

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 576 581**

51 Int. Cl.:

B23K 11/08 (2006.01)
B21C 37/083 (2006.01)
B21C 51/00 (2006.01)
B23K 11/25 (2006.01)
G01B 11/25 (2006.01)
B23K 11/34 (2006.01)
B23K 33/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.02.2008 E 08711419 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2016 EP 2123389**

54 Título: **Método de fabricación de una tubería de acero mediante soldadura por costura y su aparato de fabricación**

30 Prioridad:

13.02.2007 JP 2007031714
27.02.2007 JP 2007046802

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.07.2016

73 Titular/es:

JFE STEEL CORPORATION (100.0%)
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome Chiyoda-ku
Tokyo, 100-0011, JP

72 Inventor/es:

INOUE, TOMOHIRO;
SAKASHITA, SHIGETO;
YUASA, DAIJIRO;
YOKOYAMA, HIROYASU;
KENMOCHI, KAZUHITO y
IIZUKA, YUKINORI

74 Agente/Representante:

FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás

ES 2 576 581 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método de fabricación de una tubería de acero mediante soldadura por costura y su aparato de fabricación

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un método y equipo para fabricar una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica que se utiliza como tubería para petróleo, gas natural, etc.

10 Técnica anterior

Las características requeridas para las tuberías de acero (tuberías de línea) usadas como conductos de gas natural son cada vez más estrictas, y el requisito de tuberías de acero con una gran dureza a temperaturas extremadamente frías ha aumentado hasta condiciones criogénicas (≤ -45 °C).

15 Se han usado frecuentemente tuberías de acero como tuberías de línea; sin embargo, las tuberías de acero casi no se han utilizado para cumplir con el requisito de una alta dureza a temperaturas extremadamente frías porque la calidad de una junta (porción soldada mediante resistencia eléctrica) no es suficiente. Puede generarse un poco de óxido durante la soldadura por resistencia eléctrica y permanecer dentro de la junta (porción soldada) incluso
20 después de terminar la soldadura. Esto puede disminuir la energía generada de una tubería de acero cuando se lleva a cabo el ensayo de impacto de Charpy a una temperatura extremadamente fría. Por tanto, no se obtiene la dureza necesaria de manera estable.

25 Convencionalmente, se han llevado a cabo varias pruebas para disminuir la muy pequeña cantidad de óxido restante. Una técnica típica es una soldadura confinada en la que el equipo de soldadura y una porción de tubería de acero cercana a una porción soldada se confinan, y se lleva a cabo la soldadura por resistencia eléctrica al mismo tiempo que se reduce la concentración de oxígeno mediante un gas inerte o similar (por ejemplo, véase la publicación de solicitud de patente japonesa no examinada publicada n.º 4-178281).

30 La técnica anteriormente mencionada, soldadura confinada, en la que el equipo de soldadura y la periferia del mismo se confinan para separarlos del aire ambiental y se llena con gas inerte, en la práctica se utiliza ampliamente en una planta para fabricar una tubería de pequeño diámetro con un diámetro exterior de $\phi 165$ mm o menos. A medida que aumenta el diámetro exterior, aumenta el tamaño del equipo de soldadura, y por tanto tiene que aumentarse el tamaño de la región confinada. Es industrialmente difícil un confinamiento completo. Por tanto, la soldadura
35 confinada casi no se usa en la práctica en plantas para fabricar tuberías de diámetro medio o tuberías de diámetro grande con un diámetro externo mayor de $\phi 165$ mm.

40 En vista de esto, el solicitante sugirió un método para fabricar una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica en la publicación de solicitud de patente japonesa no examinada publicada n.º 2007-160383 (fecha de solicitud que es posterior a la fecha de prioridad de la presente solicitud). El método puede proporcionar una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica con una gran dureza incluso a temperaturas extremadamente frías sin soldadura confinada.

45 En particular, la tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica se fabrica de modo que se conforma una tira de acero cortada con una anchura predeterminada mediante rodillos para obtener una tubería abierta sustancialmente tubular, y ambos bordes de la tubería se sueldan mediante soldadura por resistencia eléctrica. Más específicamente, se aplica una corriente a alta frecuencia a los bordes de la tubería abierta, generando así calor por efecto Joule, los bordes se calientan y se funden debido al calor por efecto Joule, y entonces se unen los bordes y se sueldan mediante presión.

50 En este momento, durante la soldadura por resistencia eléctrica convencional, los bordes de la tubería abierta tienen una forma simplemente rectangular, como se muestra en la Fig. 8A. La corriente puede concentrarse en posiciones cercanas a las superficies exterior e interior de los bordes, mientras que la densidad de corriente es baja en una porción central en la dirección del grosor de la tira. La falta de uniformidad de la densidad de corriente en la dirección
55 del grosor de la tira puede generar una distribución de temperatura no uniforme. Además, como la temperatura en la porción central en la dirección del grosor de la tira es baja, este fenómeno puede ser un factor esencial que conduce a un fallo de descarga de óxido.

60 Por tanto, haciendo referencia a una forma de la sección transversal mostrada en la Fig. 8B, la publicación de solicitud de patente japonesa no examinada publicada n.º 2007-160383 proporciona una configuración en la que se aplica una forma ahusada predeterminada (forma de ranura) a porciones de esquina en las superficies exterior e interior de los bordes de la tubería abierta, para solucionar el problema de la falta de uniformidad en la densidad de corriente en la dirección del grosor de la tira, para descargar de forma eficiente el óxido de la porción soldada, y para dotar a la tubería de acero mediante resistencia eléctrica de una gran dureza a temperaturas extremadamente frías.

65 Con el funcionamiento actual, sin embargo, la forma de las ranuras de los bordes pueden no alcanzar la forma

predeterminada debido a una variación dimensional tal como la flexión (curva), o falta de uniformidad de la fuerza, de una tira de acero que sirve como material de base. En este caso, la distribución de la temperatura puede variar en la porción soldada, y puede no poder fabricarse la tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica con una dureza deseable.

5 La invención se realiza en vista de las situaciones anteriores, y un objeto de la invención es proporcionar un método para fabricar una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica que tenga una buena dureza en una porción soldada, siendo el método capaz de fabricar de manera estable una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica que tenga una dureza deseada en una porción soldada aunque la tira de acero que sirve como material de base tenga una variación dimensional.

10 Los documentos JP H06/137853 A, US 4.649.256 A, DE 735711 C, JP S57/195587, JP H04-105709, y JP S63-104797 A constituyen más técnica anterior.

15 **Descripción de la invención**

La invención se define mediante las reivindicaciones independientes.

20 Para solucionar los problemas anteriormente descritos, la descripción proporciona las siguientes características.

[1] Se proporciona un método para fabricar una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica que tiene una buena dureza en una porción soldada, incluyendo el método las etapas de conformar una tira de acero en forma de tubería abierta sustancialmente tubular y soldar ambos bordes de la tubería abierta mediante soldadura por resistencia eléctrica. El método comprende las etapas de: previamente a la soldadura por resistencia eléctrica, aplicar una forma ahusada a cada uno de los bordes de la tubería abierta; medir la forma de la ranura antes de la soldadura por resistencia eléctrica; medir una cantidad de óxido en la porción soldada después de la soldadura por resistencia eléctrica; y ajustar una potencia eléctrica de la soldadura para la soldadura por resistencia eléctrica basándose en los resultados de medición de la medición de la forma ahusada y la medida de la cantidad de óxido.

