المعهد العالي لتقنيات علوم البحار – صبراتة
المؤتمر العلمي الدولي الثالث لتكنولوجيا علوم البحار 2022م
تحت شعار: الموارد والثروات البحرية دعامة لتنمية الاقتصاد الوطني

عنوان البحث:

دراسة تأثير مياه البحر على معدن ابدان القطع البحرية

عبد المنعم الهادي عبدالله سلطان
asoltansoltan82@gmall.com
طارق خليفة خليفة فليفل
Tflafill85@gmail.com
محمد فرج ضؤ عيسى
mohamedfde6@gmail.com
أيمن فتحي أبوالقاسم رجب
Aimenragab02@gmail .com
المعهد العالي لتقنيات علوم البحار – صبراتة

الملخص :

تم في هذا البحث دراسة التآكل وآلية حدوثه والعوامل المؤثرة على نشاطه وكذلك شرح مبسط لأنواع التآكل وكيفية حدوث كل نوع منها ومن أهم جوانب الدراسة تأثير مياه البحر على القطع البحرية والمتمثل في التآكل البحري الذي يحدث نتيجة تأثير الاملاح على معدن ابدان السفن بجميع أنواعها واحجامها وكذلك المنصات البحرية والاحواض وأيضاً تم تحديد نسبة الاملاح الذائبة في البحر وعلى هذا الأساس يتطلب معدن أبدان القطع البحرية إجراء عمليات الحماية من التآكل للمحافظة عليها.

ABASTRACT:

The study of corrosion of metallic materials, the mechanism of occurrence and the contributing and influencing factors, as well as a simplified explanation of the types of corrosion, whether by direct or indirect influence, and how a kind of solution occurs. One of the most important aspects of the study is the effect of sea water on metal pieces, represented by marine corrosion that occurs as a result of the effect of salts on the metal bodies of sea pieces Of all kinds and sizes, as well as marine platforms and docks, and also the percentage of dissolved salts in the sea has been determined. On this basis, minerals require corrosion protection operations, both according to their uses and the surrounding environment to preserve them and reduce corrosion.

المقدمة :

يعتبر التآكل إحدى المشاكل التي تتعرض لها وتعاني منها الكثير من المنشآت المعدنية في القطاعات الهامة كقطاعات الصناعة والنقل البحري لا يحدث التآكل تلف شديد في المنشآت مما ينتج عنه تكاليف ضخمة تتمثل في فواقد الإنتاج وبالتالي قلة الكفاءة بالإضافة الى تكاليف تطبيق أساليب مقاومة التآكل والبيئة لها دور كبير في تنشيط التآكل إذا كانت تحمل عناصر مساعدة للتآكل ، فمياه البحر مثلاً فيها أكثر من سبعين عنصراً أهمها ايونات الكلوريد والصوديوم والكالسيوم وايضاً الكبريتات وهي تشكل أكثر من 99% بالوزن من الاملاح الذائبة وكذلك الهواء قد يحمل معه ذرات مختلفة من الغبار وأملاح الصوديوم وغاز ثاني أكسيد الكربون والرطوبة ، وهذه عوامل أساسية لزيادة فاعلية التآكل وعلى هذا الأساس اهتم الباحثون والمهندسون باجراء دراسات عملية لحماية المعادن من التآكل والتلف والتي بدورها تختلف باختلاف الظروف البيئية المسببة لحدوث التآكل .

أهمية البحث :

1. معالجة مناطق التآكل قبل تفاقمها .
2. تنظيف اسطح السفن والقطع البحرية بالمياه العذبة والاهتمام بعدم تجمع المياه المالحة والمواد الفاعلة للتآكل خاصة بالمناطق المنحدرة.

مشكلة البحث :

تكمن مشكلة البحث في دراسة تآكل بجهاز بدل القاطرة داخل غرفة المحركات الذي ينتج عن تسرب الشوائب والزيوت وبعض المواد الكيميائية لمنظومة التبريد لمحرك القاطرة مما أدى الى حدوث مشكلة مركبة بتدفق من منظومة التبريد ومنها الى منظومة التزييت وصولاً الى ان أحد المحركات بالقاطرة والذي بدورها الى إيقاف المحرك.

