

أثر المعاملة السطحية الليزرية على بعض الخواص الميكانيكية للمركب السيرميتي (Al₂O₃+Ni-Al)

رجاء سهيل نجم¹، اسماعيل خليل جاسم²، مهدي عيسى حسين²

¹كلية طب الاسنان، جامعة تكريت، تكريت، العراق

²قسم الفيزياء، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة تكريت، تكريت، العراق

الملخص

هذا العمل تحقيق لاستخدام طلاء الرش الحراري باللهب كطريقة لإنتاج طلاء سيراميتي بدرجة نقاوة عالية. في هذه الدراسة اضيق مادة الألومينا إلى المادة الرابطة (Ni-Al). هذه المواد المركبة السيرميتية يتم رشها من خلال توجيه اللهب على سطح الكرافيت. الهدف في هذا العمل توضيح تأثير المعاملة الليزرية على البنية المجهرية لطبقات الطلاء. تظهر النتائج بأن الطلاء يتكون من اختلاف في طبوغرافية السطوح من عيوب ومسامات. التحليل الليزري يتوقع من خلاله إعادة انصهار كل الجزئيات السطحية دلالة على الشد السطحي العالي منتجا صلادة قوية مع تحسن في الخواص التركيبية والميكانيكية.

المقدمة

مادة سيراميكية ويتواجد في الطبيعة على شكل كاربون وهو سداسي التركيب البائري مقاوم الى الحرارة والتفاعلات الكيميائية ويتأكسد عند درجات الحرارة العالية بشدة إلى CO₂ لذلك يستخدم في تطبيقات الحرارة العالية. لذلك تم استخدامه كقواعد طلاء المواد السيرميتية المتكونة من المركب السيرميتي [Al₂O₃ + (Ni-Al)] تمت عملية الطلاء عند معلمات قياسية ثابتة مثل مسافة رش (12 cm) وسمك يتراوح بين (1.45±0.003mm)، ونسبة الإضافة للمادة الرابطة (Ni-Al) مع المادة الأساس (Al₂O₃) (50% + 50%)، والفترة الزمنية بين رشة وأخرى (5 sec)، وزاوية رش (90°). أما المعاملة السطحية فقد تم استخدام ليزر ندميوم-ياك النبضي ذي الطاقة (1000mJ) في معالجة العينات المستخدمة مستخدمين متغيرات تضمنت طاقة ليزرية مختلفة (200,260,300)mJ وفترة زمنية مقدارها (10 sec) وعند مسافة (100cm). كذلك تك استخدام المجهر الضوئي (Optical Microscope) للعينات التي تم طلاؤها لملاحظة التركيب الدقيق لها، وبعد إجراء الفحص المجهرى قبل وبعد المعاملة السطحية الليزرية للمركب السيرميتي [Al₂O₃ + (Ni-Al)] المستخدم بالبحث وبطاقات ليزرية مختلفة. كذلك تم استخدام مجهر القوة الذرية (Atomic Force Microscope). يعطي هذا المجهر تحليل ثنائي البعد (2D) وثلاثي الأبعاد (3D) لسطوح الأغشية المدروسة، وذلك لغرض التعرف على التفاصيل الدقيقة لطبوغرافية السطح والتراكيب الحبيبية البلورية لسطح المادة النانوية، وكما يمكن أن يعطينا بعض الحسابات عن شكل وتوزيع الحبيبات وحجمها ومعدل خشونتها ومعدل ارتفاع السطح من خلال برنامج حاسوبي معد من قبل الشركة المصنعة. أما دراسة الخواص التركيبية فقد تم استخدام جهاز حيود الأشعة السينية (X-ray Diffractionmeters) المنتج من شركة (Philips). الهدف المستخدم (Target) في أنبوبة الأشعة السينية هو النحاس ذو الطول الموجي (CuKa) الذي يساوي (1.642Å).

