

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 384 563**

51 Int. Cl.:
C22C 38/40
C21D 9/08

(2006.01)

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07823444 .0**
96 Fecha de presentación: **23.08.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2069547**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.06.2009**

54 Título: **Composición de acero para usos especiales, especialmente en el campo del automóvil**

30 Prioridad:
25.08.2006 FR 0607523

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
09.07.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
09.07.2012

73 Titular/es:
VALTIMET
ZONE INDUSTRIELLE RUE MARTHE-PARIS
21150 VENAREY-LES-LAUMES, FR

72 Inventor/es:
GERARD, Pascal y
VERLEENE, Arnaud

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

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).

ES 2 384 563 T3

DESCRIPCIÓN

Composición de acero para usos especiales, especialmente en el campo del automóvil.

La invención se refiere a aceros especiales y se refiere más en particular a la utilización de una composición de acero, especialmente en el campo del automóvil.

- 5 Existen numerosas composiciones de acero que corresponden en general a « tipos » cuyos contenidos en sus principales elementos constituyentes están definidos por las normas.

Los industriales están siempre buscando composiciones de acero para satisfacer necesidades específicas donde predominan exigencias particularmente severas.

- 10 Es en este contexto en que la Solicitante se ha planteado el problema de investigar composiciones de acero, y entonces las piezas que se pueden obtener a partir de estas composiciones, que sean susceptibles de satisfacer nuevas exigencias medioambientales y de resistencia a la fatiga por calor encontradas en particular en las aplicaciones del campo del automóvil.

- 15 El problema citado previamente se presenta bajo dos aspectos, por una parte las exigencias en materia de emisión de gas de escape y por otra parte las exigencias asociadas al problema de la vida útil y del final de la vida de los automóviles, su desguace y reciclaje de sus componentes.

- 20 Se recordará al respecto que la Comunidad Europea ha especificado en su Directiva 70/220/ EEC los límites impuestos a los nuevos vehículos ligeros (categorías M1 y N1), es decir, un nivel de "emisión estándar", cuyos valores expresados en términos de peso emitido por kilómetro (g/km) se refieren a las emisiones siguientes: CO, HC, HC+NO_x, NO_x, PM. El término "PM" es la abreviatura de la expresión anglosajona "Particulate Material" que significa "materia en forma de partículas".

Estos valores han sido revisados regularmente a la baja al mismo tiempo de su actualización, cuyas etapas en el tiempo han sido o serán:

- en julio de 1.992 la norma Euro 1
- en enero de 1.996 la norma Euro 2, IDI y DI
- en enero de 2.000 la norma Euro 3
- en enero de 2.005 la norma Euro 4
- y a med. de 2.008 la norma Euro 5

- 25 Por otro lado, las exigencias referentes al fin de la vida de los vehículos están definidas en la Directiva Europea 2000/53/EC del 18 de septiembre de 2.000 y abarcan igualmente en los vehículos los segmentos M1 y N1. Esta Directiva insiste entre otros en la obligación, para los constructores de automóviles, de investigar y poner en práctica soluciones que permitan un reciclaje óptimo de los diferentes componentes.

Estas diferentes exigencias tienen consecuencias sobre las características de los vehículos y más en particular sobre las características técnicas de los motores y de sus diferentes componentes.

- 30 Así, las primeras exigencias han comprometido a los constructores de automóviles en la vía de la reducción de consumos de motores mientras se mantiene, o aumenta, su potencia de modo que se alcancen los valores conocidos para los motores de cilindrada más considerable según las concepciones anteriores.

Este objetivo se ha podido alcanzar combinando dos factores, a saber por una parte la reducción de la cilindrada de los motores y por otra parte el aumento de su presión de funcionamiento con un aumento como consecuencia de la temperatura de funcionamiento, permitiendo todo mejorar el rendimiento térmico de estos nuevos motores.

- 35 Una consecuencia de esta elevación de temperatura de funcionamiento es el aumento de la temperatura de los gases de escape, la cual pasa de 400°C aproximadamente a 700°C aproximadamente o más.

Por otro lado, para reducir en este tipo de motor los valores de las emisiones debido por una parte a « incombustibles », se ha adaptado un sistema de reciclaje de los gases de escape que se vuelven a inyectar en el circuito de alimentación del motor.

- 40 Los gases de escape se vuelven a inyectar así o se vuelven a poner en circulación, mediante un « sistema de reciclaje de los gases de escape » denominado también "Exhaust Gas Recycling" (término anglosajón conocido también por su abreviatura EGR), estando constituido este sistema por diversos componentes, los tubos de acero.

Estos sistemas de reciclaje constan de componentes sometidos a tensiones particularmente elevadas. Es el caso

especialmente del tubo denominado "tubo EGR" que transporta los gases de escape en el intercambiador térmico que sirve de refrigeración de los gases de escape antes de su inyección en el motor. Este tubo es atravesado en efecto por los gases de escape cuya temperatura puede alcanzar y sobrepasar 700°C. El intercambiador térmico comprende un elemento tubular denominado "refrigerador" ("cooler" en inglés) que es atravesado por un líquido de refrigeración cuya temperatura en funcionamiento normal es habitualmente del orden de 80 a 100°C.

Por otra parte, las exigencias medioambientales en materia de vida útil de los vehículos y sus motores, así como las exigencias en materia de desguace de los vehículos han llevado a los constructores a investigar materiales particularmente resistentes. Estos materiales deben resistir a la corrosión que puede ser provocada por los gases y otros componentes corrosivos que resultan de la combustión de los carburantes e igualmente por los condensados que se forman cuando el motor está parado. Deben además tener una buena resistencia a la fatiga por calor debido a las tensiones mecánicas y vibratorias a las que están sometidos estos elementos del entorno del motor. Pero estos materiales deben poseer igualmente características de resistencia en el tiempo que les permita durante los recambios de piezas o durante el desguace de los vehículos, recuperar los componentes usados o defectuosos que se puedan reciclar.