أهمية دراسة التآكل :

تكمن أهمية دراسة التآكل لما يسببه من خسائر اقتصادية وبشرية بسبب انهيار المنشآت المعدنية وهذه الخسائر تكون اما مباشرة متمثلة في زيادة التكاليف المتعلقة بالصيانة وايضاً خطورة انهيار المنشآن المتآكلة وإحداث إصابات للمهندسين والعمالة المشرفة على العمل بالمنشأة ، أو خسائر غير مباشرة متمثلة في توقف جزئي او كلي للمنشأة عن العمل ونقص في كميات الإنتاج وتدني في جودة المنتج وغيرها من الخسائر الأخرى [1].

مفهوم التآكل :

المفهوم العام والمتداول عند عامة الناس بأن التآكل هو الصدأ الذي يحدث للمعادن نتيجة لتفاعلها مع البيئة المحيطة وتكون طبقات متهالكة من أكسيد المعدن .

ويعرف التآكل بأنه انهيار وانحلال للمعدن بسبب تفاعله بالوسط المحيط [2].

العوامل المؤثرة في حدوث التآكل :

تتأثر فاعلية ودرجة التآكل للمواد المعدنية بعدة عوامل منها :

1. نوع المعدن
2. المركبات والعناصر الموجودة بالمعدن .
3. عدد الايونات الموجبة والسالبة .
4. طبيعة الوسط المحيط .
5. الغازات الذائبة في الوسط المحيط مثل CO , CO_2 , SO_2 , H_2S . [1]

ميكانيكية حدوث التآكل :

هي عملية ذوبان الفلز نتيجة تفاعله مع الوسط المحيط حيث تتحول ذرات الفلز المتعادلة إلى أيونات فلزية موجبة وينتج عنها تراكم للالكترونات على الفلز مما يجعل جزء منه يعمل كمصعد والجزء الاخر كمهبط لوجود فرق فيه الجهد الكهربائي بينهما الذي بدورة يكون سبب في حركة الالكترونات في شكل تيار كهربائي حيث يزداد التآكل بزيادة هذا التيار .

الجدول (1) يوضح ترتيب العناصر أو المعادن حسب نشاطها الكهروكيميائي :-

المعدن	الجهد الكهربي يقاس بالنسبة لقطب الهيدروجين
الماغنسيوم Mg	2.37-
الألومنيوم	1.66-
الزنك	0.76-
الحديد	0.44-
القصدير	0.14-
الرصاص	0.13-
الهيدروجين H	0.00
النحاس CU	0.52+ – 0.34+
الفضة	0.8+
البلاتين	1.2+
الذهب	14.65+ - 1.5+

أنواع التآكل :

أولاً – التآكل العام :

يكون هذا النوع من التآكل شبه منتظم وبطيء نسبياً حيث يحدث في فترة زمنية طويلة نتيجة لتجانس العوامل المسببة له على سطح المعدن .

شكل (1) يوضح التآكل العام لأحد الخزانات

ثانياً – التآكل المركز :

هذا النوع من التآكل يكون بنسب متفاوتة على نفس المعدن حيث يكون مركز وفعال بدرجة كبيرة في منطقة مقارنة بالمنطقة الأخرى وينقسم هذا النوع إلى :

1. التآكل النقري "الموضعي" :

نتيجة لتكون خلية موضعية على سطح المعدن أو الفلز تتكون نقر عميقة حيث هذه النقر تمثل الانود والمنطقة المحيطة بها تمثل الكاثود ، ويحدث هذا النوع من التآكل في المعادن أو السبائك الغير متجانسة ، وكذلك في الأماكن التي تحدث فيها خدوش بالاماكن العازلة للخطوط المغلقة.

شكل (2) يوضح التآكل النقري

2. التآكل الجلفاني :

يحدث هذا النوع من التآكل بين فلزين نتيجة لاختلاف نشاطهما الكهروكيميائي الذي يؤدي إلى اختلاف فرق الجهد بينهما حيث يتآكل الفلز الأنشط كهربائياً والذي يتصرف كأنود الذي تتحرر منه الالكترونات بينما الفلز الاخر يعمل ككاثود ويزداد معدل التآكل فيه هذا النوع بزيادة فرق الجهد بينهما .

