

# ČASOVÁ ZMĚNA PEVNOSTI KOMPOZITOVÝCH VZORKŮ Z PORTLANDSKÉHO CEMENTU VYZTUŽENÉHO SKLENĚNÝMI VLÁKNY ODOLNÝMI PROTI ALKALICKÉ KOROZI

SVATOPLUK SCHÄTZ

*Společná laboratoř pro chemii a technologii silikátů ČSAV a VŠCHT  
Suchbátarova, 166 28 Praha 6*

Došlo 25. 10. 1984

*Byla ověřena vhodnost chemického složení skleněných vláken a jejich povrchové úpravy pro účely armování alkalické matrice portlandského cementu. Kompozitové vzorky připravené z těchto vláken dosahují po třech letech uložení v suchých podmínkách i po ošetření ve vodě pevnosti v ohybu srovnatelných s pevností vzorků obsahujících skleněná vlákna vyráběná pro tento účel v zahraničí průmyslově. Složení skla i lubrikace jsou československého původu.*

## ÚVOD

Použití cementových kompozitů se skleněnými vlákny se rozšířilo v zahraničí zvláště pro nenosné konstrukce ve stavebnictví. Tato aplikace je založena na mnohaletých laboratorních výsledcích, z kterých vyplývá, že kompozity z portlandského cementu a skleněných vláken nelze spolehlivě použít pro nosné konstrukce, zvláště při mokřích podmínkách. Obsah tohoto článku navazuje na několikaleté vlastní studium chemické odolnosti skleněných vláken proti alkalickému prostředí, na studium povrchových úprav těchto vláken a na studium optimálních vlastností skleněného pramene z hlediska kompozitové pevnosti [1]. Z tohoto předchozího studia vyplynulo, že pro 200 fibrilkový pramen s průměrem fibrilek okolo 11  $\mu\text{m}$  je optimální délka pramene 25—35 mm při objemovém zastoupení 4—6 % [2].

## EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Materiál, přístroje, příprava vzorků, metodika měření. Složení zkoumaných skel je uvedeno v tabulce I. Vlastnosti použitého portlandského cementu jsou uvedeny v tabulce II. Na přípravu cementové kaše byl použit laboratorní mixer ETA 022.

Tabulka I

Chemické složení použitých skel (hm. %)

	Zahraniční vlákno	Vlákno č. 16
SiO <sub>2</sub>	62,7	58,3
CaO	5,05	8,6
Na <sub>2</sub> O	14,8	14,3
ZrO <sub>2</sub>	16,3	11,4
TiO <sub>2</sub>	—	7,4

## Tabulka II

## Vlastnosti použitého portlandského cementu

Chemický rozbor: zž. 0,97, SiO <sub>2</sub> 20,63, ner. zbytk. 1,43 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 5,0, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2,5, CaO 63,35, MgO 2,01, SO <sub>3</sub> 3,18 (hm. %)
Jemnost mletí: zbytek na síť 0,2 v %: 0,4 zbytek na síť 0,09 v %: 6,8
Měrný povrch podle Blaina v m <sup>2</sup> /kg: 320
Tuhnutí: počátek tuhnutí v hodinách: 2,5 konec tuhnutí v hodinách: 4,1

K získání větší kompaktnosti vzorků a odstranění větších vzduchových bublin bylo použito vibračního zařízení pro síťové rozbory typu THVR I, VEB Labor-technik, s frekvencí vibrace ~ 50 Hz. Pro přípravu tenkých desek bylo použito forem rozměru 200×200×8 mm. Měření byla prováděna na mechanickém lisu Rauenstein R 4 — Thüringer Industrierwerk NDR, tříbodově se vzdáleností podpor 80 mm, s rychlostí zatěžování 10 mm/min. Pevnost v ohybu byla počítána podle následujícího vzorce [3], jako průměr ze 6—10 měření:

$$R_{bti} = \frac{3Fl}{2bh^2},$$

$R_{bti}$  — pevnost v tahu za ohybu,  $F$  — zatížení,  $l$  — vzdálenost podpor,  $b$  — šířka vzorku,  $h$  — výška vzorku. Průměrná relativní chyba měření byla ± 15 %. Vláčna ze skla č. 16 byla použita v podobě 200 fibrilkového pramene, s průměrem fibrilek 11 μm, opatřeného lubrikací S 10, kopolymeru vinylacetátu s butylakrylátem, zahraniční vlákna v podobě 100 fibrilkového pramene, s průměrem fibrilek 13 až 15 μm, opatřeného lubrikací na bázi polyvinylacetátu s přísadkou činidla vazného, ochranného a mazacího.

