

Vodní hospodářství jaderných energetických zařízení

Chemická úprava vody / aplikace ionexových filtrů

Pochody ÚCHV a CHÚV realizované pomocí ionexových filtrů

- změkčování
- dekarbonizace
- deionizace
- demineralizace

Chemická úprava vody / aplikace ionexových filtrů

Změkčování

- odstraňování iontů Ca^{++} a Mg^{++} , které podmiňují tvrdost vody
- dříve bylo klasickým případem aplikace srážecích postupů
- dnes nejjednodušší a nejpoužívanější aplikace ionexových filtrů (70 – 80% výroby silně kyselého katexu slouží pro změkčování)
- realizuje se prostřednictvím silně kyselého katexu v Na^+ formě → náplň změkčovacího filtru zachytává kationty Ca a Mg a nahrazuje je ekvivalentním množstvím kationtů Na
- upravená voda má stejnou solnost jako voda surová, ale sníženou tvrdost podle reakce:
 - ♦ $2(\text{SO}_3\text{-Na}^+) + \text{Ca}^{++} \rightarrow \text{Ca}(\text{SO}_3)_2 + 2\text{Na}^+$
 - ♦ $2(\text{SO}_3\text{-Na}^+) + \text{Mg}^{++} \rightarrow \text{Mg}(\text{SO}_3)_2 + 2\text{Na}^+$
- reakce silně posunuty vpravo \rightleftharpoons velký rozdíl afinit

Chemická úprava vody / aplikace ionexových filtrů

Změkčování

- regenerace roztokem NaCl
- velký rozdíl afinit = problém → regenerant obtížně vytěsňuje zachycené kationty ⇒ nutnost použít vysoké koncentrace $\approx 200 \text{ g/l}$
- vytěsněné CaCl_2 a MgCl_2 se odvádějí
- vzhledem k velkému rozdílu afinit nejsou tak striktní požadavky na kvalitu zregenerování spodní vrstvy lože ⇒ možnost využívat technicky jednodušší souproutou regeneraci

Chemická úprava vody / aplikace ionexových filtrů

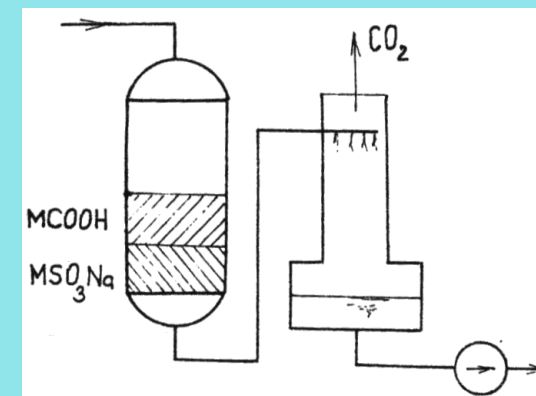
Dekarbonizace

- odstraňuje se HCO_3^- a volný CO_2 .
- dříve řešeno za použití srážecích postupů
- v současnosti možných několik způsobů za využití ionexových filtrů
- anexy – klasická výměna HCO_3^- za OH^-
- další možnost realizace prostřednictvím slabě kyselého karboxylového katexu v H^+ formě
 - ♦ voda s obsahem Ca^{++} větším než alkalita (většina vod) → reakce:
$$2(\text{R-COOH}) + \text{Ca}^{++} + 2\text{HCO}_3^- \rightarrow (\text{R-COO})_2\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$$
 - ♦ výhoda – vysoká kapacita + částečné snížení tvrdosti a solnosti ⇒ možnost snížit intenzitu odluhu
 - ♦ nevýhoda – k regeneraci se používá HCl ⇒ zvýšené nároky na korozní odolnost zařízení
 - ♦ uvolněný CO_2 se odstraňuje za studena provětráváním v odvětrávací věži

