

---

ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS

---

## EL CALOR

Y

SU CONVERSIÓN EN TRABAJO

---

## I.

**Aplicaciones á la Metalurgia nacional**

La termodinámica, al establecer que la cantidad de calor roducido es proporcional al trabajo mecánico gastado, y al dar los medios de transformar el movimiento en calor y éste en berza, y vice-versa, ha realizado progresos de considerable ascendencia en la economía industrial y va en vía de realizara prodigios que ya es tiempo de aprovechar en cuanto lo permiton nuestros recursos naturales y medios de acción.

Entre los frutos que nos brinda el generoso suelo, los de origen minero, que nos han enriquecido tan rápidamente, realizando en medio siglo de existencia las grandezas de una civilización que no habríamos alcanzado aun, sin ese recurso extraordinario, son los que mas necesitan del auxilio de aquellas transformaciones del progreso, para poder restituir con la economía, lo que se pierde por el empobrecimiento de la riqueza fácil y espontánea de las minas en el primer periodo de su existencia.

Tambien el suelo cultivable que fructifica el grano, se cansa de producir y se agota, y al cabo, si la acción industrial no xacude en su auxilio con el abono natural ó elaborado, para

restituir al suelo lo que pierde por el empobrecimiento de las primitiva, vírgen y exhuberante riqueza.

La razon de existir aun terrenos que no han sido objeto de exploración minera, así como los hai vírgenes de cultivo agrícola, no seria jamás argumento contra la conveniencia de emprender la aplicación de los grandes inventos para restablecer la actividad de las minas en decadencia, así como no seria admisible resistir la aplicación del arte hidroscópico y las máquinas de la mecánica agrícola para aumentar la producción de los terrenos en actual cultivo, por estarse á la expectativa de nuevas tierras cultivables.

Perfeccionar los métodos, estar al corriente de los adelantos científicos y seguir de cerca los hechos del progreso industrial para procurar su realización en el país, es el mejor modo de servirlo y de acercarse, en el ideal de la prosperidad pública, á la altura de las aspiraciones nacionales.

La evidente aproximación de las teorías físicas á la verdad de los hechos consumados, va facilitando sus aplicaciones á la práctica de los procedimientos, desmintiéndose, á medida que la ciencia entrega á la avidez de la especulación los resultados maravillosos de sus investigaciones, la arraigada creencia vulgar que asigna el mérito de las grandes invenciones al acaso.

El empirismo tiene sus conquistas, indudablemente, pero si los inventores de tantas máquinas admirables destinadas á la generación del calor y á la producción del movimiento no hubieran ignorado los verdaderos principios de donde nacen los efectos que procuraban producir, no habrian sido tan persistentes los errores que han retardado la solución y la dificultan todavía.

El mismo Sadi Carnot, tan eminente por haber imaginado una admirable teoría como por haberla aplicado en la aurora del presente siglo, cuando las ciencias físicas apenas iniciaban sus primeros progresos, no habria relegado hasta nuestros dias las trascendentales consecuencias de sus leyes, si la errónea concepción de la emisión del calórico, sustentada por los que le sucedieron, no hubiera retardado hasta el experimento de

Joule la sanción práctica del origen dinámico del calor, tiempo há vislumbrado, pero no reducido a la espresión numérica que determina su exacto equivalente mecánico.

No son nuevas para ningun ingeniero entre nosotros, ni las teorías, ni los hechos fundamentales que desde treinta años há han venido y siguen acercándonos á tal grado de solidez y confianza en la vía de llegar al descubrimiento de las verdaderas leyes físicas y químicas, que quizá antes de espirar el agonizante siglo en que vivimos, las veremos promulgadas con la sanción inmutable y el sello de eterna verdad que Newton estampó sobre las de la gravitación universal. Pero son nuevas en el país, y de fecha apenas reciente las aplicaciones ó tentativas de aplicación de aquellas teorías y de aquellos hechos á nuestras nacientes industrias y á la metalurgia nacional.

