

QR BRISTOL HÉRCULES

El Bristol Hercules es un motor de catorce cilindros en doble estrella que tiene como hecho distintivo que su alimentación la realiza mediante válvulas de camisa (también denominadas de “manga” o “manguito”), en lugar de las de asiento empleadas por la casi totalidad de los motores aeronáuticos. Bristol fue el único constructor de motores aeronáuticos que utilizó este tipo de válvulas sin por ello dejar de usar las de asiento en parte de su producción.

El sistema de válvulas de camisa simple adoptado por Bristol fue el denominado “Burt-McCollum”. Data, al menos, de



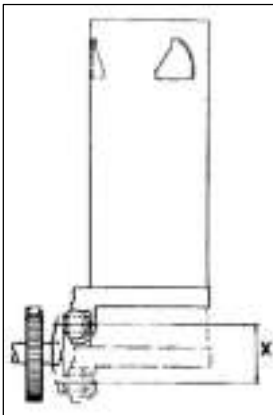
1909 cuando fue inventado por Peter Burg y James McCollum y se le conoció como “cilindro de una sola camisa” para diferenciarlo de otro sistema, el Knight, que utilizaba dos camisas con movimiento alternativo. En Bristol su director de diseño Roy Fedden, impulsado por la constante necesidad de obtener motores cada vez de mayor potencia, comenzó en 1927 a investigar el concepto de válvula de camisa. En 1933 lanzaron dos tipos ambos de nueve cilindros en estrella, el Perseus y el Aquila. En 1939 nació el Hercules con 14 cilindros en doble estrella de siete del Perseus.

Fue uno de los motores de mayor importancia para los ejércitos aliados de la Segunda Guerra Mundial, construyéndose más de 57.000 unidades. Comenzó a prestar servicios en 1939, entonces con 1.290 CV de potencia, pasando de los 1.375 hp del Hercules 11 a los 1.650 hp del Hercules V1 y los 1.735 hp del Hercules XV11, hasta finales de la década de 1950, cuando se produjo lo último de la serie 700, alcanzando los 2.090 CV. Durante la guerra propulsó gran parte de los efectivos del Comando de Bombardeo, como los Short Stirling, la mayoría de los Wellington, los Lancaster Mk. II y la mayor parte de los Halifax posteriores. Pero además se utilizó en un caza nocturno, el Bristol Beaufighter, utilizado también como cazabombardero y bombardero torpedero con gran éxito.

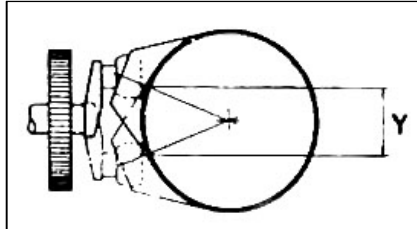
¿Cómo funciona la válvula de camisa simple? En este sistema el pistón se mueve dentro de una camisa que a su vez se mueve dentro del cilindro. En el costado del cilindro hay cortadas tres lumbreras de admisión y dos de escape, con la admisión situada en la parte trasera y los escapes en la parte delantera. En la camisa hay cortadas cuatro lumbreras que, mediante un movimiento elíptico, se alinean con las de la pared del cilindro para permitir en el momento oportuno la admisión de la mezcla y el escape de los gases quemados. De estas cuatro, dos son de admisión, una de escape y una, alternativamente, de admisión y escape.



En términos de eficacia, el conjunto resulta equivalente a un motor de válvula de asiento muy inteligente que tuviese cinco válvulas.



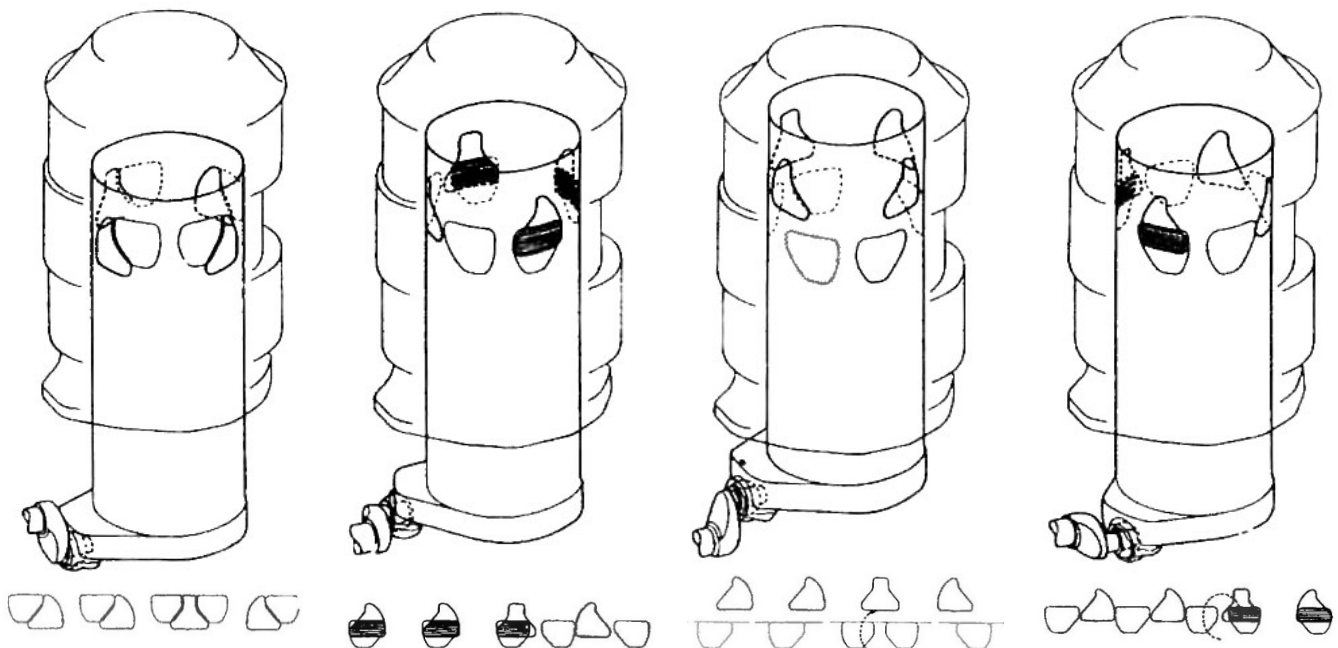
Este esquema muestra el movimiento vertical total que realiza la camisa. A la izquierda está representado el engranaje movido por el cigüeñal y la transmisión acodada que proporciona la amplitud "X" del desplazamiento vertical total de la camisa.



Esta vista, en planta, muestra el movimiento lateral "Y" producido por la transmisión acodada. Como la amplitud de "Y" es menor que la de "X", el

resultado es una trayectoria elíptica cuyo eje mayor es el vertical.

En la siguiente figura se muestra en esquema el funcionamiento de la camisa a lo largo de un ciclo. Comenzando con la admisión, la camisa está en movimiento ascendente con las lumbreras de admisión abiertas y las de escape cerradas. En su punto muerto superior (el de la camisa, no confundir con el PMS del ciclo, que es el del pistón), durante la compresión y explosión todas las lumbreras quedan tapadas en la culata. Finalmente, durante el escape la camisa en movimiento descendente deja abiertas todas las lumbreras de escape.



Camisa en su PMI con las lumbreras de admisión abriéndose y las de escape cerrándose. Comienza la admisión.

Camisa en movimiento elíptico ascendente. Lumbreras de admisión abiertas y las de escape cerradas.

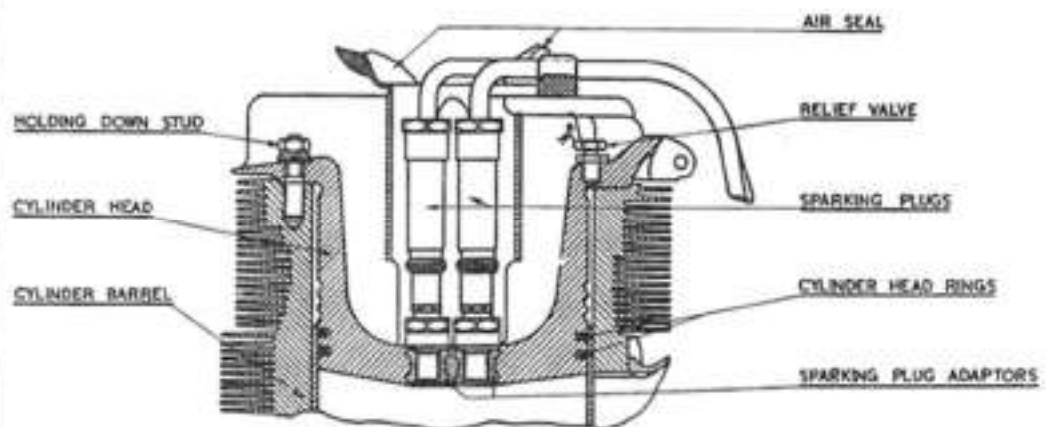
Camisa en su PMS entre las carreras de compresión y explosión del pistón. Todas las lumbreras quedan tapadas.

Camisa descendente con todas las lumbreras de escape abiertas.



