

تأثير الإضافات المتكررة للسليكا النانوية على الخصائص الفيزيائية للننكل

صالح يونس درويش¹، اسماعيل حمزة جمعة¹، حميد اليار²

1- قسم الفيزياء، كلية التربية طوزخورماتو، جامعة تكريت، العراق

2- قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة جانكري، تركيا

<https://doi.org/10.54153/sjpas.2023.v5i2.481>

معلومات البحث:

تاريخ الاستلام: 2023/03/03

تاريخ القبول: 2023/04/09

الكلمات المفتاحية:

المواد النانوية، الخصائص التركيبية،
المواد السيراميكية، السيراميك، تكنولوجيا
المساحيق

معلومات المؤلف

الايمليل: salih.youins@tu.edu.iq

الخلاصة:

بالإمكان تقوية المعادن بمواد سيراميكية مختلفة بسبب ضعف البنية البلورية لها، وبالعامل الحالي تم تقوية النكل بالسليكا (SiO₂) النانوية بنسب حجمية % (2,4,6,8,10) الى المادة الأساس من معدن النكل (%Ni). إذ استخدمت ميتالورجيا المساحيق وبعد خلط النسب الحجمية المحددة تم طحن تلك المساحيق لزمن ساعتين بواسطة خلاط كهربائي محلي الصنع ومن ثم وضع المسحوق بقلب الكبس ذو القطر 10mm وتمت عملية الكبس بواسطة مكبس هيدروليكي عند ضغط مقداره (8 MPa) لزمن دقيقة واحدة. العينات الناتجة تم معالجتها حرارياً عند (1100°C) لساعتين. تم إجراء بعض الفحوص قبل وبعد عملية التليد الحراري ووجد أن النتائج تكون ذات قيمة تجريبية متميزة بعد اجراء المعاملات الحرارية، إذ تم الحصول على كثافة حقيقية مقدارها (8.26g/cm³) وامتصاصية ماء بمقدار (0.67%). وتبين أن أفضل صلادة بطريفة بريزل هي (770 Kg/mm²)، بينما أفضل مقاومة إنضغاط هي (68MPa)، أما النتائج التركيبية والتي شملت المجهر الالكتروني المساح (SEM)، وحيود الأشعة السينية فقد أعطت نتائج واضحة المعالم للنماذج المحضرة من حيث تماسك وترابط البنية التركيبية وكذلك خصائص المادة المستخدمة بالتدعيم وتخلخلها خلال سطح المادة الأساس النكل وظهور اوكسيد النكل بشكل طور منفرد مما يعزز النتائج المستحصلة.

المقدمة

تنوعت المواد الهندسية المتقدمة المستخدمة ضمن التطبيقات التكنولوجية الصناعية [1]، وبرزت من أهم هذه المواد هي المواد السيراميكية المتقدمة مثل (SiO₂, Al₂O₃...etc) [2]، ويتم تصنيع تلك المواد بطرق مختلفة ومن أهم تلك الطرق هي تكنولوجيا المساحيق [3]. إذ أن مجال المواد المترابكة هو علم واسع لا يمكن الإلمام به لمجرد معرفة المبادئ الأساسية لها او الظروف القياسية [4]، ولكن يجب الإشارة إلى أن دراسة هذا الموضوع يهدف إلى إيجاد مادة مترابكة تصلح للتطبيق في الظروف المختلفة وتحسين خصائص المواد ذات البنية الضعيفة [5]، بل يجب أن يدعم المبادئ الأساسية جانب عملي مكثف [6]، ويكون هذا الجانب بأقل التكاليف وبأعلى المواصفات [7]. أن المواد المعادن المقواة بالنانو التي تمتلك قيمة عالية لنسبة المتانة الى الوزن ونسبة الجساءة الى الوزن [8]، اصبحت ذات أهمية كبيرة في التطبيقات الحساسة للوزن مثل الطائرات والمركبات الفضائية [9]. لقد باتت المواد المترابكة تظفي على معظم المكونات للمركبات الحديثة والأدوات بل تعدت ذلك إلى الدخول في مجال مكونات الإنشاءات العمرانية [10]، البناء كالبنائيات الشاهقة [11]، وقواعد الجسور وغيرها [12]. وبسبب مقاومتها العالية للتعرية (Erosion) والتآكل ومقاومتها للحرارة وتحمل درجات الحرارة العالية وصلادتها العالية فإنها أصبحت ضرورة ملحة في الحياة العصرية [13]، فقد تبنى بيوتنا المستقبلية جميعها من المواد المترابكة التي ستكون أقل احتمالاً لتعرضها لأضرار الكوارث الطبيعية وأكثر مقاومة للزلازل [14,15]. وأن أهم ما يميز المواد المترابكة بأنها ذات طور اساس من المعدن وطور مقوي ومدعم قد يكون من مادة نانوية سيراميكية هو تحمل الصدمات وامتصاصها [16]. يطلق على الطور الأولي او الاساس الذي له خصائص الاستمرارية بالطور الأساسي [17]، ويكون هذا الطور عادةً أكثر مطولية وتحمل عالي واقل صلادة [18]. أن هذا

الطور يمكن أن يصنع من المعادن أو اللدائن أو السيراميك [19]. ويمكن ان تستخدم المعادن واللدائن كأطوار أساسية [20]، نظراً لأمتلاكها بعض المطولية والتي تكون أحد الخواص المفضلة [21]، أما بالنسبة للطور السيراميكي فإنّ التقوية المضافة تكون من أجل تحسين متانة التصدع [22]. ويتكون الطور الاساسي من مادة واحدة أو أكثر [23]، ومن أهم خصائصه الأساسية احتواءه على أطوار التدعيم [24]، وتوزيع الإجهادات المسلطة [25]. أما طور أو الأطوار الثانوية المدعمة التي تكون موزعة داخل الطور الأساسي [26]، وعادة ما يسمى هذا بطور التقوية أو التدعيم ويتميز هذا الطور بالمقاومة والصلادة العاليتين (High Strength and Hardness) [27]، أنّ الغرض الأساسي للطور المدعم هو تزويد أفضل مستويات الصلابة والمقاومة للمواد المركبة [28]. أنّ العديد من المواد الشائعة (السيراميك المعدني، السيراميك واللدائن تخطط مع الإضافات) [29]، وتمتلك كميات قليلة من الأطوار المنتشرة في بنيتها [30]، ولكنها لا تعد كمواد مركبة؛ لأنّ خواصها الفيزيائية تماثل خواص الأطوار الأساسية [31]، فالخواص الفيزيائية للصلب تكون مماثلة لخواص الحديد النقي [32]. ان الهدف الاساسي من المقال الحالي هو تحسن الخصائص التركيبية وكذلك الميكانيكية لمعدن النيكل عن طريق إضافات من مادة السليكا النانوية.

المواد وطرائق العمل

المواد المستخدمة

تم استخدام معدن النيكل Ni كمادة أساس والمصنع من قبل شركة (Sulzer Metco) ومنشأ (سويسري) وبنقاوة (99.5% ≥)، أما مادة التدعيم النانوية كانت من السليكا SiO₂ من شركة (Changsha Santech Co.) ومنشأ (صيني) وبنقاوة (99.8% ≥). إذ كان الحجم الحبيبي للنيكل (75µm)، بينما السليكا (35nm).