La producción del movimiento y su transformación en fuentes poderosas de calor i de electricidad, y la generación de estos misteriosos agentes para reproducirlos en fuerza y movimiento, evolucionando en un círculo continuo de actividad y energías al servicio del hombre, es el ideal del progreso moderno y debe ser para nosotros la preocupación de cada día.

Todavía tenemos el desierto en nuestras montañas, donde los metales se brindarían á la actividad de numerosos pobladores; vemos la postración en los antiguos centros mineros, donde la producción es susceptible de renacer aun en condiciones provechosas; chocamos por do quiera ante las dificultades para el trabajo, del desaliento para emprenderlo y de las desconfianzas del capital para fomentarlo; reconociéndose en todo ello como causa principal, mas que el agotamiento de las minas, lo caro que nos cuestan la producción del calor y del trabajo mecánico mediante cualquiera de las energías físicas que son capaces de determinarlos.

La naturaleza no nos ha olvidado en el reparto de sus dones al respecto.

El calor solar no se ha disipado esterilmente para nuestros destinos industriales, en la serie de las edades geológicas. La sucesión de los tiempos lo ha almacenado en cuantiosas reser-

vas para nuestro uso en el carbón de los terrenos terciarios y cretáceos, y quizá también en toda la serie completa de las formaciones anteriores hasta la mas antigua, según indicios que lo hacen presumible.

Tan importante factor del progreso, es, sin embargo, escaso por la pequeñez de la producción e insoportablemente caro por mil circunstancias adversas cuya enumeración, ligándose con otras consideraciones varias, no cabe en esta ocasión, pero que deberían ser también, como lo propongo ahora, para las aplicaciones de los modernos métodos de generación del calor en los usos metalúrgicos, materia de nuestras deliberaciones en este recinto de labor y estudio.

## II.

### El horno de gas de agua

Mucho antes que Siemens, consta que Ebelmen Lampadius y otros metalurgistas, hace mas ó menos medio siglo, hicieron uso de la combustión de los gases como fuente de calor para operaciones de fundición, transformando, por decirlo así, el combustible sólido en combustible gaseoso. Otros metalurgistas, antes y después, procuraron lo mismo, pero mas bién Bishoff fué el primero que generó especialmente esos gases en un horno para quemarlos en seguida en contacto con el aire en un hogar especial.

Las evidentes ventajas de semejante transformación, puestas en práctica con el bién constatado aprovechamiento de una mayor suma del calor perdido en la combustión del carbón usado directamente, con mas el merito de grandes facilidades introducidas en la manipulación, economía en el gasto y limpieza en todas las operaciones, no fueron, sin embargo, bastantes razones para renunciar á los antiguos hornos de fuego directo.

William Siemens, estudiando prácticamente la relación entre el poder teórico del calor y el poder mecánico desarrollado por

el mismo agente en su aplicación a las máquinas de vapor, concibió la idea del llamado regenerador, ó, mas bién, según lo entendemos, *acumulador*, destinado á almacenar cierta porción del calor perdido para aprovecharla en seguida á voluntad.

Así vinieron las máquinas de condensador provistas de regeneradores (acumuladores), económicas de carbón, pero sin realizar aún el ideal de una aplicación industrial completa. Solo la introducción de las cámaras de ladrillo, realizada con extraordinaria fortuna, hace apenas diez años, vino á dar al sistema el sello de una definitiva invención.

Al fin, en fecha mas reciente aún, cuando la mecánica realizaba sus mayores prodigios de perfección para ahorrar combustible en las máquinas a vapor, el mismo Siemens declaraba ante la «Asociación Británica» que la mas adelantada perfección, llegando hasta aprovechar una séptima parte de la energía calorífica contenida en el combustible quemado, no podría ser excedida sino mediante la aplicación de los gases inflamados.

