

frecuentes. En cuanto á ésta, los remedios preventivos son una vigilancia atenta del nivel del agua, y si éste ha bajado, el cuidado de introducir el líquido poco á poco y después de quitar fuego. La elección de un agua no incrustante, ó en caso contrario, la limpieza frecuente del interior de la caldera son dos cosas que deben tener muy en cuenta los maquinistas, ó los jefes ó dueños de las fábricas.

4.º El vapor puede llegar á tener una presión que exceda de los límites de la resistencia si las válvulas de seguridad son insuficientes ó funcionan mal, ó lo que es peor, aunque por desgracia muy frecuente, si no funcionan absolutamente nada. Por lo tanto, debe tenerse una vigilancia incesante con estos aparatos. "Un maquinista que carga las válvulas, dijo con enérgica convicción un ingeniero inglés contemporáneo, M. Fairbairn, es comparable al insensato que se precipita en un almacén de pólvora con una antorcha en la mano., Solamente á ignorancia puede atribuirse una costumbre tan deplorable, siendo un imprescindible deber de los jefes de fábrica y de los ingenieros el hacerla cesar, no empleando sino maquinistas entendidos, ó instruyendo á los poco capaces.

5.º Por último, otra causa de explosión es la construcción defectuosa de una caldera, ó lo que es lo mismo, el mal estado procedente de la vejez ó del desgaste de sus distintas partes.

Al describir los diferentes tipos de calderas, hemos visto cuáles son las que ofrecen menos riesgo de explosión, pero como la elección de tipos no está subordinada á esta sola condición, los accidentes son por decirlo así inevitables. En las fábricas donde se usan máquinas fijas y en los buques de vapor en que se hallan expuestas á más causas de destrucción, las explosiones son más frecuentes y temibles; en las locomotoras son mucho más raras, lo cual depende sin duda de la mayor vigilancia que sobre ellas se ejerce; también son en éstas menos peligrosas, porque á menudo se limitan á la rotura de un tubo, accidente que remedia con facilidad el maquinista, cerrando el tubo con tapones.

CAPITULO XII

LAS MÁQUINAS DE VAPORES COMBINADOS, DE AIRE CALIENTE Y DE GAS

I

LAS MÁQUINAS DE VAPORES COMBINADOS

Los principios de la teoría mecánica del calor permiten demostrar que el valor de una máquina térmica, su rendimiento, ó lo que es igual, su *coeficiente económico*, depende, en igualdad de circunstancias, de la diferencia de las temperaturas extremas entre las que funciona. Poco importa, por tal concepto, que se haga uso de este ó del otro líquido para obtener el vapor cuya fuerza elástica se emplea como motor. Siendo la misma la cantidad de calor consumida, como este calor es el que se convierte en trabajo, el trabajo de la máquina subsiste siempre el mismo.

Compréndese, pues, que pueda ser ventajoso valerse de un líquido que se vaporice á una temperatura inferior á la de la vaporización del agua. Por ejemplo, el éter sulfúrico hierve á los 37º. El vapor de agua que, al salir del cilindro, va á liquidarse en

el condensador, abandona una cantidad de calor suficiente para vaporizar el éter. El vapor de este último líquido puede entonces servir para hacer funcionar otra máquina aneja á la primera y á cuyo condensador se le puede mantener así á una temperatura inferior á la del condensador del vapor de agua. Esta combinación viene á aumentar la diferencia entre las temperaturas extremas en que el fluido elástico funciona desde su entrada en el cilindro hasta su condensación ó su salida al aire libre; y por consiguiente, la cantidad de calor utilizada ó de trabajo mecánico se habrá aumentado otro tanto.

Tal es el principio en que están basadas las máquinas de vapores combinados, de las que vamos á ocuparnos sucintamente.

El ingeniero francés du Tremblay discurrió y mandó construir en 1840 una máquina de vapores combinados de agua y éter, que fué instalada en un vapor de la línea de Argel á Marsella. Véase cuáles eran sus disposiciones principales.

Al salir del cilindro, el vapor de agua llega á un condensador cerrado, atravesado por una serie de tubos verticales llenos en parte de éter. El vapor de agua se condensa alrededor de los tubos, les comunica su calor de vaporización y eleva su temperatura lo bastante para que el éter que contienen se reduzca á su vez á vapor. Recogido éste en un depósito superior, pasa desde él á un cilindro en el cual actúa sobre un émbolo cuyo vástago está unido al árbol de la máquina. El trabajo de este émbolo se agrega por tal manera al del que está puesto en movimiento por el vapor de agua.

