

(12) **Übersetzung der neuen europäischen  
Patentschrift**

(97) Veröffentlichungsnummer: EP 1065284

(96) Anmeldenummer: 2000401867  
(96) Anmeldetag: 30.06.2000  
(45) Ausgabetag: 26.06.2019

(51) Int. Cl.: **C21D 8/04** (.)  
**C21D 9/48** (.)

(30) Priorität:  
01.07.1999 FR 9908413 beansprucht.

(97) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
03.01.2001 Patentblatt 01/01

(97) Bekanntmachung des Hinweises auf die  
Patenterteilung:  
04.09.2002 Patentblatt 02/36

(97) Hinweis auf Einspruchsentscheidung:  
13.01.2016 Patentblatt 16 /02

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI  
LU MC NL PT SE

(56) Entgegenhaltungen:  
Die Entgegenhaltungen entnehmen Sie bitte der  
entsprechenden europäischen Druckschrift.

(73) Patentinhaber:  
SOLLAC S.A.  
92800 PUTEAUX (FR)

(72) Erfinder:  
BOUZEKRI, MOHAMED  
57120 ROMBAS (FR)

(74) Vertreter:  
Barger W. Dipl.Ing., Piso E. Dr.,  
Israiloff P. Dipl.Ing.Dr.techn., Wien

(54) **ALUMINIUMBERUHGIGTES, NIEDRIGGEKOHLTES STAHLBAND FÜR BEHÄLTER**

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Stähle für eine Anwendung auf dem Gebiet der Metallverpackungen, auf dem Gebiet der Verpackungen auf dem Gebiet der Nahrungsmittel, auf dem Gebiet der Verpackungen, die keine Nahrungsmittel betreffen oder auf dem Gebiet der industriellen Verpackungen.

Die Stähle, die für Verwendungen speziell für Metallverpackungen ausgearbeitet worden sind unterscheiden sich besonders von dünnen Blechen durch ihre physikalischen Kennzeichen.

Die Dicken von Stahlblechen für die Verpackung variieren zwischen 0,12 und 0,25 mm für die größte Mehrheit der Verwendungen, können jedoch größere Dicken bis zu 0,49 mm für besondere Anwendungen erreichen. Das ist zum Beispiel der Fall für gewisse Verpackungen, die für Produkte gedacht sind, die keine Nahrungsmittel sind wie zum Beispiel gewisse Aerosole oder es kann sich zum Beispiel auch in diesem Fall um gewisse industrielle Verpackungen handeln. Sie können auch eine Dicke bis zu 0,08 mm zum Beispiel für den Fall von Nahrungsmittelschachteln erreichen. Die Stahlbleche, die für die Verpackung bestimmt sind, sind gewöhnlich mit einer Metallschicht beschichtet (Zinn, geschmolzen oder nicht oder Chrom), wobei auf der genannten Metallschicht im Allgemeinen eine organische Schicht (Lack, Tinten, klassische Folien) abgeschieden worden ist.

Für den Fall von zweiteiligen Verpackungen werden diese Verpackungen durch ein Tiefziehen unter einem Niederhalter oder durch Tiefziehen/ erneutes Durchführen für die Getränkedosen ausgeführt und sind im Allgemeinen achsensymmetrische, zylindrische oder kegelstumpfförmige Dosen. Die Spezialisten für die Verpackungen zeigen jedoch ein immer größeres Interesse an Stählen mit immer geringeren Dicken zwischen 0,12 und 0,075 mm um sich von den Konkurrenten zu unterscheiden, versuchen sie immer komplexere Formen zu finden. Wir finden jetzt auch Dosen mit originellen Formen, die aus Stahlblechen mit geringen Dicken hergestellt werden und die obwohl sie immer größere Ausformungsschwierigkeiten aufweisen die Verwendungskriterien (mechanische Haltbarkeit der Verpackung und Widerstandsfähigkeit gegenüber der axialen Belastung, der sie bei der stapelförmigen Lagerung ausgesetzt sind, Widerstandsfähigkeit gegenüber dem internen Überdruck dem sie während der Sterilisierungswärmebehandlung ausgesetzt sind und Widerstandsfähigkeit gegenüber dem internen Unterdruck dem sie nach der Abkühlung ausgesetzt sind) erfüllen müssen und müssen aus diesem Grund eine sehr hohe mechanische Festigkeit aufweisen.

So hängt die Ausführung und die Leistung von diesen Verpackungen von einer gewissen Anzahl von mechanischen Kennzeichen des Stahls ab :

- Dem ebenen Anisotropiekoeffizienten  $\Delta_c$ ,
- Dem Lankford-Koeffizienten,
- Der Elastizitätsgrenze  $R_e$ ,
- Der maximalen Bruchfestigkeit  $R_m$ ,
- Der Ausdehnung  $A\%$ ,

- Der verteilten Ausdehnung Ag%.

Um der Verpackung eine mechanische Haltbarkeit zu verleihen, der mit der unteren Stahldicke äquivalent ist, ist es erforderlich, dass das Stahlblech eine größere maximale Bruchfestigkeit aufweist.

