

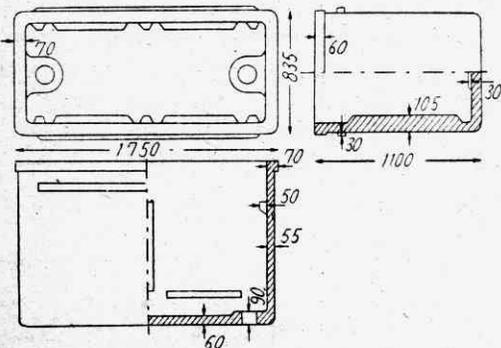
試作装置の外観

耐酸坩堝のように製作に熟練と長時間を要し、それでも廢品が多く出て、その原因が製造途中の素地の乾燥具合の不均一にあるような場合、素地の部分的な乾燥度を測定することができれば好都合である。それで筆者等が研究した電氣的含濕計の大要とそれを特定の對象として耐酸坩堝素地の含濕量測定に應用した場合に、設計上問題となる點を解説した。

1. は し が き

表題は餘り見かけない字であるが、“坩堝”——せつき——とよむ。これは大體窯業的には、陶器と磁器の中間に位している焼物の一種である。化學の實驗室などで良く見かける、蒸留水や硫酸の入った白い瓶、あれが普通坩堝でできている。

今回機會あつて含濕量計を試作した對象は、第1圖に外觀の大要を伝えるような、極めて大型の容器で、金屬精鍊用の電解槽である。焼物は、一寸形が複雑なものは大概、石膏で型をつくつておいて、どろどろの原料を流しこんで、鑄物のようにして作るのが普通である。しかし、この電解槽のように大型のものになると、原料の關係もあるが、鑄物にしたのでは質が不均一になりやすくそのまま焼成すると、歪んだり、壊れたりしてしまうことが多い。



第1圖 耐酸坩堝電解槽 (單位 mm)

耐酸坩堝の素地の含濕量 測定装置

星 合 正 治

齋 藤 成 文・野 村 民 也

一般に焼物の原料が、表題の素地——きじ——である坩堝の素地は、俗にいう“粘土”であるが、ちょうど粘土細工をするように、少しづつ、ていねいに形を作り上げていく。これが電解槽のような大型坩堝の成型法で、こうやつてこそ、初めて焼成に耐えうる均質なものにできるのである。従つて、夏場のように気温が高くて乾きの早い時でも、一つを仕上げるのに4~6日、冬では一週間以上もかゝるといふ。こんな手間をかけて作りあげてから、乾燥がまた大變である。質が緻密なだけに、なるべく水分の分布が一様になるよう、細心の注意をもつて徐々に乾かしていく。これに要する期間が三週間位。

燒窯で焼きあげるのに四日位かゝり、さらに無理な應力が残らぬよう、徐々に温度を下げ、常温に復するまでつまり完成品として取出すまでに、約十日から二週間を要する。結局、初めから通算して、一つ製品になるまでおよそ一ヶ月半以上もかゝることになる譯である。

こんなに注意しても時に燒成してみると、歪んだり破裂したりするものがでゝくるといふ。そうした障害が、角とか、棧の所とか、厚味が大きい所に主におきることからして、乾燥が部分的に不均一になっているのが原因の一つであろうと豫想される。従つて、こうした部分的な乾燥度を測定できる装置があれば、利用法次第で事故を未然に防ぐことができようし、さらには、従来、主として觸感とか、視感とか人間の感覺に頼つていた頼りない生産工程を、合理化することもできようといふものである。前述のように、一つの製品を仕上げるのに、大變な手数と日時を要するから、こうした測定装置の裨益する所は少なくない。元來、人間の感覺は主觀的なものであり不正確な上に一般の人には通じにくい。測定器を正しく使うならば結果は一應客觀的な數字として表現され工程の管理をそうした數字を基準にして行えば、あえて“熟練”を要せずして、大過のない生産が期待できよう。この研究を要請されるに至つたのも、そうした理由に基づいているのである。

2. 測定方式

含濕量 —M. C.— は一般に次式に示す量である。

$$M. C. = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100 (\%) \dots \dots \dots (1)$$

