



XXIII Konferencja Automatyków Rytro 2019

**Materiały stosowane w wysokotemperaturowych
sensorach temperatury**



*pomiarów
temperatury*

Materiały stosowane w wysokotemperaturowych sensorach temperatury

- Termometryczne materiały
- Konstrukcyjne materiały
- Stabilność fizycznych (elektrycznych), chemicznych i mechanicznych właściwości
- Kontrol materiałów:
 - Чувствительный элемент (ros)
 - Wrażliwy element (pol)
 - Sensitive element (ang)
 - Empfindliches Element (niem)
 - czujnik
 - czujka



*pomiarów
temperatury*

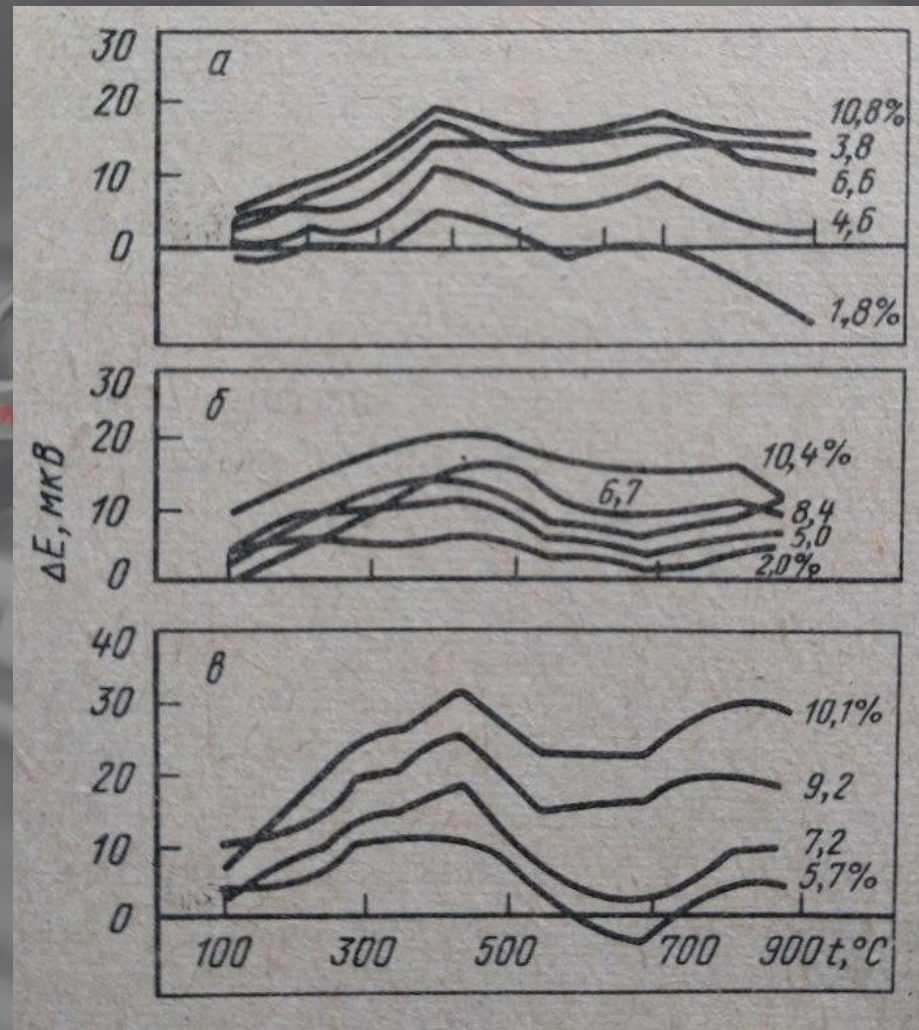
Materiały stosowane w wysokotemperaturowych sensorach temperatury

