# دراسة الخواص الميكانيكية لسبيكة (ألمنيوم- نحاس- مغنسيوم) المقواة بدقائق كاربيد السيلكون والكرافيت

**د. جميل حبيب غازي**

**التعليم المهني- تربية بابل**

**الخلاصة**

تناول البحث الحالي تحضير مواد مركبة ذات أساس معدني من سبيكة الألمنيوم (AA 2024) ومواد تقوية مشتركة من دقائق كاربيد السيلكون ومسحوق الكرافيت، إذ كانت النسب الوزنية لكاربيد السيلكون (3,5,7%) بينما ثبتت نسبة الكرافيت الوزنية عند (3%)، وحضرت النماذج بطريقة السباكةًَُُُُُُُُُ بالمزج (Stir Casting).

وقد أظهرت النتائج زيادة في مقاومة الشد القصوى ومقاومة الخضوع والصلادة ومقاومة الانضغاط على حساب نقصان المطيلية للمادة المركبة مع زيادة النسب الوزنية لدقائق التقوية مقارنةً مع السبيكة الأساس.

# A STUDY OF MECHANICAL PROPERTIES OF (AL-CU-MG) ALLOYS REINFORCED BY SILICON CARBIDE AND GRAPHITE PARTICULATES

**Dr. Jameel Habeeb Ghazi**

**Vocational Education of Babylon**

**Abstract**

This work deals with the preparing of composite materials based on aluminum alloy (2024) and reinforcement materials particles of silicon carbide and graphite powder . Silicon carbide are (3,5,7 wt%) , whereas the proportion of the graphite was certified at (3wt%) . All samples adopted in this work are prepared by stir casting.

The results have shown an increasing in mechanical properties such as ultimate tensile strength , Yield strength , Hardness and compressive strength at the expense of ductility for composite material with increasing reinforcement materials content.

## 1. المقدمة

تحتاج العديد من التطبيقات الهندسية إلى المزيج من الخواص الملائمة التي لايمكن الحصول عليها من المواد الهندسية الأساسية كالسبائك واللدائن والسيراميك ومن أهم هذه الخواص المقاومة النوعية العالية والجساءة العالية والمتانة وقابلية التشكيل،ومن هنا برزت الحاجة إلى مواد تمتلك تلك الخواص إلا وهي المواد المركبة.

المواد المركبة ذات الأساس المعدني المؤلفة من أرضية معدنية مطيليه والمقواة بمواد سيراميكية هشة ذات معامل مرونة عالي ومقاومة عالية أما تكون بشكل ألياف مستمرة أو متقطعة على شكل شعيرات (Whisker) أو صفائح (Platelets) أو دقائق (Particulates).أن تقوية المواد المعدنية تقدم كفاءة أداء ميكانيكية بموثوقية أعلى من السبائك [Hooker& Doorber 2000; Park et al. 2001].أجريت دراسات على المواد المركبة تركزت على تقوية أرضيات من سبائك الألمنيوم أو سبائك الخارصين أو سبائك التيتانيوم بألياف الالومينا أو ألياف الكاربون [Umit& Kazim 2002; Sinclair & Gregson 1997].الاستخدام الواسع للمواد المركبة تقيده التكاليف التصنيعية لألياف التقوية والمادة المركبة،لكن المواد المركبة المقواة بالدقائق أو الشعيرات جديرة بالاهتمام أكثر من التقوية بالألياف لانخفاض تكاليفها وسهولة تصنيعها،وان الدقائق تكون مقسمة إلى مجموعتين مبنية على أساس الصلادة هي الدقائق اللينة مثل الطلق (Talc) والكرافيت ذات صلادة اقل من (2 GPa) [Srivastan et al.2003;Riahi& Alpas 2001]،والدقائق الصلدة التي تكون صلادته بحدود (4-40 GPa) مثل كاربيد السيلكون (SiC) والالومينا ($Al_2O_3$) وكاربيد التيتانيوم ($TiC_2$) [Bell et al. 1997; Soon et al. 2003; Zhou et al. 1991].

