

ANALES MEXICANOS

REVISTA CIENTIFICO-RECREATIVA,

Consagrada á la Minería, Comercio, Agricultura é Industria de la República.

MINERÍA.

APUNTES SOBRE EL USO DEL AIRE COMPRIMIDO EN LAS MINAS

Y SU

Aplicación á la Perforación Mecánica

Por el Ingeniero de Minas.

TEODORO FLORES M. S. A.

La experiencia viene demostrando, desde hace tiempo, que en la explotación de las minas con economía de brazos y rapidez en las labores, conviene substituir el trabajo del barretero, pesado y lento, por el de maquinaria perfeccionada; especialmente en ciertas obras muertas cuyo avance importa acelerar para que el capital invertido en ellas comience á producir en el menor tiempo posible.

En efecto, bien conocidas son las malas condiciones en que generalmente se encuentra el barretero: colocado en posturas incómodas, en sitios estrechos muchas veces mal ventilados, teniendo que imprimir á sus herramientas velocidad considerable, no rinde la cantidad de trabajo que es susceptible de desarrollar el hombre en mejores condiciones.

Así es que, continuamente se ha tratado de inventar máquinas que desempeñen el trabajo de la perforación. En los primeros ensayos que se hicieron, se intentó utilizar mejor la fuerza muscular humana sirviéndose de ella para imprimir movimiento á las máquinas; pero los resultados que se alcanzaron fueron poco satisfactorios, pues el uso de estas máquinas movidas á mano, era difícil y estorboso, sin dar en su rendimiento una notable diferencia al obtenido por el empleo del marro y la barrena. Se hacía pues necesaria la aplicación de una fuerza, que incansable y muy superior á la del hombre, proporcionara el medio de talar las rocas en poco tiempo y sin fatiga.

La que se empleó primero, por ser ya utilizada en otras máquinas, fué la fuerza expansiva del vapor; pero su uso presenta, en este caso especial, graves inconvenientes; si se establecen en el interior de las minas los generadores de vapor, elevan mucho la temperatura del aire y producen gases irrespirables que exigen instalaciones especiales para su expulsión; si se colocan en el exterior y se conduce por tubos el vapor, se encuentra su presión muy disminuida por la condensación, siendo entonces necesaria una tubería provista de una cubierta poco conductora del calor, y que requiere un cuidado especial para evitar los numerosos escapes que tendrían lugar si no se conservara constantemente en buen estado.

En vista de estos inconvenientes, tuvo que substituirse la fuerza expansiva del vapor por otra que pudiera aprovecharse en condiciones más favorables, para el caso de su aplicación á máquinas que tenían que funcionar en el interior de las minas. Esta fuerza

es la que desarrolla el aire atmosférico llevado á cierto grado de compresión. El comprimido posee entonces todas las cualidades esenciales del vapor sin sus inconvenientes, y se convierte en un agente de transmisión muy cómodo para llevar la fuerza generada en la superficie á determinados puntos de una explotación; se conduce por una tubería que fácilmente se conserva y contribuye notablemente á la ventilación de las labores.

Atendiendo á estas consideraciones, es evidente que conviene emplear como motor en las minas el aire comprimido; pero es necesario tener en cuenta algunas pérdidas que ocurren principalmente en el momento de su producción y que disminuyen su efecto útil. Cuando se comprime aire en un espacio cerrado, se desarrolla calor; este calor se produce á expensas de la fuerza empleada en comprimirlo y además el aire se dilata por efecto del calor. Según esto el émbolo de una compresora tendrá que vencer, además de la resistencia que el aire presenta á la compresión, el aumento de resistencia debido á la expansión producida por el calor, si no se impide su desarrollo durante la compresión.

