1 Introduction

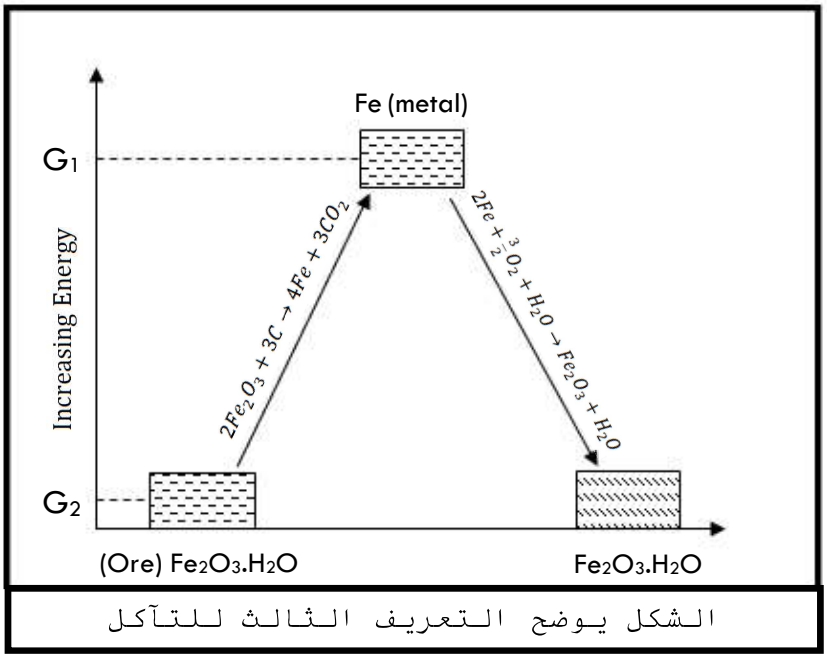
Corrosion Principles:

Corrosion Engineering is the application of science and art to prevent or control corrosion damage economically and safety.

Corrosion:

Maybe defined in several ways:

1- Destruction or deterioration of a material because of reaction with its environment.
2- Destruction of materials by means other than mechanical reasons.
3- The reverse process of extractive metallurgy from its ore.
4- The destructive attack of a metal by chemical or electrochemical reaction with its environment.



الشكل يوضح التعريف الثالث للتآكل

$\Delta G = G_2 - G_1$

When :

$\Delta G < 0$

(Corrosion occurs)

التآكل :

يُعرّف التآكل بعدة تعاريف منها :

1- انحلال المعدن بسبب تفاعله مع الوسط .

2- فشل المعدن بأي سبب غير السبب الميكانيكي.

3- العملية العكسية لإستخلاص المعدن من خاماته .

السبب الذي يدعو المعدن إلى التآكل هو أن تآكلها يؤدي بها إلى الإنتقال إلى حالة أكثر استقراراً من الحالة التي هي عليها من قبل حصول التآكل أي بمعنى آخر أن هذا التفاعل الذي يحدث بشكل حر تلقائي بين سطح المعدن والوسط يؤدي إلى تحرير طاقة ، فالتآكل هو الطريق الذي تستعيد به الطبيعة ما اغتصبه منها الإنسان من فلزات .

Corrosion Damage :

1- Contamination of product.
2- Loss of valuable product.
3- Appearance effect.
4- Plant shut down.
5- Change of size and losses of mechanical properties.
6- Effect of safety and reliability.
7- Economical damage.
   - Increase the maintenance and operating cost.
   - Cost of inhibitors added of cathodic protection.
8- Over design.
9- Loss of efficiency.
10- Extra cost of using expensive metals such as stainless steel instead of carbon steel.

أضرار التآكل :
1- تلوث المنتجات .
2- خسارة في المنتجات المهمة .
3- المظهر الخارجي (مواد الديكور كالألمنيوم وصبغ السيارات أو الفولاذ المقاوم للصدأ)
4- توقف المصنع .
5- تغيير الأبعاد وفقدان الخواص الميكانيكية .
6- فقدان السلامة والتأثير عليها .
7- أضرار اقتصادية متمثلة في زيادة كلفة الصيانة التشغيل .
8- حدوث ما يعرف (over design) الذي يتطلب زيادة في القياسات أثناء عمل التصاميم .
9- فقدان الكفاءة .
10- الكلفة الزائدة لاستخدام معاد غالية الثمن مثل الحديد المقاوم للصدأ بدلاً عن الحديد العادي .

