

AEROTECNIA

COMPRESORES

Por MARIANO DE LA IGLESIA SIERRA

Capitán de Aviación

SABIDO es que en vuelos a grandes alturas, y consecuencia de la disminución del valor de la densidad del aire, los motores de gasolina usados en aeronáutica sufren una disminución considerable de potencia.

Por otro lado, si la hélice tiene el paso adecuado para funcionar con su máximo rendimiento a bajas altitudes, en los vuelos a grandes alturas no podemos obtener más que una fracción reducida de la potencia que nos dé el motor, ya que la hélice trabajará en malas condiciones de rendimiento.

Ambas causas, pérdida de potencia efectiva y disminución del rendimiento de la hélice, hacen que el avión que sea apto para vuelo a ras del suelo funcione en malas condiciones cuando las circunstancias le obliguen a volar por encima de una cierta altura.

Aunque dotemos al avión de la hélice adecuada para el vuelo a una cierta altura (5.000 metros, por ejemplo), y por reducción de la cámara de explosión logremos la compresión máxima prevista, únicamente conseguiríamos conservar el rendimiento del motor, pero la potencia por litro de cilindrada y, por tanto, la potencia del motor, puesto que la cilindrada no varía, será aproximadamente la mitad de la obtenida en el vuelo, a nivel del mar, con igual compresión.

Algo se consigue aumentando la compresión por encima de lo normal, para conservarla aceptable a una cierta altura, pero cuando el vuelo sea bajo, lo que forzosamente ocurrirá al despegar, ni el motor podrá dar su máxima potencia ni la hélice su máximo rendimiento.

El motor no dará su máxima potencia porque no podrá ser puesto en funcionamiento por encima de cierto régimen de revoluciones por minuto, por el peligro de las autoexplosiones y hasta detonaciones, mientras no alcance una altura mínima previamente determinada.

El empleo de dos combustibles diferentes, uno a ras del

suelo y otro por encima de una cierta altura, podrá evitar ese peligro; pero introduce complicaciones en la instalación e incluso en la organización del mismo motor.

En la solución anterior, la hélice tampoco será la adecuada en vuelo a ras del suelo, y, por lo tanto, esta manera de resolver el problema es imperfecta y poco práctica, en particular cuando se trate de aviones que hayan de despegar con mucha carga y deban volar a grandes alturas. En un avión de caza, para fines militares, puede, como mal menor, admitirse esta solución. Fuera de este caso, creemos que los motores sobrecomprimidos no tienen adecuada aplicación en aeronáutica.

La hélice de paso variable, hoy día una realidad, debe ser adoptada en cuanto el tiempo confirme la *seguridad de su funcionamiento*. No olvidemos que por ser la Aviación el medio más moderno de transporte, debe ser también el *más seguro y el menos peligroso*.

En lo tocante al motor, y deseada la solución del sobrecomprimido, podría resolverse el problema por medio del motor de compresión variable; pero esto, que es muy fácil de decir, plantea un difícilísimo problema cinemático, cuya solución no tenemos noticias haya sido realizada con éxito suficiente.

Con la sobrealimentación obtenida por el empleo de compresores ha sido estudiado el problema que nos ocupa, y distintas soluciones, algunas realizadas y otras en vías de pronta realización, resuelven el problema de una manera perfecta.

Para comparar las distintas soluciones y darnos cuenta del estado actual de la cuestión, haremos un ligero estudio de algunos tipos, con arreglo a la siguiente clasificación:

- | | | | |
|-----|----------------------------|---|----------------------------|
| 1.º | Compresores centrífugos... | } | a) Turbocompresores. |
| | | | b) Transmisión cinemática. |
| 2.º | Compresores volumétricos. | | |

Ante todo hemos de decir que la adopción de un compresor obliga a ciertas precauciones que aseguren el buen funcionamiento del motor a que sea destinado.

El compresor puede instalarse entre los carburadores y el motor o antes de los carburadores. En el primer caso, es comprimida la *mezcla de aire y combustible*, y en el segundo caso, solamente el aire es comprimido.

Como en el primer caso se encuentra la mezcla carburada, en cantidad, a la entrada de los cilindros, para evitar el peligro de incendio se hace de todo punto imprescindible el empleo de válvulas que impidan una vuelta de llamas, así como también *para-fuegos* o *juntas especiales* que garanticen que la mezcla en cuestión no estará nunca en contacto con los gases inflamados.

Como la carburación se hace antes del compresor, inútil es decir que es imprescindible el corrector altimétrico.

Cuando la instalación se hace como en el segundo caso, el corrector de altura se hace innecesario; en cambio, es necesario poner una comunicación entre la parte superior de la cámara de nivel constante y la cámara de compresión para que la carburación se haga en buenas condiciones.

En todo caso, en el vuelo a grandes alturas y consecuencia de la poca densidad del aire, la chispa tendrá tendencia a saltar en el pararrayos de la magneto, por lo que se hace imprescindible encerrar la magneto en una cámara que esté a la misma presión que la que alcance el aire o los gases a la salida del compresor.

Podría hacerse que las puntas del pararrayos pudiesen separarse proporcionalmente a la altura del vuelo; pero la solución anterior es la mejor.

