

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 686 089**

51 Int. Cl.:

G01N 33/44 (2006.01)

G01N 25/72 (2006.01)

G06T 7/00 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.08.2015 E 15382421 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018 EP 3128323**

54 Título: **Método y sistema de detección de defectos de envases plásticos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.10.2018

73 Titular/es:

**AINIA (100.0%)
C/ Benjamin Franklin N° 5
46980 Paterna, Valencia, ES**

72 Inventor/es:

**DÍAZ PUJOL, RICARDO;
BELENGUER BALLESTER, JOSÉ;
GARCÍA REVERTER, JOSÉ;
BLASCO PIQUER, MIGUEL y
SUBIRATS HUERTA, SEBASTIÁN**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 686 089 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

MÉTODO Y SISTEMA DE DETECCIÓN DE DEFECTOS DE ENVASES PLÁSTICOS

5 **OBJETO DE LA INVENCION**

La presente invención está dirigida a un método y a un sistema de detección de defectos de soldadura en envases plásticos.

10 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

En los envases plásticos que son sellados mediante aplicación de calor se forma una soldadura que, en ocasiones, puede no fusionar correctamente, quedando así fallos en la soldadura que pueden producir el deterioro del contenido del envase.

15

La inspección de la zona de sellado puede realizarse de diversas maneras, por ejemplo, sumergiendo el envase en agua o mediante palpación a través de operarios, aunque esto puede resultar demasiado costoso y no ser totalmente fiable. Otro método se basa en la agitación del envase mediante máquinas vibratoras, comparando el peso antes y después de la agitación para comprobar si ha habido pérdidas de producto tras la agitación, pero este método solo es aplicable en los casos en que el contenido del envase es polvo o grano. Se conocen también sistemas que incorporan un gas trazador que presenta el inconveniente de resultar lento, o sistemas que incorporan un sistema de ultrasonidos, con el inconveniente de que sólo se puede inspeccionar una soldadura, la que pasa entre los transductores, siendo por tanto de aplicación sólo a la soldadura superior de envases tipo flow-pack o también conocidos como "almohadilla".

Un método más fiable es la termografía infrarroja, técnica que permite obtener la temperatura de una superficie con precisión sin tener ningún contacto con ella. Un ámbito de aplicación del análisis mediante termografía es el de análisis de termo-sellado de envases plásticos. Mediante sensores, se obtiene una imagen del material donde la intensidad de cada punto es proporcional a la temperatura de dicho punto, de forma que es posible supervisar la temperatura sobre la zona de sellado. Sin embargo, este método no permite determinar si la soldadura se ha realizado de manera

adecuada y por lo tanto, si van a aparecer defectos en la zona de sellado cuando dicha soldadura se haya enfriado.

El documento JP2000088781 describe una técnica que emplea la termografía para
5 detección de defectos en sellado, pero el procedimiento de análisis de imagen es poco sensible a fallos, pues hace una corrección de la imagen respecto de un patrón y por tanto no contempla los cambios en las condiciones de contorno como tiempo de sellado, velocidad de envasado, temperatura ambiente, etc.

10 El documento WO2006012194 describe un método y aparato para detectar defectos en envases plásticos mediante un sistema de imagen infrarroja, aunque el método es poco fiable, dado que el rechazo de envases en caso de existir defecto se realiza únicamente si se cumplen una serie de condiciones demasiado estrictas, que pueden dar lugar a falsos positivos en cuanto a envases válidos.

15

El documento JP2003307505 describe una unidad de corrección mediante la temperatura ambiente de imágenes obtenidas. La temperatura ambiente es obtenida a través de un sensor de temperatura. Esto presenta una ventaja en la inspección de calidad de adhesión del material, aunque no se tiene en cuenta el enfriamiento de la
20 superficie de la cual se toma la imagen termográfica.

Estos antecedentes no resuelven el problema técnico de detectar, de manera suficientemente fiable y sensible, defectos en la zona de sellado porque en el análisis posterior a la toma de la imagen termográfica no se tienen en cuenta posibles
25 variables que puedan afectar a la temperatura de la soldadura. De esta forma, no se detectan posibles defectos existentes en la zona de sellado, con el riesgo de considerar válidas soldaduras con defectos o de generar muchos falsos positivos, aumentando el coste de producción.

30 **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

El problema técnico anteriormente expuesto se soluciona mediante la presente invención, que proporciona un método de detección de defectos de una soldadura entre dos materiales poliméricos según la reivindicación 1 y un sistema de detección
35 de defectos según la reivindicación 9. Las reivindicaciones dependientes definen

realizaciones preferidas de la invención.

En un primer aspecto inventivo de la invención se presenta un método de detección de defectos de una soldadura entre dos materiales poliméricos, obtenida por
5 termosellado, que comprende las siguientes etapas:

a) obtener una imagen termográfica de la soldadura, en un instante t_1 , siendo $t_0 < t_1 < t_{max}$, donde t_0 es el instante de tiempo en que ha finalizado la soldadura, t_{max} es el instante de tiempo en el que la soldadura adquiere la temperatura ambiente (T_{amb}) tras
10 enfriarse desde una temperatura de soldadura (T_{sold}), siendo $T_{sold} > T_{amb}$, y t_1 es el instante en el que se toma la imagen termográfica,

b) re-escalar la imagen termográfica para aumentar el contraste entre la zona correspondiente a la soldadura y el resto del envase, corrigiendo el valor de cada píxel a partir del valor mínimo y máximo de la temperatura de la imagen, obteniendo como
15 resultado una imagen de referencia,

c) identificar en la imagen de referencia un área de soldadura, binarizar la imagen de referencia y aplicar la imagen de referencia binarizada, a modo de máscara, sobre la imagen termográfica para identificar dicho área de soldadura (S) en
la imagen termográfica,

d) extraer al menos un descriptor de la parte de imagen termográfica
20 correspondiente al área de soldadura, y

e) determinar si el al menos un descriptor extraído se encuentra dentro de un intervalo de validación definido por al menos un valor umbral,
en donde el método comprende adicionalmente una de las opciones siguientes:

i) corregir en la imagen termográfica, previamente a la etapa d), al menos el área
25 de soldadura, en función del valor del enfriamiento de los materiales poliméricos teniendo en cuenta el tiempo transcurrido entre la finalización de la soldadura (t_0) y la captura de la imagen termográfica (t_1), o

ii) corregir, entre las etapas d) y e), el valor del al menos un descriptor extraído, en función del valor del enfriamiento de los materiales poliméricos teniendo en cuenta
30 el tiempo transcurrido entre la finalización de la soldadura (t_0) y la captura de la imagen termográfica (t_1), obteniéndose un valor del descriptor corregido, o

iii) corregir el intervalo de validación, previamente a la etapa e), corrigiendo el al menos un valor umbral en función del enfriamiento de los materiales poliméricos teniendo en cuenta el tiempo transcurrido entre la finalización de la soldadura (t_0) y la
35 captura de la imagen termográfica (t_1).

El método de detección de defectos según la invención está previsto para detectar defectos en un envase sobre el que se ha realizado una operación de termosellado, de manera que se obtiene una soldadura o zona de sellado que cierra el envase.

5

El envase está compuesto por dos materiales poliméricos. Dichos materiales pueden ser tanto simples (de un solo compuesto), como complejos (formados por la unión de varios materiales). Un caso de materiales complejos es el de materiales multicapas.

10 Etapa a: Obtención de una imagen termográfica

En la etapa a) del método de detección de defectos se obtiene una imagen termográfica, por ejemplo, con una cámara termográfica, de la zona de sellado. En el instante de tiempo t_1 se obtiene la imagen termográfica. El instante t_1 está
15 comprendido en el intervalo $[t_0, t_{\max}]$, donde t_0 es el instante en el cual se considera finalizado el sellado del envase, y t_{\max} el instante en el cual la temperatura de la soldadura se ha igualado con la temperatura ambiente del entorno y por lo tanto, se dice que la soldadura se ha enfriado.

20 La imagen termográfica provee de información relativa a la temperatura de cada punto del objeto para su posterior análisis.

Etapa b: Re-escalado de la imagen termográfica para obtener una imagen de referencia para identificar un área de soldadura

25

En la etapa b) del método de detección de defectos se realiza un re-escalado de la imagen termográfica obtenida de la etapa anterior para aumentar el contraste entre el área de soldadura y el resto del envase. Para ello se corrige el valor de cada píxel a partir del valor mínimo y máximo de la temperatura de la imagen termográfica,
30 obteniéndose una imagen de referencia.

En realizaciones particulares, el re-escalado se realiza según la siguiente expresión:

$$T_{ajustada} = \frac{T - T_{\min}}{T_{\max} - T_{\min}} \times (2^R - 1)$$

donde R es la resolución definida como el número de bits utilizados en la digitalización

de la imagen termográfica, T_{max} es la temperatura máxima de la imagen termográfica, que es generalmente cercana a la temperatura de soldadura, T es la temperatura de cada punto de la imagen termográfica, T_{min} es la temperatura mínima de la imagen termográfica, que es generalmente cercana a la temperatura ambiente, a la temperatura de los materiales no calentados por la soldadura o a la temperatura del producto alojado en el envase y $T_{ajustada}$ es la temperatura en la imagen termográfica re-escalada para aumentar el contraste.

La imagen re-escalada, denominada aquí “imagen de referencia” tiene un contraste mayor entre el área soldadura y las zonas del envase más alejadas de dicho área de soldadura. Ventajosamente, el aumento de contraste en la imagen re-escalada permite identificar el área de soldadura de manera más directa y fiable en etapas sucesivas del método, lo que permite emplear la imagen de referencia a modo de máscara para identificar más fácilmente el área de soldadura en la imagen termográfica.