Parametry techniczne sensorów temperatury	Faktory odpowiadające za parametry
Zakres pomiarów	T_{pl} , żaroodporność, kompatybilność materiałów elementu, elektroizolacji i osłony; chemiczna i mechaniczna wytrzymałość osłony w środowisku pomiarowym
Nominalna statyczna charakterystyka przetwarzania $E = f(T)$ $R = f(T)$	Skład chemiczny, stan fizyczny, elektrofizyczne właściwości i ich odtwarzalność, rezystancja elektroizolacji, technologia materiałów elementu
Dokładność pomiarów	Fizyko-chemiczna jednorodność termometrycznych materiałów (TMM), termomechaniczne też momentowe napięcie, stabilność elektro fizycznych właściwości TMM, technologia, konstrukcja i metodyka metrologicznego wsparcia
Bezwładność	Ciepło przewodność materiałów elementu, elektroizolatory, osłony; konstrukcja
Niezawodność	Materiały, konstrukcja, technologia metrologiczne wsparcie



pomiarów
temperatury

Materiały stosowane w wysokotemperaturowych sensorach temperatury



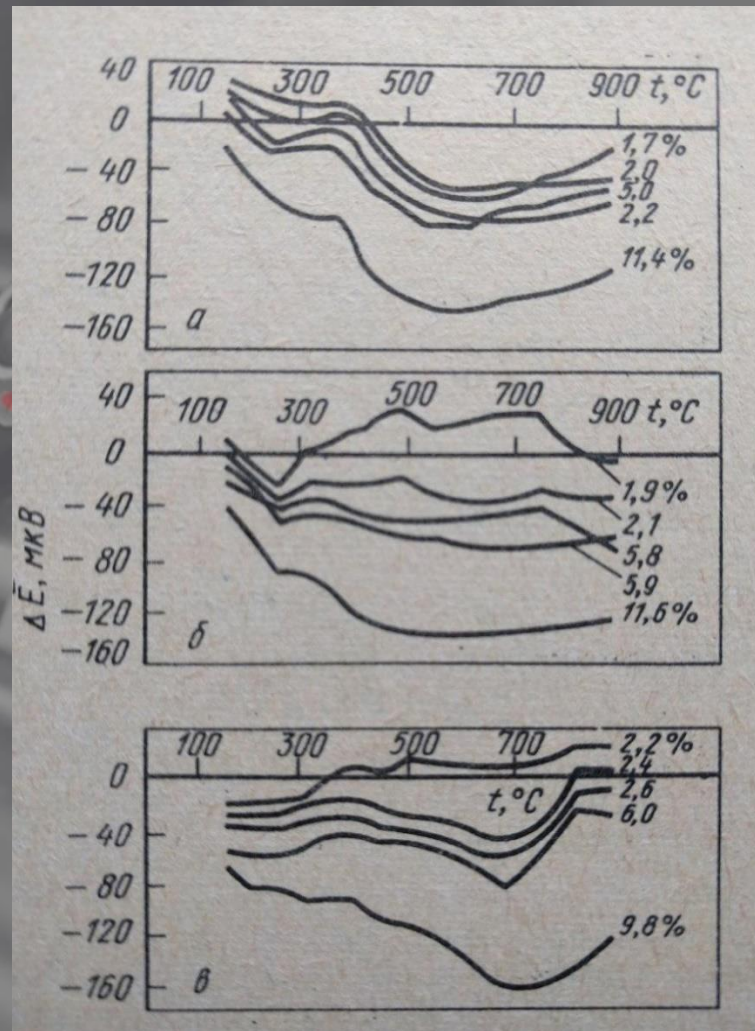
Rys. 1 Wpływ deformacji na zmiany s.t.e.m CHROMEL w czasie, godz.:

a – 400; **b** - 800; **c**-1000



pomiarów
temperatury

Materiały stosowane w wysokotemperaturowych sensorach temperatury



Rys. 2 Wpływ deformacji na zmiany s.t.e.m ALUMEL w czasie, godz.:

a - 400; **b** - 800; **c** - 1000



*pomiarów
temperatury*

Materiały stosowane w wysokotemperaturowych sensorach temperatury

Kryterium wyboru (stworzenia) materiałów termometrycznych

$$K = \frac{T_{tp} * T_{rekr} * T_{kom}}{T_{tech} * \Delta_{niejed} * \Delta_{stab}}$$

Gdzie

T_{tp} - temperatura topienia (charakteryzuje żarowytrzymałość), K

T_{rekr} - temperatura rekrytalizacji, K

T_{kom} - temperatura reakcji materiałów sensora i środowiska pomiarowego (charakteryzujący kompatybilności), K, (kwaśne, zasadowe)

T_{tech} - temperatura przejścia w stan kruchy (charakteryzuje technologiczność), K

