

物理化学の進歩  
(第19巻第1号 昭和20年1月)

## 超 高 圧 に 就 て (第二報) 耐 壓 電 氣 絶 縁 栓 に 就 て

歸 山 亮

物質の高圧下の性質を測定するに際し耐圧管内に電流を導入する目的にて絶縁棒を挿入することが必要である。此の方法に對しては壓力が高い場合特に困難である。その理由は電氣絶縁物質が脆弱なるためである。従つて耐圧管と同質の鐵材で出来るだけ保護するが如き構造をとることが必要である。然し如何なる方法をとつても絶縁物質は高壓に曝されることが免かれぬから電氣絶縁栓の耐壓性には機械的性質の強い材料が望まれるのである。從來電氣絶縁栓に試みられてゐる形式が少なくないのは此の間の事情を示すものである。

Amagat は Fig. 1. の如きものを使用した。圖の黒色の部分は絶縁物質として象牙を圓錐に削り出して用ひたのであるが、圓錐環が絶縁棒と高壓壁に密に合ふことが肝腎である。此の象牙圓錐環の切削は困難である。Bone, Newitt Townend<sup>1)</sup> はエポナイトを用ひ、装填するに當つては電氣絶縁栓を温めて締め付けエポナイトを密着せしめる方法をとつた。次の二、三の例も同様であるが、何れも耐熱度が悪い。Bone 等は耐熱目的でセメントを絶縁棒の頭に塗つて絶縁物を保護する手段をとつてゐる。此の様な方法では高温の場合又は可成り低い温度でも長時間に亘る使用には到底堪えない。

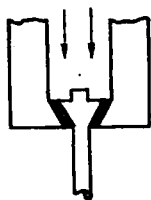


Fig. 1

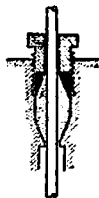


Fig. 2

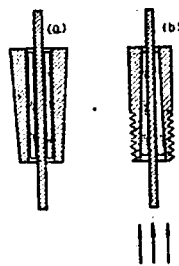


Fig. 3

耐熱を考慮して作られたのは Fig. 2 と Fig. 3 であつて前者は断面梯形型の Soap Stone、後者は楔形の硝子を絶縁物質として使用した。然し此等は耐熱度は上述のものより勿論よいわけであるが、耐壓度が低く數百氣壓に過ぎぬ。絶縁物の材質又は構造に缺陷を有するものと考へられる。Amagat の圓錐形々式による絶縁物として上述の外にベークライト、その他の可塑性合成物、動物質で最も硬い海獸骨など使用されたが満足な結果は得られなかつた。Amagat の形式によれば耐熱の問題なき場合の使途に就ても  $3,000 \text{ kg/cm}^2$  を超えない程度であつた。

圓錐型使用の電氣絶縁栓には構造上に缺陷があると考へられる。絶縁物質を締め付ける壓は内壓より少くとも等しいか、或はそれを超す様にせねばならぬ。そのため内壓を受ける面

1) Bone, Newitt and Townend "Gaseous Combustion at High Pressure," Longman London, (1929).

は絶縁物質を締めつける面より大にすることが當然である。此の圓錐型のものはその目的には形が悪い。即ち此等は無理な形式のものである。圖の如き圓錐のデモンションでは自己締附けにならぬ。自己締附にするには圓錐面の一部でしめ附ける様にするか、高さの低い圓錐を使用せねばならぬ。加之圓錐殻に絶縁物質を切削することは困難であるから優れた方法とは云はれない。

