

الباب الثامن

التآكل وصناعة الطلاء الواقية

الباب الثامن

صناعة التآكل و الطلاء الواقى

أولاً : التآكل :

يعرف التآكل بصورة عامة بأنه تلف أو تحطيم المعدن بصورة تدرجية نتيجة تفاعل كيميائي ، وقد يحدث التآكل بسبب التفاعل المباشر بين المعدن ومادة كيميائية ، مثلاً تفاعل غاز الكلور مع القصدير والماغنسيوم ، وكذلك التآكسد السريع لمعدن الكالسيوم والماغنسيوم بواسطة غاز الأكسجين فى درجات الحرارة الاعتيادية والمعادن الأخرى عند الدرجات الحرارية العالية ويسمى هذا النوع بالتآكل الجاف . وتحدث معظم حالات التآكل بفعل التفاعلات الكهروكيميائية مثلما تحدث فى الخلية الكهربية ويسمى هذا النوع بالتآكل الرطب .

العوامل المسببة للتآكل :

يعتمد التآكل فى مداه على ما يلى :

1- خواص المعدن .

2- طبيعة المحيط المسبب للتآكل .

من الملاحظ بصورة عامة أن الخارصين والحديد يتآكلان بمعدلات أكبر مقارنة بمعدن النحاس . فتآكل الفولاذ و صفيحة الكروم بسبب الملح والوحل

ظاهرة واضحة يعرفها مالك السيارة . إن معالجة التآكل والحد منه لا يمكن أن يحدث إلا يعرف معرفة المبادئ الأساسية لطبيعة التآكل وميكانيكية (Mechanism) تفاعلاته .

العوامل المؤثرة على التآكل والتي لها علاقة بالمعدن :

- 1- الجهد الكهروكيميائي (Electrochemical Potential) لتأكسد المعادن .
- 2- وجود معدن أو مادة أخرى تعمل كقطب سالب .
- 3- فرط الجهد الكهروكيميائي (Overpotential) للمعدن .
- 4- نقاوة المعدن .
- 5- الحالة الفيزيائية للمعدن .
- 6- المساحة النسبية لسطح المعدن الذي يعمل كقطب موجب وكقطب سالب .
- 7- الحجم النسبي لذرات المعدن وأكسيد أو نتاج آخر لتفاعل التآكل .
- 8- قابلية ذوبان المواد الناتجة من عمليات التآكل .

خواص المحيط المسبب للتآكل :

- 1- وجود الرطوبة .
- 2- الرقم الهيدروجيني للمحيط (pH) .
- 3- الأكسجين .
- 4- تركيز أيونات المعدن .
- 5- قابلية المحيط للتوصيل الكهربائي .
- 6- نوعية الأيونات السالبة والموجبة الموجودة في المحيط .

7- درجة الحرارة .

8- وجود مانع التآكل أو عدمه (Corrosion Inhibitor) .

الجهد الكهروكيميائي لتأكسد المعدن :

لغرض فهم عمليات التآكل وكيفية السيطرة عليها يكون من الضروري فهم واستيعاب المبادئ الأساسية لموضوع الكيمياء الكهربائية . فقد عرفت سبيكة المونل وهى سبيكة أساسها النيكل بأنها تتميز بمقاومة جيدة للتآكل ، وعلى هذا الأساس فقد صنعت أبدان السفن من هيكل فولاذي مغطى بصفائح من هذه السبيكة شددت للهيكل بواسطة مسامير حديدية وكانت النتيجة تآكل هذه المسامير بشدة .

فى حالات عديدة يستعمل معدنين مختلفين لصنع أجهزة متنوعة . وهذا خطأ شائع حيث أنه يؤدي إلى حالة تآكل يتضرر فيها أحد المعدنين . فقد وصفت حالة تكونت فيها دائرة كهربائية بين معدن الألمنيوم والفولاذ المستخدم فى خرسانة مسلحة صبت فى وقت الشتاء وتحتوى على كلوريد الكالسيوم الذي وفر فيما بعد توصيلاً كهربائياً بين المعدنين أدى إلى تآكل جلفاني (Galvanic Corrosion).

يلاحظ فى أحيان عديدة أن مصلح الأنابيب يستبدل بعض أنابيب الحديد بأنابيب من معدن النحاس ، وفى هذه الحالة يكون فرق الجهد الكهروكيميائي المسبب للتآكل بحدود 0.5 فولت . وفى أحيان أخرى يستعمل السمكري أنبوباً من النحاس للتهوية مع معدن الألمنيوم بدون وجود ما يعزل المعدنين عن بعضهما . وكثير من الأجزاء الصغيرة المصنعة حديثاً تباع وهى مصنوعة من ثلاث أو أربع أنواع من المعادن أو السبائك المختلفة فى طبيعة جهودها الكهروكيميائية .

إن درجة التآكل الناتجة بسبب تماس بين معدنين في محلول كيميائي يمكن توضيحها وتحديد القطب الموجب والقطب السالب باستخدام كاشف فروكسيل (Ferexyl) والذي هو خليط من خليط من محاليل فيري ساينيد البوتاسيوم ($K_3Fe(CN)_6$ Potassium Ferricyanide) والفينولفثالين (Phenolphthalein). توضع أسلاك من هذين المعدنين واحدة فوق الأخرى على شكل علامة (+) في وعاء وتغطى بمحلول أجار (Agar) بتركيز 3% يحتوي على كلوريد الصوديوم وكاشف التآكل. فعندما يحدث التآكل فإن ايونات المعدن التي تترك موقعها الموجب سوف تتفاعل مع الفييري ساينيد البوتاسيوم لتكوين راسب أبيض في حالة كونها أيونات الماغنيسيوم أو الخارصين أو الألمنيوم، وراسب أزرق عميق في حالة أيونات الحديد وأحمر غامق في حالة أيونات النحاس الثنائية. أما عند منطقة القطب السالب فإن ايونات الهيدروجين (H^+) أو (OH_3^+) فإنها تستلم الالكترونات وتتحول إلى غاز الهيدروجين تاركة خلفها زيادة في ايونات الهيدروكسيل (OH^-). وفي حالة وجود الأكسجين تتولد هذه الزيادة عند القطب السالب نتيجة للتفاعل:



ففي كلتا الحالتين أن الزيادة في كمية (OH^-) تجعل مادة الفينولفثالين تتلون بلون بنفسجي مبينة أن المعدن كان سالباً.

تأثير فرق الجهد الكهروكيميائي (Overvoltage):

عندما يوضع معدن الخارصين في حامض الكبريتيك ذي تركيز قياسي فإنه يتآكل ونتيجة لذلك تتولد طبقة من فقاعات غاز الهيدروجين على سطح المعدن. أن سرعة التآكل هذه بطيئة بالرغم من فعالية معدن

الخاصين وموقعه فى السلسلة الكهروكيميائية أن السبب فى ذلك يعود إلى فرق الجهد العالى (حوالى 0.7 فولت لتوليد غاز الهيدروجين على سطح الخاصين) حيث يؤدي إلى تقليل الجهد أو القوة الدافعة لحدوث التآكل . من ناحية أخرى لو أضيفت قطرة من محلول كبريتات النحاس إلى الحامض فإن التفاعل يصبح أسرع بكثير ، ويعود ذلك إلى أن النحاس يترسب على سطح الخاصين مكوناً نقاط سالبة تتميز بفرق الجهد لتوليد غاز الهيدروجين عليها بحدود 0.33 فولت . كذلك الأمر لو أضيفت قطرة من محلول كلوريد البلاتينيك حيث أن النقاط السالبة المتكونة على سطح الخاصين تتميز بفرط للجهد أقل وبحدود 0.2 فولت . يستنتج من كل ذلك أن النقصان فى فرط الجهد يؤدي إلى إسراع عملية التآكل .

التآكل ونقاوة المعدن :

تبين لنا أن دقائق النحاس والبلاتين المترسب على سطح الخاصين أدت إلى زيادة التآكل حيث أنها أصبحت النواة لقطب سالب مكونة ما يسمى بالخلايا الجلفانية (Galvanic Cells) الدقيقة . كذلك الأمر عند احتواء الخاصين على شوائب من معدن الرصاص والحديد أو الكربون .

أن هذه الشوائب تؤدي إلى ظهور الخلايا الكهروكيميائية فى المناطق المجاورة لها مسببة ما يدعى بالفعل الموضعي (Local action) الذي يسبب تآكل الخاصين فى هذه المناطق .

