

SIFAT – SIFAT REFRAKTORI



DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
2008

DR.-ING. BAMBANG SUHARNO

SIFAT-SIFAT PENTING

- **Porositas**
- **Thermal and Elictrical Conductivity**
- **Refractoriness**
- **Refractoriness Under Load**
- **Cold Strength**
- **Thermal Shock**
- **Slag Resistance**
- **Abrasion Resistance**
- **Thermal exspantion and volume change**

DR.-ING. BAMBANG SUHARNO



Sifat Sifat Refraktori

- ❖ Tak Ada "SuperMaterial"
- ❖ Perlu Pemilihan Refraktori Yang Cocok Karenanya perlu mengetahui Sifat/karakteristik Refraktori

1. Porositas

$$\text{Porositas} = \frac{\text{real density} - \text{apparent density}}{\text{real density}} \times 100\%$$

Nilai → 20 – 25%
10 - 15% low porosity

Porosity mempengaruhi

- Sifat penetrasi dust/slag
- Sifat thermal shock
- Permeabilitas
- Konduktifitas panas

DR.-ING. BAMBANG SUHARNO



Sifat Sifat Refraktori

Prosedur Pengukuran Porositas :

- Sample 50 – 60 Cm² dikeringkan 100C dalam oven (2jam)
- Celup dalam air mendidih kurang lebih 10 menit
- Sampel diikat dalam kawat dan ditimbang dalam air (W_b).
- Sampel diambil dari air, dilap dan kemudian ditimbang diudara (W_c)
- Sampel dikeringkan 100C, ditimbang (W_a)%

$$\text{porositasnya} = \frac{W_c - W_a}{W_c - W_b} \times 100\%$$

DR.-ING. BAMBANG SUHARNO



Sifat Sifat Refraktori

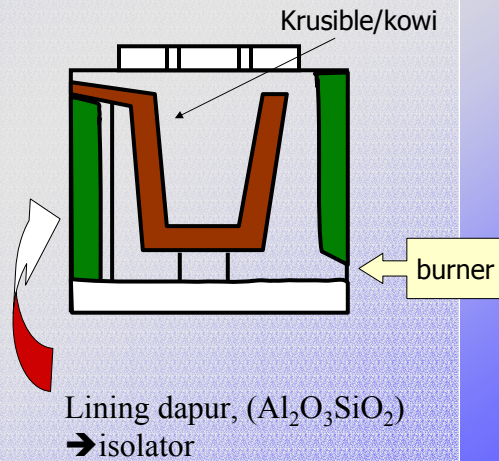
Low porosity menyebabkan :

- ✓ High Strength
- ✓ High Abberation resistant
- ✓ Low shringkage

HIGH POROSITY → TIDAK MENGUNTUNGAN

2. Thermal and Elictrical Conductivity

Kehilangan panas Rendah →
Perlu refractory dengan
konduktivitas panas rendah



DR.-ING. BAMBANG SUHARNO

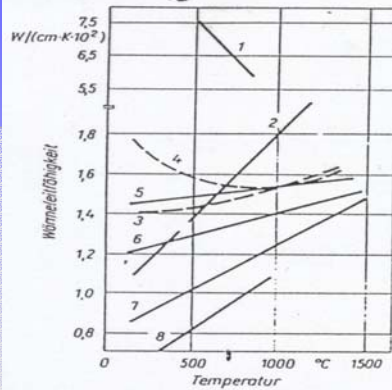


Bild 2.14 (links). Wärmeleitfähigkeit verschiedener feuerfester Baustoffe in Abhängigkeit von der Temperatur (nach J. B. Heben [2.72])

- 1 Magnesit, 99% MgO
- 2 Silika, 96% SiO_2
- 3 Schamotte, 46,5% Al_2O_3
- 4 Mullit

