

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 347**

51 Int. Cl.:

C22C 21/14

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.07.2014** **PCT/EP2014/065130**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.01.2015** **WO15010956**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.07.2014** **E 14744487 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.01.2018** **EP 3024958**

54 Título: **Aleación de fundición de aluminio resistente a altas temperaturas y pieza colada para motores de combustión colada a partir de una aleación de este tipo**

30 Prioridad:

22.07.2013 DE 102013107810

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

06.04.2018

73 Titular/es:

**NEMAK, S.A.B. DE C.V. (100.0%)
Libramiento Arco Vial Km. 3.8
66000 García, Nuevo León, MX**

72 Inventor/es:

RAFETZEDER, MICHAEL

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 662 347 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 fundición de aluminio resistente a altas temperaturas y pieza colada para motores de combustión colada a partir de una aleación de este tipo

5 La invención se refiere a una aleación de fundición de aluminio, que puede colarse bien y también tras una duración de uso prolongada a altas temperaturas de uso presenta una alta resistencia en estado caliente.

10 Igualmente, la invención se refiere a un componente para motores de combustión, que se cuela a partir de una aleación de fundición de aluminio. En el caso de tales componentes se trata en particular de culatas o bloques motor.

15 Requisitos crecientes sobre la potencia del motor por un lado y la minimización del consumo de combustible y del peso por otro lado conducen a requisitos cada vez mayores sobre la capacidad de carga mecánica y térmica de componentes de motor colados a partir de aleaciones de aluminio. Por tanto, para la producción de tales componentes, las aleaciones de fundición de aluminio adecuadas tienen que presentar un alto límite elástico tanto a temperatura ambiente como a temperatura de funcionamiento, un alto alargamiento de rotura, una alta conductividad térmica, una dilatación térmica reducida, una alta resistencia a la fluencia, así como propiedades de procesamiento favorables, a las que pertenecen una buena fluidez y una tendencia a la formación de fisuras en caliente reducida. Al mismo tiempo, estas aleaciones deben poder colarse bien, para posibilitar una producción de las piezas coladas segura desde el punto de vista del proceso.

25 Se conocen un gran número de conceptos de materiales, con los que pretenden cumplirse estos requisitos parcialmente opuestos entre sí de los materiales de fundición de aluminio del tipo en cuestión. A estos conceptos de materiales pertenecen aleaciones de fundición de aluminio de los grupos de aleación Al-Si-Mg y Al-Si-Cu. Sin embargo, a temperaturas de uso de más de 250 °C puede producirse en estas aleaciones, como consecuencia de la difusión de los elementos que contribuyen al endurecimiento, tales como Cu, Mg y Zn, un engrosamiento de las fases de endurecimiento y asociada a ello una fuerte disminución de los parámetros mecánicos. Por tanto, el propósito del desarrollo de nuevas aleaciones para la colada de aluminio de componentes para motores de combustión es una resistencia a las altas temperaturas optimizada (véase el artículo "Warmfeste Aluminiumgusslegierungen für Zylinderköpfe in direktem Wettbewerb", 6/2009 GIESSEREI-PRAXIS, páginas 199 - 202).

35 Se conoce que mediante la adición de altos contenidos de Cu puede aumentarse la resistencia al calor de aleaciones de fundición de Al. Un grupo de aleaciones que aprovecha esta influencia positiva del Cu sobre la resistencia al calor se conoce con la denominación "AlCu7xx". A estas pertenecen, por ejemplo, la aleación "AlCu7MnZr", que contiene además de Al y elementos residuales (en % en peso) el 6,72 % de Cu, el 0,22 % de Zr, el 0,11 % de Ti, el 0,5 % de Mn así como las trazas de Fe, Mg y Zn atribuibles a las impurezas. Sin embargo, a la resistencia al calor superior de aleaciones de fundición de aluminio que presentan contenidos de Cu de este tipo se opone una tendencia a la formación de fisuras en caliente aumentada y una capacidad de colado muy limitada. Así, también la aleación AlCu7MnZr indicada anteriormente resulta prácticamente imposible de colar.

45 Ante el trasfondo del estado de la técnica explicado anteriormente, el objetivo de la invención se basaba en indicar una aleación de fundición de aluminio, que también tras una duración de uso prolongada a altas temperaturas presente todavía altas propiedades mecánicas y al mismo tiempo pueda colarse bien.

Además, deberá crearse una pieza colada para un motor de combustión, que presente propiedades mecánicas optimizadas en el caso de uso a altas temperaturas y al mismo tiempo pueda producirse con un funcionamiento seguro desde el punto de vista de la técnica de colado.

50 Con respecto a la aleación de fundición de aluminio, este objetivo se ha alcanzado según la invención porque una aleación de este tipo está compuesta tal como se indica en la reivindicación 1.

55 Con respecto a la pieza colada, la solución del objetivo mencionado anteriormente consiste en que una pieza colada de este tipo se cuela a partir de una aleación de fundición de aluminio según la invención. A este respecto, la aleación según la invención es adecuada en particular para la producción mediante una técnica de colado de culatas, que durante el uso práctico están expuestas a cargas térmicas y mecánicas extremas.

60 La aleación de fundición de aluminio según la invención contiene además de aluminio e impurezas inevitables condicionadas por la producción (en % en peso) el 6,0 - 8,0 % de Cu, el 0,3 - 0,55 % de Mn, el 0,18 - 0,25 % de Zr, el 3,0 - 7,0 % de Si, el 0,05 - 0,2 % de Ti, hasta el 0,03 % de Sr, hasta el 0,04 % de V y hasta el 0,25 % de Fe.

