الباب الثاني عشر
الماء للاستعمالات الصناعية

البـــاب الثاني عشـــر

المـــاء للاستعمـــالات الصناعيـــة

معالجة المياه للاستعمالات الهندسية :

في بعض المجالات الهندسية والصناعية تستعمل المياه الطبيعيـــة أو مياه البحار مباشرة بدون معاملتها وفي حالات أخرى يـــستوجب أن تكـــون المياه المستعملة ذات مواصفات عالية تفوق مواصفات مياه الشرب .

فالمياه المطلوبة للصناعات الالكترونية مثلاً يجب أن تكون نقية جداً وكذلك الحال بالمفاعلات النووية والمراجل ذات الضغط العالي التي تعمـــل بدرجات حرارة تفوق الدرجة الحرجة للماء .

والمياه المستعملة بالمبادلات الحرارية والمراجـــل تعامـــل بـــصورة خاصة لغرض إزالة المواد التي تسبب ترسبات وقشور على سطوح التسخين والتبريد ويتطلب كذلك إزالة المواد المسببة للتآكل .

واستعمال المياه غير المعاملة أو التي تعامل بصورة غير صحيحة قد يسبب كوارث صناعية منها انفجار المراجل وتلف وتآكل المعدات بـــسرعة وزيادة بكلفة التشغيل والإدامة .

ومعاملة المياه للأغراض الصناعية يعتمد علـــى مواصـــفات المـــاء المطلوب وكمياته وكذلك على نوعية الشوائب الموجودة بالماء الخام ويجـــدر بالذكر أن المنشآت الهندسية والصناعية قد تتطلب استعمال أكثر مـــن نـــوع واحد من الماء .

وعند إزالة الشوائب الموجودة بالماء الخام بالطرق الترسيبية ، ترسب المواد المراد إزالتها بإضافة مواد كيميائية على الماء وتزال بعد ذلك الرواسب المتكونة . ولتفهم هذه العمليات بصورة دقيقة يجدر الرجوع إلى الأسس العملية لعمليات الترسيب .

قانون فعل الكتلة (Law of Mass Action) :

ينص هذا القانون على أن سرعة التفاعل الكيميائي تتناسب مع حاصل ضرب الكتل الفعالة (**Active Mass**) للمواد المتفاعلة . حيث أن سرعة التفاعل الكيميائي تتأثر بزيادة أو نقصان درجة الحرارة وكذلك بوجود العوامل المساعدة وطبيعة المواد المتفاعلة .

كما أن الكتلة الفعالة (**Active Mass**) للمادة بالمحاليل المخففة هي التركيز الجزئي الجرامي أو عدد الأوزان الجرامية الموجودة باللتر الواحد من المحلول فالتفاعل :

$$A + B \longrightarrow C + D$$

نجد أن سرعة التفاعل تكون $V` \alpha [A] \times [B]$

$$V` = K' [A] [B]$$

حيث الأقواس المربعة تمثل التركيز الجزيئي الجرامي باللتر الواحد أو الكتلة الفعالة و **k** ثابت التفاعل . وإذا كان التفاعل مرجع أي : $A + B \rightleftharpoons C + D$ تكون سرعة التفاعل المرجع .

$V'' \alpha [C] [D]$ أو $V = k''[C) [D]$

وعند حالة الإتزان الكيميائي تتساوى سرعة التفاعل الأمـــامي مـــع التفاعل المرجع أي $V' = V''$.

أو $k'' [C] [D] = k [A] [B]$

$$\frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{k}{k''} = K\ eq.$$

حيث (Keq) هو ثابت الإتزان (Equilibrium Constant) وهو ثابت لا يتأثر إلا بتبديل درجة الحرارة أو بتبديل الـــضغط فـــي التفـــاعلات الغازيـــة . وقـــانون فعـــل الكتلـــة ينطبـــق علـــى التفـــاعلات المتجانـــسة Homogeneous Reactions أي كون المواد المتفاعلة والناتجة في طـــور (Phase) واحد كأن تكون غازية أو سائلة .

ويعبر عن سرعة التفاعل بوحدات الكمية المتكونـــة أو المـــستهلكة بالجزيئات لوحدة الزمن . ويمكن إيجاد العلاقة بين تبـــديل تركيـــز المـــواد المتفاعلة أو الناتجة مع الاختلاف بالزمن كما بالمثال التالي :

$$A \rightleftharpoons B$$

تكون سرعة التفاعل الأمامي : $-\frac{dC_A}{dt} \alpha\ C_A$

حيث $\frac{(dC_A)}{dt}$ يمثل سرعة استهلاك المـــادة (A) و (C_A) يمثـــل التركيز الجزيئي للمادة (A) و (t) يمثـــل الـــزمن . وبالنـــسبة للتفاعـــل المرجع : $\frac{dC_B}{dt} \alpha\ C_B$

بالنسبة للتفاعل الأمامي : $-\frac{dC_A}{dt} = k\ C_A$

حيث k هو ثابت سرعة التفاعل

$$-\frac{dC_A}{C_A} = k\ dt$$

$$-\int_{CA1}^{C_{A2}} \frac{dCA}{dt} = k \int_{t_1}^{t_2} dt$$

$$In\ \frac{C_{A1}}{C_{A2}} = k\ (t_2 - t_1)$$

حيث (C_{A1}) يمثل التركيز في الزمن (t_1) و (C_{A2}) يمثل التركيز بالزمن (t_2) وعندما يكون الزمن (t_1) يساوي صفر يمكن أن تأخذ المعادلة أعلاه الأشكال المعروفة التالية :

$$In\frac{CAo}{CA} = kt$$

$$C_A = C_{Ao}\ ^{e\text{-}kt} \qquad \text{أو}$$

$$\log C_A = -\ \frac{kt}{2.303} + \log\ C_{Ao} \qquad \text{أو}$$

ومن المعادلة الأخيرة يمكننا أن نجد قيمة ثابت التفاعل برسم ($\log C_A$) مع (t) حيث تكون درجة انحدار الخط المستقيم الناتج تساوي $\frac{(-k)}{2.303}$.

إتزانات الإذابة وحاصل الإذابة والذوبان :

عند تكوين راسب من أي تفاعل كيميائي يجري بمحلول يتكون لدينا طورين الأول هو المحلول والثاني هو المادة الصلبة المترسبة لذا لا يمكن تطبيق قانون فعل الكتلة مباشرة لأن الأخير ينطبق على التفاعلات الجارية بطور واحد فقط .

ويجدر بالذكر أن جميع المركبات التي يتم ترسيبها والتي نعتبرها عديمة الذوبان بالماء هي في الحقيقة تذوب في الماء ولو بدرجة قليلة جداً وتقاس قابلية ذوبانها بعدد الجزيئات التي تذوب منها في وحدة الحجم من المذيب وفي هذه الحالة يكون المحلول مشبعاً أي في حالة إتزان بين المادة الصلبة غير الذائبة والكمية المذابة منها .

والمركبات الكيميائية مثل الأملاح والهيدروكسيدات بحالتها الصلبة متكونة من شبكة أيونية (**Ionic Lattice**) وتذوب مثل هذه البلورات بالمذيب عندما تكون قوة التجاذب بين جزيئات المادة الصلبة والمذيب أكبر من قوى الترابط بين جزيئات أو أيونات المادة الصلبة بالشبيكة داخل البلورة .

فعند خلط كمية من كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) بكمية قليلة من الماء تسحب أيونات الكالسيوم والكاربونات من التراكيب البلورية وتتداخل بين جزيئات الماء وتذوب .

وبعد ذوبان كمية كافية من هذه الأيونات يتشبع المحلول ويكون بحالة إتزان كيميائي أي أن سرعة رجوع أيونات الكالسيوم والكاربونات من المحلول إلى الشبيكة داخل البلورة مساوياً لسرعة ذوبانهما بالماء .

$$CaCO_{3(s)} \quad Ca^{++} + CO_3^{--}$$

(S) يمثل الحالة الصلبة في المعادلة . ولأجل تطبيق قانون فعل الكتلة على هذه الحالة لابد أن نفرض أن كاربونات الكالسيوم موجودة في المحلول بكمية ثابتة .

وهذه الكمية تعتمد على درجة الحرارة فقط وهي بحالة إتـــزان مـــع أيونات الكالسيوم والكاربونات بالمحلول . وعند تطبيق قانون فعل الكتلة على محلول كاربونات الكالسيوم بحالة الاتزان الكيميائي .

$$\frac{(Ca^{++})(CO_3^{--})}{(CaCO_3)} = K$$

حيث (K) هو ثابت الاتزان الكيميائي وبمـــا أن المحلـــول مـــشبع بكاربونات الكالسيوم الصلبة وأن كميتها بالمحلول ثابتة وعندئذٍ :

$$(Ca^{++}) \times (CO^{--}) = K_{s.p.}$$

وهذا يعني أن حاصل ضرب الكتل الفعالة لأيونات المـــواد القليلـــة الذوبان هو ثابت ويعتمد على درجة الحرارة ويسمى (K_{sp}) بثابت حاصـــل الإذابة (Solubility Product Constant) . كما بالجدول التالي :

المركب	ثابت حاصل الاذابة في 25م °	المركب	ثابت حاصل الاذابة في 25 م°
AgCl	1.5×10^{-10}	PbS	1×10^{-28}
AgBr	4×10^{-13}	$PbCO_4$	2×10^{-14}
AgI	1×10^{-16}	$PbSO_4$	2×10^{-8}
CaF	4×10^{-11}	$Fe(OH)_2$	6×10^{-20}
$CaCO_3$	4.8×10^{-9}	$Fe(OH)_3$	1×10^{-38}
$MgCO_3$	1×10^{-5}	CuS	1×10^{-40}
$Mg(OH)_2$	9×10^{-12}	$Cu(OH)_2$	6×10^{-20}
$BaCO_3$	8.1×10^{-9}	ZnS	1×10^{-23}
$BaSO_4$	1×10^{-10}	$Al(OH)_2$	1×10^{-33}
$BaCrO_4$	1×10^{-10}	$Ca(OH)_2$	1×10^{-6}
$PbCl_2$	1.7×10^{-5}		
PbI_2	8×10^{-9}		

وفي أي محلول إذا كان حاصل ضرب الكتل الفعالة لأيونات أي مركب قليل الذوبان بالماء أكثر من قيمة ثابت حاصل الإذابة لذلك المركب يتكون راسب لذلك المركب بالمحلول .

وانخفاض أو زيادة التركيز لأحد الأيونات يسبب زيادة أو انخفاض بتركيز الأيون الثاني بحيث يكون حاصل ضربهما مإتزاناً مع ثابت حاصل الإذابة وهذا بدوره يسبب ذوبان كمية أكبر أو اقل من الأملاح التي هي مصدر للأيون الثاني .

ويستفاد من هذه الظاهرة بتخفيض درجة ذوبان الأيونات غير المرغوب فيها حتى بعد ترسيبها وذلك بإضافة كميات فائضة من المواد المرسبة لها وتعرف هذه الظاهرة بالتأثير الأيوني المشترك (**Common Ion Effect**) .

ثابت حاصل الإذابة بدالة معدل الإذابة :

يمكن إيجاد درجة ذوبان أي ملح قليل الذوبان في الماء وذلك بمعرفة عدد الجزيئات المذابة فيه في لتر واحد من المحلول باستعمال أي طريقة تحليلية وعندئذ يمكن احتساب ثابت حاصل الإذابة .

مثـــال :

المركب (**AB**) درجة ذوبانه بالماء (**S**) جزيئة باللتر الواحد . عدد الجزيئات باللتر الواحد : $AB \longrightarrow A + B$

$$S \longrightarrow S\ S$$

أي أن **S** (جزيئة) من **AB** تعطي **S** (جزيئة) من أيون **A** و **S** (جزيئة) من أيون **B** باللتر الواحد أو (**A**) = (**B**) = **S**

وحاصل الإذابة للمركب AB يكون $= {}^{2}S$ $= [A]\,[B] = S\ X\ S$

K_{SP}فلو كانت درجة ذوبان كربونات الكالسيوم مثلاً 18 ملجم باللتر الواحد بدرجة حرارة 15 م° يكون التركيز الجزيئي :

$$\frac{1\times18\times10^{-3}}{100} = 1.8\times10^{-4}$$ جزيء باللتر

$$K_{SP} = (1.8\times10^{-4})\times(1.8\times10^{-4}) = 3.2\times10^{-8}$$

وبالنسبة لملح آخر مثل ABC وبدرجة ذوبان S ويعطي كميات متساوية للأيونات الثلاث .

$$[C]\,[B]\,[A] = {}^{3}S = K_{SP}$$

ولملح مثل AB_2 أو ABB وبذوبان S جزئ باللتر الواحد يكون .

$$[B]\,[B]\,[A] = K_{SP}$$

وبمحلول هذا المركب يكون : $= [B]\,[A]^{2}$

$${}^{3}S_4 = = {}^{2}(2s)\ XS = K_{SP}$$ ثم $2S = [B],\ S = [A]$

ولمركب مثل A_2B_3 وبذوبان S جزئ باللتر الواحد .

$$= {}^{2}(S\,2)\ X\ {}^{3}(S\,3) = {}^{5}S108$$

ولوضع قاعدة لإيجاد قيمة حاصل الإذابة من الذوبان يؤخذ المثال :

مركب $A_nB_mC_y$ بدرجة ذوبان S جزئ باللتر الواحد :

$$A_nB_mC_y - nA + mB + yC$$

$$y + m + {}^{n}S^{y}Y^{m}m^{n}n = X^{y}ySYX^{m}SmX^{n}Sn = Ksp.$$

وبما أن حاصل الإذابة يتأثر بدرجة الذوبان لذا فأن جميع العوامل التي تؤثر على درجة الذوبان مثل الحرارة وطبيعة وكمية الأيونات الغريبة

الموجودة بالمحلول ودرجة اماهـــة الأيونـــات (**Degree of Hydration**) تؤثر على القيمة الرقمية لثابت حاصل الإذابة .