W は水分を含んだ時の重量。W₀ は絶乾重量、すなわち完全に乾燥し切つた時の重量である。従つて、生産工程のある段階で、重量を知つたとしても含濕量は分らないし、たとえ重量で目安をつけるとしても、全體の平均の意味しかない。

一般に物質が水分を含むと、その電気定数が變化する。従つて、あらかじめ試料の含濕量と、電気的特性の關係を求めておけば、未知の状態における試料の電気的特性を測定することによつて、その試料の含濕量が幾何であるかを知りうる譯である。

電気定数として利用できるものは、直流抵抗、誘電率、高周波抵抗などがある。いずれも、適當な電極を試料にあて測定するのであるが、結果を支配するのは、その電極近傍の電気的特性である。従つて電極の形狀を適當にえらぶことによつて、局部的な含濕量の不均一を知ることができる。電気的含濕量測定装置は、結果を簡易に知りうる利點の他に、こうした局部的な含濕量分布も容易に測定できることが、その大きな特徴である。

直流抵抗を媒介にすると、装置も、測定手續もすべて簡單になる。しかし、電極を針状にして打込むか、穴をあけて埋込むかしないと、接觸抵抗のため精度が悪い。これでは製品への表面に疵を残すことになり、われわれの目的には適しない。

誘電率、高周波抵抗は、共に高周波の方法で、電極の接觸に對する要求は樂である。元來、試料の電気的特性は、單に水分のみで變化するのではない。電気的含濕量測定装置は、測定された電気定数だけが頼りであるから、それが水分以外の因子で大きく左右されるようでは、意味をなさない。實際に問題になるのは温度と、電解質の含有量であろう。前者は一應補正が可能であるが、後者が、時に變動するとなると、相當問題である。

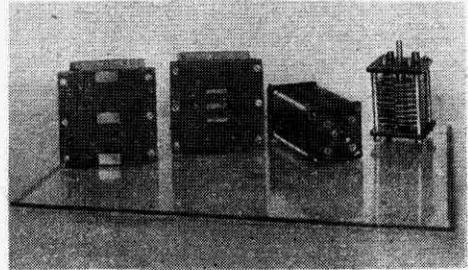
誘電率は、電解質の影響、温度の影響が共に少ない。しかし誘電率法は、結局、電気的には容量測定に歸着する。一般に水分の増加と共に、誘電率は増加するが、それと共に高周波損失も増す。(高周波抵抗が小さくなる) 後で述べるように耐酸珪素素地は、特にいちじるしく損失が増加する性質があり、こうした大きな損失を伴う場合に、精度のよい容量測定を期待することは困難である。高周波抵抗は電解質の影響はうけるが、われわれの場合は原料配合、操作條件等が一定であり、この點は本質的な缺點とはならないと考えてよく、一方、測定精度は十分期待できる利點があるのである。

高周波抵抗を媒介にすると、方式的に Q メータ式(直偏法)にするか、差動蓄電器式(置換法)にするかの問題がある。前者は測定手續は簡單であるが、電源、回路定数に安定度が要求され、設計上は後者の方が容易で

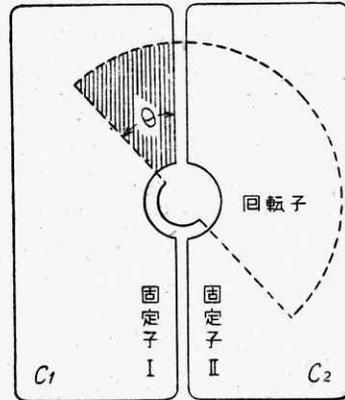
ある。また、後者は損失の大きい場合に適することが明らかになつており、^{(1),(2)} 測定手段は煩雜でも、前述のように、生産の流れは極めて遅いため障害にはならないので、この場合、精度を期待して、差動蓄電器式を採用することにしたのである。

