الباب الثاني

المكونات الأساسية لوحدات التناضح العكسي و مواصفات الأجهزة و المواد المستعملة

مقدمة :

إن منظومات أو وحدات التناضح العكسي (على اختلاف مجالات استخدامها) تتألف من العديد من الأجهزة المستعملة و الهامة جداً في عملياتها المختلفة لتجنب الضرر للأغشية و من أجل التشغيل الصحيح للنظام و الوحدة العاملة و لابد من أن نستعرض هنا مكونات المنظومة الأساسية و الأجهزة المستعملة على خلاف أنواعها .

1- وصف المصطلح و العملية :

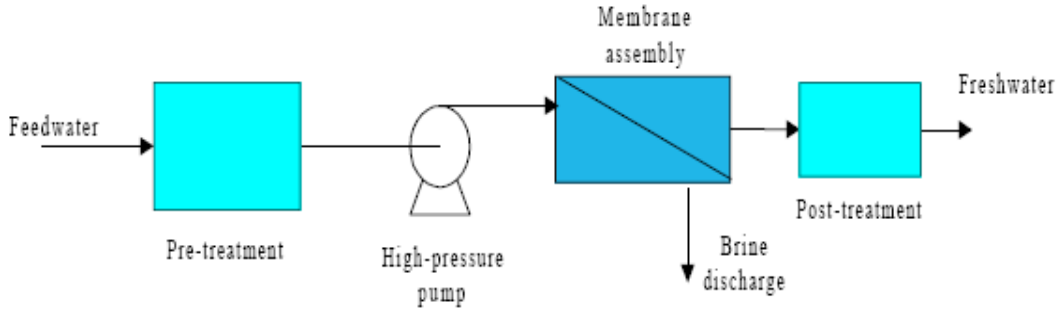
أي منظومة تناضح عكسي تتألف من أربعة مكونات أساسية كما هي واضحة في الشكل (1) و التي هي :

١ -نظام أو مرحلة المعالجة الأولية (**Pretreatment System**) .

٢ -مضخة الضغط العالي (**High – Pressure Pump**) .

٣ -مجمع الأغشية (**Membrane Assembly**) .

٤ -نظام ما بعد المعالجة أو مرحلة المعالجة النهائية (**Post-Treatment System**) .



شكل (1) مخطط الجريان لنظام التناضح العكسي

2- المكونات الأساسية للمراحل المختلفة :

2-1- نظام ما قبل المعالجة – المعالجة الأولية (Pretreatment System) :

إن المعالجة الأولية لماء التغذية ضرورية جداً ليس في التناضح العكسي هنا فقط بل في جميع طرق التحلية الأخرى ، والمعالجة الصحيحة للماء قبل الوصول للأغشية تعتبر هي المفتاح للعملية الناجحة في وحدات التناضح العكسي و مدى الحاجة لهذه المرحلة يعتمد على العديد من الأمور الهامة منها :

١ -تركيب مياه التغذية .

٢ -الاستعادة المطلوبة من النظام أو الوحدة .

٣ -قابلية ذوبان لأملاح معينة .

و بشكل خاص فإن خطوة المعالجة الأولية أو ماقبل المعالجة لها الأهداف التالية :

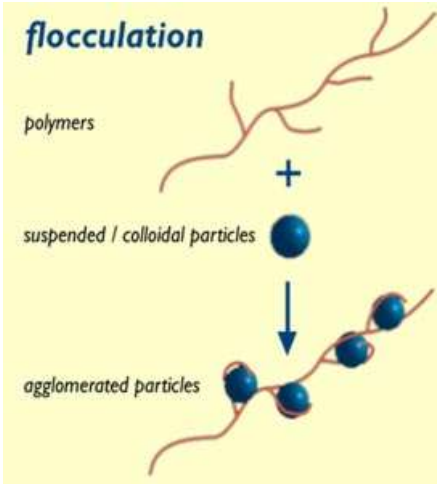
1- إزالة العكارة الفائضة و المواد الصلبة المعلقة حيث أن الجزيئات الصغيرة جداً عادة تزال بالتخثير المتبوع بالفلترة أو الترشيح و تتضمن المخثرات (Coagulants) المثالية المستخدمة مايلي :

- البولي الكترولايت
- كبريتات الألمنيوم (الشبة).
- كبريتات الحديد وكبريتات الحديدي.
- كلور الحديد.
- الكلس .

حيث تعني كلمة البولي الكترولايت (Polyelectrolyte) متعدد الكهرليت ، وهو عبارة عن بوليميرات مرتفعة الوزن الجزيئي ذوابة في الماء، وتصنف في ثلاثة أقسام.تعد البولي الكترولايتات أحدث الكيماويات المستخدمة في مجال الترسيب الأولي الكيميائي، وحيث أنها بوليميرات ذات سلاسل طويلة و أوزان جزيئية كبيرة فإنها تستطيع تشكيل جسور بين المواد المعلقة فيزداد حجمها و تصبح سهلة الترسيب.

ويتوفر البولي الكترولايت على شكل سائل أو بودرة قابل للحل.

و الشكل التالي يوضح آلية عمل البولي الكترولايت



شكل (2) استخدام مخثر البولي الكترولايت في إزالة المواد المعلقة و الصمغية

2- لمنع أو التحكم بالترسبات و القشور التي يمكن أن تتشكل و خلائط و مزائج المكونات الأخرى التي من الممكن أن تسد مجاري و ممرات المياه أو تشكل غطاء على سطح أغشية التناضح العكسي و أكثر الترسبات تأتي من كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) ، الكبريتات ، و الحديد ، و الطريقة الشائعة للتقليل

من اندفاع المواد المنحلة هو بتخفيض قيمة الأس الهيدروجيني (PH) بإضافة الحموض و بذلك تزداد قابلية الذوبان لتلك المركبات أو يخفض تركيزها عن طريق تحويلها إلى أشكال أكثر قابلية للذوبان .

3- تطهير و تعقيم مياه التغذية و منع التلوث البيولوجي (نمو الكائنات الحية المجهرية الميكرونية) و كذلك منع فساد أو تلوث الأجهزة المستعملة .

4- الكلور كان هو المطهر و المعقم المستعمل كثيراً لتخفيض نمو الكائنات الحية المجهرية و البكتريا و فعالية الكلور تعتمد على التركيز و زمن التماس و PH المياه و الكلور الحر المتبقي بمقدار (1 mg / l) يمنع النمو البيولوجي في خزانات الماء المنقى و هنا يجب أن نتوقف لنتعرف على أجهزة و مضخات التعقيم بالكلور و غيرها .

- أجهزة التعقيم :

1- أجهزة و مضخات التعقيم بالكلور :

1-1- مبدأ التعقيم بالكلور :

يتم التعقيم بواسطة محلول هيبوكلوريد الصوديوم HOCl الذي يقوم على تعقيم الماء والتفاعل مع الأنزيمات والبكتريا وتثبيط عملها.

يتم ضخّ الكلور السائل بواسطة مضخة حقن أوتوماتيكية تقوم بضخ جرعات منتظمة من الكلور السائل ولهذه المضخة أنواع متعددة حسب الغزارة والضغط وتحكم المضخة.

