الاكساء بالليزر للصلب الكربوني المشكل على البارد

جنان ستار،* هيثم رزوقي،* احمد سلوم،* ومهدي مطر حنون*

تاريخ التسلم: 2005/3/2
تاريخ القبول: 2005/9/7

الخلاصة
لقد تم استخدام الليزر المستمر ذو القدرة العالية نوع ثاني اوكسيد الكاربون لصهر مزيج من مسحوق النيكل و الالمنيوم(10wt%) على أسطح الصلب المتوسط الكاربون و المشكل على البارد للحصول على طبقات اكساء عند قطر حزمة ليزر 5 ملم و قدرة 1.8 كيلو واط و ضمن مدى كثافة طاقة 11-240 جول/ملم^2
تضمنت التقنية استخدام الضخ المستمر لمزيج المسحوق و بمعدل ضخ 9 غم/دقيقة لمنطقة الانصهار بالليزر و عند حركة اسطح الصلب و بسرعة 1.5-32 ملم/ثانية. ان افضل الخواص التي تم الحصول عليها عند السرع ضمن المدى 3.9-7.1 ملم/ثانية والتي تتكون بطبقة الاكساء بتخفيف قليل من سطح الصلب. و تمتاز المنطقة المتاثرة بالحرارة. وتحت كافة ظروف الدراسة بتكوين ثلاثة مناطق مختلفة ذات مورفولجي مختلف للبرلايت و الفرايت اما البنية المجهرية لطبقة الاكساء فتتكون من منطقتين و هما planar (منطقة عديمة الحدود البلورية) عند الحد الفاصل و الحبيبات ذات الاحجام المختلفة في الجزء المتعرض لطبقة الاكساء و التي تقل ابعادها مع زيادة السرعة.

Abstract
A high power continuous wave CO_2 laser has been used to clad the mixture of nickel and aluminum powders (Ni-10 wt% Al) on to cold rolled medium carbon steel. This technique was used to obtain clad layers at laser beam diameter of 5 mm and 1.8 kw laser power. The Specific energy was in the range of 11-240 J/mm^2.
The present technique includes the continuous feeding of the mixture (9 g/min) into laser melt pool at different traverse speeds (1.5-32 mm/s). The optimum properties with a minimum dilution with substrate were found in the range of 3.9to7.1 mm/s traverse speeds. The heat –affected zone of the substrate under all parameter studies has three morphological distinct zones of pearlite and ferrite. The microstructure of clad layer consists of tow regions, planer region near the substrate and cellular region. The cell size of clad region reduces with increasing traverse speed

المقدمة

معظم انواع الفشل التي تحدث في المواد الهندسية تظهر عند الاسطح بفعل الكلال، التاكل، الاحتكاك والبلى وذلك بسبب كون الاجهادات تكون عند اقصى قيمها عند الاسطح وكذلك بفعل تعرض الاسطح للاجواء المحيطة بها.ويكمن الحل الهندسي لهذه المشاكل بالحصول على مواد ذات خواص سطحية تختلف عن خواص باقي كتلة المادة[1]. ويعد الاكساء بالليزر واحدا من اهم الطرق التي تستخدم لتحسين الخواص السطحية مثل مقاومة البلى، زيادة المتانة ومقاومة التاكل بالتعرية و من اهم ميزاتها السيطرة على خواص الطبقة

* قسم هندسة الانتاج والمعادن / الجامعة التكنولوجية

https://doi.org/10.30684/etj.24.8A.3
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

السطحية من ناحية التخفيف و لكنها تعتبر غير فعالة لاكساء المساحات الكبيرة(2).

تتم عملية الاكساء عن طريق ضخ المسحوق للمادة المراد الاكساء بها الى البركة المنصهرة بفعل شعاع الليزر المسلط و المتزامن مع المسحوق بتكوين طبقة جديدة و ذات تخفيف من السطح .ان السيطرة على متغيرات العملية مهمة جدا. حيث يجب مراعاة عدم حدوث ذوبان عالي لمعدن الاكساء في مكونات الطبقة التحتية لان ذلك يؤدي الى تقليل خواص طبقة الاكساء. ويتم ذلك من خلال السيطرة على ثرموداينميكية التفاعل الحاصل في المنطقة (4,3).يعتبر الاكساء السطحي طريقة طلاء متقدمة تعطي تركيب سطحي (عالي الكثافة) وخالي من الشقوق و غير مسامي وذات ترابطا ميتالورجيا عاليا مع المعدن السبيكة التي تمتلك تركيب متجانس(5) .

