

# 航空研究所雑録

## 第三十四號

昭和二年五月

### 二衝程式機関の瓦斯充填作用の研究 (氣流寫眞應用)。(序報)

所員	富	塙	清
實驗者	{柴	田	浩
	小	池	勝

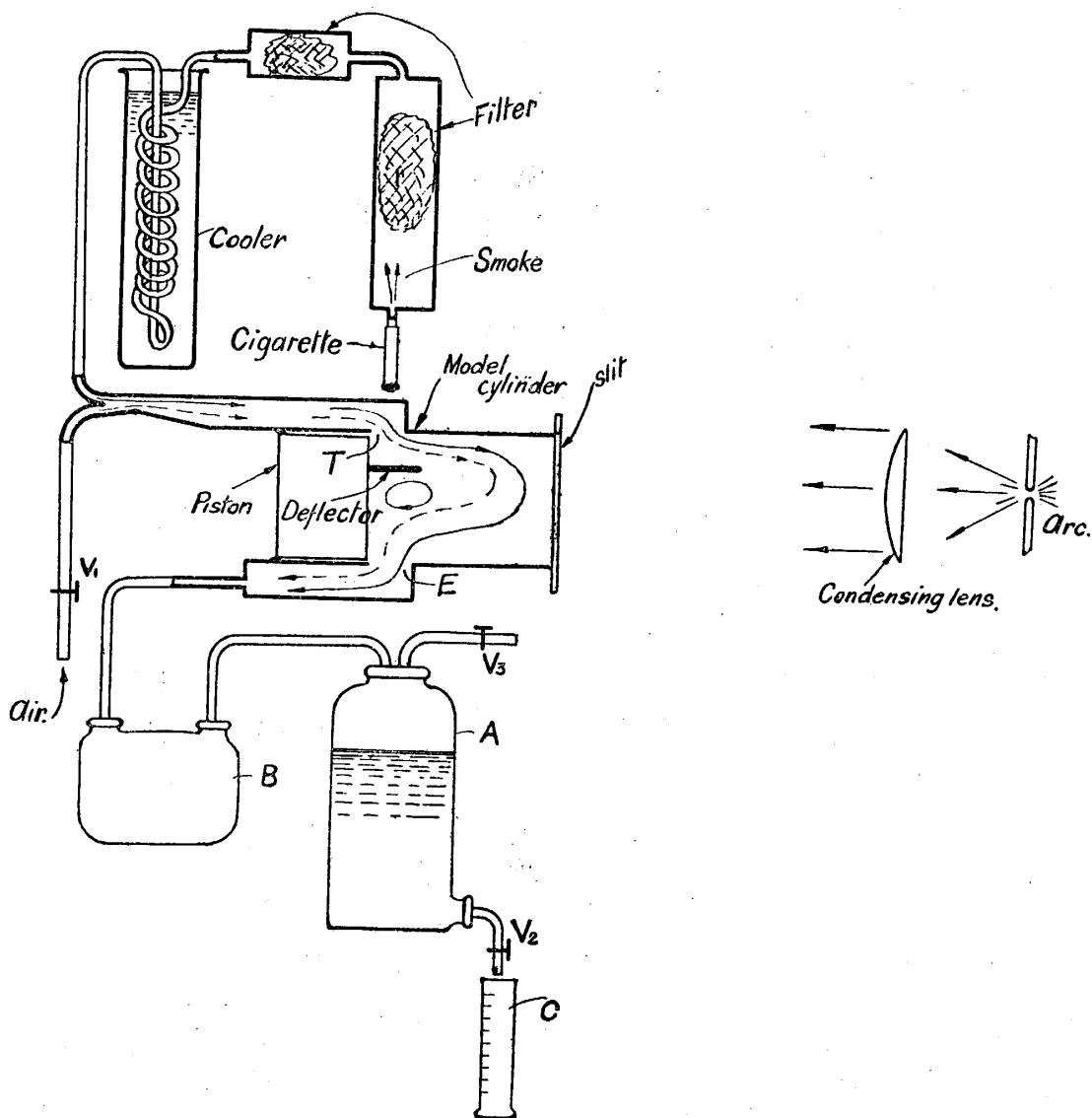
#### 1. 緒 言

二衝程式機関の充填作用の研究として著者は、さきに雑録第六號及第七號に於て自身考案の充填效率數量的測定方法に關する記述をなした。該法によれば構造の適否に關する最後の斷案は得られるが改良の道行きに對しては何等のヒントも得られない不便がある。そこで今回はその補ひとして煙寫眞の方法により、充填時の氣流の大勢を調べて見る事にした。

煙寫眞の方法は雑録第十八號に於て遠藤美壽氏發表の實驗に應用されたと同じもので、裝置の大部分は同氏から譲り受けた事を稿頭に記し深甚の感謝を表する次第である。

#### 2. 裝 置

裝置の主要點は遠藤氏の報告中の物と同一であるが我々の特殊の目的のため若干改形を行つた。第一圖はその全體圖である。Model-cylinder はガラスで造り一側に transfer port *T*, それと相對して他側に exhaust port *E* を配し cylinder head は平面ガラスとしそれに黒紙をはり縦に slit を残しそれを通して平板的光をさし送りそれにより所望の部分の斷面を照らし中の流を讀者の位置から普通の Camera で寫したものである。Deflector は piston にはりつけ左方より挿入し一定位置にとどめ



第一圖

ておく。煙と空氣との混ぜ方は遠藤氏のものでは此場合具合が悪かつたので transfer port に近いところで兩者を混ぜる様にした。煙は巻煙草をもやして造り filter と cooler とを通し煙脂を去り温度を室温とし transfer passage に送る。煙の縞目を具合よく出すためには  $V_1$  を加減して混する空氣量をかへてやる。exhaust を吸ひ出す仕掛けは圖の下方に示す通りで専用  $V_2$  を加減し A 中の水を適當に放流しそれによる吸ひ込みをつかふ。而して放流された水量をば C なる meter glass で測りそれから単位時間の空氣通過量を算出した。B は單に氣流を整一ならしめるためのものである。

### 3. 實驗の要領

實驗に供した model cylinder 及 deflector の寸法形狀は第二圖に示す如くで、なるべく雑錄第七

號所載の實驗のものに一致する様にした。然し直徑が以前のは  $60\text{ mm}$  だつたが今度はガラス管の都合上  $57\text{ mm}$  になつたから他の寸法もその割合で縮少した。然し縮少は極少しであるから先づ大體同大と認めて差支へない。

