

**výrobně technický
měsíčník
pro obor stávir**

stavivo

SNTL

svazek 60/1982 11

obsah

R. A. Bareš:
Kompozitní materiály, jejich principy,
funkce, klasifikace a užití — str. 425

J. Krůčková, J. Drkoš:
Uhlí jako prostředek k snižování
spotřeby ušlechtilých paliv
[v cementářském průmyslu — 430
L. Tarhanič, R. Fábianová,

A. Kačeňáková:
Posúdenie kvality produktov triedenia
a sušenia aplikovaním rovnice pre
zhodnocovanie rozdrúžovania — 433

Š. Krištín, K. Kolev, V. Slokoski:
Možnosti beztrhavinového
sekundárneho rozpojovania
skalných hornín v povrchovom
dobývaní — 437

J. Bláha, J. Jedlička, L. Opekar:
Laboratorní ověřování výpalu vápna
ze saturačních kalů — 441

M. Bartl, F. Odehnal:
Vlivní vlivu alkalického prostředí
a pojivových fází v azbestocementové
a v azbestovápenné hmotě
za hydrotermálních podmínek
na krátkovláknité azbesty — 445

R. Fedorík:
Opatrebenie zásaditých
žiaruvzdorných materiálov
v cementárskej rotačnej peci
působením náhlych
zmien teploty — 450

K. Dedek:
Exploatacia nerastných surovín
a ochrana poľnohospodárskej
pôdy — 457

V. Weiss, V. P. Seljajev:
Příspěvek k výdržnosti konstrukčních
plastů ve stavebnictví — 460
Technika v zahraničí — 465
Patenty — 469



stavivo 11·82

výrobně technický měsíčník
pro obor staviv

Svazek 60/1982

Vydává ministerstvo stavebnictví ČSR v SNTL —
Nakladatelství technické literatury, n. p., Praha

Adresa redakce: Spálená 51, 113 02 Praha 1, telefony
29 63 51 až 59 nebo 29 44 41 až 44

Šéfredaktor: Oldřich France

Redaktorka: Jiřina Krupařová

REDAKČNÍ SBOR: Ing. Dr. I. Alejnikov, Ing. I. Augusta, DrSc.,
Ing. J. Binka, CSc., Dr. J. Duben, CSc., Ing. M. Duda, CSc.,
Ing. M. Eliáš, CSc., Ing. R. Froněk, Ing. Z. Hanzlík, Ing. Dr. J.
Hradský, CSc., Ing. arch. V. Jurík, CSc., Ing. Š. Krajčí, Ing. J.
Krofta, J. Křenek, J. Légl, prof. Ing. P. Malý, Ing. R. Moudrý, Ing.
L. Nitsch, Ing. J. Petráň, Ing. R. Rohlínek, doc. Ing. J. Ryba, J. Řehoř,
prof. Ing. J. Říha, DrSc., Dr. h. c., laureát státní ceny Klementa
Gottwalda, Ing. L. Seknička, K. Smetík, Ing. A. Soucha, doc. Ing.
Dr. F. Srbek, CSc., laureát státní ceny Klementa Gottwalda
(předseda redakčního sboru), Ing. K. Strnadel, CSc., Ing. Dr.
RNDr. K. Svoboda, DrSc., Ing. M. Šikula, Ing. E. Šťastný, Ing. J.
Taichman, Ing. Dr. O. Tolde, Ing. J. Turek, Ing. L. Vanda

NA TITULNÍ STRANĚ: Montáž pórobetonových střešních dílců
typu Siporex (foto Gina Miháliková)

Stavivo vychází měsíčně, cena čísla Kčs 6,—, roční předplatné
Kčs 72,— ● Rozšiřuje PNS. Informace o předplatném podá
a objednávky přijímá každá administrace PNS, pošta, doručovatel
a PNS-ÚED Praha, Brno, Ostrava. Objednávky do zahraničí
vyřizuje PNS — ústřední expedice a dovoz tisku Praha, závod 01,
administrace vývozu tisku, Kafkova 19, 160 00 Praha 6 ● Na po-
žádání zašle redakce bezplatně ukázkové číslo ● Objednávky
inzerce zasílejte inzertnímu oddělení SNTL, Spálená 51, 113 02
Praha 1, telefon 29 58 28 ● Přetiskování veškerých materiálů
ze Staviva jen se souhlasem redakce. Nevyžádané rukopisy
a obrazové materiály se nevracejí ● Tisk Tiskařské závody, n. p.,
závod 5, provoz 51, Sámova 12, Praha 10 ● Toto číslo vyšlo
30. listopadu 1982 ● © SNTL - Nakladatelství technické literatury,
n. p., 1982

NEZAPOMEŇTE

na včasné předplatné pro rok 1983, které
vám zajistí pravidelnou dodávku Staviva

PŘEDPLATNÉ STAVIVA pro příští rok přijímá, obdobně
jako letos, každá administrace Poštovní novinové služ-
by, pošta, doručovatel a PNS-ÚED Praha, Brno, Ostrava.
Můžete též využít služeb Střediska technické literatury,
113 02 Praha 1, Spálená 51, kde jsou též k dostání někte-
rá starší čísla našeho časopisu.

OBJEDNÁVKY DO ZAHRANIČÍ vyřizuje Poštovní novi-
nová služba — ústřední expedice a dovoz tisku Praha,
administrace vývozu tisku, 160 00 Praha 6, Kafkova 19

Na požádání zašle redakce Staviva bezplatně
ukázkové číslo časopisu.

