

11 ABR. 1963



P.- 23.802

A-64.081 Case NY-2285
SDG/JCB/SDG

283760

MEMORIA DESCRIPTIVA

QUE SE PRESENTA PARA UNIR A LA SOLICITUD

DE

PATENTE DE INVENCION

formulada el 28 Diciembre 1,962, con el nº 283.760

en

ESPAÑA

por VEINTE años

a nombre de THE INTERNATIONAL NICKEL COMPANY, INC. entidad norteamericana, establecida en 67, Wall Street, Nueva York, N.Y. E.U.A.

por:

" UN PROCEDIMIENTO PARA PRODUCIR SOLDADURAS
DE ALEACION DE FERRONIQUEL "

El presente invento se refiere a soldaduras de alta resistencia y (o) a estructuras soldadas y, más particularmente, a soldaduras de aceros de alta resistencia y a los materiales de soldadura para producir
5 tales soldaduras de alta resistencia.

Es bien conocido que una soldadura se define sencillamente como una agrupación localizada de metal en el cual la agrupación es producida por calentamiento a temperaturas adecuadas. Usualmente, el calor necesario para la agrupación produce numerosos efectos secunda-
10



rios las cuales, en función de las características de soldabilidad del metal que es soldado, frecuentemente desempeñan un papel más importante para determinar la calidad de la soldadura que acaso cualquier otro factor.

5 En general, los efectos secundarios pueden clasificarse al menos en tres grupos. En primer lugar, la solidificación del metal de soldadura derretido y sobrecalentado es usualmente muy rápida, de manera que la estructura resultante, una vez sólida, se parece a la de una fundición. Como es bien conocido, una fundición se caracteriza por lo general por segregación de los constituyentes de punto de fusión más elevado en las regiones de la fundición que solidifican primero. Estos constituyentes de alto punto de fusión también se segregan de la masa derretida durante el enfriamiento para formar dendritos dentro de la zona derretida. Necesariamente, el metal solidificado no seña homogéneo, puesto que los dendritos usualmente serán ricos en constituyentes de alto punto de fusión. Consecuentemente, la respuesta a cualquier tratamiento térmico subsecuente que pueda ser necesario será distinta en las diversas zonas de la fundición. Desde luego, esto es perjudicial. En segundo lugar, la masa de metal de soldadura en enfriamiento que está contrayéndose genera tensiones dentro de la soldadura que varían con la situación de la junta, su tamaño y la velocidad de enfriamiento. También se crean tensiones dentro y alrededor de una soldadura por los cambios de fase metalúrgica y los subsecuentes cambios de volumen durante el enfriamiento del material. No es infrecuente que estas tensiones se acerquen, y a veces hasta lo sobrepasen, al punto de fluencia del metal base. Si el metal de solda-

10

15

20

25

30

283760



4
5
10
15
20
25
30

dura, o el metal base adyacente a la soldadura, no es capaz de resistir estas tensiones, aparecen fisuras o en la soldadura o en el metal base. En tercer lugar, el calor de soldadura lleva la temperatura del metal base cerca del lugar de la soldadura hasta valores que oscilan entre el punto de fusión y una temperatura justo por encima de la ambiente. Con frecuencia existen gradientes térmicos extremadamente grandes y (o) pendientes y frecuentemente surgen tensiones elevadas. Estos fuertes gradientes producen también una amplia gama de durezas y variaciones en la estructura metalúrgica en la zona del metal base afectada por el calentamiento.

Los efectos anteriormente descritos han sido al menos parcialmente la causa de las grandes dificultades existentes en la técnica precedente para poder soldar los aceros de alta resistencia, debido a que el nivel de resistencia de estos materiales se alcanza usualmente a expensas de tenacidad y ductilidad. En otras palabras, como regla general, cuanto más alta es la resistencia del metal tanto más frágil es éste, y cuanto más frágil es tanto más dificultad presenta a ser soldado, aún cuando sólo sea sujetado suavemente. Para su elaboración, aún no siendo la fragilidad necesariamente perjudicial, puede ser ésta, y muchas veces lo es, un factor crítico en la técnica de unir estos materiales de alta resistencia entre sí o con otro metal. Por ejemplo, si un material tiene una tendencia a ser frágil, entalladuras, rayaduras y depresiones, hasta la superficie ondulada de cordones de soldadura, inducirán fácilmente fracturas frágiles. La característica más importante de una fractura frágil inducida por entalladuras etc, es que

283760



tiene lugar a niveles de sollicitación global que son sustancialmente menores que la resistencia a la rotura del material. Por ello resulta altamente importante al soldar aceros de alta resistencia el reducir las tensiones introducidas al soldar.

En orden a evitar las tensiones previamente citadas, en la técnica se recurría a calentar las piezas soldadas. De esta manera se adaptaba en la práctica cualquier medida que disminuyese los gradientes térmicos causados por el calor de la soldadura, tal como precalentar y (o) postcalentar la junta de soldadura para reducir al mínimo las tensiones resultantes en un conjunto soldado. Mientras que el precalentamiento y (o) el postcalentamiento no resultan particularmente difíciles con pequeños conjuntos de secciones finas, es casi prohibitivamente difícil el llevarlo a cabo con grandes estructuras de espesores importantes. Así, la dificultad de reducir las tensiones de soldadura en aplicaciones con espesor importante ha constituido una importante razón disuasoria para no utilizar los aceros de alta resistencia en otra cosa que pequeños conjuntos de espesor relativamente pequeño.

Otro problema con el que se enfrenta la técnica es el que casi siempre es necesario aplicar un tratamiento térmico a los conjuntos soldados de acero de alta resistencia para lograr un nivel de resistencia en la zona soldada que se aproxime al del metal base. Estos tratamientos térmicos usualmente consisten en una exposición a temperaturas elevadas durante periodos de tiempo prolongados y exigen frecuentemente una complicada serie de operaciones para desarrollar las propiedades deseadas. El aplicar

283760



esta complicada serie de tratamientos térmicos es no sólo antieconómico, sino a veces imposible a causa de la naturaleza y (o) la condición del elemento a ser soldado. De acuerdo con esto, la técnica se encuentra ante una situación extremadamente complicada cuando se trata de soldar aceros de alta resistencia.

Aunque se han hecho muchos intentos de vencer las dificultades precedentes y otras desventajas, ninguno, de los que nosotros tengamos noticias, tuvo un éxito completo cuando fué llevado comercialmente a la práctica en escala industrial.

Ahora se ha descubierto que pueden producirse soldaduras de alta tensión, de estructura martensítica, sustancialmente libres de grietas, cuando se emplee un material de soldadura especial que contiene ingredientes especiales en cantidades controladas, bajo condiciones particulares.

Un objeto del presente invento es proporcionar una soldadura de acero de alta resistencia.

Otro objeto del invento es proporcionar una estructura soldada de alta resistencia, sustancialmente libre de grietas.

Igualmente pretende proporcionar el invento un procedimiento para producir soldaduras de alta resistencia sustancialmente libres de grietas y (o) estructuras soldadas correspondientes.

Otro objeto del invento es proporcionar un metal de aportación para uso en soldadura de arco metálico bajo gas inerte, metal de aportación que está adaptado particularmente para producir soldaduras de alta resistencia

283760



sustancialmente libres de grietas.

Además pretende el invento proporcionar un procedimiento singular de soldadura de arco metálico bajo gas inerte para producir soldaduras martensíticas de hierro-niquel.

Otro objeto del invento es proporcionar un material de soldadura particularmente adaptado a producir soldaduras de alta resistencia en el procedimiento de soldadura por arco sumergido.

Todavía otro objeto del invento es proporcionar un método especial de soldadura por arco sumergido para producir soldaduras de alta resistencia sustancialmente libres de grietas.

Es también un objeto de este invento proporcionar un electrodo revestido que tenga un alambre de núcleo especial, electrodo que esté particularmente adaptado para producir soldaduras de alta resistencia sustancialmente libres de grietas que sean sustancialmente martensíticas y libres de carbono.

De una manera parecida está dentro de la pretensión del invento el proporcionar un electrodo de soldadura mejorado, de acero con contenido en níquel, electrodo que tenga un revestimiento de fundente especial conteniendo, en nueva combinación, proporciones especiales de ingredientes.

Entre los restantes objetos del presente invento se halla el proporcionar un electrodo revestido que tenga un revestimiento especial de fundente en combinación singular con un nuevo alambre de núcleo.

Otros objetos y ventajas resultarán eviden-

283760



tes a través de la descripción que sigue:

De acuerdo con el invento se proporciona un procedimiento para producir soldaduras y recubrimientos de aleación hierro-níquel martensítica, de alta resistencia, depositando por soldadura por arco en dicho miembro férri-
co una aleación de hierro y níquel, que contiene de aproximadamente 13% a aproximadamente 20% de níquel, de aproximadamente 2% a aproximadamente 13% de cobalto, de aproximadamente 2% a aproximadamente 10% de molibdeno, ascendiendo la suma de cobalto más molibdeno al menos a aproximadamente 6%, hasta aproximadamente 2% de titanio menos de aproximadamente 0,05% de carbono, hasta aproximadamente 2% de aluminio, menos de aproximadamente 1% de silicio y menos de aproximadamente 1,5% de manganeso, siendo el resto esencialmente hierro.