65 Los componentes colados a partir de la aleación de fundición de aluminio compuesta de la manera según la invención alcanzan en el estado T6W, es decir recocido de solubilización y envejecido artificialmente durante 4 horas a 240 °C, a temperatura ambiente con carga estática en cada caso de media regularmente resistencias a la tracción Rm de más de 260 MPa, una dureza Brinell HB de al menos 90 HB, un límite elástico Rp0,2 de al menos 170 MPa y

un alargamiento de rotura A de al menos el 1,65 %.

Tras un tratamiento térmico a largo plazo a 300 °C de 100 horas de duración, que equivale a un uso práctico en un motor de combustión a lo largo de una duración correspondiente, los componentes colados a partir de la aleación de fundición de aluminio según la invención presentan a temperatura ambiente con carga estática en cada caso de media una resistencia a la tracción Rm de al menos 190 MPa, un límite elástico Rp0,2 de al menos 90 MPa, una dureza HB de al menos 67 HB y un alargamiento de rotura A de al menos el 3,5 %. Estos valores permanecen estables también tras un uso prolongado a altas temperaturas. Así, por ejemplo, durante un uso de 500 h de duración a 300 °C prácticamente no se produce ninguna variación de la resistencia y de la dureza, mientras que el alargamiento de rotura aumenta hasta más del 4,5 %.

Si las propiedades mecánicas de los componentes colados a partir de la aleación de fundición de aluminio según la invención tras un tratamiento térmico de 500 horas realizado a 300 °C se miden a la temperatura de tratamiento térmico de 300 °C, entonces en cada caso de media la resistencia a la tracción Rm asciende al menos a 80 MPa, el límite elástico Rp0,2 al menos a 60 MPa y el alargamiento de rotura A al menos al 24 %.

Por consiguiente, la resistencia a altas temperaturas de una aleación de fundición de aluminio según la invención es claramente mayor que en el caso de aleaciones de fundición de aluminio convencionales, usadas hoy en día de manera estandarizada para el colado de componentes de motores de combustión. Al mismo tiempo, las propiedades mecánicas de los componentes colados a partir de la aleación de fundición de aluminio según la invención en el estado de entrega T6W se encuentran al nivel de las aleaciones AlCu7xx altamente resistentes convencionales. Sin embargo, a diferencia de estas aleaciones, la aleación de fundición de aluminio según la invención se caracteriza por una buena capacidad de colado y un comportamiento de solidificación óptimo, robusto. Ensayos prácticos han mostrado que los componentes colados a partir de la aleación de fundición de aluminio según la invención no presentan ninguna fisura que pueda determinarse ópticamente y en su mayor parte están libres de poros. Por consiguiente, la aleación de fundición de aluminio según la invención permite la producción de piezas coladas con un funcionamiento seguro desde el punto de vista de la técnica de colado, que también a altas temperaturas de uso presentan una capacidad de carga óptima.

El Cu está contenido en la aleación según la invención en contenidos del 6,0 - 8,0 % en peso, para garantizar la resistencia térmica necesaria. Al mismo tiempo, el Cu contribuye a la capacidad de endurecimiento de la aleación de fundición de aluminio. Estas influencias positivas del Cu pueden garantizarse de manera especialmente segura en una aleación de fundición de aluminio según la invención, cuando el contenido de Cu asciende al menos al 6,5 % en peso. Al mismo tiempo puede excluirse de manera especialmente segura un efecto negativo de la presencia de Cu sobre las propiedades mecánicas, tal como una disminución del alargamiento de rotura, porque el contenido de Cu de la aleación de fundición de aluminio según la invención se limita a como máximo el 7,5 % en peso.

El contenido de Si de una aleación de fundición de aluminio según la invención se encuentra en el intervalo del 3,0 - 7,0 % en peso. A este respecto, mediante un ajuste correspondiente del contenido de Si dentro de este intervalo de contenido puede darse prioridad en las propiedades a la capacidad de colado por un lado y a la resistencia al calor por otro lado.

Propiedades mecánicas maximizadas de los componentes colados a partir de la aleación de fundición de aluminio según la invención con una capacidad de colado suficiente pueden alcanzarse porque el contenido de Si de la aleación de fundición de aluminio según la invención asciende a menos del 5,0 % en peso. La robustez de la aleación de fundición de aluminio según la invención frente a fluctuaciones durante la configuración de fases puede aumentarse a este respecto porque el contenido de Si se aumenta hasta al menos el 3,5 % en peso. En el caso de contenidos de Si aumentados de esta manera, la aleación de fundición de aluminio según la invención demuestra ser estable en cuanto a sus propiedades y su comportamiento en un tratamiento térmico. Al mismo tiempo, mediante una limitación del contenido de Si a como máximo al 4,5 % en peso puede alcanzarse de manera especialmente selectiva el intervalo en el que, con una buena capacidad de colado con seguridad de funcionamiento, se alcanzan las máximas resistencias en particular en el caso de usar altas temperaturas.

