



جامعة الموصل

كلية العلوم

دراسة سلوك الأكسدة الدورية والكلال الميكانيكي لسبيكة الفولاذ
المقاوم للصدأ (AISI 416) المطلية بخليط من مساحيق
سيراميكية بطريقة الرش الحراري باللهب

محمد محسن قاسم خليل العجيلي

رسالة ماجستير

علوم الفيزياء

بإشراف

الأستاذ المساعد

الدكتور إدريس عيدان غدير

2024م

1445هـ

الملخص

يهدف هذا البحث إلى تقديم نظرة موجزة عن تقنية الطلاء بالرش الحراري على سبائك الفولاذ المقاوم للصدأ، بما في ذلك المفاهيم الأساسية والتطبيقات المتنوعة في هذا المجال ، كما يهدف إلى دراسة بعض الخصائص الميكانيكية كالكلال الدوراني (Rotational Fatigue)، وصلادة فيكرز المجهرية (Microscopic Vickers Hardness) ، فضلا عن سلوك الأكسدة الدورية (Cyclic Oxidation)، لسبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ (AISI 416) المطلية بمساحيق سيراميكية مكونة من (CoCrAlSi) كطلاء رابط و ($Ni_2O_3 + Al_2O_3$) بتراكيز وزنية مختلفة . تمت دراسة التركيب المجهرى الدقيق لطبقات الطلاء باستخدام تقنيتي المجهر الإلكتروني الماسح ، ومطياف الأشعة السينية المشتتة للطاقة (SEM/EDX) التي أشارت إلى أن طبقات الطلاء جميعها كانت موزعة بصورة غير متجانسة على طول محور السبيكة، مع وجود بعض التشققات، المسامات، الفجوات ، والدقائق المتكتلة في بعض مناطق السبيكة التي ترتبط في الغالب مع الجسيمات أو الدقائق غير الذائبة والذائبة جزئيا، كما أشارت النتائج إلى أن عملية المعاملة الحرارية أدت إلى حدوث انتشار يبني لعدد من عناصر الطلاء إلى السبيكة الأساس ،وهو ما لوحظ في السبيكة المطلية (A_2)، كما أظهرت نتائج الفحص بتقنية حيود الأشعة السينية (XRD) أن الطبقة السطحية للطلاء كانت متكونة من العديد من الترسبات والاطوار القوية مثل (Al_2O_3) و ($CoSiO_3$) فضلا عن بعض الترسبات الثانوية التي تعود للطورين (Cr_2O_3) و (Cr_2NiO_4) ، وهي نتيجة متوقعة من التفاعل المباشر ما بين مكونات الطلاء والسبيكة الأساس عند درجات الحرارة العالية في أثناء الطلاء والمعاملة الحرارية.

وأظهرت نتائج اختبار الكلال الدوراني بأن عدد الدورات لغاية الفشل تقل تدريجيا بزيادة الاجهاد المسلط عليها لجميع العينات، كما أن جميع الطلاءات المختبرة قد قللت من عمر الكلال للسبائك المطلية، باستثناء السبيكة المطلية (A_2) التي أبدت تحسنا ملحوظا في مقاومة الكلال الذي ازداد بمقدار (% 57.540 – 11.717) عند تغير قيمة الاجهادات المسلطة على السبيكة ضمن المدى (300 – 600 MPa)، وأثبتت نتائج الدراسة كذلك أن عملية الطلاء لهذه السبيكة أدت إلى زيادة متفاوتة في صلادة فيكرز المجهرية لجميع العينات المطلية ، كما وجد أن السبيكة المطلية (A_2) أظهرت أعلى

