



College of Engineering

ISSN: 1813-162X (Print) ; 2312-7589 (Online)

Tikrit Journal of Engineering Sciences

available online at: <http://www.tj-es.com>

TJES
Tikrit Journal of
Engineering Sciences

Mahdi FM, Mahmood OH, Alabdraba WM. Effect of Yttrium Oxide on Mechanical and Physical Properties of Fe–10%Cu Composite. *Tikrit Journal of Engineering Sciences* 2020; 27(3): 67- 72.

Farouk M. Mahdi*^{*}

Omar H. Mahmood

Department of Mechanical Engineering
(Production and Metallurgy)
Engineering College/Tikrit University/
Tikrit, Iraq

Effect of Yttrium Oxide on Mechanical and Physical Properties of Fe–10%Cu Composite

ABSTRACT

Iron-based composites have found a lot of industrial applications such as bearings, camshafts, connecting rods, pulleys, various valves, oil pump gears and many other applications in the automotive and other industries due to their low cost, availability, and high strength. The present study aims to prepare Fe-10 vol.% Cu - (0 – 5) wt.% nano Y₂O₃ composites by powder metallurgy technique and studying their physical and mechanical properties. The powders were mixed into ball mill for 30 minutes, followed by room temperature uniaxial compaction at 700 MPa for 3 minutes. The green specimens were sintered at 1000 °C for 1 hour. The results of the present study showed that nano yttrium oxide has significant effects on both physical and mechanical properties of Fe-10%Cu composite. The bulk density was increased by 0.92% and the true porosity was decreased by 6.4% on increasing the nano oxide content from 0% to 3% respectively. Vickers microhardness was increased by 5.9% on increasing Y₂O₃ up to 1% followed by gradual decrease on further increase above 1%. Wear rate was decreased by 21% on increasing the nano oxide content from 0% to 3%. On the other hand, the compressive strength was decreased by 47% on increasing Y₂O₃ up to 5%.

© 2019 TJES, College of Engineering, Tikrit University

DOI: <http://doi.org/10.25130/tjes.27.3.08>

تأثير أكسيد اليتيريوم النانوي على الخواص الميكانيكية والفيزيائية لمركب حديد – 10% نحاس

فاروق منصور مهدي/ قسم الهندسة الميكانيكية/ كلية الهندسة/ جامعة تكريت/ العراق
عمر محمود / قسم الهندسة الميكانيكية/ كلية الهندسة/ جامعة تكريت/ العراق

الخلاصة

وجدت متراكبات الاساس الحديدي تطبيقات صناعية عديدة منها كراسي التحميل وأعمدة الحدبات وأذرع التوصيل والبكرات والصمامات وتروس مضخات الزيت وتطبيقات كثيرة أخرى في صناعة السيارات وغيرها من الصناعات بسبب وفرة المساحيق الحديدية وانخفاض كلفتها، علاوة على مقاومتها العالية. تهدف الدراسة الحالية الى تحضير متراكبات حديد-10% نحاس- (0-5) % اوكسيد اليتيريوم النانوي بطريقة ميتالورجيا المساحيق ودراسة خواصها الفيزيائية والميكانيكية. تم خلط المساحيق باستخدام طاحونة كرات فولاذية وتم تحضير النماذج عن طريق الكيس البارد أحادي الاتجاه بضغط مقداره (700MPa) وإبقائه تحت الضغط لمدة (3) دقائق. لبنت النماذج الخضراء بدرجة حرارة (1000°C) لمدة ساعة واحدة وتركت لتبرد داخل الفرن إلى درجة حرارة الغرفة. أظهرت النتائج وجود تأثير فاعل لأوكسيد اليتيريوم النانوي على الخواص الفيزيائية والميكانيكية للمركب، إذ زادت الكثافة بنسبة (0.92%) وانخفضت المسامية بنسبة (6.4%) مع زيادة محتوى اوكسيد اليتيريوم من 0% إلى 3% على التوالي. وزادت الصلابة بنسبة (5.89%) عند زيادة محتوى الأوكسيد النانوي لغاية 1% ثم انخفضت تدريجيا بزيادة محتواه فوق هذه النسبة. اما معدل البلى فقد قل بنسبة (21%) مع زيادة نسبة الأوكسيد النانوي من

* Corresponding author: E-mail: farouk_1959_1996@tu.edu.iq

0% إلى 3%. على الجانب الآخر أظهرت نتائج مقاومة الانضغاط انخفاضاً تدريجياً بزيادة محتوى أوكسيد الاليتيريوم إذ انخفضت مقاومة الانضغاط بمقدار (47%) بعد زيادة نسبة الأوكسيد النانوي من 0% إلى 5%.

1. المقدمة

تم دراسة سلوك البلى لمتراكب Fe-TiC المحضر بطريقة الصهر الموقعي من قبل الباحث **A. Rajabi** وآخرون عام 2015 [12]. وقد أجريت الدراسة على عينات تم تحضيرها عن طريق السبائك بالطرد المركزي وأخرى عن طريق إعادة صهر عينات الطرد المركزي. وقد أبدت العينات معادة الصهر، نتيجة لتحقق توزيع منتظم لجسيمات TiC، مقاومة بلى أعلى من كل من العينات غير المقواة والعيّنات المحضرة بعد الطرد المركزي مباشرة.

أجريت دراسة عام 2017 من قبل الباحثين **Sanjay Mohan** و **Sharma and Anand Ankush** [13] حول تأثير نسب مختلفة من CaF_2 على سلوك الاحتكاك والبلى لمتراكب Fe-2Cu-0.8C تحت أحمال مختلفة. أظهرت النتائج أن إضافة 3% CaF_2 قد أدت إلى تحسن واضح في خواص البلى والاحتكاك مع انخفاض طفيف في مقاومة الانضغاط وأن زيادة النسبة عن هذا الحد تؤدي إلى زيادة الاحتكاك والبلى.

