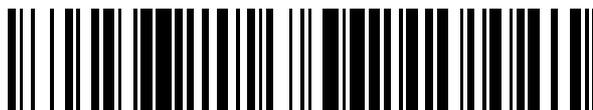


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 670 933**

51 Int. Cl.:

B23K 35/02	(2006.01)
B23K 35/28	(2006.01)
B23K 35/36	(2006.01)
C22C 1/10	(2006.01)
C22C 21/02	(2006.01)
C22C 32/00	(2006.01)
C23C 4/04	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.03.2008 PCT/GB2008/000883**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.09.2008 WO08110808**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.03.2008 E 08718725 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.05.2018 EP 2139639**

54 Título: **Una pieza de soldadura fuerte, un procedimiento de elaboración de una pieza de soldadura fuerte, y un procedimiento de soldadura fuerte y componentes realizados a partir de dicha pieza de soldadura fuerte**

30 Prioridad:

14.03.2007 GB 0704926

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.06.2018

73 Titular/es:

**SANDVIK OSPREY LIMITED (50.0%)
RED JACKET WORKS MILLANDS
NEATH SA11 1NJ, GB y
GRÅNGES SWEDEN AB (50.0%)**

72 Inventor/es:

**OGILVY, ANDREW, JOSEF, WIDAWSKI;
HAWKSWORTH, DOUGLAS, KENNETH y
ABOM, ELISABETH**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 670 933 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

Una pieza de soldadura fuerte, un procedimiento de elaboración de una pieza de soldadura fuerte, y un procedimiento de soldadura fuerte y componentes realizados a partir de dicha pieza de soldadura fuerte

5 La invención se refiere a una pieza de soldadura fuerte, a un procedimiento de elaboración de una pieza de soldadura fuerte y a un procedimiento de soldadura fuerte, así como a componentes realizados a partir de dichas piezas de soldadura fuerte.

10 La soldadura fuerte es un proceso de unión metálica inducida térmicamente que ocurre por debajo del punto de fusión de los metales a ser unidos con la introducción entre los mismos en la unión de una aleación de carga con un punto de fusión más bajo. El proceso implica una serie de procesos metalúrgicos y químicos que tienen lugar tanto sobre la superficie como en el interior de los materiales. Por ejemplo, son necesarias una buena humectación y una buena extensión del metal de carga fundido sobre la superficie y la determinación de si se producirá o no la acción capilar. El flujo capilar es el principio físico dominante que asegura una buena soldadura fuerte en una unión separada apropiadamente, siempre que el metal de carga fundido moje ambas superficies a unir. El flujo capilar se ve afectado por la presencia de películas de óxido, la rugosidad de la superficie y las condiciones y las propiedades de la atmósfera de soldadura fuerte.

15 La soldadura fuerte de aluminio y sus aleaciones es particularmente difícil ya que se forma una película de óxido sobre la superficie cuando se expone al aire. La acción de barrera de la película de óxido sobre el aluminio dificulta la humectación e inhibe el flujo capilar. Para permitir un contacto íntimo entre el metal de carga fundido y el metal base, es necesario fragmentar el óxido, por ejemplo, mediante el uso de una sal inorgánica que actúa como un fundente. Se necesita una atmósfera de soldadura inerte, libre de oxígeno y vapor de agua, para prevenir la re-oxidación del metal de carga fundido y la oxidación del propio fundente. Esto se consigue mediante soldadura fuerte bajo nitrógeno o usando vacío.

20 Un campo en el que se emplea la soldadura fuerte de piezas de aluminio es en la fabricación de intercambiadores de calor, por ejemplo, para su uso como radiadores, condensadores, evaporadores, refrigeradores de aceite, refrigeradores de aire de carga y refrigeradores de combustible en automoción, e intercambiadores de calor estacionarios.

30 El documento GB1438955 describe un procedimiento de soldadura fuerte de aluminio, comercializado por el titular como el procedimiento Nocolok (marca comercial). Una lámina de aluminio a ser soldada tiene un revestimiento de metal de carga de superficie sobre una o ambas caras. El núcleo es de aluminio no aleado y el revestimiento de la superficie es una aleación eutéctica de aluminio y silicio. Aluminio con 12% en peso de silicio es una aleación eutéctica con un punto de fusión de 577°C. El punto de fusión del aluminio no aleado es significativamente más alto, a 660°C. Por lo tanto, la capa superficial forma una soldadura dura o un metal de carga mediante el cual componentes realizados a partir de dicha lámina de soldadura fuerte pueden ser unidos entre sí. En la operación de soldadura fuerte, dos de dichos componentes se ponen en contacto y se someten a una temperatura a la cual la capa superficial se funde sin fundir el núcleo. Se necesita un fundente, y el documento GB1438955 describe la utilización de una mezcla de polvo de fluoruro de potasio (KF) y de fluoruro de aluminio (AlF₃) más fino que 75 micrómetros. Para prepararlo para la soldadura fuerte, este material es suspendido con agua y es aplicado a las superficies a soldar. A continuación, la soldadura fuerte se lleva a cabo en un horno de soldadura fuerte a una temperatura de aproximadamente 600°C. El metal de carga y el fundente se funden y puede realizarse una buena unión soldada.

40 En el uso comercial, la soldadura fuerte con esta técnica se lleva a cabo bajo una atmósfera inerte de nitrógeno mediante un horno de túnel continuo.

45 Una desventaja de este enfoque es el tiempo requerido y la longitud de línea requerida. Se necesita tiempo para aplicar y secar la suspensión de fundente y, de hecho, gran parte de la línea de procesamiento puede ser necesaria solo para estas dos etapas. Además, debido a la manera de aplicar el fundente, la cantidad de fundente por unidad de área puede variar entre lotes de productos y también es difícil garantizar que el fundente penetre en sitios que pueden ser de difícil acceso. Una cantidad insuficiente de fundente resultará en una soldadura imperfecta, mientras que una cantidad demasiado grande de fundente no solo aumentará los costes de procesamiento, sino que también puede resultar en problemas tales como fundente residual en la unión soldada, lo que afecta a la apariencia de la unión y puede interferir con cualquier procesamiento de superficie posterior. En general, sin embargo, es necesario utilizar un exceso de fundente para garantizar que todas las áreas se suelden con éxito. Existe también el problema de la contaminación del horno de soldadura fuerte por un exceso de fundente que gotea desde las piezas a soldar. Además, no todos los componentes de un intercambiador de calor deben ser revestidos con una aleación de soldadura fuerte. Por ejemplo, un radiador se construye comúnmente con tubos revestidos y aletas no revestidas. Cuando se aplica un fundente al radiador usando una lechada antes de una

soldadura fuerte en un horno, todas las superficies son revestidas con un fundente, no solo las superficies revestidas con soldadura fuerte. Esto proporciona un consumo de fundente innecesariamente grande.

Un enfoque utilizado por Sandvik Osprey ha sido el de eliminar la necesidad de una lámina de soldadura fuerte de aluminio que tenga un revestimiento superficial mediante el uso de tecnología de partículas. De esta manera, en su solicitud de patente internacional N° WO94/17941 se describe un procedimiento para producir material en polvo revestido con fundente. En su solicitud de patente internacional anterior N° WO92/15721, se describe la formación de una pulverización usando dos o tres pulverizaciones, donde cada una de las pulverizaciones usa el mismo material de alimentación de aleación de metal fundido. En el documento WO94/17941, una pulverización es de aleación de aluminio y silicio y otra pulverización es una mezcla uno a uno de partículas de fluoruro de potasio y de fluoruro de aluminio. Las partículas contactan con las gotitas de aleación atomizadas y se funden para formar un revestimiento o revestimiento parcial sobre las gotitas de aleación, solidificándose como polvo revestido y proporcionando por lo tanto una mezcla relativamente íntima de la aleación y el fundente, aunque una proporción de partículas de fundente y gotas de aleación solidificadas permanecen como partículas separadas ya que no hay contacto durante el vuelo y dichas partículas separadas de fundente no se derriten durante el vuelo y la recogida.

Con el fin de soldar con este material, puede usarse una pieza de aluminio no revestida, a la cual se aplica el polvo en un medio portador que contiene un aglutinante para adherir el polvo en la posición o las posiciones deseadas. A la temperatura de soldadura fuerte, el polvo eutéctico de aluminio y silicio se funde y el revestimiento actúa como un fundente para fragmentar la capa de óxido sobre la pieza de aluminio no revestida, permitiendo un contacto íntimo con el polvo eutéctico fundido de manera que pueda formarse una unión soldada.

La mayor desventaja de esta técnica es la necesidad de eliminar el aglutinante antes del inicio de la fusión tanto del fundente como del metal de carga. Si no se hace así, resulta en una unión fuerte mal formada. En el caso de los intercambiadores de calor, debido a su naturaleza, los intercambiadores de calor contienen superficies interiores que no pueden ser soldadas fácilmente por el sistema de partículas y aglutinante, ya que los productos de descomposición del aglutinante no pueden ser ventilados y eliminados.

Aunque este procedimiento de polvo revestido elimina la necesidad de producir un revestimiento de banda de aluminio con una aleación de soldadura fuerte de aluminio y silicio con un punto de fusión más bajo, todavía se requieren etapas de procesamiento adicionales para revestir las partes de aluminio a ser soldadas con el polvo revestido de fundente. Puede ser difícil aplicar el polvo uniformemente a las partes a ser soldadas. El procedimiento de aplicar el polvo a las uniones soldadas puede representar un riesgo para la salud. Además, el polvo puede dificultar una localización precisa de la posición de las partes a ser unidas, tales como los tubos del intercambiador de calor de aluminio y las aletas de refrigeración, debido al espacio ocupado por el polvo.

Hay varios enfoques para producir productos de soldadura fuerte mezclando polvos entre sí. Por ejemplo, en el documento EP552567 hay un retorno a una disposición en la que una lámina de núcleo tiene un revestimiento de superficie. El material que forma el revestimiento se denomina en la solicitud de patente "agente de soldadura fuerte". Para formar el agente, se entremezcla una mezcla de diferentes polvos. Los polvos son: un polvo de aluminio con una pureza del 99,5%, un polvo de silicio, un polvo de zinc, un polvo de estaño, un polvo de indio y un polvo de fundente de fluoruro que es una composición eutéctica de KF y AlF₃. Los polvos basados en metal tienen un diámetro promedio de 44 micrómetros o menos, mientras que los polvos de fundente tienen un diámetro promedio de 30 micrómetros. Después del mezclado, los polvos se colocan en un vacío a 500°C para desgasificar los polvos eliminando la humedad y el hidrógeno. Posteriormente, el lote de polvo se calienta a 480°C y se somete al procedimiento de prensado en caliente. A continuación, el bloque resultante se extruye en caliente a 500°C. La solicitud de patente describe buenos resultados para la soldabilidad que se consigue con un contenido de polvo de silicio del 5 o del 10% en peso y un contenido de fundente del 5, 8 o del 10% en peso. La soldabilidad se comprueba en la solicitud de patente colocando una pieza de ensayo en una placa de soporte formada por aleación de aluminio JIS-A3003 y calentando a entre 600 y 620°C durante diez minutos en gas nitrógeno. No se añadió fundente adicional.

El documento FR2855085 describe también un prensado isostático en caliente de una mezcla de polvo, en este caso 10% en peso de fundente criolita con un tamaño de partícula comprendido entre 1 micrómetro y 10 micrómetros, en el que el resto es una mezcla que consiste en 98% en peso de zinc y 2% en peso de aluminio, ambos en un tamaño de partícula comprendido entre 50 y 300 micrómetros. El polvo mixto se prensa en caliente a 350°C a una presión de 1.200 bares durante tres horas. En las reivindicaciones de la aplicación, se sugiere que la barra resultante puede ser trabajada, por ejemplo, laminada.

La patente US N° 6.164.517 describe la producción de un material de soldadura fuerte, con forma de anillo, continuo o uniforme. Se toma un polvo de una aleación de carga, Al con 10% en peso de Si y se mezcla con polvo de AlF₃ y polvo de KF en la proporción de polvo de aleación 80:20 para el polvo de material formador de fundente. El polvo mixto se prensa a temperatura ambiente y a continuación se calienta a 400°C en un quemador con

atmósfera reductora y se extruye en caliente para formar un tubo. A continuación, el tubo se corta en rodajas para proporcionar piezas de soldadura fuerte, con forma de anillo, continuo o uniforme, de 1,6 mm de anchura.