V březnu 1983 bude uspořádána v Brně konference

VODOU ŘEDITELNÉ SYSTÉMY PRO POVRCHOVÉ ÚPRAVY A LEPENÍ

Jednání konference (se zahraniční účastí) bude probíhat
v těchto tematických celcích:

- Suroviny pro vodu ředitelné systémy, zejména poly-
merní disperze
- Problematika vodu ředitelných nátěrových hmot
a omítkovin
- Problematika vodu ředitelných lepidel a tmelů
- Stav a perspektivy sortimentu vodu ředitelných
systémů pro povrchové úpravy a lepení v ČSSR.

Příhlášky k přednesení referátů přijímá organizační vý-
bor do 31. 12. 1982, přihlášky posterů do 15. 2. 1983.
Zasílejte je na adresu Dům techniky ČSVTS (Ing. H. Bez-
děková), Výstaviště 1, 656 88 Brno, tel. 314 2766, kde lze
obdržet též bližší informace.

Kompozitní materiály, jejich principy, funkce, klasifikace a užití

Ing. Dr. Richard A. BAREŠ, DrSc., ČSAV — ÚTAM, Praha

V celé prozatímní historii přizpůsoboval člověk konstrukci vždy vlastnostem dostupných materiálů. Nic jiného mu ani nezbývalo. Nakonec totéž platí i v moderní době. Prostě materiál byl a dosud převážně je vstupní neměnný parametr, konstanta, o které se sice hodně diskutovalo, která však zůstávala konstantou, i když podle různých okolností s větší či menší absolutní hodnotou.

Limitujícími faktory zůstávaly nejen např. pevnosti, které byly vesměs homogenní nebo kvazihogenní, nanejvýš ortotropní, ale i takové veličiny, jako pracovní diagram, modul pružnosti, mezní přetvoření a řada dalších fyzikálních charakteristik, včetně schopnosti interakce s okolním prostředím.

Kdybychom charakterizovali dnešní věk podle materiálu, určujícího úroveň a rozvoj Industrializace, technologie a konstrukcí, můžeme říci, že nesporně stojíme na prahu věku materiálů složených, kombinovaných z různých složek, krátce kompozitních materiálů — kompozitů.

Funkce kompozitů

Přechod ke kompozitům není diktován pouze nezbytností efektivněji využívat ubývající surovinové zdroje surovin a energií na zemi, ale i dosaženou úrovní znalostí v navrhování konstrukcí, včetně dokonalé výpočetní techniky, umožňující spolehlivě spočítat jakkoli složitou konstrukci.

Můžeme si položit otázku, co přinášejí kompozity nového do stavebnictví, jak se projeví rozvoj kompozitů ve stavebních konstrukcích, můžeme se ptát, změní-li se vůbec něco, kromě vstupních materiálových parametrů.

Odpověď zní ano. S rozvojem kompozitů se změní celá koncepce navrhování konstrukcí, přístup k navrhování a tím nezbytně i vzdělání. Základním principem bude, že současně s konstrukcí se bude navrhovat i materiál, z něhož konstrukce bude provedena, jeho složení, uspořádání, struktura. Teprve po mnoha tisíciletích moderních dějin člověka, po složité cestě poznání, dostáváme se nyní tam, kam se příroda dostala za milióny let svého evolučního vývoje.

V přírodě prakticky neexistuje konstrukční prvek z homogenního materiálu. Vždy jde o kompozit vytvořený k maximálně ekonomickému využití jednotky materiálu v daném objemu. Např. každá kost živočichů je tvořena podle převážně působícího namáhání: tuhý plášť z ostinu, složený z ohebných a poddajných kolagenních vláken ve tvrdém, křehkém apatitu, vytváří hlavní nosný prvek pro namáhání tahem nebo ohybem. Vnitřní části kosti, tvořené méně pevným spongiózním materiálem, zajišťují

stabilitu tuhého pláště při namáhání tlakem a přenos smykových namáhání při namáhání ohybem. Střední část průřezu, která z hlediska únosnosti je zcela nepodstatná, je využita pro jiné, biologické funkce. Rovněž příčný průřez kosti je navržen tak, aby nejméně odporoval danému druhu namáhání, ať jde např. o kroucení, ohyb atd. A konečně i podélný průřez je tvarován s maximální úsporností a vhodnými přechody k zabránění nepříznivých koncentrací napětí. Ale nejen nosná funkce je rozhodující. Přírodní kompozity současně zahrnují i optimální řešení jiných funkcí, jako je třeba povrchová tvrdost, odolnost proti obrusu (zuby), stupeň komunikace s vnějším prostředím (vlasy) atd. Stejně dobré příklady návrhu konstrukcí spolu s přiměřenou volbou materiálu můžeme pozorovat i u výtvorů nižších typů živočichů (pavučina).

Podobné příklady poskytuje i každý výtvor ostatní přírody; části rostlin jsou tvořeny důmyslnými kompozitními materiály. Vezměme si např. strom. To, že se plynule mění jeho průřez od kořene, tedy místa s maximálním ohybovým namáháním, ke špici, s nulovým momentem, bereme za samozřejmost. Avšak podíváme-li se na průřez stromu podrobněji, uvidíme, že blíže k povrchu, tedy k místu většího namáhání, se hustota dřeva mění a dřevo má nejen jinou pevnost, ale i větší modul pružnosti a větší mezní přetvoření. Vnitřní části pak slouží, ze statického hlediska, opět především k zajištění stability a přenosu smykových namáhání, kromě funkcí biologických, jako je výživa vnějších částí, rezervoár vody atd. Můžeme pozorovat také, že např. v zimním období, kdy lze očekávat větší namáhání (např. sněhem), odvodnění dřeně stromu (které současně brání zničení buněk mrazem) způsobí zvýšení pevnosti a tuhosti celého průřezu. Takových příkladů dokonalého využití materiálů v přírodě bychom mohli nalézt nepřeberné množství. Jedno mají společné: jde o promyšlené, dokonalé funkční kompozity.

