وزارة التعليم العالي
جامعة القا
كلية التر
قسم العلوم التربو

عنوان البحث

# البوليمرات الصناعية والبيئة

**بحث مقدم من قبل**

**نور عماد عبد الكريم**

**الى مجلس قسم الكيمياء في كلية التربية وهو من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس**

**المشرف**

**م. رافد قيس كمال محمد**

**2018م** **1439ه**

﴿ قَالُواْ سُبۡحَٰنَكَ لَا عِلۡمَ لَنَآ إِلَّا مَا عَلَّمۡتَنَآۖ
إِنَّكَ أَنتَ ٱلۡعَلِيمُ ٱلۡحَكِيمُ ٣٢ ﴾

**صدق الله العلي العظيم**
**سورة البقرة الآية /٣٢**

# الأهـــــداء

**الى من غمرني بكرمه ما لا استطيع رد شيء منه ومنحني العقل والقلب والضمير وصورني فأحسن صورتي**

**الله جل علاه.....**

**الى ينبوع الصبر والتفاؤل والامل**

**الى كل من في الوجود بعد الله ورسوله امي الغاليه واختي رحمهما الله**

**الى سندي وقوتي وملاذي بعد الله ابي الحبيب**

**الى من اثروني على نفسهم**

**الى من علموني علم الحياة**

**الى من اظهروا لي ماهو اجمل من الحياة اخوتي**

**الى من كانو ملاذي وملجئي**

**الى من سافتقدهم ....وأتمنى ان يفتقدوني**

**الى من جعلهم الله اخوتي بالله**

**الى كل من خفق قلبي لهم حبا ووفاء ونسجو لي الحياة باروع الالوان ...الى من احيى لاجلهم واحبهم ابداً**

**نهدي اليهم هذا الجهد المتواضع**

## الشكر والتقدير

**الحمد الله اولاّ واخراّ والسلام على نبينا محمد سيد المرسلين وعلى اله واصحابه الطيبين الطاهرين لايسعني بعد انهاء بحث التخرج هذا الى بالتوجه بالشكر والتقدير**

**الى**

**الاستاذ رافد قيس**

**لما اغدق علينا من علمه ولما بذل جهداّ في متابعه العمل وابداء الملاحظات والوتجيهات والنصائح القيمه والتي اسهمت في تسهيل وتسريع عملية البحث وانجاز العمل بهذه الصوره التي نرجوا ان تنال رضاكم ووفقه الله واجازاه عنا خير الجزاء في خدمة للعلم**

**كما نتقدم بالشكر الى سيد رئيس قسم الكيمياء الدكتور ليث سمير جاسم والى كافة الاعضاء في الهيئه التدريسيه ومنتسبي القسم ومن ساهم في اكمال هذا المشروع .....**

**والله الموفق...**

## الخلاصة

يتضمن هذا البحث مقدمة عن التآكل ، دراسة التآكل ، معرفة معنى التآكل، انواع التآكل ، اضرار التآكل ، طرق معالجتهُ ، وكذلك اختيار المواد لمعالجة التآكل وانواع التغطيات وأصنافها.

# الفصل الاول

## التاكل في المنشأت النفطيه

### ١- المقدمة

تتأثر المواد المختلفة مع المحيط الذي يكون في حالة تلامس مباشر معها ، وقد يكون هذا التأثير بسيطا جدا بحيث لايؤثر بشكل محسوس على متانة هذه المادة او يكون شديدا جدا بحيث يؤدي ذلك الى انهيارها وتلفها.وبناء على ذلك فان اختيار المادة المناسبة لتأدية مهمة معينة يجب ان يتم وفقا لاعتبارات معينة ، فبعد ان تدرس الخواص الميكانيكية والحرارية وغيرها من الخواص يجب ان تدرس من جهة أخرى المحيط الذي سوف تتعرض له هذه المادة ، أي انه يجب ان يؤخذ بالحسبان خواصه التاكلية.فمثلا قد يكون لإنشاء الخزانات في مجمع بزركان في محافظة ميسان في العراق والمصنوعة من الفولاذ ألسبائكي الواطئ ( Low Alloy Steel) ملائما من وجهة نظر الكلفة والمتانة والوزن والثبوت الحراري ، الا انه لا يمكن ان يكون ذلك الاختيار موفقا إذا تضمنت عمليات الإنتاج تحرر غازات شديدة التاكل مثل (H2S) والغازات الهايدروكاربونية المرافقة للعملية الإنتاجية وهو ما تشتهر به نفوط المنطقة. وهذا يعني تفاعل سبائك هذه الخزانات مع الغاز تدريجيا حتى تنهار بعد فترة وتختفي ، وهذا ما حصل في خزاني الغسيل. (1010,1011) (Wash Tank) لذلك يعتبر التآكل معضلة العصر اذ ما يتلف من أدوات ومعدات ومنشئات سنويا بسبب عملية التاكل تقدر بملايين الدولارات ، فقد تودي هذه العملية الى إيقاف مجمعات إنتاجية ضخمة ، وقد يؤدي إلى تلف تام للمنتوج نتيجة لما يتسرب إليه من شوائب بسبب عملية التآكل إثناء عملية الإنتاج.ولهذا جاءت الحاجة لهذا البحث المتواضع والملم من واقعنا الذي تشهده منشئاتنا النفطية لما تتعرض له من آفة التاكل والتي أصبحت معضلة مجمع بزركان وغيره من المحطات الإنتاجية.