Al salir el vapor de éter del segundo cilindro, pasa á un condensador especial compuesto también de un sistema de tubos, pero éstos rodeados de una masa de agua fría renovada de continuo. Este vapor recobra, pues, el estado líquido por efecto del enfriamiento de los tubos, y una bomba que mueve el balancín impele el éter que de dicho enfriamiento resulta al depósito situado en la parte inferior de los tubos del primer condensador. El agua de condensación, calentada por el exceso de calor del vapor de agua, va á parar á su vez á la caldera.

La gran inflamabilidad del éter, que á pesar de las mayores precauciones se escapaba por las juntas de las piezas, hacía peligrosas estas máquinas á causa de las explosiones ó de los incendios posibles. Esto no obstante, se las ha experimentado largo tiempo en los buques *du Tremblay* y *Galileo*, así como en una fábrica de cristal de Lyon, donde funcionaba una máquina fija de este sistema.

El oficial de marina Lafond substituyó el cloroformo al éter; pero si el vapor de esta substancia no es inflamable, es en cambio asfixiante; además, la práctica ha demostrado que su acción deterioraba muy pronto las guarniciones de los émbolos. Las pruebas de que hablamos se han hecho en la máquina del *Galileo*. Se han empleado también los vapores combinados de agua y de sulfuro de carbono, ó bien de agua y de cloruro de carbono.

Otra máquina muy interesante, que funcionó en la Exposición universal de 1867, es la máquina de amoníaco de M. Frot, ingeniero naval. Este inventor substituye el agua de la caldera con una disolución amoniacal. Es sabido que á la temperatura ordinaria de 15º el agua disuelve unas 750 veces su volumen de gas amoníaco, y que, si se la calienta hasta á 100º, el gas disuelto se evapora enteramente, no quedando vestigio de él en el agua de disolución. M. Frot se ha basado en esta doble propiedad para construir su máquina, habiéndole probado los experimentos que hizo sobre la tensión del líquido á diferentes temperaturas, que esta tensión, que á 100º es de siete atmósferas y media, llega á diez atmósferas á 120º. Mas para hacer práctico y económico el uso

de la fuerza elástica de los vapores amoniacales era preciso resolver dos problemas: el primero consistía en condensar el vapor á su salida del cilindro, á fin de obtener una diferencia de presión suficientemente considerable; el segundo, en regenerar la disolución amoniacal, sirviéndose el mayor tiempo posible del mismo líquido.

M. Frot lo ha logrado sin modificar esencialmente las disposiciones de las máquinas de vapor ordinarias. Los gases, al salir del cilindro y después de ejercer su acción sobre el émbolo motor (entonces están formados de una mezcla de una parte de vapor de agua y cinco de gas amoníaco), van á parar á un condensador *de superficie* formado de una triple serie de tubos rodeados de una corriente continua de agua fría.

Para acelerar la condensación, una bomba inyecta en la cámara que separa las dos primeras filas de tubos una disolución amoniacal de baja temperatura no saturada, la cual se congela á su vez en la caldera. Los gases enfriados y en parte disueltos llegan desde el condensador á un depósito que se llama *disolutor tubular*. Allí acaban de disolverse en contacto con una disolución amoniacal no saturada, y una bomba de alimentación los conduce á la caldera. En este último trayecto, la disolución regenerada circula al través de los serpentines sumergidos en el líquido que, según acabamos de decir, sirve para la inyección: arrebatada á este último el calor que posee, lo cual es doblemente útil, por cuanto la disolución de alimentación penetra más caliente en el generador y la de inyección vuelve, por el contrario, más fría al condensador.

Como los vapores amoniacales atacan el cobre, es forzoso reemplazar con hierro forjado todas las piezas de bronce de las máquinas ordinarias. Las pruebas hechas han demostrado que la máquina de amoníaco tiene varias ventajas sobre las de vapor de agua; aparte de la economía de combustible, que parece bastante considerable, y de la rapidez con que se obtiene la presión, están casi totalmente exentas de la incrustación de las calderas, puesto que funciona largo tiempo el mismo líquido y el amoníaco preserva además á las paredes de las causas de oxidación. Su principal inconveniente consiste, como en las máquinas de vapores combinados, en la dificultad de impedir los escapes de gas y en el peligro que resulta de su mezcla con el aire ambiente cuya acción en los órganos respiratorios es tan nociva.