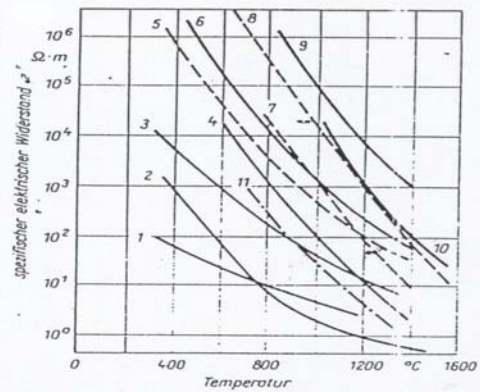


Bild 2.15 (rechts). Veränderung des spezifischen elektrischen Widerstandes von feuerfesten Erzeugnissen mit der Temperatur [2.58]

- 1 Siliziumkarbid (99% SiC)
- 2 Chrommagneitsteine
- 3 Schamottesteine
- 4 Magnesitchromsteine
- 5 tonerdereiche Steine mit 65 bis 85% Al_2O_3
- 6 Silika- und Zirkonsilikasteine
- 7 Forsteritsteine
- 8 Magnesitsteine
- 9 Korundsteine $\geq 95\% Al_2O_3$
- 10 Kalkerzeugnisse
- 11 Zirkonoxid, stabilisiert

DR.-ING. BAMBANG SUHARNO



Sifat Sifat Refraktori

3. Refractoriness

Merupakan sifat refraktori untuk dapat bertahan pada temperatur yang tinggi.

Termasuk Material refraktori

Minimum 1580 C.

High refractory → 1780 C

PCE (pyrometric cone equivalent value) → pemanasan dilakukan 150° C / Jam (2,5° C / menit) dalam dapur

□ Refractoriness Under Load (RUL)

menentukan max. temperatur pemakaian refraktori dibawah kondisi beban tekan.

→ penting Untuk mengetahui kondisi tekanan /beban tinggi

DR.-ING. BAMBANG SUHARNO



Sifat Sifat Refraktori

Pengujian :

- Beban 0,2 N/mm²
- Temperatur > 1000 C
- Rate → 10⁰ /min

Data – data :

T_{0,6} (temperatur awal) → pemuaian 0,6 %

T₂₀ (temperatur akhir) → pemuaian 20 %

T_{fracture} → sample patah

Grafik typical RUL for Varius Brick at 1600 C

DR.-ING. BAMBANG SUHARNO



Uji Refraktoriness

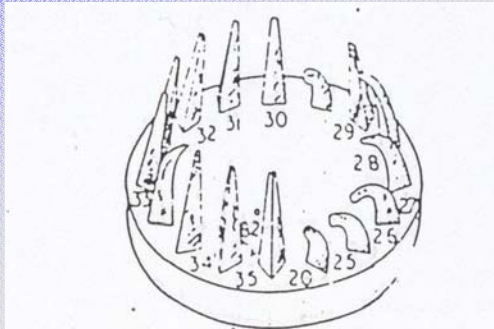


Fig. 5.1 PCE plaque with cones set

Dia. Papan pancang = 9.2 Cm

Tetrahedron

- Tinggi = 25 mm

- Sisi = 8 mm

DR.-ING. BAMBANG SUHARNO



Sifat Sifat Refraktori

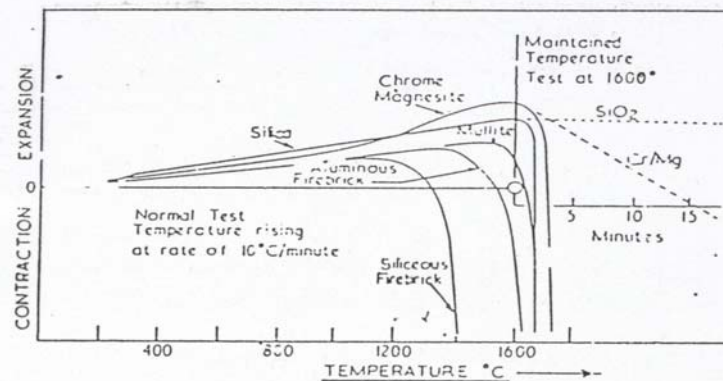


Fig. 61. Typical R.U.L. curves for various bricks. The behaviour of silica and chrome-magnesite under sustained load at 1600°C are compared in the inset.

