

éstas resultaban más caras y exigen mayor plazo de ejecución.

Sigo, pues, considerando que el sistema del Sr. Ribera, bien ejecutado y con el único aditamento de arriostamientos transversales, ha de dar resultados excelentes (1).

LAS TURBINAS DE GAS

Los progresos realizados por el motor de gas y la turbina de vapor se cuentan entre los más considerables que la mecánica ha realizado en estos últimos años. Se construyen ya motores de gas de 6.000 caballos, la turbina de vapor ha evolucionado rápidamente y la turbina de gas viene anunciándose desde hace poco como un nuevo motor en vías de realización práctica.

Tres dificultades hay para esto último que vencer. La primera consiste en disminuir las pérdidas en la *compresión neumática á alta presión*. En los motores ordinarios, el gas es aspirado por el émbolo en el cilindro, después comprimido por la misma máquina y la mezcla explosiva á continuación inflamada es la que da impulso al motor. En la turbina de gas, la compresión previa no puede efectuarse por la turbina misma, y es necesario un compresor auxiliar que proporcione el aire comprimido á la cámara de combustión, para enviarle después á la turbina.

El tipo de compresor que parece el más indicado en el caso de las turbinas es el compresor rotativo, el cual puede ir montado en el árbol mismo de la máquina; pero son necesarios serios ensayos á fin de determinar el rendimiento de este aparato que no ha sido todavía suficientemente estudiado.

Otra dificultad reside en la determinación de la expansión de los gases calientes en los tubos inyectores. Las altas temperaturas producidas por la combustión de las mezclas explosivas no permiten que éstas actúen directamente sobre los álabes de las turbinas; ningún metal resistiría. Se han propuesto diversos artificios para remediar este grave inconveniente, entre ellos el de hacer que los gases se expansionen en inyectores previamente á su admisión en el disco móvil, pero es preciso hacer estudios experimentales para determinar las condiciones de este fenómeno de previa expansión.

Finalmente, la tercera dificultad está en determinar las pérdidas térmicas causadas por la radiación. Estas pérdidas son, efectivamente, muy importantes en las turbinas de gas.

Los diversos sistemas de turbinas propuestos ó ensayados pueden clasificarse en tres categorías principales: turbinas de aire caliente, turbinas de explosión de gas ó petróleo y turbinas mixtas de gas y vapor.

El primer sistema está realizado en la turbina Stobbe. Está constituida por dos turbinas montadas en un eje común, una de las cuales funciona como compresor rotativo y la otra como turbina propiamente dicha. El aire proporcionado por el ventilador rotativo pasa desde luego á un recalentador, calentado por los gases del escape, después de lo cual una parte se dirige á la cámara de combustión y la otra á un gasógeno para gasificar un combustible sólido, haciendo el papel de carburador de manera que se obtenga el combustible gaseoso necesario para el funcionamiento de la turbina. Los gases producidos en el gasógeno van á la cámara de combustión, donde se queman al contacto del aire comprimido, dando vapor de agua y ácido carbónico. Esta mezcla pasa después á la turbina, donde se efectúa

el trabajo exterior expansionándose al través de los inyectores de la máquina.

Las tentativas realizadas con el objeto de crear una turbina de gas han tomado por base, en la mayor parte de los casos, el llevar á efecto el ciclo ordinario de los motores de gas, es decir, la combustión de una mezcla de aire y de gas ó de vapor combustible, ardiendo á volumen constante. Las condiciones no son las mismas que para las turbinas de vapor. También M. Meinelke propone producir la combustión á presión constante en un espacio abierto que permita realizar así una operación continua, efectuándose la expansión de los gases, convirtiendo su presión en velocidad en los inyectores de una turbina de gas.

Entre las turbinas mixtas de gas y vapor se puede citar la turbina Armengaud y Lemâle. Lo que caracteriza esta turbina, es que el agua de enfriamiento penetra en estado de vapor en la cámara de combustión y se mezcla á los gases recalentados para actuar sobre la turbina.

La experiencia únicamente podrá determinar el valor de estas tres soluciones que acaban de mencionarse del problema de la turbina de gas.

Cualquiera que sea el fluido empleado, agua, vapor ó gas, el buen funcionamiento de una turbina de acción depende de la velocidad del fluido que actúa sobre los álabes de la rueda móvil. Pero en todos los casos considerados, esta velocidad se obtiene haciendo pasar por un inyector el fluido desde un medio á alta presión á otro á baja presión. Hay, por tanto, una diferencia entre los gases y el agua: en tanto que el agua es sensiblemente incompresible, los gases y los vapores aumentan de volumen á medida que disminuye la presión. Pueden presentarse entonces tres casos principales, á saber:

El de los líquidos incompresibles, tales como el agua, en los cuales la velocidad es debida á la diferencia de presiones, la densidad del fluido permaneciendo constante.

El de los gases. La velocidad es debida á la caída de presión, á densidad constante, es decir, sin variación de volumen, ó bien es debida al cambio de densidad resultante del cambio de presión y de temperatura.

El de los vapores. La velocidad es debida á la caída de presión, á densidad constante, ó bien al cambio de densidad consecutivo á la variación de presión, permaneciendo el vapor en tal estado, ó bien, finalmente, al cambio de estado (recalentamiento ó condensación, según los casos).

La velocidad que da la presión tiene entonces dos orígenes: uno de orden *mecánico* y otro de orden *térmico*. Pero el de orden térmico puede ser positivo ó negativo, es decir, puede aumentar ó disminuir la velocidad debida al primero; la velocidad final no es, por tanto, independiente de la clase de motor. Por otra parte, las leyes de la salida de los fluidos no son idénticamente las mismas en todos los casos; resulta de aquí que la forma del inyector habrá de variar según el fluido empleado.

Conviene observar que las leyes de la expansión, en el caso de la expansión libre, son todavía desconocidas. No se puede, por lo tanto, afirmar que el rendimiento práctico de la expansión libre sea superior al de la expansión equilibrada.

Son, pues, numerosas y delicadas las cuestiones que restan aún por dilucidar en lo que concierne á la turbina de gas.—O.

ABACOS

para la resolución de problemas relativos al movimiento de líquidos en los tubos y alcantarillas.

(1) Para completar este artículo, que, como se ve, coincide en sus apreciaciones de las causas de la catástrofe con las que emitió la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS en su número del 8 de Junio de 1905, podemos añadir que la revista *Le Ciment* del mes de Junio de aquel año, bajo la autorizada firma de su Director el eminente Ingeniero N. de Tedesco, tan conocido por sus libros y teorías sobre el cemento armado, reprodujo gran parte de nuestro artículo y lo comentó con las siguientes frases: «La causa dada por la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS (la temperatura) es, pues, más que plausible es indiscutible».

Los abacos cuya construcción vamos á indicar han sido estudiados por el Ingeniero belga G. Schoofs, y tienen por base las nuevas fórmulas propuestas por M. Flamant, Ingeniero Jefe de Puentes y Calzadas. Para hacer fácil y completa su comprensión, vamos á exponerlos con todo el desarrollo necesario.