[2] El método para fabricar una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica que tiene una buena dureza en una porción soldada de acuerdo con [1], que además comprende las etapas de: antes de fabricar la tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica, obtener una relación entre una dureza y potencia eléctrica de soldadura para un altura ahusada de una forma ahusada, obtener una relación entre una altura ahusada y una potencia eléctrica de soldadura con la que se obtiene una dureza deseable basándose en la relación entre la dureza y la potencia eléctrica de soldadura, obtener una relación entre una potencia eléctrica de soldadura y una cantidad de óxido en la porción soldada, y obtener una relación entre una cantidad de óxido en la porción soldada y un coeficiente de modificación de una potencia eléctrica de soldadura basándose en la relación entre la potencia eléctrica de soldadura y la cantidad de óxido en la porción soldada; entonces, durante la fabricación de la tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica, medir una altura ahusada de la forma ahusada aplicada antes de la soldadura por resistencia eléctrica, obtener una potencia eléctrica de soldadura con la que se obtiene una dureza deseable para la altura ahusada medida basándose en la altura ahusada medida y la relación entre la altura ahusada y la potencia eléctrica de soldadura con la que se obtiene la dureza deseable, y ajustar la potencia eléctrica de soldadura para la soldadura por resistencia eléctrica basándose en la potencia eléctrica de soldadura obtenida; y medir la cantidad de óxido en la porción soldada después de la soldadura por resistencia eléctrica, obtener un coeficiente de modificación de la potencia eléctrica de soldadura para la cantidad medida de óxido basándose en la cantidad medida de óxido y la relación entre la cantidad de óxido en la porción medida y el coeficiente de modificación de la potencia eléctrica de soldadura, y ajustar la potencia eléctrica de soldadura para la soldadura por resistencia eléctrica basándose en el coeficiente de modificación obtenido de la potencia eléctrica de soldadura.

[3] En el método para fabricar una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica que tiene una gran dureza en una porción soldada de acuerdo con [1] o [2], la forma ahusada se mide mediante la irradiación del borde de la tubería abierta con luz láser de hendidura, y capturar una imagen del borde de la tubería abierta irradiada con la luz láser de hendidura mediante una cámara.

[4] En el método para fabricar una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica que tiene una buena dureza en una porción soldada de acuerdo con cualquiera de entre [1] a [3], la etapa de aplicar previamente la forma ahusada al borde de la tubería abierta es una de las etapas que incluyen aplicar la forma ahusada mediante una herramienta de corte de borde, aplicar la forma ahusada mediante un dispositivo de formación de rodillo, y aplicar la forma ahusada mediante un rodillo con ranura.

[5] Se proporciona un equipo para fabricar una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica, incluyendo el equipo medios de conformación de tubería abierta para conformar una tira de acero como una tubería abierta sustancialmente tubular, y medios de soldadura por resistencia eléctrica para soldar ambos bordes de la tubería abierta mediante soldadura por resistencia eléctrica. El equipo comprende: medios de aplicación de forma ahusada para aplicar una forma ahusada a cada uno de los bordes de la tubería abierta previamente a la soldadura por resistencia eléctrica; medios de medición de forma ahusada para medir la forma ahusada antes de la soldadura

por resistencia eléctrica; medios de medición de la cantidad de óxido para medir una cantidad de óxido en la porción soldada después de la soldadura por resistencia eléctrica; y un dispositivo de acondicionamiento de potencia para ajustar una potencia eléctrica de soldadura para la soldadura por resistencia eléctrica basándose en los resultados de las medidas de los medios de medición de forma ahusada y los medios de medición de la cantidad de óxido.

5 [6] En el equipo para fabricar una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica de acuerdo con [5], los medios de medición de forma ahusada incluyen un dispositivo de irradiación que irradia el borde de la tubería abierta con luz láser de hendidura; un dispositivo de captura de imágenes que captura una imagen del borde de la tubería abierta irradiada con la luz láser de hendidura del dispositivo de irradiación; y un dispositivo de procesamiento de imágenes que procesa la imagen capturada por el dispositivo de captura de imágenes mediante procesamiento de imágenes y detecta la forma ahusada.

10 [6] En el método para fabricar una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica que tiene una buena dureza en una porción soldada de acuerdo con cualquiera de entre [1] y [2], la cantidad de óxido en la porción soldada se mide mediante ultrasonidos.

Breve descripción de los dibujos

20 La Fig. 1A y 1B son una ilustración que muestra realizaciones de la invención.

La Fig. 2A es una vista superior que muestra el detalle de una parte de la realización de la invención, y la Fig. 2B es una vista de una sección transversal de la Fig. 2A.

25 La Fig. 3 es una ilustración que muestra cómo crear una curva de optimización de potencia de soldadura de acuerdo con la realización de la invención.

La Fig. 4 es una ilustración que muestra un ejemplo de la curva de optimización de potencia de soldadura de acuerdo con la realización de la invención.

30 La Fig. 5 es una ilustración que muestra cómo corregir una potencia eléctrica de soldadura de acuerdo con la realización de la invención.

La Fig. 6 es una ilustración que muestra cómo calcular un coeficiente de modificación de la potencia eléctrica de soldadura de acuerdo con la realización de la invención.

35 La Fig. 7 es una ilustración que muestra un ejemplo del coeficiente de modificación de la potencia eléctrica de soldadura de acuerdo con la realización de la invención.

40 La Fig. 8A es una ilustración que muestra un caso en el que un borde de una tubería abierta tiene una forma rectangular, y la Fig. 8B es una ilustración que muestra un caso en el que un borde tiene una forma de ranura.

Números de referencia

1	tira de acero (bobina)
45 2	cortador de borde
3	dispositivo de formación de rodillo
4	tubería abierta
4a, 4b	borde de tubería abierta
5a, 5b	forma de ranura
50 6	equipo de generación de potencia de soldadura (equipo de soldadura)
7	tubería de acero soldada mediante resistencia eléctrica
11	dispositivo de monitorización de forma de borde
12, 12a, 12b	dispositivo de irradiación (con luz láser de hendidura)
13, 13a, 12b	cámara de medida de imágenes
55 14	unidad de procesamiento aritmético
15	detector de defectos por ultrasonidos

Mejores modos de llevar a cabo la invención

60 A continuación se describen realizaciones de la invención haciendo referencia a los dibujos.

La Fig. 1A ilustra una línea de fabricación para una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica de acuerdo con una realización de la invención.