قام الباحثان **T. Gun and M. Simsir** عام 2017 [14] بدراسة تأثير درجة حرارة وزمن التلييد على الخواص الميكانيكية لمتراكب Fe-0.8C-2.0Cu-4.5Ni-1.8Mo-1.0B (wt.%) المحضر بواسطة الكبس الدافئ بطريقة ميتالورجيا المساحيق والمليد في جو من الأركون. أوضحت نتائج الدراسة أن صلادة المتراكب ومقاومته للبلى قد ازدادت بزيادة درجة حرارة وزمن التلييد. كما أوضحت الدراسة أن تأثير درجة حرارة التلييد كان أكثر فاعلية من زمن التلييد في التأثير على خواص المتراكب.

قدم الباحث **Dongdong Gu** وآخرون عام 2018 [15] دراسة عن تأثير متغيرات الصهر بالليزر على التكتيف والخواص الميكانيكية لمتراكب Fe-WC based. وقد أظهرت نتائج البحث أن مستوى التكتيف يزداد بزيادة قدرة الليزر ونقصان سرعة المسح. كما تم من خلال ضبط متغيرات الصهر بالليزر رفع قيم الصلادة وخفض كل من معامل الاحتكاك ومعدل البلى.

أجرى الباحثان **J. Borowiecka-Jamrozek** و **J. Lachowski** عام 2019 [16] دراسة حول تأثير عمليتي الخلط والطحن على خواص عدد الأساس الحديدي (Fe-Cu-Ni) المشرب بالماس والمحضرة بطريقة الكبس الساخن. حقق الباحثان زيادة كبيرة في مقاومة الخضوع ومقاومة الشد والمطيلية بعد الطحن لمدة 30 ساعة مقارنة بالعينات بعد الخلط مباشرة.

يهدف البحث الحالي إلى دراسة تأثير محتوى أوكسيد الاليتيريوم النانوي على الخواص الفيزيائية والميكانيكية لمتراكب (حديد - 10% نحاس) المحضر بطريقة ميتالورجيا المساحيق.

2. الجزء العملي

لغرض تحضير المتراكب فقد تم استخدام مسحوق الحديد ومسحوق النحاس ومسحوق أوكسيد الاليتيريوم بنقاوة (99.9%) و (99.969%) و (99.999%) على التوالي وكلها صينية المنشأ من شركة (CHINA JINGAN CHEMICAL&ALLOY). وبالنسب الوزنية المبينة في الجدول رقم (1)

تؤمن تقانة ميتالورجيا المساحيق عدداً كبيراً من المحاسن لمتراكبات الأساس المعدني، من أهمها الإنتاجية العالية والتوفير في المادة والحصول على منتوجات نهائية أو شبه نهائية بدقة عالية في الأبعاد. علاوة على ذلك فإنها تؤمن نسبة عالية من المقاومة إلى الوزن بعد تقوية الأساس المعدني بالجسيمات [2,1]. تتكون المتراكبات المعدنية كغيرها من المتراكبات مما لا يقل عن طورين مختلفين في الخواص الكيميائية والفيزيائية موزعة بصورة متجانسة للحصول على خواص جديدة لا تتوفر في الأطوار المنفردة. تستخدم المواد المتراكبة المعدنية في العديد من التطبيقات الهندسية مثل صناعة السيارات والمركبات الفضائية والصناعات الكهربائية [4,3]. وقد نال استخدام الحديد كأساس للمتراكبات المعدنية اهتماماً كبيراً بسبب كلفته المنخفضة وخواصه الميكانيكية العالية وبخاصة بعد المعاملات الحرارية علاوة على إمكانية لحامه وتشغيله بصورة أفضل من المعادن الأخرى. يمكن إنتاج المواد المتراكبة الحديدية بكل من طريقة السبائك وطريقة ميتالورجيا المساحيق [4-6]. تستخدم المواد السيراميكية بشكل واسع في تقوية الأساسات المعدنية ومن أهم المواد السيراميكية المستخدمة كأطوار تقوية هي الأكاسيد (Y_2O_3 , Al_2O_3 , ZrO_2) والنتريدات (Si_3N_4 , TiN) والكاربيدات [7] (TiC , SiC , B_4C , VC , Cr_3C_2). قام الباحث **L. J. de Oliveira** وآخرون عام 2007 [8] باستخدام نظام Fe-(5,10,15,20)%Cu-1%SiC كأساس رابط لعدد الماس وتوصلوا إلى إن لكل من درجة حرارة التلييد ومحتوى النحاس دوراً كبيراً في التحكم بصلادة العدد ومقاومته للبلى.

أجرى الباحث **S. Chakthin** وآخرون عام 2008 [9] دراسة حول تأثير حجوم الجسيمات ودرجة حرارة التلييد على الخواص الميكانيكية لمتراكبات ($Fe-5 wt. \% carbide (SiC or TiC)$) وتوصلوا إلى إن زيادة درجة حرارة التلييد وتقليل حجوم جسيمات التقوية قد أدى إلى رفع صلادة ومقاومة متراكبات Fe-SiC في حين أدت إضافة TiC إلى خفض الخواص الميكانيكية للحديد الملبد.

درس الباحث **Tong Liu** وآخرون عام 2013 [10] تأثير زمن الطحن ودرجة حرارة التخثير على التركيب المجهرى لمتراكب Fe-25 wt% Y_2O_3 المحضر بطريقة ميتالورجيا المساحيق. وقد حقق الباحثون تناقصاً في حجوم الجسيمات وكذلك الحجم الحبيبي للبنية الناتجة بعد التلييد بزيادة زمن الطحن حتى تحولت جسيمات Y_2O_3 بعد الطحن لمدة 48 ساعة من التركيب البلوري النانوي إلى التركيب غير البلوري وقلت حجوم جسيمات الحديد إلى 10 nm.

