

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 175**

51 Int. Cl.:

C22C 38/58	(2006.01)	C21D 1/18	(2006.01)
C22C 38/42	(2006.01)	C22C 38/06	(2006.01)
C22C 38/34	(2006.01)	C22C 38/50	(2006.01)
C22C 38/46	(2006.01)	C22C 38/52	(2006.01)
C22C 38/44	(2006.01)		
C22C 38/48	(2006.01)		
C22C 38/00	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		
C21D 6/00	(2006.01)		
C21D 8/02	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2014** **E 14199446 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2019** **EP 2886675**

54 Título: **Aleación de acero de alta resistencia y productos de bandas y láminas hechos a partir de los mismos**

30 Prioridad:
20.12.2013 US 201361919081 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.02.2020

73 Titular/es:
**CRS HOLDINGS, INC. (100.0%)
1105 North Market Street, Suite 601
Wilmington DE 19801, US**

72 Inventor/es:
NOVOTNY, PAUL M.

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 743 175 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

Aleación de acero de alta resistencia y productos de bandas y láminas hechos a partir de los mismos

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

5 Esta invención se relaciona con una aleación de acero que tiene una combinación única de alta resistencia, alta tenacidad y alta ductilidad. La invención también se relaciona con el uso de la aleación de acero para hacer formas de productos de calibre delgado, tales como bandas y láminas, que se pueden formar fácilmente en partes para uso automotriz.

Descripción de la técnica relacionada

10 La US Environmental Protection Agency exige que los automóviles nuevos cumplan con un estándar corporativo de economía de combustible promedio de 23.2 km/l (54.5 millas/galón) para el año 2025. Este requisito probablemente hará que los fabricantes de automóviles reduzcan el peso de sus vehículos. Los materiales livianos tal como el aluminio y los materiales compuestos que brindan alta resistencia y una reducción significativa en el peso en comparación con las aleaciones de acero conocidas se pueden usar para fabricar partes de chasis y marco de
 15 calibre delgado. Sin embargo, el uso de tales materiales presentará desafíos para los fabricantes de automóviles debido a que sus líneas de producción están diseñadas para usar aleaciones de acero y un cambio a materiales que no sean de acero tal como el aluminio y los materiales compuestos requeriría importantes inversiones de capital, así como un aumento sustancial en el coste de los materiales.

20 Las láminas y bandas de acero que proporcionan mayor resistencia que los aceros convencionales utilizados para aplicaciones de carrocería y chasis se pueden utilizar para reducir el peso de las partes estampadas de la carrocería y el chasis en este esfuerzo de "Peso ligero", siempre que sean lo suficientemente resistentes y formables. Una medida de la resistencia y la capacidad de conformación de un acero es un Número de Índice de Banda (SIN) que es el producto de la resistencia a la tracción máxima (UTS) en MPa y el alargamiento en %. Para muchas
 25 aplicaciones automotrices, las láminas y bandas de acero que tienen un SIN de al menos aproximadamente 20,000 proporcionan una reducción de peso suficiente a la vez que proporcionan una resistencia y capacidad de conformación adecuadas. Sin embargo, para partes estructurales que requieren mayor resistencia, se prefiere un SIN de al menos aproximadamente 30,000. Muchos de los aceros conocidos como aceros avanzados de alta resistencia (AHSS) dejan algo que desear con respecto a la ductilidad porque la resistencia y la ductilidad son propiedades inversamente relacionadas. Se necesita buena ductilidad para las formas de bandas y láminas de
 30 material de acero de alta resistencia para proporcionar buena capacidad de formación. Por consiguiente, sería deseable tener una aleación de acero que proporcione una combinación de alta resistencia y ductilidad que no solo resulte en una reducción de peso significativa en las partes de carrocería y marco del automóvil, sino que también se pueda formar fácilmente en dichos productos.

35 El documento US 7,067,019 describe un acero de aleación de cobre-níquel-cromo de carbono medio de relativamente alta resistencia y alta tenacidad y un método para fabricar el acero.

El documento EP 2 543 747 A1 divulga una tubería de acero sin costura para un resorte hueco de alta resistencia.

El documento JP H11-269541 divulga un acero de alta resistencia que tiene una resistencia mejorada a la propagación de grietas y un método para fabricar el acero.

Resumen de la invención

40 La necesidad anterior se resuelve en gran medida mediante una aleación de acero de acuerdo con la presente invención. La aleación de acuerdo con esta invención proporciona una combinación única de muy alta resistencia, tenacidad y ductilidad. La aleación de esta invención puede caracterizarse por las composiciones de porcentaje en peso amplio, intermedio y preferido que se exponen a continuación.

