

SZARKA JÁNOS

Alumínium hideghengerlési hűtő-kenőolajok tulajdonságai

Az alumínium hideghengerlési hűtő-kenőanyagok főleg ásványi eredetű alapolajok, melyekbe a nyomásállóság és kenőképesség fokozása, a súrlódás, kopás, habzás, fertőzés, oxidáció stb. csökkentése végett adalékanyagokat elegyítenek. Használat közben a hűtő-kenőanyagba kerülő szennyezők (szállópor, acél- és alumínium kopástermék, hidraulika- és kenőolaj, kenőzsír, víz stb.) és a lejátszódó fizikai-kémiai folyamatok fokozatosan változtatják a hűtő-kenőanyag tulajdonságait (párolgás, viszkozitás, súrlódás, hőátadás, tűzveszélyváltozás stb.).

koordinátáit a (2) képlet differenciálása után kapott

$$Y' = (T - T_0)^B \cdot e^{-A(T-T_0)^B} \quad (5)$$

formulából iterációval az

$$Y'_{\max} = Y_i = (T_i - T_0)^B \cdot e^{-A(T_i - T_0)^B} \quad (6)$$

(5) maximum értékével határozzuk meg.

Példaként – az [1] forrás alapján – az 1. táblázatba foglaltuk a volt Kőbányai Könnyűfémmű (KÖBAL) T-1; T-2 Tokai és R-2; R-3 Robertson fólia hengerállványainak hűtő-kenőolajából 1983-ban az ALUTERV-FKI által vett olajminták mért T_0 , T_1 és D adataiból a (3)-(6) képletekkel számított értékeket (G-22A az adalékmentes tiszta GENREX-22A olaj rövid jelölése).

A 3. ábrán látható, hogy az eredetileg tiszta GENREX 22A alapolaj párolgási görbéje – az adalékok és üzemi használat közbeni szennyeződés és fáradás miatt – széles sávban változott. Csökkent a forrás kezdő-, inflexiós- és végpontja, valamint a B állandó, de növekedett a D desztillációs maradék és az A állandó.

1. Hengerhűtő-kenőolajok párolgása

Az alumíniumszalag- és fóliahengerművekben használt – új, és adalékanyagokat tartalmazó, illetve bizonyos mértékben szennyezett – hengerhűtő-kenőolajok tipikus párolgási görbéje az 1. és 2. ábrán látható.

A jelölések értelmezése:

$P_0\{T_0;0\}$ = forráskezdőpont

$P_1\{T_1;1-D\}$ = forrásvégpont (D desztillációs maradéknál)

$P_k\{T_k;Y_k\}$ = forrásközéppont

$P_i\{T_i;Y_i\}$ = forráscsúcspont (inflexiós pont)

D = desztillációs maradék (T_1 hőmérsékleten)

A forrásközéppont a forráskezdő- és végpont számtani átlaga:

$$T_k = \frac{T_0 + T_1}{2} \quad ^\circ\text{C} \quad (1)$$

$$Y = 1 - e^{-A(T - T_0)^B} \quad ^\circ\text{C} \quad (2)$$

Az 1. ábrán látható idealizált párolgási görbe a $P_0\{T_0;0\}$ forráskezdőpontból indul, átmegegy a $P_k\{T_k;(1-D)/2\}$ forrásközépponton és a $P_1\{T_1;(1-D)\}$ forrásvégponton.

A P_k és P_1 pont koordinátáinak a (2) képletbe helyettesítése után B és A értéke kiszámítható:

$$B = \frac{\ln\left(\frac{\ln(D)}{\ln((1-D)/2)}\right)}{\ln(2)} \quad (3)$$

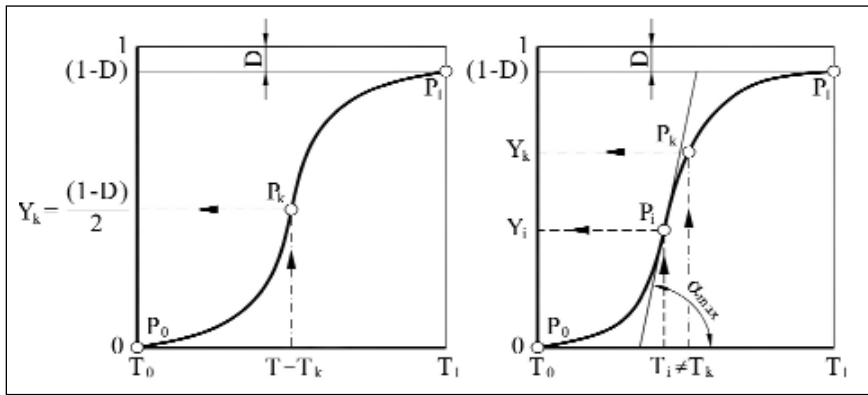
$$A = \ln(1/D) \cdot (T_1 - T_0)^{-B} \quad (4)$$

A görbe inflexiós pontjában a párolgás sebessége maximális, $\{T_i; Y_i\}$

1.1. Kvázi ideális párolgás

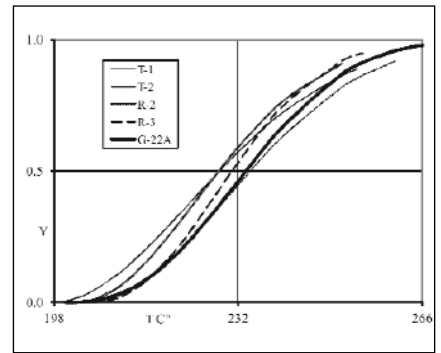
Elméletileg $T > 0$ K hőmérsékleten minden szilárd és folyékony halmazállapotú anyag párolog. A szilárd anyag párolgása azonban olyan kis mértékű, hogy gyakorlatilag elhanyagolható. Ezért csak az elpárolgó folyadék részarányát számítjuk ki a $T_0 \times T \times T_1$ forrásponttartományban értelmezett Avrami-képlettel:

Szarka János 1959-ben a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen technológus kohómérnök oklevelet szerzett. 1962-ig az Alumíniumipari Tervező Intézetben (ALUTERV) a Kőbányai Könnyűfémmű (KÖBAL) fóliahengermű bővítésének technológus tervezője, 1962-től a Székesfehérvári Könnyűfémmű (KÖFÉM) táblalemez és szélesszalag hengermű, valamint szalagfeldolgozó üzemének irányító tervezője volt. 1996-ban történt nyugállományba vonulásáig számos szakvélemény, tanulmány, újítási és beruházási javaslat és szinte valamennyi hazai alumínium fegyártmány termelőüzem fejlesztési tervének kidolgozásában vett részt. 1996-ban megalapította a NEOPLAN Mérnöki Tervező Betéti Társaságot, melynek keretében az ALCOA-KÖFÉM, a KÖBAL, a MAL, az EURO METALL, az EURAL, a GLOB METAL, az Öntödei Múzeum és a Miskolci Egyetem számára (VON ROLL kísérleti hengerállvány telepítése) végzett tervezési munkát.



