硼素含有リサージセメントに関する研究

放射線遮蔽材料の研究 (第1報)

杉 浦 敏 夫・村 上 恵 一・田 中 弘 文

(東北大学工学部)

Studies of Boron Litherge Glycerin Cement Investigations on Radiation Shielding Materials, I

By

Toshio SUGIURA, Keiichi MURAKAMI and Hirobumi TANAKA

(Faculty of Engineering, Tohoku University, Sendai)

Studies have been made of new type radiation shielding materials which can be molded easily and are excellent in physical strength as well as in abilities to shield gamma radiation and neutron. Boric acid can be dissolved in glycerin forming a complex (borospiranic acid). The materials are prepared by tempering litherge with the complex solution containing glycerin and boric acid. Owing to the large absorption cross section of boron for thermal neutrons and the large absorption coefficient of lead for gamma ray, the prepared materials will be effective for radiation shielding. In this experiments, influences of various factors involving the ratio of glycerin to boric acid, the ratio of litherge to glycerin solution and curing time on strength and hardness are investigated in detail. The maximum bending strength is 141 kg/cm^2 , and the compressive strength 403 kg/cm^2 .

Other remarkable advantages are adequate setting time and large bending strength. Calculated half thickness is 2 cm for 1 Mev gamma ray and 0.35 cm for thermal (2200 m/sec.) neutrons. The mechanism of setting and identification of formed compounds are now under research.

[Received Feb. 22, 1963]

I. 緒 言

原子力平和利用の発展につれて、国内でも原子力発電所の建設が進められる一方、アイソトープの利用などを通じてあらゆる科学分野で我々に身近なものになりつつある。その反面問題化するのは、放射線が人体の五感で認知できないために、人体への放射線遮蔽を十分に配慮しておかないとはなはだ危険であり、すぐれた遮蔽材料が必然的に要求されてくる。

放射線遮蔽の基礎理念としては、要するに遮蔽能力の大きい元素を濃密に保有する物質が遮蔽効果大であると考えてよいわけである。従来使用されているものを展望すると上の考え方を最も手近に満たすものとして金属特に鉛、水の層、重コンクリートなどが多く用いられている。重コンクリートの研究は既に内外で数多くなされ、大規模な施工に使用されて数々の利点を発揮してはいるけれども、小規模な個所の遮蔽材料としては遮蔽能力がそれほど高くないし、不均一性を有するので必ずしも適当ではない。遮蔽材料の対象として考えられるものは今まで紹介されているだけでも数々あり、熔融塩、特殊セラミックス、サーメット、ガラス、プラスチック、含金属樹脂、硼素含有ゲル、水化物、水素化物、またセメントに類するものではバリウムストロンチウムセメント、ボロンセメント、鉄セメント、マグネシヤセメント、

マグネシウム オキシクロライドセメント、磷酸セメント¹⁾ などであるが、いずれも一長一短のようである。

著者らは遮蔽の要求を十分に満足し、しかも施工が容易で強度も有する材料の開発を目的とした。従来主として接着を目的として使われていたリサージセメントはリサージをグリセリンで混練して凝結硬化せしめたものであり、鉛密度が高いためにX線、ガンマー線などの電磁波に対する遮蔽効果が期待される。またグリセリン中の水素および炭素は熱中性子の弾性散乱には有効であると考えられる。ここで、さらに中性子吸収に有効な元素を含ませることができれば放射線遮蔽材料として理想的であるが、幸にしてグリセリンは硼酸を錯化合物の形で溶解する性質を有するので、硼素をその形でリサージセメント中に導入した硼素含有リサージセメントを作成し、その性質を検討しようとするのが本研究の目的である。その結果、従来のリサージセメントとはかなり異なった性状を有するものが得られ、ガンマー線、中性子両者に有効になっただけでなく、物理的諸性質も良好なものが得られた。すなわち硼酸の含量を適当に選ぶことによって凝結硬化時間を調節することができるし、硬化物の強度、接着性、耐衝撃性なども良好であった。放射線遮蔽性の評価は、材料が使用されときの放射線のエネルギー分布、幾何学的配置などさまざまな条件が異なるであら