El invento proporciona también un material de soldadura para ser utilizado en el procedimiento según el invento, que contiene en peso de aproximadamente 13% a aproximadamente 20% de níquel, de aproximadamente 2% a aproximadamente 13% de cobalto, de aproximadamente 2% a aproximadamente 10% de molibdeno, ascendiendo la suma de cobalto más molibdeno a al menos aproximadamente 6%, hasta aproximadamente 5% de titanio, hasta aproximadamente 5% de aluminio, menos de aproximadamente 0,5% de carbono, menos de aproximadamente 1% de silicio, menos de aproximadamente 1,5% de manganeso, hasta aproximadamente 0,005% de boro, hasta aproximadamente 0,01% de zirconio, siendo el resto esencialmente hierro.

El presente procedimiento proporciona una estructura soldada que tiene una soldadura y (o) depósito de

283760



recubrimiento de una aleación hierro-niquel de alta resistencia, martensítica, no teniendo la soldadura y (o) el depósito sustancialmente grietas o porosidades. De una manera ventajosa la estructura soldada puede comprender también al menos un miembro base de una aleación férrica envejecida a martensítica, por ejemplo, una aleación martensítica de hierro y níquel de bajo contenido en carbono que puede ser endurecida por envejecimiento, tal como las que se exponen en lo que sigue. Sin embargo, un miembro base puede estar hecho también de una aleación férrica que contenga hasta aproximadamente 1% de carbono y esté caracterizada por un punto de fluencia de al menos 56 kg/mm^2 , como también puede ser de acero al carbono no aleado o de acero de baja aleación como se expone en lo que sigue. En general el depósito aportado al miembro contiene, en tanto por ciento en peso, de aproximadamente 13% a aproximadamente 20% de níquel, por ejemplo, de aproximadamente 15% a aproximadamente 20%, de aproximadamente 2% a aproximadamente 13% de cobalto, de aproximadamente 2% a aproximadamente 10% de molibdeno, ascendiendo la suma de cobalto más molibdeno a un valor comprendido entre aproximadamente 6% y aproximadamente 23%, hasta 2% de titanio, por ejemplo, hasta 1%, menos de aproximadamente 0,5% de carbono, por ejemplo, hasta aproximadamente 0,15%, hasta aproximadamente 2% de aluminio, por ejemplo, hasta aproximadamente 1%, menos de aproximadamente 1% de silicio, por ejemplo, hasta 0,5%, hasta aproximadamente 1,5% de manganeso, por ejemplo hasta aproximadamente 0,5% con el resto esencialmente hierro. Además, la soldadura puede contener hasta aproximadamente 0,005% de boro y hasta aproximadamente 0,01% de zirconio. Sin embargo,

283760



ventajosamente, el boro y el zirconio se limitan a un máximo de aproximadamente 0,003% y aproximadamente 0,007%, respectivamente.

Ventajosamente, el depósito contiene, en peso, de aproximadamente 17,5% a aproximadamente 18,5% de níquel, de aproximadamente 7,5% a aproximadamente 8,5% de cobalto, de aproximadamente 4% a aproximadamente 5% de molibdeno, hasta aproximadamente 1% de titanio, hasta aproximadamente 1% de aluminio, ascendiendo la suma de titanio y aluminio a valores comprendidos entre aproximadamente 0,2% a aproximadamente 1%, por ejemplo de aproximadamente 0,2% a aproximadamente 0,4%, menos de aproximadamente 0,03% de carbono, menos de aproximadamente 0,1% de silicio, menos de aproximadamente 0,01% de fósforo, menos de aproximadamente 0,01% de azufre, siendo el resto esencialmente hierro. Tales soldaduras y (o) recubrimientos en estado como salen del proceso de soldar tienen excelentes resistencias, en general una resistencia a la rotura por tracción de al menos alrededor de 105 kg/mm^2 . Además, en estado de haber sido tratados térmicamente después de la soldadura, esto es, cuando han sido calentados a aproximadamente 455 C hasta aproximadamente 540 C durante aproximadamente de una a tres horas, estos depósitos tienen una estructura martensítica, resistencias de tracción de las muestras entallada (N.T.S.) y resistencias de rotura a la tracción (U.T.S.) de al menos alrededor de 154 kg/mm^2 y un punto de fluencia (Y.S.) al 0,2% de deformación permanente de al menos alrededor de 140 kg/mm^2 . Generalmente, un tratamiento térmico postsoldadura adecuado para las soldaduras o los recubrimientos consiste en calentar la soldadura y la zona afectada

283760



tada por el calor, es decir, la zona adyacente al depósito, a una temperatura comprendida entre aproximadamente 425°C y aproximadamente 540°C durante desde aproximadamente 5 minutos hasta aproximadamente 6 horas. De manera ventajosa, se expone la zona afectada por el calor y el metal de la soldadura a un tratamiento térmico postsoldadura de desde aproximadamente 1 hora hasta aproximadamente 3 horas a temperaturas comprendidas entre aproximadamente 455°C y aproximadamente 540°C, con el fin de obtener las resistencias precedentemente mencionadas. Más ventajosamente, el tratamiento térmico postsoldadura consiste en un calentamiento a aproximadamente 482°C durante aproximadamente 3 horas, en orden a lograr el resultado óptimo.

Depósitos que tengan la composición arriba detallada pueden producirse por soldadura de arco sumergido, por soldadura de arco metálico bajo gas inerte, incluyendo soldadura de arco de wolframio bajo gas inerte así como soldadura de arco en una atmósfera inerte con un electrodo metálico desnudo, y por soldadura de arco con electrodo revestido.

Cuando se suelda por el procedimiento de soldadura de arco sumergido, el metal de aportación y (o) el alambre contienen los siguientes ingredientes en las cantidades indicadas (en tanto por ciento en peso) en la tabla I.



T A B L A I

	<u>Ingrediente</u>	<u>Proporción</u>	<u>Proporción preferente</u>
5	Niquel	Aprox. 13 a aprox. 20	aprox. 15 a aprox. 20, p.ej., aprox. 17,5 a aprox. 18,5
	Cobalto (Co)	aprox. 2 a aprox. 13	aprox. 7,5 a aprox. 8,5
	Molibdono (Mo)	aprox. 2 a aprox. 10	aprox. 4 a aprox. 5
	Co + Mo	aprox. 6 a aprox. 23	
10	Titanio (Ti)	hasta aprox. 5	hasta aprox. 3
	Aluminio (Al)	hasta aprox. 5	hasta aprox. 3
	Ti + Al	aprox. 1 a aprox. 5	aprox. 2 a aprox. 3
	Carbone	menos de aprox. 0,5	hasta aprox. 0,03
15	Silicio	menos de aprox. 1	hasta aprox. 0,1
	Manganeso	menos de aprox. 1,5	hasta aprox. 0,1
	Boro	hasta aprox. 0,005	hasta aprox. 0,001
20	Zirconio	hasta aprox. 0,01	hasta aprox. 0,007
	Hierro	resto	resto

25 Es ventajoso que el metal de aportación para arco sumergido según este invento contenga menos de alrededor de 0,01% de azufre, 0,1% de manganeso y 0,01% de fósforo.

30 De acuerdo con este invento, al soldar por el procedimiento de arco sumergido puede emplearse cualquiera de los fundentes disponibles en el mercado que sean metalúrgicamente neutros, en especial aquellos fundentes que no contengan sustancias capaces de desarrollar gran-

283760

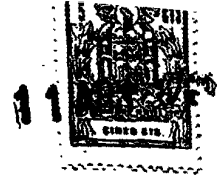


des cantidades de gases. Sin embargo, el tipo particular de fundente empleado depende del tipo particular de trabajo de soldadura a realizar, por ejemplo, del procedimiento de soldadura, del tipo de junta y de la composición exacta del material a ser soldado.

Metales de aportación para arco sumergido que tengan composiciones dentro de los márgenes arriba expuestos (Tabla I) son particularmente ventajosos, puesto que permiten obtener soldaduras sustancialmente libres de grietas y porosidades con rendimientos de hasta alrededor de 45 kg por hora. Desde luego, como es bien conocido en la técnica, para lograr propiedades óptimas se efectúan algunos ajustes de velocidad. Adicionalmente, estos metales de aportación pueden utilizarse para unir elementos de espesor muy elevado, en general 25 mm, y aún mayor, aún cuando las piezas metálicas a ser soldadas se encuentren rígidamente sujetas.

El electrodo revestido para producir soldaduras y (o) recubrimientos por soldadura de arco eléctrico que tiene la composición precedentemente expuesta, la misma que la del metal de aportación para empleo en el procedimiento por arco sumergido, contiene un núcleo de acero con contenido en níquel, y está estudiado, desde luego, para ser usado con un fundente. De acuerdo con este invento, el núcleo de alambre del electrodo revestido contiene de aproximadamente 13% a aproximadamente 20% de níquel, por ejemplo, de aproximadamente 15% a aproximadamente 20%, de aproximadamente 2% a aproximadamente 13% de cobalto, de aproximadamente 2% a aproximadamente 10% de molibdeno, ascendiendo la suma de cobalto más molibdeno

283760



al menos a aproximadamente 6%, hasta alrededor de un 5% de titanio, menos de aproximadamente 0,5% de carbono, menos de aproximadamente 1% de silicio, menos de aproximadamente 1,5% de manganeso, hasta alrededor de un 5% de aluminio, quedando la suma de aluminio y titanio entre aproximadamente 1% y aproximadamente 5%, menos de aproximadamente 0,005% de boro, menos de aproximadamente 0,01% de zirconio y el resto esencialmente de hierro.

