

| | |
|---|-----------|
| OBSAH | 5 |
| SEZNAM ZKRATEK | 11 |
| SEZNAM SYMBOLŮ | 15 |
| | |
| PŘEDMLUVA | 19 |
| | |
| 1. PŘÍPRAVA PŘÍDAVNÉ VODY PAROVODNÍHO CYKLU | 21 |
| 1.1 Předúprava vody | 26 |
| 1.1.1 Membránová filtrace | 30 |
| 1.1.2 Flotace | 31 |
| 1.1.3 Filtrace zrnitým ložem | 32 |
| 1.1.3.1 Koagulační filtrace (kontaktní čiření) | 37 |
| 1.1.4 Čiření | 40 |
| 1.1.4.1 Kyselé čiření | 41 |
| 1.1.4.2 Alkalické čiření | 42 |
| 1.1.4.3 Současná dekarbonizace a změkčování vody | 46 |
| 1.1.4.4 Porovnání kyselého a alkalického čiření | 48 |
| 1.1.5 Typy čičů | 52 |
| 1.1.5.1 Čiče s kalovým mrakem | 52 |
| 1.1.5.2 Čiče s recirkulací kalu | 53 |
| 1.1.5.3 Čiče s tvorbou kalu na nosiči | 56 |
| 1.1.5.4 Porovnání jednotlivých typů čičů | 58 |
| 1.1.6 Rozbor jednotlivých fází čičího procesu | 59 |
| 1.1.6.1 Homogenizace směsi čiřené vody a čičích chemikálií | 59 |
| 1.1.6.2 Koagulace | 59 |
| 1.1.6.3 Flokulace | 62 |
| 1.1.6.4 Sedimentace | 65 |
| 1.1.7 Filtrace čiřené vody | 67 |
| 1.2 Ionexová demineralizace | 72 |
| 1.2.1 Typy používaných ionexů | 73 |
| 1.2.2 Demineralizační stupeň | 76 |
| 1.2.2.1 Regenerační postup | 77 |
| 1.2.2.2 Technické parametry jednotlivých členů demineralizace | 81 |
| 1.2.3 Procesy probíhající v ionexovém loži při demineralizaci | 86 |
| 1.2.3.1 Silně kyselý katex | 86 |

| | |
|---|-----|
| 1.2.3.2 Slabě bazický anex..... | 86 |
| 1.2.3.3 Silně bazický anex..... | 89 |
| 1.2.4 Vliv regenerační techniky na kvalitu upravené vody..... | 90 |
| 1.2.5 Regenerační účinnost..... | 94 |
| 1.2.6 Rychlost výměny na ionexech v demineralizaci..... | 101 |
| 1.2.7 Směsné lože (mixbed)..... | 103 |
| 1.2.7.1 Délka pracovního cyklu mixbedu..... | 105 |
| 1.2.7.2 Kvalita vody upravené mixbedem..... | 107 |
| 1.2.7.3 Snížení kontaminace ionexů při interní regeneraci mixbedu..... | 110 |
| 1.2.7.4 Systém HIPOL..... | 112 |
| 1.3 Změkčování a dekarbonizace..... | 112 |
| 1.3.1 Změkčování..... | 112 |
| 1.3.2 Dekarbonizace..... | 113 |
| 1.3.2.1 Kyselá dekarbonizace – dekarbonizace slabě kyselým katexem..... | 113 |
| 1.3.2.2 Neutrální dekarbonizace..... | 118 |
| 1.4 Membránové procesy..... | 120 |
| 1.4.1 Konfigurace reverzní osmózy..... | 120 |
| 1.4.2 Předúprava vody pro reverzní osmózu..... | 125 |
| 1.4.3 Provoz reverzní osmózy..... | 127 |
| 1.4.4 Porovnání reverzní osmózy s ionexovou demineralizací..... | 135 |
| 1.5 Aplikace reverzní osmózy v přípravě demineralizované vody..... | 138 |
| 1.5.1 Kombinace reverzní osmózy a demineralizace..... | 140 |
| 1.5.2 Kombinace ultrafiltrace a reverzní osmózy..... | 144 |
