

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 693 595**

51 Int. Cl.:

C21D 6/00 (2006.01)

C21D 9/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.06.2013 PCT/US2013/046506**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.12.2013 WO13192282**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.06.2013 E 13807147 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2861773**

54 Título: **Método para tratar un artículo de acero**

30 Prioridad:

19.06.2012 US 201261661540 P
15.03.2013 US 201313838693

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.12.2018

73 Titular/es:

BUFFALO ARMORY LLC (100.0%)
1050 Military Road
Buffalo, New York 14217, US

72 Inventor/es:

BATISTE, JOHN;
ZYRA, TODD;
NICHOLSON, BRENT;
SLOAN, JIM;
COOPER, BRAD;
SPARLING, JOHN;
TUREK, MARK y
HASELKORN, MIKE

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 693 595 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 para tratar un artículo de acero

5 **Antecedentes y sumario**

La presente invención se refiere al tratamiento térmico de artículos de acero y, en particular, se refiere al calentamiento por inducción, templado y revenido de chapas de acero.

10 Para mejorar las propiedades mecánicas de artículos de metal, normalmente se somete el metal a procesos de tratamiento térmico que requieren tiempo y que por lo tanto son costosos. Para aumentar la dureza de un acero, es posible someter un artículo de acero a un ciclo de calentamiento a la temperatura o por encima de la temperatura de la temperatura crítica del metal, seguido de templado del artículo de metal. Dicho proceso tiene como resultado normalmente la creación de una microestructura martensítica en los aceros. Las microestructuras martensíticas, si bien son muy duras, también son, tal como se sabe, relativamente frágiles, es decir, tienen una escasa ductilidad. Para aumentar la ductilidad de microestructuras martensíticas, dichos aceros se suelen revenir o calentar a una temperatura por debajo de la temperatura crítica del acero, con lo cual se reducen las tensiones acumuladas en el acero durante el templado. Dichos procesos de calentamiento, templado y revenido requieren normalmente bastante tiempo y en consecuencia son caros.

20 Chia-Jung Hu, Pew-Yew Lee & Julium-Shyong Cheng: "Ballistic Performance y Microstructure of Modified Rolled Homogenous Armour Steel". Journal of the Chinese Institute of Engineers. 2002, vol. 2, No. 1, páginas 99 - 107 divulga un método de producción de una placa de acero.

25 En el procesamiento del acero en general y, más específicamente, en la formación de blindajes antibalísticos, hasta ahora ha sido difícil conseguir un producto de metal con una combinación de resistencia y ductilidad que pueda fabricarse sin un alto coste, lo que incluye el extenso período de tratamiento térmico. Por ejemplo, dicho artículo de metal debería tener la capacidad de resistir la penetración de munición perforante de blindaje, así como fragmentos de dispositivos explosivos improvisados, incluyendo proyectiles formados por explosión. Los autores de la invención han encontrado un método y un aparato para tratar térmicamente, templar y revenir un artículo de acero, con lo cual el artículo tiene unas propiedades mecánicas y microestructurales deseables, incluyendo propiedades que pueden ser útiles al actuar como blindaje antibalístico o en otras aplicaciones que puedan requerir una chapa de acero con una alta dureza en combinación con una alta ductilidad.

35 La presente invención se refiere a un método para crear un artículo de acero para formar una aleación de acero dúctil y de alta dureza de acuerdo con la reivindicación 1. En las reivindicaciones 2 a 15 se especifican realizaciones preferentes de este método.

40 Se divulga un método para tratar un artículo de acero para formar una aleación de alta dureza y alta ductilidad que comprende las etapas de:

- (a) proporcionar una composición de acero que tiene un espesor de material inferior a 12,7 mm (0,5 pulgadas), que tiene una microestructura inicial de ferrita y perlita, y que tiene una composición que consiste, en peso, en
- 45 silicio entre 0,15 y 0,35 %,
 manganeso entre 0,40 y 1,0 %,
 cromo entre 0,80 y 1,10 %,
 molibdeno entre 0,15 y 0,25 %,
 azufre inferior a 0,040 %, fósforo menos de 0,035 %,
 donde el resto es hierro e ingredientes accidentales;
- 50 (b) calentar la composición de acero provista a una temperatura máxima de entre 850 °C (1562 °F) y 1150 °C (2102 °F) en menos de diez segundos;
- (c) mantener la composición de acero calentada a una temperatura dentro del intervalo de temperatura máxima durante entre dos y diez segundos;
- 55 (d) templar la composición de acero calentada desde el intervalo de temperatura máxima hasta por debajo de 100 °C (212 °F) a una velocidad de reducción de la temperatura de entre 418 y 3020 °C/s (752 - 5432 °F/s);
- (e) eliminar el medio de temple residual de la superficie de la composición de acero templada;
- (f) revenir la composición de acero templada a una temperatura de 100 °C a 260 °C (212-500 °F) durante menos de noventa minutos;
- 60 (g) refrigerar por aire la composición de acero revenida a menos de 100 °C (212 °F) para formar un artículo de acero que tiene a microestructura transformada de al menos 80 % martensita y hasta 5 % bainita, un límite elástico de al menos 1800 MPa, una elongación total entre 5 % y 12 %, y que tiene un límite de protección balística V50 a un ángulo de oblicuidad de 30° entre 670 - 823 m/s (2200 y 2700 pies por segundo) con una vuelta perforante de blindaje calibre 0,30 para un espesor de 6,35 mm (0,25").
- 65

En el método divulgado, se puede calentar el acero en la etapa de calentamiento en menos de cinco segundos o, alternativamente, en menos de cuatro segundos. Asimismo, se puede llevar a cabo la etapa de calentamiento utilizando un calentador de inducción. Tras la etapa de calentamiento, alternativamente, se puede mantener la composición de acero calentada en el intervalo de temperatura máxima durante entre dos y seis segundos.

5 Alternativamente, se divulga un método para tratar un artículo de acero para formar una aleación de alta ductilidad y alta dureza que comprende las etapas de:

- 10 (a) proporcionar una composición de acero que tiene un espesor de material inferior a 12,7 mm (0,5 pulgadas), que tiene una microestructura inicial de ferrita y perlita, y que tiene una composición que consiste, en peso, en carbono entre 0,25 y 0,55 %, silicio entre 0,15 y 0,35 %, manganeso entre 0,40 y 1,0 %, cromo entre 0,80 y 1,10 %, molibdeno entre 0,15 y 0,25 %, azufre menos de 0,040 %, fósforo menos de 0,035 %, donde el resto es hierro e ingredientes accidentales;
- 15 (b) calentar la composición de acero provista a una temperatura máxima de entre 850 °C (1562 °F) y 1150 °C (2102 °F) en menos de diez segundos;
- 20 (c) mantener la composición de acero calentada a una temperatura dentro del intervalo de temperatura máxima durante entre dos y sesenta segundos;
- (d) templar la composición de acero calentada desde el intervalo de temperatura máxima hasta menos de 100 °C (212 °F) a una velocidad de reducción de la temperatura entre 418 y 3020 °C/s (752 - 5432 °F/s);
- 25 (e) eliminar el medio de temple residual de la superficie de la composición de acero templada;
- (f) revenir la composición de acero templada a una temperatura de 100 °C a 260 °C (212-500 °F) durante menos de noventa minutos;
- 30 (g) refrigerar por aire la composición de acero revenida a menos de 100 °C (212 °F) para formar un artículo de acero que tiene a microestructura transformada de al menos 80 % martensita y hasta 5 % bainita, un límite elástico de al menos 1800 MPa, una elongación total entre 5 % y 12 %, y que tiene un límite de protección balística V50 a un ángulo de oblicuidad de 30° entre 670 - 823 m/s (2200 y 2700 pies por segundo) con una vuelta perforante de blindaje de calibre 0,30 para un espesor de 6,35 mm (0,25").

35 La composición de acero puede precalentarse a al menos 20,0 °C (35,9 °F) por segundo a 815 °C (1500 °F) como máximo antes del calentamiento en la etapa (b). Alternativamente, se puede precalentar la composición de acero a una temperatura entre 260 °C (500 °F) y 538 °C (1000 °F) y precalentarse después a al menos 18,5 °C (33,3 °F) por segundo a 815 °C (1500 °F) como máximo antes de la etapa (b).

40 Por otra parte, antes de calentar la composición de acero, se pueden soldar dos o más tramos de placas de acero a lo largo del ancho con una o más soldaduras para formar una serie continua de placas de acero. Asimismo, la etapa de soldadura puede incluir la aplicación de un entrecruzamiento de soldadura con oscilación transversa entre tramos de la placa de acero a través del ancho de las placas de acero. Asimismo, la etapa de soldadura puede incluir la aplicación de entrecruzamiento de soldadura con oscilación transversa ente tramos de la placa de acero en tres secciones, donde la porción del centro de la placa de acero se realiza primero y se sueldan las porciones laterales para proporcionar una soldadura de oscilación transversa a través del ancho de las placas de acero. En cualquier caso, se aplica una soldadura de la costura sobre la soldadura de oscilación transversa a través del ancho de las placas de acero. Asimismo, puede aplicarse una indicación en la placa de acero antes de la etapa de soldadura para permitir que un sistema de visualización identifique el emplazamiento de las porciones extremas de los tramos de las placas de acero para la etapa de soldadura.

50 Durante la etapa de templado, se puede templar la composición de acero calentada desde el intervalo de temperatura máxima hasta por debajo de 50 °C (122 °F) a una velocidad de reducción de la temperatura de entre 418 y 3020 °C/s (752-5432 °F/s). En el método divulgado, se puede realizar la etapa de templado, entre otros métodos de templado adecuados, haciendo fluir un medio de temple sobre el artículo de acero a una velocidad de hasta 3400 l/min (900 galones/min). En una alternativa, el medio de temple puede ser agua. Tras el templado, se puede eliminar el medio de temple residual de la superficie de la composición de acero templada a través de al menos uno entre secado mecánico, aire de soplado y combinaciones de los mismos. La etapa de templado puede realizarse por ejemplo en más de un segundo y no más de 20 segundos.

60 La composición de acero templada puede revenirse utilizando un calentador de inducción durante menos a 30 minutos. Asimismo, se puede revenir en horno la composición de acero templada durante menos de noventa minutos. Asimismo, se puede revenir la composición de acero templada mediante la combinación de revenido por inducción y en horno durante 30 a 90 minutos. En otra alternativa aún más, se puede templar por inducción la composición de acero templada durante dos minutos o menos. La etapa de revenido puede realizarse a entre 120 °C (250 °F) y 400 °C (750 °F) en un período de entre 1 y 10 segundos. Tras la etapa de templado o revenido, se puede cortar la placa de acero en tramos al menos en las costuras para fabricar un producto de acero procesado sustancialmente rectangular al tiempo que la placa se desplaza de forma continua a través del transportador.