ويستخدم ثابت حاصل الإذابة لمعرفة نسبة التركيز اللازمة لتكـــوين الرواسب ويستعمل كذلك لمعرفة نسق ونسبة الترسيب لمادتين قليلتي الذوبان بالماء عند إضافة محلول مرسب لهما وكذلك لمعرفة إمكانية إزالة القشور من على السطوح بواسطة المحاليل الكيميائية .

مثـــــال :

ماء طبيعي يحتوي على (**40**) جزء بالمليون من أيـــون الكالـــسيوم عومل بواسطة كاربونات الصوديوم ، إذا كان تركيـــب أيـــون الكاربونـــات المطلوب عند الإتزان (10^{-4}) جزء باللتر الواحد :

1- ما هي عسرة الماء الناتج .

2- مـــا هـــي كميـــة كاربونـــات الـــصوديوم بالكيلوجرامـــات المطلوبـــة لمعاملة **1000** $م^3$ من الماء المذكور . إذا كان حاصل الإذابة لكاربونات الكالسيوم 7.0×10^{-9} ووزنها الجزيئي 100 .

الحـــــل :

1- لكاربونات الكالسيوم

$$7.0\times10^{-9} = Ksp = (Ca.^{++})(CO_3^{--})$$

بما أن $10^{-4} = CO_3^{--}$

يكون $Ca^{++} = \frac{7.0\times10^{-9}}{10^{-4}} = 7.0\times10^{-5}$ جزئ باللتر الواحد ويـــساوي تركيز كاربونات الكالسيوم بالماء .

$0.007 = 100 \times 7.0 \times 10^{-5}$ جم باللتر الواحد = 7 ملجم / لتر أو 7 جزء بالمليون ويساوي عسرة الماء .

2- تركيز أيون الكالسيوم في الماء الخام هو

40 جزء بالمليون = 40 ملجم باللتر الواحد $\frac{40}{10 \times 40^{-3}}$ = جزئ جرامي باللتر = 10^{-3} جزئ جرامي باللتر .

وكذلك 10^{-3} جزئ أيون كالسيوم باللتر = 10^{-3} جزئ من كاربونات الكالسيوم باللتر = 100 جزئ بالمليون عسرة محسوبة على شكل كاربونات الكالسيوم .

أن العسرة النهائية للماء احتسبت لـ 7 جزء بالمليون أي أن كاربونات الصوديوم المطلوبة هي للتفاعل مع 93 جزء بالمليون كعسرة مضافاً إليها كمية الكاربونات المتبقية بالمحلول أي :

93×10^{-5} جزئ باللتر (أو 9.3×10^{-4}) + 10^{-4} جزئ باللتر = 10.3×10^{-4} جزئ باللتر .

وبما أن الوزن الجزيئي لكاربونات الصوديوم هو 106

$10.3 \times 10^{-4} \times 106 = \frac{1}{10^{6}}$ 109 جزء بالمليون أي 109 ملجم / لتر أو 109 جم/م^3 ولتعامل 1000 م^3 يكون 109 كجم من كاربونات الصودا تقريباً.

مثـــال :

ما هي درجة حموضة الماء المشبع بهيدروكسيد المغنيسيوم $Mg(OH)_2$ بدرجة حرارة 25 م° إذا كانت ثابت حاصل الإذابة لذلك المركب = 8.9×10^{-12}

الحـــل :

$$(Mg^{++}) (OH^{-})^2 = 8.9\times10^{-12}$$

S = درجة ذوبان الملح بالماء بدرجة 25 م°

$$S = 1.3\times10^{-4}$$

وتركيز $(OH) = 2 S = 2.6\times10^{-4}$

وبما أن $K_W = (H^{+}) (OH^{-}) = 10^{-14}$

$$.. \quad (H^{+}) = \frac{10^{-14}}{2.6\times10^{-4}} = 3.9\times10^{-11}$$

الرقم الهيدروجيني $pH = - \log (H.^{+})$

.. الرقم الهيدروجيني = − لو (3.9×10^{-11})

= 11 − (لو 3.9) = 10.4

مثـــال :

يوديد الرصاص وكربونات الكالسيوم لهما نفس قيمة ثابت حاصل الإذابة أي (1×10^{-8}) حسب نسبة درجة ذوبانهما أحسب نسبة $Pb.^{++}$ إلى $Ca.^{++}$ بمحاليلهما المشبعة .

الحـــل :

ثابت حاصل الإذابة لأيوديد الرصاص $PbI_2 = {}^3S4$

$$10 \times 10^{-9} = {}^3S4 \qquad 1.36 \times 10^{-3} = S$$

ولكربونات الكالسيوم ثابت حاصل الإذابة $= {}^2S$

$$1 \times 10^{-8} = {}^2S \qquad 1 \times 10^{-4} = S$$

أي أن نسبة ذوبان أيوديد الرصاص إلى كاربونات الكالسيوم

$$Ca.^{++} \; ; \; Pb.^{++} \; :: \; 1 \; : \; 13.6$$

مثـــــال :

أضف كلوريـــد البـــاريوم لإزالـــة الكبريتـــات مـــن مـــاء يحـــوي على 10^{-3} جزء من أيون الكبريتات و 10^{-4} جزئ من أيون الكربونات .

1- أي راسب سيتكون أولاً $BaCO_3$ أو $BaSO_4$

2- احسب نسبة الكاربونات إلى الكبريتات عند حالة الإتـــزان إذا كـــان ثابت حاصل الإذابة لكاربونات الباريوم بدرجة 25 م° 1.8×10^{-9} ولكبريتات الباريوم 1.1×10^{-10}

الحـــــل :

1- $$(Ba^{++})(CO_3^{=}) = 8.1\times10^{-9}$$

$$(Ba^{++})(10^{-4})$$

$(Ba^{++}) = 8.1\times10^{-5}$ جزئ باللتر الواحد وهو تركيز البـــاريوم اللازم لوصول قيمة ثابت حاصل الإذابة وهو التركيز الذي يجـــب تجـــاوزه للبدء بعملية ترسيب كاربونات الباريوم .

وكذلك $$(Ba.^{++})(SO^{--}_4) = 1.1\times10^{-10}$$

$$(Ba.^{++})(10^{-3}) = 1.1\times10^{-10}$$

$(Ba.^{++}) = 1.1\times10^{-7}$ جزئ باللتر الواحد وهو تركيز البـــاريوم لوصول قيمة ثابت حاصل الإذابة وهو التركيز الذي يجـــب تجـــاوزه للبـــدء بعملية ترسيب كبريتات الباريوم .

مما تقدم يتضح أن التركيز اللازم لترسب كبريتات الباريوم هو 1.1×10^{-7} مقارنة بـ 8.1×10^{-5} لكربونات الباريوم لذلك تترسب كبريتات الباريوم أولاً .

2- نسبة تركيز الكاربونات إلى الكبريتات عند حالة الإتزان .

$$\frac{74}{1} = \frac{8.1\times10^{9}}{1.1\times10^{-10}} = \frac{CO_3^{--}}{SO_4^{--}}$$

معاملة الماء المحتوي على بيكربونات (أو العسرة المؤقتة) :

العسرة المؤقتة والمتسببة من جراء وجود بيكربونات الكالسيوم أو المغنيسيوم بالماء تترسب عند تسخين الماء وكنتيجة لذلك تتكون رواسب على أنابيب المبادلات الحرارية والسطوح الساخنة :

$$Mg(HCO_3)_2 \longrightarrow MgCO_3 + H_2O + CO_2$$

مما يؤثر على كفاءة عملية انتقال الحرارة ، ويمكن تلافي ذلك بمعاملة المياه بالطرق الكيميائية .

الترسيب بواسطة الجير المطفئ $Ca(OH)_2$:

أحدى المواد الكيميائية الشائعة الاستعمال لإزالة بيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم من الماء هي الجير المطفئ أو هيدروكسيد الكالسيوم . أن هذه المادة تصنع عادةً من حرق حجر الكلس $CaCO_3$ بأفران عمودية أو دوارة – بدرجة حرارة تزيد على 900 م° .

حيث تتحلل كاربونات الكالسيوم إلى أوكسيد الكالسيوم وثاني أوكسيد الكاربون والأخير يمكن فصله من الغازات الأخرى بواسطة امتصاصه بمحلول كربونات الصوديوم أو البرتاسيوم .

أو بواسطة محاليل أول أو ثاني أمين الايثانول **Monoethanol Amine, Diethamol Amine** بأبراج امتصاص معدنية ويحرر الغاز بعدئذ من المحاليل المذكورة بالتسخين حيث يعاد استعمالها مرة أخرى .

ويبرد أوكسيد الكالسيوم الخارج من الفرن بالهواء الذي يستعمل في إحراق الوقود بعدئذ وبذلك يمكن استرجاع كمية كبيرة من الطاقة . ويعامل أوكسيد الكالسيوم البارد مع البخار لكي يعطي مسحوق هيدروكسيد الكالسيوم أو مع الماء لكي يعطي مستحلب الجير **(Milk of Lime)** .

$$CaCO_2 \longrightarrow CaO + CO_2$$

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

لترسيب جزئ واحد من بيكربونات الكالسيوم يستعمل جزء واحد من الجير المطفئ .

$$Ca(OH)_2 + Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow 2CaCO_3\downarrow + 2H_2O$$

ولترسيب جزء من بيكربونات المغنيسيوم لغرض التخلص من العسرة تستعمل جزيئتين من هيدروكسيد الكالسيوم وذلك لتكوين هيدروكسيد المغنيسيوم وكمية مكافئة من بيكربونات الكالسيوم والتي يجب التخلص منها .

وذلك بواسطة كمية مكافئة من ماء الجير لذا يجب استعمال ضعف الكمية من ماء الجير للتخلص من العسرة الناتجة عن وجود بيكربونات المغنيسيوم مقارنة مع بيكربونات الكالسيوم :

$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2\downarrow + Ca(HCO_3)_2$$

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2CaCO_3\downarrow + 2H_2O$$

أو $Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2 + 2CaCO_3 + 2H_2O$

أن التصرف المختلف لبيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم عند إضافة ماء الجير لإزالة العسرة يرجع إلى قيم ثابت حاصل الإذابة لهيدروكسيد المغنيسيوم وكاربونات المغنيسيوم وهيدروكسيد وكاربونات الكالسيوم .

استعمال مركبات الفوسفات :

يمكن استعمال عدد من مركبات الفوسفات ، مثال : ثالث اورثوفوسفات الصوديوم (Na_3PO_4) وسادس ميتافوسفات الصوديوم **Sodium Hexameta Phosphate** ($(NaPO_4)_6$) وذلك بإضافة عدة أجزاء بالمليون على الماء لمنع تكوين الرواسب في المكثفات والمبادلات الحرارية والمراجل البخارية من جراء وجود عسرة البيكربونات .

أو عند وجود أيونات الكالسيوم أو المغنيسيوم . تكون الفوسفات مواد معقدة ذائبة مع تلك الأيونات أو مواد راسبة طرية أو غروية ولا تكون قشوراً صلبة على السطوح الساخنة .

ويمكن إزالة هذه المواد من مياه المراجل البخارية مع الرواسب والمواد العالقة والأملاح المتركزة والمتجمعة بعملية تصريف الماء من قاع المرجل أو الغلاية (**Blowing Down**) .

ويشار أحياناً إلى معاملة المشرف للماء **(Threshold Treatment)** حيث تضاف سادس الميتافوسفات بنسبة 2 جزء بالمليون عند وجود أيون الكالسيوم بنسبة تقل عن 200 جزء بالمليون بالماء المستعمل للمراجل البخارية .

وبالحرارة العالية داخل المراجل يجري تحويل سادس الميتافوسفات إلى الاورثوفوسفات ويترسب الكالسيوم بشكل كاربونات

أو اورثوفوسفات حيث يجري التخلص منه بواسطة عملية التصريف من قاع المرجل .

وبعض المواد العضوية مثل النشا والمواد الدابغة مواد غروية أخرى تستعمل لتكوين طبقة ممدصة (**Adsorbed**) على السطح الخارجي لكاربونات الكالسيوم المترسبة بحيث تمنع نموها وتساعد كذلك على إبقائها بصورة عالقة بالماء وتمنع ترسبها . أن فعل الميتافوسفات مع الكالسيوم هو مشابه لمثل هذه الفعل .

معاملة المياه مع الومينات الصوديوم :

تحضر الومينات الصوديوم من تفاعل نفايات معدن الألمنيوم أو أول أوكسيد الألمنيوم مع هيدروكسيد الصوديوم .

$$2AL + 6NaOH \longrightarrow 2Na_3ALO_3 + 3H_2$$

$$2AL + 2NaOH + 2H_2O \longrightarrow 2NaALO_2 + 3H_2$$

تتحلل الومينات الصوديوم بالماء لتعطي هيدروكسيد الألمنيوم وهيدروكسيد الصوديوم :

$$Na_2AlO_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3Na^+ + 3OH^-$$

$$NaAlO_2 + 2HOH \rightleftharpoons Al(OH)_3 + Na^+ + OH^-$$

وعند إضافة هذا المركب إلى الماء المراد معاملته فأنه يزيل العسرة المؤقتة الناتجة عن وجود البيكربونات وكذلك يرسب أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم الموجود على شكل أملاح أي (العسرة الدائمة) .

إذ يتفاعل ايون الهيدروكسيد مع بيكربونات الكالسيوم فيرسبها على شكل كاربونات ويحرر بنفس الوقت أيون الكاربونات الذي

بـــدوره يرســـب أيونـــات الكالـــسيوم الموجـــودة علـــى شـــكل أمـــلاح غير البيكربونات .

يتفاعل أيون الهيدروكسيل كذلك مـــع أيـــون المغنيـــسيوم فيرســـبه كهيدروكسيد المغنيـــسيوم ويمكـــن ترســـيب ايونـــات الكالـــسيوم المتبقيـــة بإضافة كاربونات الصوديوم . بالإضافة على ما تقـــدم يكـــون هيدروكـــسيد الألمنيوم راسب جلاتيني يساعد على التخلص مـــن المـــواد العالقـــة أثنـــاء عملية الترسيب .

$$2OH^- + Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow CaCO_3 + CO_3^{--} + 2HOH$$

$$2OH^- + MgSO_4 \longrightarrow Mg(OH)_2 + SO_4^{--}$$

$$CO_2^{--} + CaSO_4 \longrightarrow CaCO_3 + SO_4^{--}$$

$$Na_2CO_3 + CaCl_2 \longrightarrow CaCO_3 + 2NaCl$$

وتستعمل الومينات الصوديوم اعتيادياً كمادة مخثرة وذلـــك بإضـــافة نسبة قليلة منها إلى الماء حيث تقوم بدور المـــساعد علـــى الـــتخلص مـــن الرواسب والمواد العالقة (**Coagulant**) بالإضافة إلى ترسيب جـــزء مـــن أيونات البيكربونات والكالسيوم والمغنيسيوم الموجودة بالماء .

