

## A vasgálic<sup>1</sup> egy felhasználása

Az Európai Unióhoz csatlakozva a korábnál jóval szigorúbb előírásokat léptettek életbe a szennyvíztisztító telepek működését illetően. Az új szabályozás már jóval kevesebb foszfor jelenlétét engedi meg a kimenő tisztított vízben, mint a korábbi, ugyanis a természetes vizekbe jutó foszfor hozzájárul az eutrofizáció kialakulásához. Addig sok tisztító telepen a mikrobiológia (eleven iszap) fogyasztotta el a foszfortartalom nagy részét, amely az ülepezhető részekkel (iszappal) együtt eltávolítható a rendszerből. Az új foszforhatárérték (1 mg/l) már nem elérhető csupán ezzel a módszerrel. Szükségessé vált új módszerrel kiegészíteni a régit, vegyszer alkalmazásával eltávolítani a foszfort a rendszerből. A szennyvizekben a foszfor  $\text{PO}_4^{3-}$  (foszfátion) formában van jelen, ami  $\text{Fe}^{3+}$ -tartalmú vegyszerekkel kiválóan eltávolítható, ugyanis  $\text{FePO}_4$  csapadékként válik ki.

Erre a célra vas(III)-kloridot és a vas(III)-szulfátot használnak a leggyakrabban...

A vas(III)-szulfát 42%(m/m)-os vizes oldatban kerül forgalomba. Vas(II)-szulfát-heptahidrátból állítják elő, sztöchiometrikus mennyiségű kénsav, számított mennyiségű víz felhasználásával, valamint oxidálószer alkalmazásával.



A vas(II) oxidációjára többféle módszer ismeretes. Jelenleg a salétromsavat és a hidrogén-peroxidot használó technológia alkalmazása a leggazdaságosabb... Nehéz eldönteni, hogy melyik eljárás a jobb ezek közül: mindkettőnek megvan az előnye és a hátránya is.

A salétromsavas oxidáció a következő – kiegészítendő reakcióegyenlet szerint - történik:



Hidrogén-peroxidot alkalmazva a következő – kiegészítendő reakcióegyenlet szerint - játszódik le a folyamat:



Ha csupán az alapanyagok árát vesszük figyelembe, salétromsav alkalmazásával az egységnyi késztermék előállítása némileg olcsóbb. Viszont vannak járulékos költségek, amelyek az adott technológia üzemeltetésével járnak.

Salétromsavval történő gyártás során nitrogén-monoxid keletkezik, amely a levegő oxigénjével szinte azonnal nitrogén-dioxidá alakul... A nitrogén-dioxid erősen mérgező, valamint hozzájárul a savas eső és az üvegházhatás kialakulásához, ezért nem lehet a környezetbe engedni. A reaktorokat elszívó berendezéssel kell ellátni, a nitrogén-dioxidot pedig meg kell kötni. Leggyakrabban gázmosó tornyon vezetik keresztül a gázt, amelyben meszes vizet áramoltatnak.

Vízzel a nitrogén-dioxid salétromsavat és salétromossavat képez, s ezek kalcium-hidroxiddal reakcióba vihetők kalcium-nitrát és kalcium-nitrit keletkezése közben, amelyek további felhasználása újabb problémát jelent. A kalcium-nitrát műtrágyaként alkalmazható, a kalcium-nitrit pedig fagyálló

<sup>1</sup> Bóka Attila (DE): Egy egyszerű reakció gyakorlati jelentősége: a vas(II)-szulfát oxidációja vizes oldatban c. írásából kivéve, a teljes írás helye: [http://www.mkl.mke.org.hu/images/stories/downloads/2014/2014\\_9.pdf](http://www.mkl.mke.org.hu/images/stories/downloads/2014/2014_9.pdf) utolsó látogatás: 2015. augusztus 4.

tulajdonsága miatt lehet hasznos. Mivel elválasztásuk igen költséges lenne, keverékként lehetséges az értékesítésük, jégoldó, csúszásmentesítő anyagként. Persze, még a legjobban üzemelő technológiáról sem lehet elmondani, hogy nulla lenne a károsanyag-kibocsátása, a leggondosabb üzemeltetés mellett is jut némi nitrogén-oxid a levegőbe.

A hidrogén-peroxidot alkalmazó technológia jóval környezetbarátabb, mivel nem keletkezik olyan melléktermék, amely további kezelést igényel, legfeljebb a hidrogén-peroxid bomlásából szabadulhat fel valamennyi oxigén. Ennek a technológiának az előállítási költség a hátránya... A hidrogénperoxid bomlékony vegyület, így a sztöchiometrikusnál nagyobb mennyiségben szükséges a reakcióelegyhez adni, a hasznos redoxireakcióval párhuzamosan vízre és oxigénre bomlik. Vas(III)-szulfát gyártása során a  $H_2O_2$  bomlását a magas hőmérséklet (az oxidációs folyamat önmagában is erősen exoterm!) és katalizátorként a keletkező vas(III)ionok is elősegítik. Így a sztöchiometrikus mennyiségen túl beadagolt hidrogén-peroxid többletköltséggé jelenik meg...

