- أنواع التآكل

1- التآكل العام General Corrosion

هو تآكل جميع أجزاء سطح المعدن بنفس المعدل تقريباً.

يستدل على هذا النوع من التآكل بانخفاض سمك المعدن في كل مناطق السطح ويبدأ المعدن بالضعف. يعد هذا التآكل من الأنواع الشائعة وغير الخطرة لإمكانية توقع حدوثه والتحسس به عند بدء تكوينه كما يمكن حساب معدله وحتى عمق طبقة التآكل وبالتالي توقع العمر التقريبي لخدمة أداء المعادن المعرضة له.

من الأمثلة التطبيقية للتآكل العام هو تآكل حديد الشبابيك والأبواب وأجسام السيارات بسبب الرطوبة والأوكسجين وعوامل طبيعية أخرى. وتكون نواتج التآكل في أغلب الأحيان على هيئة مركبات إسفنجية رديئة الالتصاق بالسطح.

إذا تعرضت جميع أجزاء سطح المعدن للتآكل العام بنفس المعدل يدعى التآكل **بـ التآكل المنتظم "Uniform Corrosion"**

أما إذا تعرضت هذه الأجزاء إلى تآكل بمعدل تختلف شدته من موقع لآخر من سطح المعدن ولكنه يشمل تآكل جميع السطح فيدعى **التآكل غير المنتظم "Non_uniform Corrosion"**.

من أسباب التآكل العام هو استخدام معادن ضعيفة المقاومة للتآكل وغير مناسبة لمقاومة عدائية الوسط ولكنها استخدمت إما لرخص ثمنها وإمكانية توفير طرق حماية من التآكل لها أو لعدم وجود بدائل من المعادن الأخرى وسهولة صيانة الأجزاء المتآكلة.

يمكن معالجة التآكل العام باستخدام:

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 أو تركيز الوسط أو سرعة الوسط وغيرها من العوامل التي تؤثر على معدلات التآكل.

2- التآكل النقري Pitting Corrosion

يكون شكل التآكل على هيئة نقر (Pits) أو حفر صغيرة جداً منتشرة على سطح المعدن. تكون المساحة السطحية لفوهة النقرة صغيرة مقارنة بعمقها الأكبر نسبياً. قد تكون فوهة النقرة مغطاة بنواتج التآكل خاصة إذا كانت متقاربة مع بعضها، كما أن أعماق النقر مختلفة، وغالباً ما تكون غير متساوية المقدار مما يجعل تقييم المهندس أو الفاحص للحالة غير دقيق حتى لو اكتشف بعضها. **ربما تجعل هذه الأسباب التآكل النقري من أخطر أنواع التآكل الأخرى لذلك يوصف أحياناً بأنه "تآكل غدار".** في أحيان كثيرة يحصل فشل فجائي (غير متوقع) للمعادن المعرضة للتآكل النقري، لأن الذي يحدد عمر المعدن أو الجهاز أو نخر المعدن و فشله هو أعمق نقرة موجودة وليس معدل التآكل كما هو الحال في التآكل العام. إن التآكل النقري يصيب جميع المعادن تقريباً وخاصة في المعادن المحمية ذاتياً أو التي في حالة خمودية (Passivity) عندما تتعرض إلى أوساط معادية.

إن خطورة التآكل النقري تكمن في كونه يحصل دائماً بعد تكون طبقة الحماية على السطح في مرحلة الخمودية، فهو يكسر هذه الطبقة الواقية ويعرض تركيب المعدن الأساسي لحالة تلف موضعي شديد.

تسبق مرحلة بدء النقر فترة حضانة "Incubation Period" قد تتراوح بين أشهر وربما سنين لكي تظهر النقرة للعيان ويعتمد ذلك على نوعية المعدن والمحيط.

