



8. 機能検査 (PERFORMANCE INSPECTION)

主にアクチュエータ付バルブの作動試験及び実温 (低温・高温) 試験について解説をします。

その他、Fire Test 等もありますが省略します。

8.1 アクチュエータ付バルブの作動試験

アクチュエータは、操作方式により主に電動、空気圧及び油圧に分類される。アクチュエータの選定 (サイジング) は、最大設計差圧を基準にする場合が一般的である。

圧力検査(PRESSURE INSPECTION)は、本稿5項に従い実施される。但し、High-Pressure Closure Test は、最大設計差圧(Design differential pressure)の 1.1 倍の試験圧力(API598, JPI-7S-39 等)で、作動はアクチュエータで行う。

アクチュエータ付バルブは、操作方式により次に示す機能検査を実施する。(JPI-7R-68 を参考にしています。)

8.1.1 電動作動方式

(1) 作動検査: 電動で全開・全閉を行い、作動が円滑であり、リミットスイッチ、トルクスイッチ等が機能していること。また、全開・全閉時に開度表示が正確であること。

その他、起動時及び走行時の電流を測定し、仕様の範囲内であること。

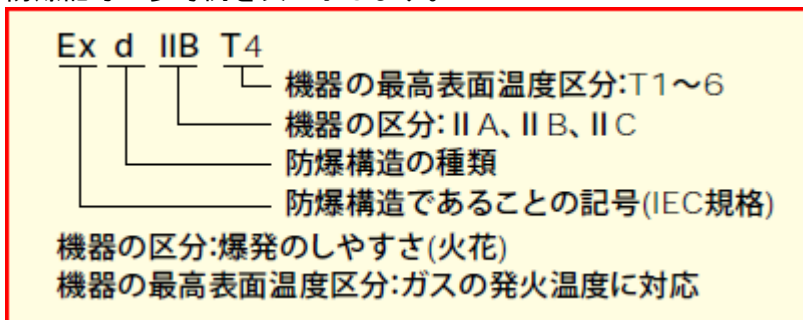
(2) 開閉時間検査: 規定の時間内で全開・全閉すること。

(3) 手動操作検査: 手動操作機能を備えている場合は、手動操作に切り替え円滑に作動すること。

(4) 耐電圧: 電動機 (モーター) の固定子巻線とアース間に試験電圧 (電動機定格電圧 $\times 2 + 1,000V$) を 1 分間加えて、異常がないこと。但し、アクチュエータメーカーが実施し、証明書に記載がある場合は原則として実施しない。劣化の原因になる場合がある。

(5) 絶縁抵抗試験: 電動機及び電装品の各端子とアース間で、DC500V にて $100M\Omega$ 以上とする。
参考: プラントに設置されたアクチュエータ付バルブは、可燃性ガスの雰囲気で使用する場合の防爆基準が設定される。購入仕様書の防爆等級 (IEC60079 の規定) に定められた構造のアクチュエータを取り付ける。それらの等級は、アクチュエータのネームプレートに記載されているので証明書と相違がないか確認する必要がある。

防爆記号の参考例を次に示します。





● 防爆性能表示の例

	1.防爆	2.構造	3.グループ	4.温度等級	5.条件
IEC規格	Ex	d[ia]	IIC	T 6	
日本：技術的基準	Ex	d[ia]	IIC	T 6	X
欧州：CEN/LEC ※	EEx	d[ia]	IIC	T 6	
米国：NEC505 ※	AEx	d[ia]	IIC	T 6	
中国：GB3836	Ex	d[ia]	IIC	T 6	

※：欧州のATEX指令や米国では、例えば、次のような付加表示が必要です。
 欧州：(Ex) II 2G
 II：グループ
 2G：1G～3G
 ガス蒸気危険場所 Zone 0～2に対応
 米国：Class I Zone 1
 Class I：ガス蒸気
 Zone 1：危険場所0～2

- (表示の意味)
1. 防爆であること：固定
 2. 防爆構造記号：d, p, q, o, ia, ib, n, m, s、および、これらの組み合わせ。
2つ以上の構造がある場合、併記する。本質安全防爆の出力がある場合は、[]に入れます。
 3. グループ：炭坑用I、炭坑以外II。炭坑以外では、爆発のしやすさをあらわす記号A, B, Cを含みます。
 4. 温度等級：T 1～6
 5. 日本以外では、条件付Xは、認証番号に付されます。

d : 耐圧防爆構造	技術的基準に下記追加 s: 特殊防爆構造 [m: 樹脂充填防爆構造 q: 粉末充填防爆構造 但し、簡易防爆構造(n)を除く]
e : 安全増防爆構造	
ia, ib : 本質安全防爆構造	
p : 内圧防爆構造	
o : 油入防爆構造	

● 爆発性ガス蒸気の種類別の例

	T 1 450℃ ≥ >300℃	T 2 300℃ ≥ >200℃	T 3 200℃ ≥ >135℃	T 4 135℃ ≥ >100℃	T 5 100℃ ≥ >85℃	T 6 85℃ ≥
II A MESG>0.9	アンモニア 一酸化炭素 エタン トルエン プロパン メタン	エタノール ブタノール ブタン アセチルアセトン 塩化ビニル	ヘキサン ガソリン ケロシン ペンタン	アセトアルデヒド トリメチルアミン		亜硝酸エチル
II B 0.9>MESG>0.5	シアン化水素 アクリロニトリル 石炭ガス	フラン アクリル酸エチル エチレン	ジメチルエーテル シクロヘキサン イソブレン			
II C 0.5>MESG	水素	アセチレン			二硫化炭素	硝酸エチル

MESG：標準試験容器で確認された爆発により火災逸走しない最大安全隙間



Wings Corporation

Title: 工業用バルブの検査概論 (改訂版)
<http://wingshome.co.jp/introduction.html>
e-mail: info@wingshome.co.jp

