

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 322 943**

51 Int. Cl.:

B23K 1/00 (2006.01)

F28F 3/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.05.2002 PCT/SE2002/00886**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.11.2002 WO02090032**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.05.2002 E 02728297 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **10.08.2016 EP 1383624**

54 Título: **Método de soldadura de placas termocambiadoras finas e intercambiador de calor de placas soldadas producido de acuerdo con el método**

30 Prioridad:

03.05.2001 SE 0101573

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

17.02.2017

73 Titular/es:

**ALFA LAVAL CORPORATE AB (100.0%)
RUDEBOKSVÄGEN 3
221 00 LUND, SE**

72 Inventor/es:

**RASSMUS, JENS ERIK JOHANNES y
SJÖDIN, PER ERIK**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

Observaciones:

Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes

ES 2 322 943 T5

DESCRIPCIÓN

Método de soldadura de placas termocambiadoras finas e intercambiador de calor de placas soldadas producido de acuerdo con el método

5 La presente invención se refiere a un método para unir placas termocambiadoras finas de un material a base de hierro provistas de orificios de acceso y un patrón de compresión de elevaciones y depresiones sobre el área de intercambio de calor de las placas y, cuando está presente, sobre el área de distribución, a un intercambiador de calor de placas. Antes de soldarlas, las placas se recubren con un material de soldadura. Las placas se disponen de manera que se obtienen contactos entre las elevaciones y depresiones en placas las adyacentes. El paquete de placas obtenido se calienta de manera que el material de soldadura se funde, y las placas se sueldan juntas en los puntos de contacto. La invención comprende también un intercambiador de calor de placas soldadas, que se construye de placas termocambiadoras finas de un material a base de hierro provistas de orificios de acceso y un patrón de compresión de elevaciones y depresiones sobre el área de intercambio de calor de las placas y, si estuviera presente, sobre el área de distribución y se suelda junto de acuerdo con el método de la invención.

20 Cuando se producen intercambiadores de calor de placas generalmente se usan láminas finas de un material de soldadura adecuado, situándose dichas láminas entre las placas termocambiadoras finas que tienen que soldarse juntas. Las placas termocambiadoras finas con las láminas localizadas entre ellas forman un paquete de placas que comprenden el número deseado de pasajes para los medios que intercambiarán calor. El paquete de placas se sitúa en un horno y se calienta a la temperatura a la que el material de soldadura se funde. La soldadura puede tener lugar al vacío o en presencia de un gas protector inerte o activo tal como nitrógeno, hidrógeno, helio o argón o combinaciones de los mismos.

25 Para obtener una junta por soldadura se requiere que el material de soldadura humedezca la superficie de los objetos que tienen que soldarse juntos y que el material de soldadura tenga un punto de fusión que está por debajo del punto de fusión de los objetos que tienen que unirse juntos.

30 Si se usa un material de soldadura en forma de polvo éste puede mezclarse con un aglutinante o, como alternativa, puede añadirse a las placas en dos etapas.

35 El material de soldadura puede dispersarse también en una mezcla de aglutinante y líquido y pintarse y pulverizarse sobre la superficie del material base. Otra manera es aplicar un aglutinante en primer lugar y el material de soldadura pulverizado posteriormente. En el caso de usar un aglutinante, el paquete de placas se calienta adecuadamente en etapas de manera que el aglutinante se vaporiza antes de que el material alcance la temperatura de soldadura.

40 Dichos métodos de soldadura convencionales se describen, por ejemplo, en los documentos WO-A-00/53989 y WO-A-01/16544.

45 Para asegurar una resistencia suficiente del intercambiador de calor se pretende obtener unas juntas de soldadura perfectas que no contengan fases quebradizas o grietas. Las fases quebradizas y grietas constituyen sitios de inicio de grieta para fallo por fatiga y pueden formar condiciones para formación de células de corrosión que pueden provocar fallos graves en un intercambiador de calor. Los sitios de inicio de grieta resultantes pueden dar lugar también a un lixiviado de elementos de aleación a los medios de intercambio de calor que es inadecuado en construcciones soldadas para aplicaciones alimentarias.

