CO₂ から換算した、但し既報の他の研究で土器中に残留する無定形炭素が約 350°C で燃焼することを知つたからである。750°C で発生した CO₂ を試料の含有する CO₂ とした。

2. 特に焼度の低いと思はるゝ 1 試料を除いては加熱温度と減量との曲線が粘土の脱水曲線に似ず何等の特異點を示さなかつた。

3. 乾燥試料の脱水量は 107~400°C 5.6~7.8%, 400~750°C 1.8~2.8%, 計 7.5~10.5% で炭素は 0.6~1.4%, 炭酸は 0.7~2.0% であつた。

終りに本研究は故ドクトル・ワグネル記念奨學資金に依つた。又本實驗に對し有益なる助言と貴重なる試料を分與された公爵大山柏氏並に實驗の端緒と間接に種々御援助を與へられた山澤逸雄氏に衷心感謝する次第である。

(東京工業大學窯業學科研究室) (昭和 10 年 5 月 3 日受理)

耐火物の物理的性質に及ぼす成型壓力の影響に就いて

(主としてステアタイトに関するもの)

伊 藤 集 悌

Studies on Some Physical Properties of Steatite Products.

By Shuyo Ito

Several poor plastic or non plastic refractory materials such as, silica, alumina, magnesia and steatite were studied on their physical properties, effected by their various moulding pressures and quantities of the binder. In this paper, however, some experimental data with only a steatite are reported.

The steatite used for electrical insulating materials of vacuum tubes of many kinds was a non plastic material. Therefore, how to mould or how to form the insulators was a very important problem. The raw material was temporarily given various quantities of some organic binders for the purpose of forming green products, and then pressed in an iron mould by a hydraulic press under various pressures. Mechanical strength, thermal expansion coefficients, porosities, densities and moulding pressures of the burned and green products were measured, and their relations to each of them were investigated and explained under some assumptions of distribution of moulding pressures in the specimens, with an aid of some experimental formulas applicable to testing materials, and summarised as following:

1 When moulded with no binder, the transvers strength of the burned products could be linearly increased by being increased the moulding pressure.

2 In the case of an excess quantity of binder was added, the transvers strength of the burned products showed a rapid approach to the saturating constant value with increasing the moulding pressure.

3 In the case of a moderate quantity of binder was used, it was found that there were maximum and minimum values in the process of increasing the moulding pressure.

4 The transvers strength of the burned products was found to have a strength of nearly maximum value when they had a saturated mechanical strength in the green state.

5 Expansion coefficients of the burned products were constant independently of their moulding pressures, while the cristobalite effect at about 270°C (extraordinary expansion due to the transition of $\alpha \rightarrow \beta$ cristobalite) had a maximum value for a certain moulding pressure.

6 A decrease in porosities were produced by a decrease in the quantity of the binder and an increase in the moulding pressures. The mechanical strength of the burned products of lower porosity was larger than that of higher one.

7 The expansion of the green products when knocked out freshly from the mould could be decreased by being increased their moulding pressures and the quantities of the binder.

緒 言

可塑性粘土耐火物例へば珪石、苦土、アルミナ及滑石等に種々の結合劑を添加して加壓成型する場合、其製品の物理的諸性質に及ぼす成型壓力の影響に關して二三の實驗を行つた、其結果に就いて述べる。

試験材料としては各種の眞空管に使用されて居る絶縁體の主要材料たる滑石、アルミナ、マグネシヤ、珪石等の單味或は其等の混合物を用ひたのであるが、此處に述ぶるものは大體に於て滑石單味の場合に關するものである。

1 結合劑の量を一定にした場合

試料粉末一定量づゝを一定の押型によつて種々の壓力を以て加壓成型して、焼成後其折斷強度を測定した處、第1圖の様な結果を得た。即強度は本型壓力と共に増加して一定値に達し更に壓力を上げる時は却つて強度は減ずるのである。換言すれば製品に最大の機械的強度を與へる爲には一定の本型壓力が必要である。

第 1 圖

2 更に成型壓力を増大した場合

第1圖の結果を更に本型壓力を上げた場合に就いて試験した處、強度—壓力の第1圖の曲線は遂に極小値に達し再び強度を恢復して強度大なる方の側に變曲を起すに至つた。即第六圖の如し。爰に於て前段の結論は更に補足されなければならなくなつた。即製品に極めて大なる機械的強度を與へる爲には成型壓力を充分大にする事が必要である。

