



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 295 120**

(51) Int. Cl.:

B23K 9/16 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **01401501 .0**

(86) Fecha de presentación : **11.06.2001**

(87) Número de publicación de la solicitud: **1166940**

(87) Fecha de publicación de la solicitud: **02.01.2002**

(54) Título: **Procedimiento de soldadura MIG de aluminio y de sus aleaciones con gas de protección de tipo Ar/He/O₂.**

(30) Prioridad: **22.06.2000 FR 00 08018**

(73) Titular/es: **L'AIR LIQUIDE, Société Anonyme pour l'Etude et l'Exploitation des Procédés Georges Claude**
75, quai d'Orsay
75007 Paris, FR

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2008

(72) Inventor/es: **Fortain, Jean-Marie;**
Lefebvre, Philippe;
Mouton, Jean-Yves y
Plottier, Gérard

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2008

(74) Agente: **Justo Vázquez, Jorge Miguel de**

ES 2 295 120 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

Procedimiento de soldadura MIG de aluminio y de sus aleaciones con gas de protección de tipo Ar/He/O₂.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento MIG (*Metal Inert Gas*) de soldadura por arco eléctrico de aluminio y aleaciones de aluminio, en régimen pulsado o en régimen *spray*, es decir de pulverización axial, con la excepción de un procedimiento en régimen *spray* con corriente modulada.

10 El procedimiento MIG de soldadura por arco eléctrico se utiliza ampliamente en la industria, incluida en la de soldadura de aluminio.

Los gases de protección desempeñan un papel esencial en el rendimiento de este procedimiento.

15 Así, el argón no permite velocidades de soldadura elevadas y puede provocar, en soldadura automática, inestabilidades de arco por encima de 500 A. La forma característica de las penetraciones estrechas obtenidas bajo argón en régimen *spray* se adapta mal a un soldadura por interpenetración.

20 Por otro lado, las mezclas de argón y helio (en lo sucesivo Ar/He) y el helio solo permiten aumentar la profundidad de penetración y su ancho en la raíz, por tanto pueden permitir prescindir de preparaciones costosas y esto de manera que, tanto más cuanto más elevado sea el contenido de helio en las mezclas Ar/He.

En otras palabras, con un espesor constante, el helio permite por tanto velocidades de soldadura tanto más elevadas cuanto más importante sea su contenido.

25 No obstante, si la compacidad de los cordones se ve también generalmente mejorada por la presencia de helio, esto va en detrimento del aspecto de los cordones que son menos brillantes que bajo argón puro.

30 Las mezclas Ar/He presentan por tanto un interés notable, en términos de calidad y de productividad, tanto en soldadura manual (por ejemplo para una mezcla de tipo Ar + 20% de He) como en soldadura automática (por ejemplo para mezclas de tipo Ar + del 50% al 70% de He), frente, no obstante, a un coste nada desdeñable relacionado con el contenido de helio.

Para aplicaciones que no impongan forzosamente satisfacer estos dos criterios, puede ser lógico interesarse por otros tipos de mezclas.

35 Así, el documento EP-A-639423 propone para los procedimientos TIG y MIG utilizar un gas de soldadura de tipo argón/helio que contenga, además, de 100 a 7000 ppm en volumen de CO₂ y/o de O₂.

40 Además, el documento DE-A-4241982 propone, por su parte, utilizar argón o una mezcla Ar/He con una adición, además, de 80 a 250 ppm en volumen de nitrógeno.

El documento EP-A-442 475 propone, por su parte, una soldadura con electrodo consumible que utiliza una mezcla gaseosa constituida por del 0,5% al 1,25% en volumen de dióxido de carbono, del 30 al 40% de helio y siendo el resto argón.

45 El documento US-A-4.071.732 se refiere a una mezcla formada por un gas inerte que contiene menos del 30% de dióxido de carbono o menos del 5% de oxígeno; no obstante, los ejemplos de este documento sólo describen mezclas de argón y de dióxido de carbono con contenidos del orden del 5% al 15%.

50 Cabe destacar que, en cuanto al aumento de rendimiento, ninguno de estos procedimientos es plenamente satisfactorio desde el punto de vista industrial.