Für die Ausführung von Verpackungen ist es bekannt, dass man Standardstähle mit einem niedrigen Kohlenstoffgehalt und einem niedrigen Mangengehalt verwendet, die mit Aluminium beruhigt worden sind.

Der normalerweise für diese Art von Stahl verwendete Kohlenstoffgehalt liegt zwischen 0,020 und 0,040% da Kohlenstoffanteile, die grösser als 0,040% sind zu mechanischen Kennzeichen führen, die weniger günstig für das Tiefziehen sind und Anteile an Kohlenstoff unter 0,020% sind induzieren eine Neigung zur natürlichen Halterung des Bleches zum trotz einer Halterung beim Glühen.

Der Gehalt an Mangan wird wegen einer ungünstigen Wirkung dieses Elements auf den Wert des Lankfordkoeffizienten für nicht im Vakuum entgaste Stelle maximal reduziert. So liegt der betreffende Mangengehalt zwischen 0,15 und 0,25%.

Diese Stahlbleche werden durch kaltwalzen eines Bandes heiß ausgeführt mit einem Kaltwalzanteil zwischen 75% und mehr als 90% gefolgt von einem kontinuierlichen Glühen mit einer Temperatur zwischen 640 und 700°C und ein zweites Kaltwalzen mit einem Ausdehnungsgrad während diesem zweiten Kaltwalzen zwischen 2% und 45% entsprechend der gewünschten maximalen Bruchfestigkeit Rm.

Aber für die Stähle mit einem niedrigen Kohlenstoffgehalt, die mit Aluminium beruhigt worden sind, sind hohe mechanische Kennzeichen mit einer schwachen Ausdehnungsfähigkeit verbunden. Diese schwache Dehnbarkeit zieht außer der Tatsache, dass die für die Ausformung der Verpackung ungünstig ist in dieser Ausführung eine Verdünnung der Wände nach sich, die für die Leistungen der Verpackungen ungünstig sein wird.

So weist zum Beispiel ein aluminiumberuhigter Stahl mit einem niedrigen Kohlenstoffgehalt, der eine maximale Bruchfestigkeit in der Größenordnung von 550 MPa aufweist, einen Ausdehnungsgrad A% nur in der Größenordnung zwischen 1 und 3% auf.

Die vorliegende Erfindung hat zum Ziel ein Blech aus aluminiumberuhigtem Stahl mit geringem Kohlenstoffgehalt zur Verpackung, die, was die maximale Bruchfestigkeit, die den aluminiumberuhigten Stählen mit einem niedrigen Kohlenstoffgehalt aus dem Stand der Technik äquivalent ist entspricht einen höheren Dehnungsgrad A% aufweist.

Um diese Kennzeichen zu erhalten hat die vorliegende Erfindung zum Gegenstand ein Verfahren zur Herstellung eines Bandes aus aluminiumberuhigtem Stahl mit geringem Kohlenstoffgehalt zur Verpackung, wobei :

- Ein Band aus warmgewalzten Stahl bereitgestellt wird, welches zwischen 0,022 und 0,035 Gew.-% Kohlenstoff zwischen 0,15 und 0,25 Gew.-% Mangan, zwischen 0,040 und 0,070 Gew.-% Aluminium,

zwischen 0,0035 und 0,0060 Gew.-% Stickstoff aufweist, wobei der Rest Eisen und verbleibende unvermeidbare Verunreinigungen sind,

- Ein erstes Kaltwalzen des Bandes durchgeführt wird,
- Das kaltgewalzte Band einer Glühbehandlung unterworfen wird,
- Gegebenenfalls ein zweites Kaltwalzen durchgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Glühbehandlung eine kontinuierliche Glühbehandlung ist, deren Zyklus aufweist :
- Einen Temperaturanstieg bis zu einer Temperatur oberhalb der Temperatur des Beginns der perlitischen Umwandlung Ac1,
- Eine Aufrechterhaltung des Bandes oberhalb dieser Temperatur für einen Zeitraum grösser als 10 Sekunden,
- Eine schnelle Abkühlung des Bandes bis zu einer Temperatur von unterhalb 100°C mit einer Kühlungsgeschwindigkeit zwischen 100°C pro Sekunde und 500°C pro Sekunde,
- Eine thermische Behandlung bei niedriger Temperatur zwischen 100°C und 300°C für einen Zeitraum grösser als 10 Sekunden,
- Und eine Abkühlung bis zu Raumtemperatur.

Nach anderen Kennzeichen des Verfahrens nach der vorliegenden Erfindung :

