

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS. CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

CONGRESO DE CIENCIAS DE VALENCIA

ESTUDIO DE ALGUNOS ACEROS ESPECIALES

NOTA PRESENTADA EN LA SECCIÓN DE CIENCIAS APLICADAS

POR

DOMINGO MENDIZABAL

Ingeniero de Caminos.

Estudio de algunos aceros especiales.

No es muy remoto el tiempo en que fué sustituido el hierro dulce laminado y fundido por el acero, con cuya sustitución tan gran avance dieron todas las industrias cuyo elemento primordial es el mencionado material.

Máquinas, construcciones, carriles, herramientas, navíos, etc., etc., se transformaron completamente con la introducción del nuevo material.

No se podía sospechar en aquel entonces que, transcurrido relativamente poco tiempo, habría de resultar el acero material con cualidades deficientes, dadas las actuales exigencias de las industrias, cuyos progresos tan rápidamente se han extendido y á los cuales tanto contribuyó la sustitución del hierro por el acero.

Ha sido preciso, como consecuencia de lo expuesto, buscar nuevas formas y manifestaciones de la industria metalúrgica y siderúrgica para lograr materiales con las condiciones deseadas.

Se han estudiado y se siguen estudiando, pues no es este asunto terminado y resuelto, diversas clases de aceros que por tener condiciones de resistencia más enérgicas que los aceros ordinarios, pueden satisfacer más cumplidamente las necesidades de las industrias modernas.

Uno de los más poderosos incentivos que ha animado á fabricantes y constructores en el camino emprendido en esta dirección y orientación ha sido la lucha sostenida por diversas industrias o partes de la misma industria.

De esto podríamos dar infinidad de ejemplos, pero me limitaré á mencionar dos de los más expresivos.

Cada día se fabrican corazas y protecciones de los barcos de guerra más y más resistentes á la penetración de los proyectiles y al mismo tiempo se esfuerzan los fabricantes en fabricar proyectiles más y más duros para que puedan penetrar y destrozar las más fuertes corazas.

En ferrocarriles, los Ingenieros encargados de la vía, proyectan y estudian cada día carriles con material más y más duro, con objeto de evitar desgastes en ellos, los cuales traen consigo, no sólo el gasto consiguiente á una rápida renovación de la vía, sino á pel gros en la circulación ocasionados por encontrarse debilitadas las secciones del carril.

Estos carriles, que cada día se proyectan más duros, producen en las llantas de las ruedas del material móvil, (teniendo sobre todo en cuenta los mayores pesos que sobre ellas cargan cada vez y las mayores velocidades con que circulan) rápidos desgastes que tratan de evitar los Ingenieros encargados de este servicio proyectando cada vez llantas más y más duras.

En estas dos luchas de que hemos hecho mención, y en las que es difícil pronosticar quien será el vencedor y quién el vencido, es preciso recurrir á todos los perfeccionamientos y adelantos de la ciencia y de la industria como armas para derrotar al contrario.

Estas luchas, repito, dan lugar á grandes adelantos.

Muchos son los perfeccionamientos estudiados y establecidos en la industria del acero, bien en aceros á base de carbono con los cuales se obtienen límites de resistencia mucho mayores que anteriormente, bien en aceros en que dominan otros cuerpos que se unen en combinación al hierro y carbono y de los cuales los principales son los siguientes:

Acero al manganeso.

Acero al níquel.

Acero al silíceo.

Acero al cromo.

Acero al tungsteno.

Acero al molibdeno.

Acero al estaño.

Acero al titanio.

Acero al vanadio.

Acero al aluminio.

Acero al cobalto.

De todos ellos los que tienen aplicaciones más apropiadas para las industrias son los tres primeros, de los cuales nos ocuparemos con algún detalle, no haciéndolo de los restantes, no sólo por la razón antedicha, sino porque no están estudiados con igual detenimiento que aquéllos.

Creo asimismo conveniente, antes de entrar en el detalle de dichos aceros, recordar las principales cualidades del

acero ordinario, haciendo de éste un ligerísimo estudio y de este modo podemos ver cuáles son las principales variaciones que ellas experimentan en los nuevos tipos de aceros.