Los ingredientes en las proporciones anteriormente expuestas para ambos materiales de soldadura para uso con fundente, es decir, el metal de aportación para arco sumergido y el núcleo de alambre para el electrodo revestido, son esenciales para el presente invento.

Solamente cuando el material de soldadura contiene tales ingredientes en las proporciones arriba indicadas hay seguridad de producir soldaduras de alta resistencia que sean sustancialmente libres de grietas y porosidades, de acuerdo con este invento. Mientras que pueden estar presentes titanio y aluminio conjuntamente en los materiales de soldadura, el requerimiento esencial consiste en que

al menos uno de estos elementos esté presente y en que la cantidad total de ambos esté comprendida entre alrededor de 1% y aproximadamente 5%, puesto que uno cualquiera de estos ingredientes, o ambos, en combinación con el resto

de ingredientes, es primariamente responsable de reducir al mínimo las tendencias al agrietamiento en caliente y a la porosidad. De manera ventajosa, para lograr propiedades óptimas en particular al soldar elementos fuertemente sujetos y (o) de gran espesor, hay en los materiales de soldadura cantidades de aproximadamente 2% a



aproximadamente 3% de titanio, aluminio o ambos. Mientras que la existencia de uno cualquiera de estos elementos, o ambos, en los materiales de soldadura según este invento es esencial, no es necesario que una cantidad específica de titanio o aluminio, o de ambos, sea recuperada en el material depositado para que se obtenga depósitos sustancialmente libres de grietas y de porosidades. En general, aproximadamente entre el 10% y el 35% de todo el titanio o aluminio contenido en el material de soldadura vuelve a aparecer en los depósitos de material soldado cuando se suelda con un electrodo revestido.

Ventajosamente, el electrodo revestido de este invento comprende un núcleo de alambre de acero con contenido de níquel y un revestimiento de fundente. El alambre del núcleo contiene, en tanto por ciento en peso, de aproximadamente 17,5% a aproximadamente 18,5% de níquel, de aproximadamente 7,5% a aproximadamente 8,5% de cobalto, de aproximadamente 4% a aproximadamente 5% de molibdeno, hasta alrededor de 3% de titanio, hasta alrededor de 3% de aluminio, estando comprendida la suma de aluminio más titanio entre aproximadamente 2% y aproximadamente 3%, hasta alrededor de 0,03% de carbono, alrededor de 0,1% de silicio, hasta alrededor de 0,1% de manganeso, menos de aproximadamente 0,01% de fósforo y menos de aproximadamente 0,01% de azufre. Es ventajoso limitar el boro y el zirconio a un mínimo, es decir, menos de alrededor de 0,001% de boro y 0,007% de zirconio. Ventajosamente, el alambre de núcleo se funde en vacío. Sin embargo, un alambre fundido en presencia de aire es también utilizable y cae dentro del alcance del presente invento.



En combinación con el núcleo de alambre según este invento pueden utilizarse para el revestimiento compuestos de fundente conocidos, que contengan ingredientes formadores de fundente y formadores de escoria, como comprenderán fácilmente los familiarizados con esta materia. Un fundente particularmente ventajoso para ser usado con los alambres para núcleos arriba mencionados que tengan composiciones bien del margen amplio bien dentro del preferente, contiene los ingredientes en las cantidades indicadas en la Tabla II (en tanto por ciento en peso para el fundente seco).

T A B L A II

15	Ingrediente	Proporción	Proporción preferente
20	Carbonato metálico de Tierras Alcalinas, elegido entre el grupo formado por: carbonato cálcico, carbonato de bario, carbonato de estroncio y combinaciones de éstos.	aprox. 25 a aprox. 45	30 a 40
	Criolita	aprox. 30 a aprox. 50	35 a 45
	Dióxido de titanio (Rutile)	hasta aprox. 30	hasta aprox. 20

Mientras que tal como se indica en la Tabla II el fundente para el recubrimiento puede contener dióxido de titanio, el fundente está sustancialmente exento de titanio elemental y (o) metálico. Ventajosamente, el carbonato metálico de tierras alcalinas empleado en el fundente según este invento es carbonato cálcico, ya que permite un empleo más amplio del electrodo. De manera ventajosa

283760



se emplean los ingredientes en forma pulverenta al fabricar el fundente. En general, los ingredientes mezclados tienen usualmente un tamaño de partícula comprendido entre aproximadamente 60 micras y aproximadamente 300 micras. Los revestimientos de electrodos que tengan esta combinación de ingredientes proporcionan condiciones de funcionamiento óptimas y en conjunción con el núcleo de alambre se logra con ellos la deseada calidad de alto nivel de soldadura y (o) recubrimiento en combinación con unas características de empleo excelentes. Adicionalmente a los precedentes ingredientes tabulados en la Tabla II, pueden adicionarse al fundente seco ayudas para la extrusionabilidad, tales como bentonita o arcillas coloidales similares, y humectantes, tales como alginatos, gomas, glicolatos, celulosa carboximetflica sódica etc., hasta cantidades totales de aproximadamente un 5% del revestimiento.

Un aglomerante que se disperse en agua es empleado usualmente con el fundente para lograr un revestimiento duradero y duro sobre el núcleo de alambre después de haber sido secado y recocado. Ventajosamente, el aglomerante es del tipo de silicato, ya que produce un revestimiento duradero, es decir, un revestimiento que es resistente a acción mecánica pero no necesita ser recocado antes del uso. El aglomerante de silicato puede ser una solución acuosa de silicato sódico y (o) silicato potásico. La siguiente Tabla III da las cantidades que pueden utilizarse para el aglomerante (en tanto por ciento de peso del fundente seco). Conviene tener en cuenta que puede emplearse también una solución de silicatos con un peso específico diferente del que se indica aquí, como fá-



cilmente comprenderán los familiarizados con esta materia.

T A B L A III

<u>Ingrediente</u>	<u>Proporción</u>	<u>Ejemplo</u>
5 Solución de Silica- to Sódico (47º Baumé)	aprox. 10 a aprox. 20	15
Agua	La necesaria para pro- porcionar consistencia extrusible.	2

10 El revestimiento de fundente puede aplicar-
se al núcleo de alambre por cualquier procedimiento ade-
cuado, en general, por medio de un procedimiento de extrusión
y secarse sobre la superficie del alambre por medio de un
secado y (o) cocido adecuado. Resulta así un revestimien-
15 to adherente duro de elevada resistencia mecánica, relativamen-
te resistente a la acción mecánica bajo condiciones de ma-
nipulación normales. Un tratamiento de secado y cocido sa-
tisfactorio para la mezcla de fundente y aglomerante com-
prende un tratamiento de secado normal en horno continuo
seguido de un tratamiento de cocido con incremento progre-
20 sivo de temperatura hasta alrededor de 315°C y sostenimien-
to a este nivel durante aproximadamente 2 horas.

25 En la Tabla IV se dan ejemplos de dimensio-
nes de electrodos revestidos típicos (diámetro del núcleo
más espesor del fundente). Todas las medidas están dadas
en milímetros.



T A B L A IV

<u>Diámetro del núcleo</u>	<u>Diámetro del electrodo, margen</u>	<u>Diámetro del electrodo, ejemp.</u>
2,38	3,05 a 3,81	3,3
3,175	4,32 a 5,08	4,57
3,97	5,33 a 5,84	5,59
4,76	6,35 a 6,86	6,6

10 Sin embargo, como resultará evidente a los familiarizados con la materia, es posible separarse notablemente de las relaciones entre diámetro del núcleo y espesor del fundente que se han dado en la Tabla precedente. Sin embargo, el revestimiento de fundente usualmente constituye aproximadamente del 25% al 35% del peso del electrodo, incluyendo los ingredientes formadores de escoria y los

15 formadores de fundente.

Las soldaduras y (o) los recubrimientos producidos utilizando el electrodo revestido preferente de este invento se tratan después de la soldadura térmicamente calentandolos a temperaturas comprendidas aproximadamente

20 entre 455 C y 540 C durante tiempos comprendidos aproximadamente entre 1 y 3 horas, y, con ventaja, calentándolos a aproximadamente 480 C durante alrededor de 3 horas. Estas soldaduras tratadas térmicamente después de soldadas tienen

25 resistencia a la tracción de la muestra entallada y resistencia de rotura a tracción por encima de 155 kg/mm² y un punto de fluencia por encima de 140 kg/mm². Usando este electrodo no es necesario un tratamiento térmico previo del metal base y pueden utilizarse sin efecto adverso alguno

30 bajas temperaturas entrepasadas, esto significa, la tempera-

283760



tura más baja del metal de soldadura depositado antes de comenzar la pasada siguiente. Así, una temperatura entre pasadas tan baja como aproximadamente 40°C, o aún más baja, no afecta adversamente ni a la resistencia ni a la calidad de la soldadura.

