

航空研究所彙報

第四十五號

昭和三年四月

二衝程式機關の燃燒室に就て

所員 富 塚 清
柴 田 浩

Abstract.

Effect of the Form of Combustion Chamber on the Charging of Two-Stroke Engines. By K. Tomiduka and H. Sibata.—Up to the present the investigation of the form of the combustion chamber in view of raising the charging efficiency is almost always neglected, owing perhaps to its apparent unimportance to the charging. Even some designers believe that “absence of sharp corners conducing to smoother flow of the scavenging air round the end of the cylinder” is the necessary condition. But on considering the proper function of the combustion chamber, it becomes clear that it is by no means less important as compared with the deflector. The comparative study was done by the present authors on two combustion chamber models, one with flat head and the other with hemispherical head. The charging efficiency was measured with Tomiduka's apparatus and the results are compared in Fig. 3. Quite contrary to the ordinary conception quoted above, hemispherical combustion chamber gave far worse results than the flat one. It may be quite doubtful, but stream-line photographs in Fig. 5 and 6 show the possible cause of the fact.

In appendix to this paper, the authors displayed the results of experiment on the effect of the shape of cup in catching water which flows out of a nozzle against a cup with various velocities. With these results one can easily guess the importance of the form of head and its relative position with the nozzle. The circumstance may be quite similar to that of the combustion chamber and deflector problem of two-stroke engines.

1. 緒 言

航空研究所雜錄誌上に於て著者がこれ迄に數回發表した二衝程式機關の研究は deflector の性能の研究に限定されて居た觀があるが他にも 雜錄第六號に於て列記しておいた様な重要な事柄がある事を忘れて居たわけではない。只、今日迄は漠然 charging に對して deflector が最重要のものと思つて居た事は事實でそれなればこそ最先に研究に着手しそれで日を送つて居た次第である。ところでその後燃焼室の研究に一寸手をつけて見たところ自分の今迄の考へを根本的にくつがへす様な意想外な結果が現はれて來たのではじめて此物の重要さに氣がついた。察するところこれは deflector 以上に、少くもそれと同程度に重要な物であるにちがひないが、今日迄のところ誰れもがこれに着目した事を知らぬ。F. W. Lanchester⁽¹⁾や W. Morgan⁽²⁾などもその論文に於て deflector についてはかなり委しい研究を行つて居るが燃焼室は在來の、よい加減のものを採用してすまして居る。燃焼室につき若干言及して居るのは O. D. North⁽³⁾があるが、これも cylinder-head を平滑にすれば burnt gas がよく追ひ出されるであらうと云ふ月並みの獨斷をのべただけで何等理論的或は實驗的の根據を有する物ではない。著者等も亦雜錄第三十四號に於て一言これに言及したが、それは今回の考へとは全然相反する様な事であつた。一方、二衝程式機關の實際に製作されて居る物を見直すとこれも全く渾沌で、hemispherical もあれば flat もあるがいづれもたしかな據り所があつてそれぞれの形を主張して居るのではなく、只やり來りでさうなつて居ると云ふにすぎないらしい。


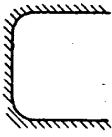
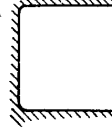
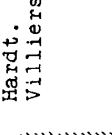
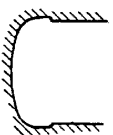
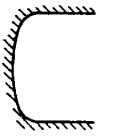

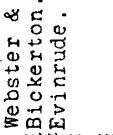
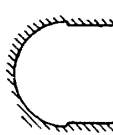
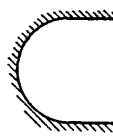
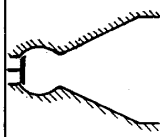
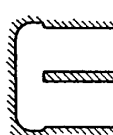
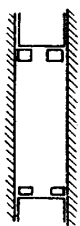
本稿に於ては頭初に、從來の二衝程式機關燃焼室の形式の實例を分類紹介し、次に著者の行つた燃焼室の形の影響の實驗を述べ最後に、通俗的にそこの形の影響の重大さを説明する手段として水を以て行つた實驗を附録として紹介するつもりである。未だ實際の發動機の運轉試験の結果は紹介する事の出來ぬのを遺憾とするが、追つてこれも可能であらうと思ふ。