ولذلك جاء ترتيب هذا البحث من حيث طريقة الإلمام بهذا الموضوع ، فكان لابد من استعراض عام للتآكل :تعريفه، طبيعته، أقسامه ، انواعة ، اضرارة وطرق الحماية منه .وتم التأكيد على التآكل الذي يسببه الهيدروجين باعتبار ان هذا التآكل هو أكثر الأنواع التي تؤدي إلى تلف المنظومة النفطية لوجود الأوساط التي تزيد من فعاليته ك غاز كبريتيد الهيدروجين.

## ٢-ألتاكل (Corrosion):

هو أنحلال المعدن بسبب تفاعله مع الوسط الذي يتعرض له . او فشل يصيب المعدن ينتج بسبب عوامل كيماوية او بسبب عوامل كيميائية تساعدها عوامل ميكانيكية متوفرة في الوسط الذي يعمل به المعدن.
كما يعرف التأكل بعدة أشكال.
هو انحلال المعدن بسبب تفاعله مع الوسط الذي يتعرض له.
أو فشل المعدن بأي سبب غير السبب الميكانيكي البحت.
أو يعرف أحياناً بأنه العملية العكسية لاستخلاص المعدن من خاماته ، وهناك نوع آخر في الفشل السطحي سببه ميكانيكي بحت يدعى البلى Wearوالذي ينتج بسبب الاحتكاك بين سطح المعدن وتحت تأثير الجهود الخارجية. والأمثلة عديدة على التآكل منها تاكل المنشئات النفطية و صدأ هياكل السيارت وعلب المواد الغذائيةوالصفائح.والمقاطع الفولاذية وتأكل الأنابيب المدفونة في التربه وهناك أمثلةأخرى على تآكل أجزاء معدنية عديدة تتعرض إلى أوساط صناعية مثل الأحماض والقواعدوالمياه المالحة وما إلى غير ذلك. طبيعتـــــــــه تتآكل سطوح المعادن الموجودة في حالةتفاعل كيميائي او كهروكيميائي مع الوسط الخارجي ، و يسمى هذا التآكل بالصدأ.ويسبب الصدأ خسائر جسيمة في الاقتصاد العالمي ، تقدر بالمليارات سنويا، اذ يدمر كميةضخمة من المنشآت النفطية و الصناعية. و لمقاومة الصدأ يجب معرفة أسبابه و الوسائل المجدية لمقاومته.

## ٣-أقسام التآكل:-

-يقسم التآكل إلى : التآكل الكيميائي و الكهروكيميائي

### - التآكل الكيميائي(Chemical Corrosion):

و يحدث بسبب تفاعل المعدن مع الغازات الجافة و السوائل العازلة دون ظهور تيار كهربائي.
مثل تآكل أنابيب نقل الغاز وتآكل صمامات العادم بمحركات الاحتراق الداخلي و مواسير العادم و غرف الاحتراق بالمواقد و الوصلات الداخلية الميكانيكية في الافران و المحركات.

**- التآكل الكهروكيميائي(Electrochemical):**

و ينشأ نتيجة لظهور التيارالكهربائي نتيجة للتفاعل بين المعدن و الالكترونات المحيطة به مثل تاكل خزانات النفط بانواعها و أنابيب نقل النفط وغيرها من السبائك في الجو الرطب و في الماء العذب و ماء البحر و الأحماض والقلويات و المحاليل الملحية و في الارض

حيث تتكون الشبكة البلورية للمعدن من ايونات موجبة الشحنة (كاتيونات) موجودة في اركان الشبكة البلورية و الالكترونات الحرة المتحركة في المعدن كله. و يمكن ان تنفصل الكاتيونات عن سطح المعدن وتنتقل الى الوسط المجاور – الالكتروليت . و يسمى فرق الجهد المتكون عند سطح تلامس المعدن مع الالكتروليت و هو الدال على ميل المعدن للذوبان بالجهد القطبي. و تتوقف قيمته اساسا على تركيب الالكتروليت.

و يحدد الجهد القطبي للمعادن تجريبيا بمقارنته بجهد الهيدروجين و هو المعتبر مساويا للصفر.

و المعادن تختلف بالجهدالقطبي فهناك معادن سالبة الجهد و اخرى موجبة مقارنتا بقطب الهيدروجيني(الالكترود)

المعادن ذات الجهد الموجب (فوق صفر الهيدروجين) قابليته للتاكل قليلة و المعادن ذات الجهد السالب (تحت صفر الهيدروجين) تكون أكثر قابلية للتآكل كلما كان جهدهاسالب.

و المعادن النقية و السبائك الوحيدة الطور تقاوم التاكل جيدا. امّاالسبائك التي تتكون بنيتها من عدة اطوار ذات جهود مختلفة فهي عبارة عن عمود كهربائي متناهي الصغر كثير الاقطاب، و لذا فهي سهلة التاكل. و تكون الاجزاء المصنوعة من عدةمواد معدنية مختلفة الجهود عمودا كهربائيا و ,(anode) متناهي في الصغر فيصبح المعدن المنخفض الجهد مصعدا يتآكل، في حين لا يتآكل المعدن ذو الجهد الاعلى لقيامه بدورالمهبط فعلا سبيل المثال عند تلامس الحديد مع الزنك طلاء الحديد (cathode) بالزنك) ، يتآكل الزنك (اي هو الذي يحدث له تاكل) اي انه يكون في حين لا يتآكل الحديد لانه يكون مهبط (anode )المصعد (cathode)

(Wash) ومن هذا المثال يمكن ان يطلى الهيكل الخاص بخزان الغسيل بوصفه،مثلا بانه اخر مشاكل انهيار الخزانات بمعدن الكروم (Tank) لتقليل حدة التاكل الناتجة عن الغازات والاحماض المرافقة للانتاج. (Cr) و يمكن ان يكون المعدن ايجابيا او سلبيا بالنسبة لتأثير الوسط و تتحدد

ايجابية المعدن بتآكله في وسط التاكل.في بعض من المعادن مثل الالمنيوم والكروم عن حصول الاكسدة تتكون طبقة من الاكاسيد تعمل على حماية المعدن من استمرارية التاكل وذلك عند درجات الحرارة العالية.

