

# TRATADO DE FERROCARRILES

POR JOSÉ KOLBERG,

Profesor de Mecánica práctica y construcción de vías de comunicación  
en la Escuela Politécnica de Quito. (1875)

(Continuación).

2) *En la segunda zona*, que es de la *reducción*, el óxido de hierro se reduce al estado metálico por el óxido de carbono é hidrógeno carbonado, y la castina principia á perder su ácido carbónico.

3) *La tercera zona* es la de *carbonización*, esto es, en la que el hierro metálico se combina parcialmente con una cierta cantidad del carbón incandescente, formándose una especie de acero. La reducción del óxido de hierro y la calcinación de la castina concluyen en la parte inferior de la cuba y en esta zona de los etalajes. Cuando las cargas llegan á la parte más baja de éstos, ó al lugar donde la temperatura es mucho más elevada, al cal se combina con la ganga de la mineral y con las cenizas del combustible quemado, que se funden un poco más abajo y constituyen la escoria de fundiciones. También el hierro comienza á fundirse.

4) *En la cuarta zona*, que es la de *fundición*, y se halla en la parte superior de la obra, adquieren el hierro y los silicatos perfecta liquidez, caen bajo la forma de gotas en el crisol, y el hierro se combina con mayor cantidad de carbono, tomando completamente la forma de hierro colado. Aquí también se transforma el ácido carbónico en óxido de carbono.

5) *En la quinta zona*, que es la parte más baja de la obra y la zona de combustión, entra el aire de alimentación, el carbón se quema por el oxígeno del aire, y el calor es el más intenso. Se quema también una parte del carbono que está en combinación con el hierro colado hecho líquido, que baja, por esta zona, en forma de gotas en el crisol. Es necesario que baje con rapidez, sin lo cual una parte notable del hierro se oxidaría á favor del oxígeno, se combinaría con la escoria, ó por lo menos, no tendría la liquidez perfecta en el crisol, cual se necesita para la fundición.

6) *La última zona* forma el *crisol*. La fundición y las escorias llegan á él enteramente mezcladas, se separan según el

orden de sus respectivas densidades: la fundición ocupa la parte inferior del crisol, y la escoria la superior; pero como la cantidad de ésta va aumentando, llega pronto á rebosar en la dama, y sale por encima, derramándose sobre un plano inclinado *b d*, que la conduce hasta el piso del taller, de donde la va separando el operario con una especie de batidera á proporción que se solidifica. El volumen de la escoria es por lo menos 5 á 6 veces más considerable que el de fundición, y hasta que ésta pueda llenar el crisol, pasan 12 ó 24 horas. Es esencial conservar sobre la fundición una capa de escoria, para evitar que se oxide por el viento de las toberas.

En la fig. 29 se anotan, además, las varias temperaturas de las zonas consecutivas de un alto horno.

La marcha de la operación en un alto horno se reconoce en las llamas que salen por el tragante y la timpa, en el aspecto de las toberas, en el de la fundición, en la regularidad con que bajan las cargas, y principalmente en la naturaleza de las escorias.

Observando todas estas circunstancias y á veces aplicando el análisis químico, es como puede saberse, si hay que aumentar ó disminuir la proporción de mineral, castina, combustible y aire.

Finalmente se procede á la *sangría ó colada* del baño metálico. Al efecto se han preparado con arena, sobre el piso del taller de fundición, una serie de pequeños canales, que se ramifican conotra canal longitudinal, puesta en comunicación con una abertura particular en la dama, hacia uno de sus extremos laterales en la parte inferior del crisol. Esta abertura que se llama *agujero de colada*, permanece tapada durante la fusión del mineral con un tapón de arcilla, fijado comunmente al extremo de una barra larga de hierro. El operario le destapa, la fundición líquida se precipita y llena todas las canales dispuestas para recibirla. Cuando principia á solidificarse, se arroja por encima un poco de arena, con el objeto de que se enfríe más lentamente. Mientras dura la sangría, se detiene la máquina de viento. De esta suerte se obtiene fundición reducida, al salir del horno, bajo la forma de prismas, ordinariamente de sección semicircular, y que reciben el nombre de *goas*, siendo hierro colado de *primera fundición*.