Elemento	Amplio	Intermedio	Preferido A	Preferido B
C	0.3-0.45	0.30-0.45	0.30-0.40	0.30-0.36
Mn	3.5-4.5	3.5-4.5	3.5-4.5	3.5-4.5
Si	1.0-2.0	1.3-1.8	1.3-1.7	1.3-1.7
Cr	0.6-2.5	0.75-2.35	1.6-2.35	0.75-1.5
Ni	0.6-5.0	0.7-4.5	3.7-4.3	0.7-2.5
Mo+©W	Hasta 0.5	Hasta 0.3	0.1 máximo	0.15-0.25

ES 2 743 175 T3

Cu	0.3-1.0	0.4-0.7	0.4-0.6	0.4-0.6
Co	0.01 máximo	0.01 máximo	0.01 máximo	0.01 máximo
V+5/9Nb	0.1-0.5	0.2-0.4	0.30-0.40	0.20-0.30
Ti	0.025 máximo	0.020 máximo	0.020 máximo	0.020 máximo
Al	0.025 máximo	0.020 máximo	0.020 máximo	0.020 máximo
Ca	0.005 máximo	0.002 máximo	0.001 máximo	0.001 máximo
N	0.020 máximo	0.020 máximo	0.020 máximo	0.020 máximo

5 La aleación puede incluir opcionalmente uno o ambos de 0.001-0.025% de Y e 0.001-0.01% de Mg. El balance de la aleación es hierro y las impurezas habituales que se encuentran en las calidades comerciales de aleaciones de acero producidas para un uso y propiedades similares. Entre dichas impurezas, el fósforo está restringido preferiblemente a no más de aproximadamente 0.03% máximo y el azufre está restringido preferiblemente a no más de aproximadamente 0.003% máximo. Dentro de los intervalos anteriores, los elementos Si, Cu, V y, cuando están presentes, Nb están balanceados de manera que $4.5 \leq (\% \text{ Si} + \% \text{ Cu}) / (\% \text{ V} + (5/9) \times \% \text{ Nb}) \leq 10$.

10 La tabulación anterior se proporciona como un resumen conveniente y no pretende restringir los valores inferior y superior de los intervalos de los elementos individuales para su uso en combinación entre sí, o para restringir los intervalos de los elementos para su uso únicamente en combinación entre sí. Por lo tanto, uno o más de los intervalos se pueden usar con uno o más de los otros intervalos para los elementos restantes. Además, se puede usar un mínimo o máximo para un elemento de una composición amplia o preferida con el mínimo o máximo para el mismo elemento en otra composición preferida o intermedia. Además, la aleación de acuerdo con la presente invención puede comprender, consistir esencialmente en, o consistir en los elementos constituyentes descritos
15 anteriormente y a lo largo de esta solicitud. Aquí y a lo largo de esta especificación, el término "porcentaje" o el símbolo "%" indica porcentaje en peso o porcentaje en masa, a menos que se especifique lo contrario. Además, el término "aproximadamente" usado en relación con un valor o intervalo de porcentaje en peso indica la tolerancia analítica habitual o el error experimental esperado por una persona experta en la técnica con base en técnicas de medición estandarizadas conocidas.

20 De acuerdo con otro aspecto de esta invención, se proporciona un producto de acero de calibre delgado, tal como un producto de lámina o banda, que está hecho de una de las aleaciones de acero descritas en la tabla. Los productos de calibre delgado se pueden formar fácilmente en partes de automóviles debido a su buena ductilidad. Un producto de acero de calibre delgado de acuerdo con este aspecto de la invención tiene un SIN de al menos aproximadamente 20,000 y mejor aún, y un SIN de al menos 25,000. Una realización preferida del producto de acero
25 tiene un SIN de al menos aproximadamente 30,000.

Descripción detallada

La invención se define en las reivindicaciones.

30 Los intervalos de porcentaje en peso descritos anteriormente pueden definirse adicionalmente por los papeles que juegan los elementos en la aleación de esta invención. La combinación de los elementos silicio, cobre y vanadio, y niobio, cuando están presentes, funcionan como modificadores de la difusión para los propósitos de esta invención porque se ha demostrado que reducen la difusión del carbono, así como de elementos trampa nocivos como P y S hacia los límites de grano de la aleación. El molibdeno está opcionalmente presente en la aleación de acuerdo con esta invención y el tungsteno puede ser sustituido por parte o la totalidad del molibdeno en esta aleación. Cuando está presente, el tungsteno se sustituye por molibdeno en una base 2:1, de modo que $\text{Mo} + \frac{1}{2}\text{W}$ es
35 aproximadamente 0.20-0.5% y preferiblemente aproximadamente 0.15-0.3%. El itrio y el magnesio también pueden estar presentes en esta aleación, ya sea por separado o en combinación. A este respecto, la aleación puede contener aproximadamente 0.001-0.025% de itrio y preferiblemente puede contener aproximadamente 0.002-0.020% de itrio. La aleación también puede contener aproximadamente 0.001-0.01% de magnesio y preferiblemente puede contener aproximadamente 0.001-0.006% de magnesio. El magnesio y/o el itrio se agregan durante la fusión
40 primaria para desoxidar la aleación de acero. El magnesio y el itrio también benefician la resistencia y tenacidad de este acero al ayudar al refinamiento del grano de la aleación durante el procesamiento.

45 Los elementos molibdeno, tungsteno y cromo se combinan con carbono para formar carburos M_2C (donde M es Cr, Mo y/o W) durante el templado. Los elementos Mo, W y Cr pueden denominarse formadores de carburo templado para los fines de la aleación de acuerdo con esta invención. Por lo tanto, el cromo y el molibdeno y el tungsteno, cuando están presentes, promueven la formación de carburos M_2C y pueden sustituirse entre sí en esta aleación. Para formas de productos de calibre delgado, como bandas y láminas, donde se desea un SIN de al menos 30,000,

se incluye una adición positiva de molibdeno y/o tungsteno como se describió anteriormente. Además, dentro de los intervalos de porcentajes en peso anteriores, el molibdeno, el cromo y el carbono se balancean preferiblemente de modo que $3.5 \leq (\% \text{ Mo} + \% \text{ Cr})/(\% \text{ C}) \leq 7.5$.