El alambre de aportación para ser utilizado en soldadura al arco bajo gas inerte, incluyendo soldadura de arco de wolframio bajo gas inerte y soldadura al arco con electrodo de material de aportación bajo gas inerte, para producir soldaduras que tengan las composiciones arriba citadas contiene, en peso, de aproximadamente 13% a aproximadamente 20% de níquel, de aproximadamente 2% a aproximadamente 13% de cobalto, de aproximadamente 2% a aproximadamente 10% de molibdeno, alcanzando la suma de molibdeno más cobalto al menos alrededor de 6%, hasta alrededor de 0,5% de titanio, hasta alrededor de 0,5% de aluminio, estando comprendida la suma de titanio más aluminio entre aproximadamente 0,1% y aproximadamente 0,5%, menos de aproximadamente 0,5% de carbono, hasta alrededor de 1% de silicio y menos de aproximadamente 1,5% de manganeso, siendo el resto esencialmente hierro. Además, puede haber presencia de boro y zirconio en cantidades de alrededor de 0,005% y alrededor de 0,01% respectivamente. Ventajosamente el contenido en boro es no superior a alrededor de 0,003% y el de zirconio, no superior a alrededor de 0,007%, puesto que cada uno de estos elementos afecta perjudicialmente a la calidad de la soldadura. Debe notarse que, mientras que pueden estar presentes tanto el titanio como el aluminio en el metal de aportación para soldadura al arco bajo gas inerte según este invento, constituye un requerimiento



esencial que al menos uno de estos elementos esté presente y que la cantidad total de ambos esté comprendida entre aproximadamente 0,1% y aproximadamente 0,5% para asegurar limpieza sustancial de grietas y(o) porosidades. En este mismo sentido, mientras que resulta que el titanio o el aluminio o conjuntamente el titanio y el aluminio son esenciales en el metal de aportación para soldadura bajo gas inerte según este invento, no es necesario recuperar uno o ambos de estos elementos en los depósitos, aunque hasta un 90% puede ser recuperado en el depósito. Por lo tanto, depósitos producidos por los metales de aportación para soldadura al arco bajo gas inerte según este invento pueden contener hasta aproximadamente 0,4% de titanio, por ejemplo, desde aproximadamente 0,2% hasta aproximadamente 0,4%, y hasta alrededor de 0,4% de aluminio, por ejemplo, entre aproximadamente 0,2% y 0,4%.

Cuando se desea hacer soldaduras en juntas fuertemente sujetas, por ejemplo, en piezas gruesas de más de aproximadamente 25 mm de espesor, y donde sea un requerimiento alta calidad de soldadura, es decir, que no haya tendencia a la porosidad y al agrietamiento, el alambre de aportación para el procedimiento de arco metálico bajo gas inerte es ventajosamente de metal fundido en vacío. El fundir en vacío tiene el efecto de eliminar la sensibilidad al agrietamiento transversal en soldaduras fuertemente sujetas y (o) de gran espesor. Ventajosamente, el alambre de aportación fundido en vacío contiene, en peso, de aproximadamente 17,5% a aproximadamente 18,5% de níquel, de aproximadamente 7,5% a aproximadamente 8,5% de cobalto, de aproximadamente 4% a aproximadamente 5% de molibdeno, hasta alrededor 0,5% de titanio, hasta alrededor

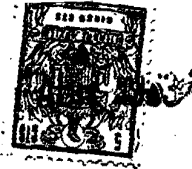
283730



de 0,5% de aluminio, estando comprendida la suma de aluminio y titanio entre aproximadamente 0,35% y aproximadamente 0,5%, menos de aproximadamente 0,03% de carbono, menos de aproximadamente 0,1% de silicio, menos de aproximadamente 0,01% de fósforo y menos de aproximadamente 0,01% de azufre, siendo el resto esencialmente hierro.

Cada uno de los ingredientes arriba mencionados del alambre de aportación fundido en vacío, en las proporciones especiales arriba mencionadas, tiene una función especial en combinación con cada uno de los otros componentes del alambre de aportación fundido en vacío. Por ejemplo, el titanio o el aluminio, o ambos, en cantidades de al menos alrededor de 0,35% son necesarios para eliminar la porosidad y el agrietamiento longitudinal en caliente cuando se suelde elementos de gran espesor y (o) fuertemente sujetos. En relación con esto, el titanio, el aluminio o ambos conjuntamente no pueden, sin embargo, sobrepasar aproximadamente un 0,5%, pues entonces empezaría a desarrollarse otra vez la sensibilidad al agrietamiento en soldaduras de arco metálico bajo gas inerte. Además, cuando uno de estos elementos, o ambos, excedan en total de 0,5% aparece en la superficie de soldadura algo de óxido, que, desde luego, es perjudicial. Cuando en el procedimiento de soldadura de arco metálico bajo gas inerte se ajusta uno a la combinación ventajosa arriba detallada de ingredientes en proporciones especiales, se logran soldaduras que tienen el R.T.M. y el R.R.T. por encima de 155 kg/mm^2 y el L.E. (para 0,2% de deformación permanente) por encima de 140 kg/mm^2 , después de tratamiento térmico según la manera arriba descrita. Adicionalmente, estas soldaduras es-

283760



5 tá sustancialmente libres de grietas y porosidades, aún cuando haya secciones fuertemente sujetas y (o) de gran espesor, en general de 25,4 mm o mayores. Además estas soldaduras son muy fuertes en el estado como salen de la operación de soldadura, es decir, tienen resistencias a la tracción de la muestra entallada por encima de 105 kg/mm².

10 El gas usado con este metal de aportación en el procedimiento de soldadura de arco metálico bajo gas inerte tiene que estar sustancialmente exento de hidrógeno, oxígeno, nitrógeno monóxido de carbono y dióxido de carbono, es decir, tiene que ser inerte en relación con los materiales de soldadura, con los metales base etc. De manera ventajosa, se utiliza argon puro o helio puro
15 o combinaciones de ellos que contengan menos de alrededor de 0,1% en volumen de la suma de hidrógeno, monóxido de carbono, nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono.

20 Además, es ventajoso que los materiales de soldadura metálicos de este invento estén sustancialmente exentos de hidrógeno. Un método para asegurar buenos depósitos de soldadura y (o) de recubrimiento usando los materiales de soldadura de este invento consiste en calentarlos, es decir recocerlos, durante aproximadamente 10 a 20 horas a una temperatura comprendida aproximadamente entre 205°C y 340°C.
25

30 Con el fin de facilitar a los entendidos en la materia una comprensión mejor del invento y una apreciación más clara de las ventajas del invento, en particular para soldar aceros, se detallan a continuación los siguientes ejemplos ilustrativos.



EJEMPLO I

Una junta a tope fué soldada por el procedimiento de arco sumergido utilizando chapa completamente endurecida de 12,7 mm de espesor, que tenía una dureza de aproximadamente 50 grados Rockwell C (Rc) y contenía 18,6% de níquel, 7,0% de cobalto, 4,5% de molibdeno, 0,22% de titanio, 0,031% de carbono, 0,11% de silicio, 0,085% de aluminio, 0,008% de fósforo y 0,010% de azufre. El alambre de aportación para arco sumergido utilizado contenía 15,8% de níquel, 7,5% de cobalto, 4,9% de molibdeno, 2,2% de titanio, 0,012% de carbono, menos de 0,05% de silicio, alrededor de 0,05% de aluminio, alrededor de 0,005% de fósforo y alrededor de 0,01% de azufre y tenía un diámetro de 3,97 mm. La chapa fué sujeta fuertemente, es decir, fijada con mordazas rígidamente a una placa de acero de 152,4 mm de espesor durante la soldadura. Las soldaduras fueron hechas sin precalentamiento en dos pasadas, una desde cada lado de la junta en V, utilizando arco sumergido con alimentación por cable único con corriente continua de aproximadamente 450 amperios, de polaridad invertida y con un fundente comercial neutro, que había sido vendido para soldadura al arco de aceros. Después de la soldadura no se pudo apreciar ninguna deformación de la junta.

La junta fué cortada transversalmente en ocho rodajas de 12,7 mm de anchura. Las secciones transversales fueron pulidas y atacadas con ácido y examinadas con una amplificación de 30 diámetros (30X). Este exámen mostró que no había grietas, porosidades u otros defectos. Entonces se endurecieron las rodajas por envejecimiento a 462°C durante 3 horas, se enfriaron por aire y fueron examinadas

283760



a 30X. El examen reveló que no había grietas porosidades u otros defectos. Entonces se mecanizaron de estas rodajas muestras entalladas y no entalladas.

Las muestras para ensayo de tracción entalladas tenían un diámetro de 7,6 mm y habían sido entalladas con entalladura en V de 60° en el centro de la soldadura hasta una profundidad que daba un diámetro de alrededor de 5,6 mm en el cuello. El radio del fondo de la entalladura era de 0,015 mm. Las muestras para ensayo a tracción no entalladas tenían un diámetro de 6,4 mm.

Estas muestras transversales de la soldadura se ensayaron entonces hasta rotura a temperatura ambiente. Los resultados de los ensayos están relacionados en la Tabla V.