شكل (3) مضخة حقن الكلور

1-2- ميزات التعقيم بالكلور :

- التعقيم بالكلور (الكلورة) طريقة فعالة وعملية وغير مكلفة.

- الكلور يبقى في الماء لفترات طويلة وبالتالي يحافظ على الماء معقماً لفترات طويلة في الخزانات والتمديدات.

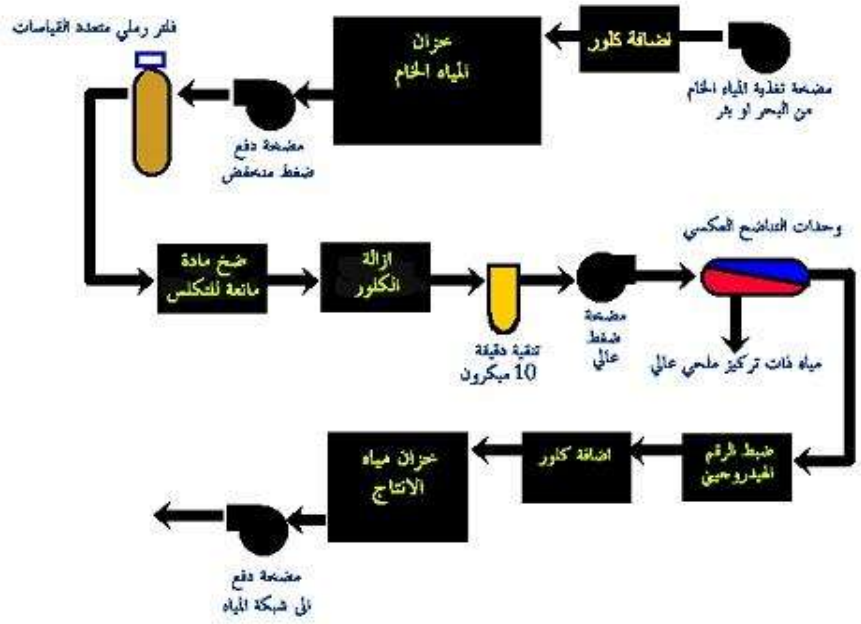
لكن هنا يجدر الانتباه إلى أن التعقيم بالكلور على الرغم من فائدته في القضاء على التلوث البيولوجي و فعاليته إلا أنه يضر بالأغشية لذا لا بد من إزالته من المياه الخام لحماية الأغشية .

1-3- مراقبة الكلور لحماية أغشية التناضح العكسي :

عملية إزالة الكلور تتم بضخ مادة صوديوم بايسولفايت NaHSo3 أو بواسطة فلاتر امتصاص كربونية.

إن استخدام الأغشية في تحلية المياه يعتبر استثماراً مكلفاً و يجب أن يتلازم مع إجراءات حمايتها و هذه التكلفة الإضافية تعتبر بسيطة مقارنة بالخسائر التي قد تلحق من جراء تجاهلها.

قد تحتوي المياه الخام على الكلور الحر **Free Chlorine** أو الكلور الكلي **Total Chlorine** و من الهام جدا تحديد نوع و شكل الكلور الموجود و اختيار الصنف الصحيح لجهاز المراقبة. الشكل التالي يوضح عملية إزالة الكلور قبل الدخول لمنظومة التناضح العكسي و ذلك بعد إضافته في مرحلة المعالجة الابتدائية .



شكل (4) ضرورة إزالة الكلور بعد التعقيم به عند استخدامه كمطهر في مرحلة المعالجة الابتدائية قبل وحدة التناضح العكسي

كما يجب أخذ الأمور التالية بعين الاعتبار عند اختيار أجهزة مراقبة الكلور :

1- نوع الكلور الموجود في المياه الخام.

2- ما هي الوسيلة المعتمدة لإزالة الكلور .. فلتر كربون أو مادة كيميائية.

3- نسبة الكلور المسموح دخولها إلى الأغشية.

و بالتالي يمكننا أن نذكر بأن أهم مساوئ استخدام الكلور هي :

- زيادة نسبة الكلور في الماء تؤثر على طعم الماء وقد تسبب بعض الأمراض مع مرور الزمن.
- لا يمكن استخدام الكلور للتعقيم في الصناعات الغذائية والطبية وإنتاج المياه إلا بعد إزالة الكلور بواسطة الفلاتر الفحمية وبالتالي هناك خطر لتعرض الماء للتلوث إذا تم تخزينها بعد الفلاتر الفحمية.

عموماً يجب الانتباه إلى ضبط كمية الكلور وضخه بجرعات ثابتة ومدروسة بواسطة مضخات حقن أوتوماتيكية وقياس نسبة الكلور الحر في الماء وضبطه دائماً دون زيادة أو نقصان.

لذا و نظراً لهذه المساوئ المتعلقة باستخدام الكلور في عملية ما قبل المعالجة بوحدات التناضح العكسي فقد استخدمت مواد أخرى للتعقيم مياه التغذية بدلاً من الكلور لأن التجارب و الدراسات أثبتت صحة الأضرار

التي يمكن أن تنتج من جراء استخدامه و كذلك الضرر الذي يمكن أن يسببه للأغشية و بدلاً من الكلور تستخدم الأنظمة المتطورة حالياً نظامين للتعقيم في مرحلة المعالجة الأولية و هما :

- التعقيم بالأوزون .
- التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية .

2- أجهزة التعقيم بالأوزون :

2-1- مبدأ التعقيم بالأوزون :

الأوزون عبارة عن الأكسجين المكون من ثلاث ذرات **O3**. وهو يتشكل في الطبقة العلوية من الغلاف الجوي، يمتص الأوزون الأشعة فوق البنفسجية في الطبقة العلوية من الغلاف الجوي وهذا ما يحمينا ويحمي الكرة الأرضية – بفضل الله تعالى – من الإشعاعات الشمسية المؤذية.

ينتج الأوزون عملياً بواسطة الأشعة فوق البنفسجية **UV** أو بواسطة تمرير الهواء على حقل كهربائي عالي التوتر **High Voltage Discharge**.

الأوزون مادة مؤكسدة قوية حيث يتفكك الأوزون وتتحرر منه ذرة من الأكسجين الوليد **O** وهو ذو قدرة أكسدة عالية جداً، لذلك يعتبر الأوزون من أكثر مواد التعقيم فعالية فهو يقضي تقريباً على جميع الجراثيم والفيروسات وغيرها....

2-2- مزايا التعقيم بالأوزون :

- لا يوجد آثار جانبية للتعقيم بالأوزون مثل الآثار المرافقة لاستخدامات كيماويات التعقيم مثل الكلور.
- التعقيم بالأوزون أفضل طرق التعقيم وأكثرها فعالية ويقضي تقريباً على جميع الجراثيم والفيروسات و الطفيليات وغيرها من المواد المسببة للأمراض.
- يبقى الأوزون فعالاً في الماء لفترات طويلة وبالتالي يحافظ على الماء معقماً لفترات طويلة في الخزانات والتمديدات.