Además, en soldadura MIG *spray* modulada, es decir con aplicación de una modulación de la corriente de soldadura, ya se propuso utilizar un gas o una mezcla gaseosa de protección formada por argón, helio o sus mezclas, con una adición del 0,01% al 1,80% de dióxido de carbono y/u oxígeno, tal como se describió en EP-A-909604. No obstante, en ese caso, se aplican a la corriente modulaciones de corriente a una frecuencia de menos de 60 Hz de manera que puedan extraerse los gases del baño de soldadura para eliminar las inclusiones gaseosas, en particular el hidrógeno difusible, susceptibles de encontrarse en la misma. En efecto, los procedimientos MIG en régimen *spray* con modulaciones de la corriente se ponen en práctica cuando se desea obtener una calidad elevada de la junta de soldadura, pero sin necesidad real de alcanzar una velocidad de soldadura importante.

60 A partir de aquí, el problema que se plantea es mejorar los procedimientos de soldadura MIG conocidos sin aplicar modulación de la corriente de soldadura, en particular los procedimientos MIG en régimen *spray* no modulado, es decir sin modulación de la corriente de soldadura, así como los de régimen pulsado, de manera que puedan obtenerse rendimientos elevados en términos de productividad y de velocidad de soldadura.

En efecto, los procedimientos MIG en régimen *spray* (sin modulación de la corriente) y los de régimen pulsado se adaptan mucho más cuando se desea mejorar la productividad más que la calidad, es decir, el aspecto de las soldaduras.

ES 2 295 120 T3

Hasta ahora los procedimientos MIG en régimen no modulado o en régimen pulsado no se utilizan o se utilizan poco para el soldadura del aluminio o de sus aleaciones, cuando la protección gaseosa contiene oxígeno.

En efecto, se reconoce habitualmente que la presencia de oxígeno en la protección gaseosa puede tener un impacto nefasto sobre la soldadura dado que, cuando el oxígeno se incorpora en la protección gaseosa, éste puede combinarse fácilmente con los átomos de aluminio, de lo que resultan inclusiones sólidas de alúmina (Al_2O_3) en la soldadura, que tienen un impacto negativo sobre las cualidades mecánicas de dicha soldadura. Esto se ha verificado, por otro lado, por contenidos importantes de oxígeno, es decir, contenidos superiores al 2% de oxígeno, así como por importantes de dióxido de carbono, es decir, de nuevo en este caso, superiores al 2%.

Sin embargo, por el contrario, la presencia de oxígeno en los flujos gaseosos de protección conduce a rendimientos de productividad aceptables en el plano industrial.

Se deduce por tanto que el problema que se plantea es proponer un procedimiento de soldadura MIG de aluminio y de sus aleaciones que permita conseguir a la vez una productividad elevada y aceptable industrialmente, y una tasa pequeña de inclusiones de aluminio en la soldadura sin incidencia mayor o notable sobre las características mecánicas de las juntas soldadas.

La solución aportada por la presente invención se basa por tanto en un procedimiento de soldadura MIG en régimen *spray* sin modulación de corriente o en régimen pulsado, de aluminio y de aleaciones de aluminio, con aplicación de una protección gaseosa de al menos una parte de la zona de soldadura, caracterizado porque la protección gaseosa es una mezcla gaseosa constituida por del 0,01% al 1,80% de oxígeno y del 20% al 98,2% de helio, estando constituido el resto eventualmente por argón.

Otras características del procedimiento de la invención se dan a continuación:

- el gas de protección contiene del 0,9% al 1,80% de oxígeno, del 15% al 98,20% de helio, siendo el resto argón.

- la mezcla gaseosa de protección contiene al menos un 1% de oxígeno, preferiblemente al menos un 1,1% de oxígeno, más preferiblemente al menos un 1,2% de oxígeno.

- la mezcla gaseosa de protección contiene hasta un 1,70% de oxígeno, preferiblemente hasta un 1,65% de oxígeno.

- se aplica un alambre fusible macizo.

- la velocidad de soldadura es de 0,25 m/min. a 1,20 m/min., preferiblemente de 0,60 m/min. a 1 m/min.

- la velocidad de alambre es de 2,5 m/min. a 20 m/min., preferiblemente de 4 m/min. a 17 m/min.

- la intensidad media de soldadura es de 40 A a 450 A y/o la tensión media de soldadura es de 15 V a 40 V.

- el procedimiento es en régimen pulsado y/o la intensidad de soldadura es de 120 A a 350 A y/o la tensión media de soldadura es de 20 V a 30 V.

