

المخلص:

التآكل في المنشآت من أهم المشكلات التي تؤرق العاملين في حقل الإنتاج والتشغيل والصيانة :

فهو التفتت الناتج عن تفاعل مادتين أو أكثر أو مكوناتهما في وجود وسط مساعد كالحرارة والرطوبة والأملاح ، كما أنه إفساد للمادة أو خواصها نتيجة تفاعلها مع المؤثرات الخارجية أو الداخلية بحيث يفقد المنشأ مواصفاته التصميمية والغرض من استخدامه ، فالمنشآت الصناعية و الأبنية السكنية والصحية والبحرية والجسور والمطارات كلها تتأثر سلبا بالتآكل في حال إهمال علاجه ويحتاج إلى تكاليف باهظة لإعادة استثمارها وتشغيلها ، لذا نحن مدعوين إلى البحث عن أفضل الحلول لتجنب حدوثه والإقلال من أضراره على المنشآت وعلاجها.

المقدمة:

يعرف التآكل بأنه إفساد المادة أو خواصها نتيجة تفاعلها مع مؤثرات خارجية أو داخلية، أو هو التلف الناتج عن تفاعل مادتين أو أكثر أو مكوناتهما في وجود وسط مساعد مثل الحرارة والرطوبة أو الأملاح.

ويحدث التآكل في المنشآت ببطء شديد وهدوء لكن الخسائر التي يسببها تفوق التصور، فمنها خسائر مادية واقتصادية ومنها صحية تتعلق بصحة الإنسان وتؤثر عليه مباشرة والبيئة المحيطة به.

فالمنشآت الصناعية والمباني الخدمية مثل المدارس والمستشفيات ومحطات التوليد وأعمدة نقل الطاقة والجسور والطرق والموانئ والمطارات ، تتأثر سلبا بحدوث التآكل في أجزائها مما يؤدي إلى قصر عمرها والإقلال من فترة صلاحيتها وكفاءتها التشغيلية مما يزيد تكلفة صيانتها و تشغيلها ، كما أن شبكات نقل وتوزيع المياه ومحطات الضخ وتخزين المياه تتعرض إلى التآكل سواء من داخل خطوط النقل والتوزيع وملحقاتها أو من خارج الخطوط والأجزاء الظاهرة والتي تتعرض لتغيرات مختلفة بيئية ومناخية.

فعندما يبدأ التآكل في المنشآت خاصة الصناعية سواء في المباني أو في خطوط الإنتاج، نلاحظ انخفاض في مستوى الإنتاج والجودة في المنتج ، وأعطال مستمرة تؤدي إلى خسائر مرتفعة ، وكذلك عندما يبدأ التشقق

التآكل في المنشآت وأثاره السلبية

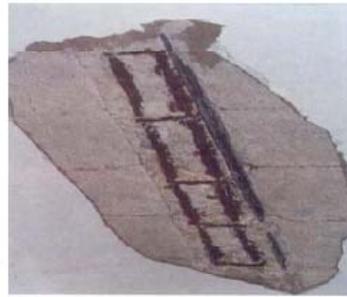
والتآكل في المنشآت الخدمية كالمدارس أو الجامعات والمستشفيات تصبح الأخطار تهدد الطلاب والعاملين مثل انهيار بعض أجزاء المباني أو عدم صلاحية المكان لإتمام العملية التعليمية على أكمل وجه ، وكذلك المنشآت الصحية كالمختبرات والمستشفيات تصبح غير قادرة على احتضان المرضى للمعالجة حيث يتطلب الأمر أماكن غاية في النظافة والتهوية والتشميس وخالية من الشقوق ومرافقها الصحية تعمل بحالة جيدة بدون أعطال ولا عوائق ، أيضا محطات توليد الكهرباء وتحليه المياه وتنقيه مياه الصرف الصحي التي تتعرض لتأثيرات التآكل وينتج عن ذلك أعطال مستمرة تقلل من صلاحيتها للتشغيل و تقلل من إنتاجيتها، والمطارات أيضا تتعرض للتآكل سواء في مباني الخدمات أو مهابط الطائرات فتصبح غير قادرة على أداء مهمتها لان الأمر يتعلق بحياة المسافرين سواء القادمين أو المغادرين والعاملين فيها ، ومثل مهابط الطائرات ينطبق الأمر على الطرق والسكك الحديدية وأبراج الاتصالات وأبراج الطاقة وشبكات نقل وتوزيع المياه وملحقاتها ، ففي شبكات نقل وتوزيع المياه يتعلق الأمر بصحة الإنسان وصلاحية المياه للاستخدام الآدمي ، بسبب التآكل في خطوط التوزيع حيث يتغير اللون والطعم والرائحة لمياه الشرب، والأمر الأهم في شبكات توزيع المياه تغير نسبة الحموضة في الماء تسبب تغيير صلاحية المياه وتوفر بيئة مناسبة لحدوث تآكل ميكروبي الذي يزيد من حدوث اضطرابات معوية لمستخدمي المياه وفرصه لنقل الأمراض البكتريولوجية إلى جسم الإنسان أثناء استخدام المياه.

التآكل في المنشآت وآثاره السلبية

هذه الخسارة التي يسببها التآكل تكلف مبالغ باهظة سواء في الصيانة أو الإصلاح والترميم وتزيد من تكلفة التشغيل ، ورغم أن التفكير في معالجة التآكل أو تجنب حدوثه بدأ مبكرا ، إلا أن الجهود لازالت حثيثة ومتواصلة لوقاية المنشآت وإتباع أفضل السبل لتجنب حدوثه .