15

Etapa c: Identificar el área de soldadura

El área de soldadura tiene el mismo patrón asociado a la zona de contacto entre la mordaza de la envasadora con la que se haya realizado la operación de termosellado y el envase. En la imagen de referencia se identifica el perímetro del área de soldadura, por ejemplo mediante un algoritmo de identificación de patrones. Una vez identificado el área de soldadura, se binariza la imagen de referencia, comparando cada píxel de la imagen con un valor umbral de binarización. Esta binarización implica reducir la información de la imagen de referencia a dos únicos valores posibles; en caso de una imagen digital los valores se corresponden a dos colores: blanco para los píxeles de intensidad mayor que el umbral de binarización y negro para los píxeles de intensidad menor que el umbral de binarización. Uno de los valores corresponde al área de soldadura identificada y el otro valor corresponde al resto de la imagen.

Al identificar dicho perímetro se obtiene en la imagen de referencia el área de soldadura, correspondiente a la zona de sellado de los dos materiales poliméricos. La imagen de referencia comprende los puntos de interés para el análisis y se aplica como una máscara sobre la imagen termográfica original tomada para identificar el área de soldadura en la imagen termográfica. Dicho área de soldadura de la imagen termográfica está formado por el conjunto de puntos identificados como el área de

soldadura en la imagen de referencia con la información de temperatura obtenida en la imagen termográfica.

El área de soldadura que se identifica puede ser la zona de sellado completa del envase o una parte de la zona de sellado, en caso de que se desee realizar el análisis únicamente sobre dicha parte de la zona de sellado.

Etapa d: Extraer al menos un descriptor

10 De la parte de imagen termográfica correspondiente al área de soldadura se extrae al menos un descriptor. Un descriptor es un parámetro físico medible, representativo de la calidad de la soldadura, que permite comparar su magnitud con datos de referencia o con datos conocidos de una soldadura admisible. Los descriptores se establecen para unas condiciones de contorno T_{amb} , T_{sold} y t_1 y pueden ser, por ejemplo: la superficie del área de soldadura, el ancho del área de soldadura, el ancho máximo del área de soldadura, el ancho mínimo del área de soldadura, la temperatura media del área de soldadura, la temperatura mínima en el área de soldadura, la temperatura máxima en el área de soldadura, el perímetro del área de soldadura, la existencia de al menos una interrupción del área de soldadura, así como relaciones entre estos descriptores. Un ejemplo de relación de descriptores, sería la obtención de porcentajes a partir de la temperatura de una parte del área de soldadura respecto a la temperatura media del área de soldadura completo para comparar su magnitud con otros porcentajes de referencia.

25 Los descriptores pueden ser susceptibles o no de ser corregidos en función del tiempo transcurrido entre el sellado y la captura de la imagen. Descriptores no susceptibles de ser corregidos en función del tiempo transcurrido entre el sellado y la captura de la imagen son por ejemplo, la superficie del área de soldadura, el ancho del área de soldadura, el ancho máximo del área de soldadura, el ancho mínimo del área de soldadura, el perímetro del área de soldadura y la interrupción del área de soldadura. Por otra parte, descriptores susceptibles de ser corregidos en función del tiempo transcurrido entre el sellado y la captura de la imagen son, por ejemplo, la temperatura media del área de soldadura, la temperatura mínima del área de soldadura y la temperatura máxima del área de soldadura.

35

Etapa e: Determinar si el al menos un descriptor extraído se encuentra dentro de un intervalo de validación definido por al menos un valor umbral

En esta etapa se compara el valor del al menos un descriptor obtenido con un intervalo
5 de validación que define los valores del descriptor para los que la soldadura del
envase es admisible.

En condiciones reales, la temperatura de soldadura T_{sold} , la temperatura ambiente T_{amb}
y/o el tiempo transcurrido entre que se produce la soldadura y se capta la imagen
10 termográfica t_1 pueden cambiar en operaciones sucesivas de termosellado. En el caso
en que el tiempo en el que se captura la imagen termográfica t_1 cambie, la temperatura
en la zona de soldadura de la imagen termográfica cambiará también debido al
enfriamiento. Para tener en cuenta este efecto el método de la invención tiene en
cuenta el enfriamiento de los materiales poliméricos de la soldadura en el tiempo
15 transcurrido entre la finalización de la soldadura y la captura de la imagen
termográfica, según una de las siguientes opciones:

- i. Corregir la imagen termográfica, previamente a la etapa d), al menos en el área
de soldadura, en función del valor del enfriamiento de los materiales
20 poliméricos en el intervalo de tiempo $t_1 - t_0$, es decir, el tiempo transcurrido entre
la finalización de la soldadura y la captura de la imagen termográfica.
- ii. Corregir, entre las etapas d) y e), el valor de al menos un descriptor extraído,
en función del valor del enfriamiento de los materiales poliméricos en el
intervalo de tiempo $t_1 - t_0$, obteniéndose un valor del descriptor corregido.
- 25 iii. Corregir el intervalo de validación, previamente a la etapa e), corrigiendo el al
menos un valor umbral en función del enfriamiento de los materiales
poliméricos en el intervalo de tiempo $t_1 - t_0$.

Opción i): Corrección de la imagen termográfica en función de las condiciones de
30 contorno

Como se ha mencionado previamente, variables como la temperatura T_{amb} del entorno
del envase, o el tiempo t_1 transcurrido desde el final de la operación de sellado,
afectan a la evolución de la temperatura de la soldadura. En esta realización, el
35 método de la presente invención evalúa dichas variables y ajusta la imagen

termográfica tomada para obtener un resultado fiable de los defectos existentes. Dicho ajuste da como resultado una imagen termográfica corregida, en la que al menos la zona de la imagen correspondiente al área de soldadura se ha corregido para tener en cuenta el enfriamiento de los materiales en el tiempo transcurrido entre la finalización de la operación de termosellado y la captura de la imagen termográfica. Aunque es suficiente con corregir la parte de la imagen termográfica correspondiente al área de soldadura, la corrección puede realizarse en la imagen termográfica completa, si se desea.

10 Cuando el método se realiza según esta opción, tras la corrección de la imagen termográfica, se continúa con la etapa d) para obtener del área de soldadura al menos un descriptor, y con la etapa e) para determinar si el o los descriptores extraídos de la imagen termográfica se encuentran dentro de un intervalo de validación definido.

15 Opción ii): Corrección de los descriptores en función de las condiciones de contorno

Como se ha mencionado previamente, los descriptores pueden ser susceptibles o no de ser corregidos en función del tiempo transcurrido entre el sellado y la captura de la imagen. Cuando los descriptores empleados en el método son susceptibles de ser corregidos en función del tiempo transcurrido entre el sellado y la captura de la imagen, en lugar de corregir la imagen termográfica como en la opción i), pueden corregirse los descriptores extraídos.

25 Cuando el método se realiza según esta opción, se procede con la identificación en la imagen termográfica original del área de soldadura y con la obtención de al menos un descriptor, según se define en las etapas c) y d). Sin embargo, antes de realizar la comparación entre el al menos un descriptor y el intervalo de validación, se procede con la corrección de los descriptores extraídos para tener en cuenta el tiempo transcurrido entre la finalización del sellado y la captura de la imagen termográfica. De esta manera, los descriptores corregidos corresponden al mismo instante de captura considerado para establecer el intervalo de validación. A continuación, el método continúa comparando los descriptores corregidos con el intervalo de validación definido.

35 Opción iii): Corrección de los umbrales del intervalo de validación

Como variante de la opción ii), cuando al menos un descriptor extraído es susceptible de ser corregido en función del tiempo, puede corregirse el intervalo de validación en lugar de corregirse el descriptor.

5

Cuando el método se realiza según esta opción, se obtiene el al menos un descriptor del área de soldadura de la imagen termográfica y antes de realizar la etapa e) de comparación del descriptor con el intervalo de validación, se lleva a cabo la corrección del al menos un umbral que define el intervalo de validación.

10

Si los umbrales del intervalo de validación son susceptibles de ser corregidos en función del tiempo transcurrido entre el sellado y la captura de la imagen, cuando no se realiza dicha corrección y el tiempo t_1 transcurrido desde el final de la operación de sellado no es el previsto para dichos umbrales, la comparación entre el descriptor y el
15 intervalo de validación puede no ser correcta. El método de la invención según la opción iii) ajusta el valor de los umbrales del intervalo de validación, dando como resultado unos umbrales corregidos para el tiempo transcurrido entre el sellado y la captura de la imagen. Según esta opción, el método continúa en la etapa e), comparando el al menos un descriptor con el intervalo de validación corregido en
20 función del tiempo transcurrido entre el sellado y la captura de la imagen.

Como se ha mencionado, el ajuste de temperatura en función del tiempo t_1 transcurrido desde el final de la operación de sellado puede llevarse a cabo bien por corrección de la imagen termográfica (opción i)), por corrección de los descriptores
25 (opción ii)), o por corrección de los umbrales aceptables del intervalo de validación (opción iii)). En una realización particular, el valor del enfriamiento de los materiales poliméricos empleado en cualquiera de las opciones i) a iii) es tomado de una función característica (f) que representa el enfriamiento de la soldadura que forman los materiales poliméricos respecto del tiempo, para una temperatura inicial T_{sold} y una
30 temperatura ambiente T_{amb} .

