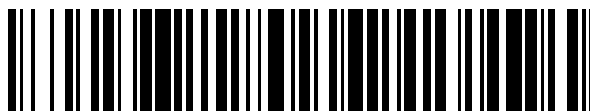


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 785 553**

51 Int. Cl.:

<b>C21D 1/19</b>	(2006.01)
<b>C21D 9/48</b>	(2006.01)
<b>C21D 8/04</b>	(2006.01)
<b>C21D 6/00</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/06</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/12</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/14</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.07.2015 PCT/IB2015/055037**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **07.01.2016 WO16001893**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2015 E 15750810 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020 EP 3164518**

54 Título: **Procedimiento para producir una lámina de acero de alta resistencia que tiene una ductilidad y una conformabilidad mejoradas y la lámina de acero obtenida**

- 30 Prioridad:  
**03.07.2014 WO PCT/IB2014/002296**
- 45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**07.10.2020**

- 73 Titular/es:  
**ARCELORMITTAL (100.0%)  
24-26 Boulevard d'Avranches  
1160 Luxembourg, LU**
- 72 Inventor/es:  
**MOHANTY, RASHMI RANJAN;  
JUN, HYUN JO;  
FAN, DONGWEI y  
VENKATASURYA, PAVAN K. C.**
- 74 Agente/Representante:  
**SALVÀ FERRER, Joan**

ES 2 785 553 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para producir una lámina de acero de alta resistencia que tiene una ductilidad y una conformabilidad mejoradas y la lámina de acero obtenida

5

**[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento para producir una lámina de acero de alta resistencia que tiene una resistencia, ductilidad y conformabilidad mejoradas y a las láminas obtenidas con el procedimiento.

10 **[0002]** Para fabricar varios equipos, tales como piezas de elementos estructurales de la carrocería y paneles de la carrocería para vehículos automóviles, es habitual usar láminas hechas de aceros DP (fase dual) o aceros TRIP (plasticidad inducida por transformación).

**[0003]** Por ejemplo, tales aceros, que incluyen una estructura martensítica y/o contienen aproximadamente un  
15 0,2 % de C, aproximadamente un 2 % de Mn, aproximadamente un 1,7 % de Si, tienen un límite elástico de aproximadamente 750 MPa, una resistencia a la tracción de aproximadamente 980 MPa y un alargamiento total de más del 8 %. Estas láminas se producen en una línea de recocido continuo mediante el temple desde una temperatura de recocido superior al punto de transformación  $A_{c3}$  hasta una temperatura de temple inferior al punto de transformación  $M_s$ , lo cual es seguido por un calentamiento hasta una temperatura promedio por encima del punto  $M_s$   
20 y el mantenimiento de la lámina a la temperatura por un tiempo dado. A continuación, la lámina se enfría a la temperatura ambiente.

**[0004]** Debido al deseo de reducir el peso de los automóviles con el fin de mejorar su eficiencia en consumo de combustible, en vista de la conservación global del medio ambiente, es deseable tener láminas que tengan un límite  
25 elástico y una resistencia a la tracción mejorados. Pero dichas láminas también deben tener una buena ductilidad y una buena conformabilidad y, más específicamente, una buena expandibilidad.

**[0005]** El documento EP 2 325 346 A1 describe un procedimiento para producir una lámina de acero que tiene un buen equilibrio entre resistencia y ductilidad y un buen equilibrio entre resistencia y flangeabilidad a la resistencia,  
30 especialmente una resistencia a la tracción de 980 MPa o más.

**[0006]** El artículo "Microstructural evolution of a medium carbon advanced high strength steel heat-treated by quenching-partitioning process", de Ning Zhong y col., PRCIM 2013 investiga el procedimiento de "temple-particionado-atemperado" en una lámina de acero que tiene una composición que comprende el 0,235 % de C, el  
35 1,8 % de Mn, el 1,46 % de Si y el 0,16 % de Mo.