Main Reinforcement corrosion and spalling of concrete



Reinforcement corrosion

شكل 1

التآكل في حديد التسليح في الخرسانة

كيفية حدوث التآكل:

لمعرفة كيفية حدوث التآكل ، توجب علينا معرفة الأساسيات التي يستند عليها حدوثه وهي:

1. (وجوب توافر قطب / شحنة سالبة) الأنود An Anode
2. (وجوب توافر قطب / شحنة موجبة) الكاثود A Cathode
3. (وسط محلول موصل) الالكتروليت An Electrolyte
4. توفر حالة توصيل بين الأنود والكاثود وذلك لحدوث تفاعل كيميائي عند مرور تيار كهربي مهما كانت قليلة شحنته



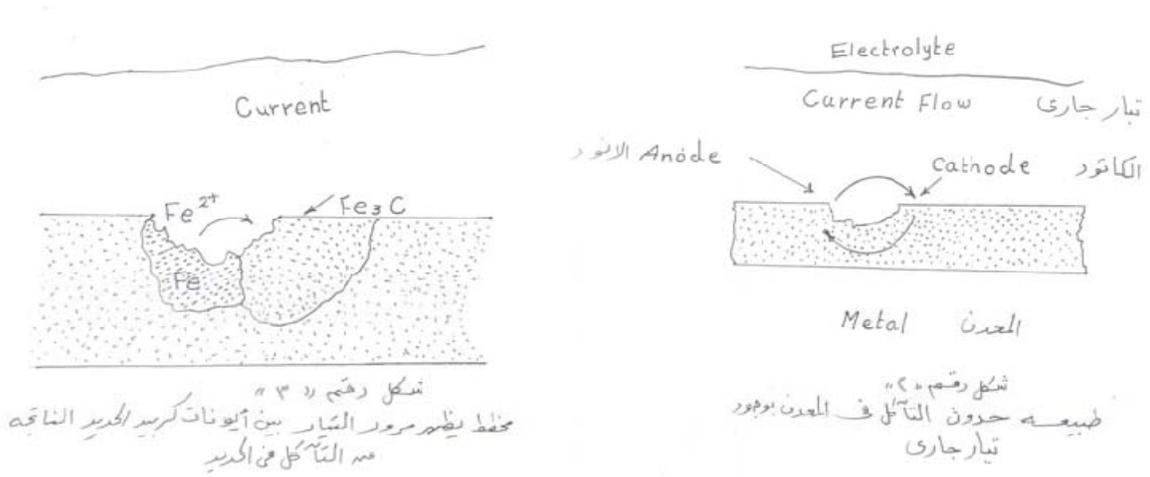
ويحدث اتحاد للشحنة السالبة مع الأكسجين و في هذا الحيز في أغلب الأحوال:



وينتج جهد يقدر ب - 0.85 فولت في الحالة الافتراضية ضد أو مقابل Cu_CuSO4 وهو الالكترود وبعد عملية التفاعل يقل الفولت الافتراضي

التآكل في المنشآت وأثاره السلبية

بحدود 0.40 + فولت وهذا التفاعل يحدث تيارا ساريا بحدود 1.25 أمبير . ويساعد في زيادة حدوث التفاعل أيضا وجود الكلوريدات والأملاح والكبريتات في التربة والمياه ومواد البناء المستخدمة في العملية الإنشائية حيث تشارك الأملاح في مهاجمة أجزاء المنشأ خاصة حديد التسليح ويبدأ ذلك عند اتحاد مكونات الخلطة الخرسانية وأثناء فترة التصلب والترطيب curing فينكون وسطا مناسباً من الحموضة PH تتمحور حول قضبان الحديد فيتأثر أو يصبح قادراً على الانحلال عندما تصبح درجة الحموضة 13-14 PH .



وتصبح ايونات الكلوريدات تهاجم الحديد وتسبب التآكل ببطء شديد يزداد بزيادة وجود ثاني أكسيد الكربون وتتحد مكونات الاسمنت والخلطة مع الكالسيوم والبوتاسيوم والصوديوم فتتكون الايدروكسيدات التي تذوب في الوسط الحمضي، وثاني أكسيد الكربون المتكون في هذه العملية يتفاعل مع الايدروكسيدات أيضا ويكون الكربونات والماء. إذا ، نصل إلى أن متاعب الخرسانة تزداد بوجود ثاني أكسيد الكربون أو اكاسيده ولكن أقل مما تسببه الكلوريدات و الأملاح المذابة في مكونات الخلطة ففي حال ملامسة ايونات الكلوريدات السطح الخارجي لقضبان الحديد تحدث تأثيرات سلبية إضافية تسهم في الإقلال من تماسك الحديد مع الخرسانه و تضعف صلابتها و تزيد من درجة النفاذيه للخرسانة Permeability فيتخلل ايون الكلوريد بين اجزاء الحصىات ويؤثر سلبا على مكوناتها ، كما أن الحديد المنحل يتآكل عند اتحاد شحنة موجبة أثناء الانحلال الايوني متزامنا مع وجود ايون سالب في وسط الخرسانة تاركه الاكسوجين ، فعندما يزداد

التآكل في المنشآت وأثاره السلبية

الاكسجين تقل نسبة التآكل وعند زيادة تركيز أيون الهيدروجين يزداد معدل التآكل بوجود وسط مساعد خاصة في حديد التسليح ferrous وهو المادة التي تتأثر مباشرة بالظروف البيئية والمناخية المحيطة بالمنشأة والتي تضعف من متانتها وتقلل من صلاحيتها للتشغيل ، ويتأثر الحديد سلبيًا بدرجة الحموضة PH من 12-14 عند ذلك تنشط أيونات الكلوريدات فتهاجم الحديد من خلال أكاسيد الحديد.

