الباب الثالث

طرق الحماية من
التآكل للمواسير وملحقاتها

obeikandl.com

الفهرس

البنود	الموضوعات	الصفحات
	مقدمة	١٧٣
١	الاعتبارات الهندسية للحد من التآكل	١٧٤
٢	طبقة الحماية من المواد العضوية	١٧٨
٣	التغطية والتطبيق بمواد غير عضوية	١٨١
٤	التبطين بالمونة الأسمنتية	١٨٢
٥	التغطية بمواد مصنعة كشرائط أو أغلفة	١٨٣
٦	التغطية بالمواد المعدنية	١٨٤
٧	الحماية الكاتودية	١٨٦
٨	الحماية لمواسير مياه الشرب بالتعديل الطفيف فى نوعية المياه.	١٩٦

obeikandl.com

طرق الحماية من التآكل للمواسير

مقدمة:

تبدأ إجراءات الحماية من تآكل المواسير مبكرا وذلك بالإختبار المناسب لمادة الصنع للمواسير والتى تتناسب مع المجال الملاصق الخارجى والداخلى حيث يسبق تقييم عدوانية هذا المجال لمختلف الأنواع من المواسير.

يلى ذلك التصميم الجيد للشبكة من الأخذ فى الاعتبار بعض الإجراءات الهندسية فى التصميم للحد من التآكل والتسرب. وكذلك مراعاة التنفيذ الجيد فى مراحل التداول وإعداد الخندق والردم. ولا تنتهى إجراءات الحماية من التآكل عند هذا الحد بل تستمر فى مرحلة التشغيل بمراقبة التآكل والعمل على الحد منه أو إيقافه.

طرق الحماية من التآكل تشمل الحماية للسطح الخارجى للمواسير والحماية لسطحها الداخلى مع مراعاة إعتبارات هندسية لحماية المواسير المعدنية من التآكل.

طرق حماية الأسطح الخارجيه للمواسير وتشمل:

التغطية بمواد الحماية لمنع اتصال الماء بجسم الماسورة.

الحماية الكاثودية لمواسير الصلب والخرسانيه سابقه الإجهاد.

التغطية بشرائط الالتصاق ورواكم البولى إثيلين.

طرق حماية الأسطح الداخلية للمواسير وتشمل:

التغطية بمواد الحماية.

ضبط الرقم الهيدروجينى لشبكات مياه الشرب.

إستخدام مثبطات التآكل.

١- الاعتبارات الهندسية للحد من تآكل خطوط المواسير المعدنية:

شكل (٨٦، ٨٧)

• العناصر المضافة الى السبيكة والتى تعمل على الحد من التآكل للمعادن بالاضافة الى المعاملة الحرارية السليمة فى مرحلة الانتاج ثم إزالة الشوائب والاعداد الجيد لسطح المعدن ونعومته.

• يراعى فى تصميم الانشاءات المعدنية الشكل الهندسى الذى يحد من التآكل بتحقيق الآتى:

عدم حجز الرطوبة أو المياه، سهولة الدهان للأسطح، تجنب مخاطر التآكل الجلفنى وذلك بتجنب التصاق المعادن الغير متماثلة فى الجهد مع وجود فرق جهد كبير يزيد عن ٥٠ مليفولت ويكون الاليكتروليت على اتصال بالمعدنين، استخدام وصلة متوسطة من معدن له جهد متوسط ويمكن سحبها بسهولة وتغييرها أو باستخدام العزل الكهربى بين هذه المعادن. مراعاة وجود سطح الآنود اكبر من سطح الكاثود وذلك فى حالة استخدام مسامير البرشام ومسامير الرباط ومواد اللحام لتكون مواد التوصيل أقل نشاطا وأكثر ندرة من معدن الأساس والذى يكون آنود. عزل القلاووظ بالشحومات، جلفنة مسامير الرباط والبرشام.

• تجنب خلية اختلاف التهوية فى الخزانات المملوءة بالسوائل. وذلك بتغيير المنسوب من آن الى آخر أو بالدهان للسطح الداخلى.

• مراعاة أن تكون سرعة المياه فى الشبكة من ٠,٩ الى ١,١ فورتى.

• لا تزيد الميول فى الشبكة عن ١ : ٥٠٠ لخطوط المياه.

• التوصيل بالفلنجات للمواسير الصلب فى الأقطار أقل من ٦٠٠ مم (١٢″).

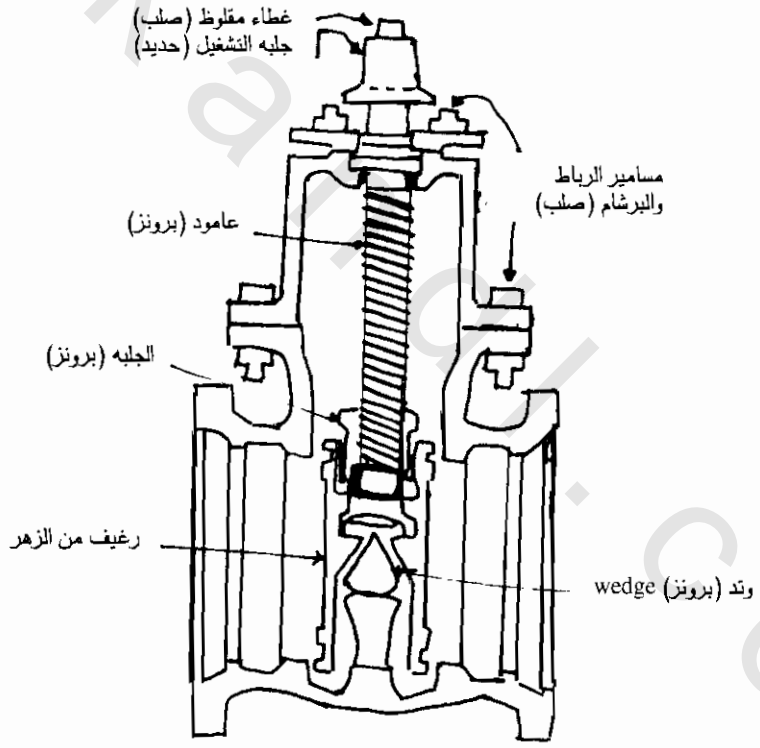
الحماية من التآكل بتغطية سطح الماسورة: (Coatings)

المواصفات لمواد التغطية للمواسير المدفونة يجب أن توفر الآتى:

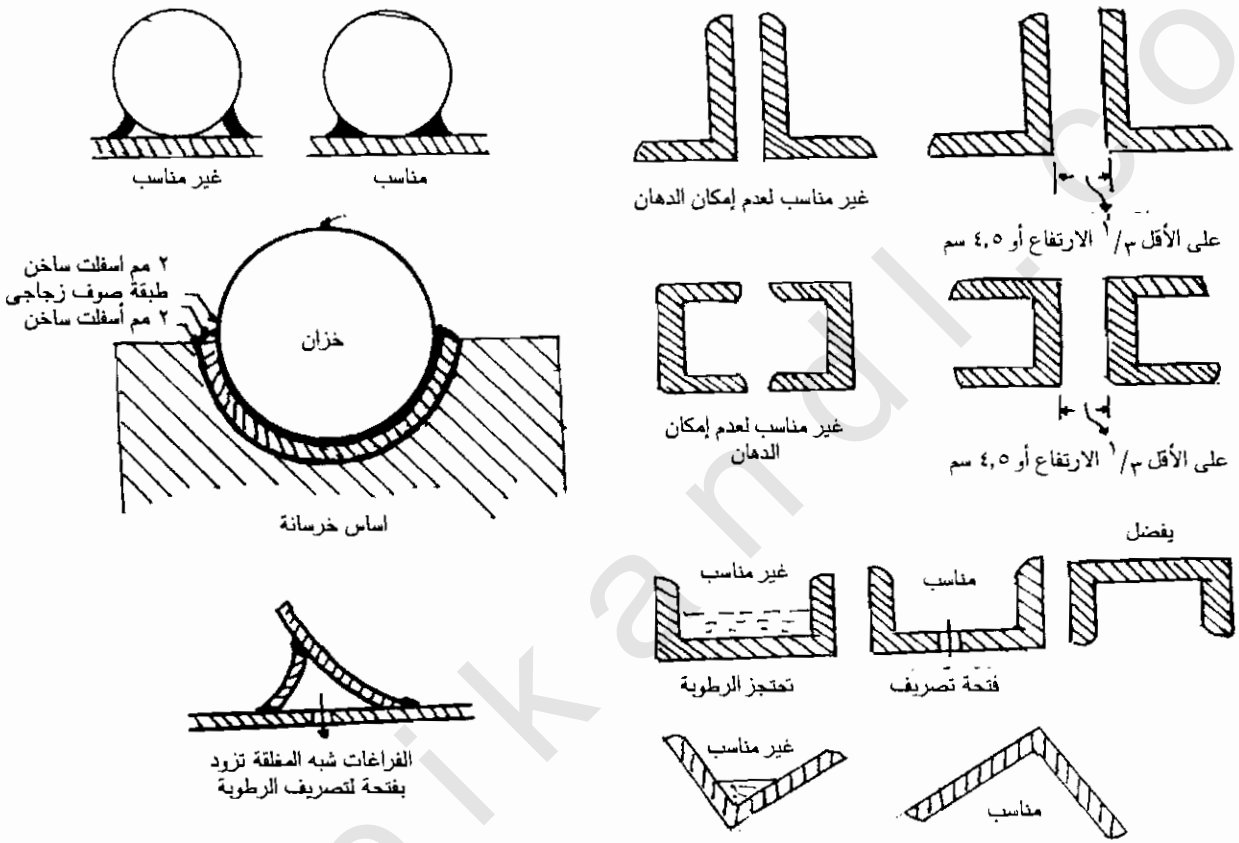
• المقاومة الكهربية العالية وتكون عازلة للكهرباء ولا تحتوى على أى مواد موصلة.

• يجب أن تكون جيده الالتصاق بسطح المعدن وعند الضرورة تستخدم بوية كبطانة لتحسين الالتصاق.