Se divulga asimismo un método para tratar un artículo de acero para formar una aleación de alta resistencia y alta ductilidad que comprende las etapas de:

5 (a) proporcionar una composición de acero que tiene un espesor de material inferior a 12,7 mm (0,5 pulgadas), que tiene una microestructura inicial de ferrita y perlita, y que tiene una composición que consiste, en peso en:

10 carbono entre 0,25 y 0,55 %,
silicio entre 0,15 y 0,35 %,
manganeso entre 0,40 y 0,60 %,
cromo entre 0,80 y 1,10 %,
molibdeno entre 0,15 y 0,25 %,
azufre inferior a 0,040 %,
fósforo inferior a 0,035 %,
15 donde el resto es hierro e ingredientes accidentales;

(b) calentar la composición de acero provista a una temperatura de 850-1150 °C (1562-2102 °F) en menos de diez segundos;

(c) mantener la composición de acero calentada en el intervalo de temperatura máxima durante entre dos y diez segundos;

20 (d) templar la composición de acero calentada por debajo de 100 °C (212 °F) en menos de veinte segundos;

(e) eliminar el medio de temple residual de la superficie de la composición de acero templada mediante al menos uno entre secado mecánico, aire de soplado y combinaciones de los mismos;

(f) revenir la composición de acero templada a una temperatura en el intervalo de 100 °C a 260 °C (212-500 °F) durante menos a 90 minutos;

25 (g) refrigerar por aire la composición de acero revenida a menos de 100 °C (212 °F) que tiene una microestructura transformada de al menos 80 % martensita y hasta 5 % bainita, un límite elástico de al menos 1800 MPa, y una elongación total entre 5 % y 12 %.

30 Se puede calentar la composición de acero en la etapa de calentamiento en menos de ocho segundos o, alternativamente, en menos de seis segundos. También en este caso, la etapa de calentamiento puede realizarse utilizando un calentador de inducción. También en este caso, tras la etapa de calentamiento, alternativamente, puede mantenerse la composición de acero calentada en el intervalo de temperatura máxima durante entre dos y seis segundos.

35 Alternativamente, se divulga un método para tratar un artículo de acero para formar una aleación de alta resistencia y alta ductilidad que comprende las etapas de:

40 (a) proporcionar una composición de acero que tiene un espesor de material inferior a 12,7 mm (0,5 pulgadas), que tiene una microestructura inicial de ferrita y perlita, y que tiene una composición que consiste, en peso en:

45 carbono entre 0,25 y 0,55 %,
silicio entre 0,15 y 0,35 %,
manganeso entre 0,40 y 0,60 %,
cromo entre 0,80 y 1,10 %,
molibdeno entre 0,15 y 0,25 %,
azufre inferior a 0,040 %,
fósforo inferior a 0,035 %,
donde el resto es hierro e ingredientes accidentales;

50 (b) calentar la composición de acero provista a una temperatura de 850-1150 °C (1562-2102 °F) en menos de diez segundos;

(c) mantener la composición de acero calentada en el intervalo de temperatura máxima durante entre dos y sesenta segundos;

(d) templar la composición de acero calentada por debajo de 100 °C en menos de veinte segundos;

55 (e) eliminar el medio de temple residual de la superficie de la composición de acero templada a través de al menos uno entre secado mecánico, aire de soplado y combinaciones de los mismos;

(f) revenir la composición de acero templada a una temperatura en el intervalo de 100 °C a 260 °C (212-500 °F) durante menos 90 minutos;

60 (g) refrigerar por aire la composición de acero revenida a menos de 100 °C (212 °F) que tiene a microestructura transformada de al menos 80 % martensita y hasta 5 % bainita, un límite elástico de al menos 1800 MPa, y una elongación total entre 5 % y 12 %.

65 También en este caso, puede precalentarse la composición de acero a al menos 20,2 °C/s (36 °F/s) a 815 °C (1500 °F) como máximo antes del calentamiento en la etapa (b). Alternativamente, también puede precalentarse la composición de acero a una temperatura entre 260 °C (500 °F) y 815 °C (1500 °F) y precalentarse después a al menos 18,5 °C (33,3 °F) por segundo a 538 °C (1000 °F) como máximo antes de la etapa (b). En otra alternativa,

puede precalentarse la composición de acero a una temperatura entre 260 °C (500 °F) y 815 °C (1500 °F) y precalentarse a al menos 18,5 °C (33,3 °F) por segundo a entre la temperatura de austenización y 538 °C (1000 °F) antes de la etapa (b).

5 Por otra parte, antes de calentar la composición de acero, se pueden soldar dos o más tramos de placas de acero a lo largo del ancho con una o más soldaduras para formar una serie continua de placas de acero. Asimismo, la etapa de soldadura puede incluir la aplicación de un entrecruzamiento de soldadura con oscilación transversa entre tramos de la placa de acero a través del ancho de las placas de acero. Asimismo, la etapa de soldadura puede incluir la aplicación de entrecruzamiento de soldadura con oscilación transversa entre tramos de la placa de acero en tres secciones, donde la porción del centro de la placa de acero se realiza primero y se sueldan las porciones laterales para proporcionar una soldadura de oscilación transversa a través del ancho de las placas de acero. En cualquier caso, se aplica una soldadura de la costura sobre la soldadura de oscilación transversa a través del ancho de las placas de acero. Asimismo, puede aplicarse una indicación en la placa de acero antes de la etapa de soldadura para permitir que un sistema de visualización identifique el emplazamiento de las porciones extremas de los tramos de las placas de acero para la etapa de soldadura.

20 Durante la etapa de templado, también en este caso, se puede templar la composición de acero calentada desde el intervalo de temperatura máxima hasta por debajo de 100 °C (212 °F) a una velocidad de reducción de la temperatura de entre 418 y 3020 °C/s (752-5432 °F/s). En el método divulgado, la etapa de templado puede llevarse a cabo haciendo fluir un medio de temple sobre el artículo de acero a una velocidad de hasta 3400 l/min (900 galones/min). En una alternativa, el medio de temple puede ser agua. Tras el templado, se puede eliminar el medio de temple residual de la superficie de la composición de acero templada a través de al menos uno entre secado mecánico, aire de soplado y combinaciones de los mismos.

25 Se puede revenir por inducción la composición de acero templada durante menos diez minutos, al mismo tiempo que, en una alternativa se puede revenir en horno la composición de acero templada durante menos de noventa minutos y, en otra alternativa, se puede revenir la composición de acero templada mediante una combinación de revenido en horno y por inducción durante 30-60 minutos. La etapa de templado puede llevarse a cabo por ejemplo en más de 1 segundo y no más de 20 segundos. En otra alternativa más aún, se puede revenir por inducción la composición de acero templada durante dos minutos o menos. La etapa de revenido puede realizarse a entre 120 °C (250 °F) y 240 °C (500 °F). Tras la etapa de templado o revenido, se puede cortar la placa de acero en tramos al menos en las costuras para fabricar un producto de acero procesado sustancialmente rectangular al tiempo que se desplaza la placa de acero por el transportador.

35 Breve descripción de los dibujos

FIG. 1 es un diagrama de la vista de planta del sistema de tratamiento térmico de la presente divulgación.
 FIG. 2 es un diagrama de la vista lateral del sistema de tratamiento térmico de la FIG. 1,
 FIG. 3 es una vista de planta de un patrón marcado sobre un artículo de acero para su tratamiento para que lo detecte un sistema de visualización;
 FIG. 4 es una vista de planta de un patrón de soldadura utilizado para unir artículos de acero para su tratamiento a través del método divulgado;
 FIG. 5 es una fotomicrografía que muestra la microestructura de un artículo de acero antes del tratamiento de acuerdo con el método divulgado;
 FIG. 6 es un gráfico que presenta el efecto de temperatura de revenido tras el templado en la resistencia a la tracción en un artículo de acero tratado de acuerdo con el método divulgado;
 FIG. 7 es un gráfico que presenta el efecto de temperatura de revenido tras el templado en el porcentaje de elongación en un artículo de acero tratado de acuerdo con el método divulgado;
 FIG. 8 es una fotografía que muestra una sección transversal de un artículo de acero tratado de acuerdo con el método divulgado tras la fractura en una prueba de tracción;
 FIG. 9 es una fotografía que muestra una sección transversal de otro artículo de acero tratado de acuerdo con el método divulgado tras la fractura en una prueba de tracción;
 FIG. 10 es un gráfico que presenta el efecto de temperatura de revenido tras el templado en la ductilidad en un artículo de acero tratado de acuerdo con el método divulgado;
 FIG. 11 es una fotomicrografía que muestra la microestructura de un artículo de acero tratado de acuerdo con el método divulgado;
 FIG. 12 es una fotomicrografía que muestra la microestructura de un artículo de acero tratado de acuerdo con el método divulgado;
 FIG. 13 es una fotomicrografía que muestra la microestructura de un artículo de acero tratado de acuerdo con el método divulgado; y
 FIG. 14 es una fotomicrografía que muestra la microestructura de un artículo de acero tratado de acuerdo con el método divulgado.

Descripción detallada de los dibujos

El método de la presente invención se refiere a un artículo de acero calentado por inducción, templado y revenido por inducción y a un método para fabricar dicho artículo de acero. El material de partida para el artículo de acero tiene una composición que consiste en carbono en un intervalo de 0,25 % en peso a 0,55 % en peso, silicio en un intervalo de 0,15 % en peso a 0,35 % en peso, manganeso en un intervalo de 0,40 % en peso a 1,0 % en peso, cromo de 0,80 % en peso a 1,10 % en peso, azufre menos de 0,040 % en peso, fósforo menos de 0,035 % en peso, siendo el resto de la composición hierro e ingredientes accidentales. Por otra parte, el artículo de acero puede tener carbono en un intervalo de 0,25 % en peso a 0,44 % en peso y manganeso en un intervalo de 0,40 % en peso a 0,60 % en peso, teniendo los demás componentes los mismos intervalos de composición. Se puede hacer referencia al material de acero que tiene esta composición como acero AISI tipo 4130. Alternativamente, el artículo de acero puede tener carbono en un intervalo de 0,40 % en peso a 0,55 % en peso y manganeso en un intervalo de 0,75 % en peso a 1,00 % en peso, teniendo los demás componentes los mismos intervalos de composición. Se puede hacer referencia al material de acero que tiene esta composición como acero AISI tipo 4140. Por lo que respecta a las calidades comerciales, pueden utilizarse aceros AISI de los tipos de la familia 10XX como 1030, 1040 y 1050, la familia 41XX como 4130 y 4150 y la familia 86XX como 8630 y 8640. Asimismo, tal como se ha descrito, pueden utilizarse también en la invención descrita los tipos de acero con contenido en carbono superior, como acero ultra-duro que tiene hasta 0,55 % carbono.

