

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE QUIMICA

QUIMICA ANALITICA DEL CROMO



ADMIS

310

RINA MARIA MONDRAGON RICE
INGENIERO QUIMICO METALURGICO

1976



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado asignado originalmente
según el tema.

PRESIDENTE MANUEL BUENOSTRO GARCIA
V O C A L ALICIA BENITEZ ALAMIRANO
SECRETARIO ALBERTO OBREGON PEREZ
1er. SUPLENTE MARTHA RODRIGUEZ PEREZ
2do. SUPLENTE CARLOS ROMO MEDRANO

Sitio donde se desarrolló el tema: Bibliotecas de la U.N.A.M.

Sustentante: Rina María Mondragón Rice _____

Asesor del tema: Alberto Obregón Perez _____

DEDICATORIA

A LA MEMORIA DE MI MADRE

THELMA RICE DE MONDRAGON

Por su ejemplo de vida

A MI PADRE

FRANCISCO A. MONDRAGON

Y HERMANOS

FRANCISCO, DORIS, y THELMA

Con cariño y gratitud

A MI ESPOSO

HAROLDO NERY GENES

Con amor

A LA FAMILIA NERY GENES

Con afecto

I N D I C E

CAPITULO		PAG.
I	INTRODUCCION	4
II	GENERALIDADES	6
	_ Datos Históricos	6
	_ Mineralogía	8
	_ Producción	11
	_ Propiedades Físicas	13
	_ Aleaciones	14
	_ Propiedades Químicas	24
III	MÉTODOS DE ANÁLISIS PARA CROMO	29
IV	CONCLUSIONES	73
V	BIBLIOGRAFIA	74

El cromo, es uno de los elementos químicos de aleación más importante de la metalurgia moderna. Su interés industrial radica principalmente, en los usos que se le dan en la fabricación de aceros inoxidables, materiales refractarios y en galvanoste--
gia. También es empleado en la elaboración de una gran variedad de compuestos químicos tales como pigmentos, curtientes, mordien--
tes para tintorería, etc.

La presencia y contenido de cromo, en los diversos materia--
les de los cuales es constituyente, se ha determinado por muchos métodos de análisis químicos como son, entre otros, los colorimé--
tricos, volumétricos, espectrográficos, etc.

La presente monografía, se planteó como objetivo, la reco--
pilación de los trabajos sobre análisis químicos del cromo que --
se han realizado y aparecen publicados en el Chemical Abstract, --
en los años comprendidos entre 1965 y 1975; con el propósito de --
facilitar las revisiones bibliográficas a las futuras investiga--
ciones que se desarrollen sobre este elemento.

Para tratar de que se cumpla con el propósito planteado, --
hemos estructurado esta monografía de la siguiente forma: la pri--
mera parte del trabajo, proporciona información sobre aspectos --
generales del cromo, y la segunda está constituida por cuadros --
que indican la ubicación en el Chemical Abstract, de los diferen--
tes trabajos realizados sobre el cromo entre los años 1965-1975;
seguidos por una descripción resumida de los métodos de análisis
químicos del cromo más utilizados.

Organizados de la misma manera y con los mismos objetivos --
y propósitos del presente trabajo, se están realizando en la Pa--

cultad de Química de la U.N.A.M monografías similares de todos y cada uno de los elementos de la tabla periódica.

II DATOS HISTORICOS

En el año de 1762, fue descubierto un nuevo mineral (cromato de plomo, $PbCrO_4$), en Ekaterimburg, Siberia por J.G. Lehman. Su composición permaneció ignorada hasta el año 1797 en el que el químico francés L.N. Vauquelin, encontró que el nuevo mineral, más tarde llamado crocoíta, contenía un elemento hasta ese momento desconocido, al que le dió el nombre de cromo, de la palabra griega chroma, color, por formar compuestos coloreados. De ese tiempo para acá, la química del nuevo elemento progresó rápidamente; en 1798, fue establecido que era el principal constituyente de la cromita, $FeCr_2O_4$, único mineral hasta ahora explotado del cromo y sus compuestos. En el año 1816, Andreas Kurtz, alumno de Vauquelin, comenzó la fabricación comercial de dicromato de potasio y de verde cromo, comenzando con esto el uso del cromo como pigmento; en 1818, Zuber, en Francia, aprovechó el amarillo cromo y el verde cromo para impresiones en papel y en 1820, el químico alemán Kochlin, introdujo el uso del dicromato de potasio para mordientes de tintorería.

En el campo de los refractarios, el uso de la cromita, coincidió con el desarrollo del proceso básico de producción de acero de Thomas y Gilchrist. En Inglaterra y Estados Unidos, empezó a usarse ladrillos de cromita como refractorio a partir de 1886, pero en realidad, el uso del mineral, en este campo, no obtuvo gran incremento hasta el año 1936, en que empezaron a hacerse mezclas de cromita y magnesita, resultando con esto los siguientes nuevos productos refractarios:

- Ladrillos de cromo, constituidos esencialmente de cromita,
- Ladrillos de cromo-magnesita, en los cuales predominaba la cro

rita y

— Ladrillos de magnesita-cromo, en los cuales predominaba la —
magnesita.

Estos logros, hicieron que el uso de la cromita se incrementara, expandiéndose con esto la industria del acero.

En el campo metalúrgico, Vauquelin y Klaproth, fueron los primeros en producir el metal, antes que se hubiera hecho cualquier uso de él.

P. Berthier en 1821, publicó un trabajo sobre "cromo en aceros"; en 1827, salió a luz un trabajo de E. Fremy sobre cristalización de Cr y sus aleaciones, y F. Wöhler publicó otro trabajo "Un método fácil de producción de cromo metálico". Estas investigaciones no presentaron mucho interés. Sin embargo, entre los años 1905 y 1908, A. Goldschmidt, patentó un proceso de producción de Cr metálico, por el método aluminotérmico (reducción de óxido crómico con aluminio), que resultó muy efectivo. Nació entonces, un interés por el Cr metálico y, debido a que — el costo de obtención, fue bajo, la utilización de este metal, — fue incrementada, incluso para producción de aleaciones.

Alrededor de 1908, en Estados Unidos, las investigaciones de F.M. Becket y E.F. Price, fueron consideradas como sucesos — en lo relativo al bajo costo de producción de ferrocromo, por — reducción con carbón y sílice en horno eléctrico, y por 1915 la producción de acero al cromo, empezó a tomar importancia. En Inglaterra, durante el mismo período, los estudiosos en la rama, — se hicieron cargo de la investigación del acero inoxidable. A.L. Mach durante el período 1905-1913, estudió las aleaciones de Ni-Cr, en su trabajo "Níquel y cromo". Desde entonces hasta estos —

dias, el uso del cromo en aceros, y otras aleaciones de Cr, ferrosas y no-ferrosas se ha incrementado mucho, debido a que ha resultado ser muy aplicable en metalurgia. Otro uso que se le encontró al Cr (a partir de 1920, y actualmente muy utilizado), fue como recubrimiento de otros metales, para protegerlos de la corrosión, o simplemente para hacerlos más atractivos en el campo de la decoración.

MINERALOGIA

En la naturaleza nunca se halla el Cr en estado libre, pero sus compuestos están muy diseminados, ocurriendo en grupos de espinelas, silicatos, alumino-silicatos y sales complejas. En la tabla 1, se presenta una lista de los principales minerales de cromo.

TABLA 1. Principales minerales del cromo

Mineral	Composición	Cr ₂ O ₃ (%)
Cromita	(Mg, Fe)(Cr, Al, Fe) ₂ O ₄	15-65
Copiacita	Sulfato de Fe hidratado	7.4
Crocoíta	PbO CrO ₃	21.9
Daubrelita	FeS Cr ₂ S ₃	53.0
Dietzeíta	CaCrO ₄ · CaI ₂ O ₆	13.9
Fornacita	Cromoarseniato básico de Cu, Pb	No analizado
Halotriquita	(Fe, Mg, Ni)(Al, Cr) ₂ (SO) ₄ · 22 H ₂ O	7.
Kemmererita	H ₄ Mg ₂ (Cr, Al) ₂ SiO ₃	Aprox. 12

continúa

Lopezita	$K_2Cr_2O_7$	35.4
Muscovita	$(OH)_2 KAl_2(AlSi_3O_{10})$	Aprox. 5
Fenicocrofta	$3PbO \cdot 2Cr_2O_3$	31.2
Barbetonita	$2MgCO_3 \cdot 5Mg(OH)_2 \cdot 2Cr(OH)_3$	22.3
Uvarovita	$Ca_2(Cr, Al)_2(SiO_4)_3$	27.0
Vauquelinita	$5(Pb, Cu)O \cdot 2Cr_2O_3 \cdot P_2O_5$	25.2
Beidelita	$(Al, Cr)_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot 4H_2O$	Aprox. 5

Mena de cromo. La única fuente comercial importante del cromo es la cromita, mineral perteneciente al grupo de las espinelas. Por lo general, parte del óxido ferrroso es reemplazado por óxido de magnesio, y parte del crómico por óxido de aluminio.

Composición química. La composición de la mena de cromo tal como se extrae varía más o menos de la siguiente manera:

Componente . . .	Cr_2O_3	Al_2O_3	FeO	MgO	CaO	SiO_2
Porcentaje . . .	42-55	7 - 16	11-20	4 -15	1 - 5	3 - 8

Espinelas de cromo. Las espinelas de cromo, tienen por fórmula común $(Mg, Fe)(Cr, Al, Fe)_2O_4$. Todas las especies minerales pertenecientes a este grupo, se encuentran en la naturaleza en condiciones físicas semejantes, por lo que son, a simple vista, muy parecidas unas a otras, en sus caracteres exteriores, siendo necesario el análisis químico para distinguir su diferente composición. Las especies más importantes de este grupo son: la cromita, $FeCr_2O_4$ ó $FeO \cdot Cr_2O_3$ (se encuentra en los meteoritos, siendo muy rara en la corteza terrestre), magnocromita $(Mg, Fe)Cr_2O_4$, alumocromita $Fe(Cr, Al)_2O_4$ y cromopicotita $(Mg, Fe)(Cr, Al)_2O_4$.

Cristalización. Cristaliza en el sistema cúbico. Se encuentra en forma de pequeños cristales octaédricos. Lo más común es encontrarlas en granos redondeados o de forma irregular y en masas granulares continuas.

Características físicas. Fractura irregular. Quebradizas. dureza 5.5 - 7.5. No tienen clivaje. Peso específico 4.0 - 4.8. Lustre submetálico o metálico, color negro. En las secciones delgadas son semitransparentes o traslucen en color rojo denso o rojo marrón. Únicamente las especies ricas en FeO y Fe_2O_3 , son totalmente opacas. La raya es parda.

Características distintivas. Los rasgos distintivos comunes de las espinelas de cromo son el color negro, la raya parda, la elevada dureza y la reacción al cromo. Estos minerales se encuentran con tanta constancia en las rocas ultrabásicas (dunitas, peridotitas y serpentinitas) que se identifican, casi infaliblemente por sus características físicas.

Origen y yacimientos. Las espinelas de cromo se encuentran casi exclusivamente en rocas ultrabásicas magnéticas tanto en impregnaciones como en grandes concentraciones en nidos, lentes o columnas. Suelen ir asociadas a la serpentina (hidrosilicato de Mg y Fe); al olivino $(Mg, Fe)_2SiO_4$ y a los cloritos.

Debido a la resistencia al desgaste por la acción atmosférica y su alta densidad, la cromita puede estar concentrada en depósitos por procesos de erosión y sedimentación. Los depósitos han sido trabajados comercialmente en Estados Unidos y Japón.

Ocurre en grandes depósitos en Asia menor cerca de Brusa, Esmirna y Antioquía. Un gran depósito está en Selukwe, Rodesia.

