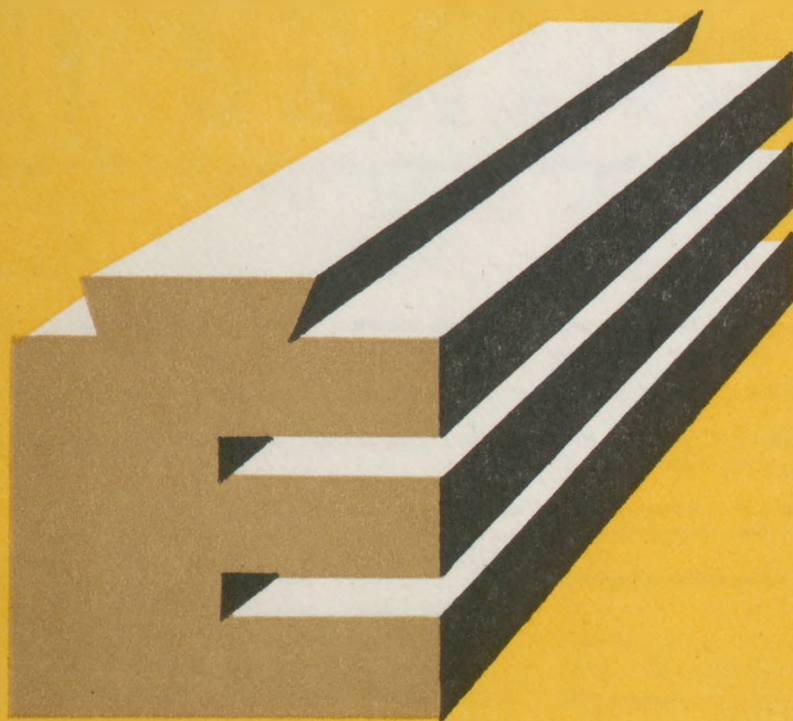


302935



ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari
Tudományos Egyesület
folyóirata

12

XXXXVII. ÉVFOLYAM
BUDAPEST, 1985. DECEMBER
ÉPÍTŐANYAG, 37 (12) 353—384 (1985)

A méz- és cement-, az üveg-, a finomkerámia-, a téglá-, a cserép-, a kő-kavics- és betonipar, a szigetelőanyagok iparának tudományos szakirodalmi folyóirata

Szerkesztőbizottság:

elnöke:

Dr. Talabér József

felelős szerkesztő:

Dr. Székely Ádám

tagjai:

Dr. Bálint Pál

Dr. Beke Béla

Csáktornyai Béla

Dr. Csizi Béla

Dr. Grofcsik Elemér

Hajnal Lajos

Dr. Jilek József

Dr. Kolostori János

Dr. Kovács Róbert

Lenkei György

Riesz Lajos

Száder Rudolf

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Dr. Tóth Kálmán

Dr. Träger Tamás

Vajda László

A rajzokat készítette:
Loósz Józsefné

TARTALOM

<i>Kausay Tibor</i> : Zúzottkő termékek szemmegoszlása a felhasználási igények szempontjából	353
<i>Tóth Kálmán – Péntes Ilona</i> : A hővédelem és a környezetvédelem kapcsolatairól	364
<i>Ludwig, U. – Mehr, S. – Moldan, D.</i> : Szulfátálló habarcsok gipsztartalmú falazatok javítására	373
<i>Pethő Szilveszter – Szarka Zoltán</i> : A nyugvó közegben függőlegesen elhajított szilárd test mozgástörvényei I.	376
A világ szilikátiparából	363, 368

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Каушай, Т.</i> : Распределение зернового состава щебеночных продуктов с точки зрения потребителя	353
<i>Том, К. – Пензеш, И.</i> : Взаимосвязь между теплозащитой и охраной окружающей среды	364
<i>Людвиг, У. – Мейер, Ш. – Молдан, Д.</i> : Сульфатостойкий раствор для обновления стеновых кладок, содержащих гипс	373
<i>Петё, С. = Сарка, З.</i> : Законы движения вертикально заброшенного твердого тела в спокойной среде I.	376

INHALT

<i>Kausay, Tibor</i> : Die Kornverteilung der Schotterprodukte hinsichtlich der Verwendungsbedürfe	353
<i>Tóth, Kálmán – Péntes, Ilona</i> : Über die Beziehungen des Wärme-, und Umweltschutzes	364
<i>Ludwig, U. – Mehr, S. – Moldan, D.</i> : Die Entwicklung von sulphatbeständigen Mörteln zur Sanierung von gipshaltigen Mauerwerken	373
<i>Pethő, Szilveszter – Szarka, Zoltán</i> : Bewegungsgesetze des im ruhenden Mittel senkrecht geworfenen Festkörpers I.	376

CONTENTS

<i>Kausay, Tibor</i> : Grain Size Distribution of Crushed Stone Products	353
<i>Tóth, Kálmán – Péntes, Ilona</i> : Thermal Insulation and Environmental Protection ...	364
<i>Ludwig, U. – Mehr, S. – Moldan, D.</i> : Sulfate Resistant Mortars for Repairing Gypsum-containing Objects	373
<i>Pethő, Szilveszter – Szarka, Zoltán</i> : Foronomical Laws of Vertically Thrown Salticlesies in Stationary Media I.	376

Zúzottkő termékek szemmegoszlása a felhasználói igények szempontjából*

KAUSAY TIBOR

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Bevezetés

Mind a zúzottkő termékek (frakciók), mind a felhasználásukkal előállított aszfalt és beton adalékanyag keverékek szemmegoszlása szigorú szabvány és műszaki előírásoknak kell megfeleljen. Az adalékanyag keverékek szemmegoszlása egyrészt a termékek szemmegoszlásától, másrészt a termékek keverési arányától függ. A termékeket szemmegoszlásuk figyelembevételével olyan arányban kell összekeverni, hogy az adalékanyag keverék szemmegoszlása a követelményt a lehető legjobban kielégítse. A keverés arányszámai nagyságának a termékek szemmegoszlása szab határt.

Fekete László kőbánya vállalati műsz. igazgatóhelyettes ösztönzésére azt vizsgáltuk, hogy a zúzottkő termékek szemmegoszlás változása miképp befolyásolja az adalékanyag keverék előírt határgörbék szerinti összeállításának lehetőségét, hogy mekkora hibát okoz a termékek szemmegoszlásának előírtól való eltérése és ennek figyelmen kívül hagyása, hogy a termékek osztályozásának élességére milyen szigorú előírást indokolt adni, hogy az adalékanyag keverék szemmegoszlása a jelenlegi termékszemnagyság határok módosítása által javítható-e [1].

A kérdésekre a választ a zúzottkő termékek lehetséges keverékei szemmegoszlásának és az aszfaltok és betonok szemmegoszlási követelményének összehasonlításával kerestük.

A vizsgálódás módszere

A zúzottkő termékek lehetséges keverékei szemmegoszlásának megszerkesztéséhez a Z és NZ 0/5, valamint a Z, NZ és KZ 5/12 és 12/20 jelű frakciók 24 szabványos és 19 szabványon kívüli, összesen 43-féle fiktív szemmegoszlását képeztük.

A szabványos fiktív szemmegoszlásokat az MSZ 18291-78 zúzottkő termékszabvány frakcióinak

átlag görbéi, valamint felső és alsó határgörbéi adták. Az átlag görbék az abszolút élesen osztályozott, a felső és alsó határgörbék a még éppen elfogadható frakciók megtestesítői. Példaként az 5/12 mm szemnagyságú szabványos fiktív zúzottkő frakciók szemmegoszlásjellemezőit mutatjuk be az 1. táblázatban.

A szabványon kívüli fiktív szemmegoszlások – mint lehetséges szélső esetek – kialakításához a Közlekedéstudományi Intézet – a Központi Bányászati Fejlesztési Intézet mérési eredményeit statisztikusan feldolgozó – [2] vizsgálati jelentéseiből az egykori Déldunántúli Kőbánya Vállalat komlói andezit, uzsai bazalt és zalalahápi bazalt zúzottkövére vonatkozó 1982. évi adatokat használtuk fel. Példaként az NZ 5/12 jelű szabványon kívüli zúzottkő termékek szemmegoszlás vizsgálati eredményei megengedettől való eltéréseinek átlagát és szórását szerepeltetjük a 2. táblázatban. Az MSZ 18291-78 szabvány szerinti ellenőrzési jellemzőkhöz tartozó áthullott anyag mennyiségek megengedettől való eltéréseinek – bányánkenti és negyedévenkénti – átlag és szórás párhajai közül a legnagyobb összegűek képezik a jellemzőként várható legnagyobb eltéréseket, amelyekkel egyszeres szórást véve alapul egyoldali és kétoldali szélsőértékű felső és alsó – egy esetben középső – futású szabványon kívüli fiktív szemmegoszlásokat állítottunk elő.

Az ellenőrzési jellemzőhöz tartozó várható legnagyobb eltérést az ellenőrző szitán fennmaradt anyagra, a méreten felüli részre, a közbenső ellenőrző szita túrésan aluli részére vonatkozóan a szemmegoszlási követelményből levonva az alsó, a közbenső ellenőrző szita túrésan felüli részére, a méreten aluli részre, az 1,0 mm-nél, a 0,1 mm-nél, a 0,02 mm-nél kisebb részre vonatkozóan a szemmegoszlási követelményhez hozzáadva a felső egyoldali szélsőértékeket kaptuk meg. Vegyünk erre két példát. A 2. táblázat szerint az NZ 5/12 frakció méreten felüli része max. eltéréseinek átlaga 3 tömeg %, szórása 3 tömeg % és így várható legnagyobb eltérése $3+3 = 6$ tömeg %. Az MSZ 18291-78 szabvány követelménye, hogy az NZ 5/12 frakció méreten felüli része legfeljebb 10 tömeg % lehet, azaz a 12 mm-es szemnagyságnál a

* A XIV. Szilikátipari és Szilikáttudományi Konferencián elhangzott előadás alapján.

Az 5/12 mm szemmagyságú szabványos fiktív zúzottkő frakciók szemmegoszlásjellemezői

Termékosztály	KZ			NZ			Z		
	felső	átlag	alsó	felső	átlag	alsó	felső	átlag	alsó
Szemmagyság mm	Áthullott összes anyag relatív tömegaránya								
0,02	0,01	0,005		0,04	0,02		0,06	0,03	
0,1	0,01	0,005		0,04	0,02		0,06	0,03	
1	0,03	0,015		0,06	0,03		0,10	0,05	
5	0,10	0,05	0,00	0,15	0,075	0,00	0,20	0,10	0,00
8	0,60	0,50	0,40	0,65	0,50	0,35	0,65	0,50	0,35
12	1,00	0,975	0,95	1,00	0,95	0,90	1,00	0,925	0,85
20		1,00	1,00		1,00	1,00		1,00	1,00
m_1 mm	7,471	8,186	8,900	7,031	8,203	9,375	6,748	8,211	9,675
σ^2 mm ²	8,9527	9,6818	9,3900	10,3892	12,6099	12,0844	12,2147	15,6344	14,7694
σ mm	2,992	3,112	3,064	3,223	3,551	3,476	3,495	3,954	3,843
σ^2/m_1^2	0,1604	0,1445	0,1185	0,2101	0,1874	0,1375	0,2683	0,2319	0,1578
$d_{4,5}$ mm	6,137	7,186	8,415	4,730	6,452	8,800	3,814	5,860	9,004
m_{techn}	7,108	7,335	7,563	6,732	7,180	7,628	6,421	7,041	7,661
$m_{termékmin}$	7,156	7,389	7,622	6,869	7,282	7,694	6,633	7,174	7,716
f_v m ² /mm ³	33,149	16,952	0,754	127,690	64,208	0,725	191,338	96,026	0,714
Frakció sor-száma	21.	20.	15.	29.	22.	16.	32.	25.	18.

2. táblázat

Az NZ 5/12 jelű szabványon kívüli zúzottkő termékek megengedettől való 1982. évi eltérés értékei

Kőbánya	K o m l ó				U z s a				Z a l a h a l á p				Max. eltérés	
	I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.	értéke	szem-megoszl. ord.
1982. negyedév														
Ellenőrzési jellemző	Az áthullott anyag mennyiségének megengedettől való eltérése, tömeg%													
Ellenőrző szitán (20 mm) fennmaradt, db	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	100
átlag													0	100
szórás													0	
Méreten (12 mm) felüli rész, db	2	—	—	—	13	5	2	2	—	1	1	—		
átlag	3				3	2	5	2		3	1		3	84
szórás	1				3	1	0	1		0	0		3	
Közb. ell. szita (8 mm) tőrésen felüli rész, db	1	—	5	—	8	—	—	—	1	5	4	3		
átlag	1		3		6				1	8	4	7	8	76
szórás	0		3		5				0	3	3	1	3	
Közb. ell. szita (8 mm) tőrésen aluli rész, db	—	—	—	—	3	—	—	1	18	6	15	5		
átlag					3			3	7	6	8	5	8	22
szórás					2			0	4	4	5	5	5	
Méreten (5 mm) aluli rész, db	1	—	—	—	4	1	—	—	33	25	28	14		
átlag	2				4	2			12	5	11	11	12	35
szórás	0				2	0			8	5	6	8	8	
1,0 mm-nél kisebb rész db	—	—	—	—	—	—	—	—	4	1	4	2		
átlag									4	3	2	2	4	13
szórás									3	0	1	1	3	
0,1 mm-nél kisebb rész db	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—		
átlag									4				4	8
szórás									0				0	
Vizsgálatok száma	6	2	33	48	107	117	91	65	62	56	56	49		
Ebből szabványon kívüli eredm.	3	0	5	0	22	5	2	3	38	31	34	17		

szemmegoszlási görbe ordinátájának követelmény értéke min 90 tömeg %. A 90 tömeg % és a 6 tömeg % különbsége 84 tömeg %, ami a szabványon kívüli *NZ 5/12* termék szemmegoszlásának mértékadó ordinátája a 12 mm szemnagyságnál. Ugyancsak a 2. táblázat szerint az *NZ 5/12* frakció közbenső ellenőrző szita túréson felüli része max eltérésének átlaga 8 tömeg %, szórása 3 tömeg % és így várható legnagyobb eltérése $8 + 3 = 11$ tömeg %. Az *MSZ 18291-78* szabvány követelménye, hogy az *NZ 5/12* frakció közbenső ellenőrző szitán fennmaradó része felső túréshatára $50 + 15$ tömeg %, azaz a 8 mm-es szemnagyságnál a szemmegoszlási görbe ordinátájának követelmény értéke max. 65 tömeg %. A 65 tömeg % és a 11 tömeg % összege 76 tömeg %, ami a szabványon kívüli *NZ 5/12* termék szemmegoszlásának mértékadó ordinátája a 8 mm szemnagyságnál.

A kétoldali szélsőértékű szabványon kívüli fiktív szemmegoszlások a gyakorlatnak megfelelően a finomszemek tartományában a felső, a durvaszemek tartományában az alsó egyoldali szélsőértékű szemmegoszlásokkal esnek egybe, és az átmeneti tartományban elfoglalt helyük szerint ugyancsak felső és alsó futásúak. Példaként az *5/12* mm szemnagyságú szabványon kívüli fiktív zúzottkő frakciók szemmegoszlás jellemzőit adjuk meg a 3. táblázatban.

A fiktív zúzottkő frakciók szemmegoszlás jellemzőit, nevezetesen az m_1 várható érték, a σ^2 szórás négyzet, a σ szórás, a σ^2/m_1^2 relatív szórás négyzet, a $d_{4.1}$ átlagos szemnagyság, az m_{techn} logaritmusos technikai finomsági modulus, az m_{term} logaritmusos termékminősítő finomsági modulus, az f_v térfogati fajlagos felület értékét az *M Z 18288/5-81* szabvány szerint számítottuk ki [3]. A szemmegoszlás jellemzők 4. táblázatbeli értékei azt bizonyítják, hogy a fiktív frakciók a szemmegoszlások széles tartományát ölelik fel.

A zúzottkővek fiktív frakcióinak egymáshoz való viszonyát a szemmegoszlásjellemzők jól kifejezik. A frakciók osztályozottsága összefügg a finomsági modulus és a relatív szórás négyzet nagyságával, ezért a 43-féle szemmegoszlási változatot a finomsági modulus csökkenő és a relatív szórás négyzet növekvő nagysága szerint a 4. táblázatban sorrendbe szedtük, és sorszámokkal láttuk el. A 4. táblázatban *SZ* szabványos frakciót, *SKE* szabványon kívüli frakció egyoldali szélsőértékét, *SKK* kétoldali szélsőértékét, *f* felső túréshatárt vagy szélsőértékeket, *a* alsó túréshatárt vagy szélsőértékeket, *d* átlagos helyzetet jelöl.

A zúzottkő frakciókból összeállítható adalékanyag keverékek és az aszfalt és beton szemmegoszlási követelmények akkor hasonlíthatók össze, ha a keverékek és a követelmények megadott szemmegoszlási értékei azonos szemnagyságokhoz tartoznak. Ezért valamennyi fiktív frakció szemmegoszlási értékét az aszfalt és beton előírások szemnagyságaira adaptáltuk. Az adaptálás során a szemmegoszlási görbék logaritmusos skálabeosztású abszcisszatengely felett a töréspontok közötti egyenes szakaszokból összetettként kezeltük.

Az adalékanyag keverékek szemmegoszlásának és az aszfalt és beton szemmegoszlási követelményeknek az összehasonlítását az *MSZ-07 3210/1-81* ágazati szabvány szerinti *VA-20* jelű vízáteresztő aszfaltra, *AB-20* jelű aszfaltbetonra, *ÉHA-20* jelű érdesített homokaszfaltra, továbbá a *TV Beton 72* és *RStO 75* NSZK irányelvek figyelembevételével készített *SZIKKTI* ajánlás szerinti *útbetonra* – értve alatta a 20 mm legnagyobb szemnagysággal készülő előregyártott feszített pályaszerkezeti elemet – és az *MI-04.19-81* ágazati műszaki irányelv szerinti *I. osztályú* és *II. osztályú* szemmegoszlással készített 20 mm legnagyobb szemnagyságú szerkezeti betonokra végeztük el. Az aszfaltok és betonok szem-

3. táblázat

Az 5/12 mm szemnagyságú szabványon kívüli fiktív zúzottkő frakciók szemmegoszlásjellemzői

Frakció	KZ 5/12		NZ 5/12		KZ 5/12		NZ 5/12	
	Egyoldali				Kétoldali			
Szélsőérték	felső	alsó	felső	alsó	felső	alsó	felső	alsó
Szemnagyság, mm	Áthullott összes anyag relatív tömeg aránya							
0,02	0,01		0,04		0,01	0,01	0,04	0,04
0,1	0,01		0,08		0,01	0,01	0,08	0,08
1	0,03		0,13		0,03	0,03	0,13	0,13
5	0,14	0,00	0,35	0,00	0,14	0,14	0,35	
8	0,67	0,34	0,76	0,22	0,67	0,34	0,76	0,22
12	1,00	0,87	1,00	0,84	0,87	0,87	0,84	0,84
20		1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
m_1 mm	7,086	9,590	5,755	10,190	7,866	9,021	6,715	9,195
σ^2 mm ²	9,1322	13,6419	12,9668	13,9539	19,3095	19,4398	27,8749	26,3966
σ mm	3,022	3,693	3,601	3,735	4,394	4,409	5,280	5,138
σ^2/m_1^2	0,1819	0,1483	0,3915	0,1344	0,3121	0,2389	0,6181	0,3122
$d_{4.1}$ mm	5,709	8,961	2,953	9,575	6,059	7,001	3,177	4,705
m_{techn}	7,003	7,654	6,052	7,749	7,089	7,298	6,158	6,724
m_{term}	7,034	7,717	6,197	7,850	7,091	7,421	6,267	7,002
f_v mm ² /mm ³	33,279	0,715	136,192	0,666	33,250	33,134	136,156	135,605
Frakció sorszám	26.	17.	35.	11.	30.	24.	36.	28.

Fiktív zúzottkő frakciók sora osztályozottság szerint

Sor- szám	Sorrend		F r a k c i ó			Finomsági modulus		Rel. szórás- négyzet σ^2/m_1^2
	fin. mod.	rel. sz. n. szerint	jele	jellege	elhe- lyezke- dése	m_1 mm	$m_{1\text{chn.}}$	
1.	2.	2.	KZ 12/20	SKE	a	17,545	8,587	0,0593
2.	5.	1.	KZ 12/20	SZ	a	16,875	8,532	0,0571
3.	3.	6.	NZ 12/20	SKE	a	17,380	8,536	0,1152
4.	4.	5.	NZ 12/20	SZ	a	17,150	8,521	0,1086
5.	1.	9.	Z 12/20	SZ	a	17,725	8,559	0,1238
6.	7.	3.	KZ 12/20	SZ	á	15,800	8,316	0,0776
7.	11.	4.	KZ 12/20	SZ	f	14,726	8,099	0,0930
8.	8.	12.	NZ 12/20	SZ	á	15,706	8,142	0,1443
9.	6.	15.	KZ 12/20	SKK	a	16,296	8,157	0,1505
10.	13.	8.	KZ 12/20	SKE	f	14,231	7,988	0,1199
11.	17.	10.	NZ 5/12	SKE	a	10,190	7,749	0,1344
12.	9.	20.	Z 12/20	SZ	á	15,661	7,994	0,1811
13.	10.	19.	KZ 12/20	SKK	f	14,896	8,028	0,1750
14.	12.	18.	NZ 12/20	SZ	f	14,261	7,762	0,1725
15.	23.	7.	KZ 5/12	SZ	a	8,900	7,563	0,1185
16.	20.	11.	NZ 5/12	SZ	a	9,375	7,628	0,1375
17.	19.	14.	KZ 5/12	SKE	a	9,590	7,654	0,1483
18.	18.	16.	Z 5/12	SZ	a	9,675	7,661	0,1578
19.	14.	25.	Z 12/20	SZ	f	13,597	7,428	0,2241
20.	26.	13.	KZ 5/12	SZ	á	8,186	7,335	0,1445
21.	28.	17.	KZ 5/12	SZ	f	7,471	7,108	0,1604
22.	25.	22.	NZ 5/12	SZ	á	8,203	7,180	0,1874
23.	16.	33.	NZ 12/20	SKE	f	11,767	7,153	0,3515
24.	22.	28.	KZ 5/12	SKK	a	9,021	7,298	0,2389
25.	24.	26.	Z 5/12	SZ	á	8,211	7,041	0,2319
26.	29.	21.	KZ 5/12	SKE	f	7,086	7,003	0,1819
27.	15.	37.	NZ 12/20	SKK	k	13,147	7,246	0,4579
28.	21.	31.	NZ 5/12	SKK	a	9,195	6,724	0,3122
29.	30.	23.	NZ 5/12	SZ	f	7,031	6,732	0,2101
30.	27.	30.	KZ 5/12	SKK	f	7,866	7,089	0,3121
31.	34.	24.	NZ 0/5	SKE	a	4,605	6,523	0,2164
32.	31.	29.	Z 5/12	SZ	f	6,748	6,421	0,2683
33.	36.	27.	NZ 0/5	SZ	a	3,550	6,108	0,2339
34.	35.	32.	NZ 0/5	SKK	a	4,351	5,733	0,3281
35.	33.	35.	NZ 5/12	SKE	f	5,755	6,052	0,3915
36.	32.	39.	NZ 5/12.	SKK	f	6,715	6,158	0,6181
37.	37.	34.	Z 0/5	SZ	a	3,518	5,562	0,3539
38.	39.	36.	NZ 0/5	SZ	á	2,815	5,243	0,4461
39.	38.	38.	Z 0/5	SZ	á	2,847	4,565	0,5393
40.	41.	41.	Z 0/5	SZ	f	2,177	3,569	0,7314
41.	42.	40.	NZ 0/5	SZ	f	2,079	4,377	0,7028
42.	40.	43.	NZ 0/5	SKK	f	2,561	3,904	1,5106
43.	43.	42.	NZ 0/5	SKE	f	1,696	3,673	1,1241

megoszlási követelményének középértékét az 5. táblázat tartalmazza.

