الجامعة	الانبار
الكلية	العلوم
القسم	كيمياء
المرحلة	الثالثة
اسم المادة	كيمياء صناعية
اسم المادة	Industrial chemistry
اسم التدريسي	م.م. عمار محمد عبدالله
اسم المحاضرة	التاكل
اسم المحاضرة	Corrosion
رقم المحاضرة	8

يعرف التآكل: بانه تحول المعادن وسبائكها ذات المواصفات الخاصة لظروف كل استعمال الى مواد هشة بفعل تحولات كيميائية تبدا من السطح الى الداخل.

هناك نوعان من التآكل يحدثان في الوقت نفسه على كلا سطحي المعدن الداخلي والخارجي حيث يكون السطح الخارجي معرض الى الظروف الجوية وما تحوية من مسببات التآكل (الاوكسجين والرطوبة والمطر الحامضي.....) بينما يكون السطح الداخلي معرض الى مسببات التآكل ضمن ظروف التفاعل الكيمياوي (الحوامض والقواعد والاملاح والتأثيرات الكهروكيمياوية).

اثبتت الدراسات العلمية ان ظاهرة التآكل تتسبب عن طريق حدوث تفاعلات كيمياوية او كهرو كيمياوية وتنشأ هذه التفاعلات في جميع الظروف ولكن بدرجات متفاوتة ويعتمد حدوثها على عاملين اساسيين

1- الصفات الكيمياوية للمعدن او السبيكة المعدنية
2- العوامل الخارجية المحيطة بالمعدن كأن تكون ظروف جوية او ظروف تفاعلات كيمياوية صناعية.

اصناف التأثيرات التآكلية على سطوح المعادن وسبائكها

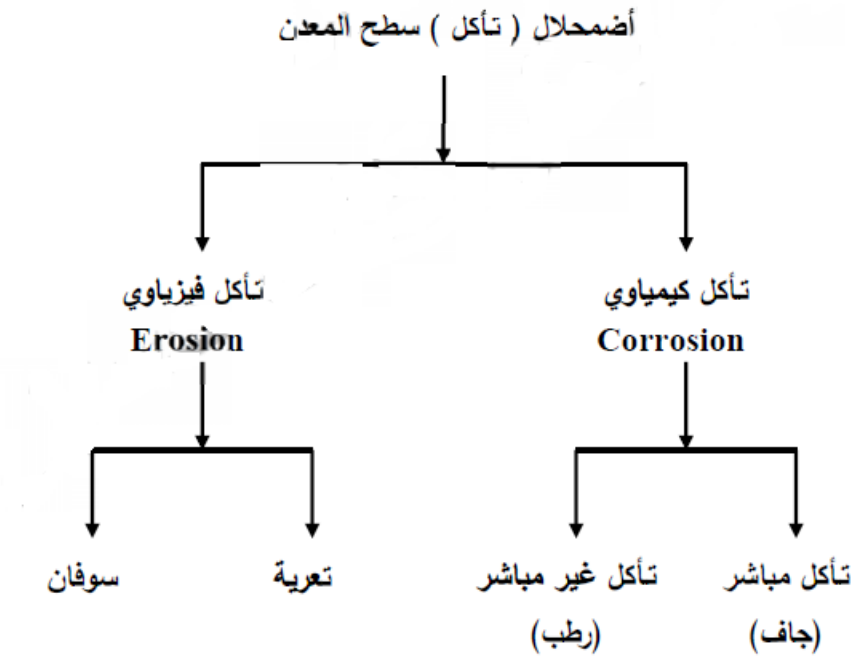
1- تآكل متجانس (منتظم): حيث تتآكل جميع مساحة سطح المعدن بالسرعة نفسها مثل فقدان بريق السطح المعدني نتيجة الاكسدة الجوية والاذابة المنتظمة في الحوامض.
2- تآكل موضعي: حيث تتآكل بعض مواضع السطح المعدني بسرعة اعلى من المواضع الاخرى بسبب عدم تجانس السطح المعدني مثل التآكل التصدعي(التشقق) واضمحلال اللحام المعدني.
3- تآكل تنقري: هو هجوم تآكلي مركز على نقاط معينة في السطح المعدني وينتج نقرا تزداد عمقا مع الوقت مثل تنقر المعادن غير الفعالة تآكليا مثل الفولاذ.
4- الاذابة الانتقائية: وهي اذابة احدى مكونات السبائك المعدنية بصورة انتقائية في وسط معين مثل اذابة الزنك واذابة الالمنيوم .
5- تآكل سوفاني: هو هجوم موضعي مركز او تشقق موضعي مركز بسبب تاثيرات تآكلية ميكانيكية مثل تآكل واحتكاك.