هنالك العديد من الابحاث التي اهتمت بموضوع الاكساء بالليزر للسبائك الحديدية حيث تم دراسة البنية المجهرية لمنطقة الاكساء بالحديد-نيكل على اساس من الكوبلت ووجد تكون طبقات طولية من الكاربيد (Cr7C3) في الصلب في منطقة الاكساء(3).كما تم دراسة النموذج النظري المتطور الذي يحلل الدورات الحرارية خلال عمليات الاكساء بالليزر الناتج من تفاعل شعاع الليزر مع مسحوق الاكساء والمنطقة التحتية حيث يستنتج بامكانية السيطرة على التركيب الكيمياوي لطبقة الاكساء من خلال السيطرة على متغيرات الليزر و بالاخص القدرة و قطر حزمة الليزر (6) .

يهدف هذا البحث الى اجراء عملية الاكساء بالليزر للصلب الكاربوني المشكل على البارد و من ثم دراسة أبعاد منطقة الاكساء و البنية المجهرية لهاوكذلك دراسة التغيرات الميتالورجية الحاصلة في الصلب .

الجزء العملي:

تم استخدام عينات من الصلب الكاربوني المشكل على البارد وذات محتوى كاربوني بحدود 0.35% والمبين تركيبه المجهري في الشكل رقم 1 والحاوي على برلايت وفرايت والمشكل باتجاه التشكيل والذي تم اختياره بسبب استخداماته الواسعة للتطبيقات الصناعية. لغرض اجراء عملية الاكساء بالليزرتم استخدام مزيج من مسحوق الالمنيوم والنيكل وبنسب 90% نيكل و 10% المنيوم والذي تم ضخه بصورة مستمرة على سطح الصلب المتحرك وعند حزمة الليزر ذات القطر 5 ملم و بمعدل ضخ 9 g/min. لغرض زيادة الامتصاصية للصلب الكاربوني لحزمة ليزر ذات الطول الموجي10.6مايكرون تم اجراء عملية العصف لاسطح الصلب بكاربيد السليكون ومن ثم الطلاء بطبقة رقيقة من الكرافيت لزيادة امتصاصية الصلب لشعاع CO_2.

لقد تم استخدام ليزرثاني اوكسيد الكاربون نوع (British Oxygen Company) BOC وذو قدرة 2kW. ان حزمة الليزر المستخدم هي مقاربة الى (TEM_{00}). حيث تم تركيزها باستخدام عدسة من كلوريد البوتاسيوم وببعد بؤري 150mm. حيث تم استخدامها لتركيز حزمة الليزر ذات القطر 20mm الخارجة في المرنان الى حزمة الليزر المستخدم وذات القطر 5mm عند الاكساء.و حيث ان قدرة الليزرالتي تم استخدامها هي 1800W والمناظرة الى كثافة قدرة $92W/mm^2$ و الناتجة من (القدرة/المساحة لحزمة الليزر= $\pi * 2.5^2/1800$ والطاقة النوعية ضمن المدى الموضح في الجدول1 و الذي تم خسابه من القانون (الطاقة النوعية= الطاقة النوعية = القدرة (1800) / قطر الحزمة (5) * سرعة السطح).

النتائج و المناقشة

يوضح الشكل2 المقطع العمودي لطبقة الاكساء بالليزر لمزيج النيكل مع10% المنيوم و عند سرع مختلفة لاسطح الصلب. حيث يوضح الفحص المجهري وجود ثلاثة مناطق مختلفة هي طبقة الاكساء و المنطقة المتاثرة بالحرارة و الصلب المشكل على البارد.يلاحظ عند قوى

التكبير العالي و التحليل الكيميـاوي لمنطقـة الاكساء بان الطبقة الناتجة من مزيج المسحوق بنسبة المنيوم لاتتجاوز 5% مـع كميـة مـن الحديد تصل بين 30% عند السرع القليلـة و حوالي 50% عند السرع العالية. اما المنطقـة المتاثرة بالحرارة فتمتاز ببنية مجهرية تختلف تماما عن البنية المجهرية للارضـية للـصلب المشكل على البارد شكل3.