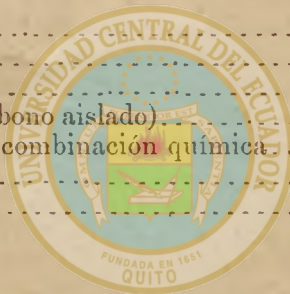
Por lo regular se funden directamente desde el alto horno una porción de objetos de gran tamaño, como son tubos para conducir aguas, columnas grandes, piezas de máquinas y aún muchos objetos de menores dimensiones que admiten una especie de material menos perfecta, y no es menester entonces aguardar á que el crisol se haya llenado enteramente de fundición, sino que se funde de un modo continuo, empleando á este fin unas cubetas ó cazos de palastro revestidos interiormente de arcilla, que se llenan de fundición derretida, á fin de trasportarla rápidamente y verterla en los diferentes moldes.

§ 51.

**Propiedades del hierro colado.**

El hierro que así se obtiene directamente de minerales por medio de los altos hornos, se llama *hierro colado ó fundido*, pero en este estado, cuando no se efectúa una segunda fundición para purificarle más, contiene varias sustancias heterogéneas, como manganeso, silicio, azufre, fósforo, magnesio, pequeñas moles de escorias, &c., y cuya cantidad depende de la naturaleza de la mina, de la proporción de la castina y del combustible empleado. Además contiene el hierro colado mayor ó menor porción de carbono, ya sea en estado libre ó en combinación química. Un ejemplo de esta composición del hierro colado es el siguiente:

hierro.....	86,739
manganeso.....	7,426
silicio.....	1,310
grafito (carbono aislado).....	2,370
carbono en combinación química.....	2,080
azufre.....	0,001
fósforo.....	0,080
	<hr/>
	100,000



Sólo el hierro obtenido por medio de carbón de leña y castina suficiente, es casi siempre propio para fundir ó formar con moldes huecos, los diferentes objetos de hierro colado más complicados y que exigen un metal de mayor perfección. No sucede lo mismo con el hierro colado que sale de los altos hornos en que se emplea el cok.

Además, es de menor calidad el hierro que se obtiene por aplicación del aire caliente; tiene mayor cantidad de carbón y de silicio, presentando menor tenacidad y resistencia.

La producción de 100 libras de hierro colado necesita de 70 á 300 libras de carbón de leña, ó también de 110 á 500 libras de cok, ó finalmente de 150 á 450 libras de carbón de piedra, y en este último caso siempre se necesita aire caliente para la alimentación. Un alto horno suministra, por semana, de 500 á 6000 quintales de hierro colado, según sea la magnitud de aquél, el método del servicio y la pureza del mineral.

La obra y los etalajes del alto horno se alteran con el tiempo por la acción corrosiva de la escoria á por la temperatura muy elevada á que están sometidos, y haciéndose más anchos, el hierro hecho líquido no baja con la rapidez convenien-

te para evitar la oxidación causada por el aire de las toberas. En este caso se hace preciso dar por terminada la *campana*; pues para obtener una fusión conveniente habría necesidad de aumentar mucho la proporción del combustible, y es más ventajoso, en tal caso, detenerse y reparar el alto horno. Este sirve de un modo continuo por largo tiempo, por 1½ año hasta 5, 8 ó también en casos raros hasta 12 años. Cuando se ha inutilizado, se le deja enfriar completamente; después se derriba la obra, los etalajes y la cauisa interior de la cuba, construyéndoles de nuevo sin tener necesidad comunmente de reparar el macizo del horno.