2. 二衝程式機關燃焼室の形式

こゝで燃焼室と稱へたのは cylinder barrel と cylinder head との間に介在する小室の事で、piston の壓縮行程の終りに於ては全部の混合ガスはその室中に押し込まれて爆發するので此名があるわけであるが他にその機能として四衝程式機關ではこれに向つて inlet 及び exhaust valve が開口しガスの流入流出の要路となり一見その重要さが判るが二衝程式機關に於ては valve が無く、全くのつぺらぼうで、いかにも能無しの様に見える。然しながら transfer-port type two-stroke engine に

-
- (1) "An Investigation of Certain Aspects of the Two-Stroke Engine for Automobile Vehicles," The Automobile Engineer, Feb., 1922.
 (2) "The Charging of Two-Stroke Engines," The Automobile Engineer, Jan., 1923.
 (3) "Some Notes on Two-Stroke Engine Design," The Automobile Engineer, Nov., 1913.

第一一表

Type No.	Form of Cylinder-head.	Subdivision			
		(a) With ample fillet.	(b) With small fillet.	(1) With step.*	(2) With no step.*
I.	Flat	 <p>Appleton. Day.</p>	 <p>Legros. Laviator.</p>	 <p>Hardt. Villiers.</p>	
II.	Concave.	 <p>Gray.</p>	 <p>Petter</p>		 <p>Webster & Bickerton. Evinrude.</p>
III.	Hemi-spherical.	 <p>Côte. Palmer- Moore.</p>	 <p>Laviator Chase. Rayner. White-Wall. Colmant.</p>		
IV.	Conical head with transfer valve.		 <p>Clerk. Dolphin.</p>		
V.	U-shaped.	 <p>Lamplough. Lucas. Garelli.</p>			
VI.	Headless.		 <p>Oechelhäuser.</p>		

* Between barrel and combustion chamber.

於ては deflector で、はね上げられた氣流の先づ衝突する所はこゝであり、従つて此の形が new-charge の loss に相當の影響を與へると云ふ事はかなり probable である。今現行の發動機につきこの點をしらべて見ると有意か無意か實に多種多様の形式が採用されて居るがこれを第一表の如き六種に大體分類出来る様である。勿論これ以外にも possible type を考へることが出来るが、現在行はれて居る物、或は既に公表された物と限定すれば大體これで總てをつくして居ると思ふ。