La mezcla de polvos metálicos y de fundente entre sí con la posterior consolidación tiene varias desventajas inherentes. Estas incluyen:

- 5 (i) los polvos mezclados entre sí en las descripciones indicadas anteriormente son de tamaños medios, distribuciones de tamaños o gravedades específicas diferentes, lo que, tal como está bien documentado en la técnica de la metalurgia de polvos, dificulta mucho proporcionar con éxito una mezcla uniforme sin cierta segregación de los diferentes polvos de la composición; además, la distribución del fundente en el estado compactado estará limitada por el tamaño de los polvos metálicos utilizados.
- 10 (ii) A veces se usa molienda para superar los problemas inherentes al mezclado de polvos, sin embargo, esto tiene otras desventajas significativas en el sentido de que la absorción de óxido es excesiva y la molienda de polvos basados en aluminio puede ser extremadamente peligrosa. Además, el trabajo mecánico sobre el fundente puede conducir a la degradación del fundente.
- 15 (iii) El aluminio es un metal extremadamente reactivo y dicho polvo, durante el prolongado tiempo requerido para su producción y procesamiento, formará inevitablemente una película de óxido sobre su superficie. Cuando el polvo se consolida posteriormente, por ejemplo, mediante prensado en caliente o prensado isostático en caliente (Hot Isostatically Pressed, HIP), este óxido se incorporará al producto final. Esto aumenta la necesidad de fundente en la operación de soldadura fuerte final o reduce la actividad de humectación del producto final para un contenido de fundente determinado. Pechiney, en su publicación en la 2nd Int Conf on
- 20 Spray Forming, 1993- "High stiffness and fatigue strength Al-Si-Fe base alloys produced by the Osprey route", indica contenidos de oxígeno para un producto formado por pulverización de 140 ppm frente a 1.200 ppm para la aleación idéntica fabricada en forma de polvo y 5 ppm para una aleación de fundición directa (DC) similar.
- (iv) El óxido (junto con la necesidad de fundente adicional), tal como se indica en la patente US N° 6.164.517, hace que el producto sea más frágil, lo que reduce el abanico de trabajos mecánicos posteriores.
- 25 (v) El polvo de aluminio es también propenso a recoger la humedad y el hidrógeno y, por consiguiente, esta es la razón por la que se requiere una desgasificación prolongada de un polvo mixto y enlatado antes de la consolidación mediante prensado en caliente o prensado isostático en caliente.
- (vi) Las numerosas operaciones de procesamiento requeridas en la producción de polvo y la subsiguiente desgasificación y consolidación hacen que dichos procedimientos sean complejos, costosos, necesiten grandes cantidades de energía y, por lo tanto, sean poco competitivos y ambientalmente poco atractivos.
- 30 (vii) En el caso de que se usan polvos elementales, por ejemplo, en el documento EP552567 indicado anteriormente, el tamaño de las partículas de silicio seguirá siendo sustancialmente similar al tamaño del polvo añadido (es decir, 40 micrómetros) en la lámina de soldadura fuerte.

35 Con el fin de superar varios de los problemas asociados con el mezclado y la consolidación del polvo y para proporcionar un procedimiento de fabricación más económico, en la patente JP7001185 expirada se describe una técnica en la que se permite que una aleación fundida de aluminio y silicio se solidifique a un estado semi-fundido, después de lo cual se añade polvo de fundente, la mezcla semi-fundida se agita y posteriormente se permite que enfíe y se solidifique. Aunque dicho enfoque puede representar una mejora en algunos aspectos sobre las técnicas de mezclado y de consolidación de polvo, el producto solidificado exhibirá las características típicas de un producto colado y solidificado de manera relativamente lenta. Por ejemplo, la fase de Si solidificada primaria será relativamente gruesa, con forma parcialmente acicular y macro-segregada, siendo todas ellas características perjudiciales para la posterior trabajabilidad en caliente. Además, el polvo de fundente que se fundirá al ser

40 añadido a la aleación semi-fundida de aluminio y silicio intentará separarse de la aleación de aluminio y silicio debido a su insolubilidad, inmiscibilidad y diferencia de densidad, y dicha separación conducirá a un engrosamiento de la fase de fundente frágil durante una solidificación lenta, impartiendo de nuevo malas características de trabajabilidad en caliente al producto. Además, la consecución de una mezcla homogénea será muy difícil. Aunque la agitación del metal semi-fundido ayudará en cierta medida, está bien documentado que la agitación de la aleación fundida (es decir, en procedimientos de reocolado y tixoformación) se limita a una cierta fracción de volumen de la aleación fundida por debajo de la cual la agitación se vuelve extremadamente difícil ya

50 que la viscosidad de la parte fundida aumenta. La agitación puede resultar también en la incorporación de óxido en el producto.

El documento US-A-2007/0029370 se refiere a un proceso para preparar sustratos, tales como intercambiadores de calor con superficies de aleación de aluminio-aluminio, para soldadura fuerte mediante la deposición de

material sobre las mismas mediante pulverización cinética. El polvo de aleación de carga de zinc-aluminio-silicio se mezcla con polvo de fundente NOCOLOK (marca registrada) y se pulveriza cinéticamente hacia el sustrato a una velocidad de salida desde la boquilla de hasta aproximadamente 1.000 m/s.

Según un aspecto de la presente invención, se proporciona una pieza de soldadura fuerte según la reivindicación 1.

5 Se cree que, durante la soldadura fuerte, el material inorgánico es liberado desde el interior del material compuesto facilitando de manera ventajosa la fragmentación del óxido superficial de la interfaz óxido-metal, y que a continuación el metal de carga fundido envuelve el óxido fragmentado promoviendo la formación rápida de un enlace metálico inducido térmicamente entre superficies adyacentes en contacto.

10 Preferiblemente, el contenido de oxígeno de la matriz no es mayor de 350 ppm o convenientemente no mayor de 250 ppm en peso. Preferiblemente, además, el contenido de oxígeno de la matriz no es mayor de 100 ppm, más preferiblemente puede ser incluso menor de 50 ppm. El contenido total de oxígeno de la pieza depende sustancialmente del contenido en la sal inorgánica antes de su introducción en la matriz. De manera importante, el contenido total de oxígeno será sustancialmente menor que el obtenido mezclando polvos metálicos con una sal inorgánica debido al área superficial inherente alta de los polvos metálicos, particularmente cuando contienen
15 elementos reactivos, tales como aluminio. El bajo contenido total de oxígeno reduce también sustancialmente el requerimiento de sal inorgánica y estos dos factores mejoran en gran medida la ductilidad del material compuesto, facilitando el trabajo en frío o en caliente.

20 Preferiblemente, la matriz es una aleación de soldadura fuerte y puede tener aluminio como un constituyente principal y el silicio puede ser otro constituyente principal. El contenido de silicio puede ser del 5 al 15% en peso y/o puede ser del 6 o del 6,8 al 13% en peso o puede ser del 10 al 12% en peso, o puede ser del 11 al 12% en peso. La aleación de aluminio silicio forma un material eutéctico dentro de este intervalo y, por consiguiente, tiene una temperatura de fusión reducida. Otros intervalos adecuados son Al con entre el 6,8 y el 8,2% en peso de Si (AA4343), Al con entre el 9 y el 11% en peso de Si (AA4045) y Al con entre el 11 al 13% en peso de Si (AA4047). Otras adiciones de aleaciones pueden estar presentes para mejorar las propiedades de la unión soldada
25 posteriormente.

30 La sal inorgánica o cada sal inorgánica puede ser cualquier material adecuado para formar un fundente durante la soldadura fuerte. En una realización preferida, se proporciona un fundente de fluoruro de aluminio y potasio como la sal inorgánica, o se proporcionan dos o más sales inorgánicas que, durante la soldadura fuerte, forman un fundente de fluoruro de potasio y aluminio. En otra realización preferida, se proporciona un material de fluoroaluminato de potasio como la sal inorgánica o se proporcionan dos o más sales inorgánicas que, durante la soldadura fuerte, forman un fundente de fluoroaluminato de potasio.

35 Sorprendentemente, al calentarse en el aire por sí misma, se observó que la sal reaccionaba con oxígeno para formar óxidos. Esto se observó como una ganancia de masa en el análisis de calorimetría de barrido diferencial (Differential Scanning Calorimetry, DSC) de muestras de sal pura, véase la Figura 8. Debido a que, en el caso del material compuesto formado por pulverización, la sal está completamente encerrada en una matriz de aluminio desde el momento de la deposición hasta el re-fundido durante la operación de soldadura fuerte, la sal está protegida de la oxidación y de la hidratación. En una mezcla de polvo antes de la compactación y la densificación, la porosidad abierta es sustancial y el oxígeno en la atmósfera tiene acceso al interior del cuerpo. Esta oxidación de la sal es perjudicial para la actividad posterior del fundente. La sal en el material compuesto formado por
40 pulverización está protegida contra el efecto adverso de la exposición al aire durante el calentamiento y tampoco tiene sustancialmente óxido interior al que enfrentarse. De esta manera, la acción del fundente se mantiene hasta el momento en el que la sal se funde, es liberada desde el interior del compuesto, fragmenta el óxido y se extiende sobre la superficie.

45 El material compuesto puede tener un contenido de sal inorgánica del 0,2 al 10% en peso. Preferiblemente, el material compuesto tiene un contenido de sal inorgánica de al menos el 0,9% en peso, más preferiblemente de al menos el 1,2% en peso. Preferiblemente, el material compuesto tiene un contenido de sal inorgánica no mayor del 5% en peso, más preferiblemente no mayor del 4% en peso. En una realización particularmente preferida, el material compuesto tiene un contenido de sal inorgánica de aproximadamente el 2 al 3% en peso. Si no hay suficiente sal en el material compuesto, entonces la calidad de la unión se verá afectada o, de hecho, no se formará ninguna unión. Si hay demasiada sal inorgánica en el material compuesto, entonces ya no es lo
50 suficientemente dúctil como para aceptar un trabajo mecánico posterior, lo cual es importante en la mayoría de los contextos.

55 El material compuesto formado por pulverización se caracterizará por fases solidificadas rápidamente, no macro-segregadas, de silicio y aluminio en las que la fase primaria de Si puede exhibir un tamaño promedio menor de 1 micrómetro y un tamaño máximo menor de 5 micrómetros con la fase de sal inorgánica solidificada menos

rápidamente distribuida sobre un intervalo de tamaños muy grande, mucho mayor que el de la sal inorgánica o las sales inorgánicas inyectadas con tamaños típicos en el intervalo de 5-15 micrómetros, dicho compuesto puede incluir partículas de sal extremadamente finas de menos de 1 micrómetro de tamaño y una fase micro-segregada con partículas de hasta 200 micrómetros de tamaño correspondientes a las últimas partes del material compuesto a solidificar. Las imágenes en las Figuras 3, 4, 5, 6, 7, 9 y 10 representan algunos aspectos de la microestructura de las realizaciones del material según la presente invención. Las primeras indicaciones son que las realizaciones muestran una distribución logarítmica normal bi-modal.

Los tamaños de partícula de Si en los materiales compuestos formados por pulverización son mucho menores que los fabricados usando colada, incluyendo los procedimientos directos de colado o reocolado en frío, véanse las Figuras 9 y 10. Un tamaño de partícula de Si pequeño es beneficioso para proporcionar una fusión rápida del material de revestimiento de soldadura fuerte y un flujo eficiente de la masa fundida a los posibles sitios de unión. Las pequeñas partículas de Si pueden conseguirse sin la adición de sustancias modificadoras, por ejemplo, las partículas de Si pequeñas en el material, que pueden tener menos de 10 micrómetros de diámetro, preferiblemente menos de 5 micrómetros, más preferiblemente menos de 3 micrómetros, son también beneficiosas en productos muy delgados con poco revestimiento; las partículas de Si pequeñas ayudan a crear un depósito fundido continuo sobre la superficie, por ejemplo, de un material de aleta de condensador para proporcionar una formación de unión más eficiente. Además, el tamaño de partícula de Si más pequeño del compuesto formado por pulverización debería ser beneficioso para la resistencia a altas temperaturas de productos laminados revestidos (aumenta la resistencia), lo que a su vez debería proporcionar menos desbordamiento en los lados, por ejemplo, de lingotes de laminación, mejorando de esta manera el rendimiento del material y la homogeneidad del espesor del revestimiento.

La sal inorgánica o las sales inorgánicas inyectadas se deshidratan durante las etapas de inyección, vuelo y deposición. Además, contrariamente a lo esperado, la sal inorgánica contenida en el interior del material compuesto formado por pulverización es cristalográficamente diferente, de manera significativa, de la sal inorgánica antes de la inyección o de dicho material después de la deshidratación, tal como se muestra en las Figuras 12 y 13. Las investigaciones de los presentes inventores han demostrado que la composición de fase de la sal en el material compuesto difiere marcadamente del material primario inyectado, y en partes puede aparecer como una fase amorfa debido a su fusión y posterior solidificación rápida. Obviamente, no se esperaría esto del procedimiento conocido anteriormente de mezclado y compactación simple de fundente y polvo de aluminio y silicio (ya que el fundente no se funde) o de hecho de la re-fundición de metal fundido que contiene fundente y aleación de aluminio y silicio (ya que el fundente se solidificará lentamente). Las primeras indicaciones son que el punto de fusión de la sal transformada en el material compuesto es menor que el de la sal inyectada. Los experimentos llevados a cabo sobre la sal en el material compuesto que usa DSC indican un inicio de fusión a aproximadamente 550°C, a veces seguido de un segundo inicio de fusión a 563°C, véase la Figura 2. Esto está en claro contraste con la fusión de solo la sal inyectada, que muestra una única endoterma de fusión. También está en claro contraste con la misma aleación de aluminio y silicio sin ninguna sal, donde solo se observó la endoterma eutéctica normal y esperada a 577°C. Esta sal inorgánica transformada resulta en una actividad fundente mejorada durante las operaciones de soldadura fuerte.

La separación entre partículas entre los cristales de sal adyacentes en la pieza es preferiblemente menor de 10 micrómetros o más preferiblemente menor de 5 micrómetros.

El contenido total de oxígeno de la pieza, en total, es preferiblemente no mayor de 1.000 ppm en peso. Preferiblemente, además, el contenido de oxígeno de la pieza no es mayor de 500 ppm, más preferiblemente no es mayor de 300 ppm e incluso puede ser menor de 250 ppm.

Según otro aspecto de la invención, se proporciona un componente que comprende al menos una pieza según el primer aspecto de la invención unida a un artículo metálico, tal como un tocho, un lingote o una plancha.