**[0007]** El documento WO 2004/022794 A1 describe un procedimiento para producir una lámina de acero de alta resistencia a través de un procedimiento de temple y particionado.

40 **[0008]** El documento JP 2012-240095 A, describe un procedimiento para producir una lámina de acero TRIP, cuya estructura comprende del 50 al 90 % de ferrita bainítica, martensita, del 5 al 20 % de austenita residual y del 0 al 40 % de ferrita, cuya resistencia a la tracción es de al menos 980 MPa.

**[0009]** El documento JP 2006-083403 A también describe un procedimiento para producir una lámina de acero  
45 que incluye al menos el 40 % de ferrita, la resistencia a la tracción escogida es de al menos 590 MPa, hasta 1015 MPa. A este respecto, resulta deseable tener láminas que tienen un límite elástico YS de al menos 850 MPa, una resistencia a la tracción TS de alrededor de 1180 MPa, un alargamiento total de al menos el 13 % o preferentemente al menos el 14 % y una tasa de expansión del orificio HER según el estándar ISO 16630:2009 de más del 30 % o incluso el 50 %. Con respecto a la tasa de expansión del orificio, debe enfatizarse que, debido a las diferencias en los  
50 procedimientos de medición, los valores de la tasa de expansión del orificio HER según el estándar ISO son muy diferentes y no comparables con los valores de la tasa de expansión del orificio  $\lambda$  según el estándar JFS T 1001 (estándar de la Federación Japonesa de Hierro y Acero).

**[0010]** Por lo tanto, el propósito de la presente invención es proporcionar dicha lámina y un procedimiento para  
55 producirla.

**[0011]** Para este fin, la invención se refiere a un procedimiento según la reivindicación 1.

**[0012]** Preferentemente, la composición química del acero es tal que  $Al \leq 0,05 \%$ .

60

**[0013]** Preferentemente, la temperatura de temple QT está comprendida entre 310 y 340 °C.

**[0014]** Preferentemente, el procedimiento comprende además, después de que la lámina se temple a la temperatura de temple QT y antes de calentar la lámina a la temperatura de particionado PT, una etapa de retener la  
65 lámina a la temperatura de temple durante un tiempo de retención comprendido entre 2 y 8 s, preferentemente entre

3 y 7 s.

**[0015]** La invención se refiere también a una lámina de acero según la reivindicación 5.

5 **[0016]** Preferentemente, la composición química del acero es tal que  $Al \leq 0,05 \%$ .

**[0017]** Preferentemente, el tamaño de grano promedio de la austenita retenida es de 5 mm o menos.

10 **[0018]** El tamaño promedio de los granos o bloques de martensita y bainita es preferentemente de 10 mm o menos.

**[0019]** Ahora, la invención se describirá con detalles, pero sin introducir limitaciones, y se ilustra en las figuras 1 y 2, que representan micrografías de barrido de electrones de dos ejemplos de la invención.

15 **[0020]** Según la invención, la lámina se obtiene mediante laminado en caliente y, opcionalmente, laminado en frío de un semiproducto hecho de un acero, cuya composición química contiene, en % en peso:

20 - del 0,13 al 0,22 %, y preferentemente más del 0,16 %, preferentemente menos del 0,20 % de carbono para asegurar una resistencia satisfactoria y mejorar la estabilidad de la austenita retenida que es necesaria para obtener un alargamiento suficiente. Si el contenido de carbono es demasiado alto, la lámina laminada en caliente es demasiado dura para laminar en frío y la soldabilidad es insuficiente.

25 - del 1,2 a 1,8 %, preferentemente más del 1,3 % y menos del 1,6 % de silicio a fin de estabilizar la austenita, para proporcionar un fortalecimiento de la solución sólida y para retrasar la formación de carburos durante el sobrevejecimiento.

