



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 486 426 B1**

12

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Veröffentlichungstag der Patentschrift: **02.08.95**

Int. Cl.⁶: **C22F 1/053**, C22F 1/04

Anmeldenummer: **91810842.4**

Anmeldetag: **30.10.91**

Superplastische Herstellung von Werkstücken.

Priorität: **12.11.90 CH 3582/90**

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.05.92 Patentblatt 92/21

Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
02.08.95 Patentblatt 95/31

Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR GB IT LI NL

Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 297 035
WO-A-90/11385
US-A- 4 486 244
US-A- 4 618 382

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 31,
Nr. 10, (C-363)(2275), 31. Juli 1986, & JP-
A-6156269

Patentinhaber: **Alusuisse-Lonza Services AG**
Postfach 428
CH-8212 Neuhausen am Rheinfall (CH)

Erfinder: **Schwellinger, Pius**
vor Hägin 10
W-7708 Tengen 4 (DE)
Erfinder: **Fernandez, Philippe**
Langrietstrasse 22
CH-8212 Neuhausen (CH)

EP 0 486 426 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur superplastischen Herstellung von Werkstücken aus einer knetbaren Aluminiumlegierung.

Superplastisch umformbare Aluminiumlegierungen sind seit langem bekannt. Wesentlichste Voraussetzung für eine superplastische Umformung ist die Feinkörnigkeit der umzuformenden Legierung. Bei superplastisch umgeformten Aluminiumblechen beispielsweise liegt die Korngrösse in der Praxis bei höchsten 25 μm , bevorzugt unter 10 μm . Weiter sollen die Körner nahezu globulitisch vorliegen. Schliesslich darf sich während einer superplastischen Umformung, welche in der Regel bei etwa 500 °C Metalltemperatur durchgeführt wird, auch keine wesentliche Vergröberung der regelmässig verteilten Körner einstellen.

Die plastische Dehnung einer superplastischen Aluminiumlegierung liegt bei ihrer optimalen Umformtemperatur meist im Bereich 400 bis 800%, also weit über den plastischen Dehnwerten üblicher Legierungen. Dies erlaubt bei wirtschaftlicher Fertigung aus einem Stück vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten in bezug auf Funktion und Design. Die vielfältigen Formen sind mit hoher Massgenauigkeit reproduzierbar, es tritt kein "Spring-back" ein. Besonders vorteilhaft wirken sich die einsetzbaren einfachen Werkzeuge aus, welche kostengünstig auch kleine und mittlere Fabrikationsserien erlauben und in kurzen Lieferzeiten herstellbar sind. Formänderungen können rasch und zu tragbaren Kosten durchgeführt werden.

Es sind zahlreiche binäre und ternäre Aluminiumlegierungen mit superplastischen Eigenschaften beschrieben worden, beispielsweise in der EP, A1 0297035, in Scripta Metallurgica, Vol. 20, Seiten 1721 bis 1726, 1986, Materials Science Forum, Vol. 13/14 (1987), Seiten 421 bis 428 und Metallurgical Transactions A, Vol. 17A, Juni 1986, Seiten 1035 bis 1041.

Bei den für eine superplastische Umformung geeigneten Aluminiumlegierungen ist im wesentlichen eine aufwendige thermomechanische Vorbehandlung erforderlich.

Superplastisches Vormaterial wird nach dem bekannten Stand der Technik in der industriellen Produktion als Walzprodukt mit einem hohen Kaltwalzgrad hergestellt. Bestimmte Anwendungen, wie beispielsweise als Hohlkörper ausgebildete Kraftstofftanke und Gasflaschen, bedingen eine lange Umformzeit und einen hohen Umformgrad. Weiter müssen in diesem Fall zwei Halbschalen miteinander verbunden werden.

Die Erfinder haben sich die Aufgabe gestellt, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, mit welchem die Herstellung von kompliziert gestalteten Werkstücken vereinfacht, die Umform-

zeit erniedrigt und der Umformgrad verringert wird. Die Werkstücke sollen einstückig hergestellt werden können.

Die Aufgabe wird nach einer ersten Ausführungsform erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass die Aluminiumlegierung nach dem Stranggiessen homogenisiert, durch Kaltkneten ohne Walzen superplastische, ähnlich wie die Werkstücke gestaltete Vorformen hergestellt und superplastisch zum Werkstück verformt werden.