Si por el contrario, por ejemplo para la producción de un componente de filigrana, conformado de manera compleja, se le da especial importancia a una capacidad de colado optimizada con una resistencia térmica todavía superior, entonces el contenido de Si de la aleación de fundición de aluminio según la invención puede aumentarse hasta el 5,0 % en peso, en particular el 5,5 % en peso. A este respecto, se obtiene una aleación de fundición de aluminio según la invención optimizada en cuanto a la capacidad de colado por un lado y a la resistencia al calor por otro lado, cuando el contenido de Si está limitado a como máximo al 7 % en peso, en particular a como máximo al 6,5 % en peso.

Contenidos de Mn del 0,3 - 0,55 % en peso contribuyen al aumento de la resistencia de los componentes colados a partir de la aleación de fundición de aluminio según la invención. Este efecto positivo se produce en particular, cuando el contenido de Mn de la aleación de fundición de aluminio según la invención asciende al 0,4 - 0,55 % en peso.

El Zr en contenidos del 0,18 - 0,25 % en peso contribuye esencialmente a la granularidad fina de la estructura de una pieza colada, colada a partir de una aleación de fundición de aluminio según la invención. Adicionalmente, el Zr contribuye sobre todo a una estabilidad frente a la temperatura aumentada y con ello a una resistencia a temperaturas de más de 250 °C. Es esto aplicable en particular, cuando el contenido de Zr de la aleación de fundición de aluminio según la invención asciende al 0,2 - 0,25 % en peso.

También los contenidos de Ti previstos en la aleación de fundición de aluminio según la invención del 0,05 - 0,2 % en peso respaldan la configuración de una estructura de grano fino y contribuyen al aumento de la resistencia. Para poder aprovechar este efecto de manera especialmente segura, puede ser conveniente fijar el contenido de Ti de una aleación de fundición de aluminio según la invención en al menos el 0,08 % en peso. El límite superior del rango, en el que puede esperarse un efecto optimizado del titanio presente en la aleación de fundición de aluminio según la invención, asciende al 0,12 % en peso.

El Sr se añade a la aleación de fundición de aluminio según la invención opcionalmente para su afino. Por tanto, la adición de Sr es razonable en particular en aleaciones de fundición de aluminio según la invención, que presentan contenidos de Si de al menos el 5,0 % en peso. En este caso demuestra ser conveniente prever un contenido de Sr de al menos el 0,015 % en peso. Por el contrario, en particular en el caso de contenidos de Si menores, resulta suficiente añadir a la aleación de fundición de aluminio opcionalmente hasta el 0,025 % en peso, para aprovechar también en la misma el efecto de afino.

De manera correspondiente a las explicaciones anteriores, una primera variante de la aleación de fundición de aluminio según la invención, en la que se da prioridad a una capacidad de colado suficiente con al mismo tiempo propiedades mecánicas maximizadas, contiene (en % en peso) el 6,0 - 8,0 % de Cu, el 0,3 - 0,55 % de Mn, el 0,18 - 0,25 % de Zr, hasta el 0,25 % de Fe, el 3,0 - <5,0 de Si, el 0,05 - 0,2 % de Ti, hasta el 0,04 % de V y hasta el 0,025 % de Sr. A este respecto, una configuración de esta variante optimizada adicionalmente en cuanto a propiedades mecánicas maximizadas con una buena capacidad de colado consiste en aluminio e impurezas inevitables así como (en % en peso) el 6,5 - 7,5 % en peso de Cu, el 0,4 - 0,55 % en peso de Mn, el 0,20 - 0,25 % de Zr, hasta el 0,12 % de Fe, el 3,5 - 4,5 % de Si, el 0,08 - 0,12 % de Ti, hasta el 0,02 % de V y el 0,05 - 0,02 % de Sr.

Si por el contrario debe variarse la aleación de fundición de aluminio según la invención de tal manera que en la misma se dé prioridad a una capacidad de colado mejorada adicionalmente con al mismo tiempo propiedades mecánicas todavía muy buenas, una aleación de fundición de aluminio según la invención contiene (en % en peso) el 6,0 - 8,0 % de Cu, el 0,3 - 0,55 % de Mn, el 0,18 - 0,25 % de Zr, hasta el 0,25 % de Fe, el 5,0 - 7,0 de Si, el 0,05 - 0,2 % de Ti, hasta el 0,04 % de V y el 0,01 - 0,03 % de Sr. Una configuración de esta variante optimizada en cuanto a una capacidad de colado óptima con propiedades mecánicas elevadas consiste entonces en aluminio y elementos residuales condicionados por la producción así como (en % en peso) el 6,5 - 7,5 % en peso de Cu, el 0,4 - 0,55 % en peso de Mn, el 0,20 - 0,25 % de Zr, hasta el 0,12 % de Fe, el 5,5 - 6,5 % de Si, el 0,08 - 0,12 % de Ti, hasta el 0,02 % de V y el 0,015 - 0,03 % de Sr.

