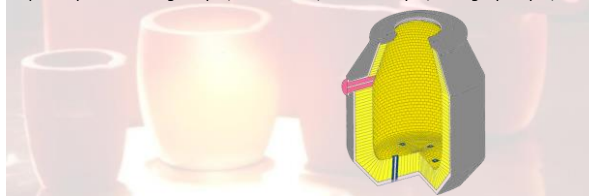




Materiały ogniotrwałe - wyroby ceramiczne przeznaczone do ciągłej pracy w wysokich temperaturach, odporne na wstrząsy cieplne, korozję chemiczną i erozję w kontakcie z gazami spalinowymi, pyłami, ciekłymi metalami i żużłami. Stosowane jako elementy urządzeń w przemyśle metalurgicznym, szklarskim, cementowym, energetycznym, ...



Właściwości wymagane w stosunku do materiałów ogniotrwałych różnią się nieco w zależności od zastosowania:

- Ogniotrwałość zwykła - temperatura początku topienia substancji, objawiająca się jej deformacją pod własnym ciężarem.

	T _{topr} °C		T _{topr} °C		T _{topr} °C
HfC	3900	ZrN	2950	MgO	2800
TaC	3800	TiN	2950	ZrO ₂	2715
NbC	3490	SiC	2820*	CaO	2570
ZrC	3400	VC	2810*	Y ₂ O ₃	2425
HfN	3385	TaN	2700	Cr ₂ O ₃	2275
HfB ₂	3380	NbN	2573	Al ₂ O ₃	2050
ZrB ₂	3245	VN	2050*	3Al ₂ O ₃ -2SiO ₂	1840
TiB ₂	3225			FeCr ₂ O ₄	2180
TiC	3100			TiO ₂	1850
TaB ₂	3040			SiO ₂	1715

Właściwości

Jak zmierzyć ogniotrwałość? - Stożek pirometryczny, stożek Seger'a - trójścienny ostrosłup ścięty o normowych wymiarach, **wzorzec** oznaczania ogniotrwałości temperatury wypalania wyrobów ceramicznych, numer stożka odpowiada temperaturze, w której zgina się i jego wierzchołek dotyka podstawy.

1500C = 150 sP

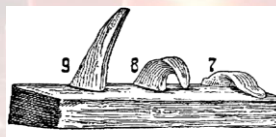


Fig. 1.



Właściwości

- Ogniotrwałość pod obciążeniem - najwyższa temperatura przy której nie występuje jeszcze deformacja materiału ogniotrwałego poddanego jednoosiowemu ściskaniu pod ciśnieniem 0,2 MPa.
- Porowatość i przepuszczalność - od porowatości zależy głębokość wnikania faz ciekłych i gazów, wzrost porowatości zmniejsza wytrzymałość i przewodność cieplną, podnosi nieco odporność na pęknięcie.
- Wytrzymałość - określa możliwość przenoszenia obciążeń, decyduje o wymiarach.
- Gęstość - decyduje o wymiarach i kosztach.
- Przewodność cieplna - decyduje o stratach ciepłych urządzenia.

Właściwości

• Łuszczenie - kruszenie się, pęknięcie w mikroobszarach spowodowane: (i) wstrząsem cieplnym, (ii) naprężeniami związanymi z rozszerzalnością, (iii) niejednorodnością współczynników rozszerzalności cieplnej oraz (v) zmianą właściwości na skutek wnikania fazy ciekłej (żużle, metale).

$$ST \propto \frac{\alpha}{\sigma \cdot \sqrt{D_T}}$$

α - rozszerzalność cieplna;
 σ - naprężenia ścinające (ogrzewanie)
 wytrzymałość na rozciąganie (chłodzenie)
 D_T - dyfuzyjność cieplna;

• Stała zmiana wymiarów liniowych w cyklach ogrzewanie-chłodzenie wywołana przez: (i) przemiany polimorficzne, (ii) reakcje chemiczne, (iii) utworzenie fazy ciekłej oraz (v) postępem procesu spiekania.