Stejný trend a výsledek lze proto očekávat i u konstrukcí navrhovaných člověkem. Příklady promyšleného návrhu konstrukcí společně s jejich materiálem můžeme dnes již nalézt v řadě moderních systémů, zejména v leteckém a kosmickém průmyslu. Materiál každé konstrukční části je navrhován podle působících napětí, podle požadované pevnosti a tuhosti, ale i dalších fyzikálních požadavků, k dosažení minimální hmotnosti. Totéž nachází dnes již uplatnění např. v automobilovém průmyslu a stane se nezbytným i u moderních stavebních konstrukcí. V nich půjde o vytváření takových kompozitů, které nejen splní statické požadavky s minimálními materiálovými a energetickými nároky, ale které splní současně i další

nezbytná hlediska, z nichž můžeme jmenovat např. tepelně izolační schopnost, elektrickou vodivost, odolnost proti opotřebení a vlivům vnějšího prostředí, minimální údržbu atd. Těžko můžeme očekávat, že v budoucnu se budeme moci spokojit s průřezy z homogenních nebo kvazi-homogenních materiálů, v nichž převážná část hmoty je nevyužita, namáhána jen na zlomek své pevnosti, třeba jen s odůvodněním, že zajišťuje tuhost (např. ohýbaný železobetonový průřez).

Principy a klasifikace kompozitů

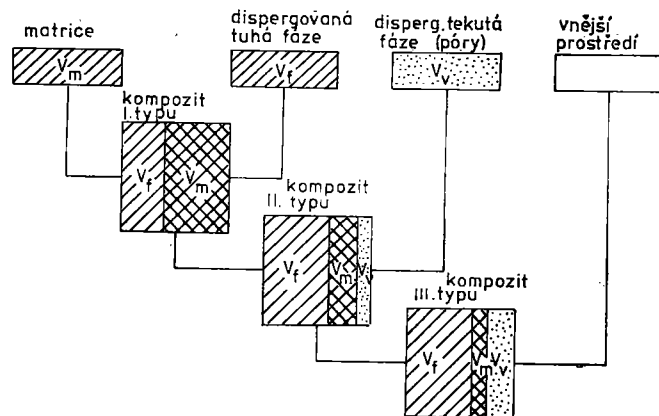
Globálně řečeno, kompozitní materiály jsou takové systémy, v nichž řízenou spoluprací složek dosahujeme nové, jednotlivými složkami samotnými nedostupné vlastnosti v důsledku synergického účinku. Kompozity mohou být různého druhu, s různou maticí a různým plnivem, např. granulárního nebo fibrilárního typu atd. Výzkumu jednotlivých konkrétních druhů bylo již věnováno mnoho úsilí a dnešní literatura je v tomto ohledu značně obsáhlá a denně se rozšiřuje. To, co je společné převážně většině těchto prací, je, bohužel, tzv. kuchařský přístup, tedy zkoušení vlastností i těch nejnemožnějších kombinací různých složek. Je to přístup neekonomický, který si může dnes již málokdo dovolit, je to hledání jehly v kupce sena. Je pravda, že se tímto postupem dojde někdy k vynikajícímu výsledku, ale za jakou cenu a s jakým úsilím. Rozumnější způsob je zřejmě věnovat pozornost základním zákonitostem složených systémů a teprve na základě podložených hypotéz experimentovat a ověřovat.

Řadu zákonitostí lze již dnes definovat, řada jiných se jen tuší, nebo se ví o jejich existenci, aniž by se je zatím podařilo definovat.

Základní charakteristikou, společnou všem kompozitům (ostatně i většině praktických materiálů považovaných za homogenní) je jejich *strukturalita*. Existuje jistá, více či méně pravidelná struktura, a to na různých úrovních: struktura každé fáze, superstruktura systému, infrastruktura jednotlivé fáze v systému a přirozeně i mikrostruktura každé látky, z níž jsou fáze složeny. Bylo již nezvratně prokázáno, že vliv struktury na většinu vlastností materiálu je rozhodující a lze nalézt, omezíme-li se pro jednoduchost zatím na systém ze dvou tuhých fází, několik typů lišících se především vzájemným poměrem a uspořádáním těchto fází (obr. 1) [1].

Velmi zhruba řečeno, vycházíme-li jako z hraničního systému ze samotné matrice (pojiva) a dispergujeme-li v ní plnivo tak, že je segregováno (rozptýleno), máme kompozit *prvního typu* (v praxi to jsou např. plněné termoplasty, většina laminátů, pryskyřičné stěrky apod.). Dosáhne-li množství plniva v systému jistého množství, dojde k jeho agregaci, k další změně množství plniva v systému již nemůže docházet, může pouze ubývat matrice a v systému se objevuje třetí, kapalná fáze v uzavřených prostorách (pórech). Pokud jsou póry uzavřeny, jde o systémy *druhého typu* (např. většina plastbetonů, některé lamináty atd.). S dalším ubýváním matrice vznikají póry spojitě a tím dochází ke komunikaci systému s vnějším prostředím. Tyto jsou systémy *třetího typu* (např. cementový beton).