## ٣-أنواع التآكل:-

يمكن تقسيم التآكل الى عدة انواع منها : التآكل المنتظم ، التآكل المكاني ، التآكل بين البلورات، التآكل في الشقوق، تأكل الكاسكيت

### ١-ألتاكل المنتظم (Uniform Corrosion) :

و تبدو مظاهره في تآكل منتظم للمعدن على كل سطحه، و يحدث هذا النوع في المعادن او السبائك ذات البنية الوحيدة الطور (المعادن النقية، والمحاليل الصلبة والمركبات الكميائيه)

### ٢- ألتاكل المكاني: (Pitting Corrosion) :

و يتآكل إثناءها لمعدن في أماكن متفرقة من السطح، و يلاحظ حدوث هذا النوع من التاكل بالسبائك الكثيرة الاطوار ذات البنية الخشنة كما يحدث بالسبائك الوحيدة الطور و المعادن النقية عند تدمير الغلاف الواقي. و تسبب الخدوش و الحزوز السطحية التآكل مكاني، اذا تتكون في هذه الاماكن ظروف مناسبة لتكون الاعمدة الكهربائية المتناهية في الصغر.

### ٣- ألتاكل بين البلوري:(Crystalline Corrosion) :

ويرجع السبب في ذلك الى ان جهد حدود الحبيبات اقل (مصعد) و جهدالحبيبات اعلى (مهبط). و هذا النوع من الصدأ هو اكثر الانواع خطورة لأنه ينتشر في اعماق المعدن ولا يسبب اي تغير ملموس على السطح. و تتعرض لهذا النوع من الصدأ انواع الصلب النيكل-كرومية و سبائك الالمنيوم ، و هي التي يمكن ان تفرز اطوارا منتشرة.

### ٤-ألتاكل في الشقوق(Crevice Corrosionr):

يعتبر هذا التاكل من اخطر عوامل الهدم الموضعي. ويحدث نتيجة وجود حجوم صغيرة من سوائل ساكنة في فجوات او شقوق الغاز كما يحدث في الشقوق الضحلة وتحت سطوح

وفي الفجوات الموجودة تحت رؤوس المسامير (Gasket ) الفلكات وغيرها.

**٥- تاكل الكاسكيت: (Gasket Corrosion) :**

يحدث هذا النوع من التاكل في الثقوب التي يتراوح عرضها عدة مليمترات وتكون قادرة على الاحتفاظ بالمحلول بصورة ساكنة، وتشكل والتي تعمل كفتائل تمتز المحلول (Fibrous Gasket) الفلكات الليفية الاليكتروليي وتحافظ على اتصاله بسطح الفلز نموذجا مثاليا لهذا النوع من التآكل.

**٦- التاكل الذي يسببه الهيدروجين(Hydrogen Damage) :**

غاز الهيدروجين من الغازات الصناعية المهمه وهو يتولد في الصناعات النفطية بسبب تكسر الهيدروكوربونات بدرجات حرارة عالية او اثناء عملية الاستخراج النفطي ، كما يتولد من عمليات الحماية الكاثودية او تفاعلات الاختزالات أيون الهيدرونيوم عند الكاثود وكذلك هناك اسباب اخرى لتوليدة. إن طبيعة الانهيار ميكانيكية ولو إن التآكل يلعب دورا بارزا فيها .ويحصل الانهيار نتيجة تولد الهايدروجين الذري من تفاعل كيماوي .فمثلا إن وجود كميات قليلة من كبريتيد الهايدروجين الرطب على سطح الحديد كما في المعادلة:

$$Fe + H2S \rightarrow FeS + 2H$$

$$H2 \rightarrow 2H + 2e$$

ان الهيدروجين من الغازات الخطرة جدا لانه سهل الاشتعال و الانفجار اضافة الى تحريره وتكوينة غاز الكبريتيك داخل الخزانات النفطية مسببا تاكل شديد لتلك الخزانات.

المتكون في التفاعل اعلاه يمر دائما بحالة ( H2) ان غاز الهيدروجين ذرية قبل تحولة الى الصيغة الجزيئية.

$$2H2 + 2e$$

$$2H2 + H$$

ينفذ الهيدروجين الذري خلال مسامات المعدن حيث يتحد مع بعضه مكونة الهايدروجين الجزيئي الذي لا يتمكن من الخروج من المسامات وعلى مرور الزمن تبقى كميات لا باس بها من الهيدروجين الجزيئي محصورة داخل المعدن مولدة ضغوط كبيرة كافية لتكسير المعدن وانهياره التام.يكون تمزق المعدن موازيا للسطح . عندما يكون الهيدروجين الجزيئي

