超流動ヘリウム中で使用可能の、ステンレス スチール中空 O リング†

久 呉 高 博・篠 原 元 雄*・大 野 和 郎*

株式会社富士テルモ技術開発課 静岡県富士宮市万野原新田3675

*東京大学物性研究所 東京都港区六本木7丁目22

(1979年6月18日受理)

Stainless Steel Hollow O-ring Seals Usable in Superfluid Helium

Takahiro KUGO, Motoo SHINOHARA* and Kazuo Ôno*

Fuji Terumo Co., Ltd.

3675 Mannoharashinden, Fujinomiya-shi, Shizuoka

*The Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo

22-7 Roppongi, Minato-ku, Tokyo

(Received June 18, 1979)

Synopsis :

For low temperature vacuum seals, O-rings of soft metals such as indium, lead, and gold have been used extensively. Besides these, stainless steel hollow O-rings are also usable for the same purpose. No vacuum seal of this type, however, has been reported so far, which is proved to be leak-tight in liquid helium.

We have found that commercially available silver-plated stainless steel hollow O-rings and Teflon-coated ones provide reliable superleak-tight seals and they can be used repeatedly.

1. 緒 言

低温用真空シールには、インジウム、鉛、金などの軟質金属のOリングが一般に用いられている。これらの他に、ステンレススチール中空Oリングにインジウムリボンを併用して、液体窒素温度において気密なシールの得られた例が報告されている¹⁾。しかし、この種のOリングを単独に使用してしかも液体ヘリウム中で気密なシールは未だ実現していない。われわれは、銀またはテフロン*を被覆したステンレス中空Oリング** (以下「Oリング」と略す) を用いて、スーパーリークに耐える信頼度の高い真空シールが得られることを見出したのでここに報告する。

2. 試験およびその結果

試験装置の概要を Fig. 1, 試験フランジの詳細を Fig. 2, 試験Oリングの詳細を Fig. 3 に示す。Fig. 2 の試験フランジの材質は、ステンレススチール(SUS 304), 真鍮, 銅の3種類を用い, ボルト, ナットについては, ステンレススチールのフランジにはステンレススチール (SUS 304) のもの, 真鍮, 銅フランジには真鍮のものを使用し, 各ボルト (M 4) は約25kg・cmのトルクで均等に締め付けた。またフランジのシール面の表面あらさは, 1.6 S 程度である。

熱サイクルによる歪の効果を調べるために, Oリングをセットし排気した検体 (Fig. 2) に室温と液体窒素温度との間の熱サイクルを35回以上繰り返した後, 各試験を行った。1サイクルとは, 検体を急激に液体窒素に浸し, 液体窒素の沸騰停止後検体を取り出し放置して室温に戻す過程を意味する。次に減圧によって

*ジュボン社の登録商標である。

** (株) 富士テルモ (静岡県富士宮市万野原新田3675) 製

†CRYOGENICS 同時掲載論文

Fig. 1 Schematic diagram of the experimental apparatus.

Fig. 2 Details of the test flanges. (the dimensions are in mm.)

Fig. 3 Details of the test gasket. (the dimensions are in mm.)

液体ヘリウムを超流動状態 (1.7-1.6 K) にし、その中に浸した検体の排気チューブの上端にあって、検体とヘリウムリークディテクター*との間に介在するバルブを閉じたまま2時間半ないし3時間放置した後バルブを開き、その時のリークメーターの振れを観測した。その結果、銀、テフロン被覆のOリングとステンレススチール、真鍮、銅フランジとのいずれの組み合わせに対しても、リークメーターの振れは認められなかった。ただし、リークディテクターの感度は、 $2.3 \times 10^{-10} \text{ atm} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{div}^{-1}$ であった。この試験で、銀、テフロン被覆の両者とも、いったん用いたOリングを取りはずした後、少くとももう1回は超流動ヘリウム中で使用できることを確かめた。

被覆のない“裸”のOリングを用いた試験では、室温においてもリークが生じた。したがって銀またはテフロンの被覆は、気密シーリングを得るのに不可欠である。経済的理由その他から、Oリングは同じものをできるだけ多数回使用しうることが望ましいので、以上の

試験に加えてさらに詳細な再使用試験を行った。この試験では、銀被覆Oリングの外径30.2 mm、チューブ径1.6 mm、チューブ肉厚0.4 mm、および銀被覆Oリングの外径17.5 mm、チューブ径0.9 mm、チューブ肉厚0.25 mmの2種類をとり、これらとステンレススチール (SUS 304) フランジとの組み合わせにつ

*DU PONT TYPE 24-120B

いて試験した。すなわち、Oリングをセットした検体を、前述の試験と同様、超流動ヘリウム中における気密性を確かめたうえ、液体ヘリウムから取り出し、熱風ドライヤーを用いて急激に室温に戻す。この時フランジ表面は、一時的に200°C 近くまで加熱される。ついでOリングを取りはずした後再セットして同じ試験をくり返す。ただし再セットの都度ボルトを0.1 mm ずつ締め増した。このような試験を両サイズのOリングについてそれぞれ4回の再使用を行ない、すべてリークのないことを確認することができた。

3. 考察と結論

ステンレススチール中空Oリングは、インジウムや鉛のような超伝導体の使用を避けなければならない諸測定にも使用でき、また金のOリングにくらべ安価であるという利点をもっている。さらに同じ目的に最も多く用いられるインジウムOリングでは、インジウムの他金属への粘着性のために使用後の取りはずしと、その後の処理に往々にして手間がかかるのに対して、ステンレススチール中空Oリングは、使用が極めて簡

単である。ただし、ボルト締め付けには比較的大きなトルクを要し、またフランジのシール面のキズについては十分な注意が必要である。また真鍮や特に銅などの軟かい材質のフランジの場合、Oリングの多数回の着脱によりシール跡が凹状になる傾向があるので注意を要する。

結論としては、銀またはテフロン被覆のステンレススチール中空Oリングは、超流動ヘリウムを扱う装置や実験に広く有効に使用しうるものといえる。

最後に、再使用試験にご協力いただいた大阪大学理学部低温センターの方々、および試験装置の一部を製作していただいた東京大学物性研究所工作室の依元道男、長尾茂の両氏に感謝の意を表わしたい。

参 考 文 献

- 1) J. M. Brooks, T. A. Romanowski and J. Terandy: *Advances in Cryogenic Engineering* Vol. 11: *Proceedings of the 1965 Cryogenic Engineering Conference*, K. D. Timmerhaus, ed. (Plenum Press, New York, 1966) 593