Všechny vzorky byly připraveny z pramenů délky 35 mm [1, 2]. Lubrikační nános u vláken ze skla č. 16 byl 1,15 %, stupeň tuhosti pramene 11,5—13,5 cm, lubrikační nános zahraničních vláken 0,51 %, stupeň tuhosti 15,5—16,0 cm. Cementová kaše byla míchána 5 minut, poté bylo do formy umístěné na vibračním zařízení přidáno malé množství této kaše a vibrací dosaženo jejího rovnoměrného rozmístění po dně formy. Na ni bylo ručně rovnoměrně nasypáno malé množství vláken, pak znovu přidána kaše a vibrací rozmístěna. Opakováním tohoto postupu napodobujícího sprayovou metodu bylo dosaženo pravidelného rozmístění vláken i na výšku vzorku. Horní plocha byla vyrovnána přitlačením plexiskla. Po 24 hodinách uložení v prostředí 100 % relativní vlhkosti byla deska vyjmuta z formy. Polovina desek byla uložena ve vodném prostředí při teplotě laboratoře, druhá polovina v relativně suchém prostředí (35—45 % relativní vlhkosti, teplota laboratoře). Pevnost v ohybu byla měřena po 28, 90, 180, 360 a 1080 dnech uložení. Před měřením byly desky rozřezány na diamantové pile na rozměr 100×40×8 mm. Měření pevnosti bylo doplněno pozorováním na elektronovém rastrovacím mikroskopu JEOL JEM 100 B, při zvětšení 1000× až 3000×.

VÝSLEDKY

V tabulce III jsou uvedeny pevnosti v ohybu dvou typů vzorků připravených z portlandského cementu, s přísávkem písku velikosti 0,1–1,0 mm, cement: písek 2 : 1,  $v/c = 0,37$ , vláken č. 16 s lubrikací S 10 a vláken zahraničních,  $V_f = 3,2$  až 3,3 %. V tabulce IV jsou uvedeny pevnosti v ohybu dvou typů vzorků připravených z portlandského cementu, vláken č. 16 s lubrikací S 10 a vláken zahraničních,  $v/c = 0,35$ ,  $V_f = 5,0–5,1$  %.

Tabulka III

Pevnost v ohybu v MPa tenkých zkušebních vzorků  $100 \times 40 \times 8$  mm s dvousměrným náhodným uspořádáním vláken, délka pramene 35 mm, PC 400, písek,  $c : p = 2 : 1$ ,  $v/c = 0,37$

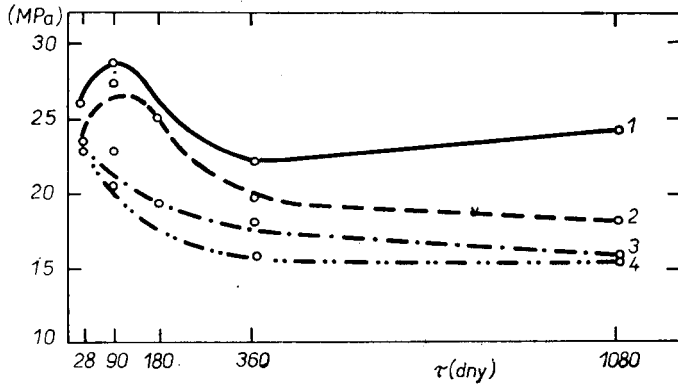
Doba uložení (dny)	Druh vláken	Objemové zastoupení	Pevnost v MPa uložení	
			ve vodě	suché
28	č. 16	3,2	23,5	—
28	zahr. vlákno	3,3	23,0	—
90	č. 16	3,2	20,7	23,5
90	zahr. vlákno	3,3	23,0	24,0
180	č. 16	3,2	19,2	20,7
180	zahr. vlákno	3,3	18,1	19,4
360	č. 16	3,2	18,0	20,0
360	zahr. vlákno	3,3	15,6	17,4
1080	č. 16	3,2	15,6	18,6
1080	zahr. vlákno	3,3	15,6	15,5

