

Estudio mineralógico de una escoria de hierro del yacimiento arqueológico de Sant Joan de Boí

Introducción

La caracterización mineralógica de la muestra se ha llevado a cabo por difracción de rayos X y por microscopía de luz transmitida y reflejada. Los fragmentos de escoria tienen un fuerte brillo metálico y superficies onduladas características del proceso de fundición. En corte fresco se observa un entramado compacto de pequeños haces prismáticos imbricados con disposición radiada y numerosas vacuolas de tamaño milimétrico producidas por el escape de gases. Los fragmentos presentan una pátina de color pardo claro constituida por oxihidróxidos de hierro, principalmente goethita, producidos por oxidación de las fases dominantes de la escoria en una etapa muy tardía.

Estudio por difracción de rayos X

Se ha molido en mortero de ágata un fragmento de la muestra hasta un tamaño inferior a 50μ que posteriormente ha sido tratado por el método de polvo en un difractómetro Philips utilizando radiación CuK α y monocromador.

El análisis de las reflexiones observadas permite identificar como principales fases cristalinas a fayalita (Fe_2SiO_4) y wüstita (FeO) como productos finales del proceso metalúrgico llevado a cabo.

En la tabla 1 se indican los datos correspondientes a las reflexiones observadas (línea, ángulo de Bragg 2θ , espaciado interplanar d_{hkl} (Å), índices de Miller hkl e intensidad relativa I/I_0) en el intervalo de 2θ entre 3 y 66° , asignándolas a las distintas fases cristalinas mencionadas. Se observa una excelente coincidencia con los datos recogidos en las fichas correspondientes de la JCPDS americana. La reflexión más intensa a

2.495 \AA coincide para la 112 de fayalita y la 111 de wüstita. Lo mismo ocurre con la de 1.52 \AA , que coincide con la 004, 143 de fayalita y la 220 de wüstita.

La fayalita en condiciones naturales es uno de los términos extremos de la serie del olivino $[(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4]$. Tiene una simetría rómbica, con $a = 4.82 \text{ \AA}$, $b = 10.48 \text{ \AA}$ y $c = 6.09 \text{ \AA}$ y grupo espacial Pbnm. La wüstita es cúbica, con $a = 4.31 \text{ \AA}$ y grupo espacial Fm3m; se trata de una especie mineral muy poco común en la naturaleza y en su mayor parte es artificial, originada en la metalurgia del hierro.

Estudio por microscopía de luz transmitida

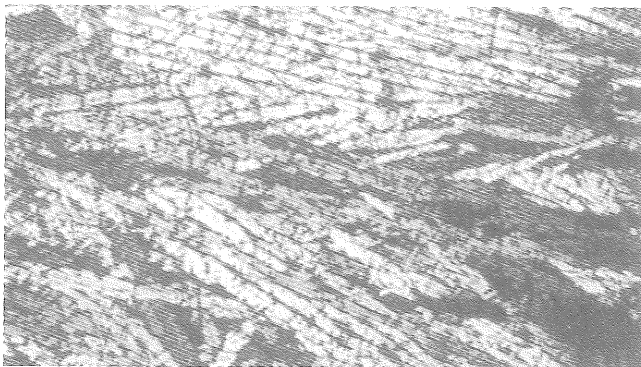
Se ha preparado una lámina delgada con espesor de 30μ de la que se han obtenido diversas microfotografías que muestran los aspectos más relevantes de la muestra. Se observa un agregado compacto de cristales prismáticos de fayalita parcialmente imbricados y alargados paralelamente al eje c, con exfoliación lateral perfecta, refringencia elevada y color de interferencia variable: blanco, gris, amarillento, pardo o rojizo, según la orientación óptica y las pequeñas variaciones en el espesor. Algunas cavidades aparecen ocupadas por óxidos de hierro de fuerte coloración rojiza y los haces de fayalita aparecen atravesados por una red compleja de delgados cristales de menas metálicas, que aparecen de coloración negra (microfotografía nº 1).

Aparte de las fases cristalinas mencionadas, al microscopio de polarización se observan pequeñas cantidades de hematites ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), no encontradas en el estudio difractométrico debido a su escasa proporción.