Además, los tubos que sirven en la fabricación de los elementos que deben ser ensamblados para constituir estos equipos deben ser aptos para experimentar deformaciones con el frío y operaciones de soldadura durante las etapas de producción y ensamblaje de los elementos con vistas a constituir el conjunto denominado EGR. Los materiales que constituyen estos elementos deben así estar en condiciones de poder experimentar alargamientos mínimos de 40% sin daño para su utilización posterior.

Por estas diferentes razones, los constructores buscan soluciones que apliquen estos metales o sus aleaciones presentando una buena resistencia a la corrosión, presentando una buena resistencia a la fatiga por calor y pudiendo ser reciclados.

En lo que se refiere a la resistencia (u oposición) a la fatiga, un umbral mínimo a superar que sirve bastante corrientemente de valor significativo en el campo de la construcción mecánica y en particular de la construcción de automóviles, es el número de 1.000.000 de ciclos.

En otras palabras, los constructores de automóviles, cuando caracterizan por ensayos de resistencia a la fatiga los resultados de los componentes destinados a la construcción de los vehículos, llegan con frecuencia a desechar las soluciones técnicas que no permiten alcanzar y superar este número mínimo de ciclos bajo ciertas condiciones o exigencias correspondientes a cada tipo de componente.

Es en este contexto en que la Solicitante ha investigado soluciones partiendo de composiciones de acero conocidas y cuyas propiedades no habían sido exploradas completamente.

La técnica anterior se ilustra por los siguientes documentos:

- patente francesa FR-A1-2 283 238 (AVESTA JERNVERKS AB [SE]) 26 de marzo de 1.976 (26-03-1.976)

- patente de EE.UU. A-4 224 062 (DARNFORS SVEN) 23 de septiembre de 1.980 (23-09-1.980)

- <http://www.worldstainless.org/NR/rdonlyres/1563541A-23AD-4869-A5BF-D4F1FC963257/2415/StainlessSteelApplicationsAutomotive.pdf> Extracto de Internet: URL: <http://www.worldstainless.org/About+stainless/What+can/Transportation/Automotive+Applications/Document+Listing.htm>

- Extracto de Internet: URL: www.outokumpu.com

- ANDERSSON ET AL: "Low cycle fatigue of four stainless steels in 20% CO-80% H₂" INTERNATIONAL JOURNAL OF FATIGUE, BUTTERWORTH SCIENTIFIC LTD, GUILDFORD, GB, vol. 29, n° 1, enero de 2.007 (01-2.007), páginas 119-127, ISSN: 0142-1123

- SANDSTROEM R ET AL: "Elevated temperature low cycle fatigue of the austenitic stainless steels type 316 and 253 MA - Influence of microstructure and damage mechanisms" HIGH TEMPERATURE TECHNOLOGY, SCIENTIFIC LTD, GUILDFORD, UK, vol. 7, 1.989, páginas 2-10,

- LINDE L ET AL; "Thermo-mechanical and low cycle fatigue behaviour of the austenitic stainless steel 253 MA" SWEDISCH INSTITUT FOR METAL RESEARCH, vol. IM-1999-15, abril 1.999 (04-1.999), páginas 1-28,

Estos documentos se refieren a composiciones de acero para usos especiales en el campo del automóvil. Sin embargo, ninguno de estos documentos ni describe ni sugiere la utilización de dichas composiciones para la fabricación de un tubo de circuito de reciclaje de gas de escape (circuito EGR), en las condiciones de resistencia elevada a la fatiga por calor, como se define más adelante.

La invención se refiere más en particular a la utilización de una composición de acero que presenta las cantidades siguientes donde los porcentajes se expresan en peso:

Carbono:	0,04 a 0,20%
Silicio:	1,00 a 2,50%
Cromo:	16,0 a 25,0%
Níquel:	8,0 a 15,0%
Nitrógeno:	0,10 a 0,20%
Cerio:	0,03 a 0,08%

y las cantidades suplementarias eventuales siguientes:

Manganeso:	1,00% como máximo
Fósforo:	0,045% como máximo
Azufre:	0,030% como máximo

5 estando constituido el complemento por Fe e impurezas eventuales, para la fabricación de un tubo de circuito de reciclaje de gas de escape (circuito EGR), en el que el tubo presenta una resistencia elevada a la fatiga por calor que se expresa en número de ciclos que supera 1.000.000 de ciclos, a temperaturas de al menos 700°C, bajo tensiones de 300 MPa en estado recocido y 800 MPa en estado batido en frío.

En efecto, las muestras obtenidas a partir de una composición según la invención se han ensayado y han permitido poner parcialmente, según el caso, puntos de las curvas de Whöler a las temperaturas de 20°C, 400°C y 700°C bajo valores de tensiones máximas que se sitúan entre 250 y 700 MPa en estado recocido y entre 600 y 1.200 MPa en estado batido en frío.

10 Estas trazas ponen de manifiesto una resistencia a la fatiga por calor (700°C) de un mínimo de 1.000.000 ciclos bajo una tensión máxima de 300 MPa en estado recocido y de 800 MPa en estado batido en frío. En el contexto de la invención, se deduce igualmente como valor significativo de resistencia a la fatiga por calor la cifra de 1.000.000 de ciclos, valor bastante corrientemente utilizado en el campo de la construcción mecánica y en particular del automóvil como umbral mínimo que se tiene que alcanzar.

15 En la composición de la invención, el hierro se entiende el constituyente predominante. Sin embargo, además de las cantidades mencionadas anteriormente, la composición puede comprender otros constituyentes minoritarios, por ejemplo en estado de trazas y también impurezas eventuales.

