

VLIV CO₂ NA TUHNOUCÍ PÓROBETONOVÉ SMĚSI

FRANTIŠEK POSPÍŠIL

Výzkumný ústav stavebních hmot, Hněvkovského 65, 617 00 Brno

Došlo 18. 2. 1985

Modelová směs pro výrobu pórobetonu již po několika minutách působení CO₂ zvyšuje až čtyřnásobně pevnost v tlaku tuhnoucí směsi. Následným hydrotermálním ošetřením v autoklávu však klesají výsledné pevnosti v tlaku na polovinu až čtvrtinu původní hodnoty. Rentgenometricky a rastrovací elektromikroskopii bylo zjištěno omezení až zastavení tvorby 11 Å-tobermoritu následkem předchozího působení oxidu uhličitého.

ÚVOD

Pro rychlé dosažení počátečních pevností malorozměrových, popř. tenkostěnných prvků z hutných betonů lze využít karbonatace pojivových směsí plynným CO₂, jak o tom svědčí řada v zahraničí udělených patentů [1, 2, 3]. Také v ČSSR byla tato otázka sledována [4].

Uvedené aplikace se vesměs snaží řešit nesnáze při sycení hutné betonové směsi plynným CO₂, neboť nízká kapilarita těchto směsí spolu s téměř okamžitou reakcí CO₂ s Ca(OH)₂ za vzniku kalcitu vede k rychlému zpevnění povrchových vrstev pojivových směsí. Tyto zpevněné vrstvy dále zvyšují difúzní odpor hutných struktur vůči průniku CO₂ [5]. Pro usnadnění difúze plynu do vnitřních vrstev je proto třeba používat podpůrných prostředků, jako je předchozí vakuace, cyklické snižování a zvyšování tlaku CO₂, snižování vodního součinitele apod. Přesto zůstává problém objemového působení plynného CO₂ kritickým [6].

Kromě těchto víceméně technických otázek byla v souvislosti s danou problematikou věnována velká pozornost objasnění důsledků působení CO₂ na fázové složení a mikrostrukturu pojivových směsí. Studium těchto vlivů na již autoklávované směsi Šauman [7, 8, 9] zjistil, že karbonatací 11 Å-tobermoritu a CSH-gelu při nízké koncentraci CO₂ a relativní vlhkosti 50—75 % vzniká vedle SiO₂-gelu vaterit, který přechází na stabilní modifikaci — kalcit. V malé míře dochází také ke vzniku další metastabilní fáze — aragonitu. Při relativní vlhkosti 100 % se rychle mění tobermorit na kalcit. Následkem pseudomorfózy se však vnější tvary 11 Å-tobermoritu významněji nemění, i když dojde k úplné přeměně tobermoritu. K obdobným závěrům dochází také Berger [10]. Z hlediska pevnosti dochází k určitému poklesu, později však k opětovnému jejímu zvýšení, takže po dvouletém uložení v prostředí CO₂ činil pokles výsledných pevností maximálně 10 %.

Sledování vlivu působení CO₂ na další parametry pojivových směsí, zvláště na fyzikálně-mechanické vlastnosti, jejichž změny jsou důležité zejména u tuhoucích pojivových směsí pro posouzení působení oxidu uhličitého, však vzhledem k nízké kapilaritě hutných betonů přináší řadu problémů, jak o tom svědčí nejednotnost uváděných výsledků.

Určité východisko v tomto ohledu nabízí využití nakynutých tuhoucích pórobetonových směsí, které lze považovat za vhodný modelový systém pro studium vlivu karbonatace na vlastnosti tuhoucích pojivových směsí. Také zde je vhodné použít vakuaci pro usnadnění následného průniku CO₂ do těchto polykapilárních systémů vytvořených nakypřením zkoumaných pojivových směsí vzhledem k jejich relativně

vysokému obsahu vody (cca 30 %). Tato vlhkost zůstává ve směsi po ukončení teplotních a objemových změn a vyplňuje určitý podíl pórů, které proto nejsou bez vakuace přístupné pro CO_2 . Vakuaci nakypřených pojivových směsí lze dosáhnout uvolnění těchto pórů, snížení celkové vlhkosti a odvedení zbytkových plynů, a tím i usnadnění vniku oxidu uhličitého do celého objemu zkoumaných nakypřených struktur pojivových směsí.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Způsob přípravy zkušebních vzorků

Pro přípravu zkušebních vzorků určených ke sledování vlivu oxidu uhličitého na vlastnosti pojivových směsí byla použita výrobní směs Z. Kostolany o složení 72 % hm. elektrárenského popílku, 15,5 % vápna a 12,5 % cementu a výrobní směs Hrušovany o složení 60 % křemičitého písku, 17 % vápna a 23 % cementu. Obě směsi byly v suchém stavu odebrány přímo ve výrobních závodech.