3. 差動蓄電器

差動蓄電器は第 2 圖に寫眞を示すように、固定子を二組もつ可變蓄電器である。第 3 圖はその構造圖であり、

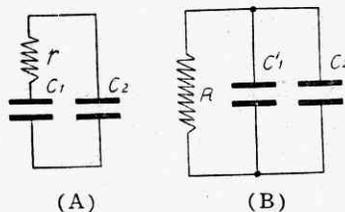


第 2 圖 左電極、右差動蓄電器



第 3 圖 差動蓄電器の構造

容量は回轉子と、固定子 I, II の間にそれぞれある。前者は蔭をつけた重なる部分で形成され、θ に比例して變化する。それと共に、回轉子と固定子 II の間の容量も變化するが圖によつて明らかのように、兩者の和は一定である。



第 4 圖 差動蓄電器の等價

實際には第 4 圖(A)に示すように一方の可變容量 C₁ に低抵抗 r を直列に接續し、それにもう一方の可變容量 C₂ を並列に接續する。C₁, r の直列回路を並列等價回路に書き改め、等價並列抵抗を同圖(B)に示すように、R, 同容量を C₁' とすると、

$$R = \frac{1+r^2\omega^2C_1^2}{r^2\omega^2C_1^2}, \quad C_1' = \frac{C_1}{1+r^2\omega^2C_1^2} \dots \dots \dots (2)$$

$$r^2\omega^2C_1^2 \ll 1 \text{ であれば}$$

$$R \approx 1/r^2\omega^2C_1^2, \quad C_1' \approx C_1 \dots \dots \dots (3)$$

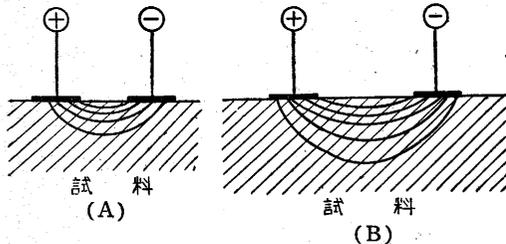
従つて(B)圖の R は C₁ と共に變化するが、前述のように C₁ と C₂ の和が一定になるようにできているから、全體として容量分は變化しない。すなわち、容量分の變化しない一種の可變抵抗を實現しうる譯である。

一般に高周波になると、漂遊容量の影響で高い抵抗値を、直接実現することは困難になる。また、可変抵抗にして、容量分が變らぬようにすることも難かしい。差動蓄電器では、漂遊容量の影響の少ない低抵抗をもつて、高い抵抗値がえられるので、信頼性が高い。しかも抵抗値を可變にして、容量分も變化しない。こうした點が差動蓄電器の優れた特徴なのである。

4. 電極

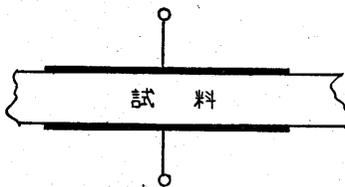
電極は第2圖の寫眞に見るようなグリッド電極である。グリッド電極を試料の片面から押當てた場合、電界の分布は第5圖に示したようになる。すなわち、電界の大部分のエネルギーは、電極の寸法で決るある深さのうちに集中している。従つて、試料の厚さがこれ以上である限り、觀測される高周波抵抗は、厚さに無関係である。これが平行平板電極(第6圖)であると、試料の厚さによつて一々異つた値となり、補正が厄介であるばかりでなく、かりに第1圖の底面部を測定しようとしても、相手はそう簡単に動かせないから、都合がわるい。

第5圖(A),(B)は、グリッド電極の極間距離を異にしているが、(B)のように距離を擴げると、電界集中の



第5圖 格子電極：電界集中の深さ

深さが深くなる。従つて(B)による測定結果は、(A)によるものより深い部分の影響を受ける。(B)によつて測定した導電率が(A)のそれより大きくなつたとすれば、その試料は、



第6圖 平行平板電極

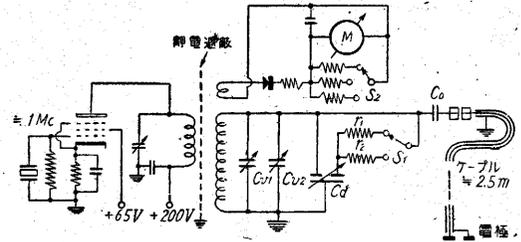
表面近くより、内部の方が導電率が高い(すなわち含濕量が大きい)ことを示しており、厚さ方向の不均一を知りうる譯である。こうした點は平行平板電極を以てしては、到底不可能なことである。この種の目的に對してはグリッド電極を使用することによる利點は、極めて多いのである。