Cada día son mayores las aplicaciones de dichos aceros; cañones, corazas, tubos de conducciones á presión, carriles, llantas, proyectiles, etc., etc., son fabricados de aceros especiales, cuyos resultados son hasta ahora completamente satisfactorios.

Estudio de los aceros ordinarios.

Parece lógico, antes de comenzar el estudio que nos hemos propuesto, saber de un modo cierto y seguro qué lugar ocupan los materiales que estudiaremos dentro del conjunto de materiales ferrosos.

Muchas y de muy diversa índole son las clasificaciones que por los diversos autores se han hecho de estos materiales.

Unos se fundan para hacer esta clasificación en la composición química de los productos de la metalurgia.

Otros los clasifican por los procedimientos empleados en su obtención.

Otros por la mayor ó menor resistencia que ofrecen á la tracción.

Nosotros seguiremos el criterio más extendido, que es el que realmente define mejor las propiedades del metal ferroso, cuál es su composición, pues ésta hace variar por completo sus propiedades.

En su vista estableceremos el siguiente cuadro:

METALFS FERROSOS.	{	Fundiciones.....	{ Fundiciones blancas. Ferromanganesas. Fundiciones grises. Ferrosilíceas.
		Aceros.....	{ Soldados. Fundidos.
		Hierros.....	{ Soldados. Fundidos.

Las fundiciones son aquellos metales ferrosos que tienen por lo menos 2,6 por 100 de carbono.

Aceros, los que tienen una proporción de carbono comprendida entre el 0,5 y 2,6 por 100, y

Hierros, los que como máximo tienen 0,5 por 100 de carbono.

Las fundiciones blancas no contienen grafito y el carbono se encuentra en estado de combinación y en la proporción del 3 por 100, fractura blanca y es frágil; se destina á fundición de afino: en densidad llega á 7,6 y su temperatura de fusión es la de 1.050 grados.

Los ferromanganesos son fundiciones blancas en que el manganeso se encuentra en proporción del 5 al 20 por 100, el carbono se encuentra al 4 ó 5 por 100.

Cuando contiene menos del 5 por 100 de manganeso, se llama fundición blanca radiada, pues en su fractura se observan radios dirigidos normalmente á la superficie de enfriamiento; son frágiles y duros.

La fundición gris tiene el carbono en estado de grafito lo cual hace presente color agrisado; su densidad varía del 7 á 7,20 y su temperatura de fusión es de 1.200 grados, de dureza inferior á la fundición blanca.

La ferrosilíceas contiene del 5 al 16 por 100 de silicio, disminuyendo la proporción de carbono cuando aumenta la de silicio.

La coloración de la fractura es gris ó amarillenta, según la proporción de grafito.

Sólo se puede obtener en los hornos de cok.

Los aceros, según sea necesaria para su obtención ó no la fusión, se llaman soldados ó fundidos.

Los aceros soldados pueden ser afinados de forja ó de cementación, según los procedimientos de obtención.

Los aceros fundidos pueden ser análogamente, Bessemer, Martín Siemens y al crisol.

Los hierros se llaman análogamente soldados ó fundidos, según el método de obtención.

Los primeros pueden ser afinados, cementados ó de fabricación directa.

Vemos, pues, dentro de los metales ferrosos, el lugar que ocupan los aceros en sus varias formas y procedencias y de ellos únicamente es de quienes nos hemos de ocupar, primeramente de los ordinarios y después de los especiales.

Aceros ordinarios.

La textura del acero es, en general, granuda y cristalina, sobre todo los aceros fundidos, presentando la misma textura los soldados siempre que no se les haya sometido á trabajo mecánico de alargamiento, en cuyo caso los cristales se alargan, formando fibras paralelas, y entonces se llama á esta textura nervosa.

La característica de cada acero, por lo que á su textura se refiere, se marca por el tamaño de los granos ó cristales que la constituyen.

El tamaño de éstos se aprecia perfectamente por las facetas de cada cristal.

Los aceros que mejores condiciones ofrecen para la construcción son aquellos de grano fino, que son los que mayor resistencia y dureza poseen.