20 Diferentes ensayos llevados a cabo en las composiciones de acero que responden a las características citadas previamente han permitido mostrar que estas composiciones presentan propiedades especialmente destacables de resistencia a la fatiga por calor en las condiciones de temperatura superior o igual a 700°C.

Estas composiciones de acero, que son composiciones de acero inoxidable de tipo austenítico, permiten realizar componentes de formas específicas, en particular componentes tubulares, por diferentes procedimientos de formación conocidos, especialmente por hidroformación. Estas composiciones convienen pues en particular a la realización de componentes para sistemas EGR como se definió precedentemente.

25 En un modo de realización preferente de la invención, la composición de acero comprende las siguientes cantidades:

Carbono:	0,04 a 0,20%
Silicio:	1,00 a 2,50%
Cromo:	18,0 a 22,0%
Níquel:	9,0 a 12,0%
Nitrógeno:	0,10 a 0,20%
Cerio:	0,03 a 0,08%

La composición de la invención comporta dos subfamilias próximas.

En una primera subfamilia, la composición de la invención comprende las siguientes cantidades:

Carbono:	0,04 a 0,08%
----------	--------------

ES 2 384 563 T3

Silicio:	1,00 a 2,00%
Cromo:	18,0 a 20,0%
Níquel:	9,0 a 11,0%
Nitrógeno:	0,12 a 0,20%
Cerio:	0,03 a 0,08%

Esta primera subfamilia incluye un tipo conocido que se caracteriza por cantidades suplementarias de manganeso, fósforo y azufre. Se trata del tipo 1,4818 según la norma NF EN o incluso S30415 según la norma ASTM.

En una segunda subfamilia, la composición de la invención comprende las siguientes cantidades:

Carbono:	0,05 a 0,12%
Silicio:	1,40 a 2,50%
Cromo:	20,0 a 22,0%
Níquel:	10,0 a 12,0%
Nitrógeno:	0,12 a 0,20%
Cerio:	0,03 a 0,08%

5 Esta segunda subfamilia incluye un tipo conocido que se caracteriza por las cantidades suplementarias en manganeso, fósforo y azufre. Se trata del tipo 1,4835 según la norma NF EN o incluso S30815 según la norma ASTM.

10 En la utilización según la invención, el tubo es un tubo recto que se puede obtener por soldadura longitudinal de una banda de metal, o chapa de hierro, según los procedimientos conocidos por el experto en la materia para la fabricación de tubos soldados. El tubo se puede obtener igualmente por laminado, en particular un procedimiento de laminado por calor, seguido si es necesario por un laminado en frío, según las características dimensionales y mecánicas necesarias para su uso o sus transformaciones posteriores. Es posible igualmente realizar el tubo por extrusión o por estirado. Estos procedimientos son igualmente conocidos por el experto en la materia.

15 En otro aspecto, la invención se refiere a un tubo de circuito de reciclaje (o recirculación) de gas de escape (circuito EGR) para un motor térmico de vehículo automóvil obtenido por transformación de un tubo tal como se definió anteriormente.

20 Para la realización de dicho tubo o parte de un elemento tubular recto de dimensiones elegidas al que se hace experimentar operaciones de transformación en general en frío. Estas operaciones de transformación pueden comprender por ejemplo las etapas de formación de ondulaciones circulares (denominadas igualmente "fuelles") por hidroformación, cimbreo, abocinamiento o cualquier otra operación con vistas a obtener el tubo según el plan tal como se define por su diseñador.

El tubo EGR se puede obtener en estado recocido o en estado no tratado térmicamente después de deformación en frío, en función de la aplicación referida. En el caso de los circuitos EGR, los tubos obtenidos se podrán tratar térmicamente previamente a su ensamblaje, si las condiciones de su deformación comportan la necesidad de efectuar un tratamiento térmico para hacerlos aptos para responder a sus condiciones posteriores de utilización.

25 En la descripción que sigue, proporcionada solamente como ejemplo, se hace referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 representa esquemáticamente una máquina de tracción/compresión utilizada para ensayar probetas realizadas a partir de composiciones según la invención y a partir de probetas testigo con fines de comparación;
- 30 - la figura 2 representa cuatro curvas de WÖHLER obtenidas a partir de ensayos conducidos sobre la máquina de la figura 1 y respectivamente sobre piezas realizadas en las cuatro composiciones de acero que tienen aplicaciones conocidas en sectores tales como la siderurgia, fábricas de cemento, fabricación de piezas de hornos, ensayos que se conducen a temperatura ambiente (20°C) y en muestras en estado recocido:
- la figura 3 representa cuatro curvas de WÖHLER obtenidas en condiciones análogas a las de la figura 2, salvo que las cuatro muestras estaban en estado trabajado en frío;
- 35 - la figura 4 retoma dos de las curvas de la figura 2 y muestra puntos de medida que provienen de ensayos llevados a cabo a 400°C y 700°C para dos muestras en estado recocido;

- la figura 5 retoma dos de las curvas de la figura 3 y muestra puntos de medida que provienen de ensayos llevados a cabo a 400°C y 700°C para dos muestras en estado trabajado en frío y

- la figura 6 representa un componente de un sistema EGR realizado en una composición de acero según la invención.

- 5 Se describirá ahora un cierto número de ensayos que se han llevado a cabo y han permitido poner de manifiesto las propiedades de las composiciones de acero que responden a la definición mencionada anteriormente.

El objetivo era ensayar tipos conocidos en las aplicaciones que necesitan una resistencia a la fatiga por calor pero en condiciones menos severas de sollicitación (tensiones, vibraciones, temperatura) o que pueden presentar características susceptibles de responder al menos parcialmente a las características buscadas.