Haciendo referencia ahora a las FIG. 1 y 2, se ilustra un sistema de tratamiento térmico 100 que comprende un bastidor de máquina principal 110 apoyado en el suelo de la fábrica y que soporta un transportador discontinuo 200. El transportador 200 incluye un transportador de entrada 210, donde se carga el material de partida para el artículo de acero que se va a tratar mediante el sistema 100 y un transportador de salida 240, donde se retiran los artículos de acero tratados desde el sistema y se apilan con un apilador 250. El transportador de entrada 210 y el transportador de salida 240 están alineados y separados por un espacio para alojar la provisión de la unidad de tratamiento térmico 300 en la línea entre los dos transportadores 210, 240. El material de partida para el artículo de acero se proporciona inicialmente colado o laminado y puede someterse a tratamiento térmico de recocido esferoidizado o no esferoidizado. Cuando es no es esferoidizado, la microestructura del material inicial del material de partida para el artículo de acero puede tener por ejemplo una combinación microestructural no recocida de ferrita y perlita, tal como se muestra en la FIG. 5. Dependiendo del método de fabricación del artículo de acero, la microestructura inicial puede tener una estructura en bandas en consonancia con el laminado.

Por consiguiente, puede cargarse el material de partida para un artículo de acero que se va a tratar en el transportador de entrada 210, ser procesado por la unidad de tratamiento térmico 300, descender al transportador de salida 240 y apilarse con la apiladora 250, en un proceso continuo. Este alineamiento lineal de los transportadores 210, 240 y la unidad de tratamiento térmico 300 facilita un tratamiento térmico rápido de la chapa de acero, bloque y placa.

En el funcionamiento, se carga el material de partida para el artículo de acero que se va a tratar, que puede proporcionarse por ejemplo en forma de una chapa o placa, en el transportador de entrada 210. El método se describe por lo que respecta al procesamiento de una placa de acero para formar el artículo de acero, pero se conciben otras formas del material de partida, incluyendo, pero sin limitarse a ellas, bloques de acero y chapas de acero, así como un producto enrollado. En un ejemplo, un material de partida para la placa de acero tiene un espesor de (12,7 mm 0,50 pulgadas) o menos, una longitud de 6,1 m (20 pies), y un ancho de (1,2 m 4 pies). La placa de acero empieza entonces a pasar horizontalmente a lo largo de la longitud del transportador de entrada 210 hacia la unidad de tratamiento térmico 300. Una vez que la placa de acero se ha desplazado una distancia de aproximadamente su longitud, por ejemplo 6,1 m (20 pies), hacia el transportador de entrada 210, se carga otra placa de acero en el transportador de entrada quedando adyacentes las porciones del borde frontal de esa placa de acero con las porciones de los bordes de salida de la primera placa de acero cargada. Este proceso de avance y carga de placas de acero adyacentes puede llevarse a cabo de forma continua para proporcionar un ciclo ininterrumpido de las placas de acero a la unidad de tratamiento térmico 300. Para reducir al mínimo la falta de alineamiento entre las placas a través del sistema 100, se puede proporcionar un soldador automático 220 en el transportador de entrada 201 y utilizarse para soldar placas de acero consecutivas adyacentes a lo largo de su ancho. Estas soldaduras pueden espaciarse uniformemente a lo largo del ancho de las placas de acero y, en un ejemplo, el soldador puede realizar cinco soldaduras a lo largo del ancho de las placas de acero. Alternativamente, en lugar de presentarse en la forma de placas individuales que tienen un ancho y una longitud fijas, el material de partida para su tratamiento puede proporcionarse en forma de una chapa continua (arrancada de una bobina) situada en línea con el transportador de entrada 210 e introducida continuamente al transportador de entrada para su posterior tratamiento en la unidad de tratamiento térmico 300.

Las placas de aceros pueden desplazarse en un movimiento continuo a una velocidad sustancialmente constante a lo largo del transportador 201 para facilitar los procesos de calentamiento y templado. La soldadura de las placas de acero a medida que entran en contacto en el transportador 210 evita que las placas de acero se desplacen desde su posición o se solapen unas con otras a medida que descienden al transportador. Esto permite que un sistema de visualización 225 y un robot de soldadura 220 proporcionen una unión de soldadura consistente entre los tramos de las placas de acero. Asimismo, limita las imperfecciones de la placa de acero que pasa a través de los rodillos de

arrastre 302 y 304, lo cual ayuda a mantener la velocidad de línea a medida que se mueven las costuras soldadas a través de los rodillos de arrastre. La soldadura inicial permite también que el sistema entrecruce los huecos en las costuras entre tramos de las placas de acero, mejorando aún más el proceso de soldadura con el robot de soldadura.

5 El sistema de visualización 225 para el robot de soldadura puede identificar un patrón de indicación de las líneas situadas adyacentes al borde de salida de cada placa de acero, lo cual puede incluir por ejemplo una línea 227 trazada a través de todo el ancho de la placa de acero con dos líneas más pequeñas 229 separadas por un espacio sustancialmente paralelas a la línea, y un área oscura entre las líneas separadas por un espacio. Esto es un ejemplo
10 de un patrón de indicaciones que permite que el sistema de visualización 225 reconozca la correcta posición de los tramos de las placas de acero. Una vez que el sistema de visualización 225 detecte las indicaciones, empieza el recuento para indicar al robot de soldadura 220 una vez que los tramos de las placas de acero entran dentro del área de trabajo y para iniciar el proceso de soldadura programado. En la FIG. 3 se ilustra las indicaciones reconocidas por el sistema de visualización del robot de soldadura 225. El sistema de visualización 235 para el robot de
15 de cortado de plasma 230 puede reconocer una posición para una costura soldada a lo largo de todo el ancho de la placa de acero. Las marcas y el área de énfasis de las indicaciones son específicas para evitar que se recojan las líneas extraviadas en la placa de acero y se pierdan para el área de soldadura. Si esto ocurriera, el robot de cortado de plasma 230 puede cortar en las líneas extraviadas y romper los tramos de acero a través del sistema hasta que se detecta la siguiente costura.

20 El robot de soldadura 220 puede tener un programa de paso múltiple que se impulsa a través de un sistema de visualización 225 y una rueda de encoder que hace el recuento de la distancia recorrida en milímetros siguiendo la pista del transportador 200, para hacer participar un programa de soldadura una vez que la costura está dentro del área de trabajo del robot. El área de trabajo del robot se basa en los puntos que se aprenden o tocan dentro del programa de soldadura. El programa de soldadura puede utilizar tres (3) patrones de soldadura con oscilación
25 transversa diferentes, comenzando por la porción central de la placa de acero 410, desplazándose hasta la primera porción lateral de la placa de acero 420 y, después, a una segunda porción lateral de la placa de acero, tal como se muestra en la FIG. 4. Los patrones de oscilación transversa producidos pueden ser como los que se muestran en la FIG: 4 antes de cambiar a un paso de cubierta que suelda la costura través de todo el ancho de la placa de acero, tal como se muestra en la FIG: 4. Este patrón de paso múltiple mejora el proceso de soldadura utilizando primero una oscilación transversa para entrecruzar cualquier hueco donde se encuentran las placas de acero antes del paso de cubierta final. Los pasos de oscilación transversa también calientan la placa de acero antes del paso de cubierta final, lo cual emplea más cable y calor para penetrar en la placa de acero, con lo cual se refuerza la costura de soldadura de tal manera que la placa de acero continua puede avanzar por el proceso sin romperse ni alinearse mal
30 si no.

35 La unidad de tratamiento térmico 300 puede incluir un serpentín de precalentamiento por inducción 301, un grupo de rodillos de arrastre de entrada 302, los cuales guían la placa de acero que se va a tratar a través del serpentín de calentamiento por inducción 310, un cabezal de temple 320 y una unidad de eliminación de medio de temple 330, hasta que el artículo de acero tratado intermedio que se forme desde la placa de acero de partida sea recibida por un conjunto de rodillos de arrastre de salida 304. De manera similar, los rodillos de arrastre de salida 304 sirven para guiar la placa de acero a través del serpentín de revenido por inducción 340 y en el transportador de salida 240. Opcionalmente, tanto los rodillos de arrastre de entrada 302 como los rodillos de arrastre de salida 304 pueden contener ranuras en circunferencia espaciadas, preferentemente a distancias iguales, que corresponden a las soldaduras espaciadas a lo largo del ancho de las placas de acero. Dichas ranuras en circunferencia proporcionan un alivio en el que se puede rebajar el material acumulado durante la operación de soldadura a medida que la porción soldada de las placas de acero pasa entre los rodillos de arrastre 302 y 304.

40 Antes de entrar en los rodillos de arrastre de entrada 302, se puede precalentar la placa de acero en un serpentín de precalentamiento por inducción 301 al mismo tiempo que se desplaza a lo largo del transportador 200. La alimentación eléctrica de precalentamiento puede establecerse por ejemplo para encenderse 75 segundos después de que comience el movimiento de la placa de acero a través del transportador 200. A una velocidad del transportador de 1,0-1,2 m/min (40 a 50 pulgadas por minuto), esto implica desplazarse por el transportador 1,2-1,5 m (de cuatro a cinco pies). A continuación, la alimentación eléctrica de precalentamiento 360 puede comenzar al
45 1 % y subir gradualmente 0,5-10 % por segundo hasta alcanzar el ajuste de energía final de 50-100 %. Este aumento gradual implica que la placa de acero se desplace otros 1,2-1,5 m de trayecto a lo largo del transportador 200 antes de que la alimentación eléctrica de precalentamiento alcance un nivel de potencia de funcionamiento en el que la placa de acero puede alcanzar una temperatura por encima de 500 °C (932 °F) (p.ej., 560 °C (1040 °F)) a través del ancho de la placa de acero. El procedimiento de aumento gradual de la alimentación eléctrica permite calentar de forma sustancialmente uniforme y gradual la placa de acero por calentamiento por inducción y ayuda a controlar la forma y la horizontalidad de la placa de acero con calentamiento gradual por encima de 500 °C (932 °F) antes de entrar en la secuencia de calentamiento rápido después de entrar en los rodillos de arrastre 302.