A két eljárás alkalmazása között nehéz dönteni, elsősorban az adott vállalat vezetőségének szemlélete és értékrendszere döntheti el a dolgot: nevezetesen, hogy a környezet védelme és a dolgozók egészsége érdekében bevállalnak-e némi többletköltséget, és választják a hidrogén-peroxidos technológiát, vagy a profitot e szempontok fölé rendelik...

Bizonyára sokaknak eszébe jutott, akik dolgoztak már vas(II)-szulfát oldattal, hogy levegőn hagyva megbarnul a keletkező vas(III)ionok miatt, ugyanis a levegő oxigénjének hatására is végbemegy a vas(II) oxidációja, csak igen kis sebességgel. A levegő könnyen hozzáférhető, vajon fel lehet-e használni a levegő oxigénjét oxidálószerként úgy, hogy ipari léptékekben is elfogadható sebességgel játszódjon le a reakció. Talán ez lehet vas(III)-szulfát gyártásához alkalmazott következő oxidációs módszer?

[A szöveg és kémiatudásod alapján válaszolj a kérdésekre!](#)

Milyen a színe a híg vizes vas (II)- illetve vas(III)-oldatoknak?

Mely oxidálószer oxidálja a vas(II)-szulfátot a szöveg szerint?

Milyen előnye és káros következménye lehet a salétromsavas oxidálásnak a hidrogén-peroxiddal szemben? Hogyan csökkenthető a környezetszennyezés?

A hidrogén-peroxidos eljárás során miért kell többlet oxidálószer alkalmazni?

Írd fel a hidrogén-peroxid bomlásának egyenletét!

Milyen tényezők gyorsítják a hidrogén-peroxid bomlását a szöveg szerint?

Mit jelent az eutrofizáció?

*Írd fel az alábbi reakciók egyenletét! Milyen típusú reakciókról van szó?*

- a vas(III)-foszfát képződése ionegyenlettel
- a nitrogén-dioxid és a mezés víz reakciója
- a szövegben jelzett kiegészítendő egyenletek rendezve, a változó oxidációs számok feltüntetésével

A forgalomba hozott vas(III)-szulfát 1,0 tonnájának előállításához hány tonna vas(II)-szulfát-heptahidrátot kell felhasználni, 100 %-os hasznosítást feltételezve?

Ehhez mennyi 30 %-os hidrogén-peroxidot használnak, ha 100 % felesleget alkalmaznak?

## A cikk teljes szövege

Az Európai Unióhoz csatlakozva a korábbinál jóval szigorúbb előírásokat léptettek életbe a szennyvíztisztító telepek működését illetően. Az új szabályozás már jóval kevesebb foszfor jelenlétét engedi meg a kimenő tisztított vízben, mint a korábbi, ugyanis a természetes vizekbe jutó foszfor hozzájárul az eutrofizáció kialakulásához. Addig sok tisztító telepen a mikrobiológia (eleven iszap) fogyasztotta el a foszfortartalom nagy részét, amely az ülepezhető részekkel (iszappal) együtt eltávolítható a rendszerből. Az új foszforhatárérték (1 mg/l) már nem elérhető csupán ezzel a módszerrel. Szükségessé vált új módszerrel kiegészíteni a régit, vegyszer alkalmazásával eltávolítani a foszfort a rendszerből. A szennyvizekben a foszfor  $\text{PO}_4^{3-}$  (foszfátion) formában van jelen, ami  $\text{Fe}^{3+}$ -tartalmú vegyszerekkel kiválóan eltávolítható, ugyanis  $\text{FePO}_4$  csapadékként válik ki.

Erre a célra vas(III)-kloridot és a vas(III)-szulfátot használnak a leggyakrabban, amelyek után az új, szigorú határértékeknek köszönhetően jelentősen megnőtt a kereslet, és az ország területén különböző vállalkozások jöttek létre, hogy kielégítsék a szennyvíztisztító telepek hatalmas vegyszerigényét. Ezek a vállalatok folyamatos árversenyben vannak egymással, így fontos, hogy ki milyen költséggel képes előállítani a termékeit.

A vas(III)-szulfát 42%(m/m)-os vizes oldatban kerül forgalomba. Vas(II)-szulfát-heptahidrátból állítják elő, sztöchiometrikus mennyiségű kénsav, számított mennyiségű víz felhasználásával, valamint oxidálószer alkalmazásával.

