البحث في خواص الطلاء البلازمي من مواد مركبة فيروأكسيدية

الدكتور خليل موسى عزيمة
قسم هندسة التصميم والإنتاج
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
جامعة دمشق

الملخص

أعطى استخدام المواد المركبة والتكنولوجيا الحديثة للترسيب بالبلازما إمكانية الحصول على طلاء ذي خواص مميزة. وبسبب التحولات الفيزياكيميائية والتكافؤ المتغير والمتانة الترموديناميكية المنخفضة للفيروأكاسيد يتمتع الطلاء من مواد مركبة فيروأكسيدية بسمات استثمارية عالية، ويؤمن الحماية لعناصر الآلات التي تعمل في ظروف قاسية.

بينت دراسة سلوك المواد المركبة الفيروأكسيدية أثناء عملية الترسيب أن التحولات التي تطرأ على هذه المواد تشبه إلى حد ما التحولات عند التلبيد. درس تأثير شدة تيار مولد البلازما في القساوة الميكروية للأطوار المتشكلة وعلى نسب تركيب الأطوار وعلى مسامية الطلاء من مواد مركبة فيروأكسيدية. وتبين أن القساوة الميكروية ترتفع مع زيادة شدة تيار مولد البلازما وتنخفض المسامية. كما درست مقاومة الاهتراء لهذا الطلاء في ظروف الاحتكاك الجاف والمزيت وذلك بالمقارنة مع مواد أخرى، وبينت النتائج أن الطلاء من مركبات فيروأكسيدية تملك مقاومة عالية للاهتراء ومعامل الاحتكاك المنخفض. من الضروري عند اختيار المادة المرسبه تحديد المتطلبات المرجوة من الطلاء وتحليل ظروف استثماره على عناصر محدده من الآلات وذلك للحصول على طلاء يتمتع بخواص استثمارية عالية.

مقدمة:

المواد المركبة (Composite materials) هي مسحوق معقد التركيب فيه كل حبيبة هـي جزيئـه مستقلة تتألف من أحجام ميكروبه لعدة مكونات مختلفة بتركيبها الكيميائي وبشـكل مماثـل بالتركيـب النوعي لكل الجزيئات الأخرى، من هنا يأتي اختلاف المواد المركبة على شكل مسحوق عـن الخلـط الميكانيكي لمساحيق المواد. وكذلك يجب تبيان أن المواد المركبة على شـكل مسـحوق مـن ناحيـة تصميمها هي: مصفحة (تتألف الجزيئه من نواه من مادة مغطاة بطبقة أو عدة طبقات من مادة أخـرى أو عدة مواد)، أو تجميعية (تتألف الجزيئة من مكونات مواد مختلفة مصـفوفة علـى بعضـها)[1]. أعطت هذه المواد مع التكنولوجيا والمعدات الحديثـة للترسـيب الغـازي الحـراري (Heat Gas spraying) (بما فيها الترسيب بالبلازمـا Plasma spraying) إمكانية الحصول على طلاء ذي خواص عالية وبالأخص المتانة العالية والكثافة والتجانس ووجود أطوار ذات خواص مميزة [2].ومن هنا يمكن اعتبار السمات الاستثمارية الأساسية للطلاء من هذه المواد تؤمن الحماية لعناصر الآلات التي تعمل في ظروف الاحتكاك والاهتراء.

سلوك الفيروأكسيد في عمليات الترسيب:

يملك الفيروأكسيد(Ferrooxid) تحـولات فيزيائيـة مـع تكـافؤ متغيـر ومتانـة ترموديناميكيـة منخفضة.ويتشكل عند ترسيب هذه المواد طلاء يتمتع بسمات تريبولوجية عالية. يترسب عادة" الطـلاء الفيروأكسيدي من مساحيق مصفحة أو تجميعية مع إضافات لا تسيء إلى التحولات الفيزياكيميائية، لهذا سندرس سلوك الفيروأكسيد في عمليات الترسيب.

