

Ipari hűtővízrendszerek tervezésének néhány kérdése

I. rész

Hilt László

okl. vegyipari gépészmérnök, energetikai szakmérnök
Alagi Állami Tangazdaság

1. Bevezetés

Az ipari hűtővízrendszerek vízüzemét a korrózió- és lerakódásmentes (helyesebben fogalmazva elfogadható mértékű korróziót és/vagy lerakódást okozó) üzemeltetés érdekében sok fizikai, kémiai, illetve kémiai-fizikai paraméter együttes figyelembevételével kell kialakítani.

Az összes tényező egyidejű számbavételére — azaz valamely adott helyre telepített hűtővízrendszer vízüzemének problémamentes kialakítására — nem lehet általános érvényű úgynevezett „receptet” adni.

Igy például hűtési mód, szerkezeti anyag és hőmérséklet-tartomány szerint differenciált hűtővízminőségi előírásra hazánkban szabványelőírás nincs.

A villamosenergia-iparág — mint a legnagyobb hűtővízfogyasztó — saját előírásai alapján (VILLMŰSZ) üzemelteti és irányítja hűtővízrendszereit.

Ugyanakkor az ipari hűtővízrendszerek üzemeltetésénél az utóbbi években több probléma jelentkezett, amelyek a következő főbb okokra vezethetők vissza:

- a) *Gazdaságossági megfontolások*
miatt a hűtővíz-berendezések felületét minimálisra csökkentik.
Ennek következtében már kismértékű korrózió, vagy vékony lerakódások az üzembiztonság illetve hőátadás kritikus csökkentését eredményezik.
- b) *Minőségi romlás*
a hűtővízként számításba vehető vízféleségek minősége általában romlott, sótartalma stb. emelkedett.
- c) *A vízkinyerés költségeinek emelkedése*
következtében kiszélesedett a recirkulációs rendszerek gazdaságossági tartománya, ezekben az oldott só stb. koncentráció magasabb, mint az átfolyós rendszerekben.
- d) *A hőfejlesztő folyamatok optimalítása*
kisebb vízdoldali felületeket, alacsonyabb szerkezeti anyag-tömegeket (kisebb falvastagságokat) és magasabb felületi hőmérsékleteket eredményezett.
- e) *Légszennyeződés*
mértéke a koncentrált iparú környezetekben az utóbbi években káros mértékben megnövekedett, ami a nyitott recirkulációs rendszerekben a korrózió (erozió) anyagok koncentrációját növeli.
- f) *Költségek*
A vízdoldali korrózió költségei (direkt, illetve indirekt költségek egyaránt) emelkedtek.

A lerakódások miatti hőátadásromlás a termelés volumenére, illetőleg a termékek minőségére hat károsan.

A hűtővízrendszerek (kapcsolási módok) főbb típusait és azok jellemzőit az I. táblázatban soroljuk fel.

2. Frissvízhűtésű rendszerek

Az átfolyó rendszerű úgynevezett frissvízhűtés esetén a felmelegedett hűtővíz folyóba, csatornába stb. kerül, miután a hűtőberendezésen áthaladt.

A vízfogyasztás ennél a megoldásnál a legnagyobb, vízkezelő vegyszerek folyamatos adagolása ezért gazdaságossági és környezetvédelmi okokból erősen korlátozott (100 MW erőműkapacitás kondenzátor-hűtővíz igénye pl. kb. 18 000 m³/h).

A lerakódások eltávolítására ezért folyamatos üzemű mechanikus csőtisztító eljárásokat fejlesztettek ki [2].

Hatékony és gazdaságos módszer szénacél védelmére, ha a hűtővíz—mész-széndioxid egyensúlyban van.

A mész-széndioxid-egyensúly alapján különböző viszonyszámokat vezettek be [3], [4], amelyekkel az adott hűtővíz-lerakódás, illetve korróziós hajlama megítélhető, illetőleg a víz szénacélra kifejtett korróziós hatásának mértéke becsülhető.

A Langelier- és Ryznal-indexek értelmezését a 2. táblázatban, a telítési pH-érték (pH_s) számításához

2. táblázat

A Langelier- és Ryznal-indexek (3), (4)

Langelier index $L = \text{pH} - \text{pH}_s$ „Kvalitatív”	Ryznal index $R = 2\text{pH}_s - \text{pH}$ „Kvantitatív”
$L = +$ Lerakódásra hajlamos	$R = 4 - 5$ erős lerakódás $R = 5 - 6$ könnyű lerakódás
$L = 0$ Egyensúly!	$R = 6 - 7$ enyhe lerakódás, illetve korrózió
$L = -$ Korrózióra (CaCO ₂ oйдódásra) hajlamos	$R = 7 - 7,5$ korrózióra hajlamos $R = 7,5 - 9$ erős korrózió $R \geq 9$ tűrhetetlen korrózió

Ipari hűtővízrendszerek főbb típusai

T_K = a levegő nedves hőmérséklete, T_H = a hűtővíz hőmérséklete, T_L = a levegő száraz hőmérséklete