El dinamo, como fuente de electricidad, i el generador de gas, como fuente de calor, debian ser las dos grandes palancas, á su juicio, del futuro progreso universal.

De las máquinas á vapor, la extensión del mismo procedimiento á los hornos de fundición, se verificaba paralelamente.

Entidades científicas tan ilustres como Fyndall y Faraday, confirmaron la importancia práctica del horno regenerador de gas con la sanción de sus respectivas autoridades.

El primero lo proclamaba como un gran triunfo de los principios de la teoría mecánica del calor, y el segundo le aplicaba, en el sentido práctico, condiciones admirables de sencillez, de poder y de economía, segun pudo constatarlo personalmente en su aplicación á los hornos de fabricación de vidrio.

Posteriormente, su uso se hizo general en las operaciones de fundición del hierro y del acero.

Al mismo tiempo se constataba en Estados Unidos que el horno de gas de Siemens, aplicado á millones de toneladas de fundición de hierro en aquella poderosa nación industrial, había

dado lugar á una economía de 2.50 dollars por cada tonelada, representando, por consiguiente, ese resultado, millones de ahorro para la fortuna pública.

En la fabricación de los aceros, la economía alcanzaba hasta 10 y 20 dollars por tonelada.

El fecundo inventor no alcanzó á realizar en vida la aplicación de su procedimiento á la fundición directa de minerales, sin embargo de que éste fué su constante ideal.

Ei especulador, el financista, no está siempre dispuesto á aventurar sus dineros en probar invenciones y ensayar procedimientos, y el mismo Siemens chocó con las dificultades consiguientes a esa natural timidez del capital.

La conciencia pública admitía con la certidumbre de lo que tiene sanción práctica, el principio teórico de la inevitable combustión del carbón y del oxígeno ante los efectos de un calor bastante para producir la incandescencia de esos cuerpos, y sin embargo, el horno Siemens, como simple fuente de calor, ó como procedimiento metalúrgico, fué, durante largo tiempo, juzgado tan impracticable como se juzgaría el aprovechamiento de los rayos del sol para las mismas aplicaciones.

Y la verdad es, con todo, que de eso en todo rigor de verdad, es palpable ejemplo el horno de gas de agua.

Podemos ahora constatar personalmente los hechos, siendo sabido que en Chile y en esta ciudad de Santiago existe y ha funcionado un horno de este sistema construido según modelos del metalurgista don Carlos Stolp.

Ya no se trata del carbón sólido que arroja llamas y fragmentos inflamados sobre el lecho de fusión, ni siquiera de los gases frios é invisibles que una chispa inflama para hacerlos obrar directamente sobre el mineral refractario. En el horno de gas, la llama candente que suspendida en el cielo de la bóveda gira al rededor de un foco irradiando el calor sobre la masa inerte ó el baño fundido en el fondo, es la que mejor y más intensamente obra produciendo los efectos poderosos poderosos del calórico: por simple irradiacion, como los rayos del sol.

Por eso la aplicación de los perfeccionados, aparatos de este sistema, se va sustituyendo por completo á las antiguas en las operaciones metalúrgicas que requieren altas temperaturas y la mayor posible pureza que debe intervenir en el fenómeno de las reacciones químicas.

Penetremos un poco en este terreno, que es tan grato al espíritu como fecundo en beneficios.

### III

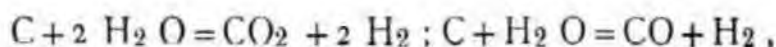
#### Hechos y teorías

Datan desde 1886, trasmitidos por el inegniero Blass, los datos más completos acerca de las instalaciones de aparatos para la producción de gas de agua que explota la actividad industrial alemana en Essen, para el alumbrado público ó particular.

El procedimiento es solamente aplicable á este objeto, siendo demasiado caro para extenderlo á la economía requerida en las operaciones metalúrgicas, para los resultados prácticos que arroja, son de valiosísima utilidad para nuestros fines.