En cambio, los que tienen grano grueso, son más quebradizos y frágiles.

La composición química tiene gran influencia en este particular.

El carbono manganeso y tungsteno disminuyen el tamaño del grano, mientras que el fósforo le aumenta.

La influencia de la composición química se encuentra aumentada por el trabajo mecánico, pues el trabajo del pilón y del laminador disminuyen el tamaño del grano, más exageradamente cuando dicho trabajo se hace á temperatura menos elevada.

Cuando este trabajo coincide con la composición química, se ponen sus efectos mucho más de manifiesto.

Gran influencia tienen en su textura los enfriamientos y elevaciones de temperatura á que se somete el metal, pero antes de extendernos en ello, veamos para su más fácil comprensión que se llaman puntos críticos.

Si dibujamos una curva en la que las abscisas son las temperaturas decrecientes á que está sometido el metal y las ordenadas los tiempos empleados en sufrir enfriamientos de 10 grados por ejemplo, se observan puntos irregulares en los que la curva se eleva bruscamente.

Estas detenciones del enfriamiento pueden ser producidas por una reacción química, bien por una transformación alotrópica bien por cualquier cambio dentro del edificio molecular del metal.

Estos puntos irregulares de la curva corresponden á puntos críticos del metal estudiado.

Cuando el hierro pasa por los puntos críticos experi-

menta profundas modificaciones que le hacen ser un cuerpo alotrópico, es decir, susceptible de cambiar de propiedades físicas cuando esté sometido á determinadas influencias.

Las variedades del hierro obtenidas por los pasos por los puntos críticos se llaman hierro α , hierro ϵ , y hierro γ .

Para transformar un hierro α que es el hierro recocido y enfriado lentamente, en hierro ϵ , hay que calentarlo, y hacia los 770 grados se transforma, absorbiendo calor, y se observa, por lo tanto, una detención de la elevación de temperatura.

Si recíprocamente un hierro ϵ se enfría lentamente, se transforma en hierro α .

Si el enfriamiento es rápido, la mayor parte del hierro se conserva en el estado ϵ .

Si en el hierro ϵ se eleva la temperatura más alta que 900 grados, se forma el hierro γ , cuyas propiedades mecánicas son análogas á las del hierro ϵ .

En algunos metales, al proceder en orden inverso, es decir, calentando el metal, se producen fenómenos parecidos al pasar por las mismas temperaturas que las correspondientes á los puntos críticos, diciéndose entonces que el metal experimenta transformación *reversible*.

Cuando estas temperaturas no son exactamente las mismas sino que experimentan un retraso, entonces el metal pasa por su punto crítico á una temperatura ligeramente superior durante el calentamiento, y durante el enfriamiento á una temperatura inferior.

Este retraso ó diferencia de temperatura se llama *histeresis*.

Cuando la transformación que experimenta en el calentamiento no corresponde con la transformación del enfriamiento, se dice entonces que no son *reversibles* los aceros en que esto ocurre.

El fenómeno de la *irreversibilidad* ha sido estudiado en unión de las variaciones de volumen, debidas al enfriamiento y al calentamiento del metal, dando lugar su observación á las siguientes reglas:

Cuando se enfría un hierro calentado hasta la temperatura del rojo naciente, se observa una contracción proporcional al descenso de temperatura hasta los 130 grados aproximadamente.

Por debajo de esta temperatura se observa una dilatación sensiblemente proporcional al descenso de temperatura observado.

El coeficiente de dilatación es $10,47 \times 10^{-6}$.

Si en una temperatura inferior á 130 grados se para el enfriamiento y se calienta de nuevo, la dilatación que experimenta es proporcional al aumento de temperatura; pero con su coeficiente de proporcionalidad más bajo que el correspondiente al primer enfriamiento.

Si se calienta un acero hasta la temperatura correspondiente á su punto crítico inferior, cuya temperatura correspondiente es variable con la cantidad de carbono que tiene en combinación, el acero afina su grano haciéndose éste más pepueño, cuanto más carbono posea.

Este tamaño de grano se conserva si el acero se enfría rápidamente; pero vuelve á ser tamaño ordinario si el enfriamiento es lento.