- يكون من السهل استخدامها فى المصنع او فى الموقع بمعدل مناسب مع إمكان تداول الماسورة بسرعة بعد التغطية والجفاف.
- تتحمل اجهادات الانحناء عند الانشاء وكذا التمدد والانكماش الناتج عن التغير فى درجات الحرارة. والا يحدث بها شروخ عند برودة الماء بعد التغطية.
- تكون مقاومة للصدمات بدون حدوث شروخ.
- لا تلين ولا تتشكل بعد الجفاف.
- مقاومة لنفازيه المياه ولا تمتص المياه.
- مقاومة لنمو البكتيريا.

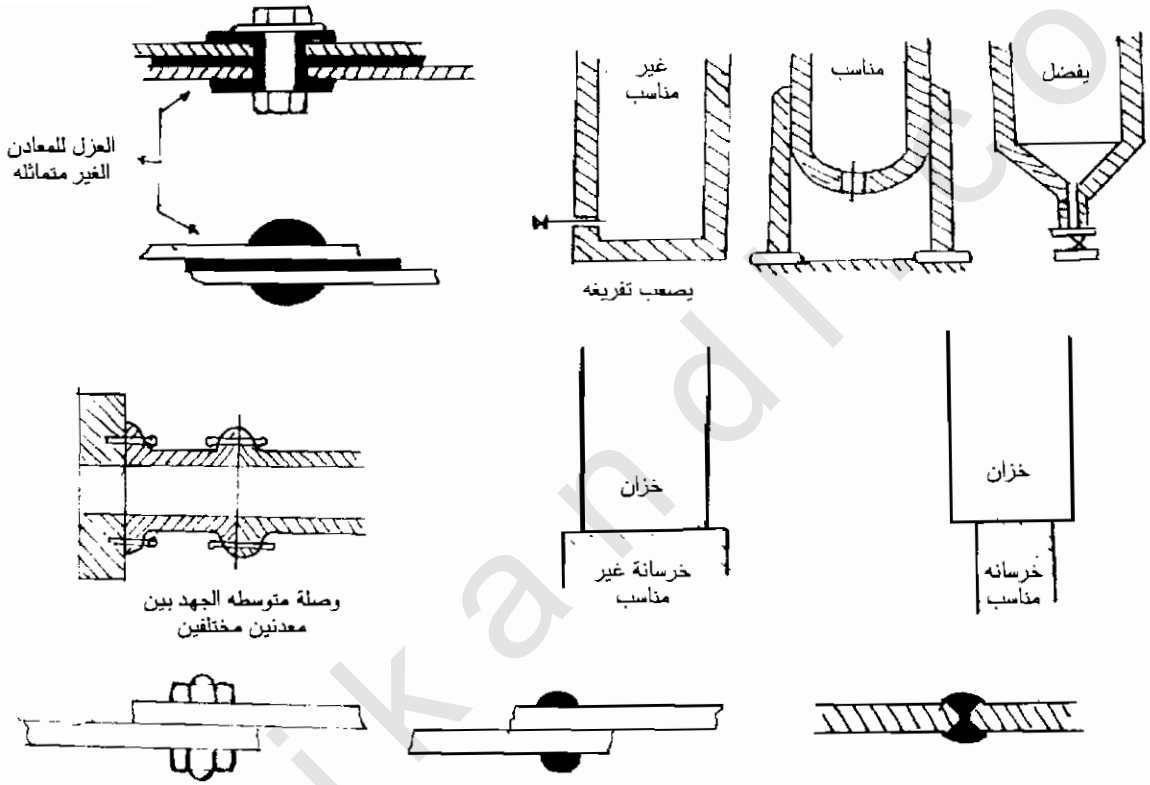


شكل (٨٦) المعادن المستخدمة فى محبس سكنيه (قفل) نموذج



شكل (٨٧- أ) إعتبارات هندسية للحد من تآكل المواسير والقطع المعدنية

obeikandl.com



تابع شكل (٨٧ – ب) إعتبارات هندسية للحد من تآكل المواسير والقطع المعدنية

الاعداد لسطح المعدن قبل التغطية بطبقة الحماية

يتم الاعداد الجيد لسطح المعدن قبل وضع طبقة الحماية وذلك لضمان الالتصاق الجيد والكامل لطبقة الحماية على سطح المعدن. يتم إعداد سطح المعدل كالآتى:

- النظافة الجيدة لسطح المعدن لازالة أى أتربة أو مواد عالقة باستخدام فرشاه.
- إزالة الشحومات: (Pickling)

إزالة الشحوم تتم طبقا لطبيعتها فالزيوت المعدنية والشحومات (مثل الفازلين) تزال بالمذيبات العضوية أما الزيوت النباتية والدهون فتزال بالتصبين فى محلول قلوى. وفى حالة عدم معرفة طبيعة الشحوم يستخدم التنظيف المختلط وذلك بغمر المعدن فى محلول منظفات + قلوى (٥ – ١٠ ٪) صودا كاوية + مذيب (الكحول) وبعد الغمر فى المحلول يتم التنظيف بالرش بالماء حتى يبتل تماما لضمان ازالة الشحومات.

- إزالة الصدأ:

يزال الصدأ باستخدام فرشاه السلك اليدويه أو الميكانيكيه أو بالمطرقة أو باستخدام الرماله حيث تستخدم الرمال أو حبيبات الصلب فى الماء أو الهواء تحت الضغط على سطح المعدن (Sand Blast or Grit Blast). وبهذا الأسلوب يزال الصدأ وتحدث نتوءات صغيره جدا على سطح المدن الناعم بما يعمل على الالتصاق الجيد. ثم يتم غسيل سطح المعدن بالماء.

٢- طبقة الحماية من المواد العضوية:

أ- البيتومين

البيتومين هو أحد مشتقات البترول ويستخدم بعد تسخينه الى درجة السيولة وتتم التغطية لسطح المعدن بالبتيومين بأحد الطرق الآتية.

- بغمر معدن الماسورة فى حوض به بتيومين سائل ثم تسحب الماسورة وتترك للجفاف وتستخدم هذه الطريقة لمواسير الزهر الرمادى والقطع.

• الرش الآلى وذلك بتدوير الماسورة أسفل حوض مثقب به بتيومين سائل حيث تتم التغطية لسطح الماسورة طبقا للسمك المطلوب. وتستخدم هذه الطريقة لوضع طبقة الحماية على السطح الخارجى لمواسير الزهر المدن.

• استخدام الفرشاه لدهان المواسير الأسمنتيه والخرسانية وسابقه الإجهاد ومواسير الأسبستوس من الخارج والداخل أو من الخارج فقط وخاصة فى حالة المواسير الناقلة لمياه الشرب حيث يؤثر البتيومين على مذاق المياه نظرا لتأثره بارتفاع درجات الحرارة.

د- الكولتـــار:

الكولتار من مشتقات الفحم ويتفوق على البتيومين كطبقة حماية وعزل ويستخدم الكولتار بعد التسخين الى حالة السيولة للدهان الخارجى للمواسير المعدنية والأسمنتيه وكذلك للدهان الداخلى للمواسير الناقلة لمياه الصرف. ولا يستخدم فى الدهان الداخلى لمواسير نقل مياه الشرب وذلك بسبب تفاعل الكلور مع مادة الفينول الموجوده فى الكولتار حيث يتكون الكلور وفينول الذى يسبب مذاق ورائحة غير مقبوله للمياه بالاضافة الى سميته. أما عيوب الكولتار الرئيسية فهى أن الغازات التى تنبعث عند التسخين تكون ضارة جدا بصحة الانسان مما يتطلب عمل إجراءات الوقاية اللازمة مثل التهوية الجيده أو / واستخدام مهمات الوقاية.

وقد يستخدم الكولتار مع الإيبوكسى أو مع اليوريثين لزيادة المقاومة والتحمل وزيادة المقاومة الكهربية.

والكولتار يستخدم على الساخن أو على البارد ويحقق كفاءة كطبقة حماية عند التنفيذ الجيد بالسمك الكافى.

هـ- الإيبوكـــي:

الإيبوكسى مقاوم للارتطام والتشقق بفعل العوامل البيئية ومقاوم للانحناء على البادر للمواسير نظرا لأن له مطاطية جيدة مع الالتصاق الجيد بسطح المعدن.

الإيبوكسى مقاوم للأحماض والقلويات وعازل جيد. ويستخدم فى تغطية مواسير الصلب عند عمل الحماية الخارجية الكاثودية للمواسير المدفونة تحت سطح الأرض. يستخدم الإيبوكسى على البارد باستخدام مذيب أو بتسخين حبيبات الإيبوكسى. وبعد تمام الاعداد الجيد لسطح الماسورة يتم وضع طبقة الحماية باستخدام الفرشاه حتى يصل سمك الطبقة الى ٠,٥ مليمتر ويستخدم الإيبوكسى للحماية الخارجية والداخلية لمواسير الصلب الناقلة لمياه الشرب أو مياه الصرف الصحى. وكذلك للحماية الداخلية للمواسير الخرسانية سابقة الإجهاد والخرسانية المسلحة ومواسير الاسبستوس وذلك فى حالة استخدام هذه المواسير فى نقل الأنواع المختلفة من المياه. كما يستخدم الإيبوكسى مع الكولتار للحماية الخارجية لمواسير الصلب والزهر والمواسير الخرسانية عموما ومواسير الأسبستوس.

عادة يستخدم الإيبوكسى بالمذيب مضافا إليه مواد ملونة من أكاسيد المعادن. المواد الملونة المناسبة يجب أن تكون آنوديه بالنسبة للحديد حتى لا تحدث تآكل لمعدن الماسورة وكذلك لا تكون سامه مثل اكاسيد الرصاص والنحاس والكروم. وأنسب الأكاسيد من المواد الملونة التى تكون آنوديه بالنسبة للحديد وغير مسببه للسميه هى أكاسيد الحديد والألومنيوم والزنك والتيتانيوم.

قد يستخدم الإيبوكسى فى شكل الايروسولات بالرش وفى جميع حالات استخدام الإيبوكسى يلزم إتخاز إجراءات الحماية من نواتج الاستخدام.

د - البول إثلين:

يمكن وضعه فى شكل حبيبات على سطح الماسورة الصلب بعد تسخينها الى ٢٣٠°م عندئذ تذوب الحبيبات وتشكل طبقة حماية حول الماسورة. كما يمكن استخدامه بالرش الحرارى (FlameSpray). رغم رخص المادة إلا أن عمليات التغطية مكلفة جدا. يعتبر البولى إثيلين مقاوم للتلف الناتج عن التداول والتآكل الكيماوى والتشقق بفعل العوامل البيئة ولكن التغطية لا تكون متجانسة ولذلك فإن مقاومته ليست مؤكدة.