Podmínky pro odlevy těchto zkušebních směsí byly odvozeny z běžných provozních podmínek, avšak bez použití přerostových kalů. Uvádí je tabulka I.

Za popsanych podmínek odlevů dosahovaly zkušební směsi parametry, jejichž hodnoty uvádí tabulka II.

Po ukončení teplotních a objemových změn byly odlité bloky ve formě výškové kalibrovány a z těchto tuhoucích nakypřených bloků pojivových směsí odebírány pomocí ocelového pouzdra s břitem zkušební válce o průměru 37 mm a výšce 75 mm.

Tabulka I

Podmínky odlevů použitých zkušebních směsí

Směs	Z. Kostolany	Hrušovany
Vodní součinitel	0,67	0,60
$\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (% hm.)	1,0	—
Al-přísada PAP-1 (% hm.)	0,05	0,05
Teplota odlevu (°C)	34,5	40,0

Tabulka II

Hodnoty základních parametrů zkušebních směsí po ukončení teplotních a objemových změn

Směs	Z. Kostolany	Hrušovany
Max. teplota (°C)	80,5	82,5
Teplotní zisk (°C)	46,0	42,5
Objem. hmotnost (kg/m^3)	530	580

Způsob karbonatace

Zkušební válce byly po odběru umístěny do tlakové komory, kde byl zvolna po dobu 1 minuty snižován tlak na hodnotu 20 kPa. Na této hodnotě byl tlak udržován po dobu 1 minuty. Poté byla komora zvolna po dobu 2 minut zapouštěna plynným CO_2 z tlakové lahve na hodnotu 400 kPa, která byla udržována po celou dobu karbo-

natace, tj. po dobu 10, 30, 60 resp. 240 minut. Po ukončení karbonatace byl tlak zvolna snížen na úroveň atmosférického a pomocí zařízení pro snímání tlakového napětí podle [11] stanovena tlaková pevnost zkušebních vzorků.

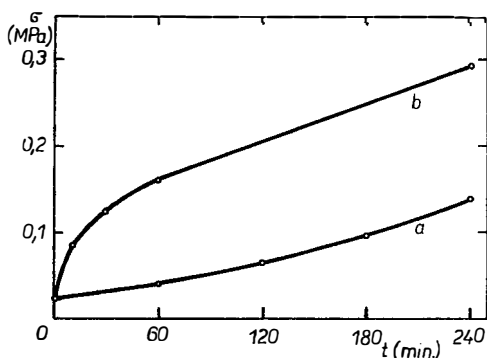
Po zjištění pevnosti karbonatovaného vzorku zatuhlé směsi byl z téhož odlitého bloku odebrán a změřen referenční zkušební válec, u kterého až do tohoto okamžiku probíhala hydratace pojiv podle teplotních a vlhkostních podmínek vytvořených v bloku po ukončení teplotních a objemových změn při tvorbě jeho makrostruktury. Tak bylo možno sledovat vliv délky karbonatace na pevnost zatuhlé směsi ve srovnání s časově stejně „starou“ směsí nekarbonatovanou.

Stejným způsobem byly karbonatovány vzorky pro následné autoklávování, jež bylo provedeno při teplotě 193°C s izotermní prodlevou 5 hodin. U takto připravených a karbonatovaných vzorků pojivových směsí byl dále pomocí termické analýzy (Derivatograph MOM) stanoven obsah CaCO_3 , difraktometrem APD 15 Philips, řízeným minipočítačem, bylo stanoveno fázové složení pojivových směsí. Rastrovacím elektronovým mikroskopem Stereoscan 2A fy Cambridge Inst. (operátor F. Odehnal) byl sledován vliv oxidu uhličitého na morfologii novotvarů vznikajících při následném hydrotermálním ošetření.

VÝSLEDKY A JEJICH DISKUSE

Pevnosti zatuhlé směsi

byly sledovány na zkušebních válcích ihned po ukončení karbonatace. Získané křivky jsou na obr. 1 a 2, kde jsou rovněž znázorněny průběhy nárůstů pevností referenčních vzorků při normálním zrání. Z těchto křivek je patrné, že počáteční nárůst pevnosti zatuhlé pojivové směsi vlivem působení oxidu uhličitého je velmi strmý. Souhlasně se zvyšováním pevnosti vzrůstá i obsah kalcitu ve směsích (obr. 3), stanovený termickou analýzou.