- Nach der schnellen Abkühlung des Bandes und vor der thermischen Behandlung bei niedriger Temperatur wird ein Vorgang zur plastischen Dehnungsverformung des Bandes mit einer Dehnungsrate zwischen 1 bis 5% durchgeführt,
- Wird das Band während der Glühbehandlung bei einer Temperatur zwischen Ac1°C und 800°C für ein Zeitraum von 10 Sekunden bis 2 Minuten gehalten;
- Wird das Band während der thermischen Behandlung bei einer niedrigen Temperatur zwischen 100°C und 300°C für ein Zeitraum zwischen 10 Sekunden und 2 Minuten gehalten;
- Wird der Vorgang zur plastischen Dehnungsverformung des Bandes durch Walzen unterziehen oder durch Walzen ausgeführt.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich ebenfalls auf ein Blech aus aluminiumberuhigtem Stahl mit geringen Kohlenstoffgehalt zur Verpackung, welches zwischen 0,022 und 0,035 Gew.-% Kohlenstoff zwischen 0,15 und 0,25 Gew.-% Mangan, zwischen 0,040 und 0,070 Gew.-% Aluminium, zwischen 0,0035 und 0,0060 Gew.-% Stickstoff aufweist, wobei der Rest Eisen und verbleibende unvermeidbare Verunreinigungen sind, hergestellt nach dem oberen Verfahren, dadurch gekennzeichnet, dass es im Gebrauchszustand eine Dehnungsrate A% aufweist, welche die folgende Gleichung erfüllt :

$$(670 - R_m)/14 \leq A\% \leq (720 - R_m)/17$$
 (wobei R<sub>m</sub> die maximale Bruchfestigkeit des Stahls ausgedrückt in MPa ist).

Nach anderen Kennzeichen des Bleches umfasst der Stahl eine COTTERELL-Wolke und/oder bei niedriger Temperatur ausgefällte Epsilon Carbide, und eine Anzahl von Körnern pro mm<sup>2</sup> höher als 20 000.

Die Kennzeichen und Vorteile erscheinen klarer in der folgenden Beschreibung, die nur beispielhaft unter Bezugnahme auf die im Anhang befindlichen Figuren angegeben ist.

Die Figuren 1 und 2 sind Diagramme, die den Einfluss der Glühtemperatur auf die maximale Bruchtemperatur Rm zeigen.

Die Figur 3 ist ein Diagramm, das den Einfluss der Abkühlungsgeschwindigkeit auf die maximale Bruchfestigkeit Rm zeigt.

Die Figur 4 ist ein Diagramm, das den Einfluss der Abkühlungsgeschwindigkeit auf die maximale Bruchfestigkeit Rm und den Dehnungsgrad A% zeigt.

Die Figur 5 ist ein Diagramm, das den Einfluss der Abkühlungsgeschwindigkeit auf die Härte HR30 zeigt.

Die Figur 6 ist ein Diagramm, das den Einfluss der thermischen Behandlung mit niedriger Temperatur auf die maximale Bruchfestigkeit Rm zeigt.

Die Figur 7 ist ein Diagramm, das den Einfluss der thermischen Behandlung mit niedriger Temperatur auf die maximale Bruchfestigkeit Rm und den Dehnungsgrad A% zeigt.

Die Figur 8 ist ein Diagramm, das den Einfluss der plastischen Dehnungsverformung auf die maximale Bruchfestigkeit Rm zeigt.

Es sind mehrere Versuche zuerst im Laboratorium und dann unter industriellen Bedingungen ausgeführt worden um die Kennzeichen der vorliegenden Erfindung zu validieren. Die vollständigen Ergebnisse von zwei dieser Versuche werden jetzt beschrieben.

Diese Versuche betreffen zwei kalte Rollen aus aluminiumberuhigtem Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt, bei welchen Rollen die Kennzeichen in der folgenden Tabelle 1 reproduziert worden sind.

TABELLE 1

|   | Gehalt(10 <sup>-3</sup> %) |     |    |     | Warmwalzen |          |        | Kaltwalzen |        |
|---|----------------------------|-----|----|-----|------------|----------|--------|------------|--------|
|   | C                          | Mn  | Al | N   | TFL(°C)    | Tbob(°C) | Ep(mm) | Tred(%)    | Ep(mm) |
| A | 23                         | 186 | 50 | 3,6 | 860/880    | 530/565  | 1,87   | 89,8       | 0,20   |
| B | 25                         | 203 | 58 | 4,6 | 860/880    | 530/565  | 2,00   | 87         | 0,28   |

In der ersten Spalte ist die Rolle angegeben; in der zweiten bis zu der fünften Spalte hat man in 10<sup>-3</sup> Gew.-% die Gehalte der Hauptbestandteile angegeben, die eine Wichtigkeit aufweisen. Die sechste bis zur achten Spalte betreffen die Bedingungen des Warmwalzens : in der sechsten Spalte hat man die Temperatur am Ende des Warmwalzens angegeben; in der siebten Spalte hat man die Temperatur beim Aufrollen angegeben; die in der achten Spalte ist die Dicke des heizgewalzten Bandes angegeben. Schliesslich betrifft die neunte und die zehnte Spalte die Bedingungen beim Kaltwalzen: in der neunten Spalte hat man den Reduzierungsgrad des Kaltwalzens angegeben und in der zehnten Spalte hat man die Dicke am Ende des kaltgewalzten Bandes angegeben.

Diese beiden Standardbänder sind Gegenstand einer differenzierten Glühbehandlung gefolgt von zweiten Kaltwalzvorgängen, die ebenfalls differenziert waren.

Die Haltetemperaturen beim Glühen variieren zwischen 650°C und 800°C, die Abkühlungsgeschwindigkeiten variieren zwischen 40°C pro Sekunde und 400°C pro Sekunde, die Glühtemperaturen bei niedriger Geschwindigkeiten variieren zwischen 150°C und 350°C und die Dehnungsgrade bei dem zweiten Walzen variieren zwischen 1% und 42% mit oder ohne intermediäre plastische Dehnungsverformung.

