الفصل الرابع
اختبارات الجودة للأنابيب الخاصة بشبكات المياه والصرف الصحي

4-1 مقدمة:

تصنع الأنابيب التي تستخدم في نقل المياه سواءً للشرب أو تلك المستخدمة في الصرف الصحي بحيث تتوافر بها الشروط الآتية:

1 – الصلابة وقوة التحمل.

2 – طول العمر الافتراضي وزمن الاستخدام.

3 – سهولة التركيب والفك (لتسهيل أعمال الصيانة).

4 – المقاومة لعوامل البيئة المستخدمة بها.

5 – مطابقتها للاشتراطات الصحية الخاصة بمياه الشرب (في حال أنابيب الشرب).

6 – الاقتصاد في التكاليف.

ويشتمل السوق السوري على أنواع عديدة من الأنابيب المستخدمة في أغراض امداد مياه الشرب والصرف الصحي وهي على النحو الآتي:

1 – أنابيب معدنية (فونت – صلب – نحاس – فولاذ).

2 – أنابيب الخرسانة العادية والمسلحة ومسبقة الاجهاد.

3 – أنابيب الأسبستوس.

4 – وحديثاً الأنابيب المصنعة من المواد البوليمرية (بى. فى. سى – بولى بروبلين – بولى إثيلين– بولى استر مسلحة بالألياف الزجاجية).

بالنظر إلى الأنواع السالف ذكرها من الأنابيب فإنه يمكن التنبؤ بخواص تلك الأنابيب كل نوع على حده وعليه اختيار ما يناسبها من مواد عزل لتتناسب ونوع الأنابيب وكذلك ظروف التشغيل.

4-2 الأنابيب المستخدمة لنقل مياه الشرب:

تكون الأنابيب وقطع تركيبها متوافقة بعضها مع بعضها الآخر، صممت وأنتجت للغرض المستخدمة له من حيث طبيعة السائل الذي سوف تنقله والضغط ودرجة الحرارة.

توصل الأنابيب بمواد ذات تركيب ومقاس مناسب لا يسبب أي تلف للأنابيب، وتكون ملائمة للاستعمال في ظروف الضغط التصميمي لشبكة الأنابيب.

يجب ألا تؤدي الأنابيب وقطع التركيب ووصلاتها، والملامسة بصفة دائمة أو مؤقتة مع الماء المستخدم للاستهلاك البشري، إلى تغير في نوعية الماء إلى الدرجة التي تجعله غير متطابق و متطلبات الهيئة العامة للمياه.

لا يسمح أن توضع الأنابيب وقطع التركيب ووسائل تخزين الماء في مكان واحد مغلق مع قطران الفحم الحجري أو مع أية مواد تحتوي على هذا القطران.

- هي خطوط تستخدم لنقل المياه تحت تأثير قوة الضخ ولذلك تصمم لتتحمل الضغوط الناتجة من هذه القوة والاسم العلمي لها هو خطوط الضغط **(Pressure Lines)**.
- تقاس القوة المتولدة داخل الأنابيب بوحدة الضغط الجوي ويسمى الضغط المطلوب بضغط التشغيل فنقول مثلاً ان هذا الخط يعمل تحت ضغط تشغيل = 10 ضغط جوى.

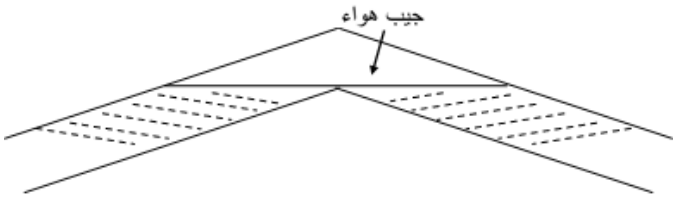
أي أن المضخات تدفع المياه داخل الخط بقوة ضغط = 10 ضغط جوى.

ووحدة الضغط الجوي = ١ كغ/سم^2 = ≅عمود ماء ارتفاعه 10م.

ويتم تحديد ضغط التشغيل اللازم طبقا للآتي:

1- الارتفاع المطلوب نقل المياه إليه.
2- ضياع الضغط نتيجة الافرع الثانوية على الخط الرئيس.
3- ضياع الضغط نتيجة احتكاك الماء مع جسم الأنبوب على طول الخط.
4- ضياع الضغط نتيجة القطع المخصوصة الموجودة بمسار الخط.
5- ضياع الضغط نتيجة المحابس والصمامات بمسار الخط.
6- قيمة الضغط المطلوبة عند نهاية الخط.

- بقسمة (الارتفاع /10) واضافة العوامل الاخرى نحصل على قيمة تقريبية لضغط التشغيل المطلوب للخط.
- لا تنفذ خطوط الطرد أفقياً وذلك لتفادى حدوث الجيوب الهوائية ولكن تنفذ طبقاً للشكل(4-1).



الشكل (4-1)

يوضع صمام هواء في النقاط العالية وصمام غسيل في النقاط المنخفضة كما في الشكل (4-2)

الشكل (4-2)

- يمكن تنفيذ الأقطار الصغيرة حتى قطر 200مم أفقياً إذ إن الجيوب الهوائية تكون صغيره الحجم ولا تؤثر تأثيراً كبيراً في الخطوط ولكن يفضل ان تنفذ بالميول حتى نتفادى أي تأثير للجيوب الهوائية حتى ولو كان صغيراً. وايضا لتفادى الهبوط غير المنتظم للتربة أسفل الأنابيب واخطاء التنفيذ البسيطة. وخطورة جيب الهواء هو أنه قابل للانضغاط ويؤدى هذا إلى رفع قيمة الضغوط داخل الأنابيب مما يؤدى الى تدمير الخط.

3-4 أنواع الأنابيب المستخدمة في شبكات توزيع المياه:

من أهم أنواع الأنابيب المستخدمة لنقل مياه الشرب.

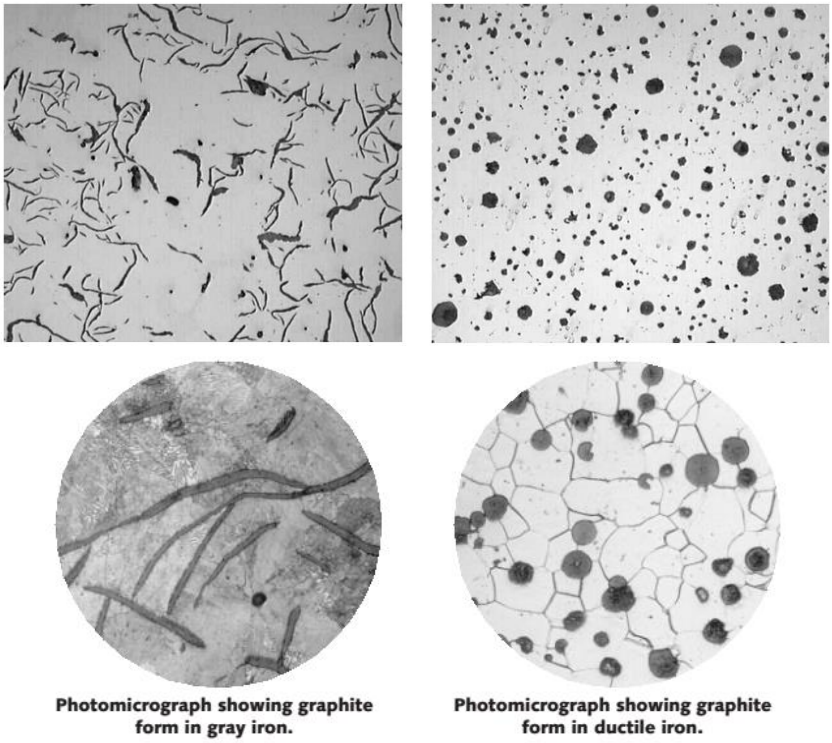
1. **Ductile iron Pipes**	1 – أنابيب الفونت المرن
2. **Grey Cast pipes**	2 – أنابيب فونت رمادي
3. **Steel Pipes**	3 – أنابيب فولاذ
4. **Prestressed concerete pipes**	4 – أنابيب الخرسانة سابقة الاجهاد
5. **Asbestos Pipes**	5 – أنابيب اسبستوس
6. **Glass fiber reiforced pipes (G.R.P)**	6 – أنابيب بولى استر مسلحة بالألياف الزجاجية
7. **P.V.C**	7 – أنابيب بولي فينيل كلورايد
8. **U.P.V.C**	8 – أنابيب بولي فينيل كلورايد غير لدنه
9. **polyethylene pipes (PE)**	9 –أنابيب بولي إيثيلين

1-3-4 أنابيب الفونت والفونت المرن:

تصنع أنابيب الفونت بأقطار متعددة ومن أصناف مختلفة المقاومة Ductile iron pipelines، وتسمى علمياً "أنابيب الحديد المرن" ويستعمل في صنعها الفونت الخام للأفران العالية بعد أن يسحب منه الفوسفور ويعاير الفحم بنسبة (2.2 – 4%) ويضاف المغنيزيوم إلى الخليطة أثناء التصنيع، وعندما يكون الفحم على شكل عصيات يتكون الفونت العادي، أما عندما يدخل الفحم على شكل كروي في الخلطة فيتشكل الفونت المرن ويبين الشكل (4-3) البنية المجهرية للفونت العادي والمرن.

تتميز أنابيب الفونت المرن بأن شدة مقاومته وإجهاد صموده واستطالته أعلى من الفونت العادي، تضمن هذه الميزات ملاءمة أنابيب الفونت المرن وقطع تركيبها لأغلب استخدامات خطوط الأنابيب.

أنابيب الفونت المرن مصبوبة بفتحة داخلية نظامية محورها مستقيم وذات رأس وذيل أو نهاية مشفهة (فلنجة) أو طوق.



الشكل (4-3) البنية المجهرية للفونت العادي والمرن

تجري على الأنابيب عملية إكساء داخلية بمادة إسمنتية (ملاط اسمنتي) لتعطي سطحاً داخلياً أملساً ولتمنع تأثير الماء على المعدن مباشرةً، أما من الخارج فتكسى بطلاءٍ زفتي لمنع تأثير التربة.

تتميز أنابيب الفونت المرن بإمكانية قصها وثقبها، وتتحمل الضغوط العالية مع إمكانية إعطاءها سماكات أقل من الفونت العادي. وتوجد منها أقطار من 100مم إلى 2600 مم. يكون متوسط كثافة المعدن حوالي 7050 كغ /م^3 تقريباً، يظهر الشكل (4-4) أنابيب من الفونت المرن.

الشكل (4-4) أنابيب من الفونت المرن

4-3-1-1 المميزات والخواص :

1- العمر الافتراضي كبير.

2- سهلة التناول والتركيب.

3- تقاوم الكيماويات والأحماض والغازات.

4- تتحمل ظروف العمل الصعبة.

5- يتم تركيبها بدون طبقة تأسيس أسفلها.

6- تسمح بانحراف الخط حتى10^o وبذلك نستغني عن الأكواع في بعض الأحيان.

7- يمكن تشكيلها لعمل العبارات والسيفونات.

2-1-3-4 الاختبارات التي تجرى على أنابيب الفونت المرن:

نوع الاختبار	طريقة إجراء الاختبار	المواصفة
الاختبار البصري Visual Test	بالعين المجردة	S.N.S:838 /2002
الابعاد Dimension	أجهزة قياس القطر والسماكة	S.N.S:838 /2002
مقاومة الشد Tensile strength	بجهاز الشد	ISO 2531/1998
الاستطالة Elongation	بجهاز الاستطالة	ISO 2531/1998
القساوة Hardness	بجهاز القساوة	ISO 2531/1998
الاختبار الهيدروستاتيكي Hydrostatic test	بجهاز خاص للضغط	ISO 2531/1998

وتتم هذه الاختبارات وفقا لمعيار (ISO 2531- 1998) لأنابيب الفونت المرن وملحقاتها.

1- الاختبار البصري (Visual Test)

وفقا للمواصفات القياسية السورية ومقاييس الجودة (S.N.S:838 /2002) فإن السطح الداخلي والخارجي للأنابيب لابد أن يكون على نحو سلس، أي نظيف وخالي من الثقوب وفقاعات الهواء والعيوب الواضحة الأخرى.

2- متطلبات الأبعاد: يبين الجدول (4-1) القطر الاسمي والسماكة وفقاً لمعيار (ISO 2531- 1998)

الجدول (4-1) القطر الاسمي والسماكة

القطر الاسمي DN mm	القطر الخارجي DE mm	سماكة الجدار المعدني K9،e mm
40	56	6
50	66	6
60	77	6
65	82	6
80	98	6
100	118	6
125	144	6
150	170	6
200	222	6.3
250	274	6.8
300	326	7.2
350	378	7.7
400	429	8.1

450	480	8.6
500	532	9
600	635	9.9
700	738	10.8
800	842	11.7
900	945	12.6
1000	1048	13.5
1100	1152	14.4
1200	1255	15.3
1400	1462	17.1
1500	1565	18
1600	1668	18.9
1800	1875	20.7
2000	2082	40
2200	2288	24.3
2400	2495	26.1
2600	2702	27.9

- **القطر الخارجي:**

يبين الجدول (4-1) أبعاد القطر الخارجي لذيل الأنابيب وقطع تركيبها وذلك عندما تقاس محيطياً باستعمال شريط محيطي بتسامح إيجابي (+1) مم ويطبق على جميع أصناف سماكات الأنابيب وكذلك على قطع التركيب بفلنجة وذيل. يعتمد الانحراف السلبي على تصميم كل نوع من الوصلات.

- **القطر الداخلي:**

إن القيم الاسمية للأقطار الداخلية لأنابيب الحديد المصبوبة بالطرد المركزي تساوي تقريباً القياس الاسمي مقدراً بـ مم.

- **السماكة الاسمية:**

تحسب السماكة الاسمية لجدار الأنابيب وقطع تركيبها كتابع للقياس الاسمي وذلك بوساطة العلاقة الآتية:

$$e = K\left(0.5 + 0.001\ DN\right)$$

مع حد أدنى 6 mm للأنابيب المصبوبة بطريقة الطرد المركزي، و7 mm حداً أدنى للأنابيب المصبوبة بغير طريقة الطرد المركزي.

حيث: e: سماكة الجدار مقدرة بـ مم.

DN: القياس الاسمي للقطر مقدراً بـ مم.

K: معامل يستعمل كدلالة تصنيف للسماكة ويختار من سلاسل الأرقام.

$$(14,13,12,11,10,9,8,7)$$

K= 9 بالنسبة للأنابيب.

K=12 بالنسبة للقطع الخاصة.

K = 14 بالنسبة للتيهات.

- **البيضوية:** وهي الخروج عن دائرية مقطع الأنبوب ويساوي: $100\left(\frac{D_1 - D_2}{D_1 + D_2}\right)$

حيث:

D_1 :القطر الأعظمية ويقاس بـ مم.

D_2 :القطر الأصغري لمقطع أنبوب عرضي ويقاس بـ مم.

يجب أن تكون بيضوية ذيل الأنابيب وقطع التركيب:

- تبقى ضمن تسامح القطر الخارجي إذا كان القطر الاسمي 40-200 mm
- لا تتحاوز 1% من القطر الخارجي إذا كان القطر الاسمي 250-600 mm أو2% من أجل قطر اسمي أكبر من القطر الاسمي 600 mm.

- **علامات الصنع:**

يجب أن تكون الأنابيب و القطع الخاصة و الصمامات موسومة بحروف بارزة وواضحة وبطريقة غير قابلة للتزوير أو الحك أو الشطب بعلامة الشركة الصانعة والقطر الاسمي والضغط الاسمي و سنة الصنع و مادة الصنع وهذه العلامات من الفونت المرن.

- اسم الشركة الصانعة أو العلامة.
- تاريخ الصنع.
- التعريف كفونت مرن.
- القطر.
- الضغط PN للفلنجات حيث وجدت للقطع الخاصة.
- رقم المواصفة القياسية.

3- مقاومة الشد (Tensile Strength)

تؤخذ العينة من ذيل الأنبوب وتقطع هذه العينة بشكل يوازي المحور، يجب أن يكون قضيب الاختبار المأخوذ من كل عينة ممثلاً للمعدن في منتصف سماكة العينة.

يجب أن يكون طول قضيب الاختبار يساوي على الأقل خمس مرات القطر الاسمي لقضيب الاختبار، كما تجهز نهايات قضيب الاختبار بما يتناسب مع آلة الاختبار.

تحدد الخصائص الميكانيكية لقوة الشد في أنابيب الفونت المرن وتؤخذ عينة الاختبار من ذيل الأنبوب أو من عينة مصبوبة بشكل منفصل مع المصبوبة المعنية وقد وجد أن الحد الأدنى لهذه القوة هو (420 ميغا باسكال) وذلك حسب المواصفة (ISO 2531،3.1 .4،T8،P12).

- **قوى الخضوع yield Strength))**

يمكن لأنابيب الفونت المرن أن تتحمل قوة خضوع تصل قيمتها لأعلى من (300ميغا باسكال) وذلك حسب المواصفة ISO A395،3.1Clause ،1 page)).

- **الاستطالة (Elongation)**

يمكن أن تتحمل أنابيب الفونت المرن استطالة تصل إلى 10% من الحد الأدنى للطول الأصلي وذلك حسب المواصفة(ISO 2531 ،3.1 .4،T8،P12).

ويمثل الجدول (4-2) خصائص الشد.

الجدول (4-2) خصائص الشد

نوع المصبوبة	مقاومة الشد الدنيا ميغا باسكال	الاستطالة الدنيا بعد الكسر %	
القطر الاسمي مم	40-2600	40-1000	1100-2600
أنابيب مصبوبة بالطرد المركزي	420	10	7
أنابيب مصبوبة بغير الطرد المركزي قطع التركيب والملحقات	420	5	5

4- القساوة (Hardness)

يجب أن تكون قساوة الأنابيب بحيث يمكن أن تقطع أو يشتغل عليها بالآلات بوساطة عدة قياسية أو يؤخذ منها فرع أو أكثر، القساوة القصوى لأنابيب الفونت المرن تصل إلى 230 HB (صلابة برينل) للأنابيب المصبوبة بالطرد المركزي و250 HB للأنابيب غير المصبوبة بالطرد المركزي وقطع التركيب والملحقات أما بالنسبة للعناصر المصنعة بطريقة اللحام فيسمح بقساوة برينل أعلى وذلك في المناطق المتأثرة بالحرارة بسبب اللحام وذلك حسب المواصفة (ISO 2531، 3.2. 4، P12).

يجب أن ينفذ اختبار قساوة برنل على مصبوبات موضع خلاف أو على عينات مقطوعة من مصبوبات. يجب أن يخضع السطح المراد اختباره لجلخ موضعي بشكل خفيف ويتم إجراء الاختبار مستعملين كرة فولاذية بقطر 2.5 mm أو 5mm أو 10 mm.

5- الاختبار الهيدروستاتيكي (Hydrostatic Test)

ويتم الاختبار الهيدروليكي لأنابيب الفونت المرن لغرض تحديد التسرب أو عيوب أخرى وذلك حسب المواصفة (ISO 2531، T3، P08).

يجب أن تخضع الأنابيب المصبوبة بطريقة الطرد المركزي أو بغير طريقة الطرد المركزي لاختبار التشغيل الهيدروستاتيكي لمدة لا تقل عن عشرة ثوان وذلك عند ضغط تجريب داخلي أصغري محدد في الجدول (4-3)

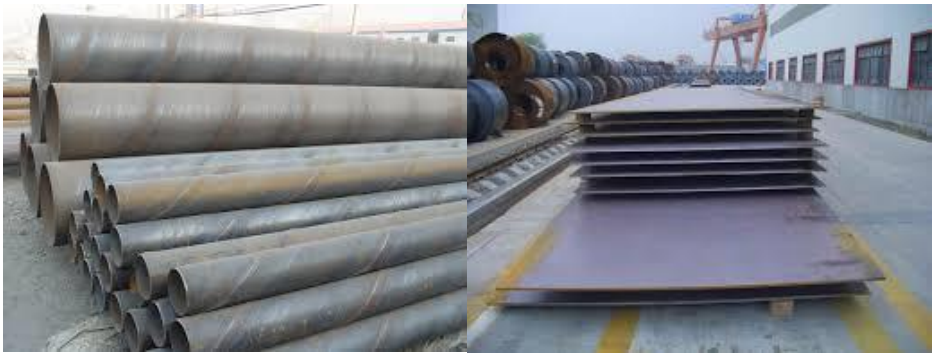
ولتحري التسرب تكون المصبوبات إما مطلية بانتظام عبر السطح الخارجي بوساطة مادة رغوية أو مغمورة بالماء.

الجدول (4-3) شروط تجربة الضغط الهيدروستاتيكي

القطر الاسمي مم	الضغط الأصغري لاختبار التشغيل (بار)		
	أنابيب مصبوبة بطريقة الطرد المركزي		أنابيب مصبوبة بغير طريقة الطرد المركزي، قطع التركيب
	$K > 9$	$K \leq 9$	كل سماكات الاصناف
40-300	$0.5(K+1)^2$	50	25
350-600	$0.5K^2$	40	16
700-1000	$0.5(K-1)^2$	32	10
1100-2000	$0.5(K-2)^2$	25	10
2200-2600	$0.5(K-3)^2$	18	10

2-3-4 الأنابيب الفولاذية:

أما الأنابيب الفولاذية، فيتم تصنيعها من الفولاذ الحلو القابل للحام، ويتم تصنيعها بطريقتين: إما بتشكيل صفائح فولاذية بالشكل اللازم آلياً ثم لحامها طولياً أو حلزونياً بالقوس الكهربائي الشكل(4-5)، أو بطريقة التشكيل على الساخن (المسحوب) دون لحام الشكل(4-6).



