الفصل السابع
طرق حماية الأنابيب
درجات عدوانية التربة والمياه الأرضية

1-7 مقدمة:

تلعب المواد المستخدمة في العزل ضد الرطوبة والمياه دوراً هاماً في الهندسة المدنية عامة والهندسة الصحية على وجه الخصوص وذلك لما لها من تأثير مباشر على سلامة العناصر الإنشائية وتحديد العمر الافتراضي لها حيث أن معظم العيوب التي تحدث في تلك العناصر والتي مؤداها حدوث تلف وانهيار لها أساسها التآكل الناتج عن عوامل البيئة المحيطة والتي تعتبر الرطوبة والمياه هما أشد تلك العوامل فتكاً بتلك العناصر الإنشائية ٠٠ وعليه فإن الاهتمام بالمجاري المائية على مختلف أنواعها من أنابيب وصمامات ووصلات وخلافه له كبير الأثر على المنشآت المدنية والصحية وإطالة العمر الافتراضي لكلاهما.

2-7 التآكل في الأنابيب المعدنية (الفونت والصلب)

يمكن إيجاز أهم أسباب التآكل الخارجي للأنابيب على النحو التالي:

1-2-7 تآكل ناتج عن تكون الخلايا الكهروكيميائية:

نتيجة تسرب التيارات الكهربائية من التربة خلال الأنابيب المعدنية (الحديد – الفونت) حيث تساعد على مرور تلك التيارات لكونها موصل جيد للكهرباء حيث يسمح ذلك بتكون ما يسمى بالخلية الكهروكيميائية الناتجة عن اختلاف فروق الجهد على طول خط الأنابيب مما يسبب التآكل عند النقط التي يترك فيها التيار الكهربائي خط الأنابيب ومثال ذلك ما يحدث من تسرب للتيارات الكهربائية لخطوط القطار وماله من بالغ الأثر في زيادة التآكل لتلك الأنابيب وعليه فان تلك الأنابيب يجب لحامها وعزلها جيداً عند الوصلات لتلافي هروب تلك التيارات التي مؤداها عمل فروق جهد مكونة بذلك الخلية الكهروكيميائية سالفة الذكر.

ويمكن تكون الخلية الكهروكيميائية في تلك الأنابيب ليس فقط من تأثير تسرب التيارات الكهربائية ولكن قد تتولد أيضاً نتيجة لاختلاف الضغوط على طول خط الأنابيب

أو اختلاف معدن الأنابيب والأملاح الموجودة بالتربة ويساعد على تكون هذه التيارات وجود اختلاف في الرقم الهيدروجيني عن القيمة المتعادلة (7) التي قد تقل لتصبح حامضية أو تزيد لتصبح قلوية.

2-2-7 التآكل الناتج عن طبيعة التربة:

في حالات كثيرة تحتوي التربة وخاصة الطينية منها على كبريتات ماغنيزيوم وكالسيوم مما يجعلها تذوب في مياه التربة التي تتسرب من طبقات الأرض وتتراكم حول الأنابيب مكونةً وسطاً قلوياً يعمل على زيادة الرقم الهيدروجيني يؤدي إلى تكوين خلايا كهروكيميائية تسرع من تآكل جسم الأنبوب وبخاصة تلك النقط التي أزيلت عنها طبقات العزل لسبب ما لتؤدي في النهاية إلى تآكل جسم الأنبوب.

3-2-7 التآكل الداخلي للأنابيب:

للمياه تأثير معروف على إذابة معدن الحديد بالأنابيب ولكن في حالة وجود طبقة من الصدأ الداخلي يقلل ذلك من استمرار التآكل وإذا ما أزيلت هذه الطبقة استمر تآكل المعدن تحتها، ويساعد على تآكلها وجود ثاني أكسيد الكربون بالماء إذ يؤدى إلى إذابة الكربونات الموجودة في طبقة الأكسيد فتزول أولاً بأول مما يسرع من عملية التآكل، وهنالك طرق عديدة للإبقاء على طبقة الأكسيد على السطح الداخلي لمعدن الأنبوب ولكن ذلك يتطلب عديد من التجارب والاختبارات مما يزيد من صعوبة استخدام هذه الطرق.