يوجد بالاعتماد على مخطط توازن الحديد والأكسجين عند درجة الحرارة العادية نوعان فقط من أكاسيد الحديد المستقرة: Fe_2o_3(هيماتيت) وFe_3o_4 (مغنيتيت). وطبيعة الفيروأكسيد معقدة وذلك بسـبب عدم وجود أكسيد الحديد الأحادي في الحالة الصلبة ($T \geq 570\ C^o$)، وعند درجة حرارة أقـل مـن $570C^o$ يتفككFeO (اليوستيت) أوFeO_{1-k} وفق تفاعل مختل التناسب (Disproportion):

$$4FeO = Fe_3O_4 + Fe$$

يطابق هذا التفاعل التحول اليوتكتويدي ولهذا ناتج هذا التفاعل يملك بنية مشابهة لليوتكتويد عند تحـول الأوستنيت إلى (بر ليت، تروستيت.... وغيرها) ويكون تفاعل تفكـك(Dissociate) وتصـعيد (Sublimate) اليوستيت كما يلي[3]:

$$2Fe_xO_k = 2Fe_g + O$$

$$Fe_xO_k = {}_xFe_g + O$$
$$Fe_xO_k = {}_xFeO_g + (1\text{-}x)\ O$$

أما للمغنيتيت فيكون التفاعل كما يلي:

$$Fe_3O_{4t} = 3Fe_g + 2O_2$$
$$Fe_3O_{4t} = 3Fe_g + 4O$$
$$Fe_3O_{4t} = 3FeO_g + O$$

ويكون تغير الطاقة الحرة عند تفكك المغنيتيت إلى اليوسـتيت $\Delta G^o_t = 819+3.64T$ (kJ/moll) يجري تفكك المغنيتيت عند درجات حرارة أعلى من 570 C^o على حسـاب إعـادة بنـاء الهيكـل البلوري المكعبي للمغنيتيت (a=0.838nm) إلى مكعب اليوستيت (a =0.4311 nm) a/ طـول ضلع الهيكل الشبكي/. تحدث إعادة البناء بشكل كامل على حساب الانتشار التفاعلي (Reactionary diffusion) للحديد والتفاعل العكسي المختل التناسب. وحتى عند حركة انتشـارية غيـر ملحوظـة للحديد في المغنيتيت واليوسـتيت تنشـأ إجهـادات كبيـرة بسـبب الفـرق الكبيـر بـين الأحجـام ((يوستيت) a <(مغنيتيـت) a) عند التحول الطوري $Fe_3O_4 \rightarrow FeO$ [3,4]. ونتيجة لذلك ينشـأ عند ترسيب المغنيتيت شقوق ميكروية وماكروية (macro -&-micro crack) إذا حـدث أثنـاء عملية التبلور اختلال في التناسب.

تتعرض الجزيئات في ظروف ترسيب الطلاء إلى درجات حرارة عالية ومن ثَم هناك إمكانية وجـود كل أنواع الفيروأكسيد التي تتحمل التحولات الكيميائية التأكسدية المعقـدة، وتبلـور الأنـواع الثلاثـة للفيروأكسيد بوقت واحد والتي تبدي خواص ميكانيكية وفيزياكيميائية مختلفة. ويجب اعتبـار تحـولات الفيروأكسيد عند ترسيب الطلاء بالبلازما على أنها عمليات كيمياحرارية والتـي تتضـمن امتـزازاً (Adsorption) وتأثيراً كيميائياً بين البلورات ولفظ منتجات التفاعل [5]. وتساهم العمليات المعقـدة التي تجري على المواد المركبة الفيروأكسيدية عند الترسيب في تكوين الطلاء مع توسيع مجال الأطوار والبنية التي لا تتعلق فقط بالتركيب الكيميائي وبنية ومكونات الجزيئات، بل وبظروف الترسيب والتبلور والتشغيل النهائي للطلاء.