العمليات المؤدية الى التآكل: هناك عمليتان تؤديان الى اضمحلال واختفاء المعدن او تبدل صفاته وهي

1- **عملية فيزياوية** تتسبب اما بفعل **عوامل التعرية** وتؤثر مباشرة على السطوح الخارجي للمعدات المعرضة للعوامل الجوية او تتسبب **بفعل الاحتكاك والسوفان** الذي تتعرض الية السطوح الداخلية بالدرجة الرئيسية

2- **عملية كيمياوية** وتتم بفعل تاثيرات كيمياوية اما **مباشرة او غير مباشرة** تؤدي الى اضمحلال السطح المعدني وتحوله الى مادة هشة.

يبين المخطط التالي عمليات التآكل



ا- التآكل المباشر: ويحدث نتيجة لتلامس مباشر بين المعدن ومسببات التآكل وان اهم هذه المسببات هي الغازات او الحوامض او الاملاح الفعالة التي يتعرض لها سطح المعدن. ونبين في ادناه عدد من المسببات الرئيسية ونواتج تفاعلاتها الكيمياوية المباشرة مع سطح المعدن.

	مواد مسببة للتآكل	نواتج التفاعل
سطح المعدن	الاوكسجين	اوكسيد المعدن
	الهالوجين X^-	هاليد المعدن
	الكبريت(H_2S,SO_x)	كبريتيد اوكبريتات المعدن
	الحوامض (H^+)	املاح المعدن

ويحدث احيانا ان تكون نواتج التآكل بشكل طبقة رقيقة واقية لبقية سطح المعدن من التآكل وقد تستغل هذه الظاهرة صناعيا لحماية المعدن من التآكل عن طريق تسريع تكوين مثل هذا الغشاء الواقي بعمليات صناعية. ومن الاغشية الواقية المعروفة صناعيا :

١. حماية معدن الالمنيوم (Al) عن طريق تكوين غشاء واقي من اوكسيده.

$$4\ Al + 3\ O_2 \rightarrow 2\ Al_2O_3$$

٢. حماية الرصاص (Pb) عن طريق تكوين غشاء (طبقة) واقي من كاربوناته.

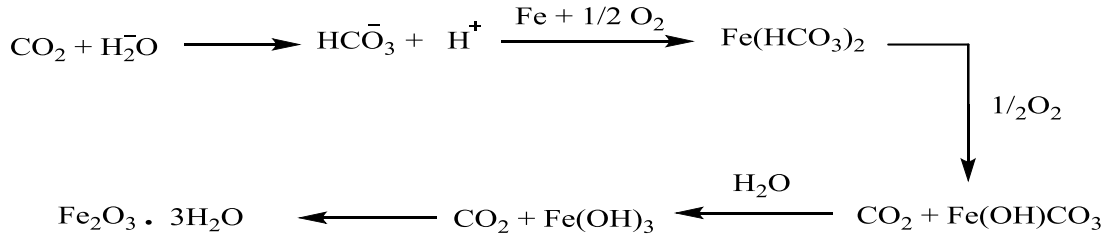
$$CO_2 + H_2O \Leftrightarrow 2\ H^+ + CO_3^{--}$$

$$Pb + CO_3^{--} \rightarrow PbCO_3$$

٣. حماية معدن الكروم (Cr) بواسطة تكون غشاء الكروميا (اوكسيد الكروم).

$$4\ Cr + 3\ O_2 \rightarrow 2\ Cr_2O_3$$

يعد تأكسد المعادن من اهم انواع التآكل الكيمياوي المباشر وبما ان معدن الحديد وسبائكه هو اكثر المعادن تداولا في تصنيع معدات الصناعة الكيمياوية اخذ موضوع تأكسد الحديد قسطا وافر الاهمية من مؤشرات التحليل الكيمياوي لنواتج تأكسد الحديد ان هناك دورا لغاز ثنائي اوكسيد الكاربون CO_2 في عملية تأكسد(تآكل) الحديد فقد تم التثبت من وجود بيكاربونات الحديدوز والحديديك في هذه النواتج وتبين التفاعلات في ادناه ميكانيكية تأكسد الحديد في الجو.



اما التفاعلات الكيمياوية المتوازنه في هذه الدورة فهي :

$$Fe + \frac{1}{2}O_2 + 2\ CO_2 + H_2O \rightarrow Fe(HCO_3)_2$$

$$2\ Fe(HCO_3)_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow 2\ Fe(OH)CO_3 + 2\ CO_2 + H_2O$$

$$2\ Fe(OH)CO_3 + 2\ H_2O \rightarrow 2\ Fe(OH)_3 + 2\ CO_2$$

$$2\ Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3.3\ H_2O$$

وقد اثبت التحليل الكيمياوي الدقيق لصدأ الحديد وجود بيكاربونات الحديديك والحديدوز وهيدروكسيد الحديديك واوكسيد الحديديك المتميء.