أما مساوئ التعقيم به فهي :

- التعقيم بالأوزون قليل الانتشار بسبب الثمن المرتفع لتجهيزات توليد الأوزون وملحقاته.
- الأوزون يتفكك بسرعة كبيرة ولا يمكن الاحتفاظ به أكثر من ساعة، لذلك لا يمكن تخزين الأوزون، ولكن يتم توليده في الموقع ويستخدم فور تحضيره.

3- التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية (Ultra Violet) :

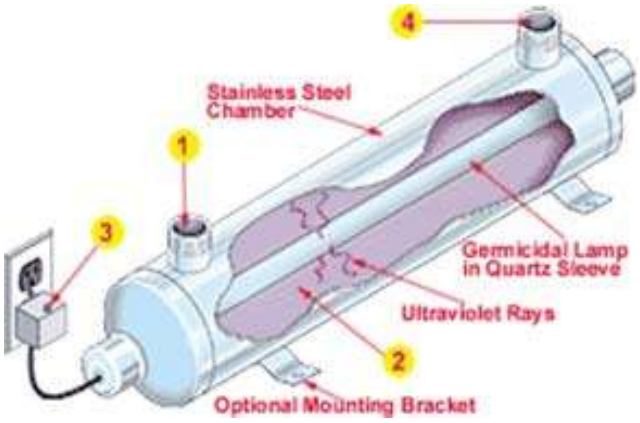
3-1- مبدأ عمل أجهزة التعقيم بالأشعة:

يوجد داخل الجهاز لمبة تقوم بإصدار هذه الأشعة التي تخترق الكائنات الحية الموجودة في الماء وهذه الأشعة تؤثر في الحوامض النووية وفي المكونات الحية داخل خلية الجراثيم والفيروسات الموجودة في الماء، وتدمر قابلية الخلية للتكاثر وهذا مايجعل هذه الخلايا عديمة الفعالية والتأثير.

إن فاعلية أجهزة التعقيم بالأشعة تعتمد على عدة أمور أهمها:

- مواصفات الماء الداخل للجهاز.
- كثافة وشدة الأشعة فوق البنفسجية.
- زمن تعرض الماء للأشعة.

و الشكل(a – 5) يوضح مكونات بعض هذه الأجهزة وهو ذو استطاعات صغيرة



شكل (a – 5) مكونات جهاز التعقيم بالأشعة الفوق بنفسجية ذو استطاعات صغيرة

3-2- ميزات استخدام أجهزة التعقيم بالأشعة:

1- الأشعة فوق البنفسجية تقضي على غالبية الفيروسات، الجراثيم، الديدان بنسبة 99.9% **Bacteria Viruses, Spores, Cysts**، .....

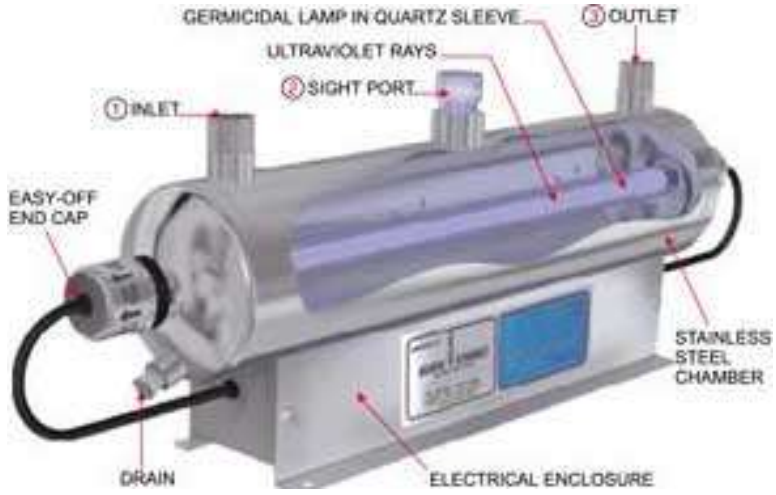
2 - التعقيم بالأشعة طريقة فيزيائية وليست كيميائية فلا حاجة لاستخدام مضخات حقن الكيماويات ولا لشراء أو تخزين الكيماويات (مثل الكلور السائل).

3 - لا يؤثر التعقيم بالأشعة في كيميائية الماء وبالتالي لا توجد آثار جانبية مثل الآثار التي تنجم عن إضافة الكلور من طعم غير مستساغ وآثار جانبية على جسم الإنسان.

4 – الكلفة التشغيلية منخفضة مقارنة مع استخدام المعقمات الكيماوية.

5 - عند استخدام كيماويات التعقيم فيجب أن يكون هناك زمن تماس لهذه الكيماويات مع الماء حتى يصبح التعقيم فعالاً، أمّا في أجهزة التعقيم بالأشعة فيمكن استخدام الماء فوراً دون انتظار .

و الشكل (b – 5) يوضح شكلاً آخر من هذه الأجهزة وهو ذو استطاعات متوسطة



شكل (b – 5) جهاز تعقيم بالأشعة فوق البنفسجية ذو استطاعات متوسطة

3-3- مواصفات أجهزة التعقيم بالأشعة:

أجهزة تعقيم بالأشعة مصنوعة من الستانلس ستيل 304 أو 316 ولها زجاجة من الكوارتز العالي الجودة والنقي والذي يسمح بمرور ممتاز للأشعة من خلاله، ويلحق بالجهاز Ballast للتحكم بتشغيل الجهاز.
غزارة هذه الأجهزة الكبيرة من 10 م3 / ساعة حتى 100 م3 / ساعة أما الأجهزة الصغيرة و المتوسطة فغزارتها من 200 لتر / ساعة حتى 5.4 م3 / ساعة .
الشكل (c – 5) يوضح جهاز تعقيم بالأشعة فوق البنفسجية و هو ذو استطاعات كبيرة

شكل (c – 5) جهاز تعقيم بالأشعة فوق البنفسجية ذو استطاعات كبيرة

أما بالنسبة للفلاتر المستخدمة فهي من أجل إزالة الجزيئات الصلبة الدقيقة قبل وحدة التناضح العكسي و تعتبر جزءاً هاماً و ضرورياً جداً و سنأتي على ذكر أنواعها و المواد المستخدمة فيها .