I. Compresores centrífugos

El órgano principal de estos compresores es una rueda de paletas cuya forma suele ser como la *A* de la figura 1. El número de paletas y su forma dependen del tipo de compresor de que se trate. Esta rueda va cerrada en una cámara y las paletas por su parte lateral dejan el mínimo espacio posible con el tabique o tabiques laterales para impedir fugas.

El aire o la mezcla carburada es admitida por una tobera situada en la parte central. La rueda gira a gran número de revoluciones por minuto (20.000 y más) y el aire es lanzado por fuerza centrífuga a la periferia de la misma, siendo proyectado sobre el estator *B*, que es fijo y tiene una serie de paletas que dejan entre sí unos canales por los que el aire es lanzado a la tobera o toberas de admisión.

La energía necesaria para el funcionamiento del compresor se obtiene, bien aprovechando los gases del escape o por medio de una transmisión cinemática del cigüeñal del motor al compresor.

La primera concepción está realizada por medio de los

turbocompresores y la segunda por mecanismos diversos, algunos de los cuales describiremos ligeramente.

a) *Turbocompresores*.—Sabido es que los gases del escape son expulsados a una presión de algunos kilogramos por centímetro cuadrado y a una temperatura bastante elevada; es, pues, lógico que se pretenda aprovechar esa energía para el funcionamiento del compresor y como éste ha de girar a gran número de revoluciones por minuto, el mecanismo motor más indicado es una turbina accionada por los gases del escape. El turbocompresor

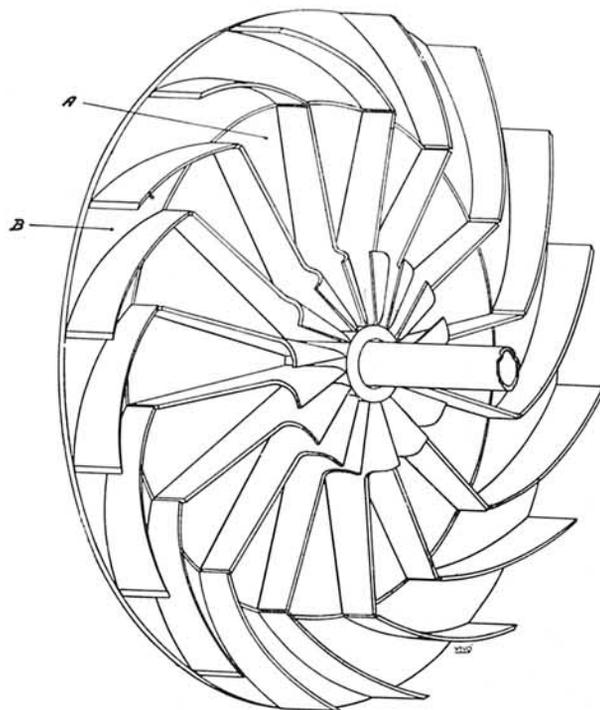


Fig. 1.

consta, pues, de dos órganos, la turbina y el compresor centrífugo.

La turbina es, en esencia, una rueda de paletas. Los gases del escape actúan sobre esa rueda y la obligan a girar, y como el eje de esa rueda es solidario del eje del rotor del compresor, éste gira y aspira aire que comprime, lanzándolo por una canalización adecuada al venturi del carburador y de ahí a los cilindros.

Como el aire al ser comprimido se calienta, se hace necesario la adopción de un radiador donde el aire comprimido pierda calorías y descienda de temperatura. Este radiador se instala entre el compresor y el carburador.

El circuito que siguen los gases del escape es, pues: tubería de escape, turbina y por el escape de la turbina a la atmósfera.

El circuito del aire es: atmósfera, compresor, radiador, carburador y de ahí es mezclado con la gasolina a los cilindros.

La Sociedad *Rateau*, en Francia, ha construido modelos de turbocompresores para motores de 175, 300 y 450 cv.

Las velocidades de rotación son muy elevadas, 32.000 revoluciones por minuto para el 300 y de 24.000 revoluciones por minuto para el 450. Con estos compresores se consigue la presión atmosférica normal hasta los 5.500 metros de altura.

Hemos de hacer notar que el eje del compresor sometido a elevada temperatura por el lado de la turbina (gases del escape) está por el otro extremo (lado del compresor) a muy baja temperatura por recibir el aire fresco de la atmósfera.

Esa diferencia de temperaturas en dos partes de una misma pieza (si el eje es único), o en dos piezas rígidamente unidas (eje de turbina solidario de eje del compresor), es un inconveniente serio, pero que la técnica moderna está seguramente en condiciones de resolver.

Aun cuando hoy día parece inclinarse la industria aeronáutica del lado de los compresores centrífugos de mando cinemático, cabe esperar mucho del turbocompresor *Rateau*.

Puede, en efecto, mejorarse su rendimiento aprovechando en mejores condiciones la energía de los gases del escape.

El escape de un motor lo podemos dividir en dos partes: Una primera parte, desde que se abre la válvula de escape hasta que el émbolo inicia su carrera ascendente, y la segunda parte, desde dicho instante hasta el final.

