

VÍZTECHNOLÓGIA - KAZÁNTÁPVÍZ ELŐKÉSZÍTÉS IONCSERÉS SÓMENTESÍTÉSSEL

Laborgyakorlat előirat
a „Szénhidrogénipari technológia és katalízis” c. tantárgyhoz

1. Bevezetés: kőolaj finomítói vonatkozások

A. Elméleti megfontolások

Bármely kőolaj finomító alapvető segédrendszere a vízrendszer. Olyannyira alapvető, hogy már a finomító tervezésekor szempont, hogy olyan helyszínen kell megvalósítani a komplexumot, ahol elégséges mennyiségben rendelkezésre áll víz (hűtési, gőzfejlesztési, kommunális célból). A finomítókat ezért mindig nagyobb folyók, ill. tenger mellé építik, hogy a vízellátás hosszú távon (30-50 év) biztosított legyen.

A tengerparti elhelyezkedés a legtöbb esetben a fentiek ellenére inkább logisztikai kérdés, mintsem a vízellátási probléma. A nagyobb tankerekkel való könnyű megközelítés flexibilissé teszi a finomítók ellátását kvázi tetszőleges minőségű kőolajjal. Az ilyen finomítók esetében is igyekeznek édesvíz eredetű tápvízzel ellátni a finomítót, mert édesvíz felhasználása jóval gazdaságosabb és kevesebb technológiai problémát tartogat az üzemeltetés során. A rijekai (fiumei) finomító például a hegyekben lévő mesterséges tározóból kapja a vizet (20-30 km).

Közel-keleti, sivatagos éghajlat alatt lévő országok ugyanakkor rákényszerülnek, hogy vízellátásukat tengervíz alapon oldják meg. Ez nem olcsó megoldás, hiszen a technológiai rendszerek védelme érdekében a tengervizet sóatlanítani kell. A művelet gazdasági és technológiai súlyának érzékeltetéséhez vegyük figyelembe, hogy a MOL százhalombattai finomítójának éves hűtővíz igénye nagyságrendileg ~8-9 millió m³/év, kapacitása ugyanakkor jóval kisebb, mint egyes arab országok mostanában felépített finomítóé (tehát ott még ennél is több vízre van szükség). A nemzetközi legjobb gyakorlat ajánlások (BAT – Best Available Practice) 0,6-0,8 m³ hűtővíz/ t feldolgozott kőolaj nagyságrendet jelölnek meg elérhető optimumként.

A víz tehát igen értékes nyersanyag, amire igyekeznek maximálisan vigyázni (többszörös újrahasznosítás). A sómentes víz előállításában éppen a nagyságrendben fordított ozmózis segítségével állítható elő leg gazdaságosabban. A fordított ozmózisos vízkezelést más tantárgyak keretében ismerik meg a hallgatók, ezért a gyakorlat során ezzel csak érintőlegesen foglalkozunk (de a jelentősége a fentiekből nyilvánvaló).

Korlátozza a víz sokszoros visszacirkuláltatását – különösen, és pont a melegebb égőv alatt – a víz párolgási vesztesége. A hagyományos hűtőtornyokban ugyanis a melegebb (30-40°C), visszatérő hűtővíz áram egy kisebb részének elpárologtatása révén hűl vissza a víz főtömege (praktikusan a párolgási hőt használjuk fel hűtésre). A párolgás miatti veszteséghez hozzá kell adni a betöményedés miatti leiszapolási veszteséget. Mérsékelt égőv alatt gazdasági megfontolásokból nem törekszünk a hűtővíz teljes sómentesítésére, emiatt a párolgás következtében a sókoncentráció folyamatosan nő. A töményedésnek rendszeres (folyamatos) leiszapolással és friss víz hozzáadásával lehet elejét venni, ill. tartani egy cél ionkoncentrációt (amit a vezetőképesség folyamatos monitorozása révén követhetünk nyomon).

A víz legnagyobb mennyiségben tehát **hűtővízként** kerül felhasználásra. Második helyen a **gőzfejlesztés** szerepel. A gőzfejlesztés célja kettős. Egyrészt az eljárások többségénél valamilyen formában szükség van a gőzre, ha másért nem, akkor a karbantartásra való előkészítéskor. Másrészt az energia visszanyerés utolsó lépése a hulladék hővel történő kisnyomású gőz fejlesztése lehet, amit pl. a vezetékek fűtésénél lehet felhasználni. Gőzt viszont csak nagyon tiszta, gyakorlatilag ionmentes kazántápvízből lehet fejleszteni, különben a gőzfejlesztő csövei hamar elvízkövesednek és karbantartásra (leállításra) szorulnak. Rosszabb esetben a kazán csövei felhasadhatnak és gőzrobbanás következhet be.

Harmadik felhasználási terület a **technológiai vizek** esete. Több technológia igényel különböző minőségű vizet, jellemzően mosási célból (ld. például az AV üzemek sómentesítőjét, az MTBE/ETBE üzem mosóköreit, vagy a DC üzem koksztávó rendszerét).

Végül említést kell tenni az optimális esetben minimális, de biztonsági szempontból lényeges **tűzoltóvíz** hálózatról. Biztonsági megfontolásokból szokás minden toronyra (desztilláló, extraktor, ab/adszorber, reaktor), ill. nagyobb tartály jellegű készülékre (reflux tartály, üzemi puffer tartály, stb.) tűzvíz vezetékét szerelni. A vezeték száraz felszálló vezeték formájában kerül kiépítésre, és csak tűz esetén kerül nyomás alá. Célja a készülék palástjának hűtése, ezáltal készülékben uralkodó nyomás csökkentése. A tároló tartályok is rendelkeznek hasonló biztonsági palásthűtési lehetőséggel. Tárolótartályok esetében a nyári meleg, napsütéses időben a tárolt szénhidrogén párolgásának csökkentése érdekében használjuk palásthűtést.