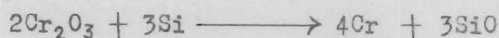
del sur. También se ha minado extensamente en Nueva Caledonia, Filipinas, Rusia, Turquía, Grecia, India y Cuba. Se ha extraído alguna cromita de California, Oregón y Montana, pero en tiempos normales estas minas no pueden competir económicamente con las extranjeras.

Usos. Las cromitas es la única materia prima empleada para la obtención de ferrocromo, usado como adición en la fundición de aceros especiales de alta calidad al cromo y al cromo-níquel. Otro uso importante en la industria metalúrgica, es el cromado. Cierta parte de las cromitas tiene aplicación en la industria química, en la fabricación de pinturas estables, en la industria de curtidos y en la fabricación de preparados químicos (haluros, dicromatos, etc). Las menas de baja calidad, pobres en Cr_2O_3 y ricas en FeO y Fe_2O_3 , se emplean también en la fabricación de ladrillos refractarios.

PRODUCCION

Actualmente hay tres métodos para producir cromo: el silicotérmico, el aluminotérmico y el electrolítico. Aunque hay diferencia considerable entre el costo de estos métodos, cada uno es preferido en determinado mercado.

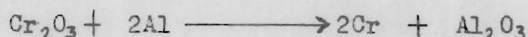
Proceso silicotérmico. Este es el método más económico para fabricar cromo metálico y absorbe el mayor número de toneladas. Se funda en la siguiente reacción:



Se usa una carga de óxido crómico, silicio finamente tritu

rado y cal. La reacción no es suficiente exotérmica para que se sostenga por sí sola, y es necesario calentar la carga en un _ horno eléctrico. La cal reacciona con la sílice formada y evita que ésta corroa el revestimiento del horno; además, produce una escoria más líquida. Esta escoria se saca de tiempo en tiempo y se agrega más carga hasta que el horno está lleno de metal, el_ que se vacía entonces en lingoteras y de los lingotes se obtienen trozos de diversos tamaños para el mercado. El producto con tiene aproximadamente 99% de Cr, 0.8% de Si y pequeña cantidad_ de Fe y C.

Proceso aluminotérmico. Este es el método más antiguo para producir cromo en gran escala, y se empleó casi exclusivamente hasta que se pudo disponer de silicio barato. Todavía se ejecuta _ en escalr bastante grande para satisfacer la demanda de metal _ que se desea no contenga silicio. Se introduce una mezcla de óxido crómico pulverizado, aluminio granulado y un poco de trióxido de cromo u otro agente oxidante en una caja de revestimiento refractario, calentada previamente, y se funde con un arco _ eléctrico. Una caja de tres pies de diámetro y tres de altura _ produce aproximadamente una tonelada de metal por carga. La reacción es la siguiente:



Aunque la reacción se sustenta por sí misma, la adición _ del oxidante produce más calor para mantener el óxido de aluminio en estado de fusión el tiempo necesario para que se efectúe totalmente la separación del metal. El producto contiene 99% de Cr y 0.8% de Al con pequeña cantidad de Si y Fe.

Proceso electrolítico. Este es relativamente costoso y sirve sobre todo para formar por electrólisis capas delgadas del metal, sobre otros metales (galvanostegia) y producir cromo pulverizado o en escamas para operaciones metalúrgicas con polvos. Se pasa una corriente eléctrica de 5 - 6 voltios por una solución de 250 g de CrO_3 y 2.5 g por litro de iones SO_4^{2-} con densidad de corriente en el cátodo de 50 a 150 amperios por pie^2 (5.4 - 16.2 amp./ dm^2). Se usan ánodos de plomo. La eficiencia de corriente es de 10 a 15%. El metal que se deposita contiene bastante hidrógeno, que se desprende con el calentamiento. El metal se deposita en cristales hexagonales que se convierten en una de las variedades cúbicas al ser calentados a 130°C .

PROPIEDADES FISICAS

Las propiedades físicas del cromo, se encuentran enumeradas en la tabla 2.

TABLA 2. Propiedades físicas del cromo

Peso atómico	51.999
Isótopos	50(4.31%); 52(83.76%); 53(9.55%); 54(2.38%)
Número atómico	24
Estructura cristalina a 20°C	Cúbico centrado en el cuerpo
Densidad a 20°C , g/cm^3	7.19
Punto de fusión, $^\circ\text{C}$	1875
Punto de ebullición, $^\circ\text{C}$	2199

continúa

Calor de fusión, Kcal/mol	3.2 - 3.5			
Calor latente de vaporización, Kcal/mol	76.635			
Calor específico a 25°C, cal/mol	5.55(0.11 cal/g C)			
Coefficiente lineal de expansión térmica a 20 C	6.2×10^{-6}			
Conductividad térmica a 20°C, cgs	0.16			
Resistividad eléctrica a 20°C, -cm	12.9			
Susceptibilidad magnética a 20°C, emu	3.6 10			
Emisividad total a 100 °C en atm no-oxidante	0.08			
Reflectividad				
λ Å	3,000	5,000	10,000	40,000
R %	67	70	63	88
Indice de refracción				
α	1.64 - 3.28			
λ	2,570 - 6,080			
Potencial estandar de electródo, valencia de 0 a 3, V	0.71			

ALEACIONES

El cromo, es uno de los elementos de aleación más importantes de la metalurgia moderna. Es miscible con muchos metales, pero son particularmente notables sus aleaciones con hierro, ní

quel, wolframio y molibdeno. Se da una explicación general, de las aleaciones de cromo, ilustradas con algunos de los más importantes diagramas de fase.

El cinc fundido, disuelve muy poco cromo, obteniéndose una aleación dura y quebradiza en forma de laminillas hexagonales.

Las aleaciones con antimonio, son quebradizas; conociéndose compuestos, que responden a las fórmulas $SbCr$ y Sb_2Cr . El Cr se liga difícilmente con el Cu, se obtiene no obstante, una aleación agitando óxido de cobre en aleación fundida de aluminio y cromo (Moissan).

El cobalto y el cromo se mezclan en cualesquiera proporciones y las aleaciones son muy resistentes contra los ácidos. Las aleaciones binarias puras pueden ser vaciadas en diversas formas y casi tienen dureza de lima, son poco maleables en frío y bastante maleables en caliente. Se pueden endurecer aún más calentándolas y templándolas en agua. Con la adición de wolframio se acrecienta la dureza. Una aleación de 70% de Co, 25% de Cr y 5% de W puede ser forjada al rojo y se usa para fabricar instrumentos cortantes, como formones y cincelos; una aleación de 60% de Co, 15% de Cr y 25% de W no puede ser forjada, pero si variada y esmerilada para darle forma. Se usa para herramientas cortantes de metales. El molibdeno también aumenta la dureza en la aleación: la de 25% de Co, 15% de Cr y 40% de Mo es tan dura que raya el cuarzo. El molibdeno se disuelve en cromo en proporción hasta de 25% y forma una eutéctica de 22.7% de Mo a $1460^{\circ}C$. La aleación binaria no se usa por sí sola, pero tiene muchas aplicaciones como modificador de otras aleaciones.

El níquel y el cromo son miscibles en todas proporciones

en estado líquido, y forman una serie de cristales mixtos en el estado sólido (vease fig. 2). El nicromo es una aleación que contiene hasta 65% de Ni, 15 a 20% de Cr y el resto de Fe; es resistente contra el calor y la electricidad y se usa mucho para artículos domésticos e industriales de calefacción. Resiste temperaturas hasta 1100°C. Una aleación de 80% de Ni y 20% de Cr sirve para temperaturas algo mayores.

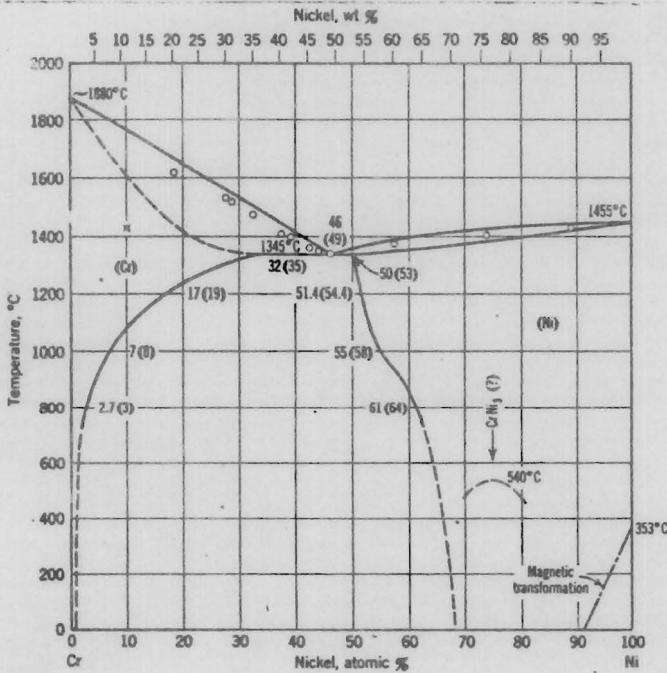


Fig. 1. Diagrama de fase para cromo-níquel.

También se obtienen siliciuros y boruros de cromo en el horno eléctrico; de los primeros han sido definidos los compuestos: SiCr_2 , SiCr_3 , Si_2Cr_3 y Si_3Cr . Todos estos compuestos son

muy duros y no son atacados por los ácidos ordinarios; el ácido fluorhídrico y el agua regia los atacan con rapidéz. Los boruros Cr_3B_2 y CrB , no son atacables ni por la mezcla de agua regia con ácido fluorhídrico. El compuesto CrB es debilmente magnético.

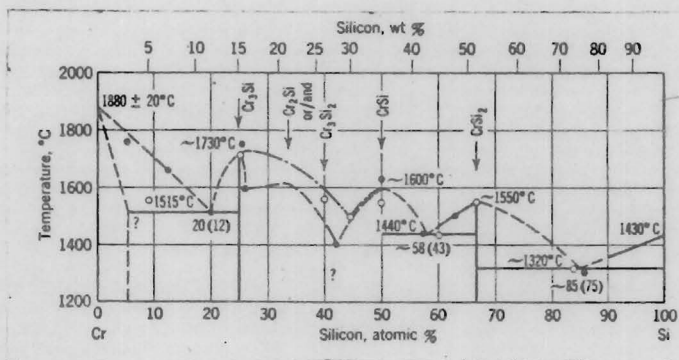


Fig.2. Diagrama de fase para cromo-silicio.

Las aleaciones de cromo y hierro, tienen gran interés. El material más importante con el cual se fabrican, es el ferrocromo. Se divide en dos clases: ferrocromo con alto porcentaje y ferrocromo con bajo porcentaje de carbono. El primero se produce reduciendo la cromita con coque en un horno de arco sumergido y abierto por arriba. La operación es continua y se saca el metal de tiempo en tiempo. contiene 60 a 66% de Cr y 5 a 8% de C. La aleación de bajo carbono se fabrica reduciendo la mena con silicio en el horno eléctrico inclinable con el arco entre electrodos y escoria. Se agrega cal para que combine con la sílice que se forma en la reacción. Suele contener 65-70% de Cr y 0.1-1.0% de C. Se produce una calidad que contiene 0.06% de C y hay uno especial de 0.03% de C que tiene un sobreprecio.