Sledujeme-li např. vlastnosti plastbetonů (PC)¹⁾ [2]



Obr. 1. Klasifikace kompozitů

v závislosti na poměru plniva a matrice v systému (obr. 2) vidíme jednoznačně rozdílné chování obou krajních typů (I. a III. oblast) a prudký přechod od jednoho ke druhému (II. oblast). Z tohoto poměrně jednoduchého, ale nesmírně důležitého poznatku lze již odvodit řadu praktických závěrů o základních poměrech složení podle požadovaných vlastností. Samozřejmě podobné závislosti platí i u složitějších systémů vytvořených z více fází.

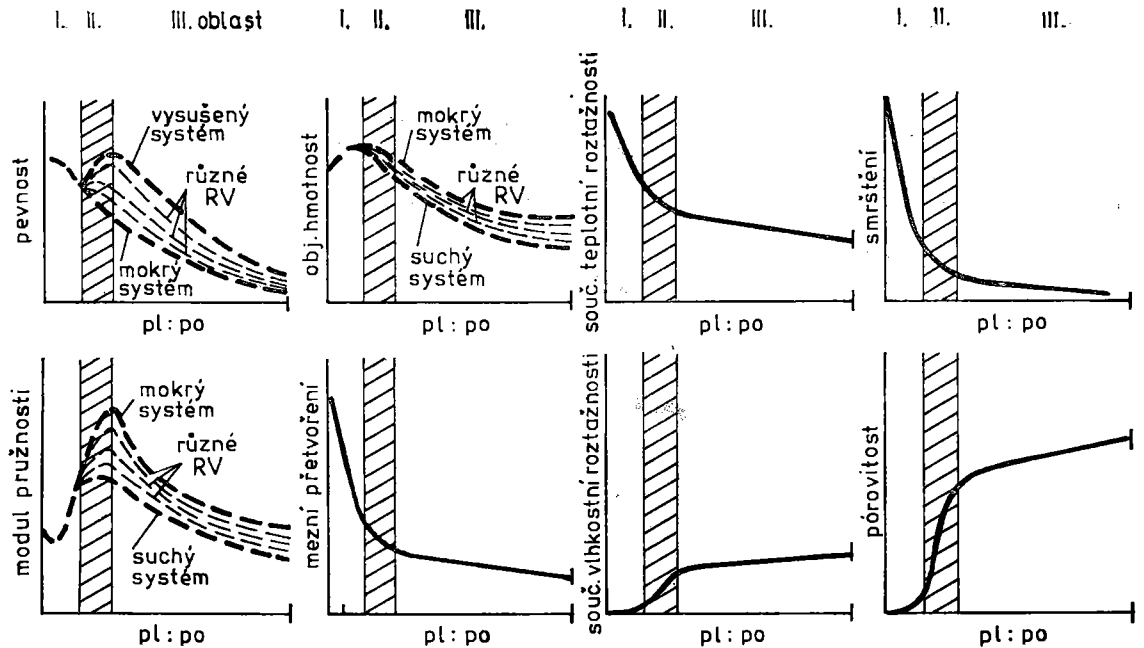
Např. velmi účinné je vytvoření vícestrukturálního systému, tedy systému, v němž existují dvě nebo více nezávislých geometricky i fázově spojitých struktur, jako tomu je např. u betonu impregnovaného polymerem (PIC)¹⁾, popř. cementového betonu modifikovaného polymerem (PCC)¹⁾. Samozřejmě záleží značně i na různých dalších veličinách, zejména např. na kompatibilitě (chemické i fyzikální) jednotlivých fází.

Bylo prokázáno, že při stejném množství matrice v systému získají se některé jeho výhodnější vlastnosti, vytvoří-li se dvě nezávislé spojitě struktury matrice, než je-li pouze jedna. Toho se dosáhne např. tím, že po vytvoření kompozitu III. typu (zpolymerovaná matrice s plnivem a spojitou pórovitostí) dodá se do systému další část matrice (impregnací), která vytvoří v pórech nezávislou infrastrukturu, chemicky shodnou s původní maticí, ale fyzikálně, morfologicky a krystalograficky odlišnou. Velké množství mezipovrchů mění pak významně charakter napětových toků i porušování; vede k výhodnější redistribuci napětí, lokalizaci a zábraně šíření poruch (trhlin) atd.

Vedle strukturalnosti systému je další neméně důležitou charakteristikou kompozitu existence rozeznatelných hranic fází, či *vnitřního povrchu*; jednotlivé fáze jsou v kontaktech vázány k sobě převážně (ale ne výlučně) fyzikálními vazbami. Nejen výzkum porušení kompozitů, ale i jejich přetváření ukázaly rozhodující roli vnitřního rozhraní mezi jednotlivými fázemi. Již z prvních studií bylo zřejmé, že vlastnosti materiálu v této oblasti se významně liší od vlastností téhož materiálu v kompaktu. Postupně je odhalován charakter hmotových a mecha-

¹⁾ Zkratky používané ve světové literatuře podle americké terminologie: PC — Polymer Concrete, PIC — Polymer Impregnated Concrete, PCC — Polymer Cement Concrete (popř. PPCC — Polymer Portland Cement Concrete).