| 1.5.3 Dvoustupňová reverzní osmóza..... | 147 |
| 1.5.4 Kombinace reverzní osmózy a elektrodeionizace..... | 149 |
| 1.5.5 Kombinace nanofiltrace a reverzní osmózy..... | 153 |
| 1.6 Organické látky..... | 154 |
| 1.6.1 Organické látky v přírodních vodách..... | 155 |
| 1.6.1.1 Odstranění organických látek v předúpravě..... | 158 |
| 1.6.1.2 Odstranění organických látek ionexy..... | 162 |
| 1.6.2 Snížení TOC v demineralizované vodě..... | 165 |
| 1.7 Automatizace úpraven vody..... | 171 |
| 1.7.1 Automatizace úpraven vod malých a středních průtoků..... | 171 |
| 1.7.2 Automatizace demineralizačních stanic..... | 173 |
| 1.7.2.1 Provoz celé přípravy demineralizované vody..... | 174 |
| 1.7.2.2 Čiření..... | 175 |
| 1.7.2.3 Filtrace..... | 176 |
| 1.7.2.4 Demineralizace..... | 178 |

| | |
|--|------------|
| 2. KOROZE MATERIÁLŮ V ENERGETICE | 181 |
| 2.1 Obecné zákonitosti koroze | 181 |
| 2.2 Korozní děje..... | 183 |
| 2.2.1 Koroze s vodíkovou depolarizací..... | 184 |
| 2.2.2 Koroze s kyslíkovou depolarizací | 186 |
| 2.2.3 Pasivace povrchu kovu..... | 187 |
| 2.2.4 Typy koroze..... | 192 |
| 2.2.4.1 Rovnoměrná koroze | 192 |
| 2.2.4.2 Důlková koroze a koroze ve štěrbině | 192 |
| 2.2.4.3 Mezikrystalová koroze | 194 |
| 2.2.4.4 Koroze pod napětím | 195 |
| 2.2.4.5 Selektivní koroze..... | 202 |
| 2.2.4.6 Koroze třením..... | 202 |
| 2.3 Srovnání vlastností korozivzdorných ocelí..... | 202 |
| 3. ÚPRAVA VODY V ENERGETICKÉM OKRUHU..... | 205 |
| 3.1 Typy energetických zařízení | 207 |
| 3.1.1 Výtopny a teplárny | 207 |
| 3.1.2 Klasické elektrárny se spalováním fosilních paliv..... | 209 |
| 3.1.3 Jaderné elektrárny | 211 |
| 3.1.4 Paroplynový cyklus..... | 212 |
| 3.1.5 Zlepšení tepelné účinnosti parovodního okruhu | 216 |
| 3.1.6 Porovnání jednotlivých technologií z hlediska produkce CO ₂ | 220 |
| 3.2 Děje probíhající v parovodním cyklu | 222 |
| 3.2.1 Koroze v trase napájecí vody a kondenzátu..... | 222 |
| 3.2.1.1 Koroze oceli | 222 |
| 3.2.1.2 Koroze mědi a jejích slitin | 229 |
| 3.2.2 Nánosy a koroze v kotli..... | 235 |
| 3.2.2.1 Vodíková koroze..... | 239 |
| 3.2.2.2 Louhové křehnutí | 240 |
| 3.2.2.3 Fosfátová koroze | 240 |
| 3.2.3 Koroze v parním prostoru | 241 |
| 3.2.4 Přejít solí do páry..... | 245 |
| 3.2.5 Nánosy a korozní děje v turbíně..... | 251 |
| 3.2.5.1 Tvorba nánosů na turbíně..... | 251 |
| 3.2.5.2 Koroze v turbíně..... | 255 |
| 3.2.6 Koroze v kondenzátoru | 256 |
| 3.3 Organické látky..... | 260 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 3.4 | Požadavky na kvalitu napájecí vody energetických zařízení..... | 267 |