■ 1. ábra. Idealizált párolgás

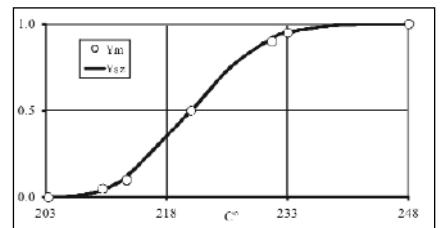
■ 2. ábra. Valóságos párolgás



■ 3. ábra. KÖBAL hengerhűtő-kenőolajok forráskezdő és végpontjából meghatározott párolgási görbéi

1. táblázat. KÖBAL hűtő-kenőolajok mért és számított párolgási adatai

Olaj	T ₀	T ₁	D	B	A	T _i	Y _i	T _k	(1-D)/2
T-1	198	254	0,11	1,906	1,026E-03	235,00	0,6322	226,0	0,445
T-2	202	251	0,09	1,988	1,050E-03	233,51	0,6321	226,5	0,455
R-2	204	261	0,08	2,035	6,741E-04	240,20	0,6327	232,5	0,460
R-3	205	255	0,05	2,217	5,128E-04	235,00	0,6192	230,0	0,475
G-22A	200	266	0,02	2,538	9,408E-05	238,60	0,6323	233,0	0,490



■ 4. ábra. S-33 olaj mért és számított párolgási görbéje

1.2. Valóságos párolgás

Ha a párolgási görbe négy vagy több pontja ismert, akkor a (2) képletben szereplő B és A paraméter értékét a legkisebb négyzetek módszerével számítjuk ki. Evégett a (2) képletet lineáris formára kell hozni:

$$\text{Ln} \left[\text{Ln} \left(\frac{1}{1-Y} \right) \right] - \text{Ln}(A) + B \cdot \text{Ln}(T - T_0) \quad (7)$$

E képletet az alábbi helyettesítésekkel rövidítjük:

$$y = \text{Ln} \left[\text{Ln} \left(\frac{1}{1-Y} \right) \right] \quad (8)$$

$$a = \text{Ln}(A) \quad (9)$$

$$x = \text{Ln}(T - T_0) \quad (10)$$

A rövidített (7) képlet:

$$y = a + B \cdot x \quad (11)$$

B és a, illetve A értékét a mért adatokból képzett átlagértékekből számítjuk ki:

$$B = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\overline{x^2} - \bar{x} \cdot \bar{x}} \quad (12)$$

$$a = \bar{y} - B \cdot \bar{x} \quad (13)$$

$$A = e^a \quad (14)$$

A mért és a (2) képlettel számított értékek közötti kapcsolatot szorosságát az Excel KORREL(Y_m;Y_{sz}) függvényvel állapítjuk meg és értékét COR-ral jelöljük). A helyes eredmények érdekében – mint a 2. táblázatban is látható – előírjuk, hogy a T₀ forráskezdőpontban Y_{m0} = 0, D > 0 és a T₁ forrásvégpontban Y_{m1} = (1-D) legyen. Az ismertetett módszert a [2] forrásban lévő ESSO SOMENTOR-33 olaj esetében a 2. táblázatban, a mért és számított párolgási görbét pedig a 4. ábrán mutatjuk be.

Az ESSO cég a desztillációs maradékot úgy adta meg, hogy D <

0,003%, ezért induló értéként a 2. táblázat jobb felső cellájába D = 3,0E-05 értéket helyettesítettünk és COR_{ind} = 0,99979492 szorosságot kaptunk. Ezután D-t 3,70E-05-re, majd T₀-t 203-ról 203,28 °C-ra változtattuk, és elértük a COR_{max} = 0,9998 értéket. A görbét leíró végleges függvény:

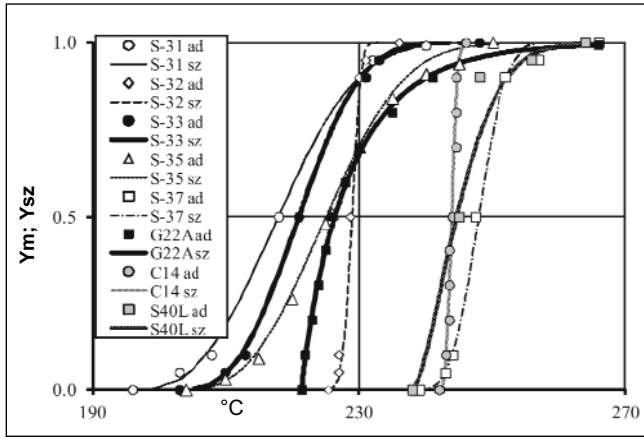
$$\text{COR}_{\text{max}} = 0,9998 \quad - \quad (15)$$

$$Y = 1 - e^{-1,99E-04 \cdot (T - 203,28)^{2,835}}$$

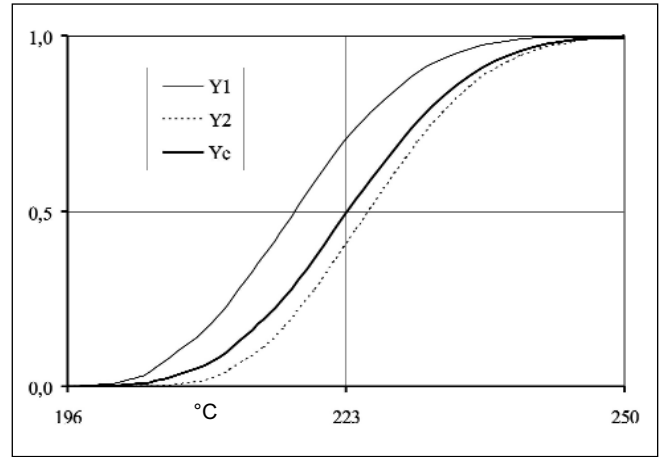
Ügyeljünk arra, hogy a T₀ forrás-

2. táblázat. S-33 olaj párolgási paramétereinek számítása

D, majd T ₀ induló értékét COR _{max} -ig változtatjuk							➤	3,70E-05
▼	T	Y _m	X=Ln(T-T ₀)	X ²	Y=Ln(Ln(1/(1-Y _m)))	X·Y	Y _{sz}	
T ₀ =	203,28	0,00	–	–	–	–	0,000	
	207,0		–	–	–	–	0,008	
	210,0	0,05	1,91	3,63	-2,97	-5,66	0,043	
	213,0	0,10	2,27	5,17	-2,25	-5,12	0,118	
	221,0	0,50	2,87	8,26	-0,37	-1,05	0,498	
	226,0		–	–	–	–	0,752	
	231,0	0,90	3,32	11,04	0,83	2,77	0,913	
	233,0	0,95	3,39	11,50	1,10	3,72	0,949	
	240,0		–	–	–	–	0,996	
T ₁ =	248,0	0,99996	3,80	14,44	2,32	8,83	0,99992	
Átl.	223,2	0,500	2,93	9,01	-0,22	0,58	0,528	
A = 1,990E-04					COR = 0,9998			
B = 2,835								



5. ábra. Hengerhűtő-kenőolajok adott pontokhoz számított párolgási görbéje



6. ábra. Kétkomponensű olajelegypárolgási görbéje

kezdőpont, valamint a görbe folytonossága végett önkényesen beiktatott 207, 226 és 240 °C sorában csak az Y_{sz} értékét számítsuk ki, mert ezekhez nem tartozik mért Y_m adat.