50 Las placas de acero para su tratamiento pasan a través de los rodillos de arrastre de entrada 302 y a través de un serpentín de calentamiento por inducción o inductor 310 que se alimenta por suministro eléctrico 315. El serpentín de calentamiento por inducción 310 puede estar encapsulado en hormigón u otro material no conductor para reducir

los daños al serpentín de inducción lo máximo posible y reducir en lo posible que las placas de acero mal alineadas pasen a través del serpentín, si bien es posible también proporcionar un serpentín de calentamiento por inducción no encapsulado. Cuando la placa de acero que se va a tratar pasa a través del serpentín de calentamiento por inducción 310, se induce una corriente parásita en la placa de acero y es la resistencia del material de acero en conjunto con las corrientes parásitas lo que calienta el material. Dada la configuración del serpentín de inducción 310, la forma de la placa de acero que pasa a través del serpentín y la velocidad a la que se desplaza la placa de acero a través del serpentín de calentamiento, el material de acero se calienta a una temperatura de entre 850 °C y 1150 °C (1562-2102 °F) en diez segundos o menos. Alternativamente, la placa de acero puede calentarse mediante el serpentín de calentamiento al mismo tiempo de intervalo de temperatura máxima en seis segundos o menos, o incluso en cuatro segundos o menos, según se desee.

Tras el calentamiento de inducción rápido, la placa de acero calentada se desplaza durante entre dos y diez segundos. Alternativamente, la placa de acero calentada puede desplazarse durante entre dos y seis segundos. Durante este período, no se imparte más calor adicional ni ninguna otra energía a la placa de acero, que no sea para mantener la temperatura; tampoco se somete la placa de acero a ningún método de refrigeración que no sea la exposición a la atmósfera del ambiente y para mantener la temperatura. Para los fines de la presente divulgación, se hace referencia a dicho período de tiempo como retención de la composición de acero calentada en el intervalo de temperatura máximo, si bien se espera que la placa de acero se enfríe ligeramente durante este período ya que deja de ser calentada por el calentador de inducción 301. De acuerdo con otra realización más, la composición de acero calentada puede mantenerse en el intervalo de temperatura máxima durante entre dos y seis segundos. Alternativamente, la composición de acero calentada puede mantenerse en el intervalo de temperatura máxima durante entre dos y treinta segundos.

A continuación, se somete la placa de acero calentada a una operación de templado a medida que pasa a través de un cabezal de temple 320 en el que se hace fluir un medio de temple sobre la placa de acero a una velocidad de 3400 l/min (900 galones por minuto). La operación de templado disminuye la temperatura de la placa de acero desde el intervalo de temperatura máximo de entre 850 °C y 1150 °C (1562-2102 °F) a una temperatura por debajo de 100 °C (212 °F) a una velocidad de reducción de la temperatura de entre 418 °C por segundo y 3020 °C por segundo (752- 5432 °F/s). El medio de temple, que en un ejemplo puede ser agua, se recicla a través de un depósito de almacenamiento de medio de temple 325 situado adyacente de la unidad de tratamiento térmico 300. Además de agua, es posible utilizar otros medios de temple capaces de conseguir índices de reducción de la temperatura de 418-3020 °C (752-5432 °F).

Si bien permanecerá algo de medio de temple en la placa de acero tras el templado, es deseable reducir, si no eliminar, cualquier medio de temple residual sobre la placa de acero antes del revenido por inducción a través de técnicas, como secado mecánico, soplado de aire forzado, ya sea en solitario o en combinación. Por consiguiente, se proporciona una unidad de reducción de medio de temple 330 en la unidad de tratamiento térmico 300 tras el cabezal de temple 320. La unidad de reducción de medio de temple 330 puede incluir escobillas 332 y cuchillas neumáticas 334, así como otros aparatos de secado, ya sea en solitario o en combinación, para reducir el medio de temple residual sobre la placa de acero antes del revenido por inducción. A medida que las porciones del borde frontal de la placa de acero templada pasan a través de la unidad de reducción de medio de temple, la placa de acero entra en los rodillos de arrastre de salida 304, que sirven para guiar la placa de acero a través del serpentín de revenido por inducción 340 y hasta el transportador de salida 240. Opcionalmente, tanto los rodillos de arrastre de la entrada 302 como los rodillos de arrastre de salida 304 pueden contener ranuras en circunferencia espaciadas, preferentemente, a distancias iguales, que corresponden a las soldaduras espaciadas a lo largo del ancho de las placas de acero. Dichas ranuras en circunferencia pueden proporcionar un alivio en el que se rebaje cualquier material acumulado durante la operación de soldadura a medida que la porción soldada de la placa de acero pasa entre los rodillos de arrastre 302 o 304. La etapa de templado se realiza en más de 1 segundo y no más de 20 segundos.

Una vez eliminado el medio de temple residual de la placa de acero, se pasa entonces la placa de acero a través de un serpentín de revenido por inducción 340 para reducir cualquier tensión interna que se haya podido introducir durante el templado. Al igual que con el serpentín de calentamiento por inducción 301, el serpentín de revenido por inducción 340 puede estar encapsulado opcionalmente en hormigón u otro material no conductor para reducir al mínimo los daños del serpentín cuando una placa de acero mal alineada atraviese el serpentín.

Durante la etapa de revenido, se calienta la placa de acero para formar el artículo de acero a una temperatura entre 100 °C y 260 °C (212-500 °F) y se temple durante un período inferior a noventa minutos. Se contemplan tres métodos de revenido. En un proceso de revenido al horno, se calienta el artículo de acero a la temperatura deseada durante menos de 90 minutos y, preferentemente, menos de 30 minutos. En un proceso de revenido por inducción, se calienta el artículo de acero en el intervalo de temperatura de menos de 10 minutos y preferentemente, menos de 2 minutos. En un proceso de revenido de inducción y horno combinado, se puede calentar el artículo de acero a la temperatura deseada durante menos de 60 minutos, preferentemente más de 30 minutos. Al igual que con el serpentín de calentamiento por inducción 310, el serpentín de revenido por inducción 340 se alimenta con su propia alimentación eléctrica por separado, es decir, una alimentación eléctrica de serpentín de revenido por inducción 345, situada próxima al sistema de tratamiento térmico 100. Tras el revenido, se descarga la placa de acero revenida a

un transportador de salida 240, que lleva incorporado un dispositivo de cortado 230.

El dispositivo de cortado 230 puede ser una antorcha de plasma, una antorcha de oxicomcombustible u otro aparato de cortado que se pueda fijar a un brazo robótico articulado configurado para cortar la placa de acero en movimiento en los tramos deseados a medida que se desplaza la placa hacia el transportador de salida 240. Un robot de cortado de plasma 230 puede tener dos programas de cortado y visualización dentro de su programa principal. Al iniciarse cada ciclo, el sistema de visualización 235 busca el borde frontal de la placa de acero. Una vez detectado el borde frontal, el robot de cortado 230 utiliza una rueda encoder que hace el recuento del movimiento de la placa de acero a lo largo del transportador 240 y realiza cortes transversales de avance de los tramos de acero. Una vez que el programa ha hecho un corte de avance, los programas del sistema de visualización identifican una costura de soldadura y el robot de plasma 230 corta la placa de acero en esa costura a lo largo de su ancho y después espera, llevando un seguimiento del movimiento de la placa de acero a lo largo del transportador con la rueda de encoder para hacer otro corte transversal de avance antes de volver a cambiar al sistema de visualización para identificar la siguiente costura de soldadura y hacer el siguiente corte. Este proceso continúa durante todo lo que dure el ciclo a medida que se corta la placa de acero en tramos sustancialmente rectangulares al menos en las costuras al tiempo que la placa de acero se desplaza continuamente a lo largo del transportador. En un ejemplo, se puede cortar la placa de acero en segmentos de 1,2 m (cuatro pies) de ancho por 3,0 m (diez pis) de largo, si bien pueden ser deseables otras longitudes y anchos dependiendo de la aplicación final del artículo de acero.

Tras el cortado, se enfría con aire la placa de acero revenida a medida que pasa al transportador de salida hasta alcanzar una temperatura por debajo de 93 °C (200 °F). El artículo de aceros puede aplicarse con un apilador 250 y transportarse posteriormente a otro emplazamiento.

Tras el tratamiento térmico y el templado descritos, se pueden adaptar a medida las propiedades mecánicas del artículo de acero según las especificaciones deseadas cambiando la temperatura de revenido del proceso a entre 100 °C y 260 °C (212 °F-500 °F). Tal como se muestra en la FIG. 6, los autores de la invención han observado una relación indirecta entre la resistencia a la tracción y la temperatura de revenido. Por ejemplo, un revenido a 260 °C (500 °F) tuvo como resultado una resistencia a la tracción de 260,5 ksi (1796 MPa), mientras que un revenido a 200 °C (aproximadamente 400 °F) tuvo como resultado una resistencia a la tracción de 275,3 ksi (1898 MPa), una diferencia de 14,8 ksi (102 MPa) o aproximadamente 5 %. Volviendo a la FIG. 9, se indica la relación entre el porcentaje de elongación y la temperatura de revenido. Cabe destacar que al aumentar la temperatura de revenido de 200 °C a 220 °C (aproximadamente 400 - 425 °F) disminuyó el porcentaje de elongación de las muestras de acero tratadas, pero un mayor aumento en la temperatura de revenido aumentó el porcentaje de elongación a 260 °C (500 °F) de temperatura de revenido fue el mismo porcentaje de elongación que el observado en la muestra revenida a 204 °C(400 °F).

Se evaluó la ductilidad de nuevo tras el revenido por inducción a temperaturas entre 204 °C y 260 °C (400-500 °F) aplicando un método de ensayo basado en el método E-8 de ASTM para determinar la ductilidad. En dicho método, la medición de la ductilidad, designada como la reducción porcentual del área, se representa como la relación entre el área transversal de la muestra a la rotura de tracción y el área transversal original por 100. Por tanto, un porcentaje inferior representa una mayor cantidad de ductilidad. Las muestras recocidas a una temperatura de 204 °C (400 °F) y 260 °C (500 °F) representadas en las Figuras 6 y 7 demuestran que, en contraposición con el porcentaje de elongación medido durante la prueba de tracción, hubo una dirección directa entre la temperatura de revenido y la reducción porcentual del área, es decir, el revenido a temperaturas de 260 °C (500 °F) tuvo como resultado un menor porcentaje de reducción del área (58,6 %) que el revenido a 204 °C (400 °F) (69,7 % de reducción del área).