5 Los elementos manganeso y níquel son estabilizadores de austenita y contribuyen al buen endurecimiento de esta aleación. El manganeso y el níquel pueden sustituirse entre sí en un grado limitado para estabilizar la austenita. Para las aplicaciones de productos de calibre delgado donde se desea un SIN de al menos aproximadamente 30,000, dentro de los intervalos de porcentaje en peso anteriores, el manganeso y el níquel están ampliamente equilibrados de manera que $3.5 \leq (\% \text{ Mn} + \% \text{ Ni}) \leq 8.0$.

10 Esta aleación y los productos fabricados a partir de la misma se preparan preferiblemente mediante técnicas de fusión al vacío. A este respecto, la fusión primaria de la aleación se realiza preferiblemente con fusión por inducción al vacío (VIM). Cuando se desee, como para aplicaciones más críticas, la aleación se puede refinar usando la fundición por arco al vacío (VAR). La fusión primaria también se puede realizar mediante fusión por arco en el aire (ARC) si se desea. Después de la fusión ARC, la aleación se puede refinar mediante la fusión por electroescoria (ESR) o VAR.

15 La aleación de esta invención se procesa preferiblemente en formas de calibre delgado tales como una banda u lámina. En forma de banda o lámina, las partes hechas de la aleación pueden austenizarse por cortos períodos de tiempo a una temperatura de aproximadamente 760 a 1038°C (1400 a 1900°F) y luego enfriarse por aire. Las partes se pueden usar en servicio. Alternativamente, se puede formar una banda o lámina recocida en una parte conformada y luego las regiones de la parte se pueden tratar térmicamente de forma selectiva mediante calentamiento por inducción a la temperatura de austenización de 760 a 1038°C (1400 a 1900°F) seguido de enfriamiento en aire. Otra opción es calentar el material de la banda o lámina a la temperatura de austenización de 760 a 1038°C (1400 a 1900°F), luego estampar la parte para formarla y permitir que la parte estampada caliente se enfríe al aire. Las partes se pueden usar en condiciones de enfriamiento por aire o después de templados de corto tiempo a 204.4-371°C (400 a 700°F). La aleación tiene una resistencia a la tracción máxima (UTS) relativamente alta en el estado recocido, es decir, al menos aproximadamente 1025 MPa (150 ksi) en promedio, combinada con una ductilidad muy alta (es decir, 10-25% de alargamiento). Por lo tanto, las partes hechas de bandas o láminas de aleación recocida pueden usarse en algunas aplicaciones sin ningún tratamiento térmico adicional.

20 La aleación también se puede trabajar en caliente desde una temperatura de hasta aproximadamente 1149°C (2100°F), preferiblemente a aproximadamente 982°C (1800°F), para formar diversas formas de productos intermedios tales como palanquillas y barras. La aleación se trata preferiblemente con calor mediante austenización a aproximadamente 863°C (1585°F) hasta aproximadamente 1002°C (1835°F) durante aproximadamente 1-2 horas. La aleación se enfría luego con aire o se enfría rápidamente con aceite a partir de la temperatura de austenización. Cuando se desee, la aleación puede tratarse con calor al vacío y enfriarse rápidamente con gas. Las partes hechas de la aleación en forma de barra se enfrían de manera profunda preferiblemente ya sea a -73,3°C (-100°F) o -196°C (-320°F) durante aproximadamente 1-8 horas y luego se calientan al aire. Si una resistencia más baja es aceptable, el paso de refrigeración puede eliminarse para partes hechas de productos de barra. La aleación se temple preferiblemente a aproximadamente 204.4 a 316°C (400°F a 600°F) durante aproximadamente 2-3 horas y luego se enfría con aire. La aleación se puede templar hasta 371°C (700°F) cuando no se requiere una combinación óptima de resistencia y tenacidad.

30 De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona una parte conformada hecha de una forma de producto de calibre delgado de la aleación como se describe anteriormente. La parte conformada se realiza preferiblemente como un cuerpo estampado o parte de marco para un automóvil. Un producto de calibre delgado de acuerdo con la presente invención es una parte o componente hecho de lámina o banda que tiene un espesor de al menos aproximadamente 0.0229 mm (0.0009 pulg.) y menos de 6.35 mm (0,25 pulg.).

45 **Ejemplos de trabajo**

Ejemplo I

50 Para demostrar la combinación única de propiedades proporcionadas por la aleación de acuerdo con la presente invención, se fundieron, procesaron y probaron ejemplos representativos de la aleación y ejemplos de aleaciones comparativas. Las composiciones de porcentaje en peso de las aleaciones probadas se exponen en la Tabla 1 a continuación. El Ejemplo 1 representa la aleación de acuerdo con la presente invención. Las aleaciones A, B y C son aleaciones comparativas.

Tabla 1

Elemento		Ejemplo 1	Aleación A	Aleación B	Aleación C
C		0.36	0.48	0.38	0.51

ES 2 743 175 T3

Mn		4.02	6.88	4.71	0.68
Si		1.44	1.43	1.70	1.45
Cr		1.98	1.99	1.60	1.98
Ni		3.96	0.70	3.88	6.85
Mo		---	---	0.12	---
Cu		0.52	0.64	0.66	0.64
V		0.36	0.21	0.30	0.22

El equilibrio de cada composición en la Tabla 1 es hierro e impurezas.