現象を正確につかまへるには出来るだけ瞬間的に寫眞をうつす必要があるので乾板は Lion "Eclipse" 感度 650 と云ふのを使ひ努力はしたが光源があまり強くないので露出には數秒を要した。従つて氣流速度が非常に低く大體煙がきれいに筋を引く様な場合しか撮影し得なかつた。實際發動機中で起るものはこれに反し氣流速度は數百米にも達するから勿論激しい渦巻を伴ふので今度の實驗とは大分ちがふ筈である。故に今度の低速氣流寫眞はこれ獨立ではすこぶる意味薄弱な物であらう。然し幸はひな事に我々には以前の雑録第七號所載の如き實驗があるのでそれと相對比して研究する時に若干の意味が認められて来る。即ち今回の経験によると charging efficiency の高い物と低い物とでは低速氣流寫眞に於ても自らその特性に區別が認められるのである。若し之れが如何なる場合にもあてはまるとすれば便利なことである。然し今は未だ研究不充分で確言はし得ないがとにかくその實狀が若干興味を引くであらうと感じ、ありのまゝに發表するわけである。使用した Model は圖の如く Exhaust は只一種のみであつたが Transfer port は水平の物と  $45^\circ$  上向きにしたものとの二種について實驗した。deflector は I より IX 迄は全く第七號所載のもの通りで、それに X, 及 XI を附加した。最後の二つについては charging efficiency の實測が無いから確かな事は云へないがこれ迄の實驗に鑑み良好であらうと云ふ推測で造つた物である。この他にも尙多數の model について寫眞はとつたが charging efficiency の不明なものでは今のところ一寸手のつけやうがないので全部省略してしまつた。寫眞に現はれる cylinder 断面の位置は第二圖最上端に示す如く三ヶ所で、AA は兩 port の中軸線及び氣筒軸心を含む面、BB はそれより  $d/4$  だけ手前 CC は  $d/4$  だけ後方で各 AA に平行な面である。但し CC の位置を撮したのは左右對照でないものに限る。氣流姿態の detail は非常に移り變り易いので各断面を同時或は極接近した時に撮したのでなければ互の聯關係は明瞭でないが我々の場合では裝置の不備のためその實現が出來なかつたが大體は推測が出來る程度である。

#### 4. 實 驗 の 結 果

實驗の結果は第三乃至三十四圖に示す。これらの寫眞撮影状況の説明は別表に示される。表中第五欄は空氣の單位時間の流過量を transfer port の横斷面積で除したもので、第六欄には cylinder 中にとぢ込められる全容積を transfer からの流入空氣で全く充たすに要する總時間を示す。これを書いたには大した理由はないが、とにかく cylinder の全容積を充たすのが charging の最終目的である故、その目的を果す時間の多少が判れば他の條項を面倒に云はれなくも charging の早さの order of magnitude がよく頭に入るからである。我々の場合では port opening の多少によらずこの時間

は五秒内外を要した。然るに實際の發動機では velocity, port opening 共に variable ではあるがとにかく charging period として與へられる時間は大略  $1/100 \sim 1/200$  sec である。これと比較すると我々の實驗の charging は 500~1000 倍遅かつたわけで、これは非常にまづい點であるがこれ以上になると非常に turbulence が生じ殆んど全く煙と空氣とが混合し氣流姿態がどうしても、うまく寫真でつかまらないので、不本意ながら暫らくこれで満足する事にした次第である。

次に一々の寫真につき若干の説明を加へる。いづれも transfer を左とし exhaust を右にしてある。そして port の開き加減氣流の方向は見易き様に單線で描き加へた。

第三乃至第五圖は全く deflector の無いもので transfer port を  $1/3$  から full まで 3 段にかへて行つた。これで見ると transfer を出た空氣は非常に緩な上向きで piston の上を流過し約半分は exhaust に直行し約半分は exhaust port の上側の cylinder wall に當つて上にはね上り外側を回つて T のところに戻つて来る。そして中央に大きな core を残す。T に向つて戻つて來た空氣は一部は T を出た new charge に混じ一部はこの寫真ではわからないが横を回つて E に出るものらしい。此の model は效率實測の結果で見ると(勿論すぐ想像のつく事であるが)最不良のものであり、100% total charge の時 charging efficiency は約 47% であつた。これ位になるだらうと云ふ事は寫真からも想像出來さうである。尤も考へ様によつては、この model ではもつと損失が多くあつてもよさうであるが T を出た氣流が若干上向きになり E の上ではね上ると云ふことのため存外 new charge は残つて来る。其上實際の場合には T を出た空氣の噴流は極めて高速度であるため近所の空氣を渦巻で引き入れもつとすつと diverge すると想像出来るから E の上部ではね上る量は尙この寫真のものよりも増加するであらう。

この邊の事狀を考へると、transfer の噴流に何かの方法でこし上向きをつけてやれば deflector はなくてすむであらうとすぐ考へつく事で、又現にその理窟でやつて居る發動機の例にも乏しくない。第六、七圖はそれをしらべた寫真であるこれに於て port の上向きは  $45^\circ$  で、port の高さは前のと同様であるがそれに近づく passage は  $1/\sqrt{2}$  に狭められた。従つて port の高さの利用の上から云ふと悪い様にはなるが氣流を上向させる效用は極然たるものがある。この port に関する效率の實測はないが horizontal port にくらべてすつとよくなると想像される。

次に示す第八、九兩圖は Model No. II. に関するものである。これは圖の如く中央に平板を直角に立てただけのものである。兩圖の相違は前者が中央で後者が側方であるので、後者は deflector を出て間もなく筒壁に衝突してはね上ると云ふことにある。deflector の役目を相當果して居るが中央部に缺陷が認められる。charging efficiency のさほど優秀でなく殆んど logarithmic transfer に一致するのはこの邊の缺陷に因するものであらう。

第十、十一、十二圖は Model No. III. に関する物でこれは前と同様の板を  $45^\circ$  だけ筒軸の回りにまはしたもので、對照を缺くから中央と前後との三斷面を寫した。この model は上向きのみなら