Doc. No. : WD14-001

Rev. No. : 0c1

Sheet 111 / 138

規格[Ex.-code]	IEC規格	日本 ※	欧州	米国		中国
総則	IEC60079-0	技術的基準 第1章	EN50014/EN60079-0	FM3600	UL60079-0	GB3836.1
耐圧防爆構造 [d]	IEC60079-1	IEC技術的基準 第2章	EN50018/EN60079-1	ISA S12.22.01	UL60079-1	GB3836.2
内圧防爆構造 [p]	IEC60079-2	技術的基準 第3章	EN50016/EN60079-2	(FM3620)	—	GB3836.5
粉体充填防爆構造 [q]	IEC60079-5	特殊防爆として許容	EN50017	ISA S12.25.01	—	GB3836.7
油入防爆構造 [o]	IEC60079-6	技術的基準 第5章	EN50015	ISA S12.26.01	—	GB3836.6
安全増防爆構造 [e]	IEC60079-7	技術的基準 第4章	EN50019/EN60079-7	ISA S12.16.01	UL60079-7	GB3836.3
本質安全防爆構造[ia,ib]	IEC60079-11	技術的基準 第6章	EN50020/EN60079-11	FM3610	UL60079-11	GB3836.4
簡易防爆構造 [n]	IEC60079-15	<導入しない>	EN50021/EN60079-15	FM3613	UL60079-15	GB3836.8
樹脂充填防爆構造 [m]	IEC60079-18	特殊防爆として許容	EN50028/EN60079-18	ISA S12.23.01	—	GB3836.9
本質安全防爆システム	IEC60079-25	<未導入>	EN50039/EN60079-25	—	—	—
本質安全防爆フィールドバス	IEC60079-27	<未導入>	—	—	—	—
危険場所の分類	IEC60079-10	(防爆指針)	EN60079-10	NEC505		—
危険場所の電気施設	IEC60079-14	(電気設備技術基準)	EN60079-14	NEC505		—
危険場所での保守点検	IEC60079-17	(防爆指針)	EN60079-17	—		—
最大安全隙間測定法	IEC60079-1-1	<未導入>	—	—		GB3836.11
ガス蒸気の種類(MESG)	IEC60079-12	技術的基準 第1章引用	—	NEC505		GB3836.12
修繕とオーバーホール	IEC60079-19	<未導入>	—	(FM3605/3606)	—	GB3836.13
ガス蒸気のデータ集	IEC60079-20	技術的基準 参考資料1	—	NEC505		—

※：日本の場合、労働安全衛生法に基づく防爆検定に用いられる技術的基準と工業標準化法に基づくJIS規格があります。
()：IEC規格を導入したものではありません。



ネームプレートの表示例



8.1.2 空気圧操作方式

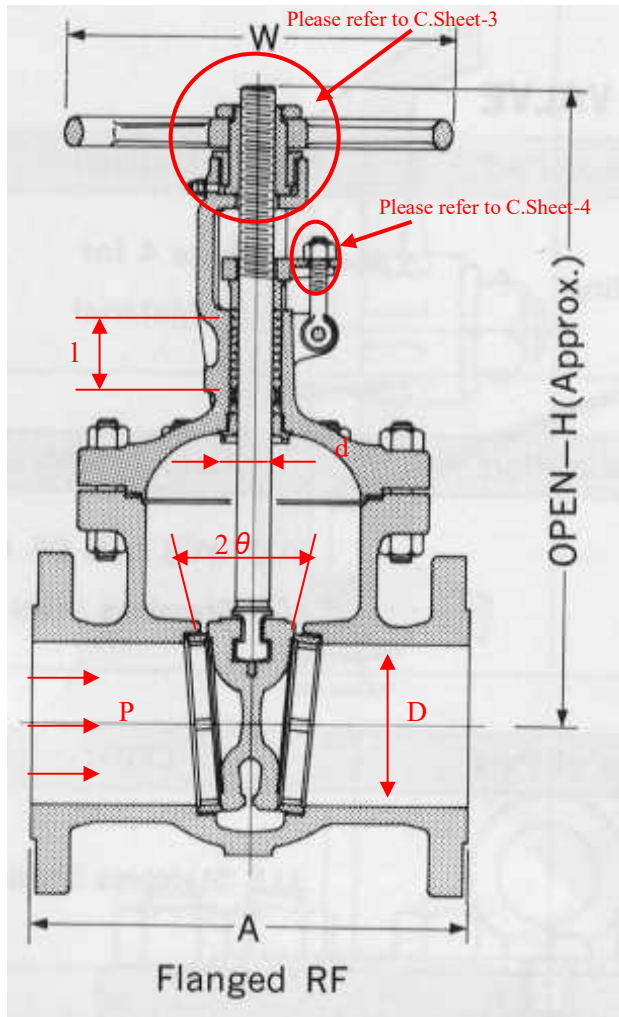
- (1) 作動検査： 空気圧で全開・全閉を行い、作動が円滑であり、リミットスイッチ、トルクスイッチ等が機能していること。また、全開・全閉時に開度表示が正確であること。
その他、ばねとの組み合わせによる単作動の場合は、空気を止め空気圧消失の状態にし、スプリングリターンによる全閉又は全開試験を行う。
- (2) 開閉時間検査： 規定の時間内で全開・全閉すること。
- (3) 手動操作検査： 手動操作機能を備えている場合は、手動操作に切り替え円滑に作動すること。
- (4) シリンダー漏れ検査： 規定の空気圧にシリンダー一部を昇圧して、シリンダー各部から漏れないこと。

8.1.3 油圧操作方式

- (1) 作動検査： 空気圧で全開・全閉を行い、作動が円滑であり、リミットスイッチ、トルクスイッチ等が機能していること。また、全開・全閉時に開度表示が正確であること。
- (2) 開閉時間検査： 規定の時間内で全開・全閉すること。
- (3) 手動操作検査： 手動操作機能を備えている場合は、手動操作に切り替え円滑に作動すること。
- (4) 漏れ検査： 油圧部分に規定の圧力を加え、油圧配管等各部から漏れないこと。



参考：アクチュエータのサイジングに係る計算式例を次に示しますので参考にしてください。
Basic Calculation of Thrust Force and Torque for Gate Valve



1. Seating and Un-seating Force without Double-block & Bleed Valve.

(1) For Disc Area:

$$F_1 = f \cdot \tan(\lambda + \theta)$$

$$f = P \times \frac{\pi D^2}{4}$$

f: Axial force to disc area against flow direction under the pressure.