5. 測定回路

第7圖は測定回路の結線圖である。靜電遮蔽から左側は、約1MCの水晶發振器である。右側は共振回路で、共振をとるには C_{v1} , C_{v2} を調節する。 C_{v1} は粗調整を

とり、 C_{v2} で微細調整をする。共振點は、二次回路に、鑛石檢波器と共に入れた電流計 M が、最大の振れを示す點である。 C_d は前記の差動蓄電器である。

測定は次のような順序で行う。まず C_v を、その最大抵抗を示す點(第3圖 C_1 を最小にする位置)におく。電極を試料に當てると、試料の示す高周波抵抗が共振回路に並列に入る。 C_v を調節して共振状態にすると、M



第7圖 測定裝置の回路圖

はある振れを示す。この振れは試料の抵抗の函数である。電極を試料からはずし、 C_v を再び調節し、共振状態にする。この時は、試料の抵抗が入っていないから、Mの振れは前より大きい。次に、再びMの振れが初めと同じ値になるまで、 C_d をまわす。これで状態が完全に初めと同じになり、試料の抵抗に相當する分が、差動蓄電器の示す抵抗でおきかえられている譯である。差動蓄電器の示す抵抗は(3)式であり、これから試料の抵抗を求めることができる。試料の抵抗と含濕量の間には、一義的な關係があるから、あらかじめ適當に校正曲線を作ることにより、差動蓄電器の目盛りから、ただちに含濕量を讀めるようにできる。

第8圖は耐酸坩堝素地の含濕量と、導電率(1MC)の關係の實測結果である。これで分るように、導電率は含濕量の増加と共にいちじるしい増加を示す。耐酸坩堝素地の場合、成型に使う柔らかさで含濕量は約20%であり、これ以下を測定できればよいが、それにしても、差動蓄電器で直接置換して測定できる最小抵抗には限度があるので、電極を極端に小さくしなければならなくなり、實用的でなくなつてしまう。この難點を救うため、第7圖に示す C_0 が入つている。 C_0 の左側から見た場合、等價並列抵抗 R_x' は

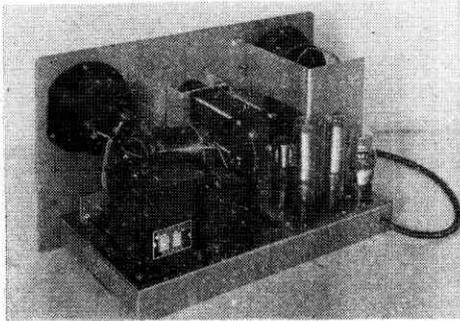
こゝに R_x は試料の直接示す抵抗、 C_s は略々ケーブルの容量である。すなわち、適當な C_0 を挿入することに

$$R_x' = \frac{1}{\omega^2 C_0^2 R_x} + \left(\frac{C_0 + C_s}{C_0} \right)^2 R_x \dots \dots (4)$$

こゝに R_x は試料の直接示す抵抗、 C_s は略々ケーブルの容量である。すなわち、適當な C_0 を挿入することに

よつて、見掛上抵抗値を大きくして測定できる。

第 7 圖の S_1 は差動蓄電器の直列抵抗を含濕量の高低に應じ、切換えるためにあり、 S_2 は、電流計の感度を適當にするため、分流抵抗を切換えている。なお装置の内部を第 9 圖の寫眞に示す。



第 9 圖 測定装置内部

6. 實用試験

實際に適當な試料の破片をとり、この測定装置によつて測定した結果と、その試料を乾燥し、重量變化から求めた含濕量とを對比した結果が、第 1 表である。大體 5% 程度の精度を以て測定できており、この種のものとしては、十分實用に供しうる。測定の再現性は、 $\pm 2\%$ 程度である。大體、電氣的含濕量測定装置の精度はこの位のものである。

