

donde abundan la sosa y el carbón; al mismo tiempo se podrá utilizar y estudiar la instalación que tiene allí la Nitrogen Products Company.

Gastos de construcción y de explotación.

Los datos numéricos que figuran á continuación han sido facilitados confidencialmente por Compañías que se dedican á fabricar amoníaco y ácido nítrico con el nitrógeno atmosférico.

Los números que se consignan se refieren á la tonelada de nitrógeno (1 dólar = 5,41 pesetas).

	PROCEDIMIENTOS			
	Arco.	Cianamida.	«Haber».	General Chemical C.º (1).
Producto obtenido.....	HNO ₃ —35 %	NH ₃	NH ₃	NH ₃
Energía necesaria.....	10,5	2,2	0,2	0,2
Gasto de instalación.....	7.630 ptas. (a)	2.380 ptas. (a)	1.850 ptas.	1.625 ptas.
Gasto de explotación (2)....	920 »	810 » (b)	650 »	540 »
Producto obtenido.....	HNO ₃ —96 %	HNO ₃ —96 %	HNO ₃ —96 %	HNO ₃ —93 %
Energía necesaria.....	10,8	2,3	0,3	0,3
Gasto de instalación (3)....	8.400 ptas.	3.625 ptas.	3.100 ptas.	2.900 ptas.
Gasto de explotación (4)....	1.200 »	1.500 »	1.300 »	1.175 »

(1) En este procedimiento se han deducido los gastos con los precios actuales; en los demás, con los anteriores á la guerra.

(2) En el procedimiento de la cianamida, la amortización, según manifiestan las Empresas explotadoras.

En el procedimiento «Haber» la amortización es el 20 % del gasto de instalación por reparaciones, intereses y depreciación.

En el procedimiento del arco y en el «Haber» modificado, la amortización es el 12,5 % por intereses y depreciación. Para reparaciones 30 pesetas por tonelada de producto.

(3) A excepción del procedimiento del arco, en los demás se incluye la instalación para el amoníaco en la forma siguiente:

	Pesetas.
Energía adicional.....	55
Oxidación y absorción.....	760
Concentración.....	220
Instalación de vapor.....	220

(4) A excepción del procedimiento del arco, en los demás se incluyen los gastos de tratamiento del amoníaco, que son:

	Pesetas.
Oxidación.....	270
Concentración.....	380

(a) La instalación generadora de energía se ha evaluado en el precio de 550 pesetas por caballo de vapor.

	Pesetas.
(b) Producción de la cianamida.....	600
Idem de amoníaco.....	150
TOTAL.....	810

Ω

METALURGIA

LA FUNDICIÓN SINTÉTICA

POR

CH. DAUTIN

La atención de los industriales se ha fijado en muchas ocasiones en un método de preparación de aleación carburado de hierro, al que se ha dado el nombre de fundición sintética. Nos parece interesante precisar lo que es este producto, modo de obtenerse industrialmente y su porvenir.

Las mismas palabras de «fundición sintética» indican claramente la naturaleza del procedimiento utilizado: la materia prima está constituida por el hierro, que se carbura en el curso de la operación. Existe, en efecto, en esta idea de síntesis.

Llamemos en seguida la atención sobre el siguiente punto: es muy cierto que si los métodos industriales de la metalurgia del hierro permitían evitar esta recarburación, en tesis general no se la buscaba de ningún modo, porque no existía ventaja alguna en producirla. Se producía automáticamente (sin ser esta la voluntad del siderúrgico) en el alto horno; de donde este hecho bien conocido (y sobre el cual no pretendemos insistir de modo alguno), á saber, que la preparación del acero es, hasta nueva orden, una preparación indirecta, es decir, que no se efectúa partiendo del mineral, sino más bien partiendo de la fundición obtenida en una primera operación. Los ensayos más recientes, especialmente los practicados en las fábricas del Giffre, con objeto de preparar directamente los aceros tratando el mineral, no han conseguido todavía llegar á una solución práctica. Así, pues, en fabricación corriente, la recarburación del hierro es un hecho molesto para el metalúrgico, pero que no lo puede evitar.

Por el contrario, en la fabricación del metal que se llama fundición sintética, se provoca voluntariamente la recarburación de un baño de hierro ó, por lo menos, de acero dulce. En una palabra, se hace retrogradar el producto.

Respecto á esto se plantean tres problemas:

¿Cómo se practica esta fabricación?

¿Es realmente nueva?

¿Está justificada?

La fabricación de la fundición sintética puede practicarse de dos modos distintos:

1.º Puede tener lugar como ya se efectúa en varias fábricas del lsère, y en otros lados también, por medio del horno eléctrico; y

2.º Puede también hacerse, pero no sin inconvenientes, por medio del cubilote. Se sabe, por lo demás, que el cubilote ha proporcionado grandes cantidades de fundición acerada para la fabricación de obuses por moldeo.

