الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحى

برنامج المسار الوظيفي
للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل
المتدرب

برنامج
أساسيات معالجة مياه الشرب

مهندس تشغيل مياه – 6 شهور

حقوق الطبع محفوظة ©
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
الإدارة العامة للمسار الوظيفي - إدارة المشاغل

تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي 2019- V2

الفهرس

اساسيات معالجة مياه الشرب 3
المقدمة 3
عمليات تنقية المياه 3
الترويب والتنديف 5
انواع المروبات 7
العوامل المؤثرة على أداء عملية الترويب 9
التنديف 17
النقاط الهامة في أداء العملية 17
أنواع خلاطات (قلابات) التنديف 18
أحواض التنديف 18
تفاعل الترويب والتنديف مع عمليات التنقية الأخرى 19
التحكم في التشغيل: 20
إجراءات التشغيل في ظروف التشغيل الطبيعية 20
تحديد جرعات الشبه وأماكن الحقن 24
اختبار الجار تست (الكأس) 24
عملية الترسيب 28
الجوانب الهامة في أداء عملية الترسيب 29
1. المروق المستطيل 33
2. المروقات المزدوجة (ذات الدورين) 34
3. المروقات الدائرية والمربعة: 35
4. المروقات ذات المعدل المرتفع: 36
5. وحدات تلامس الأجسام الصلبة 37
الترشيح: 41
مكونات المرشح 41
أنواع المرشحات 41
التطهير (استخدام الكلور) 43
التطهير بالكيماويات 43
التعامل مع غاز الكلور 48
إضافة الكلور بأمان عند تطهير المروقات أو المرشحات 59

اساسيات معالجة مياه الشرب

المقدمة

الماء هو الحياة والثروة والقوة، فبدونه لا توجد حياة على وجهة الأرض وقد ثبتت هذه الحقيقة عندما رصد الإنسان الحياة على كواكب المجموعة الشمسية وأقمارها وكانت نتيجة ذلك "لا توجد مياه فلا توجد حياة". ولذلك فالماء ثروة لا تعوض حيث ستكون الحروب القادمة بين الدول هي السيطرة على منابع المياه. وأيضا لا يوجد قاعدة صناعية ولا زراعية قوية ألا بوجود مصدر دائم للمياه.

ويعتبر الماء ثاني العناصر الضرورية للإنسان بعد الأكسجين. وكما أن الماء لازم لاستمرار الحياة فقد يكون سببا في القضاء عليها إذا استخدم ملوثا بالجراثيم التي تنقل عن طريقه مثل (الدوسنتاريا، التيفويد، الأمراض المعوية وأمراض أخرى)، ولكن في الوقت الحاضر أصبح من الصعب الحصول على مصدر نقى من المياه. وكثيرا ما تستعمل بعض المدن المجاري المائية بها لصرف مخلفاتها السائلة فيها سواء قبل أو بعد علاجها جزئيا أو كليا.

وعلى الحكومات أن تشدد الرقابة على كل هذه الحالات وإيجاد الحلول الازمة لضمان الحفاظ على سلامة المجرى المائي من أي تلوث قد يضر بالثروة المائية.

يتضح مما سبق أن تنقية المياه وتطهيرها والحفاظ عليها أمر حيوي وضروري حرصا على صحة وسلامة المواطنين.

لذلك حرصت الحكومات على أقامه المحطات العملاقة للتنقية وذلك لإنتاج مياه ذات موصفات عالية الجودة.

عمليات تنقية المياه

المصافي: يتم فيها إزالة الأوراق والقش والأسماك وأي أجسام كبيرة.

كلور مبدئي: يقوم بقتل معظم الكائنات الحية التي تسبب الأمراض ويساعد على التحكم في المواد التي تسبب الطعم والرائحة.

مواد كيماوية: تسبب تجمع الأجسام الدقيقة مع بعضها مكونة أجسام أكبر.

الترويب/ مزج سريع: خلط ومزج المياه الخام (العكرة) المحتوية على جسيمات صغيرة لا تترسب أو تترشح بالمواد الكيماوية.

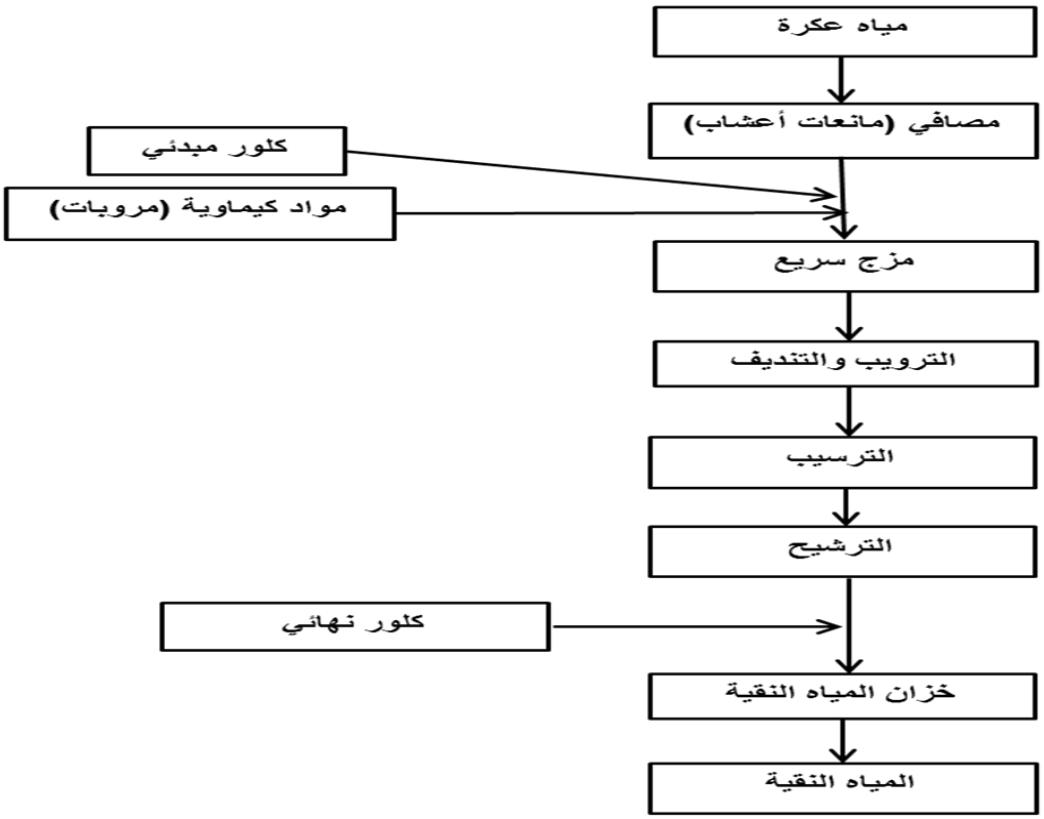
التنديف: تجميع الجسيمات الدقيقة والخفيفة مع تعضها لتكوين جسيمات أكبر (ندف) ليساعد على الترسيب والترشيح.

الترسيب: ترسيب المواد العالقة الأكبر حجما والأثقل وزناً.

الترشيح: حجز وترشيح أي مواد عالقة متبقية.

كلور نهائي: يقتل كل الميكروبات والكائنات المسببة للأمراض ,و يثبط من حركة الطحالب ويتبقى كمية من الكلور في الماء لتطهير شبكة التوزيع وتسمى بالكلور المتبقي.

خزان المياه المرشحة: يسمح بزمن التلامس مع الكلور للتطهير ويخزن المياه لأوقات الذروة.



شكل رقم (1) مراحل عملية تنقية المياه

الترويب والتنديف

طبيعة الجسيمات والشوائب الموجودة في الماء

الجسيمات هي شوائب توجد في المياه من مصادر عديدة، مثل تلك التي تأتي نتيجة تآكل الأراضي، والتقاط بعض المعادن، وتحلل المواد النباتية، وهناك شوائب أخرى تأتى من تلوث الهواء، النفايات الصناعية، والنفايات الحيوانية وغيرها. وهكذا تتلوث مصادر المياه السطحية بواسطة الإنسان والطبيعة، ويكون ذلك في صور متعددة من مواد ذائبة أو عالقة كالمواد العضوية (نباتية أو حيوانية) والمواد غير العضوية (المعدنية)، ومن الأشكال البيولوجية مثل البكتيريا والعوالق.

وتشمل هذه الجسيمات (التي تسمى عادة المواد الصلبة العالقة) مجال متسع من الأشكال والأحجام والتكوينات، ويمكن إزالة الجسيمات ذات الحجم الأكبر أما الجسيمات ذات الحجم أمثل الرمل والطمي من خلال إبطاء تدفق المياه, للسماح بالترسيب بفعل الجاذبية. وتدعى هذه الجسيمات عادة بالمواد الصلبة القابلة للترسيب. ويتم ترسيب الجسيمات الكبيرة حجما عند تخزين المياه السطحية لفترة كافية من الوقت في خزان أو بحيرة. أما الجسيمات الأصغر حجما، مثل البكتيريا والطين الخفيف والغرين، فهي لا تترسب بسهولة وتتطلب معالجة لتكوين جسيمات أكبر حجما تكون قابلة للترسب. وغالبا ما تسمى هذه الجسيمات الأصغر حجما باسم المواد الصلبة غير القابلة للترسب Non-Settleable أو الغرويات Colloidal.

الحاجة إلى الترويب والتنديف

الغرض من الترويب والتنديف هو تسهيل عملية إزالة الجسيمات والشوائب والعكارة من الماء المعالج، وخصوصا المواد الصلبة غير القابلة للترسيب (Non-Settleable) حيث تتم إزالة الجزيئات غير القابلة للترسيب من المياه عن طريق استخدام المواد الكيميائية للترويب، وهذه المواد الكيميائية تدفع الجسيمات

لتتجمع معا لتشكيل الندف، وعندما تتجمع قطع الندف معا، فإنها تشكل ندفا أكبر وأثقل، وتكون أسهل في الترسيب.

في عملية الترويب، تتم إضافة مواد كيميائية من شأنها أن تتسبب في بادئ الأمر بأن تصبح الجزيئات غير مستقرة وتتجمع معا، وفي عملية التنديف تتجمع الجسيمات معا لتشكل جزيئات أكبر، وذلك بسبب أن المادة الكيماوية تعادل الشحنات الكهربائية للجزئيات ثم تتجمع في عملية التنديف. وتحتاج المياه السطحية عادة إلى معالجة لإزالة الشوائب والجسيمات والعكارة قبل ضخ المياه في الشبكة.

وصف عملية الترويب / التنديف

يصف مصطلح "الترويب" الأثر الناتج عن إضافة بعض المواد الكيميائية إلى المياه الخام (العكرة) التي تحتوي على جزيئات بطيئة الترسيب أو غير قابلة للترسيب. حيث تبدأ الجسيمات الصغيرة في تكوين ندف أكبر أو أثقل (التنديف) ، ويتم إزالتها فيما بعد عن طريق الترسيب أو الترشيح.

انواع المروبات

وتسمى عملية خلط المروبات الكيميائية والمياه الخام بالمزج السريع، والغرض الأساسي من عملية المزج السريع هو مزج الكيمياويات بسرعة وتوزيعها بالتساوي في المياه. وتحدث العملية برمتها في وقت قصير جدا (عدة ثوان)، والنتائج الأولية لعملية الترويب تشكيل جزيئات صغيرة جدا.

وعادة يتم الإشارة إلى كيماويات الترويب إما بالمروبات الأولية أو مساعدات الترويب، حيث تساعد المروبات الأولية على تعادل الشحنات الكهربائية للجزيئات لتساعد في البدء في تجمع الندف بطيئة الترسيب معا بحيث لا تنكسر الندف في العمليات التالية، وفي ضوء هذا التعريف يمكن أن نسمى المروبات بمساعدات التنديف.

يتم استخدام الأملاح المعدنية الصناعية (من صنع الإنسان) مثل كبريتات الالومنيوم (الشبة)، كبريتات الحديديك، كبريتات الحديدوز أو البوليمرات العضوية (الموجبة، أنيونية، غير أيونية) كمواد للترويب لأنها فعالة، وقليلة في التكلفة نسبيا، وهي متاحة وسهلة التداول والتخزين، والاستخدام.

عند إضافة أملاح معدنية مثل كبريتات الحديد أو الألومنيوم للمياه، تحدث سلسلة من التفاعلات مع الماء ومع أيونات أخرى موجودة في الماء، مما يوجب إضافة كميات كافية من المواد الكيميائية إلى المياه لتجاوز حد ذوبان هيدروكسيد المعدن، مما يؤدى إلى تشكيل الندف، حيث تقوم الندف المتشكلة بامتزاز الجسيمات (العكارة) من الماء.

البوليمرات العضوية الصناعية (أنيونية والموجبة غير أيونية) المستخدمة في معالجة المياه تتكون من سلسلة طويلة من وحدات فرعية أو "أحادية" يمكن أن يكون لسلسلة البوليمر تركيب متفرع أو خطي، ويتراوح طولها من جزء من ميكرون (الميكرون واحد = 001.0 ملليمتر) لتصل الى 10 ميكرون. ويختلف العدد الإجمالي للمونومرات في البوليمرات الصناعية ويكون متنوعا لإنتاج مواد ذات أوزان جزيئية مختلفة، والتي تصل من حوالي 100 إلى 10.000.000.

وتعتبر الشبة من أكثر المواد الكيميائية المستخدمة في الترويب وتستخدم معها بعض الأملاح المعدنية كمساعدات ترويب أخرى، كما يمكن استخدام البوليمرات الموجبة في مجال معالجة المياه كمروبات ابتدائية (بدلاً من الشبة والأملاح المعدنية)

حيث أنه لا توجد معايير عالمية لاختيار المروبات، فإنه ينبغي على المشغل توخى الحذر في اختيار تلك المنتجات والتي يجب أن يتم الموافقة عليها من خلال الدولة والجهات المنظمة لذلك مع تحديد صلاحيتها في الاستخدام في أعمال معالجة مياه الشرب، ويتوفر لدي العديد من موردي المواد الكيميائية خبرة كبيرة في التعامل مع الأنواع المختلفة للمياه والتوصية بأفضل المواد المروبة التي يمكن استخدامها.

ويعرض الجدول التالى رقم (1) حصر لبعض المساعدات والمروبات الابتدائية

أسم المادة	مروبات ابتدائية	مساعدات ترويب
كبريتات الألومنيوم	X	
سلفات الحديدوز	X	
ثنائي سلفات	X	
كلوريد الحديديك	X	
البوليمر الكاتيوني	X	X
هيدروكسيد الكالسيوم	X	X
أكسيد الكالسيوم	X	X
الومينات الصوديوم	X	X
البنتونيت		X
كربونات الكالسيوم		X
سيليكات الصوديوم		X
أنيونات بوليمرية		X
أيونات غير بوليمرية		X

العوامل المؤثرة على أداء عملية الترويب

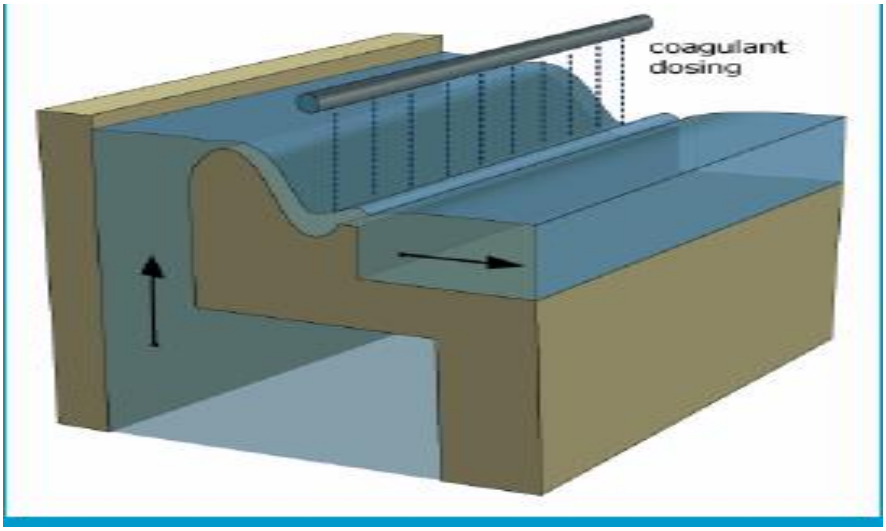
- الشبة تعطي أفضل نتائج في مدي لدرجة تأين هيدروجيني يتراوح بين 6 الي 8.5 .
- كما تتأثر كل من الشبة أو كبريتات الحديديك بقلوية المياه الخام فذا كانت القلوية ليست عالية بدرجة كافية فلن تتكون ندف فعالة
- ان زيادة العكارة ودرجة الحرارة وقوة الخلط يمكن ايضا تحسن من عملية الترويب.

طرق الخلط:

في محطات تنقية المياه الحديثة يتم حقن المواد المروبة المستخدمة في الترويب في المياه في زمن قصير جدًا في حدود عدة ثوان، حيث أن عملية التفاعل المطلوبة لا تحتاج إلى وقت كبير، فالمطلوب تجميع الجسيمات متناهية الصغر والغير قابلة للترسب في جسيمات أكبر حجمًا، وحيث أن هذه الجسيمات تحمل شحنة كهربائية سالبة تجعلها تتنافر مع بعضها وبالتالي فإن هذا التنافر يمنعها من التجمع مع بعضها، والمادة المروبة تكون شحنتها الكهربائية موجبة لذا فإنها تعمل على جذب شحنات هذه الجسيمات فتتجمع مكونة جسيمات أكبر حجمًا وأثقل وزنًا يزيد حجمها وثقلها في عملية الترويب التالية للخلط السريع.

وطرق الخلط هي:

1. خلط هيدروليكي (تقليب هيدروليكي).
2. خلط ميكانيكي (تقليب ميكانيكي).



شكل رقم (2) صورة توضح عملية الترويب الهيدروليكي

أحواض الترويب

يمكن إتمام خلط المادة المروبة بصورة مرضية في حوض خاص مستطيل الشكل بواسطة أجهزة الخلط، كما يمكن أن يتم الخلط في المجرى المائي أو مواسير دخول المياه لحوض التنديف إذا كانت سرعة تدفق المياه عالية بما يكفي لإحداث الدوامات اللازمة، ويحدد شكل الحوض ضمن أسلوب تصميم نظام المزج السريع.

الترويب باستعمال كبريتات الالمنيوم Aluminum Sulphate

وتعرف تجاريا باسم الشب Alum ورمزها الكيميائي AL2(SO4)3.XH2O.

يوجد نوعان من الشبة (كبريتات الألومنيوم AL2 (SO4)3) تستعمل في محطات المياه وهى تستعمل في أعمال التنقية.

1. شبة صلبة AL2(SO4)3.18H2O المادة الفعالة بها هي 16 %. نسبة الماء بها من14–18
2. شبة سائلة AL2(SO4)3.49.6H2O المادة الفعالة بها هي 8 % نسبة الماء بها من46 – 50.

لذلك فان المادة الفعالة (أكسيد الالمنيوم) في الشب الصلب ضعف المادة الفعالة في الشب السائل.

