

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 745 051**

51 Int. Cl.:

C22C 21/02 (2006.01)

C22C 21/06 (2006.01)

C22F 1/043 (2006.01)

C22F 1/047 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.10.2016 PCT/EP2016/001701**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.04.2017 WO17067647**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.10.2016 E 16781290 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2019 EP 3365472**

54 Título: **Aleación de aluminio**

30 Prioridad:

19.10.2015 DE 102015013540

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.02.2020

73 Titular/es:

**TRIMET ALUMINIUM SE (100.0%)
Aluminiumallee 1
45356 Essen, DE**

72 Inventor/es:

**MATTHIES, CHRISTIANE;
BEYER, TOBIAS;
KOCH, HUBERT y
ROSEFORT, MARCEL**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 745 051 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 aluminio

- 5 La invención se refiere a una aleación de aluminio para componentes con elevada estabilidad frente al calor. Los componentes fabricados a partir de la aleación se distinguen por una elevada resistencia y dureza después de alta aplicación de calor. La aleación de aluminio de acuerdo con la invención es adecuada en particular para la fabricación de componentes del tipo mencionado, por medio de moldeo por extrusión, forja o fundición en moldes durables, así como para el procesamiento adicional de los componentes así fabricados, por medio de procedimientos térmicos de unión. La invención se refiere además a componentes, que son fabricados mediante la aleación mencionada, y al uso de esta aleación de aluminio para la fabricación de componentes, en particular de componentes para la industria de los automóviles.
- 10 El moldeo por extrusión y la colada en molde son dos de los procedimientos más económicos de modelado para aleaciones de aluminio.
- 15 En el moldeo por extrusión, las posibilidades de acondicionamiento están influidas y limitadas sobre todo por el tipo de aleación, las fuerzas de proceso disponibles y la dirección de presión. Otro parámetro importante en el modelado por moldeo por extrusión es la temperatura de presión, cuya elevación está limitada por la respectiva composición de aleación, en particular por su capacidad de resistencia frente a la aplicación de calor. Puesto que en la deformación puede ocurrir un calentamiento local de la aleación, sobre todo en el intervalo de los bordes de entrada de la herramienta pueden surgir fusiones, por las cuales se perjudican las propiedades mecánicas del producto del moldeo por extrusión. El documento WO 2015/077880 publicado divulga una aleación con elevada estabilidad al calor, que es fabricada mediante moldeo por extrusión.
- 20 En la fundición a presión, los límites de acondicionamiento están influidos sobre todo por la geometría más simple posible de componente que va a pretenderse, puesto que el procedimiento tiene que ser manejado sin núcleos que puedan insertarse.
- 25 La calidad de la parte del moldeo por extrusión depende, aparte del ajuste de máquina y el diseño de la herramienta (geometría de la matriz), de manera esencial del sistema elegido de aleación. Para productos de moldeo por extrusión, encuentran una amplia aplicación en particular los sistemas de aleación AlMn(Cu) y AlMgSi (F. OSTERMANN: "Anwendungstechnologie Aluminium", 3ª edición, pp. 456-457; Berlín 2014). La composición química y estructura fundamental poseen también en los procedimientos de moldeo duradero, en particular en la fundición a presión, un papel decisivo respecto a las posteriores propiedades de componente relevantes desde el punto de vista de tecnología aplicación.
- 30 En el modelado por forja puede ocurrir - en particular para muy elevadas velocidades de deformación - debido a la tendencia a deformarse, así mismo, un aumento de la temperatura. Al respecto, en la pieza de trabajo pueden ocurrir sobrecalentamientos locales, que perjudican la estructura fundamental y las propiedades mecánicas. También en estos procedimientos de modelado es de importancia fundamental la influencia de la composición de la aleación. También en el diseño de las partes de forja deben considerarse reglas de diseño condicionadas por el proceso, que limitan las posibilidades de modelado.
- 35 Como se describió previamente, la libertad de diseño está limitada por los procedimientos mencionados de modelado (moldeo por extrusión, colada en molde, forja), los cuales pueden estar condicionados desde el punto de vista técnico o económico.
- 40 Sin embargo, en particular en el campo de la industria de los automóviles, se usan componentes y grupos de componentes que se tornan cada vez más complejos, los cuales no pueden ser fabricados o no pueden ser fabricados de manera económica, mediante procedimientos de modelado como moldeo por extrusión o colada en molde.
- 45 Mediante el perfeccionamiento de procedimientos adecuados de unión, en particular soldadura o unión por soldadura indirecta, se han ampliado fuertemente los ámbitos de aplicación para componentes de aleaciones de aluminio, puesto que de esta forma se fabrican también componentes y grupos de componentes contruidos de manera más compleja.
- 50 Puesto que para ello por regla general se usan procedimientos térmicos de unión como soldadura o unión por soldadura indirecta, la confiabilidad del material y su estabilidad son requerimientos esenciales para la carga térmica que ocurre al respecto. La resistencia del material frente a la carga momentánea de temperatura tiene tanto importancia para un calentamiento no deliberado como como también para uno deliberado, de una estructura, por ejemplo en la unión por soldadura indirecta o soldadura.
- 55 En general ya en el pasado se prestó creciente atención al desarrollo de aleaciones de aluminio con pronunciada resistencia al calor para elevadas temperaturas de procesamiento y operación, para componentes sofisticados.
- 60
- 65

Sobre todo en la industria de los automóviles existe el requerimiento por estabilidad de las piezas, en particular respecto a la resistencia y la dureza, después de procesamiento mediante procedimientos con temperatura de aplicación tan elevada como sea posible.