P: Pressure

D: Inside diameter of the valve bore.

λ : Friction angle = $\tan^{-1} \mu$

μ : Coefficient of friction, when seating;

Active coefficient μ_A , when un-seating;

Static coefficient μ_S .

$$\mu_A < \mu_S$$

(2) For Stem Area:

$$F_2 = P \times \frac{\pi d^2}{4}$$

d: Diameter of Stem

(3) For Gland Packing Area:

$$F_3 = [(\pi \times d \times l) \times P_g] \times \mu_0$$

l: Total length of Gland Packing

P_g : Tightening Stress of Gland Packing

μ_0 : Coefficient of tighten friction factor for Gland Packing



Toatal Seating Force : $F_S = F_1 + F_2 + F_3 - W_T$
Toatal Un-seating Force: $F_{US} = F_1 - F_2 + F_3 + W_T$
 For intermediate: Seating = $F_2 + F_3 - W_T$, Un-seating = $F_3 - F_2 + W_T$
 W_T : Total weight of Stem & Disc. (If, F_S or $F_{US} \gg W_T$, W_T may neglect)

2. Seating and Un-seating Torque without *Yoke Sleeve Friction*

(1) For Seating Torque:

$$T_S = F_S \cdot \left(\frac{d}{2}\right) \cdot \tan(\rho + \beta)$$

(2) For Un-seating Torque:

$$T_{US} = F_{US} \cdot \left(\frac{d}{2}\right) \cdot \tan(\rho + \beta)$$

Note) If $F_3 < F_2$, the un-seating and intermediate opening torque shall be “ $(\rho - \beta)$ ”.

where,

β : Lead angle of the stem thread,

$$= \tan^{-1} \left(\frac{L}{2r \cdot \pi} \right)$$

$L = n \times PT$

L:Lead, 2r:Pitch diameter, n:Multi start thread no., PT:Pitch of the stem thread,

ρ :Friction angle of the stem thread,

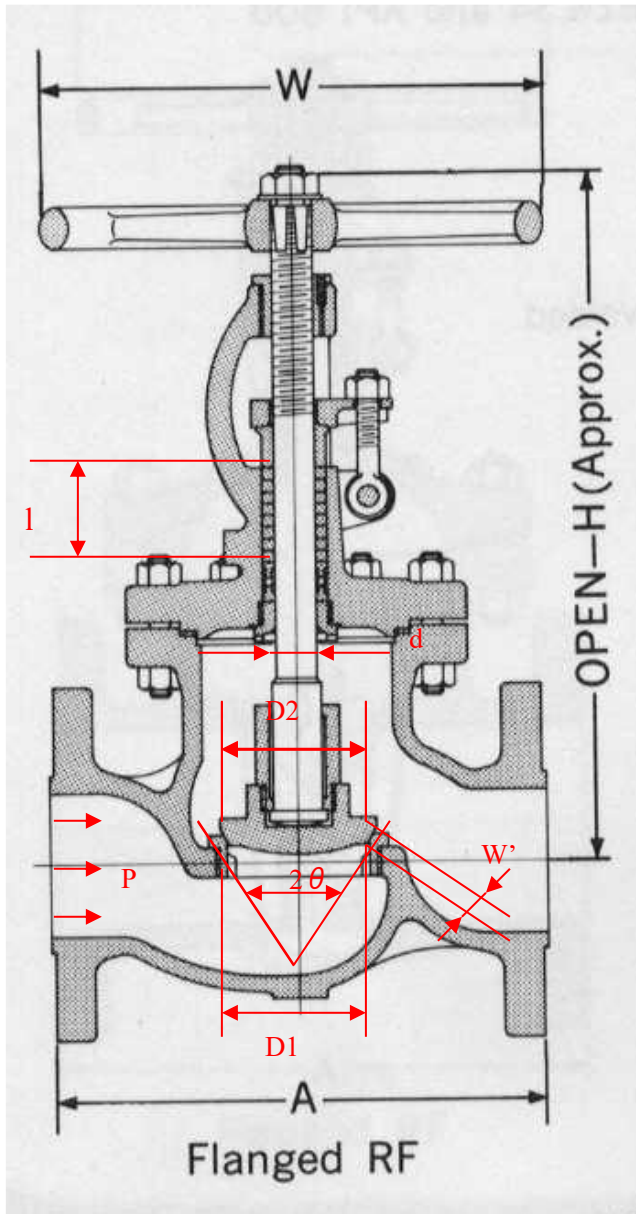
$$= \tan^{-1} \left[\frac{\mu_t}{\cos\left(\frac{\theta'}{2}\right)} \right]$$

μ_t :Coefficient of the stem thread,

θ' :Angle of the stem thread.



