

実験技術—XX—

高圧実験技術 I

—純静水圧実験—

広島大理 辰 本 英 二
 広島大理 藤 原 浩
 広島大教養 岡 本 哲 彦

高圧下の物性研究では、それが静水圧下で行なわれるのが最も望ましいことである。しかし主として技術的な面からの制約があってあまり高い圧力は得難い。筆者らのところでは、いわゆる Bridgman 型上押ピストン・シリンダーを自作して、液体圧縮法により最高 1.5 万気圧、常時 1 万気圧の圧力下で -130°C から 400°C までの温度範囲で実験をしているが、その技術には独特なものがあるので、できるだけ具体的に説明をしてみたい。

さて高圧実験の主要な作業は、静水圧といなとを問わず、どのようにして圧力を発生し、どれだけの圧力が試料に加えられたか、すなわち高圧発生と圧力測定とにある。

§ 1. 高 圧 発 生

筆者らのところの静水圧装置は、第 1 図 (1), (2), (3) の如く、原理的には (1) 静水圧発生装置 (generator), すなわち可動ピストンプランジャー (piston plunger) P を、油圧ジャッキ O によりシリンダ C の穴の中を動かし、圧力伝達物である液体 L を圧縮して圧力を高める増圧器 (pressure intensifier) (このためピストン・シリンダー方式と呼ばれている), (2) 実験試料 S を入れて高圧がかけられる高圧試料容器 (pressure bomb), (3) 両者を連結するパイプ、の 3 部分から構成されている。このように generator と

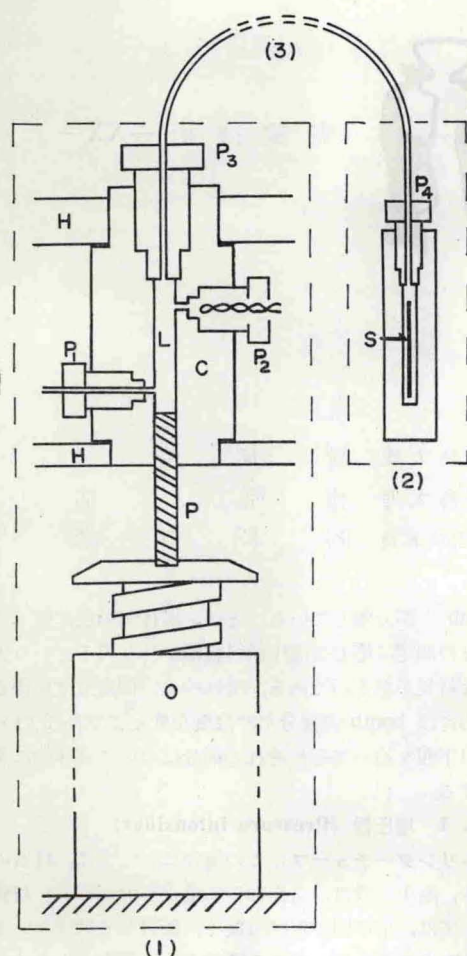
bomb とが分離していることが、固体圧縮法に較べて種々の測定に応じて高圧試料容器が作り得るという大きな特長があるのである。それゆえ、測定温度を得るためには bomb の部分だけ温度を変えてやればよい。

以下順を追ってそれぞれの部分について具体的に説明する。

1. 1 増圧器 (Pressure intensifier)

シリンダーチューブ: この製作については、材質の吟味、耐圧の設計、工作加工に重点がおかれる。材質としては、単に固いだけでなく、破裂して飛ばないように粘りのあるもの、つまり降伏点と抗張力が大きく、さらに両者の差が大きいものが望ましい。そうした材料として、筆者らは構造用合金鋼の中で、ニッケル・クロム・モリブデン鋼 SNCM を用いている。なお初期には JIS 規格で 9 種を用いていたが、現在はもっとよい 26 種を用いている。資料によると 26 種の降伏点は 120 kg/mm^2 , 引張り強さは 133 kg/mm^2 である。設計上特に留意すべきことは、応力集中を少なくすることである。

たとえば、局所的に応力が加わる部分を互に遠ざけることもその一つで、第 1 図でプラグ P_2 とプラグ P_3 を嵌めるシリンダーのプラグ穴の間隔をあまり狭くしないことなどがそれである。工作加工上では、シリンダ穴内面の仕上に留意すべきで、まずなによりも切削傷をつけてはいけない。次いで摩擦を小さくし、後に



第 1 図 高圧装置構成図

- | | |
|--------------------------|---|
| (1): 発生器 | P ₂ : 圧力ゲージプラグ |
| (2): 高圧試料容器 | P ₃ , P ₄ : 連結プラグ |
| (3): 連結パイプ | S: 試料 |
| P: 油圧ジャッキ | L: 圧力伝達液 |
| O: ピストンプランジャー | H: 支え板 |
| P ₁ : 補助圧縮機より | |

述べるパッキング用ワッシャの損傷を防ぐためにも十分なラッピング仕上をしておく。さらに、第 1 図に見られる如きシリンダー穴内の隅や角の部分には、応力集中をさけるため、R 付き、面取を行なっておく。

以上のように細心の注意を払って製作したシリンダーの最終的な耐圧性能を決めるのは熱処理である。このためには材質に応じた処方にしたがって行なえばよいのである。しかしシリンダー穴(内径 12 m/m)の焼

入れが特に難しいことと、シリンダー自身が大きい(外径 108 m/m, 高さ 212 m/m) こととで、整備された、しかもかなり大型の熱処理設備を必要とする。したがって筆者らは止むを得ず専門家に依頼した。しかしそれでも何回か失敗した。結局この焼入れは、ポンプによって焼入油(菜種油)をシリンダー穴内に噴射して冷却速度を高める方法を採用することにより成功した。なお、この場合の焼入れは 870°C, 1 時間より油入れした後、200°C, 2 時間の焼戻をしている。こうした熱処理効果の目安としての硬度を、筆者らは RC 45 においている。

実際に何回も圧力を発生させることを繰返していると、シリンダー穴の内径が多少膨んできて圧力漏れの原因ともなる。それを防ぐためあらかじめ、より高圧がかかる方向(第 1 図では穴の上部)に向って、こころもち内径が小さくなるように勾配をつけておいた方がよい。それでも圧力を発生させると局部的に膨むことがあるので、筆者らは内孔研磨盤でそれを直している。これまでの最高の膨らみは 12 m/m の内径に対して 0.3 m/m であったが、大体 0.1 m/m ぐらいになったらそれを取り除くようにしている。

ピストンプランジャー: 圧縮用ピストンプランジャーで重要なことは、圧力をかけていくとき曲がらないことである。それゆえ、折れる危険性はあるが、硬度を RC 55~60 と固いものに仕上げている。材料としては、SNCM 9, または固いが脆い特殊鋼に属する高炭素クロム軸受鋼 SUJ 2 をも用いている。

なお、圧力伝達液を圧縮していく際、液の量を少なくしてピストンのストロークが短くてすむようにするため、第 1 図には示していないが、シリンダー穴の上部にスペイサーを挿入して、その部分の空間を埋めている。

1. 2 高圧試料容器 (Pressure bomb)

高圧試料容器(以後試料容器と書く)の材質、設計、工作に関する基本的な注意は全くシリンダーチューブの場合と同じである。しかしながら、先きにも述べたように、筆者らの実験の一つの特長は種々の測定に応じた試料容器が作れることであり、したがって個々については、それぞれの実験目的に応じた設計と材質の選択をしなければならない。

一般実験用試料容器の材料は、シリンダーチューブにも用いた構造用合金鋼である SCM 3 があげられる。