Desde luego llama la atención el cuidado que exige del operador y la atenta consideración de los elementos que se hacen entrar en juego.

Por ejemplo, en lo relativo al vapor de agua que se inyecta al traves de la masa encandecida de carbón, estas dos sencillas fórmulas:



explican que, ó el gas resultante carece de poder calorífico y lo posee en grado mui considerable.

En efecto, pongámonos á la vista el cuadro de los grados de calor de algunos de estos gases ó compuestos gaseosos.

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| Gas de alumbrado ordinario..... | 2700.º |
| Gas de generadores.....         | 1935.º |
| Gas de agua ordinaria.....      | 2859.º |
| Hidrógeno.....                  | 2669.º |
| Oxido de carbono.....           | 3041.º |

En los generadores Wilson se da la siguiente composicion que es con poca diferencia la que corresponde a los de Siemens:

6 CO<sub>2</sub>, 21 CO, 2 CH<sub>4</sub>, 7.5 H, 4.5 H<sub>2</sub> O, 59 N.

Las más perfeccionadas modificaciones prueban que 1 kilogramo de coke da para un metro cúbico de gas de agua la siguiente composición:

|                         |      |
|-------------------------|------|
| Acido carbónico.....    | 3.2  |
| Oxido de carbono.....   | 42.3 |
| Hidrógeno.....          | 49.2 |
| Nitrógeno.....          | 5.3  |
| Sulfuro de carbono..... | 0.5  |

y ademas para 4 metros cúbicos de gas de generador, la siguiente:

|                       |      |
|-----------------------|------|
| Acido carbónico.....  | 2.0  |
| Oxido de carbono..... | 28.0 |
| Hidrógeno.....        | 2.0  |
| Nitrógeno.....        | 68.0 |

Comparemos con el gas de agua teórico que constaria de iguales volúmenes de CO y H<sub>2</sub> y que en un metro cúbico tendría, por lo tanto, 0.627 kilogramos de CO y 0.0448 kilogramos de H<sub>2</sub>, que suman 0.672 kilogramos. Luego un metro cúbico de gas de agua contiene:

|                                                                            |             |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Carbón.....                                                                | 0.269 kgms. |
| Resultado de combustión de c á co....                                      | 0.351       |
| Mas el calor perdido y quemado por<br>irradiación y enfriamiento de gases. | 0.380       |
| <hr/>                                                                      |             |
| Total.....                                                                 | 1 kilogramo |

de carbón.

Expresando el desarrollo de calor en la combustión de un metro cúbico de gas de agua:

$$0.627 \times 2403 + 0.0448 \times 28800 = 2797 \text{ calorías}$$

Ahora, la combustión completa de 1 kgm. de carbón, siendo 8080 calorías, resulta que un 34 por ciento es el total del calor aprovechado en forma de gas.

Sabido es que en los Estado Unidos de Norte-América hay más de cien ciudades alumbradas con gas de agua, pero modificado para los efectos del brillo de la llama ó intensidad de la luz por medio de la agregación del gas de petróleo, tomándose por base un kilogramo de antracita por un kilogramo de petróleo para la producción de un metro cúbico de gas de alumbrado que excede en mucho el valor luminoso del gas ordinario.

Hé aquí porque, á pesar de la débil proporción de carbón que estos procedimientos aprovechan, en la fabricación del gas, son preferidos, por economía y por la calidad de la luz que producen.

Así mismo, son ventajosamente aplicables tambien á motores de gas, siendo, como es notorio, que en Estados Unidos, al revés de lo que pasa entre nosotros, la antrocita i el petróleo tienen valores relativamente ínfimos.

Por lo demás, los detalles complicados de construcción y la maquinaria indispensable aumentan los inconvenientes, y hasta ahora sólo hay una ciudad de Sud América, Buenos Aires, que costee el lujoso y bello alumbrado de gas de agua.

