

ULVAC Corporation

2500 Hagisono, Chigasaki-shi, 253, Japan

Abstract

A lot of aluminum U.H.V. components, such as metal seal flanges, angle valves, gate valves, sputter ion pumps, titanium sublimation pumps, a turbo molecular pump, cryo pumps, rotary motion feedthroughs, electrical feedthroughs, viewing ports and many kinds of fittings were developed with TiN ion plating technique. After their reliability tests, those aluminum components with TiN coating "ALTINE" were qualified to be used for ordinary U.H.V. equipments or systems.

## 1. はじめに

アルミニウム合金素材をベースに、ULVACの独自技術のイオンプレATING法<sup>1)</sup>により、TiN膜を表面に施した一連の超高真空用コンポーネント"ALTINE"シリーズを開発した。

アルミニウムは、鉄に次ぐ第2の実用金属でありながら、真空装置の基本材料に採用が始まったのは、つい最近のことである。それまでは、真空部品の一部に断片的に使われていたにすぎず、真空装置の構造体そのものは、鉄鋼でありステンレス鋼であった。

転機となったのが、高エネルギー物理学研究所のフォトンファクトリー計画およびトリスタン計画であった。当初は、残留放射能の問題から、アルミニウムが注目されていたにもかかわらず、開発が進むにつれて、一般の超高真空用コンポーネント用素材としても、アルミニウム合金が有用であることがわかってきた<sup>2)</sup>。イオンプレATING技術によって、超高真空技術の基本ともいえるべき、メタルシール・フランジのアルミ化の道が開け、注ぎ深い表面処理技術がアルミニウム素材表面から放出ガス量を減らすことに成功したからであった。

これらをベースに、超高真空装置を構成する数々の機能部品・コンポーネントのアルミ化が始まった。こうして生まれたALTINEシリーズには、メタルシール・フランジを初め、各種真空ポンプ、バルブ、電流導入端子、回転導入端子、フードスルーカラー、フィッティング、視窓、等を揃え、従来のステンレス鋼製超高真空コンポーネントに代替し得る内容になった。また、これらのコンポーネントを利用した実験装置も開発されつつある。スパッター装置<sup>3)</sup>および多機能蒸着装置はすでに市販されている。

本報告では、各部品の基本になっているメタルシール・フランジの信頼性試験データを中

心は、各種ALTIME コンポーネントを紹介する。

## 2. メタルシールフランジ

### 2.1 フランジ用合金

VARIAN 社の ConFlat 型を原型とするステンレス鋼製メタルシールフランジが超高真空コンポーネントに広く用いられていて、アルミニウム合金製フランジはこれと交換性を持たせることが重要であった。そのため、数ある高力アルミニウム合金の中から、次の選択基準に見合う Al-Si-Cu 系高力合金を選んだ。

- ① ナイフエッジ部の素材硬さがブリネル硬さ(HB)で 120 以上であること。
- ② 溶接ができること。高力合金の多くは、溶接時の熱歪と熱処理効果から、溶接割れが発生し易く、実質上溶接不能とされるものが多い。
- ③ 量産によるコストダウンを考慮して、鍛造加工が可能なこと。
- ④ 残留放射能を助長する微量成分を多く含まないこと。
- ⑤ 熱膨張係数がステンレス鋼に近いもの。

すでに、高エネルギー研では、サターンロケットの燃料用タンク材として米国で開発された 2219-T87 合金<sup>4)</sup>によって、メタルシールフランジを完成しているので、両者の比較を表 1 に示した。表 2 は、各元素についての主要アイソトープの半減期を示した。2219 合金には、半減期の比較的長い Zr, Ti が微量に配合されている。

表 1 メタルシールフランジ用合金の比較

	ALTINE 用 Al-Si-Cu系高力合金	2219合金
化学組成 (%)	Si Fe Cu Mg 10.8 0.2 2.5 0.27	Cu Mn Ti V Zr Fe 6.3 0.3 0.05 0.1 0.2 0.2
引張強さ (kgf/mm <sup>2</sup> )	46	48.5
耐力 ( " )	38	40.0
硬さ (HB10/500/30)	125	128
熱処理	焼入れ後人工時効(T6)	焼入れ後冷間加工を経て人工時効(T87)
鍛造性	良好	良
溶接性	良	やや悪い
耐食性	やや悪い	悪い
熱伝導度 (CGS)	0.36	0.29
熱膨張係数 (10 <sup>-6</sup> %)	19.6	22.3
cf SUS304	17.3	