قدم الباحث **Clayton André de Oliveira Motta** وآخرون عام 2015 [11] دراسة حول تأثير الضغط ونوع الفرن وجو التلييد على الخواص الميكانيكية لمتراكب Fe-Cu-C إذ تم استخدام فرن ساكن بجو من الأركون وفرن بحزام ناقل بجو من خليط النيتروجين والهيدروجين. وجد الباحثون أن صلادة الأجزاء الملبدة في الفرن ذي الحزام الناقل أعلى منها في الفرن الساكن وأن التغيير في الأبعاد بعد التلييد في الفرن الساكن أعلى مما في الفرن ذي الحزام الناقل.

جدول رقم 1.

النسب الوزنية للمواد المكونة للمتراكبات المستخدمة في الدراسة الحالية

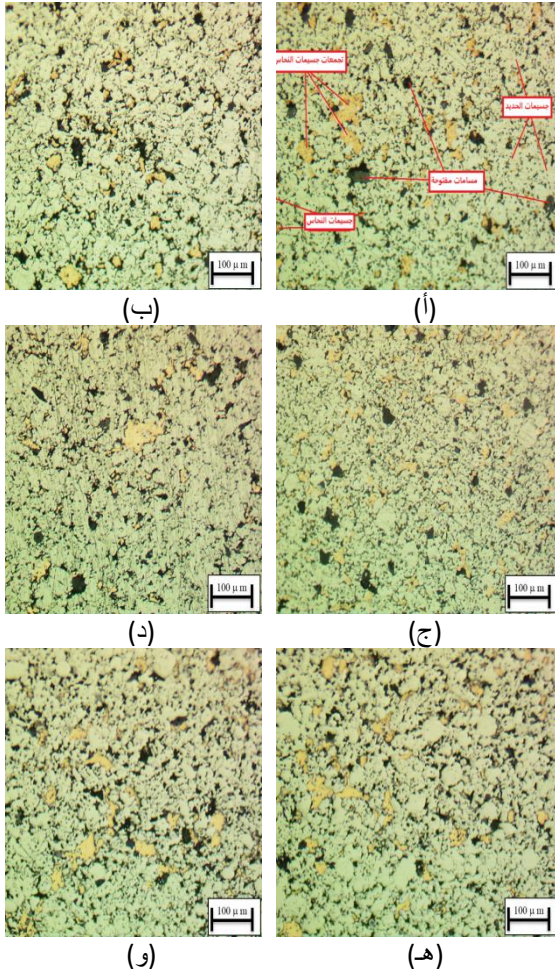
No.	Cu		Y_2O_3		Fe	
	Particle Size(μm)	wt %	Particle Size(nm)	wt %	Particle Size(μm)	wt%
1	$50 \geq$	10	$40 \geq$	0	$10 \geq$	Bal.
2	$50 \geq$	10	$40 \geq$	1	$10 \geq$	Bal.
3	$50 \geq$	10	$40 \geq$	2	$10 \geq$	Bal.
4	$50 \geq$	10	$40 \geq$	3	$10 \geq$	Bal.
5	$50 \geq$	10	$40 \geq$	4	$10 \geq$	Bal.
6	$50 \geq$	10	$40 \geq$	5	$10 \geq$	Bal.

تسليط حمل مقداره (10N) لمدة نصف ساعة. ولغرض إيجاد مقاومة الانضغاط فقد استخدمت ماكينة الاختبارات الجامعة نوع (HOYTOM) صينية المنشأ لها حمل اقصى مقداره (170KN) إذ تم تسليط الحمل على قطر العينة لحين حدوث الفشل وقراءة الحمل الاقصى من الشاشة الرقمية الخاصة بالجهاز. وقد أجريت جميع الفحوصات عند درجة حرارة الغرفة.

3. النتائج والمناقشة

1-3 البنية المجهرية (Microstructure)

يوضح الشكل (3) صور البنية المجهرية لمتراكب (حديد-10% نحاس-اوكسيد الاليتريوم) باختلاف محتوى اوكسيد الاليتريوم. يلاحظ من خلال الصور أن جسيمات النحاس موزعة بشكل منتظم في الاساس الحديدي مع تكون تجمعات قليلة من النحاس. ولا يمكن ملاحظة جسيمات مادة التقوية السيراميكية بسبب حجم جسيماتها النانوي وعدم تباين واضح في اللون عن الاساس الحديدي الفاتح. كما يلاحظ من صور البنية المجهرية هذه أن المسامية هي الأخرى موزعة بانتظام داخل المتراكب.



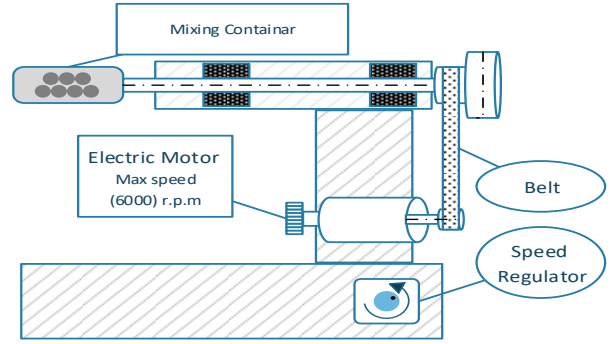
شكل 3. صور البنية المجهرية لمتراكب (حديد-10% نحاس-اوكسيد الاليتريوم) بعد التلييد بدرجة حرارة 1000 °C

- (أ) 0% اوكسيد الاليتريوم (ب) 1% اوكسيد الاليتريوم (ج) 2% اوكسيد الاليتريوم (د) 3% اوكسيد الاليتريوم (هـ) 4% اوكسيد الاليتريوم (و) 5% اوكسيد الاليتريوم