Basic Calculation of Thrust Force and Torque for Globe Valve (Turned Stem Type)



- 1. Seating Force
- (1) For Disc Area Rev.1

$$F_1 = [\pi \times D_2 \times W' \times P \times \sin(\theta + \lambda) \times C] + \left(P \times \frac{\pi \times D_2^2}{4} \right)$$

where;
W': Wide of seating surface

$$= \frac{(D_2 - D_1) / 2}{\sin \theta}$$

- P: Fluid Pressure
- 2θ : Angle of Disc
- λ : Friction Angle
- = tan⁻¹ μ
- μ : Coefficient of Friction
- C: Seating Factor=3 (JPI Recommend)

$$F' = P \times \frac{\pi d^2}{4}$$

For intermediate,
d: Stem Diameter

If necessary,
F₁+F'

- 2. Seating Torque
- (1) For Gland Packing Area

$$T_G = (\pi \times d \times l \times P_g \times \mu_0) \times \frac{d}{2}$$

where;
P_g: Tightening Stress of Gland Packing (specified by the packing maker)
μ₀: Coefficient of Tightening Friction Factor for Gland Packing (specified by packing maker)



(2) Stem Thread

$$T_s = (F_1 + F') \times \frac{d}{2} \times \tan(\rho \pm \beta)$$

where;

+: Seating

-: Un-seating

β : Lead Angle of Stem Thread,

$$= \tan^{-1} \left(\frac{L}{2\pi r} \right)$$

L: Lead

2r: Pitch Diameter

ρ : Friction Factor of Stem Thread

$$= \tan^{-1} \left(\frac{\mu_t}{\cos(\theta' / 2)} \right)$$

μ_t : Coefficient of Stem Thread

θ' : Angle of Stem Thread

If intermediate, F' instead of F₁.

(3) Total Seating Torque (or Un-seating Torque)

$$\mathbf{T} = \mathbf{T}_G + \mathbf{T}_S$$



8.2 実温試験

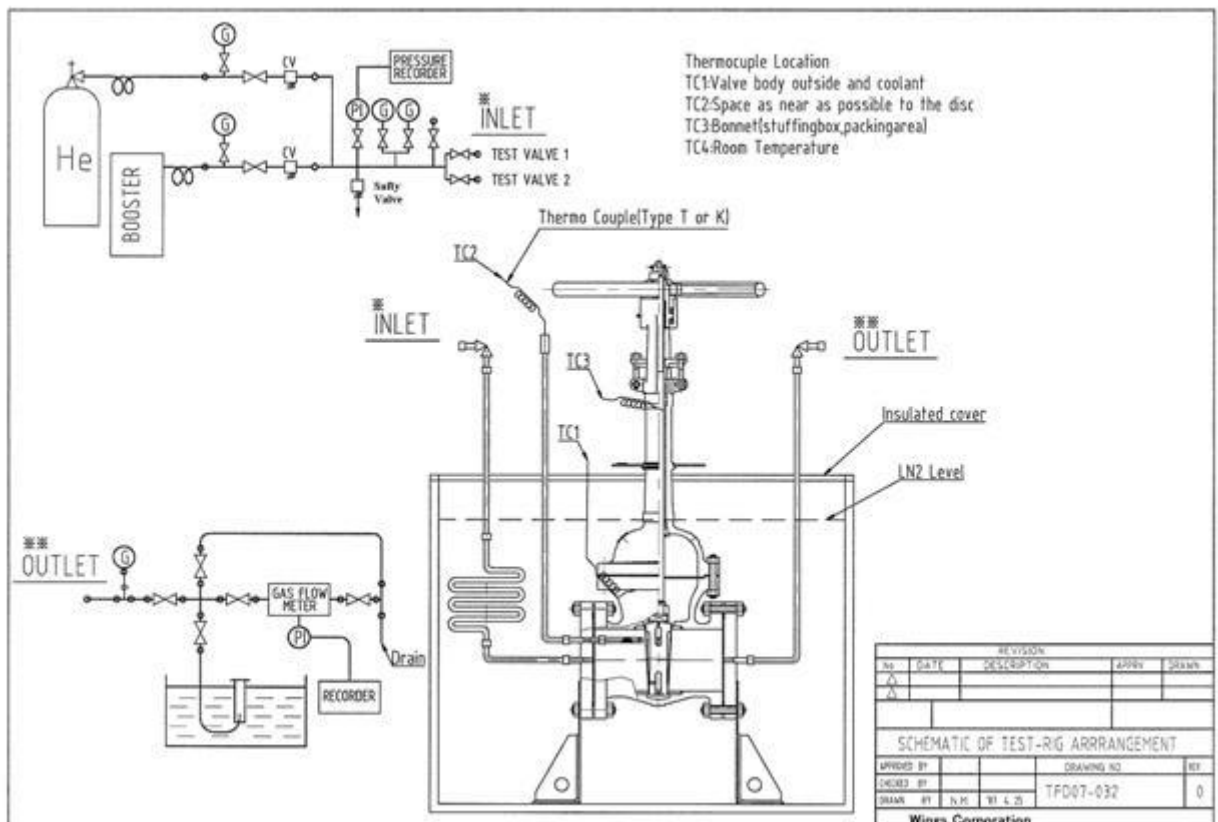
バルブを実際の使用条件に近い低温又は高温の環境下で機能を確認する試験を実温試験と呼んでいます。実温試験は、購入仕様書に適用有無、抜き数量及び漏れ量を含めた試験要領をバルブメーカーに提示し、実施されなければなりません。これらの要求のない場合、バルブメーカーは実温試験を通常実施していません。

8.2.1 低温試験

低温試験は、バルブの設計最低温度が BS6364:Valve for cryogenic service で-50℃から-196℃、Shell MESC SPE 77/200:2007 VALVE IN LOW TEMPERATURE AND CRYOGENIC SERVICES で-30℃から-196℃を対象としている。また、-196℃を下回る温度での低温試験は、特別な試験設備を必要とするため一般的でない。

(1) 試験設備(Test Rig Arrangement)

試験設備の参考例を下記に示します。



- ・ 加圧側のラインは、高圧ガス製造設備として日本国内では許可をとる必要があります。
- ・ 配管は、全てステンレス鋼製のパイプ、フィッティング、フランジ、高圧接続治具を用い、低温環境下で十分な強度を有するよう設計しなければなりません。また、配管系の漏れは、ヘリウムを用い、適用圧力で許容漏れ量以下であることを試験前に確認する必要があります。