A bedolgozhatóság érdekében a zúzottkő adalékanyagú útbetonok és szerkezeti betonok 4 mm alatti adalékanyagának egyrésze gömbölyű alakú bányahomok. Útbeton esetén a homok a 4 mm alatti szemek $h = 0,5$ tömegarányát, szerkezeti beton esetén $h = 0,667$ tömegarányát teszi ki. Ahhoz, hogy a betonok zúzottkő adalékanyaga szemmegoszlásának követelményét megkapjuk, képezni kell a teljes szemmegoszlási követelmény és a homok szemmegoszlása súlyozott különbségét. Valamely adott d szemnagyságra nézve a 4 mm alatti szemek h tömegaránya, az eredeti követelmény 4 mm szemnagyságnál felvett p_4 szemmegoszlási értéke, az eredeti követelmény adott d szemnagyságnál felvett p_e szemmegoszlási értéke ismeretében a zúzottkő keverék p_z szemmegoszlási értékét

$d \cong 4$ mm esetén a

$$p_z = (p_e - h \cdot p_e) \cdot \frac{100}{100 - h \cdot p_4} \quad [\text{tömeg \%}]$$

$d \cong 4$ mm esetén a

$$p_z = (p_e - h \cdot p_4) \cdot \frac{100}{100 - h \cdot p_4} \quad [\text{tömeg \%}]$$

összefüggésből számítottuk ki. A számítás eredményét az 5. táblázatban tüntettük fel.

A zúzottkő keverékek aszfalt és beton készítése alkalmasága

Ezen előkészítés után azt vizsgáltuk, hogy a 4. táblázat szabványos és szabványon kívüli fiktív zúzottkő frakcióiból milyen pontossággal állíthatók elő a szemmegoszlási követelménynek 5. táblázatbeli középértékei által meghatározott aszfalt és beton zúzottkő adalékanyagok.

A 20 mm legnagyobb szemmagyságú aszfaltok és betonok szemmegoszlási tartományának középértékei [tömeg%]

Követelmény	Eredeti, egyben zúzottkő			Eredeti			Szerkezeti beton		
	A s z f a l t o k			Szerkezeti beton		Előregyártott útbeton elem	Szerkezeti beton		Előregyártott útbeton elem
	VA-20	AB-20	ÉHA-20	I.	II.		I.	II.	
0,063				1,5	1,5	3	0,71	0,85	1,88
0,090	3,5	8	13	2	5	5	0,95	2,84	3,12
0,125									
0,20	6	17,5	40						
0,25				5,5	13	7	2,61	7,39	4,38
0,50				12	24,5	14	5,69	13,92	8,75
0,63	10	25	55						
1,0				19,5	35,5	25	9,24	20,17	15,63
2,0	13,5	40	64	30,5	48,5	32	14,45	27,56	20
4,0				44,5	62,0	40	21,09	35,23	25
5,0	18,5	50	68						
8,0	26	60	70	64,5	78,5	52	49,53	63,35	40
12,0				77,5	87	67	68,01	77,84	58,75
12,5	37,5	70	74,5						
16				90	93	82	85,78	88,07	77,50
20	95	95	90	97	98,5	95	95,73	97,44	93,75
24				100	100	100	100	100	100
25	100	100	100						

6. táblázat

Az adalékanyag keverékek jellemzői

Névleges szemmagyság, mm		0/5	5/12	12/20
Keverék	Frakciók jele	A frakciók		
		termékosztálya	jellege	elhelyezkedése
1.	31-17-1	NZ-SKE-a	KZ-SKE-a	KZ-SKE-a
2.	43-24-1	NZ-SKE-f	KZ-SKK-a	KZ-SKE-a
3.	40-26-1	Z-SZ-f	KZ-SKE-f	KZ-SKE-a
4.	43-35-1	NZ-SKE-f	NZ-SKE-f	KZ-SKE-a
5.	33-15-2	NZ-SZ-a	KZ-SZ-a	KZ-SZ-a
6.	31-11-3	NZ-SKE-a	NZ-SKE-a	NZ-SKE-a
7.	43-28-3	NZ-SKE-f	NZ-SKK-a	NZ-SKE-a
8.	43-35-3	NZ-SKE-f	NZ-SKE-f	NZ-SKE-a
9.	37-16-4	Z-SZ-a	NZ-SZ-a	NZ-SZ-a
10.	38-20-6	NZ-SZ-á	KZ-SZ-á	KZ-SZ-á
11.	43-55-6	NZ-SKE-f	NZ-SKE-f	KZ-SZ-á
12.	38-21-7	NZ-SZ-á	KZ-SZ-f	KZ-SZ-f
13.	40-22-8	Z-SZ-f	NZ-SZ-á	NZ-SZ-á
14.	40-26-10	Z-SZ-f	KZ-SKE-f	KZ-SKE-f
15.	43-30-10	NZ-SKE-f	KZ-SKK-f	KZ-SKE-f
16.	41-25-12	NZ-SZ-f	Z-SZ-á	Z-SZ-á
17.	41-29-14	NZ-SZ-f	NZ-SZ-f	NZ-SZ-f
18.	43-32-19	NZ-SKE-f	Z-SZ-f	Z-SZ-f
19.	43-17-23	NZ-SKE-f	KZ-SKE-a	NZ-SKE-f
20.	43-20-23	NZ-SKE-f	KZ-SZ-á	NZ-SKE-f
21.	43-35-23	NZ-SKE-f	NZ-SKE-f	NZ-SKE-f
22.	43-36-23	NZ-SKE-f	NZ-SKK-f	NZ-SKE-f

Valamely eredő zúzottkő-adalékanyag keveréket három, egy-egy 0/5, 5/12 és 12/20 mm névleges szemmagyságú frakcióból terveztük összeállítani. A frakciók kombinálásával a lehető legkülönbözőbb változatok előállítására törekedve 22 különböző keveréket terveztünk meg. Ezek jellemzőit a 6. táblázatban foglaltuk össze. Az 5., 9., 13., 18., 27., 34., 39., 42. frakciók alkalmazása nem vezetett figyelemre méltó eredményre, így azok a 6. táblázatban nem jutottak szerephez. Megjegyezzük, hogy a 6. táblázat összeállításakor nem voltunk arra tekintettel, hogy az előírások szerint az aszfalt és beton

keverékeket a teherbírástól és az igénybevételtől függően meghatározott termékosztályú zúzottkőből kell előállítani. Így tanulmányunkban a frakciók termékosztályától függetlenül valamennyi 6. táblázatbeli zúzottkő-adalékanyag keverék aszfalt és beton készítési alkalmasságát megvizsgáltuk.

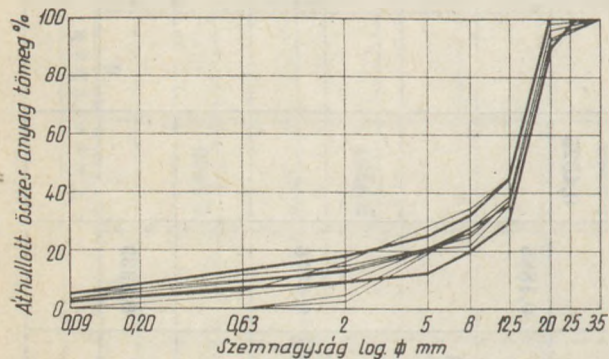
Az alkalmassági vizsgálat során aszfalt és beton fajtánként minden zúzottkő-adalékanyag keverékre (összesen $6 \times 22 = 132$ feladat megoldás) azokat a frakció tömegarányokat kerestük, amelyek mellett a keverékek szemmegoszlása a legkisebb hibával követi az aszfaltok és betonok középértékkel kép-

Ütöbeton keverékek zúzottkő-adalékanyag frakcióinak relatív tömegaránya

Függv. típus	Szem. mm	Term. oszt.	Függv. helye	Frakc. sorsz.	1. 2. 3.											
					1.	2.	3.									
Szabványos termékek határ függvénye					0/5	NZ	felső átlag alsó	41. 38. 33.								
						Z	felső alsó	40. 37.			0,2308					
					5/12	KZ	felső átlag alsóát	21. 20. 15.								
						NZ	felső átlag alsó	29. 22. 16.								
						Z	felső átlag	32. 25.								
					12/20	KZ	felső átlag alsó	7. 6. 2.								
						NZ	felső átlag alsó	14. 8. 4.								
						Z	felső átlag	19. 12.								
					Szabványon kívüli termékek					0/5	NZ	felső alsó	43. 31.	0,4127	0,2229	
											KZ	felső alsó	26. 17.	0,2158		0,3600
										5/12	NZ	felső alsó	35. 11.			
											KZ	felső alsó	10. 1.	0,3715	0,3201	0,4092
12/20	NZ	felső alsó	23. 3.													
	KZ	felső alsó	30. 24.							0,4570						
5/12	NZ	felső alsó	36. 28.													

Keverékek jele							
4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
	0,3650					0,3260	
					0,4038		
	0,2267					0,2242	
					0,1710		
	0,4083					0,4498	0,4640
					0,4252		
0,0955		0,4360	0,2160	0,1183			0,1056
0,4924		0,1559		0,4327			0,4304
0,4121							
		0,4081	0,3624	0,4490			
			0,4216				

Keverék jele	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	Követelmény
Szemnagys. mm	Áthullott összes anyag mennyisége, %											
0,063	0,0	2,7	3,8	4,3	0,0	0,0	5,0	4,1	0,0	1,4	4,2	1,2- 2,6
0,125	0,0	4,5	4,7	5,9	0,0	0,0	7,4	5,8	0,9	2,2	5,8	1,8- 4,6
0,25	0,0	8,1	7,2	8,0	0,0	0,0	11,2	8,2	3,8	3,9	8,1	2,4- 6,5
0,50	0,0	11,6	9,8	10,2	0,0	0,0	15,0	10,6	6,7	5,6	10,3	6,0- 11,8
1	0,0	15,2	12,3	12,3	0,0	0,0	18,9	13,0	9,6	7,3	12,6	12,0- 19,6
2	3,4	18,1	16,4	17,3	8,1	3,6	20,8	17,4	12,4	14,3	17,5	15,6- 24,8
4	18,9	24,8	24,0	23,9	24,1	19,9	26,5	24,0	25,5	27,0	24,3	19,8- 30,7
8	47,0	37,8	47,2	47,0	45,6	45,3	30,9	44,7	46,4	45,8	45,3	32,9- 47,7
12	60,0	62,0	59,1	58,8	58,0	56,7	57,0	55,1	55,8	56,7	55,9	52,1- 66,0
16	72,0	74,3	70,5	70,3	75,0	78,3	78,8	77,4	78,3	77,3	76,8	71,3- 84,3
20	97,4	97,8	97,1	97,1	98,0	95,1	95,7	94,6	95,7	98,9	98,8	88,0- 100,0
24	98,3	98,5	98,1	98,1	98,6	96,7	97,1	96,4	97,2	99,2	99,2	100
35	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	

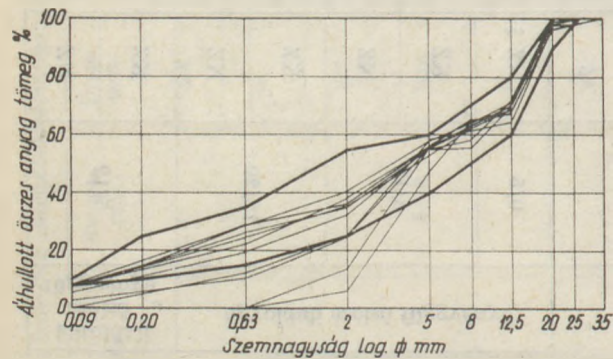


1. ábra. V A-20 vízáteresztő aszfalt keverékek szemmegoszlási görbéi

viselt szemmegoszlási követelményét. Ezt a feltevélt a legkisebb hibanégyzetösszegek módszere szerint az

$$F = \sum_{i=1}^n (y_i - \alpha \cdot y_{1i} - \beta \cdot y_{2i} - \gamma \cdot y_{3i})^2 = \min.$$

függvény jeleníti meg, ahol i a megadott szemmegoszlási értékek sorszám, y_i az aszfalt, illetve a beton i -edik szemmegoszlási követelményének középértéke, y_{1i} a 0/5 mm, y_{2i} az 5/12 mm, y_{3i} a 12/20 mm szemnagyságú frakció i -edik szemmegoszlási értéke, α a 0/5 mm, β az 5/12 mm, γ a 12/20 mm szemnagyságú frakció keresett tömegaránya, továbbá $\alpha + \beta + \gamma = 1$.



2. ábra. AB-20 aszfaltbeton keverékek szemmegoszlási görbéi

Az F háromváltozós függvényben foglalt feltétel azon α , β és γ tömegarányok esetén teljesül, amelyekre nézve a parciális deriváltfüggvények zérus értéket vesznek fel, azaz

$$\frac{\partial F}{\partial \alpha} = 0 \quad \frac{\partial F}{\partial \beta} = 0 \quad \frac{\partial F}{\partial \gamma} = 0$$

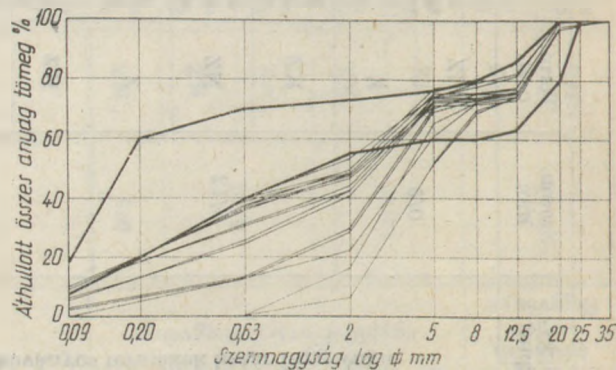
E háromismeretlenes elsőfokú egyenletrendszerből az α , β és γ tömegarányok kiszámíthatók. A számításokat HP-65 típusú mágneskártyás programozható zsebszámítógéppel végeztük el. A számítások eredményét példaképpen az útbeton keverékekre mutatjuk be a 7. táblázatban.

A keverékek frakcióinak α , β , γ tömegaránya ismeretében aszfalt és beton fajtánként minden zútottkő-adalékanyag keverékre a tömegarány szerint vett frakció szemmegoszlási értékek összegeként kiszámítottuk az y_{ri} eredő szemmegoszlási értékeket:

$$y_{ri} = \alpha \cdot y_{1i} + \beta \cdot y_{2i} + \gamma \cdot y_{3i}$$

Példaképpen az útbeton keverékek zútottkő-adalékanyagának y_{ri} szemmegoszlási értékei találhatóak a 8. táblázatban. Az y_{ri} szemmegoszlási értékek segítségével az 1-6. ábrán megrajzoltuk az aszfalt és beton zútottkő-adalékanyagok számításaink szerint lehetséges szemmegoszlási görbéit. Az ábrákon a követelmény határgörbétet vastagon húztuk ki.

Az aszfalt és beton keverékek 1-6. ábrabeli szem-



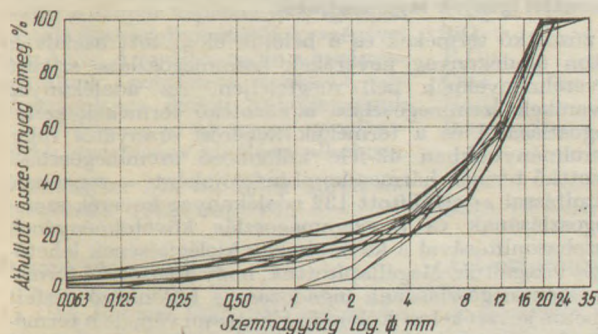
3. ábra. ÉHA-20 erdesített homokaszfalt keverékek szemmegoszlási görbéi

Keverék jele	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	Követelmény
Szemnagys. mm	Áthullott összes anyag mennyisége, tömeg %											
0,063	1,7	4,8	3,9	2,7	3,6	4,0	5,9	3,3	3,3	4,3	4,3	1,2 – 2,6
0,125	2,4	5,6	4,7	4,3	4,7	5,0	7,0	4,7	4,5	5,3	5,3	1,8 – 4,6
0,25	4,1	8,2	7,1	7,4	7,3	7,4	9,5	7,6	7,2	7,1	7,0	2,4 – 6,5
0,50	5,8	10,8	9,5	10,5	9,9	9,7	12,0	10,5	9,9	8,8	8,8	6,0 – 11,8
1	7,5	13,4	11,9	13,6	12,4	12,1	14,5	13,5	12,6	10,6	10,5	12,0 – 19,6
2	14,7	16,9	17,2	17,5	17,4	17,7	18,2	19,2	19,2	19,7	19,6	15,6 – 24,8
4	27,1	24,2	25,7	24,7	25,4	25,9	23,7	27,6	27,9	29,4	29,3	19,8 – 30,7
8	46,5	42,2	46,1	47,4	42,7	45,6	44,4	44,4	46,5	48,0	47,9	32,9 – 47,7
12	55,8	57,1	56,5	55,1	56,9	56,8	58,7	62,0	61,4	58,2	53,8	52,1 – 66,0
16	80,3	80,0	81,1	80,4	79,3	81,2	81,9	83,4	83,1	81,8	79,8	71,3 – 84,3
20	100,0	97,8	100,0	100,0	96,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	88,0 – 100,0
24		98,5			97,7							100
35		100,0			100,0							

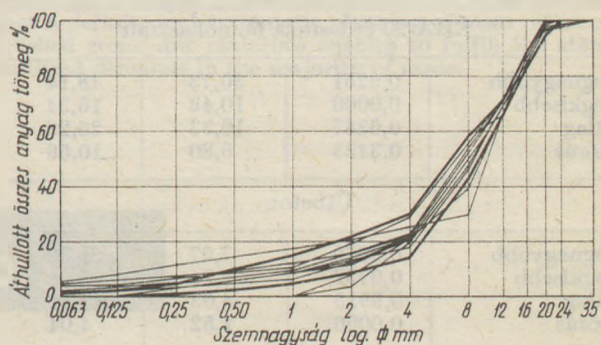
megoszlási görbéi a követelmények közép görbéire nézve regressziós függvények. A regresszió hatékonyságát kétféleképpen vizsgálhatjuk. Egyrészt az 1–6. ábrákon megvizsgálhatjuk, hogy a keverék szemmegoszlási görbéje milyen helyzetet foglal el a követelményt adó határgörbék között, vagy azokon kívül. A 8. táblázat példájában az összehasonlítást az utolsó oszlopban megadott követelmény határértékekkel számszerűen is elvégezhetjük. Másrészt kiszámíthatjuk a keverék szemmegoszlás és a követelmény középérték közötti regresszió szorosságát kifejező I korrelációs indexet, S standard hibát és H relatív hibát. Ezek aszfalt és beton keverékenkénti legnagyobb, legkisebb, átlag és torzítatlan szórás értékét a 9. táblázatban adtuk meg.

Következtetések

A zútottkő frakciók szemmegoszlásának ingadozása a különböző aszfalt- és betonkeverékekre különböző hatással van. Az aszfaltok érzékenyebbek a frakciók szemmegoszlásának ingadozására, mint a betonok. Ez más fogalmazásban azt jelenti, hogy a termék-szabvány követelménytől eltérő frakciókkal könnyebb megfelelő beton keveréket, mint megfelelő aszfalt keveréket készíteni. Az aszfaltokon és betonokon belül a durva szemmegoszlású keverékek kevésbé, a finom szemmegoszlású keverékek fokozottabban érzékenyek a frakció ingadozásokra. Más szóval a termékszabványtól eltérő frakciókkal durva



1. ábra. Útbeton keverékek zútottkő-adalékanyagának szemmegoszlási görbéi

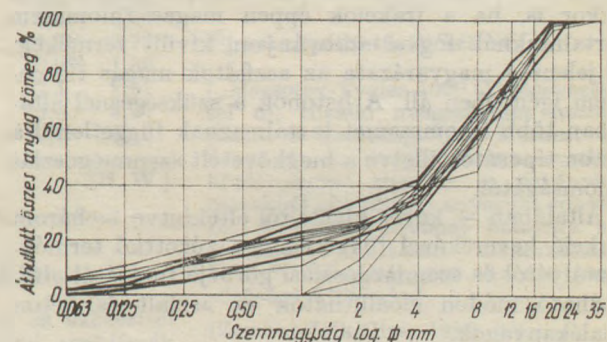


5. ábra. I. osztályú szerkezeti beton keverékek zútottkő-adalékanyagának szemmegoszlási görbéi

szemmegoszlású aszfaltot vagy betont jobban lehet készíteni mint finom szemmegoszlásút. A különféle aszfaltok és betonok között a frakciók szemmegoszlásának a zútottkő szabvány előírása körüli ingadozására, illetve eltérésére való érzékenysége szerint a következő sorrend állítható fel:

Legérzékenyebb: ÉHA-20 érdesített homokaszfalt
AB-20 aszfaltbeton
II. osztályú szerkezeti beton
Útbeton
VA-20 vízáteresztő aszfalt

Legkevésbé érzékeny: I. osztályú szerkezeti beton



6. ábra. II. osztályú szerkezeti beton keverékek zútottkő-adalékanyagának szemmegoszlási görbéi

Az aszfalt és beton keverékek zúzottkő-adalékanyaga szemmegoszlásának korrelációs jellemzői

Érték	I Korrelációs index	S Standard hiba [tömeg %]	H Relatív hiba [%]
VA-20 vízáteresztő aszfalt			
Legnagyobb	0,9994	5,87	22,35
Legkisebb	0,9778	1,24	3,59
Átlag	0,9923	3,43	11,44
Szórás	0,0080	1,76	6,29
AB-20 aszfaltbeton			
Legnagyobb	0,9965	15,71	30,38
Legkisebb	0,8602	2,58	5,00
Átlag	0,9693	5,94	11,94
Szórás	0,0435	4,32	8,30
ÉHA-20 érdesített homokaszfalt			
Legnagyobb	0,9251	30,73	48,14
Legkisebb	0,0000	10,43	16,34
Átlag	0,6387	16,33	26,28
Szórás	0,3433	6,80	10,56
Útbeton			
Legnagyobb	0,9979	7,97	21,32
Legkisebb	0,9732	2,24	5,98
Átlag	0,9915	4,03	11,52
Szórás	0,0066	1,52	4,04
I. osztályú szerkezeti beton			
Legnagyobb	0,9993	8,00	21,16
Legkisebb	0,9774	1,38	3,66
Átlag	0,9951	3,28	9,23
Szórás	0,0049	1,53	4,14
II. osztályú szerkezeti beton			
Legnagyobb	0,9983	10,06	22,57
Legkisebb	0,9617	2,17	4,87
Átlag	0,9910	4,18	9,75
Szórás	0,0112	2,44	5,35

Az aszfalt- és betonkeverékek szemmegoszlási követelményét a finomszemek tartományában a legnehezebb betartani. Az aszfaltokba a szükségesnél általában kevesebb finom zúzottkő szem kerül, és ez leghatározottabban a finom szemmegoszlású ÉHA-20 érdesített homokaszfaltnál jelentkezik még akkor is, ha a frakciók éppen magas finomszem tartalmuknál fogva szabványon kívüli termékek. A jelenség magyarázata az aszfaltok magas finomszem igényében áll. A betonok a szükségesnél általában több finomszemet tartalmaznak függetlenül a beton típusától, illetve a megkövetelt szemmegoszlás finomságától.