うし、単純な透過試験を行なっても普遍性あるデータは得られにくいので、ここでは原子密度とエネルギーを仮定した場合の断面積算出のみに止めた。

なお、硼素含有リサージセメントの凝結機構解明、生成物確認などは理論的にも興味ある問題ではあるが、硼酸、グリセリン、リサージの三成分系反応であるためにかなり複雑であり、事実未知の化合物生成をX線回折、赤外線吸収その他で予想はしているが、目下検討中であるので本報では触れないことにする。

II. 実験方法

1) 試料

原料としてのリサージ、グリセリン、硼酸および硼砂はいずれも1級試薬を用いた。本実験では硼素含有リサージセメントを主目的にするが、普通のリサージセメントとの比較の意味もあるのでリサージ混練用にはグリセリンおよびグリセリン中に硼酸を5% (重量)、10%、15%、20% 溶解したものをを用いた。そのほか塩として硼素導入を試みるため硼砂を溶解したものも用いた。硼酸及び硼砂は常温でグリセリンに極めて難溶であるが100°C 前後に加熱攪拌するとよく溶解し常温に冷却してももはや結晶は析出しない。それは両者の錯化合物が生成するためである。混練に際して硼素含有のものは若干の発熱があり、溶液が高温のままであると凝結が速やかに終わってしまうことがあるので溶液は冷却してから用いた。リサージとグリセリン溶液 (以下グリセリンのみの場合も含む) の重量比として9, 8, 6.5, 5, 3.5の5種類を選んだ。比が9では非常に硬練りであり、3.5では非常に軟練りである。養生は実験室空气中の温度、湿度で行ない、日数は1, 3, 7, 28日としたが早期強度が弱くて測定不可能のものについては1日でのデータはとっていない。テストピースは真鍮製の型枠で1×1×6 cmの大きさに作った。ブリネル硬度測定用には2×2×2 cmのものを作った。セメントのJISに従った大き

さ4×4×16 cmが望ましいが簡便のために小型テストピースで行うことにした。

2) 凝結試験

ピカー針凝結試験装置で測定した。

3) 曲げ強度試験

小型テストピースを用いたのでそれに応じた曲げ強度試験機を作成した (図-1)。

ここでJISに定める試験機の場合と本試験機による場合とで測定値に偏差が懸念されるので、標準ポルトランドセメントモルタルで両サイズのテストピースを多量に作成し強度試験結果に統計的検討を加えた。 F 検定の結果両者のデータのバラツキ間に差がないことがわかったので、さらにそれぞれの平均値を t 検定の結果有意差のないことが判明した。

4) 耐圧強度試験

セメントのJISに準じて曲げ試験を終った折片についてアムスラー型耐圧強度試験機でテストした。ただアムスラー型は加圧部が4×4 cmになっているので1×1 cmになるようなアダプターを作りそれを用いてテストを行った。

5) その他の試験

ブリネル硬度試験は2×2×2 cmのテストピースを用い前述の曲げ強度試験機のエッジの先にアタッチメントを取りつけて、鋼球をテストピースとの間にはさんで荷重をかけた。ブリネル硬度 H_B は次式から算出される。

$$H_B = P/2\pi Rh = P/2\pi R \{R - \sqrt{R^2 - (d/2)^2}\}$$

ここで P : 荷重 (kg),

R : 鋼球の半径 (mm),

- ① Specimen
- ② Direction of throwing lead canister-shot into bucket
- ③ The fulcrum
- ④ Weight for balancing

Fig. 1. A bending strength measurement apparatus

- ① Glass or porcelain plate
- ② Solidified portland cement mortar
- ③ The surface on which glass or porcelain is pasted with resin
- ④ Binding face with sample paste
- ⑤ Parts of tensile strength measurement apparatus

