



387205

SECCION TECNICA
CLASIFICACION I. P. G.
CLASE <u>F 26</u>
SUBCLASE <u>B</u>

MEMORIA DESCRIPTIVA PARA SOLICITAR PATENTE DE INVENCION

EN ESPAÑA POR: "PROCEDIMIENTO PARA SECAR PASTAS

CERAMICAS UTILIZANDO CALDEO POR MICROONDAS", A

NOMBRE DE STANDARD ELECTRICA, S.A., DOMICILIADA

EN MADRID, CALLE DE RAMIREZ DE PRADO, 5

-----

El presente invento se refiere a un procedimiento para el caldeo por medio de microondas principalmente para el secado previo de pastas cerámicas utilizadas para la fabricación de porcelanas de dimensiones moderadas, tales como platos, fuentes, o piezas eléctricas de cerámica, así como a la producción de microondas por medio de los equipos correspondientes.

El origen de la energía de microondas está constituida por tubos tales como magnetron y klistron funcionando a determinadas frecuencias reservadas al caldeo industrial, por ejemplo, 2.450 Mc/s.

En la cadena de operaciones para la producción de porcelanas existe un eslabón importante; el de secado previo de la pasta cerámica. Esta operación requería, en la forma

**POOR QUALITY**



15 de fabricación antigua, mucho tiempo. En la fabricación moderna, con una gran producción de piezas, al continuar con los procedimientos antiguos se corre el riesgo de producir un estancamiento de la fabricación en la operación de secado previo.

20 En la técnica de fabricación de porcelanas, después de la formación mecánica de la pasta en un molde de yeso que da la forma final al objeto, con ayuda de una máquina especial conocida de los especialistas en el arte de la cerámica bajo el nombre de "Roller", es necesario asegurar  
25 rar el secado de la pasta. En el curso de una primera fase se pierde agua y simultáneamente el objeto se contrae. Después de la pérdida de una determinada cantidad de agua, la pasta sigue secándose pero la pérdida de agua no está acompañada de contracción.

30 La primera fase, designada presecado, es una operación delicada de la fabricación pues es necesario, durante la misma, que no se produzcan accidentes tales como ranuras o arrugas.

35 En las técnicas tradicionales, el presecado se realiza al aire libre, eliminándose el agua de la pasta tanto por evaporación lenta como por absorción en los poros del molde. La operación ha terminado cuando se pueda sacar el objeto del molde sin esfuerzo y presente suficiente consistencia para dejarlo en forma conveniente para completar el  
40 secado.

El presecado constituía un largo período en la fabricación que requería: mucho manejo, mucho espacio de talleres con numerosas operaciones, gran cantidad de moldes

387205



45 que habían de ser renovados con frecuencia debido al deterioro progresivo del yeso y su descomposición a causa de la absorción de humedad.

50 Los fabricantes de porcelana han tratado de reducir la duración del presecado colocando los moldes bajo radiación infrarroja y/o en una corriente de aire caliente seco; pero la evaporación del agua es un fenómeno de superficie y en este caso se forma una corteza superficial que evita la pérdida de agua situada en el interior de la pasta, lo cual produce una mala contracción y aparecen fisuras y deformaciones.

55 Paradójicamente, algunos fabricantes, a fin de remediar este defecto, han sido inclinados a colocar los objetos y sus moldes en una corriente de aire caliente húmedo. Esta operación, evidentemente, alarga el proceso y prácticamente no ofrece ninguna ventaja sobre el método tradicional de presecado al aire libre.

60 Un análisis del proceso de presecado muestra que si se elimina la humedad desigualmente en la superficie de la pasta y sus capas interiores aparecerán contracciones y tensiones desigualmente distribuidas en la pasta lo que producirá fisuras y torsiones. Una transferencia uniforme de la humedad y una igual contracción en la superficie y en el interior de la pasta sólo puede obtenerse si la cantidad de agua que circula por los capilares es tan próxima como sea posible a la que se evapora en la superficie.

70 La transferencia de humedad hacia la superficie del objeto durante el secado depende de las propiedades de la pasta, las dimensiones de los capilares y la viscosidad



del agua que decrece rápidamente al aumentar la temperatura. Ha de observarse también que la tensión superficial, fuerza que produce el desplazamiento del agua en el interior de los capilares, igualmente disminuye con el aumento de temperatura, pero este efecto es menos importante que la reducción de viscosidad.

Si por cualquier procedimiento se calienta la pasta, el movimiento del agua en los capilares del interior hacia la superficie se facilita, lo cual da por resultado una regulación de la gradiente de humedad y en consecuencia de la contracción de la pasta.

Se comprenderá la importancia de un procedimiento de caldeo que permita el rápido aumento de temperatura de la pasta en todo su espesor y, una vez conseguida la temperatura adecuada, mantenerla mientras dure la evaporación superficial.

Actualmente sólo se conoce un procedimiento para calentar conveniente y selectivamente un objeto húmedo en profundidad que es el que utiliza el fenómeno de absorción de energía radioeléctrica y particularmente de micro-ondas, por pérdidas dieléctricas en los intersticios que contienen agua en el objeto.

Debido a la utilización de este procedimiento en hornos denominados hornos de micro-ondas, sólo se eleva la temperatura del objeto húmedo con exclusión casi total de la del ambiente y de la del soporte del objeto; en realidad el soporte sólo se calienta en su zona de contacto con el objeto, esto es, en los sitios en que la humedad puede esparcirse por sus propios capilares.

387205



5.

En principio, en el caso en que el objeto es una pasta cerámica dentro de un molde interesaría proporcionar a esta pasta una temperatura tan alta como fuera posible para aumentar la velocidad de transferencia de agua. En la práctica existe un valor de temperatura por encima de la cual el yeso del molde soporte experimenta una transformación físico-química que produce una deshidratación y deformaciones con el uso. La propia pasta, se altera y existe el riesgo de disminución de la producción a causa de defectos importantes que sólo se observan en las últimas operaciones de fabricación de la cadena de objetos de porcelana. La temperatura que no ha de sobrepasarse es del orden de 65°C.

En todo equipo de secado las calorías necesarias para la vaporización del agua se toman de un suministro de energía exterior. En el antiguo procedimiento de secado este suministro es simplemente la importante masa de aire del ambiente que circula lentamente alrededor del objeto que se ha de secar. Los procedimientos modernos conocidos utilizan un flujo de aire seco y suficientemente caliente cuya velocidad es del orden de 2 m/s., posiblemente asociado con caldeo de infrarrojo.

Si se utiliza el procedimiento de caldeo por micro-ondas es necesario asociar al mismo un medio de secado usual tal como la ventilación por aire pulsado que produce la mayor parte de la energía de vaporización. Ha de considerarse el hecho de que la energía de micro-ondas es costosa y que su utilización debe limitarse en lo posible a su función óptima, esto es, asegurar la migración del agua hacia la superficie a causa del calentamiento de la masa.

387205



6.

Es, por lo tanto, un fin del invento un procedimiento para secar pastas cerámicas por medio de un dispositivo que comprende de una parte un suministro de energía de microondas que asegura el caldeo de la pasta y por otra parte un suministro de energía de evaporación constituida por una corriente de aire relativamente seco que circula en la superficie de la pasta que ha de secarse.

A modo de ejemplo se indican los medios que permiten proporcionar en el dispositivo de secado en duración y cantidad la acción respectiva de la energía de microondas y de la energía de evaporación de tal modo que se consume, para un ritmo de producción dado, la menos posible de la primera, esto es, la más cara.