ان اكاسيد المعادن تكون طبقة (غشاء) واقية عندما تكون جزيئات الاوكسيد متراصة ومتقاربة مع بعضها البعض بمسافة اصغر من قطر جزيئة الاوكسجين وبذلك لا تسمح لهذه الجزيئة (جزيئة O_2) باختراقها والوصول الى المعدن، ولهذا النوع من الاكاسيد تسمية اخرى هي الاكاسيد الصلدة استناداً لهذه الخاصية. اما اذا كان العكس عندما تكون جزيئات الاوكسيد متباعدة عن بعضها (منتفخة) بمسافة تسمح لاستمرار وصول جزيئة الاوكسجين الى سطح المعدن، وفي مثل هذه الحالة لا يتكون غشاء واقي واستناداً الى هذه الخاصية يعرف هذا النوع من الاكاسيد بالاكاسيد الهشة.

2-التآكل غير المباشر : يحدث هذا النوع من التآكل عندما يكون هناك وسط ناقل للتاثيرات الكيمياوية بين المعدن او السبيكة المعدنية ومسببات التآكل اي ان الاتصال بين الاثنين لا يكون مباشرا اي ان الوسط الناقل هو الماء الى حد كبير(الرطوبة). تنشأ اصول هذا التآكل اعتمادا على البناء الكيمياوي والالكتروني للمعادن والسبائك المختلفة التي تتصل مع بعضها سواء عن طريق لحامها او ربطها مع بعضها البعض او تقاربها شرط وجود وسط متصل بينهما مثل الماء.

يحدث في التآكل غير المباشر والذي يسمى ايضا(التآكل الرطب) من وجهة النظر الكيمياوية حدوث تفاعلات كهروكيمياوية عن طريق نشوء خلايا كهربائية في نقاط التقاء او تقارب المعادن المتباينة في احدى صفاتها الكهربائية الاساسية .

قد لا تتطلب الحالة احيانا وجود معدنين مختلفين كي تحدث خلايا تآكلية وقد يكفي وجود المعدن وأوكسيده لحدوث خلية تآكلية مثل الحديد واوكسيدة حيث يتكون اوكسيد الحديد باسلوب التآكل المباشر ومن خواص هذا الاوكسيد سهولة حصول تشققات فيه وبوجود الرطوبة يعقبه تآكل أكسدة اخر بالاسلوب غير المباشر وبذلك يستمر التآكل بالاسلوبين المباشر وغير المباشر وتكون خلاصة التفاعلات الكيمياوية في التآكل الغير المباشر تحول الحديد الى هيدروكسيد ه كما يأتي :

$$Fe \rightarrow Fe^{++} + 2\,e^{-}$$

$$H_2O + \frac{1}{2}O_2 + 2\,e^{-} \rightarrow 2\,(OH)^{-}$$

$$Fe^{++} + 2\,(OH)^{-} \rightarrow Fe(OH)_2$$

اي ان

$$Fe + H_2O + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow Fe(OH)_2$$

هناك عوامل عديدة يتوقف عليها حدوث التآكل بالاسلوب غير المباشر

1- تركيب المعدن او السبيكة مثل جهد التأكسد ونقاوة المعدن وذوبانية نواتج التآكل .
2- الظروف الخارجية المحيطة بالمعدن مثل الدالة الحامضية وتركيز الاوكسجين.

تتآكل بعض المعادن بمجرد ملامستها مع الرطوبة وحتى بعدم وجود الاوكسجين ويؤدي ذلك الى تحرر غاز الهيدروجين الذي يكون مصدر خطر للانفجار بفعل شرارة او صاعقة مثل معدن الالمنيوم حيث يتم تحرير غاز الهيدروجين كما مبين في ادناه:

$$Al \rightarrow Al^{+3} + 3\,e^-$$

$$3\,H_2O + 3\,e^- \rightarrow 3\,(OH)^- + 1\frac{1}{2}H_2$$

$$Al^{+3} + 3\,(OH)^- \rightarrow Al(OH)_3$$

اي ان

$$Al + 3\,H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + 1\frac{1}{2}H_2$$

او

$$2\,Al + 6\,H_2O \rightarrow 2\,Al(OH)_3 + 3\,H_2$$

الوقاية من التآكل واسس الحد منه

الخبرة العلمية سبقت العلم في الحد من التآكل لاسباب هي

1- العوامل العديدة والطبيعة المتباينة لمسببات التآكل.
2- الاختلافات الكبيرة في بيئة اجراء العمليات الصناعية (الخارجية والداخلية).

اساليب الوقاية من التآكل هي :

اولا : تغطية او اكساء سطح المعدن بغشاء واق

ثانيا : منع او تقليل حدوث التفاعلات الكهروكيمياوية وخلايا التآكل.