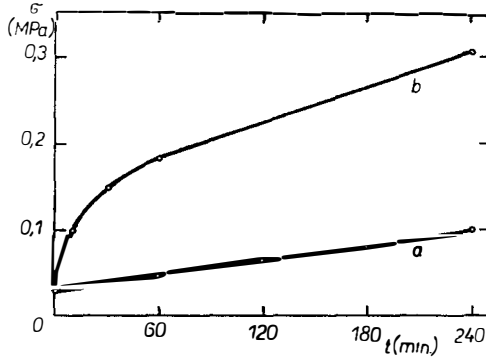


Obr. 1. Časový nárůst pevnosti v tlaku zatuhlé pojivové směsi s elektrárenským popílčkem; a) za hydrotermálních podmínek vzniklých ve směsi vlivem hydratace pojiva, b) vlivem působení oxidu uhličitého.

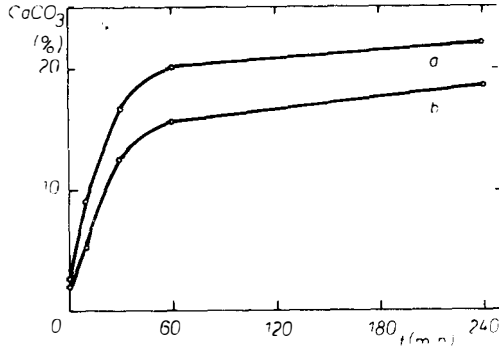
Pevnost autoklávovaných směsí

po předchozí karbonataci v zatuhlém stavu byla zjišťována po vysušení zkušebních válců do konstantní hmotnosti. Výsledky uvádí obr. 4. Prudký počáteční pokles pevnosti v tlaku autoklávovaných směsí se zvolňuje, nezastavuje se však a při karbo-

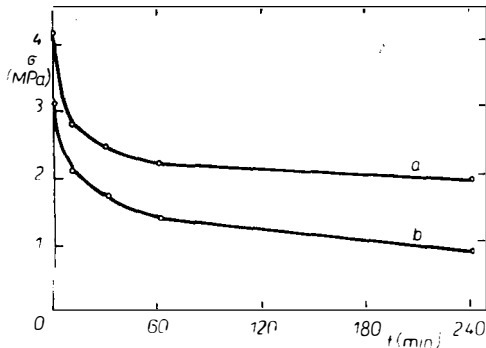
nataci v délce trvání 240 minut dosahuje pevnost autoklávovaného pórobetonu s křemičitým pískem 45 %, s elektrárenským popílkem pouze 27 % své původní hodnoty.



Obr. 2. Časový nárůst pevnosti v tlaku zatuhlé pojivové směsi s křemičitým pískem; a) za hydrotermálních podmínek vzniklých ve směsi vlivem hydratace pojiva, b) vlivem působení oxidu uhličitého.



Obr. 3. Obsah kalcitu v pojivových směsích v závislosti na době působení CO_2 ; a) směs s křemičitým pískem, b) směs s elektrárenským popílkem.



Obr. 4. Pokles pevnosti v tlaku autoklávovaných pojivových směsí v závislosti na době působení CO_2 na směs v zatuhlém stavu; a) pojivová směs s křemičitým pískem, b) pojivová směs s elektrárenským popílkem.

Rentgenometricky byly sledovány změny fázového složení při poklesu pevnosti autoklávovaných pojivových směsí vlivem působení CO_2 . Směs s elektrárenským popílkem bez předchozí karbonatace prokázala běžnou mineralogickou skladbu, tj. linie křemene, 11 Å-tobermoritu a hydrogranátové fáze typu C_3ASH_4 . Po karbonataci 60 minut se tato autoklávovaná směs jeví jako směs křemene a kalcitu s nízkým obsahem C_3ASH_4 a pravděpodobně α -cristobalitu. Přítomnost tobermoritu již nelze prokázat. Po 240 minutách karbonatace vzrůstá dále obsah kalcitu a α -cristobalitu, obsah C_3ASH_4 je téměř nezatelný. Difraktogram směsi s křemičitým pískem bez předchozí karbonatace prokázal vedle křemičitého podílu také výrazné množství 11 Å-tobermoritu. Ve vzorcích s karbonatací 60 a 240 minut vzrůstá křemičitý podíl spolu s kalcitem, zatímco obsah tobermoritu klesá. Na rozdíl od směsi s elektrárenským popílkem lze tu i po karbonataci 240 minut tobermorit prokázat.

