Chem. Bilal A. Al-Rifaii الكيميائي بلال عبد الوهاب الرفاعي
مدرب التقنيات الصباغية في الاتحاد العربي للصناعات النسيجية وغرفتي صناعة دمشق وحلب
مشرف على الجوانب التطبيقية بكلية العلوم بجامعة دمشق
دمشق: هاتف: 011 3440538 ، حلب: 021 2262139 ، جوال: 0944 584316، b.rifatex@hotmail.com

وحدات التبادل الشاردي

يُمرر الماء العسر الحاوي شوارد الكالسيوم والمغنيزيوم على مركبات تسمى الزيوليت مثل مادة الأنالسيت ليتم استبدالهما بشوارد أخرى كالصوديوم مانعة حدوث عمليات الترسيب:

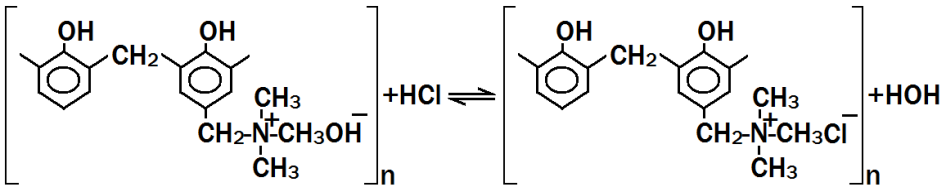
$$Na_2O.Al_2O_3.4SiO_2.2H_2O + Ca^{++} \rightarrow CaO.Al_2O_3.4SiO_2.2H_2O + 2\ Na^{+}$$

وتؤمن هذه الطريقة حصولنا على مياه بدرجة قساوة الصفر، ليبدأ الزيوليت بالتخامد فنعود لتنشيطه بملح الطعام ليعود إلى أصله من جديد:

$$CaO.Al_2O_3.4SiO_2.2H_2O + 2\ NaCl \rightarrow Na_2O.Al_2O_3.4SiO_2.2H_2O + CaCl_2$$

الراتنجات الحديثة: تدخل الأمينات الثنائية العطرية والأمينو- فينولات والأمينات كالفينول في تفاعل تكاثفٍ متعدد مع الفورم ألدهيد بسهولة، ونحصل باعتماد نسب تفاعل ودرجة حموضةٍ معينتين على بوليميرات عالية الوزن الجزيئي وذاتِ تركيبٍ فراغي شبكي، ويكون لهذه البوليميرات شكل حبات الزجاج الأسود أو البني القاتم، غير ذوابة بالماء أو بالمذيبات الأخرى، كما أنها تنتفخ بالماء وبالمحاليل الملحية والحموض.

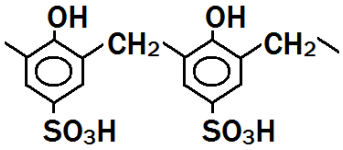
ونظراً لاحتواء هذه المركبات على مجموعتي -NH- و $-NH_2$ القطبيتين وذوات الخواص القلوية فإنهما يشكلان عند انتفاخهما بالماء شاردة هيدروكسيل OH- وشاردة موجبة ضخمة الجزيء وغير قابلة للذوبان ما يجعلنا نعتبرها أسساً ضعيفة ذات وزن جزيئي عالي، وأهم ما يميز هذه البوليميرات قدرتها على الدخول في تفاعل تبادل مع المحاليل الكهرليتية لتكوين أملاح وفق التفاعل التالي:



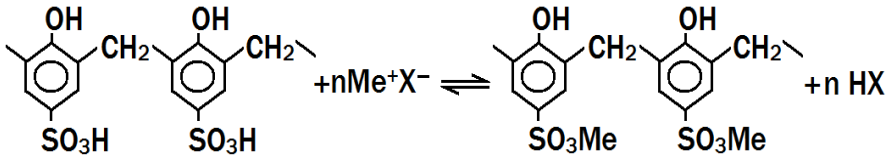
ونتيجة انتفاخ أو انتباج هذا البوليمير بتأثير المحاليل الملحية تزداد سرعة انتشار الشوارد فيه ما يرفع من سرعة التبادل الشاردي برغم عدم ذوبانه حتى يتم التبادل على كامل الوظائف القابلة للتبادل فيه (أي الوصول لحد الإشباع أو استنزاف كامل سعته)، وإذ ذاك نعمد لتجديد الرزين بمعالجته بمحاليل ملحية أو حمضية أو قلوية بحسب طبيعة وظائفه الأساسية كما هو الحال مع الآنالسيت.

