


**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(11)

641 496

(21) Gesuchsnummer: 6810/79

(22) Anmeldungsdatum: 23.07.1979

(30) Priorität(en): 04.08.1978 US 931037

(24) Patent erteilt: 29.02.1984

 (45) Patentschrift  
veröffentlicht: 29.02.1984

 (73) Inhaber:  
Schweizerische Aluminium AG, Chippis,  
Zustelladresse, Neuhausen am Rheinfall

 (72) Erfinder:  
Ivan Gyöngyös, Männedorf  
Kurt Buxmann, Sierre  
Martin Bolliger, Sierre  
Willi Kerth, Flurlingen  
Kurt Neufeld, Zürich

**(54) Verfahren zur Herstellung eines zipfelarmen Bandes aus einem warmgewalzten Band aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung.**

(57) Bei einem Verfahren zur Herstellung eines zipfelarmen Bandes aus einem warmgewalzten Band aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung wird das Warmwalzband in einer ersten Stichserie auf eine Zwischendicke kaltgewalzt, das auf Zwischendicke kaltgewalzte Band einer kurzzeitigen Zwischenglühung in einem Temperaturbereich von 350 bis 500°C während einer Aufheiz-, Glüh- und Abkühlzeit zusammengesetzten Zeitdauer von maximal 90 s unterworfen und das kurzzeitig geglühte Band in einer zweiten Stichserie auf Enddicke kaltgewalzt.

Ein mit diesem Verfahren hergestelltes Band eignet sich insbesondere zur Herstellung von tiefgezogen und abgestreckten Hohlkörper wie Dosen und dergleichen.

Zur Durchführung des Verfahrens eignet sich insbesondere ein Band, welches mittels einer Bandgiessmaschine mit mitlaufenden Kokillen gegossen und mit Giessgeschwindigkeit warm abgewalzt wurde.

## PATENTANSPRÜCHE

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

A. das 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.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Kaltwalzen auf Zwischendicke mit einer Dickenreduktion von mindestens 50%, vorzugsweise mindestens 65%, erfolgt.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Kaltwalzen des kurzzeitig geglühten Bandes auf Enddicke mit einer Dickenreduktion von maximal 75% erfolgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, 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.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zur Herstellung des warmgewalzten Bandes

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, und

C. das Warmwalzband warm aufgehaspelt und an der Luft auf Raumtemperatur erkalten gelassen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, 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.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, 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.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, 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.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, 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.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Warmwalz-Starttemperatur mindestens 440°, vorzugsweise mindestens 490 °C, beträgt.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines zipfelarmen Bandes aus einem warmgewalzten Band aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, insbesondere einer Legierung des Typs AlMgMn, 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 Bändchen 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 3787248 (Setzer et al.) bekannt:

A. Giessen einer AlMgMn-Legierung,

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

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

D. Weiterwalzen, ausgehend von einer Starttemperatur zwischen 205 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 und 230 °C während wenigstens 5 Sekunden, jedoch nicht länger als der Gleichung

$$T(10 + \log t) = 12500$$

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.

Ferner sind auch Verfahren bekannt, bei denen das warmgewalzte Band vorgängig dem Kaltwalzen einer Zwischenglühung unterworfen und anschliessend auf Enddicke kaltgewalzt wird.

Die dem Stand der Technik zugehörigen Verfahren befriedigen jedoch nicht völlig in bezug auf das Zipfelbildungsverhalten der so hergestellten Bänder.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, mit welchem aus einem warmgewalzten Band aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung ein zur Fertigung von tiefgezogen und abgestreckten Hohlkörpern wie Dosen und dergleichen geeignetes Band hergestellt werden kann, welches gegenüber nach dem Stand der Technik hergestellten Bändern ein verbessertes Zipfelbildungsverhalten zeigt.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass

A. das 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 zeigt sich insbesondere bei der Verarbeitung eines mittels einer Bandgiessmaschine hergestellten Warmwalzbandes, bei dessen Herstellung

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.

Zur Erzielung der oben angeführten 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 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 bei der Herstellung eines Warmwalzbandes nach dem oben erwähnten Bandgiessverfahren die bei konventionellen Verfahren übliche Homogenisierungsglühung entfallen.

Nach einer besonders vorteilhaften Durchführungsart des 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 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 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.

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 zu 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 Warmwalzbändern 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.

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

Fig. 1 eine schematische Zeichnung der zur Herstellung eines Warmwalzbandes verwendeten Bandgiessmaschine.

Einzelheiten über die verwendete Bandgiessmaschine findet man in den US-PS 3709281, 3744545, 3759313, 3774670 und 3835917. 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 Vorschubrollen (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 Guss-

bandes 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 Produkteparameter 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  $\Delta T_{LS}$
- der Temperaturbereich  $\Delta T_{S,S-100}$  zwischen Solidus und einer Temperatur etwa 100 °C unter dem Solidus.

Die Aufenthaltsdauer im Bereich  $\Delta T_{LS}$  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 oben erwähnten Bandgiessverfahren wie auch nach konventionellem Stranggiessverfahren gegossen. Das Bandgiessverfahren 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  $t\Delta_{T_{LS}}$  und  $t\Delta_{T_{S,S-100}}$  wurden aus den entsprechenden Zellgrössen grob abgeschätzt.

