アルフォイルフランジ

君 島 文 雄*

(昭和45年3月10日受理)

For AlFoil Flange

Fumio KIMIJIMA

(ULVAC. Corporation)

(Received Mar. 10 1970)

アルフォイルフランジは、アルミニウム箔をガスケットに使用していること、弾性域でのフランジの撓みを利用してガスケットを封じ込め気密を保持すると共に熱サイクルに対して追従を行うことが他の超高真空フランジと大きく異なる点である。

1963年、Batzer, Ryann¹⁾によって発表されたこの種のフランジは

- i) 構造が簡単で加工性が良く、シール面の再加工が容易にできること。
- ii) ガスケット材の入手が容易で、現場で手軽に成形できること。
- iii) 大口径(≈2m 口径)まで同一形状で延長ができる。

ことから多く使用されるようになった。

図1はアルフォイルフランジの断面形状と締付け後のガスケットの変形機構を巨視的に示したものである。緩い円錐形の部分がシール面であって、ボルトの締付け力によってフランジは撓みを生じ、シール面が略平行になるように弾性変形をする。

シール機構については圧着されたガスケットの断面を顕微鏡観察することによって確認された。図2はその断面写真である。シール面の内外周は同じ圧下率約30%代で押し潰され、中間に封じ込められたアルミニウム箔は高い圧力のまま保持されていることが分る。

気密に必要な締付けトルクは 400~450kg-cm であって、その時のガスケットに加えられる平均締付圧力は18~21kg/mm²に相当する。締付けトルクを一定(最大450kg-cm)とした場合の平均シール巾はフランジの口径によって区分されてをり、4B以下のフランジでは2.5

図1 アルフォイルフランジの断面形状

mm, 5B以上のフランジでは1.6mmになるよう撓み角が調整されている。

締付けボルトは円周上50mm 間隔に等配されてをり周長単位長さ当りの締付け力は 360kg/cm~530kg/cm である。

撓み角 $[\theta]$ および最大応力 $[\sigma_{\max}]$ の値は次式によって計算される²⁾。

$$\theta = \frac{M_t \cdot R_e}{E \cdot I \cdot \ln R/r_1} \quad [\text{rad}]$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_t \cdot R_e}{Z \cdot r_1 \cdot \ln R/r_1} \quad [\text{kg/cm}^2]$$

ここに

M_t : 周長当りのモーメント
[kg-cm/cm]

E : 弾性率[kg/cm²]

I : 断面二次モーメント

$$= bd^3/12 [\text{cm}^4]$$

$$Z: \text{断面係数} = bd^2/6 \quad [\text{cm}^3]$$

* 日本真空技術株式会社 (茅ヶ崎市萩園2,500)

表 1 アルフオイルフランジベークサイクルテスト結果

TEST No.	TEST JOINT DIA. × QT. (SET)	BAKE TEMP [°C]	BAKE TIME [Hr]	REPEATED CYCLE	USED GASKET	TIGHTEN TORQUE [KG-Cm]	REMARKS
1	18φ × 4 40A × 4 100A × 2	250	3	6	40-H 40-O 80-O	800 450	EXCHANGE NEWGASKET
		300	4	4			〃
		250	3	3			〃
		250	3	3			〃
		250	3	3			〃
	TOTAL		16	19			NO LEAK, GOOD
2	350A × 1	250	24	3	40-H	400	EXCHANGE NEWGASKET
		250	8	2			〃
	TOTAL		32	5			No LEAK, GOOD
3	600A × 1	250	114	50	40-H	250 430	AIR COOL TEST
		250	6	3			COLD WELD TEST
		300	8	1			COLD WELD TEST
		350	20	2			〃
							〃
	TOTAL		148	56			NO LEAK GOOD

表 2 アルミニウムハクの化学成分

JIS H 4192

アルミハク

名 称	質別	記 号	化 学 成 分 %			用途例
			不 純 物		Al	
			Si+Fe	Cu		
アルミニウム ハク	軟質	AlH-O	<0.70	<0.10	>99.3	コンデン サー、 包装用

JIS H 4192

高純度アルミニウムハク

名 称	質 別	記 号	化 学 成 分 %			用途例
			不 純 物		Al	
			Fe	Si+Cu		
高純度アルミニウムハク 1 種	軟質	AoH1-0	<0.004	<0.010	>99.99	電解コンデンサー用
		2 種 軟質	AoH2-0	<0.003	<0.080

図 3 アルフオイルガスケットの成形

図 4 アルフオイルフランジの締付け方法

図 2 圧着後のガスケット断面写真

シール面の表面あらさは $0.5 \sim 4.4 \mu$ の範囲で加工法を変え、ガスケットの厚さを $40 \mu \sim 100 \mu$ の間で組合せ試験を行ったが、共に $250^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$ の繰返しベークに耐

え良好な真空気密が得られている。現在 0.8μ の表面あらさと 40μ のガスケット厚さを規格値に定めているが実際には広い精度範囲で実用に耐えることが知られている。

