Chem. Bilal A. Al-rifaii | الكيماوي بلال عبد الوهاب الرفاعي
مدرب التقنيات الصباغية في الاتحاد العربي للصناعات النسيجية وغرفتي صناعة دمشق وحلب
دمشق: هاتف: ٣٤٤٠٥٣٨ ٠١١، حلب: ٢٢٦٢١٣٩ ٠٢١، جوال: ٥٨٤٣١٦ ٠٩٤٤، b.rifatex@hotmail.com

تصنيع ملح الطعام ـ ١

١ـ منابع ملح الطعام:

١ـ١ـ مياه البحار: تعتبر مياه المحيطات مصدراً لا ينضب لملح الطعام، إذ تحوي مياه المحيطات على ما يقارب ٣.٥ % من الأملاح، ويشكل ملح الطعام لوحده ما يقارب ٨٠ %.

ويختلف تركيب مياه المحيطات نوعاً ما بين منطقة وأخرى بحسب مكان وعمق المياه، ويبين الجدول التالي المعدل التقريبي لأملاح المحيطات:

تركيب مياه المحيطات						
النسبة المئوية			% في ماء البحر	% في الأملاح	الشاردة	
٧٧.٧٥	كلوريد الصوديوم	$NaCl$	١.٩٦٨	٥٥.٢٩	الكلور	Cl^-
١٠.٨٨	كلوريد المغنيزيوم	$MgCl_2$	٠.٠٠٧	٠.١٩	البروم	Br^-
٤.٧٤	كبريتات المغنيزيوم	$MgSO_4$	٠.٢٧٤	٧.٦٩	الكبريتات	SO_4^{2-}
٣.٦٠	كبريتات الكالسيوم	$CaSO_4$	٠.٠٠٨	٠.٢١	الكربونات	CO_3^{2-}
٢.٤٦	كبريتات البوتاسيوم	K_2SO_4	١.٠٨٩	٣٠.٥٩	الصوديوم	Na^+
٠.٢٢	بروم المغنيزيوم	$MgBr_2$	٠.٠٤٠	١.١١	البوتاسيوم	K^+
٠.٣٤	كربونات الكالسيوم	$CaCO_3$	٠.٠٤٣	١.٢٠	الكالسيوم	Ca^{2+}
	كربونات المغنيزيوم	$MgCO_3$	٠.١٣٣	٣.٧٢	المغنيزيوم	Mg^{2+}
١٠٠.٠٠			٣.٥٦٢	١٠٠.٠٠		

وإذا ما قارنا بين نسب أملاح البحر الميت والبحر الأبيض المتوسط والمحيط الأطلسي لوجدناها على الشكل:

نسب أملاح البحر الميت والبحر الأبيض المتوسط والمحيط الأطلسي				
الملح		البحر الميت	البحر الأبيض المتوسط	المحيط الأطلسي
كلوريد الصوديوم	$NaCl$	٧.٩٣٠	٣.٠٠٧	٢.٧٢٣
كلوريد المغنيزيوم	$MgCl_2$	٠.٣١٠	٠.٣٨٥	٠.٣٣٤
كبريتات المغنيزيوم	$MgSO_4$	/	٠.٢٤٩	٠.٢٢٥
كبريتات الكالسيوم	$CaSO_4$	٠.١٤	٠.١٤٠	٠.١٢٦
كلوريد البوتاسيوم	KCl	١.٤٣	٠.٠٨٩	٠.٠٧٧
بروم المغنيزيوم	$MgBr_2$	٠.٥٢	٠.٠٠٨	٠.٠٠٨
كربونات الكالسيوم	$CaCO_3$	٣.٦٩	٠.٠١٩	٠.٠١٢
		٢١.٠٢	٣.٨٨٠	٣.٥٠٥

توجد توضعات ملحية عديدة نتيجة تبخر البحار وانحسارها فيما مضى، ويؤدي تبخير مياه البحر حتى ٥٣.٢% من حجمه الأصلي لترسب أكسيد الحديد وفق المعادلة:

$$2\ Fe(HCO_3)_2 + 0.5\ O_2 \rightarrow Fe_2O_3 + 4\ CO_2 + 2\ H_2O$$

كما يترسب قسم من كربونات الكالسيوم، إلا أنه وباستمرار التبخير تترسب كامل كربونات الكالسيوم بتفكك ثاني الكربونات وفق المعادلة:

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

وهكذا وعندما يصبح حجم المحلول بحدود ١٩% تقريباً يبدأ ترسب الكالسيوم على شكل كبريتات الكالسيوم ثنائية الماء $CaSO_4.2H_2O$ حتى يصبح الحجم الأصلي بحدود ٣%.

ويبدأ ترسب ملح الطعام بوصول حجم المحلول الأصلي حتى ٩.٥%، أي بوصول الأملاح حتى تركيز ٣٥٦غ/ل، مع نسب بسيطة من كبريتات وكلور المغنيزيوم $MgCl_2$ & $MgSO_4$، ويستمر ترسب هذه الأملاح الثلاثة ضافة لبروم الصوديوم NaBr حتى يصبح حجم المحلول مساوياً ١.٦٢% تقريباً، ويكون قد ترسب ٩١.٣% من كامل وزن كلور الصوديوم في الماء، في تتبقى بعض الأملاح الأخرى مثل جميع أملاح البوتاسيوم وبواقي أملاح كبريتات وكلور الصوديوم والمغنيزيوم عديمة الأهمية.

٢- استخراج ملح الطعام: يستخرج ملح الطعام من مصادره الطبيعية وفق الطرق التالية:

١- تعدينه من الصخور الملحية.

٢- تبخير المحاليل:

- بالتسخين بأشعة الشمس.
- بالتسخين بالنار المباشرة.
- بواسطة المحببات بالمبخرات الوميضية.

٢-١- تعدين الصخور الملحية: يتم استخراج الكتل الملحية ليصار لطحنها وغربلتها، ومن ثم حل مسحوقه فتبخير المحلول لنحصل على الملح بشكله الأبيض المتداول.

ويمكننا إضافة كميات من كربونات الصوديوم للتخلص من كربونات الكالسيوم، كما يُضاف عند وجود مركبات الباريوم شيءٌ من كبريتات الصوديوم لترسيب الباريوم على شكل كبريتات.، تتباين تراكيب الملح من منجمٍ لآخر بحسب متا نستعرض في الجدول التالي:

تركيب الملح لعدد من المناجم					
الشاردة		١	٢	٣	٤
البوتاسيوم	K	٠.١	٣.٨٧	/	/
الصوديوم	Na	٣٧.٩٢	٣٤.٩٠	٢١.٩٩	٣٩.٠٨
الكالسيوم	Ca	١.٠٦	١.٠٩	١١.٥٤	٠.١٩
المغنيزيوم	Mg	٠.١	٠.٤٥	٢.٧١	/
الكلور	Cl	٦٠.٠٦	٥٨.٥٧	٦٢.٥٥	٥٩.٦٤
الكبريتات	SO_4	٠.٧٦	٠.٧٧	٠.٣٨	١.٠٩
البروم	Br	/	٠.٣٥	٠.٦٩	/

مواد بناء خط الإنتاج: يمكننا بناء خط الإنتاج من الستانليس ستيل أو الحديد الحاوي على ٣-٤% نيكل، ومن حسن الحظ تشكل المياه المالحة على سطح المعدن طبقة من كبريتات الكالسيوم " الجص " تقي المعدن من المياه.

٢-٢-: تبخير المياه الملحية:

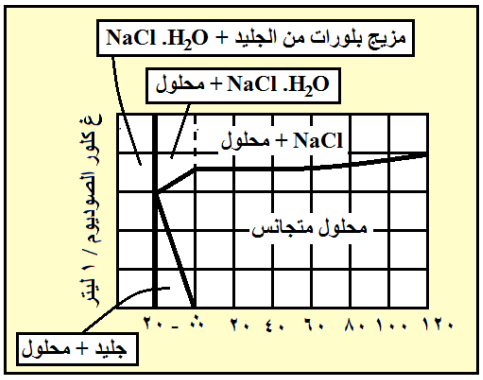
مبادئ ترسيب الملح: تتأثر عملية تبلور ملح الطعام بعددٍ من العوامل، ذلك لأن سرعة تشكل النوى أكبر من سرعة جذب البلورات المتشكلة لهذه النوى، ونج أن من أهم العوامل:

١. سرعة الحرارة وسوية تركيز مدى التبلور.