La pieza o cada pieza puede ser unida metalúrgicamente al artículo metálico, por ejemplo, por medio de un trabajo mecánico, tal como laminación en caliente o en frío. En una realización, dos piezas según el primer aspecto de la invención son unidas al artículo metálico en sus lados opuestos. Esto puede ser trabajado adicionalmente, por ejemplo, laminando a una lámina. El componente puede tener cualquier forma adecuada y puede estar destinado a cualquier uso adecuado, pero en una realización preferida el componente después del trabajo es un componente a ser conectado por soldadura fuerte en un intercambiador de calor, tal como un radiador, condensador, evaporador, refrigerador de aceite, refrigerador de aire de carga o refrigerador de combustible en automoción, o un intercambiador de calor estacionario. De hecho, el componente puede ser una placa, una aleta o un tubo a ser soldado en su sitio en un intercambiador de calor, tal como un radiador de automóvil. Además, la lámina de soldadura fuerte puede ser usada para la fabricación de cualquier pieza soldada, incluyendo, pero sin limitarse a, piezas electrónicas, mecánicas y de ingeniería.

Según un aspecto adicional de la invención, se proporciona un procedimiento según la reivindicación 15.

Según otro aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento según la reivindicación 16.

La técnica de formación por pulverización resulta en muy poca oxidación de los materiales, particularmente de aleaciones de aluminio, debido a la extrema rapidez de la operación de formación por pulverización en la que las gotitas atomizadas de gas inerte se forman y se vuelven a consolidar en milisegundos, en una atmósfera inerte, normalmente nitrógeno. Esto significa también que la sal o las sales inorgánicas, que forman un fundente durante la soldadura fuerte, tienen solo un pequeño contenido de óxido inherente, que no interfiere con la capacidad del fundente para ser efectivo en el área donde se requiere, concretamente, sobre las superficies a ser soldadas. Además, debido a que el fundente está contenido en el interior del material compuesto, no se oxidará durante la etapa de calentamiento antes de la fusión y la soldadura fuerte. Por consiguiente, solo se requiere una mínima cantidad de sal que, combinada con el bajo contenido de óxido de la aleación de la matriz, hace que el material sea relativamente dúctil, permitiendo fácilmente el trabajo en frío o en caliente. Por consiguiente, de manera bastante sorprendente, en una operación rápida e integrada, puede formarse un material compuesto con un mínimo de absorción de oxígeno, con una matriz solidificada rápidamente, que contiene precipitados de silicio fino y una fase de aluminio de grano fino, atrapando dicha fase de aluminio partículas inorgánicas de manera que no pueda formarse una macro-segregación de la sal solidificadora durante la solidificación final, en el que dicho compuesto exhibe una alta densidad sin porosidad interconectada de manera que no se absorba ningún óxido durante el procesamiento posterior, con excelente trabajabilidad y excelentes propiedades de soldadura fuerte, de manera que durante la soldadura fuerte sustancialmente toda la sal inorgánica esté disponible para promover la formación de un enlace metálico inducido térmicamente.

Preferiblemente, el contenido de oxígeno del material compuesto no es 500 ppm mayor que el contenido de oxígeno combinado de la aleación fundida y el fundente a partir del cual se fabricó dicho compuesto. Preferiblemente, además, el contenido de oxígeno del material compuesto no es 250 ppm mayor, más preferiblemente puede ser incluso 100 ppm menor que las partes componentes a partir de las cuales se fabricó.

La sal inorgánica puede estar atomizada. La sal inorgánica puede ser atomizada en gotitas de un tamaño más pequeño que las gotitas de metal o de material de aleación de metal, que pueden tener un diámetro promedio comprendido en el intervalo de 50 a 150 micrómetros. De manera alternativa, la sal inorgánica puede ser introducida como partículas sólidas. Las partículas sólidas de sal inorgánica pueden tener un diámetro promedio de 10 micrómetros o menos.

La sal introducida es inorgánica, tiene un punto de fusión más bajo y es insoluble e inmiscible con el metal o el material de aleación metálica en la forma fundida, humedece el metal o el material de aleación de metal y tiene también la capacidad de formar un fundente al disolver óxidos. A pesar de que dichas partículas inorgánicas son insolubles e inmiscibles en el metal o en la aleación metálica, la solidificación rápida del metal o de la aleación metálica pulverizados atrapa las partículas inorgánicas de manera que no pueda producirse una macro-segregación de la sal inorgánica solidificante durante la solidificación final. Puede hacerse que la sal inorgánica se funda al menos parcialmente cuando es introducida o cuando está en vuelo, pero se fundirá de manera sustancialmente completa inmediatamente después de la deposición donde el depósito esté a aproximadamente la temperatura de solidificación de la aleación metálica y, por lo tanto, por encima del punto de fusión de la sal. Cuando debe formarse una pieza sólida continua, la técnica anterior se ha basado principalmente en la pulverización de metal o material de aleación metálica fundido, posiblemente con partículas cerámicas no fundidas, que tienen un alto punto de fusión y permanecen sólidas a lo largo de todo el proceso. Los presentes inventores han descubierto sorprendentemente que puede formarse un tocho formando una estructura compuesta no macro-segregada mediante la formación por pulverización de un material de aleación de aluminio fundido con una o más sales inorgánicas formadoras de fundente que tienen un punto de fusión más bajo que el material de aleación de aluminio y al menos parcialmente fundidas cuando son introducidas o cuando son pulverizadas. La sal inorgánica puede estar fundido al menos parcialmente y preferiblemente está fundida de manera sustancialmente completa cuando es depositada por pulverización sobre una superficie del colector con el material de aleación de aluminio. Esto hace que la formación de una pieza compuesta con la sal inorgánica no macro-segregada en una matriz de aleación de aluminio sea aún más sorprendente debido a su insolubilidad e inmiscibilidad. La extracción de calor desde las gotitas de aleación de aluminio es controlada durante la pulverización para atrapar la sal inorgánica y, por lo tanto, para prevenir la separación a una macro-escala. De manera interesante, el tamaño y la distribución de las partículas de fundente en la matriz de aleación de aluminio no guardan relación con el tamaño de la sal inorgánica inyectada. Por ejemplo, el tamaño promedio de la sal inyectada es típicamente de 10 micrómetros y puede estar comprendido en el intervalo de 5 a 15 micrómetros. El mezclado íntimo de las gotitas metálicas y la sal durante el vuelo y la deposición junto con el impacto y la rápida deposición de la sal y las gotitas sobre la superficie de deposición resulta en que la sal se derrite y se solidifica en una amplia distribución de tamaños formándose partículas extremadamente finas de fundente de menos de 1 micrómetro en la matriz de

aleación junto con la formación de partículas más gruesas de hasta 200 micrómetros de tamaño a partir de una coalescencia limitada de la sal en las últimas áreas del material compuesto a solidificar (véase la Figura 3). Después del trabajo mecánico, la fase de sal se descompone progresivamente en partículas finas típicamente de menos de 5 micrómetros de tamaño.

- 5 La separación entre partículas entre los cristales de sal adyacentes en la pieza es preferiblemente menor que el diámetro de las gotitas de aluminio-silicio a partir de las cuales se formó la pieza de material compuesto formada por pulverización. La separación máxima entre las partículas entre los cristales de sal adyacentes en la pieza es, en cualquier caso, preferiblemente menor de 10 micrómetros o más preferiblemente menor de 5 micrómetros.
- 10 La pieza de material compuesto formada por el procedimiento de la invención se puede usar por sí misma como un artículo separado. De manera alternativa, el material compuesto puede ser unido a un artículo metálico, tal como un lingote, un tocho o una plancha. El material compuesto puede ser unido a un lado del artículo metálico, o de manera alternativa, pueden unirse dos piezas de material compuesto al artículo metálico en sus lados opuestos. El material compuesto puede ser unido al artículo metálico mediante cualquier técnica adecuada y puede ser unido, por ejemplo, mediante laminado en caliente o en frío. De manera alternativa, el material compuesto puede ser unido al artículo metálico durante la consolidación de los materiales mediante formación por pulverización, en el sentido de los materiales pueden ser formados por pulverización sobre un artículo metálico para unirlos al mismo. Otras variantes específicas son que el material compuesto puede ser formado por pulverización directamente sobre un artículo metálico en la forma de un tocho cilíndrico o tubular o una tira metálica.
- 15
- 20 Una vez unido el material compuesto al artículo metálico, el componente creado de esta manera puede ser sometido a un trabajo mecánico, por ejemplo, forjado y/o laminado y/o extrusión.
- Según otro aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento de elaboración de una unión soldada, en el que el procedimiento comprende colocar una pieza de soldadura fuerte según el primer aspecto de la invención o colocar el material compuesto parte de un componente según el segundo aspecto de la invención en contacto directo con otra pieza de metal o de aleación de metal y calentar la unión en ausencia de fundente adicional.
- 25 Según un aspecto adicional de la invención, se proporciona un procedimiento de elaboración de una unión soldada, en el que el procedimiento comprende llevar a cabo el procedimiento según el tercer o el cuarto aspecto de la invención, colocando el material compuesto en contacto directo con una pieza de metal o de aleación de metal, y calentar la unión en ausencia de fundente adicional.
- 30 En cualquiera de los dos aspectos anteriores de la invención, el calentamiento de la unión puede tener lugar en una atmósfera inerte o reductora, o en un vacío moderado.
- Según otro aspecto de la invención, se proporciona una pieza de soldadura fuerte, auto-fundente, formada por pulverización o formada por pulverización y trabajada mecánicamente que comprende un material compuesto que comprende una aleación de aluminio y silicio solidificada rápidamente caracterizada por precipitados de silicio primarios de tamaño promedio menor de 10 micrómetros distribuidos uniformemente en una matriz de aluminio, en el que la matriz de aluminio está inter-dispersada con al menos un material de sal inorgánica de punto de fusión más bajo que la aleación de aluminio y silicio e insoluble e inmiscible en la aleación de aluminio y silicio, en el que la sal inorgánica o los materiales inorgánicos se funden durante la soldadura fuerte para promover la formación de un enlace metálico inducido térmicamente.
- 35
- 40 Según un aspecto adicional de la invención, se proporciona una pieza de soldadura fuerte, auto-fundente, que comprende un material compuesto formado por pulverización que comprende una aleación de aluminio y silicio solidificada rápidamente caracterizada por precipitados de silicio primario de tamaño promedio menor de 10 micrómetros distribuidos uniformemente en una matriz de aluminio, en el que la matriz de aluminio está inter-dispersada con al menos un material de sal inorgánica con un punto de fusión más bajo que la aleación de aluminio y silicio e insoluble e inmiscible en la aleación de aluminio y silicio, en el que el material inorgánico o los materiales inorgánicos se funden durante la soldadura fuerte para promover la formación de un enlace metálico inducido térmicamente, en el que el material o los materiales de sal inorgánica están presentes en la pieza en forma de cristales solidificados que exhiben una distribución bimodal de cristales finos de menos de 10 micrómetros de tamaño y cristales más gruesos de 5 a 200 micrómetros de tamaño, en el que dichos cristales más gruesos están micro-segregados a las últimas regiones del compuesto a solidificar.
- 45
- 50 Según otro aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento de elaboración de una pieza de soldadura fuerte, auto-fundente, en el que el procedimiento comprende las etapas de atomizar una corriente de material de aleación de aluminio y silicio fundido en un espray de gotitas, introducir en la corriente o el espray al menos una sal inorgánica, en el que la sal inorgánica o las sales inorgánicas están dispuestas para formar un fundente durante la soldadura fuerte, y consolidar los materiales mediante formación por pulverización para formar una

pieza compuesta caracterizada por precipitados de silicio primarios de tamaño promedio menor de 10 micrómetros distribuidos uniformemente en una matriz de aluminio, en el que la matriz de aluminio está inter-dispersada con al menos un material de sal inorgánica con un punto de fusión más bajo e insoluble e inmiscible en la aleación de aluminio y silicio, en el que dicho material o dichos materiales de sal se encuentran en forma de cristales solidificados que exhiben una distribución bimodal de cristales finos menores de 10 micrones de tamaño y cristales más gruesos de 5-200 micrómetros de tamaño, en el que los cristales más gruesos están micro-segregados a las últimas regiones de la pieza a solidificar de manera que la separación entre partículas entre cualquiera de los cristales de sal es marcadamente menor que el diámetro de las gotitas de aluminio-silicio a partir de las cuales se formó dicho material compuesto formado por pulverizado y, en cualquier caso, menor de 20 micrómetros, en el que dicho material compuesto se caracteriza por un contenido de oxígeno que no es 100 ppm más que el contenido de oxígeno combinado de la aleación fundida de aluminio-silicio y la sal inorgánica a partir de la cual se formó originalmente el material compuesto, de manera que sustancialmente toda la sal inorgánica esté disponible para formar un fundente durante la soldadura fuerte para promover la formación de un enlace metálico inducido térmicamente.

15 A continuación, se describirán realizaciones de la invención a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Fig. 1 muestra una secuencia de etapas de fabricación;

20 La Fig. 2 muestra tres representaciones gráficas de DSC: Las Figuras 2a y 2b son el material formado por pulverización de las muestras 3 y 4, respectivamente, de la Tabla 1. La Figura 2c es una aleación de aluminio-silicio AA4045 normal;

La Fig. 3 muestra una micrografía electrónica de barrido como la imagen más grande y seis imágenes más pequeñas que son mapas EDS. El material es la muestra 4 de la Tabla 1. Las Figs. 4 y 5 son vistas equivalentes a un aumento respectivamente mayor.