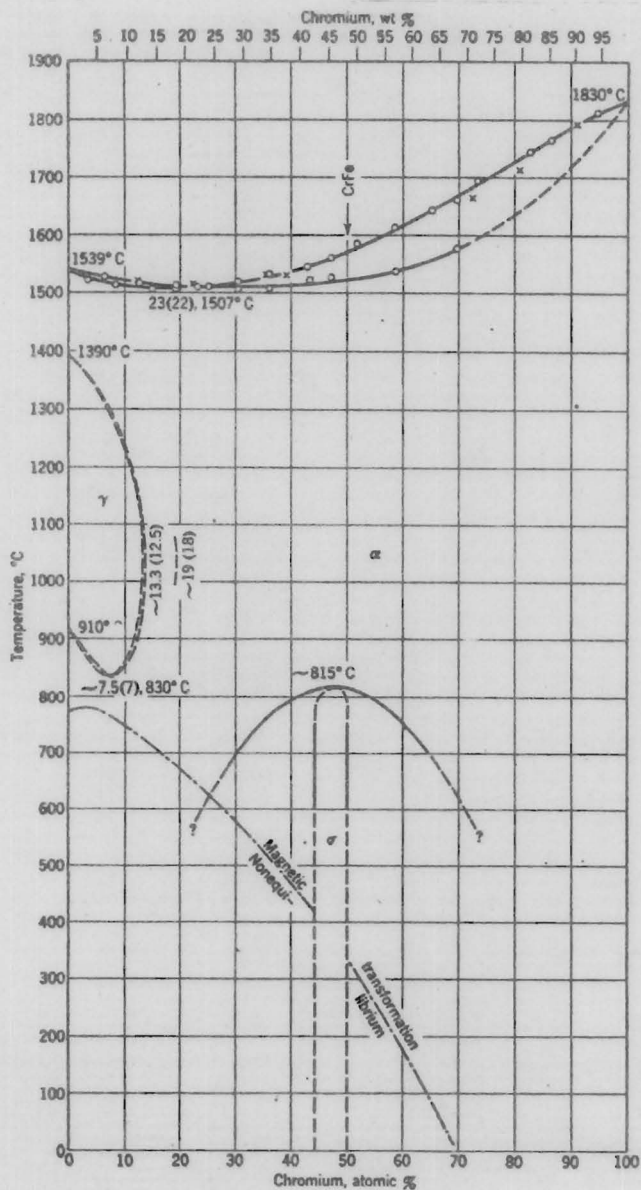


Fig. 3. Diagrama de fase para cromo-hierro

La composición porcentual de diferentes ferrocromos, es mostrada en la tabla 3. La diferencia para 100% total, es Fe en cada uno de los casos.

TABLA 3. Composición porcentual de ferrocromos

Tipo	Cr, %	C, %	Si, %	S, %	Mn, %
Cromo blocking	55-63	4-6	8-12	0.03max	
Cromo de carga	58-63	5-8	3-6	0.03max	
Cromo de carga	50-56	6-8	4-7	0.03max	
Cromo refinado	53-63	3-5	2.5max	0.03max	
Fe-Cr exotérmico	41-51	3.6-6.4	9-14	0.03max	
Fe-Cr de fundición	55-63	4-6	8-12		
Fe-Cr "SM"	60-65	4-6			4-6
Fe-Cr de alto carbón	65-70	4-7	1-3		
Fe-Cr de bajo carbón	65-73	0.025-2	0.02-1		
Fe-Cr "Simplex"	63-71	0.01-.25	2-7		

Las ocho primeras aleaciones de la tabla 3, son consideradas ferrocromo de alto carbón (3-8% C). El precio de los ferrocromos, varía de acuerdo a su fabricación y al contenido de carbón.

Cuando estas aleaciones primarias se agregan al acero fundido producen gran variedad de aceros al cromo, que se dividen en tres grupos. Los aceros con poco porcentaje de cromo contienen entre 0.5 y 4.0% de Cr. En la tabla 4, se da el sistema básico de numeración, para aceros de este tipo, dado por la S.A.E. (Society of Automotive Engineers).

TABLA 4. Tipos de aceros al cromo (S.A.E.)

Tipo de acero de baja aleación y contenido químico promedio, %	Designación
Aceros al Ni-Cr	
Ni 1.25; Cr 0.65	31XX
Ni 3.50; Cr 1.57	33XX
Aceros al Cr-Mo	
Cr 0.50 y 0.95; Mo 0.25, 0.20 y 0.12	41XX
Aceros al Ni-Cr-Mo	
Ni 1.32; Cr 0.50 y 0.80; Mo 0.25	43XX
Ni 1.05; Cr 0.45; Mo 0.20	47XX
Ni 0.55; Cr 0.50 y 0.65; Mo 0.20	86XX
Ni 0.55; Cr 0.50; Mo 0.25	87XX
Ni 3.25; Cr 1.20; Mo 0.12	93XX
Ni 1.00; Cr 0.80; Mo 0.25	98XX
Aceros al Cr	
Cr 0.27, 0.40 y 0.50	50XX
Cr 0.80, 0.87, 0.92, 0.95, 1.00 y 1.05	51XX
Cr 0.50	501XX
Cr 1.02	511XX
Cr 1.45	521XX
Aceros al Cr-V	
Cr 0.80 y 0.95; V 0.10 y 0.15(min)	61XX
Aceros tratados al B-Cr	
	XXBXX

Las XX colocadas a la derecha, señalan el contenido de carbón en el acero; así un acero 3110 es un acero al Ni-Cr con un contenido de carbón de 0.10%, en este caso XX 0.10. Las XX colocadas a la izquierda, señalan el tipo de acero, en los aceros XXBXX.

Estos aceros se usan para engranjes, herramientas cortantes, piezas para transmisión de fuerza en automóviles, cojinetes de bolas, etc.

Los aceros con porcentaje mediano de cromo contienen entre 4.0 y 12% de Cr solo o con Ni, V, W, Mo ó Mn, y se usan en los casos en que se producen temperaturas altas y gran esfuerzo como en válvulas de vapor a alta presión, equipos de refineries de petróleo, turbinas de gas, etc. Los aceros, con más de 10% de cromo, son designados como aceros inoxidable, porque el contenido mayor de cromo aumenta la resistencia a la corrosión y oxidación, así como la resistencia térmica. Estos aceros constituyen el tercer grupo (aceros con alto porcentaje de Cr), y al ser sometidos a tratamientos térmicos, pueden ser o no endurecidos, dependiendo del grado a que pertenezcan (martensíticos, ferríticos o austeníticos).

Los aceros martensíticos, pueden ser endurecidos por tratamiento térmico. En la tabla 5 se da una lista de ellos.

TABLA. 5. Aceros inoxidable martensíticos (AISI).

Tipo	C, %	Max Mn, %	Max Si, %	Cr, %	Ni, %	Otros, %
403	0.15(max)	1.00	0.50	11.5-13.0		
410	0.15(max)	1.00	1.00	11.5-13.5		
414	0.15(max)	1.00	1.00	11.5-13.5	1.25-2.5	
416	0.15(max)	1.25	1.00	12.0-14.0		0.15min S
420	0.15(min)	1.00	1.00	12.0-14.0		
431	0.20(max)	1.00	1.00	15.0-17.0	1.25-2.50	

continua

440A	0.60-0.75	1.00	1.00	16.0-18.0	0.75max Mo
440B	0.75-0.95	1.00	1.00	16.0-18.0	0.75max Mo
440C	0.95-1.25	1.00	1.00	16.0-18.0	0.75max Mo

Los aceros tipo 410 y 416, son probablemente las aleaciones de esta clase más comúnmente usadas. Los tipos martensíticos de aceros inoxidable, son magnéticos, pueden ser trabajados en frío sin ninguna dificultad, especialmente los de bajo contenido de carbon, pueden ser maquinados satisfactoriamente, presentan buena tenacidad, buena resistencia a la corrosión a condiciones atmosféricas, alcanzando una mejor resistencia a la corrosión al ser endurecidos.

Los aceros ferríticos (tabla 6), no son endurecibles por tratamiento térmico, son magnéticos y pueden ser trabajados en frío y en caliente, su resistencia a la corrosión es mejor que los aceros martensíticos.

TABLA. 6. Aceros inoxidable ferríticos (AISI)

Tipo	Max C, %	Max Mn, %	Max Si, %	Cr, %	Otros, %
405	0.08	1.00	1.00	11.5-14.5	0.10-0.30 Al
430	0.12	1.00	1.00	14.0-18.0	
430F	0.12	1.25	1.00	14.0-18.0	0.15min S
434	0.12	1.00	1.00	14.0-18.0	1 Mo
446	0.20	1.50	1.00	23.0-27.0	0.25max N ₂

El más usado de los aceros ferríticos, es el tipo 430, para fabricación de equipo en la industria de ácido nítrico, aditivos decorativos de edificios, automóviles, etc. El tipo 446, es usado para alta resistencia a la oxidación.

El grupo de los aceros austeníticos, es producido por adición de níquel y manganeso. Estos aceros tienen buenas propiedades de resistencia a la corrosión y oxidación, pero no pueden ser endurecidos por tratamientos térmicos. En la tabla 7, se encuentran los tipos principales de ellos.

TABLA. 7. Aceros inoxidable austeníticos (AISI)

Tipo	Max C, %	Max Mn, %	Max Si, %	Cr, %	Ni, %	Otros, %
201	0.15	7.50	1.00	16.0-18.0	3.5-5.5	0.25max N ₂
202	0.15	10.00	1.00	17.0-19.0	4.0-6.0	0.25max N ₂
301	0.15	2.00	1.00	16.0-18.0	6.0-8.0	
302	0.15	2.00	1.00	17.0-19.0	8.0-10.0	
302B	0.45	2.00	3.00	17.0-19.0	8.0-10.0	
303	0.15	2.00	1.00	17.0-19.0	8.0-10.0	0.15min S
304	0.08	2.00	1.00	18.0-20.0	8.0-12.0	
304L	0.03	2.00	1.00	18-20	8-12	
305	0.12	2.00	1.00	17-19	10-13	
308	0.08	2.00	1.00	19-21	10-12	
309	0.20	2.00	1.00	22-24	12-15	
310	0.25	2.00	1.50	24-26	19-22	
310x	0.08	2.00	1.50	24-26	19-22	
314	0.25	2.00	3.00	23-26	19-22	

continua

316	0.08	2.00	1.00	16-18	10-14	2.0-3.0 Mo
316L	0.03	2.00	1.00	16-18	10-14	2.0-3.0 Mo
317	0.08	2.00	1.00	18-20	11-15	3.0-4.0 Mo
321	0.08	2.00	1.00	17-19	9-12	5XCmin Ti
347	0.08	2.00	1.00	17-19	9-13	10XCmin Nb+Ta
348	0.08	2.00	1.00	17-19	9-13	10XCmin Nb Ta; 0.10max Ta

A algunos aceros austeníticos se les agrega selenio para incrementar su maquinabilidad. El molibdeno, aumenta su resistencia al ácido sulfúrico, mientras que el titanio o niobio, se combinan con el carbón, el cual en estado libre, puede presipitarse en el límite de grano por sobrecalentamiento entre 400 y 750 °C. Si este carbón no es estabilizado, el acero puede ser susceptible a corrosión intergranular.

PROPIEDADES QUÍMICAS

El cromo, con número atómico 24, peso atómico 52.01, pertenece al grupo VI del sistema periódico y al subgrupo que contiene el molibdeno y el wolframio; los isótopos estables que se han hallado son 50, 52, 53, y 54. Su configuración electrónica: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$, hace que en sus compuestos, el Cr pueda utilizar cualquier número de sus seis 3d y 4s electrones, y por consiguiente pueda presentar cualquier estado de oxidación de 0 a +6. Aunque en la realidad los estados más conocidos son +2, +3, y +6.