El hierro colado apenas tiene elasticidad, y es menos resistente que el maleable, por lo que toca á choques ó fuerzas de tracción. Su resistencia absoluta varía entre 665 y 2410 kilogramos para una sección de 1 centímetro cuadrado. Se rompe á poco que se le tuerce, es muy quebradizo, es imposible soldarle directamente, y aunque admite pulimento, no puede reflectar en un grado tan perfecto como el hierro maleable y acero. En cambio, tiene poca tendencia á oxidarse y se funde con facilidad (á cerca de 100 á 120° del pirómetro de Wedgwood = 1500°C). Su textura es granujenta y varía mucho así como su color y grado de dureza y tenacidad. Además es muy variable su peso específico que es de 6,635 á 7,889, siendo comunmente de 7,0 á 7,5.

El hierro colado sólo se diferencia del maleable y del acero en la mayor cantidad de carbono que tiene en combinación química ó en estado aislado, pudiendo definirse como combinación del hierro puro con 2,5 á 5 por ciento de carbono.

Cuando al hierro fundido se quita su porción de carbono, en cuanto es posible, el producto es *hierro maleable*.

Pero si se le quita el carbono hasta un residuo de ½ á 2 por ciento, el resultado es *acero*.

Además hay especies de hierro maleable que en sus propiedades son muy semejantes al acero, y por otro lado hay acero y hierro colado que apenas pueden distinguirse uno de otro, lo que se explica por las varias proporciones del carbono que contienen. Pero en el hierro colado se halla también la mayor cantidad de sustancias heterogéneas, y el hierro maleable comunmente es el más puro. Estas sustancias heterogéneas producen hierro ó acero de menor calidad; sólo el manganeso no tiene influjo perjudicial.

*Hay varias especies de hierro fundido:*

1º *Fundición blanca*. Contiene todo su carbono en combinación química. Es muy duro y fragil; su rotura presenta un blanco de plata. Se funde con mayor facilidad que la especie gris, pero es más vizcosa, por cuya razón se prefiere á las demás especies para hacer el hierro forjado. Pero como es muy fragil, no se suele emplear para obras de fundición.

2º *Fundición gris.* Contiene solamente de  $\frac{1}{2}$  á 1 por ciento de carbono en combinación química, siendo así que lo de más del carbono se halla aislado en forma de pequeñas masas muy esparcidas, debiéndose á esta circunstancia el color distintivo, que es aplomado. Su textura es de grano bastante grueso. En calor rojo se hace tan blando que es fácil cortarlo por medio de una sierra destinada para maderas. Menos frágil y dura que la especie blanca, tiene cierto grado de tenacidad y ductilidad, por lo cual es más propio para obras de fundición; aunque se funda en una temperatura más elevada, presenta mayor liquidez y se prefiere para la fabricación de acero según el método de *Bessemer*, que consiste en quitar al hierro fundido y hecho líquido una porción del carbono por medio de una corriente de aire que pasa por su interior.

3º *Fundición mezclada.* Es en todo un término medio de las dos anteriores y la que ordinariamente se prefiere en las construcciones.

Cada una de estas especies tienen sus subdivisiones, según sea la cantidad de carbono químicamente combinado ú otra circunstancia relativa al método de su producción.

La fundición gris y blanca no se diferencian en la cantidad de carbono absoluta y se puede transformar una especie en la otra. Siendo suficiente el carbón que se necesita para la alimentación del alto horno, se obtiene la fundición gris por una temperatura muy elevada, y la blanca por una más baja. Además se producen estas variaciones del hierro colado por el modo de enfriarle después de haberle fundido. La fundición gris se convierte en la blanca, introduciendo un chorro de aquella en mucha agua fría, y cuando grandes masas de la fundición gris se enfrían por el contacto con agua, se forma por lo menos una capa superficial de fundición blanca. Al revés, la fundición blanca se transforma en la gris, fundiéndola en una temperatura muy elevada y enfriándola lentamente.

Si á la fundición gris se dá la temperatura del rojo (con que está muy lejos de fundirse) y entonces se introduce en una solución saturada de sal común ó también en agua con 10 por ciento de ácido sulfúrico y con 1 á 2 por ciento de ácido nítrico, su dureza se aumenta de una manera excesiva.