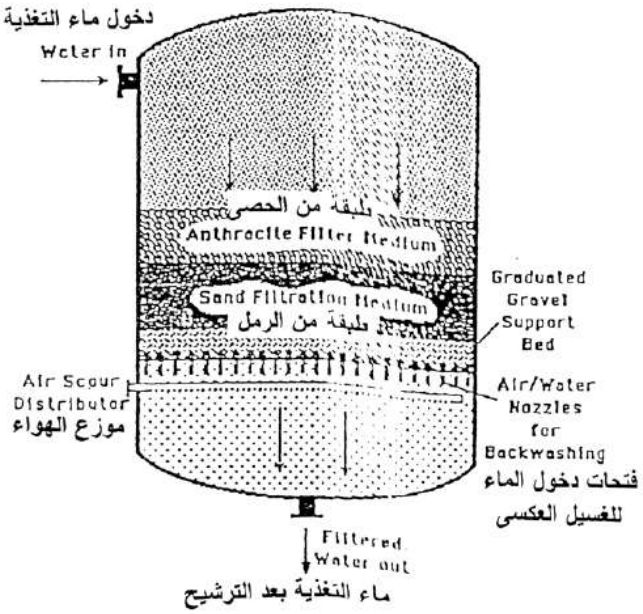
- *الفلاتر (Filters) :*

و هي تنقسم إلى مجموعتين أساسيتين :

الآلي **: المرشحات الرملية و الثانية المرشحات الخرطوشية (ذات خراطيش) و توجد أنواع و أشكال متعددة لكلا المجموعتين و يمكن عرضها بصورة مبسطة كما يلي :**

1- أجهزة الفلترة الرملية (Sand – Media – FILTERS) :

و تعتبر المرشحات الرملية الأساسية و الفعالة لكثير من وحدات التناضح العكسي وتتشابه جميعها في طريقة و فكرة العمل باستثناء المادة الوسيطة المستخدمة داخل المرشح و يصنع جسم الفلتر من الصلب أو من الخيوط البلاستيكية المقواة بالزجاج (Fiber Class) و لجسم المرشح فتحات لدخول الماء الخام وأخرى لخروج الماء المرشح الشكل (6) يوضح أجزاء المرشح حيث يحتوي على مجموعة من المواسير و الصمامات التي تمكن من تحقيق عملية الغسيل العكسي عند الحاجة كما يوجد داخل المرشح شبكة للتوزيع المنتظم لسريان الماء و الطبقات الوسيطية للمرشح هي مجموعة طبقات من الحصىGravel و الرمل Sand بدرجات مسامية مختلفة حسب درجة النقاوة المطلوبة .



شكل (6) مرشحات رملية متعددة المحتوى

1-1- مبدأ عمل أجهزة الفلترة الرملية:

يعتمد على مبدأ الفلترة الميكانيكية، حيث تحتوي الاسطوانة على طبقات خاصة من الرمل والانتراسيت وهي تقوم بتصفية الشوائب الفيزيائية والعكارة من الماء .وعندما تصبح طبقات الرمل مليئة بالشوائب يتم التخلص منها عن طريق الغسيل والغسيل العكسي، حيث يقوم الفلتر بعمليةالغسيل والغسيل العكسي للفلتر بشكل أوتوماتيكي وذلك في الوقت الذي نريد حيث يتم برمجة وقت الغسيل في أي ساعة من اليوم وفي أي يوم من الأسبوع ، وبذلك يتم التخلص من الشوائب ويعود الفلتر للعمل من جديد.

1-2- مواصفات الأجهزة :

مواصفات الفلاتر الرملية الصغيرة:

لهذه الفلاتر عدة أنواع وأغراض وذلك حسب نوع وكمية الماء وهدف المعالجة، أما الفلاتر والأجهزة الصغيرة استطاعة 1 – 15 م3 / ساعة فهي تتألف من الأجزاء الرئيسية التالية:

اسطوانة الفلتر: وهي من الفيبرغلاس المقوى الذي يتحمل ضغط تشغيلي حتى8.5 بار.

– طبقات وسط الفلترة : عبارة عن طبقات من الرمل الكوارتزي بمقاسات مختلفة وطبقة من فحم الانتراسيت الذي يزيد من فعالية الفلترة، ومن المهم أن يتمتع الانتراسيت بمواصفات فنية عاليةو سنأتي على ذكرها لاحقاً .

– الصمام والتحكم الأوتوماتيكي:

وهو الجزء المهم في الجهاز والذي يتحكم بعمل الجهاز بشكل أوتوماتيكي كامل أما الصمام فهو عبارة عن صمام سداسي أو رباعي يقوم بالتحكم بمراحل عمل الجهاز من مراحل خدمة وغسيل عكسي وغسيل عادي

مواصفات الأجهزة المتوسطة:

صممت هذه الأجهزة للاستعمالات الصناعية المتوسطة والكبيرة ولاستعمالات المنشآت التي تحتاج إلى كميات كبيرة من الماء الخالي من الشوائب وهي باستطاعات مختلفة 40 – 400 م3 / يوم.

تتوفر هذه الأجهزة بعدة أنواع حسب نوع التحكم وهي: تحكم زمني – تحكم حجمي – تحكم ميكانيكي – تحكم الكتروني رقمي – تحكم يدوي.

مواصفات الأجهزة الكبيرة:

تستخدم هذه الأجهزة للاستعمالات الصناعية الكبيرة مثل محطات مياه الشرب، مصافي النفط ومحطات التوليد والمنشآت الكبيرة التي تحتاج إلى كميات كبيرة جداً من الماء الخالي من الشوائب بطاقة أكبر من 400 م3 / يوم.

يتألف تحكم هذه الأجهزة من دارة من الصمامات والإكسسوارات وتكون الصمامات إما يدوية أو كهربائية أو هوائية أو تعمل بضغط الماء ويتم التحكم بعملها عن طريق لوحة تحكم مبرمجة أو عن طريق صمام قائد. و الشكل (7) يوضح بعض أنواع الفلاتر الرملية المستخدمة

شكل (7) فلاتر رملية لفصل الشوائب الدقيقة الصلبة في مرحلة المعالجة الأولية

2- الفلاتر أو المرشحات الخرطوشية (Cartridge Filters) :

تتكون هذه الفلاتر من جزئين و هما خراطيش الفلترة و الوعاء الحاوي لها و يصنع الوعاء الحاوي إما من مادة الصلب الذي لا يصدأ أو من لدائن (بلاستيك) من البولي بروبلين و البولي كربونيت القادر على تحمل ظروف الاستعمال القاسية و التغيرات المتكررة للحرارة و الضغط . تورد الخراطيش حسب المواصفات المقبولة لنقاوة الماء و تتراوح دقة هذه الخراطيش بين (3 – 5) ميكرون و يمكن استبدال الخراطيش بسهولة نتيجة انسدادها بالمواد الدقيقة و العالقة بالماء (و يتم معرفة ذلك بارتفاع فرق الضغط للماء بين نقطتي الدخول و الخروج) .

أخرى :

3- أجهزة الفلترة الفحمية :

3-1- مبدأ عمل أجهزة الفلترة الفحمية:

يحتوي الفلتر على الفحم أو الكربون المنشط داخل الاسطوانة Actived Carbon ويقوم هذا الكربون بامتصاص المواد العضوية والكلور والطعم والرائحة والمواد البترولية من الماء بعد ذلكيقوم الفلتر بعملية الغسيل العكسي والعادي بشكل أوتوماتيكي. ويجب أن يبدل الفحمالمنشط مرة كل سنة وسطياً وذلك حسب كمية الماء المستهلكة ونوعية الماءالخام ونوعية الملوثات.

