302935

9

ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari
Tudományos Egyesület
folyóirata

7

XXXVII. ÉVFOLYAM
BUDAPEST, 1985. JÚLIUS
ÉPÍTŐANYAG 37 (7) 193—224 (1985)

ÉPÍTŐANYAG

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

XXXVII. ÉVFOLYAM, 1985. 7. SZÁM, JÚLIUS

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

Vértesffy Katalin – Verdes Sándor: Kerámiai alapanyagok és masszák egyes fizikai-kémiai tulajdonságainak összefüggése a száríthatósággal 193
Zeifman, M. I.: Új perlitalapú építőanyagok 202
Scheuer Gyula – Schweitzer Ferenc: A kavicstermelést befolyásoló, hévíz okozta cementációs jelenségek 205
Ravaglioli Antonio – Krajewski Adriano: A fémprotézisek bevonására alkalmazható bioüvegek kutatása 211
Pethő Szilveszter: A statisztikai rezonanciáról (II.) 215
Könyvismertetés 214
Kitüntetettjeink ..... B/III

СОДЕРЖАНИЕ

Вертешффи, К.—Вердеш, Ш.: Взаимосвязь мажду физико-химическими свойствами керамических основных материалов (и их смесей) и их поведением при сушке 193
Зейфманн. М.: Новые строительные материалы на основе перлита 202
Шеуер, Дь.—Швейтцер, Ф.: Цементационные влияния, вызываемые термальными водами, на вырабатываемость гравия 205
Раваглиоли, А.—Краевский, А.: Йсследование биостекол для покрытия металлическик протезов 211
Пемё, С.: О статическом резонансе 215

INHALT

Vértesffy, Katalin – Verdes Sándor: Zusammenhang der physikalischdhemischen Eigenschaften von keramischen Grundstoffen mit der Trocknungsfähigkeit ... 193
Zeifman, M. I.: Neue Baustoffe auf Perlitbase 202
Scheuer, Gyula – Schweitzer Ferenc: Einfluss der vom Warmquellwasser verrusachten Zementationserscheinungen auf die Schotterproduktion 205
Ravaglioli, Antonio – Krajewski Adriano: Die Forschung der Biogläser für das Entstehen von Metallprothesen 211
Pethő, Szilveszter: Über die statistische Resonanz 215

COMTENTS

Vértesffy, Katalin – Verdes, Sándor: Connexion between Drying and Physical Chemical Characteristics of Ceramic Raw Materials and Bodies 193
Zeifman, M. I.: New Building Materials on Perlite Base 202
Scheuer, Gyula – Sshweitzer, Ferenc: Hot-Water Induced Phenomena in Gravel Quarries 205
Ravaglioli, Antonio – Karjewski, Adriano: Bioglasses for the Coating of Metal Proteeses 211
Pethő, Szilveszter: On Statistical Resonance 215

ÉPÍTŐANYAG

A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET FOLYÓIRATA

Kerámiai alapanyagok és masszák egyes fizikai-kémiai tulajdonságainak összefüggése a száríthatósággal

VÉRTESFFY KATALIN—VERDES SÁNDOR
Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

1. Irodalmi áttekintés a száradási érzékenységről

Kerámiai nyersgyártmányoknak azt a fontos tulajdonságát, hogy szárításuk közben repedésre, torzulásra hajlamosak, száradási érzékenységnek nevezzük. Ez függ a nyersanyagok tulajdonságaitól a megmunkálás módjától és a kiformázott idom sajátosságától [1.]

A száradási érzékenység jellemzésére különböző vizsgálati módszereken alapuló elméletek ismeretesek. Így Niesper a 2 μm alatti szemcsefunkció és a lineáris száradási zsugorodás alapján osztályozza a kerámiai anyagokat. Besorolása csak durva megközelítésre alkalmas, mivel valamennyi finomkerámiai plasztikus nyersanyag és massza a közepesen érzékeny csoportba esik [2].

Az anyagok száradási érzékenységét Keeling a 25 °C-on és 73%-os relatív nedvességtartalmú légtérben mért adszorpciós nedvességtartalommal jellemzi [3].

Más kutatók, így Macey, a száradó anyagban kialakuló nedvességgradiens mérése alapján határozza meg a száradási érzékenységet [4].

Hasonló elven alapuló módszert dolgozott ki Biehl és Müller, azzal a finomítással, hogy a fentieken túl a lineáris száradási zsugorodást és a száraz hajlítószilárdságot is figyelembe veszi. Különböző anyagok száradásközbeni viselkedésének okait kutatva megállapíthatják, hogy ez az agyagásványok mennyiségének és minőségének függvénye [5, 6].

Ismeretes, hogy hevítés során a különböző agyagásványok vízleadásának mértéke eltérő. Montmorillonitok 200—250 °C-ig nagy mennyiségű réteg közötti vizet adnak le, illitek vízleadása kisebb, míg a kaoliniteké, ugyanebben a hőmérséklet-tartományban minimális.

Varmalov és munkatársai, különböző agyagok derivatográfiás vizsgálatánál azt tapasztalták, hogy a termogravimetrikus görbe 100—200 °C közötti tömegcsökkenéséből következtetni lehet a száradási érzékenységre [7].

A módszer alkalmazhatóságát kérdésessé teszi az a tény, hogy agyagoknál a szerkezeti víz 0,2—3% között van, ami a termogravimetrikus görbe kiértékelését — az amúgy is bizonytalanabb alacsony hőmérsékletű szakaszban — nehezíti.

Kerámiai anyagok adszorpciós izotermái szintén felvilágosítást adnak az agyagásványok mennyiségére és minőségére. Mégpedig az agyagásványok mennyiségének növekedésével növekszik az azonos légállapotra vonatkoztatott egyensúlyi nedvességtartalom. Azonos agyagásványtartalom mellett a kaolinitnek a legkisebb az egyensúlyi nedvességtartalma, az illité közepes, míg a montmorilloniteké a legnagyobb. Az adszorpciós és deszorpciós izotermákból felvilágosítást kapunk az agyagok póluseloszlására is [8, 9]. Különböző hőmérsékleten felvett adszorpciós izotermákból a víz kötési energiája is számítható [8, 10].

A felülethez kapcsolódó adszorpciós víz mennyisége és a víz kötési energiája közötti összefüggésen alapul Alviset módszere. Vizsgálatai szerint azok az anyagok, melyek egy meghatározott hőmérséklettel és páratartalommal definiált légtérből több nedvességet kötnek meg adszorpciós nedvesség formájában, nehezebben száríthatók. Ennek oka a finomabb szemcseméret-eloszlás, a nagyobb fajlagos felület és agyagásvány tartalom [11].

A kötési energia a Kelvin egyenlet módosításával az alábbi összefüggéssel számítható:

$$C = 1{,}062\ T \lg \frac{p_0}{p} \quad (\mathrm{kJ/kg\ H_2O})$$

ahol C a kötési energia, T a hőmérséklet, p_0 a telített gőz nyomása T hőmérsékleten, és p a levegő gőznyomása.

2. Kísérleti rész

2.1. *A minták kiválasztása és előkészítése*

Kerámiai anyagok száríthatósággal összefüggő tulajdonságait és azok fizikai-kémiai okait kutatva 20 különböző anyagot választottunk ki, hogy azok a száradási érzékenység szempontjából minél szélesebb tartományt fogjanak be.

A minták a kis érzékenységű edény-masszától a száradásra rendkívül érzékeny bentonitig, teljes sorozatot képeztek [12, 13].

A különféle bányákból és üzemekből gyűjtött mintákat, átlagolás után, 105 °C-on tömegállandóságig szárítottuk, majd pofástörőn 5 mm alá törtük. Ezután porcelán golyósmalomban őröltük, a megfelelő homogenitás biztosítása végett.

Az őrléskor 0,7 kg ∅ 42 mm és 0,9 kg ∅ 24 mm-es porcelán őrlőtestet használtunk, 1,5–2 kg anyag mennyiség mellett. A malom fordulatszáma 86 min^{-1} volt.

Az őrlési idő az anyag minőségétől függően 1–2 óra között változott.

2.2. *Vizsgálati módszerek*

A kiválasztott mintáknál a száradási érzékenységet Alviset-féle módszerrel határoztuk meg.

A mintákból próbatesteket formáztunk és 66 °C-on öt különböző relatív nedvesség mellett (φ = 50%, 59%, 67%, 75%, 80%), meghatároztuk az egyensúlyi nedvességtartalmat. Ezeknek reciprokát a kötési energia függvényében ábrázolva egyenest kapunk, melyeknek helyzete és iránytangense a száradási érzékenységre jellemző.

Az Alviset-féle szám a 0,1 szárazsági mértékszám növekedéshez tartozó kötési energia változás kJ/kg H_2O-ban.

A szárazhajlítószilárdság vizsgálatához szükséges próbatesteket 1,6-os Pfefferkorn-féle összenyomódáshoz tartozó vízmennyiséggel készítettük. Az így elkészített masszát 24 órás pihentetés után dolgoztuk fel, Händle típusú vákuumprésen.

A hengeres próbatestek átmérője 20 mm, hossza 120 mm volt. Szikkasztás és 110 °C-on tömegállandóságig történő szárítás után törjük.

Az adszorpciós nedvességtartalmat 0,1 mm szitafinomságra porított 105 °C-on tömeg állandóságig szárított anyag 24 órás, 25 °C-on és 75% relatív nedvességtartalmú légtérben felvett nedvességtartalma alapján határoztuk meg.

A minták fajlagos felületének meghatározása volumetrikus adszorpciós készülékkel, −195 °C-on történt. Adszorbensként nitrogént használtunk, az értékeket BET egyenlettel számítottuk.

A minták előkészítésére 100 °C-on és 0,133 Pa nyomáson, 8–10 órás szívatást alkalmaztunk, amíg már deszorpció nem volt észlelhető. A 2 μm alatti frakciók mennyiségét Andreasen-féle szedimentációs pipettával végzett szemcseeloszlás alapján határoztuk meg. Peptizálószer $Na_2P_2O_7$ oldat volt.

A minták ásványtani összetételét röntgendiffraktométerrel határoztuk meg. Mint ismeretes, az illit és montmorillonit nagyon gyakran 1–2 μm szemcseméretű, s mint ilyen a röntgendiffrakciós vizsgálatnál méreténél fogva, nem ad reflexiót, így az összetétel-

1. táblázat. A minták szárítás szempontjából fontosabb kerámiai jellemzői

S.sz.	Adsz. nedv. [%]	< 2/um [%]	Sz. h.szil. [MPa]	Lin. szaradasi zsug. [%]
1.	1.25	45	2.38	5.6
2.	0.93	26	2.93	4.6
3.	1.42	49	2.05	6
4.	1.34	58	2.09	5.5
5.	1.95	66	-	-
6.	1.44	34	2.5	3.4
7.	2.71	52	9.41	7.5
8.	6.02	62	-	-
9.	3.11	55	5.38	6.7
10.	7.35	47	18.36	10.7
11.	12.24	31	-	-
12.	1.6	21	8.92	4.8
13.	2.69	26	11.67	7.6
14.	3.2	25	12.94	0
15.	4.8	54	17.63	0
16.	1.1	45	3.53	3.9
17.	1.1	35	2.55	3.1
18.	0.9	40	3.69	4.3
19.	2.3	34	-	-

k= 5 : Adszorpcios nedvessegtartalom %
k= 7 : 2 /um alatti frakcio %
k= 8 : Szaraz hajlitoszilardsag MPa
k= 9 : Linearis szaradasi zsugorodas %

S.sz.	Alviset-szám [-]	Kaolinit [%]	Illit [%]	Montmorillonit [%]	F.felület (BET) [m2/g]
1.	11	66	7	0	16
2.	11	41	11	0	12.5
3.	14	68	0	0	14.8
4.	16	78	11	0	14.6
5.	21	88	8	0	18.9
6.	26	48	12	0	11.1
7.	25	0	55	4	23.6
8.	38	0	73	10	42.5
9.	40	0	52	13	25.5
10.	125	22	0	21	31.4
11.	200	2	6	43	96.9
12.	29	16	18	2	12.8
13.	30	11	14	4	19.7
14.	59	10	18	10	22.6
15.	114	8	23	26	40.2
16.	13	42	7	0	10.6
17.	15	40	12	0	9
18.	18	51	0	0	13.2
19.	27	18	18	6	17.1

2. táblázat. A minták Alviset száma, fajlagos felülete és az agyagásvány tartalmak

ben röntgen amorfként szerepel. Ezért az oxidos összetétel, a derivatogram és a szemcseeloszlás figyelembevételével korrekciót alkalmaztunk [14, 15].

A minták szárítás szempontjából fontosabb kerámiai jellemzőit az *1. táblázatban* adjuk meg, míg a *2. táblázat* az Alviset-féle száradási érzékenységi számot, az agyagásványok mennyiségét és minőségét, továbbá a fajlagos felületet tartalmazza.

A *3. táblázat* az előbbi táblázatban szereplő sorszámokhoz tartozó minták nevét, illetve származását foglalja össze.

Sorszám (j)	A minta neve
1.	SARISAPI KAOLIN
2.	PETENYI I. KAOLIN
3.	'MEKA' KAOLIN
4.	ROBLINGI KAOLIN
5.	ZETTLITZI KAOLIN
6.	PETENYI II. KAOLIN
7.	HOLLOHAZI '79 ILLIT
8.	FUZERRADVANYI ILLIT
9.	HOLLOHAZI ILLIT
10.	RATKAI PETTYES
11.	ISTENMEZEI BENTONIT
12.	KERAMIA AGYAG
13.	ORBOTTYANYI AGYAG
14.	TATAI AGYAG
15.	MEZOTURI AGYAG
16.	EDENY MASSZA (1)
17.	SZIGETELO MASSZA
18.	EDENY MASSZA (2)
19.	CSEMPE PRESPOR

3. táblázat. A minták neve és sorszáma

3. Az adatok és a vizsgálati eredmények feldolgozása

A kapott adatok feldolgozására lineáris (egyszeres és többszörös) regressziót alkalmaztunk. A számítások elvégzésére személyi számítógépre (SINCLAIR ZX SPECTRUM 48k) programokat dolgoztunk ki. Az alábbiakban röviden ismertetjük a többváltozós lineáris regresszióval végzett számítások főbb lépéseit, a programhoz kapcsolódva.

3.1. *Az adatfeldolgozás főbb lépései*

1. Rendelkezésünkre áll m esetre (anyagra) vonatkozó n db adat, vagyis egy A (m, n) mátrix elemei (A(j, k)).
2. Minden változóra (minden oszlopra — k = l-től n-ig) meghatározzuk az átlagot, a maximumot és a minimumot és ezek előfordulási helyét (a j-t), valamint a szórást.
3. Az egyes változók közötti kapcsolat szorosságának jellemzésére számítjuk a K (n, n) kovariancia mátrix K (k, l) elemeit.
4. A lineáris regressziós analízis számításainak elvégzése [16, 17, 18]:

   i) A feltételezett összefüggés:

$$Y = X_1 = a + b_2X_2 + b_3X_3 + \ldots + b_kX_k + \ldots + b_nX_n \quad (1)$$

   ii) A fenti (1) egyenlet konstansainak meghatározása az alábbi egyenletrendszer megoldásával lehetséges:

$$(\sum x_2^2)b_2 + (\sum x_2x_3)b_3 + \ldots + (\sum x_2x_n)b_n = \sum x_1x_2 \quad (2a)$$

$$(\sum x_2x_k)b_2 + \ldots + (\sum x_1x_k)b_1 + \ldots + (\sum x_kx_n)b_n = \sum x_1x_k \quad (2b)$$

$$(\sum x_2x_n)b_n + \ldots + (\sum x_1x_n)b_1 + \ldots + (\sum x_n^2)b_n = \sum x_1x_n \quad (2c)$$

illetve az „a” az

$$a = M_1 - b_2M_2 - b_3M_3 - \ldots - b_nM_n \qquad (3)$$

összefüggéssel számítható, ahol $M_1, M_2 \ldots M_n$ az átlagokat jelöli.

A (2) alatti összefüggések segédmennyiségei általánosan a

$$(\sum x_1x_k) = \sum_{j=1}^{m} X_1X_k - mM_1M_k \qquad (4)$$

képlettel számíthatók. Így értelemszerűen a $\sum x_k^2$-re a

$$(\sum x_k^2) = \sum_{j=1}^{m} X_k^2 - mM_k^2 \qquad (5)$$

összefüggést kapjuk.

A képletekben a nagy $X_k - k$ a vizsgálati adatokat jelölik ($X_k = A(jk)$).

iii) A segédmennyiségek kiszámítása után a (2) alatti egyenletekkel adott egyenletrendszer megoldása.

iv) Az összefüggés szorosságának jellemzésére a többszörös korrelációs együttható számítása.

A kovariancia mátrix elemei alapján, az összefüggés megállapítása előtt, egyes változók kihagyhatók az értékelésből. A kidolgozott programok segítségével az összefüggés együtthatóinak meghatározása elvégezhető az adatok normálása után, vagyis amikor az A mátrix A (j, k) elemei helyett az

$$A\,(j, k) \rightarrow \frac{A\,(j,k) - \overline{X}\,(k)}{s\,(k)}$$

megfeleltetést alkalmazzuk, ahol $\overline{X}$ (k) és s (k) a k-ik változó átlagát, illetve szórását jelöli. Az így kapott értékek segítségével becsülhető a változók befolyásának egyenkénti és együttes mértéke is [19].

4. Az értékelés eredményei

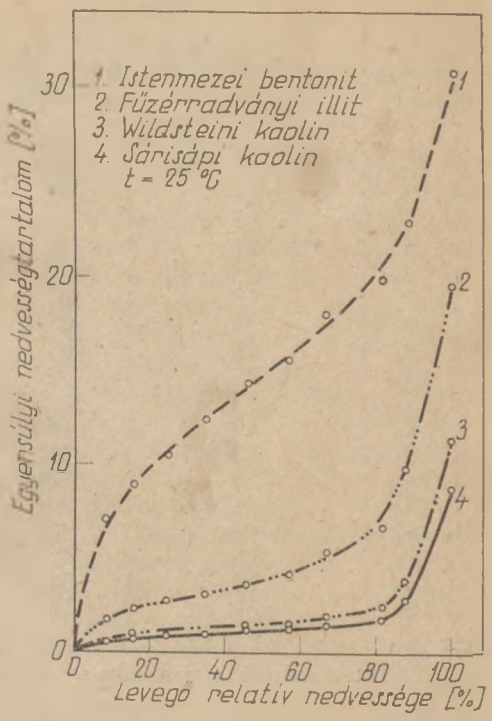
4.1 *Száríthatóság és a deszorpciós izotermák*

Szárítás szempontjából nagy jelentősége van az agyagok deszorpciós izotermáinak. Az *1. ábra* néhány jellegzetes finomkerámiai anyag 25 °C-on, vízgőzzel mért deszorpciós izotermáit mutatja. Ezek alakulását elsősorban az agyagásványok mennyisége és minősége határozza meg. Az izotermákból megállapítható a pórusoszlás, továbbá az, hogy makró, vagy mikró pórusok jelenléte a döntő, vagyis kell-e szárítási problémákkal számolni.

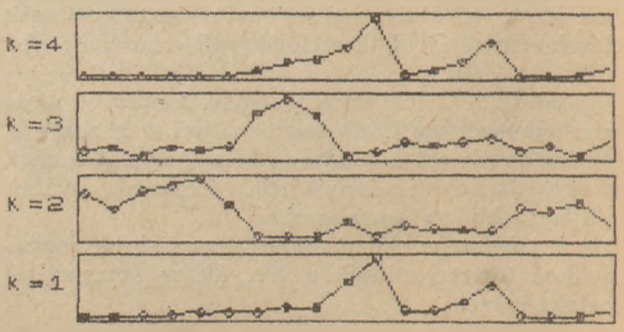
Az izotermák segítségével meghatározhatók a szárító levegő paraméterei és az adott körülmények között elérhető maradék nedvességtartalom.

Kerámiai anyagok teljes deszorpciós izotermáinak felvétele rendkívül hosszadalmas munka, ezért kerámiai gyakorlatban a deszorpciós izoterma egy szakaszát veszik fel, 50 és 80% relatív nedvességtartalom mellett, 66 °C-on Alviset javaslatára.

Munkánk során a vizsgált minták száradás közbeni viselkedésének jellemzésére az Alviset-féle száradási érzékenységi számot vettük alapul, mely különösen kis érzékenységű finomkerámiai anyagoknál bizonyult pontosnak, és jól reprodukálhatónak.



1. ábra. Deszorpciós izotermák



2. ábra. Paraméterek változása a sorszám függvényében

4.2 *Néhány összefüggés többszörös lineáris regresszió segítségével*

Elöljáróban az értékelésbe bevont változó néhány jellemzőjét mutatjuk be.

k = 1:	Alviset-szám	—
k = 2:	Kaolinit	%
k = 3:	Illit	%
k = 4:	Montmorillonit	%
k = 5:	Adszorpciós nedvességtartalom	%
k = 6:	Fajlagosfelület (BET)	m^2/g
k = 7:	2 μm alatti frakció	%

Az egyes változók átlagát (x) szórását (s) százalékos szórását (s/x · 100), továbbá a maximum és minimum értékét és helyét (j) a *4. táblázatban* foglaltuk össze, felhasználva a számítógépes nyomtatás eredményeit. Ugyancsak a *4. táblázat* tartalmazza a kovariancia mátrix elemeit.

A számítógépes program segítségével elemeztük, hogy az Alviset féle száradási érzékenységet hogyan befolyásolják az agyagásvány tartalmak. Az értékelés eredményeit az *5. táblázat* tartalmazza.

Szamitas idopontja: 1985. 5.2.

Keramia
Alviset

Az ertekeles szempontja :
7 valtozo
(n= 7 m= 19)

AZ ATLAGOK ES SZORASOK

	x	s	s/x [%]
k= 1	43.79	49.63	113.34
k= 2	32.05	28.47	88.83
k= 3	18.16	20.03	110.29
k= 4	7.32	11.52	157.51
k= 5	3.02	2.86	94.54
k= 6	23.84	20.07	84.19
k= 7	42.37	13.5	31.85

MAXIMUM — MINIMUM

k = 1	max= 200 (j=11)	min= 11 (j=2)
k = 2	max= 88 (j=5)	min= 0 (j=9)
k = 3	max= 73 (j=8)	min= 0 (j=18)
k = 4	max= 43 (j=11)	min= 0 (j=18)
k = 5	max= 12.24 (j=11)	min= 0.9 (j=18)
k = 6	max= 96.9 (j=11)	min= 9 (j=17)
k = 7	max= 66 (j=5)	min= 21 (j=12)

KOVARIANCIA MATRIX

1	-0.48	-.08	0.97	0.94	0.89	-.07
-0.48	1	-0.59	-0.58	-0.54	-0.48	0.27
-.08	-0.59	1	.08	0.14	0.15	0.36
0.97	-0.58	.08	1	0.94	0.92	-.01
0.94	-0.54	0.14	0.94	1	0.95	.04
0.89	-0.48	0.15	0.92	0.95	1	.04
-.07	0.27	0.36	-.01	.04	.04	1

4. táblázat. Statisztikai jellemzők

Az adatbevitel sorrendjében (j) az egyes jellemzők változását (a minimuma és maximuma között) a *2. ábra* szemlélteti. Az *5. táblázat* adataiból látszik, hogy az összefüggés jól közelíti a változásokat. A normálás után kapott eredményekből az is kitűnik, hogy a száradási érzékenység — a három agyagásvány közül — a legjobban a montmorillanit tartalomtól függ (b4 = 0,98) a befolyás mértéke (95%), a másik két komponens jelenléte csökkenti a száradási érzékenységet (b2 és b3 negatív) és a befolyás mértéke is jóval kisebb.

