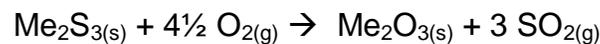


III. Proceso de tostación para sulfuros.

Para la recuperación del metal presente en un mineral como sulfuro es necesario pasarlo por varias etapas de proceso, la primera que se denomina Tostación, se realiza en un Horno, a alta temperatura se hace reaccionar el mineral con el Oxígeno a fin de separar el Azufre y se puede obtener dependiendo de la temperatura y las condiciones como gas, Dióxido de Azufre, en general se busca aprovechar el Azufre (p. ej. fabricar H₂SO₄ o regular las condiciones para formar un Sulfato del metal) resulta un proceso muy ingenioso, no se utilizan equipos muy complicados pero sí ha sido necesario un profundo conocimiento de la materia prima y del efecto del calor (la reacción de oxidación del Azufre es exotérmica) sobre ésta para diseñar un proceso industrial que soluciona los problemas que las impurezas en el material de partida provocan [29].



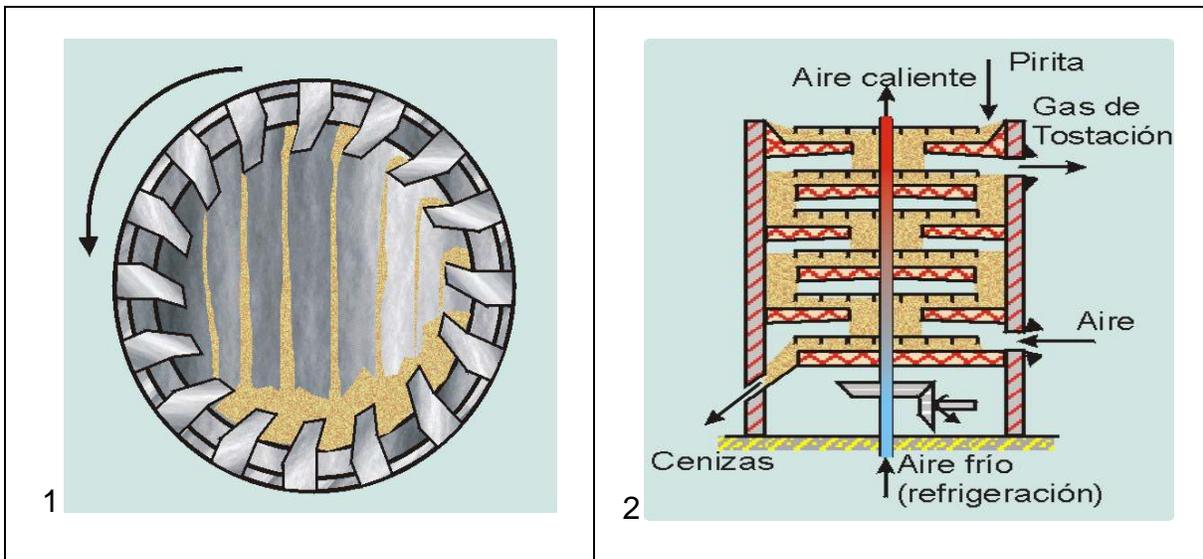
III.I Tostación ordinaria

La tostación de sulfuros es un proceso de reacción Gas-Sólido en un horno (especial) en el que se pone en contacto aire en grandes cantidades, a veces enriquecido con Oxígeno, con los concentrados de mineral de sulfuro. El horno en que se realiza la tostación su diseño es muy variado, principalmente por el tipo de mineral a tratar y las impurezas presentes y segundo debido a los avances tecnológicos el diseño se va modificando, al producto final de la tostación generalmente se le denomina “calcinado”. En la Figura 3 se muestran diferentes tipos de hornos. La elección del tipo de horno también está influenciada por el tipo de proceso al que ha de someterse el producto de tostación después de la tostación.

Se emplean los hornos de hogar múltiple y de lecho fluidizado, cuando el tamaño de partícula del mineral está debajo de la malla 150 y la generación de polvo no es un problema de salud pública. Debido a su versatilidad se emplean mucho más los hornos de lecho fluidizado, son más compactos y la capacidad de producción es mayor, el horno de hogar múltiple se emplea en procesos intermitentes.

La banda sinter se emplea para minerales en los que además de desulfurar la generación de polvo si es un problema de salud pública, como es el caso de los concentrados de Plomo. En este caso en el horno no únicamente se desulfura sino que se agrega aglutinantes.