- 10 Los ensayos se han llevado a cabo en cinco tipos referidos según sus designaciones mencionadas en las normas ASTM y NF EN, y con la indicación, para algunos de ellos, de su denominación común. Estas referencias y denominaciones se representan en la tabla a continuación:

Tabla 1

Denominación corriente	Norma ASTM (designación UNS)	Norma NF EN
304L	S30403	1,4307
309S	S30908	1,4833
321	S32100	1,4541
	S30415	1,4818
	S30815	1,4835

- 15 Los tres primeros tipos se han ensayado debido a aplicaciones conocidas en sectores tales como la siderurgia, las fábricas de cemento, la fabricación de piezas de hornos.

Los dos últimos tipos son conocidos por sus características refractarias y parece interesante para la solicitante conocer las características de resistencia a la fatiga.

Hay pocos elementos técnicos disponibles en bibliografías, publicaciones, etc., sobre la caracterización de los aceros en resistencia a la fatiga en caliente.

- 20 Tanto como es conocido el método de caracterización de la resistencia a la fatiga de los aceros en el título "Essais de fatigue" y descrito en "Techniques de l'ingénieur, traité Matériaux métalliques" (referencia M 4 170), tanto las publicaciones sobre ensayos de resistencia a la fatiga por calor están en número limitado.

Entre estas publicaciones se puede citar un artículo parecido en "Steel Research 60 (1989) N° 8", en el que se observará que los materiales ensayados han sido los siguientes, como se indica en la tabla 2 a continuación:

- 25 Tabla 2

Denominación corriente	Norma ASTM (designación UNS)	Norma NF EN
AISI 304	S 30400	1,4301
AISI409		1,4512
AISI316 Ti	S31635	1,4571

Para ninguno de los tipos ensayados por la solicitante, no existían elementos técnicos (ensayos, bibliografías, publicaciones, etc.,) que proporcionaran indicaciones sobre la resistencia a la fatiga por calor en condiciones de tensiones (esfuerzos) y vibraciones para las aplicaciones consideradas, especialmente para los circuitos EGR.

- 30 Los productos ensayados eran componentes tubulares obtenidos según la gama de fabricación siguiente. La primera materia es una chapa de hierro de 79,7 mm de largo y espesor de 0,4 mm según la norma EN 10 217.7.

Estos componentes tubulares se han obtenido por las etapas de transformación indicadas más adelante.

- formación, soldadura TIG y tratamiento térmico en línea por inducción (sobre una línea de soldadura automática (temperatura de 950°C por pase en una bobina de inducción de unos segundos al desfile a la velocidad de

soldadura - 2 a 15 m/min) después corte en el vuelo para obtener un tubo de 24,8 mm de diámetro y un espesor de 0,4 mm;

- acabado en línea con control no destructivo seguido por un corte en trozos aptos para la realización del componente final, seguido por un control visual;

- 5 - hidroformación del trozo de tubo para formar "fuelles" por expansión;
- tratamiento térmico del componente hidroformado a 1.100°C.

Los componentes ensayados son los componentes brutos de hidroformación, así pues en estado batido en frío, y los componentes hidroformados tratados térmicamente (denominados igualmente recocidos).

- 10 La caracterización se realiza mediante un ensayo de tracción repetido con un rendimiento de carga $R = 0,1$ que es el rendimiento entre la tracción mínima y la tracción máxima, por ejemplo tracción mínima de + 10 daN y tracción máxima de + 100 daN.

Los ensayos de fatiga son llevados a cabo:

- a temperatura ambiente (20°C)
- a 400°C

- 15 - a 700°C

y sus dos estados distintos :

- componentes recocidos después de hidroformado
- componentes brutos de hidroformado.

- 20 La máquina utilizada es una máquina de tracción/compresión tal como se representa esquemáticamente en la figura 1 de los dibujos adjuntos. Se trata de una máquina de fatiga de tracción/compresión, siendo la frecuencia del ensayo de 15 Hz. La muestra ensayada es un componente tubular 1 que consta de una parte central en forma de fuelle, de la que un extremo 2 está empotrado en un captor de esfuerzo 3 y cuyo extremo opuesto 4 se mantiene en un órgano de conexión 5 al que se aplica un esfuerzo como se indica por la flecha F.

- 25 El objetivo de los ensayos ha sido definir cada vez la curva de WÖHLER para cada material, para cada estado y para cada temperatura.

- 30 Se recordará que la curva de WÖHLER es un diagrama de resistencia obtenido a partir de un ensayo de fatiga que consiste en someter una probeta a ciclos de esfuerzos periódicos, de amplitud máxima y frecuencia constante e indicar el número de ciclos N al cabo del cual se produce la ruptura. Se indica este número N , en general en una escala logarítmica, en función de la tensión máxima (σ) de los ciclos. A cada probeta le corresponde un punto del plano (σ , N), y a partir de un lote de probetas sometidas a tensiones máximas diferentes, se obtiene una curva con un aspecto particular.

En la mayoría de los casos, se puede trazar una rama asintótica que corresponde al límite de resistencia o límite de fatiga.

- 35 La utilización de curvas de WÖHLER para determinar la resistencia a la fatiga de ciertos aceros inoxidable ya ha sido descrito por el profesor Erwin ROEDER en Steel Research 60 (1.989) N°8, páginas 375-382, pero para aceros diferentes de los de la invención.

- 40 La figura 2 muestra cuatro curvas de WÖHLER C_1 , C_2 , C_3 y C_4 obtenidas para cuatro de las composiciones de acero que corresponden respectivamente a los tipos 304L, 309S y 321 según la denominación corriente mencionada anteriormente y 1,4818. En el ejemplo, los ensayos se han conducido a temperatura ambiente (20°C) y en muestras en estado recocido.

