الفصل الثالث

الماء يدرأ H_2O

استعمالاته فى الاغراض الصناعية

إن الماء المستعمل للاغراض العادية والصناعية يصحبه بعض المشاكل . ويهم المهندس أن يعرف مصادر الماء وطرق فحصه وتنقيته ويختلف الماء المستعمل لأغراض الشرب العادية عن المستعمل فى الأغراض الصناعية . لذلك فان تحديد مصدر الماء له أهميته في إختيار مواقع المصانع فمثلا :

١ ـ يتعين جعل الماء يسراً المعد لإستعماله فى دور الغسيل تفاديا من الإسراف فى إستعمال الصابون .

٢ ـ يتعين جعل الماء يسراً المعد لاستعماله فى القزانات (الغلايات) لمنع رواسب كبريتات الكالسيوم و كربونات الكالسيوم على جدران القزانات .

٣ ـ تتطلب مصانع الورق خلو الماء من الحديد لما يحدثه من البقع على الورق كما يتعين تفادى كل زيادة في أملاح الكالسيوم والمغنسيوم .

٤ ـ يتعين تجنب إستعمال الماء المحتوى على الكبريتات والقلويات والكربونات والنترات والبكتريا في مصانع تكرير السكر لاستعماله فى بلورة السكر حتى لا يكون متميعا ولا يتحلل أثناء وجوده فى المخازن .

٥ ـ تحتاج المخابز إلى ماء صالح للشرب محتوى على حد أدنى من المواد العضوية التى يمكن أن تؤثر على الخميرة .

٦ — والماء الذى يستعمل فى الصباغة يتعين خلوه من الحديد واحتوائه على قليل من العسر تفاديا من تكون يقع غير قابلة للذوبان من شأنها أن تضفى على المنسوجات ظلالا من الألوان غير نظيفه وغالبا ما تلوثها .

٧ — تحتاج مصانع الصوف والقطن إلى ماء يسر للغاية تفاديا من الاسراف فى كمية الصوف بغير جدوى فى غسيل الغزل .

تأثير الماء على الصخور والمعدنيات :

١ — تذوب بعض الصخور والمعدنيات فى المـاء مثل كلوريد الصوديوم والجبس .

٢ — تتميأ بعض المعدنيات في الماء مثل الجبس اللاماثى حيث يتحول إلى جبس كا كب ا$_{٤}$ ، ٢ يد$_{٢}$ ا مع تمـــدد — وكذلك الاوليفين يتحول إلى سربنتين مع زيادة فى الحجم .

٣ — الاكسجين الذائب فى المـــاء يؤكسد مع تميأ لبعض الأكاسيد Oxidation and hydration فمثلا أكسيد الحـديد الماجنتيت ح$_{٣}$ ا$_{٤}$ يتأكسد إلى أكسيد الحديديك الأحمر ح$_{٢}$ ا$_{٣}$ مـع وجود المـاء يتحول إلى الليمونيت ٣ ح$_{٢}$ ا$_{٣}$. ٢ يد$_{٢}$ ا .

كذلك كبريتور الحديد ح كب$_{٢}$ الذى يوجد عادة فى الطينات بتأكسد مع التحليل مكونا كبريتات الحديدوز .

$$2\,FeS_2 + 7\,O_2 + 2\,H_2O = 2\,FeSO_4 + 2\,H_2SO_4$$

٤ — ثانى أكسيد الكربون الذائب في الماء .

يحول الكربونات غير الذائبة إلى بيكربونات مثل كربونات الكالسيوم

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2$$

وكذلك بعض أنواع السلكات تتحلل بواسطة ثانى أكسيدالكربون مثل الفلسبار البوتاسيومى يتحول إلى طينات .

$$K_2O, Al_2O_3\ 6\ SiO_2 + 2\ H_2O + CO_2 = Al_2O_3 .$$
$$2\ SiO_2 . 2\ H_2O. + K_2CO_3 + 4\ Si . O_2 .$$

الماء العسر Hard water

يقال عن الماء أنه عسر عندما يتفاعل مع الصابون ليكون راسب أبيض Scum دون أن يحدث رغوة بسهولة ـ وهذه خاصية الماء المحتوى على أملاح الكالسيوم والمغنسيوم. ويكون الماء يسرا عندما يكون مع الصابون رغوة سهلة ويتكون الصابون من املاح الصوديوم او البوتاسيوم المستمدة من احماض عضوية معينة مشتقة من الدهون (احمـــاض دهنية) مثل حمض ستريك Stear c acid وحمض الباليتيك Palmitie acid وحمض الأوليك Oleic acid