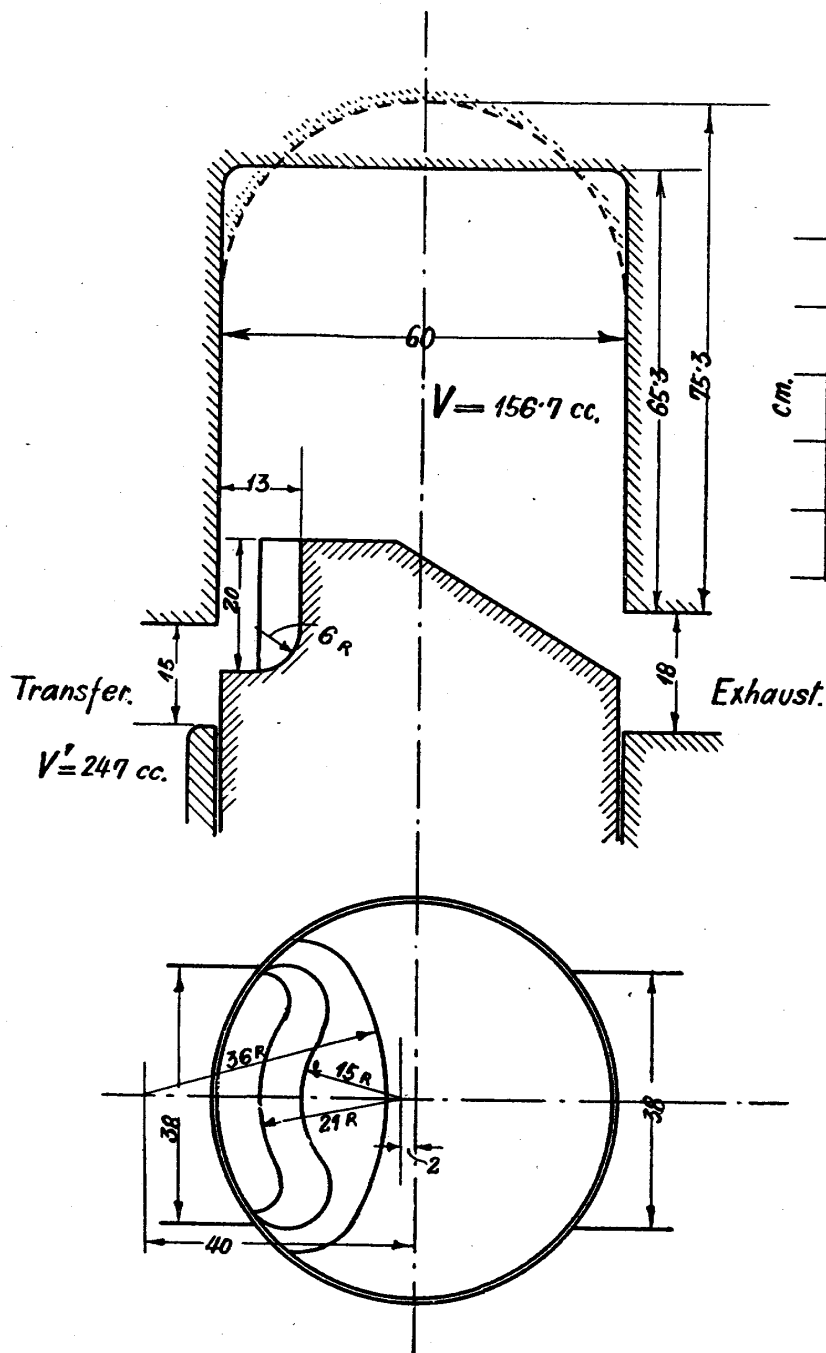
表中、分類した形式の配列は、形の簡單さの順序によつてした。それを更に形の些少の相違により小區分を行つて見た。その分け方は fillet の大小及び燃焼室と筒部との接合部に段の有る無しによつた。(a) with ample fillet と云ふのは氣流の圓滑と云ふ様な事を考へて故意に丸みをつけたと思はれるもの、即ち cylinder radius の半分内外の radius の fillet を有するもので、(b) with small fillet は主として材料の強度の顧慮から與へたと思はれる 5mm 内外の半徑を有する物を意味する。次に段について云へば、これは現行のものでは燃焼室を pocket にしやうと云ふ意味の物は絶無であつて、いづれも rubbing surface とさうでない部分とを區別するための、僅か數ミリの淺い物であるにすぎない。

表中、第一乃至第三類は port-type two-stroke engine に、ありふれた形式で現行の小型二衝程式發動機の大分はこれに屬する。第四乃至第六類は上に比し遙かに高級ではあるがずつと special で構造が前者に比し遙かに複雑となることを免れないから二衝程式の merit が多分に減殺される。故に著者等は目標を第一乃至第三類の如き簡單なものにおき、その形の改良によつて、高い charging efficiency を得ることに努力して居るのである。