٢. سرعة التبخر أو سرعة التبريد.

٣. استعمال بلورات تطعيم، وعدد وحجم هذه البلورات.
٤. الكثافة التي يمكن أن يبقى وسط التبلور محتفظاً بها.
٥. مدة البقاء في منطقة التبلور.
٦. معدلات التحريك.
٧. كمية وطبيعة الشوائب.
٨. درجة حموضة المحلول الملحي.
٩. ثبات الشروط.

إن ميل منحني انحلال كلوريد الصوديوم بسيط، لذلك يصعب بلورته بالتبريد ما يضطرنا لبلورته بالتبخير.



أما حجم البلورات المترسبة فيعتمد على سرعة التبخير، ما يعني أن الحصول على بلورات كبيرة يستلزم سرعة تبخير منخفضة.

التبخير بطريقة التحبيب: تعتبر هذه الطريق طريقة تسخين مباشر، وما يرغب في منتجها برغم كلفتها العالية نسبياً شكل البلورات الناتجة عنها، فهي تزيد عن كلفة إنتاج الملح تحت الفراغ بمعدل ٢٠% تقريباً.

يصل أبعاد مقالي التحبيب المعتمدة صناعياً بحدود ٦٠× ٥× ٠.٦ م، ويتم بناءها عادة من الستانليس ستيل بسماكة ٦ مم، ويصل إنتاجها اليومي حتى ٨٠ طن، وترتفع أنابيب البخار بحدود ١٥-٢٠ سم عن القاع، ويصل قطر هذه الأنابيب حتى ١٠ سم، والمسافة بينها بحدود ٣٠ سم، وتزود المقلاة بجملة جارفة لسحب الملح المترسب في القاع باتجاه أحد طرفيها، وبمصرف مائل يسمح للسائل الملحي الأم للعودة للمقلاة.

تركب الجملة الجارفة على زوايا حديدية تحت أنابيب البخار، وتتألف من عدة جارفات، تتمم الواحدة عمل الأخرى، وتتعلق سرعة الجرف بسرعة التبخير، وتساوي سرعتها القصوى جرفة واحدة كل دقيقتين.

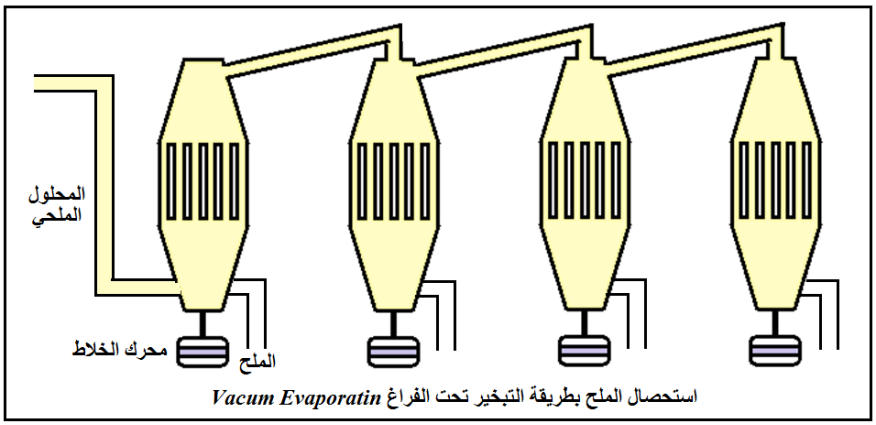
تعدل قلوية المحلول حتى *pH: 8.5* بإضافة الكلس، للتقليل من تآكل الستانليس ستيل قدر الإمكان، ويرافق ترسب ملح الطعام ترسب أملاح أخرى مثل كبريتات الكالسيوم التي تشكل طبقة عازلة على أنابيب التبخير قد تصل حتى سماكة ٦ مم. ما يستوجب منا تنظيف هذه الأنابيب باستمرار بالطرق الميكانيكية.

ينقل الملح الخارج من المقلاة لبرميل غاسل لتخليص الملح من كلوريدات الكالسيوم والمغنيزيوم الملتصقة على سطح البلورات الملحية، كما يخلصه من ٧٥% من بلورات كبريتات الصوديوم المرافقة، ينقل الملح بعدها لمصفاة دوارة تخلصه من المحلول الملحي الزائد، ثم إلى المجفف لخفض الرطوبة حتى ٠.١%، نتبعها بتكسير كتل الملح بمطاحن دوارة للغربلة والتعبئة.

التبخير تحت الفراغ: تستحصل على أكبر كمية من الملح بالتبخير تحت الفراغ، ويتم عادة ربط عدة وحدات مع بعضها كي يستفاد من حرارة بخار الأولى في رفع حرارة محلول التالية، وهكذا نجد

عمليا كل ثلاثة كيلو غرامات محلول ملحي تحتاج لكيلو بخار لتبخيرها، ما يعادل كيلو ملح لكل كيلو بخار ماء.

وتبلغ أقطار مقالي التسخين تحت الفراغ بحدود ٣.٨*-٦.٦ م، وارتفاعها ١١-١٥ م، وتتكون عادة من ثلاثة أجزاء: علوي وسفلي مخروطيين، واوسط اسطواني. ويتم بنائها من حديد الصب أو الفولاذ، كما يحوي القسم الأسطواني على ما يقارب ٢٣٠٠-٢٨٠٠ أنبوب تسخين نحاسي بطول ١٥٠ سم، وقطر ٦ سم، ويتم تحريك المحلول الملحي بمحرك يقع في الأسفل ما يرفع من سرعة تحريك السائل بين الأنابيب وبالتالي رفع الناقلية الحرارية وخفض كمية الملح المترسبة على أنابيب التسخين النحاسية.



استحصال الملح بطريقة التبخير تحت الفراغ *Vacum Evaporatin*

تعمل كل مقلاة كمبخر تحت الفراغ ويزداد التفريغ من مقلاة إلى أخرى، فتزود المقلاة الأولى ببخار ماء منخفض الضغط، ويؤخذ الماء المتبخر لتسخين المقلاة التالية، وليحول أخيراً بخار الماء الخارج من الرابعة للمكثف، حيث نجد مضخة تفريغ ميكانيكية لسحب الغازات من المكثف والمقالي الثلاث الأخيرة.

يزود المحلول الملحي من الجزء السفلي للمبخر، كما يتم تجميع الملح المتبلور من الجزء السفلي للمقلاة إلى برميل الملح، يضخ بعدها السائل الملحي وما يحتويه من بلورات الملح للفاصل، ينسكب المحلول الملحي من الأعلى ليعاد للمبخر، بينما يسحب الملح لعصره على النابذة فتجفيفه.

التبخير الوميضي: لا تستعمل هذه الطريقة كثيراً برغم تطبيق مبدأها على الكثير من الصناعات الأخرى، إذ تتم عملية الغليان عادة عندما يكون ضغط بخار المحلول أعلى من الضغط الخارجي، لذا تقوم هذه الطريقة على التزاوج بين عمليتي التبخير والتبريد معاً، إذ تؤخذ حرارة عملية التبخير الكامنة للماء من الحرارة الموجودة في السائل المتبقي بغرض عدم تقديم حرارة خارجية للمحلول.

تتألف الوحدة في هذه الطريقة من خمسة مسخنات يضخ فيها المحلول الملحي، تسخن الثلاثة مسخنات الأولى بالبخار الناتج من ثلاث مبخرات وميضية، بينما تسخن الاثنتان الباقيتان بالبخار النهائي الناتج عن العملية، وهكذا يترك المحلول الملحي المسخنات وهو تحت ضغط معين وبدرجة حرارة ١٤٠°م، ويكون المحلول الملحي عندها مشبعاً بكبريتات الكالسيوم لأن قابلية انحلال هذا الملح تتراجع مع ارتفاع درجة الحرارة، ويمكننا بترك المحلول فترة من الزمن ملامساً لسطح كبريتات الكالسيوم أن تترسب كبريتات الكالسيوم من المحلول، وتتم هذه العملية في وعاء اسطواني مملوء بالحصى ومزود بمعيقات تطيل المسافة التي يبقى فيها السائل بحالة تماس مع الحصى، لتتبلور كبريتات الكالسيوم على هذه السطوح، ويستخدم عادة وعائي ترسيب ليعملا بالتناوب لضرورات التنظيف.