ان الصابون فى الماء (بسبب وجود الأملاح الذائبة فى الماء) يخفض من الشدالسطحى Surface tension للماء وعلى ذلك يكسب المحلول خاصية تحويل الدهن إلى مستحلب وتكسير جزئيات الشوائب. والماء المصبن سرعان مايكون رغوة وبذلك تميل جزئيات الشوائب والشحم فى التراكم فى السائل

اما الراسب الأبيض الذى تكون عند تفاعل الماء العسر مع الصـابون فهو عبارة عن املاح الكالسيوم والمغنسيوم والحديد للاحماض الدهنية عندما تتفاعل سيترات او باليمنات او اوليات الصوديوم والبوتاسيوم (الصابون) مع املاح الكالسيوم الذائبة فى العسر طبقا للمعادلة الآتية :

Sodium Stesrate + Calcium bicarbonate = Calcium Stearate + Sodium bicarbonate.

هذه الأملاح غير القابلة للذوبان تمنع وتوقف رغوة المـــاء ، ومن ثم كان من الواضح عدم ملاءمة الماء العسر لأغراض الغسيل لأنه ريثما يزول الكالسيوم في الماء بتفاعله مع الصابون لا يكون ثمة بقية للأخير في المحلول فيفقد وظيفته كمنظف ومعنى ذلك ان الماء العسر يفضى الى اسراف شديد فى الصابون .

العسر Hardness

يعرف عادة بأنه الخاصية المانعة لتكوين الرغوة مع الصـابون إذ يتكون بدلا منها رواسب متجنبة غيرقابلة للذوبان وهذه الرواسب المتجنبة هى املاح الكالسيوم المشتقة من حامض الاستياريك أو المركبات المماثلة .

العسر نوعان :

١ – **عسر مؤقت :** Temporary hardness ويعرف بأنه العسر الممكن إزالته بالغليان .

ا ـ أسبابه :

١ – وجود بيكربونات الكالسيوم كا (يد ك ا ٣)٢ الذائبة ، وإلى درجة أقل من بيكربونات المغنسيوم ما (يد ك ا ٣)٢ وفى المناطق التى توجد بهـا صخور كربونات الكالسيوم كالطباشير والحجر الجيرى يذوب ثانى أكسيد الكربون (ك ا ٢) الموجود فى الجو فى الماء ويحول المحلول الذى به كربونات الكالسيوم الى بيكربونات الكالسيوم التى تذوب .

$$Ca\ C_{O_3} + H_2\ O + C\ O_2 = Ca\ (\ H\ CO_3\ )_2$$

Insolube — Soluble

٢ ـ وجود بيكربونات الحديد ح (يد ك ا٣)٢ مشتق مع كربونات الحديد ح ك ا٣ التي تذوب في الماء المحتوى على ثاني أكسيد الكربون ليكون بيكربونات الحديد وهذا الأخير يترسب على شكل ايدركسيد حديد مائي يلتصق بالمنسوجات ويتخلف عنه الحديد :

ب – ازالته :

١ — الغليان : تتحلل البيكربونات ، تترسب الكربونات العادية

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

وتستعمل هذه الطريقة في إزالة العسر للاستعمالات العادية ، لا تستعمل هذه الطريقة في الغلايات لأنها تترك طبقة على جدران الغلايات .

٢ ـ اضافة صودا الغسيل او ايدركسيد الامونيوم

$$Ca(HCO_3)_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 + 2NaHCO_3$$
$$Ca(HCO_3)_2 + 2NH_4OH \longrightarrow CaCO_3 + (NH_4)_2CO_3 + N_2O$$

تستعمل هذه الطرق لازالة العسر في الاستعمالات العادية ولكنها لا تستعمل في الأغراض الصناعية كتنقية المياه للشرب لأنها طريقة غالية الثمن .

٣ ـ اضافة ايدركسيد الكالسيوم تضاف منه الكمية اللازمة بالضبط فحسب لأن المزيد من الجير يسبب عسرا أشد مما كان عليه سابقا .

$$Ca(HCO)_2 + Ca(OH_2) = 2\ CaCO_3 + 2H_2O$$
$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 + 2\ CaCO_3 + 2H_2O$$

٤ – الطريقة التبادلية للايونات (البرميوتيت) Permutite process

وفيها يسمح للماء بأن يمر على سلكات الالومنيوم والصوديوم المائية المحببة كالآتي :

Sodium — aluminium silicate + Calcium bicarbonate =
Calcium – aluminium silicate + Sodium bicarbonate
Calcium – aluminium silicate + sodium chloride =
Sodium – aluminium silicate + Calcium chloride

وفائدة استعمال هذه الطريقة هو :

١ ـ تعطى ماء خال من العسر تماما

٢ ـ سهلة الاستعمال .