في السنوات الأخيرة المواد المركبة التي أساسها سبائك الألمنيوم وتقويتها من المواد السيراميكية لاقت اهتماماً واسعاً بسبب تحسين خواصها الميكانيكية كمعامل المرونة والمقاومة وجساءة التراكيب [Bell et 1997;Soon et al. 2003; Zhou et al.1991;Srivastava1996;Ranganath et al. 2002]

ومقاومة البلى [Seah et al. 1997;Mohan et al. 2002]،بالإضافة إلى ثبات الأبعاد والسيطرة على الخواص الفيزياوية مثل الكثافة ومعامل التمدد الحراري [Gen et al.2002; Zhou &Xu 1997].قام الباحث (Dasguta 2010) بدراسة تأثير المعاملة الحرارية والتشكيل بالبثق باتجاهات مختلفة على الخواص الميكانيكية للمادة المركبة المؤلفة سبيكة الألمنيوم (7075) وكاربيد السيلكون بكسر حجمي (10%) وحجم حبيبي

(20–40 μm)، ودرس (Jayaseelan et al. 2010) تأثير عملية البثق على سلوك المادة المركبة (Al /SiC) المحضرة بطريقة السباكة بالمزج وميتالورجيا المساحيق وتبين إن أداء المادة المركبة يكون أفضل بطريقة السباكة بالمزج.

## 2. طريقة العمل

قسمت المواد المستخدمة في تحضير المواد المركبة إلى قسمين هما المادة الأساس ومواد التقوية.إذ اختيرت سبيكة (Al–Cu–Mg) والمسماة (2024) حسب جمعية الألمنيوم الأمريكية كمادة أساس مبين تكوينها الكيمياوي بعد عملية الصب بالجدول (1)،أما مادة التقوية فتضمنت معاً كاربيد السيلكون بحجم حبيبي (100 μm) ومسحوق الكرافيت بحجم حبيبي (100–150 μm).

تم تحضير السبيكة الأساس بالسباكةً بالقوالب المعدنية وبكتلة معلومة.نفذت عملية الصهر عند درجة حرارة (750 ° C) بفرن كهربائي ذي فوهة عليا ببودقة مصنوعة من كاربيد السيلكون،اذ تم صهر قطع من عنصر الألمنيوم وتمت إضافة قطع صغيرة(Chips) من النحاس للمنصهر،ثم أضيفت قطع المغنسيوم بعد تغليفها برقائق من الألمنيوم لمنع حدوث التأكسد ولضمان دخولها المنصهر،ولغرض مجانسة المنصهر يتم تدويره باستمرار بواسطة استخدام قضيب كرافيتي وتكرر العملية للعناصر الأخرى.بعدها تمت عملية صب المنصهر في قوالب اسطوانية من الحديد الصلب والتي سخنت مسبقاً إلى درجة حرارة (250 ° C) لمنع حدوث التبريد المفاجئ.

أما المادة المركبة فحضرت بطريقة السباكة بالمزج (Stir Casting) للحصول على تقنية الدوامة (Vortex Technique)،اذ قطعت السبيكة الاساس (2024) إلى قطع صغيرة لغرض وزنها وحساب الكسر الوزني لمادة التقوية لكل من كاربيد السيلكون بنسبة (3%) والكرافيت (3%)،ثم وضعت القطعة الموزونة في البودقة داخل الفرن الكهربائي المثبتة حرارته عند (750 ° C) لضمان انصهار السبيكة التام،وبعدها أضيفت للمنصهر الدقائق السيراميكية المغلفة برقائق الألمنيوم والمسخنة مسبقاً إلى درجة حرارة (250 ° C) وذلك لإزالة الرطوبة وتحسين تشتيت الدقائق داخل المنصهر،ثم ادخل خلاط كهربائي في البودقة الموجودة داخل الفرن والذي يدور بسرعة (900 rpm) للحصول على دوامة تجانس المنصهر ولمدة تتراوح بين (3–5 min)،بعدها تمت عملية الصب في قالب معدني ذي قطر (15 mm) وارتفاع (200 mm). تكرر العملية عدة مرات وفقاً للنسب المطلوب إضافتها من كاربيد السيلكون والكرافيت للسبيكة الأساس وحسب ما مبين في الجدول (2).

