

# Čo treba dodržiavať pri úprave vody

Hliník a zliatiny hliníka sa používajú stále viac pre ich vynikajúcu tepelnú vodivosť v teplovodných vykurovacích systémoch. Napríklad voči ušľachtilým oceliam dosahujú viac ako 10-násobne lepší prenos tepla (obr. 2). Pretože ale hliník nie je celkom ušľachtilý kov, úprave vody treba venovať mimoriadnu pozornosť.

Zatiaľ čo smernica pre vykurovaciu vodu VDI 2035-2 si takmer výlučne všíma hodnotu pH plniacej vody, v príslušných normách v Rakúsku (ÖNORM H5195-1), Švajčiarsku (SWKI 97-1) alebo aj v európskej norme EN 14868 sa nachádzajú pokyny a odporúčania k obsahu solí v obehovej vode. Práve oba ióny chloridov a sulfátov zapríčiňujú nebezpečnú jamkovú a štrbinovú koróziu na pasívnych kovoch hliníka a ušľachtilej ocele. Následne sa poukazuje na veľkosť vplyvu

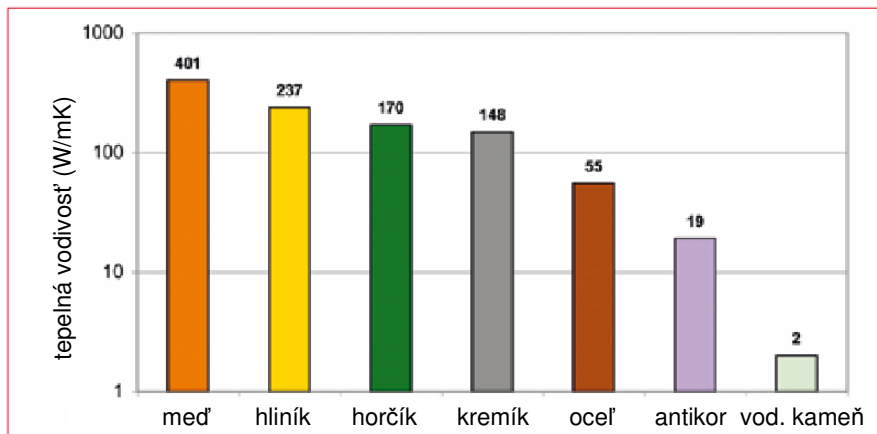


obsahu kyslíka, koncentrácie solí a hodnoty pH na koróziu kovov použitých vo vykurovacích zariadeniach.

### Úloha kyslíka

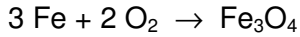
V alkalických vykurovacích vodách s hodnotou pH nad 8,2 sa môže vyskytnúť kyslíková korózia. Povlaky z uhlíčanov železa

sa netvorí, iba obsah voľného kyslíka vo vode rozhoduje o korózii. Prúdový tok pri priebehu korózie pozostáva v zásade z dvoch čiastkových reakcií. Jedna čiastková reakcia pozostáva z uvoľňovania kovu, druhá z odsunu zostatkového negatívneho náboja ( $e^-$ ) z kovu voľným kyslíkom vo vode. Ak kyslík nie je prítomný, táto čiastková reakcia sa nekoná a tok prúdu (korózna reakcia) – podobne ako pri rozpojenom vypínači – ihneď končí. Absolútne tesné vykurovacie systémy nemajú preto žiadne problémy s koróziou. Voda nasýtená kyslíkom obsahuje v  $1\text{ m}^3$  cca 10 g kyslíka. V systéme s komponentmi z čiernej ocele s objemom  $1\text{ m}^3$  môže teda vzniknúť 36 g magnetitu ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Tento výpočet už ukazuje, že prísun kyslíka plniacou a doplňovacou vodou nemôže hrať hlavnú úlohu. Poruchové expanzné nádo-



Obr. 2: Porovnanie tepelnej vodivosti (W/mK) rôznych materiálov na výmenníky tepla a vodného kameňa tvoriaceho najčastejšie povlaky.

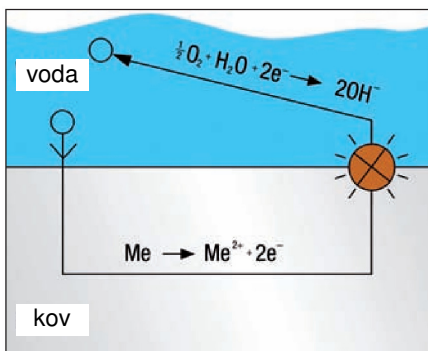
by, netesné ventily, poškodené tesnenia a podtlak v potrubí (pri zlom hydraulickom vyregulovaní) sú mnohokrát príčinou veľkého množstva magnetitových kalov, ktoré sa tvoria podľa nasledovnej reakcie:



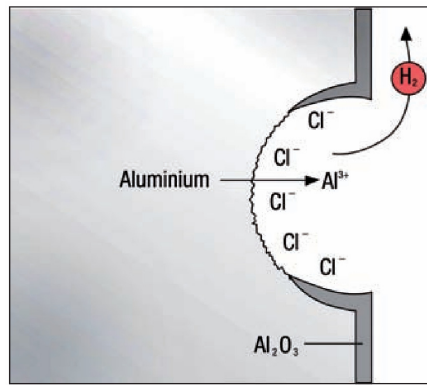
Rýchlosť tvorby magnetitu stúpa predovšetkým s narastajúcim obsahom kyslíka vo vode. Avšak alkalické hodnoty pH a nízka vodivosť vody môžu koróznú reakciu veľmi silno pribrzdiť (obr. 3).

### Zabráňte vysokému obsahu solí

Nízka vodivosť vody prekáža toku korózneho prúdu, naopak vysoká vodivosť vody uľahčuje priebeh korózie. Vodivosť vykurovacej vody sa tvorí predovšetkým z obsahu solí v plniacej a doplňovacej vode. Chloridy a sulfáty sú tu veľmi podstatné, lebo tieto ióny po tom, čo zreagovali s kovom, tvoria vo vodnom prostredí soľné a sírnaté kyseliny. Prvky korózie sa tým stabilizujú a držia sa aktívne. Preto z tohto dôvodu ohraničuje švajčiarska smernica (SWKI 97-1) koncentráciu týchto oboch iónov na hodnote 50 mg/l. Pitná voda ale môže obsahovať až 250 mg chloridu a 240 mg sulfátu. Prostriedky na viazanie kyslíka a/alebo inhibítory korózie tiež zvyšujú vodivosť vody.



Obr. 3: Kyslíková korózia môže prebiehať (pri pH nad 8,2), keď sa korózný prúdový okruh sám uzatvorí pomocou voľného kyslíka vo vode



Obr. 4: Útok chloridov na hliník s jamkovou koróziou a porušenie ochrannej oxidačnej vrstvy. Kov sa pritom rozpúšťa pri vzniku vodíka.

Predovšetkým pri hliníkových materiáloch sa dá pri prístupe kyslíka počítať s výskytom jamkovej a štrbinovej korózie, keďže na to patričné množstvá iónov chloridu sú prakticky vo všetkých plniacich a doplňovacích vodách. Pri vodách s malým obsahom solí je toto nebezpečenstvo podstatne menšie, ako poznamenáva smernica VDI 2035-2. Popri tom sa uvádza, že konvenčné úpravné vody obsah solí neznižujú, ale len vápnik a horčík, tvoriaci vodný kameň, nahrádzajú sodíkom. Ióny spôsobujúce koróziu odstraňujú len demineralizačné patróny (obr. 4).

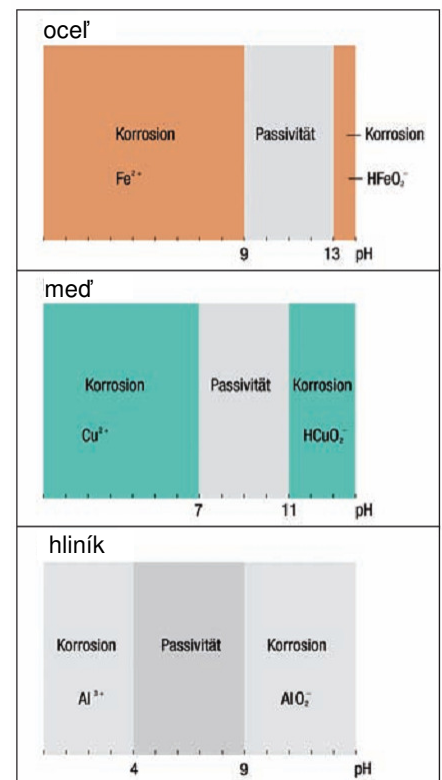
### Zlé hodnoty pH

Veľmi zaujímavé je tvrdenie Siemens Building Technologies, že takmer všetky analýzy vody v problémových zariadeniach v posledných 10 rokoch vykázali príliš nízke hodnoty pH. V smernici VDI 2035-2 sa odporúča rozsah hodnôt pH medzi 8,2 až 10,0, pokiaľ nie sú v systéme zabudované hliníkové materiály. Pokiaľ tomu ale tak je, pH musí byť ohraničené spravidla hodnotou 8,5. Na obr. 5 sú zobrazené vyhovujúce rozsahy hodnôt pH, v ktorých sa materiál správa pasívne a to oceľ, meď a hliník.

