

إعادة تأهيل شبكات الصرف الصحي

إن إعادة تأهيل شبكات الصرف الصحي القائمة إما أن تكون بهدف تحسين الحالة البنائية للشبكة (أو لأجزاء منها) أو بهدف زيادة الاستطاعة الهيدروليكية للشبكة أو لبعض أجزائها أو بهدف تحقيق الأمرين معاً علماً أن كل تحسين للحالة البنائية للشبكة ينعكس إيجاباً على استطاعتها الهيدروليكية . وقبل القيام بأي إجراء لابد من تحديد الحالة سواء الحالة الهيدروليكية أو البنائية.

إن أعمال الصيانة الدورية والمراقبة المستمرة للشبكة والإصلاحات هي ليست إجراءات لإعادة تأهيل الشبكة علماً أنها بدأ من بعد الانتهاء من بناء الشبكة ووضع الشبكة بالاستثمار .

تحديد الحالة الهيدروليكية لشبكة الصرف الصحي :

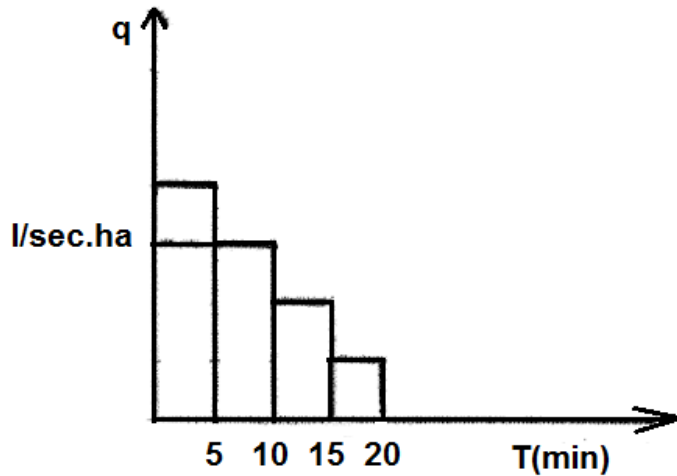
يتم تحديد الحالة الهيدروليكية للشبكة بإعادة حسابها هيدروليكياً وذلك باستخدام طرائق الجريان المستقر (وتسمى الطرائق الهيدرولوجية) المعروفة في حالة شبكات الصرف الصغيرة أو البسيطة أما الشبكات المتوسطة والكبيرة فتتم باستخدام طرائق الجريان غير المستقر (الطرائق الهيدروديناميكية) .

يقسم إعادة حساب شبكات الصرف الصحي هيدروديناميكياً الى ثلاثة مراحل :

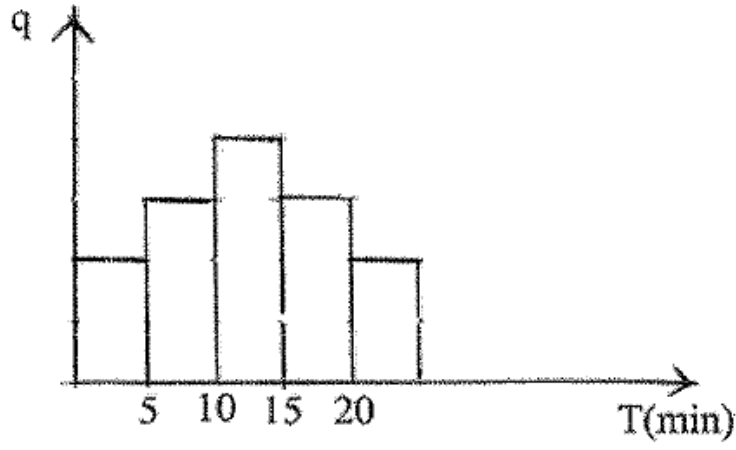
- تحديد العاصفة المطرية الحسابية النموذجية والتي تعرف بانها عاصفة مطرية متغيرة الشدة مع الزمن . أو اعتماد السجل الرقمي المطري .

هناك ثلاثة نماذج من العواصف المطرية النموذجية :

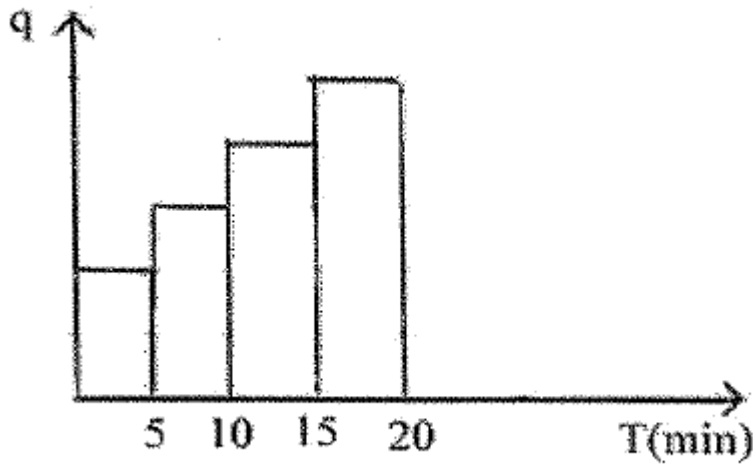
أ- عاصفة ذات ذروة بالمقدمة



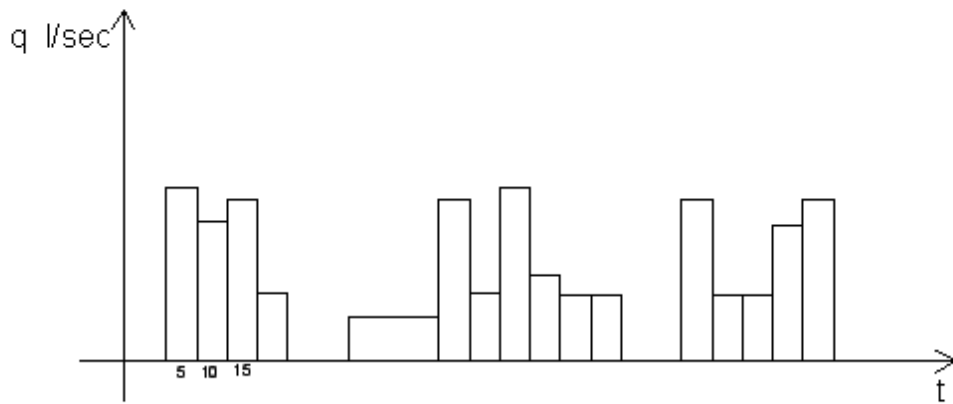
ب- عاصفة ذات ذروة بالوسط:



ج- عاصفة ذات ذروة بالنهاية .



اما السجل الرقمي المطري فهو تمثيل للعواصف المطرية خلال فترة زمنية تصل الى عشر سنوات وأكثر بفترة هطول 5 مقاديرها دقائق وحسب شدتها كما في الشكل التالي :



يتم تخزين هذا السجل بشكل رقمي في ملفات بحيث يحوي كل ملف المطرات خلال سنة وبحث تتلف كل جملة من الملف من 12 قراءة (أي 12 مطرة) اضافة لمعلومات عن المطرة مثل رقمها و تاريخها .

-المرحلة الثانية : هو حساب الجريان السطحي :

تقسم هذه المرحلة الى خطوتين :

- الخطوة الاولى : حساب العاصفة المطرية الفعالة :

حيث تحسم قيمة الضياعات والتي هي ضياعات التبخر - ضياعات التبلل - ضياعات التبرك (نتيجة عدم الاستوائية) ضياعات التسرب في ال المساحات غير الكتيمة .