30 - del 1,8 al 2,2 %, y preferentemente más del 1,9 % y preferentemente menos del 2,1 % de manganeso para tener una capacidad de endurecimiento suficiente para obtener una estructura que contenga al menos un 65 % de martensita, una resistencia a la tracción de más de 1150 MPa y para evitar problemas de segregación que son perjudiciales para la ductilidad.

35 - del 0,10 al 0,20 % de molibdeno para aumentar la templeabilidad y para estabilizar la austenita retenida a fin de retrasar la descomposición de austenita, de modo tal que no haya descomposición de la austenita durante el sobrevejecimiento según la presente invención.

40 - Hasta un 0,5 % de aluminio, que normalmente se añade al acero líquido con el fin de su desoxidación. Si el contenido de Al es superior al 0,5 %, la temperatura de austenitización será demasiado elevada como para alcanzarla y el acero se volverá industrialmente difícil de procesar. Preferentemente, el contenido de Al está limitado a un 0,05 %.

- El contenido de Nb se limita al 0,05 % porque por encima de dicho valor, se formarán grandes precipitados y la conformabilidad disminuirá, haciendo que el 13 % del alargamiento total sea más difícil de alcanzar.

- El contenido de Ti se limita al 0,05 % porque por encima de dicho valor, se formarán grandes precipitados y la conformabilidad disminuirá, haciendo que el 13 % del alargamiento total sea más difícil de alcanzar.

45 **[0021]** El remanente es hierro y elementos residuales resultantes de la fabricación del acero. A este respecto, al menos Ni, Cr, Cu, V, B, S, P y N se consideran elementos residuales que son impurezas inevitables. Por lo tanto, su contenido es menor al 0,05 % de Ni, 0,10 % de Cr, 0,03 % de Cu, 0,007 % de V, 0,0010 % de B, 0,005 % de S, 0,02 % de P y 0,010 % de N.

**[0022]** La lámina se prepara mediante laminado en caliente y, opcionalmente, laminado en frío, según los procedimientos conocidos por los expertos en la materia.

50 **[0023]** Después del laminado, las láminas se decapan o se limpian, y, a continuación, se tratan con calor.

**[0024]** El tratamiento con calor, que se efectúa preferentemente en una línea de recocido continuo, comprende las etapas de:

55 - el recocido de la lámina a una temperatura de recocido TA superior al punto de transformación  $Ac_3$  del acero, y preferentemente superior al  $Ac_3 + 15 \text{ }^\circ\text{C}$ , es decir, superior a  $865 \text{ }^\circ\text{C}$  para el acero según la invención, a fin de estar seguros de que la estructura es completamente austenítica, pero menor a  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$  a fin de no curtir demasiado los granos austeníticos. La lámina se mantiene a la temperatura de recocido, es decir, se mantiene entre  $TA - 5 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $TA + 10 \text{ }^\circ\text{C}$ , durante un tiempo suficiente para homogeneizar la composición química. El tiempo de mantenimiento es preferentemente de más de 30 segundos, pero no necesita ser de más de 300 segundos.

60 - templar la lámina mediante el enfriado a una temperatura de temple QT inferior al punto de transformación MS a una velocidad de enfriamiento suficiente como para evitar la formación de ferrita y bainita. La temperatura de temple se ubica entre  $275 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $375 \text{ }^\circ\text{C}$  y preferentemente entre  $290 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $360 \text{ }^\circ\text{C}$  a fin de tener, justo después del temple, una estructura que consiste en austenita y al menos el 50 % de martensita, siendo el contenido de austenita tal que la estructura final, es decir, después del tratamiento y el enfriamiento hasta la temperatura ambiente, pueda contener

entre el 3 y el 15 % de austenita residual y entre el 85 y el 97 % de la suma de martensita y bainita sin ferrita. Según la invención, la temperatura de temple está comprendida entre 310 y 375 °C, por ejemplo, entre 310 y 340 °C. Se requiere una velocidad de enfriamiento superior a 30 °C/s para evitar la formación de ferrita durante el enfriamiento de la temperatura de recocido TA.