En la primera parte los gases tienen una presión de dos a tres kilogramos por centímetro cuadrado, y esa presión descende bruscamente casi a la atmosférica para permanecer constante durante la segunda parte del escape.

Si suponemos ahora que el escape en vez de ser libre comunica con el compresor, observaremos lo siguiente:

En la primera parte, la contrapresión en el émbolo no realiza apenas trabajo a pesar de ser de dos o tres kilogramos, debido a la casi nula velocidad del émbolo que está en las proximidades del punto muerto.

En la segunda parte del escape, aun cuando la contrapresión sobre el émbolo sea pequeña debido al descenso de presión, el trabajo robado al motor es grande, por ser grande la velocidad del émbolo.

En la primera parte los gases con presión apoyándose en el émbolo casi fijo reaccionan sobre las palas de la turbina, y en la segunda parte, el émbolo empujando a los gases y éstos a las paletas de la turbina toda la energía necesaria es robada al motor.

En la primera parte es la energía que forzosamente desperdicia el motor la que se aprovecha.

Se mejoraría, pues, el rendimiento de un turbocompresor con una turbina que recibiera por intermitencias la primera parte de los escapes de los distintos cilindros, siendo libre la segunda parte del escape.

Este punto de vista fué expuesto por M. Anxiennaz, colaborador de M. Rateau, y es muy posible que realizado un motor en condiciones de permitir ese fraccionamiento

del escape se gane en rendimiento, pues el escape libre del motor a las pequeñas presiones atmosféricas, correspondientes a las grandes alturas de vuelo, mejora notablemente el rendimiento del motor.

b) *Compresores centrífugos con mando cinemático.* El enlace entre el motor y el compresor es de suma importancia.

El compresor ha de girar nueve o diez veces más de prisa que el motor, por cuya causa un enlace rígido sería irrealizable, pues en la arrancada se romperían los dientes del multiplicador, y en todo caso, las vibraciones y los fallos del motor darían lugar a roturas peligrosas.

En consecuencia, la transmisión ha de cumplir las siguientes condiciones:

1.^a El embrague del compresor con el motor ha de ser

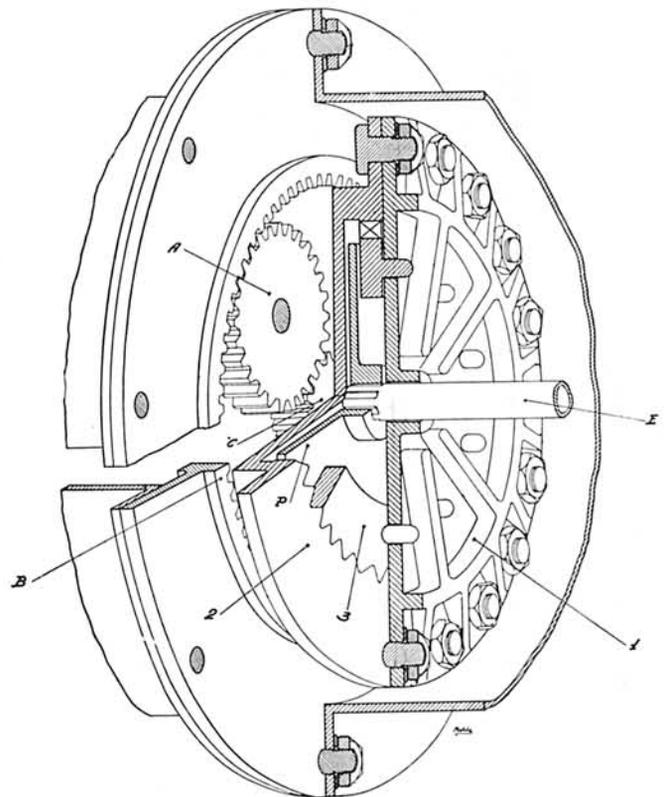


Fig. 2.

progresivo para que las fuerzas de inercia que se producirán en la arrancada, sean lo suficiente pequeñas para no perjudicar ni al motor, ni al compresor.

2.^a Una vez realizado el embrague y en funcionamiento, el enlace ha de ser elástico para así amortiguar los efectos normales de las vibraciones y las irregularidades de marcha.

Algunos ejemplos de compresores realizados, nos harán ver cómo se han resuelto estos problemas

Compresor Rateau-Farman. — En el esquema de la figura 2 hemos representado la transmisión de este compresor y en la figura 3, un corte de la misma.

El cigüeñal *E* del motor, arrastra constantemente en su movimiento al plato *P*. Cuando el embrague está efectuado, los ejes de tres piñones satélites *A* son arrastrados por el sistema, y como estos piñones están engranados con la corona *B* fija al cárter, hacen girar a su vez al piñón *C*, solidario del eje *D* del compresor, compresor que no hemos dibujado en la figura.

