

Priprema za 2. kolokvijum:

RAČUNSKI ZADACI IZ OBLASTI INDUSTRIJSKE VODE

Lista oznaka:

<i>m</i>	-masa soli kalcijuma ili magnezijuma rastvorene u 1l vode (tj. koncentracija soli rastvorene u vodi), mg/l; indeks označava o kom se molekulu soli, odnosno odgovarajućem jonu radi
<i>M</i>	-molekulska, jonska ili atomska masa; indeks označava o kom se molekulu, jonu, ili atomu radi
<i>T</i>	-tvrdoća vode, mval/l, °d ili mg/l neke od soli kalcijuma ili magnezijuma
<i>V</i>	-valentnost katjona i anjona u molekulu soli kalcijuma ili magnezijuma; indeks označava o kom se molekulu, odnosno jonu radi

Značenja nekih indeksa:

<i>A</i>	-anjonska tvrdoća vode
<i>AJ</i>	-neki od anjona u solima kalcijuma i magnezijuma
<i>B</i>	-bazna tvrdoća vode
<i>Ca</i>	-kalcijumova tvrdoća vode
<i>K</i>	-karbonatna tvrdoća vode
<i>KJ</i>	-neki od katjona u solima kalcijuma i magnezijuma
<i>Mg</i>	-magnezijumova tvrdoća vode
<i>N</i>	-nekarbonatna tvrdoća vode
<i>S</i>	-neka od kalcijumovih i magnezijumovih soli
<i>U</i>	-ukupna tvrdoća vode

1. Tvrdoća vode

Zadatak 1.

Izračunati kolika je ukupna tvrdoća vode u kojoj se nalazi rastvoreno 230mgCa/l i 120mgMg/l i izraziti je u mval/l i nemačkim stepenima tvrdoće, °d.

Rešenje:

Opšti izraz za određivanje tvrdoće vode koja potiče od neke soli je:

$$T_S \left[\frac{\text{mval}}{\text{l}} \right] = \frac{m_S \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right]}{\frac{M_S}{V_S}} = \frac{m_{KJ} \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right]}{\frac{M_{KJ}}{V_{KJ}}} = \frac{m_{AJ} \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right]}{\frac{M_{AJ}}{V_{AJ}}},$$

pri čemu uzimamo da je valentnost koja se odnosi na molekul soli jednaka valentnosti katjonskih, odnosno anjonskih grupa:

$$V_S = V_{KJ} = V_{AJ}.$$

Ukupna tvrdoća vode jednaka je sumi kalcijumove i magnezijumove tvrdoće:

$$T_U = T_{Ca} + T_{Mg}.$$

Kalcijumova i magnezijumova tvrdoća su, redom:

$$T_{Ca} = \frac{m_{Ca}}{\frac{M_{Ca}}{V_{Ca}}} \text{ i } T_{Mg} = \frac{m_{Mg}}{\frac{M_{Mg}}{V_{Mg}}},$$

pa je ukupna tvrdoća:

$$T_U = T_{Ca} + T_{Mg} = \frac{m_{Ca}}{\frac{M_{Ca}}{V_{Ca}}} + \frac{m_{Mg}}{\frac{M_{Mg}}{V_{Mg}}},$$

odnosno:

$$T_U = \frac{230}{\frac{40}{2}} + \frac{120}{\frac{24}{2}},$$

$$T_U = 21,5 \frac{\text{mval}}{\text{l}}.$$

Ako se tvrdoća izražena u mval/l želi izraziti u nemačkim stepenima tvrdoće, °d, potrebno je vrednost koja se preračunava pomnožiti sa 2,8:

$$T_U [^\circ d] = T_U \left[\frac{\text{mval}}{\text{l}} \right] \cdot 2,8,$$

pa je:

$$T_U = 21,5 \cdot 2,8,$$

$$T_U = 60,2^\circ d.$$

Zadatak 2.