Entre los **numerosos problemas** que Bristol hubo de solucionar, antes de que el primer motor de válvulas de camisa simple estuviera funcionando, se encontraba el del material con que construir tan especiales camisas y su refrigeración. La solución al material fue otro de los avances de Fedden. Los primeros motores tenían camisas de níquel-hierro que resultaron insatisfactorias y la respuesta resultó ser acero austenítico forjado KE965. El hecho de que el KE965 tenga un coeficiente de expansión similar al del aluminio fue un factor importante a su favor. Inicialmente, las pruebas se realizaron con camisas nitruradas, y se compararon con el mismo material que no había sido nitrurado. No es sorprendente que las pruebas concluyeran que la nitruración era esencial para la longevidad del motor.

El problema de su refrigeración era debido al movimiento alternativo de la camisa ya que precisaba una culata profunda, lo que dificultaba el trabajo de refrigeración especialmente cuando el medio refrigerante es el aire. Dirigir el aire de refrigeración hacia las profundidades del cabezal "basura" inicialmente causó problemas que condujeron a altas temperaturas en el cabezal. La solución consistió en dirigir las aletas radiales en la parte superior del cabezal hacia la parte superior de la cámara de combustión donde residían las dos bujías, que también tenían aletas de enfriamiento mecanizadas en sus cuerpos para disipar el calor.



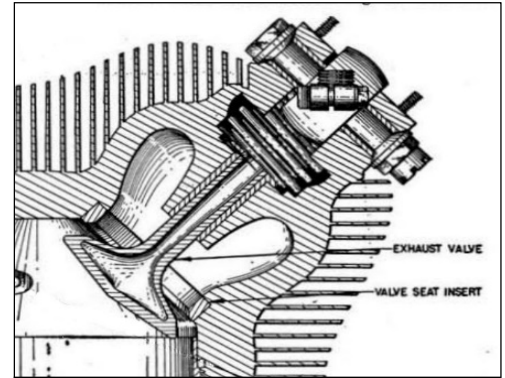
El dibujo representa un corte en sección de la culata de un cilindro con válvula de camisa Bristol. Los dos "anillos de culata" cumplen la misma función que los aros de pistón y la junta de culata, es decir sellan la camisa giratoria y alternativa contra los gases de combustión. La válvula de alivio permite el escape del aceite atrapado a medida que se eleva la camisa, evitando así un bloqueo hidráulico y la consiguiente falla de la transmisión de la camisa.

¿Qué ventajas se pueden encontrar en este sistema respecto al común de válvulas de asiento? Realmente, el trabajo, el tiempo invertido y el elevado coste del diseño y evolución de este complejo sistema no habría tenido sentido sin la obtención de importantes ventajas. Quizá la de mayor importancia sea que no existe el punto caliente que representa la válvula de escape, como sucede en las de asiento. Ese punto caliente constituye la mayor provocación para la detonación y para evitarla, se limita la relación de compresión o el octanaje de la gasolina empleada o ambos. Al no existir ese peligro, se puede utilizar una



mayor compresión generalmente hasta un número mayor aumentando así la potencia. También puede utilizarse una gasolina de menos octanaje, mejorando así la economía.

En segundo lugar, las válvulas de asiento en su funcionamiento interponen el obstáculo de la propia válvula en el flujo, tanto de admisión como de escape. Las lumbreras en la válvula de camisa son ventanas libres de obstáculos por lo que, tanto el llenado como el escape se producen con una mayor eficiencia volumétrica facilitando el llenado y reduciendo el consumo. Para conseguir una mejor eficiencia volumétrica es imprescindible contar con un flujo óptimo libre de obstáculos, tanto en la admisión como en el escape. En los motores de válvula de asiento el mejor resultado se consigue con cuatro válvulas por cilindro pero pensar en el manejo de esa configuración en motores de doble



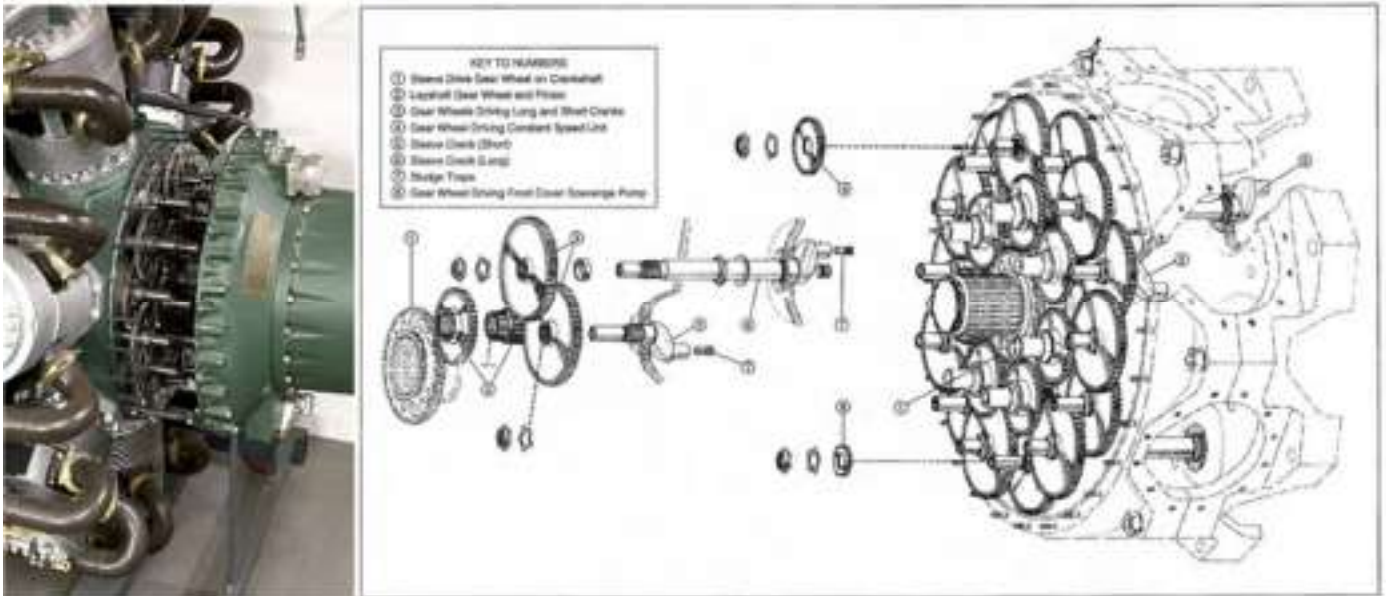
La válvula, pese a estar abierta, es un obstáculo a la salida de gases, que utilizan la rendija entre la válvula y su asiento. para salir del cilindro.

estrella da una idea de lo difícil que sería su diseño, y justifica el que nunca nadie se embarcara en semejante aventura y todos los “convencionales” se limitasen a dos válvulas por cilindro, pese a ser menos eficiente. La configuración de la válvula de camisa solucionó este problema, siendo la propia camisa una parte integral del cilindro y proporcionando cinco puertos o lumbreras, tres de admisión y dos de escape. Hay quien compara las válvulas de asiento con un adenoide en el sistema respiratorio humano, de donde en tono de humor podríamos decir que Roy Fedden operó de vegetaciones a los motores alternativos. Respecto a este punto hay que decir que probablemente nunca se construyeron radiales más eficientes que los grandes Bristol. El Perseus, por ejemplo, tenía un consumo específico de 195 gr/CV.h en crucero con mezcla pobre, utilizando combustible de 87 octanos. Un rendimiento entre un 5 y un 10 por ciento mejor que un motor de válvula de asiento comparable en igualdad de condiciones.

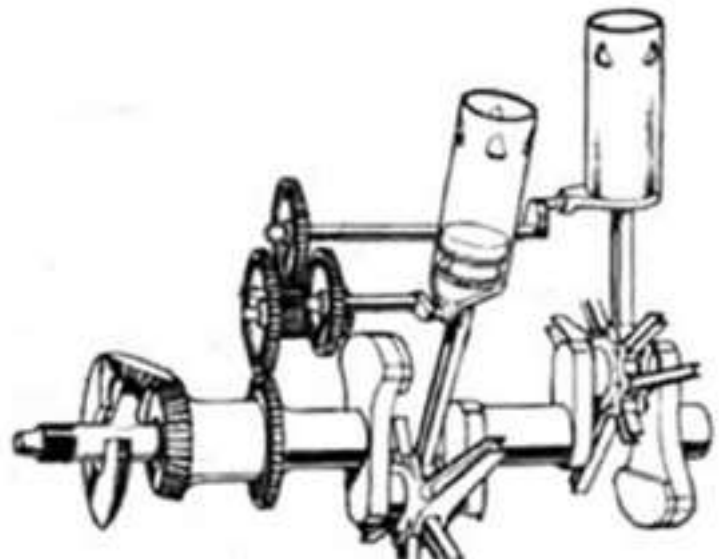
En tercer lugar, en ausencia de los engranajes de válvulas en cabeza, balancines y tapa de todo ello, si es que la hay, el diámetro del motor se puede reducir, con resultados beneficiosos en cuanto a menor resistencia aerodinámica inducida. Además de todo lo anterior, Bristol aseguró que se reducía el número de piezas comparativamente con los “válvula de asiento”, se facilitaba la construcción y la mano de obra requería una especialización menor, todo lo cual era de considerable importancia en tiempos de guerra. Cuesta creerlo viendo cómo se realiza el accionamiento desde el cigüeñal.