٣ ـ تحتاج إلى مساحة بسيطة .

٤ ـ تستعمل فى درجات الحرارة العادية .

٥ ـ لا تكون رواسب .

٢ ـ عسر دائم : Permanent Hirdnass

يعرف بأنه العسر الذى لا يمكن التخلص منه بالغليان .

أ) أسبابه :

وجود كبريتات الكالسيوم (كا كب ا٤) وكلوريد الكالسيوم (كا كل٢) الذائبة . وبدرجة أقل إلى ما يقابله من مركبات المغنسيوم وكذلك سلكات هذه المعادن .

ب) ازالته :

لا يمكن التخلص من العسر الدائم بالغليان ولاباضافة الجير أوايدروكسيد الأمونيوم لان مثل هذه الطرق لا تعمل على ترسيب الكالسيوم والمغنسيوم وانما يكون التخلص منه كالآتى :

١ ـ صودا الغسيل Washing Soda ص٢ ك ا٣ . ١٠ بد٢ ا

$$Ca\ So_4 + Na_2\ Co_3 = Ca\ Co_3 + Na_2\ So_4$$
$$Mg\ So_4 + Na_2\ Co_3 = Mg\ Co_3 + Na_2\ So^4$$
$$Mg\ cl_2 + Na_3\ Co_3 = Mg\ Co_3 + 2Na\ cl$$

٢ ـ طريقة البرميوتيت :

كا كب ا$_4$ + سلكات الصوديوم والالومنيوم المائيـــة = سلكات الكالسيوم والالومنيوم المائيـة + ص$_2$ كب ا$_4$

٣ ـ مخلوط من كربونات الصوديوم وايدروكسيد الصوديوم (بدلا من ايدروكسيد الكالسيوم) ولمساعدة ترسيب الراسب وخصوصا عند وجود املاح المغنسيوم يضاف عادة الومينـات الصوديوم ص لو ا$_2$. وهذا الأخـير يساعد فى إزالة العسر الناتج من السلكات بترسيبها .

٤ ـ سادس ميتا فوسفات الصوديوم (ص فوا$_3$)$_6$ Sodium hexa meta phosphate $(Na\ PO_3)_6$ وهى ترسب الكالسيوم على شكل فوسفات الكالسيوم كا$_3$ (فو ا$_4$)$_2$ غـير الذاتيـة بدون الحصول على ايدروكسيد الصوديوم فى النواتج وتستعمل في إزالة العسر فى الغلايات ودور الغسيل .

$$5\ Ca\ SO_4 + 6\ Na\ PO_3 + 6\ H_2O = 3\ Ca_3\ (PO_4)_2 + 3\ Na_2\ SO_4$$

وكذلك المغنسيوم يترسب على شكل فوسفات المغنسيوم وايدروكسيد .

المغنسيوم :

درجة العسر . يعبر عن عسر الماء بدرجات كل منها تمثل جزء من كربونات الكالسيوم كا ك ا$_3$ او ما يعـادله من املاح الكالسيوم والمغنسيوم فى مائة الف جزء من الماء .

وبالاضافة إلى الأملاح التى تسبب الماء العسر . توجد كميات مختلفة من املاح الصوديوم ، الحديد واكسيد السليكون واكسيد الالومنيوم .

ويوجد بجانب ذلك مواد معلقة غير عضوية مثل الطينات وعضوية مثل المواد النباتية والحيوانية ومواد ملونة وبعض الغازات الذائبة فى الماء مثل ثانى اكسيد الكربون والاكسجين وكبريتور الأيدروجين .

يمكن تلخيص الشوائب الموجودة فى الماء إلى ما يلى :

١ — املاح لا يمكن إزالتها بالترسيب او الترشيح وهى تكون معظم الشوائب الموجودة فى الماء الطبيعى . هى املاح بيكربونات وكبريتات وكلوريدات الكالسيوم والمغنسيوم وكلوريد وكبريتات الصوديوم وهى التى تسبب كل الاضرار الناتجة من استعمال الماء للاغراض الصناعية واملاح عضوية

٢ — مواد غروية ولها خاصية الالتصاق على سطوح المـــواد المرسبة ولازالة هذه المواد تستعمل مواد مجمعة مثل ايدروكسيد الالومنيوم .

٣ — مواد معلقة التى يمكن إزالتها بالترشيح .