- el procedimiento es en régimen *spray* y/o la intensidad de soldadura es de 180 A a 450 A y/o la tensión media de soldadura es de 20 V a 39 V.

La presente invención se basa por tanto en un control preciso del contenido de oxígeno en el helio o una mezcla de argón y de helio, no debiendo pasar el de oxígeno aproximadamente del 1,80% como máximo; constituyendo la mezcla gaseosa así formada la protección gaseosa utilizada durante la puesta en práctica del procedimiento MIG.

Cabe destacar que todo procedimiento MIG en régimen *spray* con modulación de la corriente de soldadura se excluye de la invención.

La invención se entenderá mejor a continuación gracias a los ejemplos siguientes, dados a título ilustrativo pero no limitativo, cuyos resultados se esquematizan en las figuras adjuntas al presente documento.

60 Ejemplos

Con el fin de mostrar la eficacia del procedimiento MIG según la invención, se han realizado varios ensayos comparativos.

En el marco de estos ensayos, se han soldado piezas de aluminio (clases 5000 y 6000 según las normas NFEN 485, 487, 515 y 573) según un procedimiento MIG en régimen *spray* no modulado y en régimen pulsado, utilizando una protección gaseosa constituida por argón con una adición del 1% al 1,5% de O₂.

ES 2 295 120 T3

El generador de corriente es un generador 480 TR16 comercializado por la sociedad LA SOUDURE AUTOGENE FRANCAISE.

5 El alambre fusible en tanto que metal de aporte aplicado es, en todos los casos, un alambre de 1,2 mm de diámetro de tipo 5356 (según las normas AWS A5.10 o NF A50.403).

Las piezas de aluminio se preparan, previamente a la soldadura, mediante raspadura mecánica.

10 Los demás parámetros de soldadura se dan en la tabla I más adelante, en la que:

- Val: representa la velocidad de avance del alambre fusible
- lc: representa la intensidad de la corriente de cresta
- 15 - lb: representa la intensidad de base
- lmed: representa la intensidad media
- Uc: representa la tensión de cresta
- 20 - Uméd: representa la tensión media
- Fp: la frecuencia de pulsación de corriente (en MIG en régimen pulsado)
- 25 - Tp: el tiempo de pulsación de corriente (en MIG en régimen pulsado)

TABLA I

Parámetros de soldadura para los dos regímenes de transferencia

Régimen	Spray	Pulsado
Clase de la pieza de aluminio	5000	5000
Espesor (mm)	6	6
Val (m/mn)	12,5	9
lc (A)	-	330
lbase (A)	-	110
lmed (A)	220-240	154-162
Uc (V)	-	28
Uméd (V)	21-23	20-23
Fp (Hz)	-	155
Tp (ms)	-	1,6

55 Los resultados obtenidos se dan más adelante, después de la evaluación de los rendimientos en términos de productividad (velocidad de soldadura) y de calidad de junta (compacidad y aspecto del cordón) y de los rendimientos mecánicos.

60 En la tabla II siguiente, los aumentos de velocidad dados para la clase 5000 se han determinado con respecto a las velocidades de soldadura para diferentes mezclas argón/helio y con o sin adición de O₂ y, se han dado también, a título comparativo, los resultados obtenidos con argón con adición de O₂. Estos resultados se esquematizan en la figura 1.

65 Se constata por tanto que con adiciones de O₂ idénticas, la ganancia de rendimiento, en velocidad de soldadura y en penetración, se mantiene equivalente para una mezcla Ar/He y para el argón solo.

ES 2 295 120 T3

TABLA II

Ganancia de rendimiento en velocidad de soldadura para la clase 5000 respecto a una mezcla ArHe sin adición de O₂

5

	Régimen	Spray				Pulsado			
		Gas	Ar	Ar+20%He	Ar+50%He	Ar+70%He	Ar	Ar+20%He	Ar+50%He
10	0% O ₂	0,56	0,7	0,65	0,7	0,35	0,4	0,44	0,45
	+1% O ₂	0,7	0,88	n.d.	n.d.	0,42	0,49	n.d.	n.d.
	25%	25,7%	n.d.	n.d.	20%	22,5%	n.d.	n.d.	
15	+1,5% O ₂	0,78	0,93	0,86	0,93	0,45	0,52	0,54	0,55
		39,2%	32,8%	32,3%	32,8%	28,5%	30%	22,7%	22,2%

20

Velocidad de soldadura (Vs) : en m/mn

Ganancia de velocidad: en %

25

N.D.: no determinado

A la vista de la tabla II, se constata un aumento de la velocidad de soldadura para una soldadura con penetración plena para un espesor de 6 mm.