أنجز اختبار الشد طبقاً للمواصفة القياسية (ASTM–E8–95) بدرجة حرارة الغرفة باستخدام ماكنة الفحص الشاملة (Universal Testing Machine)،أما أبعاد عينة الشد فكانت بقطر (12.5 mm) وطول (62.5mm). ونفذ اختبار الانضغاط (Compression Test) وفقاً للمواصفة (ASTM–E9–95)

بأبعاد عينة (13 mm) قطراً و(25 mm) طولاً.أما فحص الصلادة فأنجز على وفق المواصفة (ASTM E10) بطريقة برينيل، وكان الثقل الثانوي المسلط (10 kg) والثقل الرئيسي (62.5 kg) بزمن تسليط (15) ثانية.

## 3. النتائج والمناقشة

يبين الشكل (1) تأثير إضافة كل من دقائق كاربيد السيلكون بنسب وزنية مختلفة (3,5,7 %) ومسحوق الكرافيت بنسبة وزنية ثابتة مقدارها (3%) على مقاومة الشد القصوى للسبيكة الأساس (AA 2024) ،اذ لاحظنا من الشكل زيادة واضحة بمقاومة الشد مع زيادة محتوى المادة المركبة من مواد التقوية وبلغت أشدها عند إضافة (7%) كاربيد السيلكون و مسحوق الكرافيت (3%) وكانت نسبة الزيادة(56%).وتبين من الشكل (2) ارتفاعاً بمقاومة الخضوع للمادة المركبة مع زيادة النسب الوزنية لمادة التقوية هذا الارتفاع بلغ نسبة (38%).أما متانة المادة المركبة فانخفضت بمقدار(76%) عند إضافة كاربيد السيلكون بنسبة وزنية (7%) والكرافيت بنسبة (3%) وبدى ذلك واضحاً من الشكل (3). وجاءت النتائج متقاربة مع ما توصل إليه باحثون آخرون [Srivastan et al. 2003; Soon et al. 2003; Zhou et al. 1991; Ranganath et al. 2002; Seah et al. 2000; Sharma et al. 1999]

هناك آليات مقترحة لتحسين الخواص الميكانيكية للمواد المركبة ذات الأساس المعدني أبرزها يعزو إلى الاختلافات الكبيرة بمعامل التمدد الحراري بين سبيكة الألمنيوم الأساس ومواد التقوية [Charles& Arunachalam 2003] وهذا يؤدي إلى عدم تطابق الانفعال الناتج عن الاختلافات بالتقلص الحراري عند السطح البيني بين الأرضية ومواد التقوية،والمحصلة فقدان التطابق بالإجهاد والذي يولد الانخلاعات وهذه الزيادة في كثافة الانخلاعات تساهم في تقوية الأرضية المعدنية.وهناك من يفسر التحسن بالمقاومة إلى الاختلافات في معامل التمدد الحراري لمكونات المادة المركبة والتي تكبح الجريان اللدن الثلاثي المحور في الأرضية المطيلية ويدعم هذا الكبح بالجسيمات الصلدة الهشة المقواة للأرضية[woei&wu 2000].

إن زيادة مقاومة الشد القصوى ناجمة عن جسيمات كاربيد السيلكون التي تعمل على إعاقة حركة الانخلاعات والتي تساهم بشكل ايجابي في تقوية المادة المركبة (Al 2024/SiC/Gr) ،أي إن وفرة هذه الجسيمات يسبب إنقاص المسافة بين مكونات المادة وبالتالي زيادة في مقاومة حركة الانخلاعات وأثناء التشويه الانخلاعة أما

تقطع أو تمر حول الجسيمات وكمحصلة نهائية زيادة مجالات الإجهاد التي تقيد الجريان اللدن المسببة لتعزيز المقاومة للأرضية.