Las camisas son accionados desde un eje, engranado al cigüeñal, que gira a la mitad de la velocidad del cigüeñal del motor. Es decir, exactamente lo mismo que el árbol de levas en todos los motores, pero transmitiendo el movimiento mediante engranajes en vez de levas. Mediante un “bosque” de engranajes rectos unidos a sus ejes de transmisión se comunica el movimiento a cada una de las camisas. Al final de cada eje está la muñequilla de la manivela de transmisión que se acopla con una rótula esférica montada en la base de la camisa del cilindro. A medida que la manivela de transmisión de la camisa gira imparte un

movimiento giratorio y alternativo a la camisa, que abre y cierra las lumbreras de entrada y escape apropiadas en el momento correcto. Este movimiento también produce el beneficio de distribuir el lubricante uniformemente alrededor de la camisa evitando así el problema principal de su lubricación.



Todo el conjunto está alojado en el cárter delantero justo delante de la primera estrella de cilindros. En la imagen de la izquierda se ha separado la carcasa delantera del cárter y permite ver una imagen de este “bosque” de engranajes que verdaderamente presenta un aspecto que recuerda a los ya clásicos relojes suizos. En el dibujo se ve más claramente cómo es la distribución de engranajes, y recordando que es un motor de doble estrella los dos ejes de transmisión, los cortos para la estrella delantera y los largos que pasan entre los cilindros delanteros, para los cilindros de la estrella posterior.



Un dibujo esquemático, con sólo dos cilindros, permite hacerse una mejor idea de cómo es esta transmisión para cada estrella.

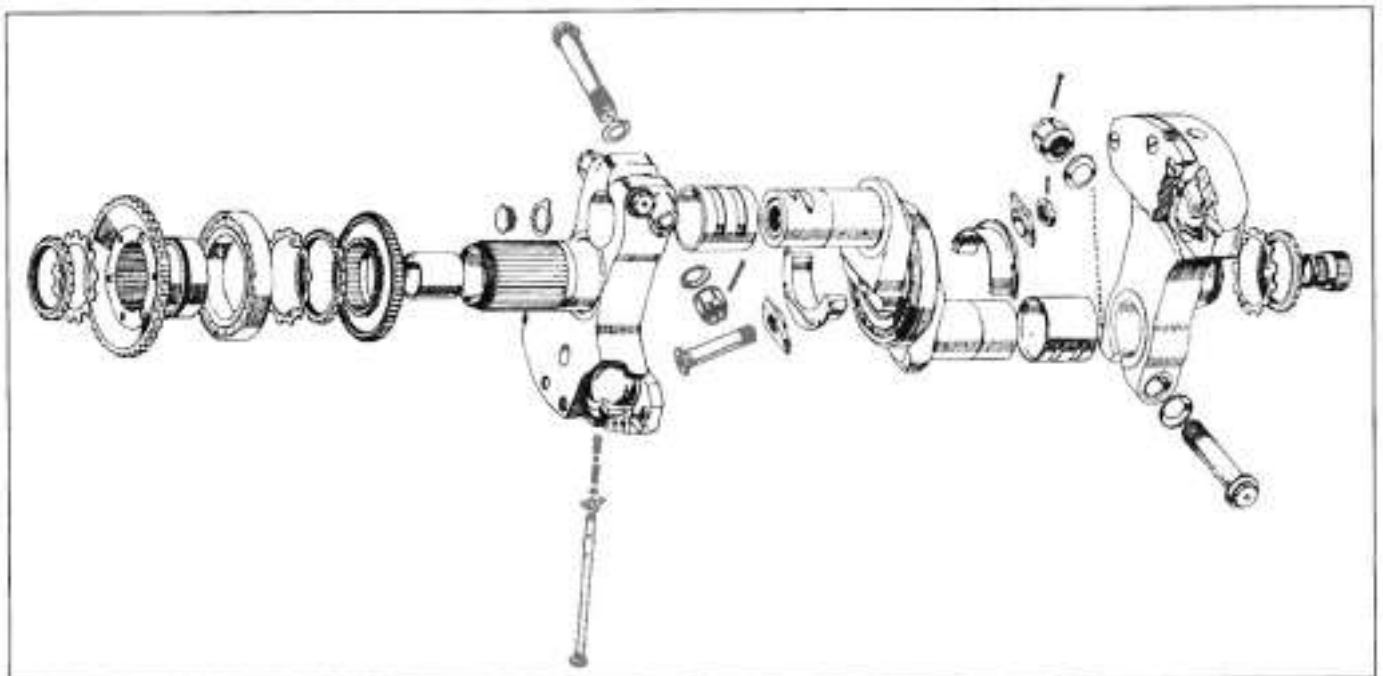
Llegamos con esto a la descripción en sí, del motor. Recordemos que se trata de un radial de 14 cilindros en doble estrella, refrigerado por aire, transmisión por engranajes, sobrealimentado y de 4 tiempos.

DESCRIPCIÓN:

Los cilindros son de aleación de aluminio y las culatas de aleación de aluminio fundido a presión. Tiene 3 lumbreras de admisión y 2 de escape alrededor de la sección media de cada cilindro. 1 válvula de camisa única oscilante y alternativa de acero inoxidable por cilindro, con 2 lumbreras de admisión, 1 de escape y 1 lumbrera alternativamente de admisión y escape.

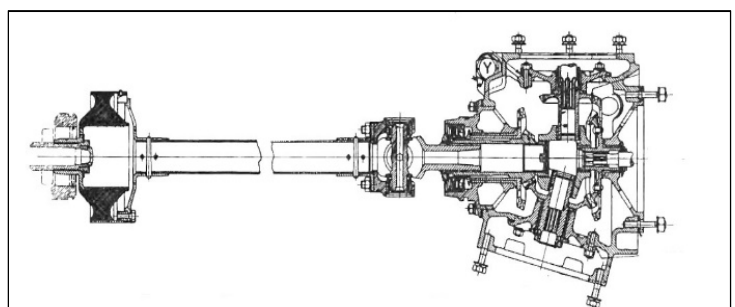
La construcción del cárter consiste en una forja de aluminio de tres piezas dividida verticalmente en las líneas centrales de los cilindros. Siete pernos unen las secciones del cárter en las líneas centrales del cilindro.

Tres enormes cojinetes de rodillos sostienen el cigüeñal. Este está formado por tres piezas, lo que permite el uso de una biela maestra de una sola pieza, avance que Fedden aplicó en este motor y posteriormente fue utilizado en todos los motores Bristol.



Otra novedad en este cigüeñal es el género del cojinete de muñequilla. Aquí el cojinete es el componente macho y el muñón, formado por el diámetro interno de la biela maestra es el componente hembra. Justo al revés de la práctica normal dotado de contrapesos dinámicos. También es digno de mención, y se ve en el dibujo, el uso de sólidas bolas de acero alojadas en las “mejillas” de las manivelas que servían como contrapesos dinámicos.

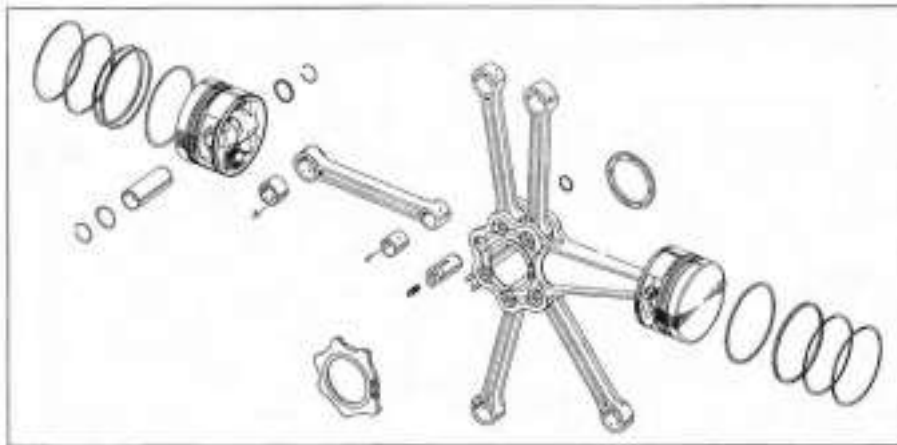
Una característica de las instalaciones del Hércules, y de todos los motores Bristol posteriores, es el uso de una caja de accesorios remota para accionar bombas hidráulicas, bombas de vacío, generadores, etc. Un “eje de gato”



Un eje “Cardaflex” acciona la caja de accesorios



impulsado desde la parte trasera del motor impulsa la caja de accesorios. Entre las muchas ventajas de esta disposición se encuentran un mantenimiento más fácil, menos piezas para cambiar y retirar durante un cambio de motor y una reducción en la longitud total del motor. Los cojinetes de biela maestros podían ser completamente flotantes o fijos y, curiosamente, estaban hechos de metal blanco en lugar del habitual (en esta etapa del desarrollo del motor radial) cobre-plomo o plata. El diámetro interior de la biela maestra forma el componente de muñón del rodamiento, al revés de la práctica normal.