T A B L A V

R.T.E.	163 kg/mm ²
L.E. a 0,2%	159 kg/mm ²
R.T.R.	164 kg/mm ²
Alargamiento sobre 25,4 mm (%)	9
Reducción de sección, % de superficie	47
Situación de fractura en la chapa	

La ausencia completa de grietas en estas soldaduras a tope en chapa completamente endurecida y las propiedades de resistencia a la tracción inusualmente elevadas indicadas en la Tabla V, demuestran claramente que este alambre de aportación es adecuado para obtener soldaduras de alta resistencia y sanas por el procedimiento de arco sumergido.

283760



EJEMPLO II

Una junta a tope fué soldado por el procedimiento de arco sumergido en chapa de 25,4 mm de espesor, completamente endurecida, con aproximadamente 50 grados Rockwell C, que tenía la misma composición que la chapa del ejemplo I, utilizando un alambre de aportación que tenía idéntica composición que el alambre de aportación del ejemplo I. Además, el fundente y las condiciones de soldadura eran los mismos que en el Ejemplo I, a excepción de que ahora se utilizó una corriente de soldadura de 650 amperios.

La junta terminada fué seccionada y evaluada de la misma manera que la soldadura de 12,7 mm del Ejemplo I. Con una amplificación de 30X no se observaron en las secciones transversales pulidas y atacadas con ácido grietas, porosidades o cualquier otro tipo de defectos. Estos resultados en la chapa de 25,4 mm de espesor, completamente endurecida, y bajo condiciones de fuerte sujeción muestran igualmente que este alambre de aportación es adecuado para obtener soldaduras sanas por el procedimiento de soldadura de arco sumergido.

EJEMPLO III

Se efectuó una soldadura a tope utilizando el procedimiento de arco metálico bajo gas inerte y un alambre de aportación fundido en vacío, de 1,57 mm de diámetro, que contenía aproximadamente 18% de níquel, aproximadamente 8% de cobalto, aproximadamente 4,5% de molibdeno, aproximadamente 0,45% de titanio y aproximadamente 0,1% de aluminio, siendo el resto esencialmente hie-

283760



5 rro. El alambre de aportación estaba sustancialmente exento de boro, carbono, fósforo y silicio. El gas utilizado era argon y contenía en total menos de un 0,1% en volúmen de hidrógeno, nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y oxígeno.

10 Se usó material de chapa de 12,7 mm de espesor, completamente endurecido, que tenía la misma composición que la detallada en el Ejemplo I. Durant la soldadura la chapa fué sujeta por medio de grapas a una placa de 152,4 mm de espesor. No fué necesario precalentamiento o postcalentamiento. Se mantuvieron temperaturas entre pasadas de soldadura de menos de 121 C. No se pudo observar deformación de las juntas después de la soldadura.

15 La soldadura fué cortada transversalmente y examinada de un modo similar al descrito en el Ejemplo I y no se apreciaron grietas, porosidades u otros defectos de cualquier tipo. Los resultados obtenidos a temperatura de habitación en muestras mecanizadas a partir de las rodajas transversales cortadas de la soldadura, que habían sido endurecidas por envejecimiento a 482°C durante 3 horas y enfriadas luego al aire, se muestran en la tabla VI.

T A B L A VI

Tipo de muestra	Transversal a la soldadura	Todo metal de soldadura
O,2% L.E. (Kg/mm ²)	160	148,8
R.T.R. (kg/mm ²)	167	165,5
Alargamiento sobre 25,4 mm (%)	12	8
Reducción de sección (% de superficie)	51	29
Situación de la fractura	Linea de fusión	

283760



Estos resultados indican la utilidad de esta composición de alambre de aportación fundida en vacío para obtener soldaduras de arco metálico bajo gas sanas y de alta resistencia. Además, un alambre fundido al aire, que tenía sustancialmente la misma composición que el alambre de aportación fundido en vacío produjo depósitos que presentaban en una muestra tomada transversalmente a la soldadura, un alargamiento de 5% y una reducción del área de la sección de 32%.

EJEMPLO IV

Una junta a tope fué soldada también por el procedimiento de arco metálico bajo gas, en chapa completamente endurecida de 25,4 mm de espesor de la misma dureza y composición que la del Ejemplo I, utilizando un alambre de aportación fundido en vacío que tenía la misma composición que la detallada para el alambre de aportación fundido en vacío del Ejemplo III. La junta fué soldada de la misma manera bajo las mismas condiciones que se tenían para la junta a tope hecha en chapa de 12,7 mm de espesor que se describió en el ejemplo III. Un macroexamen a 30X de las secciones transversales pulidas y atacadas con ácido indicó completa ausencia de grietas, porosidades y otros defectos, demostrando por lo tanto, que este electrodo de alambre de aportación fundido en vacío es perfectamente adecuado.

EJEMPLO V

Se efectuó una soldadura a tope bajo condiciones de sujeción severas, a saber, las chapas tenían un espesor de 12,7 mm y estaban rígidamente sujetas por medio

253760



de grapas a una placa de acero de 152,4 mm de espesor durante la soldadura, utilizando chapa completamente endurecida (50 grados Rockwell C) que tenía una composición idéntica a la de la chapa del Ejemplo I, y un electrodo revestido de fundente, con diámetro de 3,97 mm. El núcleo de alambre del electrodo contenía alrededor de 18% de níquel, alrededor de 8% de cobalto, alrededor de 4,5% de molibdeno, alrededor de 2,2% de titanio y alrededor de 0,1% de aluminio, componiéndose el resto esencialmente de hierro. El fundente contenía 47% de carbonato cálcico, 50% de criolita, 3% de bentonita y un aglomerante consistente en una solución acuosa de silicato sódico con un peso de 15% del fundente seco. No se utilizó calentamiento previo o final y se emplearon temperaturas entre pasadas de soldadura tan bajas como 121 C. Después de la soldadura no se pudieron apreciar deformaciones de la junta.

Cuando se completó la junta, se cortó en 8 rodajas de sección transversal, cada una de ellas con una anchura de 12,7 mm. Estas secciones fueron pulidas y atacadas con ácido y examinadas a una amplificación de 30X, encontrándoseles completamente limpias de grietas, porosidades o cualesquiera otros defectos. Estas rodajas fueron entonces enducidas por envejecimiento a 482° C durante 3 horas y mecanizadas en forma de muestras para ensayos de tracción, entalladas y no entalladas, al igual que las que se describieron en el Ejemplo I. Los resultados de los ensayos de tracción subsiguientes, que se llevaron a cabo a temperatura de habitación, se han indicado en la Tabla VII.



T A B L A VII

R.T.E.	194 Kg/mm ²
L.E. a 0,2%	159 Kg/mm ²
R.T.R.	165 Kg/mm ²
Alargamiento sobre 25,4 mm	5%
Reducción de area	20%
Localización de la fractura	en la chapa

EJEMPLO VI

Una soldadura a tope se efectuó en una chapa de 25,4 mm de espesor utilizando un electrodo revestido de la composición relacionada en el Ejemplo V, en chapa completamente endurecida de la misma composición y bajo las mismas condiciones de soldadura que lo que se describió en el Ejemplo V. Después de cortar la soldadura terminada transversalmente en 8 trozos y examinar las secciones transversales pulidas y atacadas con ácido a 30X, se encontró que la soldadura estaba completamente limpia de grietas, porosidades y cualesquiera otros defectos.

EJEMPLO VII

Se efectuaron soldaduras a tope de 12,7 mm de espesor en chapa de 12,7 mm bajo condiciones similares a las descritas en el Ejemplo V, a excepción de que el electrodo revestido tenía un núcleo de alambre de una composición ajustada a proporcionar un depósito que tuviese favorables propiedades de impacto. El alambre del núcleo tenía una composición de 18% de níquel, 7,65% de cobalto, 2,2% de molibdeno, 2,32% de titanio, 0,019% de carbono,



menos de 0,1% de manganeso y 0,1% de silicio, siendo el resto esencialmente hierro, y el revestimiento de fundente contenía 50% de criolita, 47% de carbonato cálcico, 3% de bentonita y un aglomerante de silicato sódico.

5 Las juntas a tope fueron cortadas en rodajas con ancho de 12,7 mm, que recibieron distintos tratamientos térmicos postsoldadura, que variaban entre 1 hora a 149 C y 3 horas a 482 C. El propósito de esta distribución de tratamiento térmico era evaluar las propiedades de soldaduras que hubiesen recibido distintos tratamientos de envejecimiento después de soldados. Estas muestras se ensayaron a temperatura de habitación. Los resultados de estos ensayos se resumen en la Tabla VIII.