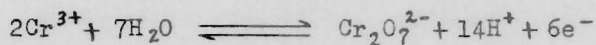
En el estado +2, el Cr interviene en los compuestos cromo

mosos que son fuertes reductores, oxidándose al convertirse en crómicos o de Cr^{3+} , como ocurre en la primera etapa del ataque del metal por un ácido. El ion Cr^{2+} tiene caracter básico, es ligeramente hidrolizable y posee escasa tendencia a formar complejos.

El estado +3, es la forma más estable del Cr (en solución acuosa), con este estado actúa en las sales crómicas (ion crómico Cr^{3+}); violetas o verdes, en forma de cationes complejos o al menos hidratados.

En el estado de oxidación +6, el Cr tiene gran aplicación industrial, como consecuencia de sus propiedades oxidantes y su habilidad para formar sales solubles fuertemente coloreadas.

Con este estado, entra en el óxido CrO_3 ; en el anión cromato CrO_4^{2-} y HCrO_4^- , en el anión dicromato $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ o en otros más complicados como $\text{Cr}_3\text{O}_{10}^{2-}$, $\text{Cr}_4\text{O}_{13}^{2-}$ y $\text{Cr}_2\text{O}_{12}^{2-}$ (policromatos), en los halogenuros de cromilo (como por ejemplo CrO_2Cl_2); siendo aquellos aniones estables solo en solución ácida como comprueba la reacción:

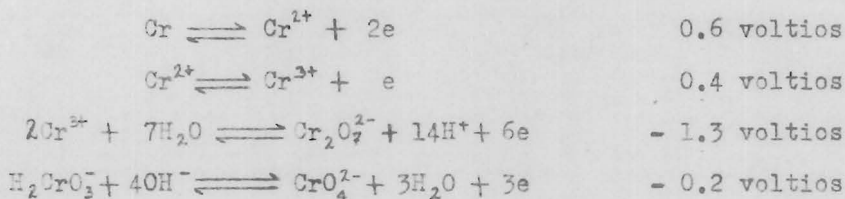


Cuyo potencial de oxidación es +1.36 V

Comportamiento químico. El cromo no es oxidado por el aire húmedo y aún calentándolo se oxida muy poco. En atmósfera de dióxido de carbono se oxida y se convierte en óxido crómico y en atmósfera de cloruro de hidrógeno forma cloruro cromoso. El cromo se combina directamente con nitrógeno, carbono, silicio y boro. Reacciona fácilmente con los ácidos diluidos, genera hidrógeno y forma soluciones azules de sales cromosas, que al absorber oxígeno

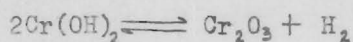
del aire se convierten en soluciones verdes de sales crómicas. Se produce una forma pasiva del cromo sometiendo a la acción del ácido nítrico concentrado o del ácido crómico concentrado.

Compuestos. El cromo forma compuestos en que tiene valencias de +2 (cromosos), +3 (crómicos) y +6 (cromatos), que son respectivamente, básicos, anfóteros y ácidos. Las relaciones de potencial entre los diferentes estados de valencia se pueden ver en las siguientes medias reacciones:

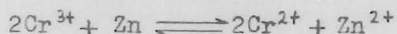


Esto indica que el ion cromato en solución ácida es un potente oxidante. En el equilibrio $\text{Cr} + 2\text{Cr}^{3+} \rightleftharpoons 3\text{Cr}^{2+}$, la formación del ion cromoso es facilitada por razón de que este ion es tan potente reductor que rápidamente se oxida y se convierte en el estado crómico hasta por agentes oxidantes muy débiles.

Los compuestos cromosos se asemejan bastante a los compuestos ferrosos. El hidróxido cromoso, $\text{Cr}(\text{OH})_2$, es una sustancia de color pardo, poco soluble, que se oxida rápidamente en el aire. Los iones cromosos pueden desprender hidrógeno del agua como cuando se calienta hidróxido cromoso:

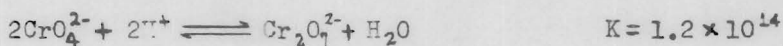


Las soluciones cromosas son azules. Se pueden preparar mediante la reducción de soluciones crómicas con cinc:



Los compuestos crómicos son muy parecidos a los correspondientes compuestos de aluminio. El hidróxido crómico, $\text{Cr}(\text{OH})_3$, o mejor aún el óxido crómico hidratado, $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, es anfótero; es precipitado por hidróxido de amonio y se disuelve en exceso de hidróxido alcalino con formación de cromito, pero el hidróxido o el óxido hidratado se precipitan por ebullición. Los cromitos se forman fácilmente fundiendo óxido crómico con óxido de otro metal. Los iones crómicos forman muchos complejos por coordinación en que el cromo tiene número de coordinación de 6, particularmente con amoníaco, como el $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$, con agua, haluros cianuros y tiocianatos.

De igual manera que los demás miembros del grupo VI del sistema periódico, el cromo forma isopoliácidos y sus sales (poli cromatos). Son bien conocidas las sales K_2CrO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{K}_2\text{Cr}_3\text{O}_{10}$ y $\text{K}_2\text{Cr}_4\text{O}_{13}$, derivadas del trióxido de cromo, CrO_3 . Los monocromatos y dicromatos son de suma importancia técnica, pues se usan como pigmentos, inhibidores de corrosión, oxidantes, en tannería, tintorería, etc. El ion monocromato existe en solución alcalina y el dicromato en solución ácida. El equilibrio entre los dos iones se expresa con la siguiente ecuación:



Los compuestos cromílicos contienen el grupo CrO_2 , como el cloruro de croilo CrO_2Cl_2 , que es considerado como CrO_3 , en que el cloro ha sustituido parcialmente al oxígeno. También se conocen clorocromatos, como el KCrO_3Cl . Se forman peroxicromatos (percromatos) mediante la reacción de peróxido de hidrógeno con cromatos. Los ácidos correspondientes son muy inestables, pero

forman sales con los metales alcalinos, con el amonio y con bases orgánicas como la piridina.

Toxicidad. Los compuestos del cromo trivalente no son nocivos en su manejo por los obreros. Los de cromo hexavalente, como los cromatos y dicromatos, ocasionan erupciones cutáneas; cuando contaminan el aire en forma de polvo o aspersion, con el tiempo pueden llegar a perforar el tabique nasal. En este aspecto los cromatos parecen ser más activos que los dicromatos. Hay grandes diferencias en la susceptibilidad de las personas.

METODOS DE ANALISIS PARA CROMO

La lista que se presenta, contiene los métodos analíticos, usados para la determinación cualitativa y cuantitativa - del Cr, en los trabajos reportados por el Chemical Abstract, - en sus volúmenes 62 a 82, correspondientes a los años comprendidos entre 1965 y 1975.

- 1._ Absorción atómica
 - a) Espectroscopía de absorción atómica
 - b) Absorción atómica a la flama
- 2._ Activación por neutrones
 - a) Fluorescencia atómica excitada por laser
- 3._ Amperometría
- 4._ Colorimetría
 - a) Espectrofotocolorimetría
 - b) Espectrofotometría
 - c) Fotocolorimetría
 - d) Fotometría
- 5._ Cromatografía
- 6._ Espectrografía
 - a) Espectrografía de masas y de intercambio iónico
- 7._ Fluorometría
- 8._ Gravimetría
- 9._ Nefelometría
- 10._ Polarografía
- 11._ Potenciometría

continúa

12._ Radioactivación

13._ Volumetría

14._ Otros métodos:

- a) Análisis térmico por activación
- b) Voltametría anódica y catódica
- c) Dilución isotópica
- d) Análisis metalográfico
- e) Espectrometría de masas
- f) Intercambio isotópico
- g) Luminiscencia
- h) Conductometría
- i) Culombimetría
- j) prueba microscópica del electrón
- k) Técnica del anillo

Los datos bibliográficos, obtenidos en cada volumen, están resumidos en tablas (que se dan a continuación de ésta explicación), las cuales están estructuradas de la siguiente forma:

Como encabezado central, se da el dato de volumen en que _ está reportado el trabajo y año en que fue realizado. En la parte superior y horizontalmente, están colocados los métodos de análisis representados por un número, que le corresponde en la _ numeración de la lista que se dió anteriormente; y en la columna de la izquierda, los materiales en los que se verificaron dichos métodos de análisis. En la parte inferior derecha de las tablas, se localizan los números que identifican a los trabajos reportados por el Chemical Abstract.

Vol 62. año 1965

M e t o d o s

M a t e r i a l	2	4	5	6	13
Aleaciones				13d	
Fe colado		2234a			
Menas de Cr					3394d
Magnesita				2240d	
Suelos y vegetales				3380e	
Aceros	2230c				
Inclusiones de acero		2237a			
Aceros			4605c		
Aluminio	5878g				
Menas y rocas		5873f			
Ferrocromo					8379c
Compuestos de Si				7092g	
Refractarios				9767b	
Metales	9761f				
Meteoritos	11572b				
Presencia de V					9776c
Grafito				12427b	
Ferrosilicio		13831b			
Aleaciones de Ti				13827c	
Cadmio					12422g
Compuestos de U	10033c				
Aleaciones de Al			15401h		
Metales			3384e		
Aluminio	15425a				
Berilio	15405h				
Ferrocromo	15407b				
Pierro					8364h
Cemento				10204h	
Aleaciones de Ni				9782a	
Agua de mar	15901d				

Vol 6, año 1965

M e t o d o s

M a t e r i a l	2	4	6	13	14
Tejidos cancerosos	914e				
Aleaciones de Fe-Ti			1212d		
Aceros	1204c				
Meteoritos	3305c				
Cobre		d3612e			
Manganeso					i2368c
Baño de Pd					k6298a
Berilio				1206a	
Compuestos de Cu			4932d		
Galena					f6311b
Hierro	6300e				
Solución				4928d	
Merlas y escorias			4928g		
Prod. farmacéuticos	6792h				
Aceros	4030h				
Oxido de Ga			7639c		
Refractarios			9046d		
Escorias y aceros		9042f			
Aluminio	7638e				
Antimonio			7640b		
Austenita y ferrita					j11082f
Organismos marinos					c13694e
Oxido de U		b10672g			
Aleaciones de Cu-Ni		b15548a			
Oxido de Pb			14034g		
Aleaciones de Pt		b15529e			
Fe blanco					e17557e
Aceros			13529a		
Oxido de Ti			15545c		
Compuestos de U	15554e				
Agua natural		b11167c			
Carburo de Si	7639b				
Wolframio y U				17144c	
Aceros	17121a				
Oro		d17132c			

Vol 64 año 1966

M e t o d o s

M a t e r i a l	2	4	6	13	14
Silicatos				1342c	
Fluoruros		d2731b			
Rocas sedimentarias			c461y		
Aleaciones			10383h		
Aluminio		b8917h			
Aleaciones de Al-V			10399a		
Cromita y acero	10390g				
Compuestos de Be			10388d		
Presencia de Zn				10398f	
Aleaciones de Cr-Ni	13368d				
Acero laminado			13370e		
Menas de Cr	8717f				
Aceros aleados					e8917d
Aceites			7348a		
Aleaciones	7348h				
Solución		b7353g			
Material biológico		d8618b			
Cobre			5738d		
Aceite crudo					c7345e
Meteoritos			6348f		
Níquel		d11866b			
Aleaciones de Fe			11843a		
Sedimentos y suelos			11843d		
Vanadio		d11857e			
Solución		b14947c			
Alumbre de Cr		14946g			
Olivinos			15590b		
Solución				16621g	
Agua de mar				17247d	
Aleaciones de Al		d18394b			
Aleaciones de Ni			18401c		
Aleaciones de Al-Cr			19111e		
Fe y acero			18392c		
Vidrio			19147d		
Menas y minerales	18399a				
Vanadio			18390d		