Außer den mikrographischen Untersuchungen besteht die Kennzeichnung des Metalls, das aus diesen unterschiedlichen Versuchen hervorgegangen ist einerseits daraus das Ziehen an den Proben ISO 12,5 x 500 in der Richtung des Walzens und in der querverlaufenden Richtung in frischen Zustand und im gehaltenem Zustand nach dem Halten bei 200°C während 20 Minuten auszuführen und andererseits die Härte HR 30T ebenfalls im frischen und im gehaltenen Zustand zu bestimmen. Diese Versuche haben es ermöglicht zu zeigen, dass es möglich ist die maximale Bruchfestigkeit  $R_m$  für den selben aluminiumberuhigten Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt und mit einem Dehnungsgrad für das zweite identische Kaltwalzen beträchtlich zu erhöhen, wenn man zwischen den beiden Kaltwalzvorgängen eine kontinuierliche Kühlungsbehandlung nach den Bedingungen der vorliegenden Erfindung ausführt.

Anders ausgedrückt haben es diese Versuche ermöglicht zu zeigen, dass es möglich ist die Dehnbarkeit  $A\%$  beträchtlich für den selben aluminiumberuhigten Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt, mit einer identischen maximalen Bruchfestigkeit  $R_m$  beträchtlich zu erhöhen, wenn man zwischen den beiden Kaltwalzvorgängen ein kontinuierliches Glühen nach den Bedingungen der Erfindung ausführt, da dasselbe Niveau von  $R_m$  mit einem schwächeren Dehnungsgrad während der zweiten Walzvorgang erreicht wird. So wird es möglich Qualitäten des aluminiumberuhigten Stahls mit niedrigem Kohlenstoffgehalt mit einem Niveau von  $R_m$  in der Größenordnung von 380 MPa auszuführen ohne dass man ein zweites Walzen nach dem Glühen außer vielleicht einem leichten Ausziehvorgang den man Skinpass nennt zu benötigen, der es ermöglicht die Stufe der Grenze der Elastizität, die auf dem Metall am Ausgang des Glühens anwesend ist zu unterdrücken.

#### Einfluss der Zusammensetzung des Stahls

Wie es vorher angegeben worden ist liegt die Erfindung nicht in der Zusammensetzung des Stahls, der ein aluminiumberuhigter Standardstahl ist, der wenig Kohlenstoff enthält.

Wie alle aluminiumberuhigten Stähle mit einem niedrigen Kohlenstoffgehalt sind es im wesentlichen die Kohlenstoffgehalte und die Mangangehalte die wichtig sind :

- Der Kohlenstoffgehalt, der gewöhnlich für diesen Stahltyp gilt liegt zwischen 0,022% und 0,040%, da Gehalte oberhalb von 0,040% zu mechanischen Kennzeichen führen, die weniger günstig für das Tiefziehen sind. Für Gehalte unterhalb von 0,022% gibt es keine perlitische Transformation beim Abkühlen und diese perlitische Transformation ist wichtig und wird gesucht;

- Der Gehalt an Mangan ist wegen einer ungünstigen Wirkung dieses Elements auf den Wert des Lankfordkoeffizienten für im Vakuum nicht entgaste Stähle reduziert; so liegt der betreffende Mangengehalt zwischen 0,15 und 0,25%.
- Der Stickstoff und das Aluminium sind ebenfalls zwei Elemente, die man kontrollieren muss.
- Der Stickstoff wird in Überschuss gebracht, wenn man einen harten und haltenden Stahl erhalten will. Im Allgemeinen liegt der Gehalt des Stickstoffes zwischen 0,0035 und 0,0060%.
- Das Aluminium wird verwendet um den Stahl zu beruhigen. Im Allgemeinen liegt der Gehalt zwischen 0,040 und 0,070%.

Einfluss der Denaturierungsbedingungen beim Warmwalzen

Die aluminiumberuhigten Stähle mit einem niedrigen Kohlenstoffgehalt, die kontinuierlich gegläht werden, werden im Allgemeinen bei einer Temperatur gewalzt, die über  $A_{r3}$  liegt.

Der wesentliche Parameter ist die Temperatur beim Aufrollen, und man zieht ein Kaltaufrollen vorbei einer Temperatur vor, die zwischen 500 °C und 620 °C liegt. In der Tat weist das Warmaufrollen, das bei einer Temperatur stattfindet, die höher als 650 °C ist, zwei Nachteile auf:

- Es erzeugt Unregelmäßigkeiten, der mechanischen Kennzeichen in Verbindung mit den Unterschieden der Abkühlungsgeschwindigkeiten zwischen dem Kern und den Enden des Bandes;
  - Es erzeugt die Gefahr, dass die Körner nicht normal wachsen, wobei dieses nicht normale Wachstum für gewisse Temperaturpaare (Temperatur am Ende des Walzens, Temperatur beim Aufrollen) stattfinden kann und einen immer wiederkehrenden Fehler sowohl bei warmgewalzten als auch bei kaltgewalzten Blechen stattfinden kann.

