Esas características presentan sobre un diagrama las posibilidades del trabajo del motor en cualquier condición. Eso permite llegar a un análisis fácil y luego a la determinación correcta de los rangos economicos del trabajo del motor.

19. MOTORES DE REACCION.

Motores de reacción usados sobre todo en aviones modernos y para accionar los coheteses de cualquier tipo (militares o espaciales), tienen la energia inducida del exterior como energia química del combustible que luego se transfiere a la energia cinética del flujo de gases. El conocimiento de ellos creció mucho en los ultimos tiempos y prácticamente desplazaron a los motores de combustión interna en la aviación moderna. Por eso también se incluye este capítulo para explicar los principios generales de funcionamiento de los motores mencionados anteriormente.

Todos los motores de reacción se dividen en dos grupos :

1. motores de propulsión a chorro (motores a chorro)
2. motores coheticos.

En motores de chorro, el agente termodinámico es el aire atmosférico que también es la fuente del óxigeno necesario para la combustión del combustible.

En motores coheticos, el combustible y oxidante, que forman a los agentes termodinámicos de los cohetes, son transportados siempre con motor.

19.1. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DE CHORRO.

Los motores de chorro forman dos tipos principales :

1. motores de chorro con compresión
2. motores de chorro sin compresión.

En los primeros, el proceso de compresión de aire sucede principalmente en un compresor mecánico y se distinguen 3 variedades técnicas:

a) motor turboreactor
b) motor de turbohélice
c) motor de flujo.

En motores de chorro sin compresión hay dos variedades técnicas:

a) motor estratoreactor
b) motor del chorro pulsante (pulsoreactor).

Las vistas esquemáticas de un motor-turboreactor, de un motor-estratoreactor y de un motor-pulsoreactor se muestran en la fig.110.

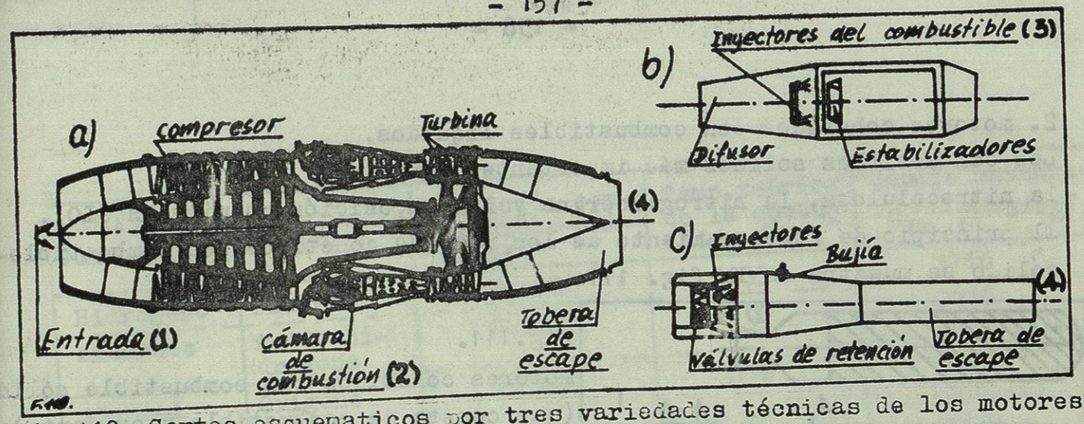

Fig.110. Cortes esquematicos por tres variedades técnicas de los motores de chorro:
a) turboreactor, b) estratoreactor, c) pulsoreactor,
1. entrada de aire. 2. camara de combustión, 3. inyectores del combustible, 4. salida de gases de escape.

El turboreactor consta de la entrada, compresor, camara de combustión, turbina y tobera de escape. El aire penetra por la entrada y se comprime en el turbocompresor; saliendo de él, se quema en forma contínua aumentando mucho su volumen y produciendo empuje de gases de escape que mueven el avión.

El estratoreactor consta del difusor de la cámara de combustión y de la tobera de escape. En el difusor se comprime el aire que entra al motor. La inyección continua del combustible causa buena pulverización y luego la combustión en la cámara de combustión mantenida por estabilizadores de la llama para obtener la presión de combustión estable. Los gases quemados producen el empuje y movimiento del motor.

El pulsoreactor consta de la entrada del conjunto de válvulas de retención, del mezclador con inyectores del combustible, de la cámara de combustión y de la tobera de escape en forma cilindrica. El combustible inyectado continuamente a la cámara crea con el aire una mezcla que se incendia al producirse la chispa de la bujía. Los gases de escape saliendo por la tobera producen dentro del motor la presión baja que abre las válvulas de retención permitiendo de esta manera a la entrada de una nueva porción de aire. En esta forma pulsativa el ciclo se repite y forma el empuje casi contínuo del motor.

19.2. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LO MOTORES COHETICOS.

Los motores coheticos forman 2 grupos principales :

1. motores coheticos con combustibles sólidos y

2. motores coheticos con combustibles líquidos.

Los combustibles solidos más importantes son :
la nitrocelulosa, la nitroglicerina y la composición química NH_4CLO_4.
El principio de funcionamiento de los motores coheticos con combustible-sólido se muestra en la fig. 111.