3 結合劑の量、成型壓力の大き共に變へた場合

圖の結論を闡明にする爲に No. 1 から No. 10 までの試料を作り結合劑の量を夫々 0, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15%, 20%, 25% 及 30% の 10 種として其各々に就いて前段同様に、折斷強度と成型壓力との關係を研究した處、曲線は大體に於て3種類に分類される事を見出した。

第 2 圖

第 3 圖

第 4 圖

第 5 圖

第 6 圖

第 7 圖

第 8 圖

第 9 圖

第 10 圖

即 No. 1 の如く直線的なるもの、No. 5 の様に極大、極小値を有するもの、No. 10 の様に漸近的に一定値に達するものとである。而して No. 1 は結合劑を全然含まぬもの、No. 5 は 10%，No. 10 は 30% の結合劑を含むものである。而して又 No. 2 から No. 8 までは何れも極大、極小値を示して居るが、No. 9 に至ると最早や極値を示さない。之を要言すれば結合劑を含まないものは成型壓力に比例して其機械的強度を増大し、結合劑 25% 以上のものは成型壓力の増大するに従つて漸近的に一定値に近づき、中間量の結合劑を含むものは、極大、極小値を経て更に大なる機械的強度を示す。(第 2 圖—第 11 圖參照)

4 生 の 場 合

各試料共押型から出た儘の所謂生のものに就いて其強度を測定した處前圖中點線を以て示す様な結果を得た。其曲線の形は大體に於て皆同一であるが最後に到達する一定値に於ては結合劑の増加する程大なる値を示して居る、然るに燒成品に於ては前段に於て明の通り結合劑の量の増加する程其温度は減じて居る。而して何れも其強度が一定値に近い値をとる時其ものの燒成後の強度は大體に於て極大値に近い値をとるのは注意すべき點と思ふ。

第 11 圖

第 12 圖

5 成型壓力と氣孔率、吸水率、比重等との關係

第 12 圖と第 13 圖は夫々 No. 5 と No. 10 の試料に就いて其氣孔率、吸水率、比重等を測定した結果であるが、常識的にも明の通り成型壓力の大なる程氣孔率、吸水率等は小に、見掛の比重は大となつて居る、而して眞の比重は當然兩場合共一定値をとつて居る。此處に注意すべきは、No. 5 の場合氣孔率に極小値と極大値とを有する事で、此事は恰も強度に極大、極小値のあるのに相當して居る。No. 10 に於ては此様な極小値のないのは即氣孔率が一様に減じて居るのは、強度極値なく一定値に漸近するのに相當して居る。又第十四圖は No. 1 の試料に關するものであるが、氣孔率等の直線的に遞減する状態は強度が直線的に増大するのと合致して居る。

第 13 圖

第 14 圖

第 15 圖

6 結合劑の量と氣孔率、吸水率、比重等との關係

第 15 圖は成型壓力を一定にし即 250kg/cm² として、結合劑の量を夫々 0, 2.5%……30% と變へた場合の氣孔率、吸水率、比重等の變化の有様を示したものであるが、氣孔率、吸水率等は結合劑の量と共に大となり、見掛の比重は小となつて居る、何れも直線に近い曲線を書いて居る。

7 結合劑の量と機械的強度との關係

機械的強度の極大値を夫々生のもの及焼成品に就いて測定した 3, 4 等の結果を用ひて結合劑と機械的強度との關係を見るに第 16 圖の様になる即焼成品、生のもの兩者に於て、結合劑の量を増加すれば、前者は強度を減じ、後者は強度を増す、之は前段の結果と共に考慮さる可き事と思ふ。

8 以上の事實に就いての一考察

以上簡単に述べた處によつて、試料粉末、結合劑、成型壓力、機械的強度等の間に特殊の關係ある事は明となつた。之等のよつて來る處に就いて少しく考へて見たいと思ふ。

第 17 圖 A の様に層狀に一定量宛の材料粉末を、同じく着色した材料粉末と共に交互に型に入れて、P の方向に壓力を加へると各層の材料は、abcd 面内に於ては B 圖の如く、abef 面内に於ては C 圖の様に彎曲を起して所謂四手綱を張つた様な形狀を呈する。之は次の様に説明出来る。一