3-7 التآكل في أنابيب الخرسانة:

تصنع الأنابيب الأسمنتية من الخرسانة العادية أو المسلحة بطريقة الضغط أو اللف المركزي وتستعمل الأنابيب الأسمنتية المسلحة للمياه تحت ضغوط منخفضة والأسمنتية العادية بدون تسليح لصرف المياه غير المضغوطة حيث أن الأنابيب التي يقل قطرها عن 127 mm يصعب تسليحها ويحدث التآكل في تلك الأنابيب نتيجة إما لتآكل الخرسانة أو نتيجة لصدأ الحديد المستخدم في تسليحها وعليه فإنه يجب حماية سطح الخرسانة المستخدمة من وصول أي مسببات للتآكل مما يساعد بدورة على حماية الحديد المستخدم في تسليحها ومن العوامل المؤثرة على عملية التآكل لمثل هذه الأنابيب ما يأتي:

1 – نوع التربة. 2 – طبيعة المياه الجارية في تلك الأنابيب.

3 – درجات الحرارة وتغيرها.

4–خواص الخرسانة ونسبها وطريقة صبها ومعالجتها وعزلها.

ويضاف إلى ذلك جميع العوامل المؤدية إلى تآكل الخرسانة المعروفة كظاهرة الكربنة والتآكل بالكلوريدات.

7-4 المواد المستخدمة في أعمال عزل الأنابيب:

1 – المستحلبات البيتومينية بنوعيها (البيتومينية والبيتومينية المطاطية).

2 – المحاليل البيتومينية (منها البلوريتان).

3 – المواد الإيبوكسية. 4 – مركبات الاكريليك البوليمرية.

5 – بادئ مانع للصدأ (أساسه أكسيد الحديد الاحمر).

6 – مواد حشو الفواصل والوصلات (أساسها مادتي البولي سلفيد السيليكون) البولي يورثان المعدل بالقار.

7-5 الاشتراطات الواجب توافرها في تنفيذ عزل الأنابيب:

1 – الإعداد الجيد للأسطح وذلك بإزالة أي آثار للصدأ والشوائب ومعالجة أي عيوب بالأسطح.

2 – التأكد من الجفاف التام للأسطح.

3 – المعالجة الجيدة لأماكن الوصلات والتقاطعات لتلافي تسرب المياه عند هذه الأماكن.

4 – الاختيار الأمثل لمواد العزل بما يتناسب مع نوع الأنابيب (حديد – فونت ٠٠٠٠)

5 – التأكد من ملائمة المواد المستخدمة في العزل والظروف المحيطة.

6 – حماية الطبقات العازلة من تأثير الأشعة فوق البنفسجية في الوجه النهائي الذي يتطلب ذلك.

7-6 طرق الحماية والعزل للأنابيب:

بعد أن تطرقنا إلى الأسباب التي تؤدى إلى عملية التآكل والنحر في الأنابيب وجب علينا الآن أن نستعرض طرق الحماية والعزل، وقبل ذلك جميعه يجب أولاً أن نحدد بدقة الدرجة المطلوبة للحماية حيث أن تصميم طبقات العزل يتم تحديده بناء على مدى شدة العوامل التي تؤدى إلى التآكل والتي يمكن إجمالها في الطبيعة البيئية والظروف المحيطة بالأنابيب أثناء استخدامها.

مما تقدم فإنه يمكن عمل مقياس لشدة أو ضعف هذه الظروف على نحو يمكن من خلاله تصنيف واستغلال أمثل للمواد المستخدمة في أعمال العزل ومما هو متعارف عليه في أعمال عزل الأنابيب انه تم تقسيم أنواع التربة المستخدمة خلالها تلك الأنابيب إلى أربعة أنواع رئيسة على أساس مدى مهاجمة التربة للأنابيب (درجة العدوانية) نتيجة لاحتوائها على أملاح ومعادن من شأنها التفاعل مع جسم الأنبوب وتؤدى إلى تآكله وأيضاً مدى ممانعة هذه التربة لمرور التيارات الكهربائية التي من شأنها تكوين الخلايا الكهروكيميائية في الأنابيب المعدنية.

يمكن على هذا الأساس السابق ذكره تقسيم التربة من حيث درجة العدوانية إلى ما يلي:

1 – تربة غير عدوانية. 2 – تربة متوسطة العدوانية.

3 – تربة عدوانية. 4 – تربة شديدة العدوانية.

وليس هناك مجالاً للاستفاضة في شرح الأسس العلمية التي تم على أساسها هذا التقسيم ولكن ما يعنينا الآن هو معرفة المواد، وكذلك النظم المستخدمة لوقاية وعزل الأنابيب كل على حسب نوعه وكذلك تبعاً لنوع التربة من حيث درجة العدوانية كما هو موضح بالجدول (7-1).