أما من حيث مواصفاتها فهناك الصغيرة ، المتوسطة و الكبيرة و هي بنفس مواصفات الفلاتر الرملية من حيث سعاتها و أجزائها .و الشكل (8) يوضح نموذجاً لبعض الفلاتر الفحمية المستخدمة

شكل (8) فلاتر فحمية أوتوماتيكية

- المواد المستخدمة في الفلاتر المختلفة و مواصفاتها :

بالنسبة للمواد المستعملة أو الحشوات المستخدمة فهي كالتالي :

1- الانتراسيت Antracite :

يستعمل الانتراسيت كطبقة علوية فوق الرمل والبازلت بسبب خشونة حبيباته وانخفاض كتلة شحنته مقارنة بالرمل كما يمكن استعماله منفرداً كفلتر الطبقة الواحدة.

ويتمتع الانتراسيت بالعديد من الخصائص منها:

1- مقاومة عالية للاحتكاك والقشط .

2- سرعة غسيل عكسي عالية دون ضياع.

3- معدل تدفق جيد مع إزالة ممتازة للمواد المعلقة .

4- فصل عملي لطبقات الفلتر بعملية الغسيل العكسي .

5- ميل أقل للتكتل نظراً للسطح الناعم.

6- لا التصاق لمركبات الحديد والكالسيوم والمغنزيوم .

7- لا تحرير لحمض السيليس أو المعادن الثقيلة في الماء.

8- عمل كامل في مجال pH (3 – 12).

9- مقاومة عالية للحرارة.

تعطي هذه الخصائص ميزات إضافية لفلتر الأنتراسيت منها :

1- توفير في كمية الماء اللازمة للغسيل العكسي.

2- تكرار أقل للغسيل العكسي.

3- سعة أكبر للجسيمات الصلبة.

4- فقدان ضغط أقل.

5- تخفض من المقاومة الابتدائية لطبقات الفلترة.

6- فترة خدمة أطول للفلتر.

7- سرعة فلترة أكبر.

8- نوعية فلترة أفضل.

9- حجم أقل للفلتر وطبقات الفلترة.

10- تكاليف عمل أقل.

2- *الرمل (Sand)* : وهي أنواع خاصة من الرمل المعالج والذي يستخدم في الفلاتر الرملية وبأحجام مختلفة.

3- *الجارنت :* وهو نوع من الرمل وبأحجام صغيرة يستخدم في الفلاتر الرملية متعددة الطبقات.

4- منجنيز جرين ساند : ويستخدم في إزالة أكاسيد الحديد والحديد ومركبات المنجنيز والكبريتات.

5- البيرم : وهي مادة فعالة تعمل على تحسين وزيادة إمكانية التفاعل بين الأكسجين الذائب ومركبات الحديد في الماء ليتم فصلها بسهولة ويسر .

و بالنسبة للسطوح الداخلية للفلاتر المعرضة للماء فهي تطلى بالايبوكسي لمنع التآكل ما أمكن أما السطوح التي يتعذر طلاؤها بالإيبوكسي (كالصواميل و المسامير و غيرها) فتصنع من مواد غير قابلة أو مقاومة للتآكل كالكروم و الستانلس ستيل .

أما عمليات حقن الأحماض فهي كما ذكرنا سابقاً من أجل خفض قلوية المياه و رفع قيمة الأس الهيدروجيني من أجل زيادة قابلية الذوبان و الانحلالية للأملاح المسببة للقشور و هذه سنأتي على ذكرها بالتفصيل فيما بعد .

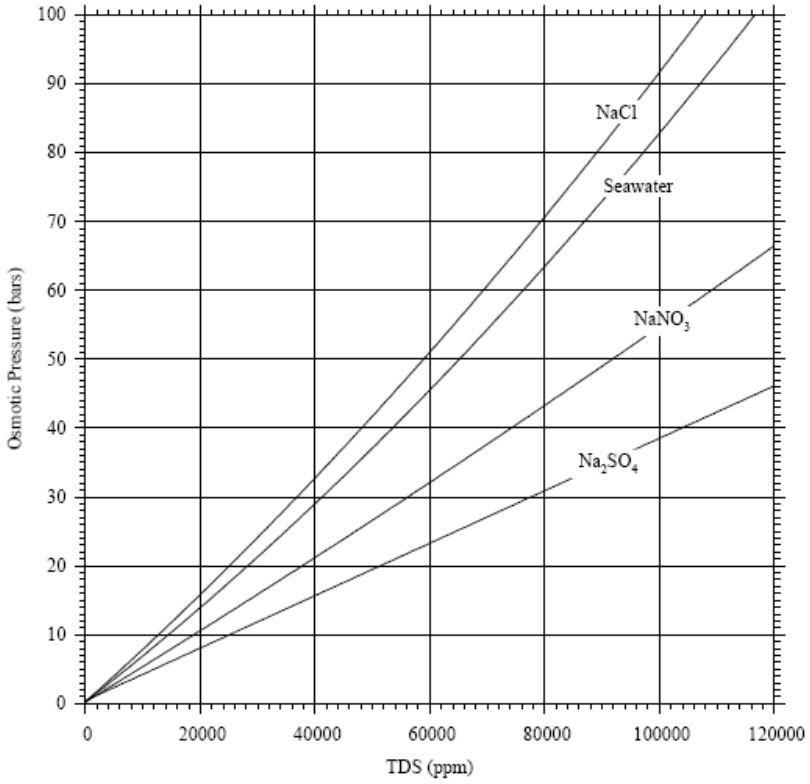
إن هذه المكونات هي المكونات الأساسية لمرحلة ما قبل المعالجة بالتناضح العكسي و يمكن أن تغيب عملية أو أكثر و ذلك حسب نوعية المياه و المعالجة المتطلبة لها .

2- مضخة الضغط العالي (High- Pressure Pump) :

إن الوظيفة الأساسية لمضخة الضغط العالي هي رفع ضغط ماء التغذية قبل المعالجة أو الدخول لمجمع الأغشية بهدف اختراق الأغشية و التغلب على فرق الضغط الاسموزي للماء المستخدم .

الضغط اللازم تأمينه يعتمد على التركيز و درجة حرارة ماء التغذية حيث يزداد الضغط التناضحي بزيادة التركيز و بالتالي ضغط التشغيل اللازم يجب أن يتجاوز الضغط التناضحي المقابل لتركيز المحلول الملحي المرفوض (Reject) في مخرج الأغشية و ضغط التشغيل اللازم يتراوح بحدود (3) مرات الضغط التناضحي اللازم لتحلية مياه البحر ، الماء الضارب للملوحة (المسوس) يتطلب ضغطاً من (17 – 27) بار أي بار (400 – 250) رطل على البوصة المربعة بينما ماء البحر يتطلب من (50 – 80) بار أي (1180 – 800) رطل على البوصة المربعة لمياه البحر و هنا ينبغي معرفة نوعية المياه التي ستستخدم بدقة لمعرفة الضغط اللازم لتشغيل الوحدة و إلا فإنها لن تقوم بعملها على الوجه الأمثل و ربما يؤدي عدم القياس الدقيق لضغط التشغيل اللازم إلى نتائج وخيمة .

المخطط (1) يصور الضغط التناضحي لنترات الصوديوم ، الكلوريد و الكبريتات لماء بحر ذي درجة حرارة ($25\ C^{\circ}$) . يزداد الضغط التناضحي بدرجة الحرارة لذلك أي زيادة في درجة الحرارة يجب أن تكون مصحوبة بزيادة في الضغط المطبق .