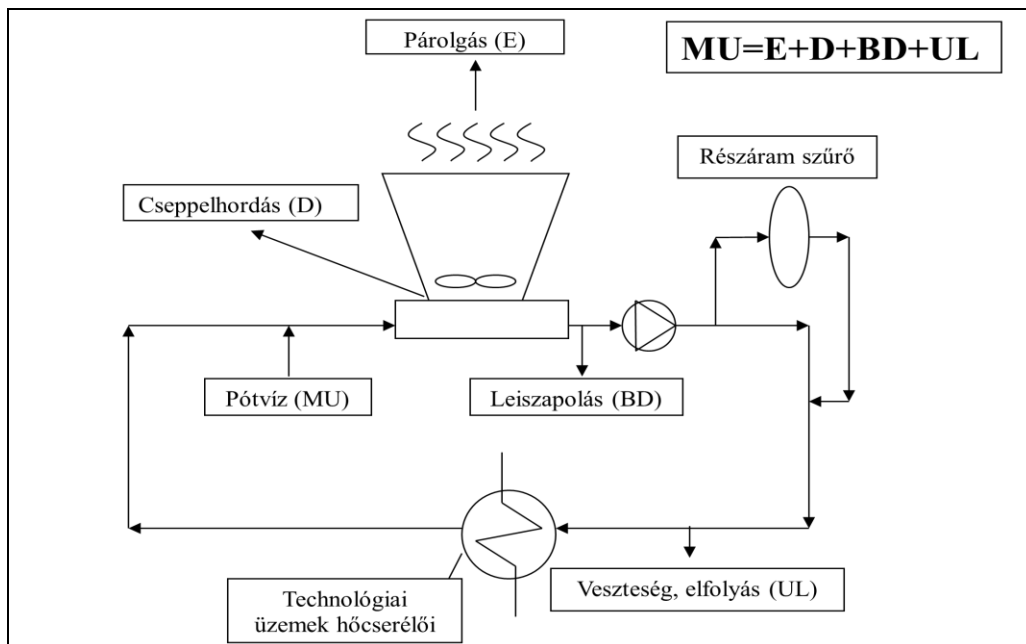
B. Hűtővíz rendszerek

A fentiek szerint a finomító tehát a hűtővíz rendszereihez használja fel a legnagyobb mennyiségben a vizet. Üzemelnek olyan technológiai megoldások, amikor a hűtővizet egyszeres átfolyással használják. A németországi Hamburg városában az egyik finomító az Elbából veszi a vizet, és fizikai előkezelés (ülepítés, szűrés) után közvetlenül átvezeti a vizet a hűtővíz rendszerein, majd a meleg vizet (30-40°C) visszaadja az Elbába. Előnye ennek a megvalósításnak, hogy a vízkezelés költsége jelentősen kisebb (rendszer üzemeltetés, szivattyú karbantartás, medencék tisztítása, vegyszerek költsége, stb.). Hátránya technológiai szempontból, hogy a víz hőmérséklete nem állandó (télen közel 0°C, nyáron rosszabb esetben megközelítheti 25-28 °C-ot), ezért a hűtési hatások az év folyamán változik (az átáramoltatott víz mennyiségével lehet kompenzálni). További hátrány, hogy nehezebb egy hőcserélő lyukadást lokalizálni.

A fenti nehézségek elkerülése, ill. az üzemeltetési állandóság érdekében ezért a legtöbb esetben mégis a cirkulációs hűtővízrendszerek üzemeltetése mellett döntenek (ilyen működik a MOL Nyrt. százhalombattai finomítójában is). Amennyiben folyóból történik a vízvételezés, akkor a kivét folyásirány szerint a finomító felett, míg a visszaadási pont a finomító alatt történik.

A nyers vizet először egy durva szűrőn megszűrjük (uszadék, halak, békák, egyéb darabos hordalék, stb.), majd ülepitéssel a finomabb mechanikai szennyeződések (homok, iszap, biológiai eredetű részecskék) is eltávolítják. A biológiai csíraszám (algák, baktériumok, stb.) csökkentése érdekében folyékony klórral kezelik a vizet. Az így előállított érdemi mechanikai szennyeződéstől megtisztított és dezinficiált vizet nyers ipari vízként a finomító pótvíz üzemébe továbbítják. A leírt nyers vizet előállító üzemegységnek nem feltétlenül kell a finomító fizikai területén lennie.

A **pótvízmű**, ahol további kémiai kezelések történnek, már jellemzően a területen található és a lebegő szennyeződések további csökkentését, ill. a víz pufferelesét végzi. Vegyszeradagolás (flokkuláló szer) révén pelyhes csapadék képződik, mely megköti a kisméretű lebegő szennyeződések és az ülepitő medencében, ill. a finomszűrőkön eltávolítható a vízből. Az ilyen módon tovább tisztított víz kerül pótvízként a recirkulációs vízműbe, ill. alapanyagként a kazántápvíz előállító, jellemzően reverz ozmózis (RO) elven működő egységbe. A recirkulációs vízműbe kerülő pótvíz (MU) mennyisége a párolgási veszteség, a cseppelhordás, a leiszapolás és a kontrollálatlan elfolyások mennyiségének összege (1. ábra). Tájékoztató jellegű nagyságrendi értékek: ~22000 m³/h összes cirkuláltatott hűtővíz mennyiséghez óránként ~120 m³ leiszapolás és ~200 m³ párolgási veszteség tartozik.