يبين الفحص المجهري الدقيق للمنطقة المتاثرة بالحرارة عند قوى التكبير العالية بانها تتكون من ثلاثـة منـاطق ذات مورفولـوجي مختلف لكنه من البرلايت و الفرايت. وتمتـاز سطح الصلب القريب مـن منطقـة الاكـساء ببلورات طولية و ناعمـة مـن البرلايـت و الفرايت وذات كسر حجمي للفرايت اكبر مـن القيمة المتوازنة الناتجة من منحني التوازن. اما المنطقة الثانية و القريبة من المنطقة الاولـى فتتكون من بلورات كبيـرة مـن البرلايـت و الفرايت وذات توزيع ناعم جدا للسمنتايت فـي البرلايت وذات احجام كبيرة للبرلايـت. امـا المنطقة الاخيرة فهي القريبة مـن الارضـية وتمتاز ببلورات ناعمة جدا ومتساوية المحاور والتي تعزى الى القيم العالية لمعـدل التبريـد مقارنة مع المناطق الاخرى.

اوضح الفحص الدقيق لمنطقة الاكساء بانها عبارة عن بلورات مـن الطـور NiAl ومحلول فوق الاشباع للنيكل(γ) لكنها تمتاز بمورفولوجي مختلف فـي منطقـة الاكـساء. يعزى هذا الى التغيير المـستمر فـي معـدل التبريد في المناطق المختلفة. يلاحظ ان البنية المجهرية في منطقة الاكساء القريبة من الحـد الفاصل للصلب هـي عبـارة عـن Planar (شكل4) بسبب معدل التبريد العـالي جـدا و معدل النمو القليل. اما المنطقه التي تقع بعدها فانها تتكون من بلـورات ناعمـة ومتـساوية المحاور. ان سبب تكون هذة المنـاطق هـو بسبب الانخفاض في معدل التبريد عند الابتعاد عن الحد الفاصل ويقل معدل التبريد في مركز طبقة الاكساء و الذي من الممكن تخمينه مـن حجم الحبيبات شكل5 .

العلاقة بين ابعـاد طبقـة الاكـساء (العرض والارتفاع) كدالة لـسرعة الاكـساء موضحة بالاشكال 6و7. ان العلاقة بين عرض منطقة الاكساء و السرعة هي علاقـة خطيـة وضمن المدى الذي تم دراسته. حيث لـم يـتم الحصول على طبقة عند السرعة العالية وهـو بسبب عدم حصول عمليـة انـصهار لطبقـة الاكساء.

الاستنتاجات

1- امكانية الاكساء بالليزر للصلب الكربـوني المشكل على البارد باستخدام مزيج من مـسحوق النيكل و الالمنيوم .

2- تمتاز منطقة الاكساء بتركيـب كيميـاوي يختلف عن مزيج المسحوق المستخدم و ذلك بسبب التخفيف الناتج و الذي يتاثر بسرعة اسطح الصلب.

3- تمتاز المنطقة المتاثرة بـالحرارة بتكـوين ثلاثة مناطق مختلفـة و لكـن بـدون اي تحـول مارتنزايتي .

4- البنية المجهرية لطبقـة الاكـساء تتكـون بصورة اساسية من NiAl و المحلول فوق الاشباع للنيكل.

المصادر

1- Fishman M.R., and Zahavi J., Applied Surface Science, 106 (1996) 263.

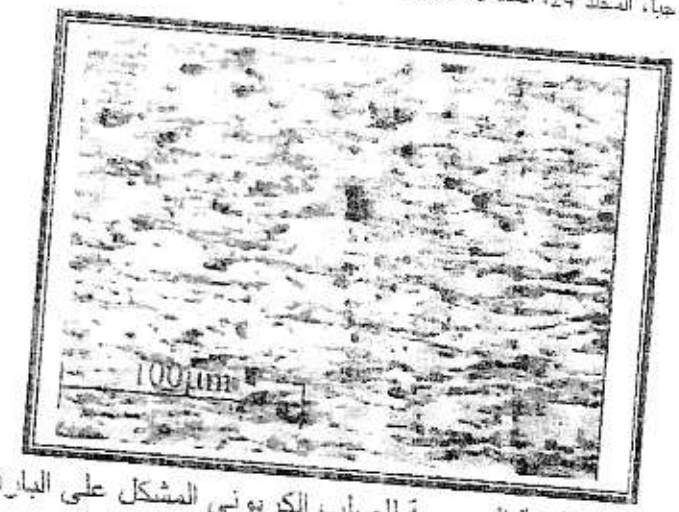
2- Yellup J.M., Surface Coating Technology, 71 (1995) 121.