مخطط (1) الضغوط الاسموزية لكل من (نترات الصوديوم ، الكلور ، و الكبريتات) بدرجة حرارة25 مئوية لماء البحر (Hanbury , et al 1993)

3- مجمع الأغشية (Membrane Assembly) :

الأغشية في الأصل كانت تصنع من اسيتات السيللوز منذ ذلك الحين عمليات التناضح العكسي تستخدم تشكيلات متنوعة المزيج أو اشتقاقات من أسيتات السيللوز(Cellular Acetate) والبوليميرات (Polyamides) إن نماذج الصحن و الإطار ، الأنبوبية ، الأغشية الملفوفة حلزونياً و الألياف المجوفة الدقيقة هي النماذج الأكثر شيوعاً لتلك الأغشية و سنأتي على ذكر الأنواع و الاستخدامات و المواصفات بالتفصيل .

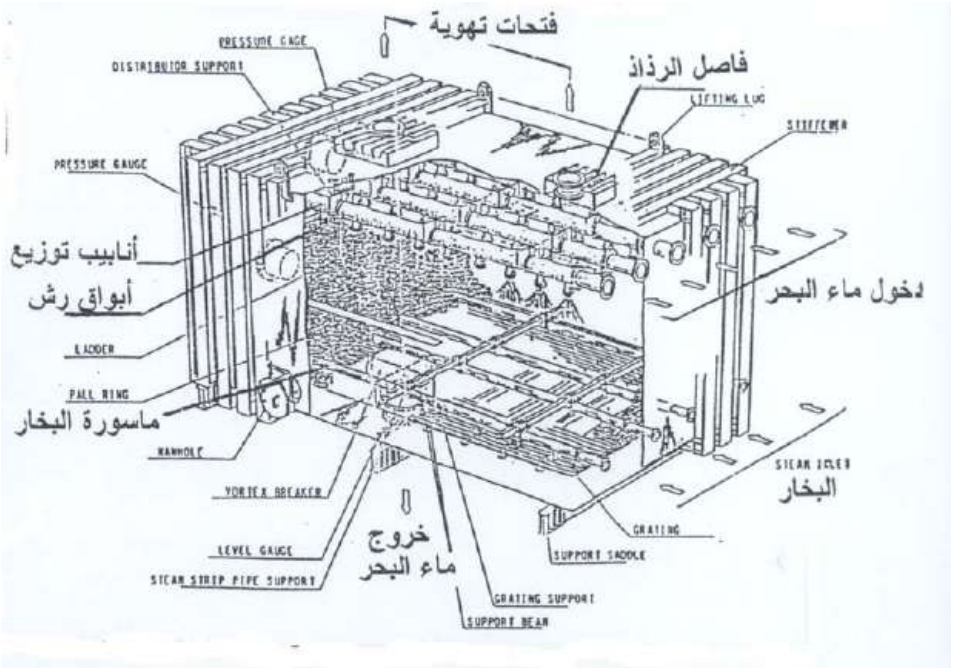
4- المعالجة النهائية أو نظام ما بعد المعالجة (Post-Treatment System) :

إن الماء المنتج من وحدة التناضح العكسي (RO) يتطلب معالجة قبل إرساله إلى الخزانات و توزيعه على المستهلكين و هذه العملية ضرورية جداً لأن الماء الناتج من الممكن أن يسبب مشاكل تآكل خطيرة للخزانات و شبكة أنابيب النقل و التوزيع (Hanbury, 1993) .

الناتج من الأغشية يتطلب عادة تعديل قيمة ال (PH) و يتم ذلك بإضافة القلويات أو بوساطة طرد الغازات (Degasification) مثل (H2S و CO2) و بما أن أغلب أغشية التناضح العكسي ترفض الكالسيوم و تفضل الصوديوم فإن هذا يستوجب إضافة أملاح الكالسيوم (كربونات الكالسيوم أو كربونات الصوديوم/ بيكربونات الصوديوم) إلى الماء الناتج عن الوحدة .

أخيراً يتطلب الماء المنتج تطهيراً لمنع النمو الجرثومي قبل تحويله إلى نظام التوزيع في حالة تحلية مياه البحر أو المسوس .

الشكل (9) يبين مكونات طارد الغازات



شكل (9) طرد الغازات

و قد تشمل بعض عمليات المعالجة النهائية للماء الناتج عن الوحدة عملية التبادل الشاردي أو الأيوني بوساطة ريزينات تبادل أيوني و ذلك حسب التطبيق المستخدم لهذه التقنية كما في عملية تأمين مياه المراجل لمحطات توليد الطاقة الكهربائية و سنأتي على ذكر الفائدة أو الهدف من عملية التبادل الأيوني و أنواع الريزينات المستخدمة و مواصفات كل نوع .

أجهزة إزالة الشوارد بالديونايزر (Deionizer) :

1- مقدمة عن أجهزة إزالة الشوارد :

تتطلب كثير من الصناعات ماءً عالي النقاوة وخالياً من الشوارد الموجبة والسالبة مثل:

- الصناعات التي تستخدم مراجل الضغط العالي (أكبر من 50 بار)
- الصناعات الدوائية والاستخدامات الطبية.
- الصناعات الالكترونية.
- الصناعات الكيماوية والبتروكيماوية.
- كثير من الصناعات مثل: البج الحراري – طلي المعادن – البطاريات ..الخ.

إن محطات وأجهزة الديونايزر ونزع الشوارد تتطلب كمية كبيرة من الكيماويات (الحمض والكوستيك) اللازمة لعملية تنشيط الريزين وهذا ما يجعل الكلفة التشغيلية لهذه المحطات عالية جداً واستخدام هذه الكيماويات بكثرة يضر بالبيئة.

لتجنب هذا لا بد من معالجة الماء معالجة أولية بمحطات وأجهزة التحلية **RO** التناضح العكسي من أجل خفض نسبة الأملاح في الماء وخفض ناقلية الماء.

كما يتم استخدام أجهزة طرد الغازات لطرد غاز ثاني أكسيد الكربون .

2- مبدأ عمل أجهزة إزالة الشوارد :

مبدأ عمل هذه المحطات هو استخدام الريزينات في إزالة الشوارد من الماء، ويوجد عدة أنواع لمحطات وأجهزة إزالة الشوارد وذلك تبعاً لنوعية وكمية الماء الخام ونوعية وكمية الماء المعالج النقي، ويتم استخدام الريزينات التالية في هذه المحطات:

- ريزين كاتيوني قوي.
- ريزين كاتيوني ضعيف.
- ريزين آنيوني قوي.
- ريزين آنيوني ضعيف.
- ريزين مختلط.

إن الشوارد الموجبة (الكاتيونات) والشوارد السالبة (الآنيونات) هي سبب الناقلية الكهربائية للماء لذلك يمكن استخدام الناقلية كمقياس لنقاوة الماء.