Ventajosamente, la función característica (f) permite conocer la temperatura de la zona de sellado en función del tiempo transcurrido desde la finalización del sellado. Esta evolución de temperatura es el enfriamiento de la unión de los materiales poliméricos,
35 que puede depender tanto de parámetros característicos de los materiales, como de

parámetros característicos de la operación de termosellado o de la temperatura ambiente.

5 En una realización particular, en el método de detección de defectos según el primer aspecto inventivo la función característica (f) se obtiene de una curva característica experimental, construida para la soldadura de dos materiales poliméricos, mediante el registro de los valores de la temperatura de la soldadura durante el intervalo de tiempo $[t_0, t_{\max}]$ para una T_{sold} y T_{amb} determinadas.

10 Esto permite obtener el enfriamiento para cada ejemplo particular de combinación de materiales poliméricos y de operaciones de termosellado. Ventajosamente utilizar la función característica (f) es fiable dado que el comportamiento del área de soldadura puede extrapolarse según la evolución de las temperaturas registradas y con las que se ha construido cada una de las funciones características (f). La función característica
15 puede obtenerse como modelización a partir de los datos de la curva experimental, u otro ajuste numérico a una expresión matemática.

Además, existen alternativas teóricas de obtención de la función característica (f) que permiten disminuir el tiempo y el coste de obtención de dicha función, obviando la
20 necesidad de realizar ensayos experimentales con un número elevado de muestras que permitan construir dicha función característica (f).

El intervalo de validación definido por al menos un valor umbral se puede establecer antes de iniciar la implementación del método. Una manera de establecerlo puede ser
25 mediante el análisis comparativo de imágenes de muestra de soldaduras con y sin defectos. En una realización particular, para obtener las imágenes de muestra con y sin defecto, se preparan muestras en las que se cambia la temperatura de una mordaza utilizada para el sellado del envase y el tiempo de soldadura, y se fuerzan fallos mediante la generación de pliegues y arrugas y mediante la colocación en la
30 zona de soldadura de restos del producto envasado. Se obtienen las imágenes termográficas correspondientes y se analiza si el envase ha provocado fugas o no, para lo que se sumerge en un líquido para comprobar si hay fugas de la atmósfera interna. A partir de las muestras que hayan ocasionado fuga, pueden establecerse los intervalos de validación de los descriptores, para la T_{amb} y la T_{sold} establecidas, para
35 los que la soldadura del envase es aceptable.

Otra realización particular para establecer el intervalo de validación es mediante un ensayo experimental con un conjunto representativo de muestras, para lo que se adquieren las imágenes termográficas durante un periodo y se extraen los
 5 descriptores, que son registrados con y sin corrección según el método de la invención. A partir del análisis estadístico y suponiendo que sigue una distribución normal, se establece un criterio 3σ (o similar), de modo que se establezcan los límites aceptables para cada descriptor en el intervalo $[-3\sigma, 3\sigma]$. Posteriormente, cuando un
 10 envase es descartado porque un descriptor queda fuera de ese intervalo, el envase es analizado para ver si el defecto ocasiona una fuga con el fin de ajustar los umbrales del intervalo, bajándolos o subiéndolos para ese descriptor. Una vez fijado un intervalo de validación para cada descriptor, pueden emplearse en el método de la presente invención para analizar la zona de sellado del envase y detectar los posibles defectos obtenidos durante el proceso de termosellado.

15

En el caso de que el descriptor extraído de la imagen termográfica no se encuentre dentro del intervalo de validación definido previamente, se detecta un defecto en la zona de sellado, por lo que el envase no se considera válido.

20 Ventajosamente, el método de la invención permite una detección de defectos en la zona de sellado más fiable. Además, el método permite detectar posibles fallos del sistema de sellado si dichos defectos se repiten en operaciones sucesivas de termosellado.

25 En una realización particular, en el método de detección de defectos según el primer aspecto inventivo, previamente a la etapa d) el área de soldadura de la imagen termográfica se subdivide en una pluralidad de segmentos, y las etapas d) y e) se aplican sobre cada uno de los segmentos y se clasifica la soldadura como defectuosa si se detecta defecto en al menos uno de los segmentos.

30

Ventajosamente, la subdivisión del área de soldadura identificado en la imagen termográfica en segmentos permite un análisis más exhaustivo de la zona de sellado del envase, dado que los criterios de aceptación del envase son más estrictos al tener que ser cumplidos por una pluralidad de segmentos y no solo por el área de soldadura
 35 unitario. Además, generalmente las mordazas utilizadas para realizar las soldaduras

no son homogéneas, habiendo zonas con diferentes temperaturas y anchos de soldadura, por lo que el trabajar por segmentos permite aumentar la sensibilidad de detección de fallos.

5 En el caso de dividir el área de soldadura en una pluralidad de segmentos o subáreas, es posible establecer un área de exclusión en aquellas áreas de la imagen en las que no hay soldadura para reducir el coste computacional y procesar sólo los segmentos o subáreas de interés, tanto para realizar su ajuste, como para extraer los descriptores y para compararlos respecto de los límites de los intervalos de validación
10 correspondientes.

La presente invención proporciona un método de decisión para determinar si un envase está bien sellado o no, basado en un sistema multiparamétrico para detectar envases cuya soldadura no cumpla con unos estándares de calidad.

15 En un segundo aspecto inventivo de la invención se presenta un sistema de detección de defectos de una soldadura entre dos materiales poliméricos, que comprende una cámara termográfica, unos medios de procesamiento, y al menos unos medios de control de tiempo, en el que los medios de procesamiento están adaptados para
20 implementar un método de detección de defectos según el primer aspecto inventivo.

El sistema comprende una cámara termográfica, adaptada para la toma de imágenes termográficas de los envases a analizar. Las imágenes termográficas obtenidas como resultado proporcionan la temperatura de cada punto del envase presente en la
25 imagen, a partir de la medida de radiación infrarroja emitida por los materiales y de la conversión de dicha radiación en información relativa a la temperatura.

El sistema comprende también unos medios de procesamiento, que están adaptados para gestionar las entradas de datos obtenidas de la cámara termográfica y para
30 gestionar los algoritmos de control implementados para realizar el análisis de la imagen termográfica, según el método del primer aspecto inventivo.

El sistema comprende también unos medios de control de tiempo, que permiten registrar tanto el instante t_0 , o instante en el cual se considera finalizado el sellado del
35 envase, como el instante t_1 , instante en el cual se toma la imagen termográfica del

envase mediante la cámara termográfica, permitiendo medir el tiempo transcurrido desde que se deja de aplicar calor al envase hasta que se toma la imagen termográfica. Mediante los medios de procesamiento se ajusta el enfriamiento sufrido por la soldadura durante el transcurso de este intervalo de tiempo.

5

En una realización particular, el sistema de detección de defectos según el segundo aspecto inventivo comprende además:

- un elemento soldador, adaptado para realizar la soldadura,
- un sistema de transporte adaptado para transportar el envase desde la posición P1 de soldadura hasta la posición P2 donde se toma la imagen termográfica y
- los medios de control de tiempo son dos sensores de posición adaptados para determinar el tiempo transcurrido entre que la finalización de la soldadura cuando el envase se encuentra en la posición P1 y el momento en que el envase ha alcanzado la posición P2 donde se toma la imagen termográfica.

15

Ventajosamente, los dos sensores de posición permiten registrar el paso del envase en dos instantes de tiempo del proceso para después realizar la corrección sobre la imagen termográfica tomada del envase en función del tiempo t_1 transcurrido desde el final de la operación de sellado hasta la captura de la imagen termográfica .

20

Ventajosamente, un sistema de inspección del cierre de envases plásticos termosellados según la invención permite evaluar la calidad de la/s soldadura/s mediante termografía y corregir automáticamente variaciones del entorno como son los cambios en la temperatura ambiente y variaciones en el tiempo transcurrido desde el sellado hasta la captura de la imagen.

25

En un caso particular, el sistema comprende medios para expulsar automáticamente los envases que presentan algún tipo de defecto de cierre.

30 Todas las características y/o las etapas de métodos descritas en esta memoria (incluyendo las reivindicaciones, descripción y dibujos) pueden combinarse en cualquier combinación, exceptuando las combinaciones de tales características mutuamente excluyentes.

35 **DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Estas y otras características y ventajas de la invención, se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la descripción detallada que sigue de una forma preferida de realización, dada únicamente a título de ejemplo ilustrativo y no limitativo, con
5 referencia a las figuras que se acompañan.

- Figura 1 En esta figura se muestra un ejemplo de sistema de detección de defectos de sellado según la invención.
- Figura 2A En esta figura se observa un ejemplo de una imagen termográfica tomada
10 por la cámara termográfica.
- Figura 2B En esta figura se observa un ejemplo de una imagen re-escalada a partir de una imagen termográfica.
- Figura 2C En esta figura se observa un ejemplo de una máscara tras identificar el patrón de la soldadura.
- 15 Figura 2D En esta figura se observa un ejemplo de la imagen resultante tras aplicar la máscara sobre la imagen termográfica.
- Figura 2E En esta figura se observa un ejemplo de la imagen modificada con los puntos del área de soldadura corregidos según el tiempo transcurrido entre la finalización de la operación de sellado y la captura de la imagen
20 termográfica.
- Figura 3 En esta figura se muestra un ejemplo de una función característica (f) para una soldadura concreta.
- Figura 4A En esta figura se observa un ejemplo de una imagen termográfica de un envase, en donde el área de soldadura ha sido subdividida para su
25 análisis.
- Figura 4B En esta figura se observa un ejemplo de una imagen termográfica de un envase, en donde el área de soldadura ha sido subdividida para su análisis, a la que se le ha quitado la zona de exclusión.
- Figura 5 En esta figura se muestra un ejemplo de la curva de caída de temperatura
30 de una soldadura durante 120 segundos con $K=0,042s^{-1}$, $T_{amb}=34^{\circ}C$ y $T_{sold}=93,1^{\circ}C$.
- Figura 6 En esta figura se observa una colección de curvas de caída de temperatura para una soldadura entre un par de materiales poliméricos con distintas T_{sold} y T_{amb} .

