



(11)

EP 3 640 358 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
28.12.2022 Patentblatt 2022/52

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C22F 1/047^(2006.01) C22C 21/06^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19196610.0**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C22F 1/047; C22C 21/06

(22) Anmeldetag: **11.09.2019**

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES HOCHFESTEN ALUMINIUM-LEGIERUNGSBLECHS**
METHOD FOR PRODUCING A HIGH-STRENGTH ALUMINUM ALLOY SHEET
PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UNE TÔLE D'ALLIAGE D'ALUMINIUM À HAUTE RÉSISTANCE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL 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 RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **15.10.2018 DE 102018125521**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.04.2020 Patentblatt 2020/17

(73) Patentinhaber: **Achenbach Buschhütten GmbH & Co. KG**
57223 Kreuztal (DE)

(72) Erfinder: **BARTEN, Axel**
57223 Kreuztal (DE)

(74) Vertreter: **advotec.**
Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft
Tappe mbB
Bahnhofstrasse 4
57072 Siegen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 599 696 WO-A1-2018/025769
US-A- 3 556 872 US-A- 5 516 374

EP 3 640 358 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines hochfesten Aluminium-Legierungsblechs aus einem Ausgangsmaterial aus einer Aluminiumlegierung mit einem Magnesiumanteil größer oder gleich 6,2%, bei dem das Ausgangsmaterial in einem Warmwalzprozess zu einem Walzmaterial mit einer Warmwalzdicke d_W umgeformt wird.

[0002] Aus der WO 2005/080619 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines hochfesten Aluminium-Legierungsblechs bekannt, bei dem eine Aluminiumlegierung mit einem Magnesiumanteil von 10 % in einem Warmwalzprozess auf das gewünschte Endmaß gewalzt wird.

[0003] Aluminiumbleche mit einem hohen Magnesiumanteil, die sich insbesondere zur Verwendung als Karosserieblech eignen, erweisen sich wegen der hohen Grundfestigkeit des Ausgangsmaterials in der Walzbearbeitung als anspruchsvoll. Insbesondere erweist es sich als schwierig, im Walzprozess eine weitere gewünschte Steigerung der mechanischen Festigkeitswerte zu erzielen.

[0004] Bei dem bekannten "in-line"-Verfahren wird das Ausgangsmaterial für den Warmwalzprozess in einem Stranggießverfahren hergestellt, wobei das Ausgangsmaterial eine Dicke von 8 mm aufweist, die mit einmaliger Stichabnahme auf ein Endmaß von 0,9 mm reduziert wird. Zur Erzielung ausreichender Festigkeitswerte ist es bei dem bekannten Verfahren notwendig, im Anschluss an den Warmwalzprozess eine Rekristallisationsglühung mit anschließender Abschreckung vorzunehmen, um somit Festigkeitswerte mit einer Streckgrenze von etwa 220 MPa und einer Bruchgrenze von etwa 400 MPa erzielen zu können.

[0005] Das in der WO 2005/080619 A1 beschriebene Verfahren soll die bekannten Walzverfahren ersetzen, bei denen ausgehend von einem als Bramme ausgebildeten Ausgangsmaterial zunächst ein Warmwalzprozess durchgeführt wird, in dem das Ausgangsmaterial auf eine für den nachfolgenden Kaltwalzprozess geeignete Dicke reduziert wird und das gewünschte Endmaß des Blechmaterials nachfolgend im Kaltwalzprozess erzeugt wird.

[0006] An diesem "zweistufigen", also einen Warmwalzprozess und einen nachfolgenden Kaltwalzprozess aufweisenden Verfahren wird es als nachteilig empfunden, dass zwischen dem Warmwalzprozess und dem Kaltwalzprozess eine Zwischenglühung und darüber hinaus häufig noch eine thermische Nachbehandlung erforderlich ist, um Bleche mit der gewünschten Qualität zu erhalten.

[0007] Gegenüber dem "zweistufigen" Verfahren wird in dem beschriebenen In-Line-Verfahren der besondere Vorteil einer kurzen Produktionszeit für die Herstellung von Blechen, insbesondere hochfesten Aluminium-Legierungsblechen mit einem hohen Magnesium-Anteil, gesehen.