25 La Fig. 6 muestra una leyenda de TEM de un material compuesto formado por pulverización, ultra-microtomizado, que es la muestra 11 en la Tabla 2;

La Fig. 7 muestra otra leyenda de TEM de otra parte de una muestra de material compuesto formado por pulverización, ultra-microtomizado, que es la muestra 11 en la Tabla 2, a un mayor aumento, tal como puede verse por la escala en la micrografía;

30 La Fig. 8 es una representación gráfica de DSC de la sal de fluoroaluminato de potasio pura usada en las realizaciones en forma deshidratada;

La Fig. 9 es una leyenda de TEM a partir de una muestra ultra-microtomizada de una aleación de aluminio-silicio AA4045 colada en frío directa;

La Fig. 10 es una leyenda de TEM a partir de una muestra de material compuesto formado por pulverización, ultra-microtomizado, que es la muestra 11 en la Tabla 2;

35 La Fig. 11 es una leyenda de TEM a partir de un material de muestra de material compuesto formado por pulverización, ultra-microtomizado, que es la muestra 11 en la Tabla 2;

La Fig. 12 es el espectro XRD de una sal hidratada y deshidratada, la sal deshidratada se usó en los materiales según la presente invención; y,

40 La Fig. 13 es el espectro de XRD de dos muestras según las realizaciones de la presente invención y una aleación de aluminio silicio AA4045 de referencia, normal. El material con alto contenido de sal corresponde a la muestra 12 en la Tabla 2 y el material con bajo contenido de sal corresponde a la muestra 7 en la Tabla 2.

45 En la primera operación mostrada en la Fig. 1, el aparato 10 de formación por pulverización se usa tal como se muestra en A. El aparato 10 consiste en una cámara 12 de pulverización sellable con una artesa 14 de colada y una tolva 16 montada en la parte superior de la cámara 12. Una columna 18 vertical se extiende desde el suelo de la cámara 12 de pulverización y monta una placa 20 colectora en su superficie superior. La columna 18 es giratoria alrededor de su eje vertical y es móvil también axialmente para controlar la altura de la placa 20 colectora.

50 Durante el uso, la artesa 14 de colada se llena con metal o aleación de metal fundidos que se mantiene por encima de su temperatura de líquido en la artesa 14 de colada. La tolva 16 se llena con partículas de una sal inorgánica o una mezcla de sales inorgánicas para formar un fundente durante la soldadura fuerte. La artesa 14 de colada emite una corriente de metal o aleación de metal fundidos al interior de la cámara 12 de pulverización que es convertida

5 en una pulverización de gotitas atomizadas mediante la atomización de chorros de gas (no mostrados); la cámara de pulverización se purga primero con gas inerte, de manera que se minimice la absorción de oxígeno. Las partículas en la tolva 16 son inyectadas al interior de la cámara de pulverización para fusionarse con el metal o la aleación de metal atomizados de manera que la pulverización combinada impacte y se acumule sobre la placa 20 colectora. De esta forma, se forma un tocho 22, tal como se muestra en B en la Fig. 1, que puede ser, por ejemplo, de 500 mm de diámetro y de 2 m de longitud. La solicitud de patente WO92/15721 de Sandvik Osprey describe más detalladamente la manera en la que puede realizarse la formación por pulverización de tochos y su descripción se incorpora a la presente memoria, por referencia.

10 Una máquina 24 de forjado se muestra en C en la Fig. 1. El material depositado por pulverización es forjado para formar una plancha 26, tal como se muestra en D y E en la Fig. 1, que puede ser de 130 mm de espesor.

La plancha 26 es laminada para formar una hoja o revestimiento 28, tal como se muestra en F en la Fig. 1.

15 Una plancha 30 de aluminio relativamente gruesa puede ser revestida en sus dos superficies principales opuestas con dos de los revestimientos 28 relativamente delgados, tal como se muestra en G en la Fig. 1. Este componente 32 laminado es laminado en caliente y en frío y es enrollado en una bobina 34, tal como se muestra en H en la Fig. 1.

A continuación, la bobina H es cortada para formar los componentes 36 de aletas, tal como se muestra en I en la Fig. 1.

20 A continuación, cada componente 36 de aleta es corrugado y ensamblado en capas con los tubos 38 de intercambiador de calor, tal como se muestra en J y en detalle en K en la Fig. 1, y se sueldan en una atmósfera de nitrógeno antes de ser ensamblados con otras partes para formar el intercambiador 40 de calor completado, tal como se muestra en L en la Fig. 1, que puede usarse, por ejemplo, como un radiador de automóvil.

Ejemplo 1

25 En un ejemplo específico, la artesa 14 de colada contenía aleación fundida de aluminio con 10% en peso de silicio. En la tolva 16, las partículas sólidas eran partículas de fluoroaluminato de potasio con un diámetro promedio de 10 micrómetros. Los parámetros para la formación de pulverización eran los siguientes:

Caudal de metal	6,94 kg por minuto
Temperatura del metal	700°C
Caudal de partículas	0,71 kg por minuto
Temperatura de partículas	20°C
Gas atomizador	Nitrógeno
Temperatura del gas de nitrógeno	Temperatura ambiente
Caudal de gas	9,71 m ³ por minuto
Distancia a la placa 20 colectora	890 mm

Esto resulta en partículas de aleación metálica con un diámetro promedio de partícula de 50 micrómetros. La placa 20 colectora en la columna 18 se hace girar para asegurar una deposición uniforme y se retrae hacia abajo para mantener la distancia de separación óptima para el desplazamiento del material a la placa 20 colectora.

30 Las partículas de fluoroaluminato de potasio se funden a una temperatura de aproximadamente 560°C, que es menor que la temperatura sólida de la aleación de aluminio y silicio de aproximadamente 577°C. El material de sal inorgánica es calentado por el gas atomizador y por el contacto con las gotitas de aleación metálica de manera que se cause que las partículas de sal inorgánica se fundan al menos parcialmente antes del impacto en la placa colectora. El fluoroaluminato de potasio es insoluble en la aleación de aluminio y, de esta manera, permanece separado en el procedimiento de formación por pulverización.

35 Controlando los parámetros descritos anteriormente, puede controlarse la extracción de calor. Puede fabricarse una pieza compuesta que tiene el material de sal inorgánica atrapado en la matriz metálica de manera que la distancia máxima entre las partículas de fundente no sea mayor que el tamaño de partícula promedio de las gotitas depositadas, sino típicamente mucho menor y, de hecho, típicamente menor de 10 micrómetros. Aunque el material de sal inorgánica es inmiscible en la aleación metálica, la llegada constante de nuevas gotitas y el control

de temperatura de la solidificación significa que el material de sal inorgánica no es capaz de separarse a una macro-escala con el resultado de que el material de sal inorgánica es atrapado en el depósito de solidificación, formando la distribución requerida a lo largo del tocho compuesto resultante.

5 Cabe señalar que, debido a que el material fundente inorgánico usado es inmisible en la aleación de aluminio, entonces, si las condiciones no se mantienen correctamente, por ejemplo, si las condiciones de deposición son demasiado calientes como resultado de una extracción de calor insuficiente por el gas atomizador, el material de sal inorgánica puede macro-segregarse, resultando en un producto a partir del cual será más difícil formar un tocho coherente y trabajarlo mecánicamente y producirá resultados de soldadura fuerte menos satisfactorios y uniformes. También es posible extraer un calor excesivo desde las gotitas de aleación durante el vuelo, lo que
10 puede resultar en una microestructura en partículas con líneas de fundente que delimitan los límites de las gotitas depositadas. Dicha estructura puede ser también difícil de trabajar mecánicamente y puede contener porosidad interconectada que conduce a una oxidación interna no deseada durante el procesamiento.

Las condiciones descritas anteriormente resultan en la pieza compuesta que tiene 1,2% en peso de potasio en la aleación de aluminio silicio, lo que es equivalente a aproximadamente el 4% en peso de la sal inorgánica.

15 El contenido total de oxígeno de la pieza es de 232 ppm en peso. Debido a que es probable que la sal inorgánica tenga un contenido de oxígeno inherente por encima de este nivel, es probable que el contenido de oxígeno de la matriz de aleación sea menor de 232 ppm en peso.

Este material forma una buena unión de soldadura fuerte, tiene buena ductilidad y puede ser trabajado para formar una lámina a partir de la cual pueden formarse los componentes.

20 **Ejemplo 2**

Se fabricó una pieza compuesta de una manera similar a la del Ejemplo 1, excepto que el caudal de partículas se controló de manera que el tocho formado de esta manera tuviese un contenido de sal variable a lo largo de su longitud desde el 0,1 a más del 6% en peso. El caudal de gas se controló también para mantener las condiciones de deposición constantes durante la introducción de cantidades variables de partículas de fundente.

25 Se tomaron cinco rodajas del tocho. Las rodajas contenían aproximadamente el 0,1, 0,9, 2, 4,3 y 6% en peso de sal inorgánica, respectivamente. Las rodajas se laminaron a desde 10 mm hasta un espesor de aproximadamente 0,4 mm. Los resultados se muestran en la Tabla 1 a continuación. A partir de los resultados, se observa que la operación de laminación fue exitosa, con la excepción de la muestra que contenía un 6% de sal inorgánica, que comenzó a agrietarse a lo largo de los bordes después de un trabajo excesivo.

30 Se perforó un pequeño disco, de 5 mm de diámetro, de cada rodaja laminada (0,4 mm) y se colocó sobre una pieza que medía 17 x 28 mm de aleación de aluminio AA3003 que representaba una capa central. Las muestras se sometieron a un ciclo de soldadura fuerte estándar bajo nitrógeno en un horno. La muestra 1 (sal al 0,1%) no reaccionó, requirió tiempo para fundirse con cierta capa de óxido evidente y sin acción fundente visible. La muestra 2 (sal al 0,9%) formó una bola a la temperatura de soldadura con cierta actividad fundente superficial sobre el metal de carga, pero sin acción fundente visible sobre la pieza AA3003. Después de un corto período, la bola colapsó para humedecer la superficie. Las muestras 3, 4 y 5 (2, 4,3 y 6%, respectivamente) se derritieron rápidamente con una buena acción fundente y una buena humectación del metal de carga de la pieza. La relación de actividad de fusión se deriva de las áreas de dispersión relativas del fundente con respecto a la dispersión del metal de carga.

40 Tabla 1: Resumen de propiedades de laminado y soldadura fuerte de un material que contiene sal inorgánica variable

Nº de muestra	K % en peso	% en peso aproximado de sal inorgánica	Propiedades de laminado	Propiedades de mecanizado	Disco de soldadura fuerte	Relación de actividad de fusión
1	0,031	0,1	Buenas	Dúctil	Sin actividad fundente	0
2	0,3	0,9	Buenas	Dúctil	Marginal	1
3	0,57	2	Buenas	Dúctil	Activa	1,3
4	1,21	4,3	Buenas	Dúctil	Activa	1,5

5	1,7	6	Malas	Frágil	Muy activa	2,2
---	-----	---	-------	--------	------------	-----

Para evaluar las propiedades de soldadura fuerte como una función del contenido relativo de sal inorgánica, se perforaron muestras a intervalos de 20 mm a lo largo de la longitud del tocho variable y se colocaron aproximadamente 0,12 g del material en una pieza AA3003 para un ensayo de soldabilidad. Las muestras que contenían del 0,06 al 0,14% de sal no tenían actividad aparente de soldadura fuerte. La actividad de soldadura fuerte aumentó con el contenido de sal con una transición en la capacidad de soldadura fuerte observada entre el 0,14 y el 1,2% de sal inorgánica. El material que contenía el 1,2% o más de sal inorgánica exhibió buenas propiedades de soldadura fuerte con buena actividad de fundente con una fusión activa que humedeció y se extendió sobre la superficie de la pieza AA3003. El material que contenía el nivel más alto de sal (5,73%) mostró la mayor actividad fundente, más de lo que se requiere en la práctica para permitir un buen flujo de metal de carga.

Tabla 2: Actividad de la soldadura fuerte como una función del contenido de sal inorgánica

Nº de muestra	K % en peso	% en peso aproximado de sal inorgánica	Relación de actividad de fusión
6	0,019	0,06	Sin actividad
7	0,022	0,08	Sin actividad
8	0,048	0,14	Sin actividad
9	0,345	1,22	1,1
10	0,686	2,47	1,3
11	0,710	2,54	1,4
12	1,212	4,34	1,5
13	1,750	5,73	1,9

Se evaluó la formación de uniones soldadas entre muestras de material unido o chapado por laminación a AA3003 y laminado a un calibre final de 0,4 mm y soldado a piezas AA3003 no revestidas. Las muestras eran del tocho de contenido variable de fundente descrito anteriormente. Las muestras que contenían el 2,5 y el 5,7% en peso de sal inorgánica produjeron excelentes uniones soldadas en T con material no revestido. Se observó una buena actividad fundente con un flujo capilar rápido de metal de carga a la unión. Las uniones soldadas estaban bien definidas con un menisco suave entre las superficies de contacto. De manera similar, se formaron buenas uniones soldadas entre el material de aleta no revestido y el material de muestra revestido que contenía un 2,5% de sal inorgánica. Las uniones soldadas eran similares a las producidas entre una muestra de referencia de material revestido y una aleta que había sido decapada de una manera convencional. En ausencia de aplicación de fundente, la muestra de referencia no se soldó.

En experimentos de soldadura fuerte en copa cerrada, se produjeron buenas soldaduras internas entre las superficies revestidas de material de muestra formado que contenía el 2,5% en peso de sal inorgánica. Las muestras que habían exhibido una actividad de soldadura fuerte marginal en una pieza AA3003 formaron uniones soldadas internas aceptables cuando las superficies revestidas se soldaron entre sí, pero malas uniones soldadas externas.

La Figura 2 muestra tres representaciones gráficas de DSC. Las Figuras 2a y 2b son el material formado por pulverización de las muestras 3 y 4, respectivamente, de la Tabla 1. La Figura 2c es una aleación de aluminio-silicio AA4045 normal. Las muestras de material compuesto formado por pulverización muestran uno (a) y dos (b) picos de fusión endotérmicos a temperaturas inferiores al inicio de la fusión de la matriz de aleación de aluminio-silicio. Los picos de fusión adicionales corresponden a la fusión de la sal inorgánica.