خواص الطلاء الفيروأكسيدي :

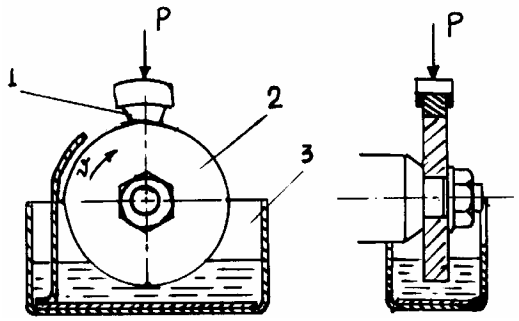
يـعد الهدف مـن الطـلاء الفيروأكسـيدي زيادة مقاومـة الاهتـراء (Wear resistance) للسطوح المحتكة في ظروف مختلفة عندما يكون الطلاء من أكاسيد الألمنيوم أو الكروم أو التيتانيوم أو

من مواد مركبة منها غير فعال بسبب معامل الاحتكاك المرتفع لهذه المواد. لذلك يكون المؤشر الحقيقي لتقييم الطلاء الفيروأكسيدي هي مقاومته للاهتراء [6] وبالإضافة إلى الخواص الأخرى التي سنقوم ببحثها مثل المتانة (Strength) والقساوة (Hardness) والمسامية (Porosity).

بينت الدراسات الموسعة للعمليات أثناء الاحتكاك أن وجود بعض الأكاسيد في منطقة الالتصاق لسطحين متماسين تؤمن مقاومة عالية للاهتراء. وتؤدي العمليات المختزلة الامتزازية التأكسدية (Reducing- adsorbing- oxidizing processes) في منطقة الاحتكاك والمشترطة بارتفاع موضعي لدرجات الحرارة في منطقة التماس إلى عكوسية عمليات الانحلال والتفكك [6,7]. تصعب دراسة التأثير التلامسي نتيجة النقل الكتلي وخاصية الانسياب للمواد وانهيارها، وتخليق مواد جديدة من منتوجات الاحتكاك، والنشاط الانتشاري والحراري، وخاصة الذي يظهر في المواد المتغايرة الخواص (Heterogeneous materials) المتشوهة (المواد المركبة). ولهذا في عمليات التشكيل وفي ظروف احتكاك المواد المركبة يتسبب البناء البلوري المتشكل والأطوار في حدوث عدد من العمليات الفيزياكيميائية. وعند استخدام مواد مركبة على شكل مساحيق في عمليات الطلاء تجب الإشارة إلى بعض العوامل التي تضمن رفع مقاومة التآكل والاهتراء للأزواج المحتكة، من هذه العوامل: الحصول على طلاء أمثل متغاير الخواص، متانة تماسك عظمى، تشتت اصغري لمنتوجات الاحتكاك مع تأمين امتصاصية للزيت على حساب الفراغات والمناطق اللابلورية (Amorfed) في المكونات الأكسيدية والمعدنية.

اختبرنا الطلاء من مركبات الفيروأكاسيد مع طلاء الكروم الغلفاني والطلاء البلازمى من الموليبدين ومن المغنيتيت ومن الهيماتيت. أجريت الاختبارات على الاحتكاك بمخطط لقمة مطليـة-دولاب من الحديد الصب وفق المخطط المبين في الشكل 1. جرى الاختبار على الاحتكاك المزيت عند الحمولة 5Mpa خلال ست ساعات بالزيت M10B وسرعة 1 m/s، أما الاحتكاك الجاف فقد تَم برفع الحمولة رفعاً تدريجياً حتى جمود (Galling) الطلاء. نتائج الاختبارات مبينة في الشكل رقم 2 والجدول رقم 1.

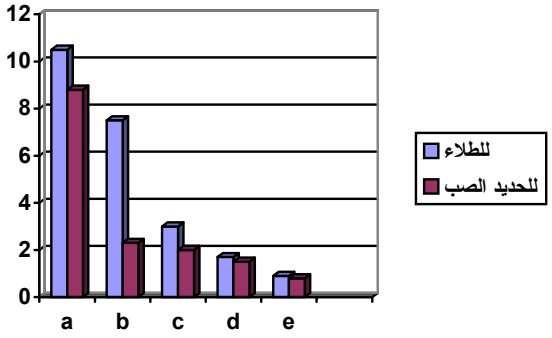
يبدي الطلاء من الفيروأكاسيد حسنات بالنسبة للأنواع الأخرى من الطلاء، وبغض النظر عن الخاصية الامتصاصية العالية للزيت التي يمتلكها الطلاء الغلفاني والطلاء الموليبديني يجري تآكلهما بشدة. أما في ظروف الاحتكاك الجاف فإن ميزات الطلاء $Fe-O$ واضحة من اهتراء الحديد الصب الذي أصغر بكثير؛ وهذا شاهد على خواص مقاومة الاهتراء العالية لبنية الفيروأكاسيد.



