

tendremos por fin

$$D_1 = \frac{l + (1 - \frac{1}{2} \tan^2 \gamma) (\tan \alpha - \tan \gamma) [b + \frac{1}{2} r]}{\tan x} \quad (10)$$

$$D_2 = \frac{l - (1 - \frac{1}{2} \tan^2 \alpha) (\tan \alpha - \tan \gamma) [c + \frac{1}{2} r]}{\tan \gamma}$$

fórmulas de empleo más cómodo y muy aproximadas.

En las fórmulas (6) pueden sustituirse $\frac{1}{\cos \gamma}$ y $\frac{1}{\cos \alpha}$ por sus valores aproximados $1 + \frac{1}{2} \tan^2 \alpha$; $1 + \frac{1}{2} \tan^2 \gamma$, obteniéndose

$$\begin{aligned} m &= (1 + \frac{1}{2} \tan^2 \gamma) \frac{D \tan \alpha - l}{\tan \alpha - \tan \gamma}; \\ n &= (1 + \frac{1}{2} \tan^2 \alpha) \frac{l - D \tan \gamma}{\tan \alpha - \tan \gamma} \end{aligned} \quad (11)$$

y, por último, el valor $\tan \frac{\alpha - \gamma}{2}$ de las fórmulas (7), pue-

de sustituirse también con mucha aproximación por

$$\frac{2 (\tan \alpha - \tan \gamma)}{4 + (\tan \alpha + \tan \gamma)^2} \quad (*) \quad (12)$$

ANTONIO PRIETO Y VIVES.

(Continuará.)

FERROCARRILES

(CONTINUACIÓN)

Con cargas pesadas y á velocidades elevadas es cuando el recalentado se hace más ventajoso, porque á medida que la velocidad aumenta, el trabajo absorbido por los rozamientos del mecanismo y la resistencia del aire aumentan también, y estas resistencias son notablemente menores en la máquina de vapor recalentado del tipo de simple expansión.

El aumento considerable de potencia, debido al recalentado, que se ha observado en todos los ensayos efectuados hasta la fecha, tiene mucha más importancia para el servicio de tracción que las mayores economías de carbón y de

agua y debería mirarse por encima de todas las demás consideraciones, tanto más cuanto que la economía uniforme obtenida con las más pequeñas y las mayores potencias permitiría reducir el número de tipos de máquinas, en uso para los diversos servicios.

Á los ojos del práctico, la mejor solución del problema de la mayor potencia de tracción de la locomotora de vapor recalentado resultará siempre de ensayos comparativos hechos en condiciones constantemente similares. Estos ensayos han sido hechos con todas las locomotoras de vapor recalentado de los ferrocarriles del Estado prusiano, y no dejan lugar á ninguna duda en cuanto á su superioridad sobre las locomotoras Compound de cuatro cilindros más pesadas.

Tipos de recalentadores.

Los recalentadores para calderas de locomotoras pueden clasificarse como sigue, según su modo de funcionamiento:

a.—Los que no utilizan sino una parte de los gases vivos de la combustión. Esta categoría comprende el tipo Schmidt y los variantes que de él se derivan: Cole, Vaughan y Notkin.

b.—Aquellos en que todos los gases calientes atraviesan el recalentador. Esta categoría comprende los tipos Pielock, Slucki y Clench.

c.—Aquellos en que el caldeo se hace utilizando el calor perdido de los gases de la combustión.

d.—Aquellos en que el calor necesario lo suministra un foco calorífico independiente.

El trayecto de la corriente de los gases calientes y de la corriente del vapor que se trata de recalentar, es de una importancia capital para la determinación del rendimiento de los recalentadores. En lo que concierne al primero, es preciso tener cuidado de proteger los tubos contra la acción directa de la llama; para el segundo, es esencial aplicar el principio de las contracorrientes, que permiten conducir el vapor menos caliente hasta ponerlo en contacto con la parte más caliente de los tubos. El problema de saber si los tubos deben disponerse transversalmente ó paralelamente á la corriente de los gases de la combustión, no puede considerarse como definitivamente resuelto; sin embargo, la experiencia adquirida con calderas fijas parece demostrar que la circulación de los gases en plano paralelo es más favorable para la regularidad del caldeo.

Es absolutamente indispensable el poder regular la evacuación de los gases á través del recalentado, de modo que la intensidad de la corriente caliente pueda moderarse según las circunstancias, y hasta cortarse por completo durante las detenciones de la máquina, con el fin de evitar que los tubos se pongan al rojo, cuando el vapor cesa de circular. Esta condición se impone particularmente con los recalentadores de la segunda categoría, en que los tubos ordinarios de la caldera sirven como recalentadores. Sólo en los sistemas en que el recalentador está á una distancia notable del hogar, puede prescindirse de válvulas que cierren el acceso al recalentador; pero con este tipo no puede obtenerse un grado eficaz de recalentado.