A continuación se explicará más detalladamente la invención mediante ejemplos de realización. Muestran:

la Figura 1, un diagrama, en el que están enfrentadas las propiedades mecánicas determinadas en cada caso a temperatura ambiente de muestras de colado de tres aleaciones de fundición de aluminio según la invención E1, E2, E3 y las propiedades mecánicas de una muestra de colado de una aleación comparativa V en cada caso en el estado T6W;

la Figura 2, un diagrama, en el que están enfrentados la resistencia a la tracción Rm, el límite elástico Rp0,2 y el alargamiento de rotura A determinados en cada caso a 300 °C de muestras de colado de las tres aleaciones de fundición de aluminio según la invención E1, E2, E3 y de la muestra comparativa V tras un tratamiento térmico realizado en cada caso a 300 °C a lo largo de 500 horas.

la Figura 3, un diagrama, en el que están enfrentados la resistencia a la tracción Rm y el límite elástico Rp0,2 determinados en cada caso a 250 °C de muestras de colado de la aleación de fundición de aluminio según la invención E1 y de las aleaciones de fundición estandarizadas AlSi6Cu4 y AlSi7Cu0,5Mg tras un tratamiento térmico realizado en cada caso a 250 °C a lo largo de 500 horas.

la Figura 4 un diagrama, en el que están enfrentados la resistencia a la tracción Rm y el límite elástico Rp0,2 determinados en cada caso a 300 °C de muestras de colado de la aleación de fundición de aluminio según la invención E1 y de las aleaciones de fundición estandarizadas AlSi6Cu4 y AlSi7Cu0,5Mg tras un tratamiento térmico realizado en cada caso a 300 °C a lo largo de 500 horas.

Se fundieron tres aleaciones de fundición de aluminio según la invención E1, E2, E3, cuya composición se indica en la tabla 1. Para la comparación se fundió una aleación comparativa V, cuya composición indicada igualmente en la tabla 1 corresponde a la aleación de fundición de aluminio conocida "AlCu7MnZr".

A partir de las aleaciones de fundición de aluminio E1, E2, E3, V se colaron culatas, que tras la solidificación se

sometieron a un tratamiento T6W. A este respecto, las culatas se sometieron a recocido de solubilización a 480 - 500 °C a lo largo de en cada caso siete horas y media, a continuación se enfriaron bruscamente con agua y entonces se sometieron a envejecimiento artificial a lo largo de cuatro horas a 240 °C. A continuación se determinaron en las culatas así tratadas en la zona de las cámaras de combustión las propiedades mecánicas resistencia a la tracción R_m , límite elástico $R_{p0,2}$, dureza Brinell HB y alargamiento de rotura A. A este respecto se estudiaron en cada caso cuarenta muestras de pieza colada compuestas de la aleación de fundición de aluminio E1 y E2 así como en cada caso quince de la aleación de fundición de aluminio E3 y de la aleación comparativa V. La media aritmética de las propiedades mecánicas establecidas en cada caso para las muestras de pieza colada se indica individualmente en la tabla 2 y se agrupan gráficamente en la Figura 1.

Para comprobar la influencia de la temperatura sobre la evolución a largo plazo de los parámetros mecánicos, se sometieron las culatas coladas a partir de las aleaciones de fundición de aluminio E1, E2 y V a un tratamiento térmico a largo plazo, en el que se mantuvieron a una temperatura de 300 °C en primer lugar durante ocho horas, después durante 100 horas y finalmente durante 300 horas. En las culatas tratadas térmicamente de esta manera se tomó en cada caso tras la finalización de la respectiva duración del tratamiento térmico de la zona de las cámaras de combustión en cada caso una muestra y en estas muestras de pieza colada se determinó a temperatura ambiente el límite elástico $R_{p0,2}$, la resistencia a la tracción R_m y el alargamiento de rotura A. La media aritmética de las propiedades mecánicas determinadas en cada caso para las muestras de pieza colada así tratadas se indican en la tabla 3. Los resultados de la investigación muestran que tras 100 horas la resistencia a la tracción R_m y el límite elástico $R_{p0,2}$ en las culatas coladas a partir de las aleaciones de fundición de aluminio según la invención E1, E2 son esencialmente estables, mientras que el alargamiento de rotura A aumenta. Por el contrario, aunque las culatas generadas a partir de la aleación comparativa presentan en cada caso resistencias mayores, su alargamiento de rotura A se encuentra en cada caso claramente por debajo del alargamiento de rotura A determinado para las muestras según la invención.

Finalmente, culatas adicionales generadas a partir de las aleaciones según la invención E1, E2, E3 y V se sometieron a un tratamiento térmico realizado igualmente a 300 °C, que se extiende a lo largo de 500 horas. En muestras a 300 °C de temperatura, que se tomaron a su vez de la zona de las cámaras de combustión, se determinaron entonces también en este caso el límite elástico $R_{p0,2}$, la resistencia a la tracción R_m y el alargamiento de rotura A. Los valores de media aritmética formados a este respecto a partir de los valores obtenidos se indican en la tabla 4 y se agrupan en la Figura 2.

Además de las investigaciones en las aleaciones según la invención E1, E2, E3 y las muestras fabricadas a partir de la aleación extremadamente resistente a altas temperaturas V se iniciaron también comparaciones con aleaciones de fundición estandarizadas convencionales, cuya capacidad de fundición (a diferencia de la aleación comparativa V que presenta una capacidad de fundición claramente peor) es comparable con la capacidad de fundición de las aleaciones según la invención. Para ello se produjeron las mismas culatas que para las muestras E1, E2, E3 y V a partir de las aleaciones de fundición estandarizadas S1 y S2, cuyas composiciones indicadas en la tabla 5 corresponden a las aleaciones de fundición de aluminio conocidas "AlSi7Cu0,5Mg" y "AlSi6Cu4". Las culatas coladas a partir de las aleaciones estandarizadas S1 y S2 se sometieron en cada caso a los tratamientos térmicos típicos para las mismas. Así, las culatas coladas a partir de la aleación S1 se sometieron a un tratamiento térmico con aire T6 y las culatas coladas a partir de la aleación S2 a un tratamiento térmico T6W.