طريقة العمل

تم إجراء عملية الخلط بواسطة خلاط كهربائي للمساحيق المستخدمة التي كانت من أساس معدني هو النيكل Ni وبنسب حجمية % (98,96,94,92,90)، بينما تم استخدام مادة السليكا النانوية SiO₂ كمادة تقوية مدعمة وبنسب حجمية أيضاً بمقدار % (2,4,6,8,10)، إذ تم أخذ نسب حجمية وذلك بسبب إختلاف الكثافات بين مادة التدعيم والمادة الأساس [33]، بعد أكمل عملية الخلط أجريت معاملة حرارية بسيطة للمخلوطين عند درجة حرارة 100°C ولزمن نصف ساعة. عملية كيس المسحوق تضمنت قالب الكبس ذو قطر 10mm والموضح بالشكل (1)، أما المكبس الهيدروليكي المستخدم هو من نوع (HALIM USTA) ذو منشأ تركي موضح بالشكل (2)، وأقصى حمل له هو 20 طن. أن مقدار الضغط المسلط ولجميع النماذج المحضرة هو (8MPa) ولمدة دقيقة واحدة فقط للحصول على أفضل مكبوسات سليمة البنية الخارجية وغير متشققة. العينات الناتجة من عملية الكبس عادة ما تعاني من طراوة أو ما يسمى بذات كثافة خضراء، وبالتالي تحتاج الى عملية تلييد حراري والتي جرت باستخدام فرن نوع (Muffle Furnace) ذو منشأ كوري وبموديل (MF-12) أقصى درجة حرارة له (1200°C)، إذ تم تلييد العينات عند درجة حرارة (1100°C) لزمن ساعتين فقط، إذ تم اخذ درجة حرارة التلييد بالاعتماد على أن درجة التلييد يجب أن تكون ما بين (70-90°C) من درجة إنصهار المادة الأساس [34]، وتم أخذ 76% تقريباً من درجة إنصهار النيكل وحسب توفر الفرن في المختبر. بعد إكتمال العينات من الفرن يتم تنظيفها جيداً وتجهيزها للاختبارات الميكانيكية والفيزيائية.



شكل 1: القالب المستخدم لكبس المساحيق.



شكل 2: المكبس الهيدروليكي المستخدم.

الفحوص التركيبية والفيزيائية المجهر الإلكتروني الماسح

يعد المجهر الإلكتروني الماسح من المجاهر الإلكترونية المهمة في تقييم طوبوغرافية السطح وفحص البنية السطحية وحساب الحجم الحبيبي وكذلك بالإمكان معرفة نسب العناصر المكونة للمركب عن طريق (EDX)، إذ إستخدمت مجهر إلكتروني ماسح نوع (MIRA3 TESCAN) ذو منشأ بلجيكي. يتم من خلاله تسليط حزمة من الإلكترونات على الذرات الموجودة في سطح العينة وبذلك تنتج عدة إشارات مختلفة تعطي معلومات حول شكل وتضاريس السطح الخارجي للعينات المستخدمة [35].

حيود الأشعة السينية

يتم حساب نتائج حيود الأشعة السينية وذلك لمعرفة المكونات الأساسية المكونة للسبيكة الناتجة وكذلك الأطوار المتكونة والأنظمة البلورية إذ يعد فحص الأشعة السينية غير إتلافي يتم من خلاله معرفة الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمواد المستخدمة وأساس عمل الحيود عن طريق زاوية الأشعة الساقطة على المادة والتي تكون تابعة لزاوية سقوط معينة [36]. يتم اعتماد معادلة براك لغرض حساب شرط حيود الأشعة السينية بالمعادلة ادناه [37].

$$(1) n\lambda = 2d \sin \theta$$

إذ إن: n هو عدد صحيح يمثل مرتبة ذروة الحيود، λ هو طول موجة الأشعة السينية، θ هي زاوية الحيود.

الكثافة الحقيقية

أن من أهم الأختبارات الميتالورجية للمركبات المنتجة بواسطة تقانة ميتالورجيا المساحيق هي أختبارات الكثافة وأمتصاصية الماء وذلك لأهميتها، فالكثافة واحدة من الخصائص المهمة للمساحيق ولها تأثير كبير على التكثيف (Densification)، وأن تحسين الكثافة يساعد في الحصول على مكبوسات ذات نعومة وشكل منتظم ويمكن تحديدها من خلال الوزن والأبعاد للمكبوسات على وفق العلاقة أدناه [38,39]:

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (2)$$

إذ إن: ρ : تمثل الكثافة بعد التشكيل (g/cm^3) ، M : تمثل كتلة العينة بالغرام (g) ، V : يمثل حجم المكبوسة (cm^3) .

قابلية امتصاصية الماء

يمكن تعريف إمتصاصية الماء بأنها: نسبة حجم المسامات المفتوحة إلى كتلة الأنموذج. أن نسبة إمتصاصية الماء هي إحدى الخواص التي يتحدد عن طريقها نوع المنتج فإذا كانت إمتصاصية الماء أقل من 1% فهو منتج مزجج (Vitreous) أما إذا كانت أعلى من نسبة 1% فهو منتج مسامي (Porous)، وتعتمد الإمتصاصية على مقدار المسامية إذ تتناسب معها تناسباً طردياً؛ وذلك؛ لأن كمية الماء الذي تمتصه المادة يكون من قبل المسامات المفتوحة لذلك فإن إمتصاصية الماء تتأثر بالعوامل نفسها المؤثرة على المسامية مثلاً الحجم الحبيبي للمواد الأولية وظروف التشكيل والتلييد. يمكن حساب نسبة إمتصاص الماء بإتباع قاعدة أرخميدس بإستعمال العلاقة الآتية [40,41] :-

$$\text{Water Absorption} = [(w_s - w_d) / w_d] \times 100\% \quad (3)$$

إذ: W_s تمثل وزن النموذج مشبعاً بالماء (gm).

صلادة برينل: (Brielle's Hardness Test)

لغرض قياس قيمة صلادة النماذج المحضرة اعتمدت طريقة الإرتداد بإستخدام جهاز الصلادة المبرمج سويدي المنشأ نوع (Proceq Equotip 2). ولقياس صلادة أي نموذج تم أخذ خمس قراءات في مناطق مختلفة بحيث تشمل كامل السطح الذي تم تهيئته لهذا الغرض. وتظهر قراءة معدل قيم الصلادة بشكل مباشر على شاشة الجهاز. يمتلك الجهاز إمكانية تحويل قيم الصلادة من طريقة إلى أخرى بشكل مباشر. وقد تم برمجة الجهاز ليعطي رقم الصلادة البرينيلية التي تم إعتماها في هذا البحث. ويبين الجدول (1) أهم خصائص الجهاز المستخدم. ويمكن حساب صلادة برينل (HB) من المعادلة التالية [42,43] :

$$HB = F / \left(\frac{1}{2} \right) \pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2}) \quad (4)$$

إذ ان: D هو قطر الكرة (mm)، d هو قطر الأثر الدائري (mm)، F هو الحمل المسلط (Kg).

جدول 1: أهم خصائص جهاز صلادة برينل.