Los hornos rotatorios se emplean más para la industria del cemento, un diseño particular de este tipo de hornos son los hornos tubulares rotatorios que se emplean mucho en la producción de Antimonio y Mercurio.



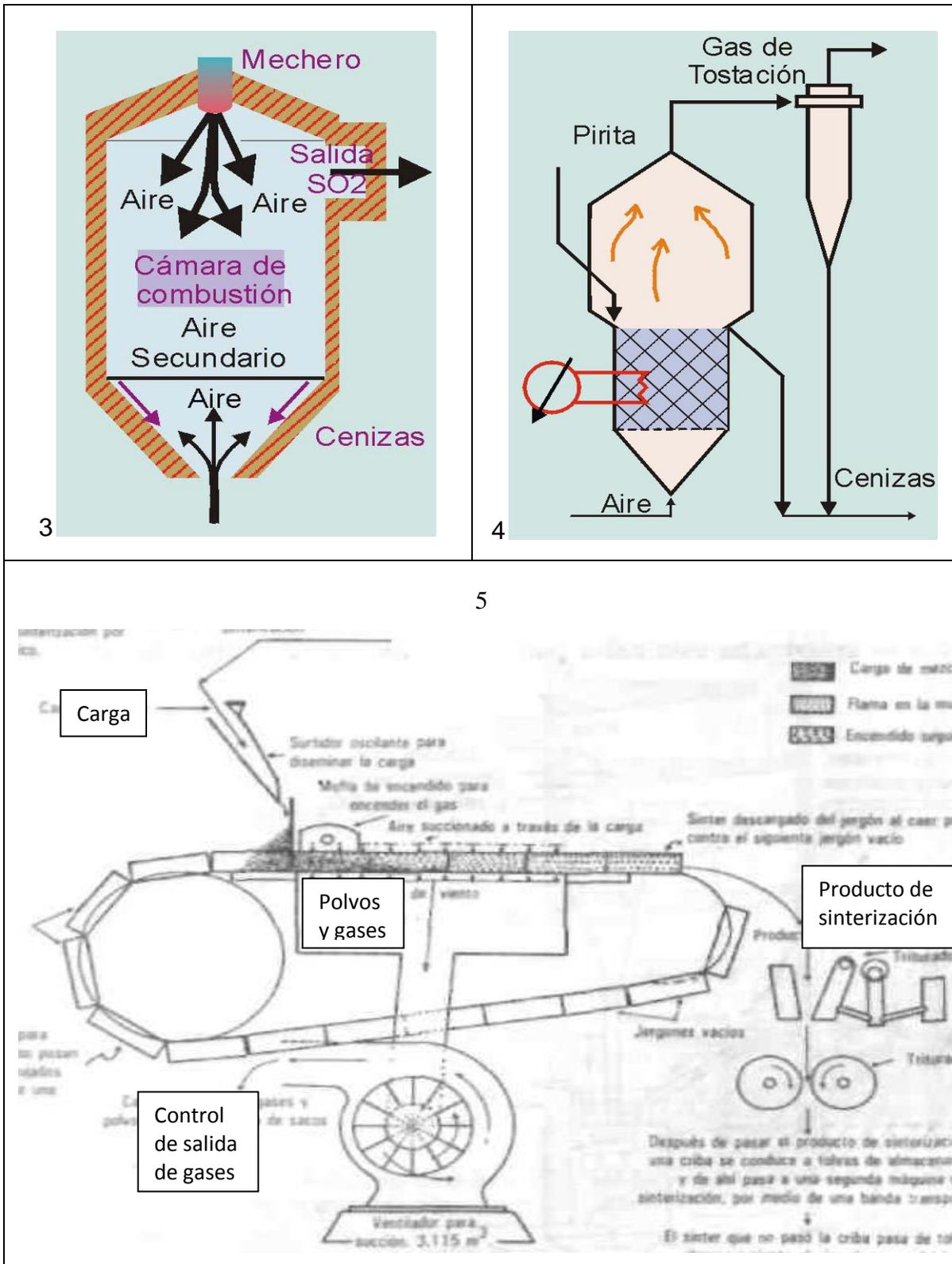


Figura 3. Horno rotatorio (1), Horno de hogar múltiple (2), Horno flash (3), Horno de fluidificación (4), Horno Dwight Lloyd (sinterizado o banda sinter) (5) [29].