Fig. 2. Specimen and attachment for binding strength measurement

h : 凹みの深さ (mm),

d : 凹みの直径 (mm)

本実験では鋼球として $R=3.95\text{ mm}$ または 5.15 mm , 荷重は 20 kg または 50 kg を 30 秒間加えた後凹みの直径 d をノギスで測定した。

接着力試験はリサーチ/グリセリン溶液=8, グリセリン中の硼酸 10% (重量) のペーストで行った。装置は石膏の物理試験法 JIS-R 9112 に準じミハエリス型引張試験機を使用し, 試験片としてはあらかじめ作成しておいた固化ポルトランドセメントモルタルおよび同モルタルにガラス板などを樹脂で接着させたものを相互に試験ペーストで貼り合わせて作成し 28 日間室温空气中に放置後測定した。試験片及びその取付部は図-2に示す。

比重測定は比重ビン法によった。

III. 結果と考察

1) 凝結試験

普通のリサーチセメントは表-1に示したように最も硬練りのものはビカー針で始発は測れず 20 分で凝結は終る。かなりの流動性をもった比率 3.5 のものでも約 1 時間で凝結は終わってしまう。しかしグリセリン中にわずかに 5% (モル比で 7.47%) の硼酸が錯化合物となって溶け込んでいると桁違いに凝結時間は延長される。硼酸添加量が増すに従って凝結も延びるが硼酸が飽和に近くなるとそれほど変化はなくなってくる。普通のリサーチセメントは凝結時間が短かすぎるきらいがあるので硼

酸を含有させて延長できる点は施工にも便利である。硼酸の代りに硼砂を用いると凝結時間はさらに数倍延長される。

2) 強度および硬度

曲げ強度およびブリネル硬度は表-1に, 耐圧強度は図-3に示すとおりである。硼素含有リサーチセメントの曲げ強度は表-1からわかるように時間の経過に対して必ずしも増加を示さず2つのピークが表われたり, 長期養生でむしろ減少したりする傾向のみられるものがある。これは硼酸の添加によって硬化の途上で可塑性をもち, 曲げ試験の際にわみながら真の強度に相当する荷重以上の重さに耐えるため, このような結果が表われたもので真の曲げ強度を示すものではなく偽似的な強度と解せられる。この事実は同表右側に掲載したブリネル硬度が初期において非常に小さく, 日数の経過で漸増していることから推察できる。一方, 普通のリサーチセメントでは, 凝結硬化が1日以内で終り可塑性もないため日数の経過で曲げ強度, ブリネル硬度共にたいした変化はなく, 測定された曲げ強度は真の値と察せられる。真の曲げ強度と解せられる 28 日養生のものについて, リサーチ/グリセリン溶液比と強度の関係をみた場合, いずれも強度は比が小さくなるほど(軟練りになるほど)小さくなる。このことは混練に最少限(リサーチの約 $1/4$ モル)のグリセリンまたはその溶液で強度発現に十分であることを示し, X線回折でフリーのリサーチが多量検出されることから用いたリサーチの極く一部分のみがバ

Table 1. Setting time, Bending strength and Brinell hardness of Litharge cements and Boron litharge cements