す横向きに deflect せる事も效果があらうと云ふ考へで試みたものであるが、寫真では横回しの現象は一寸わからない。只 deflector の exhaust port に接近して居る側に近づく程氣流の上向きが強くなる如く見える。然し Model No. II. に比し何等煙の姿がよくなつて見えない。charging efficiency の實測はこれも殆んど logarithmic transfer に一致するが、さもあらうと首肯される。

第十三、十四、十五、十六圖は Model No. IV. に關するもの、即ち transfer port に接近させて氣筒壁に大體平行なる面を持つ deflector をおいたもので、これに近い形は實際の engine にも見出される。これらは port opening を色々にかへてとつたものであるが氣流速度も同時に變つたので一寸比較が出來にくいが大體の景況はわかる。但この效率は前のものより若干よいのであるがそれをこの寫真で判する事は先づ不可能である。

第十七、十八、十九、二十圖は Model No. VI. に關するものである。此 deflector の恰好はすこぶる珍奇で然も優秀なる charging efficiency を與へるので、奇異の感を懷きながら色々と理由を推測して居たのであるが今回寫真をとつて見て、その推測が大體當つて居た事を知つた。此 model は圖で見る通り前面は Model IV. の通りでそれの中央部に狭くて深い後退部をつけたもので、平面圖で見ると天狗の鼻の如く見える。此天狗の鼻がどうしてよい影響を與へるのかは寫真にかなりよく現はれて居る。第十七圖は中央斷面でそれを見ると天狗の鼻をつたつて煙が流れ壁に衝突して上下に巻く状況があらはれて居る。それに對し第十八圖は側方の斷面であつてこれは若し Model IV ならば第十四圖の如く行くべきところを中央の流れによつて起された counter clockwise な渦巻によつて打ち消されるらしく上方が非常に渾沌たる物となる。これによつて大きな core ——それはとりもなほさず dead space であるが——の出來ることを防ぐ。又寫真ではよくはわからないが若し IV の如く deflector の背後に大きな自由の space をおくと、排氣の逸出に當りその部に極めて強大な渦巻が發生しそれが new charge を巻き込み exhaust に近道せしめると思へられるが、それに對し、この天狗の鼻が自由容積を分割し大渦巻を出來難からしめるのも charging efficiency を向上せしめる理由であらう。第十九圖第廿圖は port opening を  $2/3$  として行つたもので、これに於ても前の二つと同様の現象を認められる。

第廿一、廿二、廿三圖は Model No. VII. に關する物である。これは deflector が小室を形つて居るもので、先づそこに charge されて次に壁に近いところから氣筒内に出ると云ふ仕掛けである。この氣流は單純であつて常に氣流は外側を大廻りに廻る様子である。従つて vortex core は Model No. IV の時の如く生ずるけれども、deflector の背後の容積は著しく狭められて居るので渦巻は上に上り exhaust port との縁が遠くなる且つ大きさを減じて居る。従つて Model IV に比し効率高く Model VI. と略等値を持した所以であらう。

第廿四、廿五兩圖は Model No. VIII. に關するもので、これは圖の如く中央にすこぶる高い平板を噴流に直角に立てたもので、このまゝ實際の發動機に應用し得ないものであるが、これをやつた目

的は cylinder を別に造らずに極輕便に U 型機關の charging の状況を模倣すると云ふ事にあつたのである。然し實際の U 型機關では兩筒の連絡部がこれよりもはるかに細く、且つ通路断面の急激の變化をさけるため稍 Venturi の恰好となつて居るから、流の状況はこれよりも以上である筈である。寫眞は中央と側方の二断面を示す。氣流の状況は我々の理想のものに近いが、deflector の背後に若干の core を残したことを見る。これは Venturi の形を採用すればずつと減じ得るものである。このものの charging efficiency は非常に高かつたが Model No. IX. よりも若干劣つて見える。その理由としては上のとおり、deflector の兩側の clearance を通じての損失とが上げられるであらう。そして、實際のものとなれば、この U 型が最大の効率を上げるものと想像出来る。

第廿六、及廿七圖は Model No. IX. に關するものでこの model は圖に示す如く Model No. IV. の背後にすつかり肉を附したものである。この一見何でもない様な改形が charging efficiency に與へた良結果は實に驚嘆すべきものがある。即ちこの物が前回の試験中では最大の効率を現はしたものであつたが寫眞でも若干その理由がうかゞへる。その理由は全く Model No. VII. のところでのべたと同様で、それが更に著しくなつて見える。

次の第廿八、廿九、卅、卅一圖は Model No. X. No. XI. に關するものである。この Model は Model No. IX. の改造で、sharp edge を去り比較的滑らかな divergent 及 convergent の通路としたものである。又 deflector の頭を手前に向つて傾け氣流が手前の筒壁に著しく差し向けられる様にしたのである。Medel X. と XI. との違ひは只その内方壁の形の違ひに存する。然しいづれもそこに小室を作つて居るから Model No. VII. の改形であるとも考へられる。charging の實測はないけれども、確かにそれはよくなるであらうと云ふ事は、氣流状況の若干の改變からでも窺へると思ふ。

最後の第卅二、卅三、卅四圖は Model No. V. に關するものである。これは第二圖の示す如く Model No. IV. を exhaust 側に附したものである。これは寫眞で見ても殆んど Model No. I. の氣流を改良して居ないから efficiency を上げる力がなかつたらうとすぐ想像がつく。實際前回の測定によれば、charging efficiency の變化の discontinuity を減する力はあつたけれども向上させる力は殆んど無かつた。でこの様な場合には低速氣流寫眞でも判決に對し大いに役立つと云ふことを知る。然しながら優劣のあまりはげしくない場合或は氣流の姿が錯雜したものになるととても寫眞だけで判定する事は難かしい。