3. 燃焼室の形がガス充填作用に及ぼす影響

Cylinder barrel の形は bore と stroke とによつて限定され全く變形を加へる餘地はないが、それに反して燃焼室は volume の制限があるのみで形については全く自由である。これを如何様の形に造らうとも製作の難易に大差はなささうである。故に若しこれの形で charging efficiency が増減する物ならば、これの優秀なる物を採用すると殆んど何等の代償なしに利益が齎らされるわけであつて、かなり意味がある事だ。今 charging efficiency を上昇させる條件を抽象的に考へて見ると、new charge が生のまゝで exhaust port に逃げない様にするに云ふ事である。であるから普通の導管などの如く出来るだけ少い head-loss を以てガス體を通すのを眼目としたのとは根本的に差異がある。普通行はれる具體的方法是 deflector により new charge を適當に吹き曲げしめ尻押しに burnt gas を exhaust port に拂ひ出してやる事である。こゝで Ricardo のよく云ふ様な “stratification” がうまく起つて呉れるなら文句はないが、實際は transfer jet が非常な高速を有するために猛烈な混合作用が起り或は最悪の場合には “boring” が起つて new charge の一部が burnt-gas に先つて exhaust port に逃げる。故に transfer jet の速度を減少するのが根本的解決策である事は自明であるが

一方制限された port area に対し多大の charging capacity の要求される關係上却つて高速度の要求もあり、又時間が長びけば diffusion が問題となるので速度は相當高く保つのは止むを得ない。然しportを一旦通過すればそれから先きは高速度は邪魔物であるから出来るだけ早く然も渦動を伴はずに靜止の状況に導き burnt gas に接せしめることが望ましい。此目的のためには第四類の構造



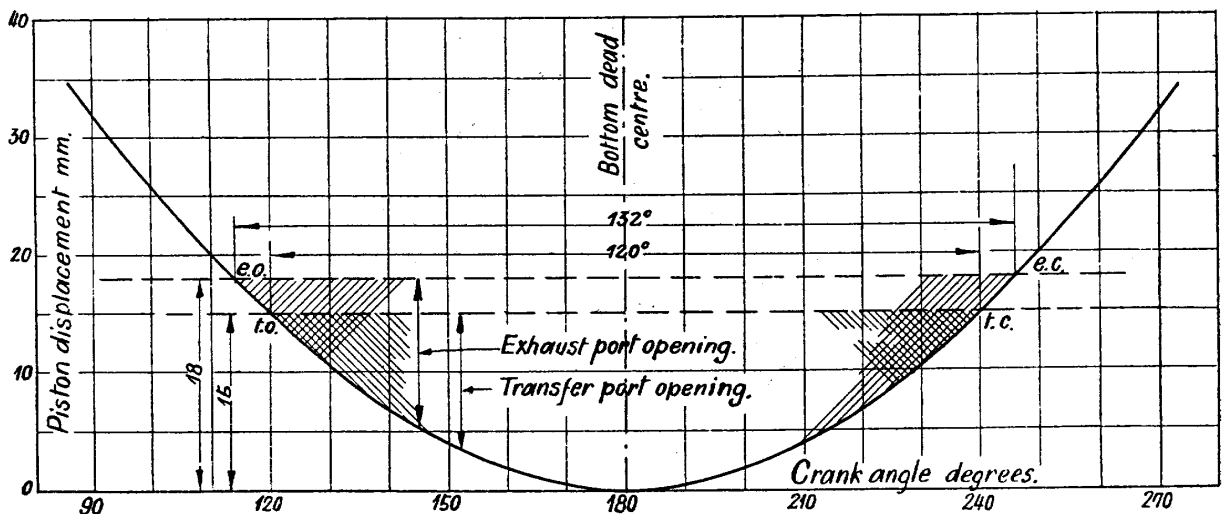
第一圖

が最良である。第五類及第六類は jet velocity には觸れないが、通路を長くしたり又途中で邪魔物を置いたりしてあるので同目的を別の方面から達成する如く努力して居るものと云へる。これから三つの効果の顯著な事は實地に證明されて居る事だから、この要領を第一乃至第三類にも適用して殆んど間違ひないと思ふが、實際は却つてこれに反する様な考へ方が横行して居るには奇異である。即ち O. D. North の云つた如く、“cylinder 内壁には出つぱりや sharp corner を無くし burnt gas が出来るだけ滑らかに exhaust port に出る様にする”のがよいと云ひ慣はされて居る。ところがかやうにすれば new charge はさながら turbine blade の内側を蒸汽の流れる如く極めて圓滑に壁面に沿うて流れ容易に exhaust port に達し中央部に burnt gas の大きな core を残すのである。此は今までの“よく流すための流體學”によつて醸された過誤だと云へるだらう。此邊の事情は次章の比較試験により相當明白になると思ふ。