يمرر المحلول بعدها للمبخرات حيث ينخفض فيها الضغط تدريجياً ليصبح مساوياً للضغط الجوي في المبخر الثالث، حيث يبدأ تشكل البلورات الملحية، فيؤخذ مزيج المحلول الملحي والبلورات إلى

مقلاتين مفتوحتين ومربوطتين على التسلسل، ويعاد المحلول الملحي الفائض من المقلاة إلى المسخن الأول ليعيد الدورة من جديد، بينما يؤخذ الملح المتوضع حيث يعرض للعصير بالنابذة فالتجفيف.
الملاحات في سورية: يوجد في سورية عدد من الملاحات، أكبرها مملحة البوارة على الحدود العراقية، وجبول حول حلب، وجيرود، ومملحة جيرود أصغر الملاحات وأقلها نقاوة، إضافة لبعض الملاحات الصغيرة جداً مثل مملحة تدمر ومملحة السخنة.
ويحوي الملح السوري عموماً على أملاح الكالسيوم والمغنيزيوم، والقليل جداً من أملاح البوتاسيوم والحديد، وتصل نسبة كلور الصوديوم فيه حتى ٩٧%.

إنتاج ملح الطعام ـ ٢

يمر إنتاج ملح الطعام من ماء البحر في الملاحات بثلاث مراحل متعاقبة: مرحلة التركيز، ومرحلة التبلور، فمرحلة الصرف. وتستغرق هذه الدورة التي تنتهي بإنتاج الملح فترة شبه كاملة يتم فيها فصل الأملاح عن بعضها وغسيل وتكرير وتنقية ملح الطعام المنتج وفق الترتيب التالي:
الملح الخام: يتحرك الملح الخام بعد ترسيبه الملح في أحواض التبلور وبعد التخلص من المحلول المر في قاع أحواض التبلور وعندما يصل سمك طبقة الملح الخام علي القاع الي حوالي ٣٠ ـ ٤٠ سم بتحريك تلك الطبقة وتجميع الملح في أكوام تفصلها بعضها ليصفى منها المحلول المر وينصرف لأحواض الصرف، يجمع بعدها الملح الخام. ونبدأ عمليات تنظيف أحواض الترسيب للتخلص من بعض الأملاح غير المرغوب فيها كأملاح المغنيزيوم مثلاً، وليضخ لها المحلول الملحي من جديد..
الغسيل والمعالجة: يتم رفع جودة ملح الطعام الخام المستخرج من أحواض التبلور بغسيله بمحلول ملحي مركز داخل حلزونات دوارة لإذابة الأملاح المصاحبة لملح الطعام بعد أن يمر الملح الخام على مغناطيس كهربائي للتخلص من أي قطع حديدية قد يحتويها الملح الخام.
ويتم أثناء غسيل الملح الخام التخلص من المواد غير القابلة للذوبان والتي تطفو علي سطح المحلول، ثم يعاد غسل الملح مرة أخرى بمحلول مخفف ذلك للتخلص من أي املاح ذائبة متبقية علي سطح بلورات الملح
تترك بعدها أكوام الملح لفترة تتراوح بين ٣ ـ٦ شهور لخفض درجة الرطوبة الي حوالي ٣% ثم يوجه الي وحدات الطحن وإضافة اليود
يطحن الملح لرفع درجة جودة التكرير والتعقيم لملح الطعام الخام من ٩٥% كلوريد الصوديوم حتى ٩٩.٥% كلوريد الصوديوم لزيادة سطح البلورات النوعي المعرضة للغسيل، ثم تبدأ عمليات الغسيل بمحلول ملحي مركز على مرحلتين، نتبعه بتعقيم الملح بتعريضه لدرجة حرارة ١٥٠ ْم ليكون جاهزا لطرحه في الأسواق.
بحيرات الملح:
بحيرات الملح منخفض طبيعي أو صناعي لتجميع المياه المالحة سواء أكانت مياه بحر أو بحيرات أو صرف زراعي أو مياه أرضية، ومن الطبيعي أن تحتوي هذه المياه على أملاح وشوائب ومعادن ثقيلة وسموم ومبيدات وأسمدة...
معالجة مياه البحر واستحصال ملح الطعام: تترسب الأملاح والشوائب من المحلول عندما تتعرض هذه المحاليل للتبخر بفعل حرارة الشمس صيفاً لتكون قشرة ملحية بيضاء يتم تجريفها سنوياً لتطحن وتسوق دون أي عمليات لتكرير وتنقية وتعقيم للمنتج، ما يؤدي للكثير الكثير من الأمراض الناشئة عن محتواه من أملاح الزئبق والزرنيخ والفوسفور...
هذا هو الفرق بين استخدام الملح المنتج من الملاحات بعد مروره بمراحل التنفيذ والتكرير والتعقيم وبين استخدام الملح الذي يتم تجريفه من بحيرات التجميع، ويؤخذ من المستنقع للاستخدام الآدمي مباشرة.

تنقية الماء ومعالجته

يرغب الناس في الحصول على ماء شرب خال من البكتيريا، لا لون ولا طعم ولا رائحة له. والماء بحالته الطبيعية لا يتمتع بهذه الصفات إلا نادراً. ولهذا يُعمد بعد سحب الماء من مصدره إلى ضخه في أنابيب إلى محطة معالجة. وقد يخضع هناك لواحدة أو أكثر من عمليات المعالجة بحسب نوعية الماء وتبعاً لمواصفات ماء الشرب التي تأخذ بها المدينة. وتستخدم العديد من المدن ثلاث عمليات رئيسية في معالجة المياه هي:

١- التخثير والترويق

٢- التصفية

٣- التعقيم.

التخثير والترويق: يتدفق الماء الخام غير المعالج لمحطة معالجة المياه حيث تضاف إليه مواد كيميائية مختلفة. وبعض هذه الكيميائيات مخثرات. وأكثرها استعمالاً مسحوق كبريتات الألومنيوم أو الشب. يشكل الشب مع الماء كريات بالغة الدقة لزجة القوام تسمى التفل. وتلتصق البكتيريا والغرين وشوائب أخرى بالتفل لدى تمرير الماء إلى حوض ترويق. ويترسب التفل فوق قاع الحوض، ويزيل التخثير والترويق معظم الشوائب من الماء.

التصفية: يمرر الماء بعدها خلال مرشِّح من طبقة من الرمل أو الرمل والفحم بسمك ٧٥سم فوق طبقة من الحصى بسمك ٣٠ سم. وعندما ينساب الماء في المرشح يتم حجز بواقي الجزيئات التي يحتويها. وبعد ذلك يُمرر الماء إلى خزانات ضخمة حيث يعالج معالجة أخيرة تقضي على البكتيريا.

التعقيم: تعقم معظم المعامل الماء بإضافة الكلور قبل أو بعد التخثير والترويق، وغالباً ما يضاف بعد عملية التصفية. وتضيف معظم المدن الكلور إلى مياهها حتى ولو لم تعالج بأي طريقة أخرى.

وهناك تقنيات أخرى معتمدة للتخلص من طعم الماء ورائحته غير المرغوبة، أو لإعطائه مواصفات خاصة تحسن طعمه ورائحته، وتقوم هذه التقنية على رش الماء أو تقطيره في الهواء ليقوم أكسجين الهواء بتخليص الماء من رائحته وطعمه عبر عمليات الأكسدة الهوائية.

ويحتوي الماء عند كثير من المجتمعات البشرية على بعض المعادن التي تجعله عَسراً. ما يتطلب معه كميات كبيرة من الصابون لتشكيل الرغوة. كما يشكل رواسب على جدران الأنابيب والمعدات الأخرى. وهناك عدة تقنيات لجعله ماء يسراً. فيضيف البعض الكلس أو رماد الصودا للماء لمنع صدأ الأنابيب. كما يساعد الكربون الفعال على تحسين طعم ورائحة الماء وإزالة الكيميائيات السامة منه. وقد تضاف مادة الفلوريد لمكافحة تسوس الأسنان.

