جامعة البعث	مقرر هندسة الإهتراء والتآكل	((((((سلم التصحيح))))))
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية	2023 -2024 الفصل الثاني	السنة الخامسة معادن / 70 علامة

تم تسليم التصحيح من قبل رئيس اللجنة
د.م. خالد أحمد عروة

السؤال الأول (15 علامات- لكل تعريف 3 علامات).

الإهتراء الحكّي:

هو ذلك النوع من الإهتراء الذي يحدث عندما ينزلق سطح خشن وقاس ، أو سطح طري يحتوي جزيات قاسية، على سطح أطرى منه، وتحفر مجموعة من الخدود فيه. سوف تستبدل الجزيئات المهترئة من الخدود بأخريات حرة.

الإهتراء التعبي:

هذا النوع من الإهتراء يلاحظ في حالة الانزلاقات المتكررة أو تدحرجات في مسار محدد. إن عملية التحميل وإزالة التحميل المتكررة يمكن أن تنتج في المواد المعرضة لها، وفي السطح أو في طبقة ما تحت السطح، شقوق، والتي في النهاية سوف تؤدي إلى تفتيت في السطح وتشكيل أخاديد كبيرة فيه.

الإهتراء الحتّي التكهفي:

الإهتراء الحتّي التكهفي ينتج عن حركات نسبية قوية بين معدن وسائل.

وعند هذه الحركات سينقص الضغط الموضعي للسائل، فتصل درجة حرارة الغليان إلى درجة حرارة السائل وتتشكل فقاعات من البخار، وعندما يعود الضغط إلى وضعه الطبيعي يحصل انفجار وتتلاشى الفجوة . وهذا يؤدي إلى قوى صدم كبيرة على المعدن مسببة إما تصليد انفعالي أو تعب أو حفر تكهفية.

الإهتراء الميكروي :

عندما تحدث حركة نسبية صغيرة بين السطحين، تكون النتيجة مقدار من برادة الإهتراء الناعمة. وهذا النوع من الإهتراء يسمى الإهتراء الميكروي. من المحتمل أن يبدأ على شكل إهتراء تلاصقي لكن إذا لم تسطع البرادة الخروج من بين السطحين بسرعة كافية عندها سيتلى بنوع من الإهتراء الحكّي والذي يمكن أن يكون أكثر عنفاً فيما إذا تأكسدت هذه البرادة.

الحك الحفري:

توصف حالة حدوث هذا النوع من الإهتراء عندما تَقطع الصخور أو المواد الحاكة الخشنة الأخرى سطح الإهتراء بتأثير قوة كبيرة ومحددة بحيث تقوم بتفتيت الحبيبات الكبيرة نسبياً من المعدن في سطح الإهتراء . تطبق قوى الحفر هذه أحياناً بسرعة منخفضة نسبياً كما في حالة الجرّاف عند العمل في كومة صخور، ومجالات أخرى، كما يمكن لهذه القوى أن تطبق بسرعة عالية كما في حالة مطارق الكسارات أو قضبانها والتي تعتمد على مبدأ الصدم في عملها.

إن آلية إزالة المعدن في هذه الحالة مشابهة لتلك التي تتم بعملية قطع المعدن باستخدام رأس قاطع أو قرص احتكاكي ، وتحت هذه الظروف، فإن المواد التي تعتبر صعبة أو مستحيلة التشغيل تكون ذات مقاومة جيدة للحك الحفري، وتميل الخبرة العملية إلى تدعيم هذا الاتجاه.

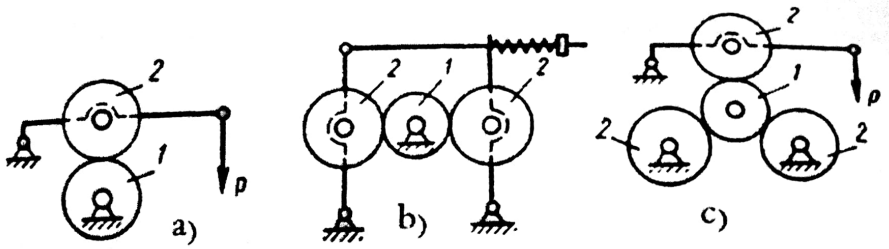
إن العديد من حالات الحك الحفري تتضمن صدم عنيف ، وبمثل هذه الحالات، يتضمن اختيار المادة المناسبة لمقاومة هذا النوع من الحك عملية موازنة؛ بين أفضل مقاومة للحك وما يكفي من المتانة على الصدم. كما يحدث هذا النوع من الحك في المطاحن ذات الكرات أثناء التصادم.