شكل (3) يوضح التآكل الجلفاني

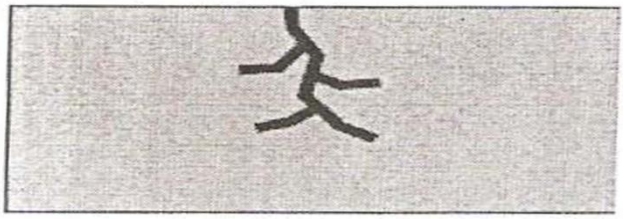
3. التآكل التشققي :

يحدث هذا النوع بسبب التغيير في درجة الحموضة ونقص في الاكسجين وغالباً ما يكون عند جوانات منع التسرب أو صواميل ومسامير الربط أو أماكن تسرب الاوساخ لتغير الظروف المناخية .

شكل (4) يوضح التآكل التشققي

4. التآكل الاجهادي :

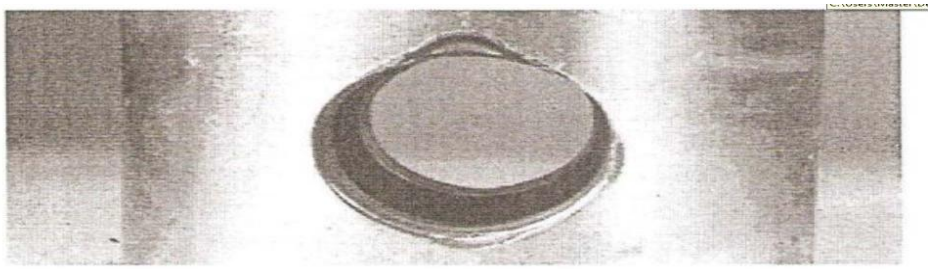
نظراً لظروف المعدن التشغيلية وتعرضه الى عمليات التشغيل والتشكيل على البارد وكذلك لعمليات اللحام والمعاملات الحرارية[3]، وكذلك نتيجة بين الاجهاد الميكانيكي والوسط الآكل فإن المعدن يتعرض إلى إنهيار وتصدع مع ضغط التشغيل[2].



شكل (5) يوضح التآكل الاجهادي

5. تآكل الحث والبري:

يحدث هذا النوع من التآكل عندما يتعرض المعن الى حركة احتكاك ميكانيكية في وسط اليكتروني أو العكس مما يتسبب في إزالة الطبقات الناتجة من عملية الحث والبري بصفة مستمرة ويكون هذا النوع فيه الأنابيب خاصة بالأماكن المنحنية بالأنابيب.



شكل (6) يوضح تآكل الحث والبري [3]

التآكل البحري :

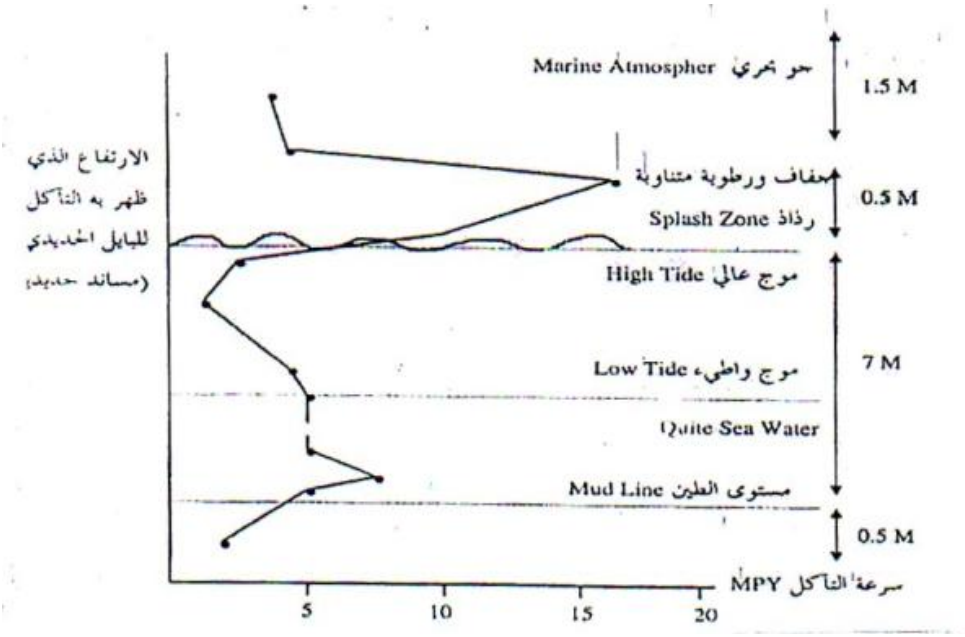
هو تآكل كهروكيميائي فيه معظم حالاته ويشمل التآكل الذي يحدث لمعدن أبدان السفن والغواصات والمعدات المغمورة في مياه البحر بالاضافة الى جميع المعدات التي تكون على تماس مباشر أو غير مباشر ، وفي دائم مع ماء البحر يعتبر ماء البحر من الاوساط الاكالة والمناسبة لحصول التآكل وذلك لاحتوائه على كميات كبيرة من الأملاح وكذلك لأنه موصل جيد للتيار الكهربائي .