Veamos ahora cómo se produce el embrague:

El plato *P* puede desplazarse ligeramente a lo largo del cigüeñal, pues está unido a éste por acanaladuras. Este

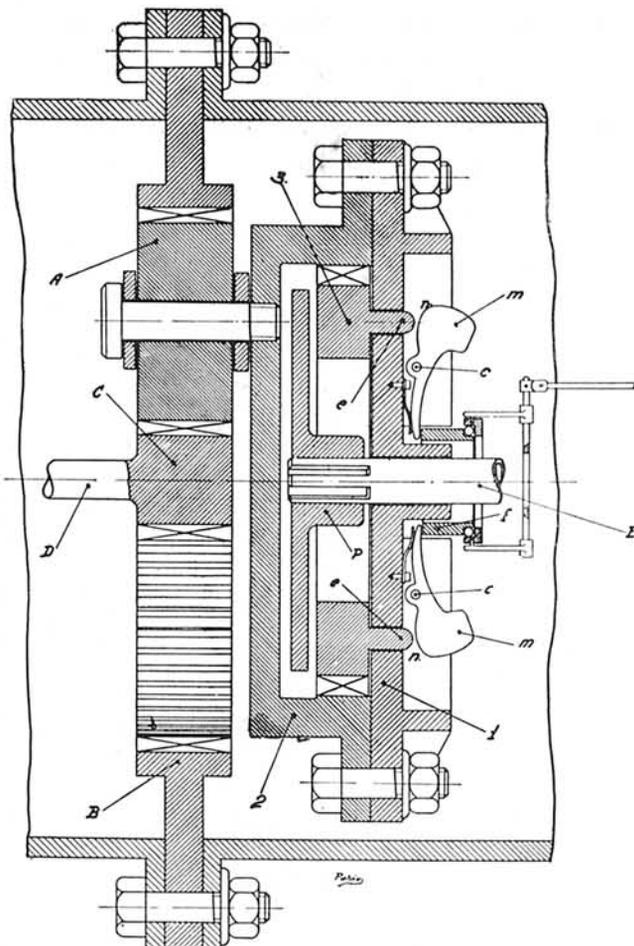


Fig. 3.

plato gira en el interior de la caja cilíndrica formada por los platos 1 y 2. En el interior de esa misma caja, la corona 3, figura 4, es solidaria del plato 2; pero puede trasladarse paralelamente al eje del cigüeñal por la manera de estar ensamblada al plato 2. La corona 3 encaja en el dentado practicado en el interior del plato 2.

Requerimos la atención del lector para que no crea se trata de un engranaje: es sencillamente un ensamble por acanaladuras que permite la traslación de la corona en la forma citada anteriormente.

El plato 1 lleva unos tabiques radiales, entre los cuales quedan unos alojamientos en forma de sectores circulares. En estos alojamientos se asientan unas masas *m* no

dibujadas en la figura 3, pero sí en el corte de la figura 4. Esas masas pueden girar alrededor de sendos ejes *e*. Los resortes de láminas que se ven en la figura tienden a desplazar a la derecha a las colas de las masas citadas. Un anillo *f* obliga, por el contrario, a apoyar las colas citadas contra los respectivos resortes de lámina empujando a dichas colas hacia la izquierda.

Esta posición, que es la representada en la figura, corresponde al mecanismo en la posición de desembrague.

Cuando el piloto maniobra la palanca de embrague el anillo *f* se traslada a la derecha, las colas de las masas por la acción de los resortes se separan de su posición, y las cabezas *n* apoyan con la fuerza transmitida por los resortes contra los tetones *e* de la corona 3. La corona 3 se ve obligada a trasladarse a la izquierda arrastrando en dicha traslación al plato *P* hasta que éste hace contacto con la superficie interior del plato 2.

El plato *P*, que, como sabemos, participa constantemente de la rotación del cigüeñal, se encuentra desde ese momento cogido entre el plato 2 y la corona 3. El plato *P* roza, por consiguiente, con la superficie del 2 y con la de la corona 3, rozamiento que acaba por originar la rotación del sistema formado por la corona 3 y el plato 2. Como el plato 1 forma cuerpo con el 2, también se ve obligado a girar, y consecuencia del giro, cada vez más rápido, la fuerza centrífuga que se origina en las cabezas de las masas *m* hace que estas masas apoyen cada vez con más fuerza sobre los tetones y, por consiguiente, que el plato *P* se encuentre cada vez más fuertemente aprisionado por la corona 3 y el plato 2 hasta que desaparece todo deslizamiento y el sistema móvil gira a la misma velocidad que el motor.

Para que el rozamiento y el arrastre consiguiente se produzca en debidas condiciones, la corona 3 lleva fijada en la superficie opuesta a los tetones, una corona anular de *ferodo* (fig. 4), y lo mismo le ocurre a la superficie interior del plato 2.

Si recordamos ahora que los ejes de los satélites son solidarios del plato 2 y que la corona *B* es fija al cárter, fácilmente nos daremos cuenta de que el giro de los satélites producirá la rotación del piñón de mando del compresor.

La relación de velocidades es tal, que por cada vuelta del motor, el compresor da nueve.

En el compresor que acabamos de describir, el ventilador (o sea la rueda de paletas del compresor) no gira cuando el mecanismo está desembragado.