Sorsz.	Hűtési mód	Ipari megoldások (példák)	Hűtővíz hőmérséklet betöményedés	Vízigény %	Szennyeződés forrás
1.	Átfolyó rendszerű „frissvíz”-hűtés	Borsodi H.V. kondenzátorainak hűtése nyers Sajó-vízzel	$T_H \approx T_K$ $B = 1$	100	szerkezeti anyagok
2.	Nyitott keringtetett „nedves hűtőtornyos” hűtés	Ipari és erőművi nedves hűtőtornyos hűtővízrendszerek	$T_L > T_H > T_K$ $B > 1$	0,3—3,0	pótvíz szerkezeti anyagok, levegő
3.1.	Zárt hűtőtornyos keringtetett hűtés „légekondenzáció”	Gagarin H.V. Heller—Forgó-féle hűtőtornyos hűtés	$T_L < T_H$ $B = 1$	≈ 0	szerkezeti anyagokból
3.2.	Kétkörös „kombinált” víz/víz hőcserélős hűtés PRIMER KÖR: 1,2	Szükségkondenzátorok, pl. fűtőturbinákhoz nyári villamosenergia-termelésre	$T_{sz} = T_{pr}(T_K) + \Delta T$ $B_{pr} \geq 1$ $B_{sz} = 1$	$PR_1 = 100, PR = 1,2$ $PR_2 = 0,3—3, SZ = 1$ $SZ \approx 0$	
3.3.	Elpárologtató hűtés	Gagarin H.V. hőcserélő delták permetezése sőtalan vízzel nyáron	$T_L > T_H > T_K$	(1)	szerkezeti anyagokból

B = betöményedés, PR = primer oldal, Sz = szekunder oldal

szükséges állandókat a 3. táblázatban adjuk meg.

A telítési pH-érték főként az adott hűtővíz sótartalmának (S), kalciumtartalmának (C), metilorange alkalitásának (M) és természetesen hőmérsékletének (T) függvénye.

Mész-széndioxid-egyensúly esetén a vízben lévő kalcium-hidrogénkarbonát (mint természetes inhi-

bitor), az oxigén katódos redukciónak és a fémek anódos oldódásának termékeivel reagálva szénacél felületen természetes védőréteget alkothat.

A védőréteg kialakulásának vannak fizikai és kémiai feltételei.

Nem várható védőréteg kialakulása pl. 0,8 m/s áramlási sebesség alatt (holtterek!) [6].

Az egyensúlyi pH érték (pH_s) számításának állandói

$$\text{pH}_s = (9,3 + S + T) - (C + M) \quad (5)$$

Összes só mg/l	S	Hőmérsékl. °C	T	Kalcium mg/l	C	m mval/l	M
50—350	0,1	0—2	2,6	4—4,6	0,6	0,2—0,22	1,0
350—1000	0,2	2—6	2,5	4,6—5,4	0,7	0,24—0,26	1,1
		6—10	2,4	5,4—7,0	0,8	0,28—0,34	1,2
		10—13	2,3	7,0—9,0	0,9	0,36—0,44	1,3
		13—17	2,2	9,0—11,0	1,0	0,46—0,54	1,4
		17—21	2,1	11,0—13,0	1,1	0,56—0,7	1,5
		21—26	2,0	13,0—17,4	1,2	0,72—0,88	1,6
		26—31	1,9	17,4—22,2	1,3	0,9—1,1	1,7
		31—37	1,8	22,2—27,8	1,4	1,1—1,4	1,8
		37—43	1,7	27,8—35,0	1,5	1,4—1,8	1,9
		43—50	1,6	35,0—44,2	1,6	1,8—2,2	2,0
		50—57	1,5	44,2—55,4	1,7	2,2—2,8	2,1
		57—64	1,4	55,4—70,0	1,8	2,8—3,5	2,2
		64—72	1,3	70,0—90,0	1,9	3,5—4,4	2,3
		72—80	1,2	90,0—110,0	2,0	4,6—5,4	2,4
				110,0—138,0	2,1	5,6—7,0	2,5
				138,0—174,0	2,2	7,2—8,8	2,6
				174,0—222,0	2,3	9,0—11,0	2,7
				222,0—278,0	2,4	11,2—13,8	2,8
				278,0—350,0	2,5	14,0—17,6	2,9
				350,0—400,0	2,6	17,8—22,0	3,0

Védőréteg kialakulásához szükséges kémiai feltételeket [7], [8] alapján a 4. táblázatban közöljük.

Szemléletesen mutatja a mész-szénsav egyensúlyi viszonyokat az 1. ábra [9].

Lerakódásveszélyes hűtővíznél a hűtővíz átlagos hőmérsékletének függvényében különböző lerakódások keletkezhetnek, amelyeket az 5. táblázatban sorolunk fel [10].