المحصور قريب من سطح المعدن تظهر بثور على السطح .عند فحص التمزق تحت المجهر نجد أن التشقق يحصل خلال مجاميع البلورات .هذا بالنسبة لدرجات الحرارة الواطئة .أما التشققات في درجات الحرارة العالية فتكون على حدود مجاميع البلورات . في درجات الحرارة العالية يتفاعل الهيدروجين مع كاربيد الحديد مكونا غاز الميثان الذي جزيئاته كبيرة ولا يتمكن من الخروج من مسامات المعدن ،بذلك تتولد ضغوط عالية داخل ان الحالة الذرية للهيدروجين مع انها غير المعدن تؤدي بالتالي إلى تشققه. مستقرة كيميائيا ، حيث ان عمر استقرارها قليل جدا ولكن لها صفات فيزياوية ذلك انها صغيرة ويمكنها ان تخترق سطح المعدن الصلب والنفاذ من خلاله او التجمع داخله.من الممكن منع اتحاد الهايدروجين مع الكاربيد بإضافة عنصر الكروم أو النيكل او الفنيديوم وغيرها التي تثبت الكاربيد لذلك فان معظم سبائك الفولاذ المقاوم للصدأ تقاوم الهيدروجين في درجات الحرارة العالية لاحتوائها على عنصر الكروم.ان فعالية ذرة الهيدروجين لتكوين جزئ او التفاعل مع المعدن او اختراقه تسبب انواع من التاكلات تسمى **بالتاكلات الهيدروجينية** ، وهي اربع انواع:

**١-تبثرالهيدروجين(Hydrogen Blistering) :**

اذا حصل ونفذ الهيدروجين الذري داخل المعدن فانه سيتعرض لعدة داخل التركيب المعدني اذا (Voids) احتمالات احدها التجمع في الفجوة صادف وكانت هذه الفجوات في طريق اختراق ذرات الهيدروجين وعند تجمع الذرات داخل هذه الفجوات فانها تتحد مع بعض وتكون جزيئات مما ,الهيدروجين والتي احجامها اكثر من ضعف حجم ذرة الهيدروجين يعيق خروجها من هذه الفجوات وقدرتها على اختراق المعدن وبذلك ستتجمع جزيئات الهيدروجين داخل هذه الفجوات ويزداد الضغط الذي تسلطه على الجدران الداخلية للفجوات . قد يرتفع الضغط في هذه الفجوات حتى الى ( ١٠٠٠٠٠ جو) وهو ضغط لا يستطيع أي معدن تحمله مهما كانت صلادته مما يسبب في فصل الصفوف المكونة للمعدن (للتركيب البلوري)،ان تاكل المعدن بسبب غاز الهيدروجين واحد من اهم ما تواجهه المجمعات النفطية وبالاخص الخزانات وخطوط النقل المحمية بالحماية الكاثودية او في وحدات تكسير النفط.

**٢-هشاشه السبائك بسبب (Hydrogen Embitterment) الهيدروجين:**

عدة آليات تفسر فقدان هذه الصفة فبالنسبة للسبائك التي تحتوي على

وهو ما موجود في التركيب الكيماوي لمعدن خزانات (Ti) التيتانيوم والسبائك التي تحتوي على عناصر تسبيك (Wash Tank) الغسيل يمكن ان تولد هايدرايدات هشة ، تبدا هذه العملية بنفاذ ذرة الهيدروجين خلال سطح السبيكة ثم تفاعلات مع ذرات التيتانيوم اوعناصر التسبيك الاخرى لتكوين هيدريد التيتانيوم الهش والضعيف ميكانيكيا ، لذا يحصل الكسر في المناطق التي تتجمع بها هذا الهيدريد:

$$Ti + 4H \; Ti\,H4$$

**٣- نزع الكاربون عن تركيب السبيكة:(Decarburization) :**

الكاربون عنصر هام في زيادة صلابة المعدن وفقدانه من السبيكة يحولها الى سبيكة لينة ذات معامل تمدد عالية ، يحصل فقدان كمية الكاربون الموجود في السبيكة بسبب ذرات الهيدروجين النافذة والتي قد تتفاعل مع الكاربون مكونة الميثان

$$C + 4H \rightarrow CH4$$

هذا التفاعل قد يحصل على السطح الخارجي للسبيكة ، او داخل السبيكه بعد نفاذ ذرات الهيدروجين الى الداخل.

**٤- تقليل المرونه -: ( Elasticity Lease) :**

يكون هذا التلف وقتي إذا تمكن الهيدروجين الذري من مغادرة المعدن أما إذا اتحد مكونا جزيئات الهيدروجين التي لا تتمكن من الخروج فتتولد جهود عالية داخل المعدن تقلل من مرونته ويتشقق نتيجة لذلك

ان وجود معادن مثل الكروم و المولبيدنيوم ضمن تركيب السبيكة يقلل من تاثيرات ذرات الهيدروجين النافذة و المتفاعلة مع الكاربون ذلك لان هذه العناصر لها امكانية التفاعل السريع مع الهيدروجين.

# الفصل الثاني

# أضرار التآكل وطرق معالجته

## ٥-أضرار التآكل:-

**١- تغير الابعاد وفقدان الخواص الميكانيكية :**
يؤدي التأكل إلى فقدان الوزن بسبب انحلال المعدن وبالتالي إلى تغير عند وجوده وعند أبعاده ، لذلك تعطى في الغالب بعض المساحات للتأكل التصميم وتكون هذه المساحات أكبر سمكاً في الأوساط التي يكون فيها معدلات التآكل عالية منها في الأوساط التي يكون فيها معدلات التآكل منخفضة . ولتغير أبعاد القطعة المعدنية بسبب التآكل تأثير في الخواص الميكانيكية ، حيث تقل قابليتها لتحمل الأحمال الخارجية ،أي تزداد قابليتها والتشويه المرن ( Plastic Deformation) للتشويه اللدن
إن إستخدام المعدن في أوساط مساعدة على التآكل يودي إلى انخفاض قيم العديد من الخواص الميكانيكية وخصوصاً مقاومة المعدن للكلال التي تؤدي إلى (Cracks) ونشوء التشققات ( Fatigue Strength) ( Fast Fracture) حصول الكسر الهش السريع
وهذا مما ادى الى انهيار الخزانات الخاصة للغسيل في المجمع النفطي ( بزركان).