الشكل رقم 1

1- مخطط لختبار الاهتراء على الاحتكاك
2- اللقمة
3- الدولاب الدائر (الحاك)
4- حوض الزيت

من الضروري التنبيه على أنه عند ترسيب مركبات فيروأكسيدية يتكون طلاء مركب ومن ثَـم تكـون الخواص الترييولوجية للطلاء أقل منها للمغنيتيت أو للموليبدين. ولكن بارامترات الاحتكاك والاهتـراء للطلاء المركب ليست بالجمع متعلقة مع البارامترات لكل من المكونات. يبدي الطلاء المتين والكثيـف من المساحيق المركبة معاملَ احتكاك منخفضاً عنـد وجـود جزيئـات ميكروسـكوبية مـن أطـوار فيروأكسيدية في منتجات الاحتكاك والتي تعطي مفهوم التزيت الصلب نتيجة التشتت.



الشكل رقم 2

الاهتراء في ظروف الاحتكاك المزيت

a – لزوج من كروم غلفاني – حديد صب **b – لزوج من طلاء موليبدين - حديد صب**

c - لزوج من طلاء مغنيتيت - حديد صب **d - لزوج من طلاء هيماتيت - حديد صب**

e - لزوج من طلاء مركبات فيروأكسيدية - حديد صب

الاختلاف بين مخططي كل حالة يعود إلى الاختلاف بين مساحة السطح الحاك للقمة (الطلاء) وللادولاب الحاك (الحديد الصب)

الجدول رقم ـ 1 ـ الاهتراء في ظروف الاحتكاك الجاف

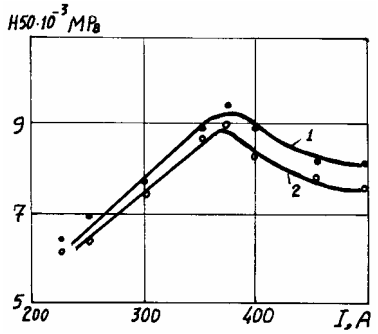
مادة الطلاء	القساوة الميكروية H50	الاهتراء (ميكرون) طلاء	الاهتراء (ميكرون) حديد صب	حمولة التخرش scoring load MPa
طلاء الكروم الغلفاني	9500	150	2.5	2
طلاء من الموليبدين	4500	450	3.2	3
طلاء من المغنيتيت	7000	29	0.35	4.5
طلاء من الهيماتيت	9500	18	0.25	6.5
طلاء من مركبات فيروأكسيدية	12000	12	0.20	7.5