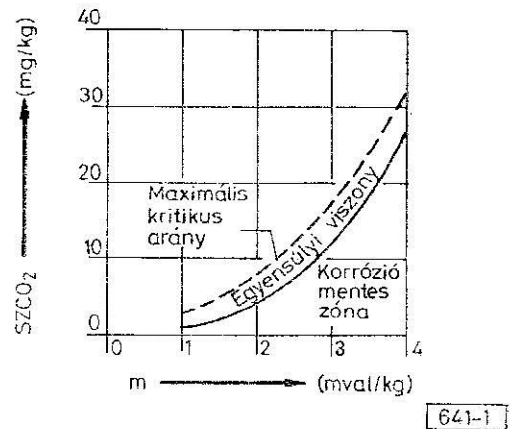
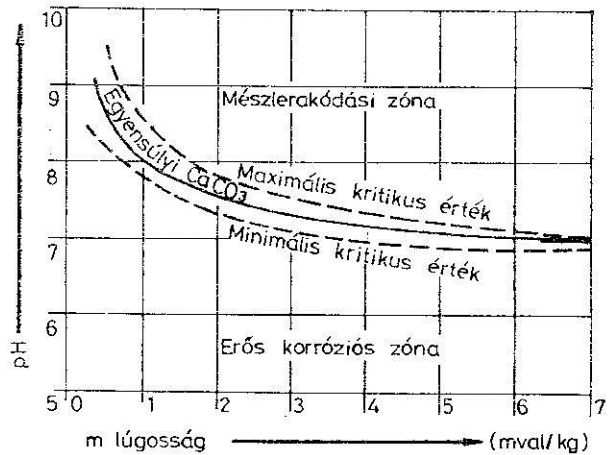
A 6. táblázatban néhány szerkezeti anyag és lerakódás hővezetési tényezőjét tüntetjük fel. Látható, hogy egyszerű lerakódások termikus ellenállása kb. tízszer nagyobb, mint a szénacélé.

A hűtővíz klorid- és szulfátion-tartalmának szénacélra kifejtett korróziós hatását a 2. és a 3. ábrán mutatjuk be [11].

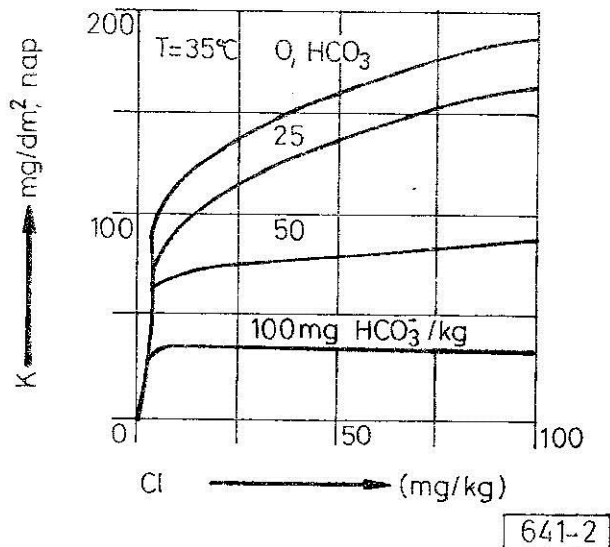
4. táblázat

Maximálisan megengedhető vízkémiai jellemzők, ahhoz, hogy mész-széndioxid-egyensúly esetén védőréteg kialakulására hajlam legyen (7), (8)

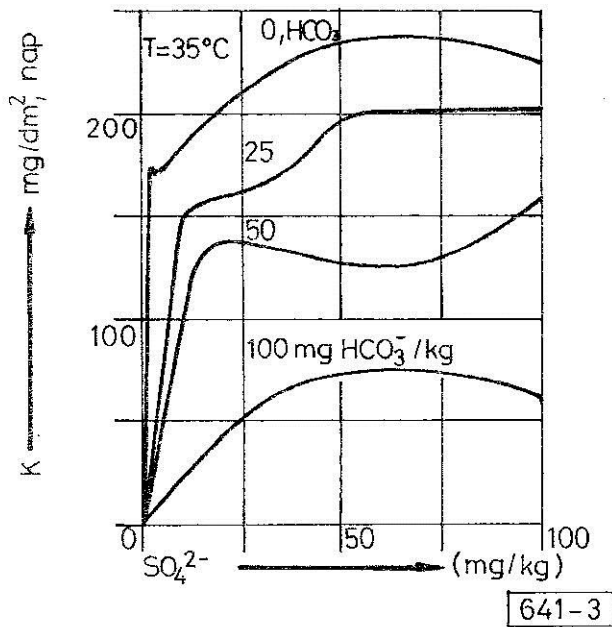
Jellemzők	Dimenzió	Víz hőmérséklet	
		25 °C-ig	25–65 °C
Elektromos vezetőképesség	μS Cm	max. 1000	—
KMnO_4 fogyasztás	mg kg	max. 300	—
Szulfátion SO_4^{2-} KK < AK	mg/kg mval/kg	max. 250 max. 5,25	max. 300
Kloridion Cl^-	mg/kg mval/kg	max. 150 max. 4,23	max. 75, KK = $3 \div 6$
NH_4^+	mg/kg mval/kg	max. 20 max. 1,11	max. 20
Cu (áramló vízben) (Cu^{2+})	mg/kg mval/kg	max. 1 max. 0,03	—