**٢- المظهر:**
يتأثر مظهر المعدن بدرجة كبيرة عند إصابته بالتآكل حيث يظهر المعدن دائماً بمظهر سيء . لذا يجب استخدام معادن مقاومة للتآكل الجوي مثل الألمنيوم أو الفولاذ المقاوم للصدأ بدلاً من الفولاذ الكربوني ، كموادبناء ظاهرية مثل مقاطع الشبابيك ومواد وخصوصاً في واجهات الأبنية الخارجية ويعزى المظهر الحسن لهذه المواد إلى مقاومتها للتآكل الجوي .
أما المعدن ذات المقاومةالضعيفة للتآكل فإنها تطلى بأنواع الطلاء المختلفة لتحسين مظهرها من خلال الحد من تآكلها.

**٣- الأضرار الإقتصادية بسبب الإجراءات الوقائية :**
إن الأضرارالإقتصادية الناتجة عن التأكل عديدة ومهمة ، حيث يسبب هذا الفشل في كثير من الأحيان توقف المنشئات الانتاجية عن العمل توقف غير

مبرمج ، وما يوافق ذلك من كلف إقتصادية إضافية غيرمتوقعة . كذلك فإن حصول التآكل يؤدي إلى ارتفاع كلف الصيانة الدورية حيث يتطلب فيكثير من الحالات تبديل الجزء المعدني التالف بجزء جديد آخر .وبهذا الخصوص يكون بالامكان أحياناً توفير بعض المبالغ عند اختيار مادة معدنية ذات مقاومة تآكل أعلى لتصنيع هذا الجزء التالف . وتتوفر العديد من الأمثلة التي تشير إلى أن اختيار مادةعالية التكاليف نسبياً ولكنها ذات مقاومة جيدة للتأكل من الناحية الإقتصادية أفضل من استخدام مادة معينة أرخص ثمناً ولكنها تتعرض للتلف السريع بسبب التآكل ، ممايتطلب عندئذ تغييره بصورة دورية ، وفي كلتا الحالتين يلاحظ بأن التآكل يسبب أضراراًإقتصادية بسبب زيادة التكاليف . كما أن الإجراءات الوقائية للحد من التآكل تدخل ضمن كلف التشغيل والصيانة.إن التآكل يؤدي أحياناً إلى حدوث فشل غير متوقع في الأجزاء المعدنية في المجمعات الانتاجية وهنا تكمن أساساً خطورة مشكلة التآكل ، حيث أن حدوث الفشل بصورة مفاجئة قد يؤدي إلى حصول أضرار كبيرة أكبر من تلك التي يسببها التآكل المتوقع حصوله . وفي هذا المضمار يجب الوقوف بدقة على معدلات التآكل في الأجزاءالمعدنية أثناء سير عملية الانتاج وذلك عن طريق القياسات المستمرة والفحوصات الدورية لمعدلات التآكل والفحص المستمر للقطع المعدنية لإتخاذ الإجراءات الوقائية قبل وصول درجةالتآكل إلى الحد الذي يسبب توقف الانتاج عن العمل أو التأثير في سير العمليةالانتاجية.

**٤- تلوث الانتاج :**

إن نواتج التآكل تؤدي إلى تغيير الطبيعةالكيميائية للوسط ، أي تلوثه وفي الغالب يكون ذلك غير مرغوب فيه حيث أن المتطلبات التجارية هي الحصول على منتج نقي ذي مواصفات محددة وخالي من التلوث.

**٥- فقدان السلامة :**

يؤدي التآكل أحياناً أو في كثير من الأحيان إلى حصول كوارث إذا لم تتخذ الإجراءات الوقائية الكفيلة بإيقافه أو الحدمنه فمثلاً التعامل مع المواد الخطرة مثل الغازات السامة كغاز كبريتيد الهيدروجين ($H_2S$) والأحماض المركزة مثل حامض الكبريتيك والنيتريك والمواد القابلة للاشتعال والموادالمشعة والمواد الكيميائية في درجات حرارة عالية وعند ضغط عالي يتطلب إستعمال موادمعدنية معينة لا تتأكل بدرجة كبيرة في مثل هذه الظروف . فمثلاً قد يؤدي حصول التاكل بين الغازات والاحماض

المتكونة نتيجة التفاعلات مع سطوح الخزانات الى انهيار تلك الخزانات وبالتالي تحرر الغازات كغاز كبريتيد الهيدروجين مما يودي الى خسائر اقتصادية وبشرية ،وفي كثير من الأحيان يؤدي حصول تآكل في جزء معدني صغير إلى انهيار أو سقوط منشأكامل ، وقد تسبب نواتج التآكل أحياناً إلى تحول مواد غير مضرة إلى مواد متفجرة.

## ٦- معالجة التآكل(Treatment of corrosion):

يمكن التحكم في التآكل أو منعه بطرق عديدة ، ومن وجهة نظر صناعية الوضع في العادة تحدد الطريقة المستخدمة . فعلى سبيل فإن اقتصادية المثال على المهندس أن يقرر فيما إذا كان أكثر اقتصادية تغيير قطعة معينة بصورة دورية أو تصنيعها من مادة ذات مقاومة عالية للتآكل ولكنها ذات تكلفة أعلى وبالتالي يمكن أن تخدم مدة أطول.