35

EXPOSICIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención presenta un método y un sistema de detección de defectos en una soldadura obtenida por termosellado entre dos materiales poliméricos. Dicho
5 método analiza, a partir de distintas variables, una imagen termográfica tomada de la zona de sellado del envase.

En la figura 1 se muestra un sistema según una realización de la invención, que comprende una unidad de sellado de envases mediante aplicación de calor y un
10 sistema de captación de imágenes termográficas para su posterior análisis. Dicho análisis permite evaluar la calidad de la soldadura y detectar posibles defectos, aplicando un método según el primer aspecto inventivo. De esta forma, las unidades defectuosas pueden ser rechazadas y se evita la salida de envases con fugas o defectos en la zona de sellado del envase.

15

En el ejemplo particular de la figura 1 el método se implementa en un sistema (10) que comprende un elemento soldador (14) o mordaza y dos unidades de detección de tiempo (13) que registran respectivamente el instante de finalización del sellado, es decir, el instante en que la mordaza del elemento soldador (14) libera el envase (t_0), y
20 el instante de captura de la imagen de la imagen termográfica (t_1).

En el ejemplo de la figura 1 los medios de control de tiempo (13) son dos sensores de posición (16, 17) adaptados para determinar el tiempo transcurrido entre que la soldadura ha finalizado y el envase se desplaza desde la posición P1 hasta la posición
25 P2, donde se toma la imagen termográfica.

Una cámara termográfica (11) toma una imagen termográfica del envase y unos medios de procesamiento (12) analizan la imagen termográfica. En la figura 2a se representa la imagen termográfica (I) del envase. El sistema de transporte (15) es en
30 este caso una cinta transportadora, que permite el traslado automático de los envases desde la posición de sellado hasta la posición de la cámara termográfica (11). En otra realización se podría emplear un sistema de transporte alternativo. En el ejemplo particular de la figura 1 el sistema (10) comprende adicionalmente un medio de expulsión (18) de envases en los que se ha detectado al menos un defecto, por haber
35 identificado que al menos un descriptor está fuera de los umbrales del intervalo de

validación que determina cuándo un envase es admisible. Si el envase es rechazado, los medios de expulsión (18) detectan el envase a rechazar y lo expulsan de la cinta transportadora (15).

- 5 En esta realización, la temperatura ambiente del entorno donde se toma la imagen termográfica se obtiene mediante la propia cámara termográfica (11). En otras realizaciones, podría emplearse otro sensor de temperatura.

En la figura 2A se representa la imagen termográfica (I) obtenida del envase. En la figura 2B se muestra la imagen de referencia (R), obtenida re-escalando el contraste en la imagen termográfica mediante la siguiente expresión:

$$T_{ajustada} = \frac{T - T_{min}}{T_{max} - T_{min}} \times (2^R - 1)$$

donde:

- 15 – R es la resolución definida como el número de bits utilizados en la digitalización de la imagen termográfica en la cámara termográfica,
 – T_{max} es la temperatura máxima en la imagen termográfica,
 – T es la temperatura medida en un punto del área de soldadura,
 – T_{min} es la temperatura mínima en la imagen termográfica.

20

Como se aprecia al comparar las figuras 2A y 2B, la imagen re-escalada (también denominada imagen de referencia) tiene un contraste mayor entre la zona de la soldadura y las zonas del envase más alejadas de dicha zona de soldadura que la imagen termográfica original. Dicho contraste aumenta al repartirse todo el intervalo de valores de temperatura definido para reescalar en función de la resolución de la cámara termográfica (11), que puede ser de 8 bits, 12 bits, 16 bits o mayor, entre los valores mínimo y máximo de la imagen termográfica.

En un ejemplo particular las imágenes son re-escaladas para 16 bits y los valores de intensidad de píxel mínimo y máximo correspondientes a la temperatura son 27898 y 31554. Tras re-escalar, los valores mínimo y máximo pasan a 0 y 65535. La imagen re-escalada se emplea para identificar el área de soldadura y dividirla en subáreas.

Sobre la imagen re-escalada (R) mostrada en la figura 2B se identifica el área de

5 soldadura (S). La imagen re-escalada se binariza en dos zonas: una zona (blanca) correspondiente al área de soldadura y otra zona (negra) correspondiente al resto del envase. En la figura 2C se muestra dicha imagen binarizada. La imagen binarizada se emplea como una máscara a aplicar sobre la imagen termográfica original, de modo que en la imagen resultante, representada en la figura 2D, se obtiene el área de soldadura con los valores de temperatura de la imagen termográfica original, tomada en el instante t_1 , mientras que el resto de imagen tiene valor 0 y aparece representado en color negro.

10 La temperatura de cada punto del área de soldadura se obtiene del valor del píxel en la imagen 2D y se calcula según la expresión:

$$\text{Temperatura}(\text{°C}) = (\text{Intensidad píxeles}/100) - 273.$$

15 Este cálculo es un ejemplo particular en el que la temperatura se considera proporcional a la intensidad del sensor de la cámara termográfica. Esta relación depende del fabricante de la cámara termográfica y es corregida internamente mediante

- la T_{amb} ,
- 20 – la distancia entre el objeto y el sensor,
- la humedad ambiente y
- la emisividad de los polímeros analizados.

25 En el ejemplo particular descrito, la imagen termográfica es corregida según el procedimiento de la invención para compensar el enfriamiento de la soldadura desde que finalizó hasta que se captó la imagen termográfica, para tener en consideración el tiempo real transcurrido hasta la captura de la imagen.

30 En el ejemplo particular descrito se realiza un ajuste en función del tiempo t_1 teniendo en cuenta el enfriamiento de los materiales poliméricos (1, 2) termosellados. El enfriamiento de la soldadura formada por estos materiales poliméricos (1, 2) es tomado de una función característica (f), que representa el enfriamiento respecto del tiempo de la unión que forman tras la soldadura. El resultado del ajuste es la imagen corregida de la figura 2E, en la que los puntos incluidos en el área de soldadura se han
35 corregido para tener en cuenta el enfriamiento sufrido durante el tiempo real

transcurrido entre la finalización del sellado y la captura de la imagen termográfica.

En la figura 3 se observa una posible función característica (f), o curva de decaimiento de la temperatura con el tiempo, de una unión de materiales poliméricos (1, 2).

5

En el ejemplo particular de la figura 3, la función característica (f) se obtiene mediante una ecuación que modeliza la curva característica experimental de enfriamiento de los materiales (ley de enfriamiento de Newton). En otras realizaciones pueden emplearse otras aproximaciones o modelos. La función puede responder a la siguiente ecuación:

10
$$f(t) = T_{amb} + (T_{sold} - T_{amb})e^{-Kt}$$

siendo T_{sold} la temperatura de inicio de la soldadura al retirar la mordaza, T_{amb} la temperatura ambiente, y K una constante característica de cada complejo de polímeros (1, 2).

15 La temperatura T_{amb} es medible con un sensor de temperatura, y puede ser considerada constante desde que se sella el envase hasta que se inspecciona, debido a que el tiempo transcurrido es lo suficientemente pequeño. La temperatura T_{sold} puede ser obtenida directamente de la máquina de sellado. La constante K puede ser determinada a partir de resultados experimentales de caída de temperatura con el
20 tiempo, ajustando dichos datos a la expresión teórica.

En la figura 5 se muestra un ejemplo de función característica de una soldadura durante 120 segundos con $K=0,042 \text{ s}^{-1}$, $T_{amb} = 34 \text{ °C}$ y $T_{sold} = 93,1 \text{ °C}$, observándose un buen ajuste entre la curva experimental y el modelo teórico siguiendo la ley de
25 enfriamiento de Newton.

En la figura 6 se muestra una colección de funciones características, que representan la caída de temperatura en función del tiempo para una soldadura entre un par de materiales poliméricos. Las curvas representadas corresponden a distintas
30 combinaciones de 5 temperaturas de soldadura T_{sold} diferentes ($T_{sold} = 130 \text{ °C}$, 145 °C , 160 °C , 175 °C y 190 °C) y 3 valores de temperatura ambiente T_{amb} ($T_{amb} = 10 \text{ °C}$, 25 °C y 40 °C).

Método experimental para obtener las curvas de enfriamiento

Un método experimental para obtener curvas de decaimiento de la temperatura de los materiales poliméricos tras aplicar calor, comprende sellar los materiales poliméricos para una T_{amb} y una T_{sold} determinadas, con tiempo de sellado fijo, y registrar la evolución de la temperatura con el tiempo en la zona de sellado del envase, una vez liberado de la mordaza de sellado, para obtener la curva de decaimiento. Repitiendo el procedimiento para diferentes temperaturas de soldadura y diferentes temperaturas ambiente se obtiene un conjunto de curvas experimentales con diferentes condiciones de contorno.