Para la realización de la tostación, el mejor tipo de horno es el primero, el horno cilíndrico rotatorio, el cual utiliza como combustible carbono o coque, y con objeto de evitar un calentamiento a travez de la combustión de carbono-coque si insufla aire precalentado, el cual se calienta en el exterior de éste, se obtiene un rendimiento del 95 al 98 %. Las dificultades derivadas de una prefusión de la carga y de la formación de Sb_2O_4 , son aliminadas a travez del horno ciclon. Aquí de manera consiente se calienta a 1450 °C en donde todos los componentes de la escoria se licuan y el Sb_2O_4 eventualmente formado se descompone en Sb_2O_3 y O_2 . En la camara de ciclon se insufla aire de manera tangencial y precalentado a 570 °C, en el cual se fluidiza la carga a travez de un tubo el concentrado, los fundentes y cabon de madera (de 1 a 1.5% de la cantidad de concentrado). La mezcla de escoria y mata fluyan en la pared del ciclon hasta un precipitador, los gases formados por SO , Sb_2S_3 y Sb_2O_3 pasan a una camara de pos combustion para oxidarse a CO_2 y Sb_2O_3 , y finalmente se separan en una casa de sacos.

III.II Tostación de sulfuros y óxidos con microondas [2, 24, 25].

Se ha demostrado que la energía de microondas tiene un potencial considerable para la fundición de metales ferrosos y no ferrosos y también para una gran gama de metales, procesos de fundición, sinterización y secado de materiales. También se ha considerado la aplicación de microondas para la reducción de Óxidos metálicos. Algunos investigadores han considerado la aplicación de microondas para la extracción de Oro.

El proceso de reducción de concentrados de Ilmenita en un horno de microondas arroja resultados similares a los de un horno convencional, pero la reducción total puede ser lograda en un tiempo mucho menor (con horno de microondas 8 min a 750 W; con horno convencional 8 hrs. a 800 °C).

Desde 1967 se aplicó la energía de microondas para calentar Óxidos metálicos de grado reactivo y Sulfuros. Las microondas de 2450 MHz fueron aplicadas al calentamiento de 10 a 200 g de muestra de polvo por experimento (Tabla IX).

Tabla IX. Calentamiento con microondas de algunos óxidos y sulfuros [2].

| Compuesto | Tiempo (min) | Max. Temp. (°C) | Compuesto | Tiempo (min) | Max. Temp. (°C) |
|--------------------------------|--------------|-----------------|--------------------------------|--------------|-----------------|
| Al ₂ O ₃ | 24 | 1900 | FeS | 6 | 800 |
| C | 0.2 | 1000 | MgO | 40 | 1300 |
| CaO | 40 | 200 | MnO ₂ | --- | --- |
| Co ₂ O ₃ | 3 | 900 | MoO ₃ | 46 | 750 |
| CuO | 4 | 800 | MoS ₂ | 0.1 | 900 |
| CuS | 5 | 600 | Ni ₂ O ₃ | 3 | 1300 |
| Fe ₂ O ₃ | 6 | 1000 | PbO | 13 | 900 |
| Fe ₃ O ₄ | 0.5 | 500 | UO ₂ | 0.1 | 1100 |

Los compuestos de color oscuro se calientan rápidamente a altas temperaturas (1000°C), en comparación a los de colores claros. Por otra parte, se realizó una clasificación de las materiales de acuerdo a su velocidad de calentamiento en hiperactiva, activa, difíciles de calentar y los inactivos (Tabla X).

Tabla X. Clasificación de algunos materiales de acuerdo a su velocidad de calentamiento [2].

| Material y clasif. | Vel. de calent. | Temp. max. (°C) | Material y clasif. | Vel. de calent. | Temp. max. (°C) |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|
| (a) Hiperactivos | ~ °C/s | | (b) Activos | ~ °C/min | |
| UO ₂ | 200 | 1100 | FeS | 135 | 800 |
| MoS ₂ | 150 | 900 | CuS | 120 | 600 |
| C | 100 | 1000 | (c) Dif. de calentar | ~ °C/min | |
| Fe ₃ O ₄ | 20 | 500/1000 | Al ₂ O ₃ | 80 | 1900 |
| FeS ₂ | 20 | 500 | PbO | 70 | 900 |
| CuCl | 20 | 450 | MgO | 33 | 1300 |
| MnO ₂ | --- | --- | ZnO | 25 | 1100 |
| (b) Activos | ~ °C/min | | MoO ₃ | 15 | 750 |
| Ni ₂ O ₃ | 400 | 1300 | (d) Inactivos | ~ °C/min | |
| Co ₂ O ₃ | 300 | 900 | CaO | 5 | 200 |
| CuO | 200 | 800 | CaCO ₃ | 5 | 130 |
| Fe ₂ O ₃ | 170 | 1000 | SiO ₂ | 2-5 | 70 |

La energía de microondas puede ser eficaz en el calentamiento de los minerales y compuestos inorgánicos.