[0008] Aus der WO 2018/025769 A1 ist ein Verfahren

zur Herstellung eines hochfesten Aluminiumlegierungsblechs bekannt, bei dem das Ausgangsmaterial in einem Warmwalzprozess umgeformt wird, wobei nachfolgend dem Warmwalzprozess in einem Kaltwalzprozess mehrere konsequente Stichabnahmen ohne Zwischenglühen erfolgen.

[0009] Die EP 0 599 696 A1 offenbart ebenfalls ein Verfahren zur Herstellung eines hochfesten Aluminium-Legierungsblechs, bei dem nachfolgend einem Warmwalzprozess in einem Kaltwalzprozess mehrere konsequente Stichabnahmen durchgeführt werden.

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung von Aluminium-Legierungsblechen aus einer hochfesten Aluminiumlegierung vorzuschlagen, dass einerseits verkürzte Produktionszeiten sowie auch andererseits die Herstellung der Aluminiumbleche mit hohen mechanischen Festigkeitswerten ermöglicht.

[0011] Zur Lösung dieser Aufgabe weist das erfindungsgemäße Verfahren die Merkmale des Anspruchs 1 auf.

[0012] Im Gegensatz zu dem für die Herstellung eines hochfesten Aluminium-Legierungsblechs mit einem hohen Magnesiumanteil in einem In-Line-Verfahren, wie in der WO 2005/080619 A1 beschrieben, ermöglicht es die Einhaltung definierter Temperaturfenster für den Warmwalzprozess und den Kaltwalzprozess das "zweistufige" Walzverfahren auch für die Herstellung von in Bezug auf den Magnesiumanteil hochlegierten Aluminiumblechen zu verwenden, so dass auf die in dem Kaltwalzprozess erfolgende und sich auf die mechanische Festigkeit des Aluminiumblechs positiv auswirkende Kaltverfestigung nicht verzichtet werden muss, um die Herstellung von Aluminiumblechen in einer vergleichsweise kurzen Produktionszeit zu ermöglichen.

[0013] Aufgrund der erfindungsgemäßen Temperaturfenster erweist sich einerseits eine Zwischenglühung als überflüssig, andererseits wird trotz des hohen Magnesiumanteils eine Kaltverfestigung erreicht, ohne dass damit qualitätsmindernde Effekte, wie beispielsweise die Ausbildung von Kantenrissen einhergeht oder dass diese zumindest nur in einem geringfügigen Umfang auftreten.

[0014] Im Ergebnis ermöglicht somit das erfindungsgemäße Verfahren eine Herstellung von hochfesten Aluminium-Legierungsblechen, also insbesondere von Blechen, deren Material ein Magnesiumanteil von 6,2 % oder mehr aufweist, ohne dabei auf die durch den Kaltwalzprozess erzielte und sich positiv auf die mechanischen Festigkeitswerte des Endprodukts auswirkende Kaltverfestigung verzichten zu müssen.

[0015] Dieser vorteilhafte Effekt wird insbesondere dadurch ermöglicht, dass im Warmwalzprozess innerhalb eines Warmwalztemperaturfensters mehrere Stichabnahmen erfolgen, derart, dass das ΔT zwischen der Eingangstemperatur und der Ausgangstemperatur des Warmwalzprozesses kleiner als 120°C ist, wobei die Eingangstemperatur kleiner 500°C ist.

[0016] Erfindungsgemäß erfolgen im Kaltwalzprozess mehrere Stichabnahmen in einem Kaltwalztemperaturfenster zur Dickenabnahme zwischen 20°C und 200°C. Vorzugsweise ist das ΔT der Aufwärmung zwischen der Eingangstemperatur des Walzmaterials und der Ausgangstemperatur des Walzmaterials kleiner als 120°C, wobei die Eingangstemperatur kleiner als 50°C ist.

