الباب الأول

مقدمة: المواسير المستخدمة فى نقل المياه ومياه الصرف

obeikandl.com

obeikandl.com

الباب الأول

المواسير والقطع المستخدمة في مشروعات المياه

الفهرس

البنود	الموضوعات	الصفحات
	مقدمة	١٣
١	مواد التصنيع للمواسير المعدنية	١٦
٢	صناعة المواسير من الصلب الكربونى	٢٥
٣	رقم الجدول لماسورة الصلب	٣١
٤	تجهيز نهايات مواسير الصلب	٣٣
٥	القطع المصنعة	٣٩
٦	صناعة المواسير من حديد الزهر	٦٦
٧	صناعة المواسير من المواد الغير معدنية	٦٩
٨	المواسير من المواد الخاملة	٧٩
٩	طرق توصيل المواسير وملحقاتها	٨٧

obeikandl.com

obeikandl.com

الباب الأول

مقدمة: المواسير المستخدمة فى نقل المياه ومياه الصرف

عند تناول صناعة المواسير يكون الهدف منها هو إجراء إختبارات مراقبة الجودة بكفاءة للمواسير ومشتملات الشبكة حيث أن ذلك من أهم الإجراءات لحماية المواسير من التلف والتآكل. ولذلك فإنه يعهد بهذا العمل لكوادر مؤهلة ومدربة لعمل الإختبارات على مختلف أنواع المواسير والتى تبدأ مبكرا فى مرحلة الانتاج طبقا للمواصفات التى إشترطها أو وافق عليها المشترى. وتشمل هذه إما المواصفات القياسية المصرية التى تصدرها الهيئة المصرية العامة للتوحيد القياسى (التابعة لوزارة الصناعة) أو المواصفات الدولية التى تشارك مصر فى إعدادها (ممثلة فى وزارة الصناعة) والتى تسمى (ISO) وهو إختصار لاسم المنظمة (International standardization Orgoniztion) أو المواصفات الأمريكية (ASTM) أو الألمانيـة (DIN) أو الانجليـزية (BS) أو مواصفات معهد البترول الأمريكى (API) أو مواصفات رابطة أشغال المياه الأمريكى (AWWA) أو مواصفات المنتج التى يوافق عليها المشترى. تشمل إختبارات مراقبة الجودة خمسة أنواع رئيسية وهى: الإختيارات الكيماوية والميكانيكية والهيدروستاتيكية والطبيعيه والشكل العام والأبعاد. وينص فى المواصفات على الاختبارات التى تجرى لنوع معين من المنتج وكذلك معدل إجرائها. فنرى أن إختبارات الضغط الهيدروستاتيكى تجرى على المواسير التى تعمل بالضغط بنسبة ١٠٠ ٪ وبنسب أقل للمواسير التى تعمل بالإنحدار.

وإن كانت مراقبة الجودة هى خط الدفاع الأول لحماية المواسير من التلف والتآكل فإنه يجب أن يختبر كذلك نظام ومواد الحماية من التآكل. تصنع المواسير والقطع المستخدمة فى نقل المياه ومياه الصرف إما من المواد المعدنية أو المواد غير معدنية أو من المواد الخاملة جدول (١).

المواسير من المواد المعدنية وهى تشمل المواسير من الصلب الكربونى والزهر المرن أساسا بالإضافة الى المواسير من الصلب المقاوم والزهر الرمادى وهى أقل استعمالا فى

الشبكات أما مواسير النحاس تستخدم أساسا فى السباكة المنزلية وسبائك النحاس تدخل فى صناعة بعض أنواع المحابس.

المواسير من المواد الغير معدنية تشمل المواسير من الخرسانة العادية والخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد بالأسطوانة الصلب أو بدون الأسطوانة الصلب ومواسير الأسسيتوس. المواسير من المواد الخاملة وتشمل مواسير البلاستيك مثل البى فى سى والبولى إثيلين والبولى بروبيلين والمواسير من البولى إيستر المسلح بالصوف الزجاجى (GRP) والمواسير من الفخار المزجج.

جدول (١) مواد الصنع للمواسير والقطع

مواد معدنية	مواد غير معدنية	مواد خاملة
طلب كربونى	خرسانة عادية	بى، فى سى، بولى إيثلين
زهز مرن	خرسانة مسلحة	بولى بروبيلين، بولى إيستر مسلح
صلب مقاوم	خرسانة سابقة الإجهاد	بالصوف الزجاجى
زهر رمادى	أسبستوس	الفخار المزجج

تصنع المواسير بأقطار مختلفة قد تزيد عن ٢ متر وضغوط تشغيل تصل الى ١٥ ضغط جوى أو أكثر. وتستخدم المواسير فى نقل المياه بالضغط وذلك إما فى خطوط نقل المياه الرئيسية والتى تنقل المياه الى مسافات متوسطة أو بعيدة أو فى شبكة التوزيع أو فى الفرعات الموصلة من الشبكة الى المنشأ. أما مواسير نقل مياه الصرف الصحى فتعمل بالإنحدار.

خطوط المياه لأقطار حتى ٦٠٠ مم وضغط تشكيل حتى ١٥ جوى تستخدم مواسير الزهر المرن والأسسيتوس (فى حالة عدوانية التربة) . وللأقطار الكبيرة تستخدم مواسير الخرسانة سابقة الإجهاد ومواسير الصلب. بينما مواسير الصلب والزهر المرن هى الأكثر مناسبة للضغوط العالية (ضغط تشغيل أكبر من ١٠ جوى) وفى الشبكة والأقطار المتوسطة

(أقل من ٦٠٠ مم) حيث ضغط التشغيل حوالى ٦ جوى تستخدم مواسير البلاستيك والفيبرجلاس. وفى الفرعات المنزلية تستخدم مواسير البولى إثيلين.

وفى خطوط الانحدار لنقل مياه الصرف الصحى تستخدم مواسير الفخار المزجج لجميع الأقطار أو مواسير البلاستيك للأقطار أقل من ٣٠٠ مم أو مواسير الخرسانة المسلحة للأقطار الكبيرة أو الخرسانة العادية لأقطار أقل من ٦٠٠ مم.

تستخدم مواسير البلاستيك والبولى إيستر المسلح بالصوف الزجاجى فى خطوط الضغط والانحدار.

تتكون خطوط نقل المياه وشبكات التوزيع من المواسير والقطع مثل الكيعان والتيهات والمساليب والصلايب... الخ وكذلك من أنواع مختلفة من المحابس لسهولة التشغيل وزيادة كفاءة خطوط النق والشبكات.. وهذه المحابس هى محابس هواء ومحابس غسيل ومحابس قفل (سكينه) ومحابس عدم رجوع ومحابس المحافظة على الضغط.

الماء يحتوى دائما على الهواء المذاب فيه والذى يتحرر مع خفض الضغط ويتجمع فى نقطة مرتفعة فى خط المواسير. لذلك تزود كل الارتفاعات بمحابس هواء وتوضع المواسير بميل لا يزيد عن ١ : ٥٠٠ لخطوط المياه لتسهيل وصول الهواء إلى أعلى نقطة حيث توضع محابس الهواء كبيرة الفتحة لسرعة تفريغ الهواء (أو دخول الهواء) عند إمتلاء الخط أو تفريغه. كما تصمم محابس الهواء صغيرة الفتحة لخروج كميات صغيرة من الهواء أثناء التشغيل. توضع محابس الغسيل أو التصريف التى تتكون من وصلة حرف T ومحبس سكينه فى النقط المنخفضة لامكان الصرف من الخط أثناء الصيانة أو الاصلاح. قطر هذه المحابس عادة ١/٣ قطر الماسورة لأدنى قطر ١٠٠ مم.

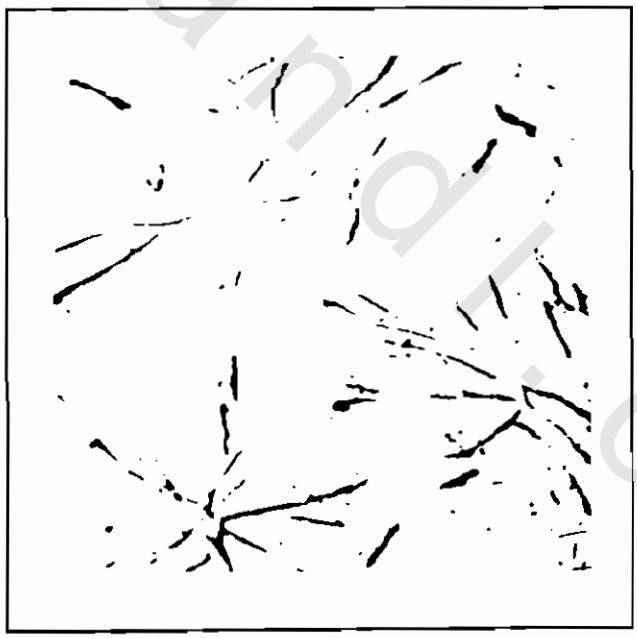
كما توضع محابس على مسار خط المواسير بفواصل من ١ – ٥ كم لامكان عزل قطاعات من الخط لأغراض الصيانة أو لإيقاف التدفق فى حالة الانفجار عادة يستخدم محبس سكينة بقطر ٢/٣ قطر الماسورة عندما يزيد قطر الماسورة عن ٣٠٠ مم.

محابس خفض الضغط أو المحافظة على الضغط والتى تستخدم للتحكم فى الضغط فى شبكة التوزيع أساسا وقد تستخدم فى خطوط النقل الرئيسية والمحابس المستخدمة فى هذه الحالة هى محابس الفراشة أوالكورة.

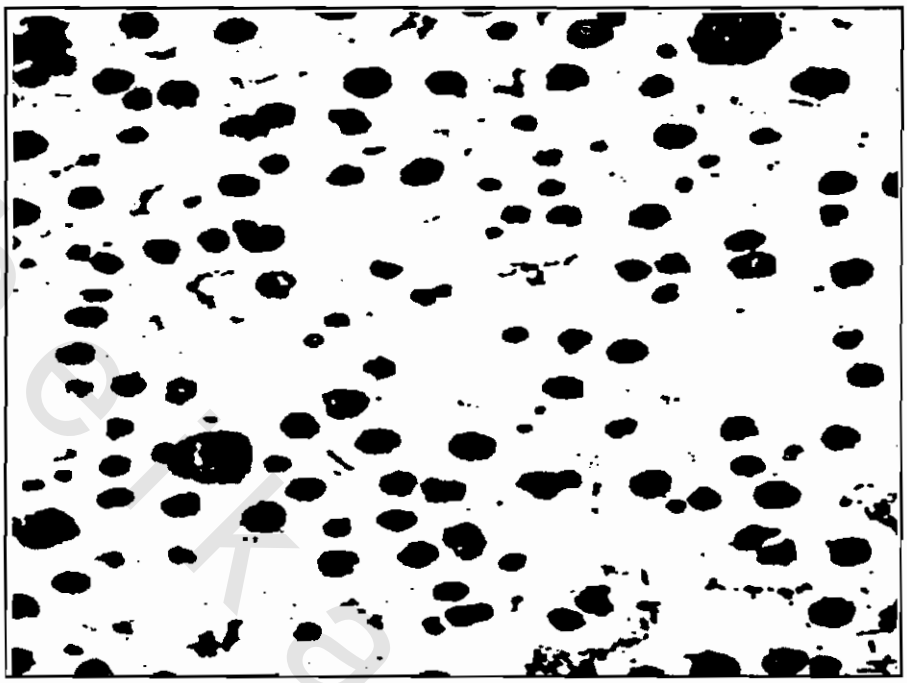
محابس عدم الرجوع وتصميم عند مخارج المياه من الطلمبه أو عند المداخل الى الخزانات وفى مواقع أخرى عندما يكون من الضرورى منع إرتداد المياه عند توقف الطلمبه أو تلف الماسورة. هذا مع عمل الاضافات على الخطوط الرئيسية لمنع الإضطراب الهيدروليكى (Hydraulic Surge) وضبط الفترة الزمنية لقفل المحابس لمنع المطرقة المائية (water Hommer).

١- مواد الصنع للمواسير المعدنية

أ- صناعة الصلب: تتطلب أدنى كمية من الشوائب منها الكبريت والفوسفور ومواد غير معدنية أخرى. ينتج الصلب فى أفران يتم فيها خفض المحتوى من الكربون والشوائب الأخرى لكتل الحديد (Hematite- $Fo_2 O_3$) وينتج الصلب فى شكل كتل (SteelIngots) بأدنى نسبة من الشوائب بما يحسن من جهد الشد والصلابة.



شكل (١) صورة مكبرة لمقطع فى الزهر الرمادى يوضح الشكل الابرى للجرافيت



شكل (٢) صورة مكبرة لمقطع فى الزهر المرن يوضح الشكل الكروى للجرافيت

(١) **الصلب المقاوم** (Stainless Steel) يحتوى على حديد أكثر من ٩٩,٩ ٪ وعلى كربون أقل من ٠,١ ٪ وقد يصل الى ٠,٠٢٥ ٪. ويضاف للصلب عناصر معدنية أخرى (Alloying elements) مثل الكروم الذى يمنع تآكل سطح المعدن وكذلك يضاف النيكل لزيادة قوة الصلادة (Toughness) ومقاومة الحرارة. وتتغير نسبة هذه المعادن طبقا لنوع الصلب المقاوم حيث تتراوح نسبة الكروم ما بين ٤ – ٢٧ ٪ والنيكل ما بين صفر– ٢٢ ٪. كما تضاف بعض المعادن مثل السيليكون، المنجنيز، النحاس والمولبديتوم والفولقرم لتحسين الخواص الميكانيكيه. كما أن إضافة الثيريوم (Ceruim) كان من نتائجه خفض الكبريت الى ٠,٠٠٥ وتحسين شكل المتبقى منه.

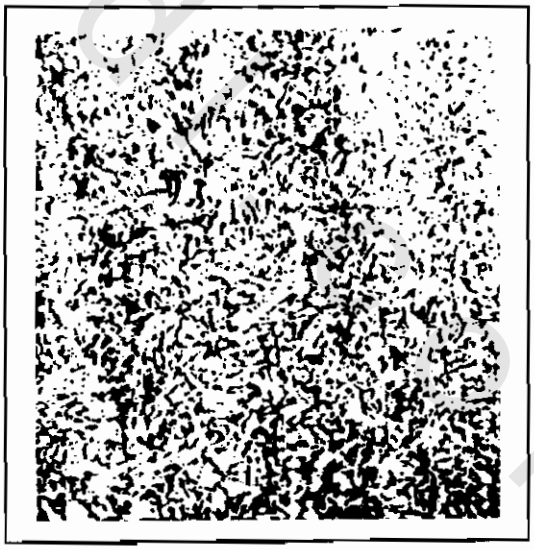
الصلب المقاوم يستخدم فى خزانات المياه وصناعة أحواض خلط الكيماويات وبعض أنواع المحابس والبوابات وأجهزة القياس والتحكم والهدارات.

(٢) الصلب الكربونى (Carbon Steel): يحتوى على كربون حوالى ١ ٪ وكميات صغيرة من السيليكون والمنجنيز والفوسفور والكبريت وهذه العناصر ليست مضافة ولكنها شوائب فى الخام أو فى الوقود لانتاج الصلب ولإزالة الاكسجين من شوائب اكسيد الحديد (Feo) أو من شوائب سلفيد الحديد .(Fes) الشوائب من الفوسفور والكبريت من العناصر الضارة بالاضافة الى القصدير والزرنيخ بما يتطلب أن تكون نسبة هذه العناصر أقل ما يمكن. كما أن وجود أو إضافة كميات صغيرة من الألومنيوم أو التيتانيوم أو الفناديوم يتم لإزالة الأكسجين ولتحسين خواص معدن الصلب الكربونى.

صناعة الصلب عموما يجب أن تمر بمرحلة الانصهار. ولكن الحديد المطاوع ينتج بالاختزال فى الحالة الصلبة.

ب- صناعة الحديد الزهر: (Cast Iron):

يصنع الحديد الزهر من كتل الجديد (تسمى التماسيح) الناتج من أفران صناعة الحديد من خام الحديد مضافا اليها الحديد الخردة لإنتاج مسبوكات الزهر بعد الصهر فى أفران صهر الزهر. وفى حالة عدم إضافة عناصر أخرى فإن ناتج المسبوك هو الزهر الرمادى والذى يحتوى على كربون بنسبة ٢ – ٣,٥ ٪ وسيليكون من ٢–٤ ٪ وكبريت حتى ٠,١ ٪ ومنجنيز من ٠,٦ – ٠,٠٧ ٪ وقد يضاف السيليكون للزهر فى حدود ٢ ٪ لتحسين خواص الزهر فى مقاومة التآكل حيث يضاف فى شكل فيرو سيليكون (Fe Si) . أما الكبريت فإنه ينشط التآكل ويمكن تثبيط نشاطه بإضافة كمية من المنجنيز تعادل ضعف الكبريت



شكل ٣

صورة مكبرة لمقطع في الصلب

(١) الزهر المرن: (Ductile Cast Iron):

مكونات الزهر المرن هى مكونات الزهر الرمادى ولكن شكل الجرافيت فى الزهر المرن يكون كروى بخلاف ما هو فى الزهر الرمادى حيث يكون فى الشكل الإبرى أو العصوى (Flakes). والتغير فى شكل الجرافيت من الإبرى الى الكروى يحسن من الخصائص الميكانيكية للزهر وإعطائه صفة المرونة والتى تنعدم فى الزهر الرمادى لذلك فإن الزهر المرن له خصائص ميكانيكية بين الزهر الرمادى والصلب إلى درجة ما مما جعله مناسبا لصناعة المواسير الناقلة للمياه. وصناعة الزهر المرن تتم بإضافة معدن المغنسيوم بنسبة صغيرة حوالى ١ – ١,٥ ٪ إلى مصهور الزهر الرمادى قبل صبها للسبك مباشرة ويمكن كذلك إضافة معدن السيريوم (Ceruim) لتغيير شكل الجرافيت ولكن المستخدم عادة هو المغنسيوم لرخص التكاليف شكل (١ و ٢) يبين مقطع مكبر للزهر الرمادى، الزهر المرن.

(٢) الزهر عالي السيليكون:

فى هذا النوع من الزهر فإن المحتوى من السيليكون قد يصل حتى ١٤,٥ ٪ وهذ المنتج له مقاومة عالية للتآكل والبرى (Abraison) بالاضافة الى الصلابة (Brinell Hardness). ويستخدم فى صناعة الطلمبات والمحابس وبعض أنواع المواسير والقطع وفى المبادلات الحرارية والمراجل والخزانات فى الصناعة الكيماوية وفى النافورات.

(٣) الزهر السبائكي (Alloyed CastIron)

ويصنع بإضافة معادن أخرى للزهر مثل النيكل، النحاس، الكروم، التيتانيوم والموليدنيوم بنسب تصل الى ٢٠ ٪ ويستخدم هذا النوع من الزهر كخامة لصناعة الصلب حيث تضاف له عناصر أخرى. كما يستخدم فى الصناعات الكيماوية حيث تتوفر له صفة المقاومة العالية للحرارة ومقاومة التآكل والتحمل ضد التلف (Weer) وقوة التحمل العالية ومقاومة الصدمة.

جـ- أثر الشوائب في الصلب الكربوني والزهر:

تختلف خصائص الصلب والزهر طبقا للمحتوى من العناصر الأخرى عدا الحديد حيث نسبة الحديد فى الصلب الكربونى تصل إلى ٩٩٪ وفى الزهر من ٩٢– ٩٣٪ وذلك بالنسبة للوزن. وتختلف نسبة هذه العناصر الأخرى عدا الحديد بالنسة للحجم نظرا لأن كثافة الجرافيت والسيليكون ٢,٤ وكثافة الحديد ٧,٨٦ لذلك فإن نسبة الشوائب من المواد الغير حديدية بالنسبة للحجم تكون كبيره جدا فى الزهر. لذلك فإن السطح المعرض للتآكل فى الزهر يكون أكبر من السطح المعرض للصلب.

شكل (٣) مقطع مكبر للصلب الكربونى.

د- الخواص الكيماوية والميكانيكيه للصلب والزهر طبقا للمواصفات الامريكية ومعهد البترول الامريكي:

جدول (٢) يوضح الخواص الكيماوية للصلب الكربونى والزهر.
جدول (٣) يوضح الخواص الميكانيكيه للصلب الكربونى
جدول (٤) يوضح الخواص الميكانيكيه للزهر الرمادى والمرن
جدول (٥) يوضح الخواص الميكانيكيه وجهد الشد للصلب الكربونى.

obeikandl.com

جدول (٢) الخواص الكيماويه للصلب الكربونى والزهر الرمادى والمرن:

البيان	كربون	حديد	سيليكون	منجنيز	فوسفور	كبريت	مغنسيوم
١- صلب كربونى							
درجة ٣٨	٠,٢-,١٢		٠,٣٥-٠,١٥	٠,٧-٠,٤	٠,٠٦	٠,٠٧	
درجة ٤٥	٠,٣٤-٠,٢		٠,٣٥-٠,١٥	٠,٧-٠,٤	٠,٠٥	٠,٠٦	
درجة ٥٢	٠,٣٤-٠,٢٦	٩٨,١٤	٠,٣٥-٠,١٥	٠,٧-٠,٤	٠,٠٥	٠,٠٦	
درجة ٦٥	٠,٤٥-٠,٣٨		٠,٣٥-٠,١٥	٠,٧-٠,٤	٠,٠٥	٠,٠٦	
٢- زهر رمادى ٣٠	٣,٣٥	٩٣,١٨	٢,٢٥	٠,٥٥	٠,٢	٠,١٢	
٣- زهر مرن	٣,٣٥	٩٢	٢,٤	٠,٤٨	٠,٠٣	٠,٠١	١,٦

جدول (٣) الخواص الميكانيكيه للصلب الكربونى (مواصفات مصرية)

البيان	جهد الشد كج/مم٢	جهد الخضوع كج/مم٢	الاستطالة ٪	النقص فى مساحة المقطع
صلب ٣٨	٣٨	٣٨	٣٨	٣٨
صلب ٤٥	٤٥	٤٥	٤٥	٤٥
صلب ٤٥	٥٢	٥٢	٥٢	٥٢
صلب ٥٦	٥٦	٥٦	٥٦	٥٦

جدول (٤) الخواص الميكانيكيه للزهر الرمادى والمرن

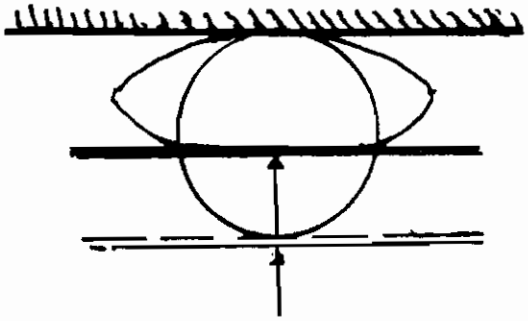
البيان	جهد المشد كج/مم٢	الاستطالة ٪
زهر رمادى		
درجة ١٥	١٥	–
درجة ٢٠	٢٠	–
درجة ٢٥	٢٥	–
درجة ٣٥	٣٠	–
زهر مرن		
درجة ٤٥	٤٥	٦
درجة ٧٠	٧٠	١٠

جدول (٥) الخواص الكيماوية والميكانيكيه للصلب الكربونى درجة A, B طبقا للمواصفات الأمريكية (ASTM-63) ومواصفات معهد البترول الامريكى (API-51)

البيان		كربون	منجنيز	فوسفور	كبريت	أدنى جهد للشد رطل/ بوصة مربعة	أدنى جهد للخضوع رطل/ بوصة مربعة
ASTM-53	A	٠,٢٥	٠,٩٥	٠,٠٥	٠,٠٦	٤٨٠٠٠	٣٠٠٠٠
	B	٠,٣	١,٢	٠,٠٥	٠,٠٦	٦٠٠٠٠	٣٥٠٠٠
API-51	A	٠,٢٢	٠,٩	٠,٠٤	٠,٠٥	٤٨٠٠٠	٣٠٠٠٠
	B	٠,٢٧	١,١٥	٠,٠٤	٠,٠٥	٦٠٠٠٠	٣٥٠٠٠

الدرجة (B) لها إجهاد شد أكبر من الدرجة (A) ولكن الدرجة (A) مفضله فى بعض الاستخدامات مثل الثنى على البارد نظرا لقلة المحتوى من الكربون. بما يجعل المعدن أقل هشاشة وأكثر مرونة.

إن أهم ما يميز الصلب الكربونى والزهر المرن هى خاصية المرونة والتى تكون بنسبة أقل فى الزهر المرن عن الصلب الكربونى وإن كانت خاصية المرونة هذه تنعدم فى الزهر الرمادى. وإختيار الإستطالة هو دلالة للمرونة للمعدن وتنعدم هذه الخاصية فى الزهر الرمادى. بالاضافة الى الاختبارات المقررة على مواسير الزهر المرن فإنه يمكن التعرف على خاصية المرونة بعمل تجربة سهلة وبسيطة. حيث يتم قطع حلقة من نهاية الماسورة بعرض ٥ سم. يتم الانضغاط الميكانيكى للحلقة كما فى الشكل (٤). فى حالة الانضغاط الميكانيكى الى $\frac{1}{2}$ القطر بدون كسر دل ذلك على مرونة معدن الزهر.



شكل (٤) إختبار خاصية المرونة لماسورة الزهر المرن

هـ- سبائك النحاس:

تدخل سبائك النحاس فى صناعة المحابس والبوابات وخاصة الجلبه فى محبس السكينه (محبس القفل) التى تصنع من النحاس الأحمر (Red Brass) وقد يصنع العامود من النحاس الأصفر المطروق (Yellow Brass) (وإن كان صناعة كلا من العامود والجلبه فى محبس القفل من البرونز هو المناسب لعدم وجود فرق فى الجهد وعدم التآكل).

كما تستخدم سبيكة النحاس فى إحاطة نهاية قرص القفل فى محبس السكينه وكذلك منيم القرص فى جسم المحبس (الذى يكون عادة من الزهر) وذلك لسهولة تشغيل المحبس.

النحاس يعتبر الى حد ما معدن شبه نفيس (Semi Noble) وله مقاومة للتآكل. النحاس يكون عادة فى شكل سبيكه من معادن أخرى مثل الزنك والنيكل. النحاس مع الزنك بنسبة ٨٥٪ نحاس، ١٥٪ زنك يكون سبيكه النحاس الأحمر والنحاس بنسبة ٧٠٪ وزنك بنسبة ٣٠٪ يكون سبيكه النحاس الأصفر. النحاس مع النيكل يكون سبيكه البرونز. إضافة الزنك أو النيكل إلى النحاس يحسن من الخواص الميكانيكيه للسبيكه وإن كان يقلل من مقاومتها للتآكل جدول (٦).

obeikandl.com

تستخدم مواسير سبائك النحاس فى السباكه المنزلية ومواسير السخانات والمبادلات الحرارية. ويدخل النحاس فى صناعة أسلاك اللحام. النحاس هو أكثر المعادل قدرة فى التوصيل الكهربى والحرارى. إذا أعطى النحاس رقم ١٠٠ فى التوصيل الكهربى والحرارى تكون قدرة باقى المعادل كما فى الجدول (٧).

جدول (٦) مكونات بعض سبائك النحاس

السبيكة	الملونات	نحاس	زنك	نيكل	قصدير
نحاس احمر	Red Brass	٨٥	١٥	١٠	
نحاس أصفر	Yellow Brass	٧٠	٣٠	١٠	
برونز	Nickel Bronze	٩٠			
	Nickel Brass	٦٥	٢٥		
	Naral Brass	٦٠	٣٩		١

جدول (٧) التوصيل الكهربى والحرارى للمعادن مقارنه بالنحاس

	التوصيل الكهربائي	التوصيل الحرارى
نحاس	١٠٠	١٠٠
فضة	١٠٦	١٠٨
ذهب	٧٢	٧٦
الومنيوم	٦٢	٥٦
مغنيسيوم	٤٩	٤١
زنك	٢٩	٢٩
كادمين	٢٣	٢٤
حديد	١٧	١٧
صلب	١٣-١٧	١٣-١٧

obeikandl.com

٢- صناعة المواسير من الصلب الكربوني: (Steel Pipe ManiFacture)

تصنع مواسير الصلب من الواح الصلب والتى تنتج بتخانات مختلفة أثناء تشكيل كتل الصلب (Steel Ingots) فى درجات حرارة محددة (Tempering) حيث تزاد خصائصها الميكانيكيةه.

أ – تصنع المواسير حتى ٥٠٠ مم بطرق مختلفة مثل السيملس (Seamless) أو باللحام بالمقاومة الكهربية (Electric Resistance Welding- Erw). الأقطار الكبيرة تصنع إما باللحام بالقوس المغمور (Submerged Arcwelding. SAW) أو بلحام الصهر الحلزونى (Spirel Fusion Welding. SFW). فى لحام القوس المغمور تكون علامة اللحام طوليه بطول الماسورة بينما اللحام بالصهر الحلزونى تكون علامة اللحام حلزونية.. وفى لحام السيملس لا تظهر علامات للحام.

يتحدد قطر الماسورة المنتجة بواسطة اللحام الطولى (القوس المغمور) يعرض لوح الصلب إلا فى حالة لحام لوحين صلب أو أكثر لتكوين علامتين لحام أو أكثر على طول الماسورة.

(١) تصنع مواسير الصلب السيملس بأحد طريقتين وهما:

الإختراق الدوار على الساخن (Hot Rotating Piercing) وهى الأكثر استخداما لانتاج مواسير السيملس والتى لا توجد بها لحامات وتستخدم بكثرة فى خطوط البترول ومشتقاته.

وقد تستخدم طريقة التمدد (Extrusion) لانتاج ماسورة السيملس.

– تصنع ماسورة الصلب بالمقاومة الكهربية بدون مواد لحام أو بالتسخين بدون مواد لحام.

بعد تشكيل اللوح الصلب فى الشكل الأسطوانى فإن النهايات الطوليه (Skelp) يتم صهرها معا بالضغط والحرارة الناتجة عن مقاومة الصلب للتيار الكهربى المار خلال النهايات الطوليه حيث يتم اللحام بدون استخدام مواد اللحام.

(٢) وفى اللحام المستمر بدون مواد لحام. يتم تسخين لوح الصلب فى فرن تسخين الى درجة حـــرارة ١٢٦٠°م. وبمجرد خروج لوح الصلب من فرن التسخين يتم تشكيل الماسورة حيث يتكون لحام بعلامة (welded seam).

(٣) الأقطار الكبيرة وخاصة أكبر من ٤٢" تصنع بطريقة اللحام بالقوس المغمور (SAW) وذلك بالنسبة للحامات الطولية أو بلحام الصهر الحلزونى (SFW) للحامات الحلزونية وفى هذه الحالات تكون علامات اللحام إما طولية أو حلزونية.

فى اللحام الحلزونى لا توجد علاقة بين قطر الماسورة وعرض اللوح حيث يمكن تصنيع ماسورة بقطر حتى ٢,٥ متر. النسبة العادية العملية بين عرض لوح الصلب وقطر الماسورة باللحام الحزونى هى ٢ : ١، ٢,٥ : ١ .

بعد عمليات اللحام يتم التشكيل النهائى لاستدارة الماسورة بالدرفله (Rolling) مـــع إختبار اللحام والإختبار الهيدروسكاتيكى بضغط المياه.

ب- صناعة المواسير باللحام اليدوي:

قد يتم اللجوء إلى اللحام اليدوى باستخدام مواد اللحام عند لحام المواسير ذات الأقطار الكبيرة (أكبر من ٤٢")، والتى تستخدم غالبا كعدايات. وسيتم تشكيل ألواح الصلب بالقطر المطلوب. ثم يجرى اللحام الطولى للشكل الأسطوانى واللحام العرضى لتوصيل الأسطوانات الملحومة طوليا. فى هذه الحالة يتم إجراء اللحام الخارجى والداخلى للمواسير بعد إعداد النهايات بالشطف.

كما يستخدم اللحام اليدوى لتصنيع القطع من الصلب فى الورشة أو فى الموقع.

حيث يمكن عمل اللحام اليدوى لأقطار أكبر من ٦٠ سم بما يمكن من عمل اللحامات الخارجية والداخلية. وتكون اللحام اليدوية منتظمة ومتساوية فى العرض والارتفاع على طول مسار خط اللحام.

جـ- تجهيز النهايات لعمل اللحام اليودي لصناعة المواسير والانشاءات:

يتم تجهيز النهايات طبقا لسمك لوح الصلب كالآتى: شكل (٥).

حتى سمك ٢مم يتم عمل فلنجه بارتفاع ضعف سمك المعدن شكل (٥- أ).

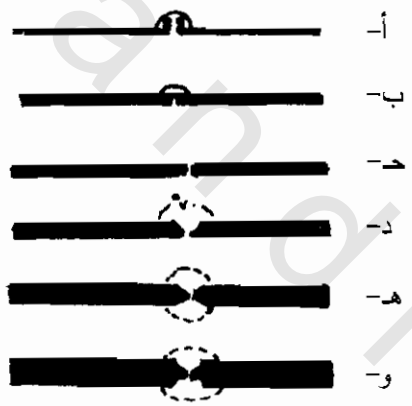
من سمك ٢مم حتى ٥ مم يتم اللحام قورة فى قورة شكل (٥- ب).

من سمك ٥مم حتى ١٠ مم يتم اللحام قورة فى قورة من الجانبين شكل (٥ جـ).

من سمك ١٠مم حتى ١٤ مم يتم تجهيز طرفى اللحام بالشطف فى شكل حرق ٧ متقابلين شكل (٥- د).

من سمك ١٤ مم حتى ٢٠مم يكون الشطف للنهايات فى شكل حرف V من الجانبين شكل (٥- هـ).

من سمك أكبر من ٢٠مم يكون الشطف من الجانبين لاعطاء، شكل حرف U شكل (٥- و).

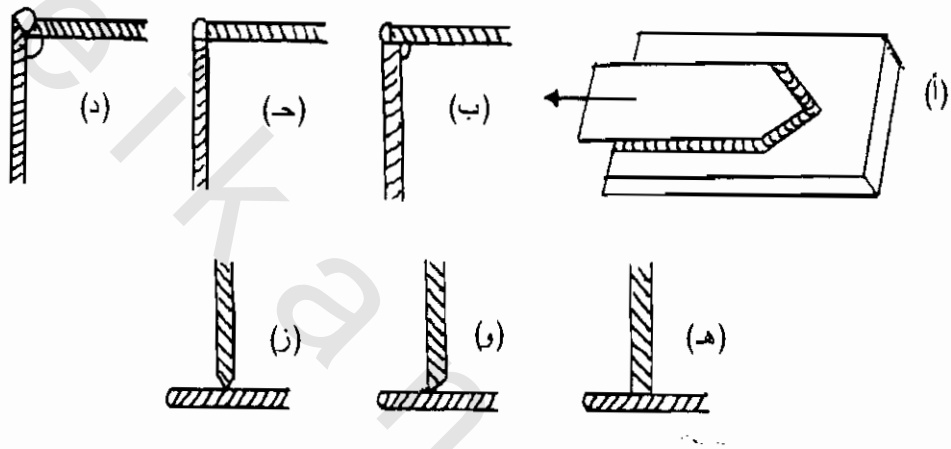


شكل (٥) اللحامات اليدوية

د- لحام الركوب (LapJoints) **والتعامد:** شكل (٦)

لحام الركوب لسطحين من الصلب يتم بشطف النهايات. ويكون ركوب السطحين الملحومين بمساحة لا تقل عن ٣-٥ ضعف سمك المعدن. كما يتم اللحام فى إتجاه الضغط. شكل (٦- أ).

توصيل الأجناب للمنشآت يتم اللحام بدون تحضير مسبق للسطح أشكال (٦- ب، جـ، د) وصلات حرف T يتم اللحام بدون شطف فى حالة عدم تعرض المنشأ لأحمال إستاتيكية شكل (٦- هـ). فى حالة السمك من ١٠-٢٠ سم يعمل الشطف من جانب واحد شكل (٦- و) وفى حالة السمك اكبر من ٢٠ سم يعمل الشطف من جانبين شكل (٦- ز).

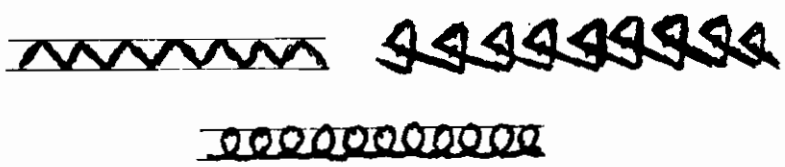


شكل (٦) لحام الركوب والتعامد

سمك سلك اللحام طبقا لسمك معدن الأساس ومسار اللحام جدول (٨).

سمك المعدن مم	حتى ٢مم	٢ – ٤	٤ – ٦	٦ – ٨	أكبر من ٨
قطر سلك اللحام مم	٢مم	٣	٤	٥	٥-٦

مسار سلك اللحام بزاوية من ١٥- ٢٠°م على خط اللحام وبارتفاع ٢-٤مم. للحام الصلب الكربونى يكون سلك اللحام من سبائك النحاس أو الصلب شكل (٧).



شكل (٧) مسار اللحام اليدوى

هـ- اللحام بملىء الفراغات Brazing And Soldering

يستخدم اللحام بملىء الفراغات فى الوصلات الميكانيكية وفى توصيل المواسير الزهر (بالرأس والزيل) . ويستخدم فى هذا النوع من اللحام سبيكه لحام نقطة انصهارها منخفضة حوالى ٤٠٠°م وتكون من القصدير أو الرصاص أو الكاديسوم أو سبيكة الزنك (Solders) . وعند استخدام اللحام بالملىء لوصلة لها قوة ميكانيكيه تستخدم سبيكه لحام نقطة إنصهارها مرتفعة (Brazing) مثل سبائك النحاس، الألومنيوم، المنجنيز، النيكل، الفضة .

و- الاختبارات للكشف عن كفاءة اللحام:

يجرى الكشف عن كفاءة اللحام بالطرق الآتية:

* الكشف الظاهرى: حيث يمكن التعرف على الشقوق والثقوب والفراغات الغير ملحوظة وكذلك عدم إنتظام اللحام والكشف عن جيوب الغازات.

* الإختبار الميكانيكى: ويجرى هذا الاختبار على عينه من المعدن الذى تم لحامه. يكون خط اللحام فى منتصف العينة حيث تجرى الاختبارات الخاصة بجهد الشد والاستطالة وزاوية الانحناء عمودية على خط اللحام. هذا بالإضافة إلى إختبارات قوة الصدمة والصلابة (Hardness و Impact) . ويجب أن تكون نتائج الاختبارات الميكانيكية لا تقل عن مثيلتها لمعدن الأساس بدون لحامات.

* أشعة إكس: وهذه تمكن من الكشف عن النفاديه والفراغات والشقوق وعدم الانصهار والمحتوى من الشوائب. وتمكن من الكشف عن اللحام حتى سمك لحام بعمق كبير.

* الاختبار الهيدروستاتيكى: والذى يتم بضغط المياه فى الماسورة.

* الاختبار بالموجات فوق الصوتية (ultrasonic): للكشف عن الشقوق والثقوب والفراغات والشوائب الغير معدنية حتى سمك ٥ مم للحام.

* الإختبار المغناطيسى: وذلك باستخدام الإنتشار المغناطيسى للكشف عن الشقوق الشعرية والثقوب فى اللحامات.

* إختبار اللحام باستخدام مجال عدوانى:

عند تعرض لحامات الصلب لمجال عدوانى (محلول ملحى بتركيز ٥٪) فإنه يحدث تآكل بعد فترة زمنية محددة. وهذه الطريقة توضح كفاءة اللحام من عدمه ويتم هذا الإختبار فى جهاز خاص مصمم لهذا الغرض. وتكون النتائج طبقا للآتى شكل (٨).

الحالة (A – أ) يكون اللحام مقبول عند تآكل معدن الأساس ومعدن اللحام بالتساوى

الحالة (A – ب) يكون اللحام جيد عند تآكل معدن الأساس على حساب معدن اللحام

الحالة (A جـ) يكون اللحام ردىء عند تأكل معدن اللحام على حساب معدن الأساسى

الحالة (A– د) يتآكل معدن الأساس على جانبى خط اللحام بسبب الحرارة الزائدة

شكل (٨) إختبار كفاءة اللحام باستخدام مجال عدوانى

* اختبار الثنى: يجرى إختبار الثنى على عينتين (Two Bend Pieces)

ويتم الثنى ١٨٠° م فى جهاز الثنى (Jip). فى أحد العينات يكون أحد أوجه اللحام داخل الثنى والآخر خارج الثنى وفى العينه الثانية تكون أوجه اللحام بالعكس. يعتبر اللحام مقبول فى حالة عدم وجود تلفيات فى المعدن أو اللحام يزيد عن ٣ مم وعدم وجود شوائب وثقوب وجيوب فى اللحامات تزيد عن ١,٥ مم. وعند الضروره يتم كسر العينه للفحص الظاهرى.

* الاختبارات الكيماويه: وهذه الاختبارات تجرى للمواسير والأوعيه من الصلب وتتم باستخدام النشادر أو الكيروسين.

طريقة النشادر: تملأ الماسورة بالهواء المضغوط المحتوى على غاز النشادر بنسبة ١ ٪. يغطى السطح الخارجى بورق مشبع بمحلول نترات الزئبق حيث تظهر البقع السوداء فى حالة وجود تسرب بما يدل على عدم كفاءة اللحام.

طريقة الكيروسين: يغطى السطح الخارجى للحام بمحسوق المغنسيوم. يغطى السطح الداخلى للحام «بالكيروسين والزيت لمدة ٢٠- ٣٠ ق. يتم إزالة وكشط مسحوق المغنسيوم والذى يلتصق فى الأماكن التى فيها تسرب للزيت وذلك لظهوره خلال الشقوق الشعرية فى اللحامات.

٣- رقم الجدول لماسورة الصلب (Schedule Number):

تقسم مواسير الصلب طبقا لسمك جدار الماسورة وضغط الإختبار لمختلف الاستخدامات الى درجات أو أرقام جداول (Schedule Number). وأرقام الجداول هى من رقم جدول ١٠ الى رقم جدول ١٦٠ المتوفر عادة هى أرقام جداول ١٠، ٢٠، ٣٠و ٤٠، ٦٠، ٨٠، ١٠٠، ١٢٠، ١٤٠، ١٦٠، وتشمل أرقام الجداول المواسير زائدة الوزن أو القوة أو ضعف زائدة الوزن أو القوة وتشمل الجداول اكبر من ٤٠ والمواسير رقيقة الجدار أو الوزن الخفيف وهذه تقابل الجدول ١٠ فى جميع الأقطار.

أما رقم الجدول القياسى فهو رقم (٤٠) (Standard).

هناك علاقة بين الوزن وسمك جدار الماسورة للقطر الاسمى الواحد. لأى ماسورة القطر الخارجى ثابت ولكن القطر الداخلى يتغير طبقا لسمك جدار الماسورة (لتغير رقم الجدول). ولهذا فإن القطع والمواسير تتساوى فى القطر الخارجى لقطر إسمى معين. ونظرا للتغير فى القطر الداخلى فإن المواسير من قطر ١/٨″ (٣ مم) حتى ١٢″ (٣٠٠ مم) تقسم بالنسبة للقطر الداخلى الاسمى (NID) وليس بالقطر الداخلى الحقيقى. المواسير أقطار أكبر من ١٢″ (٣٠٠ مم) تقسم بالنسبة للقطر الخارجى الحقيقى. سمك جدار الماسورة جدول ٤٠ ثابت للأقطار من ١/٨″ حتى ١٠″.

مثال للمواسير ذات رقم جدول مختلف وقطر خارجى حقيقى واحد جدول (٩)

البيان	جدول ١٠	جدول ٤٠ قياسى	جدول ٨٠	جدول ١٦٠
القطر الخارجى مم	٣٣,٤	٣٣,٤	٣٣,٤	٣٣,٤
القطر الداخلى مم	٢٧,٨٦٤	٢٦,٦٥	٢٤,٣١	٢٠,٧
سمك الجدار مم	٢,٧٦٩	٣,٤	٤,٦	٦,٣٥

المواصفات القياسية تغطى أقطار المواسير من ١/٨″ حتى ٤٢″. القطر الاسمى (ND) هو رقم تقريبى لا يمثل القطر الخارجى أو الداخلى.

مثال لماسورة قطر إسمى ٥″كالآتى جدول (١٠)

البيان	القطر الاسمى	القطر الخارجى	القطر الداخلى	سمك الجدار
ماسورة صلب جدول ٤٠	٥″	٥,٥٦٣″	٥,٠٤٧″	٠,٢٥٨″
ماسورة صلب جدول ٤٠	٥″	٥,٥٦٣″	٤,٨١٣″	٠,٣٧٥″

الجدول التالى يوضح القطر الخارجى الحقيقى والاسمى للمواسير جدول ٤٠ المتوفرة تجاريا: من قطر ٤″ حتى قطر ٤٢″ (جدول ١١).

obeikandl.com

القطر الخارجى الحقيقي		القطر الخارجى الأسمى		القطر الخارجى الحقيقى		القطر الخارجى الأسمى	
بوصة	مليمتر	بوصة	مليمتر	بوصة	مليمتر	بوصة	مليمتر
٤	١٠١,٦	٣,٥	٩٠	٢٢	٥٥٩	٢٢	٥٥٠
٤,٥	١١٤,٣	٤	١٠٠	٢٤	٦١٠	٢٤	٦٠٠
٥,٥٦٣	١٤١,٣	٥	١٢٥	٢٦	٦٦٠	٢٦	٦٥٠
٦,٦٢٥	١٦٨,٣	٦	١٥٠	٢٨	٧١١	٢٨	٧٠٠
٨,٦٢٥	٢١٩,١	٨	٢٠٠	٣٠	٧٦٢	٣٠	٧٥٠
١٠,٧٥٠	٢٧٣,١	١٠	٢٥٠	٣٢	٨١٣	٣٢	٨٠٠
١٢,٧٥	٣٢٣,٩	١٢	٣٠٠	٣٤	٨٦٤	٣٤	٨٥٠
١٤	٣٥٥,٦	١٤	٣٥٠	٣٦	٩١٤	٣٦	٩٠٠
١٦	٤٠٦,٤	١٦	٤٠٠	٣٨	٩٦٥	٣٨	٩٥٠
١٨	٤٥٧	١٨	٤٥٠	٤٠	١٠١٦	٤٠	١٠٠٠
٢٠	٥٠٨	٢٠	٥٠٠	٤٢	١٠٦٧	٤٢	١٠٥٠

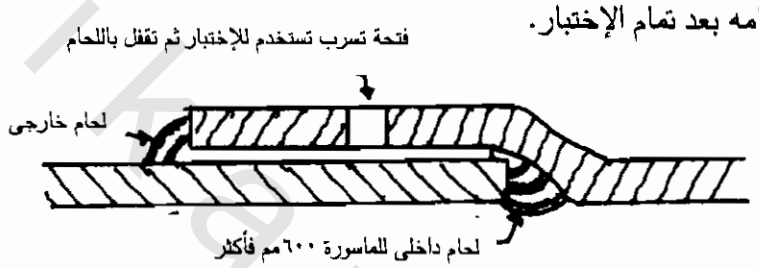
٤ - تجهيز نهايات مواسير الصلب الكربوني:

تجهز نهايات المواسير بالأشكال الآتية وذلك حسب طريقة التوصيل للمواسير:

أ – **القلوظة للنهايات** حيث يتم التوصيل بالجلبة والقلاووظ أو بالقلاووظ فقط بدون جلبة. ونهاية عادية للوصولة الميكانيكيه: وفى هذه الحالة يجب أن يكون السطح الخارجى لنهاية الماسورة خالى من التشوهات السطحية كما يجب تسوية اللحامات الطولية أو الحلزونية بمستوى سطح الماسورة لمسافة كافية من النهايات لتسمح بتركيب وصلات غير منفذة للمياه. وفى حالة النهايات المشطوفة فإنه يلزم تجهيزها لتلائم تركيب الوصلة.

ب – **نهايات بالرأس والزيل أو الركوب** (Iap Joints) **باللحامات الميدانية:**

يتم تجـهـيـز الرأس (Bell Ends) بالتمدد باستخدام جهاز التمدد الهيدروليكى وفرم خـاصة. يجب أن يكون أدنى قطر لانحناء نـهاية الرأس فى أى نقطة لا يقل عن ١٥ ضعف سمك الماسورة. كما يمكن تشكيل الزيل من الأسطوانة الصلب بالمعدات المناسبة أو بلحام الرأس والزيل بقطع من الصلب حيث يتم شطف اللحامات داخل الرأس وخارج الزيل بمسافة لا تقل عن عـمق الدخـول للذيل فى الرأس. المحـيط الداخلى للرأس لا يزيد عن المحـيط الخـارجى للزيل بأكـثر من ١٠مم. وتسمح الوصلات بدخول عند التركيب لا يقل عن ٣,٨ سم. وتعد الرأس والزيل بوجود فراغ لتركيب العازل من الحلقة الكاوتش. وفى حـالة اللحامات للرأس والزيل يجـهز الرأس بثقب لإختبارات الضغط الهيدروستاتيكى كما فى الشكل (٩) ثم يعاد لحامه بعد تمام الإختبار.

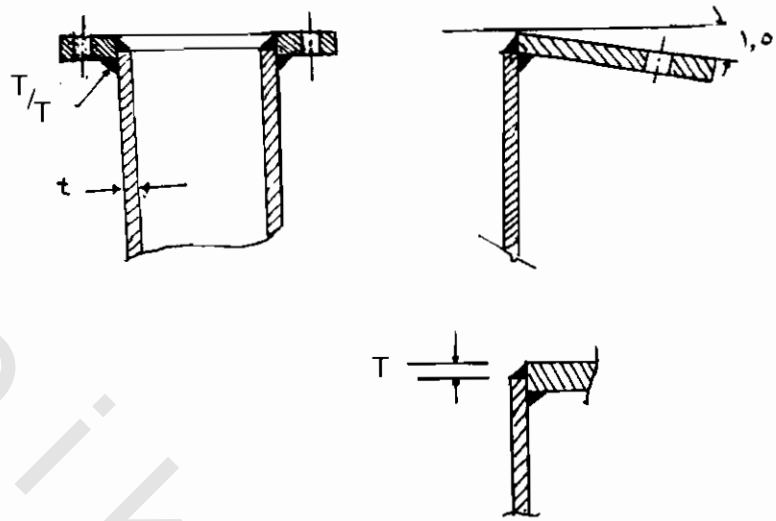


شكل (٩) مقطع لوصلة ركوب ملحومة

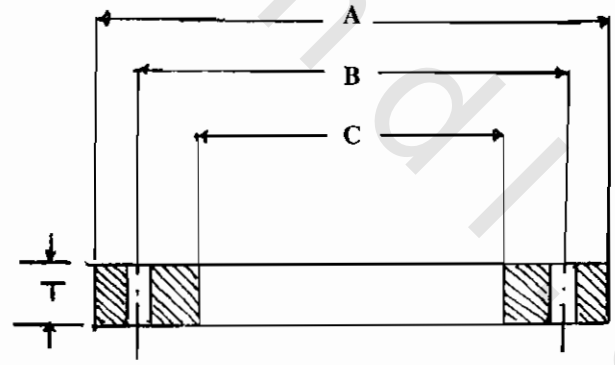
جـ- النهايات العادية: لتركيب بالفلنجات (الأوشاش):

يتم تجهيز الفلنجات ونهايات المواسير ولحامها كما فى الشكل (١٠). يتم إعداد الفلنجة طبقا لضغط التشغيل كما فى الجداول أرقام (١٢، ١٣، ١٤). يراعى لحام الفلنجة بميل ١,٥° للفلنجة الواحدة أو للفلنجتين المتقابلتين وبما لايزيد عن فاصل ١,٥″ لنهايات وجه الفلنجة شكل (١١).

يتم اعداد وجه الفلنجة أو وجه الالتصاق. ويكون الاعداد فى شكل تجاويف بعمق ١,٦ مم بمعدل ٢٤- ٤٠ تجويف كل بوصة. ويكون شكل التجاويف دائرى أو حلزونى داخل دائرة التخريم للفلنجة. وهذه التجاويف تساعد على الالتصاق الجيد للفلنجات على الجوان ومنع التسرب بين السطحين للفلنجات فى الماسورتين.



شكل (١٠) تجهيز النهايات بالفلنجات (الأوشاش)



A = القطر الخارجي للفلنجة
C = قطر دائرة التخريم
A = القطر الداخلي للفلنجة

D = قطر مسمار الرباط
N = عدد مسامير الرباط
T = سمك الفلنجة

شكل (١١) مقاسات الفلنجة لضغوط التشغيل ٦ ، ١٢ ، ٢٠ جوى

obeikandl.com

جدول (١١) مقامات الفلنجة لضغط ٦ جوى، جدول (١٢) لضغط ١٢ جوى، جدول (١٣) لضغط ٢٠ جوى بالبوصة.

جدول (١٢) مقاسات الفلنجة بالبوصة لضغط ٦ جوى:

T	D	C	N	B	A	القطر الإسمى للماسورة بالبوصة
٠,٦٢٥	٠,٦٢٥	٧,٥	٨	٤,٥٧	٩	٤
٠,٦٢٥	٠,٦٢٥	٨,٥	٨	٥,٦٦	١٠	٥
٠,٦٨٨	٠,٦٢٥	٩,٠	٨	٦,٧٢	١١	٦
٠,٦٨٨	٠,٦٢٥	١١,٧٥	٨	٨,٧٢	١٣,٥	٨
٠,٦٨٨	٠,٦٢٥	١٤,٢٥	١٢	١٠,٨٨	١٦,٥	١٠
٠,٦٨٨	٠,٦٢٥	١٧,٠	١٢	١٢,٨٨	١٩,٠	١٢
٠,٦٨٨	٠,٧٥	١٨,٧٥	١٢	١٤,٩٩	٢١,٠	١٤
٠,٦٨٨	٠,٧٥	٢١,٢٥	١٦	١٦,٩	٢٣,٥	١٦
٠,٦٨٨	٠,٧٥	٢٢,٢٥	١٦	١٨,١٩	٢٥,٠	١٨
٠,٦٨٨	٠,٧٥	٢٥,٠	٢٠	٢٠,١٩	٢٧,٥	٢٠
٠,٧٥	٠,٧٥	٢٧,٢٥	٢٠	٢٢,١٩	٢٩,٥	٢٢
٠,٧٥	٠,٧٥	٢٩,٥	٢٠	٢٤,١٩	٣٢,٠	٢٤
٠,١٢	٠,٧٥	٣١,٧٥	٢٤	(يحدد بواسطة المصمم)	٣٤,٢٥	٢٦
٠,٨٧٥	٠,٧٥	٣٤,٠	٢٨		٣٦,٥	٢٨
٠,٨٧٥	٠,٨٧٥	٣٦,٠	٢٨		٣٨,٧٥	٣٠
٠,٩٣٨	٠,٨٧٥	٣٨,٥	٢٨		٤١,٧٥	٣٢
٠,٩٣٨	٠,٨٧٥	٤٠,٥	٣٢		٤٣,٧٥	٣٤
١,٠	٠,٨٧٥	٤٢,٧٥	٣٢		٤٦,	٣٦
١,٠	٠,٨٧٥	٤٥,٢٥	٣٢		٤٨,٧٥	٣٨
١,٠	٠,٨٧٥	٤٧,٢٥	٣٦		٥٠,٧٥	٤٠
١,١٢٥	١,٠	٤٩,٥	٣٦		٥٣,٠	٤٢

ثقب مسمار الرباط يزيد عن قطر مسمار الرباط $\frac{1}{8}$″

جدول (١٣) مقاسات الفلنجة بالبوصة لضغط ١٢ جوى

القطر الإسمى للماسورة بالبوصة	A	B	N	C	D	T
٤	٩	٤,٥٧	٨	٧,٥	٠,٦٢٥	٠,٦٢٥
٥	١٠	٥,٦٦	٨	٨,٥	٠,٧٥	٠,٦٢٥
٦	١١	٦,٧٢	٨	٩,٠	٠,٧٥	٠,٦٨٨
٨	١٣,٥	٨,٧٢	٨	١١,٧٥	٠,٧٥	٠,٦٨٨
١٠	١٦,٥	١٠,٨٨	١٢	١٤,٢٥	٠,٨٧٥	٠,٦٨٨
١٢	١٩,٠	١٢,٨٨	١٢	١٧,٠	٠,٨٧٥	٠,٨١٢
١٤	٢١,٠	١٤,١٩	١٢	١٨,٧٥	١,٠	٠,٩٣٨
١٦	٢٣,٥	١٦,١٩	١٦	٢١,٢٥	١,٠	١,٠
١٨	٢٥,٠	١٨,١٩	١٦	٢٢,٢٥	١,١٢٥	١,٠٦٢
٢٠	٢٧,٥	٢٠,١٩	٢٠	٢٥,٠	١,١٢٥	١,١٢٥
٢٢	٢٩,٥	٢٢,١٩	٢٠	٢٧,٢٥	١,٢٥	١,١٨٨
٢٤	٣٢,٠	٢٤,١٩	٢٠	٢٩,٥	١,٢٥	١,٢٥
٢٦	٣٤,٢٥	(يحدد بواسطة المصمم)	٢٤	٣١,٧٥	١,٢٥	١,٣١٢
٢٨	٣٦,٥		٢٨	٣٤,٠	١,٢٥	١,٣١٢
٣٠	٣٨,٧٥		٢٨	٣٦,٠	١,٢٥	١,٣٧٥
٣٢	٤١,٧٥		٢٨	٣٨,٥	١,٥	١,٥
٣٤	٤٣,٧٥		٣٢	٤٠,٥	١,٥	١,٥
٣٦	٤٦,		٣٢	٤٢,٧٥	١,٥	١,٦٢٥
٣٨	٤٨,٧٥		٣٢	٤٥,٢٥	١,٥	١,٦٢٥
٤٠	٥٠,٧٥		٣٦	٤٧,٢٥	١,٥	١,٦٢٥
٤٢	٥٣,٠		٣٦	٤٩,٥	١,٥	١,٦٧٥

ثقب مسمار الرباط يزيد عن قطر مسمار الرباط ١/٨″

جدول رقم (١٤) مقاسات الفلنجة بالبوصة لضغط ٢٠ جوى

القطر الإسمى للماسورة بالبوصة	A	B	N	C	D	T
٤	٩	٤,٥٧	٨	٧,٥	٠,٦٢٥	١,١٢٥
٥	١٠	٥,٦٦	٨	٨,٥	٠,٧٥	١,١٨٨
٦	١١	٦,٧٢	٨	٩,٥	٠,٧٥	١,٣١٣
٨	١٣,٥	٨,٧٢	٨	١١,٧٥	٠,٧٥	١,٥
١٠	١٦,٥	١٠,٨٨	١٢	١٤,٢٥	٠,٨٧٥	١,٥٦٣
١٢	١٩,٠	١٢,٨٨	١٢	١٧,٠	٠,٨٧٥	١,٧٥
١٤	٢١,٠	١٤,١٩	١٢	١٨,٧٥	١,٠	١,٨٧٥
١٦	٢٣,٥	١٦,١٩	١٦	٢١,٢٥	١,٠	٢,٠
١٨	٢٥,٠	١٨,١٩	١٦	٢٢,٢٥	١,١٢٥	٢١,١٢٥
٢٠	٢٧,٥	٢٠,١٩	٢٠	٢٥,٠	١,١٢٥	٢,٣٧٥
٢٢	٢٩,٥	٢٢,١٩	٢٠	٢٧,٢٥	١,٢٥	٢,٥
٢٤	٣٢,٠	٢٤,١٩	٢٠	٢٩,٥	١,٢٥	٢,٦٢٥
٢٦	٣٤,٢٥	(يحدد بواسطة المصمم)	٢٤	٣١,٧٥	١,٢٥	٢,٧٥
٢٨	٣٦,٥		٢٨	٣٤,٠	١,٢٥	٢,٧٥
٣٠	٣٨,٧٥		٢٨	٣٦,٠	١,٢٥	٢,٨٧٥
٣٢	٤١,٧٥		٢٨	٣٨,٥	١,٥	٣,
٣٤	٤٣,٧٥		٣٢	٤٠,٥	١,٥	٣,
٣٦	٤٦,		٣٢	٤٢,٧٥	١,٥	٣,١٢٥
٣٨	٤٨,٧٥		٣٢	٤٥,٢٥	١,٥	٣,١٢٥
٤٠	٥٠,٧٥		٣٦	٤٧,٢٥	١,٥	٣,٢٥
٤٢	٥٣,٠		٣٦	٤٩,٥	١,٥	٣,٣٧٥

ثقب مسمار الرباط يزيد عن قطر مسمار الرباط ١/٨″

تعيين السمك لبدن ماسورة الصلب الكربونى:

اتفق على أن يكون سمك بدن الماسورة من الصلب الكربونى المستخدمة فى نقل المياه ومياه الصرف لجميع الأقطار والاسعمالات سواء للضغط أو الإنحدار طبقا لتوصيات رابطة العاملين فى المياه الأمريكية (A W W A) كالآتي :

$$E = (ND \text{ in mm} \div 100) + 3$$

حيث E = سمك بدن الماسورة

ND = القطر الاسمى للماسورة بالمليمتر

كمثال سمك جدار الماسورة ١٢″ من الصلب الكربونى كالآتى:

$$E = \frac{300}{100} + 3$$
$$= 6 \text{ mm}$$

٥- القطع المصنعة Fabricated Fittings

تصنع القطع طبقا للحاجة فى المواقع أو فى الورشة عندما يكون من الصعب أو المستحيل الحصول عليها من إنتاج مصانع المواسير.

أ- الكيعان المصنعة:

الكعيان إنتاج المصنع تكون عادة بزاوية ٩٠°، ٤٥°. ويمكن تصنيع الكيان من قطعتين أو أكثر وبزوايا مختلفة كالآتى:

(١) تصنيع الكوع من قطعتين: شكل (١٢، ١٣)

لتصنيع الكوع من قطعتين يلزم توفر البيانات التالية.

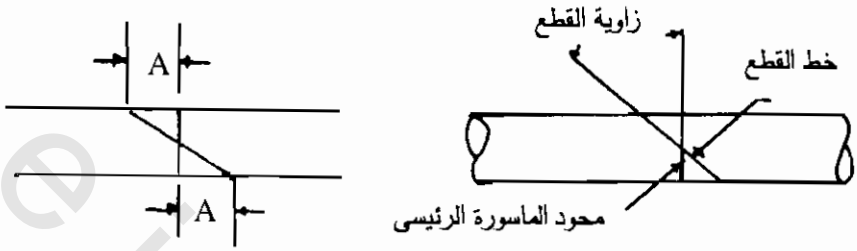
زاوية القطع

مسافة القطع

obeikandl.com

معامل زاوية القطع

زاوية القطع: هى الزاوية على المحور الرأسى للماسورة والتى يبدأ عندها القطع. زاوية القطع هى نصف زاوية الانحناء للكوع.



شكل (١٢) زاوية القطع- مسافة بداية خط القطع من محور الماسورة: (A)

معامل زاوية القطع: تستخدم معاملات زاوية القطع لحساب مساحة القطع. وهذه المعاملات موضحة فى الجدول (١٥).

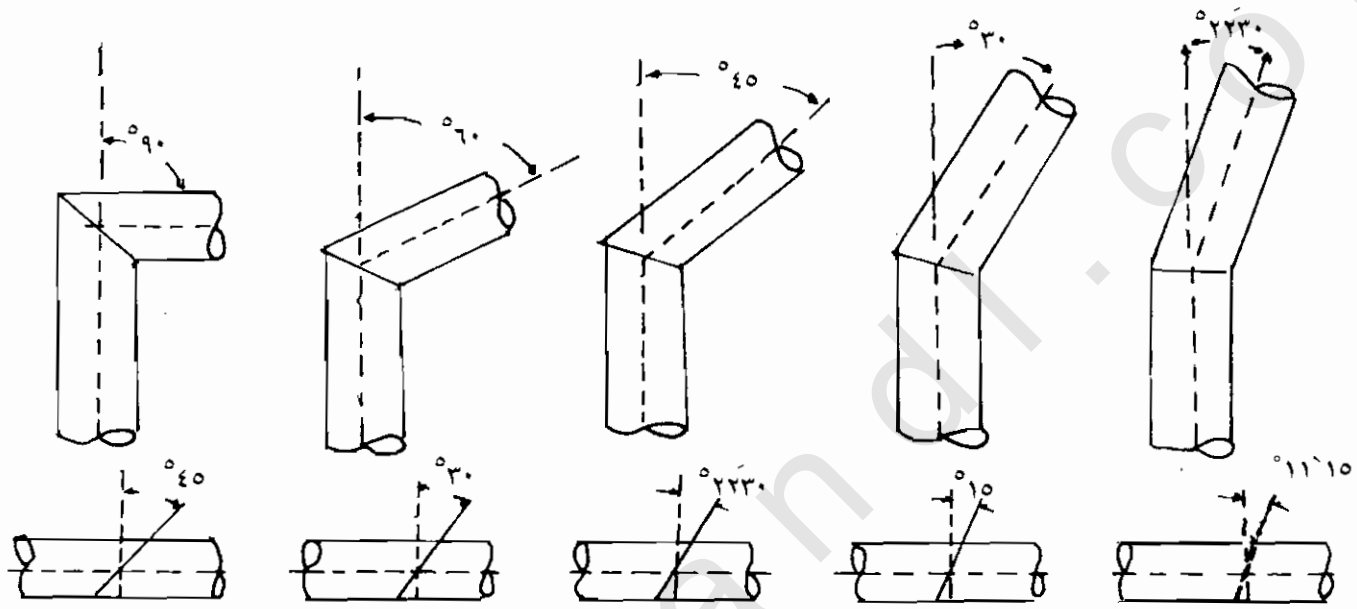
وهى الزاوية قطع ٤٥° = ١، للزاوية ٢٢,٥ = ٠,٤١٤٢١ وللزاوية ١١,٢٥ = ٠,٢٠٣

مسافة القطع: وهى المسافة على جانبى المحور الرأسى للماسورة الشكل (١٢) وتحدد مسافة القطع نتيجة ضرب القطر الخارجى للماسورة فى معامل زاوية القطع مقسوما على إثنين. (يقصد بالقطر الخارجى الحقيقى وليس الأسمى).

مسافة القطع = القطر الخارجى للماسورة × معامل زاوية القطع ÷ ٢ شكل (١٢)

جدول (١٥) معاملات زاوية القطع: Cutangle Factors

زاوية القطع	المعامل	زاوية القطع	المعامل	زاوية القطع	المعامل
٥° ٣٠′	٠,٠٩٦٢٩	١٨° ٣٠′	٠,٣٣٤٥٩	٣١° ٣٠′	٠,٦١٢٨٠
٦°	٠,١٠٥١	١٩°	٠,٣٤٤٣٣	٣٢°	٠,٦٢٤٨٧
٦° ٣٠′	٠,١١٣٩٣	١٩° ٣٠′	٠,٣٥٤١٢	٣٢° ٣٠′	٠,٦٣٧٠٧
٧°	٠,١٢٢٧٨	٢٠°	٠,٣٦٣٩٧	٣٣°	٠,٦٤٩٤١
٧° ٣٠′	٠,١٣١٦٥	٢٠° ٣٠′	٠,٣٧٣٨٨	٣٣° ٣٣′	٠,٦٦١٨٨
٨°	٠,١٤٠٥٤	٢١°	٠,٣٨٣٦٨	٣٤°	٠,٦٧٥٤١
٨° ٣٠′	٠,١٤٩٤٥	٢١° ٣٠′	٠,٣٩٣٩١	٣٤° ٣٠′	٠,٦٨٧٢٨
٩°	٠,١٥٨٣٨	٢٢°	٠,٤٠٤٠٣	٣٥°	٠,٧٠٠٢١
٩° ٣٠′	٠,١٦٧٣٤	٢٢° ٣٠′	٠,٤١٤٢١	٣٥° ٣٠′	٠,٧١٣٢٩
١٠°	٠,١٧٦٣٣	٢٣°	٠,٤٢٤٤٧	٣٦°	٠,٧٢٦٥٤
١٠° ٣٠′	٠,١٨٥٣٤	٢٣° ٣٠′	٠,٤٣٤٨١	٣٦° ٣٠′	٠,٧٣٩٩٦
١١°	٠,١٩٤٣٨	٢٤°	٠,٤٤٥٢٣	٣٧°	٠,٧٥٣٥٥
١١° ٣٠′	٠,٢٠٣٤٥	٢٤° ٣٠′	٠,٤٥٥٧٣	٣٧° ٣٠′	٠,٧٦٧٣٣
١٢°	٠,٢١٢٥٦	٢٥°	٠,٤٦٦٣١	٣٨°	٠,٧٨١٢٨
١٢° ٣٠′	٠,٢٢١٦٩	٢٥° ٣٠′	٠,٤٦٧٩٧	٣٨° ٣٠′	٠,٧٩٥٤٣
١٣°	٠,٢٣٠٨٧	٢٦°	٠,٤٨٧٧٣	٣٩°	٠,٨٠٩٧٨
١٣° ٣٠′	٠,٢٤٠٠٨	٢٦° ٣٠′	٠,٤٩٨٥٨	٣٩° ٣٠′	٠,٨٢٤٢٤
١٤°	٠,٢٤٥٣٣	٢٧°	٠,٥٠٩٥٢	٤٠°	٠,٨٣٩١٠
١٤° ٣٠′	٠,٢٥٨٦٢	٢٧° ٣٠′	٠,٥٢٠٥٧	٤٠° ٣٠′	٠,٨٥٤٠٨
١٥°	٠,٢٦٧٩٥	٢٨°	٠,٥٣١٧١	٤١°	٠,٨٦٩٢٩
١٥° ٣٠′	٠,٢٧٧٣٢	٢٨° ٣٠′	٠,٥٤٢٩٥	٤١° ٣٠′	٠,٨٨٤٧٢
١٦°	٠,٢٨٦٧٤	٢٩°	٠,٥٤٤٣١	٤٢°	٠,٩٠٠٤٠
١٦° ٣٠′	٠,٢٩٦٢١	٢٩° ٣٠′	٠,٥٦٥٧٧	٤٢° ٣٠′	٠,٩١٦٣٣
١٧°	٠,٣٠٥٧٣	٣٠°	٠,٥٧٧٣٥	٤٣°	٠,٩٣٢٥١
١٧° ٣٠′	٠,٣١٥٣	٣٠° ٣٠′	٠,٥٨٩٠٤	٤٣° ٣٠′	٠,٩٤٨٩٦
١٨°	٠,٣٢٤٩٢	٣١°	٠,٦٠٠٨٦	٤٤°	٠,٩٦٥٨٩
				٤٤° ٣٠′	٠,٩٨٢٨٥
				٤٥°	١,٠٠٠



زاوية القطع = $\frac{٢٢`٣٠^\circ}{٢}$ − ١١`١٥° = ١٥° = $\frac{٣٠}{٢}$ = ٢٢`٣٠° = $\frac{٤٥}{٢}$ = ٣٠° = $\frac{٦٠}{٢}$ = ٤٥° = $\frac{٩٠}{٢}$

المعامل = ٠,٢٠٣٤٥ = ٠,٢٦٧٩٥ = ٠,٤١٤٢١ = ٠,٥٧٧٣٥ = ١

شكل (١٣) الكيعان من قطعتين المستخدمة عادة

obeikandl.com

(٢) تصنيع كوع ٩٠° من أكثر من قطعتين: شكل (١٤)

يصنع الكوع ٩٠° من ٣- ٤ قطع أو أى عدد آخر. البيانات اللازمة لعمل الكوع ٩٠° من عدة قطع هى نفسها المطلوبة لعمل الكوع من قطعتين بالإضافة الى طول القطع اللازمة لعمل الكوع. وهذه المعلومات هى:

زاوية القطع
معامل زاوية القطع
مسافة القطع
طول القطعة

تعين زاوية القطع للأكواع من أكثر من قطعتين بقسمة زاوية الانحناء على عدد اللحامات فى الكوع مضروبا فى ٢ حيث عدد اللحامات = عدد القطع - ١

مثال: عين زاوية القطع لكوع ٤″ من أربع قطع بزاوية ٩٠°

$$\therefore \text{زاوية القطع} = \frac{٩٠}{٢ \times (٤ - ١)} = ١٥^\circ$$

معامل زاوية القطع (من الجدول)

مساحة القطع = القطر الخارجى للماسورة X معامل زاوية القطع ÷ ٢

وهذه تبين المسافة من المحور الرأسى للماسورة وعلى جانبيها لبدء ونهاية القطع.

مسافة القطع لكوع (من ماسورة ٤″) ٩٠° من ٤ قطع.

زاوية القطع ١٥° كما فى المثال السابق.

مساحة القطع = القطر الخارجى الحقيقى × معامل زاوية القطع ÷ ٢

= ٤,٥ × ٠,٢٦٧٩٥ = ٠,٦″ = ٠,٦ × ٢,٥٤ = ١٥,٣ مم

يتم تعليم مسافة القطع التى تم حسابها على جانبى المحور الرأسى للماسورة.

أطوال القطع المكونة لمنحنى الكوع: يتم حساب طول القطع كالآتى:

طول قطع النهاية A = ١/٢ القطر للكوع X معامل الزاوية.

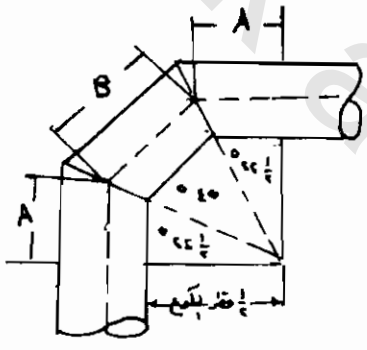
طول القطع الوسطى B = الطول A × ٢

مثال: لإيجاد طول القطع (A) النهاية والقطع (B) الوسطى لكوع ٩٠° نصف قطر الكوع ٢٤".

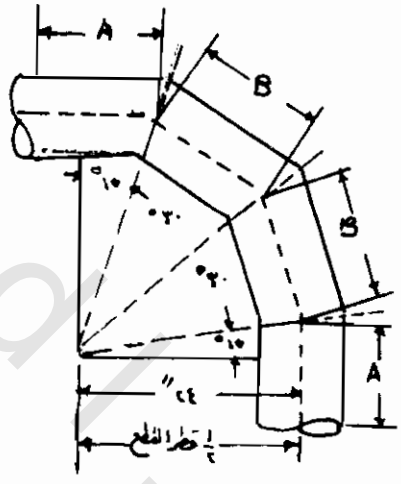
طول القطع A = ١/٢ قطر الكوع X معامل الزاوية = ١/٢ × ٢٤ × ٠,٢٦٧٩٥

= ٦,٤٣" = ١٦٣,٣ مم

طول القطع B = الطول A × ٢ = ١٢,٨٦" = ٣٢٦,٦ مم

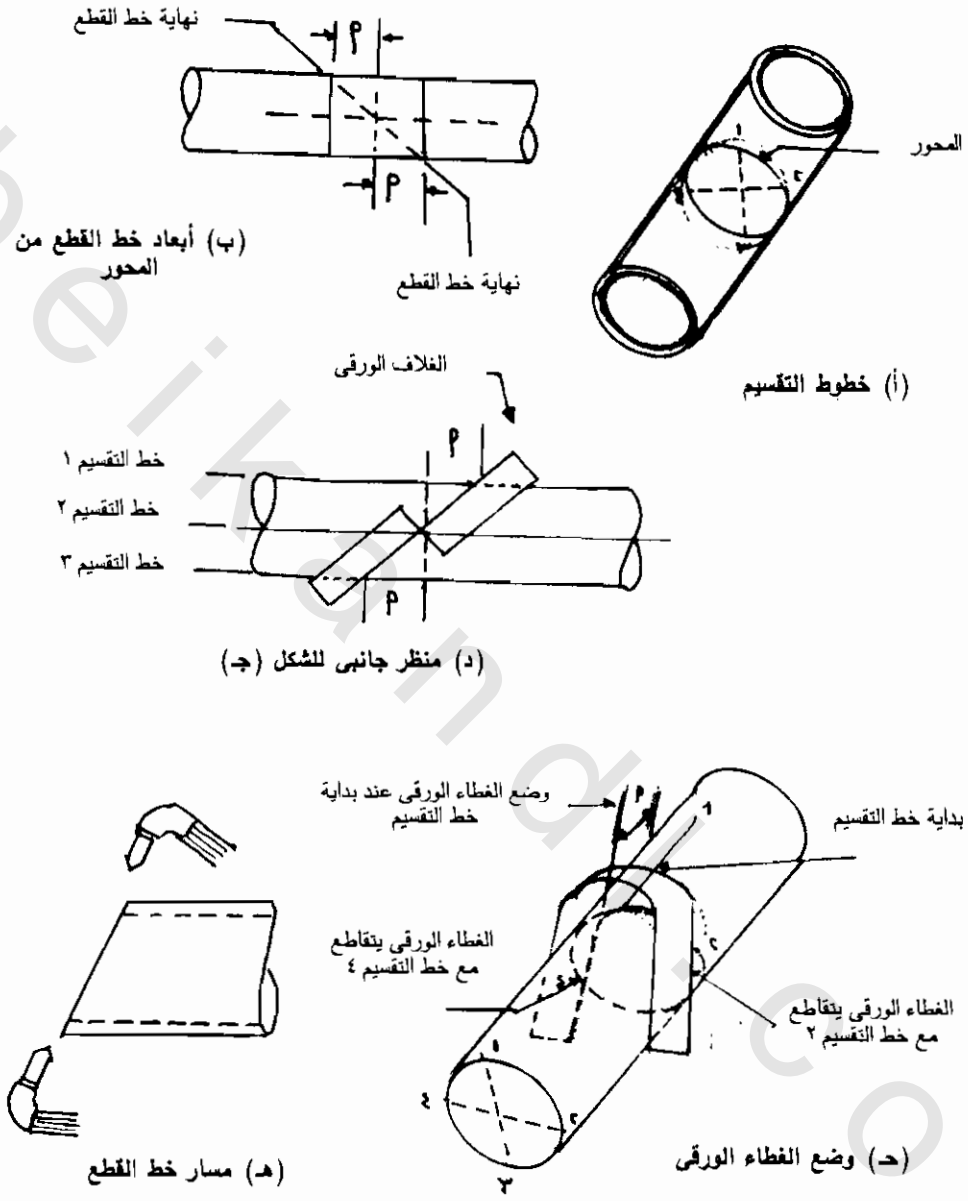


كوع ٩٠° من ٣ قطع



أ- كوع ٩٠° من ٤ قطع

شكل (١٤) كوع ٩٠° من أكثر من قطعتين



(ب) أبعاد خط القطع من المحور

(أ) خطوط التقسيم

(د) منظر جانبى للشكل (جـ)

(هـ) مسار خط القطع

(حـ) وضع الغطاء الورقى

شكل (١٥) تعيين مسار خط القطع للماسورة

(٣) - تعيين مسار خط القطع للماسورة: شكل (١٥) :

أ- لتعيين مسار خط القطع يلزم تحديد نقطة بداية ونهاية خط القطع على المحيط الخارجى للماسورة ثم تعيين نقط على المحيط الخارجى لتحديد مسار خط القطع عند توصيل هذه النقط ببعضها. يختلف عدد هذه النقط باختلاف قطر الماسورة كالآتى:

للكوع من قطعتين يتم تعيين ٤ نقط على المحيط الخارجى للماسورة. يتم ذلك برسم خط مستقيم على محيط الماسورة مارا بمحور الماسورة شكل (أ) . قسم خط المحيط الى أربعة أقسام متساوية مع البدء بأعلى الماسورة ثم فى إتجاه عقرب الساعة شكل (أ) . حدد زاوية القطع واحسب مسافة القطع على كل من جانبى خط محور الماسورة شكل (ب) .

ضع غطاء مرن مصنوع من مادة مثل الجوانات أو الورق المقوى فى شكل شريط مستطيل الشكل ليكون قوس يلمس فقط بداية خط القطع عند قمة الماسورة على خط التقسيم رقم (١) .

الشكل (جـ) . كلا جانبى الغطاء توضح لتتقاطع مع خطوط التقسيم ٢ ، ٤ (الجانبية) فى منتصف المحور الرأسى للماسورة (المحيط) شكل (جـ) يتم تعليم المنحنى الموازى للغطاء باستخدام الطباشير أو صابون الحجر إقلب الغطاء لتوصيل بداية خط القطع السفلى بالعلامات ٢ ، ٤ شكل (د) . يتم القطع بالأستلين ثم يلى ذلك عملية شطف النهايات شكل (هـ) .

ب – طرق عمل خطوط التقسيم على استطالة المحيط الخارجى للماسورة وعموديه على المحور الرأسى: شكل (١٦)

(١) باستخدام زاوية مربعة من الصلب: شكل (١٦- أ)

يتم ضبط وتلامس طرفى الزاوية على الماسورة ليمس السطح الداخلى للزاوية السطح الخارجى للماسورة. يتم تعليم خطى التقسيم العلوى والجانبى (المسافة من خط التقسيم الى

النهاية الداخلية للزاوية = ٢/١ قطر الماسورة الخارجى) . يتم تكرار استخدام الزاوية ٤ مرات لعمل ٤ خطوط تقسيم وذلك للماسورة ٤″ فأقل.

(٢) باستخدام الورق المقوى المطبق أو أى مادة مشابهة: الشكل (١٦ – ب)

تستخدم هذه الطريقة فى حالة المواسير ذات الأقطار الصغيرة فى هذه الطريقة (شريحة مستطيلة) يتم لفها بدقة حول الماسورة المطلوب قطعها. يتم ضبط محيط الشريط الورقى لمجرد تلامس النهايتين فقط بدون تطابق ثم القطع لنهاية الشريط المستطيل الورقى. يتم تطبيق الشريط الى نصفين متساوين. ثم يتم تطبيق النصفين كل الى نصفين كما فى الشكل (٢٦– ب). وهذه التقسيمات عند إعادة وضعها الى محيط الماسورة فإنها تقسم المحيط الخارجى للماسورة الى أربعة أقسام متساوية.

(٣) إستخدام خيط الميزان وشريط القياس: شكل (١٦– جـ)

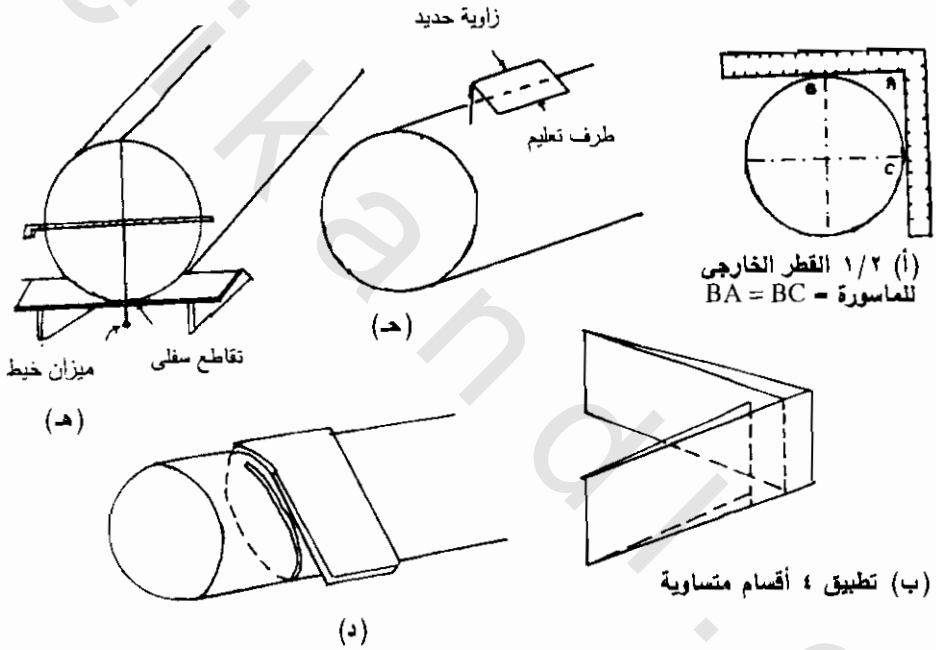
فى حالة المواسير ذات القطر الكبير والتى تتطلب أكثر من ٤ خطوط تقسيم. يستخدم خيط الميزان وشريط القياس. يوضع شريط القياس المعدنى على المقطع الجانبى للماسورة. يوضع خيط الميزان (بثقل) أعلا الماسورة. يتم تعليم خطوط التقسيم الطولية على المحيط الخارجى للماسورة من بدء علامة خطوط التقسيم باستخدام زاوية حديدية مع الحذر فى الامساك بثبات للزاوية. وهذه الطريقة توفر خطوط متوازية على طول الماسورة بامتداد نقط التقسيم.

(٤) تحديد خط الدوران المحيطي على محور الماسورة: شكل (١٦– د)

يتم وضع الغطاء من مادة الجوانات أو مادة مشابهة حول الماسورة وإحكامه لتأكيد الالتصاق المقام مع سطح الماسورة مع وجود تطابق يساوى ٢/١ محيط الماسورة. ويستخدم هذا التطابق لتحديد خط التقسيم للمحيط العمودى على محور الماسورة. وعند وضع الغطاء جيدا فإن الطرف الربع للغطاء يستخدم كدليل للتعليم شكل (١٦ – ء).

(٥) التقسيم باستخدام شريط مقاس: شكل (١٦- هـ)

يستخدم شريط مقاس لتقسيم الماسورة الى أى عدد من خطوط التقسيم المتساوية. الخطوة الأولى هى تعيين محيط الماسورة وذلك لقياس القطر الخارجى × ٣,١٤١٦ أو بالقياس المباشر للمحيط باستخدام شريط القياس. ثم يتم تقسيم المحيط طبقا لعدد خطوط التقسيم المطلوبة. ويتم ذلك بلف شريط المقاس حول الماسورة وتعليم نقاط التقسيم.



شكل (١٦) طرق عمل خطوط التقسيم على استطالة المحيط الخارجى للماسورة وعمودية على المحور الرأسى

(٦) تحديد خطوط القطع للمواسير ذات الأقطار الكبيرة:

لتحديد خطوط القطع للمواسير ذات الأقطار الكبيرة يتطلب عمل تقسيم إضافى على المحيط الخارجى للماسورة الآتى بعد هو العدد الموصى به لخطوط التقسيم للمواسير.

أقصى قطر للماسورة	أقل تقسيمات
٤″ (١٠٠ مم)	٤
١٠″ (٢٥٠ مم)	٨
٢٤″ (٦٠٠ مم)	١٦
٢٤″ (١٠٥٠ مم)	٣٢

(٧) لحساب مسافة القطع من محور الماسورة علي خطوط التقسيم

$$\text{مسافة القطع من العلامة١ (لخط ١)} = \frac{\text{القطر الخارجى للماسورة X معامل زاوية القطع}}{٢}$$

ولايجاد مسافة القطع من محور الماسورة لباقى النقط على خط التقسيم لتحديد مسار خط القطع تستخدم أحد المعادلات التالية.

• لعدد ٨ أقسام: شكل (١٧)

مسافة القطع من النقطة ٢ = مسافة القطع من النقطة ١ × ٠,٧٠٧ (س٢)

• لعدد ١٦ قسم: شكل (١٨)

مسافة القطع من النقطة ٢ = مسافة القطع من النقطة ١ × ٠,٩٢٤

مسافة القطع من النقطة ٣ = مسافة القطع من النقطة ١ × ٠,٧٠٧

مسافة القطع من النقطة ٤ = مسافة القطع من النقطة ١ × ٠,٣٨٣

• لعدد ٣٢ قسم

مسافة القطع من النقطة ٢ = مسافة القطع من النقطة ١ × ٠,٩٧٨ (س٢)

مسافة القطع من النقطة ٣ = مسافة القطع من النقطة ١ × ٠,٩٢٤

obeikandl.com

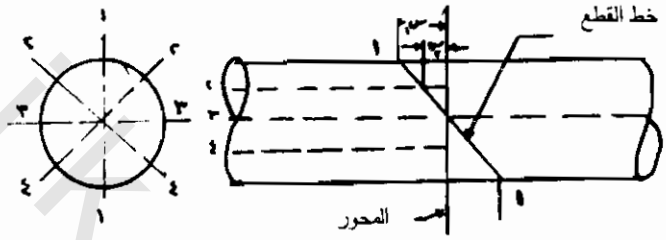
مسافة القطع من النقطة ٤ = مسافة القطع من النقطة ١ × ٠,٨٣١

مسافة القطع من النقطة ٥ = مسافة القطع من النقطة ١ × ٠,٧٠٧

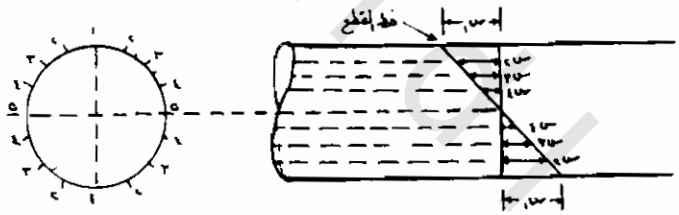
مسافة القطع من النقطة ٦ = مسافة القطع من النقطة ١ × ٠,٥٥٨

مسافة القطع من النقطة ٧ = مسافة القطع من النقطة ١ × ٠,٣٨٣

مسافة القطع من النقطة ٨ = مسافة القطع من النقطة ١ × ٠,٢٠٠



شكل (١٧) تحديد خط القطع لعدد ٨ تقسيمات



شكل (١٨) تحديد مسار خط القطع لعدد ١٦ تقسيم

(٨) مثال: لتحديد خط القطع لماسورة ١٢″ (٣٠٠ مم) لعمل كوع ٩٠° من قطعتين:

(أ) زاوية القطع = $\frac{٩٠^{\circ}}{٢}$ = ٤٥°

معامل زاوية القطع = ١

(ب) مسافة القطع من النقطة ١ = القطر الخارجى الحقيقى × معامل زاوية القطع ÷ ٢

= ١٢,٧٥ × ١ ÷ ٢ = ٦,٣٧٥″

(جـ) عدد التقسيمات (١٦) يتم تعيين مسار الخطوط ٢، ٣، ٤ على المحيط الخارجى للماسورة

مسافة خط القطع من النقطة ٢ (الى محور رأسى الماسورة) = ٦,٣٧٥ × ٠,٩٢٤ = ٥,٩″

مسافة خط القطع من النقطة ٣ (الى محور رأسى الماسورة) = ٦,٣٧٥ × ٠,٧٠٧ = ٤,٥″

مسافة خط القطع من النقطة ٤ (الى محور رأسى الماسورة

= ٦,٣٧٥ × ٠,٣٨٢ = ٢,٤٣٥″

(د) مراحل تحديد خط القطع لعدد ١٦ خط تقسيم عند القطع الى قطعتين:

- استخدم الغطاء المحيطى لرسم خط حول محيط الماسورة. وهذا الخط هو محور الوصلة.
- قسم دوران المحيط الى ١٦ قسم متساوى باستخدام أحد الطرق السابقة. ثم إرسم خطوط التقسيم عمودية على خط المحور وبطول الماسورة.
- علم خطوط التقسيم ١، ٢، ٣، ٤ مبتدآ بأعلى الماسورة ثم الى أسفل فى الإتجاهين، حتى منتصف الماسورة. تدار الماسورة ١٨٠° ثم تعلم خطوط التقسيم للجزء السفلى بنفس الطريقة. انظر الشكل (١٨).
- علم المسافة المحسوبة لبداية ونهاية خط القطع (على خط التقسيم ١) من خط المحور.
- علم المسافة المحسوبة لبداية القطع من خطوط التقسيم ٢ ، ٣، ٤ من خط المحور.

الخط رقم ٥ على محور الوصلة ليس له طول.

- ضع الغطاء المحيطى ليكون قوس الذى يمس بداية خط القطع من النقطة رقم ١ كلا جانبى الغطاء المحيطى يتم وضعهما ليقطعا خطوط النقط ٢، ٣، ٤، ٥ (بداية القطع لهذه النقط).
- علم المنحنى الذى تم تحديده بواسطة الغطاء المحيطى بالطباشير.

obeikandl.com

- تدار الماسورة ١٨٠° (أو إقلب الغطاء المحيطى) ثم تنفذ مراحل تعليم النفط ٢ و٣ و ٤ و ٥ كما سبق للجزء السفلى من الماسورة، وتوصيلها بالنقطة ١ على الخط السفلى.
- يتم القطع بالأسيتيلين ثم الشنفره (الشطف) بعد القطع.

جـ – عمل الفرعة حرف T على الماسورة: شكل (١٩)

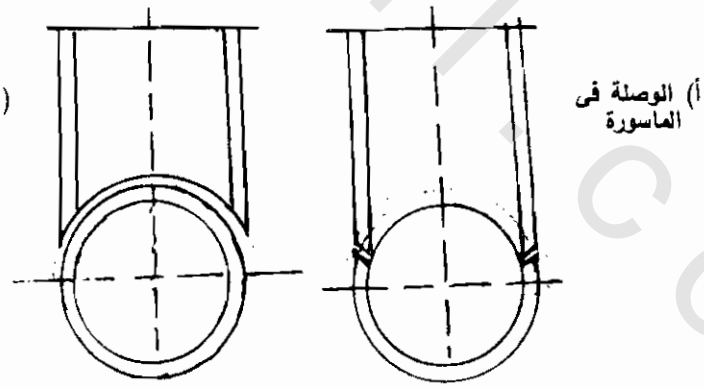
(١) **طريقة عمل الفرعة T من نفس قطر الماسورة:** وهذه الطريقة تتكون من شكلين وهما إما أن ترتكز الفرعة على الجدار الخارجى للماسورة (أ) أو الفرعة تكون داخل الماسورة الرئيسية (ب).

- طريقة عمل الفرعه T فى الماسورة:

فى هذه الطريقة يكون إسقاط الفرعة داخل الماسورة ويكون التنفيذ كالآتى:

- يتم قياس وتعليم مسافة مساوية لنصف القطر الداخلى للماسورة من نهاية الماسورة. باستخدام الغطاء المحيطى للاسترشاد يتم رسم خط مستقيم حول محيط الماسورة عند هذه النقطة. وهذا الخط هو خط الأساس للقياسات.

يقسم الخط المحيطى إلى ٤ أقسام متساوية مع تعليم الأقسام (١) للقمة والقاع و (٢) لكلا الجانبين شكل (جـ).



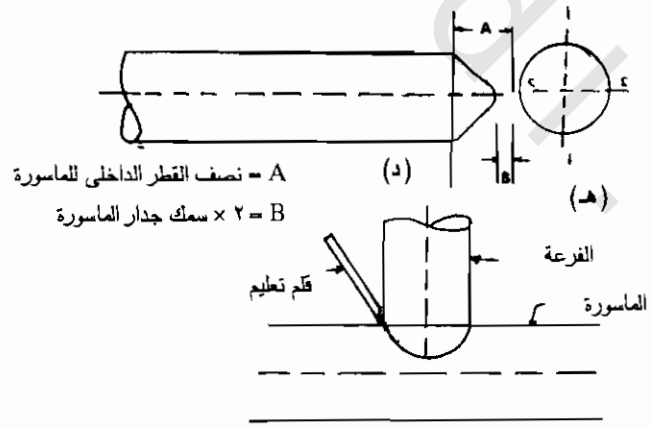
شكل (١٩– أ) عمل الفرعة حرف T على الماسورة

من منتصف محيط الماسورة يستمر خط التقسيم رقم (٢) (على جانبى الماسورة) ضع غطاء حول الماسورة لعمل قوس على شكل حرف (U) والذى يمس خط التقسيم رقم (١) فى منتصف المحيط وجانبى القوس (U) توضع للتقاطع مع خط التقسيم رقم (٢) عند نهاية الماسورة. يتم تعليم المنحنى على جانبى القوس (U) باستخدام الطباشير أو الصابون الحجرى.

تدار الماسورة ١٨٠° أو الغطاء لعمل قوس (U) على الجانب الآخر للماسورة مع خط التقسيم رقم ١ .

نقط التلاقى عند تقاطع الغطاء على خط التقسيم (٢) يمكن تدويرها بعمل منحنى باليد. مع ملاحظة أن المنحنى يبدأ عند مسافة ضعف سمك الماسورة من نهاية الماسورة شكل (د). يتم القطع المربع للنهايات (بدون شطف).

لعمل الفتحة فى الماسورة الرئيسية لوضع الفرعة للوصلة T، يتم ذلك باستخدام هذه الفرعة كطبعه للفتحة. توضع الفرعة على الماسورة الرئيسة فى المكان المعد لعمل الوصلة ثم تم تعليم الفتحة على الماسورة الرئيسية باستخدام الفرعة كما فى الشكل (هـ). يتم القطع الدائرى لتكون نهاية القطع عموديه على محور الماسورة. ثم يتم عمل الشطف بعد القطع الدائرى.



شكل (١٩ – ب) عمل الفرعه حرف T داخل الماسورة

(٢) طريقة عمل الفرعة T من قطر أقل من قطر الماسورة الرئيسية: شكل (٢٠)

فى هذه الطريقة فإن الفرعة T توضع على الماسورة الرئيسية بحيث يكون داخل الفرعة فى محازاه خارج الماسورة. وتجهيز القطع الدائرى للفرعة يتم كالآتى:

يتم قياس مسافة تساوى نصف القطر الداخلى للماسورة من نهاية الماسورة و تعليمها. يتم تعليم القطر الخارجى لدوران الماسورة عند هذه النقطة باستخدام الغطاء المقوى. قسمت محيط الماسورة الى عدد الأقسام طبقا لقطر الماسورة (٤ أقسام للقطر ٤″ فأقل، ٨ أقسام للقطر ١٠″ فأقل).

يتم تعليم خطوط التقسيم من بداية علامات القطر الخارجى (المحور) حتى نهاية الماسورة كما فى الشكل (٢٠).

من الجدول (١٦) يتم تحديد مسافة خطوط التقسيم ٢، ٣ من محور (محيط) الماسورة وذلك طبقا لقطر الفرعة وقطر الماسورة الرئيسية. الأرقام فى الجدول التى تبين المسافات من منتصف المحيط حتى خط القطع بالمليمتر يتم قياسها وتعليمها.

ضع الغطاء الذى يكون قوس على شكل حرف U والذى يمس خط التقسيم (١) فى منتصف محور المحيط، وجانبى الغطاء توضع بما يجعلها تقطع نقط النهاية للنقط ٢ و ٣ .

يتم تعليم المنحنى بواسطة الطباشير على الماسورة. يتم تدوير الماسورة أو تدوير الغطاء U ثم تعليم المنحنى (بواسطة الطباشير) مع الغطاء المقاطع للخطوط ٢ ، ٣ .

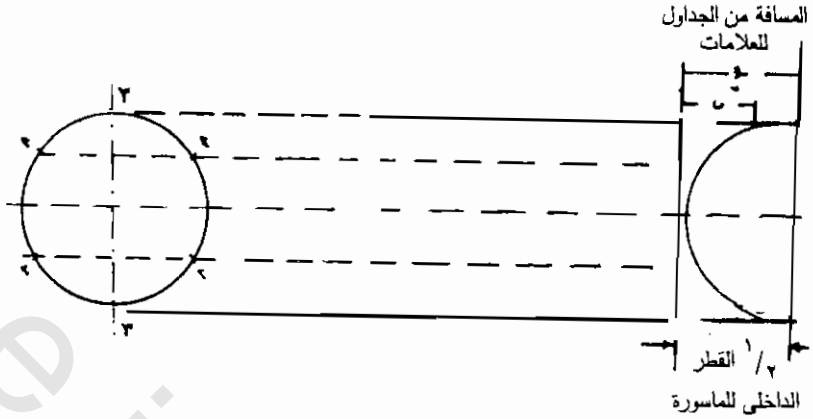
يتم القطع الدائرى لاعطاء قطع مربع. ثم تعليم مكان الفرعة فى الماسورة. ثم عمل الشطف للفرعة.

obeikandi.com

جدول (١٥) لـ مسافات خط القطع من العلامات ٢ و ٣ لوصلة T بقطر أصغر بالمليمتر:

قطر الفرعة T بالمليمتر/ بوصة	قطر الماسورة الرئيسية بالملميتر / بوصة												أرقام خطوط التقسيم
	٥٠ / ٢″	٨٠ / ٣″	١٠٠ / ٤″	١٥٠ / ٦″	٢٠٠ / ٨″	٢٥٠ / ١٠″	٣٠٠ / ١٢″	٣٥٠ / ١٤″	٤٠٠ / ١٦″	٤٥٠ / ١٨″	٥٠٠ / ٢٠″	٥٥٠ / ٢٢″	٦٠٠ / ٢٤″	
٢/٥٠″	٦	٣	٣	٢	٢	١	–	–	–	–	–	–	–	٢
	١٤	٨	٦	٥	٣	٢	–	–	–	–	–	–	–	٣
٣/٨٠″	–	–	٦	٥	٣	٣	٢	٢	–	–	–	–	–	٢
	–	–	١٦	١٠	٦	٥	٢	٢	–	–	–	–	–	٣
٣/١٠٠″	–	–	١٣	٨	٦	٥	٣	٣	٢	٢	٢	٢	٢	٢
	–	–	٣٢	١٨	١٣	١٠	٨	٦	٦	٥	٥	٥	٣	٣
٦/١٥٠″	–	–	–	١٩	١٤	١١	١٠	١٠	٨	٦	٦	٥	٥	٢
	–	–	–	٤٩	٣٢	٣٤	١٩	١٨	١٦	١٣	١٣	١١	١١	٣
٨/٢٠٠٢″					٢٧	٢١	١٨	١٦	١٤	١٣	١١	١٠	١٠	٢
					٦٨	٤٥	٣٧	٣٢	٢٧	٢٤	٢٢	١٩	١٩	٣
١٠/٢٥٠″	–	–	–	–	–	٣٢	٢٧	٤٥	٢٣	١٩	١٨	١٦	١٤	٢
	–	–	–	–	–	٨٧	٦٢	٥٤	٤٥	٦٥	٣٥	٢٩	٢٩	٣

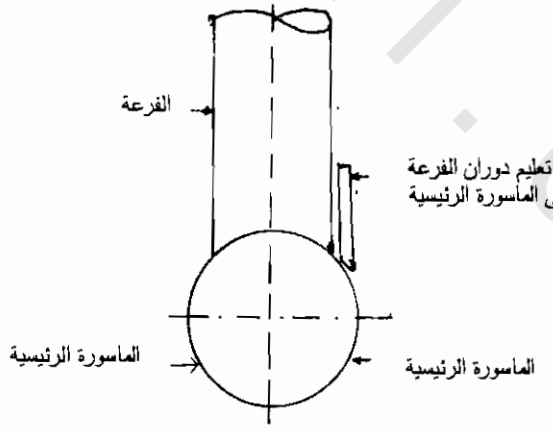
obeikandl.com



شكل (٢٠) خطوط التقسيم لعمل فرعة T من قطر أقل من قطر الماسورة

(٣) عمل فتحة للوصولة في الماسورة الرئيسية:

لعمل فتحة فى الماسورة الرئيسية للوصلة T ذات القطر الأقل. تستخدم قطعة الفرعة بعد عمل القطع الدائرى للنهاية والشطف. توضع الفرعة على مكان عمل الفتحة فى الماسورة الرئيسية. يتم تعليم الفتحة باستخدم قلم تعليم حول دوران الفرعة كما فى الشكل (٢١). يتم القطع للفتحة فى الماسورة الرئيسية داخل خط القطع حتى لا تتسع الفتحة فى الماسورة الرئيسية.



شكل (٢١) عمل فتحة للوصله فى الماسورة الرئيسيه

د- الطريقة السريعة لتصنيع الفرعة (T): (Reducing Tee Branch)

الطريقة السريعة لتوصيل فرعة حرف T أقل فى القطر بالماسورة الرئيسية هى كما فى الشكل (٢٢) . خطوط القطع للفرعة والماسورة الرئيسية يتم تعليمهم باستخدام الشكل العام الحقيقى للوصلة T تتبع الخطوات التالية لوضع كلا من الفرعة والماسورة الرئيسية .

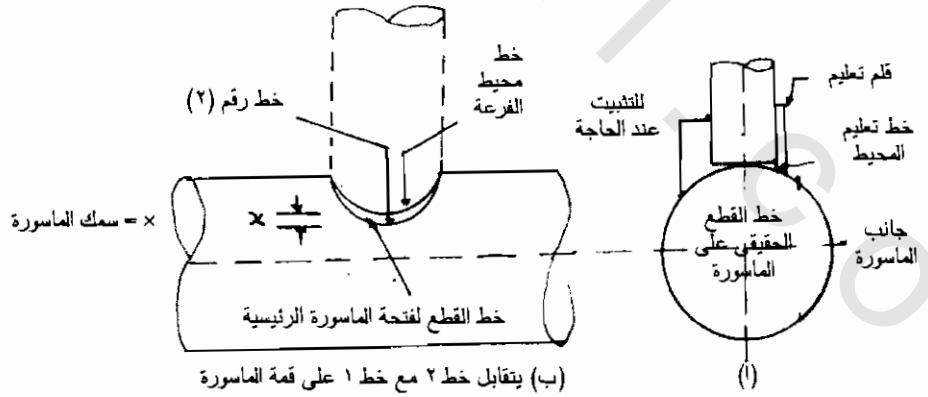
هـ- لعمل الفتحة في الماسورة الرئيسية:

• يتم وضع الفرعة على الماسورة الرئيسية شكل (٢٢- أ) وعند الضرورى يتم التثبيت بقطعة معدن ملحومة (لحام مؤقت) بالفرعة والماسورة .

• باستخدام قلم تعليم الملتصق بالفرعة يتم بدقة تعليم المحيط الخارجى للفرعة على سطح الماسورة الرئيسية شكل (٢٢- أ) .

• يتم قياس وتعليم مسافة مساوية لسمك جدار الماسورة الرئيسية بعيدا عن علامة خط المحيط الخارجى للفرعة على جانبى الماسورة الرئيسية . يظل خط المحيط على قمة الماسورة الرئيسية كما هو فى مكانه .

يتم رسم خط منحنى جديد يبدأ من العلامات الجانبية وينحنى بلطف حتى تقابله مع خط المحيط على قمة الماسورة الرئيسية . هذا الخط الجديد هو خط القطع لفتحة الماسورة الرئيسية شكل (٢٢ - ب) .



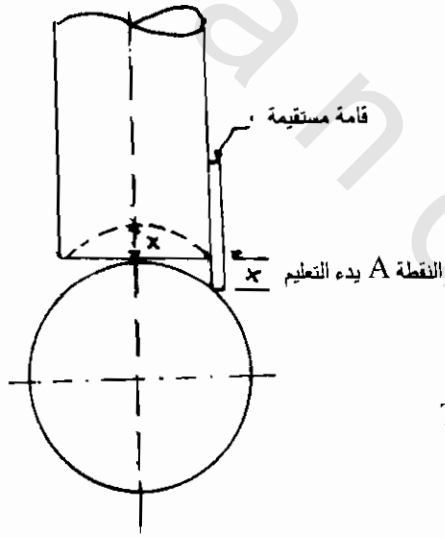
شكل (٢٢) لعمل الفتحة فى الماسورة الرئيسية

(د) لعمل القطع في الفرعة (T):

الطريقة السهلة لعمل القطع فى الفرعة هو بإدخال الفرعة فى فتحة الماسورة الرئيسية وتعليم خط القطع.

والطريقة التبادلية شكل (٢٣) . عندما تكون الفرعة مازالت مثبتة (لعمل الفتحة فى الماسورة الرئيسية) . يتم تحديد مسافة x ما بين نهاية الفرعة وسطح الماسورة الرئيسية. وهذه المسافة تحدد حيث عند تعليم المنحنى للقطع على الفرعة فإن خط التعليم لا يحيد عن نهاية الماسورة.

يتم تثبيت قامة مستقيمة على جانب الفرعة ونهايتها تلامس الماسورة الرئيسية. يتم تعليم محيط الفرعة كما فى الشكل (٢٣) . خط القطع المعلم على الفرعة يكون قطع دائرى بدون الحاجة الى شطف.



شكل (٢٣) عمل القطع فى الفرعة T

و - تصنيع الفرعات: (Lateral Layout)

تعتمد هذه الطريقة على الرسم بالأبعاد الحقيقية لتحديد خطوط القطع اللازمة لعمل الفرعات كالآتى:

(١) خطوط القطع في الماسورة الرئيسية: شكل (٢٤)

حدد محورى الفرعة والماسورة الرئيسية على سطح مستوى (لوحة مستوية). طبقا لزاوية الفرعة يتم رسم محور الفرعة بالنسبة لمحور الماسورة.. وتقاطع المحورين يعلم بالعلامة C. كما فى الشكل (أ).

يتم رسم خط الحد الخارجى للماسورة حول المحاور. المسافة على جانبى المحور = ١/٢ القطر الخارجى للماسورة شكل (ب).

يتم تعليم نقطة التقاطع للفرعة مع الماسورة الرئيسية عند النقطة A فى الخلف من الفرعة وعند النقطة B فى الأمام من الفرعة.

وصل النقطة A بالنقطة C والنقطة B بالنقطة C بخطوط مستقيمة على الرسم الشكل (جـ). على الماسورة الرئيسية يتم رسم خط دوران المحيط عند مكان تركيب الفرعة. يقسم محيط الماسورة الى ٤ أقسام متساوية ويتم إمتداد خطوط التقسيم على جانبى خط دوران المحيط.

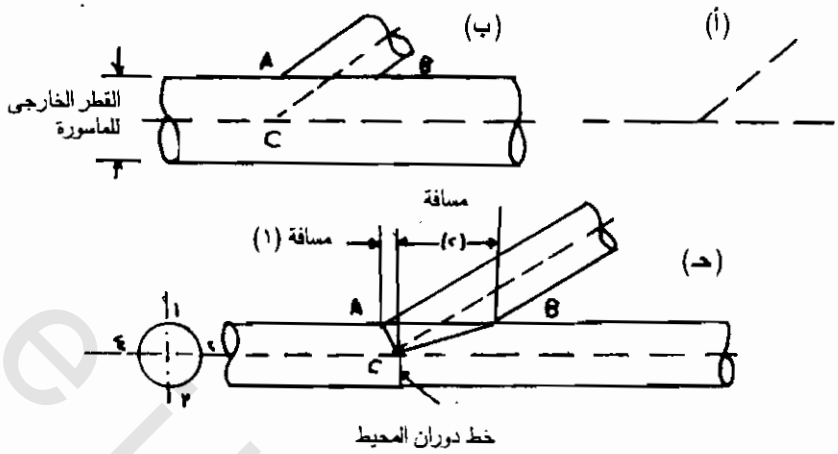
تقاس المسافة الأفقية على الرسم من A و B الى C وهذه هى المسافات (١)، (٢) شكل (جـ).

يتم تعليم المسافات (١)، (٢) من خط الدوران المحيطى على الماسورة الحقيقية. ثم توضع المسافات على خط التقسيم الحقيقى للماسورة (الخط ١).

النقطة C تحدد وتعلم على جانبى خطوط التقسيم الجانبية للماسورة الرئيسية.

إستخدم الغطاء المحيطى لتوصيل النقطة A على خط التقسيم العلوى بالنقطة C على خطوط التقسيم الجانبية. يتم تعليم المنحنى الذى تم عمله بالغطاء المحيطى على الماسورة.

يتم تعليم النقطة B والنقطة C وتوصيلهم بنفس الطريقة السابقة. الخط المنحنى الذى تم تعليمه يصبح خط القطع لفتحة الماسورة الرئيسية.



شكل (٢٤) خطوط القطع فى الماسورة الرئيسية

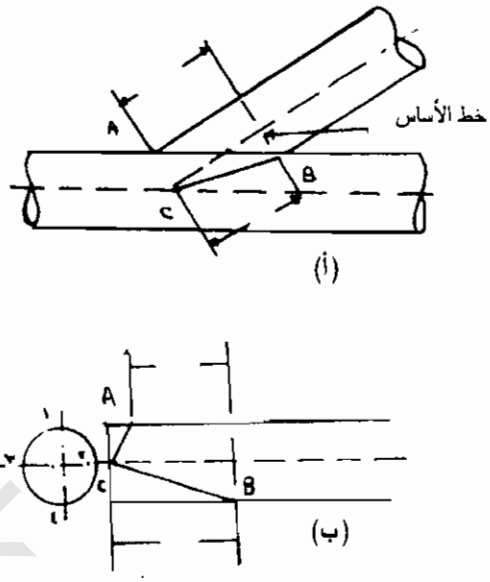
(٢) خطوط القطع في الفرعة: شكل (٢٥)

- تقسم ماسورة الفرعة إلى أربع أقسام متساوية قرب نهاية الماسورة شكل (أ).
- على الرسم يتم عمل خط زاوية قائمة عند القنطة B لاستخدامه كخط أساسى. تقاس المسافة بين تقاطع النقطة C وخط الأساس.

تقاس المسافة على الرسم بين النقطة A وخط الأساس. تعلم هذه المسافة على خط التقسيم العلوى الفرعة حتى خط الأساس شكل (ب). ضع غطاء محيطى بين النقطة A الى نقطة التقسيم الوسطى C عند نهاية الماسورة. علم المنحنى على الفرعة الذى تحدد بالغطاء المحيطى.

إستخدم غطاء محيطى لربط B على خط التقسيم السفلى للفرعة والنقطة C على خط التقسيم الأوسط عند نهاية الماسورة.

عند القطع لكل من الماسورة الرئيسية والفرعة إستخدم أولا وسيلة للقطع ثم وسيلة للشطف.



شكل (٢٥) تحديد خط القطع للفرعة

(٣) الطريقة السريعة لتصنيع الفرعات:

Quick Method Fo Reducing Laterals)

فى هذه الطريقة يتم تعليم خطوط القطع للفرعة والماسورة الرئيسية باستخدام الشكل الجانبى الحقيقى للوصلة. وذلك حسب الخطوط التالية شكل (٢٦).

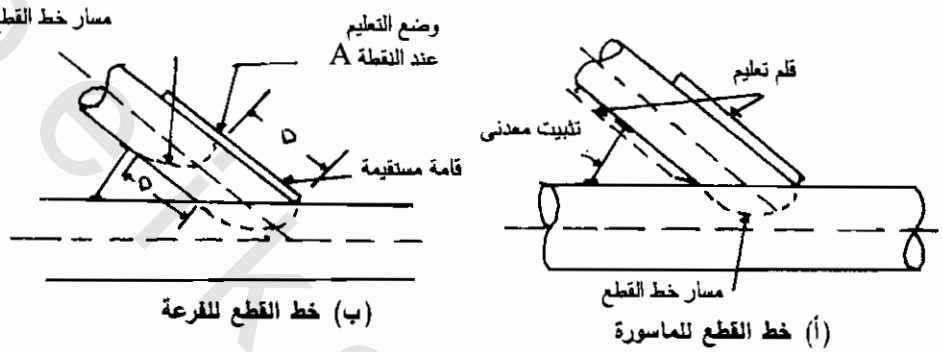
• حدد الزاوية الصحيحة لميل الفرعة على الماسورة الرئيسية مع تثبيت كل منهما فى مكانة باستخدام وسيلة ربط معدنية شكل (٢٦– أ).

• باستخدام وسيلة تعليم طويلة وحادة بمحازاة الفرعة، يتم برفق تعليم فتحة القطع للماسورة الرئيسية بالاسترشاد بماسورة الفرعة.

• مع إستمرار الفرعة ثابتة فى مكانها. تحدد المسافة D على كل من أعلى وأسفل ماسورة الفرعة. وهذه ستعين مسافة البدء والنهاية لتكون النقطة A ليست خارج نهاية الماسورة عند تعليم منحنى خط القطع للفرعة شكل (٢٦– ب). ضع قامة مستقيمة على

طول الفرعة ونهايتها تلامس الماسورة الرئيسية. ثبت وسيلة تعليم (من الحجر الصابونى) عند النقطة (A) على القامة المستقيمة وحرك القامة بدقة حول الفرعة، مع المحافظة على نهايتها عند سطح الماسورة الرئيسية.

- القطع يكون دائرى يليه شطف للقطع فى فتحة الماسورة الرئيسية.