El conjunto engranaje reductor es patente Farman, cónico epicíclico. Tiene una relación 0,44:1 y provisión para ventilador de refrigeración forzada accionado por engranajes. Está preparado para el uso de hélice de velocidad constante Rotol.

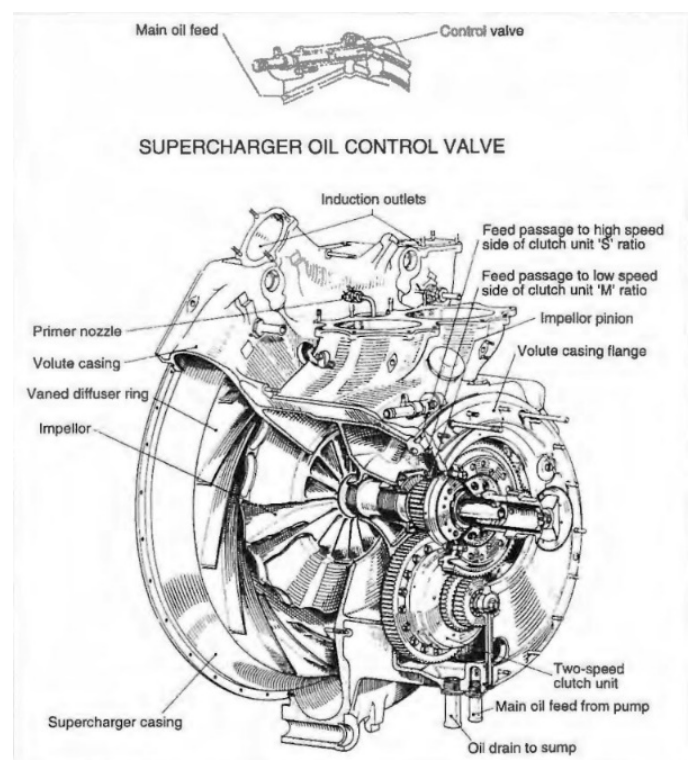
El sobre alimentador es de 2 velocidades, accionado por engranajes. Las relaciones son 6,68:1 y 8,35:1. El accionamiento del sobre alimentador está proporcionado por embragues multidisco accionados por aceite, con resortes de compresión para protección contra cargas de choque de torsión. Los primeros motores Hércules utilizaban sobrealimentación de una sola velocidad.

La carburación está proporcionada por una unidad de tiro descendente Claudel Hobson con mezcla automática y control de impulso. A partir de 1942 utilizó el carburador Hobson o la unidad de inyección Hobson-RAE.

El encendido lo realiza mediante dos magnetos B.T.H. C14A, Rotax N14A o Simms F14A. Lleva 2 bujías de 14 mm de largo alcance por cilindro con el sistema de encendido blindado.

La lubricación se realiza mediante alimentación a presión, 100 lb./sq.in. (7,0 kg/cm²). Sumidero seco.

La puesta en marcha va provista de arranque eléctrico directo Rotax C-1231.





DATOS TÉCNICOS:

Tipo: radial de 14 cilindros en doble estrella refrigerados por aire sobre alimentado.

Potencia máxima despegue: 2.090 CV a 2.300 rpm.

Cilindrada: 38,7 L.

Diámetro: 146 mm.

Carrera: 165 mm.

Peso: 973 kg.

Relación de compresión: 7/1.

Relación peso / potencia: 0,46 kg/CV.

Relación potencia / desplazamiento: 54,04 CV/L.

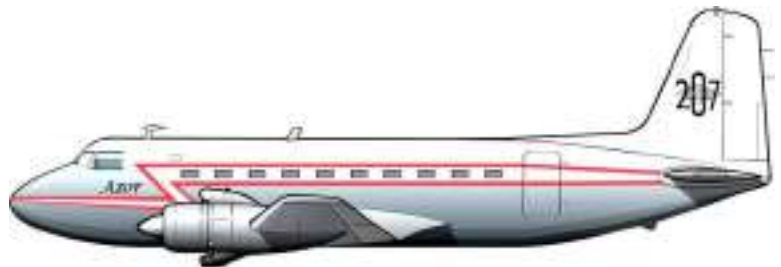
Carburante: 100/130 octanos.

Consumo carburante: 195 gr/CV/h.

Consumo de aceite: 4 gr/CV/hr.

MONTADO EN:

- CASA C-207 "AZOR": avión de transporte de tropas y carga de corto y medio alcance bimotor de ala baja, aunque inicialmente fue planeado para el mercado civil como avión de pasajeros.



Construido por la compañía española Construcciones Aeronáuticas S.A. (CASA) a comienzos de los años 50, y empleado exclusivamente por el Ejército del Aire español. Derivado del también bimotor CASA C-202 Halcón, en el momento de su aparición en el año 1958 tenía unas características inferiores a otros modelos que se encontraban en desarrollo en Europa, como el Fokker F27 neerlandés o el Avro 748 británico, por lo que únicamente se construyeron en reducido número. Estaba previsto que fuese impulsado por motores ENMASA de 1.300 CV pero una serie de problemas y un retraso importante en la producción sentenció sus posibilidades comerciales, siendo equipado con los magníficos BRISTOL HERCULES serie 700 de 2.090 CV.

La intención original era la de presentar al avión como competidor en el mercado civil, siendo más rápido y con más autonomía que aviones similares de la época, pero al no recibir pedidos en este terreno debido, entre otras cosas, al no contar con una cabina presurizada, motivo por el cual la compañía aérea estatal Iberia L.A.E. se decanta por el estadounidense Convair 440 (además de por considerar que el Azor era demasiado pequeño), y a que en ese momento comenzaban a aparecer los primeros reactores, y como no era posible una adaptación, el Gobierno Español rescató el proyecto, adquiriendo las diez primeras unidades para el Ejército del Aire, como avión de transporte con capacidad para 40 pasajeros, donde recibieron la designación T.7A, y dos de los cuales se equiparon experimentalmente con motores Pratt & Whitney R-2800 Double Wasp en lugar del Bristol Hercules 730 que llevaban el resto. Se construyeron tan solo dos series de diez aviones cada una más dos prototipos. Realizó

su primer vuelo en 1955 y se retiró del servicio en 1981, con la excepción de dos dedicados al remolque de blancos, que se mantuvieron en activo hasta 1988. Avión robusto, maniobrero y agradable de volar, pudo haber tenido mucho mayor éxito si hubiera nacido unos años antes. En el museo podemos ver dos



ejemplares de “azor”, uno de ellos es el primer avión tras la puerta de entrada que está dando la bienvenida al museo a todos los visitantes.

- BRISTOL FREIGHTER: avión carguero y de pasajeros. Su uso más conocido fue para transportar automóviles y sus pasajeros en distancias relativamente cortas. Se desarrolló durante la Segunda



Guerra Mundial pero se completó demasiado tarde para participar en el conflicto, la mayoría de las ventas del Freighter se realizaron a operadores comerciales. A nuestro país llegó en mayo de 1948 propulsando dos cargueros Bristol 170 Freighter MK-21 que fueron los dos primeros aviones de la recién creada compañía Aviación y Comercio. La prontamente denominada AVIACO llegó a contar con siete de estos cargueros y también la compañía de bandera IBERIA hizo uso de cuatro unidades entre 1953 y 1964.

- SHORT STIRLING: el primero de los bombarderos cuatrimotores "modernos" de la RAF fue uno de los primeros en recibir el motor



Hércules. Nunca tuvo un desempeño estelar, sufrió una serie de deficiencias la principal fue la inadecuada envergadura de solo 99 pies, 1 pulgada. Short Brothers Ltd. solicitó una envergadura de 112 pies pero fue rechazada por el Ministerio del Aire por que los hangares existentes de la RAF no podían acomodar envergaduras de alas



superiores a 100 pies. Esta restricción iba a ser el talón de Aquiles del Stirling durante toda su vida operativa. El Stirling se vio acosado por otros problemas relacionados con el diseño, por ejemplo el enorme, complicado y frágil tren de aterrizaje, que causó un sinnúmero de problemas. El avión prototipo fue cancelado en su vuelo inaugural debido al colapso del tren de aterrizaje... un comienzo desfavorable para su carrera.

El techo del avión era de 15.000 pies lo hacía vulnerable a las defensas alemanas. Para aliviar esta situación, se instalaron motores Hércules III mejorados que desarrollaban 1.375 CV, en sustitución de los Hércules II instalados en el prototipo. Más tarde, el Mk.1 Stirling estaba equipado con el Hercules XI, con una potencia de 1500 hp mejorando significativamente el rendimiento aún marginal. Más importante aún, se introdujo la sobrealimentación de dos velocidades para mejorar el rendimiento en altitud, sin embargo toda la potencia adicional no pudo superar el defecto de diseño básico de una envergadura insuficiente.

A medida que los Handley Page Halifax y Avro Lancaster estuvieron disponibles en cantidades significativas los Stirling fueron retirados de las peligrosas operaciones de bombardeo sobre Alemania y utilizados en operaciones de menor prioridad, como el remolque de planeadores. Muchos de los planeadores utilizados en el ataque de Arnhem fueron remolcados por Stirlings. Debido a la tensión adicional sobre los motores al remolcar planeadores muy cargados se incorporó refrigeración asistida por ventilador.