[0017] Erfindungsgemäß erfolgt der Kaltwalzprozess mit zusätzlicher Scherbeanspruchung des Walzmaterials, wobei die Scherkräfte in Abhängigkeit von der Walzkraft rechnerisch ermittelt und als Leitwert der Prozesssteuerung dienen.

[0018] Hierbei hat es sich insbesondere als vorteilhaft im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erwiesen, wenn der Kaltwalzprozess in einem asymmetrischen Walzgerüst erfolgt, wobei die durch ihren Abstand den Walzspalt definierenden, einander gegenüberliegenden Arbeitswalzen einen unterschiedlichen Durchmesser aufweisen. Damit ergeben sich unterschiedliche Umfangsgeschwindigkeiten im Kontaktbereich der Arbeitswalzen mit dem Walzmaterial, so dass zusätzlich zu der über einen Haspel in das Walzmaterial eingebrachten Bandzugkraft eine asymmetrische Schubkraftverteilung im Bereich des Walzspaltes im Walzmaterial erzeugt wird. Hierdurch können insbesondere die über das Walzgerüst, also die Arbeitswalzen in das Walzmaterial einzubringenden Walzkräfte bzw. Walzmoment reduziert werden, was wiederum einen positiven Effekt auf die Dimensionierung des Walzgerüsts hat.

[0019] Bei den durchgeführten Versuchen betreffend das erfindungsgemäße Verfahren hat sich gezeigt, dass der Höhe der Warmwalzeingangstemperatur in Abhängigkeit von dem Magnesiumgehalt des Ausgangsmaterials eine besondere Bedeutung zukommt, wobei es sich als besonders vorteilhaft herausgestellt hat, wenn bei einem Ausgangsmaterial mit einem Magnesiumgehalt von 6,2% bis kleiner 7% die Warmwalzeingangstemperatur kleiner als 460 °C und die Warmwalzausgangstemperatur größer als 350 °C gewählt wird. Vorzugsweise ist die Warmwalzeingangstemperatur kleiner als 440°C und die Warmwalzausgangstemperatur größer als 400°C.

[0020] Bei einem Ausgangsmaterial mit einem Magnesiumgehalt größer gleich 7% bis kleiner 8 % ist es hingegen vorteilhaft, wenn die Warmwalzeingangstemperatur kleiner als 440 °C und die Warmwalzausgangstemperatur größer als 350 °C ist. Vorzugsweise ist die Warmwalzeingangstemperatur kleiner als 420°C und die Warmwalzausgangstemperatur größer als 380°C.

[0021] Wenn die Warmwalzeingangstemperatur kleiner als 420 °C und die Warmwalzausgangstemperatur größer als 350 °C ist, können bei einem Ausgangsmaterial mit einem Magnesiumgehalt größer gleich 8 % bis kleiner 9 % in Kombination mit dem erfindungsgemäß durchgeführten Kaltwalzschrift besonders gute Ergebnisse hinsichtlich der mechanischen Festigkeitswerte und der Umformbarkeit des Endprodukts erzielt werden. Vorzugsweise ist die Warmwalzeingangstemperatur

kleiner als 410 °C und die Warmwalzausgangstemperatur größer als 360 °C.

[0022] Bei einem Ausgangsmaterial mit einem Magnesiumgehalt von größer gleich 9 % ist es vorteilhaft, wenn die Warmwalzeingangstemperatur kleiner als 400 °C und die Warmwalzausgangstemperatur größer als 350 °C ist. Vorzugsweise ist die Warmwalzeingangstemperatur kleiner als 390 °C und die Warmwalzausgangstemperatur größer als 360 °C.

[0023] Besonders gute Ergebnisse hinsichtlich der mechanischen Festigkeitswerte bzw. der Umformbarkeit (Dehnung) des Endprodukts können erzielt werden, wenn zumindest eine von mehreren im Kaltwalzprozess durchgeführten Stichabnahmen mit einem ΔT_{Stich} zwischen der Eingangstemperatur des Walzmaterials und der Ausgangstemperatur des Walzmaterials kleiner als 20 °C erfolgt.

