

## La espectrofotometría y su utilización para resolver problemas profesionales del Ingeniero Metalúrgico\*

**Edidiong Emma Uboho**

Carrera: Ingeniería Metalúrgica.

Instituto Superior Minero Metalúrgico (Cuba).

**Resumen:** El trabajo aborda el estado del arte de las técnicas de análisis espectral, en particular la Espectrofotometría de Absorción Atómica y de Emisión y profundiza en los principios físicos en los cuales se basa esta técnica. Analiza la utilización de la misma en diversos campos de la ciencia y la técnica, en particular su función para resolver problemas profesionales en el campo de la metalurgia. Se realiza un inventario de la utilización de las técnicas de análisis espectral en el Instituto Superior Minero Metalúrgico y se propone un sistema de prácticas de laboratorio que pueden ser realizadas en coordinación con otras empresas del territorio.

**Palabras clave:** Espectrofotometría; Ingeniería metalúrgica; prácticas de laboratorio.

## **Spectrophotometer and its utilization for the resolution of professional issues encountered by metallurgical engineers**

**Abstract:** The state of the art of the techniques of spectral analysis discusses the work, in particular Absorción Atómica's and Emisión's Espectrofotometría, digging into the physical beginnings which he has a base in this technique. Discuss the utilization of the same at various fields of science and the technique, in particular his job to resolve a metallurgic engineer's professional problems of one's own. Finally accomplishes an inventory of the utilization itself of the anvil is techniques at the Institute Superior Minero Metalúrgico's surroundings and it intends a system of practices of laboratory with labor component that they can be accomplished with the visitor to Empresas's laboratories of the territory.

**Key words:** Spectrophotometer; metallurgical engineering; practices of laboratory.

### **Introducción**

La mayoría de nuestros conocimientos acerca de los átomos, las moléculas y los núcleos proviene del estudio de la radiación emitida o absorbida por ellos. En la ingeniería, se trabaja con el fin de obtener ciertos productos de determinadas composiciones químicas, y una vez obtenidos, se necesita saber si sus composiciones son las deseadas.

En metalurgia, se trata de obtener metales puros, aleaciones de metales o compuestos de metales partiendo de la mena de un metal. Una vez extraída la mena, esta pasa por una preparación mecánica y aprovechando ciertas propiedades del metal, se combinan diferentes procesos químicos para eliminar otros elementos no deseados y entonces obtener cada vez más, concentrando el metal.

Los productos de cada etapa tienen sus composiciones esperadas y es necesario comprobarlas cuando salen los productos con el fin de determinar si el proceso transitó adecuadamente.

Para hacer tal análisis, en la metalurgia se utilizan varias técnicas, entre ellas la más

utilizada es la espectrofotometría. La espectrofotometría se basa en el estudio del espectro de la radiación emitida o absorbida por una sustancia para determinar los elementos que la componen y sus respectivas concentraciones.

El objetivo de este trabajo es profundizar en el principio físico en el cual se basa la Espectrofotometría de Absorción Atómica y de Emisión, así como su utilización en diversos campos de la ciencia y la técnica, en particular su empleo para resolver problemas profesionales propios de un ingeniero metalúrgico. Se realiza un inventario de la utilización de estas técnicas en el Instituto Superior Minero Metalúrgico y se propone un sistema de prácticas de laboratorio con componente laboral que pueden ser realizadas con la visita en coordinación con laboratorios de empresas del territorio.

### **Espectrofotometría**

Principio Físico. La espectrofotometría se basa en la teoría de Bohr, la cual postula que en el átomo, los electrones se desplazan en órbitas fijas. Un cambio de órbita de un electrón corresponde a la absorción o emisión de un cuanto de energía  $hf$ .

$$\Delta E = hf = h \frac{c}{\lambda}$$

La absorción ocurre durante la excitación de los electrones y la emisión cuando estos regresan a un estado estable.