والشب كما توجد في الطبيعة أو كما تصنع , قد تحتوى على بعض الشوائب لا تذوب في الماء , إلا أن هذه الشوائب لا تمثل أو تسبب أي متاعب في التشغيل طالما كانت لا تتجاوز 5% – بل من المحتمل أن تعمل هذه الشوائب كنواة تتكون عليها الندف مما يساعد في عمليتي الترويب والترسيب.

تفاعلات كبريتات الألومنيوم. AL2(SO4)3.XH2O في المياه:

1. مع البيكربونات الموجودة طبيعيا في المياه:

عند إضافة الشب إلى مياه تحتوى على قلوية طبيعية من بيكربونات الكالسيوم يتم التفاعل كالآتي:

$AL_2(SO_4)_3$	+	$3Ca(HCO_3)_2$	⟶	$2AL(OH)_3$ +	$3CaSO_4$ +	$6CO_2$
Alum		Natural bicarbonate alkalinity		Aluminum hydroxide (floc)	Calcium sulfate	Carbon dioxide

2. كما يمكن إضافة القلوية إلى الماء على هيئة كربونات الصوديوم قبل إضافة الشب وفى هذه الحالة يكون التفاعل كالآتي:

$$Al_2(So_4)_3 + 3Na_2Co_3 + 3H_2o \longrightarrow 2Al(OH)_3 + 3Na_2So_4 + 3Co_2$$

Alum	Added carbonate alkalinity			Aluminum hydroxide (floc)	Sodium sulfate	Carbon dioxide

3. أما إذا كانت القلوية الطبيعية غير كافية , ففي هذه الحالة يضاف الجير المطفأ (أيدروكسيد الكالسيوم) للماء قبل إضافة الشب ويكون التفاعل كالآتي:

$$Al_2(So_4)_3 + 3Ca(OH)_2 \longrightarrow 2Al(OH)_3 + 3CaSo_4$$

Alum	Added hydroxide alkalinity	Aluminum hydroxide (floc)	Calcium sulfate

ويلاحظ من دراسة المعادلات أعلاه أن الترويب باستعمال الشب يتميز بالخواص الآتية:

1. في جميع هذه التفاعلات ينتج ندف هلامية من أيدروكسيد الألمنيوم تأخذ في الهبوط إلى القاع جاذبة إلى سطحها المواد العالقة الدقيقة.
2. وجود أملاح الصوديوم والبوتاسيوم في الماء يسبب صغر في حجم هذه الندف صغرا يمنع ترسيبها بسهولة وعلاجا لهذه الحالة تزاد جرعة الشب.
3. وجود أملاح كربونات الكالسيوم أو كربونات المغنسيوم في الماء يساعد على تكوين الندف الهلامية.
4. تؤثر درجة التأين الأيدروجينى (pH) على الجرعة اللازمة والكافية لجودة الترويب – ولقد وجد أن الترويب يكون أكثر جودة إذا كانت المياه ذات تأين ايدروجينى يتراوح من 6 إلى8.5 . مع ملاحظة أن عملية إضافة الشب إلى الماء تخفض من درجة التأين الايدروجينى.
5. التفاعل بين الشب وبيكربونات الكالسيوم أو الجير المطفأ ينتج عنه – بالإضافة إلى ايدروكسيد الألمنيوم – كبريتات الكالسيوم التي تذوب في الماء مسببة عسر الماء , ولكن ذلك ليس بالأهمية التي تؤثر على صفات الماء.
6. التفاعل بين الشب والجير المطفأ أو كربونات الصوديوم ينتج عنه كبريتات الصوديوم التي تذوب في الماء بكمية ليست من الكبر أو الأهمية التي تؤثر على صفات الماء.

كيفية تحديد نسبة المادة الفعالة (أكسيد الألومنيوم) في الشب المستعمل (صلب وسائل)

يجب معرفة الآتي.

1. الرمز الكيميائي
2. عدد جزيئات الماء.
3. الوزن الجزيئي.

الشبة الصلبة:

الرمز الكيميائي AL2(SO4)3. XH2O. حيث (X) عدد جزيئات الماء وتتراوح ما بين 14 – 18 جزئ ماء.

مثـال على الشب الصلبة:

AL2(SO4)3 18H2O هذا الجزيء يحتوى على 18 جزء ماء.

الوزن الجزئي لجزيء الشبة التبلور = {(الوزن الذرى للألومنيوم × عدد ذرات الألومنيوم) + الوزن الجزئي لمجموعة الكبريتات × عدد المجموعات) + (الوزن الجزئى لجزئ الماء × عدد جزيئات الماء)}

وحيث أن الوزن الذرى {S = 32 & H= 1 & O= 16 & AL= 27 }

الوزن الجزئي AL2(SO4)318H2O= {(2× 27) + [3] [(16×4)+32] +(18×18)}= 666

الوزن الجزئي AL2O3= { 16×3 + 2 ×27 }= 102

حساب تركيز أكسيد الألومنيوم

إذن نسبة أكسيد الألومنيوم المئوية= 100 ×102 ÷ 666 =15,3%

الشبة السائلة:

الرمز الكيميائي AL2(SO4)3. xH2O. حيث (×) عدد جزيئات الماء وتتراوح ما بين 46 –56 جزئ ماء.

مثـال على الشبة السائلة: 1

AL2(SO4)3. 50H2O , هذا الجزيء يحتوى على 50 جزء ماء.

الوزن الجزئي AL2(SO4)3. 50H2O ={(2× 27) + [3 [(16×4)+32] +(18×50)} = 1242

حساب تركيز أكسيد الألومنيوم.

إذن نسبة أكسيد الألومنيوم المئوية = 100 ×102 ÷ 1242=8,21%

تذكر أن الشبة الخام السائلة تعامل علي أن تركيزها: 50 %

كيفية تحضير الشبة الصلبة والسائلة بالطريقة الوزنية والحجمية:

نظراً لوجود اختلاف بين تركيزي الشبة الصلبة والسائلة والأخذ في الاعتبار للكثافة النوعية للشبة السائلة يتم اتباع الآتي:

أ. تحضير محلول الشبة إذا استعملت الطريقة الوزنية:

إذا فرض أنى استعمل شبة صلبة ووزنت 10 جرام وأذيبت في 100مل ماء فهي تعطى محلول 10%.(ماذا تعنى محلول 10%. يعنى أنه كل 100 ملي يحتوى على 10 جم مادة صلبة). أما إذا استعملت شبة سائلة فأنى سآخذ 20 جرام من الشبة السائلة واضيفها إلى 100مل وهى تعطى محلول 10% أيضا.

مثال:- إذا فرض أنى استعمل شبة صلبة ووزنت 1 جرام وأذبتها في 100مل ماء فهي تعطى محلول 1%. أما إذا استعملت شبة سائلة فأنى سأخذ 2 جرام من الشبة السائلة واضيفها إلى 100مل وهى تعطى محلول 1% أيضا.

مثال حقلي:

إذا أذبت 50 كيلو/جرام من الشبة الصلبة وغيرت إلى الشبة السائلة استعمل 100 كيلو/جرام.

مثال آخر: إذا استخدمت 1طن من الشبة الصلبة وغيرت إلى الشبة السائلة استعمل 2 طن.

(لاحظ أنه إذا وزنت 14,59 مل فأنه يساوى 20 جم).

ب. تحضير محلول الشبة السائلة باستخدام الطريقة الحجمية:

لابد أن نضع الكثافة في الاعتبار عند استعمال السوائل في التحضيرات لأن الكثافة النوعية تختلف باختلاف السائل. ومن المعروف أن الشبة السائلة الكثافة النوعية لها هي تقريباً 1.37جم وهى تختلف من شركة إلى أخرى لاختلاف التركيز.

$$\text{الحجم} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الكثافة النوعية}}$$

لتحضير محلول 10% من الشبة السائلة نتبع الآتي:

بما أن قوة المادة الفعالة للشبة السائلة 50% من الشبة الصلبة. إذا نأخذ ضعف كمية الشبة الصلبة.

20 جم ---------- 100مل ---------- لتحضير 10%

ولكن نأخذ في الاعتبار الكثافة النوعية للشبة السائلة ولتفرض أنها 1.37.

$$\text{الحجم} = \frac{٢٠}{١,٣٧} = ١٤,٥٩ \text{ مل} \quad \text{---- تكمل إلى ١٠٠مل ---- لتحضير ١٠ \%}$$

إذا لتحضير محلول 10% من الشبة السائلة نأخذ 14,59 مل تقريباً ونكمل المحلول بالماء إلى 100مل.

مثال آخر: لتحضير محلول 1% من الشبة السائلة نتبع الآتي:

بما أن قوة المادة الفعالة للشبة السائلة 50% من الشبة الصلبة. إذاً نأخذ ضعف كمية الشبة الصلبة.

2 جم ---------- 100مل ---------- لتحضير 1%

ولكن نأخذ في الاعتبار الكثافة النوعية للشبة السائلة ولتفرض أنها 1,37.

الحجم = ٢ / ١,٣٧ = ١.٤٦ مل ------ تكمل إلى ١٠٠مل ---- لتحضير ١%

إذا لتحضير محلول 1% من الشبة السائلة نأخذ 1.46 مل تقريبا ونكمل المحلول بالماء إلى 100مل.

طريقة أخرى لتحضير محلول 1%: نأخذ 10مل من المحلول الذى قوته 10% فى مخبار 100مل ونكمله إلى 100مل بالماء.

(لاحظ أنه إذا وزنت 14.59 مل فإنه يساوى 20 جم).

شكل رقم (3) بعض الادوات المستخدمة فى عملية التحضير

التنديف

التنديف هو عملية تقليب بطيئة تسبب تجمع الجزيئات الصغيرة المروبة معا لتكون جسيمات أكبر حجما قابلة للترسيب، وتوفر عملية التنديف التلامس بين الجسيمات لتعزيز تجمعها معا في ندف يسهل إزالتها بالترسيب والترشيح. وبشكل عام، فإن التلامس والالتصاق بين الجسيمات يحدث نتيجة للتقليب الخفيف الذي يتم بواسطة الأسلوب الميكانيكي أو الهيدروليكي في الخلط.

النقاط الهامة في أداء العملية

تعتمد كفاءة عملية التنديف على:

- اختيار الفترة الزمنية المناسبة للتقليب (مدة المكث)(20–40 د)
- سرعة التقليب السليمة.
- الشكل الصحيح لحوض الخلط الذى يحقق انتظام الخلط.**الهيدروليكي** .
- المعدات الميكانيكية أو غيرها من وسائل التقليب الميكانيكي .

وينتج عن عدم كفاية الخلط إلى تلامس غير فعال للجسيمات مما يؤدي إلى ضعف تشكيل الندف. أما الخلط الزائد عن الحد فيتسبب بتفكك الجسيمات المتجمعة (الندف) بعد أن تكون قد تجمعت معا.

زمن المكث

لا تعتبر فترة المكث عادةً عاملا حاسما في الترويب أو المزج السريع إذا توزعت المواد الكيميائية المروبة جيدا واختلطت في الماء فيما ما لا يقل عن عدة ثواني، ولكن زمن المكث مطلوب لتتم التفاعلات الكيميائية الضرورية ولقد تمكن بعض المشغلين من تقليل جرعات المروب عن طريق زيادة مقدار زمن المكث بين مكان إضافة المروب وأحواض التنديف) ومع ذلك ففي عملية التنديف يكون زمن المكث في التقليب مهم جدا، و.يتراوح الحد الأدنى الموصى به لزمن المكث في التنديف من حوالي 5 إلى 15 دقيقة عند استخدام أنظمة الترشيح المباشر وتصل الى 20–40 دقيقة بلنظم الترشيح التقليدية. (ويؤثر حجم وشكل حوض التنديف أيضا على زمن المكث اللازم للتكوين الأمثل للندف).

أنواع خلاطات (قلابات) التنديف

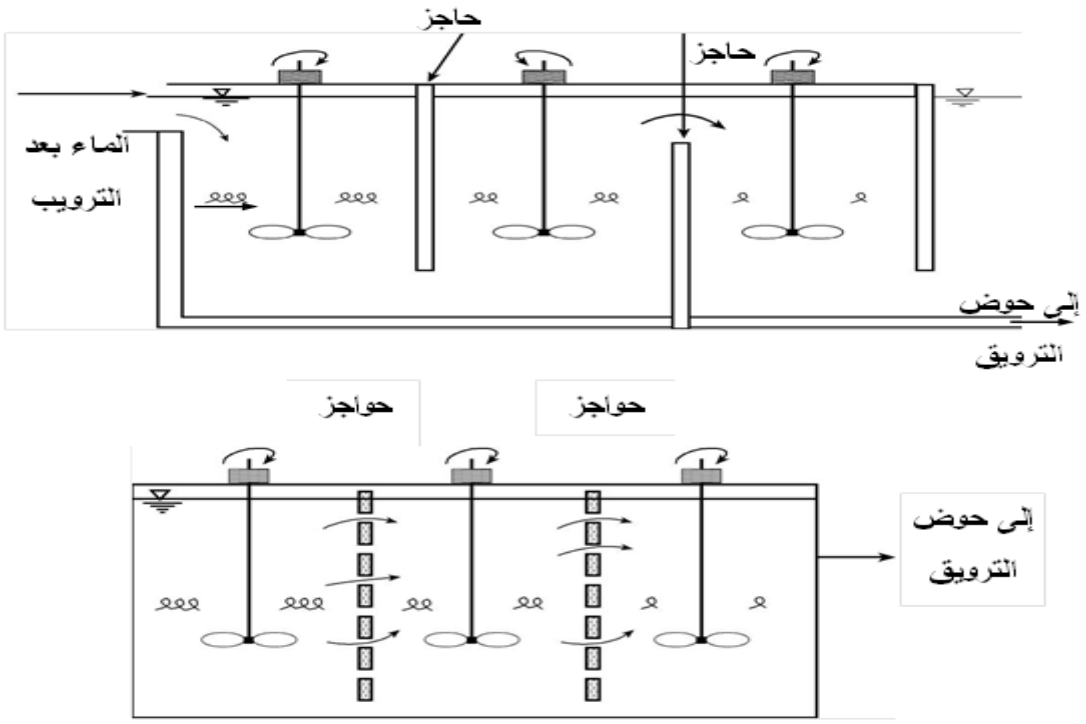
يتم عادة استخدام نوعين من قلابات التنديف الميكانيكية، قلابات التنديف ذات البدالات الدائرية الأفقية، وقلابات التنديف الرأسية، وتتميز قلابات التنديف الرأسية بقلة احتياجها للصيانة نظراً لعدم وجود كراسي تحميل مغمورة بالحوض. ويمكن أن تكون قلابات التنديف الرأسية ذات مروحة، بدال أو توربينات.

ويمكن أيضا تحقيق بعض التنديف بواسطة الطاقة الهيدروليكية للمياه بواسطة الحواجز المتعارضة

أحواض التنديف

يتم تحديد الشكل الفعلي لحوض التنديف بواسطة طريقة التنديف التي يتم اختيارها، وبالتوافق مع أحواض الترسيب. وعادة تكون أحواض التنديف ذات القلابات الأفقية مستطيلة الشكل، في حين أن أحواض التنديف ذات القلابات الرأسية تكون مربعة تقريبا. ويكون عمق أحواض التنديف اقل من عمق أحواض الترسيب.احيانا.

وعادة ما يتحقق أفضل مستوى للتنديف في الأحواض المقسمة (غالبا ثلاثة أقسام) ويفصل كل قسم بواسطة حاجز لمنع حدوث اختصار في مسار الماء المعالج، ويتم تخفيض الدوامات تدريجيا عن طريق الحد من سرعة الخلاطات الموجودة في كل خزان لاحق أو عن طريق تقليل المساحات السطحية للبدالات، ويسمى هذا بالخلط بالطاقة المتناقصة والسبب في الحد من سرعة القلابات هو منع تفكك الندف والجزيئات الكبيرة التي تشكلت بالفعل، فإذا كانت جزيئات الندف تتفتت فمعنى هذا أنه لم يتحقق أي شيء، وسوف تتسبب بالتحميل الزائد على المرشحات، ويوضح الشكل (3) نوعين من حوضي تنديف مزودين بحواجز متقابلة.



شكل رقم (4) حوض تنديف مزود بحواجز متقابلة

تفاعل الترويب والتنديف مع عمليات التنقية الأخرى

ذكر فيما سبق الحاجة للترويب والتنديف وكما اتضح تتطلب هذه العمليات الإعداد المسبق أو تجهيز الجسيمات غير القابلة للترسيب (Non-Settleable) الموجودة في المياه العكرة لإزالتها بالترسيب والترشيح، وبدون الترويب والتنديف السليم تظل الجسيمات الصغيرة خفيفة للغاية ولن تترسب ولن تكون كبيرة بما يكفي ليتم حجزها خلال الوسط الترشيحى،

ونظرا لأن الغرض من الترويب والتنديف هو القدرة على تجميع الجسيمات، العالقة و الغروية فإن فاعلية عمليات الترسيب والترشيح وكذلك الأداء العام للمحطة تعتمد على نجاح عملية الترويب والتنديف.

يمكن للتطهير (و هو التخلص من الكائنات الممرضة في المياه – عكس المعني الشائع " التنظيف السطحي ") أيضا ان يتأثر بالأداء الضعيف للترويب والتنديف، فإذا كانت عمليات إزالة المواد الصلبة قبل التطهير النهائي، وخاصة الترشيح غير فعالة فيمكن أن تلتصق البكتيريا وغيرها من مسببات الأمراض في الجسيمات العالقة وبالتالي تكون محمية من التطهير، ويقوم الترويب والتنديف الفعال بإزالة المركبات العضوية الطبيعية وإزالة هذه المركبات تقلل من تكوين الهالوميثانات الثلاثية (Trihalomethanes) التي قد تتكون عقب استخدام الكلور في التطهير.

التحكم في التشغيل:

إن التفاعلات الكيميائية وتشكيل الندف المرتبطة بعملية الترويب والتنديف معقدة نوعا ما من الناحية النظرية، ولكن من الناحية العملية يجب أن يكون مشغل محطة تنقية المياه قادرا على قياس ومراقبة أداء هذه العمليات يوميا.

وأهم الاعتبارات في التحكم في عمليات الترويب والتنديف هو حسن اختيار نوع وكمية المواد الكيميائية المروبة المناسبة لخصائص المياه العكرة والتي يتم تحديدها معملياً باستخدام جهاز اختبار الكأس.

إجراءات التشغيل في ظروف التشغيل الطبيعية

مؤشرات ظروف التشغيل العادية:

الترويب و التنديف هما عمليتان للمعالجة تسبق عمليتي الترسيب والترشيح، ففي أحواض الترسيب تتم إزالة معظم المواد الصلبة العالقة أما الترشيح فهو الخطوة النهائية في عملية إزالة المواد الصلبة، ويجب أن تعمل عملية الترويب والتنديف على تحسن نتائج الترشيح وبالتالي إنتاج الماء المرشح منخفض العكارة.

قياس عكارة المياه المرشحة سواء على أساس عينات مفردة كل فترة أو على أساس مستمر بواسطة جهاز قياس العكارة سيعطي المشغل مؤشرا جيدا عن سير العملية بوجه عام، ومع ذلك لا يمكن للمشغل الاعتماد فقط على درجة عكارة الماء المرشح لمراقبة العملية بأكملها، وصعوبة الاعتماد على مؤشر واحد لنوعية المياه مثل عكارة المياه المرشحة، هو ان الامر يستغرق قدرا كبيرا من الوقت للتنقل من خلال مراحل التنقية المختلفة.