- ・ 温度測定は、試験場の温度、バルブ内部の Disc 近傍、Body 表面及び Stuffing Box 部を計測します。

- ・ 試験圧力は、加圧側及び出口側の 2 か所を測定し、少なくとも加圧側の試験圧力は連続して記録しなければなりません。圧力計の校正及び使用範囲は適用規格に従ってください。

- ・ バルブのシート漏れ量は出口側に設けたフローメーター又は少量の漏れ量は水中でメスシリンダーにより計測します。



・試験データ（圧力、温度、フローメーター漏れ量、ヘリウムデテクター漏れ量等）は、時間経過と共に記録することを推奨します。現在ではデータロガーを用いデジタルで記録することが容易になっています。



データロガーを用い記録を観察した例 (表示の値は高温試験を実施した時の例)

・加圧側には安全弁を配管し、異常昇圧を生じた場合に圧力を逃します。



・低温槽はステンレス鋼板を用い対象バルブの荷重に耐える構造とし、断熱材により囲います。Bonnet の Extension 部との境又は Bonnet Bolt の先端部まで冷却液が浸る高さを確保する。



大口径バルブ用低温槽例

小口径バルブ用低温槽例

(2) 冷却液(Coolant)

- ・-196℃で実施する場合は、液化窒素を用います。
- ・-196℃未満で実施する場合は、液化窒素をベーパーしたガス、工業用アルコール+液化窒素又は工業用アルコール+ドライアイスを用いるのが一般的ですが、大量のアルコールは危険であり、法令順守、安全確保を十分に検討する必要があります。

(3) 試験流体(Test Fluid)

試験温度に係らずヘリウムガスを用いることを推奨します。但し、Shell MESC SPE 77/200 では、試験温度-110℃以上については100%窒素ガス又は99%窒素ガス+1%ヘリウムガスを認めています。

(4) 試験温度(Test Temperature)

設計温度によりませんが、Body/Bonnet/Cover 材料の規格(ASTM, JIS 等)で規定される衝撃試験の温度を下回り試験することはありません。

参考 :

1) 主な液化ガスの種類及び沸点(℃)

Ammonia -33.4, Propane -42.1, Propylene -47.7, Hydrogen Sulfide -61, Acetylene -84, Ethane -88.6, Ethylene -103.5, Methane -161.5, Oxygen -183, Argon -185.8, Nitrogen -195.8, Hydrogen -252.8, Helium -268.9.

尚、常用の温度において圧力が0.2メガパスカル以上となる液化ガスであって現にその圧力が0.2メガパスカル以上であるもの又は圧力が0.2メガパスカルとなる場合の温度が35度以下である液化ガスは、高圧ガス保安法の適用を受けます。

2) 低温材料の主な規格及び衝撃試験温度

材料規格 (鋳造)	衝撃試験温度℃	材料規格 (鍛造)	衝撃試験温度℃
ASTM A352 LCB	-46	ASTM A350 LF2 CL.1	-46
ASTM A352 LCC	-46	ASTM A350 LF2 CL.2	-18
ASTM A352 LC1	-59	ASTM A350 LF3	-101
ASTM A352 LC2	-73	ASTM A350 LF5	-59
ASTM A352 LC3	-101	ASTM A350 LF6 CL.1	-51
ASTM A352 LC9	-196	ASTM A350 LF9	-73



3) オーステナイト系ステンレス鋼の主な低温特性

オーステナイト系ステンレス鋼を-100℃以下に長時間保持すると一部組織がマルテンサイト変態を生じることが知られている。これらのオーステナイト系ステンレス鋼（主に ASTM A351 Gr. CF8M/ASTM A182 Gr. F316）は、超低温弁の本体材料に用いられることが多く、マルテンサイト変態に伴い変形し、シート漏洩の原因とされている。但し、熱変形による影響も大きく、これらの現象を考慮して設計を行うことが求められる。

マルテンサイト変態については、素材又は半加工の段階で液化窒素（-196℃）に浸漬し、予め変態を起こし、変形のリスクを一部緩和する処理を行うことがある。これらの処理を**サブゼロ処理**(SUB-ZERO TREATMENT)と呼び、バルブメーカーが処理基準を定め、どの部品の範囲まで実施するか決定する。

(5) 試験方法(Test Method)

1) 試験前検査(Prior to testing)

低温試験を実施する前に対象バルブは、室温にて前述した圧力検査を実施し、合格したバルブを低温試験に進める。この場合の試験流体は、窒素ガス又はヘリウムガスを用いることを推奨する。水圧により確認した場合は、バルブ内部の乾燥を徹底する必要がある。特にパッキン、ガスケットに侵入した水を取り除くことは困難である。

ほこり、ゴミ、油等の異物を排除し、クリーンな環境で試験治具を取付ける。

また、低温試験前に全てのボルト・ナット(Bonnet Bolting/Gland Bolting)が規定のトルクで締め付けられているか確認し、記録する。規定トルクは、バルブメーカーが算出し、提示されなければならない。

2) 液化窒素への浸漬(Cooling Down)

・試験治具を取付け、低温槽に移動したら配管系のパージをヘリウムで行い、内部の湿気を除去する。大型のバルブでは必要に応じて、デューポイントを計測し、低温下で結露しないことを確認する。

・次に配管系を 0.2MPa のヘリウムで加圧し、接続部からの漏れがないかヘリウムデテクターを用い確認する。この場合の漏れ量は、購買仕様書に記載されている許容漏れ量以下とする。

・湿気及び漏れが無いことを確認したら液化窒素を低温槽に注入する。

注意) 液化窒素は低温槽及びバルブが冷えるまで沸騰しますので、低温槽の中、及び周辺は酸素不足になります。酸素濃度計を準備し、周辺の酸素濃度を計測し窒息しないように換気し、安全に配慮すること。



3) 低温試験手順(Cryogenic Test Method)

BS6364 を参考として記述 :

