Los progresos de la industria siderúrgica y su porvenir en Chile

POR

LEON BIDEZ

(Discurso pronunciado en la sesión del 16 de Abril de 1920)

Honrando con su presencia este acto, el señor Ministro de Instrucción se ha servido expresarse en términos demasiado benévolos respecto de mi modesta actuación en las tareas del profesorado; sus palabras me han conmovido hondamente y realizan la más alta recompensa que yo hubiera podido soñar en premio de mis débiles esfuerzos. Ruego al señor Ministro se digne aceptar el respetuoso homenaje de mi profunda gratitud.

Esta selecta concurrencia, al responder a la gentil invitación del señor Presidente del Instituto, ha querido expresar una bondadosa apreciación respecto de mi limitada cooperación en la enseñanza; y también manifestar el interés que despiertan en su seno las cuestiones relacionadas con la ingeniería; es esta última consideración la que me mueve para unirme de todo corazón a este acto.

Séame permitido traer en estos momentos el recuerdo conmovido de las numerosas pruebas de afecto recibidas durante mi larga carrera de parte de mis numerosos alumnos; son ellas las que han contribuído a hacerme tan gratas mis tareas del profesorado y a hacerme querer de esta tierra de Chile: hermosa, hidalga, hospitalaria cual ninguna.

Reciban los distinguidos socios del Instituto y en especial su digno Presidente, las seguridades de mi sincero reconocimiento por sus inolvidables manifestaciones de aprecio y por el inmerecido honor recaído en mi persona, confiriéndome el título de miembro honorario; al recibir de sus manos este pergamino, quiero rendir homenaje a esta distinguida corporación por el espíritu progresista de sus miembros, siendo hoy día el Instituto de Ingenieros de Chile el centro intelectual donde se albergan las más altas notabilidades de la ciencia y de la ingeniería nacional; son estos factores los que han levantado a tan alto nivel el prestigio del Instituto, colocándolo entre las más altas instituciones de misma índole de ambos mundos.

Respondiendo a una honrosa invitación del Directorio de esta institución, voy

a dedicar estos instantes al desarrollo de un tema que yo estimo de positivo interés para el país: me refiero a la fabricación del acero, ya que Chile por la abundancia y riqueza de sus minerales de hierro y de manganeso, sus fundentes de primera-calidad y sus inmensos bosques, se encuentra destinado a ocupar en un porvenir cercano uno de los primeros lugares entre las naciones productoras de hierro de este continente.

El hierro era conocido desde la más alta antigüedad: los Griegos lo usaban desde el siglo V antes de nuestra era para amarrar las hiladas de los arquitraves, frisos y cornizas de sus templos, los romanos lo empleaban además en la fabricación de sus armas y los constructores de la Edad Media y del Renacimiento, en sus edificios, pero siempre como elemento secundario en anclajes, tirantes, rejas, etc.

En una palabra, durante más de 6 000 años, el hombre tuvo que valerse únicamente de la piedra natural o artificial, cuando hoy día tiene además en su poder al hierro.

Ahora bien, la superioridad del hierro sobre la piedra, queda de manifiesto si se considera que mientras ésta resiste únicamente por compresión, el metal puede trabajar además por tracción y, por consiguiente, por flexión.

Afortunadamente, los progresos de la siderurgia en estos últimos ochenta años, permitieron al hierro incorporarse definitivamente a la construcción y aún imponerse a ella como órgano vital y preponderante. Es así, como, conjuntamente con la aparición del hierro, haya surgido esta arquitectura llamada metálica, con sus múltiples manifestaciones: mercados, galpones, halls, cúpulas, etc., una arquitectura cuyas formas y ornamentación obedecen a reglas perfectamente definidas. Las primeras referentes a la forma pudiendo condensarse en la fórmula siguiente:

Las formas artísticas en una construcción no pueden ser otros sino formas de resistencia.

Si dejando la construcción arquitectónica, recorremos el vasto campo de las obras de ingeniería, los resultados obtenidos con este metal extraordinario, son aún más sorprendentes, ya que la ciencia del ingeniero, secundada por la metalurgia ha podido levantar obras de arte gigantescas, como ser el puente sobre el estuario del Forth, los puentes suspendidos de Brooklyn, etc.