ويتحول أيون الحديد في وجود الكلوريدات إلى حالة معقدة نظراً لاختلاف المؤثرات الخارجية والتي ينتج عنها الصدأ، وينتج عن ذلك هيدروكسيد الحديد الذي يتحول إلى بثور خارجية في الحديد.

يؤثر هذا الناتج على كلوريد الحديد المتواجد على سطح الحديد الخارجي مسبباً تآكل موضعي يزداد بزيادة درجة الحموضة PH بنسبه عالية فيتكون نتوءات وبثورنية اللون تسمى الصدأ وهو التآكل السائد .



شكل (3) : مخطط التآكل في المنشآت الخرسانية والمعدنية

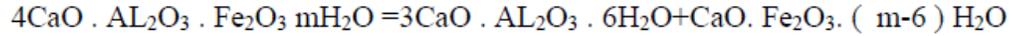
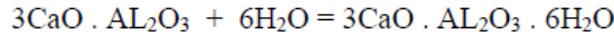
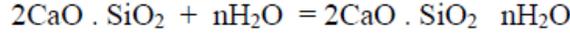
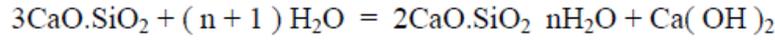
التآكل في المنشآت وأثاره السلبية

أولاً : التآكل في الخرسانة

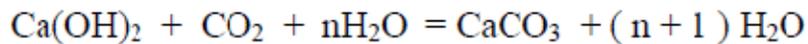
الخرسانة هي الحجر الصناعي الناتج عن تصلب الخلطة المنتقاة من الرمل والحصى والمادة الرابطة وهي الاسمنت والماء ، وهي من أهم المواد الإنشائية لسهولة الحصول عليها ورخص تكلفتها وتحملها للظروف البيئية المختلفة وهذا الحجر الصناعي ناتج عن تفاعلات معقدة بين المكونات الرئيسية للاسمنت والرمل والحصى التي تتكون في الغالب من المواد التالية:

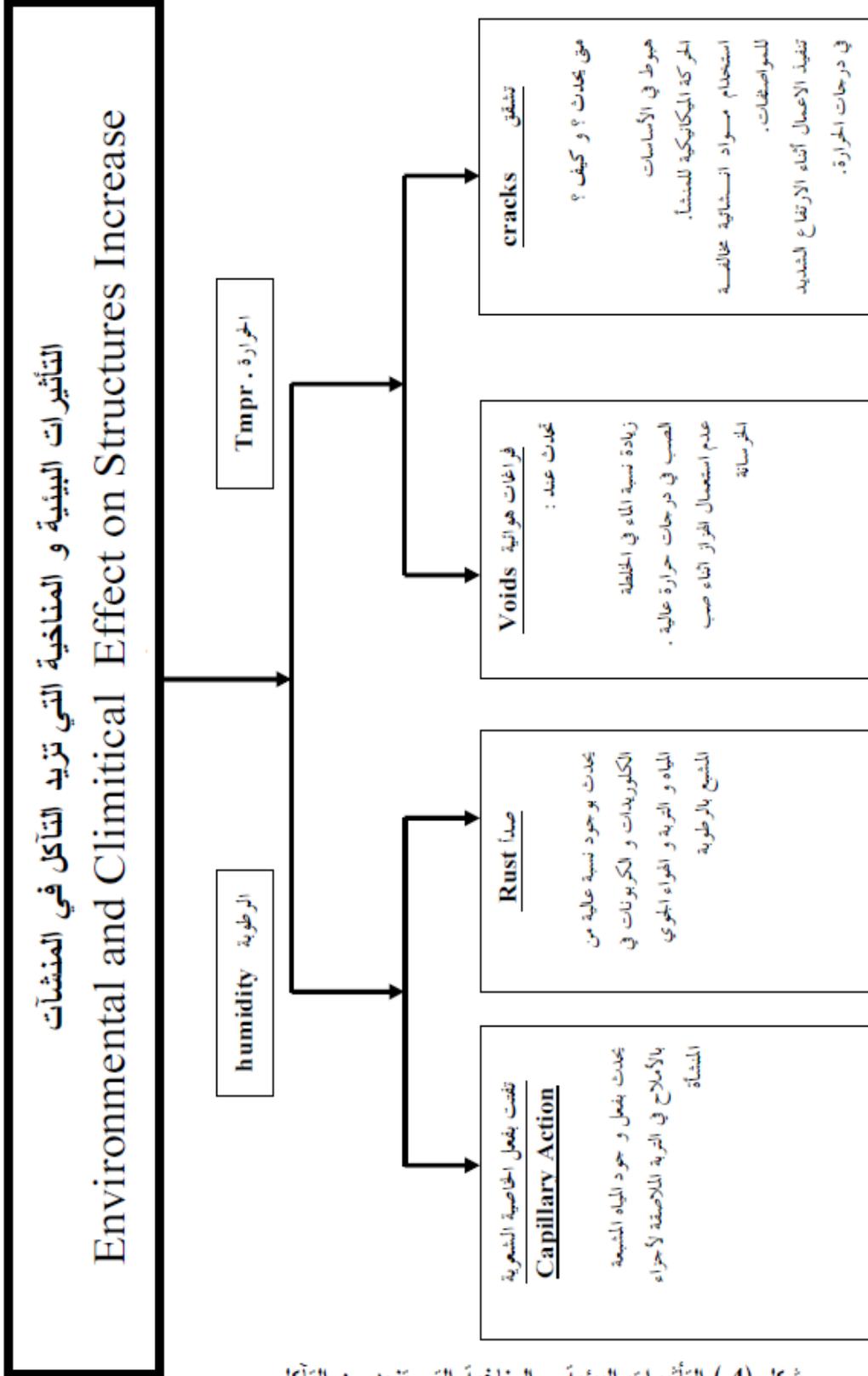
أكسيد الكالسيوم	CaO	بنسبة 64 – 67%
أكسيد السيليسيوم	SiO ₂	بنسبة 19 – 24%
أكسيد الألومنيوم	Al ₂ O ₃	بنسبة 4 – 7%
أكسيد الحديد	Fe ₂ O ₃	بنسبة 2 – 6%