2-3 الكثافة الحجمية (Bulk Density)

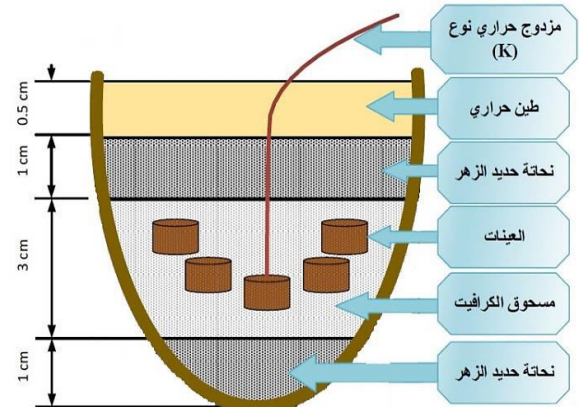
يبين الشكل (4) العلاقة بين محتوى اوكسيد الاليتريوم والكثافة الحجمية لمتراكب (حديد - 10% نحاس- اوكسيد الاليتريوم) ويلاحظ من خلاله ان زيادة محتوى اوكسيد الاليتريوم تؤدي الى زيادة الكثافة الحجمية التي تزداد من (6.0819g/cm³) الى (6.1384g/cm³) عند

حيث تم خلط هذه المساحيق بعد وزنها باستخدام ميزان كهربائي حساس نوع (Sartorius) ياباني المنشأ ذو دقة (0.0001) غرام باستخدام ماكينة خلط بالكرات وكما موضح في الشكل (1).



شكل 1. خلاط محلي الصنع لخلط المساحيق [17]

وقد أجري الخلط باستخدام كرات من الفولاذ الكرومي بقطر (8mm) مع نسبة وزن الكرات الى وزن المسحوق 1:1 وتطبيق سرعة خلط مقدارها (330 rpm) لمدة نصف ساعة. وبعد اكتمال عملية الخلط والحصول على خليط متجانس التوزيع تم كبس النماذج عن طريق الكبس البارد باتجاه واحد (uniaxial) باستخدام ماكينة الاختبارات الجامعة نوع (HOYTOM) صينية المنشأ عند ضغط (700 MPa) وزمن ابقاء (3) دقائق والحصول على نماذج بقطر (10mm) وارتفاع (6mm). بعد ذلك تم إجراء عملية التلييد عند (1000 °C) باستخدام فرن مقاومة كهربائية نوع (MUFFLE FURNACE) تركي المنشأ لمدة ساعة واحدة والتبريد داخل الفرن. ولمنع تأكسد النماذج فقد تم استخدام حاوية سيراميكية وضعت في أسفلها طبقة من برادة حديد الزهر الرمادي بسمك (1cm) تليها طبقة من الكرافيت بسمك (1.5cm) وبعد ذلك رصفت النماذج مع تثبيت مزوج حراري نوع (K) بالقرب من النماذج لمراقبة درجة الحرارة والسيطرة عليها. تم بعد ذلك تغطية النماذج بطبقة من الكرافيت بسمك (1.5cm) تليها طبقة من برادة حديد الزهر الرمادي بسمك (1cm) واخيرا تم غلق الحاوية بطبقة من الطين الحراري بسمك (0.5cm) كما في الشكل (2) وقد اثبتت هذه الطريقة فاعليتها في منع تأكسد النماذج.

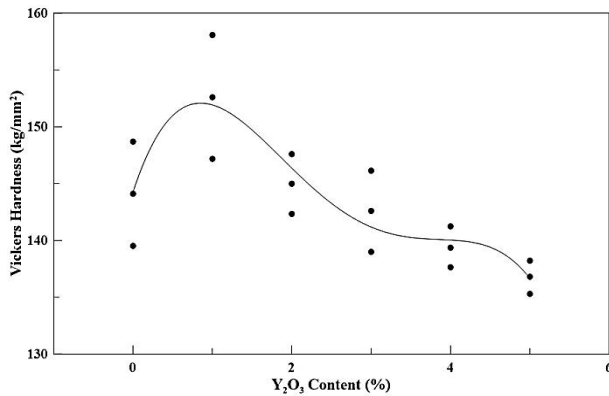


شكل 2. مخطط للحاوية السيراميكية ومحتوياتها أثناء عملية التلييد [18]

أما الفحص المجهرى فقد أجري باستخدام المجهر الضوئي نوع (OLYMOUS) ياباني المنشأ والموصل بكاميرا رقمية نوع (Sony) وحاسوب شخصي نوع (P4). ولغرض حساب الكثافة الحجمية والمسامية الحقيقية فقد تم اعتماد قاعدة أرخيدس وفق المعيار العالمي (ASTM-C373-88) باستخدام ميزان حساس ذو دقة (0.0001) غرام. وتم استخدام جهاز حيود الأشعة السينية نوع (Shimadzu XRD-6000) ياباني المنشأ لغرض معرفة اطوار النماذج وتحليلها باستخدام برنامج التحليل (Match! 3). وتم قياس الصلادة المجهرية للنماذج باستخدام جهاز قياس صلادة فيكرز نوع (THV-501E) فرنسي المنشأ من شركة (MEKTON) بتسليط حمل مقداره (500g) لمدة (5) ثواني. وقد أخذ متوسط خمس قراءات من مناطق مختلفة تشمل كامل السطح المعد لهذا الغرض. أما معدل البلى فقد تم إيجاده باستخدام جهاز (Pin on Disc) من نوع (Wear and Friction Monitor ED-201) هندي المنشأ مع