الجدول (2) يوضح النسب المئوية للأملاح في100 جرام من ملح مستخرج من ماء البحر المتوسط .

الملح	%
كلوريد الصوديوم Nocl	77.8
كلوريد ماغنسيوم Mgcl	10.9
كبريتات ماغنسيوم $MgSo_u$	4.7
كبريتات كالسيوم $CaSo_u$	3.6
كبريتات بوتاسيوم $K_2\ So_u$	2.5
كربونات كالسيوم $Ca\ So_3$	0.3
بروميد ماغنسيوم $Mg\ B_2$	0.2

ومن أسباب جعل مياه البحر وسط آكل جداً زيادة نسبة ذوبان الاكسجين في ماء البحر حيث تصل الى 8 ملجم / 100سم^3 بينما في الماء العادي تصل الى 3 ملجم / 100سم^3.

الشكل التالي يوضح سرعة التآكل في مواقع مختلفة من دعامة حديدية أساسها مدفون تحت الطين في ماء البحر ومرتفعة أعلى من مستوى سطح البحر حيث نلاحظ أن سرعة التآكل تحصل في منطقة الرذاذ وذلك لتعرض سطح الدعامة لأجواء مختلفة ومتناوبة من الرطوبة والجفاف وتنخفض سرعة التآكل وبصورة عامة كلما انخفض أكثر في ماء البحر حتى تصل الى أقل نسبة في الطين لنقص كمية الاكسجين وانخفاض في درجة الحرارة.



شكل (7) يبين توزيع معدل التآكل لدعامة حديدية منصوبة في البحر [4]

طرق حماية المعادن :

1- الاختيار المناسب للمواد.

2- التعديل في بنية المعدن.

3- التغطية.

4- التصميم الهندسي المناسب.

5- الحماية الكاثودية.

1- الاختيار المناسب للمواد :

لا يوجد بشكل مطلق مواد صامدة تجاه التآكل لكن هناك مواد تقاوم التآكل بشكل جيد لكنها ذات تكاليف اقتصادية كبيرة لذا لا يصنع منها الا الاجزاء الهامة.

عند اختيار المادة المناسب يجب الاخذ بعين الاعتبار أن تكون المادة المختارة مقاومة لتآكل اقصى ما يمكن من جهة ومنخفضة التكلفة الاقتصادية من جهة اخرى.

2- التعديل في بنية المادة :

يمكننا اضافة بعض المواد بنسب معينة الى السبيكة من اجل زيادة مقاومتها للتآكل فمثلا اضافة الكروم او النيكل الى الفولاذ تزيد من مقاومته للتآكل .

الجدول (3) يوضح تأثير إضافة بعض المواد على معدل التآكل :

% Ni	Corrosion rate, mm/y	% Cr	Corrosion rate, mm/y
0	0.9	0	0.9
3	0.1	2.25	1.25
5	0.075	5	0.525
9	0.05	9	0.04
		12	0

حيث mm/y هي سرعة التآكل مقدرة ب (الميلي متر\السنة) ونلاحظ انها تنقص بزيادة نسبة الكروم او النيكل.

3- التغطية :

هي عزل المعدن عن الوسط المؤثر بطبقة رقيقة مقاومة للوسط بهدف حمايته من التآكل ، تقسم التغطية الى ثلاثة انواع :

التغطية بمعدن ، تغطية بمادة لا عضوية ، تغطية بمادة عضوية .

4-التغطية بمعدن :

وهي طلي المعدن المراد حمايته بطبقة رقيقة من معدن آخر مقاوم للوسط بهدف حماية المعدن الاساس من استمرار التآكل .