Ezek a megállapítások összhangban vannak az *1. ábráról* leolvasható tendenciákkal.

Hasonló értékelést végeztünk az agyagásványtartalmakat illetően a fajlagos (BET) felülettel kapcsolatban. Ezek eredményét — az előbbihez hasonlóan a *6. táblázat* tartalmazza.

Az összefüggés az előbbihez képest kevésbé szoros (R = 0,94). A befolyások mértéke tendenciájában hasonló az előbbihez.

4.3 *Néhány összefüggés a lineáris regresszió segítségével*

Kerámiai gyakorlatban, a 2 μm alatti frakció mennyiségével is szokás a száradási érzékenységet jellemezni [2, 20]. Az eddigi vizsgálatok alapján azt tapasztaltuk, hogy a száradási érzékenység, a 2 μm alatti frakció mennyisége, valamint a szemcseeloszlás között nincs közvetlen összefüggés.

Ezzel szemben az össz agyagásványtartalom és a 2 μm alatti frakció mennyisége között lineáris kapcsolatot tapasztaltunk, amint azt a *3. ábra* is szemlélteti.

A száraz hajlítószilárdság és a fajlagos felület kö-

Szamitas idopontja: 1985. 5.2.

Keramia
Alviset

Az ertekeles szempontja :
Alviset - Agyagasvanyok
(n= 4 m= 19)

A tobbszoros korrelaciosegyutthato:

R = 0.9877

Az egyutthatok:

a = 20.97
b2 = -.02
b3 = -0.41
b4 = 4.23

AZ OSSZEFUGGES:
Y = 20.97 + (-.02)*X2 + (-0.41)*X3 + (4.23)*X4

AZ ERTEKELES EREDMENYEI NORMALAS UTAN

Az egyutthatok:

a = 0
b2 = -.01
b3 = -0.17
b4 = 0.98

A befolyasok merteke:

k= 2 .0052
k= 3 .0134
k= 4 0.9569

R(x1,x2x3....xn)= 0.9685

5. táblázat. A regressziós számítás eredményei (Alviset-szám – agyagásványok)

A minták BET-féle nitrogén adszorpciós fajlagos felülete és az Alviset-féle száradási érzékenység közötti lineáris kapcsolat valamivel már szorosabb *(4. ábra)*. Az értékpárok közül a nagy fajlagos felületű és közepes érzékenységű füzérradványi illit, valamint a közepes fajlagos felületű és rendkívül nagy száradási érzékenységű rátkai pettyes kaolin, valamint a mezőtúri agyag ugrik ki.

Ennek oka, hogy a száradási érzékenység nem kizárólag a fajlagos felülettől, hanem az agyagásványok eltérő tulajdonságától is függ.

A későbbiekben vizsgáltuk, hogy a BET-féle nitrogén adszorpciós felület, milyen összefüggésbe hozható a kerámiai gyakorlatban elterjedten alkalmazott Keeling-féle adszorpciós nedvességtartalommal. Az *5. ábra* a 24 órás, 25 °C hőmérsékletű és 75% relatív nedvességtartalmú légtérben meghatározott adszorpciós nedvességtartalom és a BET-féle fajlagos felület összefüggését szemlélteti.

zötti összefüggést vizsgálva megállapítható, hogy a fajlagos felület növekedésével nő a hajlító szilárdság, vagyis a kis fajlagos felületű ún. tiszta kaolinok kisebb száraz hajlítószilárdsággal rendelkeznek, míg az illit és montmorillonit tartalom, mely nagyobb fajlagos felületet eredményez, növeli az anyagok hajlítószilárdságát.

Az összefüggést a hajlítószilárdság és a fajlagos felület között a *6. ábrán* mutatjuk be.

4.4. *A számítógépes értékelésről*

Végül szólni kell röviden a számítógépes értékelés előnyéről, lehetőségeiről.

A bemutatott értékelési, kezelési mód számtalan helyen alkalmazható. Az elvégzett számítások nem rendkívüliek – nagyobb számítógépeken néhány másodperces gépidő felhasználásával, könyvtár-progra-

mok felhasználásával könnyedén megkaphatók, *de* a korábbi kis zsebszámológépekhez viszonyítva ez már rendkívül sok munkát jelent. Hosszasan lehetne sorolni az előnyöket, de elég ha csak az újrafuttatásokat, javításokat, csoportosításokat, stb. említjük. Kisgépeknél ez általában ismételt adatbevitelt jelent(esetleg újból hibásan), nagy gépnél túl hosszú a „lánc", nincs olyan „személyes" kontaktus mint a személyi számítógépnél. Ez utóbbi külön is kiemelendő az eredmények megjelenítésével kapcsolatban.

A matematikai lehetőségeket nem szükséges hangsúlyozni, elég csak utalni a bemutatott eredményekben a normálás után végzett számításokra.

A „megjelenítés" — hagyományos módon — nagyon fáradságos munkáját végzi el az a programrész, amelynek eredményét szemlélteti a *2. ábra*.

Hasonló ábrázolás végezhető az adatok — vagy csak egyik változó — nagyságrendi rendezése után, vagy a változás szemléltethető valamelyik paraméter függvényében. Ilyen értékelést mutat a *7. ábra*, ahol a k = 1-hez tartozó változó (jelen esetben az Alvisetszám) függvényben — a maximuma és minimuma között — a másik három változó (itt: agyagásványtartalmak) értékei láthatók.

5. Következtetések, megállapítások

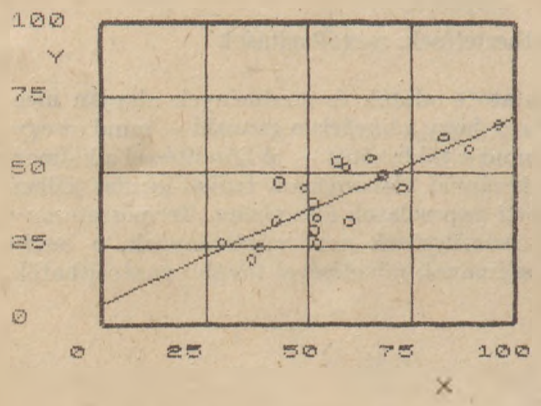
A bemutatott adatok és eredmények alapján megállapítható, hogy a lineáris regresszió — mind az egyszeres, mind a többszörös — jó közelítéssel alkalmazható a kerámiai alapanyagok fizikai-kémiai jellemzői közötti kapcsolatok feltárására. Természetesen a kapott összefüggések nem végérvényűek, a bevitt adatok számának növelésével tovább pontosíthatók.

```
Szamitas idopontja:    1985. 5.2.

                Keramia
                Alviset

        Az ertekeles szempontja :
           F.felulet - Agyagasvanyok
             ( n= 4   m= 19 )

    A tobbszoros korrelaciosegyutthato:

                        R  =  0.9386

        Az egyutthatok:

                    a  =  0.69
                   b2  =  0.18
                   b3  =  0.22
                   b4  =  1.83

                  AZ  OSSZEFUGGES:
    Y = 0.69 + (0.18)*X2 + (0.22)*X3 + (1.83)*X4

AZ ERTEKELES EREDMENYEI NORMALAS UTAN

        Az egyutthatok:

                    a  =  0
                   b2  =  0.26
                   b3  =  0.22
                   b4  =  1.05

    A befolyasok merteke:

        k= 2     -0.1232
        k= 3     .0333
        k= 4     0.9709

        R(x1,x2x3....xn)=  0.847
```

6. táblázat. A regresszió számítás eredményei (fajlagos felület – agyagásványok)

Y=ao+a1*X

r = 0.8258
a1 = 0.6175
ao = 6.8452

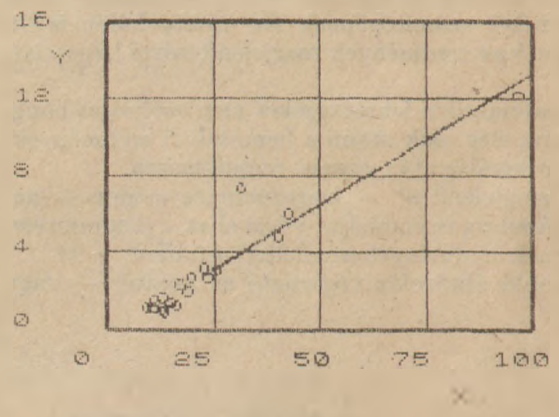


X : Agyagasvany tart [%] (k=10)
Y : 2 /um alatti [%] (k=7)

3. ábra. Összefüggés a 2 μm alatti frakció és az agyagásvány-tartalom között

Y=ao+a1*X

r = 0.9515
a1 = 0.1355
ao = -0.2073

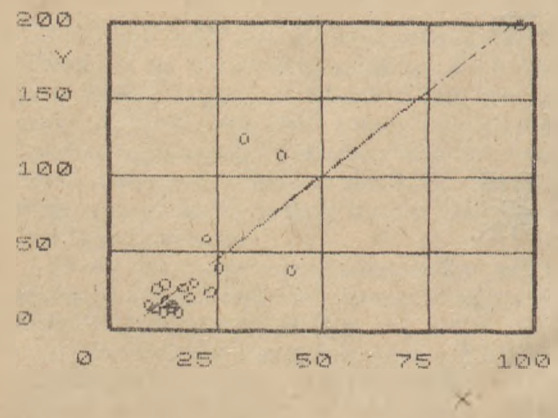


X : Fajlagosfelulet [m2/g] (k=6)
Y : Adszorpcios n [%] (k=5)

5. ábra. Összefüggés az adszorpciós nedvességtartalom és a fajlagos felület között

Y=ao+a1*X

r = 0.8914
a1 = 2.204
ao = -8.7582

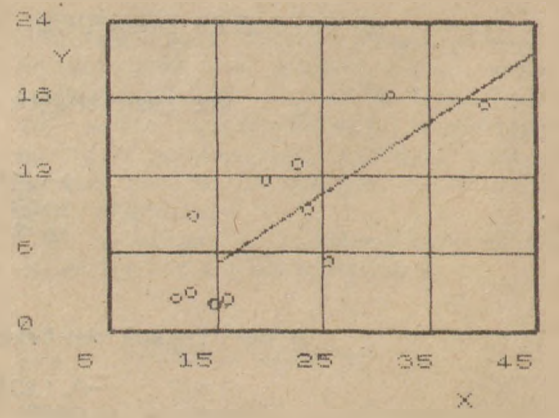


X : Fajlagosfelulet [m2/g] (k=6)
Y : Alviset-szam [-] (k=1)

4. ábra. Összefüggés az Alviset-szám és a fajlagos felület között

Y=ao+a1*X

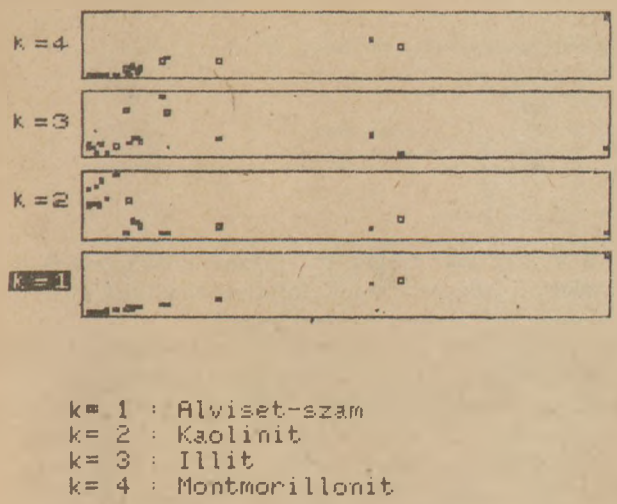
r = 0.842
a1 = 0.5526
ao = -3.1584



X : Fajlagosfelulet [m2/g] (k=6)
Y : Szaraz hajlit [MPa] (k=8)

6. ábra. A száraz hajlítószilárdság és a fajlagos felület összefüggése

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA



7. ábra. Az agyagásványok mennyiségének változása az Alviset-szám függvényében

Az értékelés alapján quantitatíve is jellemezni lehet a száradási érzékenység (Alviset-szám) és az agyagásványtartalmak kapcsolatát. A kapott összefüggés alapján becsülni tudjuk — pl. új termék szárítása előtt a massza száradási érzékenységét.

Az értékelésnek nincs vége, újabb adatok, más szempontok figyelembe vételével a számításokat folytatjuk. A matematikai és számítástechnikai módszert más területen is alkalmaztuk és alkalmazzuk, pl. energetikai értékelésnél.

IRODALOM

[1] *Bálint, P. – Vértesffy K.* (1975): Építőanyag 10. 361.
[2] *Niesper, A.* (1957): Die Ziegelindustrie 10. 469.
[3] *Tamás, F.* (1970): Szilikátipari laboratóriumi vizsgálatok. Műszaki Könyvkiadó, Budapest
[4] *Clews, R.* (1955): Heavy Clay Technology. Maclaren and Sons LTD, London.
[5] *Biehl, N. – Müller, H.* (1964): Deutsche Bauenzyklopädie VEB Verlag für Bauwesen, Berlin.
[6] *Roget, M.* (1976): L'Industrie Ceramique 691. 17.
[7] *Varlamov, V. P. – Kroichuk, L. A. – Toporkova, A. A.* (1976): Ceramugia 3. 147.
[8] *Imre, L.* (1974): Szárítási Kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
[9] *Likov, A. V.* (1952): A szárítás elmélete. Nehézipari Könyvkiadó, Budapest.
[10] *Seidl, G.* (1967): M. Kém. L. 5. 245.
[11] *Alviset, L.* (1966): Módszer a tégla- és cserépiparban hasznosított agyagok osztályozására száradási képességük alapján. Egyetemi doktori értekezés. Párizs
[12] *Vértesffy, K.* (1979): 7. IBAUSIL, Weimar
[13] *Vértesffy, K.* (1979): 2 – 82. sz. SZIKKTI Kutatási jelentés.
[14] *Takács, T. – Udvardy, M.* (1972): Építőanyag 10. 380.
[15] *Udvardy, M.* (1973): Építőanyag 12. 446.
[16] *Ezekiel, M. – Fox, K. A.* (1970): Korreláció és regresszió-analízis. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest
[17] *Vértesffy, K.* (1984): 20 – 2 – III/224. sz. SZIKKTI Kutatási jelentés.
[18] *Vértesffy, K. – Karaus, K. – Verdes, S.* (1984): CONSILOX IV. Cluj-Napoca.
[19] *Felix, M. – Blaha, K.* (1964): Matematikai statisztika a vegyiparban. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
[20] *Bálint, P. – Tóth, K.* (1973): Építőanyag 6. 208.

Vértesffy Katalin – Verdes Sándor: **Kerámiai alapanyagok és masszák fizikai-kémia tulajdonságainak összefüggése a szárithatósággal**

Kerámiai anyagok száradás közbeni viselkedésének jellemzésére egyik legalkalmasabb módszer az Alviset-féle száradási érzékenység. Ezt alapul véve elemeztük, hogy az egyes fizikai-kémiai jellemzők hogyan befolyásolják a száradási érzékenységet. A jellemzők között szerepelnek a fajlagos felület, a 2 μm alatti hányad, a lineáris száradási zsugorodás, száraz-hajlítószilárdság, adszorpciós nedvességtartalom és az agyagásvány (kaolinit, illit, montmorillonit) tartalmak. Az összefüggések számszerűsítésére egyszeres, illetvet többszörös lineáris regresszió alkalmaztunk, személyi számítógép segítségével.

Az eredményekből többek között megállapítható, hogy a száradási érzékenységet legnagyobb mértékben a montmorillonit, kisebb mértékben az illit befolyásolja, míg a kaolinit tartalom hatása elenyésző.

Вертешффи, К., Вердеш, Ш.: **Взаимосвязь между физико-химическими свойствами керамических основных материалов (и их смесей) и их поведением при сушке**

Для характеристики поведения керамических материалов при сушке наиболее пригодным является метод испытания чувствительности к высушиванию Альвизета. На основании этого был проведен анализ влияния отдельных физико-химических параметров на чувствительность при сушке. Среди исследованных характеристик были следующие: удельная поверхность, доля фракций менее 2микрон, линейная усадка при высыхании, прочность на изгиб в сухом состоянии, адсорбционная влажность, а также содержание глиняных минералов (каолинита, иллита, монтмориллонита). Для расчета зависимостей применялась однократная и многократная линейная регрессия, расчеты проводились с помощью портативной вычислительной мащины.

Из полученных результатов были сделаны следующие главные выводы: наибольшее влияние на чувствительность при сушке оказывает монтмориллонит, менее существенное влияние оказывает иллит, а влияние каолинита является незначительным.

Vértesffy, Katalin – Verdes, Sándor: **Zusammenhang der physikalischchemischen Eigenschafsten von keramischen Grundstoffen mit der Trocknungsfähigkeit**

Für die Charakterisierung der keramischen Stoffe während der Trocknung ist das geeignete Methode die Bestimmung der Alviset-schen Trocknungsempfnclichkeit. Auf Grund derer wurde die Wirkung der einzelnen physikalisch-chemischen Einflussgrössen auf die Trocknungsempfindlichkeit analysiert. Die Einflussgrössen sind: spezifische Oberfläche, der Anteil unter 2 μm, lineare Trocknungsschwindung, die trockene Biegefestigkeit, das Adsorptions-Feuchtegehalt und das Gehalt an Tonmineralien (Kaolinit, Illit, Montmorillonit). Für die Numerisierung der Zusammenhänge wurde einmalige, bez. vielfache lineare Regression mit der Hilfe eines Personalcomputer angewandt.

Aus den Ergebnissen kann festgestellt werden, dass die Trocknungsempfindlichkeit in grösstem Masse durch das Montmorillonit, in kleinerem Mass durch das Illit beeinflusst ist, während die Wirkung des Kaolinitgehaltes verschwindend ist.

Vértesffy, Katalin – Verdes, Sándor: **Connexion between Drying and Physical-Chemical Characteristics of Ceramic Raw Materials and Bodies**

Sensitivity against drying (Alviset No) was determined, jointly with the physical-chemical properties of the material. These include: surface area, fine (≧ 2 μm) particle size fraction, linear drying shrinkage, green flexural strength, adsorbed moisture content and clay mineral content (kaolinite, illite, montmorillonite separately). The interconnexion of these values, both by simple and by multiple linear regression was computed. Drying sensitivity is primarily influenced by the montmorillonite-, and (to a lessor extent) by the illite content of the clay or body, while the effect of kaolinite is negligible.

Új perlitalapú építőanyagok

ZEIFMAN, M. I.
Moszkvai Kujbüsev Építőmérnöki Egyetem

Bevezetés

Az ásványkészletek véges volta megköveteli új, hatékony kitermelési és feldolgozási eljárások kifejlesztését. Ez az eredményes természetgazdálkodás legfontosabb feladata.

Annak ellenére azonban, hogy mind a kitermelő-, mind a feldolgozóipar fejlett technikával rendelkezik, a kitermelt ásványmennyiség erőteljes megnövekedése folytán az utóbbi évtizedekben jelentős ásványveszteségek tapasztalhatók. Ez különösen a vulkanikus kőzetek kitermelésében és feldolgozásában érezteti hatását, ami az említett kőzetek települési jellegzetességeivel, a kitermelés és feldolgozás körülményeivel függ össze.

Mindezeket figyelembevéve, a kutatások olyan technológiák kialakítására irányultak, amelyekkel a perlit nyersanyag komplex, teljes felhasználása érhető el. A végső cél olyan építőanyagok és termékek előállítása, amelyek mind rendeltetésüket, mind minőségüket tekintve megfelelnek az építőipar korszerű követelményeinek.

Kísérleti eredmények

Az *1. ábra* olyan technológiai megoldások vázlatát mutatja be, amelyekkel teljes mértékben — többek között építőanyagokká — dolgozhatók fel a vulkanikus üveg- és perlithulladékok.

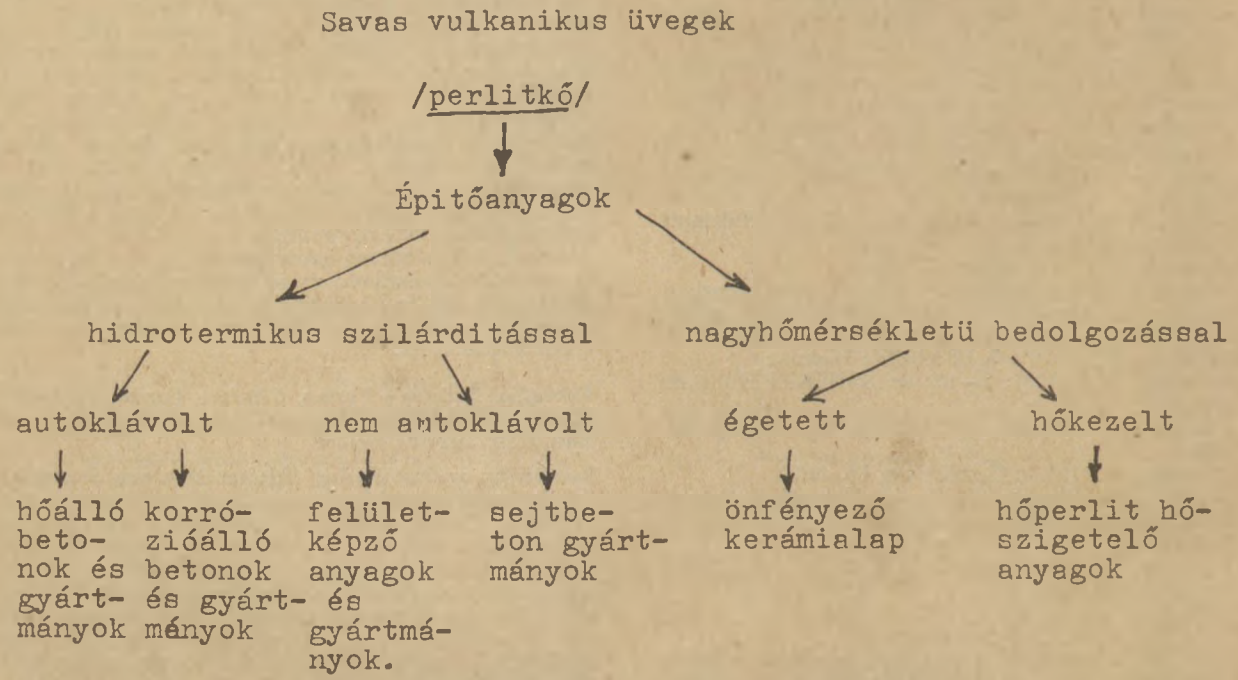
A vulkanikus üvegek keletkezési körülményeit és szerkezeti jellegzetességeik folytán lúggal és $Ca(OH)_2$-vel nagy mértékben reakcióképesek.

$t = 80-95$ °C hőmérsékletű gőzölés mellett optimális arányú, 3500—4000 cm^2/g fajlagos felületű perlitkőporból (Blaine szám), őrölt, égetett mészből és gipszből álló normál konzisztenciájú pép kötési tulajdonságai alkalmasak 25—45 MPa szilárdságú, $K_p = 0{,}7-0{,}98$ vízállóságú és 70—81% fehérségű ($BaSO_4$ szerinti) mesterséges szilikátkő előállítására [1]. Ezzel a kötőanyaggal, valamint különböző adalékanyagokkal — tufafeldolgozási hulladékkal, litoid habkővel, természetes salakkal, agyagkaviccsal stb. — esztétikus építészeti hatást keltő felületképző anyagok és termékek állíthatók elő.

