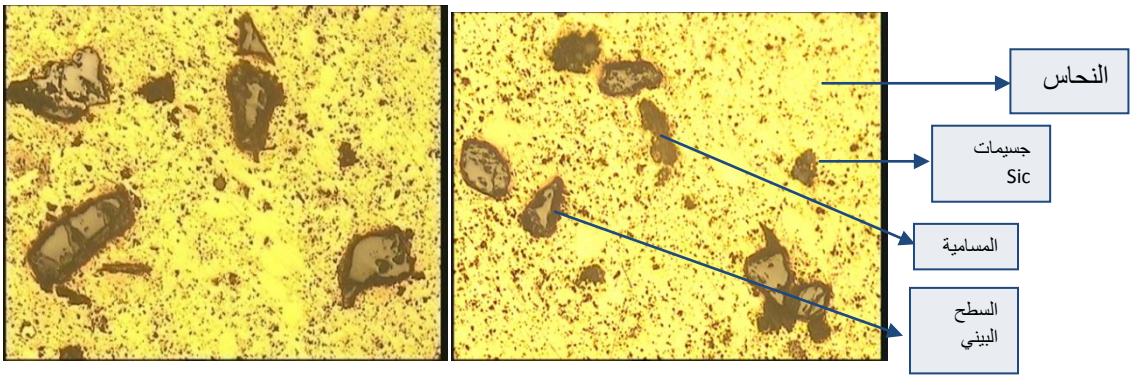
نستعرض ضمن هذا الملحق الاشكال التي تمثل صور البنية المجهرية للمكبوسات قبل التلبيد وبعد التلبيد



(ب) (أ)

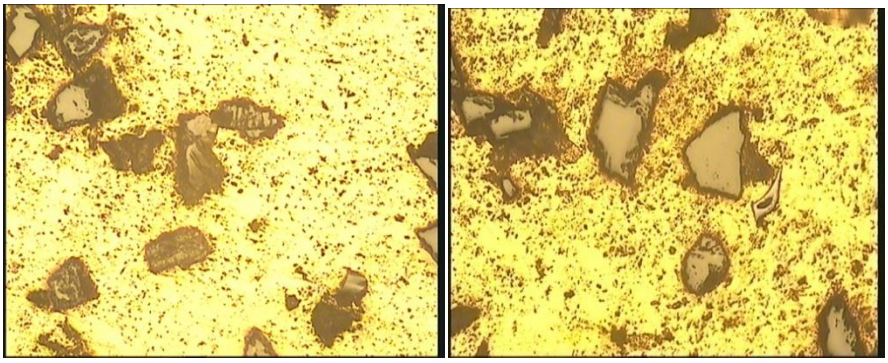


(د) (ج)

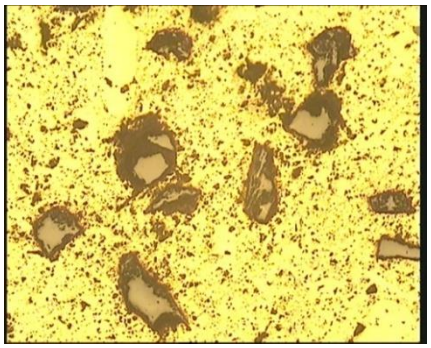


(و) (هـ)

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849



(ز) (ح)



(ط)

الشكل (A)

التصوير المجهري لمسحوقي النحاس وكاربيد السليكون والمتراكبات قبل التلبيد وبقوة تكبير (١٠X)

أ- مسحوق النحاس .

ب- مسحوق كاربيد السليكون .

ج- 100% CU – 0%SiC .

د- 98% CU – 2% SiC .

هـ- 96%CU – 4%SiC .