II

LAS MÁQUINAS DE AIRE CALIENTE

La combinación del vapor de agua con el de un líquido más volátil ó con un gas que el calor obliga á desprenderse de su disolución es el motor empleado en las máquinas que acabamos de describir. Así pues, el vapor de agua desempeña siempre en ellas un cometido importantísimo. Se ha tratado de sustituirlo con una fuerza elástica enteramente distinta, la que se obtiene caldeando un gas permanente como el aire, ó inflamando una mezcla gaseosa explosiva. De aquí han resultado dos nuevas clases de máquinas motoras, las *máquinas de aire caliente* y las *de gas*, las cuales no dejan de ser máquinas térmicas, por cuanto siempre se saca del calor el trabajo mecánico que utilizan.

Según parece, Montgolfier fué quien hizo los primeros ensayos que tuvieron por objeto emplear como fuerza motora el aire dilatado por el calor. J. Niepce, uno de los inventores de la fotografía, se ocupó también del mismo problema. Roberto Stirling construyó en 1816 una máquina de aire caliente que, según un juez competente en

estas materias, E. Verdet, es "á la vez la más sencilla en teoría y la más abonada por la práctica."

Posteriormente, el ingeniero sueco Ericsson ideó y mandó construir una máquina de aire caliente, que funcionó en un buque americano en 1853. He aquí en qué términos define M. Collignon el principio del nuevo motor:

"El capitán Ericsson colocaba en su primera máquina un *regenerador*, formado de un gran número de telas metálicas, en el camino del aire caldeado que salía del cilindro motor, cuando el émbolo emprendía su movimiento retrógrado. El cilindro motor estaba calentado directamente por el hogar: transmitía su movimiento á un *cilindro de alimentación*, verdadera bomba que tomaba aire en la atmósfera y lo comprimía en un depósito, desde el cual iba á parar debajo del émbolo motor atravesando las telas metálicas, donde se calentaba á expensas del calor abandonado por el aire caliente anteriormente expulsado."

Ericsson modificó después la máquina de aire caliente inventada por él: suprimió las telas metálicas, y el aire caliente era expulsado directamente á la atmósfera después de ejercer su acción en el cilindro motor: era por consiguiente una máquina de simple efecto, y para ponerla en marcha había que poner el volante en movimiento con la mano. La máquina Laubereau que vamos á describir es, por este último concepto, parecida á la de Ericsson y hará comprender su mecanismo, que es en verdad muy sencillo.

El mecanismo motor de la máquina Laubereau se compone de dos cilindros metálicos AB, de diámetro desigual, cuyas capacidades interiores comunican entre sí por un tubo. En el primero, que está abierto en su parte superior, se mueve un émbolo macizo, el cual llena herméticamente el cilindro é impide toda comunicación de la capacidad interna con el aire exterior. Estas piezas son el *cilindro* y el *émbolo motores* de la máquina.

El cilindro mayor B está completamente cerrado por sus dos fondos superior é inferior, ambos de forma cóncava. Un émbolo grueso, formado de una substancia mala conductora del calor, de yeso por ejemplo, se mueve también en el cilindro, pero sin tocar sus paredes; es de forma doblemente cóncava, de modo que pueda adaptarse tanto al uno como al otro fondo del cilindro: es lo que puede llamarse el *cilindro de alimentación* porque el aire que contiene, caldeado y enfriado alternativamente, es el que ejerce su acción en el émbolo motor, en el que por el contrario cesa esta acción á cada período de movimiento.

Para obtener estos efectos sucesivos, un foco de calor (que en el grabado es una luz de gas) caldea exteriormente la concavidad del fondo inferior del cilindro grande y por consiguiente el aire que está debajo del émbolo. La presión de este aire sobrepuja, pues, á la atmósfera, y empujando por debajo el émbolo del cilindro pequeño, le imprime un movimiento ascendente que se comunica por el mecanismo ordinario al árbol y al volante de la máquina. El otro émbolo vuelve á bajar entonces, y se aplica sobre el fondo inferior, de modo que intercepta toda comunicación del calor del foco con el aire que contiene. Este último se encuentra por el contrario en contacto directo con el

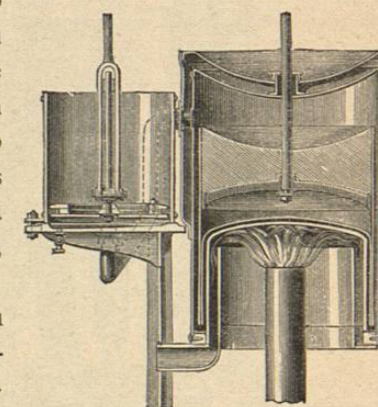


Fig. 786.—Sección de los cilindros de la máquina Laubereau

fondo superior del cilindro grande, que es doble y por el cual circula una corriente continua de agua fría. El aire enfriado se condensa, y su fuerza elástica disminuye. La presión atmosférica predomina entonces, y el émbolo motor vuelve á bajar mientras que el de yeso sube, y deja de nuevo que se caldee el aire.