<u>معاملة المياه الحاوية إلى العسرة الدائمية :</u>

تسبب العسرة الدائمية أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم الذائبة بالماء من غير الكاربونات مثل الكبريتات والكلوريدات التي لا يمكن إزالتها بالتسخين . لإزالة أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم بطرق الترسيب .

حيث يستوجب تحويل جميع أيونات المغنيسيوم علـــى هيدروكـــسيد المغنيسيوم وأيونات الكالسيوم على كاربونات الكالسيوم حيث يـــتم إزالتهمـــا على شكل رواسب .

ويستعمل لهذه العملية الجير المطفأ وكاربونات الصوديوم وتدعي هذه الطريقة بطريقة الجير – الصودا (**Lime – Soda Process**) ويمكن أن تجري بالحالة الباردة أو الساخنة وتستعمل هذه الطريقة للتخلص من العسرة المؤقتة والدائمية .

$$MgCl_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2 \downarrow + CaCl_2$$

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 \downarrow + 2NaCl$$

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$$

$$MgSO_4 + Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2 + CaCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$$

وتستعمل الطريقة الباردة اعتيادياً لمعاملة مياه التبريد ومياه الإسالة حيث تتم الإزالة الجزئية للعسرة ويتم التخلص من البيكربونات باستعمال الجير المطفأ والذي هو رخيص الثمن بالإضافة إلى إزالة أي كمية يرغب فيها من أيونات المغنيسيوم باستعمال كاربونات الصوديوم .

ولأجل إزالة اكبر كمية من أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم يستوجب استعمال كمية فائضة من الهيدروكسيد والكاربونات لكي يقلل من ذوبان كاربونات الكالسيوم وهيدروكسيد المغنيسيوم .

ومن المعروف أن التفاعلات الأيونية سريعة بالمحاليل المركزة ولكنها بطيئة بالمحاليل الباردة والمخففة جداً كما هو الحال بهذه الطريقة . لذا يتوقع أن تكون عملية الترسيب بطيئة جداً وقد يمضي بعض الوقت قبل ظهور أية رواسب .

ظهور الرواسب بالمحاليل المخففة والباردة يعتمد على تكوين نويات لبلورات المواد الغير ذائبة أولاً ثم يعقبها نمو تلك النويات لتكوين بلورات قابلة للترسيب وفي ظروف الترسيب المذكورة يتوقع تكوين بلورات صغيرة

بحجوم دقائق المواد الغروية لها سطوح كبيرة تمدص عليها بعض الأيونات مما يعطيها شحنة سالبة أو موجبة ويساعد ذلك على صعوبة تركيدها وترسيبها .

بالإضافة إلى أن مثل هذه الدقائق لها ذوبان أكثر من ما إذا كانت بلوراتها اكبر حجماً لذلك تكون هذه المحاليل فوق درجة الإشباع بالنسبة لتلك المواد مما سيؤدي حتماً على ترسيب الكميات الفائضة بعدئذ في الخزانات والأنابيب .

ومن الطرق الناجحة لتقليل ظاهرة فوق الإشباع في مثل هذه الحالات هو وضع الماء الحاوي على المواد المتفاعلة ونواتج التفاعل بتماس مع الرواسب الناتجة من العمليات السابقة فمثل هذا التماس يكون بمثابة تعرض المحلول فوق المشبع على سطوح نويات التبلور .

وهذا يساعد على التفاعل وعلى تكوين بلورات كبيرة الحجم التي تترسب بسهولة ، ويوضع حد لحالة فوق الإشباع والترسبات الناتجة عنها بالأنابيب والخزانات . من الأجهزة المستعملة في مثل هذه العمليات تسمي بالمعجل **(Accelerator)** .

ويتكون المعجل من خزان مفتوح يوجد في وسطه مخروط قصير مقلوب ومفتوح من الأعلى تحت مستوى السائل ويمتد من الأسفل إلى جوانب الخزان دون أن يلامس القعر تاركاً فتحة للرواسب والأطيان أن تدخل منها إلى المخروط .

يمزج الماء الخام مع المواد الكيميائية بأسفل المخروط المقلوب داخل الخزان بواسطة مازجات تدار بمحرك ذو دوران بطئ .

(1) وتتم عملية الخلط أثناء صعود الخليط على الجزء العلوي من المخروط المقلوب .

(2) وبعد ذلك يتجه الخليط على أسفل الخزان مرة أخرى خارج المخروط .

(3) من خلال الحاجز الذي يحيط بالجزء العلوي من المخروط المقلوب وبذلك يعطي الوقت الكافي للحصول على خليط متجانس مع إتاحة وقت أكثر لخلط المواد المتفاعلة . يتجه الماء بعد ذلك على الجزء الخارجي من الخزان خلف الحاجز المذكور أعلاه .

(4) ولكن ببطء مما يساعد على اتجاه الرواسب والأطيان والمواد العالقة والصلبة والبلورات إلى الأسفل حيث يختلط جزء منها مع الماء الخام والمواد الكيميائية المضافة على المعجل .

(5) ويتجه الجزء الآخر على الجهة المخصصة لسحب هذه الرواسب إلى خارج الخزان .

(6) ويتحرك الماء إلى أعلى الخزان حاملاً معه بعض البلورات الصغيرة وتكون سرعة تحرك هذه البلورات إلى الأعلى مع الماء مساوية لسرعة ترسبها وبذلك تبقى بشكل معلق وعند تجمع عدد منها بنفس المنطقة تكون حاجزاً ثابتاً من البلورات المعلقة يعمل هذا الحاجز .

(7) كمرشح لأي بلورة صغيرة تحاول الصعود مع الماء ويعمل كذلك على حث البلورات الصغيرة على النمو لتكوين بلورات أكبر أو مجاميع من البلورات التي تترسب بعدئذ إلى الأسفل .

يمكن التحكم بسمك هذه الطبقة وعلوها بواسطة السيطرة على كميات المياه الداخلة والخارجة من الخزان ويخرج الماء الرائق من أعلى الخزان .

أن تصميم مثل هذه الأجهزة يعتمد على معرفة سرعة ترسب الأجسام أو البلورات بالسوائل . وسرعة ترسب أي جسم في سائل يمكن حسابها بواسطة قانون ستوك (Slock.S´ Law) .

$$V = \frac{2r^2(d_p - d_m)gf}{-9_\eta}$$

حيث = V سرعة ترسب الجسم ، r = نصف قطر الجسم ، d p = كثافة الجسم الصلب ، d_m = كثافة السائل ، g = عجله الجازبية الأرضية ، f = ثابت يعتمد على شكل الجسم ، η = لزوجة السائل .

ونجد أن أي جسم صلب في سائل إذا كانت سرعة ترسبه اكبر من سرعة جريان السائل الى الاعلي فأنه يتجه الي الأسفل وإذا كانت سرعة ترسبه تساوي سرعة جريان السائل يبقي الجسم ثابتاً كما هو الحال في حاجز البلورات والجسيمات الصغيرة التي يعمل كمرشح ومساعد علي الترسيب بالجهاز المذكور أعلاه .

المشاكل المتأتية من المواد الشائبة بالماء :

1- القشور بالمراجل :

" قشور المرجل" وهو اسم يطلق علي المواد الصلبة والمتماسكة والمترسبة علي جدران المراجل الساخنة فترسبات كاربونات الكالسيوم بالماء وتحدث عند دخول الماء في المرجل حيث تكون طبقة مسامية رخوة علي السطح أو مواد عالقة ويمكن إزالتها بواسطة عملية تصريف الماء من قاع المرجل (Blow Down) .

أما ثاني اوكسيد الكربون الناتج من التفاعل فأنه ينتقل إلى أنابيب البخار حيث يسبب تآكل في المكثفات والأجهزة الأخرى .

تسبب قشور كاربونات الكالسيوم اعتيادياً مشاكل بالأجهزة المستعملة بالبيوت والمنشآت التي لا يجري فيها تعامل الماء لإزالة العسرة المؤقتة .

ومن أهم تلك المشاكل هو انخفاض في كفاءة انتقال الحرارة إذ إن طبقة بسمك 1.5 مم تسبب انخفاضاً بأنتقال الحرارة 12-15% تقريباً وتسبب انسدادات كلية أو جزئية بالأنابيب وتلف بالأجهزة .

والأملاح الموجودة اعتيادياً بالماء داخل المراجل مثل هيدروكسيد المغنيسيوم وكبريتات الكالسيوم وهيدروكسيد الكالسيوم يقل ذوبانها بارتفاع درجات الحرارة بعكس القاعدة المعروفة بأن درجة الذوبان تزداد بازدياد درجات الحرارة .

فمثلاً ذوبان كبريتات الكالسيوم بشكل الهيمهدرات **(Calcuim Sulfate Hemihydrate $CaSO_4\frac{1}{2}H_2O$)** بدرجة حرارة 100م° هو 1650 جزء بالمليون بدرجة حرارة 200 م° (أي درجة حرارة مرجل بخاري يعمل في 17 ضغط جوي أو 17.17 بار) .

وفي درجات الحرارة العالية ينخفض ذوبان كبريتات الكالسيوم **$CaSO_4$** إلى عدة أجزاء بالمليون فقط . إن المواد التي تنخفض درجة ذوبانها بأزدياد درجة الحرارة تترسب دائماً على الأجزاء الأكثر ساخنة في المرجل أي علي سطح التسخين المباشر .

2- <u>تكوين قشرة كبريتات الكالسيوم :</u>

وعند تكوين فقاعة البخار علي السطح الساخن للمرجل تترسب الأملاح الذائبة بالماء على شكل حلقة وإذا كان ماء المرجل مشبع بتلك الأملاح فأنها سوف لا تذوب مرة أخرى .

وهذه الأملاح المترسبة تكون درجة حرارتها أكثر من المحلول نفسه ولذلك تكون درجة ذوبانها اقل من السابق . وعند استمرار عملية التبخير تترسب كميات أخرى تغطي السطح وتعمل هذه كنويات لتبلور الأملاح من طبقة المحلول الساخنة والمجاورة لسطح المعدن الساخن . فتكون طبقة عازلة وصلبة من جراء تراكم الحلقات الملحية والبلورات المترسبة .

وبأزدياد كمية إنتاج البخار أو ازدياد ضغط المرجل يزداد احتمال تكوين مثل هذه القشرة الصلبة على السطوح المعرضة للماء لذلك يجب الحرص على استعمال نوعيات نقية من الماء لمراجل ضغط البخار العالي .

ومن أهم أضرار تكوين الرواسب على سطح المراجل هو انخفاض انتقال الحرارة من المعدن الساخن إلى الماء وذلك لان المواد المترسبة لها معامل انتقال حرارة تعادل 3-6% فقط من معامل انتقال الحرارة في الفولاذ .

فمثلاً بالنسبة لمرجل ذي كفاءة حرارية 125 كيلو جول /سم^2/ساعة (أو ما يقارب 300.000 كيلو سعرة بالمتر المربع بالساعة) تكون درجة الحرارة علي الجانب الساخن من المعدن 29 م° فقط أكثر من درجة حرارة المعدن علي جانب الماء إذا كانت سطوح المعدن نظيفة .

وعند وجود قشور علي سطح المعدن فأن فرق درجة الحرارة يزداد بشكل ملحوظ . بعد تكوين طبقات أكثر سمكاً مع مرور الزمن يتطلب رفع درجات الحرارة أكثر فأكثر للحصول علي نفس كمية البخار المنتجة .

وقد تصل درجة الحرارة إلى حد ليونة الفولاذ وبهذه الحالة تلتوي وتعوج الصفائح والأنابيب الفولاذية من الضغط المسلط عليها من البخار مسببة تناقص أو اقلال بسمك أجزاء من تلك الصفائح

والأنابيب مما قد يؤدي إلى انفجار المرجل نتيجة عدم تحمل تلك الأجزاء الضغط المسلط عليها .

لو أخذت درجة حرارة ليونة الفولاذ تقارب 480 م° فتكون هذه أعلى درجة مسموح بها داخل موقد المرجل وإذا كان المطلوب من المرجل تجهيز بخار بضغط 40 ضغط جوي أو 40.4 بار) تكون درجة حرارة البخار 254 م° .

أي أن فرق درجة الحرارة المسموح بها هي 480-254=226 م° .
إذا كانت كفاءة المرجل الحرارية 300.000 كيلو سعرة /م^2/ساعة (أو 125 كيلو جول /سم^2/ساعة) فأن طبقة من قشرة كبريتات الكالسيوم المترسبة على سطح الفولاذ بسمك 1.9 مم يمكن أن تسبب ارتفاع درجة حرارة سطوح التسخين فيما إذا كانت صفيحة أو أنبوب إلى أكثر من 480 م°.

مما تقدم نلاحظ أن طبقات وقشور ترسيبية اقل من المذكورة أعلاه يمكنها أن تحدث تلفاً أو انفجاراً بالمراجل إذا كانت ضغوط المراجل عالية فمثلاً سمك 1.6 مم يمكنها أن تحدث تلفاً بمرجل يعمل بضغط يقارب 70 ضغط جوي .

إما اوكسيد الحديد فيسبب التصاق وربط المواد الصلبة على الجدران مكوناً قشرة ثقيلة عازلة من اوكسيد الحديد والذي يمكن أن يسبب تلف المراجل .

وفي حالة جمع الماء المكثف وإعادة استعماله مرة أخرى يجدر الانتباه إلى تواجد كميات من زيوت المكائن وعند إدخال مثل هذه المواد مع الماء إلى المرجل فأنها تسبب تكوين طبقة رقيقة على سطوح المرجل الداخلية .

