

de la figura 2.^a se ven las disposiciones adoptadas para el enfriamiento y la formación de la junta entre el tubo y sus conexiones.

Estas están sujetas por una capa de metal blanco, vertido en caliente en el espacio anular que separa el tubo de carbón de las tenazas metálicas, ó más bien de la guarnición de hoja de lata que se le da interiormente. Un tubo en zizzás sirve á la vez de

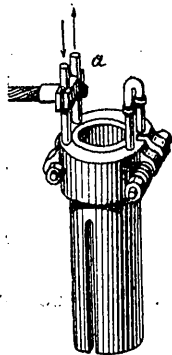


Fig. 2.^a

cañería de circulación de agua y de tubo conductor de corriente. Se ha reconocido que así era fácil hacer conexiones que no den ninguna caída de tensión apreciable bajo una intensidad de corriente de 400 amperios.

Sería de temer la oxidación del carbón si no se tomase la precaución de mantener en el tubo una atmósfera neutra haciendo pasar por él una corriente de nitrógeno.

Se puede entonces alcanzar la temperatura de 1.700° C, sin que se desprendan en el horno compuestos volátiles de carbono.

La atmósfera en el interior del tubo de carbón está fuertemente ozonizada, y basta algunos voltios de diferencia de potencial entre electrodos aislados para que la corriente pase del uno al otro, arrastrando partículas sólidas.

La condición necesaria para obtener prácticamente temperaturas muy elevadas reside en el empleo de una buena envolvente calorífuga alrededor del tubo de calefacción del horno eléctrico.

Esta envolvente está constituida por un cilindro de palastro A, de 30 centímetros, próximamente, de diámetro (fig. 1.^a), y cuyos extremos están cerrados por dos discos de amianto B.

La sustancia calorífuga que llena este cilindro es, en general, polvo bruto de zircona ó está constituido en parte por este polvo y en parte por magnesia ó amianto.

A través de la hendidura longitudinal del tubo de carbón está dirigido hacia el cilindro-muestra un pirómetro óptico que sirve para medir su temperatura.

El elemento de comparación empleado para estas medidas está suministrado por el campo luminoso de una lámpara incandescente y la graduación del aparato se hace por medio de un par termoelectrico.

Este horno permite alcanzar y conservar durante cortos períodos consecutivos una temperatura de 3.000° C.; pero puede soportar durante los ensayos prolongadas temperaturas del orden de 1.700 á 1.800° C., lo que basta ampliamente para el estudio de los ladrillos refractarios, puesto que su punto de reblandecimiento bajo cargas compresivas es ordinariamente inferior á 1.700° C.

La central termoelectrica de Lardarello (Italia).

El Ingeniero Profesor Luigi Luiggi publica en el *Giornale del Genio Civile* un artículo sobre este asunto, que resumimos á continuación.

Empieza el autor diciendo que en estos tiempos en que el carbón ha adquirido precios tan elevados—casi increíbles, por que se ha pagado 500 liras la tonelada en el puerto de Génova, y sin esperanza de que baje durante mucho tiempo—, la posibilidad de utilizar industrialmente el calor natural, que emana

del suelo en las regiones más ó menos volcánicas, tiene una importancia notabilísima.

Esta idea, que á primera vista parece puramente fantástica, ha sido realizada de un modo admirable, gracias á la iniciativa y á la perseverancia de un industrial tan genial como atrevido, el Príncipe Ginori-Conti, asistido con el consejo de un príncipe de la ciencia, el Profesor Nasini, de la Universidad de Pisa. Y así es como, merced á esta cooperación, ha surgido en Lardarello, á una distancia de unos 25 kilómetros de la estación Saline di Volterra, la grandiosa instalación de una central termo eléctrica de cerca de 1.250 caballos, que funciona con toda regularidad y distribuye la corriente hasta Florencia, Liorna y Massa Marítima y todo ello sin empleo de combustible!