وتقسم بدورها الى نوعين : التغطية المهبطية – التغطية المصعدية

التغطية المهبطية :

هنا يكون جهد معدن التغطية وفقا لهذه الطريقة أعلى من جهد المعدن الاساسي المراد حمايته.ولكن في حال حدوث خدش في السطح فان المعدن الاساسي يكون مصعد ويبدأ بالتأكل ، الذي يكن اشد واعمق مما يؤدي الى تكون حفرات أو نقرات في الجسم المعدن المحمي ويصبح وجود هذه التغطية في هذه الحالة اكثر ضررا من عدم وجودها.

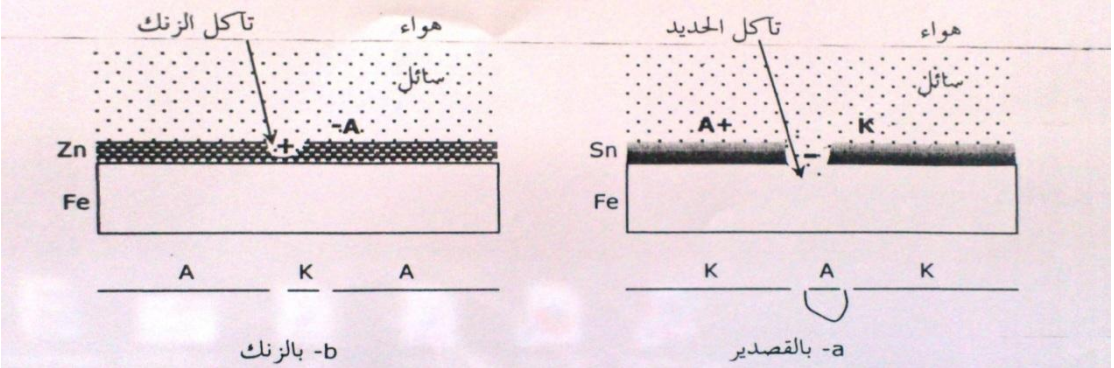
لذلك عند استخدام هذا النوع من التغطية يجب ان نختار طريقة التطبيق بحيث ينتج تغطيات خالية من المسام والعيوب لان هذه المسام تكون شديدة الخطورة.

تطبق التغطية المهبطية على الحديد والفولاذ باستخدام (Sn,Cu,Pb,Ni) واكثر التغطيات المهبطية تطبيقا وانتشارا هي قصدرة الحديد,أي تطبيق طبقة طلاء من القصدير على السطوح الحديدية وهذه العملية تلقى استخداما كبيرا جدا في علب الاغذية المعلبات حيث يكون الحديد هو المصعد والقصدير هو المهبط ففي حال حدوث خدش يتآكل الحديد بسرعة كما هو موضح في الشكل(a) .

التغطية المصعدية :

في هذه الطريقة يكون جهد معدن التغطية أقل من جهد المعدن الاساسي وبالتالي فان التغطية تحمي المعدن من الوسط المحيط ولكن عندما تتعرض لخدش او تشقق فان المعدن الاساسي سيقوم بدور المهبط ويقوم معدن التغطية بدور المصعد ويتآكل .من مساوئ هذه التغطية انها تتآكل بسرعة اكبر وبالتالي يتوجب تغطيتها بسماكة اكبر من التغطية المهبطية كما موضح بالشكل (b).

لكن قد تكون التغطية بسماكة اكبر غير مفيدة من الناحية الاقتصادية كما انها تسبب زيادة في وزن المعدن المراد حمايته .



شكل (8) يوضح التغطية المهبطية والمصعدية

الطلاءات العضوية :

لا يتحمل هذا النوع من الطلاءات درجات الحرارة العالية .وهي تشمل الدهانات والمواد الراتنجية والورنيشات وفي بعض الاحيان يستعمل الاسفلت وبعض اصناف الشحوم.

تتوقف جودة الطلي بدرجة كبيرة على المعالجات الاولية للأسطح المراد طلائها حيث يجب ان تنظف من الصداء او من الطبقات القشرية الاخرى الناتجة عن التآكل والاكسدة ومن الاوساخ والدهون العالقة ، بعدها يطلى المعدن بطبقة اساسية مانعة لتأكسد وفي الغالب يستعمل لهذه الغاية اكسيد الرصاص الاحمر (الزيرقون Pb_3O_4,) ويمكن استعمال كرومات الرصاص وكرومات الزنك ومهمة هذه الطبقة الاساسية جعل المعدن يتصف بالخصائص السلبية وبعد ذلك يطلى المعدن بطبقة او اكثر من الدهان.