Las transiciones originan la aparición de líneas espectrales, estas líneas forman los espectros atómicos. Cada elemento químico tiene su espectro característico. En dependencia del tipo de transición que se halla producido pueden clasificarse en espectros de emisión o de absorción (Jiménez, 2005).

### **Espectro de emisión**

Si un elemento en estado gaseoso se calienta hasta que se hace incandescente, emite solamente radiaciones de un número limitado de longitudes de onda. El grupo de longitudes de ondas emitidas es el mismo para un mismo elemento y se denomina el espectro de emisión del elemento. El espectro de emisión de un elemento difiere del de otro.

Para observar el espectro de emisión de un elemento, se introduce al mismo en estado gaseoso en un tubo de descarga de baja presión y alto voltaje entre el ánodo y el cátodo. La luz emitida se hace pasar por una rendija, después por un prisma y se obtiene el espectro. Cada línea corresponde a una longitud de onda y su grosor

depende de la cantidad relativa del elemento en la muestra. La separación entre las líneas es evidencia de la existencia de los niveles de energía de los átomos.

### Espectroscopia de Absorción Atómica

La espectroscopia de absorción atómica es una técnica de análisis instrumental, capaz de detectar y determinar cuantitativamente la mayoría de los elementos comprendidos en el sistema periódico (Dehahay, 1970).

Esta técnica se basa en el hecho de que elementos gaseosos absorben las mismas radiaciones que son capaces de emitir. Si se hace pasar luz blanca a través del vapor de un elemento, el vapor absorbe las radiaciones que es capaz de emitir y entonces el espectro obtenido carece de las líneas de longitudes de onda absorbidas. El mejor monocromador que se utiliza para realizar medidas de la absorción es una fuente luminosa fabricada interiormente del elemento que se precise medir la absorción. Se pueden identificar a simple vista los elementos que componen un vapor por las radiaciones que caen en el espectro visible.

El equipo de la espectroscopia de absorción atómica se llama espectrofotómetro de absorción atómica. La figura 1 muestra el espectrofotómetro diseñado por Alan Walsh que utilizó el mismo principio y componentes que un equipo moderno. Los componentes son: obturador o chopper, lámpara de cátodo hueco, llama con su atomizador, sistema electrónico y registrador gráfico.

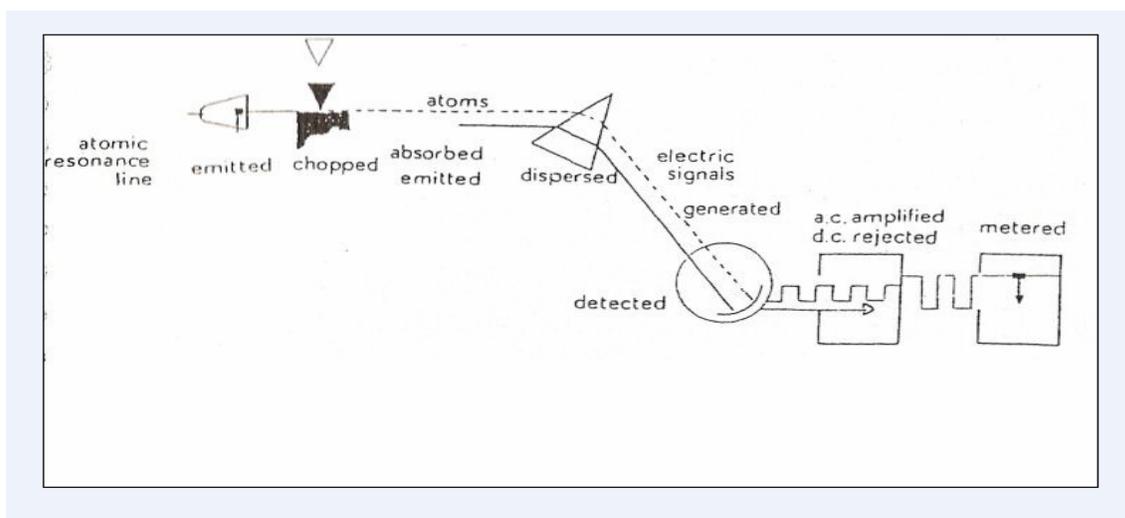


Figura 1. Espectrofotómetro de absorción atómica.