Por otra parte, resulta igualmente fácil añadir al lecho de fusión del alto horno cierta cantidad de torneaduras.

El empleo del horno eléctrico es particularmente interesante; se sabe, en efecto, que este género de aparatos permite utilizar en el lecho de fusión una cantidad enorme de recortes de hierro; y esto cualquiera que sea su forma; se puede muy bien cargar en el horno eléctrico tanto como materias primas metálicas, un 100 por 100 de torneaduras por muy enmarañadas que estén, y sin que hayan recibido ninguna de las preparaciones relativamente costosas que se acostumbra á hacer para otras utilizaciones.

Una vez fundidas las materias, nada más sencillo que poner este baño de hierro al grado de carburación deseado. Una adición de carbono ó de ciertos aglomerados que tengan la densidad necesaria para atravesar, si fuera preciso, la capa de escoria que flota, constituyen los métodos corrientes, conocidos por todos los electrometalúrgicos y descritos en muchas ocasiones.

Por otra parte, constituyendo el horno eléctrico el mejor medio de afinado desde el punto de vista de defosforación, y sobre todo de desulfuración, si es necesario se puede hacer en él el afinado indispensable.

Es, por consiguiente, innegable que el horno eléctrico es el aparato ideal para la fabricación de la «fundición sintética»; repitiendo que permite obtener un metal de composición muy bien determinada y de una grandísima pureza.

Para determinar la eficacia de este procedimiento de producción de la fundición entran en juego dos coeficientes principales:

el precio del kilovatio y la alimentación con materias primas. El tipo de horno parece tener poca importancia: horno de aleaciones ferrometalúrgicas o bien horno de acero, ambos parece que dan el mismo resultado.

En varias fábricas se produce esta fundición sintética, especialmente en la de Allévard y de Livet (Isère), de Villefranchie (Pirineos), y, en fin, de Nanterre; estas últimas utilizan los procedimientos Keller, basados sobre una patente que data de 1908 y que ha sido perfeccionada por una adición del 11 de Septiembre de 1911.

Con el cubilote, la solución no aparece tan clara por el motivo siguiente: Si la adición de torneaduras puede también hacerse sin preparación, el cubilote no puede absorber un lecho de fusión que encierre como metal 100 por 100 de torneaduras, más que con una adición de materias que desprendan calor bajo la influencia del aire insuflado.

Esta parte del problema es de fácil resolución: una adición relativamente pequeña de ferrosilicio es suficiente para producir la elevación de la temperatura necesaria; también es preciso añadir, que esta adición costosa y también escasa, porque la actual producción de ferrosilicio no puede permitir desperdiciar esta materia, puede suprimirse al cabo de algunas horas de marcha, cuando el aparato ha tomado un régimen normal de funcionamiento a temperatura elevada. Ahora bien, el empleo del cubilote, además de este gasto de ferrosilicio, presenta tres graves inconvenientes:

a) El metal queda sulfurado; el cok que se emplea actualmente contiene una cantidad muy grande de azufre y la fundición obtenida sintéticamente en el cubilote contiene corrientemente de 0,4 a 0,5 por 100 de azufre.

b) Efectuándose la operación a temperatura muy elevada, los revestimientos refractarios del horno tienen muy poca duración y no es esto ahora un factor despreciable respecto al precio de coste.

c) La fundición obtenida en esta forma es bastante irregular respecto al contenido de carbono, descendiendo algunas veces el tanto por ciento a cantidad muy pequeña, del 2 al 2,5.

Se ve, por consiguiente, que la «fundición sintética» preparada al cubilote presenta muchos inconvenientes. Demasiado sulfurada para ser pasada a la mayoría de los aparatos metalúrgicos, casi no puede ser empleada más que en fundición de segunda fusión, y esto aun con grandes precauciones y en pequeña proporción, por lo menos cuando se trate de fabricación esmerada, como es la de los obuses de fundición acerada.

Podría, sin duda, mejorarse las cualidades de este producto operando una recarburación apropiada en un recipiente de colada, sometiendo el metal a acciones desulfurantes como la del cloruro de calcio o una mezcla de sosa y de bióxido de manganeso, adiciones que pueden hacerse antes del vaciado en el depósito; pero todo esto exige un estudio que todavía no se ha practicado; se puede, por lo demás, preguntar si esto tiene un interés real, como más adelante veremos.

En todo caso, la fundición sintética obtenida en el cubilote no puede ponerse en comparación con la producida por el horno eléctrico; esta última presenta una seguridad y una facilidad de empleo que no puede conseguirse de modo alguno con la primera.