## * اختيار المواد( Material Selections)

### -المواد المعدنية(Metallic Materials) :

هو استخدام مواد ذات مقاومة عالية التآكل إحدى الطرق العامة للتحكم في المواد يجب الإستعانة بالمراجع للتآكل لوسط معين . وعند اختيار والمعطيات للتأكد من اختيار المادة المناسبة . بالإضافة إلى استشارة خبراء التآكل في الشركات التي تنتج المواد وذلك حتى يكون الإختيار أفضل ما يمكن . وهناك بعض القواعد العامة والدقيقة إلى حد ما يمكن تطبيقها عند اختيار المواد المعدنية والسبائك المقاومة للتآكل في التطبيقات في الأوساط المختزلة او غير مؤكسدة مثل الحوامض الهندسية وهي الخالية من الهواء أو المحاليل المائية تستخدم عادة سبائك النيكل والنحاس اما في الأوساط أو الظروف المؤكسدة تستخدم السبائك التي تحتوي على الكروم في الاوساط المؤكسده القويه تستخدم مادة التيتانيوم وسبائكه.

إحدى المواد التي يسود استخدامها من قبل الصانعين الذين يجهلون للصدأ حيث يستخدم الفولاذ للمعادن هو الفولاذ المقاوم التآكل خواص المقاوم للصدأ للأوساط الأكالة المؤكسدة مثل حامض النيتريك . وهو أقل

مقاومة للتآكل في محاليل الكلوريدات ويكون عرضة للتآكل الإجهادي من الفولاذ العادي وعلى ضوء ذلك يجب أخذ الحذر الشديد للتأكد من عدم استخدامه في وضع غير مناسب.

**-المواد غير المعدنية(Nonmetallic Materials):**

المواد البولميرية مثل البلاستيك والمطاط هي مواد أضعف وبشكل عام أقل مقاومة للأحماض الغير العضوية من المعادن وسبائكها وبالتالي فإن استخدامها كمواد مقاومة للتأكل محدودة . في الوقت الحالي أصبحت المواد البلاستيكية ذات المقاومة العالية متوفرة وذات أهميةالمواد السيراميكية تمتاز بأن لها مقاومة عالية للتآكل وفي درجات الحرارة العالية ولكنها هشة سهلة الكسر . وبالتالي فإن المواد الغير معدنية تستخدم وبشكل رئيسي في التحكم في التآكل على شكل حشوات أو مغطيات.

**-التغطيات(Coatings):**

التغطيات المعدنية والغير عضوية هي من التغطيات الشائعة للسيطرة على التآكل ويتوقف اختيار نوع التغطية على كل من الوسط الآكل ، طريقة التطبيق ، نوع المعدن المراد تغطيته إضافة إلى نوع الترابط بين المعدن التغطيات هي أكثر الطرق المستخدمة شيوعاً المغطى والتغطية نفسها للتصدي لعملية التآكل ويتلخص عمل التغطيات في الحد من عملية التآكل المعدني في أنها تقوم بعزل المعدن عن الوسط الآكل كلية أو أنها تؤخر وبشكل حدوث التفاعل بين كل من المعدن المراد حمايته والوسط الآكل عام فإن التغطيات لا تستخدم لحماية المعادن من تأثير المواد الكيماوية القوية ولكنها تستخدم في الأوساط المتعادلة ولمقاومة التآكل الجوي أو وحالياَ يوجد مئات من الأنواع المختلفة التآكل في الماء أو في داخل التربة من التغطيات والكثير منها عبارة عن خلائط من مكونات مختلفة وبنسب مختلفة لتحقيق خصائص معينة.

**يمكن تصنيف التغطيات إلى ثلاثة أنواع وهي:**

- التغطيات المعدنية
- التغطيات الغير عضوية
- التغطيات العضوية

**التغطيات المعدنية:**

التغطيات المعدنية والتي تختلف عن المعدن المراد حمايته يمكن تطبيقها كطبقة تغطية رقيقة يتراوح سمكها بين جزء واحد من مائة ألف جزء من البوصة إلى ربع بوصة وذلك يتوقف على طريقة التطبيق المستخدمة وذلك لفصل الوسط الآكل عن المعدن . وأحياناً يتم تطبيق التغطيات والتي (Sacrificial Anodes) المعدنية لتعمل عمل أقطاب تضحية تتآكل بالتضحية مقابل حماية المعدن . مثال ذلك تغطية الفولاذ بطبقة من الخارصين ( الفولاذ المجلفن ) حيث يتآكل الخارصين بالتضحية مقابل حماية الفولاذ . وهناك عدة طرق لتطبيق التغطيات المعدنية وهي:

-الغمر الساخن(Hot Dipping)
-الرش المعدني(Metal spraying)
-التكسية(Cladding)
-السمنتية(Cementation)
-الترسيب البخاري(Vapor Deposition )
-الطلاء الكهرو كيميائي(Electroplating)
-الطلاء اللاكهربائي
-الطلاء الميكانيكي
-التفليز(Metallizing)