## Aplicaciones

La Espectroscopia de Absorción Atómica resulta útil en diversos campos para el análisis de muestras que se encuentren en disolución o que mediante un método u otro puedan llegar a disolverse.

De gran importancia resulta la aplicación de esta técnica en estudios medioambientales, en la determinación de sustancias contaminantes a nivel de trazas, en particular de metales pesados. Se aplica esta técnica a los campos de análisis de agua, industria farmacéutica, bioquímica y toxicología, metalurgia, edafología, industria alimentaria, piensos animales, fertilizantes, productos petrolíferos, plásticos y fibras sintéticas, rocas y suelos, minería, vidrios y productos cerámicos, cementos etc. (Cobas, 2004).

En la metalurgia, se utiliza para analizar muestras de aleaciones, siempre y cuando se puedan poner en disolución y el tiempo para hacerlo no sea excesivamente largo

Aleaciones base Cobre: Por lo general, se disuelve la muestra mediante un ataque de ácidos nítricos, tartárico y fluorhídrico. La disolución obtenida se afora a un volumen determinado. Se efectúan lecturas para los elementos hierro, manganeso, estaño, plomo, cinc, aluminio, níquel, y hasta se puede analizar la concentración de cobre, aunque con poca precisión. Los rangos de concentración donde es aplicable esta tecnología oscilan generalmente entre el 0,005% y el 50%.

Aleaciones base Cinc: La muestra se disuelve mediante un ataque con ácido clorhídrico, y en muchos casos se complementa con una oxidación mediante agua oxigenada. La disolución obtenida se afora a un volumen determinado y se efectúan lecturas para los elementos hierro, plomo, cadmio, cobre, estaño, magnesio, aluminio, manganeso, cobalto y níquel en rangos de concentración comprendidas entre el 0,0005% y el 10% en algunas aleaciones.

Aleaciones base Aluminio: La muestra generalmente se disuelve mediante el ataque con ácido clorhídrico y agua oxigenada. La disolución obtenida se afora a un volumen determinado y se logra realizando distintas diluciones de los elementos magnesio, cinc, hierro, cobre, manganeso, plomo, cromo y níquel. Los rangos de concentración óptimos en esta técnica están comprendidos entre el 0,001% y el 15%.

Aleaciones base Plomo: La muestra se disuelve mediante el ataque con una mezcla de ácidos compuesta por ácido nítrico, fluorhídrico, y tartárico. La disolución obtenida se afora a un volumen determinado y se realizan las diluciones según la probable concentración del elemento a determinar. Se obtienen buenos resultados para bismuto, hierro, cobre, antimonio, cinc, cadmio, manganeso, níquel, cobalto, plomo, estaño y plata, mientras las concentraciones oscilan entre el 0,002% y el 50% para algunos elementos.

Aleaciones base Hierro: Las muestras de los diferentes aceros y fundiciones se disuelven generalmente mediante el ataque con cualquiera de los ácidos nítricos, clorhídrico y perclórico. La disolución obtenida se afora a un volumen determinado y se realizan las diluciones necesarias para poder valorar cuantitativamente los elementos manganeso, cromo, níquel, molibdeno, vanadio, cobalto, cobre, aluminio, titanio, plomo, magnesio, cinc, silicio y wolframio. Los rangos de concentración varían en función del elemento entre 0,005% y 22%.

Aleaciones base Estaño: La muestra se disuelve mediante el ataque con una mezcla de ácidos compuesta por ácido nítrico, clorhídrico, y tartárico. La disolución obtenida se afora a un volumen determinado y se realizan las diluciones determinadas según la probable concentración del elemento a determinar. Se obtienen buenos resultados para bismuto, hierro, cobre, antimonio, cinc, cadmio, manganeso, níquel, cobalto, plomo, estaño y plata.