4. 燃 燒 室 の 形 の 比 較 試 験

Charging efficiency を上昇せしめる目的で燃焼室の形を考へるに當つて忘れてはならぬ物は deflector の形である。後者の構造により、transfer jet が燃焼室に向つて吹き當る状況は全く變つて來るから同一燃焼室でも相異つた charging efficiency を與へる様な結果となる。故にこの兩者は離すべからざる密接の關係を有する物で、必らず一と一つの組合せとして取扱ふべきである。

こゝに紹介する比較試験に於ては、第一圖の如き model No. IX. の deflector を用ひ、それに對し flat head と hemispherical head とが及ぼす影響を比較したのである。Model No. IX. は deflector としては最もありふれた形であるが、雜錄第七號所載の實驗に於ては最も満足すべき結果を上げたものゝ一つである。燃焼室は雜錄第七號に於て flat head のものは實驗済みであるから今回はそれと



第 二 圖

相等しい cylinder volume になる如く hemispherical head をつけ、前と全く等しい条件の下に実験を行ひ結果の比較を行つたのである。条件を再録すれば大略下の様である。

Cylinder volume at the instant of exhaust port opening = $V = 156.7$ CC.

Crank-case volume at the instant of transfer port opening = $V' = 247$ CC.

Position of piston in preparation period 28 mm above B.D.C.

Height of exhaust port 18 mm.

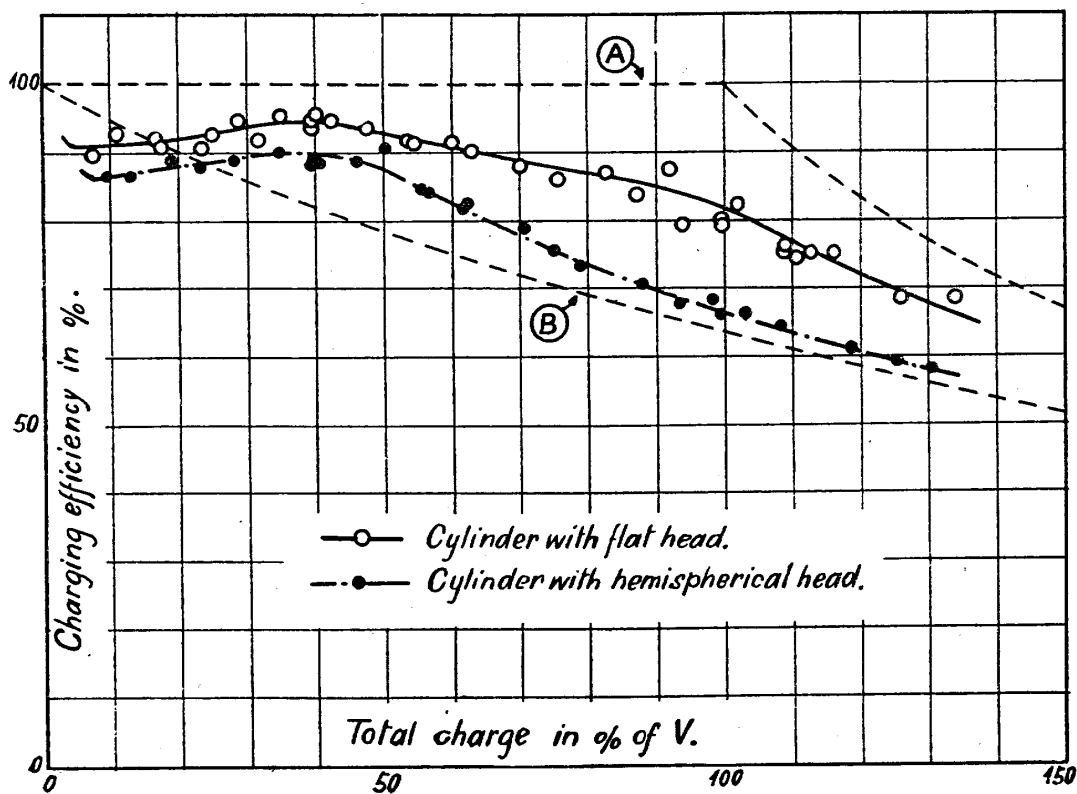
Height of transfer port 15 mm.