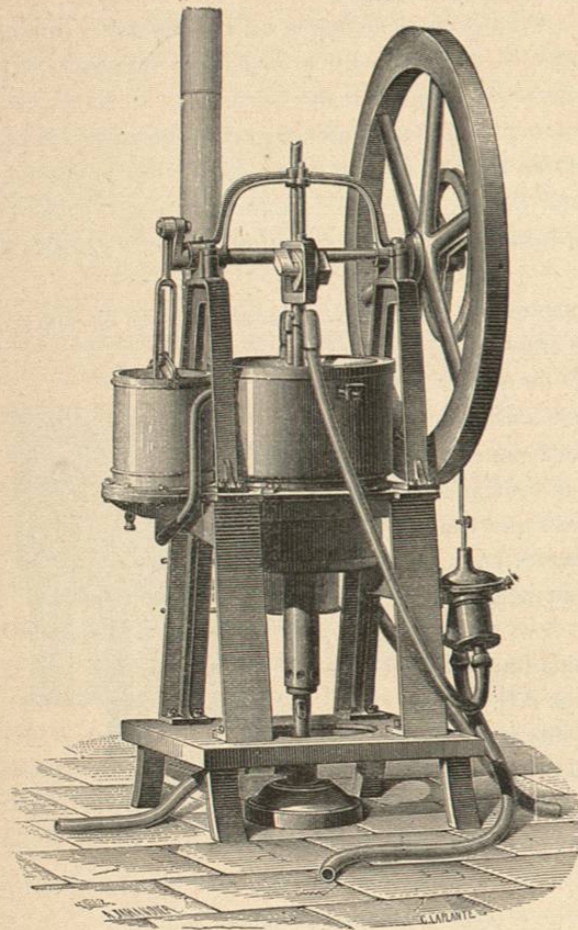


Fig. 787.—Máquina de aire caliente de Laubereau

Este período se reproduce indefinidamente y da á la máquina su actividad continua. Una bomba, puesta en movimiento por el árbol motor, lleva constantemente al doble fondo del cilindro grande el agua fría necesaria para enfriar el aire que acaba de actuar, y saca la que se calienta cuando este aire cede su calor á las paredes.

Las máquinas de aire caliente, como todas las térmicas de gas distintas de la de vapor propiamente dicha, serían ventajosas para la pequeña industria, que no necesita más que fuerzas motoras bastante escasas y que puedan interrumpirse á menudo. La facilidad con que se las pone en marcha las hace económicas por este concepto; pero no lo serían para fuerzas motoras considerables, que debieran funcionar continuamente, como en las grandes fábricas.

El aire caliente tiene una ventaja sobre el vapor de agua: que entre límites apartados de temperatura se tienen presiones mucho

III

LAS MÁQUINAS DE GAS

Pasemos ahora á ocuparnos de otros motores que se usan ya con bastante frecuencia en las pequeñas industrias: nos referimos á las *máquinas de gas*.

También es el aire dilatado el que proporciona la fuerza motora de estas máqui-

nas; pero en lugar de dilatarlo la acción de un foco de calor alimentado bajo la capacidad que lo contiene, se dilata por efecto del desprendimiento de calor producido por la inflamación espontánea de una mezcla detonante. Esta mezcla se compone de aire y de gas del alumbrado en proporciones convenientes.