Tabelle I

Gussprodukt	Zellgrösse ( $\mu\text{m}$ )	$t\Delta_{T_{LS}}$ (s)	$\Delta T_{S,S-100}$ (s)
erfindungsgemässer Bandguss-Oberfläche	15	5	120
erfindungsgemässer Bandguss-Mitte	50	20	120
Strangguss-Oberfläche überfläst	30	15	5
Strangguss-Mitte	70	80	15

Wie aus Tabelle I hervorgeht, befindet sich das nach dem oben erwähnten 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 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 um so schneller ablaufen, je feinzelliger der Guss erstarrt. Dies zeichnet den feinzelligen 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 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 etwa 10 h, die Abkühldauer etwa 3 h betrug,

b) durch eine erfindungsgemässe 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.

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%
	b)	87 MPa	274 MPa	2,4%
B	a)	88 MPa	266 MPa	1,8%
	b)	104 MPa	278 MPa	1,2%

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

#### Beispiel 3

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

Nach dem Kaltwalzen von 3 auf 0,65 mm wurden drei verschiedene Zwischenglühbehandlungen 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 Zwischenglühbehandlungen 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 Zwischenglühbehandlung gegenübergestellt.

Tabelle VII

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

Aus Tabelle VII geht hervor, dass die erfindungsgemässen Kurzzeitwärmebehandlungen 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.

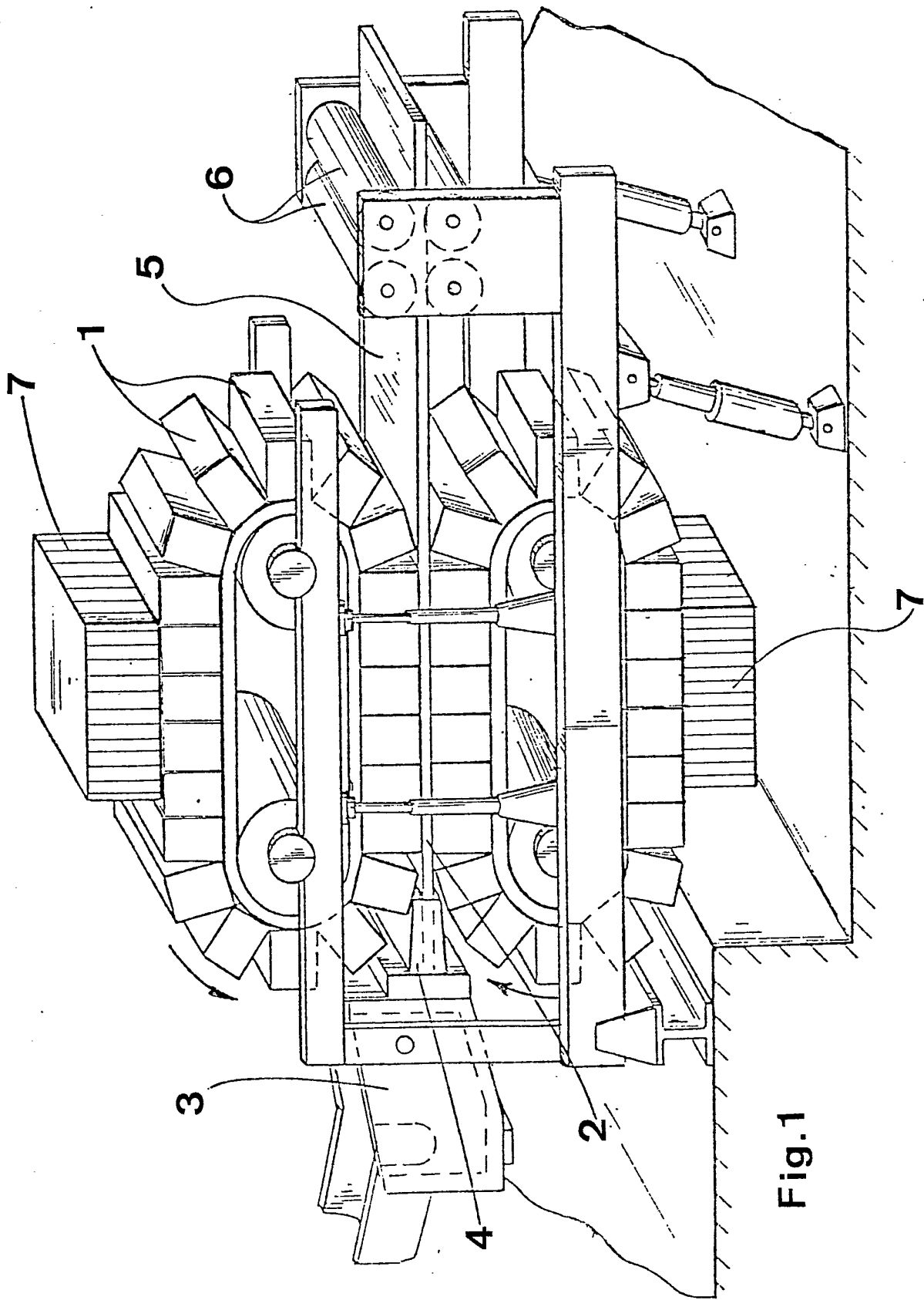


Fig.1