El artículo de acero formado y tratado a través del método divulgado puede emplearse en aplicaciones de blindaje. En particular, el artículo de acero formado y tratado a través del método divulgado se puede someter también a pruebas balísticas de acuerdo con las normas establecidas en MIL-DTL-32332, MIL-DTL-46100E, MIL-DTL-12560J (clases 1 y 4), así como NIJ nivel de amenaza 3. Los resultados de dichas balísticas del artículo de acero se indican en la Tabla 1. Los resultados presentan la comparación de una muestra de 6,35 mm de espesor (0,25 pulgadas) de acero AISI 4130 a través del método divulgado en el presente documento comprada con otros materiales normales utilizados en aplicaciones de blindaje.

TABLA 1

Material	Espesor (pulgadas)	(Límite de protección balística V50 (fps))	
		0,030-cal M2AP @ 30 °	20 mm FSP @ 0 °
Acero 4130 tratado según el proceso divulgado	0,250 (6,350mm)	2461	1800
RHA 360 Hb	0,250 (6,350mm)	2100	1544
HighHard 500Hb	0,250 (6,350mm)	2300-2400	<1500 est.
5083 Al	0,733 (18,618mm)	----	1200

Material	Espesor (pulgadas)	(Límite de protección balística V50 (fps))	
		0,030-cal M2AP @ 30 °	20 mm FSP @ 0 °
5059 Al	0,733 (18,618mm)	1840	1200
MgAz31B-H24	1,125 (28,575mm)	Sin datos	1300
Ti-6Al-4V	0,444 (11,278mm)	Sin datos	1550

5 Para los fines de la presente divulgación, el límite balístico de protección V50 se define como el promedio de seis velocidades de impacto claro que comprenden las tres velocidades mínimas como resultado de la completa penetración y tres velocidades máximas que tienen como resultado la penetración parcial de la muestra de ensayo, tal como se explica con mayor detalle en MIL-DTL-32332 y MIL-DTL-46100E (MR) con Enmienda 1 del 24 de octubre de 2008. En la Tabla 1 se demuestra que la placa de acero formada y tratada a través del método divulgado en el presente documento presenta valores V50 que son los mismos o que exceden los valores V50 para los materiales comparativos de espesor similar. Siendo así puede ser posible utilizar un revestimiento relativamente más fino de la placa de acero formada y tratada a través del método actual para conseguir al menos el mismo nivel de protección balística. Por lo tanto, el peso de un vehículo revestido con los artículos de acero tratados según el método divulgado puede ser relativamente más ligero que el de los vehículos revestidos con materiales de blindaje comparativos. Por tanto, los artículos de acero formados y tratados según el método de la presente invención tienen como resultado un ahorro de combustible, capacidad transporte y maniobrabilidad, relativamente mejorados, así como otros beneficios asociados a un vehículo de peso generalmente más ligero. Dichos datos se resumen a continuación en la Tabla 2, en la que se muestra el espesor en pulgadas necesario para cada una de las placas de acero analizadas para conseguir resultados balísticos de paso para un proyectil de 640 m/s (2100 pies por segundo) y las libras por pie cuadrado correspondientes para cada material de blindaje para los espesores necesarios.

TABLA 2

Material	10,2 psf V50 en fps	10,2 psf Espesor
Acero 4130 tratado según el proceso divulgado	2255	0,250" (6,350 mm)
RHA 360 Hb	1700	0,250" (6,350 mm)
HighHard 500Hb	1640	0,250" (6,350 mm)
5083 Al	1625	0,733" (18,618 mm)
5059 Al	1675 (est)	0,0733" (18,618 mm)
MgAz31B-H24	1650	1,125" (28,575 mm)
Ti-6Al-4V	1910	0,444" (11,278 mm)

20 La microestructura del artículo de acero tiene una relación directa con las propiedades mecánicas. Por consiguiente, también se examinó la microestructura de las muestras de acero formadas y tratadas a través del método divulgado, tanto antes como después del tratamiento térmico. En la FIG. 5 se muestra la microestructura inicial del material de partida para el artículo de acero antes del tratamiento de ferrita y perlita. Tras la formación y tratamiento a través del método divulgado, la microestructura del artículo de acero puede ser 80 por ciento o más de martensita y 5 por ciento o menos de bainita, y puede acercarse a 100 por ciento de martensita. Las FIG. 11 y 12 muestran la microestructura del artículo de acero formado y revenido a 260 °C (500 °F), tal como se ha descrito anteriormente tras el grabado con nital a un aumento de 500 y 1000 veces más, respectivamente. De manera similar, las FIG. 13 y 14 muestran la microestructura de un artículo de acero formado y revenido a 204 °C (400 °F) tras el grabado con nital a un aumento de 500 y 1000 veces más, respectivamente. En ambos casos, el análisis muestra que la microestructura de las muestras del artículo consistió casi enteramente en martensita.

REIVINDICACIONES

1. Un método para tratar un artículo de acero para formar una aleación dúctil y de alta dureza que comprende las etapas de:
- 5 (a) proporcionar una composición de acero que tiene un espesor de material inferior a 12,7 mm (0,5 pulgadas), que tiene una microestructura inicial de ferrita y perlita y que tiene una composición que consiste, en peso, en carbono entre 0,25 y 0,55 %, silicio entre 0,15 y 0,35 %, manganeso entre 0,40 y 1,0 %, cromo entre 0,80 y 1,10 %, molibdeno entre 0,15 y 0,25 %, azufre inferior a 0,040 %, fósforo inferior a 0,035 %, donde el resto es hierro e ingredientes accidentales;
- 10 (b) calentar, preferentemente, utilizando un calentador de inducción la composición de acero provista a una temperatura máxima de entre 850-1150 °C (1562-2102 °F) en menos de diez segundos;
- 15 (c) mantener la composición de acero calentada en el intervalo de temperatura máxima durante entre dos y sesenta segundos;
- 20 (d) templar la composición de acero calentada por debajo de 100 °C (212 °F) en menos de cuatro segundos;
- (e) eliminar el medio de temple residual de la superficie de la composición de acero templada, preferentemente, por al menos uno entre secado mecánico, aire de soplado y combinaciones de los mismos,
- (f) revenir la composición de acero templada a una temperatura entre 100 °C y 260 °C (212-500 °F) durante menos de noventa minutos, preferentemente durante menos de 10 minutos, más preferentemente en un período entre 1 y 10 segundos,
- 25 (g) refrigerar por aire la composición de acero revenida a menos de 100 °C (212 °F) teniendo una microestructura transformada de al menos 80 % martensita y hasta 5 % bainita, un límite elástico de al menos 1800 MPa y una elongación total entre 5 % y 12 % y, preferentemente, un límite de protección balística V50 a un ángulo de oblicuidad 30° entre 701-765 m/s (2300 y 2510 pies por segundo) con una vuelta perforante de blindaje de calibre 0,30 para un espesor de 6,35 mm (0,25").
- 30
2. El método para tratar un artículo de acero tal como se reivindica en la reivindicación 1, donde se precalienta la composición de acero a al menos 18,5 °C (33,3 °F) por segundo a 815 °C (1500 °F) como máximo antes de la etapa (b) o se precalienta la composición de acero a al menos 18,5 °C (33,3°F) por segundo a 538°C (1000°F) como máximo antes de la etapa (b).
- 35
3. El método para tratar un artículo de acero de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde se precalienta la composición de acero a una temperatura entre 260 °C (500 °F) y 538 °C (1000 °F) y precalentando a al menos 18,5 °C (33,3 °F) por segundo a 815 °C (1500 °F) como máximo antes de la etapa (b), y/o se precalienta la composición de acero a una temperatura entre 260 °C (500 °F) y 538 °C (1000 °F) y precalentando a al menos 18,5 °C (33,3 °F) por segundo a entre la temperatura de austenización y 815 °C (1500 °F) antes de la etapa (b).
- 40
4. El método para tratar un artículo de acero de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde se calienta la composición de acero en menos de ocho segundos, preferentemente en menos de seis segundos.
- 45
5. El método para tratar un artículo de acero de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde se mantiene la composición de acero calentada en el intervalo de temperatura máxima durante entre dos y treinta segundos, en particular, durante entre dos y diez segundos, y más preferentemente, durante entre dos y seis segundos.
- 50
6. El método para tratar un artículo de acero de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde se temple la composición de acero calentada desde el intervalo de temperatura máxima hasta por debajo de 100 °C (212 °F), en particular, por debajo de 50°C (122°F), a una velocidad de reducción de la temperatura de 418 - 2020 °C/s (752-5432 °F/s).
- 55
7. El método para tratar un artículo de acero de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde se reviene por inducción la composición de acero templada durante menos de veinte minutos o durante menos de diez minutos o durante dos minutos o menos.
- 60
8. El método para tratar un artículo de acero de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, donde se reviene la composición de acero templada por una combinación de revenido por inducción y en horno durante 30 a 90 minutos.
9. El método para tratar un artículo de acero de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores que comprende además, antes de calentar la composición de acero, la etapa de soldar dos tramos de la placa de acero a lo largo del ancho con una o más soldaduras para formar una serie continua de placas de acero, donde se aplica preferentemente un indicador en la placa de acero antes de la etapa de soldadura para permitir que el sistema de
- 65

visualización identifique el emplazamiento de las porciones extremas de los tramos de las placas de acero para la etapa de soldadura.

5 10. El método para tratar un artículo de acero tal como se reivindica en la reivindicación 9, donde la etapa de soldadura incluye aplicar un entrecruzamiento de soldadura con oscilación transversa entre los tramos de placa de acero a través del ancho de las placas de acero o

10 la etapa de soldadura incluye aplicar un entrecruzamiento de soldadura con oscilación transversa entre los tramos de la placa de acero en tres secciones, donde se efectúa primero la porción del centro de la placa de acero y se sueldan después las porciones laterales para proporcionar una soldadura de oscilación transversa a través del ancho de las placas de acero.

15 11. El método para tratar un artículo de acero tal como se reivindica en la reivindicación 10, donde, además, se aplica una soldadura de costura sobre la soldadura de oscilación transversa a través del ancho de las placas de acero.

20 12. El método para tratar un artículo de acero de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde la etapa de templado se realiza haciendo fluir un medio de temple, preferentemente agua, sobre el artículo de acero a una velocidad de hasta 3400 l/min (900 galones/min) y/o la etapa de templado se lleva a cabo en más de 1 segundo y no más de 20 segundos.