وعند الاعتماد على كمية المياه التي يتم تنقيتها سنلاحظ أن الزمن الكلي الذي تستغرقه كمية المياه خلال محطة التنقية يمكن أن يتغير من 2 حتي 6 ساعات أو أكثر. وهذا يعني أن أي تغير في جرعة المروبات المضافة في بداية المحطة لن يلاحظ تأثيرها على نوعية المياه النهائية قبل مرور فترة من 2 إلى 6 ساعات أو أكثر اعتمادا على ظروف التشغيل، لذا يجب رصد وتسجيل العكارة وكذلك المؤشرات الأخرى لنوعية المياه مثل الرقم الهيدروجيني، ودرجة الحرارة، والكلور المطلوب، ونوعية الندف، طوال عملية معالجة المياه حتى ويمكن رصد ضعف أداء العملية في وقت مبكر، واتخاذ التدابير التصحيحية لمواجهة ذلك.

وغالباً يتم وضع إرشادات للتشغيل ومراقبة عملية التنقية بالمحطة لمساعدة المشغل في اتخاذ القرار المناسب، وتستند هذه الإرشادات على أعمال التصميم والخبرة العملية، ولكن يجب أن تستند أيضا إلى المعرفة العملية بحالة مصدر المياه، بالإضافة إلى خصائص الأداء المعروفة لمحطات التنقية والتي تستخدم في الظروف المختلفة لعملية التنقية.

إجراءات التشغيل:

في ظروف التشغيل العادي لعمليات الترويب والتنديف، يقوم المشغل بتنفيذ مجموعة من المهام داخل محطة تنقية المياه، ويختلف عدد ونوع المهام التي يؤديها المشغل طبقاً لحجم ونوع المحطة وعدد العاملين فيها، ففي المحطات الصغيرة يطلب من المشغل أن يتحكم في كل إجراءات التشغيل بالإضافة إلى أعمال الصيانة الوقائية وبصفة عامة فإنه يجب على جميع المشغلين أن يكونوا على دراية تامة بكل عمليات التشغيل والصيانة الروتينية المرتبطة بكل مراحل وعمليات التنقية.

تشمل الوظائف الأساسية لعملية الترويب والتنديف التي يؤديها المشغل في حالات التشغيل العادية متابعة ما يلى:

1. رصد سير وأداء العملية.
2. تقييم نوعية المياه (المياه العكرة والمرشحة).
3. فحص وضبط العمليات والمعدات.
4. الفحص البصري للوحدات والمعدات.

رصد ومراقبة الأداء هو نشاط مستمر. وتتحكم كفاءة عملية الترويب والتنديف في مستوى العكارة بالمياه المرشحة، لذا يجب الكشف المبكر عن فشل المعالجة الأولية بسبب انقضاء وقت طويل في تدفق المياه من خلال عمليات الترويب والتنديف والترسيب والترشيح مما يؤدى إلى تفاقم المشكلة، حيث تصل المياه إلى المراحل النهائية بدون معالجة كما ينبغي.

كما يمكن متابعة وتسجيل أداء العمليات بمساعدة أجهزة التحليل المستمر لنوعية المياه والتي تقيس تلقائيا مؤشرات محددة لنوعية المياه مثل العكارة، ومع ذلك فإن أجهزة تحليل نوعية المياه الدقيقة الموثوق بها تكون غالية الثمن، وفي بعض الحالات لا تتاح بسهولة أجهزة القياس الآلية لجميع مؤشرات نوعية المياه التي تهم المشغل، وبالتالي يجب على المشغل استخدام مجموعة من التقنيات لتقييم أداء العمليات وتشمل الملاحظات البصرية والفحوص المعملية الدورية لمتابعة المراقبة المستمرة لنوعية المياه.

كما يجب أن تتم الملاحظات البصرية والاختبارات المعملية لأداء عملية الترويب والتنديف على فترات ثابتة تكراريا، فالاختبارات المعملية الأكثر شيوعا هي العكارة، والقلوية، والرقم الهيدروجينى واللون ودرجة الحرارة، والكلور المطلوب، ويعتمد تكرار هذه الملاحظات والتجارب على مدى تغير نوعية ومصدر المياه العكرة الداخلة للمحطة. وفي محطات التنقية التي يتم تخزين المياه فيها في بحيرة أو خزان كبير (محطات المياه بمحافظة أسوان مثلاً) نجد بشكل عام أن نوعية المياه أكثر استقرارا أو ثباتا من تلك المأخوذة مباشرة من الأنهار والترع (محطات المياه بمحافظات أطراف الدلتا).

وتتغير نوعية المياه العكرة المأخوذة في أطراف الدلتا بالمجاري المائية موسميا وكذلك يوميا حيث يمكن أن يحدث زيادة في نسب الخلط من المصارف الزراعية، ففي الحالات القصوى تُحدث تغييرات مباشرة في نوعية المياه، وبالتالي فإن التكرار المناسب لإجراء هذه الاختبارات كل ساعة أو ربما مرة واحدة فقط في الوردية لمدة ثماني ساعات (وذلك بناء على استقرار نوعية مصدر المياه العكرة من عدمه).

الفحص البصري لعملية الترويب والتنديف يشمل بوجه عام ملاحظة الاضطراب في المياه في قناة أو حوض المزج السريع (ملاحظة أي أنماط تدفق غير صحيحة) والمراقبة الدقيقة لحجم وتوزيع الندف في أحواض التنديف، والتوزيع غير المنتظم للندف يمكن أن يكون مؤشرا لحدوث اختصار في المسارات (Short circuit flow) في حوض التنديف، فجزيئات الشوائب المتندفة الصغيرة جدا أو الكبيرة جدا قد لا تترسب بشكل صحيح ويمكن أن تسبب المتاعب أثناء الإزالة في العمليات التالية، ويجب أن تلى عملية الملاحظة البصرية أعمال التحاليل المعملية لتوفير بيانات أفضل. فعلى سبيل المثال تتطلب خصائص ترسب الندف تقييم معملي مبنى على أساليب المحاولات والخبرة واستخدام اختبار الكأس.

إذا توفرت إمكانية تعديل سرعة القلاب فإنه يجب الأخذ في الاعتبار ما يلى:

1. حجم الندف التي سيتم تشكيلها: إذا كانت عكارة مصدر المياه منخفضة، قد يكون الأكثر ملاءمة ضبط المرشحات لإزالة الندف الصغيرة التي في حجم رأس الدبوس (في محطات الترشيح المباشر). أما في الأنواع الأخرى من المحطات فتقليل سرعة خلاط التنديف هي الأكثر ملائمة في هذه الحالة.

ومن ناحية أخرى، يتطلب ارتفاع عكارة مصدر المياه ضبط السرعة إلى سرعة قريبة من الحد الأقصى وذلك لإنتاج ندف سهلة الترسب.

2. الملاحظات البصرية: قد يشير وجود اختصار في المسار (Short circuit flow) إلى أن عملية الخلط غير كافية، في حين يشير تفكك الندف إلى أن سرعة الخلط مرتفعة للغاية.
3. درجة حرارة الماء: يتطلب انخفاض درجة حرارة المياه زيادة سرعة الخلط.

وهذه المعايير لا يمكن قياسها بسهولة، حيث تحتاج إلى الخبرة الشخصية، ومن المشاكل الحقيقية في عملية المراقبة هو الاعتماد على كمية العكارة المترسبة، ففي حين تعطي العكارة مقياس غير مباشر لتركيز المواد الصلبة العالقة فإنها لا تصف حجم وكثافة الجسيمات ولا قدرة مرشح معين في التعامل مع المياه.

وتستخدم مؤشرات جودة المياه لتقدير جرعة المروب المضافة وتقييم أداء العملية وتشمل هذه المؤشرات العكارة، ودرجة الحرارة، والقلوية، والرقم الهيدروجيني، واللون، والكلور المطلوب، وقد يحتاج المشغل إلى إجراء تغيير بسيط في الجرعات الكيماوية، أو ضبط سرعة خلاط المزج السريع إذا كان الخلاط متغير السرعة استنادا إلى التقييم الشامل لأداء العملية، وترتبط هذه الإجراءات بالتغييرات البسيطة التي قد تحدث في نوعية مياه المصدر مثل التغير في العكارة أو درجة الحرارة.

وعادة تكون خلاطات المزج السريع أقل حساسية لضبط السرعة من خلاط التنديف حيث أن هدفهما الرئيسي هو توزيع المواد الكيميائية بسرعة في الماء المطلوب معالجته.

كما يجب فحص معدات العملية بشكل منتظم، مثل مغذيات الكيمياويات, وذلك لضمان قيامها بالتغذية بالكمية المطلوبة من المادة الكيميائية بدقة (معدل التغذية)، ويجب أن يقوم المشغل دوريا بالملاحظة البصرية لمكونات عملية الترويب والتنديف. فيمكن أن تتراكم الأوراق والأغصان وغيرها من الشوائب بسهولة في قناة الدخول أو في أحواض التنديف. إذا تم تجاهل ازالتها فمن الممكن أن تصل إلى داخل

العمليات الأخرى حيث تقوم بإفساد قراءة العدادات وأجهزة رصد جودة المياه والمضخات والمعدات الميكانيكية أو غيرها وفي بعض الحالات يمكن أن تتسبب في تغير الطعم والرائحة بسبب الكائنات الدقيقة التي يمكن أن تنمو في الشوائب والرواسب التي تتراكم في مرافق المحطة.

تشغيل العملية

الحاجة للتجربة:

من أجل توضيح كيفية تشغيل عملية الترويب والتنديف، فإنه يجب إتباع الإجراءات القياسية للتشغيل.

تختلف كثير من المحطات عن بعضها البعض وتتغير كذلك نوعية المياه العكرة الداخلة للمحطة من محطة لأخرى، لذا يجب إتباع الإجراءات القياسية للتشغيل الخاصة بمحطة محددة تبعاً لنوعية المياه العكرة بها ومن هنا جاءت الحاجة لتحديد الأسلوب الأمثل في التشغيل في كل محطة على حدة.

ويتم إضافة الشبة إلى مصدر المياه القادم من محطة المياه العكرة في غرفة المزج السريع ويتم خلطها بالخلاط السريع (القلاب السريع)، حيث تتدفق المياه من الخلاط السريع خلال قناة التوزيع إلى أحواض التنديف، ثم إلى أحواض الترسيب ثم إلى المرشحات، ويمكن تحديد أبعاد الوحدات (الطول والعرض والعمق) من الرسومات التصميمية للمحطة.

زمن المكث:

يمكننا حساب زمن المكث المتوقع في غرفة المزج السريع، وفي قنوات التوزيع، وأحواض التنديف من المعلومات التي تم الحصول عليها من الرسومات التصميمية، وهذه الفترات مهمة لتحديد الجرعة الكيماوية الأمثل (أفضل حد أدنى من الجرعة الكيميائية) للمياه التي تتم تنقيتها باستخدام اختبار الكأس. أيضا يتم حساب الفترات اللازمة لتمام حدوث التفاعلات الكيميائية.

تحديد جرعات الشبه وأماكن الحقن

اختبار الجار تست (الكأس)

اختبار الكأس هو محاولة لتكرار وتقليد ما يحدث في المحطة من حيث العلاقة بين فترات المكث، وظروف الخلط والترسيب داخل المختبر ولكن يجب أن ندرك أنه يكاد يكون من المستحيل المحاكاة التامة لظروف التدفق التي تحدث في محطة التنقية في اختبار الكأس. يمكنك الحصول على فكرة جيدة عما يحدث في المحطة لجرعة الكيماويات التجريبية من خلال مشاهدة تكون الندف وترسبها في اختبار الكأس. وينبغي استخدام اختبار الكأس كمؤشر لما يمكنك أن تتوقعه في محطة تنقية المياه، ويمكنك

أيضا الحصول على إشارة جيدة عما إذا كنت بالقرب من أفضل جرعة للمروب أم لا. ويوضح الشكل (4) جهاز اختبار الكأس، كما يمكن مراقبة تكون الندف في حوض التنديف وترسبها في حوض الترسيب.

أيضا، من خلال مراقبة أداء المرشحات وبالبحث في نتائج الاختبارات المعملية، سوف تحصل على معلومات إضافية ستساعدك على عمل الضبط اللازم للمعدلات الفعلية لتغذية الكيمياويات.

في اختبار الكأس، سوف نستخدم محلول الشبة كمروب أساسي، قد تكون العينة المستخدمة 500 مل، 1000 مل، أو 2000 مل. ونستخدم عينه من المياه حجمها لتر واحد (1000 مل) حيث أن معظم أجهزة التقليب أو جهاز اختبار الكأس مصممة للحاويات سعة واحد لتر، ويمكن إعداد الكاشف لاختبار الكأس في عدة تركيزات اعتماداً على الجرعة المطلوبة.

شكل رقم (5) جهاز اختبار الكأس

إجراء الاختبار

عندما تكون جاهزا لإجراء اختبار الكأس يجب أن تكون درجة حرارة عينة الماء التي يجري اختبارها هي تقريبا نفس درجة حرارة المياه العكرة. ومن الأفضل استخدام الدوارق البلاستيكية النظيفة بدلا من الدوارق الزجاجية في جمع العينات لأن الأولى تقلل من تغير درجة الحرارة.

وسوف نستخدم الإجراءات التالية في اختبار الكأس:

1. سجل بيانات نوعية المياه وتسلسل الاختبار.
2. اجمع العينة (حوالى 7 لتر).
3. املأ الدوارق بلتر واحد من الماء المراد اختباره.
4. إضافة كميات معلومة من المواد الكيميائية في كل كأس في أسرع وقت ممكن.
5. في تسلسل تجارب رقم 1 يضاف كميات الكواشف التالية:

كأس رقم	1	2	3	4	5	6
جرعة الشبة مج/ل	5	10	15	20	25	30
حجم الكاشف مل (1 ٪)	0.5	1	1.5	2	2.5	3

6. ضع القلابات في الكؤوس وابدأ تشغيلها على الفور لمدة دقيقة واحدة بسرعة 120 لفة في الدقيقة.
7. لا يمكن محاكاة زمن التقليب بدقة، لذلك تستخدم هذه الأزمان لأغراض المعلومات فقط.
8. تعديل سرعة خلاط المزج السريع والترويب في المحطة يتم عن طريق التجربة والخبرة.
9. خفض سرعة الخلاط إلى 20 لفة في الدقيقة لمدة 20 دقيقة (لمحاكاة الظروف في حوض التنديف).
10. سجل الوقت اللازم لتشكيل ندف مرئية واضحة الخصائص (ندف بحجم رأس الدبوس).
11. أوقف التقليب. لتسمح للندف بالترسيب لمدة 20 دقيقة (أو لمدة مماثلة لظروف المحطة). راقب ولاحظ مدى سرعة ترسب الندف، ومظهر الندف، وعكارة المياه المروقة من فوق الندف. إذا كانت شكل المياه غائمة فمعنى هذا أن عملية الترويب ضعيفة أما المياه المروبة جيدا فتحتوى على ندف جيدة التكوين ويكون الماء رائقا. قيم هل الحالة سيئة أم متوسطة أم جيدة أم ممتازة.
12. قس درجة عكارة المياه المروقة.
13. قيم نتائج اختبار الكأس.

رقم الكأس	1	2	3	4	5	6	
الشبة	5	10	15	20	25	30	ملجم / لتر
عكارة المياه المروقة	0.8	0.4	0.2	0.3	0.5	0.9	

ارسم شكل بياني يمثل العلاقة بين درجة عكارة المياه المروقة وجرعة المروب ثم تحدد أفضل جرعة وهي التي ينتج عندها أقل عكارة. وتشير النتائج إلى أن أقل عكارة نتجت من جرعة الشبة 15 مج/ لتر. مع ملاحظة أنه عند استخدام جرعة زائدة من الشبة زادت درجة العكارة.

تقييم نتائج الاختبار

هناك العديد من العوامل الهامة في تقييم نتائج اختبار الكأس وتشمل هذه العوامل:

1. معدل تكون الندف
2. نوع جسيمات الندف
3. شفافية المياه بين جسيمات الندف (أثناء التقليب)
4. حجم الندف
5. كمية الندف المتكونة
6. معدل ترسب الندف
7. عكارة المياه بعد نهاية زمن الترسيب
8. الألومنيوم المتبقى بالمياه المرشحة

بعد تقييم نتائج اختبار الكأس, اختر الجرعة التي حققت أفضل نتيجة وقم بتطبيق هذه الجرعة على المحطة

وفيما يتعلق بتركيزات الشبة في أحواض التخفيف، يتم تحضير التركيز بأحواض التخفيف غالباً بنسبة 10% حيث يضاف 100 كجم من الشبة الصلبة لكل متر مكعب من المياه (أو 200 كيلو جرام من الشبة السائلة)، وعند استخدام أحواض التركيز بنسبة 5 % تضاف نصف هذه الكميات في المتر المكعب من المياه.

معايرة طلمبات الشبة

يتم معايرة الطلمبة وقياس تصرفها وذلك بقياس محلول الشبة الذى تسحبه الطلمبة من وعاء ذو سعة معروفة وقياس الزمن اللازم لتفريغ هذا الوعاء ويكون التصرف مساويا لحجم الوعاء مقسوما على الزمن اللازم لملئه (لتر/ ثانية) أو باستخدام مقياس منسوب يقيس الكمية بالمتر المكعب في زمن معين ثم يحسب التصرف (لتر/ ثانية).

عملية الترسيب

الغرض من عملية الترسيب هو إزالة الأجسام العالقة في الماء وتقليل الحمل علي المرشح وقد تكون هذه الأجسام الصلبة العالقة في حالتها الطبيعية (مثل البكتريا, الطمي والغرين) والتي قد تكون قد عدلت في عمليات معالجة سابقة مثل الترويب والتنديف مكونه ندف أو قد تكون شوائب مترسبة.

وتتم عملية الترسيب بتقليل سرعة المياه المراد تنقيتها إلي سرعة لا تستطيع تحريك ونقل المواد العالقة القابلة للترسيب مما يسمح بتحرك الأجسام العالقة بقوة الجاذبية في اتجاه قاع حوض الترسيب.

قبل الترسيب:

ترسيب الأجسام الكبيرة يحدث بصورة طبيعية عند تخزين المياه في احد الخزانات أو البحيرات الطبيعية لمدة كافية فتقوم قوي الجاذبية بنفس العمل الذي يحدث داخل أحواض الترسيب في محطات المياه وتترسب الأجسام الكبيرة مثل الرمل والطمي في قاع البحيرة أو الخزان كما في حالة بحيرة ناصر خلف السد العالي.

ويمكن أيضاً استخدام حواجز الشوائب وأحواض الحصى ومصائد الرمال لإزالة الجسيمات الثقيلة من المياه العكرة ويمكن أن توجد هذه الوحدات عند المنبع قبل تحويل المياه إلي المحطة أو عند مأخذ محطة المياه وتفيد هذه الوحدات في حماية مواسير المياه من الانسداد، ويمكن إنشاء أحواض الحصى بين المأخذ وأحواض الترويب والتنديف.