Boric acid in glycerin (wt.%)	Litharge/ Glycerin (wt. ratio)	Mol. ratio		Setting time		Bending strength (kg/cm ²)				Brinell hardness			
		Litharge	: Boric acid : Glycerin	Beginning hr. m.	Finishing hr. m.	1 day	3 days	7 days	28 days	1 day	3 days	7 days	28 days
0	9	1	: 0.269 : 0	—	0.20	75.6	72.3	72.0	71.5	15.5	15.5	11.8	11.9
	8	1	: 0.303 : 0	0.16	0.18	88.5	80.9	69.1	64.0	12.6	13.4	11.2	11.7
	6.5	1	: 0.373 : 0	0.21	0.23	83.0	76.5	63.8	50.3	11.8	11.8	11.2	11.9
	5	1	: 0.485 : 0	0.32	0.35	44.0	43.6	45.0	56.9	5.46	5.30	6.70	5.97
	3.5	1	: 0.694 : 0	0.47	1.05	19.2	7.8	10.1	16.3	—	—	—	—
5	9	1	: 0.256 : 0.019	3.17	5.19	77.9	62.1	84.1	56.8	1.67	3.73	2.72	7.75
	8	1	: 0.288 : 0.022	3.47	5.22	79.5	67.7	88.5	67.1	1.29	4.38	4.02	9.16
	6.5	1	: 0.355 : 0.026	4.20	8.10	91.2	57.9	92.5	61.5	0.94	4.20	3.66	11.2
	5	1	: 0.461 : 0.034	5.20	9.25	82.5	54.8	100.9	76.8	1.65	4.92	5.43	10.1
	3.5	1	: 0.659 : 0.049	8.40	15.00	33.4	47.1	76.8	68.0	2.99	5.30	6.94	10.6
10	9	1	: 0.225 : 0.036	3.05	5.07	—	57.9	47.0	134.4	0.56	2.98	3.20	10.6
	8	1	: 0.275 : 0.041	3.25	6.49	—	51.1	43.1	141.2	0.50	2.30	2.55	6.73
	6.5	1	: 0.339 : 0.051	5.07	10.20	—	40.8	62.8	119.7	0.21	1.71	1.87	6.52
	5	1	: 0.440 : 0.067	11.00	18.30	—	37.3	53.0	108.2	0.21	0.92	1.23	3.74
	3.5	1	: 0.623 : 0.094	18.30	27.00	—	28.4	24.3	60.6	—	0.26	0.51	2.06
15	9	1	: 0.234 : 0.052	4.16	10.56	×	×	×	×	×	×	×	×
	8	1	: 0.263 : 0.059	6.39	13.32	—	75.5	55.8	53.6	0.56	1.87	4.02	13.4
	6.5	1	: 0.324 : 0.072	10.11	16.01	—	107.5	48.4	45.5	0.31	1.26	3.12	12.6
	5	1	: 0.421 : 0.094	12.45	17.25	—	89.6	39.9	36.1	0.08	0.78	1.06	12.6
	3.5	1	: 0.602 : 0.135	23.35	30.50	—	—	24.5	26.1	0.01	0.28	0.95	13.4
20	9	1	: 0.224 : 0.067	3.15	8.25	×	×	×	×	×	×	×	×
	8	1	: 0.252 : 0.075	4.27	9.52	127.2	74.9	50.8	50.2	1.34	2.12	3.54	7.45
	6.5	1	: 0.311 : 0.093	7.00	11.30	94.4	89.0	48.8	47.4	0.95	1.87	3.96	9.55
	5	1	: 0.404 : 0.120	10.03	17.53	—	104.2	40.9	35.3	0.64	1.26	3.01	7.45
	3.5	1	: 0.577 : 0.172	24.49	31.19	—	54.6	28.7	30.7	0.27	0.65	1.98	5.72
25	6.5	1	: 0.298 : 0.111	—	—	—	—	—	27.4	—	—	—	15.4

×.....impossible to mold

—.....impossible to measure

Fig. 3. Compressive strength of litharge cement and boron litharge cement

インディングに貢献している。のであらう。曲げ強度はグリセリン中に硼酸を5~10% 錯化合物の形で溶かしたことに、よりずっと増強され普通のリサーチセメントの2倍におよぶ 141 kg/cm^2 に達していることは注目し値いする。さらに硼酸含量が増すと強度が少しおちてくる。ブリネル硬度は硼酸含有の場合いずれも日数経過で顕著に増加の一途をたどっているが、硼酸含量が多くなるに従って硬度の発現は後にずれている。28 日養生でリサーチ/グリセリン溶液比が中間すなわち 6.5 において最高値を示しているものがある。図-3 に示した耐圧強度はいずれも日数の経過で単調にゆるやかな増加を表わし、リサーチ/グリセリン溶液比の大なるものほど大きい点は曲げ強度の場合と同じである。本実験で得られた最高値は硼酸 5% グリセリンによるもので 403 kg/cm^2 であった。硼酸添加のものは、1 日養生ではいずれも測定しえないが、日数経過と共に強度が表われ、5% 添加のものがどの比においても目立っている。図中 25% のところに記入したものはグリセリン中に硼酸が過剰で懸濁した溶液について行ったもので、中性子遮蔽能力は増すが強度は明らかに減少する。

