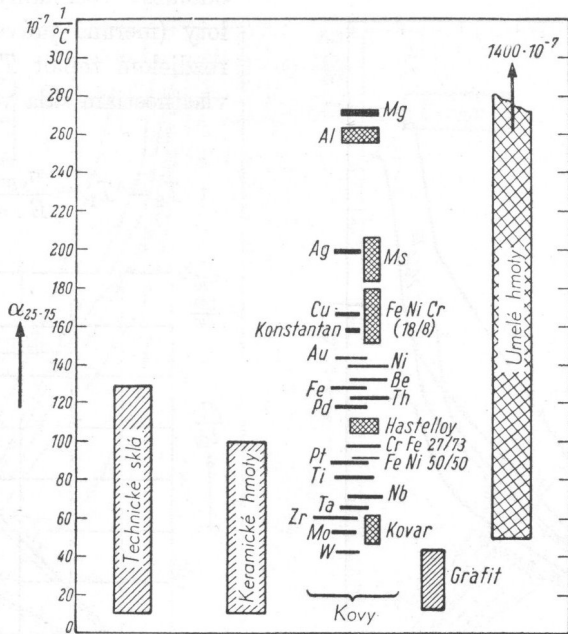
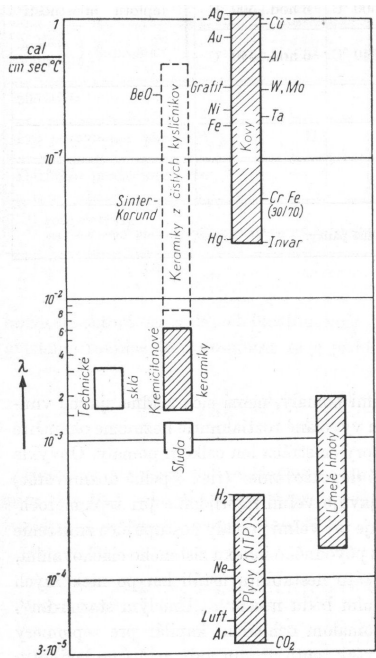


# *Materiály pro vakuové aparatury*

- nízká tenze par
- malá desorpce plynu
- tepelná odolnost (odplyňování)
- mechanické vlastnosti
- způsoby opracování a spojování
- elektrické a chemické vlastnosti

Material	Pressure (Torr)				
	760-1	1-10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup> -10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-5</sup> -10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-7</sup> -10 <sup>-16</sup>
Iron, steels	good	good	good	only after degassing	only stainless steels
Cast iron, copper or aluminum	good	good	bad	bad	bad
Rolled copper or alloys	good	good	good	only after degassing	only OFHC copper
Nickel and alloys	good	good	good	good	good
Aluminum	good	good	only after degassing		not recommended
Glass, quartz	good	good	good	good with degassing	only thick-walled
Ceramics	good	good	only with vitreous coating		only special types
Mica	good	good	only after strong degassing		not recommended
Rubbers	good	good	only degassed	bad	bad
Plastics	good	only special types		only Teflon, Araldite	not recommended