第 16 圖

つの物體に平行壓力 P が矢の方向に作用する時、其壓力 P の方向に對して θ なる角度をなす 1 平面内に於ける分力即、shear stress は $p = P \sin \theta \cdot \cos \theta$ で與へられる。之は $\theta = 45^\circ$ の方向に於て最大値をとる事は明である、從つて材料粉末は 45° の方向に移動を起す筈である、然しながら此際材料粉末相互間には次の様な p と相反する $\mu P \cos^2 \theta + q$ なる力が生ずる、此處に μ は材料粉末相互間の摩擦係數、從つて $\mu P \cos^2 \theta$ は移動粉末兩面間の摩擦力となる、又 q は此兩面間の結合力即主として結合劑の粘りによるものである、結合劑の無い場合又は極めて少い時は前者が主として働き、結合劑の多い時は後者が主として働くものである、即之等の理由により、結合劑の増す程材料の移動量が増して強度を減じ、又壓力の増す程移動は増し、更に壓力が増す時は漸時水壓的に加壓される様になり強度も一定値に近づくかと思はれる、因に材料移動の跡、又は結合劑の燃焼し去つた跡は空隙となつて氣孔率を増す事となり之が直接に強度を減ずる原因となる

ものである。即以上の説明によつて再び前述の諸結果を見る時は了解せらるる處が多い事と思ふ。

9 成型壓力と成型膨脹

以上の各試料は型から脱した時には皆膨脹を示す、之は通常の粘土の如く水を用ひた場合と異なる處である。此有様を示したものは第 18 圖である。之によれば明の通り、結合劑の増加する程膨脹量は減して居る、猶又成型壓力を上げる程一樣に膨脹を減ずる。之等の事實は製品に正確な寸法を要求する際には考慮される可き點である。

10 成型壓力と熱膨脹

各試料共熔融水晶を利用した示差膨脹計によつて 1350°C までの測定を行つた。此装置は試料を支へるのに發條を以つてするので、 1100°C 以上では各試料の太さの相異によつて軟化を起す傾向がある。從つて曲線の形が不定になるから之以上の溫度の部分は略す事にした。猶此測定は只 No. 5 の試料に就いてのみ行つたものであるが、之によると各曲線共殆平行で只 200°C 附近に於ける異常膨脹の量を異にするのみである。之は所謂 cristobalite effect に相當するもので、之は滑石が 1100°C に於て一分子の SiO_2 を游離する事によつて想像される處である。(第 19 圖參照) 此 cristobalite effect は大

第 17 圖

第 18 圖

第 19 圖

體に於て成型壓力の大なるに従つて大なる値を示し、或極値を経過して更に減少する様に觀察される、而して原石そのものの値が極めて小なる點も注意す可き處と思ふ。

結 論

以上の種々の結果を要約すれば次の通りである。

- (1) 材料粉末のみを加壓成型する時には其品物の強度は成型壓力と共に増大する。
- (2) 過量の結合劑を用ひた時は強度は成型壓力と共に直ちに一定値に近づく、但此値は比較的小である。
- (3) 中間量の結合劑を用ふる時は強度は成型壓力の増大に従つて極大、極小値を経て更に一定値に近づくものである。
- (4) 生のものの強度が一定値に達する時其物の焼成後の強度は極値を與へる。
- (5) 膨脹係數は成型壓力に關係なく一定であるが cristobalite effect は成型壓力による處ある様である。
- (6) 氣孔率、吸水率、見掛の密度等は結合劑の量、成型壓力に影響される處多く、之は又機械的強度に直接に關係ある様である。
- (7) 成型膨脹は壓力及結合劑の量が増す程減ずる。

終に臨み此實驗に多大の御指導、御鞭撻を與へられたる當研究所理事不破橋三氏併に實驗測定に精勵された山本浩男君に厚く感謝の意を表す。(昭和 10 年 6 月 13 日受理)

酸化鐵を含む硝子に就て (第3報)

不 破 橋 三

Glasses Containing Iron Oxide.

(The Third Report.)

By K. Fuwa

Abstract

The general glass composition being the 72% SiO_2 , (12-x) CaO , x Fe_2O_3 , 16Na $_2\text{O}$, the iron oxide being added to the batch as ferric oxide, and a study has been made as to the variation of the state of oxidation of the iron oxide content and the variation of shades of colours, as well as the transmission curves of the glass in case the value of x being changed in various proportions.

The melting has been carried out in a 20 Kin clay pot (about 20 Kg. capacity), the batch being charged in at a temperature in all cases of 1400°, and the melting operation continued of the temperature of 1400-1450°C.

(A) The glasses have been analysed, the ferrous and ferric oxide both being determined. The results are given in the following table.

No. of glass	% of total			
	% of FeO	iron as Fe_2O_3	% of Fe_2O_3	% Ratio $\text{FeO}/\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$
FA-1	0.025	0.082	0.055	31.4
FA-2	0.057	0.167	0.104	35.4
FA-3	0.135	0.50	0.351	27.7
FA-4	0.178	0.98	0.784	18.5