3- Steen W.M., "Laser material processing "Second Edition, Springer-Verlag London, 1998.

4- Powell J., Henry P.S., Stem W.M., Surface Engineering, 4 (1988)141.

5- Gedda H., Powell J., Wahistrom G., Li W.B., EnggtroH. M., Magnusson C. J., of Laser Application, 14 (2002) 78.

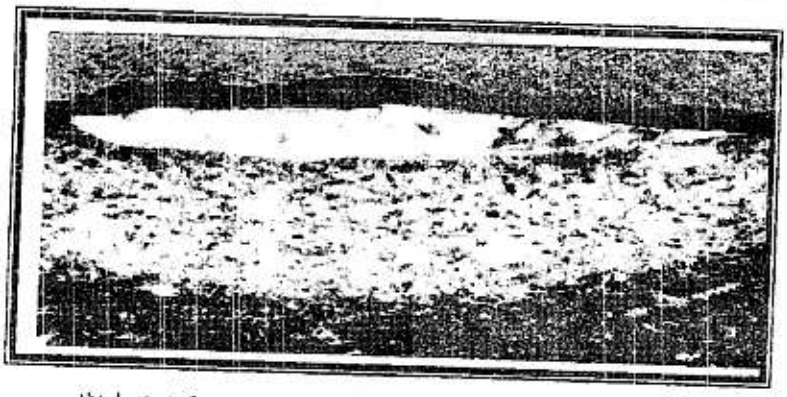
6- Gedda H., Ph.D. thesis, Univ.of Lulea, Sweeden,2004.



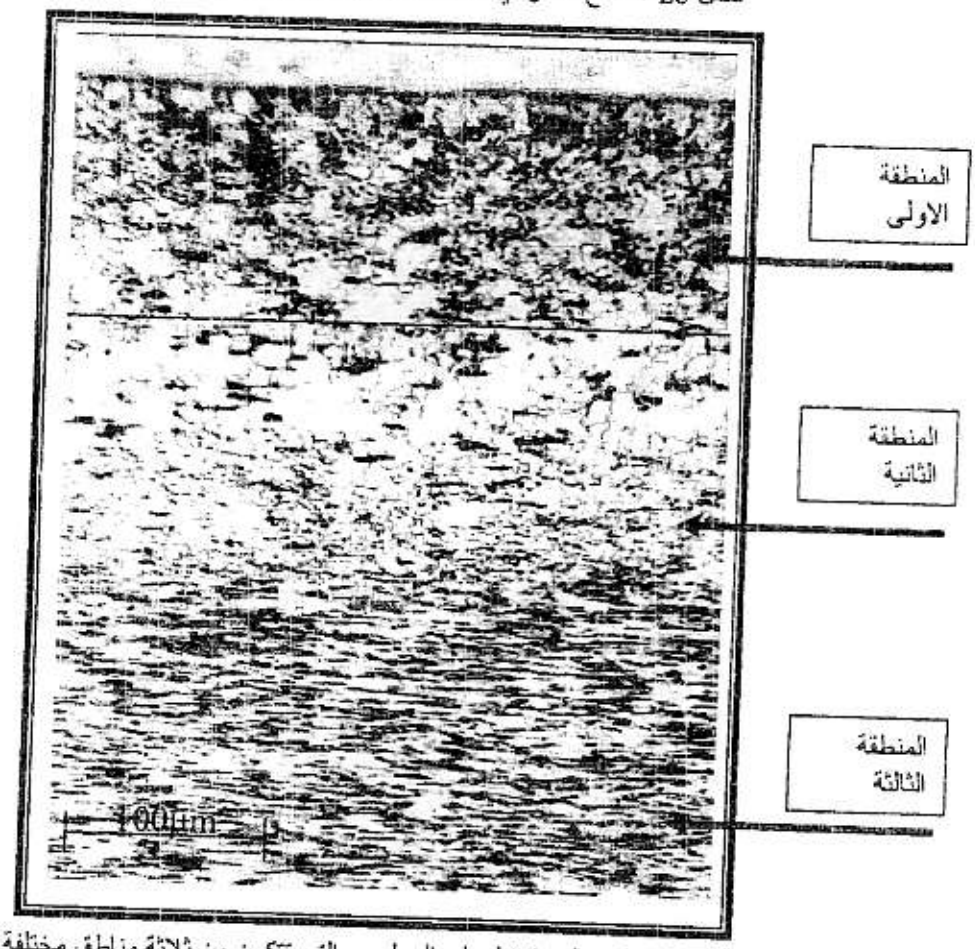
شكل 1 البنية المجهرية للاصلب الكربوني المشكل على البارد