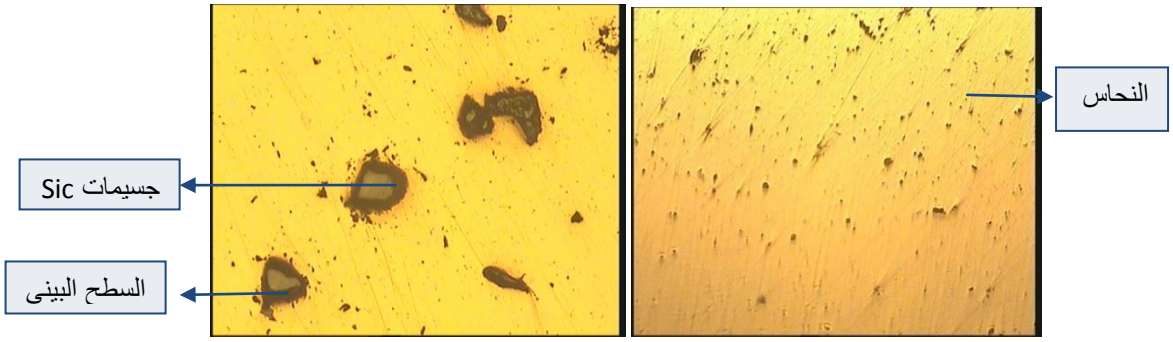
و- 94% – 6%SiC .

ز- 92%CU –8%SiC .

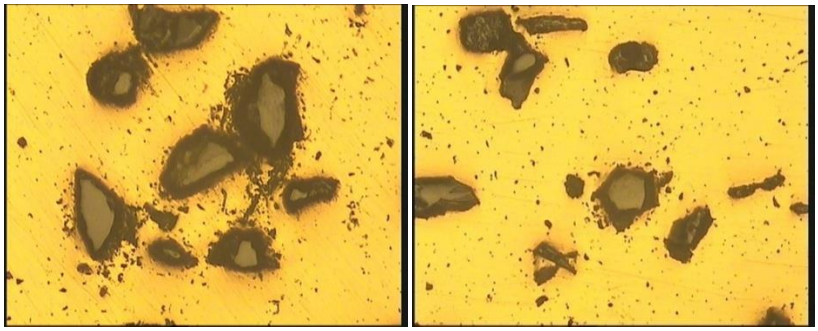
ح- 90%CU –10%SiC .

ط- 88%CU – 12% SiC .

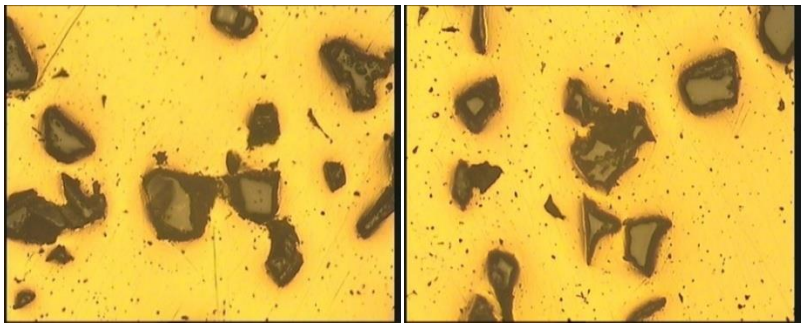
Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849



(ب) (أ)

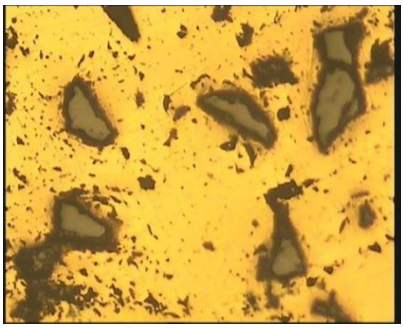


(د) (ج)



(و) (هـ)

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849



(ز)

الشكل (B)

التصوير المجهري للمتراكبات بعد التلبيد وبقوة تكبير ١٠X

أ- 100% CU – 0%SiC .
ب- 98% CU – 2% SiC .
ج- 96% CU – 4%SiC .
د- 94%CU – 6%SiC .
هـ- 92% CU – 8%SiC .
و- 90% CU – 10%SiC .
ز- 88%CU – 12% SiC .

المصادر (References)

[1] أنور الطويل،ترجمة ، "***تكنولوجيا المساحيق***"، تأليف أ.ماليشيف ،ج. نيكولايين ، ي. شوفالوف ،الإتحاد السوفيتي ،دار مير للطباعة والنشر ١٩٧٣.

[2] M.P. Groover "***Fundamentals of modern manufacturing materials, processes and system***",Second Edition, John Wiley and Sons,2002.

[3] رولا عبد الخضر عباس "***دراسة التأثير الحراري على الخواص الميكانيكية لمتراكب هجيني***" ،مجلة جامعة النهرين ،المجلد ١٠ ، (١) حزيران ،٢٠٠٧ .