En 1984, se reportaron los resultados del calentamiento de 40 minerales con energía de microondas (2450 MHz) (Tablas XI, XII y XIII).

Tabla XI. Minerales expuestos a la irradiación de microondas (2450 MHz, 150 W, 5 min de exposición) [2].

| Clase de mineral | Minerales o compuestos |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Carbonatos | Aragonita, Calcita, Dolomita y Siderita. |
| Jarosita - tipos de compuesto | Argentojarosita, Natrojarosita sintética (residuo de Planta-Zinc), Plumbojarisita sintética (residuo de Planta-Zinc). |
| Silicatos | Almandina, Allanita, Anortita, Gadolinita, Muscovita, Feldespato Potásico, Cuarzo, Titanita, Zircón. |
| Sulfatos | Barita, Yeso. |
| Otros | Fergusonita, Monazita, Esfalerita, Estibinita |

Tabla XII. Resultados de los experimentos del calentamiento de óxidos minerales y de uranio (2450 MHz, 3-5 min de exposición) [2].

| Mineral | Potencia (W) | Respuesta al calentamiento | Producto |
|----------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Allanita | >150 | No se calienta | No cambia |
| Casiterita | 40 | Se calienta fácilmente | No cambia |
| Columbita | 60 | Difícil calentar cuando está frío | Minerales fundidos de niobio |
| Fergusonita | >150 | No se calienta | No cambia |
| Hematita | 50 | Se calienta fácilmente | No cambia |
| Magnetita | 30 | Se calienta fácilmente | No cambia |
| Monacita | >150 | No se calienta | No cambia |
| Pitchblenda | 30 | Se calienta fácilmente | Se fusiona UO_2 con U_3O_8 |

Tabla XIII. Resultados del calentamiento de minerales con microondas (2450 MHz, 3-5 min de exposición) [2].

| Mineral | Potencia (W) | Respuesta al calentamiento | Producto |
|----------------------|---------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Estibinita</i> | >100 | <i>No se calienta</i> | <i>No cambia</i> |
| Arsenopirita | 80 | Se calientan algunas partes | Humos de S y As, algunas fusiones, Pirrotita, As, Fe, Arsínido y Arsenopirita |
| Bornita | 20 | Se calienta fácilmente | Algunos cambios de Bornita-Calcopirita-Digenita; algunos no cambian |
| Calcopirita | 15 | Se calienta fácilmente con emisiones de Azufre | 2 Sulfuros Cu-Fe o Pirita y Cu-Fe-S |
| Covelita | 100 | Difícil de calentar, emisiones de azufre | Se sinteriza la composición de $(Cu,Fe)_9S_5$ |
| Galena | 30 | Fácil calentamiento con mucha arcilla | Sinteriza la masa de galena |
| Niquelita | 100 | Difícil de calentar | Algo se funde |
| Pirita | 30 | Fácil calentamiento, emisiones de humo de S | Pirrotita y humos de S |
| Pirrotita | 50 | Fácil calentamiento con arcillas a alta temperatura | Algo se funde |
| Esfalerita (Alto Fe) | 100 | Difícil de calentar cuando está frío | Cambia a Wortzita |
| Esfalerita (Bajo Fe) | >100 | No se calienta | No cambia |
| Tenantita | 100 | Difícil de calentar cuando esta frío | Se funde, humos de As |
| Tetraedrita | 35 | Fácil de calentar | Se funde |

En 1987, la Oficina de Minas de EE.UU. informó de resultados encontrados en las pruebas de calentamiento por microondas, a 2450 Mhz, de una serie de minerales y compuestos inorgánicos de grado reactivo. Mismas que se llevaron a cabo cada una con 25 g de mineral. En las tablas XIV y XV se muestran los resultados.

Tabla XIV. Efecto de las microondas en la temperatura de reactivos, compuestos y elemento [2].