شكل (٢٦) الطريقة السريعة لتصنيع الفرعات

هـ- الحيود في إستقامة مسار خط المواسير: (FipeOffsets)

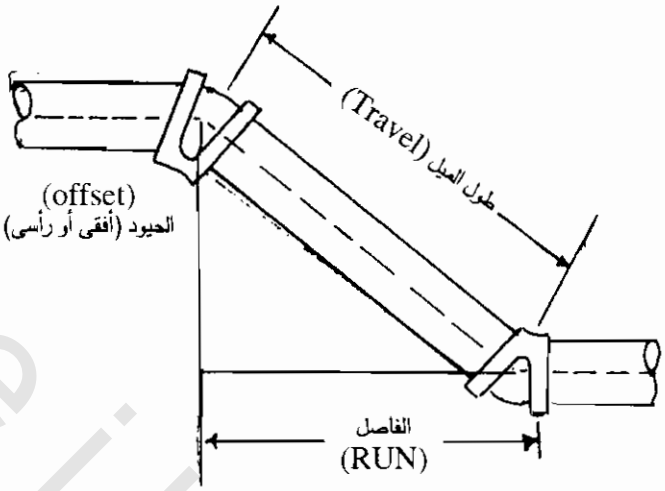
فى معظم خطوط المياه يصعب وجود مسار مستقيم لخط المواسير بدون حيود يمكن عمل الحيود بسهولة باستخدام كيعان ٩٠°، ولكن للفقد الكبير فى الضغط بالإحتكاك. لذلك فإن معظم الحيود يتم عملها بكيعان ذات إنحناء أقل من ٩٠°. ولكن الكيعان لدرجات حيود أقل من ٩٠° (٤٥°، ٢/١٢٢°، ٤/١ ١١°) تتطلب طرق أكثر تعقيدا لحساب طول الماسورة للحيود.

الشكل (٢٧) يوضح حيود ٤٥° والمصطلحات المستخدمة لمختلف أجزاء الحيود هى:

الحيود: (Offset): هو المسافة العمودية بين محورى خطين مواسير متوازيين.

الفواصل: (Run): المسافة الأفقية بين محورى الانحناء لخطين مواسير متوازيين رأسيين أو أفقيين.

طول الميل: (Travel): المسافة المائلة بين محورى خطين مواسير متوازيين



شكل (٢٧) مصطلحات الحيود

(١) طرق حساب الحيود: Offset Calculation Methods

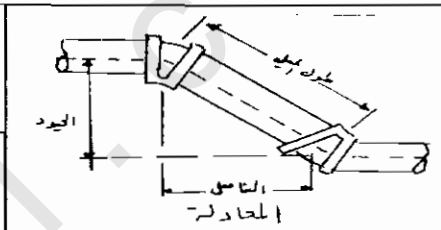
حساب أطوال مختلف المواسير التى تشكل الحيود يمكن بطرق مختلفة مثل نظرية فيثاغورث أو حساب المثلثات أو بالضرب فى معامل ثابت لطول معلوم. الثابت والمعادلات لمختلفة زوايا الحيود موضحة فى الجدول (١٣).

كما إستخدام هذا الجدول لأى قطر ولأى مادة للمواسير طالما أن الحيود مطابق لزاوية الكوع فى الجدول.

مثال: أوجد طول الميل (Travel) لحيود ٢٢ ١/٢° حيث طول المشوار (run) ١٢″ من الجدول:

طول الميل = طول المشوار (١٢″) x ١,٠٨٢ = ١٢,٩٨٤″

جدول (١٧) الثابت والمعادلات لمختلف زوايا الحيود

	الثابت والمعادلة لحساب الحيود العادى					
	وصـــلة الكـــوع					
المعادلـــــة	كوع ٧٢°	كوع ٦٠°	كوع ٤٥°	كوع ٣٠°	كوع ٥° ١/٢	كوع ٥° ١/٤	كوع ٥° ٥/٨
طول الميل = الحـــيـــود×	١,٠٥٢	١,١٥٥	١,٤١٤	٢,٠٠	١٠,١٨	٥,١٢٦	١٠,١٨
طول الميل = الفـــاصل ×	٣,٢٣٦	٢,٠٠٠	١,٤١٤	١,١٥٥	١,٠٨٢	١,٠١٩	١,٠٠٤
الفـــاصل = الحـــيـــود ×	٠,٣٢٥	٠,٥٧٧	١,٠٠٠	١,٧٣٢	٢,٤١٤	٥,٠٢٧	١٠,١٥٨
الفـــاصل = طول الميل ×	٠,٣٠٩	٠,٥	٠,٧٠٧	٠,٨٦٦	٠,٩٢٤	٠,٩٨	٠,٩٩٥
الحـــيـــود = طول الميل ×	٠,٩٥١	٠,٨٦٦	٠,٧٠٧	٠,٥٠٠	٠,٣٨٣	٠,١٩٥	٠,٠٩٨
الحـــيـــود = الفـــاصل ×	٣,٠٧٨	١,٧٣٢	١,٠٠٠	٠,٥٧٧	٠,٤١٤	٠,١٩٨	٠,٠٩٨

obeikandl.com

مثال: أوجد طول الميل لحيود رأسى ٤٥° . قيمة الحيود ١٥″ .

طول الميل = ١٥ × ١,٤١٤ =٢١,٢١″

(٢) مسافة الإنتشار لحيود أفقي لماسورتين متوازيتين: Equalspread 2 pipe Offsets

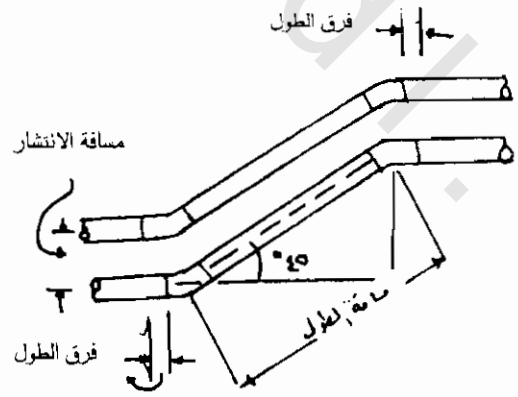
عندما تكون ماسورتين متوازيتين مطلوب تغيير مسارهما، تستخدم مسافة الانتشار المتساوية للحيود. وهذا يحقق وفر فى الإنحناءات. شكل (٢٨) .

طول الميل للحيود المتوازى متساوى ويتم حسابه كما فى حالة الحيود المنفرد. والفرق الرئيسى بين الحيود المنفرد والمتوازى هو المسافة من حيث يبدأ الحيود ثم ينتهى على كل خط. وهذا الفرق فى الطول يحسب باستخدام مسافة الانتشار بين الخطن المتوازيين.

يتم ضرب مسافة الانتشار بين الخطين المتوازيين فى ثابت لكل زاوية كوع أو إنحناء فى الحيود.

الفرق فى الطول = مسافة الانتشار × ثابت.

الجدول (١٨) يوضح قيمة الثابت اللازم لمختلف زوايا الحيود لمسافات الانتشار المتساوية:



شكل (٢٨) حيود ٤٥° متساوى فى مسافة الانتشار

جدول (١٨) ثوابت مسافة الانتشار المتساوية لتعيين بداية ونهاية فروق الطول

المعادلـــة	زاويـــــة الحيـــــود						
الفرق فى الطول = مسافة الانتشار ×	حيود ٩٠°	حيود ٧٢°	حيود ٦٠°	حيود ٤٥°	حيود ٣٠°	حيود ٢٢١/٤°	حيود ١١١/٤°
	١,٠٠٠	٠,٧٢٧	٠,٥٧٧	٠,٤١٤	٠,٢٦٨	٠,١٩٩	٠,٠٩٨

مثال: لتعيين مسافة الانتشار المتساوية لحيود (٢١/٢٢°):

الحل: الفرق فى الطول = مسافة الأنتشار × ٠,١٩٩ (الجدول ٢)

الفاصل = الحيود x ثابت الحيود x ٢,٤١٤ (الجدول١)

طول الميل ١، ٢ = الحيود × ٢,٦١٤

الحيود = الفاصل x ٠,٤١٤

مـثـال ٢ : لتعيين الفرق فى الطول لماسورتين أفقيتين إنحناء ٦٠° مع تساوى مسافة الانتشار– مسافة الانتشار ١٠″ (٢٥٤ مم) بين محورى الماسورتين

فرق الطول = الانتشار x ٠,٥٧٧ = ٥,٧٧″= ١٤٦,٥٥٨مم.

٦- صناعة المواسير من حديد الزهر:

أ – **المواسير من الزهر الرمادى:** تصنع هذه المواسير بأحد الطرق الآتية:

– الطرد المركزى داخل قوالب معدنيه

– الصب الرأسى أو الأفقى داخل قوالب رمليه.

تصنع مواسير الزهر الرمادى إما بنهاية مربعة أو مشطوفة أو برأس وزيل أو بشفه فى نهاية الماسورة وبأطول من ٤– ٧ متر مع تجاوز فى الطول من ٠,٥ – ١ متر.

أقطار مواسير الزهر الرمادى ٢″، ٣″، ٤″، ٥″، ٦″، ٨″، ١٠″، ١٢″، ١٤″، ١٨″، ٢٠″، ٢٤″، حتى ٤٠″.

سمك بدن الماسورة طبقا للجدول الآتى رقم (١٩)

ضغط الاختبار كج/سم^{٢}	سمك بدن الماسورة بالمليمتر	نوع المنتج
١٠ – ١٥	$^{١٠}/_{١٢}$ (٧ + ٠,٠٢ ق)	أ
٢٠ – ٢٥	$^{١٠}/_{١٢}$ (٧ + ٠,٠٢ ق)	ب
٢٥ – ٣٠	(٧ + ٠,٠٢ ق)	حـ

ق = القطر الاسمى بالمليمتر

∴ سمك بدن ماسور ١٢″ ب = $^{١١}/_{١٢}$ (٧ + ٠,٠٢ × ٣٠٠) = ١١,٩مم

ب – المواسير من الزهر المرن:

تصنع مواسير الزهر المرن بطريقة الطرد المركزى فى قوالب معدنية بأقطار قياسية ١٠٠ مم، ١٥٠ مم، ٢٠٠ مم، ٣٠٠ مم، ٤٠٠ مم، ٥٠٠ م، ٦٠٠مم، ٧٠٠ مم، ٨٠٠ مم، ٩٠٠ مم، ١٠٠ مم.

وتصنع الماسورة بالرأس والزيل أو بنهاية مشطوفة أو بشفه وبأطوال ٤، ٥، ٥,٥، ٦ متر.

ضغط الاختبار الماسورة الزهر المرن طبقا للقطر الاسمى كالآتى:

من قطر ١٠٠ مم حتى ٣٠٠ مم ضغط الاختبار = ٠,٥ + (١ + K)^{٢}

من قطر ٤٠٠ مم حتى ٦٠٠ مم ضغط الاختبار = ٠,٥ K^{٢}

من قطر ٧٠٠ مم حتى ١٠٠ مم ضغط الاختبار = ٠,٥ + (١ – K)^{٢}

K = معامل يستخدم فى حساب ضغط الاختبار وكذلك فى حساب سمك بدن الماسورة. وهذا المعامل يساوى ٨، ٩، ١٠، ١١، ١٢,

مثال:

- لحساب ضغط الاختبار لماسورة ٦٠٠ مم حيث K = ١٠

∴ ضغط الاختبار = ٠,٥ × K^{٢} = ٠,٥ × ١٠^{٢} = ٥٠ جوى

وضغط الاختبار لماسورة ٣٠٠ مم = ٠,٥ + (١ + K)^{٢} = ٦٠ جوى

وضغط الاختبار لماسورة ١٠٠ مم = ٠,٥ + (١ – K)^{٢} = ٤٠ جوى

سمك بدن الماسورة من الزهر المرن طبقا للقطر الاسمى:

لحساب سمك بدن الماسورة تستخدم المعادلة التالية:

(القطر الاسمى × ٠,٠٠١ + ٠,٥) K = سمك البدن بالمليمتر

حيث K = معامل يساوى ٨، ٩، ١٠، ١١، ١٢

مثال: لماسورة k = ١١

سمك البدن لقطر ٥٠٠ مم = ١١ (٥٠٠ × ٠,٠٠١ + ٠,٥) ١١مم

سمك البدن لقطر ١٠٠ مم = ١١ (١٠٠٠ × ٠,٠٠١ + ٠,٥) ١٦,٥مم

ولحساب ضغط الاختبار وسمك البدن لماسورة ٤٠٠ مم حيث K = ٩

ضغط الاختبار = ٠,٥ × ١٠ K^{٢} = ٠,٥ x ٨١ = ٤٠ جوى

سمك البدن = (٥٠٠ × ٠,٠٠١ + ٠,٥) ٩ = ٩ مم

القطر الخارجى والقطر الاسمى لماسورة الزهر:

القطر الخارجى هو القطر الاسمى ولكن القطر الداخلى يتغير طبقا لسمك البدن للماسورة.

الجدول التالى رقم (٢٠) يوضح سمك البدن وضغط الاختبار للمواسير ذات معامل K = ٩، ١٠.

obeikandl.com

جدول (٢٠) يوضح سمك البدن وضغط الاختبار للمواسير
من الزهر المرن ذات معامل K = ١٠ ، ٩

القطر الاسمى مم	K = ١٠			K = ٩		
	القطر الخارجى مم	سمك البدن مم	ضغط الاختبار كج / سم٢	القطر الخارجى مم	سمك البدن مم	ضغط الاختبار كج / سم٢
١٠٠	١٨٨	٦	٦٠	١١٨	٥,٤	٥٠
١٥٠	١٧٠	٦,٥	٦٠	١٧٠	٥,٨٥	٥٠
٢٠٠	٢٢٢	٧	٦٠	٢٢٢	٦,٣	٥٠
٣٠٠	٣٢٦	٨	٥٠	٣٢٦	٧,٢	٥٠
٤٠٠	٤٢٩	٩	٥٠	٤٢٩	٨,١	٤٠
٥٠٠	٥٣٢	١٠	٥٠	٥٣٢	٩,	٤٠
٦٠٠	٦٣٥	١١	٤٠	٦٣٥	٩,٩	٤٠
٧٠٠	٧٣٨	١٢	٤٠	٧٣٨	١٠,٨	٣٢
٨٠٠	٨٤٢	١٣	٤٠	٨٤٢	١١,٧	٣٢
٩٠٠	٩٤٥	١٤	٤٠	٩٤٥	١٢,٦	٣٢
١٠٠٠	١٠٤٨	١٥	٤٠	١٠٤٨	١٣,٥	٣٢

٧ - صناعة المواسير من المواد الغير معدنية:

تشمل المواسير من المواد الغير معدنية: المواسير الخرسانية والخرسانية المسلحة والمواسير سابقة الإجهاد بالأسطوانة الصلب والمواسير سابقة الإجهاد بدون الأسطوانة الصلب. والمواسير الأسيتوس.

المكون الرئيسى فى صناعة هذه المواسير هو الأسمنت هذا بالإضافة الى استخدام الأسمنت فى عمل طبقة البطانة الداخلية لأغراض الحماية من التآكل للمواسير الصلب والزهر.

obeikandl.com

أ- مكونات مواد الصنع:

الأسمنت: يستخدم الأسمنت عالى الألومنيا (المقاوم) فى صناعة مواسير المياه قليله العسر وقليله الفلويه وكذلك فى صناعة مواسير الصرف الصحى. الأسمنت عالى الألومنيا يحتوى على نسبة أقل من ١ ٪ من أكسيد الكالسيوم الحر الغير متفاعل (Free Cao) ونسبة عالية من ألومانيات الكالسيوم. ويستخدم الاسمنت البورتلاندى العادى والذى يحتوى على أكسيد الكالسيوم الحر بنسبة حوالى ١٥ ٪. أكسيد الكالسيوم الحر هو الذى يضعف مقاومة الخرسانة فى حالة التصاق الخرسانة بالمياه ذات الرقم الهيدروجينى المنخفض (مثل مياه الصرف الصحى) أو المياه ذات القلوية المنخفضة أو المياه ذات العسر المنخفض. فى هذه الحالات يتفاعل أكسيد الكالسيوم الحر مع الماء مكونات أيدروكسيد الكالسيوم الذى يزال بفعل حركة المياه وبذا يتفكك الرباط الأسمنتى ويتوالى التفكك والتحلل لباقى المركبات الأسمنتية مثل ألومنيات الكالسيوم أو سيليكات الكالسيوم.

الركام: الركام من الزلط والرمل يجب أن يكون بالتدرج المناسب وخالى من الأملاح والمواد العضوية والشوائب وذلك بغسيله بالمياه قبل عمل الخلطه الخرسانية أو المونة الأسمنتية.

الماء: يجب عدم زيادة الكلوريدات فى الماء المستخدم فى صناعة الخلطه الخرسانية أو الأسمنتية على ٠,٠٦ ٪ (حوالى ٧٠٠ جزء فى المليون) وخاصة عند إستخدام الخلطة فى السلك سابق الإجهاد فى صناعة المواسير سابقة الإجهاد.

الخلطة الخرسانية: تصمم الخلطة لتوفير الخصائص الآتية:

إجهاد كسر بعد ٣ يوم = ٢٠٠ كجرام/ سم٢

بعد ٧ يوم ٢٤٠ كج/ سم٢

بعد ٢١ يوم ٤٠٠ كج/ سم٢

النفازيه (Permeability) لا تزيد عن ١٠٠ مم٣ / سم٢ / ٢ساعة بالإضافة الى توفير اللدونة (Plasticity) للخلطة بما يمكن من حسن إستخدامها (Workability).

تتكون نسبة الماء إلى الأسمنت ٠,٤ أو أقل ونسبة الأسمنت للركام ٣٥٠- ٤٠٠ كج أسمنت فى المتر المكعب.

يتم الخلط الميكانيكى الجيد فى زمن خلط مناسب بما يحقق أقصى كثافة وأقل نفازيه وأقصى إجهاد كسر وعدم الفصل للخلطة (segregation). تتم عملية الخلط فى درجة حرارة لا تقل عن ٥°م ولا تزيد عن ٣٨°م. وفى حالة المعالجة الحرارية بالبخار المشبع يجب ألا تقل نسبة الرطوبة عن ٨٥٪ وأن تزاد درجة الحرارة بمعدل ١٠°م كل ساعة وذلك بعد درجة ٣٨°م الى أن تصل الى ٦٥°م.

ب- المواسير من الخرسانة العادية والخرسانة المسلحة:

المواسير من الخرسانة العادية تصنع بدون تسليح بأقطار لا تزيد عن ٦٠٠ مم وتستخدم فى خطوط الانحدار فقط وضغط الإختبار لها هو ١,٥ جوى.

المواسير من الخرسانة المسلحة والتى لها تسليح داخلى وتسليح خارجى يوضع فى فورمه حديديه حيث تصب الخرسانة، تنزع الفورمه بعد ٣ يوم حتى تمام الشك النهائى.

جـ- المواسير الخرسانية سابقة الإجهاد: شكل (٢٩، ٣٠)

توجد طريقتين لتصنيع الماسورة الخرسانية سابقة الإجهاد وهما الماسورة الخرسانية سابقة الإجهاد بالأسطوانة الصلب والماسورة الخرسانية سابقة الإجهاد بدون أسطوانة صلب.

الماسورة الخرسانية بالأسطوانة الصلب:

يبدأ إنتاج هذه الماسورة بصناعة الأسطوانة الصلب من ألواح الصلب بسمك ١ مم وتجهيزها بالرأس والزيل ولحامها. بعد تصنيع الماسوره يتم إختبار اللحام ثم الإختبار الهيدروستاتيكى للماسورة بضغط ١,٥ جوى لتأكيد عدم تسرب المياه لتكون حاجز مانع لنفاز المياه فى الماسورة المصنعة. ثم توضع طبقة من الخرسانه عالية الجودة على السطح الداخلى للماسورة ثم إعطائها الوقت الكافى للشك قبل وضع السلك الصلب سابق الإجهاد. يكون قطر السلك الصلب ٥ مم أو ٦ مم. الإجهاد للسلك سابق الإجهاد يكون حوالى ١٦٠ كج/ مم٢ ولا

يزيد عن ٧٥٪ من جهد الخضوع. يوضع السلك سابق الاجهاد ويلف حلزونيا حول الطول الكلى للماسورة طبقا لفاصل (Pitch) بمعدل ٣٠-٥٠ سلك فى المتر. يتم تشذيب الماسورة من الداخل لتحسين خواص التدفق. قبل وضع طبقة التغطية الأخيره فإن الماسورة تختبر هيدروستاتيكيا الى ١,٥ ضعف ضغط التشغيل المقترح. ثم يتم تغطية السلك سابق الاجهاد بطبقة من المونه الأسمنتيه لا يقل سمكها عن ٢ سم وتكون عالية الكثافة لحماية السلك الصلب من التآكل والتلف. ويصنع هذا النوع من المواسير بأقطار من ٦٠٠ مم حتى ٤ متر وبضغوط إختبار من ١٦ الى ٣٢ ضغط جوى.

وعند إستخدام الماسورة فى نقل مياه الصرف الصحى تجهز أثناء التصنيع بأسطوانة من البولى إثيلين (Poly Ethylene Tlock- PE-Tock) لحماية طبقة الخرسانة الداخلية من التلف. وعند إنتاج المواسير عالية الضغط فإنه يتم لف السلك الحلزونى سابق الإجهاد كطبقه أخرى فوق طبقة المونه الأسمنتية ثم تغطية السلك بطبقة ثانيه من المونه الأسمنتيه لحماية السلك سابق الإجهاد. ولقد حدث تطوير بما حقق زيادة فى ضغط الماسورة بدون الحاجة الى مضاعفة السلك سابق الإجهاد

الماسورة الخرسانيه بدون الأسطوانة الصلب:

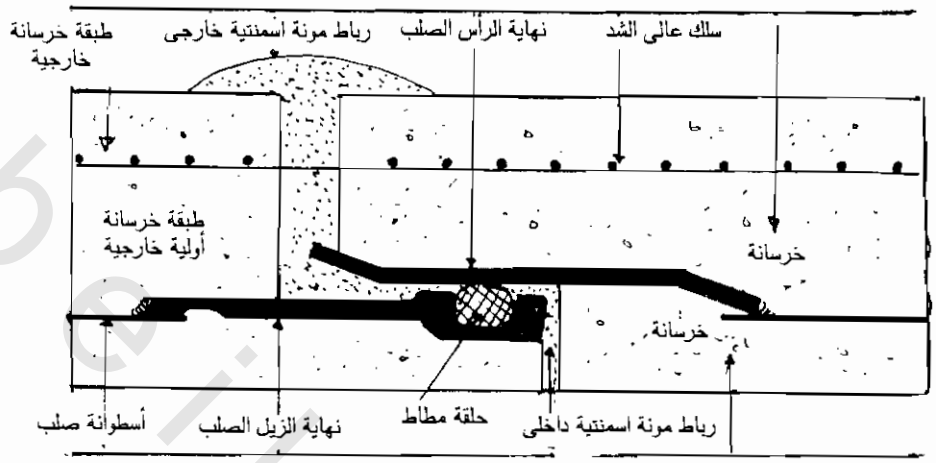
فى المرحلة الأولى لانتاج الماسورة بدون الأسطوانة الصلب يتم وضع أسياخ تسليح عالية الشد طوليا فى قالب من الصلب. يتم شد الأسلاك الى الإجهاد التصميمى وتثبيتها فى حلقات نهاية على كلا جانبى القالب الصلب. حلقات النهاية وسيلة للتثبيت الطولى وتعمل كذلك كسطح التوصيل للماسورة. ينقل القالب الى ماكينه صب خرسانية حيث يتم صب الخرسانة أثناء دوران القالب الصلب. تعطى الوقت للخرسانة للشك داخل القالب حتى الوصول الى القوة الكافية لإزالة القالب. بعد فترة شك أخرى يتم اللف الحلزونى لسلك الصلب عالى الشد حول الماسورة طبقا لجهد شد محدد. يتوقف قطر السلك والفاصل (Pitch) على ضغط الإختبار للماسوره وقطرها. وتستكمل الماسورة بالتغطية الميكانيكية للماسورة (للسلك سابق الإجهاد) بطبقة من الخرسانة الغنيه الكثيفة المحتوية على ركام صغير الحجم والتى تحقن بعد خلطها من قادوس على سطح الماسورة التى تدور أفقيا على محورها الطولى.

تصنع الماسورة الخرسانية سابقة الإجهاد بالرأس والذيل، حيث توضع الحلقة الكاوتش فى نهاية الذيل ويتم التوصيل بدفع الذيل الى الرأس، وهكذا يتم ضغط الحلقة الكاوتش ما بين الذيل والرأس وبذا تكون الوصلة مانعة لنفاذ المياه. ضغط الإختبار الذى يتم فى الموقع يجب ألا يزيد عن ضغط التشغيل للماسورة. حيث عادة يحدد ضغط التشغيل بحوالى ٣/٢ ضغط إختبار الخط. أقصى ضغط تشغيل قد يزاد تحت ظروف الاضطراب الهيدروليكى (Surge) على أساس عدم زيادته عن ٤٠ ٪ من ضغط التشغيل.

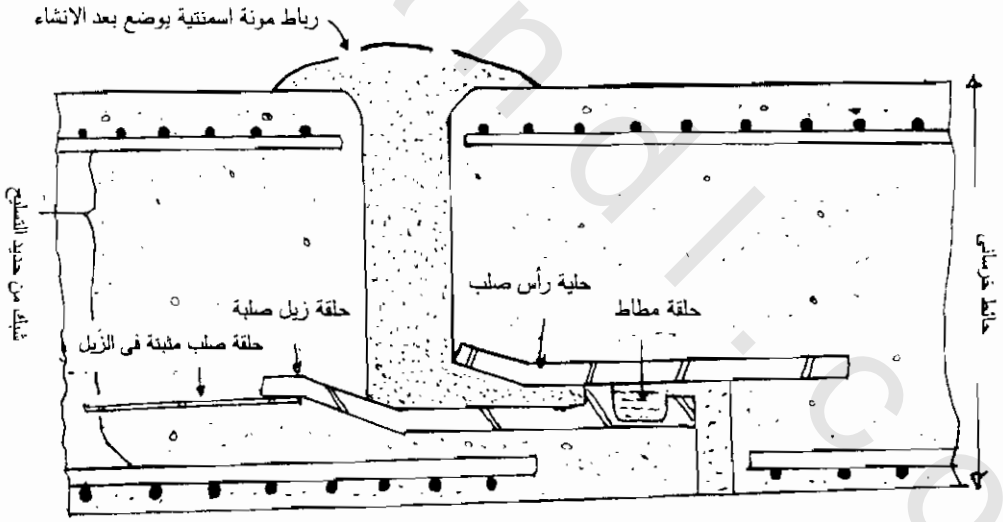
فى عملية الانتاج قد تسبب الاضافات للخلطة الخرسانية التآكل للسلك ولذلك فهذا غير مصرح به. وفى حالة التربة العدوانية يستخدم الاسمنت عالى الألومنيا أو التغطية بالكولتار وفى حالات معينة يمكن عمل الحماية الكاثوريه للسلك سابق الإجهاد وللأسطوانة الصلب.

القطع للماسورة بالأسطوانة الصلب تختلف عن الماسورة بدون أسطوانة صلب. وهذه تشمل التيهات، وصلات الحيود (offsets)، القطع التى تغطى ميل ٢-٤° للتغير فى الاتجاه، المساليب... الخ. وهذه القطع تصنع من الصلب الثقيل المبطن بالخرسانة أو أى مادة حماية أخرى.

المواسير سابقة الإجهاد ثقيلة وليس بها مرونة ولا يمكن قطعها وميول الماسورة عند الوصلات محدودة. وعند عمل الاختبار الهيدروستاتيكى للماسورة يجب أن تملأ وتضغط بالماء لعدة أيام مثل عمل الاختبار الهيدروستاتيكى (والحماية الداخلية) وذلك للسماح للخرسانة الداخلية بامتصاص المياه. ويمكن معرفة تمام إمتصاص المياه بواسطة الماسورة يعمل منحنى للمياه المضافة للمحافظة على استمرار الضغط مقابل الوقت. وهذا الاختبار يتم بهذه الطريقة لجميع المواسير الأسمنتية وكذلك مواسير الأسبستوس.



شكل (٢٩) مقطع فى ماسورة خرسانية سابقة الإجهاد بالأسطوانة الصلب



شكل (٣٠) مقطع فى ماسورة خرسانية سابقة الاجهاد بدون الأسطوانة الصلب

د- مواسير الأسبستوس: جدول (٢١)

مواسير الأسبتوس ذات قيمة عندما تكون التربة شديدة العدوانية بالنسبة للصلب والزهر وهى تستخدم عادة فى نقل المياه ومياه الصرف.

تصنع مواسير الأسبتوس من شعيرات الأسبتوس الطبيعى والأسمنت وقد يضاف مسحوق الرمل (CrushedSand). وتصنع بطريقتين طبقا لنوع الأسمنت المستخدم وهما درجة П التى يستخدم فى إنتاجها الأسمنت عالى الألومنيا ودرجة I المستخدم فى إنتاجها الأسمنت البورتلاندى العادى- كما أن الماسورة تنتج بدرجات أ، ب، جـ، د، هـ بضغوط إختبار ٦، ١٢، ١٨، ٢٤، ٣٠ جوى حيث يختلف سمك بدن الماسورة طبقا لضغط الإختبار.

عملية تصنيع ماسورة الأسبستوس تتم باستخدام الأسمنت وتسليحه بألياف الأسبستوس، وذلك بإمرار خليط من الأسمنت وشعيرات الأسبستوس والماء الى حوض حيث تدور أسطوانة تلتقط طبقه رقيقة من المادة. تحمل هذه الطبقة الرقيقة بواسطة سير ناقل الى أسطوانة صلب لامعة يبنى قوقها جسم الماسورة بطبقات كل طبقة بسمك ٠,٢٥ مم. أثناء هذه العملية تجرى بكرات ضاغطة (Rollers) على طول الماسورة لتأكيد تكثيف المادة والإلتصاق بين الطبقات المتتالية. تزال الماسورة الأسبستوس من على سطح الأسطوانة الصلب (Mandrell) بإدخال فورمة أسطوانية خشبية لمنع التشويه للماسورة قبل بدء الشك الأولى. تسحب الفورمه الخشبية بعد ١٢- ٢٤ ساعة ثم يستكمل الشك إما بالغمر فى المياه لمدة ٧- ١٢ يوم أو باستخدام البخار عالى الضغط ثم يتم تشذيب وعمل الشطف للنهايات الى القطر الخارجى الصحيح لتتطابق فى عمليات الإتصال والإختبار الهيدروستاتيكى الذى يتم بضغط ضعف ضغط التشغيل للماسورة. عادة يتم غمر ماسورة الأسبستوس فى حوض به بثيومين سائل. تضع الماسوره بأطوال ٣، ٤، ٥ متر وبأقطار من ٤" حتى ٢٨" (من ١٠ مم حتى ٧٠٠ مم).

التوصيل لمواسير الأسبتوس يتم باستخدام جى بولت (Gland Polt) أو وصلة جونسون أو الوصلة المنيانى (التى هى جزء من ماسورة الأسبتوس) مع توفير فاصل لا يقل عن اسم وذلك لانتفاخ الماسورة عند التشبع بالماء.

ماسورة الأسبستوس لها هشاشة الى درجة ما وخاصة فى حالة الأقطار الصغيرة. المواسير بأقطار أقل من ٢٠ مم (٤″) لا تتحمل الإجهادات الناتجة فى حالة كونها دعامة رأسية (Beam Stress) وتتحطم بسهولة فى حالة التداول الخاطىء. كثيرا ما يحدث تلف لمواسير الأسبستوس أثناء النقل والتداول، كما يجب تجنب الارتطام لنهايات الماسورة الذى يمكن أن يسبب شروخ شعرية والتى لا تكتشف بالعين المجردة. وعند تركيب الماسورة يجب توفير قاع حفر ناعم خالى من الكتل الحجرية والزلطية الكبيرة، وكذلك الروم يجب أن يكون خالى من هذه الكتل (كما يحدث فى حالة المواسير الخرسانية وسابقة الإجهاد).

الإختبار الهيدروستاتيكى مشابه لباقى المواسير ولكنه يشبه حالات المواسير سابقة الإجهاد حيث يلزم ملىء الماسورة بالمياه لمدة ٢-٤ يوم قبل الاختبار وذلك للسماح لجدار الماسورة بامتصاص المياه. وفى حالة عدم تنفيذ ذلك فإن نتائج الإختبار لا تكون كافية.

عند التداول الخاطىء لماسورة الأسبستوس فإن الماسورة تضعف بالشروخ الشعرية التى لا يمكن رؤيتها والتى تزداد مع التدرج فى زيادة الضغط أثناء إختبار ضغط الشبكة بعد التركيب وبذا تكون خطوات الإختبار مضيعة للوقت. ولكن على الجانب الاخر فإن ماسورة تزداد قوة مع زيادة الوقت.

هـ- المونة الأسمنتيه المبطنه لمواسير الزهر والصلب

نظرا للمكون الأسمنتى فى إنتاج هذه المواسير. وبهدف الإطمئنان الى سلامة البطانة الأسمنتية والتى يتراوح سمكها ما بين ٣مم حتى ١٢مم طبقا لسمك الماسورة وذلك من ناحية تمام التصاق البطانة بسطح المعدن وعدم وجود تطبيل والذى يزال عند ضغط المياه فى الشبكة بما يعرض السطح الداخلى للماسورة للتآكل فى حالة إزالة طبقة الحماية فى مناطق التطبيل. لذلك فإن مراقبة الجودة الألمانية لجأت الى إختبار الضغط الهيدروستاتيكى للماسورة بعد ٧ أيام من وضع البطانة الأسمنتية. حيث يتم ضخ الماء فى الماسورة لمدة ٤-٦ ساعة للتشبع البطانة الاسمنتية. وعند الإختبار تزاد كمية المياه الممتصه وتختبر الماسورة. وتكون النتيجة كشف مناطق التطبيق وعمل المرمات اللازمة لها وكذلك الشروخ العميقة. أما الشروخ الشعرية الغير عميقة فهى تلتئم (Heal) عند إمتصاصها للمياه.

ب- جدول (٢١- ب) **مواسير الانحدار المستخدمة في الصرف الصحي** (Gravity Pipos)

القطر الاسمى	القطر الداخل بالبوصة	قوة التهشم كج/سم٢ Crushing Strength				
		١٠٠ سمك الجدار	١٥٠ سمك الجدار	٢٢٠ سمك الجدار	٢٥٠ سمك الجدار	٣٥٠ سمك الجدار
٦	٦,٠	″٠,٤٦	″٠,٤٩	″٠,٥٧		
٨	٨,٠	٠,٥١	٠,٥٢	″٠,٦١		
١٠	١٠,٠	٠,٥٦	٠,٥٨	٠,٦٨	٠,٧٥	″٠,٥٨
١٢	١٢,٠٥	–	٠,٦٣	٠,٧٥	٠,٨٢	″٠,٩٥
١٤	١٤,٠٥	–	٠,٦٨	٠,٨١	٠,٨٩	١,٠٠
١٦	١٦,٠٥	–	٠,٧٣	٠,٨٦	٠,٩٥	١,٠٧
١٨	١٨,٠٥	–	٠,٧٧	٠,٩١	١,٠١	١,١٣
٢٠	٢٠,٠٥	–	٠,٨١	٠,٩٦	١,٠٦	١,١٩
٢٤	٢٤,٠٥	–	٠,٨٩	١,٠٥	١,١٦	١,٣٠
٣٠	٣٠,٠٥	–	–	١,١٢	١,٣	١,٤٥
٣٦	٣٦,٠٥	–	–	–	١,٤٢	١,٥٩

د- المواسير الخرسانية المبطنة بالطوب الأزرق بطريقة الفرم من المطاط:

يستخدم هذا النوع من المواسير فى شبكات المجارى التى تعمل بالانحدار حيث يستخدم الطوب الأزرق المعالج بمواد كيماوية لمقاومة تأثير التآكل بفعل مياه الصرف الصحى العداونية. طريقة الفرم من المطاط عبارة عن بالونة طولها يتراوح من ٢٠- ٣٠ متر وقطرها من ٩٠ الى ١٢٠ سم وتنفذ كالآتى: يتم الحفر وتصب الخرسانة العادية والمسلحة الخاصة بالميول المطلوبة للمجارى ثم يبدأ نفخ البالونة فوق خرسانة الأساسات المسلحة ويبنى حولها بالطوب الأزرق بغرض التبطين أسفل البالونة وأعلاها- تصب الخرسانة المسلحة حول الطوب الأزرق- بعد شك الخرسانة يتم تفريغ البالونه وسحبها بعد تشكيل الماسورة بالقطر المطلوب.

جدول (٢١- أ) سمك وقطر مواسير الأسبستوس:

أ- مواسير الضغط (Pressure Piper)

القطر الاسمى بالبوصة	الطول بالمتر	ضغط تشغيل ٦ جوى		ضغط تشغيل ١٠ جوى		ضغط تشغيل ١٢ جوى	
		القطر الداخلى	سمك الجدار	القطر الداخلى	سمك الجدار	القطر الداخلى	سمك الجدار
٤	٤	″٣,٩٥	″٠,٣٥	″٣,٩٥	″٠,٤٣	″٣,٩٥	″٠,٤٣
٦	٤	٥,٨٥	٠,٤٢	٥,٨٥	٠,٥٣	٥,٧٠	٠,٦
٨	٤	٧,٨٥	٠,٤٢	٧,٨٥	٠,٦٣	٤,٦٠	٠,٧٥
١٠	٤	٩,٨٥	٠,٥٢	١٠,٠	٠,٨٣	٩,٦٣	١,٠١
١٢	٤	١١,٧	٠,٦٤	١٢,٠	٠,٩٤	١١,٦٥	١,١٨
١٤	٤	١٣,٥٩	٠,٧٤	١٤,٠	١,١١	١٣,٥٩	١,٣١
١٦	٤	١٥,٥	٠,٨٣	١٦,٠	١,٢٣	١٥,٢٠	١,٤٨

obeikandl.com

٨- المواسير من المواد الحاملة:

وهذه تشمل مواسير البلاستيك ومواسير الفخار المزجج.

المواسير البلاستيك (Plastic Pipes)

تقسم مادة البلاستيك التى تصنع منها المواسير الى قسمين رئيسيين وهما: الثيرموبلاستيك والثيرموسيت (Thermoplatic, And- Thermoset)

أ- المواسير من الثيرموبلاستيك:

مادة البلاستيك من نوع الثيرموبلاستيك يمكن إعادة تسخينها الى حالة السيولة ثم إعادة تشكيلها وتبريدها بدون حدوث تغير فى خصائصهاكمادة بلاستيك. المواسير من الثيرموبلاستيك تلين عند التسخين مع الإنخفاض فى ضغط التشغيل وإجهاد الشد. وعند التبريد تصبح أكثر صلابة وهشاشة مع الانخفاض فى مقاومة الصدمة. وتشمل مواسير البلاستيك من الثيرموبلاستيك الأنواع الآتية:

ABC - Acrylonitrile Budiene styrene
BVC - Poly Vinyl Chloride
PB - Poly Butylene
PE - Poly Ethy lene
PL - Poly propy lene
PVCF - Polyvinylidine Flouride
CPVC - Chlorinated Polyvinyl Chloride
UPVC - Unplasticised Pvc

مواسير البلاستيك التى تستخدم فى الضغط توصف إما برقم الجدول (schedule No) أو بضغط الإختبار عند درجة حرارة معينة و/ أو بنسبة الأبعاد القياسية (SDR- Standard Dimention Ratio) نسبة الأبعاد القياسية (SDR) هى متوسط القطر الخارجى للماسورة مقسوما على أدنى سمك لبدن الماسورة.

obeikandl.com

مثال لمواسير الضغط من الثرموبلاستيك ونسبة الأبعاد القياسية جدول (٢٢)، أقصى ضغط تشغيل لمواسير الثرموبلاستيك جدول ٤٠، ٨٠ موضح فى جدول (٢٣). معامل التصحيح لضغط الإختبار مع إرتفاع درجة الحرارة موضح فى الجدول (٢٤).

مواسير البلاستيك عموما لا تحتاج الى حماية داخلية أو خارجية عند استخدامها فى مشروعات المياه والصرف الصحى ولكنها تتلف فى التربة المحتوية على مخلفات عضوية أو فى حالة تعرضها للمذبات أو لبعض مشتقات البترول (الجازولين). يلزم عدم تعرض ماسورة البلاستيك لأشعة الشمس حيث أنها تتلف وتقل مقاومتها بفعل الأشعة تحت الحمراء. إضافة ٢ ٪ كربون لمكونات مادة البلاستيك فإن الماسورة تصبح مقاومة لأشعة الشمس ويمكن التعرف عليها بلونها الأسود.

(١) مواسير البي في سي PVC:

مواسير بى فى سى والقطع المخصوصة لونها رمادى للجدول (٤٠، ٨٠، ١٢٠) وتوجد مواسير ذات اللون الأبيض أو الأزرق. واختلاف اللون يرجع الى المواد المضافة للون وكذلك لمادة المليء التى تكون عادة من كربونات الكالسيوم المرسبه. وفى حالة إضافة كربون بنسبة ٢ ٪ يكون لون الماسورة أسود وتكون لها مقاومة للتعرض المباشر لأشعة الشمس.

مواسير بى فى سى من مواسير البلاستيك واسعة الانتشار والاستخدام فهى تستخدم كمواسير ضغط ومواسير إنحدار فى شبكات المياه والصرف الصحى كما تستخدم فى نظم الرى وقيسونات آبار المياه الجوفية. وتوصيل المواسير هى إما باستخدام مذيب أو الحلقة الكاوتش للمواسير بالرأس والذيل أو بالجلبة والقلاووظ أو الفلنجة ومسامير الرباط.

مواسير بي في سي المكلورة: CPVC

وهذه المواسير ذات لون رمادى فاتح للجدول ٤٠، ٨٠ . وقد يكون اللون بنى فاتح (بيج). المواسير ذات نسبة الأبعاد القياسية ١٣,٥ لها لون برتقالى ويشمل الاستخدام مواسير

المياه البارد والساخن وكذلك فى الاستخدامات الصناعية التى تتطلب درجة حرارة أعلا من بى فى سى. وتتوفر مواسير بى فى سى المكلورة فى الشكل الصلب. أقصى درجة حرارة للاستخدام هى ٩٩°م حيث تنخفض قدرتها عندئذ بنسبة ٨٥٪ والطرق المستخدمة للتوصيل مثل مواسير بى فى سى.

(٢) مواسير البولي إيثيلين: (PE)

مواسير ووصلات البولى إيثيلين برتقالية اللون أو قد تكون سوداء فى حالة إضافة ٢٪ كربون. معظم مواسير البولى إيثلين تستخدم فى شبكات الغاز ونقل المياه بالإضافة الى الاستخدامات الأخرى فى نظم الرى والصرف المغطى والاستخدامات الأخرى الصناعية. تتوفر مواسير البولى إثيلين فى الشكل الصلب والشكل المرن فى لفائف حتى ٣″ (٧٥ مم) وبالأطوال الصلبة للأقطار أكبر من ٣″يم أقصى درجة حرارة للتشغيل هى ٦٠°م. الطرق المستخدمة للتوصيل هى التسخين للرأس والزيل باللحام الحرارى (Heat Fusion) والقلاووظ والفلنجات.

(٣) مواسير البولي بروبيلين (PL):

مواسير البولى بروبيلين ذات لون أسود للجداول ٤٠، ٨٠ وباقى الأنواع لونها أبيض. وتستخدم هذه المواسير فى التطبيقات الصناعية وفى صرف المعامل وكذلك فى أنظمة الصرف الصناعى. الطرق المستخدمة للتوصيل هى الصهر الحرارى للرأس والذيل والصهر بالمقاومة الكهربية والتوصيل الميكانيكى باستخدام (G-Bolt) أو وصلة جونسون. أقصى درجة حرارة للتشغيل ٨٢°م.

جدول (٢٢) ضغط الإختبار ونسبة الأبعاد القياسية:

cpvc - pvc			PE		
رطل/بوصة	كجم/سم٢	SDR N°	رطل/بوصة	كجم/سم٢	SDR N°
٣١٥	٢٢,١٥	١٣,٥	١٦٠	١١,٢٥	٩
٢٥٠	١٧,٥٧	١٧	١٣٠	٩,١٤	١٣,٥
٢٠٠	١٤,٠٦	٢١	١٠٠	٧,٠	١٧
١٦٠	١١,٢٥	٢٦	٨٠	٥,٦٢	٢١
١٢٥	٨,٦٩	٣٢,٥	٦٥	٤,٥٧	٢٦
١٠٠	٧,٠	٤١	٥٠	٣,٥١	٣٢,٥
٦٣	٤,٤٣	٦٣			

جدول (٢٣) ضغط الاختبار رطل/ بوصة مربعة جدول ٤٠، جدول ٨٠:

القطر الأسمى بالبوصة	CPVC . PVC			
	جدول ٤٠ راس وزيل	جدول ٨٠		
		راس وزيل	قلاووظ	فلانجه
٤	٢٢٠	٣٢٠	١٦٠	١٥٠
٦	١٨٠	٢٨٠	–	١٥٠
٨	١٦٠	٢٥٠	–	١٥٠
١٠	١٤٠	٢٣٠	–	١٥٠
١٢	١٣٠	٢٣٠	–	١٥٠
١٤	١٣٠	٢٢٠	–	١٥٠
١٦ – ٢٤	١٣٠	٢٢٠	–	١٥٠

معامل التحويل من رطل/ بوصة مربعة الى كج/ سم٢ إقسم على ١٤,٢٢٣ معامل التحويل من رطل/ بوصة مربعة الى كيلو بار اضرب فى ٦,٨ .

obeikandl.com

جدول (٢٤) معامل التصحيح لدرجة الحرارة للمواسير المستخدمة من الثبرموبلاستيك

درجة حرارة التشغيل ٥م	معامل التصحيح			
	PVC	CPVC	PP	PE
٢١	١	١	١	١
٢٧	٠,٩	٠,٩٦	٠,٩٧	٠,٩٥
٣٢	٠,٧٥	٠,٩٢	٠,٩١	٠,٨٨
٣٨	٠,٦٢	٠,٨٥	٠,٨٥	٠,٨٢
٤٣	٠,٥	٠,٧٧	٠,٨	٠,٧٦
٤٦	٠,٤٥	٠,٧٤	٠,٧٧	٠,٧٢
٤٩	٠,٤	٠,٧	٠,٧٥	٠,٦٩
٥٢	٠,٣٥	٠,٦٦	٠,٧١	٠,٦٦
٥٤	٠,٣	٠,٦٢	٠,٦٨	٠,٦٣
٦٠	٠,٢٢	٠,٥٥	٠,٦٥	غير موصى
٦٦	غير موصى	٠,٤٧	٠,٥٧	غير موصى
٧١	غير موصى	٠,٤	٠,٥	غير موصى
٧٧	غير موصى	٠,٣٢	٠,٢٦	غير موصى
٨٢	غير موصى	٠,٢٥	غير موصى	غير موصى
٩٣	غير موصى	٠,١٨	غير موصى	غير موصى
٩٩	غير موصى	٠,١٥	غير موصى	غير موصى

يتم ضرب ضغط الاختبار فى معامل التصحيح يعطى حيث ضغط الاختبار عند درجة الحرارة المعينة.

ضغط التشغيل للخط ٥٠٪ من ضغط الاختبار للماسورة.

obeikandl.com

ب - مواسير البلاستيك من الثريموسيت المسلحة:

(ReinForced Thermosetting Resin Pipes)

مادة الثيرموسيث بمجرد أن تتجمد (Cured) لا يمكن إعادة تسخينها لتأثر التركيب الكيماوى للمادة بالتسخين. وهى دائما مادة صلبة. مواسير الثيرموسيت تكون دائما مسلحة بالصوف الزجاجى والذى يسمى الفيبرجلاس. ولذلك يسمى هذا النوع من المواسير بمواسير الفيبرجلاس.

ومن هذه المواسير ودرجات حرارة التشغيل

الإيبوكسى المسلح بالصوف الزجاجى Epoxy	١٤٩°م
البولى إيستر المسلح بالصوف الزجاجى Polyester	١٠٧°م
الفينيل ايستر المسلح بالصوف الزجاجى Vinylesters	١٢١°م
الفيورين المسلح بالصوف الزجاجى Furan	١٤٩°م

وهذا النوع من المواسير يستخدم فى جميع العمليات الصناعية.

ولقد استخدمت مادة الثيرموبلاسيت المسلح بالصوف الزجاجى منذ عام ١٩٣٠ فى عمل هياكل القوارب والعربات، خوزه الحماية، الحوائط، المواسير. نظرا لما تتصف به المادة من خفة الوزن والقوة العالية استخدمت فى أغراض أخرى كثيرة.

فتم تصنيع ماسورة الـ (Fiberglass Reinforced with PlasticGRP) والتى تصنع من البولى إيستر والصوف الزجاجى والرمل. فى بعض الحالات إستخدم البولى ايستر كمادة بلاستيك مفضلة لرخص التكاليف بالإضافة الخصائص الطبيعية الجيدة والقدرة على التشكيل بدون ضغط. توجد مواد أخرى تتفوق على البولى إيستر فى مجالات معينة مثل المقاومة للكيماويات والحرارة مثل مادة الإبيوكس ولكنها مكلفة. بمجرد تشكيل البلاستيك الى الشكل المطلوب فإنه يتصلب الى مادة البلاستيك الصلب بفعل العامل المساعد المضاف.

الصوف الزجاجى المستخدم فى تسليح البلاستيك ينتج من الزجاج السائل فى شكل شعيرات زجاجية ولأغراض صناعة المواسير فإنه ينتج فى شكل نسيج.

obeikandl.com

مواد الملىء تضاف الى البلاستيك لتحسين الخواص الطبيعية ولخفض التكاليف. تختلف طرق لف شعيرات (نسيج) الفيبرجلاس فى إنتاج المواسير ولكن كل طرق الانتاج تشمل وضع الراتنج المسلح بالصوف الزجاجى على أسطوانة من الصلب أو من الخشب. وتختلف طرق الانتاج أساسا طبقا للزاوية التى يوضع بها التسليح من الصوف الزجاجى. فعند اللف الحلزونى لشعيرات الصفوف الزجاجى بزاوية ٥٤,٧° على محور الماسورة يوفر أقصى زاوية للإجهاد المحيطى والمحورى. وعند لف شعيرات الصوف الزجاجى بالدوائر المتعامدة على زوايا صفر، ٩٠° يمكن أن يغير فى قوة الماسورة.

نظرا لأن ماسورة GRP يمكن أن تتحمل الضغط حتى فى حالة الجدار الرقيق لذلك تم عمل إضافات لزيادة قوة جدار الماسورة وذلك لامكان التداول الآمن للمواسير. فزيادة الصلابة (Rigidity) يمكن توفيرها بإضافة رمل بتدرج معين على جدار الماسورة لإضافة تخانة (زيادة سمك البدن) وهذا النوع من المواسير يختلف عن مواسير GRP التقليدية فى أنه يسمى RPM وهو اختصار (Reinforced Plastic MatrixPipes) وكلا من مواسير GRP، RPM يعتبر من النوع المرن نظرا لخفة الوزن وسهولة التداول والقدرة على التحمل وغير معرضة للتآكل الداخلى أو الخارجى. وهى مثل باقى أنواع مواسير البلاستيك عموما ذات سطح داخلى ناعم جدا بما يقلل من الفقد فى الضغط ويستخدم كمواسير ضغط وكمواسير إنحدار.

تختبر مواسير الانحدار على ضغط ٦ جوى ومواسير الضغط المنخفض على ضغط ١٢ جوى ومواسير الضغط المتوسط والعالى بضغط إختبار ٢٠، ٢٤، ٣٠، ٣٢ جوى. تنتج الماسورة بأطوال مختلفة طبقا لطلب العميل. سمك بدن الماسورة يختلف طبقا لضغط الاختبار. وتنتج بأقطار ٦" حتى ٨٠" .

وتجرى على هذه المواسير عدة إختبارات طبيعية وميكانيكية وكيماوية وهيدروستاتيكية بمعدلات مختلفة منها إختبار الضغط الهيدروستاتيكى وقياس الأبعاد والتخانة والاستدارة والنهايات بنسبة ١٠٠ ٪ على المواسير المنتجة أما إختبار الحرق لتعيين كمية البولى إيستر والمواد المضافة وشكل نسيج الصوف الزجاجة وكميته تقيم بالنسبة للكمية المباعة مرة

واحدة. وكذلك إختبارات الإجهاد الطولى والإجهاد المحيطى واختبار الانفعال على المدى الطويل والمدى القصير فيتم كذلك على عينة من الكمية المباعة. أما الاختبار الهام فهو إختبار الجساءة (Stiffness) والذى يتم بتجميل عينة من الماسورة بحمل حتى حدوث إنضغاط قيمته ٥ ٪ من القطر ثم عند التحرر من الثقل يتم مراجعة إستعادة عينة الماسورة لاستدارتها والكشف عن التشققات أو الشروخ. وتجرى هذه الاختبارات طبقا لقطر الماسورة وضغط الاختبار المقرر.

توصيل مواسير الفيبرجلاس يتم باستخدام الجى بولت وحلقه المطاط أو باستخدام الوصلة الميكانيكية. وقد تجهز بعض أنواع المواسير طبقا لطريقة التصنيع بالرأس والذيل حيث يمكن عندئذ التوصيل بدفع الزيل فى الرأس باستخدام حلقة المطاط.

مواسير البلاستيك ذات الطبقات المركبة

Laminated And Composition Plastic Pipes:

هذا النوع من مواسير البلاستيك يجمع ما بين البلاستك من الثيرموبلاستك كبطانة داخلية (Liner) ومادة البلاستيك من الثيرموسيت للجسم الخارجى للماسورة. وهذا النوع من المواسير يسمى كذلك المواسير ذات الطبقات المزدوجة (Duallaminated Pipes) وهى توفر مزايا الثيرموبلاستيك ومزايا الثيرموسيت المسلح بالصوف الزجاجى لما له من صلابة.

كما يمكن كذلك استخدام المعادن مع البلاستيك لانتاج ماسورة ذات قدرة تحمل عالية ومقاومة للتآكل. فى حالة الماسورة من المعدن والبلاستيك فإنها تكون من المعدن المغلف من الخارج بالبلاستيك والمبطن من الداخل بالبلاستيك (الثيرموبلاستيك فى الحالتين). عندئذ تتوفر للماسورة المتانة الخاصة بالمعدن وقوة التحمل ومقاومة التآكل لمادة البلاستيك.

جـ- مواسير الفخار المزجج: Vitrified ClayPipes

مواسير الفخار المزجج هى مواسير إنحدار ولا تستخدم سوى فى شبكات الصرف الصحى أساسا. وتنتج الماسورة والقطع من طفله خام الحديد الأسوانلى ومسحوق التالف من

المواسير (الجروج) والخلط بالماء فى خلاطات خاصة حلزونية لانتاج عجينه تصنيع الماسورة. يتم تشكيل الماسورة طبقا للقطر الاسمى وسمك البدن فى فرم خاصة لكل منتج. يتم حرق الماسورة فى أفران إما ثابتة أو نفقية (Tunnel) عند درجات حرارة متدرجة ولمدد معينة. يتم التزجيج (Glazing) إما بخلط العجينة بالملح أو محلول البوكسايت أو برش الملح فى الأفران الثابتة أو بغمر الماسورة بعد تشكيلها فى مستحلب البوكسايت. ويمكن عمل التزجيج إما داخلى أو خارجى أو كليهما. وحرق الملح أو البوكسايت ينتج عنه طبقة زجاجية مانعة لنفاذ المياه ومقاومة لأنواع التآكل من املاح السيليكا والحديد. تنتج الماسورة بالسمك العادى أو السمك الزائد والذى يعادل ١,٥ السمك العادى فى حالة الاستخدام بالتحميل الزائد تختبر الماسورة بضغط هيدروستاتيكى ٠,٧ جوى لمدة ٥ ثوان بمعدلات خاصة طبقا للقطر. كما تجرى إختبارات التهشيم ومقاومة الأحماض والقلويات وإختبارات التحميل وامتصاص المياه.

تضع المواسير والقطع بالراس والذيل والتوصيل بحبل القلفاط والمونة الاسمنتيه ويفضل استخدام الوصلة المرنة (مادة البلاستيك مبطنة للرأس ومحيطه بالذيل) فى التربة العدوانية. أطوال المواسير من ١,٥ – ٢ متر.

٩- طرق توصيل المواسير والقطع أشكال (٣١- ٣٧) (Joining Method)

الأنواع المختلفة من المواسير تكون عادة مستقيمة ويتم توصيل المواسير عند وضعها فى الخندق. و توصيل المواسير يمكن أن يوصف بالآتى:

وصلات صلبه (RigidJoints)

وصلات شبه صلبه (Semi RigidJoints)

وصلات مرنة (Flexible)

أ- الوصلات الصلبة:

الوصلات الصلبة تكون إما باللحام أو التوصيل بالفلنجات ولا يحدث أى إنحناء بين المواسير المتقابله بعد عمل الوصلة. وبعض هذه الوصلات الملحومة مثل لحام الراس والذيل

يمكن أن يوفر إنحناءاً نسبيا قبل إكتمال اللحام بما يمكن وضع خط المواسير على شكل منحنى. أشكال ٣٢، ٣٥ .

(١) اللحامـــات:

اللحامات لمواسير الصلب:

لحام قورة فى قورة للنهايات المشطوفة شكل (٥، ٣١) .

لحام راس وزيل شكل (٩) .

اللحامات لمواسير البلاستيك.

باستخدام المذيب لتوصيل المواسير والقطع من PVC، CPVC حيث تتم خطوات الالتصاق بالمذيب كالآتى شكل (٣٧) .

- يتم القطع العمودى للماسورة باستخدام المنشار اليدوى أو باستخدام قاطع مواسير البلاستيك (PlasticPipe Cutter) .
- يتم إزالة كل الشوائب من نهاية الماسورة وكذلك أى رطوبة أو أتربة.
- تستخدم فرشه التوسيع المناسبة طبقا لقطر الماسورة المستخدمة كما فى الجدول (٢٣) .
- يتم تليين سطح التلامس (الالتصاق) باستخدام المذيب (مادة الالتصاق) .
- تستخدم مادة الإلتصاق التى تكفى للماسورة والوصلة لملىء الفراغ شكل (٣٧) .
- تثبيت الماسورة والوصلة عندما تكون مادة اللصق مازالت سائلة.
- يتم لف الماسورة ببطىء عند التثبيت ثم الامساك بعد ذلك لمدة ٣٠ ثانية لمنع خروج الماسورة من اللحام.
- تزال مادة اللصق الزائدة عن اللحام. يتم التداول بحرص فى مرحلة الجفاف.

الجدول (٢٤) يوضح أدنى زمن للشك لمختلف أقطار المواسير ودرجات الحرارة.

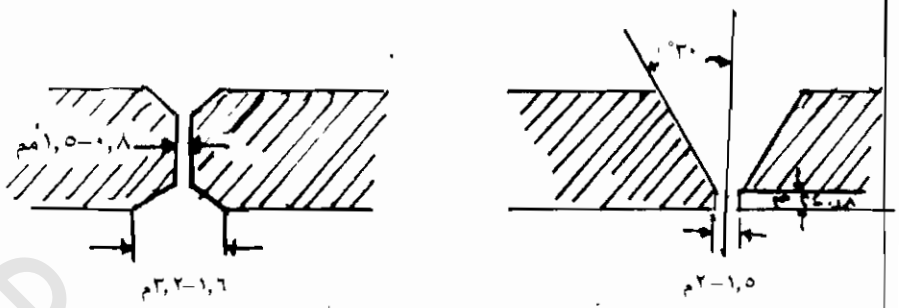
جدول (٢٥) فرشة التوسيع للماسورة البلاستك حسب قطر الماسورة

أدنى طول		أقصى عرض		أدنى طول	
بوصة	مليمتر	بوصة	مليمتر	بوصة	مليمتر
١ - ١ ١/٤	٣٢-٢٥	١	٢٥	١ ١/٢	٤٠
٢ - ١/٢	٥٠-٤٠	١ ١/٢	٤٠	٢	٥٠
٣	٨٠	٢ ١/٢	٦٥	٣	٨٠
٤	١٠٠	٣	٨٠	٣ ١/٢	٩٠
٦	١٥٠	٥	١٢٥	٥ ١/٢	١٤٠
٨	٢٠٠	٦	١٨٠	٦	١٥٠

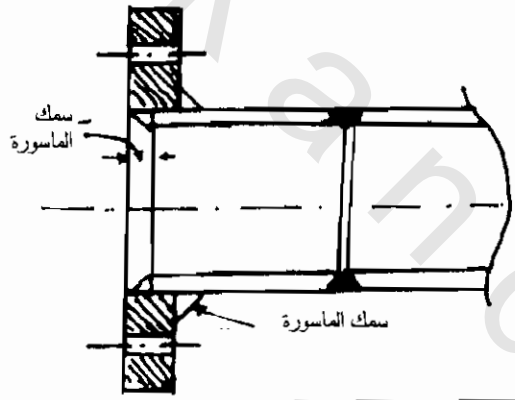
جدول (٢٤) ، الشك الأولى والنهائى لمادة اللصق فى درجة حرارة ١٥- ٤٠ م

القطر	بوصة ملميتر	١/٢ - ١ ١/٤ ١٥ - ٣٢	١ ١/٢ - ٣ ٤٠ - ٨٠	٣ ١/٢ - ٨ ٩٠ - ٢٠٠	١٠ - ١٤ ٢٥٠ - ٣٥٠	١٦ - ٢٤ ٤٠٠ - ٦٠٠
الشك الأولى		١٥ ق	٣٠ ق	١ ساعة	٢ ساعة	٤ ساعة
الشك النهائى		١ - ٦ ساعة	٢ - ١٢ ساعة	٦ - ٢٤ ساعة	٢٤ ساعة	٤٨ - ٧٢ ساعة

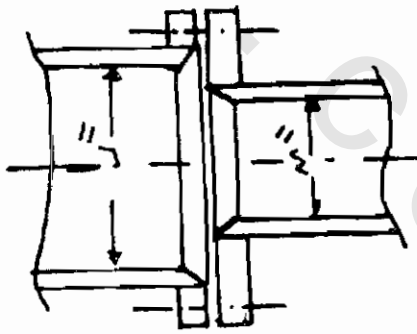
الشك (التصلب) الأولى يمكن من الانشاء العادى والتداول، الشك النهائى يمكن من التشغيل تحت ضغط. يلزم زيادة زمن الشك ٥٠٪ فى الأماكن الرطبة.



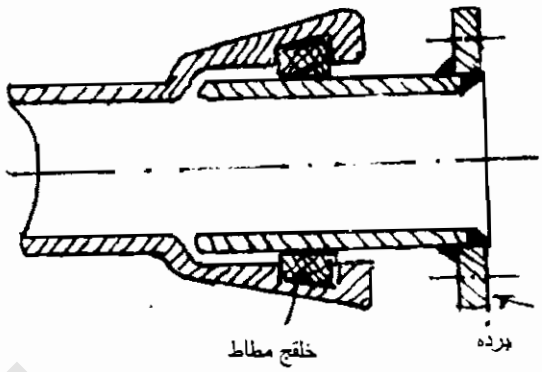
شكل (٣١) شطف النهايات لعمل اللحامات اليدوية



شكل (٣٢)
لحام فلنجة بالرقبة فى ماسورة صلب



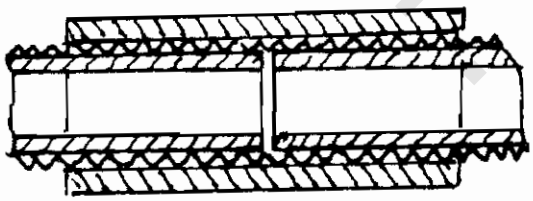
شكل (٣٣)
فلنجات لتوصيل الأقطار المختلفة



شكل (٣٤)

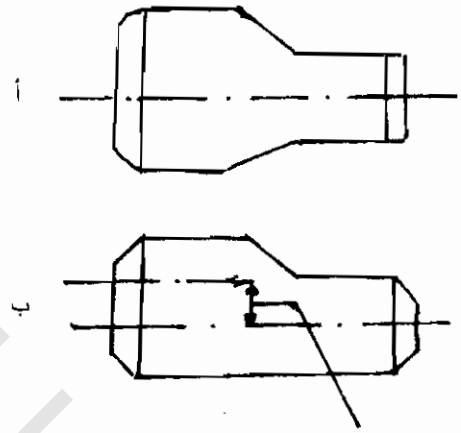
فلنجة برقبة لتوصيل ماسورة بالفلنجة

بماسورة راس وذيل أو التوصيل القطع والمحابس بالفلنجات فى خط مواسير راس وذيل زهر مرن واللحام بالرصاص أو مركب الأسسبتوس أو الحلقة المطاط عند التوصيل بمواسير الأسبستوس أو الخرسانية



شكل (٣٥)

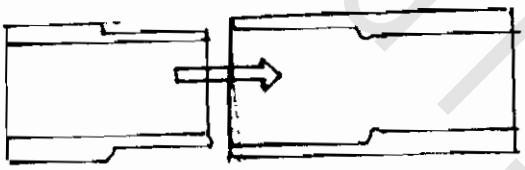
جلبة لتوصيل طرفى ماسورتين صلب بالفلاووظ



شكل (٣٦) المساليب

أ- مسلوب مركزى

ب- مسلوب غير مركزى



شكل (٣٧)

اللحام بالمذيب للمواسير

PVC

obeikandi.com

لحام مواسير البولي إثيلين (PE)

يتم لحام مواسير البولى إثيلين بالحرارة المباشرة أو الغير مباشرة على أسطح الاتصال. تجرى اللحامات للمواسير بالرأس والزيل حيث يتم إدخال الزيل فى الرأس أو اللحام قورة فى قورة للنهايات المستوية والتى تلتصق تحت الضغط أثناء التسخين.

تستخدم تقنيات خاصة للتحكم فى درجة الحرارة والضغط واستقامة المواسير بعد اللحام لتجنب الأخطاء البشرية.

ب - الوصلات شبه صلبه: اشكال (٣٤، ٣٨، ٣٩، ٤٠، ٤١) Semi Rigid Joints

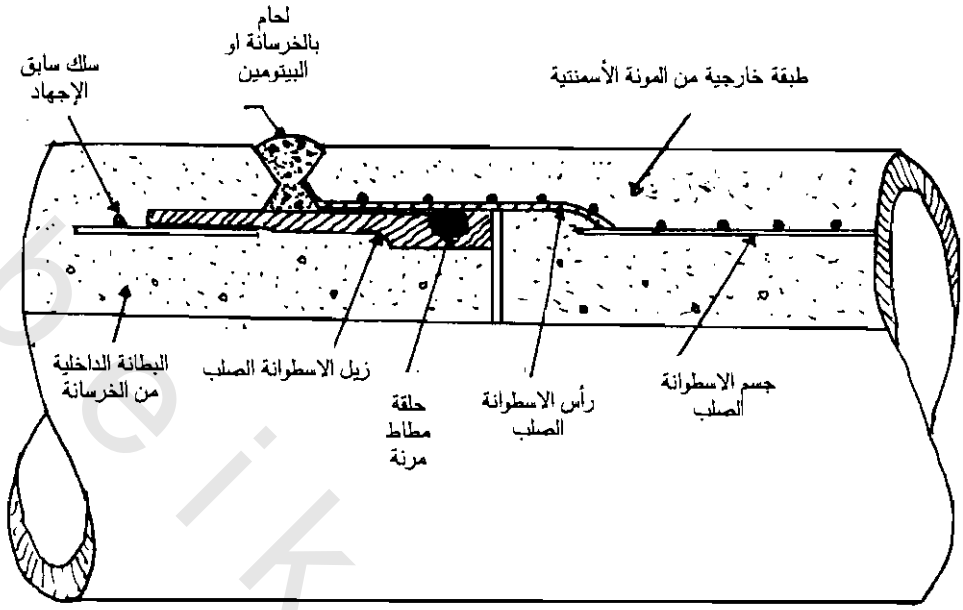
التوصيلات شبه الصلبة تشمل لحام الرأس والذيل لمواسير الزهر والصلب مع ملىء الفراغ بالرصاص أو مركب الأسسيتوس. والجى بولت (Gland Bolt) لمواسير GRB، الأسسيتوس، الخرسانة ، الملحة، البلاستيك بنهايات مستوية.

الوصلات المرنة: Flexible Joint

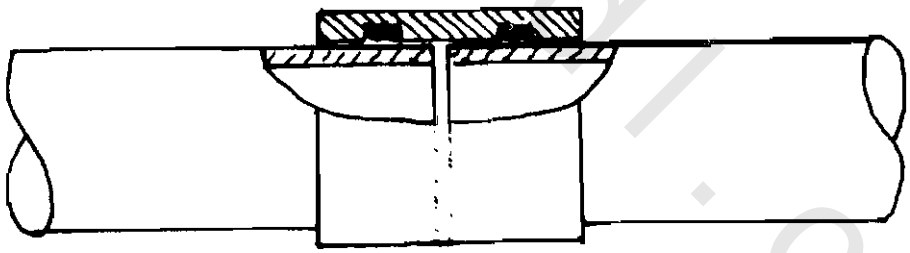
وهى إما بالحلقة المطاط المفردة كما فى حالة مواسير البلاستيك راس وذيل ومواسير الزهر أو الصلب أو الخرسانة سابقة الإجهاد ذات الرأس والذيل.

أو بالحلقة المطاط المزدوجة كما فى حالة مواسير الفخار راس وذيل بالوصلة المرنة او الوصلة المنيانى المستخدمة فى مواسير الأسستبوس حيث تستخدم جزء من ماسورة لربط ماسورتين ويكون الفاصل بين السطح الداخلى للرباط والسطح الخارجى للمواسير حوالى اسم ليسمح بتمدد الأسمنت عند الالتصاق بالماء.

توجد وصلات بالمونة الأسمنتية فقط وهى تعتبر من الوصلات الصلبه. وتستخدم فى مواسير الفخار راس وزيل وفى مواسير الخرسانة سابقة الإجهاد راس وزيل، حيث يتم الملىء بالقلفاظ وهو شريط من الأسسيتوس المعالج ثم إكتمال العمه بالمونة الأسمنتيه. فى التربة الحامضية يتحول أكسيد الكالسيوم فى الاسمنت الى الكبريتات وتحدث زيادة فى الحجم وتشقق فى الرباط الأسمنتى والذى يسبب التسرب. ولذلك يفضل استخدام الوصلة المرنة باستخدام الحلقة المطاط فى مثل هذه الحالات. أى استخدام الوصلة المرنة بدلا من الوصلة الصلبة. أنواع الوصلات شكل (٤٢).



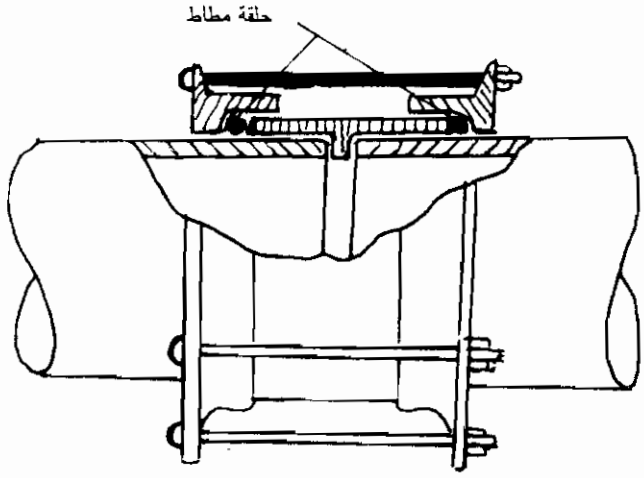
شكل (٣٨) التوصيل لمواسير سابقة الإجهاد بالأسطوانة الصلب



شكل (٣٩)

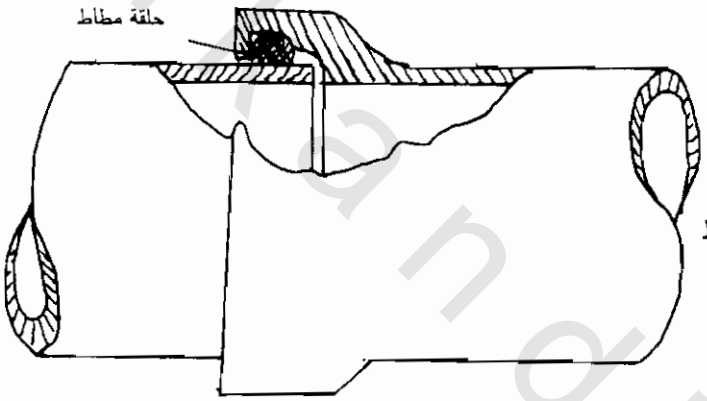
الوصلة المنيانى باستخدام، حلقة مطاط لمواسير الأسبستوس

obeikandl.com



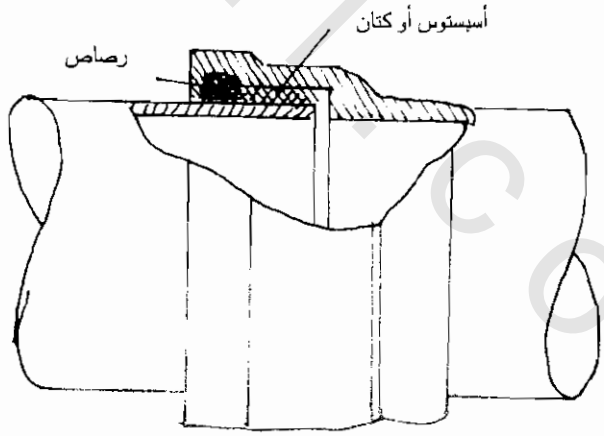
شكل (٤٠)

جى بولت، ٢ حلقة مطاط للنهايات المستوية لمواسير الاسينوس، الزهر، جى آرى، البلاستيك، الخرسانة المسلحة



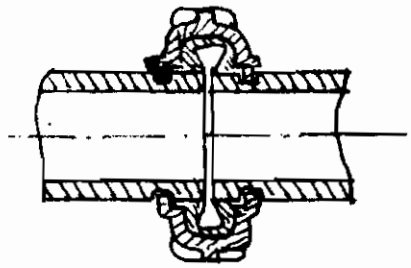
شكل (٤١- أ)

الوصلة المرنة بالحلقة المطاط للمواسير براس وزيل

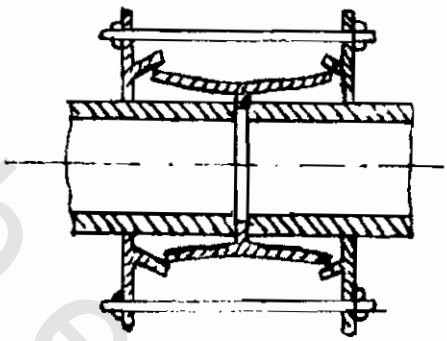


شكل (٤١- ب)

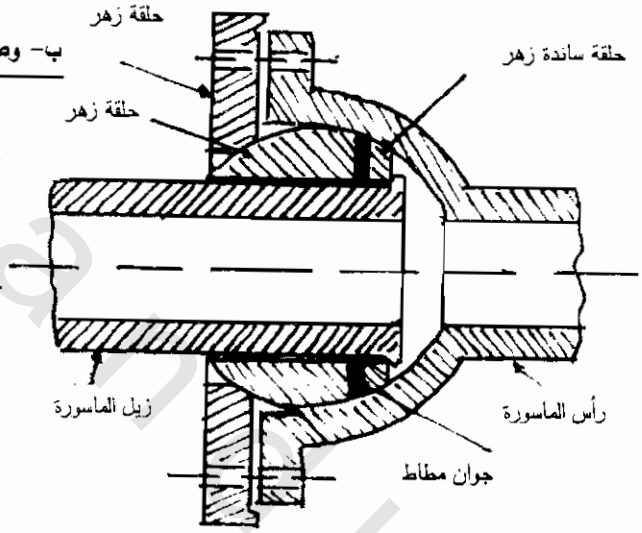
الوصلة راس وزيل بالملىء



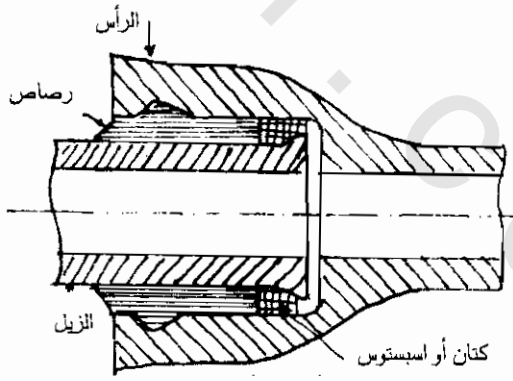
أ- وصلة Victaulic



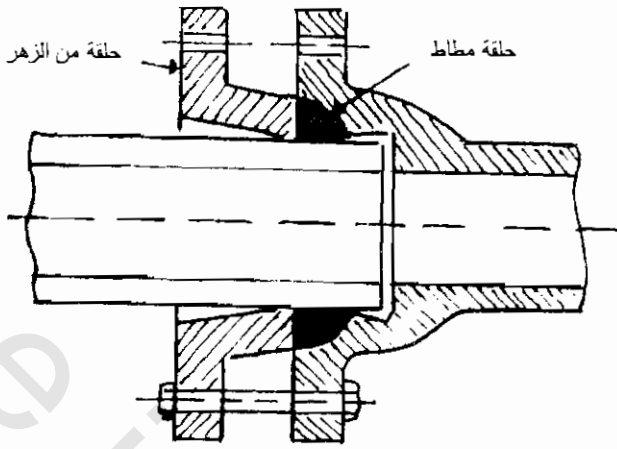
ب- وصلة الغطاء (Dvesser Coupl)



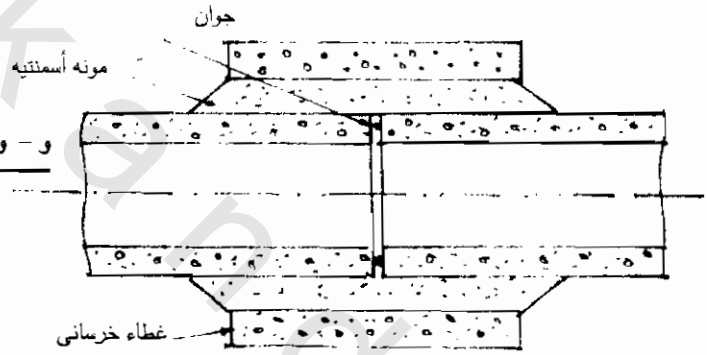
جـ - وصلة مرنة



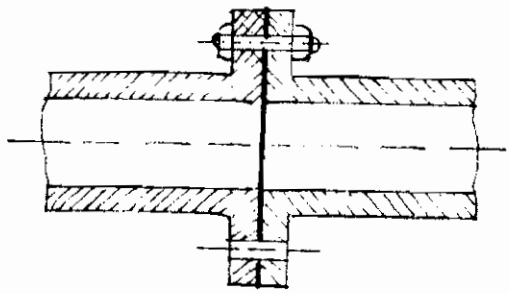
د - توصيل الراس والزيل باستخدام الرصاص



هـ – وصلة تمدد



و – وصلة غطاء خـرسـانى



ز – وصلة للمواسير الصلب بالفلنجات

شكل (٤٢) أنواع الوصلات (أ– ز)

جـ- الجوانات والحلقات المطاط المستخدمة في التوصيل:

تستخدم الجوانات بين أوشاش الفلنجات وتكون إما باتساع وجه الفلنجة أو فى الحيز الداخلى لدائرة التخريم. ويكون الجوان إما من المطاط أو مادة الأسبستوس المعالجة للضغوط العادية كما فى حالة شبكات المياه. أما فى حالة الضغوط المرتفعة وعدوانية السائل (مثل خامات ومشتقات البترول) عندئذ تكون الجوانات من مادة لا تتآكل كالمطاط، الحديد الطرى أو الاسبستوس المعالج، عندئذ يكون شكل الجوان إما مستوى أو فى شكل متعرج (Corrilated) لإحكام عدم التسرب عند الانضغاط.

يجب أن تكون الجوانات أو الحلقات المطاط بالحجم الكافى لملىء الفراغ وأن تكون من قطعة واحدة بما يجعلها محكمة وغير منفذه للمياه. وأن يكون السطح أملس خالى من الثقوب والشقوق والعيوب المماثلة.

يكون المطاط المستخدم بما لا يقل عن ٥٠ ٪ من المطاط الصناعى أو المخلوط فرز أول والباقى ما لا يقل عن ١٠ – ٢٠ ٪ من مادة SBR- 1500 للمحافظة على كفاءة الخاصية المطاطية والباقى مواد ملىء من المطاط الكهنة.

يجب أن يتوفر لدى مركب المطاط المواصفات التالية.

الاستطالة حتى القطع لا تقل عن ٣٥٠ ٪

الكثافة النوعية من ٠,٩٥ الى ١,٤٥ ± ٠,٠٥

اختبار الانضغاط لا يزيد عن ٢٠ ٪ ويتم على قرص من المطاط سمك ٢/١".

بعد التعرض للعوامل الجوية لمدة ٩٦ ساعة فى الهواء عند درجة حرارة ٧٠°م لا يزيد الانخفاض فى جهد الشد عن ٢٠ ٪ من جهد الشد الأصلى.

تجرى اختبارات حلقات المطاط (أو الجوانات) للتأكد من أن المادة تم استوائها (Cured) وأنها متجانسة وأنه عند القطع للمطاط لا تظهر أى فراغات أو عيوب أخرى التى تعيق الضغط اللازم والحجم اللازم لاحكام عدم التسرب أو التلف.

الباب الثانى

التآكل فى خطوط نقل وتوزيع المياه

obeikandl.com

obeikandl.com

الفهرس

البنود	الموضوعات	الصفحات
	مقدمة	١٠٢
١	التآكل الكهروكيميائى	١٠٣
٢	التآكل الجلفنى	١٢٠
٣	التآكل فى خلية التركيز	١٢١
٤	عوامل تنشيط التآكل فى السبائك المعدنية	١٢٢
٥	التآكل الثقبى	١٢٤
٦	التآكل الجوى	١٢٥
٧	التآكل فى التربة	١٢٥
٨	التآكل بفعل التيارات الكهربية الشاردة	١٤٠
٩	التآكل بفعل العوامل الميكانيكية	١٤٤
١٠	التآكل البيولوچى والكبريتى	١٤٥
١١	عوامل تنشيط التآكل الداخلى للمواسير	١٥٢
١٢	طرق قياس التآكل	١٥٦

obeikandl.com

مقدمة

تعريـــف التآكـــل:

التآكل هو التلف أو التغير فى خصائص المادة نتيجة التفاعل مع المجال الملاصق.

وفى مجال المياه فإن الماده يمكن أن تكون ماسورة معدنية أو أسمنتية أما فى المجال الملاصق فإنه المياه فى داخل الماسورة أو خارجها.

التآكل يحدث لجميع المواد المعدنية بدرجات متفاوتة وأكثر المعادن مقاومة للتأكل هى المعادن الثمينة (الذهب، البلاتين، الفضة)، تآكل المعادن أو صدأ المعادن هو محاولة المعدن العودة الى خاماته الطبيعية التى أنتج منها عند تعرضه للمجال المائى أو رطوبة التربة أو الهواء. مثال ذلك تآكل معدن الحديد وتحوله الى اكسيد الحديديك (الصدأ) وهذا المركب هو مركب خام الحديد الذى يسمى الهيماتيت. المياه سواء الملاصقة لسطح المعدن أو فى التربة أو الهواء هى التى تسبب التآكل. ولتحديد خصائص المياه التى تسبب التآكل فإن الإجابة السليمة أن جميعها تسبب التآكل بنسب تعتمد على خصائصها الطبيعية والكيميائيه وكذلك على طبيعة مادة الصنع للمواسير.

فمثلا المياه التى تكون عدوانية لماسورة من الحديد المجلفن قد لا تكون عدوانية لماسورة من النحاس.

التآكل يحدث نتيجة عوامل طبيعية وكيميائية وبيولوجية وكهروكيميائية للمواسير المعدنية أساسا وكذلك للمواسير الخرسانية والمسلحة الخرسانية سابقة الإجهاد لوجود معدن الحديد فى تسليح هذه المواسير. أما المواسير من المواد الخرسانية والبطانة من المونة الأسمنتيه لمواسير الزهر أو الصلب ومواسير الأسبستوس الأسمنتيه فإنها معرضه للتآكل الكيميائى أساسا حيث يتوقف معدل التآكل على الرقم الهيدروجينى للماء الملاصق أو التربة الملاصقة وكذلك على نوع الأسمنت المستخدم فى صناعة المواسير.

التآكل يحدث داخل المواسير أو خارجها.

١- نظرية التآكل الكهروكيميائي

أ- تعريف التآكل الكهروكيميائي

Electro Chemical Corrosion

التآكل الكهروكيميائى هو الشكل الرئيسى لتآكل المعادل ومن عوامل تنشيطه الظروف الطبيعية والكيميائيه والبيولوجية والكهروكيميائيه للمجال الملاصق الداخلى أو الخارجى (بالنسبة للمواسير) وكذلك طبيعة المعدن المعرض.

ولتوضيح طبيعة التآكل الكهروكيميائى للمعادن ونظرا لأن الماء (سواء داخل الماسورة أو فى التربة أو فى الهواء) هى السبب الرئيسى لحدوث التآكل فى المعادن. لذلك يلزم الاشارة الى طبيعة المياه.

فى الماء يذوب تقريبا كل الأملاح إلى درجة ما، وتتراوح الإذابة ما بين أقل من القليل الى تركيزات عالية تزيد على تركيز الملح فى مياه البحر. عند إزابة الأملاح فى الماء فإنها تنفصل الى نوعين من الأيونات وهما الكاتأيونات (Cations) والآن أيونات (Anions) التى لها شحنات كهربية متضادة وتنفصل من نفسها بالماء نفسه.

مثال: فى حالة كلوريد الصوزيوم المذاب فى الماء يكون شكل الأيونات كالاتى:

$$Nacl \rightarrow Na^{+} + cl^{-}$$

كاتأيونات الصوديوم موجبة الشحنة وآن أيونات الكلورسالبه الشحنة.

هذه الأيونات التى توفر القدرة للماء على توصيل التيار الكهربى.

وذلك لأنها تعمل على تحول الماء (H_2O) الى كاتأيونات الهيدروجين الموجبة (H+) وآن أيونات الإيدروكيد السالبه (OH^{-}).

$$H_2O \rightarrow H^{+} + OH^{-}$$

المياه المقطرة بها أيونات أملاح قليلة جدا نسبيا لذلك فإن ٠,٠٠٠١ فى المائه من الماء تنفصل فقط الى كاتأيونات الهيدروجين وآن أيونات الايدروكيد. بما يجعل المياه المقطره

الخالية من الأملاح المذابه لها قدرة صغيره جدا على حمل التيار الكهربى وبالتالى القدرة المنخفضه جدا على توصيل التيار الكهربى. ولذلك فعند إزابة الأملاح فى الماء فإن الأيونات الناتجة تعمل على التوصيل اللازم لحدوث تيار التآكل، حيث تتجه الكاتأيونات الموجبه الى قطب الكاثود السالب والآن أيونات السالبه الى قطب الآنود الموجب.

عند وضع معدن فى ماء به أملاح مذابه يسمى الماء عندئذ الإليكتروليت (Electrolyte). عند سطح التلامس للمعدن مع الماء يحدث فرق فى الجهد ما بين الإليكتروليت وسطح المعدن الملامس. وفرق الجهد هو نتيجة محاولة المعدن التحول الى حالة الإتزان مع الإليكتروليت (Equilibruim). ويمكن توضيح ذلك عند وضع قطعة من الزنك فى الماء شكل (٤٣)، الزنك معدن يميل بشده الى الذوبان فى الماء ولهذا يعطى أيونات الزنك (Zn^{++}) والتى تظل قريبه من سطع المعدن

$$Zn \leftrightarrow Zn^{++} + Ze^{-}$$

وكذلك الإليكترونات المنطلقة ولهذا فإن شريحة الزنك تكون سالبة بالنسبة للماء. وتقريبا يمكن إعتبار ذلك مكثف يحمل السالب والموجب فى طبقة مزدوجة سمكها حوالى ($١٠^{-٧}$سم) أى واحد تانوميتر وهذه الطبقة تسمى الطبقة الكهروكيميائية المزدوجة. فرق الجهد بين المعدن والاليكتروليت يكون كبيرا ويصل الى $١٠^{٧}$ فولت/ سم، حيث يكون جهد معدن الزنك سالب بالنسبة للماء المحتوى على أملاح مذابة (اليكتروليت) وبنفس الطريقة عند غمر شريحة من النحاس فى الماء (اليكتروليت) يكون له جهد موجب بالنسبة للماء شكل (٤٤) نظرا لأن النحاس قليل الميل الى التأين. وعموما عند وضع معدن فى ماء به املاح مذابة، عند سطح التلامس للمعدن مع الماء يحدث فرق فى الجهد بين الماء والمعدن. وفرق الجهد هذا هو نتيجة محاولة المعدن التحول الى حالة الاتزان مع اليكتروليت ويمكن توضيح ذلك بالمعادلة.

$$Me \leftarrow Me^{Z+} + 2e^{-}$$

من هذه المعادلة يتضح أن المعدن يتآكل أو يذوب عندما يكون التفاعل فى اتجاه اليمين ويستمر هذا التفاعل حتى حدوث حالة الاتزان بين المعدن والاليكتروليت والذى يحتوى على أيونات المعدن. عند إتجاه التفاعل الى جهة اليمين تحدث الأكسده مع انتاج الإليكترونات

والتيار الناتج يسمى التيار الآنودى. وعند إتجاه التفاعل الى جهة اليسار فإن أيونات المعدن تختزل لاتحادها مع الإليكترونات والتيار الناتج فى هذه الحالة يسمى التيار الكانودى ولا يحدث تآكل. وهذه هى حالة الإتزان (EquiLibruim). سرعة التفاعل الكهروكيميائى تتأثر بجهد المعدن.

ب - تعريف الآنود والكاثود:

الشكل (٤٣) يبين أن جهد معدن الزنك بالنسبة للماء سالب والشكل (٤٤) يبين أن جهد معدن النحاس بالنسبة للماء موجب. الشكل (٤٥- أ) يبين أنه فى حالة توصيل معدنى الزنك والنحاس المغمورين فى الماء بموصل كهربى يصبح معدن الزنك الآنود ويتآكل ومعدن النحاس الكاثود ولا يتآكل ويتولد تيار كهربى نتيجة التفاعلات الكهروكيميائية وفى الشكل (٤٥- ب) حيث يتآكل معدن الزنك ولا يتآكل الجرافيت كما فى البطارية الجافة والشكل (٤٦) يوضح جهد المعدن مقابل التيار الكهربى. المنحنى المتصل يوضح مجموع التيار الناتج بأكسده واختزال نصف التفاعلات. النتيجة أن التيار يساوى صفر عند تساوى جهد الاكسدة مع جهد الاختزال. الشكل (٤٧) يوضح صورة كمية لتوزيع الشحنة على سطح المعدن.

من هذا يتضح أن لكل معدن جهد يمكن قياسه مقارنة بالمجال المائى الملاصق وذلك بقطب عيارى (Standard Electrode) مثل قطب نحاس/ كبريتات نحاس أو قطب فضة/ كلوريد فضه. ونظرا لأن جهد المعدن يختلف طبقا لحالة المياه الملاصقة ورقمها الهيدروجينى (pH)، لذلك تم تعيين جهد المعادن المختلفة فى مجال مائى واحد مقاسا بقطب عيارى. الشكل (٤٩) يوضح التسلسل فى جهد المعادن فى مياه الشرب والشكل (٤٨) التسلسل فى جهد المعادن فى مياه البحر، حيث القياس تم بواسطة قطب عيارى. من هذين الشكلين يتضح أن المعادن النفيسة (ذهب) بلاتين، فضه، لها أقل جهد وهى أقل نشاطا وهى كاثوديه ولا تتآكل والمعادن الأخرى لها أكبر جهد وهى أكثر نشاطا وتتآكل.

الآنود هو القطب الذى يتحرك اليه الآن أيونات السالبه، الكاتأيونات الموجبه تتحرك فى إتجاه الكاثود. الإليكترونات تنتقل من سطح الآنود خلال الموصل الكهربى الى سطح الكاثود

حيث تتفاعل مع الأيونات الموجبة مثل أيون الهيدروجين (+H) . التيار الكهربى يسير عكس إتجاه تدفق الاليكترونات أى من الكاثود الى الآنود أشكال (٥٠-٥٥) .

التفاعلات التى تحدث على سطح الآنود والكاثود:

تفاعلات الآنود (معدن الحديد كمثال)

$$F_{e(s)} \rightarrow Fe^{++} + 2e'$$
$$Fe^{++} + 2(OH') \rightarrow Fe\ (OH)_{2(s)}$$
$$2Fe^{++} + {}^{1}/_{2}\ O_2 + 4OH' \rightarrow FeOOH_{(s)} + H_2O$$

وقد تحدث التفاعلات التالية

$$Fe^{++} + CO''3 \rightarrow Fe\ CO_{3(s)}$$
$$2Fe\ CO_{3(s)} + {}^{1}/_{2}\ O_2 + H_2O \rightarrow 2Fe\ OOH_{(S)} + 2CO_2$$
$$3Fe\ CO_{3(s)} + {}^{1}/_{2}\ O_2 \rightarrow Fe_3O_4 + 3CO_2$$
$$2Fe\ (OH)_2 + 1{}^{1}/_{2}\ O_2 + (OH)' \rightarrow$$
$$2Fe_2\ O_3 + H_2O$$

وكذلك يوجد عند الكاثور كثير من التفاعلات منها عادة، هو جذب الإليكترونات بواسطة الأكسجين والهيدروجين

$$2H^{+} + 2e' \rightarrow H_2\ (\text{غاز})$$
$$2H^{+} + 2e' + O_2 \rightarrow H_2O$$
$$OH' + {}^{1}/_{4}\ O_2 + {}^{1}/_{2}\ H_2O \rightarrow OH'$$

التفاعل الأخير يسبب إرتفاع فى الرقم الهيدروجينى قرب الكاثود ويعمل على تنشيط التفاعلات التالية:

$$OH' + HCO_3' \rightarrow CO_3'' + H_2O$$
$$Ca^{++} + CO_2 \rightarrow Ce\ CO_{3\ (s)}$$

الكربونات المرسية تحد من إستمرار تفاعلات التآكل كما أن تراكم غاز الهيدروجين عند الكاثور يوقف التآكل ومع وجود الاكسجين المذاب يتحول الى ماء ويستمر التآكل.

جـ- خلية التآكل الكهروكيميائي:

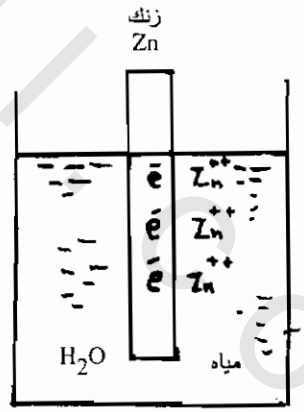
لحدوث التآكل فى المعدن فإنه يلزم توفر خلية التآكل الكهروكيميائى

وهى تتكون من الآنود والكاثود وموصل كهربى بين الآنود والكاثود لانتقال الاليكترونات وعودة التيار الكهربى والسائل (الاليكتروليت) الذى يحمل الأيونات بين الآنود والكاثود.

الخلية الكهروكيميائية اذا كانت منتجة لطاقة كهربية مع إستنفاذ طاقة كيميائية تسمى خلية جلفنية (Galvanic) أما إذا كانت تحصل على الطاقة الكهربية من مصدر خارجى وتختزن طاقة كيماوية فإنها تسمى خلية اليكتروليتية (Electrolytic Call).

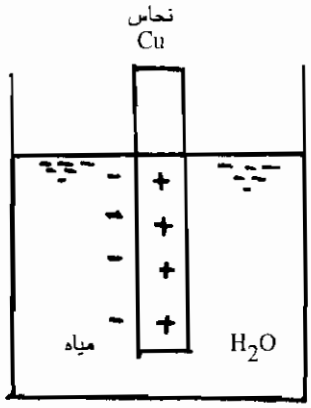
بعض الخلايا الجلفنيه يعطى لها أسماء مثل خلية التركيز (Concentrationcell) وهى خلية جلفنية القطبين من نفس المعدن ولكن تركيز المجال الملاصق المائى يختلف مما يجعل القطبين مختلفى الجهد كما أن المعدن نفسه يعمل كموصل كهربى بين القطبين وبهذا تكتمل مكونات الخلية الجلفنية. خلية التآكل هى خلية جلفنية.

خلية التآكل الصغيره جدا (٠,١ مم) تسمى خلية محلية أو تسمى خلية ميكروجلفنية (Local cell or Microgalvanic Cell).



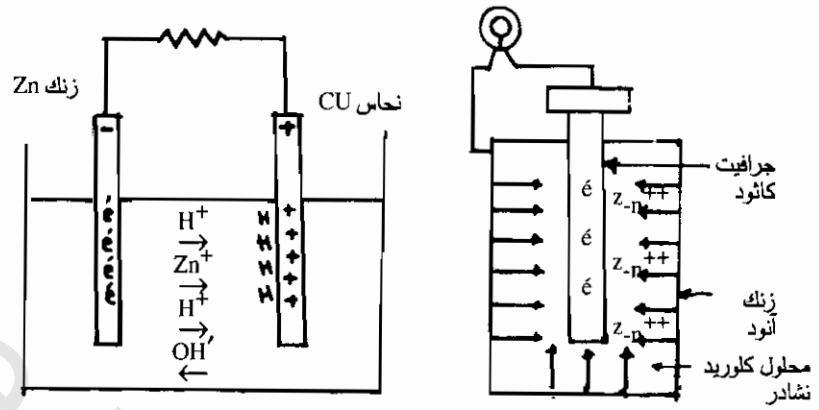
شكل (٤٣)

زنك سالب بالنسبة للماء

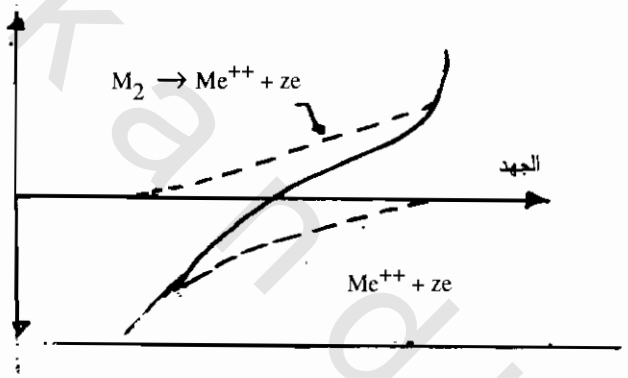


شكل (٤٤)

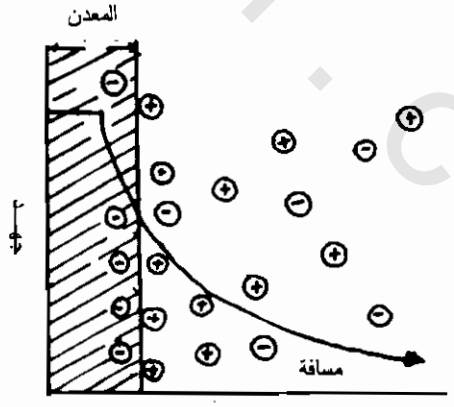
النحاس موجبة بالنسبة للماء



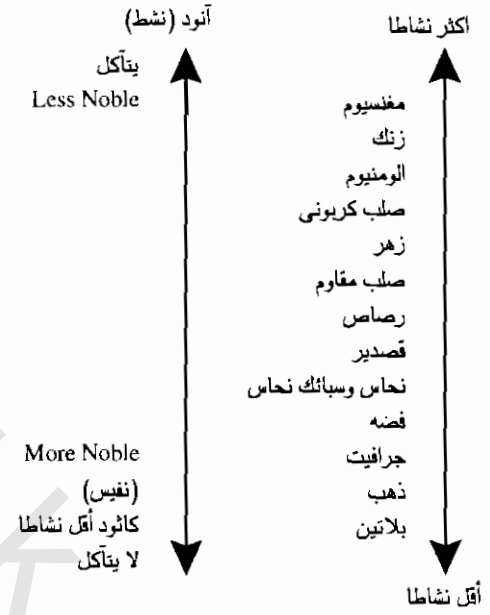
شكل (٤٥) حالات تدفق اليكترونات وأيونات وتوليد تيار كربى



شكل (٤٦) الجهد مقابل التيار للتفاعل الكيميائى



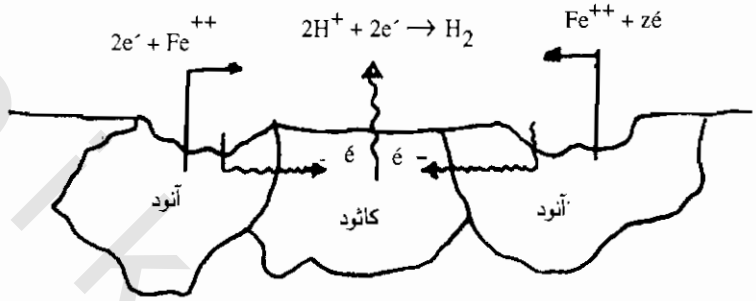
شكل (٤٧) توزيع الجهد على سطح القطب المعدنى



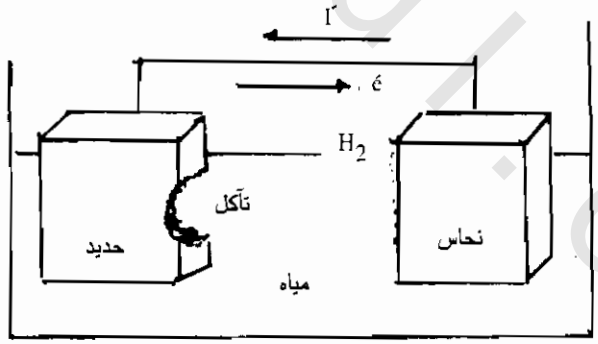
شكل (٤٨) التسلسل الجلفنى للمعادن فى مياه البحر مقاس بقطب عيارى

شكل (٤٩) التسلسل الجلفنى للمعادن فى مياه
الشرب مقاس بقطب عيارى (نحاس. كبريتات نحاس)

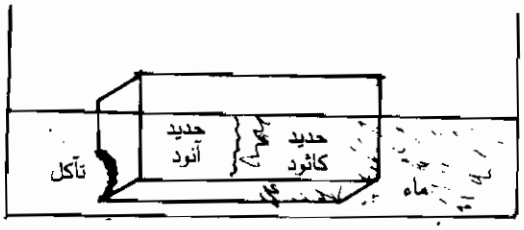
الخلايا المحلية أو الموضعية تحدث على السبائك ذات المحتوى المختلف من المعادن أو المحتويه على شوائب من الأكاسيد والكبريتيد والكربون.. الخ. الخلية الموضعية تؤدى الى تآكل موضعى مثل الثقوب (Pitty) أو التآكل الناتج عن التشقق بالإجهاد (Strees Comosin Cracking)



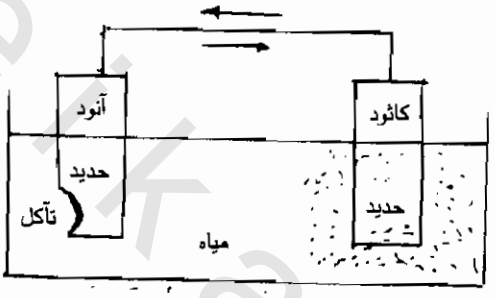
شكل (٥٠) تآكل الحديد فى محلول حامضى



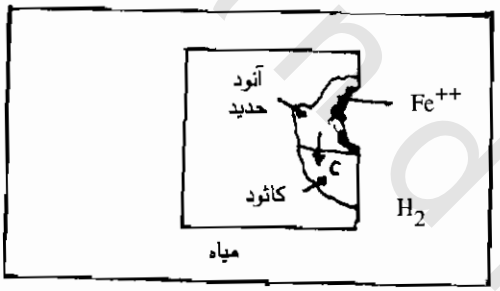
شكل (٥١) النحاس والحديد فى الماء وبينهما موصل



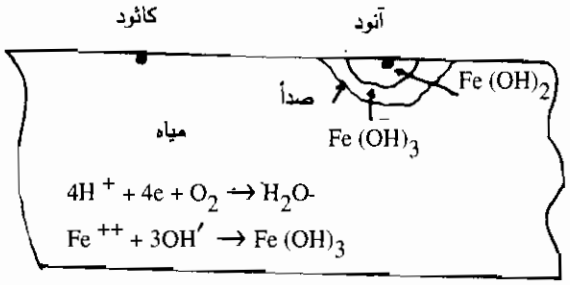
شكل (٥٢) حديد فى الماء مختلف التركيز



شكل (٥٣) حديد فى المياه الغير متجانسة



شكل (٥٤) تآكل موضعى للحديد



شكل (٥٥) تآكل للسطح الداخلى للماسورة

د - مخطط الجهد للمعدن- الرقم الهيدروجيني

Potential- pHDiagram

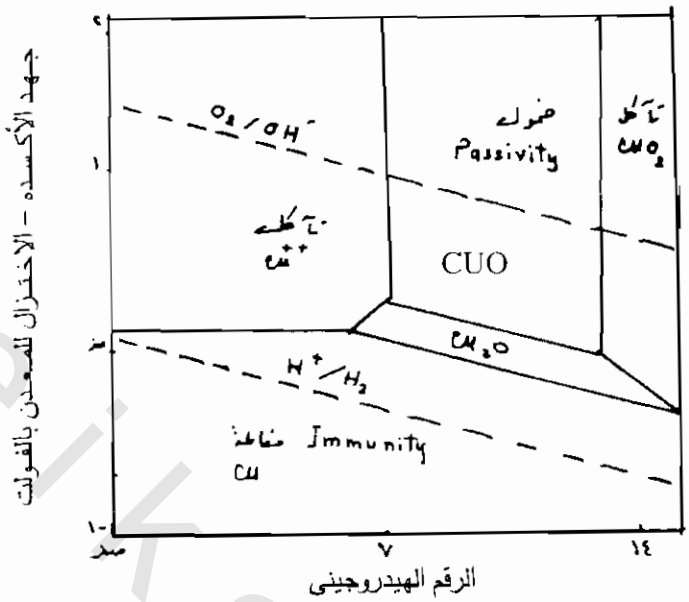
لدراسة حالات حدوث التآكل الكهروكيميائى فى المجال الرطب، يستفاد بمخططات بوربيـــاكس (Pourbiax's Diagrams) الشكل (٥٦)، الشكل (٥٧). فى هذه المخططات يوجد على المحور الرأسى جهد الأكسدة والإختزال (Redox Potential) للمعـدن وعلى المحور الأفقى الرقم الهيدروجينى.

الخطوط الغير متصلة المائله تبين جهد الأكسدة وجهد الإختزال. يوضح المنحنى أن جهد الأكسده والإختزال مع الأكسجين يتفوق فى مقاومة التآكل بـ ١,٢٣ فولت عن جهد الاكسده والاختزال مع الهيدروجين. وكذلك فإن جهد الأكسده والإختزال لكل من الاكسجين والهيدروجين يقل بـ ٠,٥٩ فولت لكل زيادة رقم هيدروجينى واحد. على المحور الرأسى جهد المعدن لا يتوقف على الرقم الهيدروجينى بل يشمل التغير فى تكافؤ المعدن أو نواتج التفاعل فى المجال الحامضى والقلوى والتعادل.

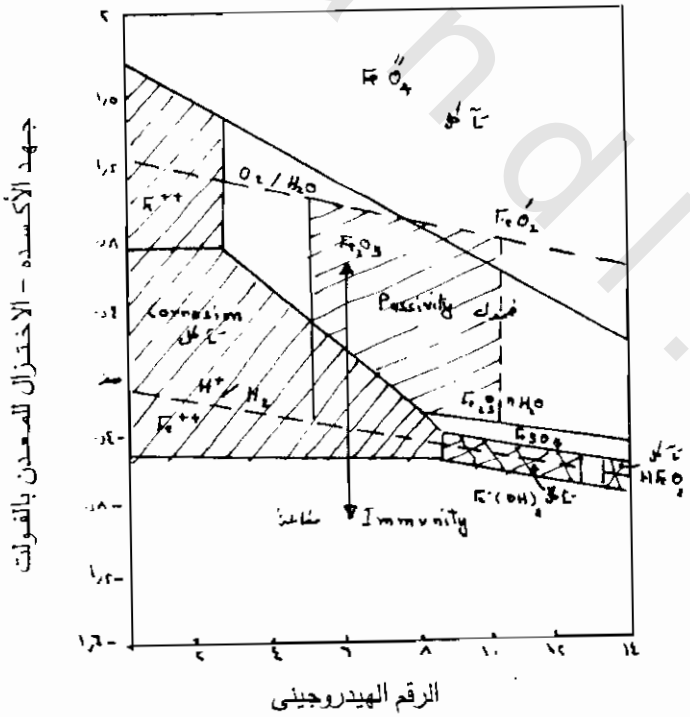
وفى حالة وجود المعدن فى حالة المناعة (Immunity) لا يحدث تآكل أو أى تفاعلات على سطح المعدن وهى حالة الإستقرار. وعند تكون طبقة على سطح المعدن من مركبات المعدن مثل الأكسيد وتكون هذه الطبقة ثابتة ولا تذوب فى الماء فإن المعدن يكون عندئذ فى حالة خمول (PassiveState) وفى حالة معدن الحديد فإن جهد قطب الهيدروجين يقع فوق منطقة المناعة (Immunity) على طول إختلاف الرقم الهيدروجينى وهذا يعنى أن الحديد قد يذوب مع تصاعد غاز الهيدروجين فى المحلول المائى عند كل القيم للرقم الهيدروجينى. ولكن عند رقم هيدروجينى من ٩,٤ حتى ١٢,٥ تتكون طبقة خمول (Passivity Layer) من أكاسيد الحديد والتى تكون طبقة حماية.

وعند رقم هيدروجينى أقل يتآكل الحديد مع تكون طبقة أيون الحديدوز Fe^{++}.

وعند رقم هيدروجينى أعلا فإن إيدروكسيد الحديدوز يذوب فى الماء مكونا مركب $NFeO_2$ وفى هذه الحالة يحدث ما يسمى بالتشقق القاعدى (Caustic Cracking) للصلب والذى هو أحد صور التشقق بفعل الإجهاد (Stress Corrosion Cracking). وعند زيادة الجـهـد فى مجال التآكل تتكون طبقة خمول من أكاسيد الحديد الغير مذابة ($Fe_2\ o_3\ nH_2o, Fe_3\ o_4$) وفـى المجال شديد الاكسدة تتكون أيونات $F_e\ o''_4$ التى تذوب ويحدث التآكل.



شكل (٥٦) مخطط الجهد – الرقم الهيدروجينى للنحاس فى محلول عند ٢٥°م



شكل (٥٧)
مخطط الجهد – للحديد فى محلول عند ٢٥°م المساحة المهشرة هى الخاصة بمياه الشرب

مما سبق يتضح وجود ثلاث طرق مختلفة لإبعاد معدن الحديد من منطقة التآكل أو لحماية معدن الحديد من التآكل وهى:

• خفض جهد المعدن الى منطقة المناعة (Immunity) وذلك يجعل معدن الحديد كاثود فى خلية جلفنيه أو اليكتروليتية. وهذا ما يسمى بالحماية الكاثودية (Cathodic Protection)

• برفع جهد المعدن الى منطقة الخمول وفى بعض الحالات يمكن تنفيذ ذلك يجعل المعدن آنود فى خلية جلفنية أو خلية اليكتروليتيه. وهذا ما يسمى بالحماية الآنوديه. والطريقة المتبعة لزيادة الجهد هو إضافة مثبط آنودى (Anodic Inbibitor) وهو عادة عامل مؤكسد يعمل على تكون طبقة خمول على سطح المعدن.

• يرفع الرقم الهيدروجينى أو قلوية الإليكتروليت حيث تتكون طبقة الخمول وبالنسبة للشكل (٥٦) الخاص بمخطط يورباكس للنحاس نجد أن جهد القطب الهيدروجينى للنحاس يقع فى منطقة المناعة فى جميع قيم الرقم الهيدروجينى وهذا يعنى أن المحاليل الخالية من الهواء والأحماض الغير مؤكسدة والأملاح والقلويات لا تحدث تآكل فى معدن النحاس. وفى المحاليل المحتويه على الهواء يتآكل النحاس. فى المحاليل الحامضية والمحاليل شديده القلوية يتكون أيون CU^{++} نتيجة تكون إيدروكسيد النحاس الذى يذوب فى الماء. وفى المجال الهيدروجينى من ٦,٧ – ١٢,٧ يغطى سطح النحاس بأكسيد النحاس Cuo الذى لا يذوب فى الماء. وفى حالة تكون طبقة من الاكسيد كثيفه وملتصقة يتوقف التآكل بسرعة. وعند رقم هيدروجينى فى الخطوط الفاصلة بين مناطق التآكل والخمول (قريبا منها) تحدث تغطية غير تامة مع إحتمال حدوث تآكل موضعى. هذا المخطط لا ينطبق فى حا لات وجود مواد تذيب اكاسيد النحاس بما يزيد التآكل مثل النشادر والسيانيد.

هـ - مقارنة بين الخمول وطبقة الحماية

(Passivation and Protective Scales)

الكيماويات المؤكسدة يمكنها أن تحقق الخمول لمعدن الحديد اساسا وذلك نتيجة تغطية سطح المعدن بطبقة كثيفة من اكسيد المعدن.. وفى حالة الخمول يكون معدل التآكل قليل جدا

ويمكن إهماله وفى التطبيقات الصناعية تستخدم الحماية الآنوديه مثل أملاح الكروم (Chromates) لجعل الحديد فى حالة خمول وتتوفر حالة الخمول بالعناصر المضافة للسبيكه مثل الكروم والنيكل وكذلك زيادة الرقم الهيدروجينى لها تأثير على بعض المعادن. وعلى الجانب الاخر فان أيونات الكلوريد يمكن أن تسبب تلف لطبقة الخمول وتعجل التآكل الثقبى.

أما فى حالة تكوين طبقة من الترسيبات (Scales) مثل كربونات الكالسيوم وكربونات الحديد على سطح المعدن فإنها تكون عادة اكبر سمكا من طبقة الخمول (الأكسيد) ولها نفاذية أكبر من طبقة الخمول. وإن كانت هذه الترسيبات تحد من التآكل لعدم وصول الأكسجين الى سطح المعدن. الخمول الحقيقى له اشتراطات خاصة حيث يجب أن تكون طبقة الأكسيد ثابتة ميكانيكيا وليس بها شروخ أو قشور وتكون مستمرة وليس بها نفازية.

أما حالة المناعة (Immunity) فإنها تتم فقط فى حالة الخمول والتغذية بطاقة كهربية خارجية وهو ما يسمى بالحماية الكاثودية.

و - التآكل العام والموضعى فى خلية التآكل الكهروكيميائى

التآكل إما أن يكون تآكل عام أو تآكل موضعى. ولحدوث التآكل فى المعدن يلزم توفر كل مكونات الخلية الكهروكيميائيه. وهذه المكونات هى الآنود والمكاثود وموصل خارجى بين الآنود والكاثود لنقل الاليكترونات وموصل داخلى أو محلول الإليكتروليت الذى يوصل الأيونات بين الآنود والكاثود شكل (٥٨). الآنود والكاثود هما مواقع على سطح المعدن يوجد بينهما فرق فى الجهد. فى حالة عدم توفر مكونات خلية التآكل الأربعة أو أى منها لا تتكون خلية تآكل ولا يحدث تآكل كهروكيميائى للمعدن.

تحدث الأكسدة (فقد الإليكترونات) والإذابة للمعدن عند الآنود. الاليكترونات الناتجة عن الأكسدة الآنوديه تتجه نحو الكاثود (خلال الموصل الخارجى) حيث تمتص بواسطة مستقبل للإليكترونات مثل أيون الهيدروجين (H^+). الأيونات الموجبة المتولده عند الآنود تتحرك نحو الكاثود والأيونات السالبه المتولده عند الكاثود تتحرك نحو الآنود طبقا للتدرج فى التركيز والمحافظة على محلول متعادل كهربيا.

تتأثر الأشكال المختلفة للتآكل بتوزيع مناطق الآنود والكاثود على سطح المعدن فإذا كانت هذه المناطق ميكروسكوبيه وقريبه من بعضها البعض فإن التآكل يكون منتظم نسبيا على كل سطح المعدن. ولكن فى حالة إنتشار هذه المناطق وخاصة إذا كان الاختلاف فى الجهد كبير يمكن تكون ثقوب (Pits) وأحيانا مع تكون ترسيبات غير منتظمة والتى تسمى (Tubercels).