La Figura 3 muestra una micrografía electrónica de barrido como la imagen más grande y seis imágenes más pequeñas que son mapas EDS. El material es la muestra 4 de la Tabla 1. En los mapas EDS, el brillo del contraste en el mapa es indicativo de la concentración. La escala se proporciona al pie de la micrografía principal.

La Figuras 4 y 5 son vistas equivalentes a un aumento respectivamente mayor.

Las Figuras 3, 4 y 5 muestran la distribución y la escala de la sal en la matriz de aleación, y muestran también la presencia y la distribución de las partículas de silicio.

5 La Figura 6 muestra una leyenda de TEM a partir de un material compuesto formado por pulverización, ultra-microtomizado, que es la muestra 11 en la Tabla 2. Adyacentes a la gran extracción de una partícula de Si, pueden observarse restos de fundente, tal como se indica en el espectro EDS anterior para el área con flechas. El Cu se origina en la cuadrícula de Cu usada para montar la muestra en el TEM.

10 La Figura 7 muestra otra leyenda de TEM de otra parte de una muestra de material compuesto formado por pulverización, ultra-microtomizado, que es la muestra 11 en la Tabla 2, a un mayor aumento, tal como puede verse por la escala en la micrografía. Adyacentes a la gran extracción desde una partícula de Si, pueden verse los restos de fundente, tal como se indica en el espectro EDS. Al igual que anteriormente, el Cu se origina en la cuadrícula de Cu usada para montar la muestra en el TEM. Los restos o fragmentos de partículas son el resultado esperado de la fragmentación de la capa de sal inorgánica que se forma sobre una gotita de aleación atomizada durante la pulverización después del contacto entre una gotita de aleación caliente y una partícula sólida de la sal inorgánica que es inmiscible en la aleación.

15 La Figura 8 es una representación gráfica de DSC de la sal de fluoroaluminato de potasio pura usada en las realizaciones en forma deshidratada. Se observa que hay ganancia de masa rápida tras fundirse, lo que indica la oxidación del fundente. Debido a que, en el caso del material compuesto formado por pulverización, la sal está completamente encerrada en una matriz de aluminio desde el momento de la deposición hasta que se funde de nuevo durante la operación de soldadura fuerte, la sal está protegida de la oxidación y la hidratación. De esta manera, la acción fundente se mantiene hasta el momento en el que la sal se derrite, fragmenta el óxido y se extiende sobre la superficie.

20 La Figura 9 es una leyenda de TEM a partir de una muestra ultra-microtomizada de una aleación de referencia de aluminio-silicio AA4045 enfriada directamente. Obsérvense las grandes extracciones desde las partículas de Si pálidas. Las partículas de silicio tienen un diámetro mayor de 500 nm.

La Figura 10 es una leyenda de TEM a partir de una muestra de material compuesto formado por pulverización, ultra-microtomizado, que es la muestra 11 en la Tabla 2. Se observan numerosas, pero pequeñas, extracciones desde las partículas de Si.

30 La Figura 11 es una leyenda de TEM a partir de un material de muestra de material compuesto formado por pulverización, ultra-microtomizado, que es la muestra 11 en la Tabla 2. La imagen representa una partícula rica en K-Al-F (con flechas) en un límite de grano triple. La partícula tiene aproximadamente 100 nm de ancho y, por lo tanto, es mucho más pequeña que las partículas de silicio observadas en la aleación de soldadura fuerte de referencia de la Fig. 9.

35 La Figura 12 es el espectro de XRD de una sal hidratada y deshidratada, la sal deshidratada se usó en los materiales según la presente invención. Las flechas grises indican las posiciones de los picos de $KAlF_4$, las flechas negras indican las posiciones de los picos de $K_2AlF_5(H_2O)$ mientras que las posiciones de los picos marcados con X no pudieron ser identificadas.

40 La Figura 13 es el espectro de XRD de dos muestras según las realizaciones de la presente invención y una aleación de aluminio y silicio de referencia AA4045 normal. El material con alto contenido de sal corresponde a la muestra 12 en la Tabla 2 y el material con bajo contenido de sal corresponde a la muestra 7 en la Tabla 2. Las flechas marcadas con X indican las posiciones de pico de los picos que no pudieron ser identificadas, los picos restantes tenían su origen en el aluminio metálico y el silicio.

45 El material de fluoroaluminato de potasio inyectado se deshidrata durante las etapas de inyección, vuelo y deposición. Además, contrariamente a lo esperado, el material de fluoroaluminato de potasio contenido en el interior del material compuesto formado por pulverización es cristalográficamente diferente, de manera significativa, del material de fluoroaluminato de potasio antes de la inyección o de dicho material después de la deshidratación, tal como se muestra en las Figuras 12 y 13. Las investigaciones de los presentes inventores han demostrado que la composición de fase de la sal en el material compuesto difiere marcadamente del material primo inyectado, y en partes puede aparecer como una fase amorfa debido a su fusión y posterior solidificación rápida. Las figuras indican que el punto de fusión de la sal transformada en el material compuesto es menor que el de la sal inyectada. Los experimentos llevados a cabo sobre la sal en el material compuesto usando calorimetría de barrido diferencial indican un inicio de la fusión a aproximadamente 550°C, a veces seguido por un segundo inicio de fusión a 563°C, véase la Figura 2. Esto está en claro contraste con la fusión de la sal inyectada

solamente, que muestra una única endoterma de fusión, véase la Fig. 8. Está también en claro contraste con la misma aleación de aluminio-silicio sin ninguna sal, en la que solo se observó la endoterma eutéctica normal y esperada a 577°C, véase la Fig. 2c. Esta sal inorgánica transformada resulta en una actividad fundente mejorada durante las operaciones de soldadura fuerte.

5 Las sales inorgánicas alternativas para formar fundentes incluyen tetra-, penta- y hexa-fluoroaluminatos de potasio (KAlF₄, K₂AlF₅·H₂O, K₃AlF₆), y las sales indicadas anteriormente que pueden contener también especies de hidroxifluoro- y oxifluoro-aluminio (AlF₂OH·H₂O, Al₂F₄O, AlF(OH)₂, AlFO); fluoroaluminatos de sodio (Na₃AlF₆), fluoruros de aluminio cesio (CsAlF₄, Cs₂AlF₅); silicofluoruros de potasio (K₂SiF₆, K₃SiF₇), fluoruros de zinc alcalino (KZnF₃) y sales de fluoruro de potasio y estaño (KSnF₃, KSnF₅, K₂SnF₆ y K₃SnF₇) y los hidratos de todas las sales de haluro indicadas anteriormente.

10 Aunque el material de sal inorgánica se ha descrito como suministrado como partículas sólidas desde una tolva 16, en una realización alternativa, el material de sal inorgánica podría ser suministrado en forma líquida, como la aleación metálica, y podría ser atomizada de la misma manera.

15 Se ha mostrado un tocho 22 cilíndrico, pero el procedimiento de formación por pulverización puede ser usado para fabricar tochos en numerosas formas, tales como una placa o un tubo o como productos de revestimiento.

Cuando puede aplicarse calentamiento local, un componente completo puede fabricarse como una pieza según la invención y puede unirse en su sitio mediante soldadura fuerte.

20 Cuando se requiere un componente revestido, un lingote del material de núcleo puede ser colocado sobre la superficie 20 colectora de manera que la deposición por pulverización, tal como se ha descrito, puede tener lugar directamente sobre el lingote. El componente resultante puede ser usado directamente o puede ser forjado y/o laminado, tal como se ha descrito.

25 El material formado por pulverización puede ser usado tal como se deposita, sin trabajo posterior, o puede ser trabajado según se requiera. Aunque se han descrito el laminado y el forjado, pueden llevarse a cabo otras formas de trabajo mecánico en frío o en caliente, tales como extrusión, por ejemplo, sobre las piezas fabricadas según la invención, dependiendo de los requisitos.

Aunque se ha descrito la soldadura fuerte en una atmósfera de nitrógeno, la soldadura fuerte podría tener lugar bajo una atmósfera reducida o en un vacío. En vista del bajo oxígeno inherente en una pieza realizada según la invención, no es necesario que el vacío sea un alto vacío, un vacío moderado todavía proporcionaría un buen resultado de soldadura fuerte.

30

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una pieza de soldadura fuerte, auto-fundente, en la que la pieza comprende un material compuesto formado por pulverización que comprende al menos una sal inorgánica distribuida en forma de partículas solidificadas en una matriz de aleación de aluminio, en la que la sal inorgánica es sustancialmente insoluble y sustancialmente inmiscible en el material de aleación de aluminio. en su estado fundido, en la que la sal inorgánica o las sales inorgánicas forman un fundente durante la soldadura fuerte para promover la formación de un enlace metálico inducido térmicamente, en la que la pieza es un tocho formado por pulverización.
- 10 2. Pieza según la reivindicación 1, en la que la pieza ha sido trabajada, por ejemplo, mediante forjado o laminado o extrusión.
- 15 3. Pieza según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la que el contenido de oxígeno de la matriz no es mayor de 350 ppm en peso, preferiblemente no mayor de 250 ppm en peso, más preferiblemente no mayor de 100 ppm en peso y más preferiblemente no mayor de 50ppm por peso.
- 20 4. Pieza según la reivindicación 1, 2 o 3, en la que la aleación de soldadura fuerte tiene aluminio y silicio como constituyentes principales, en la que el contenido de silicio es preferiblemente del 5 al 15% en peso, más preferiblemente del 6 al 13% en peso, más preferiblemente del 9 al 13% en peso y el contenido de silicio puede ser del 10 al 12% en peso, en la que la pieza puede contener partículas de silicio y las partículas de silicio pueden tener un diámetro promedio menor de 10 micrómetros, preferiblemente menor de 5 micrómetros, más preferiblemente menor de 3 micrómetros.
- 25 5. Pieza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que se proporciona un fundente de fluoruro de aluminio y potasio como la sal inorgánica o se proporcionan dos o más sales inorgánicas que, durante la soldadura, forman un fundente de fluoruro de aluminio y potasio o se proporciona un fundente de fluoroaluminato de potasio como la sal inorgánica o se proporcionan dos o más sales inorgánicas que, durante la soldadura fuerte, forman un fundente de fluoroaluminato de potasio.
- 30 6. Pieza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el material compuesto tiene un contenido de sal inorgánica del 0,2-10% en peso, y puede tener un contenido de sal inorgánica de al menos el 0,9% en peso, y opcionalmente tiene un contenido de sal inorgánica de al menos el 1,2% en peso y puede tener un contenido de sal inorgánica no mayor del 5% en peso y opcionalmente tiene un contenido de sal inorgánica no mayor del 4% en peso y puede tener un contenido de sal inorgánica de aproximadamente el 2-3% en peso.
- 35 7. Pieza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la o cada sal inorgánica tiene un punto de fusión más bajo que la aleación de aluminio.
- 40 8. Pieza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la sal o las sales inorgánicas forman partículas en el material compuesto de menos de 1 micrómetro de tamaño.
- 45 9. Pieza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la sal o las sales inorgánicas forman partículas en el material compuesto de entre 5 y 200 micrómetros de tamaño.
- 50 10. Pieza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la sal o las sales inorgánicas forman partículas en el material compuesto y la separación entre partículas entre las partículas de sal adyacentes es menor de 10 micrómetros y puede ser menor de 5 micrómetros.
11. Pieza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el contenido de oxígeno de la pieza no es mayor de 1.000 ppm, preferiblemente no mayor de 500 ppm, más preferiblemente no mayor de 300 ppm, más preferiblemente no mayor de 250 ppm.
12. Pieza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la pieza tiene una microestructura no particulada.
13. Pieza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la sal o las sales inorgánicas están distribuidas en forma de partículas no macro-segregadas en la matriz de aleación de aluminio de manera que la separación entre partículas entre los cristales de sal sea menor de 20 micrómetros.
14. Un componente que comprende al menos una pieza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores unida a un artículo metálico, tal como un lingote, un tocho o una plancha, en el que la pieza o cada pieza puede ser chapada por laminación sobre el artículo metálico y en el que dos de dichas piezas pueden ser unidas al artículo metálico en sus lados opuestos, y en el que el componente puede ser trabajado, por ejemplo, mediante uno o más de entre laminado en caliente, laminado en frío, extrusión y forjado y en el que el componente puede ser un