25 13. El método para tratar un artículo de acero de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde tras al menos la etapa (f), se corta la placa de acero en tramos al menos en las costuras al tiempo que la placa de acero se desplaza de forma continua a lo largo del transportador.

30 14. El método para tratar un artículo de acero de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde la etapa de revenido se lleva a cabo utilizando un calentador de inducción o se lleva a cabo utilizando una combinación de calentador por inducción y horno.

35 15. El método para tratar un artículo de acero de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde la composición de acero tiene, en peso,

carbono entre 0,25 y 0,40 % o
carbono entre 0,40 y 0,55 %.

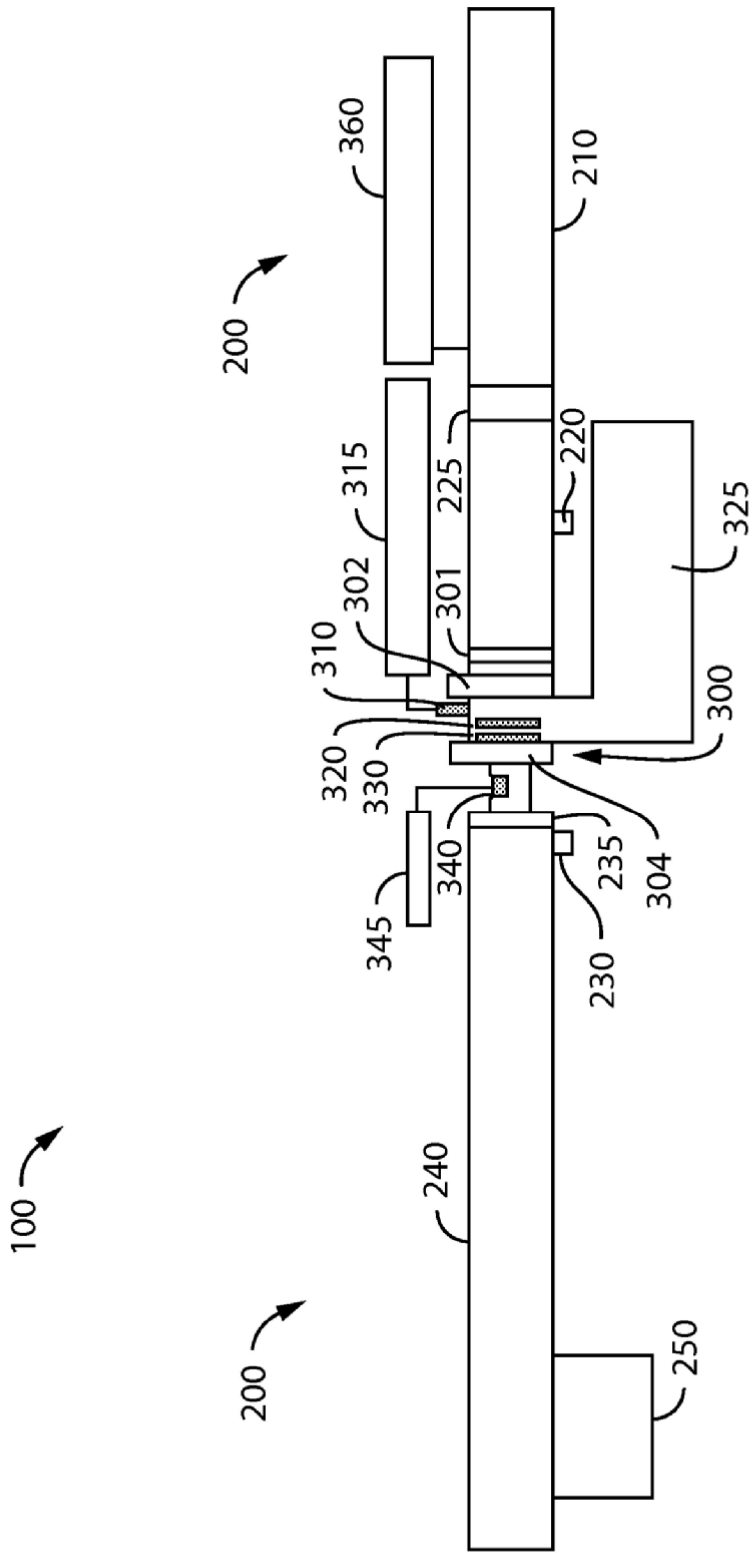


FIG.1

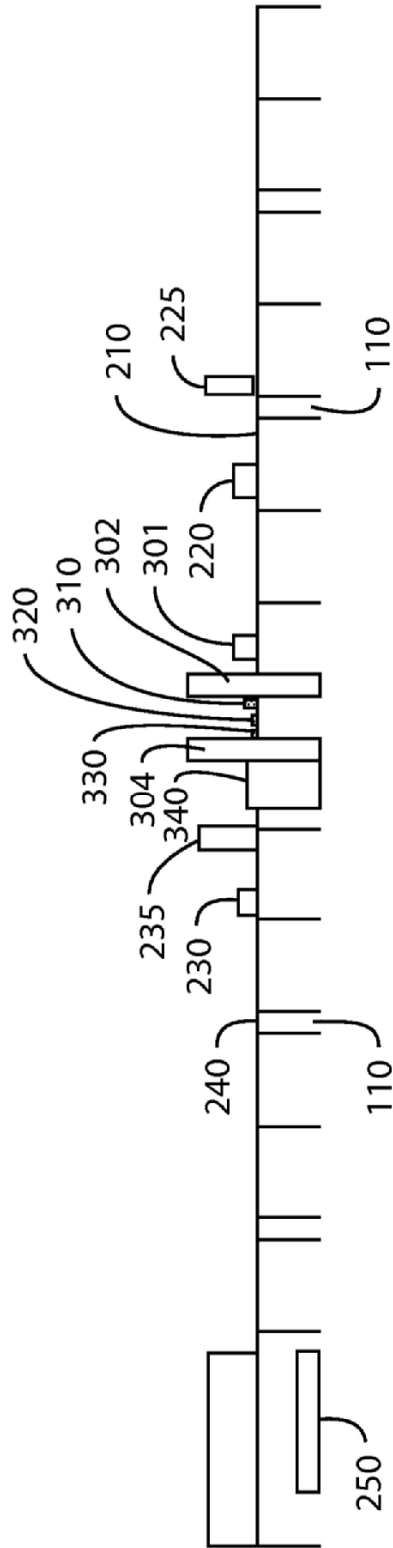


FIG. 2

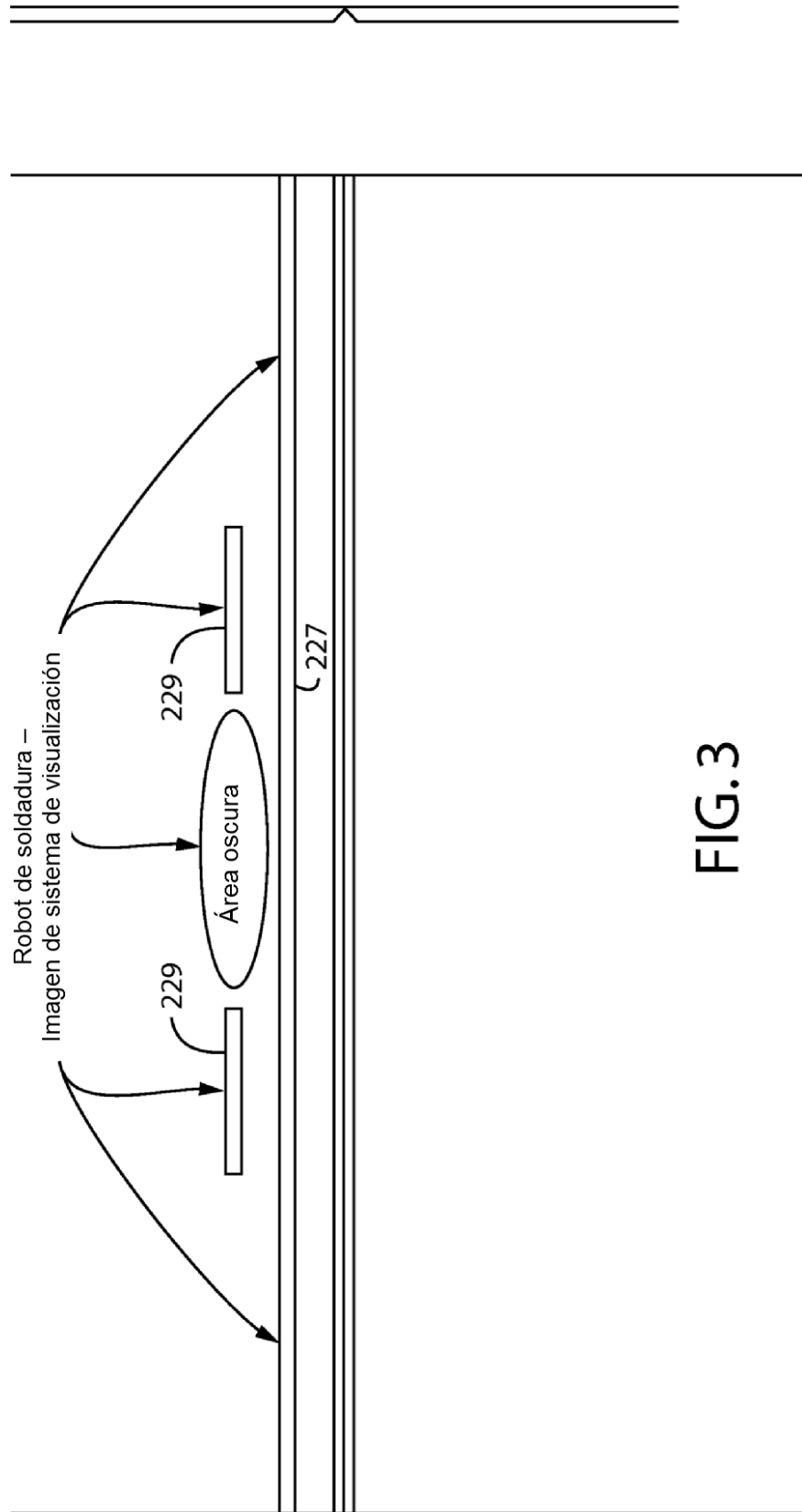


FIG.3

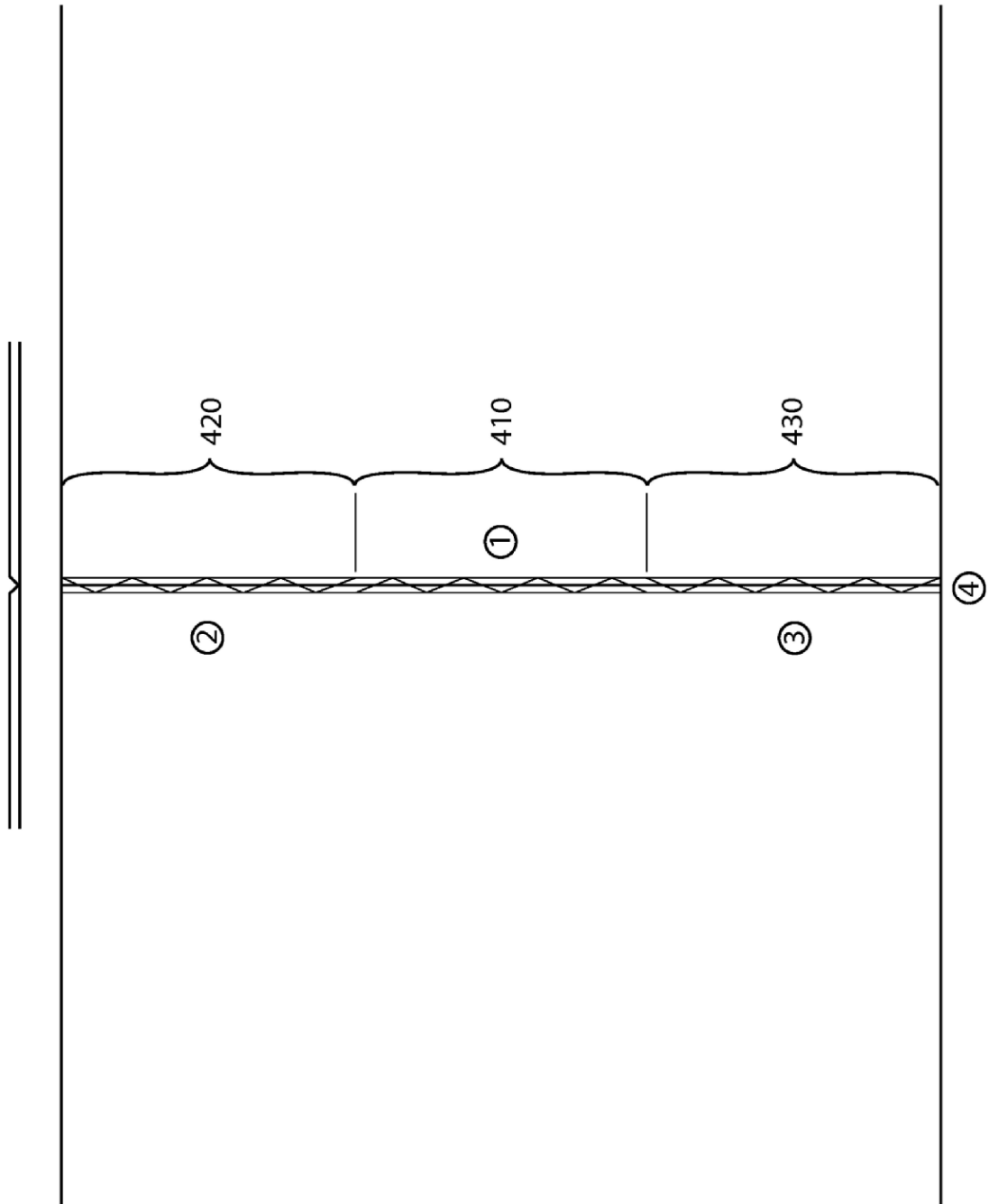


FIG.4

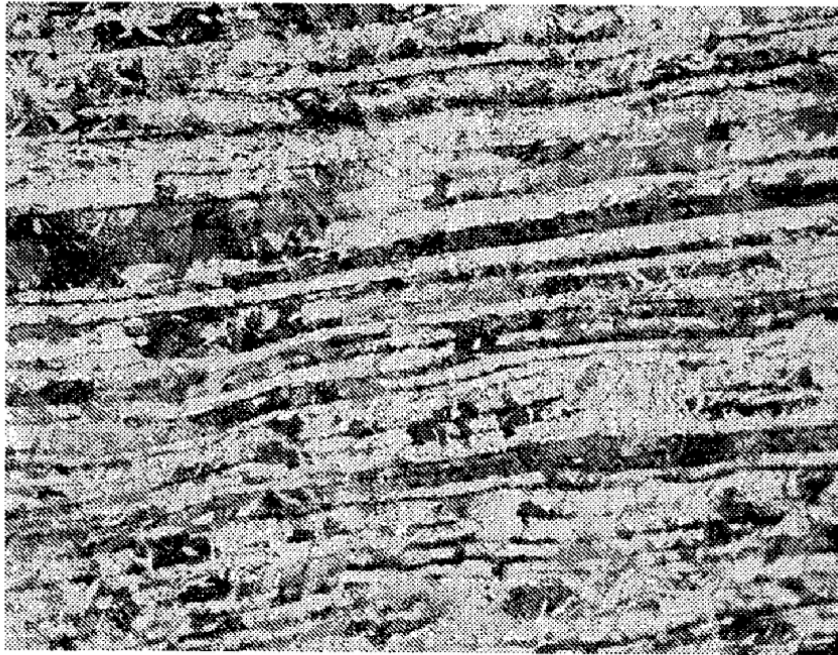


FIG. 5

Efecto de la temperatura de revenido en la resistencia a la tracción

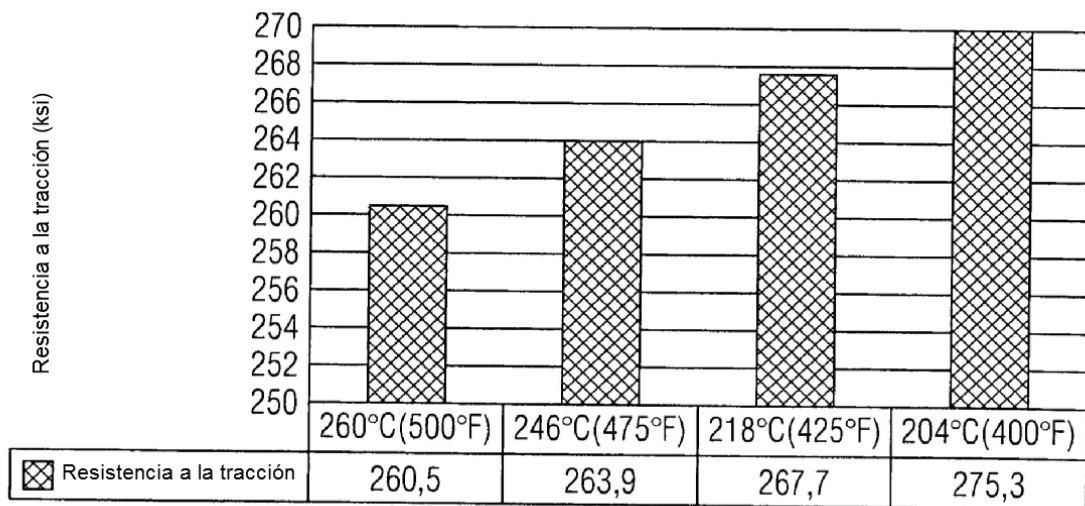