1. ábra. A recirkulációs vízmű anyagmérlege

A **recirkulációs vízmű** funkciója, hogy a felhasználóktól (technológiai üzemek) visszatérő felmelegedett hűtővizet ismét lehűtse, kémiaileg kezelje. A visszatérő hűtővíz jellemzően 30-40°C hőmérsékletű. A vízmű szempontjából optimális esetben a kiadott, ill. a visszatérő víz

hőmérsékletének különbsége nem nagyobb 10 °C-nál. A technológiai hőcserélők (vizes hűtők) tervezési értéke általában 40°C (ennyi a hűtőről kilépő technológiai közeg hőmérséklete). Ennél hidegebbre hűtővízzel hűteni nem érdemes. A nyári időszakban, amikor a vízműből kiadott víz hőmérséklete akár 25-26°C is lehet, nincs kellő hajtóerő (ΔT), ill. csak a hőcserélő felület jelentős növelésével oldható meg a feladat (ez viszont beruházási költség oldalon fogja terhelni a büdzsénket).

Sajnos a vizes kondenzátorokon, vizes hűtőkön előfordulnak korróziós eredetű lyukadások. A legtöbb esetben a vízoldal nyomása a kisebb, ugyanis a visszatérő ág atmoszférikus nyomáson, optimális esetben gravitációs elfolyással kerül kiépítésre. Lyukadás esetén tehát a technológiai oldal magasabb nyomása miatt a szénhidrogén kerül bele a hűtővízbe. A szénhidrogén szennyeződés a legtöbb esetben kisebb sűrűségű, mint a víz, ezért az üleptető, tároló medencékben felúszik a víz tetejére. Innen leföldről lehet eltávolítani (a szennyezett víz a szennyvíztisztítóba kerül kiadásra).

Léteznek olyan baktériumtörzsek, melyek a szénhidrogéneket tápanyagként képesek felhasználni, ezért ezek elszaporodása ellen védekezni kell (a baktérium telepek számára ideális a kellemesen meleg vizes környezet, képesek akár a hőcserélők eltömítésére is).

A vegyszeres kezelés egyik feladata tehát a biológiai jellegű szennyezettség fékentartása. A másik fontos terület a korrózió. Mivel a technológiai rendszeren számos hegesztési varrat, fémes érintkezés, metallurgiai inhomogenitás található, a vízoldal korróziója folyamatosan zajlik. A korrózió sebességét szükséges a minimumra csökkenteni, hogy a vízrendszer élettartamát a lehető leghosszabb ideig megőrizhessük. A vegyszerezés harmadik területe a lerakódások, vízkőképződés elleni védelem.

C. Kazántápvíz előállítás

Gőzfejlesztéshez kazántápvizet használunk, mellyel szemben szigorú minőségi előírások vannak. A legelterjedtebb reverz ozmózis (RO) elven működő vízkezelő egységek az alábbi részegységekből állnak:

- előszűrés (a pótvíz további szűrése): ultraszűrés
- ionmentesítés: RO
- utókezelés: ioncsere

Az RO membránok fokozottan érzékenyek a mechanikai szennyeződésekre, ezért az előszűrési lépésben gyakorlatilag az összes még jelen lévő mechanikai szennyeződést el kell távolítani. A mechanikailag teljesen tiszta víz az RO membránokon áthaladva kétfelé válik a betöményedett retentát a szennyvízrendszerbe, ill. a hűtővízkörbe kerül, a permeátum pedig az utókezelő egységbe. Az ioncserélő utókezelőre azért van szükség, mert az RO membránok fizikai elven működnek, ezért idővel elhasználódnak. Pórusaik tágulhatnak és az átjutó ionok szép fokozatosan egyre nagyobb koncentrációban jelennek meg a permeátumban. A kémiai elven működő utókezelés során viszont minden ion kinyerhető.

Felmerülhet a kérdés, hogy miért nem ioncserével tisztítjuk akkor a teljes vízmennyiséget? A válasz gazdasági jellegű. Az ioncsere élőmunka, vegyszer és karbantartás igénye jóval nagyobb,

mint az automatizálható RO megoldásnak. A kettő kombinációja viszont optimális megoldást kínál mind a kazántápvíz minőségét, mind az üzemeltetési költségeket tekintve.

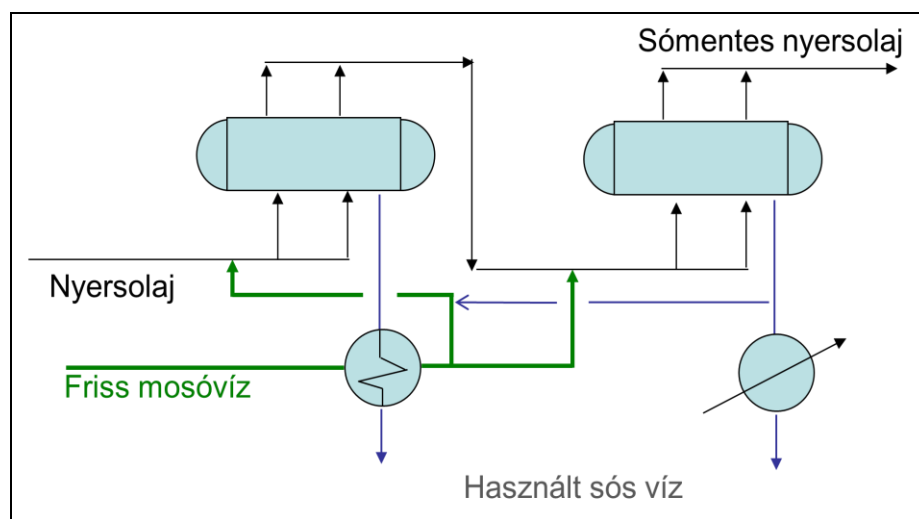
Az ioncserés lágyítás elméletéről a későbbiekben lesz részletesen szó, a RO technológiával pedig a hallgatók a „Vegyipari műveletek” tantárgy keretében ismerkedhetnek meg részletesebben.