ثالثا : منع او ابطاء التفاعلات الكيمياوية المسببة للتآكل (وقاية كيمياوية).

اولا : تغطية او اكساء سطح المعدن بغشاء واق.

تتمثل هذه الطريقة بعزل سطح المعدن عن مسببات التآكل المباشر وهي الرطوبة والاوكسجين ويمكن ان يتم ذلك بأكساء سطح المعدن باحد الاغشية الاتية :

أ- الاغشية الاوكسيدية. ب- الاغشية الفوسفاتية.

ج-الاغشية المعدنية د-الطلاءات العضوية والاصباغ.

يمكن تحقيق هذه الاغشية بالتسخين في جو ملائم او بواسطة تفاعلات كيمياوية عن طريق غمر المعدن في محلول ملائم او بطرق كهربائية بجعل المعدن انودا في خلية كهربائية او بواسطة الطرق الفيزياوية مثل الطلي بالرش او غمر المعدن في منصهر معدن اخر.

ثانيا : الوقاية بالطرق الكهروكيمياوية:

هذه الطرق موجهه للتعامل مع مسببات التآكل غير المباشر وهناك نوعان من الحماية هذه :

1-الحماية الانودية :

وتتم باستخدام قطب انودي (أي يمتلك فرق جهد واطئ مقارنة بالسطح المعدني المراد حمايته لذلك يسلك انوداً في خلية كهربائية مستحدثة لحماية معدن ما) ومن المعادن المرشحة لحماية الفولاذ في هذا المجال هي الزنك والمغنيز والكالسيوم، الا انه يجب الحذر ان لا تكون الحماية من الداخل (أي الاجزاء مغلقة) بسبب ظاهرة تحرر غاز H_2 من تفاعل هذه المعادن مع الماء. تلصق قطعة من المعدن المختار على جسم المعدن المراد حمايته،

وبذلك يتكون تيار ذاتي ودائرة كهربائية، يكون الماء الوسط الموصل فيها، ويراعى تعويض قطعة المعدن (الانود) في الوقت المناسب.

٢. الحماية الكاثودية:-

يستخدم في هذه الحماية مصدر خارجي للتيار الكهربائي، باستعمال بطارية خاصة ويتم اختيار معدن اوسبيكة خاصة كي تكون انوداً في خلية كهربائية مستحدثة يكون فيها المعدن المراد حمايته كاثوداً، ولهذه الطريقة تطبيقات عملية عديدة منها حماية انابيب البترول المدفونة تحت الارض ووقايه الخزانات المعدنية المدفونة كلياً او جزئياً في التربة

ثالثا : الوقاية بالطرق الكيمياوية

تستخدم في هذه الطريقة مواد كيمياوية معينة تعمل على ايقاف او ابطاء التفاعلات الكيمياوية والتي تحدث في اثناء عملية تاكل المعادن، وذلك من خلال تقليل سرع التفاعلات. تضاف هذه المواد بنسب قليلة الى المحاليل الملامسة للسطوح المعدنية خاصة اذا كانت الحماية المطلوبة من الداخل ومن الامثلة عليها (الانايونات):- السليكات، الكرومات، البورات، الفوسفات والنتريتات، وتعمل هذه الاملاح عند اضافتها كانودات بالنسبة للمعدن المراد حمايته، لذلك فهي التي تتأثر ويجب التعويض عن المفقود منها باستمرار.

هناك مواد عضوية تضاف بنسب قليلة عادة الى الاصباغ والطلاءات وبذلك تكون مساعدة الى طريقة الاغشية الواقية وتمتز هذه المواد بشكل غشاء رقيق على سطح المعدن المراد حمايته، وتستعمل عادة لحماية سطح المعدن من الخارج المعرض للظروف الجوية، او الاجزاء المعدنية المدفونة في التربة وتعمل على ايقاف التفاعلات التاكلية في مراحلها الاولى، او تعمل على منع وصول ايونات ضارة من التربة مثلاً الى سطح المعدن

من الامور الاخرى التي يجب مراعاتها لتقليل التآكل هي :

١. الاختيار الصحيح للماده المعدنية المصنعة للمفاعلات والخزانات والانابيب الناقلة والوحدات الصناعية المختلفة

٢. عزل المواد المخزونة عن الرطوبة بتغليفها بطريقة كفوءة او باكساءها باغشية واقية.
٣. بما ان اكاسيد المعادن وسبائكها تكون ذات طبقة قاعدية، لذا يراعى عدم تعريض المعادن الى الاجواء الحامضية قدر الامكان

٤. تجنب التراكيب الحادة عند تصميم معدات المعمل المختلفة لانها قد تؤدي الى خلايا تركيزية تسبب تاكل موضعي