كما يمكن طلي المعدن المراد حمايته بطبقة رقيقة من بعض المواد البوليميرية التي تمنع الغازات او الماء من الوصول الى المعدن ويمكن لهذه الطبقة اضافة الى دورها الاساسي ان تؤدي الى تحسين المظهر العام للمعدن .

الطلاءات اللاعضوية :

تتميز هذه الطلاءات بمقاومتها الجيدة للحرارة وغالبا ما تكون ذات مقاومة جيدة لمواد الكيميائية وبشكل عام يطلى المعدن بطبقة من الخزف او الزجاج او الاكاسيد المعدنية ولكن هذا النوع من الطلاء سريع الكسر لا يقاوم الصدمات.مع مراعاة ان يكون معامل التمدد الحراري للطلاء قريب

من معامل التمدد الحراري للمعدن حتى لايحدث تصدعات ، ويمكن ان تتم التغطية بالفوسفات (الفسفتة) التي تستخدم لحماية الفولاذ وسبائك الزنك من التآكل.

تعالج قطعة الفولاذ المراد حمايتها في محلول من حمض الفوسفور واحد الاملاح المعدنية للفوسفات كفوسفات الحديد والمنغنيز عند الدرجة 100 م .

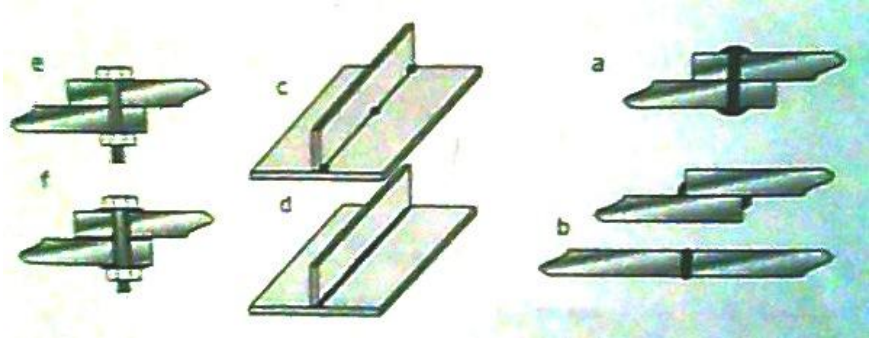
يتشكل على سطح الفولاذ طبقة رمادية اللون من $Fe_3(po_4)_2$ ذات سماكة صغيرة (0.0005mm) ورغم تأثيرها المحدود في الحماية الا نها تشكل اساسا ممتازا لطبقات الدهان او الورنيش او اللكر وتطبق هذه الطريقة لحماية انابيب النفط اذ تستخدم مادة لاصقة تحوي حمض الفوسفور (H_3PO_4).[5]

4- التصميم الهندسي المناسب :

يمكن الحد والتقليل من التآكل ايضاً باختيار التصميم المناسب ، وذلك بمراعاة النقاط التالية:

1- يجب تجنب الوصلات بين القطع ، التي تساهم في حدوث الصدأ المتوقع . فإذا كان لابد من استخدام معدنين غير متماثلين ، فيجب اختيارهما بحيث يكونا متقاربين في السلسلة الجلفانية ، وذلك بأن يحققا فرقاً قدره $E\Delta \leq 0{,}55V$

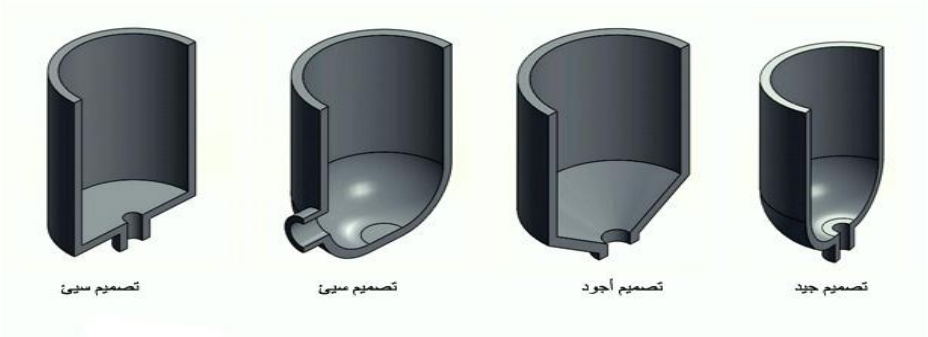
2- يفضل اللحام واللصق على البراشيم والبراغي عند الربط بين القطع . او اللجوء الى عزل المعدنين المختلفين عن بعضهما بعازل يمنع تلامسهما ويعوق تشكيل خلية جلفانية كما هو مبين في الشكل , التصميم (a) خاطئ التصميم (b) صحيح - التصميم (c) خاطئ والتصميم (d) صحيح لأنه بين نقاط اللحام تتشكل مناطق يتجمع فيها المائع مشكلا نقاط تآكل - التصميم (e)خاطئ التصميم (f)صحيح لوجود عازل.