الجوانب الهامة في أداء عملية الترسيب

توجد عدة جوانب هامة تؤثر في فعالية وكفاءة عملية الترسيب ويمكن إيجازها فيما يلى:

1. العوامل التي تؤثر في الترسيب

يؤثر حجم وشكل ووزن الجسيمات المراد ترسيبها بالإضافة إلى الظروف البيئية في حوض الترسيب تأثيراً كبيراً على نوع العمليات المطلوبة قبل الترسيب وكذلك كفاءة العمليات ومن هذه العوامل ما يلى:

1. حجم وتوزيع الجسيمات
2. شكل الجسيمات
3. كثافة الجسيمات (الثقل)
4. درجة حرارة الماء (اللزوجة– الكثافة)
5. الشحنة الكهربية للجسيمات
6. المواد الذائبة في الماء
7. خواص التنديف للمواد العالقة
8. الظروف البيئية المحيطة (مثل تأثير الرياح)
9. الخواص الهيدروليكية والتصميمية لأحواض الترسيب (شكل الحوض– مدخل الحوض)

ويوضح الشكل رقم (5) تتابع عمليات تنقية المياه والغرض من كل عملية وموقع عملية الترسيب بين هذه العمليات.

2. طبيعية الشوائب والجسيمات

يمكن إزالة الأجسام الكبيرة (الرمال والطمي) ذات القطر أكبر من 10 ميكرون بواسطة الترسيب نظراً لطبيعة حجمها وكثافتها وعلى العكس من ذلك فإن الأجسام الدقيقة لا يمكن إزالتها بنفس السهولة ولذلك تحتاج إلى عمليات خاصة لإنتاج جسيمات أكبر حجما وكثافة (الندف) وتكون قابلة للترسيب. وكذلك يؤثر شكل الجسيمات على ترسيبها فالجسيمات الناعمة ذات الأشكال المستديرة تترسب أسرع من الجسيمات الغير منتظمة الشكل.

وتحمل معظم الجزيئات شحنة كهربية صغيرة فلو كانت كل الجزيئات ذات شحنة سالبة فإنها تتنافر ولا تترسب وحيث أن الشبة تتكون من ألمونيوم ذو شحنة موجبة فإن الأجسام سالبة الشحنة تنجذب إليه وتتشكل معها وهذا يساعد على سرعة ترسيب هذه الجزئيات.

3. درجة حرارة الماء

تتأثر عملية الترسيب بالتغير في درجة الحرارة فعند انخفاض درجة الحرارة تصبح سرعة الترسيب أقل ويزداد الزمن الذي تحتاجه الجسيمات لتترسب.

4. التيارات

توجد عدة أنواع من التيارات في حوض الترسيب ومنها:

1. تيارات سطحية بفعل الرياح.
2. تيارات الكثافة وتحدث بتأثير اختلاف تركيز المواد الصلبة واختلاف درجات الحرارة.
3. تيارات دوامية بتأثير المياه الداخلة والخارجة من الحوض.

وتكون التيارات التي توجد في حوض الترسيب مفيدة حين تدعم عملية التنديف ومع ذلك فإن هذه التيارات قد تشتت الأجسام العالقة بدون انتظام في الحوض وبذلك تقلل من كفاءة حوض الترسيب.

ويمكن تقليل بعض هذه التيارات عند تصميم المحطة فيمكن تركيب حواجز (Baffles) عند مدخل الحوض لتقليل التيارات الدوامية ولتقليل التيارات التي تحدث بتأثير الرياح وكذلك يمكن تركيب غطاء للحوض ولكن هذا الحل غير مرغوب فيه نظراً لتكاليفه الاقتصادية ونظراً لأنه يعيق عمليات الصيانة.

5. تفاعل الجزيئات

تستمر الأجسام العالقة في التكتل مع بعضها (تكوين ندف) وتترسب جزيئات أخرى من الماء عن طريق التنديف والترسيب الكيميائي في حوض الترسيب، وعند تغير حجم وكثافة الجسم تتغير أيضاً سرعة ترسيبه وكلما كان الجسم أكبر وأثقل بعد اتحاد والتصاق الجسيمات ببعضها أثناء الترسيب كلما زادت سرعة الترسيب.

أحواض الترسيب

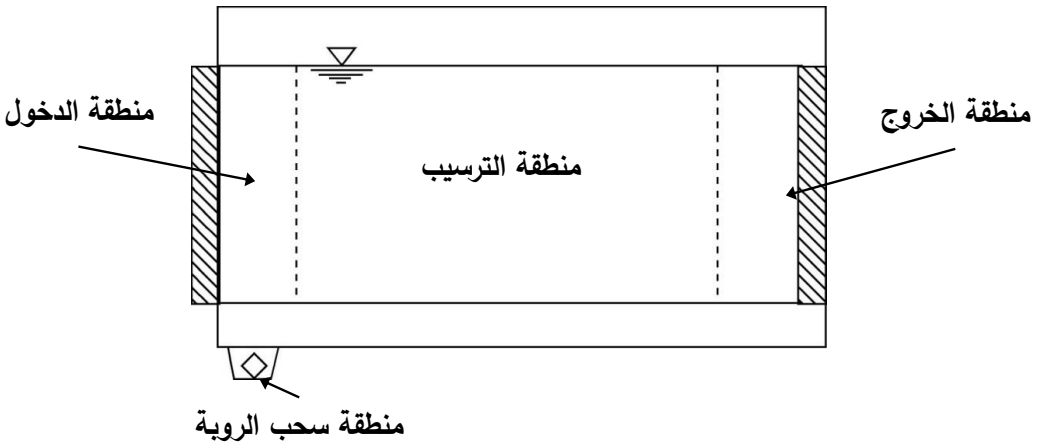
يجب أن تحتوي كل محطة تنقية على مروقين على الأقل وذلك لظروف الصيانة والتطهير والفحص حتى لا يتم إيقاف المحطة بالكامل.

مناطق حوض الترسيب:

يوضح شكل رقم (5) مناطق المروق التي يمكن تقسيمها إلى أربعة مناطق:

1. منطقة الدخول

2. منطقة الترسيب
3. منطقة الروبة
4. منطقة الخروج



شكل رقم (6) مناطق حوض الترسيب

منطقة الدخول

يجب أن يكون دخول المياه من حوض التنديف إلى حوض الترسيب بهدوء وبسلاسة ويجب أن يوزع الماء بعد التنديف على مساحة الحوض كلها بانتظام، فلو تم تصميم مدخل الحوض جيداً مثل وضع حاجز مثقب به فإنه سيمنع حدوث المسارات المختصرة للماء، وايضا يقلل حاجز الدخول من محاولة الماء للدخول بسرعة والمرور من الحوض ويقلل من تيارات الكثافة الناتجة من اختلاف درجات الحرارة ويقلل من التيارات الناتجة عن الرياح كما سبق الإشارة إليه.

منطقة الترسيب

منطقة الترسيب هي أكبر جزء في حوض الترسيب وهي تتيح التخزين الهادئ المستقر للماء المندف لمدة كافية (ثلاث ساعات أو أكثر) لتسمح بالترسيب الفعال للجسيمات العالقة بالماء.

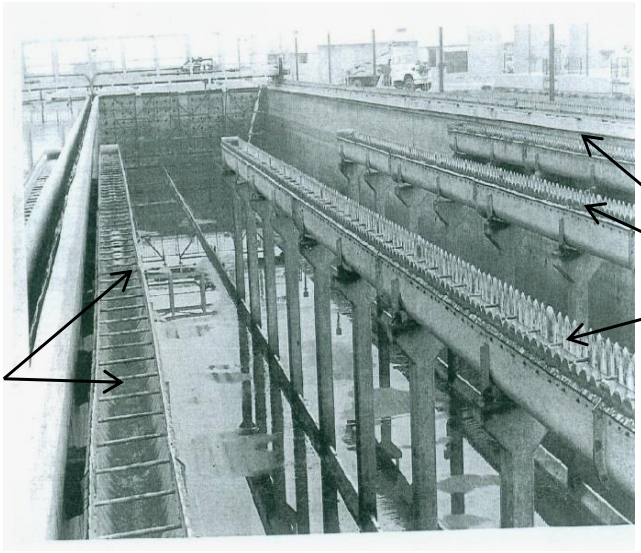
منطقة الروبة

تقع منطقة الروبة في قاع الحوض وهي عبارة عن مكان تخزين مؤقت للجسيمات المترسبة وتؤدى أيضاً إلى انضغاط حجم الروبة حيث أن الجسيمات المترسبة في هذه المنطقة يزيد وزنها فتضغط الروبة المتكونة بأسفل، إذا زاد حجم الروبة المتكونة بشكل كبير جداً فإن الحجم الفعال لحوض الترسيب يقل تباعاً لذلك ويتسبب ذلك في زيادة سرعة المياه وطفو الروبة وتقليل كفاءة الترسيب، ويجب أن يصمم مدخل حوض الترسيب بحيث يقلل سرعة المياه المارة بقرب قاع الحوض (منطقة الروبة) التي قد تتسبب في طفو الجسيمات المترسبة أو خلخلتها وتسبب إعادة تعلقها في الماء مرة ثانية.

يتم إزالة الروبة من الماء بواسطة كاسحة (مكشطة) وأجهزة للسحب تمر بقاع الحوض حسب الحاجة وطبقاً لجدول زمني، وإذا لم تغطى أجهزة إزالة الروبة قاع الحوض كله فيجب في هذه الحالة تفريغ الحوض وغسله لتنظيفه.

منطقة المخرج (خروج الماء)

يجب أن توفر منطقة المخرج انتقال الماء بسلاسة إلى مجرى المياه المروقة ويمكن أيضاً أن يتحكم مخرج الماء في مستوى ومنسوب المياه بالحوض. ويستخدم هدار خروج المياه عادة لتنظيم تجميع المياه المروقة وتؤدى زيادة طول الهدار للسماح بمرور كمية مياه أكبر وبالتالي يمكن زيادة التحميل علي الحوض، (طبقا للكود المصري لتصميم محطات تنقية مياه الشرب فإن معدل تحميل الهدار المستطيل (الأفقي) يتراوح بين 150 –200 م^3/م/يوم ويصل في حالة هدارات V–notch إلى 300 م^3/م/يوم وكذلك يؤثر شكل فتحة الهدار على معدل التحميل ويستخدم عادة هدار ذو فتحات على شكل حرف (V–notch) لأنه يسمح بمعدل تحميل أعلى من الأنواع الأخرى ويكون قابل للضبط على المستوى الأفقي ليسهل انتظام سحب المياه من الحوض، فإذا لم يكن مرور المياه منتظماً على الهدار أو كانت سرعة مرور المياه عالية فإن هذا يسمح بمرور الندف ووصولها إلى المرشح وهذا بالطبع يؤثر على أداء المرشح ويزيد من عدد مرات الغسيل ويوضح الشكل رقم (7) هدارات حوض الترسيب.



شكل رقم (7) مجموعة هدارات في مروق فارغ

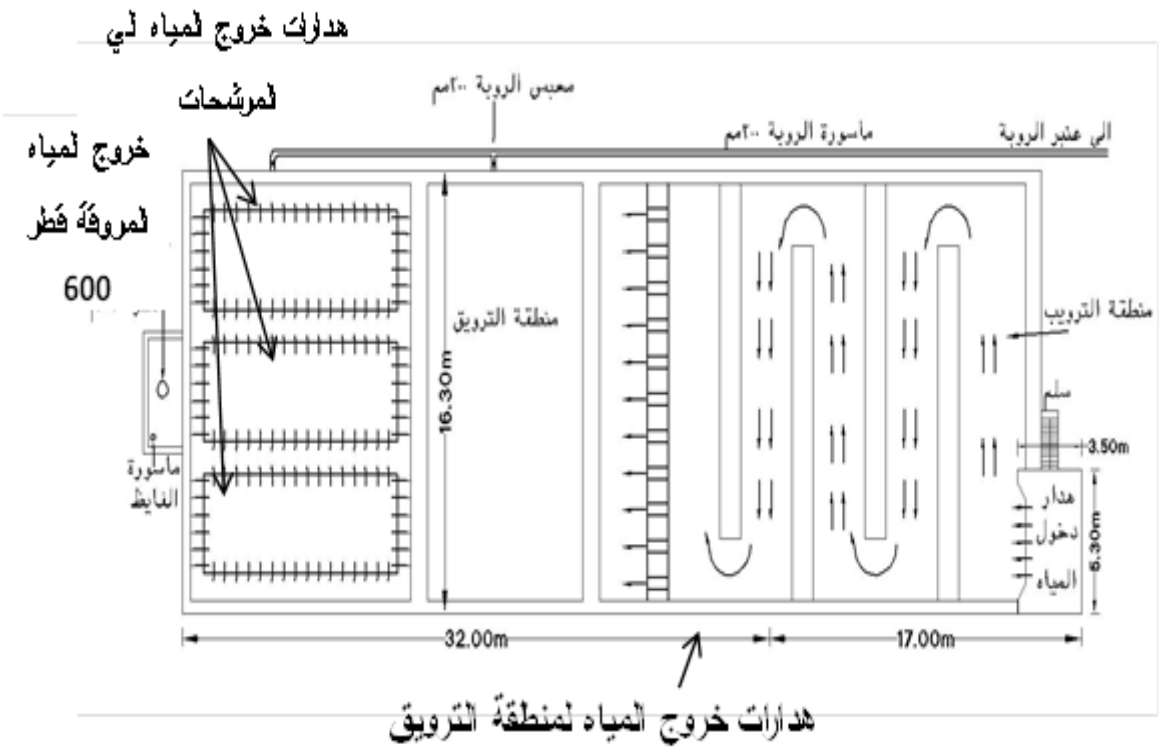
أنواع المروقات

يوجد العديد من أنواع المروقات ذات الأشكال المتعددة وفيما يلي سيتم وصف أكثر الأنواع شيوعاً وخصائص كل نوع:

1. المروق المستطيل

توجد المروقات المستطيلة في المحطات الكبيرة وهي أكثر شيوعاً لأنها تتميز بما يلي:

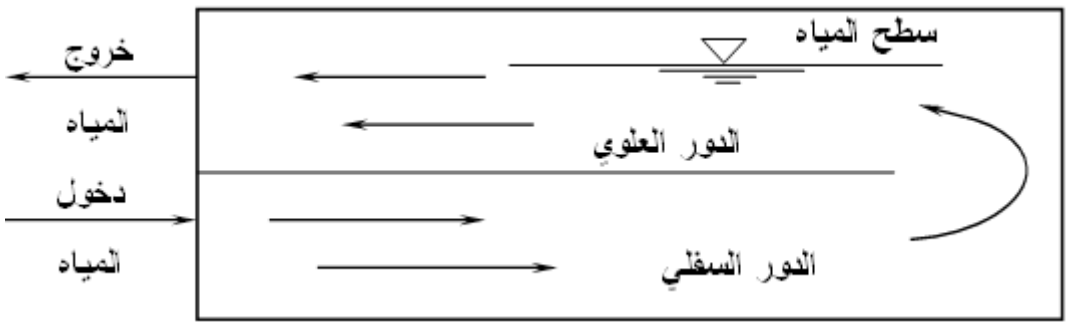
1. أكثر قدرة للتعامل مع التغيرات المفاجئة لنوعية المياه.
2. يمكن التوقع بادائها
3. كفاءة اقتصادية
4. أقل في الصيانة
5. أقل في المسارات المختصرة



شكل رقم (8) المروقات المستطيلة

2. المروقات المزدوجة (ذات الدورين)

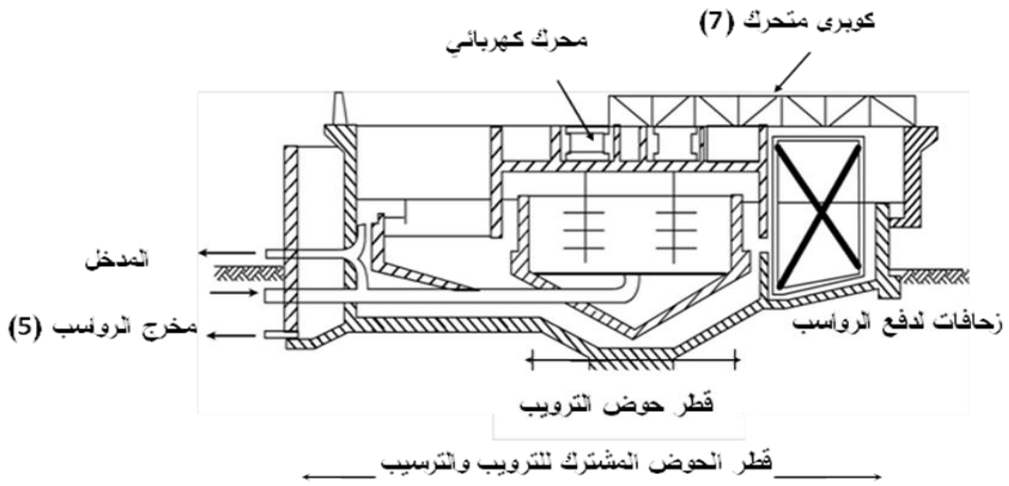
هي تعديل للأحواض المستطيلة وذلك بوضع حوضين فوق بعضهما وتوفر الأحواض المزدوجة كفاءة مضاعفة في المساحة السطحية للترسيب ضعف المساحة السطحية للحوض العادى وتصمم الأحواض المزدوجة لتوفير مساحة الأرض كما هو موضح بالشكل رقم (9) ولكنها غير شائعة الاستعمال نظرا لتكلفة التشغيل والصيانة المرتفعة وفي هذا النوع يتم استخدام أجهزة إزالة الروبة في كلا الدورين وفي بعض الحالات يجب إيقاف العملية بأكملها عند حدوث مشكلة في الأجهزة الموجودة في أي دور من الاثنين.



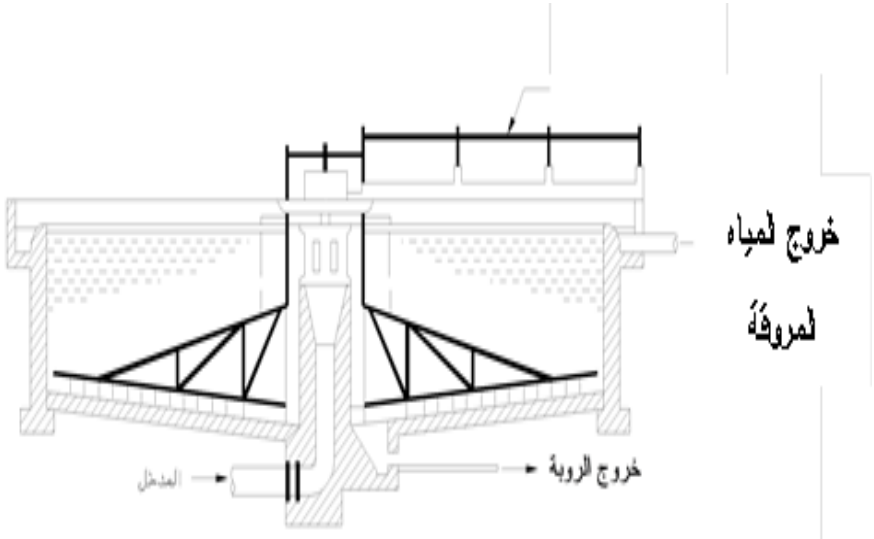
شكل رقم (9) المروق المزدوج (ذو الدورين)

3. المروقات الدائرية والمربعة:

تسمى الأحواض الدائرية أو المربعة عادة باسم المروق لأنها تتضمن عمليتي الترويب والترسيب، ويوضح الشكل رقم (10) نوع من الاحواض يشتمل علي عمليتي الترويب والترسيب، وتشترك هذه الأحواض في بعض مميزات الأداء مثل الأحواض المستطيلة ومع ذلك فهذه الأحواض تحتمل حدوث اختصار للمسارات بها كما توجد بها بعض مشاكل في إزالة الروبة، وتعتبر إزالة الروبة من الأركان هي إحدى المشاكل الكبرى في الأحواض المربعة، وتعرف بعض الأحواض الدائرية باسم وحدات تلامس الأجسام الصلبة، ويوضح الشكل رقم (11) نوعان من المروقات الدائرية ذات التصرف القطري.