Morfologii směsi s křemičitým pískem znázorňují obr. 5, 6 a 7. Z fotografie na obr. 5 je patrné, že bez působení CO_2 dojde autoklávováním k vytvoření mikrostruktury, která je charakterizována vznikem 11 Å-tobermoritu. To má za následek dosažení vysokých výsledných pevností autoklávované směsi. V tomto případě nebyla zjištěna zrna, která by nebyla dokonale obalena nareagovanými novotvary. Obr. 5 ukazuje, že 11 Å-tobermorit tvoří na jednotlivých zrnech typické lístkovité novotvary, které vytvářejí velmi husté vzájemné srostlice, mající podstatný podíl na zpevnění skeletu autoklávované pojivové směsi.

Působením oxidu uhličitého na zatuhlou nakypřenou pojivovou směs po dobu 30 minut dojde ke značným morfologickým změnám při tvorbě tobermoritu, jak je zřejmé z obr. 6. Vznikající tobermorit již nevytváří tak dokonalé tvary, lístky jsou deformovány s perforovanými okraji, ve značné míře vznikají jen jako prohnuté jehlice. Vyskytují se zde také oblasti, ve kterých ke tvorbě tobermoritu nedojde.

Po 60 minutách působení CO_2 na zatuhlou směs se již v rozsáhlých oblastech tobermorit vyskytuje pouze sporadicky. Jeho tvorba je značně limitována a vzniklé jehlice již nevytvářejí charakteristické vějíře na povrchu zrn.

Po dlouhodobém působení CO_2 (240 minut) lze v autoklávované směsi s křemičitým pískem ještě nalézt oblasti s určitým zastoupením tobermoritu (obr. 7), ten je však nedokonale vyvinutý a nevykazuje sférické uspořádání.

Morfologii směsi s elektrárenským popílkem zachycují obr. 8, 9 a 10. Jak je patrné z obr. 8, běžným způsobem připravená zatuhlá směs bez ošetření CO_2 vykazuje po autoklávování bohatou tvorbu 11 Å-tobermoritu, jehož dobře vyvinuté novotvary dokonale obalují zrna popílku. Vzniklé novotvary vykazují směrový charakter kolmo k povrchu zrn a vedou tak ke vzniku obalových zón zrn, hustě prostoupených těmito novotvary. Značná délka novotvarů způsobuje jejich pronikání do zón sousedních. Vzájemné sdílení obalových zón má za následek vznik pevných mechanických vazeb.

Působení oxidu uhličitého po dobu 60 minut na zatuhlou směs s elektrárenským popílkem ještě před hydrotermálním ošetřením vede k zastavení tvorby krystalického tobermoritu, jak dokumentuje obr. 9. Také v jiných oblastech vzorku, který je obrázkem reprezentován, nebyl rastrovací elektronovou mikroskopií tobermorit nalezen. Z obr. 9 je patrné, že zrna popílku jsou jen částečně povrchově nareagována a pojivové složky zde vystupují v amorfni podobě, sporadicky vytvářejí vcelku slabé pojivové mosty mezi sousedními zrny.

Působení oxidu uhličitého po dobu 240 minut vede k dalšímu oslabení funkce pojiva ve směsi, jak je zřejmé z obr. 10. Větší část povrchu zrn popílku je nenarušena, pojivo vystupuje v amorfni podobě. Část pojiva, převedená na kalcit, se tu vyskytuje již v krystalické podobě, velikostně srovnatelné s jemnými podíly popílku. Oddělené

vznikající zrna kalcitu nemohou výrazněji plnit pojivovou funkci při zpevňování skeletu autoklávované směsi s elektrárenským popílkem.

Působení oxidu uhličitého na vzorky zatuhlých pojivových směsí mělo podle předpokladu za následek výrazné zvýšení jejich pevností (3—4×) ve srovnání s pevnostmi běžným způsobem zrajících referenčních vzorků. Průběhy zvyšování pevností karbonatovaných směsí v závislosti na době působení oxidu uhličitého pak vykazují vcelku dobrou korelaci s nárůstem obsahu kalcitu ve směsích, stanoveného pomocí termické analýzy.