شكل 2a المقطع العمودي للاكساء بالليزر عند سرعة 2 ملم/ثا

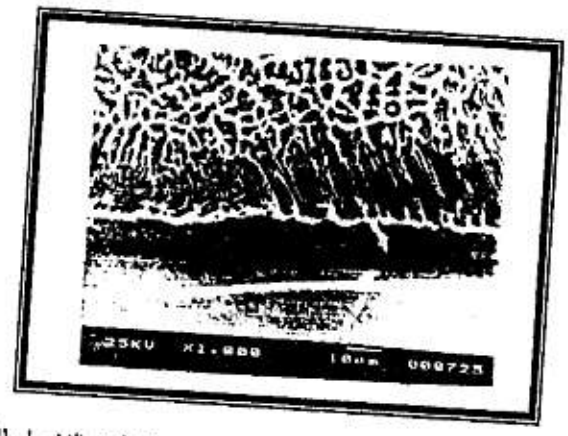
شكل 2b المقطع العمودي للاكساء بالليزر عند سرعة 2.2 ملم/ثا



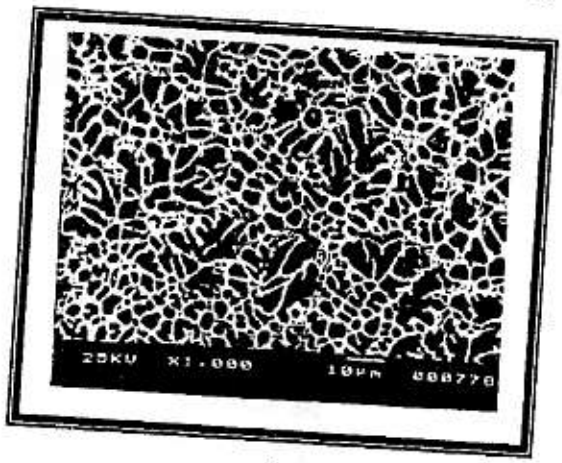
شكل 2c المقطع العمودي للاكساء بالليزر عند سرعة 2.5 ملم/ثا



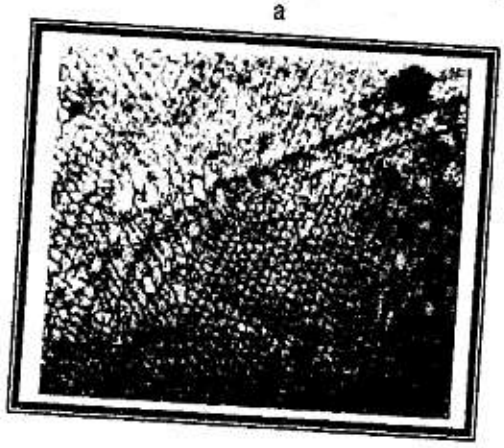
شكل3 يوضح المنطقة المتاثرة بالحرارة لسطح الصلب و التي تتكون من ثلاثة مناطق مختلفة



شكل4 يوضح منطقة Planer في طبقة الاكساء و عند الحد الفاصل للصلب .