احتلت تقنيات الرش الحراري مكانة متقدمة في عمليات الطلاء، إذ تسمح باستخدام مدى واسع من المواد ابتداء من المواد ذات درجات الانصهار الواطئة وحتى المواد ذات درجات الانصهار العالية، والمواد المركبة؛ لغرض الحصول على خواص فيزيائية وميكانيكية جيدة للطلاء. كما تعد هذه التقنيات عموماً واحدة من أهم الوسائل المستخدمة صناعياً في عمليات الأكساء السطحي للمتطلبات الصناعية خاصة في طلاء القطع الكبيرة، وبكفاءة ومعدلات ترسيب عالية. إن هذه التقنيات تتطلب دقة و تحكم عاليين، بمعلمات وظروف طلاء كمعدل تغذية المادة، وقوة دفع الهواء، و المسافة بين مسدس الرش والقاعدة؛ لغرض الحصول على طلاءات ذات قوة تلاصق جيدة، فضلاً عن خواص تركيبية وميكانيكية عالية [1]. إن اختيار المواد المركبة السيرميتية المكونة من مواد سيراميكية ذات درجات الانصهار العالية مثل (Al₂O₃، TiO₂، أو ZrO₂) مع عناصر مضافة من مواد حديدية تسمى بالسيرميت (Cermets) [2]. أما في البحث التالي فقد تم استخدام المركب السيرميتي [Al₂O₃ + (Ni-Al)] الذي تم رشه على قواعد من الكرافيت وذلك لتحملها العالي لدرجات الحرارة التي تصل إلى (4000C°). أجريت المعاملة السطحية باستخدام الليزر لطبقات الطلاء التي تم رشها عند مسافة رش (12 cm) لدراسة الخواص الفيزيائية والميكانيكية بعد المعاملة. ولقد تم استخدام ليزر ندميوم-ياك ذي طاقة (1000 mJ) في معالجة العينات المستخدمة مستخدمين متغيرات تضمنت طاقة ليزرية مختلفة (200, 260,300) mJ وفترة زمنية مقدارها (10 sec) وعند مسافة (100 cm).

الجانب العلمي:

تم استعمال قواعد من الكرافيت وذلك لتحملها العالي لدرجات الحرارة التي تصل إلى (4000C°). كما يمتاز بالتوصيل الكهربائي والحراري الجيد والتمدد الحراري الواطئ إضافة لمقاومته للصدمات الحرارية العالية وكما ان متانته تزداد مع ارتفاع درجات الحرارة. يعتبر الكرافيت

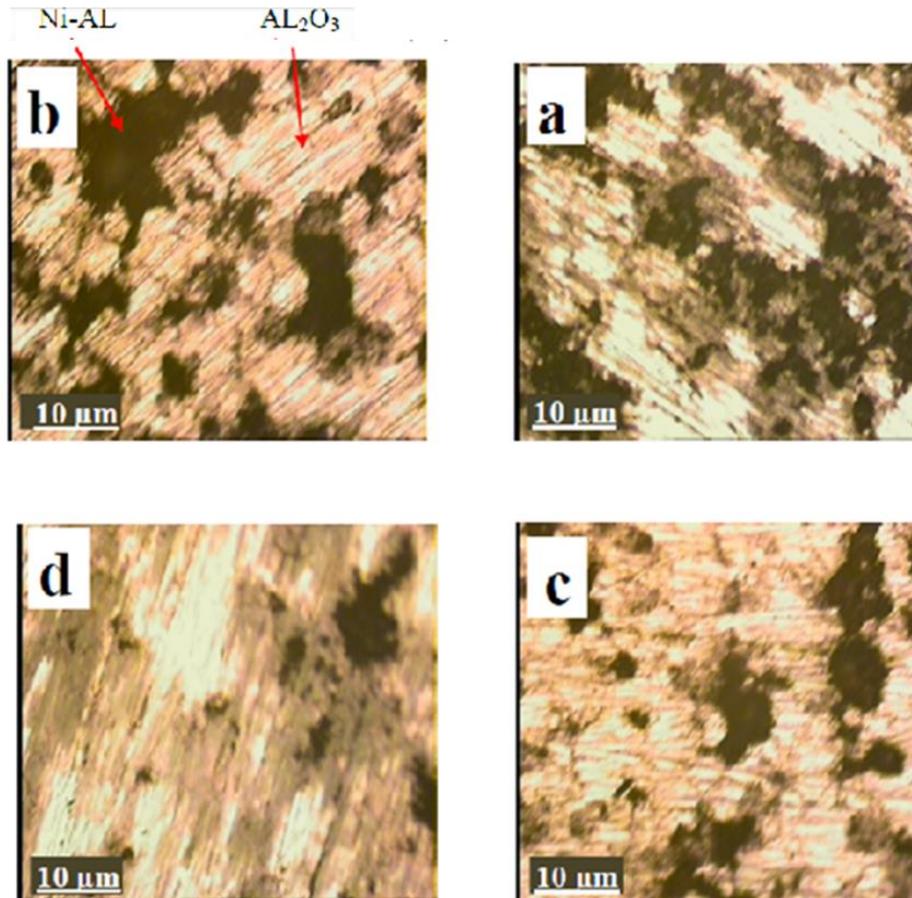
عند (10 sec) و (200,260,300) mJ وخلال فترة زمنية مقدارها (10 sec) وعند مسافة (1 m) يلاحظ من خلال الصور المجهرية ازدياد عمق طبقة الانصهار مع زيادة طاقة الليزر وحدوث عمليات انتشار وتنعيم للحبيبات إضافة إلى حدوث مناطق أكسدة كلما زادت طاقة الليزر وكما مبين بالشكل (1).