Nichtsdestoweniger kann ein Aufrollen im warmen Zustand ausgeführt werden, indem man zum Beispiel ein selektives Aufrollen ausüben kann, bei dem die Temperatur an den Enden des Bandes höher ist.

Einfluss der Bedingungen beim Kaltwalzen

Wegen der auszuführenden endgültigen niedrigen Dicken erstreckt sich der Bereich des Reduktionsgrades beim Kaltwalzen zwischen 75 % und mehr als 90 %.

Die hauptsächlichen Faktoren, die bei der Definition des Reduktionsgrades beim Kaltwalzen eingreifen sind natürlich die endgültige Dicke des Produkts, wobei man diesbezüglich auf die Dicke des warmgewalzten Produkts einwirken kann, ebenso wie die metallurgischen Überlegungen.

Die metallurgischen Überlegungen sind auf dem Einfluss des Reduktionsgrades beim Kaltwalzen auf den mikrostrukturellen Zustand basiert und folglich auf den mechanischen Kennzeichen nach der Rekristallisation und dem Glühen basiert. Umso mehr der Reduktionsgrad beim Kaltwalzen zunimmt, umso niedriger die Rekristallisationstemperatur ist, je kleiner die Körner sind, umso grösser sind  $R_e$  und  $R_m$ . Insbesondere kann der Reduktionsgrad einen sehr starken Einfluss auf den Lankford-Koeffizienten haben.

Für den Fall der Bildung von Zipfeln beim Tiefziehen ist es zum Beispiel angebracht, die Stahlqualität und besonders den Kohlenstoffgehalt und den Reduktionsgrad beim Kaltwalzen mit der gewünschten Härte und den gewünschten mechanischen Kennzeichen und zu optimieren, um ein sogenanntes „Metall ohne Zipfel“ zu erhalten.

#### Einfluss des Glühens

Ein wichtiges Kennzeichen der vorliegenden Erfindung beruht auf der Glühtemperatur. Es ist wichtig, dass die Glühtemperatur höher ist als der Anfangspunkt der perlitischen Umformung Ac1 (in der Größenordnung von 720°C für diese Art von Stahl).

Ein anderes wichtiges Kennzeichen der vorliegenden Erfindung liegt in der Abkühlungsgeschwindigkeit, die zwischen 100 und 500°C/Sekunde liegen soll.

Während des Haltens des Bandes auf einer Temperatur, die grösser als Ac1 ist, bildet sich Austenit, das reich an Kohlenstoff ist. Die schnelle Abkühlung von diesem Austenit ermöglicht es, eine gewisse Menge von Kohlenstoff und Stickstoff in einem freien Zustand zu halten.

Es ist also wichtig, eine schnelle Abkühlung auszuführen, die mindestens bis zu einer Temperatur unter 100°C zwischen 100 und 500°C /Sekunde liegt. Wenn die schnelle Abkühlung vor einer Temperatur von 100°C angehalten wird, dann können sich die freien Atome des Kohlenstoffs und des Stickstoffs kombinieren und die gewünschte Wirkung wird nicht erreicht. Es ist offenkundig, dass eine schnelle Abkühlung bis zu der Umgebungstemperatur möglich ist.

Es ist ebenfalls möglich, eine Abkühlung bei einer Geschwindigkeit auszuführen, die höher als 500°C/Sekunde ist, aber der Anmelder der vorliegenden Erfindung hat festgestellt, dass über einer Geschwindigkeit der Abkühlung von 500°C/s der Einfluss der Erhöhung der Abkühlungsgeschwindigkeit nicht sehr bedeutsam ist.

Auf dieses Glühen mit einer hohen Temperatur mit einer schnellen Abkühlung folgt eine thermische Behandlung mit einer niedrigen Temperatur, was man als thermische Pseudo-Überalterungsbehandlung qualifizieren kann.

Das wesentliche Kennzeichen dieser thermischen Behandlung bei niedriger Temperatur liegt in der Haltetemperatur des Bandes, die zwischen 100 und 300°C liegen muss. Die Geschwindigkeiten des Anstiegs der Temperatur und der Abkühlung während dieser thermischen Behandlung bei niedriger Temperatur sind nicht sehr wichtig.

Diese thermische Behandlung bei niedriger Temperatur hat zum Ziel, die freien Kohlenstoffatome in Form von feinen und verteilten Niedertemperaturkarbidausfällungen und / oder Epsilonkarbiden auszufällen. Diese Behandlung ermöglicht ebenfalls die Segregation der freien Kohlenstoff- und Stickstoffatome auf der Ebene der Versetzungen um Cottrell-Wolken zu bilden.

Die Figuren 1 und 2 weisen einen Einfluss der Glüh­temperatur mit konstanter Abkühl­geschwindigkeit (Ziel : 100°C/Sekunde und ausgeführt 73 bis 102°C/Sekunde auf der Figur 1; Ziel 300°C/Sekunde und ausgeführt 228 bis 331°C/Sekunde auf der Figur 2) auf die maximale Bruchfestigkeit R<sub>m</sub> auf.