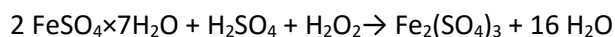


A vas(II) oxidációjára többféle módszer ismeretes. Jelenleg a salétromsavat és a hidrogén-peroxidot használó technológia alkalmazása a leggazdaságosabb, de így is az előállítási költségek legnagyobb részét az oxidálószer teszi ki. Nehéz eldönteni, hogy melyik eljárás a jobb ezek közül: mindkettőnek megvan az előnye és a hátránya is.

A salétromsavas oxidáció a következőképpen történik:



Hidrogén-peroxidot alkalmazva a következő reakcióegyenlet szerint játszódik le a folyamat:



Ha csupán az alapanyagok árát vesszük figyelembe, salétromsav alkalmazásával az egységnyi késztermék előállítása némileg olcsóbb. Viszont vannak járulékos költségek, amelyek az adott technológia üzemeltetésével járnak.

Salétromsavval történő gyártás során nitrogén-monoxid keletkezik, amely a levegő oxigénjével szinte azonnal nitrogén-dioxiddá alakul, így a folyamat további részében nitrogén-dioxidként kell kezelni. A nitrogén-dioxid erősen mérgező, valamint hozzájárul a savas eső és az üvegházhatás kialakulásához, ezért nem lehet a környezetbe engedni. A reaktorokat elszívó berendezéssel kell ellátni, a nitrogén-dioxidot pedig meg kell kötni. Leggyakrabban gázmosó tornyon vezetik keresztül a gázt, amelyben meszes vizet áramoltatnak.

Vízzel a nitrogén-dioxid salétromsavat és salétromossavat képez, s ezek kalcium-hidroxiddal reakcióba vihetők kalcium-nitrát és kalcium-nitrit keletkezése közben, amelyek további felhasználása újabb problémát jelent. A kalcium-nitrát műtrágyaként alkalmazható, a kalcium-nitrit pedig fagyálló tulajdonsága miatt lehet hasznos. Mivel elválasztásuk igen költséges lenne, keverékként lehetséges az

Készítette: Nagy Mária

értékesítésük, jégoldó, csúszásmentesítő anyagként. Persze, még a legjobban üzemelő technológiáról sem lehet elmondani, hogy nulla lenne a károsanyag-kibocsátása, a leggondosabb üzemeltetés mellett is jut némi nitrogén-oxid a levegőbe.

A hidrogén-peroxidot alkalmazó technológia jóval környezetbarátabb, mivel nem keletkezik olyan melléktermék, amely további kezelést igényel, legfeljebb a hidrogén-peroxid bomlásából szabadulhat fel valamennyi oxigén. Ennek a technológiának az előállítás költsége a hátránya. Elméletileg a salétromsavas technológiával egységnyi késztermék előállítása a kiegészítő berendezések üzemeltetési költségeivel együtt nagyjából ugyanannyiba kerül, mint a hidrogén-peroxidos technológiával, de figyelembe kell venni a hidrogén-peroxid sajátosságait is. A hidrogénperoxid bomlékony vegyület, így a sztöchiometrikusnál nagyobb mennyiségben szükséges a reakcióelegyhez adni, a hasznos redoxireakcióval párhuzamosan vízre és oxigénre bomlik. Vas(III)-szulfát gyártása során a  $H_2O_2$  bomlását a magas hőmérséklet (az oxidációs folyamat önmagában is erősen exoterm!) és katalizátorként a keletkező vas(III)ionok is elősegítik. Így a sztöchiometrikus mennyiségen túl beadagolt hidrogén-peroxid többletköltséggé jelenik meg, ezért az a cél, hogy minél nagyobb része hasznosuljon. A reakcióelegy hőmérséklete csökkenthető a reaktor hűtésével, és a hidrogén-peroxid lassú bevezetésével, ezáltal javítható a hidrogén-peroxid oxidálási hatásfoka, viszont a keletkező vas(III)ionokat nem lehet eltávolítani a rendszerből, így ezek hatását nem lehet mérsékelni.

A két eljárás alkalmazása között nehéz dönteni, elsősorban az adott vállalat vezetőségének szemlélete és értékrendszere döntheti el a dolgot: nevezetesen, hogy a környezet védelme és a dolgozók egészsége érdekében bevállalnak-e némi többletköltséget, és választják a hidrogén-peroxidos technológiát, vagy a profitot e szempontok fölé rendelik.

A kialakított technológia nem minden, nagy gondot kell fordítani az üzemeltetésre is. Megfelelő üzemeltetés mellett a hidrogén-peroxidos technológia sokkal gazdaságosabbá válhat, mint egy rosszul üzemeltetett salétromsavas. A vas(III)-szulfát előállítása során az a vállalat kerülhet előnybe versenytársaival szemben, amely hatékonyabban üzemelteti az oxidációs technológiáját, vagy esetleg új oxidációs eljárást tud kidolgozni.