عند ترسيب الطلاء الفيروأكسيدي في ظروف دوران سريع للعينة ولكن من دون تبريد قسري (عندما تنخفض سرعة التبلور للمكونات الأكسيدية مع زيادة سماكة الطبقة) في حجرة في وسط مخلخل من الارغون (0.05MPa) ترتفع القساوة الميكروية(Micro hardness) مع زيادة سماكة الطبقة على حساب زيادة تركيز أطوار Fe_2O_{3+x} في المركبات الأوكسيدية.حيث ارتفعت القساوة الميكروية للأكاسيد من 4000 إلى 10000MPa (عند سماكة طلاء 0.65mm) وبزيادة سماكة الطبقة حتى 0.8mm يصل تركيز الأطوار البيضاء (White phases) في الأطوار الأكسيدية إلى 50% من الحجم (مثل هذه الكمية تؤمن انخفاض الناقلية الحرارية وسرعة التبلور). وترتفع كثافة الطلاء بزيادة سماكة الطبقة فعند سماكات (0.25-0.3mm) يختفي نهائيا" الطور اللا بلوري (Amorfed phase) نظام Fe - $Fe_{1-x}O$ Fe_2O_3 - FeO وتكون المسامية أقل من 1%(تتوضع المسامات فقط على الجزيئات الحدودية المسخنة حتى درجات حرارة أقل من $1500C^o$). وبلغت متانة هذا الطلاء 150 –200MPa مقاسة عند التحميل على الانحناء لصفيحة سماكة 0.6mm وطول 20mm وعرض 6mm مع وجود شق على الطلاء. عند الترسيب بالنظام السابق نفسه ولكن في وسط هوائي تكون البنية المتبلورة من جزيئات حدودية مشبعة بالمناطق المتأكسدة وتكون متانة التلاصق أقل بكثير. ويصبح من الضروري عند هذه الظروف استخدام جزيئات أحادية التشتت(Single dispersed specieses) ومختلطة التي يؤمن فيها الغلاف المعدني من ناحية حماية المغنيتيت من التأكسد ومن ناحية أخرى يرفع التصاق المناطق المتشكلة من الجزيئات الحدودية.عمليا" لايمكن الوصول إلى ذلك بسبب أن المغنيتيت المنصهر والمتفكك قبل اليوستيت يبلل بالأغلفة المعدنية المنصهرة ويتأكسد بسبب تسربه إلى سطح النواة. وتشكل الجزيئات المتأكسدة والتي لا تتشكل فيها أطوار لابلورية بنية اكثر تفككا"، وعند عمليات التحميل (على سبيل المثال عند الاحتكاك) يمكن لهذه الجزيئات أن تنفصل (Flake). ومن ثَم من الضروري في هذه الظروف ليس فقط تنظيم عملية الترسيب التي تستبعد التأكسد الشديد للمكونات اليوستيتية والمغنيتية ولكن تكوين مساحيق مركبة تغطي فيها المكونات المعدنية الفيروأكاسيد القاسية.

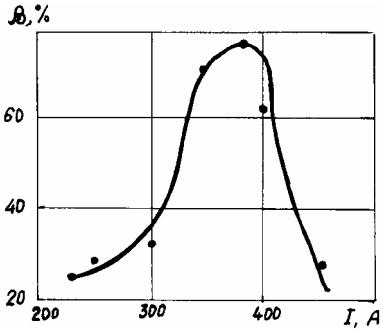
أجريت دراسة العوامل التكنولوجية على خواص الطلاء عند ترسيب نموذج خاص من مساحيق مركبة فيروأكاسيدية مصفحة (وفي الوقت نفسه تجميعية) أو تجميعية بروابط عضوية و كيميائية لجزيئات المكونات. ويبين الشكل رقم 3 تأثير شدة تيار مولد مدفع البلازما عند الترسيب بالبلازما الآزوتية في القساوة الميكروية (a) وفي تركيب الاطوار الفيروأكسيدية في الطلاء (b) وفي مسامية الفيروأكاسيد (c). مع زيادة شدة تيار المولد وأثناء تشكل اليوستيت ـ المغنيتيت ذات المسامية المنخفضة ينشأ فيها نمو كميات من شوائب صلبة مغنيتيت ـ هيماتيت (مع إمكانية تشكل أطوار دقيقة

التشتت من Fe_2O_{3+x} لاتظهر بالطريقة الطيف الإشعاعي الميكروي) ويصبح الطـور مـن النـوع Fe_2O_3—FeO أقل مع زيادة التيار حتى 350A. ولكنه أي الطور لا يكفي لتأمين التبلل العالي، في حين يزيد غياب التأكسد من إنتاجية الترسيب. تغلب عند القيم المرتفعة للتيار عمليات التشتت وتشكل أطوار يوستيت ـ مغنيتيت وتنخفض القساوة بسبب إقلال التناسب عند تشكيل الأطـوار اللابلوريـة. تنخفض القساوة الميكروية الوسطية للطلاء مع أن الشوائب البيضاء قد ظهرت في الأطوار Fe_2O_3 – Fe_3O_4. وتؤدي استمرارية زيادة التيار (450 — 600A) إلى تشكل كميات كبيرة مـن الطـور Fe_2O_{3+x} في قالب لين من FeO – Fe_3O_4 (وذلك في الطبقات السطحية للطلاء حيـث تكـون درجة حرارة التبلور مقبولة) وهذا يرفع القساوة الميكروية، وتنخفض إنتاجية الترسيب على حسـاب التبخر الكبير للجزيئات الفيروأكسيدية دقيقة التشتت.