D. Technológiai vízfelhasználás

Technológiai jellegű vízfelhasználás több üzemen is történik. **A hallgatók számára javasolt a felsorolt technológiák átismétlése az korábbi előadásanyagok alapján.** A felhasznált víz minősége alapján két csoportba sorolhatjuk a felhasználási helyeket:

- pótvíz minőségű felhasználók,
- ionmentes víz felhasználók.

A technológiai lánc legelső lépése a **kőolaj sómentesítése**. A sómentesítés a legelső lépés, hiszen itt egyszerre a teljes alapanyag áramot lehet kezelni. Az alábbi folyamatábra mutatja egy kétlépéses sómentesítés elvi kapcsolását (2. ábra). A mosáshoz nincs szükség különösebben szigorú vízminőségre, hiszen a mosóvíz közvetlenül a szennyvízrendszerbe kerül, maga a kőolaj pedig nem igényel extra bánásmódot. A felhasznált víz tehát pótvíz, mennyisége nagyságrendileg a mosott kőolaj 1%-a.



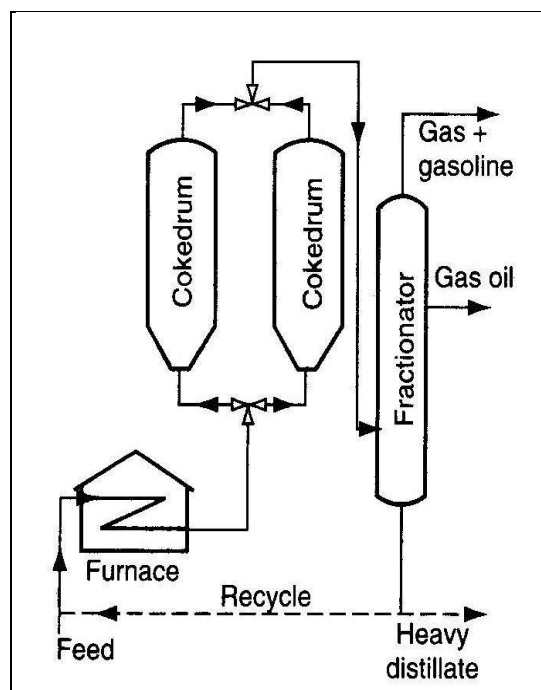
2. ábra. A sómentesítő egység folyamatábrája

A sómentesítés célja a korrozív klorid ionok, a keménységet okozó sók, ill. az egyéb, katalizátorméregként funkcionáló ionok kimosása a kőolajból. A sómentesítés elmaradása esetén a kemencékben, hőcserélőkben lerakódások alakulnak ki, a desztillációs torony fejkörén (páracsó, kondenzátorok) fokozott korrózió jelenik meg (akár 1-2 mm/év), az FCC üzem katalizátora mérgeződik (a Na tönkreteszi a zeolit kristályszerkezetét).

A sók legtöbbször kloridok formájában találhatók meg (NaCl, MgCl₂, CaCl₂) de az oldott karbonátok is jelen vannak, melyek az anyagözetből kerülnek a kőolajba. Meg kell jegyezni,

hogyan a sók nem közvetlenül az olajban találhatóak, hiszen szervesetlen vegyületekről beszélünk, hanem a kőolajban oldott vízben.

Szintén pótvíz minőségű vizet használunk a késleltetett kokszoló (DCU) üzemben a **koksz vágásához**. A DCU-ban jellemzően két kokszkamrát üzemeltetünk. Amíg az egyikben folyik a kokszolódás, addig a másiktól el kell távolítani képződött kokszot (a 3. ábra mutatja a technológia legfőbb berendezéseit).