15 T A B L A VIII

Nº del ensayo de soldadura	1	2	3	4	5	6	7
20 Tratamiento térmico después de la soldadura:							
Tiempo (horas) como sale de soldar ()		1	1	1	1	1	3
Temperatura (C) soldar ()		149	260	371	427	482	482
25 Dureza del metal de soldadura, después del tratamiento térmico (grados Rockwell C)	37°	38	38	41	46	42	47
L.E. a 0,2% (kg/mm ²)	99,8	98,5	102,1	115,4	127,5	138,7	147,1
30 R.T.R. (kg/mm ²)	110,8	111,3	114,9	127,7	136,8	144,8	151,4

283760



T A B L A VIII (Continuacion)

Nº del ensayo de soldadura	1	2	3	4	5	6	7
5							
Alargamiento de 25,4 mm(%)	3	3	10	12	10	10	9
Reducción de área (%)	7	9	33	43	34	39	15
10							
Resistencia al impacto en entalladura en V, con péndulo Charpy (kgm) a la temperatura ambiente	4,29	4,70	4,15	2,35	2,07	2,49	1,94

* Dureza tal como sale de la operación de soldadura

Los resultados resumidos en la Tabla VIII, indican la versatilidad de esta composición al obtenerse el punto de fluencia de salida de soldadura superior a 98 kg/mm², la resistencia a la rotura a la tracción al salir de la soldadura por encima de 105 kg/mm², en general de 110 kg/mm² y más elevada, en combinación con una resistencia al impacto Charpy en entalladura en V, al salir de la soldadura, a temperatura de habitación, encima de 4,15 kgm. Después de un envejecimiento a 482°C durante 3 horas, la misma composición de soldadura presenta un punto de fluencia próximo a 148 kg/mm² y una resistencia a la rotura a tracción de 150 kg/mm² y buena ductilidad para una soldadura de este nivel de resistencia. Hay que hacer notar que el contenido en molibdeno era solamente un 2,2%, ya que esta cantidad de molibdeno, en combinación con el resto del electrodo produce depósitos que tienen un excelente R.T.E, aunque la R.T.R. y el L.E. son algo más bajos que



el óptimo.

EJEMPLO VIII

5 Con el fin de ilustrar los efectos de ti-
ranio y aluminio en el material de soldadura de electrodo
revestido según este invento, se efectuaron dos series de
ensayos de soldadura, utilizando en una serie núcleos de
alambre que contenían cantidades variables de titanio y en
la otra, núcleos con cantidades variables de aluminio. En
10 la serie del titanio, el alambre de núcleo utilizado con-
tenía, además de titanio, alrededor de 18,5% de níquel,
alrededor de 3,5% de cobalto, alrededor de 5% de molibdeno,
alrededor de 0,05% de carbono, alrededor de 0,2% de alu-
minio, alrededor de 0,1% de manganeso y alrededor de 0,1%
15 de silicio, siendo el resto esencialmente hierro. Los
alambres de núcleo utilizados para los ensayos de los efec-
tos del aluminio, contenían, además, del aluminio, alrede-
dor de 18,5% de níquel, alrededor de 3,5% de cobalto, al-
rededor de 5% de molibdeno, alrededor de 0,05% de carbono+
20 alrededor de 0,4% de titanio, alrededor de 0,1% de silicio
y alrededor de 0,1% de manganeso, siendo el resto esencial-
mente hierro. Cada uno de los alambres de núcleo de ambas
series tenía un diámetro de 3,97 mm y estaba revestido por
extrusión con una mezcla de 47% de calcio, 50% de criolita,
25 y 3% de bentonita y un aglomerante de silicato sódico.

Los electrodos de las dos series de alambres
fueron evaluados en ensayos de agrietamiento de soldadu-
ras en X, efectuados en dos bloques de 25,4 x 25,4 x 76,2
mm de acero martensítico envejecido con una dureza de al-
30 rededor de 46 grados Rockwell C y un contenido de alrededor



de 18,5% de níquel, alrededor de 6,5% de cobalto, alrededor de 7,5% de molibdeno, alrededor de 0,3% de titanio y alrededor de 0,02% de carbono, siendo el resto esencialmente hierro. Se usó el ensayo de agrietamiento de soldadura en X por ser éste un ensayo extremadamente severo, que da una indicación segura de la presencia y (o) ausencia de grietas longitudinales. No se empleó precalentamiento y la temperatura entre pasadas fué mantenida por debajo de 1219 C. Después de soldadas, las muestras fueron examinadas respecto a grietas de soldadura u otros defectos. Además, se hicieron determinaciones de dureza de los depósitos, tal como salieron de la soldadura. Después de haber sido determinada ésta, un trozo de cada soldadura en X recibió un envejecimiento a 482°C durante 3 horas y fué ensayado de nuevo respecto a la dureza de soldadura. Los resultados de estos ensayos se han reflejado en la Tabla IX.

T A B L A IX

Nº del ensayo de soldadura	Variable del alambre del núcleo		Recuperación en el metal soldado		Dureza del metal soldado (Rc)	
	% Ti	% Al	% Ti	% Al	Como sale de soldadura	envejecido
8	<0,1	-	0,1	-	30	36
9	0,49	-	0,1	-	30	35
10	1,00	-	0,17	-	31	38
11	1,39	-	0,19	-	36	41
12	1,84	-	0,22	-	32	40
13	2,96	-	0,81	-	33	47
14	-	<0,03	-	<0,01	30	41
15	-	0,5	-	<0,1	29	42
16	-	0,99	-	0,14	33	42
17	-	1,55	-	0,24	36	47
18	-	2,15	-	0,43	32	47
19	-	3,43	-	0,8	37	50

283760

11A



T A B L A IX (Continuación)

	<u>Nº del en-</u> <u>sayo de</u> <u>soldadura</u>	<u>Porosidad de</u> <u>la soldadura</u>	<u>Agrietamiento longitudinal</u> <u>de la soldadura, grietas por</u> <u>sección de soldadura en X</u>
5	8	grande	>40
	9	ligera	>40
	10	ninguna	>40
	11	ninguna	21,4
	12	ninguna	4
10	13	ninguna	ninguna
	14	grande	>40
	15	ninguna	>40
	16	ninguna	>40
	17	ninguna	8,5
15	18	ninguna	8
	19	ninguna	ninguna

Los datos muestran claramente los efectos
beneficiosos del titanio y (o) aluminio respecto a redu-
cir el agrietamiento longitudinal de la soldadura en sec-
ciones de gran espesor al utilizar electrodos revestidos
para soldadura de arco. Adicionalmente, conviene notar
que cantidades de titanio excesivamente bajas (soldadura
nº 8) o cantidades excesivamente bajas de aluminio (sol-
dadura nº 14), originan fuerte porosidad de la soldadura
así como agrietamiento longitudinal.

EJEMPLO IX

Ensayos similares a los del Ejemplo anterior
VIII se efectuaron también para ilustrar los efectos del
titanio sobre el agrietamiento longitudinal de soldaduras



4

en secciones de gran espesor, utilizando metal de aportación para soldadura de arco metálico bajo gas inerte, fundido al aire y con un diámetro de aproximadamente 1,57 mm. Cada alambre de aportación contenía, además de la cantidad variable de titanio, alrededor de 18% de níquel, alrededor de 8% de cobalto, alrededor de 4,7% de molibdeno, menos de 0,05% de manganeso, alrededor de 0,05% de silicio, alrededor de 0,01% de carbono y menos de aproximadamente 0,15% de aluminio, siendo el resto esencialmente hierro. El gas usado era argón y contenía menos de 0,1% en volumen, en total, de hidrógeno, nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y oxígeno. Las soldaduras en X se efectuaron depositando metal de soldadura entre dos barras de 25,4 x 25,4 x 152,4 mm de acero martensítico completamente endurecido, que contenía 18,6% de níquel, 7,0% de cobalto, 4,5% de molibdeno, 0,22% de titanio, 0,01% de manganeso, 0,11% de silicio, 0,031% de carbono, 0,01% de azufre, 0,008% de fósforo, 0,085% de aluminio, 0,003% de boro y menos de 0,01% de zirconio, siendo el resto esencialmente hierro. Todas las demás condiciones de soldadura eran similares a las del ejemplo anterior VIII. Los resultados (así como las composiciones del alambre de aportación) se han expuesto en la Tabla X.

T A B L A X

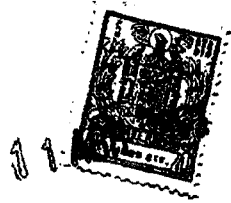
25	Nº del ensayo de soldadura	en % de Ti en el alambre de aportación	Agrietamiento longitudinal de la soldadura, grietas por sección transversal	Porosidad
	15	0,18	ninguna	alguna
	16	0,57	ninguna	muy baja
	17	0,83	2,5	muy baja
	18	0,97	5,0	muy baja
30	19	1,1	1,25	muy baja
	20	1,66	3,25	muy baja

283760



Respecto a la Tabla X precedente hay que hacer notar que cuando está presente alrededor de 0,83% de titanio, empiezan a desarrollarse grietas de soldadura longitudinales. Mientras que el 0,18% de titanio no mostraba agrietamiento longitudinal de la soldadura, existía alguna porosidad en las soldaduras producidas utilizando un alambre de aportación que tenía tan bajo nivel de titanio. Con el fin de eliminar tanto la porosidad como las grietas longitudinales en soldaduras de secciones de gran espesor es necesario irse a contenidos en titanio más elevados, en general, 0,35%.