U vodi se nalazi rastvoreno 250mgCa/l i 250mgMg/l. Ukoliko se u vodi nalazi rastvoreno 144mgHCO₃⁻/l, izračunati kolika je ukupna i nekarbonatna tvrdoća vode i izraziti je u mval/l i nemačkim stepenima tvrdoće, °d.

Rešenje:

Ukupna tvrdoća vode jednaka je sumi kalcijumove i magnezijumove tvrdoće:

$$T_U = T_{Ca} + T_{Mg} = \frac{m_{Ca}}{M_{Ca}} + \frac{m_{Mg}}{M_{Mg}},$$

odnosno:

$$T_U = \frac{250}{40} + \frac{250}{24},$$

$$T_U = 33,33 \frac{mval}{l} = 93,32^\circ d.$$

Tvrdoća izražena u mval/l preračunava se na nemačke stepene tvrdoće, °d, tako što se njena vrednost pomnoži sa 2,8.

Karbonatna tvrdoća se određuje iz sadržaja karbonatnih jona, HCO₃⁻, u vodi:

$$T_K = \frac{m_{HCO_3}}{M_{HCO_3}},$$

pa je:

$$T_K = \frac{144}{61},$$

$$T_K = 2,36 \frac{mval}{l} = 6,61^\circ d.$$

Ukupna tvrdoća vode, sa druge strane, jednaka je sumi karbonatne i nekarbonatne tvrdoće:

$$T_U = T_K + T_N,$$

pa je odatle nekarbonatna tvrdoća:

$$T_N = T_U - T_K,$$

odnosno:

$$T_N = 33,33 - 2,36,$$

$$T_N = 30,97 \frac{mval}{l} = 86,72^\circ d.$$

Zadatak 3.

Kojoj količini CaCO₃ odgovara rastvorena količina od 330mgMg(NO₃)₂/l? Kolika je tvrdoća ove vode izražena u u nemačkim stepenima tvrdoće, °d?

Rešenje:

Tvrdoća koja potiče od Mg(NO₃)₂ je:

$$T_{Mg(NO_3)_2} = \frac{m_{Mg(NO_3)_2}}{\frac{M_{Mg(NO_3)_2}}{V_{Mg(NO_3)_2}}},$$

a tvrdoća od $CaCO_3$:

$$T_{CaCO_3} = \frac{m_{CaCO_3}}{\frac{M_{CaCO_3}}{V_{CaCO_3}}}.$$

Potrebno je pronaći sadržaj $CaCO_3$ u vodi tako da bude:

$$T_{Mg(NO_3)_2} = T_{CaCO_3},$$

pri čemu je:

$$m_{CaCO_3} = 330 \frac{mg}{l}.$$

Prethodna jednačina implicira:

$$\frac{\frac{m_{Mg(NO_3)_2}}{M_{Mg(NO_3)_2}}}{V_{Mg(NO_3)_2}} = \frac{\frac{m_{CaCO_3}}{M_{CaCO_3}}}{V_{CaCO_3}},$$

odnosno:

$$m_{CaCO_3} = m_{Mg(NO_3)_2} \cdot \frac{M_{CaCO_3}}{M_{Mg(NO_3)_2}} \cdot \frac{V_{Mg(NO_3)_2}}{V_{CaCO_3}},$$

pa je:

$$m_{CaCO_3} = 330 \cdot \frac{100}{148} \cdot \frac{2}{2},$$

$$m_{CaCO_3} = 222,97 \frac{mg}{l}.$$

Sve ovo znači da voda koja ima rastvoreno $330mgMg(NO_3)_2/l$ ima istu tvrdoću kao i voda sa $222,97mgCaCO_3/l$.