Medios y dispositivos que permiten reducir considerablemente el tiempo de secado de las pastas cerámicas mejorar la calidad, disminuir los desperdicios y liberar muy rápidamente los moldes que además se deterioran mucho menos rápidamente que cuando se utilizaban en los procedimientos de secado usuales. El resultado es una importante reducción del número de moldes necesarios y una gran reducción de la superficie ocupada por los equipos.

A fin de comprender mejor el invento es necesario recordar algunos elementos de la teoría de secado conocida.

Cuando se admite que el caldeo de microondas produce el efecto de humedecer constantemente la superficie del objeto que se ha de secar el problema se reduce a la eliminación por evaporación del agua superficial. Tal problema se ha resuelto de múltiples maneras algunas de las cua-

387205



7.

160 les son muy antiguas: la técnica de secado de sábanas al aire libre es un ejemplo bien conocido. En este caso se sabe que el secado es tanto más rápido cuanto más seco está el aire y tanto más rápido cuanto mayor sea la velocidad del viento.

165 Las leyes de evaporación superficial por conducción de aire han sido bien estudiadas; sencillas fórmulas semi-empíricas permiten calcular la cantidad  $U$  de agua evaporada y las calorías  $Q$  proporcionadas por el aire para esta evaporación en función de:

170 - la superficie  $S$  ventilada,  
- un coeficiente de difusión  $K$  que aumenta con la velocidad del aire que pasa por la superficie,  
- la presión de vapor de saturación  $p_1$  a la temperatura  $\theta_1$  del agua superficial,

175 - la presión parcial del vapor de agua  $p_2$  en el aire a la temperatura  $\theta_2$  del aire lejos de la superficie,  
- la presión del aire,  
- calor de fusión del agua  $r$ ,  
- coeficiente de conducción  $l$  que aumenta con la  
180 velocidad del aire.

Las fórmulas se expresan:

$$U = Sk \frac{p_1 - p_2}{p_0} \quad (A)$$

$$Q = rU = rSk \frac{p_1 - p_2}{p_0} \quad (B)$$

185  $Q = Sl (\theta_2 - \theta_1) \quad (C)$

El examen de estas fórmulas muestra la conveniencia de utilizar aire seco a fin de que  $p_2$  sea tan baja como sea posible y tener una rápida ventilación pues los coefi-



cientes  $k$  y  $l$  aumentan la velocidad de circulación del aire.

190

Puede verse también por la fórmula A que puede haber interés en aumentar la presión de vapor de agua de saturación  $p_1$  a fin de aumentar  $U$ . Pero  $p_1$  está definida por la temperatura  $\theta_1$  de la cual es una función de rápido crecimiento; considerando, entonces, las fórmulas B y C se observa - haciendo referencia a teorías conocidas - que como  $Q$  aumenta proporcionalmente a  $U$  es necesario utilizar cada vez aire más caliente.

195

En el problema de secado conocido el caldeo previo con aire puede ser el origen de consecuencias que es posible evitar poniendo el aire, que se supone suficientemente seco, a la temperatura de los talleres y ventilando más rápidamente.

200

En el caso particular que aquí se estudia, en el que la pasta según el invento se calienta en su masa, el movimiento del agua hacia la superficie es tanto más eficaz cuanto menor sea la tensión de vapor de saturación  $p_1$ ; en este caso interesa utilizar aire con una temperatura  $\theta_2$  no muy alta. Si el agua superficial está a una temperatura  $\theta_1$  inferior a la de la pasta en profundidad el conjunto tenderá a enfriarse poco a poco por conducción, por lo cual es necesario, durante la evaporación, continuar calentando la pasta de tal modo que se mantenga su temperatura sustancialmente constante.

205

210

Los moldes cargados con pasta cerámica se colocan en un recipiente metálico que comprende una primera y una segunda cavidad separadas por una partición metálica. El caldeo de la

215

387205



9.

220 pasta se produce en la primera cavidad bajo el efecto de una radiación desde un primer equipo de suministros de microondas formado de, por ejemplo, magnetrones. Esta primera cavidad se denomina de caldeo. El mantenimiento de una temperatura suficiente y homogénea en la pasta está asegurado en la segunda cavidad, denominada de evaporación, bajo el efecto de radiación desde un segundo equipo de suministros  
225 de microondas también formado de magnetrones. Cada cavidad tiene su propio dispositivo de ventilación de aire seco pulsado cuya corriente es regulable, pudiendo ser muy diferentes las dos corrientes.

230 Las dos cavidades pueden elevarse y descenderse juntas lo cual permite cargar una hornada de moldes con pasta cerámica en la primera cavidad; habiendo siempre, en condiciones de producción normales una hornada de  $n$  moldes en la primera cavidad y una hornada también de  $n$  moldes bajo la segunda cavidad. Cada vez que una hornada de moldes con pasta húmeda entra en la primera cavidad elevada, una hornada de moldes que contiene piezas cerámicas adecuadamente secas sale  
235 de la segunda cavidad. El desplazamiento de las hornadas está asegurado por un sistema de avance a pasos discontinuos cuyo movimiento está controlado desde una cámara de programa en la que se colocan para cada operación: la duración del descendimiento del juego de cavidades; la energía de microondas que ha de disiparse en cada cavidad y la velocidad de las dos corrientes de aire de evaporación.  
240

245 Los moldes están sustentados por una banda de metal de avance discontinuo; las dos cavidades se abren en su parte



inferior y cuando descienden, sus paredes, provistas de un trenzado metálico, descansan, bajo presión, sobre la banda de metal. Este dispositivo reduce considerablemente la radiación parásita de microondas, regulándose la presión de tal modo que se obtiene un mínimo de radiación parásita. Los magnetrones de los suministros de microondas se ponen automáticamente en funcionamiento cuando la presión es adecuada debido al control situado en la cámara de programa.

255 Los magnetrones y sus circuitos de acoplamiento con las dos cavidades están sustentados por el techo de éstas. En el techo de cada una de las cavidades se encuentran también fijadas las entradas de aire pulsado en forma de conos de adaptación que cubren toda la superficie disponible a excepción de la ocupada por los magnetrones cuya refrigeración está asegurada por una ventilación independiente. El aire pulsado penetra en cada una de las cavidades por una multitud de pequeños orificios cuyas dimensiones lineales son mucho más pequeñas que la longitud de las microondas.

260 El aire pulsado que barre sobre los objetos que han de secarse es evacuado por un dispositivo extractor formado por los conos de adaptación colocados en los bordes laterales de las dos cavidades y acoplados aerodinámicamente a su interior por una multitud de orificios; la corriente de aire entrante y saliente puede regularse en cada cavidad por celosías cuyo movimiento está controlado por la cámara de programa.

270

El equipo de suministros que alimentan a la primera cavidad con energía de microondas, la de caldeo, debe aten-

387205



11.

275 der diferentes ritmos de trabajo con una energía sustancial-  
mente más alta que los suministros que alimentan a la segun-  
da cavidad, la de evaporación, mientras que la corriente de  
aire ventilado en la cavidad de caldeo es sustancialmente  
menor que la corriente de aire ventilado en la cavidad de  
280 evaporación.

