



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

11

641 495

<p>21 Gesuchsnummer: 6809/79</p> <p>22 Anmeldungsdatum: 23.07.1979</p> <p>30 Priorität(en): 04.08.1978 US 931037</p> <p>24 Patent erteilt: 29.02.1984</p> <p>45 Patentschrift veröffentlicht: 29.02.1984</p>	<p>73 Inhaber: Schweizerische Aluminium AG, Chippis, Zustelladresse, Neuhausen am Rheinfall</p> <p>72 Erfinder: Ivan Gyöngyös, Männedorf Kurt Buxmann, Sierre Martin Bolliger, Sierre Willi Kerth, Flurlingen Kurt Neufeld, Zürich</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

54 Verfahren zur Herstellung eines zipfelarmen Bandes aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung.

57 Bei einem Verfahren zur Herstellung eines zipfelarmen Bandes aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung wird die Metallschmelze auf einer Bandgiessmaschine mit mitlaufenden Kokillen kontinuierlich derart zu einem Band vergossen, dass die Zellgrösse im Bereich der Gussbandoberfläche zwischen 2 und 25 μm und im Bereich der Gussbandmitte zwischen 20 und 120 μm liegt. Das Gussband wird kontinuierlich mit Giessgeschwindigkeit in einem Temperaturbereich zwischen 300°C und der Ungleichgewicht-Solidustemperatur der Legierung warm um mindestens 70 % abgewalzt, warm aufgehaspelt, an Luft erkalten gelassen und anschliessend kaltgewalzt.

Um die bei der Herstellung von tiefgezogen und abgestreckten Hohlkörpern wie Dosen und dergleichen unerwünschte Zipfelbildung möglichst gering zu halten, wird das Kaltwalzen bevorzugt derart ausgeführt, dass das Warmwalzband in einer ersten Stichserie auf eine Zwischendicke kaltgewalzt, anschliessend während maximal 90 s in einem Temperaturbereich zwischen 350 und 500°C geglüht und in einer zweiten Stichserie auf Enddicke kaltgewalzt wird.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Herstellung eines zipfelarmen Bandes aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, insbesondere einer Legierung des Typs AlMgMn, mittels Bandgiessmaschinen, dadurch gekennzeichnet, dass

A) die Metallschmelze auf einer Bandgiessmaschine mit mitlaufenden Kokillen kontinuierlich derart zu einem Band vergossen wird, dass die Zellgrösse bzw. der Dendritenarmabstand im Bereich der Gussbandoberflächen zwischen 2 und 25 µm, und im Bereich der Gussbandmitte zwischen 20 und 120 µm, liegt,

B) das Gussband mit Giessgeschwindigkeit kontinuierlich, gegebenenfalls unter Zufuhr weiterer Wärme, in einem Temperaturbereich zwischen 300 °C und der Ungleichgewicht-Solidustemperatur der Legierung warm um mindestens 70% abgewalzt wird,

C) das Warmwalzband warm aufgehspelt und an der Luft auf Raumtemperatur erkalten gelassen wird, und

D) das erkalte Warmwalzband auf Enddicke kaltgewalzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zellgrösse bzw. der Dendritenarmabstand im Bereich der Gussbandoberfläche zwischen 5 und 15 µm, im Bereich der Gussbandmitte zwischen 50 und 80 µm liegt.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Gussband nach Erstarrungsbeginn während 2 bis 15 min in einem Temperaturbereich zwischen 400 °C und der Liquidustemperatur der Legierung gehalten wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Gussband nach Erstarrungsbeginn während 10 bis 50 s in einem Temperaturbereich zwischen 500 °C und der Liquidustemperatur der Legierung gehalten wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Warmwalz-Starttemperatur zwischen der Ungleichgewicht-Solidustemperatur der Legierung und 150 °C unter dieser Ungleichgewicht-Solidustemperatur liegt und die Temperatur am Walzende mindestens 280 °C, vorzugsweise mindestens 300 °C, beträgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Warmwalz-Starttemperatur mindestens 440 °C, vorzugsweise mindestens 490 °C, beträgt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Kaltwalzen auf Enddicke derart durchgeführt wird, dass

A) das erkalte Warmwalzband in einer ersten Stichserie auf eine Zwischendicke kaltgewalzt wird,

B) das auf Zwischendicke kaltgewalzte Band einer kurzzeitigen Zwischenglühung in einem Temperaturbereich von 350 bis 500 °C während einer aus Aufheiz-, Glüh- und Abkühlzeit zusammengesetzten Zeitdauer von maximal 90 s unterworfen wird, und