Man stellt auf diesen Figuren eine deutliche Erhöhung von R<sub>m</sub> mit einem Dehnungsgrad, des zweiten Walzens fest, die für die bei Temperaturen zwischen 740°C und 780°C geglühten Stähle im Bezug auf dieselben bei Temperaturen zwischen 650°C und 680°C geglühten Stähle identisch ist.

Auf jeden Fall ist dieser Einfluss der Glüh­temperatur auf die maximale Bruchfestigkeit R<sub>m</sub> nicht sehr wahrnehmbar für Dehnungsgrade unter 3% bei dem zweiten Kaltwalzen. Es wird wirklich nicht bedeutsam bei einem Dehnungsgrad von 5% bei dem zweiten Kaltwalzen.

Eine zu hohe Temperatur, die grösser als 800°C ist zieht eine mindestens teilweise Ausfällung des Stickstoffes in der Form von Aluminiumnitriden nach sich. Dieser ausgefällte Stickstoff nimmt nicht mehr am Härten des Stahles teil, was ein Sinken der maximalen Bruchfestigkeit R<sub>m</sub> zur Folge hat. Dieses Phänomen wird auf der Figur 2 gezeigt auf welcher man für Dehnungsgrade über 10% ein Sinken der Erhöhung der maximalen Bruchfestigkeit R<sub>m</sub> zwischen der geglühten Probe bei 750°C und der geglühten Probe bei 800°C feststellt.

Die Haltezeit des Bandes zwischen 720°C und 800°C muss ausreichend sein um den ganzen Kohlenstoff, der dem Gleichgewicht in der Lösung entspricht hinzufügen zu können. Ein Halten während 10 Sekunden ist ausreichend um diese Zugabe in die Lösung der Menge des Kohlenstoffes, die dem Gleichgewicht entspricht für die Stähle deren Gehalt an Kohlenstoff zwischen 0,022 und 0,035% liegt zu garantieren und ein Halten über zwei Minuten ist unnützlich und kostspielig obgleich es möglich ist.

Die Figuren 3 und 4 stellen den Einfluss der Abkühlungsgeschwindigkeit bei einer konstanten Glüh­temperatur (750°C), die während 20 Sekunden gehalten wird dar.

Wie man es auf der Figur 3 sehen kann ist die maximale Bruchfestigkeit R<sub>m</sub> des Stahles bei einer Dehnung von 10% bei dem zweiten Kaltwalzen gleich ungefähr 520 MPa wenn die Abkühlungsgeschwindigkeit gleich 100°C/Sekunde ist, während sie nur 440 MPa erreicht wenn die Abkühlungsgeschwindigkeit gleich 500°C/Sekunde ist.

Man kann also einen aluminiumberuhigten Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt deren Wert von R<sub>m</sub> gleich 520 MPa mit nur 10% Dehnungsgrad beim zweiten Kaltwalzen ausführen wenn die Abkühlungsgeschwindigkeit gleich 100°C/Sekunde ist, während man ein zweites Kaltwalzen mit einem Dehnungsgrad von 25% ausführen muss wenn sich die Abkühlungsgeschwindigkeit nur auf 50°C/Sekunde beläuft.

Dieser beim zweiten Kaltwalzen schwächere Dehnungsgrad ermöglicht es die Dehnbarkeit des Stahls weniger zu degradieren. Man sieht so auf der Figur 4, dass der Stahl bei dem R<sub>m</sub> gleich 520 MPa ist eine Dehnbarkeit A% gleich 14 aufweist während die Abkühlungsgeschwindigkeit gleich 100°C/Sekunde ist während die genannte Dehnbarkeit gleich 3,5 ist wenn die Abkühlungsgeschwindigkeit gleich 50°C/Sekunde ist.

Diese Feststellung ist ebenfalls für die Härte des Stahls gültig. Wie man es auf der Figur 5 für einen selben Dehnungsgrad bei dem zweiten Kaltwalzen sieht, steigt die Härte des Stahls an wenn die Abkühlungsgeschwindigkeit gleich 100°C/Sekunde ist. Diese Erhöhung der Härte ist auf einen höheren Gehalt des freien Kohlenstoffes und auf die Anwesenheit von feinen und verteilten Ausfällungen zurückzuführen.

Wie man es auf der Figur 6 sehen kann erhöht sich die maximale Bruchfestigkeit  $R_m$  für einen während 20 Sekunden bei einer Temperatur von 750°C geglühten und mit einer Abkühlungsgeschwindigkeit gleich 100°C/Sekunde abgekühlten und anschließend mit einem Dehnungsgrad gleich 10% kaltgewalzten Stahl wenn man eine thermische Behandlung bei niedriger Temperatur nach dem Glühen bei hoher Temperatur ausführt. So ermöglicht es zum Beispiel die thermische Behandlung für den Stahl A mit einer Temperatur von 150°C den Wert von  $R_m$  um ungefähr 50 MPa mit einem zweiten Dehnungsgrad des Kaltwalzens von gleich 10% im Bezug auf den selben Stahl der keine thermische Behandlung bei niedriger Temperatur erfahren hat und ein sekundäres Kaltwalzen mit einem Dehnungsgrad gleich 18% ( $R_m = 520$  MPa ohne thermische Behandlung bei niedriger Temperatur nach einem Glühen bei hoher Temperatur und  $R_m = 490$  MPa nach einer thermischen Behandlung mit 150°C) erfahren hat zu erhöhen.