Chceme-li karbonatovanou zatuhlou pojivovou směs následně podrobit hydrotermálnímu ošetření, lze očekávat značné omezení tvorby novotvarů následkem snížení obsahu $\text{Ca}(\text{OH})_2$ spotřebovaného při vzniku kalcitu. Otázkou do jisté míry zůstává, jak je ovlivněna tvorba novotvarů po stránce kvalitativní.

Dosažené výsledky ukazují, že v tomto případě jsou rychlým přímým vznikem kalcitu ovlivněny podmínky pro tvorbu II Å-tobermoritu do té míry, že již po krátkodobém působení oxidu uhličitého na tuhnoucí směs nelze následným autoklávováním získat krystalicky dokonale vyvinuté částice tobermoritu. Dlouhodobé působení může vést k úplnému zastavení tvorby tobermoritu, jak o tom svědčí výsledky získané rastrovací elektronovou mikroskopií a rentgenometrickou analýzou.

Rentgenometrická analýza dokládá také přímý vznik kalcitu bez tvorby metastabilních fází: metastabilní vaterit a aragonit nebyly při rozboru nalezeny.

ZÁVĚR

Použití vysoce porézních struktur pojivových směsí umožnilo dosáhnout vyrovnání hloubkového působení oxidu uhličitého v celém objemu vzorku, a tím i ověřit jeho působení na vlastnosti takto ošetřených pojivových směsí. Jak bylo uvedeno, obecně však zůstává problém působení CO_2 v celém objemu směsi kritickým.

Z hlediska pevnosti tuhoucích směsí lze považovat vliv působení oxidu uhličitého za pozitivní, neboť za daných podmínek bylo již během 10 minut působení CO_2 dosaženo 3—4násobného zvýšení pevností ve srovnání se vzorky neošetřenými, tuhoucími běžným způsobem.

Jak prokázalo další měření, následné autoklávování oxidem uhličitým ošetřených vzorků má negativní dopad jak na množství, tak i na morfologii novotvarů a vede k výraznému snížení pevností takto připravených a ošetřených tuhoucích pojivových směsí.

Literatura

- [1] USA pat. č. 3, 492, 385 (1967).
- [2] NSR pat. č. 1, 299, 547 (1969).
- [3] V. Británie pat. č. 1, 337, 014 (1971).
- [4] Výzk. zpráva „Zvyšování pevnosti agloporitbetonu karbonatací“, VÚM Praha (1976).
- [5] Pihlajavaara S. E.: Cem. Concr. Res. 4, 761 (1974).
- [6] Klemm W. A., Berger R. L.: Cem. Concr. Res. 2, 567 (1972).
- [7] Šauman Z.: Cem. Concr. Res. 1, 645 (1971).
- [8] Šauman Z.: Cem. Concr. Res. 2, 541 (1972).
- [9] Šauman Z., Lach V.: Cem. Concr. Res. 2, 435 (1972).
- [10] Berger R. L.: Cem. Concr. Res. 9, 649 (1979).
- [11] Pospíšil F., Svoboda L.: AO 224 097.

ВЛИЯНИЕ CO₂ НА СХВАТЫВАЮЩУЮ СМЕСЬ ПОРОБЕТОНА

Франтишек Поспишил

Научно-исследовательский институт строительных материалов, 617 00 Брно

Исследовали влияние действия оксида углерода на свойства схватывающих последовательно автоклавированных цементных вяжущих смесей. Для получения модельных пористых структур использовали смеси, предназначенные для производства ячеистого бетона — с кварцевым песком в отношении песок : известь : цемент = 60 % : 17 % : 23 % смесь Грушованы, с золой-уносом электростанций при отношении зола : известь : цемент = 70 % : 15,5 % : 12,5 % смесь З. Костоланы.

Из литых лабораторным путем и поднятых схватывающих смесей отбирали экспериментальные ролики диаметром 37 мм и высотой 75 мм. После вакуирования при 20 кПа и времени 1 минуты образцы во время 10, 30, 60 и 240 минут подвергали действию газообразного CO₂ под давлением 400 кПа, затем устанавливали их прочность при сжатии. Повышение прочности приводимых схватывающих смесей достигало четырехкратной величина по сравнению с эталонными некарбонизированными образцами (рис. 1, 2). Однако последовательное автоклавирование вызывало понижение окончательной прочности у смесей с кварцевым песком с 4,1 МПа до 1,9 МПа и у смесей с золой понижение прочности с 3,1 МПа до 0,85 МПа (рис. 4).