[4] نضال شمعون ،ترجمة ،***ثقانة هندسة المواد***"،الجزء الثاني ، تأليف جيمس أ .جاكوبس ، توماس ف .كيلدوف ، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية ،سلسلة كتب التقنيات الإستراتيجية والمتقدمة ،المنظمة العربية للترجمة ،الطبعة الأولى :بيروت ،أيلول (سبتمبر)٢٠١١ .

[5] N.Chawla , K.K. Chawla " ***Metal Matrix Composites*** " ***Library of Congress Cataloging in Publication Data*** © 2006 Springer Science Business Media .

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

[6] نضال شمعون ، ترجمة، ***"تقانة هندسة المواد***"،الجزء الأول ، تأليف جيمس أ .جاكوبس ، توماس ف.كيلدوف ، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية ،سلسلة كتب التقنيات الإستراتيجية والمتقدمة ،المنظمة العربية للترجمة ،الطبعة الأولى :بيروت ،أيلول (سبتمبر) ٢٠١١ .

[7] M.F.Ashby,D.R Jones, "***Engineering Materials (An Introduction to their properties and application)***",Engineering department ,Cambridge university ,England .international series on materials science and Technology ,Volume 34,1980.

[8] M.Taya and R.J.Arsenault," ***Metal Matrix Composites Thermomechanical Behavior*** ", Pergamom Press, Oxford 1989.

[٩] برماكوف فيازنيكوف " ***استعمال ميتالورجيا المساحيق في الصناعة*** " موسكو ، دار مير للنشر ، ١٩٨٠.

[10] F.E. Habib,"***A FINITE ELEMENT FOR EJECTION OF GREEN PARTS AFTER POWDER METALLURGY COMPACTION*** ",Athesis submitted to the Department of Mechanical Engineering in conformity with the requirements for the degree of master of science in Engineering ,Queens university ,Kingston ,Ontario ,Canad a, September, 2008 .

[11] H.Lipowsky , E.Arpaci " ***Copper in The Automotive Industry*** " Printed in the Federal Republic of Germany , WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA , Weinheim , Germany , 2007 .

[12] T. Bolton Ltd , BP Minerals International " ***Copper & Copper Alloy Castings – Properties & Applications*** " Copper Development Association , Publication TN42 , December 1991.

[١٣] سيف صباح أرحيم " ***دراسة تأثير متغيرات ميتالورجيا المساحيق على الخواص الميكانيكية و الفيزياوية لمتراكبات النحاس – كرافيت*** " رسالة ماجستير ، جامعة تكريت ، كلية الهندسة، قسم الهندسة الميكانيكية ٢٠١٣ م .

[14] W.Bolten ," Engineering Material Technology" Third Edition,1998.

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

[15] Ukissmiya, " ***Advance Technical Ceramics*** ",Academic Press.INC.1984.

[16] Z. S. Ahmed , A. M. Mousa ,S. B. Younis, " ***Studying The Properties of Cu – Al – SiC Composite Prepard By P/M Technique*** " , Department of Applied Science ,University of Technology, Eng .& Tech .Journal,Vol.30,No.7, 2012 .

[17] M. Sumathi , N Selvakumar , ″ ***An Investigation on the Workability of Sintered Copper – Silicon Carbide Performs During Cold Axial Upsetting*** " , Department of Mechanical Engineering , National Engineering College ,Kovilpatti 628 503 , India & Department of Mechanical Engineering ,Mepco Schlenk engineering college , Sivakasi 626 005 , India , Indian Journal of Engineering & materials Sciences , Vol. 19 ,PP. 121- 128 ,April 2012 .

[18] S. F. Moustafa , Z. Abdel – Hamid , A.M. Abd – Elhay ,″ ***Copper Matrix SiC and Al_2O_3 Particulate Composites by Powder Metallurgy Technique*** ″ , Central Metallurgical Research and Development Institute ,P.O. Box 87 , Helwan , Cairo , Egypt , Faculty of Engineering , Helwan University ,Cairo , Egypt , Materials Letters 53 pp. 244- 249 ,2002 .

