Forjadores de una nueva ciencia:

Edgar C. Bain

EDGAR C. BAIN

Siendo el objetivo de este artículo, un recuento de las contribuciones de Bain a la metalurgia, en lugar de un relato de la historia de su vida, existen sin embargo algunos rasgos biográficos relevantes que han tenido una influencia directa sobre su trabajo científico y que son de utilidad darlos a conocer al lector.

Edgar Bain inició su carrera como químico. Después de su graduación como Ing. Químico en la Universidad estatal de Ohio, comenzó a ejercer su profesión al Servicio del Gobierno, primero con el U.S. Geological Survey y finalmente con el U.S. Bureau of Standards. Luego retornó a la Universidad Estatal de Ohio para proseguir estudios de graduados, siguiendo un breve período de intensos estudios en la Universidad de Columbia con el profesor William Campbell. Su creciente interés por la Metalurgia lo llevó a ejercer el cargo de instructor en Metalografía y Pirometría en la universidad de Wisconsin.

A la edad de 27 años, una vez finalizada la guerra, reanudó sus investigaciones metalúrgicas en la General Electric. En esta compañía junto con Zay Jeffries y Albert Hull se inició en el campo de la difracción de Rayos X y del análisis cristalográfico de los metales. Esta nueva dirección en sus trabajos lo llevó al campo de la Física.

RAUL RAMIREZ SALAS

Ingeniero de Ejecución en Metalurgia
Profesor jornada completa
Departamento de Metalurgia

En 1923 se incorporó como investigador metalurgista a la Atlas Steel Corporation en donde comienza su larga y fructífera asociación con Marcus Grossmann. Entre los años 1928-1930 Bain formó parte de varios grupos de investigación en diferentes compañías y Laboratorios teniendo la oportunidad de conocer y trabajar con profesionales como J.R. Vilella, E. S. Davenport.

En 1935 Bain fue llamado a la U.S. Steel para ocupar el puesto de Assistent del Vice-presidente, marcando esto el fin de su carrera como investigador de laboratorio. A 15 años de su primera publicación, su reputación era conocida en todo el mundo y había recibido honores y premios que continuaron por muchos años más.

Aún después que él dejó el Laboratorio continuó haciendo contribuciones tanto a la tecnología como a los mandos directivos.

Bain poseía una cualidad no muy común, la de una feliz combinación de "pensador" y "realizador".

Sus conocimientos de química y Física lo ayudaron en la planificación de muchas investiga-

ciones y se podría decir que fue el primero de los "modernos" metalurgistas interdisciplinarios.

Esto lo posibilitó para interpretar los resultados de sus estudios de tal forma que ellos son completamente consistentes con las ideas que existen en la actualidad.

De un modo más específico, Bain reconoció la necesidad del control cuidadoso de todas las variables experimentales y de la necesidad de cambiar una variable a la vez. Fue experto en la formulación de hipótesis y en sugerir explicaciones que luego los llevaba a un ensayo de experimento crítico. También prefería estudiar sistemas amplios en lugar de casos individuales, siendo un buen ejemplo sus trabajos sobre el efecto de los elementos aleantes en las propiedades de los aceros.

El vió más claro que muchos, la necesidad de tomar el tiempo como variable significativa, lo que lo llevó eventualmente a la realización de su trabajo de mayor importancia "El estudio de la velocidad de descomposición isotérmica de la austenita"

Como experimentalista fue ingenioso para obtener resultados significativos con equipos muy simples como por ejemplo el uso del dilatómetro de temple en los estudios de la descomposición de la austenita.

No tenía miedo a las discusiones y fue firme en la defensa de sus puntos de vista, sin tener inconvenientes en cambiar pensamientos tradicionales si poseía buenas razones para hacerlo

Estructura de un acero con 30% de Ni mostrando Placas de Martensita.

y se le podría llamar "el campeón de la Metalurgia no tradicional"

Para ilustrar algunas de sus contribuciones se ha optado por agruparlas en campos amplios en lugar de discutirlas en orden cronológico.

Contribución al estudio de Rayos X

Sus primeras publicaciones se refieren al entonces, nuevo campo del análisis cristalino de los metales con rayor X. Para apreciar la importancia de sus trabajos, hay que recordar que en los años 1920 existía una gran ignorancia y confusión en lo referente a la naturaleza de las soluciones sólidas.

Había una tendencia a considerar que toda la materia estaba constituida de moléculas en lugar de átomos. Existía también mucha discusión respecto a la pregunta ¿Qué es un acero?

En esta publicación (1921) presentó la primera evidencia experimental que las soluciones sólidas eran esencialmente un simple reemplazo de átomos de solvente por átomos de soluto. También obtuvo las primeras indicaciones de la reacción orden-desorden y de las super-redes aunque su significación solo tuvo real importancia mucho después.