- 5 En esta relación, se reclaman también de manera creciente aleaciones de aluminio, que son adecuadas para componentes que después del transcurso del proceso de producción no requieren otro tratamiento con calor, para alcanzar las propiedades mecánicas deseadas.

10 Es de la máxima importancia una elevada resistencia contra la carga térmica, también debido a las siempre elevadas temperaturas de operación usadas, por ejemplo en componentes de motor como pistones. También en este ámbito de aplicación se requieren propiedades de resistencia convenientes a elevadas temperaturas, adicionalmente a otras propiedades requeridas como elevada resistencia al desgaste, baja densidad, baja dilatación por temperatura y buena capacidad de colada. Estos requerimientos no han podido ser satisfechos hasta ahora con aleaciones de fundición con contenidos relativamente altos de Si y adiciones de Cu. Sin embargo, tales aleaciones, debido a la tendencia a la formación de inclusiones de aire, son poco adecuadas para procedimientos de fundición a presión.

20 En general se entiende por resistencia al calor, la resistencia del material a las elevadas temperaturas. Entre otras, las aleaciones del tipo 2xxx (AlCu) muestran los máximos valores de resistencia al calor. La resistencia al calor es alcanzada entre otros, mediante elevadas fracciones de Si, Cu, Ni o Fe, por lo cual no obstante se causa un deterioro en las propiedades mecánicas (por ejemplo resistencia a la ruptura) (F. OSTERMANN, en el lugar ya citado, pp. 300-303).

25 A elevadas temperaturas puede ocurrir no solo un cambio irreversible de la estructura fundamental y con ello una reducción irreversible de la resistencia, sino también procesos de arrastre, en los cuales el material o el componente se deforman lentamente de modo plástico. Los materiales de aluminio con propiedades convenientes de arrastre se encuentran entre las aleaciones de los sistemas de aleación 3xxx, 5xxx y 6xxx (F. OSTERMANN: "Anwendungstechnologie Aluminium", 3a edición, pp. 300-304; Berlín 2014). Para técnicas de unión como soldadura o unión por soldadura indirecta, se usan por regla general aleaciones de aluminio del tipo 4xxx.

30 Usualmente se alcanzan las propiedades mecánicas requeridas, en particular una elevada dureza, mediante adición de cobre o zinc a las aleaciones. Además, estas aleaciones son sometidas a un tratamiento con calor, para alcanzar un mejoramiento de las propiedades mecánicas mediante efectos de endurecimiento. Con ello se forman fases metastables, para contrarrestar movimientos de transferencia con aplicación de fuerza. De modo alternativo se usan también aleaciones de Al-Mn.

40 Es un requerimiento para la capacidad de soldadura indirecta de una aleación, que la temperatura de sólido del material esté por encima de la temperatura de líquido del producto soldado indirectamente. En el producto duro de soldadura indirecta, la temperatura de trabajo está en general en 440 a 600 °C; en el producto blando de soldadura indirecta, la temperatura de trabajo está por debajo de 440 °C.

45 El perfil de temperatura del proceso de soldadura fuerte influye notablemente en las propiedades mecánicas. Cuando se usan temperaturas cerca del punto de sólido, esto conduce a un ablandamiento del material. Puede alcanzarse una ganancia en la resistencia sólo mediante endurecimiento posterior en caliente o en frío, con rápido enfriamiento de la estructura.

50 El número de las aleaciones de aluminio que pueden presentar soldadura fuerte es muy limitado. Esto es el resultado de la condición mencionada anteriormente, según la cual la temperatura de sólido del material tiene que estar por encima de la temperatura del líquido del producto soldado de manera indirecta. Las aleaciones familiares de Al-Mn son incluso menos susceptibles respecto a los efectos del calor, aunque a temperaturas de procesamiento cerca del punto de sólido muestran así mismo déficit en la estabilidad de endurecimiento.

55 Además se conocen aleaciones de aluminio para aplicaciones en alta temperatura, que contienen adiciones de elementos de aleación del grupo de los metales de tierras raras (por ejemplo Sc, Er). Estos forman dispersoides (por ejemplo del tipo Al₃Er) en la matriz de aluminio, mediante lo cual debiera alcanzarse un mejoramiento de las propiedades mecánicas a elevadas temperaturas de operación. A partir del documento EP 2 110 452 A1 se conoce una aleación así, que exhibe un elevado contenido de Cu (1,0 a 8,0 % en peso), aunque no contiene Zn.