3-4 الصلادة Hardness

يوضح الشكل (6) سلوك الصلادة لمتراكب (حديد-10% نحاس-اوكسيد الايتيريوم) ازاء زيادة محتوى اوكسيد الايتيريوم النانوي، حيث يلاحظ من الشكل ان زيادة محتوى اوكسيد الايتيريوم الى (1%) تؤدي الى زيادة الصلادة بمقدار (6%) وهي اعلى قيمة تم الحصول عليها اذ تتغير الصلادة من (144.11 kg/mm^2) الى (152.6 kg/mm^2) عند تغير محتوى اوكسيد الايتيريوم من (0%) الى (1%) على التوالي ويعود سبب الزيادة في الصلادة الى الصلادة العالية لجسيمات الأوكسيد من ناحية وإلى عملها في اعاقه حركة الانخلاعات من ناحية أخرى، كما ان اختلاف معامل التمدد الحراري بين مادة التقوية والاساس المعدني يعمل هو الاخر على توليد الانخلاعات عند نقاط التماس بين الطورين وهو ما يؤدي بالضرورة الى اعاقه التشوه اللدن خلال الغرز ومن ثم زيادة الصلادة . وبتزايد محتوى مادة التقوية النانوية فوق (1%) تنخفض الصلادة تدريجيا حتى تصل الى (136.68) عند نسبة (5%) بسبب ضعف الترابط بين جسيمات التقوية وجسيمات المواد الاساس وبين جسيمات الاساس المعدنية نفسها.

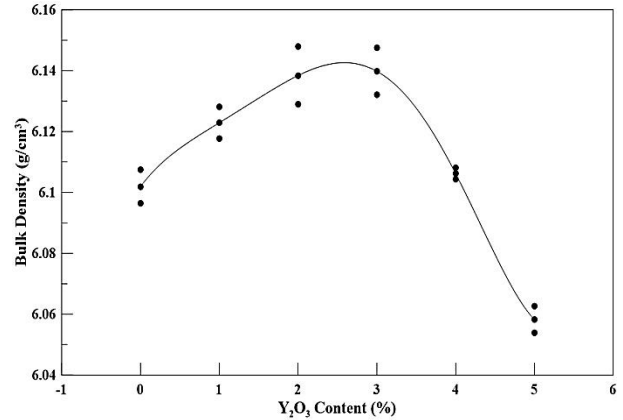


الشكل 6. العلاقة بين الصلادة ومحتوى اوكسيد الايتيريوم النانوي لمتراكب (حديد-10% نحاس-اوكسيد الايتيريوم)

3-5 معدل البلى (Wear Rate)

يوضح الشكل (7) سلوك البلى لمتراكب (حديد-10% نحاس-اوكسيد الايتيريوم) ازاء تغير محتوى اوكسيد الايتيريوم النانوي، حيث يلاحظ انخفاض معدل البلى عند زيادة محتوى اوكسيد الايتيريوم ليصل الى ادناه عند نسبة (3%)، اذ تنخفض قيمة معدل البلى من ($5.775 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^3$) الى ($4.559 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^3$) عند زيادة محتوى اوكسيد الايتيريوم من (0%) الى (3%) على التوالي. ان انخفاض معدل البلى حتى (3%) اوكسيد الايتيريوم يعود الى أسباب عدة هي الصلادة العالية لجسيمات التقوية وعملها كمادة حشو ضمن هذا المدى مع تقليل المسامية. كما ان خلع جسيمات التقوية في أثناء اختبار البلى وانغرازها في القرص الدوار يؤدي الى تخديش القرص مما يستلزم مقادير اعلى من قوى الاحتكاك اللازمة لكي ينزلق المتراكب على القرص وبذلك فان قدر كبير من الطاقة يستهلك على الاحتكاك بين الجسيمات والقرص مع انخفاض التلامس المباشر بين الاساس المعدني وقرص الاختبار. أما زيادة محتوى اوكسيد الايتيريوم عن (3%) فيؤدي الى زيادة تدريجية في مقدار معدل البلى حتى يصل الى ($4.865 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^3$) عند وصول محتوى اوكسيد الايتيريوم الى (5%)، وتعود الزيادة في معدل البلى بزيادة نسبة مادة التقوية عن (3%) الى حدوث تجمعات في مادة التقوية وانتهاء عملها كمادة حشو لما زاد عن (3%) علاوة على زيادة نسبة المسامية المرتبطة بها مما يضعف الترابط بين جسيمات الاساس المعدني فيما بينها علاوة على اعاقه عمليتي الاندماج والتكثيف. كما يلاحظ أن معدل البلى للمتراكب المدعم بالجسيمات أقل منه للمتراكب غير المدعم ولجميع النسب حتى بعد زيادة نسبة الأوكسيد النانوي الى (5%)، هذه النتيجة تعزز ما تم التوصل اليه من قبل [19] من انخفاض معدل البلى بزيادة محتوى Y_2O_3 في نظام $\text{Cu-Gr-Y}_2\text{O}_3$ حتى نسبة Y_2O_3 5% وزيادة المعدل بزيادة نسبة المعزز بعد ذلك. ان العلاقة بين سلوك البلى ونسبة مادة التقوية في البحث الحالي لا يتطابق مع سلوك الصلادة ازاء نسبة مادة التعزيز وهو ما اكدته من قبل نتائج الباحثين (E. [20] Pagounis et al) الذين اكدوا عدم وجود علاقة واضحة لسلوك الصلادة ومقاومة البلى في المواد المتراكبة والمواد المتراكبة متعددة