50 Cuando se usa un material de soldadura activo, es decir, un material de soldadura que contiene elementos con menor punto de fusión, aumenta el riesgo de que se formen fases quebradizas. Esto depende de los procesos que afectan a la velocidad de difusión de los elementos que reducen el punto de fusión en y alrededor de la junta de soldadura. Si la fuerza motriz para difusión y las condiciones cinéticas son las adecuadas, lo que se denomina holgura de junta crítica aumenta, la holgura de la junta donde no se desarrollan fases quebradizas en la junta.

55 Los materiales de soldadura, que se usan hoy en día, tienen a menudo buenas propiedades de fluidez y humectación para penetrar en grietas y conseguir un buen enlace al material base. En los intercambiadores de calor de placas, donde las placas que tienen que soldarse juntas tienen un patrón de compresión con elevaciones y depresiones, es habitual que las juntas de soldadura tengan la forma de un punto. Generalmente se usa un material de soldadura en forma de lámina de espesor uniforme, que cubre toda la placa separada de los orificios de acceso. Esto significa que se usa un exceso de material de soldadura para tener una cantidad suficiente de material de soldadura en las juntas de soldadura. Como es difícil controlar la cantidad de material de soldadura en la junta de soldadura, aumenta el riesgo de que la cantidad del material de soldadura sea demasiado grande en ciertas juntas de soldadura. Con ello aumenta el riesgo de aparición de fases quebradizas.

65 El artículo "Alloys for brazing thin sections of stainless steel" de A. S. McDonald en Welding Journal Mar 1957 analiza qué aleaciones pueden considerarse adecuadas para soldar elementos de acero finos, por ejemplo para intercambiadores de calor. Una aleación ideal de acuerdo con el autor del artículo debería ser capaz de

humedecerse y fluir sobre una superficie de acero inoxidable sin ningún agente de flujo durante la soldadura en una atmósfera protectora. No debería dañar el material base disolviendo el mismo o penetrando en el material y la junta de soldadura obtenida debería tener una buena resistencia mecánica y ser resistente a oxidación.

5 El artículo continúa con la afirmación de que las aleaciones basadas en níquel generalizadas que contienen boro y que en otros casos son muy útiles, no pueden usarse dependiendo de sus propiedades de disolución y penetración.

De acuerdo con la invención, se ha encontrado sorprendentemente que usando una cantidad menor total de material de soldadura podría obtenerse una mayor resistencia en el intercambiador de calor de placas soldadas tanto cuando se usan los materiales de soldadura mencionados anteriormente como otros para la aplicación de los materiales de soldadura adecuados.

10 El método de acuerdo con la invención se caracteriza principalmente porque el 5-40 %, preferiblemente el 10-30 % del área de intercambio de calor y, cuando está presente, el área de distribución, se recubre con material de soldadura antes de la soldadura. Soldar juntas las placas alrededor de orificios de acceso y alrededor de los bordes se realiza por la manera habitual y no se ve afectado por la presente invención. Las placas, que se usan en intercambiadores de calor de placas soldadas tienen un espesor de hasta 0,8 mm. Cuando se usa un material de placa más grueso la capacidad de intercambio de calor se ve afectada en gran medida. En un intercambiador de calor de placas soldadas presurizado, sólo son las juntas soldadas entre las placas las que soportan la carga. Únicamente la cantidad de material de soldadura encontrado en las juntas de soldadura influye en la capacidad de soportar la tensión a la que se exponen las juntas.

15 El método de acuerdo con la invención se utiliza ventajosamente en que el material de soldadura se aplica selectivamente en superficies de contacto con forma de punto y forma de línea. Como alternativa, el material de soldadura puede aplicarse selectivamente únicamente a un cierto número de superficies de contacto con forma de punto o forma de línea. Normalmente, se elige uno de estos dos métodos dependiendo del diseño del patrón de compresión, el espesor de las placas y las condiciones de presión a las que se somete el intercambiador de calor de placas. Dependiendo de la aplicación, la presión puede variar entre 1-40 bar.