En cada una de las dos cavidades los suministros  
de microondas son independientes y tienen en consecuencia  
fases que son incoherentes; esta independencia es principal-  
mente el resultado del hecho de que los objetos que han de  
285 secarse constituyen en el fondo de la cavidad una capa alta-  
mente absorbente y de baja reflexión con relación a la ener-  
gía de microondas. La utilización de varios suministros in-  
dependientes bien distribuidos reduce el riesgo de aparición,  
en cada cavidad de sistemas de ondas estacionarias, siendo  
290 el riesgo tanto menor cuanto mayor sea el número de suministros

En una forma preferida, los magnetrones que alimen-  
tan la primera cavidad son cuatro, distribuidos en las dia-  
gonales del techo rectangular y los que alimentan la segunda  
cavidad son tres situados en la misma diagonal del techo.  
295 Esta disposición de los magnetrones se hace de tal modo que  
asegura una densidad de energía de microondas absorbida por  
la pasta húmeda casi igual en todos los puntos del espacio  
ocupado por los moldes cargados.

Las figuras de los dibujos adjuntos a la memoria  
300 que a continuación se explican se refieren a una realización  
preferida de los aparatos para llevar a cabo el procedimiento  
y se dan a modo de ejemplo para mejor comprensión del objeto  
de la patente, sin que ello pueda suponer una limitación del  
invento.

305 La fig. 1 muestra muy esquemáticamente una vista de un equipo de secado según el invento.

La fig. 2 muestra un recinto con dos cavidades paralelepipedas de las mismas dimensiones según el invento que tienen en el techo magnetrones acoplados a las cavidades por medios adecuados conocidos.

310

La fig. 3 muestra un detalle de un circuito de acoplamiento de un magnetrón con una cavidad de tipo conocido.

La fig. 4 muestra un dispositivo de entrada y extracción de aire pulsado según el invento.

315

La fig. 5 muestra una curva de evolución de la temperatura de la pasta cerámica durante el paso por un dispositivo de secado según el invento.

La fig. 6 muestra un detalle de una forma de una variante de los dispositivos de la fig. 4.

320

Las figs. 6, 7, 8 y 9 muestran dispositivos de soporte de los moldes.

La fig. 10 muestra un detalle del sistema de extracción de las piezas secas.

325 En la fig. 1 se muestra un equipo de secado que utiliza microondas según las características del invento y que constituye un secador utilizable principalmente en una cadena de producción de platos de pasta cerámica dura.

330 El ensamble mecánico está constituido por un bastidor de metal 1 que soporta en su parte inferior la un conjunto de transferencia constituido por un motor 2 que controla un dispositivo motriz 3 y una banda transportadora 4 de acero inoxidable que gira alrededor de las poleas 5 y 5'.

387205



335 El bastidor 1 en su parte superior 1b tiene ele-  
mentos elevadores como por ejemplo un gato hidráulico 6a,  
integral con un conjunto de vigas 6b que permiten la distri-  
bución uniforme de las fuerzas de presión y controlado por  
un grupo de energía hidráulico 7. La parte 1b contiene tam-  
bién los suministros de energía de los magnetrones, un sumi-  
nistro de ventilación por aire pulsado 9, una salida de ai-  
re de extracción 9', una cámara de programa 10 en la que se  
almacenan todas las instrucciones de control de las diferen-  
tes unidades del equipo.

345 En el interior de 1b y sustentado por 6b se en-  
cuentra un recinto de microondas 11 en forma de paralelepí-  
pedo. Generalmente es de duraluminio o de otro material  
buen conductor; para concretar, tiene una altura entre tres  
a seis veces la altura del producto que ha de secarse colo-  
cado en moldes, dependiendo las otras dimensiones de la can-  
tidad del producto que ha de secarse en cada hornada de pla-  
tos que han de secarse. El recinto está dividido en dos ca-  
vidades iguales 14 y 15 por una partición de metal 13. Sobre  
el techo de las cavidades están dispuestos los suministros  
de microondas 12 ó 12' constituido cada uno por un magne-  
trón asociado con un circuito de microondas que a su vez es-  
tá acoplado por ranuras a la cavidad correspondiente.

355 La parte 11 y las unidades que contiene puede ele-  
varse por medio del gato hidráulico 6a y el conjunto de po-  
leas 6b.

360 Cada suministro de energía 8 está conectado al mag-  
netrón correspondiente 12 ó 12' por cables flexibles 16. La  
tubería del aire de ventilación para el secado de los obje-



tos está también soportada por el techo del recinto 11; no se muestra en la fig. 1 pero se describirá con relación a la fig. 4. Las tuberías están interconectadas por medio de fuelles en el suministro de aire pulsado 9.

El conjunto 1b está circundado por una rejilla protectora (no se muestra); las puertas 17, 17' permiten introducir en el hogar los objetos que han de secarse o sacar los secos cuando se eleva el recinto 11.

Durante el período de radiación de microondas el recinto 11 se baja y pone en contacto con la banda de metal 4 a través de un trenzado metálico 18 soldado en los bordes de la cara abierta de las cavidades 14 y 15. La fuerza de presión del recinto 11 sobre la banda 4 está controlada por el gato hidráulico 6a y se mide por medio de un dinamómetro, que no se muestra.

La fig. 2 muestra el recinto paralelepípedo 11 dividido por la partición 13 en dos cavidades de las mismas dimensiones 14 y 15. En el techo de la cavidad 14 hay cuatro suministros de microondas 12 formado cada uno por un magnetrón acoplado a un circuito de microondas constituido por una sección de guía de ondas y acoplado por ventanas a la cavidad 14. Para mayor sencillez la representación de cada suministro 12 se ha limitado a una caja paralelepípeda que tiene encima un cilindro que respectivamente representan el circuito de microondas y el magnetrón.

La fig. 3 es una vista despiezada de un ejemplo conocido de una forma de uno de los suministros 12. El magnetrón 12a provisto de su imán 12b termina en una antena 12c que acopla el magnetrón al circuito de microondas 12d forma-

387205



15.

do por una sección de guía de onda en cortocircuito en sus  
dos extremos. 12d está acoplado a la cavidad 14 por cuatro  
ventanas 12e. Las tuberías 12f sirven para la circulación  
395 de agua de refrigeración para el magnetrón 12a.

Con cada suministro 12 está asociado un dispositi-  
vo bien conocido, (no se muestra en la fig. 3), denominado  
"batidor", que consiste en un reflector móvil formado por  
placas giratorias que se mueven delante de las ventanas 12e.  
400 Los batidores producen el efecto de batir las ondas y las  
ondas estacionarias producidas en la cavidad cargada con el  
material que se ha de caldear no mantienen la misma configu-  
ración en el tiempo, con lo que se reduce el efecto perjudi-  
cial de una desigual distribución de la energía de micro-  
405 ondas.

Con referencia ahora a la fig. 2 los cuatro sumi-  
nistros 12 están colocados por pares en las diagonales del  
techo de la cavidad 14; el centro de cada una de las cajas  
que representa los circuitos de microondas de los suminis-  
410 tros está situado aproximadamente a la mitad de la distan-  
cia del centro y de uno de los vértices del techo rectangu-  
lar.

En el techo de la cavidad 15 están colocados tres  
suministros de microondas 12' constituidos, por ejemplo, co-  
415 mo los suministros 12. Los tres suministros 12' están colo-  
cados en una de las diagonales del techo de la cavidad 15.