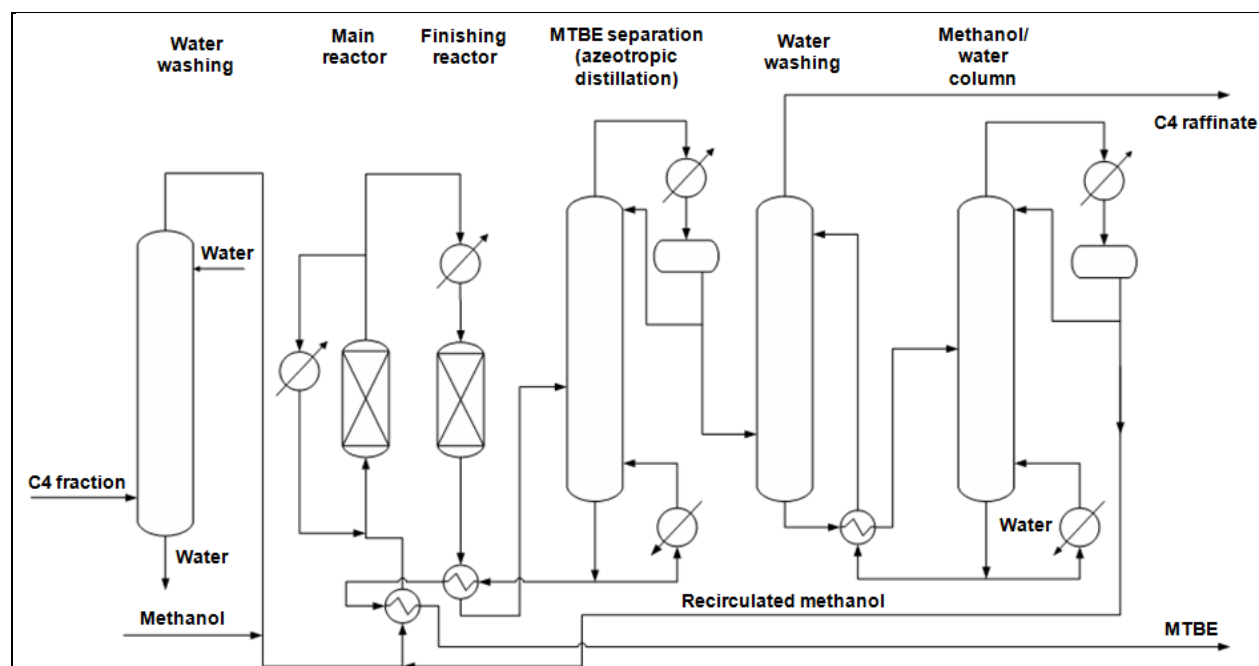


3. ábra. A késleltetett kokszoló legfőbb berendezései

Amikor megtelik az egyik kamra, akkor az átváltás után a kokszot először le kell hűteni 100°C hőmérséklet alá. Először vízgőzzel árasztják el, ill. fűtatják át a kamrát (1,5-2 óra). Ebben a lépésben eltávoznak a még kokszban maradt, illékonyabb szénhidrogén molekulák. A gőzös sztrippelés után a vágóvíz tartályból vizet szivattyúznak a kamrába. A víz jelentős része gőzzé alakul, amíg a teljes kamra hőfoka 100°C alá nem csökken. A mosási fázis végén meleg vízzel telített koksz található a kamrában. A víz betáplálás leállítását követően kinyitják az alsó és felső kamrafedeleket. A víz egy része kifolyik gyűjtő medencébe, más része majd a kokszsal együtt fog távozni. Megkezdődik a kokszvágás művelete: felülről eresztik a fűrófejet a kamrába. A fűrófej először lefelé átfúrja magát a kokszágyon, majd a fűvókák vízszintes irányba fordításával alulról felfelé körkörösén megtörténik a koksz kivágása. A vágás maga a ~ 250 bar nyomású vágóvízzel történik.

A gyűjtő medencéből a vágóvizet összegyűjtik, üleptik, majd egy tartályban tárolják a következő vágás megkezdéséig. A gőzként eltávozott víz pótlására a pótvízműből friss vizet vételeznek. A rendszerből távozó gőzök (sztrippelés és vágás során képződő) kondenzáltatás után a savanyúvíz kezelő rendszerbe kerülnek, onnan pedig a szennyvíztisztítóba. Egy kamrányi koksz kivágásához az üzem kapacitásának függvényében kb. $300\text{-}500\text{ m}^3$ vágóvíz felhasználása szükséges.

A fentiekől eltérően ionmentes vizet használunk az **MTBE/ETBE** üzemben. Itt két különböző mosási funkciót is el kell végeznünk, melyek mindegyike tiszta vizet igényel. A technológiai folyamatábrát a 4. ábra mutatja.



4. ábra. Az MTBE/ETBE üzem folyamatábrája

A technológia rögtön az első lépésben a C4 alapanyag mosásával kezdődik. Erre azért van szükség, mert az FCC üzemből származó C4 frakció kénmentesítése ebben a konkrét esetben jellemzően Merox technológiával történik. A PB Merox technológia lényege, hogy katalizátoros lúgdattal a merkaptánokat diszulfidokká alakítjuk, majd a diszulfidokat ülepités után elválasztjuk a PB-től. Mivel tökéletesen nem tudjuk lúgmentesíteni a PB anyagáramot, ezért lúgyomok maradhatnak a frakcionálás után a C4 frakcióban, ami viszont a savas ioncserélő MTBE/ETBE katalizátort rövid úton irreverzibilisen tönkretelheti.

Az első mosótorony tehát a lúgyomok eltávolítását szolgálja. A víz a szennyeződés miatt nem használható fel újra, a szennyvízrendszerbe kerül.

A második mosótorony a reakció során feleslegben alkalmazott metanol/etanol visszanyerése céljából kerül alkalmazásra. A C4 elegy azeotrópot képez az alkohollal, így a frakcionáló torony fején távozik. A C4 szénhidrogének mellől az alkoholt legegyszerűbben vízzel lehet kimosni. A mosás után az alkohol és a víz szétdesztillálható, majd mindkét anyagáram visszavezethető a folyamat elejére: az alkohol a reaktor elé, víz pedig a mosótoronyba.

Az ionmentes technológiai mosóvíz előállítására RO berendezést, vagy ioncserés vízkezelő egységet használhatunk.

2. A víz keménysége

A természetes vizek alkotóelemei között számos kation (pl.: Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , H^+ , K^+ , NH_4^+ , Fe^{++} , stb) és anion (Cl^- , SO_4^{--} , NO_3^- , PO_4^{--} , HCO_3^- , CO_3^{--} stb) található meg. A vízben oldott kalcium- és magnézium-sók bizonyos körülmények között a többi sótól eltérően viselkednek.

A vízben oldott kalcium- és magnézium-sókat keménységet okozó sóknak nevezzük.

A keménységet okozó sók okozzák a kazánkő-képződést, ami rontja a kazánok fűtőfelületének hőátadását. A kazánkő a nyomás alatt levő szerkezeti anyagok túlhevülését, ezáltal szilárdságcsökkenést s így robbanásveszélyt okoz. A csővezetékek vízkövesedése keresztmetszet-csökkenést, sőt dugulást, tehát áramlási zavart okoz. A kazán falára lerakódott kazánkőréteg hővezető képessége a kazán lemezénél 15–20-szor rosszabb. Ez természetesen rontja a kazán hatásfokát és a tüzelőanyag pazarláshoz vezet. Közepes teljesítményű, közepes nyomású kazánban 1 mm karbonát-szilikát összetételű kazánkőréteg 3–5 % kazánhatásfok-csökkenést is okozhat.

A rossz hőátadás miatt helyileg túlmelegedett kazánfalhoz a kazánkőréteg megrepedése folytán víz kerülhet, ami robbanásszerűen elgőzölög, hirtelen megnöveli a gőznyomást, amitől a kazánfal felhasadhat.