20 Para obtener un intercambiador de calor de placas con una resistencia máxima solo se añade el material de soldadura necesario para obtener una junta de soldadura esencialmente dúctil. Dicha junta de soldadura no contiene o contiene solo una cantidad minoritaria de fases quebradizas. Las fases quebradizas en una junta de soldadura pueden implicar que la junta de soldadura se rompa antes debido a fatiga (el tiempo de vida útil es reducido) y forma también una grieta para un ataque de corrosión. Una junta de soldadura dúctil se obtiene cuando la cantidad de material de soldadura solo supera en una pequeña cantidad el área de los puntos de contacto.

25 En el método de la invención el material de soldadura consiste ventajosamente en un material de soldadura activo que es un material de soldadura que contiene elementos que se difunden en el material de placa a base de hierro y que cambian el intervalo de fusión para el material en la junta de soldadura. Dicho material de soldadura puede ser una aleación de Ni con Cr y un aditivo para disminuir el punto de fusión o de acero inoxidable con un aditivo para disminuir el punto de fusión. También hay materiales de soldadura basados en Co o Ag.

30 El material de soldadura usado puede consistir ventajosamente en un material que interacciona con el material base en las placas del intercambiador de calor en que los elementos en el material base migran hacia la carga de soldadura y, de esta manera, dan una junta de soldadura con una mayor resistencia como se sabe para los materiales de soldadura Cu y Ag.

35 El material de soldadura, de acuerdo con la invención, puede contener un material de carga no activo como por ejemplo un aglutinante a base de celulosa.

40 La invención comprende también un intercambiador de calor soldado constituido por placas termocambiadoras finas finas de un material a base de hierro provistas de orificios de acceso y un patrón de compresión de elevaciones y depresiones sobre el área de intercambio de calor de las placas y, si estuviera presente, sobre el área de distribución producido de acuerdo con la reivindicación principal. El material de soldadura usado para la soldadura está presente principalmente en la junta de soldadura después de la soldadura.

45 Un intercambiador de calor de placas soldadas de acuerdo con la invención producido uniendo las placas con el material de soldadura activo de una aleación de Fe o de aleaciones de Fe, es decir, un material de soldadura que contiene elementos que reducen el punto de fusión, que puede difundirse en el material base durante la soldadura. Después de la unión, el material de soldadura está presente principalmente en la junta de soldadura lejos de los elementos de reducción del punto de fusión que han difundido hacia el material de placa a base de hierro.

50 De acuerdo con el método de la invención el material de soldadura puede aplicarse de diferentes maneras, puede aplicarse un cordón o gotas de material de soldadura presionándolo a través de una boquilla. Puede aplicarse también un aglutinante en gotas o cordones y después dispersar el polvo de soldadura sobre la superficie. El excedente de material de soldadura debe retirarse entonces antes de la soldadura. El material de soldadura puede

aplicarse también a la placa del intercambiador de calor por alguna clase de impresión, por ejemplo por serigrafía. Por este método el material de soldadura puede aplicarse rápidamente sobre la placa.

La elección de aglutinante y la cantidad usada del mismo depende de las demandas de permanencia de forma después de la dosificación y también de parámetros tales como suministro, presión y dimensión de la boquilla dosificadora. Los aglutinantes gelatinosos, normalmente basados en celulosa, se usan para dosificación ya que impiden a las partículas de material de soldadura sedimentar durante el almacenamiento y después de la dosificación. La pasta se comporta de la misma manera que una pasta de dientes. Habitualmente se usa un 9-15 % de aglutinante. La cantidad depende de la distribución de tamaño de las partículas en el polvo de soldadura. Cuanto mayor sea la parte de fracción fina, más aglutinante se necesita para obtener una pasta suave.