Δ_{niejed} - niejednorodność termometrycznych właściwości, K

Δ_{stab} - zmiana termometrycznych właściwości po 2 godz. pracy w temperaturze max (stabilność), K

Obliczenia pokazują, że K ma być ≥ 105



*pomiarów
temperatury*

Materiały stosowane w wysokotemperaturowych sensorach temperatury

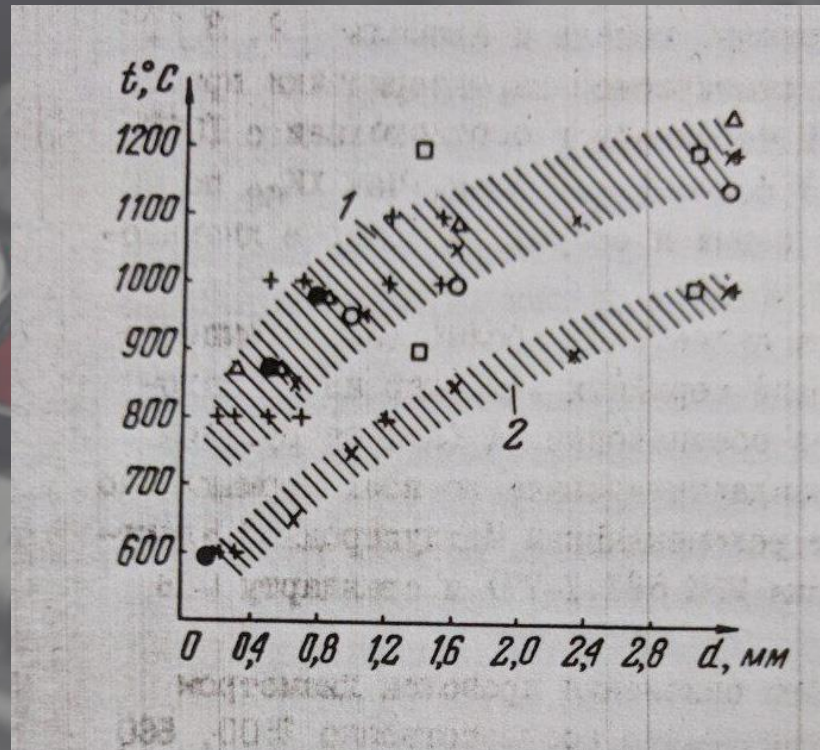
Materiały termometryczne

Pt, Rh,
Cu, Ni, Cr
W, Re



pomiarów
temperatury

Materiały stosowane w wysokotemperaturowych sensorach temperatury



Rys. 3 Zależność granicznych temperatur termopary CHROMEL/ALUMEL (typ K) od średnicy termoelektrod:

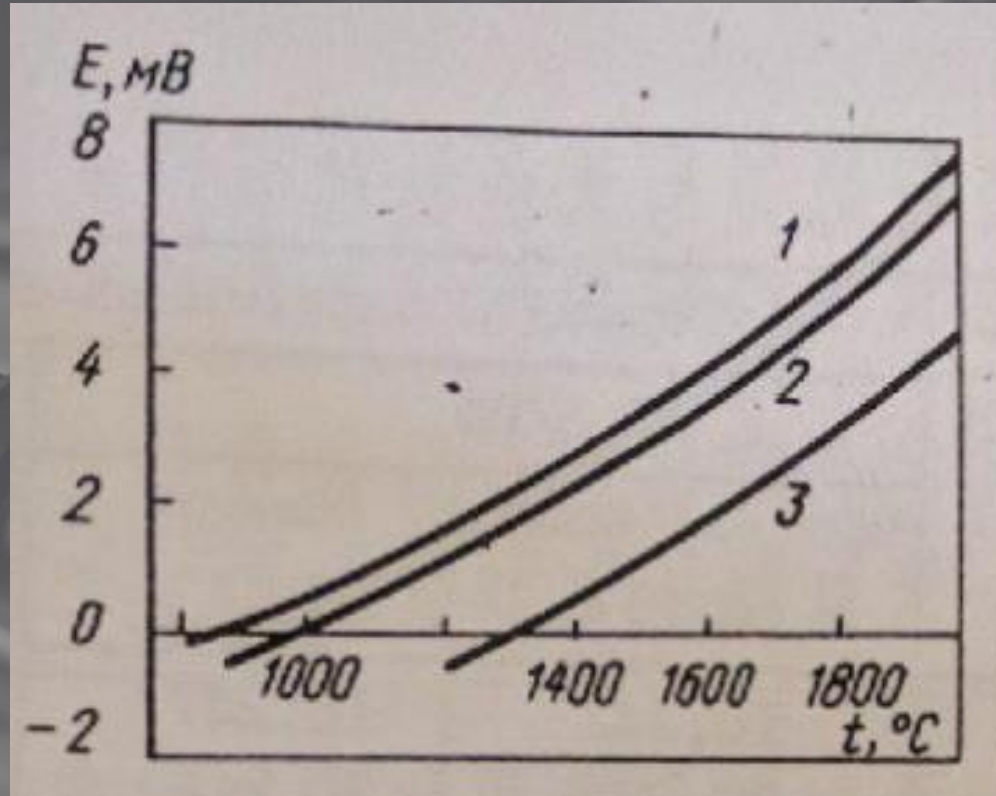
1 - długotrwała eksploatacja,

2 - krótkotrwała (do 100 godz.);

• - OMEGA (USA), ○ - Kent Industrial Measurement (Anglia),

x - JIS (Japonia), □ - DIN, Δ - ASTM (USA), + - GOST.

Materiały stosowane w wysokotemperaturowych sensorach temperatury



Rys. 4 $E = f(T)$ termopary W/Mo, w której Mo – termoelektroda wykonana z:

- 1** - monokrystaliczny drut,
- 2** - polikryształ drut, marki MK,
- 3** - marki MЧ.



pomiarów
temperatury

Materiały stosowane w wysokotemperaturowych sensorach temperatury

Elektroizolacja

Elektroprzewodność materiałów nie może być większa

	ELEKTROPRZEWODNOŚĆ, S*cm					
	20	300	500	850	1000	1600
ST	$2 \cdot 10^{-14}$	$2 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-3}$
SR	$2 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{-9}$	-	-

Przykład:

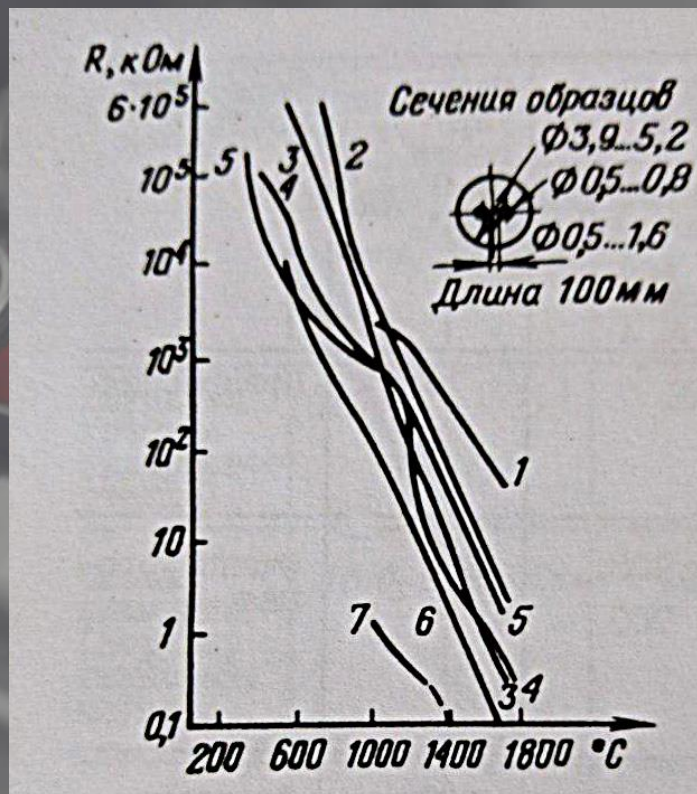
SR, $t = 800^{\circ}\text{C}$, Relizol = 0,1 MOm