Los ejemplos y las aleaciones comparativas se fundieron por inducción al vacío y fueron colados como 15.9 kg (35 lb.) de colada. Las coladas se trabajaron en caliente y se mecanizaron en bruto en conjuntos de especímenes de tracción estándar duplicados. Los pares de especímenes de cada conjunto se austenizaron a diferentes temperaturas durante 1.5 horas y luego se enfriaron rápidamente con aceite. Los pares de especímenes se templaron luego durante 2 horas y enfriados por aire. Las combinaciones de temperatura de austenización y temperatura de templado usadas para los pares de especímenes de cada aleación se exponen en la Tabla 2 a continuación.

Tabla 2

ID de tratamiento térmico	Temperatura de austenización	Temperatura de templado
A	890.6°C (1635°F)	204°C (400°F)
B	890.6°C (1635°F)	316°C (600°F)
C	918.3°C (1685°F)	204°C (400°F)
D	918.3°C (1685°F)	260°C (500°F)
E	946.1°C (1735°F)	204°C (400°F)

Después del tratamiento térmico, los especímenes de prueba se maquinaron hasta la dimensión final y se probaron. Los resultados de las pruebas de tracción a temperatura ambiente para cada ejemplo se presentan en las Tablas 3A a 3D a continuación, que incluyen el límite elástico de compensación del 0.2% (YS), la resistencia a la tracción final (UTS), el porcentaje de alargamiento (% El.), y el porcentaje de reducción en área (% RA). También se incluyen en las tablas los cálculos del SIN para cada espécimen ($SIN = UTS \text{ en MPa} \times \% \text{ El.}$). Los valores promedio para cada par de los especímenes analizados también se presentan en las tablas.

Tabla 3A

ID de Colada	Tratamiento térmico	Muestra	Y.S.		U.T.S.		%EL.	%R.A.	SIN
			ksi	MPa	(ksi)	(MPa)			
Ejemplo 1	A	A1	121.3	836.4	284.4	1960.9	15.8	19.0	30,903
		A2	125.3	863.6	285.0	1965.2	17.1	28.9	33,546
		Prom.	123.3	850.0	284.7	1963.1	16.4	24.0	32,225
	B	B1	139.6	962.5	240.8	1660.3	19.4	21.8	32,211
		B2	143.6	990.4	239.1	1648.8	21.4	18.3	35,285
		Prom.	141.6	976.5	240.0	1654.6	20.4	20.1	33,753

ES 2 743 175 T3

	Prom.	141.6	976.4	240.0	1654.6	20.4	20.0	33,748
C	C1	121.7	839.2	285.3	1966.7	15.7	23.9	30,878
	<u>C2¹</u>							
	Prom.	121.7	839.2	285.3	1966.7	15.7	23.9	30,878
D	D1	124.6	859.4	264.6	1824.1	17.3	25.4	31,557
	<u>D2</u>	<u>128.9</u>	<u>888.5</u>	<u>263.1</u>	<u>1814.2</u>	<u>21.4</u>	<u>28.1</u>	<u>38,824</u>
	Prom.	126.8	874.0	263.8	1819.2	19.4	26.7	35,191
E	E1	111.8	770.9	289.5	1996.2	13.7	13.2	27,348
	<u>E2</u>	<u>115.2</u>	<u>794.0</u>	<u>289.3</u>	<u>1994.9</u>	<u>14.8</u>	<u>17.6</u>	<u>29,525</u>
	Prom.	113.5	782.5	289.4	1995.6	14.3	15.4	28,436

¹ Muestra no probada por defecto de forja.

Tabla 3B

ID de Colada	Tratamiento térmico	Muestra	Y.S.		U.T.S.		%EL.	%R.A.	SIN
			ksi	MPa	ksi	MPa			
Aleación A	A	A1	61.9	426.7	100.6	693.7	8.8	8.6	6,104
		<u>A2</u>	<u>60.8</u>	<u>418.9</u>	<u>115.7</u>	<u>797.5</u>	<u>9.5</u>	<u>8.5</u>	<u>7,568</u>
		Prom.	61.3	422.8	108.1	745.6	9.1	8.5	6,836
	B	B1	67.0	461.8	132.2	911.6	9.7	8.0	8,843
		<u>B2</u>	<u>65.2</u>	<u>449.4</u>	<u>154.9</u>	<u>1067.7</u>	<u>11.8</u>	<u>9.4</u>	<u>12,598</u>
		Prom.	66.1	455.6	143.5	989.6	10.8	8.7	10,721
	C	C1	62.8	433.1	146.3	1008.5	11.6	11.5	11,699
		<u>C2</u>	<u>63.0</u>	<u>434.1</u>	<u>132.3</u>	<u>912.4</u>	<u>12.1</u>	<u>11.5</u>	<u>11,040</u>
		Prom.	62.9	433.6	139.3	960.4	11.9	11.5	11,369
D	D1	65.0	448.4	140.0	965.5	12.5	10.7	12,068	
	<u>D2</u>	<u>62.9</u>	<u>433.5</u>	<u>127.6</u>	<u>879.7</u>	<u>10.1</u>	<u>10.8</u>	<u>8,885</u>	
	Prom.	64.0	441.0	133.8	922.6	11.3	10.7	10,477	
E	E1	59.6	411.1	132.8	915.5	12.0	12.4	10,986	
	<u>E2</u>	<u>57.3</u>	<u>395.1</u>	<u>117.4</u>	<u>809.7</u>	<u>10.7</u>	<u>11.5</u>	<u>8,663</u>	
	Prom.	58.5	403.1	125.1	862.6	11.4	12.0	9,825	