Es preciso que el sistema de recalentador comprenda el mayor número posible de tubos gruesos, de pequeño diámetro, á fin de que haya repetidas mezclas de corrientes; no obstante, se atenderá á que el vapor que haya sido ya recalentado no vuelva á ponerse en contacto con el vapor húmedo ó saturado, como ocurre con el recalentador Pielock, donde la corriente de vapor recalentado es conducida á través de

$$\begin{aligned} (*) \quad \tan \frac{\alpha - \gamma}{2} &= \frac{\sin (\alpha - \gamma)}{1 + \cos (\alpha - \gamma)} \\ &= \frac{\tan \alpha - \tan \gamma}{1 + \tan \alpha \tan \gamma + \frac{\cos \alpha \cos \gamma}{1}} \end{aligned}$$

y haciendo $\frac{1}{\cos} = 1 + \frac{1}{2} \tan^2$

$$\tan \frac{\alpha - \gamma}{2} = \frac{2 (\tan \alpha - \tan \gamma)}{4 + (\tan \alpha + \tan \gamma)^2}$$

La aproximación de esta fórmula, alcanza para los valores usuales á la 5.^a cifra decimal.

la cámara de vapor saturado y pierde una parte considerable del vapor adquirido.

La velocidad del vapor en el recalentador debe ser bastante elevada, con el fin de impedir un exceso de elevación de temperatura en los tubos. El límite superior de esta velocidad está determinado por la caída de presión admisible, y es mucho mayor que con el vapor saturado, por razón del aumento de fluidez debido á la gasificación completa producida por el recalentado.

La determinación del rendimiento térmico del recalentador es imposible; siendo la humedad del vapor que entra en el recalentador una cantidad variable y desconocida, no puede calcularse la cantidad de calor cedida por el aparato. Sin embargo, se ha calculado, según los resultados de seis ensayos hechos con locomotoras de este género, el rendimiento combinado, es decir, la relación del calor utilizado en la caldera y el recalentador al calor total desarrollado en el hogar. En todos estos casos, el trabajo pedido á la caldera fué regularmente elevado, siendo el consumo medio de carbón de 522 kilogramos por metro cuadrado de superficie de parrilla y la vaporización de 57,3 kilogramos de agua por metro cuadrado de superficie de caldeo; en estas condiciones, el rendimiento térmico de la caldera ha resultado de 66,4 por 100, superior al que se hubiera obtenido con una caldera de vapor saturado en condiciones análogas.

Se hace á menudo al recalentado el cargo de que la economía realizada en la máquina es anulada por el funcionamiento poco económico de la caldera, porque el calor de los gases se absorbe menos perfectamente en el aparato recalentador que en el aparato evaporativo, y que resulta una temperatura de escape más elevada en la chimenea. Esta objeción carece de fundamento cuando las secciones de los dos haces tubulares están proporcionadas convenientemente. Y como para un trabajo igual de la máquina, la caldera está menos forzada de lo que estará con vapor saturado, el rendimiento calorífico de la caldera con recalentador resulta más bien mejorado.

El vapor recalentado y la máquina de simple expansión de dos cilindros.

Durante el período de admisión el vapor viene en contacto con las superficies metálicas de los conductos de vapor, de la cubierta del cilindro, del émbolo y de una parte de la pared del cilindro, que están á una temperatura mucho más baja como consecuencia de la acción refrigerante de los períodos de expansión y de escape de la carrera precedente. Resulta de ahí un cambio de calor, tanto más pronunciado cuanto que la relación entre la superficie de enfriamiento y el volumen del vapor admitido, por una parte, y la conductibilidad de este último por otra, son mayores.

Si se supone que el fluido activo es vapor saturado, este cambio de color provoca, como ya se ha dicho, una condensación, á consecuencia de la cual una parte del vapor pierde su capacidad para producir trabajo. La pérdida por condensación, que llega á su máximo durante el período de admisión, continúa, en un grado menor, durante la expansión bajo forma de absorción de calor por las paredes del cilindro. Al fin de este último período empieza la reevaporización, que sigue con tanta mayor actividad cuanto que la presión del vapor que corresponde á la temperatura del agua de condensación no disminuye. Pero principalmente durante el escape, es decir, desde el momento en que la caída de presión es