Tabulka IV

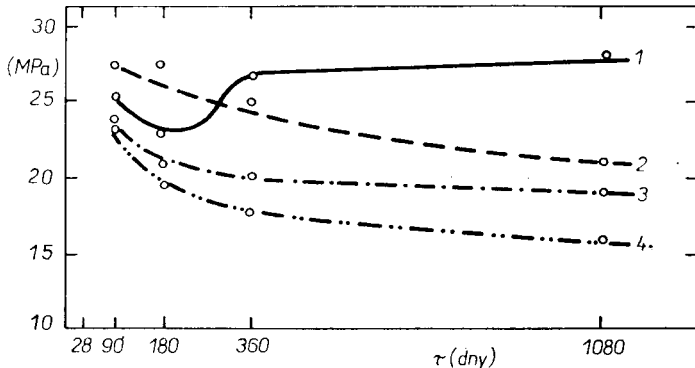
Pevnost v ohybu v MPa tenkých zkušebních vzorků  $100 \times 40 \times 8$  mm s dvousměrným náhodným uspořádáním vláken, délka pramene 35 mm, PC 400,  $v/c = 0,35$

Doba uložení (dny)	Druh vláken	Objemové zastoupení	Pevnost v MPa uložení	
			ve vodě	suché
28	č. 16	5,0	26,0	—
28	zahr. vlákno	5,1	—	—
90	č. 16	5,0	29,0	25,3
90	zahr. vlákno	5,1	27,3	27,3
180	č. 16	5,0	24,6	22,8
180	zahr. vlákno	5,1	25,3	27,4
360	č. 16	5,0	22,2	26,7
360	zahr. vlákno	5,1	19,5	25,0
1080	č. 16	5,0	24,1	27,7
1080	zahr. vlákno	5,1	18,0	20,2

Na obr. 8 a 9 je znázorněn průběh pevnosti v ohybu kompozitových vzorků s vlákny č. 16 a vlákny zahraničními. Na fotografických snímcích 1 až 7 je vidět povrch vláken vyjmutých z kompozitových vzorků po 1080 dnech suchého uložení i po ošetření ve vodě při teplotě laboratoře.



Obr. 8. Pevnost v tahu za ohybu tenkých kompozitových vzorků s vlákny ze skla č. 16 a s vlákny zahraničními po ošetření vzorků ve vodě  
 1 — PC 400,  $V/C = 0,35$ ,  $V_f = 5,0\%$ , vlákno č. 16  
 2 — PC 400,  $V/C = 0,35$ ,  $V_f = 5,1\%$ , zahraniční vlákno  
 3 — PC 400, písek,  $c : p = 2 : 1$ ,  $V/C = 0,37$ ,  $V_f = 3,2\%$ , vlákno č. 16  
 4 — PC 400, písek,  $c : p = 2 : 1$ ,  $V/C = 0,37$ ,  $V_f = 3,3\%$  zahraniční vlákno.



Obr. 9. Pevnost v tahu za ohybu tenkých kompozitových vzorků s vlákny ze skla č. 16 a s vlákny zahraničními, suché uložení  
 1 — PC 400,  $V/C = 0,35$ ,  $V_f = 5,0\%$ , vlákno č. 16  
 2 — PC 400,  $V/C = 0,35$ ,  $V_f = 5,1\%$ , zahraniční vlákno  
 3 — PC 400, písek,  $c : p = 2 : 1$ ,  $V/C = 0,37$ ,  $V_f = 3,2\%$ , vlákno č. 16  
 4 — PC 400, písek,  $c : p = 2 : 1$ ,  $C/V = 0,37$ ,  $V_f = 3,3\%$ , zahraniční vlákno.