إن سرعة التآكل هذه تزداد كلما ازدادت كمية هذه الشوائب وأن ذوبان المعدن يؤدي إلى ظاهرة التآكل التنقري (Pitting Corosion) وأن المعادن النقية جداً يمكن اعتبارها قليلة التآكل إلى حد كبير . كما إن تأثير الشوائب يعتمد على عوامل أخرى إضافة إلى الجهود الكهروكيميائية النسبية .

فالشوائب التي تتواجد في السبائك بشكل محلول صلب متجانس لا تؤدي إلى خلايا الفعل الموضعي . مثال على ذلك قطعة من الخارصين مملغمة بطبقة من الزئبق تتآكل أبطأ بكثير من النموذج أصلاً وذلك لأن فرط الجهد عال بالنسبة لتوليد غاز الهيدروجين على سطح الزئبق ولكن أيضاً بسبب الرصاص (الموجود كشائبة رئيسية في معدن الخارصين) الذي تحول أيضاً إلى ملغم يغطي بقية الشوائب .

تتكون السبائك من بنية حبيبية (Grain Structure) تحتوي على بلورات (Crystals) ذات جهود كهروكيميائية مختلفة عن القالب الأم مما يؤدي إلى التآكل . فمثلاً سبيكة النحاس الأصفر التي تحتوي على 20% أو أكثر من الخارصين تفقد قسماً من الخارصين نتيجة لاختلاف الجهود الكهروكيميائية للبلورات فيها . كذلك الأمر بخصوص اللحيم من مادة الفولاذ الذي لا يصدأ حيث أنه نتيجة التسخين الموضعي يتغير تركيب الفولاذ فيتكون كربيد الكروم وفولاذ اوستيني (Austenitic Steel) فقيرة بمادة الكروم مما يؤدي ذلك إلى إضعاف قوة الربط اللحيم بسبب تآكل الفولاذ الاوستيني بين الحبيبات .

الحالة الفيزيائية للمعدن :

تؤثر حالة المعدن الفيزيائية على سرعة التآكل حيث أن قابلية ذوبان الحبيبات الصغيرة تزيد على قريناتها الكبيرة . وفي حالة تكون بلورات المعدن ذات أبعاد غراونية (Colloidal) فإن قابلية ذوبانها تزيد بعدة مرات ، أيضاً أن تكييف البلورات على سطح المعدن له تأثير على التآكل فقد وجد أن سرعة تآكل معدن النحاس تتغير عند السطوح المختلفة لبلورة المعدن النقي.

المعادن تحت الاجهاد الميكانيكي (Metals Under Stress) :

إن المناطق المجهدة ميكانيكياً ، حتى في المعدن النقي ، تصبح قطباً موجباً في عملية التآكل حيث أن الأجهاد الميكانيكي يسبب التآكل والانشطار في عدد من السبائك ، وبصورة خاصة النحاس الأصفر من نوع الفا والحديد وسبائك الألمنيوم في محاليل معينة . في دراسة حديثة على الفولاذ الذي لا يصدأ استخدام فيها الميكروسكوب الإلكتروني لوحظ تكون لويحات (Platelets) لأكسيد الكروم عند المنطقة المجهدة ميكانيكياً بينما لم يحدث التآكل في المناطق التي خلت من الإجهاد .

إن الجهد الميكانيكي الدوري كالذي يحدث عند الاهتزازات (Shaking) والنقر (Tapping) ولوي المعدن (Flexing) تؤدي جميعها إلى ذلك النوع من التآكل الذي يسمى تآكل الإجهاد (Corrosion Fatigue) فالضربات المتكررة والمتتالية على ترس التعشق (Meshing Gear) يؤدي إلى جهود كهربائية مختلفة ، وإذا حدث أن احتوى الدهن على كميات قليلة من الالكتروليت ، فإن ذلك يؤدي إلى تآكل ملموس وقد لوحظ أن مادة أكسيد الخارصين عند إضافتها إلى الدهن تمنع هذا النوع من التآكل وذلك نتيجة ترسيب معدن الخارصين على سطوح الترس .

إن تأثير الإجهاد الفيزيائي يتبين غالباً عند استخدام قطعة معدنية مصنوعة حديثاً في ماكينة أو جهاز فيه قطع قديمة من نفس المعدن ولكنها استخدمت في الجهاز أو الماكينة لفترة كافية من الزمن تمكنت خلالها القطعة القديمة من الاسترخاء والتخلص من بعض الجهود الفيزيائية . وكذلك الأمر بالنسبة للسلاسل المستخدمة لتعليق جسر على أي نهر حيث لوحظ أن السلاسل الجديدة تآكلت بصورة أسرع من السلاسل القديمة . أن هذه الظاهرة

لا تعنى بالضرورة أن المعدن الجديد مصنوع بشكل أسوأ من صنعه في الماضي .

إن حساسية المعدن المجهد للتآكل تساعد على التعرف على مكائن السيارات المسروقة والتعرف أيضاً على الأسلحة المسروقة التي حذفت أرقامها بسبب بردها أو حكها . أن الفولاذ عند الخطوط التي حذفت أرقامها بالبرد أو الحك بقى مجهداً مما جعله قطب موجب مقارنة مع بقية سطح المعدن والتآكل عد الحديد المجهد يساعد في كشف الأرقام وذلك عن طريق تلامسها مع ورقة نشاف مشبعة بمحلول الكتروليتي وكاشف الفروكسل . وبطريقة مماثلة يكن مقارنة نوعية نماذج مختلفة لصفحة القصدير حيث يمكن معرفة الثقوب الصغيرة في غطاء القصدير لوحدة سطحية وذلك عن طريق النقاط الزرقاء التي تظهر على ورقة الكاشف المضغوطة على هذا الغطاء القصديري .

إن الجهود الميكانيكية المتبقية في المعدن يمكن التخلص منها بتلدين (Annealing) المعدن عند درجات حرارية مناسبة لفترة زمنية من 30 إلى 60 دقيقة . إن هذه الدرجات الحرارية يمكن أن تكون حوالي 204°م بالنسبة لسبائك الماغنسيوم والنحاس الأصفر وحوالي 732°م إلى 871°م للفولاذ الذي لا يصدأ .

تأثير المساحة النسبية لكل من القطب الموجب والقطب السالب :

إذا أخذت قطعتين من صفائح الفولاذ لهما نفس المساحة السطحية وربطنا بشكل منفصل أحدهما إلى صفيحة من النحاس لها نفس المساحة السطحية والأخرى إلى صفيحة من النحاس ذات مساحة سطحية أكبر بكثير من صفيحة الفولاذ فإن الزوج الأخير سوف ينتج تياراً كهربائياً أكبر وبالتالي

فإن سرعة تآكل القطب الموجب للفولاذ تكون أكبر . وإذا كان الاستقطاب للقطب الموجب (الفولاذ) قليل جداً ويمكن إهماله وإن قابلية توصيل المحلول تبقى ثابتة فإن تآكل القطب الموجب يتناسب تناسباً طردياً مع المساحة السطحية للقطب السالب .

إن تأثير المساحة النسبية يمكن توضيحه بالتآكل السريع عندما تنكشف مساحة صغيرة من معدن الحديد المغطى بالقصدير . وتآكل مسامير الحديد التي تستخدم لربط الأجزاء المصنوعة من النحاس يكون شديداً وبتعجيل عال نتيجة المساحة الكبيرة للأقطاب السالبة مقارنة مع الأقطاب الموجبة للحديد . إن تيار التآكل الكهربائي هو نفسه عند القطب الموجب والقطب السالب إلا أن كثافة التيار عند الأقطاب الموجبة الصغيرة هي أكبر بكثير . وبتعبير آخر فإن الطالب الكبير على الاكترونات من قبل المساحات الكبيرة للقطب السالب المصنوع من النحاس أو سبيكة المونل يجب مقابلتها بتكوين متزايد لأيونات الحديد والتي يجب أن تأتي من الأقطاب الموجبة الصغيرة .

وإذا أخذنا صفائح من الفولاذ وربطناها باستخدام مسامير من معدن النحاس في محيط يشجع التآكل فإن المسامير سوف تبقى غير متآكلة أو غير متضررة . على أية حال أن تآكل الحديد هو أكبر بقليل فيما لو كان معدن النحاس غير موجود ، ولكون نسبة مساحة القطب السالب إلى مساحة القطب الموجب هي أقل بكثير من واحد وهي في الواقع جزء صغير فسوف لا تسبب زيادة كبيرة في التآكل.