DR.-ING. BAMBANG SUHARNO



SIFAT REFRAKTORI

4. Cold Strength

Merupakan kekuatan refraktori terhadap beban tekan, T_{normal} .
Rate of Loading : 35 – 100 Kg/cm²/min

5. Thermal Shock

kemampuan material terhadap perubahan temperatur meliputi ;

- Pemanasan-pendinginan
- Kondisi charge/normal

Parameter parameter :

- texture -structure -sifat fisik refraktori
- porositas -komposisi kimia

DR.-ING. BAMBANG SUHARNO



Sifat Sifat Refraktori

Prosedur Pengujian Ketahanan Kejut

- a) Sampel dipanaskan kurang lebih 950 C selama 15 menit
- b) Keluarkan kemudian dinginkan dalam air mengalir selama 3menit
- c) Panaskan hingga 110 C(30 menit) kemudian lanjutkan hingga 950 C (15 menit)

Proses diatas merupakan satu siklus,kemudian :

- a) Ulangi hingga pecah menjadi dua bagian
- b) Pengujian dihentikan jika sampel bertahan hingga 30 siklus

DR.-ING. BAMBANG SUHARNO



Sifat Sifat Refraktori

6. SLAG RESISTANCE

- Diuji pengaruh Jumlah dan komposisi slag pada T_{tertentu} terhadap refraktori
- Hanya pendekatan karakteristik/sifat refraktori karena kondisi sesungguhnya kompleks
- Dipengaruhi juga oleh "impurities"

→ diagram fasa FeO – SiO₂

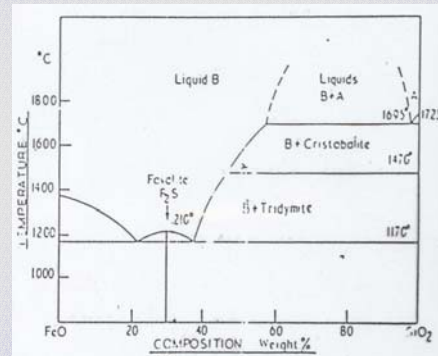


FIG. 62. The FeO-SiO₂ equilibrium diagram (after Bowen and Schairer).

DR.-ING. BAMBANG SUHARNO



Sifat Sifat Refraktori

7. Abrasion Resistance

kehilangan massa refraktori akibat abrasi. (diuji melalui penyemprotan pasir alumina ke refraktori)

→ gambar

untuk penempatan refraktori pada daerah yang mengalami abrasi atau gesekan besar

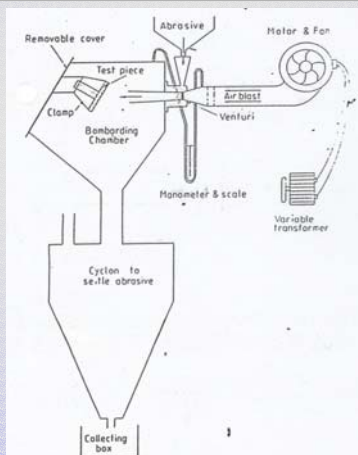


Fig. 5.8 Schematic diagram for testing Marshall-Morgan abrasibility

DR.-ING. BAMBANG SUHARNO



Sifat Sifat Refraktori

8. Thermal Expansion and Volume changes

since refractory subjected to temperature change, linear and volume change are of primary concern because their effect on thermal stresses and spalling

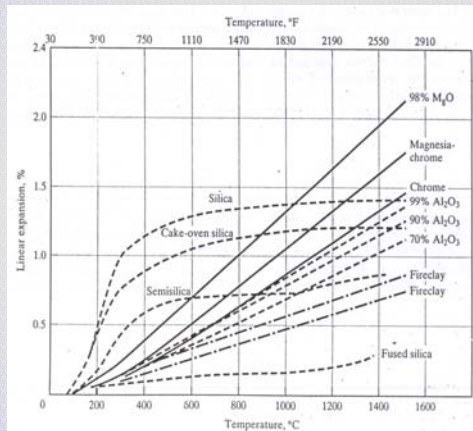


Fig. 14-53 Linear thermal expansion of various refractories.