بشكل عام فإنه في حالة الحك الحفري يكون الإهتراء عادة أعلى مما هو في الحكّين الطاحن والحتّي مقاساً بـ [mm/hours] ، باستثناء الإهتراء الحتّي الناتج عن احتكاك السطوح بسرعات عالية. وفي كل الأحوال، ففي حالة الحك الحفري تتم معالجة كميات كبيرة من المواد نسبة لوحدة السطح المهترء. لهذا فإن وزن أو حجم المادة المهترئة لكل طن من المواد المعالجة يمكن أن يكون صغير تماماً بالمقارنة مع حالة الحك الطاحن حيث تحتاج لتماس جيد بين كل حبيبة أو شظية من المواد مع السطح المهترء الذي يقوم بالطحن.

٥- اختبار الاحتكاك التدحرجي:

في كثير من الأحيان تنهار السطوح العاملة لأسنان الدولاب المسننة، ولعناصر المحامل التدحرجية، وللأعمدة المدلفنة ، ولدولاب العربات والقاطرات ولغيرها من العناصر التي تعمل على الاحتكاك التدحرجي في ظروف التحميل التماسي ، بسبب التنقر السطحي (تشكل تقرحات). ولقد عرضت على نحوٍ كافٍ طرق اختبار المواد على التعب التماسي في أعمال خروشوف Khruchov M.M. تجري الاختبارات المخبرية للعينات على الاحتكاك التدحرجي على آلات أسطوانية مع إمكانية وجود إزاحة بحيث يؤمن نشوء تنقر سطحي على السطوح المحتكة وتحت حمولة. تقسم هذه الآلات حسب عدد التماسات على سطح العينة مع وجود أو عدم وجود انزلاق قسري عند التدحرج وكذلك حسب ظروف الانزلاق لدورة واحدة. يبين الشكل ٧ مخطط بسيط لآلات اسطوانية بتماس أحادي وثنائي وثلاثي. تنسب آلات الاختبار، التي فيها أحدى الاسطوانات تدور (العينة) والثانية تتصل معها وتدور تحت تأثير قوى الاحتكاك في منطقة التماس، إلى آلات للاختبار الاحتكاك التدحرجي. ولتأمين الانزلاق القسري بقيمة ثابتة معطاة يوجد جهاز تحريك مستقل لاسطوانة (الاسطوانة هنا يجب أن تدور بسرعات مختلفة).

إذا ظهرت عند اختبار العينات الأسطوانية على التحمل التماسي ضرورة تقليد ظروف احتكاك السطوح العاملة لأسنان الدواليب المسننة، فإنه يجب اختبارهم على آلات أسطوانية مع وجود انزلاق متغير لكل دورة. ويمكن تأمين الانزلاق المتغير (مرتين بغير قيمته واتجاه لكل دورة) عن طريق دوران أسطوانتين ذات قطرين متساويين تحت حمولة ، إذا أخذا حركتهما من مسننات متشابه متوضعين مع اختلاف التمركز على نفس المحاور أو إذا جرى دوران إحدى الأسطوانات سرعة ثابتة والآخر بسرعة متغيرة.



الشكل ٧

مخطط آلات اسطوانية لاختبار الاحتكاك التدحرجي

يستخدم أيضا عند اختبار المواد على التعب التماسي آلات تدحرج كرات على عينات ذات سطح مستوي.