Vol 65 año 1966

M e t o d o s

M a t e r i a l	2	4	6	13	14
Aleaciones de Ni					b2999a
Rocas			2980a		
Agua de mar		b3556d			
Aceros					j7988e
Tr zas	6282h				
Aceros y aleaciones	6285c				
Al y Pb	7937f				
Cromita y acero				6290b	
Hierro			6294e		
Aceites lubricantes	b6961h				
Bielos			6284d		
Aleaciones de Cr-Fe				1371f	
Minerales		d1,62c			
Grafito			4638d		
Sangre, orina y leche	4634b				
Aleaciones			4626h		
Metales	d4637g				
Aluminio	d4641g				
Sodio				4632c	
Compuestos de Si			4693e		
Fe y acero					17675h
Menas y minerales			4641c		
Solución			11329a		
Perfractarios				13381g	
Solución		17679f			
Compuestos de Cu	18098f				
Bauxita		b17680b			
Cromomagnesita				17677b	
Escorias					17676g
Menas y acero		14428c			
Menas de Cr-Fe			14407o		
Rocas y minerales		14430c			
Escorias					a17678b
Inclusiones de acero				19297a	

Vol 66, año 1967

M e t o d o s

M a t e r i a l	1	2	4	6	13
Antimonio					16283t
Trazas				16267r	
Aluminio				25749b	
Aleaciones de Al		25793m			
Carbonatos y silicatos					16370u
Fe colado y acero	25800m				
Arseniato de Ce				25743v	
Menas de Cr					25029c
Aleaciones de Ni	25771c				
Rubies			16300w		
Solución				25744w	
Aceros		16273w			
Aluminio				43378j	
Rubies					43406s
Sales		43422u			
Aceros inoxidables				51975s	
Aceros					121700c
Fe-Ni				15788z	
Silicio				34575u	
Agua natural			d31894m		
Sb, Ga y Ta				61485w	
Vanadio			61551q		
Solución			b111240k		
Aceite lubricante	67572u				
Ferrosilicio				72120z	
Presencia de Fe	72120z				
Sales de Cr					82085g
Cobre				82026m	
Inclusiones de acero				82146b	
Sb y Cd					
Minerales				e91299f	
Presencia de Al					91320f
Aleaciones de Ti	88058q				
Trazas					101323a
Uranio			101352j		
Rocas				97532y	
Aleaciones de Mo-U				111228n	

Vol 67 año 1967

M e t o d o s

M a t e r i a l	1	2	6	13	14
Aceite lubricante	4560p				
Fe colado			7691t		
Rocas		17539p			
Minas de Cr		28106w			
Solución			28935r		
Minerales y rocas		29008c			
Sangre y tejidos				8584x	
Silicatos			35877b		
Oxido de Ti			39852n		
Plantas			40959a		
Aleaciones de Ni-Fe-Al			46207j		
Solución					b7029je
Uranio			50091j		
Diamante natural		60574h			
Acero			60605u		
Acero		70260s			
Tetrafluoruro de Ti			60586p		
Refractarios				46751g	
Sangre	61491r				
Sangre y orina	29767z				
Galio					e39821b
Tetracloruro de Se			70336w		
Meteoritos		70266y			
Aceros				70322p	
Oxido de Ta			70295g		
Aleaciones de Al	78678e				
Acero inoxidable			78651r		
Compuestos de U	78678e				
Minerales	87451c				
Aluminio		96564u			
Ilmenita			96527j		
Se y Te					b39881w
Refractarios y escorias		96542k			
Agua natural			93850y		

Vol 68 año 1968

M e t o d o s

M a t e r i a l	1	2	4	6
Aluminio	9047g			
Arcilla				9034a
Solución			c9037d	
Meteoritos				18318y
Aceros inoxidables		9056n		
Aleaciones de Ti				9096x
Rubies				9036c
Trazas			9001g	
Aleaciones	18433g			
Acido ascórbico			b18292k	
Fe y acero				13280e
Fe y acero				18281f
Silicatos			d 18340z	
Agua de cañería			b15882s	
Rocas				26542g
Aceros		26491q		
Agua industrial	26614g			
Productos de Al			d26466k	
Aleaciones de Zr		35595d		
Acidos	46049e			
Aceros aleados		45938g		
Petroleo		41815s		
Material biológico	46905f			
Oxido de Ge		56215v		
Aleaciones de Fe	56164c			
Tetracloruro de Si		56354q		
Aleaciones de Al	65377b			
Agua natural				107795s
Refractarios				119042j
Tantalio			b55425r	
Agua de mar			b62532n	
Suelos	77256z			
Aceros				92645u
Oxido de U				92653v
Aceites				97257d
Agua natural		101614n		
Rubies				101520d
Al y Fe			101518v	
Oxido de Mg		111094g		
Agua de cañería	107725w			
Grafito				119083y
Presencia de Va				119017e

continúa

continuación

Vol 68 año 1968

M e t o d o s

M a t e r i a l	5	12	13	14
Con otros metales	9263lm			
Cuero			3921r	
Aceros			9110x	
Zn y Fe			26620f	
Solución	84047k			
Arseniuro de Ga		56248s		
Compuestos orgánicos				g65390a
Solución	101444g			
Minerales y rocas		35089s		
Aceero inoxidable			65388f	
Organometálicos	92549r			
Arseniatos	111006e			
Heces y orina		84762q		
Colorantes			92636s	
Agua natural				a107707w
Rocas				e101474s
Frazas		101518j		
Escorias		56248h		

Vol 69 año 1968

Material	Metodos					
	1	2	4	6	13	14
Grafito	8167e					
Fe gris						e8145w
Acero inoxidable		3099j				
Solución				32558m		
Menas y refractarios					8016e	
Menas y aleaciones			15751u			
Aleaciones de Al			15603b			
Solución					15618f	
Aleaciones de Bi				15722k		
Fe y acero	15536c					
Meteoritos		10826x				
Rocas y minerales				15923t		
Aceros					15658u	
Organometálicos			15742s			
Elementos radioactivos	15806r					
Meteoritos	24188t					
Oxido de Mo				24181k		
Polimeros	19555f					
Jugo gástrico y orina			25006u			
Solución					15960a	
Acero inoxidable	32785a					
Aleaciones de Cu						c40955w
Material biológico			103709s			
Escorias					24174k	
Acompañado de Pu				48988e		
Acompañado de Sb				56689v		
Aleaciones	56747r					
Trazas	56792b					
Alúmina						e45775x
Agua de mar	61436t					
Aleaciones					49015x	
Acompañado de Fe	64325c					
Ferroaleaciones		64307u				
Fertilizantes				75943t		
Refractarios			79849q			
Agua natural			580054h			
Aleaciones de Mo		102733h				
Rocas				92666x		
Acompañado de V.					81016j	
Cuero					87998c	
Oxido de Zr	83125t					
Fundición de Fe					113276l	

Vol 70 año 1969

M e t o d o s

M a t e r i a l	1	4	5	6	8	12
Aleaciones de Fe	73854a			63988u		
Trazas	63916u			74025d		
A ero		b102759s		63819q		
Silicatos	74009b					
Mercurio			16716g			
Magnesita				73901z		
Caucho				69139q		
Solución		b53653s			111342c	
Rocas, menas				73030a		
Agua	90592s					
Cenizas		92945e				
Agua natural		d70969s		80739f		
Ferrocromo	79673y					
Escorias	84015q					
Ferrosilicio	92328e					
Metales			53630g			
Sodio	102755n					
Silicatos		b120781x				
Ga de alta pureza				73821y		
Acompañado de Bi			25380g			
Diamante						43687s
Acompañado de Cu	8618y					
Solución		92854c				
Bauxita	16822a					
Uranio				8601n		
Cuero		b12632g				
Madera		b10565x				
Monóxido de carbono	43848v					
Material biológico	34933s					
Cuero		38916m				
Agua de mar		b50364n				
Compuestos orgánicos			43098m			
Soluciones alcohólicas			63765u			
Enlatados	56326y					
Suelos				73834e		
Trazas				83888q		
Acompañado de Ta						43825k
Acompañado de Al y Be			63766v			
In de alta pureza				83962j		
Plata				83921v		
Polvo atmosférico		92995s				
Rocas sedimentarias				102711v		

continúa

continuación

Vol 70 año 1969

Material	Metodos					
	2	3	6	11	13	14
Acero	73933m		117355f			
Al de alta pureza	84029x					
Acero			63819a			
Oxido de Po y U			111334b			
Plásticos	97205b					
Ferrocromo						b8616w
Mo y tungsteno	111383s					
Aleaciones	112270q					
Fe de alta pureza						c16805x
Radioactivos	120388z					
Solución				43703u		
Aleaciones de Ni	8593m					
Fluoruro de U			3604r			
Bióxido de Ti	3603q					
Solución		8617x				
Conductores	16792r					
Trazas	25368j					
Aleaciones			43777w			
Aleaciones de Zr	34035a					
Minerales						e53734u
Aleaciones de Fe	46763p					
Ferrocromo					120785c	
Acero inoxidable			43644a			
Refractarios	43760k					
Acompañado de Zn			43844c			
Fosfatos de Ca y Ni			53736w			
Películas de Ni-Cr						b73749f
Fluoruro de Ba y Sr			63018w			
Aluminio	63864a					
Antimonio			63813h			
Metales y aleaciones			53690b			

el 71 año 1969

Métodos

Material	1	2	6	8	10	13
No ferrosos		9281r				
Madera						40422m
Meteoritos		4328m				
Materiales de Al	35649m				11245q	
Sangre		10151h				
Rocas y minerales		18489s				
Aceros aleados		18534c	56343x			
Suelos y rocas	35687x					
Catalizadores		27172k				
Diamante		25340q				
Arseniuro de Ga		45370e	35737p			
Grafito		35338j				
Trazas	35679w					
Silicatos	45391k					
Refractarios		84174m				
Trazas	45470k					
Aceros	45396r			45521a		
Rocas		119300d				
Menas y ferrosos	108831b					
Roca				66999e		
Pirita	66997c					
Cromita						67147n
Solución		18568s				
Material biológico		78061f				
Solución		97999j	87328a			
Aceros		131254z				
Agua	84308c					
Aceros				87203n		
Selenio		98038g				
Aleaciones de Ti		35552g				
Fe de alta pureza		18556m				
Aleaciones de Ti				97966w		
Aleaciones de Fe				9282s	56276c	
Rubies	131306t					
Hidróxido de Na				87390q		
Tierras raras				9331g		
Granito				18601x		
Oxido de Zr y Ti				18501k		
Disolventes orgánicos				18636n		
Antimoniuro de Ga				27134z		
Sulfuro de Cd				45349c		
Fe gris				45418z		

continúa

continuación

Vol 71 año 1969

M e t o d o s

M a t e r i a l	4	5	6	11	13	14
Silicatos	d45410r					
Ferroaluminio	d18467h					
Cuero	b40243d					
Películas de Ni			45443j			
Silicatos	b77000y					
Trazas						e45366f
Trazas		76999u				
Orina	45575k					
Aceros						a97927j
Menas y ferrosos	d56303j					e108746c
In de alta pureza				67065j		
Antimoniuro de Al				77059z		
Solución		27108u				
Solución				108732v		
Aleaciones		56275b				e66916a
Solución		45336w				
Aleaciones de Co						e18506v
Solución	b74772r					
Aleaciones				9349u		
Gelatinas	b100397u					
Meteoritos	108804v					
Aleaciones de Mo-U			119264v			
Solución			76950w			
Aleaciones de Fe			45442k			
Aleaciones de Fe						b76945y
Solución	b119303g					
Agua	b128534k					
Aleaciones de Fe	c108747d					
Rocas y minerales				57080i		
Cuero					71933h	