تأثير الحجم النسبي لذرة المعدن وجزئته أكسيده :

من الناحية العملية تكتسب المعادن عند تعرضها للهواء طبقة من أكاسيدها لا يتعدى سمكها عدة وحدات من انجستروم ($A = 10^{-8}$ سم) .

يعتمد سمك هذه الطبقة على طبيعة المعدن ودرجة الحرارة ويتكون من أكسيد أو أكثر للمعدن . إذا كان الفراغ المشغول بذرة المعدن المتأكسدة أصغر من الفراغ المشغول بالذرات فى بلورة المعدن فإن الطبقة سوف تكون مسامية تسمح بمرور الأكسجين وبالتالي فإنها لا توفر حماية ضد التآكل .

ومعدن المنجنيز بشكل خاص وكذلك معادن الأترربة القلوية (Athaline Earth Metals) والمعادن القلوية مثل (Ba, Li, Na, K, Ca) تكون أكاسيد ذات حجم أقل . فى معظم الحالات يكون الحجم النوعي للأكسيد أكبر من الحجم النوعي لذرات المعدن ، بالنسبة لمعدن الألمنيوم نسبة حجم جزيئه أكسيده إلى حجم ذرة المعدن هي 1.24 . وبما أن أكسيد الألمنيوم ينمو فى سمكه من طبقة أحادية الجزيئة فإن هذه الطبقة متماسكة وأن ايونات المعدن والأكسجين يجب أن تخرق هذه الطبقة لكي تستمر عملية الأكسدة . إذا فإن هذه الطبقة تكون واقية .

أن طبقات الأكاسيد السميكة أكبر أما بتسخينها لفترات طويلة أو بواسطة عوامل كيميائية مؤكسدة أو معالجتها بالطريقة الانودية (Anodizing) وفى هذه العملية يكون معدن الألمنيوم القطب الموجب فى خلية الكتروليتية وأن المحيط المؤكسد يحول ايونات المعدن إلى أكسيده . إن الطبقات التى لا توصل الكهربائية والتى لا تحوى على ثقوب يمكن الحصول عليها باستخدام أملاح البورت (Borate) وأنها أقل سمك من الطبقات التى يتم الحصول عليها فى حامض الكبريتيك .

وهناك معادن كثيرة تتميز بأن نسبة حجم جزيئة الأكسيد إلى حجم ذرة المعدن أكبر من تلك لمعدن الألمنيوم ، فنسبة الحجم النوعي 1.60 فى حالة معدن النيكل و2 بالنسبة لمعدن الكروم و 3.6 بالنسبة لمعدن التنجستين . لذا فإن يتوقع عند الدرجات الحرارية العالية أن سرعة التأكسد تكون فى حدها

الأدنى بالنسبة لمعدن التنجستين وأنها أكبر بالنسبة لمعدن النيكل مقارنة بمعدن الكروم . أن التفاعل بين الحديد والأكسجين ذي طبيعة معقدة حيث أنواع مختلفة من الأكاسيد تتكون ويعتمد ذلك على درجة الحرارة ، فبعض الأكاسيد تكون محاليل صلبة ، مثال على ذلك Fe_3O_4 و $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ بينما $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ و FeO هي أنواع أخرى من أكاسيد الحديد . هذه الأكاسيد في معظم الأحيان تحوى عدد أكبر من أيونات المعدن الذي يجعلها نصف موصلة للكهربائية وبالتالي يؤدي ذلك إلى تقليل القدرة الوقائية لهذه الطبقات . إن الطبقات السمكية التي تتكون عند درجات حرارية بحدود 550°C تعمل كقطب سالب يؤدي إلى زيادة تآكل الحديد الذي يتعرض لمحيطه الخارجي نتيجة الشقوق وإزاحة بعض هذه الطبقات .

قابلية ذوبان نتاج التآكل (Corrosion Product) :

إن قابلية ذوبان هذه الطبقات أو أية نتاج للتآكل هو عامل مهم فى التآكل الالكتروليتي . وهناك عدة أكاسيد غير قابلة للذوبان فى الماء . وفى حالات أخرى فإن التفاعل الكيميائي مع المحيط أو المحلول الالكتروليتي قد يؤدي إلى تكوين غير قابل للذوبان والذي يصبح غطاء واقياً . مثال على ذلك هو تكوين كبريتات الرصاص غير القابلة للذوبان والتي تحمي معدن الرصاص من التآكل بواسطة حامض الكبريتيك فى سبيكة تحوى على الحديد و 14.5% سليكون و 3% موليبيدوم حيث يتفاعل الموليبيدوم مع الكلوريد ويكون نتاجاً خاملاً .

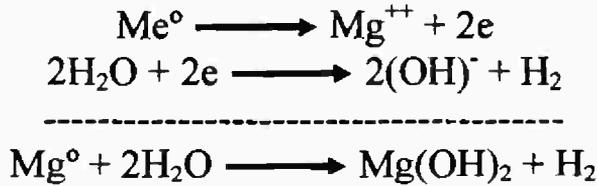
وإذا كان نتاج التفاعل قابلاً للذوبان فإن تآكل المعدن سوف يستمر . مثلاً حامض اللاكتيك (Lactic Acid) وهو حامض ضعيف جداً ويتكون من الحليب الحامض وحليب الزبدة ولكن مع ذلك فهو يسبب التآكل نظراً لأن

أملاح الحديد المتكونة ذات قابلية عالية للذوبان فيه . فالثقوب الصغيرة والشقوق المتكونة فى طبقة القصدير التى تغطي معدن الحديد فى أنية الحليب تكون معرضة للتآكل نتيجة هذا العامل الإضافي .

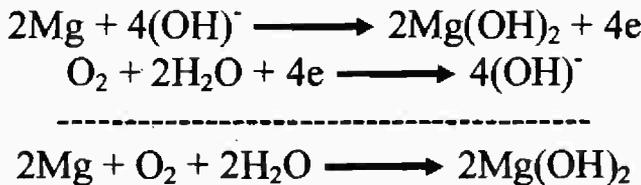
وجود الرطوبة :

أن التآكل الجوي لمعدن الحديد يحدث بشكل بطئ فى الهواء الجاف ولكن يكون أسرع عند وجود الرطوبة ، بينما أصبح حقيقة أن التآكل الذي نلاحظه هو بسبب التفاعل بين المعدن أو أكسيده مع الرطوبة نفسها ، إلا أنه فى معظم الحالات أن الرطوبة تعمل كمذيب للأكسجين من الهواء أو الغازات الأخرى والأملاح لتكوين المحيط الكتروليتي لخلايا التآكل .

إن عناصر الماغنسيوم والخراسين والمنجنيز والالمنيوم والكروم والحديد تتآكل بتفاعلها مع الماء النقي حتى عند عدم وجود الأكسجين . مثال على ذلك :



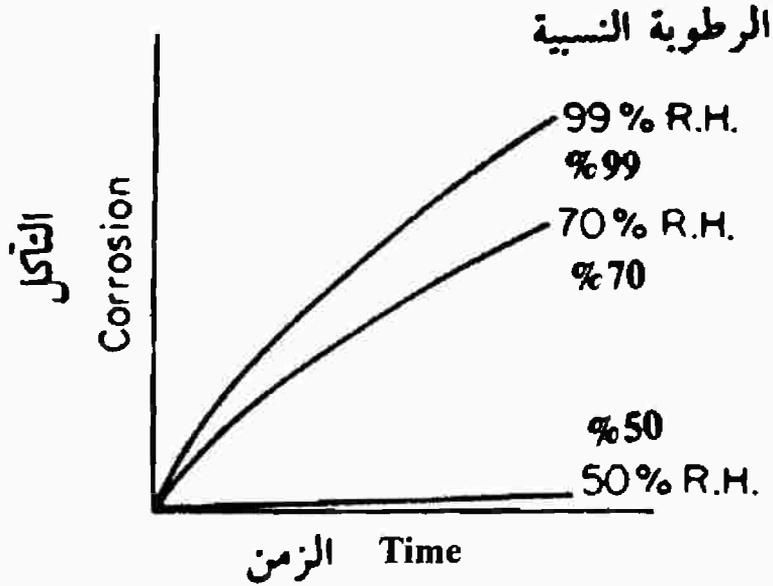
إن جهد هذه الخلية هو 1.85 فولت وفى الماء المشبع بالهواء يكون الجهد 3.06 فولت .