ما يحدث فى خلية التآكل هو تحرك للإليكترونات وتفاعلات كيميائية ولذلك سمى هذا النوع من التآكل بالتآكل الكهروكيميائى. فى قطب الآنود الأكثر نشاطا حيث تنفصل الأليكترونات عن المعدن أى أن المعدن يتأكسد ويتحول الى أيون $M \leftrightarrow M^{+} + é$.

والتفاعل الآخل هو ما يحدث فى منطقة الكاثود (الأقل نشاطا) حيث تمتص الاليكترونات على سطح الكاثود (يحدث إختزال) بواسطة أيون الهيدروجين (H^{+}) والذى له وجود مستمر للتحلل الطبيعى للمياه مكونا غاز الهيدروجين.

$$H_2O \leftrightarrow H^{+} + OH'$$
$$2H^{+} + 2e' \rightarrow H_2 \text{ (غاز)}$$

وأيونات معدن الحديد (الآنود) عند فقد ٢ إليكترون (حدوث الأكسدة) فإن هذه الأيونات تذوب فى الماء لتحولها الى مركب الحديدوز المذاب.

$$2\,Fe \leftrightarrow Fe^{++} + 2e'$$
$$Fe^{++} + 2\,(OH') \leftrightarrow Fe\,(OH)_2$$

الإليكترونات تنتقل من الآنود الى الكاثود من خلال سلك موصل بين معدنين أو من خلال جسم المعدن نفسه حيث تتحد مع أيون الهيدروجين (H^{+}) على سطح الكاثود (إختزال) ويتكون غاز الهيدروجين الذى يتراكم على الكاثود وبذا يحدث إستقطاب (Polarization) ويتوقف التآكل. ويقوم الأكسجين بدور هام فى تنشيط التآكل حيث يتفاعل مع نواتج التفاعل الاولى فى كل من الآنود والكاثود.

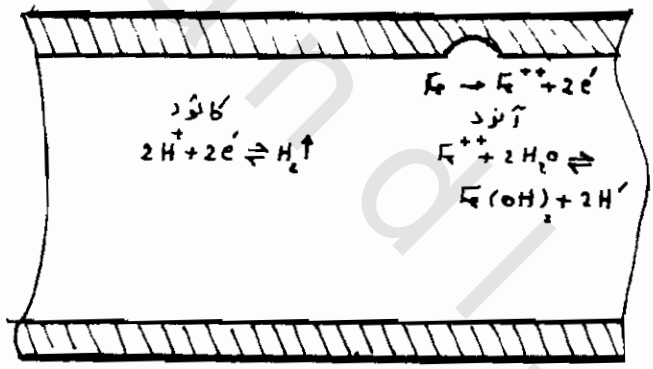
فى منطقة الآنود يتفاعل مع إيدروكسيد الحديدوز الذى يذوب فى الماء مكونا ايدروكسيد الحديديك أو الصدأ $Fe(OH)_3$.

$$Fe(OH)_2 + 2H_2 \rightarrow 4\ Fe(OH)_3$$

وفى منطقة الكاثود يتفاعل الاكسجين مع غاز الهيدروجين مكونا الماء وبذا يمنع الاستقطاب ويستمر التآكل.

$$\underbrace{4H^+ + 4\acute{e}}_{2H_2} + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

فى الواقع فإن الآنود والكاثود ليسوا دائما منفصلين بل إنهما منتشرين على كل سطح المعدن الواحد نتيجة للمواد المضافة فى سبيكة المعدن وكذلك لوجود الشوائب. توجد تفسيرات كثيرة لتفاعلات التآكل.



شكل (٥٨) تفاعلات مبسطة للآنود الكاثود للحديد فى الماء

ز - التآكل الكهروكيميائي الموضعى والعام:

(Localand General Electrochemical Corrosion)

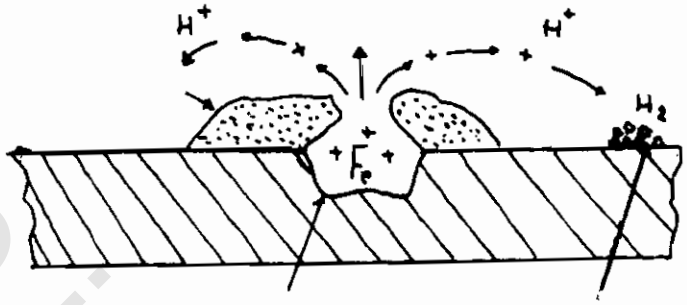
فى حالة حدوث تآكل موضعى فى خلايا تآكل واضحة فإن إزابة المعدن قد تحدث فى أحد الأماكن وأكسدة نواتج التآكل فى موقع آخر بينما ترسيبها فى مكان ثالث شكل (٥٩،

٦٠) فى مثل هذه الحالة فليس من المحتمل تكون طبقة حماية لإيقاف التآكل. إذا كان سطح الآنود صغير مقارنة بسطح الكاثود فإن التآكل الموضعى يكون شديدا وإن كان الفقد فى المعدن يكون صغيرا. وإذا كان سطح الآنود والكاثود غير واضحين أى فى مساحات صغيرة جدا أو أن يتغيرا على سطح المعدن فإن التآكل يكون منتظم وبالتالى يوجد إحتمال تكون طبقة مستمره من نواتج التآكل وإيقاف التآكل. يمكن عندئذ القول بأن التآكل الكهروكيميائى العام يؤدى الى التآكل المنتظم بينما التآكل الموضعى الكهروكيميائى ينتج عنه تلف موضعى مثل الثقوب أو الشقوق.

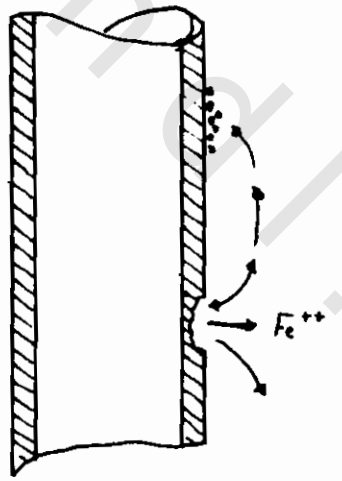
عند حدوث تآكل منتظم على سطح المعدن فإنه يمكن إعتبار المعدن متعدد الأقطاب (Polyelectrode). والسبب فى ذلك قد يكون لعدم تجانس المعدن حيث الاختلاف فى الجهد فى الأماكن المختلفة أو بسبب إختلاف التركيز لعوامل الأكسدة والإختزال فى المحلول بما يسبب إختلافات لحظية فى المحلول.

شواهد التآكل العام والموضعى جدول (٢٧)

التآكل العام	التآكل الموضعى الكهروكيميائى
الآنود والكاثود غير منفصلين	الآنود والكاثود منفصلين
الآنود = الكاثود	الآنود أصغر من الكاثود
جهد الآنود = جهد الكاثور = جهد التآكل	جهد الآنود أصغر من جهد الكاثود
نواتج التآكل يمكن أن تحقق حماية	نواتج التآكل لاتحقق حماية
ينتج عنه تآكل منتظم	ينتج عنه تآكل موضوعى



شكل (٥٩) الآنود والكاثود يمكن أن يكونا متجاورين
على سطح المعدن الواحد ويحدث التآكل



شكل (٦٠) تآكل الحديد عند الآنود ينتج عنه
ترسيب أكسيد وإيدروكسيد الحديد عند الكاثود.

٢ - التآكل الجلفني نتيجة التصاق المعادن الغير متماثلة:

Galvanic Corrosion

فى حالة التصاق معدنين أو سبيكتين فى مجال رطب فإن المعدن فى الترتيب الأول للتسلسل الجلفنى يكون الآنود والتالى يكون الكاثود شكل (٤٨، ٤٩). وكلما بعد الفاصل فى التسلسل الجلفنى بين المعدنين كلما زاد فرق الجهد بينهما وبالتالى زاد جهد التآكل وزاد معدل التآكل. كما يزداد معدل التآكل بزيادة الالتصاق وزيادة مساحة الكاثود عن مساحة الآنود وزيادة قدرة التوصيل الكهربى للماء بزيادة الأملاح المذابة والاكسجين المذاب.

التآكل الجلفنى يسبب مشكلة عند التصاق النحاس الأصفر أو البرونز أو النحاس الأحمر مع الألومنيوم أو الحديد المجلفن أو الحديد. حيث المعادن المحتويه على النحاس تكون كاثودية بالنسبة للألومنيوم، والحديد المجلفن (أى الحديد المغطى بطبقة من الزنك) أو الحديد. فى وجود الماء يتآكل الألومنيوم أو الحديد المجلفن.

فى السباكة عند التصاق مواسير النحاس مع مواسير الحديد المجلفن يحدث التآكل الجلفنى عند نقطة الالتصاق ويتآكل فيها الزنك لكونه آنود وتتم حماية النحاس من التآكل لكونه كاثود. وتزداد حدة التآكل الجلفنى عند التصاق مواسير من معادن مختلفة عند الأكواع بالإضافة الى أن هذا التآكل متوقع عند التصاق معدنين مختلفين فى أى موقع فى الشبكة. عند إستخدام محابس النحاس الأصفر فى خطوط المياه المجلفنه أو عند إستخدام وصلات الحديد المجلفن فى خطوط المواسير من النحاس (وخاصة فى سخانات المياه). فى هذه الحالات يحدث التآكل فى قلاووظ (Threads) الماسورة المجلفنه فى شكل ثقوب وقد تظهر نواتج التآكل على السطح الخارجى للماسورة ثم تجف.. وتزداد شدة التآكل عند التصاق جزء صغير (وصلة) من معدن اكثر نشاطا مثل الحديد المجلفن. فى خط مواسير من النحاس، فإن الوصلة الصغيرة من الحديد المجلفن تتآكل لكونها آنود صغير المساحة والنحاس لما له من مساحة كاثوديه ذات جهد كبير لا يتآكل.

يمكن الحد من التآكل الجلفنى بتجنب الإلتصاق للمعادن المختلفة فى الجهد باستخدام عازل كهربى بينهما وكلما قرب المعدنين من بعضهما فى التسلسل الجلفنى كلما قلت فرص التآكل حيث يجب ألا يزيد الفرق فى الجهد بينهما عن ٥٠ مليفولت مقاس بقطب عيارى لنجنب التآكل.

٣- التآكل في خلية التركيز: Concentration Cell Corrosion

يتغير جهد المعدن الواحد طبقا لتركيز المحلول المائى الملاصق (الاليكتروليت). فى حالة إختلاف التركيز بين منطقتين للمعدن الواحد فإن هذا يعمل على تنشيط تفاعل التآكل، ويستمر التآكل حتى يتساوى التركيز وتساوى الجهد، ويسمى هذا تآكل خلية التركيز.

أحد الأسباب العادية للتآكل هو إختلاف تركيز الأكسجين المذاب أو الهيدروجين على سطح المعدن. عندما يكون السبب هو الأكسجين المذاب يسمى هذا تآكل لاختلاف تركيز الأكسجين (OxygenDifferential Concentration). عادة المساحات التى يحدث فيها التآكل بسبب إختلاف الأكسجين تكون بين سطحين كما فى حالة مسامير البرشام، فى الفراغات تحت الورد ومسامير الرباط وكذلك فى المناطق أسفل طبقات التغطية لسطح المعدن مع وجود ثقوب (Pinholes) أو أسفل تراكمات البكتريا أو الترسيبات. يشارك الأكسجين فى التفاعل الكاثودى فالجزء من المعدن الملاصق لتركيز عالى من الأكسجين يصبح الكاثود والجزء الملاصق للتركيز المنخفض يصبح الآنود ويتآكل. ويلاحظ هذا فى التآكل الذى يحدث أسفل الملصقات على الأسطح المعدنية.

النقص فى الأكسجين يمكن أن يكون بسبب تفاعلات التآكل كتفاعل الأكسجين مع الحديدوز أو استهلاك الأكسجين بفعل تراكما البكتريا الهوائية. وقد يرجع النقص فى الاكسجين نتيجة صعوبة وصول الأكسجين الى أماكن التراكمات البكتيريه أو الترسيبات الكيماويه أو الدرنات أو لخفض الأكسجين فى الفراغات أو قلاووظ مسامير الرباط هذا مع وفره الأكسجين المذاب فى المناطق المجاورة الكاثوديه. عندئذ يستمر التآكل فى المناطق ذات الأكسجين المنخفض بما يؤدى الى الثقوب وزيادة عمق الفراغات. ولهذا فإن الإختلاف فى تركيز الأكسجين هو السبب فيما يسمى بالتآكل الحفرى (Crevice Corrosion).

نوع آخر من خلايا التركيز وهو خلية الإختلاف فى التهوية للمعدن الواحد. (Differential Aerafion Cell). وهذا يؤدى الى نوع من التآكل يسمى التآكل الخطى (Line Corrosion). وهذا النوع من التآكل يحدث للمعادن أسفل منسوب سطح الماء مباشرة فى حالة المعادن المغمورة جزئيا فى الماء. وكذلك للمعادن المغمورة جزئيا فى التربه وفى مياه البحر. وفى هذه الحالات يحدث التآكل للمعدن أسفل منسوب المجال الملاصق (الماء أو التربة) لكونه آنود حيث تركيز الأكسجين أقل من أكسجين الهواء الجوى بينما باقى المعدن المغمور جزئياً والمعرض للهواء الجوى يكون كاثود ولا يتآكل.

وفى حالة وجود خشونة أو عدم نعومة سطح المعدن المعرض فإنه توجد فراغات تفتقر الى الأكسجين عن بقية سطح المعدن والتى تصبح آنود وتتآكل. لذلك يوصى بالاعداد الجيد لسطح المعدن ليكون ناعما باستخدام الرمالة (Sand Blast Or Grit Blast). التآكل فى الفراغات والجيوب (Crevice Corrosion) وهو أحد أشكال تآكل خلايا التركيز الموضعى ويكون كذلك بسبب النقص فى الاكسجين والتغير فى الرقم الهيدروجينى والأيونات المذابة. ويحدث فى الفواصل بين الوصلات المعدنية والفراغات فى اللحامات المتداخلة إن وجدت وأسفل مسامير الرباط والبرشام وينشط التآكل أيون الكلور مثل التآكل الثقبى.

٤ - عوامل تنشيط التآكل بفعل الشوائب والعناصر المضافة في السبائك المعدنية:

فى مكونات قطعة المعدن الواحد أو السبيكة الواحدة يوجد كقاعدة عامة أماكن بها عناصر مختلفة ومختلفة الجهد. ينطبق هذا على كل السبائك المعدنية. مثال ذلك الجرافيت فى الزهر الرمادى والزهر المرن ومركب الكربون والمغنسيوم فى الزهر المرن والجرافيت فى الصلب الكربونى. وهذه المركبات بين المعدن (Intermetallic Compounds) التى تتجمع حول الفواصل البينيه للمعدن بما يجعل هذه الفواصل أكثر نشاط أقل ندرة (Less Noble) عن المعدن المجاور وبالتالى اكثر قابلية للتآكل ومناسبة لتكون خلية تآكل موضعية والتى تسبب التآكل البينى لبلورات المعدن (InterCrystalline Corrosion)، مثال آخر وهو التآكل الجرافيتى (Graphitization) والذى يحدث للزهر الرمادى حيث يتحول الحديد الى صدأ

لكونه آنودى بالنسبة للجرافيت. عندئذ يكون الحديد مع الجرافيت مادة أسفنجيه ليس لها مقاومة ويسهل قطعها بالسكين كقطعه الجبن، وهذا النوع من التآكل يحدث للزهر الرمادى الذى لم تتوفر له الحماية وذلك فى حالة التصاقه بالماء أو التربة.

مقاومة التآكل للسبيكة المعدنية تتوقف على مكوناتها حيث تزداد المقاومة للتآكل بزيادة نسبة المعادن الأقل نشاط وأكثر ندره والتى تعتبر كاثوديه بالنسبة لمعدن الحديد حيث تكتسب السبيكه صفة مقاومة التآكل لهذا المعدن النفيس. مثال ذلك فى حالة الصلب المقاوم للصدأ فإن مقاومة السبيكه للتآكل مثل مقاومة الكروم الذى يدخل فى مكونات السبيكه. وكذلك فى حالة سبيكه البرونز التى تتكون من النحاس والنيكل حيث تكتسب السبيكه مقاومة التآكل لمعدن النيكل وهو معدن نفيس مقارنة بمعدن النحاس. أما فى حالة سبيكه النحاس الأصفر والتى تتكون من النحاس والزنك ولكون الزنك أكثر نشاطا وأقل ندرة من النحاس فإنه يعمل كآنود ويتآكل ويسمى هذا التآكل بالتآكل الإختيارى (Selective Corrosion Or Dizentification). وتظل السبيكة فى شكلها العادى مع وجود ثقوب وانخفاض القدرة الميكانيكيه. وتحدث عملية التآكل هذه فى شكل خلايا تآكل جلفنى موضعية (Local Galvanic Corrosion Cell) حيث ينشط الزنك كآنود بينما ينشط الكاثود من النحاس بامتصاص الأكسجين. وتعالج هذه الظاهرة بإضافة الأنتيمون أو الزرنيخ الى سبيكة النحاس الأصفر بما يجعله مقاوم لازالة الزنك.

كذلك فإن إضافة السيليكون فى صناعة الزهر والصلب فى شكل فيروسيليكون (FeSi) من عوامل مقاومة التآكل.

كما يحدث التآكل فى المناطق المحنويه على شوائب الكبريت الذى يمتص أيون الكلوريد ويسبب التآكل البينى أو التآكل بفعل الإجهادات.

(Intercystalline Or Fatigue Corrosion)

٥ - التآكل الثقبي: (Pitty Corrosion)

التآكل الثقبى هو أحد أشكال التآكل الذى يحدث كثيرا على السطح الخارجى لمعدن الماسورة الملاصق للتربة أو فى السطح الداخلى للماسورة الملاصق للمياه (مياه أو مياه صرف) . التآكل الثقبى يكون فى شكل ثقوب نافذة ويسبب التلف للماسورة فى خلال أسابيع أو شهور بينما باقى معدن الماسورة لم يحدث له تآكل نسبياً. يحدث التآكل الثقبى عند إزالة جزء من مادة العزل للماسورة أو وجود ثقوب فى مادة العزل بفعل العوامل الطبيعية أو الكيماوية أو لعدم كفاءة التغطية الكاملة لسطح المعدن أو فى حالة الإزالة لطبقة الأكسيد جزئيا التى توفر الحماية لسطح المعدن.

عوامل تنشيط التآكل الثقبى هو وجود أيونات معدن كاثودى بالنسبة للحديد على سطح المعدن. فنرى أن الصلب والحديد المجلفن يحدث له تآكل ثقبى بكميات صغيرة من مثل هذه المعادن كالنحاس (حوالى ٠,٠١ ملجرام / لتر) حيث تتكون خلية جلفنية. وكذلك فى حالة التغطية الآنودية للمعدن بأكسيد المعدن مع وجود أيون الكلوريد أو الكلور المتبقى يمكن أن يذيب طبقة الأكسيد وبمجرد تكون الثقب يحدث نقص فى الاكسجين ويصبح آنود ثم يستمر التآكل حتى نهاية سمك الماسورة وكذلك يتكون التآكل الثقبى حول شوائب الكبريت فى الصلب الكربونى. وعند التغطية الآنودية لمعدن الحديد بمادة أكثر ندرة من الحديد وأقل نشاطا مثل مادة القصدير (Tin) وعند الازالة الجزئية لطبقة الغطاء الآنودى. ولكون القصدير كاثودى بالنسبة للحديد يحدث التآكل الثقبى فى المنطقة الخالية من الغطاء بالقصدير. وجود الأكسجين المذاب والكلور المتبقى يحدث التآكل الثقبى فى النحاس.

التآكل الثقبى يحدث كذلك للصلب المقاوم فى حالة وجود أيون الكلوريد بنسبة اكبر من ٠,٦ ملجرام/ لتر (٧٠٠ جزء فى المليون) وخاصة فى منطقة اللحامات والمناطق حيث لا يوجد عزل أو حماية وكذلك عند إزالة الدرنات (Tubercels) نتيجة سرعة المياه وكشف سطح المعدن. ويحدث كذلك فى السطح الخارجى للمواسير المعرض للتربة وهو الظاهرة العامة للمواسير المعدنية بفعل التربة.

٦- التآكل الجوي: Atmospheric Corrosion

يختلف التآكل الجوى تبعا للموقع الجغرافى والظروف المحلية والتى تقسم الى مناخ المناطق الصناعية، المناطق الحضارية، المناطق الريفية، المناطق الساحلية البحرية. فى المناطق الصناعية يمكن أن يكون التآكل مائة ضعف ما يحدث فى الصحراء. التآكل يكون قليلا فى الأجناب الشرقية والجنوبية بالنسبة للمعدن المعرض عن الأجناب الغربية والشمالية نظرا لتعرض الأجناب الشمالية والجنوبية لأشعة الشمس بعد سقوط الأمطار أو الندى وثم جفافها. فى المناطق الساحلية حيث المناخ البحرى يكون تلوث الهواء بالملح هو المسبب للتآكل. ولذلك يقل التآكل مع زيادة البعد عن الساحل لانخفاض محتوى الهواء من الملح. ويزداد المحتوى من الملح وسرعة التآكل مع الإرتفاع عن سطح الأرض الى أقصى قيمة ثم ينخفض ثانيا وذلك لأن الأشجار والأحراش فوق سطح الأرض تبطىء من سرعة الرياح وتزيل رزاز الماء الملحى.

أخطر الملوثات الهوائية هو ثانى اكسيد الكبريت والذى يوجد فى الأدخنة الناتجة عن إحتراق الفحم والبترول وكثير من وقود المحركات نظرا لأن إستهلاك الوقود يزداد فى فصل الشتاء. يختلف تركيز ثانى أكسيد الكبريت فى المدن عن المناطق الصناعية ليكون من ٠,١ الى ١٠٠ ملجرام/ المتر المكعب. فى الهواء الملوث يكون معدل التآكل منخفض مع إنخفاض الرطوبة فى الجو لأقل من ٧٠٪ ومع زيادة الرطوبة يزداد معدل التآكل فى وجود ثانى اكسيد الكبريت حيث يتكثف بخار الماء وتتكون طبقة رقيقة من الاليكتروليت التى تنشط التآكل الكهروكيميائى. فى حالة إنخفاض درجة الحرارة الى أقل من الصفر لا يحدث تآكل نظرا لأنه يتطلب مياه فى الحالة السائلة. ولكن مع تجمد المياه فى الشقوق على الأسطح الخرسانية الغير ملساء فإن طبقة الخرسانة تتلف بفعل زيادة حجم المياه المتجمدة ويحدث هذا فى المواسير الخرسانية المعرضة للجو وليس لها طبقة حماية خارجية.

٧ - التآكل في التربة: Corrosion In Soil

تقسم مكونات التربة طبقا لحجم الحبيبات كما فى الجدول (٢٨) التربة تكون بأحجام سائدة باستثناء الطفلة التى هى نتيجة تفتت الصخور. بصرف النظر عن التركيب الكيماوى

لنوع التربة فإن الخصائص الطبيعية والكيميائية وخصائص التآكل تتوقف على حجم الحبيبات الى درجة كبيرة كلما صغر حجم الحبيبات كلما زادت المساحة السطحية. زيادة المساحة السطحية تزيد من التفكك بالعوامل الجوية والذى ينتج عنه وجود أملاح قابلة للذوبان فى الماء بالإضافة الى زيادة قدرة المادة على إحتواء المياه طبقا لحجم حبيبات السطح المبتل والخاصية الشعرية. زيادة الخاصية الشعرية تقلل من النفازية للماء والهواء جدول (٢٨).

الأراضى المنخفضة التى غمرت فى الماضى بمياه البحر تحتوى على أملاح بما يجعلها عدوانية ومنشطة للتآكل. المناطق السكانية المزدحمة حيث الصرف العشوائى وارتفاع منسوب المياه الجوفية تكون التربة فيها عدوانية.

إن زيادة الفرق فى المحتوى من المياه وكذلك الأكسجين بين التربة ذات الحبيبات الكبيرة والتربة ذات الحبيبات الصغيرة مثل الطفلة بما يجعل المعدن فى مثل هذه الحالات معرض للتآكل لوجود خلايا إختلاف التهوية والتى ينشطها وجود الأملاح المذابة التى تسهل سريان تيار التآكل.

جدول (٢٨) ارتفاع الماء بالخاصية الشعرية طبقا لنوع التربة

حالة حبيبات التربة	قطر الجيبات بالملتر	أرتفاع المياه بالخاصية القرية
كتل حجرية	أكبر من ٢٠٠	–
ركام حجرى	من ٢٠ – ٢٠٠	–
زلط	من ٢ – ٢٠	أصغر من ٣ سم
رمل	من ٠,٢ – ٢	من ٣ – ٣٠ سم
رمل ناعم	من ٠,٠٢ – ٠,٢	من ٣٠ – ٣٠٠ سم
طفله ورمل ناعم	من ٠,٠٠٢ – ٠,٠٢	من ٣ – ٣٠ متر
طفله خشنة	من ٠,٠٠٠٢ – ٠,٠٠٢	من ٣٠ – ٣٠٠ متر
طفلة ناعمة	أصغر من ٠,٠٠٠٢	أكبر من ٣٠٠ متر

أ- العلاقة بين الماء والهواء في التربة:

التربة كمجال للتآكل يمكن إعتبارها جسم مثقب مكون من مواد صلبة ومواد هلاميه ومواد مذابة ومواد أخرى جازبة للمياه (Hydrescopic) وكائنات حية دقيقة وتحتوى كذلك على ماء وهواء فى الفراغات المسامية. فوق المياه الجوفية فإن منطقة الخاصية الشعرية تكون ممتلئة بالمياه فى التربة ذات الحبيبات الصغيرة جدا بينما التربة ذات الحبيبات الكبيرة تكون الفراغات الكبيرة بها ممتلئة بالهواء. فإذا كان منسوب المياه الجوفية على عمق ١ متر فإن الرمال على سطح التربة تكون جافة أما فى حالة كون طبقة الطفلة على سطح التربة تكون رطبه وذلك لأن الطفلة والمواد الهلامية لها قدرة كبيرة على إحتجاز المياه.

لحدوث التآكل يلزم وجود كميه مياه فى التربة وكقاعدة عامه فإن وجود الأكسجين أساسى لحدوث التآكل. ولكن تآكل الصلب يمكن أن يحدث فى الظروف اللاهوائية وذلك لوجود البكتريا المختزله للكبريتات.

تنظيم وصول الهواء (الأكسجين) الى التربة يتم طبقا لحالة المياه فى التربة. إذا كانت مسام التربة ممتلئة جزئيا بالماء ويحدث إنتقال للأكسجين الى سطح المعدن بسرعة. كما فى حالة القشرة الأرضية التى تقع فوق منسوب المياه الجوفية والتى تسمى القشرة الجافة. أما أسفل منسوب المياه الجوفية فإن مسام التربه تكون ممتلئة بالمياه وهى تعمل كحاجز لمنع وصول الهواء الى المعدن.

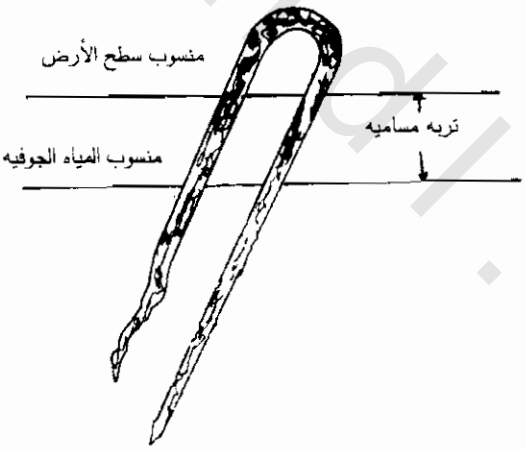
أهمية محتوى الماء من الأكسجين يوضح السبب فى أن التآكل يكون كبيرا جدا فوق منسوب المياه الجوفية عنه أسفل منسوب المياه الجوفية. ولهذا يحدث تغير فى شدة التآكل فى التربة بسبب رطوبة التربة أثناء الأمطار. الامطار الحقيقية تزيد من التآكل بينما الأمطار الثقيلة المستمرة ينتج عنها تشبع للتربة وبالتالى إنخفاض عدوانية التربة. وعند توقف هطول الأمطار مع إمتلاء مسام التربة بالهواء بدلا من الماء فإن التربة تعود لتصبح شديدة العدوانية.

تختلف مكونات الهواء فى التربة الرطبة عن مكوناته فى الجو بسبب العمليات البيولوجية التى تحدث فى التربة. فى التربة ينتج ثانى اكسيد الكربون وينخفض أو يستهلك الأكسجين نتيجة تحلل المواد العضوية. ولهذا ينخفض المحتوى من الأكسجين أسفل المياه الجوفية بسرعة بينما يزداد المحتوى من ثانى أكسيد الكربون وخاصة فى حالة عدم إمكان إمتصاص اكسجين الهواء الجوى طبقا لنوع التربة. مع اذابة ثانى اكسيد الكربون فإن الرقم الهيدروجينى سينخفض الى حوالى ٥. ولهذا يحتوى صدأ الحديد فى مثل هذه الحالات على كربونات الحديدوز شكل (٦١).

حالات إختلاف التهوية في التربة:

عند غرس قضيب من معدن الحديد فى التربة المعرضة لاختلاف تركيز الأكسجين والذى ينخفض مع زيادة العمق حيث ينعدم أسفل منسوب المياه الجوفية.

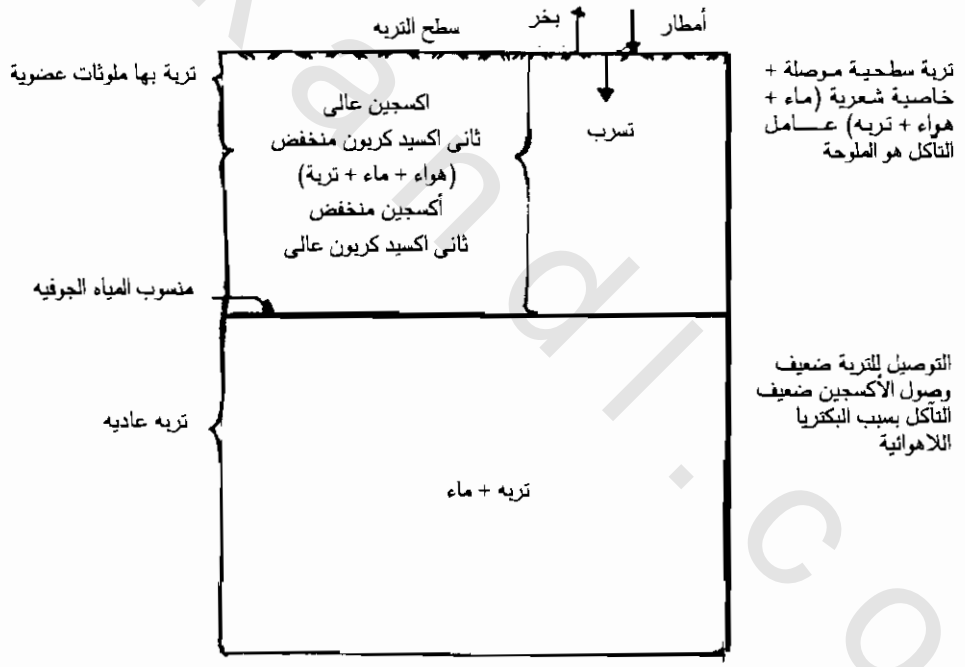
يحدث اكبر معدل للتأكل شكل (٦٢). خلايا إختلاف التهوية لا تتكون على الأعماق الكبيرة ولهذا لا تتكون خلايا اختلاف التهوية لانعدام محتوى التربة من الأكسجين.



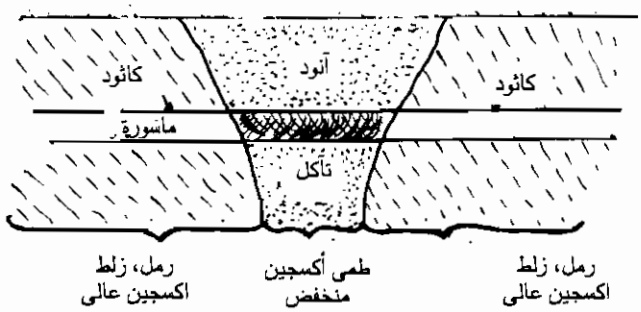
شكل (٦١) شوكه من الحديد تآكلت أسفل منسوب المياه الجوفية لوجود خلية اختلاف التهوية

فى الطبقة العليا من التربة تتكون خلايا إختلاف التهوية بكثرة على سطح أى منشأ معدنى وذلك تبعا لمكونات التربة والتى تتغير من نقطة الى نقطة حيث يختلف المحتوى من الماء وبالتالى الأكسجين. ولهذا يحدث التآكل فى الأراضى الرطبة من الطمى المحتوى على أحجام مختلفة من الزلط والرمل. عندئذ يكون الآنود محاط بالطمى والكاثود محاط بحبيبات التربة ذات الحجم الكبير.

الشكل (٦٣) يوضح التآكل بفعل خلايا إختلاف التهوية. أما فى حالة إحاطة المعدن كلية بالطمى فإنه تتوفر له الحماية. ولهذا فإن الطمى يمكن أن يسبب تآكل ويمكن أن يوفر حماية من التآكل. وكذلك فإن الطرق الخرسانية والأسفلتية تكون مجال يمنع وصول الأكسجين وبالتالى توفر الحماية من التآكل للمواسير أسفلها.



شكل (٦٢) حالات التآكل فوق وأسفل منسوب المياه الجوفية



شكل (٦٣) خلية تآكل بسبب إختلاف التهوية

ب - تقييم عدوانية التربة بالنسبة للمواسير المدفونة تحت الأرض:

(١) تقييم عدوانية التربة بالنسبة لمواسير الصلب:

من الناحية العملية فإن جدار ماسورة الصلب يكون محصورا بين غطار خارجى للعزل الكهربى والمائى وبطانة داخلية لحماية السطح الداخلى. تتوقف عدوانية التربة بالنسبة للصلب على عوامل طبيعية وكيميائية وتعتبر المقاومة الكهربائية للتربة هى العامل المهم لتقييم عدوانيتها والذى هو دلالة للأملاح فى التربة والتى تزيد من التوصيل الكهربى. فى الجدول (٢٩) يوضح تقييم عدوانية التربة بالنسبة للمقاومة الكهربية والتى تزيد كلما قلت الاملاح المذابة والتالى خفض التوصيل الكهربى.

جدول (٢٩) تقييم عدوانية التربة للصلب بالمقاومة الكهربية:

تقييم التربة	الوصف	المقاومة أوم – سم
١ – قليلة العدوانية	ممتازة	١٠٠٠٠ – ٦٠٠٠
٢ – متوسط العدوانية	جيدة	٦٠٠٠ – ٤٥٠٠
٣ – عدوانية	متوسطة	٤٥٠٠ – ٢٠٠٠
٤ – شديدة العدوانية	رديئة	٢٠٠٠ – صفر

كما يمكن بالتعرف على بعض خصائص التربة وعمل بعض الإختبارات تقييم العدوانية للتربة بالنسبة لمواسير الصلب كالآتى:

• تربة قليلة العدوانية:

وهى التربة ذات التصريف الجيد والتهوية الجيده مع عدم وجود إختلاف فى لون التربة إطلاقا وتجانسة. يكون منسوب المياه الجوفية منخفض جدا. ويشمل ذلك التربة الرمليه- الطينيه الرمليه- الطفليه المساميه الى أعماق كبيرة.

• تربة متوسطة العدوانية:

التهوية والمساميه للتربة متوسطة والتصريف متوسط. التغير فى لون التربة طفيف (أصفر، بنى، أصفر، رمادى) حتى عمق ٦- ٨ متر. ويكون منسوب المياه الجوفية منخفض. وفى حالة الأرض الزراعية تكون التربة جيدة التصريف ولا تحتاج لنظام صرف وتشمل التربة الرملية- الطفلية، الطفليه- الطينية.

• تربة عدوانية:

تكون التربة ضعيفة التهوية والمساميه والتصريف. اللون يكون عموما غامق. التغير فى اللون يكون قريبا من سطح التربة (٢- ٢,٥ متر). منسوب المياه على عمق ٢- ٤ متر. التربة عادة تكون ذات سطح مستوى وتحتاج الى نظام صرف وتتكون من الطفلة والطفلة الطينية.

• تربة شديدة العدوانية:

التهوية والتصريف ضعيف جدا. يكون اللون رمادى مائل الى الزرقه على أعماق حتى ٢- ٣ متر. منسوب خط المياه الجوفية قريب جدا من سطح الأرض. مساميه التربة ضعيفة جدا. تكون التربة محتويه على مخلفات نباتيه ومواد هلامية وكذلك التربة ذات منسوب المياه الجوفية المتغير. التربة الطينية أو الطفليه المحتويه على مواد عضوية.

obeikandi.com

(٢) تقييم عدوانية التربة بالنسبة لمواسير الزهر المرن والرمادي:

لتقييم عدوانية التربة لمواسير الزهر الرمادى والمرن يمكن الاسترشاد بنفس التقييم المتبع بالنسبة لمواسير الصلب. وقد قام إتحاد صناع الحديد الزهر فى أمريكا بتقييم عدوانيه التربة بالنسبة لمواسير الزهر طبقا لقيم من خمسة إختيارات وملاحظات. وهذه القيم هى المقاومة الكهربية للتربة، الرقم الهيدروجينى للتربه، جهد المعدن مقاس بقطب عيارى، وجود الكبريتيدات (Sulphides). والرطوبة فى التربة.

يتم الحصول على نتائج الإختبارات التى ذكرت للتربة وتقييمها طبقا للجدول (٣٠). يتم جمع النقاط للخمسة إختبارات لعينة التربة.

وتقيم عدوانيه التربه من واقع هذه القيم بجمع النقاط لكل الإختبارات وفى حالة نتيجة الجمع تكون عشرة فأكثر فإن التربة تكون عدوانية مما يتطلب عمل إجراءات الحماية.

openkandl.com

جدول (٣٠) تقييم عدوانية التربة لمواسير الزهر

م	الإختبارات	نقاط التقييم	طريقة عمل الاختيار
١	٢	٣	٤
١	**المقاومة أوم – سم**		قياس المقاومة الكهربائية دلالة لوجود الأملاح فى التربة يتم الاختبار بواسطة جهاز المقاومة زو القطب الواحد للقياس على أعماق التربة المحتلفة حتى الوصول الى التربة الأكثر مقاومة (أقل توصيل كهربائى) التى يمكن أن تلتصق بجسم الماسورة بعد دفنها فى التربة.
	أقل من ٧٠٠	١٠	
	٧٠٠ – ١٠٠٠	٨	
	١٠٠٠ – ١٢٠٠	٥	
	١٢٠٠ – ١٥٠٠	٢	
	١٥٠٠ – ٢٠٠٠	١	
	أكثر من ٢٠٠٠	صفر	
٢	**الرقم الهيدروجينى** (PH)		التربة ذات الرقم الهيدروجينى أقل من ٤ هى تربة حامضية وتعتبر عدوانية وكذلك تعتبر اليكتروليت جيد. التربة المتعادلة تساعد على نشاط البكتريا المختزلة للكبريتات. التربة حتى رقم هيدروجينى ٨,٥ غنية بالاملاح. عند زيادة الرقم الهيدروجينى حتى ١٢,٥ تتكون طبقة حماية. فى حالة وجود كبريتيات وجهد المعدن سلبى يضاف ٣ نقاط للمجال المتعادل (٦,٥ – ٧,٥).
	صفر – ٢	٥	
	٢ – ٤	٣	
	٤ – ٦,٥	صفر	
	٦,٥ – ٧,٥	صفر	
	٧,٥ – ٨,٥	صفر	
	أكثر من ٨,٥	٣,٥	
٣	جهد المعدن (الأكسدة والاختزال)		يبين هذا الاختبار درجة التهوية للتربة. النتائج المنخفضة أو السلبية تبين أن التربة لاهوائية وسوف تساعد على نشاط البكتريا المختزلة للكبرتيات. يمكن قياس الجهد بالجهاز المستخدم لقياس الرقم الهيدروجينى وقطب البلاتين. يتم حماية العينة من التعرض للجو حتى تمام القياس.
	أكبر من ١٠٠ ملفولت	صفر	
	من ٥٠ – ١٠٠ ملفولت	٣,٥	
	من صفر – ٥٠ ملفولت	٤	
	سلبى	٥	

١	٢	٣	٤
٤	**الكبريتيدات** إيجابى آثار فقط سلبى	 ٣,٥ ٢ صفر	يتم الإختبار بخلط محلول ٣٪ من أزيد الرصاص فى ان عيارى محلول اليود فى أنبوبة اختبار محتوية على قليل من التربة على مستوى عمق دفن الماسورة. فى حالة وجود الكبريتيدات تكون عامل مساعد لاتمام التفاعل. $2Na\,N_3 + 2\,1 \rightarrow 2\,Na1 + N_2$
٥	**الرطوبة** تربة دائمة الرطوبة وبطيئة التصريف تربة عادة رطبه وبطيئه التصريف تربة عادة جافة وبطيئة التصريف	٢ ١ صفر	تحفظ العينة بعيدا عن الجو حتى تمام الاختبار نظرا لآن رطوبة التربة قد تتغير على مدار العام، لذلك يتم تسجيل وملاحظة خصائص التصريف للتربة. وهذا أفضل من تقييم المحتوى من الماء الدائم التغير.

openkandil.com

(٣) أثر التربة علي المواسير الخرسانية سابقة الإجهاد:

هذا النوع من المواسير أثبت كفاءة عند إنشائه بطريقة جيدة وفى الظروف المناخية العادية. ويرجع ذلك الى حماية الصلب المدفون بواسطة الخرسانة. الأسمنت الرطب قبل الشك يكون قلوى من الناحية الكيماويه حيث له رقم هيدروجينى ١٢,٥ وعند التصاق الصلب المدفون بالخرسانة أو المونه الأسمنتيه يكون الصلب فى حالة خمول (Passivated) حيث تتكون طبقة منتظمة وثابته من أكسيد معدن الحديد تحقق له الحماية من التآكل. الصلب فى حالة الخمول لا يتآكل الا فى حالة تكون خلية تآكل لها فرق جهد أكبر من ١,٥ فولت وهذا الجهد أكبر من جهد خلية التهوية أو خلية التركيز فى ظروف الانشاءات الطبيعية. فى حالة عمل خليه جلفنية بين صلب مغطى بالخرسانة (غير متآكل) وقطب قياسى (نحاس/ كبريتات نحاس) فإن فرق الجهد سيكون من صفر حتى ٣٠٠ مليفولت. وهذا الجهد أقل من اللازم لحدوث التآكل للصلب المكشوف أو المغطى بمادة عضوية بحوالى من ٣٠٠- ٥٠٠ مليفولت. وفى حالة عمل خلية جلفنية ولكن مع صلب معرض للتآكل ومغطى بطبقة من الخرسانة فإن قياس فرق الجهد سيكون مختلف. والفرق بين الجهد فى الحالتين للصلب المتآكل والصلب الغير متآكل يمكن الاستعانة به فى تقدير إحتمالات التآكل الصلب فى الخرسانة.

فى بعض الحالات لا تحتاج الماسورة الخرسانية سابقة الإجهاد بالأسطوانة الصلب الى حماية خارجية. ولكن فى ظروف أخرى يلزم عمل إجراءات الحماية كما فى حالة وجود الكلوريدات التى تزيل طبقة الخمول أو التداخل الكاثودى الناتج عن التيارات الكهربيه الشارده من مصادر مجاورة أو التربة شديدة الحموضة والتى يمكنها إتلاف طبقة التغطية من المونه الأسمنتيه للسلك سابق الإجهاد أو التعرض المباشر للجو العادى الذى يمكنه كذلك إتلاف طبقة التغطية أو التربة الكبريتيه. وتأثير كل من هذه العوامل التى تؤثر على الصلب فى المواسير سابقة الإجهاد وإلى درجة كبيرة فى المواسير الخرسانية المسلحة هو كالآتى:

• الكلوريـــدات:

إزالة طبقة الحماية (الخمول) من على سطح الصلب مع إحتمال التآكل يمكن أن يحدث فقط فى الخرسانة الجيدة فى حالة وجود أيونات سالبة معينة على سطح الصلب. الأيون

الوحيد الذى له تأثير عملى هو أيون الكلوريد. عند التعرض لتركيزات عالية من أيون الكلوريد والأكسجين فإن الحديد فى الصلب يتآكل. تركيز أيون الكلوريد اللازم على سطح المعدن لتنشيط التآكل يعتبر مرتفع نسبيا حوالى ٧٠٠ ملجرام/ لتر.

وفى المجال حيث التركيز العالى لأيون الكلوريد كما فى حالة الغمر المستمر فى مياه البحر حيث يصل تركيز الكلوريد الى حوالى ٢٥٠٠٠ جزء فى المليون لم يظهر أى تآكل للصلب فى الخرسانة وذلك للمعدل البطىء لتسرب الأكسجين خلال طبقة المونة الأسمنتيه المشبعة وذلك رغم أن الأكسجين المذاب فى مياه البحر يكون متوفر نسبيا. أما فى حالة التركيزات المرتفعة لأيون الكلوريد وطبقة الحماية الخارجية من المونة الأسمنتية غير مشبعة باستمرار عندئذ يلزم الأخذ فى الاعتبار كلا من محتوى التربة من أيون الكلوريد والمقاومة الكهربية للتربة. فى حالة زيادة أيون الكلوريد عن ١٠٠٠ جزء فى المليون ومقاومة التربة فى أقصى ظروف الرطوبة أقل من ١٠٠٠ أوم- سم عندئذ يلزم حماية السطح الخارجى بالكولتار أو الربط الكهربى لكل وصلات المواسير فى الخط وتوفير نظام مراقبة نشاط التآكل وعمل الحماية الكاثودية عند ظهور بوادر التآكل.

• التداخل الكاثودي:

سيناقش فى التآكل بفعل التيارات الكهربية الشاردة والحماية الكاثودية.

• التربة الحامضية:

إن تآكل الماسورة الخرسانية سابقة الاجهاد بالأسطوانة الصلب فى التربة الحامضية نادرا جدا وإن كان يحدث فقط فى التربة الملوثة بمخلفات الحريق أو المخلفات الصناعية. ويمكن أن يحدث التآكل للمواسير فى التربة ذات الرقم الهيدروجينى المنخفض وحموضه عالية مع التغير فى منسوب المياه الجوفيه. ولا يحدث تآكل فى التربة حيث الرقم الهيدروجينى ٥ فأكثر طالما لا يوجد تحرك لمنسوب المياه الجوفية بالنسبة للماسورة. ولكن عند إنخفاض الرقم الهيدروجينى عن ٥ مع تحرك منسوب المياه الجوفيه فإن إحتمال حدوث

التآكل قائم فى حالة عدم حمل إجراءات الحماية مثل عمليات الردم الخاصة أو بتغطية السطح الخارجى كما سيناقش فى طرق الحماية الخارجية للماسورة.

• **الظروف المناخية:**

رغم أن الماسورة تكون عادة مدفونة تحت سطح الأرض إلا أنه يكون أحيانا من الضرورى إنشائها فوق سطح الأرض حيث الظروف المناخية مختلفة عن دفنها تحت سطح الأرض. فالتغير السريع فى درجات الحرارة بين الليل والنهار والتغير فى المناخ بين الرطوبة والجفاف وكذلك التغير فى درجات الحرارة بين الصيف والشتاء. والتمدد الناتج عن تجمد وزيادة حجم المياه (من الرطوبة فى الجو) فى الأسطح الخشنة للخرسانة يمكن أن يسبب إجهادات على سطح الماسورة بما يتلف طبقة المونة الاسمنتية أو الخرسانية. عموما فإن الظروف المناخية يمكن أن تسبب قصر عمر الماسورة فى حالة عدم إجراء الحماية للسطح الخارجى.

• **التربة الكبريتيه:**

التربة المحتوية على تركيزات عالية من كبريتات الصوديوم والمغنسيوم والكالسيوم تسمى التربه الكبريتيه وهذه التربه عدوانية للإنشاءات الخرسانية وخاصة المعرضة جزئيا للهواء الجوى والملتصقة بالتربة. ولكن الماسورة الخرسانية بالأسطوانة الصلب يمكن أن تقاوم التربة الكبريتية فى حالة المحتوى العالى من الاسمنت فى مونة التغطية والذى يصل الى ٨ شيكارة فى المتر المكعب.

(٤) عدوانية التربة علي المواسير الأسمنتية المسلحة بشعيرات الأسسبتوس:

تصنع مواسير الأسسبتوس اما من الاسمنت البورتلاندى العادى حيث نسبة أكسيد الكالسيوم تكون ١٥ ٪ أو اكثر وهذا هو النوع I أما النوع الثانى II فيصنع من الاسمنت عالى الألومنيا حيث لا تزيد نسبة اكسيد الكالسيوم الحر عن ١ ٪ أو أقل. وقد يضاف الى الأسمنت وشعيرات الأسسيتوس رمل السيليكا المطحون بنسبة ٣٠ ٪. سلسلة المركبات الناتجة بعد

عـمليـات الشك للأسـمنت فى البـخـار وفى درجـة حـرارة تصل الى ١٣٠°م تـسـمـى Hydrogarnets وهى شديدة الثبات وذات مقاومة عالية للكبريتات.

الجدول (٣١) يوضح النقط الارشادية لاستخدام مواسير الأسبستوس فى التربة الحامضية طبقا لأدنى رقم هيدروجينى.

الجدول (٣٢) يوضح عدوانية الكبريتات فى التربة والماء على الماسورة بالنسبة للنوع I (اسمنت بورتلاندى).

جدول (٣١) استخدامات ماسورة الاسبستوس فى التربة الحامضية

حالة المياه فى التربة	أدنى رقم هيدروجينى للتربة	
	النوع I	النوع II
شبه مستقرة	٥	٤
متوسطة الحركة	٥,٥	٥
سريعة الحركة والدوران	٦,٣	٥,٥

جدول (٣٢) عدوانية الكبريتات فى التربة والماء على ماسورة الاسبستوس I

حالة المياه فى التربة	نسبة الكبرتيات جزء فى المليون
غير عدوانية	١٠٠٠ فأقل
غير عدوانية الى حد ما	١٠٠٠ – ٢٠٠٠
متوسط العدوانية	٢٠٠٠ – ٢٠٠٠٠
شديدة العدوانية	أكثر من ٢٠٠٠٠

(٥) تقييم عدوانية التربه علي مواسير النحاس:

رغم أن النحـاس يمكن أن يـقـاوم التـآكل بفـعل التـربة إلا أن هناك أنواع من التـربة والظروف المناخيـة التى يمكن أن تسبب التلف لمواسير النحاس. التربة المحتويه على مواد

عضوية بنسبة عالية وكذلك التربة المحتويه على القلويه حيث النسبة ما بين الكلوريدات والكربونات الى الكبريتات تكون عالية، وكذلك التركيزات العالية من الأحماض العضوية والغير عضوية وارتفاع تركيز الكلوريدات والكبريتات والتربه ذات التهوية الضعيفة والتى تنشط البكتريا المختزلة للكبريتات وارتفاع تركيزات النشادر فى التربة نتيجة التحلل اللاهوائى للملوثات العضويه. وكذلك تزداد حدة تآكل النحاس فى التربة عند استخدام الأسمدة والرى بالغمر للتربة ضعيفة التصريف.

لا يتم دفن مواسير النحاس فى نواتج الحريق أو الأراضى ذات التغير فى منسوب المياه الجوفية حيث يمكن حدوث التآكل بفعل المركبات الكبريتية. النحاس فى الخرسانة عادة يكون كاثودى بالنسبة للنحاس المدفون فى التربة بما يسبب التآكل للنحاس فى التربة. كما تعتبر مواسير النحاس للمياه الساخنة المدفونة تحت الأرض آنوديه بالنسبة لمواسير نحاس المياه الساخنة فى مثل هذه الحالات يلزم العزل الكهربى بينهما.

(٦) عدوانية التربة علي مواسير البلاستيك:

مواسير بى فى سى، البولى إثيلين، البولى بروبلين هى مواسير من بلمرات الثيرموبلاستيك المستخدمة عادة فى نقل المياه ومياه الصرف. هذا النوع من المواسير لا يحدث له تآكل كهروكيميائى كما فى حالة المواسير المعدنية نظرا لأنها غير موصلة للكهرباء وهى كذلك لا تتأثر بالأحماض والقلويات والأملاح المذابة ولهذا فإن إجراءات الحماية الخارجية والداخلية للماسورة غير مطلوبة.

ولكن هذه الأنواع من المواسير يمكن أن يتلف بفعل المواد التى تعمل على تحلل البلمرات وإزابتها أو نتيجة الشروخ فى جسم الماسورة بفعل الإجهادات الزائدة.

بعض المذيبات مثل الجازولين الأسيتون والكيتون يمكن أن يذيب مادة الماسورة وكذلك التعرض المباشر لأشعة الشمس حيث تتحلل البلمرات بفعل الأشعة فوق البنفسجية (UV).

كما تتأثر مواد الثيرموبلاستيك بالمركبات العضوية ذات الوزن الجزيىء المنخفض مثل غاز الميثان والذى يكون من نواتج التحلل اللاهوائى للمواد العضوية فى التربة. ولهذا يوصى بعدم انشاء هذا النوع من المواسير فى تربة محتويه على مواد عضوية من الصرف الصحى أو الصناعى أو المخلفات النباتية. وهذه العوامل لها تأثير كذلك على مواسير البلاستك من الثيرموسيت ولكن بدرجة أقل.

٨- التآكل بفعل التيارات الكهربية الشاردة:

أ- التآكل بفعل التيارات الشاردة: (Stray Currents Corrosion)

التيار الكهربى المستمر (Direct Current) الذى يسرى فى التربة فى منطقة خط المواسير أو المنشأ المعدنى يمكن أن يسبب تآكل للمعدن أو الماسورة. يسمى التيار الكهربى بالتيار الشارد فى حالة حيودة عن مساره فى الدائرة الكهربية التى إنبعث منها. التيار الشارد هو مشكلة لخطوط المواسير المتصلة كهربيا والتى يمكن أن تشكل ممر أقل فى المقاومة للتيار عن دائرته الأصلية. خطوط المواسير المعزولة كهربيا (باستخدام وصلات مطاط للعزل الكهربى) غير معرضه للتآكل بفعل التيار الشارد.

عند التخطيط لانشاء خطوط المواسير المعدنية وعند وجود إحتمال تيار شارد يسبب التآكل. تكون الخطوة الأولى هو دراسة مصادر التيار الشارد المحتمل. مصادر التيار الشارد المستمر تكون من القاطرات التى تعمل بالكهرباء والترولى باس ومعدات اللحام وكذلك نظم الحماية الكاثودية بالتيار المستمر شكل (٦٤).

خطورة التآكل بالتيارات الكهربية الشاردة أنها تحدث تآكل كهروكيميائى فى منطقة خروج التيار والذى يكون آنود. أما منطقة دخول التيار فهى الكاثود وقد يحدث فيها تآكل كذلك وذلك فى حالة وجود جيب على سطح المعدن الخارجى وفى منطقة دخول التيار حيث يتراكم الهيدروجين الذرى (+H) على الكاثود ويحدث تلف للمعدن ويسمى هذا التآكل بالتآكل الهيدروجينى (Hydrogen Blistering Corrosion) والذى يحدث عادة فى السلك الصلب للمواسير الخرسانية سابقة الإجهاد، بما يترتب عليه تدمير للماسورة أما بالنسبة لمواسير الصلب فيحدث التآكل على السطح الخارجى للماسورة (فى منطقة خروج التيار فقط)

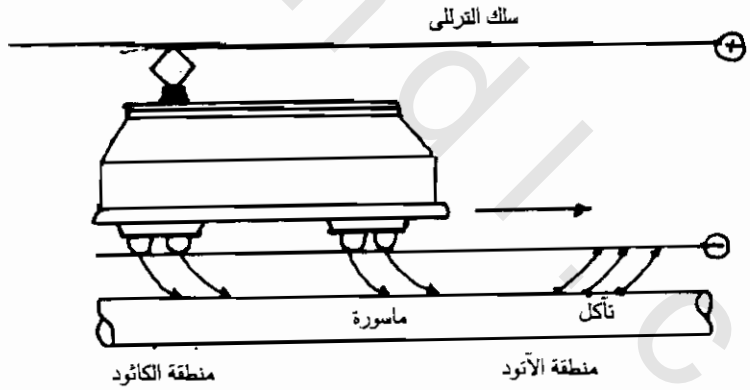
يستخدم عادة ثلاثة إختبارات لمعرفة وتقييم التيار الشارد فى الموقع. يتم كل إختبار بقياس فرق الجهد وهم:

إختبار قياس فرق الجهد بين الماسورة والتربة، إختبار فرق الجهد بين نقطتين على خط المواسير واختبار فرق الجهد بين نقطتين فى التربة.

عند وجود موصلات على خط المواسير على مسافات مناسبة فإنه يمكن الكشف عن التيارات الشاردة والتآكل النشط فى حالة المواسير المتصلة كهربيا.

لذلك فى حالة الرغبة فى الكشف عن التيارات الشاردة أو عمل الحماية الكاثودية يلزم عمل العزل الكهربى لقطاعات من خط المواسير.

سيتم باختصار وصف هذه الاختبارات مع مراعاة أهمية تسجيل نقط التوصيل والوصلات مع الخطوط الأخرى والمهمات المنشأة على الخط (محابس.. الخ) والقرب من الخطوط الأخرى أو الانشاءات التى يمكن أن تؤثر على بيانات القياس.

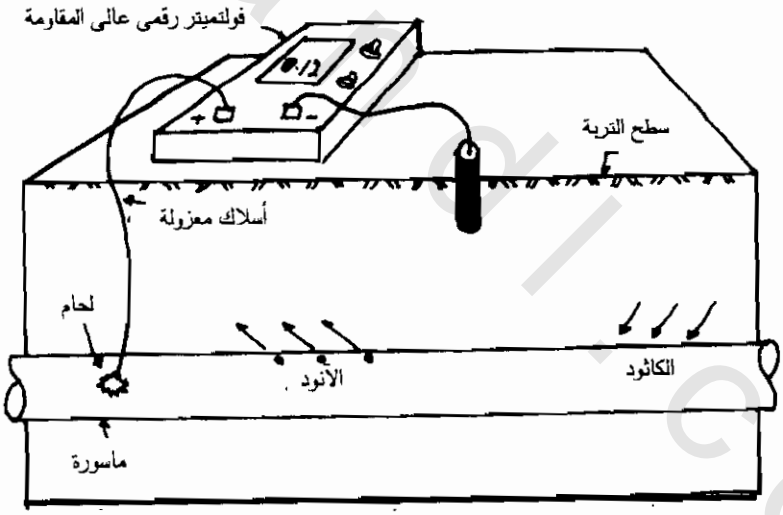


شكل (٦٤) التآكل لماسورة مدفونة بفعل التيارات الشاردة من تيار ثابت لترولى (التآكل فى منطقة (الآنود) خروج التيار.

ب - قياس الجهد بين الماسورة والتربة:

الجهد بين الماسورة والتربة هو الجهد بين معدن الماسورة وقطب عيارى يوضع ملتصق بالتربة. القطب العيارى عبارة عن نصف خليه وهو عادة قطب من النحاس وكبريتات النحاس. تتكون نصف الخلية من قضيب من النحاس فى محلول مشبع من بلورات كبريتات النحاس. ونصف الخلية الأخرى هو المعدن فى اليكتروليت التربة. الخلية العياريه لها جهد ثابت ومستقر حيث يمكن قياس جهد أى معدن آخر مقارنه بها وذلك يشبه قياس الإرتفاعات بالنسبة لسطح البحر.

قياس الجهد بين الماسورة والتربه عندما يصبح أكثر سلبا مع تحريك الخلية العياريه بعيدا عن الماسورة تكون الماسورة آنوديه وتميل الى حدوث التآكل وعندما يصبح أكثر سلبا كلما قربت الخلية العياديه من الماسورة تكون الماسورة كاثوديه وغير معرضه للتآكل شكل (٦٥).



شكل (٦٥) إختبار الجهد بين الماسورة والتربة

ب - قياس فرق الجهد علي مسار خط المواسير Current Span

يستخدم قياس فرق الجهد فى التعرف على التيارات الشارده على خط المواسير المستمر ولتحديد المناطق المعرضه للتآكل. يعين فرق الجهد بقياس الجهد بين نقطتين على خط المواسير ثم حساب التيار اللازم لإيجاد هذا الجهد فى خط المواسير من مادة معينه وحجم معين. يجرى القياس باستخدام فولتميتر عالى المقاومه به قياسات بالمليفولت مع توصيل الأطراف بموصلات إختبار. يمكن تعيين التيار الشارد فى مسافة القياس باستخدام تيار ثابت مضاد للتيار الشارد بين نقطتى الإختبار ثم ضبط التيار المستخدم حتى يصل القياس لفرق الجهد بين النقطتين الى صفر. التيار المستخدم المضاد للتيار الشارد يساوى التيار المار. عند عمل عدة إختبارات على خط المواسير يمكن تعيين مناطق خروج التيار (الآنود حيث يخرج التيار ويحدث تآكل).

جـ - قياس التدرج في جهد التربة:(Ground Voltage Gradient)

قياس التدرج فى جهد التربة يساعد فى تحديد وجود تيار فى التربة قريبا من خط المواسير أو منشأ معدنى تحت الأرض وكذلك فى تعيين إتجاه التيار وهذا يساعد فى تعيين مصدره.

عند القياس على إستقامة خط المواسير تمكن النتائج من تعيين المناطق الآنوديه على خط المواسير.

يستخدم لقياس التدرج فى جهد التربة مقياس المليفولت عالى المقاومة ووحدتين نصف خلية من نحاس/ كبريتات النحاس متماثلتين. يمكن معايرة أنصاف الخلايا (البطاريات) بوضعهم جنبا الى جنب على سطح التربة.

عند وضع أنصاف البطاريات جنبا الى جنب على سطح التربة وعلى فواصل معينة بينهما مع تسجيل فرق الجهد بالمليفولت. فى حالة وجود فرق من جهد يعنى ذلك وجود تيار أرضى. تجرى التجربة بعمل عدة قراءات على خط مستقيم وذلك بتحريك نصف البطاريات بطريقة قفز الضفدعة وذلك بترك نصف بطارية فى مكانها وتحريك الأخرى على مكان

obeikandl.com

جديد بفواصل متساوية وعلى إستقامة واحدة بما يجعل عملية القياس تتم بسرعة. يراعى تسجيل القراءات فى كل قراءة جديدة. التغير الواضح فى القراءات يبين المناطق الآنوديه والكاثوديه لخط المواسير فى حالة تنفيذ أعمال القياس فوق خط المواسير.

٩ - التآكل بفعل العوامل الميكانيكية: شكل (٦٧)

هذه الأنواع من التآكل تتم لعوامل ميكانيكيه وكيميائيه. وطبقا للعوامل الميكانيكيه يمكن التعرف على الأنواع الآتية:

أ - الإجهادات الميكانيكية داخل المعدن وتشمل:

- التآكل والتشقق بفعل الإجهاد (Stress Corrosion Cracking).

وهذا النوع من التآكل يرجع الى إجهاد الشد على المعدن.

- التشقق الهيدروجينى (Hydrogen Cracking) ويرجع الى إجهاد الشد فى وجود الهيدروجين الذرى (+H) كما فى حالة التيارات الشاردة حيث يحدث فى منطقة الكاثود وهى منطقة دخول التيار الشارد.
- التآكل بالإجهاد (Corrosion Fatigue) بسبب إجهاد التردد والإهتزاز

ب - التآكل بالبرى أو بالازالة الميكانيكيه لطبقة الحماية من أكسيد المعدن وهذه تسمى Fretting Corrosion

وهذا النوع من التآكل يحدث عند التصاق معدنين أو سطح معدنى وسطح آخر غير معدنى تحت ضغط مع وجود حركة بينهما نتيجة إهتزازات أو زبزبة مما ينتج عنه ازالة لطبقة الحماية من الأكسيد على سطح المعدن وتآكله.

جـ - الأثر الميكانيكي للسائل علي المعدن:

- التآكل بالنحت (Erosion Corrosion) نتيجة الإحتكاك بين السائل والمعدن بسبب التدفق المضطرب (Turblent Flow).

- التـآكل الكهـفى (Cavitation) ويحدث نتيجة مطرقة للسائل عند تحوله الى نجار نتيجة الانخفاض المفاجىء فى الضغط ويحدث عادة فى قرص محابس القفل حيث تحدث ازالة لطبقة الأكسيد أو الحماية.
- التـآكل بالاصطدام (Impinging Corrosion) ويحدث نتيجة إصطدام نافورة المياه تحت ضغط على سطح المعدن كما فى حالة الترزيز للمياه ونشرها فى أبراج التهوية.

١٠- التآكل البيولوجي والكبريتي:

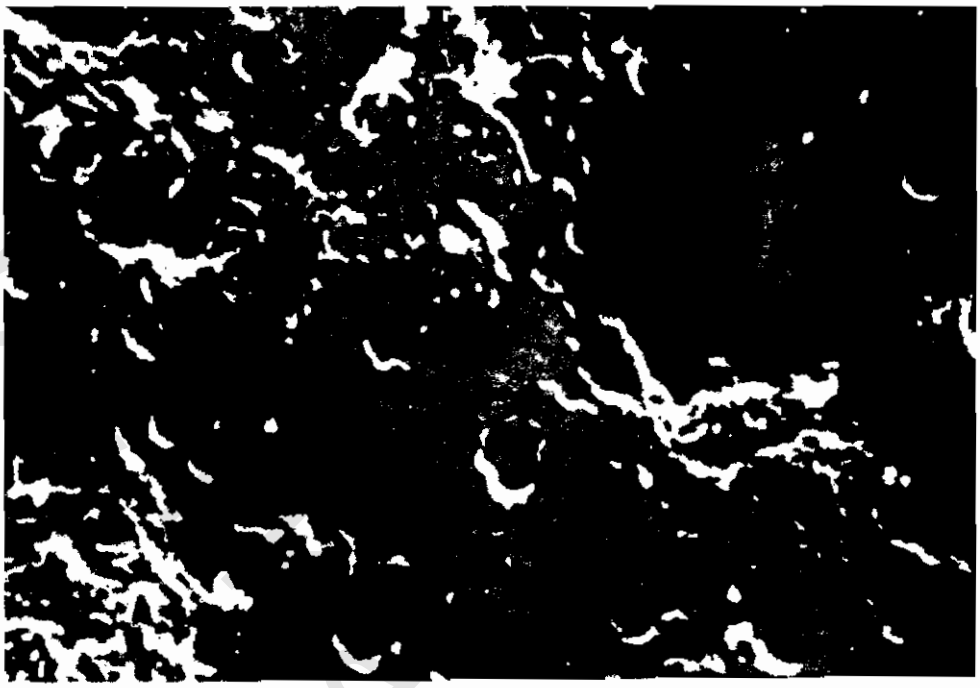
أ- التآكل البيولوجي (Biological Corrosion)

وهو ناتج عن التفاعل بين مادة الماسورة والكائنات الدقيقة مثل البكتيريا والطحالب والفطريات. وهذا النوع من التآكل يحدث عادة فى شبكات مواسير مياه الشرب حيث يحدث تغير فى المذاق والرائحة للمياه بالاضافة الى تلف المواسير. ويمكن تفادى هذا التآكل بعدم وجود نهايات ميته أو وجود مياه راكده. يصعب مقاومة هذا التآكل وذلك لاختباء البكتريا فى الفراغات وتراكمها على الترسيبات وأسفلها بما يجعل المقاومة بالمطهرات صعبة الأمر الذى يتطلب الإزالة والنظافة الميكانيكيه للبكتريا.

ب- التآكل الكبريتي Sulphur Corrosion

ويحدث هذا النوع من التآكل فى شبكات الصرف أساسا وذلك عند بطىء معدل التدفق ووجود رواسب صلبة فى قاع المواسير. وهذه الرواسب تتحلل لا هوائيا منتجة غاز ;كبريتيد الهيدروجين (H_2S) الذى يتصاعد الى أعلا داخل الماسورة فوق سطح السائل ويتفاعل مع الأكسجين مكونا أحماض الكبريت التى تسيل على الجدار الداخلى للماسورة محدثة تآكل بين سطح السائل والفراغ. وهذا النوع من التآكل مدمر للمواسير المصنوعة من المواد الأسمنتية أساسا. شكل (٦٦) كما يتفاعل كبريتيد الهيدروجينى مع معدن الحديد فى المواسير الحديدية مكونا كبريتيد/ الحديد ويتفاعل مع النحاس والمواسير المجلفنة مكونا مياه سوداء.

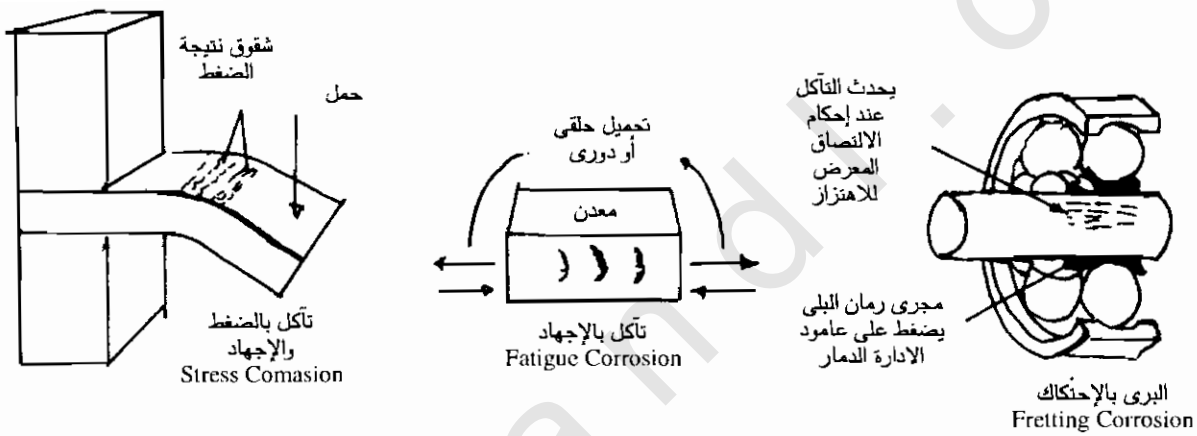
أشكال التآكل أرقام ٦٧ الى ٧٩ .



شكل (٦٦- أ) السطح الداخلى لمواسير الاسسبتوس قبل حدوث التآكل

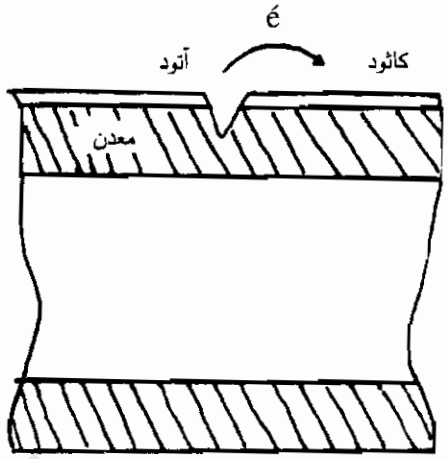
شكل (٦٦- ب) التآكل الداخلى لمواسير الاسسبتوس حيث تزال

المادة الاسمنتيه وتتحرر شعيرات الأسسبتوس

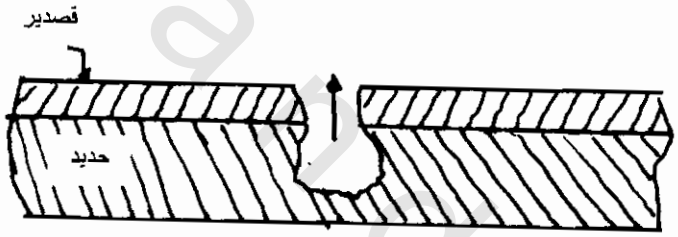


شكل (٦٧) أنواع التآكل الميكانيكى

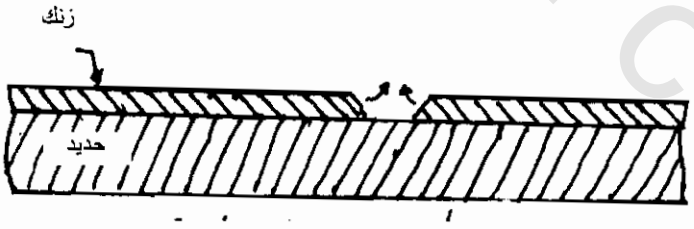
obeikandi.com



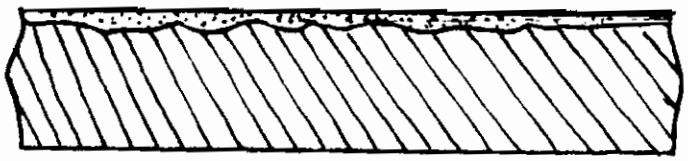
شكل (٦٨) تآكل ثقبى خارجى الماسورة معدنية



شكل (٦٩) تآكل جلفنى الحديد آنود

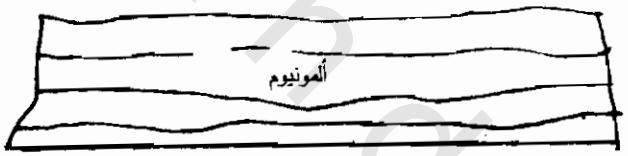


شكل (٧٠) تآكل جلفنى الحديد كاثود

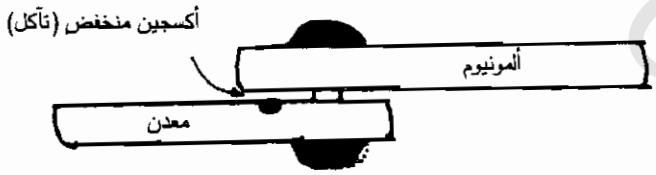


شكل (٧١) تآكل عام

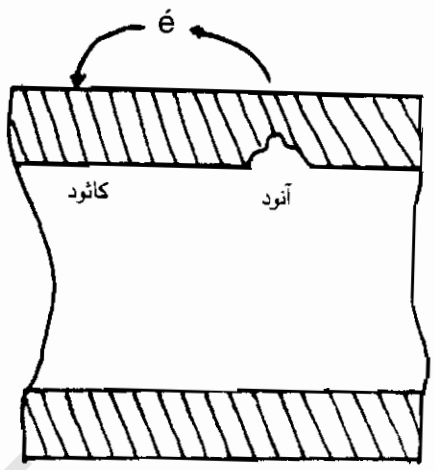
شكل (٧٢) تآكل حفرى (حبيبى) Crevice



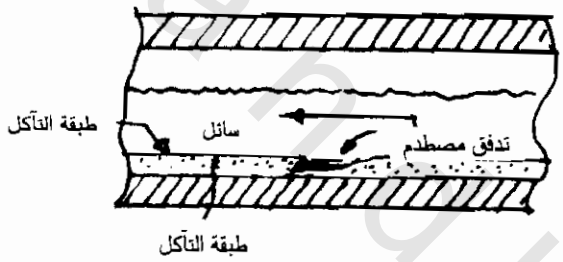
شكل (٧٣) تآكل طبقى (Layer Corrosion)



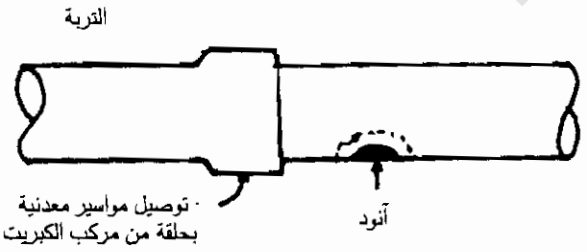
شكل (٧٤) تآكل لاختلاف تركيز الأكسجين



شكل (٧٥) تآكل ثقبى داخلى لماسورة معدنية



شكل (٧٦) تآكل بالاصطدام (Impingement)



شكل (٧٧) مجال عدوانى يسبب البكتريا المختزلة للبكتريتات

شكل (٧٨) فى المواسير الخرسانية أو الاسبتوس يتآكل الأسمنت بفعل حامض الكبريتيك الناتج عن تصاعد كبريتيد الهيدروجين وتفاعله مع الاكسجين

شكل (٧٩) تآكل تفضيلى Selection Corrosion

obeikandl.com

١١ - عوامل تنشيط التآكل الداخلي لمواسير المياه

عوامل تنشيط التآكل الداخلى لمواسير المياه هى إما عوامل طبيعية أو عوامل كيماوية:

أ- العوامل الطبيعية لتنشيط التآكل الداخلي:

(أ) درجة الحرارة:

مثل معظم التفاعلات فإن معدل التآكل يزداد بارتفاع درجة الحرارة حيث يتضاعف تقريبا لكل عشرة درجات مئوية إرتفاع فى درجة الحرارة. أما فى حالة التعرض للهواء الجوى فإن معدل التآكل قد يزداد أولا ثم يقل مع إرتفاع درجة الحرارة نظرا لإنخفاض إذابة الغازات المذابة فى الماء مع الارتفاع فى درجة الحرارة حيث يتخلص السائل من الغازات المذابة بما يقلل من عدوانيه المياه. ولهذا فعدوانية المياه تزداد بزيادة درجة الحرارة ثم تقل مع الاقتراب من درجة الغليان وذلك لفقد الغازات المذابة.

فى النظام المغلق فإن معدل التآكل لا ينطبق عليه هذا الأمر نظرا لأن الضغط فى النظام المغلق يمنع تسرب الغازات من السائل ولذلك يزداد معدل التآكل مع إرتفاع درجة الحرارة. وكذلك فإن الضغط يزيد من إذابة الغازات بما يزيد من عدوانيه المياه. درجة الحرارة يمكن أن تغير فى طبيعة التآكل. فالمياه المسببه للتآكل الثقبى فى درجات الحرارة العادية يمكن أن تسبب تآكل عام فى درجات الحرارة المرتفعة ولكن رغم أن كمية المعدن التى تزال بالتآكل العام تكون كبيره إلا أن طبيعة التآكل تكون أقل حده حيث لا يحدث التلف السريع للماسورة.

عند إرتفاع درجة الحرارة يتغير جهد التآكل للزنك والحديد (الحديد المجلفن) فعند إرتفاع درجة الحرارة أعلا من ٤٥°م يتحول الزنك فى المواسير المجلفنة من الآنود بالنسبة للحديد الى الكاثود ويصبح الحديد آنود ويتآكل.

(٢) سرعة المياه:

سرعة المياه تحدث تآكل وتزداد حدة التآكل فى حالة وجود مواد صلبة عالقة بما يسبب تآكل بالازالة لطبقة الأكسيد التى تحمى المعدن أو طبقة الحماية من على سطح المعدن وفى

حالة تكون طبقة اكسيد جديده تزال وهكذا. تساعد سرعة المياه على إنتشار الأكسجين المذاب والذى يعمل على تنشيط التآكل. وعلى العكس فإن المياه الراكدة أو فى حالة السرعات البطيئة نسبيا تحدث نوع آخر من التآكل وهو التآكل الثقبى أو تكون درنات عالقة على سطح المعدن وهذه أنواع من التآكل الموضعى والذى قد يتحول الى تآكل عام عند إرتفاع درجات الحرارة وبذلك يزداد معدل التآكل على سطح المعدن.

يساعد إرتفاع درجات الحرارة وسرعة المياه على ترسيب طبقة من كربونات الكالسيوم على السطح الداخلى للمواسير ومن ثم حمايتها من التآكل وذلك فى حالة المياه التى ترسب كربونات الكالسيوم.

عند الهبوط الحاد فى ضغط المياه أو السائل عموما أقل من الضغط الجوى يحدث نوع آخر من التآكل وهو التآكل الكهفى أو التفريغى (Cavitational Corrosion) والذى يحدث عند السرعات العالية للمياه والتى يليها نقص مفاجىء فى السرعة (الضغط) أو نتيجة التغير الحاد فى مسار السائل بما ينتج عنه تلف وتدمير لطبقة الحماية أو الجسم المعدنى للماسورة، كما أن السرعة العالية تسبب التآكل بالبرى.

السرعة البطيئة جدا تسبب كذلك تآكل فى شبكات المياه، فالتدفقات البطيئة والمياه الآسنة تساعد على التآكل بالترسيبات والتآكل الثقبى وخاصة فى مواسير الحديد كما تساعد كذلك على النمو البيولوجى. لهذا يلزم تجنب النهايات الميتة وعدم ركود المياه. السرعة المناسبة للمياه فى المواسير هى من ٠,٩ – ١,١ متر فى الثانية.

ب - العوامل الكيميائية لتنشيط التآكل:

وتشمل الرقم الهيدروجينى والأملاح المذابة والغازات المذابة فى الماء وعوامل أخرى

(١) الرقم الهيدروجيني: (pH valve)

الرقم الهيدروجينى للماء ٥ فأقل يزيد من تآكل الحديد والنحاس بسرعة وإنتظام. وعند رقم هيدروجينى اكبر من ٩ يمكن أن يوفر حماية لسطح المعدن. وما بين رقم هيدروجينى

٥، ٩ فإن التآكل الثقبى محتمل حدوثه. الرقم الهيدروجينى له تأثير كذلك على تكون وإزابة طبقة الحماية.

(٢) القلوية: Alkalinity

القلوية هى مقياس لقدرة الماء على معادلة الحامض. فى مياه الشرب تكون القلويه غالبا من الكربونات والبيكربونات (CO''_3, HCO'_3). وهذه المواد يمكنها أن تعادل الأحماض أما البيكربونات فقط فيمكنها معادلة الأحماض والقلويات وتسمى هذه الخاصية بالدرىء (Buffering). قياس هذه الخاصية يسمى طاقة الدرىء (Buffer Capacity). الكربونات لا توفر قوة الدرىء للقلويات لعدم وجود أيون الهيدروجين (H^+) لتيفاعل مع القلوى. طاقة الدرىء يمكن التعبير عنها بأنها مقاومة التغير فى الرقم الهيدروجينى والعمل على ثباتها. كثير من التفاعلات فى كيمياء التآكل تتأثر بالكربونات والبيكربونات بما فيها قدرة الماء على ترسيب طبقة حماية من الكربونات أو إزالتها أو إزابة الكالسيوم الموجود فى بطانة المونه الأسمنتية، أو المادة الأسمنتيه عموماً.

القلوية تقلل إزابة الرصاص فى مادة اللحام ذات المكون الرئيسى من الرصاص.

(٣) الاكسجين المذاب:

الأكسجين عامل هام فى التآكل الكهروكيميائي- الأكسجين يمتص الاليكترونات المنطلقة من المعدن المتآكل كالمعادلة

$$O_2 + H_2O + 4\acute{e} \rightarrow 4OH'$$

ويتفاعل مع الهيدروجين على الكاثود، وهذه التفاعلات تعمل على استمرار التآكل

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

(٤) الكلور المتبقي:

الكلور يزيد معدل التآكل للحديد فى جرعات من الكلور الحر حتى ٠,٤ ملجرام/ لتر أما الكلور المتحد فى شكل المونوكلورامين والدايكلورامين فإنه يعمل على تثبيط التآكل للحديد عند تركيز ٠,٤ – ٣,٦ ملجرام/ لتر.

(٥) الكلوريدات والكبريتات:

أيونات الكلوريدات والكبريتات تزيد من تآكل الحديد الصلب بصرف النظر عن الكاتآيون وتزداد حدة التآكل فى المياه الغير محتوية على أملاح البيكربونات.

معدل التآكل لوجود الكلوريدات يزداد بالنسبة للصلب لازالة طبقة الخمول واحداث تآكل ثقبى.

وقد ثبت من الأبحاث أن نسبة كلا من الكبريتات والكلوريدات الى البيكربونات تمكن من تقدير عدوانيتها حيث يجب الا تزيد هذه النسبة عن ١ .

$$\frac{(CL') + 2\,(SO''_2)}{(HCO3')} < I$$

(٦) السيليكات والفوسفات Silicates and Phosphates

السيليكات والفوسفات تعمل كمثبطات وتكون طبقة حماية بين الماء والجدار الداخلى للماسورة. وهذه الكيماويات تستخدم عادة فى مقاومة التآكل الداخلى للمواسير.

(٧) كبريتيد الهيدروجين (H_2S) :

كبريتيد الهيدروجين هو ناتج الأكسدة اللاهوائية للمواد العضوية بفعل البكتيريا اللاهوائية التى تنشط فى حالة عدم وجود أكسجين مذاب فى الماء أو لوجوده بنسبة أقل من ٠,١ ملجرام/لتر. وتحدث هذه الأكسدة اللاهوائية فى المياه الراكدة وفى النهايات الميته للشبكات وفى مياه الخزانات الغير متجددة باستمرار وتحدث كذلك بدرجة كبيرة فى مياه الصرف الصحى لاحتوائها على تركيزات عالية من المواد العضوية. كبريتيد الهيدروجين سريع الذوبان فى الماء حيث يتكون حامض ضعيف يسبب التآكل الثقبى فى الحديد ويذيب الكالسيوم فى المواسير الاسمنتيه. ويتفاعله مع الحديد يتكون كبريتيد الحديد الذى لا يذوب فى الماء. وهو يتفاعل مع الحديد والصلب والنحاس والمواسير المجلفنة مكونا مياه سوداء.

obeikandi.com

كبريتيد الحديد كاثودى بالنسبة للحديد بما يجعل الحديد آنودى ويتآكل أى أن كبريتيد الهيدروجين ينشط التأكل الكهروكيميائى والتآكل الكيميائى كما يساعد على تنشيط شكل آخر من أشكال التآكل وهو التآكل الهيدروجينى والذى يسمى كذلك الانفجار الهيدروجينى والتشقق الكبريتى. كبريتيد الحديد الناتج يلتصق عادة بسطح المعدن كقشور أو مسحوق أسود. تفاعلات كبريتيد الهيدروجين معقده، عادة يظهر تأثيره فوراً أو قد لا يظهر لعدة شهور ثم يبدأ فجأة شديد العدوانية.

$$Fe + H_2S \rightarrow F_eS + H_2$$

جـ- التآكل البيولوجى الداخلى

يوجد نوعين من البكتريا العدوانية فى إمدادات المياه وهما البكتريا المؤكسده للحديد والبكتريا المختزلة للكبريتات. كما يمكن أن تساعد البكتريا على التصاق الترسيبات بجدار الماسورة. يزداد نشاط البكتريا بزيادة درجات الحرارة ويقل عند أقل من ١٠°م. أقصى نشاط للبكتريا هو عند رقم هيدروجينى ٧ ودرجة حرارة ٣٧°م.

التحكم فى القضاء على البكتريا صعب فى حالة كونها فى الترسيبات العالقة بجدار المواسير أو فى النهايات الميتة بما لا يمكن الكلور من الوصول إليها. والبكتريا تعمل على تغير اللون والمذاق للمياه.

١٢- طرق القياس للتآكل

يوجد طريقتين لقياس التآكل وهما الطريقة المباشرة والغير مباشرة: الطريقة الغير مباشرة لقياس التآكل تشمل تسجيل وتحليل شكوى المواطنين المستهلكين للمياه ومؤشرات التآكل والتحليل الكيماوى لعتبات المياه. الطريقة الغير مباشرة تمكن من الكشف عن حدوث التآكل من عدمه ولكن لا تقيس معدل التآكل.

الطريقة المباشرة: وتشمل الكشف والمعاتبه المباشرة أو قياس معدل التآكل بالنسبة للفقد فى المعدن.

أ- الطرق الغير مباشرة لقياس التآكل:

تستخدم فى حالة شبكات نقل مياه الشرب، حيث تكون شكوى المواطنين عادة هى الظاهره الأولى لمشكلة التآكل فى شبكات المياه.

(١) شكوي المواطنين وأسبابها المحتملة كما فى الجدول (٣٣)

جدول (٣٣) شكوى المواطنين من مياه الشرب وأسبابها:

شكوى المواطنين	الأسباب المحتملة
المياه الحمراء	تآكل المواسير الحديدية (أو لوجود مركبات الحديد فى المياه من المصادر الجوفية)
لطع زرقاء تلتصق بالآنية والملابس	تآكل مواسير النحاص
مياه سوداء رائحة و/ أو مذاق كرية	التآكل الكبريتى للنحاس والحديد نواتج النشاط البيولوجى
الفقد فى الضغط	ترسيبات زائدة، تكون درنات نتيجة التآكل الثقبى، التسرب فى الشبكة لوجود ثقوب أو تلف فى المواسير أو الوصلات

(٢) مؤشرات التآكل: Corrosion Indices

تستخدم مؤشرات التآكل لتقدير عدوانية المياه والتنبؤ بها وذلك فى حالة تقدير التآكل الداخلى لمواسير نقل المياه أو حمايتها.

يوجد كثير من مؤشرات التآكل ولكن أكثرها شيوعا هى مؤشر لانجيلير للتشبع (Langelier Saturation Index-LSI) ومؤشر العدوانية (Aggressive Index- AI)، ومؤشر الثبات لريزنر (Ryznar Stability Index- RSI).

وهذه المؤشرات تقدر إستعداد المياه لترسيب طبقة حماية من كربونات الكالسيوم على السطح الداخلى للماسورة أو إستعداد المياه لازالة الترسيبات أو تآكل المونة الأسمنتية بما يعرض السطح الداخلى للماسورة للتلف.

لتقدير إستعداد المياه لترسيب طبقة رقيقة من كربونات الكالسيوم على الجدار الداخلى للماسورة لمنع إتصال المياه بالماسورة وخفض فرص التآكل فإنه يلزم التعرف على تركيز كربونات الكالسيوم فى الماء لتقدير إستعداد المياه لترسيبها. ولكن فى حالة الترسيبات الزائدة من كربونات الكالسيوم فإن ذلك يقلل من طاقة التحميل لخط المواسير نتيجة النقص فى القطر الداخلى للمواسير بالاضافة الى زيادة طاقة الضخ للمياه. ترسيب كربونات الكالسيوم يحدث طبقا للمعادلة.

$$Ca^{++} + HCO`_2 \leftrightarrow Ca\,co_3 + H'$$

فى حالة تقدم التفاعل جهة اليمين تحدث الترسيبات أما فى حالة تقدم التفاعل الى جهة اليسار تذوب وتتلاشى الترسيبات مع ترك الأسطح التى تم حمايتها معرضه للتآكل. عند التشبع التام للماء بكربونات الكالسيوم فإنه لا يحدث ترسيب أو إزابة لكربونات الكالسيوم من على سطح الماسورة. قيمة التركيز لكربونات الكالسيوم فى الماء تتوقف على تركيز أيون الكالسيوم وقلوية الماء ودرجة الحرارة والرقم الهيدروجينى والأملاح المذابة.

(أ) مؤشر لانجيلير للتشبع: LSI

هذا المؤشر هو الأكثر استخداما فى مجال مياه الشرب. مؤشر LSI مبنى على تأثير الرقم الهيدروجينى فى إذابة كربونات الكالسيوم. الرقم الهيدروجينى الذى يعمل على تشبع الماء بكربونات الكالسيوم يعرف بالرقم الهيدروجينى للتشبع (pH_S). عند رقم هيدروجينى pH_S فإنه لا يحدث ترسيب أو إذابة لكربونات الكالسيوم. ويعرف LSI بالمعادلة التالية.

$$LSI = pH - pH_S$$

تقيم نتائج المعادلة كالآتى:

فى حـــالة LSI أكبر من صفر تكون المياه مشبعة وتعمل على ترسيب طبقة من كربونات الكالسيوم.

فى حالة LSI أصغر من صفر تكون المياه غير مشبعة وتذيب كربونات الكالسيوم الصلبه.

فى حالة LSI = صفر تكون المياه مشبعة ولكن لا تكون ترسيبات ولا تذيبها.

لحساب LSI يلزم توفير البيانات التالية:

القلوية الكلية (ملجرام/ لتر) ككربونات كالسيوم

الأملاح الكلية المذابة ملجرام/ لتر

الرقم الهيدروجينى.

درجة الحرارة

الرقم الهيدروجينى للتشبع pH_S.

قيمة pH_S يمكن حسابها بالمعادلة التالية

$$pH_S = A + B - Log\ (Ca^{++}) - LogTotal\ alkalinity$$

قيمة كلا من الثابت B و A كما فى الجدول (٣٤، ٣٥) لوغاريتم تركيز أيون الكالسيوم والقلوية الكلية كما فى الجدول (٣٦).

جدول (٣٤) قيمة ثابت A بدلاله درجة الحرارة

قيمة ثابت A بدلاله درجة الحرارة ٥م			
ثابت A	الحرارة ٥م	ثابت A	الحرارة ٥م
٢,٦	صفر	١,٩	٣٠
٢,٥	٤	١,٧	٤٠
٢,٤	٨	١,٥٥	٥٠
٢,٣	١٢	١,٤	٦٠
٢,٢	١٦	١,٢٥	٧٠
٢,١	٢٠	١,١١٥	٨٠
٢,٠	٢٥		

obeikandi.com

جدول (٣٥) قيمة ثابت B بدلالة الأملاح الكلية المذابة:

ثابت A	الاملاح المذابة ملجرام / لتر
٩,٧	صفر
٩,٧٧	١٠٠
٩,٨٣	٢٠٠
٩,٨٦	٤٠٠
٩,٨٩	٨٠٠
٩,٩	١٠٠٠

جدول (٣٦) لوغاريتم تركيز الكالسيوم والمغنسيوم:

الكالسيوم أو القلوية ملجرام/ لتر ككربونات كالسيوم	اللوغاريتم
١٠	١
٢٠	١,٣
٣٠	١,٤٨
٤٠	١,٦
٥٠	١,٧
٦٠	١,٧٨
٧٠	١,٨٤
٨٠	١,٩
١٠٠	٢,
٢٠٠	٢,٣
٣٠٠	٢,٤٨
٤٠٠	٢,٦
٥٠٠	٢,٧
٦٠٠	٢,٧٨
٧٠٠	٢,٨٤
٨٠٠	٢,٩
٩٠٠	٢,٩٥
١٠٠٠	٣,٠٠

obeikandl.com

مثال: مياه صنبور لها الخصائص الآتية طبقا للتحاليل المعملية

الكالسيوم ككربونات كالسيوم ٨٨ ملجرام/ لتر

القلوية ككربونات كالسيوم ١٠٠ ملجرام/ لتر

الأملاح الكلية المذابة ١٧٠ ملجرام/ لتر

ثم أخذ عينتين لقياسات الرقم الهيدروجينى ودرجة الحرارة فى توقيتات متفاوتة حيث تم تسخين المياه فى الحالة الثانية.

العينة الأولى الرقم الهيدروجينى ٨,٢ ودرجة الحرارة ٢٥°م

العينة الثانية الرقم الهيدروجينى ٨,٠٥ ودرجة الحرارة ٥٧°م

خطوات حساب LSI باستخدام الجداول (٣٤، ٣٥، ٣٦) وتقييم النتائج:

الحالة الأولى حيث pH = ٨,٢، درجة الحرارة ٢٥°م

$$pH_S = A + B - Log\ (Ca^{++}) - Log\ Alkalinity$$

$$= 2 + 9.81 - 1.94 - 2.04$$

$$= 7.83$$

$$= LSI = pH - pH_S = 8.2 - 7.83 = 0.37$$

الحالة الثانية حيث pH = ٨,٠٥ ودرجة الحرارة ٥٧°م

حيث تم تسخين المياه فى الحالة الثانيه الى ٥٧°م عندئذ

$$pH_S = 1.45 + 9.81 - 1.94 - 2.04 = 7.28$$

$$\therefore LSI = 8.05 - 7.28 = 0.77$$

نتائج الحسابات السابقة تقيم كالآتى:

الحالة الأولى حيث LSI = ٠,٣٧ الماء يميل الى ترسيب كربونات الكالسيوم

الحالة الثانية حيث LSI = ٠,٧٧ الماء يرسب كربونات الكالسيوم بالتأكيد

المثال السابق يوضح عاملين هامين

obeikandl.com

الأول هو مدى تأثير الرقم الهيدروجينى ودرجة الحرارة فى قيمة LSI وهذا يوضح الحاجة الى الدقة فى قياسهما فى الموقع.

الثانى: أن المياه يمكن أن ترسب طبقة رقيقة جدا عند درجة حرارة ٢٥°م كما يمكنها ترسيب كميات كبيرة فى أنظمة المياه الساخنة.

يوجد حدود لمؤشر LSI حيث أنه مناسب فى مجال هيدروجينى ٦,٥ – ٩,٥ كما أنه يوضح نقط الاستعداد لحدوث التآكل من عدمه. ويستفاد به فى تعيين إحتمالات تكون طبقة حماية أو إستعماله مع طرق أخرى مباشرة أو غير مباشرة للكشف عن التآكل.

(ب) مؤشر العدوانية: (AI - Aggressive Index)

مؤشر العدوانية شكل مبسط لمؤشر LSI وهو مبنى على الرقم الهيدروجينى وإذابة كربونات الكالسيوم. ويفيد فى تقدير عدوانية المياه على المواسير الأسبستوس.

يعرف مؤشر العدوانية (AI) بالآتى

$$AI = pH + Log \{(A)(H)\}$$

حيث A = القلوية الكلية ملجرام/ لتر ككربونات كالسيوم

H = عسر الكالسيوم ملجرام/ لتر ككربونات كالسيوم

pH = الرقم الهيدروجينى للماء.

وتقيم نتائج AI كالآتى:

AI أصغر من ١٠ تكون المياه عدوانية

AI = ١٠ – ١٢ تكون المياه متوسطة العدوانية

AI أكبر من ١٠ تكون المياه غير عدوانية

obeikandl.com

مثال: عينه من المياه تم تحليلها معمليا وكانت النتائج كالآتى:

pH = ٧,٤ ، A = ١٩٩ ملجرام/ لتر، H = ١٥٣ ملجرام/ لتر

$$AI = pH + Log \{(A)\ (H)\}$$

$$\therefore\ AI = 7.4 + Log\ 199 \times 153$$

$$= 7.4 + Log\ 199 + Log\ 155$$

$$= 7.4 + 2.3 + 2.1 = 11.8$$

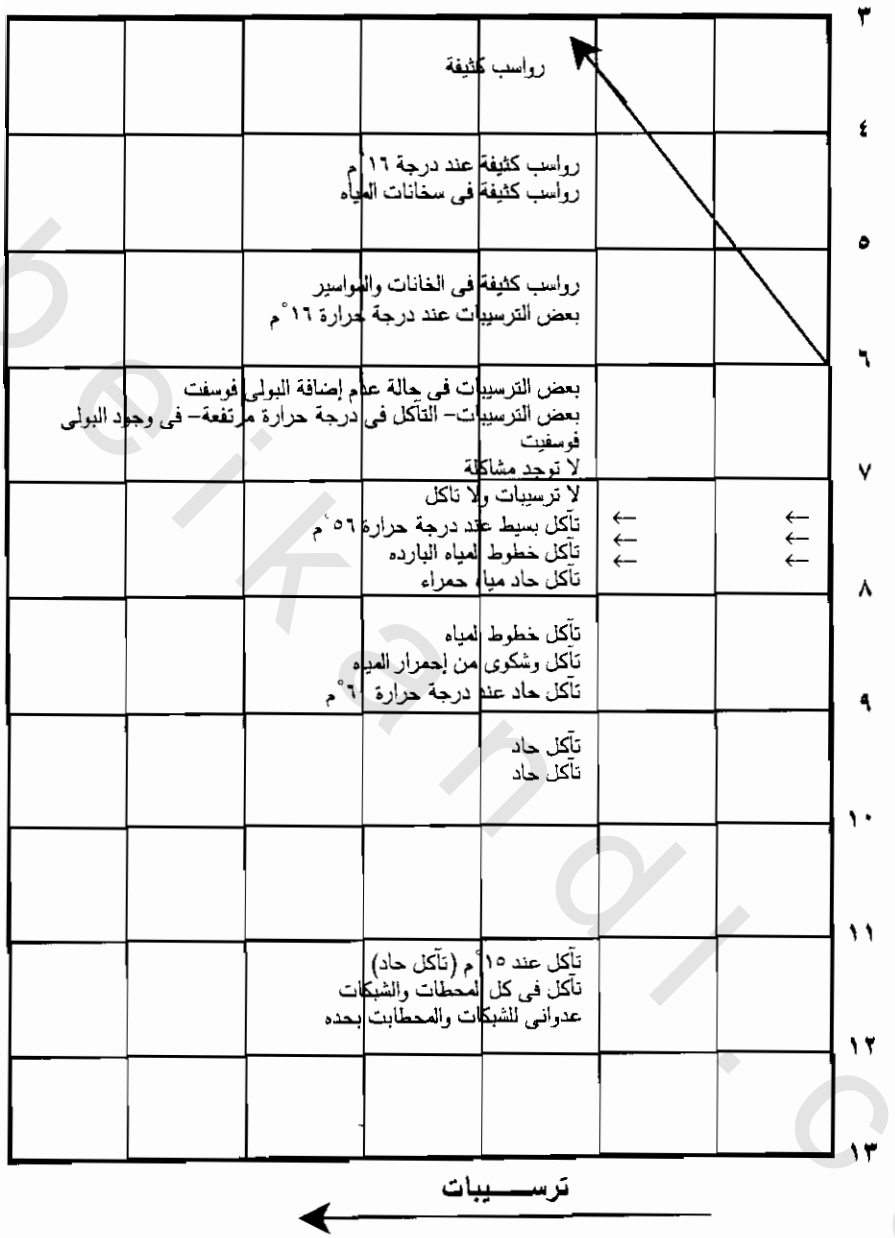
فى هذا المثال تقيم المياه كمتوسطة العدوانية.

(جـ) مؤشر الثبات لريزنر شكل (٨١ – أ) (RSI-Ry znar Stability Index)

فى هذا المؤشر إستخدم ريزنر نفس البيانات مثل مؤشر لانجبلير للتشبع (LSI) وأعـد المعادلة التالية بالإضافة الى أنه قام بعمل منحنى على الملاحظات الميدانية والذى يوضح الترسيبات للحماية أو التآكل للصلب وهذا المنحنى موضع فى الشكل (٨١)

معادلة ريزنر $RSI = 2pH_S - pH$

obeikandl.com



شكل (٨١) منحنى الثبات لريزنز والذى يوضح الترسيبات للحماية أو التآكل للصلب

ب - أخذ العينات والتحاليل الكيميائية لتقدير عدوانية المياه:

ان أخذ عينات المياه بالطريقة الصحيحة وعمل التحاليل الكيماوية المطلوبة بدقة يمكن أن يوفر معلومات جيدة تفيد فى تقدير نوعيه المياه وعلاقتها بالتآكل. بعض المياه تكون عدوانيه عن الأخرى بسبب نوعيتها.. فمثلا المياه ذات رقم هيدروجينى أقل من ٦ وقلويه منخفضه أقل من ٤٠ ملجرام/ لتر ومحتوى عالى من ثانى اكسيد الكربون تكون اكثر عدوانية عن المياه ذات رقم هيدروجينى ٧ وقلويه عالية ومحتوى منخفض من ثانى اكسيد الكربون.

التحاليل الكيماويه تتم فى معظم محطات المياه لتحديد نوعيه المياه بعد المعالجة ومدى مطابقتها للمعايير المقررة لمياه الشرب.

أدنى تحاليل وأخذ عينات لإعطاء مؤشر أولى عن عدوانية المياه موضح فى الجدول (٣٧). ولكن يلزم أخذ عينات إضافية وعمل التحاليل الكيماويه للكشف عن مدى حدوث التآكل ونواتج التآكل.

جدول (٣٧) التحاليل المطلوبة وأخذ العينات كحد أدنى

التحاليل	مكان أخذ العينات	مصدر المياه	عدد العينات فى العام
* الرقم الهيدروجينى * القلوية ملجرام/لتر مقيمة ككربونات كالسيوم * العسر ملجرام/لتر مقيم ككربونات كالسيوم * الأملاح المذابة ملجرام/لتر	توخذ العينات من نقطة عند دخول المياه الى شبكة التوزيع	المياه الجوفية المياه السطحية أو المخلوطة بمياه جوفية	١ ٢ عينة فى توقيتات مختلفة خلال العام مع اعتبار التغيرات الموسومية مثل درجة الحرارة ومعدل التدفق.

المواقع الإضافية لأخذ العينات لتقييم عدوانيه المياه

بالإضافة الى أخذ العينات من المياه الداخلة الى شبكة التوزيع تؤخذ العينات من الأماكن التالية.

المياه فى خطوط التوزيع من مناطق مختلفة قبل خطوط التغذية المنزلية.

المياه من عدة خطوط تغذية منزلية.

المياه من صنبور المستهلك

قياسات الرقم الهيدروجينى ودرجة الحرارة تتم فى الموقع.

جـ- الطرق المباشرة للكشف علي التآكل وقياس التآكل:

الكشف على مادة الماسورة

الكشف عن الترسيبات داخل الماسورة هى طريقة مباشرة للتعرف على التآكل ونوعيه المياه وظروف الشبكة. كما تستخدم للكشف عن أسباب التآكل والحماية وذلك بالتعرف على نواتج التآكل وأشكال التآكل والترسيبات التى تحمى من التآكل مثل كربونات الكالسيوم.

يتم الكشف بالعين المجردة أو باستخدام أجهزة الكشف الميكروسكوبيه أو أشعة إكس. حيث يمكن التعرف على الشروخ الشعرية وأشكال التآكل التى يصعب التعرف عليها بالعين المجردة. كما يمكن أخذ صور فوتوغرافية ومقارنتها بحالات كشف مستقبليه أو فى الماضى.

إستخدام أشعة إكس يمكن من التعرف على المكونات الكيماويه للمواد وذلك بمقارنة حيود الأشعة مع حيود الأشعة لمواد معروفة. كما يستخدم الإسكبروسكوب للتعرف على المركبات الكيماويه حيث يقاس إنعكاس الأشعة تحت الحمراء وتقارن بانعكاس الأشعة لمواد معروفة. وبذلك يمكن التعرف على المكونات الكيماوية بدون إزالة عينه من سطح الماسورة.

وفى الواقع فإن معظم مشاكل التآكل يمكن التعرف عليها بدون اللجوء الى البيانات الدقيقة لتلك التقنيات.

obeikandi.com

(١) قياس معدل التآكل: Rate Measurements

قياس معدل التآكل بطريقتين هما طريقة الفقد فى الوزن لعينة الماسورة (CouponWeight Loss Method) والطريقة الكهروكيميائيه. يعبر عن قياس معدل التآكل بالإختراق فى العام (أو النقص فى سمك العينه فى العام) والذى يسمى Mils فى العام أو (MPY) وقيمة MPY كوحدة قياس هو ٠,٠٠١ بوصة = ٠,٠٠٢٥٤ سم = ٠,٠٢٥٤ مم.

(٢) طريقة الفقد في الوزن للعينة: شكل (٨١)

فى هذه الطريقة تستخدم عينة إختبار من جسم الماسورة وتنظف وتوضح فى المجال المطابق للواقع وهو عادة فى منتصف مقطع الماسورة.

تقاس العينة بميزان حساس بعد الجفاف قبل وبعد الغمر فى المجال وبعد إزالة طبقة التاكل.

الفقد فى الوزن يتحول الى معدل التآكل فى العام طبقا للمعادلة التالية

$$\text{معدل التآكل فى العام (MPY)} = \frac{W \times ٥٤٣}{DAT}$$

حيث:

W = الفقد فى الوزن بالمليجرام

D = كثافة العينة جرام/ سم٣

A = المساحة السطحية (بوصة مكعبه)

T = زمن التعرف للمجال بالساعة

طريقة القياس بالفقد فى العينة لا تقيس التآكل الموضعى ولكنها طريقة جيدة فى قياس التآكل العام والمنتظم. كما أنها مفيده عندما يكون معدل التآكل مرتفع حيث يحدث الفقد فى الوزن فى زمن مناسب.

مزايا هذه الطريقة أنها توفر القياس للفقد فى المعدن فى زمن محدد وتحت ظروف تشغيل معينه وكذلك يمكن وضع العينة فى الشبكة الحقيقية وعيوبها: أنها مكلفة نسبيا وتستغرق وقت طويل لقياس المعدل والذى يصل الى عدة شهور فى حالة معدل التآكل

المنخفض أو البطيء. وهى لا تظهر التغير فى معدل التآكل فى فترة الاختبار. هذا بالاضافة الى أنه يمكن أن يكون الفقد فى المعدن يسبب الاحتكاك (الوضع العينة فى منتصف الماسورة) بالماء وليس بسبب التفاعل مع الماء. وكذلك هناك صعوبة فى ازالة نواتج التآكل بدون ازالة بعض من المادة التى لم تتآكل.

الطريقة البديلة للقياس. حيث يستخدم بدلا من العينة من جسم الماسورة مقطع كامل من الماسورة حيث يوضع المقطع فى الشبكة كما يمكن وضع هذه المقاطع فى أماكن مختلفة لاختبار اثر التآكل لأنواع المياه المختلفة .. ثم يتم فى المعمل تعيين معدل الفقد فى المعدن وهذه الطريقة مكلفة وتستغرق زمن طويل قد يصل الى عدة شهور.

(٣) طرق قياس التآكل الكهروكيميائية:

تعتمد هذه الطرق على الطبيعة الكهروكيميائيه لتآكل المعادن فى الماء. يتوفر حاليا أعداد كبيره من هذه الأجهزة وإن كانت مكلفة نسبيا.

شكل (٨٢)
تآكل تفريغى
لدافع من
النحاس الأصفر

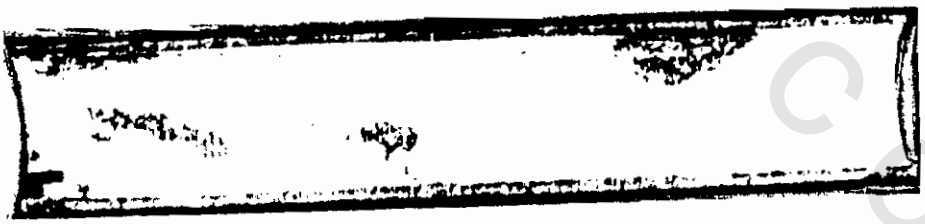
أحد أنواع أجهزة قياس المعدل بالطريقة الكهروكيميائية حيث يستخدم من ٢ – ٣ أقطاب معدنيه متصلة بجهاز لقياس معدل التآكل فى العام. وقد تصنع مادة الأقطاب من نفس المادة تحت الدراسة (مادة الماسورة) وتوضع هذه الأقطاب فى المجال العدوانى أو تثبت فى الماسورة نوع آخر حيث الفقد فى المادة مع الوقت يتم قياسه بزيادة الجهد فى القطب المصنع من مادة الماسورة.

وخصائص القياس الكهروكيميائى للتآكل له مميزاته وعيوبه وتتلخص المميزات أنه يمكن التعرف على معدل التآكل كما يحدث بتوقيع البيانات على منحنى. وكذلك عملية القياس تتم بسرعة.

أما العيوب: فهي أن الأقطاب قد لا تمثل المعدن الحقيقى للماسورة، كما أنه يصعب قياس معدل التآكل البطىء بطرق المقاومة. تستخدم هذه الطريقة للمعادن فقط، يعتمد معدل التآكل على الوقت وكذلك تتطلب مهارات عالية لاستخدام هذه الأجهزة للحصول على البيانات وتقييمها. صور لبعض حالات التآكل أشكال رقم ٨٢، ٨٣، ٨٤، ٨٥

شكل (٨٣) تآكل ثقبى داخلي لماسورة من الصلب

شكل (٨٤) التآكل والتشقق بالإجهاد



شكل (٨٥) ، تآكل ثقبى فى ماسورة من النحاس

الباب الثالث

طرق الحماية من
التآكل للمواسير وملحقاتها

obeikandl.com

الفهرس

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

obeikandl.com

طرق الحماية من التآكل للمواسير

مقدمة:

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

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

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

طرق حماية الأسطح الخارجيه للمواسير وتشمل:

التغطية بمواد الحماية لمنع اتصال الماء بجسم الماسورة.

الحماية الكاثودية لمواسير الصلب والخرسانيه سابقه الإجهاد.

التغطية بشرائط الالتصاق ورواكم البولى إثيلين.

طرق حماية الأسطح الداخلية للمواسير وتشمل:

التغطية بمواد الحماية.

ضبط الرقم الهيدروجينى لشبكات مياه الشرب.

إستخدام مثبطات التآكل.

١- الاعتبارات الهندسية للحد من تآكل خطوط المواسير المعدنية:

شكل (٨٦، ٨٧)

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

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

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

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

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

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

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

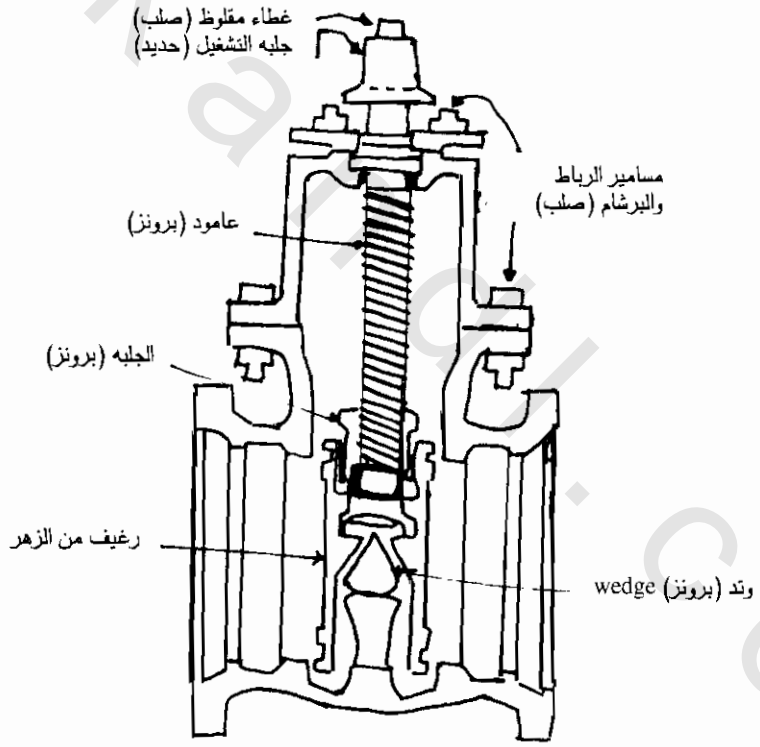
الحماية من التآكل بتغطية سطح الماسورة: (Coatings)

المواصفات لمواد التغطية للمواسير المدفونة يجب أن توفر الآتى:

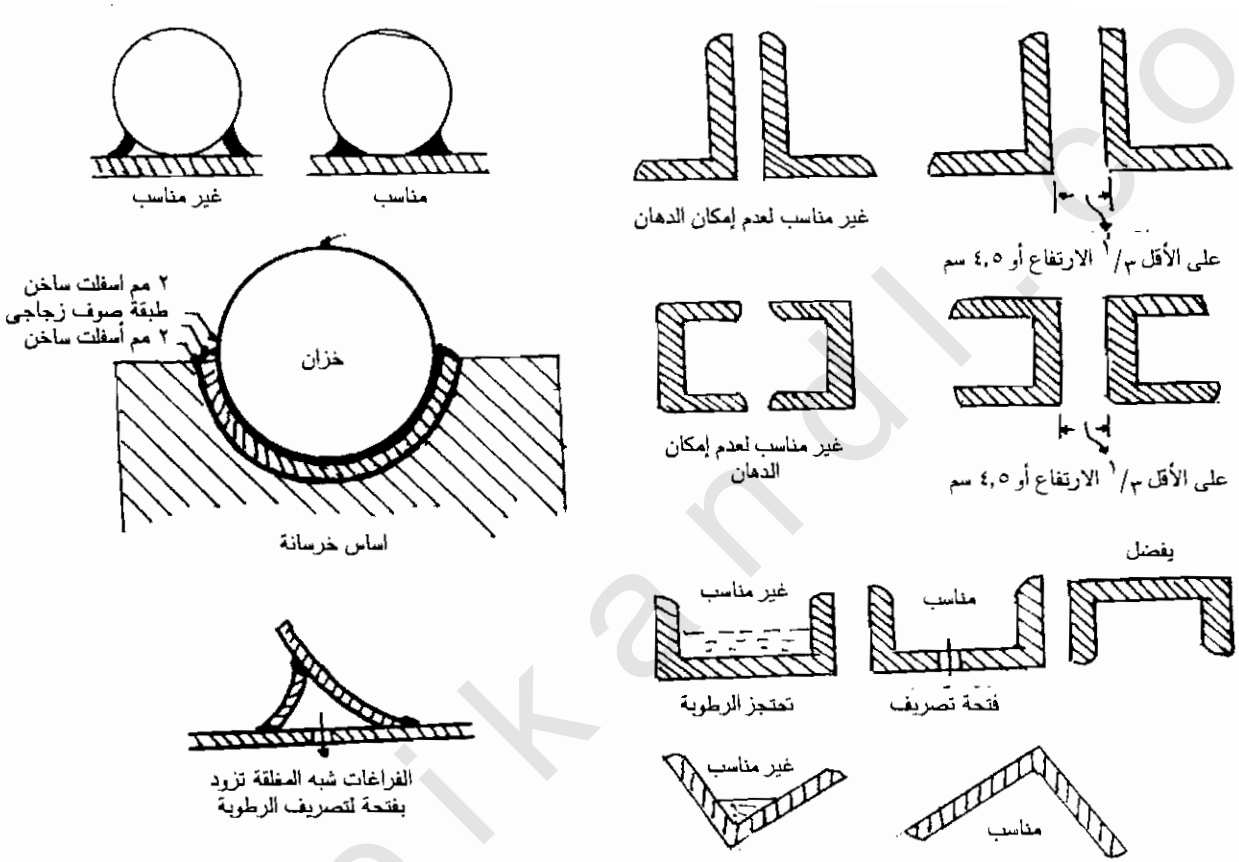
• المقاومة الكهربية العالية وتكون عازلة للكهرباء ولا تحتوى على أى مواد موصلة.