النتائج والمناقشة

مناقشة البنية المجهرية

أولاً - المجهر الضوئي (Optical Microscope)

بعد إجراء عملية الرش الحراري لمسافات رش (12cm)، فقد عوملت العينات ذات المواصفات القياسية بالليزر وبطاقات مختلفة



شكل (1) طبقات الطلاء بعد معاملتها بالليزر عند مسافة 1 m

(b) عند طاقة مقدارها 200 mJ

(d) عند طاقة مقدارها 300 mJ

(a) قبل المعاملة

(c) عند طاقة مقدارها 260 mJ

وإزالة كافة العيوب السطحية بعد معاملتها بالليزر والمتمثلة بالفجوات وبعض الدقائق الغير منصهرة.

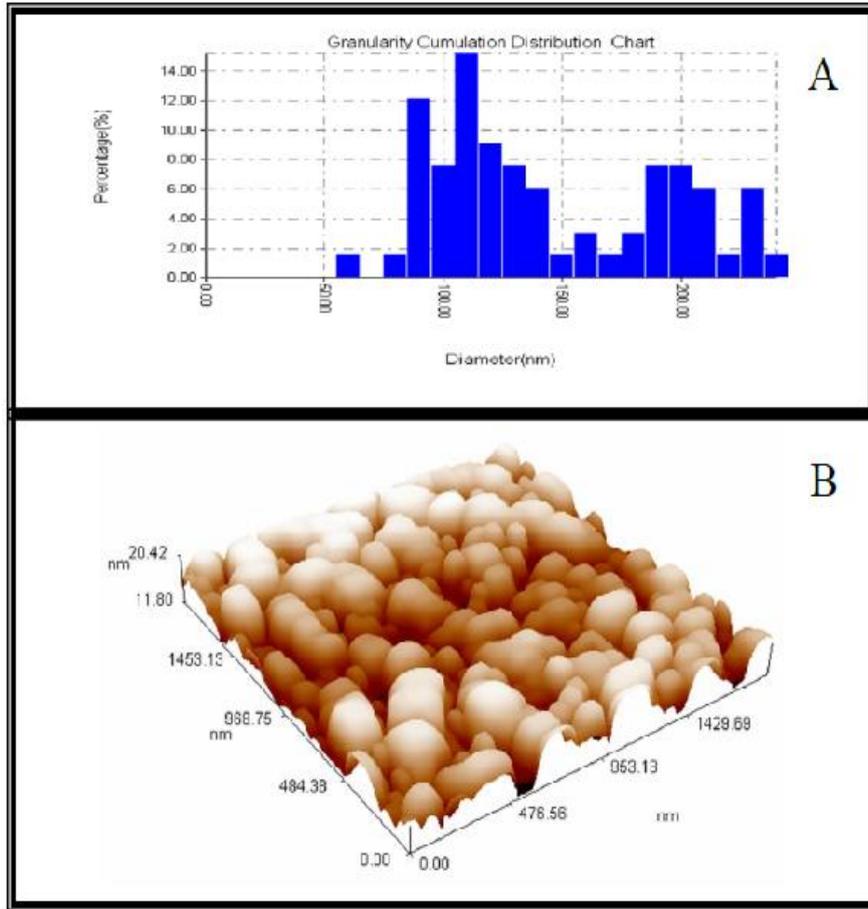
ثانياً - مجهر القوة الذرية Atomic Force Microscope

استخدم مجهر القوة الذرية AFM في دراسة طبوغرافية السطح والتركيب البلوري السطحي، ومن خلاله يمكن حساب الحجم الحبيبي (Grain size)، ومعدل خشونة السطح (Roughness Average)، ومتوسط قيمة الجذر التربيعي (Root Mean Square). يبين الشكل (2) صورة تحليلية لمجهر القوة الذرية AFM ثلاثة أبعاد 3D لمادة الطلاء السيرميتية $[Al_2O_3 + (Ni-Al)]$ بعد الرش وقبل المعاملة السطحية بالليزر، والمقاسة بمساحة تكبير (1250.000*1250.00) nm، وفي الشكل (2A) يوضح رسم بياني لتوزيع الحجم الحبيبية