Obr. 2. Změna vlastností granulárních kompozitů (plastbetonů) při změně hmotnostního poměru plniva k pojivu (pl : po)



nických sil na vnitřním povrchu kompozitu a jejich vliv na morfologii a fyzikální změny (např. orientaci, krystalinitu) materiálů v blízkosti rozhraní. Významným pomocníkem v tomto úsilí je fyzikálně chemická mechanika, která se snaží zahrnout fyzikální a chemické děje v pevných fázích do mechanických úvah, podobně jako již to úspěšně zvládla v koloidech.

Často se objevuje představa, že čím pevnější spojení fází v systému, tím lepší. To však platí jen v omezené míře: např. zvyšování pevnosti kontaktu nad jistou mez se významně zeslabuje houževnatost kompozitu, když odpadá výhodné působení hranice jako tlumiče rozvoje poruch.

Matematický popis kompozitů

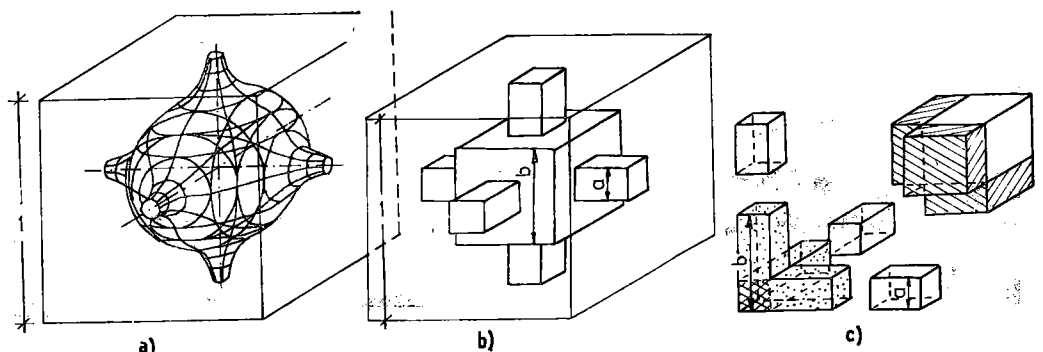
Strukturnost systému a vnitřní povrch je nezbytné zahrnout i do matematického popisu přetvoření a porušení kompozitů. Nelze se spokojit jen interakcí vlastností jednotlivých fází a jejich intenzivním zastoupením v ději, se děje např. téměř ve všech „směšovacíh pravidlech“ pro modul pružnosti, součinitel teplotní roztažnosti apod., ale je třeba vzít do úvahy i skutečnost, že jde o strukturní systém s jistým vnitřním povrchem nabývajícím nových vlastností, které z vlastností jednotlivých složek nemohou

být metodami mechaniky kontinua odvozeny. Tyto podmínky mohou být začleněny do řešení např. prostřednictvím idealizovaného modelu systému (obr. 3), ve kterém pojivo (matrice) reprezentuje základní pevný skelet, jehož povrch odpovídá průměrnému vnitřnímu povrchu a jeho objem relativnímu zastoupení pojiva v systému [3]. Tím je dána možnost respektovat i tekutou fázi v systému, a to nejen jejím objemem a modulem pružnosti, ale i velikostí vnitřního povrchu, na který se váže. Takto určené elastické konstanty systému jsou dosud nejdokonalejším řešením (i když nepochybně řešením přechodným), kde není nutné dosazovat různé empirické součinitele z testovacích pokusů.

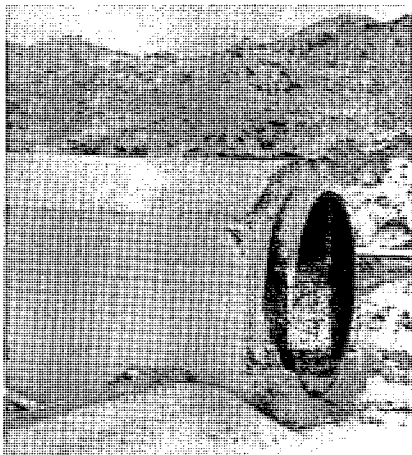
Vyčerpávajícím způsobem bude možné řešit problémy jak přetváření, tak porušování kompozitů pouze na základě distribuce a transformace vnitřní energie namáhaného strukturního systému, tedy přístupem termodynamickým. Zatím chybí mnoho poznatků, aby mohl být tento přístup dokonale rozpracován, i když některé postupy se již, alespoň modelově, tomuto cíli přibližují.

Zde stojí za zmínku nová fyzikálně energetická veličina, tzv. elastance, vyjadřující schopnost pružnosti materiálu v daném časovém okamžiku jeho historie. Jinými slovy veličina, reprezentující celkovou mechanickou a tepelnou energii, kterou může nejslabší místo strukturního systému

Obr. 3. Idealizovaný model systému granulárního kompozitu



Obr. 4. Stoka pro odpadní agresivní vody z jader z furanového plastbetonu



akumulovat v procesu historie přetváření a reakce na vnější zatížení, aniž by došlo k porušení [4].

Užití kompozitů

Obraťme nyní pozornost k několika praktickým aplikacím, plynoucím z poznání vzájemné interakce složek a vlivu struktury systému na jeho výsledné chování. Jako příklad zvolíme systémy na bázi furanových pryskyřic, jež je třeba považovat za velice perspektivní. Surovinou pro jejich výrobu není totiž ropa, ale různé dřevitě a zemědělské odpady, které budou na Zemi vždy.