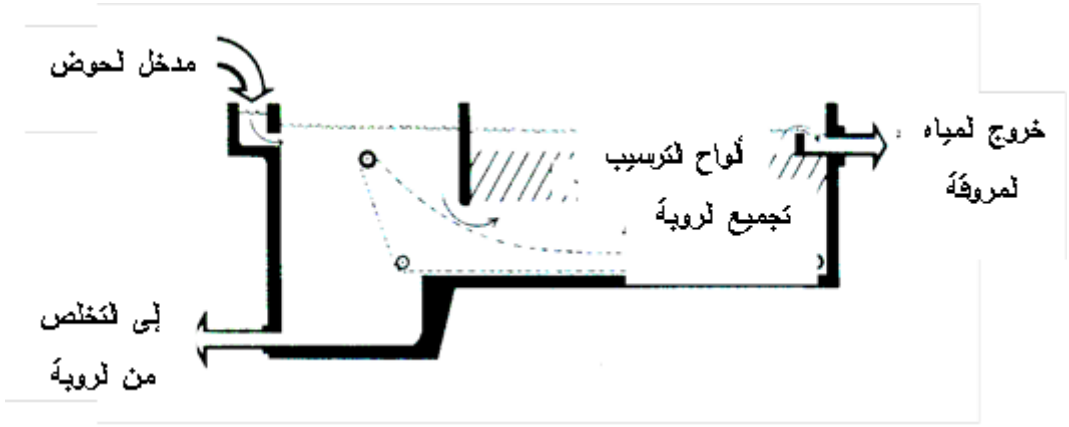
شكل رقم (10) مروق دائري مشترك للترويب والترسيب



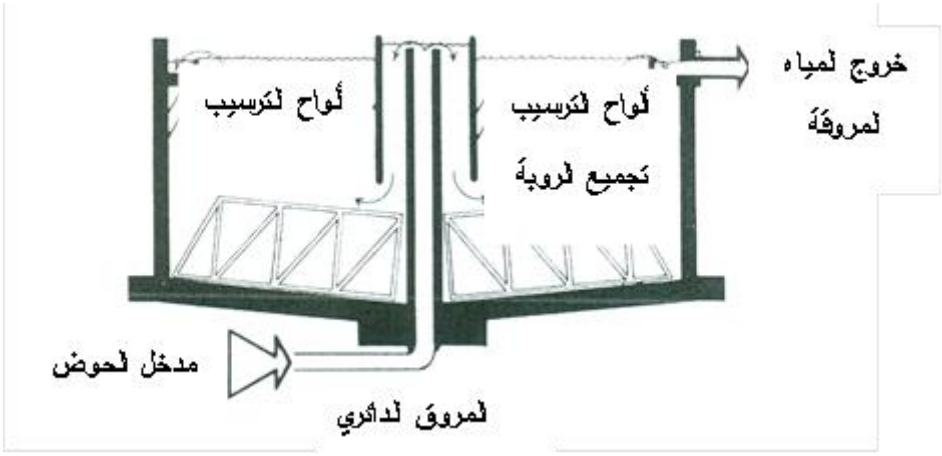
شكل رقم (11) مروق دائري ذو تصرف قطري

4. المروقات ذات المعدل المرتفع:

تم استخدام أنابيب الترسيب ذو المعدل المرتفع لزيادة كفاءة الترسيب في المروقات المستطيلة وكذلك في المروقات الدائرية، وتدخل المياه إلى أنابيب الترسيب المائلة حيث يتم توجيهها إلى أعلى بواسطة الأنابيب أو المواسير وتعمل كل ماسورة (أنبوب) كأنها حوض ترسيب ضحل ولكن مجموع هذه الأنابيب مع بعضها تمثل زيادة مرتفعة لمساحة الترسيب السطحية بالنسبة لحجم المياه ويمكن أن تتجمع الجسيمات المترسبة على السطح الداخلي للأنبوب أو تترسب في قاع المروق ويمكن أيضاً استخدام الألواح المائلة المتوازية لزيادة كفاءة المروقات المستطيلة وتعمل هذه الألواح بطريقة مماثلة لأنابيب الترسيب، كما يوضح الشكل (12) استخدام ألواح الترسيب في كل من المروقات المستطيلة والدائرية.



المروق المستطيل



شكل رقم (12) مروقات مزودة بألواح ترسيب

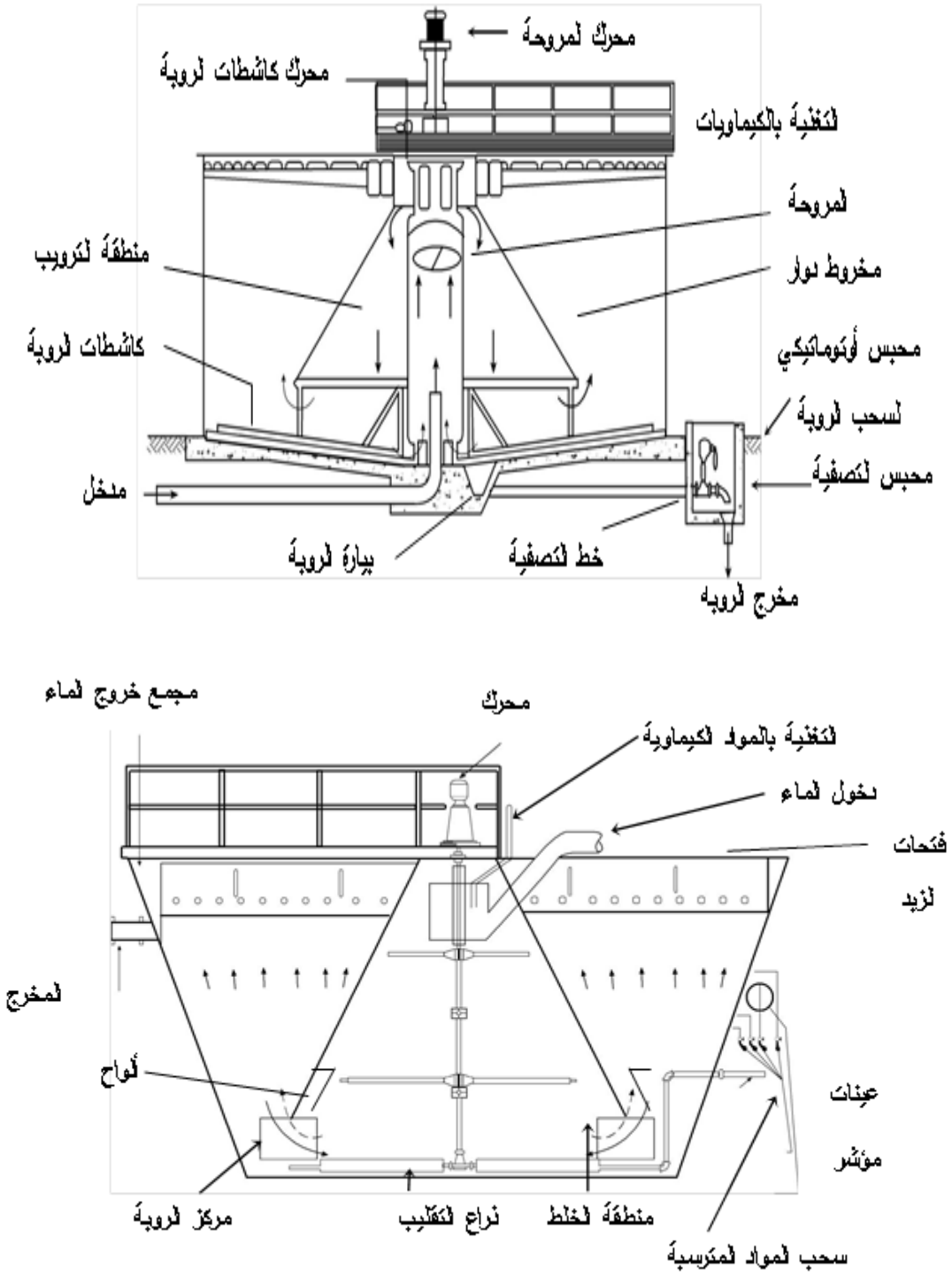
وتعتبر وسائل الترسيب ذات المعدل المرتفع من الطرق المفيدة خاصة إذا كانت مساحة الموقع محدودة، وكذلك في أنوع الوحدات المدمجة ولزيادة قدرات وسعة الأحواض القائمة، وقد تسبب الرياح الشديدة تأثيراً عكسياً على أنابيب الترسيب.

5. وحدات تلامس الأجسام الصلبة

وتسمى أيضا مروقات طبقة (حصيرة أو بطانية) (Sludge Blanket)الروبة وقد تم ابتكارها لتحسين عملية إزالة المواد الصلبة بتصميم خاص، وتضم هذه الطريقة عمليات الترويب والتنديف والترسيب في حوض واحد يمكن أن يكون مستطيلاً أو دائريا، وتندفع المياه من أسفل لأعلى عبر حصيرة أو طبقة من الروبة المتشكلة من الأجسام الصلبة المتندفة، ويوضح الشكل رقم (12) مروقات تلامس الأجسام الصلبة.

ويوجد بهذه الوحدات تجهيزات للتحكم في إزالة الأجسام الصلبة بحيث يظل تركيز المواد الصلبة الموجودة في الحوض عند الحدود المرغوب فيها وينتشر استخدام هذه الطريقة في محطات المياه صغيرة المساحة وكذلك في المناطق ذات الأجواء الباردة التي يتحتم وجود الوحدات داخل مباني، ومع ذلك فيجب الحرص عند تشغيل هذه الوحدات لضمان تكون طبقة (حصيرة) (Sludge Blanket) منتظمة من الروبة وأن يتم الحفاظ عليها مع وجود عمليات إزالة الأجسام الصلبة وحصيرة الروبة حساسة للتغيرات في درجة الحرارة، ودائما تحاول تيارات الكثافة الناتجة من تغير الحرارة إتلاف هذه الحصيرة وفقدان هذه الحصيرة سوف يؤثر على أداء المرشحات ومن العوامل الأخرى المؤثرة في التشغيل هو التحكم في الجرعات الكيماوية، مزج الكيماويات، والتحكم في حصيرة الروبة.

وتوفر وحدات تلامس الأجسام الصلبة أداء جيدا في إزالة العكارة بالترسيب وبصفة عامة فإن هذا النوع من المروقات ذو حساسية كبيرة للتغير في درجات الحرارة أو نوعية المياه الواردة.



شكل رقم (13) مروقات تلامس الأجسام الصلبة (Sludge Blanket)

زمن المكث بالمروق

هو الوقت الفعلي الذى تستغرقه قطرة الماء للمرور خلال حوض الترويق بمعدل تدفق محدد. ويمكن أيضا تعريف زمن المكث بأنه الوقت الذى تستغرقه قطرة الماء للمرور خلال أو البقاء في الحوض بمعدل تصرف محدد، ويمكن حساب زمن المكث بقسمة حجم الحوض على معدل التدفق.

وأحيانا قد يحدث اختلاف لمدة المكث داخل الحوض من مكان لآخر عن زمن المكث التصميمي وذلك بسبب حدوث اختصار في المسارات (دوائر القصر نحو الهدار Short Circuits flow) والذى ينتج عن عدم ضبط أفقية هدار الخروج. (وتعرف دوائر القصر بأنها الانحراف عن مسار التصرف المعتاد خلال المروقات أو أحواض الترسيب والوصول إلى مكان الخروج من المروق في زمن أقل من الزمن اللازم سبقا لتصميم المروق).

إذا كانت كمية المياه المطلوبة (الاحتياج المائي) لا تسمح بتقليل معدل التصرف لإتاحة زمن مكث أكبر فيجب في هذه الحالة إجراء اختبار الكأس، وضبط الجرعات الكيماوية لتعويض الفرق، وليس هناك أشياء كثيرة يمكن أن يقوم بها المشغل للتحكم في عملية الترسيب ولكن ضبط الكيماويات ومعدل التغذية بالكيماويات هي الوسيلة الرئيسية التي يمكن أن يتحكم بها المشغل في عملية الترسيب.

تداول الروبة , خواص الروبة:

الروبة الناتجة من محطات التنقية هي عادة روبة ناتجة من الندف التي تم ترسيبها بفعل الشبة، وتركيز المواد الصلبة بها يتراوح من 0.25 إلى 10 % عند إزالتها من الحوض، وفي حالة إزالة الروبة بالانحدار يجب ألا يزيد تركيز المواد الصلبة عن 3 % اما إذا كان يتم ضخها بطلمبة فيمكن زيادة التركيز إلى 10 %.

عند استخدام المروقات ذات التصرف الأفقي ومسبوق بعمليات ترويب وتنديف نلاحظ ان 50 % من الندف تترسب في الثلث الأول من الحوض ويجب أخذ ذلك في الاعتبار عند تحديد مدى تكرارية إزالة الروبة كذلك يجب مراعاة كمية وحجم الروبة المراد إزالتها وكذلك السعة المتاحة في الحوض لتخزين الروبة.

نظام إزالة الروبة:

يجب إزالة الروبة المترسبة في قاع حوض الترسيب دوريا للأسباب التالية:

1. لمنع تداخل الروبة في عملية الترسيب (مثل عودة التعلق مرة أخرى).
2. لمنع الروبة من التعفن أو ان تكون بيئة لنمو الكائنات الدقيقة التي تسبب تغير في طعم أو رائحة للماء.
3. لمنع انخفاض مساحة مقطع الحوض وبالتالي انخفاض مدة المكث.

إجراءات التشغيل:

يمكن تقييم الأداء في المروقات المستطيلة والدائرية من خلال ملاحظة مدى بعد تواجد الندف عن مدخل الحوض, فإذا كانت الندف يمكن رؤيتها على مسافة قريبة من المدخل فإن هذا يعنى أن عملية الترسيب جيدة، أما إذا تم ملاحظة وجود الندف على مسافات أبعد فإن هذا يعنى أن عملية الترسيب سيئة. (رؤية الندف من مسافة قريبة من المدخل تعنى أن الندف قد تكونت بشكل متماسك في مسافة صغيرة من المدخل نتيجة كفاءة عملية الترويب والتنديف والخلط السريع الصحيح).

في أحواض تلامس الأجسام الصلبة يمكن عادة الحكم على كفاءة الترسيب بواسطة عمق طبقة الروبة وكثافتها (تقاس بوحدات ملجم من الأجسام الصلبة لكل لتر مياه) فإذا كانت كثافة طبقة الروبة عادية ولكنها قريبة من السطح فيجب إزالة كمية أكبر من الروبة، أما إذا كانت كثافة الروبة خفيفة فيجب إعادة ضبط جرعة المروبات لتحسين الأداء.

بصفة عامة فإنه يجب ملاحظة المياه الخارجة من المروق أثناء مرورها فوق الهدار وحركة الندف والمسارات المختصرة وطبقة الروبة (حصيرة الروبة وتسمى في بعض الأحيان بطانية الروبة) وكذلك فإن تغير شفافية المياه الخارجة تعبر عن كفاءة عملية الترويب والتنديف.

كما يجب فحص المعدات بانتظام لضمان الأداء الجيد، كذلك يجب التحقق من التشغيل السليم لمعدات إزالة الروبة كلما تم استخدامها حيث أن نظام صرف الروبة معرض دائماً للانسداد، ويمكن مراقبة وملاحظة مخرج الروبة أثناء عملية ضخ الروبة إذا كانت ماسورة صرف الروبة. تنسد باستمرار فهذا معناه أن تركيز الروبة أعلى من المعدل الصحيح وفي هذه الحالة يجب زيادة معدل سحب الروبة.

الترشيح:

عملية الترشيح هي عملية سريان الماء خلال طبقة منفذة سواء كانت هذه الطبقة ورقة ترشيح او وسط ترشيحي او وسط مسامي .

وفي محطات تنقية المياه.الترشيح هو عملية سريان المياه خلال وسط حبيبي (عادة رمل) حيث يتم حجز الشوائب من المواد العالقة وازالة الكائنات الدقيقة الممرضة

مكونات المرشح

1. حوض (خرسانى او معدني)
2. وسط ترشيحي (رمل –او رمل وزلط – او فحم الانثراسيت – او رمل وفحم الانثراسيت)
3. مجموعة محابس (دخول – ترشيح – روبه – مياه الغسيل – هواء الغسيل – التصافي)
4. شبكة سفلية (شبكة المواسير المثقبة – المواسير ذات المصافي– الأرضية المسامية – البلاطات الخرسانية ذات المصافي)

أنواع المرشحات

تنقسم المرشحات إلي:

5. طبقاً لسرعة الترشيح : فهناك المرشحات البطيئة والمرشحات السريعة
6. طبقاً لنوع طبقة الترشيح: فهناك مرشحات الرمل أو الفحم (الاثراسيت) أو الاثنين معا، وهناك المرشحات ذات طبقة الترشيح الواحدة أو متعددة الطبقات
7. طبقاً لاتجاه الترشيح: فهناك المرشحات التي يتم الترشيح فيها من أعلى إلى أسفل وهو النوع الشائع، أو من أسفل إلى أعلى.
8. وقد يكون الترشيح بالجاذبية أو تحت ضغط او الترشيح المتواصل

شكل رقم (14) مرشح رملى يعمل بالجاذبية

شكل رقم (15) مرشح رملى يعمل بالضغط

ويتم تفسير نظرية الترشيح طبقا للنظريات و الأسس الآتية:

1- التصفية الميكانيكية: حيث تعمل طبقة الوسط الترشيحى كمصفاة دقيقة تحجز المواد العالقة التى يزيد حجمها عن حجم المسام والفراغات بين حبيباتها.

2- المسام بين الحبيبات تعمل كاحواض ترسيب متناهية في الصغر:- تفسر سبب حجز المواد العالقة الغروية والبكتريا التي يصغر حجمها عن حجم المسام لتترسب هذه المواد علي سطح الرمل عندما تهبط من أعلي إلى اسفل خلال طبقات الوسط الترشيحي وتخرج المياه خلال طبقة المرشح خالية منها.

