

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.

ASOCIACIÓN INTERNACIONAL

PARA EL ENSAYO DE MATERIALES ⁽¹⁾

CONGRESO DE COPENHAGUE

Septiembre 1909.

El viernes 8 del actual se reunió el Congreso en la Casa Consistorial de Copenhague. En la Sección A, Metales, su Presidente, Mr. O. Busse, Jefe del Servicio mecánico de los ferrocarriles del Estado danés, saludó muy afectuosamente a todos los miembros e hizo presente lo mucho que lamentaba el disponer tan sólo de tres días para discutir las Memorias presentadas, teniendo en cuenta, además, el gran número de congresistas que habían manifestado su deseo de tomar parte en las discusiones.

Metalografía.

Empezó la sesión con la lectura, por el Profesor E. Heyn, de Gross-Lichterfelde (Berlín), de un extracto de su Memoria sobre «Metalografía», que constituye un estudio del desarrollo de las investigaciones metalográficas desde el Congreso de Bruselas, en el cual se consideran el sistema hierro-carbón, las ligas hierro-manganeso, cobre y otras, y se consigna una bibliografía de las principales publicaciones sobre el particular con sus fechas. El trabajo que el autor ha realizado en unión con el Profesor O. Baner sobre el sistema hierro-carbón se estudia con bastante detalle, comparando los resultados obtenidos y las conclusiones que deducen con las correspondientes de otros investigadores. Hay que recordar que en la reunión que celebró en Mayo último el Instituto del Hierro y del Acero, los Profesores Heyn y Baner presentaron una Memoria sobre la influencia del tratamiento del acero en su solubilidad con relación al ácido sulfúrico y sobre la posibilidad de deducir de aquélla conclusiones respecto de dicho tratamiento. Una de las cuestiones tratada con gran interés en esta Memoria, y sobre la cual también se llama la atención en la leída en Copenhague, es que el paso del acero templado (martensita) al acero recocido (perlita) no se verifica directamente, sino por intermedio de otra forma perfectamente estable y definida, la cual, para honrar

á Osmond, han denominado «Osmondita» los Profesores Heyn y Baner, forma que constituye el límite que separa la trustita de la sorbita.

Con el recocido, la martensita pasa á troostita, la cual, á medida que la temperatura crece, se aproxima á ormandita, cuya forma adquiere por completo á 400° C.; continuando el recocido pasa á sorbita, y por último á perlita. La ormandita se caracteriza por su gran solubilidad en el ácido sulfúrico diluido y por adquirir un matiz oscuro cuando se trata con ácido clorhídrico alcohólico (1 por 100).

También se ocupa en su Memoria el Profesor citado de los descubrimientos de Benedicks, los cuales demuestran que la austenita únicamente existe durante el enfriamiento si la presión es suficiente, razón por la cual se la encuentra en el interior del acero templado y nunca en su superficie; si se lima un trozo de este metal, con lo cual desaparece la presión sobre la nueva superficie, la austenita que antes existía se convierte en martensita.

Un trabajo de Maurer sobre esta cuestión se considera brevemente, y termina el autor diciendo que además de las personas que particularmente han asistido al Instituto Real de Ensayos de Berlín para instruirse en Metalografía, han concurrido á él con el mismo fin, desde 1904, 45 alumnos enviados por los grandes establecimientos industriales, por las Escuelas de Ingenieros y por los laboratorios para ensayos de materiales.

El Dr. Benedicks inició la discusión, insistiendo en su teoría de que la trustita era una solución coloidal de cementita de hierro; esto es, una perlita con partículas independientes y ultramicroscópicas de cementita, y discutiendo varias afirmaciones teóricas en alto grado del Profesor Heyn, respecto de las cuales su opinión era completamente distinta de la de éste, anunciando que en una publicación próxima expondrá sus puntos de vista sobre el particular. Por lo que se refiere á un trabajo sobre aleaciones de estaño y plomo, escrito por Messrs. Rosenhair and Tucker y publicado en los *Anales de Sociedad Real de Londres* (1908), citado por Mr. Heyn, relativo al descubrimiento de una transformación á la temperatura eutéctica, dice Mr. Benedicks que este hecho fué observado hace algunos años por un Profesor de Upsala.

Mr. Heyn contesta á Mr. Benedicks discutiendo sus teorías coloidales, dándole las gracias por haber llamado la atención sobre los descubrimientos hechos en la Universidad de Upsala.

(1) Véase el núm. 1.774.