65 De manera similar a una línea de fabricación típica para una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica, los bordes de una bobina (tira de acero) 1 cortados según una anchura predeterminada son cortados por

un cortador 2 de borde, la bobina 1 es conformada de manera continua por un dispositivo 3 de formación de rodillo para dar lugar a una tubería 4 abierta sustancialmente tubular, y ambos bordes 4a y 4b de la tubería 4 abierta son soldados mediante soldadura por resistencia eléctrica. En particular, se aplica una corriente de alta frecuencia a los bordes 4a y 4b de la tubería 4 abierta mediante un equipo de generación de potencia de soldadura (equipo de soldadura) 6, generándose así calor por efecto Joule, los bordes 4a y 4b se calientan y se funden, y entonces los bordes 4a y 4b se unen y sueldan por presión mediante un rodillo de apriete (no mostrado). De ese modo, se fabrica una tubería 7 de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica. Además, se proporciona una herramienta de corte de cordón de soldadura (no mostrada) corriente abajo del equipo de soldadura por resistencia eléctrica (el equipo 6 de generación de potencia de soldadura y el rodillo de apriete) en una posición cercana al equipo. La herramienta de corte de cordón de soldadura corta el cordón de soldadura (exceso de metal) formado por la soldadura por resistencia eléctrica.

Entonces, en esta realización, las porciones de esquina en las superficies exterior e interior de ambos extremos en una dirección de la anchura de la tira 1 de acero se modifican para hacerlas ahusadas por el cortador 2 de borde, el dispositivo 3 de formación de rodillo, y un rodillo ranurado (no mostrado) para procesar adecuadamente ambos bordes 4a y 4b. Por tanto, se aplica a cada uno de los bordes 4a y 4b una forma de ranura (forma ahusada) como se muestra en la Fig. 8B. También, unos dispositivos de monitorización de forma de borde (cámaras de monitorización de alta precisión) 11 capturan de manera continua imágenes de los bordes 4a y 4b inmediatamente antes de la soldadura por resistencia eléctrica. Las imágenes capturadas se introducen en una unidad 14 de procesamiento aritmético en tiempo real para llevar a cabo el procesamiento de las imágenes. Con el procesamiento de las imágenes, se mide una ligera variación de la forma de la ranura, se obtiene una potencia eléctrica de soldadura óptima basándose en el resultado de la medida (datos dimensionales), y se ajusta una potencia eléctrica de soldadura proporcionada por el equipo 6 de generación de potencia de soldadura.

La Fig. 1B muestra una línea de fabricación para una tubería de acero mediante soldadura por ultrasonidos de acuerdo con otra realización de la invención. Además de la configuración de la realización mostrada en la Fig. 1a, se dispone un detector 15 de defectos por ultrasonidos. Después de la soldadura por resistencia eléctrica, el detector 15 de defectos por ultrasonidos inspecciona la porción soldada (una porción soldada correspondiente a una posición donde se ha medido la forma de ranura). Los datos de la inspección se introducen en una unidad 14 de procesamiento aritmético para su procesamiento aritmético. Con el procesamiento aritmético, se mide una distribución de óxido en la porción soldada, se obtiene una potencia eléctrica de soldadura óptima basándose en el resultado de la medición de la forma de ranura (datos dimensionales) y el resultado de la medida de la distribución de óxido (cantidad de óxido), y se ajusta una potencia eléctrica de soldadura del equipo 6 de generación de potencia de soldadura.

Las Figs. 2A y 2B son vistas explicativas detalladas que muestran la medición de la forma de ranura por el dispositivo 11 de monitorización de forma de borde. La Fig. 2A es una vista superior, y la Fig. 2B es una vista (vista en sección transversal) tomada a lo largo de la línea A-A en la Fig. 2A.

Haciendo referencia al dibujo, el dispositivo 11 de monitorización de forma de borde es una combinación (dispositivo de corte óptico) de un dispositivo de irradiación (con luz láser de hendidura) 12 y una cámara 13 de captura de imágenes. Aquí, el dispositivo 11 de monitorización de forma de borde incluye un dispositivo de irradiación (con luz láser de hendidura) 12a que irradia un borde 4a de la tubería 4 abierta con luz láser de hendidura oblicuamente de acuerdo con un ángulo θ de irradiación predeterminado, una cámara 13a de captura de imágenes que captura una imagen del borde 4a irradiado con la luz láser de hendidura, un dispositivo 12b de irradiación que irradia el otro borde 4b de la tubería 4 abierta con luz láser de hendidura oblicuamente de acuerdo con un ángulo θ de irradiación predeterminado, y una cámara 13b de captura de imágenes que captura una imagen del borde 4b irradiado con la luz láser de hendidura.

Las cámaras 13a y 13b de captura de imágenes capturan las imágenes de los bordes 4a y 4b irradiados con la luz láser de hendidura de los dispositivos de irradiación (con luz láser de hendidura) 12a y 12b. La unidad 14 de procesamiento aritmético procesa las imágenes capturadas para medir las formas 5a y 5b de las ranuras de los bordes 4a y 4b. En particular, se miden las alturas h de las ranuras en las cuatro posiciones mostradas en la Fig. 2B.

En la realización mostrada en la Fig. 1B, el detector 15 de defectos por ultrasonidos se utiliza para medir la cantidad de óxido después de la soldadura por resistencia eléctrica, en las posiciones para medir las formas de la ranura del modo anteriormente descrito.

Como se ha descrito anteriormente, la potencia eléctrica de soldadura óptima se obtiene basándose en el resultado de la medida de la altura h de la ranura, y ajusta la potencia eléctrica de soldadura suministrada por el equipo 6 de generación de potencia de soldadura. Alternativamente, la potencia eléctrica de soldadura óptima se calcula basándose en el resultado de la medida de la altura h de la ranura y un resultado de la medida de una cantidad de óxido en la porción soldada, y ajusta la potencia eléctrica de soldadura suministrada por el equipo 6 de generación de potencia de soldadura. La idea básica se describirá a continuación.

La Fig. 3 muestra una relación de ejemplo entre una potencia eléctrica de soldadura (en la Fig. 3, convertida en una

potencia eléctrica de soldadura por unidad de tiempo y unidad de área de la sección transversal, siendo la unidad $\text{kW} / (\text{s} \cdot \text{mm}^2)$ y una dureza (temperatura de transición de ensayo de impacto Charpy de la junta) en una junta, utilizándose las alturas h de la ranura como parámetros, en un caso en el que una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica se fabrica mediante la aplicación de formas 5a y 5b de ranura a los bordes 4a y 4b de la tubería 4 abierta. En este documento, la dureza en la junta es expresada a través de la temperatura de transición de ensayo de impacto de Charpy de la junta (en adelante, referida simplemente como temperatura de transición), el grosor t de la bobina es 12,7 mm, y la altura h de ranura oscila entre 2 mm, 3 mm, hasta 4 mm. Para comparar, también se muestra una estructura que no tiene forma de ranura (sin ranura). La Fig. 3 muestra la relación entre la potencia eléctrica de soldadura y la dureza cualitativamente, y se omiten los valores de la potencia eléctrica de soldadura.

Haciendo referencia a la Fig. 3, la temperatura de transición disminuye enormemente, la dureza aumenta de manera significativa y, por tanto, la forma de ranura es efectiva cuando se proporciona la forma de ranura en comparación con el caso en el que no se proporciona forma de ranura.