60 En vista de los requerimientos descritos previamente, la presente invención basó el objetivo en preparar una aleación de aluminio, que sea adecuada para el moldeo por extrusión, forja y para la fundición en moldes durables (en particular fundición a presión), y que pueda ser bien colada y en el estado curado así como para aplicación de calor fuerte y momentánea, exhiba una elevada dureza. Además, la aleación debería mostrar buenas propiedades de unión, en particular buena capacidad de soldadura fuerte, y una elevada estabilidad frente a la corrosión. Además, la aleación debería ser adecuada para la fabricación de componentes para la industria de los automóviles, en particular de componentes con elevada resistencia al calor.

Estos objetivos son logrados con una aleación de aluminio de acuerdo con la reivindicación principal, así como mediante las formas de realización indicadas en las reivindicaciones dependientes, así como mediante los componentes que son fabricados usando la aleación de aluminio de acuerdo con la invención y que, opcionalmente mediante procedimientos de unión, en particular procedimientos térmicos de unión, reciben procesamiento adicional.

5 Con la composición de aleación de acuerdo con la invención para perfiles del moldeo por extrusión, pero también para partes de forja y fundición a presión, en el estado de fabricación o de colada, para buenos valores de la dureza se alcanza una elevada estabilidad al calor. Por ello la aleación es adecuada sobre todo para la fabricación de componentes que reciben carga de temperatura, para la industria de los automóviles y/o para el procesamiento adicional mediante procedimientos de unión, en particular procedimientos térmicos de unión como soldadura fuerte o soldadura. (Debido a la elevada estabilidad de las aleaciones frente al calor pueden ejecutarse procedimientos de moldeo por extrusión u otros procedimientos de moldeo con elevada velocidad de proceso o elevadas presiones, sin que ocurran sobre calentamientos locales en la pieza de trabajo.)

15 La aleación de acuerdo con la invención exhibe la siguiente composición:

0,2 a 1,8 % en peso de Si
0,2 a 1,8 % en peso de Mg
0,8 a 2,5 % en peso de Mn
20 0,2 a 1,5 % en peso de Fe
0,05 a 0,75 % en peso de Zr
0,03 a 0,18 % en peso de Ti.

25 Adicionalmente, de modo opcional la aleación puede contener aun uno o varios de los siguientes elementos en las proporciones indicadas a continuación:

máximo 0,1 % en peso de Cr
máximo 0,05 % en peso de Cu
0,2 a 1,8 % en peso de Zn
30 0,02 a 0,5 % en peso de Er.

Además, opcionalmente la aleación puede contener un agente de refinación de grano, que contiene Ti y B en una proporción de 0,01 a 0,2 % en peso. La composición indicada de la aleación permanece intacta. Preferiblemente, el agente de refinación de grano es añadido para la fabricación de la aleación, en forma de una aleación previa de aluminio, que contiene los componentes mencionados.

35 El resto consiste en aluminio e impurezas inevitables. Preferiblemente la cantidad de tales impurezas es máximo 0,05 % en peso (individual) o máximo 0,15 % en peso (total).

40 De modo sorprendente se ha mostrado que la limitación del contenido de Cu a máximo 0,05 % en peso causa que el punto de sólido de la aleación no caiga por debajo de 610 °C. Preferiblemente el contenido de Cu es limitado a máximo 0,03 % en peso. Además se encontró que mediante el ajuste del contenido de Mn en el intervalo de 0,8 a 1,5 % en peso de Mn, preferiblemente 1,2 a 1,5 % en peso, puede asegurarse una elevada estabilidad de forma a temperatura elevada, de modo que en el desmolde se cuenta con muy poco o incluso ningún retraso. Para los contenidos de Mn usados de acuerdo con la invención, además en la fabricación por medio de procedimientos de colada, en particular en la fundición a presión, se impide la adherencia al molde y se garantiza la facilidad para desmoldar.

45 Además, de manera sorprendente se ha mostrado que mediante el ajuste de la relación hierro/manganeso (referida a la cantidad en peso) en el intervalo de 0,5 a 0,7, en particular en el intervalo de 0,6 a 0,7, se causa un mejoramiento en la capacidad de fundición de la aleación. Es particularmente ventajoso cuando la relación Fe/Mn es de 2:3 (= 0,67).

50 El contenido preferido de silicio es de 0,6 a 0,8 % en peso, en particular 0,7 % en peso. Respecto al contenido de Si, se ha mostrado además que un ajuste de la relación Si/Mg en el intervalo de 0,9 a 1,1 repercute de manera conveniente en la dureza de la aleación y en la capacidad de colada. Para dureza y capacidad de colada óptimas, debería satisfacerse preferiblemente una relación Si/Mg de 1:1.

55 El contenido preferido de zirconio es de 0,08 a 0,35 % en peso, en particular 0,1 a 0,3 % en peso. Respecto al contenido de Zr se ha encontrado además que la estabilidad al calor y la capacidad de colada de la aleación pueden ser aumentadas aún adicionalmente, cuando la relación Ti/Zr está en el intervalo de 0,15 a 1, preferiblemente es de 1:4 (= 0,25).

60 El contenido de Fe está en 0,2 a 1,5 % en peso, preferiblemente en 0,2 a 1,0 % en peso, en particular 0,2 a 0,8 % en peso. Preferiblemente se ajusta el contenido de Fe en función del contenido de Fe, como se aclaró anteriormente (relación Fe/Mn).

