RF コンタクト付, ダブルシールオールメタルゲート弁の
試作と性能評価*八木 恵一**・大林 哲郎**・吉田 恵一**
横内 茂***・裴 碩喜***

(受付1990年11月6日, 掲載決定1991年3月2日)

Trial and Performance Evaluations of All Metal
Gate Valve with Double Seal and RF Contact*Keiichi YAGI**, Tetsuro OHBAYASHI**, Keiichi YOSHIDA**,
Shigeru YOKOUCHI*** and Suck Hee BE***

**(SAKAI FACTORY 775, 7-cho, Ohtori-Higashi-machi, Sakai-shi, Osaka)

***(RIKEN-JAERI Synchrotron Radiation Facility Design Team, 2-1 Hirosawa, Wako-shi, Saitama)

(Received November 6, 1990, Accepted March 2, 1991)

1. はじめに

放射光施設の蓄積リング(SR)では, 150~250°Cの温度で, 数100回の脱ガス処理の繰り返しに耐え, かつリークに対する信頼性が高いRFコンタクト付オールメタルゲート弁の開発が要請されている。既にこの種のゲート弁は製作され, 一部の装置では用いられている。しかし, 筆者らには既存のこれらのゲート弁では, 特にリークに対して, シール部への異物混入や高温脱ガス時の熱膨張により, 100%の信頼を得るには無理があるように思われる。そこで, 筆者らは従来の物とはシール機構が異なる二重シール機構を有し, かつ最悪の場合, 即ち微小のリークが発生した場合の対策として, シール間の中間スペースを排気可能なRFコンタクト付オールメタルゲート弁の開発を進めている。なお, このゲート弁の開発は, 1997年末完成を目標に1990年建設が開発されている, 理研・原研共同チームによる大型放射光施設(SPring-8) SRでの使用を主目的に行われている。

過去2年間にわたる新しいシール機構の性能試験結果

* 平成2年10月26日 第31回真空に関する連合講演会で講演(26Ba-6)

** 大阪真空機器製作所 堺工場

*** 理研・原研大型放射光施設研究開発共同チーム

に基づいて3台のゲート弁を試作し, ゲート弁としての性能評価を行っている。性能評価のためには, 高温で脱ガス処理の繰り返しに対するシール性能, 即ちリークに対する高い信頼性の確保, およびゲート弁自身からの放出ガス速度の測定が重要である。ここでは, ゲート弁の性能評価の初めとして実施した室温におけるシール性能試験結果について報告する。なお, 弁の動作原理とシール機構についても述べる。

2. 原 理

2.1 バルブの構成

Fig. 2に全体外観写真を示す。その構成はSRの真空チャンバーの断面と相当形状をした開口部, NB100取合フランジ, バルブ先端のNB40中間排気用フランジと圧空シリンダ(写真左側)から成っている。軸シール部はSUS304溶接ペローズを使用し, 本体部品と圧空シリンダ固定フランジとはメタルガスケットにてシールしている。なお, Table 1に主要な仕様を示す。

2.2 弁開動作

Fig. 2に弁開状態を示す。圧空シリンダ推力によって, 中央のキャリア部品が右方向に動き, RFコンタクト両端を支持するRF接触板は, カムを介しリンク方

Fig. 1 Outside view of NB100 all metal gate valve with double seal and RF Contact.

Fig. 2 Cross-sectional view of RF Contact bringing about a direct electrical connection between two body flanges in the open position.

式にて、開口部に押し付けられる。そして、その時の設計面圧は 10 kgf/cm^2 となる。開口部は $80 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ のレールトラック形状をしている。RFコンタクトは、板厚 0.14 mm のベリリウム銅を開口部に沿う様に筒状にし、その表面にはエッチングでスリットを入れ、伸縮性を持たせている。弁開時、蓄積リング (SR) は、そのRFコンタクトの開口部間の接触を介して、電氣的に接触するとともに、その同じ断面形状でスムーズにつながるため、RFインピーダンスを低減することができる。その際、RFコンタクトは少し内側にたわんでいる。

2.3 弁閉動作

Fig. 3 に弁閉状態を示す。圧空シリンダ推力によって、中央のキャリアが左方向に動く。弁体とキャリアとはカムを介しリンク方式にて連結し、小アールに形成されたコーナーを持ちかつ銀メッキ処理した材質 SUS304N2 の弁体が、鏡面研磨した材質 SUS304N2 のテーパ弁座に押し付けられ真空シールする。また本バルブの特色である二重シール構造にて、シール間の中間ス

Table 1 Main specification of trial valve

Pressure range	$10^{-9} \text{ Pa} \sim 100 \text{ KPa}$
Differential pressure on the valve seal	100 KPa in either direction
Leak rate body and valve seal part	$1.3 \times 10^{-11} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ (Goal)
Materials	
Main parts	SUS304
RF Contact	Be-Cu
Others	Al-alloy
Compressed air pressure	$5 \sim 7 \text{ kgf/cm}^2 \text{ G}$ (gage)
Bakeout temperature	150°C
Mounting direction	Free
Flange dimension	JVIS 003 NB100 Bakeable Flange

Fig. 3 Cross-sectional view of the sealing parts in the closed position. The sealing force F_1 is amplified by cam mechanism and the further amplification of the sealing force F_2 is obtained by pushing the discs to the tapered seats.