يظهر النقر بعد ذلك على سطح المعدن على مرحلتين، الأولى تتضمن بدء التنقر (Pitting Initiation) وتتم بدخول أيونات الهالوجينات [الكلوريد (Cl^-)، والبروميد $(B\bar{r})$، واليوديد (I^-)، والفلوريد (F^-) وكذلك الهايبوكلوريد OCl^-] في تفاعلات استبداليه مع الأوكسجين الداخل في تركيب الطبقة الأوكسيدية التي تغطي سطح المعدن الخامل، وفي المواقع التي يتم فيها الاستبدال يبدأ النقر. ولأسباب ثرموديناميكية خاصة بالمحلول يزداد تركيز أيونات المعدن الموجب (M^+) في هذه المواقع مما يجذب أيونات الهالوجينات بشكل متسارع ليزيد من تركيز أيوناتها وأيونات الهيدروجين التي تقلل الدالة الحامضية pH ويزيد من حامضية المحلول في هذه المواقع وبالتالي زيادة تحلل المعدن موضعياً. ودخول النقر المرحلة الثانية وهي مرحلة نمو النقر (Pitting Growth)على السطح وباتجاه الجاذبية وفي حالات نادرة تنمو بشكل أفقي .

من الأمثلة الشائعة للتآكل النقري تآكل الفولاذ المقاوم للصدأ والحاوي على عناصر سبك مثل الكروم عند تعرضه لماء البحر الحاوي على الكلوريد ليولد كلوريد الكروم الذائب في المحيط وترك نقاط نضوب الكروم فعالة وصغيرة الحجم مقارنة بباقي السطح المحمي الكبيرة وبالتالي سيتولد النقر نتيجة زيادة سرعة التآكل في هذه المواقع الصغيرة.

3- التآكل الصدعي Crevice Corrosion

هو تآكل موضعي شديد يظهر على سطح المعادن ويشغل مواقع أكبر من النقرة إلى منطقة متآكلة واسعة تصيب الأجزاء المستترة الواقعة تحت الترسبات أو الحشوات ومناطق التماس الواقعة بين مناطق سطح المعدن والمواد اللامعدنية مثل المواد البلاستيكية والمطاطية التي توضع تحت رؤوس البراغي والبراشيم أو اللوالب والوصلات المسننة والثقوب.

كل هذه الحالات تتضمن وجود حجم صغير من محلول راكد إلكتروليتي وتسبب التآكل الصدعي. كما في الشكل (1).

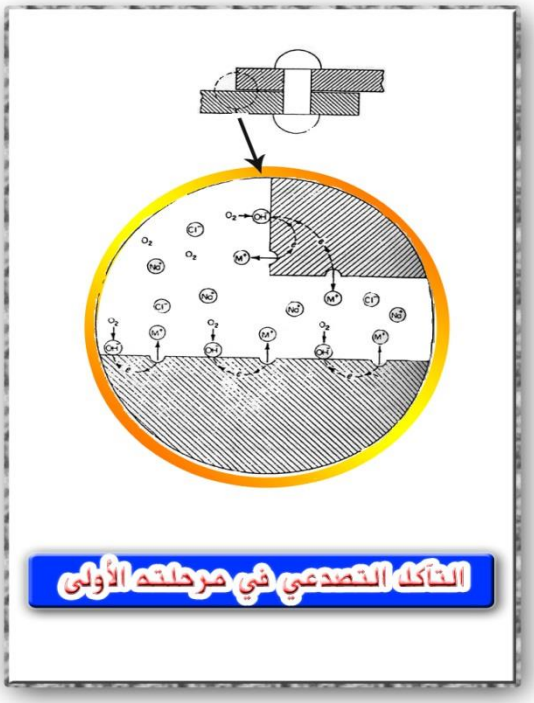
يتطلب حصول التآكل الصدعي وجود انتفاخ يسمح للسائل بالوصول إلى داخله للوصول إلى حالة الركود الضرورية بحيث لا يتمكن السائل بالخروج منها ولهذا السبب يحصل التآكل الصدعي في الفتحات التي سعتها لا تتجاوز أجزاءً قليلة من المليمتر المربع أو أقل.