C) das kurzzeitig geglühte Band in einer zweiten Stichserie auf Enddicke kaltgewalzt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Kaltwalzen auf Zwischendicke mit einer Dickenreduktion von mindestens 50%, vorzugsweise mindestens 65%, erfolgt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Kaltwalzen des kurzzeitig geglühten Bandes auf Enddicke mit einer Dickenreduktion von maximal 75% erfolgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass bei der kurzzeitigen Zwischenglühung die Aufheizzeit maximal 30 s, vorzugsweise 4 bis 15 s, die Glühzeit 3 bis 30 s und die Abkühlzeit auf Raumtemperatur maximal 25 s, vorzugsweise 3 bis 15 s, beträgt.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines zipfelarmen Bandes aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, insbesondere einer Legierung des Typs AlMgMn, mittels Bandgiessmaschinen, welches Band insbesondere zur Herstellung von tiefgezogen und abgestreckten Hohlkörpern wie Dosen und dergleichen geeignet ist.

In den letzten Jahren haben sich AlMgMn-Legierungen in der Form kaltgewalzter Bänder vor allem zur Herstellung von tiefgezogen und abgestreckten Getränkedosen durchgesetzt.

Zur Herstellung von tiefziehfähigen Bändern für Getränkedosen sind eine Reihe von Verfahren bekannt. So wird das Aluminium mittels bekannter Giessverfahren wie horizontales bzw. vertikales Stranggiessen oder Bandgiessen vergossen und anschliessend weiterverarbeitet. Ein derartiges Verfahren mit den folgenden Verfahrensschritten ist aus der US-PS 3 787 248 (Setzer et al.) bekannt:

A) Giessen einer AlMgMn-Legierung,

B) Homogenisieren dieser Legierung bei einer Temperatur zwischen 455 °C und 620 °C während 2 bis 24 Stunden,

C) Warmwalzen, ausgehend von einer Starttemperatur zwischen 345 °C und 510 °C mit einer Dickenreduktion von mindestens 20%,

D) Weiterwalzen, ausgehend von einer Starttemperatur zwischen 205 °C und 430 °C mit einer Dickenreduktion von mindestens 20%,

E) Weiterwalzen, ausgehend von einer Starttemperatur von weniger als 205 °C, mit einer Dickenreduktion von mindestens 20%.

F) Halten der Legierung auf einer Temperatur zwischen 95 °C und 230 °C während wenigstens 5 Sekunden, jedoch nicht länger als der Gleichung

$$T(10 + \log t) = 12\,500$$

entsprechend, wobei T die Temperatur in Kelvin und t die maximale Zeit in Minuten ist.

Obwohl sich das in obiger Patentschrift offenbarte Verfahren zur Herstellung von Bändern für die Fertigung von Dosen bewährt hat, hat es sich herausgestellt, dass das nach diesem Verfahren hergestellte Band insofern nicht voll befriedigt, als das Material zu starker Zipfelbildung führt.

Ein weiteres bekanntes Verfahren ist in Light Metal Age, Vol 33, 1975, Dezember, Seiten 28–33, beschrieben. Im erwähnten Artikel wurde das Band mittels eines Bandgiessverfahrens hergestellt und anschliessend für die Verwendung in der Dosenfabrikation weiterverarbeitet. Ein wesentliches Problem bei der Herstellung von Bändern mittels Bandgiessmaschinen besteht darin, dass die Zellgrösse bzw. der Dendritenarmabstand an der Gussbandoberfläche zu gross ist. Als Folge dieses zu grossen Dendritenarmabstandes weist das Gussband eine grosse Oberflächenporosität auf, was am fertig gewalzten Band zu Rissen führen kann. Im weiteren besteht bei zu grossem Dendritenarmabstand an der Oberfläche die Gefahr der Oberflächenseigerung, was zu einer qualitativ schlechten Oberfläche des fertig gewalzten Bandes und dementsprechend zu Schwierigkeiten beim Tiefziehen und Abstrecken führt.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, welches unter Verwendung einer Bandgiessmaschine die Herstellung eines zur Fertigung von tiefgezogen und abgestreckten Hohlkörpern wie Dosen und dergleichen geeigneten, zipfelarmen Bandes aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung ermöglicht.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass

A) die Metallschmelze auf einer Bandgiessmaschine mit mitlaufenden Kokillen kontinuierlich derart zu einem Band vergossen wird, dass die Zellgrösse bzw. der Dendritenarmabstand im Bereich der Gussbandoberfläche zwischen 2 und 25

