

ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN LA MANUFACTURA DE UNA PASTILLA DE MATERIAL SUPERCONDUCTOR.

1. RESUMEN INVESTIGACIÓN

El proyecto que presentamos consiste en la **fabricación de una pastilla de material superconductor** en el aula y en el **estudio posterior de la influencia de los distintos parámetros de fabricación** en la optimización del funcionamiento de dicho material.

Para la elaboración de la pastilla partimos de una mezcla de tres compuestos químicos, la cual es tratada en un horno y posteriormente compactada a diferentes presiones, de esta forma, conseguimos una pastilla que no presenta resistencia alguna a una temperatura algo superior a la del Nitrógeno líquido.

Los parámetros sometidos a estudio son :

- La cantidad de muestra pérdida en las calcinaciones.
- La velocidad de calentamiento y enfriamiento en las calcinaciones.
- El grado de molienda de la muestra previo a la compactación.
- La presión de compactación.
- Presencia de aire forzado durante la sinterización de la pastilla.

La influencia de los diversos parámetros en el comportamiento de la pastilla va a ser valorada mediante el tiempo en que se produce el efecto MEISSNER tras sacarla de un baño de nitrógeno líquido.

Cuanto mayor sea el tiempo de mantenimiento del efecto MEISSNER mayor será la temperatura de transición de dicho material, de esta forma podemos valorar de una forma cualitativa esta temperatura. Actualmente, el estudio de los materiales superconductores se centra en obtenerlos a temperaturas cada vez mayores, por lo que nuestra investigación se orienta a este propósito.

La superconductividad es un buen ejemplo de la Física y la Tecnología de la segunda mitad del siglo XX, siendo un puente entre conceptos clásicos y modernos, utilizando estos contenidos, sobre todo, de forma experimental

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

Los objetivos de esta investigación se dividen en didácticos y científicos.

Los objetivos didácticos son tan importantes como los científicos, por que no olvidemos que estamos formando a los futuros investigadores. La investigación científica es una doctrina que necesita del orden y la disciplina, además del genio, y estos son valores en desuso en la sociedad actual:

- Fomentar en el alumnado el interés por el estudio científico-tecnológico y generar el hábito del estudio ordenado y sistemático.
- Propiciar ocasiones para el trabajo en equipo, potenciando la cooperación y el respeto por la opinión de los demás

Los objetivos científicos son:

- Conocer y comprender las propiedades eléctricas y magnéticas de los materiales.
- Valorar la necesidad del ahorro energético.
- Conocer las propiedades de los materiales superconductores y sus posibles aplicaciones a la vida cotidiana.
- Asimilar el método científico como un método de trabajo.
- Optimizar nuestro proceso de fabricación, atendiendo a las variables que nosotros podemos modificar.

3. METODOLOGÍA EMPLEADA.

La metodología empleada sigue dos líneas de investigación:

1.- Conseguir una pastilla de material superconductor con los recursos disponibles en un centro de secundaria. (FASE FINALIZADA)

2.- Evaluar las variables del proceso de fabricación y someterlas a estudios comparativos.(FASE EN PROCESO)

Tras el primer acercamiento a la materia y después de cometer numerosos errores en la adquisición de

datos de planteó la necesidad de crear un diario de la investigación.

En ambas líneas los alumnos elaboraron un diario de la investigación, en el cual figuraban los responsables de cada etapa de la fabricación

FASE DE OBTENCIÓN DE UNA PASTILLA DE MATERIAL SUPERCONDUCTOR

El compuesto que vamos a fabricar es un material cerámico $Y_1Ba_2Cu_3O_x$ a partir de compuestos más sencillos, óxidos simples y carbonatos: óxido de itrio, Y_2O_3 (color blanco), carbonato de Bario $BaCO_3$ (color gris) y óxido de cobre (II) CuO (color marrón oscuro).

La primera etapa del proceso consiste en hacer reaccionar los distintos óxidos mediante tratamientos térmicos a altas temperaturas (entre 900 y 1000 °C) con moliendas intermedias hasta lograr el material deseado de color negro oscuro. Las propiedades superconductoras del compuesto de itrio (Y), bario (Ba) y cobre (Cu) (conocido como el 1-2-3, por su composición: $YBa_2Cu_3O_x$) dependen de la cantidad del oxígeno, que a su vez depende del proceso para su obtención.

Luego se compacta la pastilla. Para ello se comprimimos la muestra. Se utiliza un molde y una prensa.

Por último sinteriza la pastilla para que adquiera resistencia mecánica.