### **Propuesta de sistema de prácticas de laboratorio con componente laboral para estudiantes de la carrera de Metalurgia en el Instituto Superior Minero Metalúrgico**

Teniendo en cuenta que la modernización de los laboratorios de Física en el país permite la ejecución de prácticas de laboratorio simuladas con el uso de la computadora, la realización de prácticas reales a escala de laboratorio, así como la existencia en el territorio de laboratorios con fines investigativos vinculados a la producción en los cuales se utilizan técnicas de análisis espectral para la determinación de la composición química de las muestras, proponemos realizar un sistema de prácticas que permitan el desarrollo de habilidades con el uso de las diferentes herramientas de la computación, habilidades prácticas en la medición de magnitudes a escala de laboratorio y familiarizarse con la utilización de la espectrofotometría en una

empresa niquelífera del territorio.

1. Estudio de la Red de difracción (utilizando el CD "Laboratorios Virtuales de Física")

Mediante la realización individual de esta práctica el estudiante profundiza en el marco teórico referido a la difracción de la luz y su utilización mediante una red de difracción para calcular diferentes magnitudes entre ellas la longitud de onda de las diferentes líneas espectrales. Para el cálculo de las magnitudes se utiliza el programa de Microsoft Office, Excel.

2. Estudio del espectro del mercurio mediante una red de difracción (utilizando un goniómetro en el laboratorio docente)

Esta práctica se realiza por equipos de estudiantes. Mediante la misma se estudia el espectro característico del mercurio utilizando una red de difracción, se determina la posición angular de las diferentes líneas espectrales con la ayuda de un goniómetro y finalmente se calculan diferentes magnitudes entre ellas la longitud de onda de las líneas observadas. Se realizan los cálculos utilizando preferentemente el programa Excel.

3. Determinación de la composición química de una muestra de acero (se realiza en la Empresa Mecánica del Níquel mediante un Espectrofotómetro de Emisión Atómica)

En esta empresa se utiliza un equipo manual que se lleva hasta los lugares de fundición cuando se hace necesario comprobar la calidad del acero, este equipo utiliza como sistema separador de longitudes de onda un prisma. Existe otro equipo más moderno (Cuantómetro) que utiliza como elemento separador una red de difracción.

Los estudiantes realizan la determinación de los elementos químicos presentes en la muestra sólida y realizarán una estimación de la concentración de algunos elementos cuyo espectro sea más sencillo como es el caso del Molibdeno (Mo) por comparación con el espectro del hierro que es el componente mayoritario en los aceros. En el equipo manual se realiza esta determinación por la observación directa del espectro; en el caso del cuantómetro los resultados se obtienen de forma automática.

## Conclusiones

Se analizaron las aplicaciones prácticas de las técnicas de análisis espectral Espectrofotometría tanto de absorción como de Emisión en general, y en particular en el campo de la metalurgia.

Se realizó un inventario de las técnicas de análisis espectral existente en el Municipio de Moa.

Se propuso un sistema de prácticas de laboratorio con componente laboral que pudiera hacerse extensivo a otras técnicas de análisis espectral estudiadas en Física y presentes en las industrias del territorio como una forma de vincular los conocimientos adquiridos al campo de actuación del futuro profesional de la carrera de Ingeniería Metalúrgica.

## Referencias bibliográficas

CASAS SABATA, J. M. 2004: Contaminación por metales pesados. Cataluña. 278p.

DEHAHAY, P. 1970: Análisis Instrumental. Instituto Cubano del Libro. La Habana.

JIMÉNEZ HERRAIS, L. 2005: Espectroscopia de Absorción Atómica. Publicaciones Analíticas, Madrid. España. 390p.

\*

Trabajo presentado en el Forum Nacional de Ciencias Naturales y Exactas en Camagüey, 2007. Tutorado por la M.Sc. Dania Amat.