Las piezas de acero moldeado tienen un grano muy irregular, pues el enfriamiento también lo es, por lo tanto, si se quiere afinar hay que proceder con ellas como se ha expuesto anteriormente, es decir, si se calienta hasta alcanzar un punto crítico y se enfría rápidamente.

Si en estos calentamientos se eleva más la temperatura, sobrepasando el punto crítico y aproximándose al punto de fusión, vuelve el grano á aumentar de tamaño, y aunque se realice un enfriamiento rápido, nunca se alcanza la fineza de grano que antes se ha indicado.

Maleabilidad y ductilidad.

Se dice que un cuerpo es maleable cuando cambia de forma golpeándole con un martillo.

Es tanto más maleable cuanto más fácilmente cambia de forma en igualdad de las demás condiciones.

Generalmente se eleva la temperatura para facilitar la variación de formas.

Cuando mayor sea la separación entre el límite de elasticidad de un cuerpo y su límite de resistencia correspondiente á la rotura, más maleable es dicho cuerpo.

El límite de elasticidad del acero disminuye cuando se eleva la temperatura, aumenta en estas circunstancias, por tanto, su maleabilidad.

Este no crece uniformemente con la temperatura, pues á 300 grados ó 400 grados se aproximan los valores del límite de elasticidad y del de rotura, haciéndose el acero quebradizo.

El color que toma el hierro á esta temperatura es azulado, llamándose el acero en este estado acero azul.

Cuando se ha trabajado y se trabaja una pieza de acero á temperatura muy superior á la anteriormente citada, existe el peligro de que enfriándose el acero durante el trabajo se llegue á la temperatura azul, en cuyo caso el acero, haciéndose quebradizo, forma grietas que, si bien en algunas ocasiones no son visibles, son, sin embargo, la causa de roturas de piezas de acero que á primera vista no tienen explicación.

Un efecto análogo se presenta en algunos aceros, que conservando en su masa algún cuerpo extraño dan lugar á la formación de pajas grietas que los hacen quebradizos y frágiles, este defecto, sobre todo, se encuentra en los aceros forjados.

La composición química influye mucho sobre esta cualidad del acero.

El hierro puro es muy maleable, pero al combinarse con el carbono, su maleabilidad disminuye, desapareciendo por completo al llegar á la proporción de 2,6 por 100, es decir, en la fundición.

Cuando además de carbono tiene otros cuerpos extraños puede desaparecer la maleabilidad cuando llegue el carbono á la proporción 2,4 por 100.

El fósforo no tiene influencia alguna en esta propiedad, en algunos casos se ha llegado al 1 por 100 sin modificarla.

El azufre, en cambio, tiene grandísima influencia cuando sólo contiene 0,04 por 100, ya se nota su acción y se pone el acero muy frágil, diciéndose entonces que es *ruverino*.

El oxígeno obra como el azufre, aun cuando con menos energía, se considera *ruverino* cuando posee 0,1 por 100.

El arsénico en pequeñas dosis es enemigo de la maleabilidad, pero pasando del 4 por 100 vuelve á ser maleable.

Soldabilidad.

Es ésta una propiedad del acero de la que se saca gran utilidad para unir piezas entre sí para constituir una sola.

Para realizar esta unión hacen falta, además de un es-

fuerzo extraño que una y aproxime las moléculas, una elevación de temperatura que ponga las superficies en contacto en condiciones de unirse.

Cuando más puro es el hierro más fácilmente se produce este fenómeno, disminuyendo, por lo tanto, la facilidad cuanto más cargado de carbono se encuentra el hierro.

Únicamente conserva el acero esta propiedad hasta una proporción de carbono de 1,2 por 100.

El azufre tiene poca influencia sobre la soldabilidad, pudiéndose alcanzar la proporción de 0,125 por 100.

El oxígeno tiene igualmente muy poca importancia, pudiéndose alcanzar la proporción de 0,244 por 100.

El arsénico en cambio dificulta la soldadura, no pudiéndose pasar la proporción de 0,171 por 100.