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

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

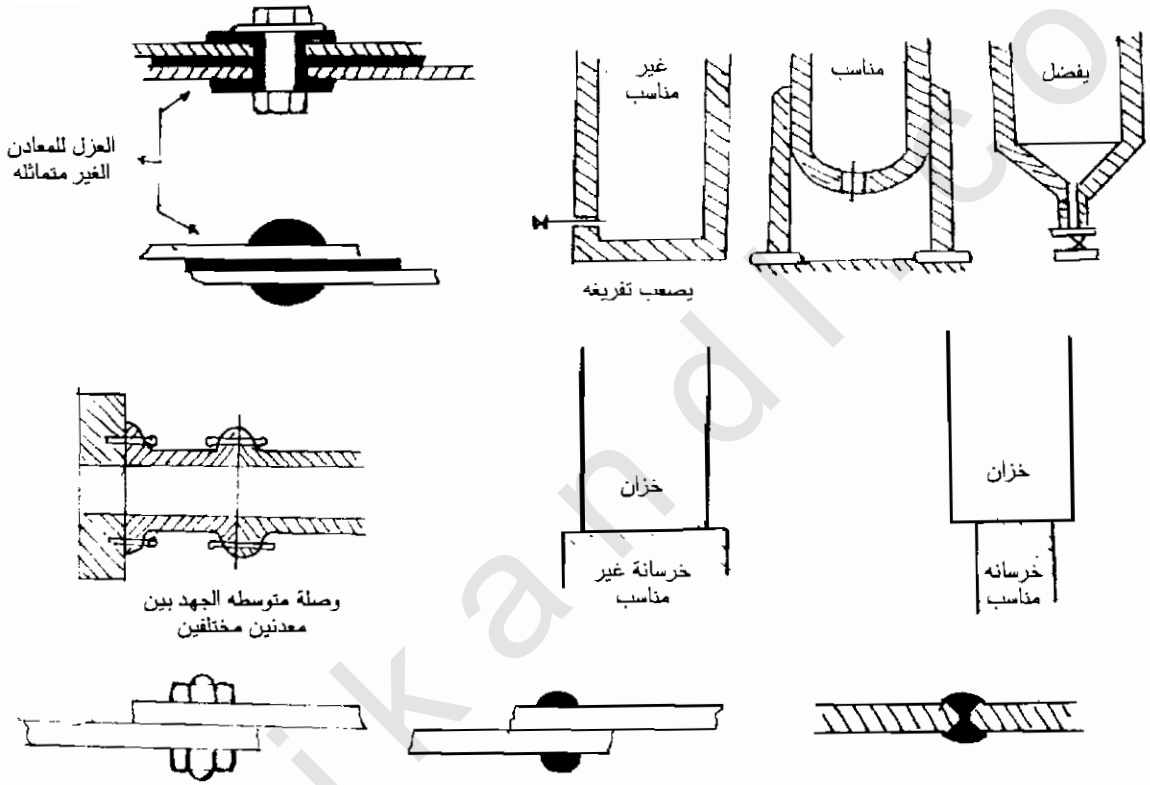


شكل (٨٦) المعادن المستخدمة فى محبس سكنيه (قفل) نموذج



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

obeikandl.com



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

الاعداد لسطح المعدن قبل التغطية بطبقة الحماية

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

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

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

- إزالة الصدأ:

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

٢- طبقة الحماية من المواد العضوية:

أ- البيتومين

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

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

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

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

د- الكولتـــار:

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

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

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

هـ- الإيبوكـــي:

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

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

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

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

د - البول إثلين:

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

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

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

هـ- البي في سي PVC:

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

البولي إيستر:

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

٣- التغطية والتبطين بمواد غير عضوية:

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

التغطية والتبطين بمادة السيراميك الزجاجية:

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

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

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

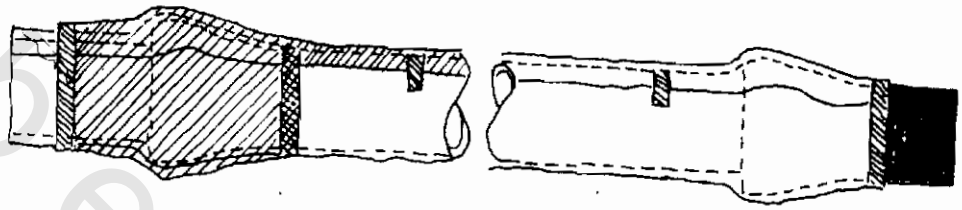
يتم التجفيف فى درجة حرارة ١٢٥°م ثم الحرق فى أفران الحرق عند درجة حرارة ٥٠٠- ٨٥٠°م لمدة ٤- ١٠ دقائق طبقا لطبيعة المعدن وسمكه.

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

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

٤- التبطين بالمونة الأسمنتية:

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



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

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

٥ - التغطية بالمواد المصنعة كشرائط وأغلفة:

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

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

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

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

٦ - التغطية بالمواد المعدنية:

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

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

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

صور الحماية بالزنك:

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

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

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

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

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

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

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

٧ - الحماية الكاثوديه: Cathodic Protection

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

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

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

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

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

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

للصلب المغطب بطبقة حماية خارجية ١ ميكروأمبير/م٢ .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

التصميم والإنشاء:

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

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

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

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

حيث I= التيار الناتج مليأمبير

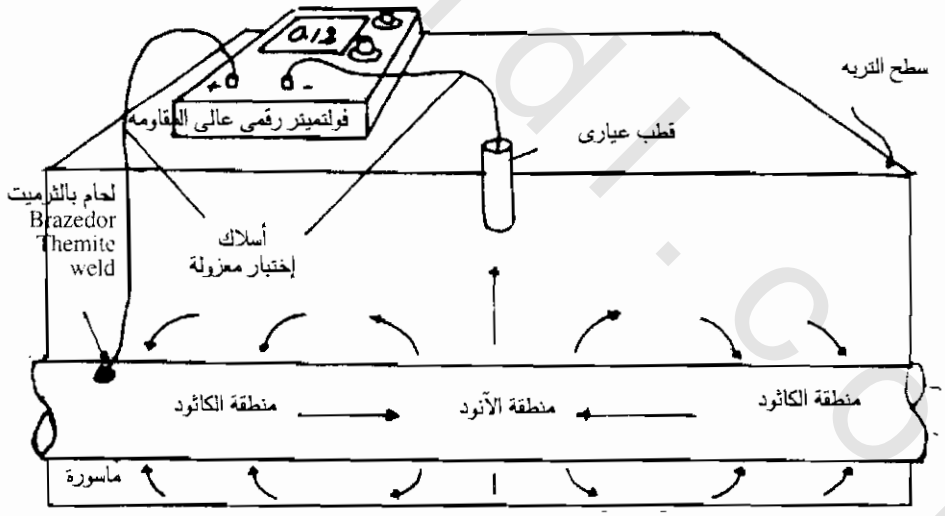
F = معامل الآنود من الجدول (٣١)

Y = معامل التصحيح من الجدول (٣١)

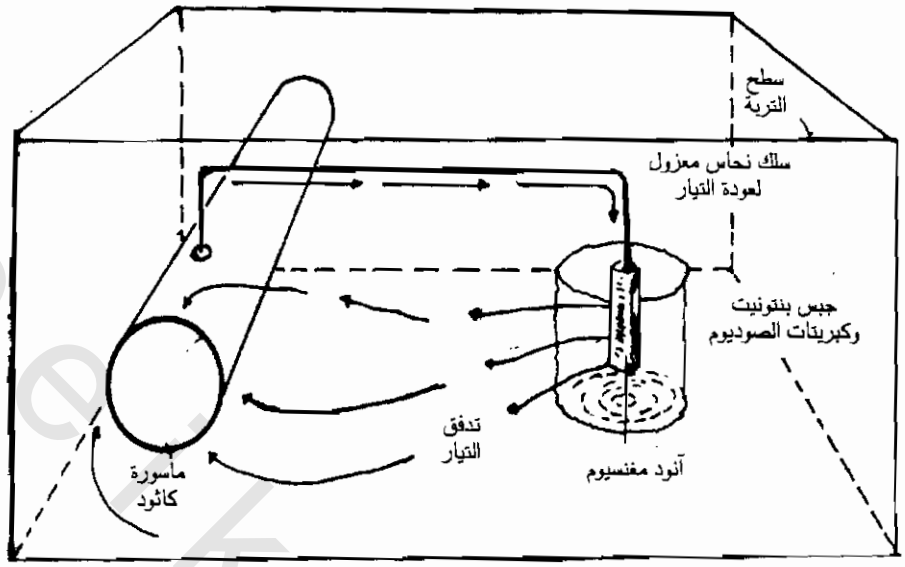
P = متوسط المقاومة أوم ـ سم

جدول (٣٨) معاملات آنود المغنسيوم

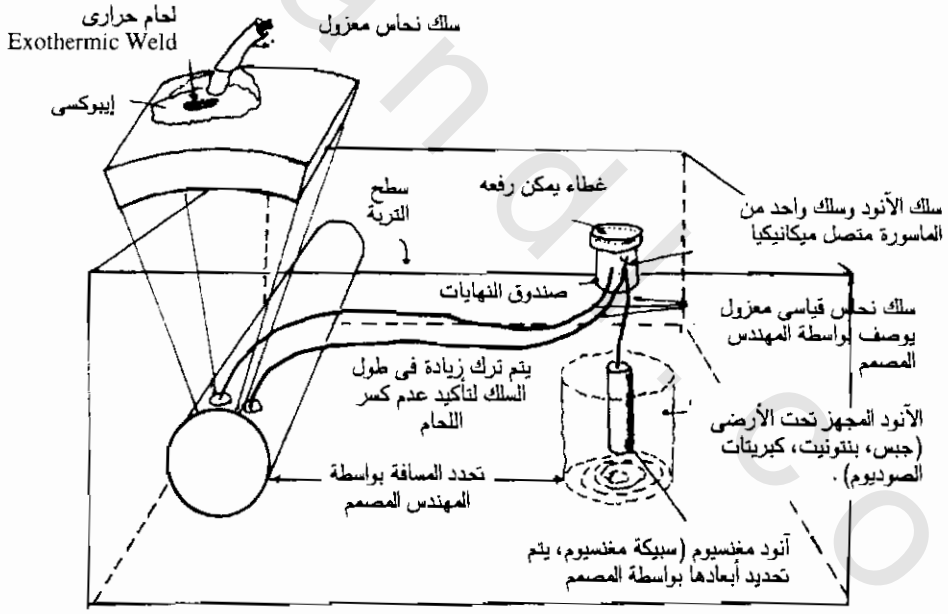
وزن آنود المغنسيوم كجم	الأبعاد مم	معامل الآنود F	P/S المطلوب	معامل التصحيح للمغنسيوم
١	١٤٤×٦٧×٦٧	٠,٥٣	٠,٧–	١,١٤
٣	١٩١×٦٧×٦٧	٠,٦٠	٠,٨–	١,٠٧
٤	٣٤٣×٦٧×٦٧	٠,٧٠	٠,٨٥–	١,٠
٨	٦٤٨×٦٧×٦٧	١,٠٠	٠,٩–	٠,٩٣
١٥	٥٣٣×١٢٧×١٢٧	١,٠٦	١,٠–	٠,٧٩
٢٣	قطر ٢٠٣×٣٨١	١,٠٩	١,١–	٠,٦٤



شكل (٨٩) قياس الجهد بين الماسورة والتربه



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



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

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

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

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

L = عمر الآنود بالسنين

W = وزن الآنود بالكيلو جرام

I = التيار الناتج بالملىأمبير.

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

∴ عمر الآنود = ٧ سنوات

ب - الحماية الكاثودية بالتغذية بالتيار الثابت

(Impressed Current Systems):

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

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

obeikandl.com

المزايا :

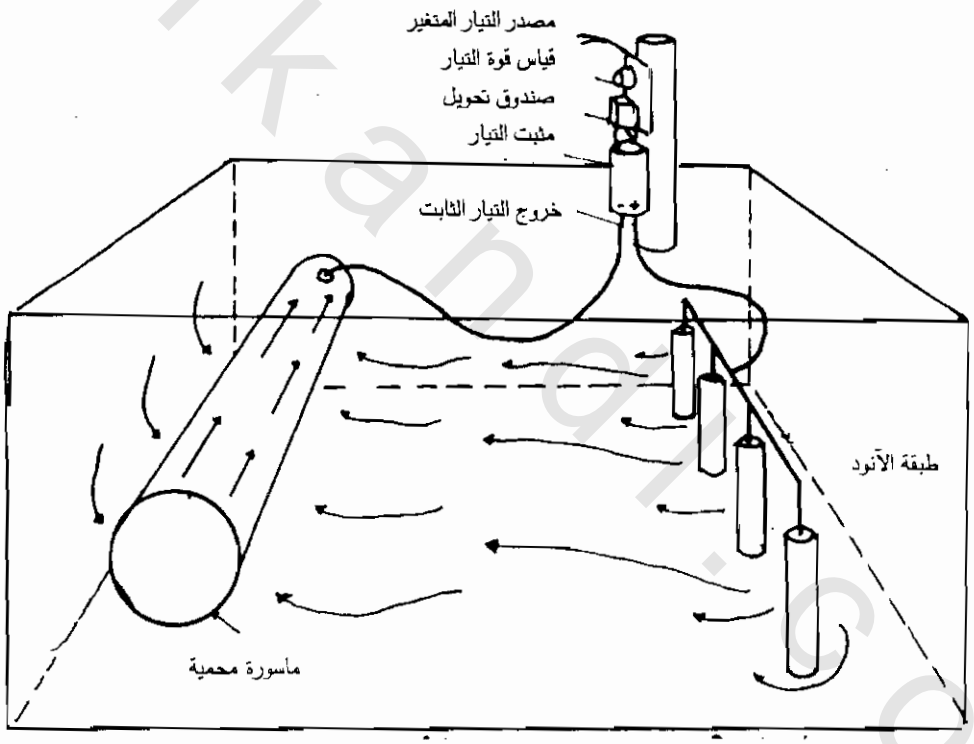
يمكن توفير فرق جهد كبير، والتيار الكهربى المطلوب

هذا النظام مناسب للتربة ذات المقاومة العالية

يمكن حماية الانشاءات الكبيرة وخطوط المواسير الطويلة

العيوب :

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



شكل (٩٢) تفاصيل التيار (الثابت)

obeikandi.com

التصميم والإنشاء:

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

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

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

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

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

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

العوامل البيئيه التى تراعى عند تصميم نظام الحماية الكاثودية بالتغذية بالتيار:

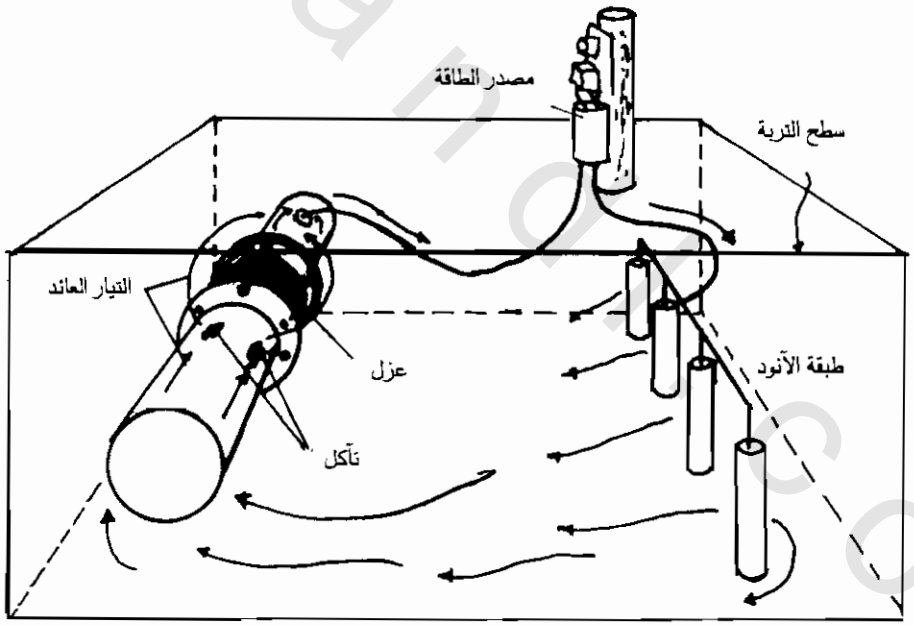
تفاصيل المنشأ المعدنى المطلوب حمايته

متوسط المقاومة للتربة

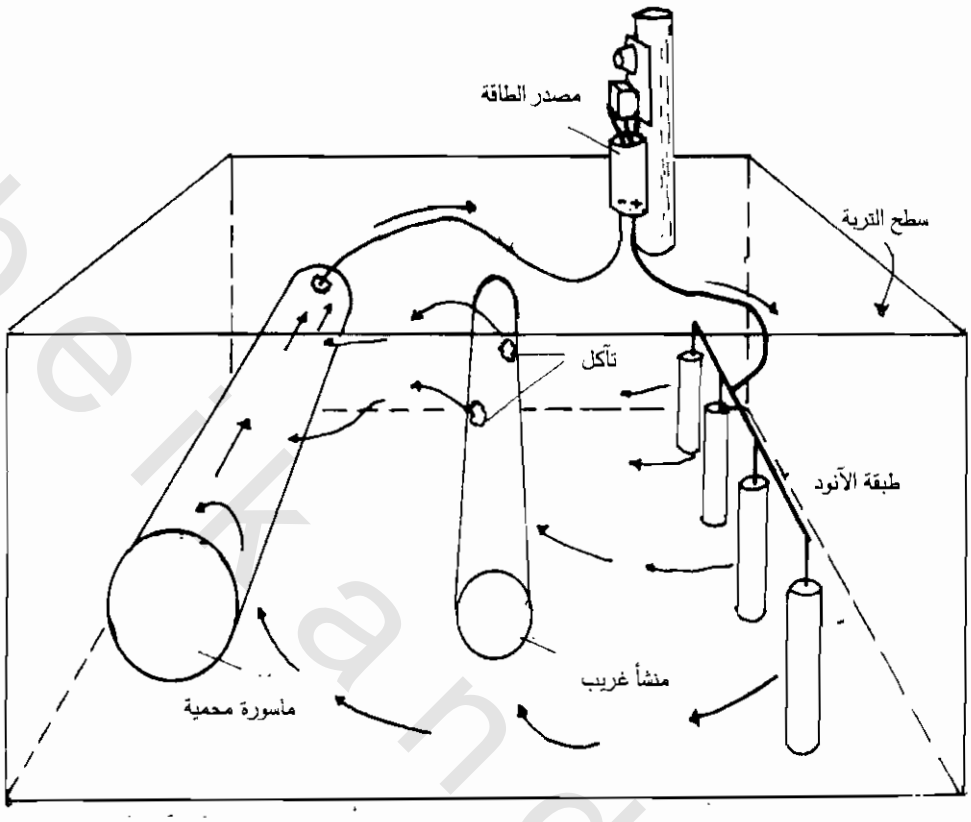
التيار الكهربى المطلوب ومدى توفر مصدر كهربى.

اماكن ونوع المنشآت المجاورة

الامكانيات المتاحة لعمل نظام الحماية الكاثودية



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



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

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

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

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

أ- ضبط الرقم الهيدروجيني: شكل (٩٥)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

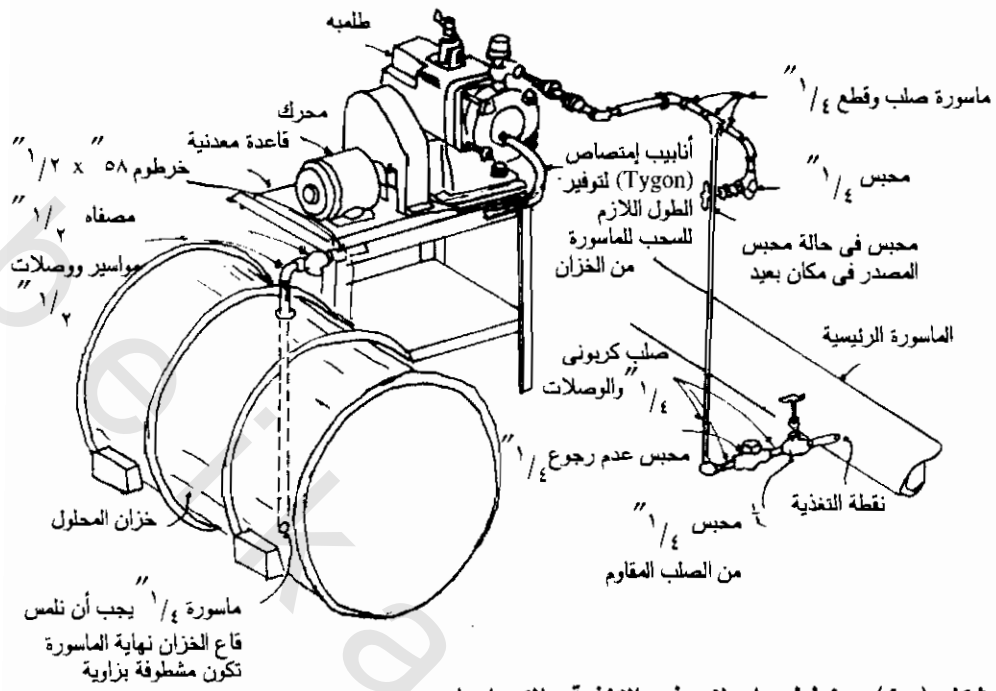
ضبط الرقم الهيدروجينى يتم بعد الترشيح نظرا لأن المياه ذات الرقم الهيدروجينى للتشبع pH_s العالى تحتاج الى كمية أكبر من مواد الترويب مثل الشبه لحدوث أقصى ترويب مطلوب.

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

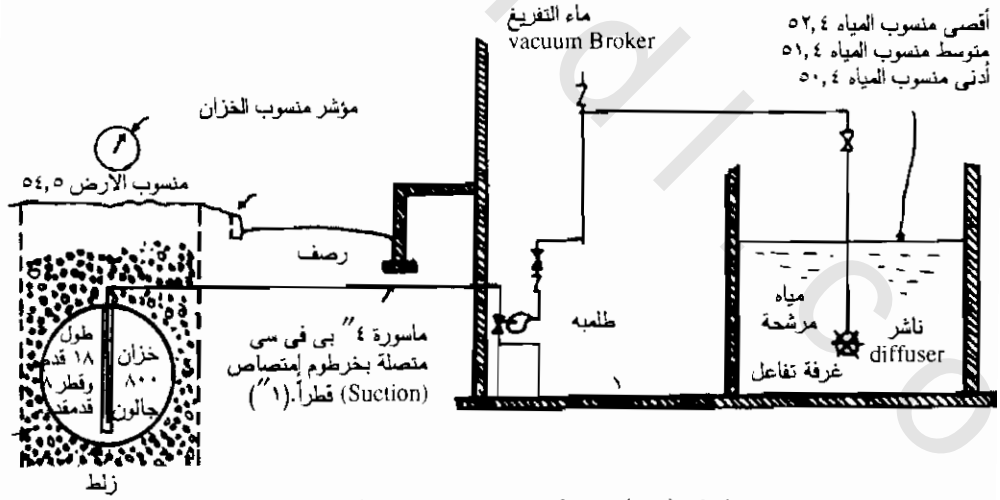
يجب معرفة أن ضبط الرقم الهيدروجينى يمكن أن يساعد فى التقليل من التآكل. ولكنه لا يوقف التآكل فى جميع الحالات. ولكن هذا النظام هو الأقل فى التكلفة والطريقة السهلة للتحكم فى التآكل، ويمكن استخدامها كلما أمكن ذلك.

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

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



شكل (٩٥) مخطط عام لنموذج التغذية بالكيماويات



شكل (٩٦) مخطط لانشاءات المثبط (مثال)

ب - إستخدام مثبطات التآكل (Use of Corrosion Inhibitors)

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

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

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

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

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

ولذلك يلزم التحكم فى التغذية بالمثبطات بالطرق الآلية.

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

ترسيب كربونات الكالسيوم:

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

(١) املاح الفوسفات الغير عضوية:

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

توجد أنواع كثيره من أملاح الفوسفيت لتثبيط التآكل وهذه تشمل.

(Polyphosphates, Orthophosphates, Glassypolyphosphates, Bimetallic poly phosphates)

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

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

(٢) سيليكات الصوديوم: SoduimSilicates

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

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

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

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

(٣) مراجعة نظم إستخدام المثبطات:

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

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

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

الباب الرابع

الطلمبات والمحابس

obeikandl.com

الفهرس

البنود	الموضوعات	الصفحات
١	أنواع الطلمبات	٢٠٧
٢	طلمبات الأزاحة	٢٠٨
٣	طلمبات الطرد المركزى	٢١٨
٤	طلمبة البثق	٢٥٣
٥	طلمبة الرفع الهوائى	٢٥٥
٦	أنواع المحابس	٢٦١
٧	حنفية الحريق	٢٧٦
٨	أوضاع المحابس	٢٧٧
٩	استخدام المحابس	٢٧٨

obeikandl.com

١- أنواع الطلمبات

أ- حالات إستخدام الطلبات:

وظيفة الطلمبة هو رفع المياه أو أى سائل الى منسوب أعلا أو الى ضغط أعلى. وفى مجال المياه تستخدم الطلمبات فى الحالات الآتية:

- عند مصدر المياه لرفع المياه من المجرى المائى أو النهر أو البئر... الخ. ثم ضخ المياه الى عمليات التنقيه والمعالجة.
- فى عمليات الغسيل للمرشحات وزيادة كفاءة المرشحات
- فى ضخ المحاليل الكيماويه فى محطة المعالجة
- لملىء خزانات المياه العلويه أو الخزانات الأرضية
- لزيادة الضغط فى خطوط المياه
- فى ضخ المياه المعالجة لتوزيعها.
- عند تصميم محطة المعالجة يراعى ضخ المياه من المصدر وتجميعها فى أحواض تخزين على أعلى نقطة فى موقع المحطة بما يسمح للمياه بالتدفق بالجاذبيه خلال مراحل المعالجة حيث تجمع أخيرا فى خزانات المياه المعالجة. ثم الى الشبكة اما بالجاذبيه أو بالضخ طبقا للمنسوب ما بين التجمع السكنى ومحطة التنقية. فى حالة سحب المياه الجوفيه فإنها ترفع بالضخ أما الى محطة المعالجة أو مباشرة الى الخزانات العلويه ثم الى الشبكة.

ب- تقسيم الطلمبات:

جميع الطلمبات يتم تصنيفها طبقا للآتى:

(١) التصنيف طبقا لنظام الأداء

(أ) طلمبات الازاحة Displacement Pumps

(ب) طلمبات الطرد المركزى Contrifugl Pumps

(جـ) طلمبات الرفع الهوائى Airlift Pumps

obeikandi.com

(٢) التصنيف طبقا للطاقة المستخدمة

(أ) طلمبات تعمل بالطاقة الكهربية

(ب) طلمبات تعمل بالبنزين

(جـ) طلمبات تعمل بالبخار

(د) طلمبات تعمل بالديزل

(٣) التصنيف طبقا للأداء:

(أ) طلبمات الرفع المنخفض Low lift Pumps

(ب)طلمبات الرفع العالى HighLift Pumps

(جـ) طلمبات الآبار العميقة Deep well Pumps

(د) طلمبات الضغط Booster Pumps

(هـ) الطلمبات الاحتياط Stand by Pumps

٢- طلمبات الإزاحة:

فى هذا النوع من الطلمبات يحدث تفريغ ميكانيكى بواسطة الأجزاء المتحركة فى الطلمبة. عند التفريغ تسحب المياه الى داخل الطلمبه ثم عند عوده الأجزاء الميكانيكيه للطلمبه تحدث إزاحة والدفع خارج الغرفه خلال ماسوره أو محبس، تمنع عودة المياه ثانيه بواسطة محبس مناسب. الآتى بعدهما النوعين الرئيسين لطلمبات الإزاحة.

أ – الطلمبات الترديه Reciprocating Pumps

ب – الطلمبات الدواره Rotary Pumps

الطلمبات الترددية (ذات الكبس):

الطلمبات الترديه أنواعها كالآتى:

(١) طلمبات ترديه يدويه

obeikandi.com

(٢) طلمبات ترددیه للآبار العمیقه تعمل بالطاقة

(٣) الطلمبه الترددیه الماصة، الكابسة

(٤) الطلمبه الترددیه الرافعه

(٥) الطلمبه الماصه الكابسه المزدوجه

(٦) طلمبه الرداخ الترددیه

الطلمبات الترددیه الیدویه:

(١) الطلمبات الترددیه الیدویه: شكل (٩٧)

یتكون هذا النوع من الطلمبات من ماسورة سحب مزوده بمصفاه فى نهایتها تعلوها أسطوانة من سبیكة النحاس (Gun Matal)، مكبس یتحرك لأعلى ولأسفل بواسطة ید التشغیل. عند رفع المكبس یحدث تفریغ فى الأسطوانة أسفل المكبس وبذا یفتح محبس عدم الرجوع (V_1) ثم تدخل المیاه الى الأسطوانة. ثم عند خفض المكبس فإن محبس عدم الرجوع (V_1) یقفل والمحبس (V_2) (محبس المكبس) یفتح وتدخل المیاه الى الفراغ أعلا المكبس. فى هذه الطریقة عند الكبس الى أسفل تدخل المیاه أعلا المكبس وعند الكبس الى أعلا فإن المیاه تتحرك لأعلى ثم تتدفق من فتحة الخروج. هذه الطلمبه یمكن أن تعطى تدفق مستمر للمیاه الذى یسحب من جوف الأرض خلال مصفاه التى تزیل الرمال والمواد العالقة إلى درجة مناسبة. یستخدم هذا النوع من الطلمبات عندما یكون خط المیاه على عمق ٦ متر أو أقل من منسوب سطح الأرض.

(٢) الطلمبة الترددیه للآبار العمیقة التي تعمل بالطاقة: شكل (٩٨)

هذه الطلمبه تشبه الطلمبه الترددیه التى تعمل یدویا، مع الإختلاف فى أن المكبس یظل أسفل منسوب خط المیاه لضمان التحضیر للطلمبه وأنها تعمل بالطاقة بدلا من التشغیل الیدوى.

الشكل (٩٨) یوضح هذا النوع من الطلمبات. یستخدم هذا النوع من الطلمبات لرفع المیاه عندما یزید عمق خط المیاه بالنسبة لسطح الأرض عن ٦ متر. عندما تكون الأسطوانة

أسفل خط المياه، فإن هذه الطلمبات لها قدرة أن ترفع المياه. لا توجد ماسورة سحب فى هذا النوع من الطلمبات حيث أن المصفاه متصله مباشرة بالأسطوانة. فى بعض الأماكن تكون الأسطوانه ٦ متر فوق خط المياه داخل التربه. قد يضاف محبس عدم رجوع بين ماسورة السحب (فى حالة وجودها) لزيادة طاقة السحب للطلمبات. يمكن لهذه الطلمبة رفع المياه من الآبار العميقه حتى عمق ١٨٠ متر أو أكثر.

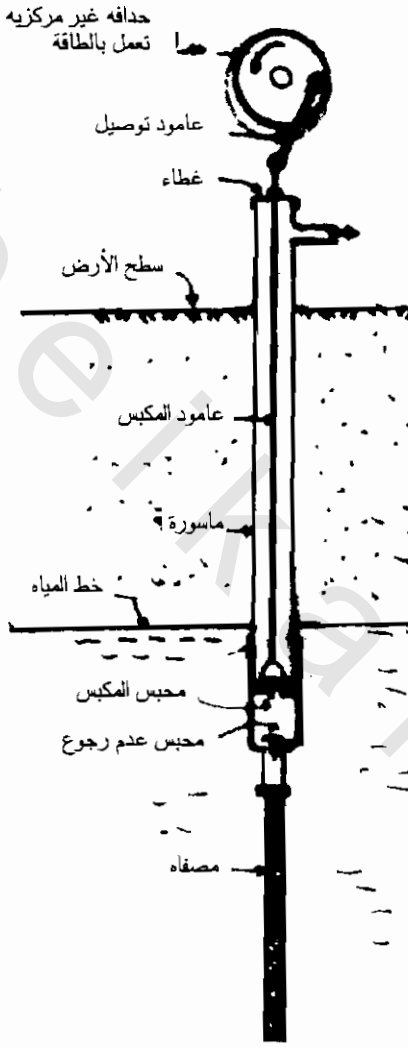
(٣) الطلمبه الترددیه الماصة الكابسة: شكل (٩٩)

تعمل هذه الطلمبه على نصف الدوره فقط فيسحب الماء خلال صمام السحب الى الأسطوانة فى الجزء الأول من حركة المكبس ثم يضغط فى الماسورة الصاعدة عند رجوعه الى أول الشوط مرة أخرى. عيب هذا النوع ينحصر فى انعكاس حركة المياه فى كل شوط بما يؤدى الى فقد الطاقة وإلى حدوث صدمات مضره وفقد فى الطاقة. ولهذا لتقليل هذه الانعكاسات يجب ألا تزيد سرعة المكبس فى المضخات التى طول مشوارها من ١٠ – ١٢″ عن ١٠٠ قدم/ق ولكنها تزيد الى ٣٠٠– ٤٠٠ قدم فى الدقيقة فى المضخات الكبيره. وهذه المشكلة يمكن التغلب عليها جزئيا باستخدام المضخة الماصه الكابسة المزدوجة.

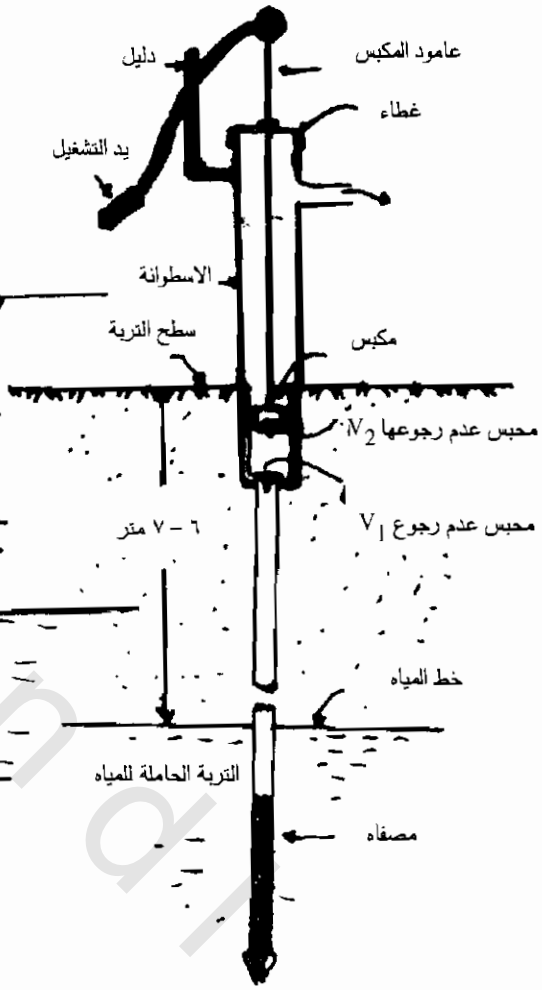
(٤) المضخة الماصه الكابسة المزدوجة

(Doulbe ActingReciprocating Pump) شكل (١٠٠)

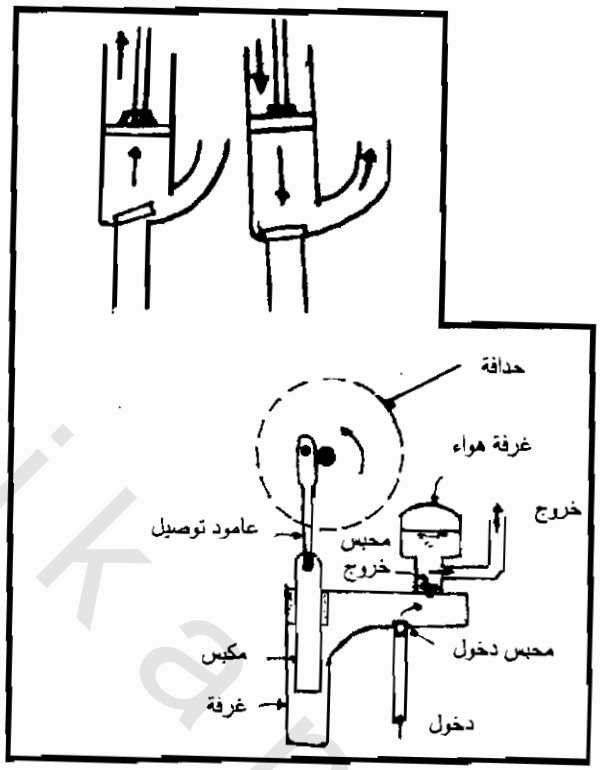
فى هذا النوع تدخل المياه الى ماسورة الطرد فى كل من الشوطين ولهذا سمى مزدوجا. فى شوط هبوط المكبس يغلق صمام السحب السفلى ويفتح العلوى ويضغط الماء فى ماسورة الطرد خلال الصمام السفلى وفى أثناء ذلك يسحب الماء الى جسم المضخة بالصمام العلوى. وهذا النوع شائع الاستعمال. يمكن الحصول على سرعة منتظمه تقريبا بإستعمال مضختين أو ثلاث تعمل على محور واحد بحيث تعمل المحاور مع بعضها زوايا قدرها ١٨٠°م فى حالة المضختين أو ١٣٠° فى حالة الثلاث مضخات. كما يجب ألا يزيد عمق المياه المراد سحبها مقاسا من المضخة عن ٧ متر باعتبار أن الضغط الجوى ١٠ متر. لا يمكن تشغيل المضخة إلا بعد سحب الهواء (والذى يسمى تحضير الطلمبه). ومن المتبع ألا يزيد عمق المياه عن ٣ متر فى الطلمبات الصغرى، ٤ متر فى الطلمبات الكبيرة.



شكل (٩٨) طلمبه ترددیه
تعمل بالطاقة أو يدويا



شكل (٩٧) طلمبه ترددیه
يدويه وتسمى طلمبه حبشيه



شكل (٩٩) الطلمبه الترددیه الماصة / الكابسة

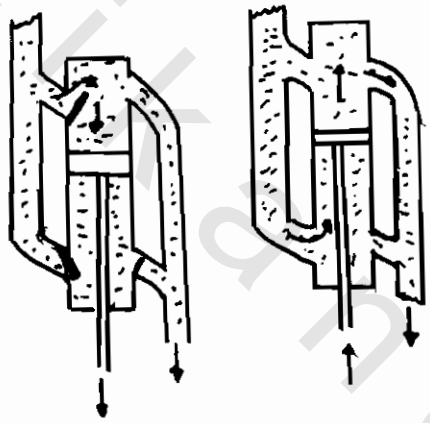
(٥) الطلمبه الماصة الرافعة: شكل (١٠١)

وهذه مشابهة فى الجزء العلوى للطلمبه الماصة إلا أن الجزء العلوى عباره عن ماسوره صاعده عليها صمام يفتح عند حركة المكبس لأعلى فتؤدى هذه الحركة عمليتين وهما سحب المياه من الماسورة الى جسم الطلمبه ورفعه فوق المكبس داخل ماسورة الطرد. وعند هبوط المكبس تغلق جميع الصمامات ماعدا صمام المكبس الذى يفتح لمرور الماء من الممر الى الحيز الواقع فوق جسم الطلمبه. وتستعمل هذه الطلمبه عندما يراد رفع المياه الى خزان علوى. فى حالة وضع ماسورة السحب فى بياره يجب تركيب مصفاه. وتستخدم إما طلمبه ترددیه يدويه أو طلمبه يدويه للآبار العميقه (أو تعمل بالطاقة).

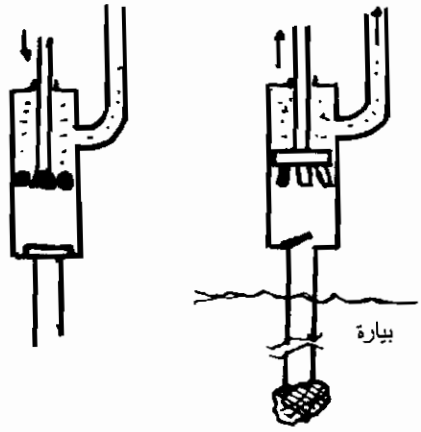
(٦) - مضخة الرداخ (الغشاء) الترددية موجبه الازاحة:

(Diaphragm Pump) شكل (١٠٢)

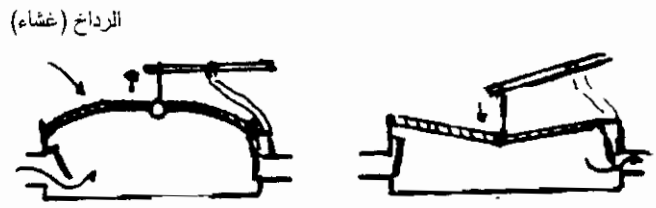
مضخات الرداخ هى مضخات موجبه الازاحة. الجزء الرئيسى للطلمبه هو الرداخ. وهو قرص مرن مصنوع من المطاط أو من معدن. ويجهز مدخل ومخرج الطلمبه بمحبس عدم رجوع. نهايات الرداخ مثبته فى طرف غرفه المياه ووسط الرداخ يكون مرن. العامود المثبت فى الوسط يحرك الرداخ لأعلى ولاسفل- عند رفع الرداخ.



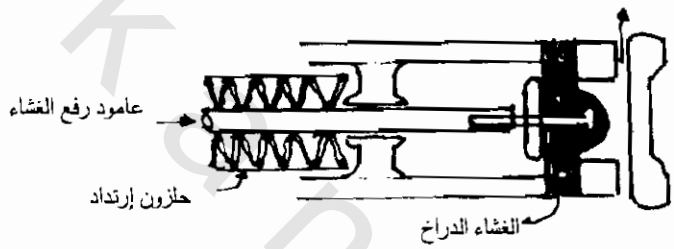
شكل (١٠٠) الطلمبه الماصة الكابسة المزدوجة



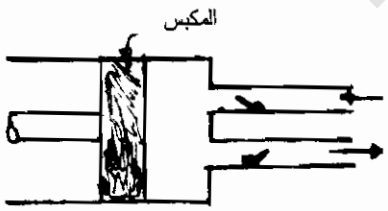
شكل (١٠١) الطلمبه الماصة الرافعة:



شكل (١٠٢- أ) طلمبه الرداخ الترددية

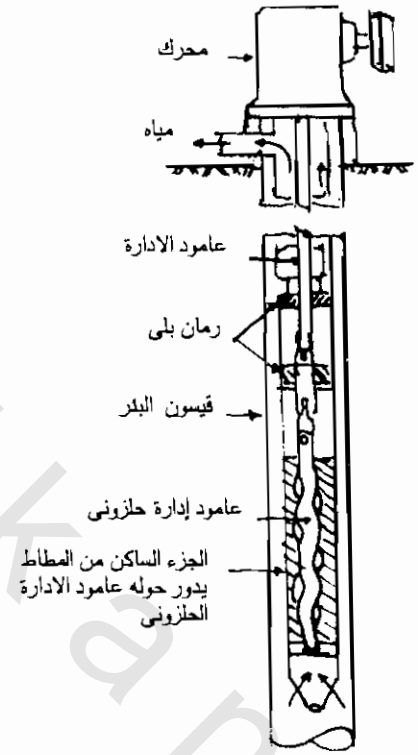


شكل (١٠٢- ب)
طلمبه الغشاء

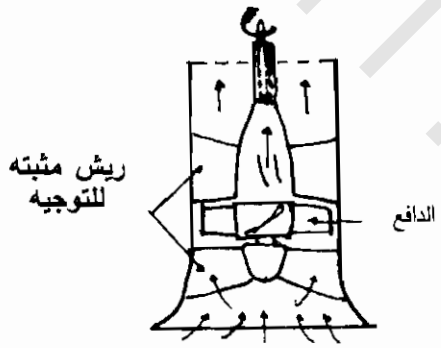


شكل (١٠٣) المضخة ذات الكباس

obeikandl.com



شكل (١٠٤) طلمبه العامود الحلزوني



شكل (١٠٥) طلمبه التدفق المحورى

obeikandl.com

(٧) الطلمبه ذات الكباس: Piston Pumps

وهذه الطلمبات تعمل بتفريغ الأسطوانة عند سحب الكباس. بعد دخول المياه للأسطوانه تدفع الى فتحة الخروج من خلال الدوره التالية للكباس. بها محابس لتنظيم التدفق. تستخدم للتغذية بالكيماويات أثقل من الماء مثل الشبه. شكل (١٠٣).

المياه تدخل خلال محبس الدخول وعند ضغطه الى أسفل فإن المياه تخرج خلال محبس الخروج . سرعة الضخ حوالى ٥٠- ٧٠ مشوار فى الدقيقة. وهذه الطلمبات ذاتيه التضير. وتستخدم هذه الطلمبات فى التجمعات الصغيره لتوفير المياه.

الطلمبات الدوارة (Rotary Pumps)

(٨) الطلمبه ذات عامود الدوران الحلزوني: شكل (١٠٤)

الطلمبه ذات عامود الدوران الحلزونى تتكون من العامود الحلزونى الذى يدور بداخل بطانه حلزونيه ذات تجاويف مزدوجة تقابل تجاويف حلزون العامود عند دورانه. السطح الحلزونى يدفع المياه لأعلى مع وجود تدفق منتظم. معدل إنتاج المياه يتناسب مع سرعة الدوران، ويمكن تغييره بسهولة: طلمبه عامود الادارة الحلزونى لا تحتاج الى محابس وتستخدم فى الآبار بأقطار ٤ أو أكثر. رغم إرتفاع التكلفة فإن هذه المضخة أثبتت كفاءة. المحرك فى هذه الطلمبات يوجد على سطح الأرض (خارج البئر أو البياره).

(٩) الطلمبه ذات التدفق المحوري: شكل (١٠٥) Axial Flow Pump

فى هذه الطلمبه ذات التدفق المحورى. تركب ريش على دافع أو عجلة التى تدور فى وعاء مغلق ثابت يسمى القيسون (Casing) شكل (١٠٥) وعمل الطلمبه هو الرفع الميكانيكى للمياه بواسطة الدافع الدوار. الريش الثابته التى توجه المياه تؤكد تدفق المياه وليس له سرعة دوران عند الدخول أو ترك الدافع.

(١٠) **الطلمبه الدواره:** شكل (١٠٦) Rotary Pump

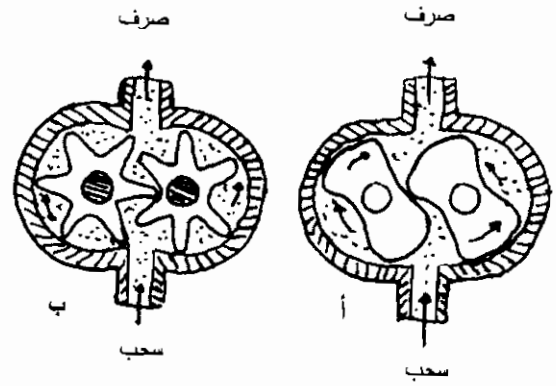
الشكل (١٠٦) يوضح المقاطع لنموذجين من الطلمبات الدواره. يحدث تصرف للمياه بصفه مستمره بدون صمامات السحب أو الطرد. تتكون من غرفه الطلمبه التى تحتوى على ترسين لهما حركة دائرية عكسية (فى الاتجاه لأسفل) تتلاصق تروسهما (بدون تلامس)، وتبتعد مع إلتصاقهما بحائط غرفة المضخة فيسحب الماء نتيجة لذلك بصفة مستمرة ثم يضغط فى نفس الوقت إلى ماسورة الطرد حيث يحدث تفريغ جزئى على جانب السحب. وتتوقف قوة التفريغ على إحكام الأجزاء. المضخات الدواره غير مناسبة لضخ المياه المحتويه على مواد صلبه عالقة وذلك بسبب التقارب الشديد للتروس بغرفة الطلمبه (ولا يستخدم فى الصرف الصحى الخام ويمتاز هذا النوع ببساطة أجزائه وانتظام تصرفه ومتانته ولا يصلح للتصرفات الكبيرة. كفاءه هذه الطلمبات ما بين ٨٠- ٨٥٪.

مزايا المضخات الدوارة

- لا تحتاج الى تحضير حيث أنها ذاتيه التحضير. ونظرا لهذه الميزة فإنها تستخدم فى تحضير مضخات الطرد المركزى الكبيره أو المضخات الترددیه.
- كفاءة هذه الطلمبات عند الرفع المنخفض أو المتوسط حتى تدفق ٢٠٠٠ لتر/ ق.
- ليس لها محابس وسهلة التركيب والصيانة مقارنة بالطلمبات الترددیه.
- توفر تدفق ثابت ومنتظم بدون نبضات أو إضطراب.
- يمكن إستخدامها بسهولة لتوفير المياه لمنشأ مستقل وللحماية من الحريق.

عيوب المضخات الدوارة.

- التكاليف الأولية مرتفعة
- تكاليف الصيانة مرتفعة نظرا للتآكل بالبرى للكامات والتروس
- لا تصلح لضخ مياه بها مواد صلبه عالقة نظرا لأن البرى والاحتكاك بسبب المواد العالقة يتلف الالتصاق بين الكامات والغرفه.



شكل (١٠٦) الطلمبه الدواره (أ) بالكامة، (ب) بالتروس Rotary PumP

٣- طلمبات الطرد المركزي (المروحية): (Centrifugal Pumps)

جميع أنواع طلمبات الطرد المركزى تتوقف على قوة الطرد المركزى فى عملها. قوة الطرد المركزى تعمل على حركة الجسم فى ممر دائرى، بما يدفعه بعيدا عن المحور أو نقطة المركز للدائرة لمسار الجسم الدوار.

قواعد أساسية:

الأجزاء الدواره داخل غرفة (Casing) طلمبه الطرد المركزى توفر حركة دوران سريعة لكتله المياه فى غرفة الطلمبه، ولهذا فإن المياه تدفع خارج الغرفة بواسطة الطرد المركزى الى مخرج التصرف. الفراغ الناتج عندئذ يمكن الضغط الجوى لدفع مياه إضافيه الى الغرفة خلال فتحة الدخول. تستمر العملية طالما تتوفر حركة للدافع، وطالما توفر الامداد بالمياه. فى طلمبه الطرد المركزى الريش أو الدافع الدوار داخل الغرفة المغلقة يسحب السائل الى الطلمبه خلال فتحة الدخول فى المركز وبواسطة قوة الطرد المركزى فإنه يتم طرد السائل للخارج خلال فتحة الخروج على جانب غرفة الطلمبه.

مبادىء عمل طلمبه الطرد المركزى موضح فى الشكل (١٠٧)، الشكل (١٠٨). فى حالة تركيب إناء أسطوانى به ريش A، C (لتدوير السائل عند دوران الإناء) على عامود إدارة مزود ببكره لتدوير الاناء بسرعة عاليه، تعمل قوة طرد مركزى على الماء (الذى يدور

بسرعة عالية) لتضغط على المياه الى الخارج نحو جدار الإناء. وهذا يجعل المياه تضغط بشدة الى الخارج، نظرا لأنه لا يمكن أن تتحرك خارج جدار الاناء، الضغط يدفع المياه الى الخارج، بما يسبب تدفقها بينما المياه القريبه من مركز الإناء تنجذب إلى أسفل. الضغط الجوى يدفع المياه إلى أسفل، نظرا لحدوث تفريغ قرب المركز مع تحرك المياه الى الخارج فى إتجاه أجناب الاناء. يمكن الملاحظة من الشكل (١٠٧) أن المياه قد إرتفعت مسافة 'DD. نظرا لأن المياه المتدفقه أعلى الإناء ذات سرعة عاليه تساوى سرعة الحافة، طاقة الحركة التى تولدت تفقد إلا فى حالة وجود نظام لاستقبال المياه وتوفر إمداد إضافى بالمياه. شكل (١٠٨). فى هذا الشكل يوجد إناء لاستقبال المياه الخارجة وكذلك خزان للإمداد بالمياه مرتبط بعامود إدارة مفرغ لامداد الاناء بالماء. بدلا من تدوير الاناء، يمكن تدوير الريش فقط للحصول على نفس النتيجة.

الطلمبه ذات الريش المستقيمة (Straight Vanes)

فى أول طلمبه عملية للطرد المركزى. بنى الدافع بريش مستقيمه (محيطيه) شكل (١٠٩). مكونات الطلمبه هى: الدافع أو الجزء الدوار، الغرفة المحيطه بالجزء الدوار. تدخل المياه من فتحة الدخول فى مركز الدافع حيث تدور بواسطة الريش الدوارة للدافع. دوران المياه بالتالى يولد قوة طرد مركزى تسبب ضغط على المحيط الخارجى للدافع. وعند حدوث التدفق تمر المياه الى الخارج من الدافع بسرعة عالية وضغط عالى الى الممر المتسع بالتدريج للغرفة ثم خلال وصلة الصرف الى حيث تستخدم المياه.

الطلمبة ذات الريش المنحنيه (Curved Vanes)

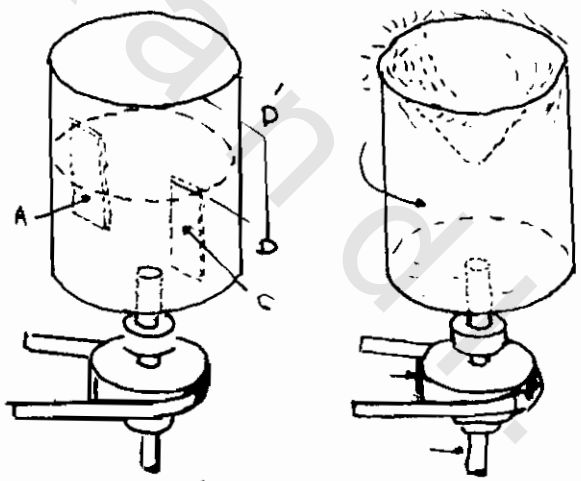
إستخدمت الريش المنحنية فى إنجلترا عام ١٨٤٩. الغطاء والأجزاء الداخلية لطلمبه الطرد المركزى لهم ريش منحنيه، تسمى عادة الطلمبه الحلزونيه (Volute Pump)، شكل (١١٠). ماسورة الدخول A موصلة بالغطاء توجه الماء الى فتحة العين B للدافع الدوار. الريش المنحنيه C للدافع توجه المياه من العين B إلى ناحية الصرف D، حيث تتحرك المياه فى ممر حلزونى. مع دوران الدافع تتحرك المياه نحو إتجاه الصرف ثم تدخل الممر الحلزونى E حيث تجمع من حول الدافع وتوجه الى وصلة الخروج F.

الحلـزون: Volute

الحلزون هو المنحنى الذى يلتف حول وباستمرار ويبتعد عن المركز. وهو حلزون يقع فى سطح منفرد (مقارنة بالحلزون القمعى). الحلزون هو الشكل الداخلى للغطاء أو الغرفة التى تحيط بالدافع لطلمبه الطرد المركزى ذات النوع الحلزونى (Volute). الشكل الحلزونى للغطاء يتناسب للحصول على سرعة تدفق متساوى حول المحيط وللخفض المتدرج لسرعة السائل مع تدفقه من الدافع الى الصرف. والغرض من هذا التنظيم هو تحويل السرعة الى ضغط.

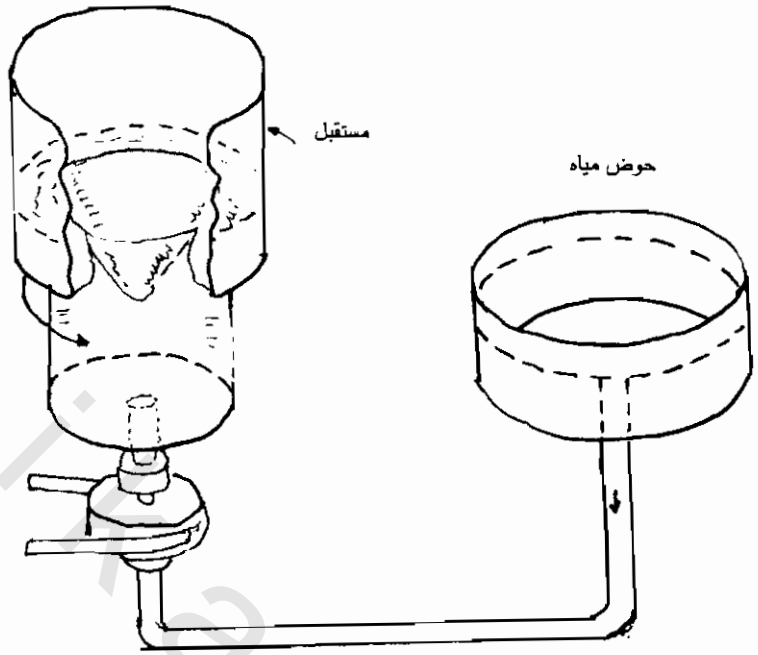
إنحنا. ريش الدافع:

الطريقه السهلة والبسيطه لوصف إنحناء الريش للدافع للأقطار الكبيره ولرفع ٢٠ متراً أو أكثر كما هو موضح فى الشكل (١١١).

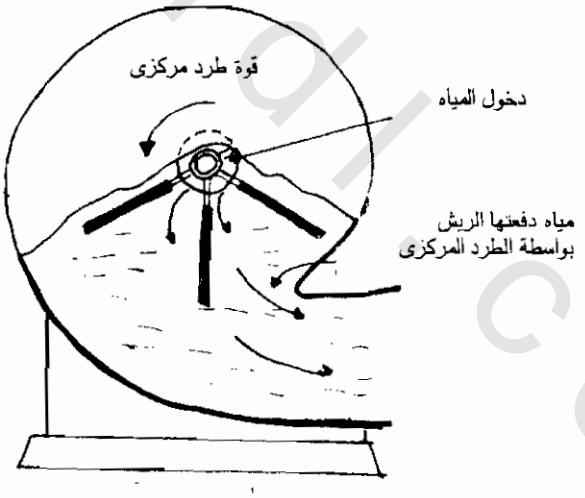


شكل (١٠٧)

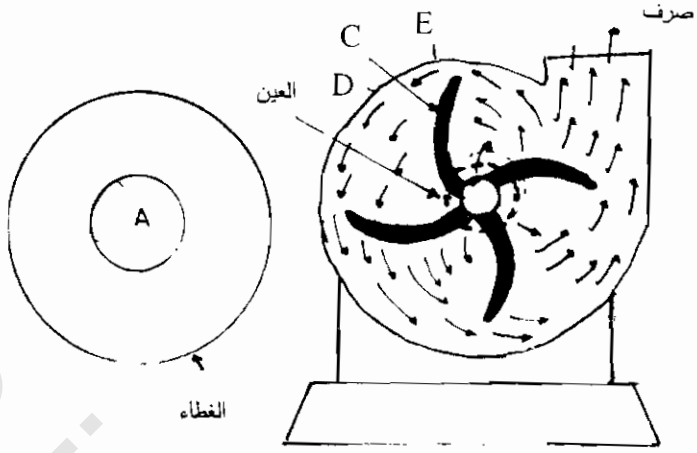
المبادىء الأساسية لطلمبه الطرد المركزى. الريش المحيطيه A، C تسبب دوران السائل عند دوران الأسطوانة (على اليسار). قوة الطرد المركزى تدفع السائل الى الخارج فى إتجاه جدار الأسطوانة ثم الى أعلا بما يسبب التدفق للخارج عند دوران الأسطوانة بسرعة عالية (اليمين)



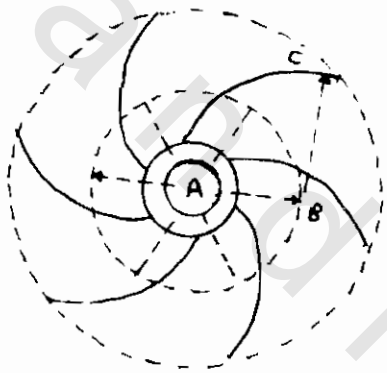
شكل (١٠٨) مخطط لنموذج طلمبه طرد مركزى بالمستقبل وحوض التغذية بالمياه



شكل (١٠٩) مبادىء طلمبه الطرد المركزى



شكل (١١٠) مكونات طلمبه الطرد المركزى الغطاء (اليسار) ومقطع فى الطلمبه المسمى عادة طلمبه حلزونيه يسبب عطل الغطاء أو الغرفة



شكل (١١١) الريش المنحنيه للدافع

- تقسم الدائرة الى عدد من الأزرع ٦٠ مثلا
- قسم كل نصف قطر
- باستخدام النقطة B كمركز ونصف القطر BC، توصف المنحنيات التى تمثل الأوجه الفعالة للريش.

التقسيم الأساسي:

التقسيم الأساسى لطلمبات الطرد المركزى يتم أساسا طبقا للاعتبارات التالية:

- المأخذ منفر أو مزدوج السحب.
- منفرد أو مزدوج المرحلة.
- المخرج حجم ضخم (ضغط منخفض)، حجم متوسط (ضغط متوسط) حجم صغير (ضغط مرتفع).
- الدافع شكل الريش،عدد الأزرع، الغطاء... الخ.

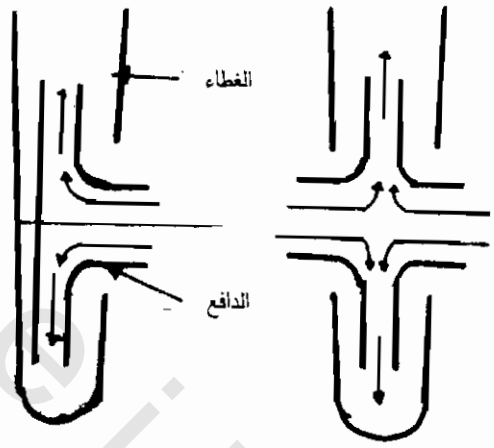
الطلمبه ذات المرحلة الواحدة: Single Stage Pump

يستخدم هذا النوع من المضخات للرفع لمستوى متوسط. الضغط الناتج عن الدافع المفرد هو دلالة للسرعة. فى بعض الحالات يمكن الرفع حتى ٢٥٠ متر بدافع من مرحلة واحدة ولكن من الناحية العملية فعند الدفع لأكثر من ١٠٠ متر تستخدم الطلمبه متعددة المراحل، دخول المياه من جهة واحدة (Single Admission) يمكن أن يتوفر فى حالة المرحلة الواحدة أو المرحلتين وكذلك دخول المياه من جهتين (Double Admission) للطلمبات قد يكون للمرحلة الواحد أو للمرحلتين شكل (١١٢).

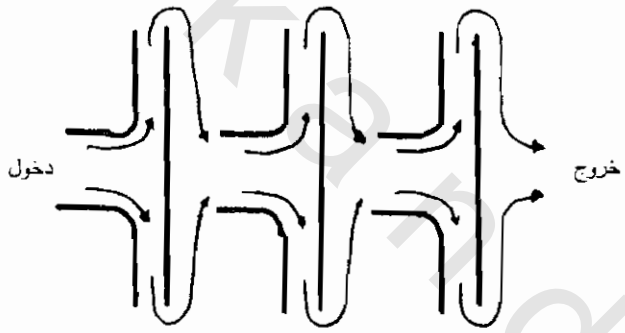
العيب الرئيسى لدخول المياه من جهة واحدة للطلمبه هو أن الرفع الذى يمكن تحقيقه بالضخ يكون محدود. تستخدم الطلمبات ذات دخول المياه من جهتين لضخ كميات المياه الكبيرة لارتفاعات متوسطة- الميزه الأخرى لدخول المياه من جهتين هو إتزان الدافع هيدروليكيا فى إتجاه محورى وذلك لأن الضغط من جهة الدخول من أحد الجهات يتم مقابلته بالضغط الناتج لدخول المياه من الجهة الأخرى ويحدث الإتزان للدافع.

الطلمبه متعددة المراحل: (Multistage Pump)

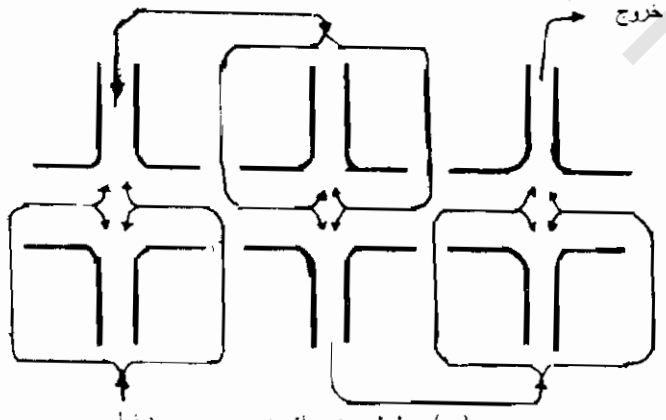
طلمبه الطرد المركزى متعددة المراحل هى طلمبه ضغط عالى أو الرفع العالى، وهى تتكون من مرحلتين أو أكثر وذلك طبقا لقيمه الرفع المطلوب. كل مرحلة هى أساسا طلمبه



شكل (١١٢) الدخول من جانب واحد ومن جانبين لطلمبه طرد مركزى ذات مرحلة واحدة موضحا مسار تدفق المياه



(أ) دخول من جانب واحد



(ب) دخول من جانبين

شكل (١١٣ أ، ب) مسار تدفق السائل) فى حالة الدخول من جانب واحد وفى حالة الدخول من جانبين للدافعات متعددة المراحل

منفصله، ولكنهم فى نفس الوعاء (الغطاء) والدوافع متصله بنفس عامود الادارة. وقد تصل عدد المراحل حتى ٨ مراحل فى وعاء واحد (Single Housing). المرحلة الأولى تستقبل المياه مباشرة من المصدر خلال ماسورة الدخول، يزداد الضغط حتى الوصول الى الضغط الصحيح للمرحلة الواحدة. ثم تمر المياه الى المرحلة التاليه. فى كل مرحلة تاليه، يزداد الضغط حتى وصول المياه الى المرحلة النهائية عند الضغط وبالحجم المصممة عليه الطلمبه. تدفق المياه من إتجاه واحد ومن إتجاهين للطلمبات متعددة المراحل موضح فى الشكل (١١٣).

طلمبات الطرد المركزى ذات المرحلة الواحدة تستخدم على نطاق واسع فى ضخ مياه الشرب وكذلك فى الصرف الصحى. وتستخدم فى الآبار الضحلة والعميقة للامداد بالمياه. وهذه الطلمبات تعمل بمحرك يعمل بالهواء أو الكهرباء أو البنزين أو الديزل كما تستخدم الطلمبات متعددة المراحل فى الصناعة أو للأغراض المنزلية عندما يكون المطلوب ضخ كميات كبيرة من المياه بضغط عالى.

الدافعات: (Impellers)

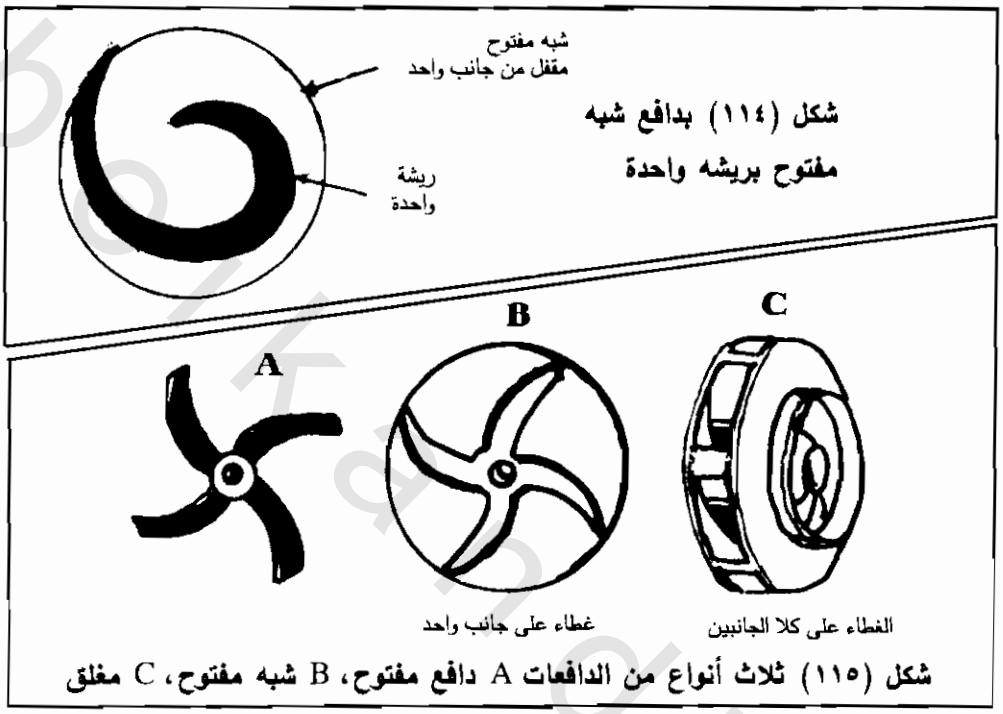
تتوقف كفاءة طلمبه الطرد المركزى على نوع الدافع. الريش والتفاصيل الأخرى تصمم لتوفير ظروف تشغيل معينه. عدد الريش قد يتغير من واحد الى ثمانيه أو أكثر طبقا لنوع الخدمه والحجم.. الخ.

الدافع الشبه مفتوح ذو الريشة الواحدة الموضح فى الشكل (١١٤). هذا النوع من الريش يستخدم فى أنواع معينة فى الضخ للمشكلات الصناعية التى تتطلب طلمبه قوية لتداول السوائل المحتويه على مواد ليفيه وأجسام صلبه أو أى مواد عالقة.

نوع الريش المفتوحة مناسب للسوائل الغير محتوية على مواد غريبه أو المواد التى يمكن أن تستقر بين الدافع والألواح الثابتة الجانبيه.

السوائل المحتويه على بعض المواد الصلبه كما فى حالة الصرف الصحى أو مياه الصرف حيث توجد كميه من الرمال يمكن تداولها باستخدام الريش المفتوحة بالإضافة الى

أنواع الدافعات المفتوحة والشبه مفتوحة، يمكن استخدام الدافع المغلق (Enclosed Or shrouded) شكل (١١٥) وذلك حسب طبيعة العمل والكفاءة والتكلفة. ويصمم الدافع المغلق لتطبيقات مختلفة. شكل وعدد الريش يتوقف على ظروف الاستخدام.



شكل (١١٤) بدافع شبه مفتوح بريشه واحدة

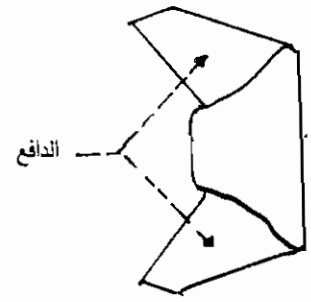
شكل (١١٥) ثلاث أنواع من الدافعات A دافع مفتوح، B شبه مفتوح، C مغلق

حيث التكاليف مرتفعة رغم كفاءتها. الدافع المغلقة لا تحتاج الى ألواح للبرى، حيث أنها تقلل من البرى الى أقل ما يمكن. كما أنها تؤكد الأداء بأقصى طاقة مع كفاءة أوليه عاليه لمدة زمنيه طويلة ولا يحدث بها إنسداد نظرا لأنها لا تعتمد على فواصل عمل قريبه.

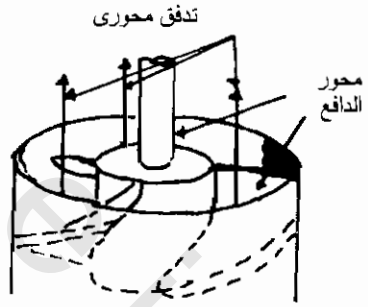
التدفق Flow

الدافع بالتدفق المحورى شكل (١١٦) يستخدم للحصول على تدفق للسائل فى إتجاه محور الدوران. هذا النوع من الدافعات تصمم لتداول كميات كبيره من المياه بدون رفع كما فى حالات الصرف، الرى، الصرف الصحى.. الخ. الطلمبه يجب أن تكون مغمورة فى جميع الأوقات. وهذا النوع غير مناسب فى حالات رفع المياه.

الدافع بالتدفق المختلط (شكل ١١٧) يستخدم لتداول كميات ضخمة من المياه لارتفاعات منخفضة. تصمم الطلمبات ذات الطاقة العالية ورفع منخفض للمياه بمبدأ التدفق المختلط لزيادة سرعة الدوران وخفض حجم الطلمبة وزيادة الكفاءة.



شكل (١١٧) دافع بالتدفق المختلط



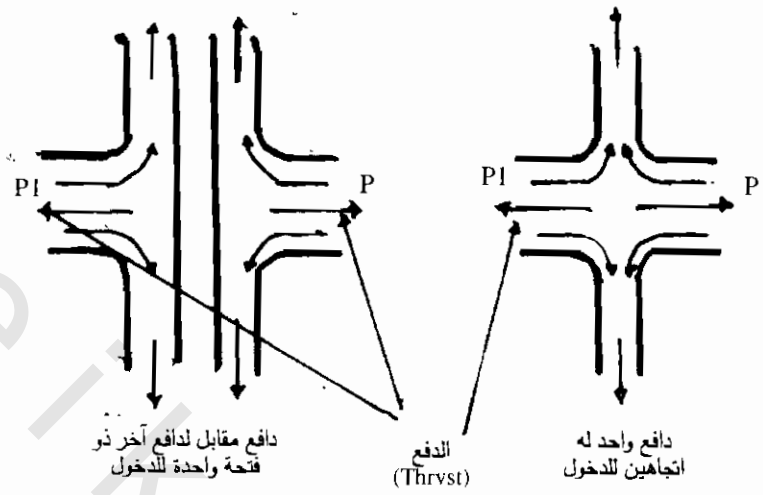
شكل (١١٦) دافع يستخدم للحصول على تدفق محورى

الإتزان: Balancing

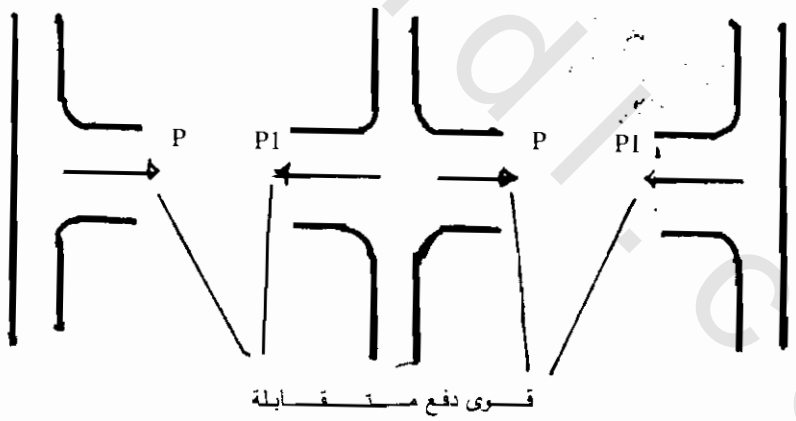
طلمبه الطرد المركزى هى معدة غير متزنه. هذه الطلمبات معرضه للدفع فى النهاية (End Thrust)، والذى يعنى الحاجة الى طريقة ما لمعادلة هذا الحمل. فى حالة الدافع حيث دخول المياه من جهة واحدة، يحدث دفع هيدروليكى غير متزن يكون فى الإتجاه المحورى نحو جانب الدخول، ذلك لأن الفراغ فى جانب الدخول يسبب دفع بواسطة الضغط الجوى على الدافع. تمت عدة طرق للإتزان مثل (الإتزان الطبيعى، كما فى حالة الدافعات المتقابلة (المضادة أو الإتزان الميكانيكى كما فى حالة قرص الإتزان... الخ).

الإتزان الطبيعي: (Natural Balancing)

فى هذا النوع من الإتزان الطبيعى تستخدم الطلمبات ذات الدخول للمياه من جهتين (Double Admission) والمرحلة الواحدة (Singlestage) أو المرحلتين أو ذات المراحل المتعددة. الشكل (١١٨) يوضح دوافع ذات الدخول من جهة واحدة الظهر فى الظهر Back to Back) وذات الدخول من جهتين. فى الشكل قوى الدفع P (Thrusts) و P1 تعملا فى إتجاه محورى وفى إتجاه معاكس لكل منهما.



شكل (١١٨) الإتزان الطبيعى لطلمبه ذات المرحلة الواحدة بواسطة دافعين متقابلين وفتحة دخول واحدة أو دافع واحد، إتجاهين لدخول المياه



شكل (١١٩) الإتزان الطبيعى لطلمبه ذات ثلاث مراحل بواسطة دافعين متقابلين لكل منهم مدخل واحد (على اليمين وعلى اليسار) ودافع فى المنتصف له مدخلين

طريقة الدافعات المتقابلة (Opposing Impellers) تستخدم فى الطلمبات ذات المراحل المتعددة طبقا لتنظيمات مختلفة للدافعات. فى حالة الطلمبه ذات الثلاث مراحل شكل (١١٩) تتكون من دافع فى الوسط حيث الدخول من جهتين ودافعين مضادين ذات الدخول من جهة واحدة. الأسهم توضح قوى الدفع المتضادة (Thrusts).

الدافعات المتقابله من أجل إتزانها فى الطلمبه ذات الخمس مراحل شكل (١٢٠) تتكون من دافع متوسط حيث الدخول من جهتين للمرحلة الأولى ثم دافعين متقابلين للمرحلة الثانية والمرحلة الثالثة وللمراحل الرابعة والخامسة. والطريقة موضحة كذلك فى الطلمبه ذات المراحل الستة شكل (١٢١).

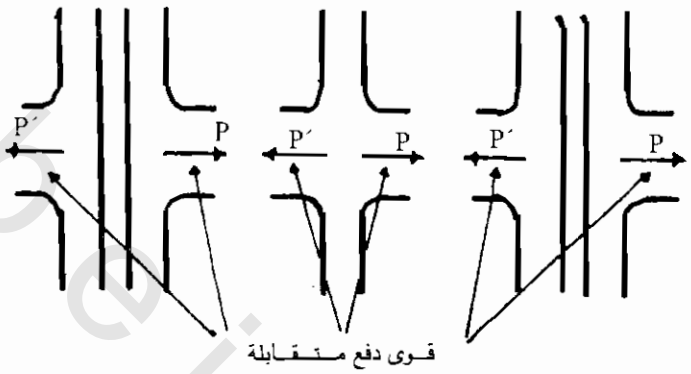
الإتزان الميكانيكي (Mechanical Balancing)

يدخل السائل خلال العين (Eye) للدافع فى إتجاه محورى وتخرج منه فى إتجاه محيطى وبهذا يحدث دفع نهائى والناتج كذلك من حقيقه أن السائل فى الفراغات التى فى الفواصل (Clearance spaces) يكون تحت ضغط. وهذه القوى ليست موجوده فى الدافع المفتوحة وذلك لعدم وجود غطاء (Shroud) لتعمل ضده هذه القوى.

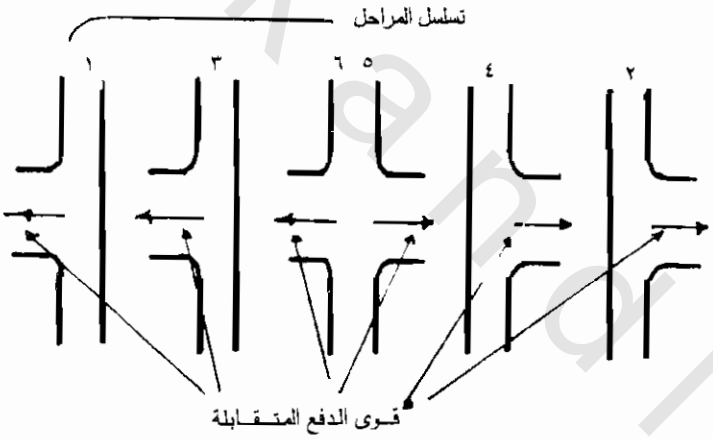
فى حالة الطلمبه ذات الغطاء والإتجاه الواحد للتدفق شكل (١٢٢) فإن الماء فى الغرفه لوجوده تحت ضغط يتسرب الى الخلف خلال الفراغات فى الفواصل A، D، نحو حلقات منع التسرب B، C إلى إتجاه الدخول. الدافع يكون عادة فى قلب الغطاء الخلفى للسماح لتراكم التسرب بالمرور نحو المدخل بدون بناء قوة ضغط. ولهذا فإن القوى على الغطائين تتساوى فى الضغط على مساحات الغطاء.

تركيب الطلمبات (Construction Of Pumps)

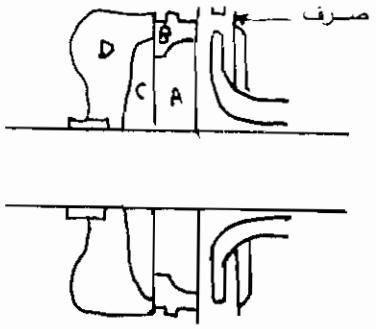
فى شكلها الأولى كانت طلمبه الطرد المركزى غير كفؤ واستخدمت فقط لضخ كميات كبيره من المياه لارتفاع منخفض. ثم تم تطويرها حيث توجد أنواع كثيره لمختلف الاستخدامات. رغم أن الطلمبات الأولى كانت مناسبة للرفع المنخفض إلا أنه تم التغلب على



شكل (١٢٠)
إتزان طبيعى لطلمبه ذات الخمس مراحل بواسطة زوج من الدافعين المتقابلين بمدخل واحد لكل (يمين ويسار) ودافع فى الوسط له مدخلين



شكل (١٢١)
إتزان طبيعى لطلمبه ذات ستة مراحل بواسطة أربعة دافعات ذات مدخل واحد (يمين ويسار) ودافع فى الوسط له مدخلين



شكل (١٢٢) الإتزان الميكانيكى لطلمبه الطرد المركزى بواسطة قرص إتزان

هذا بتوصيل وحدتين أو أكثر بعامود إدارة واحد وعملهم على التوازى. حيث تمر المياه خلال كل وحده بالتتالى مع حساب إجمالى الرفع مقسوما على عدد الوحدات (الطلمبه متعدده المراحل (MultiStage Pump). وحالياً فإن عدة مراحل تكون فى غطاء واحد أو غرفة واحدة. طلمبه الطرد المركزى تعطى أفضل النتائج عندما تصمم لظروف تشغيل معينة.

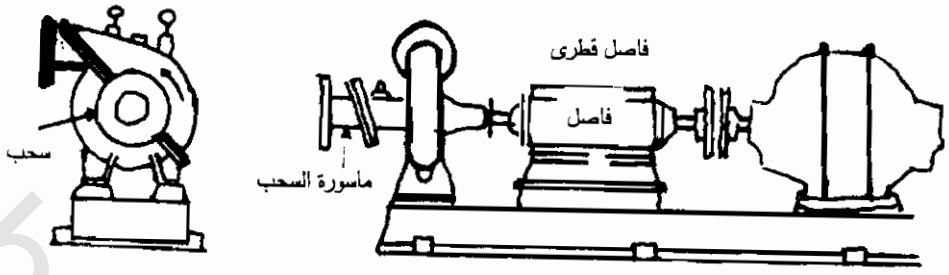
الغطاء (Casing Or Housing)

الغطاء عادة من قطعتين منشقين على المستوى الأفقى أو القطرى مع وجود فتحات الدخول والخروج مصبوبان مع الجزء السفلى. طلمبات الطرد المركزى إما ذات مدخل واحد أو مدخلين. والمفضل هو الطلمبه ذات المدخلين لاتزان الدفع النهائى عند حدوث التغير فى الضغط على جانب الدخول أو على جانب الخروج. الفاصل القطرى شكل (١٢٣) يسمح بسهولة ازالة الأجزاء الداخلية بدون المساس بمواسير الدخول والخروج. التصميم للغطاء الحلزونى المائل (Offset- Volute) يسمح بالصرف المحورى والدفع المضاد والتصريف الذاتى للهواء.

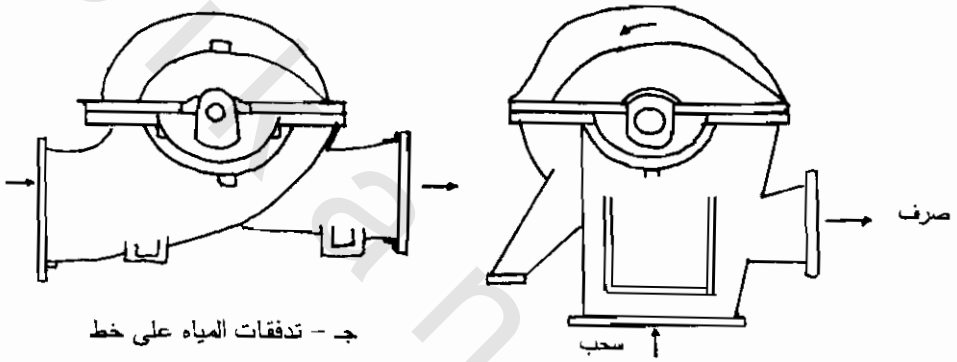
الدافع (Impeller):

يختلف تصميم الدافع طبقا لظروف الاستخدام وذلك لما يحققه من كفاءة فى التشغيل واقتصاديات فى التكلفة. يمكن الحصول على كفاءة عاليه للدافع المفتوح (بدون غطاء على الجانبين) شكل (١٢٤– أ). تحت ظروف معينة وذلك بالتنسيب الجيد لانحناء الريش وتقليل الفواصل الجانبيه إلى أقل ما يمكن مع التشطيب الدقيق لأطراف الدافع. يستخدم الدافع المفتوح لتداول كميات كبيره من المياه لرفع منخفض كما فى حالات الرى، الصرف، تخزين المياه، تدوير المياه فى المكثفات. الدافع المقفل شكل (١٥٥ – C) يعتبر أكثر كفاءة وتصب الريش كوحدة واحدة وتصمم لمنع تراكم المواد من الألياف بين الغطاء الثابت والدافع الدوار. دافع مقفل مصبوب من قطعة واحدة من البرونز بعض السوائل تتطلب دافع من الكروم أو أى سبيكه مناسبة.

كما تصمم الطلمبه لزيادة كفاءتها عند كميات تدفق معينة والرفع المقابل كما فى الشكل (١٢٤).

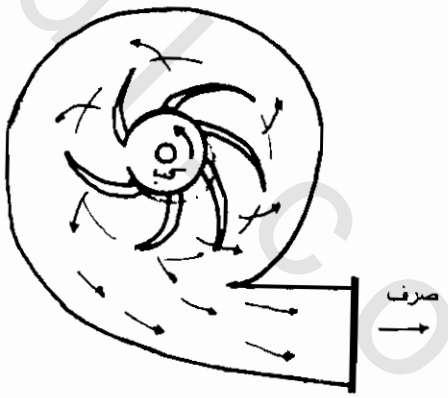


شكل (١٢٣) لطلمبه طرد مركزى- فاصل قطرى



جـ - تدفقات المياه على خط واحد بما يؤثر زيادة الضغط

أ- السحب من أسفل والضخ الى ارتفاع كبير



ب- السحب عند مركز الدافع والمصرف الى المقطع الحلزونى

شكل (١٢٤) التصميمات لزيادة كفاءة الطلمبه

الإنشاء: Instollation

عند إختيار نوع طلمبه الطرد المركزى المناسب طبقا لطبيعة الأداء، فإنه يلزم تركيبها بعناية للمحافظة على كفاءة الأداء ومنع الأعطال. يتم ذلك طبقا للعوامل الآتية وطبقا لحجم الطلمبة.

الموقع Location

يتم وضع الطلمبه فى المكان حيث يسهل التعامل معها مع توفر الاضاءه للكشف على الجوانات... الخ. طلمبه الطرد المركزى تحتاج الى درجة صغيره من الانتباه ولكن عدم ملاحظتها يمكن أن تحدث تلفيات تحتاج للاصلاح.

يجب أن تؤخذ مسافة الرفع فى الاعتبار. يتأثر الرفع بدرجة الحرارة، الارتفاع عن منسوب سطح البحر، الإحتكاك للسائل فى المواسير، محبس القدم، الفقد لوجود المصفاه. تكون المسافة بين الطلمبه بالنسبة للسائل فى حدود الرفع الديناميكى. كما يلزم أن يكون وضع شبكة المواسير غير معقده وبسيطه.

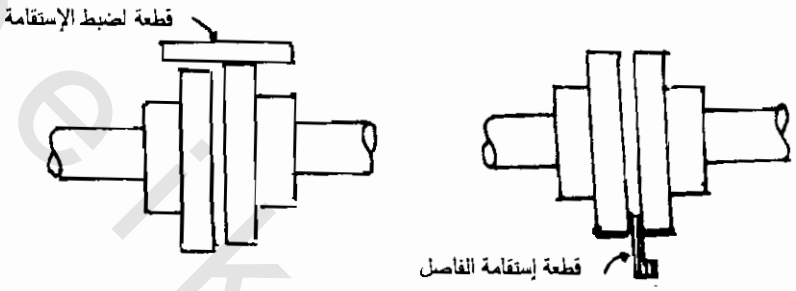
عادة يكون الأساس من الخرسانة ويكون قادر على امتصاص الإجهاد والصدمات المحتمل حدوثها. مسامير الأساس طبقا للقطر المحدد توضع فى الخرسانة طبقا للرسومات.

فى حالة التحميل على إطار من الصلب أو نوع آخر من الإنشاءات يجب أن توضع الطلمبة على أعمدة التحميل الرئيسية (الكمرات، الأعمدة) مع مراعاة الاستقامة مع التغير فى إجهادات المنشأ. الجزء السفلى لقاعدة الطلمبه يجب وضعه فوق الأساس بمسافة $\frac{3}{4}$ بوصة تقريبا لتوفير فراغ لعملية التخشيه (Grouting).

التسوية الأفقيه (Levelling):

عادة تكون الطلمبة ومحرك الادارة على لوح القاعدة. وللتسويه الأفقيه توضع الوحدة محملة على قطع تسويه (Levelling Pieces) من ألواح الصلب قرب مسامير القاعدة. وذلك مع ترك مسافة بين لوح القاعدة والأساس قيمة المسافة من $\frac{3}{4}$ – ٢ بوصة لوضع طبقة

التحشيه من المونه الأسمنتيه. قطع التسوية تحت القاعدة يتم ضبطها حتى إستواء عامود إدارة الطلمبه وفلنجات دخول وخروج المياه سواء كانت رأسيه أو أفقيه، ذلك مع مراعاة الإستقامه بين الطلمبه وعامود الادارة مع الاستمرار فى تسوية قاعدة الوحدة لضبط إستقامة الطلمبه مع المحرك يتم باستخدام لوح مستقيم كما فى الشكل (١٢٥).



شكل (١٢٥) إستخدام قطع معدنية لضبط الاستقامة وعامود الادارة للطلمبه

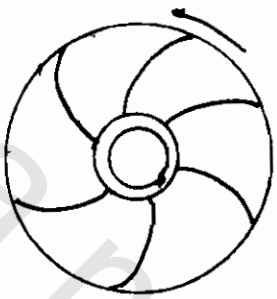
تتم التحشيه (grouting) بالمونة الأسمنتية (خليط من الأسمنت والرمل والماء) فى الفراغات لتثبيت المسامير... الخ. خليط المونة الاسمنتية يتكون من جزء من الاسمنت، ٢ جزء من الرمل وكميه مياه كافية لجعل الخليط يتدفق بحرية أسفل لوح القاعدة. مع بناء إطار من الخشب حول المحيط الخارجى للوح القاعدة للمحافظة على التحشية ولامكان التدفق أسفل كل لوح القاعدة. ثم تترك طبقة التحشية لمدة ٤٨ حتى تمام الشك. يلى ذلك التربيط على مسامير التثبيت ومراجعة تربيط الأجزاء.

مواسير الدخول: يجب الا يقل قطر ماسورة الدخول عن قطر فتحة الدخول للطلمبه كما تكون قصيره ومباشره ما أمكن وفى حالة الحاجة الى ماسورة دخول طويله يلزم زيادة قطر الماسورة. يفضل وجود إرتفاع مستمر بين المصدر الى الطلمبه. عندما يكون منسوب السائل عند أدنى مستوى، فإن نهاية الماسورة يجب أن تغمر الى عمق يساوى أربعة أضعاف القطر (للمواسير الكبيرة)، أما المواسير ذات القطر الصغير فيجب أن تغمر الى عمق ٢ – ٣ قدم. توضح مصفاه حول نهاية الماسورة تكون مساحة فتحات المصفاه مساوية لثلاث أو أربع مرات لمساحة مقطع الدخول. كما يلزم توفير محبس قدم (FootValve) عند تعرض الطلمبه

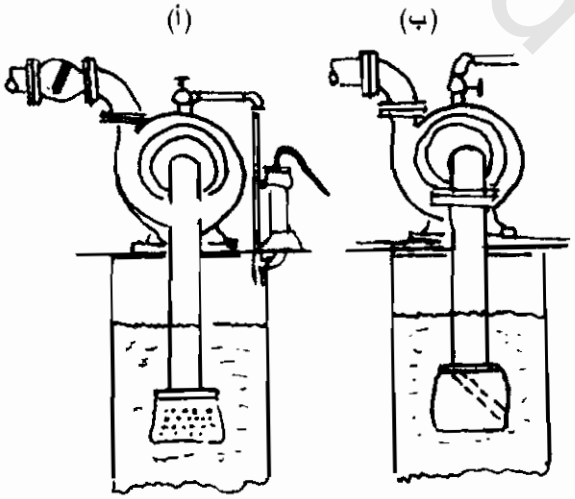
للاستخدام المتقطع. كما يجب العناية فى إختيار محبس القدم من ناحية القطر والنوع لتجنب الفقد بالاحتكاك خلال المحبس.

مواسير الصرف: مواسير الصرف (مثل مواسير الدخول) يجب كذلك أن تكون قصيرة وخاليه من الكيعان ما أمكن لتجنب الفقد بالاحتكاك.

كما يجب وضع محابس قفل ومحابس عدم رجوع قرب الطلمبه. محبس عدم الرجوع يحافظ على جسم الطلمبه (Casing) من التدمير بفعل المطرقه المائية، كما تمنع الطلمبه من العمل بالاتجاه العكسى. يستخدم محبس القفل لإيقاف الطلمبه من ماسورة الخروج عندما يكون هناك صيانة أو إصلاح.



شكل (١٢٦) إتجاه دوران الدافع



شكل (١٢٧)

التحضير لطلمبه الطرد المركزى

أ – طلمبه رفع يدويه

ب – محبس قدم مع الصرف من أعلا

obeikandl.com

التشغيل Operation

قبل بدء تشغيل طلمبه الطرد المركزى يجب إختبار إتجاه الدوران شكل (١٢٦) مع فصل النصفين. السهم على جسم الطلمبه يوضح إتجاه الدوران. ملىء كرات التحميل (Ball Bearing) بزيوت التشحيم الموصى بها حتى الملىء. التفتيش النهائى لكل الأجزاء قبل البدء، يمكن تدوير الدافع يدويا.

التحضير: Priming

طلمبة الطرد المركزى يجب عدم تشغيلها بدون تحضير حتى تملأ تماما بالماء، فى حالة تشغيل الطلمبه بدون سائل، توجد خطورة لتلف الأجزاء الداخلية التى تشحم بالماء. يستخدم السائل من مصدر خارجى.

طريقه الطلمبة اليدوية (أو التي تعمل بالهواء):

يمكن استخدام محبس عدم الرجوع، طلمبه يدويه شكل (١٢٧) أو طلمبه تعمل بالهواء. يتم قفل المحبس قبل البدء شكل (١٢٧- أ). وقد يستخدم محبس قدم (Foot Valve) شكل (١٢٧- ب) حيث يملأ كلا من الطلمبه وماسورة الدخول خلال الجزء العلوى من الطلمبه (مخرج الصرف) من خزان مياه صغير أو بواسطة طلمبه يدويه. فى حالة طول ماسورة الدخول توضع ماسورة صرف على فتحة الصرف أعلا الطلمبه بطول لا يقل عن ٢ متر لمنع بعثرة المياه قبل بدء حركة المياه فى ماسورة الدخول بما يسبب عدم إمكان بدء التشغيل.

بد. تشغيل الطلمبه:

قبل بدء تشغيل الطلمبه ذات التشحيم بالزيت لكرات التحميل. يتم تحريك الدافع عدة مرات إما يدويا أو لحظيا باستخدام مفتاح التشغيل (بعد ملأ الظلمبه بالماء). يمكن تشغيل الطلمبه عدة دقائق مع القفل لمحبس الصرف بدون سخونة للطلمبه. يظل محبس تصريف

الهواء مفتوح أثناء هذه المحاولة. ثم لدخول الطلمبه فى الخط يقفل محبس تصريف الهواء ويفتح محبس الصرف .

إيقاف الطلمبه:

عند وجود محبس عدم رجوع قريب من الطلمبه فى خط الصرف، تقفل الطلمبه بإيقاف المحرك وقفل المحابس مع البدء بمحبس الصرف ثم محبس الدخول ثم مصدر مياه التبريد. فى حالة توقف الطلمبه لبعض الوقت فقد تفقد مياه التحضير مما يتطلب مراعاة ذلك قبل البدء فى التشغيل.

المشاكل التى قد تظهر أحيانا أثناء التشغيل لطلمبات الطرد المركزى: حيث يمكن تحديد هذه المشاكل وأسبابها وأماكنها كالآتى:

١- النقص فى طاقة الضخ أو عدم القدرة على رفع المياه عندئذ يكون هذا لأحد الأسباب الآتية:

أ – لم يتم التحضير للطلمبة.

ب – السرعة قليلة.

جـ – الارتفاع المطلوب رفع المياه إليه اكبر من قدرة الطلمبه.

د – قدرة السحب كبير (أكبر من ٥– ٦ متر).

هـ – وجود جسم غريب أوقف تحرك عامود الدفع أو الدافع.

و – إتجاه الدوران للدافع معكوس.

ز – زيادة الهواء فى الماء.

ح – يوجد تسرب للهواء فى ماسورة المدخل أو فى صندوق التروس.

ط – ضغط دخول المياه غير كافى لتحقيق الضغط الجوى للسائل.

ء – أعطال ميكانيكيه مثل تلف الجوانات، كسر فى الواقع.

ك – محبس القدم قد يكون صغير جدا أو مقفول بالرواسب والأعشاب.

٢ – انقطاع المياه بعد بدء التشغيل الأسباب الآتية:

أ – تسرب الهواء فى ماسورة الدخول.

ب – السحب اكبر من ٥– ٦ متر.

جـ – زيادة الأبخرة أو الغازات فى المياه.

٣ – زيادة التحميل على المحرك بما يتطلب مراجعة الآتى:

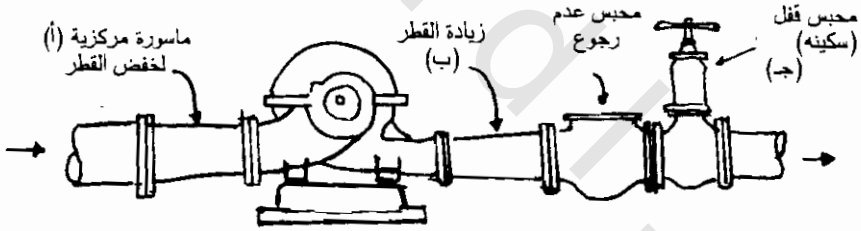
أ – السرعة عالية جدا.

ب – رفع المياه أقل من طاقة الطلمبه بما يترتب عليه زيادة الضخ أكثر من المعدل.

جـ – وجود عيوب ميكانيكيه.

٤ – بعض الحالات الغير عادية التى يمكن أن تحدث.

أ – ضعف تصرف الطلمبه ثم التوقف عن ضخ المياه– يكون ذلك إما لوجود هواء فى الطلمبه أو فى المواسير أو عامود الرفع يكون مرتفع جدا أو لوجود تسرب فى المواسير، ماسورة الدخول طويلة.



شكل (١٢٨) تركيب وصلة زيادة القطر فى خط الخروج

فى حالة التصريف السليم تماما للطلمبه فى المرحلة الأولى تشغيل ثم توقف التصرف. يكون السبب إما عدم توفر المياه من المصدر أو أن منسوب المياه أدنى من منسوب السحب. يمكن تحديد ذلك بوضع مقياس للتفريغ (Vacuum Gauge) على كوع المدخل للطلمبه. كما يمكن معالجة هذه الحالة بخفض منسوب الطلمبه لخفض عامود السحب.

فى حالة توقف الطلمبه لبعض الوقت يلزم التدوير يدويا مره كل اسبوع. وفى حالة التوقف لفترة طويلة يتم فك الأجزاء وتنظيفها وتزييتها.

تركيب مزود (Increaser) **علي خط الصرف:** شكل (١٢٨)

يمكن خفض الفقد الهيدروليكى بتركيب مزود على خط الصرف. الإتصال مع محابس عدم الرجوع والقفل موضح فى الشكل (١٢٨ ب) خط الصرف يجب أن يختار بالنسبة لأدنى فقد بالاحتكاك كما يجب الا يقل عن فتحة الخروج للطلمبه. ويفضل أن يكون ضعف فتحة الخروج للطلمبه ويفضل أن يكون ضعف فتحه الخروج للطلمبه مرتين أو ثلاث مرات. لا تستخدم الطلمبه لتحميل مواسير الدخول والخروج الثقيلة مع توفير تحميل مستقل لكل المواسير.

بالنسبة للقطر المناسب لماسورة الصرف بعد محبس القفل شكل (١٢٨ – جـ) بحيث لا يكون القطر كبيرا بما يزيد من تكاليف المواسير أو صغير بما يزيد من سرعة المياه والتى تزيد من الفقد بالاحتكاك بما يتطلب طاقة أكبر (قوة حصان) لاحتياجات الضخ. وللحصول على الحالة النموذجية تستخدم معادلة (Lea) لتعيين قطر الماسورة الحاملة لخروج المياه من الطلمبه (١٢٨– جـ).

$$D = 0.97 - 1.221\sqrt{Q}$$

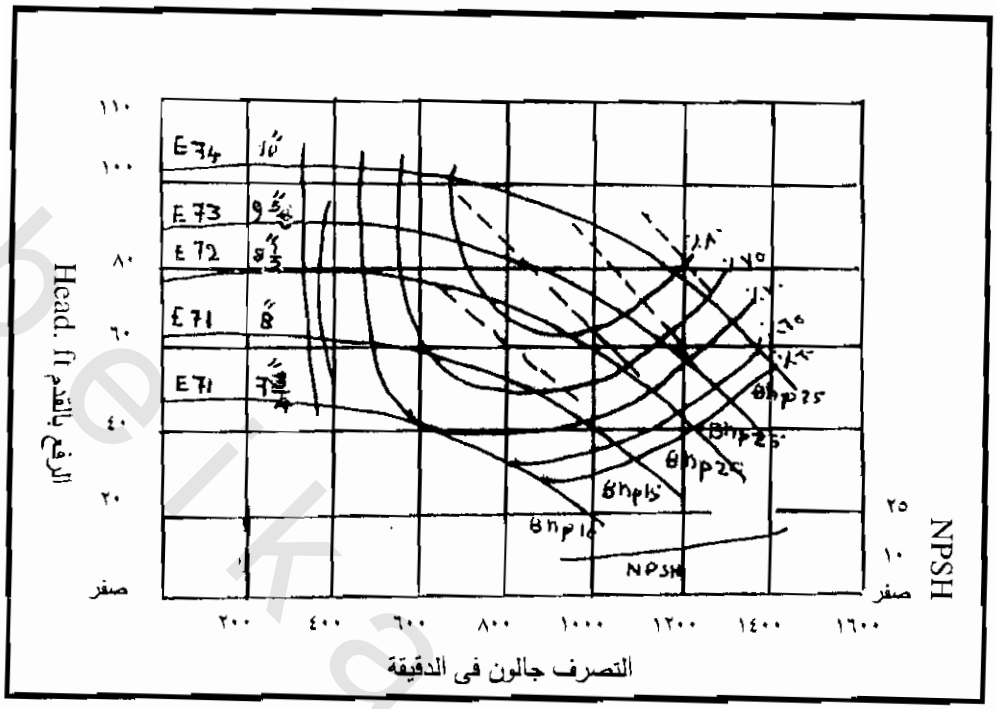
حيث D = القطر الاقتصادى للماسورة بالبوصة

Q = الضخ المطلوب للمياه بالمتر المكعب فى الثانيه

وهذه المعادلة تعطى أقصى سرعة للمياه ما بين ٠,٨ الى ١,٣٥ متر فى الثانية.

إستخدامات طلمبه الطرد المركزي

توجد تصميمات مختلفة لطلمبات الطرد المركزى. حيث يمكن أن تستخدم للسحب والرفع أو لزيادة الضغط حيث توضع على سطح الأرض. كما إستخدمت تحت الماء فى الآبار إما بعامود إدارة داخل قيسون ضخم (الطلمبه الرأسيه التربينيه) ثم أخيرا فى شكل مدمج كما فى حالة الطلمبات الغاطسة (Sub marsible).



شكل (١٢٩) منحنى كفاءة الأداء الطلمبه طرد مركزى تعمل بعدد ١٨٠٠ الف فى الدقيقة منحنى الطاقة منبسط نسبيا بما يعنى التغير الصغيرة فى الرفع يزيد من معدل الضخ

Bh_p = قوة الحصان للأداء NPSH = إجمالى ضغط السحب الموجب للطلمبه

منحنيات كفاءة الأداء: (Performance Curves)

يتوفر منحنى الأداء لكل تصميم للدافع عند المنتج، ترسم هذه المنحنيات لمرحلة واحدة للطلمبة. تتوفر بيانات عن معدل الضخ لرفع ديناميكى معين زائد وكذلك الكفاءة والطاقة بالحصان (h_p) عند كل معدل ضخ. من منحنى الأداء يمكن إختيار طلمبه معينة لتحقق الضخ المطلوب (Q) لكل الرفع الديناميكى بأعلى كفاءة ممكنه. منحنى كفاءة الأداء فى الشكل (١٢٩) يوضح ان طلمبه تربينيه ذات مرحلة واحدة وقطر الدافع ١″ (٢٥٤ مم) تعمل بأعلى كفاءة (أكثر من ٨٠٪) عندما يكون معدل الضخ ٩٠٠ جالون فى الدقيقة (٤٩١٠م/٣ اليوم) لارتفاع ديناميكى ٩٢ قدم (٢٨ متر).

إذا تغير الرفع الديناميكى الاجمالى خلال العام، فإنه من الصعب إختيار الطلمبه التى ستعمل بكفاءه عند كل رفع ديناميكى. فمثلا الوحدة (E74) فى الشكل (١٢٩) لها أقصى كفاءه (٨٠٪) عند رفع كلى من ٧٦ – ٩٩ قدم (٢٣,٢ – ٣٠,٢ متر) وتضخ من ١١٧٠ الى ٦٧٠ جالون فى الدقيقة (٦,٣٨ – ٣,٦٥ م/٣ اليوم). إذا تغير الرفع الديناميكى فى هذا المجال فإن الطلمبه تعمل بكفاءه والقوة المطلوبه تتغير بمعدل ٧ حصان (Brake Horse Power Bh_p).

ومن ناحية أخرى فى حالة إجمالى الرفع لينخفض الى ٦٠ قدم (١٨,٣ متر) أثناء موسم ارتفاع منسوب المياه، ولكن فى موسم آخر قد يصل الرفع الى ١٠٠ قدم (٣٠,٥ متر) فى مثل هذه (كما فى حالة الآبار الجوفية عند إنخفاض منسوب المياه الجوفيه أو تسرب المياه الجوفية الى خزان جوفى مجاور). فى هذه الظروف فإن معدل الضخ سيتراوح بين حوالى ١٣٤٠ جالون فى الدقيقة (٧٣٠٠ م/٣ اليوم) نزولا الى ٦٢٠ جالون فى الدقيقة (٣٣٨٠ م/٣ اليوم). عندئذ ستتراوح الكفاءة بين ٦٧، ٧٧٪. والطاقة اللازمة تصل الى أقصاها حوالى ٣٠ (30 B h_p) وأدناها حوالى ٢٠ (20 Bh_p). فى مثل هذه الظروف فإنه يلزم إختبار طلمبه ذات خصائص تشغيل مختلفة عن الموضح فى الشكل (١٢٩) بما يحقق تغير قليل فى معدل الضخ مع التغيرات فى الرفع الديناميكى الكلى. ولنا فإن هذه الطلمبه يلزم أن تكون خصائص الرفع أقرب الى الإنحناء. فى حالة تنفيذ ذلك فإن الكفاءة والقوة بالحصان (Bh_p) سوف لا تتأثر كثيرا بمجال الرفع. قد نكون أقصى كفاءة أقل ولكن متوسط حالات الضخ سيحدث عند كفاءه عاليه. قوة الحصان للمحرك قد تظل بدون تغيير أو أقل قليلا (مقارنة بالطلمبه ذات منحنى الأداء السنوى) وذلك لأن أقصى قوة حصان للرفع (Bh_p) ستكون عند أدنى رفع عند إرتفاع معدل الضخ الى أقصاه.

إختيار الطلمبه المناسبة لعمل معين أو تطبيقات معينة يتم بسهولة عند توقيع نظام الرفع للطلمبه ومقارنته بمنحنيات الطلمبات من مصانع مختلفة. منحنى الرفع للطلمبه يتم لتوضيح الرفع الديناميكى اللازم لمعدلات تدفق مختلفة فى النظام. عند الضخ من بئر فإن المكونات الكلية للرفع اكلى الديناميكى تزداد بزيادة معدلات التدفق، يزداد الرفع الرأسى مع زيادة الانخفاض فى البئر ويزداد الفقد بالاحتكاك مع زيادة التصرف.

شكل نظام منحنى الرفع يتغير طبقا للخصائص الهيدروليكية للبئر (الخزان الجوفى) وكذلك لنظام الخدمة. ينتج المنحنى المستوى نسبيا من التأثيرات المشتركة للطاقة النوعية للبئر، ثبات الارتفاع لنقطة الصرف، زيادة قطر المواسير مع خفض الفقد بالإحتكاك، المنحنى الحاد نسبيا ينتج من إنخفاض الطاقة النوعية للبئر بالإضافة، بالاضافة الى إرتفاع نقطة الصرف وزيادة الفقد بالاحتكاك فى المواسير.

كفاءة الطلمبه: (Pump Efficiency)

يمكن إختيار نقطة التشغيل الأكثر كفاءة لطلمبه الطرد المركزى من منحنى كفاءة الأداء لجهة الانتاج للطلمبه. (يلاحظ أن الكفاءة الموضحة فى أى منحنى كفاءة الأداء هو لجسم الطلمبه فقط (Bowl Assembly). الكفاءة الكلية للضخ يمكن معرفتها بضرب كفاءه الطلمبه فى كفاءة المحرك. الكفاءة النموذجية للضخ هى حوالى من ٧٠– ٧٥٪). نظرياً أفضل نقطة كفاءه لطلمبه الطرد المركزى تكون عندما تقسم الطاقة على السائل بالتساوى الى طاقة رفع وطاقة ضخ. هذا الموقف أو هذه النقطة على منحنى كفاءة الأداء يحدث عند حوالى ٥٠٪ لأقصى كفاءة للطلمبه أو عند ٠,٧ من الارتفاع (Head) الذى عنده لا يحدث تدفق (نهاية الرفع Shut off Head). تكاليف التشغيل يمكن تكون عند أدناها فى حالة عمل الطلمبه فى هذا المجال. طبقا لتصميم الطلمبه قد تختلف أقصى كفاءه عند هذه الأرقام العامة، مما يتطلب مراجعة مخططات كفاءة الأداء للطلمبات.

قوة الحصان: (Horse power)

قوة الحصان للماء تعرف بالطاقة اللازمة لرفع معين بدون الأخذ فى الاعتبار للكفاءة أو الفقد بالاحتكاك. تحسب قوة الحصان للماء كالآتى:

$$\text{قوة الحصان للماء (whp)} = \frac{H \times Q}{75}$$

حيث Q = تصرف الطلمبه م٣ / ث

H = الرفع بالمتر

$$\text{أو whp} = \frac{Q \text{ (جالون فى الدقيقة)} \times H \text{ (الرفع بالقدم)}}{٣٩٦٠}$$

نظرا لأن كفاءة الطلمبه (جسم الطلمبه) أقل من ١٠٠ ٪ لذلك يلزم لتشغيل الطلمبه قوة حصان اكبر من المعادلة السابقة والتى تسمى قوة الحصان للأداء ($Brak\ h_p$) والتى تحسب كالآتى:

$$Bh_p = \frac{Wh_p}{\text{كفاءة الطلمبة}}$$

$$= \frac{\text{جالون الدقيقة X الرفع بالقدم}}{\text{٣٩٦٠ Xكفاءة الطلمبه}}$$

$$\text{أو} = \frac{Q \text{ (متر مكعب / الثانية} \times \text{الرفع بالمتر} \times \text{كثافة الماء كج/ م٣}}{\text{٧٥ x كفاءة الطلمبه}}$$

توجد قوة حصان أخرى يلزم أخذها فى الاعتبار وهى كفاءة الموتور أو المحرك. ولذلك تكون قوة الحصان المستخدمة ($Inpnt\ h_p$)

$$\text{قد تصل الى ٩٠ ٪ تقريبا وبالتالى تكون قوة الاداء بالحصان} = \frac{Bh_p}{\text{كفاءة المحرك}}$$

وعموما فإن قوة الحصان للطلمبه يتم حسابها مع الأخذ فى الاعتبار كفاءة الطلمبه وكفاءة المحرك وكفاءة التشغيل (drive)

$$\text{الكفاءة الكلية للضخ} = E = Ed \times Em \times Ep$$

$$\therefore \text{ قوة الحصان المطلوبة } h_p = \frac{H \times Q}{75 \times E} \quad \text{أو} \quad \frac{\text{جالون/ ق H x بالقدم}}{\text{٣٩٦٠ x E}}$$

فى المحرك الكهربى عند تقدير الحصان بالطاقة الكهربية فإن

obeikandl.com

واحد حصان يعادل ٧٤٦ وات، ١ كيلوات = ١٠٠٠ وات

$$\text{الكيلوات من الكهرباء} = \frac{٠,٧٤٦ \times H \times Q}{٣٩٦٠ \times E}$$

$$= \frac{\text{جالون فى الدقيقة} \times \text{الدفع بالقدم} \times ٠,٧٤٦}{٣٩٦٠ \times E}$$

أقصى رفع لعامود الماء : (Shut Off Head)

يعرف أقصى رفع لعامود الماء بأنه الرفع الذى تؤديه الطلمبه حتى وصول السائل أقصى رفع لعامود الماء لمنحنى الطلمبه موضح فى الشكل (١٢٩) لطلمبه ٨/٥ ٩″ (٢٤٤ ملميتر) هو تقريبا ٨٧ قدم (٢٦,٥ متر) . يمكن حساب أقصى رفع للطلمبه الذى تؤديه طلمبه الطرد المركزى مقابل محبس مغلق أو حساب الإرتفاع الذى ستصل اليه المياه فى ماسورة بدون تدفق. فمثلا لحساب أقصى رفع لطلمبه طرد مركزى تعمل عند ١٨٠٠ لفه فى الدقيقة ومجهزة بدافع ٨/٥ ٩″ (٢٤٤مم) . يتم أولا حساب السرعة المحيطية V بالمعادلة .