الشكل (4-5) صفائح فولاذية وصفائح ملحومة حلزونياً

الشكل(4-6) تشكيل الأنابيب الفولاذية المسحوبة

يتم تصنيع هذه الأنابيب بأطوال من m (7.7 – 6) وبأقطار مختلفة، حيث تتغير السماكات من mm 3 وحتى mm 8 حسب قطر الأنبوب والغاية المراد منها للأنابيب المسحوبة والملحومة، ويمكن زيادة السماكات حسب الطلب.

إن الأنابيب الفولاذية تصنّع عادةً بسماكة أقل من الأنابيب الحديدية، وتكون قادرةً على تحمّل الضغط والإجهادات الداخلية والخارجية بشكلٍ أكبر من الأنابيب الحديدية، كما أنها تقاوم التربة والظروف الجوية بشكلٍ أكبر، وبالتالي فمقاومتها على التآكل كبيرة جداً فيما لو تمّ عزلها بشكلٍ جيد.

4-3-2-1 الاختبارات التي تجرى على الأنابيب الفولاذية:

نوع الاختبار	طريقة إجراء الاختبار	المواصفة
الاختبار البصري Visual Test	بالعين المجردة	S.N.S:2186 /1999
الابعاد Dimension	أجهزة قياس القطر والسماكة	DIN 8075
تركيب كيميائي Chemical Composition	جهاز تحليل طيفي	ISO 559/1991
مقاومة الشد Tensile strength	بجهاز الشد	ISO 559/1991
الاستطالة Elongation	بجهاز الاستطالة	ISO 559/1991
التسطيح Flatten	بجهاز خاص	ISO 8492
الثني Bend	بجهاز مكبس	S.N.S:713 / 1989
القساوة Hardness	بجهاز القساوة	ISO 559/1991
الاختبار الهيدروستاتيكيHydrostatic test	بجهاز خاص للضغط	ISO 559/1991

وتتم هذه الاختبارات وفقا لمعيار (ISO 559- 1991) لأنابيب الفولاذ وملحقاتها.

1- الاختبار البصري (Visual Test)

يجب أن يكون السطح الداخلي والخارجي ناعماً وفقا للمواصفات القياسية السورية ومقاييس الجودة (S.N.S:2186 /1999) ، أي نظيف وخالي من الثقوب وفقاعات الهواء والعيوب الواضحة الأخرى كما يجب أن يكون الإنهاء جيداً ولكن يسمح ببعض العيوب شريطة أن تبقى السماكة ضمن حدود التسامح السلبية.

2- متطلبات الأبعاد:

- **القطر الخارجي:**

يبين الجدول(4-4) أبعاد القطر الخارجي لذيل الأنابيب وقطع تركيبها وذلك عندما تقاس محيطياً باستعمال شريط محيطي بتسامح إيجابي (+1) مم ويطبق على كل أصناف سماكات الأنابيب وكذلك على قطع التركيب بفلنجة وذيل. يعتمد الانحراف السلبي على تصميم كل نوع من الوصلات.

الجدول(4-4) أبعاد القطر الخارجي

القياس الاسمي	القطر الخارجي	سلسلة B		C		D		E	
DN	D	T	M	T	M	T	M	T	M
	mm	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m
50	60.3	2	2,88	2,3	3,29	2,3	3,29	2,9	4,11
65	76,1	2,3	4,19	2,6	4,71	2,6	4,71	2,9	5,24
80	88,9	2,3	4,91	2,9	6,15	2,9	6,15	3,2	6,76
100	114,3	2,6	7,16	2,9	7,97	3,2	8,77	3,6	9,83
125	139,7	2,6	8,79	3,2	10,8	3,6	12,1	4	13,4
150	168,3	2,6	10,6	3,2	13,0	4	16,2	4,5	18,2
200	219,1	2,6	13,9	3,6	19,1	4,5	23,8	5,3	33,1
250	273	3,6	23,9	4	26,5	5	33	6,3	41,1
300	323,9	4	31,6	4,5	35,4	5,6	44	7,1	55,5
350	355,6	4	34,7	5	43,2	5,6	48,3	8	68,6
400	406,4	4	39,7	5	49,5	6.3	62,2	8,8	86,3
450	457	4	44,7	5	55,7	6.3	70	10	110
500	508	5	62	5,6	69,4	6.3	77,9	11	135
600	610	5,6	83,5	6.3	93,8	6.3	93.8	12,5	184
700	711	6,3	109	7,1	123	7,1	123	14,2	244
800	813	7,1	141	8	159	8	159	16	314
900	914	8	179	8.8	196	10	223	17,5	387
1 000	1 016	8.8	219	10	248	10	248	20	491
1 050	1 067	8.8	230	10	251	11	186	—	—
1 100	1 118	8.8	241	10	273	11	300	—	—
1 200	1 219	10	298	11	326	12,5	372	—	—
1 400	1 422	12,5	435	14,2	493	14,2	493	—	—
1 600	1 626	14,2	564	16	635	16	635	—	—
1 800	1 829	14,2	634	16	715	17,5	782	—	—
2 000	2 032	16	795	17,5	869	20	992	—	—
2 200	2 235	17,5	957	20	1 093	22,2	1 211	—	—
2 500	2 540	20	1 243	22,2	1 379	25	1 551	—	—

يجب ألا يكون التسامح المسموح به في الأنابيب المسحوبة والملحومة أكبر مما يلي:

- 1% في الأنابيب المسحوبة ويكون حده الأدنى (±0.5).
- بالنسبة للأنابيب الملحومة فيكون وفق الجدول (4-5):

الجدول(4-5) تسامح القطر الخارجي للأنابيب الملحومة

القطر الخارجي D مم	التسامح
$D \leq 219.1$	± 1% وبحد أدنى ± 0.5 مم
$219.1 < D \leq 914$	± 0.75 % وبحد أقصى ± 5 مم
$914 < D$	± 0.75 % وبحد أقصى ± 10 مم

يجب أن يكون التسامح في الأنبوب السادة والمحلزن كما يبين الجدول(4-6):

الجدول(4-6) تسامح القطر الخارجي للأنابيب السادة والمحلزنة

القطر الخارجي D مم	التسامح مم
$D \leq 273$	+1.6 −0.4
$273 < D < 508$	+2.4 −0.8

الأنابيب الملحومة ذات النهايات السادة والتي قطرها الخارجي $D \geq 508$ فيكون التسامح $\begin{pmatrix} +2.4 \\ -0.8 \end{pmatrix}$ مم.

يجب أن يفحص التسامح في القطر الخارجي في النهايات على مسافة صغرى قدرها 100 مم.

- **القطر الداخلي:** أن القيم الاسمية للأقطار الداخلية لأنابيب الفولاذ تساوي تقريباً القياس الاسمي مقدراً بـ مم.
- **السماكة الاسمية:** نجد التسامح المسموح به في سماكة جسم الأنبوب في الجدول (4-7) بالنسبة للأنابيب المسحوبة وفي الجدول(4-8) للأنابيب الملحومة بعيداً عن اللحام.

الجدول(4-7) التسامح في سماكة الأنابيب المسحوبة

القطر الخارجي D مم	التسامح مم
$D \leq 114.3$	± 0.5 مم
$114.3 \leq D \leq 273$	$\begin{pmatrix} +17.5 \\ -12.5 \end{pmatrix}$% وبحد أدنى 0.5 مم
$273 < D$	$\%\begin{pmatrix} +20 \\ -12.5 \end{pmatrix}$

الجدول(4-8) التسامح في سماكة الأنابيب الملحومة

السماكة e مم	التسامح	%
e	التناكب والمقاومة الكهربائية بما في ذلك اللحام بالتحريض والأنابيب الملحومة بالقوس المغطسة المصنوعة من ملفات	الأنابيب الملحومة بالقوس المغطسة المصنوعة من صفائح
$e \leq 3.2$	$+0.3$ -0.25	–
$3.3 < e \leq 5$	± 0.35	(1) – + 10 –
$5 < e \leq 8$	± 0.4	– + 10 –
$8 < e \leq 25$	± 0.5	– + 10 –
(١) يتحكم الحد الأعلى في التسامح في الكتلة		

- **الاهليليجية:**

يجب أن تكون ضمن حدود التسامح في القطر الخارجي.

- **الطول:**

يكون التسامح فيها كما يلي:

- الطول أقصر من (6) مم +10 مم.
- الطول أطول من (6) مم +15 مم.

- **علامات الصنع:**

يجب أن تعلم الأنابيب المطلية وغير المطلية حسب التسلسل التالي:

- اسم الشركة الصانعة أو العلامة.
- تاريخ الصنع.
- درجة الفولاذ.
- القطر.
- الحرف (W) للأنابيب الملحومة والحرف (S) للمسحوبة.
- رقم المواصفة القياسية.
- تحتاج الأنابيب المطلية إلى تعليم إضافي حسب المواصفات ذات العلاقة.

3- التركيب الكيميائي:

يبين الجدول(4-9) التركيب الكيميائي لأنابيب الفولاذ:

الجدول(4-9) التركيب الكيميائي لأنابيب الفولاذ

درجة الفولاذ	التركيب الكيميائي%			شروط إزالة الأكسدة	
(1)	C	P	S	أنابيب مسحوبة	أنابيب ملحومة
ST320(2)	0	0.050	0. 5	-	غير محدد
ST360	0.17	0.045	0.045	مخمد	شبه مخمد
ST410(3)	0.21	0.045	0.045	مخمد	شبه مخمد، مخمد
ST430(3)	0.21	0.045	0.045	مخمد	شبه مخمد، مخمد
ST500(4)	0.22	0.045	0.045	مخمد بشكل خاص	مخمد بشكل خاص

(1) الحرف (S) يعني الفولاذ، والحرف (T) يعني الأنبوب. (2) الأنابيب الملحومة فقط.

(3) يمكن أن نستخدم الفولاذ من الدرجتين (420) (430) ولا فرق بينهما إذا تم الاتفاق على ذلك وقت الطلب. (4) يمكن أن نضيف Si 0.55% كحد أعظمي أو Mn 1.6% كحد أعظمي.

حيث:S الكبريت ، P فوسفور ، C كربون.

4- الاختبارات الميكانيكية:

يتم اجراء اختبار الشد والثني والتسطيح على عينات نأخذها من نهاية أنبوب اختبار نختاره عشوائياً من كل دفعة.

- **مقاومة الشد (Tensile Strength)**

يتم اجراء تجربة الشد وفق المواصفة القياسية السورية (714) لتحدد الخصائص الميكانيكية على عينات مأخوذة من جسم الأنبوب ويجب أن تكون القيم الناتجة لا تقل عن القيم الواردة في الجدول(4-10):

حيث:

A : الاستطالة النسبية بعد الكسر ونعبر عنها كنسبة مئوية من طول المقياس الأصلي

$$L_0 = 5.65\sqrt{S_0}$$

S_0: مساحة المقطع العرضي الأصلي لطول التوازي وتقاس mm^2

الجدول (4-10) مقاومة الشد

درجة الفولاذ	اجهاد الخضوع أو اجهاد الصمود* نيوتن/مم^2	اجهاد الشد Rm نيوتن/ مم^2	A كحد أدنى	
			طولياً	قطرياً
ST320	185	$410 \le R_m \le 500$	15	13
ST360	225	$410 \le R_m \le 500$	23	21
ST410	245	$410 \le R_m \le 500$	21	19
ST430	265	$430 \le R_m \le 570$	21	19
ST500	345	$500 \le R_m \le 650$	21	19

(*) إذا كانت السماكة أكبر من 16mm، فيمكن أن تخفض إجهاد الخضوع أو إجهاد الصمود بمقدار $10\ N/mm^2$.

ملاحظة: بالنسبة لمساحة اللحام، يمكن أن نستخدم قيم إجهاد الخضوع والقيمة الصغرى لمقاومة الشد للحساب فقط.

- **اختبار التسطيح:**

يجب أن يتم الاختبار وفق المواصفة ISO 8492.

يجب أن نبسط العينة بدون أن تظهر فيها أية عيوب حتى تكون المسافة (H) بين الصفيحتين:

$$H = \frac{(1+K)\,e}{K + \left(\frac{e}{D}\right)}$$

حيث:

$K = 0.09\ \%$:للفولاذ من الدرجة ST 360 و ST 320.

$K = 0.07\ \%$:للفولاذ من الدرجة ST 500 و ST 430 و ST 410.

- **اختبار الانحناء أو الثني :**

يتم الاختبار وفق الموصفة السورية S.N.S:713 / 1989

يتألف اختبار الانحناء من إخضاع قطعة اختبار ذات مقطع عرضي دائري أو مربع أو مستطيل أو مضلع، للتشوه اللدن بالحني، دون تغيير اتجاه التحميل للوصول إلى زاوية الانحناء المحددة.

يكون التباعد بين المسندين الخصين بالتجربة كالتالي (ما لم يحدد بطريقة أخرى).

$$l = (D + 3a) \pm \frac{a}{2}$$

حيث:

l :التباعد بين المساند.

D :قطر قلب التشكيل (اللقمة).

a :سماكة أوقطر قطعة الاختبار.

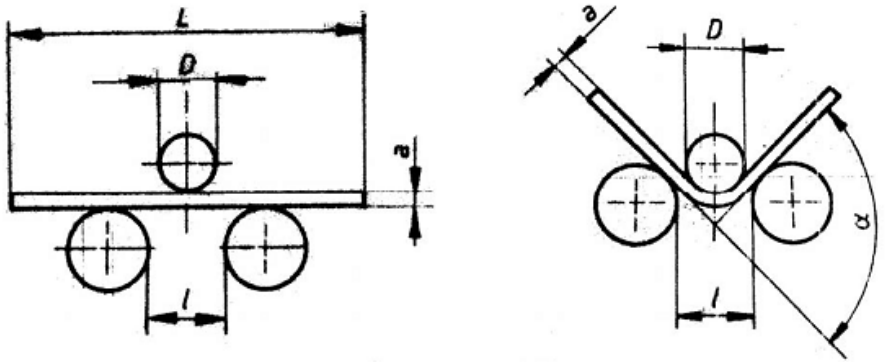
يجب ألا يتغير هذا التباعد خلال الاختبار.

يجب أن نثني عينة الاختبار باتجاه الانحناء الأصلي وبالنسبة للأنابيب الملحومة يجب أن يكون اللحام قي مركز عينة الاختبار ويجب أن تساوي قيمة الثني المسافة (H) الواردة في اختبار التسطيح.

يجب ألا ترى العين المجردة بعد الاختبار شقوقاً أو صدوعاً. ولا تعتبر الشقوق الصغيرة غير الكاملة في الأطراف سبباً للرفض.

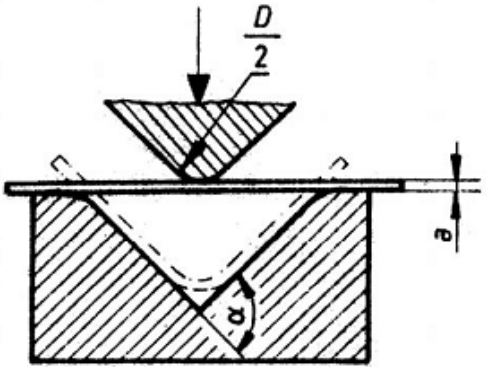
يتم إجراء اختبار الانحناء في آلات اختبار أو مكابس مجهزة بالوسائل التالية:

- وسيلة حني مع مسندين وقلب تشكيل (لقمة) كما هو موضح في الشكل (4-7)



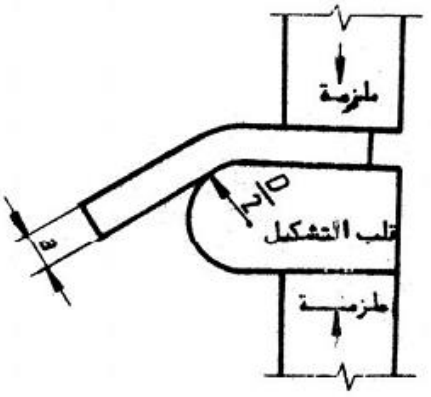
الشكل(4-7) ألية الحني مسندين وقلب تشكيل

- وسيلة حني مع قالب بشكل حرف (V) وقالب تشكيل (لقمة) بشكل حرف (V) كما هو موضح بالشكل(4-8)



الشكل(4-8) ألية الحني قالب بشكل حرف (V) وقالب تشكيل بشكل حرف (V)

- وسيلة حني مع ملزمة كما هو موضح بالشكل(4-9)



الشكل(4-9) ألية الحني ملزمة وقالب تشكيل

- **اختبار الضغط الهيدروليكي:**

تختبر هذه الأنابيب بالمصنع بضغط 95% من نقطة خضوع المعدن ويمكن حساب ضغط اختبار الأنبوب طبقا لقطر وسمك ونوع الصلب من المعادلة الآتية:

$$P = 20\ S\ K\ e\ /\ D$$

حيث: P: ضغط الاختبار.

K: معامل الأمان ويتراوح من 0.75 حتى 0.9

S: إجهاد الخضوع للمعدن كيلو غرام / سم^2.

e: سمك الأنبوب بالميلليمتر. D: قطر الأنبوب بالميلليمتر.

يجب ألا يزيد الضغط الهيدروليكي عن 50 بار إلا إذا حدد غير ذلك. ويجب أن تحافظ على الضغط خمس ثوان على الأقل. وإذا حدث تسرب في الأنابيب فلا تعتبر مطابقة للمواصفة.

3-3-4 الأنابيب البيتونية:

تعتبر أنابيب البيتون العادي والمسلحة من أكثر الأنواع استخداماً في تنفيذ مشاريع المياه وخصوصاً الصرف الصحي لذلك ستتم دراستها مع أنابيب الصرف الصحي.

4-3-4 الأنابيب البولي استر المسلحة بألياف زجاجية (G R P)

يتم إنتاج هذا النوع من الأنابيب من الراتنج المعالج بالحرارة والمسلح بألياف زجاجية، ويمكن إضافة مواد أخرى مثل الركام الخشن ومواد الحشو الناعمة والإضافات والصبغات الملونة وذلك طبقاً للمواصفات المعتمدة شكل (4-10).

شكل (4-10) أنابيب البولي استر المسلحة بألياف زجاجية (G R P)

تكون قطع التركيب بنفس مستوى أداء الأنابيب من نفس التصنيف أو تفوقها.

توضع العلامة المسجلة على الأنابيب وقطع التركيب بالمصنع بأسلوب مناسب وذلك للأنابيب المستخدمة في نقل الماء الصالح للشرب.

- **المميزات**

- متانة عالية.
- المرونة المناسبة.
- النعومة الفائقة للسطح الداخلي مما يساعد على انسياب الماء بالداخل.
- خفة الوزن النوعي حيث يصل إلى 1.75 غ / سم^3
- المقاومة العالية لتأثير المحاليل الحامضية والقلوية والمواد المؤكسدة والأملاح والكيماويات المختلفة وكذلك مقاومتها العالية لتأثير أشعة الشمس ودرجات الحرارة التي تصل إلى 50˚ درجة مئوية.
- لا تتأثر بالعوامل الجوية المختلفة والأملاح والمواد الكيماوية الموجودة بالتربة.
- العمر الافتراضي لتصميم الأنواع المختلفة لأنابيب (G R P) هي خمسون عاماً.

1- الاختبار البصري (Visual Test)

وفقاً للمواصفات القياسية السورية ومقاييس الجودة (S.N.S:1792 /2004) يكون السطح الداخلي للأنابيب أملس كما يكون كل من السطح الداخلي والسطح الخارجي للأنابيب نظيفاً وخالياً من العيوب التي تضر بمطابقتها مع المتطلبات الواردة في المواصفات المناسبة.

2- متطلبات الأبعاد:

- **القطر:**

القطر الاسمي: يتم اختياره من الجدول (4-11)

الجدول (4-11) القطر الاسمي

القطر الاسمي(مم)	الفارق بين قياس اسمي وآخر
100<D≤500	50
500<D≤2600	100
2600<D≤4000	200

قطر العمل: هو قطر العمل الفعلي مرتبط بالقياس الاسمي للأنبوب بعد تطبيق حدود اتسامح ويعطى بالمليمتر ويجب ألا يختلف قطر العمل عن القياس الاسمي للأنبوب بأكثر من ±3.5%.

تسامح التصنيع: هو تسامح التصنيع بالنسبة لقياس العمل والذي يجب ألا يتجاوز احدى المجموعات من الانزياحات المسموح بها من الجدول (4-12)

الجدول (4-12) تسامح التصنيع

القطر الاسمي(مم)	تسامح التصنيع (مم)
150≥D	±1.5%
150<D≤600	±3%
600<D	±0.5%

- **السماكة:**

يجب ألا تكون متوسط القراءات للسماكة أقل من الرقم المعلن عنه من قبل الشركة الصانعة على أن تقاس بدقة 0.1mm وفق المواصفة البريطانية BS 5480/90

- **الطول الفعلي:**

هو المسافة بين سطحين متوازيين ومتعامدين مع محور الأنبوب مارين من نقطتي النهاية للأنبوب دون الأخذ بعين الاعتبار العمق التصميمي الأقصى لدخول الذيل في الأس في حال وجودها.

- **علامات الصنع:**

يجب أن تعلم الأنابيب والقطع الخاصة بالبيانات التالية:

- اسم الشركة الصانعة أو علامتها المميزة.
- تاريخ الصنع.
- القطر الاسمي.
- الطول الفعلي.
- الضغط الاسمي PN.
- الصلابة الاسمية الدنيا.
- رقم المواصفة القياسية.
- وضع علامات مميزة تدل على طبيعة السائل المار بالأنابيب (مياه شرب–صرف صحي–مياه ري–مياه الفضلات الصناعية أو الكيميائية).

3- الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية:

- **مقاومة الشد الطولية:** وتتم وفق الملحق A من المواصفة البريطانية BS 5480/90

المبدأ: تعني مقدرة الأنبوب على تحمل حمولات جائزية وتقاس بمقاومة الشد الطولية وذلك للتأكد بأن الأنبوب يتمتع بمقاومة شد طولية على شريحة مأخوذة من الأنبوب حتى انكسارها كما هو وارد في الجدول(4-13)

الجدول (4-13) الحدود الدنيا لمقاومة الشد الطولية

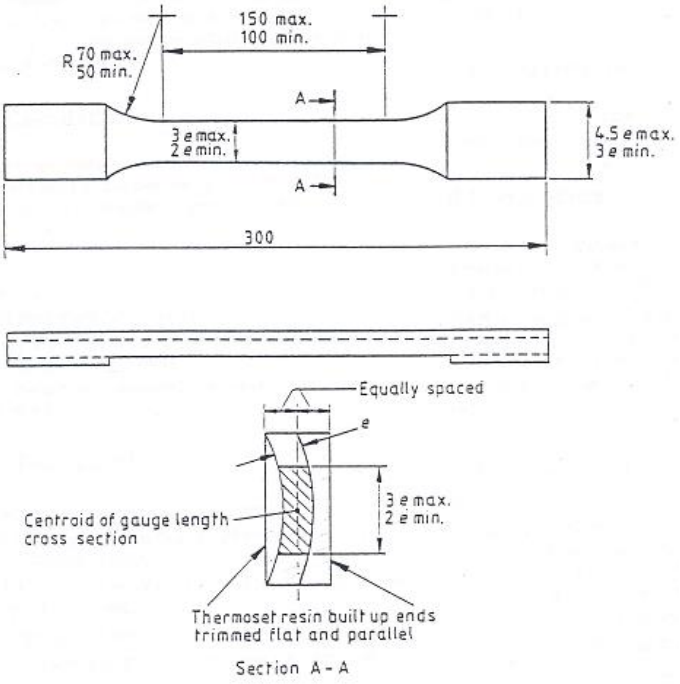
الحدود الدنيا لمقاومة الشد الطولية الأصلية لكل وحدة مدارية						
القياس الأسمي (mm)	الضغط (Bar)					
	≤ 4	>4 - 6≤	>6 - 10≤	>10 - 12.5≤	>12.5 - 16≤	>16 - 25≤
	الحدود الدنيا لمقاومة الشد الطولية الأصلية لكل وحدة مدارية (kN/m)					
100	100	100	100	100	100	100
150	100	100	100	100	100	115
200	100	100	100	100	105	138
250	100	100	100	107	123	164
300	100	100	107	121	141	190
350	100	101	120	136	159	216
400	100	102	132	150	176	242
450	100	111	144	165	194	268
500	100	119	156	179	211	294
600	114	136	180	207	246	345
700	126	152	204	236	281	397
800	150	169	228	265	316	449
900	153	186	252	294	351	506
1000	166	203	276	322	387	552
1100	179	220	301	351	422	-
1200	192	236	325	380	457	-
1300	205	253	349	409	492	-
1400	218	270	373	437	527	-
1500	231	287	397	466	563	-
1600	244	303	421	495	598	-
1700	258	320	445	524	633	-
1800	271	337	469	552	668	-
1900	184	354	493	581	703	-
2000	197	370	517	609	738	-
2100	310	387	542	638	774	-
2200	323	404	566	667	809	-
2300	336	421	590	700	844	-
2400	349	437	614	724	879	-
2500	362	454	638	-	-	-
2600	375	471	662	-	-	-
2800	401	504	710	-	-	-
3000	428	538	759	-	-	-
3200	454	571	807	-	-	-
3400	480	605	855	-	-	-
3600	506	638	903	-	-	-
3800	532	672	952	-	-	-
4000	558	706	1000	-	-	-

الأجهزة:

جهاز لاختبار مقاومة الشد يستطيع أن يعطي القوة المطبقة على القطعة بدقة ±1% من القيمة المعطاة.

قطعة الاختبار:

قطعة الاختبار عبارة عن شريط مقصوص من الأنبوب ومشذب وفق الأبعاد المبينة في الشكل(4-11)، يجب إجراء الاختبار على ثلاث قطع على الأقل، إذا كان تشذيب قطع الاختبار وفق الشكل (4-11) غير ممكن يمكن استعمال قطع اختبار متوازية الجوانب يتراوح عرضها (2 e-3 e) حيث e سماكة قطعة الاختبار.



الشكل(4-11) قطعة اختبار الشد

شروط اجراء التجربة:

يجب إجرار الاختبار في درجة حرارة 15±10 C^o أما في حال حدوث خلاف فيجب إجراء الاختبار في درجة حرارة 23±2 C^o.

طريقة الاختبار:

- يؤخذ عرض العينة من المنطقة الضيقة (التي ستتعرض للكسر) ويسجل الوسطي ويعطى الرمز (w).
- يتم تجهيز أطراف العينة المقوسة بحيث تصبح ملائمة للإمساك بها على جهاز الاختبار.

- يتم الإمساك بقطعة الاختبار في آلة الاختبار بحيث يكون الخط المركزي للقطعة على محور التحميل لآلة الاختبار.
- يتم شد العينة على الجهاز بسرعة منتقاة مسبقاً بحيث يحدث الانكسار بين (3-1) دقيقة ويتم الاختبار بسرعة 5mm/min. قوة الشد العظمى المسجلة لحظة الانكسار تسمى قوة الانكسار وتعطى الرمز (F).
- يتم إجراء التجربة على ثلاث عينات، وتهمل أية عينة تنكسر خارج المقطع الضيق ويختبر بدلاً عنها قطعة أخرى حتى الحصول على ثلاث نتائج.
- يتم حساب مقاومة الشد الطولية الأصلية في الأنبوب لكل وحدة من المحيط مقدرة ب (N/mm) وذلك باستعمال العلاقة التالية:

مقاومة الشد الطولية $= \frac{F}{W}$

حيث:

F: القوة العظمى المسجلة لحظة الانكسار (نيوتن).

W: العرض الوسطي للمقطع الضيق في قطعة الاختبار (مم).

ملاحظة: يعتبر الفرق بين عرض العينة W وطول القوس مهمل.

- **اختبار الكتامة تجاه التسرب للأنابيب والوصلات بوساطة الضغط الهيدروستاتيكي:**

المبدأ: يتم التأكد من الكتامة تجاه التسرب للأنابيب والوصلات باستعمال ضغط مائي سكوني يبلغ 1.5 مرة من ضغط العمل الأقصى مقدراً بالبار.

الأجهزة:

يتألف الجهاز من قطعتي اغلاق متينتين كنيمتين للنهايتين مسنودتين بشكل ملائم لكيلا تطبق على الأنبوب أية قوة محورية عدا ما هو ناتج عن السائل داخل القطعة المختبرة الشكل(4-12). ويتم تجهيز الأنبوب بوسيلة لقياس الضغط المائي السكوني بدقة ضمن تسامح ±2%.

قطع الاختبار:

هي الأنبوب والوصلة كما تم صنعها.

الشكل(4-12) تطبيق تجربة الضغط الهيدروستاتيكي

الطريقة:

- يتم تجميع الأنبوب والوصلة مع جهاز الاختبار.
- يتم ملء الأنبوب والوصلة بالماء مع الانتباه إلى طرد الهواء بالكامل.
- يتم تطبيق ضغط الاختبار تدريجياً بحيث لا يرتفع الضغط أكثر من 1 بار بالثانية وتتم المحافظة على الضغط لمدة 5min أو لمدة تكفي للسماح بإجراء التفتيش بالعين المجردة على كامل الأنبوب والوصلة، أيهما أطول.
- يتم فحص سطح الأنبوب والوصلة خلال مدة الاختبار ويسجل أي تسرب أو انكسار.

4-3-5 أنابيب بلاستيك حراري من عديد كلوريد الفينيل (PVCU- PVC):

تخضع هذه الأنابيب للمواصفة السورية S.N.S:145 / 1979

إن مادة تصنيع الأنابيب بشكل أساسي من مادة كلوريد البولي فينيل PVC، التي يمكن إضافة بعض المواد المضافة إليها لتسهيل عملية التشكيل والتصنيع لإنتاج أنابيب متقنة الصنع ومتقنة وذات سطوح جيدة الإنهاء، ويجب الانتباه إلى ان استعمال إحدى هذه المواد المضافة بمفردها أو مع بقية المواد الأخرى يجب أن يكون بكميات محددة بحيث لا تؤدي إلى إفساد خواص لحامها أو إفساد المواصفات الفيزيائية والكيميائية أو

تسميم المياه المارة فيها. يسمح بإعادة استعمال المواد الناتجة أثناء عملية التصنيع بشرط أن يتوافق مع المواصفة.

تنقسم الأنابيب حسب تحملها للضغوط مقدرة بالبار إلى فئات وفق الجدول(4-14):

الجدول(4-14) تصنيف أنابيب كلوريد البولي فينيل PVC

الضغط الاسمي (بار)	الفئة
2.5	آ
4	ب
6	ج
10	د
16	هـ

تعتبر هذه الضغوط ضغوط التشغيل التي يمكن أن تتحملها الأنابيب.

الاختبارات التي تجرى على أنابيب البلاستيك UPVC

نوع الاختبار	طريقة إجراء الاختبار	المواصفة
الاختبار البصري Visual inspection	بالعين المجردة	BS :3505،DIN 8062
مقاومة الصدم Impact strength	بجهاز الثقل	BS :3505،ASTM D256
اختبار على حرارة مرتفعة Oven test	بالفرن	BS :3505،ASTM D635
الأبعاد Dimensions	بأداة قياس	BS :3505،DIN8062
الاختبار الهيدروستاتيكي Hydrosta test	بجهاز خاص	BS :3505،DIN 8062

1- الاختبار البصري (Visual Test)

يجب أن يكون الأنبوب مستديراً بشكل مقبول مطابقة لمتطلبات المواصفات الموضحة BS :3505-1968 ، DIN:8062- 1974، كما يجب أن تكون السطوح الداخلية والخارجية للأنبوب ملساء ونظيفة من الفراغات والعيوب الأخرى التي تؤثر على وظيفة الأنبوب، وان تكون جيدة التصنيع ومتناظرة مع محور الأنبوب الشكل(4-13).

2- متطلبات الأبعاد:

- **القطر:**

يعتبر قطر أنبوب كلوريد البولي فينيل القطر الخارجي وتحدد بالمليمتر كما يلي الجدول(4-15):

الشكل(4-13) أنابيب كلوريد البولي فينيل PVC

الجدول(4-15)

القطر الخارجي (مم)	التفاوتات المسموح بها (مم)	القطر الخارجي (مم)	التفاوتات المسموح بها (مم)
5	0.2+	160	0.4+
6	0.2+	180	0.4+
8	0.2+	200	0.4+
10	0.2+	225	0.5+
12	0.2+	250	0.5+
16	0.2+	280	0.6+
20	0.2+	315	0.6+
25	0.2+	355	0.7+
32	0.2+	400	0.7+
40	0.2+	450	0.8+
50	0.2+	500	0.9+
63	0.2+	560	1.0+
75	0.3+	630	1.1+
90	0.3+	710	1.2+
110	0.3+	800	1.3+
125	0.3+	900	1.5+
140	0.4+	1000	1.6+

- **السماكة:**

تحدد سماكات جدران الأنابيب بحسب الضغوط المطبقة وتحدد بالعلاقة التالية:

$$\sigma = \frac{P\,(d-e)}{2\,e}$$

حيث:

σ :الاجهاد الناشئ في مادة الأنابيب (نيوتن/مم^2).

d:القطر الخارجي (مم).

P:ضغط الماء (نيوتن/مم^2).

e:سماكة جدار الأنبوب (مم).

ويبين الجدول(4-16) سماكات الأنابيب المختلفة حسب القطر والفئة:

القطر (مم)	الفئة (أ)		الفئة (ب)		الفئة (جـ)		الفئة (د)		الفئة (هـ)	
	السماكة	كتلة المتر الواحد كغ/مم)	السماكة	كتلة المتر الواحد كغ/مم)	السماكة	كتلة المتر الواحد كغ/مم)	السماكة	كتلة المتر الواحد كغ/مم)	السماكة	كتلة المتر الواحد كغ/مم)
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0	0.045
12	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0	0.055
16	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	0.087
20	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5	0.135
25	-	-	-	-	-	-	1.5	0.172	1.9	0.212
32	-	-	-	-	-	-	1.8	0.264	2.4	0.319
40	-	-	-	-	1.8	0.334	2.0	0.366	3.0	0.525
50	-	-	-	-	1.8	0.422	2.4	0.547	3.7	0.805
63	-	-	-	-	1.9	0.562	3.0	0.854	4.7	1.28
75	-	-	1.8	0.642	2.2	0.766	3.6	1.21	5.6	1.81
90	-	-	1.8	0.774	2.7	1.12	4.3	1.74	6.7	2.60
110	0.950	-	2.2	1.26	3.2	1.64	5.3	2.61	8.2	3.90
125	1.08	1.8	2.5	1.47	3.7	2.12	6.00	3.34	9.3	5.00
140	1.21	1.8	2.8	1.84	4.1	2.62	6.7	4.16	10.4	6.25
160	1.39	1.8	3.2	2.38	4.7	2.43	7.7	5.46	11.9	8.17
180	1.57	1.8	3.6	3.00	5.3	4.35	8.6	6.88	13.4	10.14
200	1.74	1.8	4.0	3.70	5.9	5.37	9.6	8.51	14.9	12.8
225	1.96	1.8	4.5	4.67	6.6	6.73	10.8	10.8	16.7	16.1
250	2.40	1.8	4.9	5.65	7.3	8.38	11.9	13.2	18.6	19.9

الجدول(4-16)

القطر (مم)	الفئة (أ)		الفئة (ب)		الفئة (جـ)		الفئة (د)		الفئة (هـ)	
	السماكة	كتلة المتر الواحد كغ/م	السماكة	كتلة المتر الواحد كغ/م	السماكة	كتلة المتر الواحد كغ/م	السماكة	كتلة المتر الواحد كغ/م	السماكة	كتلة المتر الواحد كغ/م
280	2.3	3.08	5.5	7.08	8.2	10.4	13.4	16.6	20.8	24.9
315	2.5	3.74	6.2	8.95	9.2	13.1	15.0	20.9	23.4	31.5
355	2.9	4.87	7.0	11.4	10.4	16.7	16.9	26.5	26.3	39.9
400	3.2	6.02	7.9	14.5	11.7	21.1	19.1	33.7	29.7	50.8
450	3.6	7.6	8.9	18.3	13.2	26.8	21.5	42.7		
500	4.00	9.37	9.8	22.4	14.6	32.9	23.9	52.6		
560	4.5	11.8	11.0	28.1	16.4	41.4	26.7	65.8		
630	5.00	14.7	12.4	35.7	18.4	52.2	30.00	83.4		
710	5.7	18.8	14.0	45.3	20.7	66.1				
800	6.4	23.9	15.7	57.2	23.3	83.9				
900	8.0	30.2	17.7	72.5	26.3	106				
1000	8.0	37.1	19.7	89.6	29.2	131				

- **علامات الصنع:**

يجب أن تكون الأنابيب موسومة بحروف بارزة وواضحة وبطريقة غير قابلة للتزوير أو الحك أو الشطب بالعلامات التالية:

- اسم الشركة الصانعة أو العلامة.
- تاريخ الصنع.
- القطر والفئة.
- رقم المواصفة القياسية.

3- الاختبارات الفيزيائية والكيميائية:

- **تجربة الحرارة:**

تطبق الطريقة الواردة في الملحق A من المواصفة البريطانية BS :3505-1968.

يتم أخذ عينة بطول 300mm من الأنبوب ويتم وضع علامتين بتباعد 100mm وتوضع في الفرن بدرجة حرارة 150 $C^{o}\pm2$ لمدة تتعلق بسماكة الأنبوب وفق الجدول (4-17):

الجدول(4-17) شروط تجربة الحرارة

السماكة (مم)	المدة (دقيقة)
e < 8.6	15
8.6< e <14.1	30
14.1< e	60

يجب لدى تطبيق هذه الطريقة أن لا يزيد التفاوت في الطول على 5% بعد التجربة. كما يجب ألا يظهر في الأنبوب أي عيب أو تشقق أو فراغات أو بثور.

- **مقاومة الاسيتون:**

تطبق الطريقة الواردة في الملحق B من المواصفة البريطانية BS :3505-1968. تغمر العينة بشكل شاقولي ويكون ارتفاع الاسيتون فوق العينة بمقدار 25mm لمدة ساعتين، يجب لدى تطبيق هذه الطريقة أن لا يظهر في العينة انفصال إلى طبقات رقيقة أو تفسخ. ويجب ألا يؤخذ بعين الاعتبار بالنسبة لهذه التجربة تسطح الأنبوب أو انتفاخه.

- **مقاومة حمض الكبريت:**

تطبق الطريقة الواردة في الملحق C من المواصفة البريطانية BS :3505-1968. يجب لدى تطبيق هذه الطريقة ألا تزداد كتلة العينة بأكثر من 3.16 gr ولا تقل بأكثر من 0.13 gr. ويجب ألا يؤخذ بعين الاعتبار بالنسبة لهذه التجربة تأثير الحمض على مظهر سطح العينة من حيث الخشونة أو قصر اللون أو الاسوداد.

- **الشفافية:** تطبق الطريقة الواردة في الملحق D من المواصفة البريطانية BS :3505-1968. يجب لدى تطبيق هذه الطريقة ألا ينقل جدار الأنبوب أكثر من 0.2% من الضوء المرئي المسلط.
- **التأثير على الماء:** تطبق الطريقة الواردة في الملحق E من المواصفة البريطانية BS :3505-1968. يجب لدى تطبيق هذه الطريقة ألا يكون للأنابيب أي تأثير ضار على تركيب المياه الي تجري بداخلها.

4- الاختبارات الميكانيكية:

- **مقاومة الصدم في الدرجة C^{o} 20:**

تطبق الطريقة الواردة في الملحق F من المواصفة البريطانية BS :3505-1968، ويجب أن تجتاز جميع الأنابيب هذه التجربة بنجاح.

- **مقاومة الصدم في الدرجة C^{o} 0:**

تطبق الطريقة الواردة في الملحق G من المواصفة البريطانية BS :3505-1968، ويجب أن تجتاز جميع الأنابيب هذه التجربة بنجاح.

- **الاختبار الهيدروليكي القصير الأمد:**

تطبق الطريقة الواردة في الملحق h من المواصفة البريطانية BS :3505-1968، ويجب لدى تطبيق هذه الطريقة أن تتحمل العينة الاجهاد المحيطي الأصغري المطبق لساعة واحدة على الأقل دون أي إخفاق كما في الجدول(4-18):

الجدول(4-18) شروط تجربة الضغط الهيدروستاتيكي قصير الامد

قطر الأنبوب(مم)	الاجهاد المحيطي الاصغري (بار)
D≤180	392
D≥200	427

- **الاختبار الهيدروليكي الطويل الأمد:**

تطبق الطريقة الواردة في الملحق j من المواصفة البريطانية BS :3505-1968، ويجب لدى تطبيق هذه الطريقة أن لا يقل مستوى الاجهاد المحيطي لمدة ساعة ولمدة 50 سنة (بالاستقراء) من القيم المحددة أدناه الجدول (4-19):

الجدول(4-19) شروط تجربة الضغط الهيدروستاتيكي طويل الامد

قطر الأنبوب(مم)	الاجهاد المحيطي الاصغري (بار) لمدة ساعة	الاجهاد المحيطي الاصغري (بار) 50سنة
D≤180	392	230
D≥200	427	260

يمكن اعتبار العينة التي أجري عليها الاختبار الهيدروليكي الطويل الأمد لمدة (1-10) ساعة محققة لمتطلبات الاختبار الهيدروليكي القصير الأمد على أن تجتاز أيضاً الاجهاد لمدة ساعة.

6-3-4 أنابيب البولى ايثيلين عالى الكثافة (HDPE):

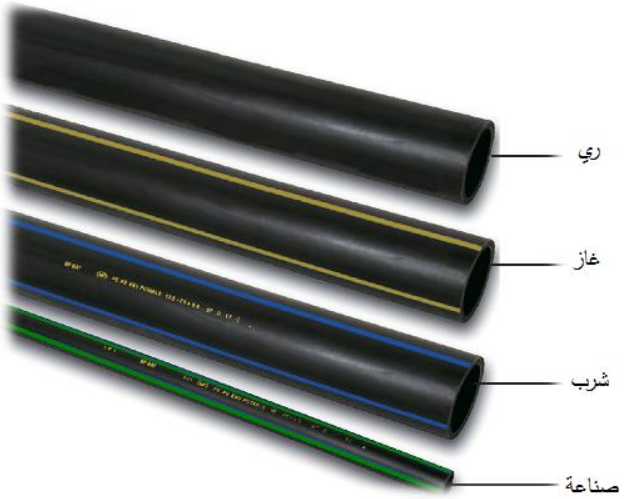
تستخدم أنابيب البولى ايثيلين عالي الكثافة (HDPE) من نوع PE100 حسب المواصفة ISO 4427:1996 أو prEN 12201:1999 أو ما يعادلها في مد خطوط مياه الشرب لما لها من مواصفات ميكانيكية عالية بالإضافة الى تحمل الضغوط العالية

والمرونة العالية التي تخفف بنسبة كبيرة من تأثير ظاهرة الطرق المائي (Water hammer) وصلاحيتها للاستخدام في مياه الشرب ولا يوجد لها أي تأثير على الصحة العامة والبيئة و تفي بمتطلبات المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب رقم/45/.