- componente a ser conectado por soldadura fuerte en un intercambiador de calor, tal como un radiador, condensador, evaporador, refrigerador de aceite, refrigerador de aire de carga o refrigerador de combustible en automoción, o un intercambiador de calor estacionario, y el componente puede ser una aleta, una placa o un tubo a ser soldados en un intercambiador de calor, tal como un radiador, condensador, evaporador, refrigerador de aceite, refrigerador de aire de carga o refrigerador de combustible en automoción, o un intercambiador de calor estacionario.
- 5
15. Procedimiento de fabricación de una pieza según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 o un componente según la reivindicación 14, en el que el procedimiento comprende las etapas de fundir una aleación de aluminio y, en una atmósfera inerte, emitir una corriente de la aleación de soldadura fuerte de aluminio fundida, atomizar la corriente de aleación de soldadura de aluminio fundida en un espray de gotitas usando un gas inerte, introducir la o cada sal inorgánica en la corriente o el espray y consolidar la aleación de soldadura fuerte de aluminio y la o cada sal mediante formación por pulverización para formar una pieza compuesta en la que la sal inorgánica está distribuida como partículas en una matriz de aleación de soldadura fuerte de aluminio.
- 10
16. Procedimiento de fabricación de una pieza de soldadura fuerte, auto-fundente, en el que el procedimiento comprende las etapas de fundir la aleación de soldadura fuerte de aluminio y, en una atmósfera inerte, emitir una corriente de la aleación de soldadura fuerte de aluminio fundida, atomizar la corriente de material de aleación de soldadura fuerte fundida de aluminio fundida en un espray de gotitas usando un gas inerte, introducir en la corriente o el espray al menos una sal inorgánica, en el que la o cada sal inorgánica es sustancialmente inmisible y sustancialmente insoluble cuando está en su forma fundida con la aleación de soldadura fuerte de aluminio, en el que la sal inorgánica o las sales inorgánicas están dispuestas para formar un fundente durante la soldadura fuerte, y consolidar la aleación de soldadura fuerte de aluminio y la o cada sal mediante formación por pulverización para formar una pieza compuesta en la que la sal inorgánica está distribuida como partículas en una matriz de aleación de soldadura fuerte de aluminio.
- 15
17. Procedimiento según la reivindicación 15 o la reivindicación 16, en el que la o cada sal inorgánica se funde y atomiza para ser formada por pulverización o en el que la sal inorgánica es introducida como partículas sólidas que pueden tener un diámetro promedio de 10 micrómetros o menos.
- 20
18. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 15, 16 y 17, en el que el material de aleación de aluminio es atomizado en gotitas con un diámetro promedio comprendido en el intervalo de 50 a 150 micrómetros.
- 25
19. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 18, en el que la o cada sal inorgánica tiene un punto de fusión más bajo que el material de aleación de aluminio.
- 30
20. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 19, en el que se causa que la sal inorgánica se funda al menos parcialmente cuando es introducida o cuando es pulverizada y puede estar fundida de manera sustancialmente completa cuando es depositada por pulverización sobre una superficie colectora con el material de aleación de aluminio.
- 35
21. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 20, en el que la sal o las sales inorgánicas forman partículas en el material compuesto y la separación entre partículas entre las partículas adyacentes es menor que el diámetro de las gotitas de aluminio-silicio a partir de las que se formó la pieza compuesta formada por pulverización, en el que preferiblemente la separación entre partículas entre las partículas adyacentes es menor de 10 micrómetros, más preferiblemente menor de 5 micrómetros.
- 40
22. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 21, en el que la extracción de calor desde las gotitas de los materiales es controlada durante la pulverización para prevenir la separación de la sal inorgánica desde la aleación de aluminio.
- 45
23. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 22, en el que el contenido de oxígeno de la pieza no es mayor de 500 ppm mayor que el contenido de oxígeno combinado de la aleación de aluminio fundida y la sal inorgánica o las sales inorgánicas antes de la atomización y la pulverización, preferiblemente no mayor de 250 ppm mayor que el contenido de oxígeno combinado de la aleación de aluminio fundida y la sal inorgánica o las sales inorgánicas antes de la atomización y la pulverización y más preferiblemente no mayor de 100 ppm mayor que el contenido de oxígeno combinado de la aleación de aluminio fundida y la sal inorgánica o las sales inorgánicas antes de la atomización y la pulverización.
- 50
24. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 23, en el que la pulverización impacta sobre una superficie colectora y se acumula en un tocho, y el procedimiento incluye la etapa de retirar el tocho dese la superficie colectora.
25. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 24, en el que la pieza es trabajada, por ejemplo,

mediante forjado o laminado o extrusión.

- 5 26. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 25, en el que el material compuesto se une a un artículo metálico tal como un lingote, un tocho o una plancha y en el que dos piezas de material compuesto pueden unirse al artículo metálico en lados opuestos del mismo y el material compuesto puede ser unido mediante chapado por laminación en caliente o en frío sobre el artículo metálico o el material compuesto puede ser unido al artículo metálico durante la consolidación de la aleación de aluminio y la sal mediante formación por pulverización, en el sentido de que los materiales son formados por pulverización sobre un artículo metálico para unirlos al mismo y preferiblemente el material compuesto y el artículo metálico son trabajados, por ejemplo, mediante uno o más de entre laminado en caliente, laminado en frío, extrusión y forjado.
- 10 27. Procedimiento de elaboración de una unión soldada, en el que el procedimiento comprende colocar una pieza según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, o colocar la parte de material compuesto de un componente según la reivindicación 14, o llevar a cabo el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 26, y colocar el material compuesto en contacto directo con otra pieza de metal o de aleación de metal y calentar la unión en ausencia de fundente adicional.
- 15 28. Procedimiento según la reivindicación 27, en el que la pieza compuesta es trabajada después de fabricada y antes de ser puesta en contacto con la otra pieza de metal o de aleación de metal, por ejemplo, mediante uno o más de entre laminado en caliente, laminado en frío, extrusión y forjado.
- 20 29. Una unión soldada entre dos piezas o partes, en la que la unión ha sido formada colocando una pieza de soldadura fuerte según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, o colocando la parte de material compuesto de un componente según la reivindicación 14 en contacto directo con otra pieza de metal o de aleación de metal y calentando la unión en ausencia de fundente adicional.
30. Una unión soldada entre dos piezas o partes, en la que la unión ha sido formada llevando a cabo el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 28, colocando el material compuesto en contacto directo con una pieza de metal o de aleación de metal, y calentando la unión en ausencia de fundente adicional.
- 25 31. Un artículo que comprende una unión soldada según la reivindicación 29 o la reivindicación 30, en el que el artículo es opcionalmente un intercambiador de calor.

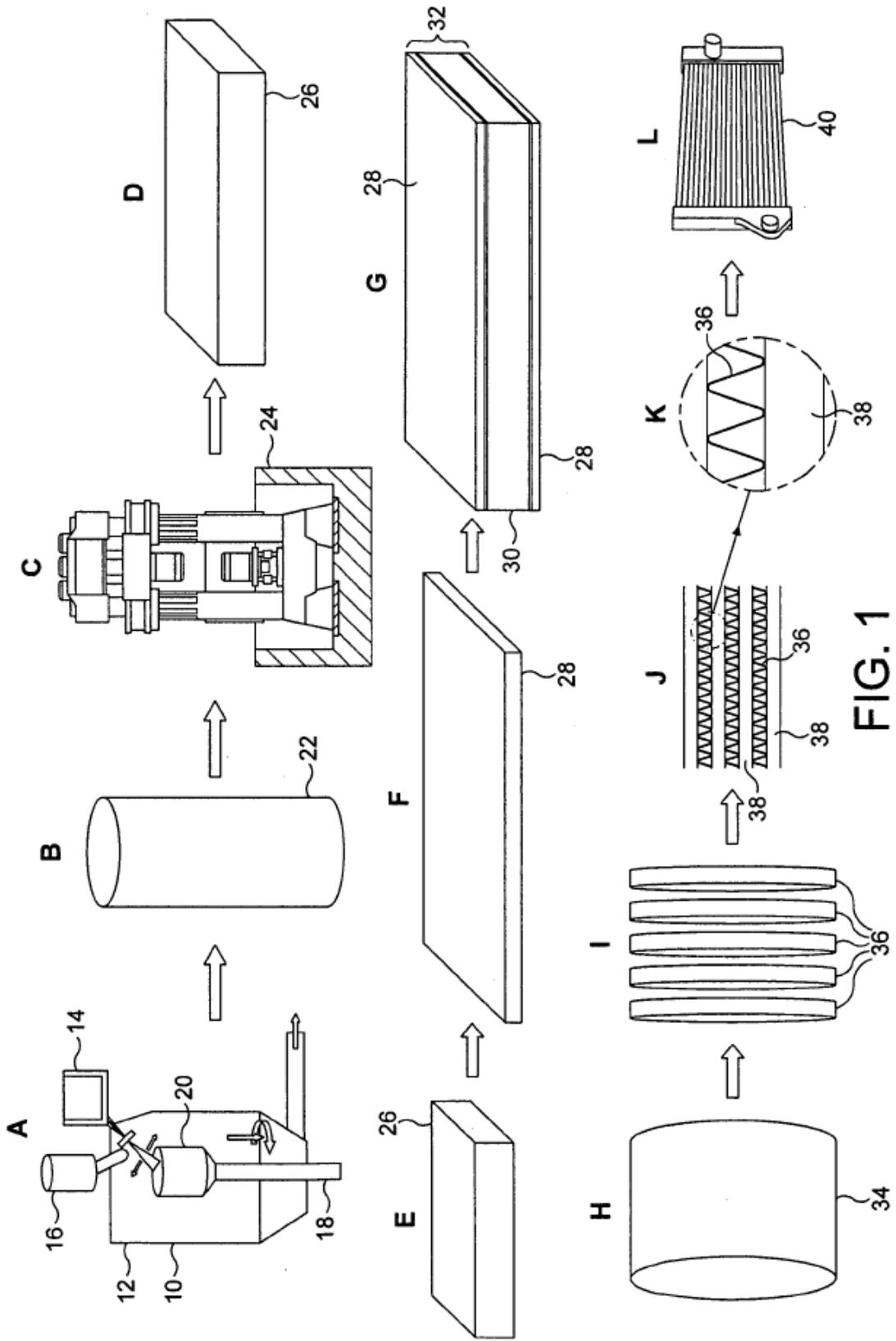
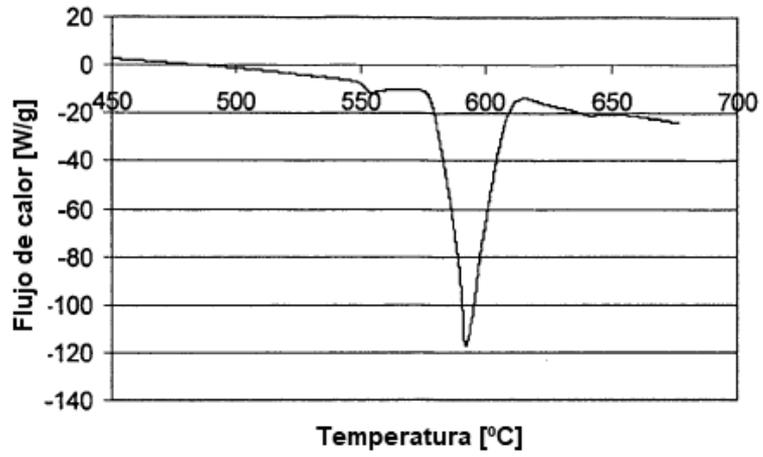
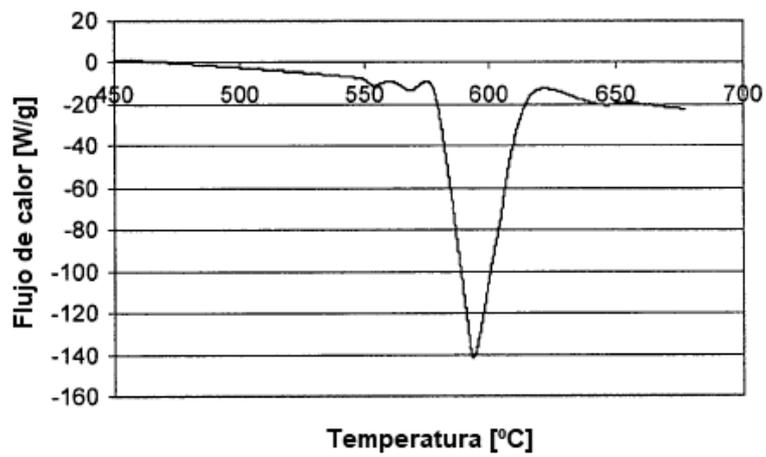


FIG. 1

a)



b)



c)

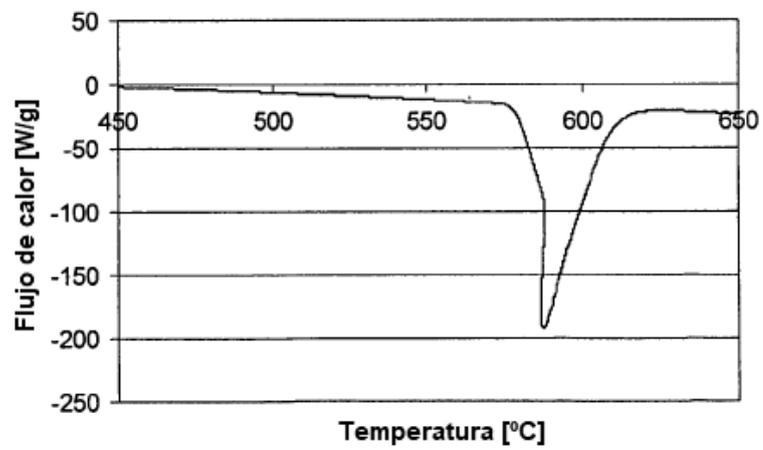


Fig. 2

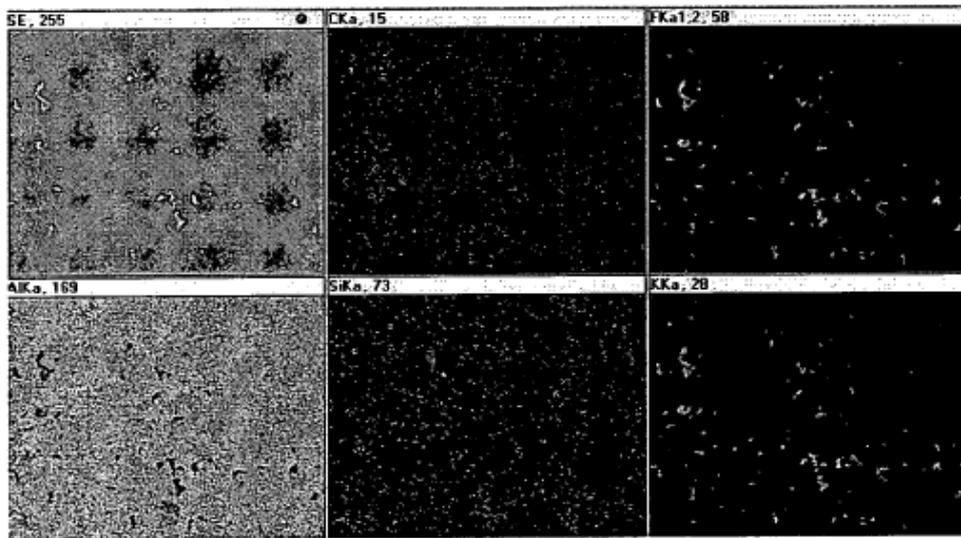
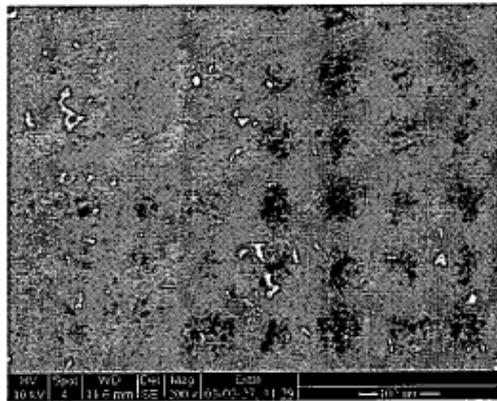