$V = \pi\, d.rps$

حيث d = قطر الدافع بالقدم

rps = عدد اللفات فى الثانية

∴ V = ٣,١٤ × ٠,٨ × ٣٠ = ٧٥,٤ قدم/ الثانية

حيث ٨/٥ ٩″ = ٠,٨ قدم، ١٨٠٠ لفة/ ق = ٣٠ لفة/ ث

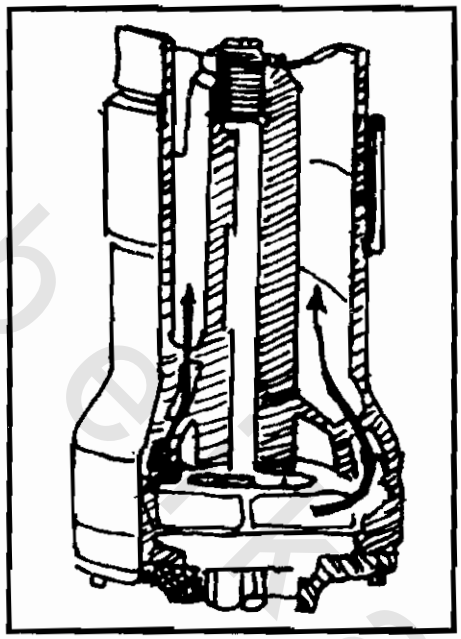
تستخدم المعادلة التالية لحساب أقصى إرتفاع لعامود الماء

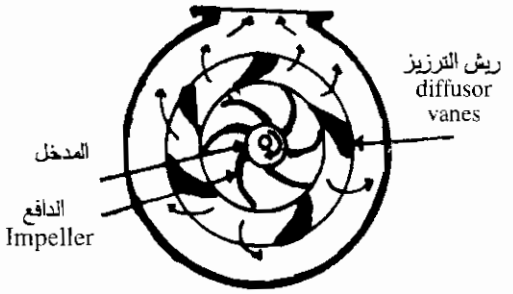
$$H = \frac{V2}{zg}$$

حيث g = عجلة الجاذبيه ∴ $\frac{٢(٧٥,٤)}{٣٢,٢ \times ٢} = \frac{٥٦٨٥}{٦٤,٤}$

∴ H = ٨٨,٣ قدم (٢٦,٩ متر)

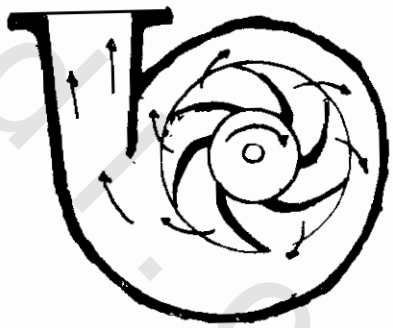
أى أنه يمكن زيادة الرفع بزيادة عدد اللفات فى الدقيقة أو بزيادة قطر الرافع (Impeller) .

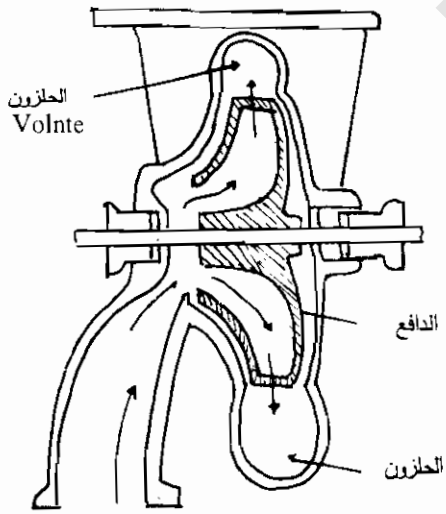




شكل (١٣٠) طلمبه
طرد مركزى تربينيه
(أ) مقطع عرضى

شكل (١٣٠) فى الطلمبه التربينية
المياه بعد ترك الدافع تتحرك الى الخارج خلال الدافع المحاط بممرات منحنيه بين ريش
الناشر. لذلك تنخفض السرعة ويزداد الضغط ب – مقطع طولى





شكل (١٣١) طلمبه الطرد المركزى
الحلزونية ليس لها ريش ناشره أو للتوجيه

شكل (١٣١) طلمبه طرد مركزى حلزونية (Volute) ب – يوضح الحلزون

يتوفر أقصى رفع لعامود الماء ضمن البيانات الواردة فى كتالوج الطلمبه.

أحيانا قد تعمل طلمبه الطرد المركزى فى مواجهة محبس مغلق، يحدث ذلك عند قفل محبس السكينه أو فى حالة عدم إمكان الطلمبه الى منسوب الرفع الدنياميكى والاستمرار فى متابعة منحنى كفاءة الأداء فى إتجاه اليسار. وقد تصل الى نقطة حيث لا تستطيع ضخ أى مياه أى أن تصل الى حالة أقصى رفع أو حدوث معدل الانتاجية ليكون صفر.

عند حدوث ذلك فإن الطلمبه تهتز بعنف (Churn) مع تدوير الماء باستمرار خلال جسم الطلمبه. وبذا تتحول الطاقة الميكانيكية نتيجة الاحتكاك الى طاقة حرارية مع إستمرار الحال تزداد الطاقة الحرارية لتحدث غليان للماء وبذا يستبدل الماء بالبخار ويدور الدافع فى البخار. مع نقص التبريد يسبب فى تلف كرات التحميل وحلقات البرى وتلف الجوانات ثم المحرك.

تصميم طلمبه الطرد المركزي المستخدمة في الآبار:

يوجد خمسة أنواع من طلمبات الطرد المركزى حيث يمكن إجراء تعديل فى أى منهم بتغيير تصميم الدافع بهدف تحيقيق خصائص تشغيل مختلفة. الدافع هو الجزء الدوار فى الطلمبه الذى يسبب السرعة العالية للمياه. المستخدم فى آبار المياه هى طلمبه الطرد المركزى ذات الدافع التربينى (Turbine Pump). المستخدم فى آبار المياه الطلمبه التربينيه فقط فى هذا النوع من الطلمبات يحاط الدافع بريش ناشره (Diffuser Vanes) التى توفر إتساع متدرج لمرور المياه حيث تقل سرعة المياه عند تركها للدافع بما يزيد من الضغط شكل (١٣٠) اما الطلمبه الحزونية (Volute Pump) فهى تختلف عن الطلمبه التربينيه فى أن الدافع موجود فى غطاء ذو الشكل الحلزونى ولا توجد ريش ناشره شكل (١٣١). ومثل الطلمبه التربينيه فإن سرعة المياه تنخفض مع ترك الدافع وتتحول الى ضغط. والاختيار بين الطلمبه التربينية والحلزونية يتوقف على ظروف الاستخدام. حيث يفضل استخدام الطلمبه الحزونية (Volute) فى حالة الطاقة الكبيرة والرفع القليل ولكن الطلمبه التربينيه تستخدم فى حالات الرفع العالى. طلمبات الطرد المركزى ذات التدفق المختلط (Mixed Flow) تستخدم كلا من قوى الطرد المركزى الناتجة عن الدافع وبعض نظم الرفع (Propeller) لتحريك المياه.

طلمبات التدفق المختلط (Mixed- Flow) تستخدم للضخ الكبير ولرفع صغير نسبيا.

طلمبات التدفق المحورى (Axial Flow) وهى تسمى طلمبات الدافع (Propeller) لأنها تنتج معظم التدفقات بفعل الرفع للدافات (Propellers)، وهذه تستخدم بضخ كميات ضخمة لرفع منخفض جدا.

خصائص كفاءة الأداء لطلمبه الطرد المركزى المجددة (Regenerative) تقع بين طلمبه الطرد المركزى العادية والطلمبه الدوارة موجبه الازاحة. كفاءه هذا (Rotory Positive Displacement Pump) النوع من الطلمبات منخفض نسبيا ولكنها تتفوق على الأنواع الأخرى من الطلمبات فى الضخ القليل والرفع العالى ولكن الفاصل فى غرفة الدافع يحدد الإستخدام للسوائل التنظيفية نسبيا.

تصميم الدافع (Impeller Decign)

حجم السائل الذى يمكن ضخه بواسطة طلمبه الطرد المركزى يتوقف على تصميم الدافع وسرعة دورانه. الموتور (المحرك) يحدد سرعة الدوران، بينما مساحة (فتحه) الدافع تتحكم فى حركة السائل. تعين مساحة الدافع بعرض الريش بين الغطاء (wedth of Vanes Between Shrouds) المعادلة الخاصة بسرعة الدافع ومساحته هى $Q = VA$

حيث Q = معدل التدفق (م/٣ الثانية)

V = السرعة (متر فى الثانية)

A = المساحة بالمتر المربع

التغير فى سرعة وقطر الدافع يكون لها التأثيرات التالية: طاقة الضخ تتغير طبقا لقطر وسرعة الدافع. الرفع (Head) يتغير طبقا لمربع السرعة للدافع ومربع قطر الدافع أما قوة الحصان الفعلية للأداء (Brake Horse Power) تتغير طبقا لمكعب سرعة الدافع ومكعب قطر الدافع.

تصميم دافع معين يحدد سرعة المياه عند تركها لسطح الدافع. هذه السرعة (الطاقة الحركية (Kinetic Energy) تتحول الى طاقة ضغط عند حركة المياه خلال الريش فى جسم الطلمبه نفسه. ويعبر عن التحول من الطاقة الحركية الى طاقة ضغط بالمعادلة

$$H = \frac{V2}{2g}$$

ولزيادة كفاءات الطلمبة، يلزم الأخذ فى الاعتبار بيانات تصميميه أخرى للدافع تسمى السرعة النوعية (Specific Speed). السرعة النوعية هى السرعة بعدد اللفات فى الدقيقة التى يعمل عندها دافع معين فى حالة الإنخفاض النسبى للحجم لضخ ما قيمته واحد جالون فى الدقيقة (٥,٥ م٣ فى اليوم) لرفع اجمالى واحد قدم (٠,٣ متر)

وتحسب من المعادلة $N_S = \frac{rpm \times gPm}{H^{0.75}}$

حيث N_S = السرعة النوعية

$H^{0.75}$ = الرفع لكل مرحلة بالقدم (بالمتر)

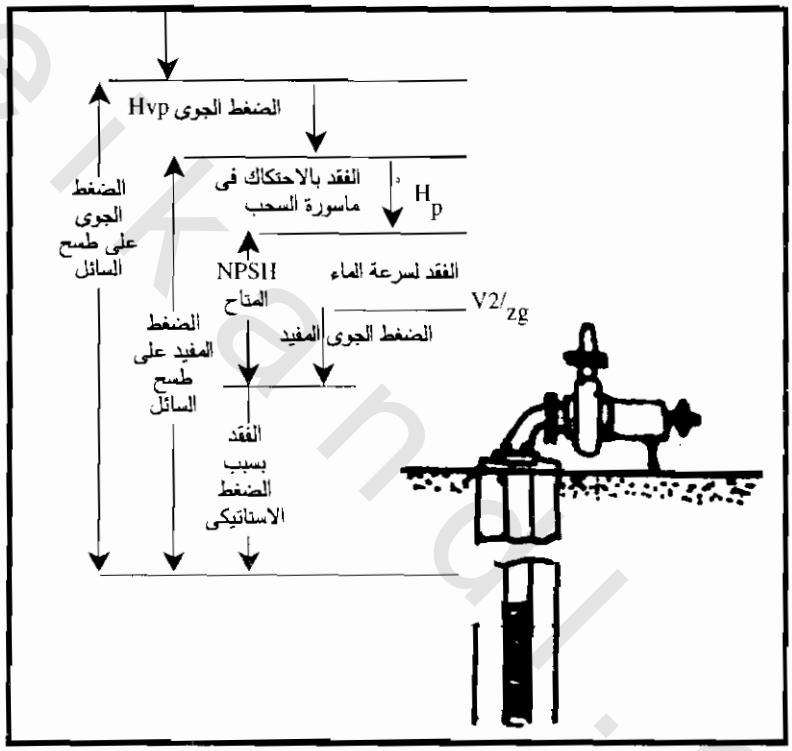
تستخدم السرعة النوعية لمقارنة نوع من الدافع أو نظام الدفع بآخر، ولكن لا توجد قيمة عملية للرقم نفسه. طاقة الطلمبه والرفع يتم اختياره عند نقطة أقصى كفاءة لأكبر قطر للدافع فى الطلمبه. لذلك، فإن حالات مختلفة من الطاقة والرفع يمكن تحقيقها خلال ضبط سرعات الدافع. فمثلا، الدافعات للرفع العالى عادة لها سرعات نوعية منخفضة بينما الدافعات للرفع المنخفض لها سرعات نوعية عالية. يستفاد بالسرعة النوعية خاصة فى تقدير طاقة السحب والرفع لطلمبات الطرد المركزى. الطلمبة ذات السرعة النوعية المنخفضة لا يحدث لها مشاكل التكهف (Cavitation) بتحقيق اكبر سحب ورفع على تلك ذات السرعة النوعية العالية. تستخدم السرعات البطيئة عندما يكون السحب والرفع مرتفع (اكثر من ١٥ قدم (٤,٦ متر). هذا يتطلب طلمبه اكبر. فى حالة انخفاض السحب والرفع (Snction. Lift) او وجود ضغط رأسى (Positive Head) على جانب السحب، عندئذ قد تزداد السرعة النوعية ولذا يقل حجم الطلمبة.

كفاءة الرافع لطلمبات الطرد المركزى يمكن تحديدها بتغيير شكل الريش للحصول على مختلف خصائص الضخ وكذلك باختيار (١) نوع الغطاء للريش (٢) نوع الحشو لجسم الطلمبه (٣) طريقة التغلب على الدفع (Thrust). معايير التصميم للدافعات معقدة، بما يتطلب ان يقوم المصمم بالتنسيق مع المنتج حول بيانات هندسية محددة.

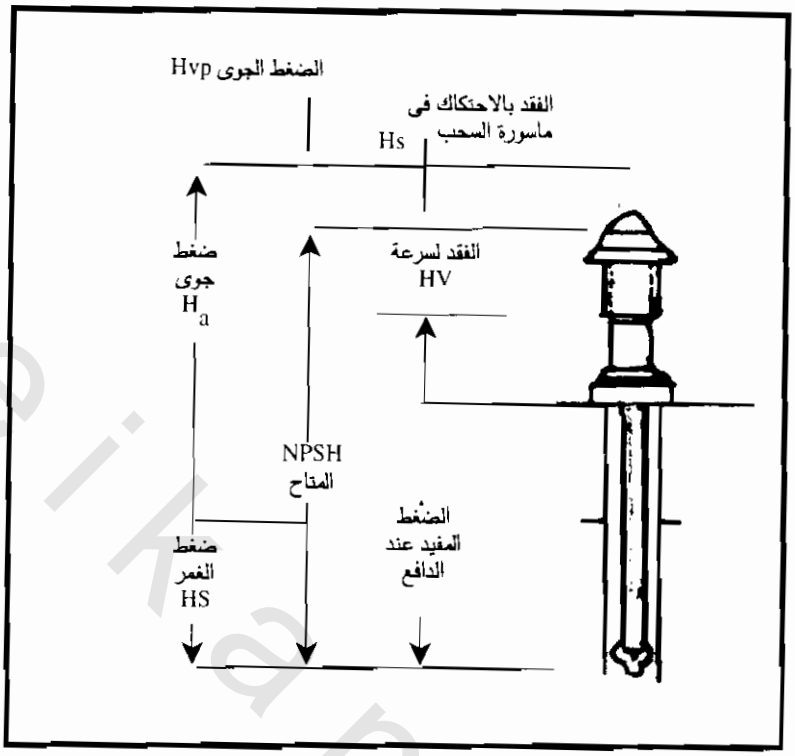
obeikandi.com

إجمالى الضغط الموجب للسحب (NPSH- Net Positive Suction Head):

تعمل طلمبه الطرد المركزى فقط فى حالة دخول السائل المرحلة الأولى للدافع عند ضغط يساوى الضغط الجوى (١٤,٧ رطل/ البوصه المربعة). الضغط الرأسى الذى يتوفر الى الطلمبه يتكون من جزئين، ضغط الماء والضغط بسبب الضغط الجوى. الطلمبات المستخدمة فى السحب والرفع فقط يمكن أن تحقق التدفق من الضغط الجوى فقط.



شكل (١٣٢) العوامل التى تراعى عند تعيين NPSH لطلمبه الطرد المركزى السحب والرفع (بئر ضحل)



شكل (١٣٣) العوامل التى تراعى لتعيين NPSH لطلمبة تربينيه رأسية (بئر عميق).

بينما الطلمبات الغاسطة تستخدم مصادر الضغطين. الضغط اللازم لتشغيل طلمبه يسمى إجمالى ضغط السحب الموجب (NPSH) ويجب ان يكون كافيا لمنع تبخر المياه عند دخولها للطلمبه. وباختصار فإن إجمالى ضغط السحب الموجب هو المطلوب لعدم حدوث أى غليان للماء فى حالات انخفاض الضغط القريب من الدافع. فى حالة عدم حدوث ذلك يحدث تكهف (تبخر) بما يسبب تآكل ثقبى حاد فى الدافع وجسم الطلمبه وقصر عمر الطلمبه.

يوصف إجمالى ضغط السحب الموجب بواسطة المنتج لمختلف الطلمبات. تصميم نظام المأخذ يلزم أن يأخذ فى الاعتبار التغيرات التى قد تحدث نتيجة الارتفاع عن مستوى سطح البحر، درجة حرارة التشغيل، الضغط الجوى، التغيرات فى درجة حرارة الجو وعوامل أخرى. ولتأمين الاداء فإن اجمالى ضغط السحب الموجب المتاح يجب أن يزداد عن اجمالى ضغط السحب الموجب المطلوب بما لا يقل عن ٢ – ٣ قدم ما أمكن.

المعادلة لحساب إجمالى ضغط السحب الموجب (NPSH) هى:

$$NPSH = H_a + H_S - H_f - H_{vp}$$

حيث:

H_a = الضغط على سطح السائل للماء، بالقدم (بالمتر) للماء.

H_S = ارتفاع السائل فوق أو أسفل عين الدافع عند الضخ بالقدم (بالمتر) فى حالة المنسوب أعلا العين H_S تكون موجبه وفى حالة أسفلها تكون سالبه.

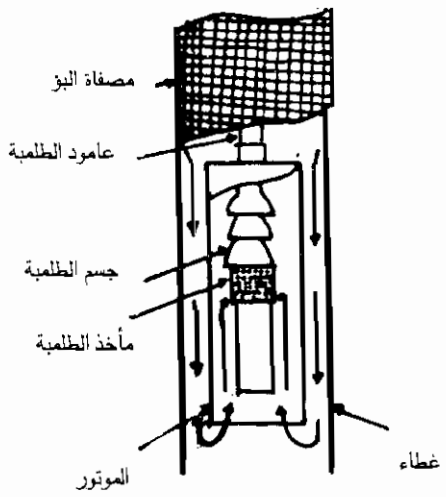
H_f = الفقد بالاحتكاك فى ماسورة السحب

H_{vp} = الضغط الجوى للسائل عند درجة حرارة الضخ بالقدم (بالمتر).

الأشكال (١٣٢) و (١٣٣) تبين حالتين لأوضاع الطلمبات والعلاقة الطبيعية للطلمبه بالنسبة للمياه الجوفيه. طلمبه السحب والرفع يجب أن توضع خلال (-٦,٦ - ٧,٦) من منسوب ضخ المياه، بينما منسوب المأخذ للطلمبة الغاطسة يكون عموما أسفل منسوب الضخ.

الطلمبة التربينيه الرأسية (Vartical Turbine Pump)

هذه تتكون من دافع واحد أو اكثر لمرحلة أو عدة مراحل فى غرفة واحدة تسمى (Bowl Assembly) لتوفير الرفع المطلوب. ويتوقف عدد المراحل على الرفع المطلوب وقوة الحصان.



شكل (١٣٤) وضع غطاء على جزء المأخذ (المصفاة) للطلمبه الغاطسة لمنع السخونة بواسطة نزول المياه

بينما معدل الضخ والكفاءة تظل ثابتة. تعلق الدافعات على عامود إدارة داخل غرفة الطلمبه (وعامود الطلمبه) التى توجه المياه الى السطح. قطر العامود الخارجى طبقا لمعدل الضخ. الفقد فى الضغط فى العامود لا يزيد عن ١,٦ متر لكل ٣٠,٥ متر) عند التصميم. الأجزاء المنفصلة للطلبه تكون عادة ١٠ أو ٢٠ قدم (٣ أو ٦,١ متر) فى الطول ويتم التوصيل بالقلاووظ أو الجلب أو الفلنجات. طول العامود يتحدد طبقا لمنسوب الضخ للمياه. يجب عدم وضع مأخذ الطلمبه خلال مصفاة البئر لان ذلك يسبب زيادة السرعة وبالتالى زيادة الترسيبات والتآكل وضخ الرمال. وتوضع فى النهاية وصلة عمياء (٣ متر) أو مصفاة. والمحرك الكهربى المستخدم بسرعة دوران ١٨٠٠ لفة فى الدقيقة ويتصل بعامود ادارة الدافعات بوحدة نقل الحركة وينشأ فوق سطح الأرض.

الطلمبة الغاطسة Submercible Pump

الطلمبة الغاطسة لها مجموعة الدافعات (Bowl Assembly) مثل الطلمبة التربينية الرأسية ولكن المحرك يكون غاطس ومتصل مباشرة وأسفل مجموعة الدافعات.

تدخل المياه خلال مصفاة الدخول بين المحرك (لأسفل) ومجموعة الدافعات (لأعلى) حيث تمر خلال الدافعات ثم الى عامود الطلمبه الى السطح. الطلمبات الغاطسة هى طلمبات مدمجة بدرجة كبيرة ولا تتحمل السخونة الزائدة والتغيير فى الفولت. يمكن تبريدها بمرور المياه حول جسم المحرك الى مأخذ الطلمبه. ويمكن تبريد المحرك بوضع غطاء (Shroud) حول مأخذ الطلمبه شكل (١٣٤) بما يجبر المياه بالمرور حول المحرك وتبريده وهذا الغطاء يمكن تنفيذه بسهولة فى حالة كبر قطر القيسود. معظم الطلمبات الغاطسة تعمل بعدد لفات ٣٥٠٠ لفة فى الدقيقة. يمكن أن تعمل بنجاح الى عمق ٦١٠ متر أو اكثر عند ضغط ٣٠٠ رطل/ البوصة المربعة. الطلمبات الغاطسة لها المميزات.

المحرك متصل مباشرة بالدافع، سهولة التوصيل، التخلص من الأصوات فوق سطح الأرض يمكن تركيب الطلمبه فى قيسود ليس لها إستقامة واحدة.

أما العيوب فهى:

مشاكل كهربائية بالكابل الغاطس، الكفاءة عموما أقل، لا تتحمل ضخ الرمال، المحرك بعيد عن مدى الاصلاح، لا تتحمل التغيير فى الفولت بدون الحماية المناسبة.

٤ - طلمبه البثق: Jet Pump

طلمبات البثق تستخدم فى كثير من الآبار المنزلية وهى تعتبر إتحاد بين طلمبة الطرد المركزى وطلمبه البثق بالفنشورى (Nozzle Venture) شكل (١٣٥).

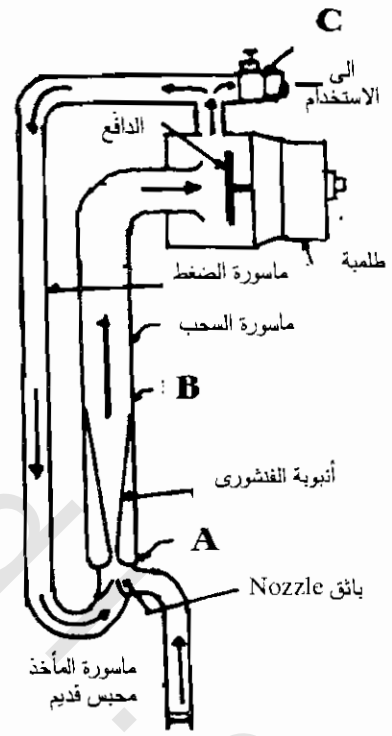
تصرف المياه تحت الضغط خلال فتحة بثق (Nozzle) الموجودة فى الماسورة الناقلة للمياه. فتحة البثق تكون ملساء وتقلل مساحة مرور المياه، بما يزيد من سرعة التدفق. لهذا طبقا لقاعدة برنولى فإن ضغط الماء فى الماسورة ينخفض مع زيادة سرعة التدفق وبالعكس. عند زيادة سرعة الماء عند أى نقطة نتيجة تقليل المساحة كما فى النقطة A شكل (١٣٥) قرب البائق يحدث نتيجة لذلك خفض فى الضغط عند هذه النقطة.

فى حالة سرعة التدفق عند البائق كبيرة بما فيه الكفايه فإن الضغط عند النقطة A سينخفض بما يكفى لسحب المياه الى الفنتورى (Venture) خلال فتحة عند هذه النقطة، وهذه المياه تضاف الى اجمالى حجم المياه المتدفقه فوق النقطة A. الزيادة المتدرجة فى حجم ماسورة الفنتورى حتى الحجم الكامل للماسورة يقلل من السرعة مع أدنى إضطراب ويستعاد الضغط فى الماسورة عند النقطة B. ناقص الفقد فى الضغط بسبب الإحتكاك.

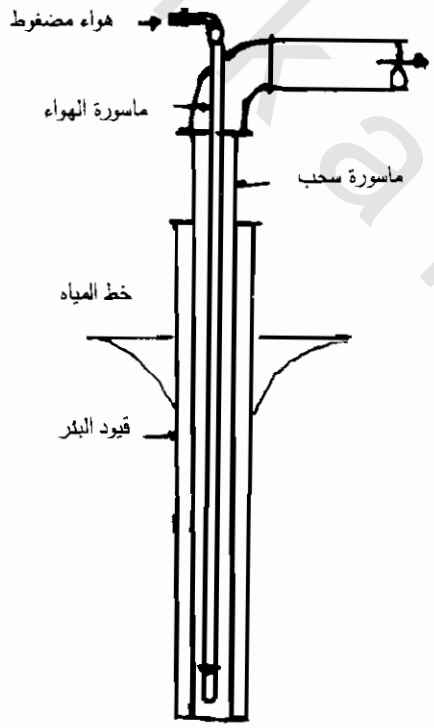
المحرك فى طلمبه البثق هو طلمبه طرد مركزى التى تعمل على تدفق المياه خلال البائق وتحافظ على كل التدفق خلال ماسورة المأخذ فوق هذه النقطة. ويتكون هذا التدفق المتحد من المياه الدائرة (Recirculating) والمياه المسحوبة عند النقطة A من البئر. الجزء من المياه المأخوذ من البئر يستمر حتى محبس التحكم عن النقطةC ثم الى الاستخدام أو التخزين بينما الحجم اللازم لحدوث التدفق يتم تدويره خلال ماسورة خط الضغط. يتم ضبط محبس التحكم (آليا أو يدويا) للمحافظة على الضغط الضرورى لحدوث التدفق عند الطلمبه. لا يتم ضخ المياه بعد المحبس للاستخدام او التخزين حتى مرور المياه الكافية خلال خط الضغط لانتاج الضغط اللازم عند البائق.

لزيادة ضغط الصرف (الرفع) يلزم زيادة قدرة الطلمبه وذلك بزيادة المراحل لطلمبة

الطرد المركزى حيث يزداد الضغط وقوة الحصان المطلوبه طبقا لعدد الدافعات. حجم المياه يظل ثابت مثل كل الطلمبات ذات الدافع. يمكن اضافة نظام البثق فى تجهيزات السحب والرفع (Suction - Lift) حيث يمكن زيادة قدرة السحب والرفع فوق المستخدم بطلمبه الطرد المركزى التقليدية وان كانت هذه الطلمبة للسحب من الآبار العميقة حتى قطر٢" (٥١ مم).



شكل (١٣٥) طلمبه البثق تستخدم تصميم باثق وفنشورى لضخ المياه



شكل (١٣٦) طلمبه الرفع الهوائى

٥- طلمبة الرفع الهوائي: شكل (١٣٦): Air Lift Pump

تعمل على أساس انه فى حالة نقص كثافة المياه فى القيسون فإنها ترتفع الى أعلا من مصدرها (حيث الكثافة العادية) . عند دفع تيار مستمر من الهواء الى قاع القيسون فإن الماء والهواء يختلطا ويرتفعا فى القيسون الى مستوى أعلا من المنسوب الأصلى للماء. وتستخدم طلمبه الرفع الهوائى فى حالة إحتواء المياه على رمال أو على أحماض أو قلويات أو مواد عالقة تسبب تلف لأجزاء الطلمبة.

أمثلة تطبيقية" :

المثـــــال الأول: طلمبة طرد مركزى مطلوب لها رفع ٢,٥ متر مكعب فى الثانية لارتفاع ٧ أمتار. بفرض الفقد الكلى فى الضغط ٠,٣ متر. إحسب أدنى قوة حصان للموتور لتشغيل الطلمبه اذا كانت كفاءتها ٧٠٪

الحل: إجمالى ضغط الرفع = ٧ + ٠,٣ + ٧,٣ متر

$$\text{قوة الحصان للماء} = \frac{H \times Q}{75} = \frac{\text{١٠٠٠ X٧,٣ X٢,٥}}{\text{٧٥}}$$

$$\text{قوة الحصان لأداء المحرك } Bh_P = \frac{\text{١٠٠٠} \times \text{٧,٣} \times \text{٢,٥}}{\text{٠,٧} \times \text{٧٥}} = \text{٣٤٨ حصان}$$

$$\text{كيلووات ساعة} = \frac{\text{٠,٧٤٦} \times \text{٧,٣} \times \text{٢,٥} \times \text{١٠٠٠}}{\text{٠,٧} \times \text{٧٥}} = \text{٢٦٠ كيلوات ساعة.}$$

المثال الثانى:

مطلوب إمداد تجمع سكنى لعدد ١٠٠,٠٠٠ مواطن بمعدل ١٥٠ لتر فى اليوم من نهر على مسافة ٢ كم. الفرق فى المنسوب بين أدنى منسوب للمياه فى النهر وخزان المياه ٣٦ متر. إذا كان المطلوب توفير المياه فى ٨ ساعات عين قطر ماسورة خط المياه وقوة الحصان

للأداء اللازمة للطلمبات (Bh_P). بفرض F = ٠,٠٠٧٥ سرعة المياه فى الماسورة ٢,٤ متر فى الثانية وكفاءة الطلمبة ٨٠٪.

الحل :

إحتياجات التجمع السكنى = ١٠٠,٠٠٠ X ١٥٠ لتر/ يوم

أقصى احتياج للتجمع السكنى = ١٠٠,٠٠٠ X١٥٠ X ١,٥ = ٢٢,٥X ١٠^{٦} لتر/ اليوم

$$= \frac{٦١٠ \times ٢٢,٥}{٨ \times ٦٠ \times ٦٠} = \text{لتر / ث}$$

= ٠,٧٨١ متر مكعب فى الثانية

اقصى سرعة للمياه ٢,٤ متر/ث

مساحة مقطع الماسورة = $\frac{Q}{V}$ = $\frac{٠,٧٨١}{٢,٤}$ = ٠,٣٢٥ متر مربع

∴ قطر الماسورة = $\sqrt{\frac{٠,٣٢٥}{\pi} \times ٤}$ = ٠,٦٤٣ متر

= ٠,٦٥ متر

إجمال الرفع ٣٦ متر

الفقد بالاحتكاك $H_F = \frac{F_1 LV^2}{2g.D}$

مع = $\frac{٤ \times ٠,٠٠٧٥ \times ٢٠٠٠ \times (٢,٤)^{٢}}{٢ \times ٩,٨١ \times ٠,٦٥}$

= ٢٧ متر

obeikandl.com

يلاحظ أنه يلزم إدخال معامل أمان لتقدير الاحتكاك وذلك بضرب نتيجة المعادلة فى المعامل ٣ أو ٤ نظرا لاحتمالات التغير فى طبيعة السطح الداخلى للمواسير والترسيبات.

إجمالى الرفع للطلمبة = ٣٦ + ٢٧ = ٦٣ متر

قوة الحصان للماء $\frac{W \times Q \times H}{\text{معامل} \times 75}$

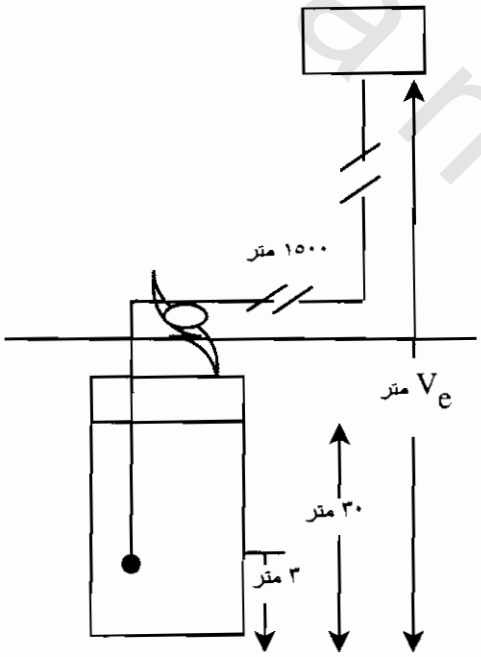
$$= \frac{٦٣ \times ٠,٧٨١ \times ١٠٠٠}{٧٥ \times ٠,٨}$$

= ٨٢١ حصان

استهلاك طاقة كهربية = ٨٢١ × ٠,٧٤٦ = ٦١٢ كيلوات ساعة

مثال رقم (٣)

يلزم ضخ مياه من خزان عمق المياه حوالى ٣ متر وأقصى منسوب بالمياه ٣٠ متر والرفع الى خزان علوى حتى ٧٥ متر بمعدل ثابت ٩ × ١٠^{٥} لتر فى الساعة والمسافة ١٥٠٠ متر. احسب القطر الاقتصاد لمواسير خط المياه وقوة الحصان للطلمبة كما فى الشكل التالى:



obeikandl.com

معدل الضخ للطلمبة = $\frac{٩ \times ١٠^{٥}}{٦٠ \times ٦٠ \times ١٠^{٣}}$ = م٣ / ث

باستخدام معادلة Lea يكون القطر الاقتصادى للمواسير هو:

$$D = 1.22 \sqrt{Q}$$
$$= 1.22 \sqrt{0.25}$$
$$= 0.61 \text{ m}$$

السرعة فى المواسير = $\frac{Q}{A} = \frac{0.25}{\Pi/4 \times (0.6)^2}$ = 0.855 (M/sec)

الرفع للطلمبه = ٧٥- ٣٠ + ٣ = ٤٨ متر

الفقد بالاحتكاك فى المواسير (H_f) = $\frac{FLV^2}{2gd}$

$$= \frac{٤ \times ٠,٠١ \times ١٥٠٠ \times (٠,٨٥٥)^2}{٢ \times ٩,٨١ \times ٠,٦١}$$

= ٣,٦٩٥ متر

الرفع الكلى للطلمبه = ٤٨ + ٣,٦٩٥ = ٥١,٦٩٥ متر

قوة الحصان = $\frac{w \times Q \times H}{75}$

$$= \frac{٥١,٦٩٥ \times ٠,٢٥ \times ١٠٠٠}{٧٥}$$

= ١٧٢,٣١٦ = ١٧٣

الطاقة الكهربية بالكيلوات = ١٧٣ X ٠,٧٦٤ = ١٢٩ كيلوات

obeikandl.com

اختيار الطلمبة PumpSelection

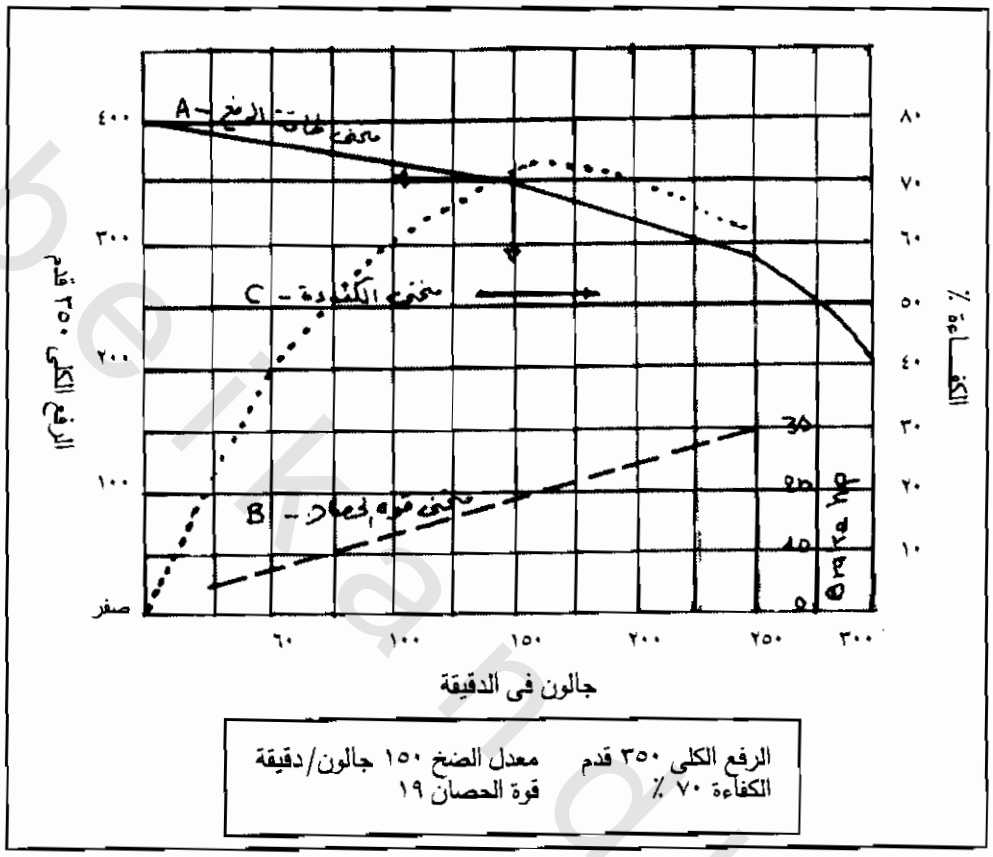
يتم اختيار نوع الطلمبه بما يعطى أفضل خدمة اقتصادية خلال فترة زمنية معينة عند الضخ فى ظروف معينة وتؤخذ العوامل التالية عند الإختيار.

الطاقة- عمق الضخ- مسافة الرفع- نوع طاقة التشغيل- الثمن- الكفاءه- اعتبارات ميكانيكية. خصائص الطلمبة تتوفر على منحنيات الطلمبة المتوفرة لمختلف أنواع الطلمبات.

المنحنيات الخاصة بطلمبه الطرد المركزى موضح فى الشكل (١٣٨) وهذه المنحنيات هى:

- العلاقة بين الرفع ومعدل التصرف عند التشغيل بسرعة ثابتة. وهذا المنحنى يوضح معدل الضخ (جالون فى الدقيقة) عند الرفع أو الضغط لمسافات مختلفة (منحنى A)
- قوة الحصان: اللازم توفيرها للطلمبة لاعطاء معدلات ضخ مختلفة عند الرفع لمسافات مختلفة (منحنى C)
- كفاءة الطلمبة: وهذا نتيجة قسمة الطاقة الناتجة بالطاقة الداخلة. (المنحنى C) الانخفاض فى التصرف (جالون لكل كيلوات ساعة) لمستخدمة يوضح الانخفاض فى كفاءة الطلمبة.

الاختبار لا يتوقف على الكفاءة او الثمن فقط. بل يجب الأخذ فى الاعتبار العوامل الأخرى بالاضافة الى عوامل الانشاء وتكاليف الصيانة ومدة الاستخدام المتوقعة. كما يراعى ان خفض تكاليف الانشاء ليس بالضرورة هو أقل التكاليف الأولية للطلمبة.



شكل (١٣٧) منحنيات الطلمبة

المحابـــس

٦- أنواع المحابس:

توجد أنوع كثيرة من المحابس ذات الأحجام المختلفة والأشكال المختلفة. ورغم هذا يظل الاستخدام الرئيسى للمحابس هو نفسه إما لإيقاف أو بدء الضخ للمياه أو لتنظيم التدفق. ويشمل تنظيم التدفق، اليثق (Throttling)، منع التدفق العاكسى للمياه، وتنظيم الضغط فى الشبكة.

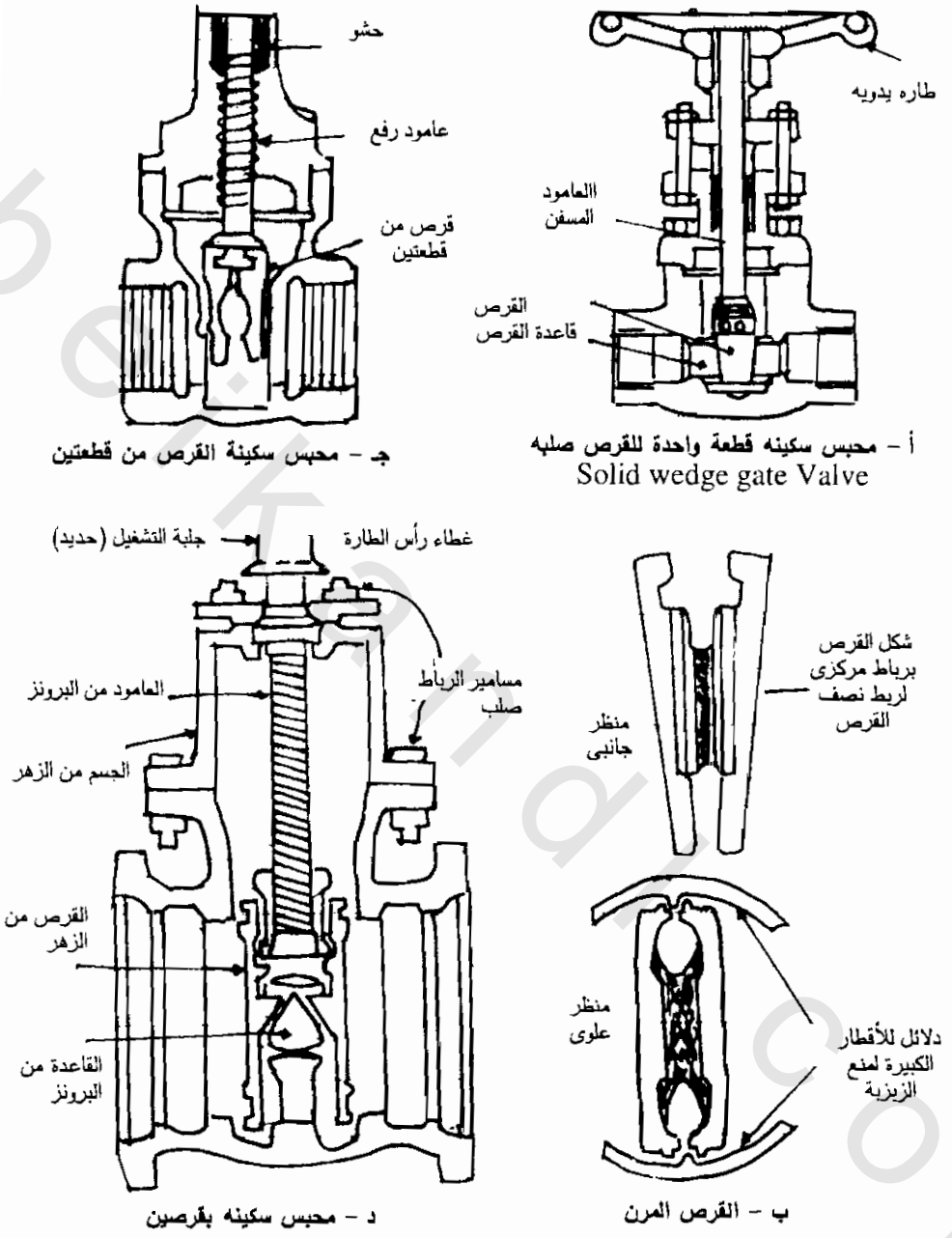
ويبنى إختيار المحبس على أساس إستخدام المحبس وتصميمه. توجد ثمانيه أنواع رئيسيه لتصميم المحابس وهى:

أ- محبس القفل أو محبس السكينه أو محبس بوابة التحكم:

(Gate or Sluice valve)

يتميز هذا المحبس برخص التكاليف ويستخدم عادة فى مشروعات المياه حيث يوفر أقل مقاومة لتدفق المياه عن باقى المحابس. محابس السكينه توضع فى خطوط المياه الرئيسية الحامله للمياه من المصدر الى الشبكة (المدينة) بفواصل ٣- ٤ كيلو متر بما يقسم خط المواسير الى قطاعات مختلفة. أثناء الاصلاح يمكن عزل قطاع بقفل المحبس.

تستخدم محابس السكينه للفتح التام أو القفل التام. نظرا للاهتزاز الزائد والنحر الناتج عن القفل الجزئى للمحبس، فإن هذه المحابس لا تستخدم فى اليثق أو تنظيم التدفق. ويصنع المحبس من الزهر. ويتكون من القرص (الرغيف) الدائرى الذى يقوم بغلق الفتحات فى المحبس. القرص (Disk) متصل بالجلبة (Nut) أو العجلة أعلاه بواسطة العامود المسنن (Stem) الذى يمر خلال سدادة (Gland) وعلبة التروس. عند دوران العجلة يرتفع العامود المسنن إلى أعلا حيث يرتفع معه القرص. عندئذ تصبح فتحات المحبس غير مغطاه. يمكن قفل المحبس بتدوير العامود فى الإتجاه الآخر، ركائز القرص تصنع من النحاس الأصفر أو البرونز أو الصلب. يتم توصيل فتحتى المحبس اما بالفلنجات أو بالسنون (Screwed) أو راس



أ - محبس سكينه قطعة واحدة للقرص صلبه
Solid wedge gate Valve

جـ - محبس سكينة القرص من قطعتين

ب - القرص المرن

د - محبس سكينه بقرصين

شكل (١٣٨) نماذج لمحبس السكينة (القفل) Gate Valve

وزيل. محابس السكينة الصغيرة تدفن تحت الأرض ويتم تشغيلها من على سطح الأرض خلال صندوق التشغيل. المحابس ذات الأقطار الكبيره توضع فى غرف تحت سطح الأرض ويتم تشغيلها باستخدام التروس (Gearing). هذا المحبس يناسب للمياه والغاز والهواء والبخار.

النوع الثانى هو محبس السكينة بالقرص المرن (Flexible Wedgé) يستخدم فى حالات التغير فى درجات الحرارة حيث يوفر قفل وفتح جيد فى مختلف درجات الحرارة.

النوع الثالث من محابس السكينه هى المحبس حيث القرص من قطعتين.

أشكال محابس السكينه شكل (١٣٨ – أ)، (١٣٨– ب)، (١٣٨– جـ).

عند إنشاء المحبس زو القرص من قطعتين أو من قرصين يجب أن يكون عامود المحبس فى الوضع العمودى لتفادى حدوث إبتعاد الأقراص عند بعضها قبل القفل (المحبس فى الوضع الرأسى).

ب - المحبس الشبه كروي: شكل (١٣٩) GlobeVolve

المحابس شبه كروية ليست مثل محابس السكينه حيث تستخدم فى حالات الاستخدامات الكثيره و/ أو يثق التدفق. وتصميم المحبس الكروى يجعله أقل عرضه للتآكل بالاحتكاك (Seat Erosion Toa Minimun) بينما يجعله محبس سهل فى التشغيل. عند بدء التدفق فى المحبس الشبه كروى فإن القرص يتحرك بعيدا تماما عن قاعدة إرتكازه بما يقلل البرى بالاحتكاك. توجد ثلاثة أنواع من شكل جسم المحبس.

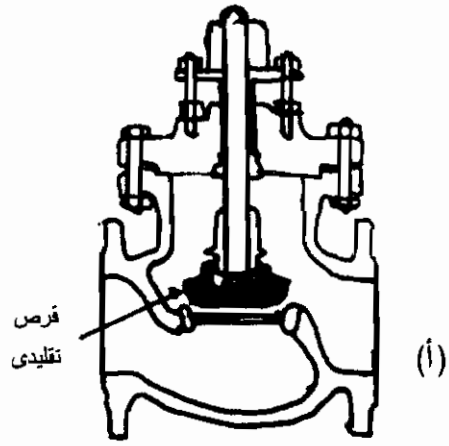
المحبس بزاوية (أ) Angle Style

المحبس على شكل Y (ب) Y- Pattern

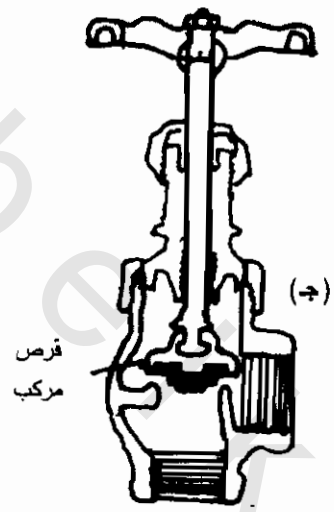
المحبس على شكل T (جـ) T-Pattern وهو الاكثر شيوعا– تدفق مستمر.

(جـ) المحبس بزاوية:

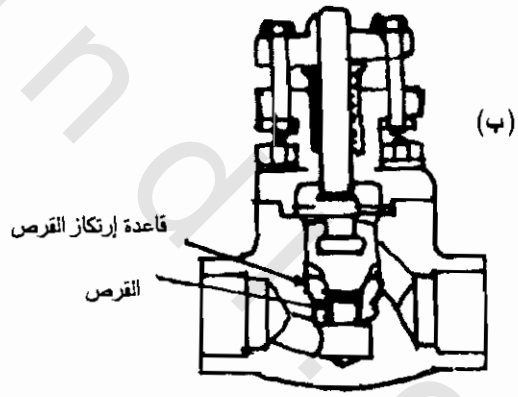
وهو يوفر تغير فى إتجاه ٩٠° وهذا يوفر فى المواد والمساحة والوقت للانشاء فى كثير من الانشاءات. تصميم محبس الزاوية يوفر إعاقة أقل عن المحبس التقليدى حرف T ولكن أكثر عن المحبس حرف Y.



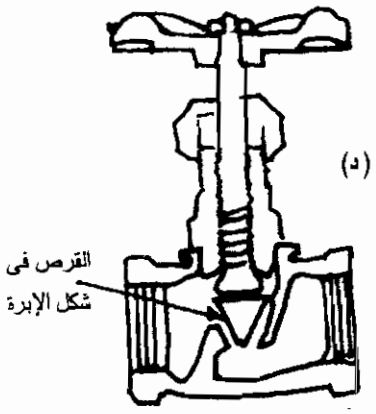
محبس شبه كروى بالقرص التقليدى
GlobeValve with conventiaL Disk



محبس شبه كروى بزاوية – قرص مركب
Angle Globe valve
Composition Disk



محبس شبه كروى بالقرص السداده
Plug Disk GlobeValve



محبس شبه كروى – القرص فى شكل الإبره
GlobeValve- Needlle Disk

شكل (١٣٩) المحبس الشبه كروى
Globe Valve.

(٢) المحبس علي شكل Y:

نظرا لأن زاوية العامود هى ٤٥ – ٦٠° فإنها توفر إعاقة قليلا جدا للتدفق. وهذا النوع مناسب جدا فى الاستخدامات التى تتطلب الامتلاء الكامل للتدفق فى المحبس. ويستخدم فى صرف الغلايات، وفى حالات وجود مواد عالقة مثل الطين أو الرمال أو السوائل اللزجة.

(٣) الأنواع الرئيسيه للمحابس الشبه كرويه طبقا لقاعدة الارتكاز هي: شكل (١٣٩)

(أ) القرص التقليدى Convential Disk

(ب) القرص السدادة Plug Disk

(جـ) القرص المركب Composition Disk

(د) محبس الإبره Needle Valve

المحبس الشبه كروى التقليدى:

يستخدم قرص قصير الذى يرتكز تماما على قاعدة للقفل والبثق.

عندما تكون التدفقات يمكنها أن تحدث ترسيبات على قاعدة إرتكاز القرص يفضل استخدام المحبس ذو القرص التقليدى حيث عادة يخترق هذه الترسيبات ويرتكز تماما.

المحبس بالقرص السدادة":

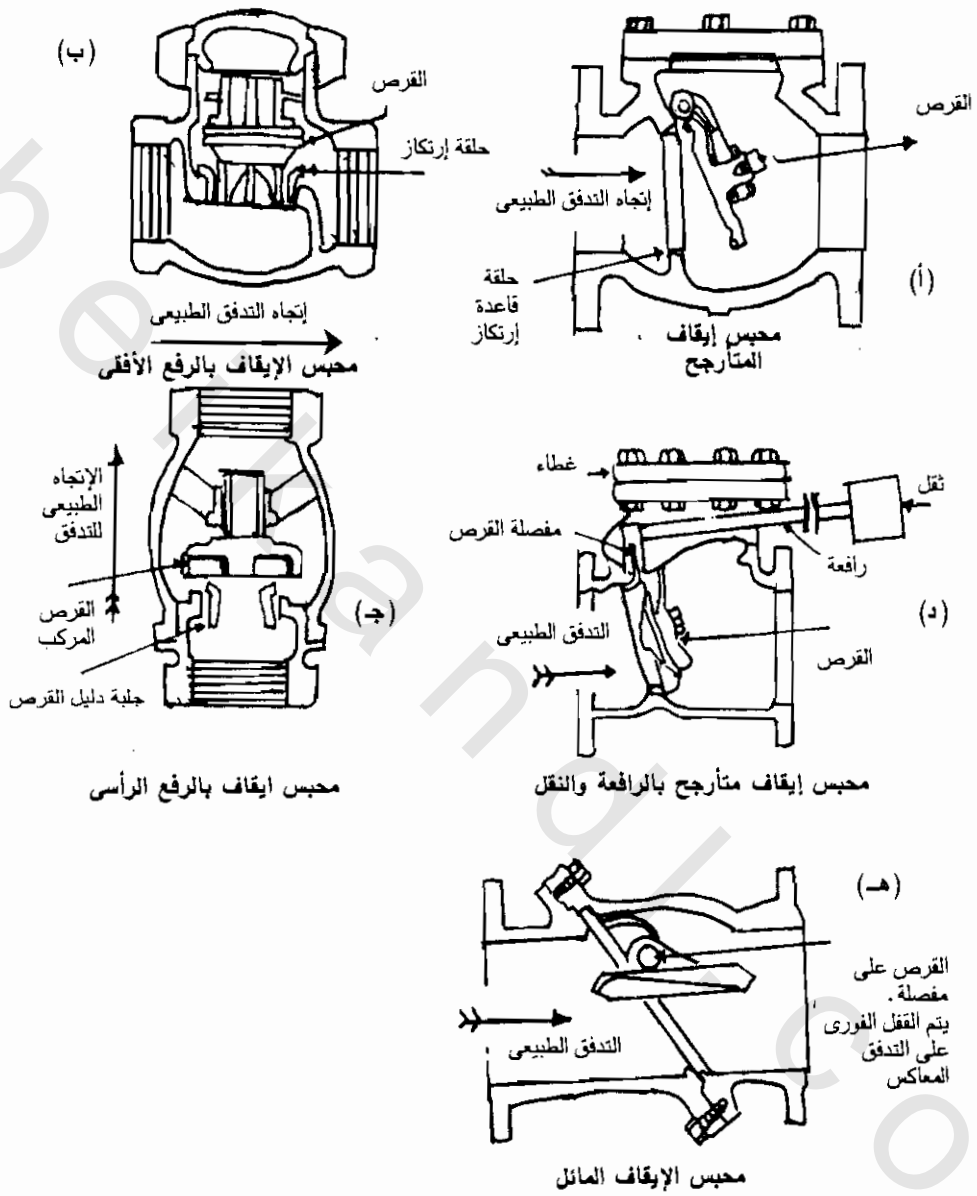
يختلف محبس بالقرص السدادة فى أن قرص السدادة وقاعدة إرتكازه أطول وأكثر فى الشكل المستدق (Tapered). وهذا الشكل يساعد على مقاومة التآكل ومقاومة البرى بالاحتكاك

محبس الشبه كروي بالقرص المركب

هذا المحبس له قرص مستوى الذى يستوى على قاعدة الارتكاز وليس فيها.

محبس الابره:

محبس الابره نوع آخر من المحابس الشبه كرويه الذى يستخدم فى حالة دقة البثق (Accurate Throttling) فى الاستخدامات عالية الضغط ودرجة الحرارة. وتستخدم محابس



شكل (١٤٠) محابس إيقاف (عدم الرجوع) CheckValves

الابره فى الخطوط ذات القطر الصغير والتى تتطلب البثق الهادىء للفازات، الأبخرة، الزيت، الماء أو أى سائل آخر خفيفه. يتكون المحبس من عامود ذو نهاية مدببة الذى يتحكم فى التدفق خلال القاعدة.

جـ- محبس الإيقاف (عدم الرجوع): شكل (١٤٠) CheckValve

تستخدم محابس الإيقاف لمنع وإيقاف التدفق المعاكس فى المواسير والمعدات المتصلة بها.

نوعى محابس الإيقاف الرئيسية هما :

الإيقاف بالتأرجح (أ) Swing Check.

الإيقاف بالرفع الأفقى (HorisontalLift) والإقفاف الرأسى (Vertical Lift).

(أ) محبس الإيقاف المتأرجح يتكون من قرص معلق على مفصله وهو يتأرجح للفتح فى حالة تدفق المياه فى الإتجاه الصحيح ويتأرجح للقفل فى حالة التدفق فى الاتجاه المعاكس. نظرا لتأرجح القرص فإنه من المهم فى تركيب محابس الإيقاف بالتأرجح أن يقفل المحبس بالجاذبية. عند تمام الفتح فإن محبس الإيقاف بالتأرجح يوفر مقاومة أقل من محبس الإيقاف بالرفع ومحابس الإيقاف المتأرجحه ذات رافعة خارجية ونظام وزن. أو القرص المحمل على زنبرك يمكن أن يسهل القفل الفورى للتدفق المعاكس. هذا القفل المفاجىء يقلل من إحتمال الصدمه وتلف القرص. محبس الإيقاف بالقرص المتأرجح المائل هو نوع آخر يستخدم للمساعدة فى منع القفل العنيف.

(٢) محبس الإيقاف بالرفع (Lift Check Valve):

يستخدم هذا المحبس فى خطوط المياه حيث لا يعتبر إنخفاض الضغط خطير.

نظام التدفق خلال المحبس يشابه المحبس الكروى. يوجد نوعين من محابس الإيقاف بالرفع بالتصميم الأفقى والرأسى.

محبس الإيقاف بالرفع بالتصميم الرأسى تستخدم فى حالة التغذية للخطوط الرأسية ولا يستخدم فى الإتجاه الأفقى أو المقلوب.

من المهم عند تركيب أى محبس إيقاف بالرفع أن القرص أو الكره ترتفع عموديا أثناء التشغيل.

د- المحابس ذات المجري الجانبي: By- PassValves شكل (١٤١)

فى حالة المحابس الضخمة حيث الضغط العالى و/ أو درجة الحرارة العالية. يركب عادة محبس صغير لتسوية الضغط و/ أو للسماح للتدفقات تحت التيار للشحن قبل فتح المحبس البعيد.

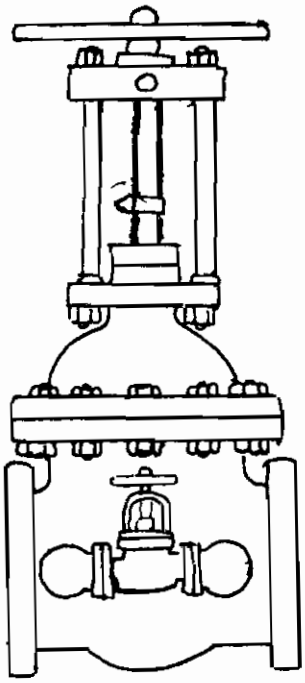
هـ- محبس الغشاء: Diaphragm Valve شكل (١٤٢ أ، ب)

أكثر محابس الرواخ استخدام هى ذات الهدار (Weir Type). ويحتوى المحبس على مقطع مرتفع فى نصف المسافة خلال المحبس الذى يعمل كنقطة قفل للرواخ المرن. بسبب تكون الرواخ فى جسم المحبس فإن الحركة تختصر والتى بالتالى تسبب زيادة فى عمر الرواخ وتقلل من الصيانة.

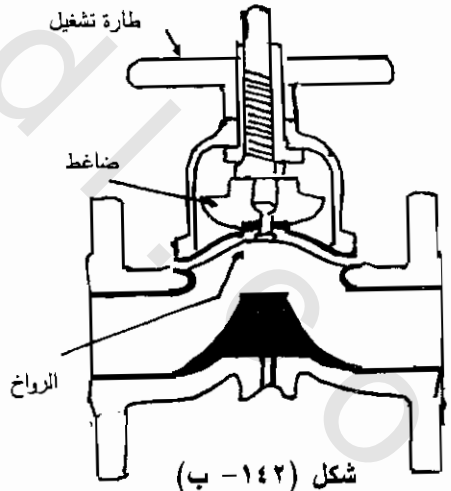
محابس الرواخ ذات الطريق المستقيم ليس بها هدار وهذا يزيل طريق التدفق فى المحبس والذى يناسب للتدفقات اللزجة أو المحتويه على مواد صلبة. توجد أنواع كثيرة من مادة الرواخ التى تناسب الاستخدامات المختلفة ودرجات الحرارة. وفى مجال المياه يستخدم المطاط الطبيعى لصناعة الرداخ والذى يناسب الاستخدام فى درجات الحرارة من – ٢٠°م حتى ٨٠°م.

و- محبس الضغط: Pinch Valve شكل (١٤٣)

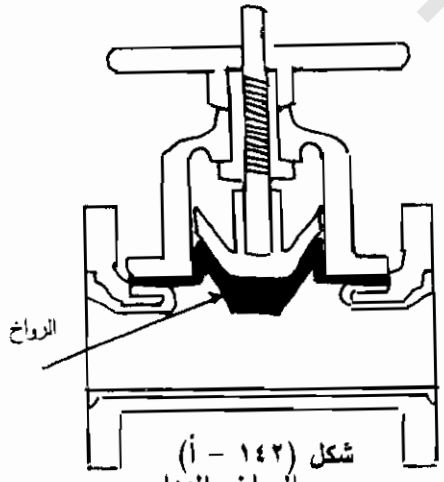
محبس الضغط مثل محبس الرداخ الذى يستخدم رداخ مرن فى قفل وفتح المحبس. يستخدم أسطوانة مرنة مفرغة والتى عند الضغط تقفل لإيقاف التدفق إما يدويا أو باستخدام الطاقة. محبس الضغط الموضح فى الشكل يعمل بالهواء. هذا المحبس مناسب للاستخدامات التى تحتوى مواد عالقة، أو اللزجة أو مساحيق المواد الصلبه.



شكل (١٤١) محبس بالممر الجانبى
حيث توازى أعمدة كلا المحبسين

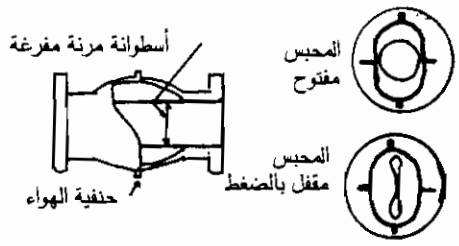


شكل (١٤٢- ب)
محبس الرواخ بدون هدار

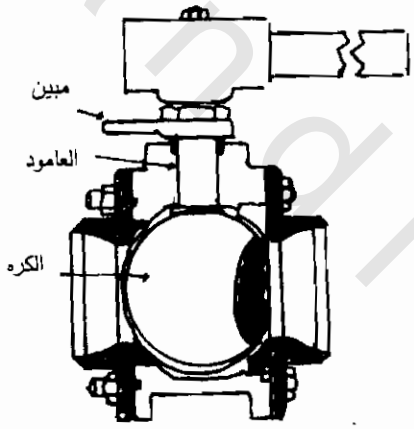


شكل (١٤٢ - أ)
محبس الرواخ بالهدار

شكل (١٤٢) محبس الهدار



شكل (١٤٣)
محبس ضغط يعمل بالهواء



شكل (١٤٤)
محبس الكره لخفض التدفق

ز - محبس الكره: شكل (١٤٤) Ball Valve

محبس الكره كما هو واضح من الاسم يحتوى على سدادة على شكل كره فى جسم المحبس والتى تنظم التدفق. يوجد فى الكره وخلال منتصفها فتحة دائريه أو مسار للتدفق وعند الدوران ربع دورة يتوقف التدفق. محبس الكره يوجد فى ثلاثة أشكال عامة. وهى إما تكون فتحة الكره لمسار التدفق (القطر الداخلى لمسار التدفق) يعمل كفنتورى أو ممتلىء أو لخفض التدفق. كما يمكن أن يكون جسم المحبس من قطعة واحدة أو من عدة قطع.

ج - محبس الفراشة: شكل (١٤٥) Butter Fly Valve

محبس الفراشة يوفر سهولة فى التصميم لكونه خفيف الوزن مدمج غير مكلف وخاصة فى حالة المحبس كبير الحجم. وهو يتكون من قرص مستوى مستدير معلق فى منتصفه (بمفصلة) التى تقفل أو تفتح تماما بربع دورة. يرتكز القرص على ركائز معدنيه أو بعض مواد البلاستك. ونظرا للتطور فى مادة الإرتكاز فقد إستخدم فى مجال الزيوت والغاز، الكيماويات والمياه. يستخدم المحبس عادة بديلا عن محبس القفل (السكينه) ولكن له ميزة إضافية وهى تنظيم التدفق. يوجد محبس الفراشة فى نوعين أساسيين لجسم المحبس.

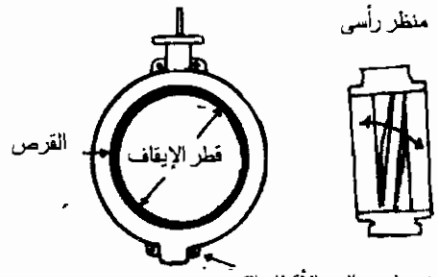
النوع المتردد (المحمول) Wafer Type

النوع ذو الفلنجتين DoubleFlanged Type

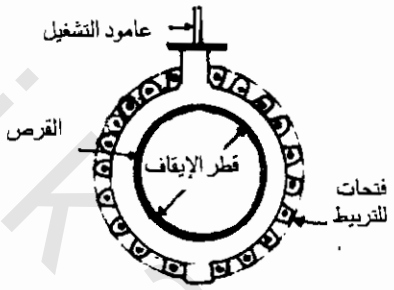
النوع المستخدم فى المياه شكل (١٤٥-أ) يوضع بين فلنجتين ويثبت فى مكانه بمسامير الفلنجة فى حالة الحاجة الى فك أحد الفلنجات لأغراض الصيانة أو الاصلاح لمعدة أو لخطوط المياه يستخدم المحبس شكل (١٤٥-ب) وذلك فى حالة إزالة أحد الفلنجات. محبس الفراشة بالفلنجات شكل (١٤٥-جـ) عليه فلنجتين حيث يمكن ربطهما فى فلنجات المواسير أو المعدات.

ط - محبس السدادة: شكل (١٤٦) Plug Valve

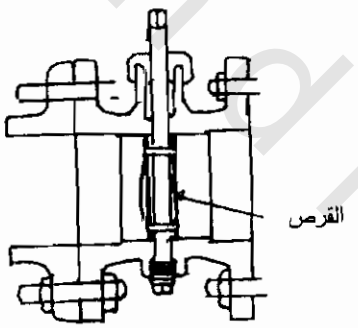
عبارة عن سدادة مستوية الأجناب أو مستدقه الطرف (Tapered) التى يمكن تدويرها ربع لفة فى جسم المحبس. الربع لفه تعطى قفل تام أو فتح تام للمحبس. يوجد نوعين من



(أ) محبس فراشه للمياه محمول ويحشر بين فلنجيتن

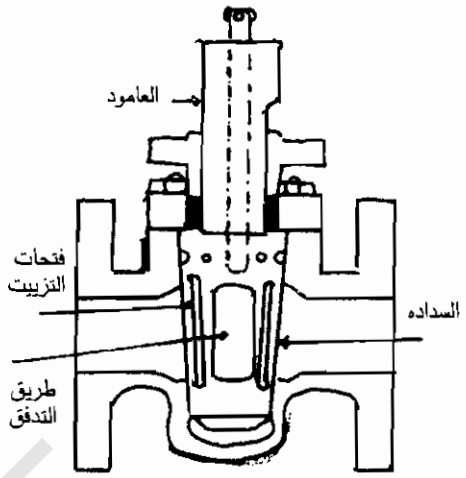


(ب) محبس فراشه للمياه محمول
ويتم تربيطه بين فلنجتين



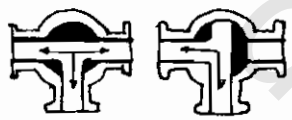
(ج) محبس فراشه مزود بفلنجتين

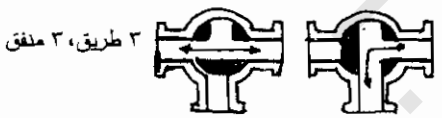
شكل (١٤٥)
أنواع محابس الفراشة
Butter Fly Valves

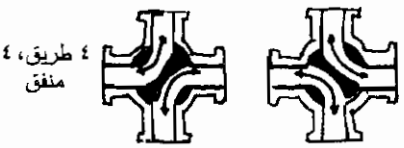


شكل (١٤٦)
محبس السداده (أ)

٣ طريق، ٢ منفق




٣ طريق، ٣ منفق


٤ طريق، ٤ منفق

شكل (١٤٦) ب
محبس متعدد سدادة المنفذ

شكل (١٤٦) محبس السداده

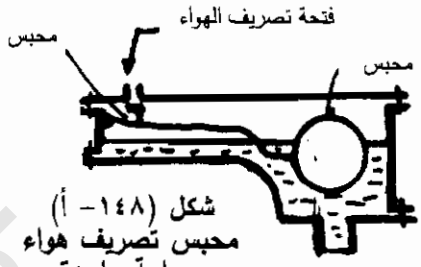
محبس السدادة. وهما السدادة التى يتم تزييتها والسدادة التى لا يتم تزييتها. ولا يستخدم الحالة الأولى عند تجنب تلوث التدفقات. محبس السدادة يمكن أن يعمل فى أكثر من إتجاه شكل (١٤٦- ب).

ي - محبس التحرر من الضغط: Pressure ReliefValve شكل (١٤٧)

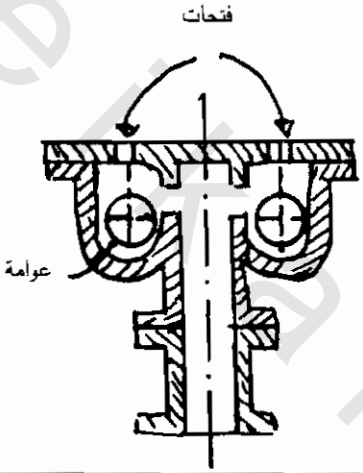
هذا المحبس يعمل على التخلص من الضغط العالى فى خطوط المواسير. وهو يتكون أساسا من قرص يتم التحكم فيه بواسطة زمبرك الذى يمكن ضبطه لأى ضغط. عند زيادة الضغط فى خط المواسير عن الضغط المطلوب فإن القرص يدفع من قاعدة إرتكازه عندئذ يتحرر الضغط خلال المواسير. ويستخدم هذا الصمام عند تغذية منطقة بضغط أقل من ضغط المياه فى الخط الرئيسى مع المحافظة على الضغط فى الخط الرئيسى.

(ك) محبس التحرر أو تصريف الهواء: (Air- Relief Valve) شكل (١٤٨).

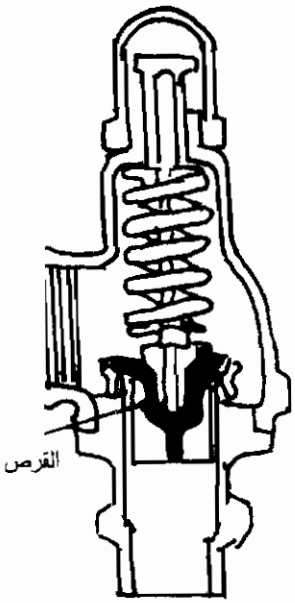
عند دخول المياه فى خط المواسير فإنها تحتوى على كمية من الهواء والتى تتراكم فى النقط المرتفعة للخط. عند زيادة كمية الهواء فإنها تسبب توقف تدفق المياه. لذلك فإنه من الضرورى إزالة تراكمات الهواء من خط المواسير. يتكون هذا المحبس من غرفه من الحديد الزهر مثبته بمسامير رباط على فتحة فى أعلا نقطة فى خط المياه. يتم ضبط عوامة لها وزن معين ورافعه فيها ليكون عند إمتلاء الغرفه بالماء تحت ضغط من خط المياه أسفله فإن العوامة والرافعة تظل مرفوعة بما يمنع خروج المياه من المحبس. ولكن عند تراكم الهواء عند قمه المحبس بما يكون بعض الضغط فإن منسوب المياه ينخفض وتنخفض العوامة فى الماء مع الرافعة ويفتح المحبس. الهواء المتراكم يخرج خلال الفتحة. يرتفع ثانيا منسوب المياه بما يرفع العوامة ومن ثم قفل المحبس. وبهذا فإن هذه المحابس تعمل آليا الشكل (١٤٨) يوضع نوعين من المحابس. محبس تصريف الهواء بعوامه واحدة لأقطار خطوط رئيسية حتى ٣٠"، المحابس بعوامتين للأقطار الأكبر، ولأقطار المواسير من ٢"-٤ "يكون قطر المحبس ١، ولاقطار ٥"- ١٠" قطر المحبس٢" ولأقطار ١٠"-١٥" قطر المحبس ٣"، ولأقطار١٦"- ٢٠" قطر المحبس ٤"، ولاقطار ٢١"- ٢٤" قطر المحبس٦".



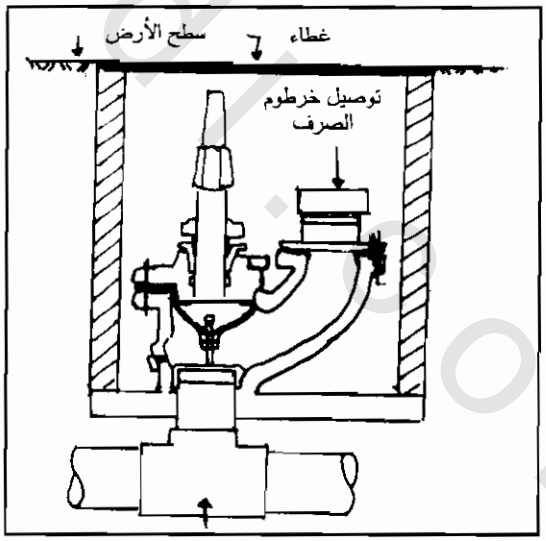
شكل (١٤٨- أ)
محبس تصريف هواء
بعوامة واحدة



شكل (١٤٨- ب)
محبس تصريف هواء بعوامتين



شكل (١٤٧)
محبس التحرر من الضغط
Pressure Relief Valve



شكل (١٤٩- أ)
حنفية الحريق بالبثق
Flush Hydrant

١١- محابس الغسيل: Drain Valves

عند أدنى نقطة فى خط المياه تركب فرعة جرف T والتى يركب عليها محبس الغسيل وعند فتح محبس الغسيل فإن المياه تندفع وتزيل كل الرواسب من الخط الرئيسى.

٧- حنفية الحريق: شكل (١٤٩) Hydrant

تستخدم حنفية الحريق لسحب المياه من الخطوط الرئيسية لمقاومة الحرايق، ولرى الحدائق ولتنظيف خطوط الصرف الصحى واستخدامات أخرى. وتركب على كل تقاطعات الطرق وعند كل ١٠٠- ١٣٠ متر على إمتداد الطريق.

عند رش المياه على الأدوار العليا يركب الخرطوم على فتحة الحنفية المتصل بماكينة ضغط المياه لتوفير الضغط اللازم لخرطوم الحريق.

عادة يكون ضغط المياه فى خط المياه عند مواقع حنفيات الحريق كالآتى:

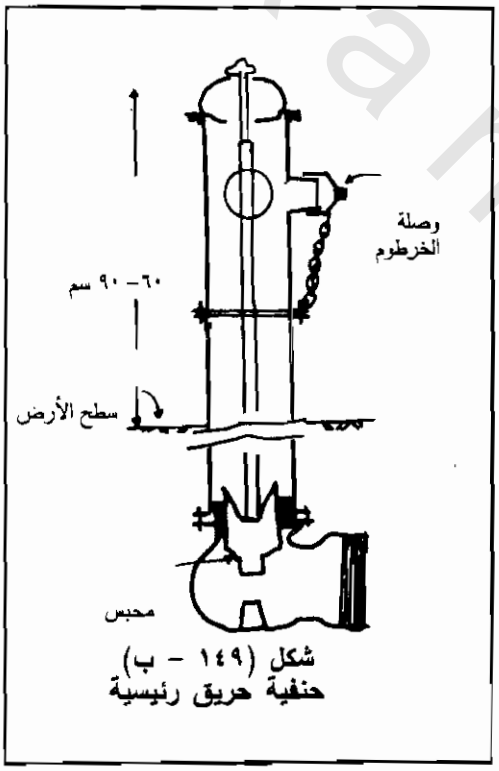
من ٧- ١٤ متر إذا كان الضخ خلال محرك

من ٣٥- ٥٠ متر فى حالة عدم استخدام الضخ وأن المياه تندفق مباشرة من حنفية الحريق الى مكان الحريق.

يوجد نوعين من طفايات الحريق:

حنفيات تدفق مياه الحريق Flash Hydrant شكل (١٤٩- أ)

حنفيات الحريق الرئيسيه Post Hydrant شكل (١٤٩- ب).



شكل (١٤٩ - ب)
حنفية حريق رئيسية

٨ - أوضاع المحابس: Position Of Valves شكل (١٥٠)

لتحقيق كفاءة التشغيل للطلمبات واستمرار الضخ فى خط المياه، فإن بعض المحابس يتم تركيبها فى خط المياه فى أماكن متعددة.

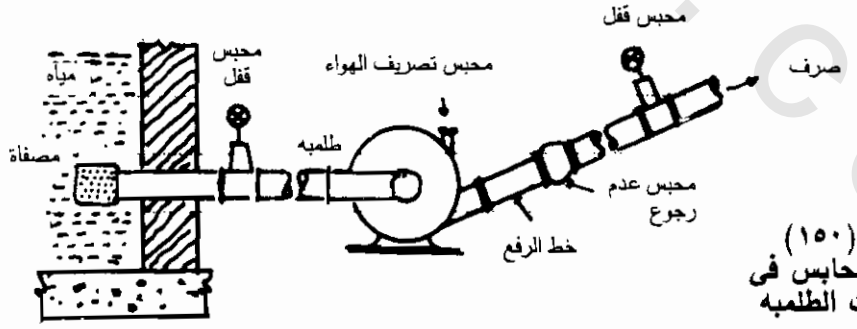
يركب محبس قدم (Foot Valve) عند نهاية ماسورة السحب (Suction) وذلك بهدف المحافظة على بقاء المياه فى ماسورة السحب ومنع المياه من التدفق الى أسفل وذلك يوفر عدم الحاجة لتحضير الطلمبه.

يركب محبس عدم رجوع (Reflux or Check Valve) بعد الطلمبه فى خط المياه الصاعد وذلك لمنع إرتداد المياه عند توقف الطلمبه أثناء الاصلاح أو فى حالات التوقف. وهذا المحبس سوف يحافظ على الطلمبه من التدمير الناتج عن الضغط المضطرب لارتداد المياه (Surges of Pressure).

على جانب المخرج يركب محبس سكينه (محبس قفل) لقفل الخط أثناء اصلاح الطلمبه. فى حالة تركيب الطلمبه أسفل منسوب المياه فى خزان المياه، يكون من الضرورى كذلك تركيب محبس فى جانب السحب لمنع تدفق المياه أثناء الاصلاح.

لمنع الانفجار والتلف لخطوط الرفع يركب محبس خفض الضغط والذى لا يسمح برفع الضغط بعد حد الأمان المعين. ويكون إستخدام محابس خفض الضغط ضرورى فى حالة الطلمبات الترددية (Reciprocating) يلزم كذلك تركيب أجهزة قياس الضغط على جانبى السحب والرفع للطلمبه الذى يوضح الضغوط فى خطوط المواسير.

فى بعض الحالات توضع أجهزة قياس على خط المياه لقياس كميه المياه الجارى ضخها.

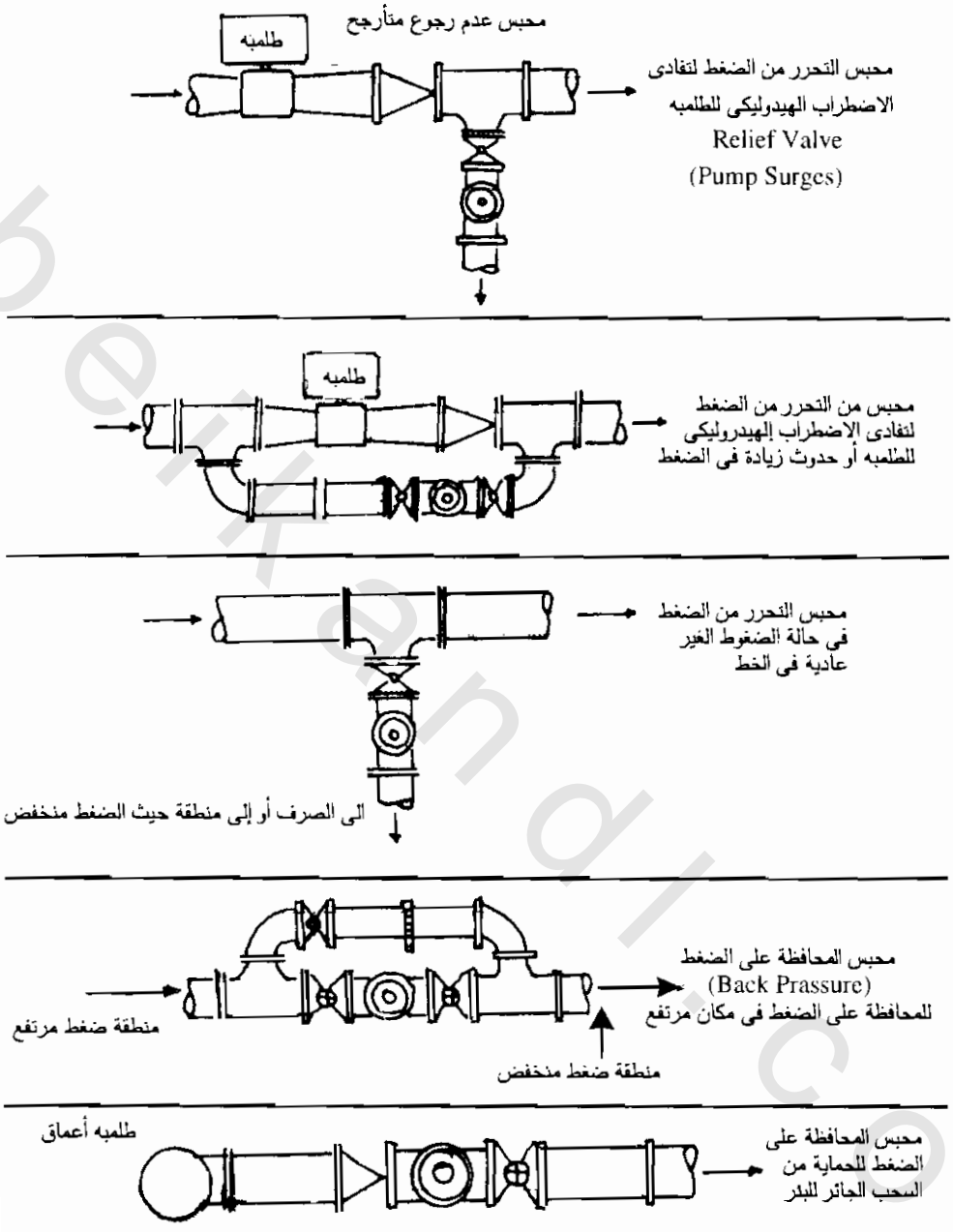


شكل (١٥٠)
وضع المحابس فى إنشاءات الطلمبه

٩- إستخدام المحابس:

المحابس المستخدمة فى شبكه المياه تشمل محابس خط متعددة وهذه تنظم لقفل مقاطع صغيرة للخط عند الاصلاح وإرسال التدفق حول هذا المقطع. عادة محابس الخط (Line Valves) توضع قريبا من تقاطع الوصالات شبه مقفله (Loops) وتنظم لاعطاء أقصى مرونة لمسار التدفق. وقد يكون عدد المحابس فى مقاطع الشارع من ٣- ٤ يتم التحكم فيها من خلال صناديق المحبس. وهذه عادة تكون محابس قفل (Gate Valves). إنه ليس من الضرورى دائما أن يكون المحبس مساوى لقطر الماسورة. طبقا لخصائص التدفق الهيدروليكى للمحبس يمكن خفض قطر المحبس بمقدار بوصة واحدة (One Pipe Size) بدون فقد واضح فى الضغط. ورغم هذا فإن سرعة التدفق خلال المحبس (١٠ قدم فى الثانية كحدود مقترحة للتصميم) بالاضافة الى تكاليف المساليب والوصلات الأخرى قد لا يسبب أى خفض فى تكاليف المحبس الأصغر وخاصة فى المواسير صغيرة القطر (من ٤- ١٢″). بالإضافة الى محابس الخط والتى تكون عادة محابس قفل فإن الشبكه تحتوى على محابس أخرى كثيره لتأكيد التدفق الهادىء (Smooth Flow) خلال الشبكة، لابطال أثر الضغوط الطارئة، وللتحكم الآلى ولأغراض أخرى. وهذه المحابس تشمل محابس للتحكم فى الاضطراب (Surge Control Valves)، محابس التحكم فى الضغط، محابس التحكم فى الرفع(Alititude Control Valves)، محابس عدم رجوع، محابس السدادة (Plug Valves)، المحابس الشبه كرويه (Glove Valves) وأنواع أخرى. يركب معظم المحابس فى محطة الطلمبات. محابس التحكم فى الرفع تركب فى مواسير لدخول الى خزانات أو أحواض فى المياه. تستخدم محابس التحكم فى الضغط عند نقاط الاختلاف فى الضغط فى الشبكه.

تركب محابس الهواء ومحابس التفريغ (Air Valves And Vacuum Valves) فى نقاط فى الخط الرئيسى حيث ضعف الضغط وضعف التدفق أو لفصل الهواء عن الماء بسبب جيوب هوائية أو حيث سحب المياه من مقطع الماسورة يسبب تفريغ جزئى. ويحدث ذلك أحيانا فى المواسير ذات القطر الكبير حيث التدفق بمعدلات متغيره وكبيره. ولكن قد يلزم تركيب المحابس فى شبكة التوزيع حيث الشوارع على التلال وفى النهايات الميته وما شابه ذلك.



شكل (١٥١) حالات تنظيم المواسير والمحابس التى تخدم عدة أغراض

يوضح الشكل (١٥١) حالات تنظيم المواسير فى الشبكة والتى تشمل وضع أنواع مختلفة من المحابس والتى تخدم أغراض متعددة.

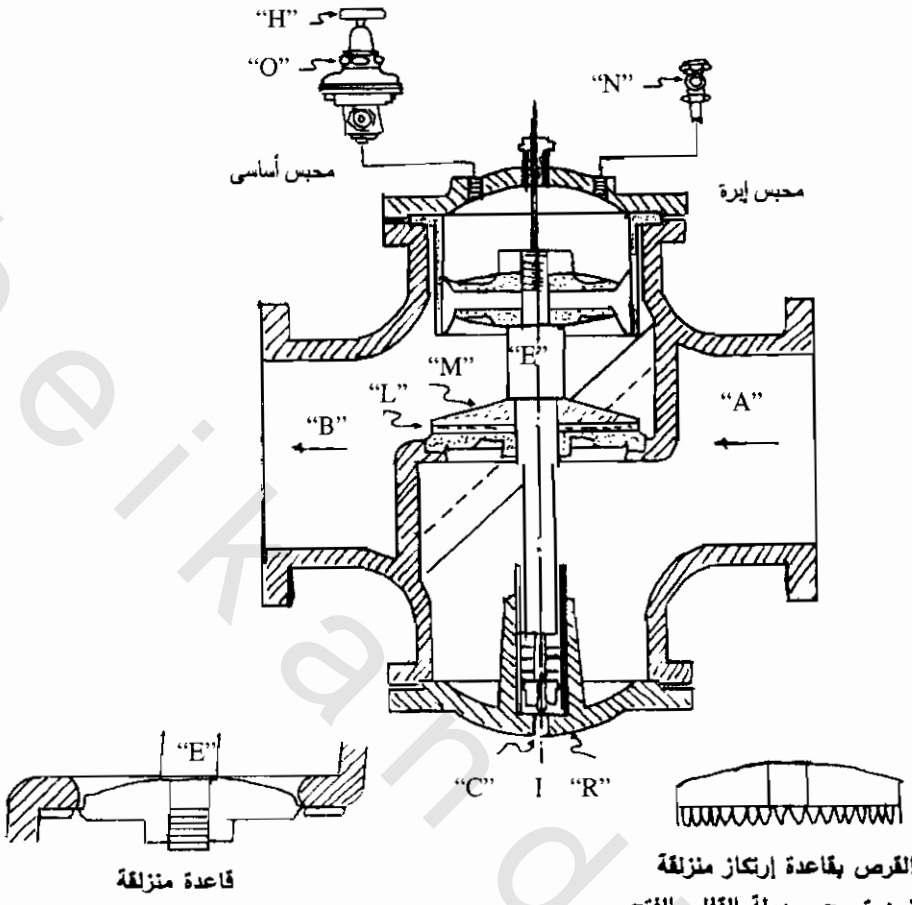
استخدام محابس خفض أو التحكم في الضغط: (Pressure Reducing Valves)

محابس خفض الضغط أو التحكم فى الضغط المستخدمة على نطاق واسع فى مشروعات المياه هى ذات المكبس ولها غرفتين، يتم القفل بين الغرفتين بواسطة المكبس الذى يرتكز على قاعدة إرتكاز المحبس. شكل (١٥٢)، عند فتح المحبس يسمح بالتدفق وعند قفله يوقف التدفق وذلك طبقا على أى من الجانبين يوجد الضغط المرتفع. تتصل الغرفتين للمحبس بواسطة خط جانبى ذو القطر الصغير وله تحكم هيدروليكى الذى يمكن ضبطه عند إتزان الضغط المطلوب بين الغرفتين. يمكن إضافة نظم تحكم إضافية لتسمح للمحبس بتغيير إتجاه التدفق وذلك عند إنخفاض الضغط فى جانب الدخول وارتفاعه فى جانب الخروج. التحكم فى المحبس يفتح بما يسمح بتدفق المياه خلال ماسورة الممر الجانبى (By pass) الى الغرفة الأخرى، وذلك يعمل على تحريك المكبس فى الإتجاه المطلوب.

فى حالة محبس الارتفاع (Altitude Valve) بغرض قفل خط الدخول الى الخزان الأرضى أو العلوى، فإن الضغط الاستاتيكى فى الخزان يعمل على قفل المحبس عند وصول أقصى إرتفاع للمياه. مفتاح حساس يعمل بالتحكم فى المحبس يمكن أن يعطى إشارة الى لوحة التحكم فى محطة الطلمبات أو حوض الترشيح أن الخزان قد إمتلأ.

يمكن كذلك استخدام عوامة ميكانيكية التى تعمل على قفل المحبس أو فتحه عند إنخفاض منسوب المياه.

بغرض خفض الضغط فى الخطوط ذات الاقطار الصغيرة يمكن إستخدام محبس الرداخ لخفض الضغط. يتم ضبط الرداخ عادة بواسطة مسمار قلاووظ وزمبرك معاير (Calibratod Spring). فى بعض النماذج توجد غرفة ذات خطوط لممرات جانبية (By Pass Lines) ومقياس للضغط وهذه تحقق نفس النتائج فى الأقطار الصغيرة مثل ما يعمل محبس المكبس فى الأقطار الضخمة. الضغط على الرداخ الذى يزيد عن الحد المعين بسبب بثق للتدفق



شكل (١٥٢) المحبس الذى يعمل بالمكبس ويستخدم لخفض الضغط

(A) مقطع طولى "B" عمل محبس تنظيم الضغط

ملاحظات :

١ – "A" توضح المدخل، "B" المخرج، "E" عامود المحبس الذى يحمل المكبس "F" "P" والمحبس "M" والذى يرتكز على قاعدة من الجلد "L". فى الغطاء "R" أسطوانة صغيرة والمكبس "P" يفتح الى الفراغ الخارجى عند "C". "K" غرفة الضغط العالى (الدخول) يسلط بانتظام على محبس الإبره "N". المحبس الأساسى "O" يتم ضبطه بتحريك طاره التشغيل اليدويه "H" بما يخفض الضغط عند تحريك الطارة للخارج ويزيد الضغط عند التحريك للداخل. محبس الإبرة "N" على جانب المدخل ويجهز للتحكم الموقوت فى حركة "M". المحبس الأساسى "O" على المخرج.

٢ – لوضع المحبس فى ضغط الخروج المطلوب، يوضع مقياس ضغط على مخرج المحبس مع ضبط الضغط المطلوب بالتحريك البطىء لطارة اليد "H".

وإنخفاض فى الضغط عند الخروج الى الحد المقرر. وتصمم عادة هذه المحابس لإتجاه واحد للتدفق فقط ولكن مثل المحابس الكبيره قد تستخدم فى شكل محبسين متعاكسين (Reversed Pairs) أو فى بطاريات لخدمة الإحتياجات المحلية. مجال العمل لمحبس خفض الضغط يجب أن يشمل أقصى وأدنى تدفقات للمياه كما فى حالة المحابس المتوسطة. عادة ينشأ محبس كبير ومحبس صغير بالتوازى على الخط الرئيسى كممر جانبى. يعد المحبس الصغير للعمل عند ضغط أعلى بعدة أرطال/ البوصة المربعة للمياه الخارجة عن المحبس الكبير. ولذا فإن المحبس الصغير سوف يعمل باستمرار حتى إنخفاض الضغط للمياه الخارجة عن الحد المعين، عندئذ سوف يفتح المحبس الكبير لتوفير الزيادة المطلوبة.

المحابس الحساسة للضغط مثل محبس المكبس لخفض الضغط يمكن إستخدامه كمحبس للتحكم فى الاضطراب (Surge Control) وذلك بتطوير بسيط فى التصميم. هذه المحابس تستخدم عادة بالتوازى مع محابس عدم الرجوع فى محطة الطلمبات بهدف تنظيم التغيرات فى معدل التدفق والذى يمكن أن يتم بالاضطراب المعاكس (Back Surges)، والتيارات الهيدروليكية الطارئة وما شابه ذلك من أسباب.

يمكن تجهيز التحكم فى المحبس لتمرير موجه الضغط السابقة للإضطراب (Surge). محبس عدم الرجوع بطىء القفل مع محبس التحكم فى الاضطراب يمكن أن يعملا على قفل الخط والتمرير الجانبى (By- Pass) للإضطراب الى الخلف الى ماسورة المأخذ من المحطة أو الى غرفة الاضطراب حيث يبطل مفعوله. يمكن التحكم فى التوقف أو البدء المفاجىء لمحطة الطلمبات لتفادى الموجات الهيدروليكيه المفاجئه والإضطراب.

محابس الغسيل:

تكون محابس الغسيل عادة بقطر ١٠٠ مم، ١٥٠ مم، ٢٢٥مم وتستخدم أساسا لتفريغ المواسير الرئيسيه من المياه أو لتصريف المياه الراكده أو الملوثه من المواسير. بالنسبة لخطوط المواسير الرئيسية خارج المدن فإن محابس الغسيل توضع فى النفط السفلى من الخط والتى

يمكن منها تفريغ الخط من المياه وتصريفها فى أقرب مسطح مائى، وفى الخطوط الطويلة الرئيسية الخارجية تكون محابس الغسيل على مسافات بين ٢ الى ٥ كيلو متر.

وعلى شبكة توزيع المياه بالمدينة توضع محابس الغسيل فى الأماكن المناسبة ومراعاة الا يزيد زمن تفريغ جزء معين من الخط الرئيسى عن ١-٢ ساعة. وبالنسبة لمواسير المياه الفرعية يمكن إستخدام حنفيات الحريق لتفريغ الخطوط فى الأماكن القريبة من المسطحات المائية. وتوضع محابس الغسيل كذلك على نهايات الخطوط الرئيسية ويستعاض عنها أحيانا بحنفيات حريق تؤدى نفس الغرض.

فرعات التغذية المنزلية:

فرعة التغذية من شبكه المياه العموميه الى داخل المبنى وعليها محبس تكون فى صندوق من الزهر قطاعه يبدأ من ١٠ سم x ١٠ سم ويمتد الى منسوب فرعة التغذية الذى يبعد عن سطح الأرض أو سطح الرصيف حوالى ٩٠ سم. ومن المحبس فى إتجاه داخل المبنى يمثل الماسورة لاعلا قليلا لتسمح بسريان الهواء فى اتجاه سير المياه لأعلا.

عدادات المياه:

توضع على وصلات التغذية الرئيسية قبل تفريعات المياه للوحدات السكنية، ويفضل أن يكون قطرها اكبر من قطر الماسورة لخفض الفاقد فى الضغط الناتج عن الاحتكاك. بركب صمام قفل بجوار العداد فى طرف الماسورة المغذية. وفى حالة المواسير بقطر ٢". فأكبر يركب صمام قفل على جانبى العداد.

الباب الخامس

نقـل الميـــاه

obeikandl.com

الفهرس

البنود	الموضوعات	الصفحات
١	تحديد كميات المياه	٢٨٧
٢	المآخذ	٢٩٥
٣	نقل المياه	٣٠٧
٤	حساب سعات التخزين	٣١٥
٥	محطات الطلمبات	٣٢٦

obeikandl.com

١ - تحديد كميات المياه Quantity of Water

عند التصميم لمخطط الامداد بالمياه لمدينة فإنه من الضرورى تعيين كمية المياه اللازمة للأغراض المختلفة. وفى الحقيقة فإن كمية المياه اللازمة تحدد أولا ثم يأتى بعد ذلك البحث عن المصدر لتوفير هذه الكميات. فى المدن الكبيره يمكن أن يكون هناك أكثر من مصدر وكذلك قد يوجد أكثر من محطة معالجة

أنواع الاحتياجات:

عند تخطيط مخطط الامداد بالمياه للمدينة، يكون من الضرورى تعيين الاحتياج السنوى وكذلك الاحتياج الشهرى والتغير فى معدل الاحتياج. ولكن نظرا لوجود عوامل كثيره متداخلة فى إحتياجات المياه فإنه من الصعب التحديد بدقه للاحتياج الحقيقى. تستخدم لذلك قوانين ومعادلات إفتراضيه والتى هى قريبه من الواقع.

الآتى أنواع إحتياجات المياه لاى تجمع سكنى أو مدينة

- مياه منزلية
- مياه للصناعة والتجارة
- مياه للاستخدامات العامة
- تعويض الفاقد.

مطالب المياه المنزلية:

وهذه تشمل إحتياجات المياه للشرب والاستحمام واعداد الطعام والغسيل.. الخ. وهذه عادة تعتمد على العادات والمستوى الاجتماعى والظروف المناخية. والاستخدامات الأخرى المنزلية مثل الغسالات وغسالات الأطباق وأجهزة التكييف.

• والاستهلاك المنزلى هو كالآتى للفرد فى اليوم

مياه شرب ٥ لتر

تجهيز الطعام ٥ لتر

الاستحمام ٥٥ لتر

غسيل ملابس ٢٠ لتر

غسيل أوانى منزلية ١٠ لتر

نظافة المنزل ١٠ لتر

استخدام دورة المياه ٣٠ لتر

الاجمالى ١٣٥ لتر فى اليوم للفرد

• المياه للمبانى الصناعية والتجارية عدا الاستخدامات المنزلية كما فى الجدول (٣٩) لكل فرد فى اليوم.

جدول (٣٩) إحتياجات المياه للمنشآت الخدمية والصناعية

مسلسل	نوع المنشأ الصناعى أو الخدمى	الاستهلاك للفرد/ اليوم/ لتر
١	المصانع	٤٠-٦٠
٢	المستشفيات لكل سرير فى اليوم (شاملة المغاسل)	٥٠٠
٣	الفنادق	١٣٥
٤	المطاعم (لكل كرسى)	٥٠
٥	المكاتب	٤٥
٦	المدارس	٥٠-٧٥
٧	سينما، مسرح، قاعة إجتماعات	١٥
٨	مركبات/ حيوانات منزلية	٤٥

• كمية المياه اللازمة للصناعة هى حوالى ٢٠- ٢٥ ٪ من إجمالى إحتياجات المدينة. معظم الصناعات الكبيرة لها مصادرها الخاصة للامداد بالمياه.

obeikandi.com

• إحتياجات الحريق:

تستخدم عدة طرق لحساب تصرف الحريق والذى يعتمد على تعداد السكان

1 $Q = 3182 \sqrt{p}$ وهى

2 $Q = 5663 \sqrt{p}$

3 $Q = 4640 \sqrt{p} \quad (1 - 0.01 \sqrt{P})$

حيث Q كمية المياه لتر فى الدقيقة

P التعداد بالألف

كل هذه المعادلات لا تدخل فى الحساب طبيعة المجتمع والمبانى والاماكن العامة والمناطق الصناعية. حيث فرص الحريق فى المناطق الصناعية اكثر من غيرها. وكلما أمكن يمكن الأخذ بما سوف تأخذ بالمعادلة الأولى (Kuichling Formula)

فى حساباتنا حيث ت = ٣١٨٢ √ ع

ت = تصرف الحريق لتر فى الدقيقة

ع = التعداد بالألف

• إحتياجات الاماكن العامة:

الحدائق العامة والجراجات العامة ١,٤ لتر / المتر المربع/ اليوم

الاشجار على أجناب الطريق ٢,٥ لتر/ المتر المربع/ اليوم

• يضاف ١٥ ٪ من كمية المياه الكلية مقابل التعويض عن الفقد فى المياه فى شبكة التوزيع.. هذا الفقد نتيجة تلف الوصلات، المواسير والمحابس. هذا بالاضافة الى عدم ترشيد الاستخدام للمياه والوصلات الغير قانونية (الخلسة).

معدلات استهلاك المياه المختلفة

معدلات إستهلاك المياه هو تعبير عن معدل استهلاك المياه باللتر/الفرد/ اليوم ويختلف هذا المعدل باختلاف فصول السنة وكذلك أشهر السنة وأيضا خلال الـ ٢٤ ساعة من اليوم.

لمواجهة هذه التغيرات فى معدلات الإستهلاك أمكن تعريف معدلات الاستهلاك المختلفة واستنتاج متوسط الاستهلاك السنوى واليومى.

- **متوسط الاستهلاك اليومى** ويحسب بقسمة جملة الاستهلاك خلال العام على عدد أيام السنة
- **أقصى إستهلاك شهرى:** حيث يعين الشهر الذى فيه أكبر استهلاك ويؤخذ متوسط الاستهلاك اليومى خلال هذا الشهر فيكون أقصى إستهلاك شهرى ويقدر بحوالى ١,٤ من متوسط الاستهلاك اليومى.

- **أقصي إستهلاك يومي:**

يعين الشهر الذى يحدث فيه أكبر استهلاك خلال العام ثم يعين اليوم خلال الشهر الذى يحدث فيه أكبر استهلاك فيكون هذا أقصى استهلاك يومى ويقدر بحوالى ١,٦ – ١,٨ من متوسط الاستهلاك اليومى.

- **أقصي إستهلاك ساعة:**

يعين اليوم الذى يحدث فيه أكبر استهلاك خلال العام والذى يعطى أقصى استهلاك يومى ثم يرسم منحنى الاستهلاك خلال ساعات هذا اليوم ومنه يحدد أقصى استهلاك ساعة ويقدر بحوالى ٢,٥ من متوسط الاستهلاك اليومى.

وترجع أهمية دراسة معدلات الاستهلاك فى تعيين التصرفات المختلفة التى تستخدم فى تصميم الأعمال المختلفة للامداد بالمياه حيث: يستخدم أقصى استهلاك شهرى فى تصميم أعمال التنقية وأقصى استهلاك يومى فى تصميم الخطوط الرئيسية والخطوط الفرعية وأعمال التصميم وأعمال التخزين للشبكة ويستخدم أقصى استهلاك ساعة فى تصميم خطوط التوزيع فى الشبكة وكذلك فى تصميم وصلات الخدمة للمنازل.

اذا كان معدل الاستهلاك اليومى ٢٠٠ لتر/ فرد/ يوم والفاقد فى الشبكة ١٠ ٪ (الباقى ١٨٠ لتر فرد يوم).

∴ أقصى استهلاك شهرى = ١,٤ x ٢٠٠ + ٢٠ = ٣٠٠ لتر/ فرد/ يوم

أقصى استهلاك شهرى = ١,٨ x ٢٠٠ + ٢٠ = ٣٨٠ لتر/ فرد/ يوم

أقصى استهلاك شهرى = ٢,٥ x ٢٠٠ + ٢٠ = ٥٢٠ لتر/ فرد/ يوم

التقدير المستقبلي لعدد السكان:

ولتقدير كمية المياه اللازمة حاليا وفى المستقبل لمدينة أو لتجمع سكنى بعد تحديد الفترة الزمنية لاستخدام الشبكة والتى تصل الى حوالى ٥٠ سنة. ويمكن الاسترشاد بمدينة أو تجمع سكنى مشابه لتقدير نسب الزيادة السكانية والأنشطة التنموية. وتستخدم الطرق الآتية للتنبؤ بعدد السكان.

وهى:

١ – طريقة الرياضية للزيادة:

ويفترض فى هذه الطريقة ثبات معدل الزيادة فى عدد السكان. وتستخدم المعادلة

$$Pn = P + n.C$$

- حيث P عدد السكان عند بدء التصميم.
- Pn عدد السكان بعد نهاية الفترة الزمنية (عدد العقود الزمنية).
- C معدل الزيادة (ثابت).

وبذلك يصبح عدد السكان بعد عدد العقود C يمكن تعينه كما فى المثال:

مثال،

العام	عدد السكان
١٩٦٠	٨٠٠٠
١٩٧٠	١٢٠٠٠
١٩٨٠	١٧٠٠٠
١٩٩٠	٢٢٥٠٠
٢٠٠٠	٢٩٠٠٠

obeikandl.com

احسب تعداد السكان فى السنوات ٢٠١٠، ٢٠٢٠، ٢٠٣٠، ٢٠٤٠، ٢٠٥٠

الحل:

العام	تعداد السكان	الزيادة فى عدد السكان
١٩٦٠	٨٠٠٠	—
١٩٧٠	١٢٠٠٠	٤٠٠٠
١٩٨٠	١٧٠٠٠	٥٠٠٠
١٩٩٠	٢٢٥٠٠	٥٥٠٠
٢٠٠٠	٢٨٠٠٠	٥٥٠٠
	الإجمالى	٢٠٠٠٠
	المتوسط	٤٠٠٠

التعداد المحتمل لعدد السكان فى مختلف العقود كالآتى

عام	التعداد
٢٠١٠	٢٨٠٠٠ + ١ X ٤٠٠٠ = ٣٢٠٠٠
٢٠٢٠	٢٨٠٠٠ + ٢ X ٤٠٠٠ = ٣٦٠٠٠
٢٠٣٠	٢٨٠٠٠ + ٣ X ٤٠٠٠ = ٤٠٠٠٠
٢٠٤٠	٢٨٠٠٠ + ٤ X ٤٠٠٠ = ٤٤٠٠٠
٢٠٥٠	٢٨٠٠٠ + ٥ X ٤٠٠٠ = ٤٨٠٠٠

• طريقـة الزيادة فى الزيادة Incremental Increase Method هذه الطريقـة هى تطوير للطريقة السابقة

مثال:

للتنبؤ بعدد السكان كما فى المثال السابق.

obeikandl.com

العام	التعداد	الزيادة فى عدد السكان	الزيادة فى عدد السكان
١٩٦٠	٨٠٠٠	--	--
١٩٧٠	١٢٠٠٠	٤٠٠٠	
١٩٨٠	١٧٠٠٠	٥٠٠٠	١٠٠٠
١٩٩٠	٢٢٥٠٠	٥٥٠٠	١٥٠٠
٢٠٠٠	٢٩٠٠٠	٥٥٠٠	صفر
	الإجمالى	٢٠٠٠٠	٢٥٠٠
	المتوسط	٥٠٠٠	٨٣٠

عدد السكان عند نهاية العقود المختلفة يصح كالآتى

العام	
٢٠١٠	٢٩٠٠٠ + (٥٠٠٠ + ٨٣٠) X ١ = ٣٤٨٣٠
٢٠٢٠	٢٩٠٠٠ + (٥٠٠٠ + ٨٣٠) X ٢ = ٤٠٦٦٠
٢٠٣٠	٢٩٠٠٠ + (٥٠٠٠ + ٨٣٠) X ٣ = ٤٦٤٩٠
٢٠٤٠	٢٩٠٠٠ + (٥٠٠٠ + ٨٣٠) X ٤ = ٥٢٣٢٠
٢٠٥٠	٢٩٠٠٠ + (٥٠٠٠ + ٨٣٠) X ٥ = ٥٨١٥٠

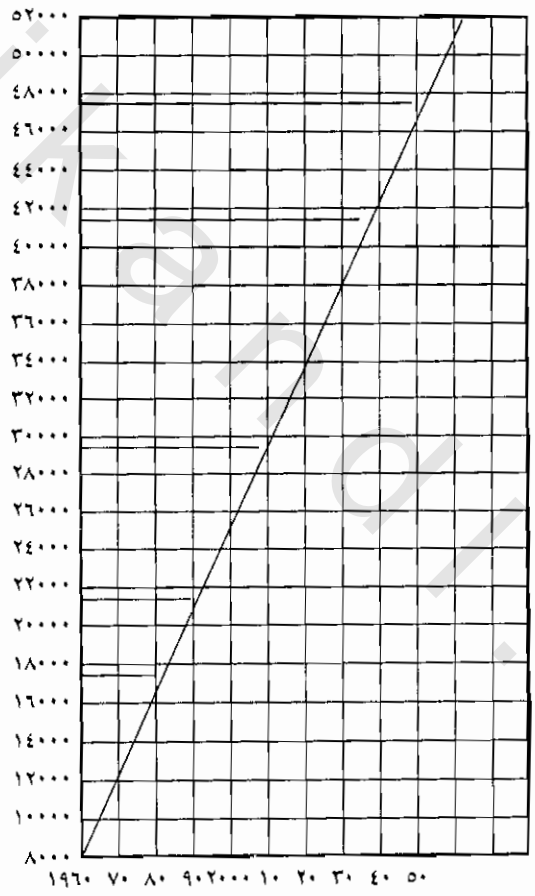
الطريقة البيانية البسيطة لحساب التعداد المستقبلي:

فى هذه الطريقة يتم التوقيع الصحيح للتعداد للعقود الماضية القليلة بمقياس رسم مناسب. ثم يتم إمتداد المنحنى للتنبؤ بالتعداد المستقبلى. المخطط شكل (١٥٣) يوضح تعيين التعداد للحالة التى سبق دراستها.

وكانت النتيجة من واقع القراءات على المنحنى كالآتى:

obeikandi.com

العام	التعداد من الرسم البيانى
٢٠١٠	٣٤٠٠٠
٢٠٢٠	٣٩٥٠٠
٢٠٣٠	٤٤٥٠٠
٢٠٤٠	٤٩٨٠٠
٢٠٥٠	٥٣٦٠٠



شكل (١٥٣) المخطط البيانى للنمو السكانى

تجميع المياه العكره من المصدر

٢ - المآخـــذ Intakes

المأخذ هو المكان الذى تسحب منه المياه العكره حيث تقام إنشاءات المآخذ فى الماء. وتتوقف كفاءة المآخذ على توفير المياه بالنوعية المناسبة والكم المطلوب فى التوقيتات المختلفة على مدار العام. وتشمل إنشاءات المآخذ توجيه المياه من المصدر الى محطة الضخ أو خط المواسير أو محطة المعالجة. فى نظم الامداد بالمياه الصغيره فإن المأخذ يكون بسيط نسبيا ويتكون من مجرد ماسورة مغمورة ومحمية بالمصفاه. المآخذ معرضه لكثير من المخاطر بما يتطلب أن يؤخذ ذلك فى الاعتبار عند التصميم. وهذه المخاطر تشمل التلوث، العواصف، التيارات الملاحية، الفيضان، إنخفاض منسوب المياه، الرواسب مثل الطمى، عدم ثبات قاع المجرى لأعمال إنشاءات المآخذ. وهذا يتطلب الحذر فى إختيار موقع المآخذ مع مراعاة التصميمات الانشائية والهيدروليكية. المآخذ التى يعتمد عليها مكلفه فقد تمثل حوالى ٢٠ ٪ من تكاليف المحطة ككل. إنشاءات خطوط المواسير تحت الماء قد يتطلب استخدام معدات بحرية خاصة، ونتيجة لذلك فإن هذا العمل قد يتكلف أكثر من ضعف الانشاءات المشابهة على سطح الأرض.

العوامل المؤثرة على تصميم ومكان المآخذ تشمل خصائص مياه المصدر، الطاقة المطلوبة حاليا وفى المستقبل، التغير فى نوعية المياه، الظروف المناخية، مصادر التلوث الموجودة وآثارها، حماية الأحياء المائية، التغير فى منسوب المياه، الملاحة، ظروف التأسيس، الرواسب وحمل تربة القاع وكذلك الاعتبارات الاقتصادية.

ونظرا لأن لكل مأخذ مشاكله الخاصة إلا أنه يمكن تعميم الظواهر العامة لتصميم المأخذ وهى:-

عدم سحب المياه بسبب التغيرات فى المنسوب

سحب المياه من الأعماق المختلفة عندما يكون ذلك إقتصادى ومطلوب.

الحماية من الفيضانات والتيارات المائية، الأجسام الطافية، القوارب والمراكب.

وضع المآخذ لتجميع أفضل نوعية للمياه وتجنب التلوث، وثبات المنشأ.

المصافى اللازمة لحماية الطلمبات ووحدات التنقية.

توفر المكان لصيانة وتنظيف المعدات وكذلك لرفع الطلمبات لأعمال الاصلاح

الأنواع الرئيسية للمآخذ: أشكال (١٥٤- ١٦١)

توجد تقسيمات كثيرة لأنواع المآخذ والأنواع الرئيسية هى

المآخذ البرجيه، المآخذ الشاطئية والمآخذ المغمورة، ومآخذ السيفون.

كما توجد أنواع أخرى منها المآخذ العائمة والمآخذ المتحركه والمآخذ المعلقه.

المآخذ البرجيه تستخدم عادة فى الخزانات حيث توضع فى الجزء المنخفض من الخزان أو البحيرة. المداخل يتم وضعها فى مناسيب مختلفة لسحب المياه ذات النوعية المناسبة.

توضع المآخذ البرجيه فى مجرى النهر، وتصرف المياه منها بواسطة مواسير إنحدار أو نفق الى محطة طلمبات المآخذ التى توجد على الشاطىء. بينما تنشأ المآخذ البرجيه عادة عند الخزانات إلا أن الأقل تكلفه يمكن أن تنشأ فى البحيرات والأنهار حيث كذلك الاستثمارات أقل.

المأخذ الشاطىء يستخدم أحيانا على الأنهار للصرف بكميات كبيره وهو يتكون من منشأ خرسانى ضخم مجهز بالبوابات المحمية بالمصافى ذات القضبان.

وهذه المصافى تعمل ميكانيكيا. وهذا المنشأ الخرسانى يشمل المساحة اللازم لمحطه الطلمبات والبئر اللازم لوضع المصافى. والبديل يتكون من مواسير مدخل عليها المصافى موضوعة فى مجرى النهر وبرج رطب شاطىء مزود بطلمبات غاطسة وقيسونات فى المأخذ الشاطىء.

المآخذ الغاطسة تنشأ فى غرف صغيرة تحيط بمدخل على شكل فوهة الجرس (Bell Mouth) المتصل بماسورة المآخذ وهذه الغرف تصنع من هياكل خشبية متعددة الأضلاع ومحملة بكسر الأحجام للحماية وعدم الطفو. وتصرف المياه من ماسورة المأخذ الى غرفة طلمبات السحب بالشاطىء وهذه المآخذ تكون مزودة بمصافى مثبتة أو متحركة وهى تصمم بغرض التخلص من الاضطراب (Surge). مآخذ السيفون تستخدم كذلك فى الأنهار حيث أنها أقل تكلفة.

كما يستخدم كذلك المآخذ المتحركة والعائمة فى الأنهار والخزانات.