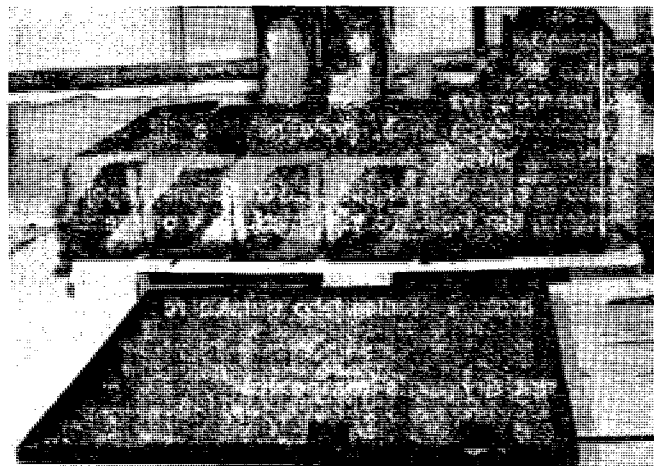
Tak např. již v roce 1963 byla vyrobena z furanového plastbetonu trubní jádra $\varnothing 1400$ mm a tloušťky stěny 40 mm, která sloužila jako ochrana odpadní stoky před silně agresivními vlivy odpadních vod z chemického průmyslu; během betonáže stoky sloužila jako vnitřní bednění (obr. 4). Dnes, téměř po 20 letech provozu (pH kolísá od 3 do 13), je potrubí bez jakýchkoli zjevných vad.

Výstavba hlavní kanalizační stoky v Praze $\varnothing 2200$ až 3600 mm byla realizována rovněž s použitím furanového

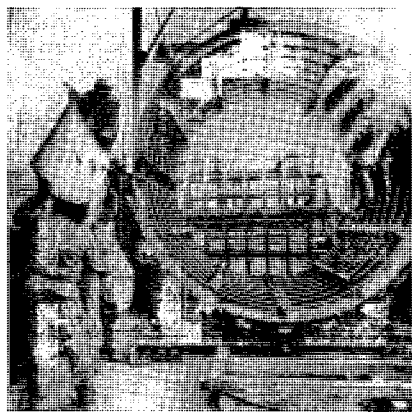
plastbetonu. Montáž ve výkopu i štole se prováděla prostřednictvím ocelových košů, které po obložení na staveništi segmenty z furanového plastbetonu byly dopravovány na místo a obetonovány (obr. 5 až 7).

Na jiných místech bylo použito předvyrobených železobetonových trub $\varnothing 1500$ mm s jádrem z furanového plastbetonu, vloženým při betonáži jako vnitřní bednění. Na další stavbě je prováděna ochrana všech betonových konstrukcí (ploch, kanálů, základů, nádrží) obdobným plastbetonem (obr. 8), u něhož navíc byla významně (o 5 řádů) snížena elektrická vodivost k zabránění nebezpečí výbuchu elektrostatickým nábojem.

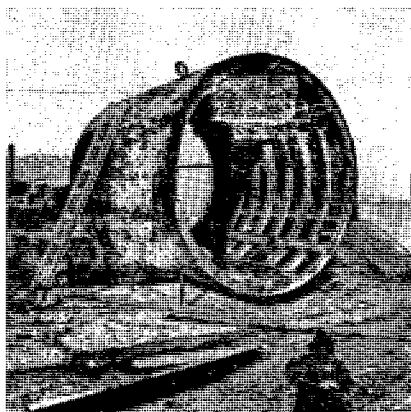
Teoretické úvahy o vzájemném ovlivnění fyzikálních vlastností jednotlivých fází na styku vedly k návrhu materiálu složeného z vysoce poddajných částic (pryže) a tuhé spojité sítě z křehkého polymeru. Ovlivněním mezipovrchových vlastností se podařilo získat stavivo, jehož mezní přetvoření je bez porušení spojité strukturní kostry 80× vyšší, než mezní přetvoření samotného materiálu sítě zkoušeného v kompaktu.



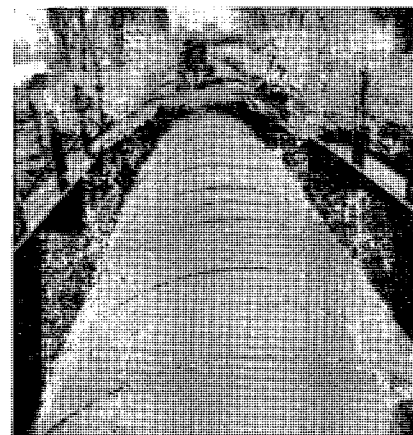
Obr. 8. Chemicky odolné plošné prvky a tvarovky k obkladům betonových konstrukcí



Obr. 5. Obklad transportních ocelových košů segmenty z furanového plastbetonu (tloušťka stěny 20 mm)



Obr. 6. Trubní jádro $\varnothing 3600$ mm připravené k dopravě do štole nebo výkopu



Obr. 7. Trubní jádra uložena ve výkopu před betonáží pláště

• Závěr

Mechanika kompozičních materiálů jako hraniční oblast se musí rozvíjet v souladu s rozvojem poznatků i v oborech, které se problematiky dotýkají.

Základním problémem, na který se bude soustřeďovat úsilí výzkumníků, je přesnější poznání funkce rozhraní a jeho kvantifikace v analytických operacích, zejména při řešení otázek porušení. Je to celá složitá oblast funkce adhezních a kohezních sil při reakci na mechanickou napjatost, především koalescentních a fibrilárních systémů. Druhým základním problémem je poznání a funkční vystižení podmínek vytváření a transformování silových toků ve struktuře namáhaného tělesa. Kontextem celého úsilí však je vytváření systémů s předem zadanými vlastnostmi mechanickými, ale i elektrickými, chemickými

a jinými, při minimalizaci energetické náročnosti jak na suroviny, tak na výrobu, zpracování a manipulaci.