لقد وجد أن معدن الحديد النقي عند تسخينه إلى 400°م في محيط من الأكسجين الجاف أن سطحه يصبح مغطى بشعيرات دقيقة جداً من مادة Fe_2O_3 بقطر 10 إلى 15 ملى ميكرون أى (10)⁶ ملم . وهذه الشعيرات من الأكسيد تنمو إلى 50 ميكرون أى 10³ ملم . عندما يتفاعل الحديد مع بخار الماء فإن الأكسيد يكون طبقات رقيقة بحدود 10×10^{-6} ملم فى السمك و3 ميكرون فى الطول ويتراوح عرضها من 0.03 إلى 0.8 ميكرون.

إن تآكل الحديد فى الهواء الجاف وعند درجات الحرارة العادية يكون بطيئاً عند رطوبة نسبية بين 60 إلى 90% يبدأ الصدأ بالتكوين وأن بقعة تعمل كمراكز للتآكل .

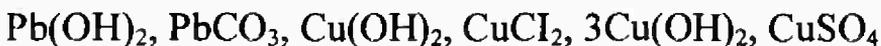
والصدأ ذو تركيب غرواني هلامي القوام وهو كتلة متشابكة من خيوط الأكسيد المائي (Hydrated Oxide) . عندما يكون الضغط النسبي عالياً فإن الماء يتكثف ويملأ الفراغات الشعرية . فإذا حدث وجود غازات تسبب التآكل امتصت من قبل الماء المتكثف تحت هذه الظروف يصبح من الواضح أنها تؤدي إلى زيادة التآكل . أن تأثير الرطوبة النسبية على تآكل الحديد فى الهواء الذي يحوى على مائة جزء فى المليون من ثاني أكسيد الكبريت مبينة فى الشكل التالي :



تأثير الرطوبة النسبية على التآكل الجوي للحديد

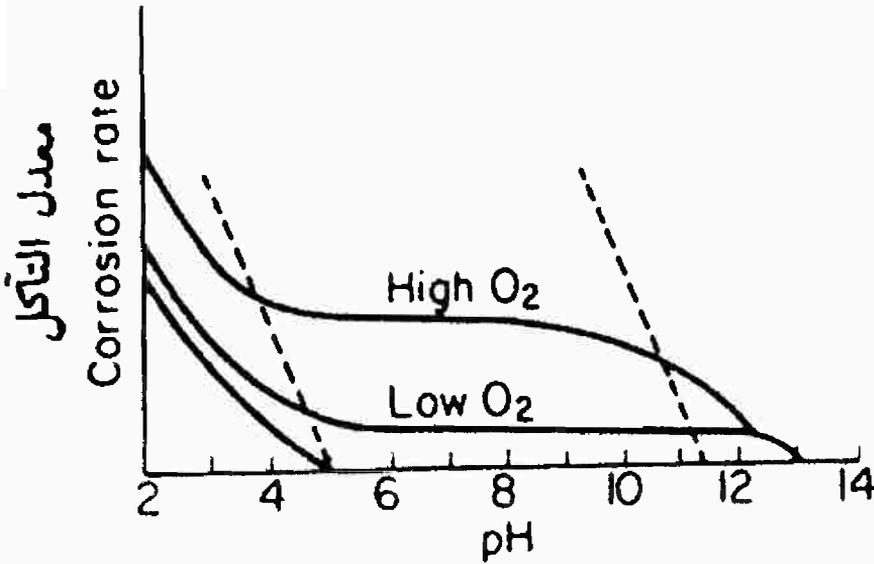
إن غاز ثاني أكسيد الكبريت من الغازات الحامضية التي تسبب التآكل. إما النيكل فعند وجود جزء في المليون من ثاني أكسيد الكبريت فإن يبدأ في التآكل عند رطوبة نسبية تساوي 70% . عند وجود الرطوبة فإن جزيئات صغيرة من الشوائب مثل الرماد المتطاير وبعض أنواع التراب تعمل كمراكز للتآكل .

وبعض هذه الجسيمات تتميز بسطوح نوعية عالية تؤدي إلى التصاق الغازات عليها أو أنها قد تكون خلايا تركيزية صغيرة جداً (Concentration Cells) . فالرطوبة العالية ووجود القطيرات لماء البحر والأملاح تؤدي إلى تآكل جوي أكثر في المناطق البحرية . أن ميل عدد من المعادن لتكوين أملاحها القاعدية ، مثال على ذلك :



تأثير الرقم الهيدروجيني للمحيط :

إن تركيز أيون الهيدروجين في الوسط المسبب للتآكل هو عامل مهم في عملية التآكل . فتآكل المعادن النشطة بواسطة الحوامض القوية معروف لدى الجميع إلا أن القيمة الحقيقية للرقم الهيدروجيني للمياه أو السوائل التي تكون في تماس مع الهياكل المعدنية أو الأنابيب أو الأجهزة لا تأخذ بعين الاعتبار بشكل ملموس . إن تآكل الحديد الخالية من الأكسجين يكون قليلاً حتى ينخفض الرقم الهيدروجيني للماء إلى أقل من خمسة كما موضح في الشكل التالي :



رقم الهيدروجين (pH)

تأثير رقم الهيدروجين وتركيز الأكسجين على تآكل الحديد

إن سرعة التآكل عند وجود الأكسجين تكون أكبر بكثير مقارنة مع عدم وجوده . يتميز التآكل بسرعة ثابتة عملياً عند رقم هيدروجيني يتراوح من 4 أو 5 إلى 10 أو 12 وأن القيمة الحقيقية تعتمد على تركيز الأكسجين.

عند الرقم الهيدروجيني الذي يساوي 4 يتزايد معدل التآكل نتيجة تحول أيونات الحديدوز إلى الحديدك:



بواسطة الأوكسجين المذاب ثم الاختزال لأيونات الحديدك عند القطب السالب . في المحاليل التي تتميز برقم هيدروجيني أعلى فإن الزيادة في مجموعة الهيدروكسيل (OH^-) المتواجدة مع أيونات الحديدوز (Fe^{++}) تكون هيدروكسيد الحديدوز $\text{Fe}(\text{OH})_2$ والذي هو راسب جلاتيني يتأكسد ببطء إلى $\text{FeO}(\text{OH})$ أو الصدا.

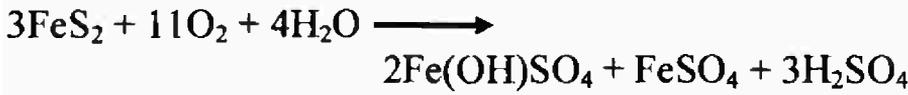
عند الأرقام الهيدروجينية العالية يتكون هيدروكسيد الحديدوز حال ظهور أيونات الحديدوز عند القطب الموجب مما يعيق الوصول إلى القطب الموجب فيؤدي إلى تقليل سرعة التآكل .

يتآكل الخارصين بصورة سريعة حتى في الأحماض الضعيفة ، مثل حامض الكربونيك ، المواد العضوية المخمرة تؤدي إلى نزع الخارصين من الأوعية المجلفنة (Galvanized) . وأن الحد الأدنى لتآكل الخارصين يحدث عند رقم هيدروجيني يساوي 1 . في المحاليل الأكثر قلوية يذوب المعدن . والقصدير يتآكل بسرعة عند رقم هيدروجيني أكبر من 8.5 . الألمنيوم والرصاص يذوبان في المحيطات القلوية . والألمنيوم يتميز بحد أدنى للتآكل عند رقم هيدروجيني يساوي تقريباً 5.5 .

لقد شوهد تآكل أنابيب الألمنيوم المستخدمة لتهوية مجففات الغسيل الاتوماتيكية المثبتة في حوائط من السمنت وأن أنابيب الرصاص أو الأسلاك المغطاة بالرصاص يجب عدم وضعها في مناطق يكثر فيها الرماد لأن رقمها

الهيدروجيني أعلى من الأرض المجاورة وأن الرصاص يذوب أو يتآكل في المحيط القلوي .

إن المياه الآتية من المناجم ومعظم الفضلات الصناعية هي حامضية . فالمجاري في مناجم الفحم المتروكة تحوى على كبريت وحمض الكبريتيك وهي مواد تعجل في تآكل الجسور والقوارب والسدود والأنابيب . أن الحامض يتكون من الأكسدة الرطبة لكبريتيد الحديد الأبيض (Marcasite) وهذا التفاعل يحدث كما مبين في المعادلة التالية :



وعليه يجب استخدام المضخات والأنابيب التي تقاوم التآكل الحامضي في معظم المناجم .