El contenido de Mg está en el intervalo de 0,2 a 1,8 % en peso de Mg, preferiblemente en 0,2 a 1,2 % en peso, en particular 0,2 a 0,9 % en peso, y es de modo particular preferiblemente 0,7 % en peso. Preferiblemente, el contenido de Mg es ajustado en función del contenido de Si, como se aclaró anteriormente (relación Si/Mg).

El contenido de Ti está en el intervalo de 0,03 a 0,18 % en peso, preferiblemente en el intervalo de 0,05 a 0,1 % en peso. Preferiblemente se ajusta el contenido de Ti en función del contenido de Zr, como se aclaró anteriormente (relación Ti/Zr).

Además se ha mostrado sorprendentemente que la adición de erbio (Er) puede elevar adicionalmente la estabilidad de la aleación frente al calor. De acuerdo con una forma preferida de realización, la aleación de acuerdo con la invención contiene por ello erbio como otro elemento de aleación. El efecto deseado es alcanzado mediante adición de 0,02 a 0,5 % en peso de Er. Preferiblemente esta fracción está en el intervalo de 0,02 a 0,3 % en peso de Er.

Además, se ha mostrado sorprendentemente que mediante la adición de zinc (Zn) puede aumentarse adicionalmente la estabilidad de la aleación frente al calor. De acuerdo con una forma preferida de realización, la aleación de acuerdo con la invención contiene por ello zinc como otro elemento de aleación. El contenido opcional de Zn está en el intervalo de 0,2 a 1,8 % en peso de Zn; preferiblemente es de 0,4 a 0,8 % en peso, en particular 0,5 a 0,7 % en peso. De acuerdo con otras formas de realización, el contenido de Zn está en el intervalo de 0,4 a 1,2 % en peso, preferiblemente de 0,6 a 1,2 % en peso, en particular en 1 % en peso.

Además, se encontró sorprendentemente que los elementos Zn y Er de aleación, cuando son usados de manera combinada, hacen posible una elevación adicional de la estabilidad frente al calor. En particular para adición combinada de 0,02 % en peso a 0,5 % en peso de Er y 0,2 a 1,8 % en peso de Zn, preferiblemente 0,4 a 0,8 % en peso de Zn, se alcanza una elevación así.

Preferiblemente en la aleación de acuerdo con la invención se ejecuta una refinación de grano, en lo cual se usa un agente de refinación de grano que contiene Ti y B. La cantidad de agente de refinación de grano en la aleación de acuerdo con la invención es preferiblemente 0,5 a 2 kg/t, de modo particular preferiblemente 1,5 kg/t.

Preferiblemente como agente de refinación de grano se usa una aleación previa de aluminio, la cual contiene Ti y B (el resto: aluminio), y que es añadida en la fabricación de la aleación en una cantidad de preferiblemente 0,5 a 2 kg/t, de modo particular preferiblemente 1,5 kg/t. En una aleación previa de Al así están presentes Ti y B en la forma esencialmente cristalina o particulada, los cuales pueden servir como semillas de cristalización (por ejemplo TiB₂, Al₃Ti AlTi₅B₁, AlTi₆).

Preferiblemente la aleación previa contiene 2,7 a 3,2 % en peso de Ti, en particular 2,9 a 3,1 % en peso de Ti, así como 0,6 a 1,1 % en peso de B, en particular 0,8 a 0,9 % en peso de B; el resto es en cada caso aluminio.

Además, se prefiere que la relación en peso Ti/B en la aleación previa sea 2,5 a 3,5, en particular 3:1 (= 3,0).

La aleación de aluminio de acuerdo con la invención y los componentes fabricados a partir de ella se distinguen por que exhiben una dureza Brinell de por lo menos 55 HBW5/250, preferiblemente por lo menos 65 HBW5/250, de modo particular preferiblemente de por lo menos 80 HBW5/250.

La aleación de aluminio de acuerdo con la invención y los componentes fabricados a partir de ella se distinguen además por una temperatura de sólido de ≥ 610 °C, en particular ≥ 630 °C.

Dependiendo del campo de uso o del perfil de requerimientos, la aleación de acuerdo con la invención puede ser sometida opcionalmente a un tratamiento con calor. Este es ejecutado preferiblemente durante un periodo de tiempo de 2 a 42 h, en particular 6 a 24 h, a una temperatura en el intervalo de 325 a 425 °C, en particular 350 a 400 °C. A continuación ocurre un enfriamiento con aire, o la aleación tratada con calor es refrescada en un medio adecuado en forma de gas (por ejemplo aire o gas inerte) o líquido (por ejemplo agua o aceite). El tratamiento preferido con calor ocurre a 6-24 h y 350-400 °C con subsiguiente enfriamiento con aire.

La aleación de acuerdo con la invención puede ser usada para la fabricación de componentes para los más diversos campos de aplicación, preferiblemente para propósitos de uso en la industria de los automóviles. La aleación de acuerdo con la invención, en particular la aleación tratada con calor (véase arriba), es adecuada para la fabricación de componentes, que son dejados a elevadas temperaturas de operación - por ejemplo a 250 °C o a 300 °C - (por ejemplo componentes de motor o de operación, como pistones, cabezas de cilindro, bloques de motor, cajas de cambios, intercambiadores de calor).

