国産の呼び外径305 mm ベーカブルナイフエッジフランジと 欧米製ガスケットの組合せ使用におけるシール信頼性*

黒河内 智^{*1}・菊地 俊雄^{*2}・秋道 斉^{*3}・平田 正紘^{*3}

Seal Reliability of the Combination of ConFlat Type Bakable Knife-edge Flanges in Nominal Diameter of 305 mm Conforming to JVIS 003 and a Gasket of Compatible with ISO 3669

Satoshi KUROKOUCHI^{*1}, Toshio KIKUCHI^{*2}, Hitoshi AKIMICHI^{*3} and Masahiro HIRATA^{*3}

^{*1}Vacs SEV Co., Ltd., 2-23-9, Yaguchi, Ohta, Tokyo, 146-0093 Japan

^{*2}ANELVA Technix Corporation, 8532-28, Narusawa-mura, Minamitsuru-gun, Yamanashi Pref., 401-0397 Japan

^{*3}National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 1-1-1, Umezono, Tsukuba, Ibaraki, 305-8568 Japan

(Received October 27, 2004, Accepted January 8, 2005)

While a lot of commercially available knife-edge bakable flanges interchangeable with ConFlat type sealing system have been widely circulated and applied in UHV apparatus, their compatibility is occasionally missed in mating flanges with a nominal outer diameter of 305 mm owing to the difference of detailed dimensions between JVIS 003 and ISO 3669 standards; the dimension of gasket end in JVIS 003 is 0.3 mm larger than that of ISO 3669. In the combination of a flange of ISO 3669 with a gasket of JVIS 003, the outer rim of the gasket is larger than the gasket end on flange. On the contrary, the combination of a flange of ISO with a gasket of ISO 3669 makes a gap of approximately 0.6 mm at its maximum between the gasket end on the flange and outer rim of the gasket. Influence of this mismatching in dimensions on sealing performance was studied experimentally. While combinations required a relatively higher tightening torque, reliability in sealing was not loosed under careful tightening.

1. はじめに

欧米メーカー製の呼び外径305 mm CF型ベーカブルナイフエッジフランジ（以下、単にCF型フランジとする）と日本製ガスケットを組合せた場合、ガスケットの外径が僅かに大き過ぎてフランジに嵌らないことがある。呼び外径305 mmのCF型シール機構において、このような寸法互換性の不備が存在する背景には、CF型フランジの寸法と形状を指定した日本真空協会規格JVIS 003¹⁾の制定が、シール部範囲やボルト穴径、厚さ等の主要部寸法のみを規定した国際規格ISO 3669²⁾の制定よりも4年ほど先行し、結果的に、先発のJVIS規格と後発のISO規格との間で寸法指定が異なってしまった、という事情がある^{3,4)}。

互換性不備の原因となる部分の模式図をFig. 1に示す。またTable 1に、現行のJVIS 003及びISO 3669で指定されているフランジS部の寸法、JVIS 003によるガスケット外径の指定寸法、及び後で述べるISO 3669最新改訂案に記載された呼び外径305 mmフランジのS寸法とガスケット外径をまとめた。JVIS 003中のS部寸法指定基準値は、呼び外径34 mmから253 mmまでは現行のISO 3669と同じか、もしくは0.1 mmだけ小さい。実際に、これらのサイズについては、市販の製品間で決定的な寸法の相違があるという報告例はなく互換性は良好といえる。しかし呼び外径305 mmの

Fig. 1 Dimensions on the sealing faces of CF type flanges conformed to JVIS 003 or ISO 3669 in nominal diameter of 305 mm.