Toda especie de hierro fundido (no el maleable) tiene la propiedad particular de que, después de haberle calentado y en seguida enfriado, aumenta de volumen, de suerte que al fin todas sus dimensiones permanecen de 3 á 4 por ciento mayores que las originarias, circunstancia á que se deberá atender en muchos casos.

### Producción del hierro maleable.

En la construcción de ferrocarriles se emplea el hierro colado sólo para ciertas piezas como son los coginetes y las planchas que sirven para sostener directamente los rieles en algunos casos; casi todas las demás partes del camino y de las máquinas y carruajes constan tan sólo de hierro maleable ó acero.

Para transformar el hierro colado en hierro maleable es menester privarle del carbono y silicio combinados. Al efecto se le somete á una acción oxidante, que transforma el carbono en ácido carbónico y el silicio en ácido silícico. Este último ácido se combina con bases, principalmente con el óxido de hierro, y forma silicatos fusibles que se apartan en estado de escorias. La fundición suele además contener pequeñas porciones de azufre y fósforo, que también es menester separar por afinación, pues alteran considerablemente las calidades del hierro forjado, y hasta pudieran dejarlo impropio para los diferentes usos á que se destina. Esta separación ofrece grandes dificultades, ocasionando además pérdidas considerables; y así se procura, en cuanto es posible, evitar la presencia de estos dos metalóides en el hierro colado. Si el azufre existe en los minerales, se le separa casi por entero sometiéndolos á una torrefacción preliminar; pero si procede del combustible, como acontece cuando se emplea un cok que contiene pirritas, es necesario aumentar la carga de castina en el alto horno. Las fundiciones que contienen porciones notables de azufre ó fósforo, dan siempre hierro de mala calidad.

Para la *afinadura del hierro colado sólo se emplea la fundición blanca*, la cual se ablanda antes de fundirse, afectando la forma de una pasta, que en el estado líquido es más vizcosa que la especie gris, circunstancias importantes, porque puede aumentarse considerablemente por ellas la superficie del metal que se pone al contacto del aire oxidante. Además, para la misma operación, se prefieren entre las varias clases de fundición blanca las que tienen menos carbón y sustancias heterogéneas mezcladas.

La fundición gris, cuando se emplea para la producción del hierro maleable, tiene que convertirse primeramente en fundición blanca, lo que se efectúa por uno de estos procedimientos:

a) El hierro que fluye de los altos hornos se enfría por agua; así sólo se produce un efecto incompleto.

b) Más perfecto es el método de *granular*, esto es que la fundición gris en estado líquido se hace entrar en agua fría movida fuertemente, formando aquella sólo chorros muy tenues.

c) Se escavan hoyos con fondo plano y se hace entrar el baño metálico, de suerte que forme tan sólo un disco muy te-

nue, el cual se enfría rápidamente por agua. Estos discos ó planchas se calientan después en hogares construídos para este fin particular, exponiéndoles por 12 horas al contacto del aire, con el objeto de quitarles una porción de carbono y de oxidarles superficialmente.

d) Se funde repetidas veces en contacto con castina. Pero esta operación tiene por objeto más la oxidación y separación del magnesio y silicio, y se emplea en seguida el procedimiento anterior.

e) Se funde segunda vez, exponiendo el baño metálico á la acción de *una corriente fuerte de aire ó también de vapor de agua*, para quemar una parte del carbono, á cuya operación se sujetan también las varias especies de la fundición blanca, cuando contienen mayor cantidad de carbono. Resulta un metal blanco quebradizo, más ó menos ampolloso, que es el *metal fino* de los ingleses, *metal fino* ó afinado por fusión.