Általában — kevés kivételtől eltekintve — három frakció keverékével függetlenül a zúzottkő termék-osztályától és szemmegoszlási görbéje futásától elfogadható módon előállíthatók az aszfalt és beton adalékanyagok.

Megállapítható, hogy az optimálisan szabványos frakciókból csak az I. osztályú szerkezeti beton keve-

rékek esetén lehet végig a határgörbék között futó szemmegoszlás görbét előállítani (lásd 10. keverék). Vannak olyan kevesebb szabványos és szabványon kívüli frakciók, amelyek keveréke az optimálisan szabványos frakciók keverékénél jobban megközelítik az aszfalt és beton szemmegoszlási követelményét (lásd pl. 3., 4., 8., 11., 13., 16. keverékek).

Az aszfalt és beton adalékanyagok szemmegoszlási követelményének biztosításához elengedhetetlenül szükséges a frakciók tényleges szemmegoszlásának mindenkor ismeretében a frakciók tömegarányának rendszeres, szabatos megtervezése, például a cikkben bemutatott módszerrel. A rendszeres tervezéssel a frakciók szemmegoszlása óhatatlan ingadozásának káros hatását meg lehet előzni, ugyanakkor elmulasztása a keverék összeállítását esetlegessé, és nagy valószínűséggel hibássá teszi. A hiba akár 50%-os frakció tömegarány tévedés is lehet. Módszerünk alkalmazásával a mai kőbányaipari technológia mellett előforduló szemmegoszlási ingadozások általában nem képezik akadályát az aszfaltok és betonok határgörbék között futó szemmegoszlása előállításának.

A határgörbék közötti aszfalt és beton adalékanyagok előállítására vonatkozó magasabbrendű felhasználói követelmények az 5 mm feletti tartományban nem indokolják a szűk frakciók számának növelését. A 0/5 mm szemnagyságú anyag például 2 mm-nél való kettébontása elméletileg elősegítené az aszfaltok és betonok szemmegoszlási követelményének követhetőségét.

Attól, hogy a kőbányaipar a jelenleg használatos frakcióhatárok helyett esetleg a 4, 8, 16, 24, 32 mm-es frakcióhatárokat alkalmazná — bár az üdvözlendő egységesítési törekvés —, az aszfalt és beton adalékanyagok szemmegoszlási előírásának betartása szempontjából különösebb eredmény nem várható, mert annak hatása az 5 mm alatti szemekre nézve csekély.

IRODALOM

- [1] Fekete L.: Előírt minőségű zúzottkő termékek előállításának néhány kérdése. Kő- és Kavicsipari Szakmai tájékoztató. 1982. 2. szám. 35–45. p.
- [2] A kőbányák termékeinek minőségéről. Közlekedéstudományi Intézet 46–49. számú vizsgálati jelentései. Budapest, 1982.
- [3] Bodnár G. — Pusksáné Hógyes I. — Kausay T.: A szemeloszlásjellemzők grafoanalitikus számításmódja. Építőanyag. 31. évf. 1979. 8. szám. 291–297 p.

Kausay Tibor: Zúzottkő termékek szemmegoszlása a felhasználói igények szempontjából

A zúzottkő termékek és a belőlük előállított aszfalt és beton adalékanyag keverékek szemmegoszlása szigorú követelményeknek kell megfeleljen. Az adalékanyag keverékek szemmegoszlása a zúzottkő termékek szemmegoszlásától és a termékek keverési arányától függ. Tanulmányunkban 43-féle különböző szemmegoszlású zúzottkő termék hármas kombinációjaként — regresszió számítással — előállított 132 adalékanyag keverék szemmegoszlásának és a szemmegoszlás követelményének összehasonlításával a követelmény kielégítésének lehetőségét vizsgáltuk. Megállapítottuk, hogy a zúzottkő termékek szemmegoszlásának ingadozása a különböző aszfalt és beton keverékekre különböző hatással van, de a termékek tömegarányának szabatos és rendszeres megtervezésével az esetek többségében előállíthatók a követelményeknek megfelelő aszfalt és beton adalékanyagok.

Kausay, T.: Распределение зернового состава щебеночных продуктов с точки зрения потребителя.

Raspredelenie зернового состава щебеночных продуктов, а также изготовляемых из них заполнителей для асфальта и бетона, должны удовлетворять строгим требованиям. Raspredelenie зернового состава смеси заполнителя зависит от зернового состава щебеночных продуктов и их соотношения в смеси. В статье были исследованы возможности удовлетворения требований потребителей, путем сравнения зерновых составов и предъявляемых к ним требований 132 смесей заполнителей, изготовленных из 43 видов щебеночной продукции различного зернового состава в трех комбинациях, путем регрессионных расчетов. Было установлено, что колебания распределения зернового состава щебеночной продукции оказывают различное влияние на различные асфальтовые и бетонные смеси, однако, путем прецизионного и систематического планирования массовых соотношений материалов в большинстве случаев можно получить асфальтовые и бетонные заполнители, соответствующие требованиям потребителей.

Kausay, Tibor: Die Kornverteilung der Schotterprodukte hinsichtlich der Verwendungsbedürfe

Die Kornverteilung der Schotterprodukte und der aus deren hergestellten Asphalt-, und Beton-Zuschlagstoff-

mischungen muss strenge Anforderungen erfüllen. Die Kornverteilung der Zuschlagstoffmischungen hängt von der Kornverteilung der Schotterprodukte und dem Mischungsverhältniss der Produkte ab. In dieser Arbeit wurden die Kornverteilungen der aus 43 verschiedenen Schottern hergestellten Zuschlagstoffmischungen durch Regression untersucht, sowie mit den Anforderungen verglichen. Es wurde festgestellt, dass die schwankung der Kornverteilung der Schotterprodukte auf die verschiedenen Asphalt-, und Betonzuschläge durch eindeutige und systematische Planung hergestellt werden.

Kausay, Tibor: Grain Size Distribution of Crushed Stone Products

The grain size distribution of crushed stone products and aggregate mixtures made of them for asphalt and cement concretes must observe strict limitations. The grain size distribution of aggregate mixtures obviously depends on the granulometry of starting materials and their mix ratio. 132 ternary combinations made of 43 different sorts of crushed stones of different granulometry were computed by multiple regression analysis. It is concluded that a definite and systematic planning of mass ratios of crushed stone raw materials enables to fulfill the standardised demands in the majority of cases.

A világ szilikátiparából

Nyújtható kerámiai anyag

Japánban állítólag sikerült olyan kerámiai anyagok kifejlesztése, melyek szobahőmérsékleten és normális körülmények között nem nyújthatók, de különleges fizikai körülmények között eredeti hosszuknak kétszeresére nyújthatók. Erről számol be a japán ipari kutatóintézet Navoyából. A közlés szerint az intézet ipari és technológiai laboratóriumában sikerült zirkonoxid és yttrium keverékből olyan 4 cm hosszú pálcát előállítani, amely 1200 °C fölé hevítve 8,8 cm hosszúságúra volt kinyújtható. Lehűlés után a pálcák keménysége nagyobb, mint az eddig ismert kerámiai anyagoké. Keménységi foka a szilíciumnitridnél nagyobb, s alig kisebb, mint a gyémánté. Különösen kiemeli a közlemény a kerámia termék felületének simaságát. Az anyagösszetételről és az alkalmazási hőmérsékletéről pontos adatok nincsenek, de a kutatóintézet szerint a szuper képlékenység igen kis kristályrészecskék csúszóképességével függ össze. A nyújtás során a kerámia-kristályok szerkezete változik, de nagyságuk és fizikai tulajdonságuk nem. Állítólag az új anyag gépalkatrészek gyártására kiválóan alkalmas.

(Frankfurter All. Z., Blick durch die Wirtschaft, 1985. aug. 13.)

Csempé vörösiszapból

Az IBA Review 1985. első negyedévi száma közli Puskás Ferenc írását a jamaikai timföldgyárak vörösiszapjának csempégyártásra történő felhasználásáról.

Mint a szerző is említi, napjainkban a vörösiszap keletkező mennyisége eléri az évi 40 Mt-t. Így a csempégyártás vörösiszapból nem jelent segítséget a vörösiszap tárolási gondok megoldásánál. Ha azonban arra gondolunk, hogy a nyersanyag ingyen van, érdekes lehetne ilyen gyár működése, ha a szállítási útvonal a vörösiszaphányótól az agyaglelőhelyig (vagy fordítva) nem túl hosszú. A cikk közli három jamaikai timföldgyár vörösiszapjainak összetételét, ami a magyar timföldgyártó szakemberek érdeklődésére tarthat számot.

Jamaikai Bayer timföldgyárak vörösiszapjainak fő alkotói (tömeg %-ban)

Alkotók	Kirkvine gyár	Evar-ton gyár	Alpart gyár
Al ₂ O ₃	13,2	17,7	16,89
Fe ₂ O ₃	49,4	47,3	41,62
TiO ₂	7,3	6,4	5,66
SiO ₂	3,04	4,18	5,72
P ₂ O ₅	1,0	0,97	1,59
CaO	8,5 - 10,1	7,1	8,97
Na ₂ O	2,0	3,5	4,07
Izz. veszt.	12,5	13,0	10,48

(H. W.)

(IBA Review, 1985. jan - márc.)

Azbeszt gondok Kanadában

A gazdasági válság és az azbeszttel kapcsolatos egészségügyi problémák miatt az azbesztszálak kereslete az utóbbi időben jelentősen lecsökkent.

Az USA-ban például - a Bureau of Mines becslése alapján - a felhasználás 240 000 t volt 1984-ben, 217,000 t 1983-ban, ami igen komoly csökkenést jelent az 1979 előtti évek 600,000 t-ás felhasználásához képest.

A kanadai azbesztbányák, valamint 50%-feletti kapacitáskihasználással dolgoznak, 1983-ban a kanadai eladások - becslések szerint - 830 000 t-t tettek ki, vagyis az 1981-es szint 2/3-ára estek vissza. Ugyanakkor az árak csökkentek, különösen a S erősödése óta. A kereslet - kínálat egyensúlyban tartása céljából időszakos bányabezárások is történtek.

A kanadai szövetség bányászati miniszter kormányra támogatásról biztosította az azbesztipart. Kijelentette, hogy az utóbbi időben megbízható tanulmányok eloszlatják a félelmeket az azbesztszál egészségkárosító hatását illetően.

(Mining Journal 1985. július 5.)

Új azbesztpótló tűzállósövet

(„Marsotex-Tyglas 1000 C” elnevezéssel új, tűzálló üvegsövetet hozott piacra a hamburgi Otto Markert u. Sohn cég. Az üvegsövetet szervesetlen kötőanyaggal rögzítik és ásványlemezekből álló tűzálló anyaggal vonják be. A tűzálló bevonat hatására az üvegsövet tartósan alkalmazható 1000 °C hőmérsékleten. Az áru test-sűrűsége 2700 g/m².

(Zement-Jalk-Gips, 1985. 8.)

(folytatás a 368. oldalon)

A hővédelem és a környezetvédelem kapcsolatairól

TÓTH KÁLMÁN—PÉNZES ILONA

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

1. Bevezetés

Az ember, a természeti környezet, a lakóházak külső felületeinek, stb. a civilizációs ártalmaktól való védelme az iparilag fejlett országok egyik központi problémájává vált. Egyre jobban elfogadják, hogy az egyének nemcsak joga, hanem kötelessége is az egészséges, jól lakható környezet megteremtése. Ez nem elsősorban az elődök hagyatéka, hanem a jelenlegi generációk felbecsülhetetlen értékű kincse és hagyatéka a jövő generációk számára.

A jó környezeti feltételeket nemcsak élveznünk kell, hanem ezernyi feladatunk van minél többet tenni értük. Ismeretes, szinte már közhely, hogy a legnagyobb környezetszennyezők a lakásfűtés, az ipari tüzelés, a villamosenergiatermelés fosszilis tüzelőszerekből, vegyipar stb. Kérdés, tehetünk-e ez ellen, ill. ennek mérséklésére valamit. Igen, tehetünk. A jobb energiagazdálkodás, pl. az energiamegtakarítás hővédelemmel igen jelentős környezetvédelmi hozzájárulás is. Ezt az állítást kísérreljük meg számszerűen is igazolni.

Az elmúlt évtized során az energiahordozók óriási árnövekedései következtek be. Az árnövekedések hátrányos hatásainak csökkentése céljából az energiaimportáló országok számos műszaki és közgazdasági intézkedést tettek. Átdolgozták nemzeti energiapolitikájukat, fokozott hangsúlyt helyezve a korszerűbb, takarékosabb energiafogyasztásra, a hazai energiatermelésre, stb. Új, hosszútávú, a biztonságos ellátást és a járulékos hatásokat jobban figyelembe vevő terveket dolgoztak ki. Az új energiagazdálkodási tervek hosszú távon az energiahordozók magas és növekvő költségeivel számolnak, ezért különösen felértékelődtek a reális energiamegtakarítást biztosító módszerek, köztük a hővédelem valamennyi lehetősége.

A hővédelem fogalma igen összetett, számos vonatkozása közül a jelen tanulmányban — mint legfontosabbat — a hőszigetelést emeljük ki. A hőszigetelés az építőiparban (új építmények építésénél, a régiék felújításánál), valamint az iparban (ipari hővédelem) igen népgazdasági szinten is igen tetemes energiamegtakarítást [1, 2].

A hőszigetelés a hőveszteségek jelentős csökkentését teszi lehetővé, ezért első közelítésben „*energiamegtakarító*” beruházásnak szokás kezelni. Ez azt jelenti a gyakorlatban, hogy egy *előírt k hőátbocsátási tényezővel* ($W/m^2 \cdot K$), vagy az iparban a „*megengedett hőveszteséggel*” ($kWh/m^2 \cdot h$) mint követelmény-értékkel szigetelnek, amelyhez egy ún. „*gazdaságos*” hőszigetelési vastagság (d vagy $e.m.$ -ben) tartozik [3].

Kétségtelen, hogy a fenti műszaki-közgazdasági összefüggések képezik a hőszigetelés leginkább számszerűsíthető alapját, s egyben indokát is. Ismeretes azonban több, nem vagy igen bonyolult módon számszerűsíthető további indok is, amelyekből e helyen csak néhányat sorolunk fel:

- komfortnövekedés (lakóépületben)
- fokozott biztonság (ipari hőszigetelésben)

— *komplex népgazdasági szintnövekedés:*

- a) A megtakarított energiát nem kell kitermelni, szállítani, átalakítani, szétosztani a hálózatban, stb., (számos járulékos üzemi és beruházási költségmegtakarítás, amely sajnos nem számszerűsíthető).
- b) *Az energiamegtakarítás egyben környezetkímélés is, mivel a megtakarításból nyert energia sem szilárd, sem gáznemű környezetszennyezéssel nem jár együtt.*

A jelen tanulmányban a hőszigetelés és a környezetvédelem néhány összefüggését kísérreljük meg számszerűsíteni. Úgy gondoljuk, hogy e bonyolult összefüggés csak számos egyszerűsítő feltételezéssel, s néhány — talán önkényesnek tűnő és vitatható — számítással hajtható végre. Az eredmény — a konkrét megoldások sokfélesége miatt — csak közelítő pontosságú lesz, de mive *célunk elsősorban a problémák nagyságrendjének szemléltetése*, ennek ellenére figyelemre méltó összefüggések nyerhetők.

2. Hővédelmi programunk, és az energiamegtakarítás közelítő számítása

A hazai hővédelmi program — amely számos vonatkozásban már megvalósult, vagy megvalósulóban van — készítését sok-sok megalapozó számítás előzte meg. Magáról a hővédelmi programról és a tervezett megtakarításról GARAI György cikke [4] alapján adunk áttekintést.

2.1 A hőszigetelő anyagok gyártásának kapacitásbővítése

— A KÖSZIG Vállalat Bazaltgyapot II. beruházásával a bazaltgyapot-termelés növelése 270 000 m³-re

— A műanyaghabok (polisztirol, poliuretán, stb.) kapacitásnövelése 530 000 m³-re

Összesen: 800 000 m³/év

Az összes tervezett kapacitás — 7 cm átlagos vastagsággal — kb. 12 millió m² hőszigetelést jelent.

2.2 Jó hőszigetelő kerámiai falazóanyagok (Poroton, Thermoton, stb.) gyártása

— Porotontermelés 185 000 m³

— Thermotontermelés 125 000 m³

Összes tervezett kapacitás kb. 310 000 m³,

ami kb. 1 millió m²/év falazóanyagnak felel meg.

A hazai hővédelmi építőanyagokkal elérhető energiamegtakarítás közelítő számítása (perlit nélkül) 1 évre vetítve (Hőfok-híd: $G_t = 3090$, $n/Kév$)

Megnevezés	Mennyiség $10^6 \text{ m}^2/\text{év}$	$k_1 - k_2 = \Delta k$ $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$	$E_t = 24 \cdot (k_1 - k_2) \cdot F \cdot G_t$		Megtakarítás olaj- egyenértékben $10^3 \text{ t}/\text{év}^*$
			10^6 kWh/év	10^9 kcal/év	
Hőszigetelt körítőszerkezetek (szilikát + hőszigetelő anyag együtt)	12	$1,5 \cdot 0,7 = \Delta k = 0,8$	710	610	89
Jó hőszigetelő kerámiai falazóanyagok	1	0,8	59	51	7,5
Gázbeton körítőszerkezetek	3	0,8	177	152	22,4
Korszerű hőszigetelő nyílászárók	1,2	2	176	151	22,2
Összesítés	15,2	—	1122	964	141,1

* A tüzeléshatásfokát azonosan 68 %-kal számítottuk.
Hatszorosított hő: $0,68 \cdot 11,6 = 7,9 \text{ kWh/kg}$
 E_t = transzmissziós hőveszteségek

2.3 Gázszilikát falazóblokkgyártás fejlesztése

– már létező (berentei üzem)	400 000 $\text{m}^3/\text{év}$
– Mátrai Gázbetongyár (termelés beindul 1985. őszén)	560 000 $\text{m}^3/\text{év}$
Összesen:	960 000 $\text{m}^3/\text{év}$

ami kb. 3 millió $\text{m}^2/\text{év}$ falazóanyagnak felel meg.

2.4 A nyílászáró szerkezetek fejlesztése

A hagyományos nyílászáró szerkezetek $k \approx 4-5 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ hőátbocsátási tényezővel jellemezhetők. Korszerű nyílászárók esetében $k \approx 2,4-2,7 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ érhető el. Az ÜM, ÉPFA, PEVDI, DUTÉP, ALBA-REGIA, stb. új üzemeiben eddig megvalósított korszerű ablak-, ajtógyártó kapacitás kb. 1,2 millió $\text{m}^2/\text{év}$, ami szükség szerint kb. 2,1 millió $\text{m}^2/\text{év}$ -re fejleszthető 1990-ig.

Ismeretes, hogy a jóminőségű hővédelmi anyagok élettartama az épületekével azonosan kb. 50 év. Ennek megfelelően az energiagazdálkodási és a környezetvédelmi számításokban nemzetközileg elfogadott az energiamegtakarítás 50 év élettartamra való összesített számítása, ami az ún. „leírási idő”-nek többszöröse. A fentiek alapján kiszámítottuk a jelenleg rendelkezésre álló hővédelmi anyagmennyiséggel biztosítható energiamegtakarítást. A számítások eredményeit az 1. táblázat foglalja össze.

3. Hőszigetelési lehetőségeink és a környezetvédelem kapcsolata

Bár gyakori reklám szlogen is, mégis közelítőleg igaz, hogy a hőszigeteléssel megnyert energia „tiszta energia”, azaz a termelő, ill. felhasználó környezetszennyezés nélkül jut hozzá. A valóság mégis az, hogy a hőszigetelőanyagok termelése – még korszerű üzemekben is – elkerülhetetlenül bizonyos környezetszennyezéssel jár együtt. Igen magas színvonalú műszaki megoldás mellett az ásványgyapoptgyártás (pl. üvegszál) az alábbi környezetszennyezést okozza 100 000 t szálal termék gyártásával [6, 7]:

szilárd por:	4 t
kén-dioxid:	360 t
nitrogén-oxidok:	195 t
klór-vegyületek:	13,3 t
fluor-vegyületek:	1,2 t
szerves gőzök C-ben kifejezve:	195 t
összesen:	768,5 t

E környezetszennyezést szembe lehet állítani az adott mennyiségű hőszigetelőanyaggal megtakarítható tüzelőszer elégetése során feltételeesen keletkező szennyező anyagok 50 évre számított mennyiségével. Ez utóbbi szennyeződés még olajtüzelés esetén is, de különösen barnaszéntüzelés esetén több nagyságrenddel nagyobb, ezért az összehasonlításokban figyelmen kívül hagyható.