من مشاكل المياه:

من مشاكل المياه			
القساوة والكلس	*Hardness*	الأملاح المنحلة	*TDS*
الطعم والرائحة	*Odor & Taste*	النترات	NO_3^-
العكارة والشوائب	*Turbidity*	الحديد	*Iron*
مشاكل أخرى: الجراثيم، المعادن الثقيلة، الزيوت، الماء الحامضي			

القساوة والكلس: يُعد الماء قاسياً أو عسراً عملياً عند احتوائه نسباً عالية من شوارد الكالسيوم والمغنزيوم، إذ يعبر ماء المطر الأرض ماراً بطبقات الصخور المختلفة فيلتقط شوارد الكالسيوم والمغنزيوم التي تتسبب بارتفاع قساوته، و تقاس القساوة عادة بعددٍ من الوحدات مثل وحدات: ملغ/لتر - الدرجة الفرنسية أو الألمانية...

مشاكل الماء القاسي: يُحذِّر صانعوا السخانات والمراجل والجلايات والغسالات ... الخ، من المشاكل التي يسببها وجود لوجود الكلس في الماء، إذ يترسب الكلس في الأنابيب السخانات ومراجل التدفئة والغسالات والجلايات والمكاوي وعلى سطوح التجهيزات الصحية من حنفيات ومغاسل ومجالي ... الخ. وعند القيام بغسيل الملابس والمناشف بماء قاسي فإن الكلس يتبقى على سطوح هذه الملابس ويسبب انبهات لون الملابس ويرفع من قساوة وخشونة الملابس، كما يقصر من عمرها، علاوة عن احتياجنا لكميات أكبر من المنظفات والكيماويات عند الغسيل بماء قاسي، كما يؤثر الماء القاسي على الإنسان حيث يعمل على تخشين وجفاف الشعر والجلد. و من الصعب استخدام الماء القاسي في الطبخ والمشروبات كالشاي والقهوة... الخ.

أما عن مشاكل الماء القاسي في الاستعمالات الصناعية فمتعددة وكثيرة، ومن أهمها:

تحتاج معظم الصناعات لماء منخفض القساوة سواء كانت الصناعة تستخدم الماء بشكل مباشر مثل الصناعات الغذائية والمشروبات الغازية والكيميائية والصيدلانية... إلخ، أو بشكل غير مباشر مثل أكثر الصناعات والتي تستخدم المراجل وأجهزة التبريد والتجهيزات التي يدخل فيها الماء، كما يرفع استخدام الماء القاسي في الصناعة من كلفة الإنتاج مع مرور الزمن ويقصر من العمر التشغيلي للتجهيزات واحتياجها لأعمال صيانة واستبدال قطع غيار بشكل كبير ومتكرر.

حل مشكلة الماء القاسي: هناك عدة تقنيات لمعالجة مشكلة القساوة بحسب نوع الماء وكميته واستعمالاته، وعموماً فإن أفضل طريقة هي استعمال أجهزة إزالة القساوة *Softeners* التي تعمل على مبدأ الريزينات الموجبة، حيث يقوم الريزين الموجود داخل الجهاز بالتقاط شوارد الكالسيوم والمغنزيوم من الماء القاسي واستبدالها بشوارد الصوديوم. أي يقوم باستبدال الشوارد القاسية الموجودة في الماء Ca & Mg بشوارد الصوديوم غير القاسية المحمولة على الريزين.

الطعم والرائحة: هناك عوامل كثيرة تسبب تراجع طعم ورائحة الماء، منها احتواء الماء على الكلور أو المواد العضوية المتعفنة أو المعادن المنحلة في الماء أو كبريت الهيدروجين، والتي تسبب رائحة مثل رائحة البيض المتعفن أو رائحة الكبريت وغيرها.

وقد لا تسبب مشكلة الطعم والرائحة مشكلة فيزيائية ولكن وجودها أمر غير مرغوب فيه سواء أكان الماء للاستخدامات الصناعية أو المنزلية أو مياه الشرب.

حل المشكلة: يوجد طرق متعددة لحل هذه المشكلة وذلك حسب طبيعة الماء وطبيعة المواد المسببة للطعم والرائحة. ومن هذه الطرق: التهوية، استخدام المواد الكيماوية المؤكسدة، الفحم النشيط.

تحل مشكلة الطعم والرائحة بشكل عام باستعمال الفلاتر التي تحوي الكربون المنشط الذي يقوم بامتصاص الطعم والرائحة والكلور والمواد العضوية من الماء.

أما مشكلة الكبريتات فتحتاج لمعاملة خاصة حيث تستخدم مواد كيماوية خاصة تقوم بعملية الأكسدة نتبعها بفلترة الماء بواسطة الفلاتر الرملية أو الخرطوشية. ويزال كبريت الهيدروجين بطارد الغازات والتهوية

الأملاح المنحلة: يحتوي الماء على نسب متفاوتة من الأملاح المنحلة *Dissolved Total Solids: TDS*، والسبب الرئيس في وجود هذه الأملاح مرور ماء المطر من خلال طبقات الأرض ليمتص الكثير من الأملاح.

وعند وجود نسب عالية من الأملاح المنحلة في الماء فإنه يصبح غير صالح للاستخدامات الصناعية أو الشرب أو للاستخدامات المنزلية وذلك حسب نسبة الأملاح ونوعها: نترات، كبريت، كلوريد، صوديوم، كالسيوم، رصاص ... الخ.

حل المشكلة: يتم التخلص من الأملاح المنحلة في الماء باستعمال أجهزة *Reverse Osmosis* التي تعمل على مبدأ أغشية التناضح العكسي *Reverse Osmosis Membrane* ، وهو مبدأ عمل محطات تحلية ماء البحر

النترات NO_3^-: تحتوي المياه الجوفية على تراكيز متفاوتة من النترات NO_3^- سواء من مصادر طبيعية أو بسبب النشاطات البشرية، ومن أهم أسباب وجود النترات في الماء هي:

١ – الاستعمال الزائد للأسمدة في الزراعة.

٢ – مخلفات وأقنية الصرف الصحي والصناعي.

٣ – مخلفات وروث الحيوانات.

لذلك نلاحظ أن نسب النترات مرتفعة في المناطق الزراعية ومناطق تربية الحيوانات والمناطق القريبة من أقنية مياه الصرف الصحي والصناعي.

أخطار النترات: تعتبر النترات أحد أكثر الملوثات الكيميائية الموجودة في العالم والتي تهدد المياه الجوفية. ولزيادة تركيز النترات في مياه الشرب عن الحد المسموح به آثار صحية خطيرة على الأطفال الرضع وقد يكون قاتلاً، وهو خطر جداً على صحة الأطفال حتى ٦ سنوات.

حل مشكلة النترات: تتم معالجة مشكلة النترات بإحدى الطريقتين التاليتين:

١ – ريزينات إزالة النترات: تقوم هذه الريزينات بإزالة شاردة النترات NO_3 من الماء عن طريق التبادل الشاردي وتستبدلها بشاردة الكلوريد.

٢ – أجهزة التناضح العكسي *RO*: يقوم جهاز *RO* بإزالة جميع الأملاح المنحلة الموجودة في الماء بنسب متفاوتة ومن ضمنها النترات، ويعتبر RO أفضل طريقة للتخلص من النترات وقد تصل نسبة التخلص من النترات في جهاز *RO* إلى ٩٧ %

العكارة والشوائب *Turbidity*: العكارة هي عبارة عن وجود الرمل أو المعلقات والشوائب في الماء، ويمكن ملاحظة العكارة في الماء بالعين المجردة، ويسبب وجود العكر والشوائب في الماء مشاكل كثيرة كالانسدادات والترسبات ويؤثر على عمل التجهيزات الصناعية والمنزلية ويقصر من عمرها التشغيلي.

حل المشكلة: هناك عدة طرق للتخلص من العكارة والشوائب بحسب نوع الماء وكميته واستعمالاته. فغالباً ما نستخدم في الصناعة الفلاتر الرملية المتعددة الطبقات، وعندما يراد الحصول على ماء أنقى نستعمل الفلاتر الخرطوشية والفلاتر المكرونية.