Formada así, de uno ú otro modo, la fundición blanca, se sigue *la afinación del hierro*, la cual se verifica por dos métodos:

I. *Se mantiene expuesto al aire una masa de fundición*, calentada á una temperatura elevada, con lo cual su superficie se cubre de óxido de hierro. Este óxido se reduce actuando sobre las capas interiores de la masa metálica: parte de su oxígeno se une al carbono para formar óxido de carbono que se desprende, y otra parte se combina con el silicio, dando ácido silícico, que uniéndose con una porción de óxido de hierro no descompuesto, forma un silicato fusible. La sílice que entra en las escorias no procede únicamente del silicio de la fundición, ó de los granos de arena que quedan adheridos á la superficie del metal por el contacto de los moldes, sino que también suele provenir en gran parte por las cenizas del combustible, en medio del cual se verifica la afinación, y esta circunstancia demuestra de nuevo que el carbón de leña es preferible al cok.

II. *El hierro fundido que se sujeta á la operación que acabamos de describir, puede mezclarse también con escorias refinadoras*, que contiene mucho óxido de hierro, como son las escorias de hierro que se separan del forjado. El oxígeno de estas escorias se combina con el carbono del hierro colado. Pero este método da siempre una especie imperfecta de hierro maleable, siendo así que las escorias contienen muchas sustancias heterogéneas que pueden agregarse de nuevo al hierro. Por esta razón, en la construcción de los ferrocarriles, no se admiten los rieles fabricados según este método y *suele establecerse expresamente, como una de las condiciones de la entrega, de que al hierro fundido no deben mezclarse escorias de fragua ó hierro para obtener el hierro maleable ó acero de las barras-carriles.*

Se emplean dos procedimientos muy diferentes para afinar

el hierro colado, á saber, la afinación con carbón de leña y la que se hace con carbón de piedra.

§ 53.

**I. Afinación con carbón de leña, ó afinación en fraguas  
ó en pequeños hogares.**

Esta afinación se practica en un crisol cuadrangular U (fig. 30 y 31), de 0,25<sup>m</sup> de profundidad por 0,60<sup>m</sup> ó 0,70<sup>m</sup> de anchura, formado por chapas de hierro, cubiertas de arcilla y escorias. Entra el aire por una tobera *t*, que penetra en el interior del crisol hasta la profundidad de 1 decímetro próximamente y está inclinada de modo que la prolongación de su eje vaya á encontrar la arista inferior de la cara opuesta del crisol. Esta tobera recibe generalmente los cañones de dos fuelles movidos por una rueda hidráulica y dispuestos de manera que la corriente de aire sea continua: mientras que la caja móvil del uno de ellos desciende y lanza su aire en el fogón, la caja del segundo se eleva y aspira el aire exterior. En las forjas modernas se reemplazan los fuelles por máquinas de viento con cuerpos de bomba de doble efecto.

Llena de carbón encendido la caja del crisol y puestos en movimiento los fuelles, se introduce el hierro colado en forma de goas (de 2 ó 3 quintales de peso) en el punto del calor más intenso, colocándolo sobre polines y adelantando su extremidad hasta la distancia de algunos decímetros hacia el medio del combustible. Se emplean también pedazos menores de fundición que se ponen inmediatamente sobre el carbón hecho áscua. La fundición se derrite de nuevo, y va cayendo al fondo del crisol en forma de gotas, que atraviesan todas por la corriente de aire. La goa se adelanta á medida que se va fundiendo. Este período de la fusión dura unas 3 ó 3½ horas. Los operarios aprovechan la temperatura elevada que produce la combustión del carbón puesto encima de la masa metálica, para forjar en barras el hierro afinado procedente de la operación anterior. Las gotas de fundición se oxidan en su superficie al pasar por delante de las toberas, y se acumula en el crisol una masa empastada que es una mezcla de hierro oxidado y de hierro más rico en carbono, que actúan uno sobre otro y quemándose el carbono, el hierro queda mucho menos fusible.