Para serigrafía, impresión a través de un tamiz de plata, se usa una suspensión fina de partículas en polvo. El aglutinante rara vez necesita tener una viscosidad especialmente alta, como máximo aproximadamente 2000 cps y puede usarse una cantidad mayor de aglutinante, hasta el 20 %.

Para estarcido, impresión a través de orificios abiertos, la mezcla de polvo de soldadura y aglutinantes debe ser tan viscosa como una arcilla granular fina. La pasta debe ser capaz de laminarse "como una salchicha" delante de las cuchillas y empujarse a través de los orificios en el cliché. Un valor representativo para la viscosidad de esta clase de pasta, aglutinante y polvo es > 50.000 cps.

La viscosidad del material de soldadura puede aumentarse añadiendo un material base finamente dividido o partículas que no se funden durante la soldadura a un material de soldadura conocido *per se*.

La cantidad deseada de material de soldadura se suministra a los puntos de contacto que tienen que soldarse juntos de cualquiera de las maneras descritas o de otras maneras. Con ello, el material de soldadura cubre un área que es algo mayor que el punto de contacto. Los puntos de contacto pueden tener un diámetro de dos mm. El material de soldadura se aspira por fuerzas capilares hacia la grieta entre las dos placas termocambiadoras finas que se van a unir. Si se desea así, el material de soldadura puede aplicarse de manera que antes de la soldadura tenga la forma de un anillo que rodea el punto de contacto.

Las placas usadas en los intercambiadores de calor soldados a menudo tienen un patrón de compresión de tipo diseño en espiga sobre el área de intercambio de calor. Dependiendo de la forma del patrón la cantidad de material de soldadura que se añade varía en algún grado aunque como ejemplo puede mencionarse que el área de intercambio de calor está cubierta un 13-15 % con material de soldadura, cuando el material de soldadura se aplica en todos los puntos de contacto. Si el material de soldadura se aplica en forma de cordones el material de soldadura cubre aproximadamente el 30 % del área de intercambio de calor para la misma clase de patrón de compresión. Si la placa tiene un patrón sin elevaciones y depresiones cruzadas pero con otra clase de contacto entre las placas el área se recubre con un material de soldadura en algo más del 10 %. En cada punto de soldadura se aplican 1-30 mg de material de soldadura.

De acuerdo con la invención se trata de obtener que la junta de soldadura contenga sólo una pequeña cantidad de fases quebradizas. Se sabe que la cantidad de fases quebradizas afecta negativamente a la resistencia de fatiga. La cantidad de fases quebradizas depende de la holgura de junta, el espesor de la placa, la cantidad de material de soldadura, cómo se aplica el material de placa y la relación tiempo-temperatura durante la soldadura.

Los dibujos adjuntos muestran en la Figura 1 un gráfico de la fuerza de tracción para una junta de soldadura dúctil y en la Figura 2 un gráfico de la fuerza de tracción para una junta de soldadura con una gran cantidad de fases quebradizas. La Figura 3 muestra un gráfico principal de cómo las juntas de soldadura y cómo las propiedades del intercambiador de calor soldado se ven afectadas por la cantidad de material de soldadura.

Para los ensayos se usan preformas circulares de un cierto espesor de placa que se unen juntas de una manera predeterminada con una cantidad variable de material de soldadura. Se ensaya la fuerza de tracción de las juntas de soldadura obtenidas (4 unidades). Las preformas de placa unidas se separan entre sí con una cierta cantidad de tensión fija.

Como se observa en la Figura 1, que muestra un gráfico de ensayo de tracción para preformas de ensayo que se han soldado juntas después de aplicación punto por punto del material de soldadura, el punto de soldadura dúctil se estira en una curva uniforme hasta que el primer punto de soldadura se rompe a una fuerza de tracción máxima. Los otros puntos de soldadura se rompen entonces uno después del otro.