3) 接着力

表-2 に示すとおりである。10% 硼酸含有 グリセリンで作ったリサーチセメントは、従来接着力が強いといわれていた普通のリサーチセメントに比べて平均約 3 倍の値を示している。一般にセメントモルタルやコンクリートは粗骨材を多量に入れば曲げ強度

Table 2. Binding strength of litharge cements, boron litharge cements and gypsums (Unit: kg/cm²)

Binder Binded Material	Litharge cement	Boron litharge cement	Gypsum (Water: Gypsum=2:3)
Cement mortar(JIS)	13.2	37.2	8.0
Plate glass	12.0	36.8	8.4
Porcelain	6.2	19.2	9.9

Note 1) Surfaces of binded materials are polished with carborundum powder (JIS No. 60).

2) Litharge/Glycerin or glycerin solution ratio is 8.

3) Boron litharge cement is tempered with glycerin containing 10 weight % of boric acid.

が減少するが、硬化物と粗骨材の接着が強ければその低下を防げるはずである。試みに鉛散弾を多量混入し硬化後曲げ強度を測定したところ、普通のリサージセメントでは鉛散弾を混入しないものに比べて 66% に減少しているのに反して、硼酸含有のものでは 120~130% と増加を示したものもあった。接着力が強い性質は施工上の利点となるばかりでなく、接着を主目的とした窯業関係の用途を開拓できるのではないだろうか。

4) 放射線遮蔽性

放射線にも種類が多いが生体遮蔽上特に問題になるのはガンマー線と中性子に限られる。それは α, β 線などの透過力が弱いためである。ガンマー線の吸収に関しては各元素に個々の線吸収係数が定まっているが、それを密度で除した値を質量吸収係数 (μ/ρ) といい、一定エネルギーのガンマー線では物質に余り関係せずほぼ一定値をとることが知られている。近似的表現になるがエネルギー一定のガンマー線に対しては同じ厚さで密度の高い物質程吸収に有効だということになる。本実験で作った試料は表-3 に示すように密度 3.8~5.7 であり、1

Mev. のガンマー線に対する質量吸収係数を 0.067 とすれば線吸収係数 μ は 0.25~0.38 となる。入射ガンマー線の強さを I_0 、透過ガンマー線の強さを I 、線吸収係数を μ 、透過物質の厚さを x とすれば $\log I/I_0 = -0.4343 \mu x$ なる関係が成り立つので半価層（入射線を半減させるのに必要な厚さ）は $I/I_0 = 0.5$ とおくことにより容易に計算される。本材料では 1.8~2.7 cm となり金属鉛の 0.92 cm に比べ 2~3 倍でよいことになる。

一方、中性子遮蔽効果は本材料を構成する単位体積当りの原子数から概算することができる。すなわちマクロ全断面積は材料 1 cm³ 中に存在する各原子数にその全断面積を乗じたものの総和になる。1 cm³ 中の原子数を N で表わしそれぞれの全断面積を σ とすると、マクロ全断面積 Σ は次の式で求められる。

$$\Sigma = N_H \sigma_H + N_B \sigma_B + N_O \sigma_O + N_{Pb} \sigma_{Pb} + N_C \sigma_C$$