DR.-ING. BAMBANG SUHARNO

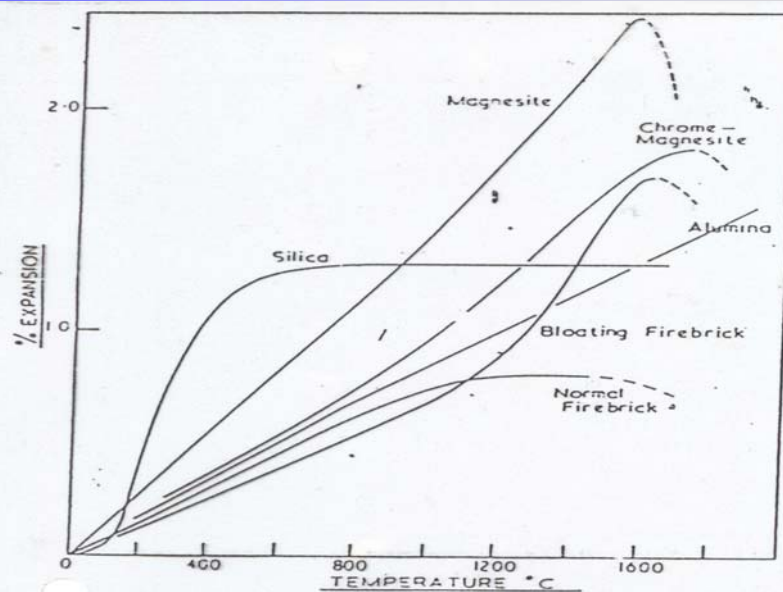


Fig. 60. Typical expansion curves for various refractories.

DR.-ING. BAMBANG SUHARNO



Sifat Sifat Refraktori

9. Carbon Monoxide Resistance

- Refraktori yang mengandung FeO, dapat mempercepat reaksi Cracking $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$
- Deposit C dapat menyebabkan sufficient internal stresses to break the bond of refractory
- The critical temperature range for carbon deposition 495 – 505 °C

DR.-ING. BAMBANG SUHARNO



Sifat Sifat Refraktori

Sifat Penguapan

- Penggunaan dapur vacum (sekunder metalurgi) → sifat refraktori dibawah kondisi vacum penting
- Kehilangan massa akibat penguapan, T,P dan t tertentu dihitung
- Praxis → (komplex) selain kondisi vacum ada faktor lain seperti slag,temp. slag dan sifat abrasifitas

DR.-ING. BAMBANG SUHARNO

KARAKTERISTIK FISIK REFRAKTORI DAN METODA PENGUJIANNYA²⁾

Micro-structure	Mineral phase Shape and size of crystal grain Matrix phase Element analysis	X-ray diffractometer, EPMA SEM, TEM X-ray microanalyzer Refracting microscope Polarization microscope
Texture	Specific gravity Porosity Permeability Pore-size distribution	Archimedes method Thin section metallography; porosimeter Air transmission method Mercury porosimeter
Mechanical property	Cold crushing strength Modulus of rupture (hot and cold) Modulus of elasticity Abrasion Electrical properties	Compression and bending machine Static elasticity method Sonic method Sand jetting methods (BS method)
Thermal property	Refractoriness Thermal expansion Thermal conductivity Specific heat capacity Thermal shock Refractoriness under load Creep Permanent linear change	Devil furnace, Gas furnace Rod method, Comparator Hot wire, Heat flux, Metal type Heat capacity meter (falling methods) Water falling methods, One side heating methods Endel methods Creep test Electric furnace
Chemical property	Chemical composition Corrosion (reaction with gas, liquid, solid)	Fluorescent X-ray analysis, Wet analysis Crucible method Dipping method Rotary slag method
Workability	Plasticity Viscosity Hardening Aging change	

DR.-ING. BAMBANG SUHARNO

TUGAS STANDARD PENGUJIAN

- ✓ Porositas **ok**
- ✓ Thermal and Electrical Conductivity **not ok**
- ✓ Refractoriness **ok**
- ✓ Refractoriness Under Load **ok**
- ✓ Cold Strength **ok**
- ✓ Thermal Shock **ok 1, ok 2**
- ✓ Slag Resistance **apparatus**
- ✓ Abrasion Resistance **ok**
- ✓ Thermal expansion and volume change **ok**

DR.-ING. BAMBANG SUHARNO