

Die granulierten Superphosphate sind für mechanisierten Reihenanbau gemeinsam mit dem Saatgut geeignet. Ihre Eigenschaften erfordern sogar mechanisierte Anwendung. Diese Tatsache und die schon vorher erwähnte Ersparnis bei ihrer Anwendung, sowie die Eigenschaft einiger Granulate, die Ernteerträge von Getreide zu erhöhen, hat die granulierten Superphosphate zur Massenanwendung in der sozialistischen Wirtschaft vorbestimmt.

#### Literatúra:

1. Pastýrik L., Nemeč P., Moravčík J., Steinhübel J., Chemické zvesti 9,10. (1951).
2. Avdonin N. S., Granulinovanie udobrenija i ich primenenije v sefskom chazijstve. Moskva 1950.
3. Mišustin E. N., Vest' ČAZ. roč. XXIII, 5 (1949).
4. Lysenko T. D., Agrobiologie. Praha 1950.

## Pokroky v cementárstve a vápeníctve v posledných rokoch\*)

VILIAM FIGUŠ

(Dokoučenie).

Belgické sadrotroskové cementy zn. „Sealithor“ a „Bellor“, ktoré sú vysokohodnotné, dosahujú pri jemnosti mletia 2,0, resp. 2,2% na site s 10.000 očkami na  $\text{cm}^2$  po 28 dňoch vodného uloženia až  $784 \text{ kg/cm}^2$  a u striedavého uloženia až  $843 \text{ kg/cm}^2$  (Sealithor), v prípade druhého preparátu (Bellor)  $863 \text{ kg/cm}^2$ , resp.  $913 \text{ kg/cm}^2$  podľa starých belgických noriem. Podobnými vysokými pevnosťami sa vyznačujú aj francúzske sadrotroskové cementy zn. „Supersilor“ a „Cilor“. Na výrobu uvedených cementov sa používajú trosky, bohaté na hlinitany.

V Nemecku sú normované tieto cementy: Portlandský cement, železoportlandský cement, vysokopecný cement, u každého s tromi akostnými triedami, trasový cement, smesné cementy, biely cement a akostný cement. Nie sú normované: hlinitanový cement (ktorý je však prípustelný) a sadrotroskový cement (ktorý je však povolený dávať na trh), prírodný cement, zvláštne cementy, ako živičné s voskom, mydlom a s inými látkami, dodatočne upravované cementy.

Sadrotroskový cement má podľa policajnej vyhlášky dňa 25. II. 1944 dve akostné triedy, a to do 225 a 325.

---

\*) Prednesené na pracovnej konferencii chemických výskumníkov, technikov, zlepšovateľov a novátorov v Banskej Štiavnici v júli 1951.

Čo sa týka v á p n a, tu normy ČSN-1212.1943, ktoré u nás dodnes platia, rozoznávajú: a) vápna, tvrdnúce na vzduchu, a to:

- aa) biele vápno,
- bb) dolomitické vápno (sivé):

h) vápna, tvrdnúce pod vodou, a to:

- aa) vodné vápno,
- bb) hydraulické vápno.

Pretože tieto normy nezodpovedajú celkom našim pomerom, pripravuje komisia pre normalizáciu výrobkov vápenického priemyslu pri Čs. závodoch stavebných hmôt a keramiky, n. p. nové normy pre „Stavebné vápno“, ktoré sú v konečnej redakcii u Čs. normalizačnej spoločnosti.

Na rozdiel od doterajších noriem rozoznávajú sa tieto druhy vápna:

1. Biele vápno vzdušné s vyše 90% CaO,
2. Vápno vzdušné s vyše 80% CaO + MgO, pričom obsah MgO nesmie presúpiť 10%.
3. Dolomitické vápno vzdušné s vyše 80% CaO + MgO, pričom obsah MgO je väčší než 10%.
4. Vápno slabo hydraulické s pevnosťami v tlaku od 15 do 30 kg/cm<sup>2</sup> po 28 dňoch uloženia na vlhkom vzduchu.
5. Vápno silne hydraulické s pevnosťami v tlaku vyše 30 kg/cm<sup>2</sup> po 28 dňoch uloženia na vlhkom vzduchu.

Keď porovnáme pripravované normy s doteraz platnými, vidíme, že tieto plne dbajú na vlastnosti našich surovín, čo je zlepšenie proti starým normám, ktoré boli vlastne takmer doslovným prekladom nemeckej normy DIN 1060.

### III.

Porovnávajúc normy pre cement a vápno, môžeme zistiť, že máme na jednej strane veľmi dobré cementy vysokými požiadavkami na pevnostiach (naše ČS-Normy sú t. č. najprísnejšie na svete), a to až 350 resp. 450 kg/cm<sup>2</sup> minimálnej pevnosti po 28 dňoch, a na druhej strane vápno hydraulické, kde sú požadované pevnosti len 15 až 30 kg/cm<sup>2</sup>, resp. vyše 30 kg/cm<sup>2</sup> po 28 dňoch. Medzi týmito dvoma pojivami je veľké rozpätie v pevnostiach, takže sa pri veľkom nedostatku cementu u nás zbytočne plytvá drahocenným portlandským cementom u takých betónov, kde vysoké pevnosti nie sú ani žiadúce, ako napr. u základového betónu. Dnes stavebníctvo u nás volá po takých pojivách, ktoré by vyplnili túto medzeru a znamenali by veľký prínos nielen pre stavebnú výrobu, ale s hľadiska nášho socialistického hospodárstva aj úsporu na energii a lepšie využitie našich surovínových zdrojov.

V tomto smere Ústav maltovín v Hornom Srní už urobil prvý krok vyriešením problému sadrotroskového cementu z domácich surovín. Tento cement bol u nás už aj t. r. v máji zavedený a bežne sa používa zatiaľ pre menej namáhané stavby.