Material	Surface-quality	Surface condition	Desorption rates <sup>1)</sup>		
			$Q_{Des}$ 1h	$\left[ \frac{\text{mbar} \cdot \text{l}}{\text{s} \cdot \text{cm}^2} \right]$ 4h	10h
Stainless steel	blank	cleaned	$2.7 \cdot 10^{-7}$	$5.4 \cdot 10^{-8}$	$2.7 \cdot 10^{-8}$
Stainless steel	polished	cleaned	$2 \cdot 10^{-8}$	$4 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-10}$
Stainless steel	pickled	heated for 1 hour,	$1.4 \cdot 10^{-9}$	$2.8 \cdot 10^{-10}$	$1.4 \cdot 10^{-10}$
Stainless steel	bead blasted	vented with normal air	$3 \cdot 10^{-10}$	$6.5 \cdot 10^{-11}$	$4 \cdot 10^{-11}$
Steel Ni plated	polished	cleaned	$2 \cdot 10^{-7}$	$1.5 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-9}$
Steel Cr plated	polished	cleaned	$1.3 \cdot 10^{-8}$	$2.2 \cdot 10^{-9}$	$1.2 \cdot 10^{-9}$
Steel		rusted	$6 \cdot 10^{-7}$	$1.6 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$
Steel	blank	cleaned	$5 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-8}$
Steel	bead blasted	cleaned	$4 \cdot 10^{-7}$	$8 \cdot 10^{-8}$	$3.8 \cdot 10^{-8}$
Aluminium		cleaned	$6 \cdot 10^{-8}$	$1.7 \cdot 10^{-8}$	$1.1 \cdot 10^{-8}$
Brass		cleaned	$1.6 \cdot 10^{-6}$	$5.6 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-7}$
Copper		cleaned	$3.5 \cdot 10^{-7}$	$9.5 \cdot 10^{-8}$	$5.5 \cdot 10^{-8}$
Porcelain	glazed		$8.7 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-7}$	$2.8 \cdot 10^{-7}$
Glass		cleaned	$4.5 \cdot 10^{-9}$	$1.1 \cdot 10^{-9}$	$5.5 \cdot 10^{-10}$
Acrylic glass			$1.6 \cdot 10^{-6}$	$5.6 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-7}$
Neoprene			$4 \cdot 10^{-5}$	$2.2 \cdot 10^{-5}$	$1.5 \cdot 10^{-5}$
Perbunan			$4 \cdot 10^{-6}$	$1.7 \cdot 10^{-6}$	$1.3 \cdot 10^{-6}$
Viton			$1.2 \cdot 10^{-6}$	$3.6 \cdot 10^{-7}$	$2.2 \cdot 10^{-7}$
Viton		heated for 4 hours at 100 °C	$1.2 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-8}$	$2.8 \cdot 10^{-8}$
Viton		heated for 4 hours at 150 °C	$1.2 \cdot 10^{-9}$	$3.3 \cdot 10^{-10}$	$2.5 \cdot 10^{-10}$
Teflon		degassed	$8 \cdot 10^{-7}$	$2.3 \cdot 10^{-7}$	$1.5 \cdot 10^{-7}$

# Sklo

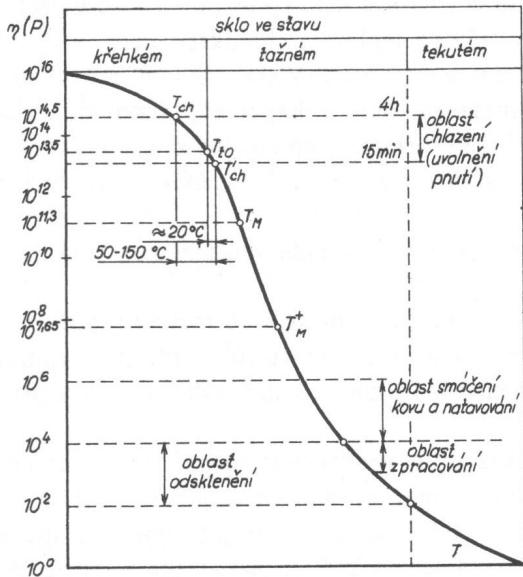
- nízká tenze par
- malá desorpce plynu
- křehké
- elektrický izolant
- chemicky odolné
- svařování a tvarování za tepla
- vznik pnutí - temperování

- sklotvorné složky  $\text{SiO}_2$  ,  $\text{B}_2\text{O}_3$  ,  $\text{P}_2\text{O}_5$
- $\text{Na}_2\text{O}$  ,  $\text{CaO}$  - snižuje tavicí teplotu
- $\text{Al}_2\text{O}_3$  ,  $\text{ZnO}_2$  - zvyšuje chemickou netečnost
- $\text{K}_2\text{O}$
- $\text{BaO}$
- $\text{PbO}$
- $\text{MgO}$

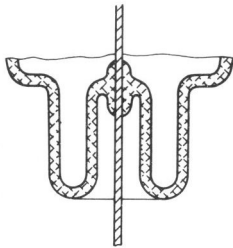
Tab. 6.2. Přehled skel a jejich některých vlastností (podle W. Espeho a kol.)