## 5. 摘要

上述の如くこの實験は未だ不完全なものであるからこゝで結論に急ぐのは稍早計の嫌ひがあるから、摘要と云ふ名目の下に著者が今迄の實験により得た考察を一括して書きつける。然し研究が進むに従ひ改訂の必要が必らず起るであらうと思ふ。内容は (A) 煙寫眞の方法に對する批判、(B) de-

deflector 優劣の判定に関する考察との二つの部に便宜上分ける。

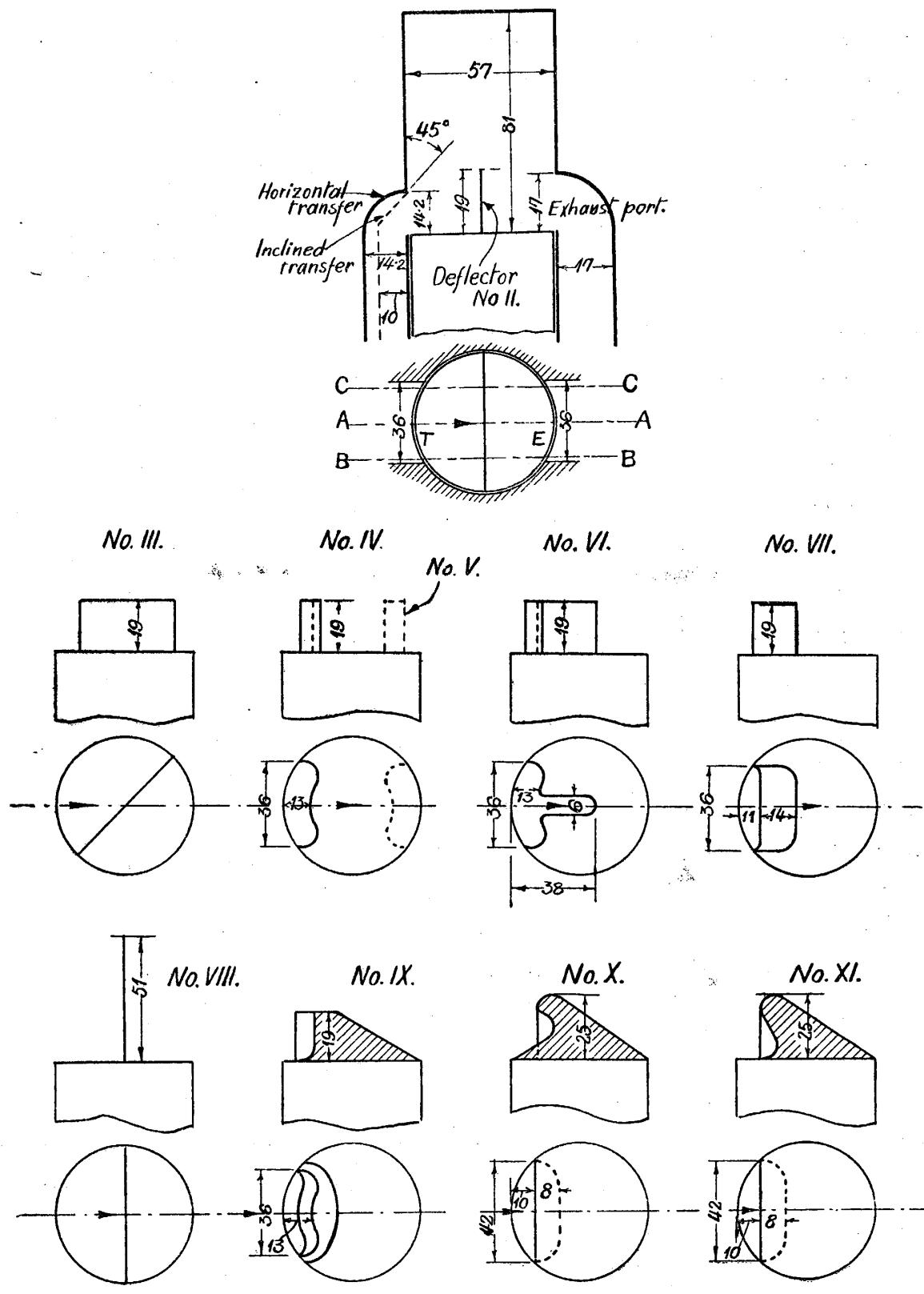
(A) 煙寫眞の方法は此種の研究に對しては非常な特長を持つ。それは非常に簡単で、そして Model は實物通りの形に出來その任意の断面をしらべる事が出來ると云ふ事である。Schlieren 法などではそれら二つの點に於て缺けるところがある。Aluminium 粉を使ふのもよい方法であるが粉の取り扱いに面倒がある。空氣と煙との density の違ふと云ふ缺點は否むわけには行かないが aluminium powder を使ふものよりはよく又 Schlieren 法でも hot air と云ふ density のちがふものを入れるのであるから大局より見てそれよりもよいかも知れない。他の方法に比し缺點と思はれるのは照明の弱いと云ふ事である。これのために今度の實驗では非常に實際のものとちがふ状況でしか試験が出來なかつたのであるが、これは光源のうんと強いのを使ふ事により或程度迄逃げる事が出來ると思ふ。只今は太陽を光源に使ふ様に工夫中である。これらの事で今迄のものよりずっと高速の氣流につき實測が出來ると思ふ。そこで若し實際の發動機通りに行かない迄もそれに近づく時の變化の大勢はつかまへられると思ふ。然し前章でのべた如く優劣の非常に甚しいもの或は氣流の單純なものならば低速寫眞でも大體判定はなし得られることを efficiency の實測の結果と對比して知り得たのである。而して煙寫眞判讀の要領はと云へばこれは全く常識によるばかりである。

(B) 煙寫眞と、前回の效率實側との兩方面より見て、大體如何にすればよい deflector が得られるかの見當がつきさうに思ふ。先づ port 及び passage について云へば、これは coefficient of discharge を高めるためにもまた charging efficiency を上げるために、つとめて滑らかな通路とし sharp edge は出来る限り去り eddy の出來ない様に努力すべきである。又 transfer port の出口の形は重大な關係を持つ。これはそれに到達する passage と共に一つの nozzle と考へるのが至當であり、それを適當に造れば piston の上に特に deflector を附するには及ばない。只 piston head を中高のものとする位で足るであらう。

deflector 其物の形についてはこれは様々の物が考へられるが cylinder 中に divergent convergent の滑らかな通路を造る如き大體の形であるべきである。さうすれば exhaust の急開によりその後方に巻き起されると想像される渦も、又、transfer によつて生ずる渦も最少ですみ Ⅱ型 engine に於て起る如き charging が可能である。この意味に於て單に平板を立てた如き形は常に不完全であると考へてよい。この場合には必ず平板の後方の space に著しい渦流が出來それを介して new charge が exhaust に近道する。でこの背後の space は dead space と云ふよりむしろ negative space と考ふべき物で有つて益のないところか却つて害があるのであるから、恰好如何にかゝはらず、とにかくつぶすべきである。それと同じ意味で、この space を何等かの方法で小さく區切ると云ふことの價值が認められる。又 transfer の噴流を單一とせずに數本に分け各の生ずる渦が互に消し合ふ様に組み合す時には非常に効率を高める可能性がある。次に cylinder head の恰好であるが、これはさうひどい影響を charging efficiency に與へない様に思ふ。何となればそれが角ばつて居るために出来る

と思はれる dead space は極微小であり又その渦巻は exhaust port には何等直接關係を持たないからである。

(3月28日, 1927年)



第二圖

TABLE.