#### DISKUSE

Z výsledků měření pevnosti v ohybu vyplývá, že vlákna ze skla č. 16 s lubrikací S 10 v porovnání se zahraničními vlákny poskytují kompozitovým vzorkům přibližně stejné zvýšení pevnosti po 28 dnech uložení. V průběhu tříletého uložení dochází

k růstu rozdílu mezi těmito dvěma druhy vláken a po třech letech uložení získávají vlákna ze skla č. 16 výraznou převahu, zvláště po ošetření ve vodě a vyšším objemovém zastoupení vláken, lze to odůvodnit nejen výbornou odolností daného skla proti prostředí alkalické cementové matrice, ale i vhodnými vlastnostmi povrchové úpravy, která chrání povrch vláken jak proti chemickému napadení, tak proti prorůstání hydratačních produktů mezi jednotlivé fibrilky. Mikroskopické snímky vláken tomu nasvědčují. Z obr. 8 a 9 dále vyplývá, že rozdíl mezi vlákny se výrazněji projeví při jejich vyšší objemové koncentraci, zvláště po ošetření ve vodě, kdy je tato koncentrace optimální z hlediska pevnosti.

#### ZÁVĚR

Byl připraven skelný pramen vhodný pro výztuž portlandského cementu. Byla ověřena možnost jeho výroby za provozních podmínek. Vlákno bylo vytaženo v podobě 200fibrilkového pramene a byla ověřena i možnost tažení pramene 100fibrilkového. Jde o tuzemské vlákno jak podle složení skla [4], tak podle složení lubrikace [5]. Další fázi studia darého problému by mělo být studium změny pevnosti vzorků v ohybu s časem pod napětím v různých podmínkách uložení.

#### Literatura

- [1] Schätz S.: Kompozity na bázi portlandského cementu a skleněných vláken, VŠCHT Praha, 1981, kandidátská disertační práce.
- [2] Schätz S.: Silikáty 26, 223, 1982.
- [3] Šašek L. a kol.: *Laboratorní metody v oboru silikátů*, SNTL, Praha 1981, str. 166.
- [4] Sísr O.: PV 7520—76.
- [5] Schätz S., Schätz M.: PV 3214—80, AO 224314.

#### ИЗМЕНЕНИЕ ПО ВРЕМЕНИ ПРОЧНОСТИ КОМПОЗИТОВЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА, АРМИРОВАННОГО СТЕКЛОВОЛОКНОМ, СТОЙКИМ К ЩЕЛОЧНОЙ КОРРОЗИИ

Сватоплук Шец

*Общая лаборатория химии и технологии силикатов ЧСАН и ХТИ  
120 00 Прага*

Исследовались долговременные механические свойства тонких композитовых образцов, приготовленных из портландцемента и стойких к щелочной коррозии стекловолокон следующего химического состава (% по весу): 58,3 SiO<sub>2</sub>, 8,6 CaO, 14,3 Na<sub>2</sub>O, 11,4 ZrO<sub>2</sub>, 7,4 TiO<sub>2</sub> [1, 2]. Стекло применяли в виде фибропряди сечением фибрилл 11 μм, длиной 35 мм.

Для поверхностной обработки оказалась пригодной водная полимерная дисперсия, сополимер бутадиен-акрилат с поливинилацетатом. Образцы готовились способом, имитирующим распылительный метод. Прочность на изгиб измерялась трехточечно, с расстоянием опор 80 мм, при скорости сдвига ползуна 10 мм/мин., после 28, 90, 180, 360, 1080 дней сухого хранения и после обработки в воде при лабораторной температуре (рис. 8 и 9, табл. III и IV). Измерение прочности было расширено микроскопическим наблюдением с помощью электронного сканирующего микроскопа (рис. 1—7). Из результатов измерения следует, что сверхприводимое волокно件годно для армирования портландцемента. После трех лет хранения в воде прочность композитовых образцов на изгиб оказалась более высокой по сравнению с образцами, приготовленными таким же образом со стекловолокном, получаемым для этой цели за границей промышленным путем (24,1 в отличие от 18,0 МПа). Поверхность волокон не была нарушена коррозией.