Rodzaje materiałów ogniotrwiałych

W zależności od postaci:

- I. Wyroby formowane – lite, polikrystaliczne kształtki o zróżnicowanych rozmiarach i kształtach;
- II. Wyroby nieformowane:
 - masy do ubijania w postaci suchych mieszanin proszków o odpowiednio dobranych wielkościach ziaren, przed użyciem mieszane są z wodą i ubijane w miejscach użycia;
 - betony ogniotrwale, masy lejne zawierające spoiwo nieorganiczne, np. cementy glinowe, przed użyciem miesza się je z wodą i wypełnia formę;
 - zaprawy, drobno mielone materiały nabierające plastyczności po zmieszaniu z wodą, używane do wypełniania ubytków, do uszczelniania powierzchni ścian oraz do łączenia kształtek;

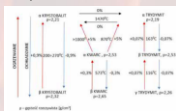
Rodzaje materiałów ogniotrwiałych

W zależności od reaktywności chemicznej:

- kwaśne SiO_2
- obojętne Al_2O_3
- zasadowe CaO

Wyroby krzemionkowe

- głównym składnikiem jest dwutlenek krzemu: trydymit ~ 50 %, krystalalit ~ 20+40 %, faza amorficzna do 20 %, kwarc resztkowy do 6 % oraz produkty jego reakcji z mineralizatorami głównie wollastonit;
- podstawowym surowcem są kwarcyty, kwarc żyłowy, piasek kwarcowy, złom kwarcowy, chalcedonit;
- mineralizatory to surowce żelaziste;
- dodatki: mleko wapienne, ług posulfitowy;
- przemiany polimorficzne przy spiekaniu i chłodzeniu;



Wyroby krzemionkowe

Zastosowanie:

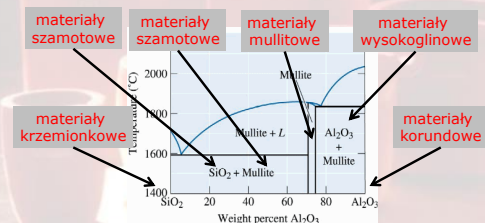
- sklepienie piec stalowniczego;
- sklepienia pieców szklarskich;
- wyłożenia kadzi stalowniczych;
- nagrzewnice wielkich pieców;
- wyłożenie pieca koksowniczego;



Wzrostki	Wzrostki	Wzrostki			
		SiO2	Al2O3	CaO	SiO2
Zawiesiacz SiO2	%	≥ 96,0	≥ 96,0	≥ 93,0	≥ 96,0
Skład chemiczny	Zawiesiacz Al2O3	%	-	-	≥ 3,0
	Zawiesiacz Fe2O3	%	-	-	≥ 1,0
Przebiegielnie	%	≥ 23,0	≥ 23,0	≥ 20,0	≥ 23,0
Temperatura	główna	≥ 2300	≥ 2300	≥ 2300	-
Oporność na obciążenie	T _{0,2}	≥ 1600	≥ 1600	≥ 1600	≥ 1600
Wsporność na obciążenie	MPa	≥ 30	≥ 30	≥ 25	≥ 30
Przebiegielnie	temperatura 1400°C/2h	≥ 0,3	≥ 0,5	≥ 0,8	-
Zawiesiacz	temperatura A	%	-	-	≥ 0,0
Wzrostki	temperatura B	%	-	-	≥ 1,5

Wyroby glinokrzemianowe

obejmują kilka typów materiałów odpowiadających różnym proporcjom dwu głównych składników - SiO_2 i Al_2O_3 :



Wyroby glinokrzemianowe – szamotowe

wytwarzane są z glin ogniotrwiałych o dużej zawartości tlenku glinu, z reguły celem poprawy procesu formowania wypaloną i mieloną glinę miesza się z gliną surową. O ogniotrwałości, oprócz stosunku $SiO_2:Al_2O_3$ ($A\uparrow=OT\uparrow$) decyduje zawartość tlenków akcesorycznych ($AO\uparrow=OT\downarrow$). Tlenki alkaliczne obniżają temperaturę powstawania fazy ciekłej i utrudniają powstanie mullitu, CaO i MgO nie wpływają widocznie na powstanie fazy ciekłej, tlenek żelaza(II) tworzy niskotopliwą eutektykę (atmosfera redukująca).