Az ismertetett módszerrel határoztuk meg az 5. ábrán bemutatott ESSO SOMENTOR-31-32-33-35-37, a MOBIL OIL GENREX-22A, a PETREPAR® n-C₁₄ és a LUBRILAM S 40 L alapolajok párolgási görbéit.

Látható, hogy [3] szerint a CH₃-(CH₂)₁₂-CH₃ képlettel leírható nagytisztaságú C₁₄ alapolaj forrásponttartománya a biztonsági adatlap szerint 6 °C – a legkisebb –, a többi ennél nagyobb, 9–46 °C között helyezkedik el. A [4] forrás szerint a MOBIL OIL G-24 olaj forrásponttartománya 64 °C, a G-404D olajé 73 °C, lényegesen szélesebb az előbbieknél.

1.3. Olajelegyek párolgása

Ha két eltérő forráspont-tartományú folyadékot elegyítünk, akkor az eredő párolgási görbe a közös forráspont-tartományban a folyadékok párolgásának részarányos összegével, alatta és felette pedig az eredetivel egyenlő:

$$Y_c = r_1 \cdot Y_1 + r_2 \cdot Y_2 \quad (16)$$

ahol: r_1 és r_2 az 1. és 2. komponens részaránya ($r_1 + r_2 = 1$)

az 1 jelű SOMENTOR-31 és a 2 jelű SOMENTOR-35 olaj párolgási görbéje

$$Y_c = r_1 \cdot Y_1 + r_2 \cdot Y_2 \quad (17)$$

$$Y_2 = 1 - e^{-1,82E-04(T-204)^{2,699}} \quad (18)$$

A többkomponensű olajelegypárolgását is a keverési szabállyal számíthatjuk ki.

Csak az elegyítés erőteljesebb érzékeltetése végett választottuk a 70 + 30% arányt (a 3. táblázatból kiolvasható, hogy 196–204 °C között csak az S-31, 204–240 °C között mindkét olaj és 240–250 °C között csak az S-35 olaj párolg).

A közös tartománybeli eredő párolgási görbét leíró függvény:

$$Y_{sz} = 1 - c^{-9,6E-05 \cdot (T-196)^{2,777}}$$

$$R^2 = 0,99992 \quad (19)$$

A két komponens és a köztük lévő olajelegypárolgási görbéje a 6. ábrán látható.

Az olajelegypárolgási görbéje a nagyobb részarányúéhoz van közelebb. Ha üzemi használat közben semmilyen idegen anyag nem szennyezné a hűtő-kenőolajat, akkor is változna a párolgási görbe, mert a kisebb mol tömegű komponensek

3. táblázat. Kétkomponensű folyadékkelegypárolgási görbéjének számítása

	S-31	S-35	Elegy	Az elegy paramétereinek számítása					
A =	1,44E-04	1,82E-04	2,11E-05	Az 1.2 fejezetben leírt módszerrel számíthatjuk					
B =	2,743	2,699	3,143	Az 1.2 fejezetben leírt módszerrel számíthatjuk					
D =	8,56E-03	1,00E-05	2,58E-03	A részarányos összegként számíthatjuk					
T ₀ =	196	204	196	A kisebb az eredő forráskezdőpont					
T ₁ =	240	250	250	A nagyobb az eredő forrásvégpont					
r =	0,3	0,7	1,0	A részarányok összege = 1,0					
T	Y1	Y2	Yc	Ysz	X=Ln(T-T ₀)	X ²	Y=Ln(Ln(1/(1-Y _m)))	X.Y	
196	0,000	0,000	0,000	0,000	-	-	-	-	
200	0,006	0,000	0,002	0,002	1,39	1,92	-6,25	-8,66	
201	0,012	0,000	0,004	0,003	1,61	2,59	-5,64	-9,07	
202	0,019	0,000	0,006	0,006	1,79	3,21	-5,14	-9,21	
203	0,030	0,000	0,009	0,009	1,95	3,79	-4,72	-9,19	
204	0,042	0,000	0,013	0,014	2,08	4,32	-4,36	-9,07	
210	0,182	0,023	0,070	0,081	2,64	6,96	-2,62	-6,91	
215	0,371	0,111	0,189	0,197	2,94	8,67	-1,56	-4,60	
217	0,457	0,169	0,255	0,260	3,04	9,27	-1,22	-3,72	
220	0,585	0,277	0,369	0,368	3,18	10,10	-0,77	-2,46	
224	0,739	0,446	0,534	0,525	3,33	11,10	-0,27	-0,90	
230	0,899	0,699	0,759	0,746	3,53	12,44	0,35	1,24	
235	0,964	0,855	0,888	0,878	3,66	13,42	0,78	2,87	
240	0,990	0,944	0,958	0,954	3,78	14,32	1,16	4,37	
245	0,998	0,983	0,988	0,987	3,89	15,15	1,48	5,78	
250	0,991	1,000	0,997	0,997	3,99	15,91	1,79	7,12	
	Átlag			0,378	0,377	2,85	8,88	-1,80	-2,83

gyorsabban párolognak, a nagyobb mol tömegűek pedig erősebben tapadnak a hengerelt anyagra, és emiatt az így előálló veszteség mértéke különböző.

1.4. Olajpárolgás hideghengerléskor

Az alumíniumszalagot irányváltó és egyirányú, az alumíniumfóliát kizárólag egyirányú hengerállványokon hengerlik. Irányváltó hengerléskor a szalag hőmérséklete szűrésről szűrésre nő. Egyirányú sorozat-hengerléskor a szűrés-közidőben lehűlhetnek a tekercsek [5]. A hengerléskor tapasztalható olajpárolgás a be- és kifutó szalag hőmérsékletétől és sebességétől függ. Egyirányú hengerléskor a szűrésenkénti fogyások nagyobbak, ezért az olajpárolgás is nagyobb.