Procedimiento experimental

<p>Materiales necesarios:</p> <p>Materias primas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Óxido de Itrio - Y_2O_3 (color blanco) • Carbonato de Bario - $BaCO_3$ (color gris) • Óxido de cobre (II) - CuO (color marrón oscuro) 	 <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">balanza de alta precisión (milésimas de gramo)</p>
--	--

El compuesto cerámico superconductor que manufacturamos es $Y_1Ba_2Cu_3O_{6.5-7}$. Si se pudiera mezclar los elementos metálicos (cationes) con el oxígeno (anión) por separado se tomaría: 1 mol de Itrio, 2 moles de Bario, 3 moles de cobre y 6.5 o 7 moles de oxígeno para formar un mol del compuesto. El proceso es el siguiente:

a) Mezcla de óxidos y carbonato

Se pesan las siguientes cantidades:

- 17,2 g de Y_2O_3
- 60 g de $BaCO_3$
- 36,3 g de CuO

Mezcla de óxidos y carbonatos: 113,5 g.= 100 g de $Y_1Ba_2Cu_3O_7 + CO_2$

b) El siguiente paso es mezclar los tres componentes en un mortero hasta que la mezcla tome un color homogéneo



c) A continuación se coloca el polvo en una cazoleta. Luego se calienta en el horno a $950^\circ C$ durante 12 horas y posteriormente se muele. Los últimos dos pasos anteriores se realizan dos veces más. Es decir vuelve a moler y a calentar para homogeneizar la mezcla

Por cada mol de $BaCO_3$ se obtiene un mol de BaO y se libera 1 mol de CO_2 en el proceso de calentamiento. Partimos de 113,5 gramos de mezcla y después del primer calentamiento nos queda 90 gramos (estequiometría de la reacción). Se ha perdido parte de la mezcla por una rotura del crisol que lo contenía. Ha sido una pérdida accidental. También es posible que no se haya absorbido tanto oxígeno como desearíamos.

La masa molecular del óxido de Bario (BaO) es: 153.34 g/mol. La masa molecular del Carbonato de Bario ($BaCO_3$) es: 197.35 g/mol.

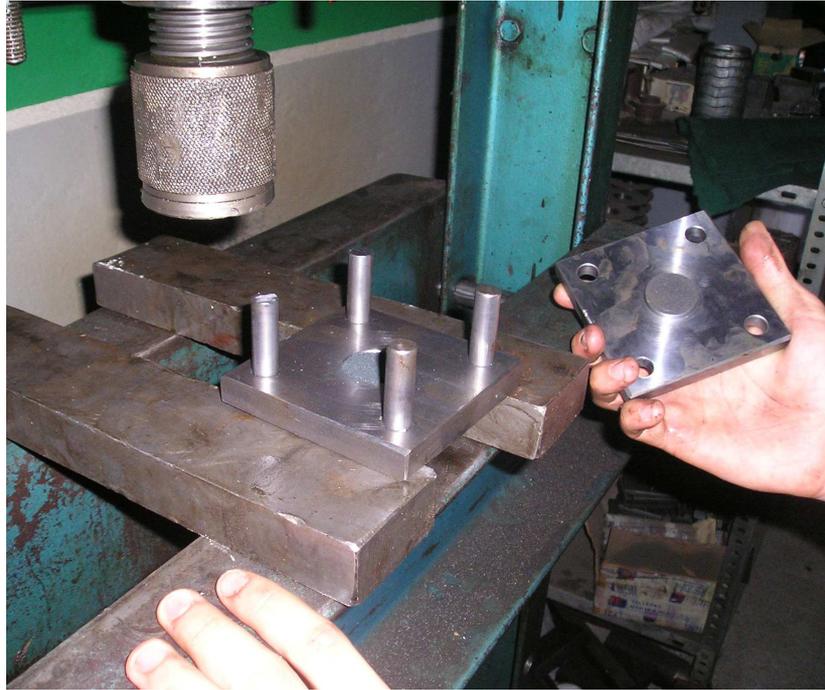
Estequiometría de la reacción:

$BaCO_3$	BaO	+	CO_2
197	153		56
60	46,60		17,06

Las temperaturas de transición más altas se obtienen cuando la muestra se calienta permitiendo la entrada de aire en el horno y se deja enfriar lentamente desde 900°C hacia la temperatura ambiente en un proceso de varias horas. La preparación de la muestra 1-2-3 en el seno de una atmósfera inerte evita totalmente la obtención de una muestra superconductora.