NO.	Property	Values
1	Maximum Hardness	940 HV
2	Impact Energy	11 Nm
3	Mass of Impact Body	5.5 g
4	Diameter Test Tip	3 mm
5	Diameter Impact Device	20 mm
6	Length Impact Device	150 mm

مقاومة الانضغاط القطرية

أن الفشل في مقاومة الإنضغاط يعتمد على الطريقة التي يسلط فيها الحمل، ويجب أن يكون ارتفاع العينة مساوٍ لقطرها على الأكثر عند إختبار مقاومة الإنضغاط بحسب المواصفات العالمية المعتمدة ولكن هناك عددٌ من العينات من الصعوبة تشكيلها بارتفاعات تقترب في قياسها من قطرها بسبب كلفتها العالية. هنالك محددات لهذا الإختبار منها الميل إلى تولد إجهاد الإنتناء ووجود الاحتكاك المتولد نتيجة زيادة المساحة السطحية للسطوح العليا والسفلى للعينة المراد إختبارها مما يؤثر على النتائج المُستحصلة من الإختبار لذا يتم إختبار المواد المترابطة الأسطوانية بتسليط الأحمال على قطر العينة بشكل مستمر إلى أن تفشل، ويمكن إيجاد قيمة مقاومة الإنضغاط (σ) من المعادلة الآتية [44,45]:

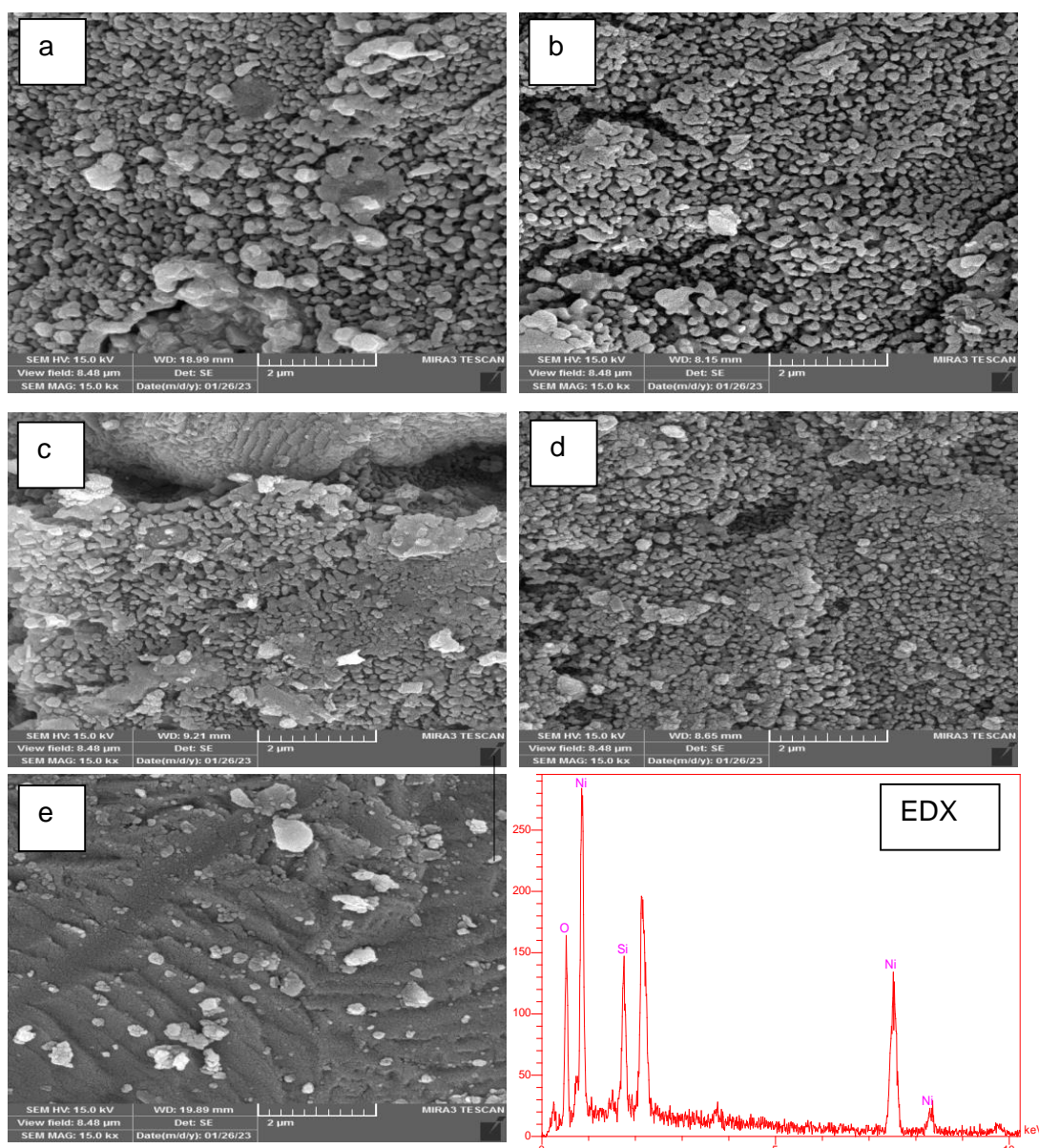
$$(5) \sigma = \frac{2 \cdot F}{\pi h d_s}$$

إذ ان: d_s هو قطر العينة (mm)، h هو ارتفاع العينة (mm)، F هو أقصى حمل مسلط (N).