Wyroby glinokrzemianowe – szamotowe

Właściwości wyrobów szamotowych wg PN-76/H-12030

formowane z mas plastycznych, gatunki: E, A, B, C, formowane z mas półsuchych i półplastycznych, gatunki: Es, As, Bs, Cs, formowane z mas wieloszamotowych, gatunki: Ew, Aw, Bw.

Wymagania	Gatunek										
	E	Es	Ew	A	As	Aw	B	Bs	Bw	C	Cs
Zawartość [%] Al ₂ O ₃ + TiO ₂ min.	39	39	39	36	36	36	32	32	32	-	-
Zawartość Fe ₂ O ₃ max, %	2,5	2,5	2,5	3	3	3	3	3	3	3,3	3,3
Ogniotwołość zwykła, min., sP	175	175	175	173	173	173	173	169	169	165	165
Ogniotwołość pod obciążeniem, min., °C	1400	1420	1450	1350	1370	1400	1300	1320	1350	1250	1270
Wytrzymałość na ściskanie, MPa	12	18	30	12	30	30	12	18	30	12	18
Porowatość otwarta, max, %	28	25	22	28	25	22	28	25	22	28	25

Wyroby glinokrzemianowe - szamotowe

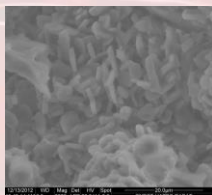
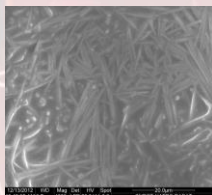
Zastosowanie:

- wyłożenia wielkich pieców i nagrzewnic wielkopieczowych;
- wyłożenia pieców do wypalania klinkieru cementowego w strefach podgrzewania i dekarbonizacji;
- wyłożenia szklarskich pieców wannowych i donicowych;



Wyroby glinokrzemianowe – wysokoglinowe

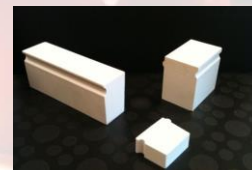
mullitowe, andaluzytowe, boksytowe. Wytwarzane z surowców naturalnych o dużej zawartości Al₂O₃ (andaluzyt, boksyt, palonka mullitowa) lub syntetycznych (techniczny tlenek glinu, elektrokorund).



Wyroby glinokrzemianowe – wysokoglinowe

Zastosowanie:

- wyłożenia pieców cementowych;
- wanny, górne części pieców szklarskich;
- piece tunelowe;
- wyłożenia pieców hutniczych, kopuły nagrzewnic, kadzi surówkowych, sklepień pieców elektrycznych;



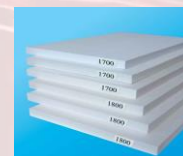
Wyroby glinokrzemianowe – wysokoglinowe

Typy wyrobów	Al ₂ O ₃ ≥	Fe ₂ O ₃ ≤	ZrO ₂ ≤	Reflexivity °C ≥	Apparent Porosity % ≥	Bulk density g/cm ³ ≥	Cold crushing strength MPa ≥	Refractoriness under load 0,2MPa °C ≥	Permanent linear change %	Thermal shock Resistance cycle (100°C) ≥
HIGH-ALUMINA BRICK FOR ELECTRICAL ARCH FURNACE										
DL-80	80			1790	19	78,5	1530	0-0,3		
DL-75	75			1790	19	68,6	1530	0-0,4		
HIGH-ALUMINA BRICK FOR BLAST FURNACE										
GL-65	65	2,0		1790	19	58,8	1500	0-0,2		
GL-55	55	2,0			19	49,0	1480	0-0,2		
GL-48	48	2,0			18	49,0	1450	(1450°C) 0-0,2		
THERMAL SHOCK RESISTANCE HIGH-ALUMINA BRICKS										
KHLZ-75	75		5,7		23	2,6	50	1500		20
KHLZ-70	70		5,7		25	2,55	45	1470		20
LOW CRISP HIGH-ALUMINA BRICKS										
DRLZ-80	85				20		60	(1550°C) 0		
DRLZ-75	75				20		55	(1550°C) 0		
DRLZ-65A	65				19		50	(1480°C) 0		
DRLZ-65B	65				22		45	(1400°C) 0		
DRLZ-60	60				22		40	(1300°C) 0		
DRLZ-50	50				22		40	(1280°C) 0,7		

Wyroby glinokrzemianowe – korundowe

Wytwarzane z surowców syntetycznych o niskich zawartościach innych tlenków zwłaszcza alkalicznych. Zastosowanie podobne do wyrobów wysokoglinowych, również w postaci materiałów włóknistych.

