Alexander型油拡散ポンプの研究

東京大学生産技術研究所 道家 忠 義

Study of an Alexander type oil diffusion pump

By TADAYOSHI DÔKE

(Institute of Industrial Science, University of Tokyo)

A single-stage Alexander type oil diffusion pump has been constructed, and the variation of the characteristics when the distance between the jet and the inclined wall was altered was measured.

On the basis of the these results, the mechanism and advantages of Alexander type pump are discussed.

§ 1 緒言

1946年Alexanderは⁽¹⁾種々の実験結果から拡散ポンプの排気作用を最も効率よく行わせるための条件は油の流れの中にできる空気の密度の最小部と最大部が排気方向に一直線上にあることでありこの条件が満足されれば拡散ポンプの排気速度は排気口の面積に比例して増加する筈であると結論し、この条件を満足するためには

1) ジェットは排気方向に真直に向ける。

2) 真直な壁では壁の附近で油の密度が小さくなり空気の密度の最大部が壁に沿って出来るため上の条件が満たされなくなる。そこで第1図のように壁の適当な所を折り曲げて壁の附近の油の密度を増す。

(2)

3) 油の流れを乱さぬように外殻は勿論内部のパイプの外側も完全に冷却する等のことが必要であると考えた。そしてこのような条件を毀さぬ程度にできるだけ排気口の面積を広くすれば、排気速度の大きい拡散ポンプが得られる筈である。そこで Alexander はこのような型式の拡散ポンプを作り、普通の型のものと比較してみた所、予想通り遙にすぐれている事が判った。

しかしその比較および測定には不十分な点が多く、また実際商品化する場合には内部の冷却は殆ど不可能に近い。また彼の実験は水銀ポンプに限られている。そこで内部の冷却壁のない Alexander 型の油拡散ポンプを作り、ジェットと壁の相対的位置を変えてそのポンプの性能の変化を測定してみた。

§2 実験装置

テスト・ポンプについては先にその性能について発表した大型 Alexander 型油拡散ポンプ④の場合と同様に、二本煙突型拡散ポンプ（今の場合は口径2吋のものを使用）を利用し、上向きジェットを取り去ってその高真空側に口径80φの Alexander 型の外殻を取り付けたもので、その主要寸法は第一図に示す通りである。壁の傾斜は Metrovac 03B 油拡散ポンプの場合と同様に30°附近を選んだ。図のa~b部に第二図にあるような円筒を

挿入し、これらを適当に組合せて
 ジェットと壁の傾斜の部分との距離
 (第一図中の h)を変えるよう
 にした。ジェットは $Q \sim R$ からジ
 エットの先端までの距離が 125
 mm の所と $170 mm$ の所とに固
 定し、その各々の場合に前述の円
 筒を挿入して h を次のように変え
 てその特性を変化を測定した。

ジェットの位置	h
$170 mm$	$117 mm$ $65 mm$
$125 mm$	$72 mm$ $59 mm$
	$46 mm$ $33 mm$
	$22 mm$

実験の結果によればジェットの
 位置により特性にはほとんど変化
 はなかった。

ジェットについては第四図に示
 すようにA型 B型2種のものを作
 り、A型は第一表に示すように
 ノズルの最小間隙がそれぞれ $1 mm$
 (A_1), $1.5 mm$ (A_2), $2 mm$ (A_3)で
 ある三種のジェットに分れ、 A_1 と
 Bとはその開き率が同一である。
 B型を作つたのはその特性を A_1 と
 比較しパイプによる油の流れの乱
 れの程度を知りたいためである。

A, Bともに開き角が 18° 前後
 であるのは柴田氏等の data⁽³⁾に
 依つたものである。

第二図

(4)

測定装置は第三図に示すもので、排気速度の測定はB. B. Dayton氏の方法に従ひ、更に流量計にはヒュレット法を使用した。ボイラ

第三図 測定装置

(56)

一の圧力は図に示す如く油
マノメータ (O.M) で直接
読めるようにしてある。こ
のテスト・ホソアに更に直列
に2吋2本煙突型拡散ホソ
アを入れて中間真空を作り
そこにリーク・バルブをつけ
Ion gage で逆拡散が測れ
るようにした。回転ホソア
には 100 l/min の島津製
キネー型回転ホソアを使用
した。