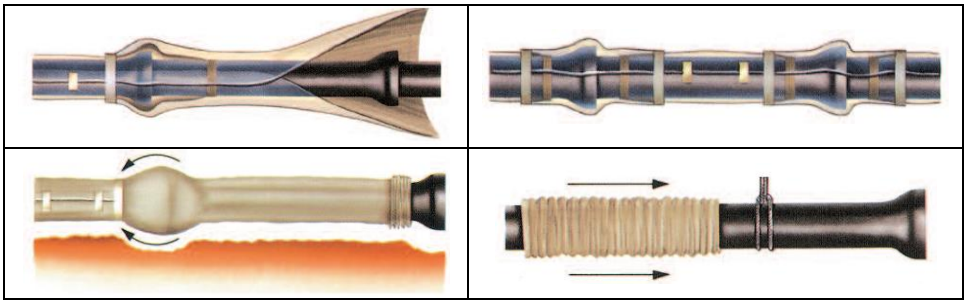
الجدول رقم (7-1) يوضح عناصر ودرجات عدوانية التربة المحيطة والمياه الأرضية.

بعض العناصر والعوامل الضارة	غير عدوانيه (Non – aggressive)		متوسطة العدوانية (Moderately (aggressive)		عدوانية (aggressive)		شديدة العدوانية (Highly Aggressive)	
	التربة	المياه الأرضية	التربة	المياه الأرضية	التربة	المياه الأرضية	التربة	المياه الأرضية
محتوى الكبريتات (SO_4)	أقل من 0.1 % (بالوزن)	أقل من 300جزء في المليون	من 0.1 % إلى 0.5 % (بالوزن)	من 300 إلى 1000 جزء في المليون	من 0.5 % إلى 2.0 % (بالوزن)	من 1000 إلى 5000 جزء بالمليون	أكثر من 2.0 % (بالوزن)	أكثر من 5000 جزء في المليون
محتوى الكلوريدات (CL)	أقل من 300 جزء في المليون		من 300 إلى 1000 جزء في المليون		من 1000 إلى 2000 جزء في المليون		أكثر من 2000 جزء في المليون	
الرقم الهيدروجيني (PH)	من 8.0 إلى 7.0		من 7.0 إلى 6.0		من 6.0 إلى 4.5		أقل من 4.5 *	
الممانعة الكهربية للتربة (أوم / سم)	أكثر من 3000		من 3000 إلى 1500		من 1500 إلى 1000		أقل من 1000	

* في حالة استخدام أنابيب صلب أو فونت مرن (مطاوع)، تعتبر التربة شديدة العدوانية وأيضا إذا زاد الرقم الهيدروجيني (PH) على ٨.٥ حيث يؤدى ذلك إلى انخفاض الممانعة الكهربية للتربة.

1-5-7 عزل الأنابيب من الخارج:

تبلغ أهمية العزل من الخارج للأنابيب مبلغاً كبيراً نظراً لما تتعرض له الأنابيب من ظروف وعوامل بيئية متغيرة وعلية فإن الاهتمام بتصميم طبقات العزل يتعاظم حتى يمكن الحفاظ على هذه الأنابيب وكذلك إطالة العمر الافتراضي لها الشكل (7-1).



الشكل (7-1) عزل الأنابيب وقطع الوصل من الخارج

ولتسهيل مهمة التنفيذ واختيار المواد فإن الجدول (7-2) يوضح طرق عزل السطح الخارجي للأنابيب.

جدول (7-2) المواد المستخدمة في عزل الأنابيب من الخارج

نوع الأنبوب	درجة عدوانية التربة والمياه الأرضية			
	غير عدوانيه	متوسطة العدوانية	عدوانيه	شديدة العدوانية
حديد صلب	يدهن السطح الخارجي للأنابيب ووصلاتها وقطعها الخاصة بطبقة دهان أولى (برايمر)، ثم بطبقتين من طلاء بيتوميني (PF4) بسمك لا يقل عن 2.5 ملليمتر بعد الجفاف، ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع.	يدهن السطح الخارجي للأنابيب ووصلاتها وقطعها الخاصة بطبقة دهان أولى (برايمر)، ثم يغلف بطبقتين من ألياف الزجاج المشبعة بقطران الفحم مع الرش بالقطران الساخن تليها طبقه من محلول الجير والملح وزيت الكتان المغلي بسمك إجمالي لا يقل عن 5 ملليمترا بعد الجفاف.	تتبع إحدى الطرق الثلاث التالية لوقاية السطح الخارجي للأنبوب والقطع الخاصة والوصلات: **الطريقة الأولى:** يدهن السطح الخارجي بثلاث طبقات من الإيبوكسي بسمك لا يقل عن 375 ميكرون بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع. **الطريقة الثانية:** يدهن السطح الخارجي بالبلاستيك (بولي كلوريد الفينيل) بسمك لا يقل عن 375 ميكرون بعد الجفاف، ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع. **الطريقة الثالثة:** تتبع الطريقة المذكورة في حالة التربة متوسطة العدوانية، بالإضافة إلى تغليف الأنبوب بغلاف (كم) من البولي إيثيلين عند التركيب سمكه لا يقل عن 200 ميكرون.	تتبع إحدى الطريقتين الأولى والثانية المذكورتين في حالة التربة العدوانية بالإضافة إلى تغليف الأنبوب بغلاف (كم) من البولي إثيلين عند التركيب سمكه لا يقل عن 200 ميكرون في كل من الطريقتين.