Se constata que estas curvas tienen cada una una forma característica como se mencionó precedentemente.

Las curvas de la figura 2 muestran que la composición según el tipo 1,4818 (curva C_4) presenta resultados superiores a los otros tipos y en particular al tipo 321 (curva C_3) tomado como referencia en la industria del automóvil.

- 45 Se han realizado ensayos análogos en los cinco materiales mencionados anteriormente a las temperaturas de 20°C, 400°C y 700°C, respectivamente en estado recocido (estado A) y en estado trabajado en frío, así pues batido en frío (estado CW).

La figura 3 muestra cuatro curvas de WÖHLER C₅, C₆, C₇ y C₈ obtenidas para las cuatro composiciones de acero de la figura 2, que corresponden respectivamente a los tipos 304L, 309S, 321 y 1,4818. En este ejemplo, los ensayos se han conducido a temperatura ambiente (20°C) y en muestras en estado trabajado en frío.

5 Las curvas de la figura 3 muestran, también, que la composición según el tipo 1,4818 (curva C₈) presenta realizaciones superiores a los otros tipos y en particular al tipo 321 (curva C₇) tomado como referencia.

La figura 4 muestra las curvas C₃ y C₄ de la figura 2 que corresponden respectivamente a los tipos 321 y 1,4818 y resultan pues de ensayos realizados a temperatura ambiente (20°C) y en muestras en estado recocido. Se han llevado además sobre la figura 4 diferentes puntos que proceden de medidas efectuadas sobre los tipos 321 y 1,4818 a partir de ensayos llevados a cabo a 400°C y a 700°C, siempre sobre muestras en estado recocido.

10 La figura 5 vuelve a tomar las curvas C₇ y C₈ de la figura 3 que corresponden respectivamente a los tipos 321 y 1,4818 y resultan pues de ensayos realizados a temperatura ambiente (20°C) y en muestras en estado trabajado en frío. Se han llevado además sobre la figura 5 diferentes puntos que proceden de medidas efectuadas sobre los tipos 321 y 1,4818 a partir de ensayos llevados a cabo a 400°C y a 700°C, siempre sobre muestras en estado trabajado en frío.

15 Los resultados de las figuras 4 y 5 muestran también los buenos resultados del tipo 1,4818, con respecto al tipo 321, tomado como referencia, en ensayos llevados a cabo a temperaturas elevadas (400°C y 700°C), tanto para muestras en estado recocido, como para muestras en estado trabajado en frío.

20 Los resultados obtenidos a partir de los cinco materiales ensayados mencionados precedentemente han puesto de manifiesto y contra toda previsión, resultados muy superiores a lo que se pensaba poder obtener, en dos materiales ensayados, a saber los correspondientes a los tipos 1,4818 y 1,4835 según la norma NF EN.

25 Estos resultados se reúnen en las tablas 3 y 4 más abajo. La tabla 3 presenta la resistencia a la fatiga por calor expresada en número de ciclos bajo una tensión de tracción máxima de 300 MPa para los cinco materiales en estado recocido (estado A), respectivamente a 20°C, 400°C y 700°C. La tabla 4 es análoga a la tabla 3, a la diferencia en que la tensión de tracción máxima es de 800 MPa y que los cinco materiales están en el estado trabajado en frío así pues batido en frío (estado CW).

30 Para facilitar la comprensión de los resultados, se han deducido los umbrales sucesivos siguientes expresados en número de ciclos: 200.000, 500.000, 1.000.000 y 2.000.000 de ciclos. La indicación llevada a las tablas menciona el nivel no alcanzado, o alcanzado o sensiblemente sobrepasado durante los ensayos, habiendo sido superados los valores inferiores al nivel indicado, salvo en el caso en que el valor mínimo indicado de 200.000 ciclos no se haya podido alcanzar.

Tabla 3

Estado	Tipo según norma NF EN	1,4307	1,4833	1,4541	1,4818	1,4835
A	20°C	Más de 2.000.000	Menos de 1.000.000	1.000.000	Más de 1.000.000	Más de 1.000.000
A	400°C	Menos de 1.000.000	Menos de 500.000	Menos de 500.000	Más de 1.000.000	Más de 1.000.000
A	700°C	Menos de 500.000	Menos de 200.000	Menos de 500.000	Más de 1.000.000	1.000.000

Tabla 4

Estado	Tipo según norma NF EN	1,4307	1,4833	1,4541	1,4818	1,4835
CW	20°C	Menos de 1.000.000	Menos de 500.000	Menos de 1.000.000	Más de 1.000.000	1.000.000
CW	400°C	Menos de 1.000.000	Menos de 500.000	Menos de 1.000.000	Más de 1.000.000	1.000.000
CW	700°C	Menos de 200.000	Menos de 200.000	Menos de 500.000	Más de 1.000.000	Cerca de 1.000.000

Del análisis de los resultados que figuran en las tablas 3 y 4 más arriba se desprende que los tipos 1,4818 y 1,4835 ofrecen resultados globalmente superiores a los otros tres tipos ensayados y en particular a las temperaturas de 400 y 700°C, ya que el umbral de 1.000.000 de ciclos se alcanza e incluso en la mayoría de los casos se sobrepasa, aunque las realizaciones de los otros tres tipos son sensiblemente inferiores a la temperatura de 700°C que es la temperatura más representativa de las condiciones de utilización.

Los cinco materiales precedentes son igualmente conocidos por su resistencia a la corrosión en sus condiciones de utilización.

Son igualmente conocidos por poder soportar operaciones de deformación en frío con alargamientos mínimos de 40%.