وهذه الطبقة الرقيقة تسبب مقاومة لانتقال الحرارة لان معامل انتقال الحرارة لهذا الزيت يقارب 5% من معامل الفولاذ بالإضافة إلى إن وجود الزيت بماء المرجل يسبب تكوين رغوة مما يؤدي إلى خروج كميات كبيرة من الماء كسائل مع البخار .

منع تكون القشور (Scale Prevention) :

يمكن منع تكوين القشور في المراجل بمعاملة الماء لإزالة العسرة أو بواسطة إضافة مواد كيميائية قبل استعماله ومن تلك المواد كاربونات الصوديوم أو الفوسفات .

يفضل اعتيادياً استعمال الاورثوفوسفات لان الكاربونات تدخل بتفاعل كيميائي مع الماء تحت الظروف الموجودة بالمرجل لتكوين هيدروكسيد الصوديوم وثاني اوكسيد الكاربون الذي يخرج مع البخار تاركاً محلولا له قلوية عالية .

إن هذه القلوية العالية تسبب بدورها تآكلا داخل التراكيب البلورية للمعدن تسمى بالتصلب القلوي **(Caustic Embritlement)** وتسبب تصلب القشرة الخارجية للمعدن ويكون هذا التآكل أكثر شدة بالأجزاء المعدنية

$$Na_2CO_3 + HOH \longrightarrow 2NaOH + CO_2$$

الواقعة تحت جهد مثل المناطق المحيطة بالمسامير والمناطق المحيطة للحام وأجزاء الصفائح المطوية الواحدة على الأخرى .

ومن المعتقد أن هذا النوع من التآكل يحدث على أطراف البلورات المعدنية **(Grain Boundaries)** بسبب التفاعل مع نتريد الحديد . ودلت

التجارب على تكوين الفيرايت (Ferrite) عندما يصل تركيز الهيدروكسيد إلى 0.1 جزيء باللتر تقريباً .

ويمكن تجنب ظاهرة التصلب القلوي (Caustic Embritlement) باستعمال الفوسفات بدل كاربونات الصوديوم حيث يمكن السيطرة على قلوية المحلول بإضافة نسب مغايرة من الفوسفات المختلفة للماء .

فنجد ثاني هيدروجين فوسفات الصوديوم (NaH_2PO_4) حامضية التفاعل بينما أحادي هايدروجين ثاني فوسفات الصوديوم (Na_2HPO_4) قاعدية ضعيفة التفاعل وثالث فوسفات الصوديوم (Na_3PO_4) أكثر قلوية .

والتحليل المائي لهذه الأملاح يعطي نسب مختلفة من ايونات $PO_4^{\equiv}$, $HPO_4^{=}$, $H_2PO_4^{-}$ معتمداً على درجة حامضية المحلول فمثلاً عندما يكون الرقم الهيدروجيني للمحلول (pH = 10) تكون نسبة الايونات المذكورة **1.0: 98.8:0.2** على التوالي .

وتتحول هذه النسب إلى **9.1:90.1:0.0** عندما يكون الرقم الهايدروجيني للمحلول (pH = 10) هذا بالإضافة إلى كون فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$ لها ثابت حاصل الإذابة ذو قيمة منخفضة 10^{-25} بحيث عندما يكون محلول الفوسفات له رقم هيدروجيني (pH = 10.5) فانه يعطي كمية كافية من ايون الفوسفات PO_4^{---} .

وذلك لترسب الكالسيوم على شكل فوسفات ويمنع تكوين أي راسب أو قشرة لمادة كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ على السطوح الداخلية للمرجل . أما فوسفات الكالسيوم المترسبة فيمكن إزالتها تدريجياً بواسطة عملية تصريف الماء من قاع المرجل الروتينية .

وفوسفات الكالسيوم تبقى عالقة بالماء ولا تكون قشوراً صلبة إلا إذا بقيت بالمحلول لمدة طويلة من الزمن وبهذه الحالة تترسب على شكل فوسفات الكالسيوم القاعدية .

وعند وجود ايونات المغنيسيوم يجب أن يعدل الرقم الهيدروجيني للمحلول بحيث يتم ترسيب هيدروكسيد المغنيسيوم وليس فوسفات المغنيسيوم وذلك لان الأخير قد تكون قشرة صلبة ويمكن إضافة مركبات تساعد على عدم ترسيب الجسيمات العالقة التي تكون قشرة زيادة بالاحتياط .

ويمكن إزالة أي زيت من السطوح الداخلية للمراجل أما بصورة ميكانيكية أو بإضافة مواد مثل هيدروكسيد الألمنيوم إلى الماء المتكثف قبل استعماله وتمدص بعض الدهون على الأطيان والرواسب الحاوية على نسب كبيرة من اوكسيد الحديد والسيليكا ونسب قليلة من اوكسيد المغنيسيوم ويتم التخلص من هذه المواد بواسطة عملية تصريف الماء من قاع المرجل الروتينية .

إزالة القشور المترسبة على سطوح المرجل :

يمكن إزالة القشور المتسببة من الكاربونات والفوسفات بواسطة الأحماض مع إضافة مواد مانعة للتآكل **(Corrosion Inhibitor)** لتقليل تفاعل الحامض مع الأجزاء المعدنية المعرضة للمحلول . تستعمل المحاليل الكيميائية التي تكون مواد عضوية معقدة ذائبة **(Complexing Agent)** لإزالة الترسبات والقشرة المتسببة من أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم .

ومن انجح الخلائط المستعملة لهذه العملية على سبيل المثال هو محلول مائي متكون من **EDTA** وملح الصوديوم لذلك الحامض بنسبة 14 جزء من الأول إلى 100 جزء من الأخير ويستعمل لهذه العملية محلول مائي

بتركيز 2% على الأقل على إن يبقي المحلول بتماس مع السطوح المراد تنظيفها مدة 12 إلى 14 ساعة .

وخلال هذه الفترة يستوجب أن تكون درجة الحرارة اقل من 205 م° والرقم الهيدروجيني للمحلول 7.5–8.0 . بهذه الظروف تتحول جميع القشور الفوسفاتية المترسبة إلى فوسفات حامضية ذائبة وتكون ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم الموجودة بالقشور مركبات عضوية معقدة وبذلك تنحل وتذوب القشور المترسبة .

وبالرغم من أن اوكسيد الحديد لا يكون مركبات ذائبة بدرجات الحموضة المذكورة إلا أن القشور الحاوية على الصدأ مع الترسبات الأخرى تخلع من أماكنها لذوبان بعض أجزائها ويتم التخلص منها أثناء عملية تصريف الماء مع المواد العالقة من قعر المرجل .

الرغوة وحمل قطرات الماء بالبخار (Foaming and Priming)

تتكون الرغوة من فقاعات غازية محاطة بغشاء من السائل . في بعض الأعمال الهندسية تستحدث الرغوة لاداء عمل معين مثل فصل وتنقية المواد الأولية في عمليات التعدين ، ولتعويم تراب الفحم الحجري . وتستخدم الرغوة الصلبة في أنواع من المواد العازلة للحرارة مثل المواد البلاستيكية الرغوية والأسمنت الرغوي .

ومن الناحية الأخرى فان وجود أو تكوين رغوة ثابتة في المحاليل المقاومة للانجماد وزيوت التزليق **(Antifreeze and Lubricating Oils)** والأصباغ وصهاريج التهوية والمراجل البخارية يشكل مصدراً لمشاكل كثيرة لذا يجب دراسة العوامل المؤدية لتكوينها لغرض تلافيها .

وتتكون الرغوة عندما يكون هناك فرق بين تركيز المواد المذابة في المحلول الموجودة في الغشاء المحيط بالفقاعة والتركيز الموجود ببقية السائل . كما أن المواد المتسببة بزيادة لزوجة الغشاء السائل المحيط بالفقاعات تساعد على تكوين الرغوة الثابتة والمواد المسببة انخفاضاً بالتوتر السطحي تتجمع اعتيادياً على سطح السائل وبذلك تسهل تكوين الرغوة .

وعند صعود فقاعات البخار إلى سطح الماء المغلي بالمرجل البخاري تساعد المواد المتجمعة على سطح الماء مثل الطين وجسيمات بعض الترسبات الصغيرة والمواد العضوية الموجودة بالمياه الطبيعية وككميات الزيت القليلة الموجودة في المياه المكثفة والمستعملة على تكوين رغوة ثابتة بالمرجل .

وعند عدم تكسير رغوة البخار عند وصولها إلى سطح الماء المغلي فأنها ستدخل في مجاري البخار وعندئذ سيحمل غشاء السائل المحيط برغوة البخار الأملاح والمواد الصلبة والمواد العضوية .

وهذه كانت السبب في تكوين الرغوة لتكوين ترسبات على سطوح أنابيب البخار وجدران الاسطوانات وزعانف الطوربينات البخارية والسطوح الداخلية للمعدات الأخرى التي يدخلها البخار .

وبحالة تكسر رغوة البخار عند وصول الفقاعات إلى السطح فأنها تكون قطرات صغيرة من السائل تجرف مع البخار الصاعد معطية بخاراً رطباً **(Wet steam)** . وفي وقت زيادة استهلاك البخار تسبب الرغوة الثابتة زيادة في الحجم ما يؤدي إلى دفع كميات كبيرة من الماء إلى أنابيب البخار .

إن هذه العملية تسمي **(Priming)** أو حمل الماء مع البخـــار وهـــي عملية مرادفة لتكوين الرغوة الثابتة . ومن اجل القضاء أو الإقلال من هـــذه الظاهرة ينبغي التخلص من المواد المسببة لها عند تنقية ماء المراجل .

فتزال الأطيان والمواد الصلبة العالقة وكذلك قطرات الزيت بواسطة معاملة الماء مع مواد مروقة مثل هيدروكسيد الألمونيوم وحامض السليـــسك المائي والسيطرة على الأطيان والأملاح المتراكمة بمياه المرجل بتـــصريفها بصورة دورية .

ويمكن كذلك استعمال سلسلة من العوارض بموقـــع ســـحب البخـــار من المرجل لمنع دخول قطرات المـــاء أنابيـــب توزيـــع البخـــار ويمكـــن كذلك إضافة مواد خاصة تعمل على عدم تكوين الرغـــوة تـــسمى بكاســـرة الرغوة **(Foam Breaker)** .

وهناك مسببات عديدة لتكـــوين الرغـــوة بالمراجـــل البخاريـــة لـــذا يجدر استعمال النوع الملائم من المواد المانعة لتكوينهـــا وان بعـــض هـــذه المواد قد تصلح للاستعمال بحالات دون أخرى . وتكـــوين الرغـــوة يعتمـــد على التوتر السطحي لذا فـــان أي مـــادة يمكنهـــا أن تـــؤثر علـــى التـــوتر السطحي بصورة ملائمة وليس لها تأثير جانبي آخر يمكن استعمالها لتكسير الرغوة بالمراجل .

فمثلاً تتكون رغوة ذات فقاعات صغيرة وثابتة عند وجود مواد لهـــا فعالية سطحية ولكن عند إضافة كمية قليلة من البولي أميد **(Poly Amide)** المانع لتكوين الرغوة تتكون فقاعات كبيرة غير ثابتة بنفس الظروف التشغيلية للمرجل وذلك لان البولي أميد يعمل على تبديل التوتر السطحي مما يـــساعد على تكوين مثل هذه الفقاعات .

وعندما يكون سبب تكوين الرغوة الثابتة هو كون السائل في غشاء الفقاعات ذا لزوجة عالية يستوجب استعمال مواد تساعد على تقليل لزوجة السائل .

ويمكن في بعض الأحيان استعمال مواد لها خاصية لتكوين رغوة ثابتة لتكسير رغوة ثابتة أخرى متكونة نتيجة تواجد مادة ثانية . إن هذه الظاهرة تعتمد بصورة رئيسية على تعادل الشحنات المتواجدة على الجسيمات الغروية الموجودة بالرغوتين وبذلك تترسب المواد المسببة للرغوة .

المواد المسببة للتآكل في المياه الطبيعية :

وجد أن المياه غير المعالجة قد تحتوي على مواد تسبب التآكل في المراجل ويعتبر الأوكسجين من المواد الرئيسية المسببة للتآكل في مياه المراجل . يذوب الأوكسجين بالماء اعتيادياً بنسبة 7سم^3 باللتر الواحد وكذلك ثاني اوكسيد الكاربون الذي يكون موجوداً بكميات مختلفة مسبباً تآكلاً بأنابيب البخار .

ويجب أن يكون تركيز الأوكسجين في مياه المراجل اقل من 0.05 جزء بالمليون بالنسبة للمراجل التي تعمل بالضغط المنخفض وبنسبة 0.01 جزء بالمليون بالنسبة للمراجل التي تعمل بالضغط العالي .

ولإزالة الغازات الذائبة بالماء تستعمل وحدات طرد الهواء **(De-aerators)** وهذه تعمل اعتيادياً تحت ضغط متخلخل ويتلامس الماء النازل من الأعلى والحاوي على الغازات الذائبة مع تيار البخار المفتوح الذي يدخل من أسفل الوحدة حيث يساعد ارتفاع درجة الحرارة وتعرض الماء إلى البخار بصورة مباشرة إلى طرد معظم الغازات الذائبة فيه .

أما البخار والغازات فتخرج من اعلي الوحدة حيث يزال البخار بواسطة مكثفات وتطرد الغازات من المكثف حيث الضغط المنخفض لا يساعد علي ذوبانها . ويمكن إيقاف فعل التآكل للأوكسجين بمياه المراجل بواسطة استعمال مواد مختزلة .

فللمراجل التي تعمل بضغط اقل من 45 ضغط جوي يستعمل كبريتيت الصوديوم الذي يتحد مع الأوكسجين مكوناً كبريتات الصوديوم .

$$2Na_2SO_3 + O_2 \longrightarrow 2Na_2SO_4$$

ولا يمكن استعمال كبريتيت الصوديوم للمراجل التي تعمل بضغط يزيد على 45 ضغط جوي وذلك لتكوين غاز ثاني اوكسيد الكبريت نتيجة لتحللها .