نوع الأنبوب	درجة عدوانية التربة والمياه الأرضية			
	غير عدوانيه	متوسطة العدوانية	عدوانيه	شديدة العدوانية
فونت مرن	يدهن السطح الخارجي للأنابيب ووصلاتها وقطعها الخاصة بطبقتين من طلاء بيتوميني (P . F . 4) بسمك لا يقل عن 2 ملليمتر بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع.	تتبع إحدى الطريقتين التاليتين لوقاية السطح الخارجي للأنابيب والقطع الخاصة والوصلات: **الطريقة الأولى:** يدهن السطح الخارجي بمحلول غنى بالزنك ثم بطبقتين من طلاء بيتوميني (P . F . 4) بسمك لا يقل عن 2.5 ملليمتر بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع. **الطريقة الثانية:** يغلف السطح الخارجي بألياف الزجاج المشبعة بقطران الفحم مع الرش بالقطران الساخن بسمك لا يقل عن 3 ملليمتر بعد الجفاف.	تتبع إحدى الطرق الثلاث التالية لوقاية السطح الخارجي للأنابيب والقطع الخاصة والوصلات: **الطريقة الأولى:** يدهن السطح الخارجي بمحلول غنى بالزنك ثم بطبقتين من طلاء بيتوميني (P . F . 4) بسمك لا يقل عن 2.5 ملليمتر بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع ثم تغلف الأنبوب عند التركيب بغلاف (كم) من البولي إثيلين سمكه لا يقل عن 200 ميكرون. **الطريقة الثانية:** يدهن السطح الخارجي بثلاث طبقات من الايبوكسى بسمك لا يقل عن 375 ميكرون بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع.	تتبع إحدى الطرق الثلاث التالية لوقاية السطح الخارجي للأنابيب والقطع الخاصة والوصلات: **الطريقة الأولى:** يدهن السطح الخارجي بمحلول غنى بالزنك ثم بثلاث طبقات من طلاء بيتوميني (P . F . 4) بسمك لا يقل عن 3 ملليمتر بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع ثم يغلف الأنبوب عند التركيب بغلاف (كم) من البولي إثيلين سمكه لا يقل عن 200 ميكرون. **الطريقة الثانية:** يدهن السطح الخارجي بثلاث طبقات من الايبوكسى بسمك لا يقل عن 375 ميكرون بعد الجفاف ولايسمح باستعمال مخفف من أي نوع ثم تغلف الأنبوب بغلاف (كم) من البولي اثيلين عند التركيب سمكه لا يقل عن 200 ميكرون.