En otro modelo de este mismo compresor, un sistema de rueda libre enlaza el ventilador con el cigüeñal. De este modo el compresor está obligado a girar a la velocidad del motor cuando no está hecho el embrague. El objeto de ese movimiento es realizar un removido de los gases. Cuando el embrague se maniobra, la rueda libre permite la realización de todas las funciones anteriormente descri-

tas, pues ese mecanismo no se opone a que gire el compresor a mayor velocidad que el motor.

Aun existe otro modelo algo más complicado dotado de tres velocidades: la primera, que absorbe de 5 a 8 cv., está

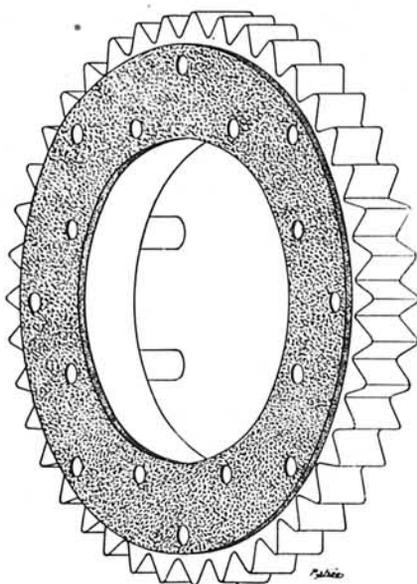


Fig. 4.

destinada a bracear los gases. La segunda velocidad absorbe 22 cv. y restablece la presión normal a 3.000 metros de altura, y la tercera la restablece a 5.600 metros con una absorción de potencia de unos 80 cv.

Compresor Bristol-Júpiter. — La figura 5 es una pro-

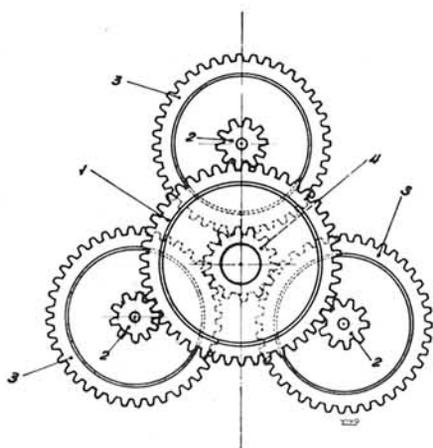


Fig. 5.

yección del mecanismo de multiplicación y la 6 un corte del compresor y mecanismo citado.

Este mecanismo *no es desembragable a voluntad del piloto*. Cuando el motor está en reposo el compresor, como es lógico, no gira; pero en el momento en que el motor se pone en marcha, el embrague progresivo se pone *automáticamente* en funcionamiento, y a los pocos

segundos el compresor es arrastrado a una velocidad diez veces superior a la del motor.

El cigüeñal del motor *E* (figs. 5 y 6) es solidario de la rueda dentada 1, y ésta engrana con los piñones 2, de ejes fijos en el cárter. Estos tres piñones son solidarios de las ruedas 3, ruedas que engranan con la 4, montada loca sobre el cigüeñal y solidaria del rotor del compresor.

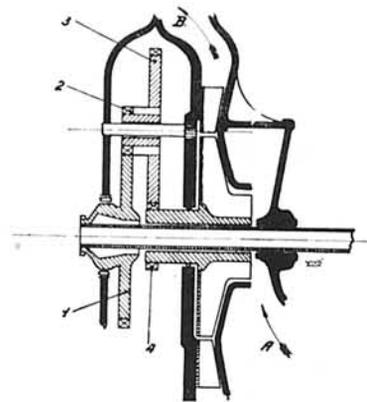


Fig. 6.

El funcionamiento se comprende fácilmente. Al girar el cigüeñal gira la rueda 1, obliga esta última a girar a los piñones 2 y, por tanto, a las ruedas 3 alrededor de sus respectivos ejes, y estas ruedas hacen girar al piñón 4 de mando del compresor.

En la figura 7 hemos dibujado una proyección que permite apreciar un importantísimo detalle de la rueda 1. Esta se compone de dos partes: núcleo y corona, y ambas enlazadas por los resortes en espiral que se ven en la figura. De este modo y al arrancar el motor, sólo el nú-

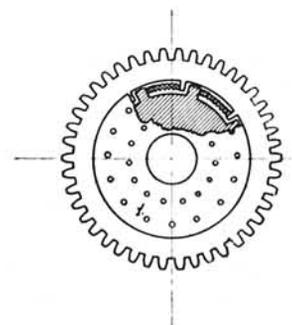


Fig. 7.

cleo central es obligado instantáneamente a girar, giro que dicho núcleo transmite a la corona dentada por intermedio de los resortes anteriormente citados.

Las ruedas 3 también tienen el núcleo independiente de la corona (fig. 8); pero aquí el enlace entre ambas partes se establece por medio de unas masas que solamente actúan cuando la velocidad del núcleo es suficiente.

En la figura 8 vemos que el núcleo tiene tres alojamientos para tres masas m_1 , m_2 y m_3 . Estas masas, por la

forma de las cajas donde se alojan, están obligadas a seguir la rotación del núcleo; pero pueden desplazarse radialmente.