Nach einer zweiten Ausführungsform wird die Aufgabe erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass die Aluminiumlegierung nach dem Stranggiessen homogenisiert, durch Warmkneten zu einem Vormaterial grossen Querschnitts verformt, durch Kaltkneten ohne Walzen superplastische, ähnlich wie die Werkstücke gestaltete Vorformen hergestellt und diese superplastisch zum Werkstück umgeformt werden.

Spezielle Ausführungsformen und Weiterausbildungen sind Gegenstand von abhängigen Patentansprüchen.

Unter einem Vormaterial grossen Querschnitts wird beispielsweise ein 1 bis 30 mm, insbesondere 4 bis 10 mm dickes Walzband, ein stranggepresstes Profil einer Wandstärke von 4 bis 10 mm und/oder ein stranggepresstes, rundes Voll- oder Rohrprofil eines Durchmessers von 10 bis 100 mm, insbesondere 30 bis 50 mm, verstanden. Diese Vormaterialien lassen sich unmittelbar anschliessend an die Herstellung oder nach einer Lagerung, also zu einem beliebigen Zeitpunkt, stückweise aufteilen.

Mit einer in ihrer Gestalt schon eine gewisse Ähnlichkeit mit dem superplastisch umgeformten Werkstück aufweisenden Vorform lassen sich in manchen Fällen ganze Arbeitsgänge, beispielsweise das Verbinden zweier Halbschalen, einsparen.

Von grossem Interesse sind beispielsweise AlMg- oder AlZnMg-Legierungen, welche dank der Bildung von aushärtenden Ausscheidungen zur Kalt- und Warmaushärtbarkeit und damit zu hohen Festigkeitswerten führen. Die Festigkeitswerte von AlZnMg-Legierungen können noch erhöht werden, indem Kupfer zugegeben wird, welche von der ALUSUISSE-LONZA AG als PERUNAL-Legierungen hergestellt und angeboten werden.

So kann eine aushärtbare Legierung mit 6 bis 10% Zink, 2 bis 4% Magnesium, 0 bis 3% Kupfer, 0 bis 0,3% Eisen, 0 bis 0,3% Zirkon, 0 bis 0,3% Chrom, 0 bis 0,3% Mangan, 0 bis 0,2% Silizium und 0 bis 0,2% Titan, Rest Aluminium handelsüblicher Reinheit, nach dem Stranggiessen durch Erwärmen und Halten homogenisiert und zu einem superplastischen Vormaterial grossen Querschnitts verformt werden. Hier und im übrigen werden unter den prozentualen Angaben stets Gewichtsprozente verstanden.

Die erwähnte AlZnMg-Legierung wird zweckmässig als Legierung mit 6,5 bis 7% Zink, 2,5 bis 3% Magnesium und 1,5 bis 3% Kupfer, Rest oben angegebene fakultative Elemente und Aluminium handelsüblicher Reinheit, eingesetzt. Eine solche AlZnMgCu-Legierung weist nicht nur eine ausserordentlich hohe Festigkeit auf, sie ist auch besonders einfach durch Kaltverformen in eine Vorform und dann durch superplastische Umformung in ein Werkstück umzuformen.

Die Legierung der gegossenen Formate wird vorzugsweise durch zweistufiges Erwärmen und Halten homogenisiert und nachher fakultativ abgekühlt:

- Nach einer ersten Variante wird eine zu Walzbarren vergossene AlZnMg-Legierung in einer ersten Homogenisierungsstufe während 4 bis 12 Stunden auf 440 bis 480 °C Metalltemperatur erwärmt und während wenigstens etwa 3 Stunden auf dieser Temperatur gehalten. In einer zweiten Homogenisierungsstufe wird die Legierung während 1 bis 6 Stunden auf 475 bis 495 °C erwärmt und bis etwa 6 Stunden auf dieser Temperatur gehalten. Nach dem fakultativen Abkühlen, nach kurzer oder längerer Zeit, kann die Legierung zum Warmwalzen während bis etwa 6 Stunden auf 350 bis 450 °C erwärmt und dann warm abgewalzt werden. Das als Warmwalzband ausgebildete Vormaterial wird bei einer Temperatur bis etwa 400 °C aufgehäuspelt oder aufgeteilt. Mit einer besonders günstigen Ausführungsform der ersten Variante wird die Legierung am Ende der ersten Homogenisierungsstufe auf etwa 465 bis 475 °C erwärmt, am Ende der zweiten Homogenisierungsstufe auf etwa 485 bis 495 °C. Zum Warmwalzen wird die Legierung, unmittelbar darauf oder nach einem Lagern des Barrens, auf eine Temperatur von etwa 400 bis 420 °C erwärmt. Das Warmwalzen erfolgt an eine Banddicke von wenigen Millimetern.
- Nach einer zweiten Variante wird eine zu Pressbolzen vergossene AlZnMg-Legierung, wie oben beschrieben, in zwei Stufen homogenisiert. Nach dem Abkühlen, unmittelbar darauf oder nach einem Lagern des Bolzens, wird die Legierung auf eine Metalltemperatur von 200 bis 420 °C erwärmt und stranggepresst. Als besonders geeignet für die AlZnMg-Legierungen haben sich Endtemperaturen der Homogenisierungsstufen von 465 bis 475 °C und 485 bis 495 °C erwiesen. Die homogenisierte Aluminiumlegierung wird für das Pressen von vorzugsweise auf 250 bis 390 °C erwärmt.