Az egyirányú hideghenger állványokon elpárolgó olaj mennyiségéről a [7] forrásban találunk adatokat. A hengerek mérete Ø1350/Ø510×1860 mm, a sorvonó motor teljesítménye 2×2300 kW, a hengerlési sebesség max.1650 m/min, a szalagok mérete 0,15–1,5×max.1650 mm, a hűtő-kenőolaj áram 360 m³/h, az olajgőz elszívó teljesítménye 120000 m³/h. Ennél a hengerállványnál mérték az elszívott levegő karbon- és olajtartalmát.

A hengerléskor elszívott levegő mért C karbontartalmából a szénhidrogének C_nH_{2n+2} képlete alapján levezetett alábbi formulával számítjuk ki az olajtartalmat:

$$C_o - \frac{C}{6} \cdot \left(7 + \frac{1}{n}\right) \quad \text{mg/m}^3 \quad (20)$$

ahol: C = elszívott levegő mért karbontartalma mg/m³
n = 10–16, a szénatomok száma a hengerlési olajokban

Az átlag 13 atomszám (20) képletbe helyettesítésével számított olajtartalom:

$$C_o = 1,179 C \quad \text{mg/m}^3 \quad (21)$$

A (20), illetve (21) képlet átrendezésével a mért C_o olajtartalomról számítható a C karbontartalom.

A mérések szerint az elszívott levegőben lévő olaj 94,75%-a gázfázisú, és mindössze 5,25%-a volt cseppfázisú (aeroszol).

4. táblázat. Egyirányú hengersonon mért és számított karbon- és olajtartalom [7]

Elszívott levegőben		mért karbon mg/m ³	számított olaj mg/m ³
gázfázis	min.	422,4	498,0
	max.	555,9	655,4
	átl.	497,3	586,3
Elszívott levegőben		számított karbon mg/m ³	mért olaj mg/m ³
cseppfázis	min.	24,7	29,1
	max.	33,3	39,3
	átl.	27,6	32,5
gáz és cseppfázis összesen	min.	447,1	527,1
	max.	589,2	694,7
	átl.	524,9	618,8

A gázfázis hő, az aeroszol erő (ütközés) hatására képződik.

Köztudott, hogy a 10 µm-nél nagyobb részecskék gyorsan, a 10–1 µm méretűek lassan, az 1 µm-nél kisebbek pedig egyáltalán nem ülepednek (gázként viselkednek).

Az is köztudott, hogy a hideghengersonok olajgőzelszívóinak hatófelülete mindig nagyobb, mint a párolgó szalag felülete, ezért az elszívott levegő olajtartalmának csak bizonyos hányada származik a szalag felületéről.

Goromba becslés szerint a 4. táblázatban szereplő max. és min. mg/m³ közötti különbség tekinthető a szalagról történő párolgásnak, ha a minimális olajkoncentrációt a szűrés-közidőhöz, a maximálist pedig a szűrésidőhöz rendeljük. Ez a különbség a 4. táblázat szerint 318,8–527,1 = 167,7 mg/m³, amely 24,1%-arányának felel meg (működő hengersonokon mérésrel pontosítható a különbség).

Eszerint valószínű, hogy az egyirányú hengerállványokon elszívott összes olaj mindössze 20–25%-a származik a szalagról, 75–80%-a a párolgó szalagot övező elszívási hatófelületről. Szűrés-közidőben a párolgás intenzitása az időben exponenciálisan csökken.

Az elszívott olaj tömege a hengerekre fűjt hengerhűtő-kenőolaj tömegáramának mindössze 0,0258%-a. Ha AIRPURE berendezéssel az elszívott olaj 91%-át leválasztották, akkor 9%-a, azaz 6,5 kg/h ≈ 46,8 t/év olaj távozott a szabadba.

A fenti adatok az utóbbi 20 évben bekövetkezett műszaki-technológiai fejlődésnek köszönhetően nagyon kedvezően alakultak:

1. A hengerhűtő-kenőolajok és adalékok olyan széles választékát fejlesztették ki, hogy lehetővé vált a hengerállványok munkaterületének jobban megfelelő és kevésbé párolgó olajok és adalékanyagok használata.

2. A hengerállványokon tökéletesítették a támhengerek és terelőgörgők törlését, a kifutó szalagról az olaj lefújását, a szalagszélekről az olaj elszívását és csökkentették a hengerekre fűjt olaj szétfröccsenését, az aeroszolképződést és -párolgást.

3. Az elszívott olaj leválasztásának hatásfokát 0,91-ről 0,95-re növelték, és ez által az olajemissziót 9-ről 8,621%-ra csökkentették.

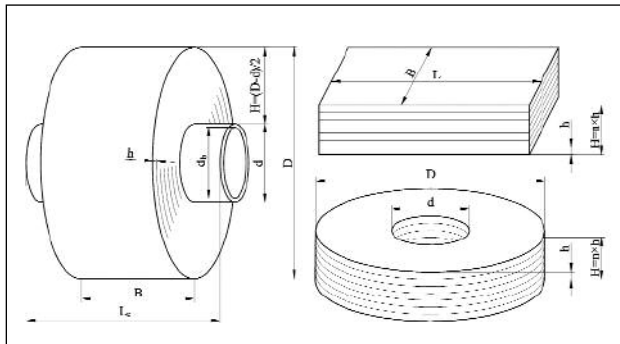
1.5. Olajpárolgás és elfolyás tekercsszállítás és tárolás közben

A hengerelt tekercsek párolgása szállításkor és tároláskor is folytatódik, ezért a tekercstároló légtérben is kialakulhat az 5 mg/m³ egészségügyi határkoncentrációt meghaladó gázfázisú olajkoncentráció.

Sőt, ha hengerléskor rossz hatásfokú az olajlefújás, vagy a szalag szélei repedezettek, akkor a felcsévált tekercs szállítása és tárolása közben kiszoruló olaj a tekercs homlokfelületére sajtolódik, illetve a szállítás útvonalán az úttestre folyik, csúszás- és tűzveszélyt okoz.

1.6. Olajpárolgás hőkezeléskor

Az olajos termékek hőkezelése előtt – legalább közelítőleg – ismerni kell az adag olajtartalmát, illetve az elpárolgotatandó olaj mennyiségét, amely az adag felületéről elpárolg (ha nem



■ 7. ábra. Tekerccs, lemez- és tárcsaköteg

választják le, akkor a környezetet szennyezi).

A hidegen hengerelt vékony szalag és fólia felületét [8] szerint 50–150 mg/m² összefüggő olajfilm borította, mert a támhenger törés és a hengerrésből kifutó fólia felületéről az olajlefújás hatékonysága elégtelen volt. Ma már a szélelészívással kombinált olajlefújással és tökéletes támhengertöréssel elérhető, hogy a szalagon csak 1–3 mg/m² olajfilm maradjon. Ez azonban huzamosan nehezen tartható fenn.