St 463 — srpen 1982

LITERATURA

- [1] Bareš R.: Classification of Composite Materials and Plastics Composites. *Proc. Int. Symp. Plastics in Material and Structural Engineering, Elsevier, Amsterdam 1982.* — [2] Bareš R.: Makromolekulární hmoty jako konstrukční materiál v inženýrském stavitelství. *Soubor zpráv ÚTAM-ČSAV, Praha 1964–1967.* — [3] Navrátil J.: Mechanika spojitě póresných soustav v definovaných podmínkách prostředí. *Zpráva ÚTAM-ČSAV, Praha 1968.* — [4] Bareš R., Berka L., Javornický J., Navrátil J.: Some Basic Features in Mechanics of Inhomogeneous Materials. *Proc. Int. Conf. Mechanical Behaviour of Materials, Kyoto 1972.*

Inovace ve francouzském cihlářském průmyslu

Celkový objem výroby francouzského cihlářského průmyslu dosáhl v roce 1980 částky 2,6 mld franků. V provozu bylo celkem 150 závodů nebo firem, z nichž 10 firem zabezpečovalo asi 50 % celkového objemu výroby, resp. 60 firem asi 90 % celkového objemu výroby.

Výroba střešní krytiny zaujímá první místo v sortimentu výrobků, což ve finančním vyjádření činí 1,5 mld franků, tj. asi 58 % z celkového objemu.

V posledních 20 letech a zejména v posledních 5 letech došlo ve výrobě střešní krytiny k neobyčejně rychlému rozvoji, spočívajícímu především v likvidaci starých závodů a v budování moderních velkokapacitních linek.

Rekonstrukce a modernizace výroby střešní krytiny měla tak rychlý průběh, že v současné době lze tento obor výroby považovat za nejvyspělejší ve světě.

Objem výroby střešní krytiny dosáhl v roce 1980 asi 2,2 mil. t, což odpovídá asi 50 mil. m². Produktivita se od roku 1976 do roku 1980 zvýšila z 450 na 600 t na 1 dělníka.

Spotřeba tepla dosahuje v průměru méně než 2130 kJ.kg⁻¹.

O vysoké úrovni francouzského cihlářského průmyslu svědčí v současné době řada nových progresivních výrobků, z nichž některé byly předvedeny na posledním

mezinárodním salónu BATIMAT, který se konal ve dnech 13. až 22. listopadu 1981 v Paříži. Tento mezinárodní salón je zaměřen na stavební hmoty a výrobky pro dokončovací práce ve stavebnictví.

Francouzský cihlářský průmysl byl zastoupen mnoha výrobci a získal také jednu ze tří hlavních cen — zlatou pyramidu.

Získala ji fa Sociétés Guiraud Frères za nový výrobek — izolační sendvičový panel na výšku podlaží, který sestává ze dvou dutinových vylehčených panelů, spojených izolační vložkou.

Základní provedení panelu je toto: vnější dutinový panel ze dvou řad dutin s přepážkami po 150 mm, izolační vložka, vnitřní dutinový panel ze tří dutin s přepážkami po 150 mm. Izolační panel se vyrábí v šířkách s modulem 300 mm, má výšku 2600 mm a tloušťku 300 nebo 600 mm. Maximální hmotnost tohoto panelu je 300 kg. Koefficient přestupu tepla nového výrobku je 0,40 W.m⁻².K⁻¹.

Firma Gelis předvedla nový typ dutinových tvarovek, umožňujících sestavovat izolační panely se střídavým uspořádáním. Rozměry prvků jsou 270 × 200 × 500 mm, konečná tloušťka zdíva 300 mm, pevnost v tlaku 40 MPa a koefficient přestupu tepla 0,61 W.m⁻².K⁻¹.

Firma Lambert Céramiques předvedla rozměrově největší střešní tašku na světě,

názvu Jumbo 7, kterou charakterizují tyto údaje: hmotnost 37 kg.m⁻² (7 tašek) proti 57,5 kg.m⁻² (klasické tašky v počtu 23), úspora střešních latí až o 65 %, úspora energie při výrobě tašek až o 35 %, nižší pracnost při aplikaci, a to asi o 50 % při upevňování střešních latí a asi o 70 % při vlastním kladení tašek.

Dalšími exponáty této firmy byly střešní tašky typu Renaissance (plochá taška určená pro renovace v klasickém provedení, vyráběná ve 4 formátech 140/240, 170/240, 170/275 a 200/275 v barvě popelavě šedé), typu Eminence, typu Villa 2 a Résidence.

Firma T. B. F. (Tuilerie Briquetterie Francaise) vystavovala speciální dlaždice určené pro povrchy tenisových kurtů. Dlaždice mají rozměry 400 × 250 mm a hmotnost 3,7 kg. Povrch těchto dlaždic udílí při hře míčem odskok a rychlost srovnatelnou s antukovým povrchem. Dalším výrobkem této firmy jsou velkoformátové střešní tašky rozměrů 310 × 425 mm, hmotnosti 4,1 kg. Při kladení vychází 10 tašek na 1 m² a u dalšího typu rozměrů 280 × 445 mm, hmotnosti 3,7 kg, 11,5 tašek na 1 m².