أما الشكل (3) فيبين تأثير التقوية على مطيلية المواد المركبة عند إضافة نسب مختلفة من كاربيد السيلكون والكرافيت،إذ يلاحظ بزيادة تلك النسب تنخفض المطيلية والسبب في ذلك يرجع إلى إن جسيمات التقوية عملت على مقاومة مرور الانخلاعات أما بواسطة خلق مجالات إجهاد في الأرضية أو إحداث اختلافات كبيرة في السلوك اللدن بين الأرضية والدقائق،بالإضافة إلى ذلك فان وجود كاربيد السيلكون والكرافيت معاُ تسبب في تقليل التقصف للمادة المركبة [woei& Wu 2000].

إن العلاقة بين مقاومة الانضغاط ومحتوى المادة المركبة من دقائق التقوية بينها الشكل (4)،إذ يظهر بزيادة نسب مواد التقوية ازدادت مقاومة الانضغاط وتراوحت نسبة الزيادة من (5%) إلى (40%) عند إضافة مواد التقوية بسب وزنية من (3%) إلى (7%) وهذه النتائج تكون متوافقة مع ما توصل إليه آخرون [Seah et al. 2000;Sharma et al. 1999]،ان الارتفاع في مقاومة الانضغاط سببه وجود دقائق صلدة منحت المقاومة العالية للمادة المركبة وهذه الدقائق تكون موجهه باتجاهات مختلفة عملت على اختلافات كبيرة في سلوك الإجهاد–الانفعال [Charles& Arunachalam 2003].

إن تأثير إضافة مواد التقوية على صلادة برينيل للسبيكة الأساس (Al 2024) موضحاً بالشكل (5)،وتبين منه زيادة ملحوظة في الصلادة وبلغت نسبة الزيادة (149%) عند إضافة كاربيد السيلكون بنسبة (7%)،تلك الزيادة متوقعة بسبب إن دقائق (SiC) الصلدة المتشتتة عملت كحاجز لمرور الانخلاعات داخل الأرضية، وان التقوية بالتشتيت يكون تأثيرها ايجابياً حتى بدرجات الحرارة العالية لفترات زمنية معينة بسبب عدم تفاعل دقائق التقوية مع طور الأرضية [Zhou et al. 1991; Seah et al. 1997;Sharma 1999].

## 4. الاستنتاجات

1. إمكانية تصنيع مواد مركبة بطريقة السباكة بالمزج (Stir Casting) مؤلفة من السبيكة الأساس (Al 2024) ومواد التقوية من كاربيد السيلكون بنسب وزنية مختلفة (% 3,5,7) ومسحوق الكرافيت بنسبة ثابتة (3%).

2 . تحسين الخواص الميكانيكية للمادة المركبة كمقاومة الشد والصلادة ومقاومة الانضغاط على حساب نقصان المطيلية.

## 5. المصادر

Bell J.A.E. , Stephenson T.F. and Warner A.E.M.; SAE 970788.

Charles S. and Arunachalam V.P ; Indian Journal of Engineering and Material Science. **10** (August 2003) 301-305.

Dasgupta R. ; Engineering . **2** (2010) 237-256.

Gen Sasaki , Makoto Yoshida , Nobuyuki Fuyama & Toshio Fuji ; Journal of Materials Processing Technology. **130–131** (2002) 151–155.

Hooker J.A. and Doorber P.J. ; Material Science and Technology. **6** (July-August 2000) 725-782.

Jayaseelan V. , Kalaichelvan K. , Kannan M. & Ananth S.V. ; International Journal of Applied Engineering Research, Dindigul. **1** (2010) 194-199.

Mohan S. , Pathak J.P. , Gupta R.C. , Srivastava S. , Z. Metallkd . **93** (2002) 12.

Park B.G. , Crosky A.G. & Hellier A.K. ; Journal of Material Science. **36** (2001) 2417-2426.