30

Por otro lado, con el fin de evaluar los rendimientos en la calidad de la junta (compacidad y aspecto del cordón), se han realizado exámenes radiográficos sobre las piezas de clase 5000, que no han revelado indicaciones diferentes a las habitualmente encontradas en MIG Argón o mezclas Ar/He.

35

Complementariamente, las tomas macrográficas han permitido poner en evidencia, mediante simple pulido, zonas de inclusiones de tamaño reducido (del orden de 0,01 mm), de distribución y de orientaciones diferentes.

40

Estas zonas se han identificado en el microscopio electrónico mediante barrido como zonas de alúmina (Al₂O₃). Además, el aspecto de los cordones obtenidos con las mezclas Ar/He/O₂, se diferencian sensiblemente de los realizados con una mezcla Ar/He: los cordones presentan un sedimento de superficie negruzco según el porcentaje de O₂ retenido que se elimina mediante cepillado o con la ayuda de un trapo.

45

A continuación, se ha evaluado el rendimiento mecánico a partir de probetas de tracción transversal niveladas y de doblado transversal. Los resultados de tracción se presentan la figura 2, donde el eje de abscisas representa los contenidos de O₂ en tres mezclas Ar/He de composiciones diferentes y el eje de ordenadas representa los valores de resistencia (Rm) a la tracción (en MPa) de las uniones de clase 5000.

50

Los valores intrínsecos y los coeficientes de junta (resistencia del metal fundido/Resistencia del metal de base) correspondientes se indican en la tabla III.

No se observa degradación significativa de las características mecánicas de la zona fundida en función del aumento del contenido de O₂. La disminución máxima registrada de 7 N/mm² en régimen spray bajo mezcla Ar/He (por ejemplo de - 2,6%), se mantiene inferior a la registrada para el mismo régimen de transferencia bajo Ar/O₂, es decir 15 N/mm² (por ejemplo de - 5,5%).

55

60

65

ES 2 295 120 T3

TABLA III

Características mecánicas en uniones de serie 5086 para mezclas Ar/He con adición de O₂

Régimen		Spray			Pulsado		
Gas		Ar+20%He	Ar+50%He	Ar+70%He	Ar+20%He	Ar+50%He	Ar+70%He
0% O ₂	Rm Mpa	271,12	263,20	266,47	265,03	266	264,03
	Coef. Junta	0,86	0,83	0,84	0,84	0,84	0,83
+1% O ₂	Rm Mpa	269,92	n.d.	n.d.	267,05	n.d.	n.d.
	Coef. Junta	0,85	n.d.	n.d.	0,84	n.d.	n.d.
+1,5% O ₂	Rm Mpa	264,72	260,12	259,71	266,61	266,4	261,68
	Coef. Junta	0,84	0,82	0,82	0,84	0,84	0,83
		MB Rm MPa real/garant.	315/275				

Todas las muestras de tracción (espesor 6 mm) presentan una rotura sistemática en el metal fundido que es un comportamiento normal para la serie 5000. Sobre sus caras de rotura, se han puesto en evidencia zonas de inclusiones finas negras dispersadas. Estas indicaciones confirman los resultados de los exámenes macrográficos anteriores. Pueden presentar dimensiones y densidad cada vez más importantes en función del contenido de O₂, pero como se mencionó anteriormente, su influencia no es significativa ni sobre las propiedades mecánicas de las uniones, ni sobre la capacidad de deformación ya que los resultados de ensayos de doblado son satisfactorios (ausencia completa de defectos después de la solicitación a 180°).

Se deduce por tanto (figura 1) que, con adición de O₂ idéntica, la ganancia de rendimiento (aumento de la penetración o velocidad de soldadura) permanece comparable en una mezcla Ar/He que en el argón solo.

Además, la adición de O₂ en cantidad controlada (menos del 2%) permite prescindir de una preparación particular, tal como achaflanado y separación, de las piezas a soldar hasta espesores de 6 mm.