| 3.5 | Faktory ovlivňující provoz energetických zařízení..... | 270 |
| 3.5.1 | Materiálové složení parovodního okruhu..... | 271 |
| 3.5.2 | Koncepce úpravy přídavné vody..... | 274 |
| 3.5.3 | Tepelná úprava vody | 276 |
| 3.5.3.1 | Termické odplynění..... | 277 |
| 3.5.3.2 | Zásady návrhu odplyňovačů a dalších prvků tepelné úpravy vody | 282 |
| 3.5.4 | Chemické odplynění..... | 286 |
| 3.5.4.1 | Odplynění na membránách | 288 |
| 3.5.5 | Alkalizace..... | 288 |
| 3.5.5.1 | Alkalizace amoniakem | 291 |
| 3.5.5.2 | Alkalizace kotelní vody..... | 296 |
| 3.5.6 | Kyslíkový režim..... | 303 |
| 3.5.7 | Použití těkavých aminů | 309 |
| 3.5.8 | Použití filmotvorných aminů..... | 312 |
| 3.6 | Teplárenské okruhy | 319 |
| 3.6.1 | Teplovodní a horkovodní okruhy | 320 |
| 3.6.2 | Parní okruhy | 323 |
| 3.7 | Chemický režim klasických elektráren..... | 324 |
| 3.7.1 | Monitorování kvality v okruhu | 328 |
| 3.7.2 | Akční linie | 331 |
| 3.7.3 | Najíždění bloku po odstávce | 335 |
| 3.7.4 | Chemický režim při odstávce..... | 338 |
| 3.7.5 | Čištění kotle | 342 |
| 3.7.5.1 | Čištění okruhu při prvním uvádění do provozu | 343 |
| 3.7.5.2 | Čištění během provozu..... | 345 |
| 3.8 | Chemický režim jaderných elektráren | 350 |
| 3.8.1 | Primární okruh | 351 |
| 3.8.1.1 | Řízení pH při provozu..... | 351 |
| 3.8.1.2 | Řízení redukčního prostředí | 356 |
| 3.8.1.3 | Řízení radiace..... | 356 |
| 3.8.1.4 | Dávkování zinku | 357 |
| 3.8.1.5 | Čistící zařízení v okruhu | 358 |
| 3.8.1.6 | Porovnání primárního okruhu PWR a VVER..... | 359 |
| 3.8.2 | Sekundární okruh | 360 |
| 3.8.2.1 | Koroze v parogenerátoru..... | 361 |
| 3.8.2.2 | Koroze v trase napájecí vody | 363 |
| 3.8.2.3 | Alkalizace..... | 367 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 3.8.2.4 | Čisticí postupy v sekundárním okruhu..... | 375 |
| 3.8.2.5 | Monitorování kvality v okruhu a akční linie..... | 377 |
| 3.9 | Volba chemického režimu podle typu zařízení | 383 |
| 3.10 | Úprava vody v parovodním okruhu | 385 |
| 3.10.1 | Úprava odluhem u bubnových kotlů..... | 385 |
| 3.10.2 | Úprava kondenzátu..... | 387 |
| 3.10.2.1 | Úprava vratného kondenzátu..... | 387 |
| 3.10.2.2 | Úprava turbínového kondenzátu | 387 |
| 3.10.2.3 | Vývoj úpravy turbínového kondenzátu u nás a ve světě..... | 389 |
| 3.10.2.4 | Současné postupy úpravy turbínového kondenzátu | 392 |
| 3.10.3 | Kvalita kondenzátu upraveného blokovou úpravou..... | 397 |
| 3.10.3.1 | Provoz mixbedu v H^+/OH^- formě..... | 397 |
| 3.10.3.2 | Provoz mixbedu v NH_4^+/OH^- formě..... | 399 |