A ρ sűrűségű olajfilm vastagsága a termék egységnyi felületére tapadt olaj tömegéből számítható ki:

$$h_0 = \frac{q_0}{\rho_0} \quad \mu\text{m} \quad (22)$$

ahol: q_0 = a termék egységnyi felületére tapadt olaj tömege mg/m²

ρ_0 = az olaj sűrűsége kg/m³

Pl. a $\rho_0 = 800 \text{ kg/m}^3$ sűrűségű olajfilm (22) képlettel számított vastagsága 100 mg/m² olajborítás esetén $h_0 = 0,125 \text{ }\mu\text{m}$.

Az olajfilm annál vastagabb, mennél érdekesebb a termék felülete és mennél viszkózusabb a hengerhűtő-kenőolaj és fordítva.

Egy tekerccs, lemez- és tárcsaköteg fajlagos olajtartalmát úgy számítjuk ki, hogy először kiszámítjuk az olajjal borított felületet és beszorozzuk az egységnyi felületet borító olaj tömegével, majd elosztjuk a termék tömegével.

A számítási képletek meghatározásához készítettük a 7. ábrát, amelyen láthatók a tekerccs, lemezköteg és tárcsaköteg jellemző méretei.

A hideghengerlés közben lágyítandó széleletlen szalag- és fóliateker-

csek teljes felülete olajos – beleértve a csévetését is –, de a készre vágott tekerccseknek, lemezkötegeknek, valamint a tömör és lyukas tárcsakötegeknek csak a lapfelületei olajosak, mert a vágószerszám kenőanyagából a vágott felületekre kerülő kenőanyag

mennyisége elhanyagolható.

Az egyes termékek teljes olajos felületét a 7. ábra jelöléseivel a következőképpen számítjuk ki:

1. A széleletlen szalag- és fóliatekerccs teljes olajos felülete:

$$A_1 = \frac{\pi}{2} (D^2 - d^2) \left(\frac{B}{h} + 1 \right) + \frac{\pi}{2} (d + d_b) (d - d_b + L_c) \quad \text{m}^2 \quad (23)$$

Megj. A (23) kifejezés 2. tagja az acélcső teljes olajos felülete (amely nagyméretű és vékony szalag- és fóliatekerccs esetén elhanyagolható, és így a képlet egyszerűsíthető).

2. A széleztett, cséve nélküli tekerccs teljes olajos felülete:

$$A_2 = \frac{\pi}{2} (D^2 - d^2) \frac{B}{h} \quad \text{m}^2 \quad (24)$$

3. A H magasságú lemezköteg teljes olajos felülete:

$$A_3 = 2B \cdot L \cdot \frac{H}{h} \quad \text{m}^2 \quad (25)$$

4. A H magasságú tömör ($d = 0$) és lyukas ($0 < d < D$) tárcsaköteg teljes olajos felülete:

$$A_4 = \frac{\pi}{2} (D^2 - d^2) \frac{H}{h} \quad \text{m}^2 \quad (26)$$

Az egyes termékek teljes olajtartalma:

$$M_0 = A_i \cdot q_0 \quad \text{mg} \quad (27)$$

ahol:

A_i = a (23)...(26) képlettel számítható teljes olajos felület

Az egyes termékek nettó (tartószerkezet nélküli) tömege:

1, 2. A széleletlen és széleztett szalag- és fóliatekerccs tömege:

$$M_{1,2} = \rho \frac{\pi}{4} B (D^2 - d^2) \quad \text{kg} \quad (28)$$

3. A lemezköteg tömege:

$$M_3 = \rho \cdot H \cdot B \cdot L \quad \text{kg} \quad (29)$$

4. A tárcsaköteg tömege:

$$M_4 = \rho \frac{\pi}{4} H (D^2 - d^2) \quad \text{kg} \quad (30)$$

Az egyes termékek fajlagos olajtartalmát úgy számítjuk ki, hogy az M_0 (27) teljes olajtartalmat elosztjuk a termék M_i (28)...(30) tömegével:

$$m_0 = \frac{M_0}{M_i} \quad \text{kg/t} \quad (31)$$

A levezetéseket elvégezve vég eredményül azt kapjuk, hogy az egyes termékek fajlagos olajtartalmát a következőképpen számíthatjuk ki:

1) A széleletlen tekerccsek fajlagos olajtartalma:

$$m_0 = 2 \frac{q_0}{\rho} \left(\frac{1}{h} + \frac{1}{B} \right) \quad \text{kg/t} \quad (32)$$

2) A széleztett tekerccsek, valamint a vágott lemez- és tárcsakötegek fajlagos olajtartalma:

$$m_0 = 2 \frac{q_0}{\rho \cdot h} \quad \text{kg/t} \quad (33)$$

Ha figyelembe vesszük, hogy a (32) képletben szereplő $h \ll B$, ezért nem követünk el nagy hibát, ha minden termék fajlagos olajtartalmát a (33) képlettel számítjuk ki. Az $1/B$ elhanyagolhatóságának bizonyítására közöljük az alábbi példát:

$h = 1 \text{ mm}$, $B = 1000 \text{ mm}$ esetén

$$\frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1000} = 0,001, \quad \text{a hiba } 0,1\%$$

Megállapíthatjuk, hogy a fajlagos olajtartalom független a termék geometriai alakjától, mert azt csak az egységnyi felületet borító olaj tömege, valamint a termék sűrűsége és vastagsága határozza meg. Célszerű kidolgozni a termékek felületét borító olaj tömegének egyszerű mérési módszerét (a sűrűség mérése megoldott). Így a (33) képlet gyakorlati alkalmazása is megoldódna.

Tekintettel arra, hogy a hidegen hengerelt termékek olajtartalma a termékvastagsággal fordítottan arányos, ezért pl. a 0,05 mm (50 μm) vastag fólia tonnánként 10-szer annyi olajat tartalmaz, mint a 0,5 mm vastag szalag. Tehát a fóliahengerművek lágyító kemencéiben terméktonnánként 1–2 nagyságrenddel több olajat

kell elpárologtatni, mint a lemez- és szalaglágyító kemencékben.