・ 液化窒素を規定の高さまで満たしたら、計測温度が安定するまで少なくとも 1 時間保持する。

*Shell MESC SPE 77/300-2007 では、安定するまで 5 分保持し、バルブ内部の温度が-190℃以下になれば (試験温度が-196℃の場合) 試験開始できる。他の試験温度の場合は、規定試験温度の 5 % もしくは 5℃のどちらか高い差の温度になった時点で開始できる。

・ 弁座試験圧力段階(Increment Test Pressure)

BS6364 では、下記圧力段階で各呼び圧(Nominal Pressure)の Rating Pressure (Max. Allowable Working Pressure / MAWP)の 2 0℃の最大圧力まで加圧する。

Nominal Pressure Class (PN)	Increment Pressure (MPa)
Class 150 (PN 20)	0.35
Class 300 (PN 50)	0.75
Class 600 (PN 100)	2.00

例えば、Body 材質 CF8M の 2 0℃の ASME B16.34 の Rating Pressure は、

Class 150 : 1.90 MPa, Class 300 : 4.96 MPa, Class 600 : 9.93 MPa

unit: MPa

Class	1st. Step	2nd. Step	3rd. Step	4th. Step	5th. Step	6th. Step
150	0.35	0.70	1.05	1.40	1.75	1.90
300	0.75	1.50	2.25	3.00	3.75	4.96
600	2.00	4.00	6.00	8.00	9.93	N/A

Shell MESC SPE 77/300-2007 では、(CF8M)

unit: MPa

Class	LP seat	1st. 35% MAWP	2nd. 70% MAWP	3rd. 110% MAWP	HP seat 100%
150	0.2 / 0.7	0.665	1.33	2.09	1.90
300	0.2 / 0.7	1.736	3.472	5.456	4.96
600	0.2 / 0.7	3.476	6.951	10.923	9.93

・ 作動試験(Operation Test)

BS6364 では、各段階で 2 0 回の Open/Close を行い、最初と最後に Open/Close の操作トルクを測定する。操作トルクの上限值は、ハンドル操作力に換算して、350N としている。

Shell MESC SPE 77/300-2007 では、LP seat で 5 回、HP seat で 1 5 回の Open/Close90%を行い、最初の 1 回目にトルク測定を行う。操作トルクの上限值は、ハンドル操作力に換算して、350N としている。

作動試験は、Check Valve を除く。

・ 弁座漏れ試験(Incremental Pressure Seat Leakage Tests)

BS6364 では、各圧力段階で試験を行い、下記許容漏れ量以下であること。

Gate & Globe Valves : 100 mm³/s × DN.

Check Valves : 200 mm³/s × DN.

(Check Valve を除き、締付トルクは、バルブメーカーにより定められた値以下であること。)

試験時間(Test Duration) : 特に定めていない。

Shell MESC SPE 77/300-2007 では、各圧力段階で試験を行い、下記許容漏れ量以下であること。

Gate & Globe Valves : 80 mm³/s × DN.

Check Valves : 160 mm³/s × DN.

(Check Valve を除き、締付トルクは、バルブメーカーにより定められた値以下であること。)



Wings Corporation

Title: 工業用バルブの検査概論 (改訂版)
<http://wingshome.co.jp/introduction.html>
e-mail: info@wingshome.co.jp

Doc. No. : WD14-001

Rev. No. : 0c1

Sheet 122 / 138

試験時間(Test Duration) :

unit: Minutes, Minimum

Valve Sizes	LP seat	3 Steps	HP seat
DN 15 -- 400	5	5	5
DN 450 -- 600	5	5	10
>DN 600	10	10	15

・ 耐圧試験(Shell Test)

BS6364 では、各圧力段階で Gland 部及び Body/Bonnet Joint より目視による漏れがないこととしているが、具体的な方法及び許容漏れ量の規定はない。

Shell MESC SPE 77/300-2007 では、100% MAWP の圧力で Gland 部及び Body/Bonnet Joint からの漏れの FE 試験を実施し、確認する。試験方法は、4.5 項の漏れ試験にも記載しています。

試験時間(Test Duration) :

unit: Minutes, Minimum

Valve Sizes	Class 150	Class 300	Class 600
DN 15 -- 40	10	10	10
DN 50 -- 150	10	10	15
DN 200 -- 400	10	10	15
DN 450 -- 600	10	10	15
>DN 600	15	15	20

許容漏れ量(Allowable Leakage Rate) :

Stem Seal Area;

Class A(HS): $\leq 1.78 \times 10^{-8} \times \text{Stem Diameter(mm)} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$

Class B: $\leq 1.78 \times 10^{-7} \times \text{Stem Diameter(mm)} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$

Gasket Seal Area;

Class A(HS): $\leq 1.78 \times 10^{-9} \times \text{Perimeter of the Gasket (mm)} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$

Class B: $\leq 1.78 \times 10^{-8} \times \text{Perimeter of the Gasket (mm)} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$

参考 :

1) 低温試験後のバルブは、半開後、圧力を 0.2MPa 程度内封し、室温になるまで自然放置する。低温試験直後にバルブを開放すると室温との差で結露を生じ、内部に水分を含んでしまいます。また、室温に戻し、再度弁座漏れ試験及び耐圧試験を実施する場合があります。Prototype Test では、分解し、部品等の損傷の有無を確認する。

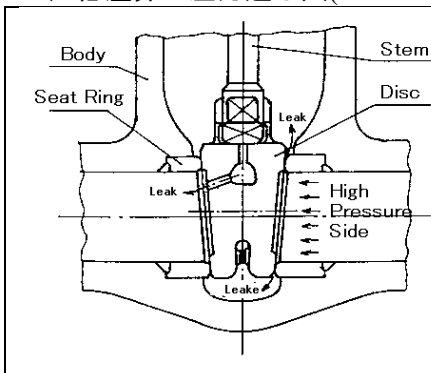


2) Disc Seat 面の研磨の違い ;