تتوفر المادة الأولية بالألوان التالية: الأسود–الأزرق–الأصفر–البرتقالي، ويفضل استخدام اللون الأسود في بلادنا (سورية).

ويتم التمييز بلون الخطوط شكل(4-14):

- أسود بدون خطوط: يستخدم في الري.
- أسود بخطوط صفراء: يستخدم في نقل الغاز.
- أسود بخطوط زرقاء: يستخدم في نقل مياه الشرب.
- أسود بخطوط خضراء: يستخدم في الصناعة.



الشكل(4-14) أنابيب البولي اتيلين واستخداماتها

المميزات:

- المرونة العالية التي تناسب الأراضي المتحركة والتربة الرافعة مع مقاومة عالية لتأثير الزلازل.
- المقاومة الذاتية للتربة العدوانية مما يوفر مصروفات الحماية الداخلية والخارجية.
- المقاومة العالية للعوامل البيئية وخاصة الاشعة فوق البنفسجية.
- أكثر مقاومة للنحر من الأنابيب المعدنية.

- مقاومة عالية لتأثير الكيماويات.
- عدم التأثر بالتيارات الشاردة.
- مقاومة عالية للصدمات أثناء التداول.
- خفة الوزن مما يقلل من مصروفات النقل والتداول.
- امكانية اللحام بالتسخين ليصبح الخط وحدة واحدة مع عدم وجود احتمالات التسريب.
- سرعة وتقليل تكلفة التركيب.
- عمر افتراضي يصل إلى 50 عاماً.

التسمية والتصنيف:

يجب أن يسمى أنبوب متعدد الاتيلين حسب نوع المادة الأولية المستخدمة في تصنيعه بحيث يكون مطابقاً لمعطيات الجدول(4-20) الذي يحدد المقاومة الصغرى المطلوبة (MRS) والاجهاد التصميمي الهيدروستاتيكي والجدول(4-21) يحدد العلاقة بين MRS و σ_s ومعامل التصميم عند الدرجة^oC20.

الجدول(4-20) تسمية الأنابيب

تسمية الأنبوب	المقاومة الصغرى المطلوبة (MRS) عند 50سنة وبدرجة^oC20 (ميغا باسكال)	اجهاد التصميم الهيدروستاتيكي الاعظمي المسموح به σ_s (ميغا باسكال)
PE100	10	8
PE80	8	6.3
PE63	6.3	5
PE40	4	3.2
PE32	3.2	2.5

الجدول(4-21) العلاقة بين MRS و σs ومعامل التصميم عند الدرجة 20Co

اجهاد التصميم الهيدروستاتيكي الاعظمي المسموح به σ_s (ميغا باسكال)	المقاومة الصغرى المطلوبة (MRS) (ميغا باسكال)				
	10	8	6.3	4	3.2
	معامل التصميم				
8	1.25				
6.3	1.6	1.25			
5	2	1.6	1.25		
4	2.5	2	1.6		
3.2	3.2	2.5	2	1.25	
2.5	-	3.2	2.5	1.6	1.25

الاختبارات التي تجرى على أنابيب البولى ايثيلين عالى الكثافة (HDPE)

نوع الاختبار	طريقة إجراء الاختبار	المواصفة
الاختبار البصري Visual Test	بالعين المجردة	S.N.S:972 / 2002
اختبار الانكماش Longitudinal reversion	بجهاز قياس الانكماش	Page11،6.2،ISO4427
الكثافة Density	بجهاز الكثافة	S.N.S:972 / 2002
الاختبار الهيدروستاتيكي Hydrostatic test	بجهاز خاص	Page10،Table8،ISO4427
سماكة الجدران Wall thickness	بأداة قياس	Page4،Table2،DIN8074

1- الاختبار البصري (Visual Test)

يجب أن يكون الأنبوب مستديراً بشكل مقبول مطابقاً لمتطلبات المواصفات الموضحة S.N.S:972 / 2002 ، ISO4427- 1996 ، يجب أن يكون سطح الأنبوب ناعماً خالياً من أية عيوب أو مسامات أو تشققات. كما يجب أن تكون السطوح الداخلية والخارجية للأنبوب ملساء ونظيفة من الفراغات والعيوب الأخرى التي تؤثر على وظيفة الأنبوب.

يجب أن تكون نهايات الأنابيب ملساء نظيفة وأن يكون القص عمودي على المحور ويجب تقديم سدات لنهايات الأنابيب لمنع دخول أجسام غريبة أثناء التخزين أو التركيب أن تكون الأنابيب من اللون الأسود بخط أزرق واحد على الأقل على طول الأنبوب ومن نفس مادة الأنبوب (لا تقبل الطباعة) ويجب أن يكون اللون المستخدم من الملونات المنصوص عنها في المواصفات القياسية السورية S.N.S:1080 والخاصة بالملونات المستخدمة في تصنيع المواد اللدائنية الملامسة للأغذية.

2- متطلبات الأبعاد:

- **القطر والسماكة:**

تقاس أبعاد الأنابيب حسب ISO 3126 او prEN 496 أو ما يعادلها في درجة حرارة 23 °± 2°. يتم تحديد سماكة جدار الأنبوب حسب الضغط الاسمي المطلوب وذلك وفق الجدول(4-22) و (4-23) حيث:

SDR(Standard Dimension) هي نسبة القطر الخارجي الاسمي إلى السماكة الاسمية.

S (Pipe Series): سلسلة تصنيف الأنابيب [S]={[SDR]-1}/2

e_{min}: السماكة الدنيا المسموحة في أية نقطة.

e_{max}: السماكة العظمى المسموحة في أية نقطة.

الجدول(4-22) القطر والسماكة والضغط الاسمي

PE 100 σ_S=8Mpa

DN/OD mm القطر الاسمي	السماكة الأسمية Nominal Wall Thickness.mm									
	SDR 6		**SDR 7.4**		**SDR 9**		**SDR 11**		**SDR 13.6**	
	S 2.5		**S 3.2**		**S 4**		**S 5**		**S 6.3**	
	PN 32		**PN 25**		**PN 20**		**PN 16**		**PN 12.5**	
	e min	**e max**	**e min**	**e max**	**e min**	**e max**	**e min**	**e max**	**e min**	**e Max**
20	3.4	3.9	3.0	3.4	2.3	2.7	2.3	2.3	-	-
25	4.2	4.8	3.5	4.0	3.0	3.4	2.3	2.7	2.3	2.3
32	5.4	6.1	4.4	5.0	3.6	4.1	3.0	3.4	2.4	2.8
40	6.7	7.5	5.5	6.2	4.5	5.1	3.7	4.2	3.0	3.5
50	8.3	9.3	6.9	7.7	5.6	6.3	4.6	5.2	3.7	4.2
63	10.5	11.7	8.6	9.6	7.1	8.0	5.8	6.5	4.7	5.3
75	12.5	13.9	10.3	11.5	8.4	9.4	6.8	7.6	5.6	6.3
90	15.0	16.7	12.3	13.7	10.1	11.3	8.2	9.2	6.7	7.5
110	18.3	20.3	15.1	16.8	12.3	13.7	10.0	11.1	8.1	9.1
125	20.8	23.0	17.1	19.0	14.0	15.6	11.4	12.7	9.2	10.3
140	23.3	25.8	19.2	21.3	15.7	17.4	12.7	14.1	10.3	11.5
160	26.6	29.4	21.9	24.2	17.9	19.8	14.6	16.2	11.8	13.1
180	29.9	33.0	24.6	27.2	20.1	22.3	16.4	18.2	13.3	14.8
200	33.2	36.7	27.4	30.3	22.4	24.8	18.2	20.2	14.7	16.3
225	37.4	41.3	30.8	34.0	25.2	27.9	20.5	22.7	16.6	18.4
250	41.5	45.8	34.2	37.8	27.9	30.8	22.7	25.1	18.4	20.4
280	46.5	51.3	38.3	42.3	31.3	34.6	25.4	28.1	20.6	22.8
315	52.3	57.7	43.1	47.6	35.2	38.9	28.6	31.6	23.2	25.7
355	59.0	65.0	48.5	53.5	39.7	43.8	32.2	35.6	26.1	28.9
400	-	-	54.7	60.3	44.7	49.3	36.3	40.1	29.4	32.5
450	-	-	61.5	67.8	50.3	55.5	40.9	45.1	33.1	36.6
500	-	-	----	----	55.8	61.5	45.4	50.1	36.8	40.6
560	-	-	----	----	----	----	50.8	56.0	41.2	45.5
630	-	-	----	----	----	----	57.2	63.1	46.3	51.1

الجدول(4-23) القطر والسماكة والضغط الاسمي

DN/OD mm القطر الاسمي	السماكة الأسمية Nominal Wall Thickness.mm									
	SDR 17		SDR 17.6		SDR 21		SDR 26		SDR 41	
	S 8		S 8.3		S 10		S 12.5		S 20	
	PN 10		PN 9		PN 8		PN 6		PN 4	
	e min	e max	e Min	e max	e min	e max	e min	e max	e min	e Max
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	2.3	2.3	2.3	2.3	----	----	----	----	----	----
40	2.4	2.8	2.3	2.7	2.3	2.3		-	-	-
50	3.0	3.4	2.9	3.3	2.4	2.8	2.0	2.3	----	-
63	3.8	4.3	3.6	4.1	3.0	3.4	2.5	2.9	----	----
75	4.5	5.1	4.3	4.9	3.6	4.1	2.9	3.3	----	----
90	5.4	6.1	5.1	5.8	4.3	4.9	3.5	4.0	----	----
110	6.6	7.4	6.3	7.1	5.3	6.0	4.2	4.8	----	----
125	7.4	8.3	7.1	8.0	6.0	6.7	4.8	5.4	----	----
140	8.3	9.3	8.0	9.0	6.7	7.5	5.4	6.1	-	-
160	9.5	10.6	9.1	10.2	7.7	8.6	6.2	7.0	----	-
180	10.7	11.9	10.2	11.4	8.6	9.6	6.9	7.7	-	-
200	11.9	13.2	11.4	12.7	9.6	10.7	7.7	8.6	-	-
225	13.4	14.9	12.8	14.2	10.8	12.0	8.6	9.6	-	-
250	14.8	16.4	14.2	15.8	11.9	13.2	9.6	10.7	-	-
280	16.6	18.4	15.9	17.6	13.4	14.9	10.7	11.9	---	---
315	18.7	20.7	17.9	19.8	15.0	16.6	12.1	13.5	7.7	8.6
355	21.1	23.4	20.1	22.3	16.9	18.7	13.6	15.1	8.7	9.7
400	23.7	26.2	22.7	25.1	19.1	21.2	15.3	17.0	9.8	10.9
450	26.7	29.5	25.5	28.2	21.5	23.8	17.2	19.1	11.0	12.2
500	29.7	32.8	28.3	31.3	23.9	26.4	19.1	21.2	12.3	13.7
560	33.2	36.7	31.7	35.0	26.7	29.5	21.4	23.7	13.7	15.2
630	37.4	41.3	35.7	39.4	30.0	33.1	24.1	26.7	15.4	17.1

- **التفلطح (Out-of-roundness or Ovality):**

وهو الفرق بين القيمة المقاسة لأكبر قطر خارجي و لأصغر قطر خارجي في نفس المقطع العرضي للأنبوب أو ذيل قطعة خاصة. يجب أن يوافق المواصفة ISO 11922-1 أو prEN 12201-2 أو ما يعادلها حسب الجدول (4-24):

الجدول (4-24) التفلطح

القطر الاسمي mm	القطر الخارجي الاسمي mm	القطر الخارجي الوسطي		التفلطح الأعظميmm
		الأصغري mm	الأعظمي mm	
20	20	20.0	20.3	1.2
25	25	25.0	25.3	1.2
32	32	32.0	32.3	1.3
40	40	40.0	40.4	1.4
50	50	50.0	50.4	1.4
63	63	63.0	63.4	1.5
75	75	75.0	75.5	1.6
90	90	90.0	90.6	1.8
110	110	110.0	110.7	2.2
125	125	125.0	125.8	2.5
140	140	140.0	140.9	2.8
160	160	160.0	161.0	3.2
180	180	180.0	181.1	3.6
200	200	200.0	201.2	4.0
225	225	225.0	226.4	4.5
250	250	250.0	251.5	5.0
280	280	280.0	281.7	9.8
315	315	315.0	316.9	11.1
355	355	355.0	357.2	12.5
400	400	400.0	402.4	14.0
450	450	450.0	452.7	15.8
500	500	500.0	503.0	17.5
560	560	560.0	563.4	19.6
630	630	630.0	633.0	22.1

بالنسبة للأنابيب الملفوفة، يجب أن يتم تحديد قطر اللفة بحيث لا يؤدي اللف إلى أي عيوب موضعية أو تشققات أو أية عيوب أخرى و يجب أن لا يقل قطر اللفة عن 18Dn حسب ISO 4427 أو ما يعادلها.

- **أطوال الأنابيب واستقامتها:**

- يكون طول الأنابيب المستقيمة بحدود 12m وأكثر بالنسبة للأقطار > من 75mm.
- لا يقل طول اللفة عن 100m بالنسبة للأقطار ≤ 75mm.

- **علامات الصنع:**

- جميع الأنابيب يجب أن تحمل وبشكل دائم علامات صنع ويجب أن تبقى خلال التحميل والتنزيل، التخزين، التركيب، خلال الاستثمار ومطبقة بطريقة لا تؤثر على مواصفات الأنبوب.
- علامات الصنع يجب ألا تؤدي إلى أي ضرر في سطح الأنبوب أو حدوث أقنية تسريب عند استخدام جوان في وصلات التداخل بالضغط الميكانيكي.
- يجب أن توسم الأنابيب وبشكل مستمر (مرة كل متر) [يجب أن لا يؤدي وضع علامات الصنع إلى تشقق في الأنابيب وأن لا يؤدي التخزين العادي أو التحميل والتركيب والاستخدام إلى التأثير على العلامات] كما يلي:
  - مواصفة الصنع.
  - اسم الصانع /العلامة التجارية.
  - الأبعاد (القطر الخارجي – السماكة).
  - SDR.
  - مادة الصنع.PE 100
  - الضغط الاسمي PN (بار).
  - تاريخ الصنع (السنة – الشهر) + رقم الدفعة للمادة الأولية.
  - عبارة الأنبوب صالح لمياه الشرب.

بالنسبة للأنابيب الملفوفة حتى قطر **75** مم يجب أن توضع علامات الترقيم المترية تحدد طول اللفة حتى تلك النقطة بحيث يمكن معرفة المتبقي من طول الأنابيب المتبقية في اللفة.

3- الاختبارات الفيزيائية:

- **الكثافة (compound density):**

تتم التجربة وفق المواصفة ISO 1183 أو prEN 12201-1 أو ما يعادلها في درجة حرارة 23° بالجهاز المبين بالشكل(4-15)، وذلك للتأكد من مطابقة كثافة المادة الخام الداخلة في تصنيع الأنبوب، وكذلك عدم وجود إضافات غير مسموح بها بنسبة أعلى قد تؤثر على خواص الأنبوب.

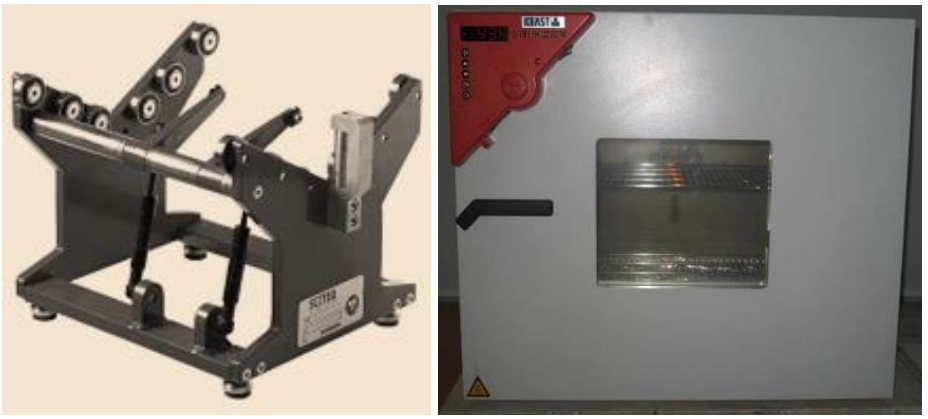
كلما زادت الكثافة تزداد الصلابة. كلما نقصت الكثافة زادت مقاومة الشد ومقاومة الصدمات.

ويجب أن تكون ≤930 كغ/م^3(عدد عينات الاختبار 3).

الشكل(4-15) جهاز قياس الكثافة

- **الانعكـــاس الطـــولي (تغيـــر الطـــول) Longitudinal Reversion:**

يجب أن لا يزيد الانعكاس الطولي عن **3%** عند الاختبار حسب **ISO 2505-1** أو ما يعادلها في درجة الحرارة **(110 ± 2º)** لأنابيب **PE 100**، و يتم تحديد زمن الاختبارات حسب **ISO 2505-2** أو ما يعادلها يبين الشكل(4-16) جهاز تحديد الطول وفرن التشغيل.

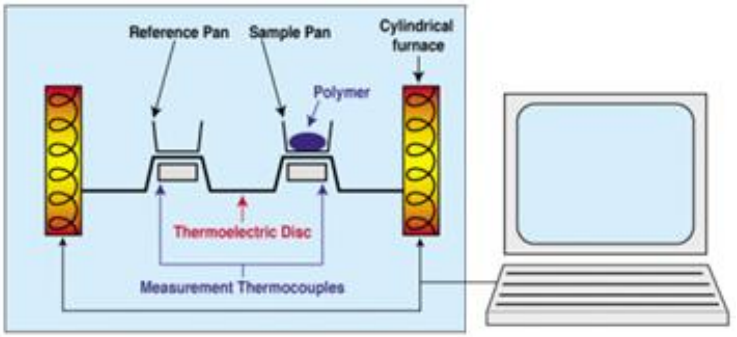


الشكل(4-16) جهاز تحديد الطول وفرن التشغيل

- **الثبات الحراري (Thermal stability) or (Oxidation induction time):**

يجب أن لا يقل زمن الثبات الحراري (Oxidation Induction Time) وهو الزمن الذي تمنع فيه المادة المضادة للأكسدة، أكسدة مادة البولي ايتلين في حال تسرب الأكسجين تحت حرارة عالية عن **20** دقيقة عند الاختبار على درجة حرارة **200º** و ذلك حسب **ISO/TR 10837** أو **EN728** أو ما يعادلها الشكل(4-17).

تؤخذ العينات للاختبار من السطح الداخلي للأنبوب حتى عمق **0.2** مم (عدد العينات :**3**).



الشكل(4-17) جهاز تجربة الثبات الحراري

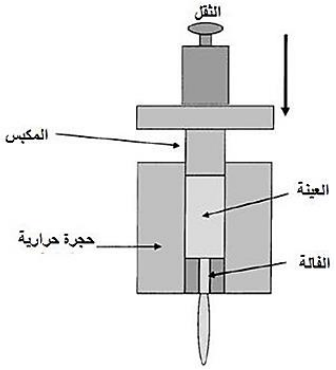
- **درجة الذوبان MFR (Melt mass –flow rate):**

على الصانع تحديد درجة الذوبان للمادة الأولية وللأنابيب وذلك وفق المواصفة العالميةISO 1133-condition T أو ما يعادلها (الحمولة 5 كغ – درجة حرارة التجربة 190 درجة مئوية – الزمن 10 دقائق – عدد عينات الاختبار:3) الشكل (4-18).

ويجب أن تحقق ما يلي:

1- يجب أن لا تختلف عن ± 30% عن القيمة المحددة بمواصفات المادة الأولية حسب ISO 4427.

2- الفرق بين القيمة المقاسة للأنبوب و القيمة المقاسة للمادة يجب أن لا يزيد عن 25%.



الشكل(4-18) جهاز تجربة درجة الذوبان

- **المواد المتطايرة (Volatile content):**

تتم التجربة حسب EN 12099 أو ما يعادلها ويجب أن تكون ≤350 مغ/كغ (عدد عينات الاختبار:1) الشكل (4-19).

الشكل (4-19) تجربة تحديد المواد المتطايرة

- **المحتوى المائي :(Water content)**

تتم التجربة حسب EN 12118 أو ما يعادلها ويجب أن تكون ≤ 300 مغ/كغ (عدد عينات الاختبار:1) الشكل (4-20).

الشكل (4-20) تجربة تحديد المحتوى المائي

- **محتوى الكربون الأسود :(Carbon black content)**

(2.25 ± 0.25)% من الكتلة حسب المواصفة ISO 4427 لعام 1996 أو ما يعادلها و تتم التجربة حسب المواصفة ISO 6964. أبعاد الجزيئات من 10 إلى 25

نانومتر الشكل (4-21).

الشكل (4-21) تجربة تحديد محتوى الكربون الاسود

- **نسبة توزع الكربون الأسود:Carbon black dispersion))**

الشكل (4-22) تجربة تحديد نسبة توزع الكربون الأسود

≥ Grade 3 تتم التجربة حسب المواصفة ISO 11420 أو ما يعادلها الشكل (4-22).

- **تـــوزع ذرات الصـــباغ فـــي البـــولي ايتلـــين (Pigment dispersion):**

≥ Grade 3 تتم التجربة حسب المواصفة ISO 13949 أو ما يعادلها.

4- الاختبارات الميكانيكية:

ما لم يحدد في شروط التجربة يجب أن توضع العينة في درجة حرارة 23 °±2°.

المتطلبات:

يجب أن تحقق الأنابيب المواصفات الميكانيكية الواردة لاحقا وذلك وفق الشروط الواردة في هذه التجارب.

