大型アルミニウム合金製ターボ分子ポンプ*

金戸 成**・橋本祥一**・西出昭彦**
井口昌司**・及川 永**

(昭和59年1月20日 受理)

Large Aluminum Alloy TMP

Shigeru KANETO, Shōichi HASHIMOTO, Akihiko NISHIDE,
Masashi IGUCHI and Hisashi OIKAWA

(**Osaka Vacuum, Ltd., Hachioji, Tokyo)

(Received January 20, 1984)

1. はじめに

近年、核物理実験において、ターボ分子ポンプ (TMP) が数多く使われ始め、とりわけ、加速器やプラズマ、核融合実験装置においては、特に著しいものがある。これらの装置は年々大型化し、その排気系を構成する TMP も大型化を要求されている。そして冷却水を必要としない空冷の TMP の必要性も高まっている。ところで、こうした大きな装置を収容する建屋も大きくなり、十分な能力を持った空調設備が期待できない。また、装置を加熱脱ガスする時の発熱で、TMP を配置する環境温度が設計温度よりも高くなることが多い。一方、装置を設計する上から、TMP の軽量化が必要になって来ている。これらの問題を解決するために、主要部分のほとんどに、アルミニウム合金を使用した大型の TMP を開発したので報告する。

2. 吸入ガス温度との性能

分子の最大確率速度 $v_m = \sqrt{2RT/M}$ 、翼速度 V とすると、翼速度比 $C = V/\sqrt{2RT/M}$ となる。この翼速度比と最大排気速度効率 $H_{\max}$ の関係を Fig. 1 に、翼速度比と最大圧縮比 $(P_1/P_2)_{\max}$ の関係を Fig. 2 に示す¹⁾。Fig. 1, Fig. 2 中のパラメータ α は翼の角度を示す。図より、 C が 1.0 未満の領域では、 C が大きいほど、 $H_{\max}$ や $(P_1/P_2)_{\max}$ が大きい。一般に TMP は C が 0.1~1.0 の間であるから、分子温度 T が高くなると、 C が小さくなる。したがって、 $H_{\max}$ や $(P_1/P_2)_{\max}$ が小さくなる。一方、空冷の TMP の場合、TMP の環境温度が高くなると、TMP の各部温度が上昇する。当然、動翼や静翼の温度も高くなる。したがって吸入された分子は、これらの翼と熱交換して温度が上昇する。そのために、あたかも翼速度が低くなったのと同じ結果となる。特に軽い気体である H_2 や He を排気する場合、圧縮比が低下すると、排気速度もまた低下する。排気速度を低下させないようにするには、補助排気速度を大きくする必要がある。こうした

$P_2)_{\max}$ が大きい。一般に TMP は C が 0.1~1.0 の間であるから、分子温度 T が高くなると、 C が小さくなる。したがって、 $H_{\max}$ や $(P_1/P_2)_{\max}$ が小さくなる。一方、空冷の TMP の場合、TMP の環境温度が高くなると、TMP の各部温度が上昇する。当然、動翼や静翼の温度も高くなる。したがって吸入された分子は、これらの翼と熱交換して温度が上昇する。そのために、あたかも翼速度が低くなったのと同じ結果となる。特に軽い気体である H_2 や He を排気する場合、圧縮比が低下すると、排気速度もまた低下する。排気速度を低下させないようにするには、補助排気速度を大きくする必要がある。こうした

Fig. 1 Maximum speed factor vs blade velocity ratio

* 昭和58年11月2日 第24回真空に関する連合講演会で講演(2Ba-5)

** (株)大阪真空機器製作所 (八王子市栢田町1221)

性能の劣化を防ぐために、熱伝導のよいアルミニウム合金を多用すると同時に、潤滑油の循環量をも調節して発熱量を小さくし、環境温度が上昇しても、内部の温度上昇が小さくなるようにした。

3. 構造

従来の材質を用いた大型 TMP, TH5000 の断面構造図を Fig. 3 に示す。また、アルミニウム合金製の大型 TMP, TH5001 のそれを Fig. 4 に示す。

Fig. 3 に示した番号①～⑥が、ステンレス鋼または炭素鋼である。①が回転軸を内蔵するハウジングで、従来

Fig. 2 Maximum compression ratio vs. blade velocity ratio

型は水冷パイプを巻いて冷却している。今回開発したアルミニウム合金製大型 TMP, TH5001 は、①～⑥までを全てアルミ化したものである。アルミニウム合金は、A 6061, A 5052, A 2017 等である。油ダメもアルミ合金化し、油の冷却を容易にした。Fig. 4 のハッチングを施した部分が、アルミ化できない部分で、軸や、ベアリング、ベアリングケース、モーターロータ、モータステータ等である。

4. 実験結果

環境温度に対するアルミニウム合金製 TMP の、内部温度の変化を測定した結果を Fig. 5 に示す。横軸は TMP の運転時間、 T_1 が環境温度で、TMP の内部温度をあらわす T_2 , T_3 , T_4 はそれぞれ上部軸受の外輪、ハウジング上部、底板で測定された温度である。Fig. 5 において T_1 が 22°C の時には、内部温度は約 2 時間で飽和している。その後、環境温度を上昇させてゆくと、各部の温度、 T_2 , T_3 , T_4 も上昇してゆく。環境温度が 40°C になった時には、 T_4 が約 66°C になった。つまり環境温度が 18°C 上昇しても、 T_4 は 10°C の上昇にとどまっている。

次に、環境温度が上昇した時、アルミニウム合金製の TMP の性能がどのようになるかを調べた。TMP の性能を評価する目安になる H_2 に対する圧縮比を測定した。測定は、Fig. 6 に示すような系統で行った。TH 5001 の吸気口に、吸気口の口径と同じ内径のテストドームを接続し、 H_2 ガスを排気口から導入した。TMP は、環境温度を上昇させるために、ポリエチレンシートでおお

Fig. 3 Sectional drawing of TH5000

Fig. 4 Sectional drawing of TH5001

Fig. 5 Inner parts temperature of TH5001

Fig. 6 Schematic diagram of measurement system

Fig. 7 H₂ gas compression ratio vs. backing pressure.

い、温度が40℃になるようにヒータで調節した。

測定した結果を**Fig. 7**に示す。白丸は環境温度が22℃の時、黒丸は40℃の時のH₂に対する圧縮比である。40℃の時の方が少し小さいが、それでも最大圧縮比は約8000~9000の値が得られた。

5. ま と め

大型アルミニウム合金製TMPは、環境温度が40℃に上昇しても、機械的にも十分に耐えることができる。そ

して、性能の劣化も最小限に押さえることができる。したがって、H₂を多量に排気する必要がある大型の核融合実験装置にも充分に使用できる。

〔文 献〕

- 1) 沢田雅他：日刊機械学会論文集**34**, No. 26 (1968) 70~716