-الخطوة الثانية : هي استنتاج منحني الجريان السطحي الناتج عن العاصفة المطرية الفعالة .هذا الامر يتم وفق نماذج هيدروليكية ونماذج هيدرولوجية (الخزان الواحد ، الخزانات الثلاث ..)

نتيجة عملية الحساب هذه نحصل على منحني الجريان السطحي والذي يمثل التغير الزمني لدخول المياه الى الشبكة .

ج- الحريان ضمن الشبكة :

يتم حساب الحريان ضمن الشبكة وفق نماذج هيدروديناميكية تنطلق من تقسيم الشبكة الى عقد وأضلاع

- العقد هي غرف التفتيش ، الاحواض المطرية . غرفتي هدار الفائض .

- الاضلاع هي الانابيب ذات البارامترات الهندسية المتساوية (فطر . ميل ، مادة البناء ..)

ملاحظة 1 : ان هذا المبدأ يسمح بإدخال المنشآت الملحقة بالحساب ، أي يبين العمل المشترك

للانابيب مع المنشآت الملحقة

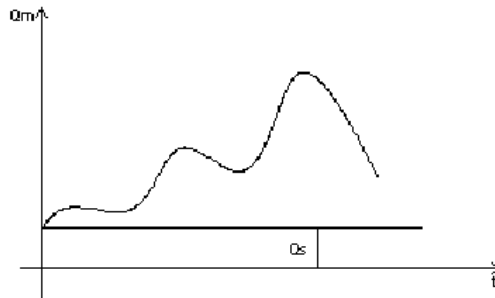
ملاحظة 2 : ان هذه النماذج تسمح بدراسة تأثير اجزاء الشبكة على بعضها البعض .

- تكتب معادلة توازن لكل عقد الشبكة ...وبالتالي نحصل على عدد معادلات يساوي عدد عقد الشبكة

- تحل هذه المعادلات بطريقة التقريب المتتالي .

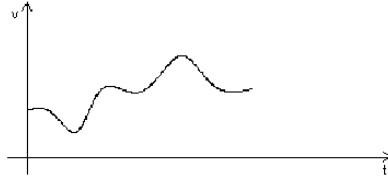
كنتيجة لعملية الحساب هذه نحصل على المنحنيات التالية :

- منحني تغير الغزارة في كل انبوب .



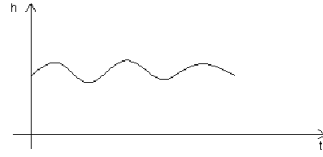
منحني تقسيم الغزارة مع الزمن في الاضلاع

- منحني تغير سرعة الجريان في كل انبوب .



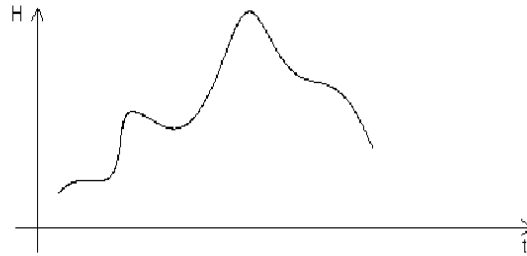
منحني تغير السرعة مع الزمن في الانبوب

- منحني تغير ارتفاع المياه في الانبوب



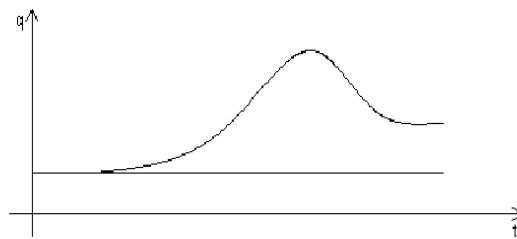
منحني تغير ارتفاع المياه مع الزمن في الانبوب

- منحني تغير منسوب المياه في كل عقدة .



منحني تغير منسوب المياه في العقدة مع الزمن

- منحني تغير غزارة الماء الفائضة فوق كما من الهدارات الفائضة ان وجدت .



منحني تغير الغزارة الفائضة مع الزمن في الانبوب

تقييم الاستطاعة الهيدروليكية للشبكة:

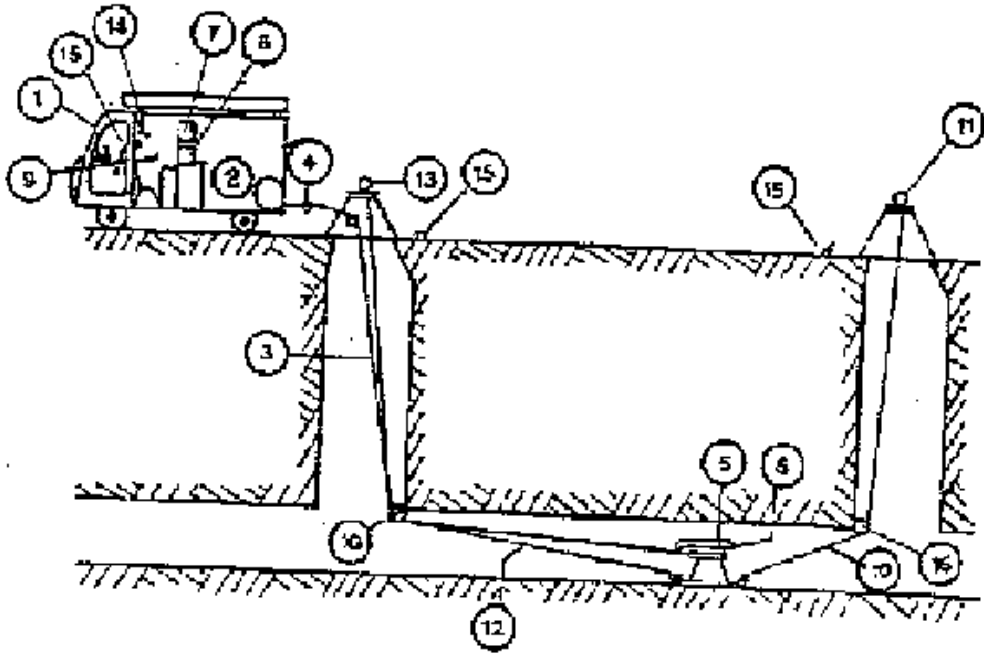
- يتم تحليل نتائج الحساب وإيجاد الاجزاء المحملة هيدروليكية بشكل زائد وفق لما يلي :
- دراسة السرعة في الأنابيب . فان زيادة السرعة عن القيمة المسموحة يتطلب معالجة
 - دراسة منسوب المياه في العقد . ان ارتفاع منسوب المياه في أي عقدة يتطلب دراسة سببه .
- يمكن تلخيص الإجراءات الممكنة لزيادة استطاعة الشبكة هيدروليكية بما يلي :

- ①- تبديل الأنابيب ذات التحميل الزائد بأنابيب ذات قطر أكبر.
 - ②- تمديد أنابيب إضافية.
 - ③- تغيير مسارات بعض الأنابيب دون تكبير أقطارها.
 - ④- تغيير نظام الصرف الصحي المتبع.
 - ⑤- بناء الأحواض المطرية (أحواض تهدئة والأحواض المزودة بهدار).
- إن اعتماد هذا الإجراء أو ذلك يتم تبعاً لمقارنات فنية واقتصادية وبيئية بين الحلول الممكنة.