Mr. Stead declara que necesita por lo menos veinticuatro horas para estudiar en detalle el trabajo de Mr. Heyn, al cual tan sólo puede dedicar quince minutos. Felicita al autor por aquél, que confirma sus investigaciones comenzadas en 1900.

Mr. Rosenhair, después de felicitar al autor, afirma que los estudios metalográficos no se realizan únicamente en Alemania, sino que también se han emprendido en gran escala en otros países, en Inglaterra y Alemania principalmente, hecho que no se cita en la Memoria que se discute: Cree que debían ponerse en relación con el Profesor Heyn los miembros de la Asociación que se dedican á los estudios metalográficos, facilitándole toda clase de datos y noticias para completar la bibliografía. Agradece al Dr. Benedicks sus manifestaciones respecto á que los descubrimientos relativos á las aleaciones de plomo y estaño se hicieron por primera vez en la Universidad de Upsala.

Mr. Le Chatelier manifiesta que ha leído con sumo interés el trabajo del Profesor Heyn, respecto del cual ha de decir que el estudio de los elementos que constituyen el acero tiene una importancia muy considerable, no tan sólo para los hombres de ciencia, sino también para los que dirigen los establecimientos metalúrgicos.

Por lo que se refiere á la metalografía, los descubrimientos de Osmond inauguraron una nueva era, sin que sea preciso continuar por el camino que él emprendió. el cual puede hoy día abandonarse, sin que por esta circunstancia se abandonen los trabajos de aquel sabio, á partir de los cuales la ciencia ha hecho grandes progresos, siendo posible y hasta necesario introducir importantes simplificaciones y abandonar los nombres de algunos constituyentes técnicos. Fué un error aumentar el número de las clasificaciones; debe reducirse y conservar únicamente el espíritu del método de Osmond; hay varios elementos que, aunque tienen nombres distintos, en la práctica apenas se distinguen unos de otros.

Mr. Heyn dió las gracias á todos los oradores por la favorable acogida que habían dispensado á su trabajo, respecto del cual dijo que la variedad de nombres tenía la ventaja de que facilitaba la identificación de los elementos, mientras que era de temer que la simplificación produjera confusiones.

Aceros especiales.

Mr. Leon Guillet leyó un extracto de una Memoria muy interesante sobre «Aceros especiales», en la cual empieza por afirmar que si los aceros se clasificaran con arreglo á su textura, los perlíticos, es decir, aquellos que lo tienen igual á la de los aceros al carbón corriente, serían los únicos que se emplearían en la industria. Los aceros poliédricos (aceros con hierro y con mucho níquel y manganeso) han perdido importancia comercial de día en día, por poseer límites elásticos excesivamente bajos y precios elevados; los últimos se empleaban exclusivamente en casos especiales, cuando se necesitaba una gran resistencia á la oxidación, á la temperatura del vapor recalentado, y un gran coeficiente de dilatación.

Los aceros Hadfield están indicados para aquellos casos en que, tanto los choques como el rozamiento, son las principales acciones que han de sufrir. Exceptuando los aceros para herramientas y para las bolas de los cojinetes, actualmente sólo hay una clase de aceros industriales, aquellos cuya textura es perlítica.

Estos aceros, clasificados por orden de importancia, son: acero níquel, acero níquel-cromo, acero-vanadio, con ó sin níquel y cromo, acero silicio, generalmente llamado acero-silicio manganeso, y por último, acero tungsteno. Con objeto de aumentar la resistencia mecánica de los aceros, los metalúrgicos fabrican productos cada vez más complejos que contienen tres elementos además del acero.

Los aceros obtenidos después de un forjado enérgico poseían cualidades excelentes, pero con el inconveniente de que si sus límites elásticos eran crecidos, se trabajaban con grandes dificultades. Mr. Guillet acompaña sus afirmaciones con la composición y las características físicas de algunas aleaciones de acero que ha experimentado, que confirman la idea de que los aceros perlíticos, especialmente el acero níquel-cromo, deben ocupar un lugar preferente cuya importancia crece de día en día. Declara que no es partidario de las grandes dosis de carbón, entre las cuales la de 0,4 por 100 es la que produce mejores resultados excepto en el acero-silicio, que ha de llegar al 0,6 por 100. Se ocupa brevemente del acero-cobre, del cual dice que es un material tan nuevo que todavía no hay elementos, suficientes para formar juicio sobre él, reservando su estudio para el Congreso próximo. En Inglaterra se han hecho grandes progresos en la fabricación de aceros para herramientas de gran velocidad, cuyo trabajo es seis veces mayor que el correspondiente á los aceros ordinarios.

Esta Memoria no se discutió.