Ranganath G. , Sharma S.C. , Krishna M. and Muruli M.S. ; Journal of Materials Engineering and Performance. **11** (2002) 408-413.

Riahi A.R. , Alpas A.T. ; Wear. **251** (2001) 1396-1407.

Seah K.H.W. , Sharma S.C. & Ramesh A. ; Proc. Instn Mech Engrs. **part L 214**. (2000) 1-6.

Seah K.H.W. , Sharma S.C & Girish B.M. ; Composites. part-A **29** (1997) 251-256.

Sharma S.C. , Girish B.M. , Kamath R. , and Satish B.M. ; Journal of Materials Engineering and Performance Science. **8** (june 1999) 309-314.

Sinclair I. and Gregson P.J.; Material Science and Technology. **13** (1997) 709-726.

Soon-Jik , Hong-Moule Kim , Dae Huh , Satyanarayana C. & Byong Sun Chun ; Material Science and Engineering. **A 347** (2003) 198-204.

Srivastava T.S. ; Journal of Material Science. **31** (1996) 1375-1388.

Srivastan T.S., Meslet Al- Hajri , Smith C. & Petraroli M. ; Material Science and Engineering. **A 346** (2003) 91-100.

Umit Cocen , Kazim Onel ; Composite Science and Technology. **62** (2002) 275-282.

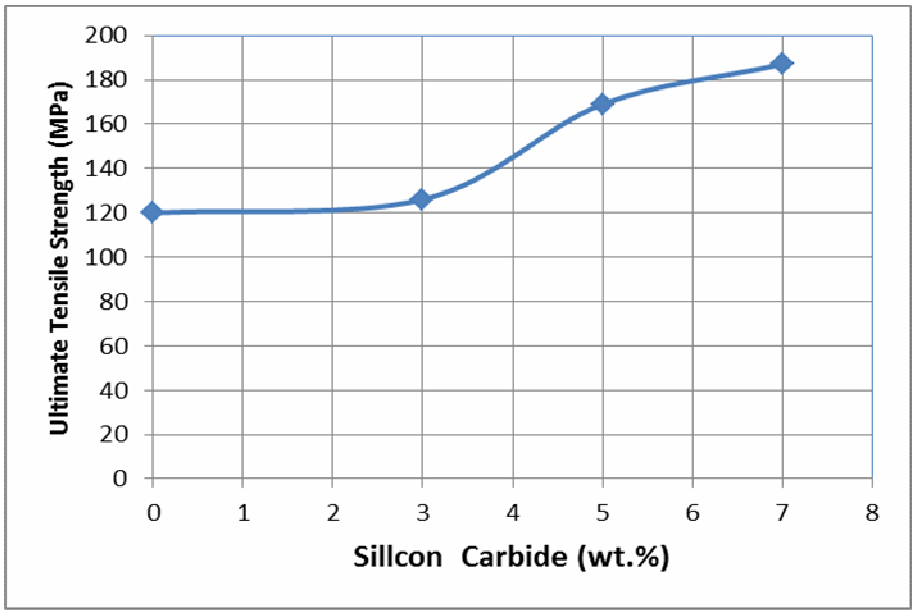
Woei-Shyan Lee and Wu-Chung Sue ; Journal of Composite Materials. **34** (2000) 1821-1841.

Zhou W., Xu Z. M.; Journal of Materials Processing Technology. **63** (1997) 358-363.