2. táblázat

Tatabányai barnaszének műszaki-környezetvédelmi értékelése (10 000 kcal = 41,87 MJ égéshőre*)

Tüzelőszer megnevezése	Tüzeléstechnikai jellemzők			Környezetvédelmi jellemzők			
	Brutto tömeg (kg)	Nedves-ség (%)	Szár-az tömeg (kg)	Szilárd maradék		Gáznemű szennyez.	
				Hamu (kg)	Hamu-kén (g)	Éghető kén (g)	Nitrogén-oxidok (N ₂ g)
Darabos szén	1,730	12,2	1,519	0,142	10,6	51,7	12,2
Kockaszén	1,895	11,7	1,673	0,277	15,1	60,2	13,4
„A” diószén	1,984	12,0	1,746	0,339	15,6	61,2	14,0
„B” diószén	3,290	8,1	3,024	1,457	48,4	90,7	15,1
Rostált daraszén	1,931	12,2	1,695	0,280	11,9	62,7	13,6
Mosott rostált daraszén	2,019	15,5	1,706	0,313	12,0	66,5	12,0
„B” akna II. szén	2,778	9,7	2,509	1,028	35,1	77,8	15,1
Tört akna II. szén	2,592	9,7	2,340	0,871	32,7	67,9	14,0
„A” daraszén	1,906	12,7	1,664	0,257	15,0	56,6	11,6
„B” daraszén	2,513	9,3	2,279	0,812	34,2	72,9	13,7
„A” porszén	1,949	13,4	1,688	0,285	13,5	54,0	11,8
Mosott porszén	2,248	20,2	1,749	0,391	12,6	55,6	10,8
Átlagérték:	2,236	12,23	1,97	0,538	21,40	64,82	13,11

* Egyenértékszorók 10 000 kcal-ra: Ipari földgáz 1 kg = 1,25 N m³ könnyű tüzelőolaj: 0,985 kg = 1,16 l.

3. táblázat

Berentei barnaszének műszaki-környezetvédelmi értékelése (10 000 kcal = 41,87 MJ égéshőre*)

Tüzelőszer megnevezése	Tüzeléstechnikai jellemzők			Környezetvédelmi jellemzők			
	Brutto tömeg (kg)	Nedves-ség (%)	Szár-az tömeg (kg)	Szilárd maradék		Gáznemű szennyez.	
				Hamu (kg)	Hamu-kén (g)	Éghető kén (g)	Nitrogén-oxidok (N ₂ g)
Kockadarabos szén	2,955	29,6	2,083	0,532	23,6	62,1	17,7
Kockaszén	2,989	30,5	2,077	0,514	18,7	43,6	16,6
Diószén	3,023	29,0	2,146	0,608	12,8	49,4	12,9
Rostált daraszén	3,145	29,4	2,220	0,670	20,0	51,1	15,5
„A” daraszén	3,836	28,0	2,785	1,078	27,9	50,1	16,7
„B” daraszén	3,597	27,9	2,593	1,068	23,3	49,3	18,2
Porszén	4,797	24,4	3,626	1,909	32,6	68,9	18,1
Átlagérték:	3,477	28,4	2,504	0,911	22,70	53,50	16,50

* Egyenértékszorók 10 000 kcal-ra: Ipari földgázra: 1 kg = 1,25 N m³
Könnnyű tüzelőolajra: 0,985 kg = 1,16 l

Egy éves hővédelmi tevékenység energiagazdálkodási és környezetvédelmi következményei 50 évi használatra vetítve

A tüzelőeszer megnevezése	Az 50 évi megtakarítás egyenértéke		Elhárítható környezetvédelmi hatások		
	10 ⁹ kWh	10 ⁶ tonna	Szilárd maradék Hamu 10 ⁶ t	Éghető kén 10 ³ t (S)	Éghető kén SO ₂ 10 ³ t
	10 ¹² kcal				
Tüzelőolaj	82,5	7,055	—	84,6	169
	71,6				
Tatai barnaszén	82,5	16,00	3,84	470	939
	71,6				
Berentei barnaszén	82,5	24,90	6,52	383	765
	71,6				

A fenti arányok a külföldi irodalmi adatokkal, hazai adottságaink mellett is összhangban vannak. Tehát a hőszigetelés a környezetvédelem, ill. a jövőformálás szempontjából is igen ésszerű műszaki tevékenység.

További számításainkban nem a teljesség, csupán az illusztráció igényével az 1. táblázatban ismertetett energiamegtakarítási lehetőséggel azonos mértékű energiatermelés környezetvédelmi következményeit számítjuk ki az alábbi feltételezés mellett:

1. példa: hőenergiatermelés (tüzelés) tüzelőolajjal
2. példa: hőenergiatermelés (tüzelés) tatai barnaszénekkel (2. táblázat)
3. példa: hőenergiatermelés (tüzelés) berentei barnaszénekkel (3. táblázat)

Az 1. táblázatban ismertetett — hővédelmi eszközökkel nyert — energiatermelés a szokásos módon és tömegesen csak különböző tüzelőszerek elégetésével nyerhető (háztartási kályhákban, ipari kemencékben, kazánokban, stb.). Fenti indoklásunkkal összhangban szemléletes képet nyerünk, ha egy évi hővédelmi munka (hőszigetelés + korszerű hővédelmi szerkezetek beépítése) eredményét a vele ekvivalens 50 évre összesített energiatermelés következményeivel hasonlítjuk össze. A számítások eredményeit a 4. táblázat foglalja össze.

4. Következtetések, kitekintés

A hővédelmi tevékenység a hazai energiamérleget igen jelentősen javítja. A hőenergiamegtakarítás a kumulatív számítási lehetőség miatt is igen tetemes. A jelenlegi közepes hővédelmi fejlettségi szintünk mellett is évi kb. 140·10³ t olaj-egyenértéket eredményez (50 évre számítva kb. 7,05·10⁶ t).

Tekintettel arra, hogy a jövőben az eddigieknél fokozottabban leszünk ráutalva hazai eredetű energiahordozók használatára (ami gyakorlatilag jelentős mértékben különféle barnaszéneket jelent) mind a szénfelhasználás, mind a vele járó igen tetemes környezetszennyezés miatt, fokozottabb mértékben kell az ún. „tisztá” energiák felé orientálódnunk, nagyobb

hangsúlyt helyezve a hővédelem lehetőségeinek jobb hasznosítására is.

Felmerülhet a kérdés, van-e ennek reális alapja? Határozott igennel felelhetünk pusztán analógiás alapon is. A jelenlegi hazai hőszigetelőanyag-fogyasztás kb. 0,11 m³/fő.év, míg a hasonló klímájú, de nálunk iparilag fejlettebb országokban ugyanezen mutató: 0,2–0,5 m³/fő.év, a skandináv országokban 1 m³/fő.év felett van.

A hővédelem fejlesztésének népgazdasági hatásait illetően eddig csaknem kizárólagosan az energiagazdálkodási, energiatakarékosági szempontokat mérlegelték.

Jelen tanulmányunk alapján javasolható, hogy a jövőben ezen túlmenően a környezetvédelmi követelmények is számszerű megítélésre kerüljenek.

Köszönetnyilvánítás:

A tüzeléstechnikai számításokban Kruchina Sándor volt segítségünkre, munkáját ezúton is megköszönjük.

IRODALOM

- [1] Dr. Szabó János: Tervezők, kivitelezők és anyaggyártók feladatai a korszerű építőipari és ipari hőszigetelés elterjesztése területén. Építőanyag 1980. 6. p. 201–205.
- [2] Dr. Tóth Kálmán – Bakos József: Energiamegtakarítás hőszigeteléssel I. (Építőiparban). Szilikástechnika 1984. 1.
- [3] Pertes Thermique des installations isolées: Calcul d'une épaisseur économique Saint Gobain Isover. Courrier de l'Isolation No 99.
- [4] Garai György: Az energiagazdálkodási kormányprogram megvalósítását elősegítő fejlesztések az építőanyagiparban. Szilikástechnika 1983. 3. p. 49–52
- [5] Dr. D. Klinkenberg: Mineralfaser – Wärmedämmstoffe – ein Beitrag zur Luftreinhaltung. Wärme-, Kälte-, Schall- und Brandschutz, No 18, 1984.
- [7] – Richtlinien für die Auswurfbegrenzung an Glashütten VDI 2578.
– Richtlinien für die Auswurfbegrenzung an Kuppelöfen VDI 2288.
– Richtlinien für die Emissionsminderung der Anlagen zur Herstellung nichttextiler Mineralfaserprodukten VDI 3457.
- [8] Kovatsis – Wolf: A hazai kereskedelmi széntermékek minőségi katasztere. KBFI kiadvány. Budapest, 1980.

Tóth Kálmán–Pénzes Ilona: A hővédelem és a környezetvédelem kapcsolatairól

A szerzők a hazai hővédelmi anyagok, hővédelmi szerkezetek egy évi termelésének energiamegtakarítását, s annak környezetvédelmi eredményét próbálják meg számzerű összefüggésben megismertetni.

Az éves lehetséges energiamegtakarítást szemléltetés céljából tisztán könnyű tüzelőolaj, vagy tatai barnaszénnek, vagy berentei barnaszénnek elégetését feltételezve vizsgálják a környezetzennyezés számítható mértékét.

A tanulmány bizonyítja, hogy a hővédelem nem csupán igen jelentős – az ország energiamérlegében is számottevő – energiaracionalizálási részvétel, hanem igen jelentős hozzájárulás a környezetvédelemben is.

Tom, K. – Пензеш, И.: Взаимосвязь между теплозащитой и охраной окружающей среды

Авторы делают попытку ознакомить читателей с экономией энергии за счет годового производства отечественных теплозащитных материалов и конструкций, а также результатами защиты окружающей среды, путем установления между ними цифровой зависимости.

С целью иллюстрации возможной годовой экономии энергии размеры загрязнения окружающей среды рассчитывались на основе предположения сжигания или легкого дизельного топлива, или татайского бурого угля, или берентейского бурого угля.

В статье доказывается, что теплозащита является не только очень важным мероприятием в отношении ра-

ционализации энергии – также и в общем государственном энергетическом балансе – но имеет очень большое значение в отношении защиты окружающей среды.

Tóth, Kálmán – Pénzes, Ilona: Über die Beziehungen des Wärme-, und Umweltschutzes

Es werden die Ergebnisse der Energieersparung der einjährigen Produktion von heimischen Wärmeschutzstoffen-, und Konstruktionen, sowie derer umweltschutzergebnisse in nummerischem Zusammenhang dargelegt. Zwecks der Darstellung der jährlich erreichbaren Energieersparung wurde das erreichbare Mass der Umweltbelastung mit der Annahme des Verbrennens von leichten Heizölen, oder Braunkohlen von Tata und Berente untersucht. Es wird bestätigt, dass der Wärmeschutz nicht nur eine bedeutende Teilnahme in dem staatlichen Energierationalisierungsprogramm, sondern einen bedeutenden Beitrag zum Umweltschutz bedeutet.

Tóth, Kálmán – Pénzes, Ilona: Thermal Insulation and Environmental Protection

Numerical connexions are given to compare the cost of thermal insulation with its resulting environmental effect. It is concluded that the amount of fuel oil and subbituminous coal which can be saved by better insulation decidedly contributes to the purity of air. A better thermal insulation is beneficial not only from the point of energy savings (effective even on a national basis) but also from the point of environmental protection.

A világ szilikátiparából

Kalifornia fejleszti nehézasvány kitermelését

Kalifornia több ásvány kitermelő üzeme és szilikahomok bányája közös tanulmányt készített, hogy jelenlegi termékeik dúsításánál hulladékként kezelő nehézasvány frakciókat tovább tisztítsanak és értékesítsenek.

A DB & O Inc. cég nagyméretű kísérleti üzemot épített, hogy a ritka földfémek, titánásványok, cirkon, kromit, magnezit, andaluzit, monacit és esetleg volframásványok dúsítását ipari méretű technológiává fejlessze. Először a ritka földfém ásványok ipari értékesítésére gondolkodnak, ezután a kavics és homok elválasztását tervezik. A vállalat megalakított a Westwood Research Group fiók vállalatot, amely az ásványdúsításban szerzett know-how-ját kívánja értékesíteni. (Magyarországon a fehérvárcsurgói kvarchomok hányója tartalmaz értékes ritka földfémeket, titán és cirkonásványokat. Szerk.)

(Industrial Minerals, 1985. augusztus.)

Csökkentették a lengyel épületkerámiai ipar bővítési programját

Más ágazatokhoz hasonlóan a lengyel épületkerámiai és szilikátparnak is csökkentenie kellett tavaly kidolgozott bővítési és korszerűsítési programját: néhány üzem korszerűsítése, illetve építése elmarad, másoké a kilencvenes évekre tolódik. Az ok a beruházási

javak drágulása, és a lengyel bankok hitelfeltételeinek megszigorítása.

Az átdolgozott program szerint 20 új gyár épül az eredetileg tervezett 24 helyett, 27-et korszerűsítene a tervezett 29 helyett. A megvalósításra 51 milliárd 427 millió zlotyt irányoznak elő.

Az lengyel épületkerámia-ipar erősen elavult: 300 gyár még a harmincas években épült, s a teljes termelésnek csak 60 százaléka származik 1945 után épült gyárakból. Ennek megfelelően igen nehezek a munkafeltételek ebben az iparágban, ezért az utóbbi tíz évben az itt foglalkoztatottak egyharmada (16 ezer fő) más iparágakba ment át. A foglalkoztatottak száma jelenleg 34 ezer fő. A létszámcsökkenés természetesen hatással volt a termelés mennyiségére: 1975 óta – téglagyáregységre átszámítva – a gyártás 4 milliárdról 3,1 milliárdra csökkent.

Az új program megvalósításával sem lehet az iparág termékei iránti keresletet teljesen kielégíteni. Ha minden tervszerűen elkészül, 1991-re a gyártás 1,161 milliárd téglaeység-4,1 milliárdra nő, ez körülbelül annyi, amennyit a hetvenes évek közepén gyártottak. A tényleges szükségletet viszont 1991-re 5,1 milliárd, 1995-re pedig 5,88 milliárd téglaeységre becsülik.

Jelenleg nem lehet tudni, hogy a tervezett felújításokhoz és új létesítményekhez mennyi és milyen gépeket tud szállítani a hazai gépipar.

Az mindenesetre biztos, hogy jelentős importra lesz szükség. Ahogyan az utóbbi hetekben ismertté vált, egyebek között 5 komplett gyártóvonalat (egyébként évi 30–40 millió téglaeység kapacitással), valamint prés-gépeket és rakodóberendezéseket a csehszlovák Stats fog szállítani.

(NFA, 1985. augusztus 19.)

A Kobe Steel cementipari tevékenysége Kínában

A Kínai Népköztársaság cementipara 350 M YEN értékű rendelést adott a Kobe Steel Ltd. vállalatnak. A japán cég 1986-ig köteles leszállítani egy 2 Mt/nap teljesítményű cementklinker üzem kiviteli terveit. Az üzemot a Szian melletti Kao-Xian-ban helyezik üzembe. Az új üzemhez a szuszpenzió előmelegítést is a Kobe Steel szállítja 1987-ben, és vállalta a kínai személyzet betanítását is.

Kína cementipari fejlesztése révén szabványosítani akarja a 2 Mt/nap teljesítményű cementgyári egységét.

A cementipar bővítésének előkészítésére a kínai kormány 1984 áprilisában mérnököket küldött Japánba és nyugat-európai országokba, hogy tanulmányozzák a fejlett cementgyártó eljárásokat. A Tianjin Cementipari Tervező Intézet mérnökei a Kobe Steel és a Nihon Cement Co együttműködésében kifejlesztett DD eljárást (Dual combustion and Denitration) találták legkedvezőbbnek. Ezért döntött a kínai Építőipari Minisztérium a Kobe Steel technológiájának megvásárlása mellett.

(Zement-Kalk-Gips, 1985. 8.)

A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

ÉPÍTŐANYAG C. FOLYÓIRATÁNAK

1985. ÉVI TARTALOMJEGYZÉKE

1. szám

<i>Révay Miklós – Bényei Károlyné:</i> Az alinitcement-ről	1
<i>Vitális György:</i> A magyarországi kerámiai és kötőanyagipari nyersanyagkutatások történeti áttekintése a kezdetektől 1945-ig	8
<i>Duma György:</i> Szilikátok olvadási folyamatának grafikus ábrázolása	15
Dr. Palotás László 80 éves	21
<i>Barcs Vilmos:</i> Az építőanyagipar az energiatakarékoság szolgálatában	22
Egyesületi élet	28
A világ szilikátiparából	32

2. szám

<i>Beke Béla:</i> Fél évszázad az őrléstechnikában	33
<i>Víg Jenő:</i> Az építő- és építőanyagipar helyzete, távlati feladatai	38
<i>Ujhelyi János:</i> A cementtakarékos betonkészítés problémái	42
<i>Magyari Béla:</i> Az építőipar tapasztalatai a cementellátás területén	46
<i>Nagy Géza – Puskás Ferenc – Szemmelveisz Tamásné:</i> Tűzálló döngölőmasszák salak korróziója	48
<i>Marczis József:</i> A Dorogi-medence édesvízi mészköveinek gazdaságos felhasználási lehetőségei ..	53
<i>Scheuer Gyula – Schweitzer Ferenc:</i> A Budai és Gerecse hegységi édesvízi mészkövek közötti öredezettiségi jelenségei	60
Szabadalom Figyelő	59
Lapszemle	64

3. szám

<i>Reuter Ottó:</i> Ásványi eredetű CaSO ₄ modifikációk oldódási sebességének vizsgálata	65
<i>Papp Lajos – Puskásné Hőgyes Irén – Rózsa Péter:</i> Sárospatak környéki andezittek kőbányászati hasznosításának lehetőségei	70
<i>Balláné Csáki Ida:</i> A duzzadás jelenségének tanulmányozása téglanyagoknál	74
<i>Szilágyi Lászlóné:</i> Az ásványi összetétel és a technológiai paraméterek hatása a fekete mag képződésre kerámiai burkolólap gyártása során	80
<i>Nagy Mihályné:</i> Beremendi és hejőcsabai cementek optimális gipsz-szükségletének megállapítása	84
<i>Marton Dezső:</i> Beton-próbatestek fajlagos éلبehatolás-keménység meghatározása	87
<i>Katona Imre:</i> A tatai fajansz-, kőedény- és porcellánkészítés múltja	90
Kitüntetettjeink	73
A világ szilikátiparából	89
Lapszemle	95

4. szám

Alumínium-oxid Konferencia	97
<i>Kacsalova Lidia:</i> Előre meghatározott tulajdonságú korund termékek előállításáról	98
<i>Rácz Attila:</i> Tűzálló masszák kutatási és fejlesztési munkái a MOTIM-ban	101
<i>Zábráczki József:</i> A kitüntetett orientáció korrekciója különleges timföldek röntgendiffrakciós mennyiségi fáziselemzésben	103

<i>Juhász Erzsébet – Víkey Károlyné:</i> Speciális tulajdonságú alumínium-oxid előállítás vízmentes alumínium-klorid oxidatív bontással ógetőkamrában	106
<i>Welther Károlyné – Ratkóvícs Ferencné – Simonidesz Vilmos:</i> Alumínium-oxidok alkalmazása gyógyszerintermedierek kromatográfiás elválasztására	109
<i>Réti Ferenc – Bertóti Imre – Mink György – S. Pap Ildikó – Székely Tamás:</i> Al ₂ O ₃ felületének módosítása klórozási reakciókkal	113
<i>György Józsefné – Fodorné Szörényi Márta:</i> A nagy tisztaságú alumínium-oxid elemzési módszereinek továbbfejlesztése	117
<i>Mattyasovszky Zsolnay Tamás – Bálint Pál:</i> Homlokzati-, burkoló- és klinkertéglák	120
<i>Simon Gyula:</i> Energiamegtakarítás lehetősége a cementiparban	126

5. szám

<i>Opoczky Ludmilla-Kincsem Rudolf:</i> Azbesztcementgyártás tapasztalatai különböző hazai cementekkel	129
<i>Mattyasovszky Zsolnay Tamás-Bálint Pál:</i> Homlokzati- és burkolótéglák	133
<i>Balláné Csáki Ida-Sopronyi Gábor:</i> Lössös téglagyagok minősítő rendszereinek továbbfejlesztése ..	139
<i>Bukowiecki, S. – Laube, K.:</i> Modern adszorbens anyagok	146
<i>Katona Imre:</i> Magyarországi kerámiagyárak a századfordulón	151
A világ szilikátiparából	150, 155, 156, 158
Lapszemle	159

6. szám

<i>Ovcsarenko, G. I. – Tamás Ferenc:</i> Alkáli-lignoszulfát tartalmú keverékcementek tulajdonságai	161
<i>Bernáth Zoltán – Kertész Pál – Scheuer Gyula:</i> Betonadálékanyag kutatás Algériában	167
<i>Wagner Zsófia:</i> Tűzálló anyagok vizsgálata Netzsch terhelés alatti lágyulás mérő készülékkel	174
<i>Voronko Jurij:</i> Abrázív szerszámok akusztikai vizsgálata	178
<i>Pethő Szilveszter:</i> A statisztikus rezonanciáról (I.) ..	185
Könyvismertetés	173
A világ szilikátiparából	184, 190
Kitüntetés	190
Pályázati felhívás	191

7. szám

<i>Vértesffy Katalin – Verdes Sándor:</i> Kerámiai alapanyagok és masszák egyes fizikai-kémiai tulajdonságainak összefüggése a száríthatósággal ..	193
<i>Zeifman, M. I.:</i> Új perlit alapú építőanyagok	202
<i>Pethő Szilveszter:</i> A statisztikai rezonanciáról (II.) ..	215
<i>Ravaglioli Antonio – Krajewski Adriano:</i> A fémprotézisek bevonására alkalmazható bioüvegek kutatása	211
<i>Scheuer Gyula – Schweitzer Ferenc:</i> A kavicstermelést befolyásoló, hévíz okozta cementációs jelenségek	200

<i>Pethő Szilveszter</i> : A statisztikai rezonanciáról (II.) . . .	215
Könyvismertetés	214
Kitüntetettjeink	B/ 111

8. szám

<i>Gálos Miklós</i> – <i>Kertész Pál</i> : Közzetani szabványunk a közetrendszertan tükrében	225
<i>Scheuer Gyula</i> – <i>Schweitzer Ferenc</i> : Az édesvízi mészkövek építőipari felhasználását befolyásoló mérnökgeológiai tényezők	235
<i>Mattyasovszky Zsolnay Tamás</i> – <i>Bálint Pál</i> : Homlokzati- és burkolótéglák. A fagyállóság javításának feltételei	242
<i>Pádár József</i> – <i>Horváth Zsolt</i> : Kádkemencék olvasztástechnológiai folyamatai és vizsgálati lehetőségeik. I.	247
A világ szilikátiparából	233, 254
Konferencia hírek	243
Pályázati felhívás	255

9. szám

XIV. Szilikátipari és Szilikát tudományi Konferencia megnyitó ülése

<i>Talabér József</i> : Elnöki megnyitó	257
<i>Somogyi László</i> : A műszaki fejlesztés fő célkitűzései a szilikátiparban	258
<i>Kuznyecova, T. V.</i> : A tudomány és technika eredményei és problémái a cementgyártás területén	263
<i>Juhász A. Zoltán</i> : A mechanikai kémiai, mint interdiszciplináris tudomány	268
<i>Pádár József</i> – <i>Horváth Zsolt</i> : Kádkemencék olvasztástechnikai folyamatai és vizsgálati lehetőségeik II.	274
<i>Mattyasovszky Zsolnay Tamás</i> – <i>Bálint Pál</i> : A klinkertégla minőségét biztosító feltételek	281
<i>Sipos Zoltán</i> : Nógrád megye építőipari nyersanyagainak lyukkártáys nyilvántartása gazdaságföldtani programok készítéséhez és értékeléséhez	285
Kitüntetettjeink	280