نوع الأنبوب	درجة عدوانية التربة والمياه الأرضية			
	غير عدوانيه	متوسطة العدوانيه	عدوانيه	شديدة العدوانيه
خرسانة عاديه أو مسلحة	يدهن السطح الخارجي للأنابيب ووصلاتها وقطعها الخاصة بطبقتين من طلاء بيتومينى (P. F. 4) بسمك لا يقل من 350 ميكرون بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع.		يصنع جسم الأنبوب والقطع الخاصة باستعمال الأسمنت المقاوم للكبريتات ثم تتبع إحدى الطرق الثلاث التالية لوقاية السطح الخارجي للأنابيب والقطع الخاصة والوصلات: **الطريقة الأولى:** يدهن السطح الخارجي بطبقتين من طلاء بيتومينى (P. F. 4) لا يقل من 350 ميكرون بعد الجفاف. ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع ثم تغلف الأنبوب عند التركيب بغلاف (كم) (**Sleeve**) من البولى إيثيلين سمكة لا يقل عن 200 ميكرون. **الطريقة الثانية:** يغلف السطح الخارجي بألياف الزجاج المشبعة بإيبوكسى قطران الفحم بسمك لا يقل عن 450 ميكرون بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع. **الطريقة الثالثة:** يدهن السطح الخارجي بالبلاستيك (بولى كلوريد الفينيل) بسمك لا يقل عن 375 ميكرون بعد الجفاف ، ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع.	يصنع جسم الأنبوب والقطع الخاصة باستعمال الأسمنت المقاوم للكبريتات ثم تتبع إحدى الطرق الثلاث التالية لوقاية السطح الخارجي للأنابيب والقطع الخاصة الوصلات: **الطريقة الأولى:** يدهن السطح الخارجي بثلاث طبقات من طلاء بيتومينى (P. F. 4) بسمك لا يقل من 450 ميكرون بعد الجفاف ولا يسمح بأستعمال مخفف من أي نوع. ثم يغلف الأنبوب عند التركيب بغلاف (كم) من البولى إيثيلين سمكة لا يقل عن 200 ميكرون ويمكن كبديل للكم لف الأنبوب حلزونياً بشرائط من البولى إيثيلين سمكها لا يقل عن 200 ميكرون تتراكب على بعضها بمقدار كاف. **الطريقة الثانية:** يغلف السطح الخارجي بألياف الزجاج المشبعة بالأيبوكسى بسمك لا يقل عن 500 ميكرون بعد الجفاف، ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع. **الطريقة الثالثة:** يدهن السطح الخارجي بالبلاستيك (بولى كلوريد الفينيل) بسمك لا يقل عن 450 ميكرون بعد الجفاف، ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع.

نوع الأنبوب	درجة عدوانية التربة والمياه الأرضية			
	غير عدوانيه	متوسطة العدوانية	عدوانيه	شديد العدوانية
أسبستوس أسمنتى	يدهن السطح الخارجي للأنابيب ووصلاتها وقطعها الخاصة بطبقتين من طلاء بيتومينى (PF4) بسمك لا يقل عن 350 ميكرون بعد الجفاف، ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع.		يصنع جسم الأنبوب والقطع الخاصة باستعمال الأسمنت المقاوم للكبريتات، ثم تتبع إحدى الطرق الثلاث التالية لوقاية السطح الخارجي للأنبوب والقطع الخاصة والوصلات: **الطريقة الأولى:** يدهن السطح الخارجي بطبقتين من طلاء بيتومينى (PF4) لا يقل عن 350 ميكرون بعد الجفاف، ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع ثم يغلف الأنبوب عند التركيب بغلاف (كم) (Sleeve) من البولي إيثيلين سمكه لا يقل عن 200 ميكرون. **الطريقة الثانية:** يغلف السطح الخارجي بألياف الزجاج المشبعة بإيبوكسى قطران الفحم بسمك لا يقل عن 450 ميكرون بعد الجفاف، ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع. **الطريقة الثالثة:** يدهن السطح الخارجي بالبلاستيك (بولى كلوريد الفينيل) بسمك لا يقل عن ٣٧٥ ميكرون بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع.	يصنع جسم الأنبوب والقطع الخاصة باستعمال الأسمنت المقاوم للكبريتات، ثم تتبع إحدى الطرق الثلاث التالية لوقاية السطح الخارجي للأنبوب والقطع الخاصة والوصلات: **الطريقة الأولى:** يدهن السطح الخارجي بثلاث طبقات من طلاء بيتومينى (PF4) بسمك لا يقل عن 450 ميكرون بعد الجفاف، ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع، ثم يغلف الأنبوب عند التركيب بغلاف (كم) من البولى إيثيلين سمكه لا يقل عن 200 ميكرون ويمكن كبديل للكم لف الأنبوب، حلزونياً بشرائط من البولي إيثيلين سمكها لا يقل عن 200 ميكرون تتراكب على بعضها بمقدار كاف. **الطريقة الثانية:** يغلف السطح الخارجي بألياف الزجاج المشبعة بالإيبوكسى بسمك لا يقل عن 500 ميكرون بعد الجفاف، ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع. **الطريقة الثالثة:** يدهن السطح الخارجي بالبلاستيك (بولي كلوريد الفينيل) بسمك لا يقل عن 450 ميكرون بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع.