تأثير الأكسجين والخلايا التركيبية :

أن سرعة التآكل تزداد بزيادة كمية الأكسجين . بما أن طبقة الأكسيد تعتبر ذات طبيعة سالبة مقارنة مع سطح المعدن فإن زيادة كمية الأكسجين يمكن اعتبارها زيادة في مساحة القطب السالب . أيضاً فإن الاستقطاب بسبب اختزال أيونات الهيدروجين سوف يكون أقل عند وجود تراكيز عالية من الأكسجين . ولقد وضح سابقاً أن القوة الدافعة الكهربائية (Electromotive Force) تتكون عندما تكون نفس المادة في تماس مع محاليل ذات تراكيز مختلفة من أيونات المادة . وأن الاختلاف في تركيز الأكسجين (Differential Aeration) يؤدي إلى التآكل بتكوين هذا النوع من الخلايا التركيبية .

وإذا أخذنا طبقاً من الفولاذ وغطينا منتصفه بكمية من الرمل وعرض إلى الهواء فسوف نجد أن معظم التآكل يحدث في المنطقة المغطاة بالرمل . فالتآكل يحدث في معظم الحالات أسفل الفلانة (Washer) المعدنية وفي مناطق تماس الأسلاك في المشبك المعدني .

أن تأثيراً مشابهاً يحدث عندما توضع قطرة كبيرة من محلول ملحي على سطح الحديد حيث أن التآكل يؤدي إلى تكوين دائرة من الصدا في وسط المنطقة المغطاة بالمحلول .

في مثل هذه الحالات يكون تركيز الأكسجين أقل من منتصف المنطقة المغطاة مقارنة مع تركيزه في المناطق المحيطة . أن ذلك يعود إلى ببطء انتشار الأكسجين في قطرة المحلول من محيطها الخارجي إلى مركزها .

وعلى هذا الأساس فإن المعدن يكون سالباً عند حافة القطرة حيث وجود كميات كبيرة من الأكسجين ويكون موجباً في المنطقة الوسطية التي قل فيها مقدار الأكسجين . فأيونات الحديدوز المنبعثة في المنطقة الوسطية التي قل فيها مقدار الأكسجين . فأيونات الحديدوز المنبعثة من القطب الموجب المتآكل تلتقي بأيونات الهيدروكسيل المنتشرة في المناطق السالبة لتكون هيدروكسيد الحديدوز الراسب وأن هذا الراسب يتحول تدريجياً إلى صدا ($FeO(OH)$) أو $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$ وذلك بامتصاص الأكسجين الذائب في المحلول وأنه سوف يعيق انتشار الأكسجين إلى الأجزاء الموجبة فيعجل من تأكلها .

وإذا وضع معدن في تماس مع تراكيز مختلفة من أيوناته فإن هذا سوف يؤدي إلى تأكله عند مناطق التركيز المنخفض . لذا فإن نضوحاً صغير من الممكن أن يؤدي إلى تآكل شديد وذلك نتيجة تخفيف الالكتروليت ونقله إلى مناطق من الأنبوب بعيدة من نقطة النضوح الأصلية .

قابلية التوصيل الكهربائي لوسط التآكل :

يعتمد تيار التآكل الكهربائي على قابلية توصيل الوسط أو المحلول حيث يعتبر ذلك عاملاً مهماً في عملية تآكل الهياكل المدفونة . فالترربة الرملية الجافة لها مقاومة كهربائية عالية بينما الطين الرطب وفي مناطق المناجم تكون المقاومة أقل بكثير . كما يتميز ماء البحر بقابليته للتوصيل الكهربائي ويعتبر هذا عامل مهم في تسبب التآكل .

طبيعة الأيونات الموجبة والسالبة في وسط التآكل :

إن كلوريدات المعادن القلوية ومعادن الأتربة القلوية هي بشكل خاص مضرّة بمعادن وسبائك عديدة حيث أن أيون الكلوريد يحطم طبقة الأكسيد الواقية أو الغير فعالة على سطح المعدن ، بينما من ناحية أخرى نجد أن بعض الأيونات السالبة تكون نتاجاً غير ذائب بتفاعلها مع المعدن مما يؤدي إلى حمايته وهي بذلك تكون مانعة للتآكل (Corrosion Inhibiter) يتضح فعل المانع هذا عند إضافة سليكات الصوديوم لمنع الماء الأحمر لتقليل الصدأ. إن السليكات تكون جل السليكا (Silica Gel) ومركبات كيميائية قابلة للالتصاق بالإضافة إلى نتاج التآكل تمنع أو تقلل من التآكل . وأن طبيعة الأيونات الموجبة تؤثر أيضاً على عملية التآكل . فوجود كميات أثر من أملاح النحاس أو أي معدن ثمين آخر في ماء المنجم يؤدي إلى تعجيل تآكل أنبوب الحديد .

فالحديد ومعادن عديدة أخرى تتآكل في أملاح الأمونيوم بسرعة أكبر مما في أملاح الصوديوم ذات تركيز مشابه . فبعض أنواع مانعات التآكل تعطى حماية لمعدن الحديد وفي نفس الوقت تزيد من تآكل الخارصين

والنحاس والنيكل لأنها تكون أيونات موجبة معقدة مع هذه المعادن ، أى تكون مركبات ذائبة مع هذه المعادن .

درجة حرارة وسط التآكل :

بصورة عامة يزداد التآكل بزيادة درجة الحرارة حيث يصبح الاستقطاب أقل بينما معدل انتشار المواد يكون أكبر . أن تقصف (انشطار) المعادن بواسطة الصودا الكاوية (Caustic Embrittlement) والذي هو نوع من التآكل بين حبيبات المعدن (Intergranular Corrosion) ويحدث مثلاً فقط عند الدرجات الحرارية العالية للمراجل البخارية ذات الضغط العالي.

فالمعدن الذي يتميز بالحماية الطبيعية نتيجة طبقة من الأكسيد غير الفعال يفقد هذه الحماية عند الدرجات الحرارية العالية . فالانتفاخات (Blistering) أو التقصف بواسطة الهيدروجين (Hydrogen Embrittlement) تزداد مع درجة الحرارة .

موانع التآكل (Corrosion Inhibitors) :

يمكن اعتبار مانع التآكل بأنه يعمل بشكل معاكس لفعل العامل المساعد الكيميائي . فهو يعرقل أو يوقف تفاعل التآكل . أن استخدام موانع التآكل هي إحدى الطرق لمعالجة عدد من مشاكل التآكل المختلفة .

إن هذه الموانع هي مركبات كيميائية عضوية ولا عضوية . فمعظم الموانع اللاعضوية مثل السليكات والكرومات والفوسفات والبورات تحد من عملية التآكل وذلك بتأثيرها على القطب الموجب وأن استعمال بعضها لا

ينصح به فى ظروف معينة . فمثلاً الاستخدام غير الصحيح للكرومات قد يؤدي إلى تعجيل التآكل بدلاً من إيقافه .

فوجود استقطاب الهيدروجين تؤدي إضافة الكرومات أو أية مؤكسد آخر على قلة الاستقطاب وبالتالي زيادة تيار التآكل الكهربائي . أيضاً إذا كان المانع بكميات غير كافية لتكوين غطاء واق متكامل فوق القطب الموجب فإن المناطق الصغيرة المتبقية سوف تتآكل بسرعة متزايدة مؤيدة بذلك إلى تنقر المعدن .

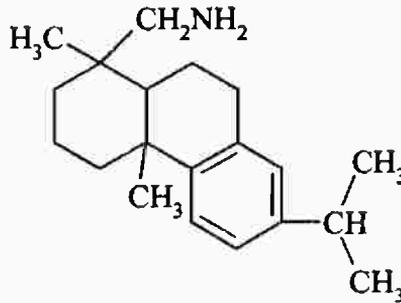
كما تستخدم نترات الصوديوم القاعدية لوحدها أو مع موانع لا عضوية أخرى كالفوسفات لحماية خطوط الأنابيب وناقلات المشتقات النفطية والكيميائية كذلك مادة بنزوات الصوديوم تستخدم لحمايته الفولاذ الطري .

أيضاً فإن الجير المطفأ $Ca(OH)_2$ يعمل كمانع للتآكل بتأثيره على القطب السالب بواسطة ترسيب كربونات الصوديوم من المياه التي تحوى على العسرة المؤقتة أو ثاني أكسيد الكربون الذائب . فالدقائق الغروانية لكربونات الصوديوم تكون فيها شحنة موجبة تؤدي إلى إنجذابها إلى مناطق القطب السالب حيث ترسبها يوقف أو يقلل التآكل .