Pressure of CO_2 above piston in preparation period ... 53 mm Hg.

Speed of model engine 530 rev/min.

Port opening diagram は第二圖に示す通りである。

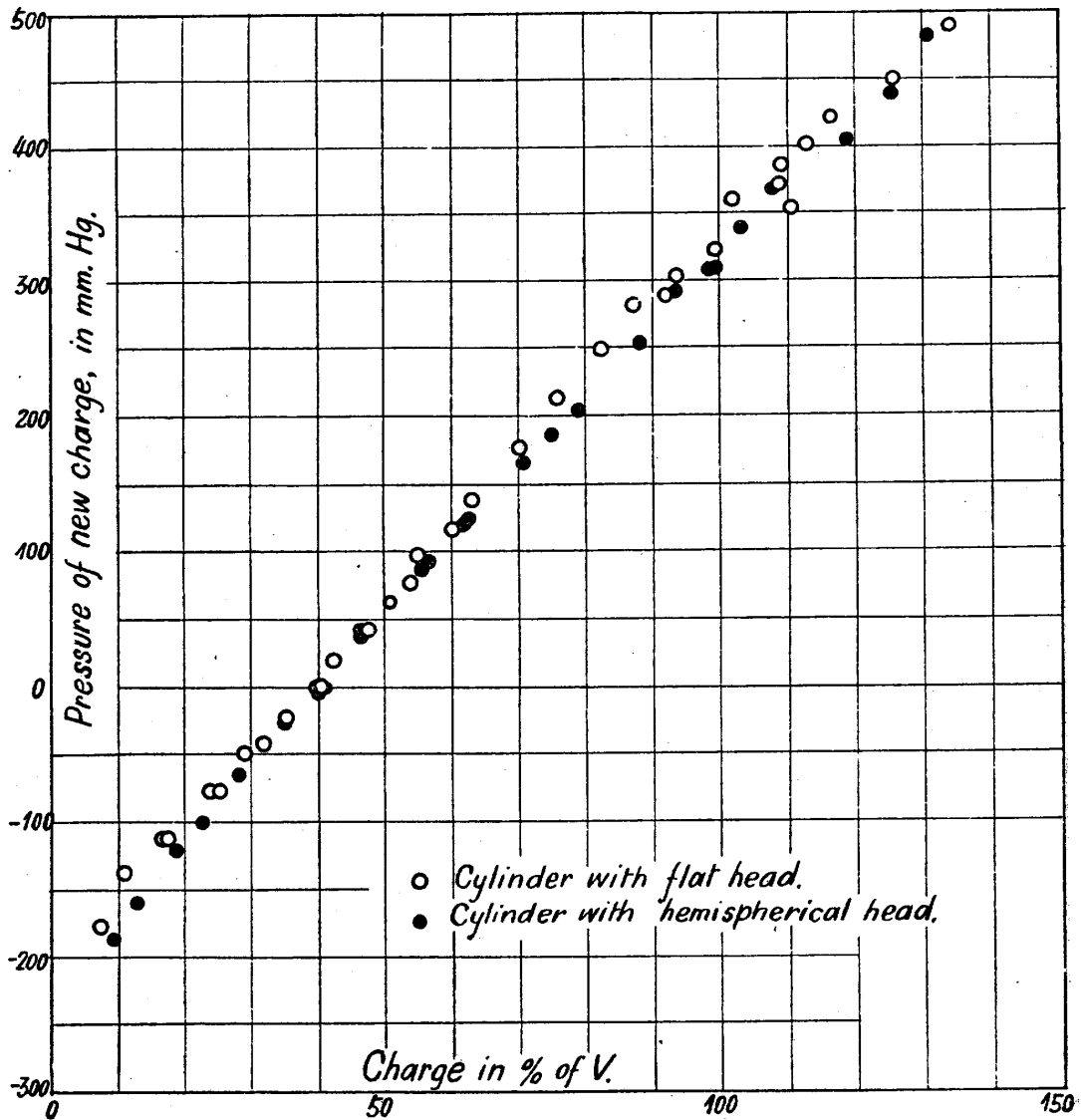
実験の結果は第三圖に示される。圖中 A 及び B なる點線は標準効率線で A は ideal perfect charging の効率を示し、B は logarithmic transfer のそれを示す。兩者共簡単な假定の下に容易に算出される。即ち A に於ては完全な stratification を假定し exhaust gas より先きに new charge が逸出する事はないとする故、必然効率の最高限度を示すことになる。B は charging period に於て cylinder 中の氣體は uniform と假定する。故に若し new charge の濃厚な所が一部分に現はれると