El presente invento es en particular aplicable a la soldadura y el recubrimiento, aún en secciones de espesor elevado, en general de hasta 25 mm y mayores y bajo condiciones de fuerte sujeción, de aleaciones martensíticas envejecidas de hierro y níquel, es decir, que comprendan una matriz de hierro con contenido de níquel comprendido entre aproximadamente 10% y aproximadamente 25%, capaces de ser transformados de la condición austenítica a gran temperatura a la martensítica o una parecida a la martensítica, por ejemplo, por enfriamiento hasta temperatura de habitación, refrigeración y (o) trabajo mecánico en frío. Las matrices de estas aleaciones de envejecimiento de base férrico están aleadas con uno o varios elementos endurecedores, tal como silicio, carbono, berilio, aluminio, titanio, niobio, tántalo, molibdeno, vanadio, nitrógeno, cobalto, wolframio y cobre, en cantidades capaces de ser retenidas en solución sólida en la matriz martensítica durante la transformación y capaces de ser activadas para endurecer la aleación por envejecimiento a una temperatura por debajo de



la temperatura a la cual la matriz volverá a transformarse en austenita. La aleación contiene usualmente carbono en cantidades desde aproximadamente 0,002% hasta aproximadamente 0,1% y no más de alrededor de 0,2% de cada de silicio y manganeso. La aleación puede contener también cromo, con la condición general de que, si está presente el cromo en cantidades superiores a alrededor de 1%, la suma de los tantos por ciento de níquel y cromo sea inferior a aproximadamente 23 ó 24. Ejemplos de aleaciones de éstas, para soldar las cuales son particularmente adecuados los materiales de soldadura de este invento, son aquellas que están endurecidas con aluminio y (o) titanio, por ejemplo, en cantidades de hasta aproximadamente 7% de cada uno, estando comprendida la suma de aluminio más titanio antes aproximadamente 1,5% y aproximadamente 7%, y aquellas que se hayan envejecido con de aproximadamente 2% a aproximadamente 30% de cobalto y con de aproximadamente 1% a aproximadamente 15% de molibdeno, teniendo el producto del porcentaje de cobalto por el porcentaje de molibdeno un valor comprendido entre aproximadamente 10 y aproximadamente 100. Una aleación particularmente ventajosa, endurecida con aluminio y (o) titanio contiene, además de desde aproximadamente 1,5% hasta aproximadamente 7% de titanio más aluminio, desde aproximadamente 18% hasta aproximadamente 30% de níquel, hasta aproximadamente 2% de niobio, hasta aproximadamente 0,1% de carbono, hasta alrededor, hasta aproximadamente 0,1% de carbono, hasta alrededor de 0,2% de manganeso, hasta alrededor de 0,2% de silicio, hasta alrededor de 10% de cobalto, hasta alrededor de 0,05% de calcio, hasta alrededor de 0,05% de boro, hasta alrededor de 0,1% de zirconio

1 33760



y hasta alrededor de 0,25% de vanadio, siendo el resto
hierro. Una aleación envejecida particularmente ventajosa,
endurecida con cobalto y molibdeno en las cantidades
arriba mencionadas, contiene, además de cobalto y molibdeno,
5 desde aproximadamente 10% hasta aproximadamente 25% de níquel,
hasta alrededor de 8% de cromo, con tal de que cuando
está presente el cromo la suma de níquel más cromo que
de comprendida entre aproximadamente 10% y aproximadamente
23%, hasta alrededor de 0,15% de carbono, hasta alrededor
10 de 0,1% de nitrógeno, hasta alrededor de 2% de cobre, hasta
alrededor de 2% de wolframio, hasta alrededor de 6% de
vanadio, hasta alrededor de 3% de niobio, hasta alrededor
de 3% de titanio, hasta alrededor de 3% de aluminio, hasta
alrededor de 2% de berilio, hasta alrededor de 0,2% de silicio,
15 hasta alrededor de 0,25% de manganeso, hasta alrededor
de 0,1% de boro, hasta alrededor de 0,25% de zirconio
y hasta alrededor de 0,1% de calcio, con hierro hasta completar
y en cantidad mayor que cualquier otro elemento, y
sumando preferentemente menos de aproximadamente 10% los
20 elementos distintos de níquel, cobalto, molibdeno y hierro.
Además, el presente invento es aplicable para la soldadura
de aleaciones de hierro tales como acero al carbono, aceros
de baja aleación etc., que contengan de aproximadamente 90%
hasta aproximadamente 100% de hierro, hasta alrededor de 6%
25 de níquel, hasta alrededor de 5% de molibdeno, hasta alrededor
de 6% de cromo, hasta alrededor de 3% de vanadio, hasta
alrededor de 0,6% de carbono, hasta alrededor de 1% de silicio,
hasta alrededor de 3% de manganeso y hasta alrededor de
0,5% de cobre.

30 Aunque el presente invento se ha descrito aso-

233760



1 AB

ciado a modos de realización preferentes, debe entenderse que pueden ocurrir modificaciones y variaciones sin que por ello se salga uno del espíritu y del alcance del invento, como fácilmente comprenderán los familiarizados con la materia. Tales modificaciones y variaciones se consideran dentro del objeto y alcance del invento y de las reivindicaciones del apéndice.

Esta solicitud, que corresponde a la presentada en E.U.A. el 5 de Febrero de 1962, bajo el número 171.277, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

- N O T A -

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de ésta Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

- 1.- Un procedimiento para producir soldaduras de aleación de ferroniquel martensíticas, de alta resistencia, y depósitos de las mismas, depositando por soldadura al arco sobre dicho metal ferroso una aleación de ferroniquel, caracterizado porque la aleación contiene 13 a 20% de níquel, aproximadamente, 2 a 13% de cobalto aproximadamente, 2 a 10% de molibdeno aproximadamente, siendo la suma del cobalto y el molibdeno de por lo menos 6% aproxi-

283750



madamente, hasta 2% de titanio aproximadamente, menos de 0,5% de carbono aproximadamente, hasta 2% de aluminio aproximadamente, menos de 1% de silicio aproximadamente, menos de 0,5% de carbono aproximadamente, hasta 2% de aluminio aproximadamente, menos de 1% de silicio aproximadamente, menos de 1,5% de manganeso aproximadamente, siendo el resto sustancialmente hierro.

2.- Un procedimiento según el punto 1 caracterizado porque la aleación depositada contiene 17,5% a 18,5% de níquel, 7,5 a 8,5% de cobalto, 4% a 5% de molibdeno, hasta 1% de titánio, hasta 1% de aluminio, siendo la suma de titánio y aluminio de 0,2 a 1%, menos de 0,03% de carbono, menos de 0,1% de silicio, menos de 0,01% de fósforo y menos de 0,01% de azufre.

3.- Un procedimiento según cualquiera de los puntos 1 y 2 caracterizado porque la soldadura se deposita soldando con gas inerte empleando un alambre de aportación que contiene en peso 13 a 20% de níquel aproximadamente, 2% a 13% de cobalto aproximadamente, 2% a 10% de Molibdeno aproximadamente, siendo la suma del cobalto más el molibdeno de 6% por lo menos aproximadamente, hasta 0,5% de titanio aproximadamente, hasta 0,5% de aluminio aproximadamente, siendo la suma del titanio más el aluminio de 0,1% a 0,5% aproximadamente, menos de aproximadamente 0,5% de carbono, hasta aproximadamente 1% de silicio menos de aproximadamente 1,5% de manganeso, hasta aproximadamente 0,005% de boro, hasta aproximadamente 0,01% de zirconio siendo el resto aproximadamente hierro.

4.- Un procedimiento según el punto 3 caracterizado porque el alambre de aportación contiene 17,5%

283760



a 18,5% de níquel, 7,5% a 8,5% de cobalto, 4 a 5% de molibdeno, hasta 0,5% de titanio, hasta 0,5% de aluminio, siendo la suma del titanio y aluminio de 0,35 a 0,5%, menos de 0,03% de carbono, menos de 0,1% de silicio, menos de 0,1% de manganeso, menos de 0,01% de fósforo, menos de 0,01% de azufre, menos de 0,003% de boro, menos de 0,007% de zirconio.

5
10 5.- Un procedimiento según cualquiera de los puntos 3 y 4 caracterizado porque el alambre de aportación es fundido al vacío.

15 6.- Un procedimiento según cualquiera de los puntos 1 y 2 caracterizado porque la soldadura se deposita por soldadura en arco sumergido debajo de un fundente que contiene ingrediente de formación de fundente y de escoria y empleando un alambre de aportación en arco sumergido que contiene, en peso, aproximadamente 15 a 20% de níquel, 7,5% a 8,5% de cobalto, aproximadamente, 4% a 5% aproximadamente de molibdeno, hasta 3% aproximadamente de titanio, hasta 3% aproximadamente de aluminio, siendo la suma de titanio y aluminio de aproximadamente 2 a 3%, hasta aproximadamente 0,03% de carbono, hasta 0,1% aproximadamente de silicio, menos de 0,1% aproximadamente de manganeso, hasta 0,001% de boro, hasta aproximadamente 0,007% de circonio, siendo el resto en esencia hierro..