ويمكن تقسيم التغطيات إلى نوعين مختلفين وهي التغطيات الأنودية ( أو الأكثر نشاطاً ) بالنسبة للمعدن المراد تغطيته ، والتغطيات الكاثودية (أو الأكثر نبلاً) بالنسبة المراد تغطياته . ومن الأمثلة على التغطيات الأنودية تغطية الفولاذ بالخارصين أو الألمنيوم أو الكاديوم بينما تغطية الفولاذ بالنيكل أو النحاس أو الكروم يعتبر من التغطيات الكاثودية (أو الأكثر نبلاً) فإذا كانت التغطية من معدن أكثر نشاطاً فإن التغطية سوف تعمل كأنود وتتآكل عند الخدش بينما يعمل المعدن المغطى ككاثود ويحمى من التآكل . وإذا كانت التغطية من معدن أكثر نبلاً فإن التغطية في هذه الحالة سوف

ومن تعمل ككاثود بينما يعمل المعدن المغطى عند الخدش كأنود ويتآكل المهم هنا أن نلاحظ أنه في حالة التغطية الأكثر نبلاً فإن مساحة الكاثود تكون كبيرة ( مساحة التغطية ) وتكون كثافة التيار منخفضة والمساحة الأنودية (مساحة الخدش) تكون صغيرة ولذا تكون كثافة التيار عالية مما يؤدي إلى حدوث التآكل والذوبان وبعمق أشد مما قد يؤدي إلى تكون حفرة أو نقر في جسم المعدن ويصبح وجود التغطية في هذه الحالة أسوأ من عدم وجودها.

**-التغطية بالغمر الساخن:**

وتتلخص عملية تطبيق التغطية في هذه الحالة في غمر الجسم المعدني المراد تغطيته لحمايته من عملية التآكل في حوض يحتوي على المادة المراد استخدامها كتغطية على صورة مصهور . ويجب أن يكون معلوما أنه يجب أن تكون نقطة الانصهار للمادة المراد التغطية بها أقل من نقطة انصهار الجسم المعدني المراد تغطيته وذلك حتى لا ينصهر الأخير . ومن الأمثلة الشائعة لهذا النوع من التغطية هو تغطية الفولاذ بالخارصين بما يعرف بالفولاذ المجلفن.

**-التغطية بالرش الفلزي:**

الرش الفلزي أو التفليز أو الرش باللهب يعني تطبيق بالرش لقطرات من الفلز المنصهر على السطح المراد تغطيته . ويمكن استخدام العديد من الغازات في هذه الحالة وبسمك يتراوح ما بين ٠.٠٠٢ و ٠.١ بوصة وعادة ما تكون التغطية في هذه الحالة مسامية ، وويمكن تحويلها إلى تغطية غير مسامية بتطبيق طبقة مالئة عليها ، وتعد هذه الطريقة من الطرق الجيدة إذا كان مخطط له فيما بعد عمل تغطية فوقها لأنها تسمح بتواجد ترابط قوي بين الفلز المغطى والتغطية نفسها . وعلى أية حال فإن المسامية تكون غير ذات أهمية إذا كانت التغطية تتصرف بصفة أنودية بالنسبة للفلز المغطى . كما هو الحال في الفولاذ المغطى بطبقة من الزنك أو بطبقة من الألمنيوم.

**-التكسية الفلزية:**

تجري عملية التكسية للسيطرة على التآكل في الصناعات الكيماوية فمثلاً تكسية الفولاذ بالفولاذ المقاوم للصدأ أو النحاس أو بسبائك النيكل أو التيتانيوم أو الفلزات الغالية الثمن مثل التنتالم أصبحت من العمليات واسعة الانتشار الآن.

**-الطلاء الكهروكيميائي:**

الطلاء الكهروكيميائي هي أحدى العمليات الكاثودية حيث يجري اختزال أيونات المعدن المتواجدة في المحلول لتترسب على شكل ذرات متعادلة على السطح المراد طلاؤه . في هذه العملية يكون الجسم المعدني المراد طلاؤه كاثود في خلية التحليل الكهربائي والمحلول الإلكتروليتي المستخدم في الخلية فيجب أن يحتوي على أيونات المعدن المراد الطلاء به والأنود يكون من المعدن المراد إجراء عملية الطلاء الكهروكيميائي بهوعند مقارنة الطلاء الكهروكيميائي بالتغطية عن طريق الغمر على الساخن نجد ان الطلاء هو عبارة عن طبقة حقيقة مرسبة عند السطح الفاصل للمعدن المراد تغطيته ولا توجد فرصة في هذه الحالة بين التغطية والمعدن المغطى للتداخل وتكوين السبائك كما هو الحال في حالة التغطية بالغمر ومن الشائع في عمليات تطبيق الطلاء الكهروكيميائي إجراء على الساخن تغطيات بعدة معادن على التتابع على السطح المراد طلاؤه من أجل الحصول على طلاء جيد فعلى سبيل المثال عند طلاء الفولاذ بالكروم فإن العملية يمكن أن تتم كالتالي:

**أولاً :** طلاء الفولاذ بالنحاس وذلك لعمل أرضية متماسكة تماماً على الفولاذ وتتقبل التغطية بالنيكل بشكل جيد
**ثانياً :**طلاء طبقة النحاس بالنيكل وذلك لمقاومة التآكل كما أنه يشكل أرضية جيدة يمكن تطبيق الطلاء بالكروم عليها عما إذا تم تطبيقه مباشرة على سطح الفولاذ.
**ثالثاً :** طلاء طبقة النيكل بطبقة رقيقة من الكروم كمظهر جمالي