С помощью термического анализа устанавливали содержание кальцита (рис. 3), имеющегося в корреляции с содержанием извести в исходных смесях. С помощью рентгенометрии и электронной сканирующей микроскопии исследовали фазовый состав и микроструктуру упомянутых вяжущих смесей. Было доказано, что прямое быстрое образование кальцита настолько оказывает влияние на условия образования 11 Å-тоберморита, что уже после непродолжительного действия SO₂ нельзя при данных условиях получить морфологически хорошо выделенный 11 Å-тоберморит, продолжительное действие CO₂ может его образование совсем прекратить.

Рис. 1. Временное повышение прочности при сжатии схватывающей вяжущей смеси с золой-уносом; а) при гидротермических условиях, возникших в смеси под влиянием гидратации вяжущего вещества, б) под влиянием действия оксида углерода.

Рис. 2. Временное повышение прочности при сжатии схватывающей вяжущей смеси с кварцевым песком; а) при гидротермических условиях, возникших в смеси под влиянием гидратации вяжущего вещества, б) под влиянием действия оксида углерода.

Рис. 3. Содержание кальцита в вяжущих смесях в зависимости от времени действия CO₂; а) смесь с кварцевым песком, б) смесь с золой-уносом электростанций.

Рис. 4. Понижение прочности при сжатии автоклавированных вяжущих смесей в зависимости от времени действия CO₂ на смесь в схватывающем состоянии; а) вяжущая смесь с кварцевым песком, б) вяжущая смесь с золой-уносом электростанций.

Рис. 5. СЭМ, автоклавированная смесь с кварцевым песком без действия CO₂.

Рис. 6. СЭМ, автоклавированная смесь с кварцевым песком, 30 минут действия CO₂ до автоклавирования.

Рис. 7. СЭМ, автоклавированная смесь с кварцевым песком, 240 минут действия CO₂ автоклавирования.

Рис. 8. СЭМ, автоклавированная смесь с золой-уносом, без действия CO₂.

Рис. 9. СЭМ, автоклавированная смесь с золой-уносом, 60 минут действия CO₂ до автоклавирования.

Рис. 10. СЭМ, автоклавированная смесь с золой-уносом, 240 минут действия CO₂ до автоклавирования.

CARBON DIOXIDE INFLUENCE IN SETTING MIXTURE FOR CELLULAR CONCRETE

František Pospíšil

Research Institute of Building Materials, 617 00 Brno-Komárov

Mixtures of quartz sand + lime + cement in the percentage ratio 60 : 17 : 23 (Hrušovany mixture) and flyash + lime + cement in the percentage ratio 72 : 15,5 : 12,5 (Z. Kostolany mixture) applied for cellular concrete production were cast using test cylinders of 37 mm in

diameter and 75 mm in height. After vacuumation at 20 kPa/1 min the samples were exposed to the influence of gaseous CO₂ with 400 kPa for 10, 30, 60 and 240 min. Fourfold increase in the strength of these setting mixtures was found compared with reference noncarbonated samples (Figs. 1, 2). The subsequent autoclaving however caused decrease in resulting strengths from 4.1 MPa to 1.9 MPa in mixtures with quartz sand and from 3.1 MPa to 0.85 MPa in mixtures with power plant flyash (Fig. 4).

Thermal analysis helped to determine calcite contents which can be correlated with lime contents in starting mixtures (Fig. 3). By X-ray diffraction method and electron scanning microscopy phase composition and microstructure of binding mixtures were followed. Direct and quick calcite formation influenced conditions for 11 Å-tobermorite formation to such a degree that after short CO₂ influence it is not possible under given conditions to obtain a morphologically well developed 11 Å-tobermorite. A CO₂ influence of long duration is able to stop its formation totally.

Fig. 1. Pressure strength increase with time of set binding mixture with power plant flyash; a) under hydrothermal conditions developed in mixture by the influence of binding material hydration, b) influenced by carbon dioxide.

Fig. 2. Pressure strength increase with time of set binding mixture with siliceous sand; a) under hydrothermal conditions developed in mixture by the influence of binding material hydration, b) influenced by carbon dioxide.

Fig. 3. Calcite contents in binding mixtures depending on the time of CO₂ influence;

a) mixture with siliceous sand, b) mixture with power plant flyash.

Fig. 4. Pressure strength decrease in autoclaved binding mixtures depending on CO₂ time influence on set mixture;

a) binding mixture with siliceous sand, b) binding mixture with power plant flyash.