إن موانع التآكل العضوية تعمل بطرق عديدة ومختلفة ، فالمواد الغروانية العضوية تكون طبقات واقية نتيجة التصاقها بسطح المعدن . المواد الكيميائية ذات الفعالية السطحية (Surface-Active Chemicals) التي تحتوى على مجاميع قطبية تعزز الانتشار والالتصاق المناسب بالسطح المعدني (وهي غير متأينة) ولكنها تكون غطاء على سطح المعدن . القواعد العضوية مثل الأمينات (Amines) والبريدين (Pyridine) والكوالينين (Quinoline) ومشتقاتها تكون أيونات موجبة تحتوى على مجاميع وجذور

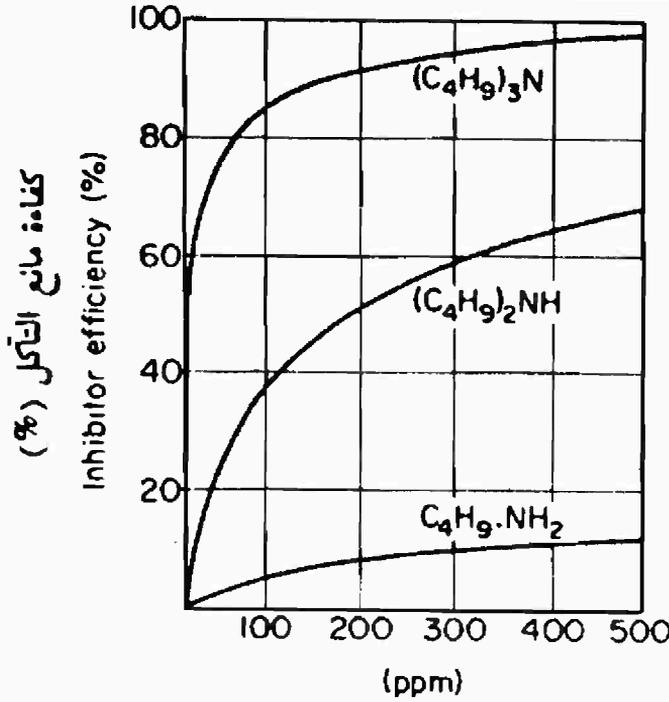
ذات طبيعة طاردة للماء (Hydrophobic) وأن هذه الأيونات الموجبة تربط نفسها من خلال ذرة النيتروجين إلى المناطق السالبة لسطح المعدن .
 ولقد وجد أن كفاءة هذه الموانع يعتمد على عدد ومعيار الجذور الهيدروكربونية . فالأمينات الأميلي الأولية ($C_5H_{11}NH_2$) هسى أفضل كمانعات للتآكل من الأمينات الاثيلي الأولية ($C_2H_5NH_2$) فالزيادة فى حماية المعدن التى يمكن الحصول عليها سبب زيادة عدد جذور الاكالي (Alkyl Radicals) موضحة فى الشكل التالى ، حيث أن أجزاء قليلة فى المليون من الأمينات الثلاثية تكفى للحصول على حماية تامة .

الأمينات ذات الأوزان الجزيئية العالية والمشتقة من الراتينج القلفونية (Rosin) كما موضح فى الشكل التالى هى موانع جيدة للتآكل .



Dehydroabietylamine

مانع تآكل أميني مشتق من الراتينجات القلفونية



التركيز: جزء في المليون

مقارنة بين أمينات البيوتولي الإحادي والثنائية والثلاثية

فالأملح التي تذوب في الزيوت النفطية مثل السترات ، والنافثينات والمشتقات الأخرى تستخدم كموانع للتآكل في عملية تنظيف المعدن بمغطس حامضي (Acid Picking) .

الملح المتكون نتيجة تفاعل أمين راتينج القلونية (Rosin Amine) مع خامس كلور الفينول (Pentachlorophenol) عندما يدخل في تركيب الغطاء المستخدم للأنابيب المدفونة يقاوم أو يمنع التآكل الحادث بسبب البكتريا في التربة .

المشتقات الأمينية الأخرى يمكن أن تفيد في استعمالات معينة ، فمركب (2-hydroxypropyl Amine Nitrite) هو مركب غير متآين يوصى باستخدامه لمنع تآكل أواني القصدير بواسطة أنواع الصابون السائل

والمعقّمات الفينولية ومعقّمات زيت الصنوبر (Pine) والمحاليل المركزة للعوامل التبايضية أو الترطيبية للأمونيوم الرباعية (Quaternary Ammonium) .

بعض الموانع العضوية هي عوامل ذات فعالية سطحية وطبيعة أيونية سالبة تحتوى على مجاميع قطبية مثل الكبريتيد وهيدروكبريتيد والكحول وبعض الحوامض فهي فى بعض الأحوال تعمل كمانع للأكسدة فتمنع تكوين البروكسيدات والـ (Peracids) المسببة للتآكل .

مانعات التآكل للطور البخاري (Vapour Phase Inhibitors) :

موانع التآكل للطور البخاري هي مواد تتبخّر بسرعة وتكون طبقة واقية أو مانعة للتآكل . فهذه الموانع تستعمل لحماية خطوط بخار الماء عند وجود ثاني أكسيد الكربون أو حماية الفولاذ والحديد من التآكل نتيجة وجود الرطوبة وثاني أكسيد الكبريت .

وبعض الأجزاء المعدنية يمكن حمايتها من التآكل الجوي وذلك بلفها بنوع من الورق المشبع بمانع التآكل للطور البخاري، فبدلاً من تغطية المواد المعدنية بطبقة من الزيت أو الدهن الشحمي (Grease) تلف بغطاء مشبع بالمانع . فعند خزن الآلات الطائرات الاحتياطية يوضع فى كل اسطوانية من الآلة بعض البلورات لمانع التآكل للطور البخاري وذلك عن طريق فتحة الإشعال بالشرر (Spacking Plug) فيها .

أما الأقسام الخارجية للآلات فتلف بورقة مغطاة بنوع من اللدائن ذات المسامية المخفضة وتحتوى على مانع من موانع التآكل للطور البخاري التي استعملت وبنجاح .

السيطرة على التآكل :

فيما يلي ملخص لبعض الأسس العامة للسيطرة على التآكل استخلصت من البنود المذكورة سلفاً :

أولاً : إن اختيار المعدن يجب أن لا يعتمد فقط على كلفته وتركيبه وإنما أيضاً على خواصه الكيميائية والوسط الذي يستعمل فيه . فلغرض تقليل التآكل إلى الحد الأدنى يجب تخلص المعدن من الجهود الميكانيكية الموجودة فيه . وإذا كان المعدن نشطاً فيجب عزله من المعادن ذات الطبيعة السالبة . فعندما يتوجب تماس معدنين فإنه من الضروري أن يكون جهود أكسدتهم متقاربة أو متساوية قدر الإمكان . إن المساحة السطحية للمعدن الثمين الغير نشط يجب أن تكون أصغر من تلك للمعدن الموجب النشاط . يمكن تقليل فرصة تنق المعدن وذلك بوضع واقية على كلا المعدنين .

ثانياً : يجب عزل أو منع الرطوبة ، فالأجزاء المعدنية المخزونة والمحفوظة في لدائن منخفضة المسامية ومعها جل الالومينا أو السليكا تبقى محمية من التآكل لسنين عديدة . وفي حالة وجود رطوبة أو محلول الكتروليتي فيجب استخدام مانع للتآكل .

ثالثاً : يجب السيطرة على حموضة أو قاعدية وسط التآكل حيث أن كل معدن يتميز بحد أدنى للتآكل عند رقم هيدروجيني معين . فالحموضة الكلية يمكن تقليلها بكلفة قليلة جداً وذلك بإضافة كربونات الكالسيوم (Limestone) أو الجير المطفأ $Ca(OH)_2$ إلا أنه في المياه الحامضية التي تحوى على حامض الكبريتيك تكون عملية التعادل بطيئة بسبب الذوبان البطئ لكبريتات الكالسيوم . إن رماد الصودا (Na_2CO_3) الأكثر غلاء يستخدم بشكل واسع ، إذا لم تكن السيطرة على الرقم

الهيدروجيني ذا نفع فيمكن تقليل التآكل باستخدام أغشية واقية أو خاملة ومعادن غير نشيطة .

رابعاً : عند تصميم الأجهزة المعدنية يجب تجنب التجميدات الحادة أو الإنحناءات أو صلات تراكب (Lap Joint) أو عوارض التي يمكن أن تؤدي إلى مناطق خاملة يتجمع فيها راسب (Sediment) أو قشور (Scale) .

إن مثل هذه الطريقة تتأثر بشكل أكبر بذلك النوع من التآكل التي تسببه الخلايا التركيبية .