El centro de una de las cajas que representan los  
circuitos de microondas 12' es el mismo que el centro del  
techo rectangular, estando situado el centro de las otras  
420 dos aproximadamente a dos tercios de la distancia entre el



centro y uno de los vértices del techo rectangular.

Esta disposición de los suministros de microondas radiantes en las dos cavidades 14 y 15 y sus variantes se justificarán más adelante.

425

La fig. 4 muestra el recinto 11 equipado, de acuerdo con el invento, con su sistema de ventilación. En la parte superior de la cavidad se encuentran cuatro entradas de aire 19, de grandes dimensiones, de las cuales sólo se muestran tres. Las cuatro entradas 19 cubren la superficie disponible del techo 14. Cuatro conos de adaptación 20, que permiten la transmisión de aire entre las entradas 19 y la cavidad 14 pueden, como se indica en la fig. 4, cubrir toda la superficie del techo 14 circundante con los suministros de microondas 12. En otros dispositivos, los cuatro conos 20 sólo cubren la superficie del techo que dejan libre los suministros 12. La transmisión de aire entre los conos 20 y la cavidad 14 se hace a través del techo por medio de pequeños orificios 21, denominados "orificios de corte" ya que a causa de que sus dimensiones lineales que en comparación con la longitud de onda de microondas son pequeñas evitan cualquier radiación parásita fuera de la cavidad.

430

435

440

445

La dimensión de los orificios 21 y su distribución está también estudiada de tal modo que la corriente de aire que llega a la cavidad sea tan uniforme como sea posible. Las cuatro entradas 19 se derivan de una tubería grande 22 que a través de fuelles 23 está conectada al suministro 9 de aire pulsado de la fig. 1, estando este suministro provisto, por ejemplo, de un ventilador extractor.

Cuatro obturadores 24, asociado cada uno con una

# 387205



17.

450 de las entradas de aire 19 permiten ajustar la cantidad de  
aire introducida en los conos 20.

El aire que penetra en la cavidad 14 se extrae a  
través de los conos de adaptación 25 distribuidos alrededor  
de la base de la cavidad 14, es decir, en las tres paredes  
455 verticales accesibles.

Los conos 25 están acoplados aerodinámicamente  
con la cavidad por medio de gran número de orificios 26.

Las tuberías 27 conectan los conos 26 a una tube-  
ría mayor, (no se muestra) que a través de fuelles está co-  
nectada al dispositivo extractor de aire 9' de la fig. 1,  
460 estando este dispositivo provisto, por ejemplo, de un ven-  
tilador de extracción. Los obturadores 28 permiten ajustar  
las cantidades de aire extraído por cada uno de los conos  
25.

465 En la cavidad 15 se encuentran los mismos apar-  
tos, es decir, las entradas de aire 19', conos de adapta-  
ción 20', orificios de corte 21', obturadores 24', estando  
los conductos de aire 19' derivados de una tubería grande  
22. Del mismo modo para la extracción de aire de la cavidad  
470 15, los conos de adaptación 25' están dispuestos acoplados  
aerodinámicamente a la cavidad 15 por orificios 26', conec-  
tando las tuberías 27' los conos 26' a la tubería grande  
conectada, como ya se ha dicho, al dispositivo extractor de  
aire 9' de la fig. 1. Los obturadores 28' permiten ajustar  
475 la cantidad de aire extraída por cada uno de los conos 25.

Las aberturas respectivas de los obturadores 24,  
24', 28 y 28' permiten obtener diferentes corrientes de aire  
en las dos cavidades 14 y 15.



Los magnetrones de los suministros de microondas  
480 12 y 12' frecuentemente han de ser refrigerados por la cir-  
culación de un fluido independiente de la que asegura la  
evaporación del agua; así, en los suministros 12' a la dere-  
cha de la fig. 4 se han mostrado dos tuberías 29 por las  
que pasa una corriente de agua que refrigera el magnetrón  
485 12'.

En caso de que los magnetrones se refrigieren con  
aire es posible unificar la ventilación de evaporación con  
la de refrigeración de los magnetrones. La fig. 6 muestra  
esquemáticamente un ejemplo de doble evaporación. Puede  
490 verse una entrada de aire 19, un cono de adaptación 20,  
"orificio de corte" 21 y un suministro 12. La corriente par-  
cial de aire, derivada de la corriente general, que refri-  
gera al magnetrón 12 es guiada por un cono de adaptación 30  
que cubre el conjunto del suministro 12. Puede posiblemente  
495 utilizarse en la cúspide de 30, un obturador para regular  
la corriente parcial de aire.

Se describirán ahora las unidades de soporte de  
las piezas de cerámica que han de secarse. Con referencia  
a la fig. 1, las piezas entran por la puerta 17 y salen por  
500 la 17'.

En el comienzo de la operación, las piezas proce-  
dentes de la máquina conformadora de la pasta colocada en  
los moldes de yeso se reúnen en hornadas en la banda metáli-  
ca 4 a la izquierda del secador.

Según una primera forma del invento, mostrada en  
505 la fig. 7, los moldes 31 que tienen, por ejemplo, platos 32  
están dispuestos sobre una plataforma 33 en material plásti-

387205

13  
19.



co de baja pérdida dieléctrica (prolipileno entre otros)  
que lleva las piezas 34 del mismo material. La plataforma  
510 33 sustentada por las piezas se coloca sobre la banda de me-  
tal.

La fig. 8 muestra otra forma en la que la banda  
de metal está provista de piezas 35 que sustentan la plata-  
forma 33, siendo 33 y 35 también de material plástico.

515 La fig. 9 muestra una variante del soporte de los  
moldes cargados de pasta. La banda 4 está sustituida por  
una placa de metal fija 36 sobre la que puede colocarse el  
recinto 11 que hace contacto a través del trenzado metálico  
18. Dos cintas de metal 37 y 37' de poco espesor y provistas  
520 de piezas 38 y 38' pueden deslizarse sobre 36; las plata-  
formas de material plástico 33 de las figs. 7 y 8 están  
sustentadas por las piezas 38 y 38'. El poco espesor de las  
cintas 37 y 37' permite un buen contacto entre la placa 36  
y el ensamble 11 cuando éste se coloca en posición.

525 Se describirá ahora un procedimiento para secar  
según el invento utilizando el equipo y dispositivos ilus-  
trados en las figs. 1, 2, 4, 7, 8 y 9.

A modo de ejemplo se supondrá que se trata de se-  
car 600 platos de vajilla por hora.

530 Las piezas procedentes de la máquina para confor-  
mar la pasta cerámica tienen un peso de 800 gr. formados por  
600 gr. de caolín y arcilla y 200 gr. de agua.

El presecado termina cuando la pieza cerámica es-  
tá suficientemente rígida para sacarla del molde soporte lo  
535 que corresponde a una eliminación de 80 gr. de agua por pie-  
za. El molde de plástico pesa unos 2 Kg.



Si se estima que para asegurar una eliminación regular del vapor de agua es indispensable elevar la temperatura del agua intersticial desde 25°C a 65°C, por ejemplo, en cuyo caso sería necesario, cualquiera que fuese el procedimiento de presecado, proporcionar, como mínimo por plato, la energía necesaria para elevar la temperatura de 200 gr. de agua en 40°C y la energía de vaporización de 80 gr. de agua, o sea 220 kilo-julios.