Ha egy lágyító kemence adag n db m kg/db tömegű tekercs-, lemez- vagy tárcsakötegből áll, akkor az elpárologtatandó olaj mennyisége:

$$M_o = n \cdot m \cdot m_o \quad \text{kg/adag} \quad (34)$$

A védőgázos hőkezelést úgy végzik, hogy adagolás után bezárják a kemenceajtót, elkezdik a fűtést és a kemence légterének intenzív öblítését – a távozó füstgázzal előmelegített – nagy tisztaságú N_2 vagy Ar védőgázzal. Miután az oxigéntartalom az előírt érték alá csökkent, a védőgázáramot a fals levegő beáramlását megakadályozó túlnyomás fenntartásához szükséges értékre csökkentik. A védőgázáram intenzitását és a munkatér hőmérsékletét úgy kell összehangolni, hogy semmiképpen nem következhet be az olajgőz gyulladása, pláne robbanása! Evégett azt kell biztosítani, hogy az égés három feltétele – az égést tápláló oxigén, az éghető anyag és a gyulladási hőmérséklet – egyidejűleg egy pillanatra se forduljon elő:

1. Mindenekelőtt az égést tápláló oxigén koncentrációját annyira le kell csökkenteni, hogy oxigénhiány miatt lehetetlenné váljon mind a folyékony, mind a gáz halmazállapotú olaj égése. Normális légköri nyomáson 8% oxigéntartalom alatt már lehetetlen az égés. Vagyonvédelmi és biztonsági szempontok miatt, mielőtt az adag hőmérséklete elérné az olaj gyulladáspontját, az oxigénkoncentrációt 1,0 ~ 0,1% alá csökkentik. Ezáltal kiküszöbölhető az olaj és az adag magasabb hőmérsékleten bekövetkező oxidációja is. Az alacsony oxigéntartalom fenntartásához a fals levegő beáramlását meggátáló túlnyomás szükséges, de a védőgázvesztés csökkentése megköveteli, hogy a kemence gáztere tömített legyen (a tömítettség üzemi használat közben csökken, ezért időnként javítani kell).

2. A lágyító kemencében az éghető anyag mindaddig folyékony és gáz állapotban van jelen, amíg teljes egészében el nem párolog, ezért azt kell biztosítani, hogy koncentrációja mindvégig az alsó robbanási határérték alatt maradjon. Ez a követelmény a kemence munkaterében a hevítés-

kor folyamatosan keletkező olajgőz védőgázzal történő folyamatos eltávolításával biztosítható. A [3] és [12] forrás szerint a Petrepar n-C₁₄ és Somentor-36 olaj alsó robbanási határa 0,5–0,6 V/V%, felső robbanási határa 2,4–7,0 V/V%, ezért amíg az olajgőz koncentráció 0,25–0,30 V/V% alatt marad, addig lehetetlen a robbanás.

3. Végül azt is biztosítani kell, hogy az 1. pont teljesítése előtt az adag hőmérséklete ne haladja meg az olajok 100–250 °C közötti gyulladáspontját.

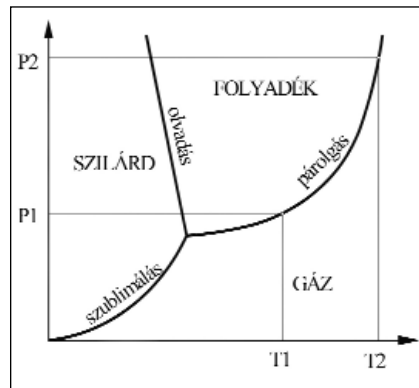
A hőkezelő kemencében az olajpárolgás lényegesen eltér a normál légköri nyomáson és hőmérsékleten történő olajpárolgástól – ebből következően a párolgási görbe is megváltozik. Ez a 8. ábra alapján magyarázható.

A fázisdiagramról leolvasható, hogy ha a kemence térfománya P1-ről P2-re nő, akkor az olaj forráspontja a párolgási görbe mentén T1-ről T2-re nő (ez a forráspont-emelkedés törvénye). Minthogy a hengerhűtő-kenőolajok határozott hőmérséklet-tartományban párolognak, ezért a védőgázárammal biztosított túlnyomáson a forrás kezdő- és végpontja – ezáltal a párolgás hőmérséklettartománya és a párolgás időtartama is – emelkedni fog a normális légköri nyomáson történő párolgáshoz képest. Az egyes kemencékben történő párolgás időtartamának számítási módszerét üzemi kísérletek alapján lehet kidolgozni.

2. Olajviszkózitás a hőmérséklet függvényében

Az alumíniumszalag- és fóliahengerlélkor alkalmazott hengerhűtő-kenőolajokkal szemben támasztott követelmények – a hűtőképesség, kenőképesség, hő- és nyomásállóság – a viszkózitástól is függenek. A szállítócégek általában a 20 és 40 °C-on, jó esetben a magasabb hőmérsékleten mért viszkózitást is megadják. Ha kettőnél több mérésadat ismert, akkor a viszkózitás görbét nem exponenciális, hanem szorosabban illeszkedő – pl. hiperbolikus – formulával írjuk le.

Példaként a 9. ábrán hatféle hengerhűtő-kenőolaj [4] forrásban mért



■ 8. ábra. Olajok fázisdiagramja (elvi ábra)

viszkózitását mutatjuk be a hőmérséklet függvényében.

A rövidített jelölések értelme a következő:

S = SOMENTOR,
W = WYROL,
G = GENREX,
BL-3A (Gerove, NDK)

A SOMENTOR-35 alapolaj 7% W12 nyomásállóság fokozó adalékolajat tartalmazott, amelyet a nehezebben alakítható ötvözetek hengerléséhez 12%-ra növeltek, ezért az elegy sűrűsége, viszkózitása, a kenőfilm teherbírása és kenőképessége is nagyobb lett [4].

Az S-35 olaj viszkózitása (9. ábra két alsó görbéje) a WYROL adalék részarányától függően a következőképpen változik:

S35+7%W12 esetén

$$v = \frac{145,35}{T + 32,21} - 0,279 \quad \text{mm}^2/\text{s} \quad (35)$$

S35+12%W12 esetén

$$v = \frac{113,97}{(T + 16,45)} - 0,098 \quad \text{mm}^2/\text{s} \quad (36)$$

Az alumínium hideghengerművekben használt, de még tiszta hengerhűtő-kenőolajok viszkózitása üzemi hőmérsékleten $v \leq 4$ mm²/s.