Fig. 5. SEM: Autoclaved mixture with siliceous sand without CO₂ influence.

Fig. 6. SEM: Autoclaved mixture with siliceous sand 30 min. CO₂ influence before autoclave treatment.

Fig. 7. SEM: Autoclaved mixture with siliceous sand 240 min. CO₂ influence before autoclave treatment.

Fig. 8. SEM: Autoclaved mixture with power plant flyash without CO₂ influence.

Fig. 9. SEM: Autoclaved mixture with power plant flyash 60 min. CO₂ influence before autoclave treatment.

Fig. 10. SEM: Autoclaved mixture with power plant flyash 240 min. CO₂ influence before autoclave treatment.

G. FASCHING: WERKSTOFFE FÜR DIE ELEKTROTECHNIK (Materiály pro elektrotechniku). Springer-Verlag, Wien, New York 1984, 632 str., 318 obr., cena 800 US dol.

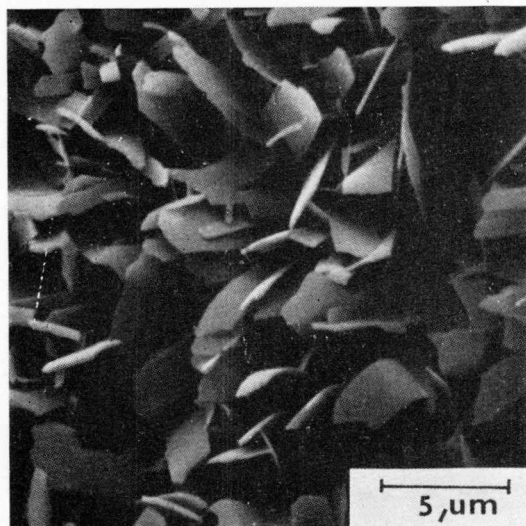
Kniha, rozčleněná do čtrnácti kapitol, se zabývá základy nauky o materiálech se zvláštním důrazem na materiály pro elektrotechniku. Autor vychází ze základních vztahů a pojmů kvantové mechaniky, stavby atomů a ze znalostí a představ o skupenských stavech hmoty.

Po úvodních kapitolách jsou zařazeny kapitoly, pojednávající o složení a struktuře kovů, keramických a polymerních materiálů. Na tyto poznatky navazuje stručný, obecně pojatý výklad o mechanických a tepelných vlastnostech materiálů. Zhruba polovina knihy je věnována elektrickým vlastnostem kovů, polovodičů a izolátorů. Závěrečná kapitola se pak zabývá magnetickým chováním materiálů.

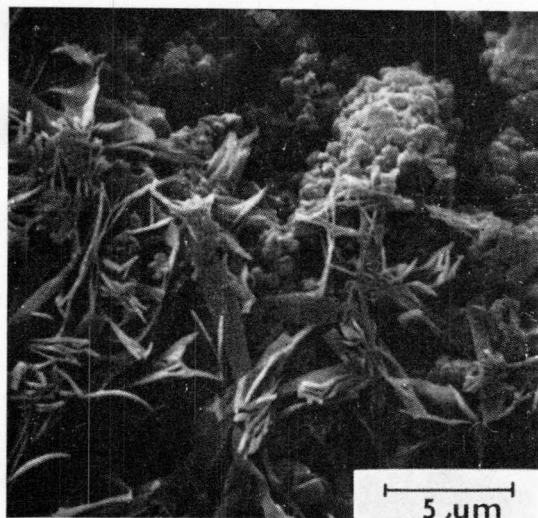
Zvolený přístup výkladu klade důraz na pochopení souvislostí mezi strukturou a vlastnostmi a poskytuje dostatek údajů k porovnání hodnot materiálových konstant pro rozsáhlý okruh materiálů. Autor zvolil velmi přístupný pohled s využitím nenáročného matematického aparátu. Kniha se tak může stát velmi užitečnou pro všechny, kdo chtějí získat obecné znalosti o vlastnostech materiálů a porozumět, jak tyto vlastnosti závisí na chemickém složení a na atomární struktuře. Lze ji doporučit zejména pracovníkům ve vědeckých ústavech a na vysokých školách, kteří se orientují na materiálový výzkum.