Los distintos modos de producir esta inflamación han dado lugar á que se inventasen máquinas de gas de varias clases. Hagamos mención únicamente del motor Lenoir, en el cual la mezcla explosiva, formada de 90 partes de aire y 10 de gas, resulta inflamada por las chispas sucesivas de un carrete de inducción; del motor Hugon, en el que un mechero móvil de gas es el que prende fuego á la mezcla; y finalmente, de las máquinas Otto y Langen, en las que la inflamación la produce también un mechero

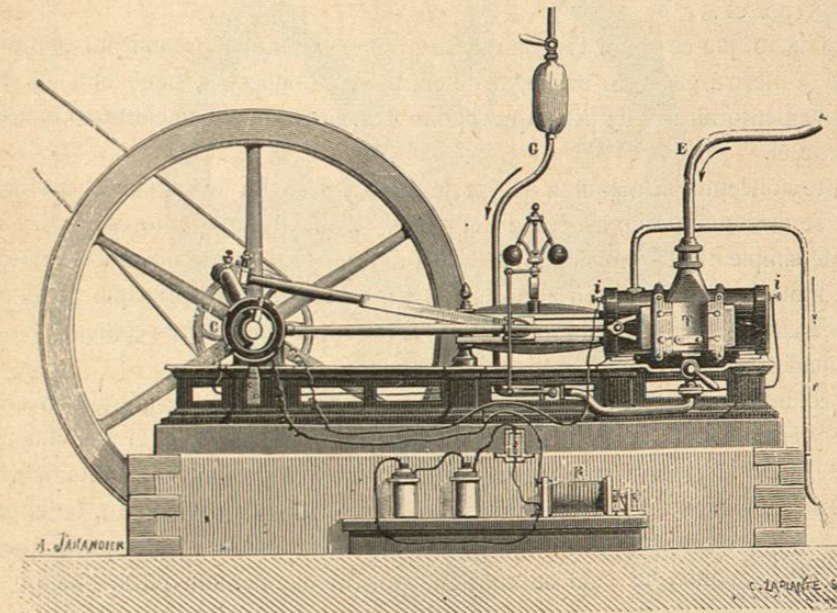


Fig. 788.—Máquina de gas del sistema Lenoir

encendido, pero fijo. Examinemos brevemente las disposiciones esenciales de cada uno de esos motores.

El motor Lenoir no difiere de las máquinas de vapor en cuanto á su aspecto exterior, sino por la carencia de caldera y por la disposición particular del mecanismo de distribución.

El cilindro motor es un cuerpo de bomba de gran diámetro, que descansa horizontalmente sobre el zócalo de la máquina, y cuyo vástago pone en movimiento, por medio de una biela y de una manivela, el árbol provisto por un lado de una polea motora y por otro de un volante. El cilindro lleva lateralmente dos cajas de distribución T movidas por excéntricas, sirviendo una de ellas para introducir alternativamente en los dos lados del émbolo la mezcla explosiva de aire y de hidrógeno que llega por el tubo G, y la otra para dar salida á los productos de la combustión.

Junto á la máquina y en la obra de ladrillos en que ésta descansa hay instalada una bobina de Ruhmkorff, alimentada por una pila de Bunsen, cuya bobina es la que produce las chispas sucesivas que tienen por objeto inflamar la mezcla gaseosa en cada una de las cámaras del cilindro. A este fin, cada uno de los hilos de la hélice inducida

va á parar, en *ii*, á uno de los fondos metálicos del cilindro, en el cual penetran por una varilla aisladora de porcelana; la chispa brota entre el émbolo y este alambre de platino. La mezcla explosiva que llega al mismo instante á la cámara, en virtud del movimiento de la caja de distribución, se inflama sucesivamente: el calor resultante de estas explosiones se comunica al aire, y al dilatarlo, suministra la fuerza motriz. Al propio tiempo, la otra caja de distribución da salida al gas procedente de la combustión que se efectúa en la otra cámara. De aquí resulta el movimiento alternativo del émbolo, y los del árbol y el volante.

Como las paredes del cilindro se caldean á cada explosión, están rodeadas, á fin de evitar la temperatura elevada que sería su consecuencia, de una envolvente ó manguito por el cual circula sin cesar una corriente de agua fría, corriente que, entrando por el tubo E, sale por el *e*.

Hemos dicho que el motor Hugon difiere principalmente del Lenoir por el modo de inflamarse la mezcla gaseosa. En lugar de chispas de inducción, tiene una luz de gas que el movimiento mismo de la máquina pone alternativamente en contacto con el gas ó la aleja de él.

Por este concepto, la máquina de gas de Otto y Langen se parece al motor Hugon; pero se distingue de él, así como del motor Lenoir, en un punto esencial. Es una máquina de simple efecto, no siendo la fuerza del gas caldeado y dilatado la que sirve de fuerza motriz, sino la presión atmosférica. En una palabra, el principio de su movimiento es análogo al de las primeras máquinas de vapor, las de Newcomen.