| 3.10.3.3 | Provoz úpravy kondenzátů při alkalizaci okruhu aminy..... | 402 |
| 3.10.4 | Membránová filtrace v parovodním okruhu..... | 404 |
| 3.10.5 | Vliv teploty na úpravu kondenzátu | 407 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 4. | PROBLEMATIKA CHLADICÍCH OKRUHŮ | 411 |
| 4.1 | Otevřené cirkulační chladicí systémy s odparem..... | 412 |
| 4.1.1 | Nánosy způsobené nízkou rozpustností sloučenin (scaling)..... | 418 |
| 4.1.2 | Suspendované látky..... | 423 |
| 4.1.3 | Úprava vody v otevřeném chladicím okruhu | 429 |
| 4.1.3.1 | Úprava přídavné vody | 429 |
| 4.1.3.2 | Úprava oběhové vody | 436 |
| 4.1.4 | Problémy způsobené mikrobiální aktivitou | 445 |
| 4.1.4.1 | Potlačení mikrobiálního života | 447 |
| 4.1.5 | Koroze v otevřeném chladicím okruhu | 450 |
| 4.1.5.1 | Koroze v kondenzátoru | 454 |
| 4.1.5.2 | Čištění kondenzátoru a závady při provozu | 457 |
| 4.1.6 | Použití speciálních přípravků pro otevřené cirkulační chladicí okruhy..... | 459 |
| 4.1.6.1 | Antiskalanty..... | 459 |
| 4.1.6.2 | Disperzanty | 460 |
| 4.1.6.3 | Korozní inhibitory | 461 |
| 4.1.6.4 | Biocidy | 462 |
| 4.2. | Chladicí okruhy uzavřené | 464 |
| 4.2.1 | Statorový okruh..... | 468 |
| 4.2.1.1 | Možnosti úpravy vody statorového okruhu..... | 469 |
| 4.2.1.2 | Čištění statorového okruhu | 471 |

| | |
|---|------------|
| 4.3 Průtočné chladicí systémy..... | 472 |
| 4.4 Chlazení vzduchem..... | 474 |
| 4.5 Zpracování odpadů z chladicího okruhu..... | 476 |
| 4.5.1 Zpracování kalu..... | 478 |
| 4.5.2 Zero liquid discharge..... | 479 |
| 4.6 Složení odluhu z hlediska požadavku vodohospodářských orgánů..... | 485 |
| 5. ÚPRAVA VODY PRO MIKROELEKTRONIKU | 487 |
| 5.1 Předúprava vody | 490 |
| 5.2 Desalinační stupeň | 491 |
| 5.2.1 Reverzní osmóza | 491 |
| 5.2.2 Dočištění permeátu | 493 |
| 5.2.3 Odstranění mikrobiálního života | 496 |
| 5.3 Dočištění (polishing) | 496 |
| 5.3.1 Odstranění organických látek | 497 |
| 5.3.2 Odstranění O ₂ | 499 |
| 5.3.3 Neregenerovatelné mixbedy | 500 |
| 5.4 Mikrofiltrace a ultrafiltrace | 500 |
| 5.5 Eliminace mikrobiálního života | 501 |
| 5.6 Distribuce ultračisté vody | 502 |
| 5.7 Hospodaření s vodou | 504 |
| 6. PŘÍLOHY..... | 509 |
| 6.1 Přepočty fyzikálních veličin | 509 |
| 6.2 Vlastnosti chemických sloučenin používaných v úpravě vody | 511 |
| 6.3 Vlastnosti plynů | 519 |
| 6.4 Nomogramy a grafy používané v technologii úpravy vody..... | 522 |
| 6.5 Vlastnosti vody a páry..... | 529 |
| 6.6 Vlastnosti ocelí..... | 536 |
| LITERATURA | 541 |
| REJSTŘÍK | 549 |