- Рис. 1. Волокно из стекла № 16 с лубрикацией S 10 после 1080 дней хранения в воде, матрица с песком,  $V_f = 3,2\%$ .
- Рис. 2. Заграничное волокно после 1080 дней хранения в воде, матрица с песком,  $V_f = 3,3\%$ , увеличение 300 раз.
- Рис. 3. Заграничное волокно после 1080 дней сухого хранения образца, матрица без песка,  $V_f = 5,1\%$ .
- Рис. 4. Заграничное волокно после 1080 дней хранения образца в воде, матрица без песка,  $V_f = 5,1$ .
- Рис. 5. Волокно из стекла № 16 с лубрикацией S 10 после 1080 дней сухого хранения образца, матрица без песка,  $V_f = 5,0\%$ .
- Рис. 6. Волокно из стекла № 16 с лубрикацией S 10 после 1080 дней хранения образца в воде, матрица без песка,  $V_f = 5,0\%$ .
- Рис. 7. Волокно из стекла № 16 с лубрикацией S 10 после 1080 дней хранения в воде, матрица без песка,  $V_f = 5,0\%$ .
- Рис. 8. Прочность при растяжении на изгиб тонких композитных образцов с волокнами из стекла № 16 и с заграничными волокнами после хранения в воде: 1 — PC 400,  $V/C = 0,35$ ,  $V_f = 5,0\%$ , волокно № 16, 2 — PC 400,  $V/C = 0,35$ ,  $V_f = 5,1\%$ , 3 — PC 400, песок,  $c : p = 2 : 1$ ,  $V/C = 0,37$ ,  $V_f = 3,2\%$ , волокно № 16, 4 — PC 400, песок,  $c : p = 2 : 1$ ,  $V/C = 0,37$ .
- Рис. 9. Прочность при растяжении на изгиб тонких композитных образцов из стекла № 16 и с заграничными волокнами, сухое хранение: 1 — PC 400,  $V/C = 0,35$ ,  $V_f = 5,0\%$ , волокно № 16, 2 — PC 400,  $V/C = 0,35$ ,  $V_f = 5,1\%$ , заграничное волокно, 3 — PC 400, песок,  $c : p = 2 : 1$ ,  $V/C = 0,37$ ,  $V_f = 3,2\%$ , волокно № 16, 4 — PC 400, песок,  $C : p = 2 : 1$ ,  $V/C = 0,37$ ,  $V_f = 3,3\%$ , заграничное волокно.

### LONG-TERM STRENGTH OF GRC COMPOSITES REINFORCED WITH ALKALIRESTANT GLASS FIBRES

Svatopluk Schätz

Joint Laboratory for the Chemistry and Technology of Silicates  
Czechoslovak Academy of Sciences and Institute of Chemical Technology  
120 00 Prague

Long-term mechanical properties were determined on thin GRC specimens made of Portland cement and alkali-resistant fibres of glass having the following chemical composition (wt. %):  $58.3 \text{ SiO}_2$ ,  $8.6 \text{ CaO}$ ,  $14.3 \text{ Na}_2\text{O}$ ,  $11.4 \text{ ZrO}_2 \cdot 7.4 \text{ TiO}_2$  [1,2].

The glass was in the form of 200-fibre strands with a fibre diameter of  $11 \mu\text{m}$ , 35 mm in length.

The fibres were treated with an aqueous polymeric dispersion of a butylacrylate-polyvinyl acetate copolymer. The specimens were prepared by a method simulating the spray manufacturing process. The bending strength was measured by the three-point test, using a support span of 80 mm, a cross beam speed of 10 mm/min., after 28, 90, 180, 360, 1080 days of dry storage and after wet storage in water at room temperature (Figs. 8 and 9, Tables III and IV). The strength tests were supplemented with microscopic examination on a scanning electron microscope (Figs. 1 through 7). The results indicate that the fibre defined above is suitable as reinforcement for Portland cement. Following three years of wet storage the bending strength of the GRC specimens was higher than that of the specimens prepared in the same way with glass fibres manufactured commercially for this purpose abroad (24.1 MPa compared to 18.0 MPa). The surface of the fibres was not corroded.

- Fig. 1. Fibre of glass No. 16 with S 10 treatment after 1080 days of water storage, matrix with sand,  $V_f = 3.2\%$ .
- Fig. 2. Foreign fibre following 1080 days of water storage, matrix with sand,  $V_f = 3.3\%$ .
- Fig. 3. Foreign fibre following 1080 days of dry storage, matrix without sand,  $V_f = 5.1\%$ .
- Fig. 4. Foreign fibre after 1080 days of water storage, matrix without sand,  $V_f = 5.1\%$ .
- Fig. 5. Fibre of glass No. 16 with S 10 treatment, after 1080 days of dry specimen storage, matrix without sand,  $V_f = 5.0\%$ .
- Fig. 6. Fibre of glass No. 16 with S 10 treatment after 1080 days of wet storage in water, matrix without sand,  $V_f = 5.0\%$ .
- Fig. 7. Fibre of glass No. 16 with S 10 treatment after 1080 days of water storage, matrix without sand,  $V_f = 5.0\%$ .