Una investigación en la cual los datos obtenidos por rayos X jugaron un rol importante, fue sobre las causas del endurecimiento al rojo en los aceros de herramientas. El objetivo específico fue determinar la causa del incremento de dureza en los aceros que contienen alrededor de 20% de W cuando son revenidos en el rango de 540 600°C. A pesar que este efecto era usado en forma empírica para producir aceros rápidos, su naturaleza no era entendida. Bain y Jeffries usando datos de rayos X para determinar la forma alotrópica del acero y su contenido de carbono alcanzó las siguientes conclusiones:

"La causa de la dureza al rojo de los aceros rápidos puede ser establecida como sigue: los cambios que producen el ablandamiento de la martensita en los aceros al carbono son el crecimiento de los granos de ferrita y el crecimiento de las partículas de carburos por encima de un tamaño crítico. Cambios similares se producen en los aceros rápidos sólo a la temperatura correspondiente al color rojo.

Las razones sobresalientes para la retención; a esta temperatura, de granos finos de ferrita en los aceros rápidos, son el aumento de la resistencia al crecimiento debido a los elementos en dispersión atómica dentro de la ferrita y a la gran presencia obtructiva de las partículas de carburos. Las razones para la retención de las partículas de carburos de tamaño crítico eran la gran estabilidad de los carburos de Fe y W, y el gran tamaño de los átomos de W. El carburo doble es un componente intermetálico que se forma en la cristalización.

La formación de una partícula de este carburo, por lo tanto, requiere un número de áto-

mos de W que deben ser suministrados por difusión a través de la red de la ferrita. La precipitación y crecimiento del carburo doble en los aceros rápidos templados a la temperatura del rojo, es así de algún modo, comparable a la precipitación y crecimiento de la cementita, en los aceros al carbono templados, por debajo de 300°C."

Las ideas presentadas aquí, con ligeras modificaciones, son todavía las usadas para explicar este fenómeno.

En 1930, Bain y Aborn hicieron una gran contribución al conocimiento de los aceros inoxidables Cr Ni, principalmente en lo que se refiere a la corrosión intergranular. Demostraron que dicha corrosión se debía a la precipitación, en los bordes de los granos, de carburos ricos en Cr, produciéndose un empobrecimiento local de dicho elemento en estas regiones, lo que hacía a estos bordes de granos más susceptibles al ataque corrosivo. Además indicaron algunos posibles medios por los cuales se podía prevenir o remediar este efecto:

Uno de ellos fue tener aceros con bajos contenidos en Carbono. Otro fue precipitar los carburos a una temperatura tal que la difusión del cromo fuera lo suficientemente rápida para restaurar las áreas empobrecidas y un tercer medio fue formar un carburo estable con algún otro elemento diferente del Cr, sugeriendo que este elemento podría ser el Titanio con lo que se lograba la estabilización del acero.

La transformación de la Austenita

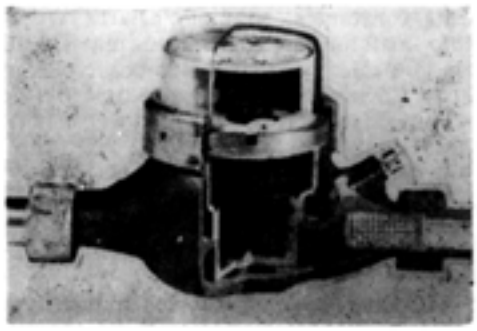
Una de las mayores controversias de la década del 20 se centraba en la región de los "aceros' 'del diagrama Fe-C y las reacciones en el acero durante su enfriamiento. Hoy día mirando hacia atrás, está claro que ninguna persona entendía con certeza qué era lo que verdaderamente sucedía cuando un acero se enfriaba desde el rango de temperatura austenística a temperaturas algo más bajas. Bain, por supuesto, estuvo envuelto en estos debates, al principio en forma indirecta y más tarde directamente contribuyendo grandemente a la solución correcta de este problema general.

Por ejemplo, él investigó la estructura de la austenita y la forma de la celdilla unitaria de la martensita. También mostró que la cantidad de austenita retenida en el acero, aumentaba a medida que la severidad del temple disminuía.

Este trabajo se realizó en un acero al Ni (20%) que contenía diferentes cantidades de carbono. La cantidad de austenita retenida fue determinada mediante mediciones magnéticas y espectroscópicas con rayos X. Se comprobó que una muestra templada en aceite presentaba una mayor cantidad de austenita retenida que una muestra templada en agua. Bain no pretendió un entendimiento completo del fenómeno pero aportó ciertos pensamientos acerca de él.

Bain reconoció que la martensita era una so-

Compañía Chilena de Medidores S. A.