Vol 72 año 1970

M e t o d o s

M a t e r i a l	1	4	6	10	11	13
Cromo-magnesita			d8941q			
Aleaciones de Ni			b8940p			
Metales			b18116p			
Aleaciones	18120k					
Plantas			0729p			
Aceros			d18168g			
Aleaciones de Al	20017w					
Oxido de Al			50555s			
Antimonio de In			50599j			
Agua				85329y		
Hidrógeno			b45176q			
Antimonio			d62418n			
Aceite lubricante			57416f			
Residuos orgánicos	51668t					
Aceite			68924w			
Metales			b85862s			
Trazas			85929u			
Mecánicos			96288x			
Aleaciones	91848h					
Catalizadores						8915j
Escorias						8880d
Presencia de Va						8916k
Aleaciones			b128427y			
Solución			b139377h			
Vidrio				35168:		
Tintes			b131168w			
Caolín					35265d	
Carburo de U						38522v
Aleaciones Cr-Cu-Ni						50564
Metales			b130287d			
Iones metálicos					74425a	
Solución	139300e					
Vinos y jugos	99190k					
Refractarios						62468d
En presencia de Cl						95902e
Hierro						85863t
Aceros					124379m	
Al y Fe						106760z
Cenizas			113549r			
Acero de baja aleación			117379h			
Cadmio						106729w
Trazas			117344t			

continúa

continuación

Vol 72 año 1970

Material	Metodos			
	2	5	6	14
Aceros	28075r			
Oxido de Al			895cy	
Concentrados			8988k	
Halogenuros	38525z			
Solución		74345z		
Silicáto de Na			113163b	
Aceros			74403s	
Aceros	74406v			
Polímeros	56142b			
Agua natural	82811p			
Catalizadores		8913j		
Circonio y berilio				b17522p
Material biológico		75431m		
Ilmenita	96365h			

Vol 73 año 1970

M e t o d o s

M a t e r i a l	1	2	4	5	6
Oxido de Mo			10377z		
Aleaciones de Ti					41493p
Aire	18249e				
Compuestos orgánicos			433187e		
Aleaciones de Fe	31219q				
Sales de Al	31248y				
Trazas	28545n				
Polvo atmosférico		38266m			
Aleaciones de Al		41515x			
Trazas	31249z				
Aceros					62298r
Catalizadores	31236t				
Cementos			b48287h		
Aleaciones de Co			b5-969n		
Aleaciones de Fe					51909t
Sedimentos marinos					51913u
Aleaciones de Co					62025a
Aceros	62282j				
Aceites lubricantes	57698v				
Solución				102350p	
Menas de Ni			72744a		
Solución					72772h
Compuestos de To			d72770f		
Metales			c3530d		
Sn de alta pureza			d83529k		
Agua natural					80354p
Vinos			d75604r		
Polvo atmosférico		90161n			
Rocas		94318s			
Suelos					86947r
Glóbulos de sangre					95331u
Menas de Ni			a105147p		
Aleaciones de Ag			b105145m		
Solución					116009.
Solución				136985q	
Ferrosos					116051d
Aleaciones Al-Zn-Mn					126593w
Celulosa		121677s			
Aleaciones y silicatos			b137046w		
Oxido de Al		137045v			
Solución				51835g	
Aceites				89430t	

continúa

continuación

Vol 73 año 1970

Material	Metodos			
	11	12	13	14
Aceros inoxidables				b10385a
Cromita			45716y	
Aceros				t51971g
Aluminio		61777r		
Ferrosos			62356m	
Aleaciones			72739c	
Grafito				e71163y
Estano	94074j			
Aleaciones Al-Cr-Si				a133398q
Acompañado de Mo	105176x			
Solución				b105120z
Solución				e106172e
Presencia de Ta	126652q			
Solución			132003v	
Cuero			132004w	
Muestras radioactivas		127620q		

Vol 74, año 1971

M e t o d o s

M a t e r i a l	1	2	4	6
Antimonio				9301j
Bario				9238u
Aluminio				9257z
Rocas			b9249y	
Compuestos de Va			b9230k	
Coloides				15544g
Grafito	18981h			
Rocas		18974h		
rocas				19022h
Aleaciones de Fe				19018m
Muestras metálicas		19029r		
Aleaciones de Ni				19092f
Aceros				18978n
Solución		27712y		
Suero sanguíneo				20240j
Fe colado				27715b
Meteoritos		27718e		
Suero y orina	28658x			
Ferroaleaciones	38066s			
Rocas		38053k		
Aleaciones de Ti		38002t		
Oxido de Al				49296t
Productos metálicos			b49294r	
Aleaciones de Ni				49295s
Compuestos orgánicos		49420d		
Compuestos orgánicos			b43763w	
Aceros		49290m		
Material biológico				50399k
Acompañado de Al	71263b			
Carga metálica			134474u	
Polvo atmosférico		130052g		
Leche y orina			121217v	
Meteoritos		150755s		
Aceros		150672n		
Celulosa		143469y		
To y Zr		150706b		
Oxido de La				119634c

continúa

continuación

Vol 74 año 1971

M e t o d o s

M a t e r i a l	10	11	13	14
Solución				e9281c
Aceros y aleaciones		19097m		
Cromitas			18984m	
Solución				g19021g
Ferrosos				e17158h
Solución	18807f			
Solución			60566b	
Agua de mar			34450q	
Vanadio		60490x		
Aleaciones de Fe			60592g	
Silicatos				e60523k
Ferrosos				e71178c
Solución				c71264c
Aceros				e71235u
Aleaciones de Ti			71234t	
Material biológico				e72640j
Suelos			106835u	
Aceros y aleaciones de Cr			134490w	
Películas de Ni-Cr	134469w			
Solución			150686v	

Vol 75 año 1971

M e t o d o s

M a t e r i a l	1	2	5	6	10
Aleaciones de Fe		104678s			
Trigo		4078c			
Titanio				14645z	
Rocas	14576c				
Aceros	14657e				
Solución			70961k		
Aleaciones de Al-Si		29591c			
Asbestos		29623q			
Aceros		58294p			
Fertilizantes				15928f	
Aceros	29666f				
Solución					71010n
Acompañado de Li	29635v				
Cromo-magnesita	58325z				
Lingote de Fe				58293u	
To y Zr		58315w			
Pu y U				70970p	
Cloruro de B		70962n			
Cementos		70931b			
Inclusiones de Acero				71087t	
Aceites lubricantes	71060d				
Minerales		71067m			
Refractarios	70987z				
Suelos				71044b	
Uranio	70974t				
Agua natural			52645g		
Material geológico	83867k				
Solución	83840w				
Moliudeno		83817u			
Suelos y minerales		94287x			
Bronce					70931b
Suelos				104799g	
Aceros aleados		104681n			
Solución		136709u			
Escorias				136739d	
Refractarios				136746d	
Solución					147440a
Fe y Cu	146103m				
Aceites lubricantes	153553f				
Agua natural		154856a			
Tejidos humanos			15866j		
Al y Fe			58253g		

continúa

continuación

Vol 75 año 1971

M e t o d o s

M a t e r i a l	4	6	12	13	14
Compuestos orgánicos	d83893r				
Escorias			29681g		
Sedimentos					e58311s
Fe y acero		157936f			
rocas		83812p			
vidrio	90866n				
Solución				83890n	
Polvo atmosférico			79960t		
Arseniuro de Ga			83824u		
Materia biológico	71057h				
Aleaciones	b14107p				
Grafito		147404e			
Acero					b115438q
Grafito					e123959a
Solución				157893q	
Antimonio				94284u	
Aceros inoxidables	b71033x				
Pentóxido de Va		126067u			

Vol 76, año 1972

M e t o d o s

M a t e r i a l	1	2	4	5	6
Aceros	80762g				67814f
Aceros aleados			b67844r		
Inclusiones en acero					80648z
Aleaciones de Cr-Fe-Ni		80494w			
Antimonio					94173c
Selenio		94175e			
Suelo lunar		94195m			
Carburo de Si		94228z			
Polvo atmosférico		103429v			
Compuestos orgánicos					107405j
Agua natural				131292p	
Aceros especiales					107634f
Solución			161849t		
Disolventes				6977q	
Ferritas				41515j	
Acompañado de Be				96512m	
Aluminio					135326a
Suero				b123799u	
Fe y acero	135322w				
Meteoritos		130181q			
Compuestos orgánicos				148408d	
Material biológico	1546p				
Material bilógico	1551a				
Granito					20930a
Rocas igneas		20929g			
Silicatos	20934e				
Diamantes sintéticos					20904v
Fibras sintéticas	15629e				
Agua natural	17609x				
Alaciones					41638b
Sangre					32011q
Trazas			b41686r		
Solución				94120h	
Aceros	41593s				
Aceros	53986b				
Aleaciones de Ti	54050d				
Orina			d43604m		
Solución				41641x	
Compuestos de B					148436m
Trazas	148446q				
Vidrio			144317a		
Selenio					161924p

continúa

continuación

Vol 76 año 1972

M e t o d o s

M a t e r i a l	2	3	10	13	14
Agua de río	6476a				
Material lunar					e121199z
Agua natural					g158128b
Solución				67828p	
Aceros inoxidables			54114c		
Agua de río	6582g				b37278s
Agua de mar					e41703u
Uranio					
Compuestos orgánicos		107690w			
Material lunar					e148450m
Aleaciones				67836q	
Bario				67778k	
Concentrados	41098a				
Papel	47544q				
Menas de Cr				80612h	
Rocas					e80593c
Solución					e67710u
Ferroaleaciones	161862s				

Vol 77 año 1972

M e t o d o s

M a t e r i a l	1	2	3	4	5
Solución					55964n
Material geológico		5609ln			
Solución			83207m		
Hierro		5609ln			
Productos de Zn				d69739e	
Agua				d39004u	
Sangre y alimentos		72249a			
Rocas	13532q				
Metales					83164v
Sedimentos de lagos		79394c			
Solución					83153r
Trazas	28421b				
Vinos, coñac y jugos				d86603y	
Polvo atmosférico	9285u				
Diamantes		13592j			
Colorantes				b3880n	
Solución					13634z
Madera				7220t	
Aceites lubricantes	22500e				
Trazas					16032n
Sangre		123553e			
Rubies		42767a			
Aceros		42716h			
Aluminio			109048n		
Metales			42836x		
Suelos		108969b			
Celulosa					109029g
Solución			121770z		
Germanio		121728s			
Muestras lunares		121814s			
Matrices ferrosas	121816u				
Mo y tungsteno	121838s				
Solución					134625f
Pigmentos		128170n			
Papel		128368h			
Escorias			69693k		
Alimentos				138407j	

continúa

continuación

Vol 77 año 1972

M e t o d o s

M a t e r i a l	6	II	12	13	14
Grafito	56143f				
Metales	55905u				
Menas y refractarios				56030s	
Solución					e56126b
Solución		69656a			
Escorias de Mn-Si				60696p	
Agua natural		79321b			
Aceros inoxidables	55906v				
Escorias	60691h				
Solución			55965p		
Compuestos de U					e69700k
Cuarzo					e83188f
Fe colado				134757a	
Suelos y rocas	86922b				
Alúmina	13456t				
Menas de Fe	134749g				
Acompañado de Mn				42688a	
Aceros y ferroaleaciones				121865j	
Leche en polvo					a112581m
Rocas	134705g				
Aleaciones	42806n				
Silice	134767d				
Polimeros					e115006p
Sedimentos geológicos		147166g			
Compuestos orgánicos	42912u				
Compuestos de U	109044h				
Presencia de Mg	121653p				
Minerales y menas	134707j				
Películas de Ni-Cr				159801b	
Madera					e166373p
Agua de lluvia	134714j				
Solución					g172325r