Dejemos ahora el gas de alumbrado que nos ha servido so-

lamente de paso para entrar á la más industrialmente interesante para nosotros.

Conviene establecer diferencias y clasificaciones.

Se ha generalizado y sancionado el uso de la voz *regenerador* aplicado á las cámaras de ladrillo de la famosa invención de Siemens, cuyo objeto es apoderarse de una parte del calor sensible ó de temperatura que llevan los gases, para suministrarla en seguida á los gases combustibles y al aire destinados á ejercer su poder en el hogar de fundición. Este conjunto de ladrillos, dispuestos en situación ingeniosa para presentar a la corriente gaseosa huecos alternados que multipliquen su camino, no hacen verdadero oficio de *regenerar* gas sino simplemente de acumularlo, y usando este verbo se gana mayor claridad en la clasificación de estos aparatos.

El gas se *genera* en el lugar donde el combustible encendido descompone el vapor de agua y se *acumula* en las cámaras de ladrillo, y según la manera de producir y conducir los gases al hogar de su inflamación, los hornos de este sistema se pueden clasificar en tres categorías.

1.<sup>a</sup> *Hornos generadores*, donde el gas producido entra directamente al hogar de combustión juntándose allí con el aire frío atmosférico, escapándose los productos de la combustión por la chimenea con una alta temperatura.

Estos hornos, de simple generación de gas ordinario, están muy generalizados en Francia é Inglaterra para diversas aplicaciones industriales. Son mucho más económicos que los comunes de reverbero.

2.<sup>a</sup> *Hornos acumuladores sencillos*, donde los gases que parten del generador, antes de entrar al hogar de combustión han sufrido la acción de una alta temperatura en los acumuladores ó cámaras de ladrillo y van á quemarse en seguida al hogar en contacto con aire frío.

El juego de los gases es alternativo por medio de un doble acumulador. Estando frío uno de éstos, el paso de los gases ya quemados en el hogar, antes de pasar á la chimenea, eleva su temperatura, en cuyo momento el movimiento de una vál-

vula hace que los gases fríos del generador pasen á su vez por el acumulador calentado y absorban su calor antes de pasar al hogar á cuya entrada encuentran la corriente de aire que entra por conducto separado. En seguida desempeña la misma función el otro acumulador y así sucesivamente.

3.<sup>a</sup> *Hornos acumuladores dobles*, donde no sólo los gases del generador, sino también el aire atmosférico entran con alta temperatura al hogar, distribuyéndose previamente en un doble sistema de acumuladores de calor, es decir, cuatro distintas cámaras de ladrillo.

Hé aquí el horno de la Alameda de Matucana construido por el señor Stolp, donde los gases del generador, moderadamente fríos al entrar á las cámaras, recalentados en éstas y encandecidos hasta el mas alto grado imaginable en el hogar, vuelven á almacenar otra vez el calor resultante de la combustión para volver a buscar su escape al aire libre al traves de una chimenea que puede ser de ladrillo común, como de barro ó de hoja de lata.

El calor perdido por absorción del material de construcción y por difusión en la atmósfera debe ser muy débil, porque en las inmediaciones y en contacto del aparato mismo no se siente una temperatura que moleste ó impida el acceso, dejando esta circunstancia, al mismo tiempo que se ve el foco de calor algo intensísimo en el hogar, la idea de un aprovechamiento total y completo de las energías caloríficas.

El inventor de la aplicación práctica de este sistema de hornos, el mismo Liemens, dispuso la introducción del agua destinada á la producción del vapor, por debajo de las parrillas del cenicero, con ó sin presión, realizando así una idea económica de grande importancia, pero que llegó el ilustre metalurgista más allá de probar su invento á otros objetos que la fundición de vidrios y fabricación del acero.