[19] G. C. Efe , T. Yener , I. Altinsoy, M. Ipek, S. Zeytin , C. Bindal, " ***The Effect of Sintering Temperature On Some Properties Of of CU – SiC Composite*** " , Sakarya University ,Engineering Faculty ,Department of Metallurgy And Materials Engineering , Esentepe Campus,54187 Sakarya,Turkey.Journal of Alloys and Compounds 509pp6036-6042 ,2011.

[20] G.C. Efe , T. Yener , I. Altinsoy, M. Ipek, S. Zeytin , C. Bindal, ″ ***Characterization of Cemented Cu Matrix Composites Reinforced with SiC*** ", Sakarya University ,Engineering Faculty ,Department of Metallurgy And Materials Engineering , Esentepe Campus , 54187 Sakarya , Turkey ,Vacuum 85 pp 643-647 , 2010.

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

[21] G. C.Efe , S. Zeytin , C. Bindal, " ***Effect of SiC Particle Size on Properties of Cu – SiC Metal Matrix Composites*** " , Sakarya University ,Engineering Faculty ,Department of Metallurgy And Materials Engineering , Esentepe Campus , 54187 Sakarya , Turkey .Materials and Design ,VOL.36,pp 633-639 ,2012

[22] P. YIH, D.D.CHUNG, ″ ***Brass – Matrix Silicon Carbide Whisker Composites Prepared by Powder Metallurgy*** ", Composite Materials Research Laboratory , State University of New York At Buffalo , Buffalo , NY 14260 -4400 , U.S.A. Journal of Materials Science 34 PP.359-364 , 1999.

[23] Y. Zhan , G.Zhang , Y. Zhuang , ″ ***Wear Transition in Particulate Reinforced Copper Matrix Composites*** " , Institute of Materials Science ,Guangxi University ,Nanning , Guangxi 530004 , P. R. China & State Key Laboratory of Metal Matrix Composite , Shanghai Jiao Tong University , Shanghai ,200030 , P.R. China , materials transactions ,Vol. 45 , No. 7, PP.2332-2338 (2004), ©2004 The Japan Institute of Metals .

[24] P. W. Lee " Powder Metal Technologies and Applications " ***published in 1998 as Under the Direction of the Volume 7 of ASM Handbook*** , The Volume was Prepared ***ASM*** Handbook Committee. , Copyright © 1998 by ASM International .

[25] عقيل علي ناظم ، مهدي مطر حنون ، ″ ***تأثير إضافة مسحوق كاربيد السليكون على خواص مكبوسات النيكل – نحاس المنتجة بطريقة تكنولوجيا المساحيق*** " ، مجلة الهندسة والتكنولوجيا ،المجلد ٢٩ ، العدد ١١ ، ٢٠١١ م .

[26] S. C. Sharma , B. M. Girish ,Rathakar Kamath and B. M. Satish, " ***An Evaluation of The Sliding Wear Behaviour of SiC Particles Reinforced Copper Alloy Composite Materials*** " , research and development ,department of mechanical engineering ,R. V. College of engineering ,Bangalore -560059, Karnataka , India .

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 11, Issue 2, June 2016 , p.p(168-196)
ISSN 1992 - 0849

[27] R. N. Ahmed , C. S. Ramesh , " ***Tribological Properties of Cast Copper – SiC – Graphite Hybrid Composites*** " , Department of metallurgical and Materials Engineering ,Indian Institute of Technology Madras , International Symposium of Research Students on Materials Science and Engineering(ISRS) ,Chennai , India ,December ,2004 .

[28] D.Esezobor , A.Oladoye , " ***Improvement on the Tribological Characteristics of Particulate Copper Silicon Carbide Composites*** ", Department of Metallurgical & Materials Engineering , University of Lagos , Nigeria ,TMS (The Minerals , Metals &Materials Society) , EPD Congress , 2011.

المؤلف

نجيب سلمان عبطان: بكالوريوس قسم هندسة المعادن /الجامعة التكنولوجية – العراق عام ١٩٨٣م وماجستير في هندسة المعادن /الجامعة التكنولوجية – العراق عام ١٩٩٩ م ودكتوراه في هندسة المعادن /الجامعة التكنولوجية– العراق عام ٢٠٠٦ م ،حصل على لقب علمي مدرس عام ٢٠٠٧م وحصل على لقب علمي أستاذ مساعد ٢٠١٣ م، ومن إهتماته السباكة في مجال المعادن وعلم المواد الهندسية .