Sadrotroskový cement je práškové hydraulické pojivo, ktoré sa skladá asi z 85% zásaditej vysokopecnej granulovanej trosky, alkalického budiča (slinkok, vápno) a asi z 10% síranového budiča (anhydrit, resp. sadrovec). Tento cement je pomerne jemnomletý, vykazuje úplnú stálosť objemovú a veľmi dobrý vzostup pevnosti. Vyznačuje sa vývinom malého hydratačného tepla, s čím sa musí počítať pri betónovaní za chladného počasia.

Akostné predpisy Ministerstva stavebného priemyslu požadujú od sadrotroskového cementu:

pevnosti:

v tlaku po 7 dňoch 120 kg/cm<sup>2</sup>, po 28 dňoch 200 kg/cm<sup>2</sup>  
ťahu po 7 dňoch 12 kg/cm<sup>2</sup>, po 28 dňoch 22 kg/cm<sup>2</sup>

Zatiaľ tento cement nemá sa používať pre železový betón. Vo výrobe sa podarilo prekročiť uvedené pevnosti priemerne o 30 až 40%.

Tento nový druh cementu sľubuje podľa doterajších skúšok veľmi dobrý úspech, najmä čo sa týka jeho odolnosti proti náporovým vodám a jeho termických vlastností. Touto výrobou sa podarilo zhotoviť za veľmi značnej úspory tepelnej energie nové, u nás ešte nevyrobené hydraulické pojivo za spotreby iba 4% slinku, za upotrebenia dosiaľ bezcenného anhydridu zo Spišskej Novej Vsi a konečne za využitia terajšieho a nevyužitého strojného zariadenia. Pritom sme opustili v literatúre uvedené cesty a zvýšili oproti známym sadrotroskovým cementom mletie nad 3%, zatiaľ čo sa obvykle sadrotroskové cementy melú veľmi jemne. Tým je daná záruka menšieho smrašťovania a väčšieho výkonu mlynov. I keď sme už dosiahli pekné výsledky, chceme vlastnosti tohto cementu ešte zlepšiť a preto vo výskume budeme pokračovať.

Pre chemika sú zaujímavé otázky, aké možnosti poskytuje silikátová chémia, resp. chémia cementu, pre vytvorenie nových druhov cementu.

Ako je dnes všeobecne známe, dostaneme cementový slinok slinovaním vhodných surovín pri 1450° C, pričom dostaneme smes nových nerastov, ktoré boly pomenované Törnebohmom alit, belit, celit a felit. Portlandský slinok predstavuje nám teda mineralogicky heterogénnu hmotu, ktorá sa skladá z uvedených minerálov a je vsadená do stuhnutej skloviny. Klasickými prácami Bogue-a, Lea a Parkera sa preukázalo, že podstatu cementov tvoria vápenaté hydraulické kremičitany a hlinitanany, a to najmä 3CaO . SiO<sub>2</sub>, 2CaO . SiO<sub>2</sub>, 3CaO . Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 12CaO . 7Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (v sklovine portlandských a hlinitanových cementov), CaO 2Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (v hlinitanovom cemente) a vápenaté hydraulické slúčeniny, ako 2CaO . Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (v portlandských a hlinitanových cementoch), 4CaO

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> . Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, čiže brownmillerit, MgO atď. K ujasneniu kryštalografie, mineralógie, petrografie a fyzikálnej chémie kremičitanov prispely najmä Lomonosov, Vinogradov, Koškarov, Fedorov, Levinson — Lessing, Bajkov atď. Moderná kryštalová chémia poukazuje na to, že u portlandského slinku máme do činenia s umelými kremičitanmi, ktoré tvoria nekočné reťaze komplexov kyseliny kremičitej. Z minerálov portlandského

slinku je najdôležitejší alit, obsahujúci hlavne  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ , ktorý je údajne šesťuholníkový, alebo tvorí pseudohexagonálne kryštaly. Preukázalo sa aj, že dikalciumsilikát je ortokremičitanom a že jeho  $\gamma$  modifikácia má štruktúru olivínu a ľahko sa rozpadá v prach. Prišlo sa aj na to, že  $\beta$ -modifikácia  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  sa v prírode vyskytuje ako nerast larnit a patrí do monoklinnej sústavy a v cementovom slinku je označovaná ako felit; tu sa nachádza aj belit, t. j.  $\alpha$ -modifikácia  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ .

Uvedené nerasty sú najdôležitejšími zložkami portlandského slinku, ktorých je tam na 90 %, kým zvyšujúce zložky, ako Mg, S, Na, K, Ti, Mn sú prítomné len v malom množstve, ale pri výrobe cementu sú bezpodmienečne potrebné. Čo sa týka alkálií, tu sa podarilo Brownmillerovi identifikovať  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot 8\text{CaO}$  vo forme kryštálov.

Hlavným nositeľom vlastností portlandského cementu je  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  (alit), jeho priestorová mriežka je uvoľnená, takže voda môže ľahko vniknúť do jeho mriežky, čo vysvetľuje jeho vlastnosť rýchlo tvrdnúť. Jeho rozmedzie stability sa pohybuje medzi  $1250\text{--}1900^\circ\text{C}$ . Keď sa  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  dlhší čas žihá pod  $1250^\circ\text{C}$ , rozpadá sa v  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  a vo voľné vápno. Aby teda mohli zostať zachované význačné vlastnosti  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ , treba portlandský slinok rýchle ochladiť z  $1300^\circ\text{C}$  na cca  $700^\circ\text{C}$ .

Vplyv MgO na objemovú stálosť hotového cementu nie je ešte celkom jasný. Dôvodom toho je, že nie je známy analytický spôsob na presné stanovenie MgO vo vykryštalizovanom a nevykryštalizovanom slinku.