- **القوة الهيدروستاتيكية (الديمومة) (Hydrostatic strength):**

عند الاختبار **ISO 1167 أو EN 921** أو ما يعادلها الشكل (4-23)

يجب أن يحقق الأنبوب المواصفات الآتية:

مادة الأنبوب	إجهاد الشد في جدار الأنبوب circumferential (hoop) stress		
	(100h) of 20° c	(165h) of 80° c	(1000h)of 80° c
PE 100	12.4Mpa	5.5Mpa	5.0Mpa

الشكل (4-23) تجربة الضغط الهيدروستاتيكي

شروط التجربة:

1) Water-in-water

2) End caps السدات محكمة

3) Conditioning period فترة الاختبار

4) Number of test pieces = 3 عدد عينات قطع الاختبار

الضغط الواجب تطبيقه يعطى بالمعادلة التالية:

$$P = \frac{20\ \sigma\ e_{min}}{(D_m - e_{min})}$$

حيث:

D_m : قطر الأنبوب الوسطي.

e_{min} : السماكة الدنيا للأنبوب.

σ : الاجهاد الجداري الذي يتعرض له الأنبوب.

ولا يسمح بفشل أي عينة أثناء الاختبار الشكل (4-24).

يجب إجراء التجارب كاملةً للتأكد من مطابقة المادة للمواصفات ويمكن قبول الأنابيب بشكل أولي بعد تجربتي الـ 100 ساعة و 165 ساعة الواردة أعلاه على الأقل.

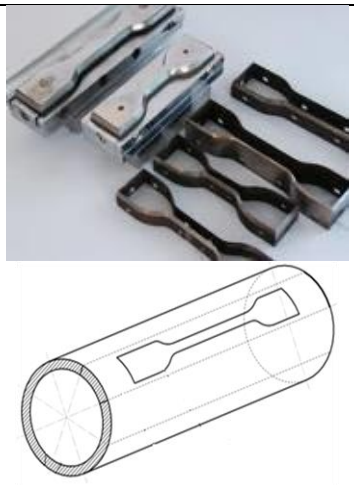
الشكل (4-24) انفجار الأنبوب في تجربة الضغط الهيدروستاتيكي

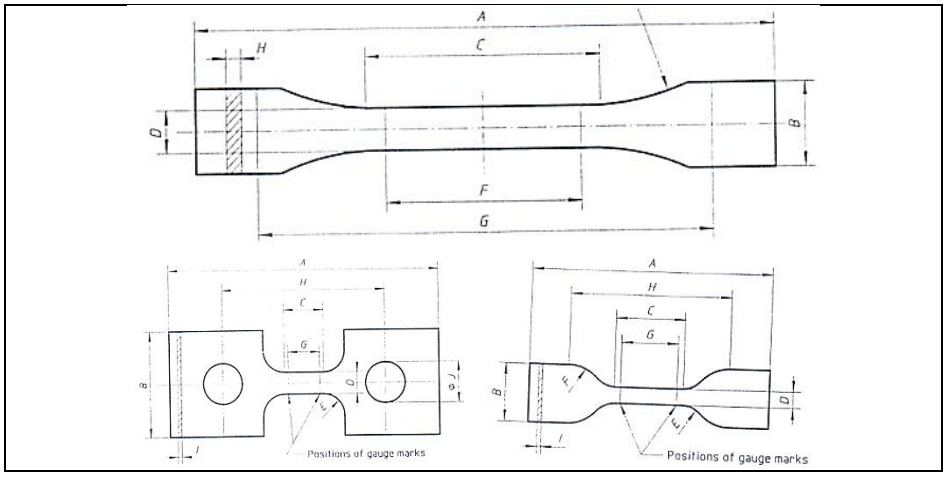
الاستطالة (Elongation at break):

تتم التجربة حسب المواصفة **ISO 6259-1** و **ISO 6259-3** أو **EN 638** أو ما يعادلها ويجب أن تحقق استطالة ≤ **350%** ويتم تحديد شكل العينة وسرعة التجربة الشكل (4-25) كما يلي:

- شكل العينة من النوع Type 2 و سرعة التجربة 100 mm/min. $e \leq 5mm$
- شكل العينة من النوع Type 1 وسرعة التجربة 50 mm/min. $5mm < e \leq 12\ mm$
- شكل العينة من النوع Type 1 وسرعة التجربة 25 mm/min. $e > 12\ mm$

حيث e تمثل السماكة.

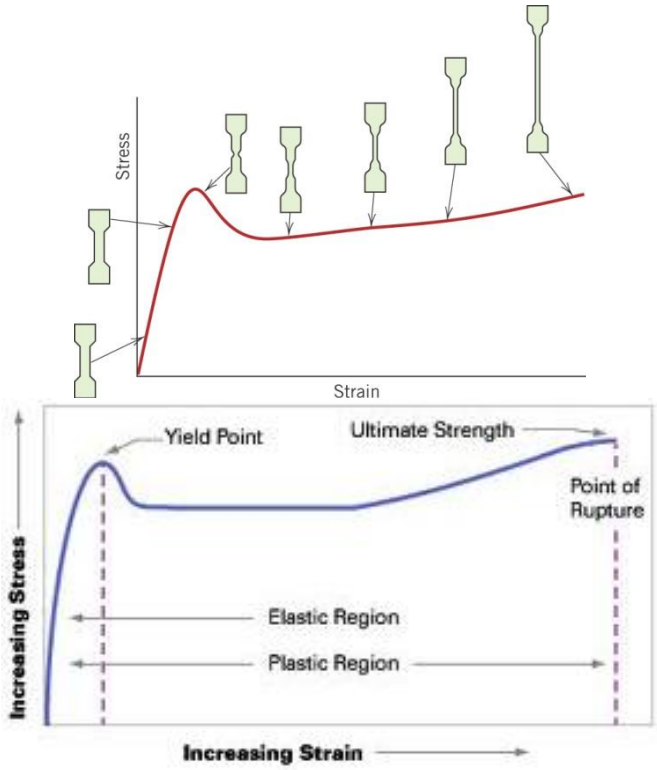




الشكل (4-25) جهاز الشد وأشكال عينات الشد

- **إجهاد الشد:**

يتم إجراء الشد حسب المواصفة **ISO 6259** أو **DIN 53455** أو ما يعادلها الشكل (4-26).



الشكل (4-26) شكل منحني الشد

- **التأثير على نوعية المياه:**

يجب أن يتم إجراء الاختبارات على المياه بعد مرورها في أنابيب البولي ايتلين للتأكد من عدم تأثر المياه وعدم تأثر البولي ايتلين بالمياه المارة فيه وذلك في مراكز البحوث المعتمدة.

لذلك بالنسبة لاستخدامات أنابيب التغذية والدفع للصرف الصحي نرى الآتي:

استخدامات الأنابيب	نوعيه الأنابيب المستخدمة
1- توصيلات المنازل	البلاستيك (UPVC)- البولى إثيلين عالي المقاومة (PE 100)- البولى بروبلين-الحديد المغلفن يفضل البلاستيك والبولي إثيلين لسهولة تشكيله.
2- شبكات التغذية الفرعية التي يتم تركيب البرايز عليها	البلاستيك (UPVC)- - البولي إثيلين (PE 100)
3-شبكات التغذية الرئيسية	البلاستيك (UPVC) - البولي إثيلين ((PE 100)- البوليستر (GRP 5000) الفونت المرن -الخرسانة مسبقة الإجهاد بأسطوانة وبدون - بأطوال حتى 6م.
4- خطوط نقل وتوصيل المياه حتى قطر 800 مم	البولي إثيلين (PE 100) - البوليستر(GRP 10000)- البلاستيك (UPVC) -الفونت المرن - الخرسانه مسبقة الإجهاد بأسطوانة وبدون.
5- خطوط نقل وتوصيل المياه بأقطار حتى 1000 مم	البوليستر (GRP 10000) - الأنابيب الفونت المرن - الأنابيب الخرسانية مسبقة الإجهاد بأسطوانة وبدون.
6- خطوط نقل وتوصيل المياه بأقطار أكبر من 1000 مم	البوليستر (GRP 10000)- الخرسانه سابقه الإجهاد بأسطوانة وبدون.
7- خطوط نقل مياه الصرف الصحي حتى قطر 800مم	البولي إثيلين (PE100)- البوليستر (GRP 10000)- الفونت المرن - الخرسانة مسبقة الإجهاد بأسطوانة وبدون - الأنابيب البلاستيك UPVC
8- خطوط نقل مياه الصرف الصحي حتى قطر 1000 مم	البوليستر (GRP 10000)- الفونت المرن - الخرسانة مسبقة الإجهاد بأسطوانة وبدون
9- خطوط نقل مياه الصرف	البوليستر (GRP 10000)- الخرسانة مسبقة الإجهاد

استخدامات الأنابيب	نوعيه الأنابيب المستخدمة
الصحي أكبر من 1000 مم	بأسطوانة وبدون
10- الأنابيب داخل المحطات	الفونت المرن – الصلب
11-العبارات السطحية	الفونت المرن – الصلب
12- العبارات أسفل الاقنية : انحدار الطرد	 الخرسانة المسلحة الخرسانة مسبقة الإجهاد بأسطوانة وبدون – الفونت المرن
13-أنابيب العبارات النفقيه	الخرسانة المسلحة
14- الأنابيب داخل العبارة	(فونت مرن – صلب) بالفلنجات
15-أنابيب العبارات بالدفع الموجه	البولي إثيلين
16-أنابيب العبارات بالدق	الصلب
17- أنابيب المأخذ : أ- في الجزء داخل المياه: ب- في الجزء على الشاطئ انحدار الدفع	 (فونت مرن – صلب) بالفلنجات الخرسانة المسلحة – الفونت المرن – الخرسانة مسبقة الإجهاد الصلب باللحام – الفونت المرن – الخرسانة مسبقة الإجهاد
18-القطع داخل غرف الصمامات	الفونت المرن – الصلب – من نفس نوع الأنبوب.

4-4 الأنابيب المستخدمة لنقل الصرف الصحي:

تستخدم أنابيب متنوعة لصرف المخلفات السائلة، وهي مصنوعة من مواد مختلفة ويراعى في اختيار نوع الأنبوب الأسس التالية:

- توفر الأنابيب بالأقطار والكميات المطلوبة.
- مقاومة الأنابيب للأحمال الخارجية.
- طبيعة التربة ومدى تحملها.
- السعر المناسب.
- سهولة التنفيذ.

من أهم الأنابيب المستخدمة في الصرف الصحي:

1. Vitrified clay pipes	1. أنابيب الفخار
2. Reinforced concrete pipes	2. أنابيب الخرسانة المسلحة
3. G. R. P	3. أنابيب بولى استر مسلحة بالالياف
4. P. V. C. – U. P. V. C	4. أنابيب بولى فينيل كلورايد
5. Grey cast-iron	5. أنابيب الفونت والفونت المرن
6. HDPE Double Wall Corrugated **Pipes**	6. أنابيب بولى ايثليين عالى الكثافة

1-4-4 الفخار الحجري Verified clay pipe VCP:

تشكل من خليط متجانس من الغضار والمواد الأخرى المناسبة، ثم تحرق عند درجة حرارة لاتقل عن 1100 درجة مئوية ويكون داخل الأنبوب مزججاً (مطلي بطبقة شبيهة بالزجاج) بكامل الطول الفعلي أما خارج الأنبوب فقد يكون مزججاً أو غير مزجج. تنتج بأقطار تتراوح بين mm(1000-150) ذات رأس وذيل وقدرة تحملها للضغط الداخلي قليلة. ويعد هذا النوع من أفضل أنواع الأنابيب الحاملة لمياه الصرف الصحي لكونها رخيصة الثمن وسهلة التصنيع والتركيب والصيانة ولها عمر افتراضي طويل، والشكل (4-27) يوضح عينة من هذه الأنابيب.

الشكل (4-27) أنابيب الفخار

تصنف أنابيب الفخار طبقاً لحمل الأمان في اختبار التهشم كما يأتي:

صنف A: أنبوب ذو مقاومة عالية.

صنف B: أنبوب ذو مقاومة عادية.

يبين الجدول (4-25) تصنيف أنابيب الفخار وفق المواصفة السورية S.N.S:1921 / 1998

الجدول (4-25) تصنيف أنابيب الفخار

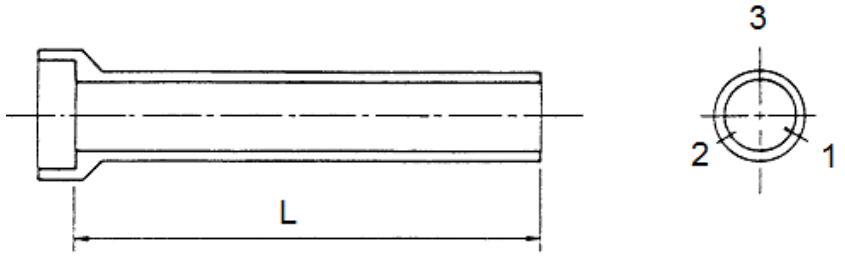
القطر الاسميmm	حمل الامان KN/m	
	الصنف A	الصنف B
100	-	20
150	30	25
200	40	25
250	40	30
300	45	30
350	50	35
400	50	35
450	55	35
500	60	40
600	65	40
700	70	40
800	70	40
900	85	40
1000	100	40

الاختبارات:

المظهر: يجب أن تكون الأنابيب متجانسة المظهر وذات سطح داخلي أملس وأطراف ناعمة وأن تكون خالية من العيوب المرئية الي تؤثر على كفاءة أدائها ولا يسمح باستخدام طلاء داخلي أو خارجي بعد الحرق.

الابعاد: تتم القياسات وفق المواصفة السورية S.N.S:1954 / 1998

الطول: يقاس الطول الفعلي للأنبوب (الطول المستقيم) عند ثلاثة مواضع مختلفة من المقطع العرضي للأنبوب وعلى مسافات متساوية تقريباً كما هو مبين بالشكل (4-28) ويؤخذ متوسط القراءات الثلاث.



الشكل (4-28) طول أنابيب الفخار

القطر: يقاس القطر الداخلي للأنبوب عند طرفي الجزء المستقيم على ان تؤخذ قراءتين متعامدتين عند كل طرف ويعتبر متوسط القراءات هو القطر الداخلي للأنبوب والتسامح المسموح به يحدد بالجدول (4-26) التالي:

الجدول (4-26) تسامح قياس القطر

القطر الاسمي mm	التفاوت mm
100	± 4
150	± 4
200	± 5
250	± 6
300	± 7
350	± 8
400	± 10
450	± 11
500	± 12
600	± 15
700	± 17
800	± 20
900	± 22
1000	± 23

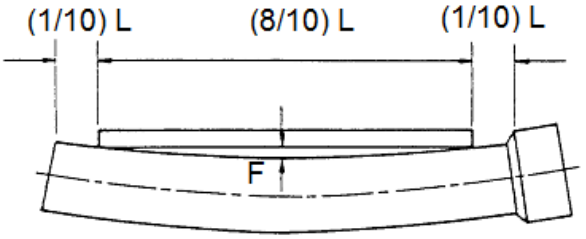
كما يجب ألا يزيد الفرق بين أكبر سماكة للأنبوب الواحد على 2mm للأنابيب ذات قطر أصغر من 300mm و3mm للأنابيب ذات قطر أكبر من 300mm

الاستقامة:

تتم القياسات وفق المواصفة السورية S.N.S:1954 / 1998 والمواصفة الالمانية DIN 1230/1979

يتم القياس بوساطة قدة معدنية مستقيمة من الحديد الصلب طولها (0.8) من الطول الفعلي للأنبوب.

توضع القدة على الجزء المستقيم من الأنبوب من الخارج موازية لمحوره الطولي على ان تبعد عن كل طرف مسافة قدرها (0.1 L) .0 كما هو مبين بالشكل (4-29):



الشكل (4-29) تحديد استقامة أنابيب الفخار

- يقاس الانحراف F عند منتصف القدة.
- يكرر القياس في عدة مواضع على محيط الأنبوب (لا تقل عن ثلاثة).
- تؤخذ أكبر قيمة انحراف وتنسب إلى طول القدة.
- يجب ألا يزيد الانحراف في الاستقامة على5mm لكل متر واحد بطول الأنبوب.

علامات الصنع :

يجب أن تكون الأنابيب موسومة بالعلامات التالية:

- اسم الشركة الصانعة أو العلامة.
- تاريخ الصنع.
- القطر.
- الصنف.
- رقم المواصفة القياسية.

اختبار التهشم:

تتم القياسات وفق المواصفة السورية S.N.S:1954 / 1998 والمواصفة الالمانية DIN 1230/1979

- يجري اختبار التهشم على جزء من الأنبوب بطول لا يقل عن 300mm.

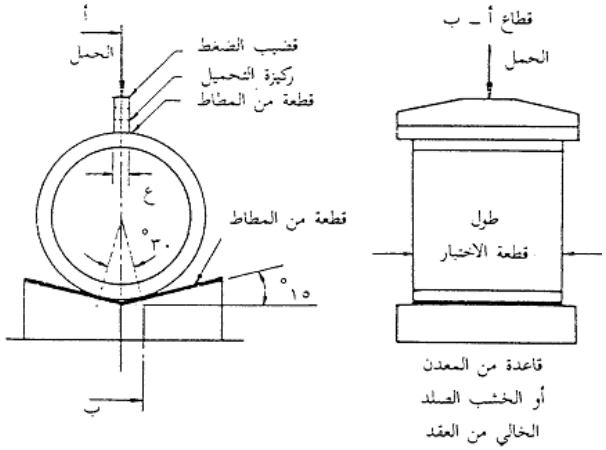
يتم استخدام آلة اختبار ضغط تعطي حمل اختبار بمعدل منتظم مقداره 30KN/m/min مزودة بركائز تحميل مناسبة شكل (4-30).

- يؤخذ عرض ركيزة التحميل (العلوي) طبقاً للقطر الاسمي للأنبوب كما هو موضح بالجدول(4-27):

الجدول (4-27) العلاقة بين عرض الركيزة والقطر الاسمي

القطر الاسمي mm	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000
عرض ركيزة التحميل mm	25	25	25	30	35	45	50	55	60	75	85	95	105	115

- توضع عينة الاختبار أفقياً بين الركيزتين العلوية والسفلية بحيث تكون خطوط التحميل موازية لمحورها كما هو مبين بالشكل.



الشكل (4-30) تجربة التهشم

- يتم التحميل تدريجياً بمعدل منتظم حوالي 30KN/m/min حتى الوصول إلى حمل الأمان المحدد لكل صنف في المواصفة القياسية رقم 1921 خلال زمن لايقل عن 60 sec ويترك هذا الحمل مؤثراً على العينة لفترة كافية تسمح بفحص العينة للتأكد من عدم وجود شروخ أو كسور أو أية عيوب أخرى ناتجة عن التحميل.

- يجب أن يتحمل الأنبوب حمل الأمان المبين بالجدول (4-27) دون حدوث كسر أو أية عيوب أخرى.

اختبار امتصاص الماء:

تتم القياسات وفق المواصفة السورية S.N.S:1954 / 1998 والمواصفة الالمانية DIN 1230/1979

- تؤخذ قطعة الاختبار من القطع الناتجة من التهشم لكل وحدة أجري عليها اختبار التهشم بحيث تكون مربعة ما أمكن وبكامل سمكها ولا تقل مساحتها (بالسنتيمتر المربع) عن 30 ضعف سمكها (بالسنتيمتر) وتكون سليمة خالية من الشروخ وجميع حوافها مكسورة غير مشطوفة.
- تنظف قطعة الاختبار بفرشاة من السلك وتجفف عند درجة حرارة لا تقل عن $110C^{o}$ حتى ثبات الوزن ويسجل الوزن لأقرب 0.5 gr ويعتبر هذا الوزن وزن قطعة الاختبار الجاف W1.
- تعلق قطعة الاختبار بوساطة خيط وتغمر في الماء المقطر مع التسخين حتى الغليان لمدة ساعتين تقريباً ثم ترفع قطعة الاختبار من الماء ويزال الماء العالق بها بقطعة رطبة من القماش ثم يوزن لأقرب 0.5 gr ويعتبر هذا الوزن وزن قطعة الاختبار بعد الغليانW2.
- تحسب النسبة المئوية لامتصاص الماء من المعادلة الاتية:

$$M = \frac{W2 - W1}{W1} \times 100$$

- يجب ألا يزيد امتصاص الأنبوب للماء على 8% من وزن قطعة الاختبار.

اختبار مقاومة الاحماض:

تتم القياسات وفق المواصفة السورية S.N.S:1954 / 1998 والمواصفة الالمانية DIN 1230/1979

- يحضر محلول من أحماض الكبريت وكلور الماء و الآزوت والخل وذلك بأخذ الأحجام التالية وتخفيفها بالماء المقطر إلى ليتر واحد للحصول على محلول عياري

حمض الكبريت	28.5 ml
حمض كلور الماء	88.9 ml

حمض الآزوت	65 ml
حمض الخل	57.7 ml

- تؤخذ قطعة الاختبار او اكثر من القطع الناتجة من التهشم لكل وحدة أجري عليها اختبار التهشم بحيث تكون مربعة ما أمكن وبكامل سمكها ولا تقل مساحتها $2500mm^2$ ولا تزيد كتلتها على 200gr وتكون سليمة خالية من الشروخ وجميع حوافها حديثة الكسر.
- تنظف قطعة الاختبار بقطعة نظيفة من القماش.
- تجفف عند درجة حرارة لا تقل عن $150C^o$ حتى ثبات الوزن ويعتبر هذا الوزن وزن قطعة الاختبار قبل الاختبار W1.
- تغمر قطعة الاختبار في حوالي 500ml من محلول الاحماض عند درجة حرارة $(22\pm5)C^o$ لمدة 48 ساعة ثم ترفع بعدها من المحلول وتغسل جيداً بماء مقطر ساخن ثم تغلى قطعة الاختبار في حوالي 500ml من ماء مقطر لمدة 30 دقيقة ويكرر الغليان مرة أخرى باستخدام ماء مقطر جديد.
- تجفف قطعة الاختبار بعد الغليان عند درجة حرارة $150C^o$ حتى ثبات الوزن ويعتبر هذا الوزن وزن قطعة الاختبار بعد الاختبار W2.
- تحسب النسبة المئوية للمواد الذائبة في الأحماض من المعادلة الاتية:

$$M^* = \frac{W2 - W1}{W1} \times 100$$

- يجب ألا تزيد المواد القابلة للذوبان في مزيج الأحماض على 0.25% من وزن قطعة الاختبار.