ويستخدم البولى إثيلين كشرائط لتغطية المواسير أو لتصنيع كم البولى إثيلين (P.E.Sleeve) للتغطية الخارجية للمواسير. كما يستخدم البولى إثيلين لصناعة الاسطوانة من

البولى إثيلين للتغطية الداخلية لمواسير الخرسانة سابقة الإجهاد أو مواسير الخرسانة المسلحة (Polyethelene. T.lock-PET.lock).

هـ- البي في سي PVC:

وهو جيد فى توفير الحماية وعازل كهربى جيد. وتتم تغطية اما بالغمر أو باستخدام الفرشه أو الرولـه- يلزم التحضير الجيد لسطح الماسورة قبل التغطية. ويستخدم فى الحماية الخارجية والداخلية للمواسير المعدنية والاسمنتيه. تستخدم البى فى سى فى صناعة شرائط العزل الخارجى للمواسير.

البولي إيستر:

يستخدم مع الصوف الزجاجى أو الأسبستوس للحماية الخارجية للمواسير لمقاومة طبيعته الهشة. ولكن التصاقه بجسم المعدن ليس بالكفاءة المطلوبة الا فى حالات الاعداد الجيد لسطح المعدن بالتخليل والترميل (Pickling and Blasting)

٣- التغطية والتبطين بمواد غير عضوية:

المواد الغير العضوية تشمل التغطية والتبطين لمواسير الصلب بمادة زجاجية (Vitrous Enamel) مثل السيراميك. وكذلك التبطين لمواسير الزهر المرن والصلب بالمونه الأسمنتيه.

التغطية والتبطين بمادة السيراميك الزجاجية:

مادة السيراميك الزجاجى تنتج باستخدام رمل الزجاج والبوراكس ($Na_2B_4O_7$) ومادة (Flux) لخفض درجة الانصهار مثل اكسيد الصوديوم والبوتاسيوم ومثبت لتوفير المقاومة الكيماوية مثل اكسيد الكالسيوم والألومنيوم وإضافات لتوفير العتامة (عدم الشفافيه) مثل اكسيد التيتانيوم أو أكسيد الزركونيوم وهذه الأكاسيد لا تذوب فى مادة السيراميك الزجاجى أما المواد الملونة فتكون من أكاسيد المعادن.

يتم تسخين هذه المواد الى درجة حرارة ١٢٠٠- ١٣٠٠°م ثم يتم تحبيب (Pelleting) السائل بتبريده فى الماء. يتم السحق الجيد للحبيبات أو الكرات فى مطحنه التى تعمل بالكرات

من الصلب (Ball Mill) مع الماء. تضاف الطفلة (من اكسيد الحديديك) وسيليكات الصوديوم لاعطاء المستحلب القوام اللزج (viscous) الذى يتم استخدامه اما بالغمر أو بالرش على السطح الخارجى والداخلى للماسورة من الصلب.

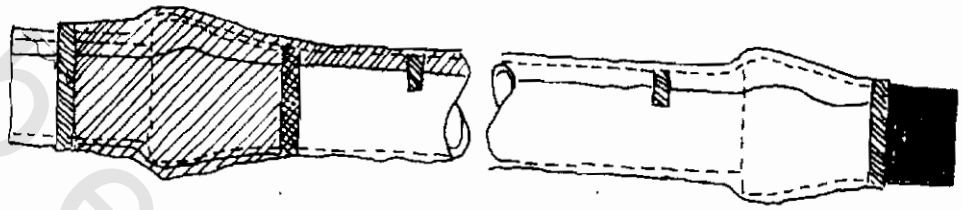
يتم التجفيف فى درجة حرارة ١٢٥°م ثم الحرق فى أفران الحرق عند درجة حرارة ٥٠٠- ٨٥٠°م لمدة ٤- ١٠ دقائق طبقا لطبيعة المعدن وسمكه.

هذه التغطية مقاومة للأحماض والقلويات وكذلك بخار الماء الساخن وأبخرة الغازات كما أنها مقاومة للبرى والحرارة. وعيونها هو الهشاشة حيث أى انحناء فى الماسورة يزيل طبقة الغطاء.

يفضل إستخدامها فى الصلب منخفض الكربون فقط وليس فى الصلب الكربونى.

٤- التبطين بالمونة الأسمنتية:

تستخدم المونة الأسمنتيه للتبطين الداخلى للمواسير المعدنية من الصلب والزهر. المونه الأسمنتيه تعتبر بطانة مثالية لمواسير الزهر المرن ولا يوجد بين مواد الحماية الداخلية ما هو أفضل منها لمواسير الزهر المرن. تستخدم المونة الأسمنتيه من الأسمنت عالى الألومنيا فى حالة المواسير المستخدمة فى نقل مياه الصرف الصحى والأسمنت البورتلاندى فى حالة المواسير الناقلة لمياه الشرب. يتم التغطية الداخلية بالطرد المركزى خلال دوران الماسورة والتغذية بكمية المونة الأسمنتيه. ويتوقف سمك طبقة التبطين على قطر الماسورة حيث يتراوح ما بين ٣مم الى ١٢مم للأقطار من ١٠٠مم- ١٠٠٠مم للزهر المرن. يتم وضع طبقة المونة الاسمنتيه فور الانتهاء من تصنيع ماسورة الزهر المرن وقبل تلوث سطحها الداخلى بالأتربة والشوائب. المونة الاسمنتيه بالاضافة أنها من مواد غير معدنيه ولا تسبب أى آثار سامة فإنها توفر الحماية للسطح المعدنى الداخلى للماسورة من التآكل حيث يصبح معدن الحديد فى حالة الخمول (Passivated) لالتصاقه بالمونه الأسمنتيه ذات الرقم الهيدروجينى ١٢,٥ وبذلك تتكون طبقة حماية من اكسيد المعدن الغير مذاب ويحقق الحماية. تصنع المونه الاسمنتيه من الاسمنت والرمل بنسبة ١ : ٢ بالحجم ونسبة الماء الى الاسمنت من ٠,٣٨- ٠,٤



شكل (٨٨) طول واحد من كم البولى إثيلين
لكل طول للماسورة مع التطابق عند الوصلات

وهذا يوفر عدم النفازيه وعدم حدوث شروخ بعد الشك. ويجب رش المياه على البطانة الأسمنتيه لمدة ٧ أيام حتى تمام الشك.

٥ - التغطية بالمواد المصنعة كشرائط وأغلفة:

وهذه تشمل الشرائط التى تلتصق على السطح الخارجى وكذلك الغلاف الخارجى للمواسير من البولى إثيلين أو الغلاف الداخلى للمواسير من البولى إثيلين (PE.Tlock).

الشرائط: وهذه تستخدم للتغطية الخارجية للمواسير والقطع والمحابس ومنها الشرائط التى تلتصق على البارد بالتطابق مثل شرائط البتيومين البى فى سى أو شرائط البتيومين، البولى إثيلين وهى أنواع جيده الالتصاق. وكذلك شرائط من المطاط/ البى فى سى وأنواع أخرى. من هذه الشرائط ما يتم لصقه يدويا أو باستخدام ماكينات يدويه أو آليه. وكذلك ما يتم لصقه على البارد أو بالتسخين. وعند استخدام الشرائط للتغطية الخارجية بالتطابق فإنها توفر الحماية. تتم عمليه لصق الشرائط فى الموقع عادة بعد الاعداد الجيد لسطح الماسورة. وتستخدم عادة لمواسير الصلب والزهر المرن ومن هذه الأنواع ما ينكمش بالحرارة ويحكم الالتصاق.

الأغلفة: الأغلفة الخارجية من كم البولى إثيلين يستخدم حول المحيط الخارجى للماسورة مع وجـود تطابق حـول المحـيط ووجـود تطابق على المسـار الطولى. كم البـولى إثيلين (Polyethylene Sleeve) يعتبر كم البولى إثيلين لا يعتبر غطاء ولكنه يوفر بعض التغطيه مثل العزل الكهربى. يستخدم أساسا لتحسين نوعية المجال الملاصق حيث انه يقلل من طبيعة المجال الملاصق ليكون فراع صغير جدا ما بين الماسورة والغطاء والغير محكم بالاضافة الى أنه يوفر عدم التعرض المباشر للتربة العدوانية. وهو يسمح بدخول المياه الجوفية الى الفراغ المحيط ما بين الماسورة والغطاء عندئذ تستنفذ عدوانيه المياه من خلال التآكل الأولى وهو عادة الأكسدة شكل (٨٨) وهو يعتبر تطوير لشرائط الالتصاق حيث سمكه حوالى ٠,٨ مم. يستخدم كم البولى إثيلين للعزل الخارجى للمواسير والقطع وخلافه من الزهر المرن والرمادى. كما يستخدم كحماية إضافية فى حالة التغطية بالبيتومين. كما يستخدم كطبقة حماية إضافية فى التربة العدوانية للمواسير المعدنية والاسمنتيه.

الأغلفة الداخلية: وهى من مادة البولى إثيلين وتشكل فى شكل اسطوانة توضع قبل صب الخرسانة على السطح الداخلى لمواسير الخرسانة سابقة الإجهاد ومواسير الخرسانة المسلحة وهى مزودة ببروزات من الداخل لتلتصق فى الخرسانة. الغطاء الداخلى من البولى إثيلين PE-T-lock يوفر الحماية الجيدة والسطح الناعم بما يسهل تدفق المياه. ويستخدم فى المواسير الناقلة لمياه الصرف الصحى.

٦ - التغطية بالمواد المعدنية:

التغطية المعدنيه يقصد بها التغطية لمعدن الحديد من الصلب أو الزهر بمعدن الزنك الذى يعتبر آنود بالنسبة للحديد الذى يكون كاثود ولا يتآكل وتتم التغطية بمعدن الزنك بعدة طرق منها:

التغطية الخارجية لماسورة الزهر المرن بمعدن الزنك عالى التقاء وذلك بالإذابه الكهربية لسلك الزنك حيث تحدث تغطية للسطح الخارجى للماسورة بمعدل ١٥٠ جرام من

الزنك على المتر المربع من السطح الخارجى للماسورة. التغطية بمعدن الزنك هى أحد صور الحماية الكاثودية لمعدن الحديد فى مواسير الصلب أو الزهر.