El grabado 789 representa su vista de conjunto.

En la columna que lleva en su extremo los órganos de transmisión, están encerrados el cilindro y el émbolo motor. El cilindro está abierto por arriba, y el gas inflamable solamente llega á la cámara inferior del émbolo. Una luz de gas, constantemente encendida, está situada en una cavidad lateral á la parte inferior del cilindro; en el grabado se ve esta luz. Cuando se establece la comunicación entre ella y el espacio que contiene el gas detonante, lo cual se consigue por medio de una placa que pone en movimiento una barra de excéntrica adosada al árbol, sobreviene la inflamación; la mezcla se caldea y se dilata bruscamente bajo el émbolo, levantándolo hasta lo alto del cilindro. Esta parte del movimiento no se utiliza, y al subir la barra del émbolo que engrana como una cremallera con una rueda dentada fija en el árbol, la hace girar como una polea loca. Cuando el émbolo vuelve á bajar por el influjo predominante de la presión atmosférica, su barra y la rueda de engranaje hacen girar el árbol y el volante; tal es la fase motriz propiamente dicha.

A la izquierda del grabado se ve un tubo por el cual llega el gas del alumbrado, y que remata en tres tubos, uno de los cuales sirve para alimentar la luz, otro para suministrar gas á la cámara de distribución, y el tercero para introducir el mismo gas debajo del émbolo en el cilindro.

Terminemos esta descripción de los motores térmicos, cuya invención es muy reciente todavía, con algunas observaciones acerca de sus ventajas é inconvenientes, tales cuales nos las demuestran á la vez la teoría y la práctica.

Desde el punto de vista teórico, las máquinas de gas ó de aire caliente (en el fondo están basadas en el mismo principio) tienen sobre las de vapor la ventaja de que la temperatura de gas puede ser mucho más elevada, aun dando una presión bastante débil. Como el trabajo mecánico tan sólo depende de la diferencia entre las temperaturas extremas, resulta que se puede utilizar mayor porción de trabajo sin temor á los per-

cances de una explosión; con una potencia no menos considerable, las paredes de los órganos pueden ser más delgadas; mas, por otra parte, también hemos visto que las