ونلجأ عندما تكون درجة العكارة عالياً مع استهلاك عالٍ للماء للمعالجة الأولية باستعمال أحواض الترسيب والمرقدات مع المخثرات مثل *Flocculants & Coagulants*.

الحديد: يعود سبب هذه المشكلة احتواء طبقات الصخور على الحديد، وبالنتيجة مياه جوفية تحتوي على حديد، أو بسبب بقاء الماء في الأنابيب والتمديدات المصنوعة من الحديد.

حل المشكلة: يُزال الحديد عندما تكون نسبه عالية بالماء بالفلتر المزيل للحديد *Iron Removal* الذي يحتوي على مؤكسدات أكسجينية تقوم بأكسدة الحديد وتحوله إلى جزيئات صلبة يمكننا إزالتها بسهولة وطرحها خارجاً عندما يقوم الفلتر بالغسيل العكسي، وتتم المعالجة عندما يحتوي الماء على نسبة عالية من الحديد وكمية الماء المراد معالجتها كبيرة بإضافة الكلور أو المواد المؤكسدة إلى الماء حيث تقوم بأكسدة الحديد وتحويله إلى لجزيئاتٍ صلبة تزال بواسطة الفلاتر الرملية المتعددة الطبقات.

مشاكل أخرى: هنالك مشاكل أخرى كثيرة مثل وجود الجراثيم أو المعادن الثقيلة أو الزيوت أو مشكلة الماء الحامضي وغيرها في الماء.

الجراثيم: تتم معالجة الماء الحاوي على جراثيم بعدة طرق مثل: إضافة هيبوكلوريت الصوديوم، أجهزة توليد الأوزون، أجهزة الأشعة فوق البنفسجية، حقن غاز الكلور... الخ، يتم اختيار الطريقة المناسبة حسب نوعية الماء وكميته والغاية من استخدامه والكلفة الاقتصادية.

المعادن الثقيلة: تزال من الماء بواسطة ريزينات خاصة حسب نوعية الماء ونوعية وكمية المعدن في الماء.

الزيوت: يتم التخلص من الزيوت بتعويم الزيت على سطح الماء، ومن ثم إزالته بكاشط علوي مركب على خط سير في أعلى الخزان، كما يمكننا إزالتها الزيوت أيضاً بالفلاتر الفحمية.

الماء الحامضي:

يسبب الماء الحامضي خطراً كبيراً على التجهيزات الصناعية والمنزلية والتمديدات تآكلات واهتراءات في التجهيزات والشبكات، ويكون الحل بشكل عام بإضافة مواد كيماوية لتعديل قيمة *pH*.

أجهزة معالجة الملح البحري و المعدني " كلور الصوديوم "

تتألف وحدات معامل تصنيع الملح الصخري من مجموعة آلات تمثل مختلف العمليات التقنية اللازمة لإنتاج الملح وهي:

الغسيل، الطرد، الطحن، التجفيف، الانتقاء الميكانيكي، الانتقاء البصري، التعليب، التعبئة، النقل

تتم هذه المراحل بالاعتماد على معدات وآلات لجعل لمنتج خال من الأوساخ وبخط إنتاج آلي.

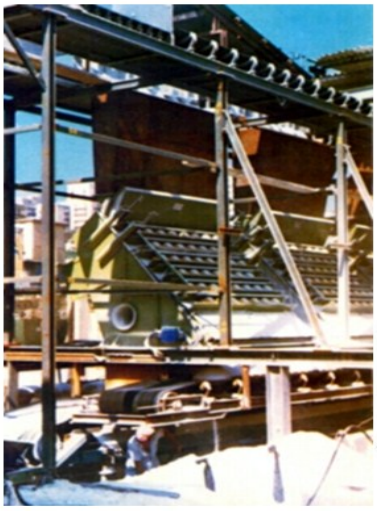
مصنع إنتاج الملح: للحصول على مصنع يتماشى مع مراحل العمل المذكورة أعلاه يجب أن يتميز بالخصائص التالية :

الإمكانية: ٣٠ طن/ ساعة من الملح المغسول و ١٥ طن/ساعة من الملح المجفف.

المساحة الإجمالية: ١٣.٠٠٠ م٢ منها ٢.٤٠٠ م٢ مغطاة.

يتم تجهيز المساحة المغطاة بآلات التجفيف، الفحص، التعبئة والوضع على منصة النقل حيث يتم تخزين المنتج، أما بالنسبة للمساحة اللا مغطاة فيتم تجهيزها بـِ: آلات غسل الملح الخام المراد تصنيعه، أحواض تصفية الماء، ومخازن المنتج المعبأ القابل للشحن، وغير الجاف. كما تلزمنا وحدة توليد طاقة كهربائية بقوة *150 KVA*، ومحرك كهربائي ذات إمكانية *600 KVA*، حجرة تجفيف على قاعدة حرة، ومن الأفضل أن تعمل على الغاز الطبيعي (خاصة في البلدان التي يكون فيها سعر الغاز مناسب).

وصف مراحل العمل التالية :



المياه: واستخداماتها ومعالجتها

مقدمة: يعتبر الماء من أكثر المواد الكيماوية شيوعا في الطبيعة، إذ يمثل حوالي ٧٥% من حجم الكرة الأرضية. فبالإضافة لكونه مادة أساسية للحياة، فإن له استعمالات عديدة أخرى في الصناعة والتفاعلات الكيماوية والتبادل الحراري، لذا تتواصل الدراسات حوله لإيجاد مصادر جديدة للمياه العذبة ومعالجة المياه للاستعمال الصناعي وكذلك إمكانية استعمال الماء مرة أخرى.

ويمكننا تصنيف المياه الطبيعة إلى:

١) مياه البحار
٢) مياه الأنهار
٣) مياه الآبار
٤) مياه الإمطار والثلوج

تعتبر مياه الأمطار والثلوج وقطرات الندى من المياه المقطرة الطبيعية، وهي أنقى المياه الطبيعية إلا أنها جميعها تحتوي على مواد ذائبة كالغازات والأملاح والاكاسيد والمواد العالقة: مثل حبات الغبار وحبيبات الطلع، وجميعها تأتي من تماس المياه المذكورة بالجو والمياه بطبيعة أخرى تحتوي على شوائب أكثر من مياه الأمطار والثلوج، ويحدد نسبة ونوعية هذه الشوائب مسار تلك المياه والمناطق التي يمر فيها، فنجد مثلا أن مياه الأنهار التي تسير في المناطق الكلسية تحتوي على نسبة عالية من أملاح الكالسيوم والتي تمر بالمستنقعات وبطبقات تحتوي على ترسبات عضوية تكون حاوية على نسبة عالية من المواد العضوية وغاز CO_2، أما مياه الآبار فتحتوي على نسب عالية من ملح الطعام، أما المياه البحار فنها تحتوي على نسبة عالية جدا من الأملاح والتي تبلغ حوالي $36.000\ p.p.m$، لذلك تختلف طرق تصفية ومعالجة المياه بحسب الاستعمال والمصدر، فتختلف طرق تصفية مياه الشرب كثيرا عن طرق معالجة المياه المطلوبة للأغراض الصناعية، وعن المياه المستعملة في توليد البخار في المراجل ذوو الضغوط العالية.

مياه الاستعمالات المنزلية: تستعمل أحياناً المياه الطبيعية الجيدة للأغراض المنزلية وفي بعض الاستعمالات الصناعية بدون معالجة، ويجب أن تتمتع المياه كي تكون صالحاً للشرب بـِ: عديمة اللون والرائحة وخالية من البكتريا الجرثومية والمواد العالقة، ومقبولة المذاق.

ويعتبر العكر واللون *Turbidity & Cooler* من أكثر الشوائب الموجودة الاعتيادية في مياه الشرب والتي يجدر دراستها، وكذلك وجود دقائق لمواد صلبة عالقة به لقياس درجة التعكر لتحديد طرق المعالجة باستخدام المخثرات، وكفاءة عمليات الترشيح وتحديد نوعية المرشحات المطلوبة لعمليات التصفية.