5

- recalentar la lámina hasta una temperatura de particionado PT entre 370 y 470 °C y preferentemente entre 390 y 460 °C. Por encima de 470 °C, no se obtienen las propiedades mecánicas del acero seleccionadas, en particular una resistencia a la tracción de al menos 1180 MPa y un alargamiento total de al menos 13 %. La velocidad de recalentamiento puede ser alta cuando el recalentamiento se hace mediante un calentador de inducción, pero esa velocidad de recalentamiento en el intervalo de 5 a 20 °C/s no tuvo efecto aparente sobre las propiedades finales de la lámina. La velocidad de calentamiento está comprendida preferentemente entre 5 y 20 °C/s. Por ejemplo, la velocidad de recalentamiento es de al menos 10 °C/s. Preferentemente, entre la etapa de temple y la etapa de recalentar la lámina a la temperatura de particionado PT, la lámina se mantiene a la temperatura de temple durante un tiempo de retención comprendido entre 2 y 8 s, preferentemente entre 3 y 7 s

10

15

- mantener la lámina a la temperatura de particionado PT durante un tiempo entre 50 y 150 s. Mantener la lámina a la temperatura de particionado significa que durante el particionado la temperatura de la lámina permanece entre PT - 10 °C y PT + 10 °C.

- enfriar la lámina hasta la temperatura ambiente.

20 **[0025]** Con dicho tratamiento, se pueden obtener láminas con un límite elástico YS de al menos 850 MPa, una resistencia a la tracción de al menos 1180 MPa, un alargamiento total de al menos el 13 % y una tasa de expansión del orificio HER según el estándar ISO 16630:2009 de al menos el 30 %, o incluso el 50 %.

25 **[0026]** Este tratamiento permite obtener una estructura final, es decir, después de particionar y enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente, que contiene entre el 3 y el 15 % de austenita residual y entre el 85 y el 97 % de la suma de martensita y bainita sin ferrita.

**[0027]** Además, el tamaño de grano austenítico promedio es preferentemente de 5 mm o menos, y el tamaño promedio de los bloques de bainita o martensita es preferentemente de 10 mm o menos.

30

**[0028]** Como ejemplo, una lámina de 1,2 mm de espesor tiene la composición siguiente: C = 0,18 %, Si = 1,55 % Mn = 2,02 %, Nb = 0,02 %, Mo = 0,15 %, Al = 0,05 %, N = 0,06 %, siendo el remanente Fe e impurezas, se fabricó mediante laminado en caliente y en frío. El punto de transformación Ms teórico de este acero es 386°C y el punto Ac<sub>3</sub> calculado es 849°C.

35

**[0029]** Las muestras de la lámina se trataron con calor mediante recocido, temple y particionado, y se midieron las propiedades mecánicas. Las láminas se mantuvieron a la temperatura de temple durante alrededor de 3 s.

**[0030]** Las condiciones de tratamiento y las propiedades obtenidas se informan en la Tabla I.

40

Tabla I

Muestra	TA °C	QT °C	PT °C	s de Pt	YS MPa	TS MPa	TE %	HER %	RA %	Tamaño de grano RA mm	M+B %	Tamaño de grano M + B mm
1	900	350	450	99	978	1202	14	32	10,4	≤ 5	89,6	≤ 10
2	900	300	450	99	1185	1246	13,8	57	6,8	≤ 5	93,2	≤ 10
3	900	450	450	99	620	1129	15,5	20	8,9	≤ 5		≤ 10
4	900	400	450	99	857	1185	12,2	29	8,7	≤ 5		≤ 10
5	900	340	470	50	1025	1185	13,8	32	10,6			
6	900	275	500	100	998	1149	12,7	47	4,6			

45 **[0031]** En esta tabla, la TA es la temperatura de recocido, QT es la temperatura de temple, PT es la temperatura de particionado, Pt es el tiempo de particionado, YS es el límite elástico, TS es la resistencia a la tracción, TE es el alargamiento total, HER es la tasa de expansión del orificio según el estándar ISO, RA es la proporción de austenita retenida en la estructura final, tamaño de grano RA es el tamaño de grano austenítico promedio, M+B es la proporción de bainita y martensita en la estructura final y tamaño de grano M+B es el tamaño promedio de los granos o bloques de martensita y bainita.

