

(19)



(11)

EP 2 103 701 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
23.09.2009 Patentblatt 2009/39

(51) Int Cl.:
C22C 21/02 (2006.01) **C22C 21/08** (2006.01)
C22F 1/05 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09001885.4**

(22) Anmeldetag: **11.02.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(30) Priorität: **20.02.2008 DE 102008010157**

(71) Anmelder: **F.W. Brökelmann Aluminiumwerk
GmbH & Co.KG
59469 Ense (DE)**

(72) Erfinder: **Erich, Hoch
79793 Wutöschingen (DE)**

(74) Vertreter: **Gesthuysen, von Rohr & Eggert
Patentanwälte
Postfach 10 13 54
45013 Essen (DE)**

(54) **Aluminiumlegierung und Verfahren zur Herstellung eines Produkts aus einer
Aluminiumlegierung**

(57) Beschrieben ist eine Aluminiumlegierung, insbesondere zur Verarbeitung in Strangpreßverfahren, die gekennzeichnet ist durch folgende Zusammensetzung in Masse-%:
Si 0,68 - 0,77,
Fe 0,16-0,24,
Cu 0,24 - 0,32,
Mn 0,68 - 0,77,

Mg 0,58 - 0,67,
Cr < 0,04,
Zn < 0,1,
Ti < 0,1,
V < 0,04,
Sonstige (gesamt) < 0,3 und
Al Rest.

EP 2 103 701 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Aluminiumlegierung, insbesondere zur Verarbeitung im Strangpreßverfahren und ein Verfahren zur Herstellung eines Produkts aus einer solchen Aluminiumlegierung, wobei ein aus der Aluminiumlegierung hergestelltes Halbzeug durch Erhitzen homogenisiert wird, das homogenisierte Halbzeug auf Einsatztemperatur und durch Warmverarbeitung auf Produktform gebracht wird.

[0002] Aluminiumlegierungen sind seit langem mit unterschiedlichen Eigenschaften und für ganz unterschiedliche Verwendungszwecke im Bereich der Metallverarbeitung bekannt. Aufgrund seiner geringen Dichte ist Aluminium als Metall grundsätzlich interessant im Transportmittelbau, speziell bei solchen Transportmitteln, die ihre eigene Masse mitbeschleunigen müssen, deren Masse also entscheidend den Energieverbrauch des Transportmittels mitbestimmt. Aluminium ist deshalb als Werkstoff im Fahrzeug- und Flugzeugbau zunehmend von Interesse.

[0003] Der vorteilhaften geringen Dichte von Aluminium steht eine geringe Festigkeit und eine vergleichsweise hohe Sprödigkeit (geringes Streckgrenzeniveau und geringe Duktilität) gegenüber.

[0004] Diese insbesondere für Anwendungen im Karosseriestrukturenbereich nachteiligen Eigenschaften des reinen Aluminiums können durch geringe Stoffbeimengungen bei Aluminiumlegierungen vermieden werden, wobei mit Aluminiumlegierungen Festigkeiten erzielt werden können, die denen von Stahl nahekomen. Es ist bekannt, Aluminium im Bereich von insgesamt wenigen Masse-% andere Elemente, insbesondere Metalle, wie z. B. Eisen, Silizium, Kupfer, Titan, Mangan etc., beizumengen.

[0005] Die Zusammensetzung der Aluminiumlegierung an sich wie auch die weitere Behandlung der Aluminiumlegierung hat entscheidenden Einfluß darauf, welche Festigkeits- und Korrosionseigenschaften die Aluminiumlegierung aufweist. Geringe Änderungen in der Zusammensetzung der Aluminiumlegierung können überraschende Veränderungen in den mechanischen Eigenschaften der Aluminiumlegierung zur Folge haben.

[0006] Zunehmend interessant ist die Verwendung von Aluminiumlegierungen für Profilelemente im Karosseriestrukturenbereich, also in jenem Bereich, in dem teils erhebliche Kräfte von den Strukturteilen aufgenommen werden müssen, sei es im normalen Betriebsfall oder sei es im irreversiblen Deformationsfall. Im letzteren Fall darf das Material nicht spröde sein, der Materialzusammenhang sollte bei der Deformation jedenfalls im kleinen Maßstab erhalten bleiben, so daß große Energien durch die Deformation aufgenommen werden können.