µm, vorzugsweise zwischen 5 und 15 µm, und im Bereich der Gussbandmitte zwischen 20 und 120 µm, vorzugsweise zwischen 50 und 80 µm, liegt,

B) das Gussband mit Giessgeschwindigkeit kontinuierlich, gegebenenfalls unter Zufuhr weiterer Wärme, in einem Temperaturbereich zwischen 300 °C und der Ungleichgewicht-Solidustemperatur der Legierung warm um mindestens 70% abgewalzt wird, wobei unter dem Begriff Ungleichgewicht-Solidustemperatur diejenige, von der herrschenden Abkühlgeschwindigkeit abhängigen Temperatur zu verstehen ist, unterhalb welcher das Band über den gesamten Gussquerschnitt erstarrt ist; und

C) das Warmwalzband warm aufgehaspelt und an Luft auf Raumtemperatur erkalten gelassen wird, und

D) das erkaltete Warmwalzband auf Enddicke kaltgewalzt wird.

Überraschend hat sich gezeigt, dass das nach dem erfindungsgemässen Verfahren verarbeitete Material verbesserte physikalische Eigenschaften aufweist, was in einer erhöhten Festigkeit und in einem verbesserten Zipfelbildungsverhalten zum Ausdruck kommt. Auf diese Eigenschaften wird weiter unten näher eingegangen.

Als besonders geeignet zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens hat sich die Legierung AA 3004 mit der folgenden Zusammensetzung erwiesen:

Magnesium	0,8	- 1,3 %
Mangan	1,0	- 1,5 %
Eisen	max.	0,7 %
Silizium	max.	0,3 %
Kupfer	max.	0,25%
Zink	max.	0,25%

Das erfindungsgemässe Verfahren führt gegenüber konventionellen Verfahren bei der Legierung AA 3004 zu verbesserten Eigenschaften.

Eine weitere, zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens besonders geeignete Legierung ist wie folgt charakterisiert:

- Gesamtgehalt an Magnesium und Mangan 2,0 bis 3,3%
- Gesamtgehalt der restlichen Legierungselemente und Verunreinigungen max. 1,5%
- Gewichts-Verhältnis Magnesium und Mangan 1,4:1 bis 4,4:1.

Trotz des hohen Gesamtgehaltes an mischkristallhärtenden Legierungselementen Magnesium und Mangan erfährt das Umformverhalten dieser Legierung, insbesondere die Tiefziehfähigkeit und das Zipfelbildungsverhalten, gegenüber konventionellen AlMgMn-Legierungen keine wesentlichen Änderungen. Der Gesamtgehalt an Mangan und Magnesium liegt vorzugsweise zwischen 2,3 und 3,0%. Der mischkristallhärtende, kombinierte Einfluss von Mangan und Magnesium entspricht annähernd demjenigen des Magnesiums einer Legierung aus der 5xxx Serie. Weiter hat sich gezeigt, dass das Verhältnis Magnesium zu Mangan bevorzugt im Bereich von 1,8:1 bis 3,0:1 gehalten wird. Der Gehalt an Kupfer wird bevorzugt auf 0,3% begrenzt. Es hat sich weiter als günstig erwiesen, wenn der Legierung 0,1 bis 0,5% Silizium und 0,1 bis 0,65% Eisen zugegeben wird. Ein Zusatz von maximal 0,15% Titan und/oder 0,15% Vanadium ist ebenfalls vorteilhaft.

Ein überraschender Vorteil des erfindungsgemässen Verfahrens liegt darin, dass es die Herstellung von Bandmaterial aus Aluminiumlegierungen mit hoher Konzentration an mischkristallhärtenden Legierungselementen unter Beibehaltung ausgezeichneter Tiefzieheigenschaften sowie mit verbessertem Zipfelbildungsverhalten ermöglicht. Es ist ein wesentlicher Vorteil, dass nach dem erfindungsgemässen Verfahren hergestelltes Material bessere Zipfelbildung-, Festigkeits- und

Tiefzieheigenschaften aufweist als auf konventionelle Weise hergestelltes Material.

Zur Erzielung der oben angeführten, erfindungswesentlichen Bereiche der Zellgrössen bzw. der Dendritenarmabstände hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, das Gussband nach Erstarrungsbeginn während 2 bis 15 min in einem Temperaturbereich zwischen 400 °C und der Liquidustemperatur der Legierung zu halten. Es ist überdies von Vorteil, wenn das Gussband nach Erstarrungsbeginn während 10 bis 50 s in einem Temperaturbereich zwischen 500 °C und der Liquidustemperatur der Legierung gehalten wird.

