

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 (第三報) 耐圧光學窓に就て

歸 山 亮

光學的に耐壓管内部を窺ひ得ることは望ましいことであるが困難を伴ふ。問題は電気絶縁栓に述べた如く透明物質は鋼に比較して脆弱なためである。例へば硝子の如きものは内部歪を容易に受けるから、或る壓力で試験済のものであつても遙にそれ以下の使用壓で破壊されることは稀でない。工業的施設に見受けるゲージ硝子は數十氣壓でも往々危険を伴ふことは珍らしくない。然し數百氣壓に於ても試みられた例は少くないやうである。硝子窓は何れも危険物たることは免れない現状である。此の原因は硝子の取付け方法が問題となるものである。即ちパッキングを使用し又は使用せずして合はぬ面を強く締附けるか、或は必要以上の壓で不平均に締附けることに破壊の原因がある。



Fig. 1

Amagat¹⁾, Bone²⁾ は電気絶縁栓の場合と同様に圓錐形の硝子を用いた。Fig. 1 は Bone の用いたものであつて Amagat と異なり接觸面にパッキングを使用せぬ型である。水晶又は硝子片を圓錐に削り出し鋼殻内に嵌め込む。兩者の接觸面は注意して磨き上げることが最も重要なことである。石墨混入の石綿パッキング環で水晶片を抑へ鋼環で鋼殻内に保持させる。此は 400 氣壓發生の爆發の際も完全に漏洩なしとせられてゐる。Wahl³⁾ は Amagat とは圓錐を反對に圓錐の底面を外側に向く様に用ひてパッキングによつて締附けた。前者は 1500, 後者は 4000 kg/cm² で硝子窓が破れたのであつた。

耐壓の程度を更にあげるには硝子又は水晶面と鐵面の間に用ひるパッキングの質が問題となると考へて此に就て吟味することと、もう一つは硝子窓が圓錐であるため使用するに従つて形による歪が加重されるものとして硝子片の形を變へることが考へられる。それでパッキング材としてゴムを用ひた硝子圓錐の使用(ゴム管で圓錐を包んだもの)を試みた。此は象牙、ファイバー程度の硬いパッキングを避けたものである。残りの一つの試みは硝子片の形を變へて鐵と硝子の間に於ける加壓によつて直接生ずる歪だけにする考である。前者は Bridgman 一派で目的を達してゐるやうである。後者は Poulter⁴⁾, Collins⁵⁾ によるものである。此等は我々の Fig. 2 と同様のもので圓筒と鐵面を充分よく密着させてパッキングなしで行つたものである。接觸面は覗き穴のため狭められて目的の壓力を受ける面より小さい。従つて目的の壓力より以上の壓を硝子と金屬面に受けるわけである。然

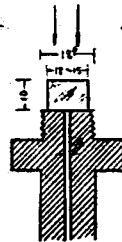


Fig. 2

- 1) 歸山, 本誌, 本輯, 10 頁.
- 2) Bone, Newitt and Townend, "Gaseous Combustion at High Pressure", Longmans, London, (1929).
- 3) Wahl, *Trans. Roy. Soc. Lond.*, A 212, 117 (1912).
- 4) Poulter, *Phys. Rev.*, 35, 297 (1930).
- 5) Collins *ibid.*, 305 (1930).

し此等の Poulter, Collins によつて採られた方法も組立使用に際しては金属面に極めて薄いカナダバルサムの膜をつくり、硝子片のハリ付けを行つてゐる。

Poulter 等の方法と此に對してゴムをバツキングに使用して耐壓を増す方法との間に硝子片の破壊様式に何等區別がないとすればバツキングを用ひたものと用ひぬものとの間の優劣は不明である。

筆者はバツキングなしで完全に $5,000 \sim 6,000 \text{ kg/cm}^2$ まで試験を行つた。充分よく硝子と金属の接觸面を磨けば兩片をハリ付けるにバルサムの如き接着劑を用ふる必要がない。ただ金属面に硝子を押へつけば容易に離れ難くなり何等接着劑の必要を感じない。ゴムバツキングを硝子、金属の間に入れることは硝子片の形如何によらずゴムの流れによつて視野を妨害するに至ることが往々ある。

Bridgman はゴム使用の結果と Poulter, Collins の場合と比較して硝子片の破壊様式が一致してゐることから軟ゴム管で圓錐形の硝子を包んだ場合は無バツキングと同効果としてゐる⁶⁾。然し Poulter, Collins の方法も装填する場合はバルサムを使用してゐるから、バツキングなしとは云ひ得ない。又ゴムの使用は Amagat の方法の場合に於ける様な象牙質使用よりは或はよいかもしれぬが、軟質ゴムも壓力のための匍匐を装填の方法で防げば硬くなり*、象牙使用の場合と同様硝子面と金属面の圓錐形の仕上げ程度が極めて高壓の場合問題となる。ゴム使用の特長はむしろバツキングの圓錐仕上げの困難を免れんとしただけで成績は Amagat の方法程度をあまり超さぬのが至當と考へる。カナダバルサムの使用は硝子片の脱落を防ぐため許りでなく、初壓を漏らさぬ(換言すれば面の研磨が不充分である)と云ふ保證のためと考へられる。