Además, la aleación de acuerdo con la invención es adecuada sobre todo para componentes, que son procesados adicionalmente mediante procedimientos térmicos de unión, como unión por soldadura indirecta (en particular soldadura fuerte) o soldadura. La aleación de acuerdo con la invención es adecuada para la unión por soldadura indirecta de componentes de aluminio con fluidos, por ejemplo en la industria de los automóviles y aire

acondicionado, así como para procesos en hornos para soldadura fuerte; en particular para la fabricación de intercambiadores de calor.

La invención se extiende con ello a componentes, que son fabricados a partir de una aleación - como se definió anteriormente en detalle. Preferiblemente la fabricación mediante fundición ocurre en moldes permanentes, en particular mediante fundición a presión, o mediante moldeo por extrusión, o mediante forja. En caso de ser necesario, los componentes pueden ser procesados adicionalmente mediante otros procedimientos, en particular procedimientos térmicos de unión (por ejemplo unión por soldadura indirecta, soldadura) o mediante forja, para obtener grupos de construcción más compleja o componentes con geometrías complejas.

En general, puede elevarse aun adicionalmente la estabilidad, frente al calor, de los componentes fabricados a partir de la aleación de acuerdo con la invención, en caso de desearse, sometiendo estos a una remoción en caliente. Además, mediante un tratamiento en caliente así puede alcanzarse una elevación de la dureza Brinell.

De modo sorprendente se ha puntualizado que puede elevarse aun adicionalmente la elevada dureza presente ya en el estado de fabricación, para los componentes fabricados con la aleación de acuerdo con la invención (típicamente en el intervalo de 50 a 70 HBW 5/250), en lo cual se ejecuta un tratamiento en caliente a 150 a 240 °C, preferiblemente 180 a 220 °C, de modo particular preferiblemente a 200 °C, durante un período de tiempo de 4 h a 72 h, preferiblemente 8 a 24 h, de modo particular preferiblemente 8 a 12 h. Después de un tratamiento en caliente así, los componentes exhiben un valor elevado de Brinell (HBW5/250), que corresponde típicamente a 1,1- a 1,5 veces del valor inicial (antes del tratamiento en caliente). También es posible un aumento fuerte de la dureza.

Con un tratamiento con calor, como se describió previamente, pueden obtenerse componentes que exhiben una dureza Brinell (HBW5/250) de por lo menos 70, preferiblemente de por lo menos 80. Preferiblemente los componentes así fabricados exhiben una dureza Brinell en el intervalo de 70 a 120, en particular en el intervalo de 75 a 95.

Las aleaciones de acuerdo con la invención y los componentes fabricados a partir de ellas se distinguen por una elevada estabilidad frente al calor para elevada aplicación de calor, también por periodos largos de tiempo. Como una consecuencia, las propiedades mecánicas, sobre todo la dureza son ampliamente estables contra tal influencia de la temperatura.

Bajo la influencia de elevadas temperaturas, los componentes fabricados a partir de la aleación de acuerdo con la invención muestran en general el comportamiento descrito a continuación, respecto a los cambios de dureza (dureza Brinell) dependientes de la temperatura:

- Mediante una aplicación de calor a los componentes a 150 a 240 °C, preferiblemente 180 a 220 °C, de modo particular preferiblemente a 200 °C, durante un periodo de tiempo de 4 h a 72 h, preferiblemente 8 a 24 h, de modo particular preferiblemente 8 a 12 h, se causa en general un aumento de la dureza. Debido al aumento, los componentes exhiben un valor Brinell, que corresponde al menos al 1,1 a 1,5 veces el valor Brinell inicial (HBW5/250). También un tratamiento más prolongado con calor (por ejemplo más de 3 d, hasta 30 d o aún más largo), como puede ocurrir por ejemplo durante el uso o en el estado de operación de los componentes, no tiene ninguna influencia desventajosa sobre la dureza o las otras propiedades mecánicas de los componentes.

- Si se ejecuta la aplicación de calor a las temperaturas indicadas anteriormente durante un periodo largo de tiempo (> 3 d, en particular 4 d, o también más largo, por ejemplo 30 d), entonces los componentes exhiben después de ello una dureza Brinell, que corresponde al menos a 1 a 1,3 veces el valor inicial de Brinell (HBW5/250). Preferiblemente para aplicación de calor más prolongada (3 d o más, en particular 4 d o más, por ejemplo 30 d) a las temperaturas indicadas anteriormente, tampoco ocurre un deterioro de la dureza. Al menos se retienen esencialmente las propiedades de dureza presentes inicialmente, en tanto no causen - como se describió - un aumento en la dureza.

- Mediante una aplicación de calor a los componentes a 260 a 350 °C, preferiblemente 280 a 320 °C, de modo particular preferiblemente a 300 °C, durante un periodo de tiempo de 4 h a 72 h, preferiblemente 8 a 24 h, de modo particular preferiblemente 8 a 12 h, se causa solamente una ligera reducción de la dureza. En general, después de un tratamiento con calor así, la dureza de Brinell es aún 80-95% del valor inicial (es decir referido al estado de fabricación). Preferiblemente también por aplicación más duradera de calor (3 d o más, en particular 4 d o más, por ejemplo hasta 30 d) a las temperaturas indicadas anteriormente, no ocurre otra modificación de la dureza de Brinell (es decir permanece esencialmente constante en aproximadamente 80-95% del valor inicial).