Durch die kontrollierte Abkühlungsgeschwindigkeit des Gussbandes nach Erstarrungsbeginn werden die gewünschten Dendritenarmabstände leicht erreicht. Es wurde weiter gefunden, dass durch die beim erfindungsgemässen Verfahren erzielte, relativ langsame Abkühlungsgeschwindigkeit eine optimale Verteilung der unlöslichen Heterogenitäten im Gussband entsteht, was sich vorteilhaft auf das spätere Kaltwalzen auswirkt.

Durch die relativ lange Verweilzeit des erstarrten Gussbandes bei hoher Temperatur wird die Giesswärme für diffusionsgesteuerte Umwandlungen wie

- Einförmung der Gussheterogenitäten
- Ausgleich der Mikroseigerungen (Kornseigerungen)
- Umwandlung von Ungleichgewichtsphasen in Gleichgewichtsphasen ausgenützt. So kann beim erfindungsgemässen Bandgiessverfahren die bei konventionellen Verfahren übliche Homogenisierungsglühung entfallen.

Nach einer besonders vorteilhaften Durchführungsart des erfindungsgemässen Verfahrens liegt die Warmwalz-Starttemperatur zwischen der Ungleichgewicht-Solidustemperatur der Legierung und 150 °C unter dieser Ungleichgewicht-Solidustemperatur, und die Temperatur am Walzende beträgt mindestens 280 °C, vorzugsweise mindestens 300 °C.

Um die im Hinblick auf die direkte Verarbeitung von Bandgussprodukten zu Dosen und dergleichen unerwünschten Eigenschaften wie zu hohe Zipfelbildung gering zu halten, muss insbesondere darauf geachtet werden, dass die Warmumformung bei genügend hoher Temperatur erfolgt. Demzufolge beträgt die Warmwalz-Starttemperatur vorteilhafterweise mindestens 440 °C, vorzugsweise mindestens 490 °C.

Erst die erfindungsgemässe Warmumformung bei der geforderten Temperatur und mit dem geforderten Umformgrad garantiert eine genügende Durchknetung des Bandes, die bewirkt, dass die Nachteile einer fehlenden Homogenisierung in der Qualität des Endproduktes nicht ihren Niederschlag finden.

Wie bereits erwähnt, gewährleistet erst ein Warmumformgrad von mindestens 70% bei möglichst hoher Starttemperatur dieselben günstigen Eigenschaften des Endproduktes, d.h. des Bandes, wie sie mit konventionellen Verfahren erzielt werden.

Als einer der wesentlichen Punkte des erfindungsgemässen Verfahrens ist das an die Warmumformung anschliessende Warmhaspeln des gewalzten Bandes und das darauffolgende Erkaltenlassen des Coils an ruhiger Luft zu sehen. Als besonders günstig hat sich in diesem Zusammenhang, wie bereits oben erwähnt, eine Warmwalz-Endtemperatur von mindestens 280 °C, vorzugsweise mindestens 300 °C erwiesen. Die in den warmgehaspelten Coils gespeicherte Wärme erlaubt das Ausscheiden der langsam ausscheidenden intermetallischen Phasen, und bewirkt gleichzeitig eine gewisse, für das nachfolgende Kaltwalzen günstige Entfestigung. Es wurden auch Anzeichen für eine, wenn auch geringe, in diesem Verfahrensstand ablaufende Rekristallisation gefunden, die sich durch Abbau der Walztextur insbesondere auf die Reduktion der Zipfelbildung in 45° zur Walzrichtung bei der Verarbeitung der Bänder zu Dosen und dergleichen günstig auswirkt.

Das Kaltwalzen des warmgewalzten und aufgehäpften Bandes auf Enddicke kann auf beliebige Weise erfolgen.

Es hat sich jedoch als besonders vorteilhaft erwiesen, das Kaltwalzen auf Enddicke derart durchzuführen, dass

A) das erkaltete Warmwalzband in einer ersten Stichserie auf eine Zwischendicke kaltgewalzt wird,

B) das auf Zwischendicke kaltgewalzte Band einer kurzzeitigen Zwischenglühung in einem Temperaturbereich von 350 bis 500 °C während einer aus Aufheiz-, Glüh- und Abkühlzeit zusammengesetzten Zeitdauer von maximal 90 s unterworfen wird, und

C) das kurzzeitig geglühte Band in einer zweiten Stichserie auf Enddicke kaltgewalzt wird.