- [0032]** El ejemplo 1, cuya estructura se muestra en la figura 1, y que contiene el 10,4 % de austenita retenida el 89,6 % de martensita y bainita, y el ejemplo 2, cuya estructura se muestra en la figura 2, y que contiene el 6,8 % de austenita retenida y el 93,2 % de martensita y bainita, muestran que, con una temperatura de temple de 300 o 350 °C, un particionado a una temperatura de 450 °C con un tiempo de particionado de 99 s, la lámina tiene un límite elástico superior a 850 MPa, una resistencia a la tracción superior a 1100 MPa, un alargamiento total de alrededor del 14 % superior al 13 % y una tasa de expansión del orificio medida según el estándar ISO 16630: 2009 superior al 30 %. Cuando la temperatura de temple es de 300 °C (+/-10 °C), el alargamiento total puede ser superior al 13 % y la tasa de expansión del orificio es muy buena: 57 %, como se muestra en el Ejemplo 2.
- 10 **[0033]** Los ejemplos 3 y 4, que están relacionados con la técnica anterior con una temperatura de temple superior al Ms, es decir, sin que la estructura sea martensítica, muestran que no es posible alcanzar simultáneamente el límite elástico, el alargamiento total y la tasa de expansión del orificio seleccionados.
- [0034]** El ejemplo 5 muestra además que, con una temperatura de temple de 340 °C, un particionado a 470 °C  
15 con un tiempo de particionado de 50 s, la lámina tiene un límite elástico superior a 850 MPa, una resistencia a la tracción superior a 1100 MPa, un alargamiento total de alrededor del 14 % superior al 13 % y una tasa de expansión del orificio medida según el estándar ISO 16630: 2009 superior al 30 %.
- [0035]** El ejemplo 6 muestra que, cuando la temperatura de particionado es demasiado alta, es decir, superior  
20 a 470 °C, no se obtiene una resistencia a la tracción de al menos 1180 MPa in un alargamiento total de al menos el 13 %.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para producir una lámina de acero de alta resistencia que tiene una resistencia y una conformabilidad mejoradas, teniendo la lámina un límite elástico YS de al menos 850 MPa, una resistencia a la tracción TS de al menos 1180 MPa, un alargamiento total de al menos el 13 % y una tasa de expansión del orificio HER medida según el estándar ISO 16630:2009 de al menos el 30 % mediante el tratamiento térmico de una lámina de acero en la que la composición química del acero contiene en % en peso:

10 0,13 % ≤ C ≤ 0,22 %.  
 1,2 % ≤ Si ≤ 1,8 %  
 1,8 % ≤ Mn ≤ 2,2 %  
 0,10 % ≤ Mo ≤ 0,20 %;  
 Nb ≤ 0,05 %  
 Ti ≤ 0,05 %  
 15 Al ≤ 0,5 %,

siendo el remanente Fe e impurezas inevitables, incluyendo menos del 0,05 % de Ni, menos del 0,10 % de Cr, menos del 0,03 % de Cu, menos del 0,007 % de V, menos de 0,0010 % de B, menos del 0,005 % de S, menos del 0,02 % de P y menos del 0,010 % N y en la que el tratamiento térmico comprende las etapas siguientes:

20 - recocer la lámina a una temperatura de recocido TA superior a 865 °C pero inferior a 1000 °C durante un tiempo de más de 30 s.  
 - temprar la lámina enfriándola hasta una temperatura de temple QT entre 310 y 375 °C, a una velocidad de enfriamiento de al menos 30 °C/s a fin de tener, justo después del temple, una estructura que consiste en austenita y al menos el 50 % de martensita, siendo el contenido de austenita tal que la estructura final, es decir, después del tratamiento y el enfriamiento hasta la temperatura ambiente, contenga entre el 3 y el 15 % de austenita residual y entre el 85 y el 97 % de la suma de martensita y bainita sin ferrita,  
 25 - calentar la lámina hasta una temperatura de particionado PT entre 370 y 470 °C y mantener la lámina a esta temperatura durante un tiempo de particionado Pt entre 50 y 150 s, permaneciendo la temperatura de la lámina entre PT-10 °C and PT+10 °C durante el particionado, y  
 30 - enfriar la lámina hasta la temperatura ambiente.

2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la composición química del acero es tal que Al ≤ 0,05 %.

3. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que la temperatura de temple QT está comprendida entre 310 y 340 °C.

4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que además comprende, después de que la lámina se temple a la temperatura de temple QT y antes de que la lámina se caliente a la temperatura de particionado PT, una etapa de retener la lámina a una temperatura de temple QT durante un tiempo de retención comprendido entre 2 y 8 s, preferentemente entre 3 y 7 s.

5. Una lámina de acero obtenida mediante un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que la composición química del acero contiene en % en peso:

50 0,13 % ≤ C ≤ 0,22 %.  
 1,2 % ≤ Si ≤ 1,8 %  
 1,8 % ≤ Mn ≤ 2,2 %  
 0,10 % ≤ Mo ≤ 0,20 %;  
 Nb ≤ 0,05 %  
 Ti < 0,05 %  
 Al ≤ 0,5 %,

55 siendo el remanente Fe e impurezas inevitables, incluyendo menos del 0,05 % de Ni, menos del 0,10 % de Cr, menos del 0,03 % de Cu, menos del 0,007 % de V, menos del 0,0010 % de B, menos del 0,005 % de S, menos del 0,02 % de P y menos del 0,010 % de N, en la que la lámina tiene un límite elástico de al menos 850 MPa, una resistencia a la tracción de al menos 1180 MPa, un alargamiento total de al menos el 13 % y una tasa de expansión del orificio HER, medida según el estándar ISO 16630:2009, de al menos el 30 % y la estructura del acero comprende entre el 3 y el 15 % de austenita residual y entre el 85 y el 97 % de la suma de martensita y bainita, sin ferrita.

6. La lámina de acero según la reivindicación 5, en la que la composición del acero es tal que Al ≤ 0,05 %.

7. La lámina de acero según cualquiera de las reivindicaciones 5 o 6, en la que el alargamiento total es al menos del 14 %.

8. La lámina de acero según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en la que la tasa de expansión del orificio es al menos del 50 %.