El vapor de los «soffioni».—La idea se ha realizado sobre esta base: se observó que la región al Sur de Volterra era muy rica en manifestaciones volcánicas, las cuales tienen la más completa y grandiosa expresión en los *soffioni* de Lardarello y en las que forman una corona á su alrededor situados en los pueblos vecinos de Castelnuovo, Sasso, Monterotondo, Lago, Lustignano y Serrazzano.

Toda esta región, que se extiende durante muchos kilómetros cuadrados, rompen el suelo potentes surtidores de vapor de agua á altísima temperatura (fig. 1.^a), ricos en ácido bórico, amoníaco, ácido carbónico, sulfhídrico y otros gases. El vapor, oportunamente condensado, se utiliza para la extracción del ácido bórico y de algunos subproductos. Pero, en lugar de limitarse á utilizar estos surtidores como salen de las grietas naturales del suelo, se provoca la emisión con oportunas horadaciones—de un diámetro de 20 á 40 centímetros y una profundidad de 100 á 150 metros y algunas veces de 180—viniendo revestidos los pozos con adecuados tubos de lámina de hierro, pudiéndose así obtener potentísimos surtidores de vapor recalentado, de caudales diversos—de 5.000 hasta 20.000 kilogramos por hora, según el diámetro y la presión—, la cual puede llegar—en pozo cerrado—á 2 ó 3 atmósferas y excepcionalmente á 5 atmósferas como sucede en el pozo de la Venella, y con temperatura que varía de 150 á 165° C. y para algunos pozos hasta un máximo de 190°.

Estos pozos se conservan inalterables, en potencia y temperatura, durante años y años, y aunque se abran otros pozos en el suelo, no estando demasiado próximos, no se altera su régimen; lo que demuestra que se influencia recíprocamente, tanta es la riqueza en vapor del subsuelo.

No es del caso entrar en consideraciones físico-químicas sobre estos interesantísimos surtidores de vapor que han sido dilucidadas en sendas memorias por los profesores Meneghini, Nasini, De Stefani, Batelli y por el Ingeniero Perrone; basta decir que en presencia de estas potentes manifestaciones del calor terrestre, dadas sus temperaturas y especialmente la inmensa cantidad de vapor recalentado del cual se puede disponer, viene espontáneamente el deseo de hacer uso de él para fuerza motriz.

Utilización para fuerza motriz.—Los primeros experimentos se hicieron en 1903 por el Príncipe Ginori-Conti—que con gran inteligencia dirige la importante industria del boro—proyectando un fuerte surtido de vapor contra una rueda de paletas.

Después utilizó el vapor en una motriz ordinaria de émbolo, la cual ponía en movimiento una pequeña dinamo capaz de alimentar algunas lámparas eléctricas; alentado por estos satisfactorios resultados, aplicó en 1905 el vapor natural de los *soffioni* á una motriz de émbolo de 40 caballos, utilizando una mínima parte del surtidor del pozo de la «Venella» que, como hemos dicho, produce vapor á 5 atmósferas, próximamente, con temperatura de 165° y en cantidad de cerca de 5.000 kilogramos por hora.

Los resultados obtenidos durante varios años fueron muy satisfactorios desde el punto de vista del trabajo mecánico producido, pero no lo eran tanto respecto á la conservación de las partes metálicas de la motriz, á causa del ácido sulfhídrico y de

otros productos emanados del vapor y que corroen á muchos metales.

Entretanto se continuaron haciendo nuevas horadaciones en el terreno, con pozos más amplios y más profundos; obtuvieron-se así surtidores de varias potencias, que fueron medidas, y entre ellos uno con un caudal de 25.000 kilogramos de vapor recalentado por hora, á la presión de cerca de 2 atmósferas absolutas.

Esto representaba una potencia teórica de 4.000 caballos, próximamente, y una potencia útil efectiva, por lo menos, de un 40 por 100. Reuniendo entre sí muchos de estos surtidores si hubieran podido abastecer varias motrices de un semejante número de caballos.