Niektoré údaje z literatúry uvádzajú, že MgO nie je v cemente škodlivý. Ako sa ukazuje, u MgO nerozhoduje len jeho množstvo, ale aj spôsob chladenia slinku. Zistilo sa, že pri rýchlom pálení a chladení slinku netvorí sa periklas. Podľa zistenia mnohých bádateľov, molekuly MgO pri rýchlom chladení stuhnú v sklovine, rozložia sa molekulárne. Ako vieme, rýchle pálenie a rýchle chladenie je výhodné aj pre tvorenie sa alitu. Vychádzajúc z týchto poznatkov, zaviedli v SSSR cementy, ktoré sú bohaté na MgO a ktoré sú aj normované.

Pre prax je veľmi dôležité poznať mineralogické zloženie slinku. Pre tento účel slúži výpočet podľa Bogue-a, resp. podľa Lea a Parkera. Výpočet slinkových nerastov podľa Bogue-a platí len pre slinky, ktoré majú hlinitanový modul do 1,7. U slinkov s hlinitanovým modulom vyššie 1,7 treba výpočet urobiť podľa Lea. Tieto spôsoby výpočtu možno upotrebiteľ len vtedy správne, keď tavenina pri schladení celkom vykryštalizovala alebo stuhla vo forme skloviny. V praxi sa však vždy stretávame s prípadom, že tavenina z časti vykryštalizuje a z časti stuhne v sklovinu. Pre znázornenie skutočného zloženia slinku je veľmi dôležité zistiť podiel skloviny slinku. Toto možno stanoviť alebo mikroskopicky na výbrusoch, alebo zistením latentného kryštalizačného tepla sklovitého podielu.

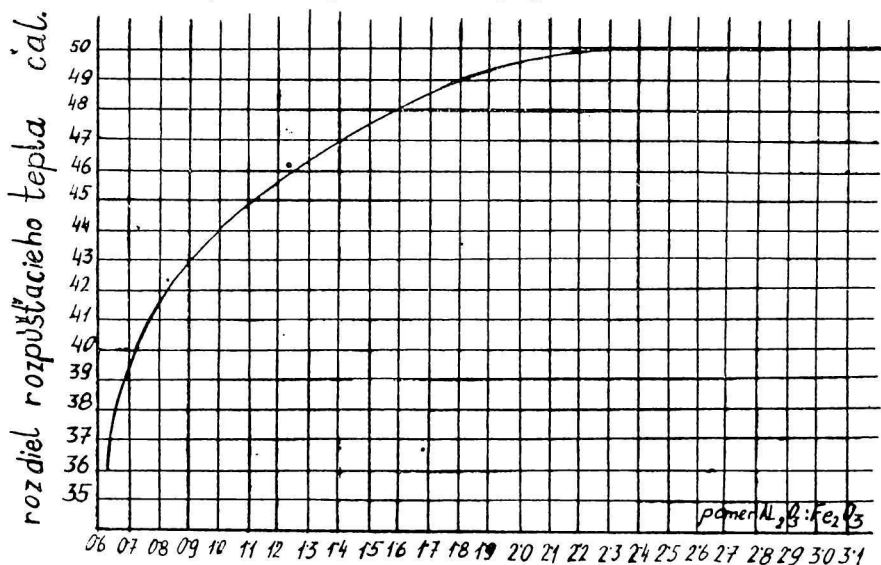
Výskumný ústav ťažkého chem. priemyslu v Maďarskej ľudovej republike pod vedením Jánosa Grofcsíka a Eleka Vágóva (pozri odb.

mad. časopis: „Építőanyag“, III. roč., č. 1—2, r. 1951, str. 4—10) usku točnil veľa pokusov za účelom jednoduchého spôsobu výpočtu slinkových nerastov na základe stanovenia latentného kryštalizačného tepla sklovitého podielu. Vychádzajúc zo sovietskej a inej zahraničnej literatúry, zistili, že latentné kryštalické teplo je funkciou hlinitanového modulu slinku. Tak prišli na spôsob, ktorý je veľmi jednoduchý, lebo na výpočet sklovitého podielu slinku treba urobiť len jedno laboratórne stanovenie, a to stanovenie rozpúšťacieho tepla pôvodného slinku.

Sklovitý podiel sa vypočíta podľa vzorca:

$$S = \frac{(a-b) \cdot 100}{c}$$

kde S = množstvo sklovitého podielu v %-ách, a = rozpúšťacie teplo vyrobeného slinku, stanovené pokusom, b = rozpúšťacie teplo celkom vykryštalizovaného slinku, čo sa vyráta, c = latentné kryštalizačné teplo skúšaného slinku, čo sa odpočíta z krivky (pozri obr. č. 1.).



Pri výrobe cementov, kde složky slinkových nerastov sú veľmi rozdielne čo do množstva (od čoho zas závisia vlastnosti jednotlivých druhov cementu), pri zostave suroviny, pri páliacom procese a ich zvládnutí sú uvedené výpočty veľmi užitočné. Dnes už nestačí pre cementárskeho chemika poznať iba chemické zloženie slinku. Slinovací proces môže ovládať len vtedy, a je schopný vytvoriť cementy o žiadúcich rôznych vlastnostiach, ak má možnosť nazrieť do skutočného mineralogického zloženia slinku, k čomu práve uvedený výpočet podľa Grofcsíka a Vágóva dáva jednoduchý prostriedok.