تعزى أسباب التآكل الصدعي إلى اختلاف تركيز الأوكسجين، فالأجزاء المغطاة بالطبقات المستترة يكون تركيز الأوكسجين فيها قليلاً مقارنة بالمناطق القريبة غير المستترة، فتنشأ خلية تركيزية "Concentration Cell" يلاحظ فيها تآكل الأجزاء المستترة التي يقل فيها تركيز الأوكسجين في حين يحمي المعدن في الجزء الآخر الذي يحتوي على الأوكسجين بتركيز عالٍ. إن تآكل المعدن في المنطقة المحصورة ينتج عنه زيادة تركيز أيونات المعدن الموجبة (M^+) لصعوبة نفاذها إلى الخارج مما يخلق قوة جذب كهروستاتيكي مع أيونات الهالوجينات السالبة خارج المنطقة مما يسبب هجرة الأيونات السالبة وانتشارها في المنطقة المستترة.

إن وصول أيونات الكلور إلى المنطقة المحصورة يؤدي إلى تكوين كلوريد معدني (M^+Cl^-) ويتحفز المعدن للتآكل أكثر بتكوين حامض الهيدروكلوريك حيث لوحظ أن الدالة الحامضية في منطقة الصدع قد تصل إلى (2-3) ويكون تركيز أيونات الكلور أعلى مما هو عليه في المحلول الخارجي بمقدار (3-10) مرة.

إن المعادن والسبائك التي تكون من النوع الخامل (Passive) تكون عرضة لهذا التآكل بشكل شديد جداً خاصة في محاليل الكلوريدات. أما عند عدم وجود أيونات الكلور ووجود الأوكسجين فقط فإن هذا التآكل قد يحصل ولكن بدرجة بسيطة وسببه نشوء الخلية التركيزية فقط.

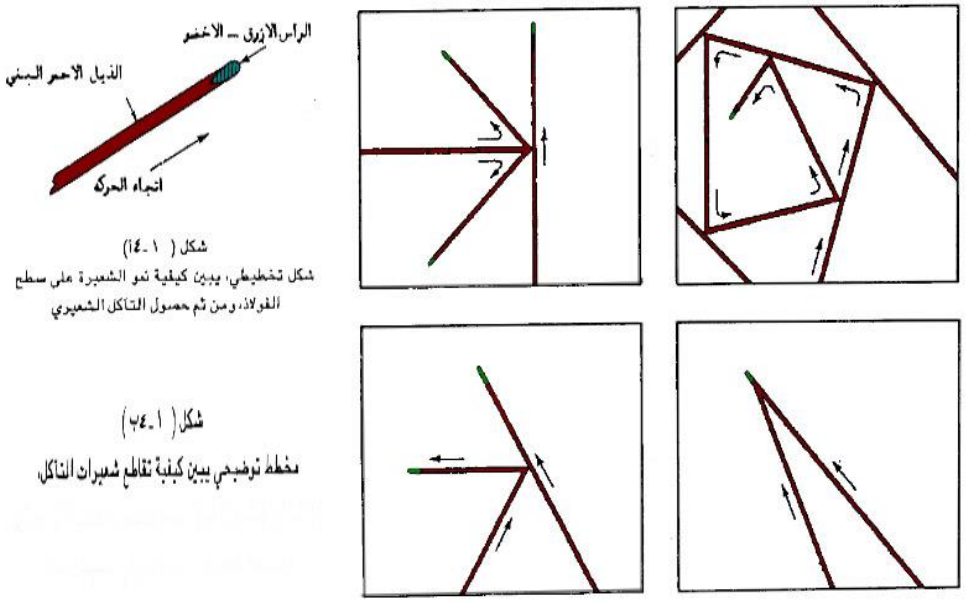
إن التصميم الجيد والصيانة المستمرة يشكلان عاملان فعالان للحد من التآكل الصدعي مثل استخدام الوصلات الملحومة بدلاً من البراشيم أو البراغي واللجوء إلى التصميم الهندسي الخالي من الفتحات الضيقة والزوايا الحادة مما لا يتيح ركود السوائل بل يجب أن يضمن التصريف الدائم لها.