[0024] Insbesondere dann, wenn das ΔT_{Stich} zwischen der Eingangstemperatur des Walzmaterials und der Ausgangstemperatur des Walzmaterials kleiner als 10 °C ist, erfolgt eine quasi-isotherme Stichabnahme. Dabei erweist es sich in jedem Fall als vorteilhaft, wenn die Eingangstemperatur des Walzmaterials größer als 80 °C und kleiner als 120 °C ist.

[0025] Vorteilhaft ist es, wenn zur Reduktion der erforderlichen Walzkraft bzw. des Walzmomentes die von einem Haspel auf das Walzmaterial aufgebrachte Bandzugkraft in Abhängigkeit von der Eintrittsdicke des Walzmaterials in das Kaltwalzgerüst gewählt wird.

[0026] Vorzugsweise wird die Bandzugkraft in Abhängigkeit von Materialdaten des Walzmaterials rechnerisch ermittelt und dient als Leitwert der Prozesssteuerung.

[0027] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert, wobei als ein Ausgangsmaterial eine Aluminiumlegierung mit einem Mangananteil von 6,5 % gewählt wurde, die im Übrigen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung der in der EP 2 677 049 A1 offenbarten Aluminiumlegierung entspricht.

[0028] In dem Versuch wurde als Ausgangsmaterial eine Bramme aus der vorgenannten AlMg 6,5-Legierung mit einer Dicke von 325 mm auf eine Warmwalzdicke von 6 mm gewalzt, wobei die Dickenabnahme von 325 mm auf 6 mm in 23 Stichen erfolgte, wobei die Eingangstemperatur des Walzmaterials 480 °C und die Ausgangstemperatur des Walzmaterials am Ende des Warmwalzschriftes 378 °C betrug. Der erreichte Warmwalzumformgrad φ_m betrug 3,9.

[0029] Nach einer Abkühlung auf Raumtemperatur erfolgt der Kaltwalzschrift mit insgesamt 6 Stichen, wobei ausgehend von der Eingangstemperatur $T_E = 20$ °C am Ende der unmittelbar einander nachfolgend durchgeführten Kaltwalzschrift eine Ausgangstemperatur $T_A = 154$ °C erreicht wurde. Der bei der Dickenabnahme von 6 mm auf 1 mm Enddicke erreichte Umformgrad φ betrug 1,8.

[0030] Die Ermittlung der Festigkeitswerte des derart hergestellten Aluminiumblechs erfolgt unmittelbar nach Beendigung des Kaltwalzschriftes und Abkühlung des Blechmaterials auf Raumtemperatur. Hierbei ergab sich

für das Blechmaterial eine Streckgrenze von 465 MPa und eine Bruchgrenze von 517 MPa.

[0031] Diese hohen durch die Kaltverfestigung erzielten Festigkeitswerte ermöglichen es, dass eine für den jeweiligen Einsatzzweck des hergestellten Aluminiumblechs ausreichende Festigkeit bereits bei sehr viel geringen Umformgraden erreichbar ist, so dass für eine nachfolgende Umformtechnik, also etwa einen Tiefziehvorgang, eine ausreichende Restdehnung zur Verfügung steht, ohne dass die Gefahr der Ausbildung von Fehlstellen oder Rissen im Blechmaterial besteht oder zumindest erheblich reduziert wird. Diese vorteilhafte Eigenschaft des derart hergestellten Aluminiumblechs lässt sich insbesondere bei der Herstellung von Gehäusen oder Karosserieteilen aus einem hochfesten Aluminiumblech nutzen.

[0032] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel wurde im Anschluss an den wie vorstehend ausgeführten Warmwalzschrift der Kaltwalzschrift mit einer Dickenabnahme von 6 mm auf 1 mm modifiziert derart ausgeführt, dass die ersten 4 Stiche ausgehend von einer Eingangstemperatur $T_E = 20^\circ\text{C}$ unmittelbar einander nachfolgend ausgeführt wurden, wobei am Ende des vierten Stiches eine Ausgangstemperatur T_A von 150°C erreicht wurde und anschließend der Kaltwalzschrift für 1 Stunde, 45 Minuten zur Abkühlung des Walzmaterials auf eine Temperatur von $T_E = 108^\circ\text{C}$ unterbrochen wurde, um erst anschließend die beiden weiteren Stiche bis zur Dickenabnahme auf 1 mm mit einer Endtemperatur von $T_E = 112^\circ\text{C}$ durchzuführen.