Tratamiento térmico del acero para muelles.

La Memoria de Mr. Lawford H. Fry que lleva este título constituye una relación de los experimentos verificados en la fábrica de locomotoras de Baldwin durante el año 1907 con objeto de conocer los efectos de ciertos tratamientos térmicos sobre el límite elástico transversal y sobre el coeficiente de elasticidad de los resortes que generalmente se emplean en América para las locomotoras. Los puntos estudiados fueron los siguientes: influencia del recocido, efectos comparativos del temple en agua y en aceite, acción del recocido del acero templado; los ensayos se hicieron con un acero básico para muelles procedente de la Compañía Carnegie, cuya composición química era:

Carbón	1,10	por 100.
Manganeso.....	0,32	»
Fósforo.....	0,032	»
Azufre... ..	0,032	»
Silicio.....	0,13	»

De cada barra de este acero se preparan diez probetas de 25,4 milímetros de diámetro y 355,6 de longitud, las cuales se templaban siempre á la misma temperatura, porque la experiencia demostró que existía una perfectamente definida para cada acero, con lo cual se obtenían los mejores resultados. El acero se puede templar calentándole y enfriándole á cualquier temperatura igual ó inferior á la del punto crítico, pero cuanto mayor es aquélla más grueso es el grano del acero y posee mayor fragilidad. Por lo tanto, se templará el acero á la temperatura crítica, más bien por exceso que por defecto, y en un grado que depende de la forma de la pieza y del procedimiento seguido para el temple; dicha temperatura no se variará, obteniéndose modificaciones en la dureza del acero con la temperatura del recocido subsiguiente al temple ó con la conductibilidad térmica del baño.

Con ayuda de un imán se ha observado que el punto crítico ó de recalcencia del acero experimentado se presenta á unos 740° C.; una experiencia preliminar hecha con este metal demostró que para recocerle se debía calentar hasta 22 ó 28° C. sobre la temperatura crítica, y para el temple hasta 280,55 C. sobre esta misma; la temperatura exacta depende de las dimensiones de las piezas y del poder refrigerante del baño.

En los ensayos hechos por Mr. Lawford se adoptaron las temperaturas siguientes:

Para el recocido, 760° C.

Para el temple en aceite, 790° C.

Para el temple en agua, 775° C.

La temperatura á que se hacía el temple y la forma del enfriamiento eran los únicos elementos variables. Las probetas se calentaban en un baño de plomo convenientemente dispuesto para asegurar y comprobar su temperatura. Las probetas que habían de ser recocidas se sumergían en este baño, se elevaba su temperatura á 760° C., que se conservaba durante dos horas, al cabo de las cuales se le dejaba enfriar, naturalmente, con las probetas dentro, en lo cual se tardaba unas catorce horas. El temple se hacía en aceite á 27° C. ó en agua natural corriente á 16° C.; durante el enfriamiento las probetas estaban en continuo movimiento, hasta que adquirían la temperatura del baño.

Para recocer hasta 315° C. después del temple, se colocaban las probetas en un baño de aceite con mecheros de gas, y para temperaturas inferiores en uno de plomo; el enfriamiento se hacía naturalmente al aire.

Las probetas se rompieron por flexión con cargas en el centro y con apoyos á 305 milímetros de distancia; los resultados se consignaron en tablas y se dibujaron los diagramas correspondientes.

Las conclusiones á que llega Mr. Lawford son las siguientes:

El acero ensayado, recocido en la forma antes descrita, tiene un límite elástico de 55,2 kilogramos por mm², próximamente la mitad del que adquiere cuando se le da el temple del acero para muelles, y la tercera parte del templado en agua y recocido después á 400° C.

El límite elástico máximo que puede alcanzar el acero ensayado con el temple en aceite á 790° C. es 132 kilogramos por mm², siempre que después de frío no se le vuelva á calentar; en caso contrario, dicho límite disminuye á medida que aumenta la temperatura de esta última operación, en la forma siguiente:

Temperaturas del recocido siguiente al temple.	Límite elástico. Kg. mm ² .
205° C.....	125
260° C.....	113
295° C.....	96,8

Cuando el acero se temple á 775° C. en agua y no se vuelve á recocer resulta quebradizo con una carga de rotura igual al límite elástico, 149,2 kilogramos por mm² y con una flecha de 4,35 mm. en el momento de la rotura.