1. ábra. Mész-szénsav egyensúlyi összefüggések [9]



2. ábra. A Cl^- ion hatása szénacél korróziójára [11]



3. ábra. SO_4^{2-} ion hatása szénacél korróziójára [11]

Vízoldali lerakódások elgőzölgés nélkül (10)

$T < 100\text{ °C}$ hűtővízrendszer	$T > 100\text{ °C}$ forróvízkazán
Aragonit, $T < 35\text{ °C}$, γCaCO_3	Minden 100 °C alatti és
Kalcit, $T > 35\text{ °C}$, βCaCO_3	Anhidrit CaSO_4
Gipsz $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Bázikus magnézium-foszfát $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2$
Goethit $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Bruцит $\text{Mg}(\text{OH})_2$
Hidroxilapatit $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	Magnetit Fe_3O_4
	Szerpentin $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Az egyensúlyi (tartozékos) szén-dioxidnál több oldott szén-dioxidot tartalmazó víz úgynevezett agresszív szén-dioxid hányadát savtalanító eljárással lehet megkötni. A 7. táblázatban a különböző savtalanító eljárásokat foglaljuk össze. Jól méretezett szűrőberendezésben közel egyensúlyi vizet lehet termelni.

Fizikai úton (kilevegőztetés), vagy vegyszeradagolással (NaOH , Na_2CO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$) egyensúlyi vizet előállítani komplikált módon lehet csak, de az eredetileg korrózióveszélyes víz könnyen lerakódásveszélyessé válhat [9].

Összefoglalás

Az átfolyó — frissvízhűtésű hűtőberendezések korróziómentes üzemét legegyszerűbben mészszen-dioxid-egyensúlyban lévő szűrt (felszíni) vízzel lehet biztosítani; feltéve, hogy a víz egyéb jellemzői (Cl^- , SO_4^{2-} stb.) is megengedhető mérték alatt vannak, valamint a fizikai viszonyok (áramlási sebesség, holttérmertesség, szerkezeti anyagok azonossága stb.) is kielégítik a követelményeket.

A rendelkezésre álló víz „m” lúgosságának és szabad CO_2 -tartalmának vagy pH-jának mérésével ellenőrizhető, hogy a mész—szén-dioxidegyensúly fennáll-e.

Pontosabb számításokhoz, vagy 20 °C -nál nagyobb hőmérséklet esetén [13] ad útmutatást.

Ha a mész—szén-dioxid-egyensúly nem áll fenn, illetve a védőréteg kialakulására hajlam nincs, akkor az elviselhető mértékű korrózió érdekében korróziós inhibitor adagolása szükséges (szénacélhoz: $2 \div 10\text{ ppm P}_2\text{O}_5$, illetve max. 5 ppm szilikát; réz védelmére 1 ppm FeSO_4).

Átfolyó hűtővízrendszerben, különösen magasabb hőmérsékleten ($T > 40\text{ °C}$), a lerakódásveszély mindig fennáll, ezért kis teljesítmény esetén keménységstabilizáló illetve diszpergáló (pl. polifoszfátok, komplexképzők) adagolása indokolt.

Nagy teljesítményeknél, amikor a vegyszeradagolás gazdaságossági, illetve környezetvédelmi okokból nem hajtható végre, folyamatos üzemű le-

Hővezetési tényezők

Anyag	$T\text{ °C}$	$W/m^2, \text{ °C}$	Szerzők
Alumínium	0	229,1	Raznjevic/1964
Szénacél	0	45,3	Raznjevic/1964
Réz (keresk.)	20	372,2	Raznjevic/1964
CaCO_3	20	$4,6 \div 7$	Salinger/1964
CaSO_4	20	$2,3 \div 3,5$	Salinger/1964

7. táblázat

Mészre agresszív CO_2 megkötése alkalikus szűrőanyagokkal
Savtalanítás

Megnevezés (összetétel)	Megkötött CO_2	Elméleti vegyszerigény $g/g\text{CO}_2$	Keménység-növekedés $nk/g\text{CO}_2/m^3$
Márvány, CaCO_3	1 CO_2	2,275	0,127
Dolomit, $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	2 CO_2	2,095	0,127
Fermago, $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgO}$ (12) ^a	3 CO_2	1,064	0,085

rakódáseltávolító berendezés (pl. TAPROGGE) beruházása, illetőleg a berendezések időnkénti mechanikus vagy/és vegyi tisztítása szükséges.

Biológiai védelemre időszakos Cl_2 , illetve biocid-adagolást irányoznak elő.

A 4. ábrán az átfolyó hűtővízrendszerek vízkezelésének logikai sémája látható.

3. Nyitott keringtetett hűtés

3.1 A hűtési mód jellemzése

A nyitott keringtetett úgynevezett nedves hűtőtornyos hűtési mód (pót)hűtővíz igénye a frissvízhűtéshez képest jóval kisebb, annak általában $0,3 \div 3\%$ -a.