左が一般弁、右が低温弁のシート面を示している。表面粗さは各バルブメーカーの製作基準による。

3) 低温弁の圧力逃し穴(Pressure Relief Hole)の注意点



Cryogenic 用 Gate Valve の Disc には、異常昇圧防止用に左図のように穴を開けている。そのため圧力を左図に示すように穴と反対側から加圧すると穴(Pressure Relief Hole)を通して一次側にリークします。通常は、バルブの穴側に”High Pressure Side”又は”Vent Hole Side”と表示しています。配管する場合でも全閉した場合のシール方向に注意する必要があります。



4) 低温弁の BackSeat の位置

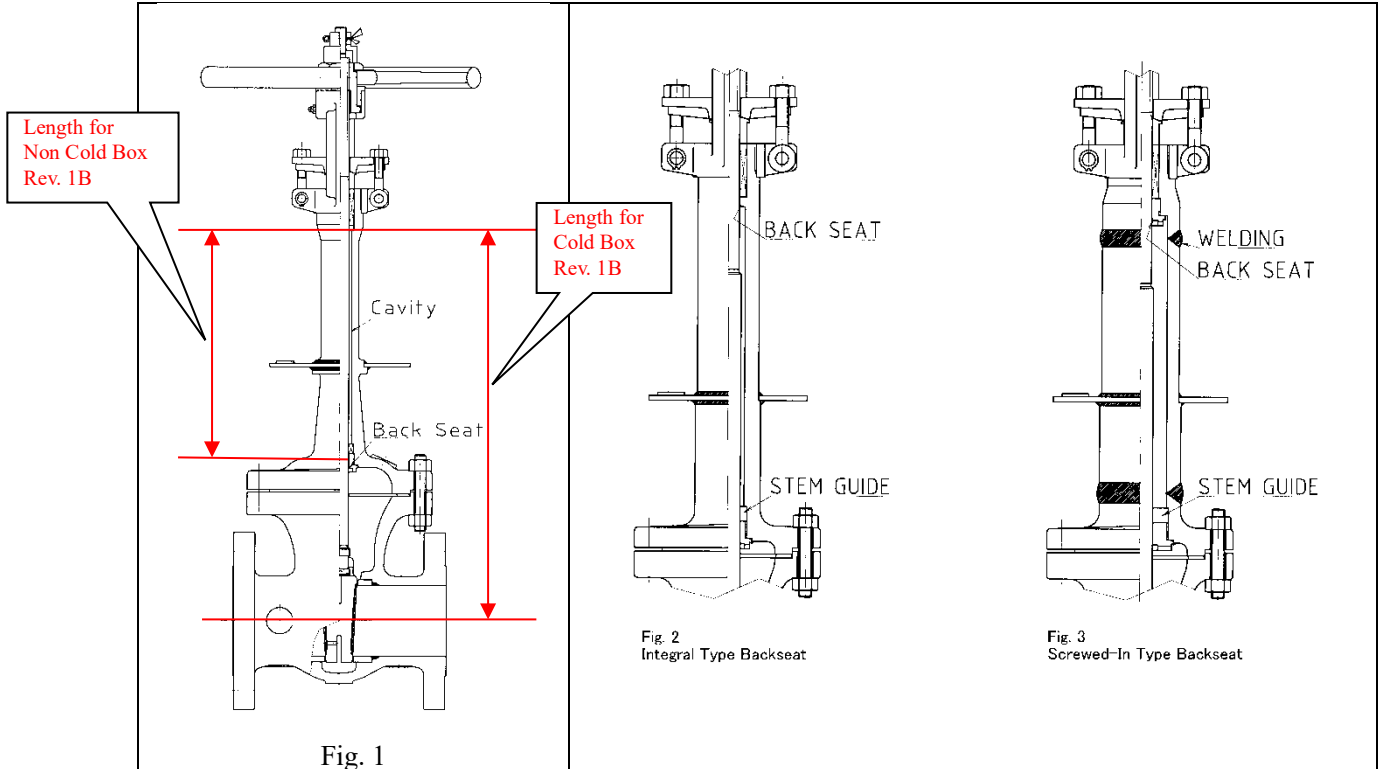


Fig. 1

Fig. 2
Integral Type Backseat

Fig. 3
Screwed-In Type Backseat

通常 BackSeat の位置は、Fig.1 に示す位置が一般的であるが、Shell は Fig.2 又は Fig.3 を規定している。理由は、Long Bonnet の Cavity 内に液化ガスが入り、BackSeat を使用した時に異常昇圧によるリスクを防止する目的である。デメリットは製作精度が要求され、BackSeat が漏れた場合、補修が難しくなる。配管取付後のバルブの BackSeat を使用するケースは極めて限られると判断します。まして、加圧中の Packing 交換は禁止されていますので、著者は Fig.1 の位置を推奨します。



5) 低温弁の Long Bonnet の長さ
各規格、規定により次のように最低長さを定めています。

* BS6364 :

下記の長さは、上図 Fig.1 のバルブ口径中心線からの長さです。

Table 1: Minimum gland extension length for cold box applications

Type	Gland extension length (min.) for nominal size DN:														
	15	20	25	38	50	80	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Globe	500	500	500	600	600	700	700	700	750	850	850	-	-	-	-
Gate	500	500	500	600	600	700	700	750	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
Ball	500	500	500	600	600	700	700	-	-	-	-	-	-	-	-
Butterfly	-	-	-	-	-	-	700	700	700	750	800	850	850	900	950

注意 :

上記 Table 1 はバルブ Body を Cold Box 内に設置する場合の長さで、Non Cold Box の場合は、Min.250mmと規定されています。(Fig.1 参照)

* SHELL MESC SPE 77/200-2007 :

The vapour space for rising stem valves is defined as the distance between the bottom of the packing box and the top of the lower bonnet bush. The vapour space for quarter turn valves is defined as the distance between the bottom of the packing box and the top of the lower stem bearing.