2-4-4 أنابيب الخرسانة المسلحة:

3-3-4 الأنابيب البيتونية:

تعتبر أنابيب البيتون العادي و المسلحة من أكثر الأنواع استخداماً في تنفيذ مشاريع المياه وخصوصاً الصرف الصحي وتصنع طبقاً للمواصفات العالمية الأمريكية AWWA – C 301.

- أنابيب البيتون العادي:

تصنع أنابيب البيتون العادي بأقطار من 15 – 60 سم من خليط من البحص و الرمل و الإسمنت حسب النسب التالية :

0.75 م^3 بحص عدسي أبعاده 0.5 – 1 سم.

0.5 م^3 رمل أبعاده 0.15 – 0.5 سم.

400 كغ اسمنت.

نسبة الماء إلى الاسمنت 60 %

ويجب استعمال الجبالة الآلية لتحضير الخلطة المذكورة، ثم يصب البيتون في قوالب معدنية من الصاج سماكة 3 مم خالية من النتوءات والاعوجاجات والصدأ.

تدهن سطوح القوالب المعدنية بالزيت لتأمين عدم التصاق البيتون بها، و يدك البيتون في القالب دكاً جيداً إما باستعمال قضبان التسليح أو الرجاجات الميكانيكية، ويفك القالب بعد فترة تتراوح بين 7-12 ساعة و يرش بعدها الأنبوب بالماء رشاً غزيراً لمدة ثلاثة أسابيع أو يغطس في حوض مائي لمدة لا تقل عن أسبوع و بعد مضي ثلاثة أسابيع يصبح الأنبوب جاهزاً للاستعمال.

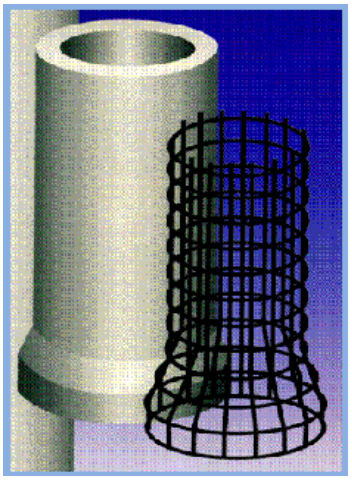
تصنع أنابيب البيتون العادي محلياً بطول 1 متر وبالسماكات الآتية في الجدول(4-28):

الجدول(4-27) قطر وسماكة الأنابيب البيتونية

قطر الأنبوب الداخلي (مم)	سماكة جدار الأنبوب (مم)
150	30
200	40
250	50
300	50
350	60
400	60
500	70
600	80

وتكون هذه الأنابيب بنهاية جرسية كما هو موضح بالشكل(4-31).

الشكل(4-31) أنابيب بيتونية



الشكل(4-32) تسليح أنابيب بيتونية

- أنابيب البيتون المسلح:

تصنع أنابيب البيتون المسلح بأقطار من 20-250 سم. وتستعمل خلطة البيتون العادي كما أنها تحوي على تسليح دائري وتسليح طولي، الأول يكسبها قوة التحمل للضغط الخارجي الواقع عليها والثاني لتثبيت التسليح الدائري ومنع التشققات الطولية في الأنابيب.

في الأنابيب ذات القطر 80 سم وما فوق توضع حلقتان من التسليح الخارجي والداخلي الشكل(4-32).

تصنع أنابيب البيتون المسلح بنفس الأسلوب التي تصنع بها أنابيب البيتون العادي ولكن بأطوال مختلفة، وتستعمل نفس الوصلات.

يشترط في أنابيب البيتون العادي والمسلح أن تكون:

1- تامة الاستقامة وخالية من الاعوجاج أو التشويه.

2- مستديرة المقطع وخالية من التشققات.

3- أن تكون صماء نسبياً وان لا تزيد نسبة امتصاصها للماء عما هو وارد بالنسبة لأنابيب الخزف.

4- أن تتحمل ضغطاً هيدروستاتيكياً وذلك بإيقافها وملئها بالماء، ويجب ألا يظهر أي تدميع أو رشح خلال 15 دقيقة.

5- أن تتحمل ضغوطاً خارجية كافية تتناسب والأعماق التي ستركب عليها.

تتمتع الأنابيب البيتونية بالمزايا التالية:

- أسعارها رخيصة إذا ما قورنت بالأنابيب المعدنية والبلاستيكية.
- سطحها الداخلي ناعم إذا ما أتقنت صناعتها.
- مقاومة للمواد الكيميائية.
- غير ناقلة للكهرباء.

مساوئ الأنابيب البيتونية:

- كبر وزنها.
- لا تتحمل ضغوطاً عالية.
- كثرة الوصلات.
- طريقة تنفيذ الوصلات هي نقطة الضعف الأساسية لأنابيب البيتون.
- تنكسر لدى أقل حركة للأنابيب.
- تتأثر من وجود غاز كبريت الهيدروجين في مياه المخلفات السائلة.

تستخدم هذه الأنابيب بكفاءة في مشروعات مياه الشرب والصرف الصحي والري واستصلاح الأراضي.

يبين الجدول (4-28) طول وسماكة ووزن هذه الأنابيب.

الجدول (4-28) أبعاد الأنابيب الخرسانية مسبقة الاجهاد

DIAMETER	(mm)	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1500	1800	2000
THICKNESS	(mm)	87	87	87	100	110	112	122	142	142	162	157
USEFUL LENGTH	(m)	7	7	7	7	7	7	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15
WELGHT/L.M	(kg)	460	530	595	770	940	1045	1240	1685	1795	2445	2605
TOTAL WEGHT	(kg)	3220	3710	4165	5390	6580	7315	7630	10365	11040	15040	16025

تجرى التجارب على الأنابيب البيتونية وفق المواصفات السورية رقم 531/1987 للأنابيب المسلحة و532/1987 للأنابيب العادية.

1- الفحص الظاهري:

يفحص الأنبوب بالعين المجردة للتأكد من نعومة سطحه وخلوه من النتوءات أو الانتفاخات المحلية والشروخ أو أي عيوب ظاهرية أخرى.

2- متطلبات الأبعاد:

- **التصنيف:**

تعتبر المقاومة أساس التصنيف شرط ألا تقل سماكة الجدار عن الحدود الدنيا الموضحة في الجدول (4-29) الذي يظهر أيضاً الأقطار الموافقة لتلك السماكات.

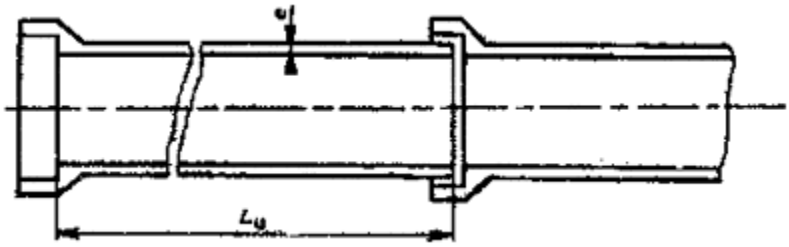
الجدول (4-29) تصنيف الأنابيب الخرسانية

القطر الاسمي الداخلي	صنف أول		صنف ثاني		صنف ثالث	
	ثخانة الجدار الدنيا	المقاومة الدنيا كليونيوتن/م.ط	ثخانة الجدار الدنيا (مم)	المقاومة الدنيا كيلونيوتن/م.ط	ثخانة الجدار الدنيا (مم)	المقاومة الدنيا كيلونيوتن/م.ط
150	25	35	20	29	16	22
200	30	35	22	29	20	22
250	35	35	25	29	22	23
300	45	38	35	33	25	26
400	50	42	45	38	35	29
500	65	55	55	48	45	35
600	85	64	75	52	55	38
700	100	67	95	57	85	41
800	110	70	110	63	90	44

- **الابعاد:**

الطول المفيد:

يجب أن يكون الطول المفيد المبين في الشكل (4-33) وفق القيم الواردة في الجدول (4-30)



الشكل(4-33) الطول المفيد

القطر الاسمي(مم)	طول الأنبوب (م)
D<400	2.5≥LU≥1
D≥400	2.5≥LU≥2

الجدول (4-30) أطوال الأنابيب البيتونية

القطر الداخلي:

يبين الجدول (4-31) تسامحات القطر الداخلي على أن يقاس القطر الداخلي على بعد لا يقل عن10 cm من نهاية الأنبوب.

الجدول (4-31) تسامحات القطر الداخلي للأنابيب البيتونية

القطر الاسمي للأنبوب (مم)	تسامحات القطر الداخلي	
	القطر الأصغري (مم)	القطر الأعظمي (مم)
150	**150**	**160**
200	**200**	**210**
250	**250**	**260**
300	**300**	**310**
400	**400**	**415**
500	**500**	**520**
600	**600**	**620**
700	**700**	**725**
800	**800**	**825**

سماكة الجدار:

يجب ألا تقل سماكة جدار الأنبوب بأي شكل عن القيم المبينة في الجدول(4-12).

- **علامات الصنع:**

تدون المعلومات التالية على كل أنبوب

- القطر الاسمي.
- تاريخ الصنع.
- اسم المنتج وعلامته التجارية.
- نوع الاسمنت المستخدم.
- صنف الأنبوب.
- رقم المواصفة القياسية.
- تحفر المعلومات على مقطع الأنبوب أو تدون بدهان مقاوم للماء.

3- الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية:

- **عينات الاختبار:**

يحق للمهندس المشرف اختيار الأنابيب التي سوف تجرب ويتم الاختبار في مخابر معتمدة ويجب أن تكون الأنابيب المجربة خالية من أي رطوبة ممكنة.

- **عدد ونوع عينات الاختبار:**

0.5% من عدد الأنابيب لكل قياس لتجربة الامتصاص والانسحاق.

2% من عدد الأنابيب لكل قياس لتجربة النفاذية.

0.5% من عدد الأنابيب لكل قياس لتجربة الضغط الهيدروستاتيكي.

يجب ألا يقل عدد النماذج لكل اختبار في أي حال عن أنبوبين.

- **تجربة الامتصاص:**

يتم إجراء التجربة في المخبر حيث تؤخذ عينات من الأنابيب التي نجحت في تجربة الكسر بحيث يكون سطح العينة بمساحة من 75 إلى $130cm^2$ وبسماكة هي سماكة جدار الأنبوب.

الأجهزة المستخدمة: ميزان دقته 0.5 ± غ، فرن تجفيف.

- **تجهيز عينة الاختبار:** تؤخذ عينة الاختبار من الأنبوب بوساطة الثقب بحيث لا يقل قطرها عن 30 مم وتكون بسماكة جدار الأنبوب.
- **الطريقة:**

تجفف عينة الاختبار في فرن تجفيف عند درجة حرارة (110 + 5)ْ درجة مئوية حتى يصبح الفرق بين وزنتين متتاليتين بينهما خلال مدة زمنية لا تقل عن 6 ساعات، لا يزيد على 0.1 % من آخر وزن للعينة المجففة ، وبحيث يكون تجفيف العينة بسمك 38 مم أو أقل لمدة 24 ساعة كحد أدنى ، وتجفف العينة بسمك من 38 حتى 75 مم لمدة 48 ساعة كحد أدنى ، وتجفف العينة بسمك يزيد على 75 مم لمدة 72 كحد أدنى، ويستخدم آخر ست ساعات من الحد الأدنى للتجفيف لتحديد وصول العينة إلى وزن التجفيف المناسب أو وصولها إليه.

تغمر عينة الاختبار المجففة في ماء نظيف درجة حرارته من (10-24)ْ درجة مئوية. يسخن الماء حتى يصل إلى درجة الغليان فيما لا يقل عن ساعة ولا يزيد على ساعتين؛ ونستمر في الغليان حتى خمس ساعات.

عند نهاية خمس ساعات غليان يغلق السخان وتترك العينة تبرد في الماء إلى درجة حرارة الغرفة بالفقد الطبيعي للحرارة لمدة لا تقل عن 14 ساعة ولا تزيد على 24 ساعة، ثم ترفع العينة من الماء ويجفف سطحها بسرعة بقطعة قماش أو ورق جاف ماص، وتوزن فوراً لأقرب غرام واحد.

الحسابات:

تحسب النسبة المئوية لامتصاص الماء من المعادلة التالية:

$$M = \frac{W2 - W1}{W1} \times 100$$

حيث:

M = النسبة المئوية لامتصاص الماء بالوزن.

$W2$ = وزن عينة الاختبار بعد امتصاصها للماء بالغرام.

$W1$ = وزن عينة الاختبار بعد التجفيف بالغرام.

وفي حالة وجود حديد التسليح في عينة الاختبار يحدد وزن حديد التسليح في عينة الاختبار وتحسب نسبة امتصاص الماء من المعادلة التالية:

$$M = \frac{W2 - W1}{W1 - W} \times 100$$

حيث:

W = وزن حديد التسليح في عينة الاختبار بالغرام.

وفي نهاية التجربة يجب ألا تزيد نسبة الامتصاص عن 8.5 %

- **تجربة النفاذية:**

تجرى تجربة النفاذية على العينات المقررة حسب (AASHTO T33) ويجب ألا يظهر على السطح الخارجي للأنبوب أية رطوبة أو بقع رطبة بعد انتهاء التجربة بسبب عبور الماء داخل جدران الأنبوب. وفي حال اخفاق أكثر من 20% من عينات التجربة

في مطابقة متطلبات التجربة فيجب عزل العينات الفاشلة وتعليمها أو دمغها حتى لاتشحن وتستخدم وإذا أخفقت مرة ثانية فإن الكمية ترفض كاملة.

أثناء وقت الفحص أو التفتيش خلال تجربة النفاذية إذا ظهرت أية رطوبة أو بقع رطبة على السطح الخارجي للأنبوب فيجب أن تستمر التجربة لمدة لا تزيد عن 24 ساعة فإذا لم يظهر أي تسرب خلال وقت التجربة فتعتبر التجربة ناجحة.

- **التجربة الهيدروستاتيكية:**

يوضع الأنبوب تحت ضغط داخلي هيدروستاتيكي يعادل (69 Kpa) لمدة 10 دقائق كما هو موصوف في (AASHTO T33) شكل (4-34)، يجب ألا يظهر أي تسرب والرطوبة التي تظهر على سطح الأنبوب على شكل بقع لا تعتبر تسرب، في حال أخفقت مرة ثانية ترفض الكمية كاملة.

أثناء وقت الفحص أو التفتيش خلال التجربة الهيدروستاتيكية إذا ظهر أي تسرب على الأنبوب فيجب أن تستمر التجربة لمدة لاتزيد عن 24 ساعة فإذا لم يظهر أي تسرب خلال وقت التجربة فتعتبر التجربة ناجحة.

شكل (4-34) التجربة الهيدروستاتيكية

تجرى التجربة الهيدروستاتيكية على الوصلات كما تجرى على الأنابيب.

الأنابيب المعابة: يجب عزل أي أنابيب يظهر عليها شقوق أو عيوب أخرى في الشكل أو الابعاد بشكل زائد عن الحد المسموح به في هذه المواصفات.

- **اختبار الكسر:** يتم اجراء الاختبار على أنبوب كامل كما هو مبين بالشكل (4-35)

شكل (4-35) تجربة الكسر

الأجهزة:

مكبس مزود بمضخة آلية مع مسجل للقوى ويتألف المكبس من:

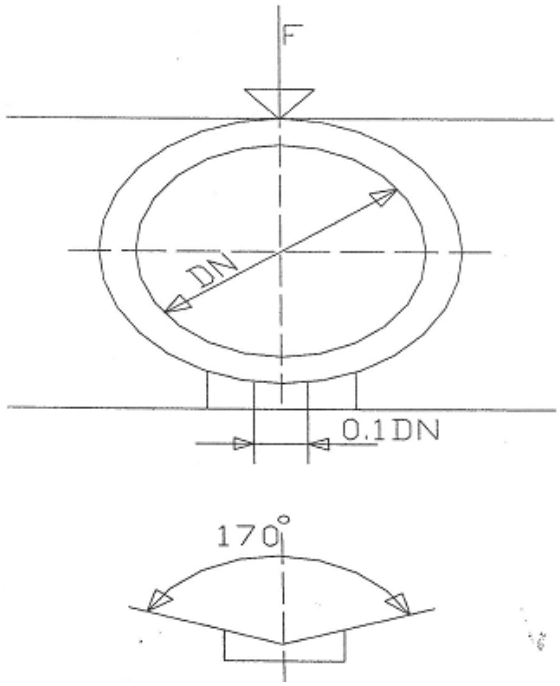
- جسر تحميل مزود في قسمه السفلي بسكين مغطاة بقطعة من المطاط سماكتها2cm وقساوتها (5±60) درجة دولية.

عرض السكين:

5cm للأنابيب ذات الأقطار الاسمية ≥ 1600

15cm للأنابيب ذات الأقطار الاسمية > 1600

- صفيحة سفلية يوضع عليها بشكل متوازي جسران من الخشب يزود قسمها العلوي بقطعة مماثلة للتي وضعت للسكين العلوية، يتباعد الجسران من الداخل بمقدار 1/10 من القطر الاسمي وعلى الأقل 2.5cm ما هو مبين في الشكل(4-36). يمكن استبدال هذين الجسرين بدعامة على شكل (V) زاوية فتحتها 170^{o} مزودة بغطاء من نفس طبيعة القطعة المستخدمة في التحميل ويجب العناية بتمركز الأنبوب أثناء الاختبار وبشكل خاص على الدعامة (V) وبالنسبة للأقطار الاسمية الأكبر من 500mm.



شكل (4-36) طريقة اسناد العينة في تجربة الكسر

الطريقة:

يرطب الأنبوب لمدة 2 ساعة سواءً بالسقاية المستمرة من الداخل والخارج أو بالغمر.

يوضع الأنبوب طولانياً بحيث تكون محصلة القوى الموزعة على طول الجسر تمر من منتصف الطول المطبق عليه الحمولة.

تطبق الحمولة تدريجياً وبدون صد حتى الانكسار مراعين الشروط التالية:

a) يجب ألا تزيد سرعة تزايد الحمولة عن 30KN/ml بالدقيقة.

b) يجب أن يكون زمن التحميل أقل من 2 دقيقة.

تسجل القيمة العظمى للحمولة التي تعطى بوساطة مؤشر الحمولة أثناء الاختبار.

النتائج:

تعطى مقاومة الكسر للمتر الطولي من الأنبوب بالعلاقة.

$$\text{مقاومة الكسر} = \frac{\text{حمولة الانكسار (KN)}}{\text{الطول الفعاللأنبوب (m)}}$$

3-4-4 الأنابيب البولي استر المسلحة بألياف زجاجية (G R P)

كما سبق في شبكات المياه يضاف اليها التجارب الآتي:

- **الصلابة الحلقية:**

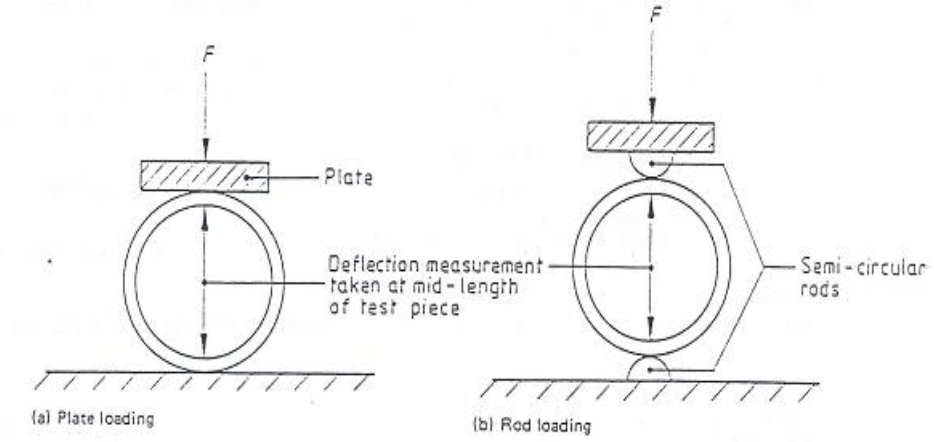
وتتم وفق الملحق H من المواصفة البريطانية BS 5480/90

المبدأ:

يتم تطبيق حمولة على كامل طول قطعة الاختبار المقصوصة من الأنبوب بغية ضغطها قطرياً ضمن حدود (3.5%-2.5%). وبعد مدة معينة من الزمن يتم تحديد العلاقة بين الحمولة والانحناء وذلك بتطبيق الحمولة حتى الوصول إلى الانحناء المحدد ويحافظ على الانحناء دون تغيير لمدة من الزمن وتحدد الحمولة المطبقة في نهاية هذه المدة. والنتيجة التي نحصل عليها في نهاية التجربة تستعمل لحساب قساوة الأنبوب للوحدة الطولية استجابة للتحميل خلال مدة قصيرة.