عناصر التصميم:

الطاقـة: بمجرد إنشاء المآخذ يكون من الصعب عمل التوسعات بالاضافة الى التكلفة العالية، بينما أن عناصر محطة التنقية مثل محطات الضخ والأحواض والمرشحات يمكن تنظيمها لسهولة التوسع. ولهذا فإنه يلزم الأخذ فى الاعتبار الاحتياجات المائية فى المحاضر والمستقبل قبل التصميم وذلك لمدة زمنية حتى ٥٠ عاماً.

الغمر: Submergence : ترتبط طاقة المآخذ بغاطس المدخل وذلك لمراعات التغير فى منسوب المياه الذى يحدث فى كثير من الأنهار والخزانات والبحيرات. ولذلك فإن المأخذ يجب أن يحقق أقصى إحتياجات للماء فى فترات إنخفاض المنسوب وذلك طوال الفترة الزمنية التى صمم المأخذ على أساسها. كما يراعى مراقبه تلوث المياه. وأن يكون المأخذ فوق التيار لمصدر التلوث.

الفيضانات: قد يتعرض المأخذ للتدمير بفعل الفيضانات بما يتطلب حمايته وذلك بتصميم المآخذ ضد الطفو. كما يراعى فى التصميم عند انسداد المآخذ بالمواد العالقة وكذلك بواسطة الترسيبات التى تحدث على قاع المجرى. ولمنع هذه الترسيبات توضع حواجز لمنع وصول التدفقات الرئيسية الى وجه المأخذ.

المداخـل: بالنسبة للمآخذ فى الأنهار العميقة فإنها تعد بمداخل على أعماق مختلفة لسحب نوعية المياه المناسبة. أدنى منسوب للمدخل يكون فوق قاع الجرى بمسافة ٥, – ١

متر وذلك لتجنب الانسداد بالطمى والرمال وترسيب الأحجار. وتكون سرعة الدخول للمياه فى الفتحة لا تزيد عن ٠,٣ متر فى الثانية.

المصافي ومصافي القضبان

تستخدم مصافى القضبان لمنع دخول الأجسام الكبيرة الطافية وهى عبارة عن قضبان معدنية بفواصل من ١-٣ سم. ولا تزيد سرعة المياه خلال مصفاه القضبان عن ٠,٥ متر فى الثانية. المصافى الدقيقة تحجز المواد العالقة التى لا تحتجز بواسطة مصافى القضبان. المصافى يمكن أن تكون فى شكل سلة التى يمكن رفعها للتنظيف أو من النوع الذى يتم تنظيفه ميكانيكيا بواسطة الماء. فتحات المصافى الدقيقة يكون حوالى ١/٢ سم (٣/١٥″) وتكون سرعة المياه فيها فى حدود ٠,٥ متر فى الثانية عند أقصى تدفق للمياه وأدنى غمر للمصفاه.

تصميم الخلايا (Cellular Design):

يفضل تصميم المآخذ الشاطئيه الكبيره بطريقة الخلايا. وفى مآخذ الخلايا يقسم المآخذ الى خليتين أو أكثر. هذا النظام يمكن من المرونة ويبسط عملية الصيانة، حيث يمكن عمل الصيانة والنظافة لخلية. وهذا النظام يمكن كذلك استخدامه فى البحيرات والخزانات.

مآخذ البحيرات والخزانات:

يستخدم كلا من المآخذ البرجيه والغاطسة لسحب المياه من الخزانات والبحيرات. ويشمل المأخذ البرجى محطة طلمبات كما يمكن أن يكون جزءا من السد. وكذلك يمكن أن يكون البرج كمنشأ مستقل على مسافة ما من الشاطىء فى أوطى عمق للخزان. فى هذه الأبراج يتم الاقتراب بواسطة كوبرى مشاه أو قوارب. يجب أن تصمم الأبراج لتتلاءم مع الطفو والرياح وحركة أمواج المياه.

أشكال المدخل

المآخذ البرجى فى البحيرات أو الخزانات العميقة يجب أن يوفر مداخل مجهزة ببوابات على مناسيب مختلفة وذلك لكى يمكن إختيار المياه ذات النوعية الأفضل. وعموما تكون البوابة السفلى على إرتفاع من ١ – ٣ متر من قاع الخزان لتجنب تراكم الترسيبات. وتكون المداخل عادة على منسوبين أو ثلاثة مناسيب مع فاصل رأسى من ٣,٥ – ٥ متر. ضبط المنسوب لعمق السحب أحيانا يوفر تحسن جيد فى الخواص الطبيعية والبيولوجيه والكيماويه للمياه وبالتالى يسهل عمليات التنقيه ويخفض فى التكاليف. وتكون السرعة خلال المسافة الكلية للمدخل لا تزيد عن ٠,٣ متر فى الثانية.

المآخذ الغاطسة: Submerged Intakes

توجد تصميمات مختلفة للمآخذ الغاطسة لتجنب الترسيبات والرمال يفضل أن تكون إنشاءات المدخل فى المياه العميقة وسرعة دخول المياه ٠,١ متر فى الثانية. وتصنع إنشاءات المدخل من الأخشاب أو من مواد غير حديديه يتم زيادة وزنها بالخرسانة وكسر الأحجار وتكون طبقة الأساس من كسر الأحجار.

الشكل (١٥٩) يوضح مقطع فى مأخذ غاطس. حيث الغرفه (Crib) فى شكل ثمانى مصنوعة من الصلب المغطى بارتفاع ٤ متر واتساع ٢٤ متر بين الأجناب المتوازية. تم تعويمه فى مكانه وتغويصه بملىء خزانات الهواء بالماء والذى تم إستبداله بضخ الخرسانة للاستقرار الدائم. العوائق الرأسيه توفر الانتظام النسبى لتدفقات المياه خلال كل أجزاء مصفاه المأخذ. سرعة المياه المتوسطة خلال فتحات المصفاه ٠,١ متر فى الثانية. متوسط عمق المياه فى موقع المآخذ حوالى ١٧ متر.

فى البحيرات أو الخزانات حيث المحتوى من المخصبات محدود (Nutrient) مثل النترات والفوسفات فإن الخصائص الكيماويه لا تتغير خلال كل العمق. فى هذه الحالة يكون سحب المياه من العمق حيث درجات الحرارة ثابتة أو على عمق قليل من سطح الماء. أما فى حالة الخزانات العميقة حيث المحتوى العالى من المخصبات فإنه يوجد إختلاف فى نوعية

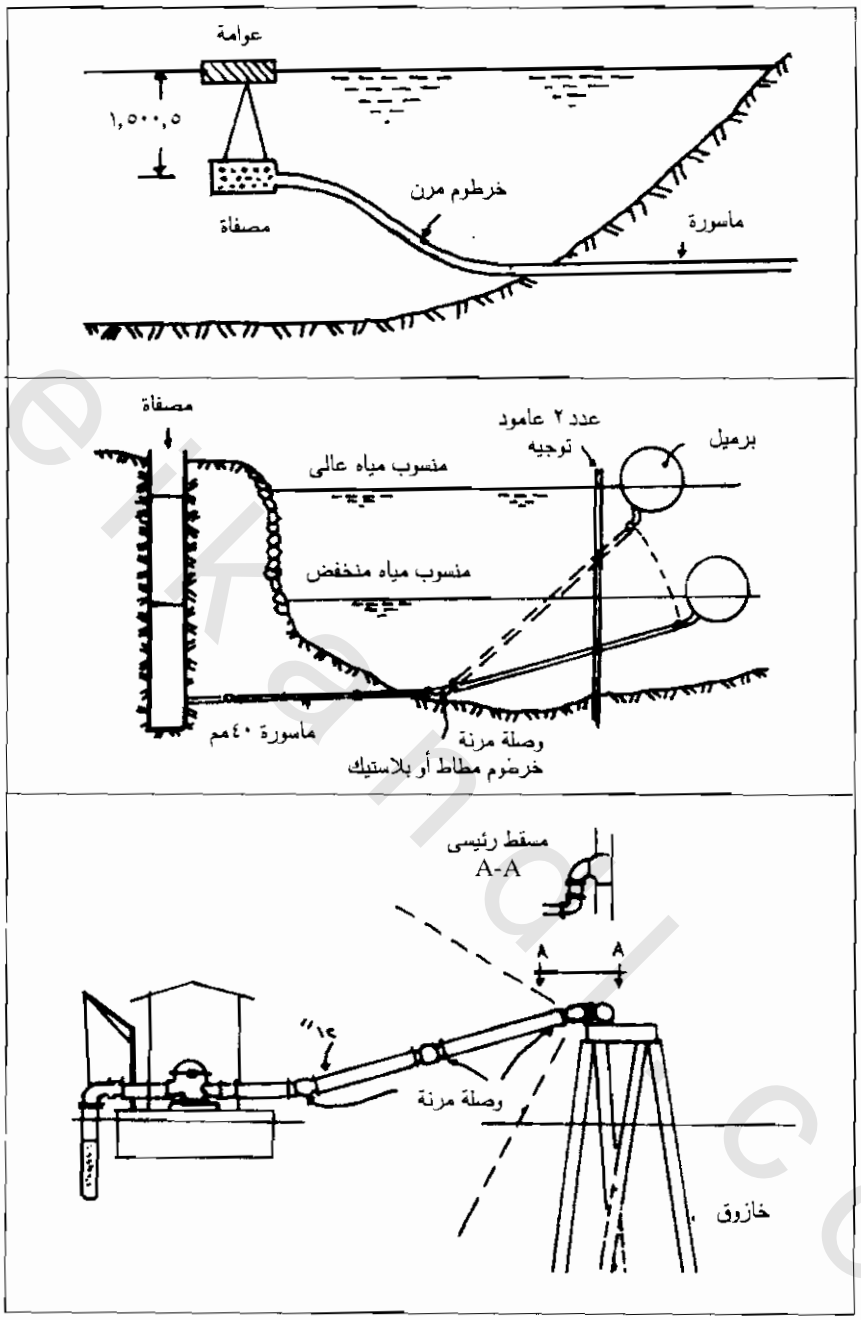
obeikandl.com

المياه على مختلف الأعماق. عندئذ يفضل سحب المياه من الطبقات العليا للبحيره حيث المحتوى العالى من الأكسجين المذاب فى الماء، ولكن نظرا لأن السطح العلوى للمياه يكون أكثر سخونه عندئذ يكون سحب المياه على عمق ٢ متر من سطح الماء.

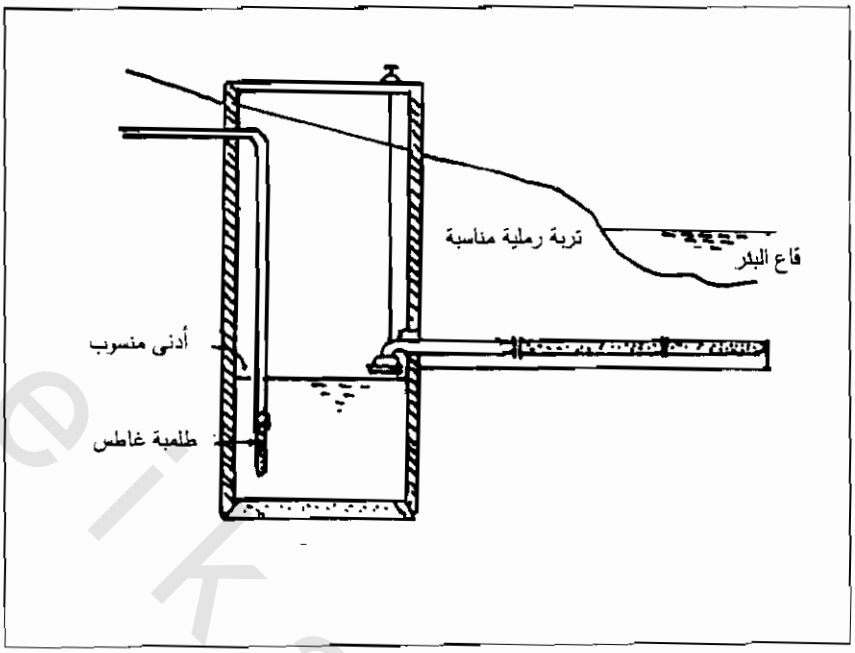
مجري المآخذ

مجرى المياه الذى يربط أعمال المآخذ المغمورة من خزان تجميع ورفع المياه بالشاطىء يمكن أن يكون خط مواسير أو نفق، ولكن الانفاق مكلفه ولا تصلح للتصرفات الصغيرة والتى تكون إقتصادية فى حالة التصرفات الضخمة. تكون السرعة فى المجرى بما تمنع حدوث الترسيبات من ١ – ١,٣ متر فى الثانية. ويراعى فى التصميم تجنب النمو البيولوجى داخل المجرى والذى يقلل من طاقته. وعند استخدام المواسير كمجرى يستخدم عادة مواسير خرسانية، التى توضع فى خندق على قاع الخزان أو البحيره. يوضع غطاء بارتفاع ١ – ١,٢ متر فوق الماسورة بالاضافة الى طبقة علوية من كسر الأحجار والتى تقدر بحوالى ٢ متر مكعب من كسر الأحجار لكل متر طولى من المواسير. كما يراعى ألا يقل الانخفاض فى حوض التجميع عن ٥ متر والذى يكون نتيجة الاحتكاك وانخفاض المنسوب فى المصدر. كما يراعى أن توضع مواسير المجرى فى منسوب مستمر فى الإرتفاع أو الإنخفاض لتجنب خفض طاقة المجرى نتيجة تراكم الهواء من النقط المرتفعة. وفى حالة عدم إمكان تنفيذ ذلك بسبب الشكل العام لقاع الخزان أو البحيره، يتم اللجوء الى تجهيزات تسرب الهواء فى النقاط المرتفعة.

الأشكال: ١٥٤ الى ١٦٠ تبين الأنواع المختلفة للمآخذ وعلى المصمم إختيار أنسبها طبقا لظروف المصدر المائى.

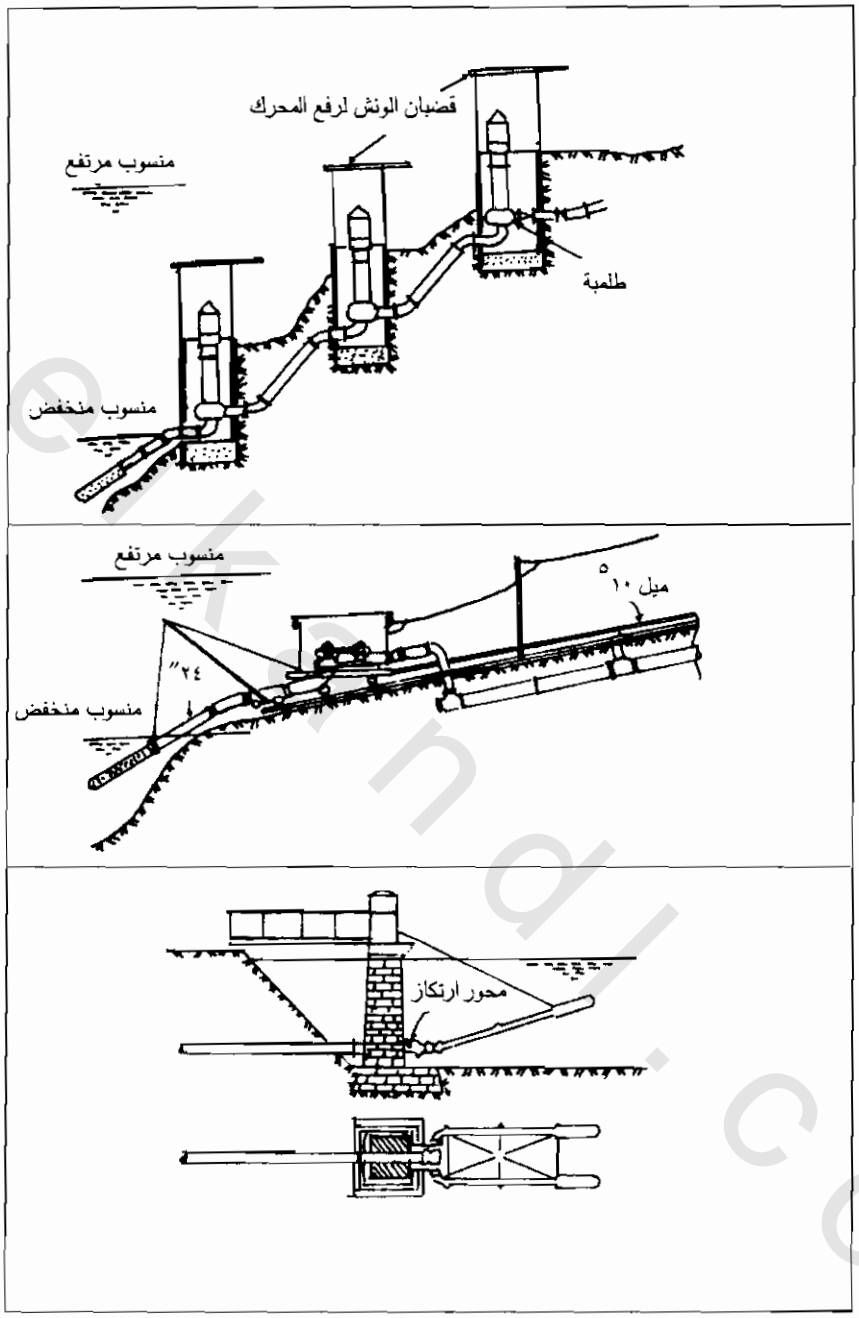


شكل (١٥٤) مآخذ عائمة

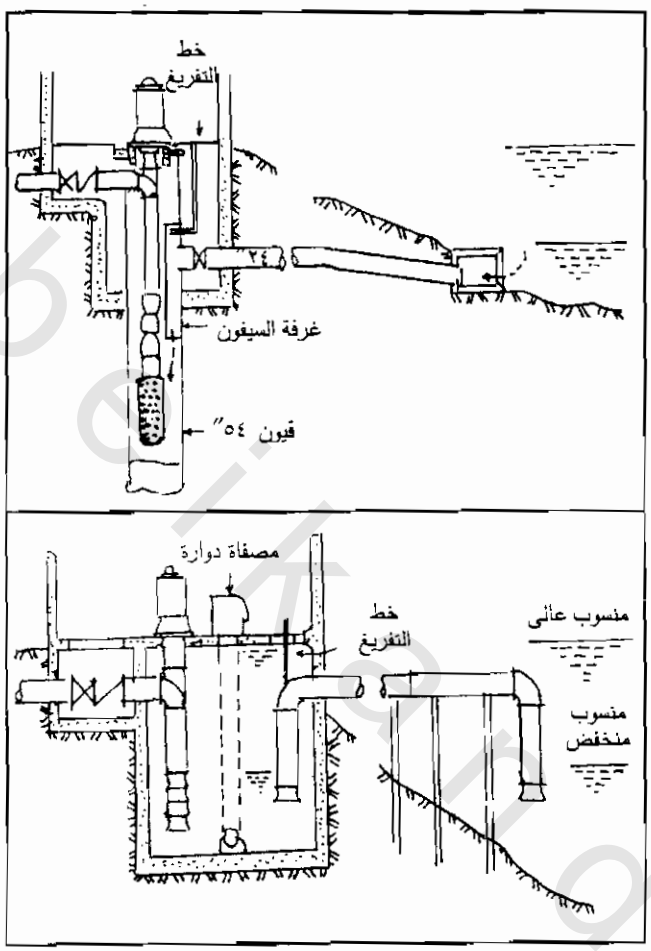


شكل (١٥٥) مآخذ فى جسر للمياه

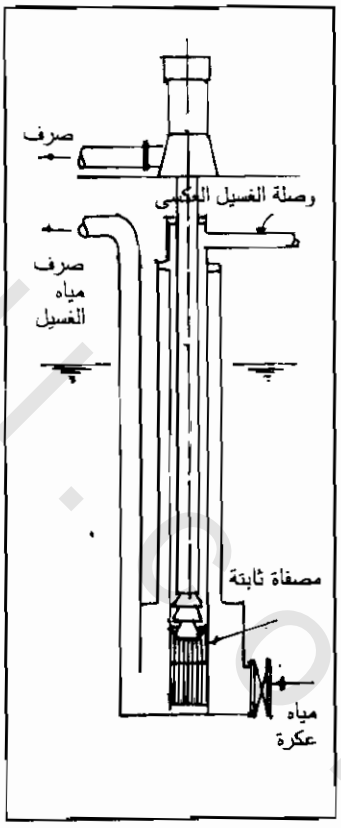
obeikandl.com



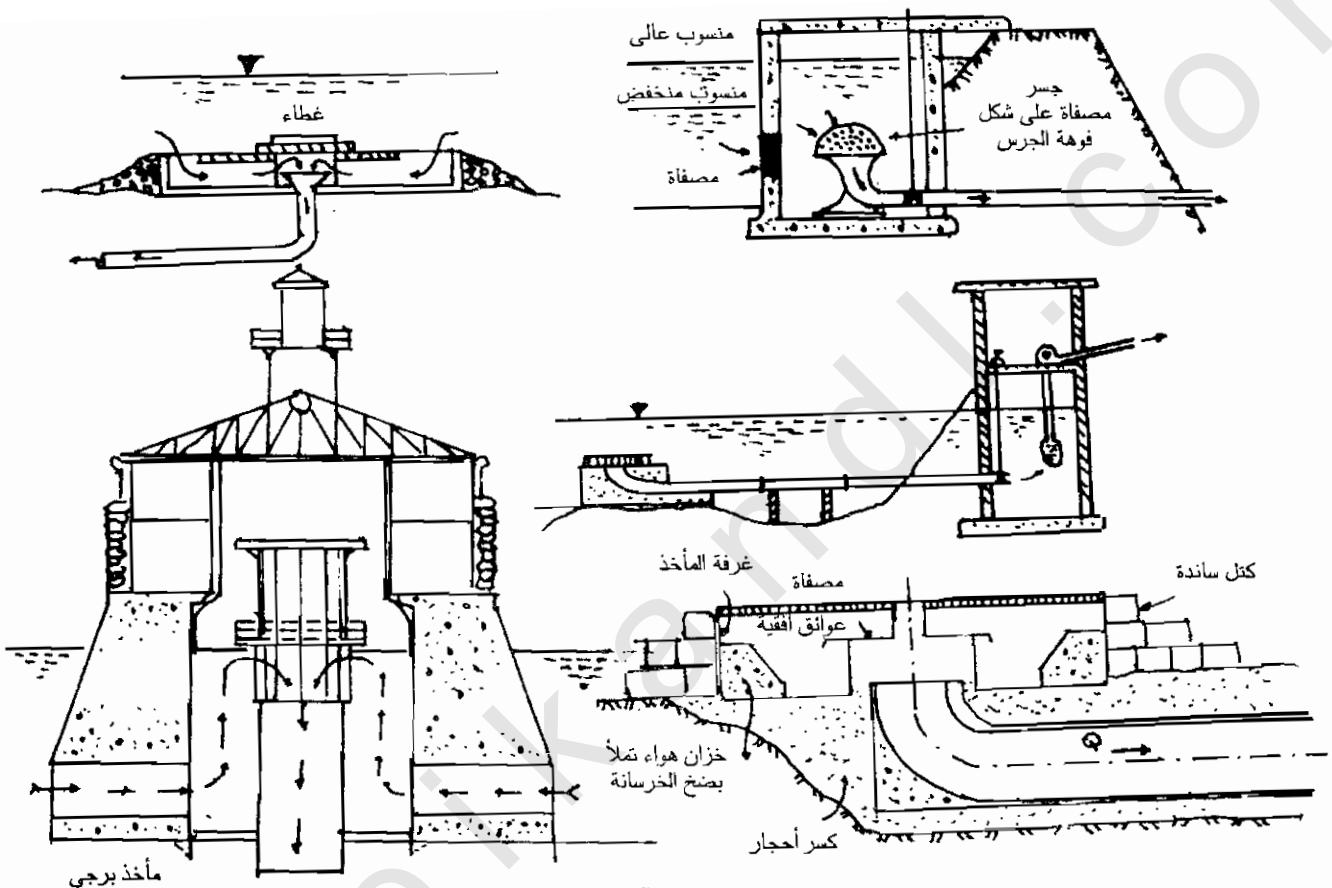
شكل (١٥٦) مآخذ متحركة



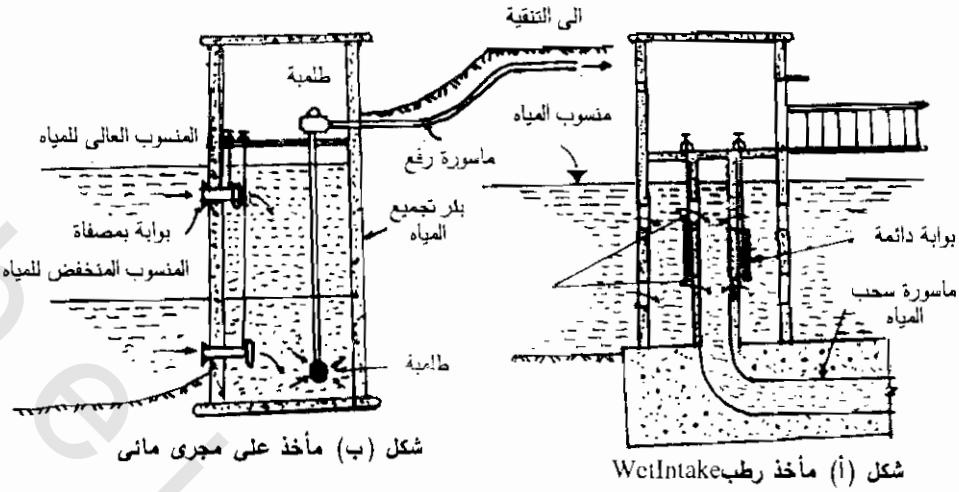
شكل (١٥٧) مآخذ تعمل بالسيفون



شكل (١٥٨)
مآخذ بمصفاه ثابتة تنظف بالمياه

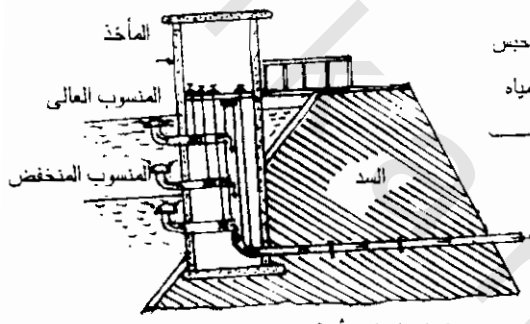


شكل (١٥٩) مآخذ فى قاع المصدر

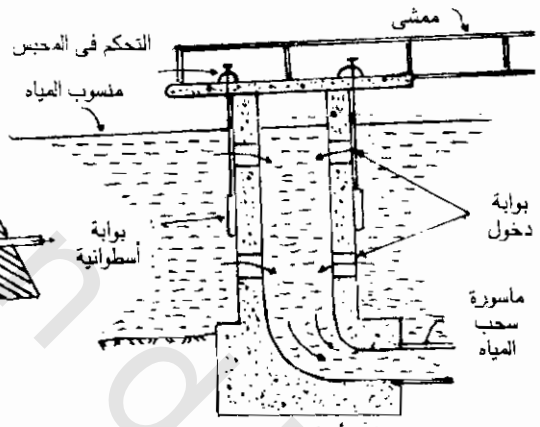


شكل (ب) مأخذ على مجرى مائى

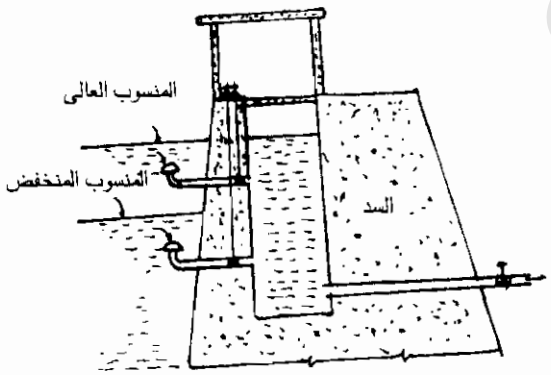
شكل (أ) مأخذ رطبWetIntake



شكل (د) مأخذ خزان

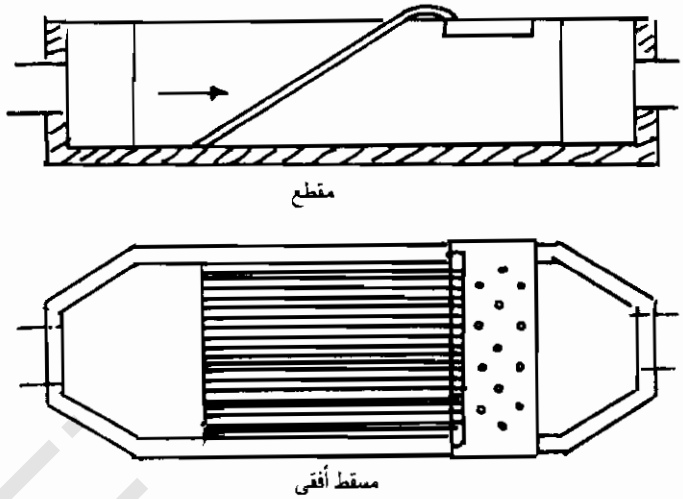


شكل (جـ) مأخذ جاف



شكل (هـ) مأخذ خزان منشأ فى السد

شكل (١٦٠) (مآخذ للخزانات والمجارى المائيه)



شكل (١٦١) مصفاه القضبان المثبته

٣- نقل المياه: Water Transmisson

يتوقف نقل المياه من المصدر الى محطة المعالجة فى حالة وجودها ثم الى منطقة توزيع المياه على جلوغرافيه الأرض والظروف المحلية. فالماء يمكن نقله خلال التدفق الحر شكل (١٦٢ – أ)، خطوط ضغط شكل (ب) أو كليهما شكل (جـ). نقل المياه يكون إما بالجاذبيه أو بالضخ. يلزم الأخذ فى الاعتبار للعوامل الفنية والاقتصادية عند إختيار أفضل الحلول لحالة معينة. القنوات المفتوحة لا تناسب نقل المياه المعالجة وقد تستخدم لنقل المياه الخام. فى حالة استخدام القنوات أو الانفاق فإن سرعة المياه تتراوح بين ٠,٣ الى ٠,٩ متر فى الثانية وذلك فى حالة عدم وجود تبطين أما فى حالة وجود تبطين تكون السرعة ٢ متر فى الثانية. الخطوط الرئيسية لنقل المياه يكون الميل فى حدود ١ : ٥٠٠ شكل (١٦٢) فى حالة التدفق بالانحدار فى المواسير تستخدم مواسير الفخار المزجج أو الاسيتوس أو الخرسانة المسلحة. وفى حالة استخدام خطوط الضغط فإنها لا ترتبط كلية بطبوغرافية المنطقة حيث قد تصعد أو تعود من مرتفع مثل التلال ويفضل أن يكون مسار الخط على إمتداد الطريق وذلك لسهولة الصيانة والاصلاح.

الإعتبارات التصميميه لنقل المياه:

إحتياجات المياه فى منطقة التوزيع يتغير خلال اليوم. يوجد عادة خزان للمياه لمواجهة وتنظيم إحتياجات المياه والذى يتغذى من خط التغذية الرئيسى ويوجد الخزان على مسافة مناسبة لامكان تغذية شبكة التوزيع

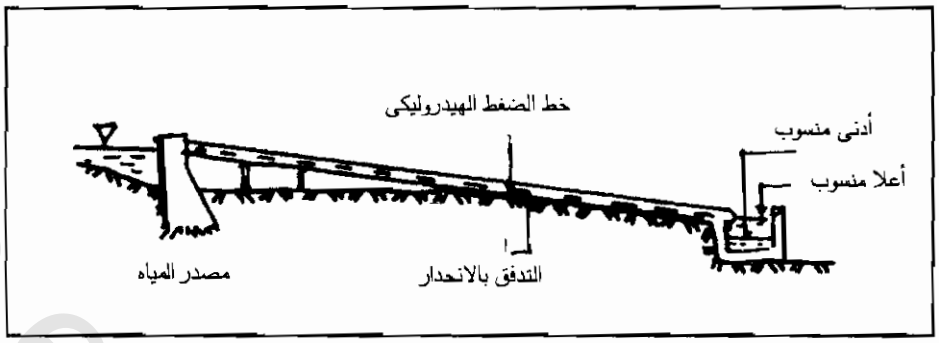
ويصمم خط التغذية الرئيسى للخزان عادة بطاقة تحميل لأقصى الإحتياجات بمعدل ثابت. وينظم الاحتياج خلال ساعات النهار طبقا لتغيراتها بواسطة خزان الخدمة.

عدد ساعات تشغيل التى يعمل فيها خط المياه الرئيسى فى اليوم يعتبر عامل هام. فقد تصل ساعات التشغيل حتى ١٦ ساعة أو أقل. ولهذا يصمم معدل التدفق، للخط الرئيسى. بالنسبة لضغط التشغيل فإن مسار الخط يكون تقريبا طبقا لطبوغرافيه الأرض ويكون خط ضغط المياه (Hydraulic GradeLine) فوق خط مسار المواسير. ويكون فى جميع الحالات ضغط المياه لا يقل عن ٤ متر شكل (١٦٢) يجب إختيار مادة الصنع للمواسير لتحمل أقصى ضغط الذى يمكن أن يحدث. أقصى ضغط لا يحدث عادة عند التشغيل ولكن الضغط الاستاتيكى عند قفل خط المياه. وبغرض التحكم فى أقصى ضغط يمكن تقسيمه الى قطاعات يفصلها خزان لخفض الضغط (Break Pressure Tank) ويقوم هذا الخزان بخفض الضغط الاستاتيكى بتوفير سطح مفتوح للمياه فى أماكن محددة على طول مسار خط المياه الرئيسى. وعند الضرورة يمكن بثق (Throttle) التدفق. قد تحدث ضغوط غير عادية نتيجة الاضطراب الهيدروليكى (Surge) أو المطرقة المائيه (Water Hammer) فى خط المياه. ويكون هذا نتيجة بالقفل اللحظى أو القفل السريع للمحابس أو بالتشغيل المفاجىء أو التوقف المفاجىء للمضخات. والإضطراب الهيدروليكى الناتج ينتج عنه ضغط زائد أو ضغط ناقص الذى يمكن أن يسبب تدمير لخط المواسير.

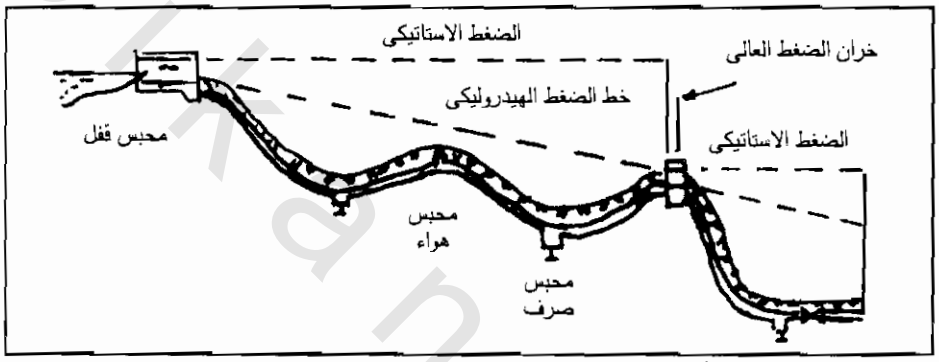
ضمان توزيع المياه: Water Distribution

الأعمال الرئيسية لضمان توزيع المياه بالمعدل المطلوب والضغط المناسب هى:

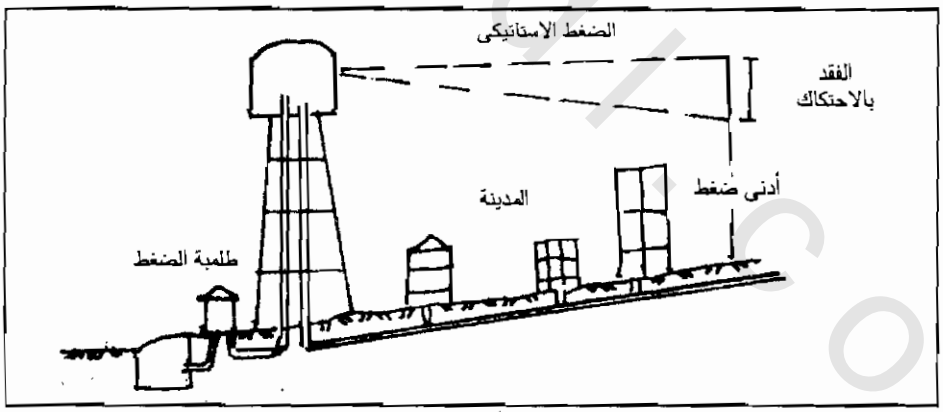
أحواض المياه المرشحة (خزانات المياه الأرضيه)



شكل (أ) النقل بالتدفق الحر (الانحدار)

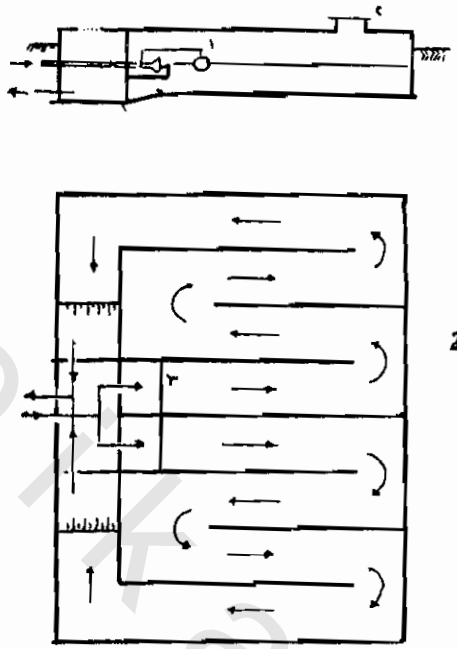


شكل (ب) نقل المياه فى خطوط الضغط



شكل (جـ) نقل المياه بالضغط والتدفق خزان أرضى

شكل (١٦٢) خطوط نقل المياه



شكل (١٦٣) حوض المياه المرشحة
١ – صمام عوامة
٢ – فتحة تهوية
٣ – هدار المدخل

طلمبات الرفع العالى.

خزانات المياه العلويه.

شبكه توزيع المياه العموميه.

• **أحواض المياه المرشحة:** Clear Water Tanks

تنشأ أحواض المياه المرشحة عادة تحت سطح الأرض أو أسفل مبنى المرشحات. وتكون سعة هذه الأحواض لتكفى لمدة ٦– ٨ ساعة من معدلات الاستهلاك فى ظروف التشغيل العادية المستمره، أما فى المناطق المنعزلة والتجمعات السكانيه الصغيره تزاد سعة هذه الأحواض لتكفى إستهلاك المياه لعدة أيام حسب توفر مصادر المياه ومعدلاتها فى هذه الأماكن. ويكون التحديد النهائى لسعة هذه الأحواض أو الخزانات حسب ظروف تصميم وتشغيل وحدات التنقيه ونظم التوزيع. ويكون الفرق بين سطح المياه فى كل من المرشحات وخزان المياه الأرضى حوالى ٣– ٤ متر.

يفضل إنشاء أكثر من حوض واحد شكل (١٦٣) أو يقسم الحوض الى جزئين يمكن تشغيلهما كحوض واحد، ويمكن تشغيل كل حوض على حدة. تزود ماسورة المدخل بصمام عوامه للتحكم فى دخول المياه فى حالة زيادة منسوب المياه عن العمق التصميمى لضمان عدم فيضان المياه، يفضل أن تكون ماسورة المدخل والصمام بهدار وأن يكون سقف الحوض أعلا من سطح الأرض بمسافة لا تقل عن ١/٢ متر لحمايته من الملوثات. تنشأ خزانات المياه الأرضية للمساعدة فى عملية الموازنة بين معدلات الاستهلاك ومعدلات رفع المياه، للمساعدة فى عملية تطهير المياه بتوفير فترة تلامس طويله بين مواد التطهير والملوثات، لسد إحتياجات الحريق، لمواجهة حالات الأعطال لوحدات التنقية.

• **خزانات المياه العلوية:** شكل (١٦٤) (Eleveted Tanks)

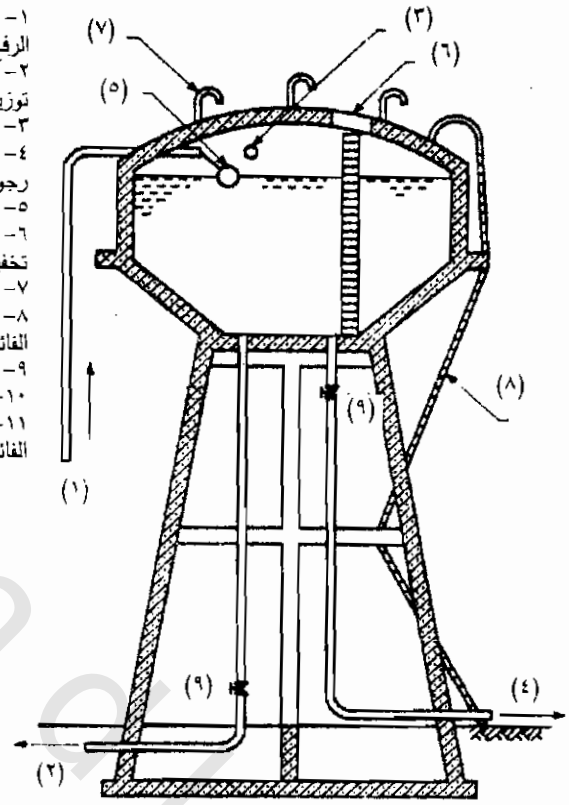
تنشأ هذه الخزانات لسعة تصل الى حوالى الف متر مكعب أو أكثر شكل (١٦٤ أ، ب) وتكون الخزانات ضروريه فى حالة تشغيل وحدات الرفع العالى بمعدل ثابت، سواء كان التشغيل على مدى ٢٤ ساعة متواصلة أو لمدة ١٢ ساعة أو أكثر، وذلك لتخزين المياه فى حالة الاستهلاك المنخفض واستغلال المياه المخزنه فى حالة الاستهلاك الكبير

خزانات المياه الأرضية: شكل (١٦٥، ١٦٦)

خزانات المياه الأرضيه تعد إما لتخزين المياه العكره (بياره المياه العكره) أو لتخزين المياه المرشحة والمعده للتوزيع. تنشأ هذه الخزانات على أرض طبيعية مرتفعة وتصمم مع مراعاة منسوب المياه الجوفية وأن تكون أجناب الخزان مقاومه لضغط الماء عند ملئه ولضغط التربه وهو فارغ. ويغطى سقف الخزان بسمك ٦٠ سم من التربه المزروعة بالحشائش لحماية المياه من حراره وبروده الجو

الخزانات الأسطوانية القائمة: شكل (١٥٧) Stand Pipes

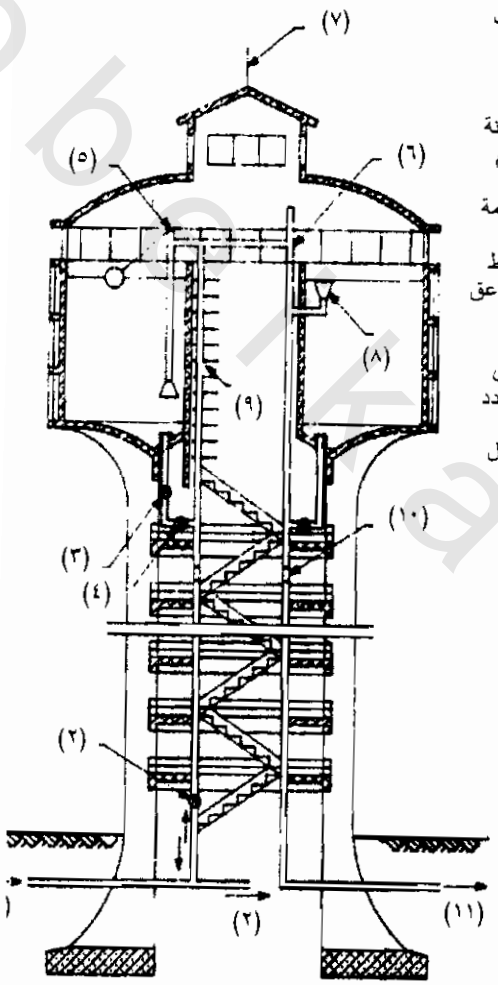
ويعتبر بديل عن الخزانات العلوية. يصنع عادة من الصلب وله شكل أسطوانى. الطاقة التخزينية المفيده هى حجم الخزان فوق نقطة التوزيع، حيث المياه فى الخزان أسفل هذا



شكل ١٦٤ – أ خزان علوى بخط منفصل للتغذية والسحب

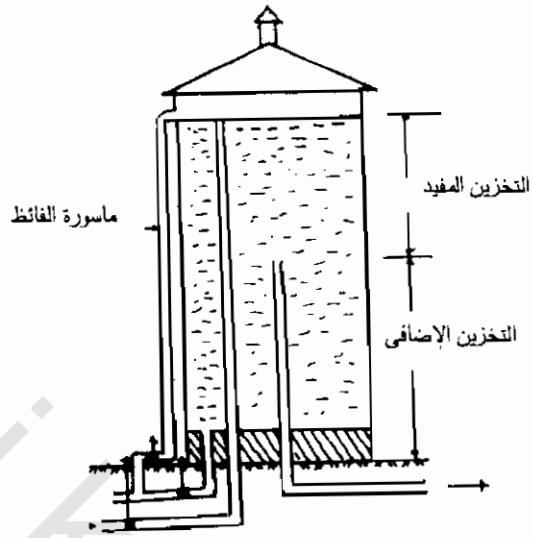
١– من وحدات الرفع العالى
٢– من الخزان شبكة توزيع المياه
٣– ماسورة الفائض
٤– ماسورة الغسيل والتفريغ
٥– صمام عوامة
٦– فاتحة بغطاء
٧– تهوية
٨– درج
٩– صمام قفل

١– من وحدات الرفع العالى
٢– الى شبكة توزيع المياه
٣– صمام سكينة
٤– صمام عدم رجوع
٥– صمام عوامة
٦– صمام تخفيض الضغط
٧– مانعة صواعق
٨– تصريف الفائض
٩– سلم بحارى
١٠– وصلة تمدد
١١– تصريف الفائض والغسيل



شكل ١٦٤ – ب خزان علوى بخط مشترك للتغذية والسـ

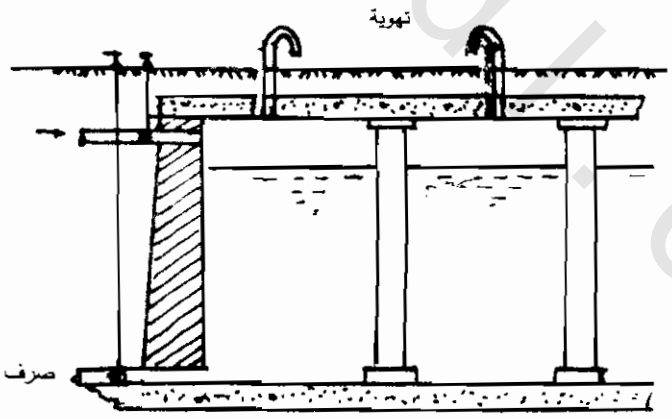
شكل (١٦٤) خزان المياه العلوى



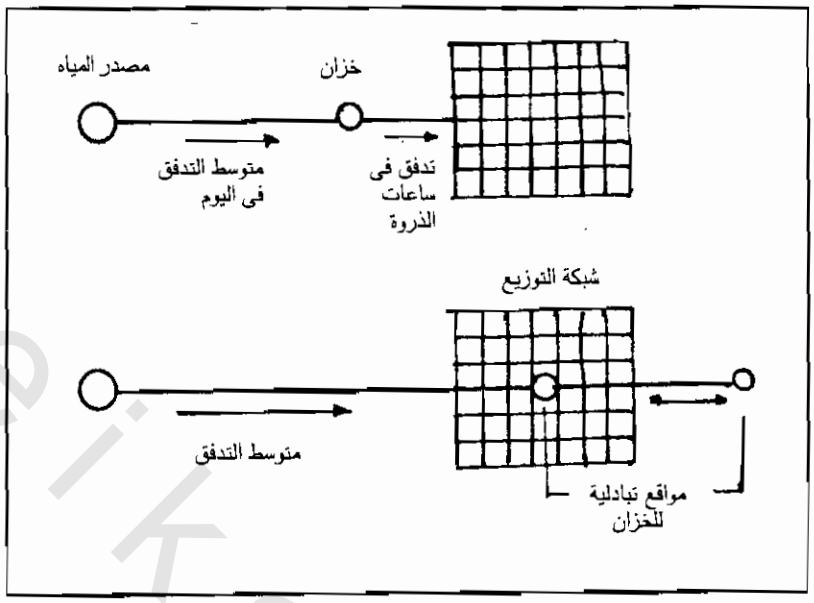
شكل (١٦٥) خزان الأسطوانة القائمة

الخزان تعمل كمخزون إحتياطى لمناطق التوزيع المنخفضة أو بضخها بطلمبات تقويه (Booster Pumps) وكذلك عند مقاومة الحريق باستخدام مضخات الحريق.

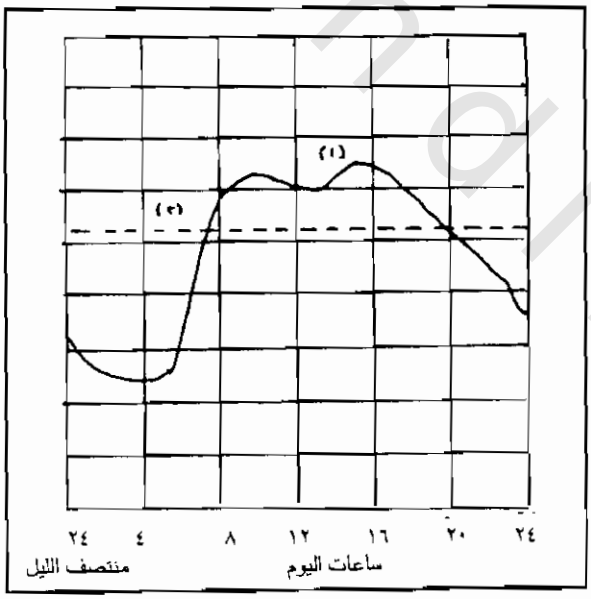
الشكل (١٦٧) يوضح مخطط لخط المياه الرئيسى وخزانات الخدمه والشبكه



شكل (١٦٦) خزان مياه تحت الأرض



شكل (١٦٧) مخطط لخط المياه الرئيسى وخزان الخدمة



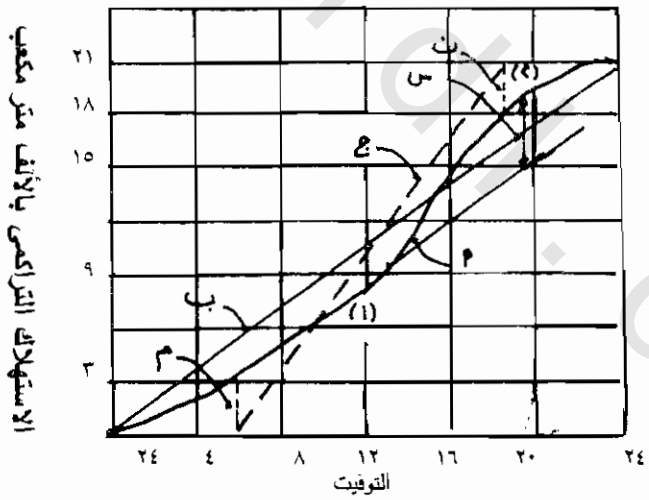
(١) المعدل الفعلى لاستهلاك المياه اليومى
(٢) متوسط الاستهلاك اليومى

شكل (١٦٨) التغير فى معدل الاستهلاك اليومى

obeikandl.com

٤- حساب سعة التخزين:

يوضح الشكل (١٦٨) مدى التغير فى معدلات استهلاك المياه على مدار اليوم الكامل يوضح الشكل (١٦٩) والجدول (٤٠) مثال بيانى وعددى يوضح كيفيه حساب سعة الخزان العلوى ومعدلات الرفع للطلمبات. المنحنى (أ) هو تجميع الاستهلاك اليومى. الخط المستقيم (ب) هو تجميع لرفع الطلمبات. ينتهى المنحنى (أ) والخط (ب) فى نقطة واحدة عند نهاية المنحنى ليوضح أن ما ترفعه الطلمبات خلال ٢٤ ساعة يساوى الاستهلاك خلال نفس الفترة. يرسم خطوط موازيه للخط (ب) على المنحنى (أ) لتقابله فى النقطتين (١، ٢) فيكون الخزان مملوء عند النقطة (١) وفارغ عند النقطة (٢) وتكون سعة الخزان (س) فى هذه الحالة ٤٢٠٠ متر. يكون ميل المماس للمنحنى (أ) عند أى نقطة يمثل معدل الاستهلاك فى الوقت المناظر. يمثل ميل الخط المستقيم (ب) معدل الضخ لطلمبات الرفع العالى. فى حالة تشغيل الطلمبات بمعدل ثابت لمدة ١٢ ساعة من السادسة صباحا حتى السادسة مساءا كما فى الشكل فإن ميل الخط (جـ) هو معدل ضغ الطلمبات. سعة الخزانات العلويه الموضحة بالشكل وقيمتها (م + ن) تساوى ٦٤٥٠ متر مكعب.



شكل (١٦٩) المخطط التراكمى للاستهلاك اليومى (مثال)

جدول (٤٠) الاستهلاك التراكمى للمياه (مثال)

الفترة الزمنية	الاستهلاك خلال الفترة الزمنية (م٣)	الاستهلاك التراكمى (م٣)
الساعة ٢٤ منتصف الليل	صفر	صفر
٢٤- ٤ صباحا	١٩٥٠	١٩٥٠
٤- ٨ صباحا	٢٧٠٠	٤٦٥٠
٨- ١٢ ظهرا	٣٩٠٠	٨٥٥٠
١٢ ظهرا - ١٦ مساءاً	٦١٥٠	١٤٧٠٠
١٦- ٢٠ مساءاً	٤٦٥٠	١٩٣٥٠
٢٠- ٢٤ مساءاً	١٦٥٠	٢١٠٠٠

يتم إختيار نظام تشغيل وحدات الرفع العالى وتصرفاتها لمقارنة ساعات التشغيل وقوة الطلمبات وحجم الخزانات العلويه المطلوبه من طرق التشغيل. ويؤثر فى اختيار الطريقه مدى مرونه وسهولة التشغيل وكفاءتها.

سعة الخزانات: Capacity of The Reservoirs

السعة الكلية للخزان تحدد بتجميع كميات المياه للأغراض المختلفة. ويتم تحديد السعة الكلية للآتى:

(أ) موازنة الاحتياط: (Balancing Reserve)

وهى كمية المياه اللازمة لموازنة التغيرات فى الطلب مقابل الامداد المستمر من محطة المعالجة. وهذه يتم حسابها بطريقة المنحنى للمدخلات والمخرجات أو بطريقة التحليل باستخدام جداول قياسيه.

(٢) موازنة التوقف (Breakdown Reserre)

فى بعض الحالات توجد أعطال فى الطلمبات أو مصدر الطاقة بما يتطلب توفر إحتياطى من المياه فى أثناء فترة توقف الطلمبات واصلاحها والذى يفترض أن يستمر من ١,٥ – ٢ ساعة من متوسط الامداد اليومى أو بما يعادل ٢٥ ٪ من طاقة الخزان.

(٣) إحتياطي الحريق (Fire Reserve)

كمية المياه الاحتياطى اللازمة لمواجهة الحريق يمكن حسابها بطرح كمية الضخ للحريق (C) من إحتياجات الحريق (F) مضروبا فى زمن إطفاء الحريق (T).

إحتياط الحريق = (F-C) T.

يمكن تقدير قيمة (F) بحوالى ٥ لتر للفرد كاحتياطى للحريق.

أمثله تعيين طاقة التخزين:

يمكن تعيين طاقة التخزين لخزان بطرق مختلفة التى يمكن توضيحها من الأمثلة التالية:

مثال (١) : مدينة عدد سكانها ١,٢ مليون لها نظام امداد مستمر بالمياه. معدل استهلاك الفرد ٢٥٠ لتر فى اليوم. يتم الإمداد بالمياه بالضخ المستمر. كميه ٢٥٠ لتر فى اليوم يتم توفيرها طبقا للآتى:

من ٥ صباحا حتى ١١ صباحا ٨٥ لتر

من ١١ صباحا حتى ٣ ظهرا ٥٠ لتر

من ٣ ظهرا حتى ٩ مساءاً ٨٠ لتر

من ٩ مساءاً حتى ١٢ مساءاً ٢٥ لتر

من ١٢ مساءاً حتى ٥ صباحاً ١٠ لتر

يتم توفير المياه من محطة المعالجة بمعدل ثابت ١٢,٥ مليون لتر فى الساعة خلال ٢٤ ساعة. عين طاقة الخزان اللازم لتوزيع المياه. يفترض عدم الفقد فى المياه.

الحل:

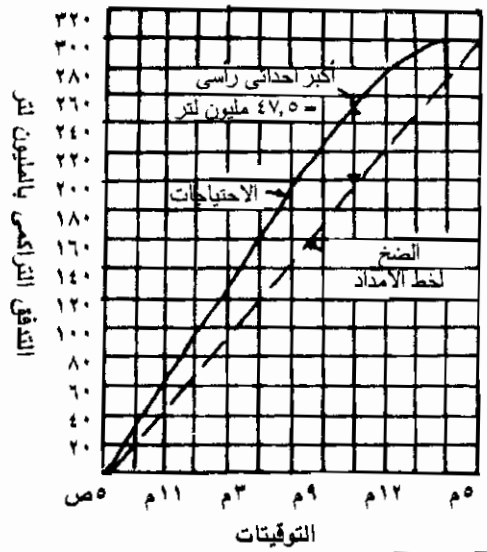
احتياجات المدينة اليومية = ٢٥٠ x ١,٥ × ١٠^{٦} لتر

المياه التى يتم الامداد بها تتحول الى إحتياج تراكمى طبقا للجدول (٤١).

جدول (٤١)

الوقت (١)	الامداد للفرد باللتر (٢)	الاستهلاك بالمليون لتر (٣)	الاستهلاك التراكمى بالمليون لتر (٤)
من ٥ صباحا الى ١١ صباحا	٨٥	١٠٢	١٠٢
من ١١ صباحا الى ٣ ظهرا	٥٠	٦٠	١٦٢
من ٣ ظهرا الى ٩ مساءاً	٨٠	٩٦	٢٥٨
من ٩ مساءاً الى ١٢ نصف الليل	٢٥	٣٠	٢٨٨
من ١٢ مساءاً الى ٥ صباحاً	١٠	١٢	٣٠٠

يتم عندئذ عمل مخطط الامداد من بيانات الجدول (٤١) أعمدة ٤،١ كما فى الشكل (١٧٠).



شكل (١٧٠)
منحنى الامداد والسحب

إجمالى طاقة التخزين = ٤٧,٥ مليون لتر

مثال(٢) :

مدينه تعدادها ٢٥٠ ألف نسمة واحتياجاتها من المياه ٢٥٠ لتر فى اليوم. والتغير اليومى المحتمل من إحتياجات المياه موضح فى الجدول التالى. عين طاقة التخزين التى توفر الإحتياجات المتغيره للمياه وذلك مع ثبات معدل الضخ (أ) من ٥ صباحا حتى ١١مساءاً، من ٢ مساءاً حتى ٨ مساءاً (ب) خلال ٢٤ ساعة. بين كذلك معدل الضخ فى كل حالة. إستخدم فى الحل طريقة المنحنى والطريقة التحليليه.

جدول (٤٢) الطريقة التحليليه للاحتياج اليومى

الفترة الزمنية بالساعات فى اليوم	متوسط النسبة المئوية للتدفق فى الساعة	الفترة الزمنية بالساعات فى اليوم	متوسط النسبة المئوية للتدفق فى الساعة
صفر – ١	١٥	١٢ – ١٣	١٠٠
١ – ٢	١٦	١٣ – ١٤	٩٠
٢ – ٣	١٧	١٤ – ١٥	٦٠
٣ – ٤	٢٠	١٥ – ١٦	١١٠
٤ – ٥	٢٥	١٦ – ١٧	١٣٠
٥ – ٦	٣٥	١٧ – ١٨	١٦٠
٦ – ٧	٧٥	١٨ – ١٩	١٨٠
٧ – ٨	١٣٠	١٩ – ٢٠	١٧٠
٨ – ٩	١٨٠	٢٠ – ٢١	١٤٠
٩ – ١٠	٢٣٠	٢١ – ٢٢	٧٠
١٠ – ١١	٢٢٠	٢٢ – ٢٣	٥٠
١١ – ١٢	١٦٠	٢٣ – ٢٤	١٧

الحل :

متوسط الاحتياجات اليومية = ٢٧٠ x ٠,٢٥ × $١٠^{٦}$ = ٦٧,٥ × $١٠^{٦}$ لتر.

obeikandl.com

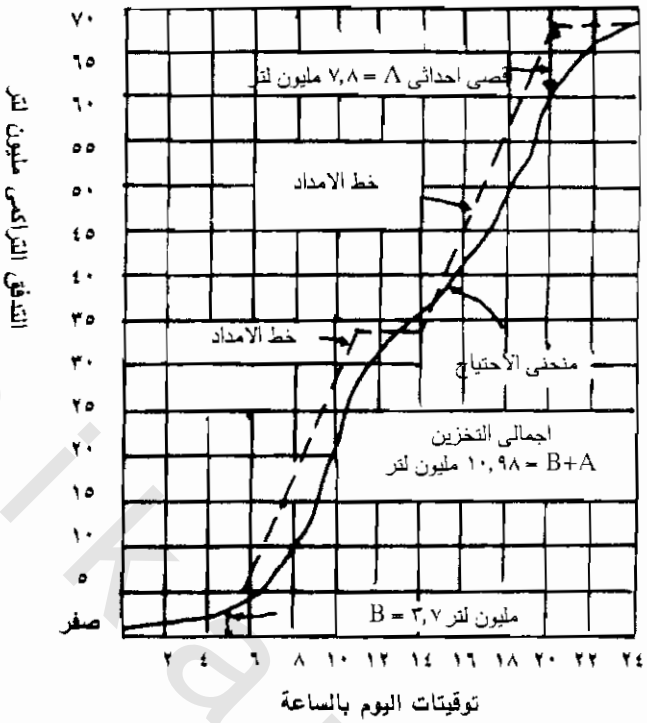
متوسط الاحتياجات فى الساعة = $\frac{٦٧,٥}{٢٤} \times ١٠^{٦}$ = ٢,٨١٢٥ × $١٠^{٦}$ لتر فى الساعة

الاحتياجات التراكمية فى الساعة يتم حسابها كما هو موضح فى الجدول التالى:

جدول (٤٣)

الزمن بالساعة	متوسد الاحتياج فى الساعة خلال الـ ٢٤ ساعة	الاحتياج التراكمى طبقا لمتوسط الاحتياج فى الساعة	الاحتياج التراكمى بالمليون لتر (العامود ٣ × ٢,٨١٢٥)
١	٢	٣	٤
صفر	--	--	--
١	٠,١٥	٠,١٥	٠,٤٢١
٢	٠,١٦	٠,٣١	٠,٨٧١
٣	٠,١٧	٠,٤٨	١,٣٥٠
٤	٠,٢٠	٠,٦٨	١,٩١٢
٥	٠,٢٥	٠,٩٣	٢,٦١٥
٦	٠,٣٥	١,٢٨	٣,٦٠٠
٧	٠,٧٥	٢,٠٣	٥,٧٠٩
٨	١,٢	٣,٣	٩,٢٨١
٩	١,٨	٥,١٣	١٤,٤٢٨
١٠	٢,٣	٧,٤٣	٢٠,٨٩٦
١١	٢,٢	٠,٦٣	٢٧,٠٨٤
١٢	١,٦	١١,٢٣	٣١,٥٨٤
١٣	١,٠٠	١٢,٢٣	٣٤,٣٩٦
١٤	٠,٩	١٣,٣٣	٣٦,٩٢٨
١٥	٠,٦	١٣,٧٣	٣٨,٦١٥
١٦	١,١	١٤,٨٣	٤١,٧٠٩
١٧	١,٣	١٦,١٣	٤٥,٣٦٥
١٨	١,٦	١٧,٧٣	٤٩,٨٦٥
١٩	١,٨	١٩,٥٣	٥٤,٩٢٨
٢٠	١,٧	٢١,٢٣	٥٩,٧٠٩
٢١	١,٤	٢٢,٦٣	٦٣,٦٤٦
٢٢	٠,٧	٢٣,٣٣	٦٥,٦١٥
٢٣	٠,٥	٢٣,٨٣	٦٧,٠٢١
٢٤	٠,١٧	٢٤,٠٠	٦٧,٥٠٠

obeikandl.com



شكل (١٧١) توقيتات اليوم بالساعة

(أ) عند الضخ لفترة محددة. منحنى الإحتياجات موضح فى الشكل (١٦٢) باستخدام الأعمدة (١)، (٤) فى الجدول (٤١). إجمالى كميه الضخ للمياه اللازمة يتم ضخها ما بين ٥ صباحا الى ١١ صباحا ومن ٢ مساءاً الى ٨ مساءاً (أى لمدة ١٢ ساعة).

$$\text{معدل الضخ} = \frac{٦٧,٥ \times ١٠^{٦}}{١٢} = ٥,٦٢٥ \text{ لتر فى الساعة}$$

برسم الاحتياج على المنحنى كما فى الشكل (١٧١) من هذا الشكل فإن أقصى إحداثيات المحصورة عند A ، B بين خط الامداد ومنحنى الاحتياج كالآتى:

$A = ٧,٨ \times ١٠^{٦}$ لتر

$B = ٣,١٨ \times ١٠^{٦}$ لتر

اجمالى التخزين المطلوب = $١٠,٩٨ \times ١٠^{٦}$ لتر.

(ب) عند الضخ خلال الـ ٢٤ ساعة لليوم: منحنى الاحتياج موضح فى الشكل (١٧٢) المستخرج من الجدول (٤٣) . الشكل يوضح منحنى الاحتياج وخطوط الامداد.

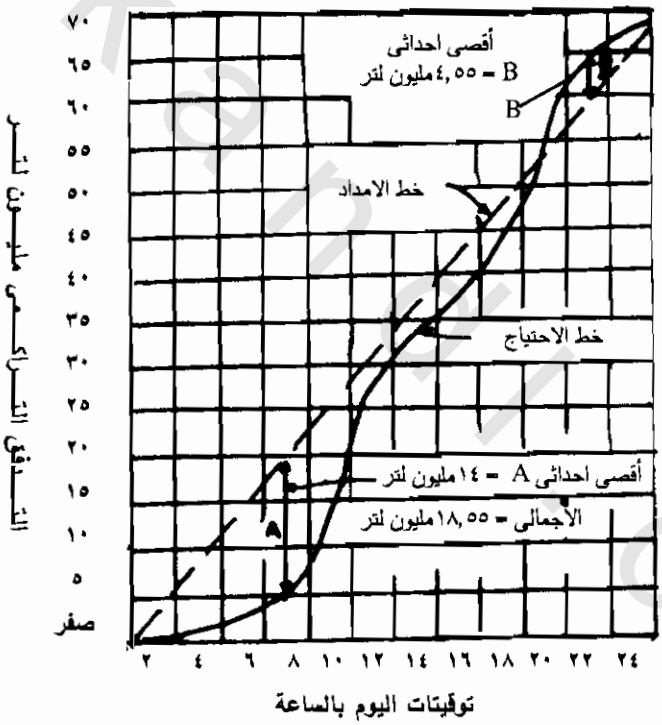
معدل الضخ فى هذه الحالة = $\frac{٦٧,٥ \times ١٠^{٦}}{٢٤}$ = ٢,٨١٢٥ × $١٠^{٦}$ لتر فى الساعة.

من المنحنى شكل (١٧٢) . فإن أقصى إحداثيان (A) ، (B) يتم قياسهم على المنحنى كما فى الشكل ما بين خط الامداد ومنحنى الاحتياج وتسجل كالآتى:

A = ١٤ مليون لتر

B = ٤,٥٥ مليون لتر

إجمالى التخزين المطلوب = ١٨,٥٥ مليون لتر.



شكل (١٧٣) منحنى الاحتياج وخط الامداد للتخزين

عند استخدام الطريقة التحليليه:

الحالة (أ) عند الضخ لساعات محددة. الطريقة التحليلية يمكن بسهولة معرفتها من الجدول (٤٤) التالى الذى يوضح أقصى زيادة إحتياج هو ٣,١٧٨ وأن أقصى زيادة إمداد هو ٧,٧٩١ مليون لتر

اجمالى التخزين المطلوب = (٣,١٧٨ + ٧,٧٩١) × $١٠^{٦}$ لتر

= ١٠,٩٦٩ × $١٠^{٦}$ لتر.

وهذا يساوى تقريبا ما تم الحصول عليه بطريقة المنحنى والذى يساوى ١٠,٩٨ × $١٠^{٦}$ لتر. الحالة (ب) عند الضخ لمدة ٢٤ ساعة جدول (٤٥). فإن الحل بطريقة التحليل موضح فى الجدول (٤٤) التالى والذى يوضح أن أقصى زيادة فى الاحتياج هو ٤,٥٨٣٥ مليون لتر وأن أقصى زيادة فى الامداد هو ١٣,٩٧٨٣

إجمالى التخزين المطلوب = ٤,٥٨٣٥ + ١٣,٩٧٨٥ = ١٨,٥٦٢ مليون لتر

والذى هو تقريبا الناتج من طريقة المنحنى والذى يساوى = ١٨,٥٥ × $١٠^{٦}$ لتر.

جدول (٤٤) الطريقة التحليلية لتعيين طاقة التخزين عند الضخ فى ساعات محدودة

توقيت الساعات خلال اليوم	المطالب التراكمية طبقا للعامود (٤) من الجدول (٤١) بالمليون لتر.	الضخ بالمليون لتر	الضخ التراكمى بالمليون لتر	الزيادة فى الاحتياج عامود (٢)- عامود (٤) للقيم الموجبه فقط	الزيادة فى الامداد بالمليون لتر = عامود (٤) - عامود (٢) للقيم الموجبه فقط
١	٠,٤٢١	--	--	٠,٤٢١	--
٢	٠,٨٧١	--	--	٠,٨٧١	--
٣	١,٣٥٠	--	--	١,٣٥٠	--
٤	١,٩١٢	--	--	١,٠١٢	--
٥	٢,٦١٥	--	--	٢,٦١٥	--
٦	٣,٦٠٠	٥,٦٢٥	٥,٦٢٥	--	٢,٠٢٥
٧	٥,٧٠٩	٥,٦٢٥	١١,٢٥٠	--	٥,٥٤١
٨	٩,٢٨١	٥,٦٢٥	١٦,٨٧٥	--	٧,٥٩٤
٩	١٤,٤٢٨	٥,٦٢٦	٢٢,٥	--	٨,٠٧٢
١٠	٢٠,٨٩٦	٥,٦٢٥	٢٨,١٢٥	--	٧,٢٢٩
١١	٢٧٠,٨٤	٥,٦٢٥	٣٣,٧٥٠	--	٦,٦٦٦
١٢	٣١,٥٨٤	--	٣٣,٧٥٠	--	٢,١٦٦
١٣	٣٤,٣٩٦	--	٣٣,٧٥	٠,٦٤٦	--
١٤	٣٦,٩٢٨	--	٣٣,٧٥	٣,١٧٨	--
١٥	٣٨,٦١٥	٥,٦٢٥	٣٩,٣٧٥	--	٠,٧٦٠
١٦	٤١,٧٠٩	٥,٦٢٥	٤٥,٠٠	--	٣,٢٩١
١٧	٤٥,٣٦٥	٥,٦٢٥	٥٠,٦٢٥	--	٥,٢٦٠
١٨	٤٩,٤٦٥	٥,٦٢٥	٥٦,٢٥٠	--	٦,٣٨٥
١٩	٥٤,٩٢٨	٥,٦٢٥	٦١,٨٧٥	--	٦,٩٤٧
٢٠	٥٩,٧٠٩	٥,٦٢٥	٦٧,٥٠	--	٧,٧٩١
٢١	٦٣,٦٤٦	--	٦٧,٥٠٠	--	٣,٨٥٤
٢٢	٦٥,٦١٥	--	٦٧,٥٠٠	--	١,٨٨٥
٢٣	٦٧,٠٢١	--	٦٧,٥٠٠	--	٠,٤٧٩
٢٤	٦٧,٥٠	--	٦٧,٥٠٠	--	--

جدول (٤٥) الطريقة التحليلية عند الضخ المستمر لمدة ٢٤ ساعة

الوقت بالساعة لليوم	الاحتياج التراكمى كما فى العامود (٤) للجدول (٤١) بالمليون لتر	الضخ بالمليون لتر	الضخ التراكمى بالمليون لتر	الزيادة فى الاحتياج بالمليون لتر = عامود (٢) – عامود (٤) للقيم الموجبه فقط	الزيادة فى الامداد بالمليون لتر = عامود (٤) – عامود (٢) للقيم الموجبه فقط
١	٠,٤٢١	٢,٨١٢٥	٢,٨١٢٥	—	٢,٣٩١٥
٢	٠,٨٧١	٢,٨١٢٥	٥,٦٢٥٠	—	٤,٧٥٤
٣	١,٣٥٠	٢,٨١٢٥	٨,٤٣٧٥	—	٧,٠٨٧٥
٤	١,٩١٢	٢,٨١٢٥	١١,٢٥٠٠	—	٩,٣٣٨٠
٥	٢,٦١٥	٢,٨١٢٥	١٤,٠٦٢٥	—	١١,٤٤٧٥
٦	٣,٦٠٠	٢,٨١٢٥	١٦,٨٧٥٠	—	١٣,٢٧٥٠
٧	٥,٧٠٩	٢,٨١٢٥	١٩,٦٨٧٥	—	١٣,٩٧٨٥
٨	٩,٢٨١	٢,٨١٢٥	٢٢,٥٠٠	—	١٣,٢١٩٠
٩	١٤,٤٢٨	٢,٨١٢٥	٢٥,٣١٢٥	—	١٠,٨٨٤٥
١٠	٢٠,٨٩٦	٢,٨١٢٥	٢٨,١٢٥٠	—	٧,٢٢٩
١١	٢٧,٠٨٤	٢,٨١٢٥	٣٠,٩٣٣٥	—	٣,٨٥٣٦
١٢	٣١,٥٨٤	٢,٨١٢٥	٣٣,٧٥٠	—	٢,١٦٦
١٣	٣٤,٣٩٦	٢,٨١٢٥	٣٦,٥٦٢٥	—	٢,١٦٦٥
١٤	٣٦,٩٢٨	٢,٨١٢٥	٣٩,٣٧٥	—	٢,٤٤٧
١٥	٣٨,٦١٥	٢,٨١٢٥	٤٢,١٨٧٥	—	٣,٥٧٢٥
١٦	٤١,٧٠٩	٢,٨١٢٥	٤٥,٠٠٠	—	٣,٢٩١
١٧	٤٥,٣٦٥	٢,٨١٢٥	٤٧,٨١٢٥	—	٢,٤٤٧٥
١٨	٤٩,٨٩٥	٢,٨١٢٥	٥٠,٦٢٥	—	٠,٧٦٠٠
١٩	٥٤,٩٢٨	٢,٨١٢٥	٥٣,٤٣٧٥	١,٤٩٠٥	—
٢٠	٢٩,٧٠٩	٢,٨١٢٥	٥٦,٢٥٠	٣,٤٥٩	—
٢١	٦٣,٦٤٦	٢,٨١٢٥	٥٩,٠٦٢٥	٤,٥٨٣٩	—
٢٢	٦٥,٦١٢	٢,٨١٢٥	٦١,٧٨٥	٣,٧٤٠	—
٢٣	٦٧,٠٢١	٢,٨١٢٥	٦٤,٦٨٧٥	٢,٣٣٣٥	—
٢٤	٦٧,٥٠٠	٢,٨١٢٥	٦٧,٥٠٠	—	—

obeikandl.com

٥- محطات الطلمبات:

يلزم الاهتمام باختيار موقع محطة الطلمبات. فى حالة سحب المياه من بئر جو فى عادة تكون محطة الطلمبات فوق البئر مباشرة وذلك للتقليل من طول ماسورة السحب. وفى حالة ضخ مياه البئر إلى خزان علوى يكون من الضرورى وضع محطة الطلمبات أقرب ما يمكن من الخزان العلوى. فى حالة السعة الكبيرة للخزان العلوى وعدم توفر مساحات من الأراضى تنشأ غرفة الطلمبات أسفل الخزان العلوى. أما فى حالة توفر مساحات من الأراضى تنشأ غرفة الطلمبات بعيده الى حد ما عن الخزان العلوى.

عند سحب المياه من المجارى المائية العزبة تنشأ محطة الطلمبات على بئر السحب مباشرة بما يقلل من طول ماسورة السحب. فى حالة سحب المياه من خزان أرض تكون محطة الطلمبات على أحد أجناب الخزان حيث تضخ المياه فى الخط الرئيسى، وبما يوفر الحاجة الى تحضير الطلمبه.

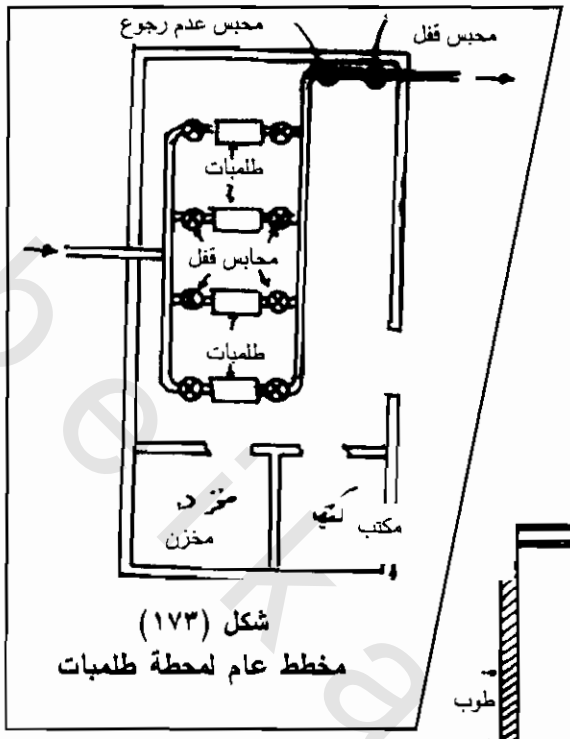
يجب أن يحقق موقع الطلمبات ومحطة الضخ الآتى:

- يكون فوق منسوب المياه الجوفيه وبعيدا عن مخزات السيول
- يوفر الموقع كميه المياه المطلوبه
- يكون موقع المحطة فوق كل مصادر التلوث.
- يوفر إستمرار توفر المياه من المصدر
- يوفر الموقع التوسع المستقبلى.

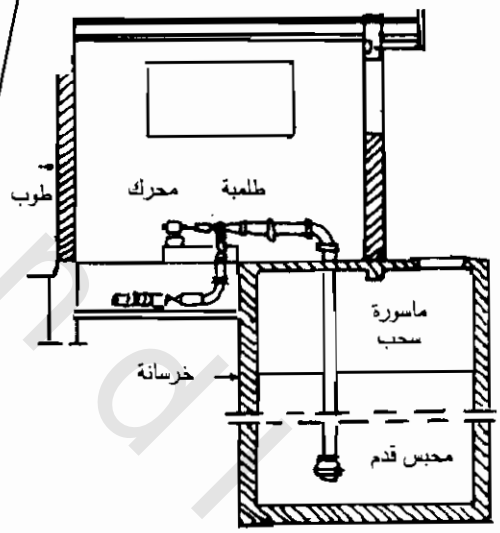
الشكل (١٧٣) يوضح مخطط موقع الطلمبات

الشكل (١٧٤) محطة طلمبات أفقيه تحضير ذاتى

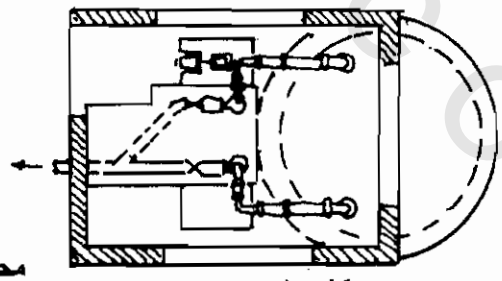
الشكل (١٧٥) محطة طلمبات فى الفرقة الجافة.



شكل (١٧٣)
مخطط عام لمحطة طلمبات

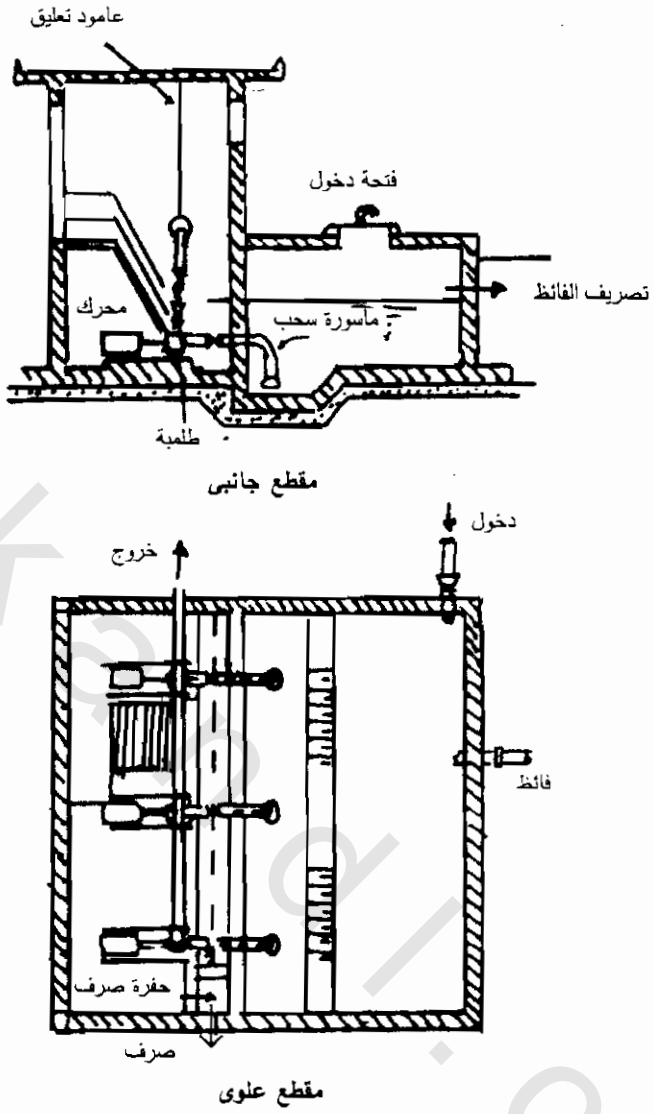


مقطع جانبى



مقطع علوى

شكل (١٧٤)
محطة طلمبات بطلمبات أفقية (تحضير ذاتى)



شكل (١٧٥) محطة طلمبات (Dry pit) الغرفة الجافة

الباب السادس

شبكة توزيع المياه

obeikandl.com

الفهرس

البنود	الموضوعات	الصفحات
١	تخطيط شبكة توزيع المياه	٣٣١
٢	تصميم شبكة توزيع المياه	٣٣٣
٣	تعيين الفقد فى الضغط فى المواسير	٣٣٥
٤	القوانين لحساب الفواقد الثانوية	٣٣٨
٥	تصميم خطوط المواسير	٣٤٥
٦	أمثلة تطبيقية لتصميم شبكة توزيع المياه	٣٤٨
٧	التغير فى الضغط (الاضطراب) والمطرقه المائية	٣٨٠

obeikandl.com

١- تخطيط شبكة توزيع المياه (water Distribution System)

تشمل شبكه توزيع المياه خطوط المياه الرئيسيه والفرعية اللازمة لامداد المياه بالمعدل المطلوب والضغط المناسب وذلك للاستعمالات المنزلية والصناعية ومقاومة الحريق.

لتخطيط شبكة التوزيع:

تستخدم إحدى الطرق الأربع الآتية فى تخطيط شبكة التوزيع شكل (١٦٦).

أ- نهايات الخطوط غير متصلة (الميته) Dead End System

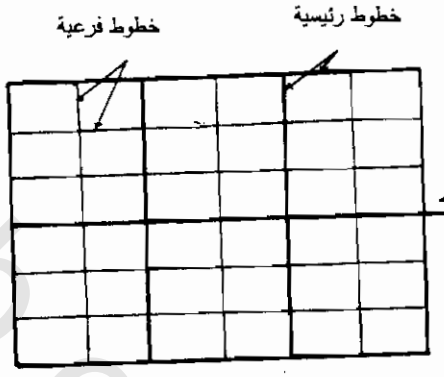
تشمل خطوط رئيسيه تتفرع منها خطوط فرعية الشكل (١٦٦- أ) وهذه الطريقة هى الأقل فى التكاليف إلا أن كثرة النهايات الميته تعرض مناطق كثيره لنقص المياه وذلك فى حالات الاصلاح هذا بالاضافة الى زيادة نمو الملوثات من الكائنات الدقيقه فى النهايات الميته.

ب- النظام الدائري Circle or Ring System

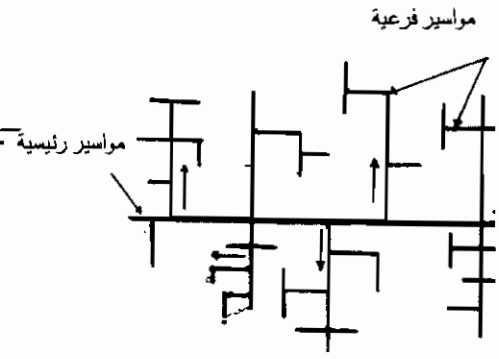
النظام الدائرى عباره عن خط رئيسى يحيط بالمدينة أو المنطقة. ويتفرع منه خطوط فرعيه حسب مسارات خطوط التوزيع. وهذه الطريقه تفضل عن الأولى حيث تشمل نهايات متصلة شكل (١٦٦- ب) والتى لا تتأثر بأعمال الاصلاح.

جـ- النظام الشطرنجي Grid Iron System

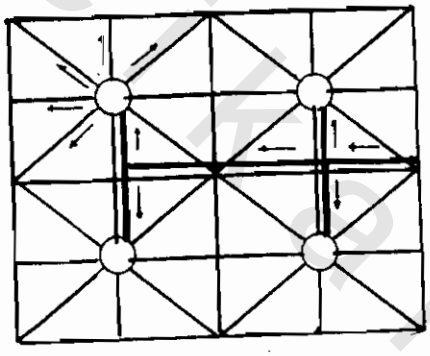
يشمل خط رئيسى يحيط بالمدينة أو المنطقة بالاضافة إلى خطوط رئيسية أخرى بداخل شبكه التوزيع بحيث لا تزيد المسافة بين الخطوط الرئيسية عن كيلو متر واحد شكل (١٦٦-جـ). وهذه الطريقة وإن كانت مكلفه إلا انها أفضل من الطرق السابقة بالنسبة لضغط المياه فى خطوط التوزيع وفى مقاومة الحريق.



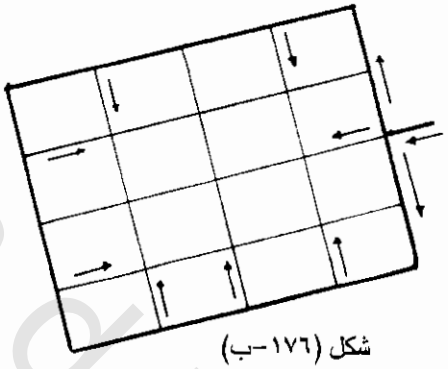
شكل (١٧٦-جـ)



شكل (١٧٦- أ)



شكل (١٧٦-د)



شكل (١٧٦-ب)

شكل (١٧٦) تخطيط شبكة التوزيع لمياه الشرب

د - النظام القطري: Radial System

يمكن إعتباره عكس النظام الدائرى حيث يعتمد على تقسيم المدينة الى مناطق شكل (١٦٦ - د) . ثم يوضع فى مركز كل منطقة خزان مياه للتوزيع فى إتجاه محيط المدينة. وفى بعض الأحيان تخرج خطوط رئيسيه حاملة للمياه من محطة التنقيه وتتجه الى مناطق مركزيه فى المدينة دون أن تتصل بخطوط أخرى ثم تتفرع منها خطوط التوزيع اللازمة فائده هذه الطريقة سواء إستخدمت فيها خزانات مياه فى مناطق مركزية أو إستخدمت المواسير الحامله للمياه هو أن تحتفظ بمعدل التصرف والضغط العالى حتى بداية توزيعها من المناطق المركزيه فى المدينه وذلك لصغر الفاقد فى الضغط. وعموما فإن شبكة توزيع المياه الرئيسيه لأى مدينه يمكن أن تجمع بين أكثر من نظام من النظم السابقة.

٢ - تصميم شبكة توزيع المياه

معدل التصرف التصميمي

يستخدم متوسط معدل الاستهلاك السنوى لتحديد قدرة المصادر المائية المتاحة فى عملية الامداد بالمياه وفى تحديد وسائل وكميات التخزين المطلوبه. كما يستخدم التغير فى معدلات الاستهلاك فى تحديد سعة وحدات التنقيه والتوزيع. ويمكن الإسترشاد بالمعدلات الآتية على أساس أن هذه المعدلات تقل فى الأجواء الباردة وتزداد فى الأجواء الحارة حيث أنها مناسبة لمنطقة البحر الأبيض المتوسط والمنطقة العربية عموما.

أقصى تصرف فى الساعة = ٣,٥ من متوسط التصرف السنوى
أقصى تصرفى يومى = ٢,٥ من متوسط التصرف السنوى
أقصى تصرف أسبوعى = ٢ من متوسط التصرف السنوى
أقصى تصرف موسمى = ١,٥ من متوسط التصرف السنوى

ويصل أدنى معدل للتصرف ما بين الساعة الثانية والساعة الرابعة صباحا. ويصل أقصى معدل ما بين الساعة الثامنه والساعة الثانية عشر ظهرا. وفى المناطق السكنيه تحدث زيادة فى معدلات الاستهلاك فى بعض ساعات بعد الظهر وفترة الضحى خلال فصل

الصيف. فى المدن الكبيره والمتوسطه يصل معدل الاستهلاك الشتوى فى المناطق السكنيه الى حوالى ٨٠٪ من متوسط معدل الإستهلاك السنوى. ويصل معدل الاستهلاك الصيفى الى ١٣٠٪ من متوسط معدل الاستهلاك السنوى.

يؤخذ فى الاعتبار عند تصميم شبكه التوزيع للمياه المخطط العام للتجمع السكنى أو المدينه، عدد السكان الحالى والمستقبلى وكذلك الأنشطه التجاريه والصناعيه الحالية والمستقبليه. ويتم عمل التصميم للشبكه بناءا على عوامل مختلفة مثل تخطيط الطرق، إختلاف المناسيب فى مختلف المناطق وكذلك نظام التوزيع سواء بالانحدار أو الضغط أو كليهما ونظام توزيع المياه سواء بالنهايات المقفله (الميته) أو الدائرى أو الشطرنجى أو القطرى.

مراحل التصميم:

فى أولى مراحل التصميم يتم إعداد مخططات شبكة التوزيع مع تحديد أماكن المحابس، حنفيات الحريق... الخ ووضعها على المخطط وكذلك تحديد المناسيب المنخفضة فى المدينة على المخطط. كما يوضع على المخطط إجمالى السكان المطلوبه خدمتهم بمواسير المياه. ثم تحديد أدنى ضغط للمياه فى النهايات وقرب أعلى منشآت فى المدينه. بعد الانتهاء من هذه الأعمال التى ذكرت فإن المهمة الرئيسية الآن هى تحديد أقطار مواسير الشبكة التى يمكنها حمل الكميات المطلوبه من المياه عند الضغط المطلوب.

مراحل تصميم خطوط المواسير:

يتم أولا إفتراض قطر المواسير ونهاية الضغوط فى نهاية كل فرعه مواسير وذلك بعد حساب الفقد بالاحتكاك فى فرعة المواسير وذلك عند أقصى تدفق. يتم حساب الفقد بالاحتكاك فى كل فرعة. التدفق الاجمالى فى الخطوط الرئيسية يتم أولا.

وللأقطار ١٠″ ١,٥٢ متر فى الثانية، للأقطار حتى ١٦″ ١,٨٢ متر/ث.

ويكون الضغط فى شبكة التوزيع: حتى ٣ أدوار ٢,١ كجم/ سم٢، من ٣- ٦ أدوار ٤,٢ كج/ سم٢، من ٦- ١٠ يكون الضغط ٥,٢٧ كج/ سم٢ ولأكثر من ١٠ أدوار ٥,٢٧- ٧ كج/ سم٢ ، ويكفى هذا الضغط.

التصميم الهيدروليي لمواسير الضغط: (Hydraulic Design of Pressure Pipes)

عام: يمكن وضع مواسير الضغط على أى عمق أسفل خط التدرج الهيدروليكى (Hydraulic Gradient Line) تتوقف السرعة فى مواسير الضغط مباشره على الضغط الرأسى. إذا كانت سرعة المياه منخفضه جدا فإن ذلك يتطلب ماسورة ذات قطر كبير لنقل الكميه المطلوبه من المياه من مكان الى آخر. على الجانب الآخر ففى حالة السرعة العالية للمياه فى المواسير فإن تكاليف الضخ ستكون مرتفعة لتوفير الضغط المطلوب بالإضافة إلى تكاليف المواسير والوصلات ستزداد وذلك لتتحمل الضغط الزائد. ولهذا فإنه من الضرورى تصميم مواسير الضغط بطريقه تحقق أدنى تكاليف من وجهة نظر الانشاء والصيانة. لهذا فإن خط التدرج الهيدروليكى يجب أن يوفر سرعات فى خط المواسير ليست عالية جدا وليست منخفضة جدا، هذا بالاضافة الى أن السرعة يجب أن توفر التنظيف الذاتى (Self Cleaning) أى لا تحدث ترسيبات فى خط المواسير. وعند تصميم مواسير الضغط التى تقوم بنقل المياه بالانحدار فإن السرعة العادية للمياه تكون بين ٠,٩ الى ١,٥ متر فى الثانية. ولا تقل السرعة فى المواسير عن ٠,٦ متر فى الثانية. للمواسير قطر ٤″ تكون السرعة ٠,٩ متر فى الثانية، للأقطار حتى ٦″ ١,٢١ متر فى الثانية.

٣ - تعيين الفقد في الضغط في المواسير (Determination opf HeadLossIn Pipes).

تعيين الفقد فى الضغط فى المواسير يمكن أن يتم بالمعادلات التالية:

- معادلة مانينج (Manning's Formula)

تستخدم هذه المعادلة لتعيين الفقد فى الضغط لمواسير الانحدار، وذلك يمكن تطبيقها فى مواسير الضغط ذات التدفق المضطرب (Turblent Flow)

والمعادلة هى $H_L = \frac{m^3 \times V^2 \times L}{R^{4/3}}$

m = مكافيء مانيج

L = طول خط المواسير بالمتر

R = العمق الهيدروليكى المتوسط للماسورة

V = سرعة التدفق متر فى الثانية

اذا كان قطر الماسورة D فإن قيمة R تصبح

$$\frac{A}{P} = \frac{\pi D^2/4}{\pi D} = \frac{D}{4} =$$

$$(4/D)^{4/3} \times L \times v^2 \times m^3 = H_L \therefore$$

ب - معادلة هازن - وليام

$$V = 0.355\ CD^{0.63} (H/L)^{0.54}$$

هذه المعادلة تستخدم على نطاق واسع فى تصميم خطوط المواسير

V = السرعة متر فى الثانية

D = القطر الداخلى للماسورة

H/L = ميل خط الضغط الهيدروليكى

C = معامل الخشونة

قيمة المعامل (C) لمختلف المواسير طبقا لمعادلة هازن – وليام تزداد فى حالة نعومة السطح الداخلى وتنخفض فى حالة خشونه السطح الداخلى للماسورة. نظرا لأن السطح الداخلى لمعظم المواسير يزداد خشونه مع مرور الوقت لذلك فإن طاقة التحميل لخط المواسير تنخفض مع مرور الوقت.

قيمة العامل (C) طبقا لمادة الصنع للماسورة لمعادلة هازن. الجدول الآتى:

مواسير الأسبتوس ١٢٠

obeikandl.com

مواسير البلاستك ١٣٠
المواسير الخرسانية ١١٠
المواسير المعدنية ذات البطانة الاسمنتيه ١١٠
مواسير الزهر (جديده) ١١٠
مواسير الصلب المجلفن ١١٠
مواسير الصلب- الزهر القديمة (٢٠ سنة) ١٠٠
زيادة خشوة السطح الداخلى للمواسير ٨٠- ٩٠

عوامل أخرى تسبب الفقد فى الضغط فى المواسير (فقد ثانوى) :

عند إتصال اقطار مواسير مختلفة على التوازى عندئذ يكون الفقد فى الضغط يساوى مجموع الفقد فى الضغط لكل المواسير. بالاضافة الى الفقد فى الضغط الذى يحدث نتيجة كل تغير فى أقطار المواسير. بالاضافة الى الخفض الذى يتسبب فى خط المواسير نتيجة تركيب المحابس والوصلات. عند حساب الفقد الحقيقى فى الضغط فإن الفقد الثانوى نتيجة لما سبق يلزم حسابه. هذا الفقد مقيم طبقا لقيمة $\frac{V^2}{2g}$

الجدول (٤٦) يعطى القيم العادية لقيمة الفقد الثانوى = $\frac{V^2}{2g} \times K_L$

الوصف	قيمة K_L
محبس سكينه مفتوح	٠,٢
محبس عدم رجوع مفتوح	٢,٥
كوع ٩٠°	٠,٩
T وصلة	١,٨
عداد قياس فنشورى	٠,٣
إنحناء إرتداد	٢,٢

- أهم القوانين المستخدمة لحساب الفواقد الثانوية فى الضغط.

- معادلة التصرف $Q = VA$

حيث Q = التصرف م/٣ ث

V = متوسط السرعة متر/ ث

A = المساحة المائيه لمقطع الماسورة $\frac{\pi D^2}{4}$ بالمتر المربع

عندما تكون الماسورة ممتلئة

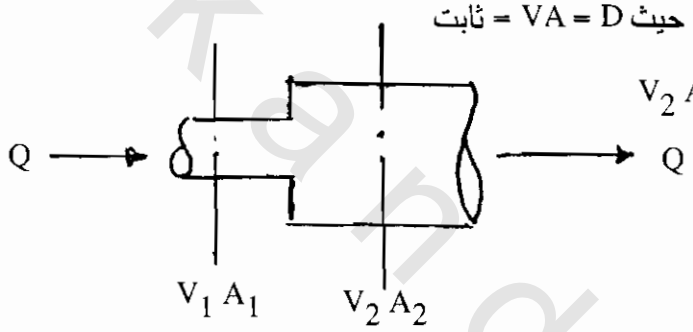
D = القطر الداخلى للماسورة بالمتر

- **معادلة الاستمرارية** (Continuity Equation

نتيجة أن الماء سائل غير قابل للإنضغاط فإن مروره خلال ماسورة متغيره القطر أو ثابتة فإن التصرف خلال أى مقطع من الماسورة ثابت.

شكل (١٧٧ – ١) حيث $D = VA$ = ثابت

$\therefore V_2 A_2 = V_1 A_1$



٤- القوانين لحساب الفواقد الثانوية

الصورة القائمة لهذه المعادلات

$$\Delta h = KV^2/2g$$

حيث Δh = الفقد فى الضغط بالمتر

V = السرعة المتوسطة للسائل (م/ث)

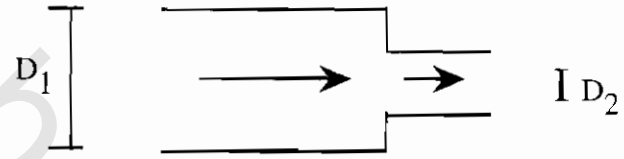
g = عجلة الجاذبية الأرضية (٩,٨١ م/ ث٢)

K = معامل طبقا لكل حالة.

obeikandl.com

أ – حالة إنخفاض مفاجىء فى القطر

$$\Delta h = {}^{1}/_{2} \left(1 - \frac{D_2{}^2}{D_1{}^2}\right) \frac{V^2}{2g}$$



شكل (١٧٧- ٢)

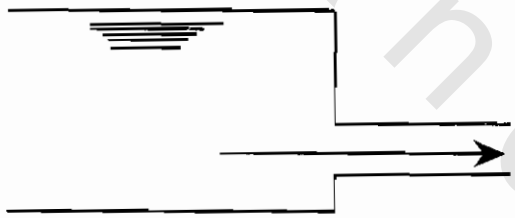
حيث V = السرعة المتوسطة للسائل بعد الانخفاض (م/ث)

D_2 = قطر الماسورة قبل الانخفاض بالمتر

D_1 = قطر الماسورة بعد الانخفاض بالمتر.

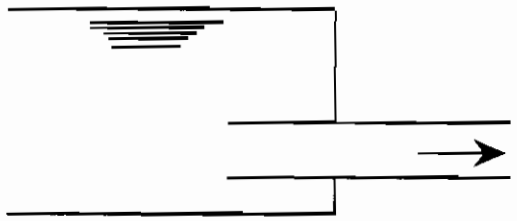
ب – مأخذ ماسورة من خزان ذو سعة كبيره

$$\Delta h = {}^{1}/_{2} \times {}^{V^2}/_{2g}$$



شكل (١٧٧- ٣)

جـ – مأخذ ماسورة من خزان وتكون مخترقه الخزان بمسافة تزيد عن نصف قطرها.



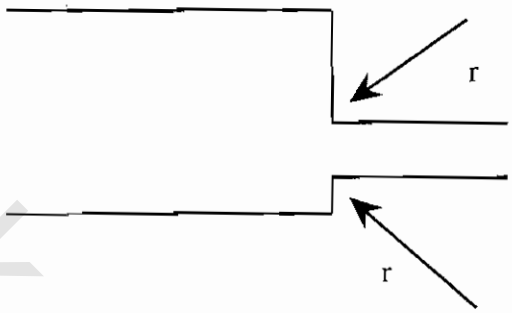
شكل (١٧٧- ٤)

obeikandl.com

$$\Delta h = V^2/_{2g}$$

حيث V = السرعة المتوسطة للسائل فى الماسورة (م/ث)

د- مأخذ ماسورة من خزان ويكون المأخذ ذو حواف إتصال دائرية



شكل (١٧٧- ٥)

$$\Delta h = 0.05\ V^2/_{2g}$$

$$Y/D > 0.13$$

هـ - مأخذ ماسورة من خزان بزاوية ميل معينة ويكون المأخذ ذو حواف إتصال دائرية.

$$\Delta h = KV^2/_{2g}$$

حيث

شكل (١٧٧- ٦)

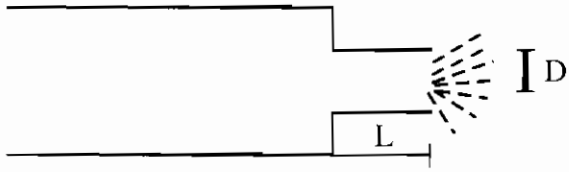
B	٢٠	٣٠	٤٥	٦٠	٧٠	٨٠	٩٠
K	٠,٩٦	٠,٩١	٠,٨١	٠,٧	٠,٦٣	٠,٥٦	٥٠

obeikandl.com

V : السرعة المتوسطه للسائل داخل الماسورة (م/ ث)

B : زاوية ميل الماسورة

هـ – مأخذ ماسوره من خزان وتكون مفتوحة للضغط الجوى



شكل (١٧٧– ٧)

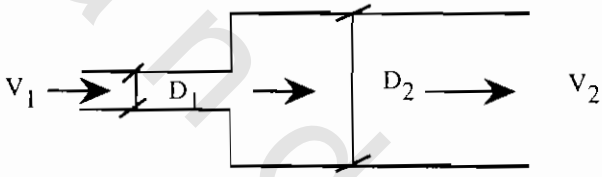
$$\Delta h = 1.5\ V^2/_{2g}$$

$$2\ D < L < 50$$

حيث L طول المأخذ بالمتر

D قطر الماسورة بالمتر

و – حدوث إتساع مفاجىء فى القطر:



شكل (١٧٧– ٨)

$$\Delta h = (V_1 - V_2)^{\,2}/_{2g}$$

$$\Delta h = (V_1^{\,2}/_{2g})\,(1 - D_1^{\,2}/D_2^{\,2})^2$$

حيث: V_1 : السرعة المتوسطه للسائل قبل الاتساع (م/ ث)

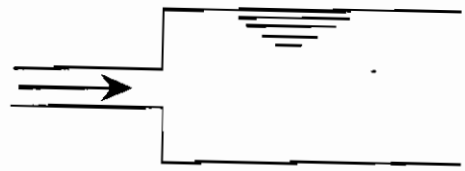
V_2 : السرعة المتوسطه للسائل بعد الاتساع (م/ث)

D_1 : قطر الماسورة قبل الاتساع (م)

D_2 : قطر الماسورة بعد الاتساع (م)

obeikandl.com

وفى حالة دخول ماسورة الى خزان ذو سعة كبيرة

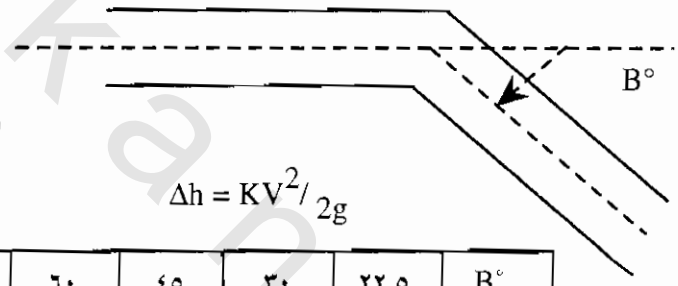


شكل (١٧٧- ٩)

$$\Delta h = V^2/_{2g}$$

حيث V : السرعة المتوسطة للسائل فى الماسورة

ز – الأكواع الحادة:

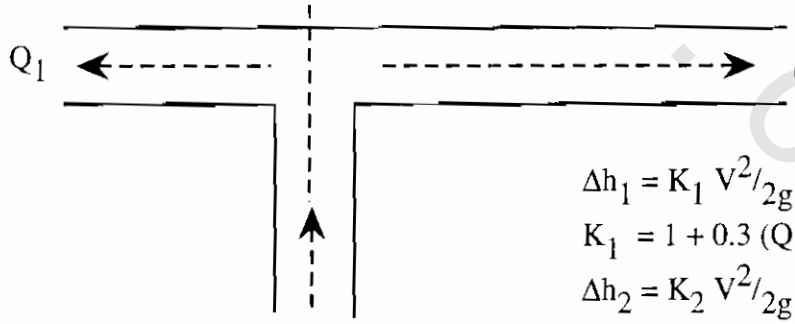


شكل (١٧٧ – ١٠)

$$\Delta h = KV^2/_{2g}$$

B°	٢٢,٥	٣٠	٤٥	٦٠	٧٥	٩٠
K	٠,١٧	٠,٢	٠,٤	٠,٤	١,٠٠	١,٠٠

ح – حالة التيه الصلب الملحومه (السريان من الماسورة الفرعية الى الرئيسية)

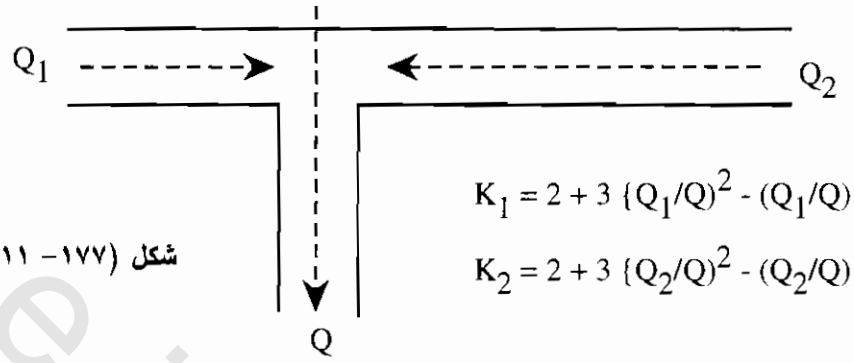


شكل (١٧٧- ١١)

$$\Delta h_1 = K_1 V^2/_{2g}$$
$$K_1 = 1 + 0.3 (Q_1/ Q)^2$$
$$\Delta h_2 = K_2 V^2/_{2g}$$
$$K_2 = 1 + 0.3 (Q_2/Q)^2$$

obeikandi.com

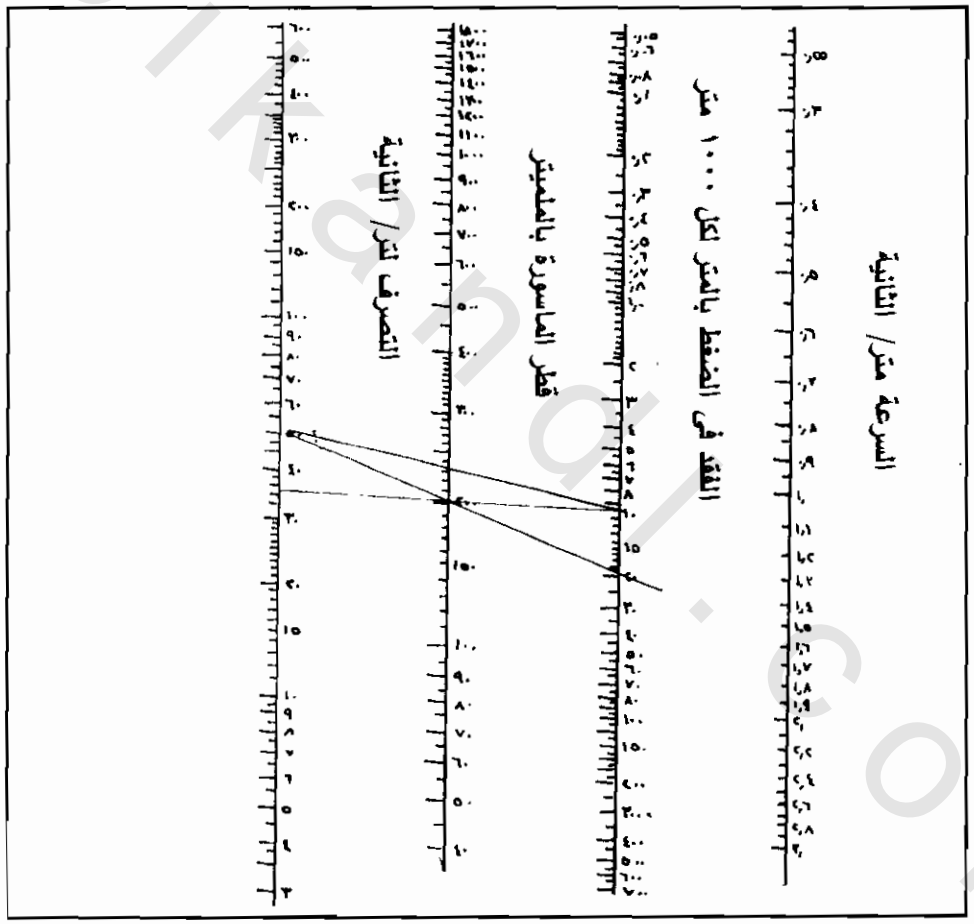
ح – حالة التيه الصلب الملحومة (السريان من الماسورة الرئيسية الى الفرعية)



$$K_1 = 2 + 3\{(Q_1/Q)^2 - (Q_1/Q)\}$$

$$K_2 = 2 + 3\{(Q_2/Q)^2 - (Q_2/Q)\}$$

شكل (١٧٧– ١١)



شكل (١٧٨) المخطط البيانى لمعادلة هايزن – وليم

- العلاقة البيانيه لمعادلة هايزن- وليم

المخطط البيانى شكل (١٦٧) يوضح العلاقة بين التصرف والسرعة وقطر الماسوره وميل خط الضغط الهيدروليكى وذلك على أساس أن قيمة المعامل (C) تساوى ١٠٠, هذه القيمة لمواسير الزهر القديمه (من ١٥- ٢٠ سنة) طريقة استخدام المخطط البيانى لمعادلة هايزن. يوضع طرف مسطرة على أى قيمتين معلومتين مثل التصرف والسرعة والقيم الغير معروفة الأخرى مثل قطر الماسورة والفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر يمكن قراءتهم مباشرة. الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر يتم ضربه فى طول الخط مقسوما على ألف يعطى الفقد الكلى فى الضغط لخط المواسير عند استخدام مواسير أخرى ولها معامل مختلف يمكن تعديل قيمه الفقد فى الضغط طبقا لنوع الماسورة وحالتها وذلك بضرب معامل (C) لهذه الماسورة كما فى الجدول (٥٠) فى القيمه م طبقا للجدول التالى جدول (٤٧).

(C)	٨٠	١٠٠	١١٠	١٢٠	١٣٠
م	١,٥١	١,٠٠	٠,٨٤	٠,٧١	٠,٦٢

- المواسير المتكافئة: Equivalent Pipes

تحتوى شبكات توزيع المياه على خطوط كثيره مختلفة الأقطار والأطول، يوجد خط مواسير على الأقل فى كل شارع. لسهولة العمليات الحسابية يمكن إستبدال مجموعة من الخطوط المتصلة على التوازى أو على التوالى بخط واحد يسمى خط المواسير المكافىء لمجموعة الخطوط. الماسورة المكافئة هى خط مواسير تخيلى يحل محل مجموعة من الخطوط بحيث يكون الفاقد فى الضغط متساوى فى الماسورة المكافئة والمجموعة الأساسية لنفس التصرف. يوضح الجدول (٤٨) التصرفات النسبيه للأقطار المختلفة لتحديد عدد المواسير التى تحمل نفس التصرف المار فى ماسورة أكبر وذلك على أساس المعادلة الآتية:

$$N = \sqrt{(D/d)^5}$$

حيث:

N = عدد المواسير الفرعية

D = القطر الداخلى للماسورة الرئيسية

d = القطر الداخلى للماسورة الفرعية

فى حالة إختلاف الأقطار الداخلية عن بيانات الجدول يمكن إستخدام المعادلة السابقة.

٥ - تصميم خطوط المواسير:

القيم المتحصل عليها من العلاقة البيانيه لمعادلة هايزن شكل (١٧٨) تستخدم فى عمليات التصميم. فى وجود الضغط فى أى منطقة معينة أكبر أو أقل عن ما هو مسموح به عندئذ يمكن عمل زيادة مناسبة أو خفض مناسب لقطر الماسورة ثم نتيجة ذلك يتم التحليل لكل شبكة التوزيع السرعة المناسبة هى ما بين ٠,٩ الى ١,٨ متر فى الثانية، حيث القيم الصغيرة للسرعة للأقطار الصغيرة والكبيره للأقطار الكبيره.

يكون أساس التصميم لتخدم شبكة التوزيع فترة زمنيه تقارب العمر الافتراضى للمواسير والتى لا تقل عن ٤٠ سنة وعلى هذا الأساس يتم حساب التصرف التصميمى.

٢ – يتم إختيار التصرف التصميمى على أساس قيمه الأكبر من

٢,٥ – ٣ مرات من التصرف المتوسط أو

التصرف المتوسط + معدل مقاومة الحريق

تصريف الحريق = ٣,١٨٢ $\sqrt{\text{تعداد السكان بالألف}}$ = متر مكعب فى الدقيقة.

• يكون الفاقد فى الضغط نتيجة الإحتكاك فى حدود ٢ – ٣ فى الألف على أساس أن سرعة المياه فى المواسير حوالى ٠,٨ – ١,٢ متر فى الثانية فى المتوسط فى حالة تدفق التصرف التصميمى فى المواسير.

• يمكن زيادة ١٠٪ من أطوال مواسير شبكه التوزيع مقابل الفاقد فى الضغط فى محابس المياه والقطع الخاصة وذلك عند حساب الفقد فى الضغط فى أطوال المواسير.

• لا تزيد المسافة بين الخطوط الرئيسية عن ١٠٠٠ متر.

• الخطوط الفرعية تكون بقطر ١٥٠ ملميتر إذا كانت المسافات بينها لا تزيد عن ١٨٠ متر وإذا زادت الخطوط الفرعية عن ١٨٠ متر تكون أقطار المواسير الفرعية ٢٠٠ ملميتر أو أكبر. والمواسير الموصلة للوصلات المنزلية بقطر من ٢٥- ٥٠ مليمتر.