Table 1 - Minimum vapour space length (bonnet extension)

Minimum design temperature		DN (NPS)	Min	15	40	80	150	250	350	450	700	900
Min	Max			(½)	(1½)	(3)	(6)	(10)	(14)	(18)	(28)	(36)
°C	°C	Minimum vapour space length	Max	25	50	100	200	300	400	600	800	1200
(°F)	(°F)			(1)	(2)	(4)	(8)	(12)	(16)	(24)	(32)	(48)
-196	-110	mm (in)		200	250	300	350	400	450	500	550	600
(-321)	(-166)			(7.9)	(9.8)	(11.8)	(13.8)	(15.8)	(17.7)	(19.7)	(21.7)	(23.6)
-109	-50			100	125	150	175	200	250	300	350	400
(-165)	(-58)			(3.9)	(4.9)	(5.9)	(6.9)	(7.9)	(9.8)	(11.8)	(13.8)	(15.8)
-49	-30			100	125	150	175	200	225	250	275	300
(-57)	(-22)			(3.9)	(4.9)	(5.9)	(6.9)	(7.9)	(8.9)	(8.9)	(10.8)	(11.8)

備考) 低温弁は上記 Vapour Space の効果を保つために、低温弁は水平配管で Stem が垂直の姿勢が一般的で、Stem 垂直に対して、BS6364 は± 15度、MESC SPE 77/200 は± 30度の範囲を許容している。



Wings Corporation

Title: 工業用バルブの検査概論 (改訂版)
<http://wingshome.co.jp/introduction.html>
e-mail: info@wingshome.co.jp

Doc. No. : WD14-001

Rev. No. : 0c1

Sheet 126 / 138

* MSS SP-134-2006a Valves for Cryogenic Service Including Requirements for Body/Bonnet Extensions :

Table 1B Body/Bonnet Extension Length Metric Units

Dimensions are in millimeters

Size DN	Rising-Stem Valves		Quarter-turn Valves	
	Cold Box	Non-Cold Box	Cold Box	Non-Cold Box
15	425	300	400	200
20	425	300	400	200
25	425	300	400	200
40	500	350	500	225
50	500	400	500	250
80	600	450	550	300
100	650	550	600	350
150	750	600	600	425
200	900	700	650	450
250	1000	800	700	600
300	1150	900	800	700

Dimensions – Centerline of valve to top of stuffing box
See Section 7 and Figures 1, 2, 3, & 4

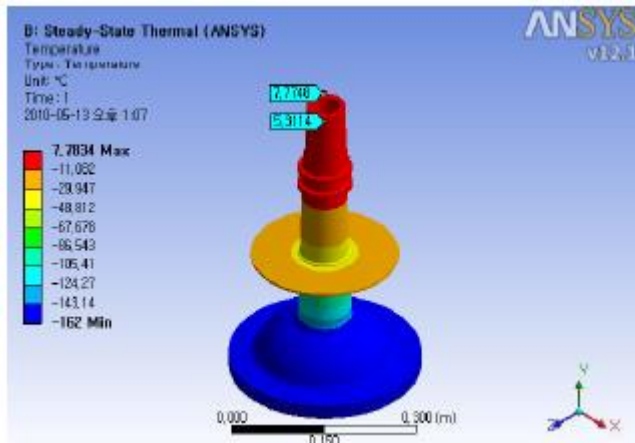
注意：長さの基準は、バルブ口径中心線から Stuffing Box の Top になっています。
BS 及び MESC と異なります。

* その他

Cryogenic Service の流体を流した場合の Stuffing Box の温度について規定がないと思われるが、一般的には Packing 部が氷結しない温度が目安となっています。

Stuffing Box の温度の検証については、通気法等による実験で求める方法と最近では有限要素法 (ゆうげんようそほう、Finite Element Method, FEM) を用い温度解析を行うことができます。

FEM 解析例：





8.2.2 高温試験(High Temperature Test)

高温試験の方法には、バルブ内部に①加熱蒸気又は高温のガスを通す方法とバルブの外側を②電熱コイル等で巻き加熱する方法がある。

安全弁の吹き出し試験を除き、一般弁では Prototype Test を特別に要求される以外は実施されるケースが少ない。20年前は日本バルブ工業会でボイラー試験場を保有し、各社高温・高圧弁等の機能検査を実施したケースもあった。



上記写真は、バルブに局部加熱用のコイルを巻き保温材を取り付けた状態。

試験方法は、一般的に低温試験同様、バルブ内部の温度が規定温度の範囲内になったら、作動、弁座漏れ、耐圧確認を行う。それぞれの試験方法及び規定漏れ量は、発注仕様書で明確にする必要がある。



参考： 概算の熱量計算の参考例

(Class150-6” Gate Valve CF8 の場合の計算例。メーカーにより数値は異なります。)

条件：加熱温度 200℃、流体：ヘリウム

① バルブ内ヘリウムの加熱に要する熱量：

$$W1=1.16 \times C1 \times d1 \times V1 \times \Delta t$$

C1：ヘリウム比熱=1.25 kg*cal/(kg*°C)

d1：ヘリウム密度=0.178 kg/m³

V1：バルブ体積 大雑把で 0.006 m³

Δt：0℃から200℃まで加熱

∴W1 約 0.31 W

② バルブ本体を加熱に要する熱量：

$$W2=1.16 \times C2 \times d2 \times V2 \times \Delta t$$

C2：ステンレスの比熱=0.118 kg*cal/(kg*°C)

d2×V2=110 kg (Body&Bonnet 素材重量)

Δt：0℃から200℃まで加熱

∴W2 約 3010 W

③ バルブ表面の放熱量：

$$W3=A \times Q$$

A：バルブ表面積 約 0.68 m²

Q：放熱損失係数 保温なし：3400 W/m²

∴W3 約 2312 W

総合電力： 1時間で200℃まで加熱に必要な電力量は、約 5.3 kW

Class150-6” Gate Valve CF8 の場合：

5時間で200℃まで加熱する条件で、約 1.06 kW のヒータを巻けば試験の目安となります。