شكل (9) يوضح التصميم المناسب للحام وربط القطع المعدنية

3- واذا كان من الضروري استخدام معدنين غير متماثلين ، فيجب ان تكون المساحة المصعدية كبيرة بالنسبة للمساحة المهبطة . لأنه لو حدث العكس ، تصبح كثافة التيار عبر المساحة المصعدية كبيرة ، مما يؤدي الى حدوث التأكل وبعمق أشد .[6]

يجب ان تبقى الاسطح المعرضة للتآكل صغيرة قدر الامكان ، كما هو موضح بالشكل كما يجب ان يتجنب المهندس في التصميم الاسطح الافقية والقطع على شكل قضبان صغيرة واطراف قطع حرة.



شكل (10) يوضح تصميم السطح السفلي للخزانات [5]

5- الحماية الكاثودية :

يمكن استخدام هذه الطريقة في التفاعلات الكهروكيميائية بحيث تحتاج هذه التفاعلات الى وسط الكتروليتي وإيقاف التآكل الناشئ من مثل هذه التفاعلات يتم بواسطة عزل سطح المعدن عن الوسط بواسطة الدهانات المناسبة وايضا عن طريق تطبيق الحماية الكاثودية والتي تتم بطريقتين:

1- عن طريق عكس التيار بواسطة استخدام أقطاب التضحية .

2- عكس التيار بواسطة نظام التيار المسلط .

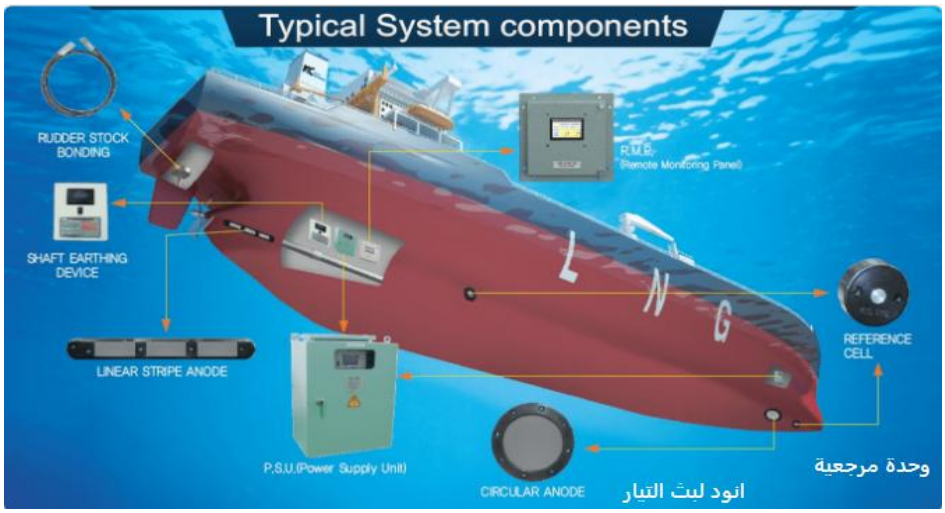
أولا : أقطاب التضحية (الانودات)

يتم استخدام معادن منخفضة الجهد أكثر سالبية من المعدن المراد حمايته مثل (الزنك – الالمنيوم – المغنيسيوم) وبالنسبة للسفن يتم لحامها أو تثبيتها في الجزء المغمور في المياه من بدن السفينة ويحدث التآكل للمعادن الأنودية نتيجة لتفريغ التيار الكهربائي منها الى المياه ويصبح بدن السفينة منطقة كاثودية خالية من التآكل ولكن يعيب هذه الطريقة أن العمر الافتراضي لأقطاب التضحية يكون قصير وتحتاج الى التغير بإستمرار .