Fig. No.	Deflector No.	Position of section	Transfer port opening.	Average transfer velocity, m/see.	Time required for filling cylinder volume, sec.	Remarks.
3	I	AA	1/3	0.12	7.4	(Horizontal transfer.)
4	"	"	2/3	0.08	5.6	"
5	"	"	1	0.03	9.9	"
6	"	"	2/3	0.10	6.3 .....	(Inclined transfer.)
7	"	"	1	0.10	4.2 .....	"
8	II	"	1/3	0.16	5.6	(Horizontal transfer.)
9	"	BB	1/3	0.16	5.6	"
10	III	AA	1/3	0.18	5.0	"
11	"	BB	1/3	0.18	5.0	"
12	"	CC	1/3	0.11	8.1	"
13	IV	AA	1/3	0.16	5.6	"
14	"	BB	1/3	0.22	4.1	"
15	"	AA	2/3	0.12	3.7	"
16	"	AA	1	0.05	5.6	"
17	VI	AA	1/3	0.14	6.4	"
18	"	BB	"	0.17	5.2	"
19	"	AA	2/3	0.03	5.9	"
20	"	BB	"	0.08	5.9	"
21	VII	AA	1/3	0.18	5.0	"
22	"	AA	2/3	0.03	5.6	"
23	"	AA	1	0.06	5.0	"
24	VIII	AA	1	0.06	5.0	"
25	"	BB	1	0.06	5.0	"
26	IX	AA	1/3	0.16	4.8	"
27	"	BB	"	0.13	5.9	"
28	X	AA	1/5	0.26	4.9	"
29	"	BB	"	0.34	3.7	"
30	XI	AA	"	0.14	8.1	"
31	"	BB	"	0.21	6.0	"
32	V	AA	1/3	0.02	60.0	"
33	"	BB	1/3	0.02	60.0	"
34	"	AA	1	0.05	5.9	"

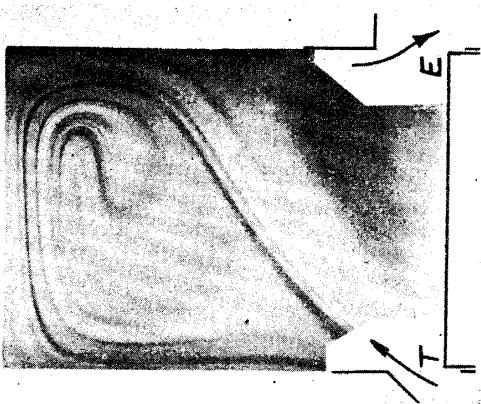


Fig. 3.

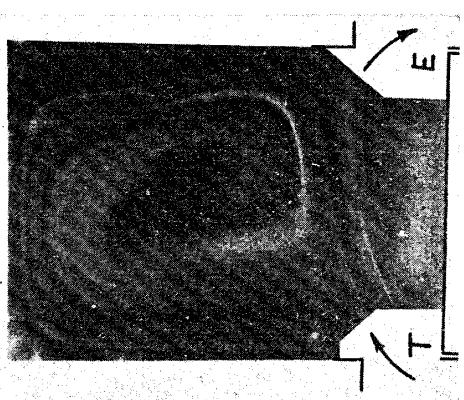


Fig. 4.

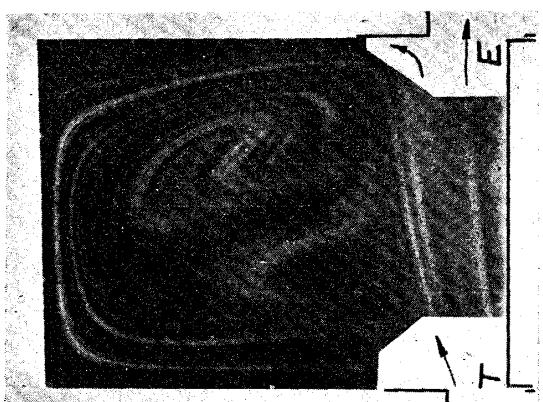


Fig. 5.

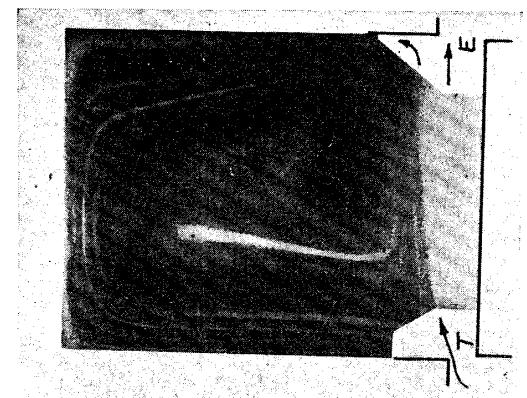


Fig. 6.

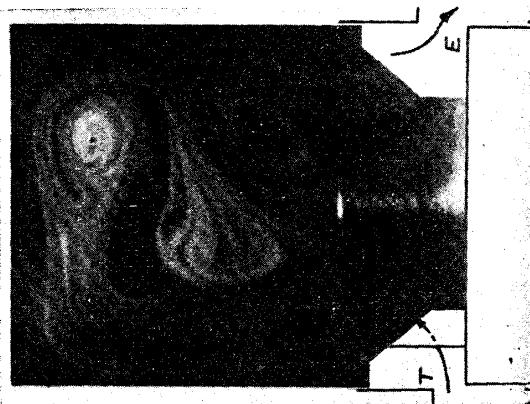


Fig. 7.