El desarrollo enorme alcanzado por las vías de comunicación en el siglo próximo pasado con el uso del riel originó una demanda considerable de metal, la que felizmente pudo ser atendida mediante los inventos de Bessemer y de Martin.

El primero, ideado por el año 1855, utilizaba el convertidor para la elaboración del acero, mientras el segundo empleaba el horno Siemens, a fin de obtener la alta temperatura requerida para la operación.

Desgraciadamente, la conversión aplicada en su forma primitiva con la denominación «procedimiento Bessemer ácido», dejaba sin utilización un gran número de yacimientos de hierro por no tener éstos una composición química adecuada, cuando G. Thomas, modificando el proceso, es decir, reemplazando el revestimiento primitivamente silicoso por otro básico y agregando además cal a la carga, logró eliminar el fósforo, permitiendo así la utilización de una inmensa reserva de minerales de hierro fosforosos.

En la actualidad se observa un cambio aún más notable en el campo de la industria siderúrgica, pues el acero, habiendo logrado en estos últimos doce años sustituírse al hierro en todas las ramas de la construcción, sus aplicaciones han ido au-

mentando sin cesar; se ha creado así una situación nueva, la que ha traído no sólo la supresión casi completa de la producción del hierro de puldeo, sino también una verdadera evolución en la fabricación del acero, evolución caracterizada por las modificaciones en las instalaciones y antiguos procedimientos de elaboración y además por el empleo de nuevos procesos basados en la utilización directa de los minerales de hierro, debiendo advertir que la denominación acero se aplica ahora a las aleaciones de hierro obtenidas por fusión.

Respecto de la conversión, debemos citar la adopción de los fondos amovibles ideado ya por Bessemer en 1863, perfeccionado en seguida por Holley en 1870 y años más tarde en la fábrica de acero de Burbach, mediante la supresión de las toberas y, por fin, la introducción de los convertidores con sopladura lateral entre los que se cuentan los convertidores Clopp y Griffiths, Witheron, Walrand, Robert y Tropenas.

Las fundiciones modernas de acero emplean el convertidor de pequeña capacidad de 2 a 3 toneladas y con sopladura lateral; en cambio, las grandes usinas productoras de lingotes de acero para rieles, etc., utilizan los grandes convertidores de 30 a 35 toneladas de capacidad y con sopladura por el fondo.

El Horno Martin Siemens ha sufrido a su vez numerosas modificaciones y, entre las más importantes, podemos recordar la introducción, en 1872, del horno rotatorio, en seguida la adopción de la cúpula movible con el objeto de facilitar las grandes cargas y, por fin, el horno oscilante de manifiesta conveniencia, no sólo en el procedimiento básico por facilitar la salida de las escorias en el momento oportuno, sino también en la fabricación continua del acero. Hornos oscilantes del tipo Campbell o Wellman, de más de 250 toneladas de capacidad, se utilizan actuamente en la fabricación continua del acero por el proceso Talbot.

Se pudo mejorar aún la fabricación con el uso hecho por primera vez en 1889 del mezclador.

Antiguamente, el convertidor se alimentaba con fundición líquida retirada directamente del alto horno o de un cubilote; estas dos soluciones presentaban serios inconvenientes: la primera de provocar irregularidades en la calidad y en el rendimiento, la segunda de recargar el costo de fabricación; el mezclador, al recibir directamente la fundición del alto horno, devolviendola líquida al convertidor o al reverbero, elimina estos defectos unificando la composición del metal y harmonizando los servicios del horno de afiviación con las necesidades del servicio. Se provoca aún por medio del mezclador cierta afiviación de la fundición, una desulfuración en la generalidad de los casos.

Los mezcladores actualmente en uso son del tipo Bessemer o del tipo Siemens unos calentados, otros nó; algunos de ellos provistos de aparatos destinados a la calesfacción y recuperación desempeñan el papel de hornos intermediarios procurando una afinación parcial premilinar respecto de la definitiva que ha de verificarse en el horno básico. Considerado a este punto de vista el mezclador ha podido suplantar en algunas instalaciones el convertidor y demás hornos en su asociación con el horno Martin en los procesos «Duplex» (1).

