6. 結 論

著者は上述のとおり従来の衝動法に種々の改良を施し、またノズル出口面近くに金網層を置くことにより、タービンにおけるノズルの使用状態に近い条件の下に実験ができた。そしてそれらの結果は、著者の以前実施した反動法の場合と割合よく、また英国の蒸気ノズル研究委員会の衝動法の場合ともだいたい一致すること、および使用流体が違ってほしいところ互に比較しうることがわかった。しかし蒸気ノズルの性能から、レイノルズ数を用いて他の流体に対するノズル性能を推論することは、関係因子が多いから容易ではなく、また必ずしも適当ではない。蒸気以外の流体に対するノズル性能を正確に知るには、やはりそのつど衝動、反動いずれかの方法によって調査する必要がある。

なお本研究は文部省科学研究費の補助を受けて実施したものであることを附記し謝意を表す次第である。

注：一

- (1) 昭和26年3月25日 機械學會關西支部第26期定時總會において講演、原稿受付 昭和26年4月14日。
 (2), (3) 正員、浪速大學。
 (4) 菅原、中村、機械學會論文集、4巻14號(昭13-2)、68ページ。

- ジ；4巻16號(昭13-8)、120ページ；5巻21號(昭14-11)、II部24ページ；6巻22號(昭15-2)、II部33ページ；6巻24號(昭15-8)、II部8ページ。
 (5) 菅原、中村、機械學會論文集、6巻22號(昭15-2)、II部38ページ。
 (6) “ ” “ ” “ ” 4巻16號(昭13-8)、120ページ；5巻21號(昭14-11)、II部24ページ；6巻24號(昭15-8)、II部8ページ。
 (7) A. Stodola, Dampf-und Gasturbinen, S. 57 (1924).
 (8) Steam-Nozzles Research Committee, Engg., Vol. 115, p. 377 (1923).
 (9) “ ” “ ” “ ” Vol. 117, p. 682 (1924).
 (10) “ ” “ ” “ ” Vol. 115, p. 383 (1923).
 A. Stodola, Dampf-und Gasturbinen, S. 112 (1924).
 (11) (5)と同じ。
 (12) H. Faltin, Die Wärme, Bd. 56, S. 485 (1933-7).
 (13) 菅原、中村、機械學會論文集、5巻21號(昭14-11)、II部24ページ。
 (14) Steam-Nozzles Research Committee, Engg., Vol. 115, p. 381 (1923).
 (15) G. B. Warren-J. H. Keenan, A.S.M.E. Trans., p. 33, (1926).
 (16) J. H. Keenan, A.S.M.E., Trans., p. 774 (1949).
 (17) H. Kraft, A.S.M.E., Trans., p. 781 (1949).
 (18) 菅原、中村、野澤、機械學會論文集、4巻17號(昭13-11)、64ページ。

621.541.1

小形高速空気タービン(続報:その1)⁽¹⁾青 木 弘⁽²⁾

High Speed Air Turbine of Small Capacity (Continued : the 1st)

by Hiroshi AOKI

The radial flow air impulse turbine has often been used to obtain high speed. Previously the author presented some data for designing this type of turbine. According to these data, a well designed turbine has been used to drive our “Ultra-centrifuge”. Then we are able to obtain the maximum speed of 60 000 rpm and to satisfy the required performance. In this paper, the results obtained in the actual running and heat balance of the Ultra-centrifuge are shown.

1. 緒 言

いろいろな目的で高速回転をうるために良く利用される小形の空気タービンについては、その翼型式、またそれに用いられる平行ノズルに関して設計の基礎となる資料を先に提出した⁽³⁾。このような半径流の衝動タービンは、現在超遠心機に利用して、回転速度毎分6万回転を得て、所期の性能をおさめることができた。また多少設計をかえて、高速マイクロームや、さらに高速内面研摩機の駆動部分へ応用して十分高速に回転させる可能性がたしかめられた。そこで前報の

しめくくりとして今回は実際に使用した一例である超遠心機の場合について運転性能結果を報告する。

2. 超遠心機における運転性能

超遠心機については、くわしく報告されている⁽⁴⁾。第1図はその駆動部分の概略の説明図および装置全体の管系統を示したもので、Aは半径流衝動タービン、Bはノズル、Cは油および空気スラスト軸受部分、Eは細いたわみ軸 D でつるされたローターである。タービンは前報で最も効率の良い実験結果を与えたものと全く同じ翼型式を有するもので、その実際の寸法は

第1図 管系統線図

第2図 タービン

第2図に示してある。ノズルは直径1.6 mmの円形断面の平行ノズルで、その平行部分の長さは構造上できる限り短くとり、約4 mmである。

A. 運転結果 第1図において記入してある数値は加速時の圧縮空気の圧力、温度および各系統を流れる流量を示し、括弧内の数値は毎秒500回転で定速運転をした場合のものである。第3図は2種のローター

第3図 運転性能曲線(1)