10

Método experimental para obtener la constante K

Con sólo un punto i (t_i , T_i) de la temperatura de un punto de la soldadura T_i para un instante de tiempo t_i de la curva y a partir de la ley de enfriamiento de Newton puede obtenerse la constante K de decaimiento de la temperatura de los materiales poliméricos (1, 2):

15

$$K = -\frac{1}{t_i} \cdot \ln \frac{(T_i - T_{amb})}{(T_{sold} - T_{amb})}$$

20 y caracterizar el modelo de decaimiento de un sistema formado por envase y máquina de termosellado para poder analizar los envases sellados mediante dicho sistema, a partir de la constante K definida y para cualquier temperatura T_{sold} y T_{amb} .

Como ya se ha comentado, en procesos en los que varios envases son sellados de manera consecutiva, por ejemplo en un sistema de envasado en cadena, el tiempo t_1 desde que se produce la soldadura hasta que se capta la imagen para cada envase puede ser variable. Según el método de la invención, este efecto puede tenerse en cuenta de varias maneras:

25

- 30 - Ajuste de la imagen: se corrige cada punto o píxel del área de soldadura en la imagen termográfica en base a la curva característica de enfriamiento $f(t)$ y en la nueva imagen corregida se extrae/n el/los descriptores a analizar siempre para un mismo instante de tiempo $t_1 < t_{max}$.

- Ajuste de los descriptores susceptibles de ser corregidos en función del tiempo transcurrido entre el sellado y la captura de la imagen: para un valor de temperatura de un descriptor o conjunto de descriptores en un instante t_1 , se recalculan los valores para ese descriptor o conjunto de descriptores según la curva característica de enfriamiento $f(t)$ para un mismo instante de tiempo $t_1 < t_{max}$.
- Ajuste de los límites de temperatura: para un valor de temperatura media de un punto o de un conjunto de puntos en un instante t_1 , se recalculan los límites para ese punto o conjunto de puntos según la curva característica de enfriamiento $f(t)$ para un mismo instante de tiempo $t_1 < t_{max}$.

Es decir, cuando el tiempo t_1 desde que se produce la soldadura hasta que se capta la imagen es variable entre varios envases, entonces se aplica un método de acuerdo a la invención en el que se toma como referencia un tiempo $t_1 < t_{max}$.

En un ejemplo particular previamente a la etapa d) de extracción de uno o varios descriptores, se realiza una subdivisión de la imagen en una pluralidad de segmentos, como se representa en la figura 4. En esta realización se identifica la zona de soldadura y se divide en segmentos o subáreas, por ejemplo en 120 (no representado en la figura 4).

Para cada subdivisión o subárea, se realiza la extracción de uno o varios descriptores, por ejemplo superficie del área de soldadura y temperatura media del área de soldadura, o cualquier combinación de los descritos anteriormente.

Se establece que el sellado es óptimo si el valor de cada uno de los descriptores de cada uno de los segmentos está dentro de los límites o umbrales de valores preestablecidos para el intervalo de validación.

Se puede definir una zona de exclusión para los segmentos o subdivisiones que quedan fuera de la zona de soldadura, ya que no aportarían ninguna información de la zona de soldadura y restarían potencia de cálculo al sistema de control y procesamiento.

REIVINDICACIONES

1.- Método de detección de defectos de una soldadura en un contenedor entre dos materiales poliméricos (1, 2) obtenida por termosellado que comprende las siguientes etapas:

5 a) obtener una imagen termográfica (I) de la soldadura, en un instante t_1 , siendo $t_0 < t_1 < t_{max}$, donde t_0 es el instante de tiempo en que ha finalizado la soldadura, t_{max} es el instante de tiempo en el que la soldadura adquiere la temperatura ambiente (T_{amb}) tras enfriarse desde una temperatura de soldadura (T_{sold}), siendo $T_{sold} > T_{amb}$, y t_1 es el
10 instante en el que se toma la imagen termográfica (I),

b) re-escalar la imagen termográfica (I) para aumentar el contraste entre la zona correspondiente a la soldadura y el resto del envase, corrigiendo el valor de cada píxel a partir del valor mínimo y máximo de la temperatura de la imagen, obteniendo como resultado una imagen de referencia (R),

15 c) identificar en la imagen de referencia (R) un área de soldadura (S), binarizar la imagen de referencia y aplicar la imagen de referencia binarizada, a modo de máscara, sobre la imagen termográfica (I) para identificar dicho área de soldadura (S) en la imagen termográfica (I),

d) extraer al menos un descriptor de la parte de imagen termográfica
20 correspondiente al área de soldadura (S), siendo el descriptor un parámetro físico medible, representativo de la calidad de la soldadura, y

e) determinar si el al menos un descriptor extraído se encuentra dentro de un intervalo de validación definido por al menos un valor umbral, en donde el método comprende adicionalmente una de las opciones siguientes:

25 i) corregir en la imagen termográfica (I), previamente a la etapa d), al menos el área de soldadura (S), en función de un valor del enfriamiento de los materiales poliméricos (1, 2) teniendo en cuenta el tiempo transcurrido entre la finalización de la soldadura (t_0) y la captura de la imagen termográfica (t_1), o

30 ii) corregir, entre las etapas d) y e), el valor del al menos un descriptor extraído, en función del valor del enfriamiento de los materiales poliméricos (1, 2) teniendo en cuenta el tiempo transcurrido entre la finalización de la soldadura (t_0) y la captura de la imagen termográfica (t_1), obteniéndose un valor del descriptor corregido, o

35 iii) corregir el intervalo de validación, previamente a la etapa e), corrigiendo el al menos un valor umbral en función del enfriamiento de los materiales poliméricos (1, 2) teniendo en cuenta el tiempo transcurrido entre la finalización de la soldadura (t_0) y la

captura de la imagen termográfica (t_1),

en donde el valor del enfriamiento de los materiales poliméricos (1, 2) es tomado de una función característica (f) que representa el enfriamiento de la soldadura que forman estos materiales poliméricos (1, 2) respecto del tiempo.

5

2.- Método de detección de defectos según la reivindicación 1 caracterizado por que en la etapa b) re-escalar la imagen termográfica (I) para aumentar el contraste comprende aplicar la siguiente expresión:

$$10 \quad T_{ajustada} = \frac{T - T_{min}}{T_{max} - T_{min}} \times (2^R - 1)$$

donde R es la resolución definida como el número de bits utilizados en la digitalización de la imagen termográfica (I), T_{max} es la temperatura máxima de la imagen termográfica, T_{min} es la temperatura mínima de la imagen termográfica, T es la temperatura en la imagen termográfica, y $T_{ajustada}$ es la temperatura en la imagen termográfica re-escalada para aumentar el contraste.

15

3.- Método de detección de defectos según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, donde la función característica (f) se obtiene de una curva característica experimental, construida para la soldadura de los materiales poliméricos (1, 2), mediante el registro de valores de la temperatura de la soldadura durante el intervalo de tiempo $[t_0, t_{max}]$ para una T_{amb} y T_{sold} preestablecidas.

20

4.- Método de detección de defectos según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2 donde la función característica (f) se obtiene de un modelo matemático a partir de la ley enfriamiento de los materiales, donde la función característica (f) representa el enfriamiento de materiales poliméricos (1, 2) respecto del tiempo para cualquier T_{amb} y T_{sold} .

25

5.- Método de detección de defectos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el al menos un descriptor extraído es uno seleccionado de entre los siguientes:

30

- superficie del área de soldadura
- ancho del área de soldadura

- ancho máximo del área de soldadura
 - ancho mínimo del área de soldadura
 - temperatura media del área de soldadura
 - temperatura mínima del área de soldadura
 - 5 - temperatura máxima del área de soldadura
 - perímetro del área de soldadura
 - interrupción del área de soldadura
 - relaciones entre estos descriptores.
- 10 6.- Método de detección de defectos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cuando al menos uno de los descriptores extraídos está fuera del intervalo de validación, se identifica que la soldadura presenta defecto.
- 15 7.- Método de detección de defectos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que previamente a la etapa d) el área de soldadura de la imagen termográfica se subdivide en una pluralidad de segmentos, y las etapas d) y e) se aplican sobre cada uno de los segmentos, y en el que se detecta defecto en la soldadura si se detecta defecto en al menos uno de los segmentos.
- 20 8.- Sistema (10) de detección de defectos de una soldadura entre dos materiales poliméricos (1, 2) que comprende:
- una cámara (11) termográfica,
 - unos medios de procesamiento (12), y
 - al menos unos medios de control de tiempo (13)
- 25 caracterizado por que los medios de procesamiento (12) están adaptados para implementar un método de detección de defectos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.
- 30 9.- Sistema (10) de detección de defectos según la reivindicación 8 que además comprende:
- un elemento soldador (14), adaptado para realizar la soldadura del envase,
 - un sistema de transporte (15) adaptado para transportar el envase desde la posición P_1 de soldadura hasta la posición P_2 donde se toma la imagen termográfica,
- 35 y en el que los medios de control de tiempo (13) son dos sensores de posición (16, 17)

adaptados para determinar el tiempo transcurrido entre la finalización de la soldadura y el posicionamiento del envase en la posición donde se toma la imagen termográfica.