نوع الأنبوب	درجة عدوانية التربة والمياه الأرضية			
	غير عدوانية	متوسطة العدوانية	عدوانية	شديدة العدوانية
خرسانة مسبقة الإجهاد (ذات أسطوانة داخلية من الصلب)	يدهن السطح الخارجي للأنابيب ووصلاتها وقطعها الخاصة بطبقتين من طلاء بيتومينى (P . F . 4) بسمك لا يقل عن 350 ميكرون بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع		تصنع خرسانة التكسية الخارجية لجسم الأنبوب وخرسانة القطع الخاصة ومونة الوصلات باستعمال الأسمنت المقاوم للكبريتات ثم تتبع إحدى الطرق الثلاث التالية لوقاية السطح الخارجي للأنابيب والقطع الخاصة والوصلات: **الطريقة الأولى:** يدهن السطح الخارجي بطبقتين من طلاء بيتومينى (P.F.4) لا يقل عن 350 ميكرون بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع ثم يغلف الأنبوب عند التركيب بغلاف (كم) (Sleeve) من البولي إيثيلين سمكه لا يقل عن 200 ميكرون **الطريقة الثانية:** يغلف السطح الخارجي بألياف الزجاج المشبعة بإيبوكسى قطران الفحم بسمك لا يقل عن 450 ميكرون بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع **الطريقة الثالثة:** بدهن السطح الخارج بالبلاستيك (بولي كلوريد الفينيل) بسمك لا يقل عن 375 ميكرون بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع	تصنع خرسانة التكسية الخارجية لجسم الأنبوب وخرسانة القطع الخاصة ومونة الوصلات باستعمال الأسمنت المقاوم للكبريتات ثم تتبع إحدى الطرق الثلاث التالية لوقاية السطح الخارجي للأنابيب والقطع الخاصة والوصلات: **الطريقة الأولى:** يدهن السطح الخارجي بثلاث طبقات من طلاء بيتومينى (P.F.4) بسمك لا يقل عن 450 ميكرون بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع ثم تغلف الأنبوب عند التركيب بغلاف (كم) من البولي إيثيلين سمكه لا يقل عن 200 ميكرون ويمكن كبديل للكم لف الأنبوب حلزونياً بشرائط من البولي إيثيلين سمكها لا يقل عن 200 ميكرون تتراكب على بعضها بمقدار كاف **الطريقة الثانية:** يغلف السطح الخارجي بألياف الزجاج المشبعة بالأيبوكسى بسمك لا يقل عن 500 ميكرون بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع **الطريقة الثالثة:** يدهن السطح الخارجي بالبلاستيك (بولي كلوريد الفينيل) بسمك لا يقل عن 450 ميكرون بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع

نوع الأنبوب	درجة عدوانية التربة والمياه الأرضية			
	غير عدوانيه	متوسطة العدوانيه	عدوانيه	شديدة العدوانيه
فخار مزجج ذاتياً	لا تحتاج إلى وقاية	لا تحتاج إلى وقاية	لا تحتاج إلى وقاية	لا تحتاج إلى وقاية
بلاستيك (بولى كلوريد الفينيل غير الملدن)	لا تحتاج إلى وقاية	لا تحتاج إلى وقاية	لا تحتاج إلى وقاية	لا تحتاج إلى وقاية
بولستر مسلح بألياف الزجاج	لا تحتاج إلى وقاية	لا تحتاج إلى وقاية	لا تحتاج إلى وقاية	لا تحتاج إلى وقاية
بولي اتيلين	لا تحتاج إلى وقاية	لا تحتاج إلى وقاية	لا تحتاج إلى وقاية	لا تحتاج إلى وقاية

- في جميع الحالات يتم تنظيف وتجهيز السطح الخارجي قبل البدء في عملية الوقاية.
- في جميع الحالات يتم دهان الأجزاء المعدنية لنهايات الأنبوب والقطع الخاصة بطبقة دهان أولى (برايمر) من محلول غني بالزنك تليها طبقة من البولى يوريثان.
- في حالات التربة متوسطة العدوانية والعدوانية وشديدة العدوانية، يتم استبدال ناتج حفر الخنادق بمواد ردم منقولة من خارج المنطقة على أن تكون ناعمة ونظيفة وخالية من المواد الضارة وبقايا الصخور والأنقاض.

2-5-7 عزل الأنابيب من الداخل:

نظراً للتأثير السابق ذكره للمياه فإنه وجب أيضاً مراعاة حماية السطح الداخلي للأنابيب ضد تأثير المياه أو السوائل الأخرى المارة بها (مياه الصرف الصحي)

يوضح الجدول (7-3) الطرق المستخدمة في عمليات العزل الخاصة بالسطح الداخلي للأنابيب ولكل نوع من أنواع الأنابيب على حده.