La figura 6 representa un componente o pieza, de un sistema EGR realizado a partir de una composición de acero según la invención. Este componente es aquí un tubo EGR designado en su conjunto por la referencia 6. El tubo 6 comprende una parte central 7 en forma de fuelle, en el ejemplo curvada, comprendida entre dos extremos 8 y 9 terminados por las bridas respectivas 10 y 11. Dicho tubo presenta una resistencia elevada a la fatiga por calor y puede ser atravesada por los gases de escape a temperaturas que pueden alcanzar, o sobrepasar 700°C, aunque estando sometido a vibraciones elevadas. La presencia del fuelle permite compensar las variaciones de dilatación debidas a la temperatura.

La pieza de la figura 6 no constituye más que un ejemplo entre otros de componentes que se pueden realizar a partir de tubos de una composición según la invención. Tratándose de un tubo EGR, éste puede servir no solamente de tubo de paso para transportar los gases de escape, sino también de tubo de intercambio de calor en contacto con un fluido de refrigeración.

REIVINDICACIONES

1. Utilización de una composición de acero que presenta las siguientes cantidades, donde los porcentajes se expresan en peso:

Carbono:	0,04 a 0,20%
Silicio:	1,00 a 2,50%
Cromo:	16,0 a 25,0%
Níquel:	8,0 a 15,0%
Nitrógeno:	0,10 a 0,20%
Cerio:	0,03 a 0,08%

y las cantidades suplementarias eventuales siguientes:

Manganeso:	1,00% como máximo
Fósforo:	0,045% como máximo
Azufre:	0,030% como máximo

- 5 estando constituido el complemento por Fe e impurezas eventuales, para la fabricación de un tubo de circuito de reciclaje de gas de escape (circuito EGR), en el que el tubo presenta una resistencia elevada a la fatiga por calor que se expresa en número de ciclos que supera 1.000.000 de ciclos, a temperaturas de al menos 700°C, bajo tensiones de 300 MPa en estado recocido y 800 MPa en estado batido en frío.

- 10 2. Utilización de una composición de acero según la reivindicación 1, en la que la composición presenta las siguientes cantidades:

Carbono:	0,04 a 0,20%
Silicio:	1,00 a 2,50%
Cromo:	18,0 a 22,0%
Níquel:	9,0 a 12,0%
Nitrógeno:	0,10 a 0,20%
Cerio:	0,03 a 0,08%

3. Utilización de una composición de acero según una de las reivindicaciones 1 y 2, en la que la composición presenta las siguientes cantidades:

Carbono:	0,04 a 0,08%
Silicio:	1,00 a 2,00%
Cromo:	18,0 a 20,0%
Níquel:	9,0 a 11,0%
Nitrógeno:	0,12 a 0,20%
Cerio:	0,03 a 0,08%

4. Utilización de una composición de acero según una de las reivindicaciones 1 y 2, en la que la composición presenta las siguientes cantidades:

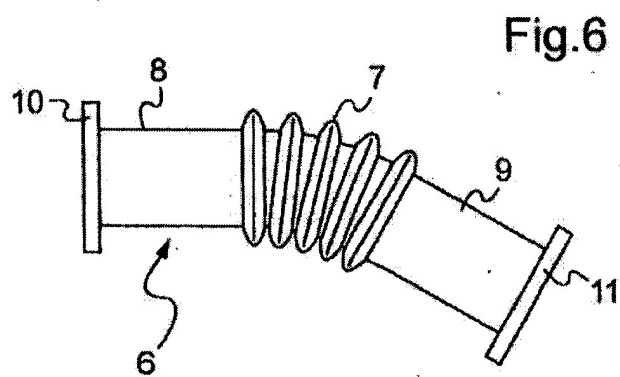
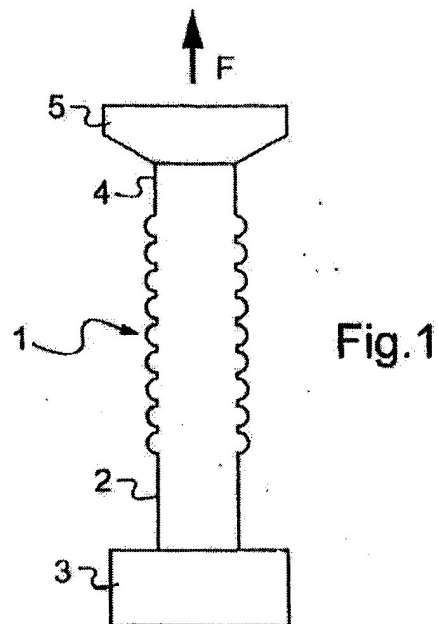
Carbono:	0,05 a 0,12%
Silicio:	1,40 a 2,50%
Cromo:	20,0 a 22,0%
Níquel:	10,0 a 12,0%

Nitrógeno: 0,12 a 0,20%

Cerio: 0,03 a 0,08%

5. Utilización de una composición de acero según una de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el tubo se obtiene por soldadura longitudinal de una banda de metal.
6. Utilización de una composición de acero según una de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el tubo se obtiene por laminado.
- 5 7. Utilización de una composición de acero según una de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el tubo se obtiene por extrusión.
8. Utilización de una composición de acero según una de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el tubo se obtiene por estirado.
- 10 9. Tubo de circuito de reciclaje de gas de escape (circuito EGR) de un motor térmico de vehículo automóvil obtenido por transformación de un tubo tal como se define en una de las reivindicaciones 1 a 8.
10. Tubo según la reivindicación 9, en el que la transformación comprende una hidroformación.
11. Tubo según una de las reivindicaciones 9 y 10, caracterizado por que se obtiene en estado formado en frío.