極めて高い圧の場合は接觸面の大きさを考慮せねば耐壓の目的は達せられない。Bridgman<sup>2)</sup> は此の缺陷を除去するため右記の如き構造のものを使用した。即ち Fig 4 の A は雲母の絶縁物で壓に堪える部分である。B は軟質ゴムで漏洩防止の役をする。C は雲母片で B の保護に當り、絶縁棒のフランジを受止める。鋼環 S はゴムが A と絶縁棒の隙間からはみ出すのを防ぐ。R は S の圓錐形の凹處を充し、ゴムが S を通してはみ出すことを防ぐ。鋼環 E には全ストレスがかかるのであるから、E の穴を出来るだけ小さくすることが肝腎であるが、絶縁棒との電気絶縁が保證されねばならぬ。絶縁棒末端に於ては此を固定するため絶縁質がネジ止めされてゐる。此の構造であると内壓力を受ける面はパッキングを抑へる面より大きい。此の電気絶縁は  $12,000 \text{ kg/cm}^2$  で常用に堪え、 $20,000 \text{ kg/cm}^2$  で可成りの回数使用可能であると云はれる。破壊は A なる雲母環が受けるのであるから雲母より材質がより強いことが望ましいのである。此のため Bridgman は雲母より機械的に強いサファイヤーを用いた。然しその結果は發表に早いと述べられてゐる。Basset\* も此と同様な考で電気絶縁栓を組立て、化學反應の熱源用の端子に使用して耐壓  $5,000 \text{ kg}$  までの實驗に使用してゐるが、Bridgman と同様にゴムを使用してゐるから耐熱度は極めて悪い。然し反應管の内壁自身焼戻しの恐あるから内部に熱絶縁壁を設け、更に内壁の温度の低下を水冷によつて低下せしめ反應管壁は  $200^\circ \text{C}$  以下に保つ様にした。然しながら電極の低温を保つためには此れだけで充分でないから高壓下の高温の實驗は耐壓管の使用範圍を電気絶縁栓の先端から相當離れた處にとらねばならなくなり耐壓管内の死空間を増すことになつてくる。特に高壓装置に於て耐壓管内の容量の不經濟は極力避けねばならぬ。

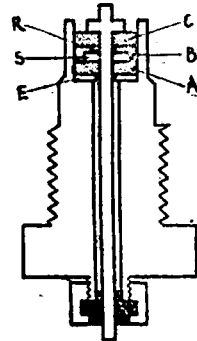


Fig. 4

以上の從來行はれた各種の型の得失を考慮して筆者は次に述べる二、三の試みを行ふた。その一つはゴムを使用しなければ高壓の場合漏洩を防ぐことが不可能であるか、また  $5,000$

$\text{kg/cm}^2$  程度では構造を Bridgman の形式より簡単に出来ぬかと云ふことである。

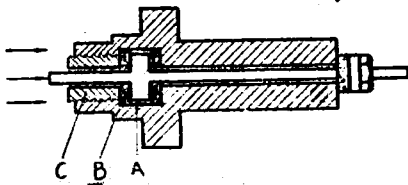


Fig. 5

Fig. 5 に示す如き比較的簡単な構造をとり、A に軟質ゴムをおき互漏洩を防ぐ方法をと、絶縁棒のフランジの上下面には雲母 B を使用した。此處に壓を受ける雲母環は外徑凡そ  $10 \text{ m/m}$ 、内徑  $3 \text{ m/m}$  のものを  $2 \text{ m/m}$  厚さに使用した。雲母環の坐はよく磨かれて  $5 \text{ m/m}$  の穴が穿たれてゐる。此の様な

2) Bridgman, *The Physics of High Pressure*, 53, (1931).

\* Basset, *Laboratoire des Recherches Scientifique aux Ultra Pressions, Paris*.

構造のものを  $5,000 \sim 5,500 \text{ kg/cm}^2$  で耐壓試験を重ねたる處、漏洩全くなき、破壊されることはなかつた。これから比較的簡単な Fig. 5 の様なものでも充分使用に堪えることが分つた。此處に問題となるのはゴムを脱しても漏洩が止らぬかといふことである。此のためには雲母の弾性を利用することゝし、雲母の剝離面に異物が入つておらぬか、又剝離が完全に行はれてゐるかを確かめてゴムを脱して耐壓試験を行つた。勿論ゴム挿入の場所には雲母片を環狀に巻いて用ひ絶縁を保證した。此の耐壓試験の結果漏洩は  $5,000 \sim 5,500 \text{ kg/cm}^2$  程度では見られなかつた。