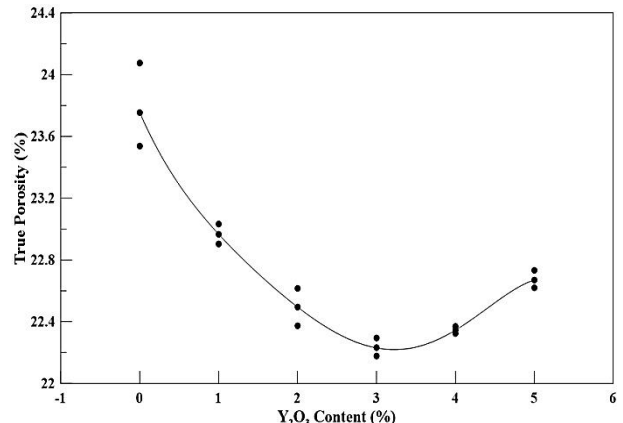
زيادة محتوى اوكسيد الايتيريوم من (0%) الى (3%) على التوالي. ويعود سبب الزيادة في الكثافة الحجمية للمتراكب مع تغير نسبة اوكسيد الايتيريوم من (0%) الى (3%) الى عمل جسيمات اوكسيد الايتيريوم النانوية كمادة حشو من خلال ملئ الفراغات الموجودة بين الجسيمات المعدنية وتقليل المسامات المغلقة. وبتزايد نسبة الاوكسيد عن (3%) يقل مقدار الكثافة الحجمية حتى تصل الى (6.0579 g/cm^3) عند محتوى اوكسيد ايتيريوم قدره (5%) ويعزى ذلك الى توقف عمل الاوكسيد كمادة حشو ومن ثم فان اي زيادة في نسبته ستعكس بصورة انخفاض في كثافة المتراكب بسبب الكثافة المنخفضة للأوكسيد (5.04 g/cm^3) مقارنة بكل من النحاس والحديد. كما ان حدوث عمليات التكتل للجسيمات النانوية عند نسبها العالية وما يصاحبها من تكوين لمسامات مغلقة يسهم هو الاخر في خفض قيم الكثافة للمتراكب.



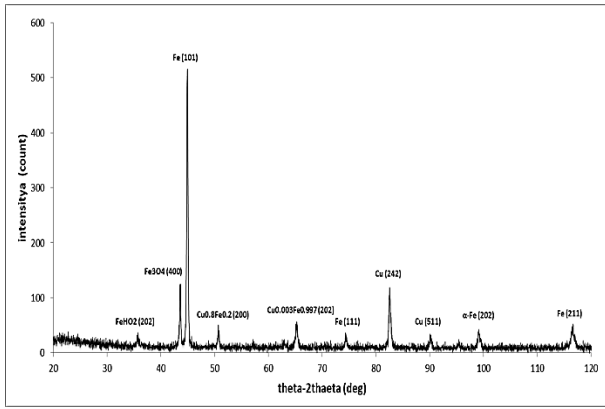
الشكل 4. العلاقة بين الكثافة الحجمية ومحتوى اوكسيد الايتيريوم النانوي لمتراكب (حديد-10% نحاس-اوكسيد الايتيريوم)

3-3 المسامية الحقيقية (True Porosity)

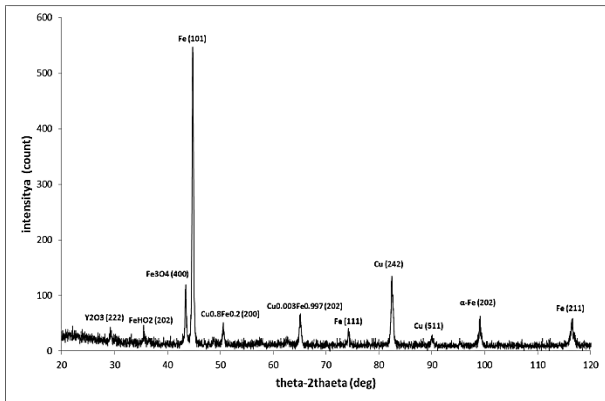
يوضح الشكل (5) العلاقة بين المسامية الحقيقية ومحتوى اوكسيد الايتيريوم النانوي لمتراكب (حديد-10% نحاس-اوكسيد الايتيريوم). ويلاحظ من خلال الشكل ان المسامية الحقيقية للمتراكب تقل تدريجيا بزيادة محتوى اوكسيد الايتيريوم الى (3%) حيث تقل المسامية الحقيقية من (23.756%) الى (22.23%) عند تغير مقدار اوكسيد الايتيريوم النانوي من (0%) الى (3%) على التوالي. يعزى انخفاض المسامية الحقيقية بزيادة نسبة الاوكسيد بين (0%) و (3%) وزيادتها اللاحقة مع زيادة نسبة مادة التقوية، يعزى ذلك إلى نفس الاسباب التي أدت إلى زيادة الكثافة الحقيقية بزيادة محتوى مادة التقوية حتى (3%) وانخفاضها اللاحق عند زيادة نسبة جسيمات الأوكسيد المضاف. علاوة على ذلك فإن زيادة محتوى الأوكسيد النانوي المضاف إلى (5%) وانتهاء عمله كمادة حشو سيعمل على إعاقة عملية الاندماج التام بين الجسيمات المعدنية وما يترتب عليه من إعاقة للتقلص الحجمي في أثناء التليد.