Properties	Brand					
	WA99	WA98	WA97	WA95	WA93	WA90
Max service temperature (°C)	1850	1850	1800	1750	1700	1650
Al ₂ O ₃ %	99	98	97	95	93	90
Fe ₂ O ₃ %	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8
Bulk density(g/cm ³)	3,15	3,15	3,1	3,0	2,95	2,90
Apparent Porosity %	20	20	20	20	20	20
Cold Crushing Strength MPa	90	90	85	80	80	80
0,2MPa Refractoriness under load °C	1800	1800	1750	1700	1700	1600
Permanent linear change %	-0,1 (1700°C-2h)	-0,15 (1700°C-2h)	-0,2 (1700°C-2h)	-0,2 (1650°C-2h)	-0,3 (1650°C-2h)	-0,3 (1600°C-2h)



Wyroby z dwutlenku cyrkonu

otrzymywane z naturalnego badelleitu lub syntetycznych proszków. Stosowane są głównie tworzywa typu PSZ, częściowo stabilizowane dodatkami tlenku magnezu lub rzadziej tlenku wapnia. Wyroby z PSZ znajdują zastosowanie jako wylewy w kadziach pośrednich do ciągłego odlewania stali, tygłe do topienia metali, rolki do płytke ...



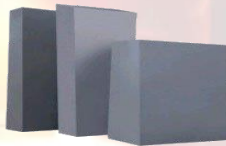
Wyroby z węgla krzemu (karborundowe)

otrzymywane drogą spiekania reakcyjnego syntetycznych proszków węgla krzemu, SiC. Wyroby karborundowe cechują się bardzo dobrą przewodnością cieplną, wysoką odpornością na działanie stopionych żużli, odpornością na nagłe zmiany temperatury. Znajdują zastosowanie jako wymienniki ciepła w różnych rodzajach pieców, umebławianie pieców ceramicznych, rolki w piecach do wypalania płytek, tygłe ...



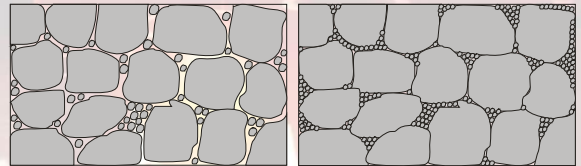
Wyroby węglowe

głównym składnikiem jest węgiel a surowcem do produkcji – koks, antracyt lub grafit. Wyroby węglowe przy niskim ciężarze właściwym wykazują bardzo dobrą odporność na wstrząsy cieplne, dobre właściwości mechaniczne w atmosferach redukcyjnych. Produkuje się z nich trzony i gary wielkich pieców, piece do topienia ołowiu, aluminium i antymonu ...



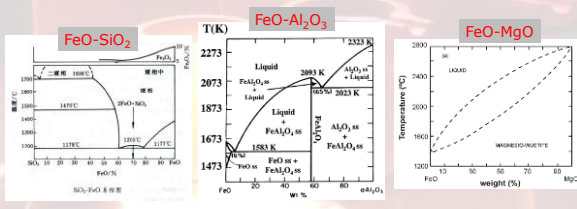
Wytwarzanie materiałów ogniotwałych

wielofrakcyjność proszków, spiekanie reakcyjne, wiązanie, ...



Zasady doboru materiałów

Miejsce zastosowania materiału ceramicznego zależy od zespołu jego cech chemicznych i fizycznych. Główne kryteria: temperatura pracy, charakter chemiczny środowiska.



Literatura:

1. F. Nadachowski, Zarys Technologii Materiałów Ogniotwałych, Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice, 1995;