10. szám

<i>Tamás Ferenc</i> : Gondolatok a véges szilikátrendszerek osztályozásához és elnevezéséhez	289
<i>Opoczky Ludmilla</i> – <i>Vinczéné Székely Ildikó</i> : Kutatások fokozott szulfátállóságú cement előállítására	292

<i>Wojnárovitsné Hrapka Ilona</i> : Szervetlen szintetikus szilicasanyagok vizes korróziójának hatása a szálmechanikai változásra	298
<i>Mattyasovszky Zsolnay Tamás</i> – <i>Bálint Pál</i> : Homlokzati-, burkoló- és klinkertéglák gyártástechnológiája	304
<i>Kertész Pál</i> : Az építési kőanyagok kutatása	309
<i>Kápolnai Iván</i> : Áttekintés Ausztria építőanyagiparáról	314
A világ szilikátiparából	B/III
Konferencia hírek	319
Kitüntetettjeink	B/III

11. szám

<i>Révay Miklós</i> – <i>Wagner Zsófia</i> : A hazai bauxitcement-beton létesítmények várható szilárdságváltozásának vizsgálata és az ezekből levonható következtetések	321
<i>Földvári Melinda</i> : Építőanyagok rendszerezése színük szerint	331
<i>Horváth Zsolt</i> : Az üvegolvadék sebesség- és hőmérsékleteloszlásának meghatározása matematikai modellezéssel	335
<i>Bálint Pál</i> – <i>Mattyasovszky Zs. Tamás</i> : Homlokzati-, burkoló- és klinkertéglák színezése és felületkezelése	343
<i>Kotsis Leventéné</i> – <i>Bódogh Margit</i> : Porcelánfestékek Pb ²⁺ oldódásának vizsgálati módszerei, az égetési atmoszféra, az égetési hőmérséklet és a hőtartási idő szerepe a porcelánfestékek ecetsavas oldhatóságában	348

12. szám

<i>Kausay Tibor</i> : Zúzottkő termékek szemmegoszlása a felhasználási igények szempontjából	353
<i>Tóth Kálmán</i> – <i>Pénzes Ilona</i> : A hővédelem és a környezetvédelem	364
<i>Tóth Kálmán</i> – <i>Pénzes Ilona</i> : A hővédelem és a környezetvédelem kapcsolatairól	364
<i>Ludwig, U.</i> – <i>Mehr, S.</i> – <i>Moldan D.</i> : Szulfátálló habarcsok gipsztartalmú falazatok javítására	373
<i>Pethő Szilveszter</i> – <i>Szarka Zoltán</i> : A nyugvó közegben függőlegesen elhajított szilárd test mozgástörvényei I.	376

NÉV- ÉS TÁRGYMUTATÓ

szerzők neve	szakmai tárgy	szám	oldal
<i>Balláné Csáki Ida</i>	téglaipar	3	74
<i>Balláné Csáki Ida – Sopronyi Gábor</i>	téglaipar	5	139
<i>Barcs Vilmos</i>	építőanyagipar	1	22
<i>Bálint Pál – Mattyasovszky Zsolnay Tamás</i>	téglaipar	4	120
<i>Bálint Pál – Mattyasovszky Zsolnay Tamás</i>	téglaipar	5	133
<i>Bálint Pál – Mattyasovszky Zsolnay Tamás</i>	téglaipar	8	242
<i>Bálint Pál – Mattyasovszky Zsolnay Tamás</i>	téglaipar	9	281
<i>Bálint Pál – Mattyasovszky Zsolnay Tamás</i>	téglaipar	10	304
<i>Bálint Pál – Mattyasovszky Zsolnay Tamás</i>	téglaipar	11	343
<i>Beke Béla</i>	órléstechnológia	2	33
<i>Bényei Károlyné – Révay Miklós</i>	cementipar	1	1
<i>Bernáth Zoltán – Kertész Pál – Scheuer Gyula</i>	kő-kavics	6	167
<i>Bertóti Imre – Mink György – S.Pap Ildikó – Székely Tamás – Réti Ferenc</i>	oxidkerámia	4	113
<i>Bódogh Margit – Kotsis Leventéné</i>	finomkerámia	11	348
<i>Duma György</i>	anyagvizsgálat	1	15
<i>Fodorné Szörényi Márta – György Józsefné</i>	anyagvizsgálat	4	117
<i>Földvári Melinda</i>	építőanyag	11	331
<i>Gálos Miklós – Kertész Pál</i>	geológia	8	225
<i>György Józsefné – Fodorné Szörényi Márta</i>	anyagvizsgálat	4	117
<i>Horváth Zsolt – Pádár József I.</i>	üvegipar	8	247
<i>Horváth Zsolt – Pádár József II.</i>	üvegipar	9	274
<i>Horváth Zsolt</i>	üvegipar	11	335
<i>Juhász Erzsébet – Vékey Károlyné</i>	oxidkerámia	4	106
<i>Juhász A. Zoltán</i>	mechanikai-kémia	9	268
<i>Kacsalova Lidia</i>	oxidkerámia	4	98
<i>Kausay Tibor</i>	kő-kavics	12	353
<i>Katona Imre</i>	ipartörténet	3	90
<i>Katona Imre</i>	ipartörténet	5	151
<i>Kápolnai Iván</i>	építőanyagipar	10	314
<i>Kertész Pál – Scheuer Gyula – Bernáth Zoltán</i>	kő-kavics	6	167
<i>Kertész Pál – Gálos Miklós</i>	geológia	8	225
<i>Kertész Pál</i>	kő-kavics	10	309
<i>Kincsem Rudolf – Opoczky Ludmilla</i>	azbesztcement	5	129
<i>Kotsis Leventéné – Bódogh Margit</i>	finomkémia	11	348
<i>Krajewski Adriano – Ravaglioli Antonio</i>	üveg	7	211
<i>Kuznyecova, T. V.</i>	cementipar	9	263
<i>Laube, K. – Bukowiecki, S.</i>	kémiai techn.	5	146
<i>Ludwig, U. – Mehr, S. – Moldan, D.</i>	cementipar	12	373
<i>Magyari Béla</i>	beton	2	46
<i>Marczisz József</i>	geológia	2	53
<i>Marton Dezső</i>	anyagvizsgálat	3	87
<i>Mattyasovszky Zsolnay Tamás – Bálint Pál</i>	téglaipar	4	120
<i>Mattyasovszky Zsolnay Tamás – Bálint Pál</i>	téglaipar	5	133
<i>Mattyasovszky Zsolnay Tamás – Bálint Pál</i>	téglaipar	8	242
<i>Mattyasovszky Zsolnay Tamás – Bálint Pál</i>	téglaipar	9	281
<i>Mattyasovszky Zsolnay Tamás – Bálint Pál</i>	téglaipar	10	304
<i>Mattyasovszky Zsolnay Tamás – Bálint Pál</i>	téglaipar	11	343
<i>Mehr, S. – Moldan, D. – Ludwig, U.</i>	cementipar	12	373
<i>Mink György – S.Pap Ildikó – Székely Tamás – Réti Ferenc – Bertóti Imre</i>	oxidkerámia		
<i>Moldan, D. – Ludwig, U. – Mehr, S.</i>	cementipar	12	373
<i>Nagy Géza – Puskás Ferenc – Szemmelweis Tamásné</i>	tűzállóanyag	2	48
<i>Nagy Mihályné</i>	cementipar	3	84
<i>Opoczky Ludmilla – Kincsem Rudolf</i>	azbesztcement	5	129
<i>Opoczky Ludmilla – Vinczéné Székely Ildikó</i>	cement	10	292
<i>Ovcsarenko, G. I. – Tamás Ferenc</i>	cement	6	161
<i>Papp Lajos – Puskásné Hőgyes Irén – Rózsa Péter</i>	kő-kavics	3	70
<i>Pádár József – Horváth Zsolt I.</i>	üvegipar	8	247
<i>Pádár József – Horváth Zsolt II.</i>	üvegipar	9	274
<i>Pethő Szilveszter I.</i>	osztályozás elm.	6	185
<i>Pethő Szilveszter II.</i>	osztályozás elm.	7	215
<i>Pethő Szilveszter – Szarka Zoltán I.</i>	osztályozás elm.	12	376
<i>Pénzes Ilona – Tóth Kálmán</i>	környezetvédelem	12	364
<i>Puskás Ferenc – Szemmelweis Tamásné – Nagy Géza</i>	tűzállóanyag	2	48
<i>Puskásné Hőgyes Irén – Rózsa Péter – Papp Lajos</i>	kő-kavics	3	70
<i>Ravaglioli Antonio – Krajewski Adriano</i>	üveg	7	211
<i>Ratkovics Ferencné – Simonidesz Vilmos – Welther Károlyné</i>	oxidkerámia	4	109
<i>Rácz Attila</i>	oxidkerámia	4	101
<i>Reuter Ottó</i>	cementipar	3	65
<i>Révay Miklós – Bényei Károlyné</i>	cementipar	1	1
<i>Révay Miklós – Wagner Zsófia</i>	cement	11	321
<i>Réti Ferenc – Bertóti Imre – Mink György – S. Pap Ildikó – Székely Tamás</i>	oxidkerámia	4	113
<i>Rózsa Péter – Papp Lajos – Puskásné Hőgyes Irén</i>	kő-kavics	3	70

szerzők neve	szakmai tárgy	szám	oldal
<i>S. Pap Ildikó – Székely Tamás – Réti Ferenc – Bertóti Imre – Mink György . . .</i>	oxidkerámia	4	113
<i>Simon Gyula</i>	cementipar	4	126
<i>Simonidesz Vilmos – Welther Károlyné – Ratkovics Ferencné</i>	oxidkerámia	4	109
<i>Sipos Zoltán</i>	geológia	9	285
<i>Somogyi László</i>	iparfejlesztés	9	258
<i>Sopronyi Gábor – Balláné Csáki Ida</i>	téglaipar	5	139
<i>Schauer Gyula – Schweitzer Ferenc</i>	geológia	2	60
<i>Scheuer Gyula – Bernáth Zoltán – Kertész Pál</i>	kő-kavics	6	167
<i>Scheuer Gyula – Schweitzer Ferenc</i>	geológia	7	200
<i>Scheuer Gyula – Schweitzer Ferenc</i>	geológia	8	235
<i>Schweitzer Ferenc – Scheuer Gyula</i>	geológia	2	60
<i>Schweitzer Ferenc – Scheuer Gyula</i>	geológia	7	200
<i>Schweitzer Ferenc – Scheuer Gyula</i>	geológia	8	235
<i>Szarka Zoltán – Pethő Szilveszter I.</i>	osztályozás-elm.	12	376
<i>Szemmelweis Tamásné – Nagy Géza – Puskás Ferenc</i>	tűzállóanyag	2	48
<i>Székely Tamás – Réti Ferenc – Bertóti Imre – Mink György – S. Pap Ildikó . .</i>	oxidkerámia	4	113
<i>Szilágyi Lászlóné</i>	finomkerámia	3	80
<i>Tamás Ferenc – Ovcsarenko, G. I.</i>	cement	6	161
<i>Tamás Ferenc</i>	szilikátkémia	10	289
<i>Tóth Kálmán – Péntes Ilona</i>	környezetvédelem	12	364
<i>Ujhelyi János</i>	beton	2	42
<i>Verdes Sándor – Vértessy Katalin</i>	finomkerámia	7	193
<i>Vékey Károlyné – Juhász Erzsébet</i>	oxidkerámia	4	106
<i>Vértessy Katalin – Verdes Sándor</i>	finomkerámia	7	193
<i>Vinczéné Székely Ildikó</i>	cementipar	10	292
<i>Vig Jenő</i>	iparfejlesztés	2	38
<i>Vitális György</i>	anyagvizsgálat	1	8
<i>Voronko Jurij</i>	anyagvizsgálat	6	178
<i>Wagner Zsófia</i>	anyagvizsgálat	6	174
<i>Wagner Zsófia – Révay Miklós</i>	cement	11	321
<i>Welther Károlyné – Ratkovics Ferencné – Simonidesz Vilmos</i>	oxidkerámia	4	109
<i>Wojnárovitsné Hrapka Ilona</i>	szigetelőanyag	10	298
<i>Zábrácski József</i>	anyagvizsgálat	4	103
<i>Zeifman, M. I.</i>	építőanyag	7	202

Szulfátálló habarcsok gipsztartalmú falazatok javítására*

LUDWIG, U. — MEHR, S. — MOLDAN, D.

Institut für Gesteinsthüttenkunde der RWTH, Aachen

Bevezetés

Korábbi vizsgálatok alapján [1–3] a cementhabarcsok ill. cementbetonok kötőanyaga kétféle lehet:

1. Fokozott szulfátállóságú cementek, ill.
2. Szulfátálló cementek.

Az első csoportba tartozó kötőanyagok általában ellenállnak a szulfáttartalmú vizek vagy talajok korrozív hatásának, az utóbbiak viszont közvetlenül keverhetők szulfátanyagokkal. A jelen tanulmányban ez utóbbi anyagcsoporttal foglalkozunk. Ezek általában mész-szegény cementek, igen nagy kohósalaktartalommal. További lehetőség volna hidraulikusan aktív anyagok (pl. puzzolánok) és kohóhabsalak keverése mészhidráttal és/vagy mészhidrát keletkezése közben szilárduló kötőanyagokkal, pl. portlandcementtel.

A lehetőségek felmérése érdekében többféle trasztartalmú keverék szulfátállósági viselkedését vizsgáltuk meg. A vizsgálatok célja olyan kötőanyagok ill. habarcsok kifejlesztése volt, melyek gipsztartalmú habarcsokkal készült történelmi értékű építészeti emlékek javítására alkalmasak.

Vizsgálati eredmények

Vizsgálataink kezdetén portlandcement-kötőanyagú habarcspróbatesteket készítettünk, majd ezeket a DIN 1164 sz. szabvány előírásai szerint vizsgáltuk meg. A próbatestek egységesen 15% gipszet tartalmaztak, de a portlandcement egy részét trasszal helyettesítettük. Ezzel azt kívántuk meghatározni, hogy milyen mennyiségű traszra van szükség a szulfát okozta korrózió ellensúlyozására.

Az eredményeket az 1. ábra tünteti fel. Az ábra vízszintes tengelyén a vízben való tárolás időtartamát (napokban) a függőleges tengelyen a tágulás lineáris mértékét mm/m mértékegységben adtuk meg.

Az ábra görbéin a feliratok a portlandcement /trasz/ gipsz, ill. a portlandcement/ trasz arányt jelentik.

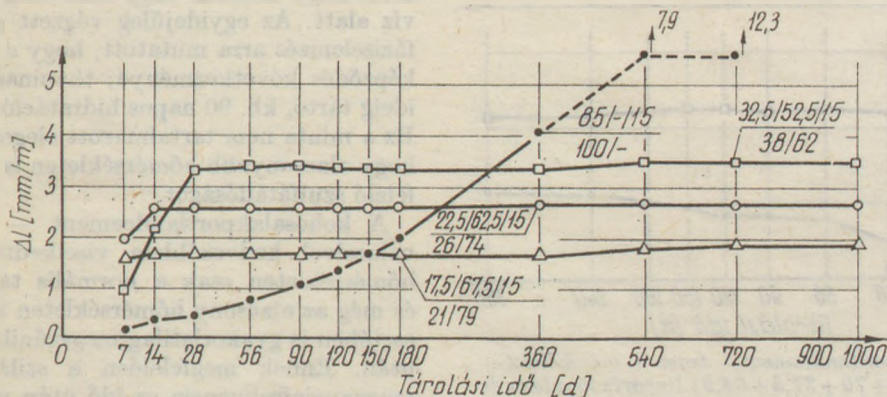
Látható, hogy már a cement 62%-ának traszra való kicserélése jelentősen javítja a (lineáris tágulásban kifejezett) szulfátállóságot. Tiszta cement esetében a tágulás 720 napos korban eléri a 12,3 mm/m értéket; 62% trasz hozzáadására 28 nap után már semmiféle tágulás nem mérhető. Növekvő trasztartalom még tovább csökkenti a tágulást, mint azt az ábra körökkel és háromszögekkel jelölt görbéi bizonyítják.

A 2. ábrán azoknak a vizsgálatoknak az eredményeit foglaltuk össze, melyeknél a kötőanyag lassan szilárduló kohósalakportlandcement volt (70% kohósalaktartalommal). Itt a traszadagolás nélküli cement már 90 nap után erősen duzzadt (lineáris tágulás 11,5 mm/m); a cement egy részének trasszal való helyettesítése itt is meghozta a szulfátállóság növekedését. Már 20% traszadagolás is elegendő, ennek hatására a duzzadás 28 nap után megáll. Még előnyösebb, ha a cement 50%-át helyettesítjük trasszal, ez esetben csak 7 napig tart a duzzadás, és ez is csak nagyon kismértékű (kb. 1 mm/m).

A kapott eredmények alapján általános használatra a pc 450 cementek esetében 70, kspc 350 cement esetében 40% trasz adagolása kívánatos a kellő szulfátállóság elérése érdekében.

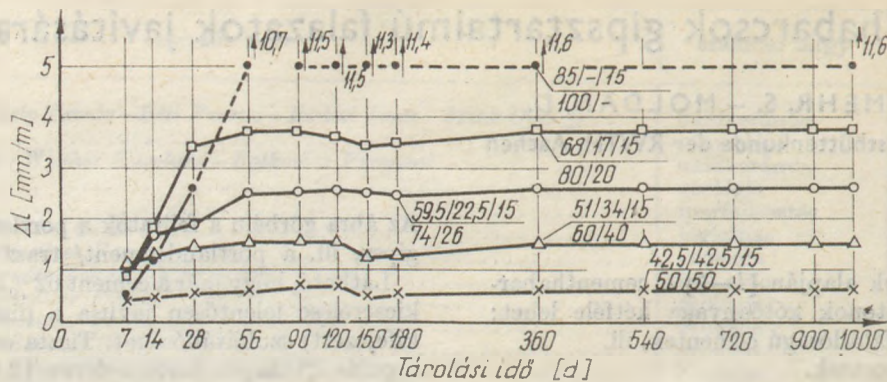
A műemlékek esetében használható javítóhabarcs viselkedésének jobb megismerése érdekében további vizsgálatokat is végeztünk, melyek során a mészkő és gipsz túladagolásának és a hőmérséklet változtatásának hatását vizsgáltuk meg. Szükség volt továbbá a thaumasitképződés tanulmányozására is, mivel régi épületek károsodása során gyakran keletkezik ez az ásvány.

A thaumasit ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{CO}_2\cdot\text{SO}_3\cdot 14\text{H}_2\text{O}$) Kollmann és munkatársai [4] szerint portlandcementből, Benstad és Varma [5] szerint pedig a szilikátos klinkerásványokból keletkezik alacsony hőmérsékleten, ha kalcium-karbonát és gipsz együttesen jelen van.



1. ábra. A portlandcement-trasz-gipsz keverékek lineáris tágulása víz alatt a hidratációs idő függvényében

* A XIV. Szilikátipari és Szilikáttudományi Konferencia anyagából



2. ábra. Kohósalakciment-trasz-gipsz keverékek lineáris tágulása víz alatt a hidratációs idő függvényében

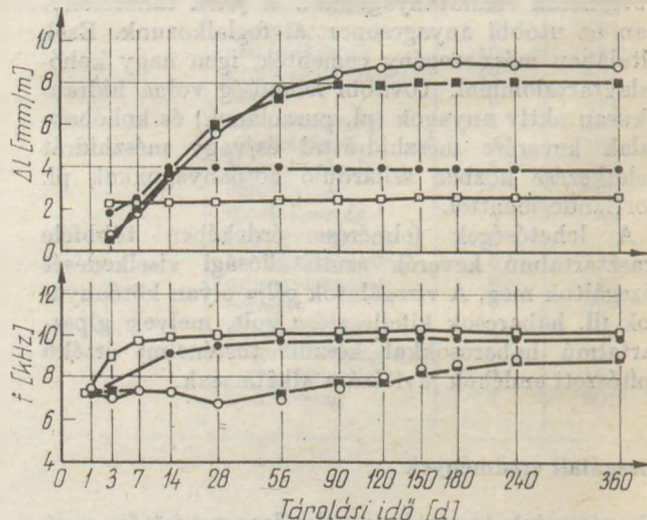
nak. Ezért három olyan keveréket is készítettünk, ahol ezeknek az adalékoknak a hatását is tanulmányoztuk. Az összetételek (tömegrész):

A jelű: 30 pc + 70 trasz + 37,5 CaCO₃ + 64,9 CaSO₄ · 2H₂O

B jelű: 60 kspc + 40 trasz + 40,4 CaCO₃ + 69,4 CaSO₄ · 2H₂O

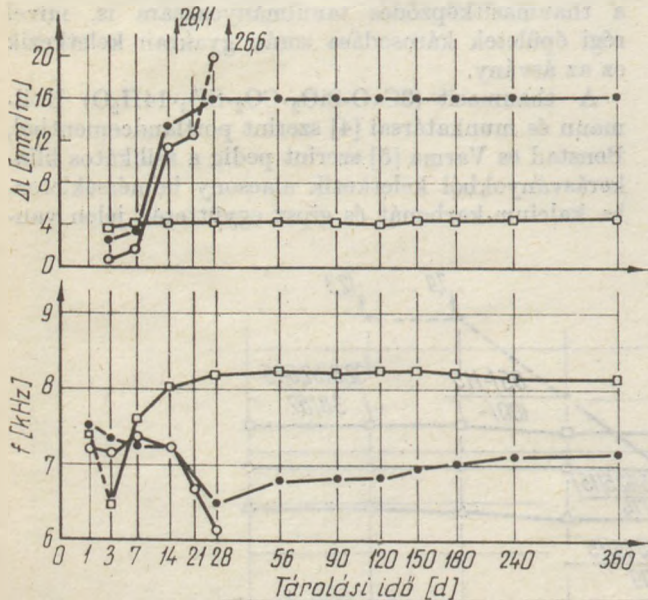
C jelű: 100 alit + 43,9 CaCO₃ + 75,4 CaSO₄ · 2H₂O.

A habarcspróbatesteket víz alatt 2, 20 ill. 40 °C hőmérsékleten tároltuk, ezenkívül néhány próbatest esetében 2 °C-on a félig-víz bemejtést is kipróbáltuk. Meghatároztuk a próbatestek lineáris tágulását és rezonanciafrekvenciáját a tárolási idő függvényében (3. ábra). Az eredmények azt mutatják, hogy 20 ill. 40 °C-on a tágulási reakciók már 3 ill. 28 nap után befejeződnek és a rezonancia-frekvencia a 40 °C-os görbe esetében is hasonlóan változik; a 20 °C-os próbatestnél a rezonanciafrekvencia kb. 28 napig



4. ábra. A B jelű kohósalakciment + trasz + mészkőliszt + gépsz keverék (60 + 40 + 40,4 + 69,4) lineáris tágulása és rezonanciafrekvenciája a hidratációs idő függvényében.