Sin embargo, por prudencia, se hizo un experimento en escala modesta, pero suficiente para dar resultados concluyentes, instalándose en el año 1912 un turbo-alternador de 300 caballos, destinado á suministrar la corriente necesaria para el alumbrado del establecimiento de Lardarello.

las calderas, se utiliza después, como se hacía al principio, para la extracción del ácido bórico y de los otros productos secundarios.

En otros términos, estamos en presencia de tres grupos turbo-alternadores alimentados por calderas de bajísima presión, calentadas no por carbón ni por otro combustible, sino por vapor natural recalentado á cerca de 160°, el cual sale del subsuelo procedente de los *soffioni* y que viene oportunamente conducido por tuberías hasta las calderas.

Las calderas generadoras del vapor, que actúan después en las turbinas, presentan ingeniosísimas particularidades para evitar la corrosión del metal, y constituyen la parte, por decirlo así, donde se revela la originalidad de la aplicación práctica del calor natural de los *soffioni*. Sin detenernos en más detalles diremos que las calderas son de forma tubular vertical, con tubos de aluminio, que es el metal que resiste mejor á las corrosiones del gas de los *soffioni*.

Las tres turbinas, estudiadas con especial cuidado por la



Los resultados de este primer pequeño turbo-alternador fueron tan satisfactorios que impulsaron al Príncipe Ginosi-Conti con mayor ardimiento á establecer una instalación de bastante más importancia. La grave crisis industrial, debida á la guerra, en lugar de acobardar al Príncipe le impulsaron, con ardor verdaderamente admirable, á apresurar la instalación, emulando con esto la valiente tradición del Conde Florestano de Lardarello, el benemérito fundador de la industria del boro en Italia.

Tomando como base los estudios del Ingeniero Bringhenti, que proyectó y ejecutó la instalación, la Casa Tosi, de Legnano, suministró los tres turbo-alternadores de 3.000 caballos cada uno, con condensación de superficie, obtenida por medio de circulación de agua enfriada en aparatos refrigerantes de torres.

Para evitar la posible acción química del vapor natural—debida á los gases corroyentes de los cuales se ha hecho mención—sobre el metal de las turbinas, se hace que el vapor de los *soffioni* antes de enviarse directamente á las turbinas se emplee, en vez del carbón, como medio de calentamiento, ó sea que sirva para calentar tres grupos de generadores de vapor multotubulares á bajísima presión—á 1 1/4 atmósfera absoluta—que alimentan las turbinas con vapor procedente del agua de condensación del vapor de las mismas turbinas, mientras el vapor procedente de los *soffioni*, que se condensa al ceder su calor á

Casa Tosi, pueden desarrollar casi 4.000 caballos cada una. Están acopladas directamente á tres alternadores de 3.000 kilovatios, los cuales, sin embargo, no trabajan normalmente más que á 2.759 kilovatios.

No entraremos en detalles, pues se trata de unas sencillas instalaciones trifásicas, á $\cos \alpha = 0,7$, á 4.500 voltios y 50 períodos por segundo.

La energía eléctrica se eleva, por medio de transformadores, á 36.000 y á 16 000 voltios, y es distribuida por medio de cinco distintas líneas á los varios Centros principales de la Toscana, esto es, á Volterra, Massa, Siena, Liorna y Florencia; con estas últimas ciudades el enlace se verifica por medio de la red de la Sociedad Liguria-Toscana de Electricidad y la de la Sociedad del Valdarno, esta última utiliza, en su grandiosa central de Castelnuovo de los Sabbioni, los residuos de los lignitos procedentes de las minas próximas, los cuales se desperdiciaban antes considerándolos sin ningún valor, y ahora se utilizan completamente.

La instalación de Lardarello funciona en la actualidad normalmente con uno ó dos grupos de alternadores, destinándose el tercero como reserva hasta que estén en disposición las otras calderas, cuya construcción está muy adelantada, en cuyo caso funcionarán al mismo tiempo los dos grupos, y eventualmente también el tercero.