ويمكن لهذا البوليمير أن يدخل بتفاعلٍ عكسي مع المحاليل الكهرليتية ما أمكننا أن نعتمدها كمرشحاتٍ للتبادل الشاردي يمكننا معها استخلاص الشوارد من المحاليل الكهرليتية المراد معالجتها أو تنقيتها، ولذلك أُطلِقَ عليها اسم راتنجات التبادل الشاردي، ونجد منها على سبيل المثال راتنج السلفو-بولي فينولات:

راتنج السلفو- بولي فينولات: يتم اصطناع هذا الرزين من تكاثف حمض البارا - فينول - سلفونيك مع الفورم ألدهيد:



وهي حموض عالية الوزن الجزيئي غير ذوابة بالماء ولكنها تنتفخ فيه، وتمتص الشوارد الموجبة من محاليل الأملاح المائية بسهولة وفق التفاعل:



ويمكننا بعد هذه المرحلة استخلاص الأملاح نقيةً بمعالجة الملح البوليميري المتشكل بالحموض، وتُسَمى البوليميرات الحاوية مجموعات شاردية حمضية بالكاتيونيات، وعلى مجموعات شاردية سالبة بالأنيونينات، ونرى في الجدول التالي بعضاً منها:

بعض رزينات التبادل الشاردي			
الكاتيونيات		الأنيونيات	
الراتنج	المجموعة الوظيفية	الراتنج	المجموعة الوظيفية
السلفونية	- SO_3H	الأمينات	- NR_2
الكربوكسيلية	- COOH	الأمينات الثانوية	- NHR
الأمينو ثنائية الخلات	- $N(CH_3COO)_2$	مشتقات الأمونيوم الرابعية	- NR_3OH
الفوسفونية	- PO_3H_2	السلفونيوم	- SO_2OH
الفوسفينية	- PO_2H	تبادل الشاردة السالبة مع شارسبات المحلول الملحي كالكلور أوالهيدروكسيل	
تبادل البروتون H^+ بمعدن موجب كشوارد الصوديوم ،الكالسيوم ، المغنيزيوم ...			

سعة تبادل الراتنج: يُعَبَر عن سعة التبادل بعدد مكافئات الشوارد المطلوب عزلها أو استبدالها والتي يمكن لوحدة وزن من الراتنج أن يبادلها حتى وصوله حد الإشباع، وتزداد السعة باحتوائه عدداً أكبر من المجموعات الوظيفية القادرة على التبادل.

مبادئ اختيار الراتنج: يتم اعتماد راتنج معين بعد تحديد كثافته وقدرته أو قابليته على الانتفاخ Swelling capacity وسعة تبادله الاحصائية والكاملة.

4-2-3- تنشيط الراتنج: يبدأ الراتنج بالتشرد بعد انتشار المحلول الملحي إثر انتفاخه وبالتالي بدء عملية التبادل فيما بين شاردة هيدروجين مع شاردة صوديوم أو شاردتي هيدروجين مع شاردة كالسيوم حتى وصولنا لحالة توازن بين الراتنج والمحلول الملحي، وهكذا يتوقف عمل الراتنج كمبادلٍ شاردي ما يضطرنا لإعادة تنشيطه بمعالجته تحت ضغوطٍ متوسطة بمحلول حمضي أو قلوي أو ملحي بحسب طبيعة الراتنج.

الراتنجات المختلطة: تعمد بعض الشركات الصانعة لوحدات المبادلات الشاردية لاعتماد مزيج من الراتنجات الموجبة والسالبة لتحقيق الغاية المشتركة من النوعين في آنٍ معاً، إذ يتم التبادل هنا بالشوارد المعدنية مثل الصوديوم وشوارد الكلور أو الهيدروكسيل...، وعندما يجري التفاعل بكامل الشوارد

الراتنجية تفقد قدرتها على التبادل ما يضطرنا لمعالجتها بمحلول كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) الذي يقوم بتخليصها من كل ما تبادلت به وإعادتها لحالها الأصل لتعود قادرةً على استخلاص الشوارد من المياه المراد معالجتها من جديد.

مواصفات أجهزة التبادل الشاردي: يتم بناء أجهزة التبادل الشاردي وفق مجموعة مواصفات تتضمن عادة النقاط الأهم المبينة في الجدول التالي:

مواصفات أجهزة التبادل الشاردي	
ضغط العمل أو التشغيل الأصغري	كغ / سم^2
ضغط العمل أو التشغيل الأعظمي	كغ / سم^2
الضغط الأعظمي الذي يحتمله الجهاز	كغ / سم^2
استطاعة التحلية أو التدفق الاسمي " كمية الماء المحلى "	م^3 / ساعة
التدفق الأعظمي	م^3 / ساعة
دورة دارة إعادة التنشيط	م^3 / ساعة
حجم الرزين المتشرد في جهاز التحلية	ليتر
درجة حرارة التشغيل الدنيا	درجة مئوية
درجة حرارة التشغيل العليا	درجة مئوية
مواد بناء الجهاز: معدن غير قابل للصدأ	بولي ڤينيل كلوريد PVC
خزان الملح المقاوم لمحاليل الملح عالية التركيز	بولي ايتيلين PE
مواد بناء الصمامات ونظام تشغيلها ومراقبة عملها	
ملاحظة هامة : من الضروري حماية الرزين من التجمد لأنه يسبب تفجر الرزين بفعل تمدد الماء الممتص وبالتالي فقدانه قدرته على التبادل الشاردي والحاجة لاستبداله	