Jelölések mint az előbbi ábrán. A ●-el jelzett görbe a 2-C-os, vízbe félig bemejtett próbátástra vonatkozik.



3. ábra. Az A jelű portlandciment + trasz + mészkőliszt + gipsz keverék (30 + 70 + 37,5 + 64,9) lineáris tágulása és rezonanciafrekvenciája a hidratációs idő függvényében

- - 40°C-os vízalatti tárolás
- - 20°C-os vízalatti tárolás
- - 2°C-os vízalatti tárolás

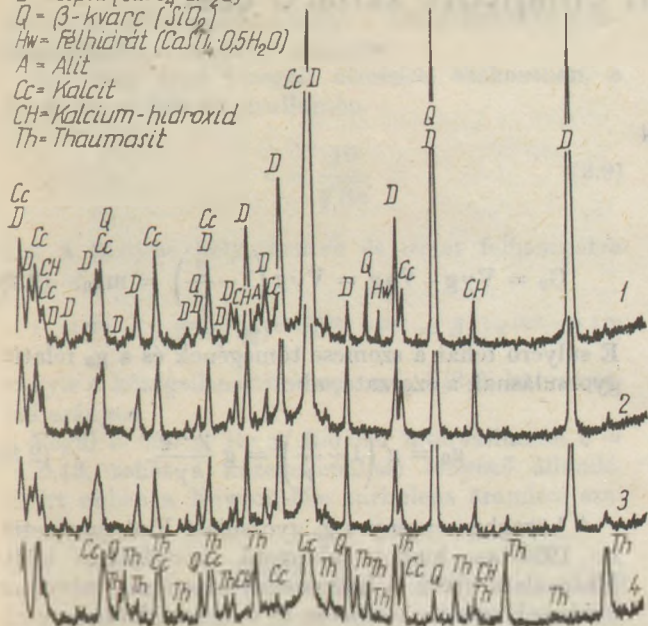
csökken, majd növekvő tendenciával lassan állandósul.

A 2 °C-on tárolt próbatestek, az előbbiekkal szemben nagyon nagy mértékű tágulás következtében már 28 napos korban tönkrementek, tekintet nélkül arra, hogy teljesen vagy csak félig bemejtve álltak víz alatt. Az egyidejűleg végzett röntgendiffrakciós fáziselemzés arra mutatott, hogy a tágulás ettringitképződés következménye; thaumasit csak hosszabb ideig tartó, kb. 90 napos hidratáció után keletkezett. Ez a minta nem tartalmazott elegendő traszt ahhoz, hogy alacsonyabb hőmérsékleten is biztosítsa a megfelelő szulfátállóságot.

A kohósalakportlandciment - trasz keverékek valamivel kedvezőbben viselkedtek: 40 és 20 °C hőmérsékleten csak a normális tágulás jelentkezik és még az alacsony hőmérsékleten tárolt próbatestek esetében is gyakorlatilag megszűnik a tágulás 56 nap után. Ennek megfelelően a szilárdságra jellemző rezonanciafrekvencia ez idő után növekedni kezd.

Az alit + mészkőliszt + gipsz keverék esetében sem 20, sem pedig 2 °C-on nem mutatkozott káros mértékű duzzadás még 400 nap után sem. Az egyedüli

D = Gipsz ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
 Q = β -kvarc (SiO_2)
 Hw = Felhidrát ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$)
 A = Alit
 Cc = Kalcit
 CH = Kalcium-hidroxid
 Th = Thaumazit



5. ábra. A C jelű alit + mészköliszt + gipsz (100 + 43,9 + 75,4) keverék különböző ideig víz alatt tárolt próbatestjeinek röntgendiffrakció-diagramjai.

- 1 - 3 napos tárolás után
 2 - 90 napos tárolás után
 3 - 300 napos tárolás után (mag)
 4 - 300 napos tárolás után (külső kéreg)

különbőség, hogy a hideg tárolás hatására 300 nap után a próbatestek élei töredezni, lazulni kezdtek. A próbatestek röntgendiffrakciós vizsgálatának eredményeit az 5. ábra mutatja, 3, 90 és 300 napos hidegvizes tárolás hatására. Ezekből egyértelműen látszik, hogy a szerkezet lazulásáért a thaumasitképződés felelős.

Értékelés

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy portlandcement + trasz vagy kohósalakportlandcement + trasz keverékekből olyan kötőanyag állítható elő, mely mészköliszt és különösen gipsz jelenlétében viszonylag alacsony hőmérsékleten is szulfátálló. A trasztartalom azonban nem növelhető kb. 70%-nál nagyobbra, noha a szulfát okozta duzzadás kiküszöbölésére alacsony hőmérsékleten erre volna szükség, de ekkor már nem lehetne kielégítő szilárdságot kapni.

A habarcsok szulfát okozta duzzadását ettringit okozza. Thaumazitnak tulajdonítható duzzadás csak alit + mészkő + gipsz keverékek esetében volt kimutatható, ez esetben is csak a próbatestek külső részein, 300 napot meghaladó vízalatti tárolás esetében. Pnyenkor azonban a tönkremenetel nem duzzadás következménye, hanem a szilárdsághordozó fázis részben oldódik, helyette thaumasit keletkezik.

IRODALOM

- [1] Ludwig, U.: Zement-Kalk-Gips 21 81, 109, 175 (1968)
 [2] Ludwig, U. - Därr, G. M.: Forschungsbericht des Landes NRW, No. 2636 (1976)
 [3] Schwiete, H. E. - Ludwig, U. - Lühr, H. P.: Zement-Kalk-Gips 20 555 (1967)
 [4] Kollmann, H. - Strübel, G. - Trost, F.: TIZ 101 63 (1977)
 [5] Varma, S. P. - Bensted, J.: Silicates Industriels 1 29 (1973)

Ludwig, U. - Mehr, S. - Monlad, D.: Die Entwicklung von sulphatbestandigen Mörteln zur Sanierung von gipshaltigen Mauerwerken.

Людвиг, У. - Мейер, Ш. - Молда, Д.: Сульфатостойкий раствор для обновления стеновых кладок, содержащих гипс

Ludwig, U. - Mehr, S. - Moldan, D.: Sulfate Resistant Mortars for Repairing Gypsum-containing Objects

A nyugvó közegben függőlegesen elhajított szilárd test mozgástörvényei. I.

PETHŐ SZILVESZTER—SZARKA ZOLTÁN

Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc

1. Bevezetés

Az ásványelőkészítési műveletek végzésére alkalmazott készülékekben lejátszódó jelenségek vizsgálatára a nyugvó közegben függőlegesen lefelé mozgó szemcsék mozgástörvényeit alkalmazzák. Ezeket a mozgástörvényeket Finkey professzor a Springer kiadónál 1924-ben megjelent „A nedves ércelőkészítés alapjai” című munkájában jelentette meg. Ebben a munkában többek között a Newton és a Stokes-féle közegellenállás figyelembevételével a nyugvó közegben nulla kezdősebességgel lefelé indított szemcsék foronómiai függvényei található meg. Szítálásnál, az ülepítésre használt berendezések egy részénél és számos más berendezésben azonban a szemcséket egy meghatározott sebességgel eldobják. A szemcsék nagyságuktól, sűrűségüktől, alakjuktól és a közeg sűrűségétől, viszkozitásától függően más és más magasságra emelkednek, és az emelkedési idők is különböznek. Ennek megfelelően a visszafelé süllyedő szemcsék különböző nagyságú utat tesznek meg, és lefelé mozgásukat sem azonos időpontban kezdik meg. Ezért a teljes fizikai kép kialakításához egy átfogóbb vizsgálat szükséges.

A nyugvó közegben lejátszódó jelenségek vizsgálata egyértelműen akkor végezhető el, ha a szilárd szemcsék előbb vázolt mozgását a matematika eszközeivel leírjuk és a mozgással szemben érvényesülő közegellenállást az átmeneti szakaszra is kiterjesztjük.

2. A mozgás differenciálegyenlete

A nyugvó közegben függőlegesen mozgó szilárd test (szemcse) mozgását az

$$m \frac{dv}{dt} = G_0 + F \quad (2.1)$$

differenciálegyenlettel lehet leírni ([1], [2], [3], [4]). Itt $m > 0$ a test tömege, v a sebessége, t pedig a mozgás megkezdésétől eltelt idő. G_0 a szemcse súlya a közegben, ami a légüres térben mérhető súlynak és a felhajtóerőnek a különbsége. F a közegellenállásból származó erő.

A (2.1) egyenletben szereplő erők függőleges irányúak, ezért — párhuzamosságuk miatt — a vektoros írásmódot mellőzzük. Hasonló ok miatt erő alatt most az erővektor skalárkomponensét értjük. Megállapodunk abban, hogy a nehézségi erő irányát, tehát a lefelé mutató irányt pozitívnak választjuk.

A közegben mérhető G_0 súly a szemcse V térfogatának és ρ sűrűségének, valamint a közeg ρ sűrűségének és a g nehézségi gyorsulásnak az ismeretében

$$G_0 = V\gamma g - V\rho g = V\gamma g \left(1 - \frac{\rho}{\gamma}\right) = mg_0. \quad (2.2)$$

E súlyerő tehát a szemcse tömegének és a g_0 relatív gyorsulásnak a szorzata, ahol

$$g_0 = g \left(1 - \frac{\rho}{\gamma}\right) = g \frac{\gamma - \rho}{\gamma}. \quad (2.3)$$

A közegben érvényes g_0 gyorsulást Finkey vezette be 1924-ben kiadott alapvető munkájában ([1]). Használata azóta is hasznosnak bizonyult, mivel az ásványelőkészítés területén új technológiai ismeretek szerzését segítette elő. Ezért javasoljuk g_0 -t Finkey-féle számnak nevezni.

Ha a szemcse sűrűsége a közeg sűrűségénél nagyobb, azaz $\gamma > \rho$, akkor $g_0 > 0$, míg kisebb sűrűségű szemcse esetén $g_0 < 0$. Ha a szemcse és a közeg sűrűsége egyenlő, akkor $g_0 = 0$.

A közegellenállásból származó F erő, amely a mozgás ellenében hat, a következőképpen függ a v sebességtől, a szemcse alakjától és a mozgás irányára merőleges A legnagyobb keresztmetszetétől, továbbá a közeg sűrűségétől:

$$F = -cA\rho \frac{v^2}{2} \operatorname{sgn} v, \quad (2.4)$$

ahol $c > 0$ a közegellenállási tényező, $\operatorname{sgn} v$ pedig az előjelfüggvény. $\operatorname{sgn} v = 1$, ha $v > 0$ és $\operatorname{sgn} v = -1$, ha $v < 0$. Ezzel az értelmezéssel pozitív irányú mozgás esetén $F < 0$, negatív irányúnál $F > 0$.

Ha a szemcse gömbalakú és átmérője d , akkor a közegellenállásból származó erő nagysága

$$|F| = c \frac{d^2\pi}{4} \frac{v^2}{2} \rho. \quad (2.5)$$

Ismeretes, hogy a közegellenállási tényező az Re Reynolds-szám függvénye, azaz $c = c(Re)$ ([2], [4]). E tapasztalati függvény értelmezési tartományában három olyan intervallumot szokás elkülöníteni ([2], [3], [4]), amelyekben a $c(Re)$ függvény jól közelíthető egyszerűbb függvényekkel.

A Stokes-féle lamináris áramlási tartományban $Re \leq 1$ és

$$c = \frac{24}{Re}. \quad (2.6)$$

Ezt a (2.5)-be helyettesítve és felhasználva a

$$Re = \frac{|v|\rho}{\eta} d \quad (2.7)$$

összefüggést, ahol η a közeg viszkozitása

$$|F| = 3\pi\eta d |v| = \beta_s |v|. \quad (2.8)$$

Ebben a tartományban tehát a közegellenállás a sebesség első hatványával arányos.

Az Allen által vizsgált átmeneti szakaszban, a $30 \leq \text{Re} \leq 300$ intervallumon

$$c = \frac{10}{\sqrt{\text{Re}}} \quad (2.9)$$

Ezt a (2.5)-be helyettesítve és ismét felhasználva (2.7)-et,

$$|F| = 1,25\pi (\eta\rho)^{1/2} d^{3/2} |v|^{3/2} = \beta_A |v|^{3/2}, \quad (2.10)$$

vagyis a közegellenállás a sebesség 3/2-ik hatványával arányos.

Végül a $600 \leq \text{Re} \leq 200\,000$ intervallumon $c = 0,43$, tehát a közegellenállási tényező állandó. Ezért ebben a Newton-féle turbulens áramlási szakaszban

$$|F| = \frac{0,43\pi\rho}{8} d^2 v^2 = \beta_N v^2, \quad (2.11)$$

így a közegellenállás a sebesség négyzetével arányos.

Az $1 < \text{Re} < 30$, ill. a $300 < \text{Re} < 600$ intervallumban a (2.8), ill. a (2.11) összefüggés bizonyos fenntartásokkal használható ([3]).

Az előzőek szerint a közegellenállásból származó erő nagysága

$$|F| = \beta |v|^\alpha, \quad (2.12)$$

ahol α értéke a három áramlási szakasznak megfelelően rendre 1, 3/2 és 2. A β együttható a (2.8), (2.10) és (2.11) összefüggésekből olvasható ki, értékei: β_s , β_A és β_N . Figyelembe véve még F előjelét is

$$F = -\beta |v|^\alpha \text{sgn } v. \quad (2.13)$$

Az α kitevőnek ilyen diszkrét megválasztása, az előzőek szerint, a tapasztalat eredménye. A valóságban azonban a mozgás során α folytonosan változik, hiszen a $c = c(\text{Re})$ függvény is folytonos.

A (2.13) és a (2.2) összefüggéseket felhasználva, a (2.1) differenciálegyenlet a következő alakban írható fel:

$$m \frac{dv}{dt} = m g_0 - \beta |v|^\alpha \text{sgn } v. \quad (2.14)$$

A vonatkozó fizikai törvények és a tapasztalat alapján jogos feltételezni, hogy ha $t \rightarrow +\infty$, akkor a sebesség véges értékhez, így a dv/dt gyorsulás nullához tart. Legyen

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} v = v_m. \quad (2.15)$$

A határátmenetet a (2.14) mindkét oldalán elvégezve,

$$0 = m g_0 - \beta |v_m|^\alpha \text{sgn } v_m \quad (2.16)$$

egyenletből

$$\beta = \frac{m g_0}{|v_m|^\alpha \text{sgn } v_m}, \quad v_m \neq 0. \quad (2.17)$$

Helyettesítsük ezt vissza a (2.14) egyenletbe.

Ekkor kis átalakítás után a mozgás differenciálegyenlete:

$$\frac{dv}{dt} = g_0 \left[1 - \left| \frac{v}{v_m} \right| \text{sgn } \frac{v}{v_m} \right], \quad v_m \neq 0. \quad (2.18)$$

Ez a differenciálegyenlet minden olyan esetben leírja a szilárd test nyugvó közegben történő függőleges mozgását, amikor $v_m \neq 0$. A test tetszőleges v_0 kezdősebességgel indítható, akár pozitív, akár negatív irányban; sűrűsége a közeg sűrűségénél lehet nagyobb vagy kisebb, így g_0 lehet pozitív vagy negatív. Ez az átalakítás, előnyei mellett, azzal a hátránnyal járt a (2.14)-hez képest, hogy kirekesztettük a $v_m = 0$ -hoz tartozó megoldásokat.

A v_m határértéket, amely tehát állandó, süllyedési végsebességnek nevezzük. A szemcse aránylag rövid idő után gyakorlatilag ezt az állandó sebességet veszi fel. Ennek megfelelően a (2.18) egyenletben a $v = v_m$ formális helyettesítést elvégezve, a tapasztalattal összhangban, a gyorsulás a differenciálegyenlet szerint is nulla.

Ha $g_0 > 0$, vagyis $\gamma > \rho$ és így a szemcse sűrűsége nagyobb a közeg sűrűségénél, akkor v_m is pozitív. Ha viszont $g_0 < 0$, akkor a kialakuló v_m végsebesség is negatív. Ez nyilvánvaló, mert a közegnél könnyebb szemcse idővel emelkedni kezd. Ilyenkor célszerű lenne emelkedési végsebességet mondani. A $\gamma = \rho$ esetben $g_0 = 0$. Ekkor a v_m süllyedési végsebesség is nulla, és emiatt a (2.18) egyenlet nem használható. Helyette a (2.14) egyenlethez kell visszatérni.

Nyomatékosan hangsúlyozzuk, hogy g_0 és v_m előjele mindig megegyezik, ill. ha $g_0 = 0$, akkor $v_m = 0$. A későbbi diszkusszióknál ezt gyakran felhasználjuk.

A (2.17) egyenletből β ismeretében a v_m süllyedési végsebesség számítható. Mivel $\text{sgn } g_0 = \text{sgn } v_m$, ezért

$$v_m = \left(\frac{m |g_0|}{\beta} \right)^{1/\alpha} \text{sgn } g_0. \quad (2.19)$$

Vegyük ismét azt az esetet, amikor a szemcse gömbalakú és $g_0 > 0$. Legyen $\alpha = 1$. A (2.8) alapján $\beta = \beta_s = 3\pi\eta d$, továbbá felhasználva a (2.2) egyenletet, a Stokes-féle lamináris áramlási tartományban érvényes süllyedési végsebesség

$$v_m = \frac{d^2 g(\gamma - \rho)}{18\eta}. \quad (2.20)$$

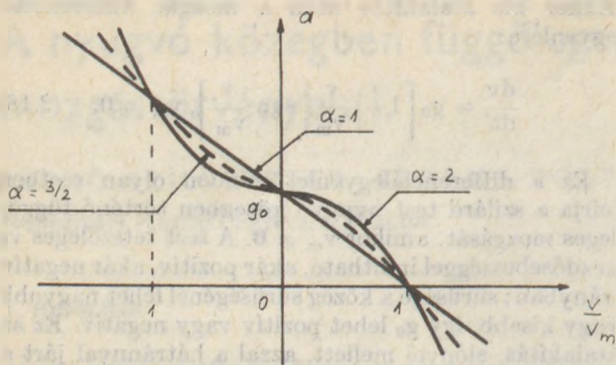
Hasonlóképpen a (2.11)-ből vett $\beta = \beta_N = \frac{0,43\pi\rho}{8} d^2$

értéket helyettesítve a (2.19)-be, $\alpha = 2$ -nél, tehát a Newton-féle turbulens áramlási tartományban a süllyedési végsebesség

$$v_m = \sqrt{\frac{4g}{3,0,43}} \sqrt{\frac{d(\gamma - \rho)}{\rho}} \approx 55 \sqrt{\frac{d(\gamma - \rho)}{\rho}}. \quad (2.21)$$

Ugyanúgy kapható $\alpha = 3/2$ -nél az Allen-tartományban érvényes süllyedési végsebesség. A (2.10)-ből $\beta = \beta_A = 1,25(\eta\rho)^{1/2} d^{3/2}$, így

$$v_m = \left(\frac{2}{15} \right)^{2/3} d \frac{[g(\gamma - \rho)]^{2/3}}{(\eta\rho)^{1/3}}. \quad (2.22)$$



1. ábra. A gyorsulás változása $\frac{v}{v_m}$ függvényében

Ha a szemcse nem gömbalakú, akkor v_m értékét alkalmas módon korrigálni kell ([2], [4]).

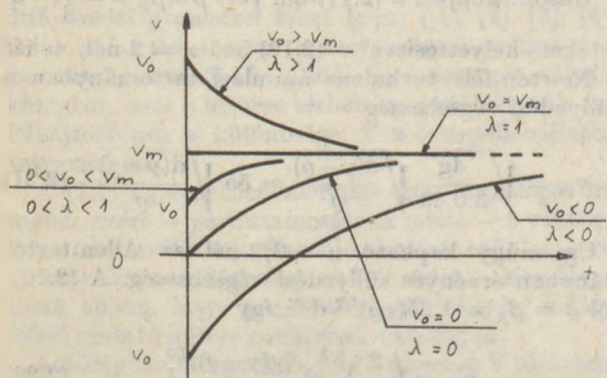
Az a $= \frac{dv}{dt}$ gyorsulást, a (2.18) alapján, $\frac{v}{v_m}$ függvényében $g_0 > 0$ feltételezéssel az 1. ábrán vázoltuk. Nyilvánvaló, hogy mozgás közben a szemcse sebessége a v_m értéket nem lépheti át, tehát $\frac{v}{v_m} \neq 1$. Ennek

ellenére az ábra azt mutatja, hogy ha $\frac{v}{v_m} = 1$, akkor a gyorsulás nulla. Ilyen mozgás valóban lehetséges. Ugyanis ha a szemcsét a v_m süllyedési végsebességgel indítjuk, akkor a sebesség mindig ez az állandó érték lesz, tehát a gyorsulás nulla, ahogy az a (2.18) egyenletből is látható. Ennek a mozgásnak az 1. ábrán egyetlen pont, az (1; 0) felel meg.

A bevezetésben említett mozgás leírásához mindezek előtt a (2.14), ill. a (2.18) differenciálegyenletet kell megoldani adott v_0 kezdősebesség mellett. Ezt a feladatot mindhárom áramlási tartományra, tehát $\alpha = 1; 2$ és $3/2$ mellett megoldjuk. A megoldás során a sebesség, a gyorsulás és a megtett út számítására alkalmas összefüggéseket vezetünk le. Ezenkívül a szemcsemozgásra jellemző néhány paramétert részletesebben elemzünk.

A differenciálegyenletben szereplő t idő koordináta fizikailag negatív értéket nem vehet fel. Így a megoldásokat mindig a $t \geq 0$ tartományon értelmezzük.

Feltételezzük, hogy a (2.14), ill. a (2.18) egyenletben szereplő m, g_0, β, v_m paraméterek és a v_0 kezdősebesség a szóbajöhethető értékhatárokon belül tetszőlegesen választhatók ugyan, de a választás után állandók.