Az említett kötőanyagból és kvarchomokból (fajlagos felület = 1200—2000 cm^2/g) autoklávolást nem igénylő sejtbeton blokkok készíthetők, amelyek testsűrűsége 500—700 kg/m^3, nyomószilárdsága 2,5—3,5 MPa, fagyállósága 25 cikluson felüli, s amelyek falusi építkezésekre alkalmasak.

Normál sűrűségű, marónátron oldattal kevert perlitporból készült pép $t = 160-191$ °C hőmérsékletű gőzölés, ill. $\tau = 8-4$ órai érlelés után olyan kötő tulajdonságokkal rendelkezik, amelyekkel 30—60 MPa szilárdságú, $K_p = 0{,}85-0{,}95$ vízállóságú mesterséges alumínium-szilikátkő állítható elő [2].

A lúgos keverő-oldatot azért alkalmazzák, mert a nagy szilíciumdioxid-tartalmú üvegek eredeti szerke-



1. ábra. Technológiai megoldások a perlitkő építőanyaggá való komplex feldolgozására

1. táblázat

Hő- és korrózióálló betonok fizikai és műszaki jellemzői

Jellemzők megnevezése	Mértékegység	Anyagtulajdonságok jellemzői		
		hőálló anyagok		korrózióálló anyagok
		samot adalékanyagú	agyagkavics adalékanyagú	
Átlagos testsűrűség	kg/m³	2000	1450	2150
Max. szilárdság				
– nyomó	MPa	50	20	50
– húzó		–	–	4,3
Poisson-tényező		–	–	0,22
Fagyállóság	ciklus	–	–	100
Vízállóság (Kp)		–	–	0,94
Korrózióállóság H_2SO_4, Na_2SO_4, $CaCl_2$-ben	%	–	–	91, 93, 92
Szulfátállóság	%	–	–	94
Alkalmazási hőmérséklet	°C	1350	1100	500
Égetés utáni nyomószil.	MPa	80	35	–
Tűzállóság				
kötőanyag	°C	1750	1210	–
beton		1800	1180	–
Égetési zsugorodás	%	0,8	1,0	–
Alakváltozási hőmérséklet terheléskor	°C	(0,2 MPa)	(0,15 MPa)	
kezdet		1350	1100	–
4% alakváltozás		1570	1150	–
törés		1650	1200	–
Hőállóság	ciklus	(1300 °C-víz)	(800 °C-víz)	–
		35	35	–

zete a ≡Si—O kötés erős kovalens jellege folytán csekély hidrolitikus destrukcióval rendelkezik a vízben.

Lúgos keverő-oldat hatására azonban az oldatban megnövekszik az OH^--ionok koncentrációja, amelyek a kovalens ≡Si—O kötések polarizációját és elszakadását idézik elő. A vulkanikus üvegszerkezetnek — a szilícium ionok alumínium-ionokkal való izomorf szubsztritúciójából eredő — fölös negatív töltését a Na^+ ill. K^+ nagyméretű kationok beépülése ellensúlyozza, amelyek a szintetizálandó új képződmények vázszerkezetének üregeiben helyezkednek el, az alumíniumoxid-szilikát gyök általános képletével $[Si_{n-m}\,Al_m\,O_{2n}]^{-m}$.

A cementálló képződmények szerkezete azonos a nagy kovasav-tartalmú természetes zeolitokéval (nordenit, klinoptilolit, fillipszit, heilandit stb.) és számos jellegzetes tulajdonságot biztosít a kötőanyagoknak: savállóvá, agresszív közegekkel és magas hőmérséklettel szemben ellenállóvá teszi. Ennek alapján sikerült olyan hőálló betont nyerni, amelyet tégla- és építőipari porcelán-égetőkemencék szállítókocsijának bélelésére alkalmaznak, valamint fokozottan korrózióálló betonokat és gyártmányokat előállítnai [3] (1. tábl.)

Kémiai összetétel szempontjából a perlitkő az eutektikus összetételhez áll közel. A lúgos alumíniumszilikát vulkáni üvegek olvadéka igen nagy — a szilícium-dioxid olvadékához hasonló — viszkozitással rendelkezik. Jellemző rá a lágyulás nagy hőmérséklet-intervalluma a likvidusz-hőmérsékleten, mely a szilícium-dioxid olvadási hőmérsékleténél jóval alacsonyabb.

Mindez indokolta, hogy az önfényező kerámialap technológiájának kidolgozásakor perlitkő nyersanyagból indultak ki [4]. A technológia lényege, hogy keverőoldatként lúgos oldatot használnak, amelynek egyenletes eloszlását a félkészgyártmány teljes vastagságában a szárítás folyamán biztosítják [5].

A perlitkőpor alapú önfényező kerámialap igen magas értékű tulajdonságokkal rendelkezik, különösen a betonhoz tapadást (adhéziót) és a savval, valamint savas oldatokkal szembeni ellenállást tekintve [6].

Az épületek és létesítmények határolószerkezeteinek hőállóbbá tétele, hőenergetikai berendezések biztonságosabb és gazdaságosabb üzemelésének előmozdítása nagyhatású hőszigetelő anyagok alkalmazását igényli.

E tekintetben a legnagyobb jövőt a duzzasztott perlithomok ígéri, amelyet jó hőszigetelőképesség, biológiai ellenállóképesség és tűzállóság, valamint aránylag csekély költség jellemez. A belőle készített hőszigetelő termékekhez azonban különböző szerves és ásványi kötőanyagok is szükségesek, amelyek növelik a hővezetőképességet, a gyártmányok tömörségét, csökkentik az alkalmazási hőmérséklet, viszont ezáltal megdrágítják a terméket.

Az elmondottak alapján olyan technológiát fejlesztettek ki, amellyel duzzasztott perlithomokból és enyhén lúgos keverőoldatból alacsony hőmérsékletű hőkezelés mellett különböző alakú, típusméretű és rendeltetésű hőszigetelő gyártmányok állíthatók elő. Ezek közös műszaki elnevezése: termoperlit.

A termoperlit gyártmányok nyersanyagkompozíciója két fő összetevőből: duzzasztott perlithomokból és lúgos keverőoldatból áll.

A termoperlit gyártástechnológiája a következő fontosabb műveleteket tartalmazza: lúgos keverőoldat készítése, ezzel a duzzasztott perlit megnedvesítése kényszerüzemű habarcs- vagy betonkeverőgépben, félkésztermék-formázás (sajtolással vagy hengerléssel,) végül a hőkezelés.

A hőkezelés 400—600 °C hőmérsékleten, 3—1,5 órán keresztül (a hőmérséklettől függően) történhet, vagy pedig hőlökéses eljárással, 700—800 °-on, 5—2,5 percig; a gyártmányok tömörségétől, ill. vastagságától függően.

A termoperlit gyártmányok tömörsége a duzzasztott perlithomok halmaz sűrűségétől, valamint a tömörítési tényezőtől függ, mely utóbbi a fajlagos sajtolási nyomás függvénye, nagysága pedig 150—200 kg/m^3. Az ilyen testsűrűségű termoperlit nyomószilárdsága 0,3—0,6 MPa, hajlítószilárdsága 0,15—0,25 MPa, hővezetőképessége 25 °C mellett λ = 0,05—0,057 W/m °C, illetve 300 °C mellet, 200 kg/m^3 testsűrűségű termoperlit esetén λ = 0,103 W/m °C.

A termoperlit gyártmányok 600 °C-ig terjedő meleg felületek hőszigetelésére alkalmazhatók.

Hajlítószilárdságuk növelése érdekében azbesztszál, vagy lúgálló ásványgyapot adalék alkalmazható, tömegük 5—7%-ában.

Az azbeszt- vagy ásványgyapotszállal erősített termoperlit gyártmányok szilárdsági jellemzői a következők (200 kg/m^3 átlagos testsűrűség esetén): azbeszttel erősített gyártmányok nyomó- és hajlítószilárdsága 0,7 MPa ill. 0,45 MPa; lúgálló ásványgyapottal erősített gyártmányoké pedig 0,7 ill. 0,35 MPa.

Az azbesztszállal erősített termoperlit gyártmányok (azbesztermoperlit) energetikai berendezések hőszigetelésére szolgálnak.

Ha a termoperlit építőipari hőszigetelésre kívánják felhasználni, térbeli hidrofobizálásra van szükség: a gyártmányok felületén víztaszító filmképző réteget kell kialakítani, a felület hidrofóbb eleggyel való átitatása céljából.

A hőátadási ellenállás (R_0) 100 mm vastagságú, termoperlit hőszigeteléssel ellátott háromrétegű panelek esetén 2,03 m^2 °C/W.

Összefoglalás

1. A perlitkő értékes nyersanyag, amelyből különböző rendeltetésű építőanyagok állíthatók elő. Ezért a perlitkőzet kitermelésének megszervezésekor, majd a belőle készülő duzzasztott perlit és perlitgyártmányok előállításával kapcsolatban olyan komplex feldolgozási rendszert kell kialakítani, amely megakadályozza ennek az értékes nyersanyagnak a veszteségét.

2. Perlit-nyersanyagból, megfelelő feldolgozással különböző tulajdonságú és rendeltetésű építőanyagok és gyártmányok készíthetők, amelyeknek előnyei: a kis energiaszükségletet, az egyszerű gyártástechnológia, a jó minőség és a csekély önköltség.

IRODALOM

[1] *Merkin, A. P.—Zeifman, M. I.—Vlaszov, V. V.:* (1983), Sztroitelnie materiali, 2

[2] Av. Szv. N 679439.B.i., N. 42, 1979

[3] *Merkin, A. P.—Zeifman, M. I.:* (1983) Referativnaja informacija, szer.8., vip.6, VNIIESzM, M., 1983.

[4] Av. Szv. N 1004305, B.i. N 9, 1983

[5] *Merkin, A. P.—Zeifman, M. I.—Senkao, M. A.:* (1983) Szteklo i keramika, N 10

[6] Av. Szv. N 662535, B.i. N 18, 1979

Zeifman, M. I.: **Új perlitalapú építőanyagok**

A kutatások olyan technológiák kialakítására irányultak, amelyek a nyers-perlit komplex felhasználását segítik elő.

A nyers-perlit megfelelő feldolgozással számos újszerű építőanyagot és gyártmányt fejlesztettek ki, amelyeknek előnyei: a kis energiaszükséglet, az egyszerű gyártástechnológia, a jó minőség és a csekély önköltség.

Зейфман, М.: **Новые строительные материалы на основе перлита Исследования были направлены на разработку таких технологий, которые открывают возможности для комплексного использования сырого перлита.**

Автором были разработаны такие технологии переработки сырого перлита, на основании которых могут быть изготовлены новые строительные материалы и изделия при пониженной затрате энергии и использовании относительно простых технологий. Эти материалы имеют хорошее качество и низкую себестоимость.

Zeifman, M. I.: **Neue Baustoffe auf Perlitbase**

Die Forschungen sind auf die Gestaltung solcher Technologien gerichtet, die die komplexe Verwendung des rohen Perlits helfen. Durch die entsprechende Aufbereitung des rohen Perlits wurden zahlreiche neuartige Baustoffe entwickelt, die die folgenden Vorteile haben: niedriger Energiebedarf, einfache Herstellungstechnologie, gute Qualität und geringe Selbstkosten.

Zeifman, M. I.: **New Building Materials on Perlite Base**

Researches aimed at the complex utilisation of raw perlite are outlined. Several new applications are described, enabling the manugacture of products which have a low energy demand, simple technology, high quality and low cost.

A kavicstermelést befolyásoló, hévíz okozta cementációs jelenségek

SCHEUER GYULA*—SCHWEITZER FERENC**

* Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat, Budapest
** MTA, Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest

1. Bevezetés

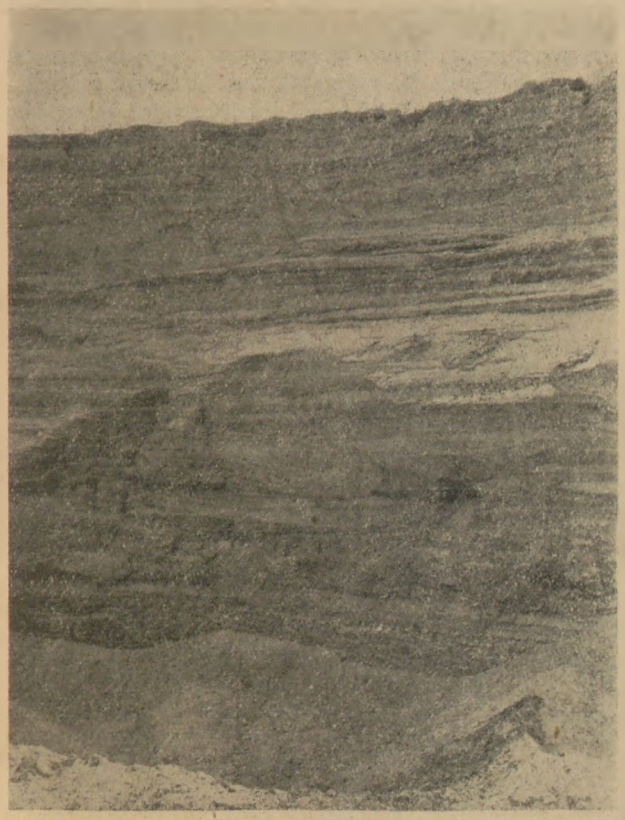
Az építőipari kavicsbányáknál — amelyeknek anyagát túlnyomó részben betonadalékként hasznosítják — gyakran tapasztalják, hogy az eredetileg laza, kézzel vagy géppel könnyen fejthető szemcsés üledékek helyileg annyira cementálódtak, hogy a termelésre zavarólag hatnak. Az ilyen cementálódott rétegszakaszok belső meddőnek minősíthetők és csökkentik a kitermelés gazdaságosságát. Egyes bányáknál annyira fokozódhat e jelenség, hogy a termelés beszüntetését okozhatja, mert a cementálódott anyag nagy keménysége miatt az alkalmazott szokványos művelési módokkal nem fejthető, továbbá kifejlődésénél fogva építőipari célokra nem hasznosítható.

Miután mennyiségileg és minőségileg rontó tényezőként értékelhető a kavicsbányászattal kapcsolatban, megfigyeléseket végeztünk keletkezésük okainak tisztázása érdekében. A bányafelvételek során azt tapasztaltuk, hogy nem elszigetelt jelenségként mutatkozik, hanem a középhegységi területeken kiemelt helyzetben levő kavics előfordulásoknál nagyon gyakoriak. Különösen a Gerecse-hegység északi peremterületein az édesvízi mészkőelőfordulásokhoz kapcsolódva figyelhetők meg nagy számban, de kimutathatók többek között a Bakonyban és a Gödöllői-dombvidéken is.

2. Az utólagos cementáció okai

A hegy és dombvidéki területeken kiemelt helyzetben nagyon gyakoriak a különböző genetikájú és korú kavicselőfordulások. Ezek eredetileg a képződési körülményeknek megfelelően kötőanyag nélkül halmozódtak fel, függetlenül származásuktól, legyenek delta, abráziós vagy terasz kavicsok *(1. ábra)*. A laza kavicsanyagban helyileg utólagos cementációs jelenségek lépnek fel *(2. ábra)*, amelyek a vizsgálatok és megfigyelések szerint hévizes forrásműködéssel hozhatók egyértelműen kapcsolatba, mert a cementáció mellett egyéb forrásműködésre utaló jelenségek is kimutathatók. Így a kavicsos rétegek cementálódása a források által a mélyből szállított mészanyag kiválasztásával magyarázható.

A Gerecse hegységben nagyon szoros összefüggés van a feküt képező kavicsösszlet cementációs jelen-



1. ábra. Az Általér terasz anyagára telepített géppel fejthető utólagos cementáció nélküli kavicsbánya (Gerecse hegység)

2. ábra. A hévforrások okozta utólagos cementáció delta kavicsban (Mogyoród)

ségei és az édesvízi mészkő megjelenése között, amelyeket a hévízű karsztforrások halmoztak fel. A fekü kavicsok cementációja az idősebb (középső-pleisztocénnál idősebb) édesvízi mészkő előfordulásoknál általában megtalálható.

Ilyen cementált kavicsanyag — konglomerátum — képezi feküjét többek között a Kőpitei *(3. ábra)*, a Les-hegyi, a Csúcsos-hegyi *(4. ábra)* és a Pockői édesvízi mészkő előfordulásoknak. Az egykori forrásműködést jelzik még a kavicsösszletben megfigyelhető ásványkiválások is. A Gerecse-hegységben annyira szoros e két képződmény közötti kapcsolat, hogy a cementálódás a pliocén kori (pannoniai) és a negyedidőszaki kavicsoknál bizonyítottan jelzik az egykori ásványi sókban gazdag hévízű forrásműködést és e hegységrésznél tapasztaltak joggal kiterjeszthetők az összes középhegységi területekre. Tehát lerögzíthetjük, hogy ahol a laza kavicsos összletekben helyileg utólagos cementálódás figyelhető meg, azokat mészben gazdag hévízű forrásfeltörések okozták. Természetesen más tényezők is okozhattak helyileg cementációt, de ezek megjelenés formái élesen eltérnek a forrásműködés által létrehozottakétól.

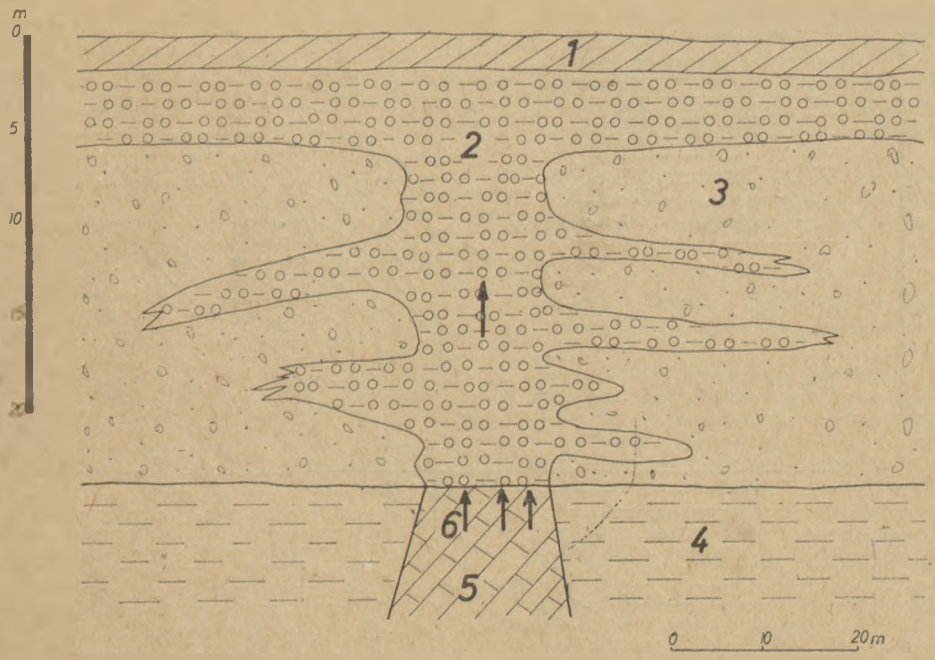
A hévforrás okozta utólagos cementálódásnak *kétféle típusát* lehet megkülönböztetni. Az *első* esetnél a cementálódást olyan felszálló vizű források okozták, amelyek alulról a kavicsösszleten áttörtek. A kavicsanyag — tapasztalatunk alapján — rátelepül és befedi, a vízvezető rendszerint karbonátos kőzetet, amelyből a forrásvíz származik.

Miután a forrásvíz alulról a kavicsösszletet teljes vastagságban átjárja a kiválás és a cementálódás a forrásfeltörési központok környezetében a legerőteljesebb és attól távolodva fokozatosan csökken.

4. ábra. A Csúcsos-hegyi utólagosan cementálódott kavics előfordulás

3. ábra. A kőpitei édesvízi mészkő előfordulás alatti összecementálódott kavicsösszlet (Gerecse hegység)

A cementáció mértéke egyrészt függ az egykori források karbonát tartalmától. A mészanyag a forrásvízben oldva a föld mélyéből jut a kavicsösszletbe és a vízfeltörés környezetében a kavicsok pórusaiban kicsapódik, így összeragasztja azokat. Így a keletkezés módja elsődleges és a kiválás közvetlen. Az erőteljes mészkicsapódást az okozza, hogy a cementációt előidéző hévizek igen gazdagok oldott anyagokban, főleg kalciumban és feltételezhetően CO_2 gázban, ezért nagyon labilis kémiai állapotúak. Az a kémiai egyensúly, amely egy adott nyomás és hőmérséklet mellett kialakult a föld mélyében a kavicsösszletbe történő belépés pillanatában megbomlik, mert megváltoznak azok a feltételek, amelyek a forrásvízben levő anyagok oldatban tartását lehetővé tették. A kiválás lényegében három tényezőre vezethető vissza: a) nyomáscsökkenés, *b*) hőmérsékletcsökkenés, c) CO_2 gáz eltávozása a vízből. Így az oldott mészanyag a feltörés közvetlen környezetében mind addig kiválik, amíg az új helyzetnek megfelelő kémiai egyensúly ki nem alakul. Ezért a hévizes kavicscementáció annak köszönheti keletkezését, hogy a források közül a víztartóból történő kilépés pillanatától kezdve azonnal dinamikus mészkiválás indul meg és ez a legerőteljesebb a vízkilépés helyénél és attól távolodva csökken. Ezért ahol a kavicsos üledékekben függőleges irányban legerőteljesebb a mészkiválás, azon a helyen valószínűsíthetők az egykori forrásfeltörési helyek *(5. ábra)*.



5. ábra. Alulról feltörő hévíz okozta forrás körüli cementáció áttekintő szelvénye
1. recens talaj, 2. cementálódott kavics, 3. kavicsösszlet, 4. rossz vízvezető fekükőzet, 5. vízvezető karbonátos kőzet, 6. vízbeáramlás egykori helye a kavicsösszletbe.