筆者等が 6000 kg/cm^2 に使用中の光學窓 Fig. 2 の構造は次の如くである。水晶又は硝子が「バツキング」なしで硬質の金属座の上に載せられる。壓力は矢の方向より加はり水晶又は硝子が自働的に金属面と密着するようになる。此の密着面からの氣體の漏洩を防ぐため接觸兩面は充分よく磨かねばならない。透明片としては次の如きものを用ひた。某社の好意によつて磨いた熔融水晶柱を得たのであるが、この目的の接觸面としては概ね磨き程度は不合格であつた。加之小氣泡が相當入つてゐて甚だ心細いものであつた。硝子片は某社の磨き厚板の供給を得て使用した。此は焼き入れなど行はぬ生のものである。兩者共金属との接觸面は充分磨き直したのである。勿論仕上げは金属と水晶乃至硝子片を磨き合す方法をとつた。

研磨の問題は磨き粉であるが此には細心の注意を拂ひ實驗室に於て手製のものを使用したのである。磨き粉に對して又は磨く方法に對しては發表の期に達してゐない。石英及び硝子のデメンションは次の如きものであつた。

石英は徑 13.5 m/m 、厚さ 10.0 m/m の圓筒であつて縦に斷續した氣泡を有す。硝子は磨き厚板を切り角柱とし、柱の兩端の二面は豫め磨かれた面である様にする。厚さ 10 m/m 、幅 $12 \sim 15 \text{ m/m}$ 程度のものである。

初め $1700 \sim 1800 \text{ kg/cm}^2$ で數回試験を空氣で行つて、より高壓に堪えることを知り逐次高壓に上げた。 6000 kg/cm^2 にてもその耐壓及び漏洩の點では石英及び硝子何れでも差異は認められなかつた。

6) Bridgman, *The Physics of High Pressure*, 57 (1931).

* 数千氣壓下では軟質ゴムも硬度が昇り鋼の如く切削可能となることを認めた。

此處に問題となる處は金屬と透明板の兩面の磨き程度並に窺き穴の大きさと磨き面の大きさとの關係である。前者に就ては干涉縞によつて測定するとの方法があるが、表面の清淨の如何で不明確となり易い。後者に就ては必ずしも廣い面での密着を必要とするものでない。然し理想の場合を除くとその面は廣い程漏洩防止に有利の如く思はれる。然しよく磨くためには大きさに制限が下されると同時に窺き窓の構造からそう大きなものを取り附けすることは出来ない。少々悪い面でもその面が廣いと漏洩に時間を要し一見漏れぬ様に考へられるが、此も壓力次第であつて、より高い壓力となると全く無力である。

要するに耐壓は硝子の厚さ及び漏洩と同條件によつて定まり、漏洩は接觸面の性質と磨き程度及接觸面と穴との大きさの割合に關係する。ここに接觸面の性質に對する要求は使用硝子乃至水晶に金屬面の硬度を近づけることであるが、我々の場合は耐壓特殊鋼を焼入れして硬度をあげて使用したのである。

硝子乃至石英の強さが問題となるが此處に於けるが如く、自らの壓だけでの押へつけ以外歪力がかからぬ場合は極めて強いものである。勿論硝子に以前から歪がある場合は問題にならぬから初め熱處理して磨かねばならぬ。此等の耐衝撃の問題及び永續使用の可能性に關して、或は破壊時の模様就ては此後の問題であるが、相當條件の使用に堪えるものとして差問題ないと考へられる。

本報告を終るに當り、御鞭撻を賜りたる堀場教授に謝意を表す。また有益なる示唆を與へられたる旭硝子試験所長上田博士に感謝の意を表す。

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御援助によつた。茲に厚く感謝の意を表す。

京都帝國大學理學部化學教室

物理化學研究室

(昭和19年11月15日受理)

ULTRA PRESSURE.

III. Pressure-Proof Character of Optical Window.

By RYO KIYAMA.

(Abstract)

It is most desirable to be able to examine optically the inside of the pressure chamber. Low strength of glass or quartz makes it unable to do this. Glass, however, though weak in tensile strength, is strong against compression, and this can be taken advantage of by adopting the cylindrical type instead of the cone type and without using a pressure-proof packing. In this case, the steel surface and glass or quartz surface must be polished for optical use. The polished surfaces have hitherto been set with a small quantity of Canada balsam.

The author succeeded in setting pieces of glass or quartz tight only by pressing them hard and without any cementing material. If well polished, they are never detached in spite of the absence of any adhesive material. It is maintained that such setting is more satisfactory as compared with the case when any cementing material, however small the quantity, is used.

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

(Nov. 15, 1944)