Vorteilhafterweise beträgt dabei die Dickenreduktion beim Kaltwalzen auf Zwischendicke mindestens 50%, vorzugsweise mindestens 65%, und die Dickenreduktion beim Kaltwalzen des zwischengeglühten Bandes auf Enddicke maximal 75%.

Es hat sich des weiteren als vorteilhaft erwiesen, wenn bei der kurzzeitigen Zwischenglühung die Aufheizzeit maximal 30 s, vorzugsweise 4 bis 15 s, die Glühzeit 3 bis 30 s und die Abkühlzeit auf Raumtemperatur maximal 25 s, vorzugsweise 3 bis 15 s, beträgt.

Durch diese Zwischenglühung kann die Zipfelbildung in 45° zur Walzrichtung am Fertigband wesentlich vermindert werden. Eine geringere Zipfelbildung beim Tiefziehen und Abstrecken bedeutet insbesondere bei der letzten Operation einen Vorteil in dem Sinne, dass der Abstreckvorgang zentrisch ablaufen kann und nicht durch zu hohe Zipfel asymmetrisch beeinflusst wird.

Durch diese Zwischenglühung wird im Vergleich zu üblichen Zwischenglühungen mit langsamem Aufheizen und Abkühlen und längerer Glühdauer,

a) die Walztextur des kaltgewalzten Bandes etwas stärker abgebaut, dabei aber

b) die Festigkeit in geringerem Masse gesenkt.

Die zweite Kaltwalzserie, die durch Kaltverfestigung die gewünschte Endfestigkeit des Bandes erzeugen soll, führt dank der Erscheinung a) zu einer weniger ausgeprägten Walztextur und kann dank dem Phänomen b) ausserdem noch mit einem reduzierten Kaltverformungsgrad durchgeführt werden, was den Aufbau der Walztextur nochmals verringert. Eine geringere Walztextur hat kleinere Zipfel in 45° zur Walzrichtung zur Folge.

Zeit und Temperatur für die Zwischenglühung hängen innerhalb des angegebenen Bereiches etwa nach einer Gleichung vom Typus

$$\ln t = A/T - C$$

von einander ab, wobei t die Zeit in s, T die Temperatur in °K, und A und C Konstanten sind; d.h. bei höheren Temperaturen sind entsprechend geringere Behandlungszeiten erforderlich.

Die Vorteilhaftigkeit des erfindungsgemässen Verfahrens wird nachstehend anhand einer schematischen Zeichnung sowie Beispielen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Zeichnung der beim erfindungsgemässen Verfahren verwendeten Bandgiessmaschine

Einzelheiten über die im erfindungsgemässen Verfahren verwendete Bandgiessmaschine findet man in den US-PS 3 709 281, 3 744 545, 3 759 313, 3 774 670 und 3 835 917. Gemäss Fig. 1 bilden umlaufende Kokillen (1) zwei Raupen, welche in entgegengesetzter Richtung rotieren und so einen

Giessspalt (2) formen, in welchem die Aluminiumlegierung aus einem Giesstrog (3) durch ein thermisch isoliertes, hier nicht im Detail gezeigtes Düsensystem (4) fliesst. Das flüssige Metall kühlt sich beim Kontakt mit den Kokillen ab und erstarrt zu einem Gussband (5), welches anschliessend die Vor-schubrollen (6) durchläuft. Während des Erstarrungs- und Abkühlvorganges bewegt sich das Gussband zusammen mit den Kokillen bis das Gussband aus dem Giessspalt austritt, wo die Kokillen sich vom Gussband abheben und an einem

Kühlaggregat (7) vorbei zum Giessspalt zurücklaufen.

Es hat sich herausgestellt, dass die gewünschten Dendritenarmabstände und die Verteilung der Heterogenitäten im Gefüge durch die Steuerung der Abkühlungsgeschwindigkeit und damit der Erstarrungsgeschwindigkeit des Gussbandes während des Durchlaufes durch den Giessspalt erreicht werden können. Beim Abkühlen der Aluminiumlegierungen vom flüssigen Zustand sind zwei Temperaturbereiche von Bedeutung. Der erste Temperaturbereich liegt zwischen Liquidus und Solidus der Aluminiumlegierung, der zweite Temperaturbereich zwischen dem Solidus und einer Temperatur von etwa 100 °C unterhalb des Solidus. Die Aufenthaltsdauer im Bereich zwischen Liquidus und Solidus steuert den mittleren Sekundärdendritenarmabstand, währenddem die Aufenthaltsdauer im Bereich zwischen Solidus und einer Temperatur von etwa 100 °C unterhalb des Solidus die Einformung der Gusheterogenitäten, den Ausgleich der Kornseigerungen und die Umwandlung von Ungleichgewichtsphasen zu Gleichgewichtsphasen steuert.