Fig. 8. Tensile bending strength of thin GRC specimens with fibres of glass No. 16 and with foreign fibres after water storage

1 — PC 400,  $w/c = 0.35$ ,  $V_f = 5.0\%$ , fibre No. 16

2 — PC 400,  $w/c = 0.35$ ,  $V_f = 5.1\%$  foreign fibre

3 — PC 400, sand,  $c : s = 2 : 1$ ,  $w/c = 0.37$ ,

$V_f = 3.2\%$ , fibre No. 16

4 — PC 400, sand,  $c : s = 2 : 1$ ,  $w/c = 0.37$ ,  $V_f = 3.3\%$  foreign fibre

Fig. 9. Tensile bending strength of thin GRC specimens with fibre of glass No. 16 and with foreign fibres, dry storage

1 — PC 400,  $w/c = 0.35$ ,  $V_f = 5.0\%$ , fibre No. 16

2 — PC 400,  $w/c = 0.35$ ,  $V_f = 5.1\%$ , foreign fibre

3 — PC 400, sand,  $c : s = 2 : 1$ ,  $w/c = 0.37$ ,  $V_f = 3.2\%$ , fibre No. 16

4 — PC 400, sand,  $c : s = 2 : 1$ ,  $w/c = 0.37$ ,  $V_f = 3.3\%$ , foreign fibre.

CERAMICS IN ADVANCED ENERGY TECHNOLOGIES (Keramika v moderní energetice). Proceedings of the European Colloquium held at the Joint Research Centre, Petten Establishment, Petten, The Netherlands, 20.—22. September 1982. Edited by H. Kröckel, M. Merz, O. van der Biest, 541 str., cena 79,50 US \$. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht/Boston/London 1984.

V současném úsilí o vypracování nových, z ekonomického a ekologického hlediska přijatelných technologií výroby energie, má zvláštní úlohu keramika pro vysoké teploty. To platí o výrobě elektrické energie v centrálních energetických blocích, ale i o lokálních zdrojích energie pro individuální spotřebu, včetně pohonu dopravních prostředků. Vývoj technologie keramiky s reprodukovatelnými vlastnostmi, požadovanými pro toto použití, je předmětem výzkumu ve všech průmyslově vyspělých státech. Dokladem toho je i tato recenzovaná publikace, pojednávající o možnostech využití keramických materiálů pro stavbu zařízení na výrobu energie.

Prvá kapitola zahrnuje příspěvky, které pojednávají o mechanických vlastnostech keramiky na bázi  $\text{SiC}$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , Sialonu,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a keramiky zpevněné transformační přeměnou ( $\text{ZrO}_2$ ). Údaje o hodnotách mechanické pevnosti, které lze u těchto materiálů dosáhnout i při použití za vysokých teplot, dokumentují přednosti keramiky oproti jiným materiálům. Velmi cenné jsou také příspěvky, které ukazují, jak těchto vlastností může být využito v etapě návrhu keramických součástí pro často složitě energetické celky. Je zdůrazněn význam nedestruktivních metod kontroly pro separaci potenciálně, nebo zjevně vadných keramických komponent.

Druhá kapitola je věnována tepelným vlastnostem keramiky pro Diesellovy motory, rekerupativní výměníky tepla — a pro výrobu energie systémem MHD. Spolu s kapitolou následující, která se zabývá chemickými interakcemi keramických materiálů zejména s plynnými sloučeninami za vysokých teplot, poskytuje tato převažující část knihy přehled o vlastnostech a aplikačních možnostech keramiky v progresivních energetických zdrojích. V tomto ohledu je publikace podnětná a poučná zejména pro konstruktérské a ekonomické úvahy při návrhu nových zdrojů energie a pro všechny, kdo se chtějí seznámit s vlastnostmi moderní keramiky. I když výklad směřuje k aplikačním možnostem keramiky v energetice, poskytuje dostatek údajů k tomu, aby čtenář získal představu o potenciálních aplikacích speciální keramiky i v dalších technických oborech.