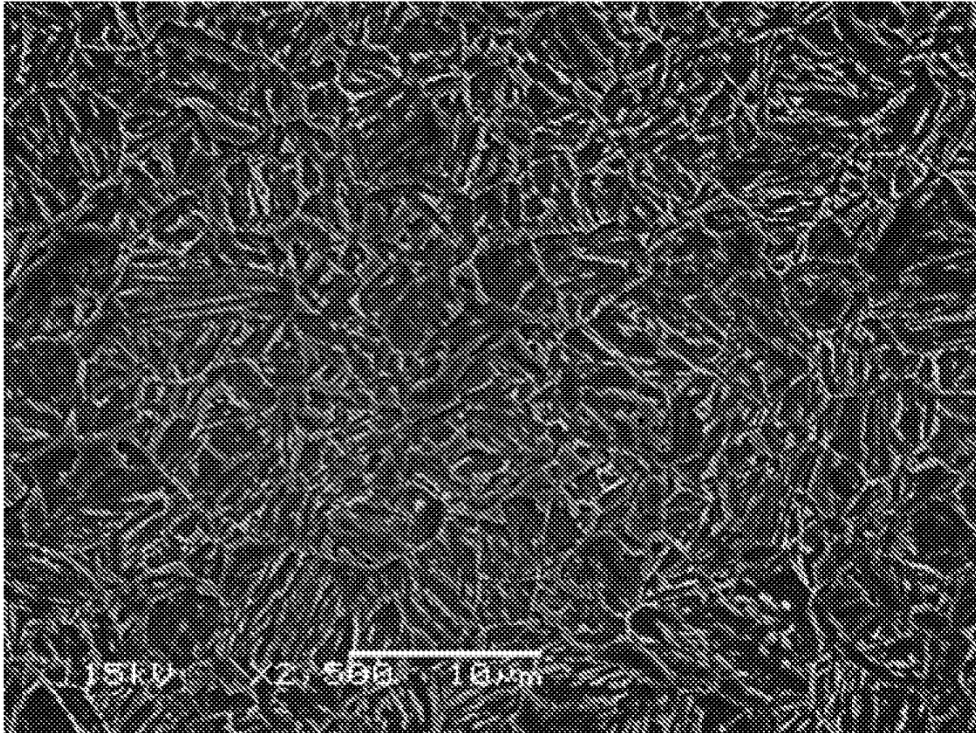


FIG.1

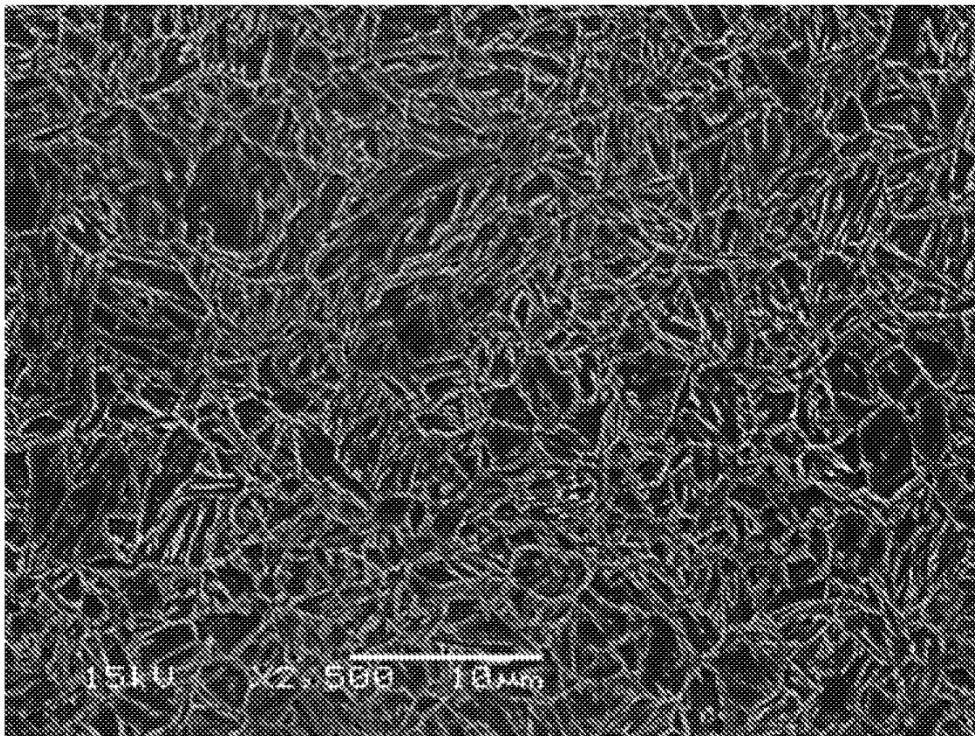


FIG.2