第三圖

云ふ状況を實現すればこの線は容易に乗り越し得る。著者従來の研究によれば普通の charging の成績は大概この兩標準線の間に見られる。

今回の結果も兩標準線の間にも兩線共入つたが、實線で示されるのは flat head の場合であり鎖線で示されたのは hemispherical head の場合である。この二者の優劣は實にはつきりとして居るが意想外だつた事は hemispherical のものが著しく悪かつた點である。Flat head のものが線 A に近いに對し、hemispherical のものは僅かに線 B を超えたばかりで此成績は flat head に deflector model No. II., No. III., No. IV. 等を使用した場合と殆んど同程度となつた。即ち total charge 50% の邊迄に於て hemispherical は flat よりも 5% 内外の下位にありその邊を過ぎて前者は急降下し、線 B に近づくと、flat head のものは遙かにゆるい傾斜を以て進み、total charge 100% の邊に於て第二の不



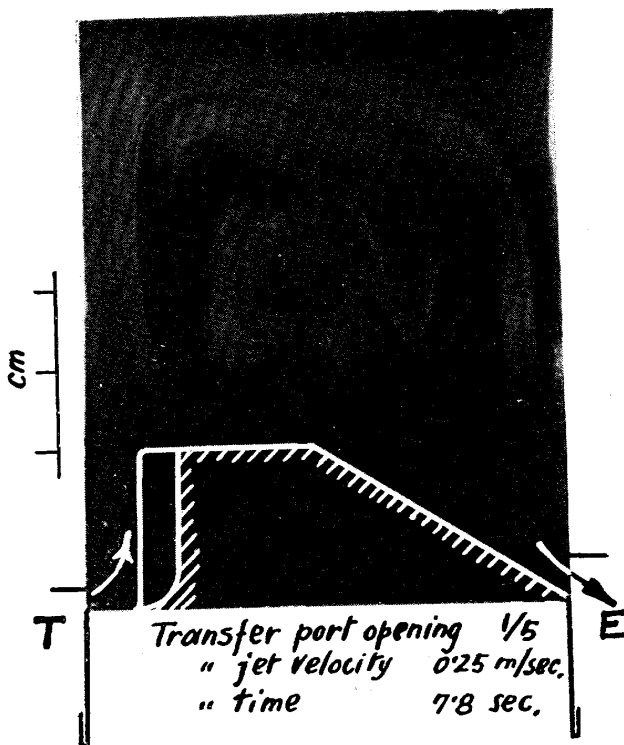
第 四 圖

連続部に達する。そこでその邊に於ての兩者の相違は確かに 10% はある。燃焼室の形の相違だけで、これだけ charging efficiency が違つて來ることは著者も豫想しなかつたところで、殊にその相違が著者の豫想と相反して居たので始めには殆んど信じられなかつた位である。