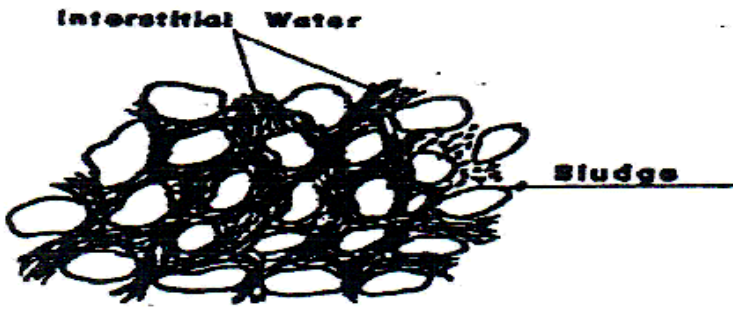
3-التصاق المواد الغروية بحبيبات الرمل:-

عند احتكاك المياه بما فيها من مواد عالقة بسطح حبيبات الرمل فهي تلتصق بعضها وبحبيبات الرمل نظرا لعدم استواء سطح حبيبات الرمل كما إن الالتواء في المسام يساعد علي هذا الالتصاق فتنحجز في مسام المرشح مما يسبب ضيقاً لهذه المسام ومن ثم زيادة في جودة المرشح.

4- اختلاف الشحنات الكهربائية :- حيث تحمل حبيبات الرمل النظيفة شحنات كهربائية موجبة , كما تحمل المواد العالقة بالمياه شحنات سالبة فيحدث تجاذب والتصاق هذه المواد بحبيبات الرمل.

5- التفاعلات البيولوجية:-

تتغذى الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في الماء علي الأملاح والمواد العضوية او الغازات الذائبة ونتيجة لنشاط هذه الكائنات الدقيقة يتغير التركيب الكيميائي لهذه المواد وتعتمد كفاءة هذه النظرية علي مدة بقاء المياه في الحوض وتستخدم في عمل المرشحات الرملية البطيئة



شكل رقم (16) التصاق المواد الغروية بحبيبات الرمل

التطهير (استخدام الكلور)

مقدمة

الغرض من عملية التطهير جعل المياه آمنة للاستهلاك الآدمي، فلا يمكن للترشيح مهما كان بطيئا أن يحجز كل ما في الماء من بكتريا وكائنات دقيقة (Microorganisms)، لذلك كان لابد من وجود طريقة للتخلص من هذه الكائنات الحية التي تسبب الأمراض (Pathogens)، وذلك طبقا لمعايير قياسية خاصة بمياه الشرب.

وتهدف عملية التطهير (Disinfection) إلى القضاء على الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض (Pathogens)، أو وقف نشاطها، بينما تهدف عملية التعقيم (Sterilization) إلى القضاء الكامل على جميع الكائنات الحية في المياه ويستخدم التعقيم في أعمال محدودة، لذا تعتبر عملية التطهير مرحلة جزئية من عملية التعقيم. وفي أعمال تنقية مياه الشرب بمحطات المياه تستخدم عملية التطهير فقط وهو ما سيتم شرحه خلال هذا الفصل.

ومن أقدم طرق التطهير التي عرفها الإنسان، التطهير بتسخين الماء حتى درجة الغليان ولكنها لا تصلح اقتصادياً إلا في الاستخدامات المحدودة جداً بالمنازل، لذا كان لابد من وجود أو استحداث وسائل أخرى أكثر فاعلية للكميات الكبيرة من المياه، وأيضاً لتتناسب مع نظام الإمداد بالمياه الذى يحتوى على مكونات قد تكون في حد ذاتها من العوامل التي قد تساعد على نمو البكتريا وتكاثرها.

التطهير بالكيماويات

وهو أنسب وسيلة تستخدم في تطهير المياه على نطاق واسع، وذلك بإضافة مواد كيماوية بجرعات خاصة، للتخلص من الكائنات الحية المسببة للأمراض (Pathogens) والقضاء عليها دون الإضرار بصحة الإنسان والحيوان، وأيضاً بدون إحداث تغيير في طعم ولون ورائحة المياه، ويعتبر التطهير بالكلور من أهم طرق التطهير الكيميائي.

التطهير بالكلور

يعتبر التطهير بالكلور من أكثر الطرق شيوعا في عمليات تطهير المياه، وكان لظهور عملية الكلورة في أواخر القرن الماضي أثر كبير في القضاء علي الأمراض التي ينقلها الماء وذلك بأقل التكاليف وأبسط المعدات واقل عدد من العاملين ولولا عملية الكلورة لانتشرت أوبئة الكوليرا والتيفويد مثلما كان الأمر منذ

مائة عام، ويتميز التطهير بالكلور بسهولة استعماله، وكذلك سهولة الحكم علي مدي فاعليته بالتأكد من بقاء قدرا من الكلور في الماء بعد فترة من إضافته.

ولا يعرف علي وجه التحديد كيف يعمل الكلور علي قتل البكتريا في الماء والمعتقد أن مركبات الكلور التي تتكون عند إضافة الكلور إلى الماء تقضي علي بعض الأنزيمات الضرورية للعمليات الحيوية في هذه الكائنات ولم يعد أحدا يعتقد مثلما كانوا يعتقدون في الماضي بان البكتريا تتأكسد نتيجة إضافة الكلور وذلك لان عملية التأكسد تحتاج إلى كميات هائلة من الكلور، في حين أن التطهير الناجح الآن لا يتطلب إلا كميات ضئيلة منه. ومع هذا فإن الكلور عامل مؤكسد قوي وعندما يستخدم بكميات كافية فإنه يوقف نمو الطحالب في المرشحات.

صناعة الكلور

يتم تحضير الكلور في الصناعة بواسطة التحليل الكهربي لمحلول كلوريد الصوديوم (ملح الطعام)، ويتجمع الغاز عند القطب الموجب ويتم سحبه حيث تتم إسالته ويحفظ في خزانات كبيرة إلى أن تتم عملية تعبئته في الاسطوانات المستخدمة في محطات المياه.

خصائص الكلور

يمكن أن يتواجد الكلور مثله مثل أي مادة في ثلاث صور مختلفة، الغازية أو السائلة أو الصلبة، ولكل منها خصائصه.

غاز الكلور

غاز الكلور غاز لونه أصفر مائل إلى الخضرة، وهو أثقل من الهواء مرتين ونصف، وغاز الكلور سام له رائحة مميزة شديدة النفاذية ومهيج للأغشية المخاطية المبطنة للأنف والعين والجلد والرئتين ويسبب سعال وصعوبة في التنفس.

والكلور الغازي وزنه الذري 35,5 وهو ضعيف القابلية للذوبان في الماء (6.7 جم/ لتر ماء عند 20°م، 14.8 جم/ لتر ماء عند صفر°م)، ولذلك لا ينبغي رش الماء على الكلور المتسرب، كما أن حفظ محلول الكلور في درجة حرارة باردة يحافظ على تركيزه لفترة طويلة.

وبرغم أن الكلور ليس مادة ملتهبة قابلة للاشتعال أو الانفجار، إلا انه يمكن أن يساعد على الاشتعال تحت ظروف معينة، كذلك فإن الكلور الجاف ليس مادة مسببة للتآكل، إلا انه يتحول إلى ذلك بشكل مؤثر إذا تعرض للرطوبة.

ويسال غاز الكلور بالتبريد (عند -34.1°م تحت ضغط جوى 1 بار) أو يسال تحت ضغط عالي (حوالي 7 بار، في درجات الحرارة العادية) ولذلك يحفظ وينقل علي هيئة غاز مسال بالضغط في اسطوانات من الصلب تختلف سعتها من خمسين إلي ألف كيلوجرام وتتوقف العبوة المستعملة علي الكمية المستهلكة في محطة المياه.

ويتحول الكلور من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية بسرعة كبيرة تؤدي لانخفاض شديد في درجات الحرارة، وعلى ذلك فإن الحد الأقصى المسموح به لسحب الكلور من الأسطوانة لا يجب أن يزيد عن 9 كجم/ ساعة لتفادي انخفاض درجات الحرارة وتكوين الجليد على الأسطوانة ومواسير السحب منها.

في حالة وجود تسرب لغاز الكلور في الجو فإن 3 جزء في المليون هي أقل نسبة يمكن حسها بالشم، وعند 15 جزء في المليون يصبح تأثيرها مهيج للعين والرئة، ويصبح خطرا إذا ما استنشق لفترة من 30 –60 ق عند تركيز من 40 –60 جزء في المليون، وإذا زاد التركيز في الجو ليصل إلى 1000 جزء في المليون فيصبح مميت، حيث يصاب الفرد الذى يتعرض لهذه الجرعة بالاختناق والوفاة مباشرة.

أما الكمية المسموح بها لغاز الكلور في الجو وتكون آمنة لفترة الوردية الواحدة (ثماني ساعات) لا تتجاوز تركيز 1.0 جزء في المليون.

الكلور السائل:

عبارة عن محلول نقى كهرماني اللون وهو أثقل من الماء مرة ونصف تقريباً، وللكلور السائل معامل تمدد عالي، إذ يزداد حجمه بسرعة كبيرة بازدياد درجة الحرارة، حيث يزداد تمدد السائل ليملأ الاسطوانة بالكامل عندما ترتفع درجة الحرارة إلى 67.5 درجة مئوية، ولذلك يلتزم دائماً بعدم ملء اسطوانات الكلور بأكثر من 85 % من حجمها. وحيث أن الكلور السائل يتبخر بسرعة شديدة إذا ما تعرض للهواء الجوي، لذلك فهو نادراً ما يرى في صورته السائلة.

وعند تبخر الكلور السائل فإن وحدة الحجوم الواحدة منه تنتج حوالى 456 وحدة حجم من الغاز النقي عند درجة حرارة 15 درجة مئوية، وضغط 760 مم زئبق، وبالتالي فإنه عند وجود تسرب في اسطوانة الكلور، يتحتم تعديل وضع الاسطوانة بحيث تكون منطقة التسرب في أعلاها لكى يتسرب غاز الكلور وليس السائل.

الكلور الصلب:

نظراً لأن الكلور السائل يتجمد عند درجة حرارة منخفضة جداً (−102 درجة مئوية) فهو نادراً ما يوجد في صورته الصلبة، غير أنه يتواجد متحداً مع بعض العناصر الأخرى في صورة مركبات على هيئة بودرة أو حبيبات.

مركبات الكلور

خلاف الكلور النقي يتواجد الكلور علي هيئة مركبات سائلة أو صلبة:

1. محلول الكلور:

ويسمي كيماويا (هيبوكلوريت الصوديوم) وتركيبه الكيماوي هو NaOCl وهو محلول يحتوي علي حوالي 15٪ من الكلور الحر ويباع في المحلات العامة كمنظف تحت أسماء مختلفة، ويمكن استعماله كمطهر للمياه بشرط أن لا يضاف إليه أي أنواع من المنظفات ويضاف مباشرة إلى الماء سواء بالصب المباشر من وعاء أو باستعمال مضخة مناسبة، ويسبب محلول الكلور تآكلا في المواسير.

2. المسحوق المبيض:

ويسمي أحيانا (كلوريد الجير أو الجير المكلور) وتركيبة الكيماوي هو مزيج من (كلوريد كالسيوم قاعدي $CaCl_2Ca(OH)_2$، هيبوكلوريت كالسيوم قاعدي $Ca(OCl)_2Ca(OH)_2$)، وهو مسحوق ابيض مائل للاصفرار، له رائحة قوية نفاذة، الجديد منه يحتوي علي 32٪ من وزنه كلور فعال. إلا أن هذه النسبة تأخذ في النقصان بمضي الوقت خصوصا إذا تعرض للجو أو للضوء، ولذلك يجب حفظه في عبوات خاصة محكمة القفل، كما يجب اختباره لمعرفة نسبة الكلور الفعال قبل كل استعمال حتى يمكن تقدير الكمية التي تعطي جرعة الكلور المطلوبة، وبعد تقدير تركيز المسحوق المبيض تعمل عجينه سميكة تخفف تدرجيا حتى تصير مستحلب بنسبة 1: 100 وهذا المستحلب يمزج جيدا ثم يترك لمدة ساعة ثم يصفي لإزالة ما به من رواسب ثم يضاف إلى الماء بالمعدل المطلوب بواسطة أجهزة خاصة.

3. مسحوق أو أقراص الكلور:

ويسمي كيماوياً (هيبوكلوريت الكالسيوم) وتركيبة الكيماوي هو $Ca(OCl)_2.4H_2O$ وهذه المادة تحتوي علي حوالي 60– 70٪ من الكلور الحر. ويمتاز عن المسحوق المبيض بارتفاع نسبة الكلور الفعال وبان نسبة الكلور الفعال لا تتأثر بالتخزين لفترات طويلة. وعند الاستعمال يحضر محلول مركز منه ثم يضاف إلى الماء بالجرعات اللازمة بواسطة أجهزة خاصة.

وعموما استعمال مركبات الكلور أصبح غير شائع في عمليات التطهير الكبرى للمياه نظرا لمتاعب التشغيل إلا انه يستعمل في الحالات الآتية:

1. تطهير شبكات مواسير توزيع المياه بعد إنشائها أو إصلاحها.
2. تطهير مرشحات وخزانات المياه.
3. في حالات الطوارئ مثل حالات الفيضانات.

أنواع التطهير بالكلور

يمكن تقسيم أنواع التطهير من حيث موقعه في مراحل المعالجة إلى الأنواع التالية:

- التطهير المبدئي (حقن الكلور المبدئي).
- التطهير المتوسط (حقن الكلور المتوسط).
- التطهير النهائي (حقن الكلور النهائي).

التطهير المبدئي

عند استقبال المياه من المأخذ من مصدر المياه فإنها تحتوي على بعض أنواع من الطحالب والبكتريا، ولتقليل الحمل البكتيري على المرشحات فإنه يتم إجراء عملية تطهير مبدئي للمياه العكرة.

ومن مزايا التطهير المبدئي "Pre-Disinfection" ما يلى:

- تقليل الحمل البكتيري على المرشحات.
- زيادة عامل الأمان.
- المساعدة على إزالة الألوان في بعض الأحيان.
- إطالة فترة تشغيل المرشحات وعدم انسدادها بالطحالب.
- تخفيض كمية المواد العضوية والكائنات الدقيقة.
- المساعدة على عدم تكون طعم أو رائحة.
- المساعدة في ضبط درجة التأين الهيدروجيني للمياه الخام لتناسب افضل أداء للشبة

التطهير المتوسط

يستخدم في حالة ما إذا كانت المياه المروقة الخارجة من المروقات تحتوي على كميات ضئيلة من الكلور المتبقي حيث يكون له تأثير في تطهير الوسط الترشيحي.

التطهير النهائي

هو إضافة الكلور إلى الماء بعد عملية الترشيح أي بعد الانتهاء من عمليات التنقية وقبل دخولها الخزان الأرضي لقضاء فترة تلامس لا تقل عن نصف ساعة وذلك لضمان تمام عملية التطهير. بالإضافة إلا أن التطهير النهائي(Post-Disinfection) يحافظ على كلور متبقي في شبكات التوزيع الأرضي.

التعامل مع غاز الكلور

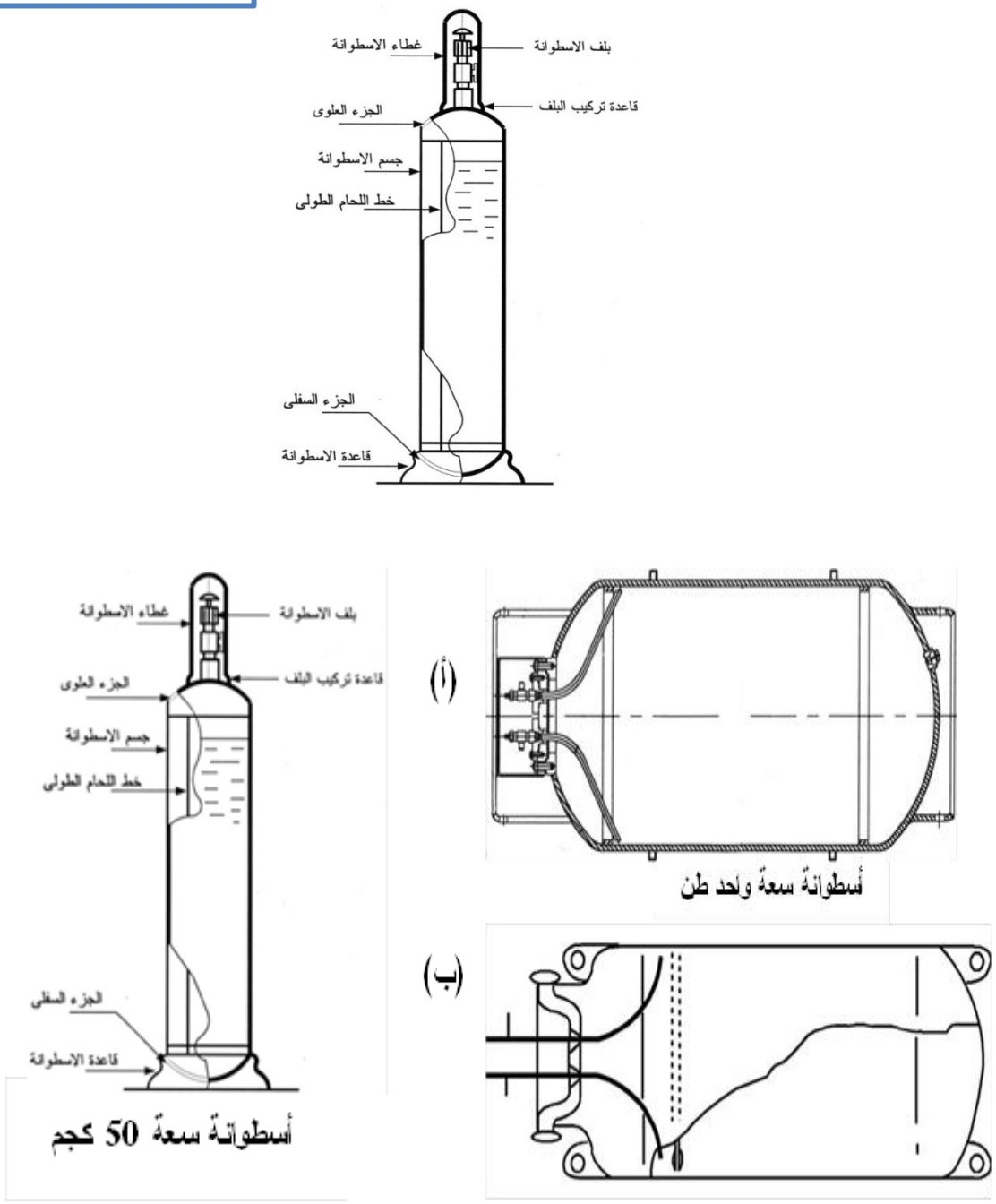
نظراً لخطورة غاز الكلور عند تداوله واستخدامه في عمليات التطهير، لذلك سوف نوضح أسلوب تعبئته وتداوله والأجهزة المستخدمة في إضافته.

اسطوانات غاز الكلور

يتم تصنيع اسطوانات الكلور من الحديد الصلب طبقا لمواصفات خاصة لتتحمل ضغطا داخليا حوالى 35 كجم/ سم^2. ويتم ملؤها بالكلور عادة إلى 80٪ من سعتها عند درجة حرارة 20° مئوية (68° ف). ويجب عدم تعريض هذه الاسطوانات للحرارة الزائدة أو تعريضها للسقوط أو الدحرجة العنيفة.