Chemická úprava vody / aplikace ionexových filtrů

Dekarbonizace

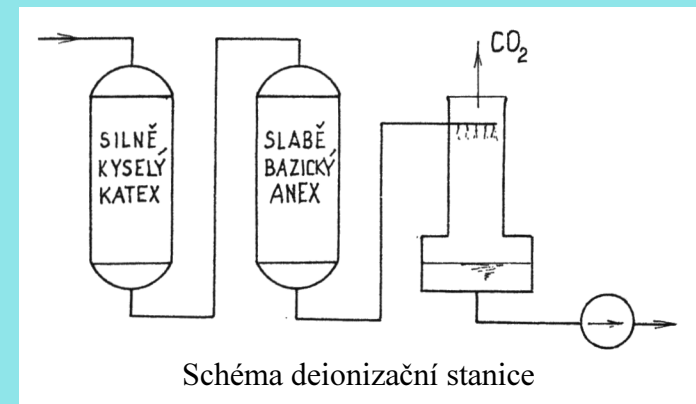
- další možnost dekarbonizace pomocí silně bazického anexu v Cl^- formě:
 $\text{R-Cl}^- + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{R-HCO}_3^- + \text{Cl}^-$ (není vhodný pro jadernou energetiku \leftarrow chloridy)
- možný kombinovaný postup dekarbonizace ve spojení s doměkčováním \rightarrow realizace v dvouvrstevném filtru \rightarrow první vrstva je karboxylový katex v H^+ formě a druhá silně kyselý katex v Na^+ formě
- regenerace je souproudá \rightarrow nejprve HCl pro karboxyl \rightarrow vymytí \rightarrow NaCl pro silně kyselý katex (v jaderné energetice ČR nepoužíváno)



Chemická úprava vody / aplikace ionexových filtrů

Deionizace

- odstranění iontových součástí z vodných roztoků → rozeznáváme deionizaci částečnou nebo úplnou
 - ♦ částečná – snížení celkové solnosti při souběžné dekarbonizaci slabě kyselým katexem a následným odvětráním uvolněného CO₂
 - ♦ úplná – spočívá v odstranění aniontů silných kyselin (SO₄²⁻, Cl⁻, ...) a všech kationtů při neměnicím se obsahu aniontů slabých kyselin (CO₃²⁻, SiO₂⁻, ...)
- deionizace probíhá například dle reakcí:
 - ♦ $2(\text{R-SO}_3\text{-H}^+) + \text{Ca}^{++} \rightarrow \text{Ca}(\text{R-SO}_3)_2 + 2\text{H}^+$
 - ♦ $2(\text{R-COO-H}^+) + \text{Ca}^{++} + 2\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{Ca}(\text{R-COO})_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$
 - ♦ $\text{NCH}_3^+\text{OH}^- + \text{H}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{NCH}_3^+\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$



Chemická úprava vody / aplikace ionexových filtrů

Deionizace

- regenerace silně kyselého katexu 5-10% roztokem HCl nebo H₂SO₄ (méně vhodná) → může vznikat nerozpustný CaSO₄
- regenerace slabě bazického ionexu → roztok Na₂CO₃ do 5% nebo NH₄OH a nebo NaOH → roztok NaOH lépe vytěsňuje organické látky
- na konec linky řazena odvětrávací věž → odstranění uvolněného CO₂ na obsah 5-10mg/l
- měrná elektrická vodivost deionizované vody 6-10μS/cm
- obsah iontově rozpuštěných látek 3-5mg/l (diktováno požadavky na vodivost)
- součástí systému je celé hospodářství pro regeneraci (zásobníky surovin, nádrže na neutralizaci odpadu)

Chemická úprava vody / aplikace ionexových filtrů

Demineralizace

- představuje nejvyšší stupeň vyčištění
- odstranění všech iontových i neiontových součástí a tedy i iontů slabých kyselin, SiO_2 a CO_2
- sestává z deionizační linky doplněné silně bazickým anexem a někdy též směsným filtrem (mix-bed)