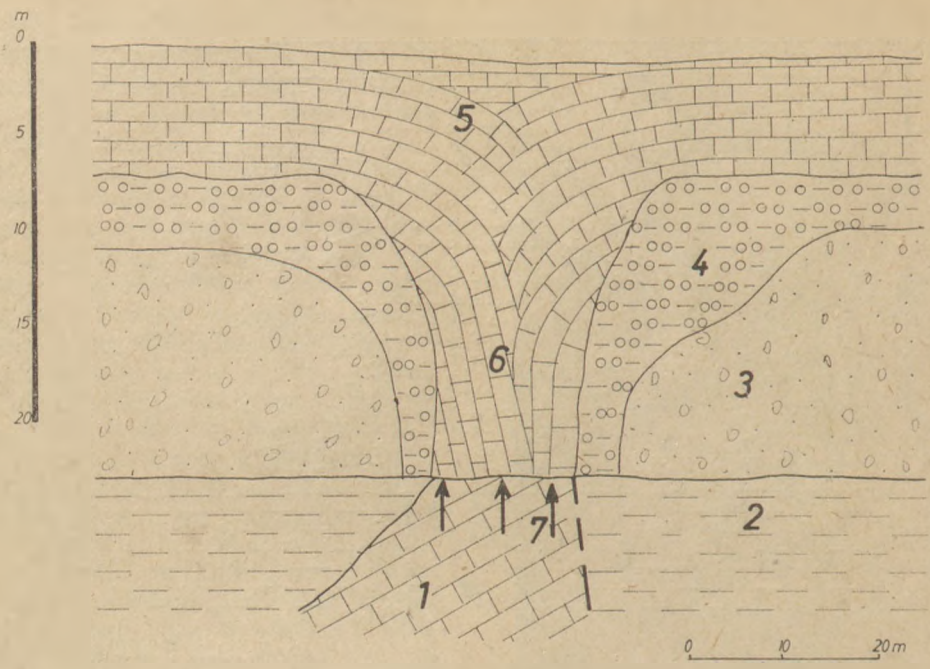
A cementáció erőssége természetesen függ az egykori forrásvizek karbonát tartalmától. Azoknál a forrásoknál, ahol nagy volt a mésztartalom, ott nagyobb kiterjedésű és erőteljes utólagos cementáció figyelhető meg, ahol pedig a mész mennyisége kisebb volt, azoknál területileg és erősségét tekintve is a cementáció alárendeltebben jelentkezik. Ennek megfelelően a cementáció elterjedéséből és erősségéből vissza tudunk következtetni az egykori hévizek mésztartalmának megközelítő nagyságrendjére.

A cementáció mértéke másrészt függ az egykori forrásfeltörések vízhozamától és területi elterjedésétől. Azokon a helyeken ahol csak egyedi forrásműködés volt, ott csak annak feltörési körzetében alakul ki cementáció *(6. ábra)*. De ahol már több forrás lépett ki egymás közelében forráscsoportot alkotva azokon a helyeken már a cementáció kiterjedése nagyobb területen figyelhető meg. Ahol pedig többszáz méteres körzetben törtek fel a források forrásterületet képezve (pl. a Tatai források), ott a cementáció elterjedése is jelentős nagyságú területrészen mutatható ki. Ezért ilyen helyeken a kavicsbányászat felhagyásával kell számolni.

6. ábra. A forrás feltörési centrumban összecementálódott kavics (Mogyoród)

A *második* esetben a cementációt nem az alulról feltörő források okozzák, hanem olyan forrásvizek, amelyek ráfolynak a szemcsés üledékek felszínére és azt átitatva 1—2 m vastagságig cementálják. Ez csak akkor következik be, ha a kavics fedőjében nincs rossz- vagy gyenge vízvezető tulajdonságú agyagos-iszapos képződmény, mert ha az települ a kavicsra, akkor nem figyelhető meg felületi cementáció. E típusnál a lefolyás mentén keskenyebb-szélesebb sávban hosszabban mutatható ki a cementáció, de előfordul olyan eset is, amikor a forrásvíz kisebb-nagyobb tócsákat, tavakat alkot, akkor a cementáció ezek alatt következik be.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a kavics kitermelést akadályozó cementációs jelenségeket különböző vízhozamú, felszálló vizű, jelentős oldott sótartalmú (legalább 1000 mg/l feletti) kalciumban gazdag hévizek hozták létre. Ahol pedig kovásodás figyelhető meg, ott a vizek jelentős kovaanyagot hoztak fel a mélyből magukkal. A források genetikailag többféle típusba sorolhatók. Megkülönböztethetők összetett és poligenetikus vizek. Az összetett vizeknél egyszerűbb származás valószínűsíthető és összefüggésbe hozhatók a mai hévizű karsztvizek őseivel, azzal az eltéréssel, hogy egykor az utóvulkáni hatás [6, 7] erőteljesebben érvényesült mint napjainkban és ezért e vizeknél nagyobb oldott só és gáztartalom (CO_2) tételezhető fel. E megállapítást a mai forrásoknál végzett megfigyelések is alátámasztják, mert a mai karsztos hévizeknél, amelyek hasonlóan a régiekhez 10—15 m vastagságú kavicsösszleteken törnek keresztül, csak jelentéktelen karbonát kiválás figyelhető meg.



7. ábra. A kavicsos összlet közé beékelődő forrástölcsérben képződött édesvízi mészkő áttekintő szelvénye

1. vízvezető kőzet, 2. vízzáró üledék (agyag), 3. laza kavicsos összlet, 4. cementálódott kavics, 5. fedő édesvízi mészkő, 6. édesvízi mészkő a forrástölcsérben, 7. egykori vízkiáramlási helyek a tároló kőzetből.

A poligenetikus forrásvizeknél bonyolult keletkezés valószínűsíthető. E vizeknél több nem mindig egyenlő erősségű ásványosodási folyamat játszódott le. Az ilyen vizek rendszerint nagy oldott sótartalmúak, nagy hőmérsékletűek és gázosak. A kalcium mellett sokféle ásványi anyagot tartalmaznak, így pl. kova anyagot is. A vizek származásilag összekapcsolhatók a vulkáni utóműködéssel. Természetesen az előzőekben felsorolt két víztípus között átmeneti formák is megkülönböztethetők.

A fentiek alapján összefoglalóan megállapítható, hogy a kavicscementáció a korábbi vízföldtani viszonyokkal áll szoros kapcsolatban.

3. Az utólagos cementáció típusai és kifejlődés formái

A mész és esetleg kovaanyagban gazdag források által létrehozott utólagos kavicscementálódásnak számos változatát, típusát lehetett megfigyelni, továbbá egy-egy egykori forrásterületen ahol a korábbi vízföldtani viszonyok nagyon kedvezőek voltak a cementációs formáknak egész összefüggő rendszere képződött.

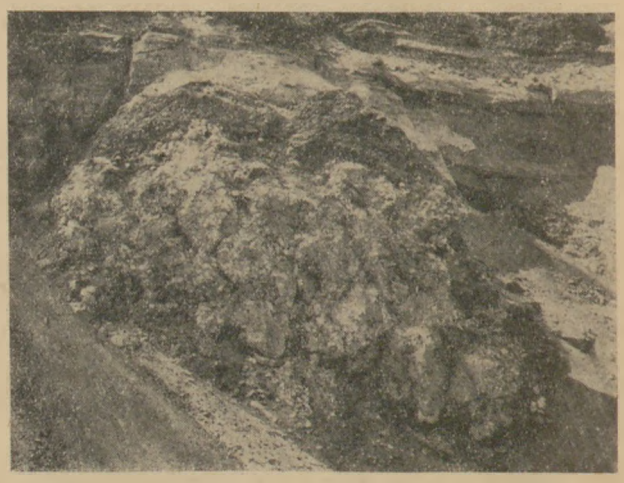
A megfigyelések alapján a forrás működéstől és a vizek kémiai összetételétől függően a cementáció elterjedése lehet *korlátozott*, amikor csak szűk területen mutatkozik és lehet *hatalmas*, amikor többszáz méteren keresztül nyomozható.

A cementáció lehet:

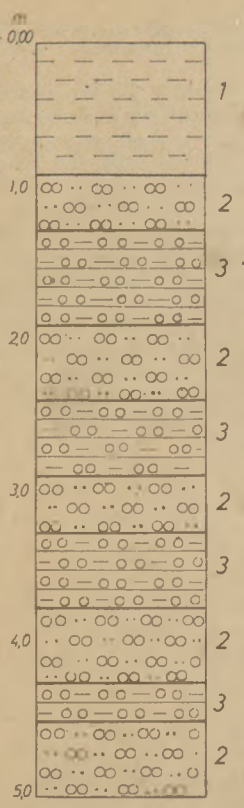
a) felületi, amikor a kavicsösszlet felső része cementálódott össze,

b) *tömbös*, amikor a kavicsösszlet teljes vastagságában cementálódott. Ez a forrásfeltörési központok környezetében mutatható ki. A megfigyelések szerint előfordulnak olyan esetek is, amikor a forrástölcsérekben — amelyek keletkezése a erőteljes vízfeláramlás anyag kihordásával magyarázható — édesvízi mészkő képződik. Így a kavicsos összletbe édesvízi mészkőtest ékelődik be. Erre példaként a *7.* és a *8. ábrát* mutatjuk be.

c) *Réteges*, amikor a cementáció a kavicsos összleten belül meghatározott kitüntetett irányokhoz egy-egy réteghez kapcsolódik *(9. ábra)*. Ennek a megjelenésformának keletkezése, illetve kialakulása azzal értelmezhető, hogy a kavicsos összletben vannak nagyon jó vízáteresztő rétegek és ilyen jellegű adottságaik kedveztek a hévíz áramlásának, így a mészkiválásnak. Az előzőekben ismertetett formák jelentkezhetnek egyedileg, de kimutathatók együttesen is egymásból kifejlődve.



8. ábra. A kőpitei kavicsos összlet forrástölcsérében képződött édesvízi mészkő



9. ábra. Rétegmenti cementálódás szelvénye Mogyoródnál
1. Tavi agyag, 2. laza delta kavics, 3. cementált kavicsréteg.

Vizsgálva a kavicsösszletek hévíz okozta cementálódásának egy-egy területen belüli egymáshoz viszonyított helyzetét és azok számát különböző megjelenés formák ismerhetők fel. Megkülönböztethetők egyedi, kettős, csoportos — ez utóbbi akkor ha szétszórtan jelentkezik — továbbá egy meghatározott irány mentén kifejlődött cementációs szakaszok.

Összefoglalva a kavics kitermelést befolyásoló hévíz okozta cementációs jelenségekkel kapcsolatos ismereteinket megállapítható, hogy a cementációnak különféle megjelenésformái és típusai lehetnek és keletkezésüket a korábbi vízföldtani és vízkémiai adottságok és a kavicsosösszlet változatos rétegzettségi viszonyai határozzák meg. Az utólagos cementáció fellépése egyes előfordulásoknál — ahol igen erőteljes forrásműködés volt, — oly mértékig nehezítheti a termelést és a belső meddő mennyiségét, hogy a bányászat megszüntetését eredményezheti. Ezért a kavicskutatások során e jelenségekkel is számolni kell és a bányanyitási javaslatoknál indokolt figyelembe venni.

IRODALOM

[1] *Bartha F. és munkatársai:* A magyarországi pannonkori képződmények kutatásai. Akadémiai Kiadó, *Budapest*, 1974.

[2] *Benkő F. és munkatársai:* Ásványkutatás és bányaföldtan. Műszaki Könyvkiadó, *Budapest*, 1970.

[3] *Kertész P.:* Mérnökgeológia. Tankönyvkiadó, *Budapest*, 1977.

[4] *Scheuer Gy – Schweitzer F.:* A Gerecse és a Budai-hegység édesvízi mészkőösszletei és képződésüknek geomorfológiai és geokronológiai sajátosságai. Kandidátusi disszertáció. Kézirat, 1984.

[5] *Schréter Z.:* A Budai- és Gerecse hegység peremi édesvízi mészkő előfordulásai. *A MÁFI Évi Jelentése az 1951. évről*, 1953. 111 – 146.

[6] *Vitális Gy – Hegyi I.-né:* Hidrotermális és metaszomatikus jelenségek a Dunai andezithegységgel határos mészkő területeken. *Hidrológiai Közlöny*, 53. 1973. 213 – 211.

[7] *Vitális Gy – Hegyi I.-né:* Hidrotermális kőzetváltozások a Dunai andezithegységgel határos dolomit területeken. *Hidrológiai Közlöny*, 54. 1974. 162 – 169.

dr. Scheuer Gyula – dr. Schweitzer Ferenc: **A kavics kitermelését befolyásoló hévíz okozta cementációs jelenségek**

Az építőipari célokra bányászott – betonadalékanyag – kavicsos üledékeknél gyakran tapasztaljuk, hogy az eredetileg laza könnyen fejthető anyag helyileg meszes vagy kovás oldatok hatására termelést zavaró méretekben összecementálódik. Az ilyen anyag belső meddőnek minősíthető és csökkenti a kitermelés gazdaságosságát.

Az utólagos cementáció a vizsgálatok és a megfigyelések szerint termális forrás tevékenységgel hozható kapcsolatba, mert a cementáció mellett egyéb forrásműködésre utaló jelenségek is megfigyelhetők. Így a kavicsos rétegek összecementálódása a források szállította mészanyag kiválásával magyarázható.

A legerőteljesebb az egykori forrástörési centrumok környezetében és attól távolodva hatása fokozatosan csökken. Az utólagos cementációnak különböző típusai figyelhetők meg, így rétegmenti, tömbös, felületi stb. Az utólagos cementáció fellépése egyes előfordulásoknál – ahol igen erőteljes forrásműködés volt – oly mértékig fokozhatja a belső meddő mennyiségét, hogy a termelés fenntartását megkérdőjelezheti.

Шеуер, Дь., Швейтцер, Ф.: **Цементационные влияния, вызываемые термальными водами, на вырабаты вае; мость гравия**

При использовании для строительных целей-в качестве бетонного заполнителя-гравийных осадков часто наблюдаются затруднения, связанные с тем, что этот материал, имеющий в исходной состоянии рыхлую, хорошо вырабатываемую форму, под влиянием местных известковых или же кремнесодержащих растров, испытывает цементацию. Такой материал характеризуется как внутренняя выскрышная порода и снижает эффективность выработки.

Вторичная цементация-согласно проведенным испытаниям и наблюдениям-связанас влиянием термальных источников, так как наряду с цементированием наблюдаются также и другие явления, указывающие на влияние источников. Так например, цементирование гравийных слоев может быть объяснено выделением известкового материала, транспортиворанного этими источниками.

Наиболее сильным является цементирование в районах, где имелись ранее центры выхода источников на поверхность, а по мере удаления от них степень цементирования постепенно снижается. Наблюдаются различные типы вторичной цементации, по ходу слоя, блочная, поверхностная и т.д. Проявление вторичной цементации в отдельных месторождениях-обычно там, где ранее имела место активная деятельность термальных источников-может настолько увеличить количество внутренней вскрыши-что ставит под вопрос ведения выработки пород в этих районах.

Scheuer, Gyula – Schweitzer, Ferenc: **Einfluss der vom Warmquellwasser verursachten Zementationserscheinungen auf die Schotterproduktion**

Beim Abbau der für die Bauindustrie – z.B. Betonzuschlagstoffe – dienenden Schotterbodenschätzen kann man oft beobachten, dass das ursprünglich lose, leicht abbaubare Material infolge der Wirkung von Kalk bzw. kiesel-

haltigen Lösungen in störendem Mass zementiert ist. Dieses Material kann als Taubgestein qualifiziert werden und vermindert die Wirtschaftlichkeit der Produktion.

Die nachträgliche Zementation kann – nach den Untersuchungen und den Erfahrungen – mit der Tätigkeit von Thermalquellen in Verbindung gesetzt werden, weil neben der Zementation auch übrige, auf die Quelle-Tätigkeit hinweisende Erscheinungen beobachtet werden können. So ist die Zementation der Schotterschichte mit dem Ausscheiden des durch die Quellen geförderten Kalkes zu erklären.

Die Zementation ist die stärkste in der Umgebung der Aufbruchzentren der Quellen und vermindert sich stufenweise mit der Entfernung davon. In der nachträglichen Zementation kann man verschiedene Type beobachten, z.B. schichtenlange, blockartige Zementation, Oberflächenzementation, usw. Bei manchen Vorkommen kann die nachtragliche Zementation so stark auftreten, das die Wirtwchaftlichkeit der Produktiob fragwürdig ist.

Scheuer, Gyula – Schweitzer, Ferenc: **Hot-Water Induced Phenomena in Gravel Quarries**

Gravel deposits quarried for the production of concrete aggregates often contain parts cemented by carboniferous or siliceous solutions to such an extent that it may even disturb stoping. This material can be considered as dead rock, thus the economy of production is deteriorated. Cementation is a secondary process, a consequence of hot-water spring activity, as not only cementation but also other spring-induced phenomena were detected. The cementation of gravel can be explained by the precipitation of calcareous material transported by the spring. Cementation is most intensive around the ancient spring centre and gets less intensive outside. Several types of secondary cementation can be observed in Hungarian gravel quarries: layered, block-like or surface ones. Intensive cementation may even hinder economic gravel production.

Új lapunk: az Impulzus

Impulzus címmel 1985. októberétől új lap szól a műszaki értelmiséghez és a technika világa iránt érdeklődők széles táborához. Az MTESZ keretein belül lezajlott viták során érlelődött meg az a gondolat, hogy a Műszaki Élet és a Fórum helyett, azok haladó hagyományait megőrző, de koncepciójában sokkal többre hivatott új lapra van szükség. Olyan lapra, amely a technikai haladás érdekében nemcsak az MTESZ 170 ezres tagságából, hanem a társadalom minden rétegéből aktív olvasótáborra tehet szert, és valóban impulzust, serkentést adhat gyorsabb ütemű műszaki előrehaladásunknak.

Az Impulzus arra vállalkozott, hogy fórumot teremt műszaki fejlődésünk fontos kérdéseinek megvitatásához, felgyorsítja az információáramlást a munkahelyükön technikai megújulásra törekvő szakemberek között, friss tájékoztatást ad a technikai haladás legújabb eredményeiről – részben hazai, részben külföldi forrásokból merítve információt. Határozott célja a lapnak az is, hogy a műszaki értelmiség szakmai érdekvédelmével, társadalmi helyzetével rendszeresen foglalkozzék, s az olvasók a lapot ilyen szempontból is saját fórumuknak érezzék.

A Műszaki Élethez hasonlóan egyelőre az Impulzus is kéthetenként jelenik meg, de más formátumban, nagyobb terjedelemben, a legkorszerűbb fényszedéses eljárással és ofszet nyomással, ami növelte ugyan a lap eladási árát (16,50 Ft) de a gazdag tartalom és a jobb kivitel ezt messzemenően ellensúlyozza.

Az Impulzus szerkesztőbizottságának elnöke Vámos Tibor akadémikus, a lap főszerkesztője Szentgyörgyi Tibor. A szerkesztőség a műszaki szakemberekre nemcsak mint olvasókra számít, hanem mint cikkeikkel, ötleteikkel, javaslataikkal, észrevételeikkel velük kapcsolatot kereső kollégákra is. Az Impulzus szerkesztőség címe: 1027 Budapest, II. Fő u. 68. Telefon: 150–216.

A fémprotézisek bevonására alkalmazható bioüvegek kutatása

RAVAGLIOLI, ANTONIO—KRAJEWSKI, ADRIANO
Kerámiai Technológiai Kutató Intézet, Faenza

A faenzai Kerámiai Technológiai Kutató Intézetben a biokerámiai anyagok nagy jelentőségét felismerve, néhány éve kutatást indítottak az alumínium-oxidból előállítható implantátumok kifejlesztésére és a fém protézisek korróziójának megakadályozására. Az utóbbi feladatot a bioüveges bevonatok alkalmazásával látták legcélszerűbben megoldani. Azonban már a kutatás kezdetén több probléma merült fel, amelyek közül néhányat ebben a cikkben ismertettünk.

A fémprotézisek bioüvegekkel történő bevonása szükségessé teszi a fém és a bioüveg, ill. a bioüveg és a külső környezet közötti kölcsönhatás paramétereinek vizsgálatát. Ezek a paraméterek közeli kapcsolatban vannak a zománcok fizikai-kémiájával, valamint a határrétegek kölcsönhatásával. Ezek a kölcsönhatások különböző erők következményei, amelyeket befolyásolni nehéz mivel természetüket nem ismerjük eléggé. Vannak ugyan elméleti munkák, amelyek a határfelületek kölcsönhatását kívánják értelmezni, ezek azonban túlzottan leegyszerűsített modelleket vizsgálnak, s így csak minőségi következtetések levonására alkalmasak [1, 2].

A zománc és a fém reaktivitása által meghatározott minőségi jellemző tenzorok, amelyeket egyszerű lineáris algebrai egyenletek koefficiensei helyett mátrix koefficiensek definiálnak.

Mindezideig kevés kísérlet történt a mátrixok konkretizálására vagy azért, mert a probléma bonyolult, vagy azért, mert sok paraméter fizikai szempontból digitálisan nehezen fejezhető ki. A felmerülő problémák ismeretében, véleményünk szerint az egyetlen lehetséges megközelítési mód a legfontosabb és meghatározó paraméterek kiválasztása. Azt is figyelembe kell venni, hogy ezek a paraméterek, amellett hogy a rendszerek egymáshoz viszonyított viselkedését az előidézett kölcsönhatások miatt megváltoztatják, egyben ugyanazon rendszeren belül függetlenek is egymástól. Így pl. egyes anyagok bizonyos viszkozitás és felületi feszültségbeli változásokat idéznek elő, amelyek nem egyszerűen az adott anyag koncentrációjától függenek, hanem az anyagok asszociációjára is érzékenyek. Például az adhézió a felületi feszültségtől is függ, de bizonyos kedvező felületi feszültséget biztosító anyagok jelenléte az üveg és a fém kölcsönhatását, ill. az üveg tulajdonságait kedvezőtlenül befolyásolhatja. Így tehát sokféle kapcsolat és összefüggés lehet közöttük, amelyeket lehetetlen elkülöníteni és összegezni [3].

Ditzel [1] szerint a zománcokban nagy szerepet játszanak bizonyos adalékanyagok, amelyek a viselkedését úgy változtatják meg, hogy az üvegrendszer összes tulajdonsága a fém felületéhez való illeszkedését segíti elő.