بينَ تحليل تأثير العوامل التكنولوجية عند ترسيب مساحيق مركبة هيماتيت ـ مغنيتيت أنه بغض النظر عن مسافة الترسيب فإن قساوة الطلاء من الهيماتيت أكبر من قساوة الطلاء من المغنيتيت بـ ---500 1000Mpa. وترتفع إنتاجية الترسيب مع زيادة تشتت المسحوق ولكن ينخفض مردود الاستفادة مـن المسحوق، وتزداد كمية الطور اللابلوري في الطبقة العليا من الجزيئات المتفككة.

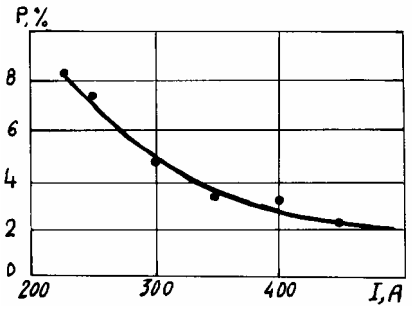


الشكل رقم ـ 3 ـ
تأثير شدة مواد البلازما في
(a) القساوة الميكروية
H50 (Microhardness)
1 ـ للطـور Fe_3O_4-Fe_2O 2 ـ للطـور FeO-



الشكل رقم ـ 3 ـ
تأثير شدة تيار مواد البلازما في
(b) محتوى الطور(FeO-Fe3O4)

Fe_3O_4



الشكل رقم 3
تأثير شدة تيار مواد البلازما في المسامية (Porosity) (C)

تتشكل في ظروف التسخين الزائد وتبلور الفيروأكاسيد المتفككة أطوار ناعمة مختلة التناسب وإلى حـد كبير أطوار مجهدة، وهذا يتضح تماماً مع زيادة تشتت الجزيئات الفيروأكسـيدية المسـتعملة. وعلـى العكس تماما" فكلما كانت الجزيئات أكثر نعومة ومن ثم أكثر مساحة للتلامس مع طبقات النيكل المجمعة لها نحصل على بنية متشكلة غير مجهدة وأطوار شبه مستقرة من خلائط حديدية متفككة أو مفساة. تبين طريقة الصفل من دون جلخ مسبق للطلاء من مساحيق متبلورة من المغنيتيت وكذلك من مواد مركبة تجميعية، أن الفيروأكاسيد الشبه مستقرة تنفصل فقط في حال تبلورها من جزيئات كبيرة ذات أبعاد(5 10μm--) وأكثر. وعند ترسيب مواد مركبة تجميعية ذات كميات كبيرة من العناصر الفيروأكسـيدية المتشكلة من جزيئات دقيقة منصهرة غير كبيرة (بنسبة حجم أقـل مـن 2%—1) فـإن انفصـال الجزيئات عند الجلخ يكون غير ملحوظ.

يؤدي استعمال مواد مركبة تجميعية فيروأكسيدية ذات أبعاد جزيئات 2μm —1إلـى تشـكل بنيـة مختلفة مع توزع منتظم للعناصر الأكسيدية والمعدنية. وتنعدم عمليا" مسامية الطـلاء وتحـدد متانـة التماسك والتلاصق بعمليات التبلل والتأثير الكيميائي والطوري للعناصر بين بعضـها وبـين المعـدن الأساس. وعند وجود تأثير معدني و حـراري ($Me+FeO \rightarrow FeMe+MeO$) تحـدد المتانـة بدرجة حدوث التفاعل بين الأطوار على الحدود وبظروف تبلور ناتج التفاعل، وبحركة هذه العمليـات في التيار الموجه إلى المعدن الأساس. ويجري في الحالة الأخيرة، علـى حسـاب حـرارة التفاعـل الإيزوترمي في بعض الجزيئات (حيث ينتقل التفاعل إلى المعدن الأساس)، صهر الأسـاس وانتقـال انتشاري لمنتجات التفاعل في معدن الأساس[8].