表 1 は1964年アルフオイルフランジの商品化試験の一環として著者らによって行った。ベークサイクルテストのデータである*。

リークチェックは CEC 製ヘリウムリークディテイクター (感度 1×10^{-11} Torr l/sec) を用いてベーク後毎行われた。

ベークサイクルに耐えるのに必要な締付けトルクは常

* 君島, 大輪 第13回応用物理学関係連合講演会で発表 (1966)

図 5 アルフオイルフランジ標準寸法表

NOMINATION		PIPE DIMENSION		FLANGE DIMENSION		M _h	
A	B	G _h	d	C	D	T	N
25	1	34.0	15	34.3	60	85	13.5
40	1½	42.6	15	49.1	74	100	15.2
50	2	60.5	15	61.1	87	112	16.0
65	2½	76.3	20	77.1	103	128	17.0
80	3	89.1	20	90.0	116	141	18.0
100	4	114.3	20	115.4	140	165	19.0
125	5	139.8	30	141.2	167	192	21.0
150	6	165.2	30	166.9	193	218	22.2
200	8	216.3	30	218.5	244	269	24.0
250	10	267.4	30	270.1	296	321	27.0
300	12	318.5	40	321.7	347	372	29.0
350	14	369.6	40	372.2	399	410	31.0
400	16	420.7	40	423.5	436	461	32.0
450	18	471.8	40	474.6	487	512	33.0
500	20	522.9	40	525.7	539	564	35.0
550	22	574.0	50	576.8	590	615	37.0
600	24	625.1	50	627.9	641	666	38.0

温で真空気密になったトルクよりも少し高い 400~450 kg-cmが必要である。ボルトの締付けトルクが 450kg-cmの時、ベーク温度を 300°C 以上で長時間加熱すると、ガスケットがシール面に融着を起す。このような状態ではより完全な気密が得られる。しかし次の組立ての際に融着したガスケットは完全に取り除かなければならない。著者らの経験では、融着したガスケット上に25%の NaOH 溶液を滴下してしばらく放置してからガーゼで拭き取る方法が最も簡便であった。

その後、極低温領域および加熱温度を高温側に延長した状態での安定性を確かめる追越が行われた。液体窒素温度での試験では満足な結果が得られ、シール機構から見て他の U. H. Vフランジよりも優れた気密性を持っていると思われる。高温領域については、ガスケットの融着を承知の上で使用するのであれば 450°Cの繰返し使用が可能である。更に温度を上げた実験では550°C 以上の温度で20時間加熱後クリープによる永久変形が生じて来ることが観察された。これらの結果から実用上の温度領域を -196°C~300°Cと規定された。

ガスケットの材質は JIS 規格 H4191 アルミニウムハクまたは H-4192高純度アルミニウムハクのどちらでも良い。気密性におよぼすガスケット材純度の影響は見ら

れなかったが硬質より軟質材の方が良い。表2に各アルミニウム箔の化学成分を抜粋した*。

ガスケットの製作は各フランジに付属する保護フランジを型板にして図3のように外科用メスで簡単に成形できる。また、エッチング法を用いるときれいなガスケットを大量に作る事ができる。

エッチングによるガスケットの製作方法を簡単に述べると次のようになる。

- 白面ボール紙にガスケット現寸大の図を画く。
- ガスケット部分は黒く塗り潰す。写真撮影を行い現寸大のネガを作る。
- シルクスクリーンフィルムにネガを重ね合せ感光後過酸化水素液で現像し余分な部分は湯洗いで洗い落す。
- iii)で製作した膜を絹のメッシュに張り付け原形板を作る。
- 原形板をアルミニウムハクに重ね防蝕インクをハケ塗りする。アルミニウムハクの裏面にはニス塗って裏側からの腐食を防ぐ。
- 腐食液に漬けると数分でガスケットが出来上るエッチング後は防蝕インクを除去し、充分湯洗いで乾燥して使用することができる。

フランジの締付けはトルクレンチによって、対角対称順に全ての締付けボルトが均一なトルクになるよう順次増締めを行う。各トルクの段階は下記のように行うと良い

回数	締付けトルク	50kg-cm/周
1回目	〃	100
2回目	〃	150
3回目	〃	〃
4回目	〃	〃
5回目	〃	〃
6回目	〃	〃
7回目	〃	〃
8回目	〃	400

フランジの握みで、最初に締付けたボルトのトルクは 400kg-cm以下になるので最後に全数が 400kg-cm に締まっていることを確認しなければならない。

図5は著者の属する会社で標準機種として規格化され製作しているアルフオイルフランジの寸法表である。

〔文 献〕

- T. H. Batter, J. F. Ryan : 1963 (10th) Vac. Symp. Srans. 166 (1964)
- 片山健次郎, 北畠顯正訳 : 材料力学(コロナ社1955) P121.

* 日本規格協会 JISハンドブック非鉄 (1964) 438, 441.