اللون *Colour*: غالباُ ما يعود اللون لوجود مستخلصات ملونة من أوراق وقشور الأشجار والمواد الخضراء، إذ تحتوي هذه المستخلصات على مواد دابغة وحموض الهوميك" حموض كلورية متعفنة " وأملاحهما مع مواد رغوية ملونة تعطي الماء اللون الأصفر البني. ومن الجدير بالذكر أنه غالباً ما تكون الجسيمات الملونة في المياه الطبيعية غرويات سالبة الشحنة، وبالتالي يمكننا إزالتها بإضافة مواد ذات موجبة الشحنة مثل الشب أو الفحم المنشط. وأعلى حد للماء صالح الشرب هو ٢٠ وحدة لون قياسية.

المذاق: تختلف مياه الشرب الجيدة بمذاقها بحسب طبيعة محتواها من المواد المذابة فيها، فتعطي بعض المواد مذاقا غير مقبول، ومنها وجود نسبة عالية من أملاح المغنسيوم والحديد وغاز الكلور، وكذلك وجود الأشنيات التي تعطي مذاقا عضويا يشبه طعم السمك أو مذاق الحشائش.

يمكن إزالة إي طعم من الماء الذي يرجع مصدره لمواد عضوية بمعاملة الماء مع كميات فائضة من الكلور نتبعها بعملية إزالة الكلور الفائض، كما يمكننا تحسين مذاق الماء بإشباعه بالهواء بأبراج مصممة لذلك الغرض أو بواسطة إمراره على الكربون المنشط، ومن الجدير بالذكر أنه يمكننا استخدام الفحم المنشط لتحسين لون وطعم ورائحة الماء سوية.

تعقيم المياه الشرب: يستوجب أن تكون مياه الشرب خالية من البكتريا الضارة، ويمكننا استعمال الكلور للتخلص منها بإضافته بمقدار *0.1-0.4 p.p.m*، إذ يظهر طعم الكلور في الماء عندما تزيد نسبته عن هذه الحدود، وتقوم عملية التعقيم على تشكيل الكلور مع الماء فوق حمض الخل وفق التفاعل:

$$Cl_2 = H.OH \leftrightarrow HOCl + HCl$$

و وجد أن الكلور المتبقي في الماء يكون أكثر فعالية بالتعقيم عندما يكون على شكل مركب نشادري كالكلورامين، وبخاصة أن مثل هذه المركبات لا تغير من مذاق الماء، ويحل الكلور في هذه المركبات محل ذرة هيدروجين على الشكل:

$$NH_3 + Cl_2 \rightleftharpoons NH_2Cl + H + Cl$$

أحادي كلور أمين: $NH_3 + HOCl \rightleftharpoons NH_2Cl + HOH$

أحادي كلور أمين: $NH_2Cl + Cl_2 \leftrightharpoons NH_2Cl + H + Cl$

ثنائي كلور أمين: $NH_2Cl + HOCl \leftrightharpoons NHCl_2 + HOH$

ثلاثي كلور أمين: $NH_2Cl + HOCl \leftrightharpoons NHCl_3 + HOH$

ويمكننا أن نستنتج من التفاعلات المبينة أعلاه أن النشادر يعمل على إزالة الكميات الفائضة من الكلور وحامض فوق الكلور بتفاعلات مرجعة، لذا تعمل الكلور أمينات بمثابة الاحتياطي للكلور أي يمكنها إن تجهز الكلور عند استنفاذه، وبهذه الواسطة يمكن الاحتفاظ بالكلور لمدة أطول حيث يكون بتماس مباشر للجراثيم لمدة أطول ما يزيد من كفاءة عملية التعقيم.

وكذلك يمكن لجزء من الكلور أن يتفاعل مع الشوائب المرجعة مثل بعض المواد العضوية أو اللاعضوية، ويمكن بعدئذ إزالة كميات الكلور الفائضة بواسطة مركبات كبريتية مرجعة بعد فترة من الزمن:

$$SO_2 + Cl_2 + 2\ HOH \leftrightharpoons H_2SO_4 + 2\ HCl$$

$$2\ Na_2S_2O_3 + Cl_2 \leftrightharpoons Na_2S_4O_5 + 2\ NaCl$$

مادة الشبة: يمكننا بعد إنهاء تصفية الماء فيزيائيا بتخليصها من العوالق والشوائب لحدود منخفضة ومقبولة وبواسطة أحواض الترسيب التخلص من الشوائب العضوية باستعمال مواد كيماوية لا عضوية مثل الشب *ALOM*، وهي كبريتات الألمنيوم ذات الصيغة الكيماوية $Al_2(SO_4)_3\ .18\ H_2O$ والتي يضخ محلولها إلى الماء الداخل إلى أحواض الترسيب وبكميات *15-25 p.p.m* بحسب نسب المعلقات في الماء:

$$Al_2(SO_4)_3 + 6\ H_2O \rightarrow 2\ [Al(OH)H_3] + 3\ H_2SO_4$$

وماءات الألمنيوم الناتجة عن التأين مادة ذات موجبة الشحنة، وبالتالي يمكنها جذب الجزيئات المعلقة السالبة الشحنة لتكون طبقة جيلاتينية تترسب لقاع أحواض الترسيب، ليبقى الماء رائقاً في الأعلى.

بعض النواحي الصحية في مياه الشرب: يجب استعمال المواد المناسبة لجميع السطوح التي على تماس مع مياه الشرب وذلك في أنابيب النقل والمضخات والخزانات... الخ، فمثلا كان يستعمل معدن الرصاص بكثرة في أنابيب نقل مياه الشرب، وهذا المعدن يذوب في الماء في لدرجة ما بخاصة مع الماء الحاوي على ثاني أكسيد الفحم أو الحموض العضوية، بالإضافة إلى إن كلوريد الرصاص ذائب بالماء لحد ما، واستعمال هذه المعادن في أنابيب مياه الشرب يعرضها للتلوث بشوارد الرصاص السامة، ونتيجة لذلك استبدلت مثل هذه الأنابيب بأنواع تسبب تلوثاً أقل للمياه وأرخص ثمنا مثل الأنابيب الحديدية والبلاستيكية، ولوجود شوارد الفلوريد بمياه الشرب تأثير كبير على صحة الإنسان لذا تعمد مؤسسات مياه الشرب بكثير من دول العالم على إضافة شوارد الفلوريد إلى الماء عند عدم وجوده بصورة طبيعية. وقد وجد أن تواجد شوارد الفلوريد بمياه الشرب بمقدار *1-1.6 p.p.m* يحد من تسوس الأسنان أو فقدانها أو الحاجة إلى حشوها بنسبة تقارب ٦٠ %.

عسرة الماء: تكون العسرة عادة على نوعين: عسرة مؤقتة أو عسرة الكربونات، ودائمة أو عسرة الشوارد اللا كربوناتية كالكبريتات مثلاً.

ويسبب العسرة المؤقتة احتواء الماء على ثاني كربونات الكالسيوم أو المغنيزيوم HCO_3^-، أما الدائمة فسببها احتواء الماء على أملاح الكالسيوم أو المغنيزيوم الذوابة بالماء.

والسبب الرئيس لعسرة الماء وجود شوارد الكالسيوم والمغنيزيوم، وتعتمد طريقة التخلص من العسرة على التخلص من هذه الشوارد، فعند تسخين الماء الحاوي على شوارد ثاني الكربونات يتحرر غاز ثاني أوكسيد الكربون تاركا شوارد الكربونات والماء، وتتفاعل شوارد الكربونات الناتجة من كمية معادلة من شوارد الكالسيوم الموجود عادةً بكثرة مكونة كربونات الكالسيوم غير الذواب في الماء، وبذلك تزال العسرة المؤقتة، وتدعى العسرة المتبقية بعد مثل هذه العملية بالعسرة الدائمة.

إزالة العسرة من مياه الشرب للاستعمال المنزلي: يمكن إزالة العسرة بواسطة المبادلات الشاردية مثل الزيوليت الطبيعي أو الصنعي، وتتم عملية إزالة العسرة بإمرار الماء على مادة الزيوليت الصلبة حيث تتم عملية تبادل شوارد الكالسيوم والمغنزيوم الموجودة في الماء مع شوارد الصوديوم الموجودة في الزيوليت، وبذلك تتم إزالة الشوارد الموجبة المسببة للعسرة حيث يتم استبدالها بما يكافئها من شوارد الصوديوم.