| Formula Química | Temp. °C | Tiem-po min | F. Quím. | Temp °C | Tiem-po min | F. Quím. | Tem °C | Tiem-po min |
|--------------------------------------------------------------------|----------|-------------|--------------------------------------|---------|-------------|-------------------|--------|-------------|
| Al | 577 | 6 | Hg | 40 | 6 | Pb | 277 | 7 |
| AlCl ₃ | 41 | 4 | HgCl ₂ | 112 | 7 | PbCl ₂ | 51 | 2 |
| C | 1283 | 1 | HgS | 105 | 7 | S | 163 | 6 |
| CaCl ₂ | 32 | 1.75 | KCl | 31 | 1 | Sb | 390 | 1 |
| Co | 697 | 3 | Mg | 120 | 7 | SbCl ₃ | 224 | 1.75 |
| Co ₂ O ₃ | 1290 | 3 | MgCl ₂ •6H ₂ O | 254 | 4 | Sn | 297 | 6 |
| CoS | 158 | 7 | MnCl ₂ | 53 | 1.75 | SnCl ₂ | 476 | 2 |
| Cu | 228 | 7 | MnO ₂ | 1287 | 6 | SnCl ₄ | 49 | 8 |
| CuCl | 619 | 13 | MnSO ₄ •H ₂ O | 47 | 5 | Ta | 177 | 7 |
| CuCl ₂ •2H ₂ O | 171 | 2.75 | Mo | 660 | 4 | TiCl ₄ | 31 | 4 |
| CuO | 1012 | 6.25 | MoS ₃ | 1106 | 7 | V | 557 | 1 |
| CuS | 440 | 4.76 | NaCl | 83 | 7 | YCl ₃ | 40 | 1.75 |
| Fe | 768 | 7 | Nb | 358 | 6 | W | 690 | 6.25 |
| FeCl ₂ | 33 | 1.5 | NH ₄ Cl | 31 | 3.5 | WO ₃ | 1270 | 6 |
| FeCl ₃ | 41 | 4 | Ni | 384 | 1 | Zn | 581 | 3 |
| FeCl ₃ •6H ₂ O | 220 | 4.5 | NiCl ₂ | 51 | 2.75 | ZnCl ₂ | 609 | 7 |
| Fe ₂ O ₃ | 134 | 7 | NiO | 1305 | 6.25 | Zr | 462 | 6 |
| Fe ₂ (SO ₄) ₃ •9H ₂ O | 154 | 6 | NiS | 251 | 7 | | | |

Tabla XV. Efecto del calentamiento con microondas en minerales naturales [2].

| Mineral | Comp. química | Temp. °C | Tiempo mínimo | Mineral | Comp. química | Temp. °C | Tiempo mínimo |
|-------------|----------------------------------------------------|----------|---------------|-------------|--------------------------------------------------|----------|---------------|
| Albita | NaAlSi ₃ O ₈ | 82 | 7 | Calcita | CaCO ₃ | 74 | 4.25 |
| Arizonita | Fe ₂ O ₃ • 3TiO ₂ | 290 | 10 | Molibdenita | MoS ₂ | 192 | 7 |
| | | | | Orpimente | As ₂ S ₃ | 92 | 4.5 |
| Calcocita | Cu ₂ S | 746 | 7 | Ortoclasa | KAlSi ₃ O ₈ | 67 | 7 |
| Calcopirita | CuFeS ₂ | 920 | 1 | Pirita | FeS ₂ | 1019 | 6.76 |
| Cromita | FeCr ₂ O ₄ | 155 | 7 | Pirrotita | Fe _{1-x} S | 886 | 1.75 |
| Cinabrio | HgS | 144 | 8 | Cuarzo | SiO ₂ | 79 | 7 |
| Galena | PbS | 956 | 7 | Esfalerita | ZnS | 87 | 7 |
| Hematita | Fe ₂ O ₃ | 182 | 7 | Tetraedrita | Cu ₁₂ Sb ₄ S ₁₃ | 151 | 7 |
| Magnetita | Fe ₃ O ₄ | 1258 | 2.75 | Zircón | ZrSiO ₄ | 52 | 7 |

Los resultados de las pruebas mostraron que, a altas temperaturas, se obtiene exceso de Carbón y Óxidos de metales. La mayoría de los Sulfuros de metal calentaron bien, pero sin un patrón consistente, minerales de ganga como Cuarzo, Calcita y Feldespato no se calentaron suficientemente. Éste estudio también reveló que el rápido calentamiento de minerales de mena, en un horno de microondas, es tal que permite crear microfisuras a lo largo de los límites de los minerales en el grano. Este tipo de microfisuras podría mejorar la eficiencia en una posterior molienda.

Posteriormente en 1990, se dieron a conocer los resultados de pruebas en horno de microondas de varios minerales como Óxidos, Sulfuros y Carbonatos. Las pruebas se realizaron con 50 g de material cada una, con granulometría de - 200 mallas y una exposición de 4 minutos (Tabla XVI).