Cuando en el fondo del crisol la masa de hierro ha tomado cierta consistencia, el operario la levanta con su palanca y lo pone encima de la corriente de aire, rodeado del combustible. La acción oxidante es entonces muy enérgica. Se añade carbón y se aumenta la fuerza del viento hasta fundir el metal segunda vez: el hierro forma masas esponjosas, que el opera-



rio va soldando unas con otras para reunir las en una sola. Alguna que otra vez aproxima hasta la tobera aquellos fragmentos cuya afinación le parece imperfecta. Terminada ésta, se dejan correr las escorias, se saca la masa de hierro llamada *lupia*, se bate por todas sus caras con las palancas y se lleva en seguida al martinete, el cual tiene un peso de 300 á 600 kilogramos y se mueve comunmente á favor de una rueda hidráulica. Las escorias muy fluidas, interpuestas en la lupia muy esponjosa, se exprimen por la compresión violenta ejercida por los golpes del gran martillo, al paso que las partes metálicas se van soldando mutuamente. Los forjadores dan vuelta á la lupia sobre sus diferentes caras para que sea batida en todos sentidos. En seguida la dividen en 4 ó 5 pedazos que se vuelven á poner en la fragua, para darles la forma de barras, á cuyo fin se emplea comunmente otro martinete algo menor, llamado *martillo de báscula*.

Por un día de 24 horas se afina en una fragua de 800 á 1200 libras de hierro colado, y resulta 780 á 900 libras de hierro maleable de cada 1000 libras de hierro colado, pero el peso de aquel sólo se reduce de 715 á 775 libras convirtiéndolo en barras. La fabricación de 100 libras de hierro afinado exige 60 á 100 libras de carbón de leña; pero el gasto de combustible se disminuye considerablemente por el empleo de aire caliente. El hierro que se obtiene por este método de fraguas es siempre de muy buena calidad, cuando la fundición no es muy impura; pero es más costoso que el que resulta del segundo método, ya sea por empleo del carbón de leña, ya sea por la gran merma que experimenta el hierro; porque las escorias de afinadura contienen hasta de 30 á 50, y á veces hasta 70 por ciento de este metal, por cuya razón suelen mezclarse con el hierro colado de la operación siguiente ó fundirse en el alto horno para sacar de ellas hierro colado.

Se ha tratado en vano de reemplazar el carbón de leña por el cok para la afinación en fraguas ó en pequeñas hogares; pero siempre se ha obtenido hierro de inferior calidad.

## § 54.

### II. Afinación con ulla ó puddlage en hornos de reverbero.

Por combustible sirve el carbón de piedra que no contiene azufre, ó lignito ó cok; pero mejor es el carbón de leña. Como material se prefiere el *metal fino* ú otra especie de la fundición blanca con poco carbono; más se emplea también cualquiera fundición blanca y también fundición gris, cuando esta se mezcla con escorrillas.

El horno de *puddler* no es más que un horno de reverbero, cuyo corte horizontal se ve representado en la fig. 32, y el vertical en la 33. Su suelo es sensiblemente horizontal, y presenta en la parte posterior una depresión que conduce á una abertura o cerrada durante la operación, y que sirve para dejar correr las escorias. Un muro llamado *punte*, de 0,25<sup>m</sup> de altura establece la debida separación entre el suelo y el emparrillado F; porque la propiedad principal de este horno es que el combustible no se ponga en contacto con el hierro. La parrilla es horizontal ó también escalonada, lo que se prefiere en muchos casos, gastándose menos combustible. Una chimenea C, de ladrillo, de 10 á 15 metros de altura, establece el tiro necesario, y tiene su registro R, que el operario puede manejar desde el piso del taller por medio de una cadenilla. Pero, como los gases del horno tienen una temperatura muy elevada, se aprovecha también de su calor para hacer andar las máquinas de vapor que ponen en movimiento los grandes martillos ó laminadores. El espacio A que recibe el metal, está obovado por encima, siendo más angosto en su parte posterior, de suerte que la llama debe repartirse en todo sentido hacia el fondo. Los muros que forman el horno de reverbero son todos de fábrica de ladrillo refractario, pero se refuerzan exteriormente, en todo su contorno, con chapas de hierro colado, sostenidas por tirantes de hierro. Se abren en ellos varias puertas: las F y G sirven para introducir el combustible en el emparrillado; la D sirve durante el trabajo para remover la masa de metal medio-líquida, y por la E se limpia el horno y se carga del metal que se ha de afinar. El suelo del horno se forma muchas veces de una simple chapa de hierro colado, bajo la cual circula el aire libremente, lo que basta para impedir que adquiera la temperatura á que se funde, aunque con el mismo objeto se la cubre de una capa de cuarzo y arcilla ó cascarilla de forja y escorias de fragua bien fundidas, teniendo toda la capa una altura de 7 á 12 centímetros. También suele construirse este suelo con ladrillos refractarios, cubriéndolo igualmente de una capa de escorias, calentadas de antemano hasta que hayan experimentado un principio de fusión. La longitud del suelo es de 1,5 á 2,1 metros, su anchura de 0,9 á 1,2 metros hacia el emparrillado, y de 0,5 metros cerca de la chimenea.