A fellépő fizikai-kémiai és technológiai problémák

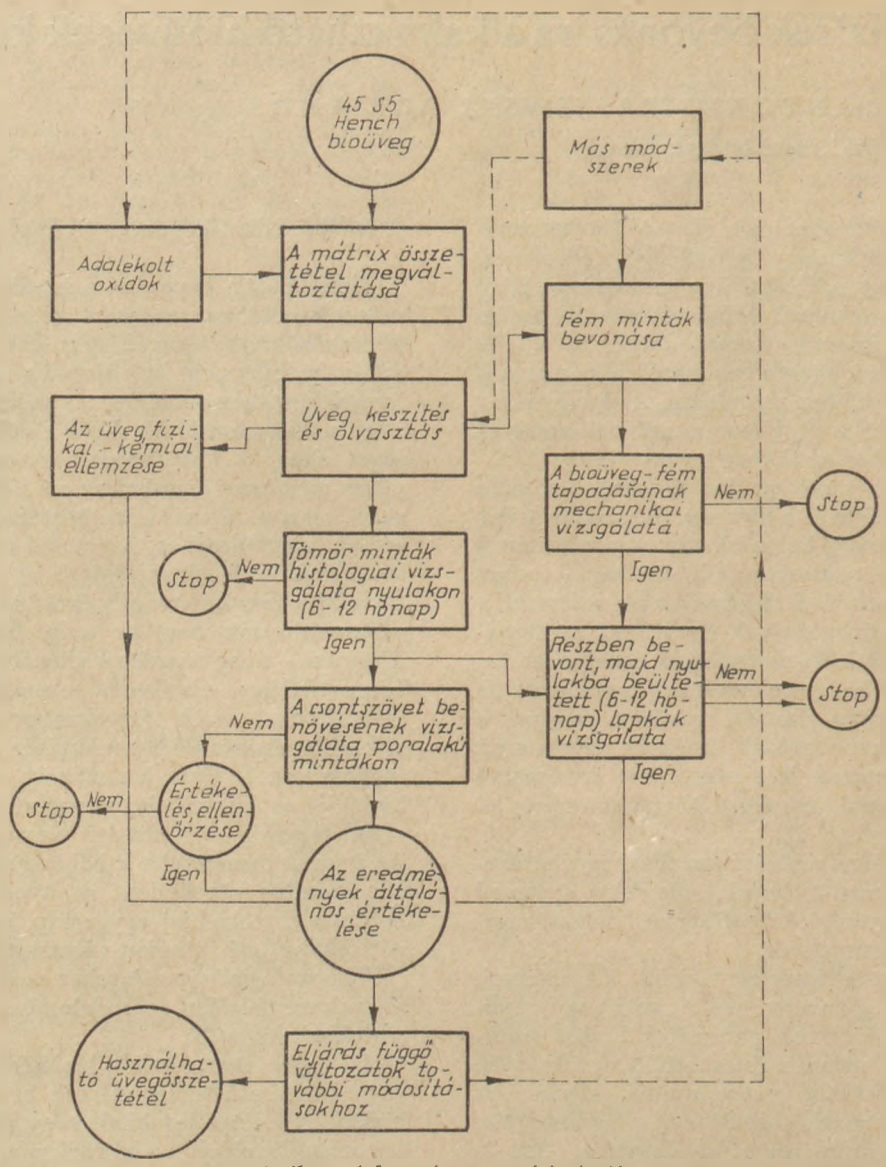
A fémfelületek bevonására használt közönséges zománcok esetében, amelyeket pl. a háztartási edények és eszközök gyártásánál használnak, bevonás közben a hőmérséklet nem haladja meg az 1000 °C-ot. Bioüvegek esetében azonban a tapadás csak 1200 °C-nál, vagy e fölött kezdődik. Ez a körülmény több nehézséget okoz: a fémötvözetek eredeti tulajdonságait nehéz megőrizni egyrészt az oxidáció miatt, másrészt azért, mert a diffúzió következtében komponenseinek aránya megváltozhat. A bevonó rétegnek pedig meg kell őriznie a bioaktivitását, s az alapösszetételhez a tapadás elősegítésére adalékolt idegen elemek nem változtathatják meg az üveg biokompatibilitását. Akár fém – üveg tapadás javítását célzó, akár az istokompatibilitás viselkedés megismerésére irányuló vizsgálatokat ezek figyelembevételével végeztük. A kísérletek minőségi, mennyiségi és időrendi összefüggéseit az *1. ábrán* bemutatott — a fizikai-kémiai, biológiai és hisztológiai vizsgálatokat egyaránt magába foglaló — kutatási terv-vázlat szemlélteti. Az üvegek összetételét a hőkiterjedési együttható és a nedvesítés növekedése, az üveg és a fém közötti helyes elektrokémiai egyensúly, az adalék biokompatibilitása, stb. alapján változtattuk.

A hisztológiai vizsgálatokat az egészségügyi előírásoknak megfelelően az irodalomban leírt ismert módszerekkel végeztük.

Az egyes összetételek biológiai kompatibilitását vagy kisméretű tömör minták beültetésével *in vivo* hisztológiai vizsgálatokkal, vagy poralakú bioüvegen sejt-vizsgálatokkal határoztuk meg. A második esetben a szemcséken phagocytosis is történik, amellyel szintén számolni kell. Egyes kísérletekben meggyőződtünk arról, hogy az üvegporok vizsgálatánál egyfajta toxicitás lépett fel, ami az ugyanazon összetételű tömör üvegmintáknál nem jelentkezett. Az első problémát tehát a toxicitás mértékének meghatározására használt fenti két módszer által mutatott különbségek okozták.

A technikai vizsgálatok egyelőre a bevont fémminták egyirányú húzáspróbájára szorítkoztak. Az így nyert húzószilárdság a 3 – 35 MPa értéktartományban van. A mechanikai szilárdságvizsgálatokhoz megfelelően nagy felületű minták bevonása szükséges. Jelenleg viszonylag nagy méretű minták bevonására végzünk kísérleteket. Nehézséget okoz azonban az üveg felgyülemlése a felület közepén, amit az üvegnek a plasztikus fázisban történő csúszása idéz elő. Ez a jelenség a széleken indul meg.

Sajnálatos, hogy a kézi műveletek magas részaránya miatt egy sor folyamat szabályozása nehézsé-



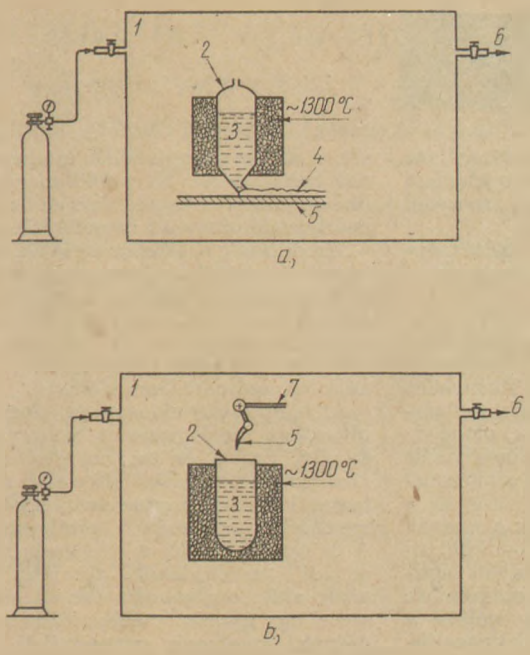
1. ábra. A kutatás szervezési sémája

gekbe ütközik. Igaz, az adalékolás a tapadási tulajdonságokat javítja, de az üveg termikus előélete ennek ellenére rendkívül fontos, különösen olyan rendszerekben, amelyekben maga az üveg mechanikai feszültség alatt van. Jelenleg a bevont fémlapot hőkezeljük, amelynek során a fém-üveg kombináció az üveg olvadási pontjánál kissé magasabb hőmérsékletre kerül. Ez a művelet azonban különösen kényes, mert annak ellenére, hogy a hőmérséklet 600 °C körül van, a fémionok diffúziója a fémötvözetből az üvegbe mégis lejátszódik. A bevonatok minőségének javítására, továbbá a kézi műveletek lehetőség szerinti kiküszöbölésére egy kamrás kemencét építettünk, amelyben a fémdarabokat az olvasztott üvegbe egy motorral hajtott szerkezet segítségével lehetett bemártani. Azt reméltük, hogy ennek a kemencének a segítségével a bevonás során felmerülő problémákat ki tudjuk küszöbölni. Különösen a mérések szórásának csökkenését vártuk. Kitűnt azonban, hogy a bevonási művelet közben a beavatkozási lehetőség korlátozott, s emiatt a kézzel nyert minták jobbak voltak, mint a szabályozott bemerítéssel előállítottak. Olyan módszerre van tehát szükség, amely az automatizált bemártáson alapul ugyan, de emellett lehetővé teszi azt is, hogy a hibák kiküszöbölése érdekében a folyamat bármely fázisában beavatkozhassunk. Ez magában foglalja az üveg felhordását a fémfelületre. Valószínűleg szükségessé válik egy kísérleti üzem létrehozása, amelyben a fémlemez megkaphatja a szükséges előizzítást, a szabályozott bevonást és a lassú, szabályozott lehűtést megfelelő mesterséges atmoszférában. Az egyik lehetséges sémát a *2a. és b.* ábrán mutatjuk be.

A technikai kezelések közül a fémfelület előkészítéséről sem szabad elfeledkeznünk. Ilyen pl. a homokfúvás, amelyet eddig is használtak, továbbá a foszfátozás és a nikkelezés, vagy a fémfelület feldúsítása más atomokkal, ötvözetekkel, vagy aggregátumokkal.

Az üveg rendszerek fizikai-kémiai viselkedésének felderítésére az adalékanyag koncentrációja és a különböző kezelések hatására bekövetkező minőségi változásokat vizsgáljuk.

A spektroszkópiai eljárások közül az ESR módszert kell alkalmazni, amely a rendszerben található átmeneti elemeket detektálja. Többek között kimutattuk,



2. ábra. A fém-tárgyak bioüveggel történő bevonására alkalmazható berendezések
a – ráfolyásos módszer
b – bemártásos módszer

1 – kemence (600 °C)
2 – pt-tartály
3 – üvegolvadék
4 – üvegréteg
5 – fém-próbatest
6 – gázkiáramlás
7 – mechanikus kar

hogy az adalékolt anyag koncentrációjának függvényében a bioüveg az adalékanyag kationját a rács két különböző helyén fogadja be. Ez a két pozíció – amelyek tulajdonsága a kation természetétől is függ – az üvegrendszer különböző makroszkopikus mechanikai tulajdonságait idézi elő. A megváltozott tulajdonságok között van a rugalmassági modulus és a hőtágulási együttható, amelyek megváltozását az adalékanyagok koncentrációjának változásával értelmezzük.

A *3. ábrán* a sikeresen bevont fém-próbatestek (a, c) fényképei láthatók.

3. ábra. A sikeresen bevont fém-próbatestek fényképei (a, c); az eredeti fémlap (b)

IRODALOM

[1] *Dietzel, A., Meures, K.:* Reactions Important for Adherence when Firing Ground Coats Containing no Adherence Promoting Oxides, (1935), Am. Ceram. Soc. 18. (2) 35 – 37.

[2] *King, B. W., Tripp, H. P., Duckworth, W. H.:* Nature of Adherence of Porcelain Enamels to Metals, (1959), J. Am. Ceram. Soc. 42. (11) 504 – 525.

[3] *Krajewski, A., Ravaglioli, A., Visani, R.:* Indagini fisicotechniche atte a caratterizzare un vetro per ricoprimento di supporti metallici, applicate a sistemi drogati di un biovetro, (1983), Riv. della Staz. Sperim. del Vetro 13. (1) 3 – 11.

Ravaglioli, Antonio – Krajewski, Adriano: **A fémprotézisek bevonására alkalmazható bioüvegek kutatása**

Jelenleg még nem biztos, hogy a bioüveg egyáltalán alkalmazható-e a fémprotézisek bevonására. Ez az előzetes vizsgálatsorozat mind a bevonás, mind a beültetés lehetőségeinek megállapítására irányult. Az eddigi tapasztalatok biztatóak, mivel kisméretű fémfelületeket sikerült bevonni. A megfelelő összetételű bioüveg jól tapad a rozsdamentes acélminták (4 × ∅0,5 cm hengerek és 4 × 2 × 0,1 cm. lapok) felületéhez.

Равaглиоли, А., Краевский, А.: **Исследование биостекол для металлических протезов**

В настоящее время пока еще неизвестно могут ли биостекла применяться для покрытия металлических протезов. Проведенные авторами предварительные ихпытания, направлены на определение как возможностей ихпользования биостекол для покрытия, так и для их непосредственной всадки. Полученные резултаты являются обнадеживающими, так как удалось покрыть металлические поверхности небольших размеров. Биостекло соответствующего состава является нержавеющим материалом и хорошо прилипает к поверхности стальных обвазцов (цилиндры размером 4 × ∅0,5 см и плитки размером 4 × 2 × 0,1 см).

Ravaglioli, Antonio – Krajewski, Adriano: **Die Forschung der Biogläser für das Entstehen von Metallprothesen**

Zur Zeit ist es noch nicht bestimmt, ob Biogläser eigentlich für das Überziehen von Metallprothesen geeignet sind. Diese vorhergehende Untersuchung richtet sich auf die Feststellung der Möglichkeiten des Überziehens und des Einsetzens. Die bisherigen Erfahrungen sind ermutigend, weil es gelungen ist, kleinere Metallöberfläche überzuziehen. Das Bioglas von entspechender Zusammensetzung haftet sich gut an den rostfreien Stahloberflächen.

Ravaglioli, Antonio – Krajewski, Adriano: **Bioglasses for the Coating of Metal Protheses**

It is still unknown if bioglasses can be used for the coating of protheses. This preliminary study deal with the possibilities of coating and implantation. Experiences are promising: a bioglass composition was found which is capable to coat small-size stainless steel surfaces (cylinders of 4 cm height and 0.5 cm dia. and plates of 4 × 2 × 0.1 cm size).

Könyvismertetés

Antonio Ravaglioli és Adriano Krajewski:

Biokerámia és az emberi test: tudományos, technológiai és alkalmazási aspektusok

A faenzai szakkönyvkiadó vállalat gondozásában 1984-ben jelent meg olasz nyelven biokerámiával foglalkozó könyv. A könyv terjedelme 336 oldal; 162 ábrát, 52 táblázatot, valamint 976 hivatkozást tartalmaz.

A könyv a következő fejezetekből áll:

1. Előszó
2. A csont fizikai tulajdonságai és fiziológiája
3. Az állati mozgás fizikájának általános aspektusai
4. Általános megjegyzések a bioanyagok alkalmazásából fakadó problémákhoz
5. A biokerámiák kompatibilitása – a fiziológiai környezet
6. A csontot helyettesítő protézisek részeiként számításba jöhető kerámiaianyagok
7. A kerámiai protézisek különböző felhasználásai sebészeti beültetéseknél
8. A protézisek kapcsolódása a tartóval
9. A szövetek histológiai vizsgálata
10. A mechanikai vizsgálatok jelenlegi módszerei a dinamikus mozgási jellemzők szimulálására
11. A sebészeti protézis implantátumok nemzetközi szabványosítása
12. Függelék

A könyv a biokerámiát a gyakorlati kerámikus nézőpontjából tárgyalja, emiatt hasznos információ forrásként szolgálhat mind a potenciális felhasználók (sebészek, fogorvosok, ortopédés szívspecialisták), mind a potenciális gyártók (a kerámiai iparág szakemberei) számára.

Az anyag összeállításához a szerzők különböző tudományágak – különösen az ortopédia – eredményeit használták fel, hogy az interdiszciplináris jelleget biztosítsák, amely nélkül a potenciális lehetőségek kiaknázatlanok.

A könyv teljességre törekszik: a biokerámiai anyagokat nem önmagukban tárgyalja, hanem az alkalmazásuk során felmerülő problémákkal szoros összefüggésben. A szerzők fő törekvése az volt, hogy bemutassák azt a környezetet, amelyben ezek az anyagok funkcionálni fognak, ami szükségessé teszi a csont fiziológiai és a mozgási folyamatok dinamikájának ismertetését, a sebészeti operációk módozatainak bemutatását. Ezen felül megkísérlik az ezen anyagok tulajdonságait befolyásoló tényezők összefoglalását.

Mindezideig csak monográfiák, konferenciai előadás kivonatok, vagy összefoglalók álltak az érdeklődők rendelkezésére. A szakmai titok miatt az e témakörbe vágó ismeretanyag – a monográfiákat is beleértve – csak szűk kör számára hozzáférhető.

A könyv vezérfonala az, hogy az olvasókat megismertesse az anyagok kémiai, fizikai és technológiai tulajdonságaival, s ezáltal elősegítse a felhasználási viszonyoknak legjobban megfelelő kerámia kiválasztását. A könyvet főként a sebészeknek és ortopéd sebészeknek ajánlják. Ők azok, akik kapcsolatba vannak és részesei egy gyorsuló technológiai fejlődésnek, amelynek perspektívái még néhány évvel ezelőtt is hihetetlennek tűntek volna. Ez az egységes szemléletű könyv a tárgyalt tényanyag kritikai értékelésével együtt szerzők saját eredményeit is tartalmazza.

A könyv hasznos lehet az orvosoknak, a biomérnököknek és a biokerámiát előállító kerámiai szakembereknek, és egyetemi hallgatóknak.

K. L.

Az „Alkotó Ifjúság" építésügyi pályázat 1984/85. évi értékelése

Az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium az Állami Ifjúsági Bizottság, a KISZ Központi Bizottsága, az ÉFÉDOSZ, valamint az ÉTE, az SZTE és a MÉSZ elnöksége az Alkotó Ifjúság Egyesülés bevonásával – figyelembe véve az Állami Ifjúsági Bizottság 4/1980. számú irányelveit és az „Alkotó Ifjúság" pályázat VI. ötéves tervi építésügyi ágazati téma kiírását – ez évben 11. alkalommal hirdette meg pályázatát.

Ennek keretében ismét lehetőség nyílott az építőipari, építőanyagipari, valamint a kommunális ágazatban a kutatásfejlesztés, tervezés és kivitelezés területén dolgozó fiatalok munkájának értékelésére, bemutatására és a szakmailag kimagasló, a népgazdaság számára is értékes és hasznosítható pályamunkák díjazására.

A Szilikátipari Tudományos Egyesület területéről az alábbiak részesültek díjazásban:

Kollektív I. díjban részesül

a 67. sz. pályamunka: Ólomkristály asztali kehelysorozat

Készítette: *Herczeg Imre*
Méhész István
Nagy Terézia
Parádi Üveggyár

Egyéni II. díjban részesül

88. sz. pályamunka: Lovas figura; gipszmagja

Készítette: *Mészáros Tibor*
Herendi Porcelánggyár

A Szilikátipari Tudományos Egyesület különdíját kapja

az 52. sz. pályamunka: Falitányér

Készítette: *Tóth Melinda*
Hollóházi Porcelángyár

Az Üvegipari Művek Kollektív különdíját kapja

A 68. sz. pályamunka: Ólomkristály asztali díszműcsalád

Készítette: *Kékesi Emil*
Nagy Terézia
Ódor Lászlóné
Parádi Üveggyár

Az Üvegipari Művek Egyéni különdíját kapja

84. sz. pályamunka: Z.III. mikroprocesszoros mérésadatgyűjtő és kiértékelő rendszer

Készítette: *Tóth István*
Üvegipari Művek
Salgótarjáni Síküveggyár

78. sz. pályamunka: Asztali készlet

Készítette: *Horváth Ferenc*
Batta Géza
Üvegipari művek
Salgótarjáni Öblösüveggyár

Az SZIKKTI különdíját kapja

a 94. sz pályamunka Homokbeton összetétel falazóelem gyártáshoz

Készítette: *Szekeresné Kollár Mária*
Szilikátipari Közp. Kutató és Tervező Intézet

95. sz. pályamunka Az építőanyagipar fajlagos energiafelhasználásának várható alakulása közép- és hosszú távon

Készítette: *Gera László*
Szilikátipari Közp. Kutató és Tervező Intézet

Dicsérő oklevélben részesül

35. sz. pályamunka: Sablonolajozó berendezés átalakítása

Készítette: *Járdánházy Dezső*
Vajsz Dezső
Könnyűbeton és Szigetelőanyag Gyár

83. sz. pályamunka: Papírvágógép tervezése

Készítette: *Godó László*
Üvegipari Művek Miskolci Üveggyára

A pályázatban elért sikerekhez gratulál, további eredményes munkát kíván a SZTE Vezetősége

A statisztikai rezonanciáról (II.)

PETHŐ SZILVESZTER

Nehézipari Műszaki Egyetem, Ásványelőkészítő Tanszék, Miskolc

4.3. *A szemcse előrehaladási sebességének vizsgálata*

A löketenként megtett út és a tartózkodási idő hányadosa a szemcse előrehaladási sebességével egyenlő. (48), ill. (49) és (55) hányadosa a v_s szemcsesebesség,

$$v_s = V\frac{\cos\beta}{\cos\alpha} = \frac{V}{2\cos\alpha}\,\frac{\sin(2\beta\pm\alpha)\pm\sin\alpha}{\sin(\beta\pm\alpha)} \qquad (60)$$

Erről a függvényről is megállapítható, hogy a sebesség az eldobási szög függvényében periodikusan változik. Az is megállapítható, hogy a negatív és pozitív hajlásszögű szitalapon azonos nagyságú β és α szögek mellett a szemcsesebességek egyenlők. A legnagyobb szemcsesebesség akkor adódik, ha a szemcse vízszintesen van elhajítva: $\beta = 0°$ (ill. 180°) mellett $\cos\beta = 1$, így a maximális sebesség

$$v_{s\,max} = \frac{V}{\cos\alpha} \qquad (61)$$

$\beta = 90°$-nál a szemcsesebesség 0.

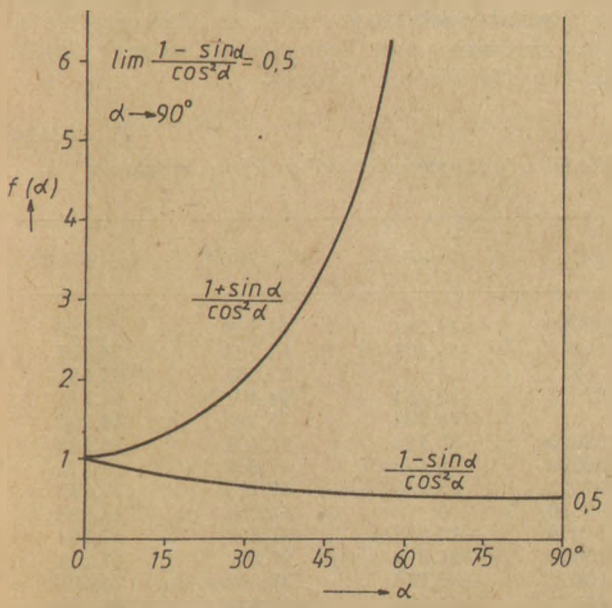
Ha $\beta = (90°-\alpha)/2$, ill. $\beta = 90°-\alpha$, úgy a szemcsesebesség

$$v_s = V\frac{\cos\left(45-\frac{\alpha}{2}\right)}{\cos\alpha} = \frac{1}{2}V\frac{\sqrt{1+\cos\alpha}+\sqrt{1-\cos\alpha}}{\cos\alpha}$$

ill. (62)

$$v_s = V\,\mathrm{tg}\,\alpha \qquad (63)$$

Az *5. ábrán* a (62)-es összefüggésben szereplő $(\sqrt{1+\cos\alpha}+\sqrt{1-\cos\alpha})/(2\cos\alpha)$ és a $(\sqrt{1+\cos\alpha}-\sqrt{1-\cos\alpha})/(2\cos\alpha)$ függvények változását a $0° \leq \alpha \leq 90°$ intervallumba ábrázoltuk. $\alpha = 0°$-nál mindkét függvény értéke $\sqrt{2}/2$. 90°-nál az előbbi függvény értéke ∞, az utóbbi függvénynek nincsen



5. ábra. $\frac{\sqrt{1+\cos\alpha}\pm\sqrt{1-\cos\alpha}}{2\cos\alpha}$ *függvények változása* α *függvényében*

helyettesítési értéke, a határérték $1/\sqrt{2}$. A függvényekről leolvasható értékeket a V kezdősebességgel megszorozva a $\beta = (90°-\alpha)/2$ eldobási szög mellett érvényes szemcsesebességek határozhatók meg.

4.4 *A szemcse becsapódási és ütközési sebességének vizsgálata*

A (25) és (46) alatti V_Q becsapódási sebességek a következők szerint is kifejthetők,

$$V_Q = V\sqrt{\cos^2\beta+[\sin\beta-2(\mathrm{tg}\,\beta\pm\mathrm{tg}\,\alpha)\cos\beta]^2} =$$
$$= V\sqrt{\cos^2\beta+(\mp 2\,\mathrm{tg}\,\alpha\cos\beta-\sin\beta)^2} =$$
$$= V\sqrt{1+2\,\mathrm{tg}^2\alpha\left[1\pm\frac{\sin(2\beta\pm\alpha)}{\sin\alpha}\right]} \qquad (64)$$

Negatív hajlásszögű szitán a szemcsének akkor legnagyobb a becsapódási sebessége, ha $\sin(2\beta+\alpha) = 1$, tehát

$$\beta = \frac{90°-\alpha}{2} \qquad (65)$$

eldobási szög mellett. (Ezen eldobási szög mellett egyúttal a löketenként megtett út maximális!). $\sin(2\beta+\alpha) = -1$, ill. $2\beta+\alpha = 270°$ esetén a sebesség minimális lenne, de ezen egyenletnek megfelelő eldobási szögnek nincsen fizikai értelme.