Tabla XVI. Efecto del calentamiento con microondas en la rapidez del incremento de temperatura de varios minerales (500 W, 2450 MHz) [2].

| Minerales | Composición química | Tiempo mín. | Temp. °C |
|---------------------------|-------------------------------------|-------------|------------|
| Estibinita | Sb_2S_3 | 4 | Temp. amb. |
| Jamesonita | $Pb_2Sb_2S_3ZnS$ | 2 | >850 |
| Titanomagnetita | $xTiO_2 \cdot yFe_3O_4$ | 4 | >1000 |
| Galena | PbS | 4 | >650 |
| Calcopirita | $CuFeS_2$ | 4 | >400 |
| Pentlantita | $(Fe,Ni)_{9-x}S_8$ | 4 | >440 |
| Pirrotita niquelífera | $(Fe,Ni)_{1-x}S$ | 4 | >800 |
| Concentrado sulfuro Cu-Co | $xCu_2S \cdot yCoS$ | 4 | >800 |
| Esfalerita | ZnS | 4 | >160 |
| Molibdenita | MoS_2 | 4 | >510 |
| Pirrotita | $Fe_{1-x}S$ | 4 | >380 |
| Bornita | Cu_3FeS_4 | 4 | >700 |
| Hematita | Fe_2O_3 | 4 | >980 |
| Magnetita | Fe_3O_4 | 4 | >700 |
| Limonita | $mFeO_2 \cdot nH_2O$ | 4 | >130 |
| Casiterita | SnO_2 | 4 | >900 |
| Hidrato de cobalto | $CoO \cdot nH_2O$ | 4 | >800 |
| Molibdato de Plomo | $PbMoO_4$ | 4 | >150 |
| Titanato de Hierro | $FeTiO_3$ | 4 | >1030 |
| Rutilo | TiO_2 | 4 | Temp. amb. |
| Carbonato de plomo | $PbCO_3$ | 4 | >180 |
| Carbonato de zinc | $ZnCO_3$ | 4 | >48 |
| Siderita | $FeCO_3$ | 4 | >160 |
| Serpentina | $Mg(Si_4O_{11})(OH_3)$ | 4 | >200 |
| Melaconita | $(Cu_2,Al_3)H_{2-x}(Si_2O_3)(OH_4)$ | 4 | >150 |
| Óxido de Antimonio | Sb_2O_3 | 4 | >150 |

En 1991, la Oficina de Minas de EE.UU, publicó los siguientes resultados, pero ahora modificando la potencia (W), los cuales se muestran en la tabla XVII.

Tabla XVII. Índice de calentamiento de varios minerales y compuestos químicos en función de la potencia de las microondas (2450 MHz) [2].

| Form. química | Peso de muestra g | 500 W | | 1000 W | | 1500 W | | 2000 W | |
|-------------------------------|-------------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
| | | Temp. °C | Tiempo min |
| $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ | 15 | 385 | 7 | 463 | 7 | 498 | 7 | 547 | 7 |
| CaCl_2 | 17 | 35 | 7 | 43 | 7 | 53 | 7 | 58 | 7 |
| CaCO_3 | 10 | 32 | 7 | 42 | 7 | 51 | 7 | 55 | 7 |
| CuCl | 25 | 425 | 3 | 400 | 1 | 400 | 0.75 | 462 | 0.5 |
| CuFeS_2 | 25 | 908 | 0.75 | 930 | 0.33 | >1500 | 0.25 | >1200 | 0.13 |
| CuO | 25 | 1083 | 1.5 | 1088 | 0.25 | 1088 | 0.5 | >1200 | 0.25 |
| Cr_2O_3 | 20 | 84 | 7 | >1200 | 4 | >1250 | 2.5 | >1200 | 2 |
| FeCr_2O_4 | 30 | 110 | 7 | >1200 | 6.25 | >1200 | 3.25 | >1200 | 2 |
| Fe_3O_4 | 25 | 1118 | 7 | 1144 | 3.5 | 1123 | 3 | 905 | 1 |
| FeS_2 | 20 | 698 | 7 | 800 | 7 | 700 | 0.75 | 375 | 0.17 |
| PbS | 50 | 984 | 0.5 | 992 | 0.4 | --- | --- | --- | --- |
| SiO_2 | 25 | 33 | 7 | 44 | 7 | 55 | 7 | 73 | 7 |
| TiO_2 | 10 | 67 | 7 | 109 | 7 | 150 | 7 | 228 | 7 |
| ZnO | 9.5 | 87 | 7 | 128 | 7 | 184 | 7 | 301 | 5.75 |
| ZnS | 30 | 139 | 7 | 236 | 7 | >1200 | 6 | >1200 | 3.75 |

III. III Tostación de Sb_2S_3 [4].

En 1981, se instaló la planta de Bermejillo, Durango (Peñoles) para la fabricación de Sb_2O_3 .