§3 実験結果

先づ $r = 72 \text{ mm}$ のとき
の排気速度、逆拡散のデー
タは第五図、第六図に示す
ようなものである。ここに
示す排気速度は到達真空度
を引いた圧力で流量を割つ
たものである。図から判る
様に最高速度は 162 l/sec
位に達し、 H_0 係数にして
 43% で、ジェットの様式
を変えた場合には $A_1 < A_2$
 $< A_3$ の順に大きくなり、
Optimum はもう少し閉き率
の小さい所にありそうであ
る。柴田氏のデータ⁽⁴⁾によ
れば、傘型ジェットの場
合の閉き率の *optimum* は 36

第 四 図

(6)

第一表

ノズル種類	A 型			B 型
	A ₁	A ₂	A ₃	
L	18°	18°	18°	$17^\circ 8'$
S mm	1 mm	1.5 mm	2 mm	1.2 mm
底面積 F_0 mm ²	125.6	186	245	125.1
開口面積 F_1 mm ²	1004.8	105.6	110.21	1004.8
F_1/F_0	8	5.66	4.5	8

附近であるから一応傾向としては一致してゆくと見てよからう。また特性が沸き率が小さい程ボイラー圧の低い方にずれているのは第六図に示すように逆拡散の特性が良くなったためである。またボ

第五図

第六圖

イラー圧の低い方で速度が低下しているのは油の蒸気の部臭空側への逆流の故と想われる。B型ジェットはA型に較べて10 l/sec程度速度が上まわり、一様に特性が良くなっているが、これは前にも述べたように内部のパイプによる油の流れの乱れのためと想われ、ジェットを真下に向けるよりは僅かはかり横に何けた方がよいことを示している。ただしパイプとジェットが密着していることも必要な条件の一つと想われる。

さらにA₁, A₃, Bの各々についで圧を変えたときの排気速度の変化を第七図に示す。この場合の排気速度は逆拡散の修正を加えたもの*である。

A₁, A₃ 型のジェットではボイラーの圧力が15 mm oil と20

$$* S_a = \frac{S}{1 - b \frac{S}{SF}} \quad S = \frac{Q}{P - B} \quad SF: \text{Fore-pump speed} \quad b: \text{back diff coeff.}$$

(8)

(100)

R (mm)

第七四

mm oil の場合 B型ジェットでは20 mm oil の場合のみを示す。A₁型ジェットの 場合には 15 mm oil の場合でも 20 mm oil の場合でも $r = 60 \text{ mm}$ 附近より S_a が低下しはじめ、その減少率はどれも同様である。しかし A₃型になるとその減少率が増加し、とくに 20 mm oil の場合にはそれが甚しい。この事実はこの場合もノズルの最小間隙のところで油の流速が等しいとすれば、その流量が多ければ多い程 S_a の減少率の大きいことを物語っている。

さらにしぎ特性については第八図、第九図に示す如くである。図に示すように $r = 117 \text{ mm}$ と $r = 59 \text{ mm}$ とでは A₁, A₃ どちらも相当逆拡散が小さくなっている。しかしどれも $r = 59 \text{ mm}$ が逆拡散最小の所で、 r をそれ以下にすると逆拡散が徐々に悪くなり $r = 33 \text{ mm}$ になると急激に悪化する。しかも図からわかるように A₁ より A₃ の方が悪化の仕方が甚しい。更に r を低くしてもどれもそう悪化はしない。