وتجدر الإشارة إلى أن الأنابيب المصنوعة من البلاستيك (بولي كلوريد الفينيل غير الملدن – البوليستر المسلح بألياف الزجاج – البولي اتيلين) لا تتأثر بمياه الشرب أو مياه الصرف الصحي وبالتالي لا تحتاج هذه الأنابيب إلى وقاية داخلية.

وكذلك فإن أنابيب الفخار المزجج لا تستخدم في نقل مياه الشرب كما أنها لا تتأثر بمرور مياه الصرف الصحي بداخلها لذا لا تحتاج إلى وقاية داخلية. والجدول (7-3) يوضح طرق عزل الأنابيب من الداخل.

جدول (7-3) طرق الوقاية الواجب إتباعها لعزل السطح الداخلي

لأنواع الأنابيب المختلفة تبعاً لنوع السائل المنقول

نوع الأنبوب	نوع السائل المنقول	
	مياه الشرب	مياه الصرف الصحي
فونت مرن	تتبع إحدى الطرق الأربع التالية لوقاية السطح الداخلي للأنبوب والقطع الخاصة: **الطريقة الأولى:** يدهن السطح الداخلي بثلاث طبقات من الإيبوكسى بسمك لا يقل عن 350 ميكرون بعد الجفاف. **الطريقة الثانية:** يدهن السطح الداخلي بطبقة من البروليتان بسمك لا يقل عن 125 ميكرون بعد الجفاف. **الطريقة الثالثة:** يدهن السطح الداخلي بطبقتين من طلاء بيتومينى (PF4) بسمك لا يقل عن 350 ميكرون بعد الجفاف. **الطريقة الرابعة:** للأقطار الكبيرة التي تسمح بذلك، يبطن السطح الداخلي بطبقه غير منفذه من مونه أسمنتيه عالية الكثافة والمقاومة، سمكها لا يقل عن 12 ملليمتراً بشرط توافر الاحتياطات اللازمة للحفاظ على هذه الطبقة من التلف أثناء النقل والمناولة والإنزال و التخزين والتركيب.	في الحالات التي تصلح للاستخدام فيها، تتبع إحدى الطرق الثلاث التالية لوقاية السطح الداخلي للأنبوب والقطع الخاصة تبعاً لخصائص السائل المنقول: **الطريقة الأولى:** يدهن السطح الداخلي بثلاث طبقات من الإيبوكسى بسمك لا يقل عن 425 ميكرون بعد الجفاف. **الطريقة الثانية:** يدهن السطح الداخلي بثلاث طبقات من البروليتان بسمك لا يقل عن ٣٥٠ ميكرون بعد الجفاف. **الطريقة الثالثة:** يدهن السطح الداخلي بثلاث طبقات من البلاستيك (بولي كلوريد الفينيل) بسمك لا يقل عن 375 ميكرون بعد الجفاف.
صلب	تتبع إحدى الطرق الثلاث التالية لوقاية السطح الداخلي للأنبوب والقطع الخاصة: **الطريقة الأولى:** يدهن السطح الداخلي بطبقة دهان أولى (برايمر) سريع الجفاف ثم بثلاث طبقات من الإيبوكسي بسمك لا يقل عن 375 ميكرون بعد الجفاف. **الطريقة الثانية:** يدهن السطح الداخلي بطبقة دهان أولى تليها طبقتان من البروليتان بسمك لا يقل عن 250 ميكرون بعد الجفاف. **الطريقة الثالثة:** يدهن السطح الداخلي بطبقة دهان أولى تليها طبقتان من إيبوكسى الفينول بسمك لا يقل عن 250 ميكرون بعد الجفاف.	في الحالات التي تصلح للاستخدام فيها، تتبع إحدى الطرق الثلاث التالية لوقاية السطح الداخلي للأنبوب والقطع الخاصة تبعاً لخصائص السائل المنقول: **الطريقة الأولى:** يدهن السطح الداخلي بطبقة دهان أولى (برايمر) سريع الجفاف تليها ثلاث طبقات من الإيبوكسى بسمك لا يقل عن 450 ميكرون بعد الجفاف. **الطريقة الثانية:** يدهن السطح الداخلي بطبقة دهان أولى تليها ثلاث طبقات من البروليتان بسمك لا يقل عن 375 ميكرون بعد الجفاف. **الطريقة الثالثة:** يدهن السطح الداخلي بطبقة دهان أولى تليها طبقه منتظمة من قطران الفحم الساخن بسمك لا يقل عن 3 مليمتر بعد الجفاف.