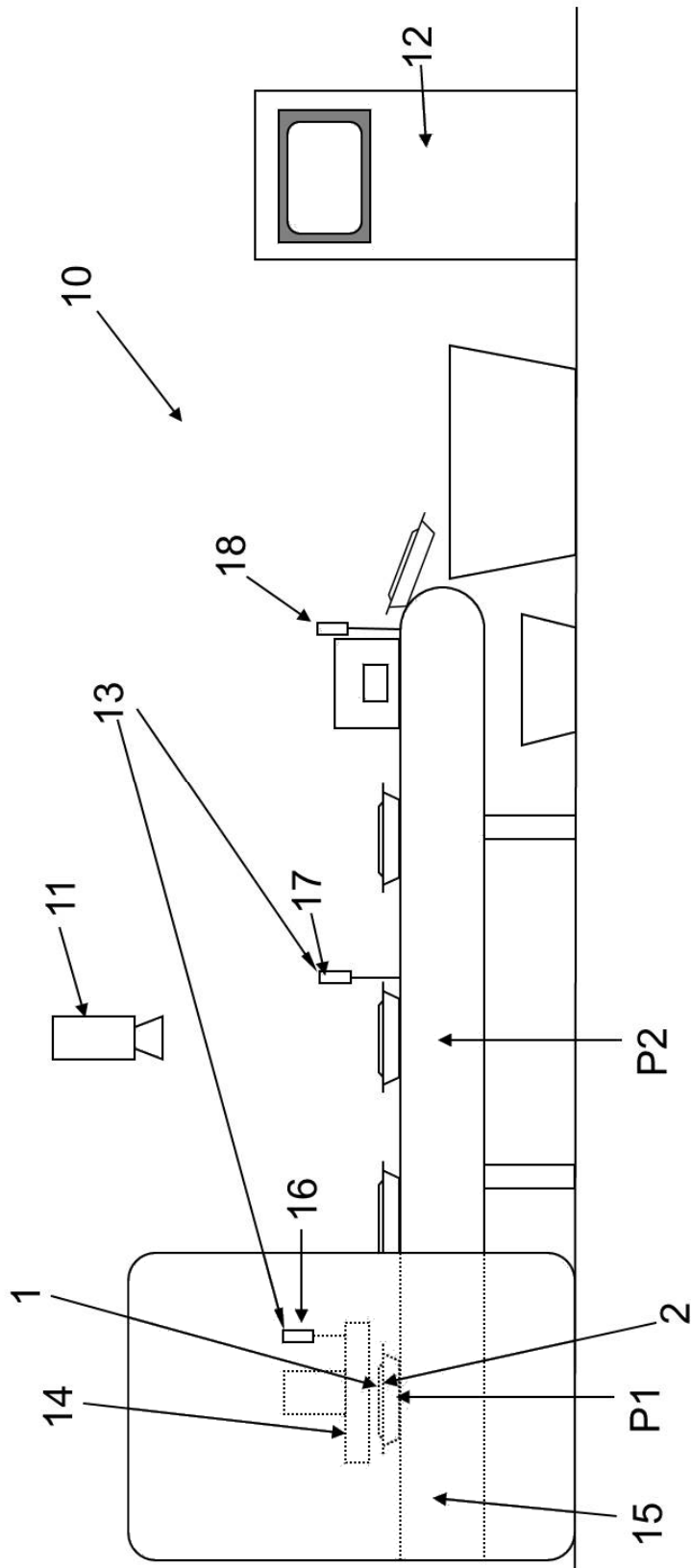


FIG. 1

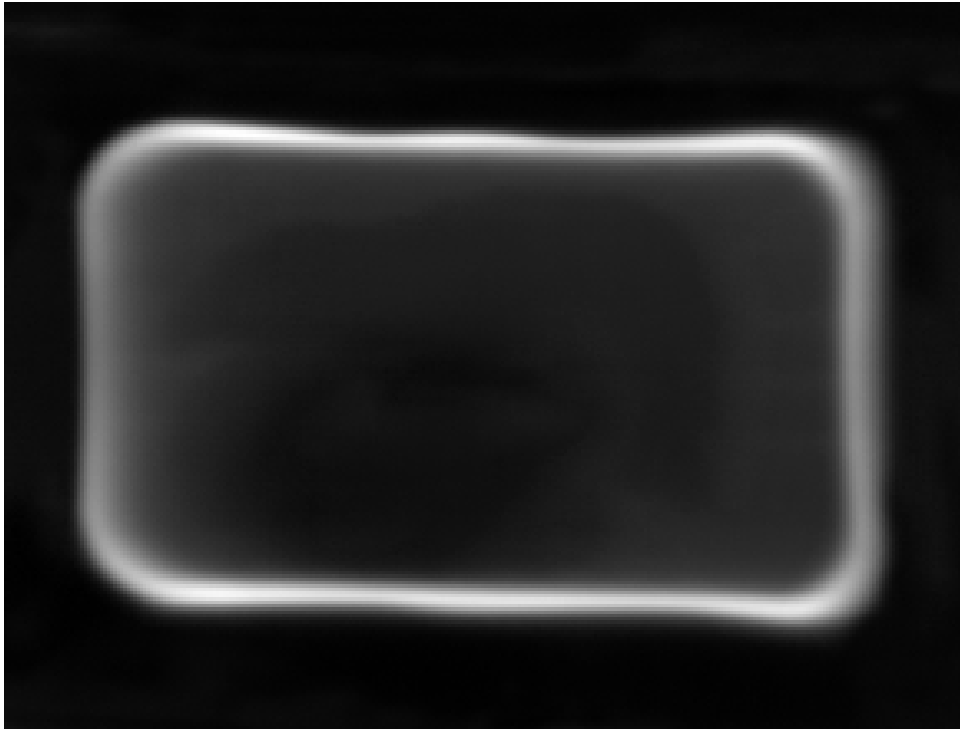


FIG. 2A

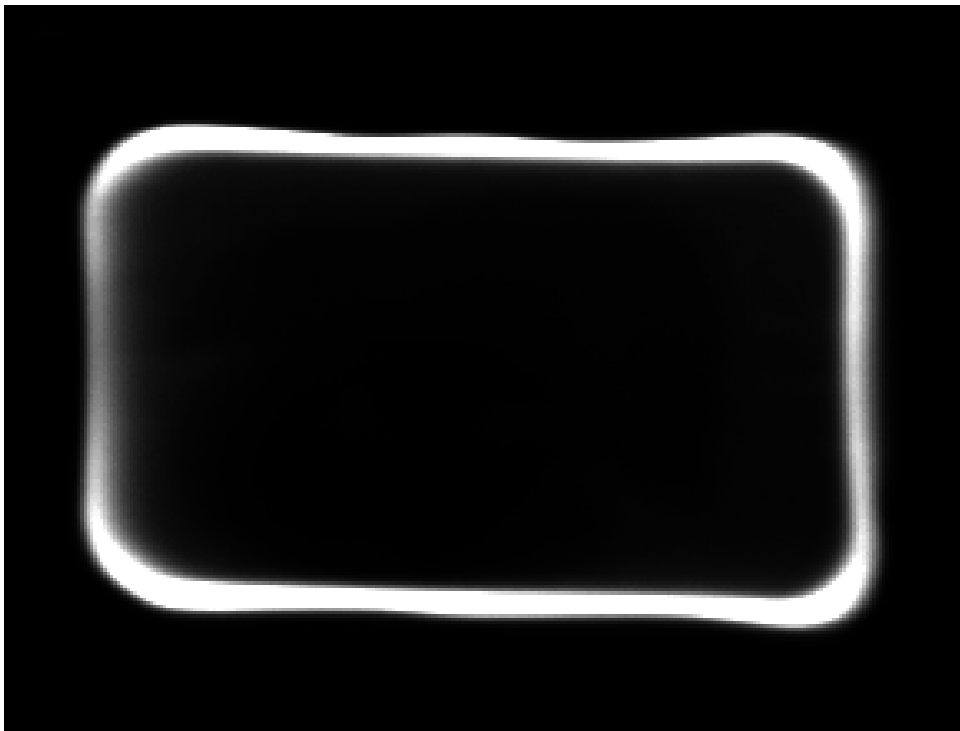


FIG. 2B

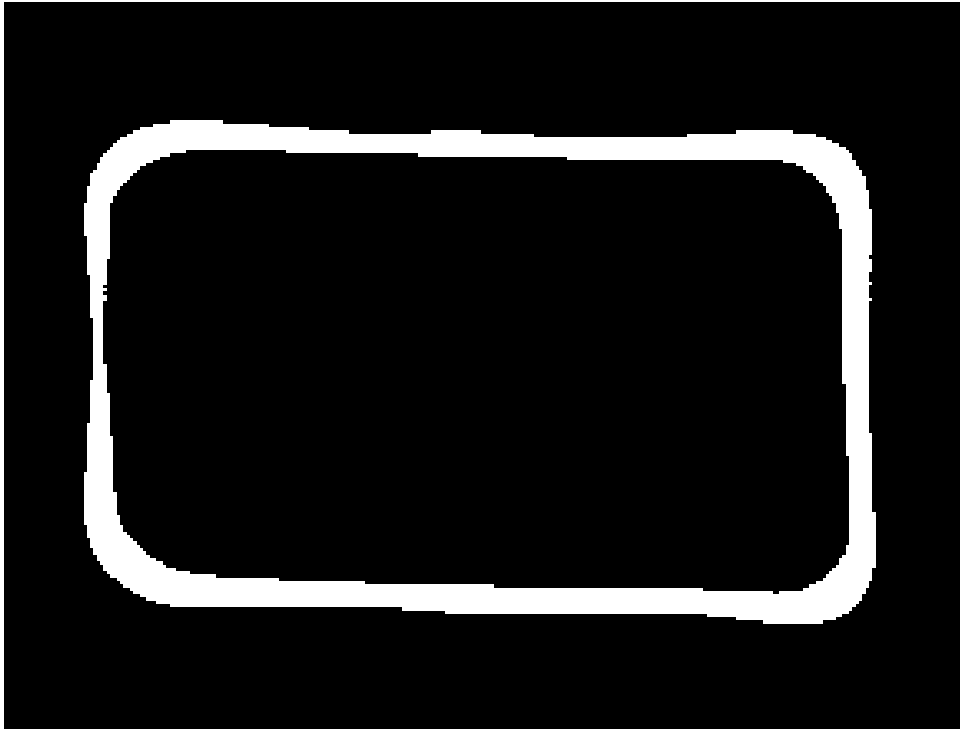