を用いて運転した場合の加速減速曲線を示し、所期の性能をおさめることができた。第4図には定速運転を行うのに要する超遠心機入口の空気圧力、流量、これらより計算した入力、および第3図の自然減速曲線より求めた摩擦損失の値が示してある。摩擦損失は軸受

第4図 運転性能曲線(2)

損失がその大部分で、ほぼ回転速度の二乗に比例し、回転速度を ω rad/s, トルク係数を K とすると、次式で計算される。

$$L = K\omega^2 \text{ kgm/s} \quad (1)$$

$$K = 0.093 \times 10^{-5}$$

B. 効率 I を回転部分の慣性モーメント、 E_1 を入力、 η_{ua} を加速時の効率とすると、加速時の運動方程式は

$$I \frac{d\omega}{dt} = \frac{\eta_{ua} E_1 - K\omega^2}{\omega} \quad (2)$$

いま、ある小範囲 $\omega_2 > \omega > \omega_1$ で η_{ua} が一定であると考え、この間の加速時間を Δt として

$$\eta_{ua} = \frac{K(\omega_2^2 - \omega_1^2) e^{-\frac{2K}{I} \Delta t}}{E_1(1 - e^{-\frac{2K}{I} \Delta t})} \quad (3)$$

第5図 効率曲線

(3)式を用いて加速曲線の結果より効率を計算して回転速度に対し図示したものが第5図である。同図に示すごとく効率は、回転数に比例し近似的に次式が成立する。

$$\eta_{ua} = c\omega$$

$$= 0.414 \times 10^{-4} \omega \quad (4)$$

この結果は前報で示した計算式および動翼の速度係数 ψ はほぼ0.6であるということを用いて計算した結果とほぼ一致する。次に定速運転時の性能は効率 η_u が近似的に η_{ua} に等しいと仮定すると、(2)式において $\frac{d\omega}{dt} = 0$ として求められる。すなわち入力 E_1 は超遠心機入口の空気圧力 P のみのかん数で、ほぼ $P = 1$ kg/cm²以上では、簡単に次式

$$E_1 = 36.6 P - 14.7 \text{ kgm/s}$$

によって表わされるから

$$P = 0.612 \times 10^{-3} \omega + 0.406 \text{ kg/cm}^2 \quad (5)$$

第4図に示す実線は(5)式の関係を示し、実測値と比較してある。なお加速時間は次式によって求められる。

$$t = \frac{I}{K} \log \frac{E_1}{E_1 - \frac{K}{c} \omega} \quad (6)$$

第3図において、加速曲線 a の点線の部分は(6)式を用いて補足したものである。

3. 性能に対する考察

第5図に示すごとく回転速度毎秒 1000 回転における効率は約 26 % という悪い値である。これは構造上、入口からノズル入口までの損失が大きく、また速度比

第 6 図 熱 勘 定 図

が小さく、翼効率が悪いためである。第6図は全装置の加速時における熱勘定図である。超遠心機の場合、絞り損失を小にし、翼数を増すことによって約 35 % 程度の効率にすることができると考えられる。その際空気圧縮機は低い圧力で使用することになる。一般に

小形の半径流衝動タービンを効率良く運転するのに適当した空気圧縮機をうることはむずかしいが、第1図に示した空気圧縮機を使用し、前報で指摘したごとくノズルおよびタービンの寸法を多少かえて、約 50 % 程度の効率を得るよう計画することも可能である。現在高速マイクロームや、高速内面研摩機用として、効率のよいものを試作して実験を行っている。

4. 結 言

以上小形半径流衝動タービンを実際に超遠心機に使用した一例について述べた。これをまとめると、

(1) タービンの効率は前報の計算式を用いて推定して良く、超遠心機として最高回転数毎分 6 万回転を得、加速性能についてもほぼ所期の目的を達した。

(2) 適当した空気圧縮機をうることがむずかしいけれども、小形の往復駆動の空気圧縮機を用いて、効率約 50 % をうるよう計画することもでき、更に出力を要求される高速内面研摩機などへも応用することができる。

終りに絶えず御指導を賜わった東京工業大学の谷口修教授に深甚の謝意を表する。

注：一

- (1) 昭和 26 年 4 月 4 日 第 28 期定時總會講演會において講演，原稿受付 昭和 26 年 4 月 9 日。
- (2) 正員，東京工業大學精密機械研究所。
- (3) 昭和 24 年 11 月 13 日 機械學會應用力學講演會において講演，機械學會論文集，17 卷 62 號。
- (4) 佐々木重雄，谷口修，超遠心機の試作，昭和 26 年 4 月 4 日 第 28 期定時總會講演會において講演。