صور الحماية بالزنك:

تتم الحماية الخارجية لمواسير الزهر المرن بالزنك المسال كهربيا حيث يتم عمل طبقة حماية إضافية من البيتومين فوق طبقة الزنك وذلك فى حالة استخدام الماسورة فى التربة متوسطة العدوانية ويضاف كم البولى إثيلين فى حالة التربة شديدة العدوانية.

غمر الماسورة فى الزنك المصهور حيث تتم التغطية الداخلية والخارجية لسطح الماسورة بطبقة من الزنك.

غمر الماسورة فى مسحوق الزنك عند درجة حرارة ما قبل الانصهار حوالى ٤٥٠°م حيث تتكون سبيكة على سطح معدن الصلب من الحديد والزنك توفر الحماية من التآكل.

يستخدم الزنك كذلك فى البويات كمواد مضافة أو كمركب مع المادة العضوية للدهان أو كبطانة للدهان الخارجى.

الزنك آنودى بالنسبة للحديد ولكن مع ارتفاع درجة الحرارة اكثر من ٥٠ الى ٦٠°م يتحول الى كاثودى بالنسبة للحديد وبالتالى يتآكل الحديد على حساب حماية الزنك من التآكل.

الزنك المستخدم يجب الا يقل نقاءه عن ٩٨ ٪. والا تزيد الشوائب من الرصاص عن ١,٤ ٪ والحديد عن ٠,٥ ٪ والكادميوم عن ٠,٢ ٪ والألومنيوم عن ٠,٠٥ ٪ حيث زيادة الشوائب تزيد من تآكل الزنك.

فى حالة التغطية لمعدن الحديد بالزنك (الجلفنة) فإنه يجب حماية طبقة الزنك بطبقة أخرى من البتيومين أو غيره (كما فى حالة الحماية الخارجية) وذلك للحد من تآكل طبقة الزنك والذى يحدث للجلفنة الداخلية للمواسير فى حالة زيادة سرعة المياه أو زيادة عسر المياه.

٧ - الحماية الكاثوديه: Cathodic Protection

الحماية الكاثودية تستخدم للمواسير المدفونة تحت سطح الأرض وتعتبر إضافة للحماية من التآكل للتغطية بشرائط اللصق أو لطبقة الإيبوكس أو بطبقة من المونة الأسمنتيه. تستخدم الحماية الكاثودية فى نظم نقل المياه والصرف الصحى أساسا لمواسير الصلب والمواسير الخرسانية سابقة الإجهاد بالأسطوانة الصلب أو بدون أسطوانة صلب المدفونة تحت سطح الأرض. وقد تستخدم لحماية مواسير الزهر والنحاس المدفونة. فى أبسط صور الحماية الكاثودية تتم بعمل خلية كاثوديه بدفن كتلة من المعدن الأقل ندرة (الذى يعمل كآنود) قريبا من خط المواسير مع التوصيل الكهربى بينهما. اليكتروليت التربة يكمل الدائرة وفرق فى الجهد بين معدن الماسورة (كاثود) ومعدن الآنود هو الذى يوفر الجهد الكهربى اللازم للحماية.

الطريقة القديمة كانت بدفن أعمدة طويلة من الزنك أو الألومنيوم أو المغنيسوم عموديا أسفل خط المواسير مع تثبيت الطرف العلوى للأعمدة فى خط المواسير بمسامير رباط. وحاليا تستخدم أقطاب (آنودات) محاطة بمواد كربونية لتوفير المساحة الكبيرة للالتصاق مع اليكتروليت التربة.

الأقطاب الآنوديه توفر فرق جهد ضعيف وتستخدم لحمايةالمساحات الصغيرة لسطح المعدن أو لمقاومة التداخل من نظام حماية كاثودية.

الحماية الكاثوديه تقاس بخليه عياريه ملتصقة بالتربة فوق سطح الماسورة. وعندما يكون جهد خلية القياسى مع الاليكتروليت الملاصق قد انخفض الى -٠,٨٥ مليفولت أو الى- ٠,٩٥ مليفولت كحد أدنى عند وجود البكتريا المختزله للكبريتات. وهذا الجهد المقاس هو جهد المناعة (Immunity) طبقا لمخطط بوربواكس حيث تحدث حماية لسطح المعدن ولا يحدث أى تآكل. فى حالة الحماية الكاثودية لمعدن الصلب فإن التيار الكهربى الثابت لكل متر مربع من المساحة الخارجية لسطح الماسورة يكون كالآتى:

للصلب الغير مغطى بطبقة حماية فى المياه المالحة ٥٠ مليأمبير/ م٢ .

للصلب الغير مغطى بطبقة حماية فى التربة ١٥ مليأمبير/ م٢ .

للصلب المغطب بطبقة حماية خارجية ١ ميكروأمبير/م٢ .

عند زيادة درجة الحرارة أو زيادة الحموضه للمجال الملاصق يزاد التيار اللازم للحماية الكاثودية عدة أضعاف.

تغطية سطح المعدن بطبقة حماية رديئة أو بها ثقوب تكون أخطر من سطح المعدن الغير مغطى عند عمل الحماية الكاثودية.

الحماية الكاثودية هى عبارة عن خلية تآكل يتوفر فيها العناصر الأربع الرئيسية وهم الآنود والكاثود وموصل عودة التيار والاليكتروليت ولذلك لا تصلح للمواسير فوق سطح الأرض نظرا لعدم توفر الاليكتروليت فى المجال الخارجى الملاصق لسطح الماسورة.

يكون الكاثود هو المنشأ المعدنى (الماسورة) المطلوب حمايته من التآكل حيث يلزم أن يتوفر للمنشأ الاتصال الكهربى المستمر. والأنود وموصل عودة التيار يتم إضافتهما كما فى الشكل (٨٩).

التيار الكهربى الثابت المستخدم فى الحماية الكاثوديه يكون إما من خلية جلفنيه أو أن تتم التغذية بالتيار الى خلية اليكتروليتية من مصدر خارجى، حيث يسير التيار الى جسم المعدن المطلوب حمايته ويتغلب على أى تيار الناتج عن خلايا التآكل التى تحدث على جسم المعدن. ونظرا لأن التيار يسير من الماسورة الى الإليكتروليت عندئذ لا يمكن حدوث التآكل.

ولعمل خلية حماية كاثوديه جلفنيه يتم إختيار الآنود من التسلسل الجلفنى لتوليد التيار المطلوب. ولعمل خليه حماية كاثوديه اليكتروليتيه يستخدم تيار كهربى ثابت من مصدر خارجى، فى كلا الحالتين فإن الأنودات عبارة عن أقطاب أو أسياخ من معدن يتآكل وهى تستبدل بعد عدة سنوات من الاستخدام.

تصميم نظام الحماية الكاثوديه يعهد به الى مهندس متخصص وخبير فى هذا المجال. والتوضيحات الآتية لنظم الحماية هى أمثلة للتعرف على طبيعتها فقط.

التفاصيل مثل أبعاد الآنود ومادته وصندوق التغذيه بالتيار الثابت تتغير طبقا لحالة المنشأ المعدنى للحصول على أقصى حماية بأقل التكاليف. نظام الحماية الكاثوديه يتطلب المراقبة المستمرة والصيانة لتأكيد توفير الحماية المطلوبة.

أ- نظم الحماية الكاثودية بالآنود الجلفني: Sacri fied- Anode System

فى هذا النظام تصنع الآنودات من معادن أو سبائك تكون سالبه كهربيا بالنسبة للمنشأ المعدنى المقرر حمايته، اى انها قريب الى النهاية الآنوديه فى التسلسل الجلفنى. عند غمر الآنودات فى التربة مثل المنشأ المعدنى (المواسير) ومتصل به بواسطة ممر عودة التيار، وتصبح الآنودات هى آنود الخلية الجلفنية وتتآكل وتنتج تيار كهربى. ويصبح المنشأ المعدنى الكاثود ولا يتآكل. تفاصيل الآنود والكاثود فى الشكل (٩٠ و ٩١) .

التصميم والإنشاء:

معادن الزنك والمغنسيوم هى المستخدمة عادة كآنودات لحماية انشاءات الصلب والحديد. والأكثر إستخداما هى آنودات المغنسيوم وذلك لأنها تنتج جهد خليه اكبر من آنودات الزنك. توفر آنودات المغنسيوم الحماية فى تربة لها مقاومة أقل من ١٥٠٠٠ أوم- سم ولكن آنودات الزنك محدود استخدامها فى التربة ذات مقاومة ١٠٠٠ أوم- سم أو أقل. لتعيين التيار الناتج لآنود المغنيسوم فإنه يلزم معاملات تصحيح الآنود المستخدم. الجدول (٣٨) يبين معاملات الآنود المبنى على الجهد المطلوب بين الماسوره والتربة (P/S Potential).

الجهد بين المعدن والتربة (P/S) قيمته ٨٥٠ مليفولت مقاس بقطب نحاس/ كبريتات نحاس يعتبر مناسب لضمان حماية المنشأ الصلب أو الحديد.

بالنسبة للصلب المحاط بالخرسانة (كما فى حالة السلك سابق الاجهاد للماسورة الخرسانية سابقة الإجهاد) فإن الجهد – ٧١٠ مليفولت يعتبر مناسب للحماية.