FIG. 6

Efecto de la temperatura de revenido en el porcentaje de elongación

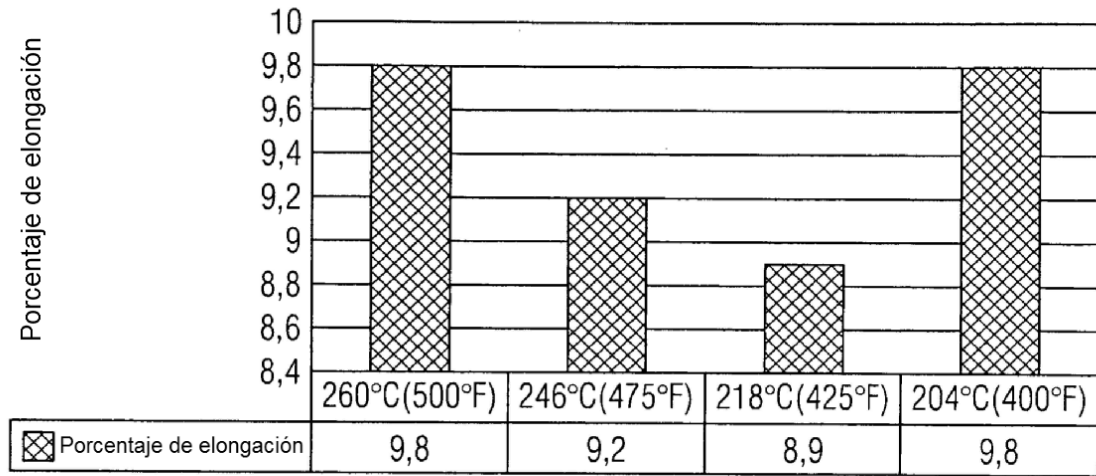


FIG. 7

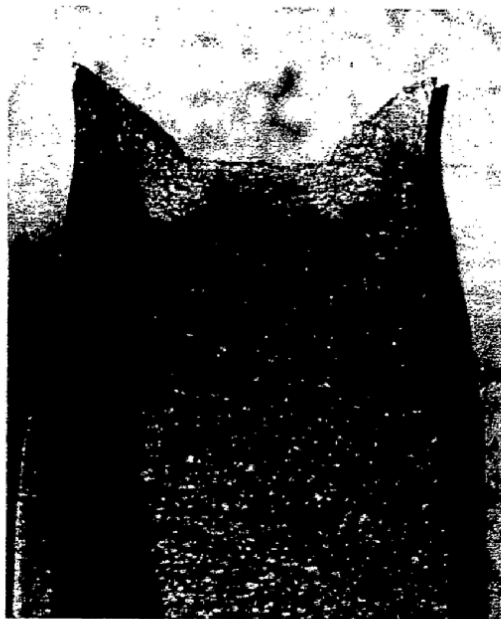


FIG. 8

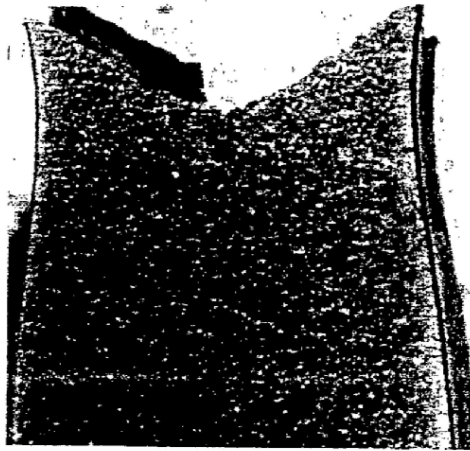


FIG. 9

Efecto de la temperatura de revenido en la ductilidad

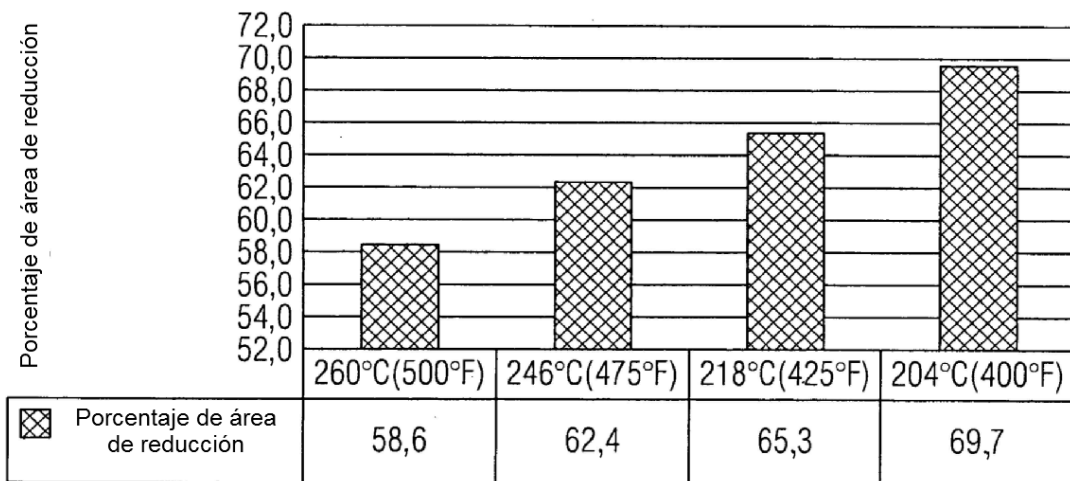


FIG. 10

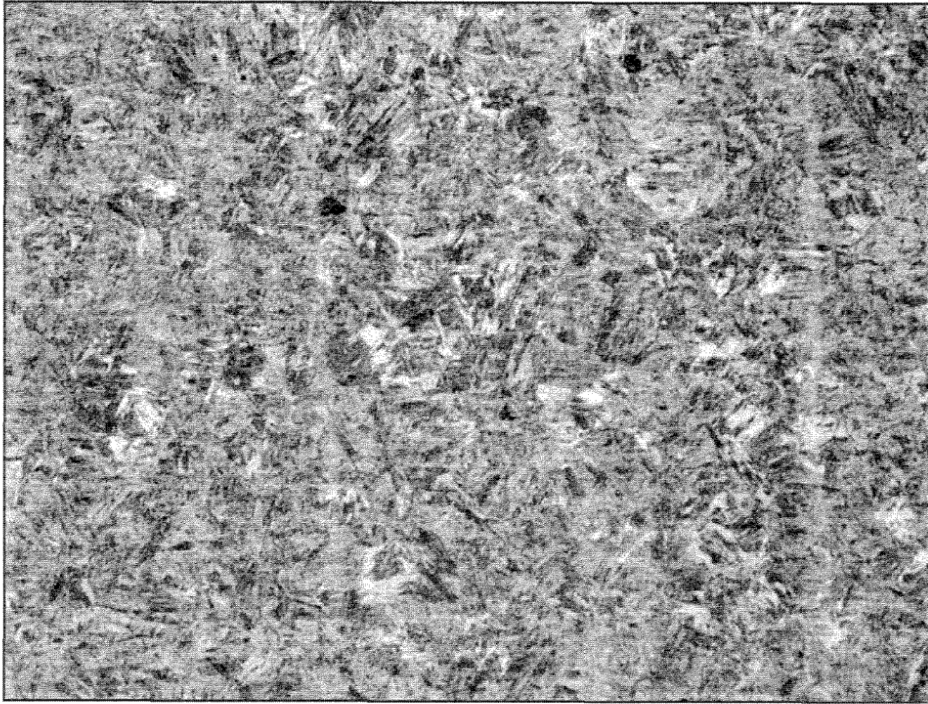


FIG. 11

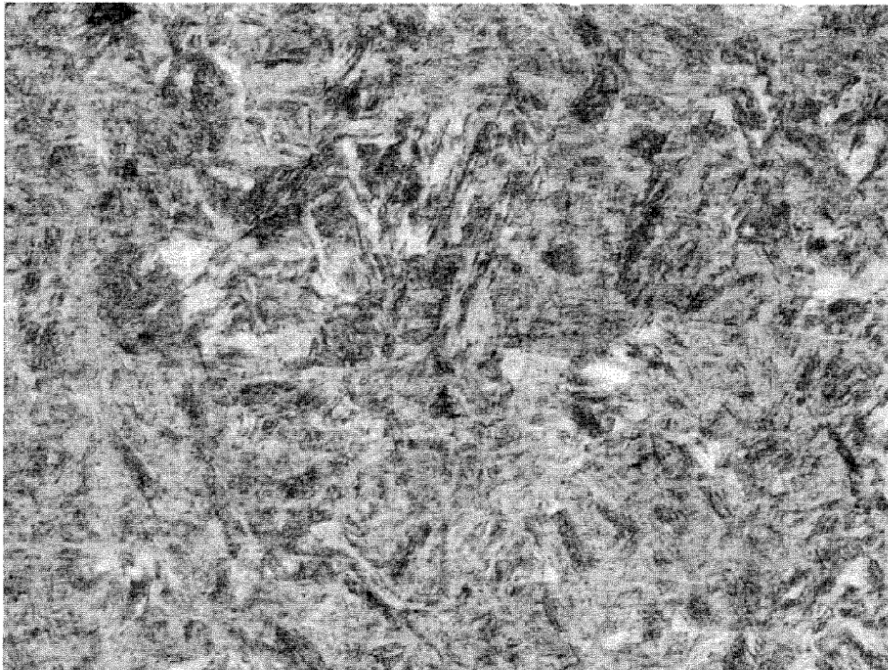


FIG. 12

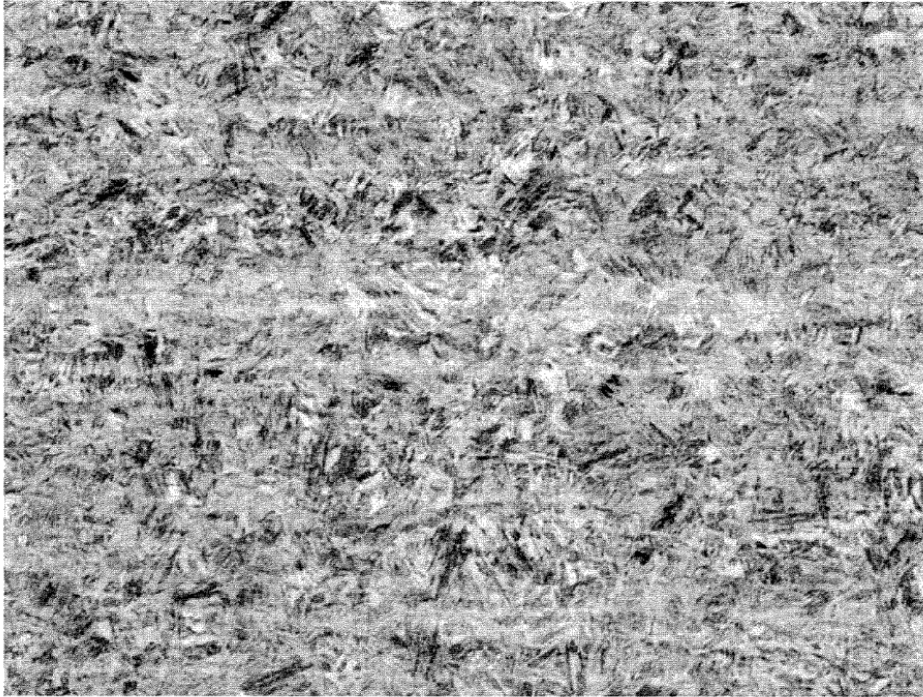


FIG. 13

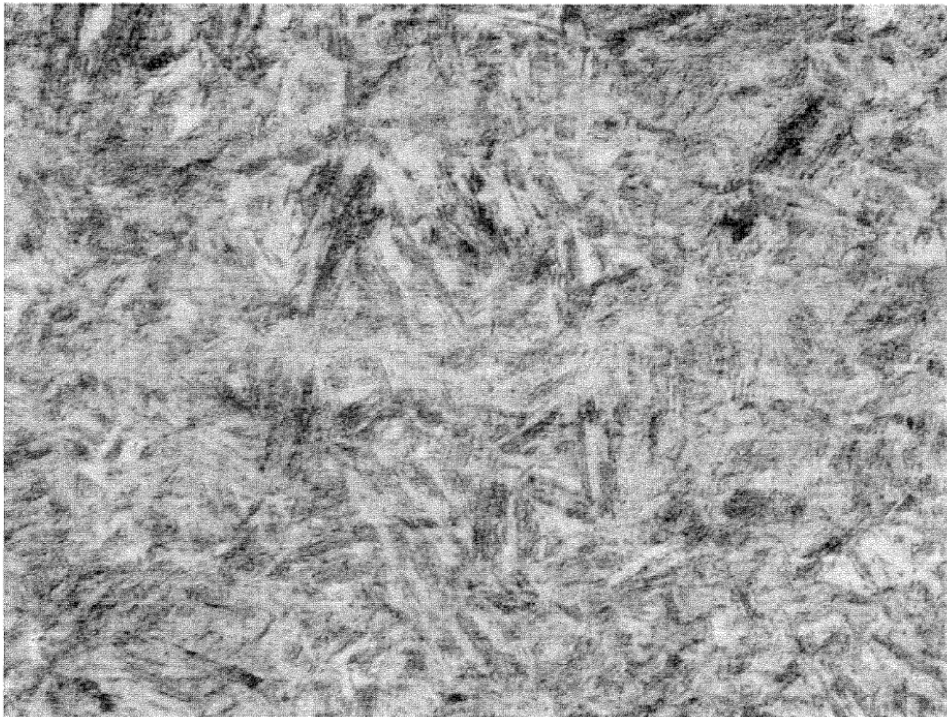


FIG. 14