Die Abkühlgeschwindigkeit des Gussbandes beim Durchlauf durch den Giessspalt einer Bandgiessmaschine wie sie in Fig. 1 dargestellt ist wird durch die Steuerung verschiedener Verfahrens- und Produktparameter gesteuert. Die wichtigsten dieser Parameter sind Gussmaterial, Banddicke, Kokillenwerkstoff, Länge des Giessspaltes, Giessgeschwindigkeit und Wirkungsgrad des Kokillen-Kühlsystems.

Beispiel 1

Beim Abkühlen von Guss sind, wie schon erwähnt, zwei verschiedene Bereiche von Bedeutung, nämlich

– der Temperaturbereich zwischen Liquidus und Solidus

ΔT_{LS}

– der Temperaturbereich $\Delta T_{S,S-100}$ zwischen Solidus und einer Temperatur ca. 100 °C unter dem Solidus.

Die Aufenthaltsdauer im Bereich ΔT_{LS} steuert den mittleren Dendritenarmabstand bzw. die Zellgrösse. Dagegen steuert die Aufenthaltsdauer im Bereich $\Delta T_{S,S-100}$ diverse Umwandlungen des Gussgefüges, insbesondere

– Einformung der Gusheterogenitäten

– Ausgleich der Mikroseigerungen (Kornseigerung)

– Umwandlung von Ungleichgewichtsphasen in Gleichgewichtsphasen.

Die Legierung AA 3004 wurde sowohl nach dem Bandgiessverfahren der vorliegenden Erfindung wie auch nach konventionellem Stranggiessverfahren gegossen. Das Bandgiessverfahren gemäss vorliegender Erfindung wurde auf einer der Fig. 1 entsprechenden Bandgiessmaschine durchgeführt, wobei die Giessgeschwindigkeit 3 m/min betrug. Die Temperatur des Bandes betrug bei Erstarrungsbeginn 650 °C, fiel innerhalb von 35 s auf 500 °C und erreichte eine Temperatur von 400 °C nach 6 min.

In Tabelle I sind die Zellgrössen des Gussbandes und des Stranggussformates zusammengestellt. Die zugehörigen Zeitabstände ΔT_{LS} und $\Delta T_{S,S-100}$ wurden aus den entsprechenden Zellgrössen grob abgeschätzt.

Tabelle I

Gussprodukt	Zellgrösse (μm)	$t_{\Delta T_{LS}}$ (s)	$t_{\Delta T_{S,S-100}}$ (s)
erfindungsgemässer Bandguss-Oberfläche	15	5	120
erfindungsgemässer Bandguss-Mitte	50	20	120
Strangguss-Oberfläche überfräst	30	15	5
Strangguss-Mitte	70	80	15

Wie aus Tabelle I hervorgeht, befindet sich das nach dem erfindungsgemässen Verfahren hergestellte Gussband wesentlich länger in einem Temperaturbereich, wo diffusionsgesteuerte Umwandlungen möglich sind, als konventioneller Strangguss. Daher sind in einem derartigen Bandguss-Gefüge die betreffenden Umwandlungen weiter fortgeschritten als im konventionellen Stranggussgefüge. Im Vergleich zum Stranggussprodukt hat das erfindungsgemäss hergestellte Gussband zudem eine stärkere Homogenisierung des Gefüges erhalten.

Speziell an der Gussoberfläche sind die diffusionsgesteuerten Ausgleichsvorgänge besonders weit fortgeschritten, da diese Vorgänge wegen der geringen Diffusionswege umso schneller ablaufen, je feinzelliger der Guss erstarrt. Dies zeichnet den feinzelligen, erfindungsgemäss hergestellten Bandguss gegenüber grobzelligerem Strangguss aus.

Beispiel 2

Die in Tabelle II aufgeführten AlMgMn-Legierungen A und B wurden mittels einer Bandgiessmaschine zu 20 mm dicken Bändern vergossen, in Linie mit der Bandgiessmaschine in zwei Stichen warmgewalzt und die Bänder anschliessend warm aufgehaspelt.