يمكن حساب التيار الناتج من الآنود بالمعادلة التالية: $I = \frac{15000\ OFY}{P}$

حيث I= التيار الناتج مليأمبير

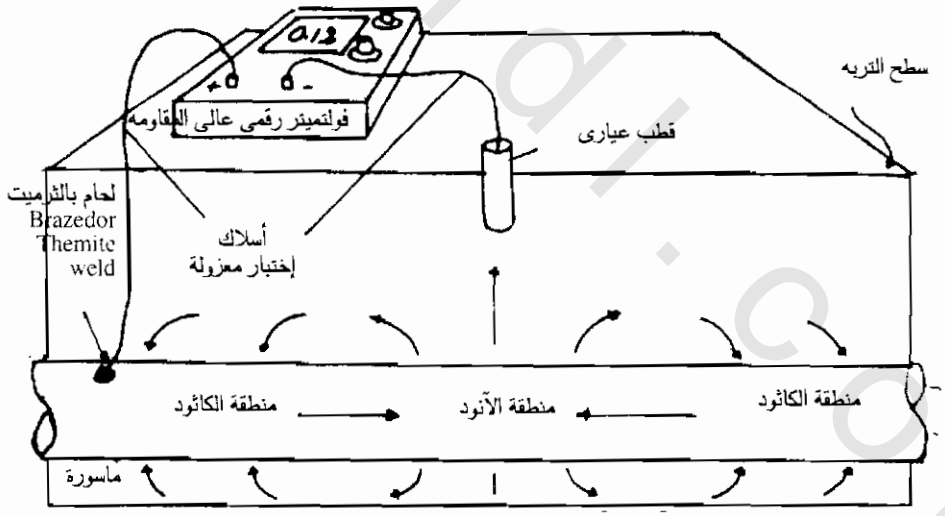
F = معامل الآنود من الجدول (٣١)

Y = معامل التصحيح من الجدول (٣١)

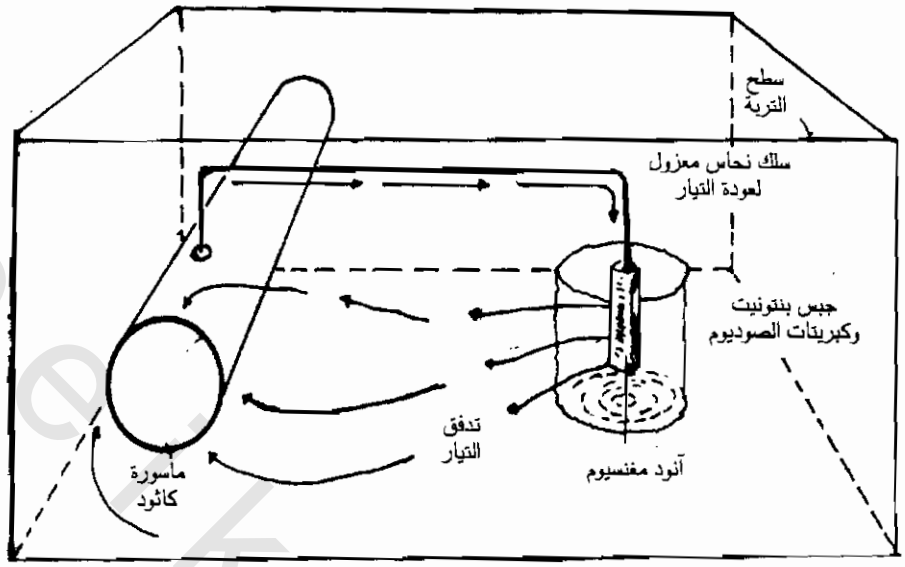
P = متوسط المقاومة أوم ـ سم

جدول (٣٨) معاملات آنود المغنسيوم

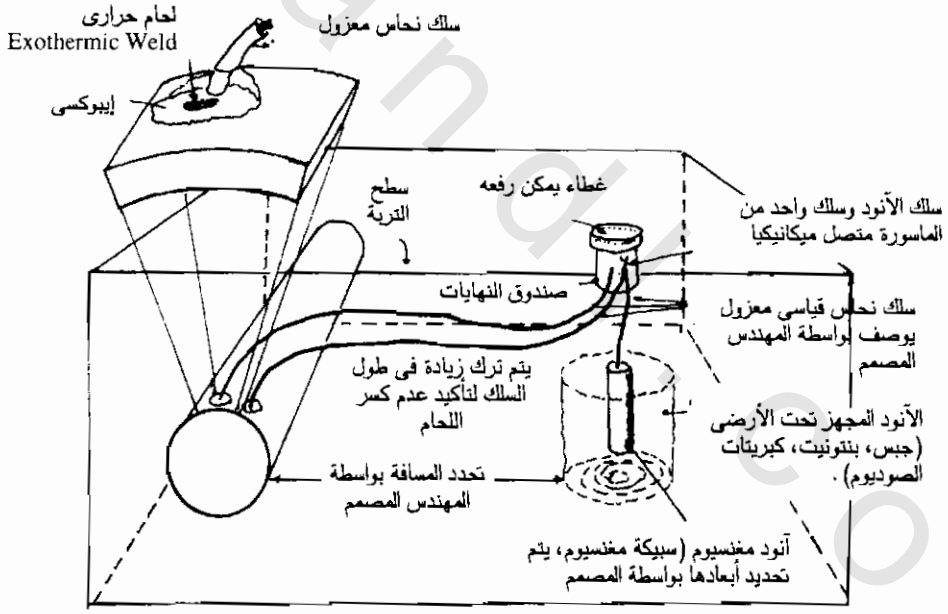
وزن آنود المغنسيوم كجم	الأبعاد مم	معامل الآنود F	P/S المطلوب	معامل التصحيح للمغنسيوم
١	١٤٤×٦٧×٦٧	٠,٥٣	٠,٧–	١,١٤
٣	١٩١×٦٧×٦٧	٠,٦٠	٠,٨–	١,٠٧
٤	٣٤٣×٦٧×٦٧	٠,٧٠	٠,٨٥–	١,٠
٨	٦٤٨×٦٧×٦٧	١,٠٠	٠,٩–	٠,٩٣
١٥	٥٣٣×١٢٧×١٢٧	١,٠٦	١,٠–	٠,٧٩
٢٣	قطر ٢٠٣×٣٨١	١,٠٩	١,١–	٠,٦٤



شكل (٨٩) قياس الجهد بين الماسورة والتربه



شكل (٩٠) نظام الحماية الكاثوديه (خلية جلفنية باستخدام الآنودات التفضيليه)



شكل (٩١) تفاصيل إنشاء الآنود التفضيلى الذى يتآكل (Sacrifled Anode)

مثال: الجهد بين الماسورة والتربة (P/S) هو -٠,٩ فولت لآنود من المغنسيوم وزنة ٨ كيلو جرام ومتوسط المقاومة للتربة ١٠٠٠ أو- سم. يكون التيار الناتج من الآنود هو:

$$I = \frac{150000 \times 1 \times 0.93}{1000} = -140 \text{ mA}$$

عمر الآنود يقدر بالمعادلة التالية $L = \frac{122.5 \times W}{I}$

L = عمر الآنود بالسنين

W = وزن الآنود بالكيلو جرام

I = التيار الناتج بالملىأمبير.

$$\therefore \quad L = \frac{122.5 \times 8}{140} = 7$$

∴ عمر الآنود = ٧ سنوات

ب - الحماية الكاثودية بالتغذية بالتيار الثابت

(Impressed Current Systems):

نظام الحماية الكاثوديه الموضح فى الشكل (٩٢)، حيث يتم التغذية بتيار كهربى ثابت من مصدر خارجى وهذا النظام يشمل وحدة تثبيت التيار وعدد من الآنودات المدفونة فى التربة. يسير التيار الكهربى الثابت من الطرف الموجب لمثبت التيار الى الآنودات الأرضيه ثم تسير فى التربه ثم يدخل الى المنشأ المطلوب حمايته. يحمل المنشأ التيار الى كابل التوصيل حيث يعود الى القطب السالب لمثبت التيار. ومع تدفق التيار فإن المنشأ الذى يعمل كاثود فى خلية إليكتروليتيه يتم حمايته من التآكل. أما الآنودات فى التربة فإنها تتآكل.

تستخدم الحماية الكاثوديه بالتغذية بالتيار الخارجى لحماية المنشأ المعدنى الكبير أو المنشآت الطويلة من خطوط المواسير. مزايا وعيوب هذا النظام كالآتى:

obeikandl.com

المزايا :

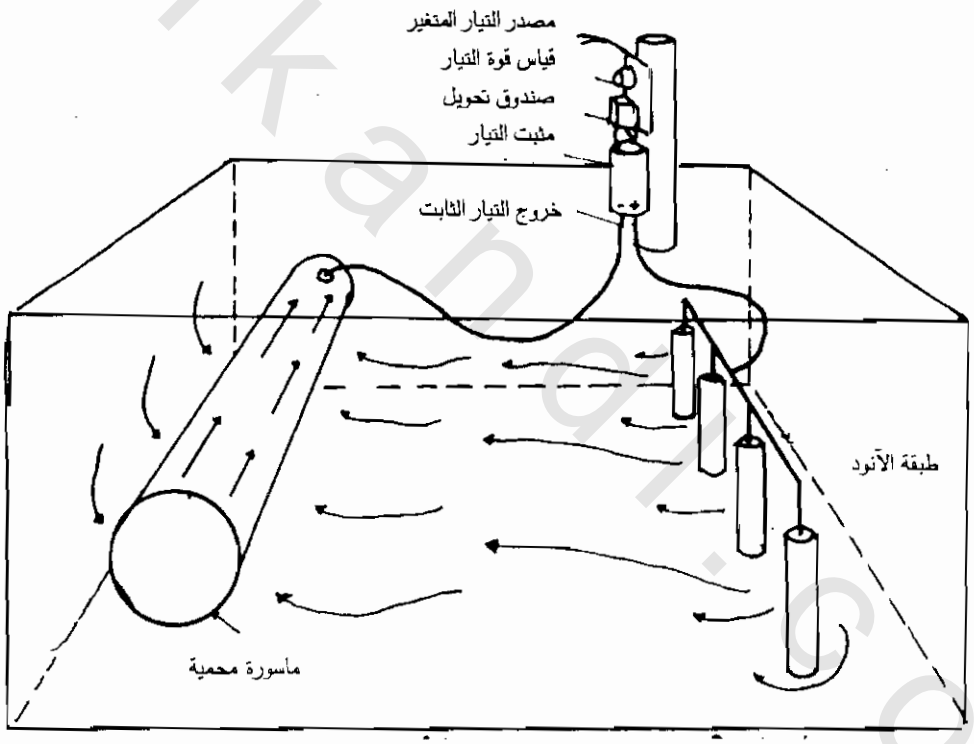
يمكن توفير فرق جهد كبير، والتيار الكهربى المطلوب

هذا النظام مناسب للتربة ذات المقاومة العالية

يمكن حماية الانشاءات الكبيرة وخطوط المواسير الطويلة

العيوب :

زيادة تكاليف الإنشاء وتكاليف الصيانة مقارنة بنظام الآنود الجلفنى توجد خطورة لتلف الانشاءات المعدنية المجاورة من التيارات الشاردة



شكل (٩٢) تفاصيل التيار (الثابت)

obeikandi.com

التصميم والإنشاء:

عند التصميم لنظم الحماية بالتغذية الخارجية بالتيار الثابت فإن مهندس التآكل يجب أن يقدر جيدا مادة الآنود وشكل الآنودات فى التربة ووضعها، وحدة التغذية بالتيار ومدى تحقيق الاتصال الكهربى للمنشأ المطلوب حمايته وكذلك جهد التآكل للمنشآت المجاره بفعل التيارات الشارده وبعض العوامل البيئية الأخرى.