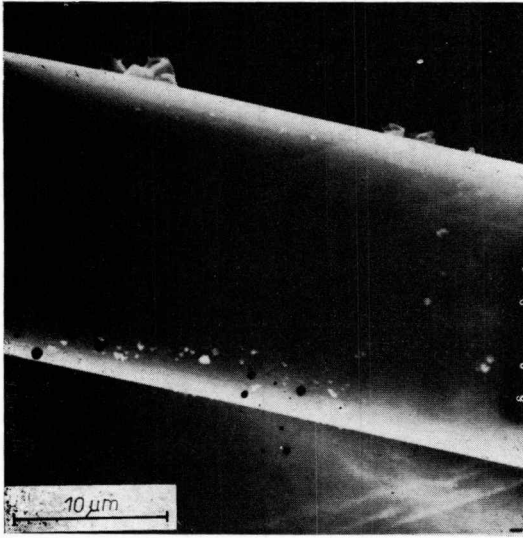
Rozsahem menší část knihy se zabývá elektrickými vlastnostmi keramiky, zejména keramických pevných elektrolytů. Závěrečný příspěvek pak v obecné poloze pojednává o technologii výroby keramiky.

Pro pracovníky v našem základním a aplikovaném výzkumu a pro keramiky — technology je obsah knihy alarmující. Na těchto pracovnících totiž záleží zavedení efektivní a spolehlivé výroby keramiky pro energetické zdroje budoucnosti.

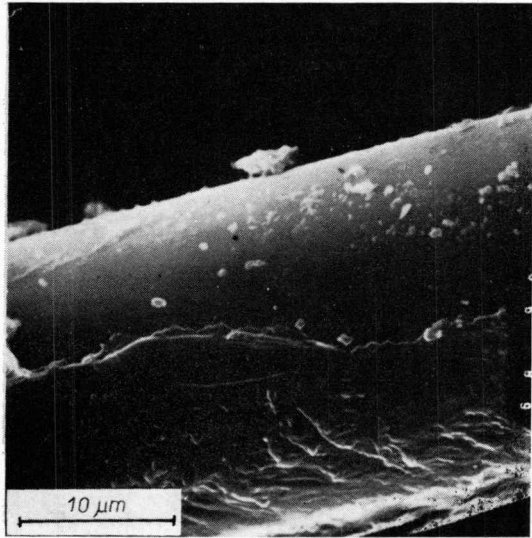
Matoušek

EMERICH ERDŐS: ZÁKLADY CHEMICKÉ KINETIKY. 108 str., 11 obr., cena 20,— Kčs, Academia, Praha 1984.

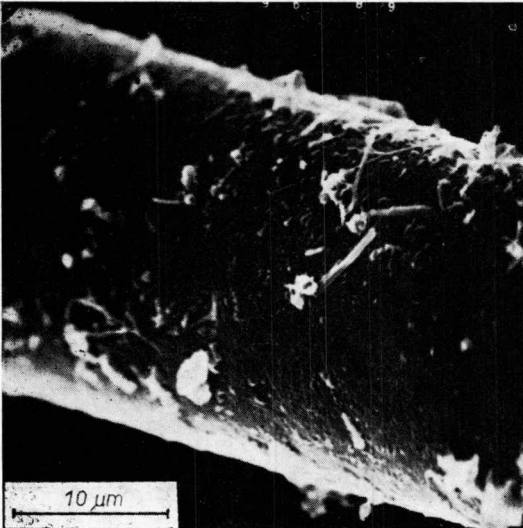
Kniha přináší přesnou a výstižnou formulaci všech důležitých pojmů a představ, na nichž je vybudována moderní kinetika chemických reakcí v homogenních a heterogenních systémech. Jako formu výkladu zvolil autor dialog mezi učitelem a žákem. Tato forma, která byla úspěšně



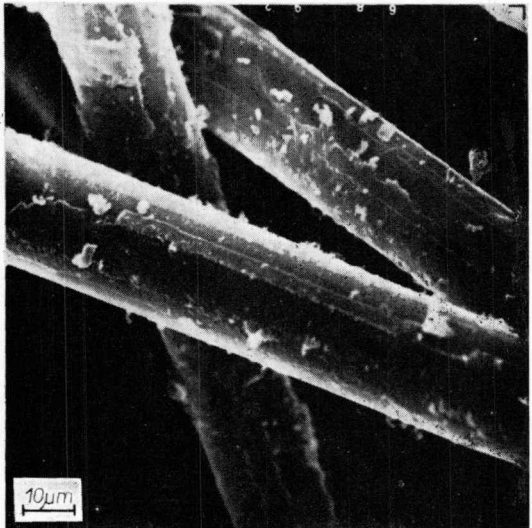
Obr. 1. Vlákno ze skla č. 16 s lubrikací S 10 po 1080 dnech ošetření ve vodě, matrice s pískem,  $V_f = 3,2\%$ .