كيفية تحديد الحالة البنائية لأنابيب شبكة الصرف الصحي

يتم تحديد حالة أنابيب شبكة الصرف بأكثر من أسلوب:

- **بالعين المجردة :** للقسطل كبيرة القطر والممكن الولوج (أو الدخول إليها) -وتسمى أنابيب قابلة للزيارة- حيث تتم تهوية الأنبوب المراد اختباره بشكل جيد قبل الزيارة وخصوصاً في حال احتمال وجود غازات خطرة أو ضاره وأحياناً يمكن اللجوء إلى التهوية الاصطناعية للأنبوب وتتم معاينة الأنابيب من قبل مهندسين ذو خبره وتدوين الملاحظات ومقارنتها مع المؤشرات المحددة لعلامة الحالة والمبينة بجدول وتم إعطاء علامة حالة للأنبوب الذي تمت زيارته.
- **الامواج فوق الصوتية :** تستخدم للأنابيب غير القابلة للزيارة وهو أسلوب حديث ومكلف ويقتصر استخدام هذه التقنية على حالات خاصة جداً.
- **الكاميرا التلفزيونية :** ايضاً تستخدم في حال الانابيب غير القابلة للزيارة وهي طريقة فشاعة الاستخدام ويوجد أنواع مختلفة منها تبعاً لشكلها ومساحة عدسة للكاميرا وأسلوب السحب والجر ومنها ما هو ذاتي الدفع وتوجه عن بعد كما تم تطوير كاميرات تختلف تبعاً للمقطع العرضي للأنبوب فهناك كاميرات للمقاطع الصغيرة من (100-300 mm) وكاميرات للمقاطع الكبيرة حتى (1.5 m).
- توضع الشاشة المرتبطة مع الكاميرا في غرفة مختبر فتقوم الكاميرا بإرسال صور تظهر على الشاشة أو يتم تسجيل شريط فيديو يتم تحليله لاحقاً ويتم تحليل هذه الصور لتحديد نوع الضرر وموقعه كما تفيد هذه الكاميرات في التحقق من نجاح عملية الإصلاح والتنفيذ الجيد لمختلف أنواع تحسين الحالة البنائية للأنبوب وفي عمليات الفحص الدوري لمختلف أجزاء الشبكة.
- وكما هو حال في حال الفحص العيني تكون نتيجة الفحص بالكاميرا التلفزيونية تحديد علامة الحالة للأنبوب المدروس. يبين الشكل التالي مكونات هذه التقنية:



تقنية الكاميرا التلفزيونية لاختبار الأنابيب غير القابلة للزيادة

- 1- حجرة السائق والفنيين 2- مجموعة توليد الكهرباء 3- كبل الكاميرا 4- عداد مسافة
- 5- كاميرا محمولة على زحافات أو عجلات 6- جهاز إضاءة 7- شاشة تلفزيون 8- مجموعة المراقب
- 9 - حجرة القيادة والتوجيه 10-كبل السحب 11 - ملفات السحب 12- كبل الإعادة 13- ملفات الإعادة 14- آلة تصوير فوتوغرافي 15- انترفون عدد 2 لا 16- مكبرات الإرسال

بنتيجة فحص الحالة البنائية يتم تحديد علامة للحالة البنائية وفق مؤشرات ثابتة ومحددة لكل علامة.

اجدول التالي يبين المقاييس والمؤشرات التي يتم اعتمادها لتحديد علامة " أو درجة الحالة "

، حيث تم اعتماد (11) مؤشر و (4) علامات للحالة هي (IV,III,II,I).

الدرجة IV	الدرجة III	الدرجة II	الدرجة I	علامة الحالة أو درجة الحالة المؤشر
شقوق بعرض < 10mm عرضية أو طولية مستمرة لمسافة أكبر من 50% من طول الوصلة	عرض الشقوق يتراوح بين 5mm-15mm ولحوالي 50% من طول الوصلة	عرض الشقوق حتى 5mm ولحوالي 25% من طول الوصلة	لا يوجد	1. تشققات بسبب حمولات الحركة الناتجة عن حركة العربات والاهتزازات

لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	تشققات حرارية في الأنابيب الخزفية أو تشققات ناتجة عن انكماش البيتون بمقدار 5% من طول الوصلة	2. تشققات بسبب سوء تصنيع الأنبوب
تتأثر أجزاء كثيرة من جدار الأنبوب مع ظهور كسور متفرقة وتكشف التسليح وصدأه وفي حالة المجمعات المصنعة بالمكان تتأثر حتى $\frac{1}{3}$ سماكة الجدار	تتأثر أجزاء متعددة بعمق أكبر من 5mm وبشكل موزع على كامل طول الوصلة دون ظهور كسور في الأنابيب	تتأثر بعض الأجزاء حتى عمق (5mm)	لا يوجد	3. خدوش في جدار الأنبوب ناتجة عن تناثر القطع الصغيرة بسبب نقص في سماكة جدار الأنبوب
ظهور أضرار واضحة على أكثر من 50% من طول الوصلة وغياب بعض عناصر المجمعات المصنعة بالمكان	ظهور أضرار واضحة في أماكن متفرقة مثل صدأ التسليح وظهور بعض أجزائه	تآكل حتى عمق 5mm ولمساحة محدودة	لا يوجد	4. صدأ جدار الأنبوب
أضرار واضحة بسبب التآكل البيولوجي	وجود صدأ بيولوجي طفيف بأجزاء محدودة من الأنبوب	لا يوجد	لا يوجد	5. التآكل البيولوجي للأنبوب
عدم كتامة الوصلات بين الأنابيب ، تآكل مادة الفواصل بين مداميك المجمعات المصنعة من الحجارة أو غيرها	كتامة جزئية للوصلات بين الأنابيب	يسمح بأن يكون $\leq 25\%$ من وصلات الأنابيب غير كتيمة	كتامة تامة	6. كثافة الوصلات بين الأنابيب المسبقة الصنع أو كتامة الفواصل بين القطع المشكلة للأنابيب المصنعة بالمكان
انحراف حتى أكثر من 50% من قطر الأنبوب وظهور عدم كتامة بين الوصلات وشقوق عرضية	يسمح بانحراف أفقي < (30-50) % من قطر الأنبوب	يسمح بانحراف حتى 30% من قطر الأنبوب وظهور شقوق عرضية طفيفة وعدم كتامة بسيطة بسبب سوء ردم الأنابيب	يسمح بانحراف حتى 10% من قطر الأنبوب إذا كان هذا لا يؤدي إلى نشوء شقوق عرضية ووصلات كتيمة	7. الانحراف الأفقي لمسار الأنبوب
انحراف أكبر من 20% من	يسمح بانحراف شاقولي	يسمح بانحراف	غير مسموح	8

قطر الأنبوب	حتى 20% من قطر الأنبوب	شاقولي حتى 10% من قطر الأنبوب		8. الانحراف الشاقولي بسبب هبوط بعض الأنابيب
تشوه أكبر من 10% من قطر الأنبوب	يسمح حتى 10% من قطر الأنبوب	يسمح بتشوه 5% من قطر الأنبوب وبشكل أعظمي بـ (5 مواضع) من الوصلة	غير مسموح	9. تشوه مقطع الأنبوب بسبب الحمولات مع ظهور تشققات في رأس وذيل ومنتصف الأنبوب