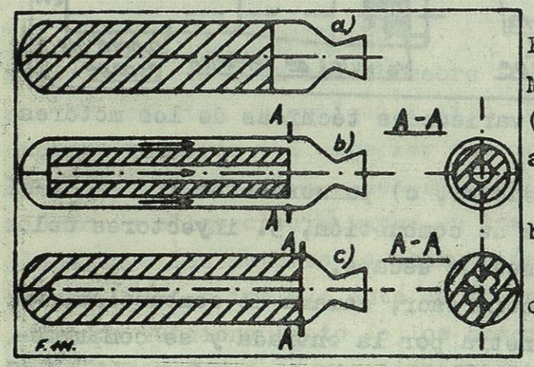

Fig.111.
Motores cométicos con combustible sólido (que consta de combustible y oxidante):
a) con la superficie delantera de combustión.
b) con la superficie lateral de combustión (en forma de una tubería abierta)
c) con la superficie lateral de combustión (en forma de una tubería cerrada).

Basicamente hay muchas variedades de pérfiles de combustibles sólidos con la superficie lateral de combustión, pero el principio de funcionamiento es siempre igual.

En los motores coheticos con combustibles líquidos, los oxidantes y combustibles se encuentran separados y se les conduce a la cámara reactor mediante un sistema de transportación. Esa cámara tiene tres zonas: pulverización, vaporización y combustión. Su constitución esquemática se muestra en la fig.112.

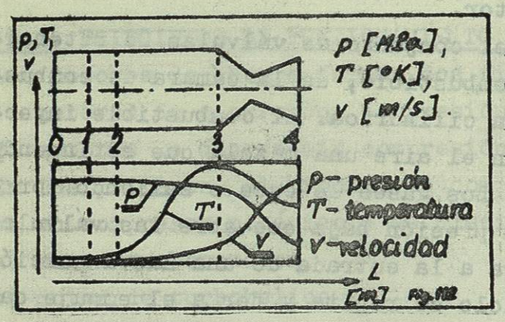

Fig.112.
Constitución esquematica de un motor cohético con combustible líquido, con curvas de recorriodo de algunos parámetros.

El combustible líquido (combustible con oxidante) es inyectado continuamente en la zona de pulverización. Los gases quemandose a los gases de escape producen el empuje del motor. Los combustibles líquidos más comunes se muestran en la tabla de la fig.113.

Combustible	Oxidante	Relación combustible-oxidante	Temp.teórica de la combustión, [°K].	Empuje unitario E_{em} [N·s/kg].
Hidrogeno	Fluoro	0.222	3033	3740
Amoniaco	Acido hidrogeno	0.465	2600	2370
Alcohol etilico 75%	Oxigeno	0.769	3116	2480
Hidracina	Oxigeno	1.429	3072	2820
Keroseno	Ozono	0.526	3800	2830

Fig.113.Algunas composiciones líquidas del combustible con oxidante aplicadas en motores cohéticos.

Por las posibilidades de la combustión pulsativa que en este caso no es deseada, los motores coheticos con combustibles líquidos no encontraron tanta aplicación como los de combustibles sólidos.
Además muy frecuentemente en la actualidad se construyen los motores combinados, es decir, se coloca un motor en otro ó un motor al otro en serie.
Unos ejemplos de este tipo son: un motor combinado militar, donde primero se ubicó el turboreactor y despúes el estratoreactor (por eso se aumento el empuje de cerca de 30 a 40%) ó el estratoreactor se coloca dentro del turboreactor con el mismo fin.
En tiempos futuros más importancia en cohetes espaciales tendrán, sin embargo, los motores atómicos, ionicos o de plasma.

REFERENCIAS:

1.- Abbot M.M., Van Ness H.C- " Termodinámica " , Libros McGraw-Hill de México S.A. de C.V., México 1975, originalmente en inglés.

2.- Baumeister T., Avallone E.A., Baumeister III T.- " Marks'Standard- Handbook for Mechanical Engineers," McGraw-Hill Book Co., USA 1978, en - inglés.

3.- Bernhard M., Dobrzyński S., Loth E.- " Silniki Samochodowe(Motores automotrices) " , WKiŁ, Varsovia 1969, en polaco.

4.- Janecki J., Hebda M.- Tarcie, smarowanie i zużycie części maszyn- (Fricción, lubricación y desgaste de elementos de máquinaria)", WNT, - - Varsovia 1972, en polaco.

5.- Dowkontt Jerzy " Teoria silników cieplnych (Teoría de motores térmicos)", WKiŁ, Varsovia 1973,en polaco.

6.- Kijewski Jan- " Silniki Spalinowe (Motores de combustión interna)", Wyd. PW., Varsovia 1977, en polaco.

7.- Kolmogorow M.L. Orlow C.I., Kolmorogow T.L.- " Gidrodinamicheskaya podachasmaski (Lubricación hidrodinámica)", Izd. Metallurgía, Moscú- 1975, en ruso.

8.- Lutz O., Wolf F. - " Tafeln für Luft and Verbrennungsgase (Tablas para -- aire y gases de combustión)", Springer Verlag, Berlin 1953, en alemán.

9.- Obert Edward F.- Motores de combustión interna. Análisis y aplicaciones.", Compañía Editorial Continental, S.A., México 1980, originalmente en inglés.

10.- Rytel Zdzisław- " Poradnik Inżyniera Mechanika. T II.(Manual de Ingeniero-Mecánico. Parte II.), WNT, Varsovia 1969, en polaco.

11.- Schulz Erich J.- " Diesel Mechanics," McGraw-Hill Book Co., USA 1977, en - inglés.

12.- Tuliszka E.- "Termodynamika techniczna (Termodinámica técnica)", PWN, - - Varsovia-Poznań 1980, en polaco.

13.- Wójcicki S.- " Spalanie (Combustión)", WNT, Varsovia 1969, en polaco.