الأجهزة:

جهاز تطبيق الحمولة: يجب أن يستطيع الجهاز تطبيق قوة ضاغطة(F) بين سطحين متوازيين تماماً او قضبان تحميل غير قابلة للانحناء تحت تأثير القوة المطبقة على عينة الاختبار دون حدوث أي صدمات بما يكفي لجعل العينة تنحني إلى الحد المطلوب وبحيث يستطيع الجهاز المحافظة على انحناء ثابت ضمن حدود تسامح لا تزيد عن ±1% من قيمة الانحناء المراد المحافظة عليه الشكل(4-37).



الشكل(4-37) آلية تطبيق الحمولة

قطعة الاختبار:

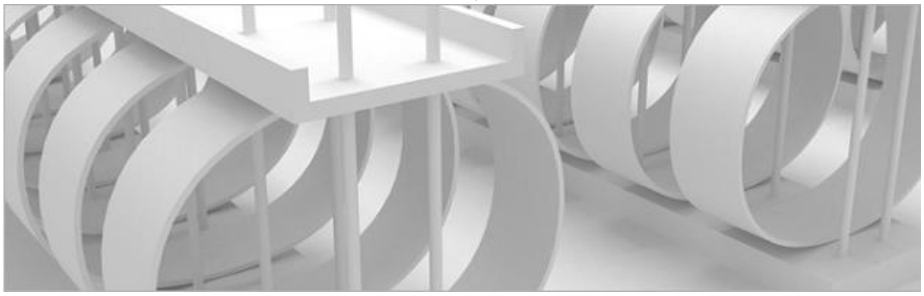
تكون عبارة عن حلقة كاملة مقصوصة من لأنبوب المراد اختباره وبطول (300mm±%5) وبحيث يكون طرفا العينة المقصوصين متوازيين تماماً ومتعامدين تماماً مع محور الأنبوب. ويكفي تحضير قطعة اختبار واحدة.

الطريقة:

- يتم رسم خطوط متوازية من الداخل والخارج للقطعة ومتوازية مع محور الأنبوب وبفارق 120 درجة زاوية حول مدار الأنبوب.
- يتم أخذ طول العينة عند الخطوط المرسومة ويسجل الطول الوسطي للعينة ويرمز له (L).
- يتم أخذ سماكة الجدار عند كل نهاية خط من الطرفين.
- يتم قياس القطر الداخلي عند منتصف كل خط من الخطوط الطولية المرسومة بدقة ±1% ويسجل متوسط القطر الداخلي للعينة ويرمز له (D_i).
- يتم تحديد القطر الوسطي الخارجي ويرمز له (D_m) وذلك من مجموع متوسط سماكة e مع متوسط القطر الداخلي (D_i). ($D_m=D_i+e$)
- نضع العينة على لوح التحميل السفلي بحيث يكون أحد الخطوط المحددة على العينة ملامساً للوح التحميل العلوي ويجب التأكد من أن التماس بين قطعة الاختبار وبين لوح التحميل هو تماس متجانس إلى أبعد حد ممكن الشكل(4-19).
- يتم تطبيق قوة ضاغطة بتزايد ثابت أو بثلاث زيادات متعادلة حتى الوصول إلى نسبة مئوية للانحناء النسبي تتراوح بين (3.5%-2.5%) خلال مدة sec(10±60).
- يتم الاحتفاظ بهذه القوة لمدة2min وتحدد القوة والانحناء بالنسبة للخط المرسوم على العينة في نهاية الزمن.
- بالنسبة للأنابيب التي تقل صلابتها عن $1250\ N/m^2$ بعد ان تتحمل قطعة الاختبار القوة المذكورة أعلاه لمدة دقيقتين في وضعية الخط المرسوم الثالث، يتم زيادة القوة بسرعة تؤدي إلى الحصول خلال مدة لا تزيد عن 60sec على انحناء يبلغ 15% أو ثلاث مرات الانحناء الحلقي الأقصى المسموح به أيهما أكبر يتم بعد ذلك الفحص بالعين المجردة بحثاً عن أية أضرار إنشائية على شكل تشققات أو فصل بالطبقات أو

انكسارات في جدار الأنبوب. ويتم تسجيل الحمولة والانحناء عند حدوث مثل هذه الاضرار ويتم توقيف الاختبار عندما يتم الوصول إلى الالتواء المطلوب أو عندما تستمر زيادة الالتواء دون زيادة في القوة أيهما يحدث قبل الآخر.

- بالنسبة للأنابيب التي تزيد صلابتها عن 1250 N/m^2 بعد ان تتحمل قطعة الاختبار القوة المذكورة أعلاه لمدة دقيقتين في وضعية الخط المرسوم الثالث، يتم زيادة القوة بسرعة تؤدي إلى الحصول خلال مدة لا تزيد عن 60sec على انحناء يبلغ ثلاث مرات الانحناء الحلقي الأقصى المسموح والموصى به من الشركة الصانعة ويتم بعد ذلك الفحص بالعين المجردة بحثاً عن أية أضرار إنشائية على شكل تشققات أو فصل بالطبقات أو انكسارات في جدار الأنبوب. ويتم تسجيل الحمولة والانحناء عند حدوث مثل هذه الاضرار ويتم توقيف الاختبار عندما يتم الوصول إلى الالتواء المطلوب أو عندما تستمر زيادة الالتواء دون زيادة في القوة أيهما يحدث قبل الآخر.



الشكل(4-38) تطبيق تجربة الصلابة على مجموعة من العينات

الحسابات:

يتم حساب الصلابة الحلقية الأصلية (S_o) المقدرة N/m^2 باستعمال المعادلة الآتية:

$$S_0 = \left[0.0186 + \frac{0.025\,\delta}{D_m} \right] \frac{F}{L\,\delta}$$

حيث:

δ: وسطي القياسات الثلاثة للانحناء النسبي مقدرة بـ m التي تم الحصول عليها.

D_m: متوسط القطر الخارجي مقدر ب m والذي يحسب من العلاقة $D_m=D_i+e$.

D_i: القطر الداخلي مقدر ب m.

e: سماكة جدار الأنبوب الصغرى مقدر ب m.

F: متوسط القوة المطبقة للاختبارات الثلاثة المجراة لكل خط مرسوم على العينة ومقدرة بـN.

L: متوسط طول قطعة الاختبار مقدرة ب m.

- **مقاومة الصدم:**

وتتم وفق الملحق J من المواصفة البريطانية BS 5480/90.

المبدأ: يتم اخضاع عدد من قطع الاختبار لصدمات من كتلة ذات وزن معين تسقط عمودياً فوق قطع الاختبار من ارتفاعات مختلفة ويلاحظ ما إذا كانت قطع الاختبار قد اصيبت بأضرار أم لا (خاصة على شكل تشققات في السطح الداخلي للأنبوب). والنتائج التي يتم الحصول عليها تستعمل لتقدير ارتفاع الاسقاط (H_{50}) الذي يؤدي إلى حدوث أضرار في 50% من القطع المختبرة.

الأجهزة:

- جهاز كتلة ساقطة يتألف من هيكل متين يحمل سكة توجيه.
- الكتلة يجب أن تستطيع السقوط بشكل حر داخل الأنبوب وأن يكون وزنها gr(5±515). وأن يكون سطحها الصادم نصف كروي بنصف قطر 50mm.

حامل قطعة الاختبار:عبارة عن مسند على شكل الحرف V بزاوية 120 درجة وطول يعادل على الأقل طول عينة الاختبار، يوضع على قاعدة صلبة بشكل يجعل الخط العمودي المار من مركز السطح الصادم نصف كروي يمر من الخط المركزي لوجه المسند المذكور ضمن حدود تسامح 2.5mm أو 1% من القطر الخارجي للمقطع المراد صدمه أيهما أكبر. ويجب أن يكون المسند والقاعدة التي يرتكز عليها صلبين إلى حد يجعلهما لا يصابان بأي تشوه ولا تحدث أية حركة استجابة لصدم القطعة.

- يمكن استعمال صبغة سريعة التسرب بلون معاكس للون قطعة الاختبار ككاشف وذات لزوجة منخفضة جداً بغية السماح لها بالدخول إلى داخل التشققات السطحية التي قد تحدث نتيجة الصدم.

قطع الاختبار:

تكون عبارة عن مقطع كامل من الأنبوب بطول يعادل 3 مرات قطر الأنبوب أو 1.5m أيهما أصغر.

الطريقـة: تنقسـم الإجـراءات إلـى اختبـارين، الاختبـار الأولـي يهـدف إلـى تحديـد ارتفـاع الاسقاط المناسب بغية المباشرة بالاختبار الأساسي.

الاختبار الأولي:

يتم اختيار ارتفاع ليس من المتوقع معه حدوث أي تشققات في السطح الداخلي لقطعة الاختبار. ويتم إخضاع قطعة الاختبار لصدمة واحدة من الكتلة الساقطة والتفتيش في السطح الداخلي بحثاً عن أية تشققات وفي حالة الشك تستخدم الصبغة الكاشفة. إذا لم يتم اكتشاف أي دليل على حدوث أضرار يزاد علو الاسقاط بمقدار 100mm ويعاد الاختبار. نستمر بإعادة الاختبار على هذا النحو حتى يحدث ضرر للسطح الداخلي لقطعة الاختبار. يتم تسجيل أعلى ارتفاع لم يحدث ضرراً ويسمى هذا الارتفاع HP، وبعد ذلك يتم الانتقال مباشرة إلى الاختبار الرئيسي.

إذا أدت عملية الإسقاط من الارتفاع الذي تم اختياره من البداية إلى إحداث ضرر للسطح الداخلي لقطعة الاختبار يتم عندئذ تخفيض علو الاسقاط بمقدار 100mm ويعاد الاختبار. ويستمر إعادة الاختبار مع التخفيض على هذا الشكل حتى الوصول إلى علو إسقاط لا يحدث أي ضرر للسطح الداخلي لقطعة الاختبار. يسجل أعلى ارتفاع للإسقاط لا يحدث عنده ضرراً ويسمى هذا الارتفاع HF، وبعد ذلك يتم الانتقال مباشرة إلى الاختبار الرئيسي.

الاختبار الرئيسي:

يؤخذ Hp كأول ارتفاع إسقاط لهذا الجزء من إجراءات الاختبار وتعتبر النتيجة التي أدت إلى الحصول HP كنتيجة إيجابية أولى لدى إجراء الحسابات.

تتم إضافة 100mm على ارتفاع الإسقاط الأولي وتختبر القطعة الأولى من أصل مجموعة لا تقل عن تسع قطع ويجرى التفتيش في السطح الداخلي عن أية أضرار أو تشققات، وفي حال عدم وجود أية أضرار تعتبر النتيجة إيجابية وتضاف 100mm أخرى ويتم اختبار قطعة أخرى. أما إذا ظهرت أية تشققات أو أضرار في السطح الداخلي

فتعتبر النتيجة سلبية ويتم تخفيض الارتفاع بمقدار 100mm واختبار قطعة أخرى. يستمر هذا الاجراء حتى اختبار جميع القطع.

الحسابات:

يتم تقدير ارتفاع السقوط H50 الذي يحدث أضرار في 50% من الحالات عم طريق استعمال المعادلة التالية:

$$H50 = \left(\sum Hp + \sum HF\right) / 2000$$

4-4-4 أنابيب بولى فينيل عديد كلوريد الفينيل (PVCU- PVC):

كما سبق في شبكات المياه

5-4-4 أنابيب الفونت والفونت المرن:

كما سبق في شبكات المياه

6-4-4 أنابيب بولى ايثليين عالي الكثافة المحلزن ذو الجدار المقوى:

- تصنع هذه الأنابيب طبقا للمواصفات الأوروبية ((2007 – EN 13476.

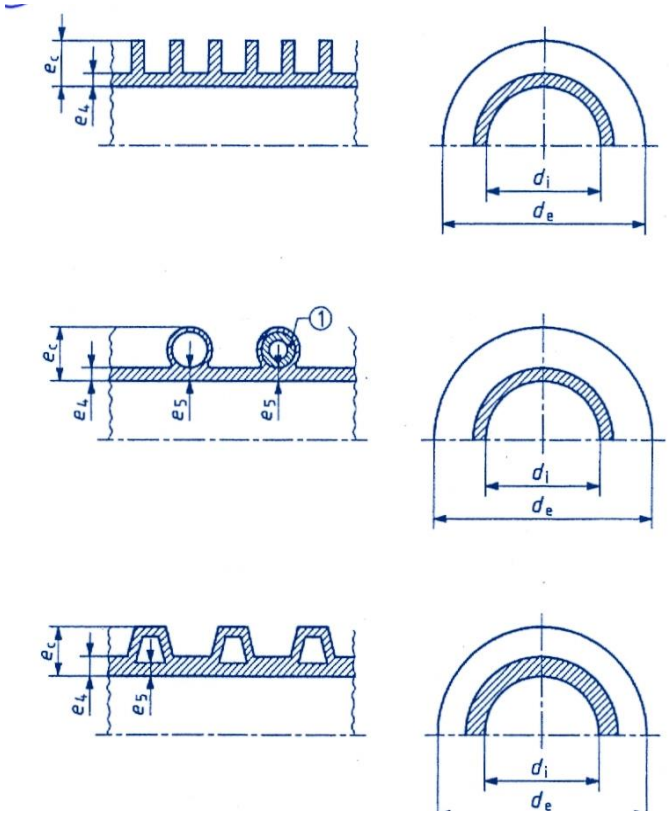
يتم تصنيع الأنابيب من البولي إثيلين عالي الكثافة وتكون ذات جدارين الجدار الخارجي معرج والجدار الداخلي مستوى وأملس بحيث يكون (M.R.S) للبولي إثيلين (100) الشكل(4-39).

الشكل(4-39) أنابيب البولي اتيلين المحلزن

- تكون الأنابيب من النوع ذي الرأس والذيل ويتم توصيلها بجوان كاوتش.
- يصنع الجوان الكاوتش من خامة (N.B.R).
- يتم تشكيل أعصاب التقوية الخارجية بشكل متقن من حيث التباعد وقطر العصب وسماكة التغطية وذلك وفق الأحمال الخارجية التي سيتعرض لها الأنبوب داخل الأرض طبقاً للأشكال التالية الشكل(4-40):

1- التجارب المخبرية التي تجرى على أنابي البولي اتيلين المستخدمة في شبكات الصرف الصحي:

تجرى التجارب وفق المواصفة السورية 3062 تاريخ 2005 وتخضع لجميع التجارب التي تم ذكرها لأنابيب مياه الشرب مضافاً إليها تجربتي المرونة والصلابة الحلقية.



Typical examples of wall construction type B

الشكل(4-40)

- **المرونة الحلقية:**

المبدأ النظري:

يتم اختبار المرونة الحلقية عن طريق قياس القوة والانزياح أثناء إزاحة مقطع حلقي من الأنبوب بشكل قطري بسرعة ثابتة وحتى الوصول إلى انزياح 30% على الأقل أو عندما يكون التمزق (أو الانكسار) قد حصل سابقاً في الأنبوب.

تتم ملاحظة كل قطعة اختبار أثناء الاختبار ويتم التفتيش فيها لاحقاً عن إشارات لنماذج عدة محددة من الانهيار الميكانيكي.

الأدوات المستعملة:

آلة الضغط الاختبارية:

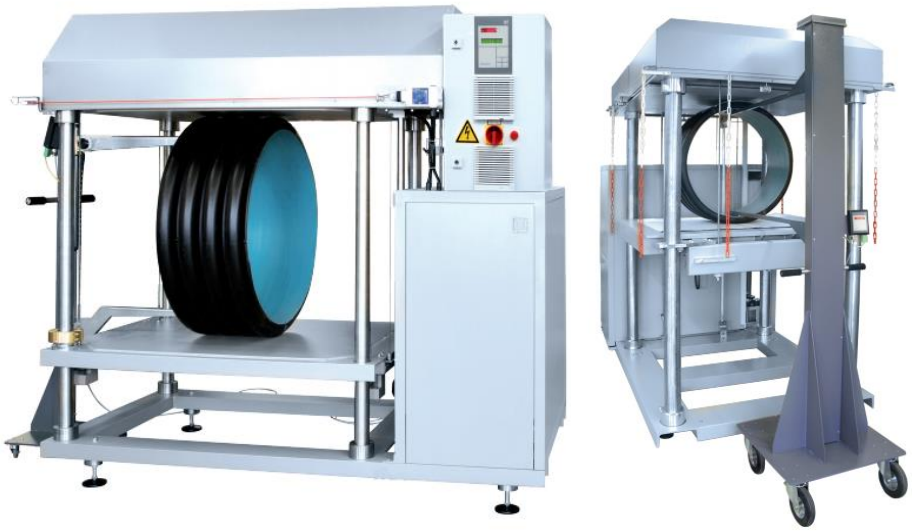
تخضع إلى الشروط المطلوبة في EN ISO 9969 ولكن قادرة على إحداث انزياح قطري قدره 30% على الأقل للقطعة المختبرة عند السرعة القابلة للتطبيق الجدول(4-32).

الجدول (4-32): سرعات الانزياح تبعاً لقطر الأنبوب

القطر الاسمي dn mm	سرعة الانزياح mm/min
$d_n \leq 100$	2 ± 0.4
$100 < d_n \leq 200$	5 ± 1
$200 < d_n \leq 400$	10 ± 2
$400 < d_n \leq 1000$	20 ± 2
$d_n > 1000$	50 ± 5

وضع الأبعاد وجهاز قياس القوة:

تخضع إلى الشروط المطلوبة في EN ISO 9969 ولكن قادرة على قياس انزياحات قطرية أكبر من 30% على الأقل والأقطار الموافقة والقوى الضاغطة الشكل (4-41).



الشكل (4-41) طريقة إجراء تجربة الصلابة والمرونة الحلقية

قطع الاختبار:

ثلاث قطع اختبار يجب أن يتم تحضيرها من أنبوب مفرد، كما هو محدد في المواصفة EN ISO 9969 وتسمى a-b-c على التوالي.

التكييف:

التكييف يجب أن يكون كما هو محدد في المواصفة EN ISO 9969.

إجراءات العمل:

1- قم بإجراء الاختبار وفقاً للإجراءات المعطاة في EN ISO 9969 و لكن استمر في تطبيق الضغط أثناء قياس التغير في القطر الخارجي قدره 30 % على الأقل أو إلى أن تتكسر القطعة المختبرة أيهما يحدث أولاً.

2- راقب وسجل الانزياح عند ظهور أول علامة لكل من الانهيارات الميكانيكية التالية إذا حدثت:

a. تصدع الجدار تشقق أو الداخلي أو البطانة.
b. تشقق جداري.
c. ترقق جداري.
d. تمزق القطعة المختبرة.

e. تغير اتجاه تقوس (انحناء) المقطع العرضي للقطعة المختبرة (الالتواء أو الانبعاج تحت تأثير القوة الضاغطة).

ابيضاض الأنبوب يجب ألا يتم اعتباره دلالة على أحد الانهيارات الميكانيكية المذكورة سابقاً.

3- حضر رسماً بيانياً للقوة مع الانزياح لكل من القطع المختبرة وابحث عن النموذج والوضعية لكل حدث ذو علاقة بالقوة والانزياح المتوافقين وسجلهما.

تقرير الاختبار:

إن تقرير الاختبار يجب أن يتضمن المعلومات الآتية:

- إشارة إلى هذه المواصفة وإلى المواصفات الأخرى المشار إليها.
- تعريف شامل لأنابيب البلاستيك الحراري يتضمن:
  - الصانع.
  - نموذج الأنبوب.
  - الأبعاد.
  - تاريخ الإنتاج.
  - أطوال القطع المختبرة.
  - كتلة المتر الطولي للأنبوب.
- درجة حرارة الاختبار.
- المخطط البياني للقوة مع الانزياح الموافق.
- قيم القوة والانزياح التي عندها تحصل إحدى الحوادث الآتية:
  - تشقق أو تصدع الجدار الداخلي أو البطانة.
  - ترقق جداري.
  - تمزق القطعة المختبرة.
  - تغير اتجاه تقوس (انحناء) المقطع العرضي للقطعة المختبرة (الالتواء أو الانبعاج تحت تأثير القوة الضاغطة).
- الانزياح والقوة عند النقطة العظمى إذا حصلت هذه القيم.

- يجب ذكر أية عوامل من الممكن أن تكون قد أثرت على النتائج مثل أية أمور عرضية أو أية تفاصيل عملية غير محددة في هذه المواصفة الدولية.
- تاريخ الاختبار.

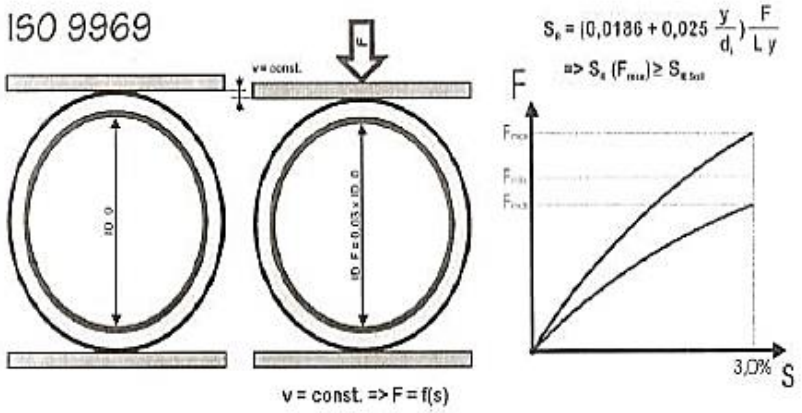
- **الصلابة الحلقية:**

مبدأ الاختبار:

تحدد الصلابة الحلقية عن طريق قياس القوة والانزياح أثناء إزاحة الأنبوب بمعدَّل ثابت. يُعرَّض الأنبوب إلى ضغط بشكل شاقولي على العينة ناتج عن صفيحتين مسطحتين متوازيتين يتم التطبيق بسرعة ثابتة يعتمد مقدارها على قيمة قطر الأنبوب الشكل(4-41). وتحدد قيمة سرعة الانزياح بالجدول رقم (4-32)، حيث يتم رسم منحني بياني للقوة والانزياح المقابل لها حيث تحسب الصلابة الحلقية كتابع للقوة اللازمة لإعطاء انزياح عرضي على الأنبوب و بشكل قطري قدره (0.03 di) كما هو مبين في الشكل (4-42).