Cuando la velocidad es suficiente, las masas por la fuerza centrífuga se alejan del eje de rotación y toman apoyo en

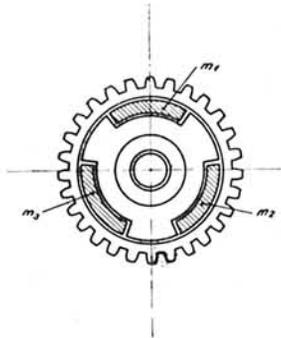


Fig. 8.

la parte interior de la corona dentada. Al principio, las masas resbalan sobre la superficie de la corona; pero cuando la fuerza centrífuga es suficiente, la corona es obligada a girar, pues las masas hacen mucha presión sobre su superficie, y al girar dicha corona, es obligado al giro el piñón 4 y, por tanto, el ventilador del compresor.

Cualquier irregularidad en la marcha del motor se traduce en deslizamientos de las masas con relación a la corona o en compresiones o extensiones de los resortes de la rueda 1. El embrague automático y progresivo, así como una transmisión elástica, quedan asegurados por este sistema.

En el corte de la figura 6 se aprecia bien el funcionamiento del conjunto, y en cuanto al compresor propiamente dicho, diremos que la mezcla carburada (o el aire, según los casos) es aspirada por la tobera A, y una vez comprimida en el compresor, es enviada por la tobera B a los cilindros.

2. Compresores volumétricos

Los compresores volumétricos realizan la compresión del aire o mezcla por medio de una cámara de volumen variable. Cuando el volumen de esta cámara aumenta,

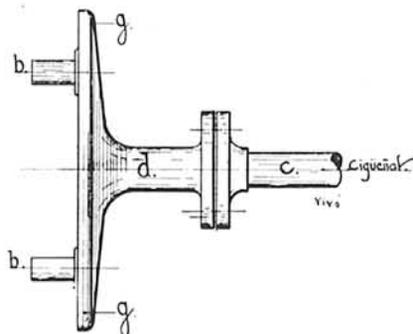


Fig. 9.

se produce la aspiración, y cuando disminuye el aire o mezcla aspirada, es comprimido y por una o varias válvulas es enviado a los cilindros o al carburador.

Compresor P. Z. — El compresor P. Z. es una solución muy original, en cuya realización se han empleado cuantos adelantos proporciona la técnica moderna (aleaciones ligeras, rodamientos de agujas, etc.)

El sistema de arrastre, solidariamente unido al cigüeñal del motor, consta (fig. 9) de una pieza rígida $g g$ que soporta los ejes $b b$ de los piñones $B B$ de la figura 10.

Estos piñones van montados locos sobre sus ejes $b b$

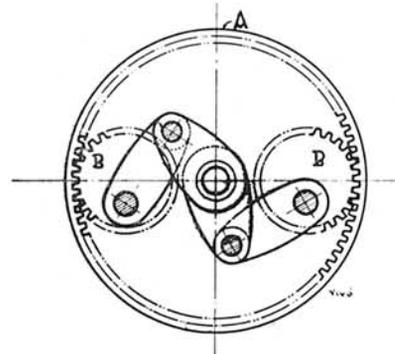


Fig. 10.

y consecuencia de la rotación del cigüeñal y, por consiguiente, de la pieza de arrastre $g g$, son forzados a rodar por la corona dentada interiormente A, que se ven en la citada figura 10. Cada uno de esos piñones manda una biela articulada a una manecilla y las dos manecillas correspondientes a cada biela son solidarias respectivamente de los ejes M_1 y M_2 (fig. 11).

Estos ejes M_1 y M_2 son huecos y concéntricos con el

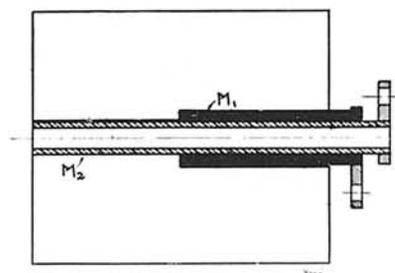


Fig. 11.

eje geométrico del cigüeñal, sobre cuya prolongación material van montados.

Cuando el cigüeñal gire, los piñones B rodarán por la corona A y sus ejes se trasladarán circularmente alrededor del eje geométrico del cigüeñal; pero al mismo tiempo dichos piñones tomarán movimientos de rotación alrededor de sus respectivos ejes.

Los números de dientes de la corona y de los piñones son tales, que mientras el cigüeñal da una vuelta los piñones dan tres alrededor de sus respectivos ejes.

Prescindamos por un momento de la rotación de los piñones alrededor del eje del cigüeñal y estudiemos solamente lo que ocurre cuando estos piñones giren alrededor de sus respectivos ejes.

Cuando el piñón *B* dé una vuelta completa alrededor de su eje, la biela articulada obligará a su manecilla correspondiente y, por tanto, a su eje a realizar una oscilación, es decir, que el eje hueco *M* girará durante parte del movimiento en un sentido y durante el resto en sentido contrario, en forma tal, que cuando el piñón *B* termine su rotación completa el eje *M* vuelve a la posición que tenía cuando el piñón *B* inició su rotación.