Y basta ver el conocido modelo de sus hornos, para explicarse que algo más le quedaba por imaginar antes de adoptarlos á la fundición de minerales crudos ó ejes y otras pastas metálicas cuyo tratamiento produjera materias volátiles, vapo-

res corrosivos ó sustancias sublimables; ni menos á baños de fusión de tan alta temperatura que al mismo tiempo ejercieran una poderosa presión sobre el insostenible lecho.

Conviene observar que esto ha quedado demostrado prácticamente en la Casa de Moneda de Frankfort, donde las pruebas para fundir minerales en el horno Siemens resultaron inacceptables ó desastrosas en el orden económico.

Naturalmente, los metalurgistas alemanes no han debido desidir ante dificultades que fueran susceptibles de ser removidas mediante modificaciones y mejoramientos bién aplicados, y así lo ha sido sin duda porque consta que la fundición de minerales de toda clase está definitivamente instalada con grandes ventajas económicas en aquel mismo establecimiento del Mein, pero mis más vivos deseos por adquirir su conocimiento han resultado infructuosos hasta ahora.

#### IV

##### APLICACIÓN INDUSTRIAL Á CHILE

Á falta de más completas noticias, tenemos fecunda fuente de observación y estudio práctico en el horno de Matucana, y debo principiar por declarar que debo á su autor, don Carlos Stolp, la benevolencia de haberme permitido, en mérito del puesto público que desempeño, la más absoluta confianza y franca entrada en su establecimiento.

Dada su clasificación en la 3.<sup>a</sup> categoría de los hornos de gas que dejo expuesta, el de Stolp, constando también de un doble sistema de cámaras acumuladoras del calor, tiene respectivamente dos ceniceros con sus perillas y hogares de combustión del carbón ó cualquier otro material inflamable que pueda reemplazarlo sin inconveniente para descomponer el vapor de agua en sus elementos gaseosos.

Á la vista de estos aparatos y en presencia de una columna de carbón encandecido, el metalurgista se cree inmediatamente en el caso de las zonas diversas de un alto horno de fundición

de hierro en diferentes grados de temperatura y con las transformaciones sucesivas del uno al otro de los gases oxicarburados. Pero la intervención del agua entra á pedir la explicación de su objeto y la de sus efectos en los fenómenos de la combustión en tales condiciones.

El carbón encandecido por la parte inferior, desarrollaría, al transformarse en  $\text{CO}_2$ , 2,700 calorías, pero reducido sólo a  $\text{CO}$ , daría 800, las cuales se destinarían á la descomposición del agua i generación de mas oxicarburo, aprovechándose las 1,900 restantes en el hogar de combustión del horno donde se inflaman los gases.

De aquí la necesidad, como queda dicho al tratar de los hornos de gas de alumbrado, de un gran cuidado é inteligencia del operador para manejar ó regular la introducción del vapor de agua, pues según cómo se conduzca en ello, se producirá uno ú otro gas y no el que exclusivamente conviene. Este caso se produce porque el agua introducida con su temperatura de transformación en vapor á  $100^\circ$  tiene que absorber el calor correspondiente á esa circunstancia física y enfriar, por consiguiente la masa de carbón encandecida, y el vapor que necesita de 1200 grados para resolverse en sus elementos gaseosos, no se descompondría.

Para la formación pues, del  $\text{CO}$ , se necesita de esa temperatura, y si no la hay, que es el caso al parecer frecuente en la práctica mal aplicada de este sistema, se forma  $\text{CO}_2$ , el cual al ascender en la columna de carbón, no se encuentra en el medio conveniente para transformarse en gas combustible.

El resultado efectivo de esto es el de reducir la proporción de gas útil en el hogar del horno á solo un tercio, ocupando el resto, en volumen, el ácido carbónico y el azoe, de tan perniciosos efectos.