A estas ganancias de productividad, deben añadirse también otras dos ventajas operativas sustanciales, es decir, la facilidad de cebado y la estabilidad de arco en régimen permanente. Un ejemplo comparativo esquematisado en la figura 3 pone en evidencia sobre los registros, la mejora sensible obtenida de la estabilidad de la corriente en régimen spray bajo mezcla Ar/He/O₂, en relación al régimen spray bajo Ar/He (contenido de helio del 20% al 50% en los dos casos), es decir sin adición de O₂, como se muestra en los ejemplos comparativos de las figuras 3 y 4 que ponen en evidencia sobre los registros de Labview, la mejora de la estabilidad de la corriente en régimen spray para la mezcla Ar/He con adición de oxígeno.

Estas ventajas se han puesto en evidencia no solamente en el aluminio puro sino también en las aleaciones de aluminio de las series 5000 y 6000.

50

55

60

65

ES 2 295 120 T3

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de soldadura MIG en régimen *spray* sin modulación de corriente o en régimen pulsado, de aluminio y de aleaciones de aluminio, con aplicación de una protección gaseosa de al menos una parte de la zona de soldadura, **caracterizado** porque la protección gaseosa es una mezcla gaseosa constituida, en volumen, del 0,8% al 1,80% de oxígeno y del 15% al 98,20% de helio, estando constituido el posible resto por argón.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el gas de protección contiene del 0,9% al 1,80% de oxígeno, del 15% al 98,20% de helio y siendo el resto argón.
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque la mezcla gaseosa de protección contiene al menos un 1% de oxígeno, preferiblemente al menos un 1,1% de oxígeno, más preferiblemente al menos un 1,2% de oxígeno.
- 20 4. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque la mezcla gaseosa de protección contiene hasta un 1,70% de oxígeno, preferiblemente hasta un 1,65% de oxígeno.
- 25 5. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque se aplica un alambre fusible macizo.
- 30 6. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque la velocidad de soldadura es de 0,25 m/min. a 2 m/min., preferiblemente de 0,60 m/min. a 1,5 m/min.
- 35 7. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque la velocidad de alambre es de 2,5 m/min. a 25 m/min., preferiblemente de 4 m/min. a 20 m/min.
- 40 8. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque la intensidad media de soldadura es de 40 A a 450 A y/o porque la tensión media de soldadura es de 15 V a 40 V.
- 45 9. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** porque el procedimiento es en régimen pulsado y/o porque la intensidad de soldadura es de 120 A a 350 A y/o porque la tensión media de soldadura es de 19 V a 32 V.
- 50 10. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** porque el procedimiento es en régimen *spray* y/o porque la intensidad de soldadura es de 180 A a 450 A y/o porque la tensión media de soldadura es de 19 V a 39 V.