نلاحظ من خلال الشكل (1a) عدم تجانس طبقات الطلاء السيرميتية بصورة منتظمة وأن هناك حدود وفواصل بين طبقات الطلاء مع انتشار مناطق أكسدة بين طبقات الطلاء. ومن خلال الشكل (1b) يلاحظ حدوث بداية انتشار وتجانس واضح لطبقات الطلاء مع انخفاض العيوب السطحية أو الأكسدة بين طبقات الطلاء. أما الشكل (1c) يلاحظ تجانس أكثر وضوحاً بازدياد الطاقة مع انخفاض العيوب من خلال طبقات الطلاء. أما الشكل (1d) يظهر الاندماج كامل تقريباً بين مكونات طبقات الطلاء السيرميتية وانخفاض العيوب السطحية انخفاض كامل. يتبين مما سبق ان طبقة الطلاء بعد معاملتها بالليزر حصل لها إعادة انصهار وخاصة المناطق ذات الحجم الحبيبي الكبير مما أدى إلى تنعيم الحبيبات وحصول انتشار لها

أن قيمة السمك السطحي للطلاء (Surface Thickness=20.42 nm) وهذه القيمة تمثل سمك الخشونة السطحية للطلاء، والتي تمثل بالنسبة إلى أعلى قمم حبيبية بلورية على السطح.

المتكونة على سطح الطلاء ومن هذا القياس تبين أن قيمة معدل الحجم الحبيبي هو (139.37nm)، يبين الشكل (2B) صورة المجهر AFM بثلاثة أبعاد 3D للطلاء إذ نلاحظ أن هذه الصورة 3D وجد



الشكل (2) صور مجهر AFM للطبوغرافية السطحية لمادة الطلاء (Al₂O₃+Ni-Al) قبل المعاملة السطحية بالليزر لنسبة خلط 50%

ومسافة الرش 12cm

A- معدل الحجم الحبيبي B- صورة 3D

الجزر التريبيعي وكذلك نقصان في قيمة السمك السطحي للغشاء كلما زادت الطاقة الليزرية المستخدمة، إذ نلاحظ حصول انماء بلوري متجانس على طول الغشاء كما موضح في الجدول رقم (1).

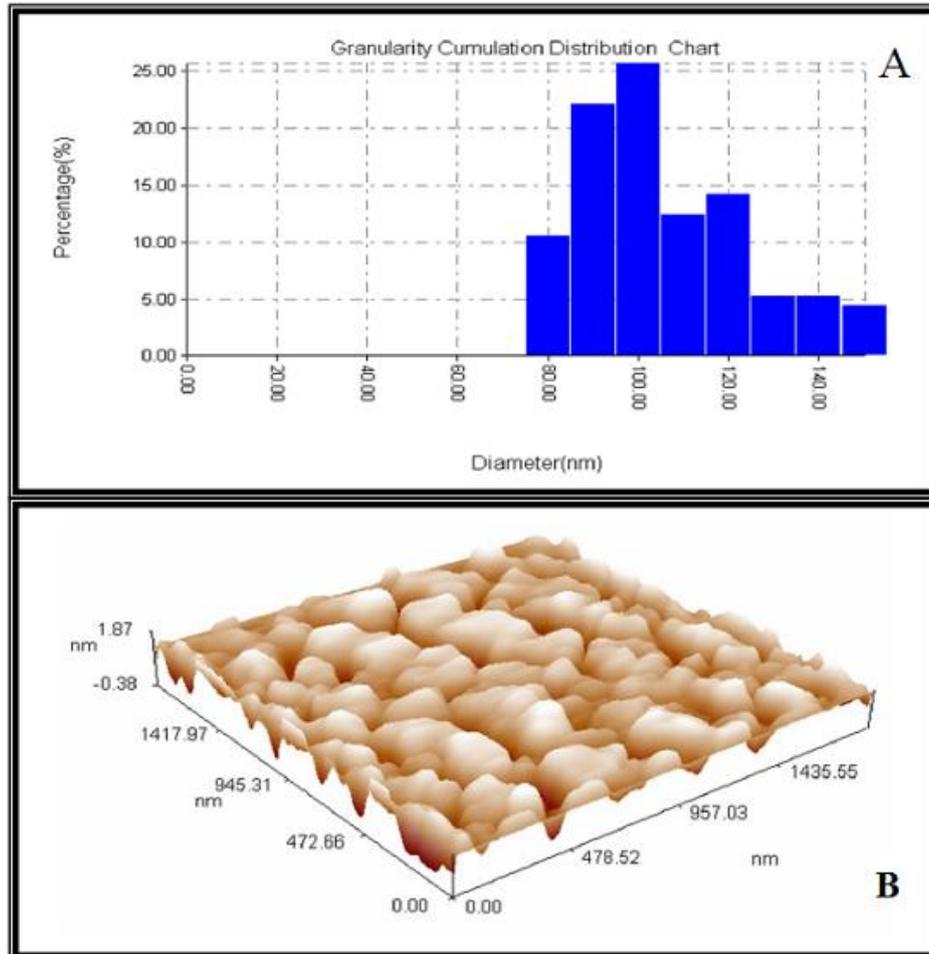
عند المعاملة السطحية بالليزر بطاقات mJ (200,260,300)، فإننا نلاحظ من خلال الصورة التحليلية AFM تأثير المعاملة السطحية، حيث نلاحظ نقصان في قيمة معدل الحجم الحبيبي وقيمة متوسط