ここで N, σ の右下に付けた小記号は原子記号である。 N は計算で求め表-3 のとおりであり、 σ を熱中性子 (2200 m/sec) に対する断面積とすれば $\sigma_H = 38.3$ barn (1 barn = 10^{-24} cm²), $\sigma_B = 759$ barn, $\sigma_O = 4.2$ barn, $\sigma_{Pb} = 11.2$ barn, $\sigma_C = 4.8$ barn²⁾ であるから Σ は表-3 右列に示すような数値になる。マクロ断面積 Σ を 2 cm⁻¹ としてガンマー線と同じく半価層を求めると 0.35 cm となる。しかし実際にはより高エネルギー粒子も含むと考えられるので断面積は小さくなり半価層も増すことになる。本材料中軽い元素である水素、炭素、酸素は主として弾性散乱に、鉛は高エネルギー粒子の非弾性散乱に、硼素は低エネルギー粒子の吸収に貢献している。水素密度を既知の他の物質と比較してみると本試料がおおよそ 3

Table 3. Density, atomic density and macroscopic total cross section for thermal neutrons of litharge cements and boron litharge cements

Boric acid in glycerin (wt.%)	Litharge/ Glycerin (wt. ratio)	Density (g/cm ³)	Atomic density (cm ⁻³)					Macroscopic total cross section for thermal neutron (2200 m/sec) (cm ⁻¹)
			Hydrogen	Boron	Oxygen	Lead	Carbon	
0	9	5.64	2.95 × 10 ²²	0	2.48 × 10 ²²	1.37 × 10 ²²	1.11 × 10 ²²	1.44
	8	5.28	3.07 "	0	2.42 "	1.27 "	1.15 "	1.48
	6.5	5.02	3.50 "	0	2.49 "	1.17 "	1.32 "	1.64
	5	4.55	3.97 "	0	2.51 "	1.02 "	1.49 "	1.81
	3.5	4.04	4.70 "	0	2.61 "	0.85 "	1.76 "	2.09
5	9	5.68	2.91 "	2.67 × 10 ²⁰	2.47 "	1.38 "	1.06 "	1.62
	8	5.39	3.06 "	2.78 "	2.44 "	1.29 "	1.12 "	1.68
	6.5	4.95	3.38 "	3.06 "	2.42 "	1.16 "	1.23 "	1.81
	5	4.47	3.82 "	3.46 "	2.43 "	1.00 "	1.40 "	2.00
	3.5	3.84	4.37 "	3.95 "	2.43 "	0.80 "	1.59 "	2.24
10	9	5.59	2.82 "	4.96 "	2.40 "	1.35 "	1.00 "	1.76
	8	5.44	3.05 "	5.36 "	2.44 "	1.31 "	1.08 "	1.88
	6.5	5.06	3.40 "	5.98 "	2.45 "	1.18 "	1.21 "	2.05
	5	4.55	3.82 "	6.71 "	2.45 "	1.02 "	1.36 "	2.25
	3.5	3.82	4.28 "	8.41 "	2.39 "	0.80 "	1.51 "	2.54
15	9	×	—	—	—	—	—	—
	8	5.49	3.00 "	7.73 "	2.44 "	1.32 "	1.04 "	2.04
	6.5	5.12	3.37 "	8.72 "	2.46 "	1.20 "	1.17 "	2.25
	5	4.60	3.79 "	9.74 "	2.44 "	1.03 "	1.31 "	2.47
	3.5	3.93	4.31 "	11.10 "	2.43 "	0.83 "	1.49 "	2.76
20	9	×	—	—	—	—	—	—
	8	5.48	2.95 "	9.92 "	2.42 "	1.32 "	1.00 "	2.18
	6.5	5.17	3.34 "	11.27 "	2.45 "	1.21 "	1.13 "	2.43
	5	4.62	3.72 "	12.54 "	2.43 "	1.04 "	1.26 "	2.65
	3.5	3.94	4.24 "	14.26 "	2.40 "	0.83 "	1.43 "	2.97