ظهور كسور وانهيئات الأنابيب والمجمعات المصنعة بالمكان	يسمح بوجود بعض الانهيئات الطرفية	غير مسموح	غير مسموح	10. كسور في الأنابيب بسبب حمولات مركزة أو تلف في جدار الأنبوب
بروز أكبر من 20% من قطر الأنبوب في حوالي أكثر من 50% من مجموع الوصلات بين غرفتي تفتيش	وصل كتيم حتى الوجه الداخلي للأنابيب مع ظهور بروزات بين (10-20)% من قطر الأنابيب ولأكثر من 50% من مجموع الوصلات بين غرفتي التفتيش	يسمح ببروز حتى 10% من قطر الأنبوب ولأقل من 50% من مجموع الوصلات بين غرفتي تفتيش وباقي الوصلات حتى الوجه الداخلي للأنبوب وبشكل كتيم	يسمح ببروز أعظمي حتى 5% من قطر الأنبوب ولأقل من 20% من مجموع الوصلات بين غرفتي التفتيش	11. حالة منطقة الوصل بين الوصلات المنزلية والبلاليع المطرية مع الشبكة

بنتيجة عملية الفحص هذه يتم تحديد علامة الحالة البنائية لكل قسطل من قساطل الشبكة تدون مع نتائج التحليل الهيدروليكي كما هو في الجدول التالي .

القرار	الاستطاعة الهيدروليكية	علامة الحالة البنائية
متابعة استمرار الشبكة دون القيام بأي إجراء	كافية	I
تحسين موضعي أو كامل لجزء الشبكة السيئ بنائياً	كافية	II
تحسين موضعي أو كامل لجزء الشبكة المتضرر بالإضافة إلى إجراءات زيادة الاستطاعة مثل الأحواض المطرية ، تمديد أنابيب إضافية...الخ	غير كافية	II
القيام بإجراءات تحسين الحالة البنائية	كافية	III

القيام بإجراءات تحسين الحالة البنائية وزيادة الاستطاعة (مثل تبديل الأنبوب أو أي إجراء آخر يتم إقراره بالمقارنة الاقتصادية والفنية والبيئية .	غير كافية	III
مقارنة احتمالات ممكنة لتحسين الحالة البنائية أو تبديل الأنبوب	كافية	IV
تبديل الأنابيب وتخطيط شبكة جديدة	غير كافية	IV

قبل التعرض لبعض التقنيات الحديثة المستخدمة في تحسين الحالة البنائية لأنابيب شبكة الصرف الصحي سيتم شرح أسباب اهتراء شبكة الصرف والطرائق المعتمدة في تحديد الحالة البنائية .

تآكل واهتراء شبكة الصرف الصحي

تختلف مقاومة أنابيب شبكة الصرف الصحي للاهتراء والتآكل حسب مادة الأنابيب وتعتبر الأنابيب المصنعة من الفخار المرجج والمواد البلاستيكية من أشد المواد مقاومة للاهتراء والتآكل وأقلها مقاومة هي الأنابيب البيتونية العادية أو المسلحة و الاسبستوس . وتعود أسباب تآكل هذه الأنابيب إلى عدة عوامل :

■ المياه الجوفية.

■ المواد المحمولة مع مياه الصرف.

1- المياه الجوفية :

يمكن للمياه الجوفية المتواجدة في الطبقات المحيطة بالشبكة أن تحتوي على مواد كيميائية مضرّة بالأنابيب البيتونية والمنشآت البيتونية الملحقة بالشبكة وأهم هذه المواد الضارة هي : الكربونات والكبريتات

1-1 الكربونات : تتواجد الكربونات في المياه على شكلين:

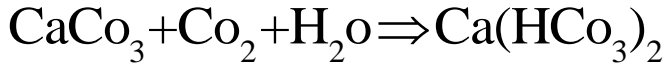
كربونات مرتبطة مثل: . CaCO_3 صعب الانحلال .

. $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ بيكربونات الكالسيوم سهل الانحلال .

كربونات حرة على شكل CO_2 .

إن المياه الحاوية على الكربونات تكون بشكل عام في حالة توازن ، حيث أن نصف الكربونات تكون متواجدة في $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ سهل الانحلال والنصف الآخر موزع بين (CaCO_3) صعب الانحلال و CO_2 الحر .

إن زيادة كمية الـ CO_2 الحر في المياه يخل بالتوازن الموجود حيث تزداد كمية الفائض الحر ويتفاعل هذا الجزء الفائض مع كربونات الكالسيوم لمادة البيتون أو الاسبستس الإسمنتي كما في المعادلة التالية :



وبالتالي تتحول مادة كربونات الكالسيوم CaCO_3 صعبة الانحلال الداخلة في تركيب مادة الأنبوب إلى $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ القابلة للانحلال مما يؤدي إلى خلخلة الجزء البيتوني وتخفيض متانة وتماسك بنيته.

إن الأثر السيئ والضار لـ CO_2 الحر على البيتون يزداد في حالة :

. التركيب الحبي السيئ للبيتون .

. الرص السيئ .

. الاختيار السيئ للاسمنت .

إن زيادة تركيز الـ CO_2 الحر والمخرش عن 20mg/l يستدعي القيام بإجراءات وقائية.

يصنف الكود الألماني المياه حسب تركيز الـ CO_2 الحر إلى :

$\text{CO}_2 \leq 10\text{mg/l}$ ضار بالبيتون بشكل خفيف

$\text{CO}_2 = 10-40\text{mg/l}$ ضار بالبيتون بشكل قوي

$\text{CO}_2 \geq 40\text{mg/l}$ ضار جداً بالبيتون.

1-2 الكبريتات :

يقصد بها كل أملاح حمض الكبريت ومن أهمها كبريتات الكالسيوم CaSO_4 الموجودة في المياه الجوفية وتعتبر الكبريتات من أكثر المركبات الكيميائية ضرراً بالمنشآت البيتونية حيث تعرّض الجزء الملامس لإنقاص صلابته.

يضيف الكود الألماني المياه الجوفية الحاوية على الكبريتات بحسب تركيزها وتأثيرها كما يلي:

$\text{SO}_4 \leq 800\text{mg/l}$ ضارة بالبيتون بشكل خفيف.

$\text{SO}_4 = 800-1500\text{mg/l}$ ضارة بالبيتون بشكل قوي.

$\text{SO}_4 \geq 1500\text{mg/l}$ ضار جداً بالبيتون.

إن تأثير الكبريتات على الأنابيب البيتونية يتعلق بشكل رئيسي بطبيعة وتركيب البيتون ودرجة تركيزها. تتواجد المياه الجوفية الحاوية على الكبريتات بشكل رئيسي في الترب الكلسية الكبريتية وفي الترب القريبة من مكبات القمامة المنزلية وبعض أنواع القمامة الصناعية.

2. المواد الضارة الموجودة في مياه الصرف الصحي :

من المعروف إن الكودات العالمية حدّدت قيم عظمى مسموحة لنسب المواد المختلفة المراد صرفها إلى الشبكة وخاصة المياه الصناعية مما يساعد في حماية الشبكة التي تنقل المياه وبطيل من عمرها التصميمي إلا أنه يتم أحياناً تجاوز هذه النسب وعدم التقيد بها مما ينعكس على مادة الأنبوب

إن شدة تأثير هذه المواد يتبع درجة تركيزها في المياه ودرجة حرارة المياه وسرعتها.