§4 考察

以上のような実験結果から Alexander 型の外殻の傾斜の部分を 30° 程度としたときの排気速度、逆拡散を共に考慮した上での optimum な r は 60 mm ~ 70 mm の附近と見る事ができよう。

r の低下に伴う排気速度の減少の主な原因としては次のことが考えられる。

1) 壁の傾斜のため空気分子が油蒸気の流れの中に effuse する有効面積が減少すること。

2) 壁による油の流れの乱れ。

1) が主な原因であるとする。 r の低下による S_a の減少率はもつと急激であると思はれるし又油の蒸気の流量にはあまり依存しないはずであるが、実際は、第七図からわかるように、油の流量にほぼ比例している。また図には示さなかったが A₃ 型ジェットで 10 mm oil の Boiler 圧の場合は A₁ 型 20 mm oil の場合と殆ど同様またはそれ以下の減少率を示している。そこで油の流れの乱れが流量とともに増大すると考えることはさして不自然とは思はれない。この

(10)

第八図

点から考えると2)が主な原因と考えなければならぬ。

次にし字特性の h による変化については今 A_1 と A_3 と比較するとき A_1 の方が逆拡散がより少なくなっている。これは沸き率の大きい方が h の変化による冷却壁附近の油の密度変化が大きいことから当然かも知れない。 h を 46 mm から 33 mm に低めたときの逆拡散の変化は、 Sa が h に対して徐々に変化するのにくらべて急激である点から、もしも逆拡散が壁に沿って起るとすると、壁附近の油蒸気の流れの状態は、この程度の h のところで急激に変化しているものと考えなければならぬ。

以上が実験結果に対する考察であるが、大ざっぱに言って Alena-

第九圖

nder 型ポンプについては次のように言えるであらう。

1) 最高排気速度はジェットの型及び取付け方にのみ関係し、排気速度を高める方法として、Alexander が提唱したような下向きの *long divergent nozzle* を内側のパイプ壁から遠ざけて取付ける方式は、内側パイプ壁冷却を行わない場合にもなお十分に有効であることがこの実験から一応結論できると思われる。即ち未だ測定に使用した *Son gage* の修正は行っていないが *max Hoeff* にして 43% にも達しており小型のポンプとしては相当高性能のものである。

2) Alexander 型の外殻は逆拡散を減少せしめるのにかなり効果があ

(12)

ることがこの実験からわかった。これは逆に言えば壁のごく近傍だけで逆拡散の大部分が行われていることの証明と考えられる。

3) ただし今まで述べてきたこのホソアの特性は高真空について述べることで、低真空の場合には同様な現象があっても本質的に違った機構によるものである。

さてこのホソアの実際上の利点はどこにあるかという点、次の二つの場合が考えられる。

1) Alexander 型の壺を作り逆拡散を防ぐことによってジェットの数減を減らすことができる。

2) first stage に Alexander 型を使用する場合。

この場合はジェットを下向きにすると冷却壺が普通の形の場合には相当逆拡散が多くなり、有効にホソアを使用できなくなる。即ち実験われわれの問題にしている速度は

$$S = \frac{S_a}{1 + b \frac{S_a}{S_F}}$$

であって、 b が大きいと S_F が相当大きくとも (ただし $S_a > S_F$) S は S_a に達しない事がある。このような場合、 S_a を一定に保ち、 b を小さく出来れば、最高の排気速度 S_a を出すことができる筈であり、こういう目的で Alexander 型が採用される可能性もある。Alexander 型が排気作用における最も効率のよい条件から考え出された彼の型式は、主にこのような場合に適用されるべきである。しかし実験問題として b の減少は $1/2 \sim 1/3$ 程度であり、このような形式にした場合、 S_F が相当小さくなる可能性があり、また排気口の有効面積も口径にくらべていくらか小くなるから、同じ口径の他の型式の拡散ホソアにくらべてどの程度排気速度が増すかは疑問である。

以上今までの実験結果およびそれから大い得た二三の点をとりまとめて報告した次第である。

おわりにこの実験に当って色々と有益な助言を給わった東大生研小川助教、助反び実験測定上便宜を計って載いた東大生研喜永助教授に深く謝意を表する。またこの実験は28年度文部省助成金による

ものである。

文 献

- 1) P. Alexander: J. Sci. Instruments 23 11 (1946)
- 2) 道家、小川: 真空技術 Vol. IV No. 2 (1953)
- 3) 柴田 辻 熊谷: 真空技術 Vol. II No. 4 (1951)
- 4) 柴田 真空技術 Vol. III No. 4 (1952)