معدلات للصلادة المجهرية مقارنة ببقية العينات؛ إذ قدرت نسبة التحسن لهذه السبيكة بحوالي (47.19 %) عند السطح، مقارنة بالسبيكة الاساس غير المطلية، كما أظهرت نتائج تقييم هذه الطلاءات بطريقة الأكسدة الدورية بالهواء بدرجة حرارة (900 °C) ، أن جميع العينات المطلية أبدت حماية جيدة لظروف الأكسدة الحرارية مقارنة بالسبيكة الاساس غير المطلية ، إلا أن مقدار هذه الحماية كانت متغيرة اعتمادا على نوع وتركيز مساحيق الطلاء المستخدمة ، السبيكة (A_2) ، كانت ذا سلوك مشابه للسبيكة الاساس ، حيث تعرضت هذه السبيكة الى زيادة مفاجئة في الوزن عانت بعدها السبيكة من فقدان سريع في الوزن، أما السبيكة (A_5) أظهرت أقل معدل للتغير الوزني وهذا يدل على أن طبقة الطلاء قد حافظت على التصاقيتها. أما بالنسبة للسبائك المطلية (A_1)، (A_3) ، (A_4) و (A_6) ، فقد أبدت حماية متباينة اعتمادا على تجانس طبقة الطلاء على سطح السبيكة ، وعلى تركيز العيوب

.

Abstract

This research aims to provide a brief overview of the thermal spray coating technique on stainless steel alloys, including the basic concepts and various applications in this field. It also aims to study some mechanical properties such as rotational fatigue, microscopic Vickers hardness, as well as cyclic oxidation behavior of stainless steel alloy (AISI 416) coated with ceramic powders consisting of (CoCrAlSi) as a binder coating and ($\text{Ni}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$) at different weight concentrations. The microscopic structure of the coating layers was studied using scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray spectroscopy (SEM/EDX) techniques, which indicated that all coating layers were distributed inhomogeneously along the alloy axis, with some cracks, pores, gaps, and agglomerated particles in some areas of the alloy that are mostly associated with undissolved and partially dissolved particles or particles. The results also indicated that the heat treatment process led to the inter-diffusion of a number of coating elements into the base alloy, which was observed in the coated alloy (A_2). The results of the examination using X-ray diffraction (XRD) technique showed that the surface layer of the coating was composed of many deposits and strong phases such as (Al_2O_3) and (CoSiO_3) in addition to some secondary deposits that belong to the (Cr_2O_3) and (Cr_2NiO_4) phases, which is an expected result of the direct interaction between the coating components and the base alloy at high temperatures during coating. And heat treatment. The results of the cyclic fatigue test showed that the number of cycles to failure gradually decreased with increasing the applied stress for all samples, and all tested coatings reduced the fatigue life of the coated alloys, except for the coated alloy (A_2), which showed a significant improvement in fatigue resistance, which increased by (11.717 - 57.540%)

when changing the value of the applied stress on the alloy within the range (300 - 600 MPa), and the results of the study also proved that the coating process for this alloy led to a varying increase in the microscopic Vickers hardness for all coated samples, and it was found that the coated alloy (A_2) showed the highest rates of microscopic hardness compared to the rest of the samples; The improvement rate of this alloy was estimated at about (47.19%) at the surface, compared to the uncoated base alloy. The results of evaluating these coatings by the periodic oxidation method in air at a temperature of (900 °C) showed that all coated samples showed good protection against thermal oxidation conditions compared to the uncoated base alloy, but the amount of this protection was variable depending on the type and concentrations of the coating powders used. Alloy (A_2) had a similar behavior to the base alloy, as this alloy was exposed to a sudden increase in weight after which the alloy suffered a rapid loss in weight. As for alloy (A_5), it showed the lowest rate of weight change, which indicates that the coating layer maintained its adhesion. As for the coated alloys (A_1), (A_3), (A_4) and (A_6), they showed different protection depending on the homogeneity of the coating layer on the surface of the alloy, and on the concentration of defects .

Mosul University
College of Science



Study of Cyclic Oxidation behavior and mechanical
Fatigue of Stainless Steel alloy (AISI 416)
Coated with mixture Of ceramic powders by Thermal Flame
Spray method

Mohammed Mohsen Qassim

M. Sc. Thesis

Physicals Science

Under the Supervision

Of the

Assistant Professor

Edrees E. Khadeer

1446 A.H.

2024 A.D.