Al final de la Segunda Guerra Mundial, los Stirling fueron rápidamente retirados y en julio de 1946 todos habían sido retirados del servicio de la RAF.

- VICKERS WELLINGTON:

Creación del brillante Barnes (más tarde Sir Barnes) Wallis, el Vickers Wellington presentaba una construcción geodésica cubierta de tela, construcción



inusual que era una marca registrada de muchos de los aviones anteriores de Wallis. El Wellington, un bombardero medio, bimotor iba a ser el pilar del Bomber Command durante los primeros años de la guerra.

Los primeros Wellingtons fueron impulsados por motores Pegasus. Como suele ocurrir con los aviones militares, pronto se necesitó potencia adicional y el Hércules la proporcionó. Diseñado según la especificación B.9/32 del Ministerio del Aire, el Wellington voló por primera vez en junio de 1936 con potencia Pegasus y pronto se ganó el apodo de "Wimpy" del personaje de dibujos animados J. Wellington Wimpy, este nombre se mantendría con el avión durante toda su carrera.



Se construyeron un total de 11.461 Wellington y su producción finalizó en 1945. Se utilizó en muchos escenarios de la guerra, principalmente en la ofensiva de bombardeos nocturnos contra Alemania. El Comando Costero hizo un buen uso del Wimpy para detectar submarinos alemanes con un radar junto con el Leigh Light, un reflector potente y orientable montado en la bahía de bombas impulsado por un generador movido inicialmente por un motor de automóvil Ford V-8. Posteriormente fueron sustituidos por motores De Havilland Gipsy Queen. Las tácticas implicaban localizar el submarino, reducir la señal del radar para darle a la tripulación del submarino alemán la impresión de que el avión se alejaba y luego, cuando estaban cerca, encender la luz Leigh y bombardear si era posible en el primer momento. De esa manera el submarino no tenía tiempo de sumergirse ni de utilizar sus cañones. Esta táctica fue el resultado de que los alemanes utilizaran una antena detectora de radar llamada Cruz de Vizcaya.

En 1943, los Wellington fueron retirados del servicio de bombardeo de primera línea en Europa, pero continuaron en servicio en Italia y el Lejano Oriente hasta finales de 1944.

- **BRISTOL BEAUFIGHTER:**

el diseño de este pesado caza bimotor avanzó rápidamente ya que se basó en el Bristol Beaufort propulsado por Taurus. Los soportes del motor y el



fuselaje fueron los principales componentes nuevos, lo que permitió que el prototipo volara sólo ocho meses después de que comenzaran los trabajos de diseño en 1939. Los Beaufighter estaban propulsados por casi toda la gama de motores Hércules, desde el Hércules III para los primeros Beaufighter hasta el Hércules XVIII para el Beaufighter 21. Dos versiones, el Beaufighter IV y V, estaban propulsadas por Merlin XX.

El radar, junto con el Supermarine Spitfire y el Hawker Hurricane, salvaron a los británicos de la invasión en el verano de 1940. Esta nueva tecnología pronto se adaptó para su instalación en aviones, y el Bristol Beaufighter fue el primer avión de la RAF especialmente construido para utilizar la interceptación aérea apoyada en radar.

Los Beaufighter entraron en servicio en todos los teatros de la Segunda Guerra Mundial como bombarderos, porta torpederos y caza cohetes.

QR BRISTOL HÉRCULES

The Bristol Hercules is a fourteen-cylinder twin-star engine whose distinctive feature is that it is supplied by sleeve valves (also called “sleeve” or “sleeve”), instead of the poppet valves used by almost all aeronautical engines. Bristol was the only aeronautical engine manufacturer to use this type of valve without ceasing to use poppet valves in part of its production.

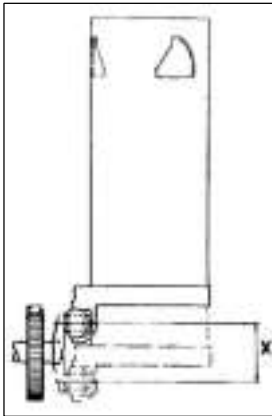


The single-sleeve valve system adopted by Bristol was the so-called “Burt-McCollum” system. It dates back at least to 1909 when it was invented by Peter

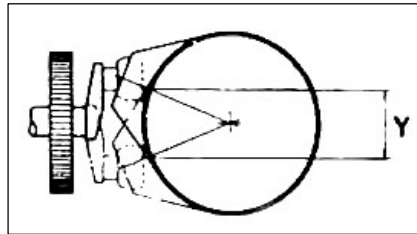
Burg and James McCollum and was known as the “single-sleeve cylinder” to differentiate it from another system, the Knight, which used two reciprocating sleeves. At Bristol, its design director Roy Fedden, driven by the constant need to obtain engines of ever greater power, began to investigate the concept of the sleeve valve in 1927. In 1933, two types were launched, both with nine star cylinders, the Perseus and the Aquila. In 1939, the Hercules was born with 14 double star cylinders compared to the seven of the Perseus.

It was one of the most important engines for the Allied armies in World War II, with more than 57,000 units built. It began to serve in 1939, then with 1,290 HP of power, going from the 1,375 HP of the Hercules 11 to the 1,650 HP of the Hercules V1 and the 1,735 HP of the Hercules XV11, until the end of the 1950s, when the last of the 700 series was produced, reaching 2,090 hp. During the war, it powered a large part of the Bomber Command's assets, such as the Short Stirling, most of the Wellingtons, the Lancaster Mk. II and later Halifaxes. But it was also used in a night fighter, the Bristol Beaufighter, which was also used as a fighter-bomber and torpedo bomber with great success.

How does the single-jacket valve work? In this system the piston moves inside a liner which in turn moves inside the cylinder. Three inlet and two exhaust ports are cut into the side of the cylinder, with the inlet at the rear and the exhaust at the front. Four ports are cut into the liner which, by means of an elliptical movement, align with those in the cylinder wall to allow the intake of the mixture and the escape of the burnt gases at the right time. Of these four, two are intake, one exhaust and one, alternately, intake and exhaust. In terms of efficiency, the assembly is equivalent to a very clever poppet valve engine with five valves.

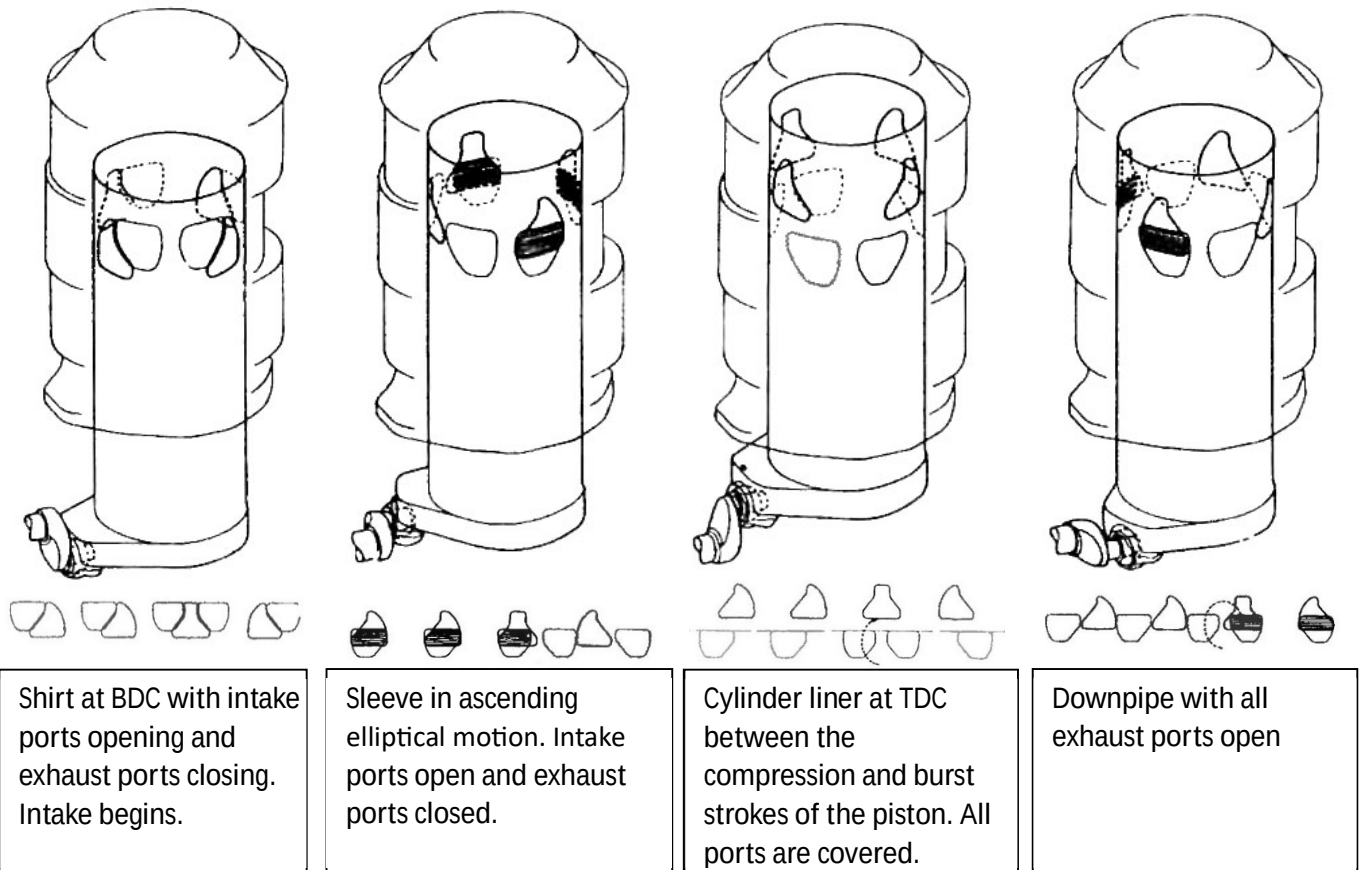


This diagram shows the total vertical movement made by the liner. On the left is the gear driven by the crankshaft and the angled transmission that provides the amplitude “X” of the total vertical displacement of the cylinder liner.