Otra propiedad importante y ventajosa de la aleación de acuerdo con la invención consiste en que los componentes fabricados con ella pueden ser dejados transitoriamente a una temperatura que está cerca al punto de sólido, sin que por ello se cause un perjuicio esencial a la dureza o las otras propiedades mecánicas. Esta estabilidad al calor es de importancia práctica, puesto que los componentes son abandonados a una carga de temperatura tal, cuando son procesados adicionalmente por ejemplo por medio de procedimientos térmicos de unión (en particular soldadura fuerte o soldadura).

Los componentes fabricados con la aleación de acuerdo con la invención pueden recibir aplicación temporal (≤ 30 min, preferiblemente ≤ 20 min, en particular ≤ 15 min) de una temperatura de 400 a 650 °C, preferiblemente 400 a 620 °C, en particular 400 a 610 °C, sin que por ello se cause un perjuicio relevante a las propiedades mecánicas, en particular la dureza. Después de una aplicación de temperatura, como se indicó anteriormente, se observa solamente una ligera reducción de la dureza. En general, después de una aplicación temporal de calor así, la dureza Brinell es aún 70-95% del valor inicial (estado de fabricación).

La aleación de acuerdo con la invención y los componentes fabricados a partir de ellas satisfacen con ello los requerimientos mencionados inicialmente, en particular para elevada aplicación de calor.

La aleación de aluminio de acuerdo con la invención es adecuada sobre todo para la fabricación de componentes para la industria de los automóviles, mediante fundición a presión, forja o moldeo por extrusión, en la que los componentes pueden ser procesados adicionalmente de modo opcional mediante procesos de unión, en particular mediante procesos térmicos de unión.

La aleación de aluminio de acuerdo con la invención puede ser usada preferiblemente para la fabricación de tales componentes, que durante su fabricación, su procesamiento adicional o el uso posterior son dejados a elevadas exigencias de temperatura, por ejemplo componentes de motor o de operación (por ejemplo pistones, cabezas de cilindro, bloques de motor, caja de cambios, etc.), intercambiadores de calor, pero también componentes de chasis y componentes de carrocería.

La fabricación de la aleación de acuerdo con la invención puede ocurrir mediante procedimientos conocidos por los expertos, usualmente por fabricación de un producto fundido, que exhibe una composición que corresponde a la composición de aleación de acuerdo con la invención indicada anteriormente. Los elementos Ti y B de aleación son añadidos en la fabricación de la aleación, preferiblemente en forma de una aleación previa, como se aclaró anteriormente.

La aleación de acuerdo con la invención es fabricada preferiblemente con procedimiento vertical de colada continua. Mediante un tratamiento previo con gas del producto fundido con gases inertes, se asegura una suficiente calidad del producto fundido y se genera un producto colado pobre en hidrógeno; este es también un requerimiento importante para alcanzar una elevada estabilidad de la dureza por aplicación de calor. Los métodos para el tratamiento de los productos fundidos de metal con gases inertes son conocidos por los expertos.

De acuerdo con una forma preferida de realización, después de su fabricación la aleación es sometida a un tratamiento opcional con calor. Esto es ejecutado preferiblemente durante un periodo de tiempo de 2 a 42 h, en particular 6 a 24 h, a una temperatura en el intervalo de 325 a 425 °C, en particular 350 a 400 °C. A continuación ocurre un enfriamiento con aire, o la aleación tratada con calor es enfriada bruscamente en un medio gaseoso adecuado (por ejemplo aire o gas inerte) o líquido (por ejemplo agua o aceite). El tratamiento preferido con calor ocurre a 6-24 h y 350-400 °C con subsiguiente enfriamiento con aire.

La fabricación de componentes usando la aleación de acuerdo con la invención puede ocurrir así mismo por medio de procedimientos conocidos, preferiblemente mediante moldeo por extrusión, fundición en moldes permanentes (en particular fundición a presión) o/y forja. De modo opcional puede ocurrir un tratamiento adicional de los componentes por medio de procedimientos de unión (en particular soldadura fuerte o soldadura) o mediante procedimientos de moldeo.

De acuerdo con una forma preferida de realización, con el propósito de aumentar la dureza, los componentes fabricados a partir de una aleación de acuerdo con la invención son sometidos a un tratamiento opcional con calor (remoción en caliente). Este tratamiento con calor es ejecutado a 150 a 240 °C, preferiblemente 180 a 220 °C, de modo particular preferiblemente 200 °C, concretamente durante un periodo de tiempo de 4 h a 72 h, preferiblemente 8 a 24 h, de modo particular preferiblemente 8 a 12 h.

Ejemplos

Como punto de partida o aleación de comparación sirvió una aleación de Al-Mn siguiendo a EN AW-3103, la cual es conocida bajo el nombre comercial "Aluman-16" (AlMn1,6; fabricante: Aluminium Rheinfelden GmbH). Debido a su elevado punto de solidificación, esta aleación puede ser sometida a soldadura fuerte, y es adecuada para el procedimiento de colada a presión. La aleación es usada para la construcción de enfriadores y en la industria de los alimentos.