من أهم المواد الضارة بمادة الأنبوب :

◆ الحموض اللاعضوية :مثل حمض الكبريت و أملاحه .

◆ الحموض العضوية : مثل حمض الحليب .

◆ الزيوت و الشحوم النباتية و الحيوانية نتيجة احتوائها على حمض الدسم تؤثر بشكل خفيف على مادة الأنبوب .

2-1 الحموض :

إن لكل أنواع الحموض عند تركيز معين أثر مخرش و ضار و تؤثر بشكل رئيسي على الأنابيب ابيتونية و المنشآت البيتونية الملحقة بالشبكة ، كما تؤثر أيضاً على مادة الأسبستوس ، في حين تعتبر المواد البلاستيكية مقاومة لتأثير الحموض و يكمن الأثر الضار لهذه الحموض على البيتون والأسبستوس بانتزاعها الكالسيوم والألمنيوم وسيليكات الحديد من مادة الأنبوب وهذا يؤدي إلى خلخلة هيكل الأنبوب حتى انهياره .

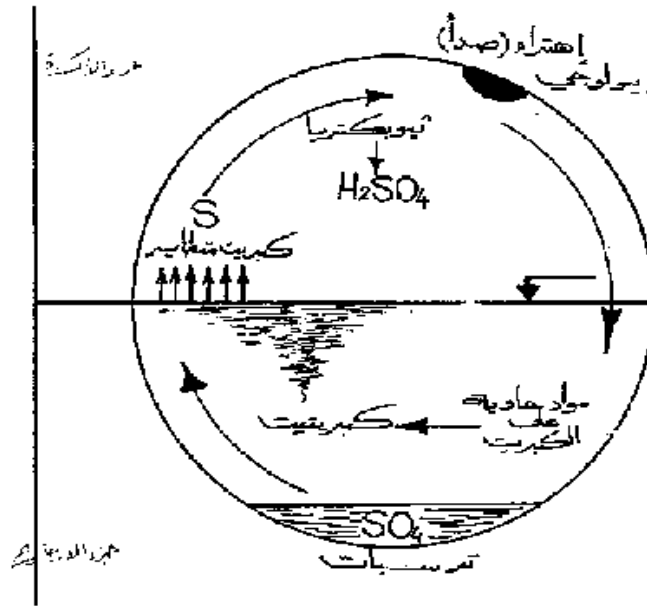
إن شدة تأثير هذه الحموض تزداد مع ازدياد درجة الحرارة (لأن هذا مرتبط بدرجة الـ pH والتي تتغير مع تغير درجة الحرارة بشكل ملموس) فارتفاع درجة الحرارة من (20) درجة إلى (30) درجة يضاعف من الأضرار الناتجة عن المياه الحاوية على تراكيز عالية من الحموض

2-2 كبريت الهيدروجين : H_2S : ينشأ هذا الغاز عن التفاعلات اللاهوائية للمواد العضوية الحاوية على الكبريت (مثل البروتينات) بواسطة البكتريا اللاهوائية وبالتالي فإن وجود ترسبات في شبكة الصرف وارتفاع درجة حرارة مياه الصرف عن 30 م يسرع ويزيد من تركيز هذا الغاز في أنابيب الشبكة ومن هنا تظهر أهمية الصيانة الدورية لشبكة الصرف الصحي في الحد من تشكل هذا الغاز ذو الرائحة المزعجة، كما أنه يسبب إلى عملية المعالجة ومن العوامل التي تزيد من نسبة هذا الغاز أيضاً هو وجود مياه صناعية حاوية على الكبريت في الشبكة. من خواص هذا الغاز أيضاً أنه سام وقابل للاحتراق ويعد من أخطر الغازات الناتجة عن شبكة الصرف الصحي ، الجدول التالي يعطي التأثير الفيزيولوجي له على الإنسان وذلك حسب تأثيره:

تركيز الغاز (هواء) mg/m	0.01	1	35	100	300	800
التأثير الفيزيولوجي على الإنسان	وجود بعض الرائحة	رائحة واضحة	رائحة مزعجة	تخرش بسيط	شعور بالاقياء	فقدان الوعي، وفاة في حال التعرض له لمدة أكثر من ساعة

التأثير الفيزيولوجي لغاز H_2S على الإنسان

بالإضافة إلى ما سبق يسبب هذا الغاز **ظاهرة " التآكل البيولوجي "** والتي تعرف بأنها اهتراء مادة الأنبوب البيتوني الممتلئ جزئياً في الجزء العلوي منه وذلك نتيجة تشكل حمض الكبريت بفعل البكتيريا اللاهوائية من هذا الغاز. الشكل التالي يوضح دورة الكبريت في الأنابيب الممتلئة جزئياً حيث يتم في القسم السفلي تحلل البروتينات إلى حمض أمينية تتفكك بدورها إلى كبريت و H_2S حيث يتأكسد الكبريت الحر في القسم العلوي بيولوجياً بواسطة أنواع من البكتيريا تسمى (الثيو بكتريا) مشكلة حمض الكبريت المخرش لمادة الأنبوب. إن شدة وسرعة التآكل البيولوجي يتعلق بتركيز هذا الغاز المرتبطة بوجود مواد عضوية حاوية عليه.



دورة الكبريت في أنبوب صرف صحي ممتلئ جزئياً وتشكل ظاهرة التآكل البيولوجي

تقنيات تحسين الحالة البنائية لأنابيب شبكة الصرف الصحي:

هناك تقنيات مختلفة لتحسين الحالة البنائية نذكر أهمها :

أ- تقنية التكسية الداخلية ومنها : التكسية باستخدام القوة النابذة أو القميص الداخلي.

ب- تقنية التغميد

ت- تقنية الحقن

ث- تقنية رش البيتون والمونة الإسمنتية

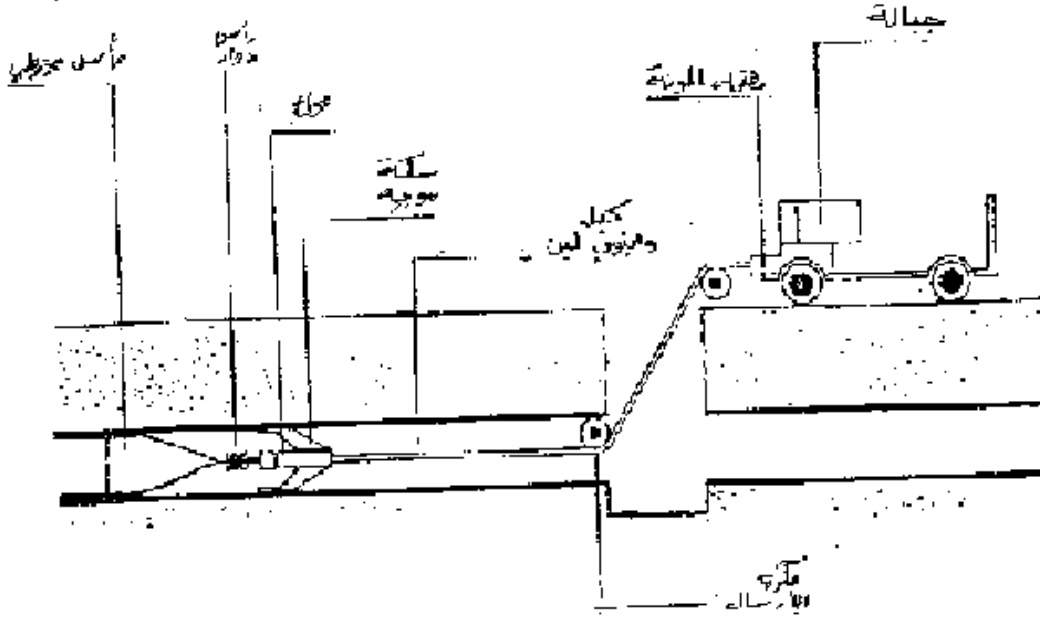
ج- تقنية استخدام العناصر المسبقة الصنع

أ. تقنية التكسية الداخلية:

1- استخدام مبدأ القوة النابذة : تتلخص هذه الطريقة برش المونة الإسمنتية مركزياً باتجاه الوجه الداخلي من

الأنبوب شكل "1"

بعد تنظيف الأنبوب تدخل الآلة إليه وهي مزودة برأس قاذف للمونة الإسمنتية ذو حركة دورانية مركزية يتصل بمضخة مركبة على جباله، يتم تغيير غزارة المضخة تبعاً لقطر الأنبوب ومساحة المقطع الداخلي للأنبوب المعالج.

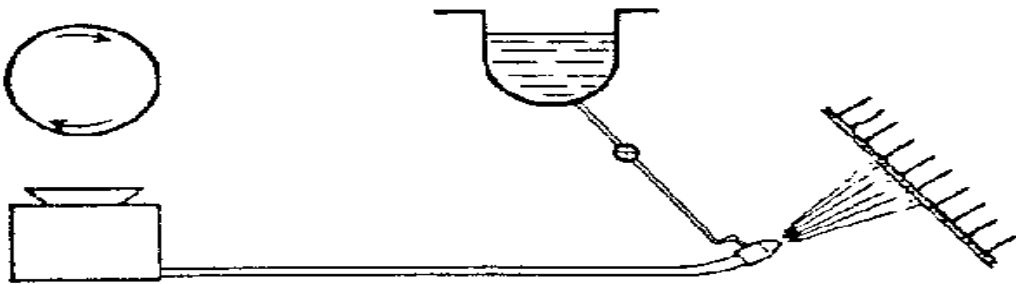


شكل (1): مخطط مبسط لتقنية التغطية الداخلية باستخدام القوة النابذة

في المجمعات البيتونية الدائرية أو البيضوية المقطع العرضي المصبوبة بالمكان أو المبينة بالمكان البلوك أو الآجر الخاص بشبكات الصرف القابلة للزيارة أي التي يزيد ارتفاعها عن (1.4) متر وعرضها عن (0.9) متر تستخدم هذه التقنية بأسلوبين :

♦ الأسلوب الجاف : حيث تتم إضافة المياه وكما هو مبين في الشكل "2" قبل خروج المزيج الجاف من القاذف ، أي يتم مزج وخط المركبات اللازمة وهي جافة (دون إضافة مياه)

♦ الأسلوب الرطب : يتم مزج المياه مع الاسمنت وباقي الإضافات في حالة الضرورة بخزان واحد كما يبين الشكل "3"



شكل (2): رسم توضيحي لتقنية رش المونة الإسمنتية بالأسلوب الجاف



شكل (3): رسم توضيحي لتقنية رش المونة الإسمنتية بالأسلوب الرطب

في كل التقنيات المستخدمة في إعادة تأهيل الأنابيب يتم تحويل الجريان عن الوصلة المراد معالجتها بهذا الأسلوب وتنظيفها بشكل دقيق من الداخل إما بواسطة المياه تحت ضغط عال أو بالحك أو الكشط للعوالق على السطح الداخلي. قد يكون من الضروري لتهوية الوصلة بشكل اصطناعي حرصاً على صحة القائمين بالعمل. تتم مراقبة جودة العمل بالقيام باختبارات فيزيائية وكيميائية للمواد المكونة للخلطة ومراقبة الوصلة بعد الانتهاء من عملية الرش وذلك باختبار درجة التصاق هذه المواد وحالة السطح الداخلي الجديد.

أ.2 استخدام القميص الداخلي:

تستخدم هذه التقنية لشبكات الصرف الصحي المنزلية والمطرية والمشاركة وللمقاطع الصغيرة والكبيرة وللمقاطع الدائرية والبيضوية وللأنابيب البيتونية والخزفية وغيرها تستخدم هذه التقنية إما لتحسين حالة أنابيب قديمة أو كحماية للتآكل الذي قد يحصل للأنابيب.

وقبل القيام بالعمل يتم تجهيز الأنبوب المعالج وذلك بتحويل الجريان عنه وتنظيفه بشكل متقن باستخدام الشطف بالضغط العالي وإزالة العوالق على جدار الأنبوب ومنع أي تسرب للمياه إلى الأنبوب.

تتألف هذه التقنية من:

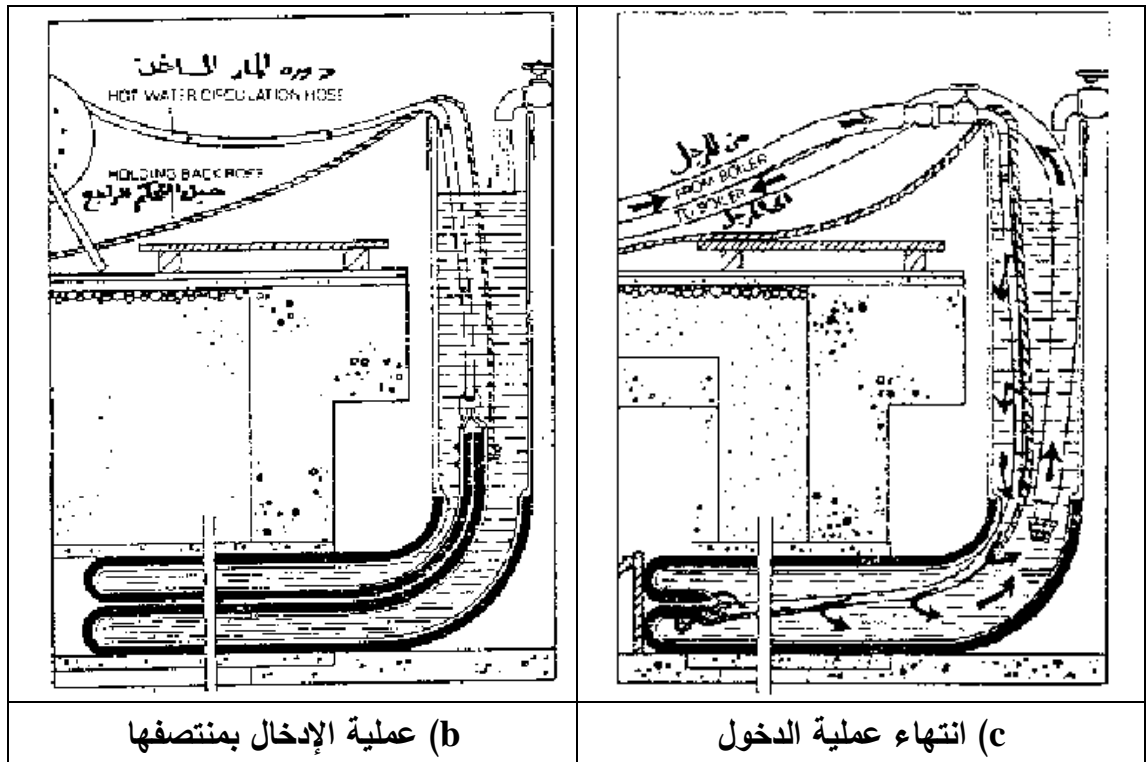
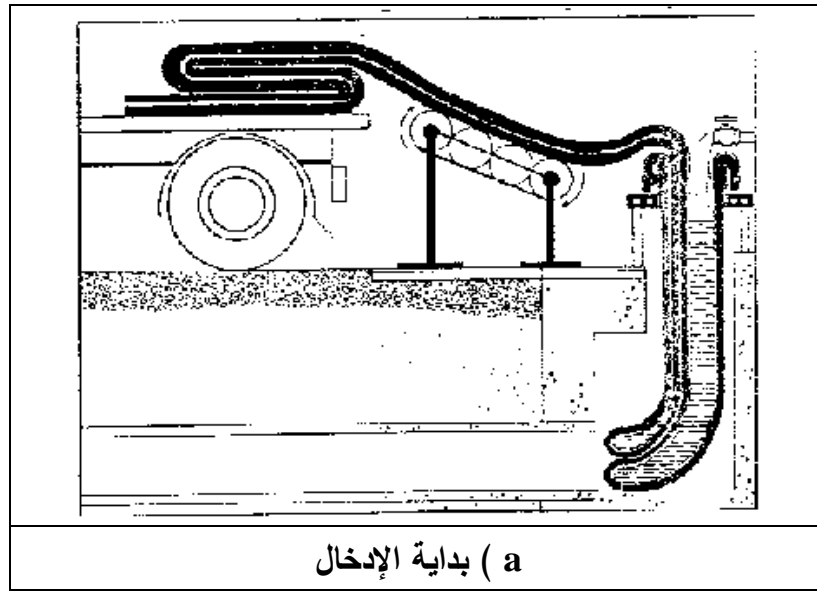
. مادة صمغية : مثل البوليستر أو الايبوكسي أو الفيتيل استر