[0007] Neben den Festigkeitseigenschaften einer Aluminiumlegierung, die insbesondere durch eine geeignete Nachbehandlung erzielbar sind, ist auch die Verarbeitbarkeit der Aluminiumlegierung von Interesse. So sind einerseits beispielsweise Aluminiumknetlegierungen be-

kannt, die gut zur Warm- und Kaltumformung verwendbar sind und andererseits Aluminiumgußlegierungen, die zur Verwendung mit Gießverfahren geeignet sind, einer Umformung jedoch nur sehr eingeschränkt unterworfen werden können. Weitere Legierungen eignen sich wiederum zum Aushärten durch Alterungsglühen, andere - je nach Zusammensetzung - wiederum nicht.

[0008] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Aluminiumlegierung anzugeben, die zur Warmverarbeitung geeignet ist und mit der kritische Fließspannungen erzielbar sind, die den Anforderungen im Fahrzeugbau entsprechen, insbesondere kritische Fließspannungen von im wesentlichen mehr als 280 MPa. Es ist ferner Aufgabe der Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Produkts aus einer solchen Aluminiumlegierung anzugeben, das diesen Anforderungen entspricht.

[0009] Die aufgezeigte Aufgabe ist erfindungsgemäß zunächst und im wesentlichen bei der in Rede stehenden Aluminiumlegierung dadurch gelöst, daß die Aluminiumlegierung die folgenden Legierungselemente in der folgenden Zusammensetzung in Masse-% aufweist:

Si 0,68 - 0,77,
Fe 0,16-0,24,
Cu 0,24 - 0,32,
Mn 0,68 - 0,77,
Mg 0,58 - 0,67,
Cr < 0,04,
Zn < 0,1,
Ti < 0,1,
V < 0,04,
sonstige Bestandteile (gesamt) < 0,3 und
Al Rest.

[0010] Eine solche Aluminiumlegierung ist hervorragend für die Warmverarbeitung geeignet und ist so nachbehandelbar, daß sich ohne weiteres kritische Fließspannungen $R_{p0,2}$ von mehr als 280 MPa erzielen lassen. Von besonderem Vorteil ist auch, daß eine solche Aluminiumlegierung außergewöhnlich gute Eigenschaften hinsichtlich seiner Verarbeitbarkeit durch ein Strangpreßverfahren aufweist.

[0011] In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung dürfen die Legierungselemente nur in einem geringeren Toleranzbereich variieren, wodurch die Festigkeitseigenschaften mit einer größeren Prozeßsicherheit erzielt werden können; umgekehrt wachsen die Anforderungen bei der Herstellung der Aluminiumlegierung selbst. Eine solche Aluminiumlegierung enthält die bereits genannten Legierungselemente, die in den folgenden Toleranzbereichen in Masse-% liegen:

Si 0,70 - 0,75,
Fe 0,18 - 0,22,
Cu 0,26 - 0,30,
Mn 0,70 - 0,75,
Mg 0,60 - 0,65,

Cr < 0,02,
 Zn < 0,05,
 Ti < 0,05,
 V < 0,02,
 sonstige Bestandteile (gesamt) < 0,15 und
 Al Rest.

[0012] Es hat sich bei weiteren Ausgestaltungen der Erfindung als besonders vorteilhaft herausgestellt, wenn die Einzelanteile der "sonstigen Bestandteile" weniger als 0,1 Masse-% ausmachen. Durch diese Randbedingungen wird sichergestellt, daß die - unvermeidlichen - Verunreinigungen eines bestimmten Stoffes in einen Bereich kommt, der in der Lage ist, die Materialeigenschaften der Aluminiumlegierung insgesamt zu beeinflussen. Es ist insbesondere vorteilhaft, wenn die Einzelanteile der sonstigen Bestandteile sogar weniger als 0,05 Masse-%, ganz bevorzugt sogar weniger als 0,02 Masse-% an der Aluminiumlegierung insgesamt ausmachen.

[0013] Es ist eingangs ausgeführt worden, daß die Materialeigenschaften einer Aluminiumlegierung nicht nur von der Zusammensetzung der Aluminiumlegierung als solcher abhängen, sondern auch von der Be- und Verarbeitung des aus der Aluminiumlegierung bestehenden Halbzeugs.