Tabla 3C

ID de Colada	Tratamiento térmico	Muestra	Y.S.		U.T.S.		%EI.	%R.A.	SIN
			ksi	MPa	ksi	MPa			
Aleación B	A	A1	55.9	385.1	221.2	1525.2	6.7	6.5	10,265

ES 2 743 175 T3

	<u>A2</u>	<u>64.5</u>	<u>444.6</u>	<u>212.4</u>	<u>1464.1</u>	<u>6.7</u>	<u>5.9</u>	<u>9,853</u>
	Prom.	60.2	414.8	216.8	1494.7	6.7	6.2	10,059
B	B1	91.7	632.2	220.5	1520.0	5.5	9.3	8,36
	<u>B2</u>	<u>79.5</u>	<u>547.9</u>	<u>208.6</u>	<u>1438.4</u>	<u>5.8</u>	<u>13.2</u>	<u>8,343</u>
	Prom.	85.6	590.1	214.5	1479.2	5.7	11.2	8,351
C	C1	70.4	485.4	188.6	1300.4	4.9	4.1	6,372
	<u>C2</u>	<u>68.5</u>	<u>472.5</u>	<u>210.0</u>	<u>1447.8</u>	<u>5.5</u>	<u>4.0</u>	<u>7,963</u>
	Prom.	69.5	478.9	199.3	1374.1	5.2	4.1	7,168
D	D1	68.3	471.1	195.6	1348.3	5.5	4.9	7,416
	<u>D2</u>	<u>66.9</u>	<u>461.5</u>	<u>219.3</u>	<u>1512.0</u>	<u>6.7</u>	<u>8.4</u>	<u>10,13</u>
E	E1	53.2	366.9	162.1	1117.6	3.7	3.3	4,135
	<u>E2</u>	<u>49.8</u>	<u>343.4</u>	<u>139.4</u>	<u>961.1</u>	<u>3.8</u>	<u>3.3</u>	<u>3,652</u>
	Prom.	51.5	355.2	150.7	1039.4	3.8	3.3	3,894

Tabla 3D

ID de Colada	Tratamiento térmico	Muestra	Y.S.		U.T.S.		%El.	%R.A.	SIN
			ksi	MPa	ksi	MPa			
Aleación C	A	A1	186.7	1287.5	300.7	2072.9	17.7	32.7	36,691
		<u>A2</u>	<u>184.8</u>	<u>1274.2</u>	<u>301.6</u>	<u>2079.3</u>	<u>14.4</u>	<u>23.2</u>	<u>29,942</u>
		Prom.	185.8	1280.8	301.1	2076.1	16.1	27.9	33,317
	B	B1	192.0	1323.7	255.7	1762.7	15.3	31.4	26,969
		<u>B2</u>	<u>196.0</u>	<u>1351.5</u>	<u>256.7</u>	<u>1770.1</u>	<u>18.5</u>	<u>39.6</u>	<u>32,747</u>
		Prom.	194.0	1337.6	256.2	1766.4	16.9	35.5	29,858
	C	C1	164.4	1133.4	304.5	2099.5	14.4	18.2	30,233
		<u>C2</u>	<u>165.0</u>	<u>1137.4</u>	<u>304.0</u>	<u>2096.0</u>	<u>15.4</u>	<u>18.3</u>	<u>32,278</u>
		Prom.	164.7	1135.4	304.3	2097.7	14.9	18.3	31,255
	D	D1	173.3	1194.8	274.1	1890.1	16.1	21.8	30,431
		<u>D2</u>	<u>177.0</u>	<u>1220.3</u>	<u>274.5</u>	<u>1892.4</u>	<u>19.3</u>	<u>39.6</u>	<u>36,524</u>
		Prom.	175.1	1207.6	274.3	1891.3	17.7	30.7	33,477
	E	E1	151.5	1044.4	304.0	2095.7	15.4	21.1	32,273
		<u>E2</u>	<u>162.3</u>	<u>1119.2</u>	<u>304.3</u>	<u>2097.7</u>	<u>18.0</u>	<u>35.8</u>	<u>37,759</u>
		Prom.	156.9	1081.8	304.1	2096.7	16.7	28.5	35,016

Ejemplo II

- 5 Con el fin de demostrar que la aleación de la presente invención es capaz de proporcionar la combinación deseada de propiedades cuando se escala a coladas de tamaño de producción comercial, se fundieron, procesaron y probaron dos coladas adicionales. Las composiciones de porcentaje en peso de las aleaciones probadas se

exponen en la Tabla 4 a continuación. El ejemplo 2 representa la aleación de acuerdo con la composición A preferida de la aleación de acuerdo con la presente invención y el ejemplo 3 representa la aleación de acuerdo con la composición B preferida de la aleación de acuerdo con la presente invención.