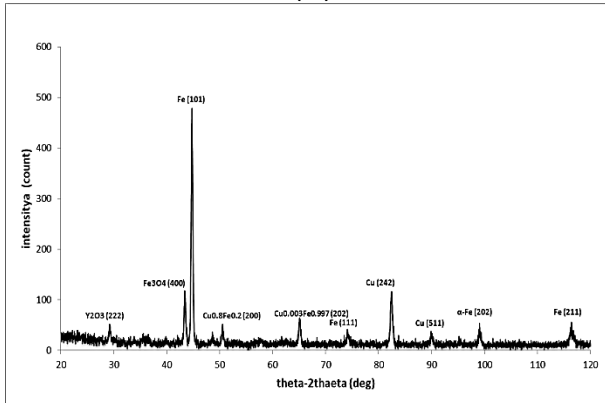
الشكل 5. العلاقة بين المسامية الحقيقية ومحتوى اوكسيد الايتيريوم النانوي لمتراكب (حديد-10% نحاس-اوكسيد الايتيريوم)



(أ)



(ب)



(ج)

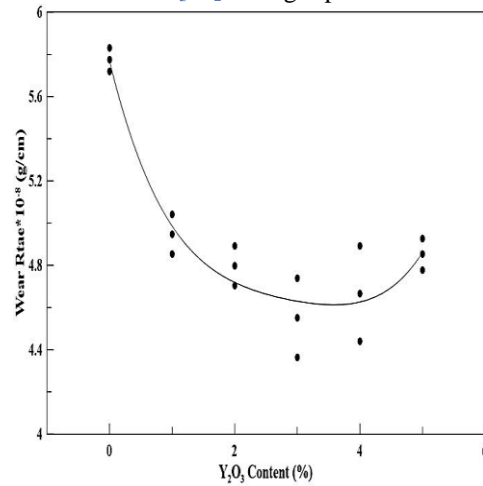
الشكل 9. حيود الأشعة السينية لمترابك (حديد-10% نحاس- أوكسيد الأيتيريوم): (أ) 0% أوكسيد الأيتيريوم (ب) 4% أوكسيد الأيتيريوم (ج) 5% أوكسيد الأيتيريوم

4-الاستنتاجات

تم تحضير مترابك (حديد-10% نحاس-أوكسيد الأيتيريوم) بطريقة ميتالورجيا المساحيق ودراسة تأثير محتوى أوكسيد الأيتيريوم النانوي على الخواص الفيزيائية والميكانيكية وحيود الأشعة السينية (XRD) وتم استنتاج الآتي:

- 1- إمكانية تحضير مترابك (حديد-10% نحاس-أوكسيد الأيتيريوم النانوي) بطريقة ميتالورجيا المساحيق عند ضغط كبس (700MPa) والتلبيد عند (1000 °C) أعلى مقدار للكثافة الحجمية وأقل قيمة للمسامية الحقيقية وجد عند نسبة (3%) من أوكسيد الأيتيريوم النانوي.
- 2- اقصى قيمة للصلادة هي (152.63) عند (1%) من أوكسيد الأيتيريوم النانوي.

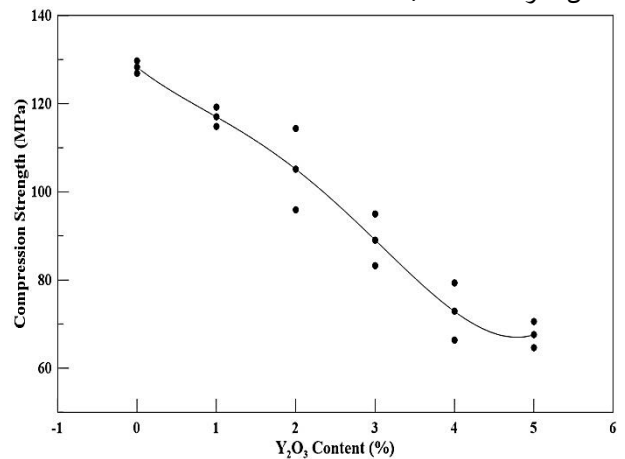
الاطوار لمترابك (Fe-TiC) ومترابك (Fe-Al₂O₃) ومترابك (Fe-Cr₃C₂) بخلاف العلاقة العكسية الواضحة بين الصلادة ومعدل البلى للمنتجات المشكلة. [21] wrought products.



شكل 7. العلاقة بين معدل البلى ومحتوى أوكسيد الأيتيريوم النانوي لمترابك (حديد-10% نحاس-أوكسيد الأيتيريوم)

3-6 مقاومة الانضغاط (Compressive Strength)

يوضح الشكل (8) تغير مقاومة الانضغاط ازاء تغيير نسبة أوكسيد الأيتيريوم لمترابك (حديد - 10% نحاس - أوكسيد الأيتيريوم), إذ يلاحظ انخفاض مقاومة الانضغاط بزيادة محتوى أوكسيد الأيتيريوم من (128.3MPa) الى (67.56MPa) عند تغير محتوى أوكسيد الأيتيريوم النانوي من (0%) الى (5%) على التوالي. يعزى هذا السلوك الى الترابط الضعيف بين الأساس المعدني وجسيمات التقوية السيراميكية، علاوة على تجمع المسامية عند الحدود الفاصلة بينهما مما يجعلها مناسبة لنشوء الشقوق وتقدمها خلال اختبار الانضغاط. علاوة على ذلك فان اعاقه جسيمات التقوية السيراميكية لعمليات الاندماج والتكثيف والتي تعمل هي الأخرى على خفض مقاومة الانضغاط.



الشكل 8. العلاقة بين مقاومة الانضغاط ومحتوى أوكسيد الأيتيريوم النانوي لمترابك (حديد- 10% نحاس- أوكسيد الأيتيريوم)

3-7 حيود الأشعة السينية (XRD)

يبين الشكل (9) نتائج حيود الأشعة السينية واطوار مترابك (حديد-10% نحاس-أوكسيد الأيتيريوم) بعد تحليلها باستخدام برنامج التحليل (Match 3). يبين الشكل ظهور كل من طوري الحديد والنحاس النقيين بصورة واضحة علاوة على ظهور طوري معدنيين intermetallic compounds من (حديد-نحاس) و(نحاس-حديد) بسبب حدوث الاندماج والتفاعل بينهما. كما اظهرت النتائج عدم حدوث اي تفاعل بين جسيمات التقوية السيراميكية والاساس المعدني ويعزى ذلك الى درجة حرارة التلبيد المنخفضة نسبيا بالمقارنة مع درجة حرارة انصهار أوكسيد الأيتيريوم.