الآنودات الأرضية تكون عادة من الجرافيت أو من حديد الزهر عالى السيليكون أو من معدن خردة.

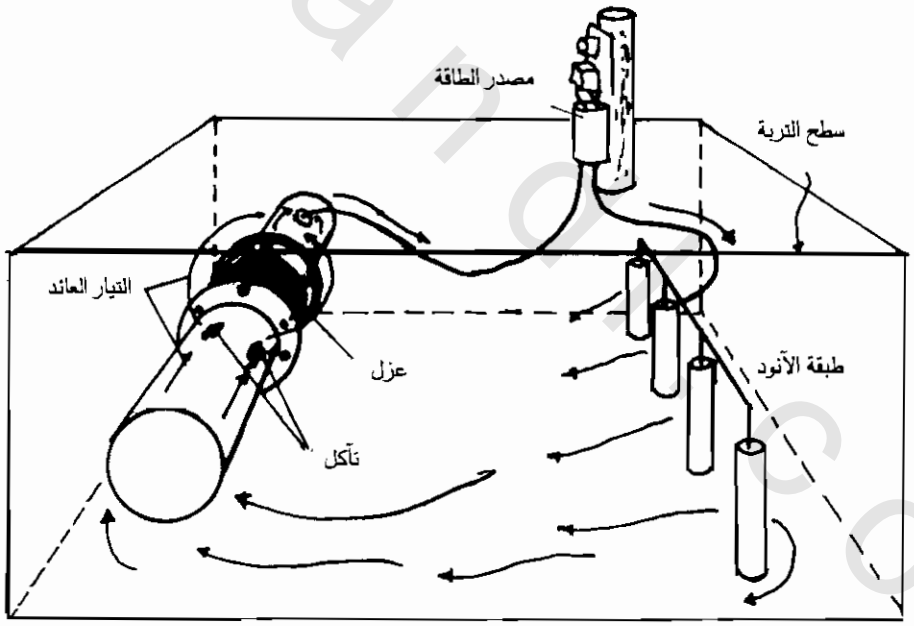
توجد أربعة أشكال أساسية لأوضاع الآنودات الأرضية. الوضع الأفقى للآنودات حيث تكون بعيدة عن المنشأ وذلك لحدوث إنتشار واسع ومؤثر للتيار. الوضع الرأسى العميق حيث توضع الآنودات فى حفر عميقة لنشر وتوزيع التيار أو لحماية منشأ عميق مثل الحماية الخارجية لقيسونات الآبار. الوضع المنتشر شكل (٩٣، ٩٤) حيث توضع لحماية منشأ معدنى معين مثل الخزانات أو توزع على طول خط المواسير وهذا الوضع يقلل التداخل مع الانشاءات الاخرى تحت الأرض. وفى وضع الانتشار الأفقى والذى يسمى كذلك الوضع المتوازى يتم وضع الآنود موازى لخط المواسير وهذا يحقق تغطية جيدة بالتيار ويقلل من فرص التداخل مع المنشآت الأخرى.

وحدة التغذية بالتيار شكل (٩٢) تشمل مصدر تيار كهربى متغير ١١٠ فولت، عداد، صندوق مزود بقاطع للتيار لحماية وحدة تثبيت التيار، محول لخفض الجهد، وحدة تثبيت التيار لتغيير التيار المتغير الى تيار ثابت. عنصر تثبيت التيار عبارة عن خلايا من اكسيد النحاس أو خلايا سيلينيوم أو صمام سيليكون ثنائى (Diode).

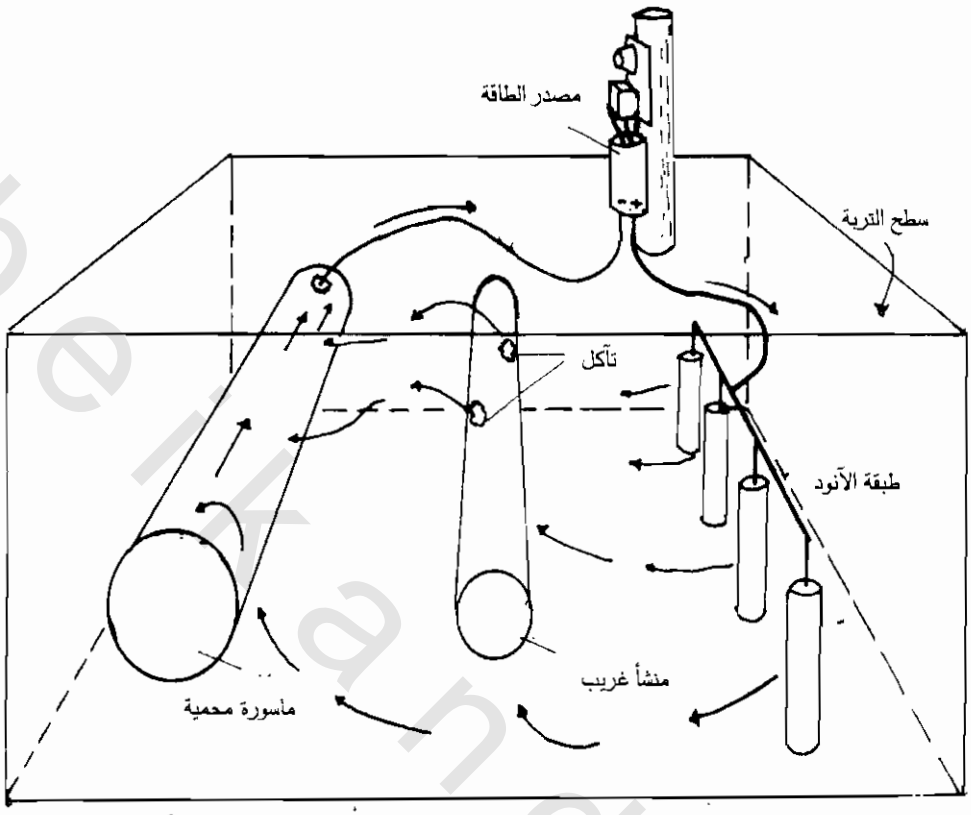
يعتبر الاتصال الكهربى للمنشأ المعدنى أساسى لكونه يعمل كممر لعودة التيار. فى حالة وجود عدم اتصال كهربى كما فى بعض توصيلات المواسير عندئذ فإن التيار يتحرك نحو التربة وحول المساحة المعزولة كهربيا. عندئذ يحدث التآكل فى منطقة خروج التيار شكل (٩٤).

معظم الانشاءات التى تقع فى منطقة المنشأ المعدنى المحمى من التآكل وليست متصلة به كهربيا قد تتآكل بفعل تيار الحماية الكاثوديه شكل (٩٤) . وهذه المشكلة التى تسمى التآكل بفعل التيار الشارد هى من السلبيات. والمشاكل التى يمكن أن تترتب على الحماية الكاثودية بالتغذية بالتيار الخارجى وتتوقف درجة التآكل فعل التيار الشارد على شكل ووضع وحجم المنشأ (الغير متصل كهربيا) . يمكن تجنب هذه المشكلة أحيانا بالربط الكهربى للمنشأ الغريب مع المنشأ المحمى.

العوامل البيئيه التى تراعى عند تصميم نظام الحماية الكاثودية بالتغذية بالتيار:
تفاصيل المنشأ المعدنى المطلوب حمايته
متوسط المقاومة للتربة
التيار الكهربى المطلوب ومدى توفر مصدر كهربى.
اماكن ونوع المنشآت المجاورة
الامكانيات المتاحة لعمل نظام الحماية الكاثودية



شكل (٩٣) التآكل بسبب عدم إستمرار التوصيل الكهربى فى خط مواسير محمى كاثوديا



شكل (٩٤) تآكل سطح المنشأ المعدنى القريب من منشأ معدنى محمى كاثوديا

عند تصميم النظام لخدمة خط مواسير يتم مراجعة مقاومة التربة واختبار المكان المناسب للمقاومة لوضع الآنودات. بمجرد تحديد المنطقة يتم عمل إختبار مطالب التيار. نتائج هذا الإختبار تساعد فى إختيار معدات تثبيت التيار ومدى تأثير الجهد على الانشاءات المجاورة. مع تحديد التيار المطلوب يصمم النظام لتوفير أدنى مقاومة للدائرة ما أمكن بما يقلل من تكاليف استهلاك التيار. يمكن خفض المقاومة بين التربة والآنود بإحاطة الآنود بحبيبات من فحم الكوك.

٨ - الحماية الداخلية لمواسير مياه الشرب بالتعديل الطفيف في نوعية المياه:

فى كثير من الحالات تكون الطريقة العملية والاقتصادية هو التعديلات الطفيفة فى نوعية المياه عند محطة المعالجة. نظرا لاختلاف مصادر المياه الخام فإن تأثير التعديل فى نوعية المياه تختلف من مصدر لآخر. وعموما فإن التعديل الطفيف فى نوعيه المياه يحقق عادة الحماية من التآكل الداخلى للمواسير بطريقة إقتصادية.

أ- ضبط الرقم الهيدروجيني: شكل (٩٥)

عملية ضبط الرقم الهيدروجينى هى الطريقة العادية لخفض التآكل فى شبكات التوزيع.

الرقم الهيدروجينى له دور حساس فى الحد من التآكل لعدة أسباب.

• أيون الهيدروجينى (H^+) يعمل كجازب للإليكترونات ويتدخل بسرعة فى التفاعلات الكهروكيميائية. المياه الحامضية هى عادة عدوانية نظرا لتركيزها العالى بأيونات الهيدروجينى. عند حدوث التآكل عند رقم هيدروجينى أقل من ٦,٥ يكون عادة تآكل عام أما فى المجال من ٦ الى ٨ يكون التآكل الأكثر حدوثا هو التآكل الثقبى.