ويتوجب تنشيط المبادل الشاردي بغسله بالماء ثم يمرر محلول مركز من ملح الطعام حيث يتم عكس التفاعل المذكور أعلاه، ويستوجب غسل المبادل الشاردي بعد ذلك بالماء للتخلص من الملح وأملاح الكالسيوم والمغنزيوم والحديد الذائبة والتي تكونت نتيجة عملية التنشيط.

تزال العسرة من المياه المعدة للاستعمال المنزلي بواسطة الطرق الترسيب على أن يعقب ذلك عملية ترشيح جيدة وتعامل بالكربون الفعال والكلور.

الماء للاستعمالات الصناعية: تستعمل المياه الطبيعية أو مياه البحار في بعض المجالات الهندسية والصناعية مباشرة بدون معالجتها، وفي حالات أخرى يستوجب إن تكون المياه المستعملة ذات مواصفات عالية تفوق مواصفات مياه الشرب، فالمياه المطلوبة للصناعات الالكترونية مثلا يجب إن يكون نقية جدا، وكذلك الحال بالمفاعلات النووية والمراجل ذات الضغط العالي التي تعمل بدرجات حرارية عالية تفوق الدرجة الحرجة للماء.

يسبب استعمال المياه غير المعالجة أو التي تعالج بصورة غير صحيحة كوارث صناعية كانفجار المرجل وتلف وتأكل المعدات بسرعة وزياد كلفة التشغيل والإدامة.

تعتمد معالجة المياه لأغراض الصناعة على مواصفات وكميات الماء، ونوعية الشوائب الموجودة في الماء، إذ يمكننا استخدام أكثر من نوع من المياه للأغراض الصناعية.

ومن أهم المشاكل الناجمة عن وجود الشوائب في الماء المستعمل لأغراض الصناعة الجسيمات الصلبة التي تسبب تشكل قشور صلبة على الأنابيب مثل: أملاح الكالسيوم والمغنسيوم، السليكا، الحديد، الغازات المنحلة في الماء مثل الأوكسجين وثاني اوكسيد الكربون.

قشور المراجل: وهو مصطلح يطلق على المواد الصلبة والمتماسكة على جدران المراجل الساخنة، ومن أهم أضرار تكون الرواسب على سطح المراجل انخفاض معدلات النقل الحراري من المعدن الساخن للماء وذلك لان المواد المترسبة لها عامل انتقال حرارة تعادل من٣ -٦ % فقط من معامل انتقال الفولاذ.

الرغوة وحمل قطرات الماء بالبخار *Foaming & Priming*: تتكون الرغوة من فقاعات غازية محاطة بغشاء من السائل، وتتكون الرغوة عندما يكون هنالك فرق بين تركيز المواد في المحلول الموجودة في الغشاء المحيط بالفقاعات والتركيز الموجود لبقية السائل، كما إن المواد المتسببة بزيادة لزوجة الغشاء السائل المحيط بالفقاعات تساعد على تكوين الرغوة الثابتة والمواد المتسببة انخفاضا بالتوصيل السطحي تتجمع اعتياديا على سطح السائل وبذلك تسهل تكوين الرغوة.

وبصعود فقاعات البخار لسطح الماء المغلي بالمرجل البخاري تساعد المواد العضوية الموجودة بالمياه الطبيعية مثل كميات الزيت القليلة الموجودة في المياه المكثفة والمستعملة على تكوين رغوة ثابتة بالمرجل، وإذا لم يتم تكسير رغوة البخار عند وصولها إلى سطح الماء المغلي فإنها سوف تدخل مجاري البخار وعندئذ سيحمل غشاء السائل المحيط برغوة البخار الأملاح والمواد الصلبة والمواد العضوية التي كانت السبب في تكوين الرغوة لتكوين ترسبات على سطح أنابيب البخار وجدران الاسطوانات وزعانف التوربينات البخارية والسطوح الداخلية للمعدات الأخرى التي يدخلها البخار، وللتقليل من هذه الظاهرة ينبغي التخلص من المواد المسببة لها عند تنقية ماء المرجل، وإزالة الأتربة والمعلقات، وكذلك قطرات الزيت بمعالجة الماء مع مواد مروغة مثل ماءت الألمنيوم والتخلص من الأتربة والأملاح المتراكمة بمياه المراجل بتصريفها بصورة مستمرة. وإضافة مواد خاصة تعمل على عدم تكوين الرغوة تسمى مكسرات الرغوة *Foam breaker*.

المواد المسببة للتآكل في المياه: قد تحتوي المياه غير المعالجة على مواد تسبب تآكل المراجل، ويعتبر الأوكسجين بالماء اعتياديا بنسبة ٧ سم^{٣}/ ل، وكذلك ثاني أوكسيد الكربون الذي يكون موجودا بكميات مختلفة مسببا تأكلا بأنابيب المرجل، يجب إن يكون تركيز الأوكسجين في مياه المراجل دون *0.05 p.p.m* بالنسبة لمراجل الضغوط المنخفضة، ودون *0.01 p.p.m* لمراجل الضغوط العالية، ولإزالة الغازات الذائبة بالماء تستعمل وحدات طرد الهواء إذ يسبب ارتفاع الحرارة وتعريض الماء إلى للبخار المباشر لطرد معظم الغازات الذائبة فيه.

وحدة مياه التبريد *Cooling water unit*

المقدمة: يستخدم الماء في معظم المشاريع الكبيرة (الصناعات البتروكيمياوية ومحطات توليد الطاقة الكهربائية ... الخ) بكميات هائلة لجميع الأغراض وخاصة أغراض التبريد والتخلص من الحرارة الناتجة عن طبيعة عمل هذه الصناعات، ولكون الماء أحسن السوائل المستخدمة للتبريد لوفرته وقابليته العالية لاستيعاب الحرارة ولصدور قوانين من جميع إنحاء العالم للحد من تبذيره وتلوثه وحفظ مصادره لذا نحتاج إلى أجهزة لإعادة استخدام الماء بعد تخليصه من الحرارة التي امتصها من دورة التبريد بدلا من تبريد هذا الماء بعد خروجه من المكثفات والمبادلات الحرارية ومن هذه الأجهزة أبراج التبريد. وتكون منظومة تبريد عادة على ثلاث أنماط، وهي:

النظام ذو الدائرة المفتوحة: وتعتمد هذه الطريقة على التخلص من الحرارة باستعمال الماء مرة واحدة فقط بضخه من مصدره كالأنهار والبحار وإمراره خلال أنابيب التبريد داخل المكثفات والمبادلات الحرارية في الوحدات المراد تبريدها ومن ثم إرجاعه إلى المصدر ثانية بعد إن ازدادت درجة حرارته بمقدار ١٥-١٦ْم، ولا تستعمل هذه الطريقة عادة بشكل واسع كونها معتمدة فقط في المصانع القريبة من الأنهار والبحار مثل محطات توليد الكهرباء.

وتعتبر رخيصة بشرط بناء الوحدات بالقرب من مصدر الماء إلى إن المعدات التي تستخدم في هذه الطريقة تتأثر بشكل كبير بالتغيرات التي تحدث في مصادر المياه مما يقفل من عمر هذه المعدات

الإذابة وإعادة البلورة

المذيب: هو المادة الموجودة في الوسط بنسبة كبيرة، والمواد الأخرى في المحلول المواد المذابة في المذيب، ويعد الماء في المحاليل المائية مذيباً دائماً حتى ولو كانت كميته صغيرة نسبياً في الوسط.

المحلول المخفف: يقال عن المحلول أنه مخفف إذا احتوى على كمية صغيرة من المذاب دون الإشارة لكميته، فيعد حمض الكبريت ٢٠% محلولاً مخففاً بالمقارنة مع محلول حمض الكبريت ٩٦% الذي يعد محلولاً مركزاً.

المحلول المشبع: هو المحلول الذي أذيب فيه أقصى كمية من المذاب، ويحتوي على كمية زائدة منه مترسبة بالوسط ومتوازنة مع المحلول في تلك الدرجة من الحرارة.

المحلول غير المشبع: إذا احتوى كمية أقل من تلك اللازمة لإشباعه.