La expresión «carga de rotura» tiene un sentido convencional, representa en kilogramos por mm² el esfuerzo máximo aparente, tensión ó compresión, en el punto de rotura de una pieza apoyada por sus extremos y cargada en el punto medio; dicho esfuerzo se calcula con auxilio de la teoría de las vigas rectas, cuyas tres hipótesis principales son

falsas desde que se pasa del límite de electricidad. Recalentando la pieza templada hasta 260° C., el límite elástico es 154 kilogramos por mm², igual á la carga de rotura; es decir, que la relación entre los esfuerzos y las deformaciones es constante hasta que ésta se produce; la flecha final es 4,45 mm.

Si el recalentamiento llega hasta 400° C., se obtiene el límite elástico máximo, 169,5 kilogramos por mm², y una carga de rotura de 273,6 kilogramos por mm², con 18,95 milímetros de flecha, y si aquella temperatura sube hasta 485° C., el límite elástico baja un poco, no rompiéndose la probeta con 28 mm. de flecha, y si llega á 565° C., dicho límite desciende á 127,2 kilogramos por mm² y la probeta tampoco se rompe con 28 mm. de flecha.

Los resultados de los ensayos han demostrado que el coeficiente de elasticidad puede considerarse constante prácticamente é independiente, en apariencia por lo menos, del tratamiento térmico. Su evaluación exacta es una operación muy delicada por la precisión con que hay que medir tanto las cargas como las flechas cuyas diferencias son muy pequeñas. En las medidas de las flechas se cometen, por lo general, errores por exceso que reducen los valores de aquel coeficiente, circunstancia debida á que los apoyos de las probetas se comprimen por efecto de las cargas, y á la cual se agrega la calidad del metal, dulce en los ensayos citados. Los valores obtenidos para dicho coeficiente varían desde 20.400 á 21.120, y en ellas ejerce una influencia sumamente pequeña el tratamiento térmico del acero.

Y, por último, un acero con 1 por 100 de carbón, templado en agua á una temperatura superior á la de un punto crítico, resulta demasiado duro y quebradizo para emplearse en herramientas y resortes, cualidades sobre las que ejerce influencia el tratamiento seguido, en la forma que han demostrado los ensayos.

Calificación de los aceros por las chispas.

Un extracto de la Memoria que lleva este título fué leído por su autor, Mr. Max Bermann (Budapest), el cual hizo también algunos experimentos con una rueda de esmeril movida con un motor eléctrico.

Afirma Mr. Bermann que el tamaño de las partículas incandescentes que se producen cuando la rueda de esmeril ataca un metal depende de las dimensiones de los granos de aquella, de su velocidad, de la naturaleza del metal y de la presión entre una y otro. En la temperatura inicial de las chispas influyen principalmente la energía y la velocidad que puede desarrollar la rueda y algo también la calidad del metal, pero siempre es mucho mayor la de aquella que la de ésta. Estudia las chispas procedentes del acero carbón, del acero para herramientas con una dosis grande de manganeso y de otros aceros, explicando á continuación la manera de hacer los ensayos prácticos para clasificar los hierros en función de la cantidad de carbono y de otros metales que contienen. Las barras de hierro que existen en los almacenes se pueden ensayar con la rueda de esmeril sin preparación previa alguna, dando á conocer la forma y aspecto de las chispas la calidad del metal; el acero-carbón (acero Martin-Siemens) se caracteriza por rayos luminosos que parten de las chispas, en número creciente con la dosis de carbono. El ensayo por las chispas es tan sensible, según el autor, que con toda claridad permite apreciar diferencias de 0,01 por 100 en la dosis de carbono; podría dar excelentes

resultados en la fabricación del acero Martin-Siemens, tanto para comprobar la marcha del trabajo como para reconocer los productos obtenidos; constituye un guía excelente en la preparación de las herramientas, en la inspección de los alambres para resortes y en las forjas para distinguir el hierro bueno del que ofrece dificultades para la soldadura.

Los experimentos fueron objeto de gran atención, siendo muy felicitado Mr. Bermann por el Presidente.—Ω.

(Se continuará.)

LAS GRANDES CENTRALES DE VAPOR

DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LAS CONDICIONES GENERALES DE SU ESTABLECIMIENTO

(Notas de M. G. Chevrier. — Bulletin de la Société des Ingenieurs civils de France.)

(Conclusión.)

Economizadores y recalentadores; canalizaciones de vapor.

Los dos grandes auxiliares, inseparables de una producción y de una utilización económica del vapor, son el recalentador previo del agua de alimentación, designado por el término demasiado general de economizador, y el recalentador de vapor.