Sklo	křemičité (tavený SiO <sub>2</sub> )	velmi tvrdé (borokřemičité bez alkálií)	tvrdé (borokřemičité)	olovnaté (olovnatokřemičité)	měkké (alkalicko-vápenatokřemičité) a) s Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> b) bez Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		5–23 ‰ 3–25 ‰	> 10 % < 5 %	< 8 %	a) 0 b) 1–5 ‰
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O CaO PbO SiO <sub>2</sub>	> 95 %	< 10 % zbytek	5–8 % zbytek	20–35 zbytek	13–15 ‰ 5–15 ‰ zbytek
$\alpha$ (°C) <sup>-1</sup>	(0,55–0,65) · 10 <sup>-6</sup>	(3–6) · 10 <sup>-6</sup>	(3,5–6) · 10 <sup>-6</sup>	(8–9) · 10 <sup>-6</sup>	a) (6,8–9,5) · 10 <sup>-6</sup> b) (8–11) · 10 <sup>-6</sup>
T <sub>ch</sub> (°C) <sup>1</sup>	990–1 040	450–700	430–540	400–450	a) 450–500 b) 40–480
T' <sub>ch</sub> (°C) <sup>1</sup>	1 140	490–730	470–590	430–480	a) 480–540 b) 430–510
T <sub>i</sub> (°C) <sup>1</sup>	1 100	470–720	450–570	410–470	a) 470–530 b) 410–500
T <sub>m</sub> (°C) <sup>1</sup>	1 600	700–950	690–780	580–650	490–750
Měrný odpor ρ <sub>20°C</sub> (Ω cm)	10 <sup>17</sup> –10 <sup>18</sup>	10 <sup>18</sup>	10 <sup>14</sup> –10 <sup>18</sup>	10 <sup>17</sup>	a) 10 <sup>15</sup> b) 10 <sup>13</sup>
Měrná tepelná vodivost κ (Jcm <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	0,013–0,026	0,01	0,013	0,08	0,01
Měrné teplo (J g <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	0,8–1,26			0,4–1,7	

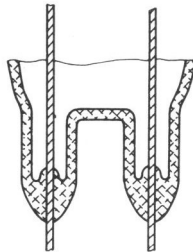




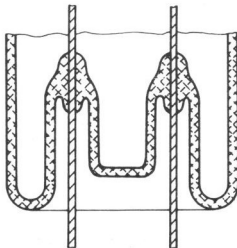
Obr. 6.3. Závislost koeficientu viskozity skla na teplotě  $T_{ch}$  – dolní chladicí teplota (při níž mizí napětí během 4 h);  $T'_{ch}$  – horní chladicí teplota (při níž vymizí napětí za 15 min);  $T_{10}$  – transformační teplota (začátek vzrůstu součinitele teplotní roztažnosti a změn dalších vlastností);  $T_M$  – bod měknutí (určuje se dilatometricky);  $T_M^+$  – bod měknutí (podle Littletona);



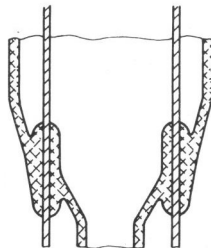
(a)



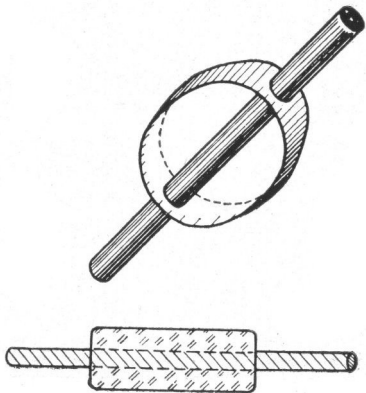
(b)



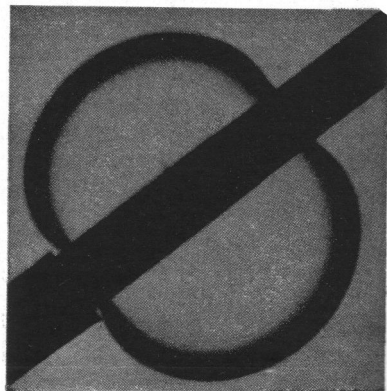
(c)