Firma Sematec má ve svém výrobním programu izolační bloky Sematec 37-ISO, které vykazují koefficient přestupu tepla 0,55 W.m⁻².K⁻¹. Rozměry tvarovek jsou 375 × 250 × 250 mm, hmotnost 21 kg, 19 dutin, 15 tvarovek na 1 m², hmotnost zdíva 365 kg.m⁻².

— Se —

L'Industrie céramique, 1982, č. 757
St 441 — květen 1982

Uhlí jako prostředek

k snižování spotřeby ušlechtilých paliv v cementářském průmyslu

Ing. Jitka KRŮČKOVÁ, Ing. Jaroslav DRKOŠ, Přerovské strojírný, n. p., Přerov

Dosavadní struktura palivoenergetické základny ve výrobě staviv je tvořena těžkým topným olejem (mazut), lehkým olejem, generátorovým plynem, zemním plynem, hutním koksem, černým a hnědým uhlím. Na vysoké spotřebě paliv v průmyslu stavebních hmot ČSSR se podílí nejvíce výroba maltovin, a to 42 % [1], přičemž nejčastěji používaným palivem je mazut.

Snížení měrné spotřeby paliv a energie může vést cestou zvýšení tepelné účinnosti zařízení. Tepelná účinnost pece včetně výměníků tepla činí přibližně 50 %. Tepelné ztráty se skládají z radiace různých částí zařízení, dále z tepelných ztrát ve slínku a odpadních plynech. Zlepšení tepelné účinnosti by tedy mohlo být dosaženo lepším využitím tepla odpadních plynů a slínku, což spočívá především ve zlepšení činnosti chladicího systému. Přes všechny snahy ve vývoji chladičů se však do současné doby nepodařilo podstatně zlepšit jejich funkci. Lze tedy předpokládat, že v nejbližší době je možné očekávat vylepšení ekonomie procesu výpalu cementářského slínku především ve využití cenově zajímavých paliv.

V současné době je nejlacnějším druhem paliva na světovém trhu uhlí. Cena energetického uhlí činí asi 70 dolarů za 1 t, přičemž cena 1 t mazutu představuje asi 200 dolarů. 1 kJ získaný z mazutu stojí téměř dvakrát více než 1 kJ získaný z uhlí. V PLR stojí 1 kJ z mazutu dokonce 3,5× více ve srovnání s uhlím [2].

Vliv výhřevnosti a popelazuhlí na dosažení potřebných teplot ve slinovacím pásnu rotační pece

Ve srovnání s kapalnými druhy paliv a plynem se uhlí liší nižší výhřevností a dále obsahem popela, který se stává součástí slínku. Oba tyto činitele určitým způsobem ovlivňují práci zařízení a způsob přípravy surovinové směsi [3, 4, 5].

V zásadě je vyžadována pokud možno nejvyšší výhřevnost paliva, poněvadž tím je zajištěna vysoká teplota plamene, která ovlivňuje dobrý přenos tepla na vypalovanou surovinu. Spodní hranice výhřevnosti paliva, ještě použitelného pro topení v rotační peci, činí podle Hochdahla [3] asi 16 700 kJ.kg⁻¹.

Kritickou hodnotou pro použití paliva v procesu však není pouze výhřevnost, ale i dosažitelná teplota plamene. Aby proces tvorby slínkových minerálů proběhl v dostatečně krátké době, je třeba, aby vypočtená teplota plamene přesahovala 2000 °C. Je-li teplota nižší, mohou být koeficienty přestupu tepla tak nízké, že je vypálení slínku v podstatě nemožné. Pro dokonalé proběhnutí slinovacího procesu je třeba zajistit ve slinovacím pásnu rotační pece teplotu materiálu (pro běžný portlandský slínek) asi 1450 °C, přičemž skutečná teplota plamene musí být nejméně o 300 °C vyšší. Zmenšení tohoto rozdílu má za následek značné snížení intenzity výměny tepla, snížení produktivity rotační pece a v důsledku vytvoření přebytku tepla v chlad-

nějších pásmech pece i zvýšení měrné spotřeby tepla.

Jedním z rozhodujících činitelů energetické náročnosti vzhledem k použití uhlí s nižší výhřevností je správné složení suroviny z hlediska palitelnosti [6].

Při výpočtu reálně dosažitelné teploty plamene je u pevných paliv třeba uvažovat i s vlivem popela jako produktu spalování [7]. Dříve, pokud se k výpalu slínku používalo velmi kvalitního černého uhlí s nízkým obsahem popela, nedocházelo při zanedbání tohoto vlivu při výpočtu teplot plamene k významným chybám. Jestliže však v roce 1970 byl průměrný obsah popela v práškovém uhlí spalovaném v cementárně NDR asi 17 % a v roce 1973 vystoupil asi na 30 %, pak již v roce 1980 nejvyšší denní hodnoty dosahovaly i téměř 50 %. V budoucnosti, podle dlouhodobých prognóz, nemohou být vyloučeny hodnoty ještě vyšší. Tato množství popela, která musí být ohřáta až na teplotu plamene, nemohou již být jako produkty spalování zanedbána, protože mohou rozhodující měrou ovlivnit dosažení potřebných teplot ve slinovacím pásnu rotační pece.

Na obr. 1 je znázorněna závislost přenosu tepla na rozdílu teploty mezi plamenem a materiálem a na obr. 2 závislost teploty plamene na výhřevnosti uhlí a na teplotě sekundárního vzduchu. Grafy jsou zpracovány podle hodnot získaných v současné době při práci s běžnými