1/5



2/5

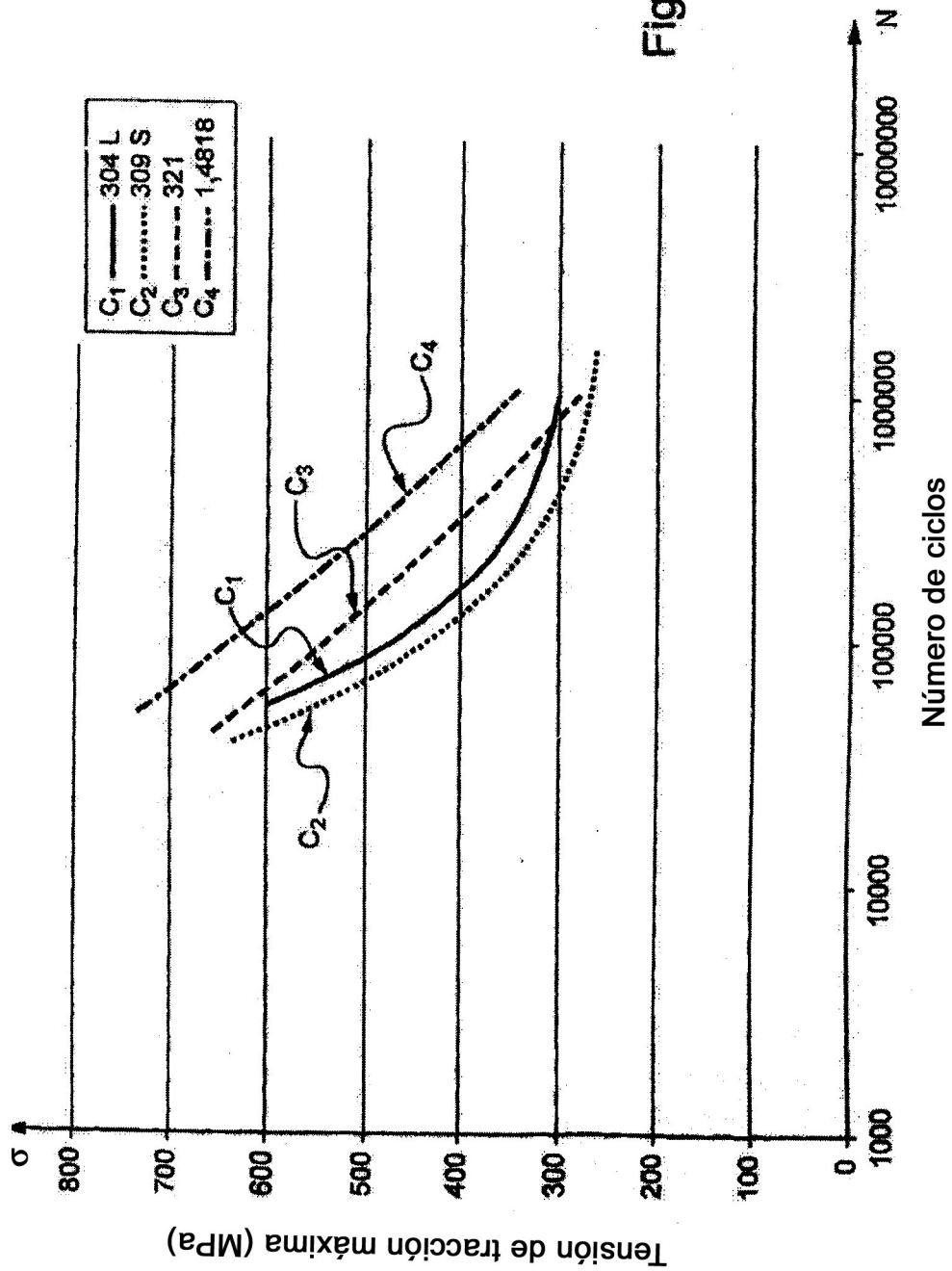
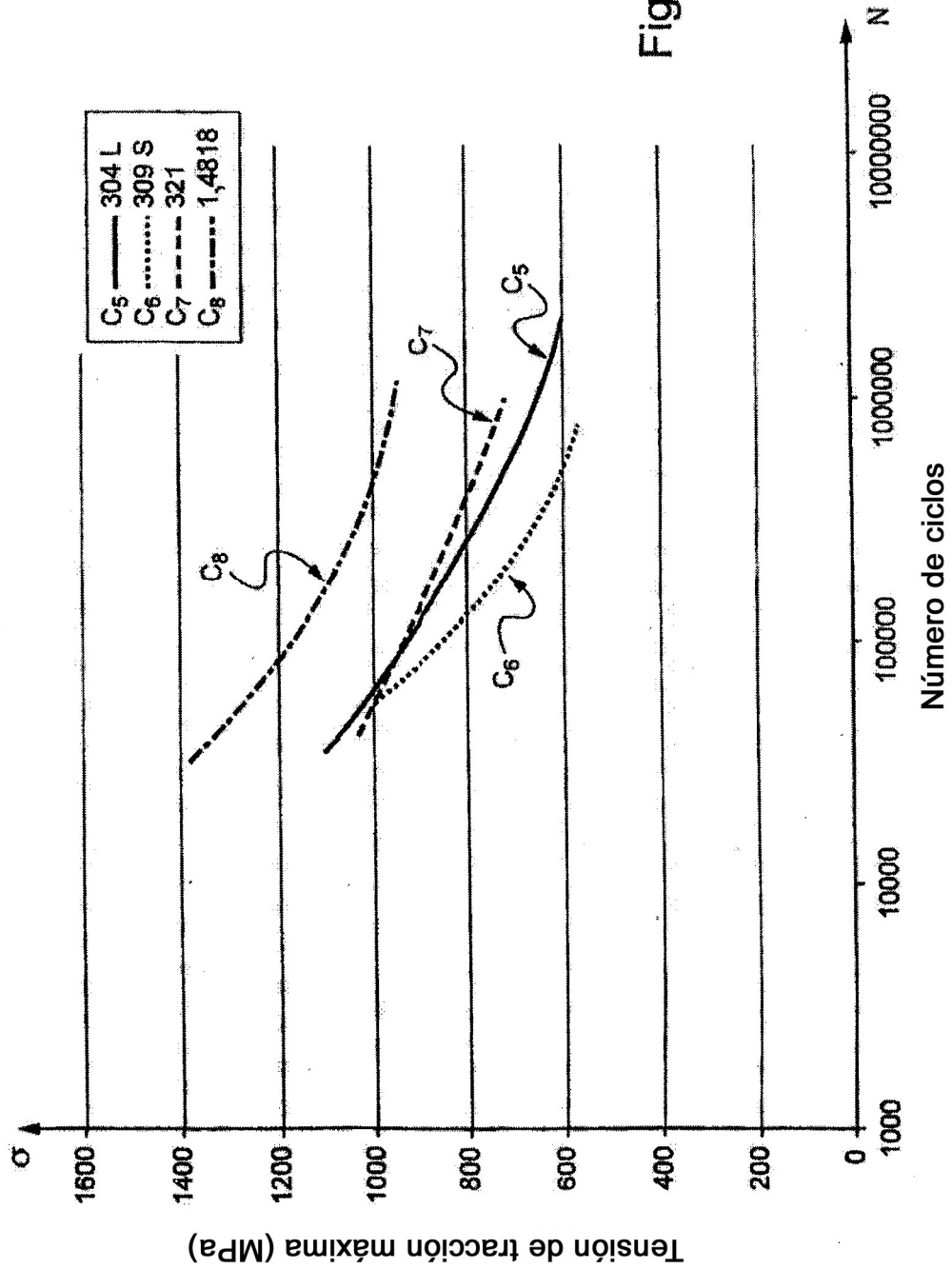