En la tabla 1 (abajo) se indica la composición de esta aleación (primera fila, "V").

Debido al contenido relativamente elevado de Mn y Fe, esta aleación se distingue por buena estabilidad a la temperatura, a temperaturas elevadas. Para los novedosos campos de uso descritos en detalle anteriormente (en particular para aplicaciones en la industria de los automóviles) impulsa esta aleación sin embargo a sus límites. En particular la dureza ya no es suficiente para satisfacer las propiedades requeridas de los componentes. Aquí pudo

alcanzarse con la aleación descrita en este documento, un claro mejoramiento, como es aclarado por los resultados de los ensayos en las otras tablas 2, 3 y 4 citadas abajo.

Tabla 1: composiciones de la aleación

	Si	Mg	Mn	Fe	Zn	Zr	Ti	Cr	Cu	Er	Sólido [°C]
V	0,15	0,05	1,5	0,9	0,1	-	0,15	-	0,03	-	650
L1	0,7	0,7	1,5	0,8	-	0,1	0,1	0,06	-	-	635
L2	0,7	0,7	1,2	0,8	-	0,2	0,05	0,06	-	-	630
L3	0,7	0,7	1,2	0,8	-	0,3	0,05	0,06	-	-	630
L5	0,7	0,7	1,2	0,8	-	0,3	0,05	0,06	-	0,05	630
L6	0,7	0,7	1,2	0,8	0,8	0,3	0,05	0,06	-	-	620
L7	0,7	0,7	1,2	0,8	0,8	0,3	0,05	0,06	0,03	-	615
L4	0,7	0,7	1,2	0,8	0,6	0,3	0,08	0,06	-	0,1	625
L8*	0,7	0,7	1,2	0,8	0,6	0,3	0,08	0,06	-	0,1	625
*Tratamiento con calor de acuerdo con la reivindicación 15											

Todos los datos en % en peso; resto: Al y adiciones inevitables. Las filas de las tablas, denominadas con L1, L2, L3, L4, L5, L6 y L7 se refieren a las variantes de aleación de acuerdo con la presente invención. L8 corresponde a L7 con tratamiento adicional con calor de acuerdo con la reivindicación 18, y representa así mismo una aleación de acuerdo con la invención.

Se fundieron siete aleaciones L1, L2, L3, L4, L5, L6 y L7 de acuerdo con la invención, cuya composición está indicada en la tabla 1. L8 corresponde a L7 con tratamiento adicional con calor de acuerdo con la reivindicación 18. Como referencia se fundió una aleación V de comparación ("Aluman-16", véase arriba) cuya composición está indicada asimismo en la Tab. 1. De todas las ocho aleaciones se colaron cuerpos de muestra cilíndricos (Ø 40 mm; altura 30 mm).

Para verificar la influencia de la temperatura en la modificación de la dureza, se sometieron los cuerpos de prueba colados de las ocho aleaciones, a diferentes aplicaciones de calor.

Se probó a tres temperaturas de durante diferentes periodos de tiempo. En las siguientes tablas 2, 3 y 4 se indican los resultados.

Se ejecutaron ensayos de larga duración a 200 °C (Tab. 2) y 300 °C (Tab. 3) en cada caso durante un periodo de tiempo de 10 h y 100 h.

Además se ejecutó un ensayo de corta duración a 600 °C y 900 s (15 min) de duración (Tab. 4), para simular la carga térmica y el comportamiento de aleaciones en procesos térmicos de unión.

Los cuerpos de prueba tratados bajo las condiciones indicadas de temperatura fueron enfriados una vez ocurrido el tratamiento con calor, con aire a temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C) y a continuación sometidos a una prueba de dureza de acuerdo con Brinell (HBW5/250; esfera de prueba de metal duro de carburo de wolframio; diámetro de la esfera 5 mm). En las tablas 2, 3 y 4 se citan los promedios aritméticos de los valores medidos de dureza.

Los resultados muestran que todas las aleaciones de aluminio (L1 a L8) de acuerdo con la invención, independientemente de la duración del efecto del calor, exhiben una dureza más elevada que la aleación V de comparación.

Ya en el estado de colada (es decir antes del comienzo de la prueba) se muestra una dureza claramente más alta para las variantes (L1 a L8) de aleación de acuerdo con la invención, comparada con la aleación V de comparación. Incluso, para el tratamiento en caliente con 200 °C (10 h) pudo aun elevarse adicionalmente la dureza (véase Tab. 2).

Todos los otros ensayos muestran que las variantes (L1 a L8) de aleación de acuerdo con la invención son superiores a la aleación de comparación, respecto a los valores de dureza. A temperaturas más altas a mayores duraciones del ensayo se establece incluso, en comparación al estado de colada, una disminución de la dureza (véase Tab. 3 y 4), sin embargo los valores de dureza alcanzados al respecto están además por encima de los valores de dureza de la aleación de comparación.