Se debe remarcar que la potencia eléctrica de soldadura con la que la temperatura de transición se hace lo más bajo posible (punto blanco en la Fig. 3) con la misma altura de ranura varía de acuerdo con la altura de la ranura. En otras palabras, aunque la soldadura por resistencia eléctrica se lleva a cabo con a potencia eléctrica de soldadura que es óptima para una cierta altura de ranura, si la altura de la ranura varía, la potencia eléctrica de soldadura se desvía de la potencia eléctrica de soldadura óptima. La dureza (temperatura de transición) puede cambiar significativamente.

Por tanto, en esta realización, se ajusta una potencia W eléctrica de soldadura para que sea la potencia eléctrica de soldadura óptima para la altura h de ranura de acuerdo con la variación en la altura h de ranura, minimizando así la variación en la dureza (temperatura de transición).

En particular, haciendo referencia a la Fig. 4, el eje horizontal representa la potencia W eléctrica de soldadura óptima (en la Fig. 4, se convierte en una potencia eléctrica de soldadura por unidad de tiempo y unidad de área transversal, siendo la unidad $\text{kW} / (\text{s} \cdot \text{mm}^2)$), y el eje vertical representa (suma de alturas de ranura $2h$) / (grosor t de bobina). Una curva obtenida representando la potencia eléctrica de soldadura con la que la temperatura de transición se minimiza (punto blanco en la Fig. 3) es una curva de optimización de potencia eléctrica de soldadura (curva de corrección de potencia eléctrica de soldadura) en asociación con la variación en la altura h de ranura. Entonces, la potencia eléctrica de soldadura óptima para la altura h de ranura se obtiene a partir de la curva de optimización de potencia eléctrica de soldadura basándose en el resultado de la medida de la altura h de ranura. La potencia W eléctrica de soldadura se ajusta a la potencia eléctrica de soldadura óptima. La Fig. 4 muestra la potencia eléctrica de soldadura óptima y el eje vertical que representa (suma de alturas $2h$ de ranura) / (grosor t de bobina) cualitativamente, y se omiten los valores de la potencia eléctrica de soldadura óptima.

Alternativamente, la potencia W eléctrica óptima de soldadura puede ajustarse a una potencia eléctrica de soldadura óptima para una altura h_m de ranura (por ejemplo, 3 mm) que es un valor objetivo inicial (es decir, en la Fig. 4, un valor para una altura de ranura de 3 mm se establece como origen), y la potencia W eléctrica de soldadura puede corregirse mediante una desviación de la potencia eléctrica de soldadura óptima para que corresponda a un desplazamiento de la altura de la ranura.

La curva de optimización de potencia de soldadura (curva de corrección de potencia de soldadura) de la Fig. 4 se crea previamente antes de que comience la fabricación (operación) de la tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica. Para fabricar un mismo tiempo de tuberías de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica, se utiliza la misma curva de optimización de potencia de soldadura (curva de corrección de potencia de soldadura).

Incluso con el control anteriormente mencionado, sin embargo, puede quedar una muy pequeña cantidad de óxido en la porción soldada debido a una variación en las condiciones de operación o similar. El óxido puede disminuir la dureza.

Por tanto, para estabilizar aún más la fabricación de una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica que tenga una dureza deseable en una porción soldada, se mide una cantidad de óxido en la porción soldada después de la soldadura por resistencia eléctrica, el resultado de la medida se realimenta al equipo 6 de generación de potencia eléctrica a través de la unidad 14 de procesamiento aritmético para ajustar la potencia eléctrica de soldadura y disminuir de manera estable la cantidad de óxido en la porción soldada. En este momento, cuando la cantidad de óxido es grande, la potencia eléctrica de soldadura típicamente se aumenta de modo que se promueva la flotación y eliminación del óxido.

Los medios para medir la cantidad de óxido en la porción soldada (en particular, la cantidad de óxido muy pequeño (algunos cientos de micrómetros o menos), que pueden afectar a la dureza de la porción soldada) pueden usar medios conocidos. Por ejemplo, los medios conocidos pueden ser un método de detección de defectos usando una sonda de tipo matriz descrita en la publicación de solicitud de patente japonesa no examinada publicada n.º 2007-

163470 (cuya fecha de solicitud es posterior a la fecha de prioridad de la presente solicitud), o puede ser otro método descrito en la publicación.

5 Se describirá un método de realimentación cuando se usa el método de detección de defectos por ultrasonidos usando la sonda de tipo matriz.

10 La Fig. 5 ilustra una relación de ejemplo entre un valor de medida (altura (%) eco media) del detector 15 de defectos por ultrasonidos y una energía absorbida. El valor de la medida (altura (%) eco media) se correlaciona con la cantidad de óxido muy pequeño. En este ejemplo, la cantidad de óxido en la porción soldada es pequeña y se puede obtener la dureza suficiente siempre que la altura eco media esté dentro del intervalo de 0 % a 20 %.

15 Por tanto, se obtiene previamente según se muestra en la Fig. 6 una relación entre una altura eco media (= cantidad de óxido) en la porción soldada después de la soldadura por resistencia eléctrica bajo diferentes condiciones (forma del material, calidad del material, velocidad de formación de la tubería, y similares) con la potencia eléctrica de soldadura establecida en la Fig. 4, y la potencia eléctrica de soldadura (siendo la unidad kW / (s·mm²)). La Fig. 6 muestra cualitativamente la relación entre la altura eco media y la potencia eléctrica de soldadura, y se omiten los valores de la potencia eléctrica de soldadura.

20 Haciendo referencia a un ejemplo de la Fig. 5, cuando se puede mantener la alta dureza debido a que la altura eco media es de aproximadamente el 20 % o menor, se determina un valor de referencia de la altura eco media como 20 %. Entonces, se obtiene un coeficiente de modificación de la potencia eléctrica de soldadura cuando la altura eco media es del x% mediante la siguiente ecuación:

25 Coeficiente de modificación = (potencia eléctrica de soldadura)_{altura eco = 20 %} / (potencia eléctrica de soldadura)_{altura eco = x%}

30 En este documento, (potencia eléctrica de soldadura)_{altura eco = 20 %} es una potencia eléctrica cuando la altura eco media es del 20 % en la Fig. 6, y (potencia eléctrica de soldadura)_{altura eco = x%} es una potencia eléctrica de soldadura cuando la altura eco media es x% en la Fig. 6.

La Fig. 7 muestra una relación entre la altura eco media obtenida del modo anteriormente descrito y el coeficiente de modificación.

35 El coeficiente de modificación de la potencia eléctrica de soldadura en la Fig. 7 se crea previamente antes de comenzar a fabricar (operar) la tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica. Para fabricar un mismo tipo de tuberías de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica, se usa el mismo coeficiente de modificación.

40 Por ejemplo, cuando la altura eco media es 100 % en la porción soldada después de que se lleve a cabo la soldadura por resistencia eléctrica con la potencia eléctrica de la soldadura ajustada según ciertas condiciones, se descubre en la Fig. 7 que el coeficiente de modificación es 1,05. Por tanto, la potencia eléctrica de soldadura establecida se multiplica por 1,05. Se debe remarcar que cuando la altura eco media medida está en el intervalo de 0 % a 20 %, no es necesario modificar las condiciones de la soldadura (coeficiente de modificación = 1).