Ganz allgemein wird die Legierung eines gegossenen Formates, je nach Zusammensetzung durch ein- oder mehrstufiges Erwärmen und Halten homogenisiert, nachher abgekühlt.

Es ist weiter üblich und in den untersuchten Fällen von Vorteil, die homogenisierte Legierung der gegossenen Formate vor einem Warmwalzen und/oder Strangpressen, also dem Warmkneten und/oder dem Kaltkneten, zu heterogenisieren, vorzugsweise zwischen 300 und 400 °C. Dem z.B. bei AlZnMgCu-Legierungen nicht notwendigen Heterogenisieren folgt zweckmässig eine langsame Abkühlung.

Die gegossenen, wärmebehandelten Formate werden zur Bildung des Vormaterials bevorzugt mit einem Warmwalzgrad oder einem Verpressungsverhältnis von wenigstens 10:1 verformt.

Nach der ersten Ausführungsform, welche ein an das Homogenisieren anschliessendes Kaltpressen umfasst, wird das Vormaterial nicht aufgeteilt.

Nach der zweiten Ausführungsform erfolgt die Aufteilung des Vormaterials direkt nach dem Warmkneten, nach dem Abkühlen oder nach einer Lagerung, indem

- aus dem Warmwalzband Butzen oder Ronden ausgestanzt oder vom Warmwalzband Stücke abgelängt werden, oder
- vom warmgepressten Profil Stücke abgelängt werden.

Die kalten Butzen oder Ronden werden durch Kaltkneten (ohne Walzen) mit einem Umformgrad von wenigstens 4:1 verformt. Dabei werden die Butzen oder Ronden durch Kaltpressen, Kaltfliesspressen, Abstreckziehen oder Abstrecken zu becherförmigen Vorformen umgeformt, welche superplastische Eigenschaften aufweisen. Abgelängte Stücke können ebenfalls durch Fliesspressen oder Kaltstrangpressen zu einer Vorform mit superplastischen Eigenschaften, welche ähnlich wie das Werkstück gestaltet ist, verformt werden.

Vor dem superplastischen Umformen zum Werkstück kann die Vorform durch rasches Aufheizen feinkörnig rekristallisiert werden. Dies ist für die untersuchten Legierungen vorteilhaft, jedoch nicht notwendig. Das schnelle Aufwärmen zum Rekristallisieren erfolgt beispielsweise in einem Salzbad.

Das erfindungsgemässe Verfahren zur superplastischen Herstellung von Werkstücken zeichnet sich dadurch aus, dass dank ähnlicher Vorformen mit superplastischen Eigenschaften die Umformzeit und der Umformgrad wesentlich verkleinert werden können, was eine rationellere Fertigung als beim konventionellen SPF ergibt. Besonders einfach können Hohlkörper gefertigt werden, indem ein Fliesspressteil in einer Form superplastisch aufgeblasen wird. Auch das Produkt wird verbessert, indem keine Innenfalten bestehen, was bessere

mechanische Eigenschaften ergibt. Schliesslich können durch Variation der Dicke unterschiedlicher Profilsegmente einer superplastischen Vorform die Wandstärke des Werkstücks genauer an die technischen Erfordernisse angepasst werden als bei superplastischem Blech als Ausgangsmaterial.

Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Beispiel 1

Eine Aluminiumlegierung mit 6,9% Zink, 2,7% Magnesium, 1,7% Kupfer, 0,18% Mangan, 0,14% Zirkon, 0,08% Silizium und 0,08% Eisen wird in einem konventionellen Stranggussverfahren zu Pressbolzen von 220 mm Durchmesser vergossen.