Se puede ver en el horno Stolp que esto no tiene lugar ni puede tenerlo mediante una ingeniosa combinación que introduce el vapor de agua ofreciendo sus elementos en estado naciente y haciendo imposible la formación de ácido carbónico, á lo ménos en proporción inconveniente; añadiéndose a esto

la necesidad de muy corta porción de aire atmosférico i por lo tanto muy poca introducción de nitrógeno. Es entendido que no se trata de vapor ingertado bajo presión; esto ya no importaría la economía que buscamos,

Por conducto separado y á fin de asegurar más este extraordinario resultado, el señor Stolp introduce aire mezclado con vapor de agua produciendo una mezcla de O y H que va á intervenir en el hogar de fundición con la otra mezcla de óxido de carbono é hidrógeno carbonado que proceden del generador.

El juego de las válvulas, por otra parte, permite regular á voluntad los movimientos y la proporción de las mezclas entre ambas corrientes de gases para producir alternativamente los útiles recursos de llama oxidante o reductante en el hogar de fundición.

Vulgares objeciones y también objeciones de carácter científico se hacen al horno de gas, pero sin aceptar la discusión de las primeras por no caber ante los miembros de este Instituto, no sería fácil entrar á dilucidar las segundas sino en el terreno todavía poco firme de las teorías físicas del calor en la combustión de los gases i sus reacciones químicas en medio de altas temperaturas.

Tropezaríamos también con la grave dificultad de determinar el calor específico de los gases en tales condiciones, ateniéndonos sólo á las fundadas investigaciones de St. Claine Deville que permitan esclarecer la respectiva neutralidad entre los gases mezclados después de su descomposición operada á grandes temperaturas.

Aceptando que la descomposición del agua y del ácido carbónico se verifica á  $1200^{\circ}$ , no se podría dejar de apreciar la temperatura del hogar en el horno de gas en menos de  $3000^{\circ}$ . Es indudablemente uno de los grandes vacíos de la física moderna la falta de un pirómetro adoptable á estos casos; pero conocidas las unidades de calor, el peso de combustible quemado, junto con el aire consumido y el peso específico, el cálculo da más ó menos ese valor.

Lo evidente es que los gases desprendidos del generador en el horno construido en Matucana, constan principalmente de hidrógeno carburado y de óxido de carbono cuya formación ha desarrollado en ese local la alta temperatura de la combustión del hidrógeno, á lo menos cuatro veces superior á la de carbón. Y por otra parte, el agua de la combustión de hidrocarburo resulta en estado de vapor sin hacerse sensible el calor latente de la evaporación, produciendo la combustión de aquel gas, poca reducción del poder calorífico desarrollado por el hidrógeno en relación con el del carbón.

Ahora, la sucesiva intermisión de las corrientes de gas por los acumuladores, alternativamente calientes y frías, pero acumulando también un exceso de calor que en cada movimiento de las válvulas va aumentando, puede llegar esto á producir al fin una temperatura irresistible aún para el material refractario de que está construido el aparato. Pero aquí interviene favorablemente la desunión ó descomposición de los gases, deteniéndose con la cesación de las combinaciones químicas un mayor desarrollo de calor que el correspondiente al que dejamos establecido, sea 3000 ó más grados.

Es por demás interesante observar el hermoso papel que desempeñan estos acumuladores ó sea regeneradores como los llamó su autor.

Entre el generador y el regenerador, los gases hacen un largo camino para enfriarse, digamos hasta unas 200°, realizando así cierta cantidad de trabajo externo útil, transformando así, al horno y al regenerador, en una verdadera máquina que trabaja entre los extremos de temperatura que median entre 200° y 300°, es decir  $\frac{3000-200}{3000} = 0.9$ , que sería el total teórico apro-

vechado de la combustión del carbón.

Suprimamos el regenerador; entonces los extremos de temperatura alternarían en puntos más próximos y el trabajo debido al carbón podría disminuir hasta la más insignificante proporción en que lo aprovechan los hornos comunes de reverbero.