Se construyen también hornos con doble suelo, estando uno á continuación del otro, y sirve el último, cerca de la chimenea, para calentar previamente el hierro.

La afinación ó *puddlage* del metal fino se ejecuta del modo siguiente. Calentado el horno hasta el calor blanco, se introducen en él 200 á 250 kilogr. de metal, que se esparcen por el suelo; se cierran herméticamente las puertas, y se abre del todo el registro de la chimenea. La fusión del metal prin-

cipia muy pronto, y en seguida se va bajando poco á poco el registro de la chimenea á fin de disminuir el tiro. El metal se disgrega y al estar medio fundido queda cubierto de escoria líquida; el operario lo remueve constantemente con su palanca, que introduce por la puerta D, pero abriéndola lo menos posible, para evitar que penetre demasiado aire en el horno, porque podría ocasionar una oxidación excesiva del hierro, y por esto comunmente hay un pequeño agujero en la puerta para introducir la palanca. El carbono de la fundición actúa sobre el óxido de hierro de las escorias, se desprende mucho óxido de carbono, el cual saliendo por medio de las escorias produce en ellas una especie de hervor y deja entumecida toda la masa. Este gas se inflama en la superficie del baño metálico, produciendo sobre este una infinidad de llamitas azules. El operario continúa removiendo la masa con su palanca hasta que por la constitución pulverulenta del metal y por su aspecto viscoso reconoce que la afinación ha adelantado lo necesario. Deja entónces correr una porción de las escorias y aumentando el tiro y fuego reúne con la palanca las partes de hierro afinado, comprimiendo unas contra otras hasta lograr soldarlas y formar así un núcleo metálico, que hace rodar sobre el suelo cubierto de fragmentos de hierro candentes, los cuales se van adhiriendo al rededor de este núcleo. Cuando la bola ó *lúpia* que resulta ha adquirido el tamaño que debe tener, el mismo operario la empuja hácia el puente, empieza al instante á formar otra, y continúa así hasta tener 4 ó 6 lúpias, habiendo reunido, para formar la última, todos los fragmentos metálicos que quedaban en el suelo del horno. Estas bolas se sacan una á una principiando por la que se formó primero y se llevan al martillo para forjarlas.

En  $1\frac{3}{4}$  á  $2\frac{1}{2}$  horas está concluida la afinación de una carga, pudiendo cargarse el horno de 8 á 13 veces en 24 horas y afinarse 2500 á 4000 libras de hierro colado. De 1000 libras de *metal fino* resultan 885 á 940 libras de lúpias bastante puras, siendo el consumo de ulla de 700 á 1200 libras, y pasando después el metal por el martillo ó laminador se tienen 700 á 800 libras de hierro dúctil en forma de barras. Si la fundición es blanca, pero no transformada previamente en metal fino, resultan de 1000 libras 850 á 900 libras de lúpias, gastándose mucho mayor cantidad de carbón de piedra, á saber de 1400 á 1500 libras. La fundición gris sólo da 800 á 830 libras de lúpias y el gasto de carbón es aun más considerable. Cuando se afina directamente una fundición gris rica en carbono, se le suele agregar una notable cantidad de cascarrilla de forja ó escoria de la operación precedente, porque como estas son muy ricas en óxido de hierro, se acelera mucho la afinación con grande economía del combustible.

(Continuará).