También la prueba momentánea ejecutada a 600 °C muestra un resultado inequívoco. Los valores medidos de dureza de las aleaciones de aluminio L1 a L8 de acuerdo con la invención están más de 10 unidades de dureza Brinell sobre el valor de dureza de la aleación V de comparación.

5

Tabla 2: comparación de dureza (HBW5/250) a 200 °C

	Antes del comienzo de la prueba	10h	100h
V	42	43	45
L1	72	85	74
L2	69	80	72
L3	57	83	73
L5	62	83	74
L6	65	85	72
L7	65	83	72
L4	69	81	74
L8	72	81	75

10

Tabla 3: comparación de dureza (HBW5/250) a 300 °C

	Antes del comienzo de la prueba	10h	100h
V	42	43	43
L1	72	58	58
L2	69	60	55
L3	57	55	57
L5	62	58	58
L6	65	56	55
L7	65	56	55
L4	69	60	58
L8	72	62	60

Tabla 4: comparación de dureza (HBW5/250) a 600 °C

	Antes del comienzo de la prueba	900s
V	42	40
L1	72	52
L2	69	54
L3	57	55
L5	62	56
L6	65	54
L7	65	51
L4	69	57
L8	72	60

REIVINDICACIONES

1. Aleación de aluminio para componentes con estabilidad elevada frente al calor, en particular para la fabricación de aquellos componentes mediante moldeo por extrusión, forja o fundición en moldes durables, en la que la aleación exhibe la siguiente composición:
5
0,2 a 1,8 % en peso de Si
0,2 a 1,8 % en peso de Mg
0,8 a 2,5 % en peso de Mn
10 0,2 a 1,5 % en peso de Fe
0,05 a 0,75 % en peso de Zr
0,03 a 0,18 % en peso de Ti,

opcionalmente uno o varios de los siguientes elementos:
15 máximo 0,1 % en peso de Cr,
máximo 0,05 % en peso de Cu,
0,2 a 1,8 % en peso de Zn
0,02 a 0,5 % en peso de Er;
20 así como opcionalmente 0,01 a 0,2 % en peso de un agente de refinación de grano que contiene Ti y B;

y como resto, aluminio e impurezas inevitables.
- 25 2. Aleación de aluminio de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque el contenido de Mn es 0,8 a 1,5 % en peso, preferiblemente 1,2 a 1,5 % en peso.
- 30 3. Aleación de aluminio de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizada porque la relación Fe/Mn está en el intervalo de 0,5 a 0,7, preferiblemente es de 2:3.
- 40 4. Aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el contenido de Si es de 0,6 a 0,8 % en peso, preferiblemente 0,7 % en peso.
- 50 5. Aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque la relación Mg/Si está en el intervalo de 0,9 a 1,1, preferiblemente es de 1:1.
- 60 6. Aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el contenido de Zr es de 0,08 a 0,35 % en peso, preferiblemente 0,1 a 0,3 % en peso, y/o la relación Ti/Zr está en el intervalo de 0,15 a 1, preferiblemente es de 1:4.
7. Aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque contiene Cu en una fracción de máximo 0,05 % en peso, preferiblemente no más de 0,03 % en peso.
8. Aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque contiene Cr en una fracción de máximo 0,1 % en peso, preferiblemente no más de 0,08 % en peso, y/o contiene 0,02 a 0,5 % en peso de Er, preferiblemente 0,02 a 0,3 % en peso Er.
9. Aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el contenido de Zn es de 0,4 a 0,8 % en peso, preferiblemente 0,5 a 0,7 % en peso.
10. Aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada porque el contenido de Zn es de 0,4 a 1,2 % en peso, preferiblemente 0,6 a 1,2 % en peso, en particular 1 % en peso.
11. Aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque exhibe una dureza Brinell (HBW5/250) de por lo menos 55, preferiblemente por lo menos 65, de modo particular preferiblemente de por lo menos 80, o/y porque su temperatura de sólido es ≥ 610 °C.
12. Aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque fue tratada con calor por 2 a 42 h, preferiblemente 6 a 24 h, a 325 a 425 °C, preferiblemente a 350 a 400 °C, con subsiguiente enfriamiento en un medio gaseoso o líquido.
13. Componentes, en particular para la industria de los automóviles, fabricados a partir de una aleación de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, preferiblemente un componente fabricado mediante fundición en moldes durables, en particular mediante fundición a presión, o mediante forja, o mediante moldeo por extrusión; en los que el componente ha sido procesado adicionalmente de modo opcional por medio de uno o varios procedimientos térmicos de unión, preferiblemente por medio de unión por soldadura indirecta o soldadura.

5 14. Componente de acuerdo con la reivindicación 13, caracterizado porque es sometido a un tratamiento con calor por 4 h a 72 h, preferiblemente 8 a 24 h, a 150 a 250, preferiblemente 180 a 220 °C, en el que el componente preferiblemente exhibe preferiblemente una dureza Brinell (HBW5/250) en el intervalo de 70 a 120, en particular en el intervalo de 75 a 95.

10 15. Uso de una aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12 para la fabricación de componentes para la industria de los automóviles mediante fundición a presión, forja o moldeo por extrusión, en el que los componentes son procesados adicionalmente de modo opcional por medio de procesos de unión, en particular por medio de procesos térmicos de unión.