الجدول (1) يوضح نتائج مجهر AFM للتركيب الطبوغرافي لمادة الطلاء (Al₂O₃+Ni-Al).

الحجم الحبيبي (nm)	الخشونة السطحية (nm)	متوسط الجذر التريبيعي (nm)	اعظم ارتفاع للسطح (nm)	الطاقة (mJ)	نوع المعاملة	مادة الطلاء
139.37nm	1.82nm	2.14nm	20.42nm	غير معاملة	بواسطة الليزر	Al ₂ O ₃ +Ni-Al
108.80nm	0.891nm	1.04nm	3.98nm	200		
100.56nm	0.545nm	0.64nm	3.87nm	260		
100.47nm	0.308nm	0.387nm	1.87nm	300		

بالليزر عند (300mJ)، إن هذا التغير ينطبق تماما مع نتائج الفحوص المجهرية حيث لوحظ تحسنا واضحا في الخواص الفيزيائية لطبقات الطلاء السيرميتية.

يلاحظ من الجدول بأنه لليزر دورا مهما في انخفاض قيم الحجم الحبيبي من (139.37nm) إلى (100.47nm) وكذلك انخفاض الخشونة السطحية من (1.82nm) إلى (0.308nm) بعد المعاملة



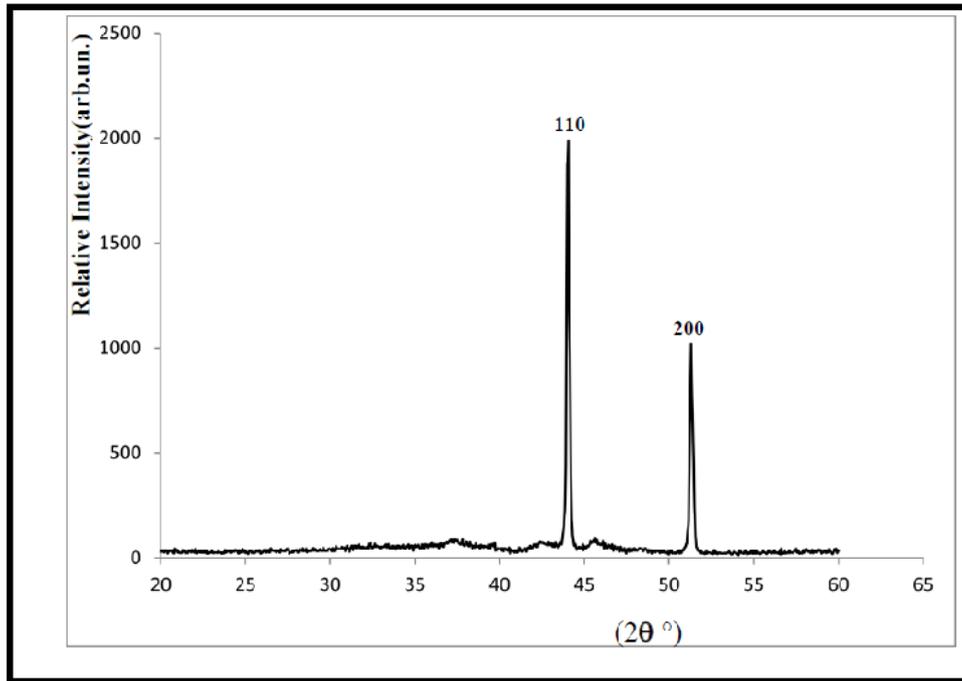
الشكل (3) صور مجهر AFM للطبوغرافية السطحية لمادة الطلاء (Al₂O₃+Ni-Al) بعد المعاملة السطحية بالليزر بطاقة (300mJ) لنسبة