ثانياً : الطلاء الواقي :

الطلاء الواقي أو الطبقات الواقية المستخدمة لحماية المعادن من التآكل لها أهمية تطبيقية في موضوع التآكل والحد منه . تستخدم هذه الطبقات للوقاية من التآكل وذلك بطلي سطح المعدن لمنع الاتصال المباشر بينه وبين المحلول الالكتروليتي حيث يؤدي هذا إلى تقليل التآكل بشكل ملموس .

ولكي يحدث التآكل هناك أربعة عوامل أساسية وضرورية :

1- طبيعة القطب السالب

2- طبيعة القطب الموجب

3- طبيعة المحلول الالكتروليتي

4- قيمة الجهد الكهربائي للمعدن

أن استعمال الطلاء الواقي يحول دون تكوين خلية كهروكيميائية ومن ثم يمنع التآكل . ويعتبر الطلاء جيداً للحد من التآكل إذا توفرت فيه مقاومة

جيدة ليس فقط ضد الرطوبة ولكن أيضاً ضد القلويات والأملاح والأحماض
للاسباب التالية :

1. عند المناطق الموجبة للمعدن حيث انتشار ايونات الهيدروكسيل (OH^-) ،
تتحد هذه الأيونات مع ايونات الصوديوم الموجود في الماء لتكون محلول
ضعيف للصودا الكاوية (NaOH).

2. عند المناطق السالبة من المعدن حيث انتشار ايونات الهيدروجين (H^+)
تتكون حوامض ضعيفة .

3. يتكون الحامض الضعيف من اتحاد أيون الهيدروجين (H^+) بأيونات
الكلوريد (Cl^-) لتكوين محلول ضعيف لحامض الهيدروكلوريك (HCl) .

لهذه الاسباب يجب أن يتصف الطلاء الواقي بمقاومة جيدة ضد
القلويات والحوامض . وفيما يلي نلخص بعض العوامل والأسباب التي تجعل
الطلاء جيداً في مقاومته للتآكل :

أولاً : يجب أن يكون للطلاء مقاومة جيد ضد الأحماض والقلويات والأملاح
لأن هذه المواد موجودة في الوسط الذي يسبب التآكل فمستلماً يمكن أن
يكون الوسط صناعياً . يحتوى على كميات قليلة من هذه المواد لتسبب
التآكل .

ثانياً : يجب أن يكون للطلاء مقاومة جيدة ضد الرطوبة والاشعة فوق
البنفسجية لأن الرطوبة العالية واشعة الشمس ذات تأثير ضار على هذه
الطبقات الواقية .

ثالثاً : يجب أن يتميز الطلاء بمعامل التصاق جيد بسطح المعدن حيث بدون
هذه الطبقة يكون الطلاء غير نافع للاستخدام .

رابعاً : سهولة استخدام هذه الطبقات الواقية لطلاء سطح المعدن .

خامساً : عند استخدام الطلاء يجب أن يكون سمكة على الأقل 1.5 مل وذلك عند جفافه .

سادساً : معدل سرعة جفاف الطلاء عالية حتى لا يتأثر بالرطوبة والملوثات الهوائية التي تقلل معامل الالتصاق عند امتصاصها من قبل الطلاء ويؤدي ذلك إلى تقليل مقاومته نظراً لعدم اكتمال عملية الإنضاج (Curing) . يفضل استخدام طبقتين أو أكثر من الطلاء لتقليل مساميته وزيادة مقاومته وتقليل كلفة استخدامه .

مثال لهذا النوع من الأنظمة الواقية غطاء متكون من طبقة أولية غنية بالخرصين (Zinc-rich Primer) تغطي بطبقة صمغية من الفينيل (Vinyl Group) أو مادة البوكس (Epoxy) وبسبك كلي بحدود 0.02 إلى 0.025 ملم . وإن تنظيف سطح المعدن وتحضيره لعملية الطلاء لفرض حمايته من التآكل يعتبر عاملاً أساسياً مهماً . الأغشية الواقية تتجزأ الحماية الأحسن عندما يكون سطح الفولاذ جافاً ويكون قد نظف بالسفع الرملي لإزالة الشوائب والقشور والصدأ ثم يتبع طلاء ذي سمك بحد أدنى يساوي 0.0125 ملم .

كيفية اختيار الطلاء الواقية :

توجد عدة طرق لاختيار الطلاء الواقية ولكن إذا كان الاختيار لغرض الحماية من التآكل والحد منه أو لتطبيقات صناعية فإن عملية الاختيار يجب أن تعتمد على الخواص الهامة التالية :

- 1- مقاومة التآكل .
- 2- حجم المحتوى الصلب أى مقدار المحتوى الصلب حجماً فى الطلاء السائل أصلاً .

- 3- سمك الطبقة لكل غطاء .
- 4- عدد الأغطية أو الطبقات للحماية المثلى .
- 5- الكلفة الإجمالية للجهد والمواد .
- 6- عمر الخدمة المتوقعة أى فترة الاستخدام (Service Life) .
- 7- كلفة القدم المربع لفترة سنة من الخدمة ، ويعتبر هذا أهم عامل فى اختيار الطلاء .

ويعتمد اختيار الطلاء المناسب وتحضيره بمواصفات معينة على الخبرة المكتسبة . بعض هذه الخبرة يمكن الحصول عليها من قابلية هذه الطبقات الواقية فى حماية المعادن تحت ظروف مختلفة . وتعتبر الطليقة الأولية (Primer) الأساس فى نظام استعمال الطلاء الواقى حيث أنها تفيد فى عدة أغراض . أن الطليقة الأولية والطليقة الفوقية (Topcoat) التى تليها يجب أن تكونا من نفس المصدر أو المنشأ حيث أن بعض أنواع الطليقة الأولية لا يتلائم مع أنواع أخرى من الطلاء الواقى . وفيما يلي بعض أنواع الطلاء الواقى والأكثر شيوعاً فى استعمال للحماية والحد من التآكل المعدني :

1- الطلاء بالزيت (Oil Coatings) :

تستعمل هذه الأنواع لطلاء الفولاذ المعرض للجو حيث يحتاج الفولاذ إلى تنظيف يدوي بواسطة فرشاة من السلك . تستخدم هذه الأنواع من الطلاء لأغراض الزينة حيث أن مقاومة قليلة ضد التآكل والمواد الكيميائية والتغطيس فى المحاليل والرطوبة العالية والخدش والاستعمال تحت الأرض . يستعمل هذا الطلاء فى الحالات التى لا تتوفر فيها طريقة مضبوطة لتحضير سطح المعدن .

2- الطلاء بالالكيد (Alkyed Coatings) :

تشبه في الكثير من خواصها الطلاء الزيتي حيث تستعمل في الوسط المعتدل مع عدم استعمالها في حالات التغطيس في المحاليل أو في وجود شوائب كيميائية . يجب استعمالها عندما لا تتوفر إمكانية الإعداد الأمثل لسطح المعدن.

3- الطلاء بالفينولات (Phenolic Coatings) :

تستعمل هذه الأنواع من الطلاء لحماية الهياكل الفولاذية المغطسة في الماء أو في وجود رطوبة عالية أو في وجود أبخرة كيميائية نفاذة . تحتاج بعض أغشية الفينولات المحسنة الصفات إلى عملية تجفيف بالحرارة وذلك لإكمال نضوجها (Baking for Curing) . تتميز هذه الأنواع بمقاومة كيميائية جيدة لذلك تستعمل لتبطين الخزانات مثلاً .

4- الطلاء بالأسفلت (Asphalt Coatings) :

تستعمل في حالات وجود أبخرة كيميائية أو مواد مسببة للتآكل فقط إذا لم يتعارض لونها الأسود مع الاستعمال ، أي في حالة عدم وجود اعتراض على لونها الأسود . ويجب عدم استعمالها عندما تكون في تماس مع زيوت أو مذيبات حيث تذيب هذه المواد الأسفلت . يستعمل الطلاء بالأسفلت بشكل واسع للحماية تحت سطح الأرض وأيضاً بالنسبة لتغطية سطوح المباني . وبوجه عام يكون الطلاء بسمك 1.6 ملم أو أكثر . توجد أربعة أنواع من الطلاء بالأسفلت وهي :

أ- الأسفلت مع مذيب .

- ب- مستحلب الأسفلت والماء .
- ج- اسفلت مع زيت لتكوين طلاء راتينجي صقيل .
- د- زفت يذاب قبل الاستعمال .