第 1 表 實用試験結果

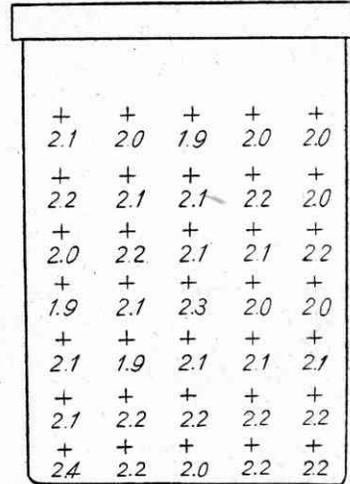
	含濕計指示 (%)			重量法 (%)	誤差 (%)
A	5.4	5.6	5.5*	5.25	+4.5
B	5.8	5.9	5.9	6.39	-8.3
C	5.8	6.1	6.0	6.17	-4.8
D	5.4	5.5	5.5	5.53	-0.5
E	6.1	6.3	6.2	6.41	-3.4
F	6.2	6.3	6.3	6.47	-2.7
G	5.8	6.0	5.9	6.30	-6.8
H	6.4	6.4	6.4	6.21	+3.3

(* 列は平均値)

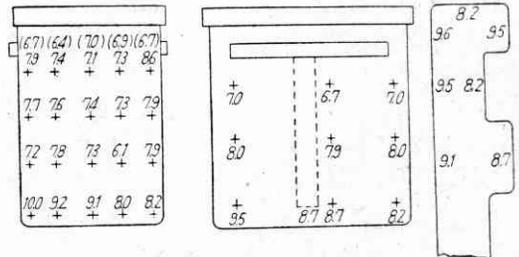
次に、現場において成型、乾燥中のものにつき、含濕量分布を測定した結果を、第 10, 11 圖に示す。十分日時を經ていれば、ほぼ均一になつてゐること、豫想のように、底とか厚さの厚い箇所は、乾燥の進行が遅いことなどの結果を、うかがうことができよう。

7. 結 語

耐酸珪素地用の電氣的含濕量測定装置を試作し、實用上、一應満足すべき成果がえられた。ただ現場の意見として、測定手順が厄介だという。大體、現場は測定器類を敬遠しがちに見えるが、それにしても、確かに改善を要すべき點であらう。現在、この點についても一應の



第 10 圖 成型後 45 日、外側より測定 (數字は含濕量 % で示す。)



第 11 圖 内部に赤外線ランプ入れて乾燥中 (カッコの數字は内側より測定した値 %)

成果があがつており、いづれ別の機會に御紹介したいと思う。

表題は耐酸珪器用となつてゐるが、電氣的含濕量測定装置というものの、およその概念には觸れたつもりである。現在、他の對象についても、このような測定器に対する關心があり、多少とも御參考になりうれば、幸甚である。

終りに本研究は伊奈製陶株式會社の委託によつて行つたことを附記すると共に、含濕計試験研究委員會の委員の方々から、有益な示唆をいただいたことを記し、感謝の意を表する次第である。

- × × × ×
- (1) 電氣談話會資料：第 2 卷 99 號
- (2) 電氣談話會資料：第 2 卷 100 號

(11 ページから續く)

- (5) 新海信郎、三輪恒、松岡春樹、不良住宅地區の實態(神戸番町地區)建築研究報告 8, 昭 26. 3.
- (6) 建設省住宅局、探點評價法による居住調査、彰國社, 昭 26. 7.
- (7) 渡邊要、昭和 26 年度不良住宅地區調査の調査方法ならびにその試験調査に關する報告書(建設省)昭 26. 7.
- (8) 齋藤竹生、住居の探點評價法とその實際、建築雜誌, 昭 26. 9.
- (9) 建設省住宅局、不良住宅地區調査 — 東京・大阪・京都・名古屋・神戸—昭 27. 3.
- (10) 渡邊要、齋藤竹生、城谷豐、不良住宅地區調査方法に關する研究建築學會論文集, 昭 27. 5.
- (11) 渡邊要、齋藤竹生、不良住宅地區の判定に關する研究, 同上.