وأكاسيد أخرى مثل المغنيسيوم والبوتاسيوم وأكسيد الصوديوم تؤثر هذه النسب من الأكاسيد على جودة الاسمنت وظهور تشقق بنسب متفاوتة في الخرسانة التي تساعد على دخول الأبخرة المائية والأحماض والكلوريدات إلى حديد التسليح فيبدأ التآكل ويزداد ببطء شديد فتبدأ عملية تخریب الخرسانة ، وبهذه التفاعلات الكيميائية والفيزيائية الحاصلة بعد خلط المواد المكونة للخلطة الخرسانية تتحلل مكونات الاسمنت مكونة محلول غروي يغلف حبات الحصى ثم إعادة تبلور جزيئات المواد المحيطة يصاحب ذلك تصلب في العجينة كما يلي:



فان سرعة تفاعل هذه الأكاسيد هي التي تحدد سرعة تصلب الخلطة أما دور الأكاسيد الفعالة مثل أكاسيد السيليسيوم الذي يتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم $\text{Ca}(\text{OH})_2$ التي تتشكل من سيليكات الكالسيوم الثلاثية التي تتصلب وترفع درجة مقاومة الاسمنت للتآكل و في نفس الوقت يحدث تفاعل الكربنة بين هيدروكسيد الكالسيوم وغاز ثاني أكسيد الكربون من الهواء الجوي و بخار الماء كما يلي:





شكل (4) التأثيرات البيئية و المناخية التي تزيد من التآكل

التآكل في المنشآت وأثاره السلبية

أسباب حدوث التآكل في الخرسانة:

- تعود الأسباب التي تزيد من حدوث التآكل في المنشآت الخرسانية إلى:
1. عدم كفاية الدراسة الأولية في التصميم الإنشائي للمنشأة ، وعدم إتباع المواصفات القياسية لتصميم وتنفيذ الخرسانة المسلحة خصوصا في حساب الأحمال المعرض لها المبنى و عدم اختيار نظام إنشائي لنقل الأحمال بطريقة صحيحة أو على الأقل من نسبة حديد التسليح، وإهمال الظروف المحيطة بالمنشأة، مثل منسوب المياه الجوفية ووجود الأملاح في التربة.
 2. إهمال في طريقة التنفيذ في كامل أجزاء المنشأة مثل تصميم الخلطات الخرسانية وعدم استعمال المعدات الصحيحة في خلط وصب ودك الخلطة الخرسانية و قلة كفاءة الشده الخشبية وإهمال اختبار الجودة للخرسانة مثل : slump test و قلة كفاءة الشدة الخشبية أو فكها قبل وصول مقاومة الخرسانة إلى مستوى مناسب وإهمال معالجة فواصل الصب أو إهمال الغطاء الخرساني المناسب حسب أجزاء المنشأة.
 3. قصور وإهمال في مكونات الخرسانة مثل استعمال حصويات خير متدرجة وتحتوي على أملاح ومواد عضوية، واستعمال اسمنت غير معروف المصدر منتهي الصلاحية، ثم استعمال مياه غير صالحة للخلطات أو وجود المياه في براميل بها زيوت وشحوم ومواد عضوية.
 4. إهمال في عزل الماء والرطوبة حيث إن الإهمال في الأسطح و دورات المياه والأساسات عند ارتفاع منسوب المياه الجوفية ثم احتوائها على نسبة عالية من الكلوريدات أو الأملاح الضارة التي تتسرب بواسطة الخاصية الشعرية إلى داخل الخرسانة ثم تصل إلى حديد التسليح فيتسبب تآكل بدرجة عالية و عدم تماسك الغطاء الخرساني في المنشأة خاصة في الأساسات.
 5. هناك مؤثرات تؤثر سلبا على المنشأة لم تؤخذ في الحسبان عند التصميم مثل وجود الغازات الضارة الموجودة بكثرة في الاجواء الصناعية أو تلف الأرضيات من جراء استخدام المواد الكيماوية في المختبرات ومصانع الاسمدة والبتروكيماويات ، أو تعرض المنشأة للزلازل والاهتزاز الأرضي نتيجة لوجود المنشأة بالقرب من محطة و خطوط السكك الحديدية.
 6. الصب في درجات الحرارة العالية يؤدي إلى تشقق في الخرسانة و تكوين فجوات هوائية داخل الخرسانة .

ثانيا : التآكل في المنشآت المعدنية:

•التآكل في خزانات وخطوط نقل وتوزيع المياه وأثاره السلبية على مياه الشرب:

يعتبر التآكل في خزانات وخطوط نقل وتوزيع المياه من أهم المشكلات التي تؤرق المهندسين والعاملين في حقل التشغيل وتوزيع ونقل وتخزين المياه ، حيث أن هذه المشكلة أصبحت عالمية وملحة تتطلب البحث عن حلول جذرية لخفض نسبة الخسائر في المنشآت التي تتعرض لمختلف المؤثرات .وعملية التآكل هذه تحدث في أجزاء المنشآت وتزداد ببطء شديد ثم تبدأ بنهش الأجزاء المختلفة، مثل صعود الكره أعلى الجبل ثم تدرجها عكسيا إلى أسفل ، وهو ما ينتج عنه تصدع مفاجئ وخسائر كبيرة.