Nach dem Entfernen der Gushaut und dem Ablängen werden die Bolzen während etwa 5 Stunden auf eine erste Homogenisierungstemperatur von 450 °C gebracht und während etwa 6 Stunden auf dieser Temperatur gehalten. In einem zweiten Homogenisierungsschritt wird die Metalltemperatur während 3 Stunden auf 470 °C erhöht und während 18 Stunden auf dieser Temperatur gehalten. Dann werden die Bolzen an ruhender Luft abgekühlt.

Die homogenisierten Bolzen werden innerhalb weniger Minuten induktiv auf eine Presstemperatur von 380 °C angewärmt und mit einer Geschwindigkeit von 1,5 m/min zu Rundstangen eines Durchmessers von 40 mm verpresst.

Die Rundstangen werden zu 5 mm dicken Rondellen abgelängt, was im Sinne der vorliegenden Erfindung als Aufteilen bezeichnet wird.

Das Kaltfliesspressen der Rondellen erfolgt in zu einer als einseitig geschlossener Zylinder ausgebildeten Vorform. Diese wird in einem Salzbad während etwa 10 Minuten bei 470 °C rekristallisiert bzw. lösungsgeglüht und dann im Wasser abgekühlt.

Eine metallographische Prüfung ergab eine Korngrösse von etwa 10 µm, was zu superplastischen Eigenschaften führt. Die superplastische Umformung zum Erreichen des Werkstücks erfolgt unmittelbar nach dem Abkühlen oder nach einer Lagerung der Vorformen.

Beispiel 2

Eine Aluminiumlegierung mit 6,7% Zink, 2,8% Magnesium, 1,7% Kupfer, 0,13% Eisen, 0,12% Zirkon, 0,06% Silizium, 0,02% Mangan, 0,02% Chrom und 0,02% Titan wird mittels elektromagnetischer Stranggiesskokillen zu Walzbarren üblichen Formats vergossen. Die von der Gushaut befreiten, abgelängten Formate werden 11 Stunden auf eine erste Homogenisierungstemperatur von 465 °C erwärmt und während 3 Stunden auf dieser Tempe-

ratur gehalten. In einer zweiten Homogenisierungsstufe wird die Metalltemperatur während 5 Stunden auf 480 °C erhöht und die Endtemperatur während 6 Stunden gehalten. Zum Warmwalzen wird ein homogenisierter Barren während 4 Stunden auf eine Metalltemperatur von 410 °C angewärmt und mit dieser Eingangstemperatur warm an 4,5 mm abgewalzt. Aus dem Walzband werden Butzen ausgestanzt und wie in Beispiel 1 weiterbehandelt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur superplastischen Herstellung von Werkstücken aus einer knetbaren Aluminiumlegierung, dadurch gekennzeichnet, dass die Aluminiumlegierung nach dem Stranggiesen homogenisiert, durch Kaltkneten (ohne Walzen) superplastische, ähnlich wie die Werkstücke gestaltete Vorformen hergestellt und superplastisch zum Werkstück verformt werden.
2. Verfahren zur superplastischen Herstellung von Werkstücken aus einer pressbaren Aluminiumlegierung, dadurch gekennzeichnet, dass die Aluminiumlegierung nach dem Stranggiesen homogenisiert, durch Warmkneten zu einem Vormaterial grossen Querschnitts verformt, durch Kaltkneten (ohne Walzen) superplastische, ähnlich wie die Werkstücke gestaltete Vorformen hergestellt und diese superplastisch zum Werkstück umgeformt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung der gegossenen Formate durch stufenweises Erwärmen und Halten homogenisiert und nachher fakultativ abgekühlt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die homogenisierte Legierung der gegossenen Formate vor dem Warmkneten und/oder vor dem Kaltkneten heterogenisiert wird, vorzugsweise zwischen 300 und 400 °C.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die gegossenen Formate mit einem Warmwalzgrad oder einem Verpressungsverhältnis von wenigstens 10:1 verformt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das warmgeknetete Material aufgeteilt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das warmgewalzte Vormaterial durch Ausstanzen von butzen oder Ronden oder durch Ablängen, das warmgepresste Vormaterial durch Ablängen aufgeteilt wird. 5
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Kaltkneten ohne Walzen mit einem Umformgrad von wenigstens 4:1 erfolgt. 10
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Kaltkneten ohne Walzen als Kaltpressen, Kaltfliesspressen, Abstreckziehen oder Abstrecken durchgeführt wird. 15
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorform vor dem superplastischen Umformen zum Werkstück durch rasches Aufheizen feinkörnig rekristallisiert wird. 20