Aký význam má znalosť mineralogického zloženia cementu, vysvitá z nižšie uvedenej tabuľky, kde sú udané množstvá slinkových nerastov u rozličných druhov cementu:

Slinkové nerasty v %:	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	MgO CaSO <sub>4</sub> voľné CaO	Pevnosti v tlaku po 28 dňoch
Obyčajný port. cement	42	27	11	9	11	429 kg/cm <sup>2</sup>
Vysokohodnotný p. cem.	53	21	8	8	10	518 kg/cm <sup>2</sup>
Cement s nízk. hydr. tepl.	9	65	10	13	3	230 kg/cm <sup>2</sup>
Ferrariho cementy	61	9	1	24	5	550 kg/cm <sup>2</sup>
Portlandský cement bohatý na MgO (biely)	34	37	11	7	MgO:5 zvyš. 6	380 kg/cm <sup>2</sup>
„Velo“ — cementy	75	—	10	10	5	700 kg/cm <sup>2</sup>

Ako vysvitá z týchto dát, cementy bohaté na 3CaO . SiO<sub>2</sub> majú najvyššie pevnosti; cementy s nízkym hydratačným teplom, ktoré sú bohaté na 2CaO SiO<sub>2</sub>, dosahujú nízke pevnosti, u Ferrariho cementu je stlačený obsah 3CaO . Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, u bieleho cementu zas obsah 4CaO . Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> . Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, pričom je veľký rozdiel v pevnostiach týchto dvoch cementov, kým u Velo-cementu veľmi vysoký obsah 3CaO . SiO<sub>2</sub> zaručuje najvyššie pevnosti.

Z uvedených druhov cementu požaduje stavebná výroba od nás cement odolný voči síranovým vodám, ktorý by sa dal v našich cementárňach vyrábať vo forme Ferrariho cementu.

Ferrariho cement by sa mohol z našich surovín vyrábať o hlinitanovom module 0,68. Pokusné práce v tomto smere konané ukázaly, že tento Ferrariho cement veľmi dobre odoláva náporovým roztokom, lebo za extrémnych okolností — pri Anstettových skúškach — vykazovali objemové zmeny len 3,5 mm Le Chateliera po 28 dňoch, kým porovnávací portlandský cement vykazoval po 28 dňoch pri Anstettových skúškach až 24,0 mm Le Chateliera. Pripomína sa, že pri Anstettových skúškach sa skúšaný cement smieša so sadrovcom v pomere 1:1 s prídavkom 32% vody, čo je veľmi dobrým ukazovateľom odolnosti cementu voči náporovým roztokom.

Ďalej by naše stavebníctvo vyžadovalo výrobu cementu o veľmi vysokých počiatkových pevnostiach, čomu by najlepšie odpovedal cement typu Velo, čiže alitový cement, čo by pre naše hospodárstvo malo veľký význam, lebo surový bauxit sa musí k nám dovážať z cudziny a jeho výroba je veľmi drahá. Bude úlohou nášho výskumu tento problém vyriešiť a výrobu Velo-cementu u nás čím prv zaviesť. Tento problém nie je neriešiteľný, naše domáce suroviny sa pre

tento účel dobre hodia, len bude treba použiť mineralizátor pre uľahčenie slinovacieho procesu. Hydraulický modul u Velo-cementov sa má pohybovať od 2,2 — 2,5, silikátový modul od 3,0 — 5,0 a hlinitanový modul od 1,5 — 3,5.

Vzhľadom na to, že sa u nás stavajú hydrocentrály a priehrady, má pre naše stavebníctvo veľký význam cement o nízkom hydratačnom teple, výroba ktorého je u nás už celkove vyriešená a mohlo by sa začať s jeho výrobou vo veľkom, keby to umožnili voľné kapacity pecí v našich cementárňach. Výsledky, dosiahnuté s týmto cementom, sú veľmi priaznivé, pretože sa dosiahol vývin hydratačného tepla len 58 cal/g cementu. Oproti tomu sa dá uviesť, že cement, použitý pre Hooverdam v Amerike, vykazoval iba 140 kg/cm<sup>2</sup> po 28 dňoch pri teplom vývine 80 cal/g cementu.

Pre určité špeciálne práce má pre stavebníctvo veľký význam aj rozpínavý cement, ktorý sa zakladá na francúzskom patente Lossiera. Z tohto cementu sa môže vyrobiť betón, ktorý sa prakticky nemá smräsťovať. Náš výskum vychádzal z nemeckých a francúzskych prác, pričom sa nám podarilo zostaviť cementy na báze smesi portlandského cementu, hlinitanového cementu a trosky. Našimi prácami sa hlavne zistila závislosť rozpínania od koncentrácie SO<sub>3</sub> a potom veľká závislosť rozpínania od teploty. Týmto faktom sa bohužiaľ nedá zaručiť konštantné rozpínanie cementu.

Pri preberaní rôznych druhov cementu nemožno vynechať ani prísady k cementu, ktoré priaznivo ovplyvňujú akosť cementu a ktoré sú dnes v mnohom ohľade nepostrádateľné. Vhodnými prísadami možno zvýšiť výrobnosť našich cementární, a to najmä použitím rôznych hydraulických prísad, čím dospejeme k tzv. smesným cementom.

Keď sa rozhlíadneme po odbornej literatúre, zistíme, že rozličné popoly vulkanického pôvodu už od pradávna používali na zhotovenie smesných maltovín. Sovietsky vedec Alexandrov popisuje maltovinu z vápna a vulkanických popolov z Arménska, kde ju použili pri stavbe antického mesta Ani.

V Leningrade už v roku 1822 používali trosku na prípravu hydraulických výrobkov.

Ako vieme, kapitalisti nechceli pripustiť používanie akýchkoľvek prísad, pričom zastávali názor, že čistotu portlandského cementu treba v každom prípade zachovať. Toto stanovisko bolo ale v protiklade s vedeckým pokrokom a preto sa len ťažko uvádzalo používanie zásaditej vysokopecnej granulovanej trosky na výrobu železoportlandského a vysokopecného cementu.

Dnes už vieme, že používanie hydraulických prísad v mnohých smeroch zlepšuje vlastnosti cementu a mnohokrát sú v určitom smere niektoré smesné cementy lepšie než samotné portlandské cementy. To sa týka najmä odolnosti proti síranovým a chloridovým vodám, ako aj zníženia hydratačného tepla. Preto Ministerstvo techniky povolilo svojím výnosom zo dňa 25. marca 1950, č. j. 22/31.IV/4-1950, pridávanie

hydraulicky aktivovaných látok (ako zásaditá troska, tras ap.) do portlandského cementu, takže dnes možno pridávať dohromady až 10% týchto látok.