Obr. 2. Zahraniční vlákno po 1080 dnech ošetření vzorku ve vodě, matrice s pískem,  $V_f = 3,3\%$ .

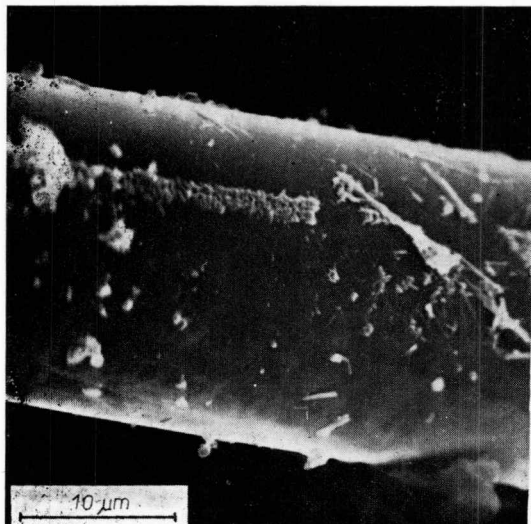


Obr. 3. Zahraniční vlákno po 1080 dnech suchého uložení vzorku, matrice bez písku,  $V_f = 5,1\%$ .

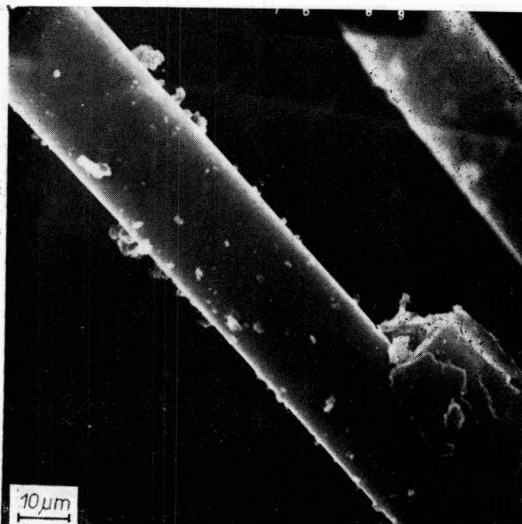


Obr. 4. Zahraniční vlákno po 1080 dnech ošetření vzorku ve vodě, matrice bez písku,  $V_f = 5,1\%$ .

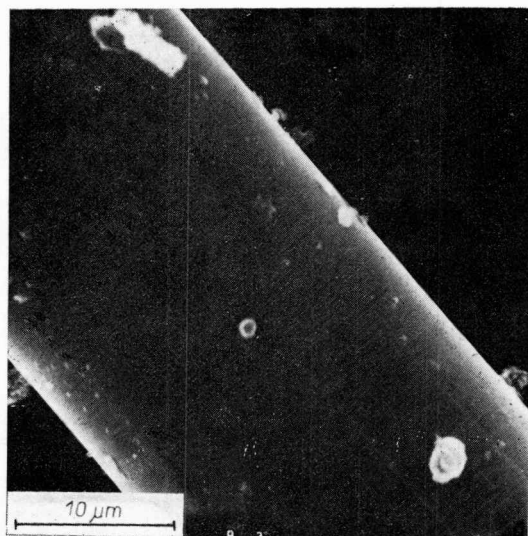




Obr. 5. Vlákno ze skla č. 16 s lubrikací S 10 po 1080 dnech suchého uložení vzorku, matrice bez písku,  $V_f = 5,0\%$ .



Obr. 6. Vlákno ze skla č. 16 s lubrikací S 10 po 1080 dnech ošetření vzorku ve vodě, matrice bez písku,  $V_f = 5,0\%$ .



Obr. 7. Vlákno ze skla č. 16 s lubrikací S 10 po 1080 dnech ošetření ve vodě, matrice bez písku,  $V_f = 5,0\%$ .