Como es muy difícil conseguir que las dos superficies en contacto estén perfectamente limpias y desprovistas de cuerpos extraños perjudiciales, se emplea después de preparar ambas superficies con la lima, lo que se llama la soldadura, que son variadas sustancias, con la temperatura á que se opera, siendo las más generalmente empleadas el *borax* y el *prusiato de potasa*.

Dureza.—Temple.

Antes de hablar de estas propiedades y estados del acero conviene que tratemos de la influencia del carbono en el hierro y para ello de los diversos estados en que el carbono puede encontrarse en el hierro.

En cuatro diferentes estados se encuentra el carbono:

- 1.º Grafito.
- 2.º Carbono de cementación.
- 3.º Carbono de recocido; y
- 4.º Carbono de temple.

Pasemos á estudiar el

1.º *Grafito*.—El grafito se presenta en forma de cristales planos exagonales, repartido por toda la masa del metal, casi uniformemente.

Se forma en el momento de la solidificación de la masa fundida, que tiene en disolución el carbono, y cuando por circunstancias no siempre frecuentes, como es generalmente la presencia del silicio, aluminio, disminuye el grado de saturación de la masa y se separa el carbono que corresponde á esta diferencia de saturación en cristales de grafito.

Si el carbono no estuviese combinado con el hierro como de mucha menor densidad, se separaría todo él, y no lo hace así nada más que la parte correspondiente á la diferencia del grado de saturación de la disolución al disminuir la temperatura en presencia de los cuerpos antes mencionados.

La proporción del grafito está en razón directa de la del silicio, pero en el aluminio sólo hasta 1 por 100, pues pasando este límite va el grafito en razón inversa.

El manganeso y azufre se oponen á la formación del grafito aun en presencia del silicio y aluminio, á los que neutraliza.

Para aislar este carbono se ataca el metal por el ácido clorhídrico ó nítrico, y el producto inatacable que se deposita es el grafito, que no es soluble en ninguno de los citados ácidos.

2.º *Carbono de carburo ó de cementación*.—En esta forma, el carbono aparece combinado y no mezclado como el grafito; se forma análogamente fundiendo una masa de

hierro con carbono en cualquier proporción y á una temperatura muy inferior á la de fusión, pero siempre que no exista silicio en dosis importantes, pues entonces ya sabemos se forma el grafito.

Cuando una pieza de hierro con este carbono se calienta y se eleva su temperatura al rojo y se deja enfriar, este carbono se separa y forma dentro de la masa una red de pequeñas fibras invisibles á la vista, pero visibles con microscopio.

La temperatura á que generalmente se forma este carbono, aunque variable según su proporción, oscila entre 660° y 710°.

Si calentamos poco á poco una masa de metal que contiene este carbono, cuando llega á una temperatura superior en unos 40° á la que se ha formado, pasa de este estado al de carbono disuelto.

3.º *Carbono de recocido*.—Cuando se mantiene un hierro durante varios días á una temperatura media entre la que nace el carburo y la que se precipita el grafito, parte del carbono se separa del metal en forma especial que se llama *carbono de recocido*.

Este carbono aparece en las piezas que poseen en su fractura en forma de puntos negros diseminados uniformemente ó reunidos en muchos de más ó menos importancia presentando el metal un aspecto manchado.

Si se ataca por los ácidos se obtienen resultados parecidos á los obtenidos con el grafito; pero para distinguirlo basta fijarse en que se presenta amorfo y el grafito cristalino.

El manganeso en fuertes dosis se opone á la formación de carbono de recocido.

4.º *Carbono de temple*.—Este carbono está todo él en estado de combinación y disuelto uniformemente en la masa del metal.

Si un hierro ó acero en estado líquido conteniendo carbono combinado y disuelto se enfría lentamente, primero se separa al comenzar la solidificación, el carbono se forma *grafito*, más tarde otra determinada cantidad de *carbono de cementación*, y por fin, el resto en *carbono de recocido*.

Al seguir una marcha inversa, es decir, si á un hierro ó acero que contiene el *carbono de recocido* y *grafito* se le calienta lentamente, ambos se transforman correlativamente en *carbono de temple* que se disuelve en el metal.