La elevación de la temperatura que el aire experimenta por la compresión tiene lugar conforme á la siguiente tabla, siendo la temperatura y presión iniciales de veinte grados centígrados y una atmósfera respectivamente:

Presión en atmósferas	Temperatura en grados c.	Presión en atmósferas	Temperatura en grados c.	Presión en atmósferas	Temperatura en grados c.
2	85.°0	5	194.°2	8	262.°4
3	129.°0	6	219.°6	10	298.°3
4	164.°9	7	242.°1	15	369.°5

Para comprimir un metro cúbico de aire atmosférico á 20°c. de temperatura, hasta reducirlo á un décimo de su volumen, se tendría que emplear si la temperatura se conservara constante, una presión de diez atmósferas solamente; pues que según la ley de Mariotte:

$$\frac{V P}{V' P'} = 1$$

y en este caso; $V=1^{\text{mc}}$; $V'=0.1^{\text{mc}}$; $P=1$ atmósfera, y por consiguiente:

$$P' = \frac{V P}{V'} = \frac{1 \times 1}{0.1} = 10 \text{ atmósferas.}$$

Pero como la temperatura se eleva á 289°3, según la tabla anterior, el volumen del aire será entonces, aplicando la fórmula de Gay-Lussac para la dilatación de los gases,

$$V_1 = V \frac{1 + a t'}{1 + a t} = 1 \frac{2.092}{1.075} = 1.946 \text{ (1)}$$

(1) En este cálculo tomé para valor de a , coeficiente de dilatación del aire, el que da Ganot en su Física $a=0.003665$.

y entonces habría que elevar la presión á 19^{atmósferas} 46.

Y este aumento de presión causa una pérdida aun más sensible, porque no se puede emplear el aire en el momento mismo de la compresión, antes de que se enfríe; sino que hay que conducirlo á alguna distancia, lo que da por resultado que pierda por enfriamiento el exceso de presión que adquirió por el calor.

En consecuencia, para obtener el resultado económico, importa mucho impedir el desarrollo de calor durante la compresión, pues como se ve, causa una fuerte pérdida de trabajo.

Varios medios se han empleado sucesivamente para prevenir esta producción de calor: en las primeras máquinas se interponía una masa de agua entre el émbolo y el aire por comprimir; al funcionar la máquina, el émbolo transmitía á la masa de agua un movimiento oscilatorio, verificando así alternativamente la aspiración y compresión del aire que se enfriaba por contacto con el agua. Fácilmente se comprende la imperfección de este sistema; estas máquinas no podían andar sino lentamente, pues si se movía el agua con rapidez, era proyectada á las válvulas y conductos alterando la marcha regular de la máquina que suministraba cantidades suficientes de aire.

Después se inyectó dentro del cilindro compresor agua fría en forma de rocío, aumentando la cantidad de agua á medida que era mayor la densidad del aire. Este sistema tiene la ventaja de que diseminándose el agua dividida en gotitas por todo el volumen de aire, absorbe casi todo el calor debido á la compresión; pero presenta el grave inconveniente de que el aire se satura de humedad que arrastra consigo y se congela por el considerable descenso de temperatura que se produce en el momento de la expansión del aire después que ha obrado en las máquinas que utilizan su fuerza; el hielo formado se interpone en las distribuciones, acaba por obstruirlas completamente y hace la marcha imposible.

Otro sistema, muy usado en las compresoras modernas, consiste en enfriar el aire por medio de agua que circula al rededor del cilindro compresor en un espacio que le rodea completamente y que toma por esto el nombre de *camisa de agua*. Este método es ventajoso comparado con el anterior, porque no estando el aire en contacto con el agua, puesto que es un enfriamiento por circulación externa, suministra aire seco y evita el inconveniente de la formación de hielo; pero en mi opinión es imperfecto todavía, porque siendo el aire mal conductor del calor sería necesario, no solamente que cada una de sus partículas estuviera en contacto con la superficie enfriada por la camisa; sino que estuviera *el tiempo necesario* para ceder la mayor parte de su calor. Ahora bien, en el cilindro de una compresora que trabaja á gran velocidad el aire permanece en él un espacio pequeñísimo de tiempo, insuficiente para que ceda su calor; además, sólo una porción del volumen total del aire está en contacto con la superficie interna del cilindro; y por último, el émbolo en su carrera cubre parte de esta superficie interior y disminuye el enfriamiento.