$\Delta \text{Pt } 100 \sim 4,5^{\circ}\text{C}$

Relizol = 0,5 MOm

$\Delta \text{Pt } 100 \sim 1^{\circ}\text{C}$

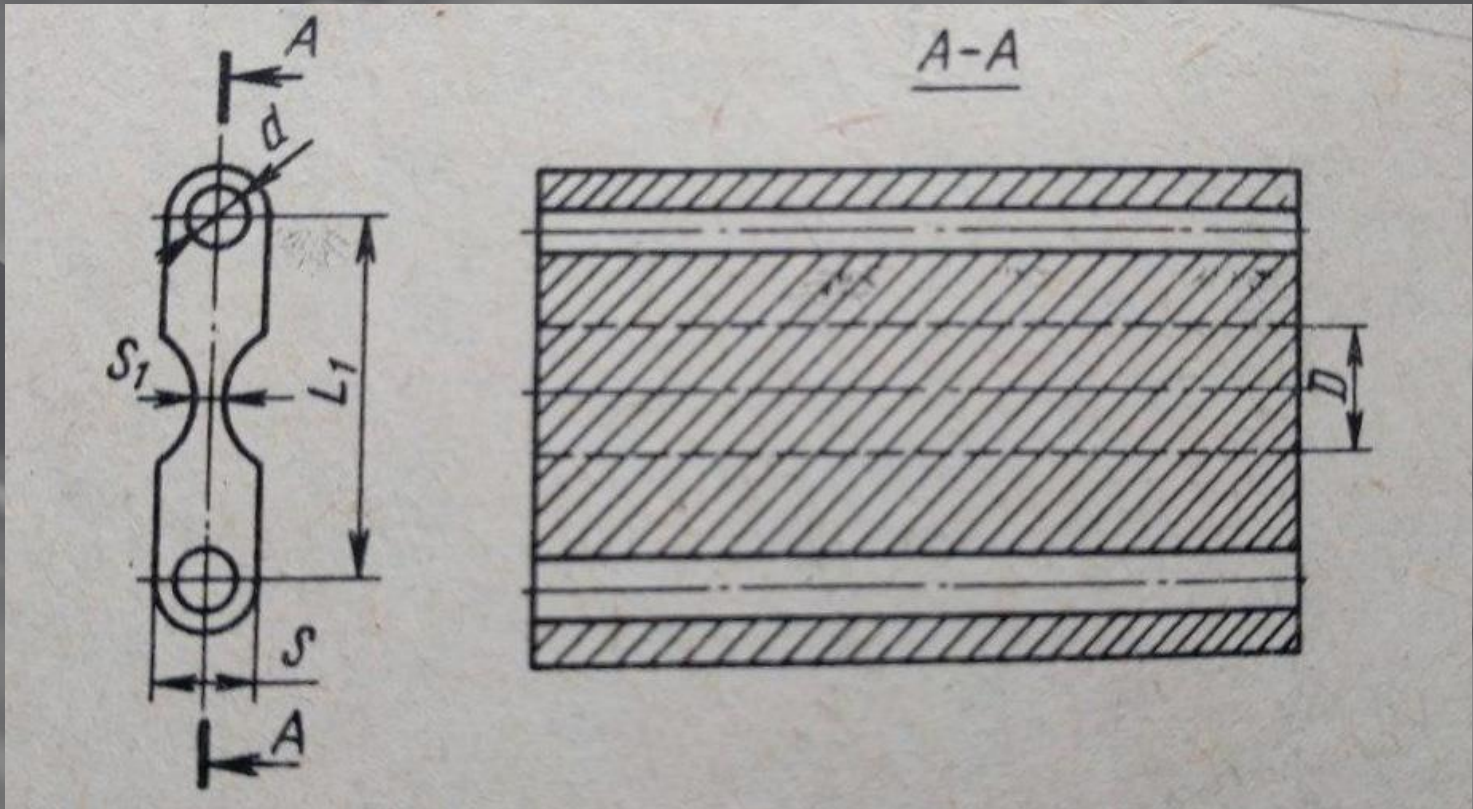
Materiały stosowane w wysokotemperaturowych sensorach temperatury



Rys. 5 Zależność R izolacji od temperatury różnych ceramik przy $U=500$ V (dla porównania R powietrza 3 mm)

- 1** - powietrze; **2** - MgO ; **3** - $Al_2O_3 + 1\%TiO_2$; **4** - BeO ;
5 - Al_2O_3 ; **6** - cement; **7** - emal ($45\%ZrO + 33\%CaO + 21\%MgO$)

Materiały stosowane w wysokotemperaturowych sensorach temperatury



Rys. 6 Nowa konstrukcja ceramicznych wysokotemperaturowych izolatorów.