フランジについては、JVIS 003ではS部が273.4 mm、ガスケットの外径が273.3 mmと指定されているのに対し、ISO 3669によるS寸法の規定値は273.0 mmとなっており、JVIS 003に準拠したガスケットを嵌められないことがわかる。現在市販されている欧米製フランジの中には273.0 mmを超えるS部寸法をもつものもあるが、やはり273.3 mm以上のものは稀であり、JVIS 003準拠型ガスケットとの互換性は良いと言えない。

ISO 3669については、ISO/TC112技術委員会による改訂準備作業が2004年初頭から始められており、日本からも専門家が参加して活発な議論がなされている。しかしTable 1に示したように、2004年1月に配布された最新の改訂原案では、呼び外径305 mmフランジのS部寸法が273.1 mm、ガスケットの外径は272.9 mmという規定寸法案が提示されており、依然としてJVIS 003との整合が得られる見通しはない。確かに、両規格間の不整合に起因する互換性不備の間

* 平成16年10月28日 第45回真空に関する連合講演会で発表

^{*1} 株式会社バックス・エスイーブイ（〒146-0093 東京都大田区矢口2-23-9）

^{*2} アネルバテクノクス株式会社（〒401-0397 山梨県南都留郡鳴沢村8532-28）

^{*3} 独立行政法人産業技術総合研究所（〒305-8563 茨城県つくば市梅園1-1-1）

Table 1 Specified dimensions of S and outer diameter of gaskets in JVIS 003, ISO 3669 and latest draft of ISO 3669 circulated at 2004/01/23. Tolerances for outer diameter of gaskets are not specified in JVIS 003. Present ISO 3669 does not specify any dimensions of gasket

Nominal diameter (mm)	Outer Diameter of gasket (mm)	S of flange (mm)	
	JVIS 003	JVIS 003	ISO 3669
34	21.3	21.4+0.1, -0	21.4+0.05, -0
54	34.9	35.0+0.1, -0	(no specification)
70	48.2	48.3+0.1, -0	48.3+0.06, -0
114	82.4	82.5+0.1, -0	82.6+0.09, -0
152	120.5	120.6+0.1, -0	120.7+0.1, -0
203	171.3	171.4+0.1, -0	171.5+0.1, -0
253	222.1	222.2+0.1, -0	222.3+0.12, -0
	273.3	273.4+0.1, -0	273(.0)+0.13, -0
305	ISO draft (2004/01/23) : 272.9+0, -0.5	ISO draft (2004/01/23) : 273.1+0.2, -0	

Table 2 Dimensions of test flanges and gaskets

Test Flange/Gasket	Dimension S/Outer Diameter (mm)
Blank-off Flange I	273.21
Blank-off Flange J	273.45
305/70 Reducer Flange	273.45
Gasket I	272.78
Gasket J	273.24
Gasket T	272.87

Fig. 2 Diagram of experimental set-up.

題は日本固有のものであり、国際規格である ISO 3669 の改訂案を JVIS 003 に整合させるよう働きかけるよりも、JVIS 003 のガスケット外径指定を見直すほうが問題解決のための対策として現実的であろう。実際に、現在市販されている日本製ガスケットの中には、S 部寸法が 273.0 mm である ISO 3669 準拠型フランジとの互換性を得るために、外径を JVIS 003 指定外の 272.8 mm 程度としたものも多い。

しかし一方、上記のように外径を小さくしたガスケットを JVIS 003 準拠フランジと組合せた場合には、フランジの S 部とガスケット外周の間に最大 0.6 mm 程度の間隙ができ、部分的なキャプチャ不全によってリークが発生する可能性がある。また、JVIS 003 準拠フランジと ISO 3669 準拠フランジの間に挟んだときには、互いの S 部寸法の違いに伴うナイフエッジ頂部のずれによりガスケットが屈曲し、シール面圧が低下する恐れがある。このようなシール特性上の問題が実際に発生するか否かを確認するため、国内外数社が供給する呼び外径 305 mm の CF 型フランジとガスケットを組合せ締結してベーキングを伴う排気実験を行い、JVIS 003 準拠型と ISO 3669 準拠型のフランジ及びガスケットを混在使用した場合のシール信頼性について調べた。