2.1. A víz karbonát keménysége (jele: KK)

A víz karbonát keménységét a vízben oldott kalcium- és magnézium-hidrokarbonátok okozzák. Ezek a vegyületek hő hatására elbomlanak és a képződő kalcium- és magnézium karbonát (kazánkő) szilárd formában kiválik.



2.2. A víz nemkarbonát keménysége (jele: NKK)

A kalcium és magnézium ionok összes többi oldható sói. Ezek a vegyületek a víz elpárolgásával bekövetkező, oldhatóságukat meghaladó koncentrációnövekedés miatt válnak ki.

2.3. A víz összes keménysége (jele: ÖK)

A víz **karbonát (KK)** és **nemkarbonát (NKK)** keménységének összegét összes **keménységnek (ÖK)** nevezzük.

3. A vízkeménység mennyiségi kifejezése, számítása

Az előzőekben láttuk, hogy a vízkeménységet két különböző kation okozza, amelyek a két kationnal vízoldható sókat képező anionokkal vannak jelen. Így a vízkeménység mérőszámát csak egyenértékben számolhatjuk ki. A vízkeménység számítása során a keménységet kalcium-oxid egyenértékben fejezzük ki, **azaz minden keménységet okozó só egy mólja egyenértékű egy mól kalcium-oxiddal**. A mértékegység: mg CaO/dm³ vagy mmol CaO/dm³.

A víz keménységének számítását az alábbi példán szemléltetjük.

Vízelemzési adatok:		
Ca(HCO ₃) ₂	243 mg/dm ³	ez karbonátkeménységet okoz
MgSO ₄	90,0 mg/dm ³	ez nemkarbonát-keménységet okoz
NaCl	120 mg/dm ³	ez nem okoz keménységet

Karbonátkeménység számítása KK

$$\begin{array}{l}
 1 \text{ mmol Ca(HCO}_3\text{)}_2 = 162 \text{ mg egyenértékű} \\
 \qquad \qquad \qquad 243 \text{ mg egyenértékű} \\
 \text{Tehát KK} = 84 \text{ [mgCaO/dm}^3\text{]} \quad \text{vagy KK} = 243/162 = 84/56 = 1,5 \text{ [mmol CaO/dm}^3\text{]}
 \end{array}$$

Nemkarbonát-keménység számítása NKK

$$\begin{array}{l}
 1 \text{ mmol MgSO}_4 = 120 \text{ mg egyenértékű} \\
 \qquad \qquad \qquad 90 \text{ mg egyenértékű} \\
 \text{Tehát NKK} = 42 \text{ [mgCaO/dm}^3\text{]} \quad \text{vagy NKK} = 90/120 = 42/56 = 0,75 \text{ [mmol CaO/dm}^3\text{]}
 \end{array}$$

Összes keménység számítása ÖK

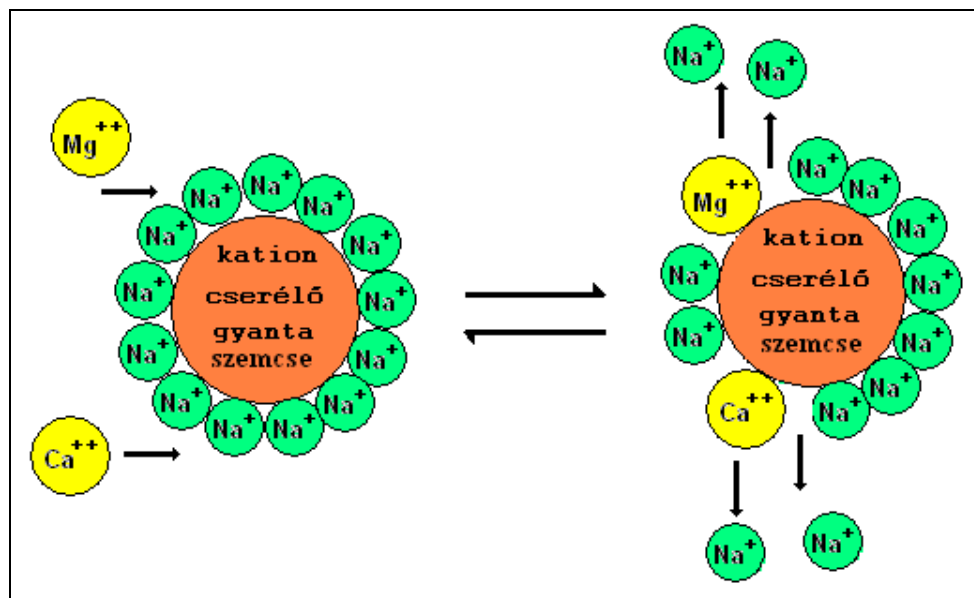
$$\text{KK} + \text{NKK} = \text{ÖK} \quad 84 + 42 = 126 \text{ [mgCaO/dm}^3\text{]}$$

$$\text{Tehát ÖK} = 126 \text{ [mgCaO/dm}^3\text{]} \quad \text{vagy ÖK} = 126/56 = 1,5 + 0,75 = 2,25 \text{ [mmol CaO/dm}^3\text{]}$$

4. A víz keménységét okozó sók eltávolításának két leggyakoribb technológiája

4.1. A víz lágyítása

A víz lágyításakor a vízben oldott keménységet okozó kalcium és magnézium ionokat keménységet nem okozó nátrium ionokra cseréljük ki. A vízlágyítási technológia során ioncserélő gyantát alkalmazunk. Az ioncserélő gyanta, amely lehet kation vagy anion cserélő, olyan szemcsés kiszerezésű anyag, amely cserélhető kationokat illetve anionokat tartalmaz. A víz lágyításakor olyan cserélhető nátrium ionokat tartalmazó kationcserélő gyanta szemcséket tartalmazó oszlopon áramoltatjuk keresztül a lágyítandó vizet, amely a megköti a víz kalcium és magnézium ionjait és a megkötött kalcium és magnézium ionokkal egyenértékű nátrium ionot juttat a vízbe.