Da bi se tvrdoća vode preračunala sa koncentracije (mase rastvorene soli po 1l vode) $Mg(NO_3)_2$ ili $CaCO_3$ na nemačke stepene tvrdoće, potrebno je najpre preračunati na koncentraciju CaO , tj. naći sadržaj CaO u vodi pri kome bi takva voda imala istu tvrdoću kao i voda sa $330mgMg(NO_3)_2/l$, odnosno $222,97mgCaCO_3/l$:

$$T_{Mg(NO_3)_2} = T_{CaCO_3},$$

$$\frac{\frac{m_{CaCO_3}}{M_{CaCO_3}}}{V_{CaCO_3}} = \frac{\frac{m_{CaO}}{M_{CaO}}}{V_{CaO}},$$

$$m_{CaO} = m_{CaCO_3} \cdot \frac{M_{CaO}}{M_{CaCO_3}} \cdot \frac{V_{CaCO_3}}{V_{CaO}},$$

odnosno:

$$m_{CaO} = 222,97 \cdot \frac{56}{100} \cdot \frac{2}{2},$$

$$m_{CaO} = 124,86 \frac{mg}{l}.$$

Za vodu se, po definiciji nemačkog stepena tvrdoće, kaže da ima 1°d tvrdoće ako se u 1l vode nalazi rastvoreno 10mgCaO, pa količina od 124,86mgCaO/l predstavlja tvrdoću od 12,486°d:

$$T_U [^\circ d] = T_U \left[\frac{mgCaO}{l} \right] \cdot 0,1,$$

odnosno:

$$T_U = 330 \frac{mgMg(NO_3)_2}{l} = 222,97 \frac{mgCaCO_3}{l} = 124,86 \frac{mgCaO}{l} = 12,486^\circ d.$$

Zadatak 4.

U 1l vode nalazi se rastvoreno 142mgCl⁻, 160mgSiO₃²⁻, 310mgNO₃⁻ i 288mgSO₄²⁻. Izračunati kolika je anjonska tvrdoća vode i izraziti je u mgCaSO₄ i nemačkim stepenima tvrdoće, °d.

Rešenje:

Anjonska tvrdoća vode, po definiciji, potiče od koncentracija hlorid, sulfat i nitrat jona:

$$T_A = T_{Cl} + T_{SO_4} + T_{NO_3},$$

pa je:

$$T_A = \frac{m_{Cl}}{M_{Cl}} + \frac{m_{SO_4}}{M_{SO_4}} + \frac{m_{NO_3}}{M_{NO_3}}.$$

Zamenom vrednosti u prethodnu jednačinu se dobija:

$$T_A = \frac{142}{35,5} + \frac{288}{96} + \frac{310}{62},$$

$$T_A = 15 \frac{mval}{l} = 42^\circ d.$$

Ovako dobijena vrednost tvrdoće vode (u nemačkim stepenima tvrdoće) se lako može preračunati na tvrdoću vode izraženu u mgCaO/l (prema definiciji nemačkog stepena tvrdoće):

$$T_A \left[\frac{mgCaO}{l} \right] = T_A [^\circ d] \cdot 10,$$

odnosno:

$$T_A = 42 \cdot 10,$$

$$T_A = 420 \frac{mgCaO}{l}.$$

Sada je potrebno vrednost tvrdoće vode preračunati sa mgCaO/l na mgCaSO₄/l, odnosno naći sadržaj CaSO₄ u vodi koji prouzrokuje istu tvrdoću vode kao i 420mgCaO/l, odnosno tvrdoću od 42°d ili 15mval/l. Traženi ekvivalentni sadržaj CaSO₄ je:

$$m_{CaSO_4} = m_{CaO} \cdot \frac{M_{CaSO_4}}{M_{CaO}} \cdot \frac{V_{CaO}}{V_{CaSO_4}},$$

odnosno:

$$m_{CaSO_4} = 420 \cdot \frac{136}{56} \cdot \frac{2}{2},$$

K2 | Tehnički materijali – Nemetalne materije

$$m_{\text{CaSO}_4} = 1020 \frac{\text{mg}}{\text{l}} .$$

To znači je tvrdoća od 420mgCaO/l, (odnosno 42°d ili 15mval/l) jednaka 1020mgCaSO₄/l:

$$T_A = 15 \frac{\text{mval}}{\text{l}} = 42^\circ d = 420 \frac{\text{mgCaO}}{\text{l}} = 1020 \frac{\text{mgCaSO}_4}{\text{l}} .$$