Muy recientemente se ha adoptado por los constructores americanos el uso de cilindros de aire *compound* en las compresoras con el objeto, entre otros, de evitar los efectos perjudiciales del calor, de que me he venido ocupando. Primero se comprime el aire parcialmente en un cilindro (en el diámetro mayor) y después de atravesar un enfriador, en donde se abate bastante su temperatura, pasa á otro ú otros cilindros de menor diámetro en los que se lleva gradualmente á la presión requerida. Los cilindros tienen camisa de agua y el enfriador que les comunica entre sí está for-

mado por una cámara cilíndrica que tiene en su interior numerosos tubos de cobre de pequeño diámetro al través de los que circula agua fría. Entonces el aire al pasar del primero al siguiente ó siguientes cilindros, pierde su calor en el enfriador *sin perder su presión* se pone en contacto con mayor superficie de enfriamiento, dividiéndose en corrientes parciales, entre los espacios de los tubos del enfriador y permanece más tiempo en contacto con ellos. Parece que este sistema es el mejor actualmente y según los datos de los fabricantes se ahorra un 20 por ciento de fuerza motriz sobre la empleada en cilindros enfriados por camisa agua solamente.

Las compresoras que he tenido ocasión de conocer son las siguientes:

Compresora «Ingersoll-Sergeant» en la mina «*Dificultad*» en Real Monte.

Compresora «Ingersoll» en la mina «*Barron*» en Pachuca.

Compresora *Burckhardt & Weiss* en la mina «*San Rafael*» en Pachuca.

Compresora «*Rand*» en la mina «*San Rafael*» en Pachuca.

Compresora «*Rand*» en la mina «*El Xotol*» Pachuca.

Compresora «*Ingersoll-Sergeant*» en la mina «*La Esperanza*» Mineral de «*el Oro*» Estado de México.

Antes de entrar en su descripción y estudio, daré algunas ideas sobre las compresoras en general.

Una compresora de aire consiste esencialmente en un cilindro en el que se comprime aire atmosférico por medio de un émbolo movido por vapor, agua ó electricidad. El cilindro de aire es casi siempre de doble efecto, y por tanto está provisto de válvulas para la entrada y salida del aire en cada tapa del cilindro cuando son válvulas las que hacen la absorción y descarga del aire. En cada golpe de émbolo cierto volumen de aire comprimido pasa del cilindro á un recipiente, y de este recipiente se distribuye por tubos á los lugares donde se va á aplicar. El volumen de aire atmosférico que una compresora puede absorber en un minuto para llevar á cierto grado de compresión, es lo que se llama su *capacidad*. La capacidad teórica se obtiene multiplicando el área del émbolo por su velocidad, y para obtener la efectiva, hay que deducir las pérdidas por espacios perjudiciales, diámetro de la varilla, fricción de las válvulas, etc., que son diferentes en cada compresora; pero que no deben pasar de 10 por ciento. La capacidad de una compresora varía también con la altura sobre el nivel del mar del lugar en que trabaja, siendo menor á medida que esta altura á una presión menor que la del nivel del mar.

Continuará.

METALURGIA.

ESTUDIO QUIMICO DEL PROCEDIMIENTO METALURGICO

CONOCIDO CON LOS NOMBRES DE

AMALGAMACION MEXICANA ó BENEFICIO DE PATIO.

Por el Ing. de Minas

JUAN D. VILLARELLO, M. S. A.

(*Continúa.*)

Conociendo los beneficiadores la deficiencia de los ensayos de pella, siempre ensayan por la vía docimástica la lama que acompaña á la pella, y á esta operación se le llama ensayos de residuos.

Para hacer el ensaye de residuos, se saca de la torta en beneficio, cierta cantidad de lama, procediendo co-