5. ábra. Vízlágyítás ioncserélő gyantával

Az ioncsere egyensúlyi folyamat, így a kimerült (cserélhető nátrium ionjait elvesztett gyanta) tömény nátrium ion tartalmú oldattal (pl.: néhány mól/dm³ nátrium-klorid oldattal) regenerálható.

4.2. A víz teljes sómentesítése, ionmentes víz előállítása

Nagynyomású kazántápvíz (vagy ionmentes technológiai víz) előállításakor nemcsak a keménységet okozó sókat kell eltávolítani, hanem az összes sómennyiséget. Ebben a technológiában a tápvizet először olyan kationcserélő gyantán engedik keresztül, amely cserélhető hidrogén ionokat tartalmaz (minden kation hidrogén ionra cserélődik), majd a kezelt vizet cserélhető hidroxid ion tartalmú anion cserélő gyantára engedik (minden anion hidroxid ionra cserélődik). Mivel a kation cserélő gyantán képződő hidrogén és az anion cserélő gyantán képződő hidroxil ionok vízzé egyesülnek, az elfolyó víz pH értéke semleges lesz, vezetőképessége alacsony.

Kationcserélő gyanta:



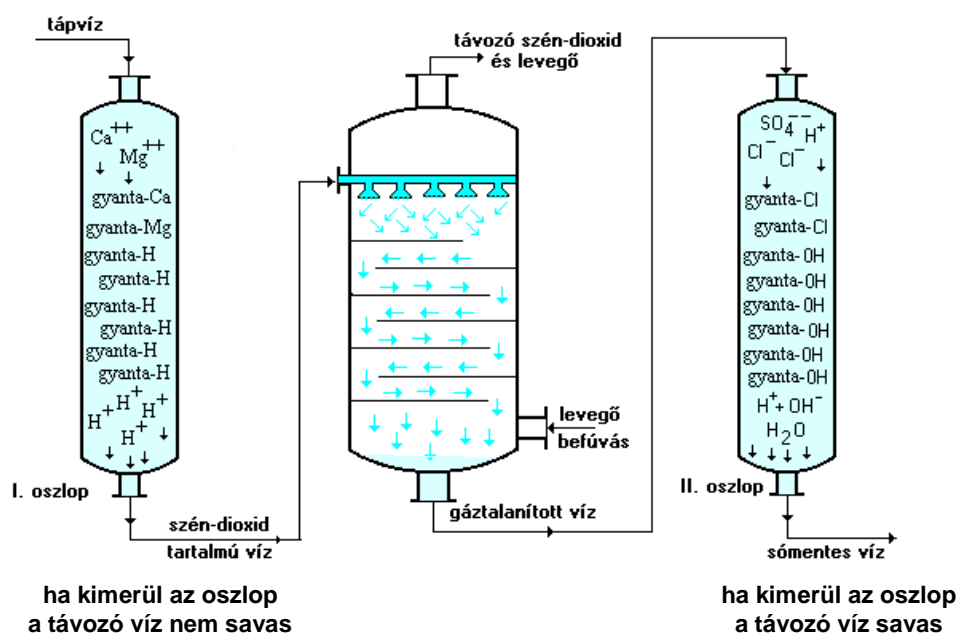
A kimerült kationcserélő gyanta tömény sósav oldattal regenerálható.

Anioncserélő gyanta:



A kimerült anioncserélő gyanta tömény nátrium-hidroxid oldattal regenerálható.

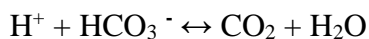
Nagynyomású kazántápvíz előkészítés



Az oszlopok sorrendje nem cserélhető fel, mert ha a tápvíz először az anioncserélő oszlopra kerül, akkor a képződő kalcium- és magnézium-hidroxid lerakódik a gyantára.

6. ábra. Ionmentes víz előállítása ioncserélő gyantával

A 6. ábrán bemutatott folyamatábrán a kation cserélő oszlop után egy gáztalanítót is be kell iktatni, mivel a hidrogén ion tartalmú savas oldatban a hidrokarbonátokból korrózió veszélyes szén-dioxid képződik, továbbá gázkiválást okoz az anioncserélő oszlopon, ezzel rontja annak kapacitását (az anionok a gázbuborékoktól nem férnek hozzá a gyantaszemcsékhez).



5. Ioncserélő gyanták kapacitása, ioncserélő oszlopok méretezése

Az ioncserélő oszlopok méretezéséhez szükséges a gyanták kapacitásának ismerete. Ionmentesítésnél a kationcserélő gyanta hasznos kapacitását [molH⁺ion/dm³gyanta] egységben, az anion cserélő gyanta hasznos kapacitását [molOH⁻ion/dm³gyanta] egységben fejezzük ki. Az oszlopok méretezését az alábbi számítási példán mutatjuk be:

Egy kationcserélő gyanta hasznos kapacitása $1,4 \text{ mol H}^+/\text{dm}^3$. Egy 1 m^3 gyantát tartalmazó ioncserélő oszloppal hány m^3 $280 \text{ mg CaO}/\text{dm}^3$ keménységű vizet tudunk kation mentesíteni? A vízben nincsenek keménységet nem okozó kationok !
Hány m^3 anioncserélő gyantát tartalmazó oszlopot kell a kationcserélő után kapcsolni,
Ha azt akarjuk, hogy az oszlopok közel egyidőben merüljenek ki ?
Az anioncserélő oszlop hasznos kapacitása $0,7 \text{ OH}^- \text{ mol}/\text{dm}^3$

A $280 \text{ mg CaO}/\text{dm}^3$ megfelel $280/56 = 5,0 \text{ mmol CaO} / \text{dm}^3$ -nek, amely H^+ ionra vonatkoztatva $10 \text{ mmol H}^+ / \text{dm}^3$.