[0014] Die Erfindung betrifft daher ferner ein Verfahren zur Herstellung eines Produkts aus einer Aluminiumlegierung, wobei die Aluminiumlegierung in der zuvor genannten Zusammensetzung ausgestaltet ist.

[0015] In einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird das aus der Aluminiumlegierung bestehende Halbzeug, das beispielsweise in Form von Bolzen vorliegen kann, homogenisiert, indem es über einen Zeitraum von im wesentlichen 3 bis 5 Stunden im Temperaturbereich von 550°C und 590°C gehalten wird, insbesondere im Temperaturbereich zwischen 560°C und 580°C, wobei es besonders bevorzugt ist, wenn die Temperatur innerhalb der Homogenisierungsphase fest in den angegebenen Temperaturbereichen eingestellt wird.

[0016] Die Homogenisierung wird vorzugsweise so durchgeführt, daß das homogenisierte Halbzeug eine Korngröße von weniger als 150 µm aufweist oder eine Korngröße von $G = 5$ gemäß ASTM E112 aufweist (ASTM = American Society for Testing and Materials: internationale Standardisierungsorganisation; der Standard E112 befaßt sich mit einer standardisierten Methode zur Bestimmung der mittleren Korngröße bei Metallen).

[0017] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird das - homogenisierte - Halbzeug zur Warmbearbeitung auf eine Einsatztemperatur im Bereich von im wesentlichen 450°C bis 500°C gebracht, wobei bevorzugt eine Einsatztemperatur im Bereich von im wesentlichen 470°C bis etwa 500°C gewählt wird. Bei dieser Temperatur kann die hier in Rede stehende Aluminiumlegierung werkzeugschonend verarbeitet werden, ohne die zuvor durch die Homogenisierung erreich-

ten vorteilhaften Materialeigenschaften zu gefährden.

[0018] In einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens erfolgt die Warmbearbeitung des Halbzeugs durch Strangpressen, wobei sich hier Preßgeschwindigkeiten im Bereich von im wesentlichen 4m/min bis 10m/min als vorteilhaft herausgestellt haben. Der Wert der Preßgeschwindigkeit hängt von der zu erzielende Profilgeometrie ab, also unter anderem von der in der Matrize zu leistenden Umformarbeit. Eine Preßgeschwindigkeit im Bereich von 6m/Min bis 8m/Min hat sich dabei als besonders vorteilhaft erwiesen, wobei sich eine Preßgeschwindigkeit von 6m/Min für die meisten Anwendungsfälle als geeignet erwiesen hat.

[0019] Es hat sich herausgestellt, daß die auf die Warmverformung folgende Abkühlung des Produkts von erheblicher Bedeutung für die erzielten Materialeigenschaften des Produkts ist. Es hat sich vor allem herausgestellt, daß eine besonders rasche Abkühlung des Produkts nach der Warmbearbeitung förderlich ist, insbesondere eine Abkühlung mit einem Temperaturgradienten von wenigstens -20°C/s, bevorzugt wird eine noch größere Abkühlungsgeschwindigkeit mit einem Temperaturgradienten von wenigstens -40°C/s, wobei besonders vorteilhaft ein Temperaturgradient von wenigstens -50°C/s ist. Die durch die Abkühlung erzielte Beeinflussung der Materialeigenschaften des zuvor warmbearbeiteten Produkts ist gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens dann besonders effektiv, wenn die Abkühlung des Produkts auf eine Temperatur von im wesentlichen unter 100°C erfolgt.

[0020] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Festigkeit des Produkts durch abschließendes Härten erhöht, insbesondere durch Auslagerung des Produkts über einen Zeitraum von im wesentlichen 1 bis 3 Stunden, vorzugsweise von weniger als 2 Stunden, in einem Temperaturbereich von im wesentlichen 100°C bis 210°C, wobei ein Temperaturbereich von 200°C bis 210°C bevorzugt wird. Die Härtung erfolgt insbesondere dadurch, daß in den angegebenen Temperaturbereichen eine Temperatur über die Dauer der Auslagerung hinweg fest gewählt wird.