This plan view shows the lateral movement “Y” produced by the angled transmission. Since the amplitude of “Y” is smaller than that of “X”, the result is an elliptical path whose major axis is the vertical axis.

The following figure shows the operation of the cylinder liner in a schematic throughout a cycle. Beginning with the intake, the cylinder liner is in ascending motion with the intake ports open and the exhaust ports closed. At its top dead center (that of the cylinder liner, not to be confused with the TDC of the cycle, which is that of the piston), during compression and explosion all the ports are covered in the cylinder head. Finally, during the exhaust, the cylinder liner in downward motion leaves all the exhaust ports open.

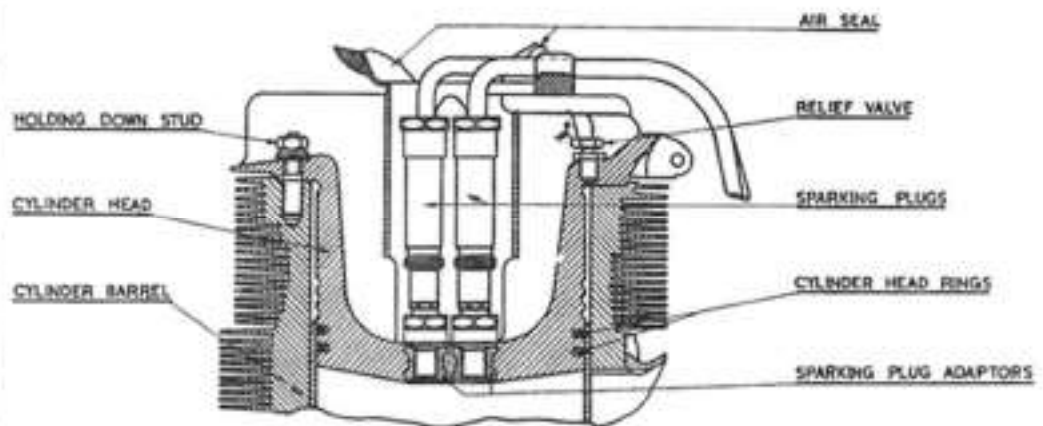


Among the **numerous problems** Bristol had to solve before the first single-valve cylinder-jacket engine was running was the material from which to construct such special cylinders and their cooling. The solution to the material was another of Fedden's advances. Early engines had nickel-iron cylinder liners which proved unsatisfactory and the answer turned out to be KE965 forged austenitic steel. The fact that KE965 has a coefficient of expansion



similar to aluminum was a major factor in its favour. Initially, tests were carried out with nitrided cylinder liners, and these were compared with the same material which had not been nitrided. Not surprisingly, the tests concluded that nitriding was essential for the longevity of the engine.

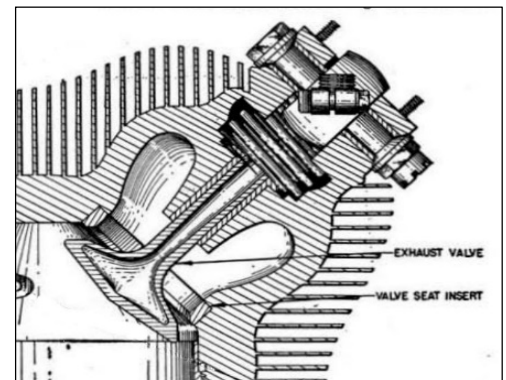
The cooling problem was due to the reciprocating motion of the cylinder liners and the need for a deep cylinder head, which made the cooling job difficult especially when the cooling medium was air. Directing the cooling air deep into the "trash" head initially caused problems which led to high temperatures in the head. The solution was to direct the radial fins on the top of the cylinder head towards the top of the combustion chamber where the two spark plugs resided, which also had cooling fins machined into their bodies to dissipate heat.



The drawing represents a cross-section of the head of a cylinder with a Bristol sleeve valve. The two "head rings" perform the same function as the piston rings and the head gasket, that is, they seal the rotating and reciprocating sleeve against the combustion gases. The relief valve allows the escape of trapped oil as the sleeve rises, thus avoiding hydraulic locking and the subsequent failure of the sleeve transmission.

What advantages can be found in this system compared to the common poppet valve system? In reality, the work, the time invested and the high cost of the design and evolution of this complex system would have been meaningless without obtaining important advantages. Perhaps the most important is that there is no hot spot represented by the exhaust valve, as occurs in poppet valves. This hot spot is the main cause of detonation and to avoid it, the compression ratio or octane rating of the gasoline used or both are limited. Since this danger does not exist, a higher compression ratio can be used, generally up to a higher number, thus increasing power. A lower octane gasoline can also be used, thus improving economy.

Secondly, the poppet valves in their operation interpose the obstacle of the valve itself in the flow, both in the



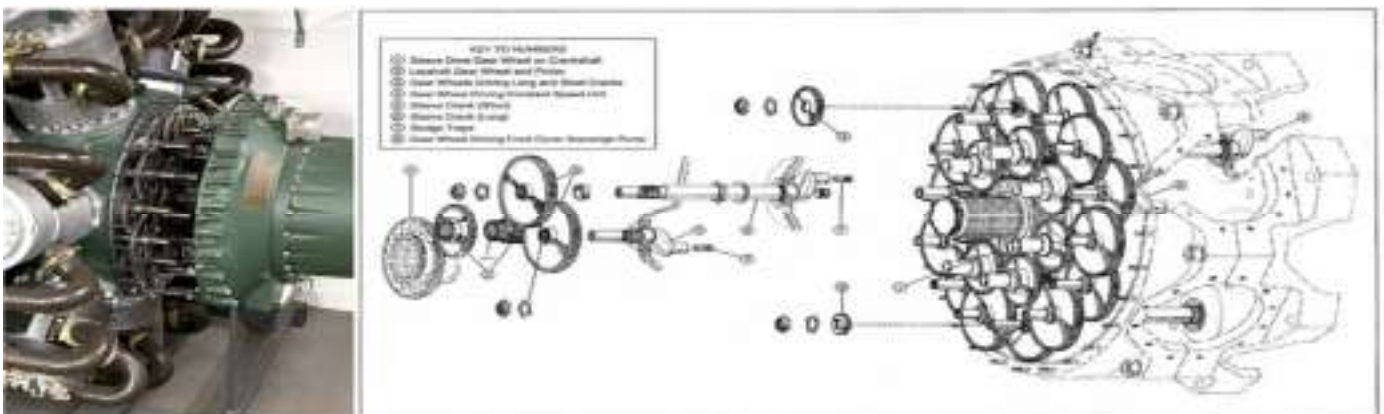
The valve, despite being open, is an obstacle to the exit of gases, which use the gap between the valve and its seat to exit the cylinder.



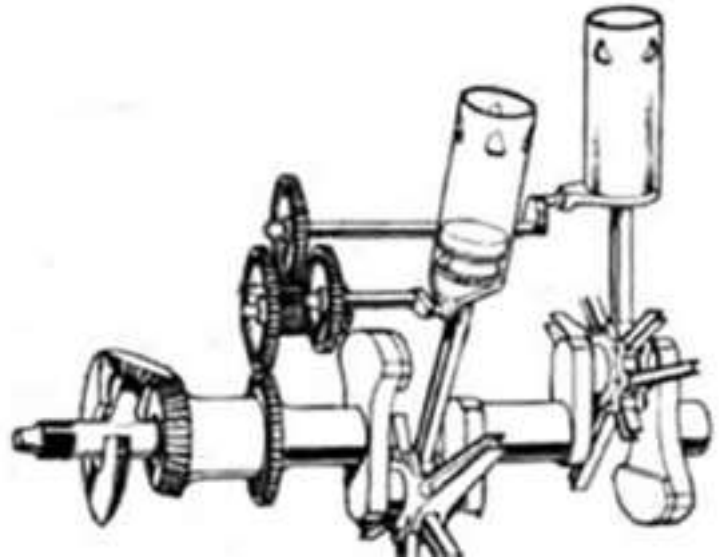
intake and exhaust. The ports in the valve sleeve are windows free of obstacles, so that both filling and exhaust occur with greater volumetric efficiency, facilitating filling and reducing consumption. To achieve better volumetric efficiency, it is essential to have an optimal flow free of obstacles, both in the intake and exhaust. In poppet valve engines the best result is achieved with four valves per cylinder, but thinking about the handling of this configuration in double star engines gives an idea of how difficult their design would be, and justifies why nobody ever embarked on such an adventure and all the "conventional" engines were limited to two valves per cylinder, despite being less efficient. The sleeve valve configuration solved this problem, the sleeve itself being an integral part of the cylinder and providing five ports or ports, three for intake and two for exhaust. Some people compare poppet valves to an adenoid in the human respiratory system, from which we could humorously say that Roy Fedden gave reciprocating engines a greening effect. Regarding this point it must be said that probably no radial engines were ever built that were more efficient than the big Bristols. The Perseus, for example, had a specific consumption of 195 gr/HP.h in cruise with a lean mixture, using 87 octane fuel. 5 to 10 percent better performance than a comparable poppet valve engine under equal conditions.