٤ — غازات ذائبة وتنقسم إلى قسمين :

ا) غازات ذوبانها يقل بارتفاع درجة الحرارة وهذه يمكن إزالتها بالتسخين.

ب) غازات تحتاج إلى معاملات كيميائية مثل الغـــازات الحامضية التى يمكن معادلتها بأكسيد الكالسيوم او كربونات الصوديوم .

٥ — البكتريا والجراثيم وكمية الشوائب الموجودة فى الماء او مقدار ما تحتويه هو الذى يحدد استعمال الماء الخام بدون ضرر .

تنقية مياه الشرب أو مواد المياه فى المدن :

Purification of drinking water or of town supply

لا يصلح للاغراض الخاصة بموارد مياه المدن الماء النقى كيماويا فلا هو ممكن الحصول عليه ولا هو مرغوب فيه . وإنما المطلوب هوالماء الخالى من أية شوائب تجعل الماء مضرا بالصحة . ان الماء المأخوذ من آبار عميقة لايحتاج إلى تنقية ، اما الماء المأخوذ من الآبار والانهار الضحلة (غير العميقة) فلا يصلح للشرب دون معالجة إذ يكون ملوثا بما تحمله المجارى وبمواد عضوية متحللة. وقد تحمل هذه جراثيم الكوليرا والتيفود وغيرها واهم المواد التى وجدت ذائبة فى الانهار هى :

١ — بيكربونات الكالسيوم واحيانا المغنسيوم .

٢ — كبريتات واحيانا كلوريد المعادن السابقة .

ولم يعرف عن العسر انه ضار بماء الشرب ولكن وجود البيكربونات يجعل للماء في الواقع مذاقا مستساغا ويمنع تآكل الأنابيب الرصاصية .

واكثر الطرق شيوعا لتنقية المياه المعدة للشرب وللأغراض المنزليه هى طريقة الترسيب فى خزانات كبيرة على ان يتبع ذلك بالترشيح خلال طبقات من الرمل وهو ما يسمى الترشيح فى مرشحات رملية والمرشحات الرملية بطيئة فينتج ماء صاف نقى والمهم هنا إزالة المواد الصلبة الكبيرة من الرمل وغسيله واستعماله مرة اخرى ولذلك نجد انها لا تزيل الموادالغروية والبكتريا ولكن تزال هذه المواد عند معاملة الماء بالكيماويات .

وهناك انواع اخرى من المرشحات السريعة مثل :

Rapid pressure filter, Rapid gravity filteration

وفوائد هذه المرشحات هي سهولة الكشف عليها وعملية الترشيح لاتتـــأثر بتغير الضغط وممكن بناؤها بخرســانة مسلحة بثمن رخيص وهذه المرشحات تستعمل فيها الكوراتز الذى له حجم معين مسلسل ثم جمع الترشيح بسرعة على طبقة من الرمل ويغسل بالتقليب بهواء مضغوط أو ميكانيكياً ثم غسله بماء نقى. وتتم عملية الترميم الترسيب بازالة معظم المواد المعلقة وبعض الأجسام العضوية. وغالباً مايمزج الماء قبل ترشيحه بالكميات اللازمة من المواد المروية مثل كبريتات الألومنيوم الشبه أو أية مواد كيميائية أخرى يعتمد فى إختيارها إلى حد كبير على طبيعة الماء ، فكبريتات الألومنيوم تتفـــاعل مع بيكربونات الكالسيوم فتكون أيدروكسيد الالومنيوم غير الذائب، وهذا الاخير يرسب حاملا معه الجزئيات الغروية المعلقة التى لا يتسنى إزالتها بالترشيح بالرمل حسب المعادلة والغرض من هذه المواد هو إزالة مواد معينة مذابة وكذلك الشأن بالنسبه للمواد المعلقة التى لا يسهل التخلص منها بطريق الترسيب أو بطريق الترشيح كالبكتريا وأنواع الطينا ـ الناعمة.

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(HCO_3)_2 = Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 6CO_2$$

تأثير المدووب : ايدروكسيد الالومنيوم المترسب يأخـذ معه المواد الغروية المعلقة بعدة طرق :

١ ـ إدمصاص m Ads ; المواد الغروية على ايدروكسيد الالومنيوم .