A hűtővízrendszer elvi sémája az 5. ábrán látható.

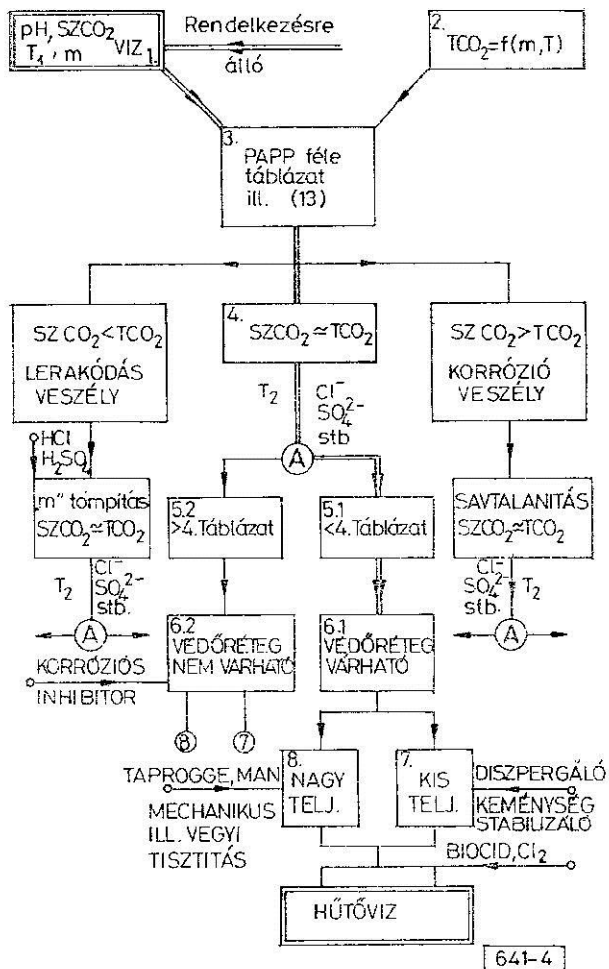
A nyitott, nedves hűtőtornyos hűtővízrendszer kialakítása több szempontból lényegesen eltér az átfolyós hűtővízrendszerektől.

Főbb eltérések a következők:

a) Póttápvíz-előkészítés

Mivel a veszteségeket kell csak pótolni (ugyanakkor a túlzott mértékű betöményedést el kell kerülni), a jóval kisebb pótvízintenzitás

($m_p \ll m_H$) lehetővé teszi a póttápvíz gazdaságos vízelőkészítésének kialakítását. (Hazai gyakorlat: meszes előlággyítás + asványi sav + polifoszfát-adagolás + klórozás).



4. ábra. Átfolyó hűtővízrendszer vízkezelése

b) Szennyezőanyag-forrás

Az átfolyó hűtőberendezés vizébe szennyezőanyag csak a szerkezeti anyagokból kerülhet (korrózió).

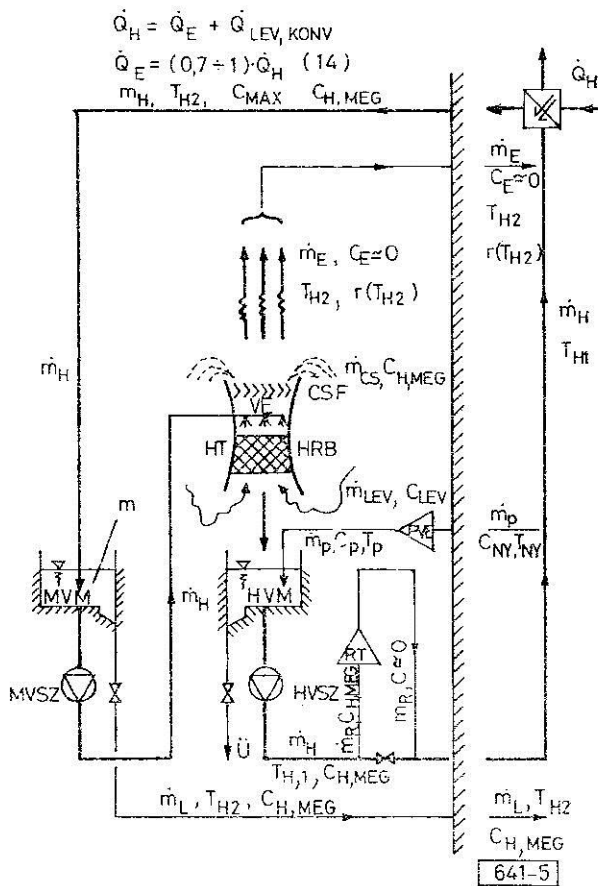
A keringtetett nyitott hűtőrendszer ezen felül szennyeződhet a pótvízzel (ÜZEMZAVAR!) és a levegőből is vehet fel káros anyagokat. Ebből a szempontból igen fontos a telepítési hely megválasztása. A 8. táblázat jól tükrözi az iparvidéki (városi) klímaelemek eltérését a vidékhez képest [15].