En realidad, esta fabricación de la fundición sintética no es nueva. Que se haya desarrollado bajo la influencia de las necesidades actuales, no hay duda alguna, pero hace ya mucho tiempo que se sabe preparar la fundición sintéticamente y esto aun en el horno eléctrico. No insistimos respecto a las facilidades bien conocidas que halla el metalúrgico para recarburar un baño de

acero, sea cual fuere el horno en que haya sido preparado; Martin, horno eléctrico o retorta, sin embargo, es interesante recordar la forma en que se ha planteado el problema del horno eléctrico.

En la gran conferencia pronunciada por el ilustre y hoy llorado Combes en la Sociedad de Fomento de la Industria nacional, el 9 de Diciembre de 1904 (1), hizo resaltar de un modo especial la notable elasticidad del horno eléctrico respecto a los productos en él obtenidos e insistió de un modo particular en lo referente a la carburación. Dijo:

«Con la inversión de la carburita se ha realizado un perfeccionamiento importante en la decarburación y recarburación del metal. La carburita es un carburo físico de hierro o artificial, que contiene gran cantidad de carbono. Se obtiene aglomerando una mezcla de limaduras o virutas de hierro o fundición pura, con carbón y la cantidad necesaria de aglomerante. Este producto es bastante denso para atravesar la capa de escoria y ponerse en contacto con el baño metálico en el que se disuelve rápidamente, debido a la elevada temperatura del arco. Puede en esta forma realizarse la desoxidación y la recarburación del metal sin adición de ninguna materia extraña, como el silicio y manganeso, y esto con mucha exactitud pesando con anticipación la cantidad de carbono a emplear.»

Por lo demás, las muchas pruebas expuestas, primero en Lieja y posteriormente en San Luis y en Marsella, apoyaban las afirmaciones del Sr. Combes. En el folleto distribuido en el Congreso de electricidad de Marsella en 1908 por la Sociedad electrometalúrgica de Froges, se dice:

«Se introduce en el horno (horno Heroult) las materias que se quiere tratar, como mineral, fundición, hierro viejo, bien frías o bien previamente recalentadas en un horno separado; en esta forma se puede operar sobre el acero líquido; esta última variante es el objeto de una de las patentes de la Sociedad de Froges. Se añade los elementos (cal, arena, etc.) para hacer la mezcla que se desea y para realizar la depuración. La operación puede efectuarse más o menos deprisa; el horno eléctrico presenta todas las facilidades para reglar la marcha de las operaciones y para obtener la temperatura precisa. Si es necesario se aumenta, en un momento, la cantidad de carbono (por los medios apropiados al procedimiento que permitan dosificar el carbono). En suma, se realiza la operación como se desee, sin dificultad respecto al calor, de los riesgos de oxidación, etc.

El procedimiento se presta admirablemente a todas las adiciones que se consideren necesarias. Permite hacer hierro enteramente decarburado o fundición pura tan rica en carbono como sea posible realizar.

El problema no es, por consiguiente, nuevo, y Francia no ha hecho más que utilizar un producto y un procedimiento completamente de origen francés.

Queda un último punto que examinar y que no es el menos interesante: ¿Está justificada la fabricación de la fundición sintética?

En suma: se toman torneaduras de acero, se las funde y se las recarbura. ¿No sería más lógico bien pasarlas al horno Martin que puede absorber cantidades muy importantes o bien fundirlas al horno eléctrico, después de un afinado conveniente y sin otra recarburación que la necesaria para obtener un acero determinado?

A los siderúrgicos les parecerá ciertamente que es un gran error técnico operar la recarburación de un baño de acero para transformarlo en fundición; sin embargo, en la práctica no es

(1) Ver la *Revue de Métallurgie*, 1905, Memoria, pág. 15.

esto probablemente tan real como pudiera creerse á primera vista. Primeramente no es de ningún modo evidente que en la actualidad pueda utilizarse en el horno Martín todas las torneaduras producidas.

En fin, la fundición presenta, en tiempo de guerra particularmente, mercados directos importantes, para los que (con respecto á las cualidades que requieren) se obtienen éstas con gran seguridad por el método de síntesis al horno eléctrico, y aunque no sea más que, como ya hemos dicho antes, para la fabricación de obuses de fundición acerada.

Es imposible tratar este asunto más detalladamente, dado su relación directa con la defensa nacional, que impone una necesaria discreción.

H.

Proyecto de un canal navegable de Génova al Lago Mayor.

Al Lago Mayor convergen ya los dos ferrocarriles internacionales del Gotardo y del Simplón; si á éstos se añadiera la línea de la Greina, también el tráfico de la Suiza oriental y de Baviera tendería hacia aquel centro.

Se comprenderá por esto la importancia que se atribuye generalmente al problema de las mejores comunicaciones entre el Lago Mayor y el mar; con el Adriático ya está resuelto con la

cultades de recoger el agua necesaria para el paso del Apenino, se han dedicado á soluciones mixtas.