6- حدوث اندماج بين الجسيمات المعدنية وعدم حدوث أي تفاعل بين جسيمات التقوية السيراميكية والاساس المعدني.

4- انخفاض معدل البلى بزيادة محتوى اوكسيد الاليتيريوم حتى نسبة (3%) ثم ازداد معدل البلى بعد ذلك.
5- تنخفض مقاومة الانضغاط تدريجيا بزيادة محتوى اوكسيد الاليتيريوم النانوي.

Fe-TiC composites”, Jurnal Tribologi 4 (2015) 1-9,

REFERENCES

- [1] German RM. Powder metallurgy of iron and steel: Wiley New York; 1998.
- [2] German RM. Sintering theory and practice. Solar-Terrestrial Physics 1996:568.
- [3] Kaczmar J, Pietrzak K, Włosiński W. The production and application of metal matrix composite materials. Journal of materials processing technology 2000;106(1-3):58-67.
- [4] Kelly A. Composite materials after seventy years. Journal of materials science 2006;41(3):905-912.
- [5] Pushkar Jha, Pallav Gupta, Devendra Kumar, and Om Parkash, “Synthesis and characterization of Fe–ZrO₂ metal matrix composites”, Journal of Composite Materials published online 9 July 2013, DOI: 10.1177/0021998313494915
- [6] Anal A, Bandyopadhyay T, Das K. “Synthesis and characterization of TiB₂-reinforced iron-based composites”, Journal of Materials Processing Technology 2006;172(1):70-76.
- [7] Pagounis E., Lindroos V.” Processing and properties of particulate reinforced steel matrix composites”, Materials Science and Engineering: A 1998;246(1-2):221-234.
- [8] L. J. de Oliveira, R. P. da R. Paranhos, R. da S. Guimarães, G. S. Bobrovitchii & M. Filgueira, “Use of PM Fe–Cu–SiC composites as bonding matrix for diamond tools “, Powder Metallurgy 2007 VOL 50 NO 2, DOI 10.1179/174329007X161982
- [9] S. Chakthin, N. Poolthong, and R. Tong Sri, “Effect of Reaction between Fe and Carbide Particles on Mechanical Properties of Fe-Base Composite “, Advanced Materials Research Vols. 55-57 (2008) pp 357-360,
- [10] Tong Liu, Hailong Shen, Chenxi Wang, Wusheng Chou, “Structure evolution of Y₂O₃ nanoparticle/Fe composite during mechanical milling and annealing”, Progress in Natural Science: Materials International 2013; 23(4): 434–439, <http://dx.doi.org/10.1016/j.pnsc.2013.06.009>
- [11] Clayton André de Oliveira Motta, José de Souza, Marcelo Salvador Cóser, Alex Fabiano Bueno, Lirio Schaeffer, Bernardo Poras Reis, Hamudy Munir Abou Arabi and Lucas Soares de Almeida, “Analysis of the Mechanical Properties of the Sintered Composite FeCuC in Two Different Atmospheres”, Journal of Mechanics Engineering and Automation 5 (2015) 33-38, doi: 10.17265/2159-5275/2015.01.005
- [12] A. Rajabi, M.J. Ghazali, A.R. Daud, “Effect of second phase morphology on wear resistance of Fe-TiC composites”, Jurnal Tribologi 4 (2015) 1-9,
- [13] Sanjay Mohan Sharma, Anand Ankush, "Friction and wear behaviour of Fe-Cu-C based self lubricating material with CaF₂ as solid lubricant", Industrial Lubrication and Tribology, 4 September 2017 <https://doi.org/10.1108/ILT-04-2016-0085>
- [14] T. Gun; and M. Simsir, “Investigation of Mechanical Properties of Fe-Based Metal Matrix Composites by Warm Compaction for Gear Production”, ACTA PHYSICA POLONICA A, Vol. 131, No. 3 (2017), DOI: 10.12693/APhysPolA.131.443
- [15] Dongdong Gu, Ji Ma, Hongyu Chen, Kaijie Lin, Lixia Xi, “Laser additive manufactured WC reinforced Fe-based composites with gradient reinforcement/matrix interface and enhanced performance”, Composite Structures 192 (2018) 387–396,
- [16] J Borowiecka-Jamrozek, and J Lachowski, “Characterization of Fe-Cu-Ni composites sintered by hotpress”, The 2nd International Conference on Material Strength and Applied Mechanics IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 629 (2019) 012033 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/629/1/012033
- [17] Mahdi FM, Razooqi RN, Irhayyim SS. Effect of graphite content and milling time on physical properties of Copper-Graphite composites prepared by powder metallurgy route. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 2013;7:245-255.
- [18] Farouk M. Mahdi Raed N. Razooqi Saif S. Irhayyim, The Influence of the Graphite Content and Milling Time on the Hardness, Compressive Strength and Wear Volume of Copper -Graphite Composites Prepared Via Powder Metallurgy, Tikrit Journal of Engineering Sciences (2017) 24 (3) 38 – 44
- [19] Farouk M. Mahdi , Jawadat A. Eaqob , Fouad R. Muhialdeen, “Mechanical and Physical Properties of Hybrid Cu-Graphite Composites Prepared via Powder Metallurgy Technique”, Tikrit Journal of Engineering Sciences 24 (1) (2017) 11-24 DOI:<http://dx.doi.org/10.25130/tjes.24.2017.021>
- [20] Pagounis E, Talvitie M, Lindroos V. Influence of the metal/ceramic interface on the microstructure and mechanical properties of HIPed iron-based composites. Composites Science and Technology 1996;56(11):1329-1337.
- [21] Rao R, Das S. “Effect of matrix alloy and influence of SiC particle on the sliding wear characteristics of aluminium alloy composites”, Materials & Design 2010;31(3): 1200-1207.