Para enfrentar la resistencia al calor de las aleaciones según la invención a las aleaciones estandarizadas usadas hoy en día se sometieron las muestras generadas a partir de las aleaciones S1, S2 y la aleación según la invención E1 a un tratamiento térmico a largo plazo realizado a 250 °C, que se extiende a lo largo de 500 horas. En muestras a 250 °C de temperatura, que se tomaron a su vez de la zona de las cámaras de combustión, se determinaron entonces también en este caso el límite elástico $R_{p0,2}$ y la resistencia a la tracción R_m . Los valores de media aritmética formados a este respecto a partir de los valores obtenidos se indican en la tabla 6 y se agrupan en la Figura 3.

Finalmente se sometieron culatas adicionales generadas a partir de la aleación según la invención E1 y las aleaciones estandarizadas S1 y S2 a un tratamiento térmico a largo plazo realizado a 300 °C, que se extiende a lo largo de 500 horas. En muestras a 300 °C de temperatura, que se tomaron a su vez de la zona de las cámaras de combustión, se determinaron entonces a su vez el límite elástico $R_{p0,2}$ y la resistencia a la tracción R_m . Los valores de media aritmética formados a partir de los valores así obtenidos se indican en la tabla 7 y se agrupan en la Figura 4.

Los ensayos demuestran que en las culatas coladas a partir de las aleaciones según la invención E1, E2, E3 no podía establecerse en cada caso ninguna fisura y la estructura de las piezas coladas estaba en su mayor parte libre de poros. Aunque los valores de resistencia determinados para las piezas coladas compuestas por las aleaciones de fundición de aluminio según la invención E1, E2, E3 tras una carga de alta temperatura son en cada caso menores que en la aleación comparativa V, las aleaciones de fundición de aluminio según la invención E1, E2, E3 pueden colarse también en condiciones a gran escala sin problemas y con seguridad de funcionamiento. Al mismo tiempo, los ensayos demuestran que la resistencia de las culatas coladas a partir de las aleaciones de fundición de aluminio según la invención E1, E2, E3 es el doble de la resistencia de aleaciones estandarizadas con una capacidad de

colado comparable.

Tabla 1

	Cu	Si	Zr	Ti	Mn	Fe	Zn	Sr
E1	6,74	3,92	0,21	0,11	0,51	0,12	0,02	-
E2	6,67	6,28	0,22	0,11	0,51	0,12	0,02	-
E3	6,58	6,16	0,22	0,12	0,51	0,13	0,02	0,02
V	6,72	0,06	0,22	0,11	0,5	0,08	0,02	-
Datos en % en peso, Resto Al e impurezas inevitables								

5

Tabla 2

	Rp0,2 [MPa]	Rm [MPa]	A [%]	HB [-]
E1	179,4	284,2	2,45	92,5
E2	170,3	266,1	1,75	94,0
E3	173,1	276,7	2,09	96,0
V	178,6	264,5	1,92	93,0

Tabla 3

	Aleación	Duración [h]		
		8	100	500
Rp0,2 [MPa]	E1	123,27	95,72	91,71
	E2	126,89	101,49	96,46
	V	193,67	186,33	193,00
Rm	E1	235,69	196,33	190,57
	E2	243,78	206,04	194,95
	V	263,33	280,67	298,67
A	E1	3,46	3,80	4,58
	E2	3,51	4,59	4,76
	V	1,30	1,87	2,20

10

Tabla 4

	Rp0,2 [MPa]	Rm [MPa]	A [%]
E1	67,00	88,33	27,73
E2	64,33	86,67	24,47
E3	60,33	82,67	28,47
V	106,33	148,33	21,13

Tabla 5

	Cu	Si	Sr	Ti	Mn	Fe	Zn	Mg
S1	0,52	7,11	0,02	0,10	0,12	0,14	0,02	0,39
S2	3,97	6,18	0,02	0,11	0,31	0,47	0,34	0,37
Datos en % en peso, Resto Al e impurezas inevitables								

Tabla 6

	Rp0,2 [MPa]	Rm [MPa]
S1	79	91
S2	75	90
E1	95	135

15

Tabla 7

	Rp0,2 [MPa]	Rm [MPa]
S1	35	42
S2	48	55
E1	65	90

REIVINDICACIONES

1. Aleación de fundición de aluminio, con (en % en peso)

Cu: el 6,0 - 8,0 %,
Mn: el 0,3 - 0,55 %,
Zr: el 0,18 - 0,25 %,
Si: el 3,0 - 7,0 %,
Ti: el 0,05 - 0,2 %,
Sr: hasta el 0,03 %,
V: hasta el 0,04 %,
Fe: hasta el 0,25 %,

5 el resto aluminio e impurezas inevitables.

2. Aleación de fundición de aluminio de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** su contenido de Si asciende a menos del 5,0 % en peso.

10 3. Aleación de fundición de aluminio de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizada por que** su contenido de Si asciende al menos al 3,5 % en peso.

15 4. Aleación de fundición de aluminio de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** su contenido de Si asciende al menos al 5,0 % en peso.

5. Aleación de fundición de aluminio de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizada por que** su contenido de Si asciende al menos al 5,5 % en peso.

20 6. Aleación de fundición de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** su contenido de Cu asciende como máximo al 7,0 % en peso.

7. Aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** su contenido de Mn asciende al 0,4 - 0,55 % en peso.

25 8. Aleación de fundición de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** su contenido de Zr asciende al 0,2 - 0,25 % en peso.

30 9. Aleación de fundición de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** su contenido de Ti asciende al 0,08 - 0,12 % en peso.

10. Aleación de fundición de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** su contenido de Sr asciende al menos al 0,015 % en peso.

35 11. Pieza colada para un motor de combustión, colada a partir de una aleación de fundición de aluminio configurada de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10.

12. Pieza colada de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizada por que** es una culata.

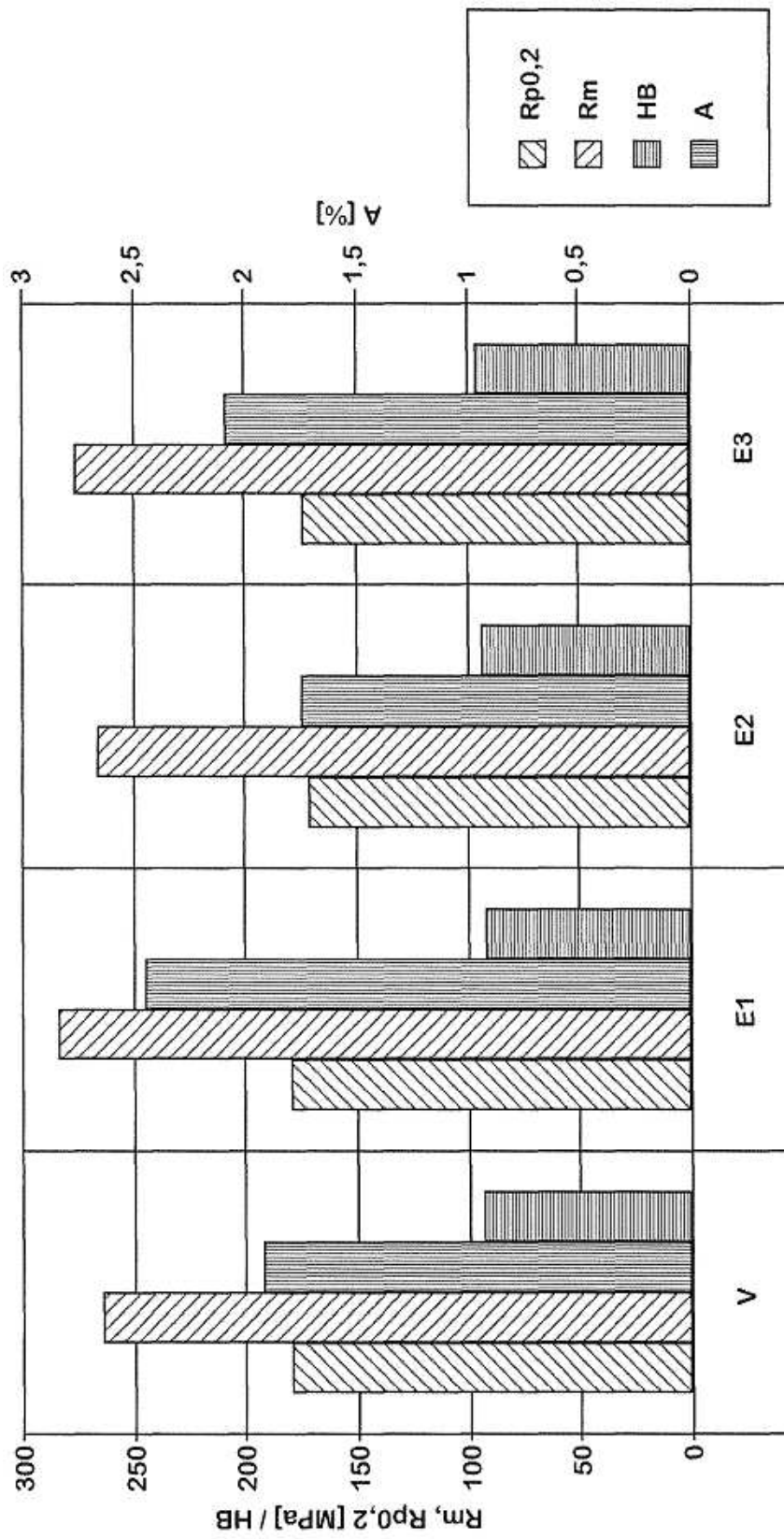


Fig. 1

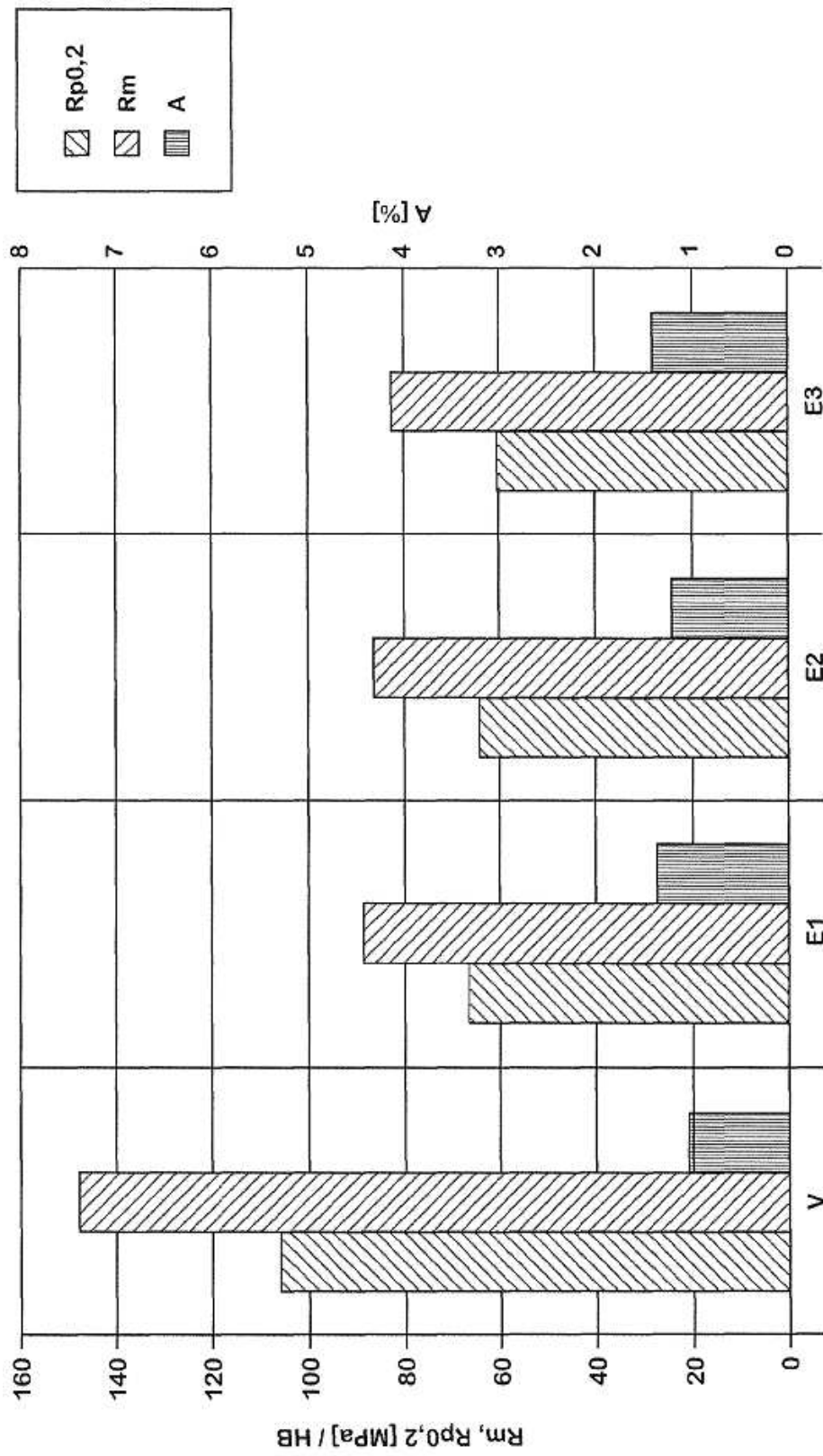


Fig. 2

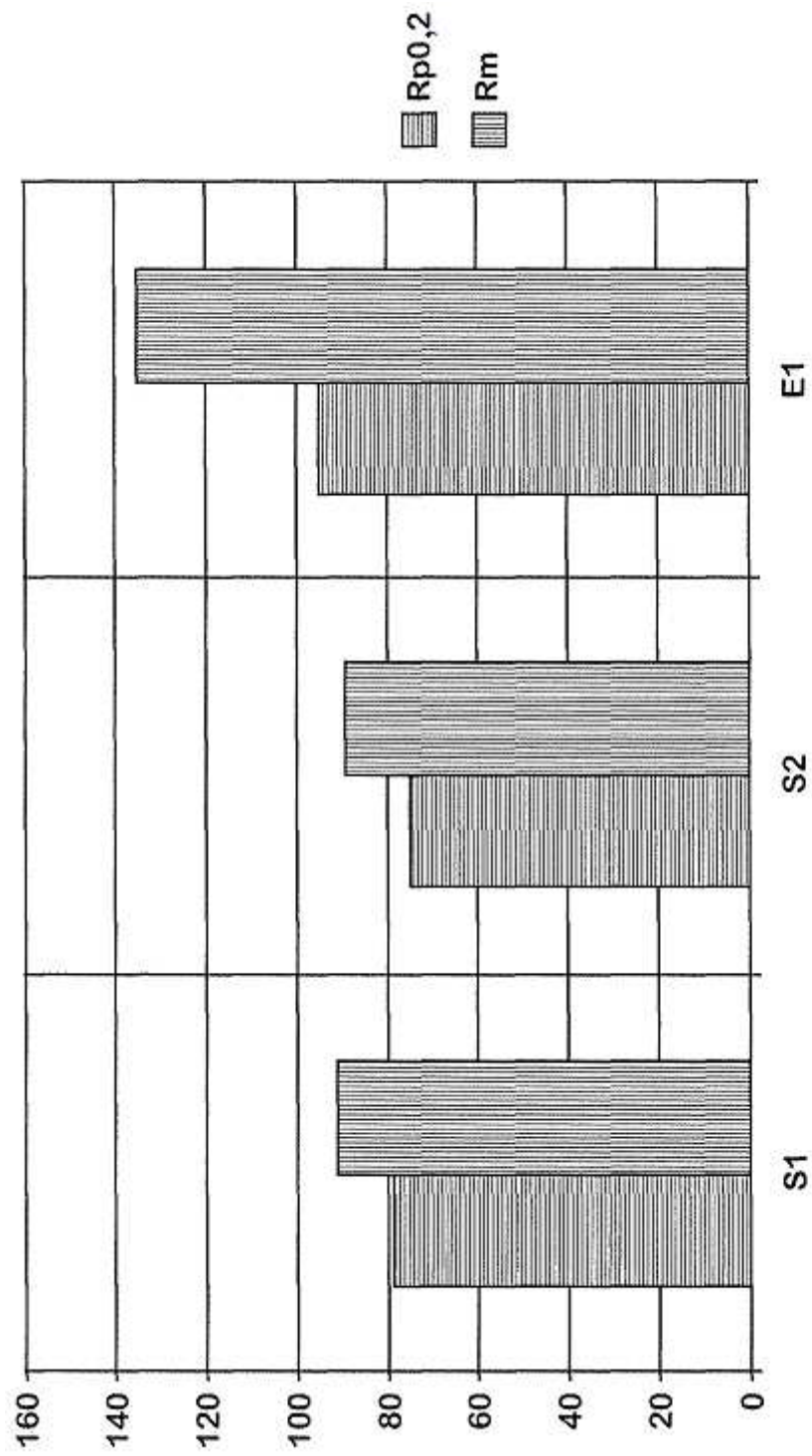


Fig. 3

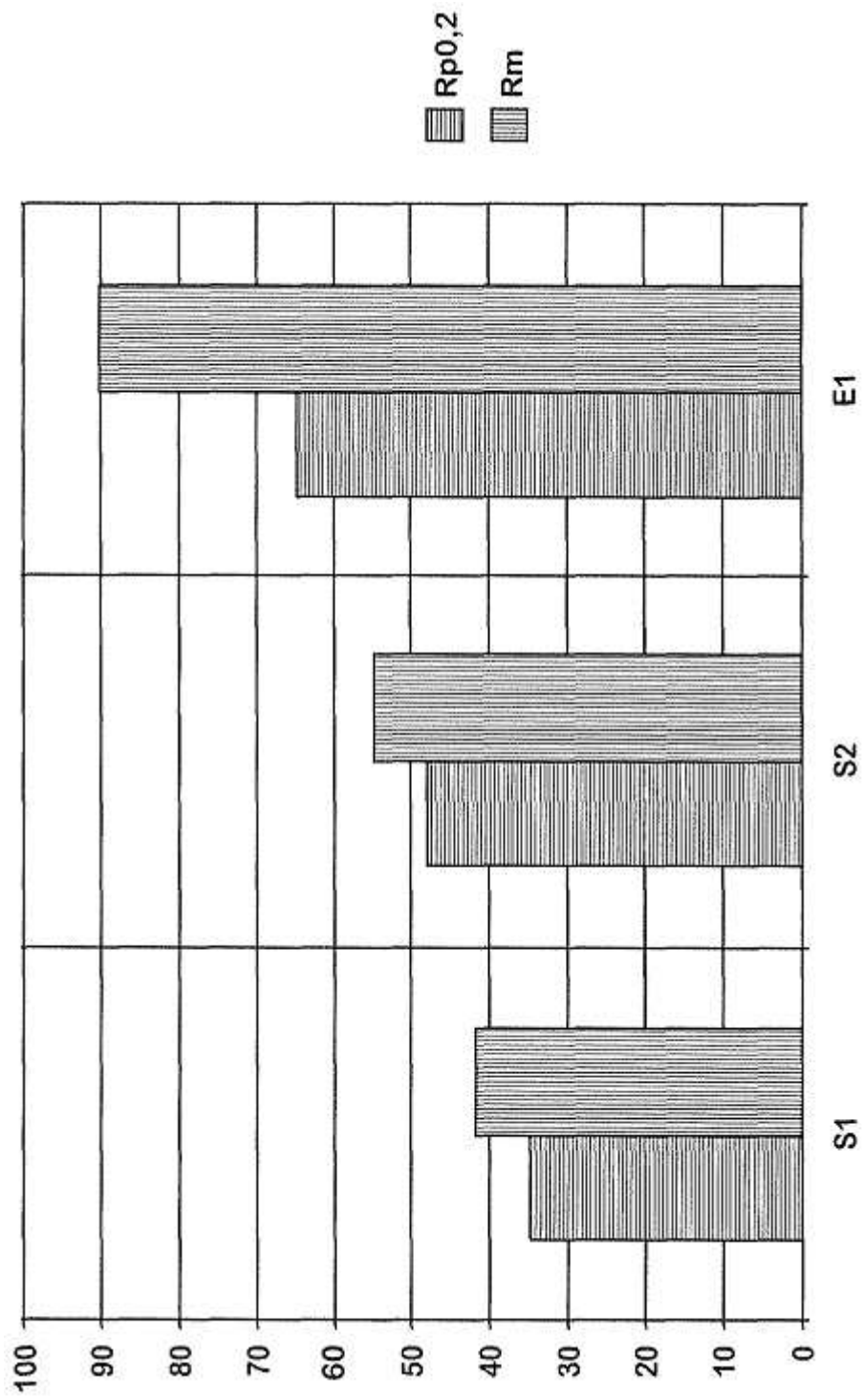


Fig. 4