Tabelle IV

Zwischenglühlung	0,2%-Streckgrenze		Zipfelbildung
	vor Kaltwalzen auf 0,34 mm	nach Kaltwalzen auf 0,34 mm	
A a)	71 MPa	261 MPa	3,0%
	87 MPa	274 MPa	2,4%
B a)	88 MPa	266 MPa	1,8%
	104 MPa	278 MPa	1,2%

Aus Tabelle IV geht deutlich hervor, dass durch die Kurzzeitwärmebehandlung gegenüber der konventionellen Zwischenglühlung trotz höherer Festigkeit die Zipfelbildung vermindert wird.

Beispiel 3

Wird das Stichprogramm zum Kaltwalzen so gewählt, dass nach der Kurzzeitwärmebehandlung die gleiche Endfestigkeit resultiert wie nach der konventionellen Zwischenglühlung, so wird die Reduktion der Zipfelbildung bei Durchführung der Kurzzeitwärmebehandlung augenfälliger.

Zu diesem Zweck wurde A von 3 auf 0,80 mm, B von 3 auf 0,52 mm kaltgewalzt, und – nach Durchführung der Kurzzeitwärmebehandlung b) – sowohl A als auch B weiter auf 0,34 mm kaltgewalzt. Die Ergebnisse sind in Tabelle V zusammengestellt.

Tabelle V

	0,2%-Streckgrenze (nach Kaltwalzen auf 0,34 mm)	Zipfel
A	261 MPa	1,9%
B	266 MPa	0,9%

Beispiel 4

Aus der Legierung B von Tabelle II in Beispiel 2 wurde – wie in Beispiel 2 ausgeführt – mittels einer Bandgiessmaschine ein Warmwalzband von 3 mm Dicke hergestellt.

Tabelle II

	Mg	Mn	Cu	Si	Fe	
A	.90%	.96%	.09%	.18%	.58%	Rest Al
B	1.86%	.66%	.04%	.23%	.39%	Rest Al

Die erste Stichabnahme wurde von 20 auf 6 mm bei einer Temperatur von 550 bis 440 °C durchgeführt, die zweite Stichabnahme erfolgte von 6 auf 3 mm bei 360 bis 320 °C.

Am Warmwalzband wurden für die 0,2%-Streckgrenze und für die Zugfestigkeit die in Tabelle III dargestellten Werte gemessen.

Tabelle III

	0,2%-Streckgrenze	Zugfestigkeit
A	130 MPa	210 MPa
B	140 MPa	220 MPa

Das anschliessende Kaltwalzen erfolgte für A von 3 auf 1,05 mm, für B von 3 auf 0,65 mm, wobei nach Einschieben einer Zwischenglühlung bei 425 °C sowohl A als auch B weiter auf 0,34 mm kaltgewalzt wurden.

Die Zwischenglühlung erfolgte sowohl für A als auch für B a) auf konventionelle Weise, d.h. 1 h Glühdauer bei 425 °C, wobei die Aufheizzeit ca. 10 h, die Abkühlzeit ca. 3 h betrug, b) durch eine Kurzzeitwärmebehandlung, d.h. 10 s Glühdauer bei 425 °C, wobei Aufheiz- und Abkühlzeit je 15 s betragen.

Nach beiden Verfahren a) und b) trat eine vollständige Rekristallisation ein.

Bezüglich Streckgrenze und Zipfelbildung wurden die in Tabelle IV angeführten Werte gemessen.

Nach dem Kaltwalzen von 3 auf 0,65 mm wurden drei verschiedene Zwischenglühhandlungen durchgeführt, und anschliessend jede Variante mit einem Kaltwalzgrad von 85% auf Endstärke gewalzt. In Tabelle VI sind die Werte für die 0,2%-Streckgrenze und für die Zugfestigkeit für die drei verschiedenen Zwischenglühhandlungen zusammengestellt.

Tabelle VI

Zwischenglühlung	0,2%-Streckgrenze	Zugfestigkeit
350 °C/20 s	336 MPa	341 MPa
425 °C/20 s	331 MPa	339 MPa
425 °C/1 s	334 MPa	340 MPa

Anschliessend wurde – zur Simulierung einer Einbrennlackierung, wie sie bei der Beschichtung von Dosenband mit einem Polymerüberzug erfolgt – eine Teilentfestigung bei 190° während 8 min durchgeführt.

Der Festigkeitsabfall nach dieser Teilentfestigung ist in Tabelle VII der jeweiligen Zwischenglühhandlung gegenübergestellt.