4- التآكل الشعيري Filiform Corrosion

يظهر هذا التآكل على شكل شبكة خيطية شعيرية على سطح المعدن المطلي وتحت طبقة الطلاء. وتتكون الشعيرات من رأس نشط يميل إلى اللون الأزرق المائل للاخضرار وطرف غير نشط ذي لون أحمر مائل إلى البني تنتشر في مسارات خطية كما هو مبين بالشكل (2) وفي اتجاهات معينة وبخطوط مستقيمة لا تتقاطع بحيث ينعكس الرأس النشط عند اصطدامه بالطرف الخامل بزاوية مساوية لزاوية الاصطدام تقريباً، وعند تلاقي رأسي شعيرتين فإنهما يتحدان في شعيرة واحدة، يحتوي رأس الشعيرة على أيونات الحديدوز، أما طرف الشعيرة فيحتوي على أيونات الحديديك.

إن الوسط الرئيسي المسبب للتآكل الشعيري هو الجو الرطب الذي تصل الرطوبة فيه ما بين (65–90)% وإذا زادت الرطوبة على 90% فإن هذا التآكل يظهر بشكل انتفاخات متقرحة (Blistering) يمكن ملاحظة التآكل الشعيري بكثرة على سطوح علب المواد الغذائية المعرضة إلى جو رطب.



شكل (١ـ٤٤)
شكل تخطيطي، يبين كيفية نمو الشعيرة على سطح الفولاذ، ومن ثم حصول التاكل الشعيري

شكل (١ـ٤٥)
مخطط توضيحي يبين كيفية تقاطع شعيرات التاكل

(ب)

5- النزع الانتقائي Selective Leaching

هو تآكل موضعي يتضمن نزع وزوال العنصر الأكثر نشاطاً من مكونات السبيكة.

إن أكثر السبائك التي تتعرض لهذا النوع من التآكل هي سبائك البراص (المعروفة بالنحاس الأصفر) والتي يتم فيها زوال الخارصين وبقاء النحاس.

يكون لون سبيكة البراص أصفر وعند حصول النزع الانتقائي للخارصين لأنه أكثر نشاطاً من النحاس في منطقة معينة تتلون باللون الأحمر وهو لون النحاس النقي مما يمكن من الكشف عن تآكل السبيكة بالعين المجردة.

تكون سبيكة البراص وبعد نزع الخارصين انتقائياً منها ذات بنية مسامية نافذة للسوائل وذات خواص ميكانيكية رديئة. وكلما زادت نسبة الخارصين في السبيكة قلت مقاومة سبائك البراص لنزع الخارصين. تكون المقاومة ضعيفة جداً في معدن منتز "Muntz Metal" الذي يحتوي على 40% خارصين و 60% نحاس في حين تكون هذه المقاومة معتدلة نسبياً في البراص البحري الذي يحوي 38% خارصين و 1% قصدير و 61% نحاس بينما تكون المقاومة للبراص الأحمر الذي يحوي 15% خارصين فقط عالية جداً.

إن الخارصين من العناصر النشطة مقارنة بالنحاس الذي يعتبر عنصراً نبيلاً له لذلك فإن تآكل نزع الخارصين لسبائك البراص يحصل في الوسط المائي الخالي من الأوكسجين أو الذي يحتويه على حد سواء وفي مدى كبير من الدالة الحامضية pH عندما يكون الوسط حامضياً أو متعادلاً أو قاعدياً.

من أفضل الطرق للحد من تآكل نزع الخارصين لسبائك البراص إضافة عناصر تعمل كمعيقات تآكل تدعى أحياناً بالمثبطات مثل الزرنيخ أو الفسفور أو الانتيمون إلى السبيكة.

قد يحصل تآكل النزع الانتقائي في سبائك أخرى مثل إزالة الألمنيوم (De-aluminization) أو إزالة الكوبالت (De-cobalitification).