Thirdly, in the absence of overhead valve gears, rocker arms and cover, if any, the diameter of the engine can be reduced, with beneficial results in terms of reduced induced aerodynamic drag. In addition to all the above, Bristol claimed that the number of parts was reduced compared to the "poppet valves", construction was made easier and labour required less specialization, all of which was of considerable importance in wartime. It is hard to believe this when you see how the drive is from the crankshaft.

The liners are driven from a shaft, geared to the crankshaft, which rotates at half the speed of the engine crankshaft. That is, exactly the same as the camshaft in all engines, but transmitting the movement by gears instead of cams. By means of a "forest" of spur gears attached to their transmission shafts the movement is communicated to each of the liners. At the end of each shaft is the crank pin of the transmission crank which engages with a ball joint mounted at the base of the cylinder liner. As the crank pin of the transmission crank rotates it imparts a rotary and reciprocating motion to the liner which opens and closes the appropriate inlet and exhaust ports at the correct time. This motion also has the benefit of distributing lubricant evenly around the liner thus avoiding the main problem of its lubrication.



The entire assembly is housed in the front crankcase just in front of the first star of cylinders. In the image on the left the front casing has been separated from the crankcase and allows you to see an image of this “forest” of gears which truly presents an appearance reminiscent of the already classic Swiss watches. In the drawing you can see more clearly how the gear distribution is, and remembering that it is a double star engine the two transmission shafts, the short ones for the front star and the long ones that pass between the front cylinders, for the rear star cylinders. A schematic drawing, with only two cylinders, allows us to get a better idea of what this transmission is like for each star.



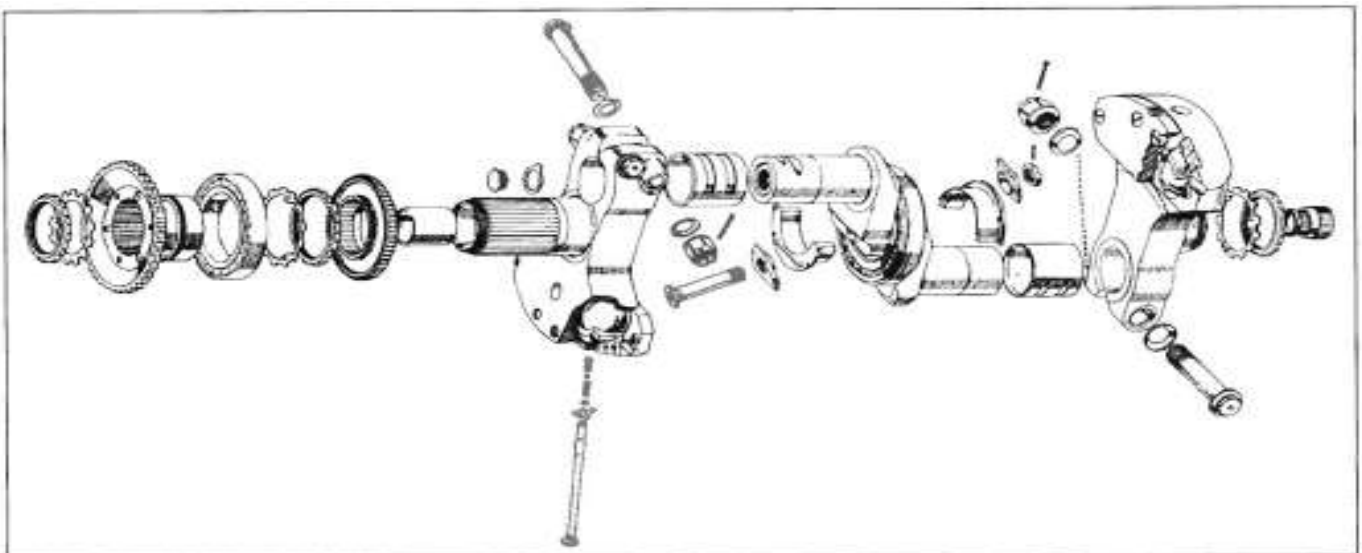
We now come to the description of the engine itself. Remember that it is a 14-cylinder radial engine in double star, air-cooled, gear-driven, supercharged and 4-stroke.

DESCRIPTION:

The cylinders are made of aluminum alloy and the heads are made of die-cast aluminum alloy. There are 3 intake and 2 exhaust ports around the middle section of each cylinder. 1 single oscillating and alternating stainless steel sleeve valve per cylinder, with 2 intake ports, 1 exhaust port and 1 alternate intake and exhaust port.

The crankcase construction consists of a three-piece aluminum forging split vertically on the cylinder center lines. Seven bolts join the crankcase sections on the cylinder center lines.

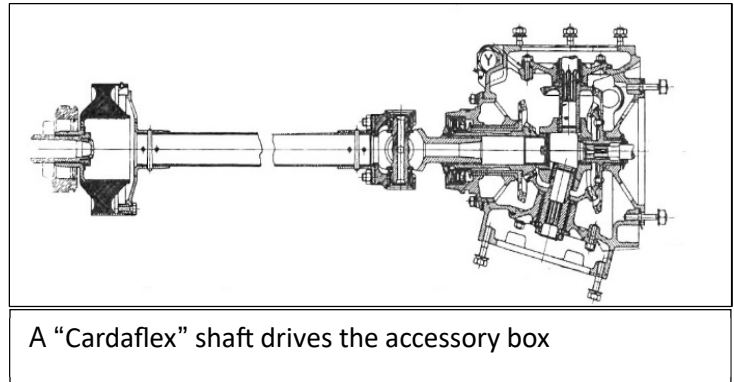
Three huge roller bearings support the crankshaft. This is made of three pieces, allowing the use of a one-piece master rod, an advance that Fedden applied in this engine and was subsequently used in all Bristol engines.





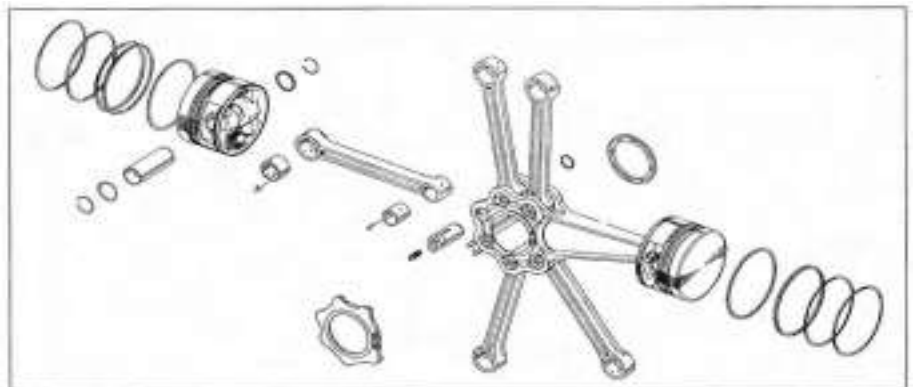
Another novelty in this crankshaft is the type of crankpin bearing. Here the bearing is the male component and the journal, formed by the internal diameter of the master rod, is the female component. Just the reverse of normal practice, it is fitted with dynamic counterweights. Also noteworthy, and seen in the drawing, is the use of solid steel balls housed in the “cheeks” of the cranks which served as dynamic counterweights.

A feature of the Hercules installations, and of all subsequent Bristol engines, is the use of a remote accessory box to drive hydraulic pumps, vacuum pumps, generators, etc. A “jack shaft” driven from the rear of the engine drives the accessory box. Among the many advantages of this arrangement are easier maintenance, fewer parts to change and remove during an engine change, and a reduction in overall engine length.



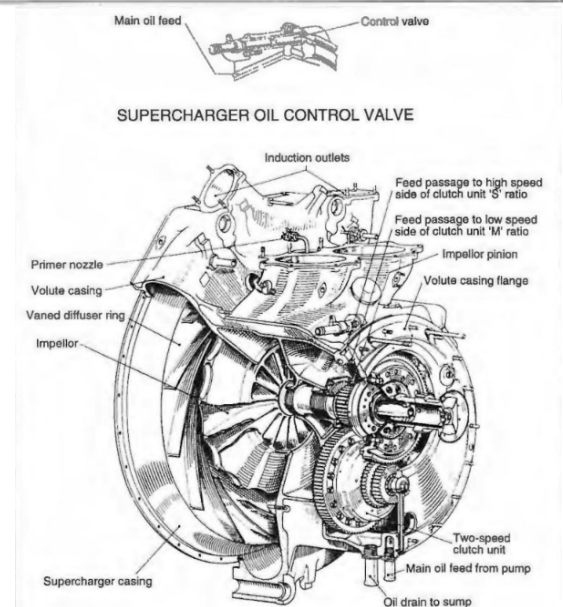
The master rod bearings could be either fully floating or fixed and, interestingly, were made of white metal rather than the usual (at this stage of radial engine development) copper-lead or silver. The inner diameter of the master rod forms the journal component of the bearing, in reverse of normal practice.