Tabla 4

Elemento	Ejemplo 2	Ejemplo 3
C	0.357	0.311
Mn	4.01	4.04
Si	1.54	1.57
P	0.018	0.015
S	<0.0005	<0.0005
Cr	2.05	1.11
Ni	4.02	0.96
Mo	0.03	0.20
Cu	0.51	0.51
V	0.36	0.24
Ti	0.0050	0.0040
Al	0.0020	0.0060
N	0.0044	0.0041
Ca	0.0015	0.0016

5

El balance de cada composición en la Tabla 4 es hierro e impurezas.

Los ejemplos 2 y 3 se fundieron y refinaron mediante ARC y AOD como coladas de 36.29-Mg (40 toneladas) y luego se colaron como palanquilla en una ruleta. Las palanquillas de colada continua se trabajaron en caliente y se mecanizaron en bruto en conjuntos de especímenes de tracción estándar duplicados. Se prepararon especímenes duplicados de ensayo de tracción para el Ejemplo 2 a partir de una banda laminada en caliente de 3.81 mm (0.150 pulgadas) de espesor. Se prepararon especímenes duplicados de ensayo de tracción para el Ejemplo 3 a partir de una banda laminada en caliente de 3.81 mm (0.150 pulgadas) de espesor como sigue. Se preparó un primer conjunto de especímenes a partir de la banda de 3.81 mm (0.150 pulg.) después de moler el material de banda hasta un espesor final de 2.8 mm (0.110 pulg.). Se preparó un segundo conjunto de especímenes laminando en frío el material de banda de 3.81 mm (0.150 pulg.) para formar una banda que tiene un espesor de 3.3 mm (0.130 pulg.). El material de la banda se molió hasta un espesor final de 2.2 mm (0.087 pulgadas). Se preparó un tercer conjunto de especímenes laminando en frío el material de banda para formar una banda que tiene un espesor de 2.8 mm (0.110 pulg.) y luego moliendo el material de la banda hasta un espesor final de 1.9 mm (0.074 pulg.).

10

15

20

25

30

Los pares de los especímenes de tracción del Ejemplo 2 se trataron térmicamente colocando los especímenes en bolsas de acero inoxidable que luego se rellenaron con gas argón y se dividieron en subconjuntos. Cada subconjunto se trató térmicamente de acuerdo con uno de los tratamientos térmicos A-H establecidos en la Tabla 2 anterior. La austenización se realizó manteniendo el subconjunto de especímenes a temperatura durante 1.5 horas y luego enfriando el aceite a temperatura ambiente. El templado se realizó manteniendo el subconjunto de especímenes a la temperatura de templado respectiva durante 2 horas seguido de enfriamiento con aire a temperatura ambiente.

Los pares de especímenes de tracción del Ejemplo 3 se trataron térmicamente en tres grupos. Un grupo se trató con calor con el Tratamiento térmico A en la Tabla 2 anterior. Un segundo grupo se trató térmicamente con el Tratamiento térmico C de la Tabla 2 y el tercer grupo se trató térmicamente con el Tratamiento térmico E de la tabla 2. La austenización se realizó manteniendo los especímenes a la temperatura respectiva durante 1.5 horas y luego enfriando con aire a temperatura ambiente. El templado se realizó manteniendo los especímenes a la temperatura de templado respectiva durante 2 horas seguido de enfriamiento con aire a temperatura ambiente.

ES 2 743 175 T3

Los resultados de las pruebas de tracción a temperatura ambiente para el Ejemplo 2 se presentan en la Tabla 5 a continuación, que incluye el límite elástico de compensación del 0.2% (YS), la resistencia a la tracción final (UTS), el porcentaje de alargamiento (% El.) y el porcentaje reducción en el área (% RA). También se incluyen en las tablas los cálculos del SIN para cada espécimen (SIN = UTS en MPa x% El.). Los valores promedio para cada par de los especímenes analizados también se presentan en las tablas.