45 La cantidad de óxido se mide preferentemente mediante el detector 15 de defectos por ultrasonidos inmediatamente después de la soldadura por resistencia eléctrica. Más particularmente, el detector 15 de defectos por ultrasonidos preferentemente se dispone inmediatamente corriente debajo de la herramienta de corte de cordón de soldadura, debido a que pasa un tiempo debido a que la posición del detector 15 de defectos por ultrasonidos está separada del equipo de soldadura por resistencia eléctrica, y disminuye la precisión de la información para la realimentación.

50 El método de control descrito anteriormente es simplemente un ejemplo. Por supuesto, se pueden usar otros medios, como por ejemplo medios para ajustar la potencia eléctrica de soldadura de modo que la altura eco media caiga por debajo del intervalo de entre 0 % y 20 %.

55 De este modo, puede optimizarse la potencia eléctrica de soldadura mediante la combinación de control anticipativo basado en el resultado de la medida de la altura h de la ranura y el control de realimentación basado en el resultado de la medida (altura eco media) de la cantidad de óxido.

60 Como se ha descrito anteriormente, en la realización de la invención, los bordes 4a y 4b de la tubería 4 abierta tienen las formas 5a y 5b de ranura (formas ahusadas), de modo que se ecualiza la densidad actual, o la distribución de la temperatura, en la dirección del grosor de la tira durante la soldadura por resistencia eléctrica, se disminuye la cantidad de óxido muy pequeño en la junta después de la soldadura por resistencia eléctrica, y por tanto se puede una gran dureza a temperaturas extremadamente frías. Además, se mide la variación de las formas 5a y 5b de ranura, y se ajusta la potencia eléctrica de soldadura a una potencia eléctrica de soldadura óptima para las formas 65 5a y 5b de ranura. En consecuencia, incluso cuando las formas 5a y 5b de ranura varía debido a un factor inevitable tal como la variación dimensional o la baja uniformidad de la dureza de la tira 1 de acero que sirve como material de

base, se evita que varíe la dureza en la porción soldada, y se puede fabricar una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica con una dureza deseada (en particular, una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica aplicable para su uso a temperaturas extremadamente bajas, tubería que ha sido difícil de fabricar).

5 Además, se mide la cantidad de óxido en la porción soldada, y se ajusta la potencia eléctrica de soldadura a una potencia eléctrica de soldadura óptima para las formas 5a y 5b de ranura. Por tanto, se puede fabricar una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica con una dureza más estable.

10 En un funcionamiento actual, una vez ha comenzado la fabricación, la forma 5a y 5b de las ranuras de la bobina 1 de alimentación continua o tubería 4 abierta no pueden medirse manualmente. Incluso si se pueden medir las formas 5a y 5b de ranura, mientras el sistema no esté dispuesto para modificar de manera automática la potencia eléctrica de soldadura para el equipo 6 de soldadura en tiempo real, no se obtiene ninguna ventaja de la fabricación industrial. Por tanto, la utilidad de la invención es muy alta.

15 En la realización, las formas 5a y 5b de ranura puede aplicarlas el cortador 2 de borde, el dispositivo 3 de formación de rodillo (por ejemplo, con un rodillo de paso de aleta dispuesto en el mismo), o un rodillo ranurado (no mostrado). La forma 5a y 5b de las ranuras puede aplicarse preferentemente en una posición lo más cerca posible del equipo 6 de soldadura de modo que se aumente la precisión dimensional.

20 La medición de la forma 5a y 5b de las ranuras puede incluir solamente la medida de las alturas de ranura en una de las superficies de la tubería 4 abierta (por ejemplo, la superficie exterior). En este caso, el eje vertical de la Fig. 4 puede expresarse mediante (altura h de ranura de una de las formas de ranura medidas) / (grosor t de bobina).

25 La medición de la forma 5a y 5b de las ranuras no necesita usar los dispositivos de radiación (con luz láser de hendidura) 12. Las imágenes de los bordes 4a y 4b de la tubería 4 abierta pueden capturarse mediante las cámaras 13 de captura de imágenes, y la altura h de ranura puede calcularse usando sombras de las imágenes capturadas.

30 La forma de ranura puede aplicarse a una de las superficies externa e interna de la tubería 4 abierta.

35 La curva de optimización de potencia de soldadura (curva de corrección de potencia de soldadura) mostrada en la Fig. 4 como un ejemplo puede almacenarse en la unidad 14 de procesamiento aritmético, como una ecuación experimental, o como una base de datos que incluye parámetros que pueden ser la altura de ranura, la relación de la altura de ranura con el grosor de bobina, y la potencia eléctrica de soldadura. La altura de ranura medida puede ser sustituida en la ecuación experimental para calcular la potencia eléctrica de soldadura, o la altura de ranura medida puede hacer referencia a la base de datos para calcular la potencia eléctrica de soldadura (interpolando el valor de la base de datos si es necesario). Lo mismo puede aplicarse al coeficiente de modificación (curva de coeficiente de modificación) usando el óxido (altura eco media) mostrado en la Fig. 7 como un ejemplo.

40 En la realización anteriormente descrita, aunque la curva de optimización de potencia de soldadura (curva de corrección de potencia de soldadura) de la Fig. 4 se crea basándose en la potencia eléctrica de soldadura con la que la temperatura de transición se minimiza en la Fig. 3, la presente invención no se limita a ello. Por ejemplo, la curva de optimización de potencia de soldadura (curva de corrección de potencia de soldadura) puede crearse basándose en un intervalo de potencia eléctrica de soldadura correspondiente a una temperatura de transición en la que se pueda obtener una dureza deseable (por ejemplo, una especificación solicitada para una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica. En este caso, la curva de optimización de potencia (curva de corrección de potencia) puede tener forma de banda. La potencia eléctrica de soldadura se ajusta dentro del intervalo con forma de banda. También puede aplicarse al coeficiente de modificación (curva de coeficiente de modificación) usando el óxido (altura eco media), como se muestra en la Fig. 7 como un ejemplo.

50 **Aplicabilidad industrial**

La invención tiene utilidad industrial porque la invención puede fabricar de manera estable la tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica (en particular, una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica aplicable para su uso a temperaturas extremadamente frías, una tubería que ha sido difícil de fabricar) evitando que la dureza de la porción soldada varíe y de modo que tenga la dureza deseable incluso cuando la forma de la ranura aplicada al borde de la tubería abierta varía debido a factores inevitables tales como la variación dimensional y falta de uniformidad de la tira de acero que sirve como material de base, en una operación real de producción en masa.