• فى المناطق التجارية لا يقل قطر المواسير الفرعية عن ٢٠٠ مليمتر بالنسبة للخطوط المتصله وتكون بقطر ٣٠٠ مليمتر فى الشوارع الرئيسية والخطوط الطويلة.

• لا تزيد المسافة بين المحابس عن ٤٠٠ وتكون حوالى ١٥٠ متر وعلى الخطوط الرئيسية فى الأحياء التجاريه، وتكون حوالى ٢٤٠ متر على الخطوط الرئيسية فى المناطق الأخرى.

• يكون تصرف حنفية الحريق عادة حوالى ١ متر مكعب فى الدقيقة. فى أى منطقة سكنية معينة يجب أن تغطى مجموعة حنفيات الحريق فى هذه المنطقة تصرف يتراوح بين ٣-٥ متر مكعب فى الدقيقة.

• فى شبكات المياه العمومية يجب ألا يقل ضغط المياه فى ساعات الاستهلاك القصوى عن ٢٥ متر، والضغط فى الخطوط الفرعية لا يقل عن ١٥ متر.

• المسافة بين حنفيات الحريق تتراوح بين ٦٠- ٩٠ حسب أهمية المنطقة وكثافة السكان وطبيعة المبانى حيث أن المناطق الصناعية والتجارية لها أهمية خاصة وغالبا ما تكون للمنشآت من هذا النوع نظم إطفاء خاصة بها تتكون من وسائل متعددة الإطفاء.

• تكون مواسير شبكة توزيع المياه التى تتفرع منها حنفيات الحريق بأقطار لا تقل عن ١٥٠ مليمتر. توضع حنفيات الحريق فى غرف خاصة تحت منسوب الأرصفة أو تعلق على الحوائط. تحدد أماكن حنفيات الحريق فى البداية عند تقاطع الشوارع ثم بعد ذلك حسب المسافات المطلوبة والمناسبة بينها.

obeikandl.com

جدول (٤٨)

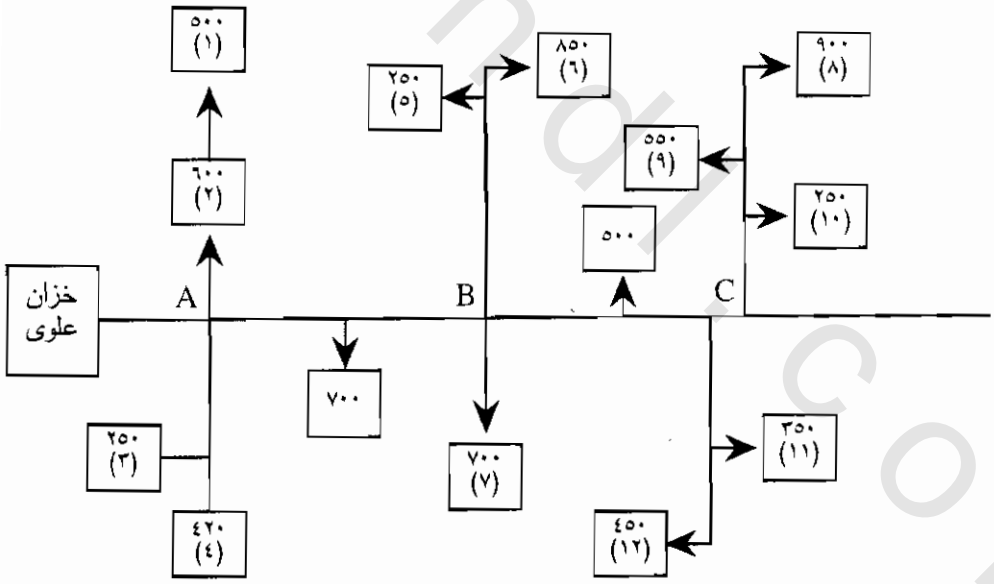
قطر	العدد التقريبى للمواسير المكافئة للماسورة التى بأقطار (مم – قطر داخلى)																			
مم	١٠٠	١٢٥	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٠٠	٣٥٠	٤٠٠	٤٥٠	٥٠٠	٦٠٠	٧٠٠	٨٠٠	٩٠٠	١٠٠٠	١٢٠٠	١٤٠٠	١٥٠٠	١٦٠٠
١٠٠	١	١,٧	٢,٨	٥,٧	١٠	١٥,٦	٢٣	٣٢	٤٣	٥٦	٨٨	١٣٠	١٨١	٢٤٣	٣١٦	٤٩٩	٧٣٣	٨٧١	١٠٢٤
١٢٥		١	١,٦	٣,٢	٥,٧	٨,٩	١٣	١٨	٢٥	٣٢	٥٠	٧٤	١٠٤	١٣٩	١٨١	٢٨٦	٤٢٠	٤٩٩	٥٨٦
١٥٠			١	٢	٣,٦	٥,٧	٨,٣	١١,٦	١٥,٦	٢٠	٣٢	٤٧	٦٦	٨٨	١١٥	١٨١	٢٦٦	٣١٦	٣٧٢
٢٠٠				١	١,٧	٢,٨	٤	٥,٧	٧,٦	٩,٩	١٥,٦	٢٣	٣٢	٤٣	٥٦	٨٨	١٣٠	١٥٤	١٨١
٢٥٠					١	١,٦	٢,٣	٣,٢	٤,٣	٥,٧	٨,٩	١٣	٨,٣	٢٤,٦	٣٢	٥٠	٧٤	٨٨	١٠٤
٣٠٠						١	١,٥	٢	٢,٨	٣٦	٥,٧	٨,٣	١١,٦	١٥,٦	٢٠	٣٢	٤٧	٥٦	٦٦
٣٥٠							١	١,٤	١,٩	٢,٤	٣,٨	٥,٧	٧,٩	١٠,٦	١٣,٨	٢١,٨	٣٢	٣٨	٤٤,٧
٤٠٠								١	١,٣	١,٧	٢,٨	٤	٥,٧	٧,٦	٩,٩	١٥,٦	٢٣	٢٧	٣٢
٤٥٠									١	١,٣	٢	٣	٤,٢	٥,٧	٧,٤	١١,٦	١٧	٢٠	٢٤
٥٠٠										١	١,٦	٢,٣	٣,٢	٤,٣	٥,٧	٨,٩	١٣	١٥,٦	١٨,٣
٦٠٠											١	١,٥	٢	٢,٨	٣,٦	٥,٧	٨,٣	٩,٩	١١,٦
٧٠٠												١	١,٤	١,٩	٢,٤	٣,٨	٥,٧	٦,٧	٧,٩
٨٠٠													١	١,٣	١,٧	٢,٨	٤	٤,٨	٥,٧
٩٠٠														١	١,٣	٢	٣	٣,٦	٤,٢
١٠٠٠															١	١,٦	٢,٣	٢,٨	٣,٢
١٢٠٠																١	١,٥	١,٧	٢
١٤٠٠																	١	١,٢	١,٤
١٥٠٠																		١	١,٢
١٦٠٠																			١

obeikandl.com

٦- أمثلة تطبيقية لتصميم شبكة توزيع المياه

مـثـال (١) : مطلوب إقامة خطوط مياه فى تجمعات سكنيه قديمه. الشكل (١٧٩) يوضح المناطق المختلفة فى التجمعات السكنية القديمه. يتم تنفيذ خطوط توزيع المياه بنهايات ميته (مقفله). متوسط إحتياجات التجمعات السكنيه ١٧٥ لتر/ اليوم للفرد. صمم أقطار مواسير التوزيع AB & BC باستخدام البيانات التالية:

- عدد الأفراد لأغراض التصميم كما فى الشكل (١٧٩).
- المنسوب المنخفض لخزان المياه هو ١٨٥,٥ متر.
- المنسوب النسبى لنقط المواسير على الطريق الرئيسى. عند A ١٦٨ متر، عند B ١٥٤ متر، عند C ١٤٦ متر.
- طول خط المواسير AB = ٧٠٠ متر، BC = ٥٥٠ متر.
- أدنى ضغط عند أى نقطة فى خطوط التوزيع لا يقل عن ١٥ متر.
- يتم التصميم لأقصى تصرف = ٣ أضعاف التصرف المتوسط.



شكل (١٧٩) يوضح عدد السكان فى التجمعات السكنية (مثال)

الحل: خط المياه الرئيسى على مسار الطريق الرئيسى له جزئين رئيسيين وهما AB، BC، حيث يلزم تعيين أقطارهم. التصميم يتم من النقطة C فى إتجاه الخزان العلوى A السكان المخدومين على الخط BC & AB يتم تنظيمهم كما فى الشكل (١٨٠) والعامود (٤) من الجدول (٤٩).

يتم عمل الحسابات كما فى الجدول (٤٩). يقيم أقصى تصرف للمياه لأغراض التصميم ٣ أضعاف التصرف المتوسط. يفترض قطر المواسير فى العامود (٦) للحصول على سرعة السريان.

معدل الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر يتم أخذه مباشره من المخطط البيانى لهازين شكل (١٧٨). ويوضع فى العامود (٧). يتم حساب المعدل الحقيقى للفقد فى الضغط ويوضع فى العامود (٩). المنسوب الهيدروليكى لمختلف النفط يتم تعيينه مع البدء بالقاع من النقطة A. يتم مقارنتهم بمنسوب الأرض والضغط المتاح كما هو موضح فى العامود (١٢).

فى طول خط المواسير AC أقصى تصرف ١٨,٨٣ لتر/ ث. بفرض قطر الماسورة ١٥٠ مليمتر. من المخطط البيانى لهاذين الفقد فى الضغط لكل ألف متر ١٥,٥ متر. إجمالى الفقد فى الضغط فى الخط BC يكون ٨,٥٢ متر كما فى العامود (٩). للخط AB أقصى تصرف يكون ٤٤,٦٦ لتر/ ث. بفرض قطر الماسورة ٢٠٠ ملميتر ومن مخطط هاذين الفقد فى الضغط لكل ألف متر يكون ٢٠ متر. إجمالى الفقد فى الضغط للخط AB يكون ١٤ متر. صافى الضغط المتاح عند النقط A، B، C هو ١٧,٥، ١٧,٥، ١٦,٩٨ والذى هو أكثر من ١٥ متر.

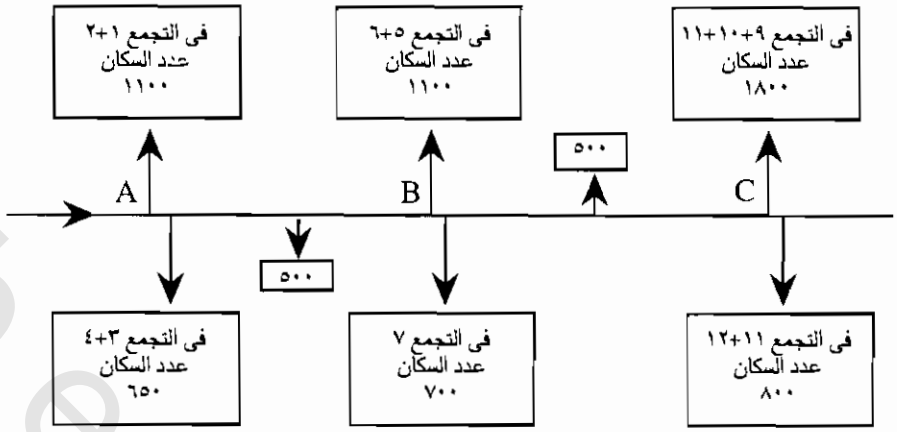
عندئذ فإن الأقطار المفترضه تكون مناسبه.

عمل حسابات شبكة توزيع (مثال) جدول (٤٩)

خط المواسير	السكان المخدومين			أقصى تصر لتر/ ث	القطر المقترح للماسورة	الفقد فى الضغط			المنسوب الهيدروليكى منسوب الى القاع عند النقطة A	المنسوب بالمتر	صافى الضغط بالمتر
	السابق	الحالى	اجمالى			الفقد لكل ١٠٠٠ متر	طول خط المواسير بالمتر	الفقد الحقيقى فى الضغط			
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢
BC	٢٦٠٠	٥٠٠	٣١٠٠	$\frac{٣ \times ١٧٥ \times ٣١٠٠}{٢٤ \times ٦٠ \times ٦٠}$ = ١٨,٨٣	١٥٠	١٥,٥	٥٥٠	١٥,٥ × ٠,٥٥ = ٨,٥٢	C = ١٦٢,٩٨	C = ١٤٦ B = ١٥٤	١٦,٩٣
AB	٣١٠٠ + ١٨٠٠ = ٤٩٠٠	٧٠٠ + ١٧٥٠ = ٢٤٥٠	٧٣٥٠	$\frac{٣ \times ١٧٥ \times ٧٣٥٠}{٢٤ \times ٦٠ \times ٦٠}$ = ٤٤,٦٦	٢٠٠	٢٠	٧٠٠	٢٠ × ٠,٧٠٠ = ١٤	B = ١٧١,٥ A = ١٨٥,٥	B = ١٥٤ A = ١٦٨	١٧,٥ ١٧,٥

∴ الضغط فى حدود المطلوب أى أن الأقطار المقترحة للمواسير مناسبة

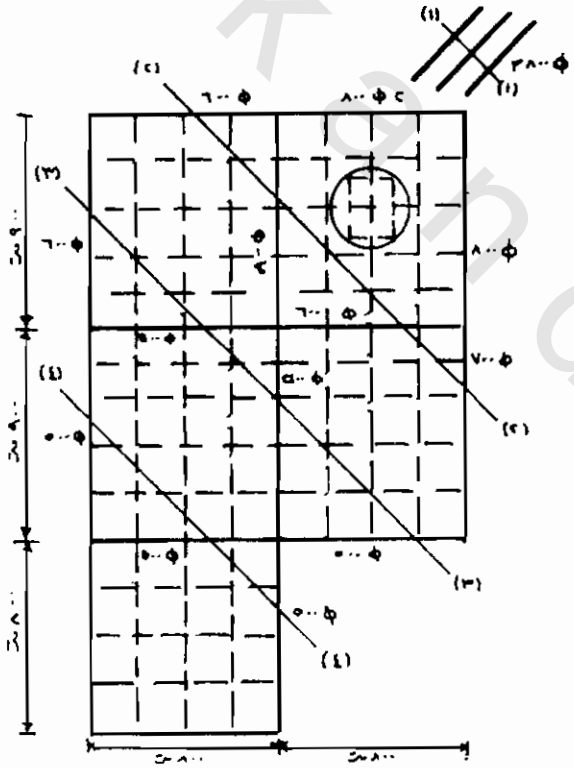
obeikandl.com



شكل (١٨٠) يوضح عدد السكان فى مختلف النقط

مثال (٢) :

إحسب بطريقة القطاعات الأقطار الفعلية لخطوط توزيع المياه فى الرسم المبين بالشكل (١٨١) . ثم بين محابس القفل وصمامات الحريق على مساحة مناسبة من شبكة التوزيع وذلك فى حالة تصرف متوسط يساوى ٦٠٠ لتر فى الثانية على أساس أن التعداد الذى يخدمه المشروع ٢٥٠,٠٠٠ نسمة.



شكل (١٨١) طريقة القطاعات

الحل:

تصرف الحريق = ٣,١٨٢ √٢٥٠ = ٥٠,٣ م٣ فى الدقيقة

= ٨٣٨ لتر/ ثانية

التصرف المتوسط = ٦٠٠ لتر/ ثانية

ولحساب التصرف التصميمى لشبكة التوزيع نجد أن

تصرف الحريق + التصرف المتوسط = ٨٣٨ + ٦٠٠ = ١٤٣٨ لتر/ الثانية

٢,٥ ضعف التصرف المتوسط = ٢,٥ × ٦٠٠ = ١٥٠٠ لتر/ الثانية

التصرف التصميمى هو الاكبر ويساوى ١٥٠٠ لتر/ الثانية

يمكن استخدام المخطط البيانى لها يزن او الجداول التصميميه (٥٠) وذلك بفرض الفاقد فى الضغط نتيجة الاحتكاك ٢ فى الألف. من الشكل (١٨١) نجد ان قطاع ١-١ فى مدخل المدينة يمر به ٣ خطوط، كل خط يحمل تصرفا يساوى ١٥٠٠ ÷ ٣ = ٥٠٠ لتر/ ثانية.

∴ القطاع الأول يحتوى على ٣ خطوط كل بقطر ٨٠٠ ملميتر.

تبنى طريقة القطاعات على إفتراض عدة قطاعات عموديه على محصلة الإتجاه العام لسير المياه فى شبكة التوزيع. الرسم فى الشكل (١٨١) يوضح أربع قطاعات أولها للمواسير الرئيسية التى تحمل المياه من محطة التنقيه الى المدينه والتى سبق تصميمها. أما القطاعات الأخرى فتعتمد على فرض أقطار للمواسير التى يمر بها القطاع، ثم يتم حساب التصرفات التى تحملها هذه المواسير وتقارن بالتصرف المطلوب خلف القطاع. فمثلا القطاع (٢- ٢) يقع بعد ١٨ ٪ من مساحة المدينة، على فرض أن كثافة السكان ومعدلات إستهلاك المياه ثابتة فى المدينة فإن التصرف المطلوب خلف القطاع يساوى ٨٢ ٪ من تصرف المدينة وهذا التصرف يجب أن يمر فى المواسير التى يقطعها الخط (٢- ٢).

ولحساب التصرف التصميمى لهذا القطاع تتبع نفس الطريقة فى حساب التصرف التصميمى للمدينه كلها حيث:

تصرف الحريق = ٣,١٨٢ √ع، ع هو تعداد المدينة بالألف خلف القطاع (٢- ٢) ويساوى ٠,٨٢ × ٢٥٠ = ٢٠٥ ألف نسمة

∴ تصرف الحريق = ٣,١٨٢ √٢٠٥ ÷ = ٤٥,٥٦ م٣، فى الدقيقة = ٧٥٩ لتر/ الثانية

التصرف المتوسط لمساحة المدينة خلف القطاع = ٠,٨٢ × ٦٠٠ = ٤٩٢ لتر/ ثانية

∴ التصرف التصميمى للقطاع (٢- ٢) يساوى القيمة الأكبر من:

أ – تصرف الحريق + التصرف المتوسط = ٧٥٩ + ٤٩٢ + ١٢٥١ لتر/ ثانية

ب – ٢,٥ من التصرف المتوسط = ٢,٥ x ٤٩٢ = ١٢٣٠ لتر/ ثانية

∴ التصرف التصميمى = ١٢٥١ لتر/ ثانية

بفرض جميع المواسير الفرعية بقطر ١٥٠ ملميتر وبفرض أقطار المواسير الرئيسية كما هى مبينه عند القطاع (٢- ٢) نجد أن المواسير عند هذا القطاع وما تحمله من تصرفات على أساس ميل خط الضغط الهيدروليكى٢ فى الألف هى:

١ ماسورة قطر ٨٠٠ ملميتر تحمل تصرفا يساوى ٥٤٣ لتر/ ثانية

١ ماسورة قطر ٧٠٠ ملميتر تحمل تصرفا يساوى ٣٨١ لتر/ ثانية

٢ ماسورة قطر ٦٠٠ ملميتر تحمل تصرفا يساوى ٢٥٢ × ٢ = ٥٠٤ لتر ثانية

٩ ماسورة قطر ١٥٠ ملميتر تحمل تصرفا يساوى ٦,٥ × ٩ = ٥٨ لتر/ ثانية

المجموع = ١٤٦٨ لتر/ ثانية.

وهذا معناه أن خطوط المواسير التى يمر بها القطاع تحمل تصرفا أكبر من التصرف المطلوب. يمكن إستبدال الخط الرأسى بقطر ٧٠٠ ملميتر بآخر بقطر ٥٠٠ ملميتر فيصبح مجموع تصرف الخطوط التى يمر بها القطاع ٢٤٤ لتر/ ثانية. وهذا التصرف يقارب التصرف التصميمى (١٢٥١ لتر/ الثانية). وعموما يمكن إهمال الفرق بالزيادة أو النقص فى حدود (٥- ١٠ ٪) بدون تأثير يذكر على تشغيل شبكة التوزيع.

قطاع (٣- ٣):

يقع هذا القطاع بعد ٥٣,٤ ٪ من مساحة المدينة.

∴ المساحة خلف القطاع = ٤٦,٦ ٪ من مساحة المدينة.

التصرف المتوسط لهذه المساحة = ٠,٤٦٦ × ٦٠٠ = ٢٨٠ لتر/ الثانية

التعداد خلف القطاع = ٠,٤٦٦ × ٢٥٠٠٠٠ = ١١٦٥٠٠

تصرف الحريق = ٣,١٨٢ √١١٦,٥ = ٣٤,٣٤ م/٣ الدقيقة = ٥٧٢ لتر/ الثانية.

• تصرف الحريق + التصرف المتوسط = ٥٧٢ + ٢٨٠ = ٨٥٢ لتر/ الثانية
• ٢,٥ × التصرف المتوسط = ٢,٥ × ٢٨٠ = ٧٠٠ لتر/ الثانية

\ التصرف التصميمى = ٨٥٢ لتر/ الثانية

يمكن فرض المواسير التى يمر بها القطاع كالآتى:

١ ماسورة قطر ٦٠٠ ملميتر وتحمل ٢٥٢ لتر/ الثانية

٣ ماسورة قطر ٥٠٠ ملميتر وتحمل ١٥٧ × ٣ = ٤٧١ لتر/ الثانية

١٢ ماسورة قطر ١٥٠ ملميتر وتحمل ٦,٥ × ١٢ = ٧٨ لتر/ الثانية

المجموع = ٨٠١ لتر/ الثانية

وهذا التصرف أقل من التصرف المطلوب بحوالى ٦٪ وهذه النسبة مسموح بها ويمكن إهمال هذا الفرق أو إستبدال ماسورة قطر ٥٠٠ ملميتر بأخرى ٦٠٠ ملميتر. فى هذه الحالة يكون مجموع التصرفات المارة بالقطاع = ٨٩٦ لتر/ الثانية بزيادة قدرها ٤٤ لتر/ الثانية عن التصرف المطلوب وبنسبة زيادة ٥٪.

قطاع (٤- ٤):

يقع هذا القطاع بعد ٧٨,٣٪ من مساحة المدينة.

المساحة خلف القطاع = ٢١,٧٪ من مساحة المدينة.

التصرف المتوسط لهذه المساحة = ٠,٢١٧ × ٦٠٠ = ١٣٠ لتر/ الثانية

التعداد خلف القطاع = ٠,٢١٧ × ٢٥٠٠٠٠ = ٥٤٢٥٠

تصرف الحريق = $\sqrt{٣,١٨٢}$ × ٥٤,٢٥ = ٢٣,٤٤ م٣ الدقيقة = ٣٩١ لتر/ الثانية

تصرف الحريق + التصرف المتوسط = ١٣٠ + ٣٩١ = ٥٢١ لتر/ ثانية

٢,٥ × التصرف المتوسط = ٢,٥ × ١٣٠ = ٣٢٥ لتر/ ثانية

التصرف التصميمى = ٥٢١ لتر/ ثانية

يمكن فرض المواسير التى يمر بها القطاع كالآتى:

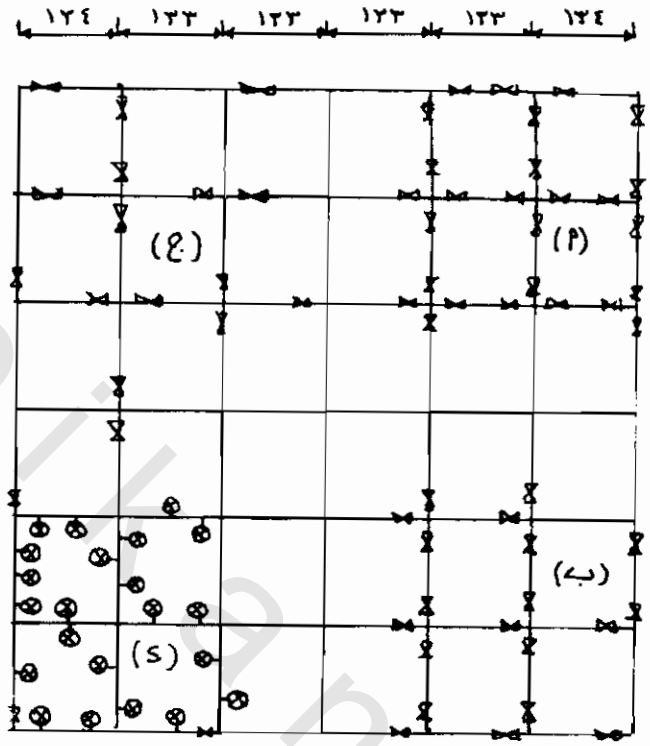
٣ ماسورة قطر ٥٠٠ ملميتر تحمل ١٥٧ × ٣ = ٤٧١ لتر/ ثانية
٦ ماسورة قطر ١٥٠ ملميتر تحمل ٦,٥ × ٦ = ٣٩ لتر/ ثانية
المجموع = ٥١٠ لتر/ ثانية

وهذا التصرف أقل من التصرف التصميمى بنسبة صغيرة جدا حوالى ٢ ٪ يمكن إهمالها.

أوضاع محابس القفل وحنفيات الحريق فى الشبكة:

يبين الشكل (١٨٢) الطرق المختلفة لوضع محابس القفل وحنفيات الحريق. المنطقة (أ) من الشكل تبين وضع محابس القفل على جميع تفريعات التقاطع بحيث يمكن قفل محبسين فقط لمنع المياه عن خط من الخطوط وهذه الطريقة رغم أنها أفضل الطرق فى التحكم فى قفل خطوط التوزيع إلا أنها مكلفه لاحتياجها الى عدد كبير من المحابس. المنطقة (ب) تبين وضع المحابس بعدد أقل بواحد من عدد تفريعات التقاطع وهى تحتاج عدد أقل من المحابس ولكن تحتاج الى قفل أكثر من محبسين أحياناً ويمكن أن تتأثر بعض الخطوط الأخرى من إمداد المياه فى حالة قفل المحابس المطلوبه. المنطقة (جـ) تبين نظام لوضع المحابس أقل كثيرا فى التكاليف لأنه يحتاج إلى محبسين فقط عند كل تقاطع إلا أنه يحتاج إلى قفل أربعة محابس للتحكم فى كل خط.

المنطقة (د) تبين حنفيات الحريق وهذه توضع أولا عند التقاطعات. حيث أن المساحة بين كل تقاطعين ١٣٣ متر وأن المسافة المفضلة بين حنفيات الحريق من ٦٠- ٩٠ متر. فإن المناسب هو وضع حنفية فى المنتصف بين التقاطعات. توضع حنفيات الحريق فى غرفة تحت سطح الأرض بغطاء يسهل رفعه أو تثبت فوق سطح الأرض أو تعلق على حوائط المبانى والمنشآت.



المناطق أ، ب، جـ مبين بها نظم محابس القفل

المنطقة (د) مبين بها نظام حنفيات الحريق

محابس القفل وحنفيات الحريق شكل (١٨٢)

طريقة هاردي كروس: (Hardy Cross)

تستخدم هذه الطريقة فى التصميمات التى تحتاج إلى دقة فى العمليات الحسابية، حيث أن طريقة القطاعات تقريبيه الى حد ما، وأحيانا تستخدم طريقة القطاعات فى الحسابات التمهيدية قبل استخدام طريقة هاردى كروس. ويبنى إستخدام هذه الطريقة لشبكات المياه المغلقة على أساس العاملين الآتيين:

• كمية المياه التى تدخل وصلة يجب أن تساوى لكمية المياه التى تخرج منها. أى أن التدفق الداخل يجب أن يساوى الخارج.

• المجموع الجبرى للخفض فى الضغط يساوى صفر خلال الدائرة المقفلة أى أنه لا يوجد إستمرار فى الضغط.

فى هذه الطريقة يتم التصحيح للتدفق المفترض فى محاولات متتالية. الفقد فى الضغط فى كل ماسورة يتم تعيينه باستخدام معادلة التدفق فى الماسورة. يتم عمل التصحيح المتتالى للتدفقات فى كل ماسورة حتى إتزان الضغط وتحقيق مبدأ الاستمرار عند كل وصلة.

ويعتمد إستخدام طريقة هاردى كروس على الآتى:

بالنسبة لماسورة بقطر معين ومعامل خشونه أو إحتكاك معين، يمكن وضع معادلة هازن فى صورة

$$O = KS^{0.54}$$

ويوضع الفاقد فى الضغط h بدلا من ميل خط الضغط الهيدروليكى (S)

$$O = Kh^{0.54}$$

$$\therefore h = KQ^{1.85} \quad (١)$$

ولا تزان مجموعة من خطوط المياه المقفلة فى شبكة توزيع المياه يمكن تحديد التصرف الفعلى فيها بإضافة قيمه تصحيحية /q الى التصرف الافتراضى Q_1

$$Q = Q_1 + q$$

$$\therefore h = KQ^{1.85} = K(Q_1 + q)^{1.85} \quad (٢)$$

$$= K(Q^{1.85} + 1.85\, Q^{0.85} \times q + \dots) \quad (٣)$$

وعلى أساس أن مجموع الفاقد فى الضغط يساوى صفر خلال الدائرةالمقفلة للتصرف المتوازن.

$$\therefore \Sigma h_l = \Sigma KQ^{1.85}$$

$$\Sigma KQ_1^{1.85} + \Sigma 1.85\, Q^{0.85} q = \text{صفر} \quad (٤)$$

$$\therefore \quad q = \frac{\Sigma h_L}{1.85 \Sigma \left(\frac{HL}{Q}\right)} \quad (٥)$$

يمكن استخدام هذه الطريقة باتباع الخطوات التالية:

أ- نفترض أى توزيع لمعدل التصرف واتجاهاته فى دوائر شبكة التوزيع، بحيث يكون التصرف الداخلى إلى نقطة تلاقى عدة خطوط مساويا للتصرف الخارج منها.

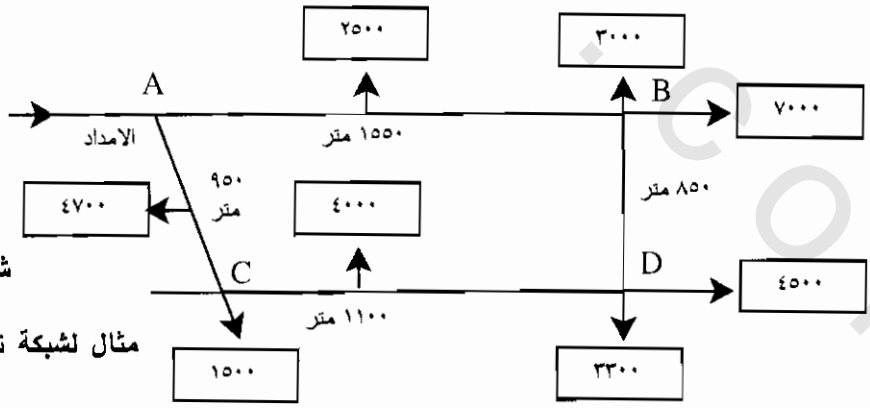
ب - يحسب الفاقد فى الضغط فى كل خط من الخطوط حسابيا أو بيانيا باستخدام جدول (٥٠) أو الشكل (١٧٨) وذلك لدائرة من دوائر شبكه التوزيع للتصرف المفروض فى الخطوة السابقة.

جـ - يحسب مجموع الفاقد فى الضغط ($h_L \div Q$) بدون إعتبار للإرشادات.

د - يحسب قيمة التعديل فى التصرف باستخدام المعادلة (٥) ويصحح بهذه القيمة كل من التصرفات المفروضة.

هـ - تطبق الخطوات السابقة فى كل دائرة من شبكه التوزيع ثم يعاد تصحيح الدوائر الأولى كلما تبين من تتابع العمليات الحسابية حتى الوصول الى نتيجة نهائية صحيحة لا يتعدى فيها الخطأ فى قراءة المخطط ١٠ ٪

مثـــال (٣) : عين أقطار المواسير فى الشبكة الموضحة فى الشكل (١٨٣) متوسط استهلاك الفرد فى اليوم ٢٠٠ لتر. أقصى تصرف = ٢,٧ ضعف متوسط التصرف. وبين بالشكل أطوال المواسير وعدد السكان طبقا للتجمعات السكنية



شكل (١٨٣)

مثال لشبكة توزيع المياه

الحل:

متوسط الصرف ٢٠٠ لتر للفرد فى اليوم

أقصى تصرف لحساب قطر المواسير = ٢,٧ × ٢٠٠ = ٥٤٠ لتر فى اليوم

التصرفات المختلفة لتصميم خطوط المواسير كالآتى:

عند النقطة B على المسار AB = $\frac{٧٠٠٠ \times ٥٤٠}{٢٤ \times ٦٠ \times ٦٠}$ = ٤٣,٧٥ لتر فى الثانية

عند النقطة B على المسار DB = $\frac{٣٠٠٠ \times ٥٤٠}{٢٤ \times ٦٠ \times ٦٠}$ = ١٨,٧٥ لتر فى الثانية

عند النقطة D على المسار BD = $\frac{٣٣٠٠ \times ٥٤٠}{٢٤ \times ٦٠ \times ٦٠}$ = ٢٠,٦ لتر فى الثانية

عند النقطة D على المسار CD = $\frac{٤٥٠٠ \times ٥٤٠}{٢٤ \times ٦٠ \times ٦٠}$ = ٢٨,١٢ لتر فى الثانية

التصرف المحلى على الخط CD = $\frac{٤٠٠٠ \times ٥٤٠}{٢٤ \times ٦٠ \times ٦٠}$ = ٢٥ لتر فى الثانية

التصرف المحلى على الخط AB = $\frac{٢٥٠٠ \times ٥٤٠}{٢٤ \times ٦٠ \times ٦٠}$ = ١٥,٦٢ لتر فى الثانية

التصرف المحلى على الخط AC = $\frac{٤٧٠٠ \times ٥٤٠}{٢٤ \times ٦٠ \times ٦٠}$ = ٢٩,٣٧ لتر فى الثانية

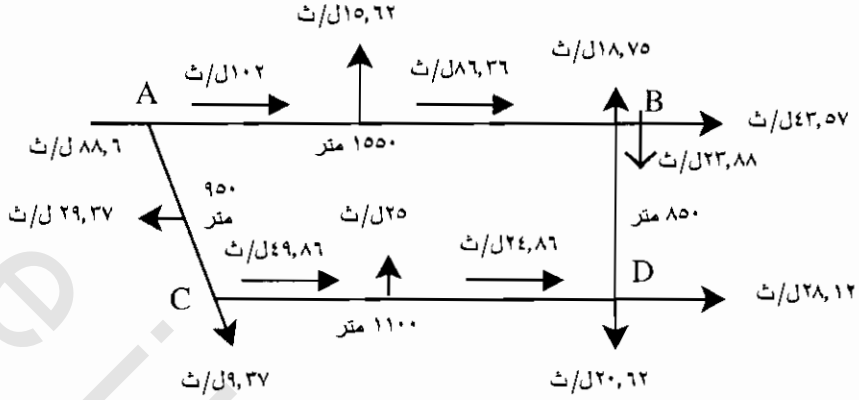
عند النقطة C على المسار AC = $\frac{١٥٠٠ \times ٥٤٠}{٢٤ \times ٦٠ \times ٦٠}$ = ٩,٣٧ لتر فى الثانية

إجمالى المياه الداخلية الى الشبكة = ١٩٠,٦ لتر فى الثانية.

يمكن الآن إفتراض التصرف واتجاهاته وكميته فى كل الخطوط، مع الأخذ فى الاعتبار أن التصرف الداخل يساوى الخارج عند كل وصلة. التصرف المفترض موضح فى الشكل

obeikandi.com

(١٨٤) . المياه اللازمة عند النقطة D تتحقق بتصرفات المياه على مسار كلا من الخط ABD ، ACD.



(مثال) التصرفات فى الشبكة شكل (١٨٤)

باستخدام معادلة هاردى كروس والجدول (٤٨) بعد تقدير قطر المواسير (المحاولة الأولى)

∴ التصحيح فى التصرف q = $\frac{٢٣,٣٨ - ٢٦,٣٥}{١,٨٥ \times ٧٣٨,٥٩}$ = ٢,١٧٣ لتر/ الثانية

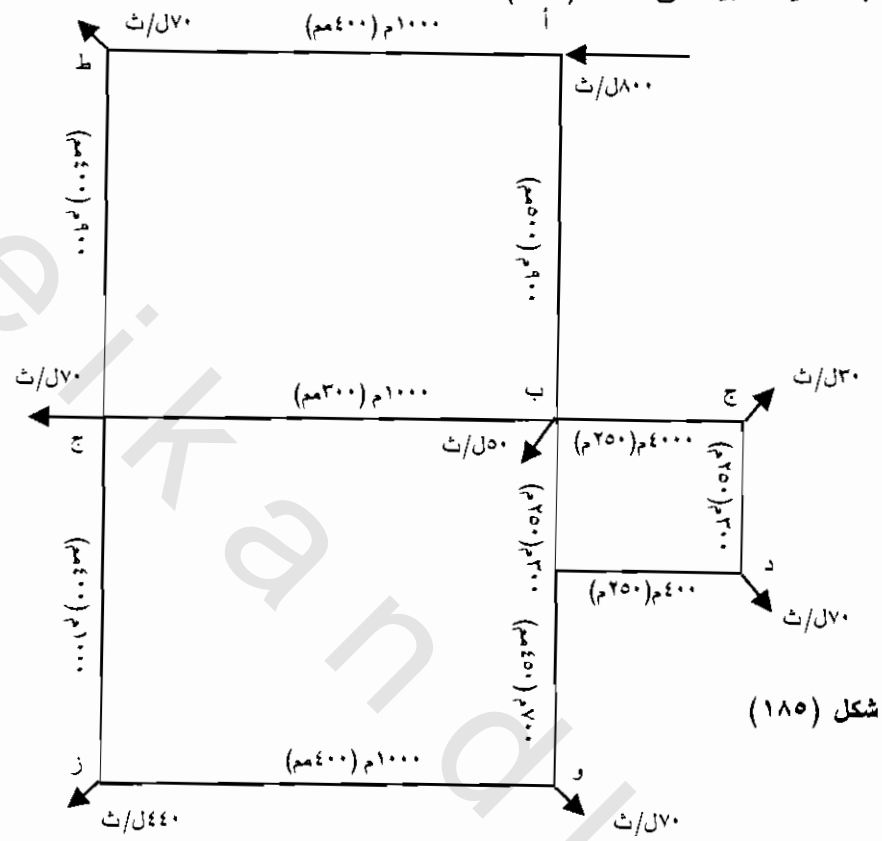
التصحيح فى الصرف صغير ولذا فإن تقدير قطر المواسير صحيح ومناسب

(مثال) عمل حسابات شبكة التوزيع جدول ٥٠

مسار المواسير	خط المواسير	التصرف لتر/ الثانية Q	القطر المقترح للماسورة بالملميتر	الطول بالمتر	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر من الشكل (١٧٨)	الفقد فى ضغط الماسورة h جدول (٥٠) عامود ٦	$\frac{h}{Q}$
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
ABC	AB	١٠٢	٣٠٠	١٥٥٠	١٤,٢٦	٢٢,١	٠,٢١٦ = ١٠٢ ÷ ٢٢,١
	BD	٨٣	٢٠٠	٨٥٠	٥,٠٠	٤,٢٥	٠,١٧٨ = ٢٣,٨٨ ÷ ٤,٢٥
					الاجمالى	٢٦,٣٥ +	٠,٣٩٤
ACD	AC	٨٨,٦	٢٨٠	٩٥٠	١٥	١٤,٢٥	٠,١٦٠٨ = ٨٨,٦ ÷ ١٤,٢٥
	CD	٤٩,٨٦	٢٥٠	١١٠٠	٨,٣	٩,١٣	٠,١٨٣ = ٤٩,٨٦ ÷ ٩,١٣
					الاجمالى	٢٣,٨	٠,٣٤٣٨

obeikandl.com

مـثـال (٤) : باستخدام طريقة هاردى كروس إحسب معدلات التصرف فى خطوط شبكه المياه المبينه فى الشكل (١٨٥).

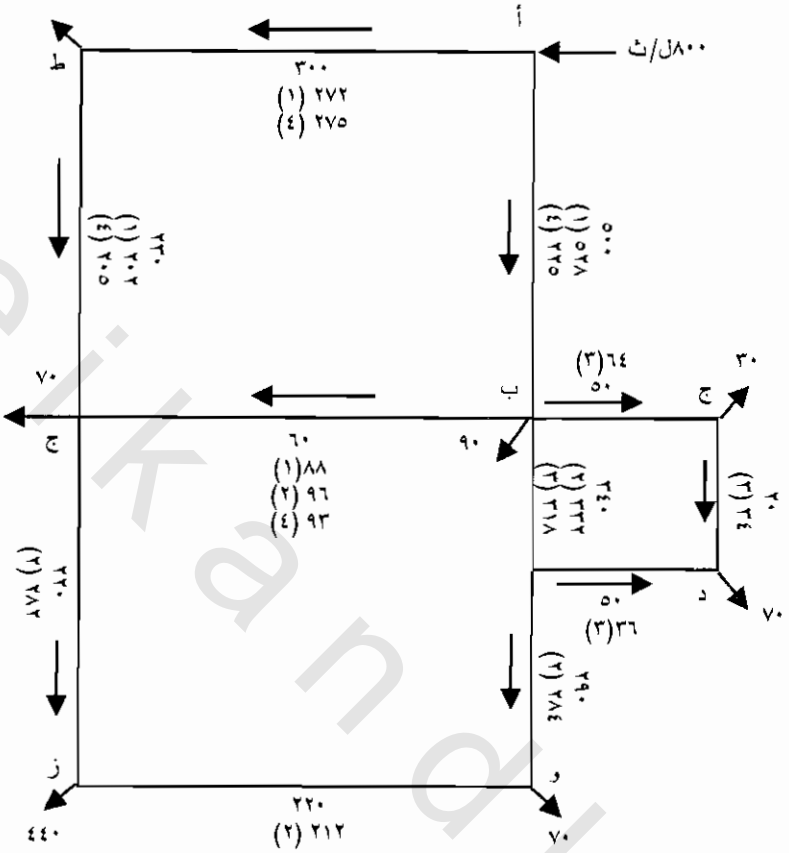


شكل (١٨٥)

الحل: نفترض قيمه وإتجاه التصرفات فى جميع خطوط الشبكة كما هو موضح بالشكل (١٨٥).

ونبدأ بعمل الحسابات بعمل المحاولات طبقا للخطوات التى تم توضيحها.

المحاولة الأولى فى الدائرة العلوية أ ب ح ط أ. تبين الجداول الآتية. الآتى كيفية إجراء العمليات الحسابية وخطواتها وذلك بالاستعانة بجدول (٥٠) وشكل (١٧٨) واعتبار أن معامل الاحتكاك فى معادلة هازن = ١٠٠ العامود الأول فى الجدول يبين خطوط المواسير فى إتجاه معين لدائرة من دوائر الشبكة.



شكل (١٨٦)

والعامود الثانى يبين القطر والعامود الثالث يبين طول كل خط والعامود الرابع يبين التصرف المفروض. وتكون التصرفات موجبه إذا كانت فى إتجاه عقرب الساعة، وسالبه إذا كانت عكس إتجاه عقرب الساعة. والعامود الخامس يبين الفاقد فى الضغط ويمكن إستنتاجه باستخدام جدول (٥١) أو شكل (١٧٨) بمعرفة التصرف والقطر ويبين العامود السادس الفاقد الكلى فى الضغط وهو عبارة عن حاصل ضرب العامودين الثالث والخامس مقسوما على ١٠٠٠.

خطوط المواسير	القطر مم	الطول بالمتر	التصرف المفروض Q لتر/ ثانية	الفاقد فى الضغط متر / ١٠٠٠ متر	مجموع الفاقد فى الضغط h بالمتر	$\frac{h}{Q}$
أ ب	٥٠٠	٩٠٠	+ ٥٠٠	+ ١٧	+ ١٥,٣	٠,٠٣١
ب ح	٣٠٠	١٠٠٠	+ ٦٠	+ ٤	+ ٤	٠,٠٦٧
ح ط	٤٠٠	٩٠٠	– ٣٠٠	– ٢٠	– ١٨	٠,٠٦٠
ط أ	٤٠٠	١٠٠٠	– ٢٣٠	– ١٢	– ١٢	٠,٠٥٢
				المجموع	– ١٠,٧	٠,٢١٠

$$\therefore q = \frac{-10,7}{1,85\ (0,21)} = 28 \text{ لتر ثانية}$$

تضاف هذه القيمة للتصرفات التى تسير فى إتجاه دوران عقرب الساعة وتطرح من التصرفات التى تسير فى عكس إتجاه عقرب الساعة.

الخطوة التالية فى المحاولة رقم (٢) فى الدائرة السفلية ب هـ و ز ح ب.

خطوط المواسير	القطر مم	الطول بالمتر	التصرف المفروض Q لتر/ ثانية	الفاقد فى الضغط متر / ١٠٠٠ متر	مجموع الفاقد فى الضغط h	$\frac{h}{Q}$
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
ب هـ	٤٥٠	٣٠٠	+ ٣٤٠	+ ١٤	+ ٤١٢	٠,٠١٢
هـ و	٤٥٠	٧٠٠	+ ٢٩٠	+ ١٠,٧	+ ٧,٥	٠,٠٢٦
و ز	٤٠٠	١٠٠٠	+ ٢٢٠	– ١١,٢	+ ١١,٢	٠,٠٥١
ز خ	٤٠٠	١٠٠٠	– ٢٢٠	– ١١,٢	– ١١,٢	٠,٠٥١
ح ب	٣٠٠	١٠٠٠	– ٨٨	– ٨,٢	– ٨,٢	٠,٠٩٣
			المجموع		+ ٣,٥	٠,٢٣٣

obeikandi.com

$$q = -\frac{٣,٥}{١,٨٥ (٠,٢٣٣)} = -٨ \text{ لتر ثانية}$$

تطرح هذه القيمة من التصرفات التى تسير فى إتجاه دوران عقرب الساعة وتضاف للتصرفات فى عكس هذا الاتجاه .

المحاولة الثالثة لتصحيح الدائرة الجانبية ب ج د هـ ب

خطوط المواسير	القطر مم	الطول بالمتر	التصرف المفروض Q لتر/ ثانية	الفاقد فى الضغط متر / ١٠٠٠ متر	مجموع الفاقد فى الضغط h بالمتر	$\frac{h}{Q}$
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
ب جـ	٢٥٠	٤٠٠	+ ٥٠	+٧	+ ٢,٨	٠,٠٥٦
ج د	٢٥٠	٣٠٠	+ ٢٠	+ ١,٣	+ ٠,٣٩	٠,٠٢٠
د هـ	٢٥٠	٤٠٠	– ٥٠	– ٧	– ٢,٨	٠,٠٥٦
هـ ب	٤٥٠	٣٠٠	– ٣٣٢	– ١٣,٦	– ٤,١	٠,٠١٢
			المجموع		– ٣,٧١	٠,١٤٤

$$q = -\frac{-٣,٧١}{١,٨٥ (٠,١٤٤)} = ١٤$$

تضاف هذه القيمة الى التصرفات التى تسير فى إتجاه دوران عقرب الساعة وتطرح من التصرفات فى عكس هذا الاتجاه .

المحاولة الرابعة لمراجعة الدائرة العلويه أ ب ح ط أ

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
أ ب	٥٠٠	٩٠٠	+ ٥٢٨	+ ١٨,٧	+ ١٦,٨	٠,٠٣٢
ب ح	٣٠٠	١٠٠٠	+ ٩٦	+ ٩,٦	+ ٩,٦	٠,١
ح ط	٤٠٠	٩٠٠	– ٢٧٢	– ٩,٥	– ٨,٦	٠,٠٤٢
ط أ	٤٠٠	١٠٠٠	– ٢٠٢	– ١٦,٢	– ١٦,٥	٠,٠٦١
				المجموع	– ١,٣	٠,٢٣٥

$$q = - - \frac{-١,٣}{١,٨٥ \ (٠,٢٣٥)} = -٣ \text{ لتر/ ث}$$

تطرح هذه القيمة من التصرفات التى تسير فى اتجاه دوران عقرب الساعة وتضاف الى التصرفات التى تسير فى عكس هذا الإتجاه

المحاولة الخامسة لتصحيح الدائرة السفليه ب هـ و ز ح ب.

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
ب هـ	٤٥٠	٣٠٠	+ ٣١٨	+ ١٢,٦	+ ٣,٧٨	٠,٠١٢
هـ و	٤٥٠	٧٠٠	+ ٢٨٢	+ ١٠	+ ٧	٠,٠٢٥
و ز	٤٠٠	١٠٠٠	+ ٢١٢	+ ١٠,٥	+ ١٠,٥	٠,٠٤٩
ز ح	٤٠٠	١٠٠٠	- ٢٢٨	- ١٢	- ١٢	٠,٠٥٣
ح ب	٣٠٠	١٠٠٠	- ٩٣	-٩	- ١٩	٠,٠٩٧
			المجموع		+ ٠,٢٨	٠,٢٣٦

$$q = - - \frac{٠,٢٨}{١,٨٥ \ (٠,٢٣٦)} = -٠,٦ \text{ لتر/ الثانية}$$

هذا التصرف ضئيل ويمكن إهماله واعتبار أن الدائرة السفليه صحيحة.

محاولة تصحيح الدائرة الجانبيه ب ج د هـ ب (المحاولة السادسة)

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
ب ج	٢٥٠	٤٠٠	+ ٦٤	+ ١١	+ ٤,٤	٠,٠٦٩
ج د	٢٥٠	٣٠٠	+ ٣٤	+ ٣,٥	+ ١,٠٥	٠,٠٣١
د هـ	٢٥٠	٤٠٠	- ٣٦	- ٣,٧٥	- ١,٥	٠,٠٤٢
هـ ب	٤٥٠	٣٠٠	- ٣١٨	- ١٢,٦	- ٣,٧٨	٠,٠١٢
			المجموع		+ ٠,١٧	٠,١٥٤

$$q = - \frac{٠,١٧}{١,٨٥ \ (٠,١٥٤)} = -٠,٦ \text{ لتر/ الثانية}$$

obeikandl.com

وهذا التصرف صغير ويمكن إهماله واعتبار أن هذه الدائرة صحيحة. ويكفى تصحيح الدوائر الثلاث بالنتائج التى توصلنا اليها، ويمكن استكمالا للمراجعة وبعد تصحيح الدوائر الثلاث يمكن إعتبارهم مرة واحدة وهى أ ب ج د هـ و ز ح ط أ.

خطوط المواسير	القطر مم	الطول بالمتر	التصرف المفروض Q لتر/ ثانية	الفاقد فى الضغط متر / ١٠٠٠ متر	مجموع الفاقد فى الضغط h بالمتر	$\frac{h}{Q}$
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
أب	٥٠٠	٩٠٠	+ ٥٢٥	+ ١٨,٥	+ ١٦,٦	٠,٠٣٢
ب ج	٢٥٠	٤٠٠	+ ٦٤	+ ١١	+ ٤,٤	٠,٠٦٩
ج د	٢٥٠	٣٠٠	+ ٣٤	+ ٣,٥	+ ١,٠٥	٠,٣١
د هـ	٢٥٠	٤٠٠	– ٣٦	– ٣,٧٥	– ١,٥	٠,٠٤٢
هـ و	٤٥٠	٧٠٠	+ ٢٨٢	+ ١٠	+ ٧	٠,٠٢٥
و ز	٤٠٠	١٠٠٠	+ ٢١٢	+ ١٠,٥	+ ١٠,٥	٠,٠٤٩
ز ح	٤٠٠	١٠٠٠	– ٢٢٨	– ١٢	– ١٢	٠,٠٥٣
ح ط	٤٠٠	٩٠٠	– ٢٠٥	– ٩,٨	– ٨,٨	٠,٠٤٣
ط أ	٤٠٠	١٠٠٠	– ٢٧٥	– ١٥	– ١٦,٨	٠,٠٦١
				المجموع	+ ٠,٤٥	٠,٤٠٥

$$q = -\frac{٠,٤٥}{١,٨٥\ (٠,٤٠٥)} = -٠,٦ \text{ لتر/ الثانية}$$

وهذا التصرف ضئيل يمكن إهماله واعتبار أن دوائر التغذية صحيحة.

جدول رقم (٥١- ١) جداول تصميميه لخطوط التغذية باستخدام معادلة هايزن (C = ١٠٠)

القطر الداخلى D مم	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	٠,١ متر		٠,١٥ متر		٠,٢ متر		٠,٢٥ متر		٠,٣٥ متر		٠,٣٥ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	٧	١	٩	١,٦	١٠,٧	١,٩	١٢	٢	١٣	٢,٣	١٤,٥	٢,٦
١٧٥	٨	٢	١٠	٢,٤	١١,٨	٢,٨	١٣	٣	١٤,٧	٣,٥	١٦	٣,٩
٢٠٠	٨,٨	٣	١١	٣,٥	١٣	٤	١٤,٥	٤,٥	١٦	٥	١٧,٤	٥,٥
٢٢٥	٩,٦	٤	١٢	٥	١٤	٥,٦	١٥,٧	٦	١٧	٦,٨	١٩	٧,٦
٢٥٠	١٠,٣	٥	١٣	٦,٤	١٥	٧,٤	١٧	٨	١٨,٧	٩	٢٠	١٠
٣٠٠	١١,٥	٨	١٤	١٠	١٧	١٢	١٩	١٣	٢١	١٥	٢٣	١٦
٣٥٠	١٣	١٣	١٦	١٥	١٩	١٨	٢١	٢٠	٢٣	٢٢	٢٥	٢٤
٤٠٠	١٤	١٨	١٧	٢١	٢٠	٢٥	٢٣	٢٨	٢٥	٣١	٢٧	٣٤
٤٥٠	١٥	٢٤	١٨	٢٩	٢١	٣٣	٢٤	٣٨	٢٧	٤٣	٢٩	٤٦
٥٠٠	١٦	٣١	٢٠	٣٩	٢٣	٤٥	٢٦	٥٠	٢٩	٥٧	٣١	٦١
٦٠٠	١٨	٥١	٢٢	٦٢	٢٦	٧٤	٢٩	٨٢	٣٢	٩٠	٣٥	٩٩
٧٠٠	٢٠	٧٧	٢٤	٩٢	٢٩	١١٢	٣٢	١٢٣	٣٦	١٣٩	٣٩	١٥٠
٨٠٠	٢١	١٠٦	٢٧	١٣٦	٣١	١٥٦	٣٥	١٧٦	٣٩	١٩٦	٤٢	٢١١
٩٠٠	٢٣	١٤٦	٢٩	١٨٤	٣٤	٢١٦	٣٨	٢٤٢	٤٢	٢٦٧	٤٥	٢٨٦
١٠٠٠	٢٥	١٩٦	٣١	٢٤٣	٣٦	٢٨٣	٤٠	٣١٤	٤٤	٣٤٦	٤٨	٣٧٧
١٢٠	٢٨	٣١٧	٣٤	٣٨٥	٤٠	٤٥٢	٤٥	٥٠٩	٥٠	٥٦٦	٥٤	٦١١
١٤٠٠	٣٠	٤٦٢	٣٨	٥٨٥	٤٤	٦٧٧	٥٠	٧٧٠	٥٥	٨٤٧	٦٠	٩٢٤
١٥٠٠	٣٢	٥٦٥	٣٩	٦٨٩	٤٦	٨١٣	٥٢	٩١٩	٥٧	١٠٠٧	٦٢	١٠٩٦
١٦٠٠	٣٣	٦٦٣	٤١	٨٢٤	٤٨	٩٦٥	٥٤	١٠٨٦	٦٠	١٢٠٦	٦٥	١٣٠٧
١٨٠٠	٣٦	٩١٦	٤٤	١١٢٠	٥٢	١٣٢٣	٥٨	١٤٧٦	٦٤	١٦٢٩	٧٠	١٧٨١
٢٠٠٠	٣٨	١١٩٤	٤٧	١٤٧٧	٥٥	١٧٢٨	٦٢	١٩٤٨	٦٩	٢١٦٨	٧٠	٢٣٥٦

obeikandl.com

جدول رقم (٥١- ٢)

القطر الداخلى D مم	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	٠,٤ متر		٠,٥ متر		٠,٦ متر		٠,٧ متر		٠,٨ متر		٠,٩ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	١٥,٦	٢,٨	١٨	٣	١٩,٤	٣,٤	٢١	٣,٧	٢٣	٤	٢٤	٤,٢
١٧٥	١٧	٤	١٩	٤,٦	٢١	٥	٢٣	٥,٥	٢٥	٦	٢٧	٦,٥
٢٠٠	١٨,٧	٦	٢١	٦,٦	٢٣	٧	٢٥	٨	٢٧	٨,٥	٢٩	٩
٢٢٥	٢٠	٨	٢٣	٩	٢٥	١٠	٢٧	١١	٢٩	١١,٥	٣١	١٢
٢٥٠	٢٢	١١	٢٥	١٢	٢٧	١٣	٣٠	١٥	٣٢	١٦	٣٤	١٧
٣٠٠	٢٤	١٧	٢٨	٢٠	٣٠	٢١	٣٣	٢٣	٣٥	٢٥	٣٨	٢٧
٣٥٠	٢٧	٢٦	٣٠	٢٩	٣٤	٣٣	٣٧	٣٦	٣٩	٣٨	٤٢	٤٠
٤٠٠	٢٩	٣٦	٣٣	٤١	٣٦	٤٥	٣٩	٤٩	٤٢	٥٣	٤٥	٥٧
٤٥٠	٣١	٤٩	٣٥	٥٦	٣٩	٦٢	٤٢	٦٧	٤٥	٧٢	٤٨	٧٦
٥٠٠	٣٤	٦٧	٣٨	٧٥	٤٢	٨٢	٤٦	٩٠	٤٩	٩٦	٥٢	١٠٢
٦٠٠	٣٧	١٠٥	٤٢	١١٩	٤٧	١٣٣	٥١	١٤٤	٥٤	١٥٣	٥٨	١٦٤
٧٠٠	٤٢	١٦٢	٤٧	١٨١	٥٢	٢٠٠	٥٦	٢١٥	٦٠	٢٣١	٦٤	٢٤٦
٨٠٠	٤٥	٢٢٦	٥١	٢٥٦	٥٦	٢٨٢	٦١	٣٠٧	٦٦	٣٣٢	٧٠	٣٥٢
٩٠٠	٤٩	٣١٢	٥٥	٣٥٠	٦١	٣٨٨	٦٦	٤٢٠	٧١	٤٥٢	٧٦	٤٨٤
١٠٠٠	٥٢	٤٠٨	٥٩	٤٦٣	٦٥	٥١١	٧٠	٥٥٠	٧٥	٥٨٩	٨٠	٦٢٨
١٢٠	٥٨	٦٥٦	٦٦	٧٤٦	٧٢	٨١٤	٧٩	٨٩٣	٨٥	٩٦١	٩٠	١٠١٨
١٤٠٠	٦٤	٩٨٥	٧٣	١١٢٤	٨٠	١٢٣٢	٨٧	١٣٣٩	٩٤	١٤٤٧	١٠٠	١٥٣٩
١٥٠٠	٦٧	١١٨٤	٧٦	١٣٤٣	٨٣	١٤٦٧	٩١	١٦٠٨	٩٧	١٧١٤	١٠٤	١٨٣٨
١٦٠٠	٧٠	١٤٠٧	٧٨	١٥٦٨	٨٧	١٧٤٩	٩٤	١٨٩٠	١٠١	٢٠٣١	١٠٨	٢١٧١
١٨٠٠	٧٥	١٩٠٩	٨٥	٢١٦٣	٩٤	٢٣٩٢	١٠٢	٢٥٩٦	١٠٩	٢٧٧٤	١١٧	٢٩٧٧
٢٠٠٠	٨٠	٢٥١٣	٩١	٢٨٥٩	١٠٠	٣١٤٢	١٠٩	٣٤٢٤	١١٧	٣٦٧٦	١٢٥	٣٩٢٧

obeikandl.com

جدول رقم (٥١- ٣)

القطر الداخلى D مم	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	١,٠٠ متر		١,٢ متر		١,٤ متر		١,٦ متر		١,٨ متر		٢,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	٢٦	٤,٦	٢٨	٥	٣١	٥,٥	٣٣	٥,٨	٣٥	٦	٣٧	٦,٥
١٧٥	٢٨	٦,٧	٣١	٧,٥	٣٤	٨	٣٦	٨,٧	٣٩	٩	٤١	١٠
٢٠٠	٣١	٩,٧	٣٤	١١	٣٧	١٢	٤٠	١٢,٦	٤٢	١٣	٤٥	١٤
٢٢٥	٣٣	١٣	٣٧	١٥	٤٠	١٦	٤٣	١٧	٤٦	١٨	٤٨	١٩
٢٥٠	٣٦	١٨	٣٩	١٩	٤٣	٢١	٤٦	٢٣	٤٩	٢٤	٥٢	٢٦
٣٠٠	٤٠	٢٨	٤٤	٣١	٤٨	٣٤	٥٢	٣٧	٥٥	٣٩	٥٨	٤١
٣٥٠	٤٤	٤٢	٤٩	٤٧	٥٣	٥١	٥٧	٥٥	٦١	٥٩	٦٤	٦٢
٤٠٠	٤٨	٦٠	٥٣	٦٧	٥٧	٧٢	٦١	٧٧	٦٦	٨٣	٦٩	٨٧
٤٥٠	٥١	٨١	٥٦	٨٩	٦١	٩٧	٦٦	١٠٥	٧٠	١١١	٧٤	١١٨
٥٠٠	٥٥	١٠٨	٦١	١٢٠	٦٦	١٣٠	٧١	١٣٩	٧٦	١٤٩	٨٠	١٥٧
٦٠٠	٦١	١٧٢	٦٨	١٩٢	٧٤	٢٠٩	٧٩	٢٢٣	٨٤	٢٣٧	٨٩	٢٥٢
٧٠٠	٦٨	٢٦٢	٧٥	٢٨٩	٨٢	٣١٦	٨٨	٣٣٩	٩٤	٣٦٢	٩٩	٣٨١
٨٠٠	٧٤	٣٧٢	٨٢	٤١٢	٨٩	٤٤٧	٩٥	٤٧٨	١٠٢	٥١٣	١٠٨	٥٤٣
٩٠٠	٨٠	٥٠٩	٨٨	٥٦٠	٩٦	٦١١	١٠٣	٦٥٥	١١٠	٧٠٠	١١٦	٧٣٨
١٠٠٠	٨٥	٦٦٨	٩٤	٧٣٨	١٠٢	٨٠١	١١٠	٨٦٤	١١٧	٩١٩	١٢٤	٩٧٤
١٢٠	٩٥	١٠٧٤	١٠٥.	١١٨٨	١١٤	١٢٨٩	١٢٣	١٣٩١	١٣١	١٤٨٢	١٣٩	١٥٧٢
١٤٠٠	١٠٦	١٦٣٢	١١٧	١٨٠١	١٢٧	١٩٥٥	١٣٦	٢٠٩٤	١٤٥	٢٢٣٢	١٥٤	٢٣٧١
١٥٠٠	١١٠	١٩٤٤	١٢١	٢١٣٨	١٣٢	٢٣٣٣	١٤٢	١٥٠٩	١٥١	٢٦٦٨	١٦٠	٢٨٢٧
١٦٠٠	١١٤	٢٢٩٢	١٢٦	٢٥٣٣	١٣٧	٢٧٥٥	١٤٧	١٩٥٦	١٥٧	٣١٥٧	١٦٦	٣٣٣٨
١٨٠٠	١٢٣	٣١٣٠	١٣٦	٣٤٦١	١٤٨	٣٧٦٦	١٥٩	٤٠٤٦	١٧٠	٤٣٢٦	١٨٠	٤٥٨٠
٢٠٠٠	١٣٢	٤١٤٧	١٤٦	٤٥٨٧	١٥٨	٤٩٦٤	١٧٠	٥٣٤١	١٨١	٥٦٨٦	١٩٢	٦٠٣٢

obeikandl.com

جدول رقم (٥١- ٤)

القطر الداخلى D مم	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	٢,٢٥ متر		٢,٥ متر		٢,٧٥ متر		٣,٠٠ متر		٣,٢٥ متر		٣,٥ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	٤٠	٧	٤٢	٧,٤	٤٤	٧,٨	٤٦	٨	٤٨	٨,٥	٥٠	٨,٩
١٧٥	٤٤	١٠,٦	٤٦	١١	٤٩	١٢	٥١	١٢	٥٣	١٢,٧	٥٥	١٣
٢٠٠	٤٨	١٥	٥٠	١٦	٥٣	١٧	٥٥	١٧	٥٨	١٨,٠٠	٦٠	١٩
٢٢٥	٥١	٢٠	٥٤	٢١	٥٧	٢٣	٦٠	٢٤	٦٣	٢٥	٦٥	٢٦
٢٥٠	٥٥	٢٧	٥٩	٢٩	٦٢	٣٠	٦٥	٣٢	٦٨	٣٣	٧٠	٣٤
٣٠٠	٦٢	٤٤	٦٦	٤٧	٦٩	٤٩	٧٢	٥١	٧٦	٥٤	٧٩	٥٦
٣٥٠	٦٩	٦٦	٧٣	٧٠	٧٦	٧٣	٨٠	٧٧	٨٤	٨١	٨٧	٨٤
٤٠٠	٧٤	٩٣	٧٨	٩٨	٨٢	١٠٣	٨٦	١٠٨	٩٠	١١٣	٩٤	١١٨
٤٥٠	٧٩	١٢٦	٨٤	١٣٤	٨٨	١٤٠	٩٢	١٤٦	٩٧	١٥٤	١٠١	١٦١
٥٠٠	٨٦	١٦٩	٩١	١٧٩	٩٦	١٨٨	١٠٠	١٩٦	١٠٥	٢٠٦	١٠٩	٢١٤
٦٠٠	٩٥	٢٦٩	١٠١	٢٨٦	١٠٦	٣٠٠	١١١	٣١٤	١١٦	٣٢٨	١٢١	٣٤٢
٧٠٠	١٠٦	٤٠٨	١١٢	٤٣١	١١٨	٤٥٤	١٢٣	٤٧٣	١٢٩	٤٩٦	١٣٤	٥١٦
٨٠٠	١١٥	٥٧٨	١٢٢	٦١٣	١٢٨	٦٤٣	١٣٤	٦٧٤	١٤٠	٧٠٤	١٤٦	٧٣٤
٩٠٠	١٢٤	٧٨٩	١٣١	٨٢٣	١٣٨	٨٧٨	١٤٥	٩٢٢	١٥١	٩٦١	١٥٧	٩٩٩
١٠٠٠	١٣٢	١٠٣٧	١٤٠	١١٠	١٤٧	١١٥٥	١٥٤	١٢١٠	١٦١	١٢٦٤	١٦٨	١٣١٩
١٢٠	١٤٨	١٦٧٤	١٥٦	١٧٦٤	١٦٥	١٨٦٦	١٧٣	١٩٥٧	١٨٠	٢٠٣٦	١٨٨	٢١٢٦
١٤٠٠	١٦٤	٢٥٢٥	١٧٣	٢٦٦٣	١٨٢	٢٨٠٢	١٩١	٢٩٤٠	٢٠٠	٣٠٧٩	٢٠٨	٣٢٠٢
١٥٠٠	١٧٠	٣٠٠٤	١٨٠	٣١٨١	١٩٠	٣٣٥٧	١٩٩	٣٥١٧	٢٠٨	٣٦٧٦	٢١٦	٣٨١٧
١٦٠٠	١٧٧	٣٥٥٩	١٨٧	٣٧٦٠	١٩٧	٣٩٦١	٢٠٧	٤١٦٢	٢١٦	٤٣٤٣	٢٢٤	٤٥٠٤
١٨٠٠	١٩١	٤٨٦٠	٢٠٣	٥١٦٦	٢١٣	٥٤٢٠	٢٢٣	٥٦٧٢	٢٣٣	٥٩٢٩	٢٤٣	٦١٨٤
٢٠٠٠	٢٠٥	٦٤٤٠	٢١٦	٦٧٨٦	٢٢٨	٧١٦٣	٢٣٩	٧٥٠٨	٢٤٩	٧٨٢٣	٢٦٠	٨١٦٨

obeikandl.com

جدول رقم (٥١- ٥)

القطر الداخلى D مم	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	٣,٧٥ متر		٤,٠٠ متر		٤,٢٥ متر		٤,٥ متر		٤,٧٥ متر		٥,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	٥٢	٩,٢	٥٤	٩,٦	٥٦	٩,٩	٥٨	١٠	٥٩	١٠,٤	٦١	١٠,٨
١٧٥	٥٧	١٣,٧	٥٩	١٤	٦١	١٤,٧	٦٣	١٥	٦٥	١٥,٧	٦٧	١٦
٢٠٠	٦٣	١٩,٨	٦٥	٢٠,٤	٦٧	٢١	٦٩	٢١,٧	٧١	٢٢	٧٣	٢٣
٢٢٥	٦٨	٢٧	٧٠	٢٨	٧٣	٢٩	٧٥	٣٠	٧٧	٣٠,٦	٧٩	٣١
٢٥٠	٧٣	٣٦	٧٦	٣٧	٧٨	٣٨	٨١	٤٠	٨٣	٤١	٨٥	٤٢
٣٠٠	٨٢	٥٨	٨٥	٦٠	٨٧	٦٢	٩٠	٦٤	٩٣	٦٦	٩٥	٦٧
٣٥٠	٩٠	٨٧	٩٤	٩٠	٩٧	٩٣	١٠٠	٩٦	١٠٣	٩٠	١٠٦	١٠٢
٤٠٠	٩٧	١٢٢	١٠١	١٢٧	١٠٤	١٣١	١٠٧	١٣٤	١١١	١٤٠	١١٤	١٤٣
٤٥٠	١٠٤	١٦٥	١٠٨	١٧٢	١١٢	١٧٨	١١٥	١٨٣	١١٩	١٨٩	١٢٢	١٩٤
٥٠٠	١١٣	٢٢٢	١١٧	٢٣٠	١٢١	٢٣٨	١٢٥	٢٤٥	١٢٨	٢٥١	١٣٢	٢٥٩
٦٠٠	١٢٥	٣٥٣	١٣٠	٣٦٨	١٣٤	٣٧٩	١٣٨	٣٩٠	١٤٢	٤٠١	١٤٦	٤١٣
٧٠٠	١٣٩	٥٣٥	١٤٤	٥٥٤	١٤٩	٥٧٣	١٥٣	٥٨٩	١٥٧	٦٠٨	١٦٢	٦٢٣
٨٠٠	١٥١	٧٥٩	١٥٧	٧٨٩	١٦٢	٨١٤	١٦٧	٨٤٠	١٧٢	٨٦٥	١٧٧	٨٩٠
٩٠٠	١٦٣	١٠٣٧	١٦٩	١٠٧٥	١٧٢	١١١٣	١٨٠	١١٤٥	١٨٦	١١٨٣	١٩١	١٢١٥
١٠٠٠	١٧٤	١٣٦٧	١٨٠	١٤١٤	١٨٦	١٤٦١	١٩٢	١٥٠٨	١٩٨	١٥٥٥	٢٠٣	١٥٩٤
١٢٠	١٩٥	٢٢٠٥	٢٠٢	٢٢٨٥	٢٠٨	٢٣٥٢	٢١٥	٢٤٣٢	٢٢١	٢٥٠٠	٢٢٧	٢٥٦٧
١٤٠٠	٢١٦	٢٣٢٥	٢٢٣	٣٤٣٣	٢٣١	٣٥٥٦	٢٣٨	٣١٦٤	٢٤٥	٣٧٧٢	٢٥٢	٣٨٧٩
١٥٠٠	٢٢٤	٣٩٥٨	٢٣٢	٤١٠٠	٢٤٠	٤٢٤١	٢٤٧	٤٣٦٥	٢٥٥	٤٥٠٦	٢٦٢	٤٦٣٠
١٦٠٠	٢٣٣	٤٦٨٥	٢٤١	٤٨٤٦	٢٤٩	٥٠٠٦	٢٥٧	٥١٦٧	٢٦٥	٥٣٢٨	٢٧٢	٥٤٦٩
١٨٠٠	٢٥٢	٦٤١٣	٢٦١	٦٦٤٢	٢٧٠	٦٨٧١	٢٧٨	٧٠٧٤	٢٨٦	٧٢٧٨	٢٩٤	٧٤٨١
٢٠٠٠	٢٦٩	١٤٥١	٢٧٩	٨٧٦٥	٢٨٨	٩٠٤٨	٢٩٧	٩٣٣١	٣٠٦	٩٦١٣	٣١٥	٩٨٩٦

obeikandl.com

جدول رقم (٥١- ٦)

القطر الداخلى D مم	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	٥,٥ متر		٦,٠٠ متر		٧,٠٠ متر		٨,٠٠ متر		٩,٠٠ متر		١٠,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	٦٤	١١,٣	٦٧	١٢	٧٣	١٣	٧٩	١٤	٨٤	١٥	٨٩	١٦
١٧٥	٧١	١٧	٧٤	١٨	٨٠	١٩	٨٦	٢١	٩٢	٢٢	٩٧	٢٣
٢٠٠	٧٧	٢٤	٨١	٢٥	٨٨	٢٨	٩٤	٣٠	١٠٠	٣١	١٠٦	٣٣
٢٢٥	٨٣	٣٣	٨٧	٣٥	٩٥	٣٨	١٠٢	٤١	١٠٩	٤٣	١١٥	٤٦
٢٥٠	٩٠	٤٤	٩٤	٤٦	١٠٢	٥٠	١١٠	٥٤	١١٧	٥٧	١٢٤	٦١
٣٠٠	١٠٠	٧١	١٠٥	٧٤	١١٤	٨١	١٢٣	٨٧	١٣١	٩٣	١٣٩	٩٨
٣٥٠	١١١	١٠٧	١١٧	١١٣	١٢٧	١٢٢	١٣٦	١٣١	١٤٥	١٣٩	١٥٤	١٤٨
٤٠٠	١٢٠	١٥١	١٢٥	١٥٧	١٣٦	١٧١	١٤٧	١٨٥	١٥٦	١٩٦	١٦٥	٢٠٧
٤٥٠	١٢٨	٢٠٤	١٣٤	٢١٣	١٤٦	٢٣٢	١٥٧	٢٥٠	١٦٧	٢٦٦	١٧٧	٢٨١
٥٠٠	١٣٩	٢٧٣	١٤٦	٢٨٧	١٥٨	٣١٠	١٧٠	٣٣٤	١٨١	٣٥٥	١٩٢	٣٧٧
٦٠٠	١٥٤	٤٣٥	١٦١	٤٥٥	١٧٥	٤٩٥	١٨٨	٥٣١	٢٠١	٥٦٨	٢١٣	٦٠٢
٧٠٠	١٧١	٦٥٨	١٧٩	٦٨٩	١٩٥	٧٥٠	٢٠٩	٨٠٤	٢٢٣	٨٥٨	٢٣٦	٩٠٨
٨٠٠	١٨٦	٩٥٣	١٩٥	٩٨٠	٢١٢	١٠٦٦	٢٢٨	١١٤٦	٢٤٣	١٢٢٢	٢٥٧	١٢٩٢
٩٠٠	٢٠١	١٢٧٩	٢١١	١٣٤٢	٣٢٩	١٤٥٧	٢٤٦	١٥٦٥	٢٦٢	١٦٦٧	٢٧٨	١٧٦٩
١٠٠٠	٢١٤	١٦٨١	٢٢٤	١٧٥٩	٢٤٤	١٩١٦	٢٦٢	٣٠٥٨	٢٧٩	٢١٩١	٢٩٥	٢٣١٧
١٢٠	٢٣٩	٢٧٠٣	٢٥١	٢٨٣٩	٢٧٣	٣٠٨٨	٢٩٣	٣٣١٤	٣١٢	٣٥٢٩	٣٣١	٣٧٤٤
١٤٠٠	٢٦٥	٤٠٧٩	٢٧٨	٤٢٨٠	٣٠٢	٤٦٤٩	٣٢٢	٥٠٠٣	٣٤٦	٥٣٢٦	٣٦٦	٥٦٣٤
١٥٠٠	٢٧٦	٤٨٧٧	٢٨٩	٥١٠٧	٣١٤	٥٥٤٩	٣٣٨	٥٩٧٣	٣٦٠	٦٣٦٢	٣٨١	٦٧٣٣
١٦٠٠	٢٨٧	٥٧٧٠	٣٠٠	٦٠٣٢	٣٢٦	٦٥٥٥	٣٥١	٧٠٥٧	٣٧٤	٧٥٢٠	٣٩٦	٧٩٦٢
١٨٠٠	٣١٠	٧٨٨٩	٣٢٥	٨٢٧٠	٣٥٣	٨٩٨٣	٣٨٠	٩٦٧٠	٤٠٤	١٠٢٨١	٤٢٨	١٠٨٩١
٢٠٠٠	٣٣١	١٠٣٩٩	٣٤٧	١٠٩٠١	٣٧٧	١١٨٤٤	٤٠٦	١٢٧٥٥	٤٣٢	١٣٥٧٢	٤٥٨	١٤٣٨٩

obeikandl.com

جدول رقم (٥١- ٧)

القطر الداخلى D مم	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	١٢ متر		١٤ متر		١٦ متر		١٨ متر		٢٠ متر		٢٢ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	٩٨	١٧	١٠٦	١٩	١١٤	٢٠	١٢٢	٢٢	١٢٩	٢٣	١٣٦	٢٤
١٧٥	١٠٨	٢٦	١١٧	٢٨	١٢٦	٣٠	١٣٤	٣٢	١٤٢	٣٤	١٤٩	٣٦
٢٠٠	١١٧	٣٧	١٢٧	٤٠	١٣٧	٤٣	١٤٦	٤٦	١٥٥	٤٩	١٦٣	٥١
٢٢٥	١٢٧	٥١	١٣٨	٥٥	١٤٨	٥٩	١٥٨	٦٣	١٦٧	٦٦	١٧٦	٧٠
٢٥٠	١٣٧	٦٧	١٤٩	٧٣	١٦٠	٧٩	١٧٠	٨٣	١٨٠	٨٨	١٩٠	٩٣
٣٠٠	١٥٣	١٠٨	١٦٦	١١٧	١٧٩	١٢٧	١٩١	١٣٥	٢٠٢	١٤٣	٢١٢	١٥٠
٣٥٠	١٦٩	١٦٣	١٨٤	١٧٧	١٩٨	١٩٠	٢١١	٢٠٣	٢٢٣	٢١٥	٢٣٢	٢٢٦
٤٠٠	١٨٢	٢٢٩	١٨٩	٢٤٩	٢١٣	٢٦٨	٢٢٧	٢٨٥	٢٤٠	٣٠٢	٢٥٣	٣١٨
٤٥٠	١٩٥	٣١٠	٢١٢	٣٣٧	٢٢٨	٣٦٣	٣٤٣	٣٨٦	٢٥٨	٤١٠	٢٧١	٤٣١
٥٠٠	٢١٢	٤١٦	٢٣٠	٤٥١	٢٤٧	٤٨٥	٢٦٤	٥١٨	٢٧٩	٥٤٨	٢٩٤	٥٧٧
٦٠٠	٢٣٥	٦٦٤	٢٥٥	٧٢١	٢٧٤	٧٧٥	٢٩٢	٨٢٥	٣٠٩	٨٧٤	٣٢٥	٩١٩
٧٠٠	٢٦١	١٠٠٤	٢٨٣	١٠٨٩	٣٠٤	١١٧٠	٣٢٤	١٢٤٧	٣٤٣	١٣٢٠	٣٦٢	١٣٩٣
٨٠٠	٢٨٣	١٤٢٣	٣٠٨	١٥٤٨	٣٣١	١٦٦٤	٣٥٣	١٧٧٥	٣٧٤	١٨٨٠	٣٩٣	١٩٧٦
٩٠٠	٣٠٦	١٩٤٧	٣٣٣	٢١١٩	٣٥٨	٢٢٧٨	٣٨١	٢٤٢٤	٤٠٤	٢٥٧٠	٤٢٥	٢٧٠٤
١٠٠٠	٣٢٦	٢٥٦٠	٣٥٤	٢٧٨٠	٣٨١	٢٩٩٢	٤٠٦	٣١٨٩	٤٢٩	٣٣٦٩	٤٥٢	٣٥٥٠
١٢٠	٣٦٥	٤١٢٨	٣٩٧	٤٤٩٠	٤٢٦	٤٨١٨	٤٥٤	٥١٣٥	٤٨١	٥٤٤٠	٥٠٦	٥٧٢٣
١٤٠٠	٤٠٤	٦٢١٩	٤٣٩	٦٧٥٨	٤٧٢	٧٢٦٦	٥٠٣	٧٧٤٣	٥٣٢	٨١٩٠		
١٥٠٠	٤٢٠	٧٤٢٢	٤٥٧	٨٠٧٦	٤٩١	٨٦٧٦						
١٦٠٠	٤٣٧	٤٧٨٦	٤٧٥	٩٥٥٠	٥١٠	١٠٢٥٤						
١٨٠٠	٤٧٢	١٢٠١١	٥١٣	١٣٠٥٤								
٢٠٠٠	٥٠٥	١٥٨٦٥										

obeikandl.com

جدول رقم (٥١- ٨)

القطر الداخلى D مم	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	٢٤ متر		٢٦ متر		٢٨ متر		٣٠ متر		٣٢ متر		٣٤ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	١٤٢	٢٥	١٤٨	٢٦	١٥٤	٢٧	١٦٠	٢٨	١٦٦	٢٩	١٧٢	٣٠
١٧٥	١٥٦	٣٨	١٦٣	٣٩	١٧٠	٤١	١٧٦	٤٢	١٨٣	٤٤	١٨٩	٤٦
٢٠٠	١٧١	٥٤	١٧٨	٥٦	١٨٥	٥٨	١٩٢	٦٠	١٩٩	٦٢	٢٠٦	٦٥
٢٢٥	١٨٥	٧٤	١٩٣	٧٧	٢٠١	٨٠	٢٠٨	٨٣	٢١٦	٨٦	٢٢٣	٨٩
٢٥٠	١٩٩	٩٨	٢٠٨	١٠٢	٢١٦	١٠٦	٢٢٤	١١٠	٢٣٢	١١٤	٢٤٠	١١٨
٣٠٠	٢٢٣	١٥٨	٢٣٢	١٦٤	٢٤٢	١٧١	٢٥١	١٧٧	٢٦٠	١٨٤	٢٦٩	١٩٠
٣٥٠	٢٤٦	٢٣٧	٢٥٧	٢٤٧	٢٦٨	٢٥٨	٢٧٨	٢٦٧	٢٨٨	٢٧٧	٢٩٧	٢٨٦
٤٠٠	٢٦٥	٣٣٣	٢٧٧	٣٤٨	٢٨٨	٢٦٢	٢٩٩	٣٧٦	٣٤٠	٣٩٠	٣٢٠	٤٠٢
٤٥٠	٢٨٤	٤٥٢	٢٩٧	٤٧٢	٣٠٩	٤٩١	٣٢١	٥١٠	٣٣٢	٥٢٨	٣٤٣	٥٤٥
٥٠٠	٣٠٨	٦٠٥	٣٢٢	٦٣٢	٣٣٥	٦٥٨	٣٤٧	٦٨١	٣٦٠	٧٠٧	٣٧٢	٧٣٠
٦٠٠	٣٤٠	٩٦٤	٣٥٦	١٠٠٦	٣٧٠	١٠٤٩	٣٨٥	١٠٨٨	٣٩٨	١١٢٥	٤١٢	١١٦٥
٧٠٠	٣٧٩	١٤٥٨	٣٩٦	١٥٢٤	٤١٢	١٥٨٥	٤٢٨	١٦٤٧	٤٤٣	١٧٠٥	٤٥٧	١٧٥٩
٨٠٠	٤١٢	٢٠٧١	٤٣٠	٢١٦٢	٤٤٨	٢٢٥٢	٤٦٥	٢٣٣٨	٤٨١	٢٤١٨	٤٩٧	٢٤٩٨
٩٠٠	٤٤٥	٢٨٣١	٤٦٥	٢٩٥٨	٤٨٤	٣٠٧٩	٥٠٢	٣١٩٤	٥٢٠	٣٣٠٨	٥٣٧	٣٤١٦
١٠٠٠	٤٧٤	٣٧٢٣	٤٩٥	٣٨٨٨	٥١٥	٤٠٤٥						
١٢٠٠	٥٣١	٦٠٠٦										

obeikandl.com

جدول رقم (٥١- ٩)

القطر الداخلى D مم	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	٣٦ متر		٣٨ متر		٤٠ متر		٤٢ متر		٤٤ متر		٤٦ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	١٧٧	٣١	١٨٢	٣٢	١٨٧	٣٣	١٩٢	٣٤	١٩٧	٣٥	٢٠٢	٣٦
١٧٥	١٩٥	٤٧	٢٠٠	٤٨	٢٠٦	٥٠	٢١١	٥١	٢١٧	٥٢	٢٢٢	٥٤
٢٠٠	٢١٢	٦٧	٢١٩	٦٩	٢٢٥	٧١	٢٣١	٧٣	٢٣٧	٧٤	٢٤٢	٧٦
٢٢٥	٢٣٠	٩٢	٢٣٧	٩٤	٢٤٣	٩٧	٢٥٠	١٠٠	٢٥٦	١٠٢	٢٦٣	١٠٥
٢٥٠	٢٤٨	١٢٢	٢٥٥	١٢٥	٢٦٢	١٢٩	٢٦٩	١٣٢	٢٧٦	١٣٦	٢٨٣	١٣٩
٣٠٠	٢٧٧	١٩٦	٢٨٥	٢٠١	٢٩٣	٢٠٧	٣٠١	٢١٣	٣٠٩	٢١٨	٣١٦	٢٢٣
٣٥٠	٢٠٧	٢٩٥	٣١٦	٣٠٤	٣٢٥	٣١٣	٣٣٣	٣٢٠	٣٤٢	٣٢٩	٣٥٠	٣٣٧
٤٠٠	٣٣٠	٤١٥	٣٤٠	٤٢٧	٣٥٠	٤٤٠	٣٥٩	٤٥١	٣٦٨	٤٦٣	٣٧٧	٤٧٤
٤٥٠	٣٥٤	٥٦٣	٣٦٤	٥٧٩	٣٧٥	٥٩٦	٣٨٥	٦١٢	٣٩٤	٦٢٦	٤٠٤	٦٤٢
٥٠٠	٣٨٣	٧٥٢	٣٩٥	٧٧٥	٤٠٦	٧٩٧	٤١٧	٨١٩	٤٢٧	٨٣٨	٤٣٨	٨٦٠
٦٠٠	٤٢٥	١٢٠١	٤٣٧	١٢٣٥	٤٤٩	١٢٦٩	٤٦١	١٣٠٣	٤٧٣	١٣٣٧	٤٨٥	١٣٧١
٧٠٠	٤٧٢	١٨١٦	٤٨٦	١٨٧٠٢	٤٤٩	١٩٢٠	٥١٣	١٩٧٤	٥٢٦	٢٠٢٤	٥٣٩	٢٠٧٤
٨٠٠	٥١٣	٢٥٧٩	٥٢٨	٦٥٤	٥٤٣	٢٧٣٠						

obeikandl.com

جدول رقم (٥١- ١٠)

القطر الداخلى D مم	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	٤٨,٠٠ متر		٥٠,٠٠ متر		٥٢,٠٠ متر		٥٦,٠٠ متر		٦٠,٠٠ متر		٦٤,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	٢٠٧	٣٧	٢١١	٣٧,٥	٢١٦	٣٨	٢٢٥	٤٠	٢٣٣	٤١	٢٤١	٤٣
١٧٥	٢٢٧	٥٥	٢٣٢	٥٦	٢٣٧	٥٧	٢٤٧	٦٠	٢٥٦	٦٢	٢٦٦	٦٤
٢٠٠	٢٤٨	٧٨	٢٥٣	٧٩	٢٥٩	٨١	٢٦٩	٨٤	٢٨٠	٨٨	٢٩٠	٩١
٢٢٥	٢٦٩	١٠٧	٢٧٥	١٠٩	٢٨١	١١٢	٢٩٢	١١٦	٣٠٣	١٢١	٣١٤	١٢٥
٢٥٠	٢٨٩	١٤٢	٢٩٦	١٤٥	٣٠٢	١٤٨	٣١٤	١٥٤	٣٢٦	١٦٠	٣٣٨	١٦٦
٣٠٠	٣٢٤	٢٢٩	٣٣١	٢٣٤	٣٣٨	٢٣٩	٣٥٢	٢٤٩	٣٦٥	٢٥٨	٣٧٨	٢٦٧
٣٥٠	٣٥٨	٣٤٤	٣٦٦	٣٥٢	٣٧٤	٣٦٠	٣٨٩	٣٧٤	٤٠٤	٣٨٩	٤١٨	٤٠٢
٤٠٠	٣٨٦	٤٨٥	٣٩٤	٤٩٥	٤٠٣	٥٠٧	٤١٩	٥٢٧	٤٣٥	٥٤٧	٤٥١	٥٦٧
٤٥٠	٤١٣	٦٥٧	٤٢٢	٦٧١	٤٣٢	٦٨٧	٤٤٩	٧١٤	٤٦٦	٧٤١	٤٨٣	٧٦٨
٥٠٠	٤٤٨	٨٧٩	٤٥٨	٨٩٩	٤٦٨	٩١٩	٤٨٧	٩٥٦	٥٠٢	٩٩١	٥٢٣	١٠٢٧
٦٠٠	٤٩٦	١٤٠٢	٥٠٧	١٤٣٣	٥١٨	١٤٦٤	٥٣٩	١٥٢٤				

obeikandi.com

جدول رقم (٥١– ١١)

القطر الداخلى D مم	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	٤٨,٠٠ متر		٥٠,٠٠ متر		٥٢,٠٠ متر		٥٦,٠٠ متر		٦٠,٠٠ متر		٦٤,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	٢٤٩	٤٤	٢٥٧	٤٥	٢٦٥	٤٧	٢٧٢	٤٨	٢٨١	٥٠	٢٩٠	٥١
١٧٥	٢٧٤	٦٦	٢٨٣	٦٨	٢٩١	٧٠	٣٠٠	٧٢	٣٠٩	٧٤	٣١٩	٧٧
٢٠٠	٢٩٩	٩٤	٣٠٩	٩٧	٣١٨	١٠٠	٣٢٧	١٠٣	٣٣٨	١٠٦	٣٤٨	١٠٩
٢٢٥	٣٢٤	١٢٩	٣٣٤	١٣٣	٣٤٤	١٣٧	٣٥٤	١٤١	٣٦٦	١٤٦	٣٧٧	١٥٠
٢٥٠	٣٤٩	١٧١	٣٦٠	١٧٧	٣٧١	١٨٢	٣٨١	١٨٧	٣٩٤	١٩٣	٤٠٦	١٩٩
٣٠٠	٣٩١	٢٧٦	٤٠٣	٢٨٥	٤١٥	٢٩٣	٤٢٧	٣٠٢	٤٤١	٣١٢	٤٥٥	٣٢٢
٣٥٠	٤٣٢	٤١٦	٤٤٦	٤٢٩	٤٥٩	٤٤٢	٤٧٢	٤٥٤	٤٨٨	٤٦٩	٥٠٣	٤٨٤
٤٠٠	٤٦٦	٥٨٦	٨٥٠	٦٠٣	٤٩٤	٦٢١	٥٠٨	٦٣٩	٥٢٥	٦٦٠	٥٤٢	٦٨١
٤٥٠	٤٩٩	٧٩٣	٥١٤	٨١٧	٥٣٠	٨٤٣						

جدول (٥٠ – ١٢)

	٩٥ متر		١٠٠ متر		١١٠ متر		١٢٠ متر		١٣٠ متر		١٤٠ متر	
١٥٠	٢٩٩	٥٣	٣٠٧	٥٤	٣٢٣	٥٧	٣٣٩	٦٠	٣٥٤	٦٣	٣٦٨	٦٥
١٧٥	٣٢٩	٧٩	٣٣٨	٨١	٣٥٦	٨٦	٣٧٣	٩٠	٣٨٩	٩٤	٤٠٥	٩٨
٢٠٠	٣٥٩	١١٣	٣٦٩	١١٦	٣٨٨	١٢٢	٤٠٧	١٢٨	٤٢٥	١٣٣	٤٤٢	١٣٩
٢٢٥	٣٨٨	١٥٤	٣٩٩	١٥٩	٤٢٠	١٦٧	٤٤١	١٧٦	٤٦٠	١٨٣	٤٧٩	١٩١
٢٥٠	٤١٨	٢٠٥	٤٣٠	٢١١	٤٥٣	٢٢٢	٤٧٤	٢٣٣	٤٩٥	٢٤٣	٥١٦	٢٥٣
٣٠٠	٤٦٨	٣٣١	٤٨١	٣٤٠	٥٠٧	٣٥٨	٥٣١	٣٧٥	٥٥٤	٣٩٢	٥٧٧	٤٠٨
٣٥٠	٥١٨	٤٩٨	٥٣٢	٥١٢	٥٦١	٥٤٠						

جدول رقم (٥١– ١٣)

	١٥٠ متر		١٦٠ متر		١٧٠ متر		١٨٠ متر		١٩٠ متر		٢٠٠ متر	
١٥٠	٣٨٢	٦٨	٣٩٦	٧٠	٤٠٩	٧٢	٤٢٢	٧٥	٤٣٤	٧٧	٤٤٧	٧٩
١٧٥	٤٢١	١٠١	٤٣٥	١٠٥	٤٥٠	١٠٨	٤٦٤	١١٢	٤٧٨	١١٥	٤٩١	١١٨
٢٠٠	٤٥٩	١٤٤	٤٧٥	١٤٩	٤٩١	١٥٤	٥٠٦	١٥٩	٥٢١	١٦٤	٥٣٦	١٦٨
٢٢٥	٤٩٧	١٩٨	٥١٥	٢٠٥	٥٣٢	٢١٢						
٢٥٠	٥٣٥	٢٦٣	٥٥٤	٢٧٢	٥٧٣	٢٨١						

جدول (٥١ – ١٤)

	٢١٠ متر		٢٢٠ متر		٢٣٠ متر		٢٤٠ متر		٢٥٠ متر		٢٧٥ متر	
١٥٠	٤٥٧	٨١	٤٧٠	٨٢	٤٨٢	٨٥	٤٩٣	٨٧	٥٠٤	٨٩	٥٣٠	٩٤
١٧٥	٥٠٤	١٢١	٥١٧	١٢٥	٥٣٠	١٢٨	٥٤٢	١٣١	٥٥٤	١٣٤	٥٨٣	١٨١

obeikandl.com

٧ - التغير في الضغط (الاضطراب) والمطرقة المائية

(Surges And Water Hammer).

يحدث عادة فى خطوط نقل المياه والشبكات الإضطراب فى الضغط والمطرقة المائيه وهما ليسا نفس الشيء. فالإضطراب (Surge) هو الزيادة البطيئة أو الخفض البطيء فى ضغط المياه بما يسبب تلف فى خطوط المواسير وهذه يمكن علاجها بمحابس الحد من الاضطراب (Surge Relief Valves) أو باستخدام خزانات الإضطراب (Surge Tanks). وقد سبق الاشارة الى محابس تخفيف الضغط، وكذلك يمكن إستخدام محبس المكبس للتحكم فى الاضطراب على التوالى مع محابس عدم الرجوع فى محطة الطلمبات لتنظيم التغير فى معدل سريان المياه.

أما المطرقه المائيه فهى موجة ضغط ديناميكيه تسير فى الماء بسرعة قريبة من سرعة الصوت. يمكن أن تكون صدمة المطرقه المائية بحجم مدمر والتى ينتج عنها تفكك الوصلات وتدمير المحابس والطلمبات وخلع الماسورة. ففى حالة التوقف المفاجيء خلال القفل السريع للمحبس أو إنقطاع مصدر الطاقة عن الطلمبه أو الأعمال المشابهة. فإن عامود الماء المندفع بسرعة عالية يمكن أن يحدث موجه مطرقة مائية مرتدة والتى قد تتلف ليس فقط الخط ولكن المواسير الفرعية فى الشبكة وهذه الموجه ترتد الى الخلف وإلى الأمام خلال مقطع الماسورة حتى تتوقف بالاحتكاك وبمرور الوقت.

حوض التغلب علي الاضطراب Surge Tank

حوض الإضطراب عباره عن أى إناء يمكنه أن يستقبل حجم المياه المدفوعة بواسطة الاضطراب يوضع فوق الخط وليس به محابس مع المصدر. وهذا الخزان أو الحوض يكون ممتلىء جزئيا بالماء ومحكم القفل ومانع لتسرب الهواء ونظرا لازابة الهواء فى الماء مما يتطلب إعادة ضغط الهواء باستخدام ضاغط هواء. وقد تم بنجاح فى الخزانات الصغيرة تثبيت ستاره من المطاط أو ما شابه ذلك لمنع دخول الهواء.

openkanal.com

ولحساب حجم الخزان اللازم لمقاومة الاضطراب وتصميمه فإنه يمكن تعيين إرتفاع منسوب المياه فى الخزان من البيانات التالية.

L = طول الماسورة (خط المواسير) المعرض للإضطراب بالمقدم.

Q = معدل سريان المياه بالقدم المكعب فى الثانية قبل قفل المحبس أو بعد تشغيل الطلمبه.

a = مساحة مقطع الماسورة (الخط) بالقدم المربع.

A = مقطع الخزان بالقدم المربع.

وباستخدام المعادلة الآتية يمكن تعيين H إرتفاع عامود الماء فى الخزان

$$H = Q \left(\frac{L}{g \times A \times a} \right)^{1/2}$$ حيث g لمجلة الجاذبيه = ٣٢ قدم، ث

الوقت الكافي لقفل المحبس لتجنب المطرقة المائيه:

معظم الدراسات عن المطرقة المائيه تمت باستخدام نوع واحد من المواسير أى أن الماسورة تكون من مادة واحدة بالنسبة للطول تحت الدراسة وهذا لا يمثل الواقع الموجود عادة فى الموقع. ولهذا السبب تم إستخدام معامل اللدونه للماء نسبة الى مادة الماسورة، حيث أخذ متوسط للمعامل Mr ليكون ٠,٢ .

ولحساب الوقت الكافى لقفل المحبس ليزيد عن الوقت اللازم لدورة المطرقة المائية لتجنب حدوثها تستخدم المعادلة الآتية:

$$T = \frac{2L}{a}$$

$$a = \frac{٤٦٦٠}{(M_r T_r + ١)^{1/2}}$$

حيث T = الزمن بالثانية اللازم لقفل المحبس.

L = طول الخط (الماسورة) بالقدم.

a = سرعة الدوره بالقدم فى الثانية، سرعة الصوت فى الماء ٤٦٦٠ قدم/ ث.

Mr = ٠,٢

tr = النسبة بين قطر الماسورة الى سمك جدار الماسورة.

وكذلك يمكن تحديد إجمالى الضغط بالقدم بالناتج عن المطرقة المائية كالآتى:

$$h = \frac{av}{g}$$

حيث h = قوة الصدمة للمطرقة المائية بالقدم من الماء

V = الهبوط فى السرعة للسريان خلال الماسورة

g = عجلة الجاذبية الأرضية ٣٢,٢ قدم/ ث

من الناحية العملية فإن قفل المحابس المتوسطة والكبيره يستغرق عدة دقائق بما لا يسبب حدوث مطرقة مائية. وأقل سرعة لقفل الصمامات هى

قطر ١٠٠ ← ١٢٥ مم ٣٠ ثانيه

قطر ١٥٠ ← ٣٠٠ مم ٤٥ ثانيه

قطر ٣٢٥ ← ٥٠٠ مم اكثر من ١ دقيقة

كما يراعى توصيل نهايات المواسير ببعضها وعدم وجود نهايات ميته. وأن يكون ضغط التشغيل لا يزيد عن نصف ضغط الإختبار للمواسير.

obeikandl.com

الباب السابع

التصميم لانشاء المواسير وملحقاتها

obeikandl.com

الفهرس

البنود	الموضوعات	الصفحات
١	منظومة مياه الشرب	٣٨٥
٢	الإجهادات من القوى الديناميكية عند الانحناءات	٣٨٨
٣	إنشاء المواسير	٣٩٥
٤	الأساسات للمواسير	٣٩٦
٥	حساب الأحمال على الماسورة	٤٠١

obeikandl.com

١- منظومة مياه الشرب :

هى أساسا شبكه من المواسير ومحلقاتها تعمل لتوصيل مياه الشرب بحالة جيدة الى جميع الأماكن بالمعدل المحدد للتدفق والضغط. يمكن المحافظة على الضغط بالضخ وإعادة الضخ وتنظيم الضغط بالمحابس والتخزين على أقصى إرتفاعات مناسبة فى المنظومة، وخلال التغذية الرئيسية والفرعات بالأقطار المناسبة وباستخدام التحكم عن بعد (Remote Control) يمكن توفير التدفق المطلوب طبقا لمطالب الاستهلاك بما فى ذلك الحالات الطارئة فى أى مكان من نقطة تحكم مركزيه.

وعناصر المنظومة تشمل مواسير النقل والتوزيع ونظام للمحابس للتمرير (By Passing) وللتحكم وطلمبات ضخ وخزانات مياه ومراقبة نوعيه المياه والتحكم الآلى.

التغير فى الشبكة يجب أن يكون متوقعاً. فعند دمج الشبكة فى وصلات جديدة أو إمتدادات فإن التحليل الهيدروليكى لأقصى تدفق سيكشف المناطق الضعيفه بما يفيد فى تطوير التصميم.

فى السنين الأخيرة أدخل نظام إستخدام الحاسب الآلى لعمل التحليل الهيدروليكى اليومى فى معظم المدن. فاستخدام معدات التحكم والسيطرة ونقل البيانات الى المسجل والكمبيوتر ساعد على سرعة ودقة التحكم لمعظم نظم التدفق المعقدة. وإن كانت الطرق الرياضيه والجداول مازالت تستخدم لكل من يهتم بتحليل منظومه صغيره أو جزء من منظومة كبيره باستخدام الحسابات التقليدية.

يمكن تقدير البيانات التصميميه من معدلات التدفق والاستهلاك مع الأخذ فى الاعتبار معدل النمو السكانى فى المجتمع المخدوم أو الامتداد العمرانى. تحديد أقصى تدفق الذى يمكن تحقيقه بأقطار المواسير الموجوده يتطلب معايير تصميميه أخرى ومعرفة كفاءة المحطة. تحليل المنظومة يمكن من تقدير أقصى نتائج يمكن توقعها.

إن تلف المنظومة يمكن أن يحدث بسبب المطرقه المائيه او الإضطراب الهيدروليكى وذلك بسبب القفل للمحابس أو التشغيل الغير منتظم للطلمبه.. الخ.

إن طرق الانشاء لا تقل فى أهميتها عن عمليات التشغيل لحماية المنظومة من هذه المشاكل الهيدروليكيه الطارئه. التسرب والوصلات المتقاطعة والمعالجة تؤثر على صلاحية المياه.

تنقسم أقطار واستخدام المواسير طبقا لظروف التصميم الى مواسير نقل ومواسير توزيع. وعموما فإن مواسير النقل تعمل عند ضغوط عالية وإن كان عليها عدد محدود من المواسير الفرعية أو أحيانا الوصلات المنزلية، عندئذ قد يتطلب الأمر استخدام محابس تخفيض الضغط لأخذ المياه من مواسير النقل. وتمثل مواسير النقل الشبكة الرئيسية لتحليل التدفق فى المنظومة وهى تستقبل التدفقات من مواسير نقل أخرى أو من الطلمبه.

مواسير التوزيع هى الشبكه الكبيره التى توفر المياه للمستهلك ومياه الحريق فى الأماكن السكنية والتجاريه والصناعيه. المبانى المرتفعة قد تتطلب ضغوط زائده أو إنشاء ضخ إضافى وتخزين فى المبنى لتوفير المياه بالكميه والضغط المطلوب فى المبنى.

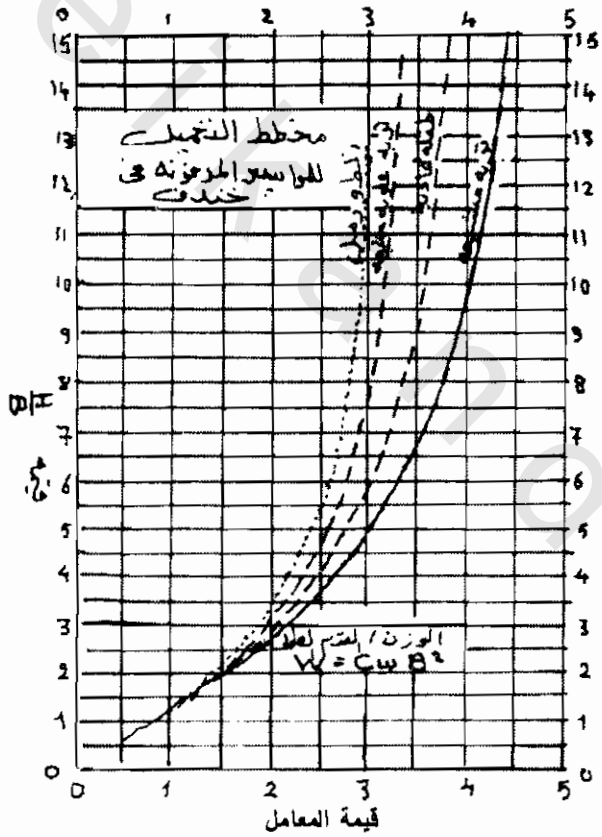
فى معظم الحالات فإن معدل التدفق لمياه الحريق يزيد عن إحتياجات المستهلك فى بعض المناطق السكنيه. تصميم المنظومة يبنى على توفير التدفق العالى المطلوب عند أى حنفيه حريق مع المحافظة على أدنى قطر للماسورة الرئيسية الذى يوفر التدفق.

تدفق ساعة الذروة (الاستهلاك العالى) + تدفق الحريق ليس غالبا ما يستخدم نظرا لأن إحتمال حدوث كليهما صغير جدا، ورغم ذلك يؤخذ به كمعامل أمان مناسب لمراعات زيادة الاستهلاك المستقبلى. يفضل ألا يقل قطر ماسورة تدفقات الحريق عن ٨ ″ فى المناطق السكنية، وماسورة شبكة التغذية عن ٦ ″. المنظومه المغلقة (Closed Loops) غير ذات النهايات الميته حيث تضاعف كميه المياه المتاحة لحنفيه الحريق. رغم العمل على توفير الكميه الكافيه من المياه عند حنفيه الحريق إلا أنه يلزم الضخ باستخدام مضخات الحريق.

المواسير وملحقاتها المكونه للشبكه تختلف طبقا للمنطقة المخدومه واحتياجاتها. المواسير تكون دائما تحت إجهاد مستمر من الأعمال الخارجية مثل ردم التربه، حركه المرور، الإنشاءات، بينما تحمل بداخلها مياه تحت الضغط، بالاضافة الى الضغوط الأخرى الداخلية مثل المطرقة المائية والضغط الناتج عن التشغيل الزائد للطلمبات، تشغيل المحابس والتوقفات وأسباب شابهه تضيف أعمال صدميه تزيد عن طاقة الشبكة خلال فترة إستخدام المواسير.

لهذا فإنه من المهم إختيار ماسورة قادرة على تحمل كل القوى الزائدة المتوقعة الداخلية والخارجيه.

كل المواد المستخدمه فى صناعة المواسير لها ميزات وعيوب عند قياس العمر الافتراضى والقطر والوزن وتكاليف الانشاء مقابل الاجهادات التى تقابلها الماسورة فى المكان المقترح. إن مخاطر كسر ماسورة نقل مياه رئيسيه فى منطقة مزدحمة بالمواصلات أو فى خط ناقل ورئيسى يشكل خطورة حقيقيه بما يتطلب الحرص فى إختيار الماسورة. إن السبب الرئيسى لكسر ماسورة التغذية هو سوء التصميم نتيجة عدم المعرفة الجيده للتربه. قد لا تكفى المواصفات لكل من المواسير المرنه والغير مرنه للخندقه، والتأسيس والردم. لمنع كسر وتلف الماسورة فإنه عند إنشاء الماسورة يلزم معرفة خصائص وإجهادات الرطوبة للتربه (Moisture Stresses) وكذلك ضمان التأسيس الجيد والدفن الجيد والتداول السليم أثناء الانشاء. الكشف على المواسير فى موقع الانشاء لمراجعة أى تلفيات فى عملية الصناعة والحماية هى الضمان ضد أى تلف أو كسر للماسورة فى المستقبل.



شكل (١٨٧) مخطط الحمل للمواسير المدفونه فى خنادق

٢- الإجهادات من القوي الديناميكية عند الانحنا.ات:

الأسباب المعروفة للكسور الرئيسيه بعد الانشاء هى إجهادات الضغوط المضطربه الداخلية المائية والإجهادات الخارجية لحركة التربة وهبوط الخندق وأثر الأعمال المروريه والحماية الغير كافية الداخلية أو الخارجية لمقاومة التآكل يمكن أن تؤدى الى التلف كما تفعل درجة الحرارة.

وهذه الأعمال العادية والإجهادات ستكون موجوده بصرف النظر عن نوع الماسورة. ولمقاومة الأعمال والإجهادات فإن الماسورة يجب أن تختبر بالنسبة للآتى:

أ- أحمال الردم

مع زيادة العمق وذلك بالنسبة لمواسير الضغط أو الانحدار أو الفارغة.

وذلك المواسير الغير مرنه مثل الزهر الرمادى والزهر المرن والأسبتوس المواسير المرنه تشمل المواسير البلاستك والصلب ذات الجدار الرفيع لمقاومة الأحمال والإجهادات فإن الماسورة يجب أن تختبر بالنسبة للآتى:

معادلة الردم للمواسير الغير مرنة (Rigid) هى:

$$W = CwB^2$$

حيث W = الحمل العمودى للقدم الطولى

w= الوزن للقدم المكعب من الردم

B = عرض الخندق عند أعلا الماسورة.

C = معامل له علاقة بالارتفاع والعرض للردم وعرض الماسورة وقوى القص على مخروط الردم بين عرض الماسورة وجدار الخندق للمواسير المرنه

$$W = CwBD$$

حيث D = قطر الماسورة بالقدم

قيم C يمكن الحصول عليها من الشكل (١٨٧)

(٢) ضغط الانفجار: (Bursting Presure)

يطبق ضغط الانفجار على جزء من الماسورة (حلقه) ذات إرتفاع معين. وتقدر قوة المقاومة للماسورة (العينة). القوة فى الشد P لتقاوم بواسطة الماسورة يمكن معرفتها بالمعادلة.

$$P = whr$$

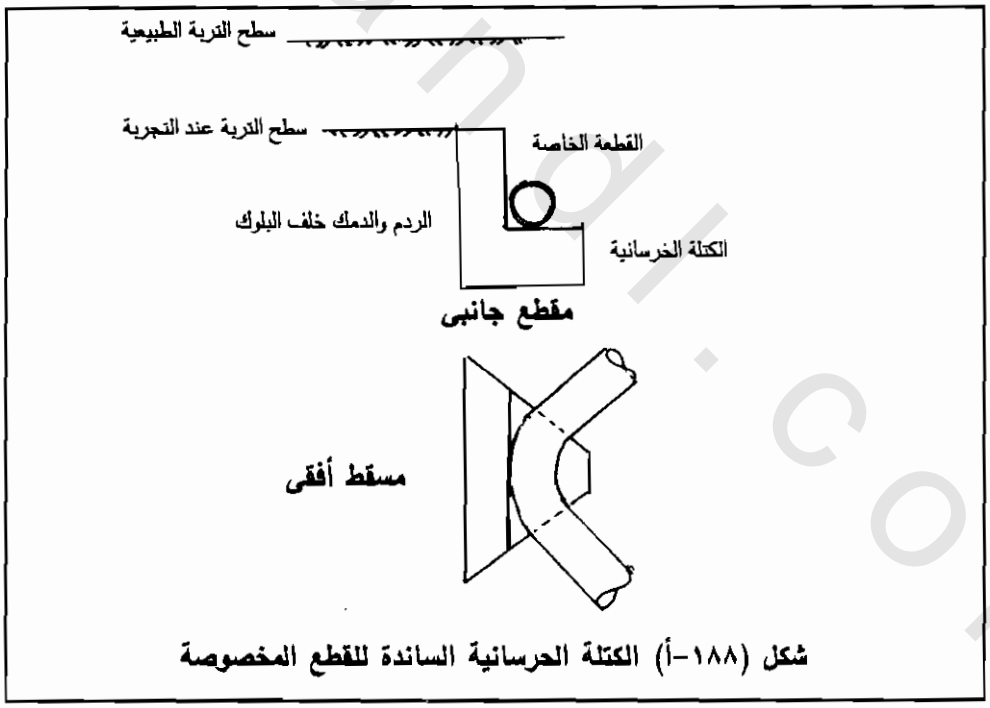
حيث : W = وحدة الوزن للماء (٦٢,٤٣ رطل/ قدم٣)

h = الإرتفاع بالقدم

r = نصف قطر الماسورة بالقدم

القوة P بالرطل تقاس على مساحة وحدة العرض للمقطع مضروبا فى تخانة الماسورة أو بالرطل على البوصة المربعة.

الضغوط الطارئة مثل الاضطراب أو المطرقة يجب أن تضاف الى قوة الشد P. كل نوع من المواسير له معامل أمان محدد يوضح كيفية مقاومة الضغوط الطارئة.



شكل (١٨٨-أ) الكتلة الحرسانية الساندة للقطع المخصوصة

٢ – الإجهادات من القوى الديناميكيه عند الانحناءات والتى تختلف طبقا لقطر الماسوره، درجة الانحناء، سرعة الماء

قوي الدفع: (Thrust Forces)

قوى الدفع هى القوى التى تنشأ فى القطع المخصوصة من كيعان ومشتركات ومساليب ومحابس وغيرها نتيجة تغير إتجاه تدفق السائل وسرعته ونتيجة الضغط الداخلى فى الماسورة وتتكون هذه القوى من جزئين.

القوة الأولى هى قوة كميه الحركه (Momentum Force) وهى نتيجة تغير إتجاه سريان السائل وسرعته حيث أن القوة تتناسب فى أى إتجاه مع تغير كميه الحركة فى نفس الاتجاه.

$$Fm = (W/g)\, Q\Delta V$$

حيث Fm = القوة الناشئة من تغير حركة المياه (كيلوجرام)

g = عجلة الجاذبيه (م/ث)

W = وزن وحدة الحجم من السائل (كج/م٣)

ΔV = الانخفاض فى السرعة فى نفس إتجاه القوة (م/ث)

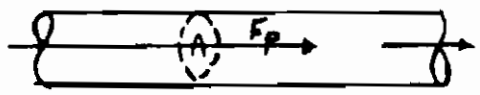
Q = تصرف السائل (م/٣ ث)

وهذه القوة يمكن إهمالها نظرا لصغر قيمتها بالمقارنة بقوى الدفع الناتجة من الضغط الداخلى ولهذا لن تؤخذ فى الاعتبار.

القوة الثانية: وهى قوة الضغط الهيدروستاتيكى الداخلى.

(Internal Hydrostatic Pressure Force)

وهى القوة فى كل فرع من أفرع القطع المخصوصة الناشئة من الضغط الهيدروستاتيكى الداخلى للسائل فى إتجاه محور الماسورة.



$$F_p = P_A$$

حيث أن:

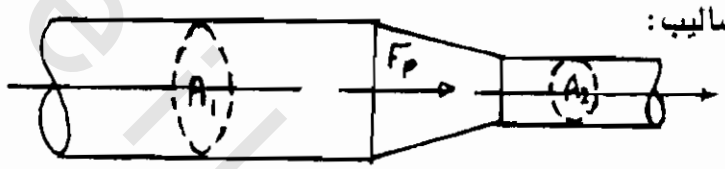
Fp = قوة الضغط الداخلى للسائل (كيلو جرام) .