A hűtővíz és a levegő egymással ellenirányban áramolva a nagy fajlagos felületű hűtőrácsbetéteken intenzíven érintkezik és a jó hatásfokú hőátadással analóg módon anyagátadási folyamatok is lezajlanak.

A hűtővíz a levegőnek bizonyos elemeket (pl. CO₂) átad, de döntő részt abból felvesz. Ennek következtében a keringtetett hűtővíz vízkémiai tulajdonságai megváltoz(hat)nak, korrozív és erózió anyagokban feldúsul(hat). (9. táblázat)

c) Szerkezeti anyagok

A nyitott keringtetett hűtővízrendszer felépítése általában heterogénebb, mint az átfolyós hűtőrendszereké.



5. ábra. Nyitott, keringtetett hűtővízrendszer elvi sémája

8. táblázat

Klímaelemek átlagos változásai (15)

Klímaelem	Változás a vidékhez képest
Légszennyező anyagok, kondenzációs magok és por-gázelegyek	10-szer több 5–25-ször több
Felhőzet, borultság kód télen kód nyáron	5–10%-kal több 100%-kal több 30%-kal több
Csapadék, évi összeg 5 mm-nél kisebb esap. u. napok havazás	5–10%-kal több 10%-kal több 5%-kal kevesebb
Relatív nedvesség télen nyáron	2%-kal alacsonyabb 8%-kal alacsonyabb
Sugárzás globálsugárzás ultraibolya, télen ultraibolya, nyáron napfénytartalom	15–20%-kal kevesebb 30%-kal kevesebb 5%-kal kevesebb 5–15%-kal kevesebb
Léghőmérséklet: évi közép téli maximumok átlagosan fűtési hőfokhíd	0,5–1,0 °C-kal mag. 1–2 °C-kal magasabb 10%-kal kisebb
Szélsebesség: évi közép extrém széllokések szélesendes órák száma	20–30%-kal kisebb 10–20%-kal kisebb 5–20%-kal több

Ipari környezet levegőjéből kimosódó anyagok

Halmazállapot	Megnevezés	Megjelenési forma	Következmény
Gázok	CO, CO ₂ , CH ₄ , NO _x , O ₂ , NH ₃ , SO _x , Cl ₂ , H ₂ S Ólomtetracetyl . . .	H ₂ CO ₃ , HNO ₃ , H ₂ SO ₄ , HCl, NH ₄ OH, HOCl	pH ↑, KK⇌ÁK CO ₂ , (NH ₃ >1,0 mg/l) réz-korróziós veszély
Gőzök	Alkohokok, benzol, benzín, foszfor, higany . . .	szín, szag, átlátszóság- változás	KMnO ₄ fogyasztás ↑ nyálkás lerakódás
Folyadékok	Olajcseppek stb.	szín, szag, átlátszóság változás	habzás hatásfokromlás
Szilárdak	Por, korom, pernye, baktériumok, bacilusok	Vasoxid, SiO ₂ Ionok <10 ⁻⁷ cm Magok 10 ⁻⁷ ÷ 10 ⁻⁵ cm Finom por 10 ⁻⁷ ÷ 10 ⁻⁴ cm Durva por >10 ⁻⁴ cm Ipari por >10 ⁻³ cm	kovavas lerakódás eróziós hatás „Unterschlamm” korrózió (LA>5 mg/l, w<0,5 $\frac{m}{s}$)

A fémes szerkezeti anyagokon kívül előfordul: fa, beton, műanyag, üveg stb. Az egyes szerkezeti anyagokra más-más vízkémiai (min., max.) határértékeket kell kielégíteni (10. táblázat [16], [17]).

d) Mikrobiológiai élet

A nyitott keringtetett rendszereknél nehezen biztosíthatók a holtlér- és lebegőanyag-mentes üzemeltetés követelményei.

Különösen a melegvízmedence nem megfelelő áramlástan kialakítása, faszerkezetű csepegtetőtálcák és a lerakódások (iszap) adnak jó táptalajt a mikrobiológiai élet számára.

Egyes baktériumfajták (pl. szulfátredukáló, vasbaktériumok stb.) korróziót okoznak; mások

(algák, iszapképző baktériumok stb.) a lerakódást növelik (11. táblázat).

A különböző biológiai folyamatok következtében a hűtővíz pH-értéke jelentősen megváltozhat (12. táblázat) [18].