يُحدّد التحمل التماسي عند اختبار العينات على آلات أسطوانية بالقيمة الأعظمية التي يتحملها المعدن لضغط التماس p_{max} وأحياناً بالقيمة الأعظمية للاجهاد المماسي τ_{max} الذي يظهر على عمق غير كبير تحت سطح التماس للأسطوانة وبشكل موازي لمحورها. توضع نتائج الاختبار على إحداثيات نصف لغاريتمية على شكل علاقة بين ضغط التماس الأكبر بين الاسطوانات على مساحة التماس وعدد الدوران، ولرسم منحني التعب التماسي يختبر على الأقل ١٢ عينة. ويعتبر بدء التنقر المثالي لسطح الاسطوانة المختبرة ؛ والذي يحدد إما بعدد الحفر (التقرحات) الكبيرة والصغيرة الواضحة بالعين المجردة ، أو بنقص وزن العينة مع مراقبة سطح العينة؛ مقياساً لنهاية الاختبار. ويستخدم أيضاً لتحديد لحظة نهاية الاختبار مقياس ظهور تذبذب في الشدة والتي تبينها أجهزة خاصة. تخضع العينات قبل الاختبار إلى عملية تشغيل تؤدي إلى الإقلال من خشونة سطحها وظهور طبقة سطحية لها بنية مختلفة، وكذلك تصل دقة تماس سطوح

الاسطوانات إلى توزع منتظم للحمولات. ينصح بإجراء التشغيل عند السرعات والحمولات العالية. وأحياناً لتسريع الاختبار يدخل في التشحيم مواد حاكة ناعمة.

يؤثر في نتائج الاختبار أبعاد وشكل الاسطوانات ، وحالة السطح العامل، وخواص وسط التشحيم وغيرها من العوامل التي تدخل عند تقييم طريقة الاختبار. يكون السطح الأكثر نعومة أفضل مقاومة للتنقر. لا تظهر عند احتكاك الأسطوانات من دون تزيت ظاهرة التعب التماسي ويحدث فقط اهتراء أو بلى السطوح المحتكة. وعند الاحتكاك المزيت (في ظروف تشكل فلم من الزيت يفصل السطوح المحتكة) أيضاً لا يظهر تنقر. يظهر التعب التماسي فقط عند التزيت غير الكامل ولهذا يجري عادةً اختبار العينات على التعب التماسي فقط في تزيت سائل منخفض اللزوجة.

أيضاً يظهر تأثير على التعب التماسي لسطوح الأسطوانات قيمة الانزلاق. يبدأ التنقر في حالة التدحرج عند عدد من الدورات أكبر منه مما هو في حالة التدحرج مع انزلاق. يجب تطبيق الحمولة على الأسطوانات أثناء الدوران وذلك لأن ظروف التزيت تختلف كثيراً بين إثناء العمل أو في حالة التوقف.

السؤال الثالث: (16 علامة).

1 يمكن تصنيف التآكل حسب طبيعة التفاعل (تآكل كيميائي، تآكل كهركيميائي)، حسب طبيعة الوسط (تآكل رطب، تآكل جاف)، حسب شكل التآكل (تآكل عام، تآكل موضعي).

2- إن قياس التآكل الجاف للمعادن والسبائك يتحدد ويُقدر بدلالة الطاقة المطلوبة من الأوكسجين بوحدات الكيلو جول للمول الواحد (KJ /mol) لإنتاج أوكسيد المعدن كما في المعادلة الآتية:

$$Metal + Oxygen \Rightarrow Metal Oxide$$

لذلك فإن مقياس التآكل الجاف هو مقياس الطاقة (كيلوجول للمول الواحد).

3- يمكن معالجة التآكل العام كما يلي:

أ- عمليات الطلاء والأصباغ.

ب- معيقات التآكل.

ج- معادن مناسبة لكل وسط لها مقاومة تآكل عالية.

د- الحماية المصعدية أو المهبطية بحسب متطلبات المعدن والوسط.