J. Matoušek

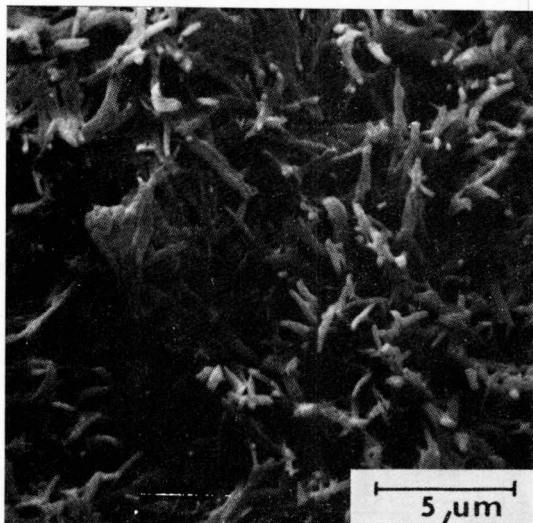
Vliv CO₂ na tuhnoucí pórobetonové směsi



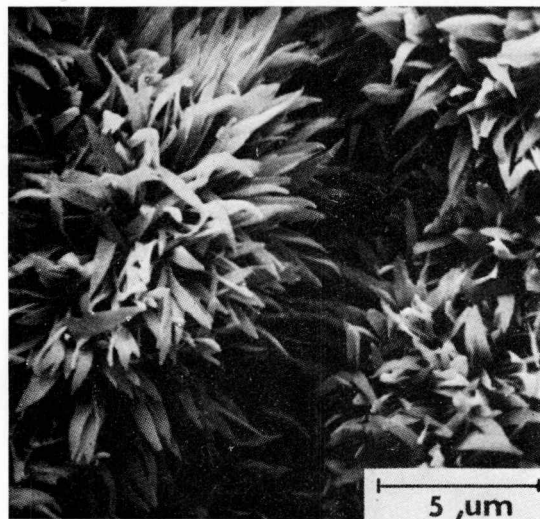
Obr. 5. REM; autoklávovaná směs s křemičitým pískem bez působení CO₂.



Obr. 6. REM; autoklávovaná směs s křemičitým pískem, 30 minut působení CO₂ před autoklávováním.

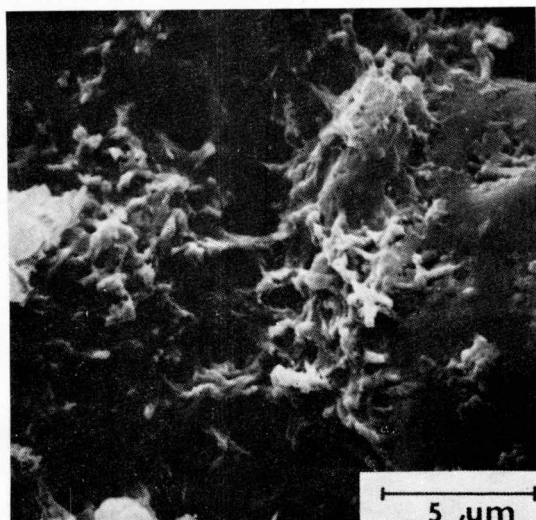


Obr. 7. REM: autoklávovaná směs s křemičitým pískem, 240 minut působení CO₂ před autoklávováním.

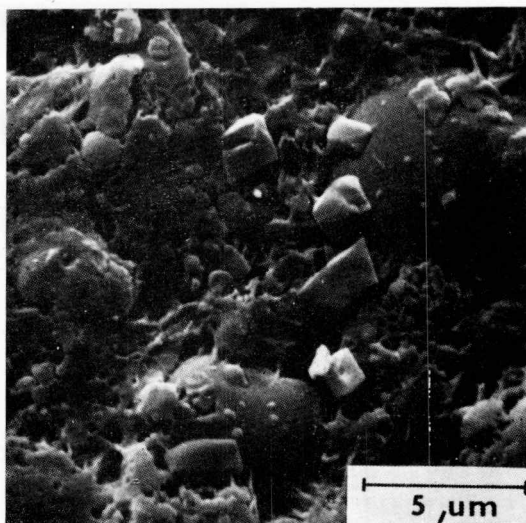


Obr. 8. REM: autoklávovaná směs s elektrárenským popílkem, bez působení CO₂.

Vliv CO₂ na tuhnoucí pórabetonové směsi



Obr. 9. REM: autoklávovaná směs s elektrárenským popílčkem, 60 minut působení CO₂ před autoklávováním.



Obr. 10. REM: autoklávovaná směs s elektrárenským popílčkem, 240 minut působení CO₂ před autoklávováním.