A hűtővíz csírátlantítása tehát a nyitott keringtetett rendszereknél különösen fontos (13. táblázat) [21]

Néhány baktérium-, ill. algatenyészet lokalizálásához kéntartalmú csírátlantószer szükséges.

e) Betöményedés

Igen lényeges különbség az átfolyós hűtési módhoz képest, hogy a nyitott keringtetett rendszerben a betáplált póttápvíz vízkémiai jellemzői (Cl⁻, SO₄²⁻, sótartalom stb.) betömé-

Összefüggés a vízminőség és szerkezeti anyagok között (16), (17)

10. táblázat

Víz-kémiai jellemzők	Dimenzió	VGB 55. Hft., 4. 1975	VILLMŰSZ	
			frissvíz	keringtetett
1. Szénacélra				
1.1 összes só	mg/kg	max. 3000	max. 3000	max. 3000
1.2 Cl ⁻ ion	mg/kg	max. 300	max. 1000	max. 1000
1.3 pH	—	max. 6,5	min. 7	min. 6,5
2. Betonra				
2.1 pH	—	min. 6	—	—
2.2 ÖK	mval/l	min. 2	max. 18 nK°	max. 25 nK°
2.3 KK	mval/l	min. 0,5	2,5—5,3 nK°	1,4—4,0 nK°
2.4 Mg	mg/kg	max. 300	—	—
2.5 SO ₄ , Mg < 100 Mg > 100	mg/kg	max. 600	—	max. 300
2.6 NH ₃	mg/kg	max. 350	—	—
	mg/kg	max. 100	—	—
3. Egyéb jellemzők				
3.1 SZ CO ₂	mg/kg	—	max. 20	max. 3
3.2 Fe	mg/kg	—	max. 1	max. 1
3.3 Mn	mg/kg	—	max. 0,15	max. 0,2
3.4 Olaj	mg/kg	—	0,0	0,0
3.5 Alga	mg/kg	—	0,0	0,0
3.6 La w < 0,5 w > 1	mg/kg	—	max. 20	max. 20
	mg/kg	—	max. 200	max. 200
3.7 NH ₃	mg/kg	—	max. 1	max. 1
3.8 SiO ₂	mg/kg	—	—	max. 100

La = lebegőanyag

Mikrobiológiai élet hűtővízrendszerekben

A víz pH értékét befolyásoló biológiai folyamatok (18)

Fajta	Jelenség	Szerzők
Algák	Osztályozás (édesvízi algák) Foszfor hatása Algakerakódás (sűrű) = 15% Hatásfokcsökkenés	Engler/1954 Ward/1959 Bringmann/1965 Palmer/1962
Iszapképző baktériumok	Szénhidrát-típusúak Pés N vegyületek hiánya	Meyer/1912 Duguid/1948
Szulfátredukáló	Korrozívak, FeS lerakódás 25—60 °C max. 80 °C, pH 5—7, opt. pH 7,5	Buttin/1952
Vasbaktériumok	Korrozívak Mikroszkopikus vizsgálatok Hatásmechanizmus	Olsen/1949 Bogstra/1954

Folyamat	Reakció	A pH érték megváltozása
Fotoszintézis	$6CO_2 + 6H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6O_2$	nő
Biológiai oxidáció	$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$	csökken
Metánképződés	$C_6H_{12}O_6 + 3CO_2 = 3CH_4 + 6CO_2$	csökken
NH ₃ oxidáció	$NH_4^+ + 2O_2 = NO_3^- + H_2O + 2H^+$	csökken
Nitrátredukció	$5C_6H_{15}O_9 + 24NO_3^- + 24H^+ = 30CO_2 + 12N_2 + 42H_2O$	nő
Szulfidoxidáció	$HS^- + 2O_2 = SO_4^{2-} + H^+$	csökken
Szulfátredukció	$C_6H_{12}O_6 + 3SO_4^{2-} = 6CO_2 + 3HS^- + 6H_2O$	nő

nyednek, tehát a korróziós és lerakódási hajlam jelentősen növekszik. Elősegíti ezt a nagyobb hőmérsékleti szint is.

A túlzott mértékű betöményedés elkerülése érdekében állandó leiszapolást (\dot{m}_r) kell előirányozni és a póttápvizet megfelelően elő kell készíteni.

A szennyezőanyag átlagos benttartózkodási idejét részáramos vízkezelő (\dot{m}_R) létesítésével lehet gazdaságosan csökkenteni.

(Folytatás a II. részben a 3.2 fejezettől jelenik meg)

Jelölések

Tömegáramok kg/s

- \dot{m}_r a pótvíz tömegárama
- \dot{m}_e az elpárolgási veszteség
- \dot{m}_{cs} a csepp(szóródási) veszteség
- \dot{m}_L a leiszapolási veszteség

13. táblázat

Csírátlanítás (21)

Megnevezés	Aktív Cl ₂ -tartalom	Egyenértékű adag g/g Cl ₂	Vizkémiai hatás
Klorgáz (Cl ₂) MSZ 20917	100%	1	m ↓, KK ⇌ ÁK SZCO ₂ ↑
HYPO 90-es NaOCl 1,6—2% NaOH	9%	11,1	Sótartalom ↑
MSZ 9792 150-es 2,0—2,5% NaOH	15%	6,6	
Klórmező I. oszt. Ca(OCl) ₂	31—35%	3,03	Sótartalom ↑
MSZ 9762 II. oszt. Ca(OH) ₂ —3%	28—31%	3,39	ÖK ↑
Ózon (O ₃)	—	0,338	Nagyfeszültségű csendes villamos kísüléssel 15—25 g ózon/m ³ levegő Legjobb, leggyorsabb
Ultraibolya fénybesugárzás	—	—	Kvarelámpa=ózon