النتائج والمناقشة

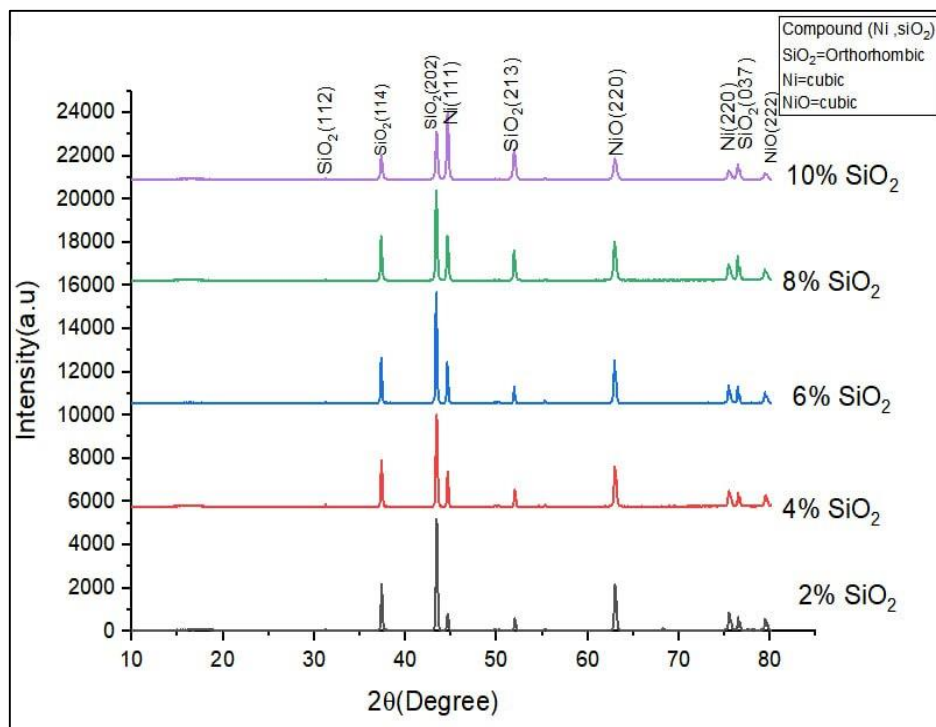
نتائج المجهر الإلكتروني الماسح

تم الحصول على نتائج مشجعة من المجهر الإلكتروني الماسح الذي تم عند عمق (2µm) وبقوة تكبير (15KX)، إذ يبين الشكل (3) الصور الإلكترونية لمتراكبات (Ni-%SiO₂) عند نسب تدعيم متعددة وبعد عملية التلبيد الحراري. أذ تعطي الصورة (a) نسبة تدعيم نانوي 2%، وتوضح الصورة التشابك والتنسيق البلوري بين كل من المادة الأساسية ومادة التدعيم وإنتشار للسليكا خلال سطح النيكل، وعند صورة (b) وبنسبة تدعيم نانوي 4% نجد هناك زيادة بالإنتشار لمادة التدعيم لكن يحوي السطح على بعض العيوب البلورية، أما الصورة (c) عند تدعيم 6% نجد ان المسامات والعيوب البلورية لا زالت متواجدة لكن إنتشار السليكا النانوية واضح باللون الأبيض خلال السطح، وعند الصورة (d) بنسبة تدعيم 8% نجد انخفاض العيوب البلورية وازدياد التشابك الميكانيكي للمخلوطين، بينما تعطي الصورة (e) نسبة تدعيم نانوي بمقدار 10% والتي يظهر السطح بشكل متميز وخالي تقريباً من المسامات والتشققات والعيوب البلورية الأخرى ونلاحظ السليكا منتشرة خلال مادة الأساس النيكل مما يدل على أن أفضل نسبة خلط تم الحصول عليها هي (90%Ni-10%SiO₂) والتي يثبت بشكل واضح خصائص المادة النانوية على زيادة الصلادة وقلة المسامات وتقليل الإجهادات عن طريق التداخل بين ذرات النيكل مما ينتج سبيكة سيرميتية ذات خصائص تجمع بين المواد النانوية التي تمتاز بالمتانة والتماسك وبين المعدن الذي يمتاز بالليونة والتماسك، ويمكن ملاحظة ظهور أكسيد النيكل NiO خلال المتراكبات والذي يدل على تأكسد النيكل وهذا طور يمتلك خصائص فيزيائية وميكانيكية جيدة من ناحية زيادة الصلادة ومقاومة الانضغاط [46,47].



شكل 3: صور المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) وEDX لمتراكبات (Ni-%SiO₂) عند نسب تدعيم مختلفة. نتائج حيود الأشعة السينية

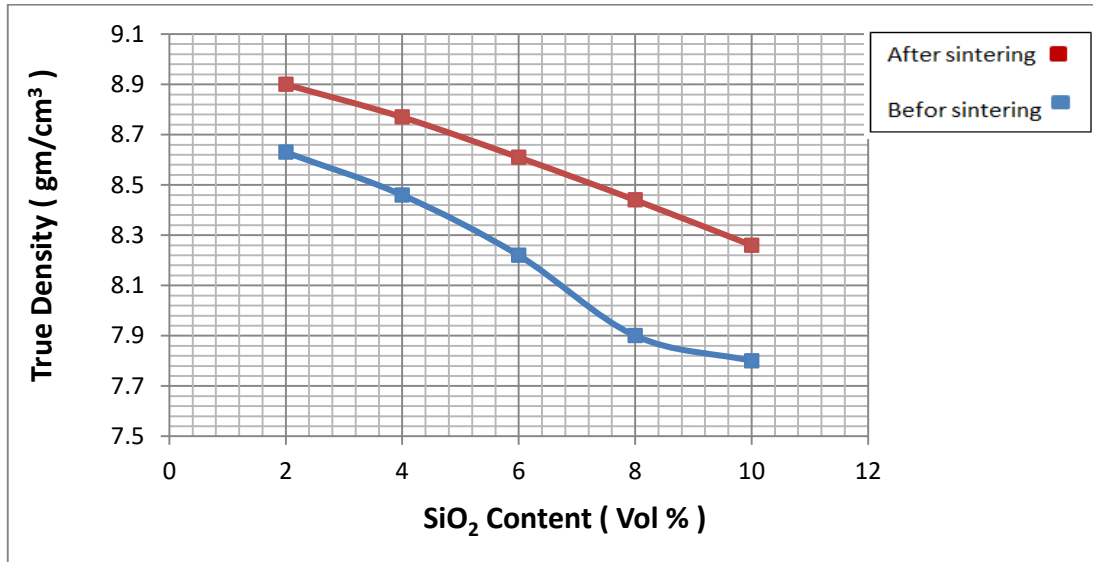
يعد إختبار حيود الأشعة السينية من الإختبارات المهمة في علم المواد وذلك للتعرف على نوع المواد المستخدمة وكذلك التراكيب البلورية الناتجة بعد الخلط والكبس، ويبين الشكل (4) حيود الأشعة السينية لمتراكبات (Ni-%SiO₂) بعد إجراء عملية التلييد وعند نسب التدعيم من السليكا النانوية (2,4,6,8,10)%، أذ نلاحظ من خلال الشكل أن مادة السليكا النانوية (SiO₂) ظهرت بنظام بلوري معيني (Orthorhombic) وعند الزوايا الرئيسية (2θ=37,44,53,77)، أما معدن النيكل الأساس فقد ظهر بالنظام المكعبي (Cubic) وعند الزوايا البلورية (2θ=45,76) ونتيجة لإختلاط الأوكسجين مع النيكل أثناء عمليات التلييد الحراري ظهر أوكسيد النيكل (NiO) بالنظام المكعبي (Cubic) وعند الزوايا البلورية (2θ=63.5,80)، أن ظهور أوكسيد النيكل الثنائي فضلا عن وجود أوكسيد السليكون النانوي كونا سبيكة ذات خصائص ميكانيكية وفيزيائية مميزة وذلك لما يمتاز به أوكسيد النيكل من الصلابة العالية والذي له تطبيقات صناعية متعددة خلال المواد السيراميكية [48]، وخلال سبائك الصب والنيكل [49]، بخلايا الوقود كقطب [50]، مما يعطي خصائص ميكانيكية عند ظهوره خلال المتراكبات وخصوصاً عند نسبة التدعيم 10% من السليكا.



شكل 4: حيود الأشعة السينية XRD لمتراكبات (Ni-%SiO₂) عند نسب تدعيم مختلفة.