[0033] Die anschließend nach einer Abkühlung auf Raumtemperatur durchgeführte Materialprüfung ergab eine Streckgrenze von 483 MPa und eine Bruchgrenze von 536 MPa.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines hochfesten Aluminium-Legierungsblechs aus einem Ausgangsmaterial aus einer Aluminiumlegierung mit einem Mg-Anteil $\geq 6,2\%$, bei dem das Ausgangsmaterial in einem Warmwalzprozess zu einem Walzmaterial mit einer Warmwalzdicke d_W umgeformt wird,

dadurch gekennzeichnet,

dass nachfolgend dem Warmwalzprozess in einem Kaltwalzprozess das Walzmaterial auf eine Enddicke d gewalzt wird, wobei im Warmwalzprozess innerhalb eines definierten Warmwalztemperaturfensters mehrere Stichabnahmen erfolgen, wobei im Kaltwalzprozess zur Dickenabnahme in einem Kaltwalztemperaturfenster zwischen 20°C und 200°C mehrere Stichabnahmen erfolgen, wobei der Kaltwalzprozess mit zusätzlicher Scherbeanspruchung des Walzmaterials erfolgt, wobei die Scherkräfte in Abhängigkeit von

der Walzkraft rechnerisch ermittelt und als Leitwert der Prozesssteuerung dienen.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Kaltwalzprozess in einem asymmetrischen Walzgerüst erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass im Kaltwalzprozess ausgehend von einer Eingangstemperatur kleiner 50°C eine Temperaturerhöhung um weniger als 120°C erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei einem Ausgangsmaterial mit einem Mg-Gehalt von $6,2\%$ bis kleiner 7% die Warmwalzeingangstemperatur kleiner als 460°C und die Warmwalzausgangstemperatur größer als 350°C ist.
5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Warmwalzeingangstemperatur kleiner als 440°C und die Warmwalzausgangstemperatur größer als 400°C ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei einem Ausgangsmaterial mit einem Mg-Gehalt größer gleich 7% bis kleiner 8% die Warmwalzeingangstemperatur kleiner als 440°C und die Warmwalzausgangstemperatur größer als 350°C ist.
7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Warmwalzeingangstemperatur kleiner als 420°C und die Warmwalzausgangstemperatur größer als 380°C ist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei einem Ausgangsmaterial mit einem Mg-Gehalt größer gleich 8% bis kleiner 9% die Warmwalzeingangstemperatur kleiner als 420°C und die Warmwalzausgangstemperatur größer als 350°C ist.
9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Warmwalzeingangstemperatur kleiner als 410°C und die Warmwalzausgangstemperatur größer als 360°C ist.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,

dass bei einem Ausgangsmaterial mit einem Magnesiumgehalt von größer gleich 9% die Warmwalzeingangstemperatur kleiner als 400°C und die Warmwalzausgangstemperatur größer als 350°C ist.

11. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Warmwalzeingangstemperatur kleiner als 390°C und die Warmwalzausgangstemperatur größer als 360°C ist.

12. Verfahren nach Anspruch einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest eine von mehreren im Kaltwalzprozess durchgeführten Stichabnahmen mit einem ΔT zwischen der Eingangstemperatur des Walzmaterials und der Ausgangstemperatur des Walzmaterials kleiner als 20°C erfolgt.

13. Verfahren nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass das ΔT zwischen der Eingangstemperatur des Walzmaterials und der Ausgangstemperatur des Walzmaterials kleiner als 10°C ist.

14. Verfahren nach Anspruch 1 oder 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Eingangstemperatur des Walzmaterials größer als 80°C und kleiner als 120°C ist.

15. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass zur Reduktion der erforderlichen Walzkraft die von einem Haspel auf das Walzmaterial aufgebrachte Bandzugkraft in Abhängigkeit von der Eintrittsdicke des Walzmaterials in das Kaltwalzgerüst gewählt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Bandzugkraft in Abhängigkeit von Materialdaten des Walzmaterials rechnerisch ermittelt und als Leitwert der Prozesssteuerung dient.

Claims

1. A method for producing a high-strength aluminum alloy sheet from a starting material made of an aluminum alloy having an Mg content of $\geq 6.2\%$, in which the starting material is deformed to a rolling material having a hot-rolling thickness d_w in a hot-rolling procedure, **characterized in that**

the rolling material is rolled to a final thickness d in a cold-rolling procedure following the hot-

rolling procedure, several reductions per pass being conducted in the hot-rolling procedure within a defined hot-rolling temperature range, several reductions per pass being conducted for thinning in the cold-rolling procedure in a cold-rolling temperature range between 20 °C and 200 °C, the cold-rolling procedure being conducted with an additional shear stress of the rolling material, the shear forces being computed as a function of the rolling force and serving as a guide value of the process control.

2. The method according to claim 1,
characterized in that
the cold-rolling procedure takes place in an asymmetric rolling stand.

3. The method according to claim 1 or 2,
characterized in that
the temperature is increased by less than 120 °C from a start temperature of less than 50 °C in the cold-rolling process.

4. The method according to any one of the preceding claims,
characterized in that
the hot-rolling start temperature is less than 460 °C and the hot-rolling end temperature is greater than 350 °C when a starting material has an Mg content of 6.2 % to less than 7 %.

5. The method according to claim 4,
characterized in that
the hot-rolling start temperature is less than 440 °C and the hot-rolling end temperature is greater than 400 °C.

6. The method according to any one of claims 1 to 3,
characterized in that
the hot-rolling start temperature is less than 440 °C and the hot-rolling end temperature is greater than 350 °C when a starting material has an Mg content greater than or equal to 7 % to less than 8 %.

7. The method according to claim 6,
characterized in that
the hot-rolling start temperature is less than 420 °C and the hot-rolling end temperature is greater than 380 °C.

8. The method according to any one of claims 1 to 3,
characterized in that
the hot-rolling start temperature is less than 420 °C and the hot-rolling end temperature is greater than 350 °C when a starting material has an Mg content greater than or equal to 8 % to less than 9 %.

9. The method according to claim 8,
characterized in that
the hot-rolling start temperature is less than 410 °C
and the hot-rolling end temperature is greater than
360 °C.
10. The method according to any one of claims 1 to 3,
characterized in that
the hot-rolling start temperature is less than 400 °C
and the hot-rolling end temperature is greater than
350 °C when a starting material has a magnesium
content of greater than or equal to 9 %.
11. The method according to claim 10,
characterized in that
the hot-rolling start temperature is less than 390 °C
and the hot-rolling end temperature is greater than
360 °C.
12. The method according to one or more of the preced-
ing claims, **characterized in that**
at least one of several reductions per pass conduct-
ed during the cold-rolling procedure is conducted
with a ΔT less than 20 °C between the start temper-
ature of the rolling material and the end temperature
of the rolling material.
13. The method according to claim 12,
characterized in that
the ΔT between the start temperature of the rolling
material and the end temperature of the rolling ma-
terial is less than 10 °C.
14. The method according to claim 1 or 11,
characterized in that
the start temperature of the rolling material is greater
than 80 °C and less than 120 °C.
15. The method according to one or more of the preced-
ing claims, **characterized in that**
the tape tension exerted on the rolling material by a
reel is chosen as a function of the input thickness of
the rolling material into the cold rolling stand for re-
ducing the required rolling force.
16. The method according to claim 15,
characterized in that
the tape tension is computed as a function of material
data of the rolling material and serves as a guide
value of the process control.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une tôle en alliage d'alumi-
nium à haute résistance à partir d'un matériau de
départ en alliage d'aluminium ayant une teneur en
Mg de $\geq 6,2\%$, dans lequel le matériau de départ

est déformé en matériau de laminage ayant une
épaisseur d_W de laminage à chaud dans un proces-
sus de laminage à chaud,