٢ـ تبادل الشحنة الموجودة للمواد الغروية بالشحنة السالبة الناتجة من ايدروكسيد الالومنيوم المترسبة اولا والنتيجـة ان ايدروكسيد الالومنيوم يترسب ومعه المواد الغروية بشكل يمكن فصلهم بالترشيح وتجرى إزالة هـذه المواد من المـاء على نطاق واسـع بطريقة الجير وطريقـة البرموينت ولكن كربونات

الصوديوم وايدروكسيد الصوديوم لا يستعملان لأن كبريتات الصوديوم وكربوناته يبقيان فى المحلول كنواتج التفاعل :

$$Ca\,So_4 + Na_2\,Co_3 = \downarrow Ca\,Co_3 + Na_2\,So_4$$

$$Ca(H\,CO_3)_2 + 3\,Na\,oH = \downarrow Ca\,CO_3 + No_3\,(O_3 + 2H\,o$$

وغالبا ما يتعين بعد الترسيب تكرير المياه لقتل البكتريا وتسمى عملية التعقيم ويستعمل فى ذلك أثر بسيط من العوامل المؤكسدة مثـــل الكلور (كل٢) والأوزون (أ٣) .

تنقية الماء للاغراض العلمية :

Purification of water for Scientific purposes

١ ــ ماء مقطر ذو درجة نقاء عالية .

٢ ــ ماء نقى على درجة كبيرة جدا من النقاء يستخدم فى قياسات التوصيل للكهرباء ويعرف بماء التوصيل Conductivity water

١ ــ فالماء النقى المطلوب للاغراض الكيميائية يحضر بتقطيره : وهذا الماء على درجة كافية من النقاء بحيث يصلح لكافة الأغراض الكيميائية العادية إلا أنه يحتوى على آثار من الاملاح وعلى غازات ذائبة أهمها النوشادر وثانى أكسيد الكربون .

٢ ــ وثمة أيضا ماء انقى يحضر بازالة المواد العضوية النتروجية التى يتسرب منها آثار من النوشادر عند التقطير وذلك بتمرير غاز الكلور فى ماء مغلى مقطر لمدة نصف ساعة ويخرج الكلور بالغليان ويضاف اليه برمنجنات البوتاسيوم

وايدروكسيد بوتاسيوم ويقطر الماء باستعمال مكثف القصدير ويجمع الماء النقى في قوارير زجاجية بعد تعريضها للبخار ومعالجتها مرار بالماء لإزالة كافة القلويات الذائبة .

ولا يزال الماء المحضر بهذه الطريقة يحتوى على بعض الغازات كشوائب مثل ثانى اكسيد الكربون (CO_2) ويمكن التخلص من الأخير وإزالته باجراء عملية التقطير في جو من الهواء خال من ثانى اكسيد الكربون (بتعريض الهواء للجير) ويمكن أيضا الحصول على ماء نقى جدا بطريقة التبريد للماء المقطر وجمع الثلج المتكون وتبقى المواد الذائبة فى الماء الذى لم يتجمد .

استعمال الماء فى غلايات البخار (المولد البخارى) :

Water for steam generator :

وعندما تكون الحاجة ماسة إلى البخار ، يتم ذلك فى غلايات كبيرة يغلى فيها الماء بصورة مستمرة ويسخن البخار منها وتتعرض الغلايات إلى ما يأتى :

١ ـ الصدأ (التآكل) Corrosion

٢ ـ تكون القشور Scale formation

٣ ـ نوع من التآكل (الصدأ فى وجود القاعدة) Embrittlement

٤ ـ الزبد (الرغوة) Foaming

ومن أهم الشوائب التى توجد عادة في المياه الداخلة فى الغلايات المواد المسببه للعسر فضلا عن الغازات والزيوت والشحوم .

١ ـ الغازات : هذه الغازات من الأهمية بمكان لأنها منشطة للتآكل او الصدأ .

وأهم هذه الغـازات الاكسجين وثانى أكسيد الكربون ويمكن تقليلها بالطرق الطبيعية برفع درجة الحرارة والضغط المنخفض وبالطرق الكيميائيـة بامرار الماء على خراطة حديد واضافة كبريتيت الصوديوم حيث يتم التفاعل الآتى :

$$2\ Fe\ (OH)_3 + H_2O + O_2 \longrightarrow 2\ Fe\ (OH)_3$$
$$2\ Na_2\ SO_3 + O_2 \longrightarrow 2\ Na_2\ SO_4$$

ويصدأ وبذلك تتخلص من الاكسجين وبعد ذلك يمكن التخلص من هذا الصدأ وكذلك يمكن التخلص من ثانى أكسيد الكربون بالطرق المتبعـة فى تيسير الماء .