FIG. 2C

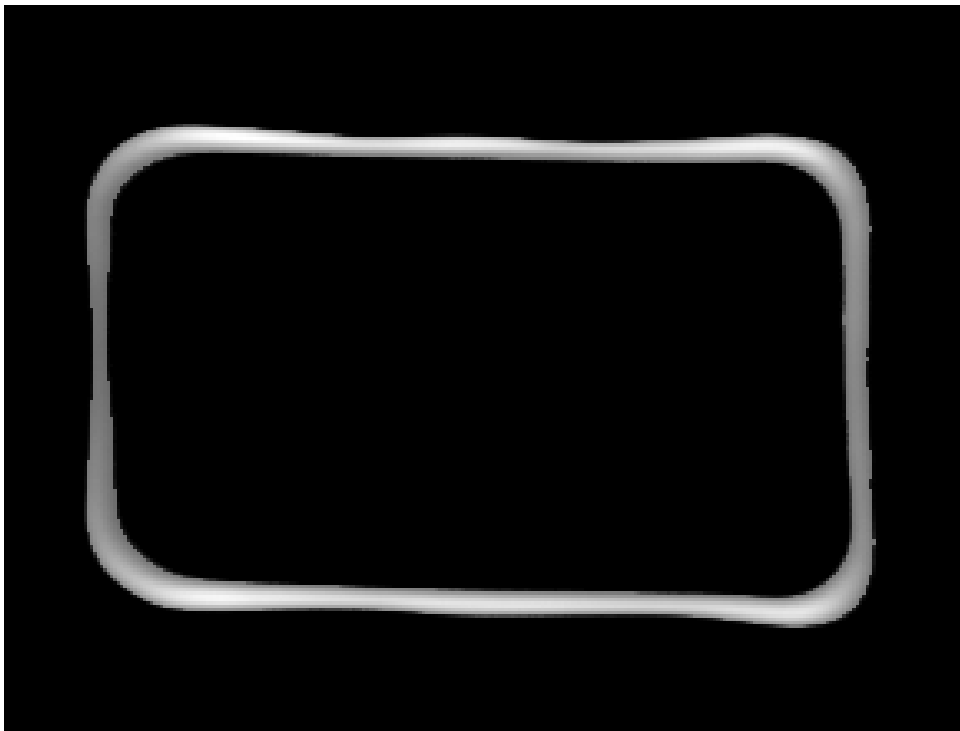


FIG. 2D

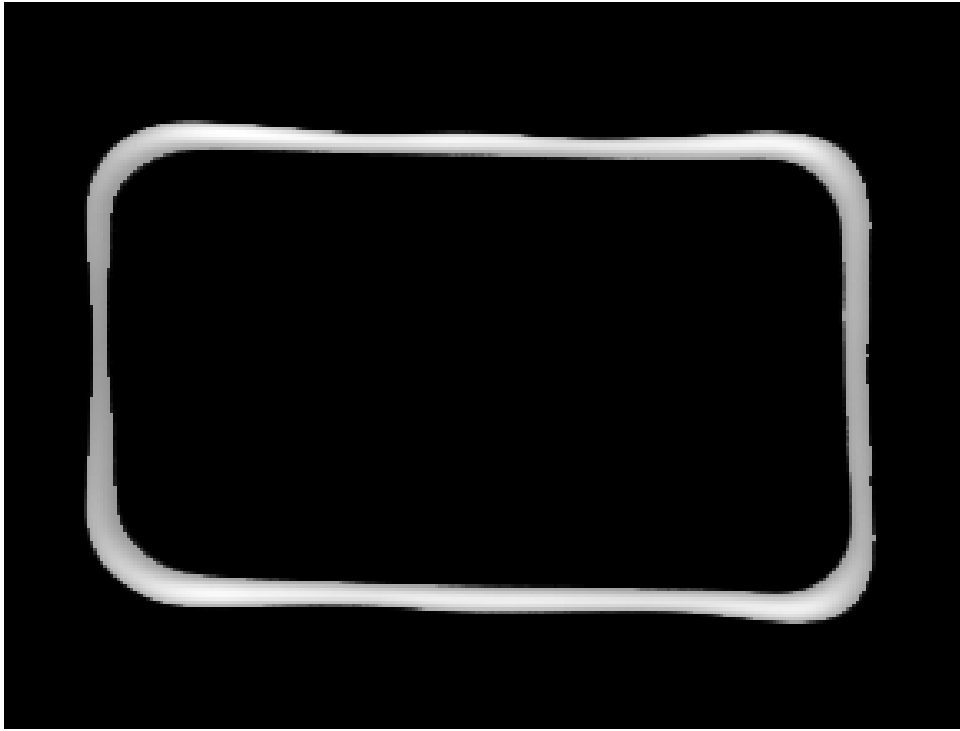


FIG. 2E

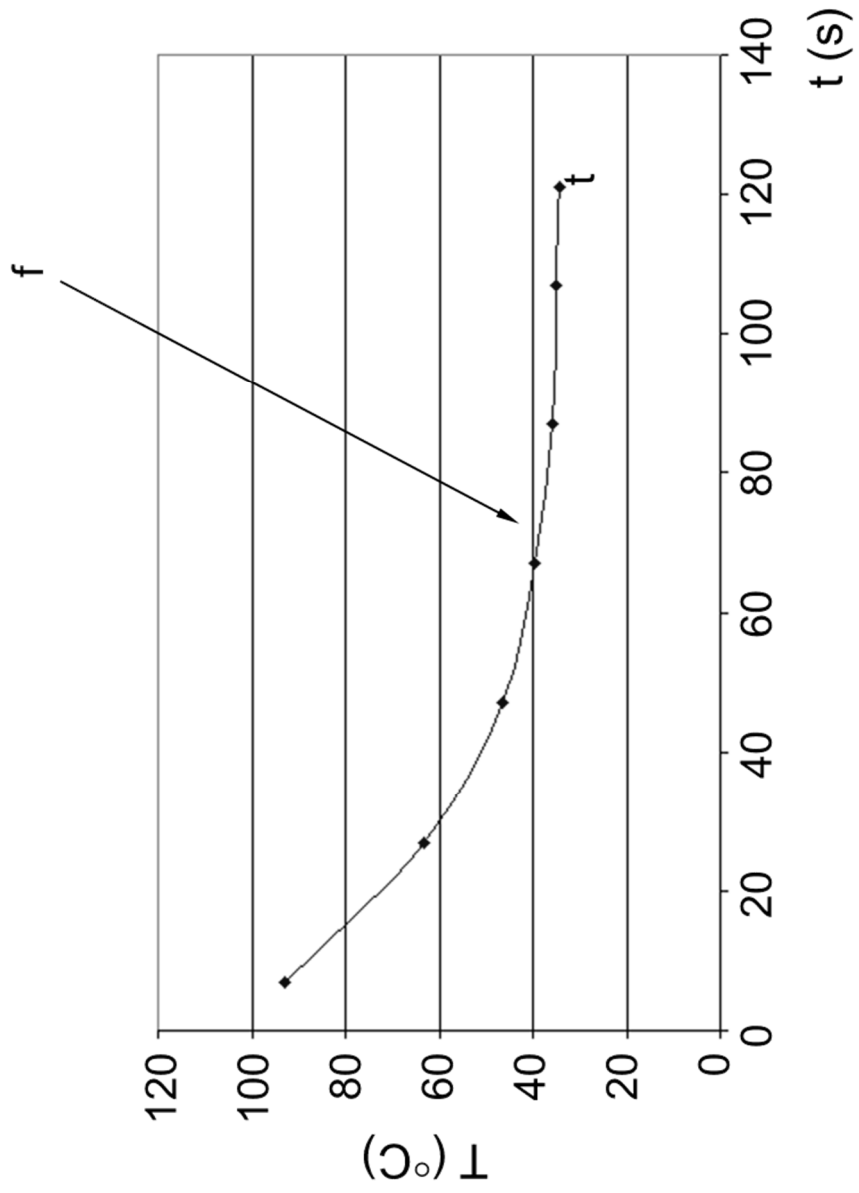


FIG. 3