más rápida, es cuando la reevaporización es, sobre todo, enérgica. Ahora bien; el calor necesario para esta transformación se toma en gran parte de las paredes de los cilindros, cuya temperatura baja, provocando así pérdidas durante la admisión siguiente, como ya se indicó antes. El cambio de calor, muy rápido al principio del escape, se hace más lento á causa del fuerte consumo de calor, necesario para la reevaporización (536,5 calorías por kilogramo de agua), y de la baja temperatura del agua de condensación, temperatura que es constante. Por consiguiente, la vaporización, que es muy enérgica al principio, se modera á medida que la diferencia de temperatura disminuye; así es que cuando la velocidad del émbolo excede de cierto límite, el período de escape se hace demasiado corto para la reevaporización completa y queda agua en el cilindro. Esta es una de las principales razones por las que las locomotoras de vapor saturado se presantan mal á las grandes velocidades del émbolo y dan lugar, cuando el trabajo es duro, á arrastres de vapor considerables. Cada nueva introducción de vapor á velocidades muy elevadas, trae consigo pérdidas por condensación que van siendo cada vez mayores, puesto que el descenso de temperatura en las paredes del cilindro y la diferencia entre esta temperatura y la del vapor introducido aumentan continuamente; llega un momento en que las condiciones se aproximan á las de una máquina que acaba de arrancar, es decir, al momento en que hay que abrir los purgadores para dar salida al agua de condensación. Resulta, pues, que el trabajo más económico de las locomotoras de vapor saturado se realiza en servicio regular, cuando con una temperatura racional de expansión y buenas proporciones de admisión, toda el agua de condensación se reevapora fácilmente durante el período de escape; no obstante, aun en este caso, subsiste la pérdida debida á que la cantidad de vapor así producida de nuevo atraviesa el cilindro sin suministrar trabajo. El empleo del vapor recalentado da, pues, lugar á un cambio de calor mucho menor que el vapor saturado y la temperatura media de las paredes del cilindro queda más elevada.

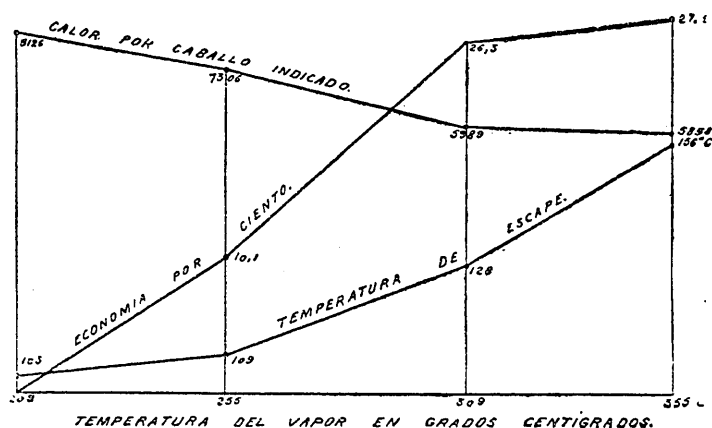


Fig. 1.ª

Es preciso, sin embargo no olvidar que, sólo á costa de un recalentado muy fuerte, puede impedirse la condensación en los cilindros durante todo el ciclo. Se ha objetado que con un recalentado muy fuerte no se utilizaba éste por completo, de suerte que el vapor del escape conserva una temperatura inútilmente elevada al pasar á la chimenea. Por esta razón se ha propuesto limitar el recalentado de modo que al terminar la carrera el vapor del escape esté en estado de saturación.

Sin embargo, dadas las variaciones incesantes de trabajo

que se piden á la máquina y á la caldera de la locomotora, esta uniformidad en las condiciones de marcha es imposible, porque los cambios de admisión y de temperatura, el agua de alimentación mala y espumosa, un nivel de agua demasiado elevado en la caldera, la conducción poco hábil de la máquina y del fuego, etc., etc., exigen que la locomotora de vapor recalentado tenga una reserva considerable de potencia, con relación á la que ha sido calculada como necesaria normalmente.

Según los resultados de los experimentos hechos por el profesor Seeman con una máquina fija provista de un recalentador Schmidt, el consumo de calor por caballo-hora indicado, disminuye constantemente á medida que la temperatura del vapor vivo se eleva, á pesar de la temperatura más alta del vapor del escape, como lo demuestran el cuadro siguiente y la figura 1.°:

Temperatura en la admisión.	Temperatura del vapor del escape.	Consumo de calor por caballo-hora indicado. — Calorías.	Consumo comparativo.	Economía.
209° C.	103° C.	8.126	100,0	»
255° C.	109° C.	7.306	89,9	10,1 por 100.
309° C.	128° C.	5.858	73,7	26,3
355° C.	156° C.	5.858	72,1	27,9

Aun cuando no se hayan efectuado experimentos análogos con locomotoras de vapor recalentado, los numerosos recorridos de prueba efectuados demuestran que la mayor economía se obtiene invariablemente con la mayor temperatura del vapor, no obstante el aumento que resulta de la temperatura del vapor en el escape.