والاكسجين هو السبب الاول فى عمليـة التآكل في الغـلاية ولذلك يجب إزالة الهواء الذائب وذلك بواسطه الغليان للماء فنجد أن ذوبان الاكسجين فى الماء حوالى ٧سم^3 لكل لتر فى درجة ٢٠° ويقل هذا الذوبان لدرجة أنه يصبح صفر فى الماء المغلى وهناك صدأ نتيجة تحليل نتيجة الزيوت الدهنية Fatty oils وبعض المواد العضوية مكونة مواد حامضية ويمكن إزالتها (الزيوت الدهنية) بطريقة التجمع والترشيح باضافة مواد قلوية .

٢ — الزيوت أوالشحوم : ان وجودالزيوت أوالشحوم ضار الى أقصى حد لأنها تكون طبقة زيتية على سطح المعدن تعمل على رفع درجةالحرارة وقد تؤدى الى الانفجار فضلا عن تعطيل كفاية نقل الحرارة تعطيـلا تاما ويزال الزيت بوسائل ميكانيكية .

٣ — العسر : مؤقت ودائم .

ان الاعتراض المهم على وجود الأملاح المسببة لعسر المياه المغذية للغلايات

وجود املاح كلوريد المغنسيوم فى المـاء ونظرا لأن الحـرارة والضغط يحولان كلوريد المغنسيوم إلى ايدركسيدالمغنسيوم وحمض الكلورديك،والأخير يتفاعل مع الحديد مكونا كلوريد الحديد الذى تكون مرة أخرى ايدركسيد والأخير يتفاعل من الحديد مكونا كلوريد الحديد الذى يتحول إلى ايدركسيد الحديد وحمض الكلورديك مرة أخرى . ويمكن للكبريتات المغنسيوم أيضا أن تتحول إلى حمض الكبرتيك وعلى العموم فان أملاح الكالسيوم لا تسبب صدأ. ولكن تكون قشورا على جدار الغلايات ، وتسبب كبريتـــات الكالسيوم وسلكات المغنسيوم والكالسيوم قشورا صلبة متماسكة ملتصقة إلتصاقا تاما بجدار الغلايات . وسبب ذلك هو ان قابلية الذوبان لكبريتات الكالسيوم تقل بارتفاع الحرارة ولذلك كان أول مايحدث التشبع فى اشد موضع حرارة وهو الملامس للمعدن ويتكون هناك طبقة متبلرة متماسكة ويتوقف طبيعة القشور على نوع العسر الموجود : واما كربونات الكالسيوم وايدروكسيد المغنسيوم فترسب فى داخل السائل وهذا ما يفسر عدم تكون قشرة متماسكة وذلك لأن ذوبانها يزداد بارتفاع درجـة الحرارة . ولذلك فان حالة التشبع تكون فى كتلة الماء نفسها قبل ان تصل إلى السطح وعلى ذلك تترسب على شكل حبيبات معلقـة فى الماء .

وينطوى تكوين هذه القشور على العيوب الآتية :

١ ـ ان هذه الطبقة المتكونة موصل ردىء للحرارة إلى الماء فى داخل الغلاية ولذلك تعمل عمل العازل ومن ثم فان الحرارة تذهب هباء وتقل كفاية الغلاية وهذه الطبقة الرديئة التوصيل بين الماء والمعدن تعنى ان المعدن لم يبرد بمجاورته للماء ومن ثم يمكن ان ترتفع حرارته فائقة الارتفاع وهو ما يؤدى إلى سرعة استهلاك الغلاية مما افضى فى ظروف كثيرة إلى حدوث انفجارات. وخصوصا فى الغلايات الحديثة التى تستعمل فيها الضغوط العالية ودرجة الحرارة العالية .

٢ — لهذه القشور والمعدن درجات تمـدد وتقلص متبـاينة بالحرارة فاذا انخفض مستوى الماء فى الغلاية وسال فيه ماء بارد فقد تنشق القشرة وينساب الماء البارد فى الشقوق فيقابل معدن الغلاية البالغ الحرارة وربما افضى إلى احتراق الغلاية .

٣ — قد يحدث ايضاً ان تسبب الرواسب انسداد انابيب التغذيه بالمياه تدريجيا وتسبب انفجارات الغلاية .

كذلك عسر الماء يسبب صدأ الغلايات وذلك لورود بعض الأملاح مثل كلوريد المغنسيوم وكبريتاته التى يسبب وجودها مع الماء حامض ويتآكل الحديد وهذه تسبب نقاط ضعيفه فى الجدار وتؤدى هذه الى انفجار الغلاية .