Vol 78 año 1973

Metodos

Material	1	2	4	6	11
Celulosa				73803j	
Suero sanguineo		107358y			
Alúmina	168196c				
Aleaciones de Al		79312v			
Aluminio		131727a			
Arsénico		11150k			
Alimentos			b122729a		
Vegetales	144894c				
Bismuto				52010h	
Aceros inoxidables	168225m				
Cristales de Ca				105646h	
Meteritos		66587p			
Aceros	143376y				
Rocas ultrabásicas				66553z	
Acidos inorgánicos			b37394t		
Arseniúro de Ga		11218p			
Vidrio			b143475e		
Aleaciones de Au				154500k	
Solución					11194c
Grafito		37579g			
Solución				168089v	
Ilmenita y Rutilo				131718y	
Compuestos de Li				23527b	
Muestras lunares		66595q			
Rocas y minerales			d52188x		
Agua de desague					88385y
Aleaciones de Ni				168235q	
Niobio y Tantaló				92131e	
Minas y rocas		11230m			
Rocas		52027u			
Presencia de Fe	52236m				
Rocas		118870x			
Suelos				109683m	
Solución			d66535v		
Aceros				143385a	
Meteoritos		79374z			
Torio			b118829r		
Acidos			d23541b		
Tunsteno				143426q	
Agua natural		163653q			
Madera		17839p			
Material geológico			b154569q		

continúa

continuación

Vol 78 año 1973

Material	Metodos			
	5	10	13	14
Fe colado				e154546e
Solución		118855w		
Aceros			118799f	
Acompañado de Ti	131648a			
Arseniúro de Ga		52221c		e11122c
Fe y acero		118966h		
Ácidos		168324t		
Sulfatos				
Aceros	154487m			

Vol 79 año 1973

M e t o d o s

M a t e r i a l	1	2	4	5	6
Arseniuro de Ga					26774m
Indio					26761e
Minerales y rocas	132606t				
Rocas		38181d			
Aceros inoxidables		13215e			
Acero	121487d				
Trazas		38191g			
Agua de rio	121459w				
Metales			b38264h		
Fluoruro de Li					38248f
Oro nativo					38208t
Agua-acetona	38141r				
Solución				38165b	
Fluoruro de amonio					48928s
Pierro		48877z			
Trazas		48861q		121491a	
Solución			d132660f		
Aleaciones de Cr-Ni					59159t
Aceros aleados			61189w		
Agua natural	57401s				
Aleaciones de Al				73264e	
Oxido de Ga				73196j	
Acero	73244y				
Acero	87113s				
Aleaciones de Ti	87124w				
Ilmenita	111413n				
Al y Fe				87067e	
Petroleo		94265w			
Compuestos metálicos					100169m
Suero sanguineo				89014j	
Madera	93601r				
Agua	96554p				
Material geológico		111425t			
Agua de mar	108001w				
Boruro de Ti					100165y
Cristales de Li			b121548z		
Metales			b121567e		
Acero	132526s				
Aleaciones					142572t
Tabaco		113336p			
Ta de alta pureza		121543u			
Aceros aleados		121521k			

continúa

continuación

Vol 79 año 1973

M e t o d o s

M a t e r i a l	2	6	11	13	14
Solución					g51217d
Renio		87119y			
Aceite combustible		94340s			
Petroleo	106570g				
Solución			121510f		
Solución				87097q	
Minerales y rocas					e38254e
Arseniuro de Ga		111388h			
Cinc y aleaciones					c49914j
Aleaciones de Cu y Fe	12155lv				
Bismuto		121474x			
Acero inoxidable				61203w	
Presencia de V			73207p		
Silicio		121569g			
Au de alta pureza					e87128a
Ferrocromo					100076d
Pigmentos					e93500g
Cenizas					e106653m
Solución			121489f		
Solución				11341m	
Orina			101190y		
Hierro			100160b		
Sangre					e123256b
Solución			132590h		

continuación

Vol 80 año 1974

M e t o d o s

M a t e r i a l	2	5	6	10	14
Sedimentos marinos	103507b				
Boro	103388p				
Ferrosos			103498z		
Solución				55545p	
Aceros			103489x		
Selenio	103419z				
Solución		90696k			
Sangre			106387y		
Aleaciones de Ni					e115719k
Menas de P			115705c		
Objetos arqueológicos	107343t				
Silicio				127759m	
Aleaciones y aceros	127847p				
Sedimentos marinos	127835h				
Ferrosilicio			127768p		
Aluminio	140855j				
Vidrio					e136742c
Baño electrolítico				140815w	
Alúmina			152470t		
Alúmina					e152409e
Galio			152435k		
Material biológico			152388x		
Muestras lunares	152446q				
Aceros				55530e	
Suelo lunar	152494d				
Iones inorgánicos		90699p			
Materiales conductores	152447r				
Rocas	152495e				
Carbonato de Ca	152496f				

Vol 81 año 1974

Metodos

M a t e r i a l	1	2	3	4	6
Oro		32871y			
Comp. metálicos					85594s
Aleaciones		163004r			
Aluminio		44956t			
Solución			72226y		
Asbestos				b72274f	
Rubies artificiales		180830z			
Material biológico	60199d				
Berilio		130473s			
Material biológico		47073p			
Suero sanguíneo	47034b				
Fe colado					98965p
Fe y lubricantes					130476t
Cuarzo		57883s			
Aceros al Cr					130481r
Fluoruro de Pb					130525h
Mariscos		118639r			
Solución		20469k			
Material geológico	85586r				
Material geológico		72190g			
Tantalo	145164p				
Compuestos de Ta					32828q
Fe-Ni de alto C		32812e			
Material geológico		20496s			
Zn de alta pureza		32792f			
Aceros					98939h
Cabellos humanos		58846u			
Ag de alta pureza		44926h			
Lantano					32898n
Minerales y rocas				b 57821v	
Aceros				d162940f	
Prod. del petroleo	172576f				
Solución			20520v		
Azucar y melaza	154916n				
Fe de alta pureza		32813f			
Fe y acero		145379n			
Oxido de Ni					145246s
Aceros aleados		44899b			
Muestras lunares		162938m			
Bióxido de Mn					145222f
Compuestos de Si					32912n
Oxido de V					44958v

continúa

continuación

Vol 81 año 1974

M e t o d o s

M a t e r i a l	2	10	11	12	14
Bi y Pb					b130498
Cu y Ni		32822h			
Cromita y menas de Mn				130468s	
Material biológico	47069s				
Trazas					h145221e
Aceros aleados			44931f		
Material biológico					g35188s
Rocas	85680s				
Fe-Ni-Cr					j114154f
Electrodepósitos		68117w			
Mariscos	165795y				
Aceros	180895z				
Minerales					j130536n
Aceros	162960n				
Arseniúro de Ga				145263v	
Rubies sintéticos	145127d				
Solución					c167500x

Vol 82 año 1975

Material	Metodos				
	1	2	4	6	11
Salio				79970r	
Compuestos orgánicos			b38239r		
Carbonatos				38200w	
Acero y aleaciones		132538j			
Fe colado y acero		25473z			
Revestimientos	87735h				
Corundum		38207d			
Azucar granulada			b80002h		
Ferroaleaciones		50999w			
Oro				148977n	
Cromita y Cr-magnesita					148990m
Material geológico		179907u			
Dióxido de M.				148989t	
Aceites		10804x			
Madera	45437g				
Plomo		92594r			
Aceros aleados		25445e			
Aceros aleados		92659r			
Polímeros	73724s				
Sedimentos marinos			b92589t		
Sedimentos	128974f				
Silicatos				164466a	
Plata			b02629f		
Sodio				179955h	
Suelos	30087u				
Solución				67712h	
Solución				51014h	
Agua natural			b11592t		
Aluminio				51068d	
Plantas				38229n	
Aceros		179953f			
Trazas				167447r	
Aceros		145042t			
Cinc		67728e			
Trióxido de B				67820d	
Dióxido de Ti				38170m	

Vol 82

148990m Analisis de cromita y cromo-magnesita, por titulación _
potenciométrica, usando EDTA.

La muestra fue disuelta con HClO_4 al 70%, y fundida con una mezcla de $\text{HF} - \text{H}_2\text{SO}_4$ y vuelta a fundir _ con KHSO_4 . El fundido, en solución fue analizado par_ _
determinación de Al, Cr, Fe, Ca y Mg. A la suma de los iones trivalentes, se le agregó EDTA, se calentó la so_ _
lución y se tituló con Bi III, a un $\text{pH} = 6.5$; usando un electrodo de plata. La suma de Fe y Cr fue determinada de la misma forma, en una alícuota, después de edición de NH_4F al 10% para enmascarar al aluminio.

La suma de Fe y Al, fue determinada después de _
volatilización de Cr VI como CrO_2F_2 con HF . El calcio _
y/o magnesio, fueron determinados después de separa_ _
ción de Cr y Fe + Al, por volatilización y precipita_ _
ción con NH_3 , respectivamente usando EDTA como indica_ _
dor a un $\text{pH} = 11$ y valoración con Hg II . El Ca fue titu_ _
lado directamente con EDTA a un $\text{pH} = 12$ usando calcina_ _
como indicador, y después de volatilización de Cr y en_ _
mascaramiento de Fe con trietanolamina.

Vol 81

44931f Determinación de Mn, Cr y V en aceros aleados, por titulación potenciométrica.

La muestra de acero, se atacó con una mezcla de ácidos H_2SO_4 , H_3PO_4 , agregándole después $(NH_4)_2S_2O_8$, como oxidante y $AgNO_3$ como catalizador; seguido de calentamiento para eliminar el exceso de $(NH_4)_2S_2O_8$. En una alícuota, se titula potenciométricamente la suma de Mn VII Cr III V V, con una solución de Fe II, usando un electrodo indicador de Pt vs electrodo de referencia de Hg/Hg_2SO_4 ; y una corriente de carga de 0.5 Amp. En otra alícuota se agrega NaCl y se calienta para separar Cl_2 , titulando de la misma forma, la suma de Cr III + V (V). Después del punto final, se añade a la solución $KMnO_4$ en exceso, unas cuantas gotas de $NaNO_2$ al 3% y 0.3 a 0.5 g de uréa; y se titula el vanadio con Fe II. El punto de equivalencia fue a aprox. 0.8 voltios en ausencia y a 0.6 voltios en presencia de cloruros. Las desviaciones estandar fueron 0.01 - 0.09, 0.02 - 0.05 y 0.0008 - 0.06 % para las determinaciones de 1 - 12% Cr, 0.6 - 1.0 Mn y 0.01 - 1.3 % de V, respectivamente

162940f Determinación por fotometría, de Mn (VII), Cr (VI) y V (V), en aceros especiales.

El método fue aplicado a una muestra de acero especial (B.C.S # 220,1). La muestra fue sometida a oxidación con óxido de Ag II (para lograr los estados máxi-

mos de oxidación de los metales analizados.

El Mn se tituló primero con NaNO_2 en exceso, en medio ácido (H_2SO_4 0.5M), en la región visible del espectro a una longitud de onda de 620 milimicras. Para titulación sucesiva de Cr y V, se usó sulfato de amonio ferroso como reactivo valorante y se cambió la acidez inicial por adición de H_3PO_4 4M - H_2SO_4 1M, y la longitud de onda a 760 milimicras (todavía en la región visible del espectro). Los tres puntos finales se obtuvieron graficamente. Para calcular el contenido de Cr, hubo necesidad de hacer una corrección por el exceso de nitrito agregado después del punto final de la valoración de Mn.

Vol 80

b33477r Determinación de altos contenidos de Mn, Cr y Ni en aceros de alta aleación; por espectroscopía de absorción atómica.