Con el fin de utilizar todo lo completa y económicamente que sea posible el aumento de potencia de tracción que da á la locomotora la adición de un recalentador, no es suficiente, como se afirma algunas veces, aumentar el período de admisión más allá de la longitud calculada para el vapor saturado, porque las pérdidas debidas á una expansión insuficiente, al aumento de la contrapresión y al caldeo forzado que resulta de este cambio, neutralizarán en gran parte la economía que se puede realizar. Sólo por un aumento conveniente del diámetro de los cilindros, manteniendo la admisión dentro del límite económico, puede aumentarse el esfuerzo de tracción de un modo suficientemente completo para utilizar el incremento de potencia de la caldera. Á este efecto, es preciso que el diámetro del cilindro sea tal que el esfuerzo de tracción máximo se obtenga con una admisión de próximamente el 45 por 100, y la mayor potencia sostenida con un 30 por 100, siendo la presión alrededor de un kilogramo inferior á la presión normal en la caldera. Para potencias menores y mínimas, la admisión no puede reducirse indefinidamente; no puede descender por debajo del 20 por 100. La posibilidad de emplear económicamente el vapor recalentado sin que sin produzca condensación en los cilindros á pesar de la caída de presión debida al laminado del vapor, proviene de que por el hecho mismo de esta caída de presión, el recalentado propio ó absoluto del vapor aumenta. Por ejemplo, el vapor á la presión de 12 kilogramos y á la temperatura de 300°, está recalentado en 110°, puesto que la temperatura de saturación que corresponde á esta presión es de 190°; pero cuando la presión se reduce por el laminado á 5 kilogramos, siendo la temperatura la misma, el

recalentado se convierte en $300^{\circ} - 156^{\circ} = 144^{\circ}$, lo que da un exceso de temperatura suficiente para impedir la condensación en el cilindro, aun con la admisión mínima en práctica de un 20 por 100. — H.

(Concluirá.)

LAS OBRAS DE RIEGO EN LOS ESTADOS UNIDOS

POR

DON JOSE NICOLAU

Y

DON NARCISO PUIG DE LA BELLACASA

SERVICIO FEDERAL DE OBRAS DE RIEGO

(Continuación.)

Al excavar el terreno para cimentarlo, se descubrió en el lado Oeste una capa de grava muy permeable entre dos de roca sólida, y para prevenir las filtraciones á su través, se ha practicado en ellas un túnel en toda su altura de 2,40 metros, revestido por delante de hormigón con espesor de 15 centímetros, que se rellenó de una mezcla arcillosa bien apisonada. Las circunstancias especiales de esta obra, que sustituye á otra destruida, probablemente porque la crecida, aumentando la presión, determinó vías de agua en el macizo de tierras, pueden justificar, tal vez, el empleo de la pantalla, que en general no debe reputarse necesaria en las presas mixtas del tipo que acabamos de describir.

Procedimiento hidráulico para construcción de macizos de tierra.

Perfiles adoptados para varias presas.—El procedimiento descrito tiene por objeto excavar, transportar y depositar tierras en condiciones que pueden ser ventajosas en muchos casos y, por consiguiente, tener numerosas aplicaciones. Una de ellas, la más extendida, es la de construir los macizos de las presas de tierra y de las presas mixtas, que ofrecen en este caso, sin embargo, ciertos rasgos característicos, debidos á la forma en que se depositan los materiales, como es, por ejemplo, la facilidad con que puede conseguirse su clasificación por orden de impermeabilidad creciente hacia el núcleo central.

Esta facilidad con que se presta el procedimiento, según acabamos de indicar, para formar un núcleo arcilloso impermeable en la parte central de la presa, motiva que gran parte de las construídas lo hayan sido con dicho núcleo, especialmente cuando los terrenos de donde se extraen los productos están formados por arcillas mezcladas con arenas y gravas. En otros casos en que los materiales disponibles consisten en tierras mezcladas con piedra, se han adoptado perfiles de presas mixtas de tierra y escollera. Por último, podemos citar el ejemplo de una presa que se está construyendo encima de San Bernardino, California, con pantalla formada por un muro de mampostería.

Presas con núcleo arcilloso.—Una de las más antiguas es la de La Mesa, ya citada anteriormente, que presenta el perfil representado por la figura adjunta.

La clasificación de los productos que forman esta presa hace muy difícil que pueda fallar por sobresaturación y corrimiento de los taludes, constituidos por materiales permea-