• الرقم الهيدروجينى هو العامل الرئيسى الذى يحدد الإذابة لمادة الماسورة. معظم المواد المستخدمه فى شبكات توزيع المياه (حديد، اسمنت، نحاساً) تذوب بسرعة عند الرقم الهيدروجينى المنخفض. زيادة الرقم الهيدروجينى يزيد من تركيز أيون الايدروكسيد (OH') وبالتالى يخفض من إذابة المعادن التى تكون إيدروكسيدات غير مذابة مثل النحاس، الزنك، الحديد، الرصاص.

عند توفر قلويه الكربونات فإن زيادة الرقم الهيدروجينى إلى حد ما يزيد من كمية أيون الكربونات فى المحلول وهذا يمكن أن يحد من إذابة المعادن التى لها أملاح كربونات لا تذوب فى الماء مثل الرصاص والنحاس.

المركبات الأسمنتية فى المواسير الأسمنتيه أو فى مواسير الاسسبتوس أو فى البطانة الداخلية لمواسير الزهر المرن أو الصلب تذوب كذلك عند الرقم الهيدروجينى المنخفض.

وبزيادة الرقم الهيدروجينى يمكن التحكم فى إذابة الرباط الأسمنتى وبذلك يقل التآكل فى هذه الأنواع من المواسير الأسمنتيه.

• العلاقة بين الرقم الهيدروجينى والمعايير الأخرى للمياه مثل القلوية وثانى أكسيد الكربون والأملاح الكلية المذابة هى التى تتحكم فى إذابة كربونات الكالسيوم ($CaCo_3$) فى الماء والذى يستخدم عادة فى توفير طبقة حماية على السطح الداخلى للمواسير. ولترسيب هذه الطبقة فإن الرقم الهيدروجينى للمياه يجب أن يكون أكبر قليلا من الرقم الهيدروجينى للتشبع بكربونات الكالسيوم بشرط وجود القلوية الكافية والكالسيوم.

ضبط الرقم الهيدروجينى فقط يكون غير كافى لمنع التآكل فى المياه ذات المستوى المنخفض من قلوية الكربونات والبيكربونات. لذلك لا تتكون طبقة الحماية من كربونات الكالسيوم بدون عدد كافى من أيونات الكالسيوم والكربونات فى الماء.

بعض المعادن مثل الرصاص والنحاس تكون طبقة من الكربونات الغير مذابة والتى تقلل من معدل التآكل وإذابة هذه المعان. فى المياه ذات القلوية المنخفضة يلزم إضافة أيونات الكربونات لتكوين هذه الكربونات الغير مذابة. لمثل هذه المياه فإن الصودا آش ($Na_2 CO_3$) أو بيكربونات الصوديوم ($NaHCO_3$) هى الكيماويات المفضلة المستخدمة عموما لضبط الرقم الهيدروجينى بالإضافة الى توفر أيونات الكربونات (CO_3) والبيكربونات (HCO_3'). عدد أيونات الكربونات المتاحة هو دلالة معقدة للرقم الهيدروجينى ودرجة الحرارة وخصائص أخرى للمياه. يمكن تحويل قلوية البيكربونات الى قلوية الكربونات بزيادة الرقم الهيدروجينى. عند الحاجة الى إضافة الكربونات للحد من التآكل فى شبكات المياه، فإن الرقم الهيدروجينى يلزم ضبطه بحرص لتأكيد الحصول على النتيجة المطلوبة.

الرقم الهيدروجينى المناسب لأى شبكة توزيع يرتبط أساسا بنوعية المياه وكذلك نوعية مواد الصنع للمواسير فى الشبكه وهذه الحالات لا تتسع هذه الدراسة لتناولها حيث يتم فقط الاشارة اليها.

فى حالة إحتواء المياه على كمية متوسطه من قلويه الكربونات والعسر (حوال ٤٠ ملجرام/ لتر مقيم ككربونات كالسيوم) وأكثر من قلويه الكربونات والبيكربونات وعسر الكالسيوم) . عندئذ يلزم أولا حساب مؤشر لانجبلير للتشبع (LSI) و/أو مؤشر العدوانيه (AI) لتعيين الرقم الهيدروجينى الذى عنده تكون كربونات الكالسيوم ثانيه. وللبدء يلزم ضبط الرقم الهيدروجينى للماء ليكون مؤشر LSI موجب قليلا ليس أكثر من ٠,٥ وحدة أكثر من الرقم الهيدروجينى للتشبع pH_S. فى حالة إستخدام مؤشر العدوانية (AI) فإن قيمة AI يجب أن تساوى أو تزيد عن ١٢ فى حالة عدم توفر شواهد تاريخية مثل تأثير الرقم الهيدروجينى الجيد فى ترسيب طبقة حماية من كربونات الكالسيوم أو نتائج معملية أو ميدانيه عندئذ يعتبر استخدام LSI أو AI نقطة بداية جيدة.

عند ضبط الرقم الهيدروجينى أكبر من الرقم الهيدروجينى للتشبع pH_S بسبب ترسيب طبقة حماية. وعند عدم تكون طبقة حماية يتم زيادة الرقم الهيدروجينى ٠,١ – ٠,٢ وحدة حتى بداية تكون طبقة الحماية. من المهم ملاحظة الضغط فى الشبكة يحرص مع بدء تكون الترسيبات وذلك بالقرب من محطة المعالجة لتجنب الترسيبات المسببه لانسداد المواسير.

لا يمكن الاعتماد كلية على الرقم الهيدروجينى للمياه طبقا لمخططات AI،LSI . حيث المياه اليسر والمياه المنخفضة القلويه لا يمكن أن تصبح مشبعة بكربونات الكالسيوم مهما إرتفع الرقم الهيدروجينى. فى الحقيقة فإن الرقم الهيدروجينى اكبر من ١٠,٣ غير مفيد نظرا لعدم إمكان وجود أيونات الكربونات عندئذ. وكذلك زيادة قلوية الإيدروكسيد غير ذات قيمة نظرا لأنها لا تساعد فى ترسيب كربونات الكالسيوم.

استخدام أملاح الفوسفات ومثبطات التآكل الأخرى يتطلب عادة مجال ضيق للرقم الهيدروجينى لتوفير أقصى تأثير للمثبط. فى حالة استخدام هذه المثبطات يلزم الالتزام بضبط الرقم الهيدروجينى فى الحدود المطلوبه.

الكيماويات المستخدمة عادة لضبط الرقم الهيدروجينى و/أو إضافة الكربونات والجرعات الموصى بها والمعدات المستخدمة فى الجدول رقم (٣٩).

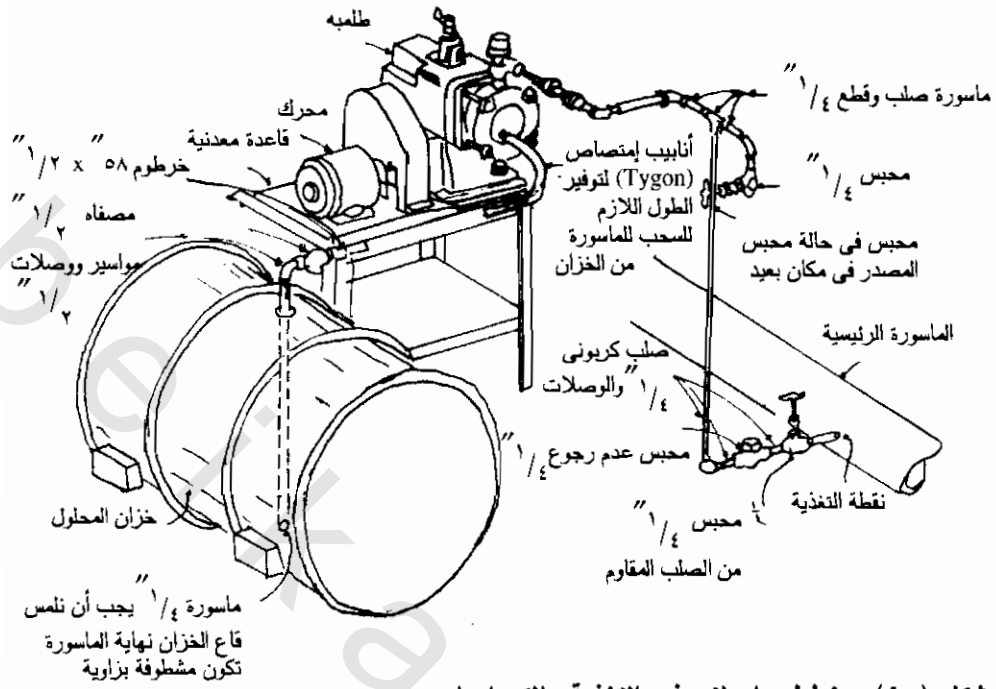
ضبط الرقم الهيدروجينى يتم بعد الترشيح نظرا لأن المياه ذات الرقم الهيدروجينى للتشبع pH_s العالى تحتاج الى كمية أكبر من مواد الترويب مثل الشبه لحدوث أقصى ترويب مطلوب.

يوصى بعمل برنامج لمراقبة التآكل لمراقبة تأثير الرقم الهيدروجينى مع الوقت. تقدير كفاءة نظام التغذية بالكيماويات لضبط الرقم الهيدروجينى هو أساس برنامج مراقبة التآكل. إضافة الجير (Lime) أو الصودا آش أو أى كيماويات أخرى لضبط الرقم الهيدروجينى يمكن تقديره بالقراءة المستمرة لتسجيلات القراءة للرقم الهيدروجينى. تسجيلات القراءة والتحكم للرقم الهيدروجينى للماء مع خروجه من محطة المعالجة كما يمكن إعدادها بالتجهيزات لاعطاء اشارة لنظام التغذية لزيادة أو خفض الكيماويات عند الضرورة. كما أن الرقم الهيدروجينى فى شبكة التوزيع يلزم مراجعته من أن الى آخر لمعرفة أى تغير يحدث فى الشبكة بسبب التأكل.