d) Prensado. Introducimos el polvo en el molde y lo comprimimos a una presión de 10.000 Kg/cm². El molde lo construyó un alumno cuyo padre es tornero. La presión es aproximada porque el manómetro de la prensa no es fiable. Posteriormente prensamos nuevas pastillas a una presión muy inferior, 650 Kg/cm², en una embudidora de plásticos con el siguiente ciclo F= 48 KN, 15 min. a 170 °C y enfriamiento 6 minutos.



e) Calentamiento de la pastilla (sinterizado) en oxígeno. Se calienta a $1-1,5^{\circ}\text{C}/\text{min}$, hasta los 925°C durante 24 horas. El enfriamiento es mejor hacerlo lento, a $1-1,5^{\circ}\text{C}/\text{min}$.

f) Oxigenamos la pastilla sinterizada: 12 horas a 450°C ,

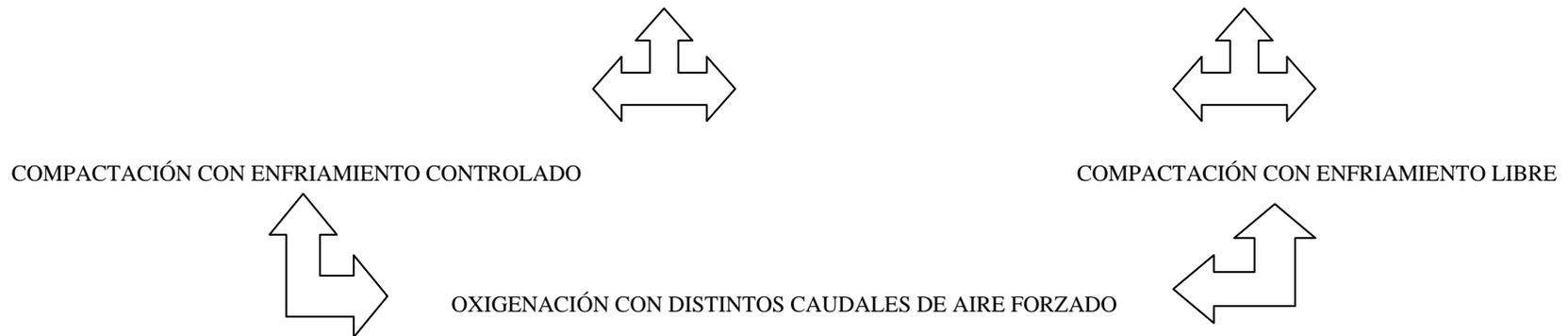
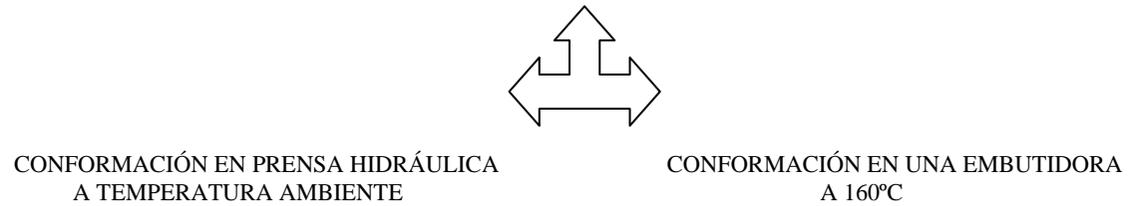
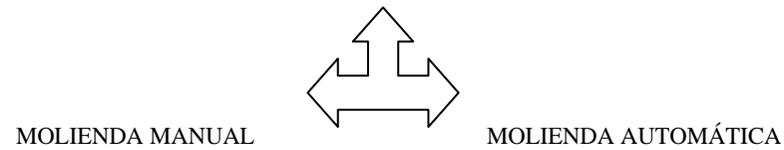
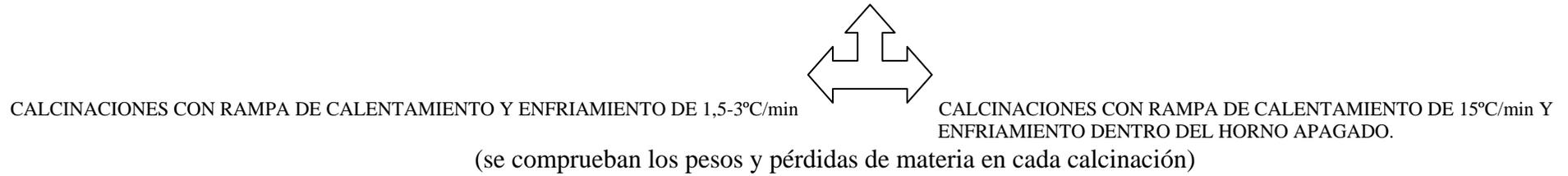