وتستعمل في هذه الحالة مادة الهايدرازين **(Hydrazine)** التي تضاف اعتيادياً كسائل بنسبة 90% وعند تحلل هذه المادة بدرجات حرارة عالية تزيد على 350 م° مثلاً فإنها تعطي غازات ليس لها تأثير سيء .

$$NH_2NH_2 + O_2 \longrightarrow N_2 + 2HOH$$

$$NH_2NH_2 + N_2 \longrightarrow N_2 + 4NH_3$$

والوزن الجزيئي للهيدرازين قليل بالنسبة لكبريتيت الصوديوم لذا فإن الكيمة المستعملة من الهيدرازين لتعامل كمية معينة من الأوكسجين تساوي 1/8 الكمية المطلوبة من كبريتيت الصوديوم .

ويمكن قياس كميات الهايدرازين المتبقية بمياه المراجل بواسطة الطرق اللونية **(Calorimetric Methods)** هذا ويجب اخذ الحذر عند التعامل بهذه المادة لأنها تسبب التهابات جلدية مزمنة **(Dermititis)** .

ونجد بعض الأملاح الذائبة مثل كلوريد المغنيسيوم يمكن أن تتحلل بالماء بدرجات حرارة تزيد على 200 م° محررة كلوريد الهيدروجين وتصل درجة التحليل لهذه المادة لنسبة 25% بدرجة حرارة 600 م° .

وان وجود حامض السليسيك يعمل كعامل مساعد للتفاعل ولذا تتكون كميات من كلوريد الهيدروجين بمياه المراجل بدرجات حرارة أقل من 600 م لوجود حامض السلسيك .

$$MgCL_2 + 2HOH \longrightarrow Mg(OH)_2 + 2HCL$$

يتحلل كذلك كلوريد الكالسيوم بنفس الطريقة ولكن بنسبة اقل من كلوريد المغنيسيوم .

معاملة المياه بالمبادلات الأيونية :

المياه المستعملة في تبريد المفاعلات النووية ، والتي تستعمل بالمراجل البخارية التي تعمل بدرجات حرارة مساوية أو أكثر من درجة الحرارة الحرجة للماء يجب أن تكون ذات نقاوة عالية .

ومثل هذه المياه يمكن الحصول عليها صناعياً بواسطة عملية التقطير أو بواسطة المبادلات الأيونية حيث يمكن إنتاج مثل هذه النوعية النقية من الماء بصورة كفؤة وبكلفة قليلة .

وعملية إزالة الأملاح الموجودة بالماء تنقسم إلى مرحلتين ، في المرحلة الأولى يتم إزالة الايونات الموجبة **(Cations)** الموجودة بالماء بواسطة استبدالها مع ايونات الهيدروجين المتواجدة على راتنجات عضوية **(Cation Exchanger)** ويتبع ذلك معاملة الماء لإزالة الايونات السالبة لاستبدالها بأيونات الهيدروكسيل الموجودة على راتنجات عضوية لها قابلية باستبدال الايونات السالبة بأيون الهيدروكسيل .

$$R_z - H + Na^+Cl^- \longrightarrow R_z - Na + H^+Cl^-$$
$$H^+Cl^- + R_zOH \longrightarrow R_z - Cl^- + HOH$$

والمـــاء المعامـــل بهـــذه الطريقـــة يـــسمى المـــاء الخـــالي مـــن الايونات **(Deionized)** ويكون ذا نقاوة قريبـــة مـــن المـــاء المقطـــر . إن نقاوة مثل هذه المياه والتي يعبر عنها بكميـــة المـــواد المتأينـــة الموجـــودة فيـــه يمكـــن قياســـها بواســـطة درجـــة إيـــصال المـــاء للتيـــار الكهربائي **(Conductance)** ويمكن استعمال أجهزة قياس إيـــصال التيـــار الكهربائي بالسوائل **(Conductivity Cell)** .

تقدر مقاومة الماء المقطر بـــ 500000 أوم / سم ومثل هذا المـــاء يعتبر غير صالح لـــبعض الاســـتعمالات الهندســـية كـــصناعات المعـــدات الالكترونية مثل الترانسترات وصمامات وشاشات التلفزيون .

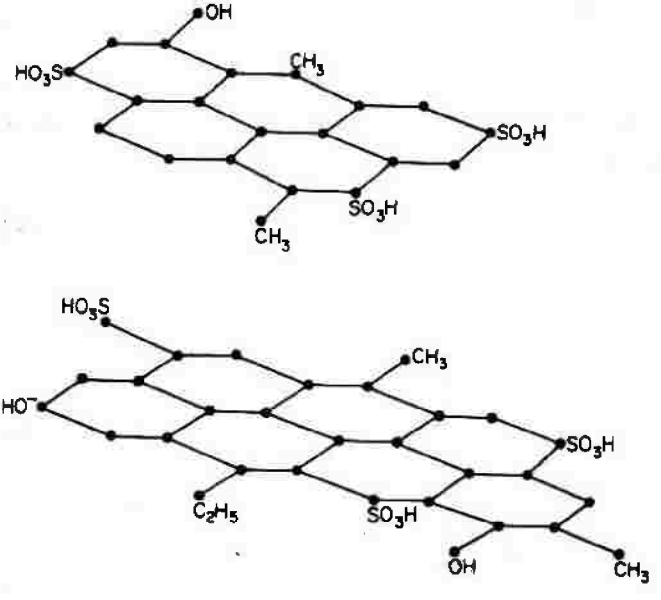
والجدول التالي يمثـــل نقـــاوة المـــاء المعـــالج بـــالطرق المختلفـــة والذي يبين بوضوح أن أعلى نقاوة يمكن الحصول عليهـــا هـــي بواســـطة المبادلات الأيونية .

طريقة التنقية المستعملة	المقاوة أوم / سم
ماء مقطر مرة واحدة بأجهزة زجاجية .	500.000
ماء يحوي على ثاني اوكسيد الكربون بحالة إتزان مع الهواء	700.000
ماء مقطر ثلاث مرات بأجهزة زجاجية	1.000.000
ماء مقطر ثلاث مرات بأجهزة الكورتز	2.000.000
ماء معامل مع مبادل ايوني موجب قوي وسالب قوي	18.000.000
ماء مقطر 28 مرة بأجهزة الكورتز	23.000.000
الحد الأعلى النظري	26.000.000

وهناك عدة أنواع من المبادلات الأيونيـــة . استحـــضرت الأنـــواع الأولى منها بتعامل حامض الكبريتيك المركز الحاوي على ثالـــث اوكـــسيد الكبريت مع الفحم الحجري وبهذه العملية تدخل ايونات السلفونيك **($-SO_3H$)** على تراكيب الفحم .

والناتج النهائي يكون مادة سوداء ذات شكل حبيبي ومضلع يمكن أن يبادل ايون الهيدروجين بالايونات الموجبة مثل ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم والحديد والمنغنيز الموجودة بالماء ويمكن استرجاع قـــوة التبـــادل الأيـــوني بتعامله مع 2% من حامض الكبريتيك المخفف بالماء .

والشكل التالي يبين التركيب النظري للفحم الحجري المعامل بحامض الكبريتيك :



والراتنجات المصنعة من بلمرة الستايرين **(Styrene)** وثاني فنيـــل البنزين تعطي مركبات ذات هياكل يمكن إدخال مجاميع كيميائية عليها لهـــا خاصية التبادل الأيوني .

ويمكن التحكم بمسامية مثل هذه المركبات وعلى كثافتها بواسطة السيطرة على الروابط بين الستايرين وثاني فنيل البنزين **(Cross Link)** فازدياد المسامية ينتج عنها زيادة بسرعة التبادل الأيوني وكميته .

ويستوجب أن يكون للراتنج الصالح للاستعمال بالمبادلات الأيونية تركيب ميكانيكي ثابت وان يكون مقاوم للذوبان بالماء والأحماض والقواعد . تستعمل المجموعات الفعالة الحامضية **$-SO_3H$, -COOH** في المبادلات المستعملة للايونات الموجبة .

ويستعمل كذلك راتنج الفينول فورماليديهايد المكبرت كمبادل ايوني . وتسوق راتنجات المبادل الأيوني بشكل كرات صغيرة وذلك لأنها سهلة الجريان ويمكنها ملء الجهاز المعد لها بصورة كفؤة وبسهولة ولان سير السوائل خلالها لا يسبب انخفاضاً كبيراً بالضغط .

ونجد أن عملية التبادل الأيوني تجري على سطح حبيبات المبادل الأيوني وداخل مساماته الداخلية وتقاس كفاءة المبادل الأيوني بكمية الايونات الموجبة التي يمكن إزالتها من قبل حجم أو وزن معين من المبادل الأيوني قبل عملية التنشيط .

وبحالة امتصاص المبادل الأيوني لكمية كبيرة من ايون الكالسيوم يفضل تنشيطه باستعمال حامض الهيدروكلوريك بدل حامض الكبريتيك وعند تركيز اقل من 2% وعلى أن تجري عملية التنشيط بصورة بطيئة .

$$(R_z - SO_3)_2Ca + 2HCl \longrightarrow 2R_zSO_3H + CaCl_2$$

والمبادلات الايونية السالبة تكون على نوعين الأول هو القوي والذي يحتوي على ايونات الامونيا الرباعية **(Quarternary Ammonium Ions)** $(R_z)_4NOH$ ومثل هذه المركبات

يمكنها أن تزيل حتى الأحماض الضعيفة من الماء ، وتنشط بواسطة محلـــول هيدروكسيد الصوديوم المخفف .

$$(R_z)_4NOH + H_2SiO_3 \longrightarrow (R_z)NHSiO_3 + HOH$$

$$(R_z)_4NHSiO_3 + 2NaOH \longrightarrow (R_z)_4N.OH + HOH$$

والنوع الثاني هو الضعيف والـــذي يحـــوي علـــى البـــولي أمـــين (Polyamines) ويربط جذر الأمين ($-NH_2$) بالستايرين أو بأي بوليمر آخر ليعطي تركيبا ثابتا ذا أبعاد ثلاثية .

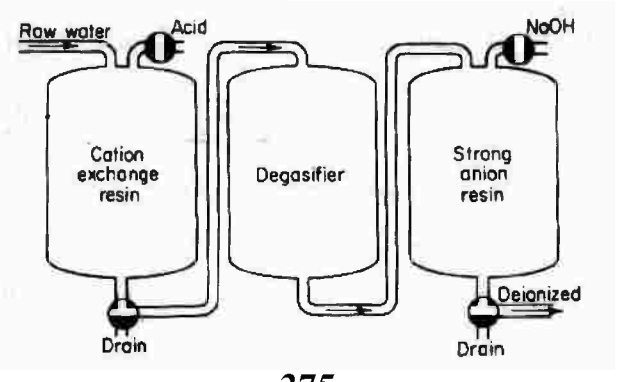
مثل هذه المبادلات السالبة الضعيفة يمكنها إزالة الأحماض القوية مثل حامض الكبريتيك أو النتريك أو الهيدروكلوريك ولا يمكنها إزالة الأحمـــاض الضعيفة بصورة كفؤة ويمكن تنشيط مثل هذه المبادلات باســـتعمال محاليـــل كاربونات الصوديوم أو الامونيوم .

$$R_zNH_2 + HCl \longrightarrow R_zNH_2HCl$$

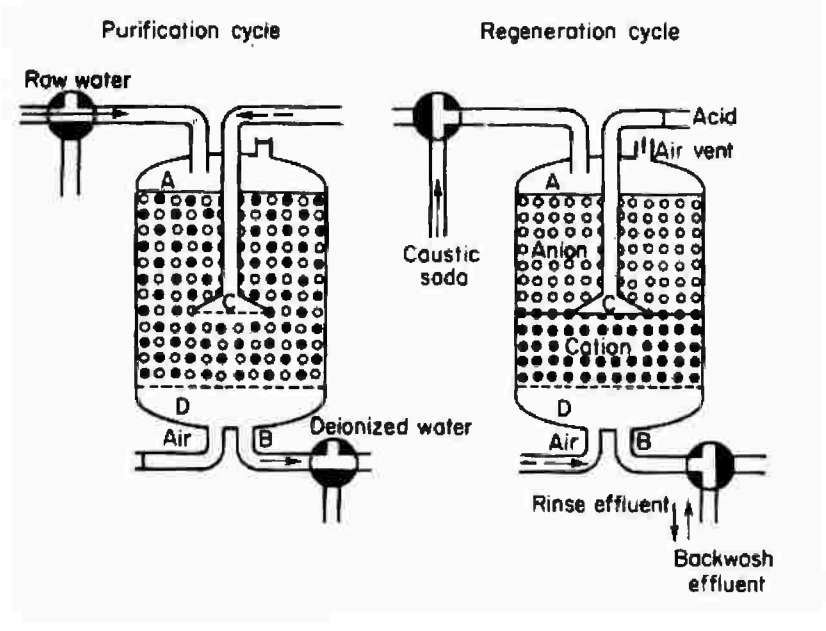
$$R_zNH_3OH + HCl \longrightarrow R_zNH_3Cl + HOH$$

$$2R_zNH_2Cl + Na_2CO_3 \longrightarrow R_zNH_2 + 2NaCl + H_2O + CO_2$$

لإزالة معظم الايونات السالبة والموجبة من الماء يعامل أولا بمبـــادل ايوني موجب ثم تجري عملية إزالة الغازات منه مثل غـــاز ثـــاني اوكـــسيد الكاربون ويعامل بعد ذلك بمبادل ايوني سالب كما بالشكل التالى :



ونقاوة هذا الماء تكون مقاربة من الماء المقطر ويعامل هذا الماء احياناً للحصول على نوعية أكثر نقاوة يدعى **(Polished Water)** وذلك بنقله مباشرة بواسطة أنابيب من الحديد المقاوم للصدأ **(Stainless Steel)** وإدخاله بخزان يحوي على خليط من راتنجات للتبادل الأيوني الموجب وراتنجات للتبادل الأيوني السالب كما بالشكل التالي ويستعمل هذا الماء مباشرة عند تصنيعه ويستخدم بالصناعات التي تتطلب مياها ذات نقاوة عالية .



إزالة حامض الكاربونيك :

عندما يمر الماء الحاوي على الكاربونات خلال مبادل ايوني تجري تبادل الايونات الموجبة بالهيدروجين مكوناً حامض الكربونيك . وهذا بدوره يتكسر معطياً ثاني اوكسيد الكاربون الذي يمكن إزالته بجهاز طرد الغازات **(Degasifier)** .