٤ — الزبد (الرغوة) : ان الماء العسر لا يحـدث القشور فحسب وانما يحدث الزبد ايضا . ومعظم الطرق المستعملة فى تيسير الماء ينتج عنهـا تكون ص٢ كب ا٤ ، ص كل وغيرها من الاملاح المماثلة القابلة للذوبان . وتأخذ الأملاح الذائبة فى الزيادة فى المحلول إلى ان يتشبع ثم تبدأ فى الترسيب ولعدم حدوث ذلك يؤخذ جزء من هذا الخبث واحلال مكانه ماء نقى والحـالات الآتيـة تؤثر على تكوين الرغوة فى الغلاية وتحديد اكبر تركيز التى يسمح للغلاية لكى تعمل .

١ — تصميم الغلاية .

٢ — طبيعة الحمولة من الماء من تكون البخار فجأة .

٣ — تركيب الماء الداخل للغلاية من حيث وجود المواد غير العضوية والعضوية .

يتعين دائما ان يكون ثمة تقدير دقيق لتركيب اية مياه معدة للاستعمال فى

الغلاية أما إذا كانت الشوائب المتخلفة التى تكون القشور لا تتجاوز ١٨٠ جزء في المليون فيمكن مباشرة المعالجة فى نفس الغلاية أى معالجة داخلية.

١ ـ **المعالجة الداخلية** : للحيلولة دون تكون طبقة متماسكة فى داخل الغلايات

١ ـ كربونات الصوديوم وتؤدى الى رسوب الاملاح بصورة غير متماسكة أى كربونات الكالسيوم.

$$Ca\ cl_2 + Na_2\ Co_3 = \downarrow Ca\ Co_3 + Na\ cl$$

$$Ca\ SO_4 + Na_2\ Co_3 = \downarrow Ca\ CO_3 + Na_2\ So_4$$

$$Mg\ So_4 + Na_2\ Co_3 = Mg\ Co_3 + Na_2\ So_4$$

٢ ـ أيدركسيد الكالسيوم كا (أيد)$_2$ يستعمل أحياناً لإزالة العسر . فاذا كانت ثمة أملاح المغنسيوم فانها ترسب على شكل أيدركسيد ما (أيد)$_2$ وهذه مماثلة لكربونات الكالسيوم كالك أ$_2$ لاتكون قشرة صلبة.

$$Ca\ [Hco_3]_2 + Ca\ [oH]_2 = \downarrow 2\ Ca\ CO_3 + 2H_2o$$

$$Mg[Hco_3]_2 + 2Ca[oH]_2 = \downarrow Mg\ [oH]_2 + 2Ca\ C_{O3} + 2H_2o$$

$$Mg\ CO_3 + Ca\ [oH]_2 = \downarrow Mg\ [oH]_2 + Ca\ CO_3$$

$$Mg\ cl_2 + Ca\ [oH]_2 = \downarrow Mg\ [oH]_2 + Ca\ cl_2$$

$$Mg\ SO_4 + Ca\ [oH]_2 + Na_2\ Co_3 = Mg\ [oH]_2 + Ca\ Co_3 + Na_2SO_4$$

٣ ـ أيدروكسيد الصوديوم ولو أنها تمنع ترسيب سلكات المغنسيوم ولكنها مقنعة فى منع قشور كبريتات الكالسيوم إلا أن أيدركسيد الكالسيوم تذوب بكثرة وفى بعض الأحيان تترسب على شكل قشور متماسكة فى جدار الغلاية

$$Mg\ SO_4 + 2\ Na\ OH = Na_2\ SO_4 + Mg\ [OH]_2$$
$$Ca\ [HCo_3]_2 + 2Na\ oH = Ca\ Co_3 + Na_2\ Co_3 + H_2O$$
$$Ca\ SO_4 + Na_2\ Co_3 = Ca\ Co_3 + Na_2\ SO_4$$

٤ ــ وكثيرا ما يستعمل الجرافيت ويبدو أن له مفعولا طبيعيا فهو يخترق القشور التى تغدو بذلك لينة فتسهل إزالتها .

ب ــ **المعالجة الخارجية** : هذه الطريقة هى المجدية ويمكن استخدامها فيما يلى:

١ ــ فالتسخين يستخدم فى إزالة العسر المؤقت حيث يتحلل البيكربونات إلى كربونات .

٢ ــ يضاف الجير بكمية محددة حسابيا لازالة العسر المؤقت .

٣ ــ كربونات الصوديوم لازالة عسر الماء بنوعيه .

٤ ــ الجير وكربونات الصوديوم ويستعمل أحيانا ايدروكسيدالصوديوم بدلا من الجير لإزالة العسر الدائم .