60

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar una tubería (7) de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica que incluye las etapas de conformar una tira (1) de acero en forma de tubería (4) abierta sustancialmente tubular y soldar ambos
 5 bordes (4a, 4b) de la tubería (4) abierta mediante soldadura por resistencia eléctrica, comprendiendo el método la etapa de: previamente a la soldadura por resistencia eléctrica, aplicar una forma (5a, 5b) ahusada a cada uno de los bordes (4a, 4b) de la tubería (4) abierta; medir la forma (5a, 5b) ahusada antes de la soldadura por resistencia eléctrica; medir una cantidad de óxido en la porción soldada después de la soldadura por resistencia eléctrica; y ajustar una potencia eléctrica de soldadura para la soldadura por resistencia eléctrica basándose en los resultados
 10 de medición de la medición de la forma ahusada y la medida de la cantidad de óxido.
2. El método para fabricar una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende las etapas de:
 15 antes de fabricar la tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica, obtener una relación entre una dureza y un potencia eléctrica de soldadura para una altura ahusada de una forma ahusada, obtener una relación entre una altura ahusada y una potencia eléctrica de soldadura con la que se obtiene una dureza deseable basándose en la relación entre la dureza y la potencia eléctrica de soldadura, obtener una relación entre una potencia eléctrica de soldadura y una cantidad de óxido en la porción soldada, y obtener una relación entre una cantidad de óxido en la porción soldada y un coeficiente de modificación de una potencia eléctrica de soldadura
 20 basándose en la relación entre la potencia eléctrica de soldadura y la cantidad de óxido en la porción soldada;
 entonces, durante la fabricación de la tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica, medir una altura ahusada de la forma ahusada aplicada antes de la soldadura por resistencia eléctrica, obtener una potencia eléctrica de soldadura con la que se obtiene una dureza deseable para la altura ahusada medida basándose en la altura ahusada medida y la relación entre la altura ahusada y la potencia eléctrica de soldadura con la que se
 25 obtiene la dureza deseable, y ajustar la potencia eléctrica de soldadura para la soldadura por resistencia eléctrica basándose en la potencia eléctrica de soldadura obtenida; y
 medir la cantidad de óxido en la porción soldada después de la soldadura por resistencia eléctrica, obtener un coeficiente de modificación de la potencia eléctrica de soldadura para la cantidad medida de óxido basándose en la cantidad medida de óxido y la relación entre la cantidad de óxido en la porción medida y el coeficiente de
 30 modificación de la potencia eléctrica de soldadura, y ajustar la potencia eléctrica de soldadura para la soldadura por resistencia eléctrica basándose en el coeficiente de modificación obtenido de la potencia eléctrica de soldadura.
3. El método para fabricar una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la forma ahusada se mide irradiando el borde de la tubería abierta con luz láser de
 35 hendidura, y capturando una imagen del borde de la tubería abierta irradiada con la luz láser de hendidura mediante una cámara.
4. El método para fabricar una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la cantidad de óxido en la porción soldada se mide usando
 40 ultrasonidos.
5. El método para fabricar una tubería de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la etapa de aplicar la forma ahusada al borde de la tubería abierta es una de las etapas que incluyen aplicar la forma ahusada mediante una herramienta de corte de borde, aplicar la
 45 forma ahusada mediante un dispositivo de formación de rodillo y aplicar la forma ahusada mediante un rodillo ranurado.
6. Equipo para fabricar una tubería (7) de acero mediante soldadura por resistencia eléctrica que incluye medios (3) de conformación de tubería abierta para conformar una tira (1) de acero como una tubería (4) abierta
 50 sustancialmente tubular, y medios (6) de soldadura por resistencia eléctrica para soldar ambos bordes (4a, 4b) de la tubería (4) abierta mediante soldadura por resistencia eléctrica, comprendiendo el equipo:
 medios de aplicación de forma ahusada para aplicar una forma (5a, 5b) ahusada a cada uno de los bordes (4a, 4b) de la tubería (4) abierta previamente a la soldadura por resistencia eléctrica;
 medios (11) de medición de forma ahusada para medir la forma (5a, 5b) ahusada antes de la soldadura por
 55 resistencia eléctrica;
 medios (15) de medición de la cantidad de óxido para medir una cantidad de óxido en la porción soldada después de la soldadura por resistencia eléctrica; y
 un dispositivo de acondicionamiento de potencia para ajustar una potencia eléctrica de soldadura para la soldadura por resistencia eléctrica basándose en los resultados de las medidas de los medios (11) de medición de
 60 forma ahusada y los medios (15) de medición de la cantidad de óxido.