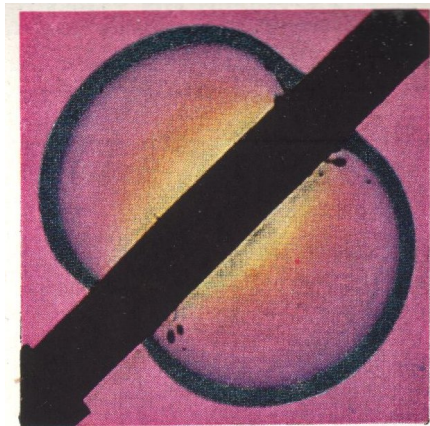
(d)



I



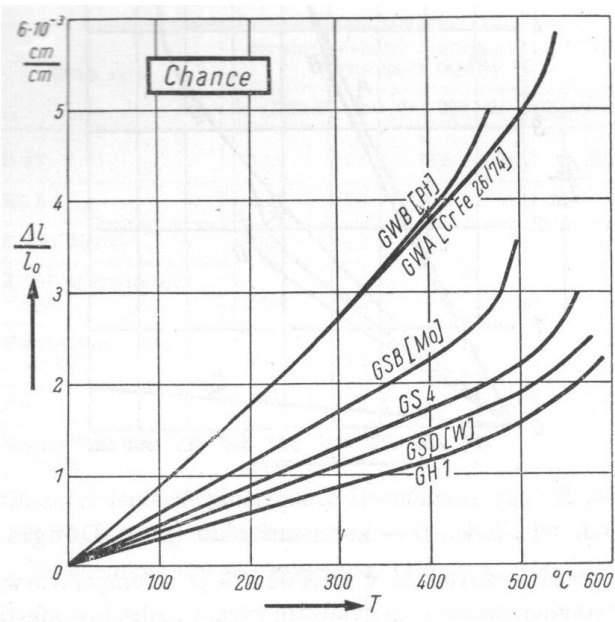
II

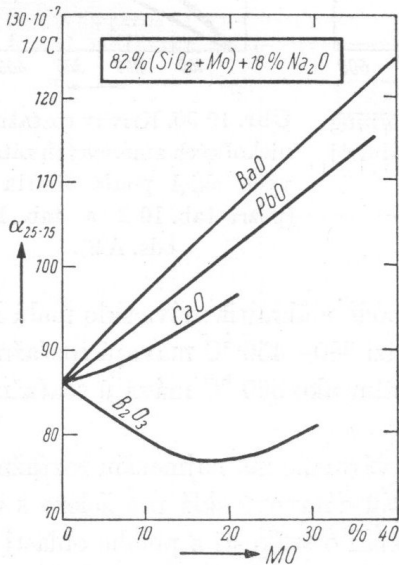


Z<sub>2</sub>

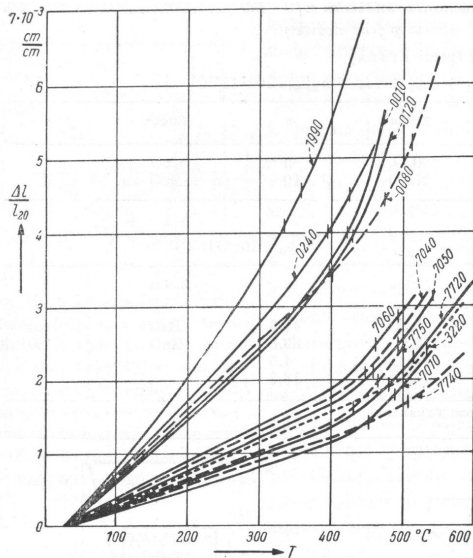


Z<sub>3</sub>

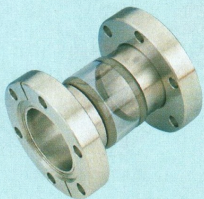




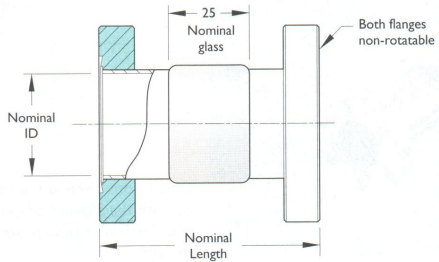
# Skla Corning



CF



400°C maximum bakeout



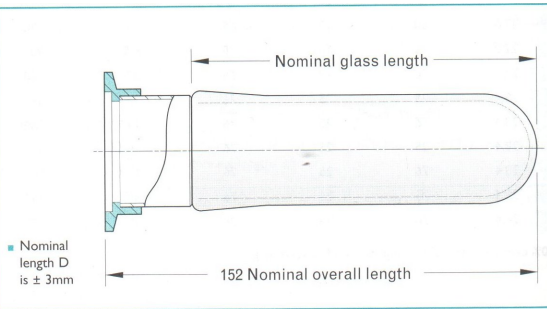
■ Nominal length D is  $\pm 3$ mm



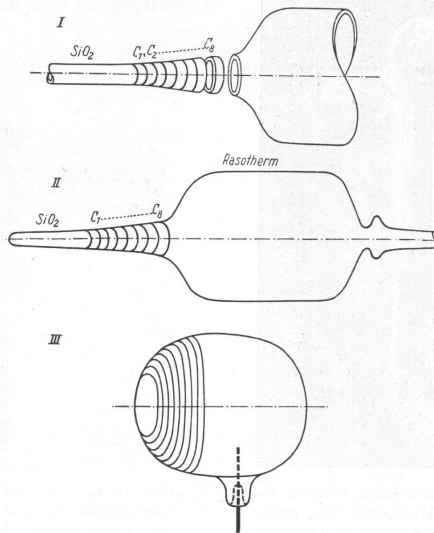
## ISI KF



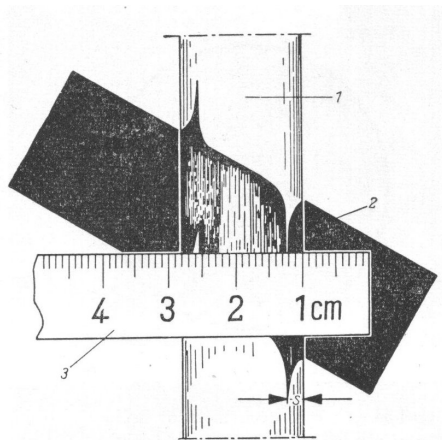