ويتم تصنيع الاسطوانات بثلاثة أحجام؛ صغيرة سعة حوالى 50 كجم، ومتوسطة سعة نصف طن، وكبيرة سعة طن واحد. ويوضح الشكل قطاع رأسي في الأسطوانة الصغيرة والكبيرة.

وتستعمل الاسطوانة الصغيرة عادة وهي في وضع رأسي للإمداد بغاز الكلور، بينما الاسطوانة المتوسطة أو الكبيرة عادة يتم وضعها في وضع أفقي، بحيث يمكن الحصول منها على غاز كلور من المحبس (أ) أو كلور سائل من المحبس (ب)، وذلك في العمليات الكبيرة التي تستلزم استخدام كميات كلور كبيرة فيمر الكلور السائل على مبخر لتحويله إلى غاز.



شكل رقم (17) اسطوانات الكلور

أجهزة إضافة الكلـور

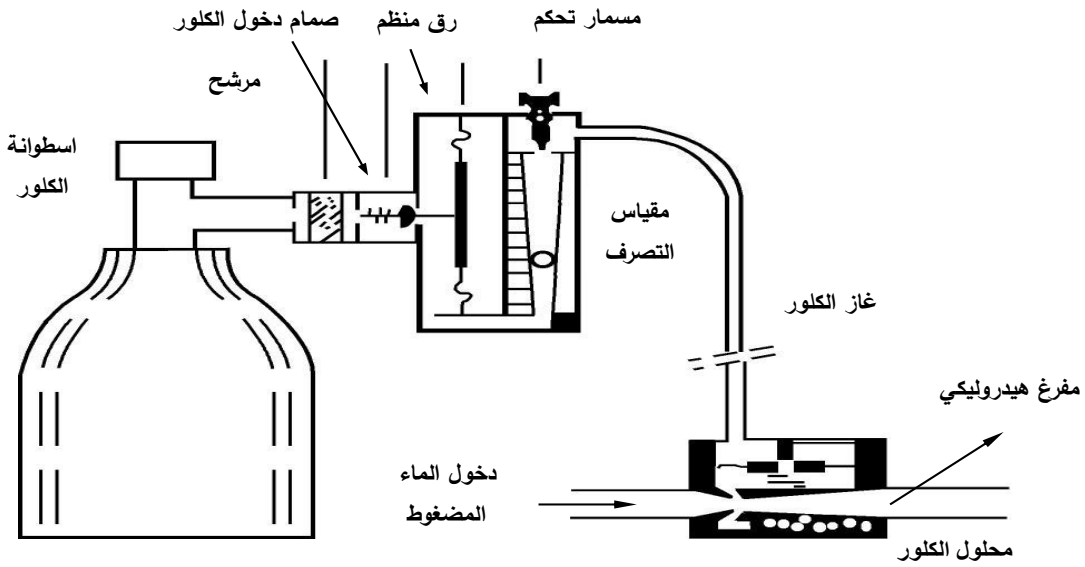
نظراً لضرورة السيطرة الدقيقة على كمية الكلور المضافة، ونظرا لطبيعة الكلور الغازية في الضغوط العادية؛ تستخدم أجهزة خاصة لإضافة جرعات الغاز إلى الماء تعرف بأجهزة إضافة الكلور، وتعمل هذه الأجهزة بطريقة التفريغ، ولهذا فإن أي تنفيس في أي وصلة يسحب الهواء إلى الداخل، بعكس ما يحدث في الأجهزة التي تعمل بطريقة الضغط حيث يتسرب غاز الكلور إلى الخارج.

ويتم إحداث التفريغ عن طريق مفرغ مائي وهو عبارة عن ماسورة بها اختناق في مسارها، وطبقا لقاعدة برنوللى والتي تقول "أن مجموع طاقات السائل ثابتة"، فإن زيادة سرعة الماء في هذا الجزء الضيق يزيد من طاقة الحركة وبالتالي يصاحبه هبوط في الضغط. وتوصل النقطة التي يصل فيها الضغط إلى التفريغ داخل المفرغ المائي بجهاز الكلور، فيتم سحب الغاز إلى المفرغ. ويستخدم ضغط الماء الذى يقوم بتشغيل المفرغ في حقن جرعات الكلور المذاب بالجرعات المناسبة.

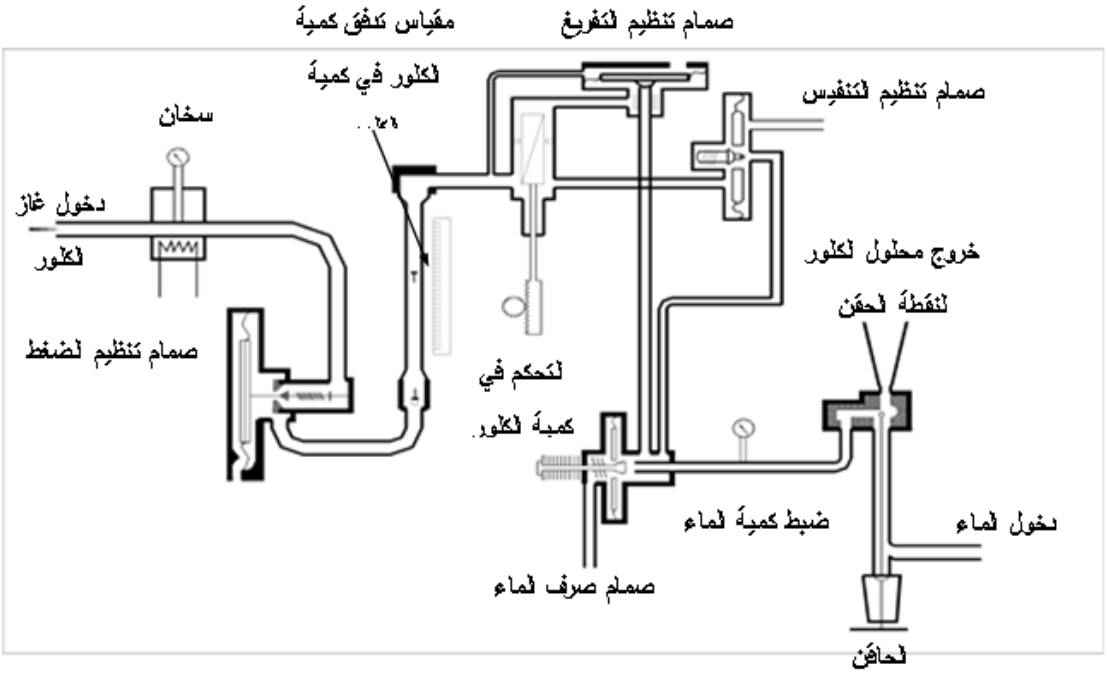
وتوجد أنواع متعددة من أجهزة إضافة الكلور، منها:

- جهاز الكلور المدمج
- جهاز الكلور اليدوي ذو السعة الكبيرة
- جهاز الكلور الآلي ذو السعة الكبيرة

ويوضح الشكل رقم (18) جهاز الكلور المدمج, والشكل رقم(19) جهاز الكلور اليدوي.



شكل رقم (18) جهاز الكلور المدمج



شكل رقم (19) جهاز الكلور اليدوي

تحديد جرعة الكلور:

يجب تحديد جرعة الكلور المبدئي للمياه العكرة قبل دخولها للمحطة والكلور النهائي في نهاية مراحل التنقية حيث تقوم معامل محطة التنقية بعمل تجارب نقطة الانكسار لتحديد الجرعة المناسبة بإضافة تركيزات مختلفة من الكلور إلى الماء وتترك لفترة تلامس لا تقل عن 30 دقيقة ثم يتم اختيار الجرعة المطلوبة.

ويمكن بطريقة أخرى متابعة تحاليل المياه من مخرج خزان المياه الأرضي الذى يضاف الكلور في بدايته، ويتم تحديد الجرعة المناسبة عندما يكون الكلور المتبقي في المياه في الحدود المطلوبة لعمليات الإمداد بالمياه والتي تصل إلى 0.2 – 0.30 مجم/ لتر في نهاية الشبكة، ويمكن في بعض الأحيان حقن كلور إضافي في الشبكة لتعويض النقص في الكلور المتبقي في حالة خطوط نقل المياه لمسافات طويلة أو وجود خزانات أرضية في محطات الروافع.

نظام تعادل الكلور المتسرب

هذا النظام يعمل على حماية العاملين بالموقع من خطورة الكلور المتسرب، فهو يعمل على تجميع الكلور المتسرب من أماكن التسرب وهي مخزن الاسطوانات أو غرفة الأجهزة والمبخرات– ويدفع الكلور

المتسرب إلى برج التعادل وتتساقط عليه محلول الصودا الكاوية فتتفاعل مع الكلور وينتج ملح الطعام بذلك يتم القضاء على خطورته.

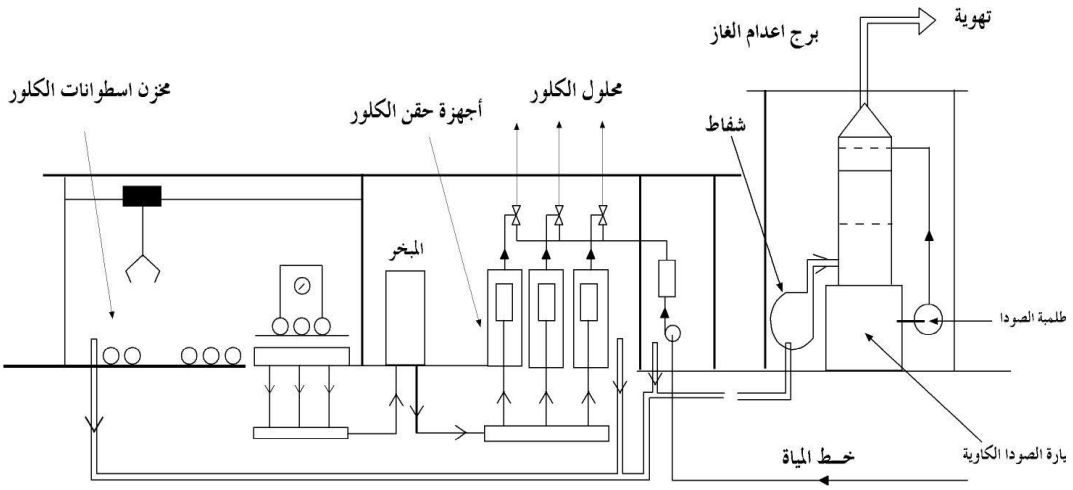
ويتكون نظام معادلة الكلور المتسرب مما يلى:

1. بيارة تركيز محلول الصودا الكاوية سعة 10 م^3 ويتم تركيز الصودا بقوة تركيز 40 %.
2. عدد (2) طلمبة سحب الصودا الكاوية ودفعها إلى البرج لعمل دش واحدة تعمل والأخرى احتياطي.
3. عدد (2) مروحة شفط الكلور المتسرب ودفعه إلى أسفل لتتساقط عليه الصودا الكاوية.
4. عدد (2) حساس لتركيز الكلور في الهواء الجوي بمخزن الاسطوانات.
5. عدد (1) حساس لتركيز الكلور في الهواء الجوي بمبنى الأجهزة والمبخرات.

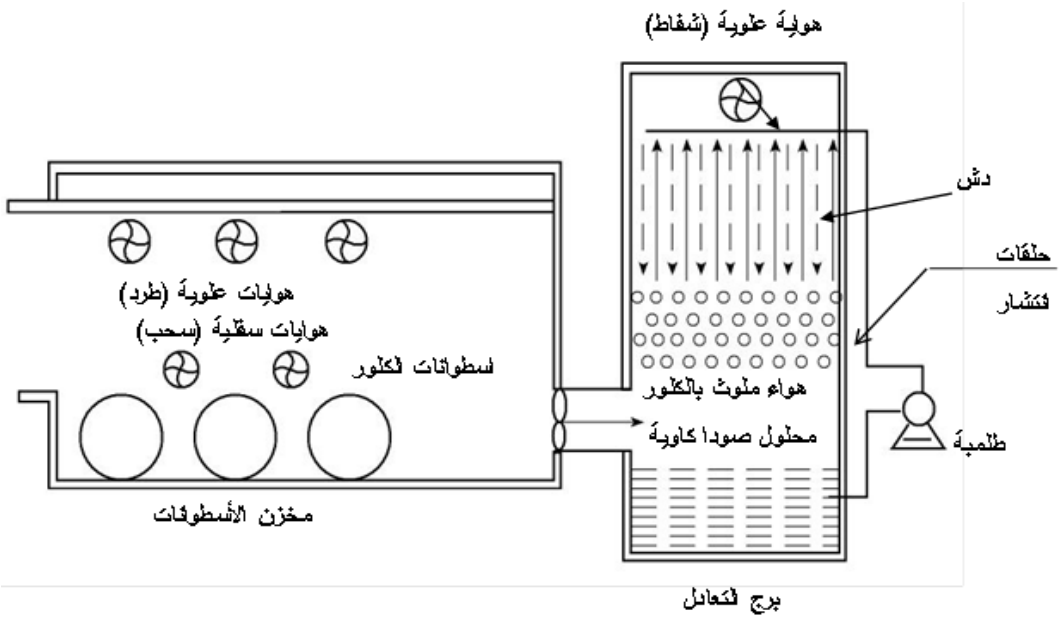
وهذه الأجهزة الحساسة تنشط عند وصول نسبة تركيز الكلور في الهواء إلى 3 جزء في المليون لإعطاء إنذار وعندما تصل إلى 5 جزء في المليون تعطي إشارة إلى مرواح الشفط وطلمبات الصودا للعمل في معادلة هذا الكلور المتسرب وفي نفس الوقت نقوم بإيقاف مراوح التهوية العادية.

وحتي تقوم الحساسات بعملها على أكمل وجه وتستشعر الكلور المتسرب يجب أن يتم غلق جميع الأبواب والشبابيك الخاصة بالمباني، ويجب أن يتم قياس تركيز الصودا دوريا خاصة بعد حدوث أي تسريب وتشغيل النظام لزيادة التركيز إذا لزم الأمر.

ويبين الشكل رقم (20) نظام حقن الكلور المتكامل متضمنًا نظام امتصاص الغاز المتسرب.



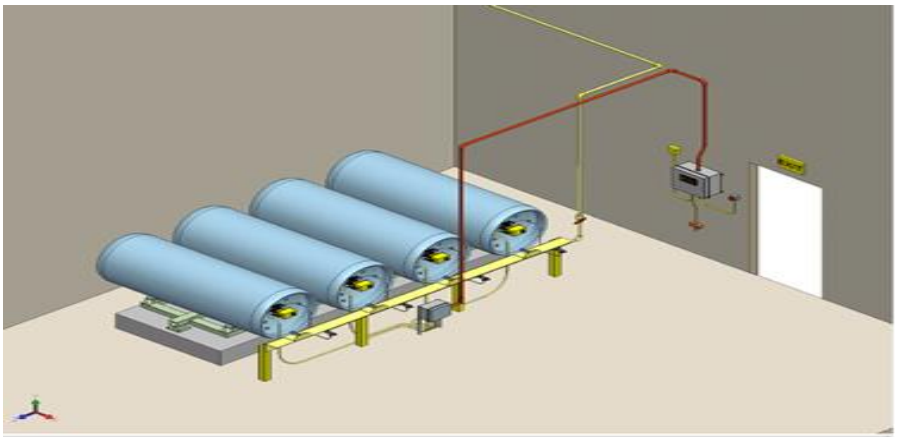
شكل رقم (20) نظام متكامل لحقن الكلور



شكل رقم(21) تفاصيل نظام امتصاص الغاز المتسرب وبرج التعادل

تحديد جرعة الكلور ومراقبة الجودة

إن أهم الأدوار التي يقوم بها المعمل لضمان نجاح عملية المعالجة هي قيامة بتحديد جرعة الكلور المبدئي وجرعة الشبة المثلى، والتأكد من صحة تطبيقها حقليا، ويتبع ذلك مراجعة النتائج بتحليل ودراسة الخواص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية للمياه في جميع مراحلها للوقوف على مدى صحة وسلامة خطوات المعالجة ومدى مطابقتها للمعايير والمواصفات القياسية لمياه الشرب بجمهورية مصر العربية.



شكل رقم(22) عنبر إسطوانات الكلور

احتياج الكلور هو مقياس لمقدار الكلور الواجب إضافته لوحدة الحجوم من المياه تحت شروط محدودة للأس الأيدروجينى ودرجة الحرارة وفترة التلامس حتى يتم التفاعل كاملا بينه وبين المواد القابلة للتفاعل

معه في الماء ويحقق كلور حر متبقي، ويحسب احتياج الكلور بأنه الفرق بين كمية الكلور المستخدم والكلور المتبقي في المياه عند نهاية فترة التلامس.

ومن المهم القيام دورياً باختبار احتياج الكلور في المعمل لتحديد كمية الكلور الواجب إضافتها بغرض التطهير ولتحقيق نسبة كلور متبقي بالماء، وهذه الجرعة تتغير بتغير نوعية المياه ونسبة الملوثات بها. وبإذن الله سوف نقوم بإجرائها وشرحها بالتفصيل في العملي.

تحديد جرعة الكلور المبدئي:

يتم بالمعامل إجراء تجربة لتحديد جرعة الكلور المبدئي بغرض تجاوز النقطة التي يتم عندها التخلص من جميع المواد العضوية وغير العضوية (نقطة انكسار) ويتم ذلك بإحدى طريقتين.

***1*) طريقة نقطة الانكسار:**

بإضافة جرعات مختلفة متدرجة التركيز من الكلور (صفر – 7 مجم /لتر أو أكثر) لعدد من عينات المياه العكرة، وتسجيل النتائج (الكلور المتبقي الحر) بعد مرور فترة المكث (3 ساعات) ثم رسم منحنى بياني يمثل (الجرعة، الكلور المتبقي).

***2*) الطريقة السريعة:**

بإضافة جرعة واحدة كبيرة من الكلور مثلا (10 مجم / لتر) لعينة مياه عكرة وتسجيل النتيجة بعد انقضاء فترة المكث (3 ساعات) أو حسب تصميم وحدات المحطة. ثم رسم منحنى النقطة الواحدة (الجرعة، الكلور المتبقي الحر).