Classification of Corrosion:

1- Wet Corrosion (Electrochemical Corrosion).
2- Dry Corrosion (this usually involves aqueous solutions or electrolytes, for example corrosion of steel in water).

Dry Corrosion (Chemical Corrosion) occurs in the absence of a liquid phase or above the dew point of the environment and associated with high temperature (Example is attack on steel by furnace gases).

تصنيف التآكل :
يصنف التآكل على نوعين :
1- التآكل الرطب (التآكل الالكتروكيميائي) .
2- التآكل الجاف (التآكل الكيميائي) – وهذا التآكل غالباً يتضمن محاليل أو مصاهير مثل تآكل الحديد في الماء .

Corrosion Rate Expressions:

Corrosion rate (C.R) can be expressed as follows:

1- **Weight loss :**

In (gm) or (mgm) and present weight change of materials after exposure to the corrosion environment neglecting the effect of the exposure time and sample shape or area, therefore it is poor (not good expressions).

2- **Weight loss per unit area per unit time :**

- mdd: Milligrams per square decimeter per day.
- gmd: Grams per square meter per day.
- gch: Grams per square centimeter per hour.

These expressions are good because it includes the effect of the exposed area and duration of exposure time.

3- **Penetration rate :**

- ipy: Inches per year. (best expressions give penetration rates)
- mm/y: Millimeters per year. (best expressions give penetration rates)
- mpy: Mils per year. (the best expression without decimals or large number)

:: NOTES :: 1Mils = 0.001 in

4- **Corrosion current density:**

It is measured by (A/m^2) , (mA/cm^2)

:: NOTES :: 1 mmd = $4 * 10^{-7}$ A/cm^2

Adjective	الصفة	mpy	mm/year
Outstanding	رائع ، بارز	< 1	< 0.02
Excellent	ممتاز	1- 5	0.02 - 0.1
Good	جيد	5 - 20	0.1 - 0.5
Fair	مقبول	20 - 50	0.5 - 1
Poor	رديء	50 - 200	1 - 5
Unacceptable	غير مقبول	> 200	> 5

$$mpy = \frac{534\ W}{D\ A_i\ T} \quad \cdots \quad (1)$$

Where:

W: Weight loss (mg).

D : Density of specimen (g/cm^3).

A_i : Area of specimen (in^2).

T : Exposure time (hr).

$$\frac{mm}{yr} = \frac{87.6\,W}{D\,A_c\,T} \quad \cdots \quad (2)$$

Where:
W: Weight loss (mg).
D : Density of specimen (g/cm^3).
A_c : Area of specimen (cm^2). $A_c = 6.452\ A_i$
T : Exposure time (hr).

$$1mpy = \frac{1.44\ (mdd)}{specific\ gravity} \quad \cdots \quad (3)$$

mdd: Milligram per square decimeter per day.

$$gmd = 2.74 \times density \times mm/year \quad \cdots \quad (4)$$

$$mm/year = \frac{0.365}{density} \times gmd \quad \cdots \quad (5)$$

$$mdd = ipy \times 696 \times density \quad \cdots \quad (6)$$

$$mm/y = mdd \times \frac{0.00144}{density} \quad \cdots \quad (7)$$

$$mdd = ipy \times 25.4 \quad \cdots \quad (8)$$

$$gmd = mdd \times 0.1 \quad \cdots \quad (9)$$

:: NOTES ::
1 mpy = 39.37 * mm/year
mm/year = 0.0254 * mpy

- **Example (1) :**

  A carbon steel specimen of dimensions (2 in * 3 in * 0.125 in) with a (0.25 in) hole for suspending in solution is exposed for (120 hr) in an acid solution and loss (150 milligrams). Calculate the corrosion rate in (mpy) and (mm/year), (density=7.87)

:: Solution ::

$A_i = 2 \{ (2*3)+(2*0.125)+(3*0.125)\}$

$A_i = 13.25\ in^2$

- $mpy = \dfrac{534\ W}{D\ A_i\ T}$

$$\therefore mpy = \frac{534 \times 150}{7.87 \times (13.25) \times (120)} = 6.4$$

- $\dfrac{mm}{yr} = \dfrac{87.6\ W}{D\ A_c\ T}$

$$\therefore mm/year = \frac{6.4}{39.4} = 0.162$$