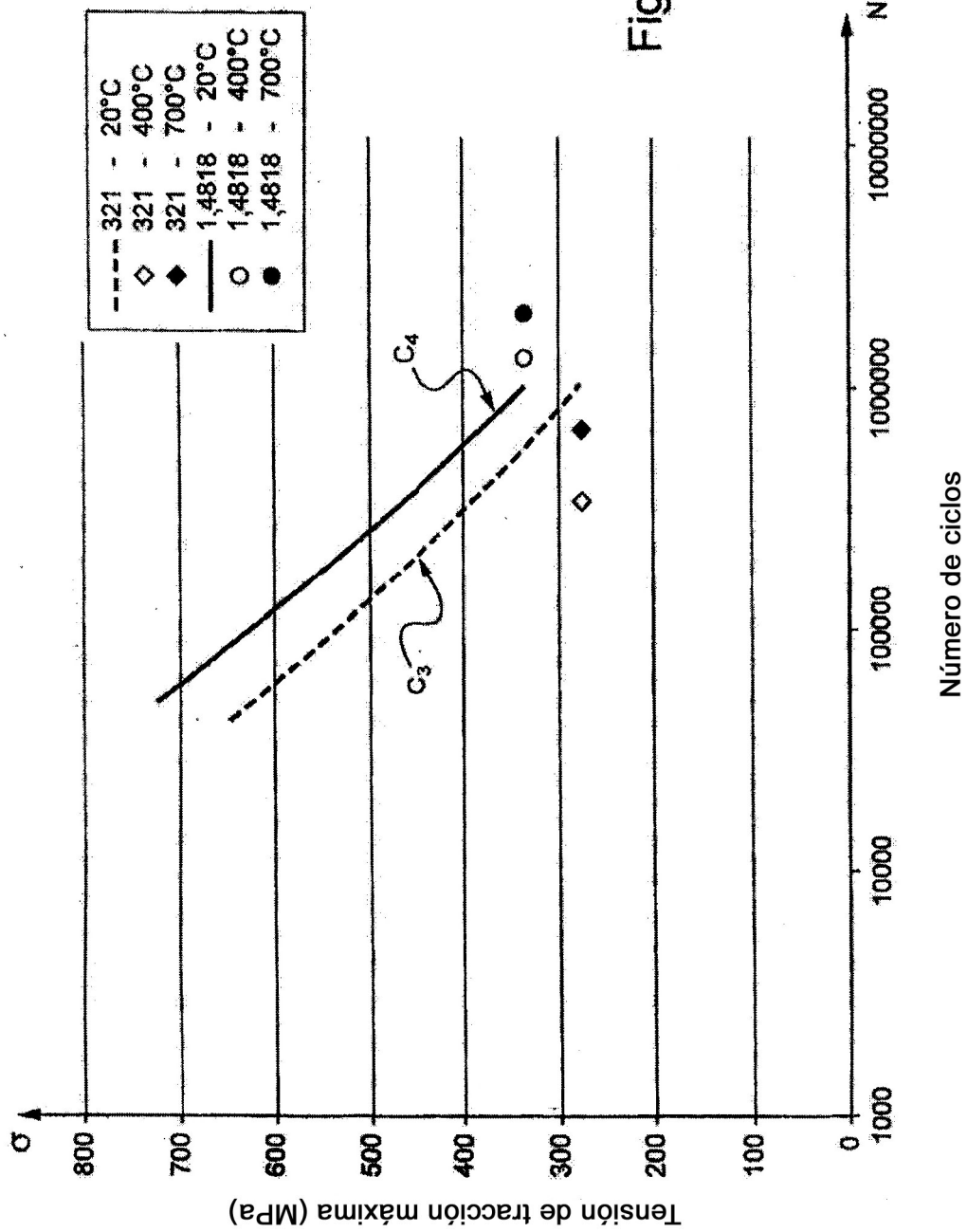


Fig.2

3/5



4/5



5/5