40

45

50

55

60

65

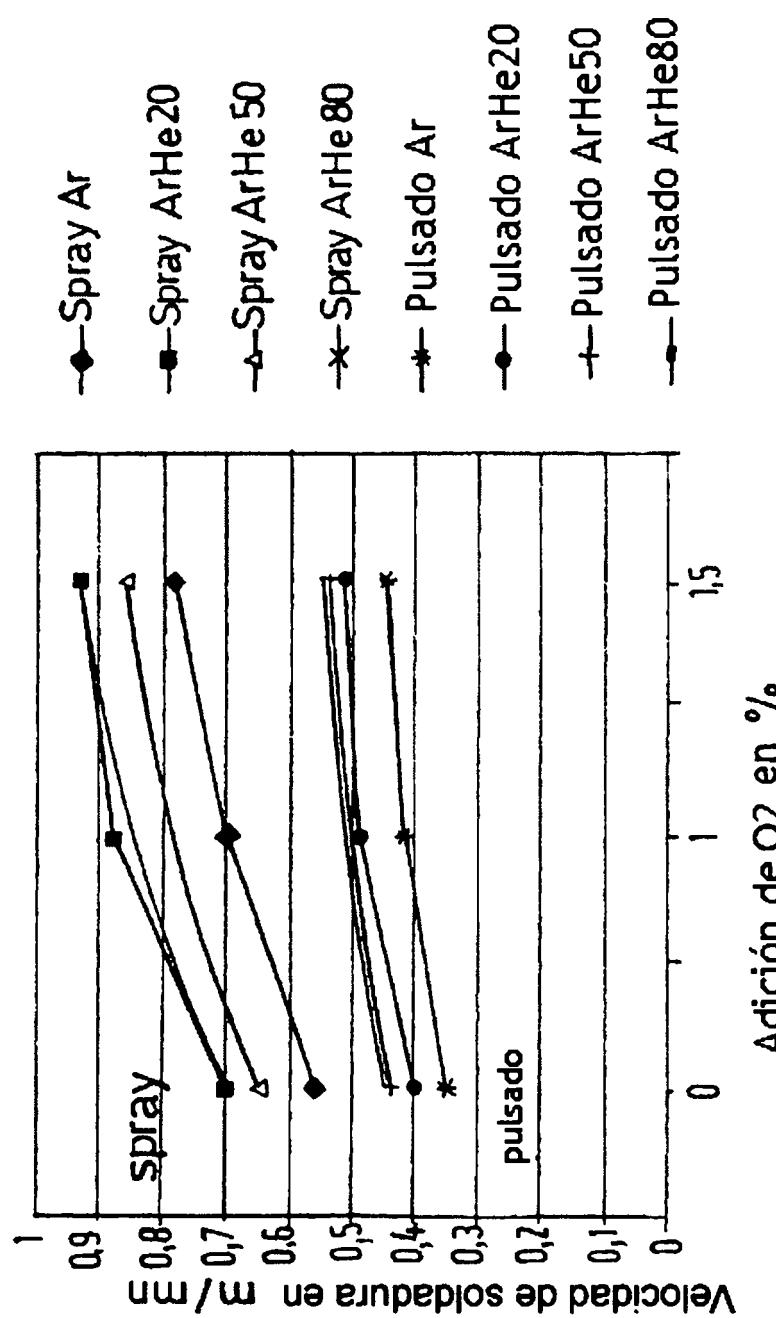


FIG.1