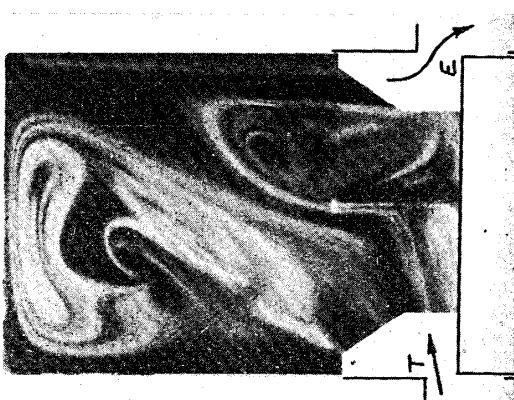


Fig. 8.

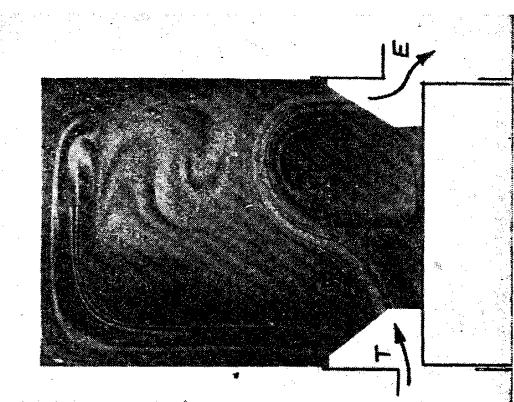


Fig. 9.

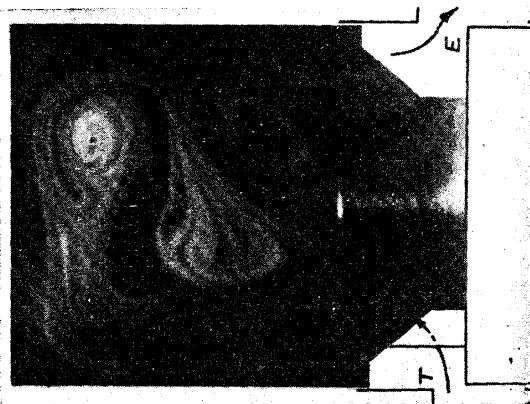


Fig. 10.

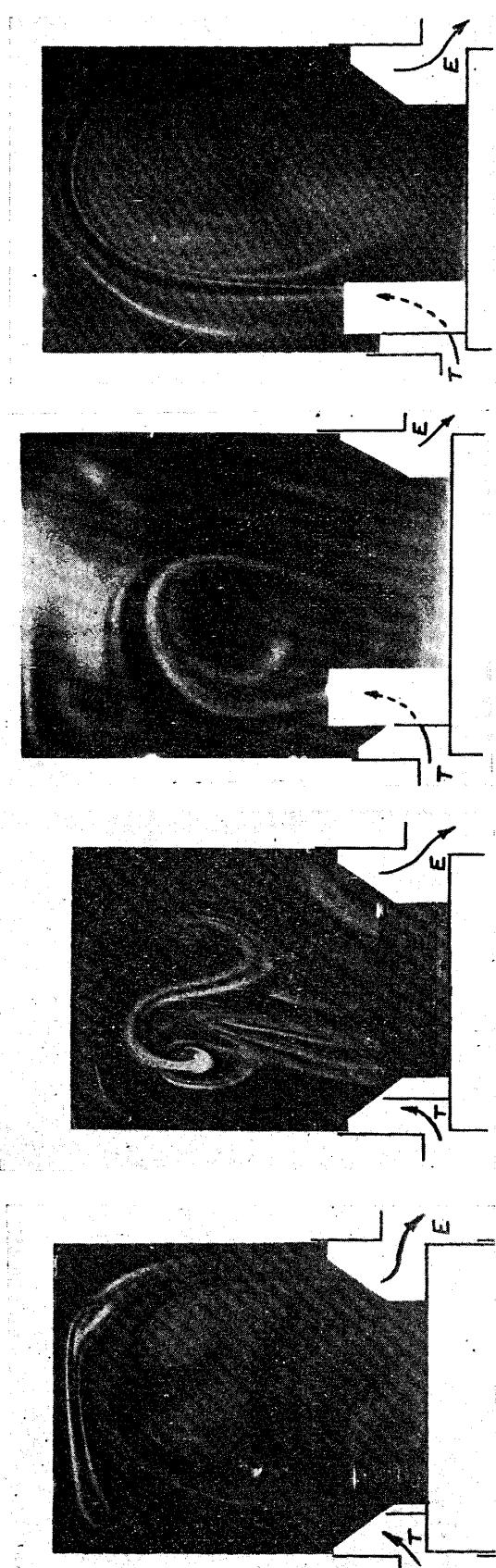


Fig. 14.

Fig. 13.

Fig. 12.

Fig. 11.

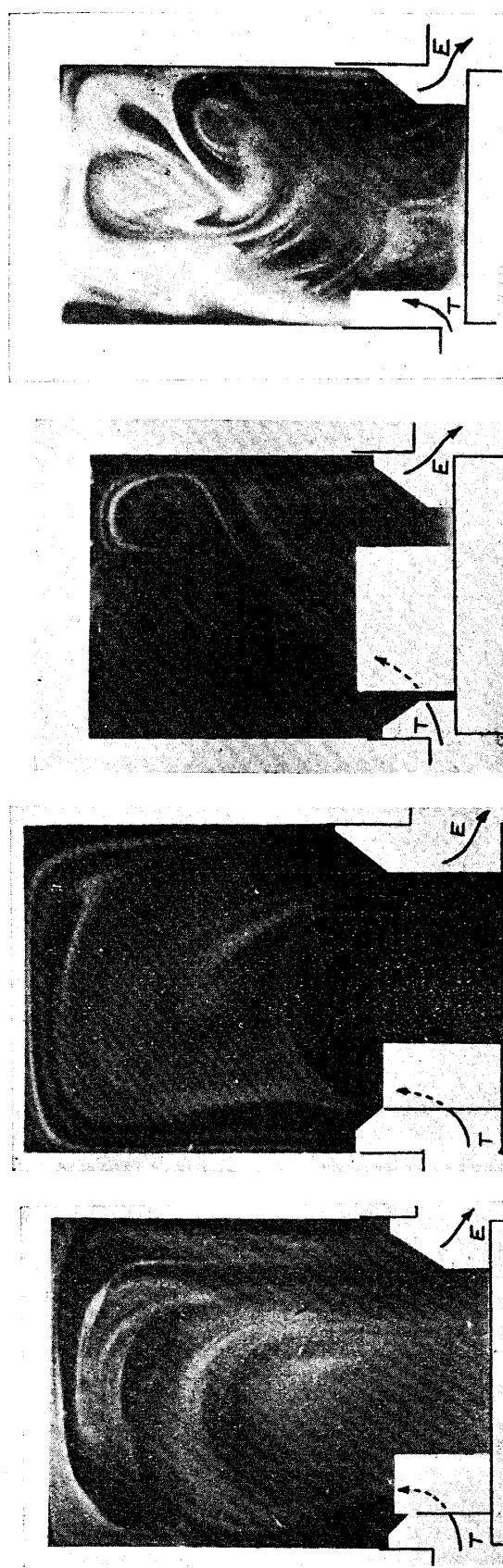


Fig. 18.