Bizonyára sokaknak eszébe jutott, akik dolgoztak már vas(II)-szulfát oldattal, hogy levegőn hagyva megbarnul a keletkező vas(III)ionok miatt, ugyanis a levegő oxigénjének hatására is végbemegy a vas(II) oxidációja, csak igen kis sebességgel. A levegő könnyen hozzáférhető, így már csak az a kérdés, hogy fel lehet-e használni a levegő oxigénjét oxidálószerként úgy, hogy ipari léptékekben is elfogadható sebességgel játszódjon le a reakció. Talán ez lehet vas(III)-szulfát gyártásához alkalmazott (és talán a legolcsóbb?) következő oxidációs módszer?

Milyen a színe a híg vizes vas (II)- illetve vas(III)-oldatoknak? **zöld és sárga/barna**

Mely oxidálószer oxidálja a vas(II)-szulfátot a szöveg szerint? **salétromsav, hidrogén-peroxid, oxigén**

Milyen előnye és káros következménye lehet a salétromsavas oxidálásnak a hidrogén-peroxiddal szemben? **Olcsóbb, de a képződő mérgező gázzal az eljárás hozzájárul a savas eső kialakulásához, s az üvegházhatáshoz.** Hogyan csökkenthető a környezetszennyezés? **Gázmosó tornyon átvezetéssel, amelyben meszes vizet áramoltatnak.**

A hidrogén-peroxidos eljárás során miért kell többlet oxidálószer alkalmazni? **A hidrogén-peroxid bomlékony.**

Írd fel a hidrogén-peroxid bomlásának egyenletét!  **$H_2O_2 = H_2O + 0,5 O_2$**

Milyen tényezők gyorsítják a hidrogén-peroxid bomlását a szöveg szerint? **Magas hőmérséklet és a vas(III)-ionok katalizáló hatása.**

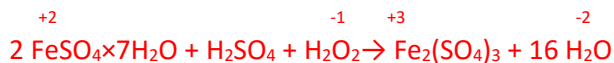
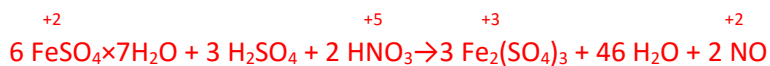
Mit jelent az eutrofizáció? **Az állóvizek tápanyagban dúsulása miatt bekövetkező vízínövény-elszaporodás, amely a víz korai előregedését okozza.**

Írd fel az alábbi reakciók egyenletét! Milyen típusú reakciókról van szó?

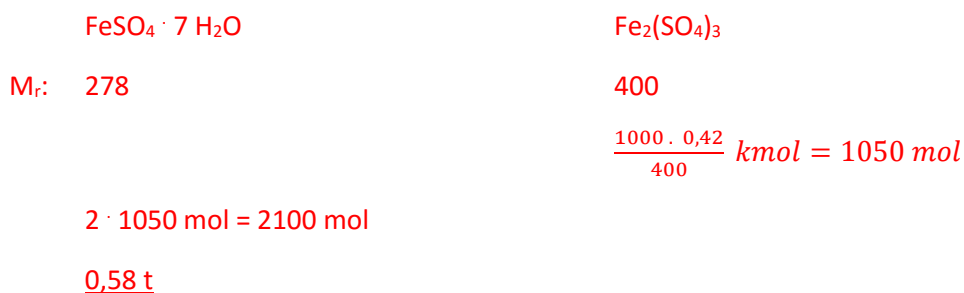
- a vas(III)-foszfát képződése ionegyenlettel  **$Fe^{3+} + PO_4^{3-} = FePO_4$**

- a nitrogén-dioxid és a mezés víz reakciója  **$4 NO_2 + 2 Ca(OH)_2 = Ca(NO_3)_2 + Ca(NO_3)_2 + 2 H_2O$**

- a szövegben jelzett kiegészítendő egyenletek rendezve, a változó oxidációs számok feltüntetésével



A forgalomba hozott vas(III)-szulfát 1,0 tonnájának előállításához hány tonna vas(II)-szulfát-heptahidrátot kell felhasználni, 100 %-os hasznosítást feltételezve?



Ehhez mennyi 30 %-os hidrogén-peroxidot használnak, ha 100 % felesleget alkalmaznak?

$$m_B = 1050 \cdot 34 \text{ g} = 35,7 \text{ kg} \quad m = m_B / 0,3 = 119 \text{ kg} \quad 100\% \text{ felesleggel } 238 \text{ kg} \cong \underline{240 \text{ kg}}$$