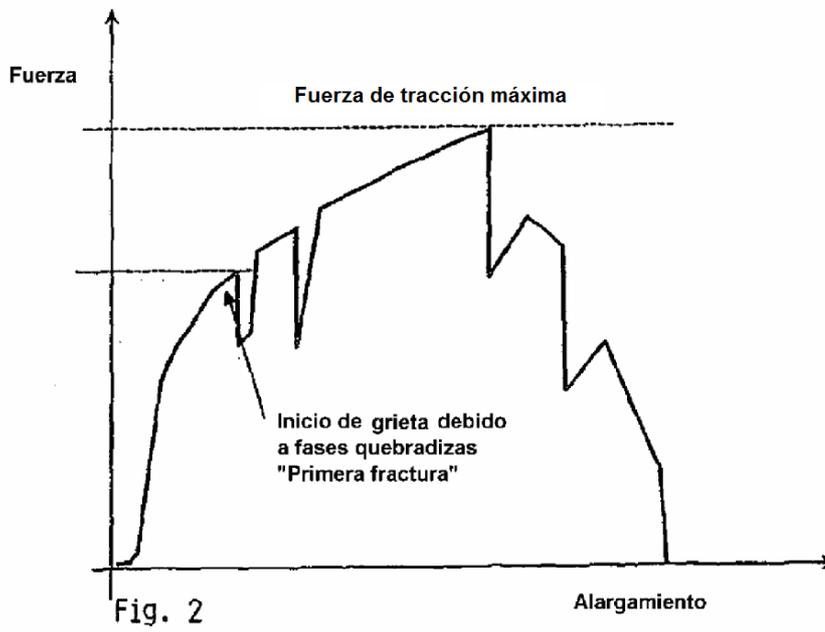
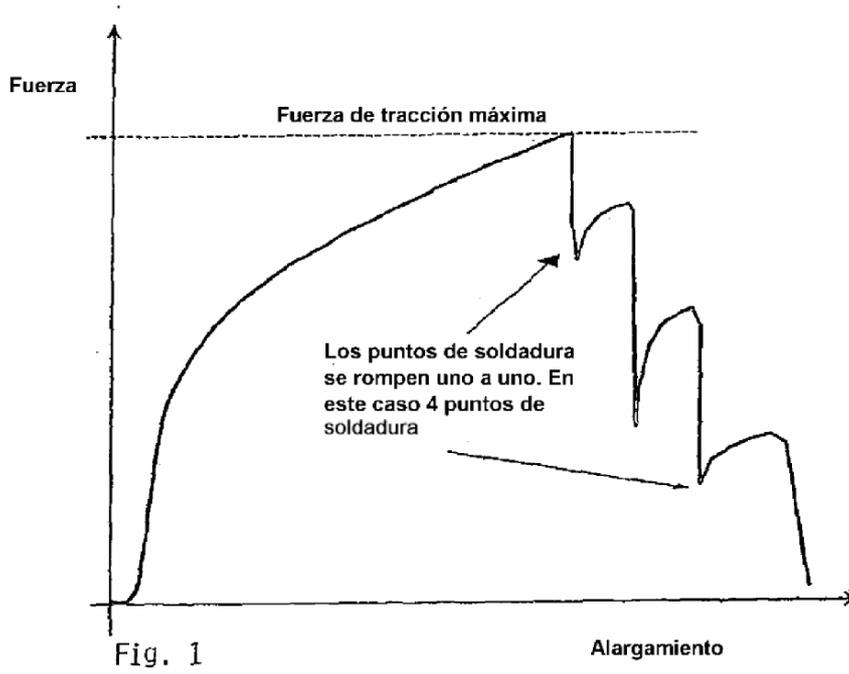
En la Figura 2, que muestra un gráfico del ensayo de tracción para las preformas de ensayo que se han cubierto con material de soldadura sobre toda el área superficial, puede observarse que esta curva ya antes de aplicar una fuerza de tracción máxima muestra muescas que indican fases quebradizas e inicio de grietas. Las muescas representan pre-grietas que son críticas para el rendimiento de fatiga, por ejemplo.