表 2 各元素の主要アイソトープの半減期<sup>5)</sup>

元素	半減期
Al	2.27 min
Sb	60 days
Be	2.7×10 <sup>6</sup> years
B	0.03 sec
Cr	27.8 days
Cu	12.8 hr.
Fe	2.96 years
Mg	9.5 min
Mn	2.58 hr.
Mo	67 hr.
Ni	105 years
Si	2.62 hr.
Ti	72 days
V	3.76 min
Zr	65 days

## 2.2 メタルシールフランジの信頼性試験

ALTINE フランジのいくつかの基本的性能(①締付トルクとボルト張力の関係, ②ガスケットの締め代とトルク, ③曲げモーメント, ④シール性能)について、既に報告した<sup>6)</sup>以下、引き続き行った信頼性試験について述べる。

### (1) フランジ・エッジ部の耐久性試験

ガスケットを毎回新品と交換しての耐久性を調べた。試験要領と結果は、表3に示す通り、メタルシールフランジの代表的サイズである、径70mm(当社規格UFE070)について、目標回数の365回をクリアーし、途中、リーク発生は無かった。もっとも、過大な、ゴミ(毛髪、糸屑、紙繊維)の存在からリークにつながったケースを再三経験したため(ゴミはガスケットに食ひ込み、フランジエッジには損傷を与えない。)この点で注意を払っている。

### (2) フランジ締付トルクの低減による封止性能

引き続き、(1)で使用したフランジを用いて、フランジの締付トルクを変化させた時の封止性能を調べた。結果は、表4の通り、比較的低トルクで封止が実現した。しかし、実用上のトルク精度を考慮に入れると、50kgf・cmを推奨した。

### (3) ガスケットへの付け傷試験

硬さの異なる鉛筆にて、人為的に、ガスケットに引かき傷を付けて封止性能への影響を確認した。

表5 ガスケット傷と封止性能

鉛筆の芯の硬さ	リーク試験結果(フード法)
2H	合格
4H	"
6H	"
8H	"
9H	"
*金鋸	不合格

結果は、表5の通り、鉛筆傷は封止性能と鈍感であった。

(注)  
 ・硬さの異なる鉛筆にて、ガスケットの半径方向に与本の引かき傷をつける。  
 ・使用フランジ・ガスケット・ボルト・ナットは表3と同じ。

表3 フランジエッジの耐久性試験

要素	条件
使用フランジ	(A) UFE070-040 FH (B) UFE070-000 FH
使用ボルト&ナット	A0製 M6×6本
使用ガスケット	A0製, UFE070G2
締付トルク	50kgf・cm
ガスケットの交換	毎回新品
目標試験回数	365回
リークチェック	抜取り、ランダム 51回/365回 フード法(100secテスト)
使用者ガスケット観察	抜取り観察 ステラスコア(×70倍)
リークディテクター感度確認	ULVAC, DLMS-33 毎朝・昼・晩の3回
試験結果	
リークの発生	0回/抜取 <sup>*</sup> 51回
ディテクター感度	*365回目を含む $\lambda = 4.91 \times 10^{-10} \text{ Torr} \cdot \text{l/s}$

表4 締め付トルクの低減による封止性能

締め付トルク(kgf・cm)	繰返し回数(回)	リーク試験結果(フード法)
50	365	合格
40	1	"
30	1	"
20	1	"
10	1	不合格

\*使用フランジ、ガスケット、ボルト・ナットは表3と同じ。

### 3. その他のコンポーネントとバークサイクル試験

紙面の関係で外観写真と、アルミニウム製テストベンチでバークサイクル試験を行った結果のみを示す。テストベンチは冷却時(室温より湿かい)に  $2-3 \times 10^{-10}$  Torr (クライオポンプ排気のみ) に至る。バークサイクルを中断して、リーク試験を行った結果が表6。