Ale aj kyslé hydraulické trosky možno s výhodou používať do cementu, o čom podal referát kolektív sovietskych pracovníkov v Leningrade na čele s prof. Kindom a jeho spolupracovníkmi Gluškom, Okorokovom a Zaparožcom na druhom kongrese veľkých priehrad vo Washingtone v r. 1936. Vzhľadom na to, že sa v zásaditej troske javí u nás pri stúpajúcej spotrebe nedostatok, chce sa náš výskum zamerať aj na využitie kyslých trosiek, škvár a popielkov.

O používaní škvár a popielkov pri výrobe smesných cementov referoval Dr. Ing. O. Kallauner jun. v časopise „Stavivo a keramika“, sošit 4, ročník 1951. Aj Ústav maltovní v Hornom Srní robí skúšky na upotrebitelnosť elektrárenských lietavých popielkov, a to výhradne s popielkami z Handlovej, pre výrobu jednak smesných cementov, ako aj na tvorbu samostatných maltovní. Doterajšie výsledky ukazujú, že smesné cementy tohto druhu prekonávajú pevnosti, ktoré sa dosahujú s portlandským cementom. Výskumné práce v tomto smere sú veľmi dôležité najmä preto, lebo ovplyvnia v značnej miere zvýšenie kapacity výroby cementu, čím sa účinne pomôže nášmu stavebníctvu.

Používanie prísad do cementu, resp. betónu prekonal v posledných rokoch v cudzine veľký pokrok. V tejto spojitosti chcem poukázať práve na to, že v posledných rokoch boli v zahraničí normované cementy, u ktorých sa pripúšťa pridávanie až 1% takých chemických prísad, ktoré ovplyvňujú hydraulické procesy pri tuhnutí cementu. Tak napr. v Amerike hodne sa používa prípravok TDA, ktorý je vlastne sódnou soľou tictanolaminokyseliny. Iné cementy obsahujú sulfonované lignity a pod. látky, ktoré majú slúžiť na zmenšenie sedimentačného objemu alebo na zníženie viskozity cementovej kaše.

Za najvýznamnejší pokrok v technológii betónu posledných 30 rokov možno však pokladať zavedenie prostriedkov na vytváranie vzdušných pórov, a to „Air — Entraining Agents“, čiže tzv. prevzdušneného betónu. Cement, obsahujúci „Air — Entraining Agents“, vytvára pri tuhnutí mikroskopicky rozdelené vzdušné póry, ktoré betónu dávajú osobitné vlastnosti. Prevzdušnený betón sa používa všade tam, kde sa žiada betón najvyššej kvality. Betón, obsahujúci tieto prísady, má cca 5% objemových mikropórov, pričom sú tieto vzdušné bublinky uzatvorené a zamedzuje sa tvorbe spojených priestupných pórovitých priestorov a kanálikov. V dôsledku toho predstavuje nám prevzdušnený betón vysoko mrazuvzdorné stavivo a preto sa používa všade tam, kde betónové stavby sú ohrožované mrazom, čo je najmä u betónových hradských.

Na základe najnovších skúseností sa ukázalo, že prísadami možno v každom prípade zlepšiť spracovateľnosť betónu, znížiť potrebu vody, možno znížiť napätie hraničných plôch medzi vodou a cementom, resp. medzi vodou a pevnými prísadami. Tieto prísady pôsobia predovšetkým



ako zvlhčovadlá, shluky zrn sa lepšie rozdeľujú, lebo týmito prostriedkami dostávajú zrnká elektrostatický náboj, čím sa vzájomne odpudzujú. Dôsledok toho je, že sa cement rýchlejšie a dôkladnejšie hydratizuje a vody sa z betónu odľučuje menej.

Inge Lyse, profesor nórskej vysokej školy technickej, popisuje v časopise *Betong skúsenosti*, ktoré sa získaly v Nórsku s „Air — Entraining — Agents“-mi.

Pri 3% množstve pórov zvyšuje sa v značnej miere odolnosť betónu proti zvetrávaniu, čo je pomerne nezávislé od látky, ktorá vytvára vzdušné póry. Uvedené množstvo pórov zvyšuje schopnosť napučnutia betónu, dáva hmote lepšiu homogénnosť a stáva sa vodotesnejším a odolnejším proti chemickým vplyvom.

Ako prísady pre prevzdušené betóny používajú Američania *Vinsol Resin* a *Darex*. Profesor Inge Lyse vo svojej uvedenej práci uvádza, že v Nórsku možno pre tento účel výhodne používať veľa nórskeho živíc, tuky, oleje a estery z celulózok. Olejový odpad z celulózok sa podľa neho dobre hodí pre nórske pomery.

Aj naše celulózky produkujú rôzne odpady, ktoré nie sú využité a ktoré by mohli dobre slúžiť na prípravu týchto prípravkov pre prevzdušený betón. Naš výskum pamätá na vyriešenie tejto otázky pre naše pomery a chce vyriešiť tento problém čím skôr, aby sa našej stavebnej výrobe čo najlepšie poslúžilo.

Vymenované možnosti pre výrobu nových druhov cementu u nás nevyčerpávajú celkom pracovný rámec nás — cementárov. Naše úsilie smeruje k tomu, aby sme mohli vyrobiť cementy, vyhovujúce rôznym požiadavkám stavebníctva, ale aby sa pritom neplytvalo zbytočne energiou a nákladmi. Naše snahy chceme predovšetkým zamerať na využitie našich surovinových zdrojov, najmä anhydritu zo Sp. Novej Vsi, na jeho zužitkovanie pre výrobu anhydritového pojiva, ďalej chceme zaviesť u nás výrobu hydraulického vápna, či už prírodného alebo umelého, využitím slovenských tufov, kremelíny, kaolinitických ilov a ostatných príbuzných hornín.