Así, el presecado de 600 platos necesitará como mínimo 132 kilo-julios o lo que es lo mismo expresado en kilovatios-hora: 37 Kw.h. En realidad, en los procedimientos hasta ahora conocidos, el yeso de los moldes también se calienta así como los componentes salidos de la pasta cerámica (caolín y arcilla). El yeso, lo mismo que dichos componentes sólidos, tiene un calor específico que es aproximadamente dos décimas del de el agua; si se supone que se calientan en 40°C, la energía suplementaria que ha de suministrarse por cada plato se eleva a 90 kilojulios, esto es, para 600 platos: 54.000 KJ = 15 Kw.h. En los procedimientos conocidos, la energía necesaria se aumentará, por lo tanto, a aproximadamente 50 Kw.h.

Ya se ve aparecer una ventaja en la utilización de secadores que utilizan el caldeo por microondas; en la medida en que los moldes no absorben agua, siendo pequeñas las pérdidas dieléctricas en el yeso; los moldes apenas se calientan. La economía de energía para una producción de 600 platos secos por hora es, entonces, de 38.000 KJ (10 Kw.h.).

Finalmente, en el caso de la utilización de caldeo por microondas, la energía necesaria para presecar 600 pla-

387205



tos por hora, se eleva a 42 Kw.h., correspondiendo 9 Kw.h. a calentar la pasta y 33 Kw.h. para la evaporación de 80 gr. de agua por plato o aproximadamente 50 kg. para los 600 platos.

570

El procedimiento ideal sería el que permitiese asignar al suministro de microondas los 9 Kw.h. necesarios para calentar la pasta y al aire pulsado 33 Kw.h. de la energía de vaporización.

575

Se examinará ahora el método de utilizar el dispositivo que permite aproximarse a esta distribución ideal de energía. A modo de ejemplo, se examinará previamente el caso práctico de presecado de 600 platos por hora, sin que esto represente una limitación del invento.

580

Se hará ahora referencia a la fig. 1 con alguna posible mención de las figs. 2, 4, 7 u 8.

585

Las operaciones comienzan cuando se detiene la banda de metal 4. Los moldes que tienen los platos que han de secarse procedentes de la máquina especial conformadora (por ejemplo una máquina "Roller") se colocan manual o automáticamente sobre una plataforma 33 de material plástico (figs. 7 y 8); la plataforma se coloca en el área de carga situada en la parte izquierda de la banda de metal 4. Al final de un tiempo predeterminado, suficiente para permitir la carga de la plataforma 33, el recinto 11 se eleva la banda 4 se pone en movimiento y se detiene cuando la plataforma 33 está en posición bajo la cavidad 14. Estando la banda 4 parada, el recinto 11 desciende de nuevo y queda en contacto con 4 a través de la trenza metálica 18; un dispositivo de

590



595 seguridad permite la continuación de las operaciones sólo si es suficiente la presión del recinto 11 sobre la banda.

Cuando la presión es adecuada, los cuatro magnetrons de los suministros 12 colocados en el techo de la cavidad 14 funcionan simultáneamente y posiblemente los tres  
600 magnetrones de la cavidad 15 funcionarán en el mismo instante. Después de un tiempo  $t$  predeterminado cesa el funcionamiento de los magnetrones, que está controlado por un dispositivo de seguridad y el recinto 11 se eleva y al alcanzar la altura máxima, se pone de nuevo en movimiento la  
605 banda 4 y una nueva hornada de platos que han de secarse se transporta bajo la cavidad en otra plataforma 33 mientras que la primera hornada pasa a la cavidad 15.

Las operaciones prosiguen paso a paso. En general, cuando la hornada  $n$  penetra en la cavidad 14, la hornada  
610  $n-1$  está en la cavidad 15 mientras que la  $n-2$  pasa al área de descarga situada en la derecha de la banda 4. Los platos 32 suficientemente rígidos ahora se separan de sus moldes respectivos 31 por succión de aire desde las tuberías 39 que se colocan sobre los platos como se muestra en la fig.  
615 10. La plataforma 33 con los moldes vacíos se transporta hacia la máquina de conformación especial (máquina "Roller") por medio de una banda transportadora.

Durante todo el tiempo de las operaciones la ventilación de aire pulsado y los dispositivos extractores de  
620 aire funcionan permanentemente incluso cuando se eleva el recinto 11 y no funcionan los magnetrones. Las corrientes de aire en las entradas 19 ó 19' (fig. 4) pueden ser diferentes, estando, en general, los platos situados bajo la ca-

387205



23. 13

625 vidad 15 en la que principalmente se realiza la evaporación,  
en la que las piezas tienen que ser principalmente calenta-  
das rápidamente en conjunto. La corriente de aire extracto-  
ra es menor que la de introducción existiendo, por lo tan-  
to, cuando se desciende el recinto 11 una ligera sobrepre-  
630 sión que asegura la uniformidad de la corriente de aire so-  
bre las piezas que se han de secar. En el ejemplo elegido  
para explicar el funcionamiento del dispositivo según el  
invento, cada hornada comprende 30 conjuntos de plato y  
molde. El tiempo  $t$  de paso de una hornada bajo cada una de  
635 las cavidades 14 y 15 es de 150 segundos y el tiempo  $t_0$  de  
las operaciones de elevación del recinto 11, desplazamiento  
de la banda 4, descenso de nuevo de 11 y puesta en funcio-  
namiento de los magnetrones es de 60 segundos; puede decir-  
se que, aproximadamente, cada 3 minutos 30 platos dispues-  
640 tos para sacarse de sus moldes salen por la derecha de la  
banda 4, produciendo un ritmo de 600 platos secos por hora.

Las dimensiones aproximadas de cada una de las  
cavidades son: 3 m. de largo, 1 m. de ancho y 0,6 m. de al-  
to. La corriente de aire pulsado para el conjunto de las  
645 dos cavidades es del orden de  $2.000 \text{ m}^3/\text{hora}$ .

Los cuatro magnetrones de los suministros que ali-  
mentan energía de microondas a la cavidad 14 (figs. 2 y 4)  
tienen cada uno una potencia nominal de 2,5 Kw. que corres-  
ponde, considerando una eficacia del 80% de una potencia de  
650 radiación en 14 igual a 10 Kw.

Los 3 magnetrones de los suministros 12' que ali-  
mentan la cavidad 15 (figs. 2 y 4) con energía de microon-

das tienen también cada uno una potencia nominal de 2,5 Kw.

655 Considerando la función del caldeo por microondas  
en la cavidad 15 destinado a mantener constante la tempera-  
tura de los platos, la energía requerida de los suministros  
12' es en general inferior a la facilitada por los suminis-  
tros 12 que radian en la cavidad 14. A fin de economizar  
energía costosa, los suministros 12' puede hacerse que fun-  
660 cionen durante cada operación elemental, menos tiempo que  
los suministros 12. Puede hacerse entonces que el magnetrón  
que está en el centro del techo de la cavidad 15 facilite  
menos potencia que los otros dos. Esta última solución tie-  
ne otra ventaja que se considerará más adelante y permite  
665 conseguir una mejor distribución de la energía de microon-  
das disipada en los platos colocados en la cavidad 15.

Suponiendo que los 7 magnetrones suministran la  
misma potencia durante los períodos de funcionamiento que  
representan cinco sextos del tiempo total, se observa que  
670 la energía de microondas consumida se eleva a  $2 \times 7 \times \frac{5}{6} =$   
12 Kw.h.