雲母環の打抜きには罫が入らぬ様に充分注意せねばならぬことは何れの場合も當然である。此の結果からゴムの使用は無用であることがわかつた。

雲母の代用としてファイバーその他合成可塑性物質を使用した處  $2,000 \text{ kg/cm}^2$  迄で何れも非常な強さで瓦斯の噴出ありて完全に破壊し去られた。電氣絶縁は破壊壓以下で既に破られてゐる。パッキングとなる絶縁物の締附け方法は自己締附けの原理による様に設計せられてゐるから組立には試験壓の Order に締附けることは不可能になつてゐる。C のパッキング抑へは初壓の漏洩を防ぐ程度に締めることは雲母の場合と同様注意して行つたことは勿論である。

以上の結果から雲母を用ひることになつたのであるが、雲母を用ひると如何にしても耐壓が他の何れの個處より脆弱になることは免れない。

反應管内部を光學的に窺ふため透明窓を用ひる場合があるが、先づ此と少くとも同一程度の強度までにはする必要があるから次に硝子、水晶片の使用を試みたのである。

硝子の使用例として G. E. Co.<sup>3)</sup> の Fig. 3 の如き方法がある。此は  $450^\circ \text{C}$  まで使用可能であるから耐熱程度は満足されるものである。耐壓程度は製作方法による。此の工作工程は (a) から (b) へ移る操作で示されてゐる。即ち、先づ電氣絶縁栓の殻を削り出し此に硝子を入れ絶縁棒を挿入し、加熱下で (a) を (b) に迄絞る。(a) では硝子は圓筒、殻の外形は圓錐であるが (b) は此が逆となり、矢の方向よりの耐壓に保證されるものである。此の電氣絶縁栓の性能は硝子と金属部の性質によるが、硝子と絶縁棒乃至栓殻の間の接觸状況及び劈目の發生に關して難點が考へられる。劈目の發生した場合は水硝子を使用して補填する方法が記載されてゐるから耐壓は 800 氣壓程度に止まることが理解出来る。従つて耐壓の點では満足出来ぬから硝子又は水晶片の使用方法を變へねばならぬ。組立は前と同様に自己締附けの方法を採ることにする。

前報告の Fig. 5\* では漏洩の防止方法としての研磨は硝子の一面、即ち鐵に接觸する面だけでよいが、電氣絶縁栓の場合は両面とも磨く必要あり、光學窓より更に小型を要求されるから實驗室での自製の困難性は倍加するは當然である。従つて雲母で充分な場合は硝子、乃至水晶を電氣絶縁栓に用ひず、研磨の必要のない雲母の結晶平面を利用したのである。

耐壓を要求する電氣絶縁に硝子を用ふることは硝子が引張り強度に比較して壓力に對する強度が極めて強いためである。此際硝子に歪の存在することを極力避けねばならぬ。エナ硝子の耐壓強度は Winkelman u. Scott<sup>4)</sup> によれば Natron-Tonerde-Borosilikat は  $126.4 \text{ kg/mm}^2$ ,

3) Mackay, "Seal for Electric Devices" U. S. Patent 1,456, 110.

\* 歸山, 本誌, 本輯, 6 頁, Fig. 5 参照.

4) Winkelman u. Scott, *Wied. Ann.*, 51, 697 (1894).

Tonerde-Blei-Borosilikat は  $105.7 \text{ kg/mm}^2$ , Natron-Kalk-Zink-Silikat は  $112.9 \text{ kg/mm}^2$  の如く耐圧管特殊鋼に近い強度を有すると考へられる。結晶水晶は方向によつて多少の差があるが  $160 \sim 182 \text{ kg/mm}^2$  で耐圧管強度を超える強さのものである。耐圧管は内部を圓筒狀に削り取つてゐるから耐壓の大きさとしては形から来る割引した引張り強度を與へねばならぬが、硝子乃至水晶環を絶縁物質として使用するときは耐壓強度測定そのまゝの使用法であるから、それらの強さを殺してゐない。従つて充分満足出来る強さのものと考へて硝子、水晶を使用して差がないと考へられる。然し此等のものは使用するに當つて試験壓より遙かに低い壓で破壊されることが往々ある。また形が環狀であるため電氣絶縁栓の絶縁物質として硝子等を用ひることは光學窓よりは脆弱と考へねばならぬ。従つて歪の發生原因に就て考慮を特に拂はねばならぬ。筆者は破壊時に於ける危険を避ける様安全裝置を施して電氣絶縁栓の絶縁物質として硝子又は水晶を採用することにした。