اختبار تحديد جرعة الكلور بواسطة المعايرة

اختبار نقطة الانكسار:

الأدوات:

- ساعة إيقاف
- جهاز لقياس الكلور المتبقي (اختياري)

الزجاجيات:

- مجموعة برطمانات زجاجية (أو زجاجات) بنية اللون سعة 1 لتر بغطاء محكم
- مجموعة ماصات
- دورق مخروطي سعة 30 مل

المحاليل:

- يوديد بوتاسيوم جاف
- محلول ثيوسلفات الصوديوم 0.1 ع
- محلول ثيوسلفات الصوديوم 0.01 ع
- محلول كلور غير معلوم التركيز.
- محلول نشا (كاشف)
- حامض خليك (3:1)

طريقة العمل:

قم بمعايرة محلول الكلور وقت إجراء الاختبار لمعرفة تركيزه كالتالي:

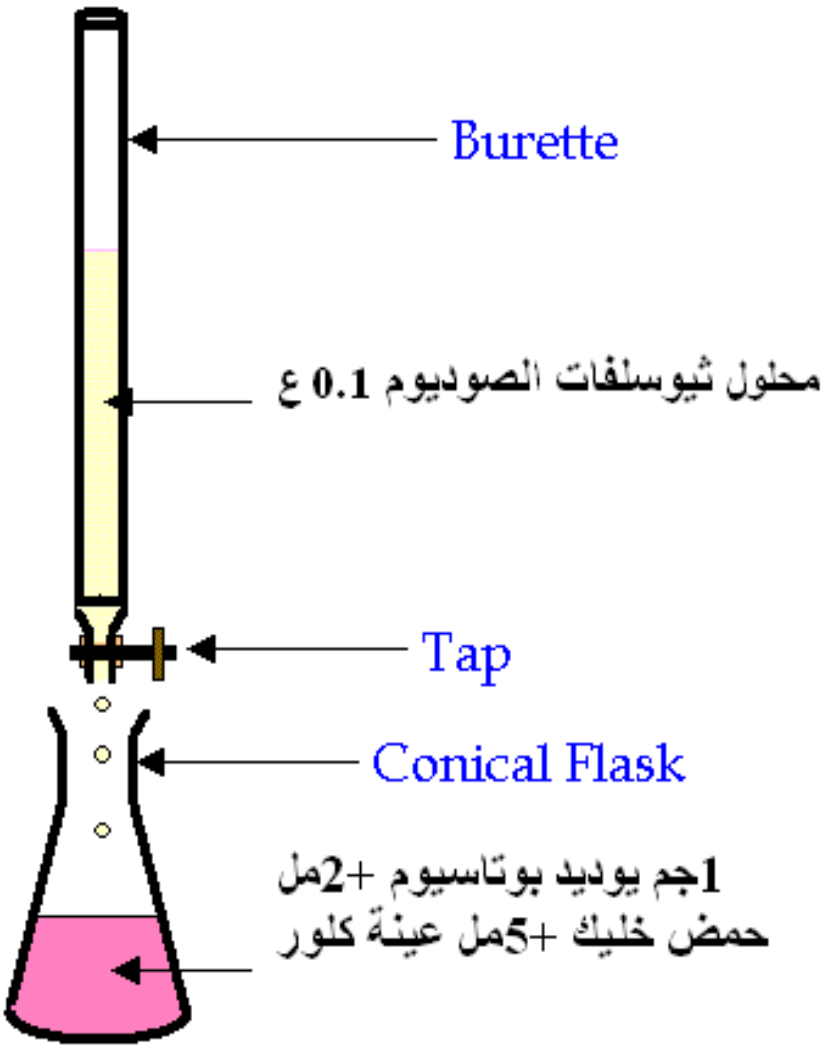
ضع في دورق مخروطي(1جم يوديد بوتاسيوم +2مل حمض خليك +5مل عينة كلور) ثم عاير مع محلول ثيوسلفات الصوديوم 0.1 ع حتى اللون الأصفر الباهت ثم أضف 1–2 مل نشا وأكمل المعايرة حتى اختفاء اللون الأزرق واحسب التركيز:

$$\text{التركيز (جم/ ل)} = \frac{\text{عدد ملليترات محلول ثيوسلفات} \times ٠.١ \times ٣٥.٥}{\text{الحجم المأخوذ من الكلور (مل)}}$$

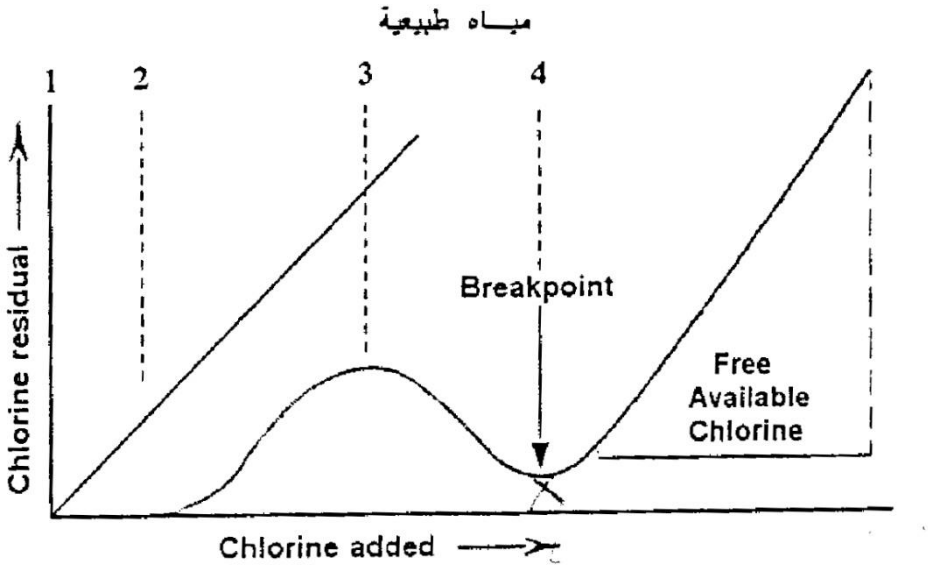
صب في كل برطمان (أو زجاجات) 1 لتر مياه خام.

أضف جرعات متدرجة من الكلور في مدى من صفر – 8 ملجم /لتر ثم قم بتغطية البرطمانات (أو زجاجات) في الحال ورجها واحفظها بعيدا عن الضوء المباشر، رج برفق كل 10 دقائق واتركها لمدة 2 إلى3 ساعات (فترة المكث). ثم قم بقياس الكلور المتبقي وسجل النتائج في الجدول المرفق.

ارسم المنحنى طبقا للنتائج المسجلة، ومنه يتم تحديد نقطة الانكسار.



تعيين نقطة الانكسار لمنحنى الكلور Break Point Curve



جرعـــة الكلـــور المضافة (ملجم / لتر)	0.5	1	1.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
الكلـور المتبقـي (ملجم/لتر)														

ثانيا : :إضافة الكلور بجرعات عالية ثم إزالة الكلور الزائدة

والمقصود بذلك إضافة الكلور بجرعات زائدة عن حد الطلب، وبهذا نضمن الحصول علي كفاءة وفاعلية عالية لعملية التطهير وممكن أن نضطر إلى ذلك في حاله الطوارئ أو إذا ما كان هناك شك في حدوث تلوث بكتيري لمصدر المياه (أثناء الحرب مثلا). أو انتشار وباء معين (مثل الكوليرا).

وتتميز هذه الطريقة بالآتي:

- كفاءة وفاعلية عالية لتأثير الكلور علي البكتريا.
- أكسدة الكلور للمواد العضوية التي قد تتواجد في الماء.
- الحد من الطعم والرائحة التي قد توجد في الماء.
- إبادة الكائنات الحية الدقيقة التي تقاوم الجرعات العادية للكلور، علي انه يلزم إزالة الكلور الزائد بعد التأكد من تمام قتل الكلور للبكتريا.

طرق إزالة الكلور الزائد

1. إضافة ثاني أكسيد الكبريت:

$$SO_2 + H_2O + Cl_2 \rightarrow 2HCl + H_2SO_4$$

2. إضافة ثيوسلفات الصوديوم:

$$2\ Na_2S_2O_3 + Cl_2 \rightarrow Na_2S_4O_6 + 2\ NaCl$$

هذه الطريقة تستعمل في إزالة الكلور للمزارع البكتريولوجية.

3. إضافة كبريتيت الصوديوم:

$$Na_2SO_3 + Cl_2 + H_2O \rightarrow Na_2SO_4 + 2\,HCl$$

4. تخزين الماء في أحواض مكشوفة لمدة ثلاث أو أربع ساعات قبل الاستعمال
5. ترشيح الماء في طبقة من الكربون المنشط الذي يمتص الكلور الزائد
6. مزج المياه المضاف إليها جرعات عالية من الكلور بمياه لم يضاف إليها الكلور فتتعادلان.

المصطلحات الفنية الخاصة بالكلور

الكلور المستهلك:

عند إضافة الكلور للمياه التي تحتوي على مواد عضوية وغير عضوية فإنه يتفاعل معها ويؤكسدها "ويطلق على هذه العملية حد الطلب للكلورين".

ويعرف الكلور المستهلك بأنه الفرق بين كمية الكلور المضافة للماء وكمية الكلور المتبقي (الحر والمتحد) في الماء بعد انتهاء فترة التلامس.

الكلور المستهلك = الجرعة – الكلور المتبقي.

الكلور المتبقي:

هناك نوعان من الكلور المتبقي:

أ. **الكلور المتبقي المتحد:**

ينتج عن إضافة قدر من الكلور يكفي فقط للاتحاد مع الأمونيا الموجودة بالماء.، إلا أن فعاليتها كمادة مطهرة تقل عن فعالية الكلور الحر.

ب. الكلور المتبقي الحر:

ينتج عن إضافة الكلور إلى الماء بالقدر الذي يكفي لاستهلاك المياه من الكلور وبحيث يتبقى قدر من الكلور الحر. وتتوقف كمية الكلور المتبقي على عدة عوامل أهمها:

1- درجة الحرارة. 2- الزمن الذي مضى بعد إضافة الكلور.

3- جرعة الكلور. 4- درجة تركيز الأس الهيدروجيني

5- كمية المواد والشوائب التي قد تتواجد في الماء.

جرعة الكلور:

هي أقل كمية كلور تضاف إلى وحدة حجم من الماء تكفي للقضاء على الكائنات الحية، وينتج عنها كلور متبقي في حدود معينة.

الجرعة = الكلور المستهلك + الكلور المتبقي

أماكن إضافة الكلور في محطات التنقية

إضافة الكلور المبدئي Prechlorination

إضافة الكلور النهائي Postchlorination

إضافة الكلور في أكثر من موقع Multiple Chlorination

إضافة الكلور بأمان عند تطهير المروقات أو المرشحات

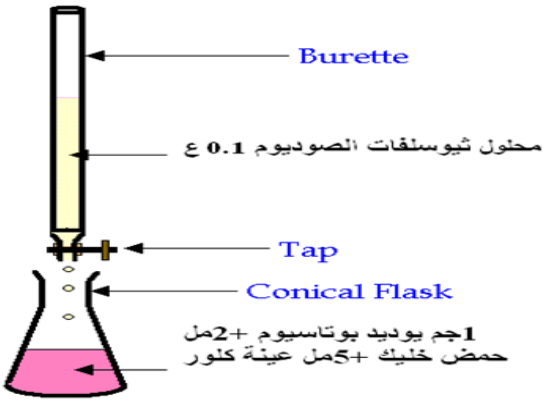
محطات المياه هي أكثر الأماكن استخداماً للكلور سواء كان غازًا أو بودرة فعندما يراد تطهير أحد المروقات أو المرشحات فتستخدم الأسطوانة سعة 50 كجم لخفة وزنها فيتم توصيل خرطوم طويل من البلاستيك بالأسطوانة ويلقى الطرف الآخر في المرشح أو المروق وتفتح الأسطوانة ويتم بذلك زيادة كمية الكلور في المروقات أو المرشح مع مرور الوقت حتى التركيز الكافي للتعقيم (15– 20جزء في المليون). وهذه الطريقة لا يمكن التحكم في كميه الكلور المضاف. ولكن لكى يتم التحكم في كميه الكلور المضافة نستخدم الكلور البودرة. على الرغم من عيوب الكلور البودرة وأهما أن تركيز الكلور فيه غير ثابت، كما أن التركيز يختلف إذا فتحت الكرتونة وأعيد استخدمها مره اخرى.

لاستخدام الكلور البودرة يتم حساب وتحديد كمية المياه ونسبة التركيز المطلوبة وعلى أساس ذلك يحدد وزن أو عدد الكراتين المطلوب استخدامها مع العلم بأن الواحدة منها تزن 25كجم.

تجربة لتحديد كمية الكلور في الكلور البودرة:

لاستخدام الكلور البودرة هيبوكلوريت الكالسيوم ونسبة التركيز المطلوبة نجرى الآتي:

- أقوم بوزن حوالى 1جرام من الكلور البورة.
- أنقل الوزنة إلى دورق عياري سعة 100مل.
- أضبط 100مل من الماء المقطر في الدورق العياري حتى العلامة.
- أغلق الدورق العياري جيدا ثم قم برج المحلول حتى يتحرر الكلور.
- أنقل المحلول فقط في زجاجة غامقة وهذا المحلول هو المراد قياسه.



الأدوات:

- جهاز لقياس الكلور المتبقي.

الزجاجيات:

- مجموعة ماصات.
- دورق مخروطي سعة 30 مل.

المحاليل:

- يوديد بوتاسيوم جاف.
- محلول ثيوسلفات الصوديوم 0.1 ع.
- محلول ثيوسلفات الصوديوم 0.01 ع.
- محلول نشا (كاشف).
- حامض خليك.

طريقة العمل:

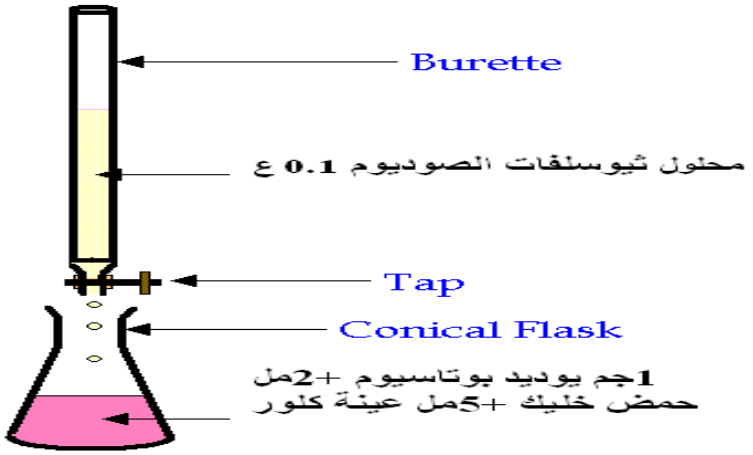
قم بمعايرة محلول الكلور وقت إجراء الاختبار لمعرفة تركيزه كالتالي:

ضع في دورق مخروطي(1جم يوديد بوتاسيوم +2مل حمض خليك +5مل عينة كلور) ثم عاير مع محلول ثيوسلفات الصوديوم 0.1 ع حتى اللون الأصفر الباهت ثم أضف 1–2 مل نشا وأكمل المعايرة حتى اختفاء اللون الأزرق واحسب التركيز:

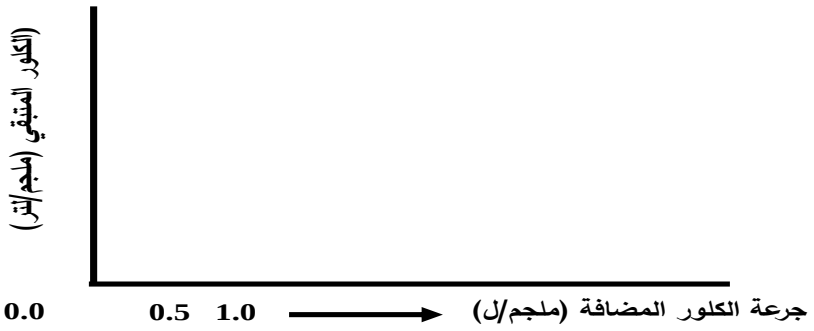
$$\text{التركيز (جم/ل)} = \frac{\text{عدد ملليلترات محلول ثيوسلفات} \times ٠.١ \times ٣٥.٥}{\text{الحجم المأخوذ من الكلور (مل)}}$$

أضف جرعات متدرجة من الكلور في مدى من صفر – 8 ملجم /لتر ثم قم بتغطية البرطمانات (أو زجاجات) في الحال ورجها واحفظها بعيدا عن الضوء المباشر، رج برفق كل 10 دقائق واتركها لمدة 2 إلى3 ساعات (فترة المكث). ثم قم بقياس الكلور المتبقي وسجل النتائج في الجدول المرفق.

ارسم المنحنى طبقا للنتائج المسجلة، ومنه يتم تحديد نقطة الانكسار.



تعيين نقطة الانكسار لمنحنى الكلور Break Point Curve



جرعة الكلور المضافة (ملجم / لتر)	0.5	1	1.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
الكلور المتبقي (ملجم/لتر)														

المراجع

V1

- **تم الإعداد بمشاركة المشروع الألماني GIZ**
- **و مشاركة السادة :-**

➢ مهندس / محمد غنيم	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالبحيرة
➢ مهندس / محمد صالح	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالبحيرة
➢ مهندس / يسري سعد الدين عرابى	شركة مياه الشرب القاهرة
➢ مهندس / عبد الحكيم الباز محمود	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالدقهلية
➢ مهندس / محمد رجب الزغبى	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالدقهلية
➢ مهندس / رمضان شعبان رضوان	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بسوهاج
➢ مهندس / عبد الهادي محمد عبد القوي	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالجيزة
➢ مهندس / حسنى عبده حجاب	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالجيزة
➢ مهندسة / إنصاف عبد الرحيم محمد	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بسوهاج
➢ مهندس / محمد عبد الحليم عبد الشافى	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالمنيا
➢ مهندس / سامى موريس نجيب	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالغربية
➢ مهندس / جويدة على سليمان	شركة مياه الشرب بالأسكندرية
➢ مهندسة / وفاء فليب إسحاق	شركة مياه الشرب والصرف الصحى ببنى سويف
➢ مهندس / محمد أحمد الشافعى	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
➢ مهندس / محمد بدوي عسل	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بدمياط
➢ مهندس / محمد غانم الجابري	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بدمياط
➢ مهندس / محمد نبيل محمد حسن	شركة مياه الشرب بالقاهرة
➢ مهندس / أحمد عبد العظيم	شركة مياه الشرب القاهرة
➢ مهندس / السيد رجب محمد	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالبحيرة
➢ مهندس / نصر الدين عباس	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بقنا
➢ مهندس / مصطفى محمد فراج	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
➢ مهندس / فايز بدر	المعونة الألمانية (GIZ)
➢ مهندس / عادل أبو طالب	المعونة الألمانية (GIZ)

V2

- تم تحديث المادة العلمية بمشاركة السادة :

- مهندس / محمد غنيم — شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالبحيرة
- مهندس / محمد صبرى محمد موسى — شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالبحيرة
- مهندس / أيمن سعيد عبدالعاطى — شركة مياه الشرب بالقاهرة الكبرى
- مهندس / فوزى السيد محمد سلمونة — شركة مياه الشرب بالأسكندرية
- مهندس / جميل حتر على — شركة مياه الشرب بالأسكندرية
- مهندس / رمضان شعبان رضوان — شركة مياه الشرب والصرف الصحى بسوهاج
- مهندس / محمد عبدالحليم — شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالمنيا
- مهندسة / رانيا إبراهيم عبدالحميد — شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالمنوفية
- مهندس / محمد فؤاد متولى العدل — شركة مياه الشرب والصرف الصحى بمرسى مطروح
- مهندس / عمرو محمود على — شركة مياه الشرب والصرف الصحى بمرسى مطروح
- مهندس / ناصر عوض السيد — شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالدقهلية
- مهندس / باسم محمد زهان — شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالدقهلية

حقوق الطبع محفوظة • الإدارة العامة للمسار الوظيفي - الإدارة المركزية

للاقتراحات والشكاوى قم بمسح الصورة (QR)