\dot{m}_H	a keringetett hűtővízáram
\dot{m}_R	a részáram
\dot{m}_{LEV}	a hűtőlevegő árama
\dot{m}_{KI}	a rendszerből szennyezőanyagot eltávolító tömegáramok összege

Tömegek	kg
m	a rendszer töltettömege
\bar{m}	a rendszer átlagos tömege
m_{MIN}	a rendszer minimális tömege
m_{MAX}	a rendszer maximális tömege
Δm	a rendszer töltettömegének változása

Koncentrációk	mmól/kg
c_p	a pótvíz koncentrációja
c_R	a levegőbe párolgó vízgőz oldott szilárd alkotóinak koncentrációja
$c_{H,MEG}$	maximálisan megengedhető szennyezőanyag koncentráció
$c_{(t)}$	a rendszerben t időpillanatban uralkodó koncentráció
c_{LEV}	a levegő szennyezőanyag-koncentrációja
$c_{EGY} = \frac{\dot{m}_P}{\dot{m}_{KI}} \cdot C_p$	egyensúlyi koncentráció

Idők	s
t_{SZ}	a szennyezőanyag átlagos benntartózkodási ideje
\bar{t}	a töltet átlagos keringési ideje
t_B	a betöményedésg eltelte idő

Dimenzió nélküli paraméterek	kg/kg
$\gamma = \frac{\dot{m}_{CS}}{\dot{m}_H}$	fajlagos cseppvesztés
$\delta = \frac{\dot{m}_R}{\dot{m}_H}$	fajlagos részáram
$\bar{p} = \frac{\dot{m}_P}{\dot{m}_H}$	fajlagos pótápvízigény
$\bar{e} = \frac{\dot{m}_E}{\dot{m}_H}$	fajlagos elpárolgási veszteség
$\bar{i} = \frac{\dot{m}_L}{\dot{m}_H} = x$	fajlagos leiszapolási hányad
$\alpha = \frac{\dot{m}_E}{\dot{m}_H}$	fajlagos elpárolgási veszteség (konvekció figyelembevételével)

Hőmennyiségek	kJ/kg
h_p	a pótvíz hőtartalma
h_G	a bepárolgott vízgőz hőtartalma
h_{H2}	a felmelegedett hűtővíz hőtartalma
h_{H1}	a visszahűtött hűtővíz hőtartalma

Hőáramok	kJ/s = kW
H_1	a rendszerbe belépő
H_2	a rendszerből kilépő
\dot{Q}_H	a hűtési hőáram

IRODALOM

- [1] Pohl Oszkár—Szalkai István: Kombinált léghőköndenzációs berendezés vizsgálata a Gagarin Hőerőműben. VII. Országos Erőművi Szimpózium, Nyíregyháza, 1980. VIII. 28—30.
- [2] Taprogge: Kondensator-Reinigungsanlage für Kondensatoren und Röhrenwärmeaustauscher. Taprogge-Systeme notwendig für hohe Verfügbarkeit der Kraftwerke.
- [3] Langelier, W. F.: J. Amer. Water Works Assoc. 28. (1936), 1500—1521.
- [4] Ryznal, J. W.: J. Amer. Water Works Assoc. 36. (1944) 472—486.
- [5] Fitzpatrick, L. W.: Industry and Power, 67. (1954) No. 1. S. 78—82.
- [6] I. L. Rosenfeld: A korrózió inhibitorai. Bp. MK. 1981. 222. old.
- [7] DIN 50930
- [8] DIN 50931
- [9] OVH MI 135/6—73
- [10] Manual of Industrial Water, 1959.
- [11] Hatch, G. B.—O. Rice: J. of the Amer. Water Works Assoc. 51. (1959) P. 719—727.
- [12] Dr. Rapp Szilárd: Ipari és ivóvizek sav-, mangán- és vastalanítására szolgáló új szűrőanyag. (1944)
- [13] Hilt László: Széndioxid-korrózió ipari kazántelepek gőz—víz rendszerében. Energia és Atomtechnika, XXXIV. évf. 1981. XI.
- [14] Dr. Ing. Spangemacher: Brennstoff und Wärmerkraft Düsseldorf, Mai 1958. Nr. 5.
- [15] Dr. Szűcs—Völgyes: Épületgépészeti folyamatok. MK. Bp. 1975. 98. oldal.
- [16] Kühlwasser—Richtlinien: VGB Kraftwerkstechnik, 55. H., 4. 1975. ápr.
- [17] Gyulai Alajos—Dr. Szabó István: Gőzturbinakondenzátorok. Erőművi vízkémia . . . Pécs, 1981. VIII. 27—29.
- [18] Weber, W. I.—W. Stumm: J. Amer. Water Works Assoc. 55. (1963) p. 1553—1578.
- [19] Lévai András: Hőerőművek I. kötet. 1954. 197. oldal.
- [20] R. G. Kunz—A. F. Yen—T. C. Hess: Chemical Engineering, August, 1977.
- [21] OVH MI 135/2.