Independientemente de la naturaleza de estos aparatos y de los detalles de su ejecución, la primera cuestión de orden general que se ofrece en su aplicación es ésta: ¿deben ser colectivos ó individuales? El primer caso es el del aparato independiente, distinto de los generadores y que sirve un número más ó menos grande de éstos; el segundo es el del aparato atribuido á un solo generador y haciendo cuerpo con él.

Por lo que concierne al economizador, la solución racional está al parecer claramente indicada: el aparato individual. Dicha solución presenta, en efecto, una ventaja económica evidente, por consecuencia de las dos razones siguientes:

1.º La de que pudiendo ser colocado á la salida de los gases, antes de que éstos sean enfriados parcialmente al pasar por los tragantes (por su expansión y por las pérdidas directas) podrá utilizar una temperatura más elevada, obteniéndose así las mejores condiciones de rendimiento.

2.º La de que pudiendo el agua al salir del economizador entrar directamente en el generador, no sufría la pérdida de calorías inherentes á un largo recorrido en un colector general.

Por el contrario, estas mismas razones tienden á dar ventajas al recalentador—ó grupo de recalentadores—, colectivo, colocado entre la batería de generadores y el grupo de motores servidos por ella lo más cerca posible de estos últimos, á fin de evitar la pérdida de calor ocasionada por el gran exceso de temperatura del vapor recalentado sobre el medio ambiente.

Además, la independencia del recalentador, que posee su foco propio, permite obrar con seguridad sobre el grado de recalentamiento, condición mucho más difícilmente realizable con la solución del recalentador intercalado en el generador y sometido por este hecho á todas las variaciones de una marcha más ó menos intensiva, según el estado de carga.

No obstante estas dos razones, se ve que en la mayoría de las instalaciones recientes se da la preferencia á la agrupación generador recalentador economizador, hallándose las tres series de tubos en el recorrido de la misma corriente gaseosa. Debe haber alguna razón para esta preferencia, pero no se acaba de ver claramente.

Canalización de vapor.

El esquema general de la distribución de vapor ha sido definido más arriba en sus grandes líneas; esto es, un colector en forma de V que enlace las dos líneas de generadores que están enfrente en la misma calle, más un segundo colector transversal que enlace todas las baterías y que se mantenga cerrado en servicio normal, salvo en el caso de un accidente en uno de los grupos electrógenos. Una cuestión que tiene su importancia, siquiera sea de un orden menos general, es la referente al sistema de montaje de estos colectores, desde el punto de vista de los apoyos, compensadores de dilatación, etc.

Para estos últimos, la solución generalmente admitida hoy es la del órgano mecánico—compensador de deslizamiento ú otros—con exclusión definitiva de los grandes bucles, cuya práctica ha demostrado la falta de seguridad.

En materia de apoyos, los dos principios extremos consisten: en fijar el tubo lo más libre posible, suspendiéndole por collares con tirantes verticales, ó, por el interior, en fijarle rápidamente por diversos puntos á la armadura metálica del edificio, de modo que no se deje más que el juego normal exigido por las dilataciones, asegurando este juego por compensadores convenientemente repartidos.

El primer principio debe por completo rechazarse. Un exceso de libertad resulta una licencia, y este es el caso. No solamente la tubería suspendida de este modo se encuentra sometida á los movimientos pendulares inevitables con las máquinas de émbolo y de los que ciertos tipos de turbomotores (del género Parsons) pueden no estar exentos—, lo que conduce rápidamente á la rotura de los tubos de toma de vapor en su encuentro con el tubular fijo de cada generador—, sino que la facilidad que se da de este modo á las deformaciones del conjunto es de tal manera excesiva que constituye un peligro permanente, haciendo que ciertas partes tengan que soportar esfuerzos imprevistos.

El segundo sistema, exento de este defecto de estabilidad y susceptible de dar satisfacción completa al problema si ha sido cuidadosamente estudiado en todos sus detalles, no se aplica sino en muy pequeña escala.

Finalmente, un sistema intermedio que consiste en dejar que la tubería transmita todo su peso á apoyos separados, perfectamente rígidos, por intervención de superficies deslizantes ó rodantes, las cuales permitan el libre juego de las dilataciones, asegurando por otra parte el peso de la tubería la estabilidad perdida para destruir toda tendencia ó un movimiento pendular, es la solución al parecer mejor y más general.

Servicio electro-mecánico y eléctrico.—Alternadores y cuadros de distribución.

Excitación de los alternadores.—Es la única cuestión, con relación á los grupos electrógenos, de que vamos á tratar aquí. Todo lo que se refiere al establecimiento de los turboalternadores es, en efecto, de la competencia del construc-