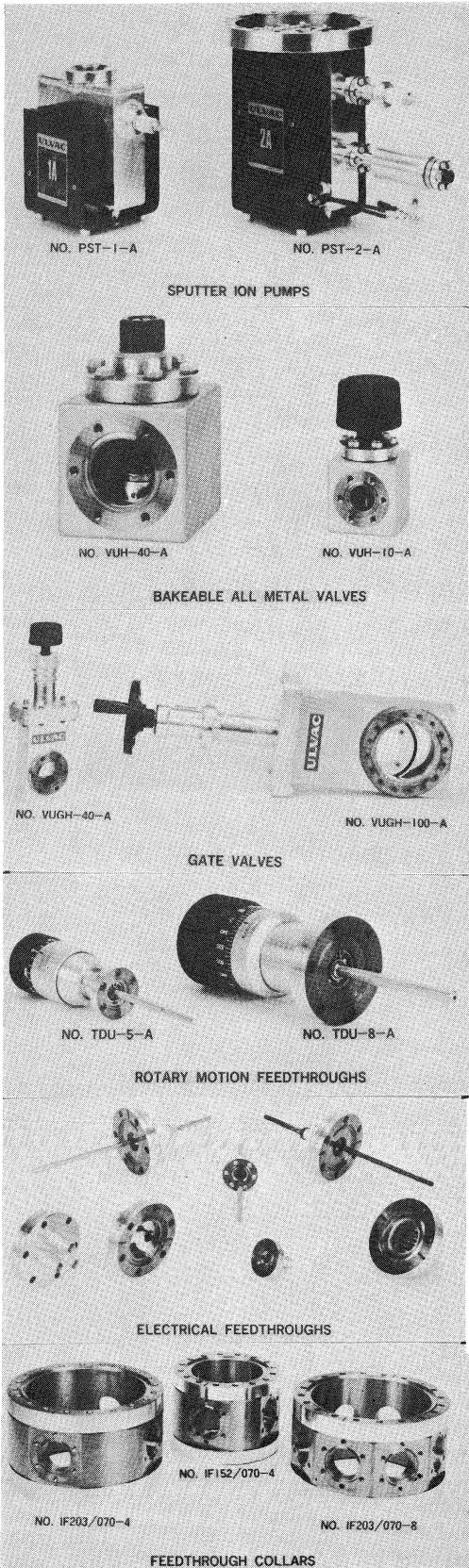


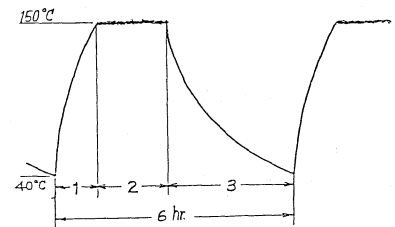
表6 各種コンポーネントのバークサイクル試験結果

NO	コンポーネント名・型番	バーク回数実績	リーク試験結果
	角バルブ		
1	VULH-10A	237	合格
2	VULH-40A	239	"
	視窓		
3	TVU-30A	242	"
4	TVU-30A2	99	"
	電流導入端子		
5	CMS 2DBNC・22PFA	242	"
6	CMS 2DBNC・3PFA	237	"
7	CMS 2DBNC・1PFA	242	"
8	CMS 5D20・1PFA	237	"
	回転導入端子		
9	TDU・5A	237	"
10	TDU・8A	237	"

リーク試験：フド法、100 sec

ディテクター感度：  $6.0 \times 10^{-10}$  Torr・ℓ/s

図1 テストベンチのバークサイクルモード



### 4. 参考文献

- 1) 林：日本国特許 公告 NO. 8358-32229
- 2) 石丸：核融合研究 48(1982) 293
- 3) 山川・由井・他：真空 28(1985) 166-171
- 4) ALCOA 社、私信
- 5) K.R. Van Horn：Aluminum vol. I P165, ASM, 1967
- 6) 平田・高木・他：真空, 28(1985) 337-340