Pre oceľ pri rozsahu pH medzi 9 až 13 platí, že sa na povrchu materiálu tvoria pevné produkty

korózie, ktoré môžu mať ochranný účinok. Ak sú ale prítomné súčasne napr. chloridy alebo sulfáty, neznamená to, že nemôže vzniknúť žiadna korózia.

Meď preukazuje svoju pasivitu proti koróznym reakciám už od hodnoty pH 7. Ak je ale hodnota pH vyššia než 11, dochádza opäť k uvoľňovaniu kovu. Pri prítomnosti amónnych zlúčenín začína rozpúšťanie kovu už pri hodnotách pH nad 9,5. Z tohto dôvodu odporúčajú odborníci na koróziu v uzavretých teplovodných cirkulačných systémoch hodnotu pH medzi 8,2 až 9,5. Spodná hranica 8,2 rezultuje – ako už bolo vysvetlené – z poznatku, že nad touto hranicou pH už vo vode nie sú žiadne uhličité kyseliny. Okrem toho treba brať ohľad aj na tesniace materiály.



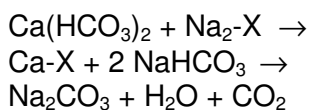
Obr. 5 Aktívne/pasívne stavy pre kovy oceľ, meď a hliník v závislosti od hodnoty pH vodného prostredia.

Hliník sa ukazuje ako pasívny pri hodnotách pH medzi 4 až takmer 9. Nad hodnotou pH 9 sa kov účinkom kyslíka rozpúšťa, aj keď je vykurovací systém voči kyslíku

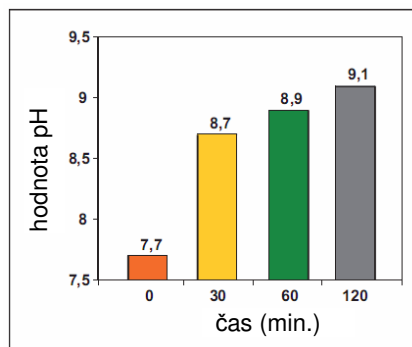
úplne tesný. Keďže sa musia zohľadniť aj ostatné materiály v inštalácii, zo smernice VDI 2035-2 vychádza pre hliník veľmi úzke „pH okno“ od 8,2 do 8,5, na ktoré sa treba nastaviť.

### Fenomén samoalkalizácie

O samoalkalizácii sa hovorí, keď sa hodnota pH zmäkčenej vykurovacej vody v priebehu času samočinne zvyšuje. Príčinou toho je premena hydrouhličitanu sodného na silne alkalický uhličitan sodný (sóda) pri vylučovaní kyseliny uhličitej. Pritom môže hodnota pH ľahko prekročiť hranicu 8,5, keď je na jednej strane uhličitanová tvrdosť plniacej vody správne vysoká a súčasne vznikajú vysoké teploty vody. Obzvlášť ohrozené sú pritom prirodzene solárne vykurovacie systémy, pri ktorých je vykurovacia voda naviazaná na kolektorový okruh. V kolektore vystupujú teploty ľahko aj na 250 °C a premenná reakcia nasleduje rýchlo. Hydrouhličitan sodný ( $\text{NaHCO}_3$ ) a napokon sóda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) vzniká pri konvenčnej úprave vody v sodíkovom iónovom meniči ( $\text{Na-X}$ ) z voľnej uhličitanovej tvrdosti vo vode ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) podľa nasledovnej reakcie



Pre upravenú vodu s pôvodnou uhličitanovou tvrdosťou 14 °d (KS 4,3 = 5) je na obr. 6 zobrazené zvýšenie pH pri tepote 85 °C. Keďže sa ale v praxi jedná o uzavreté systémy, nebezpečenstvo nie je tak veľké, lebo sa kyselina uhličitá môže čiastočne naspäť rozpustiť, ak je systém tesný. Riešenie tohto problému tu prináša len veľkorysé odsolenie vody, ktoré tým odstráni aj uhličitanová tvrdosť.



Obr. 6 Časová zmena hodnoty pH syntetickej vody s uhličitanovou tvrdosťou 14 °d po zmäkčení vody meničom iónov a zohriatí na 85 °C

### Dbajte o celé zariadenie

Ak sa pripája nový kotlový systém s hliníkovými komponentmi na jestvujúci rozvod z čiernej ocele, musí sa prirodzene nájsť kompromis. Pre oceľ by bola vhodnejšia vyššia hodnota pH (napr. 9,5), naproti tomu hliník znáša dlhodobo hodnotu najviac 8,5. Zmäkčená voda na zníženie tvorby vodného kameňa môže – vždy podľa uhličitanovej tvrdosti – svoju hodnotu pH natoľko zvýšiť, že sa hliníkové materiály porušia. Rovnako nepriaznivá je úplne demineralizovaná voda bez stabilizácie hodnoty pH, pretože počiatočné procesy korózie môžu hodnotu pH tejto „chemicky prázdnej“ vody silne znížiť a na oceli potom môže vzniknúť kyslíková korózia. Technicky najlepšie opatrenie na ochranu proti korózii preto predstavuje úplné odsolenie a následná úprava alkalizujúcimi prostriedkami, ktoré vykazujú aj tlmiaci účinok (stabilizáciu pH). Prídavné chemikálie (inhibitory korózie) by sa potom nemuseli použiť.