نتائج الكثافة الحقيقية

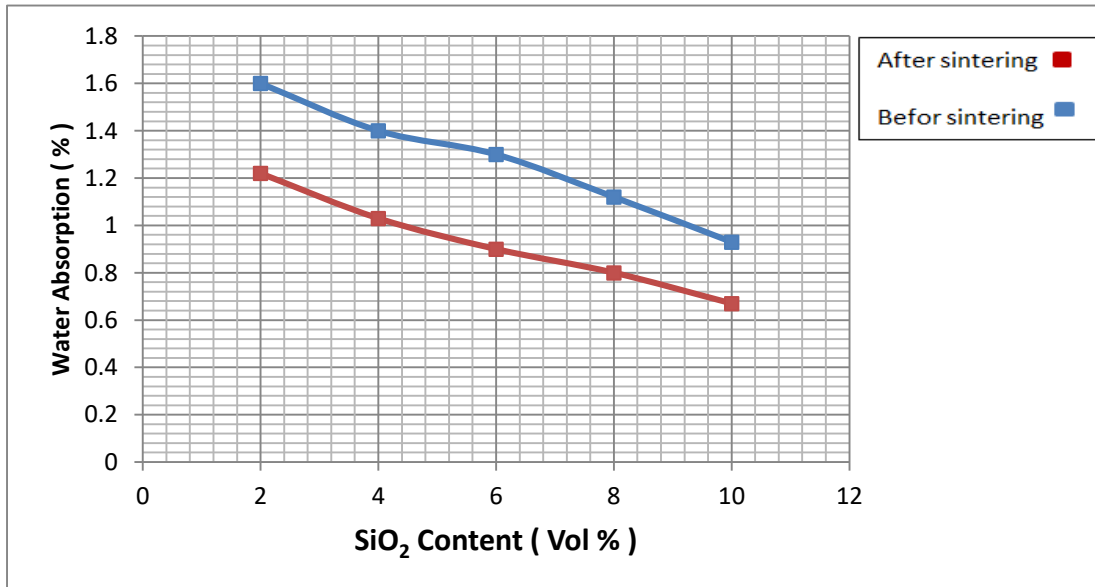
يبين الشكل (5) العلاقة بين التغيير بالنسب الحجمية لتركيز السليكا والكثافة الحقيقية قبل إجراء عملية التلييد وبعدها، ويلاحظ من خلال الشكل وجود تغيير طفيف تقريباً إذ كانت الكثافة قبل التلييد و عند نسبة تدعيم (2%) بمقدار (8.63 g/cm³) بينما وصلت لمقدار (7.8 g/cm³) عند نسبة 10%، أما بعد التلييد و عند تركيز (2%) كانت بمقدار (8.9 g/cm³) بينما وصلت لمقدار (8.26 g/cm³) عند نسبة 10%، ويعزى ذلك إلى أن الكثافة تتأثر بشكل كبير بعاملين رئيسيين أهمهما الضغط والحرارة وبما أن المركب الناتج تم تشكيله عند ضغط (80MPa) وبذلك نلاحظ وبشكل واضح أن الكثافة أنخفضت، وعند مقارنة كلا القيمتين للكثافة قبل التلييد وبعده نلاحظ أن الكثافة تزداد بعد كل زيادة للسليكا حتى نسبة (10%)، وأن زيادة الكثافة بعد التلييد عن قبلها يعود إلى درجة حرارة التلييد إذ تم تكثيف وتجميع الحبيبات إلى أقل ما يمكن وهذا يعني إنحسار الفجوات وإنخفاض وجودها في جميع النسب مقارنة بالمادة الأساس [51].



شكل 5: العلاقة بين نسب التدعيم الحجمية والمسامية الحقيقية قبل وبعد التلبيد الحراري.

نتائج امتصاصية الماء

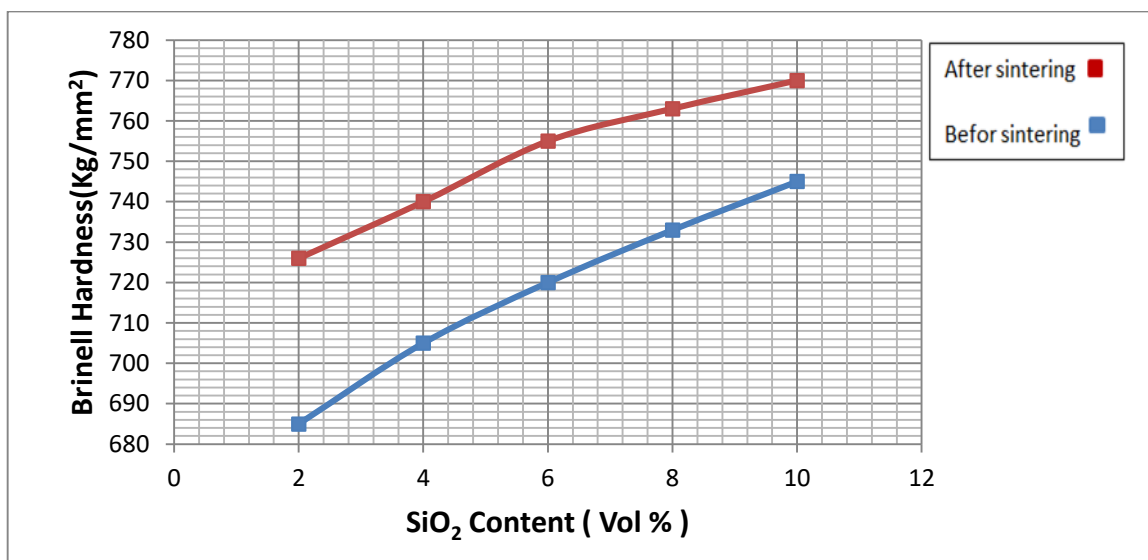
يوضح شكل (6) العلاقة العكسية بين زيادة النسبة الحجمية لجسيمات السليكا وامتصاصية الماء والتي تمثل عدد المسامات التي تعمل على امتصاص الماء والتي تم حسابها من خلال قاعدة أرخميدس عملياً، إذ نلاحظ من خلال الشكل أيضاً انخفاض امتصاصية الماء للمتراكبات من (0.93%-1.6%) لمحتوى السليكا من % (2-10) قبل التلبيد، بينما إنخفضت امتصاصية الماء للمتراكبات من (0.67%-1.22%) لمحتوى السليكا من % (2-10) بعد التلبيد، أي أقل مسامية هي عند نسبة التدعيم 10% سليكا. ويعزى هذا الانخفاض في امتصاصية الماء أيضاً إلى انخفاض قيم المسامية مع زيادة نسب السليكا الذي بدوره يساعد على ملئ الفراغات ويقلل امتصاص المركب للماء وبما أن نسبة امتصاص الماء أقل من 1% لذلك يعتبر المركب غير مسامي أي مركب مزجج (Vitreous). وأن عدم الدقة العالية للنتائج هي بسبب فقدان بالوزن في النماذج وكذلك للكثافات المختلفة، وكذلك لأن كمية الماء الذي تمتصه المادة يكون من قبل المسامات المفتوحة لذلك فإن امتصاصية الماء تتأثر بالعوامل نفسها التي تتأثر بها المسامية مثل الحجم الحبيبي للمواد الأولية وظروف التشكيل والتلبيد [52].



شكل 6: العلاقة بين نسب التدعيم الحجمية وامتصاصية الماء قبل وبعد التلبيد الحراري.