Claims

1. Method for the superplastic manufacture of workpieces from a ductile aluminium alloy, characterised in that the aluminium alloy is homogenised after continuous casting, and superplastic preforms of similar shape to the workpieces are made by cold working without rolls and deformed superplastically into the workpiece. 25 30
2. Method for the superplastic manufacture of workpieces from a pressable aluminium alloy, characterised in that the aluminium alloy is homogenised after continuous casting, deformed by hot working to form an input stock of large cross-section, superplastic preforms of similar shape to the workpieces are made by cold working without rolls, and these are reshaped superplastically into the workpiece. 35 40
3. Method according to claim 1 or 2, characterised in that the alloy with the cast formats is homogenised by two-stage heating and standing and then optionally cooled down. 45
4. Method according to claim 2 or 3, characterised in that the homogenised alloy with the cast formats is heterogenised before hot working and/or before cold working, preferably between 300 °C and 400 °C. 50
5. Method according to any of claims 2 to 4, characterised in that the cast formats are deformed with a degree of hot rolling or a press-

ing ratio of at least 10:1.

6. Method according to any of claims 2 to 5, characterised in that the hot-worked material is divided up.
7. Method according to claim 6, characterised in that the hot-rolled input stock is divided up by punching out slugs or rounds or the hot-pressed input stock is divided up by cutting to length.
8. Method according to any of claims 1 to 7, characterised in that cold working takes place without rolls with a degree of reshaping of at least 4:1.
9. Method according to any of claims 1 to 8, characterised in that cold working is carried out without rolls as cold pressing, cold extrusion, ironing or drawing.
10. Method according to any of claims 1 to 9, characterised in that before superplastic reshaping into the workpiece, the preform is recrystallised with fine grain by rapid heating.

Revendications

1. Procédé pour la préparation superplastique de pièces à usiner à partir d'un alliage d'aluminium pétrissable, caractérisé, en ce que l'alliage d'aluminium est homogénéisé après la coulée continue, des ébauches superplastiques façonnées de manière similaire aux pièces à usiner sont préparées par pétrissage à froid sans rouleaux et superplastiquement déformées en pièces à usiner.
2. Procédé pour la préparation superplastique de pièces à usiner à partir d'un alliage d'aluminium comprimable, caractérisé en ce que l'alliage d'aluminium est homogénéisé après la coulée continue, est déformé par pétrissage à chaud en un produit de départ de grande section transversale, des ébauches superplastiques façonnées de manière similaire aux pièces à usiner sont préparées par pétrissage à froid sans rouleaux et celles-ci superplastiquement transformées en pièces à usiner.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'alliage des formats coulés est homogénéisé par chauffage et maintien à la température par étapes et ensuite facultative-

ment refroidi.

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, caracté-
risé en ce que l'alliage homogénéisé des for-
mats coulés est hétérogénéisé avant le pétris-
sage à chaud et/ou avant le pétrissage à froid,
de préférence entre 300 et 400 ° C. 5
5. Procédé selon l'une quelconque des revendi-
cations 2 à 4, caractérisé en ce que les for-
mats coulés sont déformés avec un taux de
laminage à chaud ou un rapport de compres-
sion d'au moins 10 : 1. 10
6. Procédé selon l'une quelconque des revendi-
cations 2 à 5, caractérisé en ce que le maté-
riau pétri à chaud est réparti. 15
7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé
en ce que le produit de départ laminé à chaud
est réparti par découpe à la matrice de pastil-
les ou de ronds ou par mise à la longueur, le
matériau de départ comprimé à chaud par
mise à la longueur. 20
8. Procédé selon l'une quelconque des revendi-
cations 1 à 7, caractérisé en ce que le pétris-
sage à froid sans rouleaux s'effectue avec un
taux de déformation d'au moins 4 : 1. 25
9. Procédé selon l'une quelconque des revendi-
cations 1 à 8, caractérisé en ce que le pétris-
sage à froid sans rouleaux est réalisé comme
une compression à froid, une extrusion à froid,
un étirage ou un allongement. 30
10. Procédé selon l'une quelconque des revendi-
cations 1 à 9, caractérisé en ce que l'ébauche
est recristallisée en grains fins par échauffe-
ment rapide avant la déformation superplasti-
que en pièce à usiner. 35

45

50

55