Se designan con el nombre de «Duplex» los procesos que consisten en transformar parcialmente la fundición en acero en un convertidor completando en seguid

(1) L'acier, sa fabrication, son prix de revien par D. Carnegie.

esta transformación en un horno Martin Siemens; este procedimiento, introducido por primera vez en Witkowitz, (Bohemia), ha sido aplicado desde entonces en numerosas usinas y siempre con marcado éxito; se ha logrado aún utilizarlo en la fabricación eléctrica entregando al horno eléctrico el acero líquido proveniente del convertidor o del horno Martin Siemens.

Mientras el proceso Duplex procura la afinación por medio de dos fases, el procedimiento «Triplex» opera la transformación de la fundición líquida por medio de tres afinaciones parciales, las que pueden verificarse: la primera en un horno Martin Siemens ácido, la segunda en un convertidor básico y la última en un horno Martin Siemens básico oscilante.

Debo mencionar todavía el procedimiento Talbot, aplicado en Pencoyd (Pensilvania) por Benjamín Talbot y actualmente en uso en varias usinas.

La operación tiene lugar en un horno Martin Siemens básico oscilante y se basa sobre la descarburación rápida de la fundición una vez incorporada a un baño de acero de mayor capacidad y pobre en carbono, la materia oxidante la constituye un mineral de hierro y el procedimiento se diferencia de los demás por cuanto proporciona una producción continua de acero.

Procedimiento eléctrico.— Aunque las primeras tentativas en cuanto a la aplicación del proceso eléctrico se hayan iniciado en época ya lejana, en 1879, con el horno William Siemens, fué sólo en 1898 cuando se logró aplicarlo industrialmente con el uso del horno de arco Stassano.

Tarea muy larga sería la de describir todos los hornos eléctricos imaginados desde entonces; sólo diremos que pueden clasificarse en la forma siguiente: hornos de arco, de inducción, de resistencia, etc.

Respecto de la fabricación, se emplean cargas frías o líquidas; en otros términos, el acero eléctrico se obtiene:

1.°) con materiales puros, metales simplemente fundidos.

2.°) con materiales fundidos y afinados en el mismo horno.

3.°) con aceros ya refinados provenientes de un convertidor o de un horno Martin Siemens.

Podemos concluír diciendo que la fabricación eléctrica puede proporcionar un acero de mejor calidad que el obtenido por cualquier otro proceso, pues el horno eléctrico facilita más que cualquier otro la formación de una atmósfera no oxidante y lleva además la ventaja de utilizar un agente calorífico que no contiene azufre.

Por fin, nos toca tratar de poner en evidencia los resultados obtenidos en el laboratorio respecto de la fabricación y reconocimiento de los aceros.

Los primeros pasos fueron dados por los sabios Osmond y Werth al publicar en 1883 sus estudios sobre la teoría celular de los aceros y en 1894 una memoria sobre la constitución de los aceros al carbono; estos descubrimientos dieron lugar mediante el concurso del microscopio y de la fisicoquímica a las ciencias denominadas metalografía y siderología.

La siderología permite determinar la composición morfológica y química de las aleaciones de hierro e investigar acerca de las modificaciones provocadas en aquella composición por las influencias exteriores, principalmente las debidas al tratamiento térmico y mecánico; en otros términos, se puede por medio de la siderología establecer las relaciones existentes entre la composición química, el tratamiento térmico y mecánico, la estructura micrográfica y los propiedades físicas y mecánicas

de los aceros. El tratamiento térmico comprende el temple, el recalentamiento y el revenu.

El tratamiento mecánico engloba los aceros colados, los aceros forjados o laminados y los aceros estirados.

En cuanto a las propiedades mecánicas, ellas abarcan los coeficientes de resistencia a la tracción, compresión, flexión, al choque y determinación de la dureza.

En realidad, la siderología forma parte de una ciencia más vasta, denominada metalografía, la que obedece al mismo programa, pero que abarca además el campo de las demás aleaciones metálicas.

La siderología descansa sobre las leyes de la físico-química, los diagramas llamados de equilibrio, el examen micográfico y macrográfico y los ensayes para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas.