ورغم البحث عن الحلول المناسبة لتجنب حدوث التآكل بدأ متأخرا ، إلا أن نتائج الابحاث التي تمت في هذا الحقل أدت إلى نتائج ايجابية تمكنت من إطالة عمر المنشآت ، ومنه خزانات المياه وخطوط نقل وتوزيع المياه وتحسين أدائها وتشغيلها وحمايتها بصورة دائمة ومن ثم الانتفاع بأقصى قدر منها و تجنب تلف أجزائها أو حدوث أخطار مفاجئة تلغي الدور الرئيسي للمنشأ.

ورغم أن التآكل في المواد المصنعة منها خزانات وخطوط نقل و توزيع المياه خاصة المعدنية منها هي ظاهرة طبيعية معقدة ، إلا أنها تؤثر سلبا على صلاحية المياه و نسبة الحموضة فيها بسبب وجود الأملاح والاكاسيد المذابة في الماء ، أثناء عملية إنتاج و تخزين ثم نقل المياه إلى الاستهلاك ، ويزيد من تلك التأثيرات السلبية حدوث الطاقة الناتجة عن ضخ المياه في شبكات التوزيع حيث تتولد هذه الطاقة من الملامسة والاحتكاك بحواف وجوانب خطوط المياه خاصة عند الوصلات المختلفة مثل الاكواع والمحابس بكافة أشكالها ، وحدثت الطاقة في هذا الوسط يولد أبخرة مائية و تيار كهروكيميائي يزيد من حدوث التآكل خاصة في خطوط المياه المصنوعة من الحديد وأنواعه المختلفة بنسب متفاوتة:

التآكل في المنشآت وأثاره السلبية

Cast Iron	1. الحديد الزهر
Wrought Iron	2. الحديد المطاوع
Galvanized Iron	3. الحديد المجلفن
Ductile Iron	4. الحديد الصلب المرن
Stainless Steel	5. الحديد الفولاذي الصلب

ولمعرفة الحالة الطبيعية للحديد و كيفية حدوث التآكل فيه عن غيره من المعادن بسهولة نعود إلى مكونات هذا المعدن ، حيث أنه خليط من خام الحديد و الكربون بنسب متفاوتة وتزداد صلابة الحديد وتقل حسب هذه النسبة نتيجة اختلاط و تأثر هذه المكونات ببعضها ، إذا في هذه الحالة يتوفر المعدن بحالتين هما مادة الحديد نفسها الخالصة ثم مادة الحديد مع الكربون وهي ما تسمى كبريد الحديد الناتجة من تفاعل الحديد مع الكربون، و يتوزع كبريد الحديد هذا بشكل شرائح ميكروسكوبية دقيقة جدا بداخل معدن الحديد أو مكونات أخرى، وتتميز مكونات هذه المادة حسب تجانس كمية الكبريد بها لكي تحدد مدى صلابة الحديد ، ومن ثم تحديد مواصفاته وصلاحيته للاستعمال في أي منشأ حيث يتم تسخينه أو تبريده حسب الحاجة للسيطرة على نسبة الكربون فيها ، وهي التي تحدد خواص الحديد الميكانيكية والتشغيلية ودرجة الصلابة ، ويؤخذ في الاعتبار مقاومة هذه المادة للتآكل عند الدراسة الأولية للمنشأ.

لهذا السبب يدخل الكربون في خواص الكثير من المعادن ويحدد مميزاتها ومواصفاتها سواء كانت سبائك حديد فقط أو خليط ممن مواد مضافة إلى خام الحديد فتكون إما متجانسة أو غير متجانسة ، حتى تكتسب الصلابة المطلوبة للتشغيل كيفما يراد بها.

التآكل في المنشآت وأثاره السلبية

كيفية حدوث التآكل في خطوط نقل و توزيع المياه:

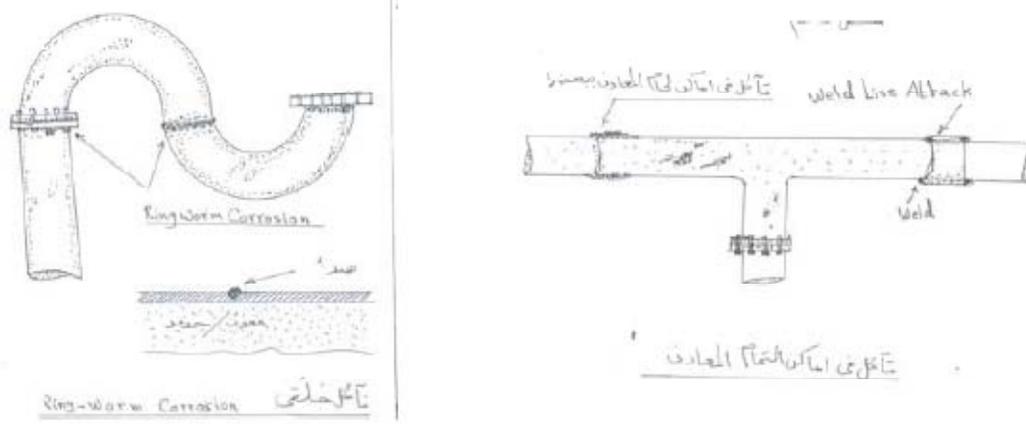
عند ضخ المياه في شبكات التوزيع و حدوث الطاقة الناتجة عن الاحتكاك المباشر أثناء التشغيل ، يتولد في هذا الوسط أبخرة مائية و تيار كهروكيميائي وتحدث دورة كهربائية كاملة تمر بثلاثة مراحل:

أولا : الأنود Anode :

وهو الجزء البارز من المعدن الذي يتآكل ويتم فيه عملية التحول الكيميائي إلى أيونات سالبة وموجبة $\text{positively charged ions}$ وهذا الفقد من الايونات يترك أثارا مختلفة تكونالنتيجة:



تسمى هذه العملية الأكسدة Oxidation وهي التي تسبب خسارة في الالكترونات ايون الحديد يتحول إلى حالة الذوبان ، أما الالكترونان الاثنتين الآخران يتحولان إلى صلب المادة نفسها بدون خسارة ، فهذا الفقد من الايونات يكون المؤثر الفاعل في بداية عملية التآكل.

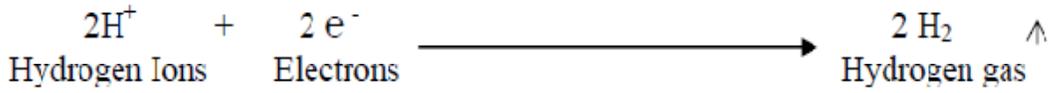


شكل (7) التآكل في أماكن التماس المعادن

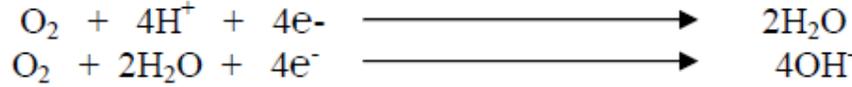
التآكل في المنشآت وأثاره السلبية

ثانيا : الكاثود Cathode :

وهو الجزء الظاهر من المعدن الغير متآكل !! لكنه طرف رئيسي في عملية التفاعل الكيميائي المسبب للتآكل ، لأن الالكترونات المتبقية من انحلال الحديد خلال حركة الانود بداخل المعدن وبتجاه الكاثود تعمل عملية اختزال مباشرة في وجود المياه المكونة بفعل الأبخرة المائية والرطوبة المحيطة .هذا الاستهلاك الفعلي للالكترونات يحدث تفاعل سلبي على مكونات المعدن بحيث يكون التأثير فعالا في الأسطح الخارجية و يصبح عرضة للتآكل كما هو ظاهر:



وفي حالة وجود غاز الأكسجين يسرع عملية اختزال بالشكل التالي:



وطالما أن غالبية خزانات المياه وشبكات وخطوط نقل وتوزيع المياه مصنعة من الحديد، وهو الذي يحتوي على نسب متفاوتة من ذرات الحديد والكربون ، فإن وجود هذه الذرات في حالة تحلل بسبب ظروف متفاوتة من الحرارة والرطوبة والطاقة الناتجة أثناء التشغيل و ضخ المياه في الخطوط يتكون لدينا عنصرين أساسيين هما الحديد في حالة تفكك مع الكربون ثم كربيد الحديد Fe₃C فيكون ناتج التفاعل موزعا تلقائيا من خلال ذرات المعدن نفسه ، لذا تكون قابليته ، للذوبان في الماء والانحلال في وجود الأكسجين ناتجة عن الضغط ودرجة الحرارة.

ثالثا : وجود الأملاح في الماء :

يساعد وجود أملاح متعددة بنسب متفاوتة مذابة في الماء بحيث يكون الأكسجين هذه الحالة مختلف عنه في الحالات العادية ويظهر ذلك من خلال تذوق عينات مختلفة من الماء الصالح للشرب، مثل المياه الجوفية، ومياه الأمطار، والأنهار والينابيع والبرك والمياه الناتجة من تحليه مياه البحر . يظهر ذلك عند تفاعل الأنود:

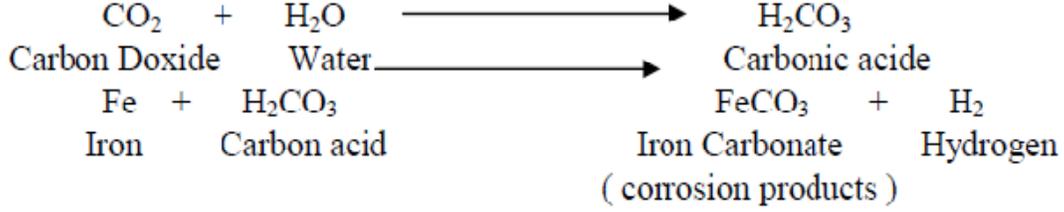


وكذلك تفاعل الكاثود:



التآكل في المنشآت وأثاره السلبية

عندها يحدث ذوبان ثاني أكسيد الكربون في الماء مكونا حمض الكربونيك يزيد من حموضة الماء PH وهو الذي يؤثر على درجة صلاحية الماء للشرب .



إن زيادة نسبة ايون الهيدروجين في الوسط المعرض للتآكل خاصة الحديد الذي يحتوي على نسبة عالية من الكربون أو ما يسمى بالحديد ذي المقاومة الضعيفة Low strength steel تحدث بثور أو قروح في الأجزاء السفلية من جدران الخزانات تظهر بوضوح لدى الفحص الدقيق وهذه القروح تظهر في خطوط توزيع المياه بسبب وجود الضغوط الكافية فيها مع ظروف تولد الطاقة الناتجة عن الاحتكاك بين الماء والأسطح الداخلية لخطوط توزيع المياه وحول الفواصل والتوصيلات وأماكن اتصال القطع ببعضها البعض مثل الاكواع والمحابس على اختلاف أنواعها ، وعند تثبيتها بمختلف الطرق والوسائل المستخدمة في التثبيت.