3. Sűrűlódási tényező az olajviszkózitás függvényében

A tervezők számára fontos az olajviszkózitás és a hengerrésben érvényesülő sűrűlódási tényező kapcsolatának ismerete, amely szalag- és fóliahengerlélkor a [9] forrás szerint a

következő képlettel számítható ki:

$$\mu = 0,16 - 0,00017K - 0,0314E^\circ \quad (37)$$

ahol:

K = az előző szűrást végző munkahenger csiszolására használt kő szemcse-száma [db/coll]

E° = a hengerhűtő-kenőolaj 20 °C-on mért Engler-féle viszkozitása [E°]

Mivel újabban nem az Engler-féle, hanem a kinematikai viszkozitást használják, ezért e két mérőszám összefüggését a [10] forrásban található adatok alapján határoztuk meg:

$$E^\circ = 3,336 - \frac{45,42}{\nu + 18,463} \quad E^\circ \quad (38)$$

ahol:

ν = kinematikai viszkozitás
1 cSt \equiv 1 mm²/s

Ha a (37) képletbe E helyére a (38) függvényt beírjuk, akkor a ν kinematikai viszkozitást közvetlenül [mm²/s \equiv cSt] mértékegységben helyettesíthetjük be:

$$\mu = 0,0552 - 0,00017 \cdot K + \frac{14,262}{\nu + 18,463} \quad (39)$$

A tiszta hűtő-kenőolajok viszkozitása használat közben folyamatosan nő. Pl. a [11] forrás 3. táblázatában közölt adatok szerint az új GENREX-22A olaj 20 °C-on mért viszkozitása 4,1-ről 7,9 mm²/s-ra nőtt. Ennek döntő oka az, hogy az alacsonyabb forráspontú frakciók jobban párolognak, ezért az olaj viszkozusabbá válik.

4. A hengerhűtő-kenőolajok hőátadási tényezője

Üzemi használat közben a hengerhűtő-kenőolajok viszkozitása folyamatosan nő, és emiatt romlik a hűtőképességük. Ezért a [11] forrásban leírt kísérletek ennek vizsgálatára is kiterjedtek. A 10. ábrán a hűtő-kenőolaj átlagos hőátadási tényezőjét mutatjuk be a 20 °C-on mért viszkozitás függvényében.

A hőátadási tényezőt az alábbi regressziós formulával írjuk le:

$$\alpha = 984,21 \cdot e^{-0,067 \cdot \nu}$$

$$R^2 = 0,8178 \quad W/m^2K \quad (40)$$

ahol: ν = kinematikai viszkozitás 20 °C hőmérsékleten mm²/s

A 10. ábrán látható, hogy használat közben az olaj hengerhűtő képessége akár 280 W/m²K értékkel, illetve 30–45%-kal is csökkenhet! Gazdasági szempontból ez káros, mert a hűtőképesség csökkenése kapacitáscsökkenéssel jár. A kapacitáscsökkenés irányváltó hideghengerléskor nagyobb, mint egyirányú hengerléskor.

5. A hengerhűtő-kenőolajok tűzveszélyessége

Az ásványolaj alapú hengerhűtő-kenőanyagok sűrűsége annál nagyobb, mennél több szénatomot tartalmazó komponensek elegei (a hengerhűtő-kenőolajokban a C atomok száma 10–16 közötti). Ezért célszerű meghatározni a sűrűség és a tűzveszély közötti összefüggéseket.

Evégett a 11. ábrán bemutatjuk az alumíniumszalag- és fóliahenger-művekben használt 18 féle (Genrex, Somentor, Wyrol, Lubrilam) hengerhűtő kenőolaj lobbanás-, gyulladás-, forrás kezdő- és végpontját az olaj sűrűsége függvényében.

Jól látható, hogy mennél sűrűbb az olaj, trend szerint annál nagyobb a lobbanáspont, a gyulladáspont és a forrás kezdő- és végpontja.

A vizsgált olajok nyílttéri lobbanáspontja TLo = 70–135 °C, gyulladáspontja Tgy = 100–250 °C, forráskezdpontja Tfk = 192–270 °C, forrásvégpontja TFv = 240–340 °C közötti.

Általános szabály, hogy a lobbanáspont a legalacsonyabb, azonban ez még nem jelent közvetlen tűzveszélyt.

Ezért arra törekednek, hogy a hengerrészből kifutó szalag vagy fólia hőmérséklete lehetőleg ne haladja meg a gyulladáspontot, amely már határozott tűzveszélyt jelent. A gyulladáspont 1 kivételével alacsonyabb, mint a forráskezdpont és 1 kivételével

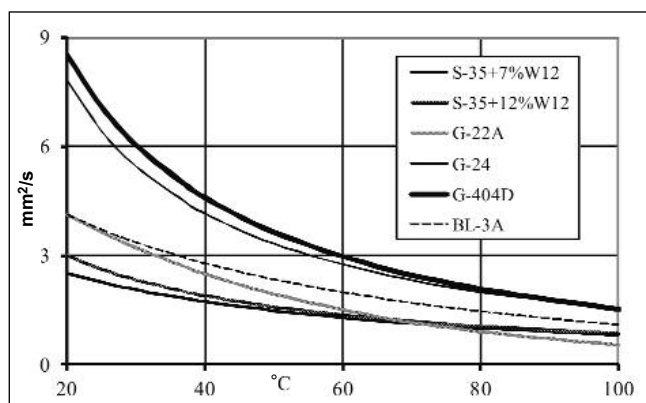
magasabb, mint a forrásvégpont, tehát a gyulladáspont általában a forráspont tartományon belül helyezkedik el.

Alumíniumszalag hideghengerléskor a hengerrészből kifutó szalag hőmérséklete elérheti a 120 °C-ot [5], fóliahengerléskor pedig a hengerrészen belül a fólia hőmérséklete elérheti a 250 °C-ot [6].

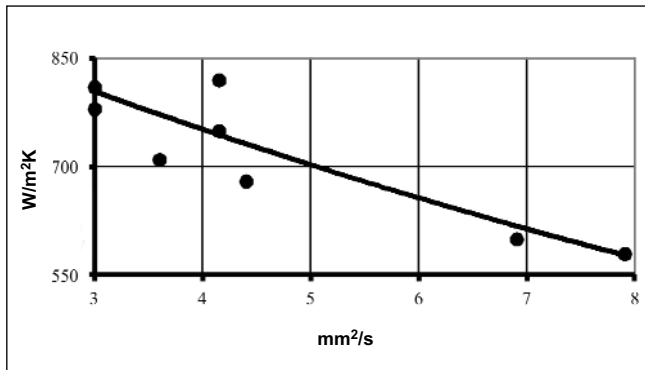
A hengerhűtő-kenőolajok gőzeinek alsó robbanási határa 0,5–0,6, felső robbanási határa 2,4–7,0 V/V% [3], [13], [14].