[0021] Aufgrund der hervorragenden Eigenschaften der hier beschriebenen Aluminiumlegierung hinsichtlich Festigkeit, Duktilität und Korrosion, die die gängigen technischen Lieferrichtlinien von Karosseriestrukturbau- teilen im Fahrzeugbau sämtlich erfüllen, wird das zuvor geschilderte Verfahren insbesondere verwendet, um als Produkt Strangpreßprofile im Karosseriestrukturbau herzustellen.

[0022] Im folgenden wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung und die bevorzugte Ausgestaltung eines Verfahrens zur weiteren Verarbeitung dieser Aluminiumlegierung zu einem Produkt dargestellt. Verwendet wird eine Aluminiumlegierung mit der folgenden Zusammensetzung in Masse-%:

Si 0,71,
 Fe 0,22,
 Cu 0,28,
 Mn 0,71,
 Mg 0,63,
 Cr 0,0014,
 Zn 0,0071,
 Ti 0,0346,
 V 0,0059,
 sonstige Bestandteile (gesamt) 0,15 und
 Al Rest.

[0023] Aus der angegebenen Aluminiumlegierung wird ein Halbzeug in Form eines Aluminiumbolzens mit einem Durchmesser von 200 mm angefertigt. Dieser Aluminiumbolzen wird 5 Stunden bei 570°C homogenisiert, woraus ein gleichmäßig feinkörniges Gußgefüge resultiert, das globulitisch und feinzellig über den gesamten Querschnitt ist; die erzielte Korngröße ist deutlich geringer als 150µm.

[0024] Aufgrund des hier durch Strangpressen herzustellenden Produkts mit einer tief eingeschnittenen Profilstruktur und aufgrund des großen Durchmessers des warm zu verarbeitenden Aluminiumbolzens wird der Aluminiumbolzen auf eine Einsatztemperatur von im wesentlichen 500°C gebracht, wobei die Verarbeitung des Bolzens durch Strangpressen bei einer Profildrückgeschwindigkeit von im wesentlichen 6 m/min erfolgt.

[0025] Das nunmehr als Profil vorliegende Produkt wird schnellstmöglich von etwa 530°C abgekühlt auf unter 100°C, im vorliegenden Fall innerhalb von weniger als 10 Sekunden. Die schroffe Profilabkühlung ist wesentlich für die im Karosseriestrukturbau notwendigerweise zu erzielenden Materialeigenschaften.

[0026] Das so erhaltene Strangpreßprofil wird abschließend über eine Stunde hinweg bei 205°C ausgehärtet. Das resultierende Material weist eine Streckgrenze $R_{p0,2}$ von deutlich mehr als 280 MPa auf und ist in der Lage, auch bei Crashtest-Belastungen Deformationsarbeit aufzunehmen, ohne den inneren Zusammenhalt zu verlieren - also ohne zu zerreißen -, was sowohl im kleinen als auch im großen Maßstab zutrifft.

Patentansprüche

1. Aluminiumlegierung, insbesondere zur Verarbeitung im Strangpreßverfahren,
gekennzeichnet durch
 eine Zusammensetzung in Masse-% von:

Si 0,68-0,77,
 Fe 0,16-0,24,
 Cu 0,24 - 0,32,
 Mn 0,68 - 0,77,
 Mg 0,58 - 0,67,
 Cr < 0,04,
 Zn < 0,1,

Ti < 0,1,
 V < 0,04,
 sonstige Bestandteile (gesamt) < 0,3 und
 Al Rest.

2. Aluminiumlegierung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Toleranzbereiche für die Anteile in Masse-% kleiner sind, nämlich betragen:

Si 0,70 - 0,75,
 Fe 0,18 - 0,22,
 Cu 0,26 - 0,30,
 Mn 0,70 - 0,75,
 Mg 0,60 - 0,65,
 Cr < 0,02,
 Zn < 0,05,
 Ti < 0,05,
 V < 0,02,
 sonstige Bestandteile (gesamt) < 0,15 und
 Al Rest.

3. Aluminiumlegierung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Einzelanteile der sonstigen Bestandteile weniger als 0,1 Masse-%, insbesondere weniger als 0,05 Masse-%, ganz bevorzugt weniger als 0,02 Masse-% ausmachen.