FIG. 1A

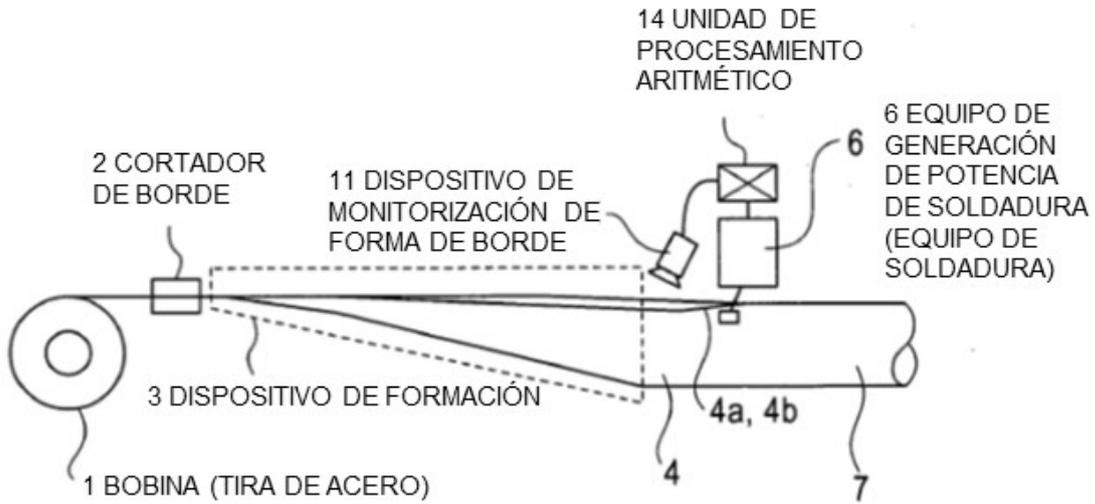


FIG. 1B

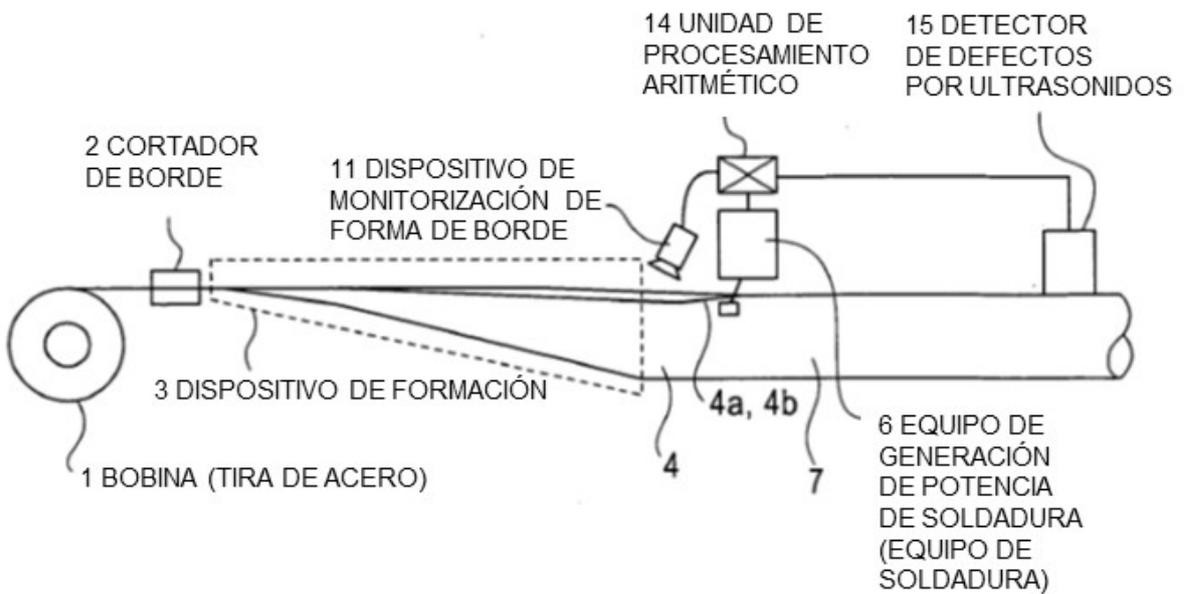


FIG. 2A

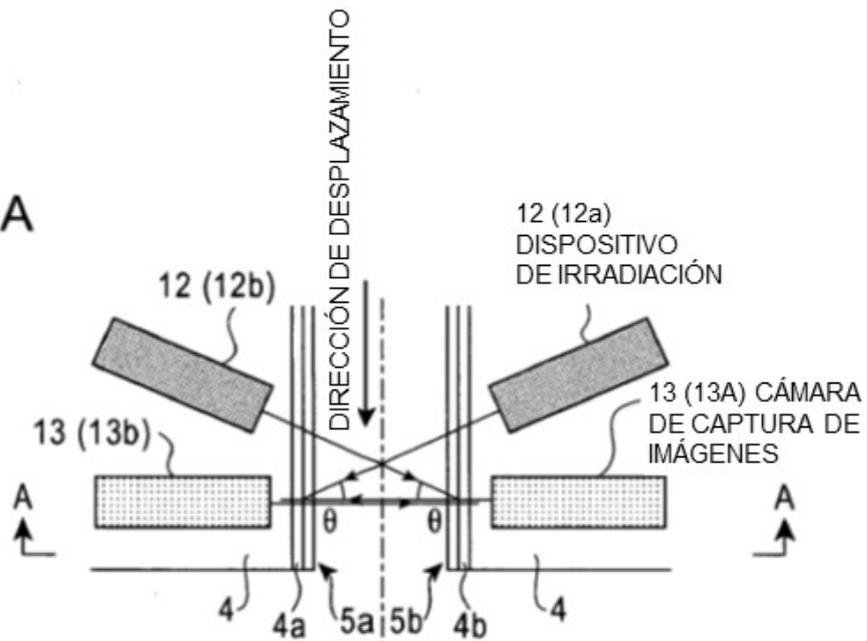


FIG. 2B

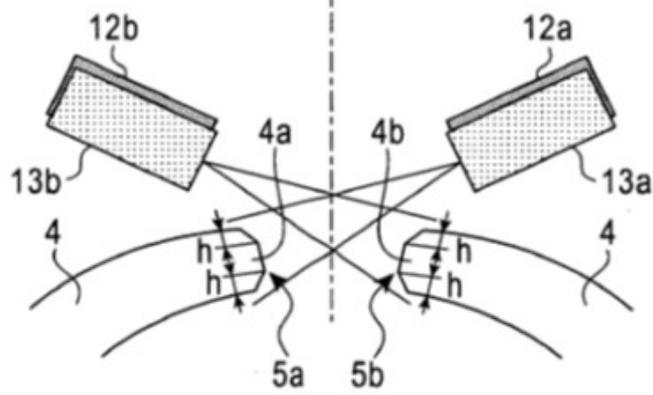


FIG. 3

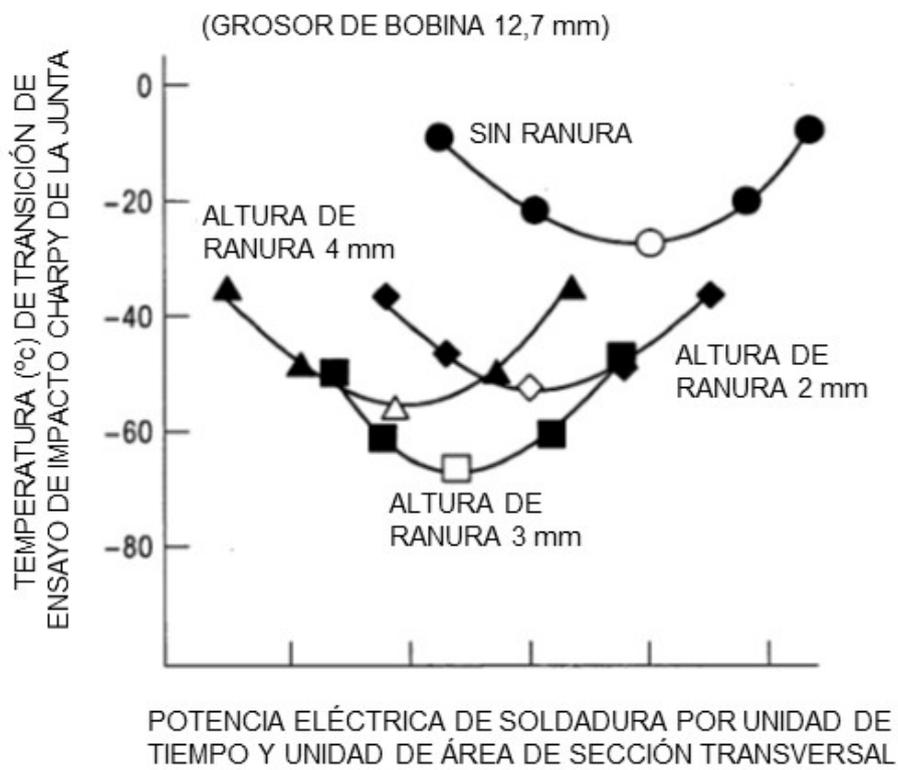