3- ريزينات التبادل الشاردي :

3-1- أنواع ريزينات التبادل الشاردي:

الريزين هو مادة حبيبية لا تنحل بالماء تحوي شوارد قابلة للتبادل مع الشوارد الموجودة في الماء، والريزين التبادل الشاردي أنواع كثيرة أهمها:

1- ريزينات تبادل كاتيونية حمضية قوية:

تقوم باستبدال الشوارد الموجبة (الكاتيونات) لجميع الأملاح بشاردة الهيدروجين أو الصوديوم الموجودة في الريزين، ومنها الريزينات الكاتيونية المستخدمة في أجهزة إزالة القساوةSoftener.

2- ريزينات تبادل كاتيونية حمضية ضعيفة:

تقوم باستبدال شاردة الهيدروجين H^+ بكاتيونات أملاح الحموض الضعيفة فقط كملح بيكربونات الكالسيوم وليس كبريتات الكالسيوم.

3- ريزينات تبادل أنيونية قلوية قوية:

هذه الريزينات قادرة على استبدال شاردة الهيدروكسيل OH^- بأنيونات الحموض جميعاً لذلك تتميز بالقدرة على إزالة السيليكا المنحلة H_2SiO_3. أما تركيبها الكيميائي فهو بولي ستيرين يحتوي مجموعة أمونيوم رباعية.

4- ريزينات تبادل أنيونية قلوية ضعيفة:

تستطيع التخلص من الحموض القوية فقط مثل $HNO_3 - HCL - H_2SO_4$ ولكنها غير قادرة على إزالة حمض الكربون أو حمض السيليسيوم.

3-2- تطبيقات المبادلات الشاردية :

للريزين استخدامات كثيرة في مجال معالجة المياه ومعالجة مياه الصرف الصناعي ومن هذه الاستخدامات:

1 - التطرية وإزالة القساوة (إزالة الكلس).

2 - إزالة القلوية.

3 - إزالة الشوارد الموجبة والسالبة.

4 - إزالة النترات.

5 - إزالة المعادن الثقيلة.

6 - استخدامات كثيرة متعددة: صناعة السكر والكلوكوز، الصناعات الصيدلانية، الصناعات الغذائية الصناعات الكيميائية، الاستخدامات المخبرية، يستخدم كمواد محفزة، الصناعات الالكترونية، الاستخدامات النووية... الخ.

- إزالـــة القلويـــة :

إن الهدف الرئيس من خفض قلوية ماء المرجل هو تقليل كمية ثاني أكسيد الكربون في البخار والذي يشكل السبب الأساسي لتآكل أنابيب التكاثف، وينطلق ثاني أكسيد الكربون في المرجل نتيجة تحلل القلوية الكربوناتية والبيكربوناتية.

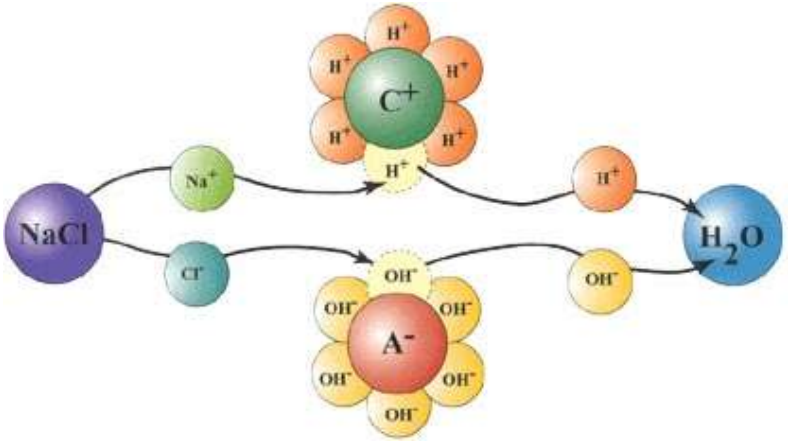
يستخدم هنا ريزين أنيوني قلوي قوي Strong Basic Anionic Resin لإزالة البيكربونات من الماء..

وتتم عملية التنشيط للمبادل الآنيوني بالمحلول الملحي.

إزالة الشوارد الموجبة والسالبة Deionization:

تتطلب كثير من الصناعات ماءً عالي النقاوة و خالياً من الشوارد الموجبة والسالبة.

إن الشوارد الموجبة (الكاتيونات) والشوارد السالبة (الآنيونات) هي سبب الناقلية الكهربائية للماء لذلك يمكن استخدام الناقلية كمقياس لنقاوة الماء.



شكل (10) ريزينات التبادل الأنيوني والكاتيوني

تتم عملية إزالة الشوارد على مرحلتين:

إزالة الشوارد الموجبة:

باستعمال الريزينات الكاتيونية القوية التي تستبدل الشوارد الموجبة بشوارد الهدروجينويتم تنشيط الريزينات الكاتيونية بالحموض القوية كحمض الكبريت.

إزالة الشوارد السالبة:

باستعمال الريزينات الآنيونية القوية التي تستبدل الشوارد السالبة بشوارد الهدروكسيلOH، وإن شوارد الهدروكسيل تقوم بتعديل الحموض الناتجة من استعمال الريزين الكاتيوني القوي ونحصل على ماء خال من الشوارد.

ويتم تنشيط الريزينات الآنيونية بالمحاليل القلوية كالكوستيك.

أي مما تقدم نجد أنه يمكن استخدام ريزينات للتخلص من القساوة و الكلس و ذلك في مرحلة المعالجة الابتدائية لماء التغذية قبل دخولها لوحدات التناضح العكسي و هي مرحلة هامة جداً قبل الدخول لمنظومة RO و خاصة في التطبيقات التي تتطلب مياهاً ذات قساوة قليلة جداً أو معدومة كما في الصناعات الدوائية و فيما يلي نستعرض مواصفات أجهزة إزالة القساوة و الكلس .

- أجهزة إزالة القساوة و الكلس (Softeners) :

1- مبدأ العمل :

إن شوارد الكالسيوم والمغنزيومهي التي تسبب قساوة الماء وتسبب الترسبات والتكلسات..

تعمل أجهزة التحلية على مبدأ الريزينات‌الكاتيونية، حيث يدخل الماء القاسي إلى جهاز التحلية فيدخل الماء إلى الريزين الذي يقوم بأخذ شوارد الكالسيوم والمغنزيوم من الماء القاسي وإعطائه شوارد الصوديوم أي يقوم باستبدال الشوارد القاسية الموجودة في الماء (كالسيوم ومغنزيوم) بشوارد الصوديوم غير القاسية عندما يصبح الريزين مشبعاً بشوارد الكالسيوم والمغنزيوم عندها يقوم جهاز التحلية وبشكل أوتوماتيكي بعملية غسيل الريزين بالمحلول الملحي ثم بعمليةالغسيل والغسيل العكسي.

إن وظيفة المحلول الملحيNaCl هي أخذ شوارد الكالسيوم والمغنزيوم من الريزين واستبدالها بشوارد الصوديوم. وهذه العملية تدعى عملية التنشيط.