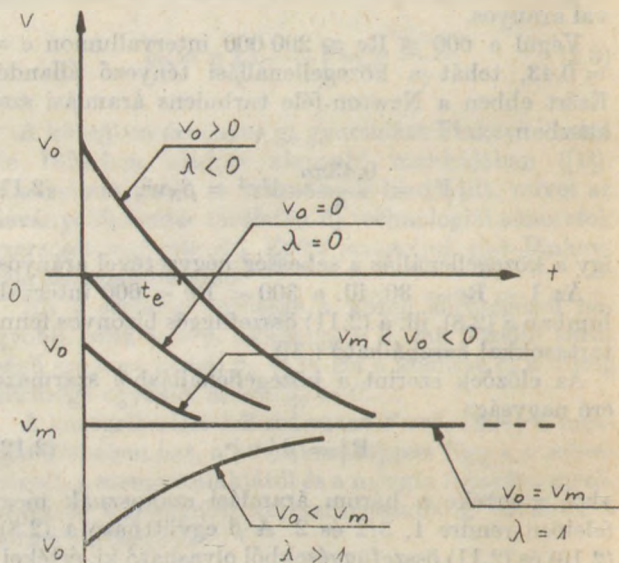


2. ábra. A sebesség változása az idő függvényében, ha $g_0 > 0$

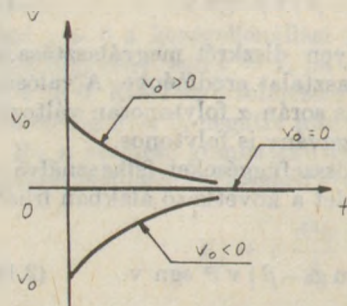
Célszerűségi okok miatt bevezetjük a

$$\frac{v_0}{v_m} = \lambda, \quad v_m \neq 0 \quad (2.23)$$

jelölést. A későbbiekben ezt gyakran fogjuk használni, ezért lényeges annak fizikai tartalma. Így például, ha $g_0 > 0$ és $\lambda < 0$, akkor ez azt jelenti, hogy a közegeknél nehezebb szemcsét negatív v_0 kezdősebességgel elhajtjuk (feldobjuk), ugyanis $g_0 > 0$ miatt v_m is pozitív. Ha $g_0 < 0$ és $\lambda < 0$, akkor a közegeknél könnyebb szemcsét pozitív kezdősebességgel indítjuk (ledobjuk). Ha $\lambda = 0$, akkor a v_0 kezdősebesség is nulla, stb.



3. ábra. A sebesség változása az idő függvényében, ha $g_0 < 0$



4. ábra. A sebesség változása az idő függvényében, ha $g_0 = 0$

3. Megoldás $\alpha = 1$ esetén

Ha mozgó szemcse áramlási viszonyai következtében a Reynolds-szám $Re \leq 1$, akkor — mint láttuk — a közege ellenállás a sebesség első hatványával arányos, azaz $\alpha = 1$. Ezt a Stokes-féle elméletet elfogadva, kiszámítjuk a szemcse sebességét, gyorsulását és az általa megtett utat mint az idő függvényét.

3.1. A sebesség számítása

Tekintsük a (2.18) differenciálegyenletet $\alpha = 1$ -re. Mivel $|x| \operatorname{sgn} x \equiv x$, ezért

$$\frac{dv}{dt} = g_0 \left(1 - \frac{v}{v_m}\right), \quad v_m \neq 0. \quad (3.1)$$

Ennek az egyenletnek a megoldása $v(0) = v_0$ kezdeti feltétel mellett:

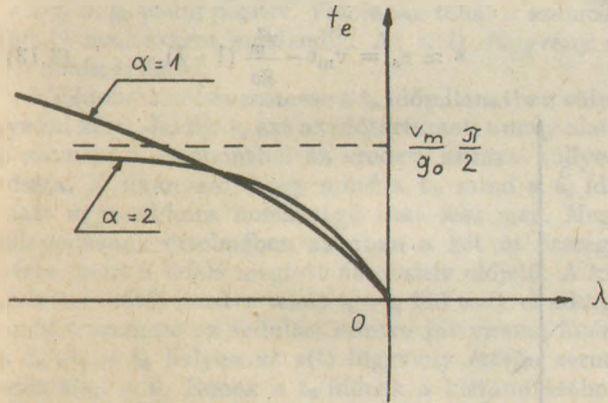
$$v = v(t) = v_m \left[1 - \left(1 - \frac{v_0}{v_m}\right) \exp\left(-\frac{g_0}{v_m} t\right)\right], \quad t \geq 0. \quad (3.2)$$

Ezzel megkaptuk a mozgó test sebességét az idő függvényében. Alkalmazva a $v_0/v_m = \lambda$ jelölést,

$$v = v_m \left[1 - (1 - \lambda) \exp\left(-\frac{g_0}{v_m} t\right)\right]. \quad (3.3)$$

A megoldásból látható, hogy tetszőleges v_0 kezdősebesség mellett $\lim_{t \rightarrow +\infty} v(t) = v_m$, tehát a (3.1) egyenletben szereplő v_m valóban a süllyedési végsebesség.

Legyen most a szemcse sűrűsége a közeg sűrűségénél nagyobb, vagyis $g_0 > 0$. Ekkor a süllyedési végsebesség is pozitív, $v_m > 0$. Ha a szemcsét földobjuk, akkor a negatív v_0 kezdősebesség miatt $\lambda < 0$; ha ejtjük, akkor $\lambda = 0$; ha pedig ledobjuk, akkor $\lambda > 0$.



5. ábra. Az emelkedési idő változása λ függvényében

A szemcsét a süllyedési végsebességgel indítva, $v_0 = v_m$ és így $\lambda = 1$. A (3.3) megoldásokat ezekre az esetekre a 2. ábra szemlélteti.

Ha pedig $g_0 < 0$, akkor a süllyedési végsebesség is negatív, azaz $v_m < 0$. A (3.3) az ennek megfelelő megoldásokat is tartalmazza. Ezeket a függvényeket már a 3. ábra szemlélteti.

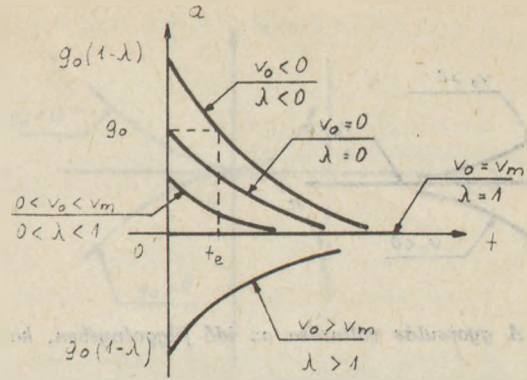
Ha a szilárd szemcse és a közeg sűrűsége megegyezik, azaz $g_0 = 0$, úgy $v_m = 0$. Súlyerő nem lévén, a magára hagyott szemcse – elvileg végtelen idő múlva – megáll. Az ilyen mozgás leírására a (2.18) differenciálegyenlet nem alkalmas. Vegyük ezért most a (2.14) egyenletet $g_0 = 0$ és $\alpha = 1$ figyelembevételével:

$$m \frac{dv}{dt} = -\beta v, \quad (3.4)$$

ahol $\beta = \beta_0$. Ennek a differenciálegyenletnek a $v(0) = v_0$ kezdeti feltételt kielégítő megoldása

$$v = v(t) = v_0 \exp\left(-\frac{\beta}{m} t\right), \quad t \geq 0. \quad (3.5)$$

A (3.5) görbék a 4. ábrán láthatók.



6. ábra. A gyorsulás változása az idő függvényében, ha $g_0 > 0$ és $\alpha = 1$

A (3.3) megoldásból kiszámítható a szemcse emelkedési ideje. A fölfelé mozgó test legmagasabb pontját akkor éri el, amikor sebessége zérus és egyúttal előjelet is vált. Ez csak a közegnél nehezebb szemcse feldobásakor lehetséges, tehát ha $g_0 > 0$ és $v_0 \leq 0$. Így az emelkedés t_e ideje a (3.3) függvény zérushelye,

$$0 = v_m \left[1 - (1 - \lambda) \exp\left(-\frac{g_0}{v_m} t_e\right)\right]. \quad (3.6)$$

Innen

$$t_e = \frac{v_m}{g_0} \ln(1 - \lambda), \quad g_0 > 0, \quad \lambda \leq 0. \quad (3.7)$$

Mivel $\lambda \leq 0$, ezért $t_e \geq 0$. A $\lambda = 0$ határesetben v_0 értéke is nulla. A t_e emelkedési időt λ függvényében az 5. ábra mutatja

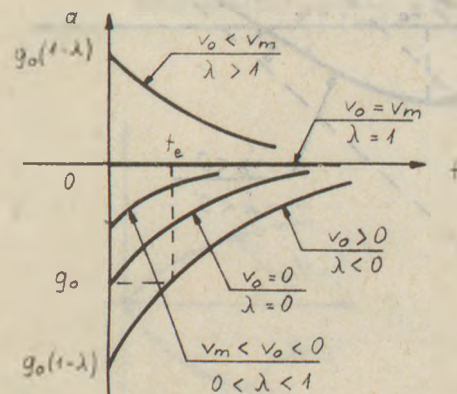
Ha $g_0 < 0$ és $v_0 \geq 0$, vagyis a közegnél könnyebb szemcsét v kezdősebességgel lefelé indítjuk, a szemcse ugyancsak az előbbi t_e ideig süllyed.

3.2. A gyorsulás számítása

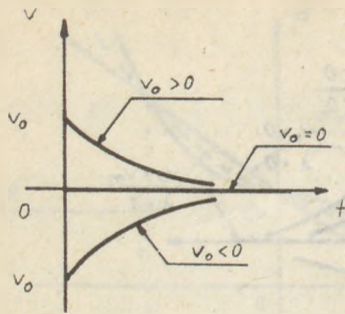
Deriválva a (3.3) sebességfüggvényt, vagy azt a (3.1) egyenlet jobb oldalába helyettesítve, a gyorsulás az idő függvényében:

$$a = a(t) = g_0(1 - \lambda) \exp\left(-\frac{g_0}{v_m} t\right), \quad t \geq 0. \quad (3.8)$$

Az $a = a(t)$ görbékét $g_0 > 0$ mellett a 6. ábra, a $g_0 < 0$ esetre pedig a 7. ábra szemlélteti.



7. ábra. A gyorsulás változása az idő függvényében, ha $g_0 < 0$ és $\alpha = 1$



8. ábra. A gyorsulás változása az idő függvényében, ha $g_0 = 0$

A (3.8)-ból látható, hogy $\lim_{t \rightarrow +\infty} a(t) = 0$. Az a_0 kezdő gyorsulás

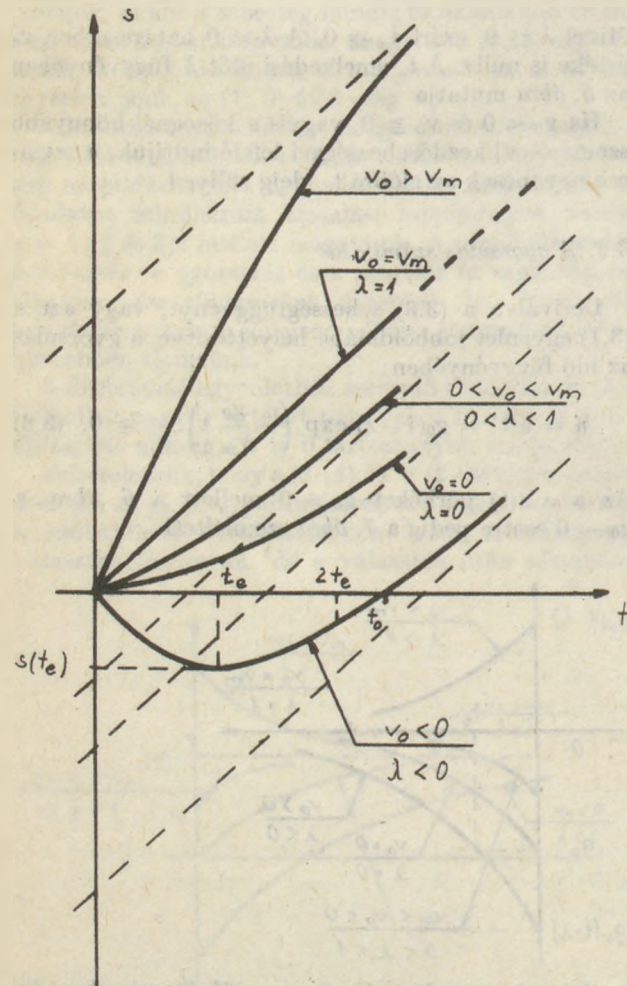
$$a_0 = a(0) = g_0(1 - \lambda). \quad (3.9)$$

A t_e időpillanatban, vagyis a $v = 0$ esetén érvényes gyorsulás

$$a(t_e) = g_0. \quad (3.10)$$

Ennek az egyenlőségnek nyilván csak akkor van fizikai tartalma, ha $g_0 > 0$ és $v_0 \leq 0$, vagy ha $g_0 < 0$ és $v_0 \geq 0$.

Ha $g_0 = 0$, akkor a (3.4) és (3.5) felhasználásával



9. ábra. Az út változása az idő függvényében, ha $g_0 > 0$

$$a = a(t) = -\frac{\beta}{m} v_0 \exp\left(-\frac{\beta}{m} t\right), \quad t \geq 0. \quad (3.11)$$

Ezek a görbék a 8. ábrán láthatók.

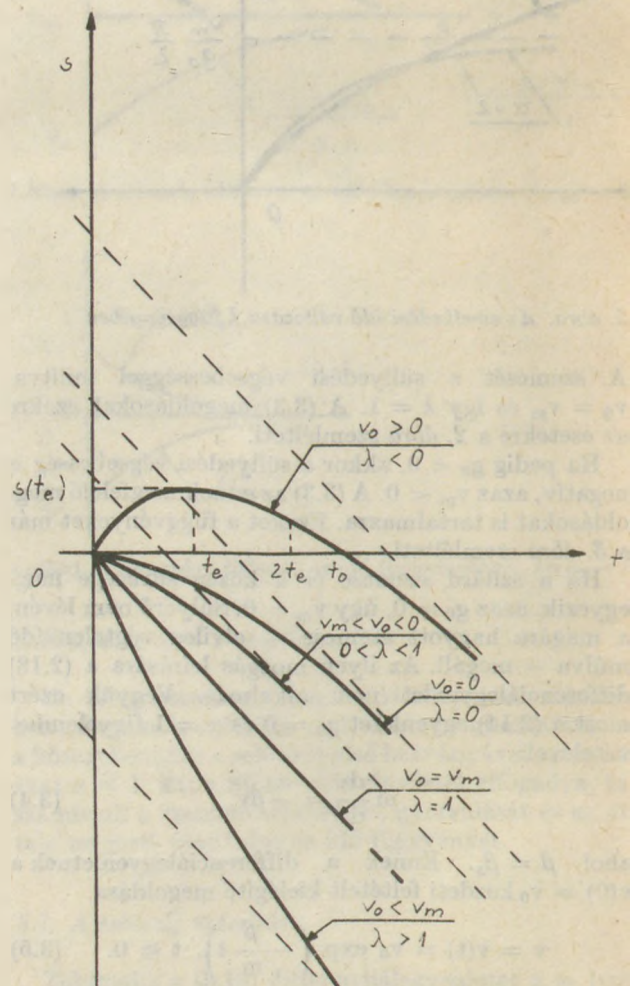
3.3. Az út számítása

Az eddigieknek megfelelően a mozgó szemcse negatív irányban (felfelé) megtett útját negatívnak, a pozitív irányban megtett utat pedig pozitív előjelűnek vesszük. Ez bizonyos számítástechnikai előnyökkel jár. Ezért a $t = 0$ időpillanattól a $t \geq 0$ időpontig megtett s utat a (3.3) sebességfüggvény integrálja adja:

$$\begin{aligned} s &= s(t) = \\ &= \int v \, dt = v_m \left\{ t + \frac{v_m}{g_0} (1 - \lambda) \left[\exp\left(-\frac{g_0}{v_m} t\right) - 1 \right] \right\}. \end{aligned} \quad (3.12)$$

Az $s = s(t)$ görbék ábrázolásához érdemes megjegyezni, hogy az $s(t)$ függvény nem korlátos, $s(0) = 0$. Ha $t \gg 1$, akkor $\exp\left(-\frac{g_0}{v_m} t\right)$ elhanyagolásával

$$s \approx s_a = v_m t - \frac{v_m^2}{g_0} (1 - \lambda). \quad (3.13)$$



10. ábra. Az út változása az idő függvényében, ha $g_0 < 0$

Az $s_a = s_a(t)$ elsőfokú függvény az $s(t)$ aszimptotája. A kezdősebesség változtatásával a λ paraméter is változik. Ennek megfelelően az aszimptoták helyzete más és más, de mindegyik iránytangense v_m , így ezek párhuzamos egyenesek (feltéve, ha v_m rögzített). Ez összhangban van azzal, hogy a v sebesség v_m -hez tart, ha $t \rightarrow +\infty$, vagyis gyakorlatilag $v = v_m$, ha $t \gg 1$. Ennek az integrálja pedig v_m iránytangensű egyenes.

Poszítív g_0 mellett az $s = s(t)$ görbéket a 9. ábra, a $g_0 < 0$ esetre pedig a 10. ábra szemlélteti.

Láttuk, hogy ha $g_0 > 0$, akkor a szemcse a feldobás után t_0 ideig emelkedik. Ez alatt $s(t_0)$ utat tesz meg, amelynek kiszámításához felhasználható, hogy

$$\exp\left(-\frac{g_0}{v_m} t_0\right) = \exp(-\ln(1-\lambda)) = \frac{1}{1-\lambda}. \quad (3.14)$$

A (3.12)-ben alkalmazva a $t = t_0$ helyettesítést, átalakítások után

$$s(t_0) = \frac{v_m^2}{g_0} [\ln(1-\lambda) + \lambda] = s_e(\lambda). \quad (3.15)$$

Ez a mennyiség most nem pozitív, mert $\ln(1-\lambda) + \lambda \leq 0$, g_0 pedig pozitív. Valójában tehát a szemcse $|s(t_0)|$ magasságra emelkedik. Az $s_e(\lambda)$ függvény a 11. ábrán látható.

A földobott nehéz szemcse a t_0 időpillanatban süllyedni kezd. Jelölje t_s azt az időtartamot, amely alatt a szemcse a tetőpontból az eredeti szintre süllyed vissza. Nyilvánvaló, hogy mind a t_0 , mind a t_s idő alatt ugyanakkora hosszúságú utat tesz meg. Megállapodásunk értelmében azonban a két út összege zérus, mert a lefelé megtett út pozitív előjelű. A kiindulási időtől kezdve tehát $t_0 + t_s$ idő telik el addig, amíg a szemcse az indulási szintre jut vissza. Ezért a $t_0 + t_s = t_0$ helyen az $s(t)$ függvény értéke zérus, azaz $s(t_0) = 0$. Ennek a t_0 időnek a kiszámításához tehát meg kell oldani a

$$t_0 + \frac{v_m}{g_0} (1-\lambda) \left[\exp\left(-\frac{g_0}{v_m} t_0\right) - 1 \right] = 0. \quad (3.16)$$

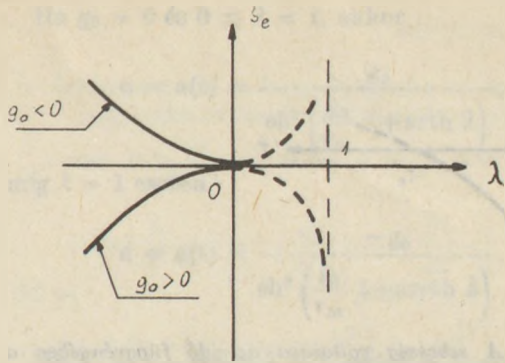
egyenletet $t_0 > 0$ -ra, ahol $g_0 > 0$, $v_m > 0$ és $\lambda < 0$. Ez az egyenlet zárt alakban nem oldható meg. Konkrét g_0 , v_m és λ esetén azonban t_0 értéke numerikusan tetszőleges pontossággal számítható. Ennek ismeretében

$$t_s = t_0 - t_0. \quad (3.17)$$

A (3.16) egyenlet megoldása érdekében hasznos az a felismerés, hogy $t_0 > 2t_0$. Mivel $t > t_0$ esetén $s(t)$ monoton növekvő és $s(t_0) \leq 0$, a $t_0 > 2t_0$ igazolásához elég azt belátni, hogy $s(2t_0) < 0$ (9. ábra). Felhasználva a (3.7) és (3.14) összefüggést,

$$s(2t_0) = \frac{v_m^2}{g_0} \left[2 \ln(1-\lambda) + \frac{\lambda(2-\lambda)}{1-\lambda} \right]. \quad (3.18)$$

Az $y = 2 \ln(1-\lambda) + \frac{\lambda(2-\lambda)}{1-\lambda}$ függvény deriváltja $y' = \left(\frac{\lambda}{1-\lambda}\right)^2 > 0$ bármely $\lambda \neq 0$ -ra, ezért a függvény



11. ábra. Az emelkedési idő alatt megtett út változása λ függvényében, ha $\alpha = 1$

monoton növekvő. Mivel $y(0) = 0$, a monoton növekedés miatt y minden $\lambda < 0$ esetén negatív. Figyelembe véve még azt, hogy $g_0 > 0$, ezért $s(2t_0) < 0$. Tehát a t_0 zérushely a $2t_0$ értéktől jobbra helyezkedik el, így

$$t_0 > 2t_0. \quad (3.19)$$

Ezt a becslést és a (3.17)-et figyelembe véve belátható, hogy

$$t_s > t_0.$$

t_0 ismeretében kiszámítható a sebesség és a gyorsulás értéke a $t = t_0$ időpillanatban. A (3.16) felhasználásával

$$v(t_0) = g_0 t_0 + v_0, \quad (3.20)$$

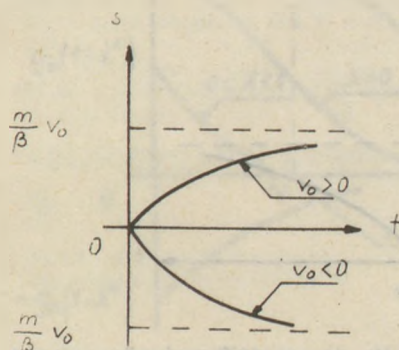
$$a(t_0) = g_0 \left(1 - \lambda - \frac{g_0}{v_m} t_0 \right). \quad (3.21)$$

Mivel t_0 értéke zárt alakban nem állítható elő, ezért a $v(t_0)$ és $a(t_0)$ mennyiségekre egy jól használható becslést adunk. Ha $g_0 > 0$, akkor a $v(t)$ sebességfüggvény monoton növekedése miatt

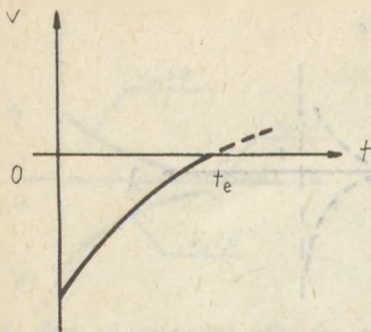
$$v(t_0) \geq v(2t_0) = v_m \frac{-\lambda}{1-\lambda}, \quad \lambda \leq 0. \quad (3.22)$$

Ugyanúgy az $a(t)$ gyorsulásfüggvény monoton csökkenése miatt

$$a(t_0) \leq a(2t_0) = \frac{g_0}{1-\lambda}, \quad \lambda \leq 0. \quad (3.23)$$



12. ábra. Az út változása az idő függvényében, ha $g_0 = 0$



13. ábra. A sebesség változása az idő függvényében a $0 \leq t \leq t_e$ intervallumon, ha $g_0 > 0$

A közeznál kisebb sűrűségű szemcsét lefelé indítva, az t_e ideig süllyed, és ez alatt $s(t_e) \leq 0$ utat tesz meg. Ugyanúgy $t_0 + t_s$ idő múlva jut el a kiindulási szintre, mint az előbb. A (3.15)–(3.18) formulák itt is érvényesek, csak most $g_0 < 0$.