Comment:

خاتمة:

يؤكد تحليل خاصية عملية ترسيب المساحيق المركبة الفيروأكسيدية وكذلك دراسة بنية وخواص الطلاء من المواد المركبة على إمكانية استخدام هذه المواد في ترسيب الطلاء الغازي الحراري لأهداف عملية يتم تحديد الخواص المطلوبة مسبقا". وعند اختيار المسحوق من الضروري تقييم المتطلبات المرجوة من الطلاء وتحليل ظروف استثماره على عنصر محدد. ويتطلب من جهة تحديد تصميم وإنتاج القطعة مع الطلاء وتعليل إمكانية وضرورة استخدام الطلاء، ومن جهة أخرى تحديد ظروف الاستثمار. من هنـا تظهر ضرورة الحصول على طلاء يتمتع بخواص وبتصاميم مطابقة لظروف الاستثمار.

المراجع

1- Hull D. Clyne T.W. An introduction to composite materials – Cambridge Solid Science Series 1996-610p

2- لابونتس ف.ف. مارتشوك ف.1. الطلاء التفجيري من مواد مركبة أساسها النيكل، مجلة اللحـام الأوتوماتيكي. العدد (532)7 ـ 1997 ص.ص.23 ـ 19.

3- كوليكوف إ. س. التفكك الحراري للأكاسيد ـ موسكو - 1969.574 صفحة.

4- كوليكوف إ. س. بعض الأسئلة حول ميكانيزم وحركة إرجاع أكاسيد الحديد /في كتاب الانتشـار والامتزاز والتحولات الطورية في عمليات إرجاع المعادن موسكو 1981 ص.ص 59 ـ 62.

5- كودينوف ب.ب وغيرة. الترسيب بالبلازما للفيروأكسيد ـ مجلة فيزياء وكيمياء معالجة المـواد 1989 العدد 1 ص.ص 67-71.

6- غاركوف د.ن. النقل في نقاط الاحتكاك المثقلة. موسكو 1982.-207 صفحة

7- بيك أ.ب.، بلوخا ك.ك. الأسس الفيزيائية والكيميائية لترسـيب الطـلاء. كييـف 1992.-224 صفحة.

8- نظرية الترسيب الغازي الحراري للطلاء، مجموعة من المقالات جزء1، 2 ريغا 1985 ص.ص 110 –114 و 88 ـ 91.

. تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق 1998/12/5.

A Research On Properties Of Plasma Coating From Ferro Oxide Composite Materials

Khalil Azimeh
Faculty of Mech. & Elect. Engineering
Damascus University

Abstract

The use of composite materials, and modern technology of plasma spraying has provided a possibility to obtain a coating with very special properties. Owing to physics- chimecs changes, changeable valence, low thermodynamic strength for Ferro-oxides the coating, which made from Ferro oxide composite, has very high specifications investment, and provides protection for machines which work in difficult circumstances.

Ferro oxide composites behavior, during spraying, studies shows that changes which took place in these materials are similar to those which happened during sintering. An influence of plasma generator current intensity has been studied on microhardness of forming phases, on phases structure propositions, and on porosity. Microhardness increase when current intensity was increased, while porosity is decreased.

Wear resistance has also been studied for this post in both, dry and wet (oily) friction circumstances. Comparable with other materials it has been found that Ferro oxide materials had a high resistance for wear and a low friction coefficient.

It is also important that when selecting the spraying materials, to determine requirements which we need from coating and to analyze its investment circumstances on specific elements of machines to obtain a high investment properties coating.

For the paper Arabic Language see the pages