Tenemos ya hecha alguna experiencia en Chile, además de nuestros familiares reverberos ventajosamente modificados del sistema inglés, la de los hornos de mangas con inyección de aire, con ó sin chaqueta de agua, pero no hemos triunfado contra sus inconvenientes dentro de las condiciones económicas que los hacen adoptables á nuestras circunstancias industriales.

Vemos con frecuencia aumentar hasta el mayor grado disponible la fuerza de inyección del aire, sin tener en cuenta que por este exceso se puede apagar el horno como por efecto del mismo exceso de elemento comburente apagamos de un soplo la bujía.

En efecto, si el aire introducido es mayor del necesario para la combustión del carbón, la temperatura bajará en la inyección de las toberas que lo inyectan, aumentándose en la parte superior del horno, á la vez que la continuada inyección de aire, ó sea también de líquidos, agua, petróleo, etc., sobre todo si van fríos, absorbiendo la gran cantidad de calor que su calentamiento ó gasificación requieran, da lugar á la formación de callos y otros entorpecimientos.

La regulación del aire, la del vapor de agua y la calidad del combustible usado, son los grandes factores que nuestros fundidores deben cuidar de conocer y conducir, para manejarse con el acierto necesario que conduce al éxito económico que se busca.

Si el combustible es la antracita, el coke ó el carbón vegetal, los productos de la combustión, con aire sólo, no pudiendo suministrar sino nitrógeno, óxido de carbono y un poco de ácido carbónico, no nos dan una mezcla gaseosa satisfactoria.

Si el combustible es hulla ú otros carbonos betuminosos, entonces se consigue la presencia de los hidro-carbuos; cuya combustión en óxido de carbono aumenta la producción de calor, pero no se elimina la presencia del mismo exceso de gases inertes.

Luego, ó se inyectan calientes el aire, el agua, etc., lo que es un mero paliativo, para nosotros caro ó inaceptable, ó busca-

mos el medio de suprimir ó disminuir el nitrógeno ó aumentar el oxígeno.

Recaemos, por lo tanto, en la conveniencia de buscar la salvación en los sistemas de una buena combustión y de la acumulación de sns productos gaseosos antes de hacerlos intervenir en el trabajo de fundir.

Con sumo placer entraria en la exposicion de los resultados prácticos que se deducen de las prueba rendidas por el horno Stolp en 20 días de campaña, si la extensión de esta lectura no llegara ya á ser fatigosa á los señores ingenieros y me permitiré postergar esta satisfacción para una próxima ocasión.

No olvidemos que se trata de estudiar i probar con la experiencia en grande de las operaciones, en procedimientos que en el campo teórico, así como en el práctico, dejan esperar resultados que llegarían á operar una revolución económica de salvadora influencia en nuestra aburrida industria metalúrgica.

Dos deben ser nuestras más vivas preocupaciones económicas: favorecer la producción del carbón fócil de nuestro suelo y economizarlo al mismo tiempo en el consumo de sus indispensables aplicaciones.

Producir todo el carbón necesario y gastar lo menos posible, es la fórmula que envuelve el secreto de nuestro porvenir y de nuestra prosperidad industrial.

La necesidad de producir el color a costo infimo se hace más imperiosa á medida que sus aplicaciones se extienden en un campo que aparecen sin límites en el horizonte de los destinos humanos.

Y si esta necesidad se hace sensible en los países más adelantados y más poderosos del mundo, en el nuestro adquiere las proporciones de una condición vital de nuestro progreso y de nuestra subsistencia como país libre y soberano.

Basta considerar que sin el calor en sus funciones de agente mecánico, no hai transporte posible ni medios de fundir y forjar los metales.

Reemplazar un elemento excesivamente caro para la producción del calor por otro que la naturaleza nos brinda espontáneo,

como el aire que respiramos, ó sea: la sustitución del combustible *carbón* por el combustible *agua*, sería realizar, en nuestro natural anhelo por el progreso patrio, una conquista á la altura de los más grandes aspiraciones nacionales.

FRANCISCO J. SAN ROMAN.