20
25 7.- Un procedimiento según el punto 6 caracterizado porque el alambre de aportación en arco sumergido contiene, en peso, 17,5 a 18,5% de níquel, 7,5 a 8,5% de cobalto, 4% a 5% de molibdeno, hasta 3% de titanio, hasta 3% de aluminio, siendo de 2 a 3% la suma de titanio y aluminio, hasta 0,03% de carbono, hasta 0,1% de silicio,

30



menos de 0,1% de manganeso, hasta 0,001% de boro, hasta 0,007% de zirconio.

5 8.- Un procedimiento según cualquiera de los puntos 1 y 2 caracterizado porque la soldadura se deposita por soldadura al arco con un electrodo recubierto que comprende un núcleo de alambre que contiene, en peso, aproximadamente 13% a 20% de níquel, 2% a 13% de cobalto, aproximadamente 2% a 10% de molibdeno siendo la suma de cobalto más molibdeno al menos de 6% aproximadamente, hasta 10 ta 5% aproximadamente de titanio, hasta 5% aproximadamente de aluminio, siendo la suma de titanio más aluminio de 1% a 5% aproximadamente, menos de 0,5% aproximadamente de carbono menos de 1,5% aproximadamente de manganeso, menos de 1% aproximadamente de silicio, menos de 0,005% aproximadamente de boro, menos de aproximadamente 0,01% de circonio, siendo el resto esencialmente hierro y un fundente que contiene en peso aproximadamente 25% a 45% de un carbonato de metal alcalino-térreo que es carbonato de calcio, carbonato de bario o carbonato de estroncio, o combinaciones de los mismos, aproximadamente 30 a 50% de criolita y hasta 20 ta 30% aproximadamente de dióxido de titanio.

25 9.- Un procedimiento según el punto 8, caracterizado porque el electrodo comprende un alambre de núcleo que contiene, en peso, 17,5% a 18,5% de níquel, 7,5% a 8,5% de cobalto, 4% a 5% de molibdeno, hasta 3% de titanio, hasta 3% de aluminio, siendo la suma de titanio más aluminio de 2 a 3% hasta 0,03% de carbono, hasta 0,1% de silicio, hasta 0,1% de manganeso, menos de 0,01% de fósforo, menos de 0,01% de azufre, menos de 0,001% de boro, menos de 0,005% de circonio, 30 siendo el resto esencialmente hierro; un fundente que con-

283760



tiene, en peso 30 a 40% de carbonato de calcio, 35% a 45% de criolita, hasta 20% de dióxido de titanio, hasta 5% de auxiliares para la extrusión y un aglutinante de silicato.

5 10.- Un procedimiento según cualquiera de los puntos 1 a 9, caracterizado porque la soldadura o el recubrimiento obtenido es calentado a una temperatura de 454 a 538°C durante aproximadamente 1 a 6 horas.

10 11.- Un procedimiento según el punto 10, caracterizado porque la soldadura se calienta a unos 482°C durante unas tres horas.

15 12.- Un procedimiento para preparar material de soldadura para su empleo en un procedimiento según el punto 1, combinando metales para formar una aleación, caracterizado porque se combinan en peso aproximadamente
15 13% a aproximadamente 20% de níquel, aproximadamente de 2% a 13% de cobalto, aproximadamente 2% a aproximadamente 10% de molibdeno siendo de 6% aproximadamente por lo menos la suma del cobalto más el molibdeno, hasta 5% aproximadamente de titanio, hasta 5% aproximadamente de aluminio, menos
20 de 0,5% aproximadamente de carbono, menos de 1% aproximadamente de silicio, menos de 1,5% aproximadamente de manganeso, hasta 0,005% de boro, hasta 0,01% de circonio aproximadamente, siendo el resto esencialmente hierro.

25 13.- Un procedimiento según el punto 12, caracterizado porque el material se forma como alambre de aportación para la soldadura en gas inerte y que contiene hasta 0,5% de titanio, hasta 0,5% de aluminio, siendo la suma de titanio y aluminio de 0,1 a 0,5% aproximadamente.

30 14.- Un procedimiento según el punto 13, caracterizado porque el alambre de aportación para la sol-

283760



11

dadura en gas inerte contiene, en peso, 17,5% a 18,5% de níquel, 7,5 a 8,5% de cobalto, 4% a 5% de molibdeno, hasta 0,5% de titanio, hasta 0,5% de aluminio, siendo la suma del titanio más el aluminio de 0,35% a 0,5%, menos de 0,03% de carbono, menos de 0,1% de silicio, menos de 0,1% de manganeso, menos de 0,01% de fósforo, menos de 0,01% de azufre, menos de 0,003% de boro, menos de 0,007% de circonio.

15.- Un procedimiento según el punto 12, para formar un material de soldadura para su uso en combinación con ingredientes formadores de escoria y formadores de fundente, caracterizado porque la suma del titanio y aluminio es de 1% a 5%, aproximadamente.

16.- Un procedimiento según el punto 15, caracterizado porque el material se forma como alambre de aportación para la soldadura en arco sumergido para uso con un fundente que contiene los materiales formadores de fundente y formadores de escoria, conteniendo dicho alambre, en peso, aproximadamente 15% a 20% de níquel, aproximadamente 7,5% a aproximadamente 8,5 de cobalto, aproximadamente 4% a aproximadamente 5% de molibdeno hasta 3% de titanio aproximadamente, hasta 3% de aluminio aproximadamente, siendo la suma de titanio y aluminio de 2% a 3%, aproximadamente, hasta 0,03% de carbono aproximadamente, hasta 0,1% de silicio aproximadamente, menos de 0,1% de manganeso aproximadamente, hasta 0,001% de boro aproximadamente, hasta 0,007% de circonio aproximadamente, siendo el resto esencialmente hierro.

17.- Un procedimiento según el punto 16, caracterizado porque el alambre contiene en peso 17,5% a 18,5% de níquel, 7,5% a 8,5% de cobalto, 4% a 5% de molibdeno,

283760



hasta 3% de titanio hasta 3% de aluminio, siendo la suma del aluminio y del titanio de 2 a 3%, hasta 0,03% de carbono, hasta 0,1% de silicio, menos de 0,1% de manganeso, hasta 0,001% de boro y hasta 0,007% de circonio.

5 18.- Un procedimiento según el punto 12, caracterizado porque el material se lleva a la forma de alambre de núcleo de un electrodo recubierto que contiene, en peso, aproximadamente 13% a aproximadamente 20% de níquel, 10 aproximadamente 2% a aproximadamente 13% de cobalto, aproximadamente 2% a 10% de molibdeno, siendo la suma del cobalto más el molibdeno al menos de 6%, hasta aproximadamente 5% de titanio, hasta 5% de aluminio, siendo la suma del titanio más el aluminio de 1 a 5% aproximadamente, menos de aproximadamente 0,5% de carbono, menos de aproximadamente 1,5% de 15 manganeso, menos de aproximadamente 1% de silicio, menos de aproximadamente 0,005% de boro, menos de aproximadamente 0,01% de circonio, siendo el resto esencialmente hierro y teniendo dicho electrodo un recubrimiento de fundente que 20 contiene, en peso, aproximadamente 25 a 45% de un carbonato de metal alcalinotérreo que es carbonato de calcio, carbonato de bario o carbonato de estroncio o combinaciones de los mismos, aproximadamente 30% a 50% de criolita y hasta 30% aproximadamente de dióxido de titanio.

25 19.- Un procedimiento según el punto 18, caracterizado porque el electrodo comprende un alambre de núcleo que contiene, en peso, 17,5 a 18,5% de níquel, 7,5 a 8,5% de cobalto, 4% a 5% de molibdeno, hasta 3% de titanio, hasta 3% de aluminio, siendo la suma de titanio más aluminio de 2% a 3%, hasta 0,03% de carbono, hasta 0,1% de sili- 30



5 cio hasta 0,1% de manganeso, menos de 0,01% de fósforo,
menos de 0,01% de azufre, menos de 0,001% de boro, menos
de 0,005% de circonio, siendo el resto esencialmente hie-
rro, un fundente que contiene, en peso, 30% a 40% de carbo-
nato cálcico, 35% a 45% de criolita, hasta 20% de dióxido
de titanio y hasta 5% de auxiliares de la extrusión y un
aglutinante de silicato.

10 20.- Un procedimiento para formar una es-
tructura soldada que tiene un depósito de soldadura de hie-
rro-niquel martensítico de gran resistencia, caracterizado
porque se forma un depósito que comprende aproximadamente
13% a aproximadamente 20% de níquel, aproximadamente 2% a
aproximadamente 13% de cobalto; aproximadamente 2% a apro-
ximadamente 10% de molibdeno; siendo la suma del cobalto y
15 el molibdeno por lo menos de 6% aproximadamente, hasta 2%
aproximadamente de titanio, menos de aproximadamente 0,5%
de carbono, hasta aproximadamente 2% de aluminio, menos de
aproximadamente 1% de silicio y menos de aproximadamente
1,5% de manganeso, siendo el resto, esencialmente hierro.

20 21.- UN PROCEDIMIENTO PARA PRODUCIR SOLDA-
DURAS DE ALEACION DE FERRONIQUEL.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que
antecede, y con los fines que se han especificado.

25 Esta Memoria consta de cuarenta y seis hojas
escritas por una sola de sus caras.

Madrid,

11 ABR. 1963

P. A.

Alberto de Euzkadi
Por P.A.

283700