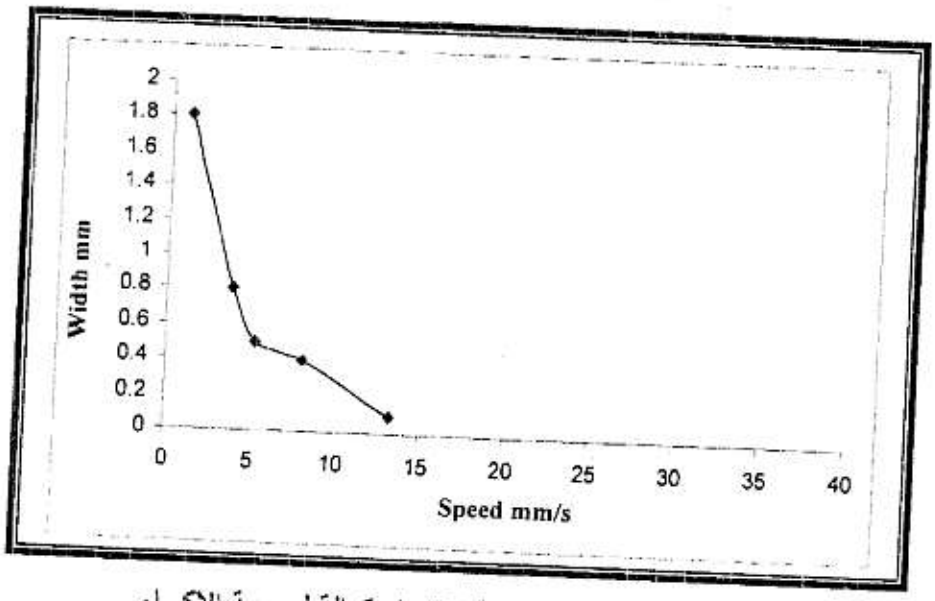


a

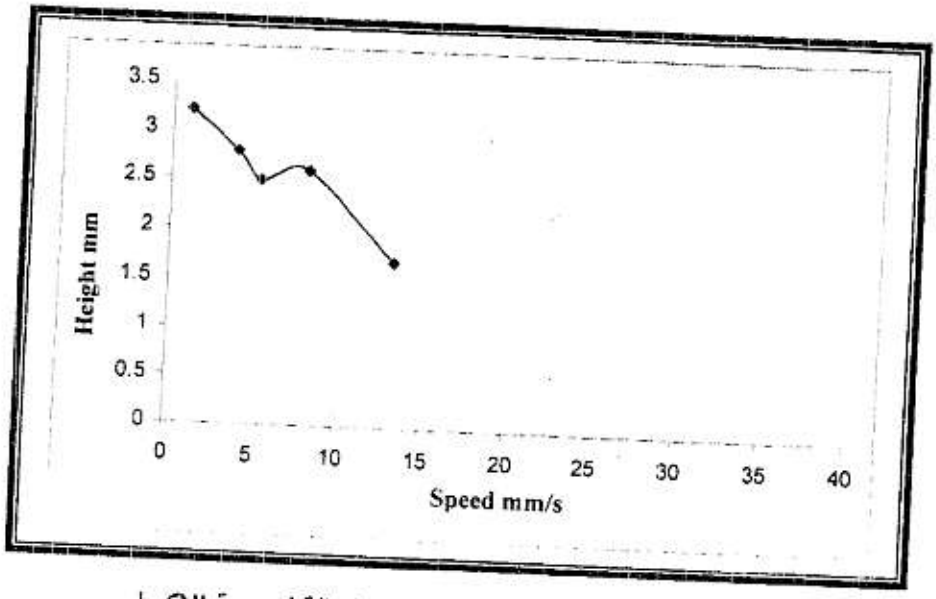


B

شكل 5 البنية المجهرية لطبقة الاكساء باستخدام المجهر الضوئي الماسح (a) و المجهر



شكل6 العلاقة بين عرض طبقة الاكساء كدالة لسرعة الاكساء



شكل7 العلاقة بين طول طبقة الاكساء كدالة لسرعة الاكساء

جد ول 1 الطاقة النوعية التي تم استخدامها في البحث .

النموذج	قطر حزمة الليزر mm	سرعة mm/s	كثافة القدرة W/mm^2	الطاقة النوعية J/mm^2
1	5	1.5	92	240
2	5	3.9	92	92.3
3	5	5.3	92	68
4	5	7.1	92	50.7
5	5	10	92	36
6	5	13.3	92	27
7	5	32	92	11.25