خلط 50% ومسافة الرش 12 cm

3D-B - معدل الحجم الحبيبي

أما نتائج الفحوص التركيبية لمساحيق طبقات الطلاء فيمكن إيضاحها بالشكل (4)

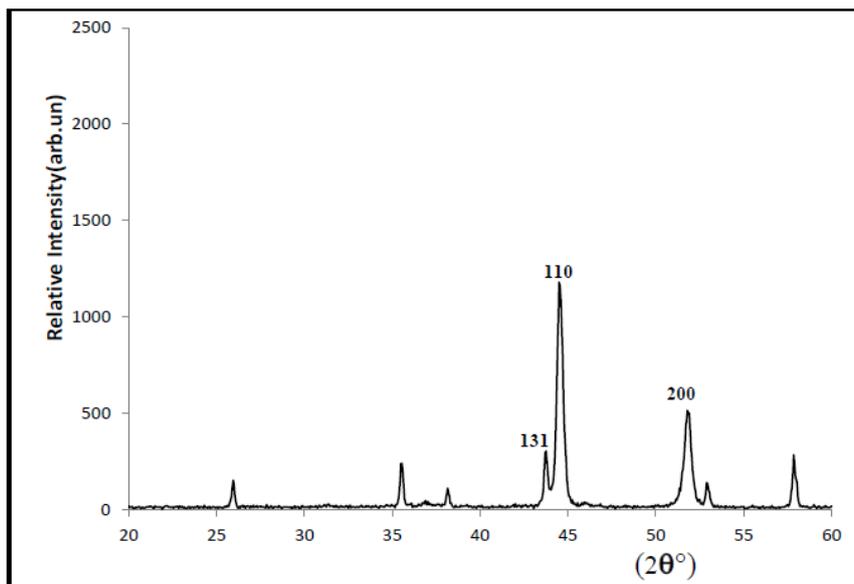
نتائج حيود الأشعة السينية (X-ray Diffraction Results)



شكل (4) يوضح حيود الأشعة السينية لمسحوق الطلاء (Al₂O₃+Ni-Al).

الشكل (5) يمثل نتائج حيود الأشعة السينية للمادة المولفة الناتجة من مزج (50%) من (α-Al₂O₃) مع (50%) من المادة الرابطة (Ni-Al)، إذ لم يلحظ أثناء الطلاء (de-positd) ظهور أي تحولات طورية كاملة (Transformation) إلى γ-Al₂O₃ (Cubic) أو جزئية (Metastable) إلى Al₂O₃ (γ-α) بل كانت مستقرة على (α-Al₂O₃).

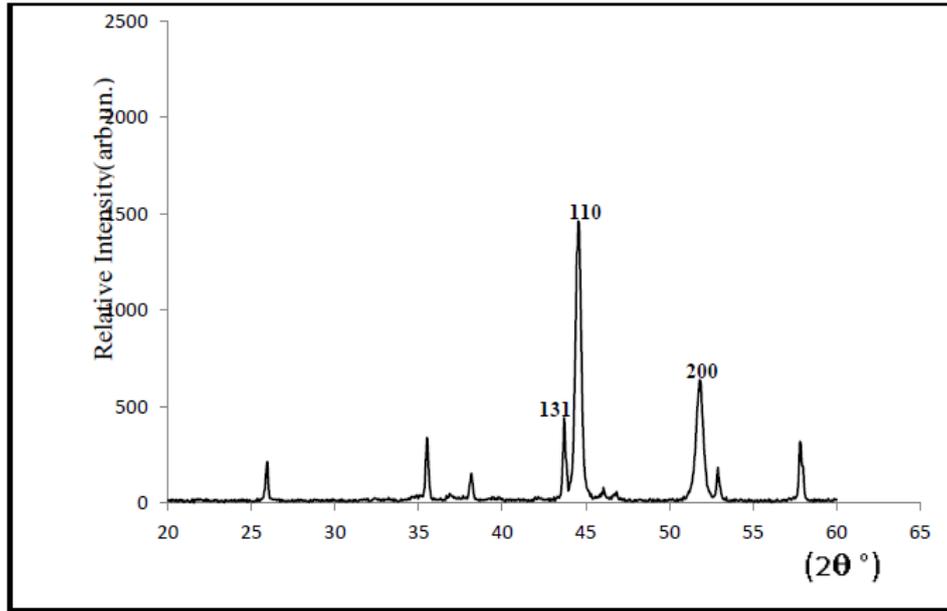
من خلال الشكل نجد أن النوع المستخدم في عملية الرش الحراري كان الومينا من نوع (α) أي (α-Al₂O₃) وهو ثلاثي التركيب (Trigonal)، ومن المادة الرابطة (Ni-Al) المتكون من طور (FCC) γ- وذلك من خلال مقارنة النتائج مع الجداول القياسية الأمريكية (A.S.T.M).