La muestra de acero, fue disuelta en H_3PO_4 - H_2SO_4 1:1, la solución fue oxidada con HNO_3 concentrado, y diluido con H_2O , el análisis se realizó directamente obteniéndose las siguientes líneas de absorción atómica: 232.0 milimicras para níquel, 279.5 milimicras para Mn y 359.4 milimicras para Cr. Se usó una flama de aire- C_2H_2 .

75098j Aplicación de la espectrofotometría de absorción atómica, en el análisis de Fe y acero.

Fueron analizados los siguientes elementos: Co \leq 0.05, Cu \leq 0.80, Pb \leq 0.25, Mn \leq 2.00, Ni \leq 0.075, Sn \leq 0.050, Cr \leq 1.20, Mo \leq 1.25, V \leq 2.50 y Al \leq 0.01 % , — por absorción atómica, con errores de precisión de: 0.02, 0.01, 0.0015, 0.004, 0.001, 0.002, 0.015, 0.017, 0.07 y 0.002 β respectivamente.

La muestra se disolvió en HCl con una pequeña cantidad de HNO₃. Se usó una flama de C₂H₂ - N₂O, para determinación de Cr, Mo, V y Al, una flama de aire - H para Sn y una flama de aire - C₂H₂ para los otros elementos. Para determinar Al total, la muestra fue disuelta en ácido, la solución se filtró y el residuo se fundió con 1g de NaHSO₄. Se extrajo el fundido con agua, se combinó con la solución muestra y se filtró para el análisis.

77943u Determinación de Li, Na, Ca, Mg, Mn, Sr, Cu, Ni, Zn, Cr y Fe, en rocas y minerales por absorción atómica.

Las rocas fueron analizadas por absorción atómica, usando una flama de aire - C₂H₂. La muestra fue disuelta en HF - HClO₄ y calentada con HCl para eliminar vapores de HF. La interferencia de otros elementos fue cancelada agregandole tanto a la solución estandar como a la solución muestra SrCl₂, para determinación de Ca y Mg; Na₂SO₄ al 1 %, para determinar Cr; y CaCl₂ al 2 %,

para determinar Sr. Los errores relativos fueron: 0.3 - 6.5 %.

Vol 79

61203w Analisis de electrolitos de Cr - Fe - Ni y electrodepositos de aleaciones binarias.

El método fue descrito para determinación de los más importantes componentes de electrolitos de Cr III y Cr VI, los cuales son usados para electrodeposición de revestimientos y aleaciones de baja ley de Cr - Ni, Cr - Fe y Cr - Fe - Ni. El cromo es determinado por yodometría, el Fe es determinado (después de extracción con una mezcla de metilsecobutilcetona y acetato de anilo), por volumetría de formación de complejos; y el Ni se determinó gravimetricamente con dimetilglioxima. También es descrita la determinación de SO_4^{2-} como $BaSO_4$ y de HBF_4 libre por titulación con NaOH.

61189w Determinación de Cr en aceros de baja aleación, por el método colorimétrico.

El Cr, contenido en aceros de baja aleación en forma de varios compuestos, fue determinado por disolución selectiva de cada uno de los compuestos, seguida por analisis colorimétrico con difenilcarbocida. El Cr presente como solución sólida, fue disuelto por perma-

nencia durante una hora en 120 ml de una mezcla de NaCl al 1% y EDTA al 5% (pH 6 - 7), a una corriente directa de 50 mA/cm . La cementita fue disuelta del residuo por tratamiento durante una hora con 50 ml de EDTA al 2% a un pH de 5 - 6. El Cr_2O_3 , por calentamiento durante 10 min con 50 ml de HCl 1:1. Los óxidos de Cr, permanecieron en el residuo, que fue tratado con 10 - 30 ml de HNO_3 , 5 ml de solución de Fe (0.01 g Fe/ml) y 10 ml de H_2SO_4 $H_3PO_4 \cdot H_2O$ 4:3:8, la mezcla fue evaporada hasta humos blancos, y el Cr fue determinado colorimetricamente.

87097g Titulación de Al con EDTA, en presencia de Cr III.

El Al^{3+} , fue determinado (en solución conteniendo Cr) usando EDTA en exceso, una solución buffer (acetato) a un pH de 4 - 5, y titulando el exceso de EDTA con $FeCl_3$ en presencia de ácido sulfosalicílico, hasta cambio de color de amarillo-verdoso a naranja-rojizo. El Cr^{3+} fue determinado en la misma solución por nueva adición de EDTA en exceso, calentando la solución y nueva titulación de exceso de EDTA, hasta cambio de color de violeta a rojo. La mejor determinación de Cr^{3+} , se lleva a cabo en muestras de 1 - 5 mg.

Vol 78

168225m Aplicación de la espectrofotometría de absorción atómica para determinación de Cr en acero inoxidable.

La muestra de acero inoxidable fue disuelta en HCl - HNO₃ y oxidada con HClO₄. Esta solución es calentada hasta eliminación de vapores de HClO₄. En este punto es diluida a un volumen conocido y el cromo determinado por fotometría de absorción atómica.

Vol 77

56030s Determinación de Fe, Al y Cr en menas de Cr y refractarios a base de Cr.

La muestra en solución, a un Ph de 2, fue calentada a 60°C y titulada con EDTA 0.01 M, en presencia de ácido sulfosalicílico, para determinar Fe. Después se enfrió la solución y se le agregó 5 ml de HCl 1:1 y 1 g de KI, y se dejó en lugar oscuro durante 5 min, pasado este tiempo se tituló con Na₂S₂O₃, usando sol de almidón como indicador, para determinación de Cr. Para determinar Al, se agregó EDTA en exceso a la solución muestra, se neutralizó con NH₄OH (10 ml), agregándole solución buffer (HOAc) y calentamiento a 50°C durante 5 min, se enfrió y se tituló con sol de CuSO₄.

42688a Separación de Cr y Mn, usando cloruro de cobre

Se estudiaron las reacciones, a diferentes P_H , del $CuCl$ con soluciones de Mn VII y Cr VI. El Mn VII y el Cr VI fueron reducidos a Mn II y Cr III, respectivamente en medio fuertemente ácido y permanecieron en solución. En la precipitación de $Cr(OH)_3$ o sal básica de Cr III, hubo un incremento en el P_H de 1 a 12 v a un P_H mayor de 12, el Cr VI no fue reducido, mientras que el Mn VII fue reducido a Mn IV y cuantificado por precipitación. Para la separación de Mn y Cr, la solución se ajustó a un P_H de 3 a 7 (si la concentración total de Cr Mn, es mayor de 0.05 N, entonces, se puede usar un P_H de 11 a 12, se calentó y se trató con exceso de $CuCl$. 10 - 15 min después de la decoloración de la solución, el precipitado conteniendo $CuCl$ y la sal básica de Cr III, fue separado. Para separar Mn y Cr, la solución fue alternativamente ajustada a una concentración aprox. 0.1N en FOH , calentada a 50 C y tratada con exceso de $CuCl$. Después de que desaparece el color rosa del MnO_4^- , el P_H debe ser mayor de 7. El precipitado MnO_2 fue lavado con alcali 0.005N. La separación completa de Mn y Cr fue llevada a cabo por ambos métodos.

159804b Determinación de contenido de Cr en películas de Ni-Cr, por el método de difenilcarbocido.

La muestra fue tratada con 2 ml de H_2SO_4 18N y calentada hasta que la película de Ni-Cr, estuvo completa-

mente disuelta, y la solución se diluyó a 25 ml con H_2O . Para oxidar el Cr metálico a Cr^{+6} antes de desarrollo de color, a una alícuota de 2-5 ml de la solución muestra se le agregan 0.8ml de $NaOH$ 1N, por cada 5 ml de muestra; para neutralizar la solución, se le adicionan 5 ml de H_2SO_4 1N (y agua si es necesario para un volumen total de 10-11 ml) y 0.5 ml de $KMnO_4$ 0.1N. La solución es entonces calentada a $70-80^\circ C$ con permanencia de 20 min a esta temperatura, se le agregan en caliente, una solución de NaN_3 al 5% para decolorar el exceso de MnO_4^- y 1 ml de solución de difenilcarbocido (0.125 g/100 ml Me_2CO) y se diluye a 25 ml con H_2O . Después de 40 min se mide la absorbancia a una longitud de onda de 546 milimicras. La desviación estandar relativa es de 1.7%.

Después de haberse elaborado este trabajo, se llegó a las siguientes conclusiones:

- 1._ La cromita representa la única fuente económicamente explotable del cromo.
- 2._ Los principales usos del cromo, son como elemento de aleación en la fabricación de aceros especiales, refractarios y en galvanostegia.
- 3._ Las propiedades más importantes para su uso industrial, son: la resistencia a la corrosión, dureza y resistencia al desgaste que le comunica al acero y su alto punto de fusión que lo hace útil en la fabricación de refractarios.
- 4._ Los métodos de análisis químicos, más usados para cromo y reportados en el Chemical Abstract en los años comprendidos entre 1965-1975 fueron:

Como mayor constituyente: gravimetría, volumetría y potenciometría; practicados más usualmente en sus menas, aceros especiales, aleaciones de Mn y Co y en refractarios.

Como menor constituyente o impureza: espectrofotometría, espectroscopía de absorción atómica, fotometría a la flama, espectrometría de emisión, polarografía y activación de neutrones; realizados en diversos materiales, tales como, rocas, minerales, suelos, pigmentos, vegetales, material biológico, etc.

BIBLIOGRAFIA

- 1._ Avner S. H. Introduction of Physical Metallurgy, Mc. Graw Hill, Tokio, (1964).
- 2._ Bavor J. A. y J. Ibarz, Química General Moderna, cuarta edición española, Ed. Nacional, México, D.F., (1972).
- 3._ Bargalló M., Tratado de Química Inorgánica, segunda edición, Ed. Porrúa, México, D.F., (1972).
- 4._ Betejtin A. Curso de Mineralogía, segunda edición. Ed. Mir, Moscú, (1970).
- 5._ Chaussin C. y G. Hilly, Metalurgia, tomo I, Aleaciones Metálicas, Ed. Urmo, España, (1971).
- 6._ Dana E. S. y W. E. Ford, Tratado de Mineralogía, cuarta edición, Ed. C.E.C.S.A., México, D.F., (1971).
- 7._ Encyclopedia of Industrial Chemical Analysis, vol 9, Interscience Publisher a division of John Wiley & Sons Inc., New York, (1970).
- 8._ Encyclopedia of Science and Technology, vol 3, Mc. Graw hill, (1966).
- 9._ Fischer R. B. y D. G. Peters, Compendio de Análisis Químico Cuantitativo, primera edición, Nueva Editorial Interamericana, S.A. de C.V., México, D.F., (1971).
- 10._ Ingeniería Química, publicación mensual, Num. 129, Ed. Cosmos, México, D.F., (Abril, 1967).
- 11._ Johnson C. G. y I. R. Weeks, Metalurgia, cuarta edición, Ed. Reverté S.A., Barcelona, (1961).
- 12._ Kirk R. E. y D. F. Ochmer, Encyclopedia of Chemical Technology, segunda edición, vol 5, Interscience Publishers a division of John Wiley & Sons Inc., New York (1964)

- 13._ Pearl R. M., Rocks and Minerals, Barnes & Noble Books, U.S.A., (1956).
- 14._ Reed-Hill R. E., Principios de Metalurgia Física. segunda edición, Ed. C.E.C.S.A., México, D.F., (1971).
- 15._ Thorpe E. S., Enciclopedia de Química Industrial, tomo II, - Ed. Labor S.A., Provenza, Barcelona, (1966).
- 16._ Scully J. C., Fundamentos de la Corrosión, primera edición, - Ed. Alhambra S.A., Madrid, (1968).
- 17._ Uly M. J., Chromium, Ed. Reinhold, New York, (1956).