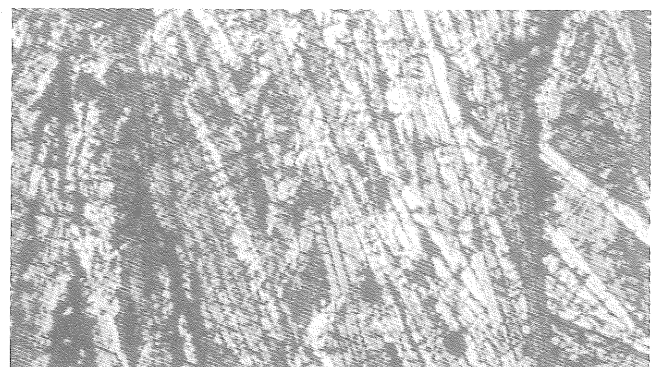
Línea	2q	d_{hkl} (Å)	hkl	I/I_0	Fayalita ¹	Wustita ²
1	16.94	5.23	020	30	5.23	
2	20.34	4.362	110	20	4.38	
3	22.38	3.969	021	19	3.98	
4	25.00	3.559	111,120	51	3.55	
5	29.25	3.050	002	20	3.05	
6	31.70	2.820	130	88	2.828	
7	34.08	2.629	022,040	57	2.630	
8	34.93	2.567	131	62	2.565	
9	35.96	2.495	112	100	2.501	2.49 (111)
10	37.32	2.407	200,041	27	2.410	
11	39.04	2.305	122,140	29	2.307	
12	42.00	2.149	200	92	2.153	(200)
13	49.44	1.842	113,142	16	1.838	
14	51.48	1.774	222,240	64	1.777	
15	53.92	1.699	241	18	1.703	
16	54.58	1.680	061	16	1.680	
17	55.56	1.656	133	15	1.652	
18	56.48	1.628	152	19	1.626	
19	60.89	1.520	004,143	73	1.523	1.523 (220)
20	65.24	1.429	170	18	1.4311	

1. JCPDS 20-1139; 2. JCPDS 6-615

Tabla 1. Datos difractométricos de la muestra de escoria.



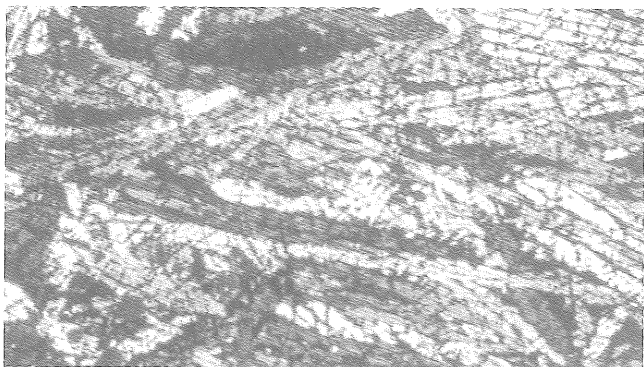
Microfotografía n° 1. Aspecto general de la muestra de escoria entre polarizadores cruzados. Los cristales de mayor tamaño (fayalita) están atravesados por haces muy finos de wüstita (en negro), 60x.



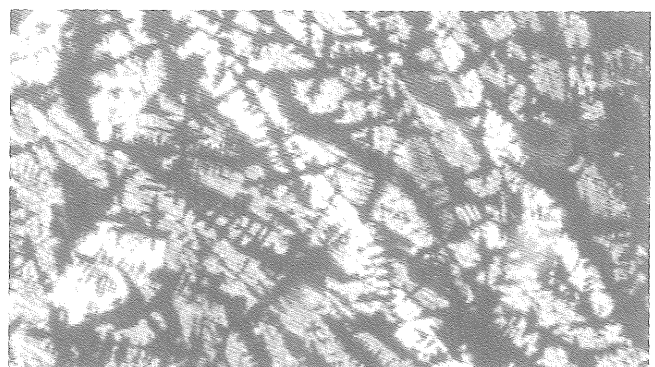
Microfotografía n° 3. Aspecto complementario del intercrecimiento de fases artificiales en la escoria. Polarizadores cruzados, 60x.

En detalle se observa que la muestra analizada corresponde a un eutéctico del sistema Fe-Mg-Si-O en el que coexisten las tres fases cristalinas mencionadas, tal como se puede apreciar en las microfotografías 2, 3 y 4.

Observada la escoria a mayor aumento se aprecian rasgos interesantes en cuanto a la morfología de los haces prismáticos de fayalita y su intercrecimiento con los óxidos de hierro (microfotografía n° 4).