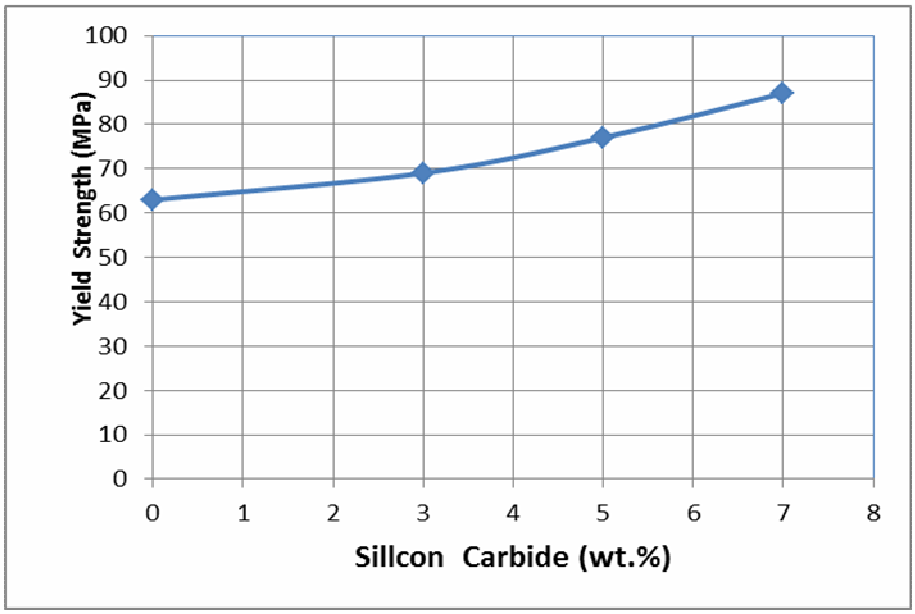
Zhou Zhao, Song Zhijian and Xu Yingkum ;Material Science and Engineering.**A132** (1991) 83-88.

جدول(1) يبين التكوين الكيمياوي بالنسب المئوية الوزنية للسبيكة (2024) بعد عملية الصب.

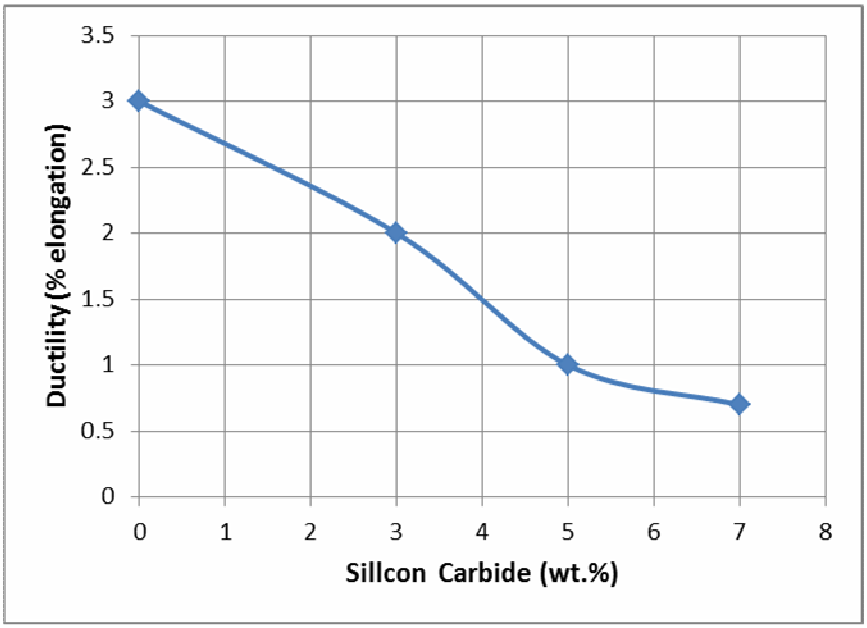
| Al | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Cr | Zn | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Remainder | 0.5 | 0.5 | 3.8-4.9 | 0.3-0.9 | 1.2-1.8 | 0.1 | 0.25 | 0.15 |