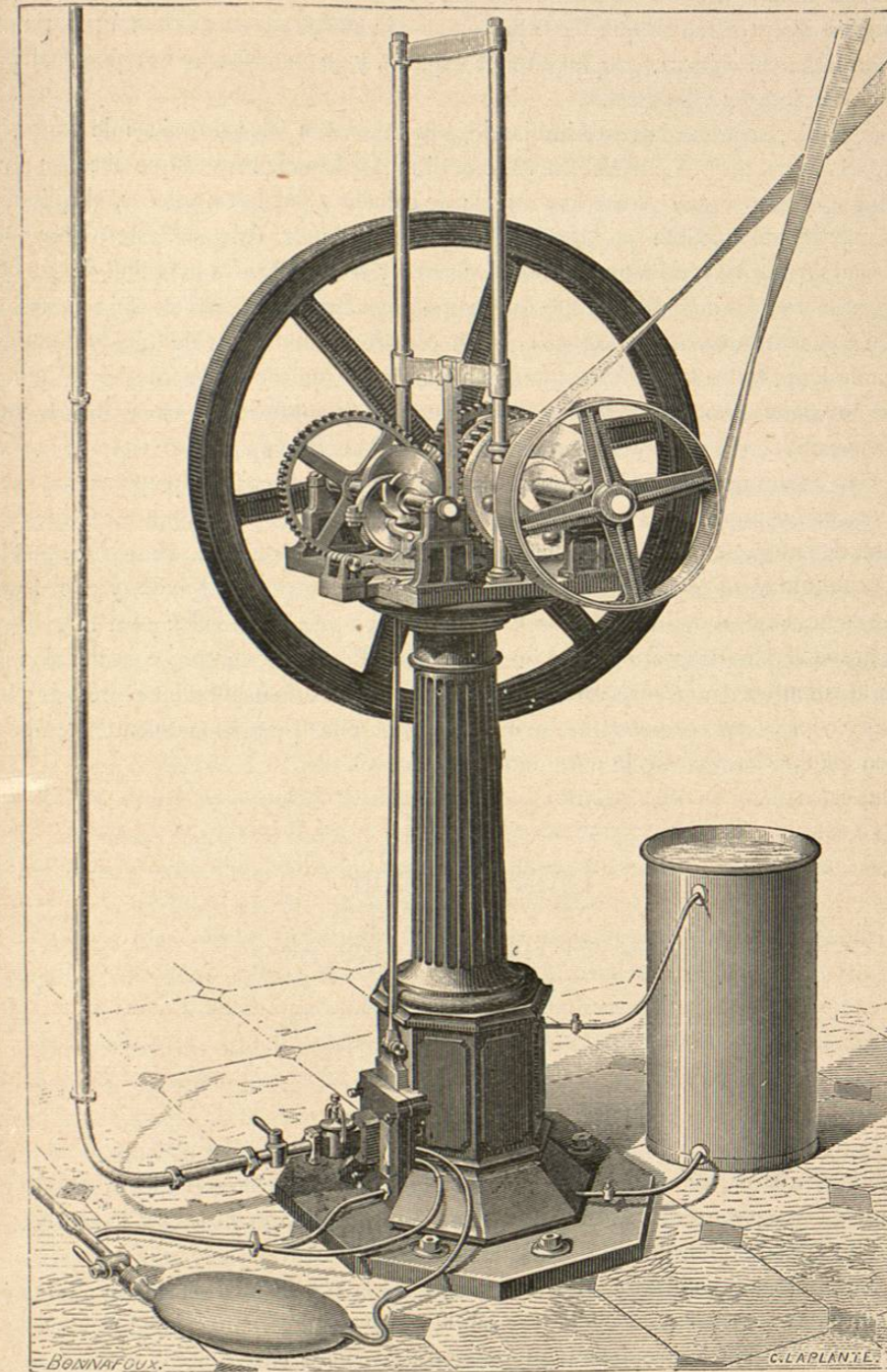


Fig. 789.—Máquina de gas de Otto y Langen

altas temperaturas de los gases ejercen un efecto destructor en las guarniciones y en las piezas metálicas. Así pues, la ventaja queda en gran parte anulada por tan grave inconveniente.

Peño las máquinas de gas presentan sobre los motores de vapor de agua una superioridad incontestable por lo que hace á la seguridad; están casi á cubierto de toda explosión, de todo riesgo de incendio. Se las pone en movimiento fácil y rápidamente; basta abrir ó cerrar una simple llave para poner la máquina en marcha ó pararla. No teniendo hogar ni caldera, ocupan menos espacio, y se necesita menos personal para su funcionamiento y vigilancia.

En cambio, económicamente hablando, son inferiores á las máquinas de vapor. De los experimentos hechos por M. Tresca con el motor Lenoir resulta que el consumo de gas llega de 2,500 á 3,000 litros por fuerza de caballo y por hora, esto es, el quintuplo ó séxtuplo del combustible que gasta la máquina de vapor. Además, este motor necesita consumir mucha agua para enfriar el cilindro y el émbolo. La máquina de gas Otto y Langen es mucho más ruidosa (1) que la máquina Lenoir, la cual no deja de serlo, y los movimientos bruscos del émbolo deben constituir una causa de rápido deterioro. Aparte de esto, todos los motores de gas adolecen de un inconveniente, el de que no pueden instalarse sino en donde hay fábricas de gas, y entonces en estas fábricas vuelven á tropezarse con los inconvenientes de las máquinas de vapor. Pero si no se los considera sino como motores de uso limitado, es decir, aplicables á la pequeña industria, en que la fuerza motora útil no pasa de algunos caballos de vapor, entonces recobran su superioridad hasta por lo que respecta á una relativa economía. En efecto, pueden amoldarse á todas las exigencias ó interrupciones frecuentes del trabajo, y el consumo cesa al punto, al paso que los motores de vapor, una vez encendidos y en marcha, siguen haciendo gasto durante dichas interrupciones. Por este concepto consideradas, las máquinas de aire caliente ofrecen verdadero interés, y es de esperar que presten grandes servicios, si, como es probable, se introducen en ellas perfeccionamientos comparables con los que ha recibido la máquina de vapor.

CAPITULO XIII

APROVECHAMIENTO DEL CALOR SOLAR

I

ESPEJOS USTORIOS

¿Es cierto que Arquímedes incendió con espejos ustorios la escuadra romana que al mando de Marcelo sitiaba á Siracusa? ¿Es cierto que Proclo hizo otro tanto con la armada de Vitaliano durante el asedio de Bizancio?