وبالنسبة للمياه الحاوية على كميات كبيرة من الكاربونات يكون استعمال هذه الطريقة وافياً وأرخص من استعمال المبادلات الايونية السالبة القوية التي يستوجب استعمالها لكون حامض الكاربونيك حامضاً ضعيفاً .

$$2R_zSO_3H + Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow (R_zSO_3)_2 + Ca + 2H_2CO_3$$

$$2H_2CO_3 \longrightarrow 2H_2O + CO_2$$

منع تكون قشرة السليكا :

تسبب السليكا عند وجودها بماء المراجل ذات الضغط العالي مشاكل جدية وذلك لأنها تكون طبقة صلبة شبيهة بالخزف على السطوح الساخنة ولهذه الطبقة معامل انتقال حرارة منخفض جداً فمثلاً قد تسبب قشرة سمكها 0.04 مم فشلاً في أنابيب المرجل عندما يعمل المرجل لإعطاء بخار بضغط 40 ضغط جوي لذا يجب أن يكون تركيز السليكا منخفضاً في مياه المرجل ذات الضغط العالي .

وتحوي قشور السليكا على سلكات المغنيسيوم والكالسيوم وعلى بعض السليكات المركبة تنتج قشور السليكا من وجود الأطيان العالقة والسليكات الأخرى الذائبة بالماء وتتكون السليكا بالماء من تفاعل القلويات المتبقية بالمياه المعاملة كيميائياً مع الرمل في عملية الترشيح بالإضافة إلى السليكا الطبيعية .

وتزال السليكا من مياه المراجل بعدة طرق منها :

أولاً : إضافة كبريتات الحديديك مع القلويات حيث يتكون راسب هيدروكسيد الحديديك في رقم هيدروجيني للمحلول **(pH=10-7)** حيث تمتص السليكا على سطح الهيدروكسيد المترسب وكذلك يتم ترسب السليكا

الغروية ويمكن الحصول على ماء يحوي 2-3 جزء بالمليون سليكا فقط .

ثانياً : إضافة اوكسيد أو هيدروكسيد المغنيسيوم .

$$Mg(OH)_2 \longrightarrow H_2SiO_3 + 2HOH$$

يمكن بهذه الطريقة الحصول على سليكا متبقية بالماء بحدود جزء بالمليون .

ثالثاً : إضافة فلوريد الصوديوم إلى الماء ثم إمرار الماء على مبادل ايوني موجب حيث يتكون فلوريد الهيدروجين .

$$NaF + R_zH \longrightarrow R_zNa + HF$$

وهذا بدوره يتفاعل مع السليكا ليكون الفلوسليكات والتي يجري إزالتها بواسطة مبادل ايوني سالب .

$$6HF + H_2SiO_3 \longrightarrow 3H_2O + H_2(SiF_6)$$

رابعاً: معاملة الماء بصورة مباشرة بمبادل ايوني سالب قوي بعد معاملته بمبادل ايوني موجب ويمكن استعمال طريقة المبادل الأيوني السالب القوي لإزالة ما تبقي من السليكا المعاملة بالطريقة 1 و 2 المذكورة سابقاً .

" الأسئلـــــة "

1- ما هي الشوائب الموجودة في مياه الأمطار ؟

2- هل تختلف نسبة الغازات الذائبة بمياه الأمطار عن نسبتها بالهواء ؟

3- ما هو الفرق بين العسرة الكلية والعسرة الدائمية وما هو الفرق بين المواد العالقة والمواد الغروية ؟

4- ما هو تأثير المياه السطحية على : الجبس ، حجر الكلـــس ، المرمـــر ، الصخور الرملية ، خامات الكبريتيد ، الفيلدسبار .

5- اذكر ثلاث طرق لتصفية الماء للأغراض المنزلية ؟

6- اكتب معادلات التفاعل عندما يضاف الشب إلى ماء يحوي على العـــسرة المؤقتة ؟

7- هل تزيل كبريتات الألمونيوم العسرة من الماء ؟

8- ما هو تأثير إضافة الومينات الصوديوم على العسرة في المـــاء ؟ قـــارن ذلك مع فعل كبريتات الألمنيوم ؟

9- كيف يجعل هيدروكسيد الألمنيوم الماء العكر رائقاً ؟

10- بين بالمعادلات كيف يمكن للجير المطفأ أن يزيل أملاح الكالسيوم مـــن المياه الطبيعية ؟

11- ما هو الغرض من إضافة الجير المطفأ والحي إلـــى المـــاء بعمليـــات التصفية ؟

12- كيف يمكن معالجة الماء الحاوي على البكتريات ؟

13- ما هي أسباب وجود الطعم بالماء وكيف يمكن معالجة ذلك ؟

14- ما هو ثاني كلورامين ؟ بين كيف يتفاعل مع الماء ؟

15- ما هي طريقة (الجير-صودا) لتعامل المياه ؟

16- أين تترسب عسرة المغنيسيوم بالمرجل البخاري ؟

17- في أي جزء من المرجل البخاري تترسب العسرة المؤقتة ؟

18- ما هي الأسس الكيميائية لتصفية المياه باستعمال خزانات الترسيب المعجلة ؟ وما هي فوائد هذه الطريقة ؟

19- بين بالمعادلات الكيميائية كيف يمكن لكاربونات الباريوم إزالة الأملاح الذائبة من الماء العسرة وقارن ذلك بفعل كاربونات الصوديوم ؟

20- إذا كان ثابت حاصل الإذابة لفلوريد الكالسيوم 3.4×10^{-11} ما هو تركيز أيون الفلوريد بالجزء بالمليون بالمحلول المشبع لذلك المركب ؟

21- عند تبخير محلول يحتوي على عسرة الكالسيوم أصبح تركيز أيون الكالسيوم 160 ملجم باللتر ، ما هو أعلى تركيز لايون الفلوريد في هذا الماء ؟

22- ما هو الفرق بين الزيولايت وراتنج المبادل الأيوني الموجب

23- بين كيف يمكن الحصول على ماء خال من الأيونات من محلول كبريتات الكالسيوم ؟

24- ارسم وحدة (تبخير) لاستخلاص الماء من ماء البحر مكونة من أربع مبخرات وقارن الضغوط ودرجات الحرارة داخل المبخرات . بين كيفية عمل هذه الوحدات ؟

25- كيف تتأثر درجة ذوبان كبريتات الكالسيوم وهيدروكسيد الكالسيوم وكاربونات الكالسيوم وهيدروكسيد المغنيسيوم بارتفاع ضغط البخار بالمرجل ؟

26- كيف يمكن منع تكون قشرة السليكا ؟

27- كيف يمكن تقليل كمية الأوكسجين الموجودة بالماء ؟ ما هو فعل الأوكسجين الموجود بماء المرجل ؟

28- ماء عسر يحوي على 160 ملجم /لتر من بيكربونات الكالسيوم و 131 ملجم باللتر كبريتات الكالسيوم و 97 ملجم باللتر كلوريد المغنيسيوم . ما هي العسرة الكلية للماء ؟

29- إذا كان ثابت حاصل الإذابة لكاربونات الكالسيوم 1×10^{-8} ولهيدروكسيد المغنيسيوم 1.2×10^{-11} ولكبريتات الكالسيوم 6.1×10^{-5} احسب درجة ذوبان هذه الأملاح بعدد الملجرامات باللتر الواحد .

30- هل يمكن إزالة قشرة كبريتات الكالسيوم بواسطة حامض الاوكزاليك إذا كان ثابت حاصل الذوبان لاوكزالات الكالسيوم $\mathbf{Ca(C_2O_4)}$ هو 1.3×10^{-9}

31- اعطي ثابت حاصل الإذابة للمركبات $\mathbf{AL\ (CH)_3}$, $\mathbf{Ca(PO_4)_2}$ بدالة درجة ذوبان هذه المركبات ؟

32- ما هو تركيز أيون الكالسيوم عند تعامل قشرة كبريتات الكالسيوم بمحلول كاربونات الصودا بتركيز 0.1 جزيء باللتر ؟

33- أضيف 50 مليليتر من 0.02 محلول اعتيادي من كاربونات الصوديوم إلى 100 مليليتر من ماء عسر وعند تسحيح الراشح احتاج إلى 22.5 مليليتر من محلول 0.02 اعتيادي من حامض الهيدروكلوريك . ما هي العسرة الكلية للماء بالجزء بالمليون ؟

34- أخذ نموذج مشابه للمثال السابق وسخن إلى درجة الغليان قبل إضافة كاربونات الصوديوم وعند تسحيح الراشح بعدئذ احتاج إلى 37.75 مليليتر من الحامض المذكور . احسب العسرة المؤقتة والعسرة الدائمة للماء ؟

المصطلحات العلمية

المصطلحـــات العلميـــة

Accumulation	تراكم
Amagat's Law	قانون اماجات
Blower	نفاخ
Concentrator	مركز
Daltons Law	قانون دالتون
Dimensional Equation	معادلة أبعاد
Dissociation	تحلل
Empirical Constants	ثوابت تجريبية
Energy in Transition	طاقة في حالة انتقال
Excess Air	الهواء الذائد
Gross Heating Value	القيمة الحرارية الإجمالية
Hunidification	ترطيب
Ideal Gas	غاز مثالى
Integration	التكامل
International system of units	النظام الدولى للوحدات
Lime – Kiln	فرن الجير
Material Balance	موازنة المادة
Mole	المول
Molecule	الجريئة
Net Heathng Value	القيمة الحرارية الصافية
Prefix	الكلمة السابقة

Product	المادة الناتجة
Radiant Energy	طاقة إشعاعية
Reactant	المادة المتفاعلة
Sensible Heat	حرارة محسوسة
Stoichiometry	حسابات نسب اتحاد المواد في التفاعلات الكميائية
Transmutathon	تحول عنصري
Counter Current	تيار معاكس
Crude Oil Reserves	احتياطي النفط الخام
Distillate	ناتج التقطير
Feedstock	مواد التغذية
Final Boiling Point	درجة الغليان النهائية
Flask	دورق
Fractional Distillation	التقطير التجزيئى
Grid Trays	صوانى شبكي
Heat Exchanger	مبادل حراري
Initial Boiling Point	درجة الغليان الأولية
Lubricating Oil	زيت تزينت
Mobile Liquid	سائل رجراج
Mixed Base Crude Oil	النفط الخام المختلف الأساس
Nabhthene Base Crude Oil	النفط الخام النفيثى الأساس
Overtial Pressure	أنبوب تصريف الفائض

Paraffin Base Crude Oil	النفط الخام البارافينى الأساس
Partial Pressure	الضغط الجزئي
Permeable	نفاذ
Proven Reserves	الاحتياطي الثابت وجوده
Reboiler	مرجل إعادة الغليان
Recovery Factor	معامل الاستخلاص
Rectifying	التصفية بإعادة التقطير
Reflux	السائل المعاد
Residue	متخلف او متبقي
Riser Sandstone	رافع حجر رملي
Secondary Recovery	الاستخلاص الثانوي
Sieve Troya	صوانى منخلي
Slot	شق
Still	انبيق
Stripping	استئصال او تجريد او تعرية
Thermal Craching	التكسير الحراري
Tray	صينية
Vacuum Distllation	التقطير الفراغي
Vacuum Pump	مضخة تفريغ
Water Drive	الدفع بالماء
Power Output	القدرة الناتجة

Thermody namics	الديناميك الحراى
Mechanical Efficiency	الكفائة الميكانيكية
Combression Ratio	نسبة الانضغاط
Down Strok	شوط الهبوط
Up Stroke	شوط الصعود
Piston	مكبس
Stroke	شوط
Indicated Mean Effective Pressure	معدل الضغط المؤثر
Horse Power	القدرة الحصانية
Knock	فرقعة المحرك
Gasoline	كازولين او بنزين
Tatraethyl Lead	رابع ايثيل الرصاص
Octane Number	عدد او درجة الاوكتين
Research Octane Number	عدد الاوكتين للبحث
Motor Octane Number	عدد الاوكتين للمحرك
Straight Distllation	التقطير المباشر
Straight – run gasoline	الكازولين المستقطر مباشرة
Cracked gasolione	كازولين التكسير الحراري
Debutanization	إزالة البيوتان
Stabilitation	إزالة الغازات المذابة السريعة
Alkylation	الالكله
Cracking	التكسير

Residues	مخلفات
Catalytic cracking	التكسير بالوسيط الكيميائي
Catalyst	عامل مساعد
Desorbtion	عملية المج
Recovery of Reactions	استخلاص منتجات التفاعل
Anti – freeze product	معيق التجميد
Depropanizer	برج إزالة البروبان
Stabilization tower	برج التركيز
Absorptim Tower	برج امتصاص
Vabour pressure	الضغط البخاري
Treating	معالجة
Gummy polyineers	مركبات صمغية
Polysulphide	كبريتيد مضاعف
Sludge	وسخ مترسب
Sweetening	تحلية
Isomerization	عملية التماثل
Rerun tower	برج إعادة التقطير
Stripper	منصل
Polymergasoline	الجازولين المبلمر
Monomer	مركبات غير متبلمر
Hydrogenation	عملية الهدرجة

Alkylation	الالكلة استبدال الهيدروجين اليفاتى هيدروكاربونى
Reforming	عملية التهذيب
Volatility	تطايرية او قابلية التطاير
Natural or Casing head gasolihe	الجازولين الطبيعي
Lean	فقير
Adsorption	امتزاز
Adsorbent	ممتز
Desorption	عملية المج
Live steam	البخار الحي
Light end	متطايرات نفطية
Premium	ممتاز
High test	الاختبار العالي
Oil shales	طفل زيتي
Lignite	الفحم البني الداكن
Tar	قطران
Water gas	غاز الماء
Revolution per minute	دورة في الدقيقة
Retarded ignition	الإشعال المؤخر
Delay period	فترة تأخر
Ingection	الحقن
Compression stroke	ضربة الانضغاط
Cetane number	العدد السيتانى