1 m^3 gyanta hasznos kapacitása $1 \cdot 10^3 \text{ dm}^3 \cdot 1,4 \text{ mol} / \text{dm}^3 = 1,4 \cdot 10^3 \text{ mol}$

Az átfolyó víz minden köbmétere ebből $1 \cdot 10^3 \text{ dm}^3 \cdot 10 \text{ mmol}/\text{dm}^3 = 10 \text{ mol-t}$ használ el.

Az áttörési pontig $1,4 \cdot 10^3 \text{ mol} / 10 \text{ mol} = 1,4 \cdot 10^2 \text{ m}^3$ vizet tudunk kationmentesíteni.

Az anioncserélő gyanta hasznos kapacitása $0,7 / 1,4 = 0,5$ csak fele a kationcserélőnek, így ha azt akarjuk, hogy közel egyszerre merüljön ki a kationcserélővel a kationcserélő oszlop térfogatának dupláját kell alkalmaznunk anioncserélőként, azaz $2 \text{ m}^3\text{-t}$.

6. Mérési feladat

A gyakorlat során sorba kapcsolt hidrogén-formájú kationcserélő és hidroxil-formájú anioncserélő gyantával töltött oszlopok teljes sótalanító hatását vizsgáljuk ivóvíz mintákon.

A kationcserélő oszlop 1,8 cm átmérőjű, benne 6 cm³ erősen savas, magyar gyártmányú, H⁺-formájú kationcserélő gyanta (Varion KS), az azonos átmérőjű anioncserélő oszlopban pedig 8 cm³ erősen bázikus, magyar gyártmányú, OH⁻-formájú anioncserélő gyanta (Varion AD) töltetet helyeztünk el. A két oszlop közé a kationcserélő oszlopban keletkező széndioxid eltávolítására gáztalanító oszlopot kapcsoltunk. Az oszlopok után kötött folyamatosan működő átáramlási cellák segítségével mérjük az ioncserélő oszlopokról elfolyó víz **fajlagos vezetőképességét** és **pH-ját**.

Normál üzem (mindkét oszlop működik):

Kation cserélő oszlop utáni víz: vezetőképesség nagy, pH savas

Anion cserélő oszlop utáni víz: vezetőképesség kicsi, pH semleges

Kimerült a kationcserélő oszlop:

Kation cserélő oszlop utáni víz: vezetőképesség és pH megegyezik a tápvizével

Anion cserélő oszlop utáni víz: vezetőképesség nagy, pH lúgos

Kimerült az anioncserélő oszlop:

Kationcserélő oszlop utáni víz: vezetőképesség nagy, pH savas

Anioncserélő oszlop utáni víz: vezetőképesség nagy, pH savas

Mérés menete:

- Indítsuk el a víz betáplálását a sómentesítő berendezésre
- Az első leolvasás a víz betáplálás megkezdésétől számított 1 perc múlva történik.
- Leolvasandók: átáramlott víz mennyisége, vezetőképesség és pH a kationcserélő, ill. az anioncserélő oszlop után.
- A továbbiakban 3 percenként végezzük a leolvasásokat.
- A berendezést addig üzemeltetjük, amíg az egyik oszlop ki nem merül.
- Ábrázoljuk az egyes oszlopok után mért vezetőképességeket és a pH értékeket, az átáramoltatott víz mennyiségének függvényében.
- Határozzuk meg a kapott diagram alapján, hogy melyik oszlop merült ki.
- Számítsuk ki a kimerült ioncserélő oszlop hasznos kapacitását, [mmolH⁺/dm³] vagy [mmolOH⁻/dm³] egységben, ha az átáramoltatott víz elemzési adatai:
CaCl₂: 100 mg/dm³
MgCl₂: 300 mg/dm³
NaCl: 50 mg/dm³
Atomtömeg: kalcium: 40, magnézium 24, nátrium: 23, klór: 35,5
- Számítsuk ki az előbbi vízanalitikai eredményekből a víz megfelelő keménységét mgCaO/dm³ és mmolCaO/dm³ egységben.

Ellenőrző kérdések a bevezető részhez:

- Röviden mutassa be a finomító vízfelhasználási területeit!
- Milyen technológiai lépések révén állítjuk elő a pótvizet?
- Milyen típusú hűtővíz rendszereket ismer?
- Milyen veszteségekkel kell számolni egy recirkulációs típusú hűtővizrendszerrel?
- Milyen problémák ellen kell a hűtővizet kezelni?
- Röviden ismertesse a technológiai vízfelhasználások eseteit (célja, megvalósítása, felhasznált víz minősége)!

Ellenőrző kérdések az általános részhez:

- Mi okozza a víz keménységét?
- Milyen sók okozzák a víz karbonát és nem karbonát keménységét?
- Hogyan kapható meg a víz összes keménysége?
- Nevezzen meg egy olyan vízdoldható sót, amely nem okoz keménységet?
- $\text{Ca}/\text{HCO}_3/2$, MgCl_2 , KCl , CaCl_2 , $\text{Ca}/\text{NO}_3/2$. Melyik só nem okoz keménységet?
- Mit jelent a víz lágyítása?
- Mi a különbség a víz lágyítása és sómentesítése között?
- Hogyan működik az anioncserélő gyanta?
- Hogyan működik a kationcserélő gyanta?



ioncserélő gyanta szemcsék (nagyított)
átlagos szemcseméret $\text{Ø} \approx 1 \text{ mm}$