Týmto poukazom na smer vývoja vo výrobe nových druhov cementu v zahraničí chcem len podoprieť naše úsilie ísť v ústrety so strany cementárov nášmu stavebníctvu zavádzaním diferencovanejších druhov cementu a tak dopomôcť k rýchlejšiemu rozkvetu našej otčiny dodávaním hodnotných stavebných materiálov pre výstavbu našej socialistickej spoločnosti.

#### IV.

Najzaujímavejšou novotou v odbore maltovní z posledných rokov je príprava a použitie nehaseného mletého vápna v stavebníctve podľa spôsobu J. V. Smirnova, laureáta Stalinovej ceny. Smirnovova nová metóda prípravy malty znamená veľký krok vpred, lebo týmto novým objavom sa jedným značne urýchľuje tvrdnutie malty,

jednak sa malta stáva pevnejšou. Smirnovov vynález, ktorým sa položil základ novej sovietskej technológie vápna, a jeho použitie v stavitelstve a vo výrobe stavív dáva jasný doklad o tom, čo to znamená pre pokrok vedy, keď sú utvorené podmienky k tvorivej činnosti vedy a praxe. Smirnov — bývalý majster kolchozu „Boľševik“ dediny Čuchlomky, ktorému sa nedostalo odborného vzdelania — prevrátil všetky vedecké a praktické predstavy, ktoré jestvovaly o vápne po stá a tisícročia. Praktik Smirnov sa spojil s Ing. Osinom, aby objasnil a zdokonalil svoj objav a toto tvorivé priateľstvo viedlo k vynálezu, ktorý ukazuje funkciu vápna v celkom novom svetle.

Ako je všeobecne známe, postupovalo sa doteraz pri príprave malty tak, že sa vápno najprv hasí s vodou na vápennú kašu, ktorá sa smieša s pieskom a vzniknutá malta sa po pridaní ďalšieho množstva vody upotrebí na murovanie, omietanie a iné účely. Takto sa spracuje vápno od najstarších čias. Nehasené vápno sa v stavitelstve nepoužívalo preto, lebo po pridaní vody pri tvorení hydrátov z bezvodých kysličníkov sa silne zväčšuje jeho objem, až 3—5 krát. Pri hasení vápna vo vápenných jamách zostáva veľké množstvo nedohasnených častíc v podobe nedopalkov a prepalov, ktorý odpad dosahuje často podľa akosti vápna až 25, resp. 40 %.

Nevýhodou tohto spôsobu spracovania vápna je, že pri hasení vydá vápno do ovzdušia ohromnú zásobu vnútornej energie, ktorú nahromadilo pri pálení, takže na konci stráca v značnej miere vlastnosti aktívneho pojiva. Vzniknutá vápenná malta, ako známe, veľmi pomaly tvrdne, čo je príčinou toho, že murivo pomaly schne a omietacie práce sa zdržujú. V dôsledku toho sa stavba len neskoro môže odovzdať na užívanie, čím tempo stavebných prác sa veľmi spomaľuje.

Smirnov prišiel prvý raz v histórii techniky s návrhom, aby sa pre stavby nepoužívalo hasené vápno, ale mleté nehasené vápno bez predchádzajúceho hasenia. Tento návrh bol veľmi neobvyklý a zpočiatku sa zdal technicky nesprávnym. hoci tomuto spôsobu bolo súdené, že prevráti všetky vedecké aj praktické predstavy, ktoré doteraz o vápne jestvovaly.

Smirnov spozoroval, že u vápna sa hasenie a tvrdnutie, ktoré procesy boly doteraz od seba oddelené, za istých podmienok spájajú v pochod jediný a nepretržitý.

Ak sa pridá k mletému nehasenému vápnu 100 — 150 % vody, možno pozorovať zaujímavý úkaz, že sa cesto rýchle spojuje a za 30—40 minút nadobudne stuhnutý vzhľad, pričom dosiahnutie najvyššej teploty pri hasení časove prebieha súbežne s momentom spojovania vápna. Smirnov týmto jednoduchým pozorovaním dospel zásadne k novému hľadisku, čo viedlo k lepšiemu využitiu vlastností vápna a k jeho lepšiemu ohodnoteniu.

Podstata Smirnovovho objavu spočíva v tom, že vápno sa pri hasení spája, pritom tuhne a zachováva stály objem. Podľa Smirno-

vovej metódy vychádza sa z nehaseného vápna, ktoré je rozomleté na prášok do jemnosti, obvyklej pri mletí portlandského cementu. Na rozdiel od doteraz obvyklého spôsobu hasenia vápna používa Smirnov len stredné optimálne množstvo vody, ktoré kolíše v medziach od 70 — 150% v pomere k váhe vápna, pričom presné množstvo vody sa odmeriava podľa výsledku rozboru a výrobných podmienok. Celý dôvtip pritom spočíva v tom, že teplo, vznikajúce slúčováním kysličníka vápenatého s vodou, odvádza do okolitého prostredia. Dôležité je, že sa vápno nemieša po celý čas svojho búrlivého hasenia, ale prestane sa miešať v jeho určitom štádiu hasenia.

Vychádzajúc z týchto zaujímavých pozorovaní, rozvinuli Smirnov a Osin svoje práce so stránky teoretickej a praktickej a tak dospeli k novým možnostiam použitia vápna ako na stavbách priamo, tak aj pri zavedení nových stavebných hmôt. Tak sa v SSSR zásluhou týchto dvoch priekopníkov položil základ pre novú technológiu vápených pojív, ktorá rozširuje použiteľnosť vápna v staveiteľstve, dáva podklad pre nové účelné využitie tejto maltoviny a povzbudzuje na ďalšie bádanie.