Nornal cetane , C 16 h 34	السيتان الاعتيادي
Methyl naphthalene	مثيل النفثاليين
Diesel Index	دليل الديزل
Aniline number	العدد الانيلينى
Amreican Petroleum Institute , API	معهد البترول الامريكى
Resisance Thermometer	ترمومتر مقاومة
Capacitance	موسوعة
Condenser	مكثف
Thyratron	ثايراترون
Relay	مرحل
Ethyl Nitrare	نترات الاثيل
Inhipitor	مانع للتفاعل
Surface Tension	الشد السطحي
Smoke Point	نقطة الادخان
Exhaust	غاز العادم
Soot	سخام
Emulsion	مستحلب
Kerosene	النفط الأبيض
Aircraft Turbine kerosene (ATK)	وقود الطائرات النفاثة
Eldeleneau brocess	طريقة اللديلينو
Doctor test	فحص بطريقة الدكتور

Char Value	قيمة التفحم
Freezing boint	نقطة الانجماد
Inorganic Acidity	الحامضية غير العضوية
Rocket fuel	وقود الصاروخ
Thrust	قوة الدفع
Specific Impulse	الدفع النوعي
Thiokol	ثايكول
Hydrasine	هيدرازين
Boranes	بورينات
Cardboard	ألواح كارتون
Clay	طين
Gunpowder	بارود
Wick – Fuse	فتيلة المصهر
Stick	عصا
Combustion Chambor	غرفة الاحتراق
Poise	وحدة اللزوجة المطلقة
Kinematic viscosity	اللزوجة الكيمائية
Centistoke	سنتيستوك
Nomograbh	رسم بياني
Chemical additive	المضيفات الكيميائية
Oxidation residue	مقاومة التأكسد

Carbon residue	بقايا الكربون
Neuturalization number	رقم التعادل
Wear	برى
Centrifugal	الطرد المركزي
Gydrometer	هايدرومتر
Shaft	عمود الإدارة
Torque	عزم الدوران
Fluid Lubrication	التزييت المائعى
Boundary Lubrication	التزييت الرقيق
Erosion	التعرية
Fluid gasket	حاشية مائعية
Piston ring	حلقة المكبس
Hydraulic fluid	مائع هيدرولى
Pitch	درجة
Gears	مسننات
Lateral attraction	تجاذب جانبي
Polar group	مجاميع مستقطبة
Active atom	ذرات نشطة
Stearic acid	حامض الستياريك
Angstrom	انجستروم
Hydrocarbon bolymer	الراتنجات الهيدروكاربونية

Nucleus	نواة
Nuclii	نويات
Gel	جل
Detergent	النظفات
Surface tension	الشد السطحي
Interfacial surface tension	الشد السطحي البيني
Antioxidants	مانعات للتأكسد
Corrosion inhibitor	مانع التآكل
Castor oil	دهن الخروع
Spark plug	شمعة إشعال بالشر
Tricresyl Phosphate	ترايكريسل فوسفات
Stainless steel	صلب لا يصدأ
Scoring	تخديش
Cutting oil	دهن القطع
Reject	رفض
Brass	النحاس الأصفر
Copper oleate	أوليات النحاس
Oleic acid	حامض الاوليك
Coagulation	تخثر
Greases	شحوم
Emulsifying agent	عامل الاستحلاب

Brash heap	كومة كبيرة على شكل فرشاة
Fibre	ليفه
Fibril	شعيرة
Aggregate	تجمع
Micelle	ايون غروي
Adsorb	امتز ، امتص
Thixotropy	تسييل القوام الهلامي بالرج
Syneresis	فقدان السائل من مادة هلامية القوام
Mica	ميكا
Rosin oil	زيت
Slaked lime ;hydrated lime	الجير المطفأ
Calcium Stearate	ستيارات الكالسيوم
Stability	ثباتية
Modifiers	مغيرات
Pressure kettle	قدرة الضغط
Glyceride	جليسيريد
Hydration	تميع
An hydrous	لا مائي
Clarity	وضوح ، نقاوة
Dropping	نقطة التسييل
Water proof	صامد للماء

Versatile	متعدد الاستعمال
Rosin	القلفونية
Slurry	محلول عالق
Axle	محور
Bushing	وصلة ازدواج
Dielectic lubricants	دهونات عازلة
Dolly wheel	العجلات السائدة
Colloidal graphite	جرافيت غروانى
Impregnated	مُشرب
Brake lining	بطانة المكبح
Corrosion	التآكل
Mechanism	ميكانيكية
Electrochemical potential	الجهد الكهروكيميائى
Overpotential	فرط الجهد الكهروكيميائى
pH	الرقم الهيدروجيني
Corrosion Inhibitors	مانع التآكل
Equibifrium potential	جهد الإتزان
Saturated Calomel Electrode	قطب الكالوميل القياسي
Galvanic Corrosion	تآكل جلفانى
Galvanic Corrosion	خلية جلفانية
Local Action	الفعل الموضعي
Pitting Corrosion	تآكل تنقري

Austenitic Steel	فولاذ لا يصدأ
Stress	شد
Platelet	لويحة
Shaking	اهتزاز
Tapping	نقر
Flexing	لوى
Corrosion Fatigue	تآكل الإجهاد
Meshing Gear	ترس التعشق
Annealing	تلدين
Alkaline – earth Metal	معادن الأتربة القلوية
Anodizing	طريقة الانودية
Passive Film	طبقة واقية غير فعالة
Corrosion product	نتاج التآكل
Lactic Acid	حامض اللبنيك
Hydrated Oxide	الأكسيد المائي او المميأ
Concentration Cell	خلية تركيزية
Galvanization	جلونة
Galvanized	مجلفن
Marcasite	كبريتيد الحديد الأبيض
Electromotive Force	القوة الدافعة الكهربائية
Differential Aeration	خلية الأوكسجين التركيزية

Washer	فلكة
Clay	طين
Cider	رماد
Stray Current	تيار كهربائي شارد
Red Water	الماء الأحمر
Silica Gel	جل السليكا
Caustic Embrittlement	انشطا ر المعدن بسبب الصودا الكاوية
Intergranular Corrosion	تآكل بين حبيبات المعدن
Blistering	انتفاخ
Hydrogen Embrittlement	الانشطار بسبب الهيدروجين
Desalting	إزالة الملح
Anti – freeze solution	محلول يقاوم الانجماد
Surface – active chemical	مادة كميائية ذات فعالية سطحية
Hydrophopic	طارد للماء
Alkyl Radical	شق الالكيل
Acid pickling	تنظيف المعدن بمغطس حامضي
Descaling	إزالة القشور المتكونة من مركبات معدنية
Rosin Amine	امين راتينج
Vapour phase Inhibitor	دهن شحمي
Grease	نزع الخارصين
Dezincification	مكشاف نقطة الخمود الكهربائي
Limestone	كاربونات الكالسيوم

Sediment	راسب
Scale	قشور
Sacricial Anode	القطب الموجب الذائب
Cathodic protection	الحماية الكاثودية
Transmission Line Tower	برج نقل الكهربائية
Hot Enamel	المينا الحارة
Trailing platinum – Clad siler	الفضة المغطاة بالبلاتين
Alkyed Coatings	أغطية الالكيد
Phenolic Coatings	أغطية الفينولات
Baking for Curings	عملية تجفيف بالحرارة لإكمال النضوج للطلاء
Asphalt Coatings	أغطية الإسفلت
Coal Tar Coatings	أغطية قار الفحم
Epoxy Ester Coatings	أغطية استيرات الابوكسى
Chlorinated Rubber Coatings	أغطية المطاط الكلورى
Zince – rich Coatings	أغطية غنية بالخارصين
Pigmented	مخضبة
Sacrificial protection	الحماية بالانود الذواب
Vehicle	سائل حمل الدهن
Epoxy resin	راتينجات الابوكسى
Urethane Coatingo	أغطية اليورثين
Vinyl Coatings	أغطية الفينيلات
Epoxy Coatings	أغطية الابوكسى

High – Temperaure Coatings	أغطية مقاوة للدرجات الحرارية العالية
Metallized Coatings	أغطية الرش المعدني
Wetting	الترطيب
Inhibitive pigment	صبغة مانعة
Erosion	تعرية ميكانيكية
Chaiking	ظاهرة الطباشير
Peeling	التجرد القشري
Flaking	التقشير
Delamination	الانفصال الى طبقات رقيقة
Mill Scale	قشور المصنع
Blistering	التبثر او التنفط
Lifting and wrinkling	الرفع والتجعد
plastics	اللدائن
Plasticizer	ملدن
Resin	راتنج
Synthetic	اصطناعي
Varnish	ورنيش ، طلاء راتنجى
Urea – formaldehyde Resins	راتنجات اليوريا فورمالديهايد
Urethane Resins	راتنجات اليوريثان
Casein plastic	لدائن الكازيين
Bakelite	باكليت
Laminate	ألواح رقيقة

Solid Foam	مادة صلبة رغوية
Extrusion	بثق
Handle	مقبض
Tool	أداة
Upholstery	نجادة
Brittle	قسم
Acetic anhydride	حامض خليك لا مائي
Butyric	حامض البيوتريك
Dehydrohenation	نزع الهيدروجين
Dehydration	إزالة الماء
Linear	طولي
Curing	انضاج
Resilience	مرونة عكسية
Alkaling metal	المعادن القلوية
Safty Glass	زجاج الأمان
Expansion joint	وصلة تمديدية
Bristle	هلب
Casting	سبك
Coating	تغطية
Basicity of an Acid	قاعدية الحامض
Hydrolysis	التحلل المائي

Substituent	بديل
Antena	هوائي
Antena Housing	اغلفة الهوائيات
Regeneration	إعادة توليد
Lacquer	مواد طلاء
Protective Coating	الاطلية الواقية
Garment	كساء
Elasticity	مطاطية
Sap	عصارة
Latex	عصارة
Tar	قطران
Putrefaction	تعفن
Putrefy	عفن
Accretion	تضام
Stretch	شد
Kneading	عجن
Milling	طحن
Filler	حشوة
Accelerater	معجل ، مسرع
Hopper	قادوس
Ram	مدك ، مطرقة

Rotor	العضو الدوار
Cooling Water	ماء التبريد
Sinew	قوة
Staggeeing	متأرجح
Creeb	زحف ، تسلق
Litharge	أول او كسيد الزنك
Washers	حلقة (معدنية او جلدية)
Talc	سليكات المغنيسيوم المميأ
Tube	الإطار الداخلي
Aging	تقاوم ، تعتيق
Seal	مانع التسرب
Tug	قطر
Resilience	رجوعية
Hydrazine	الهيدرازين
Ionic Lattice	شبكة أيونية
Lubricating Oil	زيوت التزلق
Styrene	الستايرين
Threshold Treatment	معاملة المشرف
Wet Steam	بخار رطب
Erhchrome Black	صبغة- تستعمل كاشف
Free Chlorine Residue	الكلور الحر المتبقي

Ion Exchanger	مبادل ايوني
Lignin	مادة اللكنين
Bermanent	ثابت – دائم
pH	الرقم الهيدروجيني
Bhotoelectric Calorimeter	جهاز لقياس كثافة الضوء(شدة الضوء)
Bolar	قطبي
Residual Chlorine	الكلور المتخلف
Tannin	مادة التأنين الدابغة
Temborary	مؤقت
Temborary Hardness	العسرة المؤقتة
Transmission of light	انتقال الضوء
Turbidity	تعكر
Water For domestic Use	الماء للاستعمال المنزلي
Zeolite	مبادل ايوني

الملاحـــق

جدول (1) متوسط السعة الحرارية لغازات الاحتراق
كيلو جول / كيلو مول (ك) أو جول / مول (ك)
درجة الحرارة المرجعية 273.15 ك عند ضغط 1.013 بار

H_2O	CO_2	CO	H_2	Air	O_2	N_2	T ك
33.476	35.961	29.121	28.610	29.062	29.242	29.116	273
33.510	36.426	29.125	28.694	29.075	29.280	29.121	291
33.522	36.468	29.129	28.719	29.075	29.296	29.121	298
33.727	38.166	29.175	28.978	29.142	29.526	29.142	373
34.100	40.125	29.497	29.100	29.292	29.932	29.225	473
34.543	41.853	29.526	29.150	29.514	30.439	29.384	573
35.049	43.346	29.790	29.217	29.782	30.878	29.602	673
35.593	44.685	30.108	29.280	30.083	31.334	29.865	773
36.166	45.878	30.430	29.351	30.401	31.761	30.154	873
36.756	46.949	30.757	29.439	30.711	32.150	30.447	973
37.355	47.917	31.079	29.547	31.020	32.501	30.752	1073
37.949	48.869	31.384	29.677	31.317	32.823	31.045	1173
39.585	49.580	31.873	29.824	31.585	33.121	31.305	1273

جـــــــدول (2)

مواصفات وقود الطائرات ATK

الكثافة بمقياس API	40
نقطة الوميض	41 م° الحد الأدني
المقطر 10% بالحجم	170 م°
نقطة الغليان النهائية	275 م°
اللون بطريقة السيبوليت	25 الحد الأدني
الكبريت	30 جزء بالمليون
الكشف Doctor test	سالب
قيمة التفحم Char Value	10 ملجم / كجم الحد الأعلي
المواد الصمغية	6 ملجم / 100 مل الحد الأعلي
نقطة الادخان	25 ملم الحد الأدني
نقطة الانجماد	50-م° الحد الأعلي
الحامضية الغير عضوية	لا توجد

جـــــدول (3)

الدفع النوعي لبعض الوقود المختلفة والعوامل المؤكسدة القوية

الوقود	المادة المؤكسدة	الدفع النوعي
$C_2H_5 - OH$	1.5 O_2	242
C_2H_5 OH	$4H_2$ O_2 (%99)	230
JP_4	2.2 O_2	248
NH_3	1.3 O_2	250
JP_4	2.3 (%70 O_2 , %30 O_3)	253
	1.9 (% 100 O_3)	266
JP_4	2.6 F_2	265
NH_2 NH_2	0.63 O_3	277
NH_3	2.6 F_2	288
B_2 H_6	5.0 F_2	291
CH_3 OH	2.3 F_2	296
NH_2 NH_2	1.98 F_2	298
H_2	8.1 O_2	511

جـــــدول (4)

تحاليل نموذجية لمختلف غازات الوقود .