×.....impossible to measure

—.....impossible to calculate

$\sim 5 \times 10^{22}$ 個/cm³ であるから、ネオプレン (C₄H₅Cl)_n の 4.18×10^{22} 、フェノールフォルムアルデヒド (C₇H₆O)_n の 4.33×10^{22} 、尿素フォルムアルデヒド (C₂H₃ON₂)_n の 3.45×10^{22} ³⁾ 位に相当する。また硼素濃度については本試料が $3 \sim 15 \times 10^{20}$ であるから、少ない方で硼酸の飽和水溶液の 5.18×10^{20} 位、多い方でコルマン石の 33.8×10^{20} 、硼素プラスチック (モンサント) の 45.1×10^{20} ⁴⁾ の $1/2 \sim 1/3$ に達していることがわかる。一般に中性子遮蔽材料の選択に当っては中性子吸収によって起る (n, r) 反応で発する二次ガンマー酸の問題を軽視できない。本材料では当然水素の (n, r) 反応で 2.2 Mev の二次ガンマー線が出るだろうが共存する鉛で吸収されるし、硼素は 0.5 Mev. の弱い線しか出さないので問題はない。以上のように硼素含有リサージセメントは遮蔽上のおおの異なる特徴を持つ元素を均一に共存させることによって総合的な遮蔽力を発揮するところに特徴があるといえよう。

IV. 総 括

新しい放射線遮蔽材料の開発を目的として硼素含有リサージセメントの研究を行った。試料は硼酸または硼砂をグリセリンに溶解して錯化合物を生成させ、その溶液でリサージを混練し成形した。グリセリンの硼酸濃度、リサージとグリセリン溶液の比率および養生日数を数種

類ずつとり、作成試料の凝結時間、曲げ強度、耐圧強度、ブリネル硬度、接着力および密度を実測し、さらにガンマー線および中性子に対する遮蔽性について検討した。硼素がリサージセメントに導入された結果、凝結時間は長くなり強度の発現も遅くなったが、曲げ強度は最高 141 kg/cm²、耐圧強度は 403 kg/cm² という大きい値が得られ、接着性は普通のリサージセメントの3倍に達し、また耐衝撃性が強くなるなど多くの長所を認めた。放射線遮蔽の面ではガンマー線吸収力の大きい鉛、中性子散乱断面積の大きい水素、炭素、酸素、それに吸収断面積の大きい硼素を均一に共存するため総合的遮蔽性が得られ、また2次ガンマー線も抑制される。以上をまとめると、本材料は成形、施工が容易で硬化すれば物理的性質は良く、また放射線遮蔽性にすぐれるが、コスト、耐熱性などの点でやや劣るのでアイソトープ研究室の生体遮蔽用材料として十分使用価値があるものと思う。

文 献

- 1) C.R. Tipton. Reactor Handbook, Vol. 1 (Materials) p. 1074 (1960)
- 2) M.V. Davis, D.T. Hansler. *Nucleonics*, 16 [3] 87 (1958)
- 3) C.R. Tipton. Reactor Handbook, Vol. 1 (Materials) p. 1031 (1960)
- 4) M.C. Udy. ORNL-243 (1950)

(2/22/63 受付)

フォルステライト磁器の微構造とメタライズ についての性質との関係

高周波用絶縁材料としてのフォルステライト磁器 (第6報)

佐野 資郎・杉浦 正敏・石井 英一・平井 道雄

(名古屋工業技術試験所)

The Relation between Microstructure and Metallizing Properties of Forsterite Porcelain

Forsterite Porcelain as High Frequency Insulator, VI

By

Shiro SANO, Masatoshi SUGIURA, Eiichi ISHII and Michio HIRAI

(The Government Industrial Research Institute, Nagoya)

Abstract

In the application of synthetic forsterite porcelains as an excellent electron tube envelope, improvement of metallizing properties is required for firm sealing of porcelains to metal.

In this paper, we applied Mo-Mn metallizing test to our synthetic forsterite porcelains and investigated suitable composition and microstructure of porcelain body and preferable metallizing condition.

Porcelains containing excess SiO₂ or such additive components as BaCO₃ or ZnO were subjected to reduction and got blackened by heating at 1,300°C in dry hydrogen, where metallizing process is to be performed. Especially the one containing ZnO was unsuitable