Smirnovova metóda otvára nové možnosti pre plné zužitkovanie doľomitičkého vápna do vápenno pieskovej a vápenno sádrovej malty. Podľa tejto metódy sa v SSSR mieša rozomleté nehasené vápno s pieskom a vodou a proces hasenia prebieha v murive. Omietka takto pripravená je suchá už za 1—6 dní, kým omietka na našich stavbách vysychá až po 12—15 dňoch. Začiatok tuhnutia u tejto novej malty nastáva za 1—2 hodiny, kým malty z haseného vápna tuhnú až po 72—96 hodinách. Pevnosť tejto novej malty je po 14 dňoch dvakrát väčšia než u normálnej malty. Použitie Smirnovovej metódy u nás by mohlo príviesť úsporu cementu a zároveň urýchliť stavebné práce na našich stavbách.

Ale Osin išiel ďalej a rozvinul použitie mletého a nehaseného vápna aj na výrobu vápennotroskového cementu na báze nehaseného vápna, ďalej na zhotovenie rýchle tvrdnúceho betónu pre výrobu penosilikátových výrobkov ap., pričom bádanie v tomto smere ešte nie je ukončené a bude aj na nás, aby sme tejto novej metóde upotrebenia vápna venovali zvýšenú pozornosť, čo nášmu stavebníctvu prinesie iste bohaté ovocie.

## V.

V ďalšom popíšem pokroky pri technológii výroby cementu a vápna, ktorými cestami kráča moderný cementársky priemysel a kam smeruje aj výroba stavebných hmôt u nás.

V tejto súvislosti so záujmom sledujeme najnovšie pokusy, ktoré sa konajú v zahraničí s vŕtaním pomocou plameňometu. (Pozri: „Cement, Lime and Gravel“, 23, str. 67.) Podľa všetkého tento spôsob vŕtania bude znamenať čoskoro revolúciu v technike vŕtania.

Pri tomto spôsobe vŕtania sa hornina na jednom bode ožiari plameňom smesi kyslíka a uhľovodíka (tzv. lampového oleja), ktorý je vrhaný rýchlosťou 1800 — 2000 m za sekundu. Taktó sa za hodinu prevŕta až 8 m v takom materiáli, kde normálnym zariadením sa prevŕtalo len 50 — 80 cm za hodinu. Najvyššia teplota plameňa je medzi 1900 — 2200° C.

V úpravníctve sa v slovenských vápenkách prevádza drvenie a triedenie vápenca pre automatické šachtové pece na pálenie vápna, aby sa dosiahlo rovnaké zrnenie do 18 cm, ktorá veľkosť vápenca je žiadúca pre správny chod pece. Jednotným zrnením sa zlepšuje tepelná bilancia pece, zvyšuje sa jej výkon, zlepši sa akosť vápna, najmä jeho výdatnosť. Teoreticky túto otázku dôkladne preskúmali Azbe a Knibbs, ktorí — vychádzajúc z prác Haslama a Hermána (pozri Rock Products 1937, str. 76—77) — poukázali na súvislosť veľkosti vápenca, teploty a času pálenia, čo pre prax má veľký význam.

Pri zdrobňovaní surového materiálu prechádza cementársky priemysel v zahraničí v poslednom desaťročí na drvenie vo viacerých stupňoch a pri mletí zas na obežné mletie miesto priebežného mletia. Táto preorientácia pri zdrobňovaní a mletí prebieha najmä v Amerike. Má to vplyv aj na akosť cementu, z ktorého dôvodu má sledovanie tejto otázky pre nás veľký význam. V európskych cementárňach sa pri priebežnom mletí dosahuje viac jemných podielov v zrnitosti cementu, a to najmä frakcie do 30 mikróv, ktoré majú rozhodujúci význam pre pevnosť. U amerických mlynov sa dosahuje viac rovnakých zŕn, čo však má za následok klesnutie pevnosti cementu po 3 mesiacoch, u niektorých po 1 roku, čo sa dá vysvetliť nedostatkom hrubších zŕn, ktoré umožňujú dodatočné tvrdenie.

Najdôležitejším problémom cementárskeho a vápenického priemyslu je otázka pecí a tepelného hospodárstva vôbec.

Na Slovensku nástojíme pri stavbe nových cementární na moderných automatických šachtových peciach, ktoré pokladáme za najvhodnejšie ako s hľadiska národohospodárskeho, tak aj cementárskeho. Porovnávajúc spotrebu kalórií zostáva faktom, že kým u šachtových pecí spotreba tepla dosahuje 900 — 1100 cal/kg slinku, je táto u rotačných pecí 1400—2000 cal/kg slinku. Aj spotreba energie je u cementární so šachtovými pecami nižšia než u rotačných pecí. Kým spotreba kwh/t cementu je u šachtových pecí 80 — 85, dosahuje táto u rotačných pecí 90 — 120 kwh/t cementu.

U rotačných pecí vedie snaha po zlepšení tepelnej hospodárnosti s použitím viacerých horákov. Ďalšia možnosť v tomto smere sa otvára upotrebením kyslíka od 29 do 35% k spaľovaciemu vzduchu. Táto perspektíva sa otvára aj u šachtových pecí.

Veľmi zaujímavou novotou u rotačných pecí je podávanie suroviny vo forme granálií, čím sa prenos tepla podstatne zvýši. V tomto smere znamená Lepolova pec značný pokrok, lebo pre

pálenie slinku potrebuje len priemerne 960 cal/kg slinku. Podávanie suroviny vo forme granulí má aj pre šachtové pece veľký význam, lebo sa tiež snižuje spotreba tepla pri pálení slinku a akosť cementu sa zlepšuje ostrejším pálením pri súčasnom zvýšení výkonu šachtovej pece.

Osobitná pozornosť sa v cementárskom svete venuje otázke chladenia slinku, lebo úzko súvisí s akosťou cementu. Bádanim rovnovážnych stavov u slinkových nerastov sa zistilo, že  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  je pri pomalom chladení prítomný vo svojej  $\gamma$ -forme, ktorá je hydraulická. Pri rýchlom chladení je  $\text{C}_2\text{S}$  prítomný v hydraulickej  $\alpha$ - a  $\beta$ -forme. Ďalej je dôležité, že u rýchlochladeného slinku je obsah  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  vyšší, než to odpovedá rovnovážnemu stavu a naproti tomu klesá obsah  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  a  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ . Výhodou rýchlochladených slinkov je ľahšia menliteľnosť, menšie smrašťovanie a väčšia odolnosť proti siraiovým vodám a predovšetkým vyššie pevnosti.