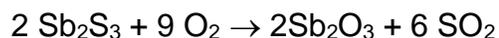


Imagen 1. Horno rotatorio(1), Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles(2).
Cámaras de deposición. Cámara Nacional de Industrias, Bolivia

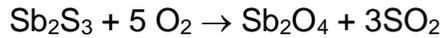
El Sulfuro de Antimonio se puede oxidar a Óxido de Antimonio (III) (volátil en la tostación) o a Óxido de Antimonio (IV) (no volátil o inertes de tostación). El control del horno en la producción del Óxido de Antimonio (IV) no volátil es relativamente sencillo, sin embargo el Óxido no se separa del residuo. De tal manera que si el mineral contiene una alta proporción de ganga, se tendrán dificultades en la reducción.

El tostado tiene la ventaja de que los volátiles de Sb_2O_3 se producen de forma selectiva con 98% de rendimiento y se separan de la ganga, que contiene los metales preciosos en una forma recuperable. Sin embargo, la temperatura y el control del horno son difíciles. El óxido se forma entre 290 y 340°C en una atmósfera oxidante, y la velocidad de reacción alcanza su máximo a 500°C, en la que el Óxido de Antimonio (IV) comienza a formarse.

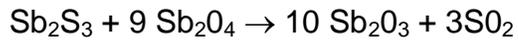
La reacción básica es:



Si hay demasiado Oxígeno, se forma el Óxido de Antimonio (IV):



Por encima de 560°C, la velocidad de reacción disminuye considerablemente. Durante la tostación, el Óxido de Antimonio (IV) puede reaccionar con el Sulfuro de Antimonio (III) resultando Óxido de Antimonio (III):



Por lo tanto, el proceso debe diseñarse de manera que se forme rápidamente y preferentemente Sb_2O_3 . La temperatura debe ser suficientemente alta como para garantizar la volatilización adecuada y, el suministro de Oxígeno debe mantenerse bajo para inhibir la formación de Óxido de Antimonio (IV). Sin embargo, si la temperatura es demasiado alta, parte de la carga se fundirá sobre otros granos de Sulfuro, y evitará una óptima oxidación. Durante la condensación del Óxido de Antimonio (III), el contenido de Oxígeno en la fase gaseosa debe mantenerse lo suficientemente baja para evitar la formación de Óxido de Antimonio (IV).

El nivel de la temperatura se rige por el contenido de Sulfuro en el mineral. Minerales de bajo grado de Sb_2S_3 pueden ser tostados entre 850 y 1000°C. Si minerales ricos en Sb_2S_3 son tostados, el límite superior es el punto de fusión del sulfuro (546°C); en la práctica, la temperatura no debe superar los 400°C. El grado de oxidación es controlado por carbón vegetal o polvo de coque, combinado con la carga, admitiendo sólo la cantidad de aire necesaria para formar Monóxido de Carbono y Óxido de Antimonio (III). El Monóxido de Carbono inhibe la oxidación a Óxido de Antimonio (IV).

A pesar de todo, la formación de Óxido de Antimonio (IV) no puede ser suprimida por completo. Óxido de Antimonio (IV), Óxido de Plomo (II) y polvos del humo son obtenidos en la primera condensación. El Óxido de Antimonio (III) se condensa en segundo lugar, y el muy volátil Óxido de Arsénico (III) en último lugar. Si la concentración de Oxígeno en el horno es demasiado baja, se puede producir una oxidación parcial y dar una mezcla de Óxido y Sulfuro fundido a 485 ° C. Si la concentración de Oxígeno es demasiado alta, puede formar Arseniatos y Antimoniatos de Plomo, Cobre y otros metales que pasan a la escoria.

Un tamaño de grano de 5-10 cm de Estibinita en la tostación es suficiente en los procesos convencionales, debido a que la nueva superficie está siempre expuesta para la reacción resultado de la volatilización del Trióxido. Muchos minerales de baja ley pueden ser molidos de manera más fina para separar el Sulfuro de la ganga. El rendimiento depende del proceso y del contenido de sulfuro en el mineral, y varía entre el 60 y 90% o más.

Si el Óxido de Antimonio consiste de cristales muy finos, se adhiere con firmeza a los dedos, y no se aglomera, se considera de buena calidad. El óxido debe ser de color blanco, un tinte rojizo indica la presencia de Sulfuro de Antimonio (III). El tono amarillento se debe a Óxidos de Selenio y Plomo (II). El contenido de Arsénico debe de estar en el orden del 0.1%. Especificaciones y tamaños de grano típicos se enlistan en la siguiente tabla XVIII.