التآكل الميكروبي: (MIC (Microbial Influenced Corrosion)

يحدث التآكل الميكروبي في خطوط وشبكات توزيع المياه عند ضخ المياه عبر الأنابيب، فتدخل أنواع مختلفة من البكتيريا عبر الفتحات المختلفة مصحوبة برواسب و شوائب تترسب على جوانب الفتحات والمحابس Gate Valves مكونة أحماض عضوية Organic Acids تسرع حدوث التآكل مكونة نقر أو حفر في السطح الداخلي فتكون بيئة مناسبة لنشاط الميكروبات التي لا تظهر إلا في التحليل المخبري ويسمى هذا التآكل الميكروبي الذي يحدث غالبا في خطوط المياه و الغاز والصرف الصحي.

وكما يحدث التآكل في الخطوط والتوصيلات فإنه يتم أيضا في محطات ضخ المياه والخزانات التي تستخدم في تخفيف الضغط على الخطوط الرئيسية خاصة إذا كانت تثبت البراغي ويتم تركيبها وتثبيتها بالتدرج حسب طرق التصنيع حيث تحدث حركة ميكانيكية أثناء التعبئة والتفريغ تؤثر على ترابط قطع ببعضها وتكون الفرص مناسبة لتسرب المياه

التآكل في المنشآت وأثاره السلبية

leakage خارج الخزان مما يؤدي الى تكون وسط مناسب للتآكل من الخارج وتلوث المياه من الداخل عند استمرار عملية التعبئة والتفريغ و هذه الخزانات تتعرض دائما إلى عوامل التعرية تظهر مؤثراتها خارج الخزانات بشكل بثور وندوب ظاهرة و خفية وفي حالة هبوب رياح شديدة مصحوبة بأبخرة مائية محملة بالأملاح والكلوريدات خاصة في المناطق ذات التربة الصلبة القريبة من السواحل البحرية والمعرضة إلى عواصف رملية طينية متواترة تزداد في حالة التصادم مع المعدن خاصة الأسطح الخارجية ، ويشاهد هذا في حالة وجود أحد جوانب الخزان التآكل في المنشآت وأثاره السلبية مقابل تيار هوائي كثيف من طرف واحد دون حدوثه في الجوانب الأخرى المحمية ببعض الموانع كالأشجار والمنشآت المجاورة له.

هناك تجاويف تحدث من تكثف و تكون الأبخرة المائية على شكل فقاعات بأشكال مختلفة تختلف باختلاف مقدار الضغط الداخلي للمياه بداخل خطوط المياه أيضا في حال تواتر ضخ المياه بالزيادة أو التوقف المفاجئ ، تلعب دورا رئيسيا في حدوث التآكل الداخلي ويشاهد بوضوح في توصيلات مضخات المياه ذات القدرات العالية.

هناك تآكل يحدث بشكل حبيبي يظهر على حواف وفتحات خطوط المياه والخزانات وبشكل رئيسي في الفتحات العلوية للتهوية حيث يحدث تكثيف كبير على الجوانب الداخلية لها وهذا التكثيف المحمل بالأبخرة المائية، وتتفاعل مع ما يترسب على الحواف الداخلية للفتحات المذكورة من غبار وأتربة وأوساخ تكون هي مصدرا للأملاح التي تعجل من تحللها، وفي نفس الوقت تظهر تعاويج دقيقة جدا تزداد يوما بعد يوم في حالة تحولها إلى حبيبات صداً تتساقط داخل الخزان فتزيد من التلوث وعدم صلاحية الماء للشرب وتزيد حموضة الماء أيضا، ويمثل هذا ضررا بليغا على مستخدمي هذه الخزانات ومستعملي المياه المخزنة فيها سواء للاستخدام الآدمي أو الصناعي .

وجود السلفايد بمختلف مركباته أيضا وخاصة إذا كانت المياه مشبعة بالأملاح مثل المياه الجوفية ، مياه الأمطار، مياه الأنهار والينابيع تؤثر سلبا وتحدث تآكل ناتج عن الحركة الميكانيكية أثناء التشغيل أيضا ينتج منها سلفايد الهيدروجين الحي يساعد في تحلل مكونات المعدن الحديدي

التآكل في المنشآت وأثاره السلبية

للخزان على المدى البعيد .ولا يقتصر ذلك على الخزان نفسه بل في أجزاء
الوصلات المثبتة على خطوط التغذية والتفريغ.

النتيجة: Result

إن وقاية المنشآت الخرسانية وحفظها من التآكل هو حفاظ لأمن المواطن و
الحفاظ على ثروتنا الوطنية لذا يجب:

1. ضبط جودة المواد المستخدمة وأساليب البناء واستخدام العمالة الفنية
الماهرة والمدربة من أجل الوصول إلى نتائج جيدة تحقق الأمان والاقتصاد
للمنشأ والتنفيذ حسب المواصفات التصميمية.

2. تجنب حدوث تشقق في الخرسانة التي تحدث نتيجة لعدة ظروف معقدة
تتعرض لها بعد الصب مباشرة بساعات ثم بعد التصلب وأثناء تشغيل
المنشأ.