نتائج صلادة برينل

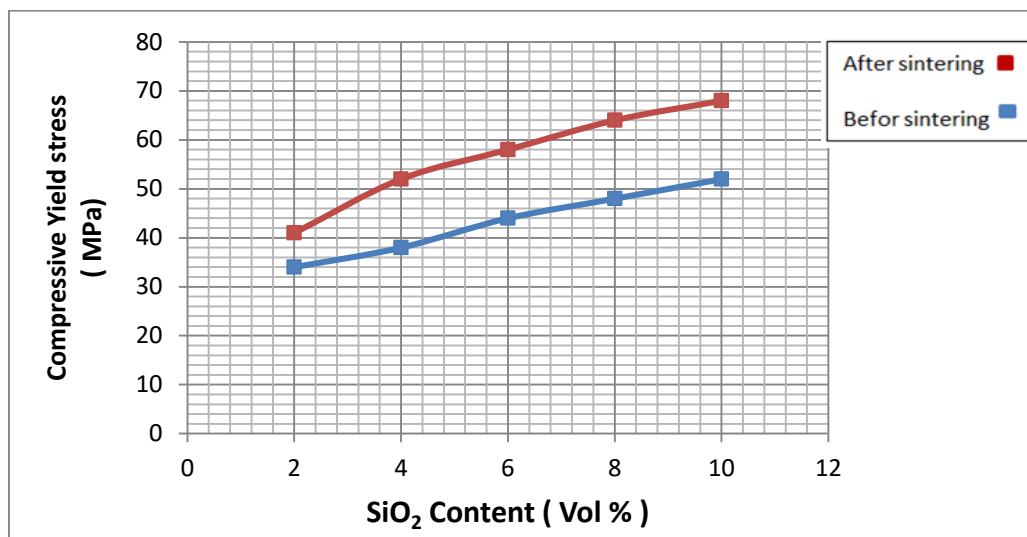
الشكل (7) يعطي العلاقة بين نسب التدعيم الحجمية للسليكا مع صلادة برينل قبل وبعد التلبيد ب 1100°C لساعتين فقط، اذ نجد أن الصلادة تبدأ بالزيادة تدريجياً مع نسب الإضافة ل $\text{SiO}_2\%$ مما يدل على تأثير المادة النانوية الواضح والفعال على المادة الأساس النيكل Ni، حتى نصل الى أعلى صلادة وعند نسبة تدعيم 10% و بصلادة (745Kg/mm^2) والذي يعزى إلى أن التكتل الناتج من المادة المدعمة يعمل بشكل سلبي على الصلادة والذي بدوره يعيق عملية التشابك الميكانيكي بين الذرات للمادتين الأساس والتدعيم. أما بعد التلبيد نجد زيادة كبيرة للصلادة مع نسب الإضافة وتصل أقصاها أيضاً عند النسبة $10\%\text{SiO}_2$ بصلادة (770Kg/mm^2)، ويعزى السبب الرئيسي الى كمية الحرارة التي بدورها تساعد على ترابط وتماسك الذرات وتزيد من قوة الاندماج مما تقلل المسامية وتزيد الصلادة وكذلك متانة الطور المتكون من أوكسيد النيكل الذي بدوره يعتبر طور تدعيم ثانوي يزيد من الخصائص الميكانيكية [53].



شكل 7: العلاقة بين نسب التدعيم الحجمية و صلادة برينل قبل وبعد التلبيد الحراري.

نتائج مقاومة الانضغاط القطرية

يبين الشكل (8) العلاقة بين التغيير في النسب الحجمية للسليكا النانوية ومقاومة الإنضغاط قبل وبعد عملية التلبيد الحراري، ويلاحظ من الشكل أن زيادة النسب الحجمية قد أدت إلى زيادة مقاومة الإنضغاط إذ ازدادت مقاومة الانضغاط من ($34 - 52$) MPa عند محتوى سليكا من (2%) إلى (10%) قبل التلبيد، بينما نجد أن مقاومة الإنضغاط القطرية قد ازدادت بعد عملية التلبيد الحراري من ($41 - 68$) MPa عند محتوى سليكا من (2%) إلى (10%). إذ إنّ الزيادة لمقاومة الانضغاط تعزى أيضاً إلى المقاومة العالية لجسيمات التقوية، وان عملية خلط المادة السيراميكية مع المعدنية ينتج متراكب سراميكي صلد [54]. علاوة على تكوين أوكسيد النيكل الذي يعمل على مقاومة التشوهات الموقعية بفعالية عالية ومن ثم تكوين عينات متماسكة ذات مقاومة إنضغاط عالية. وأن لدرجة حرارة التلبيد العالية ولمدة ساعتين دوراً مهماً في زيادة قوة الترابط بين جسيمات مكونات المتراكبات من خلال الإنتشار والتوزيع الجيد وكذلك زيادة الكثافة والنقصان في نسب المسامية بعد التلبيد مما يؤدي إلى دعم كتلة المتراكب وتسليحها إذ إنّ زيادة مادة التدعيم لها دورٌ فعال في ملئ الفراغات بين ذرات الأكاسيد بحيث يصبح المتراكب كأنه قطعة واحدة متماسكة بقوة [55]. ويعزى ذلك أيضاً الى أن معامل يونك يعتمد على نوع المادة وقدرتها على البقاء ثابتة من دون تغيير مع زيادة الحمل المسلط إذ أنه يمثل النسبة بين الإجهاد (المساحة / القوة) إلى المطاوعة (الطول الاصلي / التغير بالطول) وبذلك نلاحظ عند النسب الواطئة للتدعيم نلاحظ هنالك تغيراً بالشكل والحصول على قيم واطئة لمعامل يونك ولكن بزيادة نسبة السليكا والوصول إلى قيم عالية عند ($10\%\text{SiO}_2$) حصلنا على قيمة عالية لمعامل يونك أي أصبحت مقاومة المادة للتغير بالطول قليلة جداً ونحتاج إلى قوة عالية من أجل إحداث تغيير بشكل المركب وذلك لكون المركب تحول عند نسبة التدعيم هذه إلى مركب سيرميكي ذي صلادة عالية وتحمل قوة حمل عالٍ [56].



شكل 8: العلاقة بين نسب التدعيم الحجمية ومقاومة الانضغاط القطرية قبل وبعد التلييد الحراري.

الاستنتاجات

يمكن الاستنتاج من المقال الحالي هو إمكانية الدمج بين المساحيق النانوية السيراميكية و معدن النيكل، إذ تم تقوية النيكل بمادة نانوية سيراميكية ذات مواصفات ميكانيكية عالية وتم الحصول بعد الظروف القياسية من تلييد حراري عند (1000°C) و خلط (10%SiO₂) على أفضل صلادة ومقاومة إنضغاط قطرية، وأعلى كثافة بعد التلييد، فضلا عن أنه تم الحصول على أوكسيد النيكل من نوع (Cubic) خلال فحص حيود الأشعة السينية، أما نتائج المجهر الإلكتروني الماسح فقد أعطت بنية بلورية متشابكة وذات سطح مميز تقريبا عند تلك الظروف المثالية.

References

1. Neikov, O. D., & Yefimov, N. V. (2009). Handbook of non-ferrous metal powders: technologies and applications. Elsevier.
2. Suchanek, W. L., & Riman, R. E. (2006). Hydrothermal synthesis of advanced ceramic powders. In Advances in Science and Technology (Vol. 45, pp. 184-193). Trans Tech Publications Ltd.
3. Tahara, K. (2020). Pharmaceutical formulation and manufacturing using particle/powder technology for personalized medicines. Advanced Powder Technology, 31(1), 387-392.
4. Duran, J. (2012). Sands, powders, and grains: an introduction to the physics of granular materials. Springer Science & Business Media.
5. Marinho, B., Ghislandi, M., Tkalya, E., Koning, C. E., & de With, G. (2012). Electrical conductivity of compacts of graphene, multi-wall carbon nanotubes, carbon black, and graphite powder. Powder technology, 221, 351-358.
6. Liu, H., Cheng, X., Chong, Y., Yuan, H., Huang, J. Q., & Zhang, Q. (2021). Advanced electrode processing of lithium ion batteries: A review of powder technology in battery fabrication. Particuology, 57, 56-71.
7. Iams, A. D., Gao, M. Z., Shetty, A., & Palmer, T. A. (2022). Influence of particle size on powder rheology and effects on mass flow during directed energy deposition additive manufacturing. Powder Technology, 396, 316-326.
8. Wani, T. A., & Ganesh, S. (2022). Study on fresh properties, mechanical properties and microstructure behavior of fiber reinforced self-compacting concrete: A review. Materials Today: Proceedings.