Negatív hajlásszögű szitán a maximális $V_{Q\,max}$ becsapódási sebesség (65) figyelembevételével,

$$V_{Q\,max} = V\sqrt{1+2\frac{\sin\alpha\,(1+\sin\alpha)}{\cos^2\alpha}} \qquad (66)$$

Pozitív hajlásszögű szitalapon a becsapódási szög $\sin(2\beta-\alpha) = -1$, ill. $2\beta-\alpha = 270°$ mellett lenne a legnagyobb. Az előbbi egyenletnek megfelelő $\beta = (270°+\alpha)/2$ eldobási szög azonban nem lehetséges. De a V_Q sebesség annál nagyobb, minél jobban megközelíti β a 90°-ot. — Ha pedig $\sin(2\beta-\alpha) = 1$, úgy a szitalappal ütköző szemcse sebessége a lehető legkisebb. A becsapódási szög ekkor

$$\beta = \frac{90°+\alpha}{2} \qquad (67)$$

és a V_Q becsapódási sebesség a V kezdősebességgel egyezik meg: $V_Q = V$.

A V_Q sebességnek a szitalapra merőleges $V_{Q\perp}$ komponense,

$$V_{Q\perp} = V_Q\sin(\gamma\pm\alpha) = V_Q(\sin\gamma\cos\alpha\pm\cos\gamma\sin\alpha) =$$
$$= V_Q\left(\frac{\mathrm{tg}\,\gamma}{\sqrt{1+\mathrm{tg}^2\gamma}}\cos\alpha\pm\frac{1}{\sqrt{1+\mathrm{tg}^2\gamma}}\sin\alpha\right) \qquad (68)$$

Ide behelyettesítve a (11), ill. a (38) szerinti tg γ-át,

$$V_{Q\perp} = V_Q\frac{\pm\sin\alpha\cos\beta-\cos\alpha\sin\beta}{\sqrt{\cos^2\beta+(\mp 2\,\mathrm{tg}\,\alpha\cos\beta-\sin\beta)^2}} \qquad (69)$$

(64) és (69) összehasonlításával,

$$V_{Q\perp} = -V\sin(\beta\pm\alpha) = |V_1\sin(\beta\pm\alpha)| \qquad (70)$$

(70) szerint a szitalapra merőleges becsapódási sebesség abszolút értékének maximuma van, ha $\beta = 90° \mp \mp \alpha$, tehát a szitalapra merőleges szemcseeldobás mellett.

A szitalapra merőleges $v_{\ddot{u}}$ ütközési sebesség a (23) szerinti V kezdősebességnek és a (70) szerinti $V_{Q\perp}$ sebesség összege,

$$v_{\ddot{u}} = V[1 + |\sin(\beta \pm \alpha)|] = 0{,}9529\, r\omega\, [1 + |\sin(\beta \pm \alpha)|] \tag{71}$$

Azonnal megállapítható, hogy az ütközési sebességnek is a szitalapra merőleges szemcseeldobás mellett van maximuma. (71) összefüggésről az is megállapítható, hogy az ütközési sebesség az α és β szög nagyságán kívül az $r\omega$ szorzattól (a meghajtó mechanizmus kerületi sebessége) is függ.

4.5. *Számpélda a szemcsemozgás paramétereinek vizsgálatához*

Az 1. táblázatban az eddig vizsgált paraméterek változását a β eldobási szög függvényében meghatároztuk. $\alpha = 30°$-os lejtésű szitán, $V = 44{,}2945$ cm/s kezdősebesség feltételezésével ($V^2/2g = 1$ cm) kiszámítottuk a löketenként megtett út nagyságát a (49)-es sorszámú összefüggéssel, a tartózkodási idő alakulását az (55)-ös összefüggéssel, az előrehaladási sebesség változását (60)-nal, végül a (64)-es összefüggéssel a szitalapra érkező szemcse sebességének változását $\beta = -30, -15, 0, 15, \ldots, 165, 180°$-os eldobási szögek mellett. A felsorolt paramétereket negatív és pozitív hajlású szitán egyaránt kiszámítottuk. (Ennek megfelelően a paramétereket n és p index-szel láttuk el.)

Negatív hajlású szitalapon $\beta = (90° - 30°)/2 = 30°$ eldobási szög mellett a löketenként megtett útnak 4 cm-rel és a szitalappal ütköző szemcse sebességének 76,7203 cm/s-mal maximuma van, ekkor a tartózkodási idő 0,09030 s, a szemcse előrehaladási sebessége a szitalapon 44,294 cm/s. 0,10427 s-mal $\beta = 90° - 30° = 60°$-os eldobási szög mellett (az eldobás a szitalapra merőlegesen történik) a szemcse tartózkodási idejének van maximuma, ekkor az egy lökettel megtett út nagysága 2,6 cm, a szemcse előrehaladási sebessége 25,573 cm/s, a szitalappal ütköző szemcse sebessége 67,6609 cm/s. $\beta = 0°$-os hajlásszögnél az előrehaladási sebesség 51,147 cm/s-mal a legnagyobb. — Ezek szerint ugyanazon paraméter, pl. az előrehaladási sebesség az eldobási szög függvényében nagy mértékben változik. Eszerint a szitaberendezések és szállítócsatornák géptechnikai paramétereinek (amplitúdó, fordulatszám, hajlásszög, eldobási szög, stb. . . .) tervezésénél nagy körültekintéssel kell eljárni.

Pozitív hajlásszögű szitalapon a szemcsemozgás paramétereinek számszerű értékei, így a szélső értékek is az *1. táblázatból* szintén kiolvashatók. Ugyanazon eldobási szög mellett a pozitív hajlásszögű szitán a löketenként megtett utak és tartózkodási idők kisebbek, de az előrehaladási sebességek a negatív hajlásszögű szitáéval megegyeznek. (Ez utóbbi megállapítást a (60) sorszámú összefüggéssel kapcsolatban már megtettük!)

5. A beesési szög vizsgálata

Szitálástechnikai szempontból a δ beesési szög nagyságának igen nagy a jelentősége. A beesési szög minél nagyobb legyen, mert ekkor az elválasztás szemcsenagysága a szita lyukbőségét jól megközelíti és a szétválasztás is hatásosabb. Az a legkedvezőbb, ha a szemcsék merőlegesen csnek a szitalapra! A következőkben a β eldobási szögnek és a szitalap α hajlásszögének a δ beesési szögre gyakorolt hatását részletesen megvizsgáljuk.

$$\delta_{0\,max} = \operatorname{arc\,tg} \frac{\sqrt{2}}{4} = 19{,}4712° \tag{75}$$

A maximáli beesési szög tehát 20°-nál kisebb. A szemcsék nagy előrehaladási sebessége, ebből kifolyólag a nagy teljesítmény érdekében a vízszintes, vagy ahhoz közelálló elhajítás a szállítócsatornáknál kívánatos. Szitálásnál a kis beesési szög miatt $\beta = 0°$ nem célszerű, bármekkora is legyen a szita hajlásszöge.

$\beta = (90° \mp \alpha)/2$ eldobási szöggel történő elhajításkor a szitalap síkjában a szemcse által megtett s_s útnak maximuma van. Ezen eldobási szögnek (72)-be való helyettesítésével, valamint

1. táblázat

A megtett út, a tartózkodási idő és a szemcsesebesség változása az eldobási szög függvényében 30°-os lejtésű szitalapon ($V^2/2g = 1$ cm)

$\beta°$	s_{sn} [cm]	s_{sp} [cm]	τ_s [s]	τ_p [s]	v_s [cm/s]	v_{Qn} [cm/s]	v_{Qp} [cm/s]
−30	0	−4	0	−0,09030	44,294	44,294	76,720
−15	1,3333	−3,6427	0,02699	−0,07373	49,404	57,184	74,401
0°	2,6667	−2,6667	0,05214	−0,05214	51,147	67,661	67,661
15	3,6247	−1,3333	0,0737	−0,02699	49,404	74,401	57,184
30	4	0	0,09030	0	44,294	76,720	44,294
45	3,6427	0,9761	0,10072	0,02699	36,166	74,401	31,693
60	2,6667	1,3333	0,10427	0,05214	25,573	67,661	25,573
75	1,3333	0,9761	0,10072	0,07373	13,238	57,184	31,693
90	0	0	0,09030	0,09030	0	44,294	44,294
105	−0,9761	−1,3333	0,07373	0,10072	−13,238	31,693	57,184
120	−1,3333	−2,6667	0,05214	0,10427	−25,573	25,573	67,661
135	−0,9761	−3,6427	0,02699	0,10072	−36,166	31,693	74,401
150	0	−4	0	0,09030	−44,29	44,293	76,720
165	1,3333	−3,6427	−0,02699	0,07373	−49,404	57,184	74,401
180	2,6667	−2,6667	−0,05214	0,05214	−51,147	67,661	67,661

$$\operatorname{tg}\left(45^\circ \mp \frac{\alpha}{2}\right) = \frac{1 \mp \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}}{1 \pm \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}}$$

és

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{2\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}}{1-\operatorname{tg}^2\frac{\alpha}{2}}$$

A δ beesési szög irányényezője általános formában, tehát úgy negatív mint pozitív hajlásszögű szitalap esetén a (12) és (39) sorszámú összefüggések alapján,

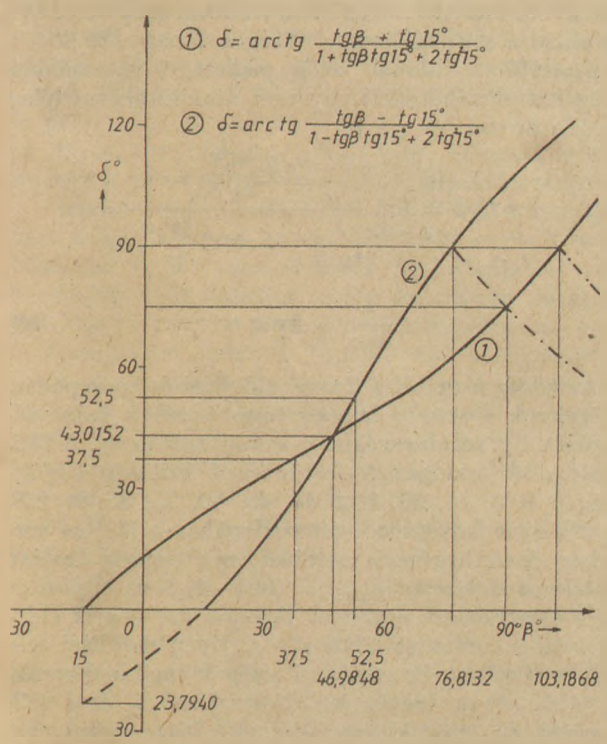
$$\operatorname{tg}\delta = \frac{\operatorname{tg}\beta \pm \operatorname{tg}\alpha}{1 \pm \operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\alpha + 2\operatorname{tg}^2\alpha} \tag{72}$$

A beesési szög alakulásának vizsgálatát előbb rögzített szitahajlásszög mellett az eldobási szög függvényében végezzük el, majd állandó eldobási szög feltételezésével a szitahajlásszög befolyását elemezzük.

5.1. *A beesési szög vizsgálata az eldobási szög függvényében rögzített szitahajlásszög mellett*

A beesési szög nagyságának elemzését előbb az eddig is vizsgált $\beta = 0^\circ$, $(90^\circ \pm \alpha)/2$ és $(90^\circ \pm \alpha)$ eldobási szögeknél végezzük el. Ezt követően rögzített szitahajlásszög feltételezésével a (72) szerinti két δ függvényt rajzoljuk meg és segítségükkel a becsapódási szög alakulására vonatkozóan újabb törvényszerűségeket állapítunk meg.

A szemcsék előrehaladási sebessége $\beta = 0^\circ$-nál a legnagyobb. $\beta = 0^\circ$-nak az előbbi összefüggésbe való behelyettesítésével az ekkor érvényes δ_0 becsapódási szög irányényezője,



6. ábra. A becsapódási szög változása az eldobási szög függvényében 15°-os hajlásszögű szitalapon

$$\operatorname{tg}\delta_0 = \pm\frac{\operatorname{tg}\alpha}{1+2\operatorname{tg}^2\alpha} \tag{73}$$

A függvény segítségével azonnal megállapítható, hogy vízszintes elhajítás mellett a δ_0 szög α-nál mindig kisebb. Az is megállapítható, hogy a beesési szögnek a szitalap hajlásszögének függvényében maximuma van. A (73) szerinti δ_0-nak maximuma van, ha a hajlásszög

$$\alpha = \operatorname{arc\,tg}\frac{1}{\sqrt{2}} = 36{,}2644^\circ \tag{74}$$

A $\delta_{0\,max}$ maximális beesési szög figyelembevételével bizonyítható, hogy a $\frac{\delta_0}{2}$ becsapódási szög irányényezője

$$\operatorname{tg}\frac{\delta_0}{2} = \operatorname{tg}\left(\frac{90 \mp \alpha}{2}\right) \tag{76}$$

A becsapódási szög tehát az eldobási szöggel egyezik meg, és mindkettő $(90^\circ \mp \alpha)/2$. $-(90^\circ - \alpha)/2$ eldobási szög esetén a nagy szitahajlásszög a kis becsapódási szög miatt nem ajánlatos. Pl. 30°-os hajlásszögű szitán a becsapódási szög szintén 30°, de 45°-os hajlású szitán csak 22,5°.

Ha pedig a szemcse eldobása a szitalapra merőlegesen történik, tehát $\beta = 90^\circ \mp \alpha$, úgy a már levezetett (31) összefüggés értelmében $\delta_\perp$

$$\operatorname{tg}\delta_\perp = \frac{1}{2\operatorname{tg}\alpha} \tag{77}$$

Ebből az összefüggésből is az következik, hogy nagyobb szitahajlásszög mellett a becsapódási szög kicsi. Így 15°-os hajlásszögű szitán a becsapódási szög 61,2499°, $\alpha = 30^\circ$-os lejtésű szitán már 40,8934°, 45°-os hajlásszögnél csak 26,5651°. Ezek az értékek azonban a $(90^\circ - \alpha)/2$ eldobási szögekhez tartozó becsapódási szögeknél kedvezőbbek. A kedvezőbb becsapódási szög miatt nagy hajlásszögű, pl. 30°-os szitalapoknál a szemcse merőleges eldobása a célszerű.

A 6. ábrán 15°-os szitahajlásszög feltételezésével a (72)-es sorszámú összefüggés segítségével a β eldobási szög függvényében a δ becsapódási szög változását mutatjuk be. Az ábrán két függvény látható: az egyik a negatív, a másik függvény a pozitív hajlásszögű szitálásra vonatkozik.

A *6. ábrán* megrajzolt mindkét függvénynek inflexiós pontja van. Az inflexiós pontok koordinátáinak meghatározása érdekében a

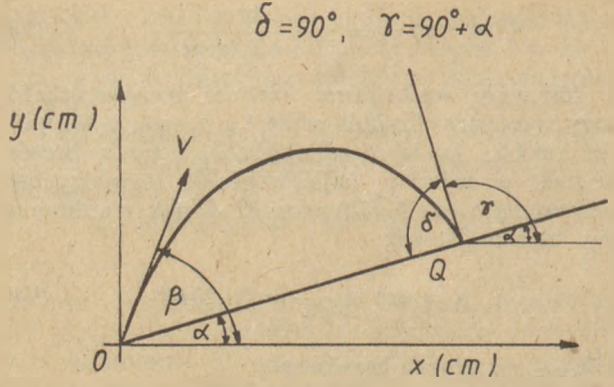
$$\delta = \operatorname{arc\,tg}\frac{\operatorname{tg}\beta \pm \operatorname{tg}\alpha}{1 \pm \operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\alpha + 2\operatorname{tg}^2\alpha}$$

függvénynek első és második differenciálhányadosát képezzük és az utóbbit Ø-val tesszük egyenlővé:

$$\frac{\partial\delta}{\partial\beta} = \frac{1+\operatorname{tg}^2\beta}{1+(\operatorname{tg}\beta \pm 2\operatorname{tg}\alpha)^2} \tag{78}$$

és

$$\frac{\partial^2\delta}{\partial\beta^2} = \frac{4\operatorname{tg}^2\alpha\sin 2\beta \mp 4\operatorname{tg}\alpha\cos 2\beta}{[1+2\operatorname{tg}^2\alpha(1+\cos 2\beta) \pm 2\operatorname{tg}\alpha\sin 2\beta]^2} = 0 \tag{79}$$



7. ábra. A szemcsék merőleges beesése pozitív hajlásszögű szitalapon

Ez utóbbi függvény akkor 0, ha

$$\operatorname{tg} 2\beta_{\inf 1} = \pm\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha} = \mp\operatorname{ctg}\alpha = \pm\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right) \quad (80)$$

ill.

$$\beta_{\inf 1} = \frac{90^\circ \mp \alpha}{2} \quad (81)$$

Ilyen eldobási szög mellet, mint ahogy (76) segítségével már bizonyítottuk, a becsapódási szög az eldobási szöggel egyenlő: $\delta_{\inf 1} = \beta_{\inf 1} = (90^\circ \mp \alpha)/2$. — A *6. ábrán* az inflexiós pontok a koordinátákkal együtt be vannak jelölve. A 15°-os negatív hajlású szitán az eldobási és becsapódási szög egyaránt 37,5°, pozitív hajlású szitán ugyanez 52,5°. A negatív hajlásszögű szitálásra vonatkozó δ függvény (az ábrán 1-gyel van jelölve) az inflexiós ponthoz tartozó kisebb eldobási szögeknél felülről nézve domború, nagyobb eldobási szögeknél a függvény homorú. A pozitív hajlásszögű szitálásra vonatkozó δ függvénynél (az ábrán 2-vel van jelölve) ugyanez fordítva van.

A *6. ábráról* az is megállapítható, hogy a két függvény metszi egymást. Így létezik egy olyan eldobási szög, amely mellett úgy a negatív mint a pozitív hajlású szitán a becsapódási szögek egymással egyenlők. A metszéspontnál jelentkező ezen β_m eldobási szöget

$$\frac{\operatorname{tg}\beta + \operatorname{tg}\alpha}{1+\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\alpha+2\operatorname{tg}^2\alpha} = \frac{\operatorname{tg}\beta - \operatorname{tg}\alpha}{1-\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\alpha+2\operatorname{tg}^2\alpha} \quad (80)$$

egyenlőségből lehet kiszámítani:

$$\operatorname{tg}\beta_m = \sqrt{1+2\operatorname{tg}^2\alpha} \quad (82)$$

Ezt az összefüggést az előbbi sorszám nélküli egyenlőség bármelyik tagjába behelyettesítve. A δ_m becsapódási szög irányítényezője számítható ki.

$$\operatorname{tg}\delta_m = \frac{1}{\sqrt{1+2\operatorname{tg}^2\alpha}} \quad (83)$$

Az utóbbi két, tehát a (82) és (83) sorszámú összefüggések összehasonlításával.

$$\operatorname{tg}\beta_m = \frac{1}{\operatorname{tg}\delta_m} = \operatorname{ctg}\delta_m = \operatorname{ctg}(90^\circ - \beta_m) \quad (84)$$

Így $\delta_m = 90^\circ - \beta_m$, azaz a vizsgált esetben a becsapódási szög az eldobási szög kiegészítő szöge. — A 15°-os hajlásszögű szitalapnak megfelelően a 6. ábrán $\beta_m = 46{,}9205$ és $\delta_m = 43{,}0795$. 30°-os hajlású szitalapon ugyanezen értékek: $\beta_m = 52{,}2388$ és $\delta_m = 37{,}7612^\circ$. A 6. ábráról az is megállapítható, hogy β_m-nél nagyobb eldobási szögeknél a becsapódási szög a pozitív hajlásszögű szitán a nagyobb, míg β_m-nél kisebb eldobási szögek mellett a negatív hajlásszögű szitáláskor lesz nagyobb a δ szög.

A *7. ábra* szerint pozitív hajlásszögű szitalapon a szemcsék merőleges beesése is biztosítható. Ekkor tehát $\delta = 90^\circ$, továbbá a *7. ábráról* megállapíthatóan $\gamma = 90^\circ + \alpha$. A (38) sorszámú összefüggés felhasználásával adott hajlásszög mellett a merőleges beesés biztosításához szükséges $\beta_\perp$ eldobási szög irányítényezője meghatározható.

$$\operatorname{tg}\beta_\perp = 2\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}(90+\alpha) = \frac{1+2\operatorname{tg}^2\alpha}{\operatorname{tg}\alpha} \quad (85)$$

Ezen egyenletnek az α hajlásszög függvényében minimuma van. A minimális $\beta_{\perp\min}$ értékhez tartozó α hajlásszög.

$$\alpha = \operatorname{arc\,tg}\frac{1}{\sqrt{2}} = 35{,}2644^\circ \quad (86)$$

és az eldobási szög minimális értéke.

$$\beta_{\perp\min} = \operatorname{arc\,tg}\frac{4}{\sqrt{2}} = 70{,}5288^\circ \quad (87)$$

Az eldobási szög tehát ebben az esetben pontosan kétszerese a szitalap hajlásszögének. A γ szög nagysága 125,2644°.

$\alpha = 15^\circ$-os hajlásszög mellett a (85)-ös összefüggéssel megállapíthatóan $\beta_\perp = 76{,}8132^\circ$, ami a 6. ábrán szintén be van jelölve ($\gamma = 105^\circ$). — Ezekből az értékekből az derül ki, hogy a merőleges beesés biztosításához relatíve nagy eldobási szögek szükségesek. (87) szerint a legkisebb eldobási szög 70,5288°, de ekkor a szitahajlásszög túlságosan nagy, 35,2644°.

$\beta = 90^\circ$-os eldobási szög mellett a becsapódási szög határértékét (72) egyszerű átalakításával lehet meghatározni.

$$\lim \operatorname{tg}\delta = \lim_{\beta\to 90^\circ} \frac{1 \pm \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\beta}}{\frac{1}{\operatorname{tg}\beta} \pm \operatorname{tg}\alpha + 2\frac{\operatorname{tg}^2\alpha}{\operatorname{tg}\beta}} =$$

$$= \pm\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha} = \pm\operatorname{ctg}\alpha \quad (88)$$

Az eddig tárgyalt jellemző eldobási és becsapódási szögeknek a szitahajlásszög függvényében való változását a *2. táblázat* segítségével mutatjuk be. A táblázat első oszlopában feltüntetett szitalap hajlásszögek 0, 5, 15, 30, 35,2644, 45, 60, 75, 85 és 90°. A táblázat következő két oszlopában a (81)-es sorszámú összefüggésnek megfelelően a negatív hajlású szitálásra érvényes $\beta_{\inf 1 n} = (90^\circ - \alpha)/2$ és a pozitív hajlású szitálásra érvényes $\beta_{\inf 1 p} = (90^\circ + \alpha)/2$ eldobási szögek vannak kiszámítva. Ilyen eldobási szögek mellett a becsapódási szögek ugyanekkorák. A táblázatban ezután a (82) szerinti β_m és a (83) szerinti δ_m szögek következnek. (84) segítségével bizonyítottuk, hogy bármely szitahajlásszög mellett $\beta_m + \delta_m = 90^\circ$. $\delta_\perp$ a (77) sorszámú összefüggéssel

α	$\beta_{inf\ n}$	$\beta_{inf\ p}$	β_m	δ_m	$\delta_\perp$	$\beta_\perp$
0	45,–	45,–	45,–	45,–	90,–	90,–
5	42,5	47,5	45,2176	44,7824	80,0750	85,0750
15	37,5	52,5	46,9205	43,0795	61,8132	76,8132
30	30,–	60,–	52,2388	37,7612	40,8934	70,8934
35,2644	27,3678	62,6322	54,7356	35,2644	35,2644	70,5288
45	22,5	67,5	60,–	30,–	26,5651	71,5651
60	15,–	75,–	69,2952	20,7048	16,1021	76,1021
75	7,5	82,5	79,4547	10,5453	7,6307	82,6307
85	2,5	87,5	86,4667	3,5333	2,5048	87,5048
90	0,–	90,–	90,–	0,–	0,–	90,–

számított becsapódási szög, amely a szitalapra merőleges eldobásnál következik be. Ezen merőleges eldobásnál a szemcse a lejtővel megegyező irányban halad előre, tehát merőleges eldobás csak negatív hajlású szitálásnál lehetséges. Végül a táblázat utolsó oszlopában a (85) sorszámú összefüggéssel számított azon $\beta_\perp$ eldobási szögek találhatók meg, amellyel pozitív hajlásszögű szitán a szemcsét elhajítva, a becsapódás pontosan merőleges lesz.