Así, el Ingeniero Gandolfi propuso en 1908 un canal que del Lago Mayor por Milán llegase hasta Serravalle Scrivia, desde donde las mercancías deberían seguir á Génova por ferrocarril, y más recientemente los Ingenieros Bruno y Castiglione estudiaron un canal para barcos de 300 toneladas de Génova al Po por Tortona, teniendo la culminación en la cota 452 metros sobre el nivel del mar, recurriendo para la subida del Apenino á elevadores mecánicos.

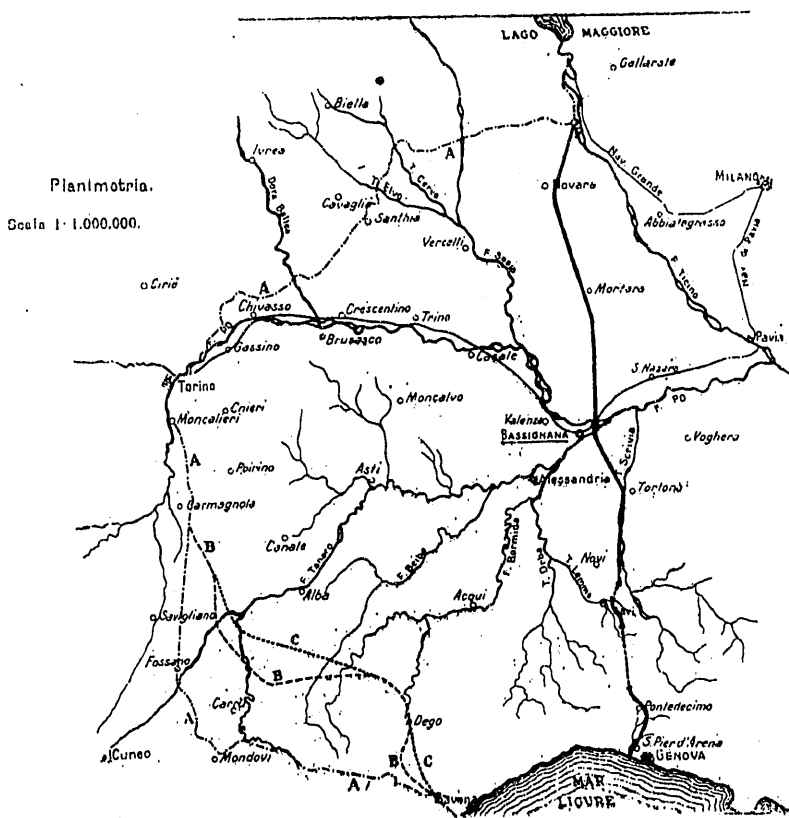
Evidentemente se trata de soluciones hídricas que no responden á las principales condiciones del problema. Un concepto más racional es el de bajar en cuanto es posible la cota de culminación recurriendo á largos túneles, cuya construcción no presenta las dificultades de otras veces.

De este modo la alimentación híbrida se simplifica notablemente á causa de la mayor facilidad de usufructuar cuencas de suficiente amplitud.

Un ejemplo de subterráneo largo para el servicio de los canales es el del túnel de Rove, construido recientemente para el canal de Marsella al Ródano, el cual tiene 7.266 metros de longitud, 22 de anchura y 14,40 de altura, con 3 metros de profundidad de agua.

Partiendo de este concepto, el Ingeniero V. Baggi, profesor en el R. Politécnico de Turín, ha propuesto hace poco un nuevo trazado para una vía navegable directa de Génova al Lago Mayor, cuya descripción vamos á hacer resumiendo el artículo que á este asunto dedica recientemente el *Giornale del Genio Civile*.

Trazado.—La línea del canal propuesta por el Ingeniero Baggi se aparta poco de la recta que une á Génova con el Lago

Fig. 1.^a

línea navegable que por Milán y Pizzighettone llegará á Venecia; también con el Mediterráneo se han estudiado varios proyectos de un canal que, pasando por Turín, desembocaría en el mar, cerca de Savona, y en lo que se refiere más particularmente á la unión de Turín con el mar de Liguria los proyectos son más numerosos, y de ellos hemos dado noticia no hace mucho en esta REVISTA.

Otros proyectos se han ideado para enlazar Génova con el Po y con Milán; pero preocupándose los autores de las graves difi-

May (fig. 1.^a), y consta de dos trozos: el primero de Génova remonta el Polcevera (fig. 2.^a), alcanza la culminación cerca de Isoverde á 250 metros sobre el nivel del mar, atraviesa el Apenino con un túnel de 12 kilómetros seguida de un túnel artificial de 1 kilómetro de longitud, con el cual desemboca en el valle del Lemme.

Después de un trayecto de 6 kilómetros al descubierto prosigue con un segundo túnel de 3 kilómetros al nivel del túnel principal, con el que el tronco de culminación alcanza la longi-