### Kompaktné riešenie

Pre kotlové systémy neexistuje doteraz žiadne kompaktné riešenie, ktoré dodáva málo mineralizovanú, alkalickú vodu. Bežné úpravne vody dodávajú síce mäkkú vodu, nechávajú ale konštantné hodnoty obsahu solí a pH. Zariadenie Permasoft 5000 / 5000 Alu značky Permatrade Wassertechnik (obr. 7), ktoré je stavebne zhodné so zariadeniami Buderus VES a Taconova Megafill, predstavuje kompaktnú plniacu jednotku na prvé naplnenie aj na dopĺňanie vykurovacích systémov. Špeciálnou kombináciou živíc na výmenu iónov so stabilizátorom pH dodáva táto úpravňa vody priamo odsolenú, alkalickú vodu pre malé a stredné vykurovacie zariadenia, akumuláčny zásobník vody alebo zariadenia na geotermálne teplo. Úpravňa sa inštaluje priamo do plniaceho potrubia, za oddeľovač systému požadovaný normou EN 1717 a po dosiahnutí kapacitnej hranice 5000 °d x liter sa zlikviduje s domovým odpadom. Pri výpočte maximálneho množstva vody, ktoré sa dá upraviť, sa kapacita 5000 °d x liter delí tvrdosťou miestnej vody. Pri tvrdosti 20 °d sa dá získať týmto 250 l odsolenej, alkalickéj vody. Inak sa dá zhruba odhadnúť tvrdosť vody (celková tvrdosť) pomocou zmeranej vodivosti vody podľa vzťahu:

vodivosť ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) : 30 = tvrdosť vody (°d)

Jednoduchý prístroj na meranie vodivosti vody a tyčinky na meranie jej pH v rozsahu 6,5 až 10,0 sú teda dostatočnou výbavou.



Bild 7 Permasoft 5000 (hier als Doppelanlage) entsalzt und alkalisiert Heizungsfüllwasser in einem Schritt

Obr. 7 Permasoft 5000 (tu ako dvojité zariadenie) odsoľuje a alkalizuje plniacu vykurovaciu vodu v jednom kroku

Stále viac známych výrobcov kotlov nasadzuje do svojich produktov hliníkové zliatiny a odporúča pre ne výslovne odsolenú plniacu vodu. Takáto voda nereďukuje len nebezpečenstvo nánosov znižujúcich výkon zariadenia, ale predstavuje súčasne

aj optimálnu ochranu proti jamkovej a štrbinovej korózii. Rovnako sa zabraňuje nadmernej alkalizácii, ktorá je pri konvenčnom zmäkčovaní plniacej vody možná. Z pohľadu chemickej korózie je odsolená, alkalická a ľahko stabilizovaná voda to najlepšie riešenie, lebo treba brať prirodzene do úvahy vždy celé zariadenie. Takouto kvalitou plniacej vody budú riešené príčiny korózie a nebude sa bojovať proti jej symptómom, ako je to v prípade, keď obsah solí zostáva vysoký, a preto sa do vody dávajú inhibítory. Pre remeselníkov príp. odborných projektantov je dôležité poznať relevantné aspekty pri zaobchádzaní s vykurovacou vodou a tieto aj uplatniť. Jednoducho produkty, ktoré spĺňajú požiadavky výrobcov kotlov vrátane smernice VDI 2035 (SWKI 97-1, ÖNORM H5195-1), budú stále viac dopytované.

## Úplne odsolená voda

Deionizovaná alebo úplne odsolená voda sa získava výmenou aniónov a kationov. Na rozdiel od konvenčných úpravni vody sú tu v zariadení dva meniče iónov (zmesové lôžka). Kyslá živica zadržiava kladné ióny (kovy) a dáva tým ióny  $H_+$  do vody. Bázická živica odovzdáva ióny  $OH^-$  a viaže preto záporné ióny ako chloridy a sulfáty. V súčte mení teda táto živica ióny za vodu ( $H_+ + OH^- = H_2O$ ). Pri tom sa dosahuje vodivosť vody menej ako  $1 \mu S/cm$ .

Autor:



Dr. Dietmar Ende,  
vedecký vedúci  
spoločnosti  
Permatrade  
Wassertechnik