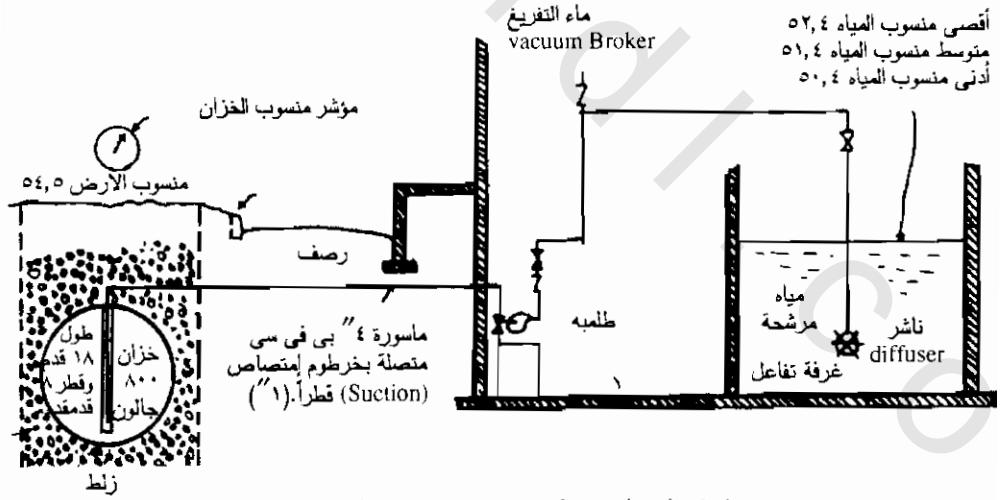
يجب معرفة أن ضبط الرقم الهيدروجينى يمكن أن يساعد فى التقليل من التآكل. ولكنه لا يوقف التآكل فى جميع الحالات. ولكن هذا النظام هو الأقل فى التكلفة والطريقة السهلة للتحكم فى التآكل، ويمكن استخدامها كلما أمكن ذلك.

جدول (٣٩) الكيماويات لضبط الرقم الهيدروجينى و / أو إضافة الكربونات

الكيماويات لضبط الرقم الهيدروجينى	معدل التغذية	١ ملجرام/لتر يضيف ملجرام/لتر قلوية	المعدات المستخدمة
إيدروكيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$	١-٢ ملجرام/لتر	١,٣٥	وحدة حرق الجير، وحدة إضافة الجير بالماء، طلمبة تغذية
محلول صودا كاوية تركيز ٥٠٪	١-٢٩ ملجرام/لتر	١,٢٥	طلمبة تغذية مجهزة للتحكم فى معدل التغذية
صودا آش (كربونات صوديوم) Na_2CO_3	١-٤٠ ملجرام/لتر	٠,٩٣	حوض محلول، طلمبة تغذية مجهزة للتحكم فى معدل التغذية
بيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$	٣-٥٠ ملجرام/لتر	٠,٥٩	حوض محلول، طلمبة تغذية مجهزة للتحكم فى معدل التغذية



شكل (٩٥) مخطط عام لنموذج التغذية بالكيماويات



شكل (٩٦) مخطط لانشاءات المثبط (مثال)

ب - إستخدام مثبطات التآكل (Use of Corrosion Inhibitors)

يمكن التحكم فى التآكل بإضافة كيماويات الى الماء التى تكون طبقة حماية على السطح الداخلى للماسورة وتوفر حاجز بين الماء والماسورة. وهذه الكيماويات تسمى المثبطات (Inhibitors)، وهذه تقلل من التآكل ولكنها لا توقفه كليه.

الأنواع الثلاث من المثبطات الكيماوية الموافق عليها عادة للاستخدام فى أنظمة مياه الشرب هى الكيماويات التى ترسب كربونات الكالسيوم، أملاح الفوسفات الغير عضوية وسيليكات الصوديوم. شكل (٩٦)

ويتوقف نجاح المثبط فى التحكم فى التآكل على ثلاث عوامل أساسية:

أولا: بفضل البدء بالمعالجة بمعدل ٢ – ٣ ضعف تركيز المثبط وذلك لبناء طبقة حماية سريعة ما أمكن بما يقلل من إحتمالات البدء فى التآكل الثقبى قبل التغطية الكاملة لسطح المعدن. عادة تغطية سطح المعدن تستغرق عدة أسابيع.

ثانيا: التغذية بالمثبط تكون مستمره وبتركيز عالى كافى. عدم التغذية المستمرة يمكن أن تسبب الفقد فى طبقة الحماية بإذابتها، وكذلك التركيز المنخفض جدا يمكن ألا يساعد على تكوين طبقة الحماية على كل سطح المعدن. وكلا من التغذية المتقطعة والتركيز المنخفض يمكن أن يؤدى الى التآكل الثقبى. وعلى الجانب الآخر فإن الاستخدام الزائد لبعض المثبطات القلويه خلال فترة زمنيه قد يسبب تراكم الترسيبات وخاصة فى المياه العسر.

ولذلك يلزم التحكم فى التغذية بالمثبطات بالطرق الآلية.

ثالثا: معدل التدفق يجب أن يكون كافيا للانتقال المستمر للمثبط على كل سطح المعدن والا لا تتكون طبقة الحماية وتستمر بما يمكن من حدوث التآكل. فمثلا مثبطات التآكل لا يمكن استخدامها فى الخزانات لأن المياه لا تتدفق باستمرار وأن المثبط لا تكون التغذية به مستمرة. وكذلك فلا تفيد المثبطات فى حماية النهايات الميتة مقارنة بباقى خطوط الشبكة حيث التدفق المستمر.

ترسيب كربونات الكالسيوم:

إضافة ايدروكسيد الكالسيوم أو القلويه هو أحد أنواع المثبطات وقد سبق مناقشة هذه التقنية.

(١) املاح الفوسفات الغير عضوية:

تستخدم أملاح الفوسفات الغير عضوية للحد من التآكل بطريقتين وهما: إيقاف ترسيب كربونات الكالسيوم وتراكماتها ومنع التآكل للمعدن بتكوين طبقة حماية على سطح الماسورة. وذلك لأن أملاح الفوسفيت تعبق ترسيب كربونات الكالسيوم وذلك يعتبر ميزة بالنسبة للمياه ذات القدرة العالية على ترسيب كربونات الكالسيوم. وتتوقف قدرة أملاح الفوسفيت على تكوين طبقة حماية وتثبيط التآكل للمعدن على سرعة التدفق للماء وتركيز أملاح الفوسفيت ودرجة الحرارة والرقم الهيدروجيني ومستوى الكربونات فى الماء.

توجد أنواع كثيره من أملاح الفوسفيت لتثبيط التآكل وهذه تشمل.

(Polyphosphates, Orthophosphates, Glassypolyphosphates, Bimetallic poly phosphates)

التطوير الحديث هو استخدام الزنك مع الأورثوموسفيت أو البولى فوسفيت. ولقد إستخدمت لمدة طويلة جرعة مخفضه حوالى ٢- ٤ ملجرام/ لتر من الفوسفيت الزجاجى مثل Soduimhexametaphosphate للتغلب على مشكلة المياه الحمراء فى شبكة التوزيع الناتجة عن تآكل معدن الحديد. فى هذه الحالات فإن إضافة الفوسفيت الزجاجى يزيل اللون ويبدو الماء رائقا نظيفا لأن الحديد إرتبط فى شكل مركب معقد مع الفوسفيت. شواهد التآكل تختفى ولكن معدل التآكل لا ينخفض. وللخفض الحقيقى للفقد فى المعدن يتطلب جرعة أكبر حتى ١٠ أضعاف من الفوسفيت الزجاجى (٢٠- ٤٠ ملجرام/ لتر). بعض أملاح الفوسفيت الزجاجى الذى يحتوى على كالسيوم وصوديوم يكون تأثيرها كمثبط للتآكل أكبر. إضافة الزنك مع الفوسفيت إستخدم بنجاح لتثبيط التآكل وللحد من المياه الحمراء فى جرعات ٢ ملجرام/ لتر. المعاملة بالزنك والفوسفيت استخدم فى التخلص من الصدأ فى المياه الناتج عن الحديد والنحاس والرصاص بالإضافة الى خفض معدل التآكل فى المعادن.

إختيار مادة فوسفاتيه معينة للحد من التآكل يتوقف على نوعيه المياه. نظرا بعض أملاح الفوسفات تكون أفضل من الأخرى طبقا لنوعية المياه. ينصح عادة بعمل إختبارات معمليه أو ميدانيه لواحد أو اكثر من املاح الفوسفات قبل البدء فى استخدامها لفترة طويلة.

(٢) سيليكات الصوديوم: SoduimSilicates

سيليكات الصوديوم (ماء الزجاج) استخدم لفترة طويلة لخفض التآكل. يمكن لسيليكات الصوديوم خفض التآكل للمياه الحمراء فى الحديد المجلفن، النحاس الأصفر، مواسير السباكه من النحاس لكل من المياه البارده والمياه الساخنة.

يتوقف تأثير سيليكات الصوديوم كمثبط للتآكل على نوعية المياه مثل الرقم الهيدروجينى وتركيز البيكربونات.

كقاعدة عامة التغذية بمعدل ٢ – ٨ ملجرام/ لتر وحتى ١٢ ملجرام/ لتر من سيليكات الصوديوم يكون كافيا للحد من التآكل وذلك بمجرد تكون طبقة الحماية.

يستفاد باستخدام السيليكات كمثبط فى المياه ذات المستوى المنخفض جدا فى العسر والقلوية والرقم الهيدروجينى لا يقل عن ٨,٤ وكذلك فى حالة سرعات التدفق العالية جدا.

(٣) مراجعة نظم إستخدام المثبطات:

عند إضافة المثبطات من الفوسفات أو السيليكات الى الماء، يتم جمع العينات من مسافات بعيده من الشبكة وتحليلها لتقدير وجود المثبطات فى الماء. فى حالة عدم وجود متبقى من الفوسفات أو السيليكات يتم زيادة معدل التغذية وعادة يكون من الضرورى وجود متبقى لتثبيط التآكل. فى حالة التركيز على المسافات البعيدة مساويا للتركيز عند التغذية (٢ جزء فى المليون كمثال) يتم خفض معدل التغذية من الكيماويات وفرا للتكاليف.

كما ذكر سابقا معدل التدفق الأولى للمثبط (للأسبوعين الأول) يكون من ٥– ١٠ ضعف العادى. فى هذه الفترة يتم تحليل المياه فى الشبكة على المسافات البعيده مرتين فى الأسبوع لتحديد مدى حدوث التآكل على السطح الداخلى للمواسير. عند حدوث التآكل الثقبى فإن الشبكة يحدث بها تسرب مما يلزم عمل إجراءات إيقافه.

بعد إستقرار حالة الشبكة يتم أخذ العينات مره كل شهر أو طبقا لامكانيات المحطة.