Fig 3

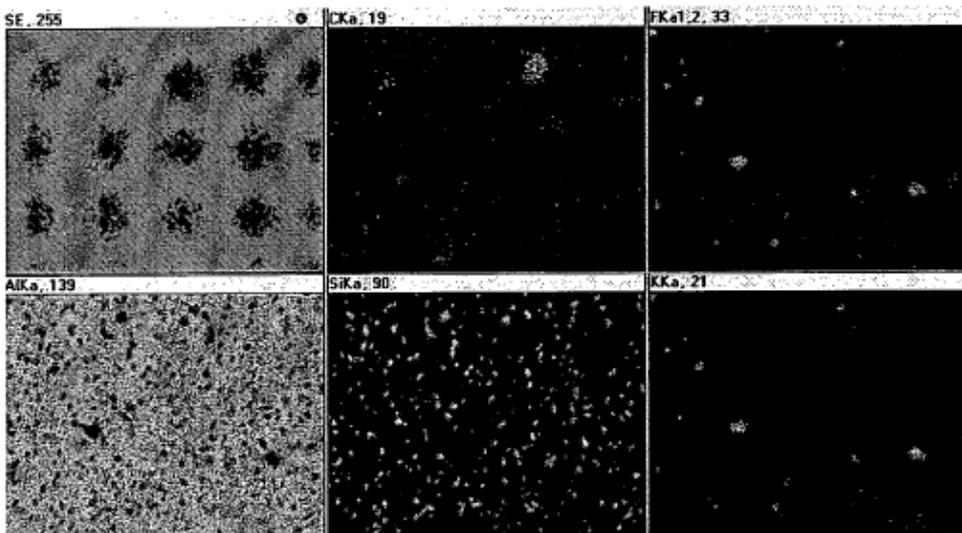
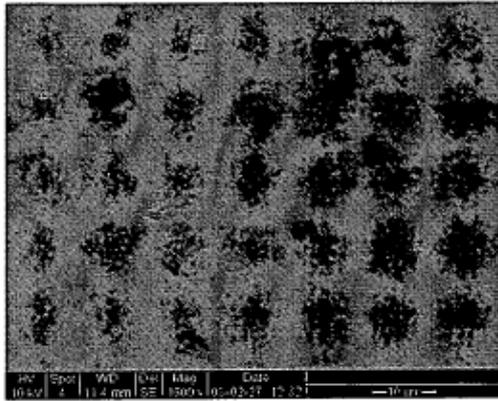


Fig 4

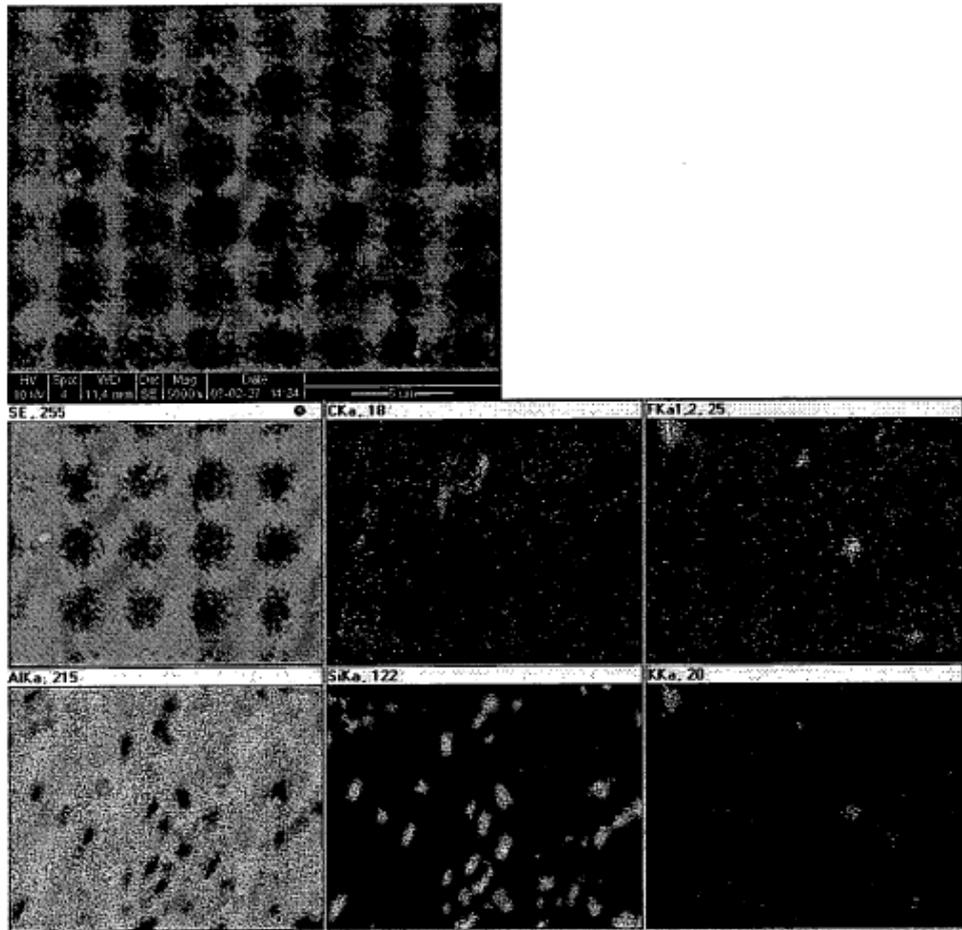


Fig 5

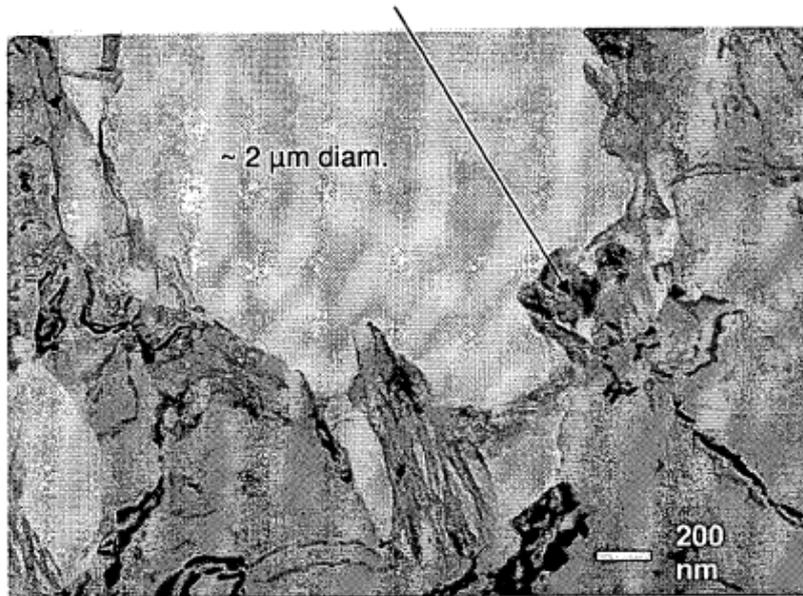
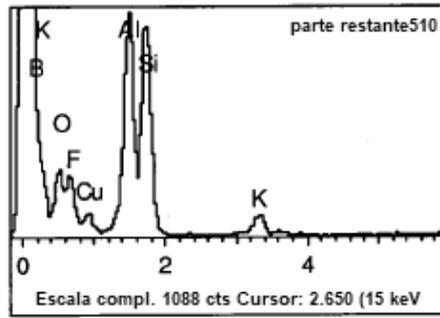


Fig 6

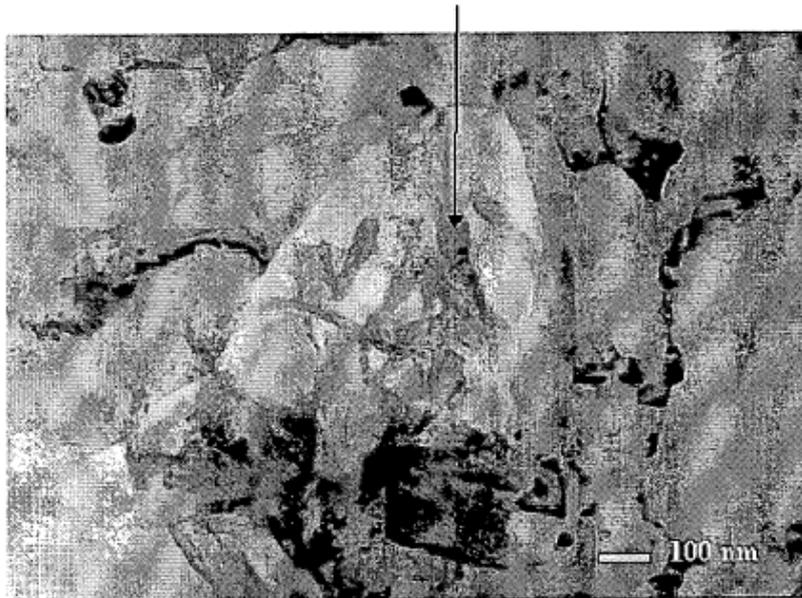
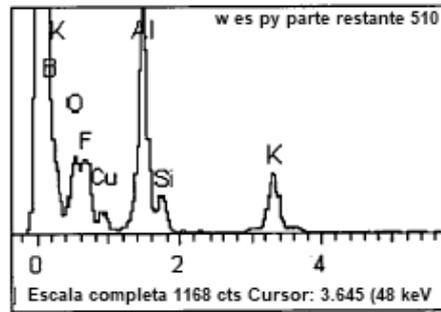