Negatív hajlásszögű szitalapon az α hajlásszög növekedésével a $\beta_{inf\ n}$ csökken, míg a $\beta_{inf\ p}$ növekszik, és az ezekhez tartozó becsapódási szögek is ugyanígy változnak. A $\beta_{inf\ n}$ és $\beta_{inf\ p}$ összege 90°. — A szitahajlásszög növekedésével a β_m növekszik, míg δ_m csökken, és ezek összege is 90°. A szitahajlásszög növekedésével ugyancsak csökken $\delta_\perp$. 35,2644°-os hajlásszögű szitalapon δ_m és $\delta_\perp$ ugyancsak 35,2644°-kal azonosak, ennél kisebb hajlásszögnél $\delta_\perp$ nagyobb hajlásszög mellett pedig δ_m a nagyobb. Egyébként δ_m és természetesen $\delta_\perp$ is minden hajlásszögnél nagyobb, mint $\beta_{inf\ n}$. — A $\beta_\perp$ értékeiből jól látható, hogy a merőleges beesés biztosításához relatíve nagy eldobási szögek szükségesek. Mint ahogy már bizonyítottuk, merőleges beeséskor az eldobási szögnek 35,2644°-os szitalapon 70,5288°-kal van minimuma.

A *3. táblázatban* 5, 15, 30, 35,2644 és 45°-os negatív és pozitív hajlású szitán 0, 5, 15, 30, 45, 60, 75, 85 és 90°-os, továbbá $\beta_{inf\ n}$, $\beta_{inf\ p}$ és $\beta_\perp$ eldobási szögek mellett a becsapódási szögeket találjuk kiszámítva.

Vízszintes eldobásnál, tehát $\beta = 0°$-nál a becsapódási szögek annyira kis értékek, hogy azok a lyukbőségnél kisebb szemcséknek az áthullásba való kerülésük valószínűségét nagy mértékben csökkentik. Már (74) és (75) segítségével bizonyítottuk, hogy a becsapódási szögnek 19,4712°-kal a 35,2644°-os hajlásszögű szitán maximuma van. A *3. táblázat* szerint a becsapódási szög 15, 30 és 45°-os hajlású szitán 13,1868, 19,1066° és 18,4349. De $\beta = 0°$-nál a szemcsék előrehaladási sebessége a legnagyobb, $\beta_{inf\ n}$-nél pedig a löketenként megtett út maximális, ezért 0° és $\beta_{inf\ p} = (90° - \alpha)/2$ közötti eldobási szög a rezgő szállítócsatornáknál ajánlatos.

Adott hajlásszögű szitalapon az eldobási szög növelésével a becsapódási szög is növekszik. Ez a növekedés azonban a negatív és pozitív hajlásszögű szitalapon különböző. A (84)-es sorszámú összefüggéssel, ill. a 6. ábrával kapcsolatban erről már volt szó. β_m-nél kisebb eldobási szögeknél a becsapódási szög a negatív hajlású szitán a nagyobb, de ennél nagyobb eldobási szög mellett a pozitív hajlású szitalapon. 15°-os hajlású szitán a szemcsét 46,9205° alatt elhajítva, a becsapódási szög, mint ahogy a 2. táblázatból is megállapítható, a hajlásszög előjelétől függetlenül 43,0795°. Ha az eldobási szög $\beta_{inf\ n} = 37{,}5°$, tehát az előbbi értéknél kisebb, akkor negatív hajlásszögű szitán a becsapódási szög szintén 37,5°, pozitív hajlású szitalapon a 3. táblázatból megállapíthatóan 28,0305. 45°-os eldobási szög mellett ugyanezek 41,9325 és 39,8961°. Ha viszont az eldobási szög $\beta_{inf\ p} = 52{,}5°$, akkor a két becsapódási szög 46,4654 és 52,5°. Még ennél is nagyobb eldobási szögnél a pozitív hajlásszögű szitán a becsapódási szög relatíve még nagyobb. 76,8132°-os eldobási szög (ez a (85) sorszámú egyenlettel van kiszámítva) mellett a pozitív hajlásszögű szitát a szemcsék merőlegesen érik el, míg a negatív hajlásszögű szitalapon a becsapódási szög csak 63,2409° — 15°-nál nagyobb hajlásszögű szitánál a becsapódási szögek még inkább különböznek egymástól. Pl. 35,2644°-os hajlású szitán $\beta_{inf\ p} =$ $= 62{,}6322°$-os eldobási szög mellett negatív hajlású szitalapon a becsapódási szög 38,0964°, pozitív hajlásnál az előbbi 62,6322°-os eldobási szöggel egyezik meg, a különbség kereken $(62{,}6 - 38{,}1) = 24{,}5°$. Ha pedig az eldobási szög $\beta_\perp = 70{,}5288°$, úgy a két becsapódási szög 41,4729 és 90°, így a különbség már 48,5°.

Rezgő szállítócsatornáknál a becsapódási szögnek nincsen különös jelentősége, cél a minél nagyobb szállítási teljesítmény elérése. Ezért nagyobb hajlású szállítócsatornáknál az eldobási szög 0°-os, vagy ehhez közelálló legyen, mert 0°-os eldobási szög mellett a szemcsék előrehaladási sebességének maximuma van. Vízszintes vagy közel vízszintes szállítócsatornáknál az eldobási szög $\beta_{inf\ n} = (90° - \alpha)/2$ legyen, mert a löketenként megtett út ilyen eldobási szög mellett a legnagyobb. — Szitaberendezéseknél az éles szétválasztás érdekében a lehető legnagyobb becsapódási szögre kell törekedni! Ezért nagy szitahajlásszögnél a szitalapra merőleges eldobás, kis hajlású szitalapon $\beta_{inf\ n}$, vagy ehhez közelálló eldobási szög kívánatos.

A *2. és 3. táblázat* becsapódási szögei alapján a pozitív hajlású szita előnyei nyilvánvalóak. Pozitív hajlású szitán, mint ahogy már bizonyítottuk, relatíve nagy becsapódási szögek segítségével a szemcsék merőleges, ill. a merőlegeshez közelálló beesés biztosítható. A nagy eldobási szög és a pozitív hajlás miatt azonban a löketenként megtett út kicsi, ezért a pozitív hajlású szita csak kis szemcsenagyságnál történő osztályozásnál ajánlatos.

A δ becsapódási szög függése az α szitahajlásszögtől és a β eldobási szögtől

β°	$\operatorname{arc\,tg}\frac{\operatorname{tg}\beta\pm\operatorname{tg}5}{1\pm\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}5+2\operatorname{tg}^2 5}$	β°	$\operatorname{arc\,tg}\frac{\operatorname{tg}\beta\pm\operatorname{tg}15}{1\pm\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}15+2\operatorname{tg}^2 15}$	β°	$\operatorname{arc\,tg}\frac{\operatorname{tg}\beta\pm\operatorname{tg}30}{1\pm\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}30+2\operatorname{tg}^2 30}$	β°	$\operatorname{arc\,tg}\frac{\operatorname{tg}\beta\mp\frac{1}{\sqrt{2}}}{2\pm\frac{1}{\sqrt{2}}\operatorname{tg}\beta}$	β°	$\operatorname{arc\,tg}\frac{\operatorname{tg}\beta+\operatorname{tg}45^\circ}{1\pm\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}45+2\operatorname{tg}^2 45}$
	1		2		3		4		5
0	4,9251	–	0	13,1868	–	0	19,1066	–	0	19,4712	–	0	18,4349	–
5	9,7066	0,–	5	16,9389	–	5	21,1649	–	5	21,0755	–	5	19,4035	–
15	18,8899	10,3116	15	23,7940	0,–	15	24,8961	–	15	24,0053	–	15	21,2068	–
30	31,9552	26,9184	30	33,0675	17,3737	30	30,–	0,–	27,3678	27,3678	–	22,5	22,5	–
42,5	42,5	41,5515	37,5	37,5	28,0305	45	35,1039	21,2060	30	28,0736	–	30	23,7940	–
									35,2644	29,4962	0			
45	44,5995	44,5234	45	41,9325	39,8961	60	40,8934	60,–	45	32,2356	12,7644	45	26,5651	0
47,5	46,7015	47,5	52,5	46,4654	52,5	70,8934	46,1021	90,–	60	37,1034	52,8966	60	30,–	30,–
60	57,3285	62,2902	60	51,2060	65,1039	75	48,4349	81,2060	62,6322	38,0964	62,6322	67,5	32,2356	67,5
75	70,6433	79,2978	75	61,8132	87,6263	85	55,4568	65,5585	70,5288	41,4729	90,–	71,5651	33,6901	90,–
85	80,0749	89,9227	76,8132	63,2409	90,–	90	60,–	60,–	75,–	43,7392	78,0727	75	35,1039	75,–
85,0750	80,1478	90,–	85	70,2229	80,2446				85	50,2838	60,4372	85	40,7416	51,0532
90	85,–	85,–	90	75,–	75,–				90	54,7356	54,7356	90	45,–	45,–

5.2. *A beesési szög vizsgálata a szitahajlásszög függvényében rögzített eldobási szög mellett*

A *4. táblázatban* negatív és pozitív hajlásszögű szitálásra $\beta = 30^\circ$ és 60°-os becsapódási szögek mellett a szita hajlásszögének a becsapódási szögre gyakorolt hatását vizsgáljuk meg. A táblázat első oszlopában 0°, 5°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 85° és 90°-os hajlásszögek találhatók.

Negatív hajlásszögű szitálásnál 30°-os eldobási szög mellett a becsapódási szögnek a szita hajlásszögének függvényében maximuma van, mivel a becsapódási szög 0°, 15° és 30°-os hajlásszögű szitalapon 30°, $33{,}0675^\circ$ és 30°. A szitalap hajlásszögét tovább növelve, a becsapódási szög csökken, tehát a maximumot az előbbi értékek között kell keresnünk. A szemcsét 60°-os eldobási szöggel elhajítva a becsapódási szög 60°-ról 0°-ra csökken, ha a szitahajlásszög 0°-ról 90°-ra emelkedik.

Pozitív hajlásszögű szitalapon a szemcsét 30°-os szög alatt elhajítva, a hajlásszög növelésével a becsapódási szög csökken. Amennyiben a szita hajlásszöge 30°-nál nagyobb, a δ becsapódási szög negatív értéket vesz fel. Ebben a negatív tartományban a becsapódási szögnek minimuma van. — Amennyiben az eldobási szög 60°-os, a szita hajlásszögét 0°-ról 90°-ra növelve, a becsapódási szögnek előbb maximuma van, majd negatív értékű minimumot vesz fel. A két szélső érték között 60°-os hajlásszög mellett a becsapódási szög 0°, ugyanígy 0° a becsapódási szög $\alpha = 90^\circ$ mellett.

A táblázat adataiból következik, hogy rögzített eldobási szög mellett létezik olyan szitahajlásszög, amely mellett a becsapódási szög maximális, és olyan szitahajlásszög is, amikor a becsapódási szög minimális. A következőkben ezen szitahajlásszögek és becsapódási szögek meghatározását negatív és pozitív hajlásszögű szitálásra külön végezzük el.

Negatív hajlásszögű szitalap esetén a δ becsapódási szög nagyságát a (12) sorszámú összefüggés szolgáltatja. β-át állandónak tekintve a függvénynek α szerinti differenciálhányadosát képezve,

$$\frac{\partial \operatorname{tg}\delta}{\partial\alpha} = \frac{-(1+\operatorname{tg}^2\alpha)(2\operatorname{tg}^2\alpha+4\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\alpha+\operatorname{tg}^2\beta-1)}{(1+\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\alpha+2\operatorname{tg}^2\alpha)^2} = \emptyset \tag{89}$$

A differenciálhányados akkor $\emptyset$, ha a számlálóban szereplő egyik tag 0,

$$2\operatorname{tg}^2\alpha+4\operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\alpha+(\operatorname{tg}^2\beta-1) = 0 \tag{90}$$

Ezen másodfokú egyenlet két megoldása,

$$\operatorname{tg}\alpha_{1,2} = \pm\sqrt{\frac{1}{2}(1+\operatorname{tg}^2\beta)-\operatorname{tg}\beta} \tag{91}$$

azon szitahajlásszögeket szolgáltatja, amelyeken a szemcsét azonos eldobási szöggel elhajítva, a becsapódási szögnek szélső értékei vannak. A két szélső érték kiszámításához ez utóbbi egyenletnek (12)-be való behelyettesítésére van szükség. Amennyiben (91)-ben a felső, pozitív előjelet vesszük számításba, úgy a becsapódási szögnek maximuma van.

$$\operatorname{tg}\delta_{max} = \frac{1}{2\sqrt{2(1+\operatorname{tg}^2\beta)}-3\operatorname{tg}\beta} = \frac{\cos\beta}{2\sqrt{2}-3\sin\beta} \tag{92}$$

4. táblázat

Rögzített eldobási szögek mellett a becsapódási szög változása a szitahajlásszög függvényében

α	$\delta = \text{arc tg}\frac{\text{tg}\beta + \text{tg}\alpha}{1 + \text{tg}\beta\text{tg}\alpha + 2\,\text{tg}^2\alpha}$		$\delta = \text{arc tg}\frac{\text{tg}\beta - \text{tg}\alpha}{1 - \text{tg}\beta\text{tg}\alpha + 2\,\text{tg}^2\alpha}$	
	$\beta = 30°$	$\beta = 60°$	$\beta = 30°$	$\beta = 60°$
0	30,–	60,–	30,–	60,–
5	31,9551	57,3286	26,9185	62,2902
15	33,0675	51,2060	17,3737	65,1039
30	30,–	40,8934	0,–	60,–
45	23,7940	30,–	–9,8961	30,–
60	16,1021	19,1066	–10,8934	0,–
75	7,9113	8,7940	–6,7380	–5,1039
85	2,6210	2,6714	–2,4304	–2,2902
90	0,–	0,–	0,–	0,–
	$\delta_{max} = 33{,}1010$		$\delta_{min} = -11{,}1101$	$\delta_{max} = 65{,}2644$
	$\alpha_1 = 13{,}4490$		$\alpha_1 = 50{,}6560$	$\alpha_2 = 17{,}6322$
				$\delta_{min} = -5{,}2644$
				$\alpha_1 = 72{,}3678$

Ha pedig az alsó, negatív előjelet tartjuk meg, úgy (12)-be történő behelyettesítés után a minimális becsapódási szöghöz jutunk,

$$\text{tg}\,\delta_{min} = \frac{-1}{2\sqrt{2(1+\text{tg}^2\beta)}+3\,\text{tg}\,\beta} = \frac{-\cos\beta}{2\sqrt{2}+3\sin\beta} \qquad (93)$$

Pozitív hajlásszögű szitálás esetén a két szélső érték megkeresése érdekében pontosan az előbbiek szerint járunk el. A (39) sorszámú összefüggés α szerinti differenciálásával és Ø-val történő egyenlővé tételével a keresett szitahajlásszög,

$$\text{tg}\,\alpha_{1,2} = \pm\sqrt{\frac{1}{2}(1+\text{tg}^2\beta)}+\text{tg}\,\beta \qquad (94)$$

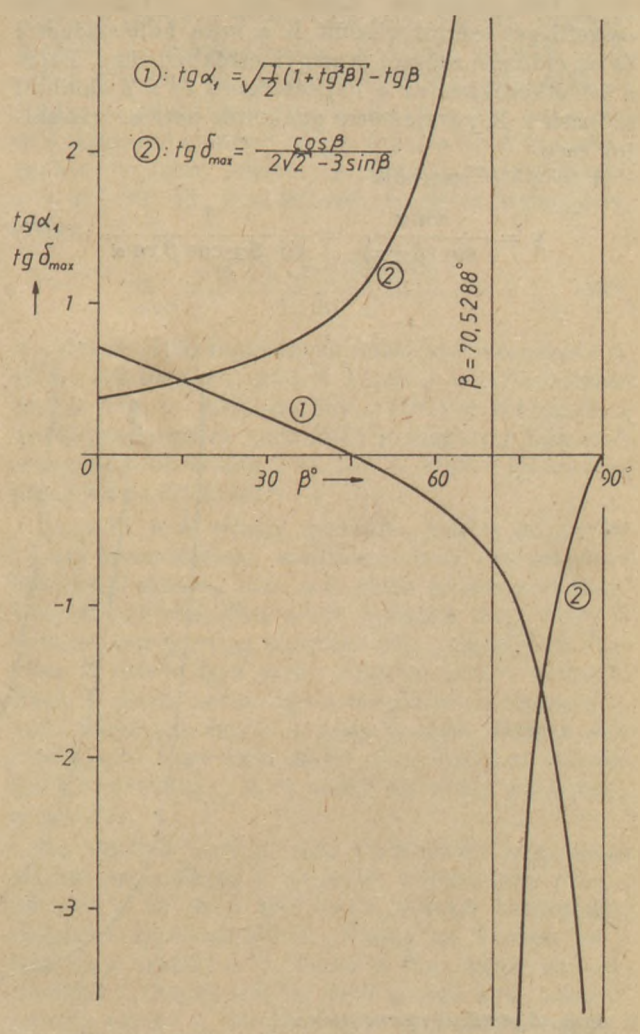
A felső, pozitív előjel számításbavételével a becsapódási szögnek minimuma van. Ez a minimális becsapódási szög pontosan (93)-mal egyezik meg. Viszont az alsó, negatív előjel figyelembevételével a becsapódási szög maximális, és ez a maximális becsapódási szög (92)-vel határozható meg.

A *8. ábrán* a (91) szerinti $\text{tg}\,\alpha_1 = \left[\frac{1}{2}(1+\text{tg}^2\beta)\right]^{1/2} - \text{tg}\,\beta$ és a (92) szerinti $\text{tg}\,\delta_{max} = \cos\beta/(2\sqrt{2}-3\sin\beta)$ változását tüntettük fel a β szög függvényében. $\beta = 0°$-nál $\text{tg}\,\alpha_1 = (1/2)^{1/2}$, $\alpha_1 = 35{,}2644°$ és $\text{tg}\,\delta_{max} = 1/(2\sqrt{2})$, $\delta_{max} = 19{,}4712°$. Ezeket az értékeket a (74) és (75) összefüggések segítségével már levezettük. Amennyiben az eldobási szög 45°, úgy a szükséges szitahajlásszög 0°, ekkor a becsapódási szög szintén 45°. Ezek az értékek a 8. ábráról szintén leolvashatók.

A (92) szerinti $\text{tg}\,\delta_{max}$ függvények

$$\sin\beta = \frac{2\sqrt{2}}{3} \qquad (95)$$

-nál, tehát $\beta = 70{,}5288°$-nál szakadása van. Ekkor a szita hajlásszögének irányténye zője $-1/\sqrt{2}$, tehát 35,2644°-os pozitív hajlásszögű szitálásról van szó. ilyen hajlásszög (35,2644°) és eldobási szög (70,5288°) mellett a becsapódás merőleges. Ugyanez bizonyít-



8. ábra. tg α_1 és tgδ_{max} függvények változása $\beta°$ szög függvényében

(86) és (87) segítségével már bizonyítottuk, hogy ható (92) segítségével is, ha ide (95)-öt behelyettesítjük. — A tg δ_{max} függvény szakadása $\beta = 70{,}5288°$-nál a *8. ábrán* függőleges egyenes segítségével be van jelölve.

A 4. táblázat utolsó sorában az előbbi összefüggésekkel számított szélső értékek megtalálhatók. Pl. 60°-os eldobási szög mellett 17,6322°-os pozitív hajlásszögű szitán a becsapódási szög 65,2644°-kal maximális. Ugyanezen eldobási szög mellett $\alpha = 72{,}3678°$-os szitán a minimális becsapódási szög $-5{,}2644°$. $\delta = 5{,}2644°$, ha 72,3678°-os negatív hajlásszögű szitán a szemcsét $-60°$-os eldobási szöggel hajítjuk el.

6. A statisztikus rezonanciára jellemző relatív gyorsulás vizsgálata

A statisztikus rezonancia biztosításához szükséges K relatív gyorsulás a (20) és (43) összefüggések szerint,

$$K = \frac{\cos\alpha}{\sin(\beta \pm \alpha)}\sqrt{\pi^2+1} \tag{96}$$

A szakirodalomban a K paraméterre általában $(\pi^2+1)^{1/2} = 3{,}2969$-et adják meg [2, 5]. Az előbbi összefüggés szerint viszont K a szita hajlásszögétől és az eldobási szögtől is nagymértékben függ. Ezért a következőkben az α hajlásszögnek és a β eldobási szögnek a K paraméterre gyakorolt hatását vizsgáljuk meg.

A $(\pi^2+1)^{1/2}$ szorzója

$$y = \frac{\cos\alpha}{\sin(\beta \pm \alpha)} = \frac{1}{\sin\beta \pm \cos\beta \operatorname{tg}\alpha} \tag{97}$$

A K paraméter alakulásának vizsgálatához elegendő ezen y függvény elemzése. A (97) szerinti y értékét előbb rögzített α esetén $\beta = 0°$, $(90° \mp \alpha)/2$ és $90° \mp \alpha$ mellett vizsgáljuk meg, majd a függvény szélső értékével foglalkozunk.

Ha az elhajítás vízszintesen történik, tehát $\beta = 0°$, akkor

$$y = \pm\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha} \tag{98}$$

(74) szerint $\alpha = 35{,}2644°$-os hajlásszögnél a δ becsapódási szög maximális. Ebben az esetben $y = \sqrt{2}$.