نوع الأنبوب	نوع السائل المنقول	
	مياه الشرب	مياه الصرف الصحي
خرسانة عادية أو مسلحة	غير مستخدمة	تصنع خرسانة جسم الأنبوب والقطع الخاصة والوصلات من الأسمنت المقاوم للكبريتات وتتبع إحدى الطريقتين التاليتين في وقاية السطح الداخلي تبعاً لخصائص السائل المنقول: **الطريقة الأولى:** تتم تكسية السطح الداخلي بشرائح دقيقة من البلاستيك (بولى كلوريد الفينيل) سمكها لا يقل عن 2 ملليمتراً مثبتة على كامل المحيط الداخلي للأنبوب (360°) . **الطريقة الثانية:** يتم دهان السطح الداخلي بكاملة بثلاث طبقات من إيبوكسى قطران الفحم بسمك لا يقل عن 450 ميكرون بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع.
خرسانة مسبقة الإجهاد ذات أسطوانة داخلية من الصلب	لا تحتاج إلى وقاية	تتبع إحدى الطريقتين التاليتين لوقاية السطح الداخلي: **الطريقة الأولى:** تصنع خرسانة القطع الخاصة وخرسانة التبطين الداخلية للإسطوانه الصلب للأنبوب من الأسمنت المقاوم للكبريتات مع اتباع أحد الإجراءين التاليين تبعا لخصائص السائل المنقول: [1] تكسية السطح الداخلي بشرائح دقيقه من البلاستيك (بولي كلوريد الفينيل) سمكها لا يقل عن 2 ملليمترا مثبته على كامل المحيط الداخلي للأنبوب (360 °) . [2] دهان السطح الداخلي بكاملة بثلاث طبقات من ايبوكسى قطران الفحم بسمك لا يقل عن 450 ميكرون بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع **الطريقة الثانية:** تصنع خرسانة التبطين الداخلية للأسطوانة الصلب للأنبوب من الخرسانة عالية الكثافة والمقاومة باستعمال أسمنت عالي الألومينا بسمك لا يقل عن 35 ملليمتر مع العناية الفائقة في صناعة ومعالجة هذه الطبقة الخرسانية واستعمال الحد الأدنى لنسبة الماء للأسمنت بها

نوع الأنبوب	نوع السائل المنقول	
	مياه الشرب	مياه الصرف الصحي
أسبستوس أسمنتي	☐ لا تحتاج إلى وقاية بصفه عامه ☐ في بعض الحالات قد يقتضي الأمر حماية طبقات الوقاية الخارجية للأنبوب من الانفصال عن جدارها أو ضعف قوة التصاقها به، بفعل المياه المارة داخل الأنبوب والمتخللة لجدارها تحت ضغط. **وتتبع في مثل هذه الحالات إحدى الطريقتين التاليتين:** **الطريقة الأولى:** يدهن السطح الداخلي للأنبوب والقطع الخاصة بطبقتين من طلاء بيتومينى (P.F.4) بسمك لا يقل عن 300 ميكرون بعد الجفاف، ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع. **الطريقة الثانية:** يدهن السطح الداخلي للأنبوب والقطع الخاصة بطبقه من الإيبوكسى بسمك لا يقل عن 125 ميكرون بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع.	يصنع جسم الأنبوب والقطع الخاصة باستعمال الأسمنت المقاوم للكبريتات، ثم تتبع إحدى الطريقتين التاليتين لوقاية السطح الداخلي للأنبوب والقطع الخاصة تبعاً لخصائص السائل المنقول. **الطريقة الأولى:** يدهن السطح الداخلي بثلاث طبقات من الإيبوكسى بسمك لا يقل عن 375 ميكرون بعد الجفاف، ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع. **الطريقة الثانية:** يدهن السطح الداخلي بثلاث طبقات من إيبوكسى قطران الفحم بسمك لا يقل عن 450 ميكرون بعد الجفاف ولا يسمح باستعمال مخفف من أي نوع.
فخار مزجج ذاتياً	غير مستخدمة	لا تحتاج الى وقاية
بلاستيك (بولى كلوريد الفينيل غير اللدن)	لا تحتاج الى وقاية	لا تحتاج الى وقاية
بوليستر مسلح بألياف الزجاج	لا تحتاج الى وقاية	لا تحتاج الى وقاية
بولي اتيلين	لا تحتاج الى وقاية	لا تحتاج الى وقاية