Se encontrará, por lo tanto, en un metal tanto menos carbono de temple cuanto mas favorables hayan sido las circunstancias para la formación de los demás carbonos, así es que cuanto más tarde un metal en enfriarse y cuanto más tiempo esté en incandescencia, más *grafito* y *carbono de recocido* se forman en perjuicio del carbono de temple.

Gran importancia tiene la consideración de los puntos críticos por lo que al temple se refiere.

Según que la temperatura sea superior ó inferior á la de un punto crítico, podrá tener el acero una constitución distinta y propiedades mecánicas diversas y hasta agrupación distinta de sus componentes químicos.

Como consecuencia de lo dicho anteriormente, podemos deducir que la presencia en proporción elevada del silicio se opone á la formación de este carbono.

Este carbono aumenta la dureza del metal, realizando el enfriamiento brusco por medio del agua, la mayor parte del carbono de carburo se transforma en carbono de temple, empleándose este procedimiento en los aceros para útiles y herramientas.

Puntos críticos de los hierros carburados.

Ya hemos indicado que el hierro puro pasa por dos puntos críticos hacia los 770 y 900 grados, en los que se transforma de hierro α á ϵ ó á γ .

En los hierros carburados existe hacia los 675 grados un tercer punto crítico que corresponde á la formación del carburo.

Los anteriores puntos críticos se desplazan, el más elevado desciende á medida que la carburación aumenta, y llega á un mínimo cuando el carbono alcanza el 0,8 por 100.

En el punto de transformación correspondiente al paso del hierro α al ϵ , se observa, además de esta transformación, una verdadera modificación en las propiedades magnéticas del hierro.

M^{ne}. Curie ha observado, que si se calienta una barra de acero dentro de un tubo de porcelana por medio de una espiral de platino recorrida por una corriente eléctrica, esta corriente desarrolla en el metal una imantación inducida.

Como la temperatura alcanza un cierto valor, el magnetismo inducido desciende rápidamente á un valor muy pequeño.

Si practicamos esta misma operación, pero en sentido inverso, es decir, durante el enfriamiento, la transformación se produce á una temperatura ligeramente inferior por causa de la histéresis.

Las temperaturas á que se verifica esta transformación varían según la dosis de carbono, como puede verse en el siguiente resumen de observaciones:

Dosis de carbono.	TEMPERATURAS	
	Al calentamiento. Grados.	Al enfriamiento. Grados.
0,06	745	741
0,20	739	735
0,49	733	721
0,81	729	681
1,20	715	698

Cuando un hierro contiene 0,8 por 100 de carbono y se enfría lentamente, la masa general está constituida por un metal dulce en cristales, y por una masa de reflejos nacarados más dura; la primera parte se llama *Ferrita* y se considera como hierro sin carbono.

Se llama *Perlita* un hierro carburado con menos de 0,8 por 100 de carbono, formado por *Ferrita* y por carbono de carburó que entonces se llama (todas estas denominaciones son bajo el punto de vista de la textura) *Cementita*.

La *Perlita* se forma en todos los hierros carburados cuando se las somete á un enfriamiento lento y llegan á 69 grados.

Cuando se temple un acero á la temperatura de 700 grados, el carbono queda en estado de disolución y constituye la *Martensita*, cuya dosis de carbono varía de 0,12 á 0,90 por 100.

Un punto crítico muy interesante es el llamado *punto de recalcencia*, en el cual no solamente sufre un retraso el enfriamiento sino que se desprende calor suficiente para hacer subir algunos grados la temperatura.

En los aceros ordinarios la recalcencia se produce de

650 á 700 grados, y corresponde á un cambio bien preciso de la constitución molecular del metal.

Para darse bien cuenta de este cambio conviene estudiar por una parte los aceros templados á una temperatura superior á la de recalcencia, y por otra los aceros lentamente enfriados ó enfriados bruscamente, á partir de temperaturas inferiores á la misma.

El examen microscópico señala en los aceros lentamente enfriados la existencia de la *Perlita*, formada de *Ferrita* y *Cementita*, y en la que la dosis de carbono es de 0,8 por 100.

En este mismo acero si se temple á temperatura superior á este punto crítico, aparece una sustancia homogénea que se convierte en *Perlita* si el metal pasa lentamente por la temperatura crítica.