9. Ujah, C. O., & Kallon, D. V. V. (2022). Trends in Aluminium Matrix Composite Development. *Crystals*, 12(10), 1357.
10. Lehmhus, D., Busse, M., Herrmann, A., & Kayvantash, K. (Eds.). (2013). *Structural materials and processes in transportation*. John Wiley & Sons.
11. Wang, J. L., Li, Y. Q., Byon, Y. J., Mei, S. G., & Zhang, G. L. (2013). Synthesis and characterization of NiTiO₃ yellow nano pigment with high solar radiation reflection efficiency. *Powder technology*, 235, 303-306.
12. Lin, Z., Chi, S., Ye, J., Zhu, Z., Li, Y., & Jin, Y. (2021). Effect of liquid layer on the motion of particle during oblique wet collision. *Advanced Powder Technology*, 32(9), 3259-3267.
13. Jiang, X., Overman, N., Smith, C., & Ross, K. (2020). Microstructure, hardness and cavitation erosion resistance of different cold spray coatings on stainless steel 316 for hydropower applications. *Materials Today Communications*, 25, 101305.
14. Ramirez-Coretti, A., Eckelman, C. A., & Wolfe, R. W. (1998). Inorganic-bonded composite wood panel systems for low-cost housing: a Central American perspective. *Forest Products Journal*, 48(4), 63.
15. Castelo, A. M. P. (2014). Emergency constructions in catastrophe affected regions. Development of a constructive solution in advanced composite materials (Doctoral dissertation, MSc Dissertation in Civil Engineering, IST, University of Lisbon, 2014.(In Portuguese)).
16. Suib, S. L. (2017). A review of nanoceramic materials for use in ceramic matrix composites. *Sol-gel Based Nanoceramic Materials: Preparation, Properties and Applications*, 185-230.
17. Fu, S., Liu, X., Jin, J., Zhang, Z., Liu, Y., & Yan, M. (2021). Magnetic properties evolution with grain boundary phase transformation and their growth in Nd-Fe-Cu-Ga-B sintered magnet during post-sinter annealing process. *Intermetallics*, 137, 107303.
18. Hosseini, E., & Popovich, V. A. (2019). A review of mechanical properties of additively manufactured Inconel 718. *Additive Manufacturing*, 30, 100877.
19. Lin, K., Nie, G., Sheng, P., Zhao, S., & Wu, S. (2022). Effects of doping Al-metal powder on thermal, mechanical and dielectric properties of AlN ceramics. *Ceramics International*, 48(24), 36210-36217.
20. Kaledin, A., Shikunov, S., Komarov, K., Straumal, B., & Kurlov, V. (2023). SiC-Based Composite Material Reinforced with Molybdenum Wire. *Metals*, 13(2), 313.
21. Girimurugan, R., Maheskumar, P., Sahoo, G., Sivalingam, A., & Mayakannan, S. (2022). Effect of nano alumina powder and water hyacinth stem powder addition on tensile properties of polypropylene matrix hybrid composites–An experimental study. *Materials Today: Proceedings*, 60, 2099-2104.
22. Peng, J., Yi, M., Sun, H., Xu, Y., Xiao, G., Chen, Z., ... & Xu, C. (2022). Synthesis and characterization of Mo@ Ni core-shell composite powder-reinforced (W, Ti) C-based cermet. *Materials Today Communications*, 31, 103749.
23. Ekaputra, C. N., Weiss, D., Mogonye, J. E., & Dunand, D. C. (2023). Eutectic, precipitation-strengthened alloy via laser fusion of blends of Al-7Ce-10Mg (wt.%), Zr, and Sc powders. *Acta Materialia*, 246, 118676.
24. Xi, L., Feng, L., Gu, D., Prashanth, K. G., Kaban, I., Wang, R., ... & Eckert, J. (2023). Microstructure Formation and Mechanical Performance of Micro-nanoscale Ceramic Reinforced Aluminum Matrix Composites Manufactured by Laser Powder Bed Fusion. *Journal of Alloys and Compounds*, 168803.

25. Bakshi, S. R., Lahiri, D., & Agarwal, A. (2010). Carbon nanotube reinforced metal matrix composites-a review. *International materials reviews*, 55(1), 41-64.
26. Sahoo, B. P., & Das, D. (2021). Investigation on reinforcement incorporation factor and microstructure of Al 7075/submicron-TiB₂ metal matrix composites processed through a modified liquid metallurgy technique. *Experimental Techniques*, 45(2), 179-193.
27. حسن ض. ح. & فتحي ص. ج. (2021). الخواص التركيبية والكهربائية للمترابك النانوي (Ni_{1-x}Sr_xFe₁₂O₁₉) . مجلة سامراء للعلوم الصرفة والتطبيقية، 3(4)، 134-147.
28. علي م. ي. & علي ع. ا. م. (2022). تأثير درجة حرارة التلدين على الخصائص التركيبية والخواص البصرية والطبوغرافية السطحية لأغشية اوكسيد الكادميوم (CdO) النانوي. مجلة سامراء للعلوم الصرفة والتطبيقية 4(3)، 89-99.
29. Nurhudan, A. I., Supriadi, S., Whulanza, Y., & Saragih, A. S. (2021). Additive manufacturing of metallic based on extrusion process: A review. *Journal of Manufacturing Processes*, 66, 228-237.
30. Ozder, M. N., Ciftci, F., Berrak, O., Arisan, E. D., & Ustündag, C. B. (2023). In situ synthesis and cell line studies of nano-hydroxyapatite/graphene oxide composite materials for bone support applications. *Ceramics International*.
31. Negi, S., Mishra, V., Ror, C. K., & Sharma, R. K. (2023). Laser powder bed fusion of glass-filled polyamide-composite with enhanced physical properties. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 07316844231152602.
32. Letenneur, M., Brailovski, V., Kreitchberg, A., Paserin, V., & Bailon-Poujol, I. (2017). Laser powder bed fusion of water-atomized iron-based powders: process optimization. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 1(2), 23.
33. Fereiduni, E., Ghasemi, A., & Elbestawi, M. (2019). Selective laser melting of hybrid ex-situ/in-situ reinforced titanium matrix composites: Laser/powder interaction, reinforcement formation mechanism, and non-equilibrium microstructural evolutions. *Materials & Design*, 184, 108185.
34. Mohammad, S., Patra, S., & Harichandan, B. (2023). Reductants in iron ore sintering: A critical review. *Fuel*, 332, 126194.
35. Chirayil, C. J., Abraham, J., Mishra, R. K., George, S. C., & Thomas, S. (2017). Instrumental techniques for the characterization of nanoparticles. In *Thermal and rheological measurement techniques for nanomaterials characterization* (pp. 1-36). Elsevier.
36. Ali, A., Chiang, Y. W., & Santos, R. M. (2022). X-ray diffraction techniques for mineral characterization: A review for engineers of the fundamentals, applications, and research directions. *Minerals*, 12(2), 205.
37. Zhang, X., Xu, J., Qian, Y., Zuo, J., Zhang, Z., & Li, M. (2023). Synthesis and characterisation of novel single-phase HfC_xN_{1-x} ceramic powders. *Materials Chemistry and Physics*, 295, 127099.
38. Ravichandran, M., Naveen Sait, A., & Anandakrishnan, V. (2015). Synthesis and forming characteristics of Al-TiO₂ powder metallurgy composites during cold upsetting under plane stress state conditions. *Journal of Sandwich Structures & Materials*, 17(3), 278-294.
39. Wolla, D. W., Davidson, M. J., & Khanra, A. K. (2014). Studies on the formability of powder metallurgical aluminum-copper composite. *Materials & Design*, 59, 151-159.
40. Taha, M. A., Zawrah, M. F., & Abomostafa, H. M. (2022). Fabrication of Al/Al₂O₃/SiC/graphene hybrid nanocomposites from Al-dross by powder metallurgy: Sinterability, mechanical and electrical properties. *Ceramics International*, 48(14), 20923-20932.