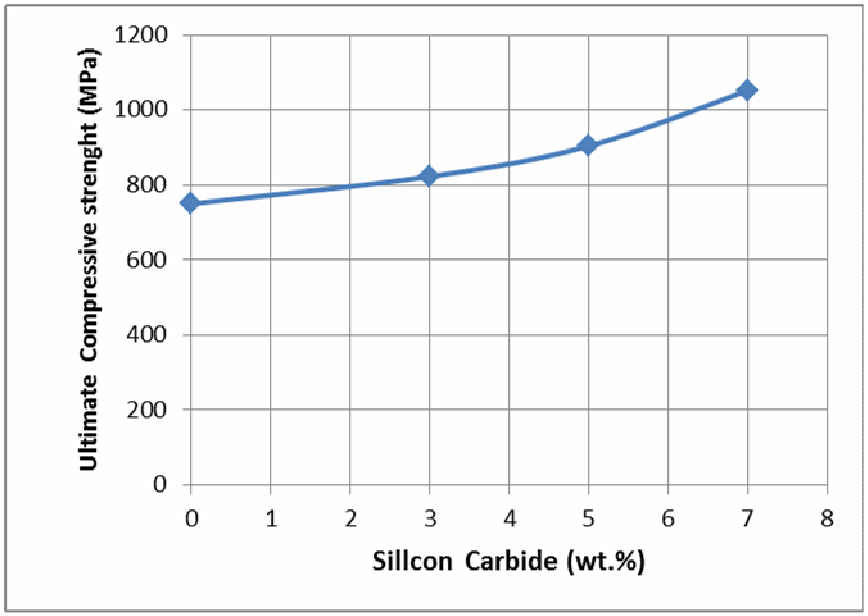

شكل(1) تأثير إضافة نسب مختلفة من كاربيد السيلكون و(3%) كرافيت على مقاومة الشد القصوى للسبيكة الأساس (2024).



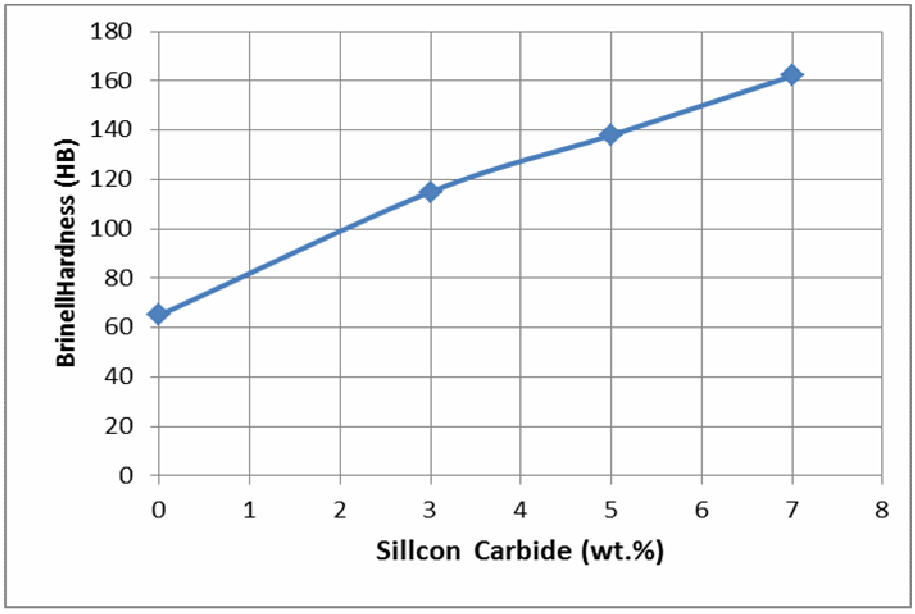

شكل(2) تأثير إضافة نسب مختلفة من كاربيد السيلكون و(3%) كرافيت على مقاومة الخضوع للسبيكة الأساس (2024)




شكل(3) تأثير إضافة نسب مختلفة من كاربيد السيلكون و(3%) كرافيت على مطيلية السبيكة الأساس (2024).




شكل(4) تأثير إضافة نسب مختلفة من كاربيد السيلكون و(3%) كرافيت على مقاومة الانضغاط للسبيكة الأساس (2024).




شكل(5) تأثير إضافة نسب مختلفة من كاربيد السيلكون و(3%) كرافيت على صلادة السبيكة الأساس (2024).