6. A hengerhűtő-kenőolajok egyéb tulajdonságai

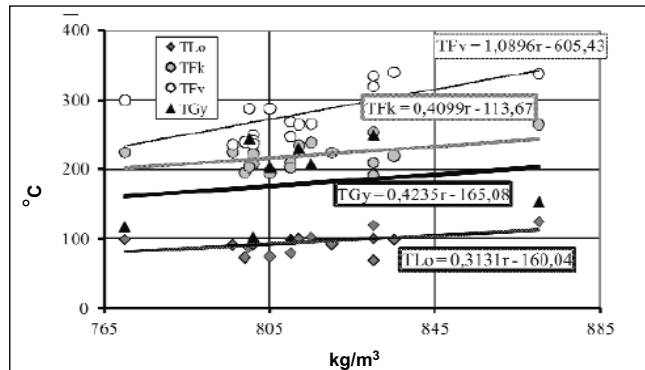
A henger-művek olajvizsgáló laboratóriumi rendszeres időközönként vett olajminták naprakész elemzésével figyelik az egyes paraméterek változását, és ha valamely paraméter a megengedett határhoz közelít, akkor időben megteszik a szükséges intézkedéseket. Általában naponta ellenőrzik a kinézetet, a savszámot, a 40 °C-on mért viszkozitást, a membrán-szűrő csapadékát, hetente a hamutartalmat, zsírtartalmat, havonta az antioxidáns-tartalmat, a lobbanáspontot és a forráspont tartományt. Esetenként mérik a sűrűséget, valamint az olaj okozta foltosodást. Ha a foltosodás hideghengerlés közbeni lágyításkor csak a szalag szélein következik be, akkor ez általában azért nem okoz problémát, mert továbbhengerléskor a szalag és henger közötti súrlódás és a szalagnyúlás hatására a foltosodás megreped, és a hűtő-kenőolaj lemossa a szalag felületéről, illetve készre vágáskor a szélhulladékkal távozik.



■ 9. ábra. Hengerhűtő-kenőolajok viszkozitása a hőmérséklet függvényében



■ 10. ábra. Hengerhűtés átlagos hőátadási tényezője a 20 °C-on mért olajviszkózitás függvényében



■ 11. ábra. Hengerolajok lobbanás-, gyulladási-, forrás kezdési végpontja az olaj sűrűsége függvényében

Összefoglalás

Az 1. fejezetben ismertettük az alumíniumszalag és fóliahengerművekben használt technológiai hűtő-kenőolajok párolgásának – a rendelkezésre álló mérési pontok számától is függő – Excel táblázatban végezhető számítási módszereit.

Ezután elemeztük a hideghengerlés, tekeresszállítás és tárolás közbeni, valamint a hőkezelő kemencében történő olajpárolgást.

A további fejezetekben az olaj viszkózitását, a hengerrésbeli súrlódási tényezőt, az olaj és munkahenger közötti hőátadási tényezőt, a hűtő-kenőolajok tűzveszélyességét és az egyéb tulajdonságokat tekintettük át röviden.

Irodalomjegyzék

[1] Kőbányai Könnyűfémű (KÖBAL)

- fóliahengersonain használt hengerhűtő-kenőolajok tulajdonságainak vizsgálata. ALUTERV-FKI 1983.
- [2] Charakteristische Daten der ESSO Aluminium Walzöle. 1984.
- [3] PETREPAR n-C₁₄ Safety Data Sheet, PETRESA, 1998. 04. 30.
- [4] Szabó Lajos – dr. Vass Imréné: Hideghengerlési technológiai kenőanyagok vizsgálata és értékelése. Inotai Alumíniumkohó, 1972. szept. 12. p. 1–16.
- [5] Gimesi Elemér – Szarka János: Új hideghengerlési kapacitás létesítése a Székesfehérvári Könnyűféműben. BKL Kohászat 115. évf. 1982. 1–2. sz. p. 82–85.
- [6] Grauer, H. P.: Grundlagen des Folienwalzens. Metallkunde 1966/45. 10. sz.
- [7] Abluftreinigung und Betriebsmittel-Rückgewinnung durch AIRPURE® Filteranlage. Achenbach Buschhütten GmbH. 1984.
- [8] Sándor István: Az alumíniumfólia hengerlése a Kőbányai Könnyűféműben. BKL Kohászat 120. évfolyam,

1987. 10. sz. p. 461–462, p. 633–645.

- [9] Amann, E. – Benz, E. – Langen, H.: Ergänzung der Untersuchungen zur Walztheorie dünner Bänder aus Aluminium und Aluminiumlegierungen. Z. Metallkunde. 1968. p. 145–154.
- [10] Viszkózitás fogalmak, egységek, jelölések. MNOSZ 3254-55
- [11] Szabó Lajos: A szalag hideghengerlés termelékenysége emelése az elárasztásos technológiai hűtés intenzifikálásával. Egyetemi doktori értekezés 1983.
- [12] Blautech Kft.: Vizsgálati jelentés az ALCOA-KÖFÉM hengerműben mért olajköd szennyezésről. Veszprém, 1994.
- [13] ExxonMobil Hungária Ker. Kft.: SO-MENTOR N 36 hengerlő olaj Biztonsági adatlap. 2002. nov. 4.
- [14] ExxonMobil Hungária Ker. Kft.: WYROL 2, 4, 8 hengerlő olaj-adalék koncentrátum Biztonsági adatlap. 2002. nov. 27.
- [15] LUBRILAM S 40 L Safety Data Sheet, TOTAL, 2009. 09. 03.

Látogatás az ALUKO Kft.-nél

A Fémkohász Szakosztály Budapesti Helyi Szervezete 2013. április 26-án látogatást tett az alumínium kokillaöntéssel foglalkozó ALUKO Kft.-nél Inárcson, Köves Kristóf elnök szervezésében.

A 30 dolgozót foglalkoztató ALUKO elsősorban ipari felhasználásra gyárt alkatrészeket, gépipari, elektromos, elektronikai és autóiipari megrendelők részére. Közvetlen fogyasztásra szolgáló termékeik közül a kéziszerszámok és dobozok jelentősebbek, de kokillák tervezésére és gyártására is vállalkoznak. Kiemelkedő a Németországba történő exportjuk aránya. Idén

újították meg az ISO 9001-es tanúsítványukat.

Fazekas Vera ügyvezető igazgató a cég alapítói között van. Külkereskedői tapasztalatainak és ismeretsegeinek felhasználásával telepített át Franciaországból öntészeti technológiát 2001-ben. Miután bemutatta a céget, üzemlátogatásra indultunk Winkler Tamás és Czinke István vezetésével.

Az alapanyagokat gázkemencékben olvasztják. Az olvadék hőntartása elektromos, ellenállás-fűtésű kemencékben történik. Az öntvényeket tisztítás után forgácsolóberendezéseken megmunkálják és összeszerelik.

Az üzembejárás után Meichl Ferenc műszaki és gazdasági kérdésekről beszélt, miközben elfogyasztottuk a friss pogácsákat és az üdítőket, amelyekkel megvendégelt bennünket. A látogatás végén Csonka László titkár ismertette a gyár vezetőivel az OMBKE Lean Szakcsoportjának tevékenységét, ami iránt élénk érdeklődést mutattak.

A helyi szervezetünk mindig szívesen lát nyílt programjain olyan résztvevőket is, akik más helyi szervezetek tagjai, vagy azok munkatársai, ismerősei.

☞ Csonka László