FIG. 4

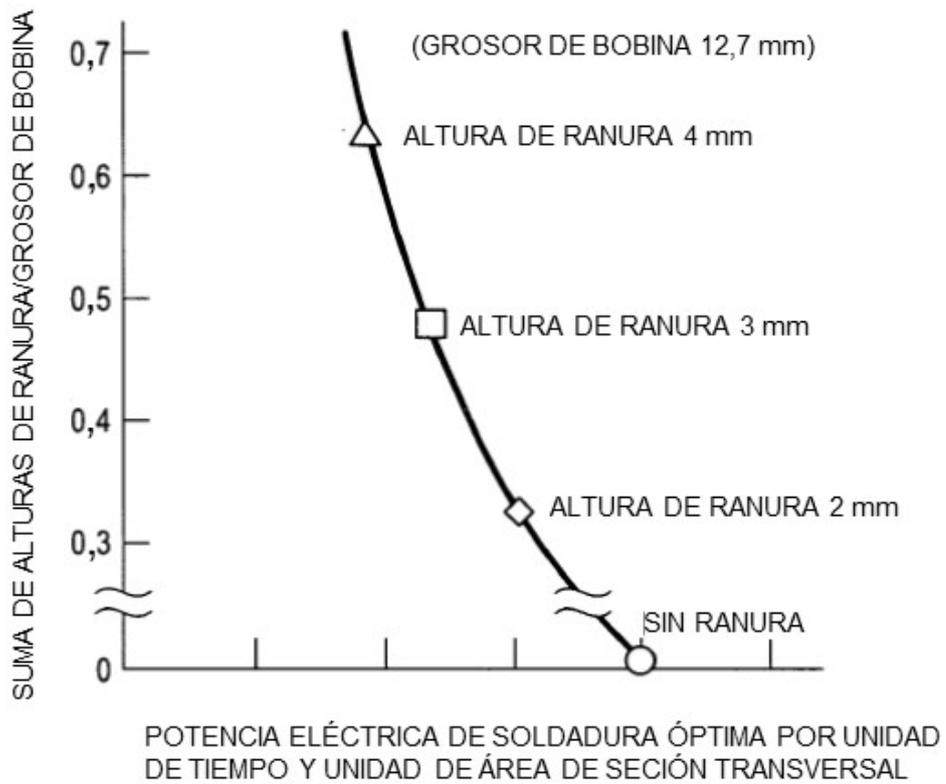


FIG. 5

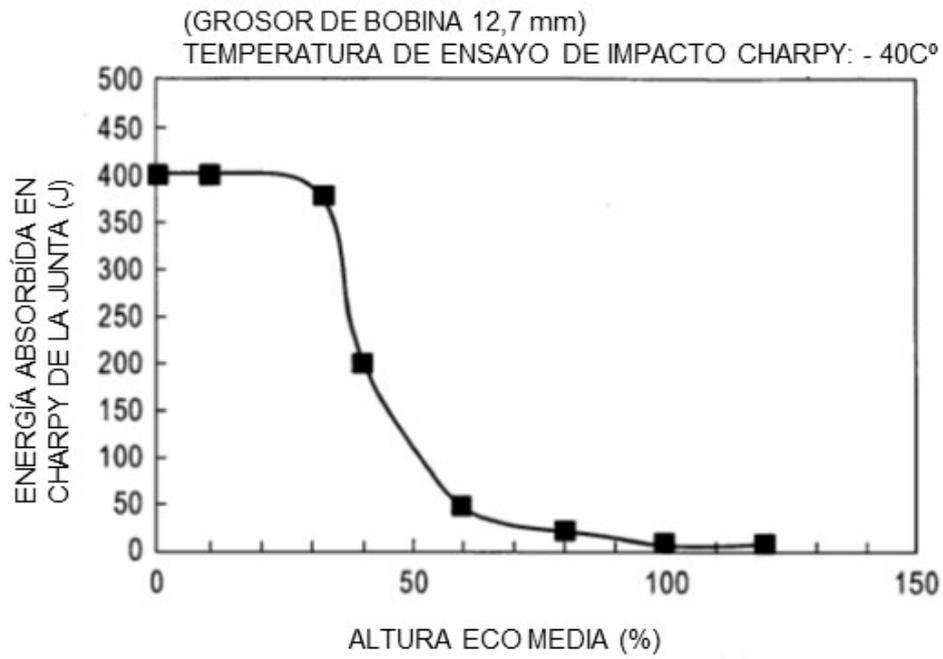


FIG. 6

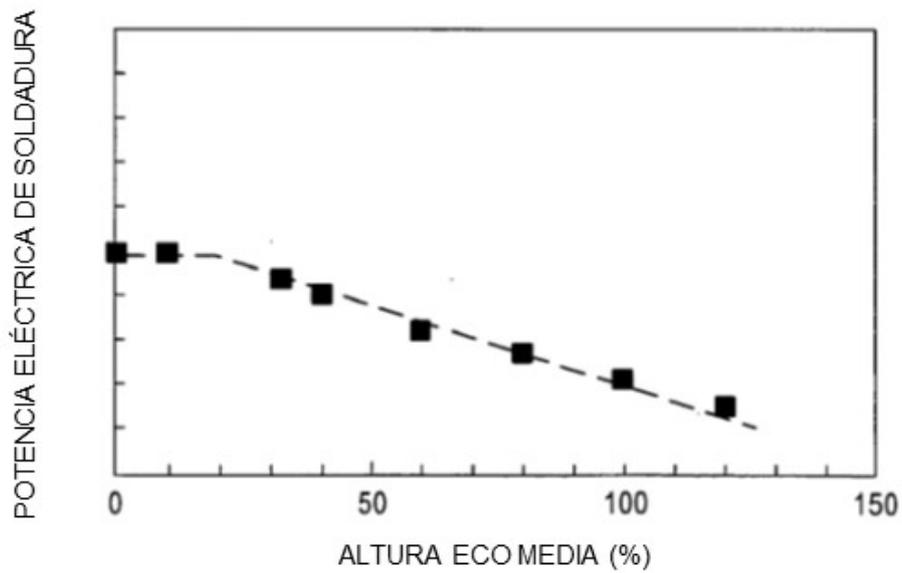


FIG. 7

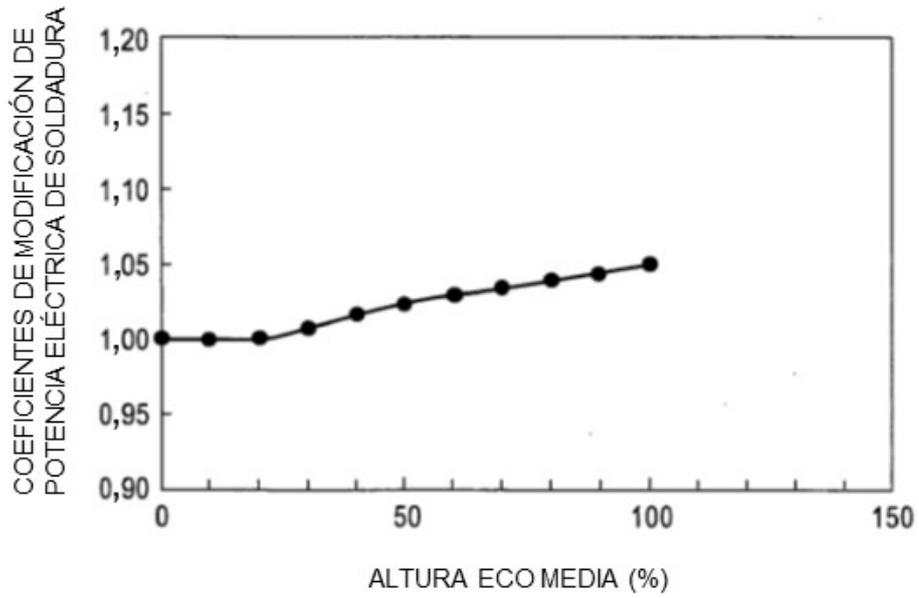


FIG. 8A



FIG. 8B