Tabelle VII

Zwischenglühlung	Abfall der 0,2%-Streckgrenze	Abfall der Zugfestigkeit
350 °C/20 s	18 MPa	0 MPa
425°/20 s	40 MPa	15 MPa
425°/1 h	55 MPa	40 MPa

Aus Tabelle VII geht hervor, dass die Kurzzeitwärmehandlungen von 20 s bei 350 °C und 20 s bei 425 °C gegenüber der konventionellen Zwischenglühlung von 1 h bei 425 °C bei der späteren Teilentfestigung einen kleineren Festigkeitsverlust zur Folge haben.

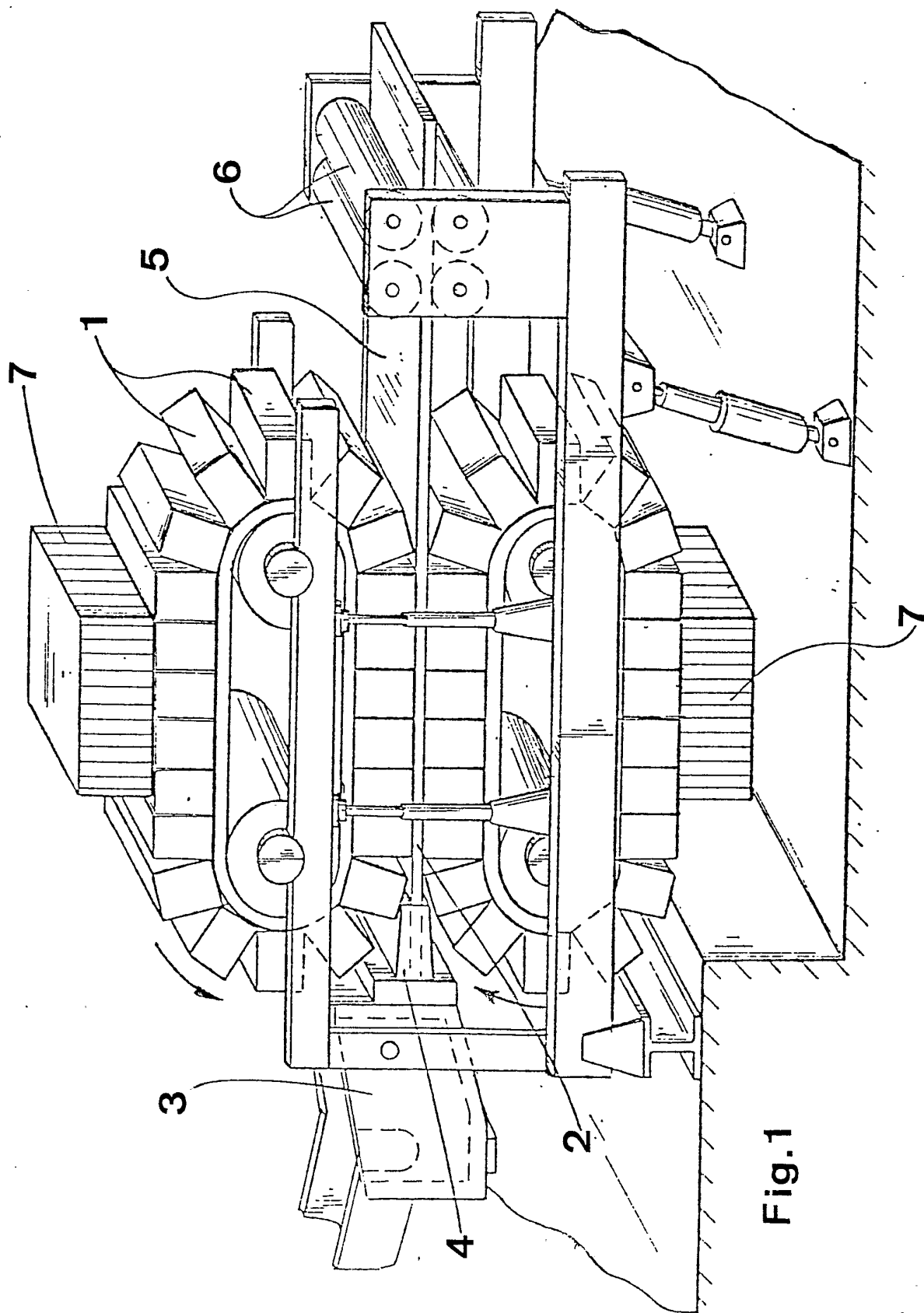


Fig.1