٥ ــ فنجد ان ايدركسيدالكالسيوم يزيل العسرالمؤقت، يحول بيكربونات الكالسيوم إلى كربونات الكالسيوم وبيكربونات المغنسيوم إلى ايدروكسيد المغنسيوم ونجد كربونات الصوديوم تزيل العسر الدائم ويمكن تحسين هـذه الطريقة وزيادة كفاءتها باضافة كميات صغيرة من المونات الصوديوم لأنهـا تزيد من سرعة التفاعل ويزداد الترسيب .

$$Na\ Al\ O_2 + H_2O \longrightarrow Na\ OH + Al\ (oH)_3$$
$$2Na\ OH + Ca\ (H\ Co_3)_2 \longrightarrow Ca\ Co_3 + Na_2\ Co_3 + H_2O$$
$$2\ Na\ OH + Mg\ So_4 \longrightarrow Mg\ (OH_2 + Na2\ So_4$$
$$Na_2\ Co_3 + Ca\ So_4 \longrightarrow Ca\ CO_3 + Na_2\ So_4$$
$$Ca(HCo_3)_2 + Na_2Al_2\ o_4 \longrightarrow Ca\ Al_2O_4 + Na_2C\bar{o}_3 + Co_2 + H_2o$$
$$Mg\ SO_4 + Na_2Al_2\ o_4 \longrightarrow Mg\ Al_2\ o_4 + Na_2\ SO_4$$

ولذلك تقـلل من استعمال ايدروكسيد الكالسيوم ويضـاف أولا المونات الصوديوم ثم الجير ثم الصودا .

٥ ـ الطريقة التبادلية للايونات برمبونيث (زيوليت Natural Zeolite) للتخلص من العسر بنوعيه .

٦ ـ سادس ميتا فوسفات الصوديوم (لإزالة العسر الدائم) .

التآكل (الصدأ في وجوه القاعدة) Embrittlement

هو أحد أشكال التآكل أو الصدأ ويظهر بحدوث تشققات دقيقة تبدأ عادة في ثقوب البرشمة ومن شأنها ان تضعف المعدن إلى حد بعيد .

اسبابه :

قد يكون وجود مزيد من كربونات الصوديوم صالحا محـلا للاعتراض فالتحلل باضافة الماء ينشأ عن تكوين ايدركسيد الصوديوم الذى يحتمل أن يؤدى إلى صدأ خطير فى المعدن وتفاديا من التركيز غير الضرورى لكربونات الصـوديوم وفى الوقت نفسـه دون تكوين قشور صلبة من الكبريتات يستعمل سادس ميتا فوسفات الصوديوم .

مسـائل

عينة من الماء تحتوى على العناصر الآتية معبرا عنها بالملليجرام في اللتر :

Ca^{++} 30 , Mg^{++} 10 , Fe^{++} 0.56

أ ـ احساب العسر الكلى للماء معبرا عنه بالملليجرام كربونات كالسيوم في اللتر .

ب ـ إذا كان ثمن الطن من أكسيد الكالسيوم النقى ٨ جنيهات فأحسب تكاليف إزالة العسر لعشرة آلاف لتر من الماء (Mg = 24.Fe = 56,Ca=40)

الحـل

Ca^{++}	$\equiv CaCo_3$	Mg^{++}	$\equiv Ca^{++} \equiv CaCo_3$	Fe^{++}	$\equiv Ca^{++}CaCo_3$
40	100	24	100	65	100
30	?	10	?	0 56	?

Hardness due to $Ca^{++} = 30 \times 100/40 = 75$ mgm $CaCo_3$ / litre

» » » $Mg^{++} = 10 \times 100/24 = 41$ » » » »

» » » $Fe^{++} = 0.56 \times \frac{100}{56} = 1$ » » » »

Total hardness = 117mgm $CaCo_3$/ litre→

b)

1 unit Ca^{++} need 1 CaO

Ca^{++} need	CaO
40	56
30	?

1 » Mg^{++} » 2 »

Mg^{++}	2 Ca O
24	2×65
10	?

1 unit Fe++ need 2 CaO

++	2 CaO
56	2×56
0.56	?

∴ wt. of CaO needed For Ca++ = 30×56 /40 = 42mgm / l

» » » » » Mg++ = 10×112/24 = 46mgm / l

» » » » » Fe++ = 0.56×112/0.56 = 112mgm /l

total wt of CaO needed For 1 litre = 89.12mgm/ l

» » » » » » 10,000 litre = 89.12×10,000

= 89.1,200 mgm

$= \frac{891200}{100}$ gm = 8912 gm

= 8912/1000 = 8.912 kgm

= 0 008912 ton

∴ Price = 0.008912 × 8 = 0.07