الذوبانية: هي كمية المذاب اللازم إضافته لكمية محددة من المذيب بهدف الحصول على محلول مشبع في درجة حرارة معينة، وتتغير الذوبانية باختلاف درجة الحرارة.

البلورة: هي الحصول على صلب من محلول سائل، أي الحصول على بلورات. وتتم تنقية المواد الصلبة بعملية إعادة البلورة. إذ تجري بلورة المواد التي تتناقص ذوبانيتها في درجات الحرارة المنخفضة عن طريق تبريد محاليلها المشبعة. فينتج عن التبريد البطيء للمحلول بلورات كبيرة الحجم نسبياً، بينما ينتج عن التبريد السريع للمحلول بلورات صغيرة الحجم، كما تتجمع البلورات الصغيرة الحجم مع القليل من الشوائب تأخذها من الوسط المحيط، في حين يترافق نمو البلورات الكبيرة لآثار صغيرة من المحلول الأم الذي يحتوي على مزائج من المادة الغريبة.

التنقية: نحصل على المادة النقية كيميائياً عن طريق إعادة بلورتها لعدة مرات من محاليلها المشبعة، ونحصل عادةً على الإشباع في درجة الحرارة التي يغلي عندها المذيب.

وتجري إعادة بلورة المركبات التي ترتفع ذوبانيتها مع التبريد مثل كربونات الليتيوم وخلات الكالسيوم وخلات السترونسيوم عن طريق إجراء عكسي، إذ يشبع المحلول بمثل هذه المركبات في أخفض درجة حرارة ممكنة ثم يسخن حتى الغليان فتفصل البلورات المتشكلة عن المحلول بالتسخين.

وتتميز بعض المواد مثل خلات الصوديوم بتشكيل محاليل فوق مشبعة تحتوي على كميات من المذاب أكثر من تلك اللازمة للحصول على محلول مشبع، فيذوب مثلاً ١١٩ غرام من خلات الصوديوم في ١٠٠ مل ماء عند درجة حرارة ١٠٠ْم، وترتفع قابليتها للانحلال مع ارتفاع درجة الحرارة أكثر وأكثر.

فإذا ما جرى تبريد المحلول السابق ببطء حتى الصفر المئوي فإن الزيادة من خلات الصوديوم تبقى منحلة بالمحلول، ونصف المحلول الناتج بأنه محلول فوق مشع بخلات الصوديوم، وتتميز هذه المحاليل بعدم ثباتها، إذ يؤدي وجود شوائب أو بلورة صغيرة من الملح المذاب لتبلور كمية من الملح الذائب زيادة عن حد الإشباع ويصبح المحلول مشبع فقط.

نادراً ما نحصل من إعادة البلورة على مركبات نقية مباشرة نتيجة تفاعل ما، لذلك نلجأ لتنقية ناتج التفاعل بالطرق المختلفة للحصول على مادة نقية، فإذا كان أحد نواتج التفاعل مادة صلبة فيعمد إلى تنقيتها عن طريق إعادة بلورتها، وتعد عملية إعادة بلورة المركبات الصلبة من أهم عمليات التنقية.

وتتم عملية إعادة البلورة بتحضير محلول مشبع للمادة الصلبة الخام بتسخينها في محل مناسب، ويرشح المحلول وهو ساخن لفصل الشوائب أو الأجسام العالقة غير المنحلة، ثم تبرد الرشاحة فتنفصل بلورات المادة الصلبة المطلوبة، تعد هذه البلورات أنقى من الحالة الأولية التي انطلقنا منها، ويكون الحصول على بلورات من المادة ذات درجة انصهار متغيرة عقب عدة عمليات بلورة متتالية دليلاً على ارتفاع نقاوة المادة.

ويتم اختيار المذيب المناسب للبلورة أول عملية يقوم بها الكيميائي، إذ يجب أن يتمتع المذيب بمجموعة الخواص:

١- أن يكون خامل كيميائياً تجاه المادة المنحلة فيه المراد بلورتها.

٢- أن يساعد على تشكيل بلورات نقية.

٣- أن تكون درجة غليانه أقل من درجة انصهار المادة الصلبة.

٤- أن تكون انحلالية المادة المذابة في هذا المذيب جيدة على الساخن ورديئة على البارد، أي أن انحلال المادة ضعيفاً أو معدوماً في درجات الحرارة المنخفضة، وجيداً في الدرجات المرتفعة.

ملاحظة: يسترشد عند اختيار المذيب المناسب بالقاعدة الكيميائية: الشبيه يحل الشبيه، بمعنى أن الانحلال الجيد لمادة ما في مذيب ما يستوجب أن يكون هناك شبهاً في بنية المذيب والمادة المذابة على السواء، وبالتالي فإن المركبات اللا عضوية تستوجب مذيبات لا عضوية، والمركبات العضوية تستوجب مذيباً عضوياً. وبتعبير آخر: تذوب المركبات القطبية بصورة جيدة في المذيبات القطبية في الوقت التي لا تذوب فيه غير القطبية والعكس صحيح.

تجربة١: تدل هذه التجربة على قابلية بعض المواد الصلبة القابلة للانحلال في المذيبات المتنوعة، تعين الذوبانية لأحد الأملاح، كما نحاول تنقية مادة مشوبة عن طريق إعادة بلورتها.

الأدوات والمواد اللازمة: أرلينة سعة ١٥٠ مل، دورق مخروطي سعة ١٥٠ مل، كأس زجاجية سعة ٢٥٠ و١٠٠ مل، قمع ترشيح، قضيب تحريك، أنابيب اختبار عدد ٤، ورق ترشيح، ميزان حرارة، جفنة ثلج، ملح طعام صخري، ثاني كربونات الصوديوم، ثيوسلفات الصوديوم صلب، ثنائي كرومات البوتاسيوم الصلب.

طريقة العمل:

١- نأخذ جفنة نظيفة ومغسولة ومجففة ونتأكد من وزنها، ونأخذ في ربع الجفنة محلول مشبع من NaCl، ونعيد وزن الجفنة من جديد مع المحلول.

وزن المحلول = وزن الجفنة مع المحلول – وزن الجفنة فارغة

٢- نسخن الجفنة المحتوية المحلول بهدوء على مصباح بنزن حتى الغليان، وننتظر تبخر الجزء الأكبر من الماء فنلاحظ تبخر الماء وبقاء الملح الصلب في الجفنة، ونعيد الوزن ونحسب وزن الملح:

وزن الملح = وزن الجفنة مع الملح – وزن الجفنة فارغة

وزن الماء = وزن المحلول – وزن الملح

الذوبانية = وزن الملح / وزن الماء × ١٠٠%

تنقية المواد الغازية

لا توجد طريقة عامة لتنقية المواد العضوية الغازية، وإنما نستخدم طريقة تتوقف في كل حالة على طبيعة الشوائب الغازية المختلطة بالغاز نفسه، فإن كان الشائب غازاً حمضي التفاعل، مثل غاز ثاني أكسيد الكربون مثلا، نمرر الخليط على كاشف قلوي من ماءات الصوديوم أو ماءات الكالسيوم، ولإزالة الشوائب الغازية قلوية التفاعل مثل غاز النشادر، فنستخدم تبعا كاشفاً حمضياً معدنياً مخففاً،

مثل حمض الكبريت الممدد، ثم نجفف الغاز للتخلص مما علق به من بخار الماء بإمراره على كلوريد الكالسيوم اللامائي أو حمض الكبريت المركز أو خامس أكسيد الفسفور.

ويجب التأكد في كل حالة من هذه الحالات المذكورة أولا أن الكاشف المستعمل لإزالة الشائب خامل تجاه الغاز المراد تنقيته، فإذا أريد تجفيف غاز الاثيلين من بخار الماء مثلا، فإن حمض الكبريت المركز لا يفي بهذا الغرض، إذ يتفاعل مع غاز الايثلين نفسه. أما الغازات المعتدلة فان تنقيتها تتطلب استعدادا خاصا وابتكارا لطريقة تبقي بالغرض المنشود لكل حالة على حدة، ومن الطرق المستعملة إسالة الغاز وبذلك يسهل فصله أو امتصاصه في مذيب عضوي مناسب ،ثم طرده بالتسخين.

سهول الملح في بوليفيا