5

Tabla 5

ID de Colada	Tratamiento térmico	Muestra	Y.S.		U.T.S.		%El.	%R.A.	SIN	
			ksi	MPa	ksi	MPa				
Ejemplo 2	A	A1	150.2	1035.5	267.9	1846.8	17.0	38.8	31,395	
		<u>A2</u>	<u>141.9</u>	<u>978.3</u>	<u>271.6</u>	<u>1872.6</u>	<u>18.0</u>	<u>21.3</u>	<u>33,707</u>	
		Prom.	146.0	1006.9	269.7	1859.7	17.5	30.0	32,551	
		B	B1	161.2	111.2	230.7	1590.5	21.3	42.7	33,877
			<u>B2</u>	<u>159.9</u>	<u>1102.5</u>	<u>228.9</u>	<u>1578.2</u>	<u>20.2</u>	<u>31.3</u>	<u>31,879</u>
			Prom.	160.5	1106.9	229.8	1584.6	20.8	37.0	32,878
	C	C1	143.3	987.7	269.2	1856.4	17.9	31.3	33,229	
		<u>C2</u>	<u>139.7</u>	<u>963.0</u>	<u>267.7</u>	<u>1845.8</u>	<u>20.1</u>	<u>39.2</u>	<u>37,101</u>	
		Prom.	141.5	975.4	268.5	1851.1	19.0	35.2	35,165	
	D	D1	146.6	1010.8	250.1	1724.4	20.6	36.6	35,522	
		<u>D2</u>	<u>156.5</u>	<u>1079.0</u>	<u>245.4</u>	<u>1691.8</u>	<u>20.0</u>	<u>39.1</u>	<u>33,837</u>	
		Prom.	151.6	1044.9	247.7	1708.1	20.3	37.8	34,68	
	E	E1	141.9	978.6	265.6	1831.1	17.6	35.7	32,264	
		<u>E2</u>	<u>137.5</u>	<u>948.0</u>	<u>275.1</u>	<u>1896.8</u>	*	<u>36.7</u>	**	
		Prom.	139.7	963.3	270.3	1864.0	17.6	36.2	32,264	
	F	F1	146.0	1006.5	243.0	1675.4	22.4	43.9	37,528	
		<u>F2</u>	<u>147.2</u>	<u>1014.8</u>	<u>245.0</u>	<u>1689.2</u>	*	<u>40.4</u>	**	
		Prom.	146.6	1010.6	244.0	1682.3	22.4	42.2	37,528	
	G	G1	130.0	896.1	266.9	1840.5	17.9	29.1	32,945	
		<u>G2</u>	<u>131.1</u>	<u>904.0</u>	<u>268.5</u>	<u>1851.4</u>	<u>17.8</u>	<u>24.4</u>	<u>32,584</u>	
		Prom.	130.5	900.0	267.7	1845.9	17.8	26.8	32,765	
	H	H1	137.3	946.7	262.4	1808.9	20.6	39.7	37,264	
		<u>H2</u>	<u>136.8</u>	<u>942.9</u>	<u>267.8</u>	<u>1846.4</u>	*	<u>32.9</u>	**	
		Prom.	137.0	944.8	265.1	1827.7	20.6	36.3	37,264	

* = Medición invalida – El espécimen se rompió fuera de la sección de calibración

** = No se pudo calcular ningún valor.

Los resultados de los ensayos de tracción a temperatura ambiente para el Ejemplo 3 se presentan en las Tablas 6A, 6B y 6C a continuación.

Tabla 6A

10

ES 2 743 175 T3

ID de Colada	Tratamiento térmico	Muestra	Y.S.		U.T.S.		%EI.	%R.A.	SIN
			ksi	MPa	ksi	MPa			
Ejemplo 3 Grupo 1	A	A1	174.0	1199.4	266.6	1837.9	*	*	**
		A2	173.9	1199.1	257.1	1772.3	13.9	41.3	24,635
		Prom.	173.9	1199.2	261.8	1805.1	13.9	41.3	24,635
	C	C1	164.8	1136.3	253.4	1746.9	14.0	32.7	24,457
		C2	169.0	1165.4	257.7	1776.9	14.6	23.2	25,924
		Prom.	166.9	1150.8	255.5	1761.9	14.3	27.9	25,191
	E	E1	164.4	1133.4	257.3	1774.0	13.1	39.5	23,24
		E2	172.5	1189.3	262.9	1812.6	13.0	35.5	23,492
		Prom.	168.4	1161.4	260.1	1793.3	13.0	37.5	23,366

* = Medición inválida – El espécimen se rompió fuera de la sección de calibración

** = No se pudo calcular ningún valor.

Tabla 6B

ID de Colada	Tratamiento térmico	Muestra	Y.S.		U.T.S.		%EI.	%R.A.	SIN
			ksi	MPa	ksi	MPa			
Ejemplo 3 Grupo 2	A	A1	179.4	1237.2	262.3	1808.4	*	33.2	***
		A2	177.3	1222.4	253.3	1746.2	*	41.9	***
		Prom.	178.4	1229.3	257.8	1777.3		37.5	
	C	C1**							
		C2	175.1	1207.4	263.2	1814.6	*	43.2	***
		Prom.	175.1	1207.4	263.2	1814.6		43.2	
	E	E1	171.0	1178.7	266.3	1836.2	*	36.9	***
		E2	176.4	1215.9	265.2	1828.4	13.1	36.8	23,934
		Prom.	173.7	1197.3	265.8	1832.3	13.1	36.8	23,934

* = Medición inválida – El espécimen se rompió fuera de la sección de calibración

** = No hay prueba porque la muestra se dañó durante el procesamiento.

*** No se pudo calcular ningún valor.

Tabla 6C

ID de Colada	Tratamiento térmico	Muestra	Y.S.		U.T.S.		%EI.	%R.A.	SIN
			ksi	MPa	ksi	MPa			

ES 2 743 175 T3

Ejemplo 3 Grupo 3	A	A1	191.5	1320.1	270.6	1865.6	*	40.7	**
		A2	185.1	1276.3	263.2	1814.6	11.9	43.1	21,666
Prom.	188.3	1298.2	266.9	1840.1	11.9	41.9	21,666		
C	C1	167.8	1156.9	258.7	1783.8	12.8	46.5	22,797	
	C2	171.4	1181.6	263.3	1815.1	11.6	17.3	21,109	
Prom.	169.6	1169.2	261.0	1799.4	12.2	46.9	21,953		
E	E1	171.1	1179.7	260.7	1797.1	12.6	44.5	22,554	
	E2	174.7	1204.2	260.5	1796.4	13.6	46.1	24,377	
Prom.	172.9	1191.9	260.6	1796.8	13.1	45.3	23,465		