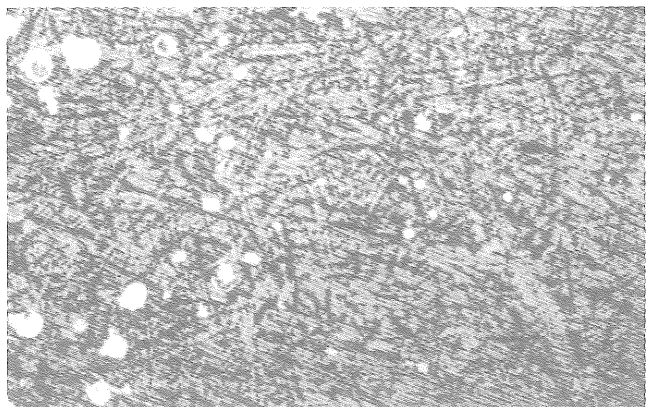


Microfotografía n° 2. Intercrecimiento de cristales de fayalita, con coloraciones vivas y óxidos de hierro. Polarizadores cruzados, 80x.



Microfotografía n° 4. Detalle de los intercrecimientos fayalita-óxidos de hierro. Polarizadores cruzados, 120x.

En un solo polarizador se puede apreciar una coloración amarillenta a parda, relativamente homogénea, correspondiente a fayalita, la fase más abundante (microfotografía nº 5), así como abundantes cavidades subredondeadas producidas por el escape de gases y que aparecen de color blanco. La wüstita presenta una coloración negra intensa, mientras que las pequeñas cantidades de hematites se muestran de coloración rojiza.



Microfotografía nº 5. Aspecto general de la muestra de escoria observada con un solo polarizador. En blanco aparecen las pequeñas cavidades producidas por el escape de gases; en color amarillento-verdoso a pardo, los cristales de fayalita, en negro, los de wüstita y en rojo, los de hematites, 50x.

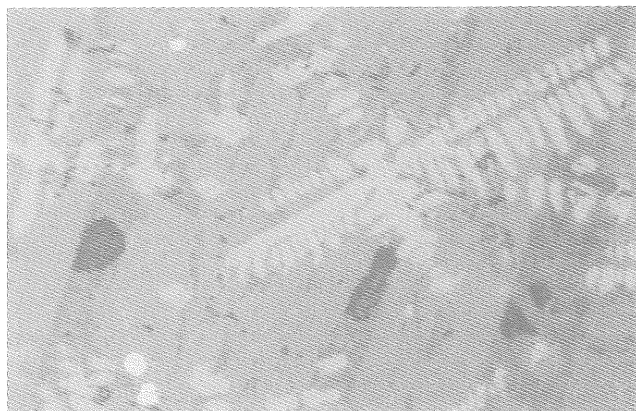
Estudio por microscopía de luz reflejada

Se ha preparado una probeta pulida de la muestra de escoria para identificar las menas metálicas presentes. La wüstita es la fase dominante y se caracteriza por una reflectividad mucho más baja que otros óxidos de hierro (magnetita, hematites, goethita), frente a los cuales aparece más oscura. La dureza al pulido es parecida a la de magnetita, carece de reflexiones internas y es totalmente isótropa. Los cristales de wüstita aparecen en crecimientos esqueléticos y aglomerados en formas simples o complejas exsueletos en una matriz esencialmente fayalítica, ligeramente alterados a goethita (microfotografías 6 y 7). Junto a wüstita aparecen algunos granos de pirita de color blanco con pequeñas inclusiones de hematites.

Esta mena de hierro, de fuerte magnetismo, es característica de escorias de fundición de hierro antiguas y también aparece descrita en costras de fusión de meteoritos (RAMDHOR 1980).



Microfotografía nº 6. Intercrecimiento de cristales de wüstita (amarillo suave) sobre una matriz compacta de fayalita (pardo suave). Luz reflejada, un polarizador, 110x.



Microfotografía nº 7. Aspecto complementario de la microfotografía anterior. Hacia la izquierda y abajo se observan dos cristales redondeados de pirita con pequeñas inclusiones de hematites. La wüstita aparece ligeramente alterada a goethita. Luz reflejada, un polarizador, 90x.

R. Arana
J. A. Antolinos Marín
A. Alías Linares

Dpto. de Química Agrícola, Geología y Edafología
Facultad de Química. Universidad de Murcia
Campus Espinardo - 30100 Murcia