Fig. 17.

Fig. 16.

Fig. 15.

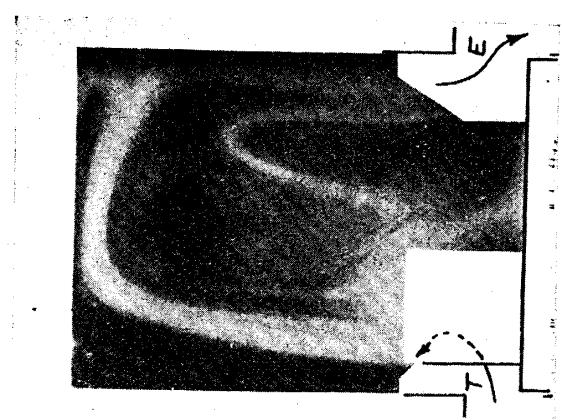


Fig. 19.

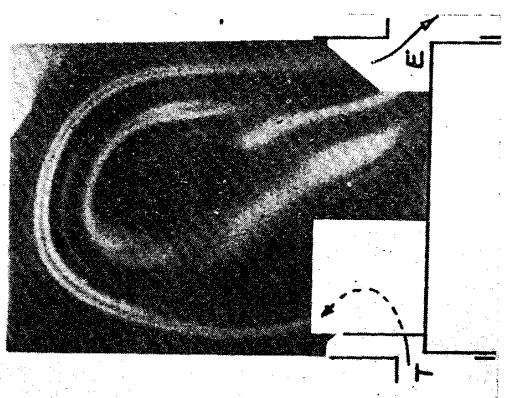


Fig. 20.

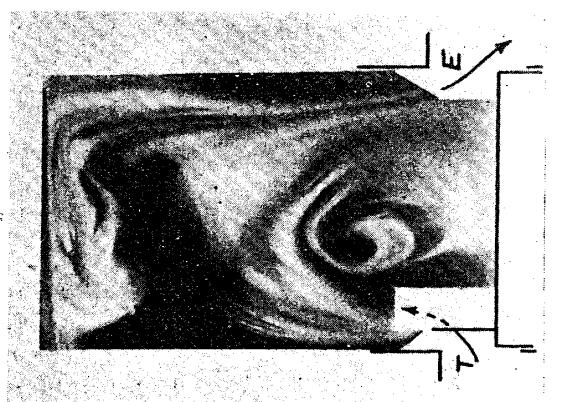


Fig. 21.

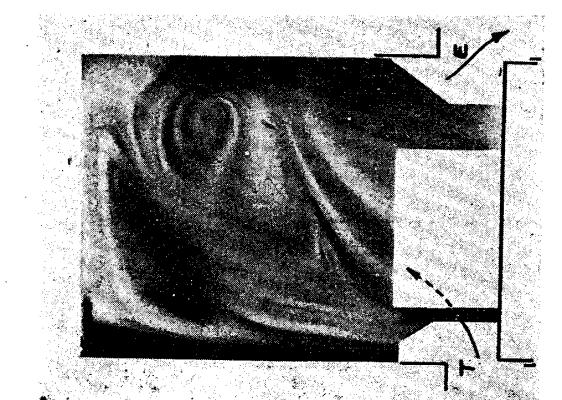


Fig. 22.

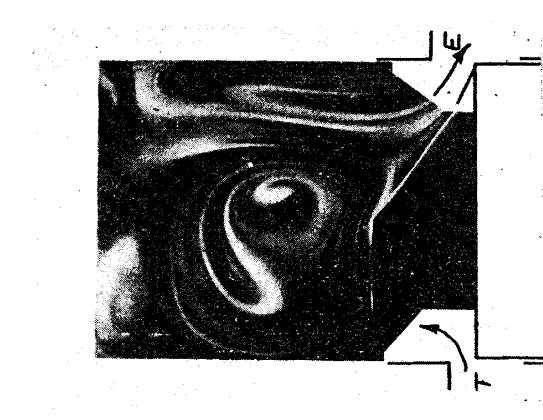


Fig. 23.

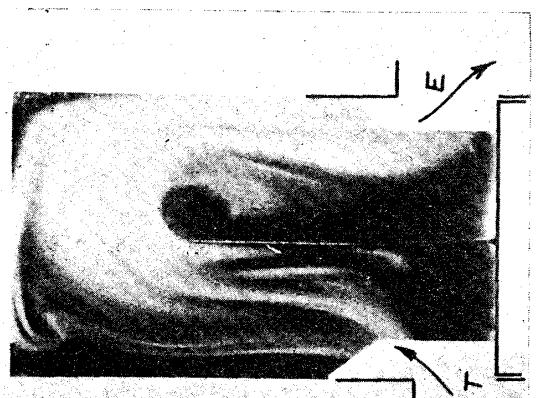


Fig. 24.

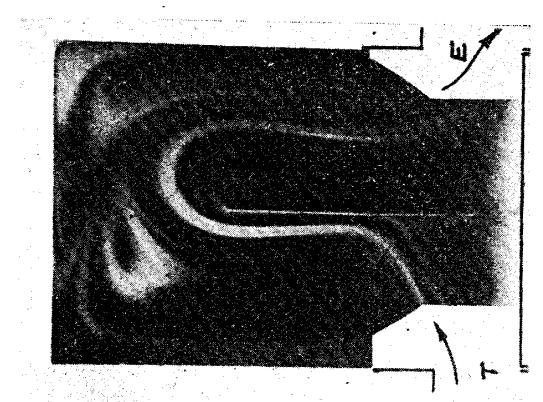


Fig. 25.