شكل (11) يوضح الحماية المهبطية باستخدام الزنك على بدن السفينة

ثانيا : الحماية الكاثودية بواسطة التيار المسلط

يتم فيها استخدام مصدر تيار كهربائي مستمر داخل السفينة بحيث يتم بث كمية كبيرة من التيار الكهربائي في المياه المحيطة بالسفينة عن طريق انودات خاملة أو غير قابلة للتفاعل مع المياه مثل التيتانيوم أو البلاتنيوم وبواسطة أقطاب مرجعية من الزنك والفضة مثبتة في بدن السفينة يتم معرفة قيمة التيار اللازم بثه لمكافئة التيار المسبب للتآكل وبدلك يصبح بدن السفينة المغمور في المياه منطقة كاثودية لا يصيبها أي تآكل ويتميز هذا النوع أن صيانته لا تحتاج الى دخول الحوض لإجراء الصيانه الخاصة به ويمكن التحكم به ومتابعته من لوحة التحكم الموجودة بالسفينة ولا يحتاج الى تغيير ألواح الزنك باستمرار لذلك يكون اقتصادي في تشغيله أكثر فاعلية لحماية البدن من التآكل .



شكل (12) يبين اجراء عملية الحماية بالتيار المسلط على بدن السفينة

المناقشة :

من خلال زيارتنا لميناء طرابلس البحري لدراسة مشكلة عطب بمحرك القاطرة الإرادة 2 وجدنا أن السبب في حدوث العطل هو نتيجة لدخول الزيت والشوائب لمنظومة التبريد والتي دخلت من خلال ثقب حدث بين القاطرة في المنطقة الواقعة بين المحرك وأسفل القاطرة بغرفة المحركات والتي تدى بالسنتينة وهذا الثقب نتج من تآكل المعدن بفعل تجميع مياه البحر والزيوت والشوائب بسبب انحدار هذه المنطقة على سطح السنتينة فوق المبادل الحراري الذي يعد جزء من منظومة التبريد للمحرك

شكل (13) يوضح المنطقة المتآكلة على سطح السنتينة

تمت معالجة المنطقة المتآكلة باجراء عملية تنظيف لها ولحامها بقطعة معدنية من نفس نوع معدن بدن القاطرة وطلائه بمادة عازلة لمقاومة التآكل .

شكل (15) يوضح معالجة المنطقة المتآكلة باللحام

شكل (14) يوضح الثقب الناتج بفعل التآكل بعد إجراء عملية تنظيف له

الاستنتاجات :

من خلال دراستنا نستنتج أن :-

1. البيئة لها دور كبير في زيادة معدل التآكل .
2. تعديل البنية البلورية للمعدن يساهم في خفض معدل التآكل .
3. عدم المراقبة والتفتيش او الكشف والصيانة بصفة دورية على المنشآت قد يسبب في انهيارها مما ينتج عنها حدوث خسائر مادية وبشرية .
4. تطبيق أساليب الحماية من التآكل يساهم بشكل كبير في إطالة عمر المعدنية لفترة زمنية أطول.

التوصيات:

1. عند تصميم السفن نوصي المهندسين والمصممين الاخذ بالاعتبار تجنب الانحدارات لتجنب تجمع مياه البحر بها مما يساهم في حدوث التآكل في تلك المناطق .
2. انشاء قنوات لتصريف المياه وعدم تجمعها عند دخولها للسفن .
3. اجراء الكشف الدوري والصيانة الدورية لتقليل فاعلية التآكل .
4. نوصي بتطبيق أساليب الحماية من التآكل كالطلاء والحماية الكاثودية باستخدام التيار المسلط .

المصادر والمراجع:

1. د. عيسى مسعود ، معنى واساسيات هندسة التآكل ، دار الكتب الوطنية ، بنغازي، 2006.
2. قاسم فضل الله البدوي ، سامي محمد علي محمد ، دراسة التآكل في المنشآت الصناعية ، جامعة وادي النيل ، 2009 .
3. م. احمد محمد درويش، م. محمد ناجي كروش، الحماية الكاثودية ، شركة أنابيب البترول ، د.ت .
4. د. كاظم عباس الموسوي ، التآكل ، ELGA ، 2000.
5. ليث غانم ، الحماي من التآكل ، د.ت.
6. Wiley callister-moterials scienes and engineering An introduction, 7e, 2007.