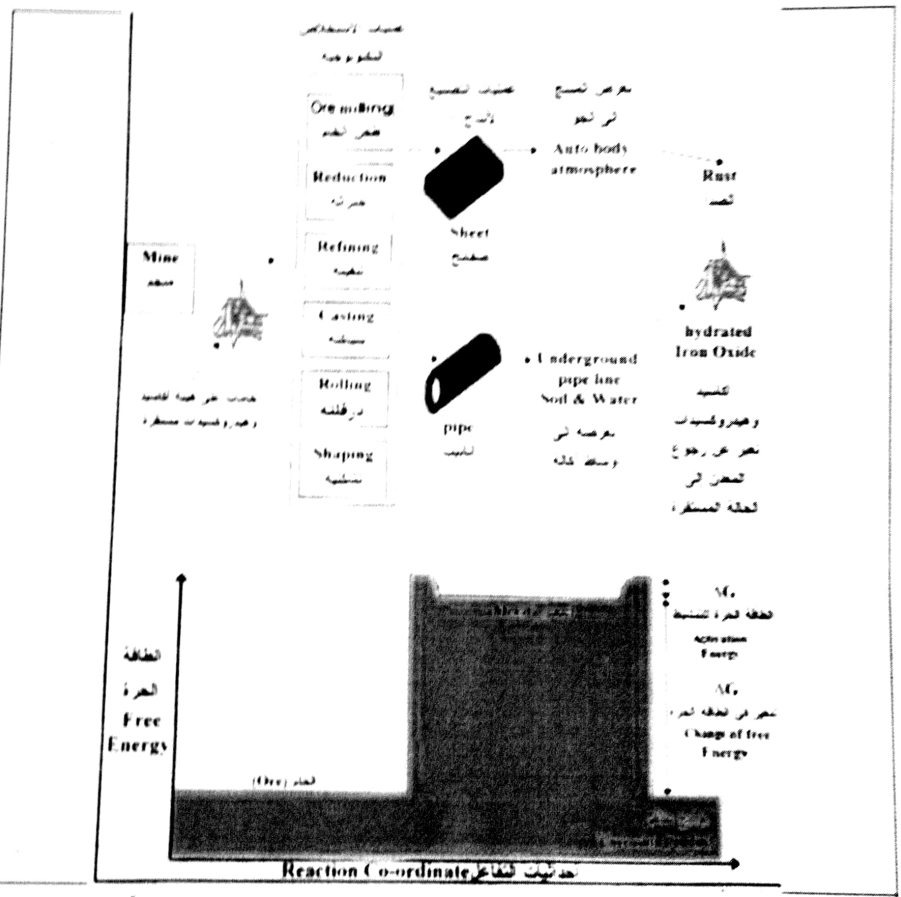
هـ- تغيير ظروف الوسط من درجة حرارة . تركيز الوسط أو سرعة الوسط وغيرها من العوامل التي تؤثر على معدلات التآكل.

4- التفاعلات في التآكل الكهركيميائي:

التفاعلات المصعدية (الأنودية) Anodic-Reactions وهي تمثل تفاعلات الأكسدة (Oxidation) والتي يحصل فيها تغيير كيميائي للمعدن ليتحول إلى القطب الموجب (Anode) يتمثل بفقدان ذراته أو مجموعة من ذراتة للإلكترونات يصاحبه تحول الذرة المتعادلة الشحنة إلى أيونات موجبة

التفاعلات المهبطية (الكاثودية) Cathodic-Reactions وهي تمثل تفاعلات الاختزال (Reduction) وفيها تكتسب الإلكترونات من قبل ذرة ومجموعة ذرات القطب السالب (Cathode).

إن مستوى الطاقة لنواتج التآكل وتركيبها الكيميائي قريب وشبيه لمستوى الطاقة والتركيب الكيميائي لخام المعدن الأصلي وهذا يفسر سبب وجود خامات الحديد مثلاً على شكل أكاسيد ثنائية أو ثلاثية Fe_3O_4، Fe_2O_3 من وجهة نظر الكيمياء الفيزيائية، ويعتقد أن التآكل عملية ذاتية "Spontanous process" يتخلص فيها المعدن أو السبيكة من جميع الطاقات المضافة له خلال عمليات التصنيع والتشكيل والتركيب والتحويل التي أجريت على خاماته الأصلية ترجوع إلى حالة الخام الأصلي، لذلك يعرف التآكل بأنه "عملية معكوسة لميتالورجيا الاستخلاص". **فميتالورجيا** الاستخلاص تعني مبدئياً الحصول على المعدن من الخام أما **التآكل** فيحول المعدن إلى نواتج التآكل القريبة في تركيبها إلى الخام وهذا ما يمكن ملاحظته في الشكل (1-1).