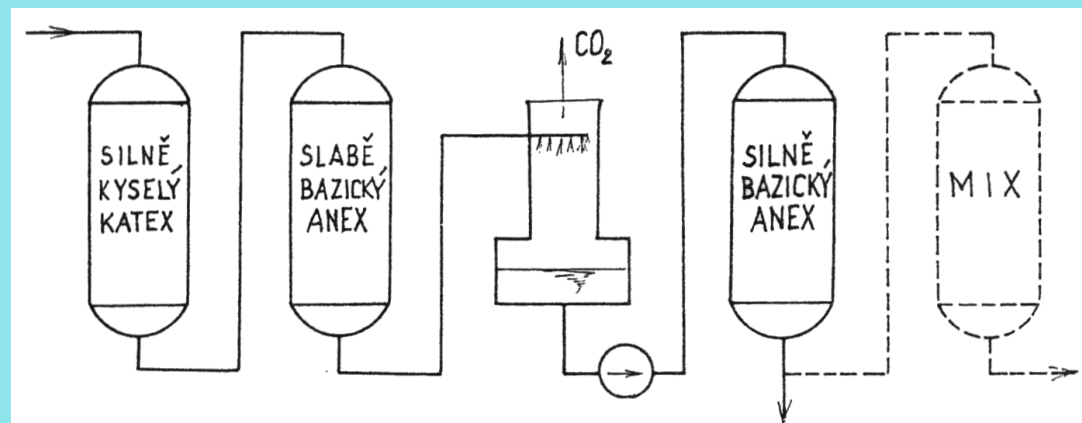


Schéma demineralizační stanice

Chemická úprava vody / aplikace ionexových filtrů

Demineralizace

- silně bazické ionexy v OH^- formě jsou schopné vyměňovat nejen anionty silných kyselin \rightarrow rovněž jsou schopné štěpit i slabě disociované kyseliny H_2CO_3 a $\text{H}_2\text{SiO}_3 \rightarrow$ anionty těchto kyselin vyměněny za OH^- aniont
- konec pracovního období signalizuje nárůst obsahu SiO_2 v upravované vodě a měrné elektrické vodivosti
- normální vodivost takto upravené vody 1-5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (v případě potřeby lze dosáhnout vodivosti $< 0,1 \mu\text{S}/\text{cm}$)
- celkový obsah iontově rozpuštěných látek lze snížit do řádu 0,1 mg/l – zejména při použití mixbedu

Chemická úprava vody / aplikace ionexových filtrů

Ochrana ionexů

- ionexy (silně bazické anexy) je nutné chránit před zanášením organickými anionty nezachycenými při čiření (nevratné)
- zajišťuje se např. pomocí makroporézních anexů (slabě bazické) → výměna nejen za základě iontů, ale také pomocí adhezních sil (složitý procesy)

Provozní problémy:

- únik ionexů do produktu. (Vadný zcezovací orgán, chyby při praní, únik malých částecek.)
- zamýchání lože v průběhu sorpční fáze práce filtru.
- zavzdušnění lože – nevhodné vypuštění filtru, promíchání bublinami vedoucí k zanesení nasycených zrn do finální vrstvy.
- zanesení NL, sraženinami (CaSO_4 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ )
- nehomogenita katex-anex
- nevratná blokáce funkčních skupin
- radiační, nebo chemický rozklad hmoty.

Důsledky provozních problémů:

- rozklad ionexů v kotli, v reaktoru – vznik org. Kyselin, CO₂, nalepení C na teplosměnných plochách ...
- nutnost brzké regenerace
- nnehodnocení ionexů
- nutnost nápravné, nákladné regenerace
- zvýšení produkce odpadů, včetně RaO

Zkoušení ionexů:

- změny kapacity, změny formy ionexu – titrační křivky
- změny zrnitosti – distribuční křivky
- změny mechanických vlastností – tvrdost skeletu
- obsah cizorodých látek