ES 2 322 943 T5

- La Figura 3 muestra un croquis inicial de cómo las diferentes propiedades de un intercambiador de calor de placas soldadas cambian como consecuencia del cambio en la cantidad de carga de soldadura respecto al área superficial de intercambio de calor incluyendo el área de distribución, si estuviera presente. Se obtienen gráficos con cambios similares en las propiedades para materiales de soldadura activos basados en aleaciones de Co, Ni o Fe. Como puede observarse a partir del gráfico, la cantidad de fases quebradizas aumenta con el aumento de la cantidad de carga de soldadura como un porcentaje del área superficial total. Cuando la cantidad de fases quebradizas aumenta, se reduce la ductilidad. El número de ciclos para fallo (periodo de validez) como una función del porcentaje de carga de soldadura en la superficie inicialmente aumenta hasta un vértice, después del cual el periodo de validez cae hasta un valor casi constante.
- 5
- 10
- 15
- Un equilibrio entre factores positivos y negativos implica que una aplicación de la superficie con una carga de soldadura en el intervalo 5-40 % da un intercambiador de calor soldado con una resistencia estática y dinámica mejorada, una larga vida y juntas de soldadura dúctiles.
- Dentro de un intervalo del 10-30 % se consigue un resultado máximo.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para unir placas termocambiadoras finas de un material a base de hierro provistas de orificios de acceso y un patrón de compresión de elevaciones y depresiones sobre el área de intercambio de calor de las placas y, si estuviera presente, sobre el área de distribución, a un intercambiador de calor de placas en el que las placas se recubren con un material de soldadura y, antes de la unión, se disponen de manera que se obtiene un contacto entre las elevaciones y las depresiones adyacentes, después de lo cual las placas se sueldan juntas en los puntos de contacto formados, **caracterizado por que** el 5-40 %, preferiblemente el 10-30 % del área de intercambio de calor y el área de distribución se recubren con material de soldadura antes de la soldadura, con lo cual se obtiene una junta de soldadura esencialmente dúctil y se evitan sustancialmente fases quebradizas.
- 10 2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el material de soldadura se aplica selectivamente a todas las áreas de contacto con forma de punto o las áreas de contacto con forma de línea.
- 15 3. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el material de soldadura se aplica selectivamente solo a un cierto número de áreas de contacto con forma de punto o de áreas de contacto con forma de línea.
- 20 4. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el material de soldadura consiste en un material de soldadura activo que es un material de soldadura que contiene elementos reductores del punto de fusión, que durante la soldadura se difunden hacia el material de placa a base de hierro, que cambian el intervalo de fusión del material en la junta de soldadura.
- 25 5. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el material de soldadura no contiene elementos reductores del punto de fusión y consiste en un material que interacciona con el material base en las placas termocambiadoras finas de modo que los elementos del material base de las placas migran hacia el material de soldadura y dan lugar a una junta de soldadura más dura.
- 30 6. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el material de soldadura contiene una carga no activa.
- 35 7. Intercambiador de calor de placas soldadas constituido por placas termocambiadoras finas de un material a base de hierro provistas de orificios de acceso y un patrón de compresión de elevaciones y depresiones sobre la superficie de intercambio de calor de las placas y, si estuviera presente, sobre el área de distribución **caracterizado por que** el intercambiador de calor de placas soldadas se produce por el método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 y **por que** el material de soldadura usado para la soldadura es un material de soldadura activo de una aleación de Fe o de aleaciones de Fe, comprendiendo dicha aleación de Fe o aleaciones de Fe elementos reductores del punto de fusión.
- 40 8. Intercambiador de calor de placas soldadas de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el material de soldadura activo es acero inoxidable con un aditivo reductor del punto de fusión.
- 45 9. Intercambiador de calor soldado de acuerdo con las reivindicaciones 7 u 8 en el que los elementos del material de soldadura activo presentes en la junta de soldadura se han difundido hacia el material base a base de hierro de las placas.
- 50 10. Intercambiador de calor soldado de acuerdo con las reivindicaciones 7, 8 o 9, en el que el material de soldadura activo está en forma de una pasta antes de la soldadura.