الشكل (1-1): التآكل هو رجوع المعدن إلى الحالة المستقرة وبذلك **فهو عملية معكوسة لميتالورجيا**

السؤال الخامس: (12علامة).

2-4- خلية التآكل الكهروكيميائية:

وهي مجموعة المكونات الواجب توافرها ليحصل التآكل، وبالتالي حتى يتم التآكل في الأوساط الرطبة أو المائية (Aqueous corrosion) لا بد من توافر أربعة عوامل وهي:

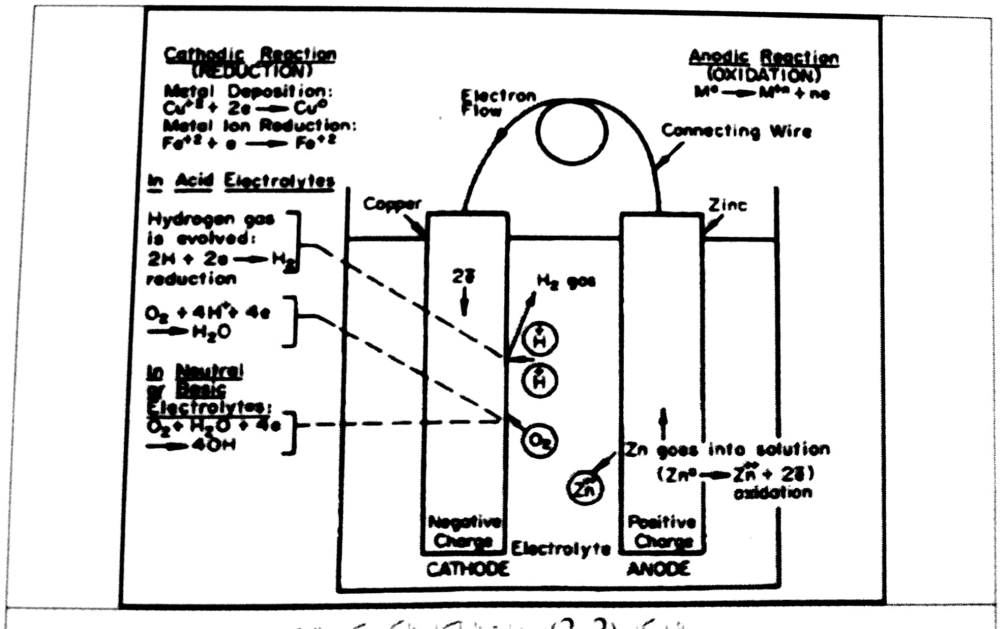
a- المصعد (Anode): وهو المعدن الذي يتعرض للتآكل وهي عملية الأكسدة التي يفقد فيها المعدن الإلكترونات مثل تحلل معدن الزنك والحديد وتتكون أيونات المعدن وتتحرر الإلكترونات.

b- المهبط (Cathode): وهو الجزء من المعدن الذي يستقبل الإلكترونات الناتجة من المصعد ويستهلكها ليستمر التفاعل وقد يكون معدناً آخر.

c- الوسط المحلول (Electrolyte): وهو المحلول الذي تصنع فيه قطعة المعدن الذي يتعرض للتآكل وتنتقل فيه الإلكترونات والأيونات المتكونة.

d- وصلة كهربائية: حتى تكتمل الدارة الكهربائية يتم وصل المصعد بالمهبط باستخدام سلك من مادة موصلة وذلك في حال كونهما منفصلين.

والشكل (2-2) يوضح خلية التآكل الكهروكيميائية والتفاعلات التي تتم فيها.



الشكل (2-2): خلية التآكل الكهروكيميائية.