Tabla XVIII. Especificaciones y tamaño de grano típicos del Trióxido de Antimonio [4].

| | |
|---------------------------------------|----------|
| Sb_2O_3 | 99.5 % |
| Sb_2O_4 | 0.209 % |
| As_2O_3 | 0.11 % |
| PbO | 0.15 % |
| Fe_2O_3 | 0.03 % |
| Sn | 0.001 % |
| S | 0.18 % |
| Solubilidad en Ácido Tartárico | > 99.5 % |
| Solubilidad en agua | < 0.4 % |
| Medida de blancura por reflectometría | > 90 % |
| Distribución de tamaño | |
| 0 – 1.5 μm | 60 % |
| 1.5 – 3 μm | 38 % |
| > 3 μm | 2 % |
| > 44 μm | 0.1 % |
| Densidad aparente | 0.8 kg/l |

El Óxido de Antimonio (III) refinado comercial, puede ser producido por un segundo proceso de tostación en el que, el óxido crudo se tuesta de nuevo bajo condiciones controladas. Especialmente la separación de Arsénico y Antimonio puede ser un factor importante para la producción de Óxido de Antimonio de alta calidad. Aunque el Óxido de Arsénico tiene un valor muy bajo, es muy penalizado para la producción del Óxido de Antimonio.

Minerales de antimonio que contienen *Mercurio*, son pre-procesados, generalmente deben ser tostados por debajo de 400°C para volatilizar el Mercurio. La temperatura debe ser controlada con precisión, regulando la admisión de aire para evitar recalentar la carga y así volatilizar compuestos de Antimonio. El mineral pre-tostado todavía contiene el Sulfuro de Antimonio. El mineral es removido del horno y enfriado lentamente bajo la exclusión de aire en especial con carbón y el Antimonio es recuperado por reducción o precipitación.

Los *hornos de tostación* más comúnmente encontrados en la actualidad, son hornos rotatorios. El rendimiento no depende de la ley del mineral, los minerales de Sulfuro de Antimonio no afectan la eficiencia de los hornos; por lo tanto, el pretratamiento y flotación de minerales de bajo grado es innecesario. Los hornos rotatorios además son convenientes para minerales de óxido-sulfuro, reduciendo al principio el Antimonio a metal. El metal volatiliza y es oxidado a Óxido de Antimonio (III) y, es libre de impurezas no volátiles y de gases producidos en la reducción. Algunos hornos rotatorios se calientan, pero no por quemadores, de aire caliente, dentro de ellos. El flujo de gas es mucho menor que en el quemador que calienta los hornos viejos y menos ganga se arrastra en la corriente de gas. Sin embargo, el aire caliente no evita del todo picos de temperatura con la fusión de la carga.

Óxido de Antimonio crudo (81% Sb, 0,3% As, 0,15% Ni) es producido por Murchinson, en Sudáfrica por volatilización en el tostado de concentrado de sulfuro en horno rotatorio. Las temperaturas en el horno están en el intervalo de 1100 - 1200 °C, por lo que la oxidación de Sb_2S_3 a Sb_2O_3 se produce en fase gaseosa. La conversión de Estibinita al óxido se lleva a cabo por el Proceso Chemetron, que presenta características únicas, abarcando el control de oxidación y enfriamiento. Mientras que el Óxido de Antimonio se elimina del horno continuamente, los elementos no volátiles permanecen en el horno y son removidos en campañas de des-escorificado. El índice de alimentación del horno, la posición del quemador y los índices de control del proceso de enfriamiento son parámetros importantes que afectan la pureza del producto y la recuperación.

Trióxido de Antimonio refinado de 99.5% de pureza es producido por refinación de óxido crudo bajo rígidas condiciones controladas.

El horno de fundición ciclón elimina la fusión de la carga. Éste horno se usó por primera vez en occidente para fundir Antimonio en Vinto, Bolivia. El tostador convencional de Antimonio consume grandes cantidades de carbón y, la falta de carbón nacional ha favorecido el horno de ciclón. La alimentación contiene al menos el 60% de antimonio y menos de 0,5% de plomo más arsénico. El Antimonio es volatilizado como Sulfuro de Antimonio, quemado y separado en una casa de sacos como Óxido de Antimonio (III). El óxido impuro es peletizado y fundido en un horno rotatorio. La escoria del ciclón contiene cerca del 1% de Antimonio [1, 2, 7, 13-16, 22, 27].