En cuanto a la micrografía (1), agregaremos que ella consiste esencialmente en el exámen microscópico de los productos metalúrgicos; al efecto, el metal que se trata de estudiar, previamente pulido, en la forma más perfecta posible se somete en seguida a un reactivo que ponga en evidencia los distintos constituyentes del metal, el cual se examina por fin con microscopios que alcanzan a proporcionar aumentos de 1000 diámetros y más.

La macrografía, a su vez, logra por medio del pulimento y de los reactivos, pero sin recurrir al microscopio, poner de relieve y en conjunto la constitución del producto metalúrgico y dará a conocer algunos defectos o cualidades de la materia.

Volviendo ahora a la industria siderúrgica con relación a Chile debemos señalar otros elementos favorables, los que en unión con los recursos ya recordados en el curso de esta conferencia, justifican el halagador porvenir reservado tanto a los actuales como a los futuros establecimientos siderúrgicos del país.

Me refiero a la presencia del titanio, molybdeno y vanadio en los departamentos de Copiapó, Freirina, Illapel y provincia de Coquimbo, existencias de una importancia capital en la elaboración de las ferro aleaciones y además a las numerosas fuerzas motrices hidráulicas disponibles en el centro y sur de Chile, tan favorables éstas para la fabricación del acero eléctrico.

Respecto de la riqueza minera de Chile quiero recordar, aunque sea de paso, las afamadas minas de hierro del Tofo (2) situadas en la provincia de Coquimbo, departamento de la Serena, las más importantes de Chile por su elevada ley de hierro y su notable pureza y cuya existencia se puede estimar en 200 millones de toneladas de mineral de hierro de 65 a 68 %. Estas minas, adquiridas por la Sociedad francesa «Altos Hornos de Corral», se entregaron en arrendamiento en 1913 a la Bethleem Chile Iron Mines C.°, y sus minerales alimentan a la fecha los hornos de fundición que la misma compañía tiene en Estados Unidos.

La fabricación eléctrica del acero se inició en Chile en el año 1918 con el establecimiento en la capital de una fundición de acero mediante la formación de la compañía electro metalúrgica.

---

(1) Precis de Metallographie microscopique y de macrographie par M. M. Leon Guillet et Albert Portevin.

(2) Anales del Instituto de Ingenieros de Chile, Año XVII. Número 11.

Debo a la amabilidad del distinguido ingeniero señor Remy Cardœn, Director Gerente, las siguientes informaciones acerca de su funcionamiento:

El horno eléctrico es del sistema Rennerfelt de 1000 kilos de capacidad, pudiendo producir 7 a 8000 kilos de metal líquido en 24 horas.

La carga se compone de hierro y acero viejos y desperdicios de la misma fundición.

Una vez fundida la carga se sacan muestras, las que, enfriadas y quebradas unas, martilladas y estiradas otras, permiten averiguar la calidad del metal y su composición en carbono con una aproximación de 0,05%. Si el acero resulta demasiado duro, se agrega al baño virutas muy oxidadas; si al contrario, faltara el carbono, se carbura la carga con gráfito o carborundum.

Antes de fundir, se saca una última prueba para averiguar si el metal se encuentra completamente desoxidado; la desoxidación se obtiene agregando al baño ferromanganeso y ferrosilicio.

La fundición produce dos clases de acero: un acero dulce con 0,25 a 0,35 % de carbono, un acero duro con 0,5% y más de carbono.

Los Gobiernos de la República, penetrados de las grandes ventajas que reportaría al país la implantación de la industria del hierro, han dedicado siempre especial atención a la realización de esta aspiración nacional, logrando la construcción de los Altos Hornos de Corral, cuyas instalaciones tenemos el derecho de esperar se vean luego complementadas con las destinadas a la elaboración y laminación del acero.

Varios hombres de ciencia y de negocios han aportado al Gobierno el concurso de su experiencia para la acertada solución de este problema nacional, y entre ellos cabe recordar los nombres del reputado metalurgista, señor Carlos Vattier, y del progresista y distinguido ingeniero, don Javier Gandarillas Matta.

Al Instituto de Ingenieros le corresponde seguir impulsando los progresos de la siderurgia en el país, procurando la instalación de altos hornos eléctricos y de fabricas de acero eléctrico; al hacerlo, el Instituto habrá contribuído a la realización de nuestro legítimo anhelo de ver asegurada la independencia industrial de Chile.