Si se enfrían lentamente los aceros con menos del 0,8 por 100 de carbono, quedan constituidos por *Ferrita* y *Perlita*.

Los aceros con dosis superior á 0,8 por 100 están formados por *Perlita* y *Cementita*.

Se han hecho asimismo observaciones en aceros bruscamente enfriados y permiten sentar que en los aceros poco carburados la *Ferrita* y en los carburados la *Cementita*, no comienza á aparecer más que á partir de ciertas temperaturas progresivamente decrecientes á medida que la dosis de carbono se aproxima 0,8 por 100.

Si designamos por T esta temperatura variable con la dosis de carbono, se ha observado principalmente que por debajo de T los aceros presentan una composición homogénea que es la *Martensita*.

Cuando se enfría lentamente un acero á partir de T, se observa que en los aceros de menos de 0,8 por 100 la *Ferrita* se aísla en placas cuyo número aumenta cuando desciende la temperatura.

La *Martensita* que subsiste, queda más rica en carbono, y cuando la dosis llega á 0,8 por 100, lo que sucede aproximadamente á unos 670 grados, se disocian los elementos de *Ferrita* y *Cementita*.

Cuando los aceros tienen más de 0,8 por 100 de carbono á partir de la temperatura T, se forman placas de *Cementita*, quedando la *Martensita* cada vez más pobre de carbono, y cuando esa dosis llega á 0,8 por 100, lo cual ocurre á 675 grados, la *Martensita* se transforma en *Perlita*.

Parece como si en el primer caso hubiese disuelta *Ferrita* y el segundo *Cementita*, en una disolución de *Martensita* al 0,8 por 100.

Cuando la temperatura desciende por bajo de aquella en la que el disolvente está saturado por el cuerpo disuelto, ésta se aísla y la disolución continúa empobreciéndose hasta que se desdobra en sus dos elementos.

Hay por tanto mucha analogía entre los fenómenos antes descritos y los que se manifiestan en la solidificación de ciertas aleaciones (plomo, estaño, etc.).

Por enfriamiento de la aleación fundida se obtienen en primer lugar cristales de metal, cuya proporción es superior á la correspondiente á una aleación determinada de punto de fusión mínimo, la cual se llama aleación *entéutica*, de modo que dicha aleación tiende á tener su composición como la de esta última aleación.

Cuando se ha llegado á este punto se solidifica la aleación con desprendimientos de calor.

El *punto de recalcencia* vemos, pues, que corresponde al punto de solidificación de la *aleación entéutica*.

Procede, pues, considerarse la *Perlita* como la *aleación entéutica* con la *Ferrita* y *Cementita*.

De aquí que se llama *acero entéutico* el que tiene 0,8 por 100 de carbono.

Influencia de la cantidad y calidad del carbono en las propiedades del hierro.

La dureza del metal aumenta con la existencia de carbono de temple y de cementación, sobre todo con el primero, pues como está uniformemente repartido endurece más toda la masa que el de cementación que está distribuido en una red que coje toda la masa.

Se aumenta la influencia del carbono de temple, sumergiendo en agua el acero incandescente y se disminuye con el recocido.

Una vez conocidos todos estos pormenores, podemos hablar de la dureza y temple del acero.

Dureza se llama la mayor ó menor facilidad que tiene un cuerpo de poder ser penetrado por otro.

La composición química tiene gran influencia sobre la dureza.

El hierro puro es blando, pero aumenta mucho su dureza al unirse con el carbono, sobre todo cuando éste se presenta en forma de carbono de temple.

Si suponemos que la dureza del hierro puro es 100, al aumentar la proporción del carbono en 0,1 por 100 la dureza aumenta en 20 por 100.

Todo procedimiento que tiende á aumentar el carbono de temple servirá, por lo tanto, para aumentar su dureza.

Hemos visto que los enfriamientos rápidos á determinadas temperaturas aumenta mucho dicho carbono.

Como ya se ha dicho anteriormente al hablar de los puntos críticos, el enfriamiento conviene hacerlo á 750 grados por ser la temperatura más á propósito.