2- التفصيلات الفنية لأجهزة إزالة الكلس :

يتألف الجهاز من الأجزاء الرئيسية التالية:

- أسطوانة الريزين: وهي من الفيبرغلاس المقوى الذي يتحمل ضغط تشغيلي حتى8.5 بار.
- الريزين: مبادل شاردي كاتيوني يقوم بعملية إزالة الكلس عن طريق التبادل الشاردي وهذا الريزين يجب أن يتمتع بمواصفات فنية عالية.
- خزان الملح الذي يحوي الملح والمحلول الملحي اللازم لعملية تنشيط الريزين.
- *الصمام والتحكم الأوتوماتيكي:*

وهو الجزء المهم في الجهاز والذي يتحكم بعمل الجهاز بشكل أوتوماتيكي كامل أما الصمام فهو عبارة عن صمام سداسي أو ثماني يقوم بالتحكم بمراحل عمل الجهاز من مراحل خدمة وتنشيط وغسيل.

وأما التحكم فهو الذي يقود ويتحكم بعمل الصمام ولهذا التحكم عدة أنواع وهي:

- التحكم الزمني: حيث تتم عملية التنشيط في زمن محدد من اليوم ويمكن برمجة هذا الزمن حسب الرغبة، وينصح باستخدام هذا التحكم عندما تكون كمية استهلاك الماء ثابتة ومنتظمة.
- التحكم الحجمي: وهو مزود بعداد يقيس كمية الماء المستهلكة التي ينتجها الجهاز وبعد مرور كمية معينة من الماء يعطي التحكم أمراً لتتم عملية التنشيط، ويمكن برمجة كمية الماء حسب الحاجة، وهذا التحكم يتميز بالمرونة في العمل وهو أفضل من التحكم الزمني ويوفر من استهلاك الملح والماء اللازمين لعملية التنشيط.
- التحكم الميكانيكي: وهو إما أن يكون زمنياً أو حجمياً ولا يوجد له أي شاشة رقمية ويتميز بأنه قليل الأعطال وسهل الصيانة.
- التحكم الالكتروني: وهو إما أن يكون زمنياً أو حجمياً وهو مزود بشاشة رقمية يمكن برمجتها وتعطي قراءات متعددة مثل زمن التنشيط ومراحل التنشيط وتدفق الماء ... وغيرها.

3- مواصفات الأجهزة :

3-1- مواصفات الأجهزة الصغيرة:

صممت هذه الأجهزة للاستعمالات الصناعية الصغيرة ولاستعمالات المنازل والفيلات والمطاعم والمنشآت الصغيرة التي تحتاج إلى كميات قليلة من الماء الخالي من الكلس وهي باستطاعات مختلفة3 – 36 م3 / يوم.

تتوفر هذه الأجهزة بعدة أنواع حسب نوع التحكم وهي: تحكم زمني – تحكم حجمي – تحكم ميكانيكي – تحكم الكتروني رقمي.

جدول (1) مواصفات أجهزة إزالة القساوة الصغيرة

الموديل	R25	R30	R50	R60	R90
الغزارة (م3 / ساعة)	1.8	2.25	2.5	3.4	3.4
كمية الريزين (لتر)	25	30	50	60	90
استهلاك الملح في التنشيط (كغ)	4	5	8	10	15
ضغط التشغيل (بار)	8.5 – 2	8.5 – 2	8.5 – 2	8.5 – 2	8.5 – 2
كهرباء الجهاز (فولت)	24-220	24-220	24-220	24-220	24-220

3-2- مواصفات الأجهزة المتوسطة:

صممت هذه الأجهزة للاستعمالات الصناعية المتوسطة والكبيرة ولاستعمالات المنشآت التي تحتاج إلى كميات كبيرة من الماء الخالي من الكلس وهي باستطاعات مختلفة 40 – 400 م3 / يوم.
تتوفر هذه الأجهزة بعدة أنواع حسب نوع التحكم وهي: تحكم زمني – تحكم حجمي – تحكم ميكانيكي – تحكم الكتروني رقمي.

جدول (2) مواصفات أجهزة إزالة القساوة المتوسطة

الموديل	R120	R150	R240	R350	R500
الغزارة (م3 / ساعة)	4.5	5.2	5.2	10 - 5	15 – 5
كمية الريزين (لتر)	120	150	240	350	500
استهلاك الملح في التنشيط (كغ)	20	24	38	56	80
ضغط التشغيل (بار)	8.5 – 2	8.5 – 2	8.5 – 2	8.5 – 2	8.5 – 2
كهرباء الجهاز (فولت)	24-220	24-220	24-220	24-220	24-220

3-3- مواصفات الأجهزة والمحطات الكبيرة:

تستخدم هذه الأجهزة للاستعمالات الصناعية الكبيرة مثل مصافي النفط ومحطات التوليد والمنشآت الكبيرة التي تحتاج إلى كميات كبيرة جداً من الماء الخالي من الكلس بطاقة أكبر من 400 م3 / يوم.

يتألف تحكم هذه الأجهزة من دارة من الصمامات والاكسسوارات والانجكتور وتكون الصمامات إما كهربائية أو هوائية أو تعمل بضغط الماء ويتم التحكم بعملها عن طريق لوحة تحكم مبرمجة أو عن طريق صمام قائد.

شكل (11) بعض أنواع أجهزة إزالة القساوة و الكلس الكبيرة

بالإضافة لما سبق فإن المنظومات تحوي على العديد من التجهيزات الأخرى الضرورية لمراقبة عمل المنظومة و أداء الوحدة منها :

- أجهزة و شاشات قياس الأملاح المنحلة ال (TDS) .
- أجهزة وعدادات قياس التدفق .
- أجهزة التحكم .
- صمامات تحكم و إغلاق .
- وصلات و كابلات لشاشات التحكم و المراقبة .
- خزانات للمواد الكيميائية و الماء الناتج .
- مضخات إعادة تدوير (في حال استخدام نظام التناضح مع إعادة التدوير)
- أجهزة و حساسات لقياس قسمة ال(PH) و الأملاح الذائبة و الكلور المتبقي (في حال استخدامه في التعقيم) .

كما يلزم أن تحوي المحطة على مصدر للطاقة الكهربائية و مضخات مساعدة (لضخ ماء التغذية ، و للماء المنتج ، و الكيماويات ، و الرجيع المالح المطرود) و كذلك أنابيب لمياه التغذية و الماء المنتج و ماء الرجيع ، كما قد يتم وضع توربين مائي عند مخرج الوحدة و ذلك بهدف الاستفادة من الضغط المتبقي بعد انتهاء عملية الفصل و استعادة جزء من الطاقة Energy Recovery للمساعدة في إدارة مضخة الضغط العالي و توفير جزء من طاقتها المطلوبة و من ثم خفض تكاليف الإنتاج للوحدة .

بعد أن أتينا على ذكر المكونات الأساسية لمنظومة المعالجة بالتناضح العكسي مع مختلف مكوناتها و الأجهزة المستعملة في مراحل المعالجة المختلفة (أولية – نهائية) و التي كان لابد من التعريف بها نبدأ بالدخول إلى منظومة المعالجة الأهم في هذه التقنية ألا وهي الأغشية (Membrabes) و التي تعتبر الجزء الأكثر حساسية في نظام المعالجة بالتناضح العكسي (RO) .