Cuando el movimiento sea el real, es decir, cuando los piñones se trasladen y además giren alrededor de sus respectivos ejes, por cada vuelta del cigüeñal los ejes *M*₁ y *M*₂ darán tres oscilaciones completas.

Los ejes *M*₁ y *M*₂ son solidarios cada uno de un sistema de paletas que se ven en corte en la figura 12, pudiéndose

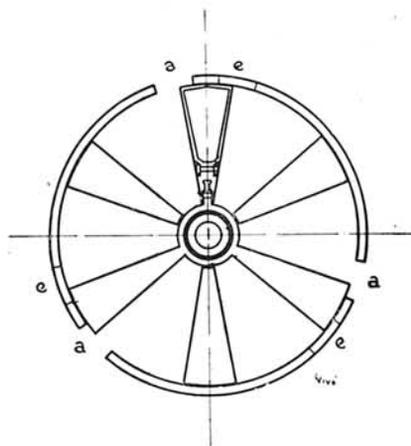


Fig. 12.

apreciar en la figura 11 cómo dichos sistemas de paletas se unen a sus respectivos ejes.

Estas paletas se mueven en el interior de un cilindro fijo, cuyo eje geométrico es el de rotación de las mismas.

Cada sistema de paletas tiene las suyas rígidamente caladas a 120 grados.

Cada paleta deja a un lado y a otro una cámara diédrica, cuya abertura angular depende de la posición de un sistema con relación al otro.

Las oscilaciones que los ejes *M*₁ y *M*₂ realizan, consecuencia del giro del cigüeñal, son tales que llegan a hacer contacto las paletas de un sistema con las de otro, y como en una vuelta del cigüeñal son tres oscilaciones, en una revolución del mismo se verifican tres batimientos completos de las paletas de un sistema con relación a las del otro.

Cada cámara diédrica se abre y se cierra tres veces en una vuelta; pero ese movimiento va combinado con una rotación continua siempre en el mismo sentido, rotación que tiene su origen en la traslación de los piñones *B* alrededor del cigüeñal.

En la figura pueden apreciarse la situación de los orificios de admisión *a* y de escape *e*.

Veamos ahora la capacidad de este compresor.

Supongamos (lo que sólo ocurre aproximadamente) que las cámaras diédricas se cierran completamente.

La abertura máxima de un diedro la calcularemos de la siguiente manera:

Distancia angular entre dos paletas de un sistema (esta distancia es siempre invariable), 120 grados.

Descontemos de este ángulo la parte que ocupan las paletas.

Media paleta de un sistema.	10 grados.
> > del mismo sistema.	10 >
Una paleta completa del otro sistema.	20 >
Total.	40 grados.

luego

$$120^\circ - 40^\circ = 80^\circ$$

será la abertura máxima de un diedro.

Como en una vuelta completa del cigüeñal hay tres batimientos completos, la aspiración de una cámara corresponde a un diedro de

$$80 \times 3 = 240^\circ$$

y como hay seis cámaras diédricas por cada revolución completa, la aspiración corresponderá a

$$240^\circ \times 6 = 1.440^\circ$$

o sea

$$\frac{1.440}{360} = 4$$

veces la capacidad del cilindro.

Vemos, pues, que acoplado este compresor directamente al motor, sin intermedio de multiplicador alguno, tiene una capacidad de aspiración de cuatro veces el volumen de la cámara del cilindro donde se mueven las paletas.

En resumen: este compresor tiene la ventaja de que no necesita una transmisión especial, pues gira a la misma velocidad que el motor.

Compresor S. E. B. I. A. — Consta este compresor, figura 13, de dos cuerpos de bomba cilíndrica montados en oposición; pero sus ejes no coincidentes quedan separados por un pequeño intervalo.

Este montaje de los cilindros, casi en prolongación uno de otro, se consigue gracias al empleo de bielas extraplanas.

El cigüeñal *C* del compresor se acopla directamente al cigüeñal *M* del motor. Dos codos formados por los dos platos *C*, por un plato central y la muñequilla *F* mandan las dos bielas *B*, una para cada cilindro.

En las figuras 13 y 14 pueden verse las bielas *B* de forma especial y extraplanas. El objeto de estas bielas es permitir que los cilindros puedan colocarse sensiblemente en prolongación uno de otro, con lo que se consigue aproximadamente equilibrar las fuerzas de inercia.

Los cilindros son de doble efecto y las válvulas, tanto de admisión *a* como de escape *e*, son automáticas.

Con objeto de disminuir el espacio muerto en el interior de los cilindros, los émbolos *E* son extraplanos; pero eso obliga a guiarlos por las columnas *T* que se ven en la figura 14.

Además, los émbolos tienen forma tal, que se adaptan perfectamente al fondo de los cilindros.