硝子の平面は磨くに容易であるが絶縁棒の通る穴の内面を磨くことは容易でない。硝子板を穿孔したまゝであると加壓の際破損を生じ破壊の原因となる。これを除去せねばならぬ。従つて豫め磨かれたる硝子板の使用は却つて不便となる。

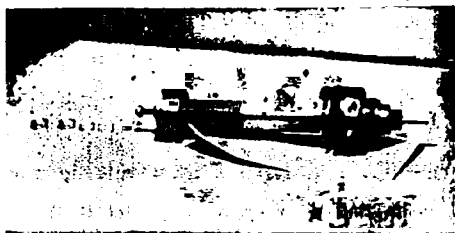


Fig. 6

此の様な困難を除くため市販の硝子管乃至水晶管を熔融して内外徑を目的の大きさに引かせ環に切断して用ひる。此の場合は曲面の研磨は省き得るも内部歪の完全な除去が必至となる。

従つて熱處理を充分に行ひ歪の除去に細心の注意が必要である。切断兩面をよく磨いて鋼鐵面に密着する程度にする。此の様に作りあげた環を Bridgman, Basset 等の電氣絶縁栓の雲母に替へたのである。その結果彼等の方法の如く漏洩防止にゴムを用ひる必要のない事が明瞭にされ、溶解乃至侵蝕する瓦斯の加壓の際も安心して使へるものゝ製作に成功した。Fig. 6 は硝子環挿入の電極の組立寫眞であり左方の小片數個は硝子環を示す。此は  $5000 \sim 6000 \text{ kg/cm}^2$  で試験済のものである。

終りに臨み御指導を賜りたる堀場教授に謝意を表す。

研究費の一部は文部省科學研究費並に日本學術振興會の援助に依つた。茲に厚く感謝の意を表す。

## ULTRA PRESSURE.

### II. Pressure-Proof Electrode.

By RYO KIVAMA.

#### (Abstract)

In the measurement of the property of a substance under high pressure it is necessary to conduct the electric current into the pressure-proof vessel. The pressure-proof electrode is hard to make, for the substances used as insulator are not durable. The substances already used are ivory, bakelite, celluloid, rubber, soapstone, mica and sapphire. The result with the last one has not been yet confirmed. The author made an insulator of mica and rubber protected with steel as strongly as possible. This carefully constructed electrode said to be capable of a great many applications of  $12,000 \text{ kg/cm}^2$  and also of a considerable number of applications of  $20,000 \text{ kg/cm}^2$  or even more.

So far as the type of the insulator is concerned, the disc ring type is most suitable and the insulator of this kind should be automatically compressed with pressure greater than the inner pressure. An insulator of the cone type to which ivory cone and cast glass cone belong is not so good.

By cutting a quartz tube or a glass tube into a cylindrical ring, and by polishing the cut surface optically, the author used it as an insulator. This glass or quartz ring is pressure-proof and heat resisting and is more effective than a combination of mica and rubber. The method of sealing is the automatic compression by a higher pressure than the inner pressure; this is simpler than the one hitherto adopted.

This electrode has a heat resistance up to the softening temperature of the insulator and it is superior to those hitherto made in capacity as well as in being pressure proof. Leakage is perfectly protected by perfect polishing of the surfaces of the steel and the insulator.

*The Department of Physical Chemistry,  
Chemical Institute, Kyoto Imperial University.*

*(Nov. 15, 1944)*