يجب أن يتم وسم الأنبوب الذي تقاس الصلابة الحلقية له على الجهة الخارجية له، كما يجب أن تؤخذ بشكل خاص من هذا الأنبوب الموسوم ثلاث قطع اختبار c ,b,a وذلك بحيث تكون نهايات القطع المختبرة متعامدة مع محور الأنبوب وبحيث توافق أطوالها القيم المعطاة في الجدول (4-33):

من أجل الأنابيب ذات الأقطار الاسمية الأقل أو تساوي 1500 mm فإن الطول الوسطي لكل من قطع الاختبار يجب أن يكون L=300 ± 10 mm.



الشكل(4-42) يبين طريقة رسم المنحني البياني بين القوة والانزياح المقابل (0.03 di)

الجدول(4-33) يبين عدد قياسات الطول تبعاً لقطر الأنبوب

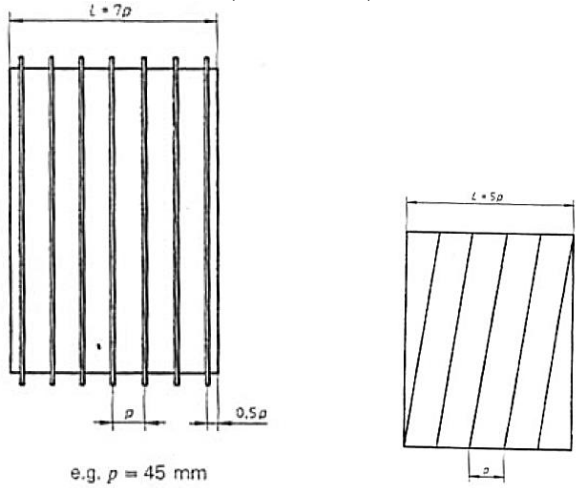
القطر الاسمي dn mm	عدد قياسات الطول
$d_n \leq 200$	3
$200 < d_n < 500$	4
$d_n \geq 500$	5

من أجل الأنابيب ذات الأقطار الاسمية الأكبر من 1500 mm فإن الطول الوسطي بالميليمترات لكل من قطع الاختبار يجب أن يكون على الأقل 0,2 dn.

الأنابيب ذات البنى الجدارية ذات الأضلع المتعامدة أو التعرجات أو أية بنى منتظمة أخرى يجب أن تقطع بحيث تحتوي كل قطعة اختبار العدد الكامل الأصغري من الأضلع أو التعرجات أو البنى الأخرى اللازمة لتحقيق الطول المطلوب الوارد سابقاً، ويجب أن يكون القطع في المنطقة المتوسطة الواقعة بين ضلعين من أضلع الجدار أو بين تعرجين.

من أجل الأنابيب المثلّمة بشكل متصل (مائل) (أنظر الشكل 3)، فإن طول كل قطعة الاختبار يجب أن يكون بحيث تحتوي العدد الكامل الأصغري من الالتواءات (الأثلام) اللازمة لتحقيق الشروط أو المتطلبات لطول قطعة الاختبار، ويتم حساب قيمة القطر الداخلي di بشكل وسطي لهذه القيم الثلاثة مستخدمين المعادلة التالية:

$$d_i = (d_{ia}+d_{ib}+d_{ic})/3$$



الشكل(4-43) يبين طريقة قص عينات الاختبار في جميع الحالات
(أنبوب مثلّم بشكل شمسي مائل – أنبوب مضلع عمودياً)

يجب أن يكون عمر قطع الاختبار عند بداية الاختبار على الأقل 24h، كما يجب تكييف قطع الاختبار بالهواء عند درجة الاختبار لمدة لا تقل عن 24 ساعة قبل القيام بالتجربة.

ملاحظة: تتم تجربة الصلابة الحلقية أولاً ولتحديد المرونة الحلقية فيمكن الاستمرار بالضغط حتى يتم الوصول إلى الانزياح المطلوب للمرونة الحلقية.

طريقة حساب الصلابة الحلقية:

تحدد الصلابة الحلقية عن طريق قياس القوة والانزياح أثناء تطبيق قوة شاقولية لتحقيق انزياح في القطر الداخلي بقيمة 3% أي:

$$Y/d_i = 0.03$$

وفق المعادلة الآتية: $S = \{0.0186 + 0.025\, yY/d_i\}\, F/L\, Y$

بعد إجراء تجربة الصلابة الحلقية لكل من القطع الاختبارية الثلاث a,b,c نطبق المعادلات التالية:

$$S_a = \{0.0186 + 0.025\, yY/d_i\}\, F_a/L_a\, Y_a$$
$$S_b = \{0.0186 + 0.025\, Y/d_i\}\, F_b/L_b\, Y_b$$
$$S_c = \{0.0186 + 0.025\, Y/d_i\}\, F_c/L_c\, Y_c$$

حيث:F : القوة الموافقة لانزياح نسبي يحصل في قطر الأنبوب الداخلي مقداره 3% d_n

L: الطول بالأمتار للقطعة المختبرة.

Y :الانزياح بالأمتار الموافق لانزياح نسبي مقداره 3.0%: $y/d_i=0.03$

بعد ذلك يتم حساب الصلابة الحلقية للأنبوب بالكيلو نيوتن على المتر المربع كمتوسط حسابي لهذه القيم الثلاث مستعملاً المعادلة التالية: $S=(S_a + S_b + S_c)/3$

ملاحظة: ورد في المواصفة القياسية السورية رقم 3062 لعام 2005 أن الصلابة الحلقية الاسمية للأنابيب يجب أن تصمم بحيث تحقق ما يلي:

DN≤500: SN4, SN8 or SN16
DN>500: SN2, SN4, SN8 or SN16

يجب أن تُصنع الأنابيب بحيث تحقق صلابة فعلية تساوي أو أكبر من الصلابة الاسمية المحسوبة وفق القوانين السابقة.

بدائل الأنابيب التي يمكن استخدامها في اعمال مشروعات الصرف الصحي

م	استخدامات الأنابيب	نوعيه الأنابيب المستخدمة
1	وصلات المنازل	أنابيب الفخار بجهد تهشم عادي وصلة ثابتة أو وصلة مرنة. أنابيب UPVC أنابيب الفونت المرن بالجوان.
2	شبكات الانحدار الفرعية	أنابيب الفخار بجهد تهشم عادي وصلة ثابتة أو وصلة مرنة. الأنابيب UPVC أنابيب GRP صلابة 1250او2500 أنابيب البولي اثيلين 80PE أنابيب الخرسانة العادية.
3	شبكات الانحدار الرئيسية حتى قطر 600 مم	الأنابيب الفخار بجهد تهشم عادي وصلة ثابتة أو وصلة مرنة. الأنابيب UPVC أنابيب GRP صلابة 1250او2500 أنابيب البولي اثيلين 80PE أنابيب بولي اثيلين متعرج أنابيب خرسانة مسلحة
4	المجمعات من 700مم حتى 100 مم	الأنابيب الفخار بجهد تهشم فائق وصلة مرنة الأنابيب UPVC أنابيب GRP صلابة 10000 أنابيب البولى اثيلين 100PE أنابيب بولى اثيلين متعرج. أنابيب خرسانة مسلحة.
5	المجمعات اكبر من 1000مم	أنابيب خرسانة مسلحة مبطنة. أنابيب بولي اثيلين متعرج. أنابيب GRP صلابة 10000
6	التفرعات الداخلة للبيارات ومحطات الرفع ذات البوابات ذات الصمامات	خرسانه مسلحة – خرسانة مسبقة الاجهاد – فونت مرن
7	خطوط أنابيب الدفع	فونت مرن – خرسانة مسلحة مسبقة الاجهاد – أنابيب GRP صلابة 10000 أنابيب UPVC أنابيب 100PE
8	الأنابيب داخل محطات المضخات	فونت مرن– صلب

م	استخدامات الأنابيب	نوعيه الأنابيب المستخدمة
9	الأنابيب داخل غرف الصمامات	فونت مرن – صلب– من نفس نوع الأنبوب
10	الأنابيب بين الوحدات	فونت مرن – خرسانة مسبقة الاجهاد
11	أنابيب العبارات السطحية	فونت مرن – خرسانة مسبقة الاجهاد
12	أنابيب العبارات أسفل الخنادق بالحفر المكشوف	فونت مرن – خرسانة مسبقة الاجهاد– خرسانة مسلحة
13	أنابيب العدايات	الخرسانة المسلحة
14	أنابيب داخل العبارات	(فونت مرن – خرسانه مسبقة الاجهاد) بالفلنجات

5-4 الصمامات الخاصة بشبكات المياه والصرف ولوازمها:

1 – صمامات بوابية للأقطار من 50 مم إلى أقل من 300 مم وتكون من الفونت المرن.

2 – صمامات فراشة للأقطار 300 مم فأكبر وتكون من الفونت المرن.

3 – صمامات عدم الرجوع للأقطار من 50 إلى 250 مم وتكون ذات بوابة تفتح أفقياً وللأقطار من 300 مم فأكبر تكون ذات قرص مائل.

4 –صمام قلاب وهو صمام عدم رجوع يركب على نهاية الأنابيب ومصمم للاستعمال على الأطراف المقفلة لمنع دخول المياه المرتدة.

5 – صمامات تعمل بعوامة وتستخدم للتحكم في مناسيب المياه للخزانات ويكون كروي الشكل أفقي أو قائم الزاوية.

6 – صمامات الهواء وتنقسم إلى نوعين:

أ – صمام هواء مزدوج ويستخدم من أجل تخفيض الهواء الواقع تحت الضغط وبكميات كبيرة حيث تسمح الفتحات الكبيرة بخروج أو دخول الهواء خلال ملء وتفريغ الخطوط الرئيسة بينما الفتحات الصغيرة تعمل على إخراج الهواء المتراكم الواقع تحت الضغط في النقاط العالية من الخطوط الرئيسة وتكون مساحة الفتحة الكبيرة مساوية أو أكبر من مدخل الصمام وتكون صمامات الهواء مزودة بصمام قفل فراشة أو بوابي ملائم للضغوط التي تصل إلى 16 بار.

ب – صمام هواء مفرد ويستخدم هذا النوع لتفريغ او دخول الهواء خلال ملء أو تفريغ الأنابيب كما يستخدم للتفريغ الاوتوماتيكى للهواء المضغوط المتراكم في النقاط العالية من الخطوط الرئيسة.

7 – صمامات تخفيض الضغوط ويتم تركيبها وفقاً لمعدلات الضغط واوجه ضبط الضغط المحددة لخفض الضغط العالي الموجود في المدخل اوتوماتيكياً بحيث يتم خفض الضغط بقدر ثابت بغض النظر عن تغيير معدل التدفق او تغيير الضغط في المدخل او تغيير كليهما ومن أنواع هذه الصمامات نوع كباس ذو ضغط عالي ونوع يتم تشغيله وتوجيهه بقوة الدفع الهيدروليكى.

8 – صمامات ذات حاجز لخفض الضغط وهي صمامات تحكم بقاعدة واحدة يتم التحكم فيها هيدروليكيا وكروية ذات حاجز.

9 – صمامات تنظيم الضغط وهو صمام موحد الاتجاه للتحكم في ضغط المياه وتكون المياه متماثلة حول مقطع الصمام الداخلي.

10 – صمامات عزل لتجاوز السرعة وهي عبارة عن صمامات فراشة يتم التحكم بها بقوة الدفع الهيدروليكي ويتم فتحها عن طريق مرفاع رئيسي ويتم غلقها بقوة الوزن ويجب ان يتم غلقها أوتوماتيكياً في حال تجاوز سرعة التدفق التي قد تحدث في حالة انفجار أنبوب أو زيادة سرعة المياه عن المعدل المحدد.

11 – صمامات عامة للتحكم والتشغيل يجب أن تعمل هذه الصمامات في المضخات وصمامات فحص مضخات الغلق البطيء والفتح البطيء وصمامات التحكم في الاندفاع وصمامات تسريب الهواء والصمامات الفاصلة التي تعمل بالتفريغ الهوائي والصمامات المساعدة بصورة اوتوماتيكية او بقوة الدفع الهيدروليكي.

12 – صمامات التصريف (الغسيل) وتكون عبارة عن صمامات بوابية يتم تركيبها في غرف الصمامات حسب المخططات التنفيذية او حسب تعليمات المهندس.

1-5-4 توابع ولوازم الصمامات لخطوط المياه

1 – حلقات منع التسرب (الجوانات).

2 – الوصلات المرنة (FLEXIBLE COUPLINGS) وتجمع في الموقع استناداً الى تعليمات المصنع وذلك لضمان احكام التوصيلات بشكل دائم وفقاً لشروط التمدد والتقلص والانتقال والهبوط للسماح بانحراف زاوي وحركة محورية لطرفي الأنبوب

الموصولين وللمحافظة على وصلة محكمة الاغلاق لمنع التسرب ودائمة وتكون مصنوعة من الفولاذ.

3 – الوصلات القابلة للفك (DISMANTLING COUPLINGS) وتؤمن هذه التوصيلات توصيلاً امتدادياً بين أقسام الأنابيب ويتم تركيبها مقابل الصمامات لتامين التفكيك السهل من شبكة الأنابيب او للسماح بضم الأنابيب لدى ازالة صمام الفراشة للصيانة وتكون مصنوعة من الفولاذ.

4 – وصلات مشفهة حديدية (FLANGED ADAPTORS) وتكون من الحديد المرن وذلك لتوصيل الأنابيب مع المحابس ويكون طول الوصلة 200 مم للأقطار أصغر من 150 مم وتكون 250 مم للأقطار ما بين 200 مم 300 مم ووفقاً لما يتم اقراره للأقطار أكبر من 300 مم

5– مفاتيح التشغيل وهى عبارة عن قضيب لاقط مؤتلف ومفتاح من النوع الرافع مع قضيب عامودي بطول 1.5 متر وقضيب افقي بطول 0.50 متر ويتم توفير هذه المفاتيح بنسبة مفتاح واحد لكل 5 صمامات.

6 – الصناديق السطحية (SURFACE BOXES) وتكون من الحديد المرن ويتم سبك حرف W على الحلقات من الفولاذ المرن أو الحديد المشغول وغطاء الصندوق ويكتب على الغطاء كلمة مياه باللغتين العربية والانجليزية ولها 3 انواع:

أ – درجة ثقيلة نوع (أ) للطرق المرصوفة حمولات الآليات لغاية 11.50 طن.

ب – درجة وسطية نوع (م) حيث تكون استثنائية الاليات الثقيلة لغاية 7.50 طن.

ج – درجة خفيفة نوع (ل) حيث لا تدخلها العربات المزودة بعجلات لغاية 2.50 طن.

7- ويوجد على الصندوق نتوء على محور التجويف بحيث يمكن ادخال مفتاح على شكل حرف T وذلك لسهولة عملية فتح الغطاء.

8 – الدواليب المدارة باليد من الحديد المرن ويتم توفيرها بنسبة دولاب واحدة لكل ٥ صمامات.

9 – تكون اغطية الصمامات من الحديد الصلب أو الفونت المرن.

10 – مجموعات مفاتيح الرفع وتصنع من الحديد المرن ويتم توريدها بنسبة مفتاح واحد لكل خمسة أغطية يتم تركيبها او لجزء منها.

6-4 غرف الصمامات لخطوط المياه والدفع للصرف الصحي

1- تنفذ للأنابيب ذات القطر 300 مم وأكبر وتنقسم الى نوعين:

أ – وحدات مسبقة الصب وتكون الخرسانة من فئة 20/250 باستخدام الاسمنت البورتلاندى العادي.

ب – وحدات مصبوبة في مكانها وتكون الخرسانة العادية من فئة 25/210 والمسلحة من فئة 25/250 باستخدام الاسمنت البورتلاندى العادي.

2 – يجب أن تكون الأغطية والإطارات والقواعد غير مترجرجة (لا يصدر عنها صوت طقطقة عند مرور السيارات فوقها ومحكمة وذات رؤوس صلبة على ان تشير الكتابة المضافة على الأغطية الى طبيعة الشبكة (صرف صحى SEWERAGE) وتصنف على الوجه التالي:

أ – في الطريق العام القدرة على التحمل للحمولات الثقيلة وزن 40 طن.

ب – في الارصفة وممرات العربات الدارجة وطرق الدراجات الهوائية القدرة للحمولات المتوسطة وزن 25 طن.

ج – في ممرات المشاة والمناطق المزروعة القدرة على التحمل للحمولات الخفيفة ٧ طن

3 – يجب أن تكون الاغطية دائرية بحد ادنى للقطر 600 مم أو مستطيلة بفتحة مقاس 600× 1200 مم ما لم يشر إلى خلاف ذلك على المخططات مع تزويدها بثقوب للتهوية مع الدهان بالقار الايبوكسى بنسبة (70% ايبوكسى – 30% قار) سمك لا يقل عن 250 ميكرون.

4 – يجب ان تكون الدرجات الحديدية من الفولاذ الطري المبرد المصمت ومجلفن بمعدل 200 غرام من الزنك للمتر المربع وتغطى الدرجة بطبقتين من البولي ايثيلين او البولي بروبيلين

5 – تطلى الاسطح الخرسانية الجاهزة للغرف بالمستحلب البيتومينى بسمك لا يقل عن 400 ميكرون على ان تطلى الاسطح الداخلية بطبقتين من الايبوكسى.

6-4 المطابق وغرف التفتيش للصرف الصحى

1 – تكون المطابق من الخرسانة التي تصب في الموقع او من الخرسانة الجاهزة مسبقة الصب المعدة للتركيب على الا تزيد المسافة بين المطبقين عن 100 متر وتكون

ادنى مسافة بين المطابق حسب ظروف الموقع وحسب تعليمات المهندس ويجب ان تتوافق الوحدات التي تصب في الموقع مع شروط القسم الخاص بالأعمال الخرسانية من هذه المواصفات .

2 – وحدات الخرسانة المصبوبة مسبقا يجب صبها في قوالب حديدية مانعة للتسرب قبل 3 اسابيع على الاقل من استخدامها .

3 – يجب ان تكون القنوات في قاع المطابق ملساء ونصف دائرية وذات حجم مساوى لقطر خط الصرف الصحي المحاذي.

4 – يجب تشكيل الميول بقاع المطبق بمونة الاسمنت المقاوم للكبريتات فئة 20/250 على أن ترتفع رأسياً من اعلى الأنبوب إلى ارتفاع لا يقل عن باطن سقف أنبوب المخرج.

5 – يجب دهان المطابق وغرف التفتيش من الخارج بثلاث طبقات من البيتومين بسماكة لا تقل عن 600 ميكرون .

6 – الأسطح الداخلية لغرف التفتيش يجب طلاؤها بأربع طبقات من دهان ايبوكسى الفحم المقطرن بنسبة 70% من الايبوكسى و30% من قطران الفحم الحجري أو النباتي بسماكة لا تقل عن 1000 ميكرون على الأقل .

7 – الأسطح الداخلية للمطابق يتم تبطينها بالفيبرجلاس أو البولي ايثيلين عالي الكثافة مع تغطية أرضيات المطابق من الداخل بمونة ايبوكسية.

8 – يجب صب درجات الحديد داخل الوحدات مسبقة الصب أو تثبيتها في فتحات محددة سابقا أثناء الصب مع مراعاة عدم استخدامها كمواضع للرفع.

9 – اختبار المطابق يتم كالآتي :

أ – يتم سد مداخل ومنافذ المطابق.

ب – تملأ المطابق بالماء وتترك لمدة 24 ساعة أو لمدة أطول بما يسمح بالامتصاص التام.

ج – تعاد تعبئة المطابق بالمياه حتى القمة.

د – يجب ألا تزيد نسبة التسرب المسموح به على مدى ما يزيد عن 24 ساعة عن 1% من الحجم الإجمالي لفتحة الدخول.

10 – المنشآت الساقطة للمطابق: في حالة وجود سقوط اكبر من 600 ملم الى 1500 ملم بين قاع الأنبوب الداخل وقمة الأنبوب الخارج يتم تزويد المطابق بسقوط خلفي ذو درجة ميل 45 مع تغليف الأنابيب والوصلات التي أصبحت جزءا من المنشآت الساقطة بالخرسانة نوع (أ) وفى حالة زيادة هذا السقوط عن 1500 ملم يتم تزويد المطابق بسقوط خلف ذو درجة ميل 90 درجة مع التغليف بالخرسانة كما سبق.

11 – يجب تنظيف كافة الغرف وأحواض التجميع للمطابق والمداخل والمخارج بشكل شامل وتام من أي تراكمات للطمي والأنقاض أو المواد الغريبة من أي نوع كان.

12 – يجب تطبيق المطابق والغرف بمادة الفيبر جلاس في حالة زيادة نسبة عدوانية مياه الصرف الصحي وزيادة نسبة الأحماض الكبريتية بها ويكون ذلك استنادا إلى الرسومات على ألا تقل سماكة التبطين عن 7 مم بالنسبة لكافة الأسطح الداخلية.

– يكون القطر الداخلي لحلقات المطبق مسبق الصب كالتالي:

قطر أكبر أنبوب داخل المطبق	القطر الداخلي لحلقات المطبق	القطر الداخلي لحلقة قاعدة المطبق
من 200 إلى 600 مم	1200 مم	1200 مم
أكبر من 600 مم إلى 900 مم	1500 مم	1500 مم
أكبر من 900 مم إلى 1500 مم	2000 مم	2000 مم