Z uvedených príčin je snaha v cementárskej technike aplikovať poznatky bádania konštrukciou nových chladičov u rotačných pecí, a to najlepšie pomocou tzv. Fullerových roštov; u šachtových pecí sa zas navrhuje stavať nízke pece s možnosťou účinného chladenia mimo pece, čím možno zlepšiť účinnosť šachtovej pece o 15%, t. j. z 39,5% na 45,7%.

Nie menej dôležitou otázkou je otázka konštrukcie pecí a ich tepelného hospodárstva ako v cementárstve, tak aj vo vápeníckom priemysle.

Prof. Bárta zistil, že reakčná schopnosť vápna, ktorá úzko súvisí s dobrou tvárnosťou vápennej kaše, je závislá od teploty a času pálenia.

Preto zavádzame na Slovensku automatické šachtové pece na pálenie vápna. Táto pec má miešané kúrenie. Jedna takáto pec má výkon 60 t/24 hod. a spotreba tepla dosahuje 1078 cal/kg vápna. Spotreba paliva je 15,4%, počítané na hotový výrobok, oproti 25% spotreby paliva v kruhovkách.

V SSSR sa stavajú šachtové pece na poloplyn ( $\text{CO}$ ), ktoré sa veľmi dobre osvedčujú, majú veľký výkon a sú hospodárne. Najlepšia pec tohto druhu je pec Ing. Butkeviča, ktorá je dvojetážová a jej výkon je 80 t vápna za 24 hodín.

Ako sa dozvedáme z „Rock Products“ a z „Pitt and Quarry“, robia sa v Amerike pokusy s tzv. „Fluo Solids Dorr — Reactor“. Je to istý druh šachtovej pece, kde sa páli mletý vápenec a protiprúdne prichádzajú  $600^\circ\text{C}$ -ové plyny, ktoré premenia mletý vápenec v „tekutú“ suspenziu. V ďalšej etape sa vápno páli pri  $930 - 950^\circ\text{C}$  a rozloží sa na 99%. Výrobok je veľmi rovnomerný, vysokoreaktívny, so zvyškom  $\text{CO}_2$  najviac 0,6 — 0,8%. Táto pec má vysokú termickú účinnosť. Vykurovanie sa deje olejom, uhoľným prachom alebo plynom. Tento nový spôsob pálenia bude mať podľa všetkého význam pre výrobu vysokohodnotných špeciálnych druhov vápna pre chemický priemysel. Výkon jednej pece má byť 100 t denne.

## VI.

Od čias, keď Rankin a Wright prvý raz prišli pred odbornú verejnosť s diagramom, ktorý predstavuje heterogénny rovnovážny stav v sústave  $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ , zdalo sa, že sú dané predpoklady pre vedecké ovládanie pochodov pri pálení cementu. Myslelo sa, že složkami  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  a  $\text{MgO}$  sú vyčerpané všetky komponenty cementu. Presnými rozbormi v cemente sa zistilo, že sa v ňom nachádzajú ešte aj malé množstvá  $\text{TiO}_2$  v množstve cca 0,32%,  $\text{MnO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , kysličníka bóritého a chromitého a  $\text{ZnO}$ .

Úloha titanu v cemente nie je ešte jasná. Kysličník manganatý  $\text{MnO}$  predstavuje v cemente hydraulicky neúčinnú složku, kysličník manganitý  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  snižuje skorú pevnosť portlandského cementu a väznosť s vápnom, kým podľa iných autorov pôsobí táto složka portl. cemente priaznivo.

O kysličníku fosforečnom  $\text{P}_2\text{O}_5$  sa vie, že u cementov, kde chýba celkom  $\text{P}_2\text{O}_5$ , je čas tuhnutia kratší proti cementom, kde je znateľné množstvo fosforu.  $\text{P}_2\text{O}_5$  pôsobí hamovanie rozpadu slinku, t. j. vzniku  $\beta\text{-}2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ .

$\text{Cr}_2\text{O}_3$  uľahčuje väzbu s vápnom. Ako  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , tak aj  $\text{B}_2\text{O}_3$  spôsobuje, že sa vylúči nevítaná premena  $\beta\text{-}2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  v nehydraulickú  $\gamma$ -modifikáciu.

O vplyve  $\text{ZnO}$  v slinku nie je nič bližšieho známe.

Významom nepatrných složiek v stavbe hornín a tým aj umelých stavebných hmôt zaoberajú sa najnovšie práce vynikajúcich sovietskych vedcov, geochemika Vernadského a Fersmanna. V tomto smere, zdá sa, čaká ešte výskumníkov hodne priekopníckej práce.

K problému tuhnutia a tvrdnutia cementov a vápna prispeli v poslednom čase svojimi prácami Kühn a hlavne sovietsky učenc Bakov, ako aj prof. Paňutin a prof. Skramtajev. O zákonitosti tvorby cementov píše v mnohých prácach sovietsky bádateľ Žuravlev. V odbore sadrových, vápenných a im príbuzných maltovín obohatil vo význačnej miere odbornú literatúru prof. Budnikov.

V rámci tejto rozpravy nemožno sa obšírnejšie zaoberať prácami uvedených autorov. Isté je, že spomenuté práce dávajú cenné podnety pre hlbší výskum stavebných hmôt a bude len na prospech nášho výskumu, keď si budeme dôkladne všimáť výsledky prác sovietskej silikátovej chémie, ktorá otvára nové perspektívy pre rozvoj priemyslu stavebných hmôt vôbec.