Fig 7

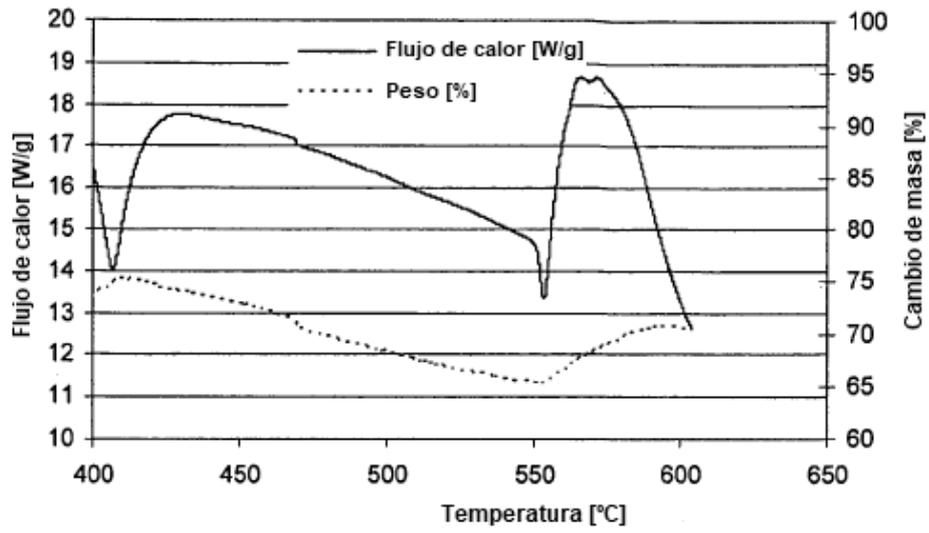


Fig. 8

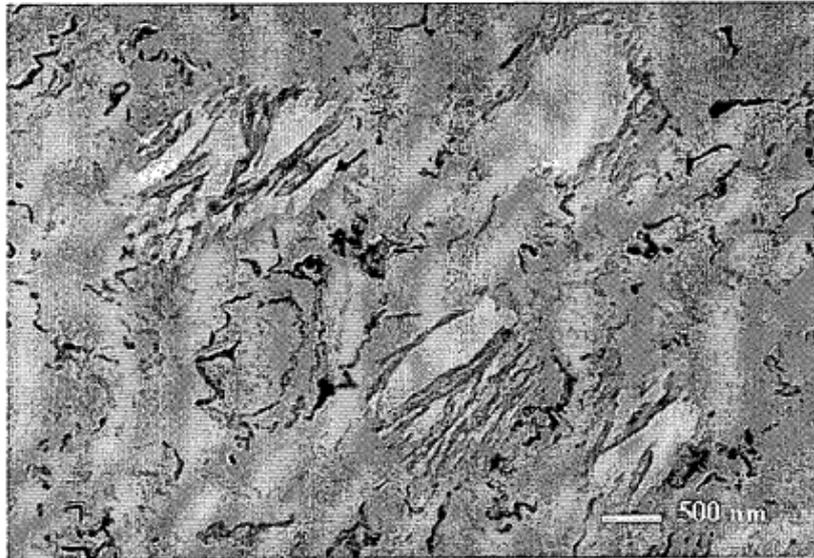


Fig 9

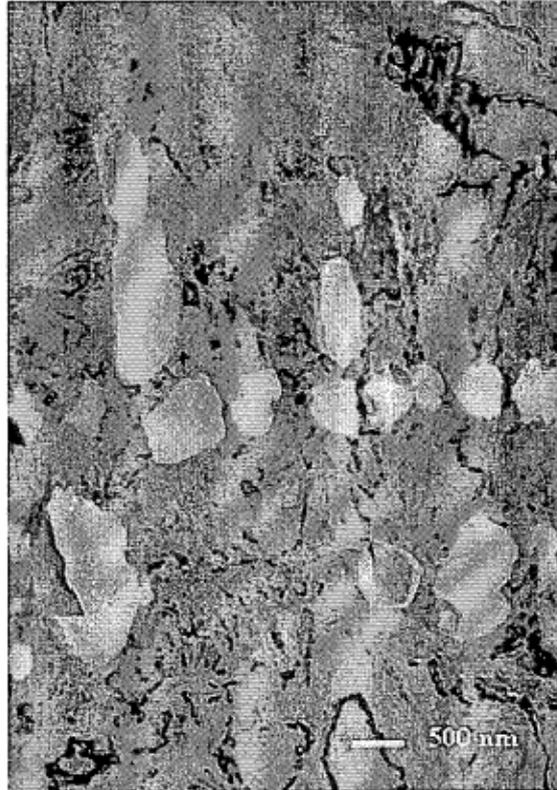


Fig 10

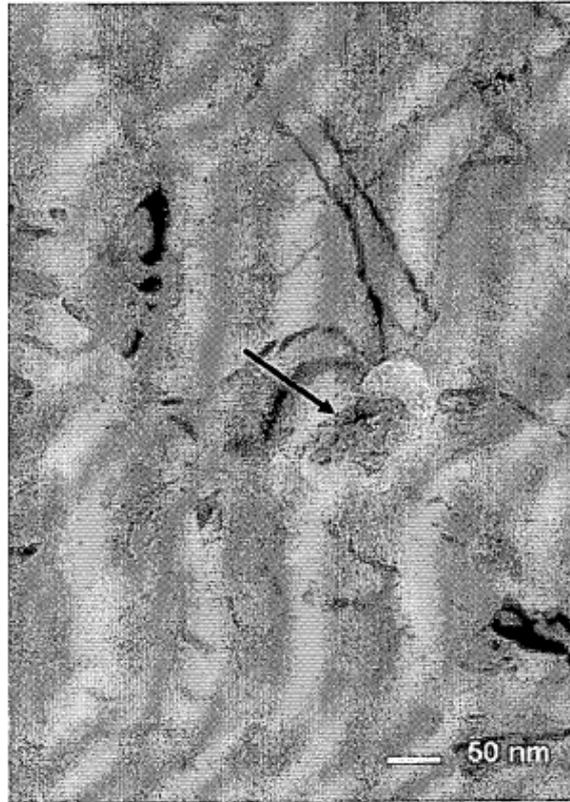


Figura 11

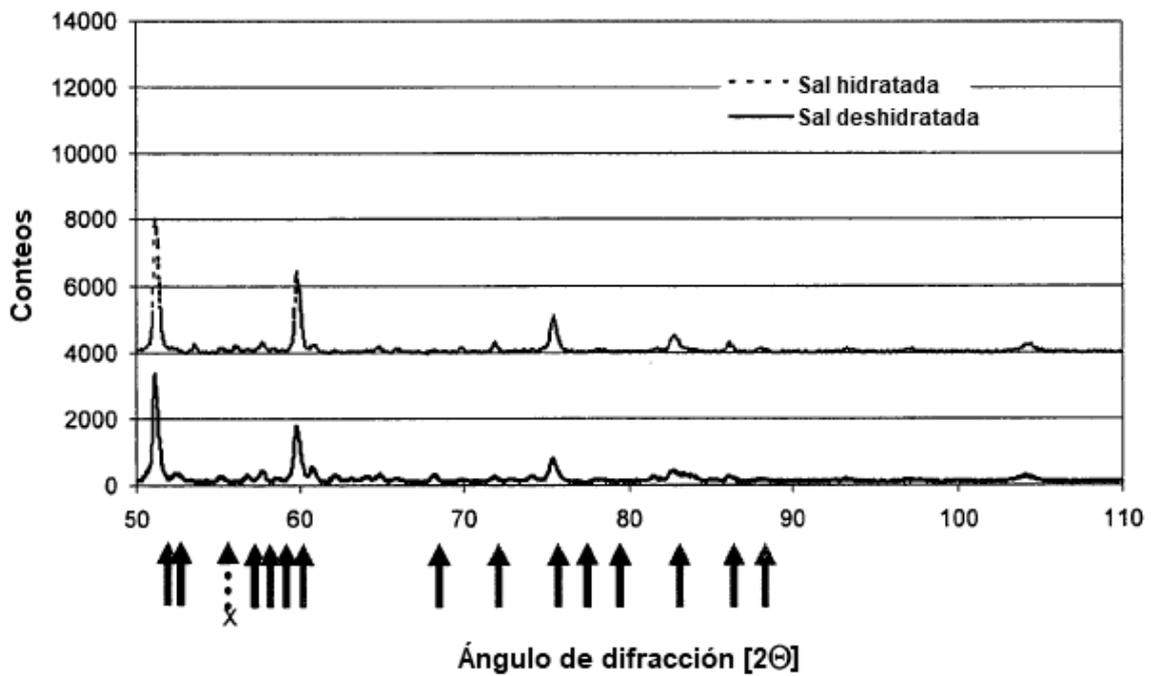
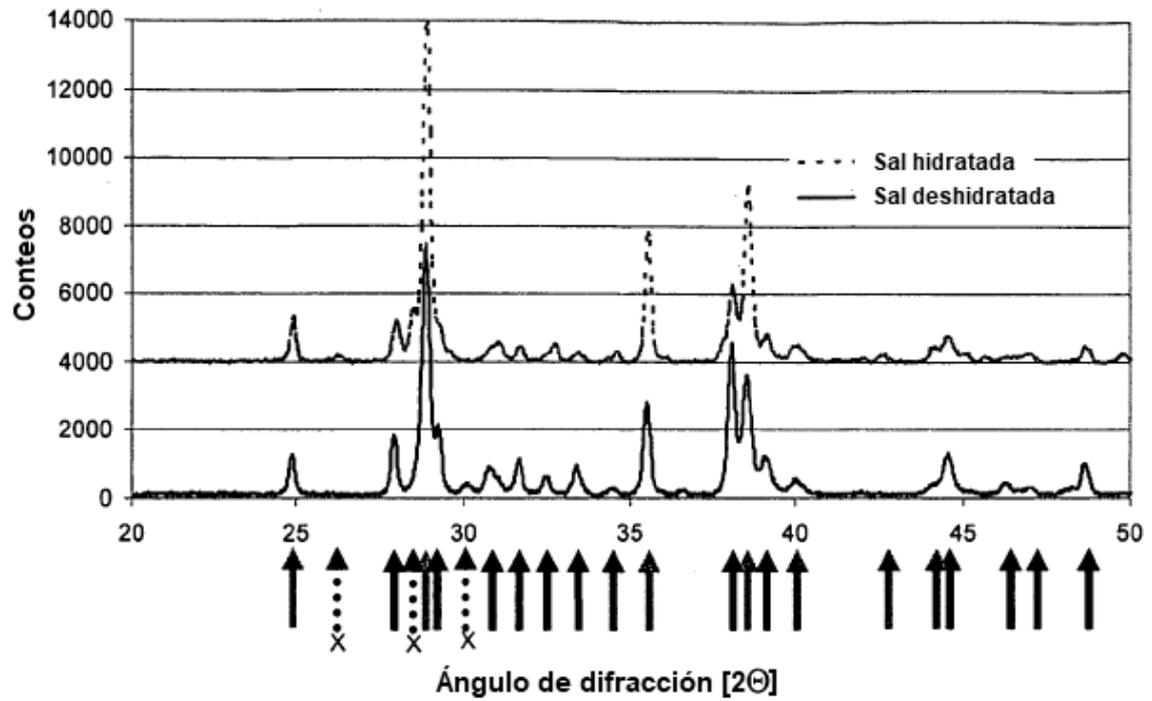


Fig 12

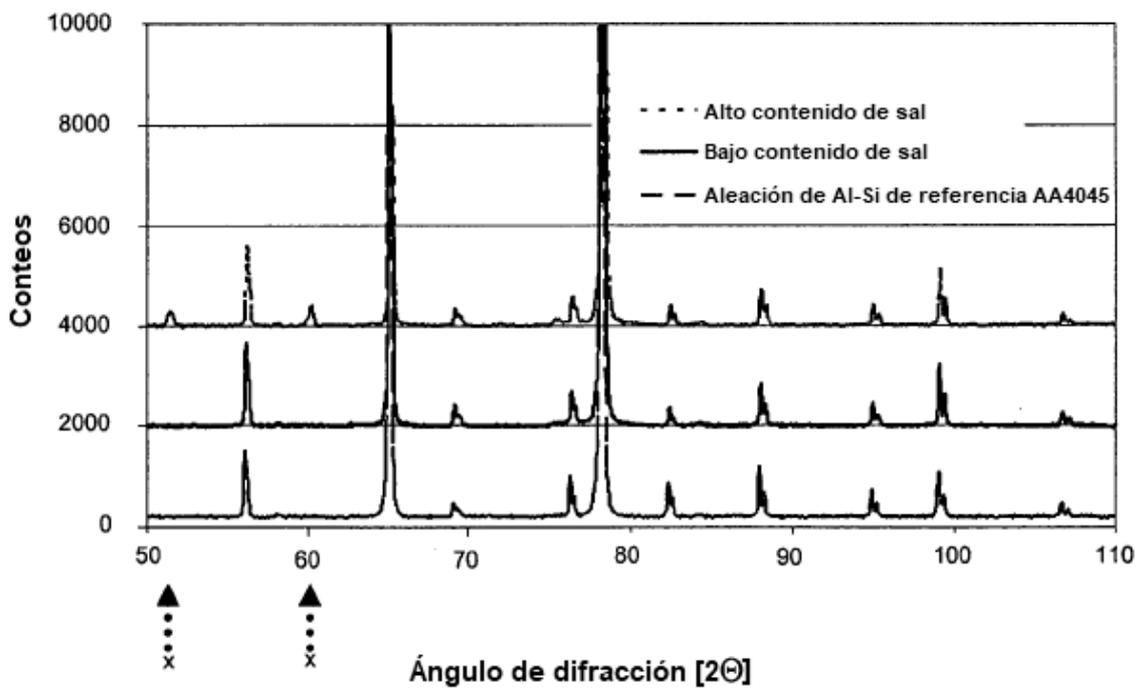
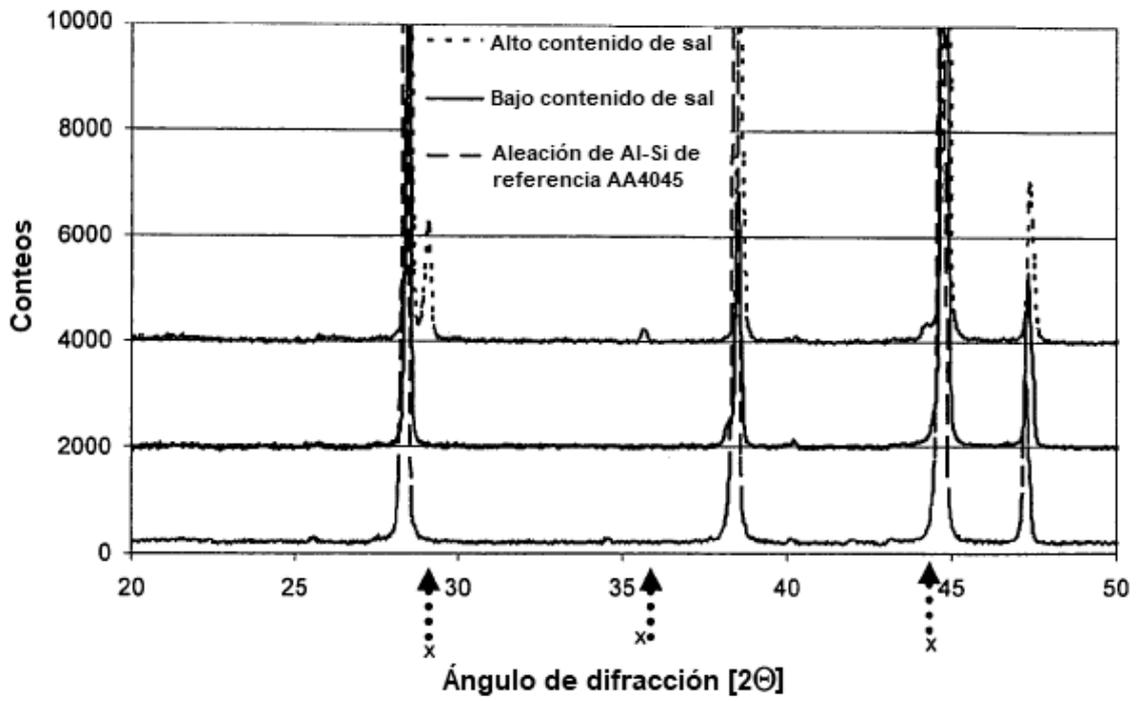


Fig 13