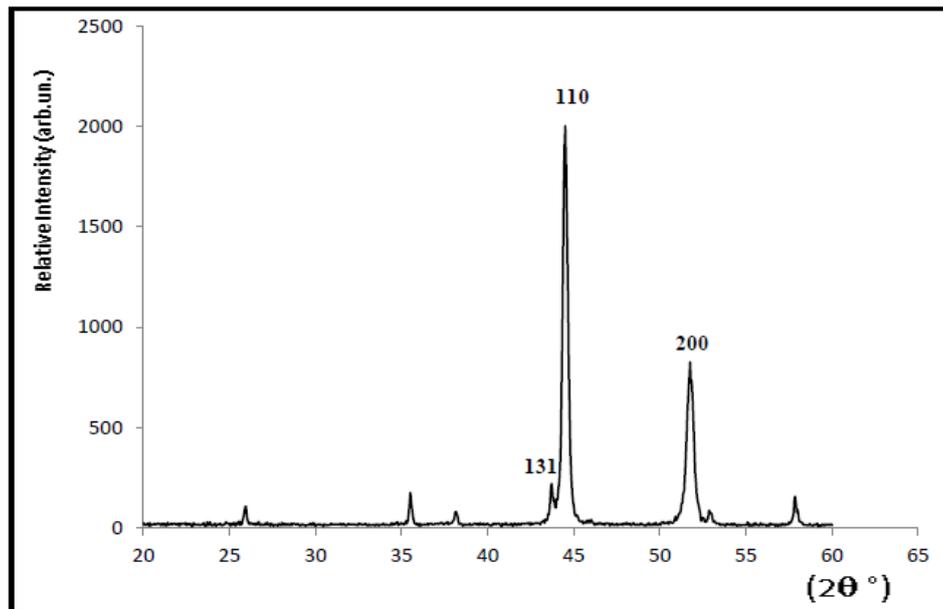
شكل (5) يوضح حيود الأشعة السينية لخليط الألومينا والمادة الرابطة [50% (Ni-Al) + 50% (Al₂O₃)] لمسافة رش (12 cm).

الخواص الفيزيائية والميكانيكية لطبقات الطلاء [7,8]. لذلك تم استخدام المعاملة السطحية بالليزر للتخلص من تلك الأطوار. والشكل (6)(7)(8) يمثل نتائج حيود الأشعة السينية لمادة الطلاء المعاملة السطحية بالليزر بطاقات (200,260,300)mJ على التوالي، حيث نلاحظ بداية النمو البلوري وقد بدأ عند زاوية $2\theta=44$ ، بالإضافة إلى الزاوية $2\theta=51$ يدل ذلك على بداية إزالة الاجهادات وقلّة المسامية و احتمالية وجود توجه للتلاصق لطبقات الطلاء والذي يعتقد بأنه يساهم في تحسين خواص طبقات الطلاء.

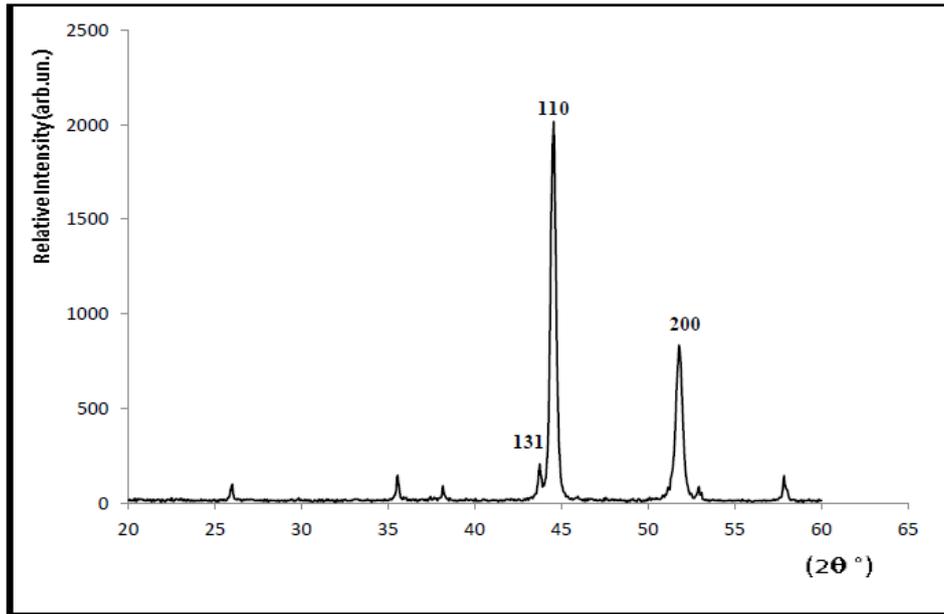
مع ظهور كمية قليلة من طور β (Ni-Al) والمسمى (B2 ordered BCC). إن ظهور هذه الأطوار يدل على وجود تفاعل وتداخل (Interface) قد حصل بين مكونات مادة الطلاء السيرميتي، وهذا يتفق مع النتائج التجريبية لتحليل البناء المجهرى (Microstructure) الموضحة سابقاً. النتائج المستحصلة تتفق مع ما وجدته العالمان (Vilms & Zhu) من خلال دراسات الأشعة السينية التي أجريها على طبقات الطلاء السيرميتية المحضرة بطريقة البلازما، والتي أكدت على إن ظهور الأطوار الأخرى يضعف من