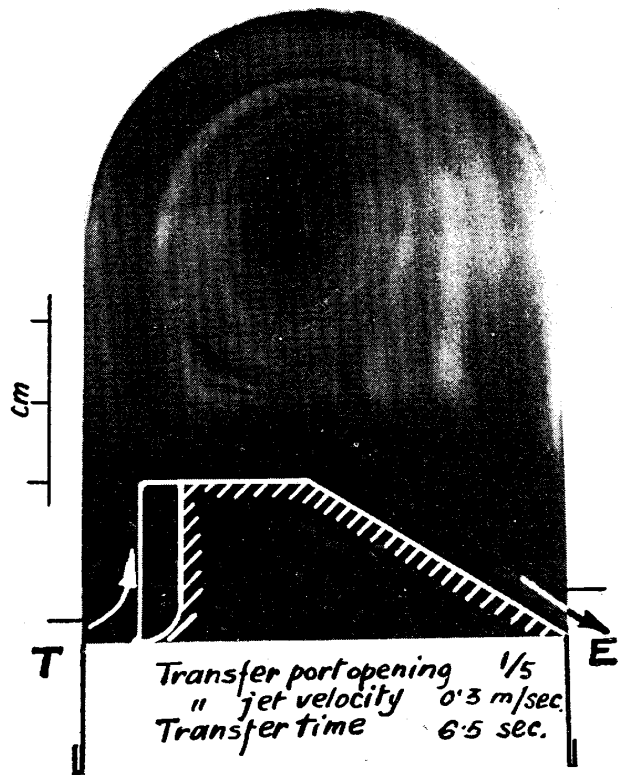
上の比較の結果より見て、charging efficiency の相違は transfer jet の前進速度を妨碍する事の多少による如く見えたので、それならば、new charge の壓力と total charge との關係も亦違つて來はしまいかと考へ比較を行つて見た。この結果は第四圖に示される。これで見ると、jet を妨碍する事の多いと思はれるところの flat head に對して new charge の壓力が若干高い様な氣もするが、charging efficiency の場合の如き、はつきりした區別は認められない。

次に測定各點をつらねる線を考ふるに、これは大體一直線である。これは、crank case 内の壓力が charging の終極に於て常に一定値に歸した事を示す。換言すれば、model engine の speed が 530 rev/min と云ふ緩速であつたので、port-opening-time-integral の大いさが充分大で従つて妨碍の有無に關せず charging は完了したと云ふ事を示す。従つて若し speed が上昇し opening-time-integral が減少すれば、此線は直線より deviate して來る物と想像され、同時に其場合には jet が妨碍される多少により線がもつとはつきり離隔するのではなからうかと思はれる。

最後に兩方の model を通過する氣流の寫眞を第五及第六圖に示す。寫眞撮影の方法は、雜録第



第五圖



第六圖

三十四號所載のものと同様の煙寫眞である。緩速寫眞であるから適確に云ふ事は出来ないが、かなり兩者の能率相違の原因を明示して居る様に思はれる。flat head のものに於ては deflector をすぎた jet が exhaust port に達する迄に二回の直角轉換を受けるので、實際に著しく前進速度を減じ、jet が diverge する状況を見る。それに反し第六圖に於ては方向轉換が彎曲に沿うて緩徐に行はれる故 jet は殆んど亂さるゝ事なく一路 exhaust に進み、中央部に大きな core を残すを見る。但し此寫眞撮影に使つた model の head は、便宜上 hemispherical とせず「かまぼこ」形としたが、氣流の大勢には大差はなからうと思ふ。

未だ實驗が不足で、此以上の發表が出来ぬのを遺憾とする。章の始めに云つた如く燃焼室と deflector との協同作業により charging が左右される物であるから hemispherical head に對しても deflector をかへれば勿論これ以上のよい結果が得られるであらう。よつて上のは兩者の能力の究極の比較の意味は勿論無い。但し少くも、今回の場合の如く『jet をあまり平滑に流す形は不適當だ』と云ふ事は一般的に云つて差支へない様である。故に hemispherical に對しては、壁のどの部かに jet を直角に吹き當てる様な構造が壁面に平行に流すものよりもよい結果を與へるであらう。

(以下次號)