3. استخدام إضافات لتقوية وحماية الخرسانة وهي مواد تضاف إلى
الخرسانة أثناء الخلط مباشرة وذلك لإعطاء الخرسانة خواص معينة أما
لتسريع التصلب أو لإبطاء التصلب بحيث أن لا تزيد من تكاليف الخرسانة
ولا تغير من النسب المكونة للخلطة وتؤدي إلى تحسين قابلية التشغيل
والمحافظة على درجة حرارة الخلطة الخرسانية وتقليل النفاذية.

4. صيانة أجزاء المنشأ الخرسانية المعرضة للتشقق ومعالجة الشقوق
والشروخ الشعرية النافذة بالدهان عدة أوجه بمواد ذات لزوجة منخفضة مثل
المواد الايبوكسية التي تتسرب داخل الشقوق الشعرية بحيث يجب أن يكون
سطح الخرسانة جافا تماما ونظيف من أجزاء الخرسانة الضعيفة ويمكن
معالجة الشقوق الغائرة في الخرسانة بالحقن حيث تحقن مواد لزجة بمكبس
خاص داخل الخرسانة تقوم بملء الفراغ والشروخ الداخلية مهما كانت
غائرة ويتم ذلك في حال خزانات المياه الخرسانية التي بها شقوق.

التوصيات: Recommendations

بعد تشخيص الحالات المختلفة التي تسبب التآكل ومعرفة أسباب و كيفية حدوثه نحتاج إلى:

1. ضرورة استخدام الاسمنت المقاوم للأملاح في الأجزاء الأرضية من المنشآت المعرضة بشكل دائم للرطوبة والأملاح والكلوريدات المذابة في التربة والمياه الجوفية أو الأجزاء من المنشآت البحرية التي تتعرض للأبخرة المائية المحملة بالرطوبة.

2. استخدام الخرسانة الناعمة في الأجزاء الأرضية من المنشآت والمواجهة للحرارة والرطوبة خاصة الأبنية المقابلة للشواطئ وذلك لتفادي حدوث التشقق أو الإقلال منه وتوفير الغطاء المناسب لحديد التسليح ثم استخدام الإضافات إلى الخرسانة عند الصب لتلائم الظروف البيئية وتحسن الخواص أثناء الصب سواء في المناخ الحار أو البارد.

3. ضرورة توفير مختبر لفحص مواد الإنشاءات قبل وأثناء وبعد صب الخرسانة واختيار المواد الإنشائية ذات المواصفات الجيدة والتأكد من صلاحيتها للاستخدام.

4. اختيار الكوادر الفنية الماهرة ذات الكفاءة العالية وذلك لضمان التنفيذ الجيد بدون أخطاء ومتاعب وحوادث في موقع العمل مثل مشاجرات العمال وسقوط العمال من الأماكن العالية وحوادث حرائق الموقع وهروب المقاول وكفاءة العمال لديه ثم إمكانيات المقاول والمعدات التي يستخدمها في العمل.

الاهتمام بترسية العطاءات على المقاولين ذات الخبرات العالية والقدرة المناسبة لحجم المشروع.

6. استخدام مواسير المياه ذات التغطية الداخلية وهي في الغالب من الحديد الصلب المرن وذلك لتحملها لكافة الظروف البيئية والمناخية ومقاومتها للتآكل بسبب تكسيته من الخارج بطبقة واقية للتأثيرات الخارجية وتحمل الضغوط الكبيرة.

7. عدم استخدام مواسير مياه رديئة حيث يتوفر في الأسواق أنواع مختلفة من المواسير ومميزات جيدة لكن قطعها وتوصيلاتها لا تتوفر بصورة كافية لجميع متطلبات العمل ولها مساوئ كثيرة.

التآكل في المنشآت وأثاره السلبية

8. استخدام خزانات المياه من نوع G.R.P. Glass Reinforcement Plastic وهي لا تتأثر بالأبخرة المائية ولا تتحل مكوناتها بفعل الحرارة أو الرطوبة.
9. طلاء الخزانات الخرسانية من الداخل بطبقة G.R.P وهي تعمل على حماية الخرسانة وتأمين عدم نفاذية الماء خلالها.
10. عمل حماية كاثودية لقواعد الخزانات المعدنية في حال إنشائها ، وذلك لتفريغ الشحنة السالبة عند حدوثها في مادة الخزان أثناء التشغيل.
11. استخدام نيترات الكالسيوم في الخرسانة ذات التأثير الفعال في منع حدوث التآكل عند إضافتها للخرسانة يتكون راسب في الوسط القلوي لا يذوب فيعمل على سد مسام الخرسانة ويمنع امتصاص الماء بالخاصية الشعرية وتكون الإضافة بنسبة 2% من وزن الاسمنت وكلما زادت مقاومة الخرسانة كلما كانت إضافة نيتريت الكالسيوم أكثر فعالية.
12. استخدام الأجزاء المسبقة الإجهاد في الأجزاء التي تتعرض لأحمال كبيرة مثل الجسور والكباري والمنشآت البحرية لتلائم التغير الناتج عن الحمولات الحية والميتة أثناء تشغيل المنشأة خاصة في عنابر الصناعة حيث توجد رافعات ضخمة.
13. التركيز على استخدام المواد العازلة للرطوبة والحرارة والتي لا تتأثر بالظروف المناخية المختلفة وتناسب أجزاء المنشأة المختلفة سواء خرسانية أو معدنية حيث إن لكل ما يناسبه وعدم التهاون في اختيار المواد العازلة ذات المواصفات العالمية وتناسب مناخ المنشأ.
14. استخدام حديد ذات مواصفات عالية ومقاومة للتآكل لأبراج الضغط العالي والكهرباء والمخازن.