Si se compara este resultado con los valores teó-  
ricos antes estimados (9 Kw.h. para el caldeo de la pasta y  
33 Kw.h. para la vaporización de 50 kg. de agua) se observa-  
675 rá que la energía de microondas se utiliza eficazmente en  
el sistema según el invento. La diferencia de 3 Kw.h. puede  
explicarse por las pérdidas en los límites metálicos de las  
cavidades y en el yeso de los moldes y también por una pe-  
queña energía de vaporización suministrada al agua interna,  
680 siendo esta vaporización además útil para facilitar la migra-  
ción del agua líquida hacia la superficie.

387205



25.

Es interesante a fin de entender mejor el funcionamiento del sistema propuesto, examinar la evolución de la temperatura interna de la pasta de los platos durante los seis minutos que dura el secado de una hornada. Esta evolución se muestra en la curva de la fig. 5 en la que se representan: en el eje de abscisas el tiempo  $T$  y en el de ordenadas la temperatura  $\theta$ . El tiempo se expresa en minutos en el eje X y la temperatura en grados centígrados en el de Y.

685 Durante el período de exposición a la radiación de microondas en la cavidad 14 la temperatura aumenta regularmente desde 25°C a 65°C determinándose la inclinación de la curva por una distribución adecuada entre la energía de microondas y la energía de vaporización del aire ventilado.

690 Durante el minuto de elevación del recinto 11 los platos están solamente sometidos a la refrigeración del aire ventilado y la temperatura de la pasta disminuye ligeramente.

700 Finalmente, durante el período de exposición a la radiación de microondas en la cavidad 15, aumenta de nuevo la temperatura y se mantiene después a un valor constante hasta el fin de la operación y de nuevo la inclinación de la curva resulta de una distribución adecuada de las dos energías.

705 Fácilmente se comprende que las características del sistema según el invento destinado al secado de platos cerámicos de una naturaleza diferente a la aquí propuesta a modo de ejemplo, serán determinadas, como primera aproximación por simples leyes empíricas. La cantidad de agua que se ha de evaporar durante una unidad de tiempo siendo fija, es

710



posible calcular la corriente de aire pulsado cuando la superficie de los elementos que han de secarse y la temperatura del aire son conocidas. Este cálculo se hace utilizando la fórmula A indicada anteriormente.

715 La cantidad de pasta que ha de calentarse durante una unidad de tiempo en forma que alcance una temperatura adecuada, el ritmo de las operaciones de elevar y bajar el recinto, permiten determinar un valor aproximado, por defecto, de la energía de microondas necesaria. En la práctica,  
720 se elegirá, para el conjunto de suministros de microondas, una potencia mayor en el 50% de la así calculada teóricamente.

Esta energía de microondas se distribuye entonces entre las dos cavidades asignando una potencia mayor a la  
725 primera (cavidad 14 en las figs. 1, 2, 4) en la que principalmente se efectúa la elevación rápida de la temperatura de la pasta.

Una de las cualidades importantes que pueden esperarse del caldeo por microondas es una adecuada distribución de energía en los elementos que se han de calentar. Un  
730 primer medio, bien conocido, consiste en introducir en los recintos de radiación reflectores móviles denominados "bati-dores" que actúan como mezcladores de ondas y limitan el efecto de las ondas estacionarias.

735 Un segundo medio según el presente invento, que referiblemente debe, además, acompañar al primero, consiste en utilizar n suministros independientes en lugar de una sola. En un punto cualquiera dentro de una cavidad los n campos de microondas se combinan pero con fases incoherentes

387205

13  
27.



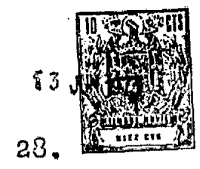
740 lo que limita considerablemente el riesgo de aparición de ondas estacionarias. Es conveniente que n sea tan alto como sea posible.

745 Cuando las dimensiones lineales de la cavidad son grandes en comparación con la longitud de onda y cuando el conjunto de las piezas que han de calentarse que cubren el piso de la cavidad se presentan como un límite absorbente y de baja replección todo tiene lugar como si los suministros de microondas, adecuadamente colocados sobre el techo de la cavidad radiasen como suministros de luz independientes. El 750 diagrama de radiación de cada suministro que depende de la naturaleza de las ventanas de acoplamiento entre el circuito de microondas asociado a un magnetrón y la cavidad (véase la fig. 3) es direccional y los elementos colocados verticalmente con respecto a un suministro reciben más energía que otros. 755

En el caso en que se utilizan cuatro suministros, como se muestra en la fig. 2, la distribución más adecuada es la que se ha descrito.

760 En el caso en que se utilicen tres suministros, el colocado en el centro del techo de la cavidad, como se muestra en la fig. 2, preferiblemente tendrá una potencia inferior sustancialmente a la de los otros dos.

765 La generalización se realiza fácilmente. Si, por ejemplo, se utilizan ocho suministros se distribuyen uniformemente sobre las dos diagonales por razón de dos por media diagonal, estando situado el primero aproximadamente a un tercio de la distancia entre el centro del techo y el vértice correspondiente y el segundo aproximadamente a dos ter-



cios de la misma distancia.

770

Si se utilizan cinco suministros, la disposición de los tres suministros mostrada en la fig. 2 se completa con otros dos suministros colocados en la otra diagonal del techo, teniendo el suministro central, preferiblemente, una energía sustancialmente inferior a la de cada uno de los otros cuatro.

775

A fin de ilustrar en forma notable las ventajas del sistema, es interesante citar el número de moldes y la superficie de terreno ocupados por los equipos necesarios para el presecado de seiscientos platos por hora.

780

En el sistema propuesto:

- número de moldes: 120
- superficie en planta: 12 m<sup>2</sup>

785

En un sistema moderno conocido del tipo de secado basculante:

- número de moldes: 2.400
- superficie en planta: 120 m<sup>2</sup>

790

Si bien se han descrito los principios del invento con relación a ejemplos y formas concretas, ha de quedar claramente entendido que dicha descripción se da sólo a modo de ejemplo y no limita el alcance del invento.

795

Este invento corresponde a una solicitud de patente formulada en Francia el día 14 de Enero de 1970 y señalada con el Núm. 7001187 y se acoge, por lo tanto, a los beneficios que otorgan los convenios internacionales vigentes.

----- N O T A -----

Los puntos de invención propia y nueva que se pre-

387205

29.



sentan para que sean objeto de esta patente de veinte años  
son los siguientes:

800 1 - Un procedimiento para secar pastas cerámicas  
utilizando caldeo por microondas en combinación con pérdidas  
dieléctricas y medios de secado por ventilación de aire,  
presentándose las pastas cerámicas en forma de objetos depo-  
sitados o colocados en moldes, caracterizado porque:

805 - cada objeto que ha de secarse se somete primero  
durante un primer período, en un primer espacio cerrado li-  
geramente ventilado por una primera columna de aire pulsado,  
a la radiación de un primer equipo de suministro de energía  
de microondas, utilizándose dicha energía casi exclusivamen-  
te para secar rápidamente la pasta cerámica y llevar la ma-  
810 sa de la misma a una temperatura uniforme determinada ade-  
cuada;

815 - dicho objeto que ha de secarse se somete después  
durante un segundo período, en un segundo espacio cerrado  
fuertemente ventilado por una segunda corriente de aire pul-  
sado, a la radiación de un segundo suministro de un segundo  
equipo de energía de microondas, utilizándose dicha energía  
casi exclusivamente para mantener la pasta cerámica a dicha  
temperatura, siendo el calor de vaporización del agua que  
se evapora en la superficie de dicho objeto proporcionado  
820 esencialmente por el aire ventilado procedente de dicha se-  
gunda corriente de aire pulsado;

825 - dicha temperatura es tan alta como sea posible  
pero inferior a la que pueda alterar la pasta cerámica o per-  
judicar los moldes, de tal modo que se asegure una circula-  
ción de humedad adecuada y constante desde el interior de la

387205

13  
30.