* = Medición invalida – El espécimen se rompió fuera de la sección de calibración

** = No se pudo calcular ningún valor.

5 Los datos presentados en las Tablas 3A-3D, 5 y 6A-6C muestran que las aleaciones preferidas de acuerdo con la presente invención proporcionan una combinación deseable de resistencia y ductilidad que las hace especialmente adecuadas para su uso en partes automotrices hechas de formas de productos de calibre delgado como bandas y láminas. Aunque uno de los especímenes estaba demasiado dañado para ser probado y las medidas de alargamiento para algunos de los especímenes no eran válidas, en conjunto, los datos muestran que las realizaciones preferidas de la aleación de esta invención proporcionan la combinación de propiedades para las cuales la aleación fue diseñada. La combinación única de resistencia muy alta y ductilidad superior a la esperada, proporciona una solución novedosa a la industria automotriz para fabricar piezas conformadas de chasis y marco con peso reducido sin sacrificar resistencia y tenacidad.

10

REIVINDICACIONES

1. Una aleación de acero que proporciona una combinación única de resistencia, tenacidad y ductilidad, donde dicha aleación consiste esencialmente en un porcentaje en peso

5	C	0.3-0.45
	Mn	3.5-4.5
	Si	1.0-2.0
	Cr	0.6-2.5
	Ni	0.6-5.0
	Mo+½W	hasta 0.5
10	Cu	0.3-1.0
	Co	0.01 máximo
	V+5/9Nb	0.1-0.5
	Ti	0.025 máximo
	Al	0.025 máximo
15	Ca	0.005 máximo
	N	0.020 máximo

opcionalmente uno o ambos de 0.001-0.025% Y e 0.001-0.01% Mg:

20 y el balance es hierro y las impurezas habituales, en la que dichas impurezas incluyen no más de aproximadamente 0.03% de fósforo y no más de aproximadamente 0.003% de azufre; y en el que los elementos Si, Cu, V y Nb están balanceados de tal manera que

$$4.5 \leq (\%Si + \%Cu) / (\%V + (5/9) \times \%Nb) \leq 10.$$

2. La aleación como se reivindicó en la reivindicación 1, que tiene los siguientes intervalos de composición, en porcentaje en peso, para los elementos respectivos

25	Si	1.3-1.8
	Cr	0.75-2.35
	Ni	0.7-4.5
	MO+½W	hasta 0.3
	Cu	0.4-0.7
	V+5/9Nb	0.2-0.4
30	Ti	0.020 máximo
	Al	0.020 máximo
	Ca	0.002 máximo

35 3. La aleación como se reivindicó en la reivindicación 1, que tiene los siguientes intervalos de composición, en porcentaje en peso, para los elementos respectivos

C	0.30-0.40
Si	1.3-1.7
Cr	1.6-2.35
Ni	3.7-4.3

ES 2 743 175 T3

	MO+½W	0.1 máximo
	Cu	0.4-0.6
	V+5/9Nb	0.30-0.40
	Ti	0.020 máximo
5	Al	0.020 máximo
	Ca	0.002 máximo

y en la que las impurezas incluyen no más de aproximadamente 0.025% de fósforo y no más de aproximadamente 0.0025% de azufre,

$$(a) \quad 4.25 \leq (\%Mo + \% Cr)/(\%C) \leq 7.5;$$

10 and en la que los elementos Mo, Cr, and C están balanceados de modo que
y
los elementos Mn y Ni están balanceados de modo que

$$(b) \quad 3.5 \leq \%Mn + \%Ni \leq 8.0.$$

15 4. La aleación como se reivindicó en la reivindicación 1, que tiene los siguientes intervalos de composición, en porcentaje en peso, para los elementos respectivos

	C	0.30-0.36
	Si	1.3-1.7
	Cr	0.75-1.5
	Ni	0.7-2.5
20	MO+½W	0.15-0.25
	Cu	0.4-0.6
	V+5/9Nb	0.20-0.30
	Ti	0.020 máximo
	Al	0.020 máximo
25	Ca	0.002 máximo

y en la que las impurezas incluyen no más de aproximadamente 0.025% de fósforo y no más de aproximadamente 0.0025% de azufre.

5. La aleación como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores en la que (Mo+ ½W) es de al menos aproximadamente 0.20%.

30 6. La aleación como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1, 2, 4, and 5 en la que los elementos Mo, Cr, and C están balanceados de modo que $3.5 \leq (\%Mo + \% Cr)/(\%C) \leq 7.5$.

7. La aleación como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1, 2, 4, 5, and 6 en la que los elementos Mn and Ni están balanceados de modo que $3.5 \leq \%Mn + \%Ni \leq 8$.

35 8. La aleación como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores que contiene 0.002-0.020% de itrio.

9. La aleación como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores que contiene 0.001-0.006% de magnesio.

40 10. Un artículo de calibre delgado, tal como una lámina o una banda, hecho de la aleación reivindicada en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicho artículo de calibre delgado tiene un número de índice de banda de al menos 20,000, en el que el número de índice de banda se define como el producto de la resistencia a la tracción

final en megapascales (MPa) y el porcentaje de alargamiento, y en el que dicho artículo de calibre delgado tiene un espesor de 0.0229 a menos de 6.35 mm.

11. Una parte conformada hecha del artículo de calibre delgado reivindicado en la reivindicación 10.