caractérisé en ce que

le matériau de laminage est laminé en épaisseur
finale dans un processus de laminage à froid
suivant le processus de laminage à chaud, plu-
sieurs réductions par passe étant effectuées
dans une gamme de température de laminage
à chaud définie dans le processus de laminage
à chaud, plusieurs réductions par passe étant
effectuées dans une gamme de température de
laminage à froid entre 20 °C et 200 °C dans le
processus de laminage à froid afin de réduire
l'épaisseur,
le processus de laminage à froid étant effectué
sous une contrainte de cisaillement additionnel-
le du matériau de laminage, les forces de ci-
saillement étant calculées en fonction de la force
de laminage et servant de valeur guide de la
commande de processus.

2. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
le processus de laminage à froid s'effectue dans une
cage de laminage asymétrique.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce que
la température est augmentée par moins de 120 °C
à partir d'une température d'entrée inférieure à 50
°C dans le processus de laminage à froid.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications
précédentes, **caractérisé en ce que**
la température d'entrée de laminage à chaud est in-
férieure à 460 °C et la température de sortie de la-
minage à chaud est supérieure à 350 °C si un ma-
tériel de départ a une teneur en Mg de 6,2 % à moins
de 7 %.
5. Procédé selon la revendication 4,
caractérisé en ce que
la température d'entrée de laminage à chaud est in-
férieure à 440 °C et la température de sortie de la-
minage à chaud est supérieure à 400 °C.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications
1 à 3,
caractérisé en ce que
la température d'entrée de laminage à chaud est in-
férieure à 440 °C et la température de sortie de la-
minage à chaud est supérieure à 350 °C si un ma-
tériel de départ a une teneur en Mg supérieure ou
égale à 7 % à moins de 8 %.
7. Procédé selon la revendication 6,

caractérisé en ce que

la température d'entrée de laminage à chaud est inférieure à 420 °C et la température de sortie de laminage à chaud est supérieure à 380 °C.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3,

caractérisé en ce que

la température d'entrée de laminage à chaud est inférieure à 420 °C et la température de sortie de laminage à chaud est supérieure à 350 °C si un matériau de départ a une teneur en Mg supérieure ou égale à 8 % à moins de 9 %.

9. Procédé selon la revendication 8,

caractérisé en ce que

la température d'entrée de laminage à chaud est inférieure à 410 °C et la température de sortie de laminage à chaud est supérieure à 360 °C.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3,

caractérisé en ce que

la température d'entrée de laminage à chaud est inférieure à 400 °C et la température de sortie de laminage à chaud est supérieure à 350 °C si un matériau de départ a une teneur en magnésium supérieure ou égale à 9 %.

11. Procédé selon la revendication 10,

caractérisé en ce que

la température d'entrée de laminage à chaud est inférieure à 390 °C et la température de sortie de laminage à chaud est supérieure à 360 °C.

12. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce**

qu'au moins une parmi plusieurs réductions par passe effectuées dans le processus de laminage à froid est effectuée à un ΔT inférieur à 20 °C entre la température d'entrée du matériau de laminage et la température de sortie du matériau de laminage.

13. Procédé selon la revendication 12,

caractérisé en ce que

le ΔT entre la température d'entrée du matériau de laminage et la température de sortie du matériau de laminage est inférieure à 10 °C.

14. Procédé selon la revendication 1 ou 11,

caractérisé en ce que

la température d'entrée du matériau de laminage est supérieure à 80 °C et inférieure à 120 °C.

15. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**

la tension de bande exercée sur le matériau de laminage par un dévidoir est sélectionnée en fonction

de l'épaisseur d'entrée du matériau de laminage dans le cage de laminoir à froid afin de réduire la force de laminage nécessaire.

- 5 16. Procédé selon la revendication 15,

caractérisé en ce que

la tension de bande est calculée en fonction de données de matériau du matériau de laminage et sert de valeur guide de la commande de processus.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2005080619 A1 [0002] [0005] [0012]
- WO 2018025769 A1 [0008]
- EP 0599696 A1 [0009]
- EP 2677049 A1 [0027]