4. Verfahren zur Herstellung eines Produkts aus einer Aluminiumlegierung, wobei ein aus der Aluminiumlegierung hergestelltes Halbzeug durch Erhitzung homogenisiert wird - Homogenisierungsglühn -, das homogenisierte Halbzeug auf Einsatztemperatur und durch Warmbearbeitung auf Produktform gebracht wird,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Aluminiumlegierung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3 ausgestaltet ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Halbzeug - insbesondere in Form von Bolzen - homogenisiert wird, indem es über einen Zeitraum von im wesentlichen drei bis fünf Stunden im Temperaturbereich zwischen 550°C und 590°C gehalten wird, insbesondere im Temperaturbereich zwischen 560°C und 580°C, vorzugsweise auf einer festen Temperatur in den angegebenen Temperaturbereichen.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Homogenisierung des Halbzeugs zu einer Korngröße von weniger als 150µm führt oder nach ASTM E 112 zu einer Korngröße von $G=5$ oder höher.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Halbzeug zur Warmbearbeitung auf eine Einsatztemperatur im Bereich von im wesentlichen 450°C bis 500°C ge-

bracht wird, vorzugsweise auf eine Einsatztemperatur von im wesentlichen 470°C bis etwa 500°C.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Warmbearbeitung des Halbzeugs durch Strangpressen erfolgt, insbesondere bei einer Preßgeschwindigkeit im Bereich von im wesentlichen 4 m/min bis 10 m/min, insbesondere bei einer Preßgeschwindigkeit im Bereich von im wesentlichen 6 m/min bis 8 m/min.

5
10
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Produkt nach der Warmbearbeitung schnell abgekühlt wird, insbesondere mit einem Temperaturgradienten von wenigstens -20°C/s, vorzugsweise mit einem Temperaturgradienten von wenigstens -40°C/s, ganz bevorzugt mit einem Temperaturgradienten von wenigstens -50°C/s abgekühlt wird.

15
20
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Abkühlung des Produkts auf eine Temperatur von im wesentlichen unter 100°C erfolgt.

25
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Produkt abschließen gehärtet wird, insbesondere durch Auslagerung über einen Zeitraum von im wesentlichen 1 bis 3 Stunden, vorzugsweise von weniger als zwei Stunden, in einem Temperaturbereich von im wesentlichen 190°C bis 210°C, bevorzugt in einem Temperaturbereich von im wesentlichen 200°C bis 210°C, vorzugsweise bei einer im wesentlichen festen Temperatur im angegebenen Temperaturbereich.

30
35
12. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 8 bis 10, zur Herstellung eines Strangpreßprofils im Karosseriestrukturbau.

40

45

50

55



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 09 00 1885

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 4 525 326 A (SCHWELLINGER PIUS [DE] ET AL) 25. Juni 1985 (1985-06-25) * Spalte 2, Zeile 17 - Zeile 30 * * Ansprüche 1-9 *	1-12	INV. C22C21/02 C22C21/08 C22F1/05
A	JP 56 123346 A (SHOWA ALUMINIUM CO LTD) 28. September 1981 (1981-09-28) * Zusammenfassung; Tabelle 1 *	1-12	
A	WO 02/38821 A (NORSK HYDRO AS [NO]; TUNDAL ULF [NO]; REISO ODDVIN [NO]) 16. Mai 2002 (2002-05-16) * Ansprüche 1-12; Abbildungen 1-4 *	4-11	
A	US 2007/051443 A1 (LUKASAK DAVID A [US] ET AL) 8. März 2007 (2007-03-08) * Absätze [0023] - [0028] *	4-11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C22C C22F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 3. August 2009	Prüfer González Junquera, J
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 09 00 1885

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

03-08-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4525326	A	25-06-1985	CA	1217663 A1	07-02-1987
			DE	3243371 A1	15-03-1984
			DE	3364381 D1	07-08-1986
			EP	0104139 A1	28-03-1984
			ES	8503034 A1	01-05-1985
			NO	833184 A	14-03-1984
			ZA	8306054 A	25-04-1984

JP 56123346	A	28-09-1981	JP	1424032 C	15-02-1988
			JP	62029502 B	26-06-1987

WO 0238821	A	16-05-2002	AU	1857002 A	21-05-2002
			NO	20005634 A	10-05-2002

US 2007051443	A1	08-03-2007	CN	101278067 A	01-10-2008
			EP	1926838 A1	04-06-2008
			JP	2009507133 T	19-02-2009
			WO	2007027629 A1	08-03-2007

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82