2. 実 験

呼び外径 305 mm の JVIS 003 準拠国産ブランクフランジ J と 305/70 mm 変換フランジを各 1 枚、米国製 ISO 3669 準拠ブランクフランジ I を 1 枚、JVIS 003 に準拠した国産ガスケット J と ISO 3669 準拠フランジに嵌められる外径の米国製ガスケット I を各 1 種類用意し、これらの組合せと実験条件を様々に変えて排気実験を行った。また国産のテーパシール型ガスケット T^{5,6)}についても補足的に実験対象とした。各フランジの S 部寸法とガスケットの外径を **Table 2** に示す。実験に用いた国産フランジの S 部寸法実測値は全て JVIS 003 指定寸法の公差範囲内である。米国製フランジ

の S 部寸法は現行の ISO 3669 規定値外だが、最新改訂案に示された寸法の公差内に収まっている。

Fig. 2 に示す構成の実験装置の最上流に、実験対象フランジとガスケットを床面と平行に設置し、上下のフランジを可能な限り相互にずらした状態で、ステンレス鋼製 M8 ボルト 32 本を使用して締結した。全てのボルトのネジ部には窒化ボロンを基材とした焼き付き防止ペーストを一様に塗布し、実験中に締結トルクと軸力の関係が変化しないよう留意した。締結トルクはトルクレンチで管理し、7.5, 12.5, 17.5 Nm のいずれかのトルクでボルト締結を完了した。締結完了後、排気中に 250℃・2 時間のベーキングを 1 回もしくは 3 回、実験対象フランジとガスケットに対して行い、ベーキング中とその前後において随時ヘリウムリーク検査を行った。試験中、ボルトの増締めは行っていない。排気試験終了後に締結済みガスケットを取り外して、上下フランジのナイフエッジ頂部位置ずれによるガスケットの捩れ変形を観察した。

3. 結果と考察

実験時のフランジとガスケットの組合せパターン、締結トルク、ベーキング繰り返し回数、シール完成時の締結トルク、ベーク中及びベーク後のリークの有無、上下フランジのナイフエッジ頂部の最大ずれ幅、及び、その頂部接触位置のずれが最も著しい箇所でのガスケットの捩れ角度を **Table 3** に示す。フランジ I にガスケット J は嵌まらないことが確認できたので、この組合せによる実験は行っていない。

JVIS 003 準拠型のフランジとガスケット同士を組合せた場合は例外なく 7.5 Nm の締結トルクでシールが完成したのに対して、ガスケット I を締結した場合はシール完成のために 12.5 Nm の締結トルクを必要とした事例が存在し、その数はブランクフランジ J 使用時に 1 例、I 使用時に 2 例とな

Table 3 Experimental conditions and results of the tightening tests

Test Condition				Result			
Accompanied blank-off flange	Tightened gasket	Accomplished tightening torque (Nm)	Repetition times of baking	Tightening torque for sealing (Nm)	Detectable leakage during and after baking	Maximum displacement of knife edge tips (mm)	Maximum distorted angles on gasket (deg.)
Flange J	Gasket I	7.5	1	7.5	None	0.67	1.8
		17.5	1	7.5	None		3.6
		12.5	3	12.5	None		3.6
Flange I	Gasket I	7.5	1	7.5	None	0.81	2.4
		17.5	1	12.5	None		4.2
		12.5	3	12.5	None		4.2
Flange J	Gasket J	7.5	1	7.5	None	0.21	0.7
		17.5	1	7.5	None		2.0
		12.5	3	7.5	None		2.0
Flange J	Gasket T	7.5	1	7.5	None	0.58	—
Flange I		17.5	1	7.5	None		—
Flange J		12.5	3	7.5	None		—