. مادة مدعمة للصمغ: ألياف زجاجية - بوليستر نسيجي

. القميص: ويكون غالباً من البولي إيثيلين عالي الكثافة PE HD .

تتلخص مراحل هذه التقنية بتحضير القميص وإشباعه بالمادة الصمغية وبإدخال القميص إما بالسحب أو بالإيلاج العكسي والذي تظهر مراحله في الشكل "2" ، وبعدما تتم عملية تسريع عملية تجفيف المادة الصمغية وذلك باستخدام المياه الساخنة (كما يبدو من الشكل المذكور) لدرجة حرارة 60C درجة ولعدة ساعات ، كما يمكن استخدام أساليب أخرى لتجفيف المادة الصمغية كالتسخين الكهربائي وغيره وبعدها تزال السدات المانعة لمرور المياه إلى الأنبوب المعالج ويسمح بمرور المياه في الأنبوب بعد أن يكون قد زوّد بالقميص المطلوب.

يمكن بعد الانتهاء من التنفيذ إرسال كاميرا تلفزيونية للتأكد من دقة وجودة التنفيذ.



شكل (4): مراحل عملية الإدخال العكسي للقميص الداخلي (الإيلاج) إلى أنبوب يراد معالجته

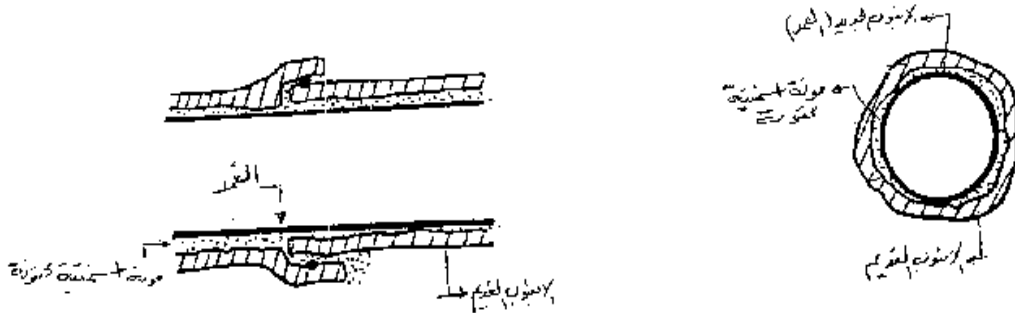
إن حدود استخدام هذه التقنية تتعلق بدرجة حالة الأنبوب (فلا يمكن استخدامها لأنابيب بدرجة حالة IV) وبدرجة ثبات الجوار المحيط بالأنبوب كما أن القطر الأعظمي للأنابيب الممكن تحسينها بهذه التقنية 2400mm تمتاز هذه التقنية بأن مقاومة البولي إيثيلين أعلى على الأقل بخمسة أضعاف من مقاومة لامياننت الإسمنتي ومقاوم للحرارة بشكل جيد كما دلت الخبرة أنه يمكن استخدام هذه التقنية في أكواع حتى (120°)

ب- تقنية التغميد : تختلف هذه التقنية عن سابقتها بحقن الفراغ بين الغمد وهو الأنبوب الجديد والأنبوب القديم المراد معالجته.

تستخدم هذه التقنية أنابيب P.V.C وأنابيب البولي إيثيلين ، يستخدم هذا الأسلوب لكافة المقاطع والأقطار التي تتراوح (100-3000) ملم ولأنابيب منزلية أو مطرية أو مشتركة وامواد أنابيب المختلفة (بيتون ، خرف،...) واشكال مختلفة من المقاطع (الدائرية، البيضوية...القموية...)

إن الاعمال التحضيرية الضرورية للقيام بعملية التغميد تتلخص بتحويل الجريان وتنظيف الانبوب المراد معالجته بشكل جيد، وتبعا لطول الغمد المراد ادخاله.

اما أن تحفر حفرة لتسهيل عملية ادخال الانبوب (في حالة الانابيب الطويلة) أو يستغنى عنها في حالة الانابيب القصيرة./شكل رقم 5 /



شكل (5): تقنية التغميد

هناك عدة أساليب لإدخال الأنبوب الجديد بالأنبوب القديم منها طريقة السحب تستخدم هذه الطريقة للأنابيب الطويلة حيث يستخدم جهاز خاص لسحب الأنبوب الذي يدخل من أول الأنبوب المراد تغميده ويربط مع كبل يمر على بكرة مركبة في نهاية الأنبوب المعالج ومتصل مع جهاز السحب المركب ضمن عربة خاصة هذه التقنية.