$\beta = (90° \mp \alpha)/2$ eldobási szög mellett a becsapódási szög szintén $(90° \mp \alpha)/2$, a löketenként megtett útnak maximuma van. (97)-be történő behelyettesítéssel,

$$y = \frac{\cos\alpha}{\sin\left(45 \pm \frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{2\cos\alpha}{\sqrt{1+\cos\alpha} \pm \sqrt{1-\cos\alpha}} \tag{99}$$

Ha pedig $\beta = 90 \mp \alpha$, úgy a szemcse tartózkodási ideje a legnagyobb, és a vizsgált y függvény

$$y = \cos\alpha \tag{100}$$

Pozitív hajlásszögű szitálásnál a merőleges beesés biztosításához szükséges tg $\beta_\perp$-át a (85)-ös sorszámú összefüggéssel már megadtuk. Ezzel a tg β-val sin β-át és cos β-át kifejtve, majd (94)-be helyettesítve az y függvény

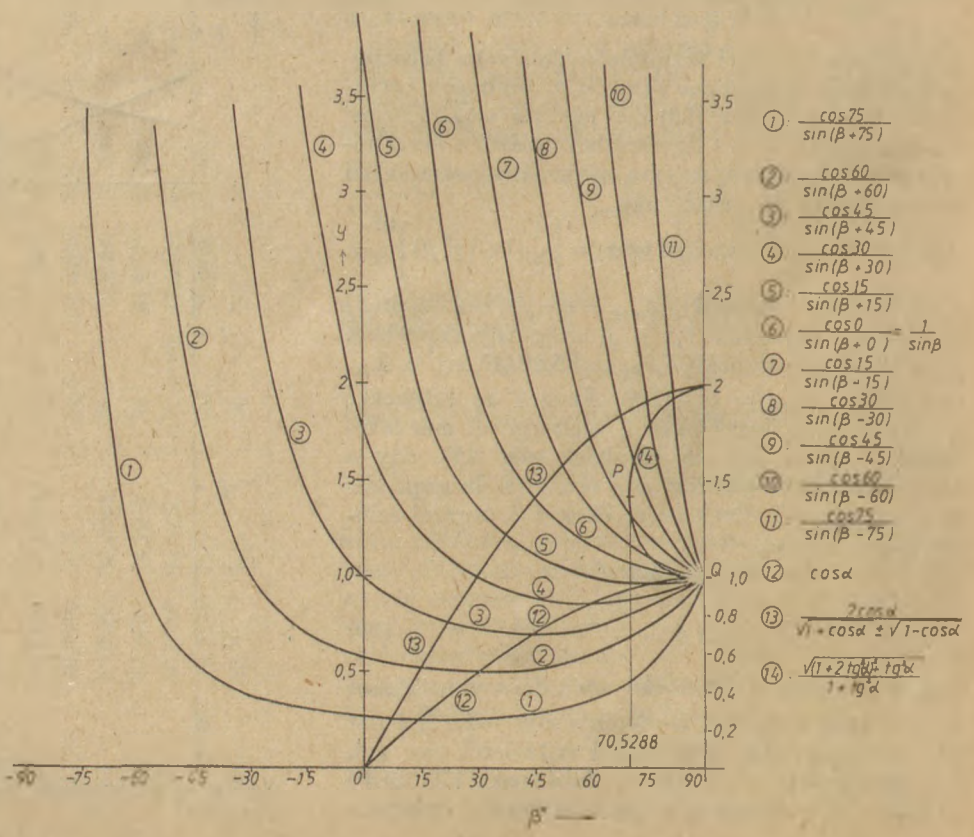
$$y = \frac{\sqrt{(1+2\operatorname{tg}^2\alpha)^2+\operatorname{tg}^2\alpha}}{1+\operatorname{tg}^2\alpha} \tag{101}$$

szerint alakul.

$y = 1$, ha $\cos\alpha = \sin(\beta \pm \alpha)$. Az egyenlőségből az következik, hogy a szita hajlásszögétől függetlenül $\beta = 90°$-nál (függőleges eldobásnál), továbbá

$$\sin\beta = \cos 2\alpha \tag{102}$$

mellett $y = 1$, így ekkor $K = (\pi^2+1)^{1/2}$.



9. ábra. A statikus rezonanciára jellemző $y = \cos\alpha/\sin(\beta \pm \alpha)$ függvény változása a β függvényében, α különböző értékei mellett

Végül szélső érték számítással bizonyítható, hogy állandó szitahajlásszög mellett a (97) szerinti y függvénynek (vele együtt K-nak) az eldobási szög függvényében minimuma van:

$$\frac{\partial y}{\partial \beta} = \cos\beta \mp \sin\beta \operatorname{tg}\alpha = 0 \qquad (103)$$

Ez utóbbi függvény akkor 0, ha $\beta = 90° \mp \alpha$, tehát merőleges eldobás esetén. Ez érthető is, mert a szemcse merőleges eldobás esetén tartózkodik a leghosszabb ideig a levegőben, ill. légüres térben. Ebben az esetben az y függvény a (100) szerinti $y = \cos\alpha$.

A *9. ábrán* a β eldobási szög függvényében a statisztikus rezonanciára jellemző $y = \cos\alpha/\sin(\beta \pm \alpha)$ függvény változását tüntettük fel, ha $\alpha = 75$, 60, 45, 30, 15 és 0°. A függvényeket sorszámmal láttuk el. Az 1, 2, 3, 4 és 5-tel jelölt függvények a negatív hajlásszögű szitálásra vonatkoznak; az 1-gyel jelölt függvény 75°-os hajlású, az 5-tel jelölt pedig 15°-os hajlásszögű szitalapra. 6-tal a vízszintes szitalapra érvényes $1/\sin\beta$ függvény van jelölve. A további függvények az előbbiekhez hasonló sorrendben a pozitív hajlásszögű szitálásra vonatkoznak: 7-tel a 15°-os, végül 11-gyel a 75°-os szitahajlásszögre vonatkozó függvény van jelölve. (Az ábrán a felsorolás sorrendjében a függvények jelölése szintén megtalálható.)

A görbeseregről mindenekelőtt az állapítható meg, hogy a vizsgált függvény értéke igen nagy, ha β szög értéke az α hajlásszögét megközelíti: $\beta \to \pm\alpha$ esetén $\cos\alpha/\sin(\beta \pm \alpha) \to \infty$.

A másik alapvető megállapítás, hogy $\beta = 90°$-nál mindegyik függvény értéke 1. (Ekkor $K = (\pi^2+1)^{1/2}$.) Ezt a megállapítást már bizonyítottuk. Az is jól látható az ábráról, hogy a (102)-es sorszámú összefüggésnek megfelelően negatív hajlásszögű szitálásnál $\beta = \arcsin(\cos 2\alpha)$ eldobási szögeknél y szintén 1. (Pl. 15°-os hajlású szitalapon $\beta = 60°$-nál.) Ezen két eldobási szög között a függvényeknek (103) értelmében a szitalapra merőleges eldobás mellett minimuma van. A minimumhelyeken a 9. ábrán a 12-vel jelölt $y = \cos$ függvény halad át, tehát $y_{min} \approx 1$. $\beta = 0°$-os eldobási szög mellett a vizsgált függvény a (98) szerinti $1/\operatorname{tg}\alpha$ formát veszi fel. Az ábrán bemutatott ábrázolásmód mellett az $1/\operatorname{tg}\alpha$ értékeit az ordináta tengely és a $\cos\alpha/\sin(\beta+\alpha)$ függvények metszéspontjainak abszcisszái adják.

Mindezek alapján az állapítható meg, hogy negatív hajlásszögű szitálásnál y, ill. K értéke annál szélesebb β tartományban kisebb 1-nél, ill. 3,3-nál, minél nagyobb hajlásszögű berendezésről van szó. Pl. 45°-os hajlású berendezésnél y értéke 0° és 90° eldobási szögek között, míg 15°-os hajlású berendezésnél csak 60° és 90° közötti β szögek mellett kisebb 1-nél.

A *9. ábrán* még fel van tüntetve a $\beta = (90 \pm \alpha)/2$ eldobási szögeknél érvényes (99) sorszámú függvény is. Ez a függvény az ábrán 13-mal van jelölve és a görbesereg mindegyik függvényét, még a pozitív hajlásszögű szitálásra vonatkozó függvényeket is metszi. $\alpha = 60°$ és $\alpha = 0°$-nál $\beta = 45°$, tehát ilyen szitahajlásszögnél és ennél az eldobási szögnél a 13-mal jelölt függvény a 6-tal jelölt $1/\sin\beta$ függvényt metszi. $0° \leq \beta < 45°$-os eldobási szögeknél a 13-mal jelölt függvény a negatív hajlásszögű, míg $45° < \beta \leq 90°$-nál a pozitív hajlásszögű szitálásra vonatkozó függvényeket metszi. $\beta = 90°$-nál, tehát $\alpha = 90°$-nál a (99) sorszámú függvény határértéke, egyúttal legnagyobb értéke,

$$\lim_{\alpha \to 90°} \frac{2\cos\alpha}{\sqrt{1+\cos\alpha} - \sqrt{1-\cos\alpha}} = 2 \qquad (104)$$

A fentiek értelmében a 0° és 45° közötti eldobási szögeknél, tehát negatív hajlásszögű szitálásnál a (99) szerinti, a 9. ábrán 13-mal jelölt y függvény értéke 0 és $\sqrt{2}$ közötti, míg pozitív hajlásszögű szitálásnál $\sqrt{2}$ és 2 között van.

A pozitív hajlásszögű szitálásra vonatkozó függvények mindegyikének értéke $\beta = 90°$-nál 1. 90°-nál kisebb eldobási szögeknél y értéke minden esetben 1-nél nagyobb: az eldobási szög csökkenésére y monoton növekszik. y értéke a szitahajlásszögtől is függ: a szitahajlásszög növelésével y értéke is növekszik.

A pozitív hajlásszögű szitálás függvényeit a 14-gyel jelölt, a szemcsék merőleges beesésére vonatkozó (101)-es sorszámú függvény is metszi. Vízszintes szitalap esetén a merőleges visszaesés feltétele $\beta = 90°$; a függvény számszerű értéke 1. Növekvő szitahajlásszög mellett a merőleges beesés biztosításához szükséges $\beta_\perp$ eldobási szögeket a 2. táblázatban már megadtuk. Ezek alapján érthetővé válik az ábrán a 14-gyel jelölt függvény sajátos lefutása. Amikor a szitahajlásszög 35,2644°, $\operatorname{tg}\alpha = 1/\sqrt{2}$, akkor a β eldobási szög 70,5288°-kal minimális és a 14-gyel jelölt függvény értéke $y = \sqrt{2}$. Az ábrán ez a legkisebb eldobási szög a hozzátartozó P ponttal együtt be van jelölve. A függvény határértéke $\alpha = 90°$-nál, ill. $\beta = 90°$-nál, egyúttal legnagyobb értéke,

$$\lim_{\alpha \to 90°} \frac{\sqrt{(1+2\operatorname{tg}^2\alpha)^2 + \operatorname{tg}^2\alpha}}{1+\operatorname{tg}^2\alpha} = 2 \qquad (105)$$

A (104) és (105) függvények határértéke egyaránt 2, ezért e két függvénynek a 9. ábrán $\beta = 90°$-nál közös pontja van. — Ezek szerint a (101)-es sorszámú, a merőleges beesésre vonatkozó y függvény legkisebb és legnagyobb értéke 1 és 2, a K relatív gyorsulása pedig 3,3 és 6,6 közötti.

Az y ill. a K relatív gyorsulás pontos ismeretére a szitaberendezések, szállítócsatornák tervezésénél feltétlenül szükség van. A *9. ábrán* feltüntetett függvények egyértelműen arról győznek meg, hogy a szitahajlásszög és az eldobási szög nagyságától függően K értéke igen széles határok között változik. Nagy K érték esetén úgy a meghajtó mechanizmus, mint maga a berendezés nagy igénybevételnek van kitéve, ami nagy szilárdságú alkatelemeket, robusztus kivitelt kíván. Ezek miatt az előállítási költség növekszik.

Az előző fejezetben már említettük, hogy rezgő szállítócsatornáknál a nagyobb teljesítmény elérése céljából a 0° és a $(90° - \alpha)/2$ közötti becsapódási szögek a legcélszerűbbek. Ebben az esetben az y függvény értékei a *9. ábrán* a függőleges tengely, továbbá a 13-mal és 6-tal jelölt görbék által határolt mezőbe esnek. A mezőben az α és β szögek nagyságától függően igen eltérő értékek adódnak. Pl. 45°-os hajlásszögű berendezésen 0 és 30°-os eldobási szögek

mellett y értéke 1, — és 0,732, míg 15°-os hajlásszögnél 0 és 37,5°-os eldobási szögek esetén 3,732 és 1,218. Így a K relatív gyorsulási paraméter kis hajlásszögű berendezéseknél a $(90° - \alpha)/2$ eldobási szög, míg nagyobb hajlásszögű berendezésnél a 0°-os, vagy 0°-nál nem sokkal nagyobb eldobási szögeknél a kedvezőbb.

Szitaberendezéseknél a minél nagyobb becsapódási szögek elérése érdekében vízszintes szitalapoknál a $(90° - \alpha)/2$, nagyobb hajlásszög mellett $90° - \alpha$ eldobási szögekre kell törekedni. Ennek megfelelően a *9. ábrán* y értékei a 6, 12 és 13-mal jelölt görbék által határolt mezőbe esnek. Ebben a mezőben y, vele együtt K értékei nem annyira eltérők mint a rezgő szállítócsatornákra jellemző mezőben. Pl. vízszintes szitalapnál 45°-os eldobásnál (kéttengelyű szitánál) $y = \sqrt{2}$ (ez a mező legnagyobb értéke), 15°-os (körmozgású) szitáknál 37,5 és 75°-os eldobási szögeknél 1,218 és 0,966, végül 30°-os szitalapon (elektromágnes vibrátorok) 30 és 60°-os eldobási szögeknél 1, és 0,866. A felsorolt értékek alapján a nagyobb hajlásszögű szitalapon a merőleges eldobás előnyei nyilvánvalóak. Vízszintes szitalapon 45°-os eldobási szög főleg az anyag előrehaladása szempontjából kívánatos. Ekkor a K relatív gyorsulás ($\sqrt{2} \cdot 3{,}3 =$) 4,667, ami már feltétlenül robusztus kivitelt kíván.

Pozitív hajlásszögű berendezéseknél y a 6, 13 és 14-gyel jelölt függvények által körülhatárolt területre esik. A mezőben y legkisebb értéke 1, a legnagyobb 2. A szemcsék merőleges beesése biztosítása érdekében, mint ahogy arról már volt szó, a 14-gyel jelölt görbe a mérvadó. Az ezen található P pont a 35,2644°-os szitalapra vonatkozik, a pont ordinátája $y = \sqrt{2}$.

IRODALOM

[1] *Finkey József:* Die wissenschaftlichen Grundlagen der nassen Erzaufbereitung.
Verlag von Julius Springer, Berlin, 1924.

[2] *Tarján Gusztáv:* Ércelőkészítéstan.
Tankönyvkiadó, Budapest, 1954

[3] *Pethő Szilveszter:* Über die statistische Rezonanz. Acta Geodaet., Geophys. et Montanist. Acad. Sc. Hung. Tomus 9 (4) pp. 371 – 382. 1974.

[4] *Pethő Szilveszter:* A függőlegesen elhajított és visszaeső szilárd szemcsék mozgástörvényei közegben. Építőanyag, XXXVI. évf. 1984. 2. szám, pp. 48 – 56.

[5] *Schubert:* Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe Band I.
VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1975.

Pethő Szilveszter: **A statisztikus rezonanciáról**

A tanulmányban a statisztikus rezonanciára jellemző paraméterek levezetése és részletes elemzésük található. A szitaberendezést, a rezgő szállítócsatornát, az ülepítőgépet a statisztikus rezonancia törvényeinek megfelelően üzemeltetve, a berendezés egyetlen löketének ideje (ill. ennek egész számú többszöröse) és az általa elhajított szemcsének a közegben való tartózkodási ideje megegyezik. A levezetett és elemzett paraméterek a berendezésnek a nehézségi gyorsuláshoz viszonyított gyorsulása, a meghajtó mechanizmus szögállása a szemcse eldobásának pillanatában, a szemcsének löketenként megtett útja, előrehaladási sebessége és a szitalappal ütköző szemcse pályájának becsapódási szöge. Ezen paraméterek nagyságát a szitalap hajlásszöge, a szemcse elhajításának szögállása és sebessége függvényében vizsgáltuk.

A levezetett összefüggések alkalmazásával a berendezések kapacitása, a sziták szétválasztási élessége befolyásolható, így azokat a tervezők és üzemeltetők egyaránt használni tudják.

Пемё, С.: **О статистическом резонансе**

В статье излагается вывод параметров, характеризующих статистический резонанс, и дается их подробных анализ. При эксплуатации ситового оборудования, вибрационных транспортеров, осадительного оборудования, в соответствии с законами статистического резонанса, время одного толчка оборудования (или же его произведение на целое число) и время пребывания в среде зерна, отброшенного этим толчком, совпадают. Были выведены и проанализированы следующие параметры: ускорение оборудования по сравнению с ускорением силы тяжести; угол положения приводного механизма в момент отброса зерна; путь, проходимый зерном, под влиянием одного толчка; скорость движения зерна вперед и угол траектории падения зерна, ударившегося о лопасть сита. Величины этих параметров были исследованы в зависимости от угла наклона лопасти сита, угла оклонения зерна и скорости движения.

Применяя выведенные зависимости, можно оказывать влияние на мощность и резкость классификации ситового оборудования, и таким образом, применять их при проектировании и эксплуатации оборудования.

Pethő Szilveszter: **Über die statistische Resonanz**

In dem Artikel wurden die Ableitung und detailierte Analyse der auf die statistsche Resonanz charakteristischen Paramterer zusammengefasst. Arbeiten die Siebanlage, die schwingende Förderrinne und die Sedimentationsmaschine entsprechend den Resonanzgesetzen, dann werden die Zeit einzelmes Hubes und die Verweilzeit des dadurch geworfenen Kornes im Mittel vergleichen. Die abgeleiteten und analysierten Parameter: die Beschleunigung der Anlage im Vergleich der Gravitation, die Winkelstellung des Antriebsmechanismus im Moment der Kornverwerfung, der Weg der Körnchen je nach Huben, die Fortschrittsgeschwindigkeit der Körnchen.

Die Grösse dieser Parameter wurde in der Abhängigkeit des Beugungswinkels der Siebplatte, der Winkelstellung und die Geschwindigkeit des geschlenderten Kornes untersucht.

Pethő, Szilveszter: **On Statistical Resonance**

The parameters characterising statistical resonance are derived and analysed. If a sieve, vibratory chute, sedimentation device etc. is operated according to the laws of statistical resonance, the time of one full stroke (or a ultiple of it) and the hold time of the particle in the medium are equal. The effect of the followibg parameters was investigated: acceleration of the device relative to gravity acceleration; angle of the drive in the moment of particle throw, the path and velocity of a particle during one stroke and its arrival angle to the sieve. These parameters were studied in funciton of sieve angle, particle throw angle and velocity. Derived interconnexions enable a more straightforward planning, and better utilisisation, sharper classification of existing devices.

KITÜNTETETTJEINK

A Magyar Népköztársaság Minisztertanácsa hazánk felszabadulásának 40. évfordulója alkalmából

ÁLLAMI DÍJAT

adományozott

SZABÓ János akadémikusnak, ny. államtitkárnak, a BME egyetemi tanárának, széles körű oktató-nevelő munkájáért, a tartószerkezetek korszerű számítási módszereinek kidolgozásáért és alkalmazásáért, valamint jelentős iparszervező és államigazgatási vezetői tevékenységéért;

A Minisztertanács a szocialista kultúra fejlesztése terén szerzett kimagasló érdemei elismeréséül, hazánk felszabadulásának 40. évfordulója alkalmából

A MAGYAR NÉPKÖZTÁRSASÁG ÉRDEMES MŰVÉSZE

kitüntető címet adományozott

SZABÓ Erzsébet, Munkácsy Mihály-díjas üvegtervező iparművésznek.

Ipari Miniszter, hazánk felszabadulásának 40. évfordulója alkalmával kiemelkedő alkotó, irányító és szervező tevékenységéért

EÖTVÖS LÓRÁND DÍJAT

adományozott

NAGY Károlynak, a GRÁNIT Csiszolószerszám- és Kőedénygyártó Vállalat vezérigazgatóhelyettesének

A Magyar Népköztársaság Elnöki Tanácsa

hazánk felszabadulásának 40. évfordulója alkalmából eredményes munkásságuk és közéleti tevékenységük elismeréseként

DEMETER Károlynak, a Tungsram Rt. vezérigazgatójának,
GYÖNGYÖSI Istvánnak, az Építők Szakszervezete főtitkárának,
KANIA Istvánnak, a Tégla- és Cserépipari Tröszt nyugalmazott vezérigazgatójának,
KERTÉSZ Jánosnak, a MTESZ titkárságvezetőjének
Dr. KORMOS Aladárnak, a Cement és Mészművek vezérigazgató első helyettesének,
MATEJKA Józsefnek, a Tégla- és Cserépipari Egyesülés nyugalmazott igazgatójának,
SAS Kálmánnak, a Cement- és Mészművek bélapátfalvi Gyára igazgatójának,
SÓS Gyulának, a Bakony Fém- és Elektromoskészülék Művek vezérigazgatójának

ÁPRILIS NEGYEDIKE ÉRDEMREND;

BREZOVCSIK Ferencnek, a Beton- és Vasbetonipari Művek kereskedelmi igazgatójának,
Dr. KOVÁCS Árpádnak, az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium főosztályvezetőjének

MUNKA ÉRDEMREND

arany fokozata;

DOBI Imrének, az Üvegipari Művek Orosházi Üveggyára osztályvezetőjének
EGERVÁRI Lászlónak, az Ajkai Üveggyár igazgatójának,
GENGE Rezsőnek, az Üvegipari Művek főmunkatársának
HATVANI Sándornak, az Üvegipari Művek osztályvezetőjének,
LOHNER Ernőnek, az Épületkerámiai-ipari Vállalat műszaki igazgatóhelyettesének,
NÉMÉNYI Józsefnek, a Könnyűbeton és Szigetelőanyagipari Vállalat gazdasági igazgatóhelyettesének,
PÁDÁR Sándornak, az Üvegipari Művek Szerszám és Készülékgyár igazgatójának,
Dr. RAB Józsefnek, a Cement- és Mészművek vezérigazgatóhelyettesének,
SOMKUTI Bélának, a KŐPORC Elektronikai Alkatrész és Műszaki Kerámiagyártó Vállalat termelési igazgatóhelyettesének,

MUNKA ÉRDEMREND

ezüst fokozata;

ÁGH Ferencnének, a Tungsram Rt. gyáregységi főmérnökének,
KÓTI Imrének, a Délalföldi Tégla és Cserépipari Vállalat termelési főmérnökének,
POTHORSZKY Vincének, a Cement- és Mészművek beremendi gyára labor-meóvezetőjének, a

MUNKA ÉRDEMREND

bronz fokozata

kitüntetést adományozza.

A KITÜNTETETTEKNEK GRATULÁL ÉS JÓ EGÉSZSÉGET KÍVÁN A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET VEZETŐSÉGE

A szerkesztésért felel:
Dr. Székely Ádám
Szerkesztőség:
Budapest VI., Anker köz 1 – 3. 1368
Telefon: 226-497
Kiadja:
A Delta Szaklapkiadó
és Műszaki Szolgáltató Leányvállalat
1442 Budapest VII., Garay u. 5.
Telefon: 415-583, 215-440
Felelős kiadó:
Faklen Pál igazgató

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a hírlapkézbesítő postahivatalokná, és a Posta Központi Hírlap Irodánál (Budapest, V., József nádor tér 1. (1290) közvetlenül, vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 21 – 96162 pénzforgalmi jelzőszámlára. Előfizetési díj: negyedévre 78,– Ft, félévre 156,– Ft, egyes szám ára 26,– Ft.

Megjelenik havonként

85/2189 Franklin Nyomda, Budapest
Felelős vezető: Mátyás Miklós igazgató

Index: 25250
HU ISSN 0013—970 X