830 pasta hacia la superficie del objeto y la circulación de aire ventilado por la segunda corriente de aire pulsado se calcula utilizando leyes conocidas de tal modo que la circulación de agua evaporada en la superficie será sustancialmente igual a dicha circulación de humedad desde el interior de la pasta hacia la superficie.

2. Procedimiento para secar pastas cerámicas utilizando caldeo por microondas.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y a los fines especificados.

Esta memoria consta de treinta hojas escritas por una sola cara.

Madrid,

13 JUN. 1973

  
**EUGENIO BARROSO**  
Secretario General





387205

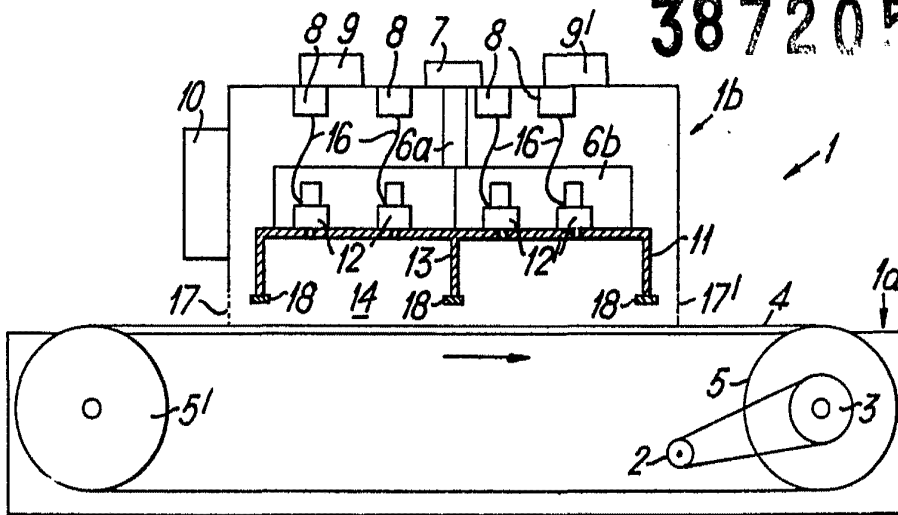


Fig. 1.

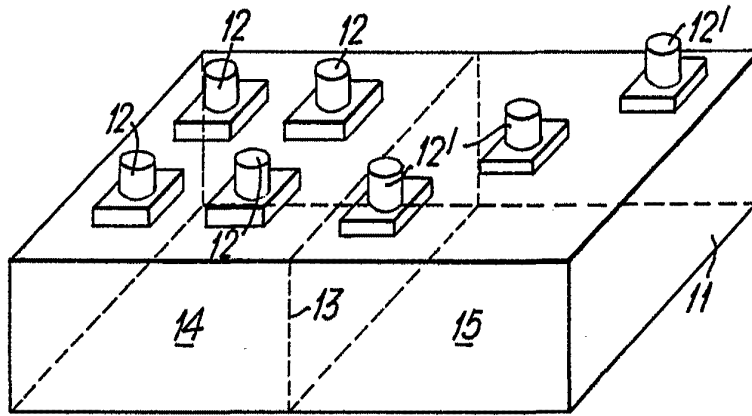


Fig. 2.

13 ENE. 1971

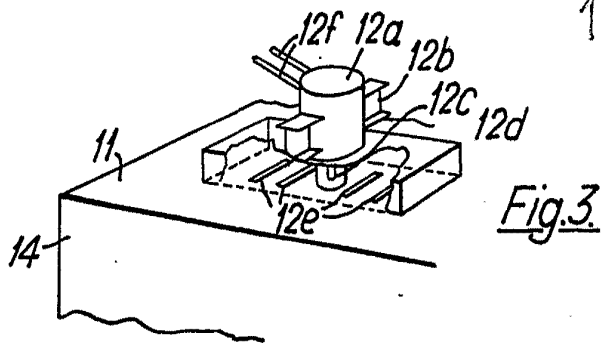


Fig. 3.



*Eugenio Barroso*  
 EUGENIO BARROSO  
 Secretario General



387205

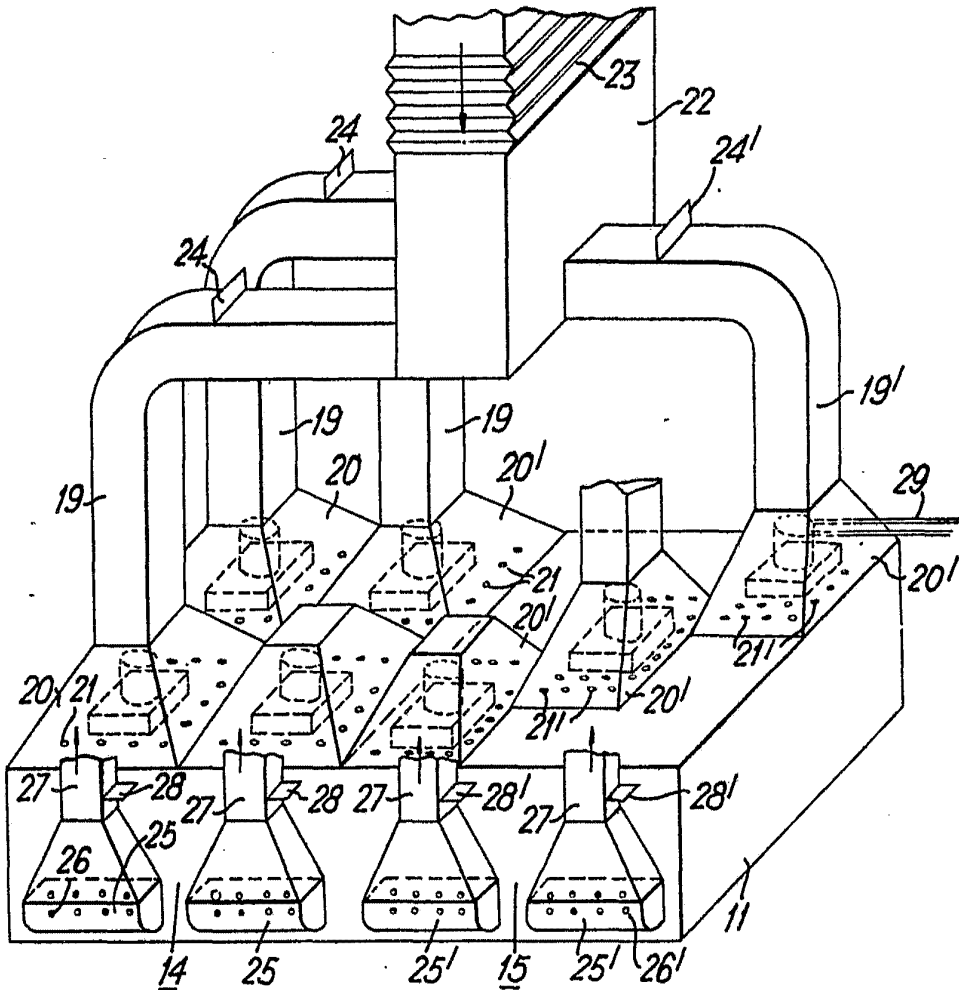


Fig. 4.