200°C maximum bakeout







Orb. 11-19 A. K zatavovaniu okienok z kremenného skla do baniek z tvrdého skla.



Obr. 10-120 B. Meranie hrúbky steny sklených trubíc (podľa Wittwera).

1 — sklenená rúrka ležiaca na bielom papieri; 2 — pásik čierneho papiera zasunutý pod rúrkou šikmo k jej osi; 3 — meradlo položené na rúrkou na zmeranie hrúbky steny  $S$ .

## Použití:

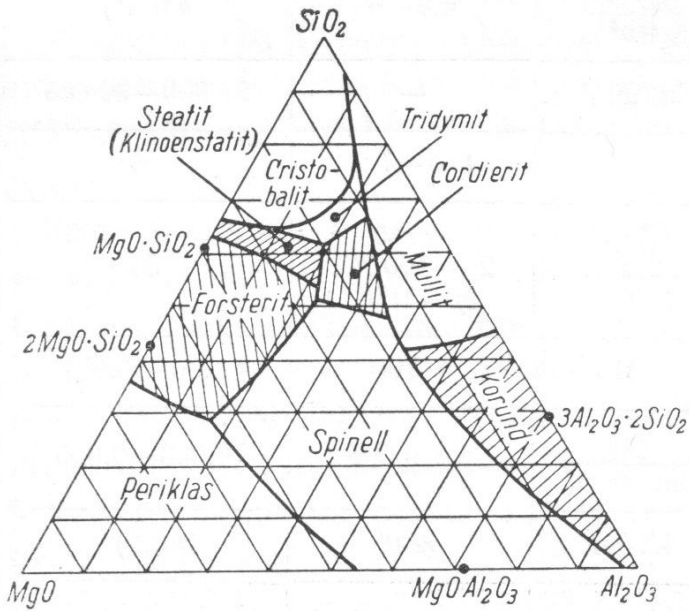
- osvětlovací technika
- manometry
- elektrické průchodky
- obrazovky
- okénka do reaktorů
- elektronky
- speciální kalibrační lampy
- ...