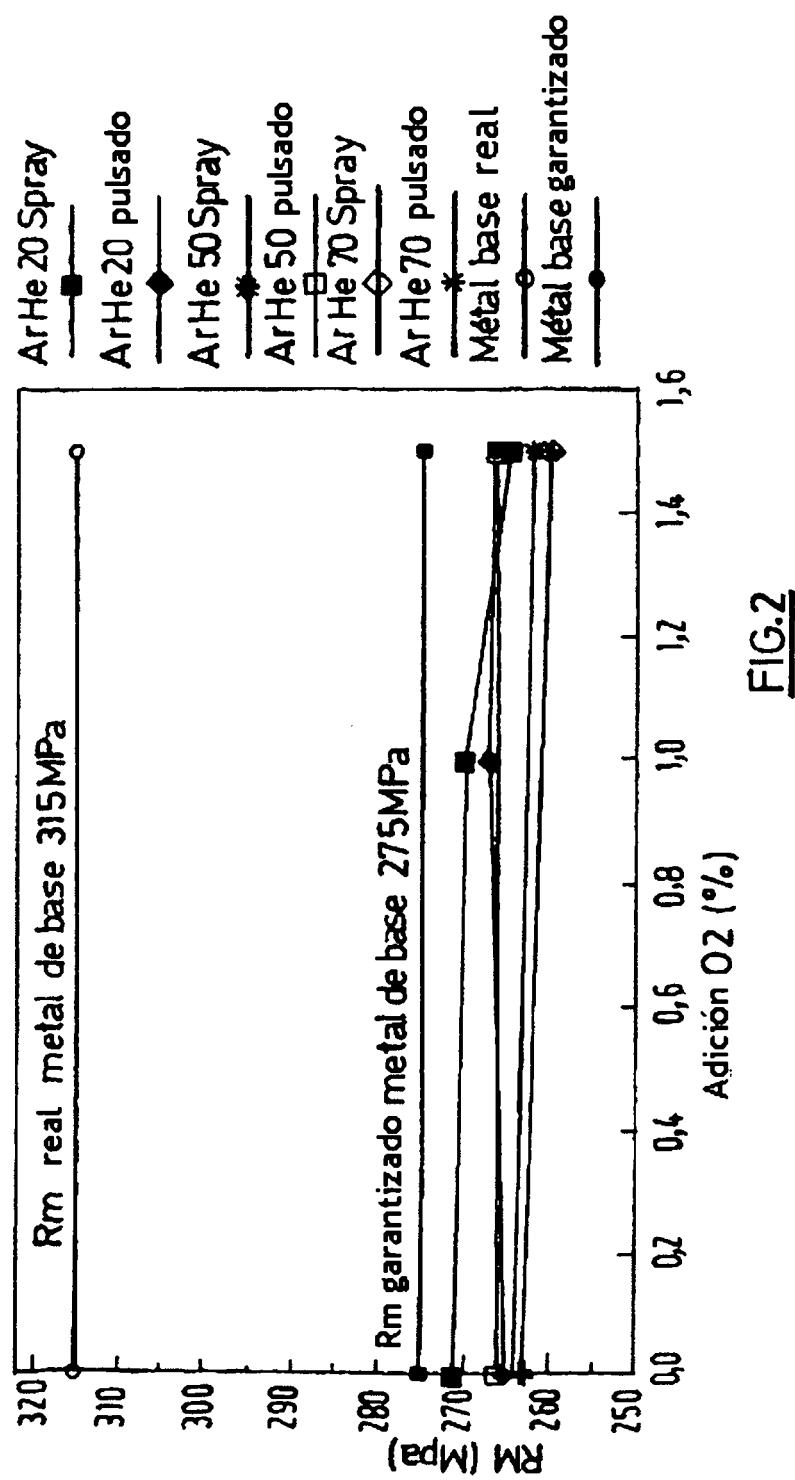
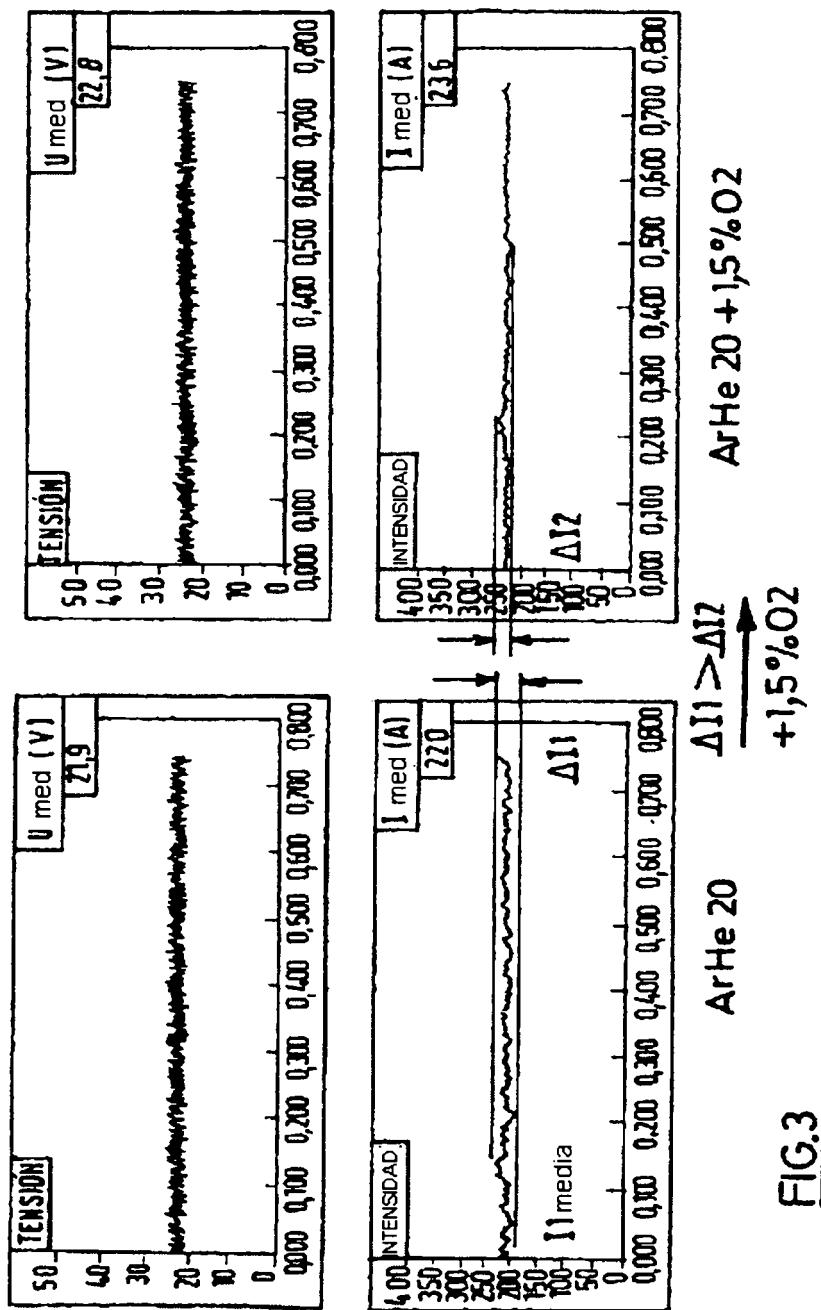