13 ENE. 1971



*Eugenio Barroso*  
EUGENIO BARROSO  
Secretario General



387205

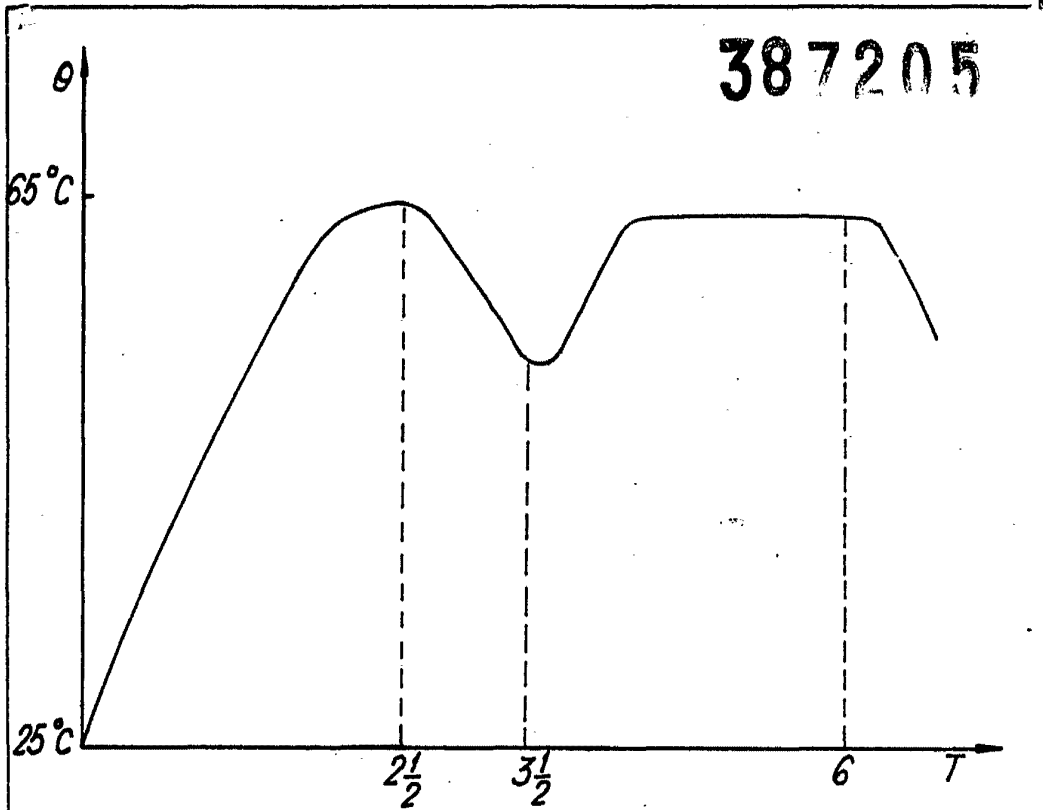
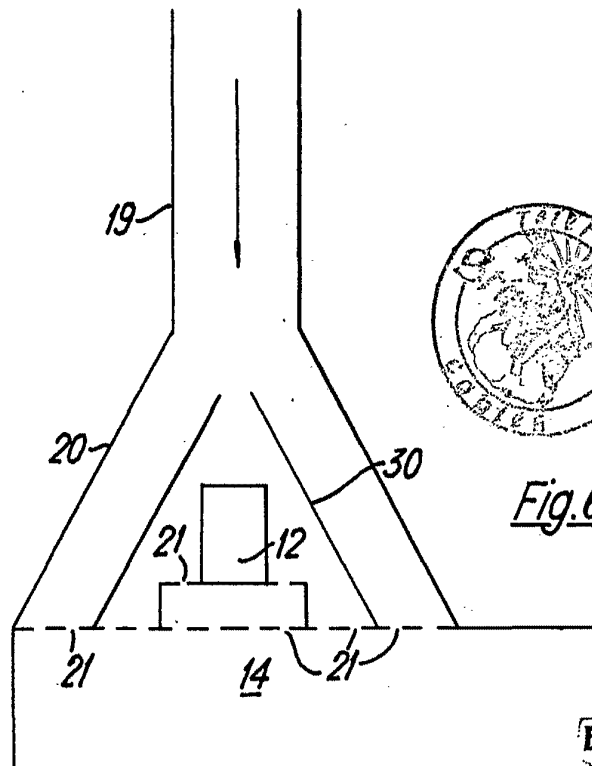


Fig. 5.



13 ENE. 1971



Fig. 6.

*Eugenio Barroso*  
EUGENIO BARROSO  
Secretario General



387205

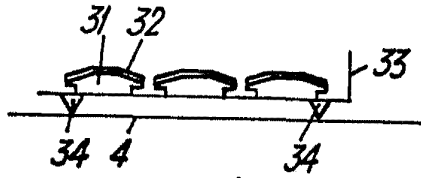


Fig. 7.

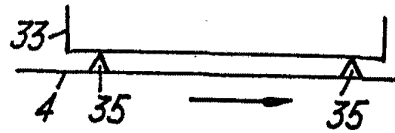


Fig. 8.

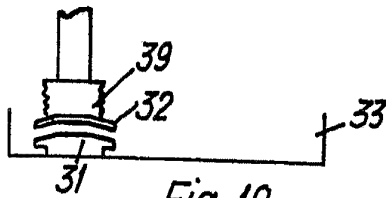


Fig. 10.

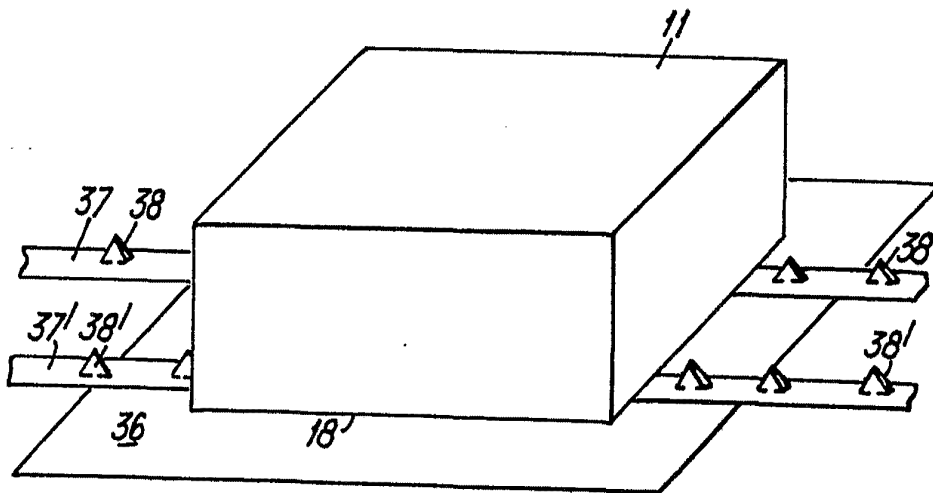


Fig. 9.

13 ENE. 1971



*W. H. H. H.*  
EUGENIO KARRASO  
Secretario General