# *Keramika*

- nízká tenze par
- malá desorpce plynu
- velká pevnost
- elektrický izolant
- chemická odolnost
- velká tepelná odolnost (vyšší teplota pro odplynění)
- žádné pnutí
- změna rozměrů při výrobě

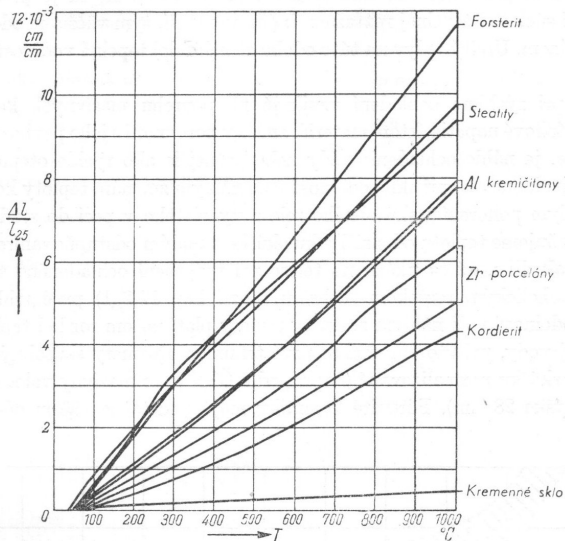
## Složení:

- $\text{Al}_2\text{O}_3$  - max teplota ve vakuu  $1800\text{ }^\circ\text{C}$
- $\text{MgO}$  - max teplota ve vakuu  $1600\text{ }^\circ\text{C}$
- $\text{ZrO}_2$  - max teplota ve vakuu  $1700\text{ }^\circ\text{C}$
- $\text{BeO}$  - max teplota ve vakuu  $2000\text{ }^\circ\text{C}$
- $\text{ThO}_2$  - max teplota ve vakuu  $>2300\text{ }^\circ\text{C}$

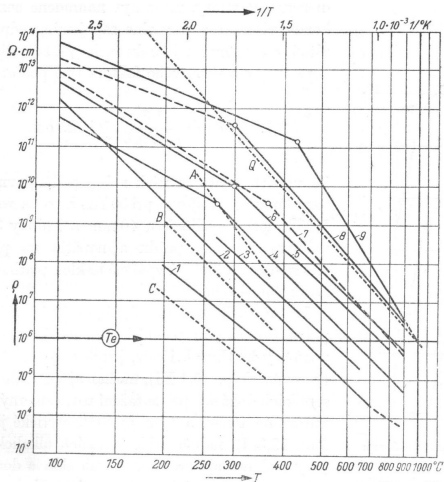




1	Zloženie východiskových surovín	váh. %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 95	Rozbor pozri túto tab., pol.2
		váh. %	íl: 2	pozri tab. 12-19, pol. 4
		váh. %	talk.: 3	pozri tab. 12-19, pol. 2
2	Rozbor Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (druh Norton 38 900)	váh. %	SiO <sub>2</sub> : 0,04 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 0,01 Na <sub>2</sub> O: 0,05 CaO: 0,00 MgO: 0,00 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : (zvyšok): 99,90	
3	Vypaľovacia teplota (vo vodíkovej peci)	°C	1775	
4	Merná váha	g/cm <sup>3</sup>	3,5	
5	Pevnosť v ohybe	kg/mm <sup>2</sup>	17,5—21	
6	Súčiniteľ rozťažnosti 25—500 °C	10 <sup>-7</sup> 1/°C	asi 78,5 (pozri aj obr. 12-40)	
7	Merný elektrický odpor	Ω . cm	pozri obr. 12-39	
8	Hodnota <i>Te</i>	°C	asi 950°	
9	Dielektrická konštanta ε (10 <sup>10</sup> Hz)	—	8,2—8,6	
10	Dielektrický stratový uhol tg δ (10 <sup>6</sup> Hz) (10 <sup>10</sup> Hz)	—	asi 4 . 10 <sup>-4</sup>	
		—	5—8 . 10 <sup>-4</sup>	