Medidas de la pastilla:

- $h = 0.95 \text{ cm}$
- $\text{radio} = 1.5 \text{ cm}$
- $\text{masa} = 24.8 \text{ gramos}$
- $\text{Densidad } 3.68 \text{ g/cm}^3$

FASE DE OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE FABRICACIÓN

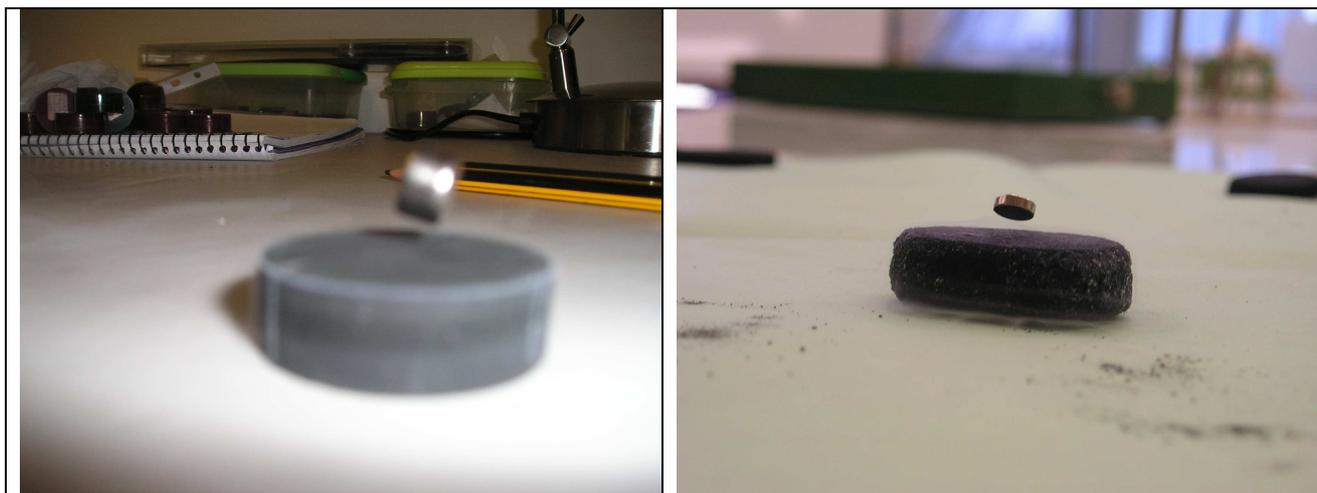
MEZCLA DE LOS TRES COMPUESTOS



En esta fase se ha prestado especial interés en subsanar los errores cometidos en la primera fase, se ha llevado un control estricto de los pesos de materia antes y después de cada calcinación.

4. RESULTADOS OBTENIDOS.

Respecto de la obtención de una pastilla de material superconductor los resultados se pueden observar en el video adjunto.



Respecto de la optimización de los parámetros de fabricación:

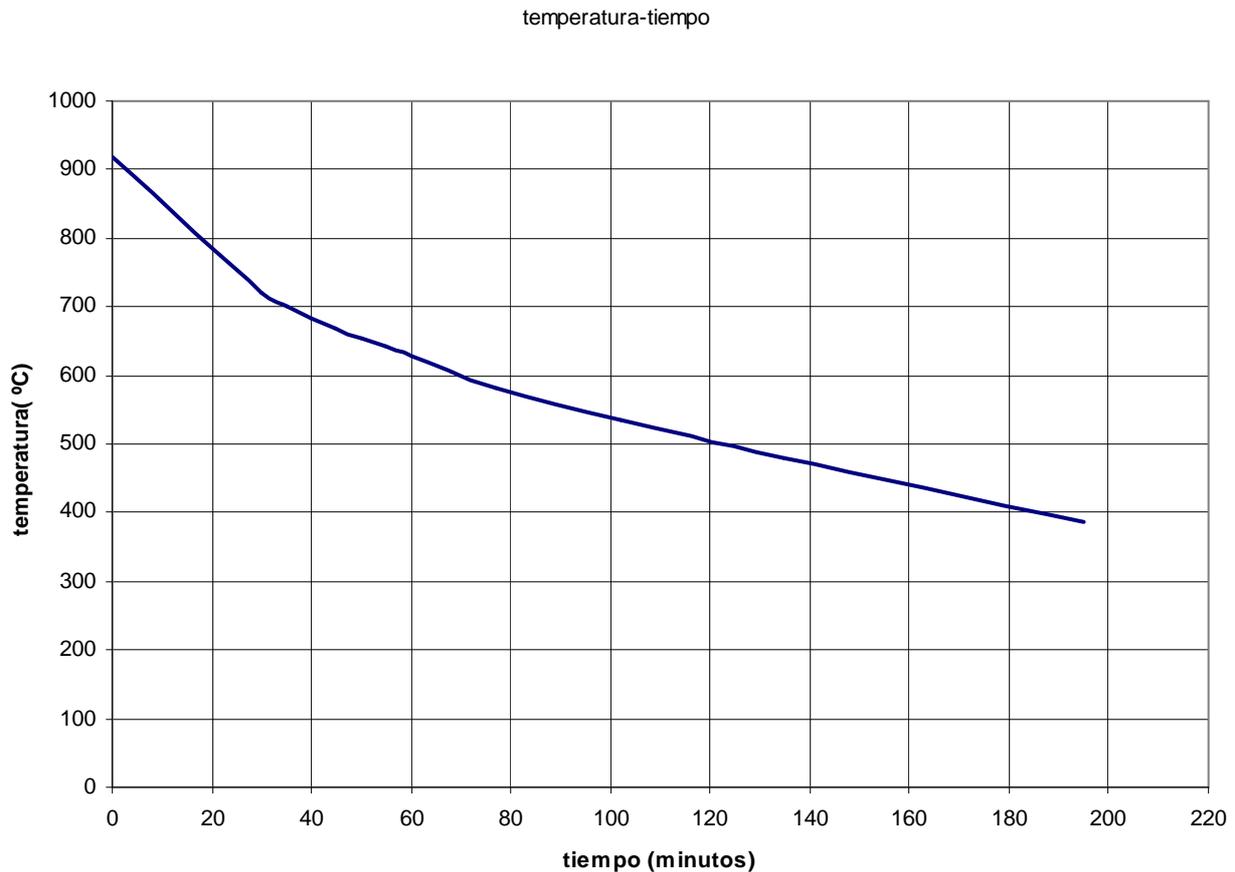
- **El control del peso en cada fase de molienda nos indica que la reacción es completa:**



la mezcla total se dividió en 6 recipientes para aumentar la superficie de exposición a la atmósfera del horno y procurar una reacción más homogénea . La pérdida de masa por el CO₂ fue gradual en cada una de las calcinaciones siendo del 55% en la primera, del 35% en la segunda y 10% en la tercera.

- **La molienda manual debe ser sustituida por la molienda automática** (molinillo de café) por que el grado de acabado de la pastilla es mucho peor en el primer método. Además, al ser el tamaño de grano mucho más homogéneo y pequeño la presión necesaria para su conformación es menor. Esto implica una menor densidad que para los problemas constructivos poseedores creemos resultará beneficioso.

- **Rampas de enfriamiento y calentamiento 1,5-3°C producen mejores resultados en la mezcla a la hora de formar la pastilla.** El problema que hemos tenido a la hora de controlar la rampa de enfriamiento es que nuestro horno (para hacer cerámica) no posee control en el enfriamiento por lo que hemos tapado los orificios de toma de aire , por lo que la renovación de oxígeno en el interior no es posible. Para poder trazar la rampa de enfriamiento tomamos datos temperatura-tiempo.



5. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Superconductividad: la resistencia es inútil.

<http://www.ergosfera.com/articulos/superconductividad.htm>

Los superconductores duros

http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/064/htm/sec_10.htm

<http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/064/htm/lossuper.htm>

Fundamentos de Ciencia e Ingeniería de Materiales. William F. Smith.

Materiales de Ingeniería y sus aplicaciones. Flinn Trojan. MC Graw Hill.

Para visualizar el archivo:

http://www.jccm.es/edu/ies/cperezpastor/dptos/fq/matcién/SUPERCONDUCTOR_archivos/superconductor.wmv

Mercedes Ródenas Pastor Profesora de Tecnología del IES Cristóbal Pérez Pastor de Tobarra (Albacete)

SOCIEDAD DE LA INFORMACION

www.sociedadelainformacion.com

Edita:



Director: José Ángel Ruiz Felipe
Jefe de publicaciones: Antero Soria

Luján

D.L.: AB 293-2001

ISSN: 1578-326x