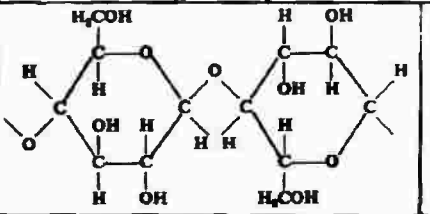
المركب	الغاز الطبيعي	غاز الفحم	غاز الكوك	غاز المولدات	غاز الماء	غاز الماء المكربن	غاز فرن الصهر	غاز المجاري
CO	--	7.4	5.1	33.5	43.6	35.4	26.2	--
CO_2	1.0	1.2	1.4	1.0	4.0	5.3	13.0	24.6
H_2	--	52.1	57.4	10.5	47.8	40.0	3.2	--
CH_4	85.0	29.2	28.5	2.5	0.3	10.7	--	73.3
C_nH_m	14.0	7.9	2.9	--	--	5.4	--	0.6
N_2+O_2	--	2.2	4.7	52.5	4.3	3.2	57.6	1.5

جـــــدول (5)

الخواص العامة لزيت السليكون

موائع	اللزوجة سبتيستوك بحرارة 25 م	معامل الحرارة اللزوجة	نقطة الوميض م°	نقطة الانسكاب م°	مجال الحرارة م°
200	20	.59	232.2	60-	60- إلى 176.6
	100	.60	301.6	55-	54- إلى 176.6
	500	.62	315.5	50-	48.3- إلى 176.6
	12.500	.58	315.5	46.1-	46.1- إلى 176.6
510	50	.62	273.8	62.2-	56.6- إلى 176.6
	100	.62	233.8	62.2-	56.6- إلى 176.6
	500	.65	273.8	62.2-	56.6- إلى 176.6
	1000	.63	273.8	62.2-	56.6- إلى 176.6
550	150 100	.76	301.6	50	40- إلى 176.6
710	525 475	.83	301.6	22.2-	18- إلى 260

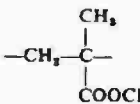
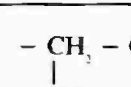
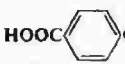
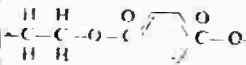
جدول (6) خلاصة بالمواد اللدائنية والراتنجية

الاسم	المصدر	المركب الاحادي	الخواص الرئيسية المهمة	الاستعمالات المتداولة
السليلوز السليونات الريون الفسكوس	الخشب القطن قش، التبن هيدروكسيد الصوديوم		اعادة توليد السليلوز ذو الوزن الجزيئي الصغير	النسيج، اللدائن ، الرقائقية الشفافة ، حبال الاطارات
بيرالين بروكسلين نترات السليلوز	السليلوز حامض النتريك + حامض الكبريتيك	تستبدل (OH) بجذر $-O-NO_2$	صلب، شفاف، يذوب في الاستر ، الكيتونات، يشتعل بسهولة	مقابض الادوات طلاء اللك
خلات السليلوز السيلانيس اللوماريث الملدنات	السليلوز حامض الخليك خلات الانهيدريد	تستبدل جذور (OH) في السليلوز بمجموعة الخلات	مقاومة عالية للهب ومواصفات قولبة جيدة، معدل عال لامتصاص الماء	افلام السلامة ، اللدائن الرقيقة الشفافة ، الاغلفة النسيج
اثيل السليلوز الايثوليل	سليلوز الصوديوم كلوريد الاثيل	يستبدل جذر الهيدروكسيل بـ OC_2H_5	أقوى انواع المشتقات السليلوزية	القبعات، الادوات أغطية الانسجة

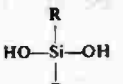
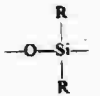
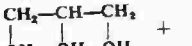
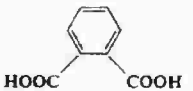
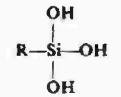
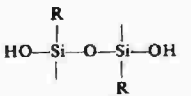
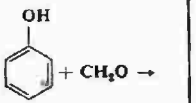
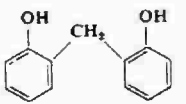
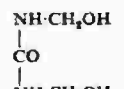
تابع جدول (6) خلاصة بالمواد اللدائنية والراتنجية

الاسم	المصدر	المركب الاحادي	الخواص الرئيسية المهمة	الاستعمالات المتداولة
البولي اثيلين البوليثين البولي بروبلين	الاثيلين	$-CH_2CH_2-$ CH_3 $-CH_2CH_2-$	خامل، ثابت، مرن بدرجات الحرارة المنخفضة ، قليل الامتصاص للماء، خفيف جداً	حاجز للأبخرة، الانابيب المرنة، الحبال، المفروشات الارضية، الافلام الرقائقية التغليف، الاوعية
تترافلوايثيلين تفلون، TEE الكيل TFCE	$F_2 + C_2H_4$	$-CF_2-CF_2-$ $-CClF-CF_2-$	عديم التفاعل ،غير لاصق ، يقولب لتقنية المعادن ،ذو درجة انصهار عالية جداً	اجزاء الرادار ، الحشوات بدرجة الحرارة العالية ، مواد تزييت صلبة
البولي فينيل استات	$CH=CH + HO-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$	$-CH_2-CH(OOCCH_3)-$	تتوسع عند التصلب	لاصق مستحلب الاصباغ
كحول الفينيل	$-CH_2-CH(OOCCH_3)- + H_2O$	$-CH_2-CH(OH)-$	راتنج صغير قابل للذوبان بالماء ، راتنج كبير عديم الذوبان بالماء ، قوة شد كبيرة، مرن	الرقائق القوية من النوع الذائب أو غير الذائب في الماء

تابع جدول (6) خلاصة بالمواد اللدائنية والراتنجية

الاسم	المصدر	المركب الأحادي	الخواص الرئيسية المهمة	الاستعمالات المتداولة
مثيل ميثا اكريلات	CH_3COCH_3 + HCN + CH_3OH		مواصفات بصرية جيدة ، تجيد القلوية .	العلامات العاكسة العدسات ، الاغلفة الشفافة الاضوية الخلفية للسيارات الحلي ، مستحلب الاصباغ
نترات الاكرليك اكريلان اورلون	$CH = CH + H - CN$			الالياف ، الراتنجات
راتنجات التكثف الطولية				
التريلين الميلار الديكرون	$HO\,CH_2 - CH_2OH$ + كليكول  حامض النترايتاليك		مقاوم للحرارة ، الياف قوية ، رقائق مقاومة للماء	رقائق قوية ، انسجة ، حبال
النايلون	$H_2N(CH_2)_6NH_2$ + هيكسائيلين داي	املاح النايلون $HOOC(CH_2)_4COOH$ امين حامض الاديبيك	قليل الامتصاص للماء ، راتنجات قوية	انسجة ، الحبال ، الشعر الخشن ، القولبة

تابع جدول (6) خلاصة بالمواد اللدائنية والراتنجية

الاسم	المصدر	المركب الأحادي	الخواص الرئيسية المهمة	الاستعمالات المتداولة
السليكون	 سيلانديول		مقاوم للحرارة ، مقاوم للماء مواد غير لاصقة	مزيتات خاصة، الهياكل المقاومة للحرارة، الشحوم مطاط السيلاستيك
الكلبتال			الراتنجات المرتبة عرضياً	الورنيش والاطلية
راتنجات السليكون			راتنجات مقاومة للحرارة تعتمد الخواص على طبيعة الجذر ومقادر البلمرة	اغطية مقاومة للحرارة ومواد عازلة
فينول فورمالديهايد			يتصلب بالحرارة، قوى يعتمد على نسبة الفينول الى الفورمالديهايد	مواد لدائنية لاصقة، ورنيش، الاطلية، المواد العازلة، الاجزاء المقولبة
اليوريا فورمالديهايد	$H_2N.CO.NH_2$ + HCHO		راتنجات شبه شفافة	مواد تشرب بدرجات الحرارة والضغط المنخفضة ، مواد لاصقة مواد رابطة

جدول (7)

الخواص التي تحدد استعمال اللدائن

(1 ـ الخاصية بالدرجة الأولى من الاهمية)

(2 ـ الخاصية بالدرجة الثانية من الاهمية)

المادة	المقاومة										درجة الحرارة القصوى م	السعر التقريبي دولار/ كغم
اللدائن التي تلدن بالحرارة	قوة الشد والصلابة	القوة	قوة العزل	امتصاص الماء	المواد الكيماوية	عوامل التعرية	الحرارة	المرونة	الخواص البصرية	التلون		
الاسيتال	1	2	2	-	2	-	1	-	-	1	107	2.097
الاكرلك	1	-	-	-	2	1	-	-	1	-	93-88	1.3-0.022
خلات السليلوز	1	1	2	-	-	-	-	-	1	1	93-82	1.43-0.79
بيربيت خلات الاستات	1	1	2	1	-	1	-	-	1	1	93-82	1.589-0.88
بروبينات السليلوز	1	2	1	-	-	-	-	-	1	1	=	=
البولي ايثر المعرض للكلور	-	-	-	1	1	-	1	-	-	-	149	13.24b
اثيل سليلوز	2	1	-	-	-	-	-	1	-	1	93-82	1.77-1.28
كلوروكاربون CFE	-	2	1	1	1	1	1	-	-	-	260	16.44-9.9
فلوروكاربون TFE	2	2	-	1	1	1	1	1	-	-	199	17.66-15.45
النايلون	1	1	2	-	2	-	1	-	2	2	121	4.4-2.6
البولي ايثيلين	1	1	1	1	1	-	-	1	1	2	100.74	0.949-0.728
البولي بروبلين	1	1	1	1	1	-	-	1	1	2	110	1.037
البولي ستيرين	1	-	1	-	2	-	-	-	1	1	71-60	0.97-0.55
المعدل	1	1	2	-	1	-	1	-	-	1	100	=
الفينيل	1	1	1	2	1	-	-	1	1	1	79	0.95-0.597

جدول (8) قيم حاصل الاذابة لبعض المواد المعروفة

المركب	ثابت حاصل الاذابة في 25م °	المركب	ثابت حاصل الاذابة في 25 م°
AgCl	1.5×10^{-10}	PbS	1×10^{-28}
AgBr	4×10^{-13}	$PbCO_4$	2×10^{-14}
AgI	1×10^{-16}	$PbSO_4$	2×10^{-8}
CaF	4×10^{-11}	$Fe(OH)_2$	6×10^{-20}
$CaCO_3$	4.8×10^{-9}	$Fe(OH)_3$	1×10^{-38}
$MgCO_3$	1×10^{-5}	CuS	1×10^{-40}
$Mg(OH)_2$	9×10^{-12}	$Cu(OH)_2$	6×10^{-20}
$BaCO_3$	8.1×10^{-9}	ZnS	1×10^{-23}
$BaSO_4$	1×10^{-10}	$Al(OH)_2$	1×10^{-33}
$BaCrO_4$	1×10^{-10}	$Ca(OH)_2$	1×10^{-6}
$PbCl_2$	1.7×10^{-5}		
PbI_2	8×10^{-9}		

المراجع

المراجـــــع

1- ((**الكيمياء الهندسية**))

د . محمود عمر عبد الله – جامعة البصرة 1999.

2- ((**الصناعات الكيميائية التجارية**))

مهندس عبد الكريم درويش – دار المعرفة – دمشق 2004 .

3- ((**كيمياء المهندسين**))

كار تميل – ترجمة د. ثروت صالح – جامعة الموصل 2001 .

4- ((**الكيمياء في الهندسة**))

لومير مونرو – نرنتس هول – نيوجيرسي 2005 .

5- ((**الكيمياء الصناعية**))

د. عزيز أمين – جامعة بغداد 1990 .

6- ((**مبادئ الكيمياء الصناعية**))

كريس كلاوسن – ترجمة د . عزيز أمين – جامعة بغداد 1995 .

7- ((**أسس الكيمياء الصناعية**))

أ.د. محمد مجدي واصل – دار الفجر للنشر والتوزيع – القاهرة 2005 م .

8- ((أسس الكيمياء الغروية))

أ.د. محمد مجدي واصل – مجموعة النيل العربية – القاهرة 2006 م .

9- ((**كيمياء البوليمرات**))

أ.د. محمد مجدي واصل – دار الفجر للنشر والتوزيع – القاهرة 2005 م .

10- ((**مبادئ الكيمياء العامة**))

أ.د. محمد مجدي واصل – دار الفجر للنشر والتوزيع – القاهرة 2004 م .

11- ((**أسس الكيمياء الإشعاعية**))

أ.د. محمد مجدي واصل – دار طيبة للنشر والتوزيع – القاهرة 2007 م .

12- ((**أسس كيمياء السطوح**))

أ.د. محمد مجدي واصل– الأكادمية الحديثة للكتاب الجامعي– القاهرة 2007 م

13- ((**مبادئ الكيمياء الحفزية**))

أ.د. محمد مجدي واصل– الأكادمية الحديثة للكتاب الجامعي– القاهرة 2007 م

14- ((**أسس الكيمياء التحليلية**))

أ.د. محمد مجدي واصل – دار الفجر للنشر والتوزيع – القاهرة 2005 م .

15- ((**أساسيات كيمياء العناصر**))

أ.د. محمد مجدي واصل – دار طيبة للنشر والتوزيع – القاهرة 2006 م .

16- ((**أسس كيمياء المركبات التناسقية**))

أ.د. محمد مجدي واصل – دار طيبة للنشر والتوزيع – القاهرة 2008 م .

17- ((**الكيمياء الفيزيائية العملية**))

أ.د. محمد مجدي واصل – دار النشر للجامعات – القاهرة 2008 م .

18- ((**أسس الكيمياء الحركية**))

أ.د. محمد مجدي واصل – دار طيبة للنشر والتوزيع – القاهرة 2006 م .

19- ((**أسس الكيمياء الكهربية**))

أ.د. محمد مجدي واصل – دار طيبة للنشر والتوزيع – القاهرة 2007 م .

20- ((**أسس كيمياء العناصر الانتقالية**))

أ.د. محمد مجدي واصل – دار طيبة للنشر والتوزيع – القاهرة 2008 م .