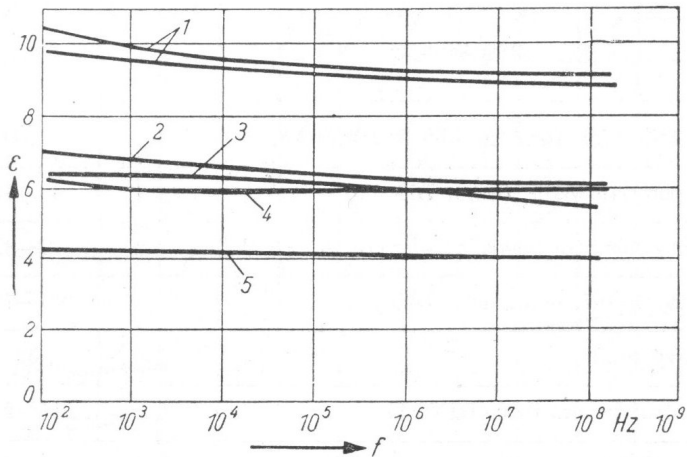
Obr. 12-14. Krivky tepelnej rozťažnosti niekoľkých typických keramik (ďalšie vlastnosti obchodných druhov keramiky pozri obr. 12-33, 34, 38, 40, 43 a 77).



Obr. 12-18 A. Závislosť merného elektrického odporu  $\rho$  niekoľkých obchodných druhov keramiky od teploty  $T$ .

1 — živcový porcelán (Almanox 11 838); 2 — normálny steatit Alsmag 35; 3 — zirkónový mullit Almanox 2570; 4 — prírodný alumosilikát Lava A; 5 — hutná keramika s vysokým obsahom  $\text{Al}_2\text{O}_3$  Almanox 6096; 6 — pórovitá keramika s vysokým obsahom  $\text{Al}_2\text{O}_3$  Alsmag 393; 7 — prírodný horečnatý silikát Alsmag Lava 1136; 8 — hutná keramika s vysokým obsahom  $\text{Al}_2\text{O}_3$  Alsmag 614; 9 — forsterit Alsmag 243. Pre porovnanie: Q — kremenné sklo; A — olovnaté sklo Corning 0120; B — pyrexové sklo Corning 7740; C — sodnovápenaté sklo Corning 0080  $T_e$  = Te-value.

Druh keramiky (prípadne typ alebo obchodná značka)	$T_e$ °C	Výrobca
Jemne pórovitá keramika prevažne z $Al_2O_3$ (druh DIN 520)	< 800	3)
Mastenec (prírodná hornina z Bavorska)	800	4)
Hlinitokremičitan	800	2)
Prírodná hornina horečnatokremičitanová (Lava 1136)	810	2)
Steatit (Alsimag 228)	820	2)
Korundová keramika (Alsimag 393)	835	2)
Steatit (Alsimag 197)	840	2)
Kremičitan zirkónu (Alsimag 475)	870	2)
Hlinitokremičitan (pyrofylit), prírodná hornina z Transvaalu	600–900	
Hlinitokremičitan (Alsimag 614) (hlinitokremičitá keramika)	930	2)
Pórovitý opracovateľný steatit (druh DIN 240) napr. Ergon	< 1000	3)
Špeciálny steatit (druh DIN 221)	< 1000	3)
Horečnatý kremičitan (Alsimag 222)	> 1000	2)
Hlinitokremičitan (Alsimag 652) (hlinitokremičitá keramika)	> 1000	2)
Forsterity (Alsimag 243) (Frequenta M)	> 1000 > 1000	2) 4)

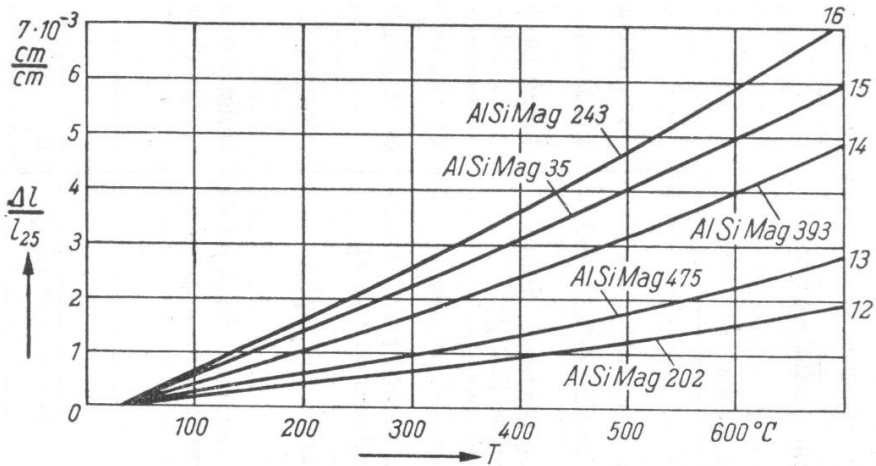


Obr. 12-25. Závislosť dielektrickej konštanty  $\epsilon$  rôznych druhov keramiky pri normálnej teplote od frekvencie  $f$  (pozri Russell [1]); pozri aj tab. 12-12.