っている。また、締結されたガスケットの局所的な振れの角度も、ガスケット J の場合、つまり JVIS 003 準抛型のフランジとガスケット同士を組合せて締結した時に最も小さく、ガスケット I をブランクフランジ J と組合せた時には同じ実験条件において 1.8-2.6 倍、フランジ I との組合せでは 2.1-3.4 倍となり、向き合う 2 枚のフランジのナイフエッジ頂部位置が相互に大きくずれるほどガスケットの振れも大きくなっている。これらの、シール完成時の締結トルクとガスケット振れ角度の関連から、ガスケット I 締結時にシール完成のための締結トルクが若干大きくなった理由は、ナイフエッジ頂部の接触箇所がガスケットの表と裏で大きくずれることに起因するガスケットの局所的な振れによってシール面圧の損失が起これ、その損失分を補償するために締結力の増分が必要となったからであると推察できる。しかし、12.5 Nm という締結トルク値は常用トルクの間中程度と認められるものであり、ガスケットの振れによる締結力の損失はシールを困難にするほど大きなものではない。

また、ガスケット I を締結した場合には、組み合わせられたブランクフランジが I または J のいずれであっても理想的なキャプチャが望めず、かつ、そのような状態において、ガスケット材料の無酸素銅を軟化させるのに十分な 250℃ の温度でベーキングされたにも関わらず、排気実験中にリークが発生した事例は全くない。このことから、フランジの S 部寸法とガスケット外径の差異に起因するキャプチャ不足によってシール信頼性が著しく低下することはないことがわかる。

これらの排気実験と締結済みガスケットの観察結果より、JVIS 003 準抛型と ISO 3669 準抛型のフランジ及びガスケットの組合せは、締結に際して 2 枚のフランジのアライメントやトルク管理等に慎重を期す必要はあるものの、JVIS 準抛型のみの組合せに比べ、そのシール信頼性において決定的に劣るものではないといえる。

ガスケット T 締結時は、組合せたブランクフランジが I、J のどちらの場合でも 7.5 Nm の締結トルクで例外なくシー

ルが完了し、ベーキング中と冷却時のリーク発生事例もない。この結果は、原理的にフランジのナイフエッジ頂部と接触せず、ナイフエッジ頂点周径が異なる 2 枚のフランジに挟まれた場合にもシール性能への悪影響を殆ど受けないというテーパードシール型ガスケットの特性が現れたものと解釈できる。

4. ま と め

呼び外径 305 mm の CF 型ベークブルシール機構について、JVIS 003 準抛型国産フランジとガスケット、JVIS 003 準抛型米国製フランジ、及び ISO 3669 準抛型フランジに嵌められる外径のガスケットを様々に組合せ、7.5-17.5 Nm のトルクで締結して 250℃ のベーキングを含む排気実験を行い、JVIS 003 準抛型と ISO 3669 準抛型のフランジ及びガスケットが混在する使用状況下でのシール信頼性について評価した。

JVIS 準抛型と非準抛型のフランジ及びガスケットを組合せた場合には、フランジのナイフエッジ頂部の接触箇所がガスケットの表と裏で大きくずれることがあり、そのような場合にはシール完成のために若干大きな締結トルクが必要となるが、ベーキングを含む排気試験でのリーク発生事例は皆無であった。

JVIS 準抛型と非準抛型の混在する状況でのフランジ締結では作業に慎重さが求められるが、組合せそのもののシール信頼性は実用上十分なレベルと認められる。

〔文 献〕

- 1) 日本真空協会：JVIS 003「真空装置用ベークブルフランジの形状・寸法」。
- 2) ISO 3669: 1986 Vacuum technology-Bakable flanges-Dimensions.
- 3) 規格標準部会第 2 小委員会：真空，31 (1988) 857.
- 4) 堀越源一：真空，26 (1983) 731.
- 5) 黒河内智，岡部政之，斉藤三良，篠田颯男，森田晋作：真空，42 (1999) 910.
- 6) 黒河内智，岡部政之，森田晋作：真空，42 (1999) 918.