Cuestión ha sido esta muy controvertida, negada por Descartes en su *Dióptrica* y resuelta por los eruditos en diferentes sentidos, pero que prueba cuando menos que los antiguos conocían la propiedad que tienen los espejos cóncavos de reflejar en su foco y de condensar en un espacio muy reducido los rayos emanados de un manantial de calor.

(1) M. Otto ha construido posteriormente una máquina horizontal de gas, que no produce ruido alguno, y por lo tanto no está sujeta al inconveniente de que hablamos.

Asimismo conocían los efectos de la refracción al través de una masa de vidrio tallada en forma de bola ó de lenteja, según se desprende de un párrafo muy curioso de *Las Nubes*, de Aristófanes.

La discusión del punto histórico de que tratamos, interesante por cierto, ha tenido el mérito de suscitar experimentos que han patentizado la intensidad de los efectos caloríficos que se pueden producir en el foco de un espejo esférico ó parabólico, ó también en el de una ó muchas lentes. He aquí los principales resultados de algunos de ellos, tomados de la *Enciclopedia* de d'Alembert y Diderot:

“Los más célebres espejos ardientes modernos son los de Septala, de Villette y de Tschirnhausen. El espejo ardiente de Marcelo Septala, canónigo de Milán, era un espejo parabólico que, según Schot, prendía fuego á troncos de leña á 15 ó 16 pasos de distancia. El de Tschirnhausen iguala por lo menos al de Septala en cuanto á su tamaño y efecto. Véase lo que acerca de él se lee en las *Acta eruditorum* de Leipzig:

“Este espejo enciende leña verde en un momento, y de tal modo que no se puede apagar el fuego soplando con fuerza. Hace hervir el agua, de suerte que se pueden cocer huevos en ella en un momento, y si se deja esta agua un rato en el foco, se evapora. Derrite en un instante una mezcla de estaño y plomo de tres pulgadas de espesor; estos metales empiezan á fundirse gota á gota, en seguida corren de un modo continuo, y en dos ó tres minutos la masa queda enteramente deshecha. También calienta muy pronto al rojo trozos de hierro ó acero, en los que la fuerza del fuego forma después agujeros. El cobre, la plata, se liquidan también cuando se los acerca al foco. Asimismo enrojece las materias que no se pueden fundir, como la piedra, el ladrillo, etc.,”

El espejo de Tschirnhausen tenía tres anas de Leipzig de ancho (1^m,69); su foco estaba á dos anas de distancia (1^m,13); era de cobre y de escaso espesor.

Un obrero francés de Lyon llamado Villette construyó muchos espejos grandes, uno de los cuales lo adquirió la Academia de Ciencias. Era un segmento de esfera de 76 pulgadas (2^m,06) de radio, y por consiguiente de 38 (1^m,03) de foco; tenía 1^m,27 de abertura, y era de una aleación de estaño, cobre y azogue. Sus efectos caloríficos fueron por el estilo de los del espejo ustorio antes descrito.

También hizo Buffón en el siglo pasado curiosos experimentos, valiéndose para concentrar los rayos solares, no de un espejo cóncavo, sino de una serie de espejos planos colocados de modo que enviaban á un solo punto los rayos del sol.

“Ha formado un espejo grande compuesto de muchos espejos planos (eran ciento) de medio pie cuadrado poco más ó menos; cada uno de estos espejos tiene detrás tres tornillos por medio de los cuales es fácil colocarlos todos, en menos de un cuarto de hora, de modo que reflejen en un solo punto la imagen del sol. Con este espejo compuesto, M. de Buffón ha encendido fuego á 200 pies de distancia., (*Enciclopedia*.)

En efecto, á esta distancia encendió leña; á 140 pies derritió plomo, y á 100, plata.

El ilustre naturalista y físico había querido realizar así la hipótesis del poeta griego Tzetés, quien creía que por tal medio se habían incendiado las naves romanas en Siracusa. El hecho en sí venía á demostrar la posibilidad del invento de Arquímedes y de la acción patriótica atribuida al geómetra más grande de la antigüedad. Pero á Buffón se le había anticipado el Padre Kircher, sin que él lo supiera, y en época más remota, Antemio, arquitecto de Santa Sofía, á quien se debe considerar como el verdadero inventor de los espejos planos articulados.

Bernières mandó construir en 1757 un espejo cóncavo de vidrio azogado, de 1^m,16 de abertura, y en cuyo foco la plata y hasta el hierro se fundían en pocos segundos; los