## Inorganic Coatings التغطيات غير العضوية

عادة يتم تغطية المعادن بطبقة من الخزف أو الزجاج عن طريق صهرها أما التغطيات من الخزف . على سطح المعادن بقصد حمايتها منالتآكل فعادة تطبق على الفولاذ والألمنيوم بسمك يتراوح ما بين ٠.٠٠٤ و٠.١١ وتستخدم هذه التغطيات في انتاج الأدوات والأجهزة المنزلية وفي بوصة بعض مصانع الأغذية وفي خطوط تكييف الهواء وفي خطوط التوصيل إلى المداخن . أما التغطيات الزجاجية للاستخدامات الكيمياوية فهى تتكون أساساً من السيليكا ويتراوح سمكها بين ٠.٠٤ و ٠.٠٨ بوصة وتطبق بصفة أساسية على الحديد وعلى سبائك النيكل وتتميز التغطيات الزجاجية

في قدرتها على مقاومة أنواع مختلفة من الكيمياويات والتي تشمل الأحماض القوية (فيما عدا حامض الهيدروكلوريك) ولكن مثل هذه التغطيات تكون غير مناسبة على الإطلاق في حالة القلويات المركزة وتستخدم الأسمنت ( الأسمنت البورتلاندي ) لوقاية الفولاذ من الساخنة التآكل بفعل بخار الماء ، إلا أن التغطيات الأسمنتية مثل التغطيات الزجاجية تعاني من صفة الهشاشيه التغطيات المتحولة وهي عبارة عن أغشية غير عضوية تتكون عن طريق التآكل المسيطر عليه لسطح المعدن ، حيث تتحول الذرات الفلزية عند السطح إلى فوسفات أو كرومات أو أكاسيد فلزية وهذه بدورها تشكل طبقة من تغطية كلية مؤلفة من عدة طبقات وتتميز مثل هذه التغطيات بما يلي:
أنها تحقق الترابط بين الفلز وبين التغطيات اللاحقة المخطط تطبيقها -عليه.
- تقدم طبقة مقاومة للتآكل.
- تكون لها القابلية على امتصاص الزيوت والشحوم والتي تقاوم التآكل.
- تحسن من مظهر ولون الفلز.
-تحسن المقاومة للتآكل بفعل عوامل البري ومن أكثر التغطيات المتحولة شيوعاً هي التغطية بالفوسفات والكرومات والأكاسيد ويتم الحصول عليها بغمر المعدن في محاليل مناسبة.

**التغطيات الأكسيدية والأنودة:**
تطبق التغطيات الأكسيدية على العديد من المعادن وذلك بمعالجتها بمحاليل وأكثر التغطيات مائية لقلويات ساخنة أو بالأكسدة الحرارية المسيطر عليها الأكسيدية شيوعاً هو الأكسيد الأسود الذي يطبق على الفولاذ لتحسين المظهر ولزيادة مقاومته لعوامل البري . والأكسيد الأسود مقاوم جيد بغمره في الزيوت أو ولكن من الممكن تحسين تلك المقاومة التآكل لعملية الشحوم أو الورنيشات . ويتكون الأكسيد الأسود بصفة أساسية من أكسيد الحديد المغناطيسي ويكون لامع أو معتم وذلك وفقاً لنوع التجهيز الذي يتم اجراءه على سطح الفولاذ مسبقاً.

**التغطيات العضويه(h**Organic Coatings)
وتشمل الدهانات ، الورنيشات ، اللاكر والعديد من المواد البوليمرية العضوية والتي تستخدم في العادة لحماية المعادن من الأوساط الأكاله . هذه المواد تعمل على تزويد طبقة رقيقة صلبة تحمي المعادن من التآكل . وبالتالي يجب اختيار تغطية مناسبة وتطبيقها بشكل جيد على السطوح

المعدنية المجهزة . وفي حالات عديدة فان الأداء الضعيف للدهانات ، مثلاً يعزى الى التطبيق الضعيف والتجهيز الضعيف للسطوح ويجب اتخاذ الحذر الشديد بعدم استخدام التغطيات العضوية في التغطيات التي تكون فيها المعادن معرضة للصدمات التي تؤدي إلى إحداث كسور وشروخ في التغطيات

# الفصل الثالث

## المصادر

المصادر:


١- الحماية من التآكل . طرق الحماية من التآكل اختيار المادةالمناسبة- اختيار التصميم المناسب - الحماية المصعدية والمهبطية - الحماية بالتغطية- تعديل الظروف المحيطة.تأليف ليث غانم.

٢- ٨ فؤاد الصالح. "الائتكال". الموسوعة العربية.

٣-د. سامي أبراهيم جعفر الربيعي،" الأسس والمبادئ الهندسية للتآكل"، الجزء الأول ، الجامعة التكنولوجية ( ٢٠١٠ ).

٤-د. قحطان خلف الخزرجي & د. عبد الجواد محمد شريف "التآكلٍ" أسبابه_ حدوثه_ طرق الحماية منه ، "الطبعة الأولى، دار دجلة ، المملكة الأردنية الهاشمية( ٢٠١٠).

٤-د. حسين باقر رحمة الله ،" هندسة التآكل وحماية سطوح المعادن" ، الجامعة التكنولوجية ( ١٩٩٠) .

# الفهرست

الموضوع الصفحة

-الأهداء.....(١)
-الخلاصة.....(٢)

**-الفصل الاول**
-التأكل في المنشآت النفطية.....**(٤)**
-اقسام التآكل.....**(٥)**
-انواع التآكل.....**(٧)**

**-الفصل الثاني**
-أضرار التآكل وطرق معالجنهُ.....**(١١)**
-اختيار المواد لمعالجة التآكل.....**(١٣)**
-أنواع التغطيات.....**(١٥)**

**-الفصل الثالث**
-المصادر.....**(٢٠)**