في حال ضرورة وصل أكثر من أنبوب مع بعضهم البعض فيتم إما بالورشة أو في العمل باستخدام طريقة " الوصل الحراري " وذلك بتسخين وتطرية الأطراف المراد وصلها ودمجها مع بعضها بشكل جيد ومحكم. وبعد الانتهاء من عملية الإدخال يجب حقن الفراغ بين الأنبوب القديم والجديد بمونة إسمنتية كما يظهر الشكل "5"

ج-تقنية الحقن :

تستخدم هذه التقنية لمعالجة الأضرار الموضعية في الشبكة . إن نوع مادة الحقن تتبع مادة الأنبوب وطبيعة الضرر المتشكل ومن هذه المواد نذكر:

. مواد هلامية (البولي إيثيلين ، الاكريليك)

. مواد رغوية

. مواد صمغية ذات تصلب حراري

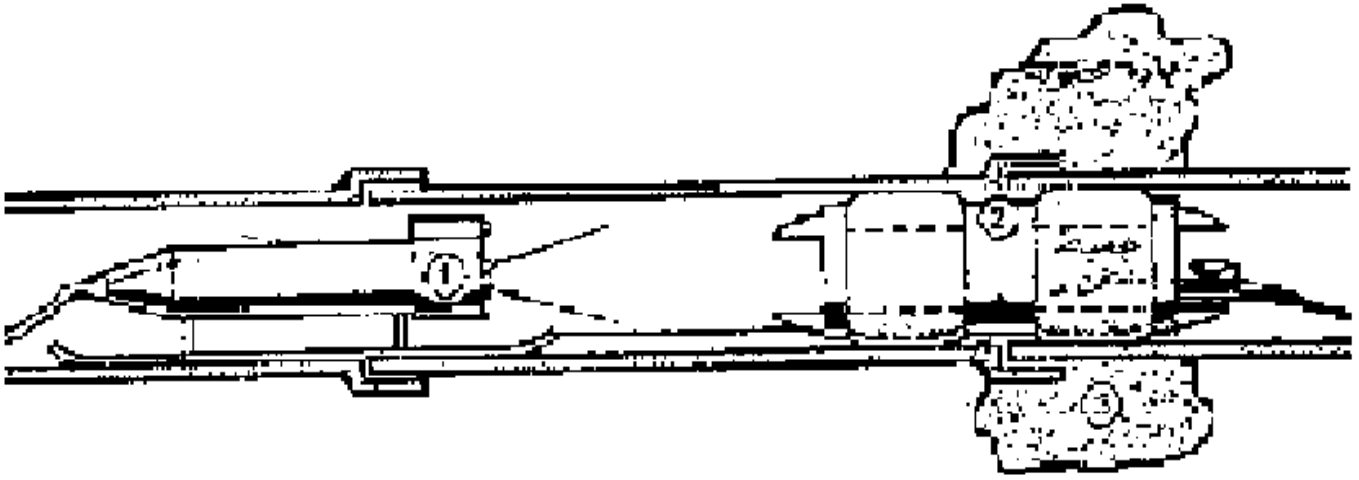
. المونة الإسمنتية

إن هذه التقنية قابلة للاستخدام للشبكات المنزلية والمطرية والمشاركة ولمختلف مواد الأنابيب وللمقاطع الدائرية بشكل أساسي غير القابلة للزيارة. (حيث تستخدم جعبة الحقن القابلة للنفخ) ولكافة أشكال المقاطع العرضية للأنابيب القابلة للزيارة (حيث تستخدم إبرة الحقن بالإضافة إلى جعبة الحقن).

الشكل "6" يبين كيفية إصلاح أنبوب دائري المقطع غير قابل للزيارة حيث يتم تحديد موقع الضرر بواسطة الكاميرا التلفزيونية ووضع الجعبة في هذا الموقع ونفخ الجعبة من الطرفين الأيمن والأيسر بحيث يقع الموقع المتضرر ضمن حجرة الحقن كما يظهر بالشكل السابق.

بعد تكاثف المادة المحقونة أو تجمدها نقوم بمراقبة واختبار الموقع المعالج حيث تتم إعادة عملية الحقن عند الحاجة وإلا يتم إفراغ من الهواء والانتقال إلى موقع آخر.

في حال الضرورة وفي حالة المقاطع القابلة للزيارة تنفذ المراحل نفسها في حال استخدام الحقن وفي حال استخدام إبرة الحقن تتلخص المراحل بوضع الإبرة في موقع الضرر وحقن المادة المناسبة.



(3) مادة محقونة

(2) حجرة الحقن

(1) كاميرا فيديو

شكل (6): تقنية الحقن باستخدام جعبة الحقن

من الصعوبات التي ترافق عملية الحقن هو قرب المنطقة المراد حقنها من غرفة تفتيش أو أية منشأة أخرى، ووجود مياه جوفية وضرورة القيام بتهوية الأنابيب القابلة للزيارة عند تنفيذ عملية الحقن لمنع تضرر القائمين بالعمل.

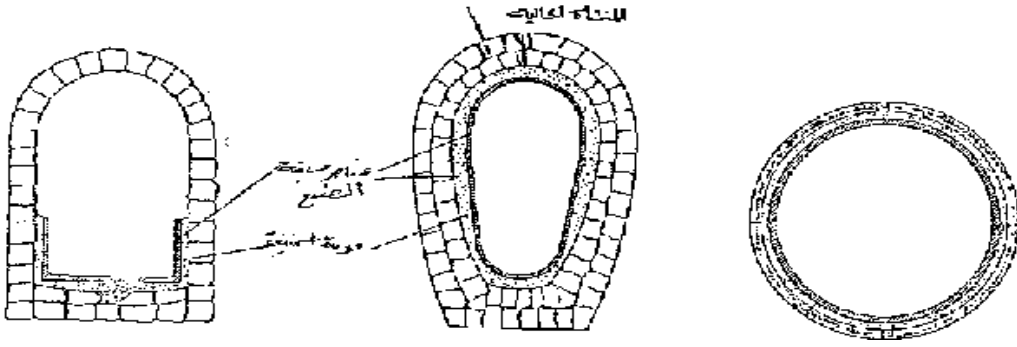
في حالة الأضرار الموضوعية الكبيرة نسبياً يتم تكرار عملية الحقن لأكثر من مرة وتستخدم مواد حقن ذات تصلب سريع جداً بين (10-20) ثانية .

لقد شاع استخدام هذه التقنية في الآونة الأخيرة في معالجة وصلات بين الأنابيب والتي تعاني من مشاكل تسرب ورشح للمياه منها ، علماً أن هذا لا يمنع من استخدامها لمعالجة الأضرار الموضوعية في الشبكة في حال وجودها.

د. تقنية استخدام العناصر المسبقة الصنع:

تستخدم هذه التقنية للأنابيب القابلة للزيارة (ارتفاعها $1.0 \leq$ م عرضها 0.8 م أو بقطر $1.0 \leq$ م) الببتونية أو المصنعة من الأسبستوس ، أو مبينة من الحجارة أو الآجر الخاص والتي تنقل مياه منزلية أو مطرية أو مشتركة.

من المواد المستخدمة كعناصر مسبقة الصنع المواد البلاستيكية P.V.C أو الـ (PE) عالي المقاومة أو المواد المعدنية (فونت ، فولاذ....)



شكل (7): تقنية استخدام العناصر مسبقة الصنع

يتم إدخال العنصر المسبق الصنع إلى الجزء المراد ترميمه ضمن الأنبوب وتثبيتته بشكل جيد مع المحافظة على شكل المقطع العرضي للأنبوب وبعدها يملأ الفراغ بين العنصر وبين جدار الأنبوب القديم بمواد مناسبة (مونة إسمنتية أو غيرها) .

يمكن أن يتألف العنصر المسبق الصنع من جزء أو عدة أجزاء يتم تجميعها ضمن الأنبوب وفي المكان المراد تثبيتها فيه.

إن هذه التقنية تؤدي إلى تصغير مساحة المقطع العرضي للقناة أو الأنبوب المعالج ولكن ليس من الضروري أن يؤدي ذلك إلى خفض الغزارة الممكن مرورها فيه وهذا ناتج عن انخفاض قيمة (K) الخشونة.