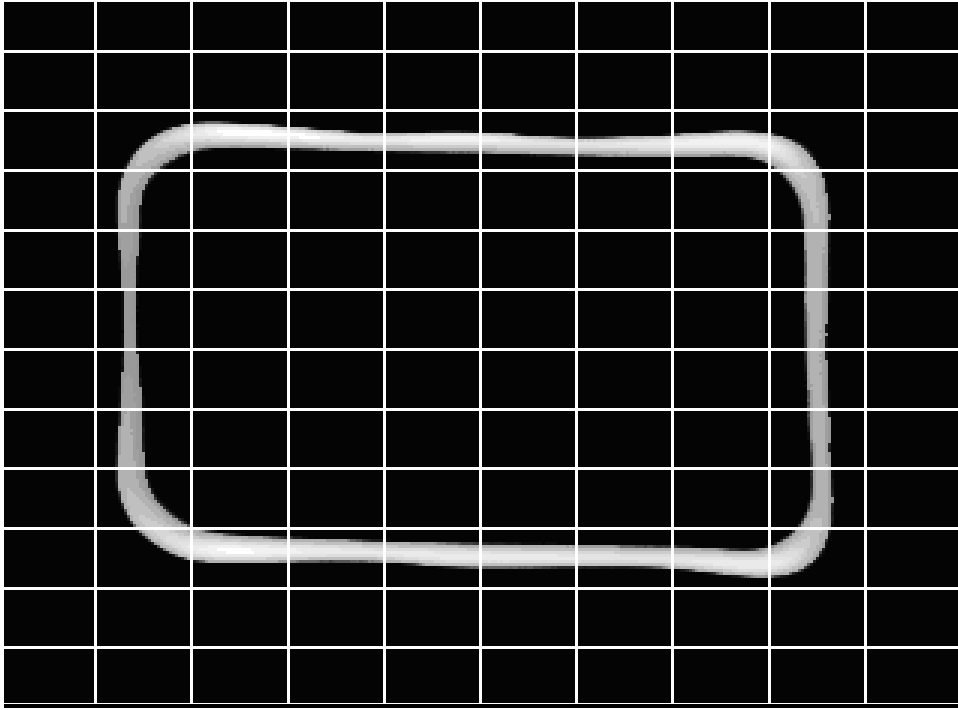


FIG. 4A

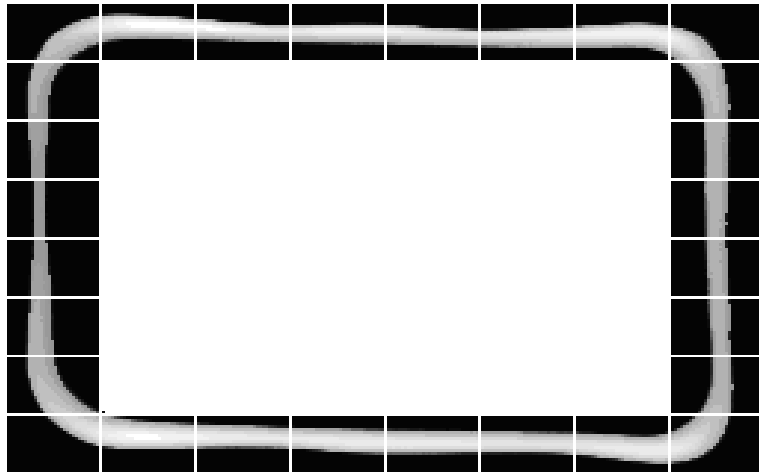


FIG. 4B

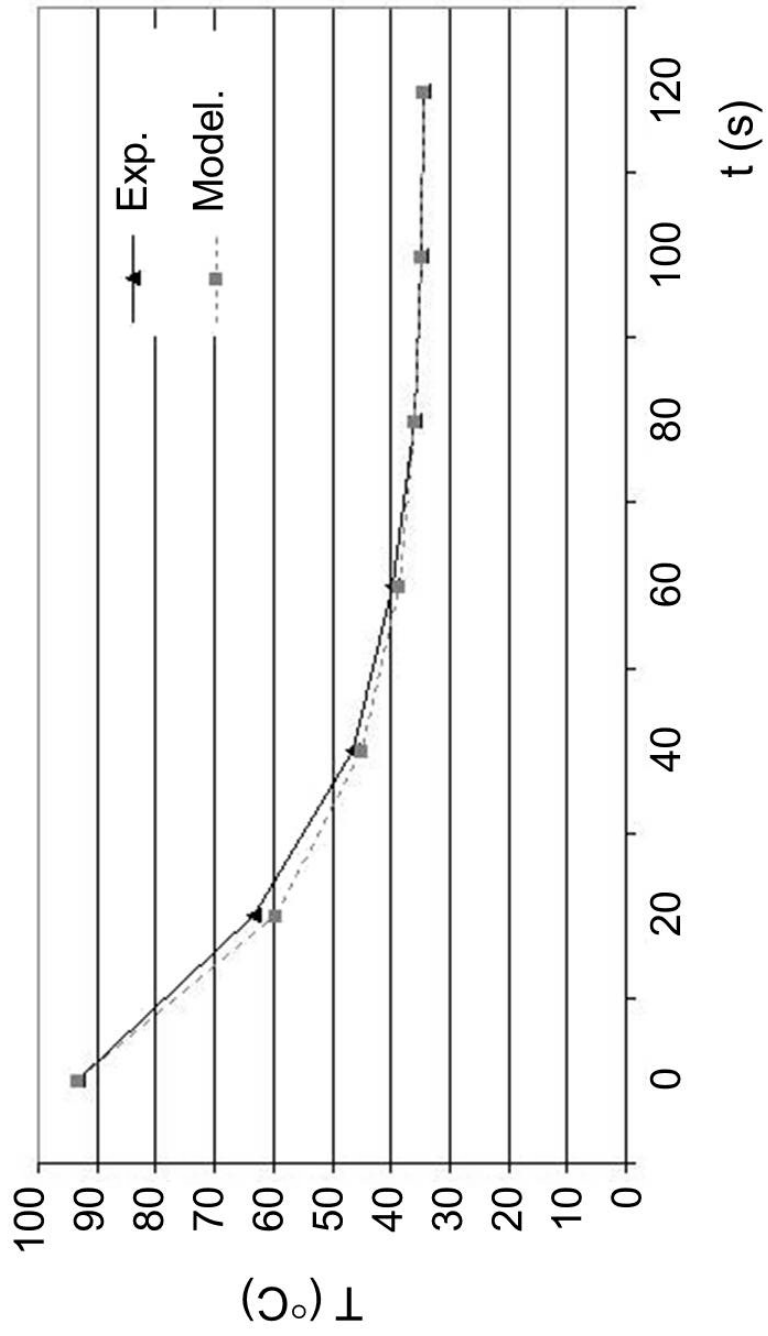


FIG. 5

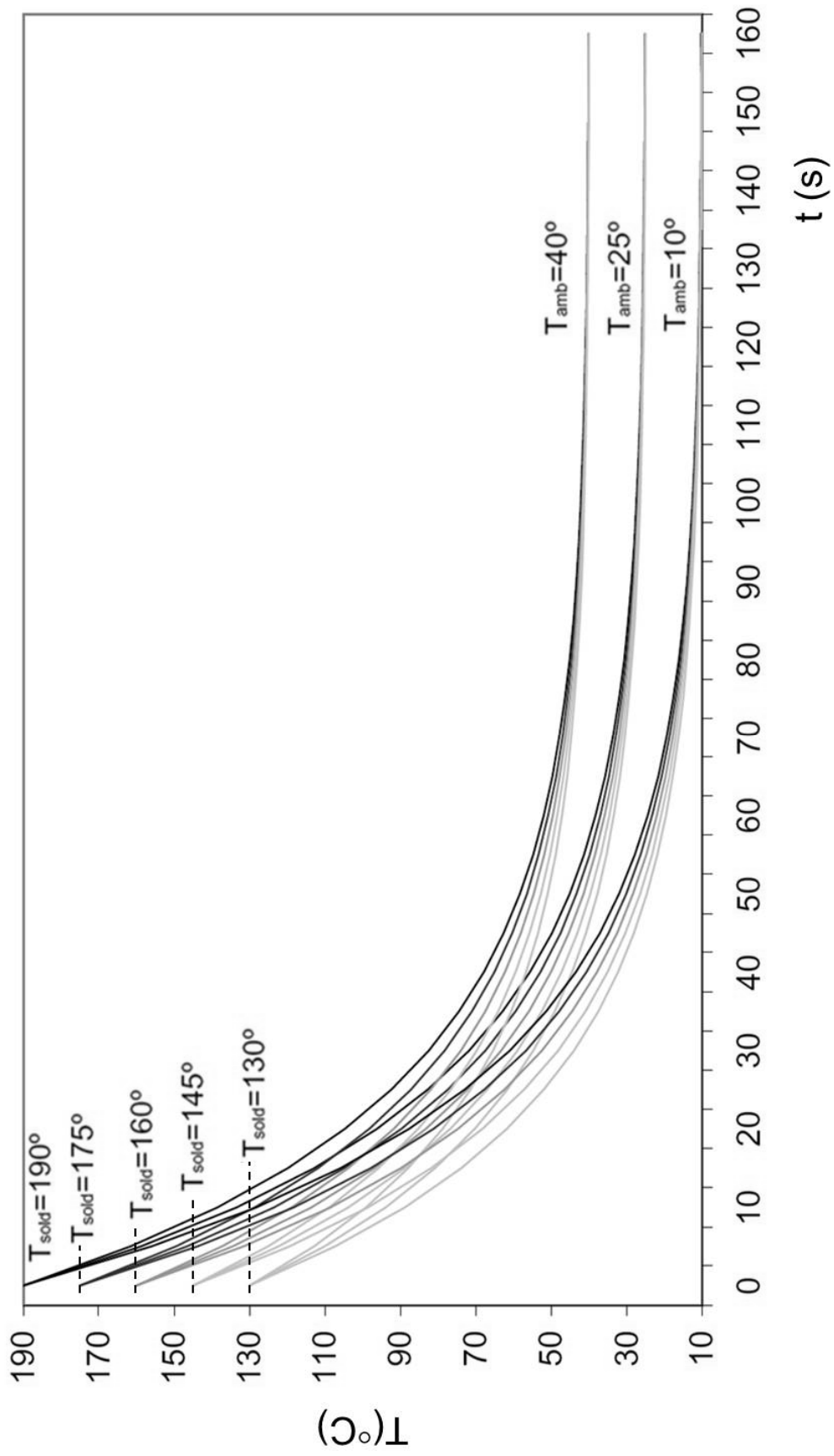


FIG. 6