Legyen $g_0 = 0$. Ekkor a (3.5) integrálásával

$$s = s(t) = \frac{m}{\beta} v_0 \left[1 - \exp\left(-\frac{\beta}{m} t\right) \right], \quad t \geq 0. \quad (3.24)$$

Innen látható, hogy az $s(t)$ függvény korlátos, ami azt jelenti, hogy a szemcse által megtehető út véges:

$$|s(t)| < \frac{m}{\beta} v_0. \quad (3.25)$$

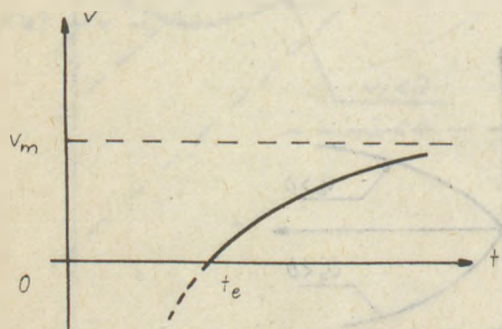
Ez természetes is, hiszen a közezben súlytalan testre súlyerő nem hat, a közezellenállás ereje pedig fékezi a mozgást, így a szemcse végtelen nagy utat, végtelen idő alatt sem tehet meg (12. ábra).

4. Megoldás $\alpha = 2$ esetén

Ha a szemcse mozgása közben örvények keletkeznek, akkor a közezellenállásból származó erő a sebesség négyzetével arányosnak tételezik fel. Elég nagy sebesség, ill. szemcsenagyság és sűrűség mellett az örvényképződés mindig fellép, így az előbb tárgyalt foronómiai függvények vizsgálata a Newton-féle $600 \leq Re \leq 200\,000$ tartományban is indokolt.

4.1. A sebesség számítása

A (2.18) differenciálegyenletbe $\alpha = 2$ -t helyettesítve



14. ábra. A sebesség változása az idő függvényében a $t \geq t_e$ tartományon, ha $g_0 > 0$

$$\frac{dv}{dt} = g_0 \left[1 - \left(\frac{v}{v_m} \right)^2 \right] \operatorname{sgn} \frac{v}{v_m}, \quad v_m \neq 0, \quad (4.1)$$

Legyen $g_0 > 0$ és $v \leq 0$, vagyis a közeznál nehezebb szemcse fölfelé mozog. Mivel g_0 és v_m előjele mindig megegyezik, ezért $\operatorname{sgn} \frac{v}{v_m} = -1$. Ilyen feltételek mellett a

$$\frac{dv}{dt} = g_0 \left[1 + \left(\frac{v}{v_m} \right)^2 \right], \quad v_m \neq 0 \quad (4.2)$$

differenciálegyenletet kell megoldani a $v(0) = v_0 \leq 0$ kezdeti feltétel mellett ([5]). Alkalmazva ismét a $v_0/v_m = \lambda$ jelölést, a megoldás

$$v = v(t) = v_m \operatorname{tg} \left(\frac{g_0}{v_m} t + \operatorname{arc} \operatorname{tg} \lambda \right), \quad \lambda \leq 0 \quad (4.3)$$

minden olyan $t \geq 0$ -ra, amelyre $v \leq 0$ (13. ábra).

A fölfelé dobott szemcse a pálya legmagasabb pontját a $v = 0$ értéknél éri el. Itt $t = t_e$. Mivel a tg függvény monoton növekvő, $v(0) = v_0 \leq 0$ és $v(t_e) = 0$, ezért v csak 0 és t_e között lesz negatív. Így a (4.3) megoldás csak a $0 \leq t \leq t_e$ tartományon érvényes.

A (4.3)-ból $v = 0$ helyettesítéssel kiszámítható a t_e emelkedési idő:

$$t_e = -\frac{v_m}{g_0} \operatorname{arc} \operatorname{tg} \lambda, \quad \lambda \leq 0. \quad (4.4)$$

Látható, hogy a $t_e = t_e(\lambda)$ függvény korlátos (5. ábra).

Legyen továbbra is $g_0 > 0$, de $v \geq 0$, vagyis a közeznál sűrűbb szemcse lefelé halad. Ekkor $\operatorname{sgn} \frac{v}{v_m} = 1$, és a (4.1) differenciálegyenlet a következő:

$$\frac{dv}{dt} = g_0 \left[1 - \left(\frac{v}{v_m} \right)^2 \right], \quad v_m \neq 0. \quad (4.5)$$

Ezen differenciálegyenlet megoldásai közül válasszuk ki azt, amely a $t = t_e$ időpontban a nulla értéket veszi fel. A megoldás a $t \geq t_e$ tartományon lesz érvényes. Ebben a szemléletben a szemcsét a $t = t_e$ időpontban elejtjük és nem vagyunk tekintettel a mozgás t_e előtti állapotára. Így a (4.5) differenciálegyenletnek a $v(t_e) = 0$ kezdeti feltétel mellett megoldása:

$$v = v(t) = v_m \operatorname{th} \left(\frac{g_0}{v_m} t + \operatorname{arc} \operatorname{tg} \lambda \right), \quad t_e \leq t. \quad (4.6)$$

A (4.4) behelyettesítésével belátható, hogy a $v(t_e)$ érték valóban nulla; $\lim_{t \rightarrow +\infty} v(t) = v_m$ (14. ábra).

A (4.3) és (4.6) megoldások a t_e helyen folytonosan csatlakoznak egymáshoz, sőt a csatlakozási pontban a két függvény deriváltja is megegyezik. A közös derivált értéke g_0 . Erről meggyőződhetünk, ha a (4.2) és (4.5) differenciálegyenletek jobboldalán a $v = 0$ helyettesítést elvégezzük.

A (4.3) és a (4.6) függvények így módon való összekapcsolásával tehát a $g_0 > 0$ esetben a $v_0 \leq 0$ kezdősebességgel indított szemcse sebességét kapjuk:

$$v = v(t) = \begin{cases} v_m \operatorname{tg} \left(\frac{g_0}{v_m} t + \operatorname{arc} \operatorname{tg} \lambda \right), & 0 \leq t \leq t_e \\ v_m \operatorname{th} \left(\frac{g_0}{v_m} t + \operatorname{arc} \operatorname{tg} \lambda \right), & t \geq t_e, \end{cases} \quad (4.7)$$

ahol $\lambda = \frac{v_0}{v_m} \geq 0$.

Vegyük ismét a (4.5) differenciálegyenletet. Ennek a $v(0) = v_0$ kezdeti feltételt kielégítő megoldása a v_0 kezdősebességgel lefelé hajított szemcse sebességét leíró függvény, ha $0 \leq v_0 < v_m$, azaz ha $0 \leq \lambda < 1$:

$$v = v(t) = v_m \operatorname{th} \left(\frac{g_0}{v_m} t + \operatorname{arth} \lambda \right). \quad (4.8)$$

Ha pedig $v_0 > v_m$, azaz $\lambda > 1$, akkor a kívánt megoldás:

$$v = v(t) = v_m \operatorname{cth} \left(\frac{g_0}{v_m} t + \operatorname{arth} \lambda \right). \quad (4.9)$$

Ez utóbbi három sebességfüggvény tehát $g_0 > 0$ esetben érvényes, és $\lambda = \frac{v_0}{v_m} \neq 1$.

A fenti megoldások $\lambda = 1$ -nél nem érvényesek. Ez azt jelenti, hogy a szemcsét a süllyedési végsebességgel indítva ($v_0 = v_m$) a $\lambda = 1$ formális helyettesítése hamis eredményt ad. Ekkor egyszerű fizikai megfontolással jutunk a szinte triviális $v = v(t) = v_m$ megoldáshoz. Ez a megoldás valóban kielégíti a (4.5) egyenletet és $v(0) = v_0 = v_m$.

A felsorolt sebességfüggvények jelleggörbéit a 2. ábra szemlélteti ugyanúgy, mint az $\alpha = 1$ esetben.

Hasonlóan oldható meg a feladat a $g_0 < 0$ mellett is. Ha $v \leq 0$, akkor a (4.5), ha pedig $v \geq 0$, úgy a (4.2) egyenlet megoldásai adják a sebességet (3. ábra).

$g_0 = 0$ -nál a mozgást a (2.14) differenciálegyenlet jellemzi, amely most

$$m \frac{dv}{dt} = -\beta v^2 \operatorname{sgn} v. \quad (4.10)$$

Ennek a $v(0) = v_0$ kezdeti feltételt kielégítő megoldása:

$$v = v(t) = \frac{v_0 m}{m + \beta |v_0| t}, \quad t \geq 0, \quad (4.11)$$

ahol $\beta = \beta_N$.

4.2. A gyorsulás számítása

A mozgó szemcse gyorsulása rendre a (4.7), (4.8), (4.9) és (4.11) függvények deriválásával kapható:

Ha $g_0 > 0$ és $v_0 \leq 0$, tehát $\lambda = \frac{v_0}{v_m} \leq 0$, akkor

$$a = a(t) = \begin{cases} \frac{g_0}{\cos^2 \left(\frac{g_0}{v_m} t + \operatorname{arc} \operatorname{tg} \lambda \right)}, & 0 \leq t \leq t_e \\ \frac{g_0}{\operatorname{ch}^2 \left(\frac{g_0}{v_m} t + \operatorname{arc} \operatorname{tg} \lambda \right)}, & t \geq t_e. \end{cases} \quad (4.12)$$

Ha $g_0 > 0$ és $0 \leq \lambda < 1$, akkor

$$a = a(t) = \frac{g_0}{\operatorname{ch}^2 \left(\frac{g_0}{v_m} t + \operatorname{arth} \lambda \right)}, \quad (4.13)$$

míg $\lambda > 1$ esetén

$$a = a(t) = \frac{-g_0}{\operatorname{sh}^2 \left(\frac{g_0}{v_m} t + \operatorname{arth} \lambda \right)}. \quad (4.14)$$

Ha $v_0 = v_m$, tehát $\lambda = 1$, akkor $a = a(t) = 0$.

Mindegyik gyorsulásfüggvényénél $\lim_{t \rightarrow -\infty} a(t) = 0$.

A (4.12) függvény kezdőértéke

$$a_0 = a(0) = g_0(1 + \lambda^2), \quad \lambda \leq 0. \quad (4.15)$$

míg a t_e időpillanatban érvényes gyorsulás

$$a(t_e) = g_0. \quad (4.16)$$

A (4.13) és (4.14) függvények értéke a $t = 0$ helyen

$$a_0 = a(0) = g_0(1 - \lambda^2), \quad \lambda \geq 0. \quad (4.17)$$

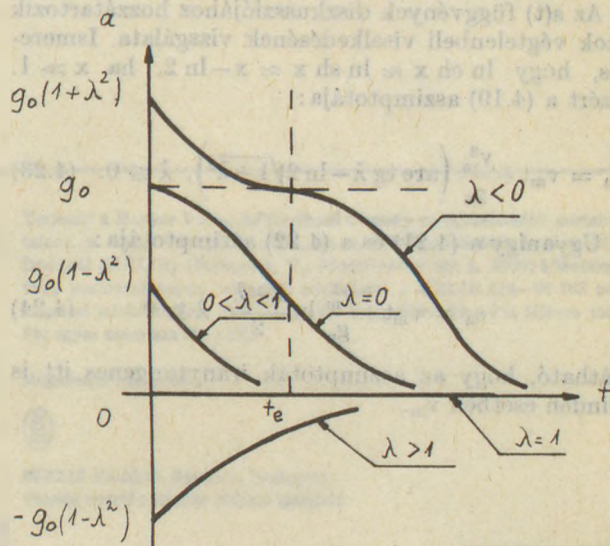
A gyorsulások a 15. ábrán láthatók. Összehasonlítva ezeket a 6. ábra görbéivel, azt tapasztaljuk, hogy $\lambda < 1$ mellett a két gyorsulás között lényegesebb eltérés van, bár az előjelviszonyok, a monotonitás és a végtelenben való viselkedés mindkét esetben hasonló.

Ugyanúgy számíthatók a gyorsulások akkor is, ha $g_0 < 0$.

Végül a $g_0 = 0$ -nak megfelelő megoldáshoz a (4.11) deriválásával jutunk:

$$a = a(t) = \frac{-\beta v_0 |v_0| m}{(\beta |v_0| t + m)^2}. \quad (4.18)$$

E gyorsulások jelleggörbéit szintén a 8. ábra mutatja.



15. ábra. A gyorsulás változása az idő függvényében, ha $g_0 > 0$ és $\alpha = 2$

4.3. Az út számítása

Az s utat a sebességfüggvény integrálásával az $s(0) = 0$ feltétel figyelembevételével számítjuk.

Ha $g_0 > 0$ és $v_0 \leq 0$, tehát $\lambda = \frac{v_0}{v_m} \leq 0$, akkor

$$s = s(t) = \begin{cases} -\frac{v_m^2}{g_0} \ln \cos \left(\frac{g_0}{v_m} t + \arctg \lambda \right) + s(t_e), & 0 \leq t \leq t_e \\ \frac{v_m^2}{g_0} \ln \operatorname{ch} \left(\frac{g_0}{v_m} t + \arctg \lambda \right) + s(t_e), & t \geq t_e, \end{cases} \quad (4.19)$$

ahol

$$s(t_e) = -\frac{v_m^2}{2g_0} \ln(1 + \lambda^2) = s_e, \quad \lambda \leq 0, \quad (4.20)$$

a szemcse fölfelé megtett útja. Itt felhasználtuk a (4.4) összefüggést, mely szerint a szemcse t_e ideig emelkedik, továbbá a $\ln \cos \arctg \lambda = -1/2 \ln(1 + \lambda^2)$ azonosságot. Könnyű meggyőződni arról, hogy $s(0) = 0$ és $s(t_e)$ a (4.20)-szal megadott érték. A (4.19) függvény két ága a t_e helyen közös deriválttal csatlakozik egymáshoz. Még a második deriváltak is megegyeznek, mert a gyorsulások is folytonosan csatlakoznak egymáshoz.

A (4.20)-ban szereplő $s_e = s_e(\lambda)$ függvény $g_0 > 0$ -ra a 16. ábrán látható. A függvénynek a $\lambda = -1$ helyen inflexiós pontja van. Az iránytangens értéke itt $\frac{v_m^2}{2g_0}$.

Ha $g_0 > 0$ és $0 \leq \lambda < 1$, akkor

$$s = s(t) = \frac{v_m^2}{g_0} \ln \left[\sqrt{1 - \lambda^2} \operatorname{ch} \left(\frac{g_0}{v_m} t + \operatorname{arth} \lambda \right) \right], \quad (4.21)$$

míg $\lambda > 1$ esetén

$$s = s(t) = \frac{v_m^2}{g_0} \ln \left[\sqrt{\lambda^2 - 1} \operatorname{sh} \left(\frac{g_0}{v_m} t + \operatorname{arcth} \lambda \right) \right]. \quad (4.22)$$

A (4.21) és (4.22) függvények jelleggörbéit a 9. ábra mutatja.

Ha $v_0 = v_m$, tehát $\lambda = 1$, akkor $s = s(t) = v_m t$.

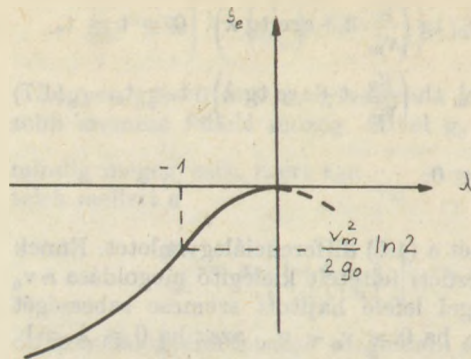
Az $s(t)$ függvények diszkussziójához hozzátartozik azok végtelenbeli viselkedésének vizsgálata. Ismeretes, hogy $\ln \operatorname{ch} x \approx \ln \operatorname{sh} x \approx x - \ln 2$, ha $x \gg 1$. Ezért a (4.19) aszimptotája:

$$s_a = v_m t + \frac{v_m^2}{g_0} \left(\arctg \lambda - \ln 2 \sqrt{1 + \lambda^2} \right), \quad \lambda \leq 0. \quad (4.23)$$

Ugyanígy a (4.21) és a (4.22) aszimptotája:

$$s_a = v_m t + \frac{v_m^2}{g_0} \ln \frac{1 + \lambda}{2}, \quad \lambda \geq 0 \quad (4.24)$$

Látható, hogy az aszimptoták iránytangens itt is minden esetben v_m .



16. ábra. Az emelkedési idő alatt megtett út változása λ függvényében, ha $g_0 > 0$ és $\alpha = 2$

Most kiszámítjuk a t_e emelkedési idő és a t_s súlyeredési idő összegét. Ez $\lambda < 0$ esetén ismét az $s(t)$ függvény pozitív zérushelye lesz. Legyen $t_e + t_s = t_0$. Keressük tehát a (4.19) $t \geq t_e$ ágán azt a t_0 abszciszszájú pontot, amelyre $s(t_0) = 0$. Ez az egyenlet t_0 -ra most zárt alakban megoldható és

$$t_0 = \frac{v_m}{g_0} \left(\operatorname{arch} \sqrt{1 + \lambda^2} - \arctg \lambda \right). \quad (4.25)$$

Mivel $\lambda < 0$ mellett $\operatorname{arch} \sqrt{1 + \lambda^2} < -\arctg \lambda$, ezért, a (4.4)-et is figyelembe véve:

$$t_0 > -\frac{2v_m}{g_0} \arctg \lambda = 2t_e, \quad (4.26)$$

aminek következtében $t_s > t_e$.

A sebesség és a gyorsulás értéke a $t = t_0$ helyen:

$$v(t_0) = v_m \operatorname{th}(\operatorname{arch} \sqrt{1 + \lambda^2}) = v_m \frac{-\lambda}{1 + \lambda^2}, \quad \lambda \leq 0, \quad (4.27)$$

$$a(t_0) = \frac{g_0}{\operatorname{ch}^2(\operatorname{arch} \sqrt{1 + \lambda^2})} = \frac{g_0}{1 + \lambda^2}, \quad \lambda \leq 0. \quad (4.28)$$

A (4.27) átalakításával igazolható, hogy

$$|v(t_0)| < |v_0|, \quad v_0 \neq 0. \quad (4.29)$$

Ha $g_0 < 0$, az úttal kapcsolatos számításokat hasonlóan végezzük el (10. ábra).

Végül, ha $g_0 = 0$, akkor a (4.11) integrálásával

$$s = s(t) = \frac{m \operatorname{sgn} v_0}{\beta} \ln \left(\frac{\beta |v_0|}{m} t + 1 \right). \quad (4.30)$$

Mint látható, ez a függvény nem korlátos. Ez fizikailag azt jelentené, hogy a szemcse a v_0 kezdősebesség hatására, súlyerő nélkül, végtelen idő alatt végtelen nagy utat tenne meg. Erre az ellentmondásra a 8. pontban visszatérünk.

(folytatása az 1986/1. számban)

A szerkesztésért felel:

Dr. Székely Ádám

Szerkesztőség:

Budapest VI., Anker köz 1 – 3. 1368

Telefon: 226-497

Felelős kiadó:

Feklen Pál

Kiadja:

Delta Szaklapkiadó és Műszaki Szolgáltató Leányvállalat

Budapest VII., Garay u. 5. 1317

Telefon: 215-440

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely hírlapkézbesítő postahivatalnál, a Posta hírlapüzletében és a Hírlapelőfizetési és Lapellátási Irodánál (HELIR) (Budapest, V., József nádor tér 1. 1900) közvetlenül, vagy postautalványon, valamint átutalással a HELIR 215-90 162 pénzforgalmi jelzőszámlára: Előfizetési díj: negyedévre 78,-Ft; félévre 156,-Ft; egyes szám ára 26,-Ft.


Megjelenik havonként



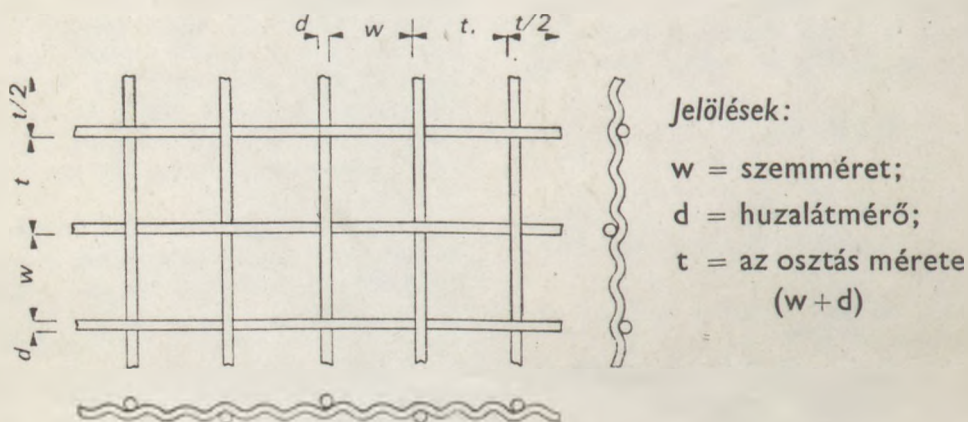
85/2319 Franklin Nyomda, Budapest
Felelős vezető: Mátyás Miklós igazgató

INDEX: 25250
HU ISSN 0013—970 X

Vibrátor-, rosta- és huzalszövetek

nagy választékban a  -től

Mérettartomány: $\pm 3 - 60$ mm



A szövetben minden lánchuzal minden vetülékhez váltakozva kereszteződik és egymással kb. 90° -os szöget zár be.

Táblaméretetek:

w – 20 mm alatt 1000×1200 mm
w – 20 mm felett 2000×6000 mm

Az alpméretnél kisebb táblaméretre darabolási költséget számítunk fel.

Felhasználási területek:

védőhálók, rosták, kerítéselemek, állattartó ketrecek,
díszítő térelválasztók stb.

A megrendelt fémszöveteket rövid határidővel szállítjuk kedves vásárlóinknak!

Forgalmazza:

MŰSZAKI ÁRUT ÉRTÉKESÍTŐ VÁLLALAT
8. számú osztálya
Budapest, V., Báthory utca 24.
Telefon: 112-031; Telex: 22-5542

Gyártja:

BALATONFŐI MGTSZ
8164 Balatonfőkajár
Telefon: (06) -80-72035
Telex: 32342