ペースを排気可能としている。

本バルブ設計の予備試験としてシール機構の性能試験を実施し、リーク量を $1.3 \times 10^{-11} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ 以下にするための最小単位長さ当りのシーリング力 86 kgf/cm を得た。この力は弁シール部径 $\phi 100 \text{ mm}$ では 2700 kgf になる。本バルブにおいて、シリンダ径をあまり大きくしないで、この様な大きなシーリング力を発生させるため、次の2点を設計ポイントとした。

第一に、カムによる推力増幅である。キャリアは、直接圧空シリンダからの推力 F_0 を伝達する。弁閉時、弁体とキャリアを連結するカムは、弁体に対し垂直になる。この時、両弁体押し付け力 F_1 は増幅される。なお本バルブの機構モデル機を製作し、推力増幅試験を実施した結果は、増幅率 $F_1/F_0=2.7$ となった。

第二に、弁体がテーパ弁座に押し付けられると、シー

リング力 F_2 は、くさび効果によって増幅される。増幅率は、 $F_2/F_1 = 1/(\sin(\theta) + \mu \cos(\theta))$ で表し、 $\theta = 20^\circ$ 摩擦係数を $\mu = 0.15$ とすると、 $F_2/F_1 = 2.1$ となる。本バルブにおいて、空圧 $4 \text{ kgf/cm}^2 \text{ G}$ (ゲージ圧) で $F_0 = 530 \text{ kgf}$ であり、シーリング力は、 $F_2 = 2.7 \times 2.1 \times 530 = 3000 \text{ kgf}$ となる。この値は、先に示した最小シーリング力 2700 kgf よりも大きくなる。

2.4 シール接触応力の考え方

本バルブは、繰り返し使用を可能とした。そのため弁体と弁座の接触応力²⁾は、その材質の耐力値 343 MPa に対し、ミーゼスの相当応力³⁾の最大値を 233 MPa となる様に設計した。

3. シール性能試験

3.1 方法

検出感度 $10^{-12} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ 台のヘリウムリークディテクタを使用し、二重シール部の弁シール片側ずつ単独でリーク試験を実施する。Fig. 4 に示す弁閉状態で、バルブ内部は、NB40中間排気口より排気速度 100 l/sec のターボ分子ポンプを搭載したリークディテクタで排気する。また弁シール逆圧側は、吸入口に油の逆流防止用フォアライントラップを取り付けたロータリーポンプで排気する。なお、逆圧側とは、弁体の本体内部側に対し外側を意味する。試験時には、両逆圧側が窒素で 100 KPa (大気圧) の状態で、実施する弁シール部側の手動式メタルアングル弁 (MV) を全開にし排気する。水銀液差真空計で 133 Pa 以下の圧力になったことを確認後、ヘリウムで 100 KPa (大気圧) まで置換する。そして、リーク量を検出する。なおこの状態では、両逆圧側共 100 KPa (大気圧) なので 80 kgf の荷重を受け、シーリング力は少し弱くなる。

次に、試験の主要な設定内容に関して述べる。取付方向は、最初に水平で10回作動させ、垂直 (圧空シリンダ上側) で1000回まで繰り返す。圧空シリンダ空気圧力は、仕様の $5 \sim 7$ に対し $4 \text{ kgf/cm}^2 \text{ G}$ (ゲージ圧) と低めに設定する。バルブ内の圧力は 1.33 Pa で、周囲の温度は室温とする。作動時間は、開保時 16 sec 、閉保時 60 sec 、片移動 12 sec の1サイクル 100 sec とする。そして、その間、トラブル発生時にインターロックにて作動停止し、リミット信号にて開閉を検出する自動運転とする。なお途中適当な、サイクルで先に示した弁シール性能試験を実施する。

3.2 結果および考察

弁シール部からのリーク量は、弁開閉初回、および1000回の開閉後で、二重シール両側共 $1.3 \times 10^{-11} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ 以下であった。しかしその途中では、時折ヘリウムで

Fig. 4 Test system to investigate the leakage reliability at seals.

$10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ 台の微少リークが発生する場合が生じた。この程度の微少リークであれば、NB40中間排気口より排気することで、内部圧力 $10^{-8} \sim 10^{-9} \text{ Pa}$ 台保持は可能と考えられる。また本試験では、実施する側の反対の逆圧側を窒素で 100 KPa (大気圧) の状態で実施した。今後は、この逆圧側を 133 Pa 以下の圧力にした場合の影響も調べていく。次に、微少リークが発生した要因について述べる。第一に、最初の弁シール調整時ににおいて多少シーリング面圧が低かったためと考えられ、シーリング面圧を高くし再テストを実施する。第二に、弁体が均等な接触をしていないための片当たりによる微少リークとも考えられる。シーリング面圧を高くする対策としては、Fig. 3 に示す弁閉状態で、両弁体間の距離を $0.05 \sim 0.1 \text{ mm}$ 位長くなる様に調整し接触変位量を大きくする。ただし、最大接触応力は、弾性限度を超えない様にする。また、弁体の均等な接触に対しては、弁体の歪み試験を実施し、特に歪みの小さい (面圧の低い) 箇所がないかを確認する。

4. ま と め

試作機で1000回の室温における開閉作動試験およびシール性能試験を実施した結果、作動は特に問題はなかった。しかし、再現性に関しては、完全ではなかった。その原因を調べるとともに、シーリング面圧を高くして、そのシール性能試験を実施する。さらに蓄積リング (SR) での使用を満足するために、

(1) 高温で脱ガス処理し、その昇温過程と定常温度でのシール性能の再現性、そして、シール部および駆動部品の焼き付きが生じないことの確認

(2) 本バルブからの放出ガス速度の測定、および到達圧力測定などの評価試験を実施する予定である。

文 献

- 1) 熊谷 卓：「制御回路つき自動化機構300選」，日刊工業新聞社
- 2) 自然科学書協会：「強度設計データブック」，裳華房
- 3) 日本機械学会編：「機械工学便覧 材料力学」