Si se enfría el acero á temperatura inferior no aumenta la dureza, y si se hace á temperaturas superiores se puede alterar.

Una precaución hay que tomar con las piezas templadas, cual es, que como el enfriamiento brusco se hace dentro de la masa de un modo irregular, se pueden producir tensiones que hacen peligrar la existencia de la pieza templada y conviene entonces emplear el recocido que aunque hace perder algo la dureza por transformar parte del carbono de temple en carbono de cementación, es conveniente por la razón antedicha.

Cuando el temple hay que practicarlo en piezas de formas muy irregulares de modo que el enfriamiento se hace muy irregularmente, conviene emplear líquidos menos conductores del calor que el agua fría, como el agua templada, agua de jabón, aceite, etc., pues de esta manera se evitan grietas y fisuras invisibles, pero que, sin embargo, comprometen la resistencia de la pieza.

El acero templado es de menor densidad que el natural, lo cual se explica por conservar el acero templado casi todo el volumen alcanzado al calentarlo para el temple, y no puede perder esta dilatación tan rápidamente como se produce el enfriamiento, teniendo, por lo tanto, mayor volumen que el no templado.

(Continuará.)



VIAJE DEL SR. MINISTRO DE FOMENTO EN ENERO DE 1910

Á LAS NUEVAS POSESIONES DE ÁFRICA (1)
(CONCLUSIÓN)

Estado actual de la agricultura en el Rif.

CLIMA.—Este es un factor de tanta importancia, ó de más si se quiere, que el suelo; pero así como en el segundo son relativamente fáciles los estudios, pues se reducen á la observación personal de su topografía, de su vegetación espontánea y cultivada y á la toma de muestras bien dirigida, en las cuestiones de clima nada seguro puede deducirse sin un estudio previo, prolongado y minucioso.

De los datos recogidos por la Junta del puerto de Melilla se deduce que el clima de la región es dulce respecto á las temperaturas, puesto que en el quinquenio no baja la mínima de 0° y esto tan sólo en uno de los años, y no sube la máxima de 38°.

En realidad, no es bastante el dato de la temperatura para aplicarlo de plano al cultivo, pues falta conocer una cosa importantísima, que es la humedad del ambiente, por carecerse de observaciones psicométricas. Nadie ignora que una temperatura de 38° puede resultar sofocante si falta la humedad en el aire, es decir, si el *viento es seco*; esto explica la idea vulgar de creer á esta región de elevadas temperaturas, porque así se aprecia por los efectos de la falta de humedad que son más sensibles en el reino vegetal que en el animal por la rápida evaporación en las grandes superficies que presentan las plantas.

En cuanto á las mínimas, no existen los datos del radiómetro, ni las temperaturas han sido observadas en campo abierto, por lo cual no podemos afirmar que no se produzcan heladas ó escarchas, afirmación que podría hacerse si los datos procedieran de un observatorio meteorológico agrícola convenientemente situado.

Respecto á la lluvia, los datos relativos á este meteoro, tampoco pueden estimarse como completos al fin de un estudio agronómico; sin embargo, son de bastante importancia para este avance.

Hemos dicho que en la primavera caen 65 milímetros durante diez días, y si supiéramos que estos milímetros y estos días estaban convenientemente repartidos durante la estación, y suponiendo también que las aguas del invierno están bien repartidas y próximas á las de la primavera, no se pueden esperar cosechas medias de cereales en secano superiores á 20 hectolitros. Decimos cosechas medias, porque consideramos el año meteorológico medio del quinquenio; pero observando cada año en particular, tendremos que durante tres años la cosecha no podría pasar de 13 hectolitros, y en uno tan solo, el de 1098, podría llegar á 30.

Esto, suponiendo también que las condiciones físicas del suelo y del subsuelo fuesen las más favorables para la retención del agua y que la atmósfera tuviera el conveniente grado de humedad. Y como esto no ocurre, puede afirmarse que por fértil que sea la tierra y bueno el cultivo, si los datos meteorológicos que tomamos por base de este estudio son ciertos, las cosechas de cereales no podrán pasar de regulares ó medianas.

En cambio, considerando estos mismos antecedentes de

(1) Véase el número 1.815.