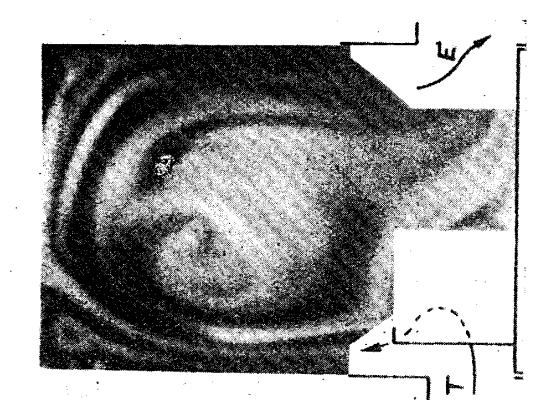


Fig. 26.

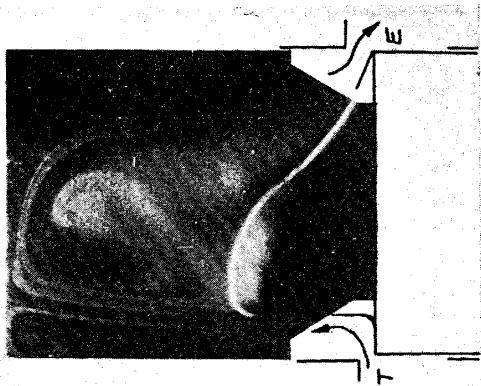


Fig. 30

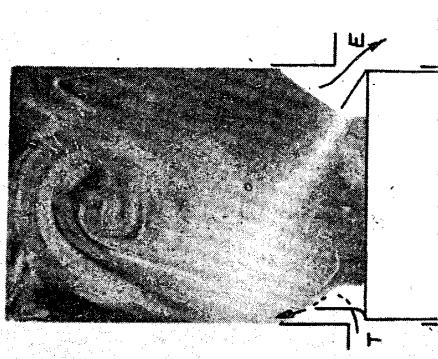


Fig. 29.

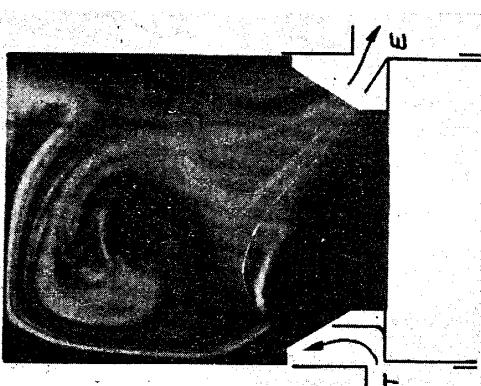


Fig. 28.

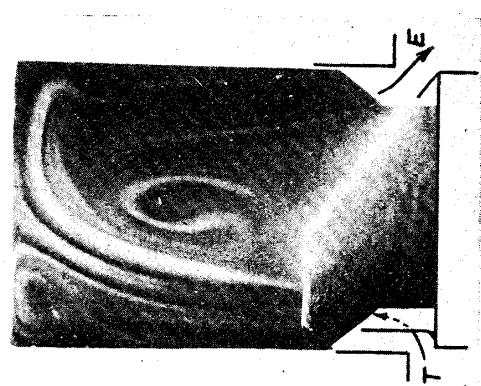


Fig. 27.

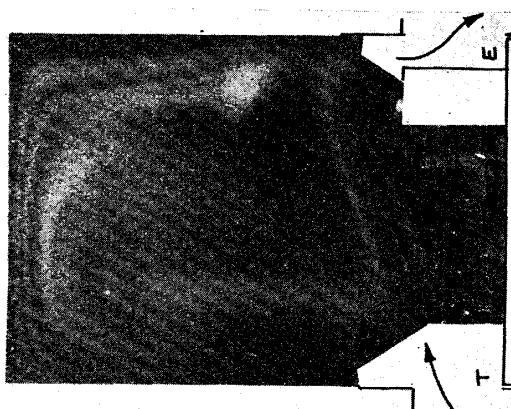


Fig. 34.

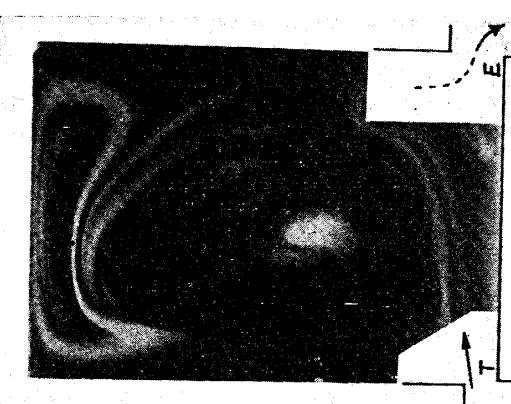


Fig. 33.

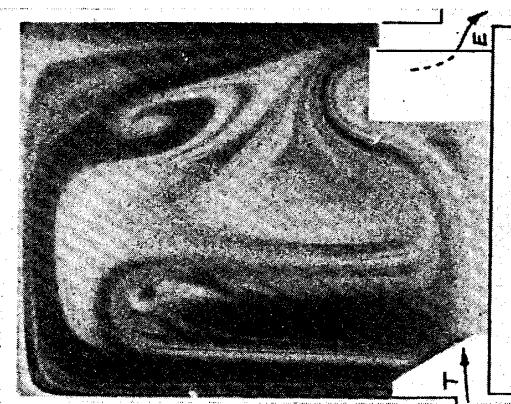


Fig. 32.

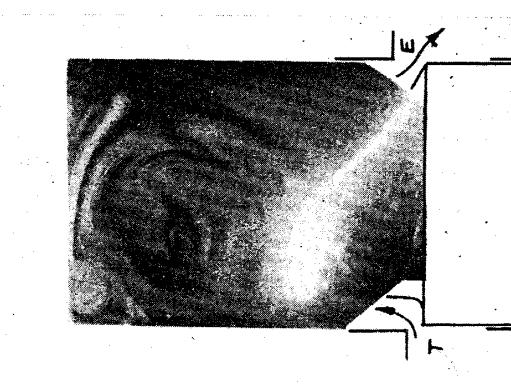


Fig. 31.