Por el lado del cigüeñal tiene forzosamente que existir

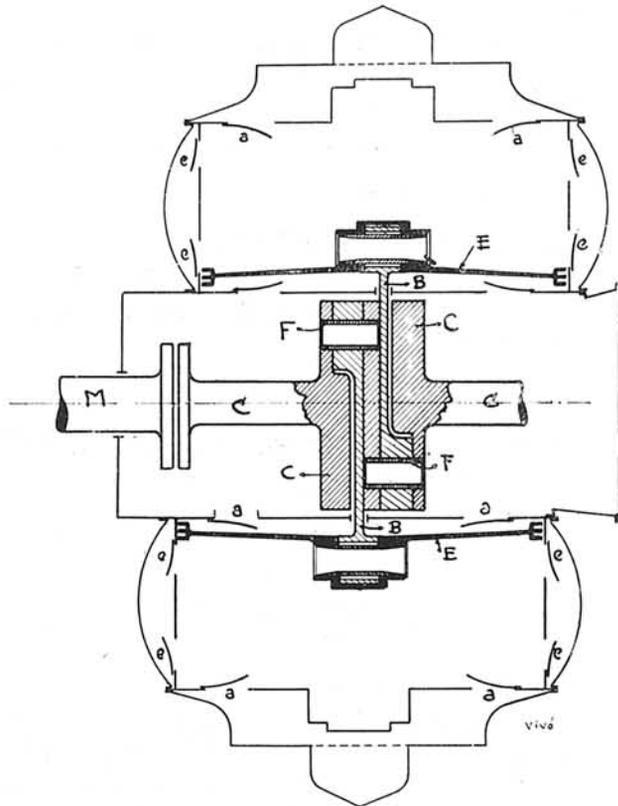


Fig. 13.

espacio muerto; pero está notablemente reducido por la forma especial de los codos (platos *C* y plato central), que queda reducido al espacio que necesita la biela para su oscilación.

Como las figuras presentadas son esquemáticas, haremos algunas aclaraciones con relación a la situación de las válvulas de admisión y escape.

Las válvulas de aspiración están situadas en los cuatro fondos de los dos cilindros y son en esencia una serie de aberturas radiales en forma de sectores circulares, obturadas por otros tantos resortes de lámina. Estas válvulas son automáticas; pero por un dispositivo especial pueden abrirse a voluntad del piloto, y esto en cada fondo con independencia de los demás.

De esa manera se consigue hacer funcionar al compresor con arreglo a la altura del vuelo; bien un cilindro a simple efecto, a doble, uno a doble y otro a simple o ambos a doble efecto.

El mando del peine que abre estas válvulas se hace por un pequeño cilindro auxiliar al que se le envía una corriente de aire comprimido. Un émbolo se desplaza y acciona el mecanismo que abre las válvulas.

Ese aire comprimido proviene de un pequeño compresor auxiliar de alta presión, que constantemente es arrasado por el cigüeñal. Este último compresor, no dibujado en la figura, puede servir además para cargar botellas de puesta en marcha, inflar neumáticos, etc.

Las válvulas de escape están constituidas por varios elementos repartidos por la periferia del cilindro. Cada elemento consta de tres líneas de orificios sobre los que apoyan, por la acción de un resorte, tres láminas metálicas. Cuando la presión es suficiente el aire empuja a dicha lámina y pasa al colector de presión.

Como los dos cilindros trabajan a doble efecto, la capacidad de este compresor corresponde a cuatro cilindradas por revolución.

Consideraciones finales. — Hoy por hoy, los compre-

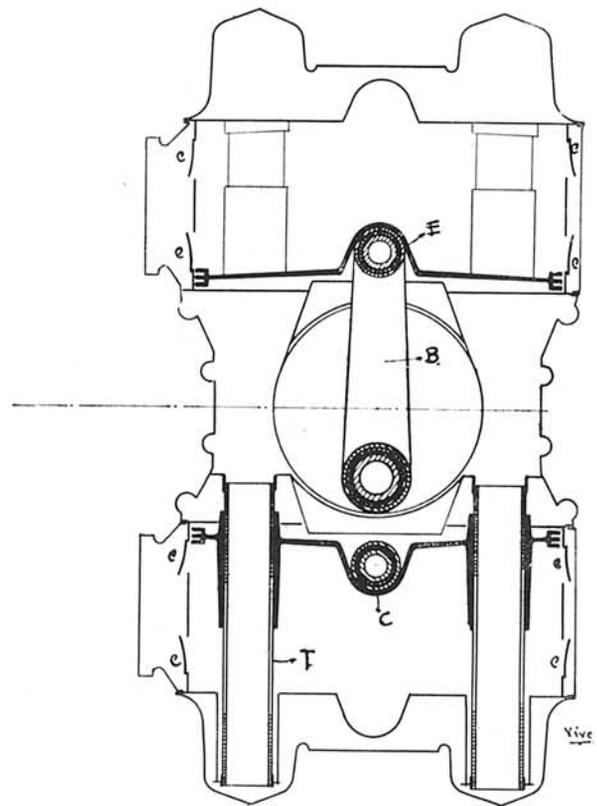


Fig. 14.

sores centrífugos de mando cinemático son los que resuelven en mejor forma la cuestión propuesta. Esto para vuelos hasta unos seis mil metros. Para vuelos estratosféricos se montan en cascada dos o tres compresores centrífugos.

Parece probable que para estos últimos vuelos los compresores volumétricos estén en mejores condiciones de resolver la cuestión que los compresores centrífugos.