FABRICA DE MEDIDORES DE AGUA DE ½" * ¾" * 1" y 1½"
Representantes de
COMPTEURS
SCHLUMBERGER,
Francia, para:
- Medidores Woltmann
- Rieles de Protección
- Medidores Eléctricos
- Sistemas de Telecontrol

GENERAL FREIRE 725 FONO 588362
SANTIAGO

Motores Eléctricos
Concepción

ANTONIO CORREA AEDO
É HIJOS

Motores y Dinamos

VICENTE ACUÑA 544 — FONO 21138
CONCEPCION

FABRICA DE ROPA DE TRABAJO
Y VESTUARIO EN GENERAL
Scarpa Abu-Gosch
y Cía. Ltda.
TIENDA "LA RIOJA"
Fono 23253
TIENDA "LA REBAJA"
Fono 24915
21 DE MAYO 1465 — FONO 24517
CASILLA 105-D — CABLES SCABU
Punta Arenas

lución sólida y no necesariamente una fase intermedia en la secuencia de transformación como era la creencia general de la época.

Con la aparición del ahora considerado "paper clásico" de Bain y Davenport sobre la transformación de la austenita a temperaturas subcríticas constantes, se pudo aclarar el pensamiento metalúrgico sobre esta materia. Utilizando la técnica que había sido desarrollada por Bain y Waving, de colocar una muestra delgada en un dilatómetro y siguiendo el cambio en longitud cuando el conjunto era templado desde alta temperatura en un baño de plomo mantenido a temperatura constante, midieron el tiempo requerido para la transformación de la Austenita sobre un amplio rango de temperaturas.

A partir de este trabajo, los autores propusieron la adición de un factor tiempo al diagrama Fe-C. El resultado de esto fueron los famosos diagramas que primeramente recibieron el nombre de curvas de la S y que hoy día conocemos como los diagramas Tiempo Temperatura Transformación.

Con estos datos a la mano fue posible, entre otras cosas, sugerir un conjunto de nuevos nombres para los productos de la descomposición de la austenita y de la Martensita ya que los antiguos nombres eran muy confusos debido a la similitud microscópica. Por ejemplo, se cambió el nombre de Troostita por Bainita, esto fue realizado en el año 1934, pero los nombres Troostita y Sorbita tomaron varios años en caer en desuso y muchas de las autoridades de la época se resistieron fuertemente al cambio.

Tamaño de grano Austenítico

En uno de sus primeros trabajos, Bain puntualizó que: a menor tamaño de grano, más rápida es la transformación a perlita fina. Por lo tanto el tamaño de grano efectivo parece ser el factor más importante que influye sobre la templabilidad del acero. Esto llevó al mejoramiento de los medios para revelar el tamaño del grano austenítico y a su medición con mayor facilidad y exactitud. Un buen resumen de este trabajo fue publicado en 1938 en el "Journal of the Iron an Steel Institute."

En la época en que dejó el laboratorio, Bain disponía de una gran cantidad de información sobre los efectos de los elementos aleantes en los aceros, en el equilibrio y en las velocidades de transformación. El estaba, por lo tanto, en condiciones de organizar y generalizar mucha de esta información para dar un cuadro claro, conciso, y sorprendentemente exacto del rol de los elementos aleantes en el acero.

Esto lo realizó en cinco clases dictadas en la reunión de la ASM en Chicago en 1939. Luego fue publicado en forma de libro con el título Function of Alloying Elements in Steel, y en el año 1961, apareció una edición revisada siendo todavía un trabajo estandar en este campo.

Bain continuó contribuyendo a la literatura metalúrgica a través de una serie de clases, charlas y artículos en revistas, siendo su paper sobre la estructura y templabilidad del acero, en 1963 un ejemplo de esto último.

Edgar Collins Bain murió el 27 de Noviembre de 1971 a la edad de 80 años.

Nota.- Extractado y adaptado del artículo "Historical Account of the Contributions of E.C. BAIN", Publicado en la Revista Metallurgical Transactions de Mayo 1972 pág. 1035.

EMPRESA CONSTRUCTORA ELECTRICA

Jaime de la Sotta L.

Estudios Proyectos — Líneas y Redes en Alta y Baja Tensión — Montaje de Transformadores — Iluminación Urbanística — Instalaciones Interiores.
VILLASANA 1 7 9 0
(Mapocho altura 3800)
FONO: 734255 — CASILLA 12072
SANTIAGO

OPTICA Benöhr

30 AÑOS
AL SERVICIO DE
SUS OJOS

O'HIGGINS 539 / TEL. 25295 / CAS. 2222
CONCEPCION

GEOCONSULT

GEOLOGOS CONSULTORES LTDA.

— Inventario de Recursos Naturales
— Prospección y Evaluación Minera
Prospección y Evaluación de Aguas Subterráneas
— Prospección y Evaluación de Fuentes Termales
— Estudios Geotécnicos para Obras Civiles
— Catastros Mineros.—
SAN ANTONIO 510 — OF 508
FONO 395977 — SANTIAGO