شكل (6) يوضح حيود الأشعة السينية لخليط الألومينا والمادة الرابطة بعد الرش وبعد المعاملة السطحية بالليزر بطاقة (200 mJ) .



شكل (7) يوضح حيود الأشعة السينية لخليط الألومينا والمادة الرابطة بعد الرش وبعد المعاملة السطحية بالليزر بطاقة (260 mJ) .



شكل (8) يوضح حيود الأشعة السينية لخليط الألومينا والمادة الرابطة بعد الرش وبعد المعاملة السطحية بالليزر بطاقة (300 mJ) .

2- حدوث تتعيم في الحبيبات مع تحسن طبقات الطلاء والخواص الفيزيائية لطبقات الطلاء السيرميتية مع زيادة طاقة الليزر المستخدم
3- أكدت نتائج حيود الأشعة السينية بوجود طور مستقر من الألومينا ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) مع ظهور أطوار إضافية أخرى نتيجة تفاعل العناصر المكونة لطبقات الطلاء السيرميتية.

الاستنتاجات

1- إمكانية استخدام تقنية الرش الحراري باللهب على الحصول على طبقة من مادة مركبة سيرميتية ذات أساس من دقائق الألومينا (Al_2O_3) مدعمة بدقائق من مسحوق النيكل - ألمنيوم (Ni-Al) كمادة رابطة.

المصادر

- [1] W. Sebinki, J.I. Iubinski, K. Druet , Advances in Materials science , Vol.4, No.2(4), (2003) p 71.Ole Sadven, "Laser Surface Transformation Hardening ", Metals Handbook, 9th Edition, Vol. 4, (1988), pp (507- 517).
[2] I.K. Jassim and A.Khalid, College of Engineering Journal, Saddam University, Vol.1, 2001, p. (126).
[3] J. Touminen, P. Vuoristo, T.mäntylä, M. Kylvälähti, J. Vihinen, "Improving corrosion properties of High velocity oxy - fuel Sprayed Inconel 625 by using ahigh power continuous wave Neodymium - Doped Yttrium Aluminium garnet

- Laser", thermal spray technology , Vol. 9 , pp. (513 – 519) , 2003 .
[4] (ASTM): American Standard of Testing Materials.
[5]: Powder Diffraction File, Inorganic volume, card no. (10-173), published by joint committee on powder diffraction standards, 1974.
[6] V.Vilms and p. Herman ,Of 8th International Thermal Spraying Conference, 1988.
[7] D. Zhu, R.A. Miller, thermo physical and thermomechanical properties of thermal barrier coating systems, ceram. sci.proc. vol.21, pp. (623-633), 2000.

The laser surface treatment effective on Mechanical properties Cerment compounds($\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Ni-Al}$)

Rajaa S. Najm¹, Ismael K. Jassim², Mohand E. Hussen²

¹ Dental Department , College of Dentistry, University of Tikrit , Tikrit , Iraq

² Physics Department , College of Education , University of Tikrit , Tikrit , Iraq

Abstract

This work investigates the using thermal spray coating by Flame as a method to produce high performance cerment coating. In this study , an alumina was added to the self bounding of Ni- Al .This cerment composite materials sprayed through aflame towards a graphite substrate . The aim of the work is to see the effective of laser treatment on the microstructural of the coating layers . The results show that coating consists of different morphology zones surface defects and pores . The laser analysis predicts that remelted all surface particles with a significant high surface tension , producing strongly hardness with improvement in the structurel and mechanical properties.

Key words : Cerment composites ; flame spray coating ; laser treatment ; surface engineering