41. Wang, J., Wang, W., Zheng, Y., & Wang, A. (2011). Effects of modified vermiculite on the synthesis and swelling behaviors of hydroxyethyl cellulose-g-poly (acrylic acid)/vermiculite superabsorbent nanocomposites. *Journal of Polymer Research*, 18, 401-408.
42. Rockenhäuser, C., von Hartrott, P., & Skrotzki, B. (2023). Brinell-Hardness data (HBW 2.5/62.5) of aluminum alloy EN AW-2618A after different aging times and temperatures. *Data in Brief*, 46, 108830.
43. Nguyen, M. H., Trinh, S. H., & Ly, H. B. (2023). Toward improved prediction of recycled brick aggregate concrete compressive strength by designing ensemble machine learning models. *Construction and Building Materials*, 369, 130613.
44. Lan, G., Weng, G., & Zhang, K. (2023). Optimal specimen analysis for compressive strength tests of earthen-based masonry. *Measurement*, 112484.
45. Bahtiar, E. T., Imanullah, A. P., Hermawan, D., & Nugroho, N. (2019). Structural grading of three sympodial bamboo culms (Hitam, Andong, and Tali) subjected to axial compressive load. *Engineering Structures*, 181, 233-245.
46. Pei, X., Yi, S., Zhao, Y., Mu, Y., Yu, Y., Cui, M., ... & Zhang, Y. (2022). Nickel oxide nanoparticles dispersed on biomass-derived amorphous carbon/cobalt silicate support accelerate the oxygen evolution reaction. *Journal of Colloid and Interface Science*, 616, 476-487.
47. Tahmasbi, L., Sedaghat, T., Motamedi, H., & Kooti, M. (2018). Mesoporous silica nanoparticles supported copper (II) and nickel (II) Schiff base complexes: Synthesis, characterization, antibacterial activity and enzyme immobilization. *Journal of Solid State Chemistry*, 258, 517-525.
48. Danjuma, S. G., Abubakar, Y., & Suleiman, S. (2019). Nickel oxide (NiO) devices and applications: a review. *J. Eng. Res. Technol*, 8, 12-21.
49. Everhart, J. (Ed.). (2012). *Engineering properties of nickel and nickel alloys*. Springer Science & Business Media.
50. Vázquez, O. F. G., Reyes, C. F., Morales, M. O., Kamaraj, S. K., Virgen, M. D. R. M., & Montoya, V. H. (2022). Facile scalable manufacture of improved electrodes using structured surface coatings of nickel oxide as cathode and reduced graphene oxide as anode for evaluation in a prototype development on microbial fuel cells. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47(70), 30248-30261.
51. Zawrah, M. F., El-Meligy, W. M., Saudi, H. A., Ramadan, S., & Taha, M. A. (2022). Mechanical and electrical properties of nano Al-matrix composites reinforced with SiC and prepared by powder metallurgy. *Biointerface Res. Appl. Chem*, 12, 2068-2083.
52. Xue, X., & Zhao, Y. (2011). Ti matrix syntactic foam fabricated by powder metallurgy: Particle breakage and elastic modulus. *Jom*, 63, 43-47.
53. Wegener, T., Koopmann, J., Richter, J., Krooß, P., & Niendorf, T. (2021). CuCrZr processed by laser powder bed fusion—Processability and influence of heat treatment on electrical conductivity, microstructure and mechanical properties. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, 44(9), 2570-2590.
54. Zhang, Q., Cheng, Y., Chen, B., Liang, S., & Zhuo, L. (2020). Microstructure and properties of W-25 wt% Cu composites reinforced with tungsten carbide produced by an in situ reaction. *Vacuum*, 177, 109423.
55. Ghareeb, S. M., Allah, S. M. A., & Darweesh, S. Y. (2021, September). Compressive Strength, Wear, and Structure Characteristics as a Result of Silicon Carbide Addition on a Copper Base. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1999, No. 1, p. 012040). IOP Publishing.

56. Ghareeb, S. M., Allah, S. M. A., & Darweesh, S. Y. (2021, September). Compressive Strength, Wear, and Structure Characteristics as a Result of Silicon Carbide Addition on a Copper Base. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1999, No. 1, p. 012040). IOP Publishing.

Effect of Repeated Additions of Silica Nanoparticles on the Physical Properties of Nickel

Salih Y. Darweesh¹, Ismail H. Jumaa¹, Hamit ALYAR³

1- Department of Physics, College of Education Tuz Khurmatu, Tikrit University, Iraq

2- Department of Physics, College of Science, Karatekin University, Cankiri, Turkey

Article Information

Received: 03/03/2023

Accepted: 09/04/2023

Keywords:

Nanomaterials, structural properties, cermets, ceramics, powder technology

Corresponding Author

E-mail:

salih.youins@tu.edu.iq

Abstract

Metals can be strengthened with different ceramic materials due to their weak crystalline structure. In the current work, nickel has been strengthened with silica nanoparticles (SiO_2) in volume ratios of (2,4,6,8,10) % to the base material of nickel metal (Ni%). Where powder metallurgy is used, and after mixing the specified volumetric proportions, these powders are ground for two hours with a homemade electric mixer, and then the powder was placed in a pressing mold with a diameter of 10 mm, and the pressing process is carried out by means of a hydraulic press at a pressure of (80 MPa) for one minute. The resulting samples are heat treated at (1100°C) for two hours. Some tests are conducted before and after the thermal sintering process, and it is found that the results are of distinguished experimental value after conducting the thermal treatments, as a real density of (8.26g/cm³) and a water absorption of (0.67%) were obtained. It is noticed that the best Brinell hardness (770 Kg/mm²), while the best compressive strength is (68MPa). As for the structural results, which included scanning electron microscopy (SEM), and X-ray diffraction, they gave clear results for the prepared samples in terms of the cohesion and interdependence of the structural structure, as well as the properties of the material used for reinforcement. And its pervasiveness through the surface of the nickel base material.