The reduction gear assembly is a Farman patent, epicyclic bevel. It has a 0.44:1 ratio and provision for a gear-driven forced cooling fan. It is arranged for use with the RotoI constant speed propeller.



The supercharger is a 2-speed, gear-driven supercharger. The ratios are 6.68:1 and 8.35:1. Supercharger drive is provided by oil-actuated multi-disc clutches, with compression springs for protection against torsional shock loading. Early Hercules engines used single-speed supercharging.

Carburation is provided by a Claudel Hobson downdraft unit with automatic mixture and boost control. From 1942 it used either the Hobson carburetor or the Hobson-RAE injection unit.





Ignition is by two B.T.H. magnetos. C14A, Rotax N14A or Simms F14A. 2 x 14mm long-range spark plugs per cylinder with shielded ignition system.

Lubrication is by pressure feed, 100 lb./sq.in. (7.0 kg/cm²). Dry sump.

Starting is provided by Rotax C-1231 direct electric starter.

TECHNICAL DATA:

Type: 14-cylinder radial double-star engine cooled by supercharged air.

Maximum take-off power: 2,090 HP at 2,300 rpm.

Displacement: 38.7 L.

Bore: 146 mm.

Stroke: 165 mm.

Weight: 973 kg.

Compression ratio: 7/1.

Weight/power ratio: 0.46 kg/hp.

Power/displacement ratio: 54.04 HP/L.

Fuel: 100/130 octane.

Fuel consumption: 195 gr/HP /h.

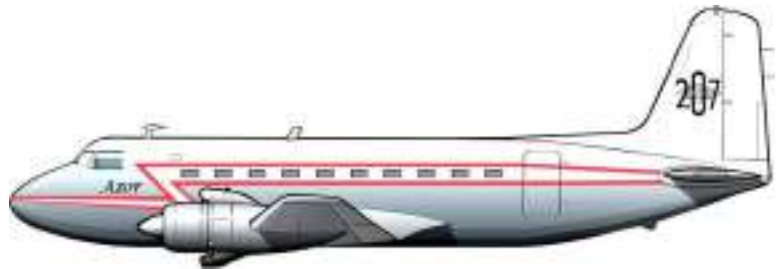
Oil consumption: 4 gr/HP /hr.

MOUNTED ON:

- CASA C-207 "AZOR": a low-wing, twin-engine, short- and medium-range troop and cargo transport aircraft, although it was initially planned for the civil market as a passenger aircraft.

Built by the Spanish company

Construcciones Aeronáuticas S.A. (CASA) in the early 1950s, and used exclusively by the Spanish Air Force. Derived from the also twin-engine CASA C-202 Halcón, at the time of its appearance in 1958 it had inferior characteristics to other models that were being developed in Europe, such as the Dutch Fokker F27 or the British Avro 748, so they were only built in small numbers. It was planned to be powered by 1,300 HP ENMASA engines, but a series of problems and a significant delay in production put an end to its commercial possibilities, and it was equipped with the magnificent 2,090 HP BRISTOL HERCULES series 700. The original intention was to present the aircraft as a competitor in the civil market, being faster and with more autonomy than similar aircraft of the time, but as no orders were received in this field due, among other things, to the fact that it did not have a pressurized cabin, which is why the state airline Iberia L.A.E. opted for the American Covair 440 (in addition to considering the Azor to be too small), and since at that time the first jet engines were beginning to appear, and as an adaptation was not possible, the Spanish Government rescued the project, acquiring the first ten units for the Air Force, as a transport aircraft with





capacity for 40 passengers, where they received the designation T.7A, and two of which were experimentally equipped with Pratt & Whitney R-2800 Double Wasp engines instead of the Bristol Hercules 730 that the rest had. Only two series of ten aircraft each were built, plus two prototypes. It made its first flight in 1955 and was retired from service in 1981, with the exception of two dedicated to towing targets, which remained in service until 1988. A robust, maneuverable and pleasant-to-fly aircraft, it could have been much more successful if it had been born a few years earlier. In the museum we can see two examples of the “Azor”, one of which is the first aircraft behind the entrance door that is welcoming all visitors to the museum.



- BRISTOL FREIGHTER: cargo and passenger aircraft. Its best-known use was to transport cars and their passengers over relatively short distances. It was developed during World War II but was completed too late to participate in the conflict; most of the Freighter sales were made to commercial operators. It arrived in our country in May 1948 powering two Bristol 170 Freighter MK-21 freighters that were the first two aircraft of the newly created company Aviación y Comercio. The soon-to-be-named AVIACO had seven of these freighters, and the flag carrier IBERIA also used four units between 1953 and 1964.



- SHORT STIRLING: The first of the RAF's "modern" four-engine bombers was one of the first to receive the Hercules engine.



It was never a stellar performer, suffering from a number of shortcomings, the main one being an inadequate wingspan of just 99 feet, 1 inch. Short Brothers Ltd.



requested a wingspan of 112 feet but was rejected by the Air Ministry on the grounds that existing RAF hangars could not accommodate wingspans greater than 100 feet. This restriction was to be the Stirling's Achilles' heel throughout its operational life. The Stirling was beset by other design-related problems, notably the huge, complicated and fragile undercarriage, which caused no end of trouble. The prototype aircraft was cancelled on its maiden flight due to undercarriage collapse... an inauspicious start to its career.

The aircraft's 15,000-foot ceiling made it vulnerable to German defenses. To alleviate this situation, improved Hercules III engines developing 1,375 HP were fitted, replacing the Hercules II fitted to the prototype. Later, the Mk. 1 Stirling was fitted with the Hercules XI, with an output of 1,500 HP significantly improving the still marginal performance. More importantly, two-speed supercharging was introduced to improve performance at altitude, however all the extra power could not overcome the basic design flaw of an insufficient wingspan.

As the Handley Page Halifax and Avro Lancaster became available in significant numbers the Stirlings were withdrawn from dangerous bombing operations over Germany and used for lower priority operations such as glider towing. Many of the gliders used in the Arnhem attack were towed by Stirlings. Due to the additional strain on the engines from towing heavily loaded gliders, fan assisted cooling was incorporated.

At the end of the Second World War the Stirlings were quickly retired and by July 1946 all had been withdrawn from RAF service.

- VICKERS WELLINGTON:

The brainchild of the brilliant Barnes (later Sir Barnes) Wallis, the Vickers Wellington featured fabric-covered geodesic construction, unusual construction



which was a trademark of many of Wallis' earlier aircraft. A twin-engined medium bomber, the Wellington was to be the mainstay of Bomber Command during the early years of the war.

The first Wellingtons were powered by Pegasus engines. As is often the case with military aircraft, additional power was soon needed and the Hercules provided it. Designed to Air Ministry specification B.9/32, the Wellington first flew in June 1936 with Pegasus power and soon earned the nickname "Wimpy" from the cartoon character J. Wellington Wimpy, this name would stick with the aircraft throughout its career.



A total of 11,461 Wellingtons were built and production ended in 1945. It was used in many theatres of the war, mainly in the night bombing offensive against Germany. Coastal Command made good use of the Wimpy to detect German U-boats with radar in conjunction with the Leigh Light, a powerful, steerable searchlight mounted in the bomb bay powered by a generator initially driven by a Ford V-8 car engine. These were later replaced by De Havilland Gipsy Queen engines. Tactics involved locating the U-boat, reducing the radar signal to give the German U-boat crew the impression that the aircraft was moving away and then, when they were close, turning on the Leigh Light and bombing if possible at the first opportunity. This way the U-boat had no time to submerge or use its guns. This tactic was a result of the Germans using a radar-detecting antenna called the Biscay Cross. In 1943 the Wellingtons were withdrawn from front-line bombing service in Europe, but continued in service in Italy and the Far East until late 1944.

- **BRISTOL BEAUFIGHTER:**

The design of this heavy twin-engined fighter advanced rapidly as it was based on the Taurus-powered Bristol Beaufort. The engine mounts and fuselage



were the main new components, allowing the prototype to fly just eight months after design work began in 1939. Beaufighters were powered by almost the entire range of Hercules engines, from the Hercules III for the early Beaufighters to the Hercules XVIII for the Beaufighter 21. Two versions, the Beaufighter IV and V, were powered by the Merlin XX.

Radar, along with the Supermarine Spitfire and Hawker Hurricane, saved the British from invasion in the summer of 1940. This new technology was soon adapted for installation in aircraft, and the Bristol Beaufighter was the first RAF aircraft purpose-built to use radar-supported air interception.

The Beaufighter saw service in all theatres of World War II as bombers, torpedo bombers and rocket fighters.