1 — zirkónové porcelány; 2 — normálny steatit; 3 — vysokonapäťový porcelán;  
4 — špeciálne steatity. Pre porovnanie: 5 — kremenné sklo.

*Zostavenie stratového uhla  $\operatorname{tg} \delta$  (meraného za normálnej teploty pri  $10^6$  Hz) najdôležitejších druhov keramik podľa klesajúcich hodnôt*

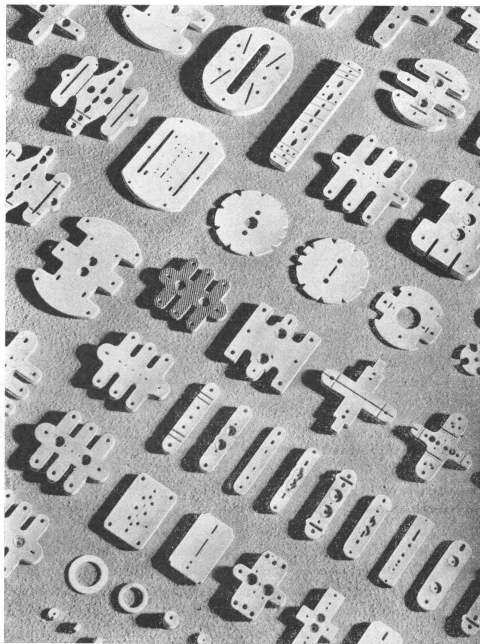
Druh keramiky	$\operatorname{tg} \delta$ $10^{-4}$
Prírodná hornina Lava A (hlinitokremičitan)	100
Tvrdý porcelán, napr. druhu DIN 110	60–120
Cordierity pórovité (nasiakavosť vody A = 8,5%)	40–82
Cordierity hutné, napr. druh DIN 410	40–70
Zirkónový mulit	32
Hutné steatity ako druh DIN 220	15–20
Steatity Alsimag	12–35
Zirkónový kremičitan	8–17
Forsterit (Alsimag 243)	4
Keramiky s vysokým obsahom $\text{Al}_2\text{O}_3$ (Alsimag)	3–7
Špeciálny steatit druh DIN 221	3–5
Mastenec, Lava 1136 (horečnaté kremičitany)	3
Horečnaté kremičitany, pórovité (Alsimag 222)	2–4

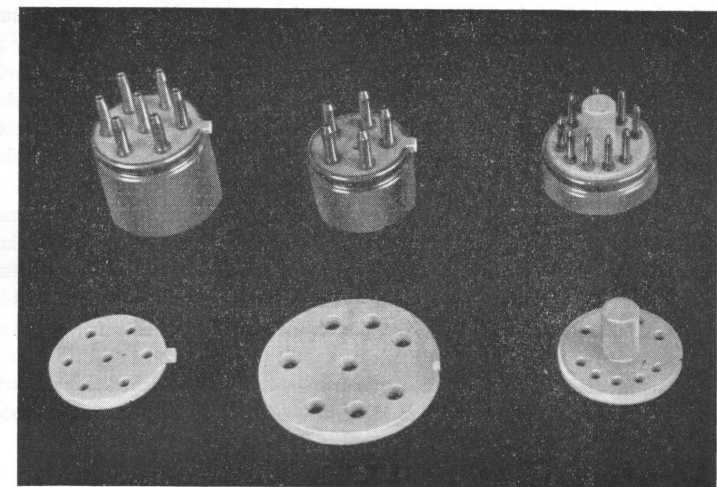




Breaks







## Použití

- elektrické průchodky
- elektrické izolátory
- topné systémy
- kalíšky pro depozici tenkých vrstev -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Al, Bi, Ge, In, Ni
- ...