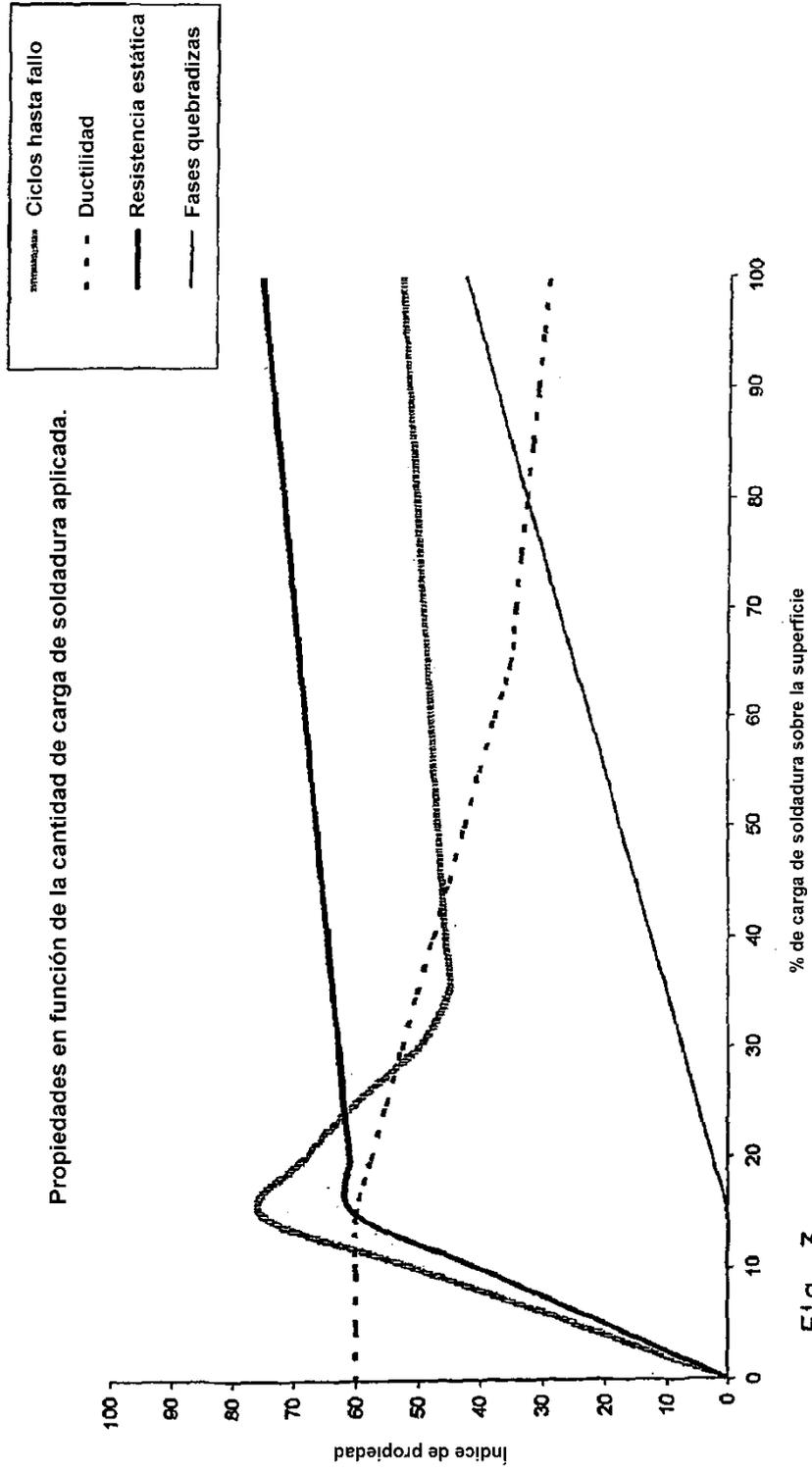


Fig. 3