P = الضغط الهيدروستاتيكى داخل الماسورة (كيلو جرام/ متر مربع)

A = مساحة مقطع الماسورة (متر مربع)

وفيما يلى بيان أنواع القوى:

أ - القوى فى المساليب:



$$F_p = P (A_1 - A_2)$$

حيث أن

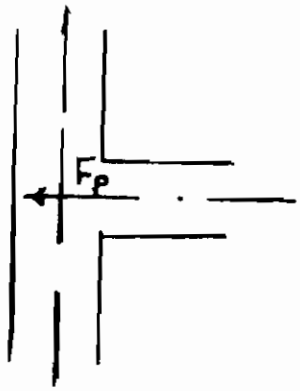
F_p = قوة الضغط الداخلى للسائل (كيلو جرام)

P = الضغط الهيدروستاتيكى داخل الماسورة (كج. م٢)

A_1 = مساحة المقطع المائى الكبير (م٢)

A_2 = مساحة المقطع المائى الصغير (م٢)

ب - القوة فى المشتركات:



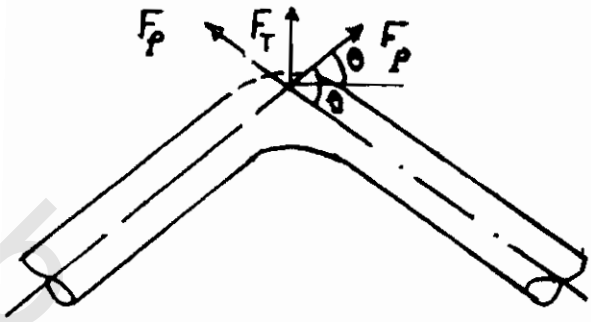
$$F_p = P_A$$

حيث أن

F_p = قوة الضغط الداخلى للسائل (كج)

P = الضغط الهيدروستاتيكى داخل الماسورة (كجم / م٢)

A = مساحة المقطع المائى للفرعة



جـ - القوة فى الكيعان

محصلة قوى الدفع (F_t) هى مجموع مركبات القوى فى إتجاهى محور الماسورة

$$F_t = 2\,F_p \sin \theta /2$$

$$F_t = 2PA \sin \theta /2$$

حيث أن:

Ft = قوة الدفع الناتجة من قوة الضغط الداخلى للسائل (كجم)

P = الضغط الهيدروستاتيكى الداخلى (كجم/م٢)

A = مساحة المقطع المائى (م٢)

θ = درجة إنحناء الكوع (درجة)

يتم مقاومة قوة الدفع عن طريق نقلها الى التربة المحيطة إما عن طريق بلوك (كتله) من الخرسانة أو عن طريق الاحتكاك بين التربه وجسم الماسورة والتى يتم ربطها مع القطع المتأثرة بالقوى.

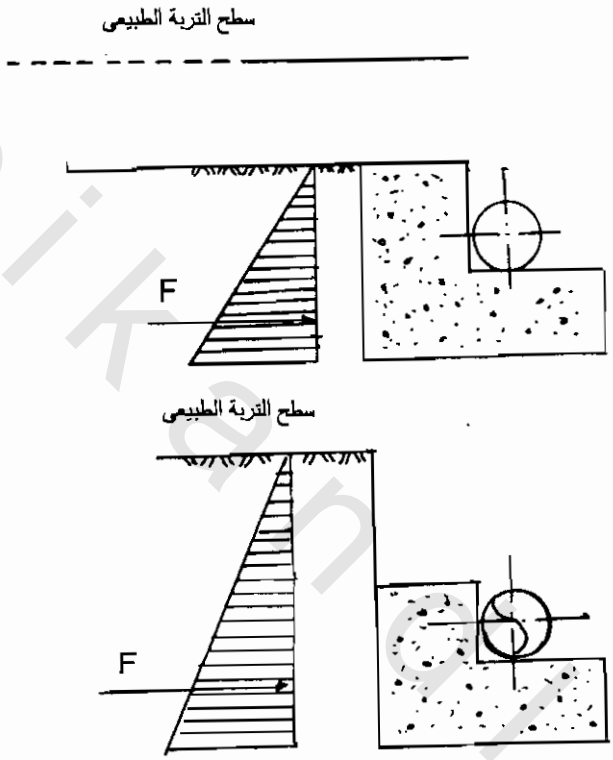
دراسة وتصميم بلوكات مقاومة قوي الدفع:

- حساب قوى الدفع الناتجة من أقصى ضغط للسائل (ضغط الاختبار فى الموقع)
- تصميم شكل وأبعاد البلوك الخرسانى
- دراسة خواص التربه المحيطة
- دراسة إتزان قوى الدفع من الماسورة

يراعى عند تصميم البلوك الخرسانى للقطع المخصوصة حيث لا يوجد ضغط للتربة نتيجة للحفر حولها فإنه يوضع فى الاعتبار ضرورة الردم على طبقات والدمك خلف البلوك الخرسانى بهدف الحصول على قوى رد فعل التربة، كما يجب حساب هذه القوى حتى أعلى

obeikandl.com

منسوب للبلوك الخرسانى وليس عند سطح التربه الطبيعى. وفى حالة التربة المتماسكه حيث لم يتم حفر خلف البلوك الخرسانى فيكون حساب ضغط التربه حتى سطح التربه الطبيعى. كما يراعى بعد تشغيل الخط عدم القيام بأى أعمال حفر خلف البلوك الخرسانى أو أى خلخلة للتربة.



شكل (١٨٨- ب)

وفيما يلى ملخص للطريقة التى تتبع فى عمل الدراسات السابقة فى حالة كوع بدرجة إنحناء (θ) وقطر (D) وضغط الاختبار (P) وتربه محيطه ذات كثافة (ث) وزاوية إحتكاك داخلى (θ) وكثافة للخرسانة (ث ر) . وبافتراض شكل البلوك الخرسانى كما هو موضح فى الشكل التالى يمكن حساب الآتى:

حساب قوى الدفع

$$F_t = 2\,PA \sin \theta / 2$$

$$= 2\,P\,(\pi D^2/4)\,\text{Sin}\,\theta/2$$

حيث أن:

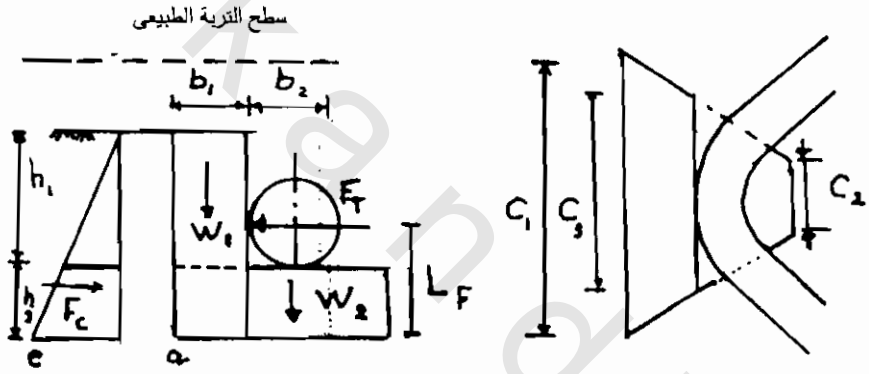
F_t = قوى الدفع للخارج (كجم)

P = ضغط الاختبار الهيدروستاتيكى الداخلى (كجم/ م٢)

D = قطر الماسورة الداخلى (متر)

θ= درجة إنحناء الكوع (درجة)

تصميم شكل وأبعاد البلوك الخرسانى:



شكل (١٨٨ - جـ)

$$W_1 = (h_1\,b_1)\,(C_1 + C_3)\,/2)$$ ث ر

$$W_2 = (h_2\,(b_1 + b_2)\,(C_1 + C_2)\,/2)$$ ث ر

حيث أن:

W_1 و W_2 وزن البلوك الخرسانى بالكيلوجرام

$(h_1، h_2، C_1، C_2، b_1، b_2)$ أبعاد البلوك الخرسانى بالمتر ولضمان عدم زيادة الإجهادات عن الإجهاد المسموح به فى الخرسانة يتم تسليح البلوك الخرسانى بكمر من الحديد أو أسباخ الحديد وخاصة فى حالة التربة الضعيفة الغير متماسكة.

القطع المخصوصه هى الجزء المعرض من الخطوط الرئيسية حيث تعمل القوى الطوليه على تفككها وخاصة عند الانحناءات. السبب العادى لتفكك الانحناءات فى حالة التصميم الجيد للخط والتصميم الجيد للكتلة الخرسانية الساندة (Kick Block) هو تحرك التربة عند الإنحناءات وذلك فى حالة تنفيذ حفر قريبا من الانحناء بعد تشغيل الخط وكذلك عدم تجانس التربه أسفل الماسورة.

يمكن التغلب على هذه المشكلة بربط وصلات الماسورة على أحد جانبى الإنحناء. يتم ذلك بربط أسياخ صلب طوليه بجسم الماسورة عند كل وصلة باستخدام قفيزات (Clamping). أسياخ الصلب والقفيزات تمتد من الإنحناء الى حيث الوزن الكلى للماسورة الرئيسية بالإضافة إلى إحتكاك جسم الماسورة بتربة الردم المدكوكه يساوى القوى الداخلية عند الإنحناء. وبالمثل يمكن إستخدام أسياخ صلب طوليه أقل فى الطول ممتده الى عقد خرسانى حول الماسورة وممتد الى عدة أقدام فى الأرض أسفل الماسورة. تفصل الماسورة عن العقد الخرسانى بواسة شريط تمدد سميك.

٣- إنشاء المواسير: (Laying of Pipes)

تنشأ المواسير عموماً أسفل سطح الأرض، ولكن أحيانا عند مرورها فى منطقة مفتوحة قد تقام فوق سطح الأرض. توضع المواسير طبقا للآتى:

(أ) أولا وقبل كل شىء يتم إعداد خريطة تفصيليه للطرق والشوارع والحارات... الخ. يوقع على هذه الخريطة خط المواسير المقترح، الأقطار والأطوال يتم توقيعها، وكذلك أوضاع خطوط المواسير الموجودة، وخطوط الصرف الصحى والغاز والكهرباء، بالإضافة الى ما سبق أوضاع المحابس والقطع الأخرى.. الخ سيتم كذلك عملهم لتجنب الصعوبات عند التركيب فى هذه الوصلات.

(ب) بعد التخطيط العام يتم تعليم مسار خط المواسير على الأرض من المخطط التفصيلى. يعلم المسار بأوتاد على مسافات ٣٠ متر على خط مستقيم. عند المنحنيات تثبت الأوتاد بفواصل ٧– ١٥ متر.

(جـ) بعد تعليم مسار خط الأنابيب يبدأ الحفر للخنادق لتكون بعرض من ٣٠ الى ٤٥ سم زيادة عن القطر الخارجى للماسورة. وعند كل وصلة يكون عمق الحفر أزيد بـ ١٥ – ٢٠ سم لمسافة طوليه متر واحد لسهولة توصيل المواسير. يتم تنفيذ الحفر بطريقة تكون فيها الماسورة فقط محملة وتظل وصلة الماسورة معلقة. يوضع خط المواسير لأكثر من ٩٠ سم أسفل سطح الأرض للمحافظة على المواسير من التلف نتيجة الصدمات للتحركات المروريه على الطرق أو على الأرض. فى حالة الحفر فى الأرض الرخوه، يتم تقويه الأجناب وحمايتها باستخدام الحوائط الساندة لتجنب إنهيار التربة أو باستخدام المواد المحلية المتاحة.

(د) بعد تمام حفر الخنادق يتم وضع المواسير فيها. عموماً وعمليا تكون المواسير مرصوصة على الجانب المعاكس للخندق. يتم إنزال المواسير الثقيلة بواسطة سقالات وحبال والمواسير الخفيفة يدويا. يبدأ وضع المواسير من المستوى المنخفض يدويا ثم يستمر فى إتجاه المستوى المرتفع على أن تكون النهاية النتايه (Socket End) فى إتجاه الجانب الأعلى. يتم توصيل المواسير مع إستمرار وضع المواسير.

(هـ) بعد وضع المواسير فى مكانها وتوصيلها يتم إختبار المواسير بالنسبة لتسرب المياه والضغط.

(و) بعد تمام إختبار خط المواسير يبدأ الردم لخط المواسير بناتج الحفر مع الدمك الجيد ثم التخلص من الحفر الزائد وتنظيف الموقع.

٤- مواصفات الأساسات وتوصيل المواسير:

أ- انزال المواسير:

فى حالة عدم وجود تداول ميكانيكى فإن المواسير بأوزان حتى ٦٠ كم يمكن انزالها بواسطة فردين. انزال المواسير الأثقل يتم باستخدام الحبال والانزال على سقالات موضوعة على ميول لا تزيد عن ٤٥°م. يتم الانزال لماسورة واحدة فى كل مرة. لا يتم بأى حال إلقاء الماسورة على الأرض من المركبه أو سحب أو دحرجة الماسوره.

(ب) التشـــوين:

يتم تداول المواسير والقطع بحرص شديد لتجنب التلف. يتم الرص على أحد أجناب الخندق، مع وضع النهايات الرأس لأعلى عند صعود المواسير لمرتفع وفوق التيار عند مسار الخط فى أرض مستوية. كل رصة تحتوى على المواسير من نفس الدرجة والقطر.

(جـ) التقطيـــع:

يتم تعليق الماسورة على حاملين متوازيين مع الحذر فى عدم تعليق الجزء المراد قطعه وذلك بأن يكون خط القطع بين الحاملين وذلك لتجنب كسر الماسورة بسبب الثقل قبل إتمام القطع.

(د) الخنـــادق:

يتم حفر الخنادق بما يمكن من وضع المواسير على الاستقامه المطلوبه وعند العمق المطلوب. يتم تثبيت قاع الخندق باستخدام التربه المنقوله اذا لزم الأمر والمياه قبل وضع المواسير. فى حالة وجود هبوط يتم ملؤه بالتربه وتثبيته على طبقات كل سمك ٢٠ سم.

عندما يكون قاع الخندق صخرى أو شديد الصلابه أو تربه حجريه مفككه، يتم حفر الحفر بعمق زائد ١٥ سم، ثم يتم ازالة الأحجار والصخور والأجسام الصلبه من قاع الخندق. ثم العمل على إعادة الخندق الى العمق المطلوب يوضع طبقة من الرمل أو تربه نظيفه مع دقها جيدا لتوفير أساس جيد للمواسير. فى حالة الحاجة إلى أعمال تفجير يتم تغطيه المواسير قبل التفجير لتجنب إرتطامها بالأحجار الساقطة عند التفجير.

بعد إتمام الحفر للخندق يتم عمل حفر فى المكان المطلوب لوضع رءوس المواسير وهذه الحفر تكون بالعمق الكافى لتأكيد ملامسة الماسورة على كل طولها على الأرض الصلبه مع ترك الفراغات الكافية لتوصيل الأجزاء السفليه من الوصلة. ثم يتم ملىء هذه الحفر بالرمال بعد توصيل المواسير.

يلزم المحافظة على خلو الخندق تماما من المياه. وبعد كسح المياه يبدأ الحفر أسفل خط المياه.

(و) وضع المواسير:

يتم إنزال المواسير الى الخندق بواسطة الحبال وأحد نهايات كل حبل ويربط فى وتد مثبت فى الأرض والطرف الآخر فى يد العامل حيث عند التحرر ببطىء من إمساك الحبل يتم انزال الماسورة. ولا يسمح بأى حال دحرجه الماسورة أو قذفها فى الخندق.

بعد إنزال المواسير يتم تنظيمها ليكون ذيل الماسورة فى مركز رأس الماسورة التالية ثم دفعها الى المسافة الكلية. يتم وضع المواسير على المناسيب المطلوبه وكذلك الوصلات والقطع والتصاقها بقاع الخندق بكامل الطول ولا يتم تحميل المواسير على الوصلات أو على تربه غير ثابته.

(هـ) كتل الدفع (Thrust Blocks):

تنشأ كتل الدفع لنقل محصلة الدفع الهيدروليكى من الوصلة أو الماسورة الى مقطع من التربه متسع لتحمل الأحمال. تنشأ كتل الدفع عند التغير فى الاتجاه أو القطر لخط المواسير أو التغير فى الضغط أو عند النهايات الميته للخط، وكذلك يمكن إنشاؤها عند المحابس.

(و) الردم والدمك:

يتم الردم والدمك الجيد لمنع تحرك الماسورة بفعل التربه أو المياه. التربه أسفل وحول الماسورة يلزم دمكها جيدا باستخدام المياه. وذلك مع عدم إستخدام مواد الردم الأوليه من الأحجار الكبيره أو الأجسام الغريبة. يتم الردم بسمك ١٠سم أولا وتثبيته ثم الاستمرار فى الردم حتى سمك ٣٠ سم. يلزم الحذر عند الردم على الميول لتجنب تحرك التربة وفقد التحميل للماسورة. فى هذه الاماكن يتم الردم بزيادة لا تقل عن ١٠ سم فوق سطح الأرض.

(ز) الاختبار الهيدروستاتيكي: Hydrostatic Test

بعد تركيب المواسير وتوصيلها وردمها يتم إختبار الخط كالآتى:

• يتم إختبار أطوال من الخط مع تقدم الانشاء. يتراوح طول خط الإختبار حوالى ٥٠٠ متر. بعد تركيب نهايات الاختبار فى فتحات المواسير يتم ملىء الخط المختبر بالمياه ببطىء مع الأخذ فى الاعتبار طرد كل الهواء من النقط المرتفعة خلال محابس الهواء. يتم ضغط الخط بضخ المياه حتى الوصول الى ضغط الاختبار المطلوب. ضغط الإختبار يكون عادة أكبر من ضغط التشغيل بنسبة ٥٠٪ لخطوط الضغط المنخفض وما بين ٢٠- ٣٠٪ لخطوط الضغط المرتفع.

فى حالة المواسير الأسبستوس والمواسير الخرسانية سابقة الإجهاد، فإن الضغط يستمر لمدة ٢- ٤ يوم ليمكن لجدار الماسورة إمتصاص المياه قبل إجراء الاختبار. وفى حالة مواسير الصلب أو الزهر المبطن بالمونه الاسمنتيه فإنه يمكن الإختبار بعد ٦- ١٢ ساعة من الضخ. كما يتم الاختبار مباشرة للمواسير المبطنه بمواد غير ماصه للمياه مثل البيتومين والايبوكسى ومواد البلاستك.

طبقا لطول خط المواسير وقطر الماسورة فإن إختبار الضغط الهيدروستاتيكى لفترة تزيد عن ٤ الى ٢٤ ساعة. يستمر ضغط الإختبار بالضخ مع قياس كميه المياه التى تم ضخها والتى تعتبر قياس للتسرب الظاهرى. ويستمر إختبار التسرب لمدة تصل الى حوالى ساعتين. ثم بعد ذلك يمكن قياس التسرب بالمعادلة التالية.

$$Q = ND\sqrt{\frac{P}{3.3}}$$

حيث Q = التسرب سم٣ فى الساعة

N = عدد الوصلات فى طول خط المواسير

D = قطر الماسورة بالملميتر

P = متوسط ضغط الإختبار أثناء إختبار التسرب كج/ سم٢ .

مواسير الصلب الملحومه لا يحدث بها تسرب وكذلك تركيب الوصلات بطريقة جيده بوقف التسرب، ولكن يوجد تجاوز مقبول طبقا لعوامل أخرى مسببه للتسرب الظاهرى مثل التغير فى درجات الحرارة، التحرك عند الانحناءات وعند النهايات الميته والامتصاص التدريجى لكميات صغيره من الهواء المحتجز وعدم إستقامة المواسير.

وأثناء تشغيل الخط فإن الإجهادات الكبيره من الضغوط الهيدروليكيه المفاجئه يمكن أن تفكك الوصلات ويبدأ التسرب والذى يمكن أن يصل الفاقد الى حوالى ٤٠ ٪ فى بعض الشبكات أثناء الضغوط الزائدة وأقصى إستهلاك وذلك مع عدم كشفه لعدة سنوات.

الأساسات للمواسير Bedding

يتطلب التصميم الانشائى للماسورة أن تكون قوة تحمل الماسورة (حمل التهشيم) مقسوما على معامل أمان مناسب يساوى أو يزيد عن الأحمال الواقعة عليها ممثله بوزن التربة وأى أحمال حيه وهو ما يسمى بالحمل الآمن.

وسوف يتم تناول طريقة حساب الأحمال على المواسير الصلبه والمرنة الناتجة من التربه والأحمال الحية والميته الخارجيه لجميع حالات التنفيذ للمواسير فى خندق أو على سطح التربة الطبيعية أو بطريقة الأنفاق. وعند دراسة العلاقة بين الأحمال على جسم الماسورة والحمل الآمن من إختبار التهشيم (Three Edge Bearing Test) يمكن تعيين قيمة معامل التحميل (Load Factor) الذى يتوقف عليه نوع التأسيس وذلك بالنسبة للمواسير الصلبه (Rigid Pipes) أما بالنسبة للمواسير المرنة فيتم تحديد نوع الأساس طبقا لنسبة الانبعاج للماسورة والتى يجب ألا يزيد عن ٥ ٪ من القطر.

تعريف المصطلحات الهامة:

– الأحمال الخارجية: هى وزن التربه فوق الماسورة بالاضافة الى الأحمال الحيه الواقعة عليها.

– حمل التهشيم (Crushing Strength):

ويتم بالإختبار المعملى على عينه من الماسورة ووحداته كجم/ متر طولى لكل نوع من المواسير.

- معامل الأمان: (Factor Ofsafety) جدول رقم (٥٦).

وهو رقم أكبر من واحد صحيح والغرض منه إستنتاج الحمل الآمن للماسورة.

- الحمل الآمن (SofeLoad)

هو حمل التهشيم مقسوما على معامل أمان أو طبقا للمواصفات القياسية

$$\text{لنوع الماسورة} = \frac{\text{حمل التهشيم}}{\text{معامل آمان}}$$

$$\text{- معامل التحميل (Load Factor)} = \frac{\text{أقصى أحمال خارجية على الماسورة فى الطبيعه}}{\text{الحمل الآمن}}$$

$$\text{- الحمل الآمن المطلوب للماسورة} = \frac{\text{أقصى أحمال خارجية على الماسورة فى الطبيعه}}{\text{معامل التحميل}}$$

٥ - حسابات الأحمال الواقعة علي الماسورة:

* يعتمد حساب الأحمال الواقعة على جسم الماسورة على نوعيتها من حيث الصلابة والمرونة

أ - المواسير الصلبه (Rigid Pipes) وهذا النوع من المواسير يمتاز بمقاومه عاليه لأحمال التهشيم وتشمل:

- مواسير الزهر
- مواسير الصلب سميك الجدار
- مواسير الفخار

ب - المواسير المرنه (Flexible Pipes)

وهذه المواسير لها قابليه للإنبعاج تحت تأثير الأحمال الخارجيه. تتحمل الماسورة هذه الأحمال عن طريق مقاومتها بالإضافة الى رد فعل التربة الجانبى الناتج عن تحرك جوانب الماسورة نحو التربه وتشمل:

مواسير البولى إيستر المسلح بالصوف الزجاجى GRP

المواسير البلاستك

مواسير الصلب رقيقة الجدار

ويتم إختيار شكل الأساس بفرض إنبعاج الماسورة لا يزيد عن ٥٪ من القطر الاسمى

جـ - حالات تنفيذ الماسورة في الطبيعة

أ - **الخنـدق**: يجب أن يكون الخندق ضيق حول الماسورة نسبيا فى التربة الطبيعية الغير مقلقه ويتم الردم عليها حتى سطح الأرض ويكون الخندق فى أحد القطاعات شكل (١٨٩ - أ) أما فى حالة الماسورة الموضوعة على سطح التربة أو جسر أو خندق عريض كما فى الحالات شكل (ب). أو التنفيذ بطريقة الأنفاق شكل (جـ).

د - حساب الأحمال الخارجية علي الماسورة:

- الأحمال الناتجة من وزن التربة.

(١) حالة الخندق: تتوقف طريقة الحساب حسب نوع الماسورة

(أ) حالة الماسورة الصلبة $W = CwB_2$

(ب) حالة الماسورة المرنة $W = Cw\ BB_C$

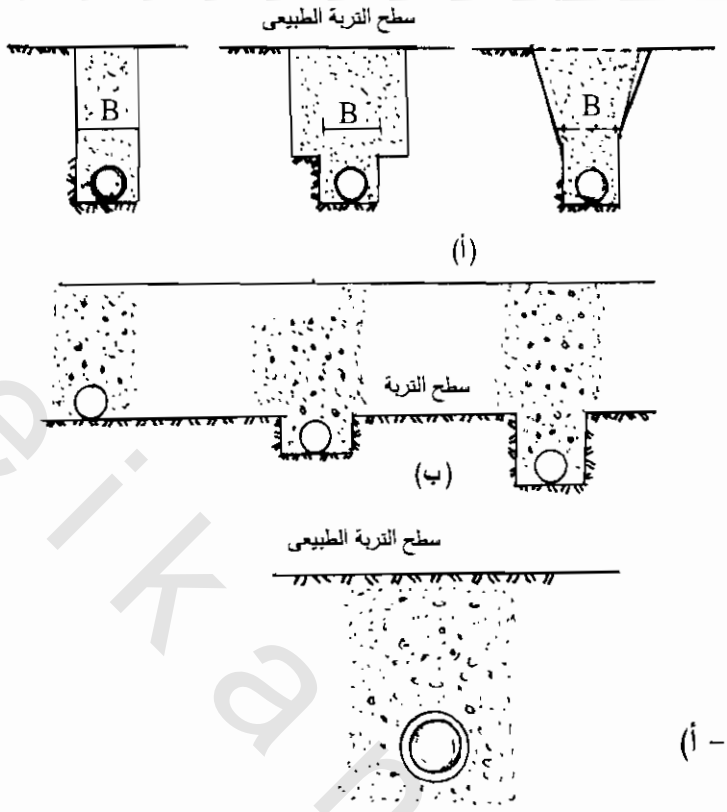
حيث: W = الحمل على الماسورة (كجم/ متر طولى)

W = وزن وحدة الحجوم من الردم (كجم/ م٣)

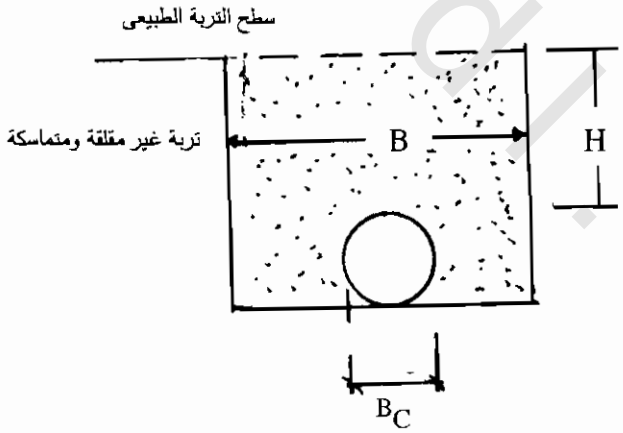
B = عرض الخندق عند السطح العلوى للماسورة (متر)

B_c = القطر الخارجى للماسورة (متر)

C = معامل الوزن

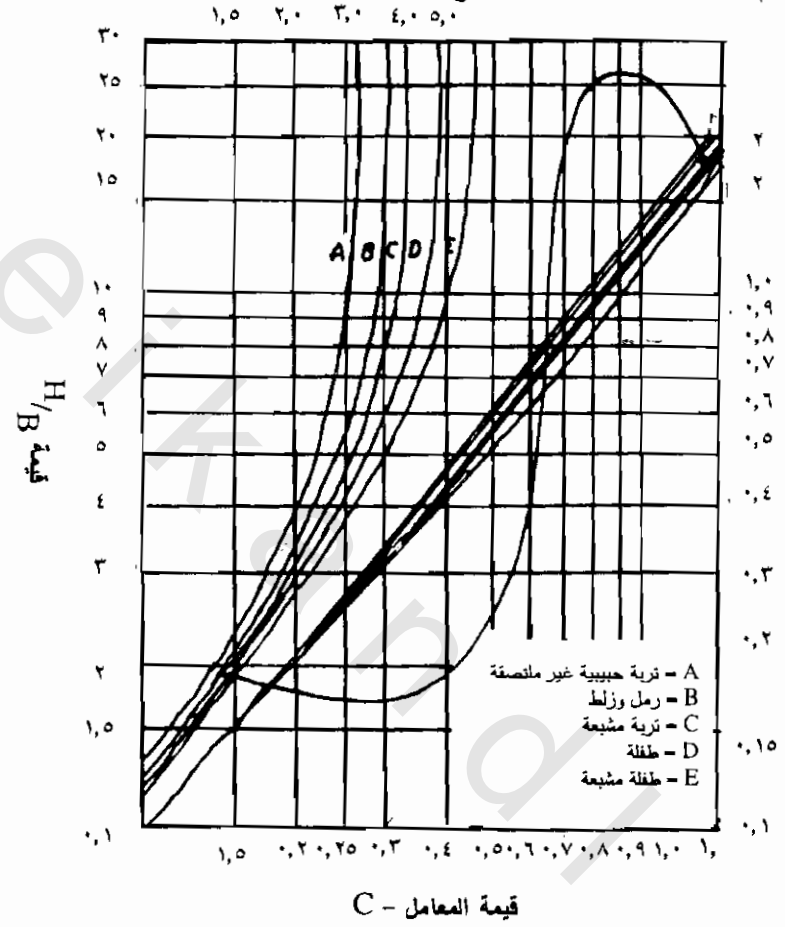


شكل (١٨٩ - أ)



شكل (١٨٩ - ب)

يمكن حساب قيمة العامل C مباشرة من الشكل البيانى رقم (١٩٠) حيث H = عـمق الردم من الراسم العلوى للماسورة وحتى سطح التربة



شكل (١٩٠) مخطط التحميل للمواسير المدفونه بالكيلو جرام

(٢) حالة الردم على ماسورة موضوعة على سطح التربة الطبيعية أو جسر أو خندق عريق:

(أ) فى حـالة الراسم العلوى أعـلا من منسوب سطح الأرض الطبيـعية تطبق المعـادلة التالية فى حالتى المواسير الصلبه والمرنه

$$W = C_C \, wB_C$$

حيث:

W: الحمل على الماسورة (كجم/ م.ط)

w : وزن وحدة الحجم من التربة (كجم/ م٣)

Bc: القطر الخارجى للماسورة (بالمتر)

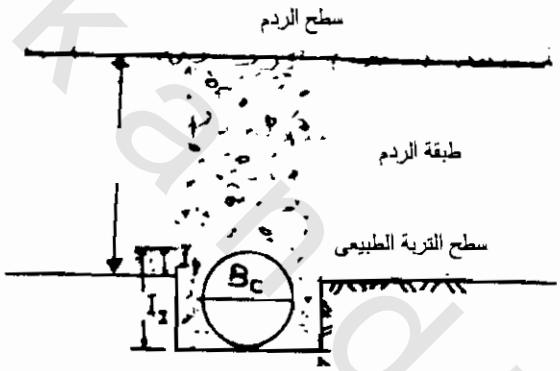
Cc : معامل الوزن (ليس له وحدات)

H : عمق الردم من الراسم العلوى للماسورة وحتى سطح الردم (بالمتر)

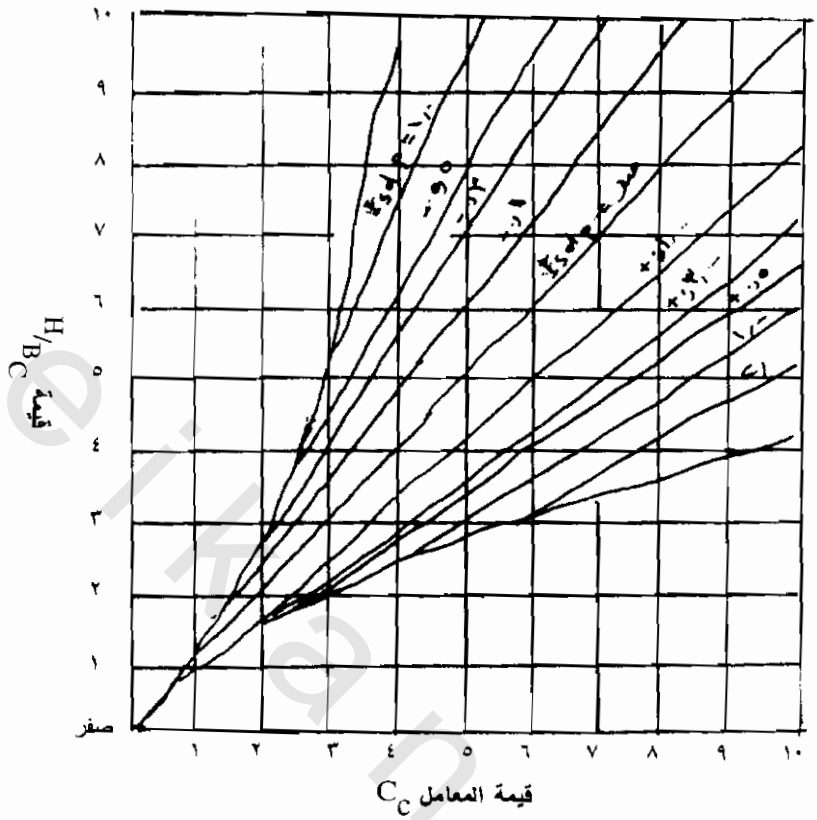
من الشكل (هـ) يحدد قيمه Cc ومنها قيمة "W"

r_{sd} نسبة الهبوط جدول (١)

$P = I_1 / I_2$ الاسقاط



شكل (١٨٩- جـ)



شكل (١٩١) الشكل البيانى لقيمة C_c

Rsd : نسبة الهبوط من الجدول (٥٢)

نوع الماسورة	حالة التربة	نسبة الهبوط Rsd
صلبه	صلبه أو أساس لا ينضغط	١,٠٠
صلبه	أساس عادى	٠,٥ – ٠,٨
صلبه	أساس منضغط	صفر – ٠,٥
صلبه	إنشاءات سالبة الانضغاط	٠,٣ – ٠,٥
مرنة	أساس ضعيف الدمك من الأجناب	٠,٤ – صفر
مرنة	أساس جيد الدمك من الأجناب	صفر

ب – حالة الراسم العلوى للماسورة فى منسوب يساوى أو أقل من منسوب الأرض الطبيعية Negative Progecting Conduits سالبة الانضغاط.

فى هذه الحالة تطبق المعادلة الآتية لكل من المواسير الصلبه والمرنه

$$W = C_n \, wB^2$$

حيث W = الحمل على الماسورة (كجم/ متر طولى)

w = وزن وحدة الحجم من التربه كجم/ متر مربع)

B = عرض الخندق

H = عمق الردم من الراسم العلوى للماسورة وحتى سطح الردم (متر)

P = (١/B) نسبة الاسقاط (ليس له وحدات)

C_n = معامل الوزن (ليس له وحدات)

rsd = نسبة الهبوط وتؤخذ فى هذه الحالة (٠,٣)

ومن الشكل (١٩٢) تحدد قيمة C_n ومنها قيمة W

قبل البدء فى حساب الأحمال على الماسورة الناتجة من وزن التربة يجب التأكد من كون الخندق ضيق فتحسب الأعمال حسب الحالة (أ)

أو الخندق عريض فتحسب الأعمال حسب الحالة (ب) حالة الردم

وللتأكد من ذلك تتبع الخطوات الآتية

تحديد قيم H، B_c، B، rsd

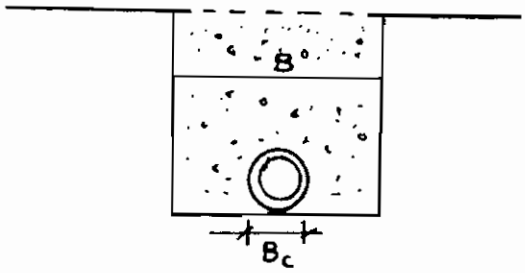
تحسب قيم P، H/B_c

من الشكل رقم (١٩٣) تستنتج قيمة B_d/B_c

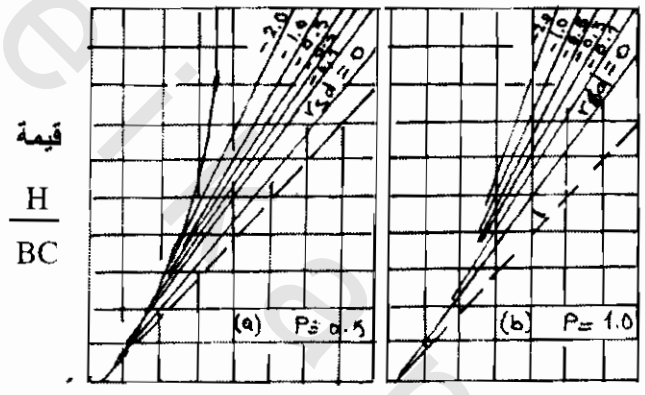
بمعرفة B_c يتم حساب B_d

هناك حالتين $B<B_d$ فيكون الخندق ضيق وتتبع الحالة (أ)

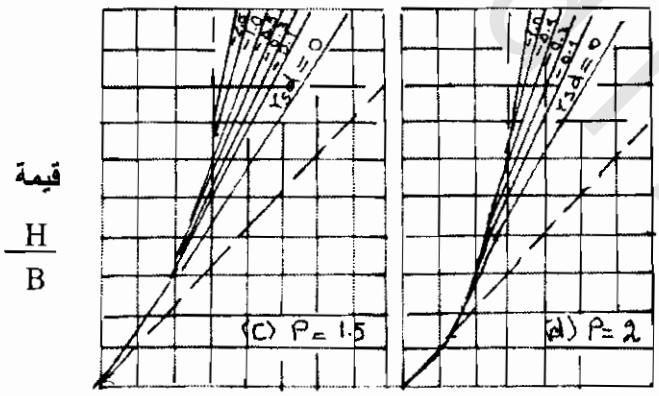
$B>B_d$ فيكون الخندق عريض وتتبع الحالة (ب)



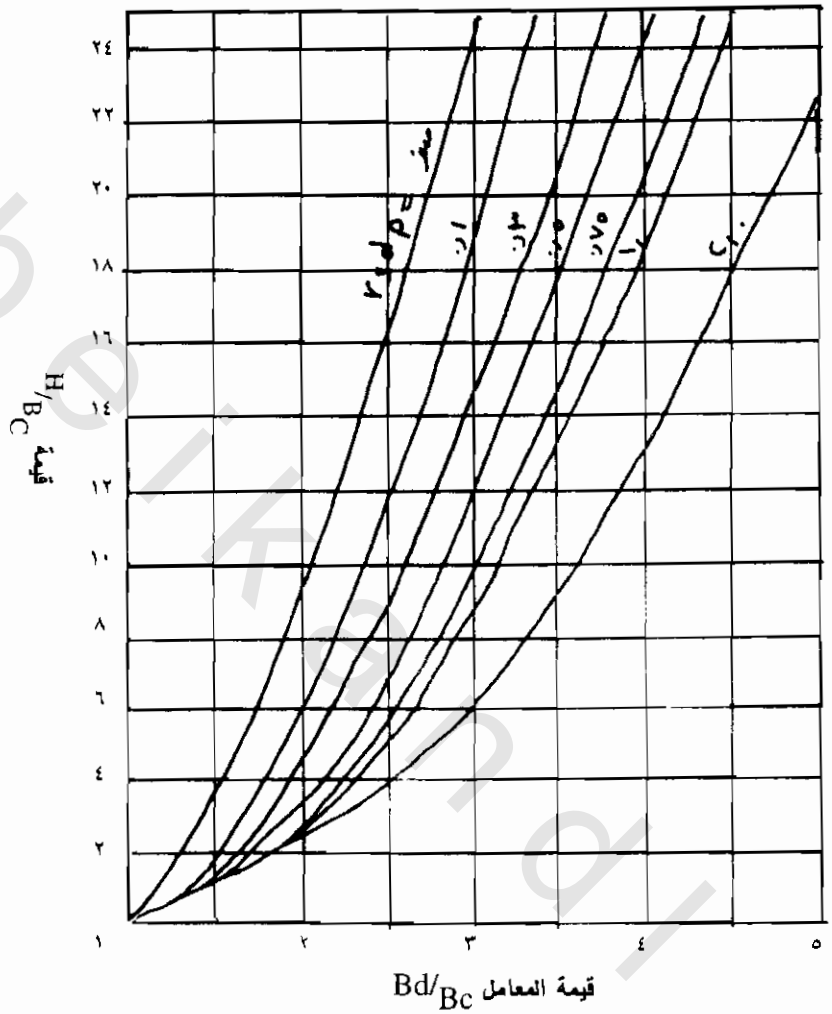
شكل (١٨٩- د)



المعامل Cn للحالة (أ)



شكل (١٩٢)
الشكل البيانى
لحساب المعامل
(C_n)
للحالة (ب)



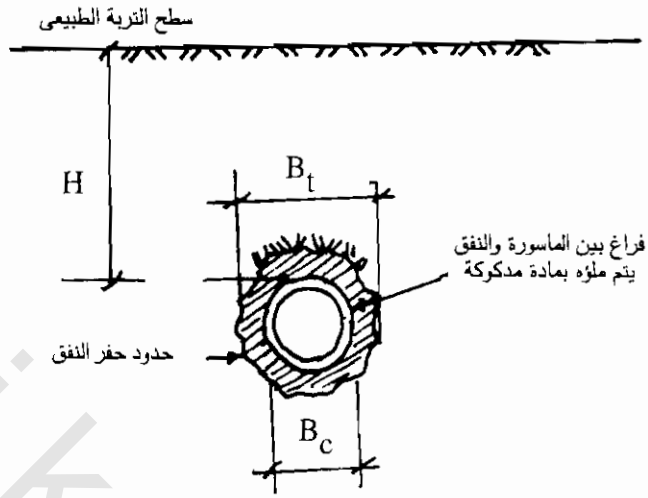
شكل (١٩٣) الشكل البيانى لحساب قيم $\frac{Bd}{BC}$

جـ – حساب الأحمال فى حالة عمل أنفاق أو قمصان حول المواسير

وتكون هذه الطريقة فى حالة التنفيذ بطريقة الأنفاق وذلك فى حالة تراوح العمق بين ٩– ١٢ متر من سطح الأرض ويتم عمل قميص للماسورة.

وتطبق المعادلة التالية (مارستون) فى حالتى المواسير الصلبه والمرنة.

$$W = C_l \, B_t \, (wb_t - 2C)$$



حيث:

W = الحمل على الماسورة (كجم / م– ط)

w = وزن وحدة الحجم من التربة (كجم/ م٣)

B_t = القطر الداخلى للنفق فى حالة الأنفاق (متر)

B_c = القطر الخارجى للنفق (فى حالة القمصان) (متر) $B_c = B_t$

C = معامل التماسك للتربة (كجم/ م٢)

C_t= معامل الوزن (ليس له وحدات)

H = عمق الماسوره من السطح العلوى للماسورة (متر)

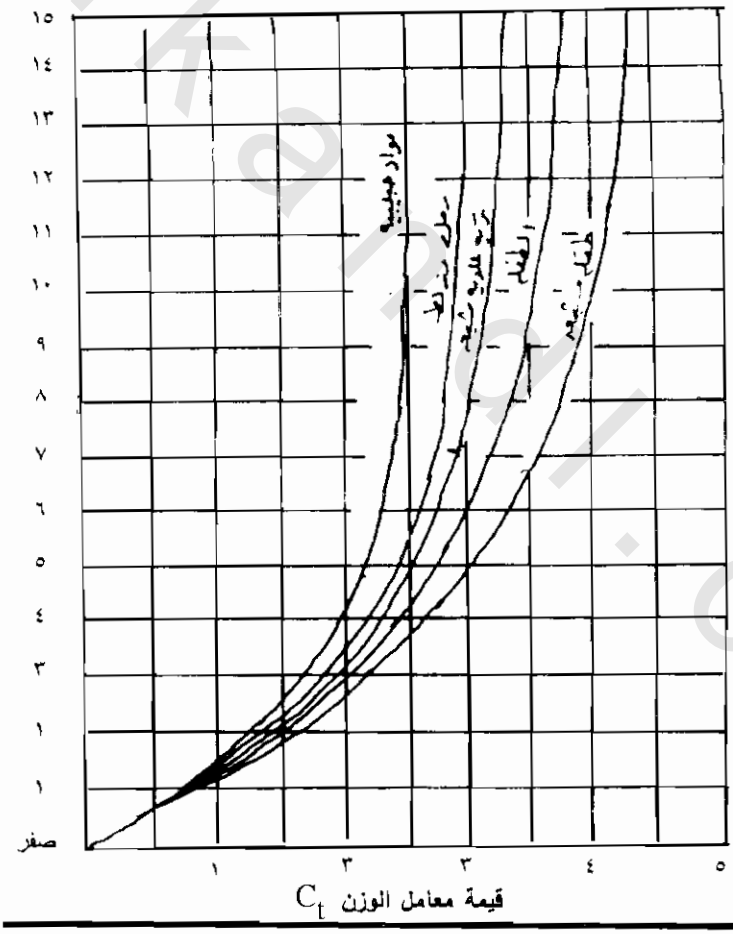
ويتم تعيين قيمة (C_t) من الشكل (١٩٤)

يوصى بالقيم (C) لمعامل التماسك طبقا لنوع التربة من الجدول (٥٣)

obeikandi.com

جدول (٥٣) معامل التماسك (C) لأنواع التربة

مادة التربه	قيم C كجم / سم٢
طفلة طريه جدا	٠,٠٢
طفلة متوسطه	٠,١٢
طفلة صلبه	٠,٤٩
رمل مفكك جاف	صفر
رمل به طفله	٠,٠٥
رمل كثيف	٠,١٥
سطح التربه مشبع	٠,٠٥



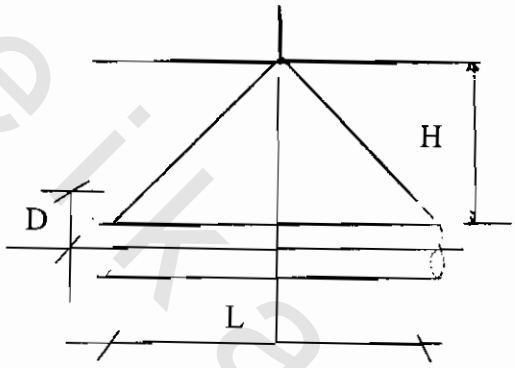
شكل (١٩٤)
قيمة معامل الوزن C_t

٥ - حساب الأحمال علي الماسورة الناتجة من الأحمال الخارجية:

أ - الحمل المركز (Concentrated Load)

مثل عجلات السيارات وما فى حكمها

تطبق معادلة بوسنيسك $W = C_S (PF) / L$



حيث:

W: الحمل على الماسورة (كجم/ متر طولى).

P: الحمل المركز (كجم).

F : معامل الصدم (ليس له وحدات).

Cs: معامل الوزن (ليس له وحدات).

H: عمق الماسورة من الراسم العلوى للماسورة وحتى سطح التربه الطبيعية بالمتر

L: الطول الفعال للماسورة بالمتر.

تؤخذ قيمة (L) = ٠,٩ متر للمواسير ذات طول أكبر من ٠,٩ متر.

وتوجد قيمة (L) = الطولى الفعلى للماسورة وذلك للمواسير ذات طول أقل من ٠,٩ متر.

تحدد قيمة Cs من الجدول (٥٥).

القيم المقترحة لمعامل الصدم تؤخذ من الجدول (٥٥) وذلك طبقا لحالة المرور فى المنطقة.

جدول (٥٤) معامل الصدم (F)

المعامل (F)	نوع حركة المرور
١- طرق سريعة	١,٥
٢- سكه حديد	١,٧٥
٣- مطارات	
أ- ممر	١٠,
ب- مهبط	١,٥

الأحمال الموزعة Distributed Loads

وتطبق المعادلة الآتية

$W C_S PFD$

حيث

W = الحمل على الماسورة (كجم/ متر)

P = الحمل الموزع (كجم/ م٢)

F = معامل الصدم

D = القطر الخارجى للماسورة

C_S = معامل الوزن

A، B = أبعاد المساحة التى يؤثر عليها الحمل الموزع (بالمتر) تحدد قيمة Cs حيث من الجدول (٥٥).

هناك حالة من المواسير تحت خطوط السكة الحديد فيتم إعتبارها أحمال موزعة حيث يتم توزيع وزن القاطرة على مساحة تساوى طول القاطرة فى طول الفلنكات بالاضافة الى (٣٠٠ كجم/ متر طولى) وهى وزن السكة.

بعد التعرف على طرق حساب الأحمال الناتجة من وزن التربه فوق الماسورة والأحمال الخارجية ومنها المركزه والموزعة يمكن التعرف على كيفية إختيار نوع التأسيس لأنواع المواسير الصلبه والمرنة.

obeikandi.com

جدول رقم (٥٥) قيمة C_S

D/H	L/2H													
	٠,١	٠,٢	٠,٣	٠,٤	٠,٥	٠,٦	٠,٧	٠,٨	٠,٩	١	١,٢	١,٥	٢	٥
٠,١	٠,٠١٩	٠,٠٣٧	٠,٠٥٣	٠,٠٦٧	٠,٠٧٩	٠,٠٨	٠,٠٩٧	٠,١٠٣	٠,١٠٨	٠,١١٢	٠,١١٧	٠,١٢١	٠,١٢٤	٠,١٢٨
٠,٢	٠,٠٣٧	٠,٠٧٢	٠,١٣	٠,١٣١	٠,١٥٥	٠,١٧٤	٠,١٨	٠,٢٠٢	٠,٢١١	٠,٢١٩	٠,٢٢٩	٠,٢٣٨	٠,٢٤٤	٠,٢٤٨
٠,٣	٠,٠٥٣	٠,١٠٣	٠,٤٩	٠,١٩٠	٠,٢٢٤	٠,٢٥٢	٠,٢٧٤	٠,٢٩٢	٠,٣٠٦	٠,٣١٨	٠,٣٣٣	٠,٣٤٥	٠,٣٥٥	٠,٣٦
٠,٤	٠,٦٧	٠,١٣١	٠,١٩	٠,٢٤١	٠,٢٨٤	٠,٣٢	٠,٣٤٩	,٣٧٣	٠,٣٩١	٠,٤٠٥	٠,٤٢٥	٠,٤٤	٠,٤٥٥	٠,٤٦
٠,٥	٠,٠٧٩	٠,١٥٥	٠,٢٢٤	٠,٢٤٨	٠,٣٣٦	٠,٣٧٩	٠,٤١٤	٠,٤٤١	٠,٤٦٣	٠,٨٤١	٠,٥٠٥	٠,٥٢٥	٠,٥٤	٠,٥٤٨
٠,٦	٠,٠٨	٠,١٧٤	٠,٢٥٢	٠,٣٢	٠,٣٧٩	٠,٤٢٨	٠,٤٦٧	٠,٤٤٩	٠,٥٢٤	٠,٥٤٤	٠,٥٧٢	٠,٥٩٦	٠,٦١٣	٠,٦٢٤
٠,٧	٠,٩٧	٠,١٨٩	٠,٢٧٤	٠,٣٤٩	٠,٤١٤	٠,٤٦٧	٠,٥١١	٠,٥٤٦	,٠٥٨٤	٠,٥٩٧	٠,٦٢٨	٠,٦٥	٠,٦٧٤	٠,٦٨٨
٠,٨	٠,١٠٣	٠,٢٠٢	٠,٢٩٢	٠,٣٧٣	٠,٤٤١	٠,٤٩٩	٠,٥٤٦	٠,٥٨٤	٠,٦١٥	٠,٦٣٩	٠,٦٧٤	٠,٧٠٣	٠,٧٢٥	٠,٧٤
٠,٩	٠,١٠٨	٠,٢١١	٠,٣٠٦	٠,٣٩١	٠,٤٦٣	٠,٥٢٤	٠,٥٧٤	٠,٦١٥	٠,٦٤٧	٠,٦٧٣	٠,٧١١	٠,٧٤٢	٠,٧٦٦	٠,٧٨٤
١	٠,١١٢	٠,٢١٩	٠,٣١٨	٠,٤٠٥	٠,٤٨١	٠,٥٤٤	٠,٥٩٧	٠,٦٣٩	٠,٦٧٣	٠,٧٠١	٠,٧٤	٠,٧٧٤	٠,٨	٠,٨١٦
١,٢	٠,١١٧	٠,٢٢٩	٠,٣٣٣	٠,٤٢٥	٠,٥٠٥	٠,٥٧٢	٠,٦٢٨	٠,٦٧٤	٠,٧١١	٠,٧٤	٠,٧٨٣	٠,٨٢	٠,٨٤٩	٠,٨٦٨
١,٥	٠,١٢١	٠,٢٣٨	٠,٣٤٥	٠,٤٤	٠,٥٢٥	٠,٥٩٦	٠,٦٥	٠,٧٠٣	٠,٧٤٢	٠,٧٧٤	٠,٨٢	٠,٨٦١	٠,٨٩٤	٠,٩١٦
٢,٠٠	٠,١٢٤	٠,٢٤٤	٠,٣٥٥	٠,٤٥٤	٠,٥٤	٠,٦١٣	٠,٦٧٤	٠,٧٢٥	٠,٧٦٦	٠,٨	٠,٨٤٩	٠,٨٩٤	٠,٩٣	٠,٩٥٦

obeikandl.com

التأسيس للمواسير الصلبه (Rigid Pipes Bedding)

وقد تم تقسيم أنواع المواسير الى أربعة درجات تتوقف على قيمة معامل التحميل حجدول (٥٦)

١ – فى حالة الخندق: شكل (١٩٥)

الدرجة (أ) وهى عبارة عن وسادة خرسانية أو عقد خرسانى:

الدرجة (ب) وفيه يتم تشكيل قاع الخندق على شكل دائرى من ركام ناعم جيد التدرج.

الدرجة (جـ) وفيه يتم تشكيل قاع الخندق على شكل دائرى وتوضع عليه الماسورة مباشرة.

الدرجة (د) وفيه توضع الماسورة على قاع الخندق المستوى مباشرة.

والدرجة (أ): باستخدام وسادة خرسانية: (Concrete Cradle) فى حالة معامل الحمل ٢,٢ تستخدم وسادة خرسانية عادة ودمك خفيف فى حالة معامل الحمل ٢,٨ تستخدم وسادة خرسانية عادية ودمك جيد للردم فى حالة معامل الحمل ٣,٤ تستخدم وسادة خرسانية مسلحة بنسبة تسليح ٠,٤ ٪ من مساحة الخرسانة.

الدرجة (أ): باستخدام عقد خرسانى (Concret Arch)

فى حالة معامل الحمل ٢,٨ يستخدم عقد من الخرسانة العادية.

فى حالة معامل الحمل ٣,٤ يستخدم عقد من الخرسانة المسلحة مع نسبة تسليح

فى حالة معامل الحمل ٠,٤ ٪ من مساحة الخرسانة.

فى حالة معامل الحمل ٤,٨ يستخدم عقد من الخرسانة مع تسليح بنسبة ٠,١ ٪ من مساحة الخرسانة.

• الدرجة (ب): وتطبق فى حالة معامل الحمل ١,٩ وتنقسم الى نوعين.

النوع الأول: حيث يتم تشكيل قاع الخندق على شكل دائرى من ركام جيد التدرج.

obeikandi.com

النوع الثانى: وفيه يتم التأسيس على طبقة من ركام متدرج مدموك جيدا أو ردم مدموك جيدا.

• الدرجة (جـ): وتطبق فى حالة معامل الحمل ١,٥ وتنقسم الى نوعين

النوع الأول: وفيه يتم تشكيل قاع الخندق على شكل دائرى وتوضع عليه الماسورة.

النوع الثانى: وفيه يتم التأسيس على طبقة من الركام المتدرج تدريج جيد ويدمك جيدا وكذلك ردم خفيف للدمك

• الدرجة (د) وتطبق هذه الدرجة فى حالة معامل الحمل ١,١ ويتم فيه وضع الماسورة على قاع الخندق المستوى مباشرةالتأسيس فى حالة الردم على ماسورة موضوعة على سطح التربه الطبيعية أو خندق عريض وذلك للمواسير الصلبه (Embankment).

الحالـــة الأولـــي:

السطح العلوى للماسورة أعلى من مستوى سطح التربه (Positive Progecting (Conduits) يعتمد معامل الحمل فى هذه الحالة على درجة التأسيس للماسورة وضغط التربه الجانبى على الماسورة ومساحة الماسورة التى يؤثر عليها ضغط التربة.

الرسومات الموضحة فى الشكل (١٩٦) توضح درجات التأسيس المختلفة أ، ب، جـ، د.

الحالـــة الثانيـــة:

السطح العلوى للماسورة أقل من أو يتساوى مع سطح التربه. فى هذه الحالة يتم حساب معامل الحمل كما فى حالة الخندق وذلك لدرجات التأسيس المختلفة.

الأساس للمواسير المرنة:

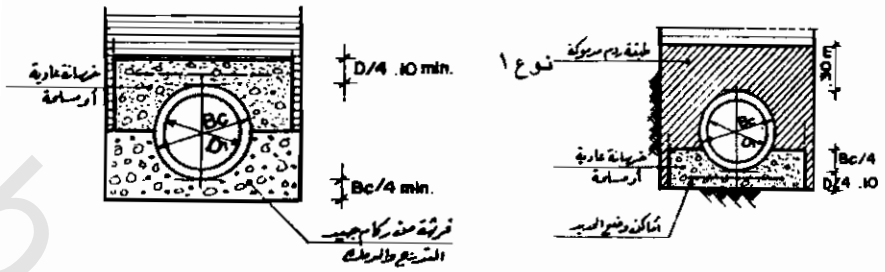
مقاومة المواسير المرنه للأحمال الخارجية تكون نتيجة مقاومة جسم الماسورة بالإضافة الى مقاومة ضغط التربه السلبى الناتجة عن إنبعاج جسم الماسورة وحركة جوانبها فى إتجاه التربة. ويكون إنهيار الماسورة ناتج من الانبعاج وحدوث إنهيار فى الجدار.

جدول (٥٦) معامل الحمل

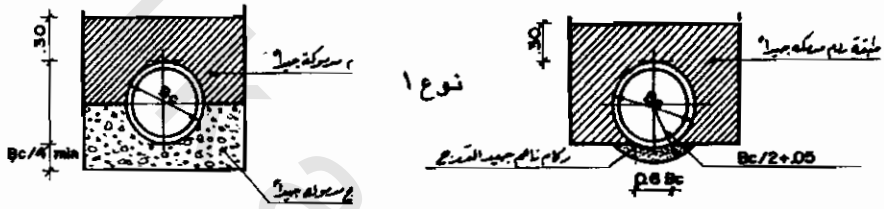
Load Factors for Circular Pipe
Positive Projecting Embankment Installations

H/Bc	Type 3 Bedding					Type 4 Bedding				Type 5 Bedding				
						$p = 0.9$								
	$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3	0.5	1.0	$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3	0.5	$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3	0.5	1.0
0.5	3.01	2.82	2.82	2.82	2.82					11.26	8.87	8.87	8.87	8.87
1.0	2.55	2.35	2.35	2.35	2.35					6.61	5.37	5.37	5.37	5.37
1.5	2.42	2.26	2.16	2.16	2.16	Maximum				5.81	4.83	4.47	4.47	4.47
2.0	2.37	2.20	2.14	2.10	2.10	Recommended				5.48	4.49	4.35	4.19	4.19
3.0	2.31	2.17	2.10	2.07	2.02	Projection Ratio of 0.7				5.18	4.50	4.21	4.06	3.88
5.0	2.27	2.14	2.08	2.04	2.00					4.97	4.37	4.11	3.97	3.81
10.0	2.24	2.12	2.06	2.03	1.99					4.82	4.28	4.04	3.90	3.76
15.0	2.23	2.10	2.05	2.02	1.98					4.77	4.25	4.01	3.88	3.74
						$p = 0.7$								
	$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3	0.5	1.0	$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3	0.5	$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3	0.5	1.0
0.5	2.35	2.27	2.27	2.27	2.27	3.00	2.88	2.88	2.87	7.52	6.54	6.54	6.54	6.54
1.0	2.18	2.08	2.08	2.08	2.08	2.73	2.58	2.58	2.58	5.61	4.79	4.79	4.79	4.79
1.5	2.13	2.03	1.99	1.99	1.99	2.65	2.50	2.44	2.44	5.17	4.46	4.19	4.19	4.19
2.0	2.10	2.01	1.97	1.95	1.95	2.61	2.48	2.42	2.39	4.98	4.35	4.11	3.99	3.98
3.0	2.08	2.00	1.96	1.94	1.91	2.58	2.45	2.40	2.36	4.80	4.25	4.02	3.90	3.75
5.0	2.06	1.98	1.95	1.93	1.90	2.55	2.43	2.38	2.35	4.66	4.18	3.95	3.84	3.70
10.0	2.05	1.98	1.94	1.92	1.89	2.53	2.42	2.36	2.33	4.57	4.12	3.91	3.79	3.66
15.0	2.04	1.97	1.94	1.91	1.89	2.52	2.41	2.36	2.33	4.53	4.09	3.89	3.77	3.65
						$p = 0.5$								
	$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3	0.5		$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3	0.5	$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3	0.5	
0.5	1.94	1.92	1.92	1.92		2.37	2.33	2.33	2.33	4.84	4.54	4.55	4.55	
1.0	1.90	1.86	1.86	1.86		2.31	2.25	2.25	2.25	4.33	3.97	3.97	3.97	
1.5	1.88	1.85	1.83	1.83		2.28	2.23	2.20	2.20	4.18	3.83	3.68	3.68	
2.0	1.88	1.84	1.83	1.82		2.27	2.22	2.20	2.19	4.11	3.79	3.65	3.58	
3.0	1.87	1.84	1.82	1.81		2.26	2.22	2.19	2.18	4.04	3.75	3.62	3.54	
5.0	1.86	1.83	1.82	1.81		2.26	2.21	2.19	2.17	3.99	3.72	3.58	3.51	
10.0	1.86	1.83	1.81	1.80		2.25	2.20	2.18	2.17	3.95	3.69	3.56	3.49	
15.0	1.86	1.83	1.81	1.80		2.25	2.20	2.18	2.17	3.94	3.68	3.56	3.48	
						$p = 0.3$								
	$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3			$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3		$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3		
0.5	1.76	1.76	1.76			2.11	2.10	2.10		3.49	3.41	3.41		
1.0	1.76	1.75	1.75			2.10	2.08	2.08		3.40	3.28	3.28		
1.5	1.75	1.74	1.74			2.09	2.08	2.07		3.37	3.25	3.20		
2.0	1.75	1.74	1.74			2.09	2.08	2.07		3.35	3.24	3.20		
3.0	1.75	1.74	1.74			2.09	2.08	2.07		3.34	3.23	3.18		
5.0	1.75	1.74	1.74			2.09	2.08	2.07		3.33	3.22	3.17		
10.0	1.75	1.74	1.74			2.09	2.08	2.07		3.32	3.22	3.17		
15.0	1.75	1.74	1.74			2.09	2.08	2.07		3.32	3.22	3.17		
Zero Projecting														
			1.70					2.02				2.83		

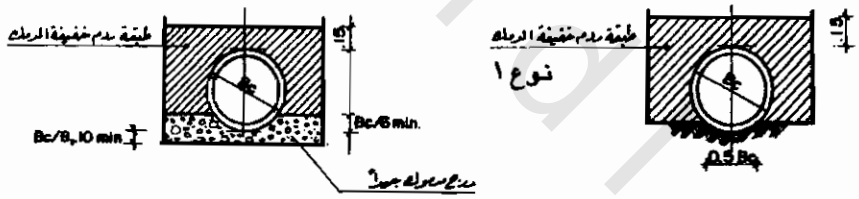
الحاله (أ)



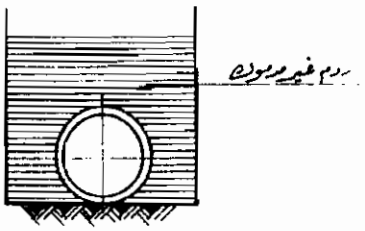
الحاله (ب)



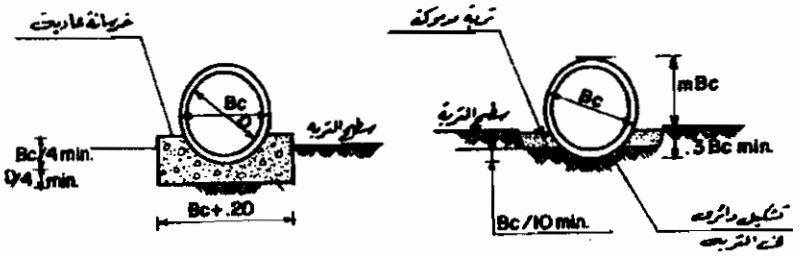
الحاله (جـ)



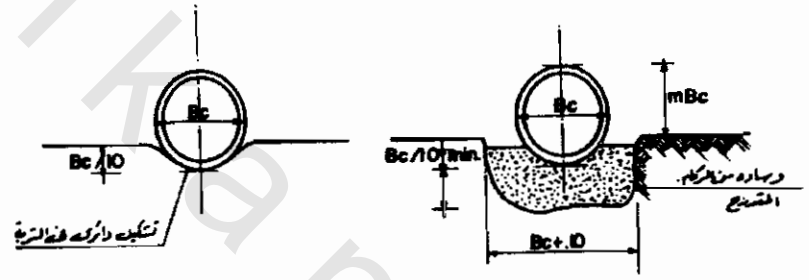
الحاله (د)



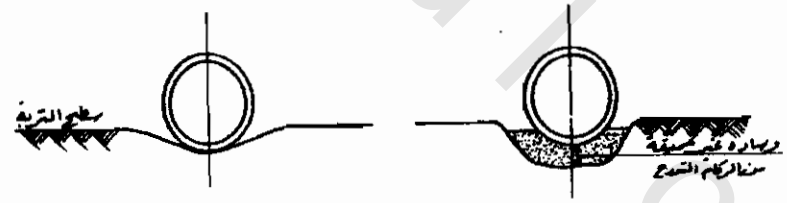
شكل (١٩٥) التأسيس فى حالة الخندق



درجة «أ» درجة «ب»



درجة «حـ» (تربة صخرية) درجة (حـ) تربة عادية



درجة (ز) تربة صخرية درجة (ز) تربة عادية

شكل (١٩٦) التأسيس فى حالة الردم على الماسورة

ولذا فعند تصميم المواسير المرنة يؤخذ فى الاعتبار مصادر إنبعاج الماسورة تحت تأثير الأحمال الخارجيه. ويؤخذ فى الاعتبار مقدار الإنبعاج ويساوى ٥ ٪ من القطر الإسمى للماسورة.

والمعادلة الآتيه تعطى طريقه حساب الانبعاج تحت تأثير وزن التربة.

$$\Delta X = D_e \frac{KW_{r2}}{EI + 0.061Er^3}$$

ΔX = الانبعاج الرأسى والأفقى لمقع الماسورة (متر)

D_e = معامل الانبعاج ويمثل مقدار الانبعاج المستمر فى الماسورة عند تحميلها لفترة زمنية معينه وتؤخذ قيمته (١,٢٥ – ١,٥).

K = ثابت التأسيس (K) ويتوقف على الدرجة المحصورة للجزء المدفون وقيمته فى الجدول

زاويه التأسيس بالدرجات	قيمه المعامل K
صفر	٠,١١
٣٠	٠,١٠٨
٤٥	٠,١٠٥
٦٠	٠,١٠٢
٩٠	٠,٠٩
١٢٠	٠,٠٩
١٨٠	٠,٠٨٣

W = الوزن الرأسى على الماسورة (كجم/ متر)

r = نصف قطر الماسورة المتوسط (متر)

EI = معامل الجساءة (Stiffness Factor) ويعين من العلاقة $EI = 0.14gr^2$ (PS)

Ps هى جساءة الماسورة (Pipestiffness) كجم/ سم٢ وتحدد من الاختبار المعملى للوحين المتوازيين. وهى الحمل عند حدوث إنبعاج يساوى ٥ ٪ من القطر لكل ١ سم من طول قطعة الاختبار وفى حالة المواسير البولى إيستر $Ps = 0.63Kg/cm^2$

$\acute{E}$ = معامل رد فعل التربة. وتم إستنتاج قيمة E فى حالة تربة رمليه طينيه مدكوكه وتربه من كسر الأحجار مدموكه لأقصى درجة حيث تراوحت قيمه E ما بين ٣٥– ٩٥ كجم/ سم٢

تتغير قيمة معامل رد فعل التربة تبعا لدرجة دمك الردم حول الماسورة كما فى الجدول التالى.

(E) قيمة معامل رد فعل التربة (كجم/ سم٢)	درجة الدمك (Proctor Test)
٣٠	٨٠٪
٥٠	٨٥٪
٧٠	٩٠٪
١٠٠	٩٥٪
٢١	٦٥٪ حالة الدمك اليدوى
٤٩	٩٠٪ حالة الدمك الميكانيكى

بفرض قيمة الانبعاج Δx = ٥٪ من قطر الماسورة

وبالتعويض بالقيم السابقة فى معادلة الانبعاج يعين قيمه معامل رد فعل التربه من قيمة ($\acute{E}$) معامل رد فعل التربة يتم إختيار درجة الدمك لمادة الردم حول الماسورة (كما فى الجدول السابق).

الباب الثامن

أجهزة القياس ومعاملات التحويل

obeikandl.com

الفهرس

البنود	الموضوعات	الصفحات
١	قياس الضغط	٤٢٥
٢	قياس التدفق	٤٢٨
٣	قياس التدفق فى القنوات المفتوحة	٤٣٣
٤	قياس المنسوب	٤٣٥
٥	قياس السرعة فى محطات المعالجة	٤٣٨
٦	معاملات التحويل	٤٣٩

obeikandl.com

أجهـــزة القيـــاس:

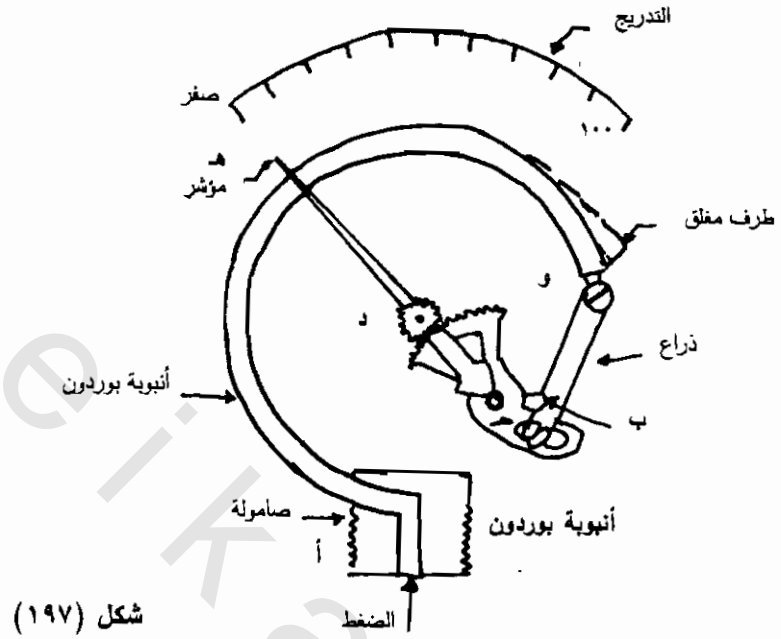
١- قياس الضغط: Pressure شكل (١٩٧، ١٩٨، ١٩٩)

أ – يقـاس الضـغط بأنبـوبة بوردون (Bourdon Tube) شكل (١٩٧) وتتكون أنبـوبة بوردون من ماسورة من النحاس بيضاوية المقطع فى شكل دائرة غير مكتملة. يتصل أحد طرفى الدائرة بصامولة مسننة (مقلوظه) (أ) للدخول فى فتحة الماسورة (أو الوعاء) لقياس الضـغط. يتصل الطرف الآخر الحر (و) بالطرف (ب) لذراع يتـحرك حول المحـور (جـ)، والطرف الآخر للذراع على شكل ترس مسنن (س) على شكل جزء من دائرة يتحرك عليه ترس صـغير دائري مسنن (د) ومـثبت فى محـور هذا الترس (د) مـؤشر هـ يتـحرك أمام تدريج.

عند ربط طرف المانوميتر (أ) بالمكان المطلوب قياس ضغط الماء عنده وانتقال الضغط الى الماسورة النحاسية الذى يؤثر عليها بما يسبب فردها وتحرك الطرف (و) للخارج. كلما زاد مقدار الضغط كلما زاد فرد الماسورة وزاد تحرك الطرف (و) للخارج بما يسبب سحب الطرف (ب) للخـارج وعليـه دوران الذراع حـول المحـور (جـ) ودوران التـرس (س) الى الداخل مسببا دوران الترس الصغير (د) فى إتجاه عكس إتجاه عقرب الساعة محركا المؤشر (هـ) أمام التدريج معطيا ضغط الماء بالوحدات المناسبة للتدريج.

والماتوميتر يقيس الضغط إما بالمتر (ماء) أو الكيلو جرام/ سم٢ أو بالرطل على البوصه المربعة. مانوميترات الضغط (Pressure Gauges) تقيس الضغوط الموجبة ومانوميترات السـحب (Vacuum Gauges) تقيس الضغوط السالبة. يلزم معايره الماتوميترات كل فترة للتأكد من صحة قراءاتها ويتم ذلك بضبط صفر التدريج بأن يكون مؤشر الماتوميتر عند صفر التدريج. ثم يتم التأثير على المانوميتر بضغوط معلومة ومقارنة قراءة المانوميتر للتأكد من مطابقتها.

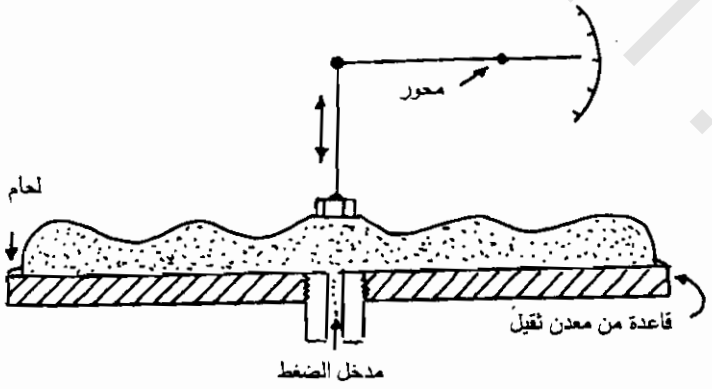
والمانوميترات التى تقيس الضغط باستخدام مادة مرنة تسمى أنبوبة بوردون (Bourdon Tube).



شكل (١٩٧)

ب - قياس الضغط بالرداخ أو المنفاخ : (Diapbragm or Bellows Elements)

النوع الآخر من المواد التى تتشكل بالضغط هو المنفاخ أو الرداخ شكل (١٧٨) حيث عند تسلط الضغط يتحرك المنفاخ حركة صغيره، كميه الحركة مرتبطه ميكانيكيا بحركة مؤشر لقراءة الضغط الموجود. وقياس الضغط بالمنفاخ يستخدم فى حالات الضغوط المنخفضة من صفر حتى ١٠ بوصة (٢٥,٤ سم) ماء.



شكل (١٩٨) يستخدم الرداخ (المنفاخ) المعدنى لقياس الضغط

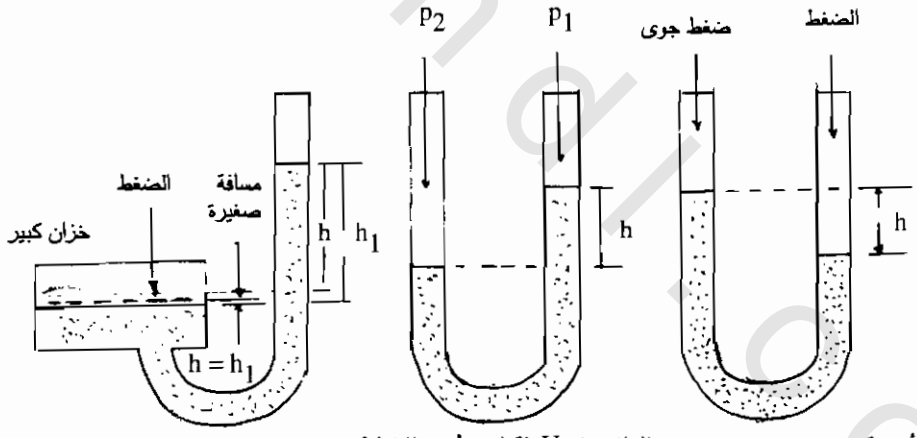
جـ- قياس الضغط بالمانوميتر (Manometer)

المانوميتر هو أنبوب من الزجاج مملوء بالماء أو الزئبق شكل (١٩٩) ينخفض السائل فى الأنبوب أو يرتفع طبقا لضغط الماء أو السائل أو الغاز الجارى قياس ضغطه. الضغط المسلط على أحد طرفى الأنبوب للمانوميتر U (والطرف الآخر مفتوح للضغط الجوى) يساوى ارتفاع السائل × الكثافة. يمكن زيادة قدرة وحساسية المانوميتر عند ميل طرف القياس للمانوميتر.

عند قراءة المانوميتر بالأنبوب U، فإن قيمة h هو الفرق فى الارتفاع ما بين قمة السائل على طرفى الأنبوب الأيمن والأيسر. والبديل لهذه الخطوة يستخدم بئر للمانوميتر، حيث أن مساحة البئر كافية مقارنة بفتحة المانوميتر بما يمكن من القراءة المباشرة للمانوميتر .

كذلك يمكن معايرة التدريج على المانوميتر للتعويض عن الإنخفاض للسائل فى البئر.

يمكن قراءة الضغط الكلى بالبارومتر. البارومتر عباره عن أنبوب مانوميتر مقفل مع وجود تفريغ فى الفرع المغلق. قياسات الضغط مطلقة نظرا لأن الضغط داخل الطرف المغلق يكون دائما صفر.



أنبوبة U لقياس الضغط (مانوميتر)
الضغط = Δh × كثافة سائل المانومتر

المانوميتر U لقياس فرق الضغط
فرق الضغط = h × كثافة سائل المانومتر

الضغط = h × كثافة سائل المانومتر

شكل (١٩٩) مانوميتر البئر لقياس الضغط

٢- قياس التدفق في المواسير: Flow

توجد أنواع كثيره من الأجهزة المستخدمه لقياس التصرف فى القنوات المفتوحة والمواسير. كل هذه الأجهزة تعمل بقياس سرعة التدفق والمساحة حيث كمية التصرف = السرعة × المساحة (Q = VA)

فى معظم أجهزة قياس التدفق يتم تقدير السرعة بقياس فرق الضغط عند مرور السائل خلال إختناق مثل الفنشورى أو فتحة ضيقة (Orifice)

أ- الفنشوري: (Venture)

جهاز القياس الفنشورى ميتر عبارة عن جزء من ماسورة به إختناق وطرفيها يساوى قطر خط المواسير الذى سيركب عليه الجهاز شكل (٢٠٠) المسافة من أول الفنشورى حتى الاختناق تسمى المدخل، والمسافة من الاختناق حتى خروج المياه تسمى المخرج.

مدخل الفنشورى قد يكون مخروطى أو علق شكل فنيه (Nozzle) وكذلك المخرج يستعمل الفنشورى لقياس تصرف الخط المركب عليه وتدريجه يعطى قراءة التصرف مباشرة. وقد يجهز بمسجل لتسجيل التصرفات التى تمر بموقع تركيبه باستمرار على قرص أو شريط بيانى.

فكره جهاز الفنشورى فى قياس التصرف بنيت على نظرية ثبوت مجموع الطاقات التى تنص على.

طاقة الحركة + طاقة الضغط + طاقة الوضع = مقدار ثابت

فنجد أن طاقة الوضع بالنسبة لنقطة الدخول أو الاختناق أو الخروج ثابته حيث أن الفنشورى يكون عادة فى وضع أفقى فى خطوط المواسير. أما طاقة الحركة فإنها تتناسب مع مربع السرعة عند كل نقطة حيث تزيد عند الاختناق لزيادة سرعة الماء عند هذه النقطة وذلك نظرا لأن السرعة تتناسب عكسيا مع مساحة المقطع والذى يتناسب مع مربع القطر. ولذا فإن طاقة الحركة عند الاختناق تكون اكبر منها عند مدخل الفنشورى. وطبقا لنظرية

ثبوت مجموع الطاقات يحدث نقص فى طاقة الضغط عند الإختناق عنه عند مدخل الفنشورى وبذلك يكون هناك فرق فى الضغط بين نقطة الاختناق ونقطة مدخل الفنشورى، ويتناسب هذا الفرق مع كمية التصرف المار بالجهاز أى الجزء من ماسورة المياه عند هذا المكان. وتخضع العلاقة للمعادلة.

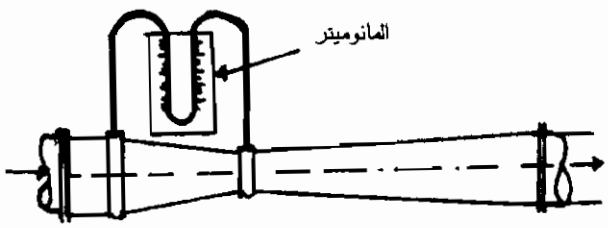
التصرف = مقدار ثابت × $\sqrt{\text{فرق الضغط}}$

ويمكن قياس فرق الضغط بواسطة الأنبوبه ذات الفرعين (U) ثم تحويل هذا الفرق فى الضغط الى قراءة تعطى التصرف المار بالجهاز كما يمكن إضافة امكانيات تسجيل هذا التصرف.

وبوصول الماء الى نقطة آخر مخرج الفنشورى ثم الى قطر الماسورة الأصلى تعود سرعة الماء الى ما كانت عليه قبل دخولها الى الفنشورى طبقا لنظرية ثبوت الطاقات. إلا أن ذلك لا يحدث عمليا حيث يفقد جزء من ضغط الماء نتيجة الاحتكاك والتيارات المعاكسة والذى لا يتجاوز ٢ ٪ من قيمة فرق الضغط الناشىء. وهذه الأجهزة تعطى وتسجل تصرفات الخطوط ويستفاد بها فى رسم خرائط التصرفات الموحدة فى الشبكة.

العلاقة بين فرق الضغط الناتج من صغر مقطع الفنشورى وبين تصرف الماء طبقا للمعادلة $Q = C\sqrt{H}$

حيث Q= تصرف المياه، H= فرق الضغط الناتج، C = ثابت والنسبة بين قطر رقبه الفنشورى (d) وقطر الماسورة (D) تكون مساوية ٠,٢٥



شكل (٢٠٠)

فنشورى القياس

ب - قياس السرعة والتصرف بأنبوب بيتوت: (Pitot Tube)

تصرف المياه فى الماسورة = متوسط سرعة المياه x المساحة الفعلية لمقطع الماسورة.

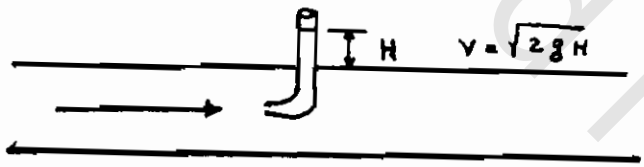
تصل سرعة المياه فى أعلا نقطة الى حوالى ٠,٤ من سرعة المياه عند المركز والى ٠,٦ عند أوطى نقطة. و تصل أقصى سرعة أسفل مركز الماسورة بقليل.

تعتمد نظرية أنبوبه بيتوت عن أن سرعة المياه $V = \sqrt{2gH}$ شكل (٢٠١)، حيث يوضع رأس قياس الجهاز عند موقع نصف القطر للماسورة. وبمعرفة نصف القطر الداخلى للماسورة (نق) يمكن حساب مقطع الماسورة ط نق^{٢} .

وباستخدام المعادلة $V = \sqrt{2g\,H}$ يمكن تعيين سرعة المياه.

ويمكن تعيين معدل التصرف باستخدام المعادلة $Q = AV$ حيث A = ط نق٢.

يمتاز هذا الجهاز عن الفنشورى لامكان استخدامه بسهولة للقياس للتصرف والسرعة فى أكثر من نقطة فى الشبكة حيث لا يلزم تركيبه بصفة مستمرة بل عند استعماله للقياس فقط. وبتوفير تجهيزات مغناطيسية وكهربية يمكن القياس المباشر للتصرف والسرعة على مقياس مدرج.

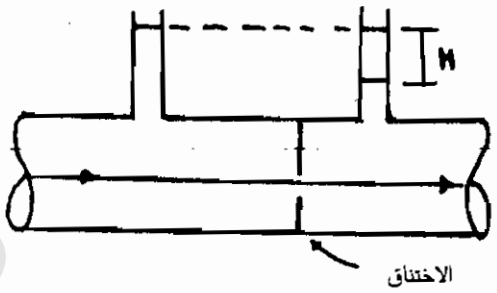


شكل (٢٠١)
أنبوب بتوت

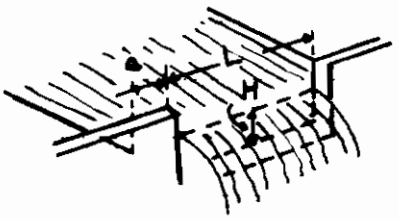
جـ - عدادات المياه المنزلية: Water Meters

تقاس التصرفات بعدادات المياه فى محطات الطلمبات أو محطات التنقيه أو فى المواسير الرئيسية أو الفرعية أو على الوصلات المنزلية أو على فروع تغذية المصانع والمحلات ويقاس التصرف فى هذه العدادات عن طريق مؤشر أو أرقام. وتوجد أنواع مختلفة من العدادات وطرازات مختلفة منها التربينى والمروحى واللولبى وكذلك العمل بمجموعات تروس

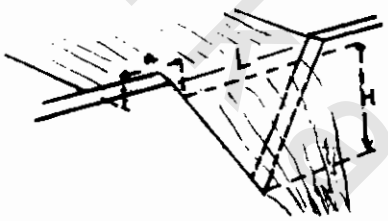
وبالمغناطيس. وجميعها تعمل بفكره دوران مروحة مع مرور المياه حيث يزداد دوران المروحة مع زيادة السرعة للمياه. يتم نقل وترجمة حركة المروحة الى معدل تدفق باستخدام تجهيزات مختلفة.



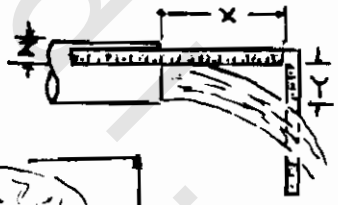
شكل (٢٠٢) الاختناق فى الماسورة لقياس التدفق



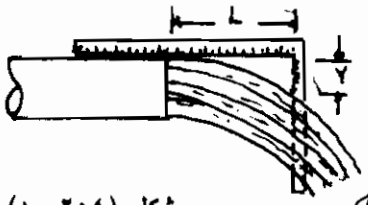
شكل (٢٠٤- أ)



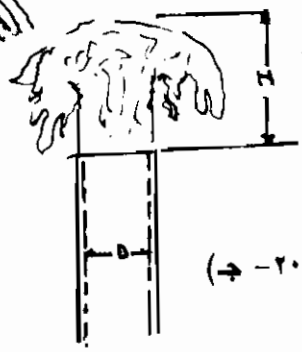
شكل (٢٠٤- ب)



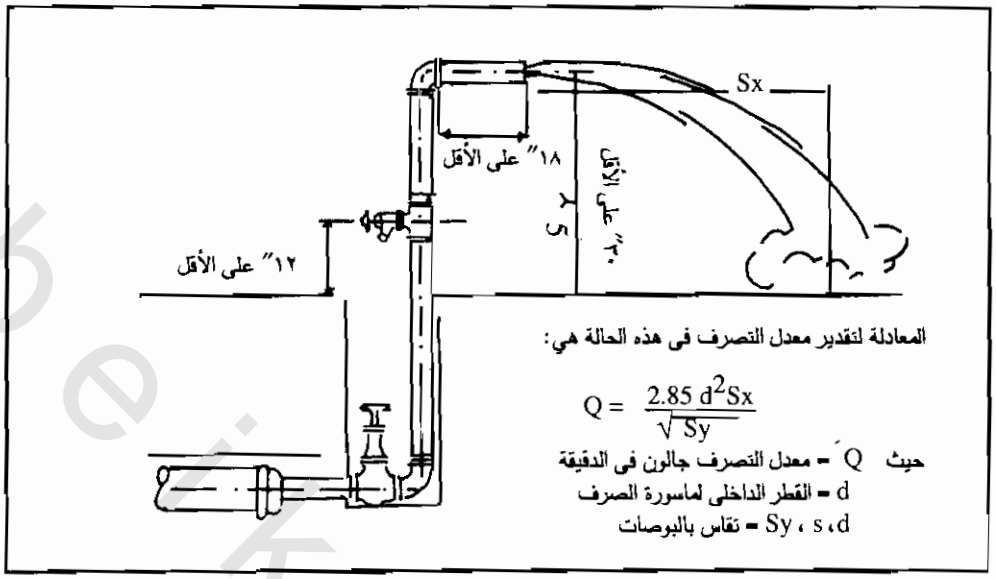
شكل (٢٠٤- د)



شكل (٢٠٤- د)



شكل (٢٠٤- جـ)



شكل (٢٠٤- هـ) قياس معدل التصرف بتجهيزات خاصة

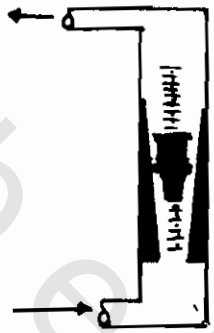
د- الاختناق في مسار تدفق المياه في الماسورة:

قياس معدل التدفق بعمل إختناق فى قطر الماسورة بما يسبب نقص فى القطر شكل ٢٠٢ يوضع الإختناق فى مسار التدفق للماء حيث يسبب زيادة فى السرعة خلال الاختناق. وهذا يسبب خفض فى الضغط عند الاختناق. الفرق فى الضغط عند دخول المياه الى العداد والضغط المنخفض عند الاختناق يستخدم لإيجاد معدل التدفق وذلك باستخدام أجهزة تحويلية أخرى.

هـ- الروتاميتـــر: (Rotameter)

عبارة عن عوامة موضوعة فى أنبوبة مستدقة (Tapered Tube) فى مجرى المياه شكل (٢٠٣). الفرق فى الضغط فوق وأسفل العوامه يسبب تحرك للعوامة مع تغير التدفق معدل التدفق اللحظى تقرأ مباشرة على مقياس معاير ملتصق بالأنبوبة وذلك عند قراءة التدريج أعلى العوامه.

٣ - قياس التدفق في القنوات المفتوحة:



شكل (٢٠٣) الروتاميتر

قياس التدفق فى القنوات المفتوحة يجرى بوضع إختناق أو حاجز فى مسار تدفق المياه بما يسبب إرتفاع فى تدفق المياه شكل (٢٠٤) هذا الارتفاع (H) له علاقة رياضية بالسرعة المياه وعند استخدام قياس الارتفاع يمكن تعيين معدل التدفق كما فى الحالات الآتية

أ - الهدار المستطيل شكل (٢٠٤- أ)

معدل التدفق $Q = ٣,٣٣ (0.2H- L) H^{1.5}$

حيث Q = معدل التدفق قدم مكعب فى الثانية

L = طول فتحة الهدار بالقدم (يجب أن يكون ٤ - ٨ ضعف H)

H = الارتفاع على الهدار بالقدم ويقاس على مسافة لا تقل عن ٦ قدم من فتحة الهدار

a = لا تقل عن ٣ ضعف H

ب - الهدار المثلث شكل (٢٠٤- ب)

$Q = ٢,٤٣٨١ H^{٥/٢}$ فى حالة فتحه المثلث ٩٠°

$Q = ١,٤٠٧٦ H^{٥/٢}$ فى حالة فتحه المثلث ٤٥°

حيث Q = تدفق المياه قدم مكعب فى الثانية

L = طول فتحة الهدار بالقدم

H = ارتفاع المياه فوق رأس مثلث الفتحة بالقدم

a = لا تقل عن $(L^{٣/٤})$

حـ - قياس التدفق من المواسير الرأسية شكل (٢٠٤ حـ) يتم لقياس الارتفاع والمعادلة

$$Q = ٥,٦٨ H^{٢} K^{\frac{1}{2}}$$

حيث Q = التدفق جالون فى الدقيقة

D = القطر الداخلى للماسورة بالبوصة

H = ارتفاع عامود المياه بالبوصة

K = ثابت للمواسير ٢-٦″ = ٠,٨٧ - ٠,٠٩٧ H = ٦ - ٢٤″

د - لتقدير التدفق من المواسير المفتوحة شكل، (٢٠٤- د)

• فى حالة الماسورة المملوءة بالتدفق وعلى فرض

قطر الماسورة = ١٠″

x = ١١″

Y = ٦″

من الشكل (٢٥٠) باستخدام زاوية مدرجة وصل ١١″ العامود A (r = ٦″) مع ١٠ على العامود B ثم إقرأ التدفق على العامود C = ١٣٠٠ جالون فى الدقيقة

قطر الماسورة = ١٠″

x = ١١″

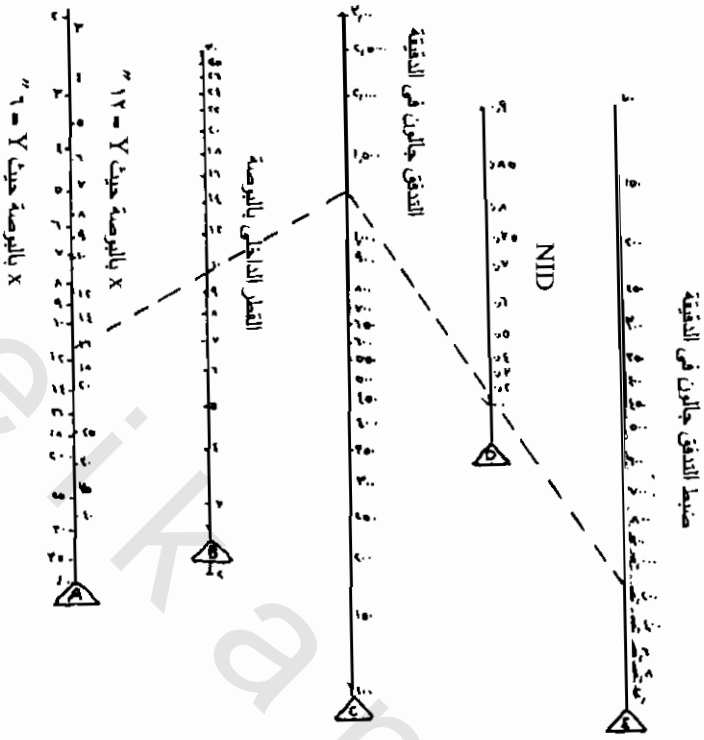
Y = ٦″

∴ Z = ٢″ $\frac{Z}{D}$ = $\frac{٢}{١٠}$ = ٠,٢

يفترض الماسورة مملوءة بالتدفق ونفذ الخطوات فى المثال السابق. ثم بخط مستقيم وصل ١٣٠٠ جالون فى الدقيقة على العامود C مع ٠,٢ على العامود E واقرأ التصرف ١١٠٠ جالون فى الدقيقة.

فى حالة اعداد تجهيزة صرف مياه بأبعاد معينة كما فى الشكل (٢٠٤ هـ).

حيث $Q = \frac{Sx\ d^2\ 2.83}{\sqrt{Sr}}$



شكل (٢٠٥) تقدير التدفق من المواسير

يجب أن تكون الماسورة أفقية هذه القيم تقريبيه

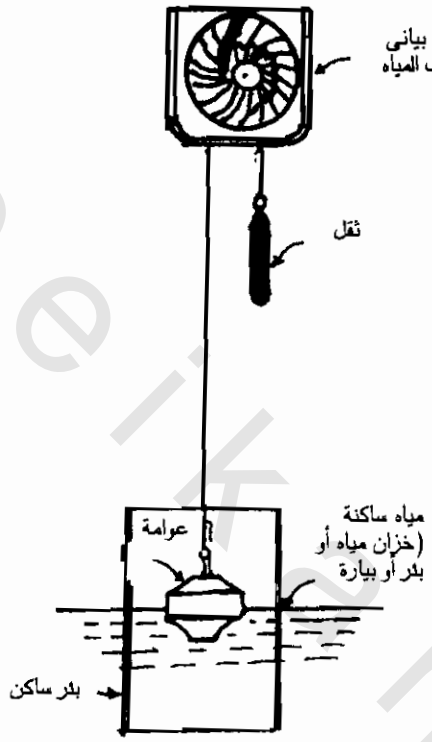
٤ - قياس المنسوب Level:

أبسط طريقة مباشرة لقراءة المنسوب للمياه المعالجة النظيفة فى الخزانات هى الأنبوبة الزجاجية المدرجة خارج الخزان. ولكن فى بعض الحالات يكون من الصعب تركيب أنبوبه قراءة المنسوب (Sight Tube)، ولهذا تستخدم بعض أجهزة قياس المنسوب الأخرى.

أ - نظام العوامة : Float System شكل (٢٠٦).

فى هذا النظام تربط العوامة بقضيب أو حبل. العوامة تطفو على سطح السائل الجارى قياس منسوبه حيث ترتفع العوامة وتنخفض مع سطح السائل. وقد يتم ربط العوامة بتجهيزه

ميكانيكيه بما يمكن من قراءة منسوب السائل شكل (٢٠٦). كما تستخدم أسلاك كهربيه معزولة لربط العوامة، عندئذ فى حالة إرتفاع منسوب السائل يحدث إتصال بين طرفى السلك الكهربى. وعند إنخفاض منسوب عن حد معين يحدث عدم الاتصال الكهربى وفى كلا الحالتين يتحول الاتصال أو الفصل الكهربى الى اشارة كهربية. ومثل الكابل الكهربى يمكن كذلك استخدام أسلاك المكثف (Capacitance Proes) حيث التغير فى المكثف عند إرتفاع منسوب السائل أو إنخفاضه الملتصق بسلك المكثف والذى بالتالى يحرك ناقل (Raley) والذى ينقله الى تجهيزات تالية أو إشارات.

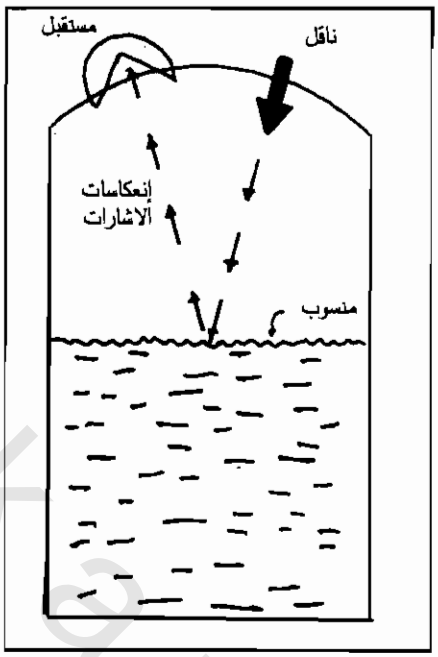


شكل (٢٠٦)
عوامة لقياس منسوب السائل

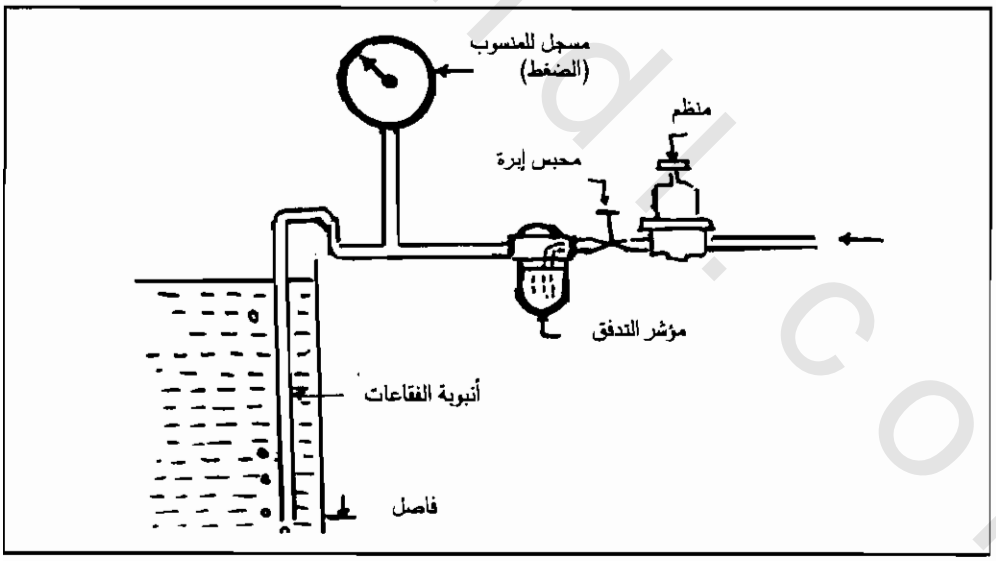
ب - كما يمكن كذلك استخدام سلك الموجات فوق الصوتيه (Ultrasonic)

وذلك باستخدام ناقل ومستقبل عند نهايات السلك حيث الاشارات المنقولة من الناقل الى المستقبل تتغير عند وجود السلك داخل أو خارج السائل والذى بالتالى يحرك ناقل (Relay) لتوضيح الموقف. كما يمكن استخدام الموجات فوق الصوتيه فى التسجيل المستمر للمنسوب. حيث فى هذه الحالة فإن الناقل والمستقبل يكونوا مثبتين على سطح الخزان. الزمن اللازم لانعكاس الموجه فوق الصوتيه على سطح السائل أو المادة الصلبه وعودتها الى المستقبل والتى يمكن ترجمتها اليكترونيا الى منسوب شكل (٢٠٧) وفائده القياس بالموجات فوق

الصوتيه أنه يمكن استخدامها فى الخزانات الكبيره والصغيره وكذلك فى حالات الضغط والتفريغ.



شكل (٢٠٧) استخدام الموجات فوق الصوتيه لقياس المنسوب



شكل (٢٠٨) أنبوبه الفقاعات لقياس المنسوب

جـ- صندوق المنفاخ (الرداخ): (Diaphragm Box)

عند استخدام صندوق المنفاخ المقفل المرن المعرض للسائل المطلوب قياس منسوبه فإن الضغط الهيدروستاتيكى المسلط على المنفاخ المغمور بسبب تغير فى حجم صندوق المنفاخ المقفل وهذا التغير يحدث طبقا لتغير منسوب السائل. هذا التغير هو تغير فى حجم الهواء (ضغط) حيث ينقل خلال سلك موصل الى عداد ضغط معاير لقراءة مسافات (سنتيمترات أو بوصات).

د- أنبوبة الفقاعات (Bubbler Tube) شكل (٢٠٨):

فى أنبوبه الفقاعات يستخدم ضغط الهواء لقياس منسوب السائل. ويبنى هذا النظام على أساس ضغط الهواء اللازم لمقاومة الضغط الهيدروستاتيكى عند قاع الخزان. ومن الناحية العملية توضع أنبوبه عموديه فى الخزان، وضغط الهواء يزداد الى الحد الذى يعمل على دفع الماء من الأنبوبه وبدء خروج فقاعات الهواء. الضغط اللازم لدفع الهواء خارج الأنبوبه يختلف طبقا لمنسوب السائل والكثافة النوعية للسائل والجاذبيه الأرضيه وهذه العلاقة يتم تحويلها الى قياس للمنسوب. ويستخدم هذا النظام فقط فى حالة الخزانات المكشوفه للضغط الجوى وليس فى حالة الخزانات المقفولة شكل (٢٠٨). كما يستخدم هذا الجهاز لقياس منسوب السوائل العدوانيه والتى يصعب تداولها وكذلك السوائل ذات اللزوجة العالية وكذلك المياه المحمله بالمواد العالقة مثل الروية (Sludge) الخارجة من أحواض الترسيب.. وذلك نظرا لأن أنبوبه الفقاعات هى الجزء الوحيد الملتصق به السائل.

٥- قياس السرعة في محطات المعالجة.

عادة القياس للسرعة فى محطات المعالجة هو بمقياس سرعة الدوران. ويتم ذلك باستخدام مقياس سرعة الدوران (Tachometer). مقياس سرعة الدوران الكهربى- الميكانيكى يستخدم تجهيزه أو قضيب مرن لالتقاط حركة الدوران. وقد يستخدم صندوق تروس لزيادة أو خفض حركة الدوران. وتستخدم حركة الدوران هذه لتشغيل مولد كهربى صغير حيث الخرج الكهربى يعاير طبقا لعدد اللفات فى الدقيقة. كلما زاد عدد اللفات كلما زاد الخرج الكهربى وبالعكس.

٦ - معاملات التحويل:

جدول (٥٧) معاملات التحويل للأطوال

للتحويل من	الى	اضرب فى
بوصة	ملميتر	٢٥,٤
قدم	متر	٠,٣٠٤٨
ياردة	متر	٠,٩١٤٤
ميل	كيلو متر	١,٦٠٩٣
ملميتر	بوصة	٠,٠٣٩٤
متر	قدم	٣,٢٨٨
كيلومتر	ياردة	١٠٩٣,٦
كيلو متر	ميل	٠,٦٢١٤
ميل	قدم	٥٢٨٠
ميل	متر	١٦٠٩,٣
بوصه	متر	٠,٠٢٥٤
ملىلتر	سنتيمتر مكعب	١
ميل	كيلومتر	١,٦٠٩
متر	ياردة	١,٠٩٤
ملىميكرون	ميكرون	٠,٠٠١
ميكرون	متر	$١٠^{-٦}$
ميكرون	سنتيمتر	$١٠^{-٤}$
ملميتر	ميكرون	١٠٠٠
ميكرون	وحدة أنجسترون	$١٠^{٤}$
سنتيمتر	ميكرون	$١٠^{٤}$
ياردة	قدم	٣
قدم	بوصة	١٢
ميل	ياردة	١٧٦٠
سنتميتر	وحدة أنجسترون	$-١^{٨}$

جدول (٥٨) معاملات التحويل المساحات

للتحويل من	الى	اضرب فى
بوصة مربعة	شنتيمتر مربع	٦,٤٥١٦
قدم مربع	متر مربع	٠,٠٩٢٩
ياردة مربعة	متر مربع	٠,٨٣٦١
متر مربع	قدم مربع	١٠,٧٦٣٩
بوصة مربعة	سنتيمتر مربع	٦,٤٥٢
ميل مربع	كيلو متر مربع	٢,٥٩
فدان	هكتار	٠,٤٠٤٧
هكتار	فدان	٢,٤٧١
هكتار	متر مربع	١٠٠٠٠
هكتار	ميل مربع	٠,٠٠٣٨٦
كيلو متر مربع	ميل مربع	٠,٣٨٦١
كيلو متر مربع	فدان	٢٤٧,١٠٥
سنتيمتر مربع	قدم مربع	٠,٠٠١٠٧٦٧

جدول (٥٩) معاملات التحويل المكاييل والأحجام

للتحويل من	الى	إضرب فى
جالون (أمريكى)	متر مكعب	٠,٠٠٣٧٨٥
جالون (أمريكى)	قدم مكعب	١,٣٣٦٨١
جالون (أمريكى)	لتر	٣,٧٨٥٣٣
لتر	قدم مكعب	٠,٠٣٥٣٢
لتر	جالون (إنجليزى)	٠,٢٢
لتر	جالون (أمريكى)	٠,٢٦٤١٨
جالون (إنجليزى)	لتر	٤,٥٤٦٠٩
جالون (إنجليزى)	متر مكعب	٠,٠٠٤٥٤٦٠٩
جالون (إنجليزى)	متر مكعب	٠,٢٦٠٥٤٤
لتر	جالون (أمريكى)	٠,٢٦٤١٧٢
لتر	سنتيمتر مكعب	١٠٠٠
متر مكعب	قدم مكعب	٣٥,٨١٥٠٠
قدم مكعب	متر مكعب	٠,٠٢٨٣
بوصة مكعبه	سنتيمتر مكعب	١٦,٨٨٧١
متر مكعب	ياردة مكعبه	١,٦٠٧٩٥
ملليلتر	سنتيمتر مكعب	١
١ ملميتر مياه أمطار/ كم٢	متر مكعب	١٠٠٠
قدم مكعب	لتر	٢٨,٣
جالون (انجليزى)	سم٣	٤٥٤٦٠٩

جدول (٦٠) معاملات تحويل الأوزان والكثافة

للتحويل من	الى	إضرب فى
كيلو جرام	رطل	٢,٢٠٤٦٢
رطل	كيلو جرام	٠,٤٥٤
رطل	نيوتن	٠,١٣٨٢٦
نيوتن	كيلو جرام	٠,١٠١٩٧
كيلوجرام	نيوتن	٩,٨١
طن	كيلو نيوتن	٩,٨١
أوقيه	جرام	٢٨,٣٤٩٥
رطل	أوقيه	
حبه (Grain)	جرام	٠,٠٦٤٨
رطل فى القدم مكعب	كيلو جرام فى المتر المكعب	١٦,٠١٨٥
رطل فى القدم المكعب	جرام فى اللتر	١٦,٠١٨٥
كيلو جرام فى المتر المكعب	رطل فى القدم المكعب	٠,٠٦٢٤

جدول (٦١) معاملات التحويل للطاقة Energy And Power

للتحويل من	الى	إضرب فى
١ قوة حصان h_p	كيلووات	٠,٧٤٥٧
واحد قوة حصان	واحد وات	٧٤٥,٧
واحد كيلووات	قوة حصان	١,٣٤١٠٢
كالورى	جول	٤,٢
كالورى	B.T.U	٠,٠٠٣٩٧
جول	كالورى	٠,٢٣٩
جول	قدم- رطل	٠,٧٣٧
جول	كيلوات ساعة	٠,٢٧٧٧٨
كيلو جول	وات ساعة	٠,٢٧٧٧٨
BTU	كيلوات ساعة	٠,٠٠٠٢٥٣
BTU	كيلو جول	١,٠٥٥٠٦
BTU	كالورى	٢٥٢
كيلوات ساعة	ميجا جول	٣,٦

جدول (٦٢) معاملات التحويل للضغوط والإجهاد (Pressure And Stress)

للتحويل من	الى	إضرب فى
رطل/ بوصة مربعة	كيلو جرام/ سم٢	٠,٠٧٠٣
رطل/ قدم مربع	كيلو جرام/ سم٢	٤,٨٨٢٤٣
ضغط جوى	رطل/ بوصة مربعة	١٤,٦٩٥٩
ضغط جوى	نيوتن/ المتر المربع	١٠١٣٢٥
ضغط جوى	ملميتر زئبق	٧٦٠
ضغط جوى	بار	١,٠١٣٢٥
ضغط جوى	قدم/ بوصة مربعة	١٤,٦٩٥٩
ضغط جوى	قدم ماء	٣٣,٨٩٨٤
ضغط جوى	كيلو جرام/ سم٢	١,٠٣٣٢٢
ضغط جوى	كيلو جرام/ متر مربع	١٠٣٣٢,٢
كيلو جرام/ سم٢	رطل/ بوصة مربعة	١٤,٢٢٣
كيلو جرام/ سم٢	متر ماء	١٠
كيلو جرام/ سم٢	ضغط جوى	٠,٩٦٧٨٤
كيلو جرام/ متر مربع	رطل/ البوصة المربعة	٠,٢٠٤٨١٦
كيلو جرام/ ملميتر مربع	طن/ قدم مربع	٠,٦٨٥
ملميتر زئبق	رطل/ قدم مربع	٢,٧٨٤٥
واحد متر ضغط	كيلو باسكال	٩,٨
كيلو باسكال	رطل/ البوصة المربعة	٠,١٤٥
كيلو باسكال	ضغط جوى	٠,٠٠٩٨٧
نيوتن/ ملميتر مربع	كيلو جرام/سم٢	١٠,١٩٧
نيوتن/ ملميتر مربع	رصل/ بوصة مربعة	١٤٥,٠٣٨
رطل/ بوصة مربعة	نيوتن/ ملميتر مربع	٠,٠٠٦٩٥
كيلو جرام/ متر مربع	رطل/ قدم مربع	٠,٢٠٥
رطل/ قدم مربع	نيوتن/ متر مربع	٤٧,٨٨

obeikandl.com

جدول (٦٣) معاملات التحويل للقوة Force، عجلة الجاذبيه الأرضيه (g)

عند التحويل من	الى	إضرب فى
رطل/ قدم	نيوتن	٤,٤٤٨٢٢
	كيلو جرام/ قدم	٠,٤٥٣٥٩٢
طن قدم	كيلو نيوتن	٩,٩٦٤٠٢
نيوتن	كيلو جرام/ قدم	٠,١٠١٩٧٢
١٠° داين	كيلو جرام/ قدم	٠,١٠١٩٧٢
نيوتن	رطل/ قدم	٠,٢٢٤٨٠٩
كيلو جرام قدم	رطل قدم	٢,٢٠٤٦٢
عجلة الجاذبيه (g)	قدم /(ثانية)٢	٣٢,١٧٤
	سم/ (ثانية)٢	٩٨٠,٦٦٥

جدول (٦٤) معاملات تحويل السرعة

عند التحويل من	الى	اضرب فى
متر فى الثانية	قدم فى الثانية	٣,٢٨٠٨
متر فى الثانية	ميل فى الساعة	٢٢٣٦٩
ميل فى الساعة	متر فى الثانية	٠,٤٤٧
ميل فى الساعة	كيلو متر فى الساعة	١,٦٠٩٣
قدم فى الثانية	متر فى الثانية	٠,٣٤٠٨
قدم فى الثانية	كيلو متر فى الساعة	٠,٠٩٤٧
ميل فى الساعة	قدم فى الثانية	١,٤٦٦٧
قدم فى الدقيقة	ميل فى الساعة	٠,٠١١٣٦٤

obeikandl.com

جدول (٦٥) الوحدات

Tera تيرا	=	$١٠^{١٢}$
giga جيجا	=	$١٠^{٩}$
Miga ميجا	=	$١٠^{٦}$
Kilo كيلو	=	$١٠^{٣}$
Hecto هيكتو	=	١٠
Deci ديسى	=	$١٠^{-١}$
Centh سنتى	=	$١٠^{-٢}$
Milli ملى	=	$١٠^{-٣}$
Micro ميكرو	=	$١٠^{-٦}$
Nano نانو	=	$١٠^{-٩}$
Pico بيكو	=	$١٠^{-١٢}$
Femto فيمتو	=	$١٠^{-١٥}$
Atto أتو	=	$١٠^{-١٨}$

جدول (٦٦) معاملات التحويل لمعدلات التحميل السطحى- للمعالجات

للتحويل من	الى	إضرب فى
بوصة فى الساعة	ملميتر فى الثانية	٠,٠٠٧٠٥٥٥٥
جالون (انجليزى)/ قدم٢ فى الساعة	متر مكعب/ متر مربع/ اليوم	١١٧٤٤١
مليون جالون (انجليزى) على	متر مكعب/ متر مربع/ اليوم	١,١٢٧٣٦
الفدان فى اليوم	متر فى الثانية	٠,٠١٣٠٠١٦
جالون (انجليزى) فى اليوم/ القدم	متر مكعب/ اليوم/ المتر	٠,٠١٤٩١٥
ملميتر فى الثانية	بوصه فى الساعة	١٤١,٧٣٢
ملميتر فى الثانية	جالون/ قدم٢ / الساعة	٧٣,٥٦٨٩
ملميتر فى الثانية	مليون جالون/ الفدان/ اليوم	٧٦,٩١٣
١ متر مكعب/ متر مربع/ اليوم	جالون/ قدم مربع/ يوم	٠,٨٥١٤٩
	مليون جالون/ الفدان/ اليوم	٠,٨٩٠١٨٧
١ متر مكعب/ اليوم/ المتر	جالون/ اليوم/ المتر	٦٧,٤٦٦

المراجـــع

1 - General Publications, Texts, Hand books, And Manvals (Re Fer to the American Water Works Association (AWWA)) for Complete list of publications And Recommended Texts.

2- Moni Factures And Materiols Associations Books And Data

- El Nasr Casting Company Abost Grey And Dnctile Castirom Pipes
- El Nasr Company For Steel P.pes And Commodoties.
- Segwart Company For Manifactaure of Aspestos Cement pipec And Vitrifiedclay Pipes.
- Local Companies Producing Plastic Pipes And Fiber Glass Reinforced Plastic Pipes (GRP).
- Prestressed Concrete Pressure Pipes Company.

3 - Text Books And Hand books

- T.G. Pumps Selection And Application, Ac Graw-Hill, New York (1957)
- Standard Hand Book of Environmental Engineering RobertA. Corbitt-McGraw Hill, ZN
- Pipe Trades Hand Book by Robert A.L.EE. Publised by Albert, Canda, T6E 5X2
- Hand Book of Water Resources and Pollution Contral Edifed by Harryw. Gehm and Iacobl. Bregman, Published by Van Nostrans Reinold Company.
- Technolog of Water Supply Systems Indeveloping Countries by H.F. HOFKes
- Corrosion And Protection of Meta Gosta Wrangler (United Kingdon-London)
- Design of Municipal water Pipe Systems By American Society of Civil Engineers
- Corrosion Control of water waste water Pipe Systems for operators. H.F. HOF Kes.

obeikandi.com