*pomiarów
temperatury*

Materiały stosowane w wysokotemperaturowych sensorach temperatury

Ceramika

SiO_2

(nie rekomend. dla długotrwałych pomiarów)

Al_2O_3

SiC

Metale

Stali

(Fe, Ni, Cr)

W, Mo, Re

50
lat

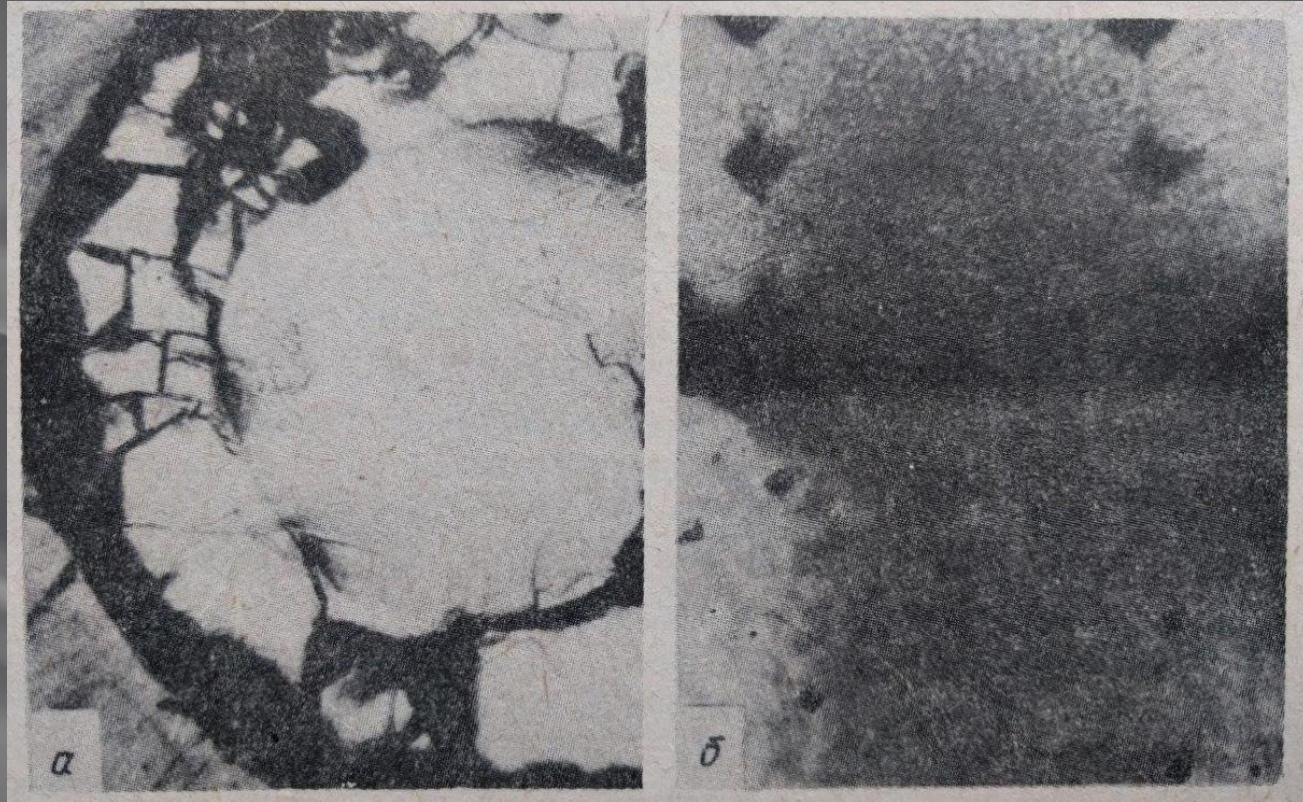
*pomiarów
temperatury*

Materiały stosowane w wysokotemperaturowych sensorach temperatury



Rys. 7 Osłona termopary płaszczowej ze stali 08X18H10T po eksploatacji w reaktorze.

Materiały stosowane w wysokotemperaturowych sensorach temperatury



Rys. 8. Poprzeczne cięcie monokrystalicznego wolframowego pręta (**a**, x100) i ślady mikrotwardomierza (**b**, x800) po wygrzewaniu 100 godz. w temperaturze 1800° C (środowisko bogate w węgiel).



*pomiarów
temperatury*

**Dziękuję
za
uwagę.**