5- الطلاء بقار الفحم (Coal tar coatings) :

تستعمل بشكل مشابه للطلاء بالاسفلت ، وأنها متوفرة كمحلول زفت قار الفحم يحتوى على مادة حشو أو بدونها . وتستعمل أيضاً وهي حارة على طلبة أولية من قار الفحم . تتميز هذه الأنواع من الطلاء بأنها أقل مقاومة من أنواع الأسفلت بالنسبة للجو والحوامض .

6- طلاء البلمرة المشتركة

: (Acrylic and Styrene-Butadiene Copolymer) Coatings

إن هذه الأنواع متوفرة كمحلول أو مستحلبات . تستعمل المحاليل لحماية الفولاذ في المناطق ذات معدل تآكل متوسط بينما تستعمل المستحلبات لأغراض طلاء الزينة الجيدة .

7- الطلاء بإستيرات الأيوكسي (Epoxy Ester Coatings) :

تستعمل هذه الأنواع لأغراض الصيانة العامة للأجهزة الصناعية وهي منافسة للأنواع الزيتية والالكيدات (Alkyds) . تتميز بحفظها الجيد للون وهي أفضل بقليل في مقاومتها الكيميائية من الالكيدات (Alkyds) ولكنها تتكلس أسرع .

8- الطلاء بالمطاط الكلوري (Chlorinated Rubber Coatings) :

تتكون من المطاط المعالج بالكلور وملدنة بأنواع أخرى من الراتنجات والزيوت والالكيدات (Alkyds). تتميز هذه الأنواع بمقاومتها الجيدة للمواد الكيميائية والأحوال الجوية والمناخية .

9- الطلاء الغني بالخرصين (Zinc Rich Coatings) :

هذه الأنواع من الطلاء تكون مخضبة (Pigmented) بشكل كبير بمعادن الخرصين وتحمي المعدن بتكوين طبقة موصلة كهربائياً بحيث تصبح ميكانيكية عازلة . يقدم معدن الخارصين حماية جلفانية للفولاذ مما يؤدي إلى ذوبان الخارصين بدلاً منه (Sacrificial Protection). تكون سوائل حمل الدهان (Vehicle) أما عضوية أو لا عضوية .

أن قدرة الحماية لأنواع الطلاء الغنية بالخرصين تعتمد على سوائل حمل الدهان المستخدمة وهي المطاط المعالج بالكلور وراتنجات الأبوكسي (Epoxy Resin) والبولي فينيل (Polyoinyl) والبيوتورل (Butrual) ، أو زيوت مجففة . أن درجة إنجاز الحماية تعتمد على مقاومة سائل حمل الدهان المستعمل .

10- الطلاء باليورثين (Urethane Coatings) :

تتميز هذه الأنواع من الطلاء باستعمالاتها المتنوعة والواسعة مقارنة مع أي نظام طلائى آخر ، ولهذا فهي تعطي درجات مختلفة من الحماية ضد التآكل . هذا وتمتاز بمقاومة عالية ضد الخدش والصدمات . بعض أنواعها له مقاومة جيدة ضد التآكل والأنواع الأخرى ليست أفضل من أنواع الالكيدات (Alkyds) .

11- الطلاء بالفينيلات (Vinyl Coatings) :

تستعمل هذه الأنواع فى حالات التعرض للمواد الكيميائية والتغير فى الماء . تستخدم أنواع الطلاء بالفينيلات لمقاومة التعرض لمواد كيميائية فى الأجواء الكيميائية شديدة . هذا وأنها لا تحتاج إلى عامل مساعد لانضاجها وتستخدم لتكوين طبقات ذات سمك نحيف وسمك يزيد على 0.0125 ملم . إن أنواع طلاء الفينيل على شكل محلول لها مقاومة عالية ومتميزة ضد التآكل .

12- الطلاء بالابوكسي (Epoxy Coatings) :

هذا الطلاء ذو صفات متنوعة وله مقاومة عالية ومتميزة ضد التآكل وأيضاً فيه صفات اللدانة والصلابة والالتصاق الجيد بسطح المعدن ومحتوى عال من المواد الصلبة . وهذه الأنواع من الطلاء لها عامل مساعد أميني أو بولي أميني (Amine or Polyamide Catalyzed) . وهي تستعمل لطلاء السطوح التجارية للمعادن .

إن أنواع طلاء الابوكسي ذات العامل المساعد الأميني تستعمل على شكل طبقات سميكة نسبياً ولها مقاومة عالية للمواد الكيميائية والأحماض غير المؤكسدة . أما الأنواع ذات العامل المساعد البولي أميني فلها مقاومة أفضل للماء مقارنة بذات العامل المساعد الأميني أو الأنواع الأخرى من هذا الطلاء .

13- الطلاء بالمواد المقاومة للحرارة :

(High-Temperature Coatings)

تستعمل الأنواع التالية بصورة عامة عند درجات الحرارة العالية :

- طلاء ذو قاعدة زيتية لدرجة حرارة 250° فهرنهيت .

- طلاء الألكيد (Alkyd) أو الفينول لدرجة حرارة من 200 إلى 300° فهرنهيت .
- نوع الكيد (Alkyd) المكيف لدرجة حرارة من 300 إلى 400° فهرنهيت .
- السليكونات لدرجة حرارة من 300 إلى 500° فهرنهيت .
- النوع اللاعضوي الغني بالخاصين لدرجة حرارة 700 إلى 800° فهرنهيت .
- سليكونات الالمنيوم لدرجة حرارة من 500 إلى 800° فهرنهيت .
- سليكونات الالمنيوم لدرجة حرارة من 800 إلى 1200° فهرنهيت .
- السيراميك السليكوني لدرجة حرارة من 1200 إلى 1800° فهرنهيت.

14- الطلاء المعدني بالرش (Metallized Coatings) :

هذه الأنواع بصورة عامة هي معدن مرشوش على سطح معدن آخر لحمايته ويستخدم لهذا الغرض بنديقية رش خاصة . أنواع عديدة من المعادن مثل الخاصين ، الالمنيوم ، والفولاذ الذي لا يصدأ تستعمل بشكل واسع وترش وهي سائلة فوق الفولاذ المنظف بالسفع الرملي إلى درجة اللون الأبيض لغرض منع التآكل والحد منه . لهذا النوع من الطلاء صفة ضارة واحدة وهي أن طبقة الطلاء تكون مسامية وعليه يجب أن يوضع فوقه غطاء من طلاء الفينيلي أو الأبوكسي لسد هذه المسامات لغرض الحصول على الحماية المثلي.

الأسئلة

- 1- عرف فرط الجهد الكهروكيميائي .
- 2- من الجدول فى هذا الفصل بين أيهما يتآكل باستعداد أكبر معدن النيكل أو معدن الكاديوم عندما يكونان فى تماس فى وسط مسبب للتآكل ؟
- 3- أعط خمسة عوامل مهمة لوسط مسبب للتآكل .
- 4- تحدث عن تأثير الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون فى تآكل الحديد .
- 5- هل المحلول المتعادل أقل سبباً للتآكل من محلول رقمه الهيدروجيني يساوي 18 فى حالة معدن الخارصين ، وفى حالة معدن الحديد ؟
- 6- ما هو المقصود بالفعل الموضوعي ؟
- 7- ما هى المركبات الكيميائية المستخدمة للكشف عن تآكل الحديد ؟
- 8- صف ثلاثة أنواع من التآكل .
- 9- وضح تأثير بخار الماء ، الغازات ، الدخان ، والأملاح على التآكل الجوي .
- 10- أعط أسماء ثلاثة أنواع من موانع التآكل اللاعضوية وبين أسلوب عملها .
- 11- وضح مبادئ الحماية الكاثودية .
- 12- كيف يمكن جعل المعدن غير فعال (Passive) ؟
- 13- أن سرعة تآكل الفولاذ تساوي 300 ملجم/دسم² يوم وأن وزنه النوعي يساوي 7.86 ما هى قيمة سرعة التآكل بوحدات أنج / السنة ؟
- 14- أشرح الفرق فى طبيعة حماية الحديد بواسطة الغلونة أو الطلاء الكهربائي بمادة القصدير .

- 15- أعطى الخواص المهمة لمعدن الكروميوم والكاديوم والنيكل من ناحية علاقتها بالطبقات الواقية .
- 16- يستخدم الحجر الجيري (Limestone) أو الحجر الكلسي الطباشيري (Chalk) للسيطرة على الحموضة الكلية أو الرقم الهيدروجيني ، أكتب المعادلات الكيميائية عندما تضاف هذه المواد لحامض الكبريتيك .