FIG.2



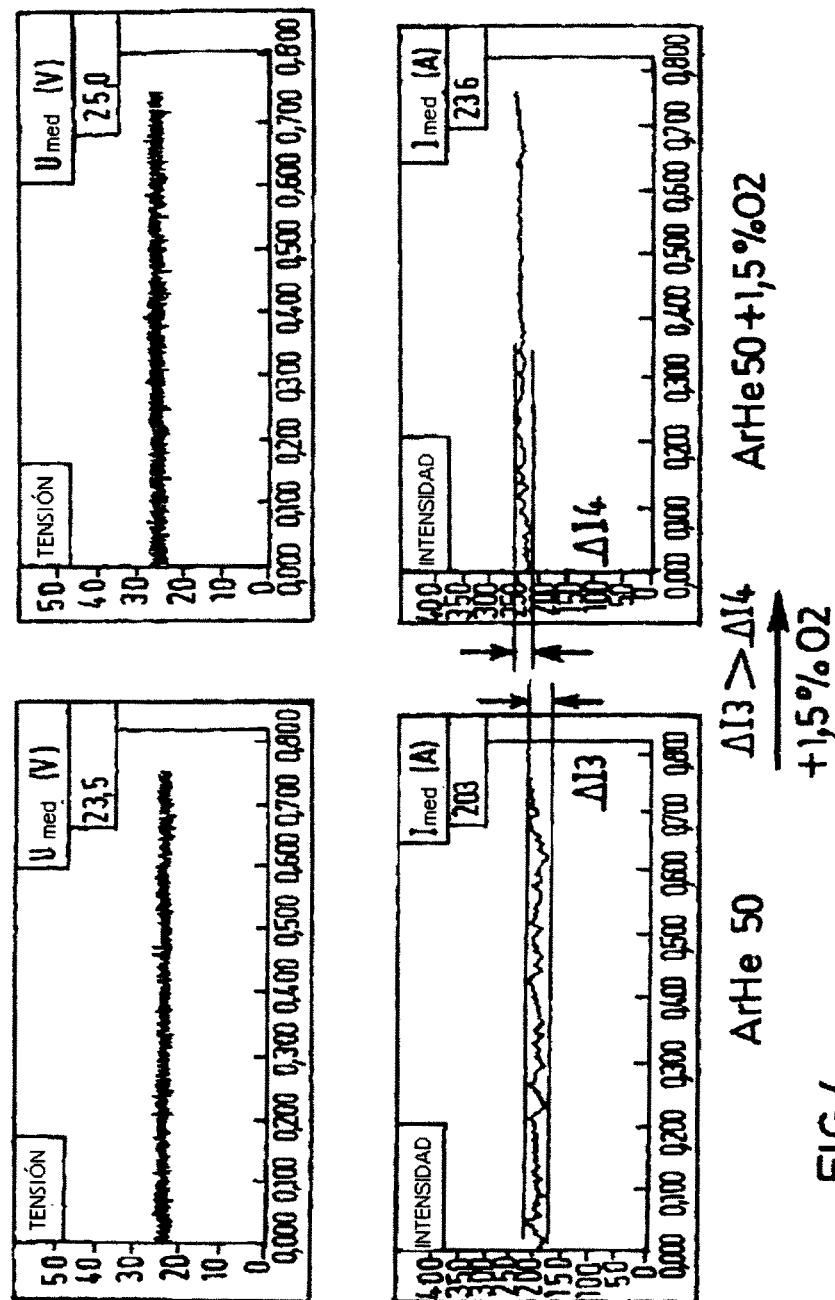


FIG.4