Man stellt auf dieser Figur fest, dass die maximale Bruchfestigkeit  $R_m$  abnimmt wenn die Temperatur der thermischen Behandlung 300°C übersteigt. Der Wert von  $R_m$  ist zum Beispiel nach der thermischen Behandlung bei 350°C im Durchschnitt nur gleich 450 MPa was eine Abnahme um 20 MPa im Bezug auf den selben Stahl, der ohne thermische Behandlung bei niedriger Temperatur im Unterschied zu den Dehnungsgraden des sekundären Kaltwalzens entspricht. Diese Abnahme von  $R_m$  mit der Temperatur der thermischen Behandlung ist auf eine Ausfällung des Kohlenstoffes in der Form von Zementit zurückzuführen.

Wie man es auf der Figur 7 sehen kann erlaubt es die thermische Behandlung bei einer niedrigen Temperatur ebenfalls den Dehnungsgrad A% im übrigen unter allen gleichen Bedingungen, zu erhöhen, der auf diese Weise von 4,8% auf einen Durchschnitt von 9% übergeht.

#### Einfluss der plastischen Dehnungsdeformation

Es ist möglich auch noch das Phänomen der Härtung des Stahls zu erhöhen indem man nach dem schnellen Abkühlen des Bandes und vor der thermischen Behandlung mit einer niedrigen Temperatur einen Vorgang der plastischen Dehnungsdeformation des Bandes mit einem Dehnungsgrad zwischen 1 und 5% ausführt.

Diese plastische Deformation erzeugt Versetzungen auf denen sich während der thermischen Behandlung mit niedriger Temperatur Cottrell-Wolken, d.h. Anhäufungen von freien Kohlenstoff- und Stickstoffatomen um Versetzungen bilden, die durch die plastische Deformation und/oder Epsiloncarbide erzeugt worden sind. So werden nach der thermischen Behandlung mit einer niedrigen Temperatur die Versetzungen, durch die Deformation des Materials erzeugt worden sind durch die Cottrell-Wolken immobilisiert und verankert was ein Härten des Stahls zur Folge hat.

Wie man es auf der Figur 8 sieht erhöht sich bei einem identischen Gesamtdehnungsgrad die Bruchfestigkeit  $R_m$  des Stahls A bedeutend, wenn man eine kleine plastische Dehnungsdeformation ausführt zwischen dem Glühen bei einer hohen Temperatur und der thermischen Behandlung bei niedriger Temperatur. Man sieht zum Beispiel, dass für einen Gesamtdehnungsgrad, der gleich 15% ist und der in einem einzigen Mal nach der thermischen Behandlung mit einer niedrigen Temperatur ausgeführt worden ist, der Wert von  $R_m$  gleich 645 MPa ist. Wenn man jedoch eine intermediäre plastische Deformation mit einem Dehnungsgrad gleich 3% ausführt, wobei der Gesamtdehnungsgrad gleich 15% bleibt (was bedeutet, dass man den Dehnungsgrad während des sekundären Kaltwalzens senkt), der Wert von  $R_m$  gleich 675 MPa ist.

Diese intermediäre plastische Dehnungsdeformation kann durch Planierung unter Zug oder durch Walzen ausgeführt werden.

Die mikrographischen Analysen der Proben haben es ermöglicht festzustellen, dass die Anzahl der Körner pro  $\text{mm}^2$  grösser ist (mehr als 20 000) und dass die Carbide wenn sie gebildet worden sind intergranulares Zementit sind.

So erlaubt es dieses Verfahren zur Herstellung für die Verpackung einen aluminiumberuhigten Stahl mit wenig Kohlenstoff auszuführen, der zwischen 0,022 und 0,035 Gewichtsprozentkohlenstoff, zwischen 0,15 und 0,25 Gewichtsprozent Mangan zwischen 0,040 und 0,070 Gewichtsprozent Aluminium, zwischen 0,0035 und 0,0060 Gewichtsprozent Stickstoff umfasst, wobei der Rest Eisen und unvermeidliche Restverunreinigungen sind, wobei der genannte Stahl im gehaltenem Zustand einen Dehnungsgrad  $A\%$  aufweist, der die folgende Gleichung zufriedenstellt.

$$(670 - R_m)/14 \leq A\% \leq (720 - R_m)/17$$

Wobei  $R_m$  die maximale Bruchfestigkeit des Stahls ausgedrückt in MPa ist.

Die Wirkungen des Verfahrens nach der vorliegenden Erfindung (thermische Behandlung mit niedriger Temperatur nach einer schnellen Abkühlung) sind ebenfalls sichtbar für Stähle deren Kohlenstoffgehalt grösser als 0,04% ist. Das ist auf typische Weise der Fall für Stähle, die für Anwendungen verwendet werden, die kein starkes Tiefziehen wie zum Beispiel zur Ausführung von Körpern von dreistückigen Dosen oder Böden von Dosen erfordern. Der Gehalt an Kohlenstoff von diesen Stählen liegt im Allgemeinen zwischen 0,040 und 0,080%.

## Ansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Bands aus aluminiumberuhigtem Stahl mit geringem Kohlenstoffgehalt zur Verpackung, wobei:
  - ein Band aus warmgewalztem Stahl bereitgestellt wird, welches zwischen 0,022 und 0,035 Gewichts-% Kohlenstoff, zwischen 0,15 und 0,25 Gewichts-% Mangan, zwischen 0,040 und 0,070 Gewichts-% Aluminium, zwischen 0,0035 und 0,0060 Gewicht-% Stickstoff aufweist, wobei der Rest Eisen und verbleibende unvermeidbare Verunreinigungen sind,
  - ein erstes Kaltwalzen des Bands durchgeführt wird,
  - das kaltgewalzte Band einer Glühbehandlung unterworfen wird,
  - gegebenenfalls ein zweites Kaltwalzen durchgeführt wird,dadurch gekennzeichnet, dass die Glühbehandlung eine kontinuierliche Glühbehandlung ist, deren Zyklus aufweist:
  - einen Temperaturanstieg bis zu einer Temperatur oberhalb der Temperatur des Beginns der perlitischen Umwandlung  $A_{c1}$ ,
  - eine Aufrechterhaltung des Bands oberhalb dieser Temperatur für einen Zeitraum größer als 10 Sekunden,
  - eine schnelle Abkühlung des Bands bis zu einer Temperatur unterhalb  $100\text{ °C}$  mit einer Kühlungsgeschwindigkeit zwischen  $100\text{ °C pro Sekunde}$  und  $500\text{ °C pro Sekunde}$ ,
  - eine thermische Behandlung bei niedriger Temperatur zwischen  $100\text{ °C}$  und  $300\text{ °C}$  für einen Zeitraum größer als 10 Sekunden,
  - und eine Abkühlung bis zur Raumtemperatur.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass nach der schnellen Abkühlung des Bands und vor der thermischen Behandlung bei niedriger Temperatur, ein Vorgang zur plastischen Dehnungsverformung des Bands mit einer Dehnungsrate zwischen 1 bis 5% durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Band während der Glühbehandlung bei einer Temperatur zwischen  $A_{c1}\text{ °C}$  und  $800\text{ °C}$  für einen Zeitraum von 10 Sekunden bis 2 Minuten gehalten wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Band während der thermischen Behandlung bei einer niedrigen Temperatur zwischen 100 °C und 300 °C für einen Zeitraum zwischen 10 Sekunden und 2 Minuten gehalten wird.
5. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Vorgang zur plastischen Dehnungsverformung des Bands durch Walzen unter Ziehen durchgeführt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Vorgang zur plastischen Dehnungsverformung des Bands durch Walzen durchgeführt wird.
7. Blech aus aluminiumberuhigtem Stahl mit geringem Kohlenstoffgehalt zur Verpackung, welches zwischen 0,022 und 0,035 Gewichts-% Kohlenstoff, zwischen 0,15 und 0,25 Gewichts-% Mangan, zwischen 0,040 und 0,070 Gewichts-% Aluminium, zwischen 0,0035 und 0,0060 Gewicht-% Stickstoff aufweist, wobei der Rest Eisen und verbleibende unvermeidbare Verunreinigungen sind, hergestellt nach dem Verfahren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass es im Gebrauchszustand eine Dehnungsrate A% aufweist, welche die Gleichung erfüllt:
$$(670 - R_m) / 14 \leq A \% \leq (720 - R_m) / 17$$
wobei R<sub>m</sub> die maximale Bruchfestigkeit des Stahls ausgedrückt in MPa ist.
8. Blech aus Stahl nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Stahl Cottrell-Wolke und/oder bei niedriger Temperatur ausgefällte Epsilon Carbide aufweist, und eine Anzahl von Körnern pro mm<sup>2</sup> höher als 20000 aufweist.

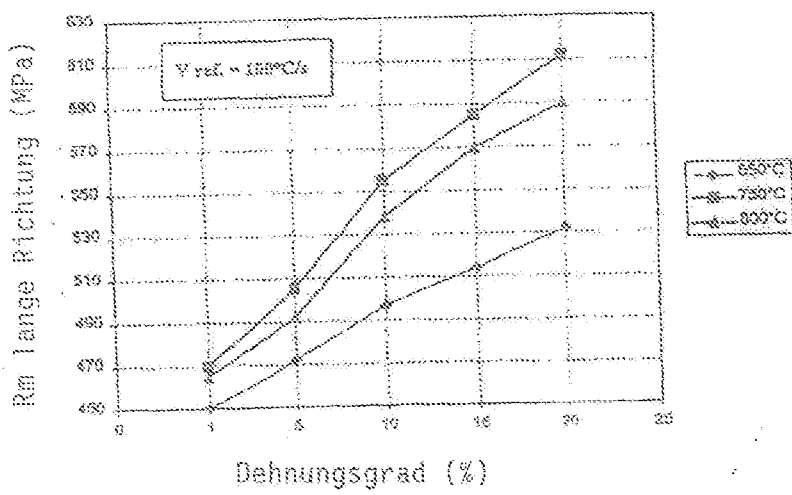


FIG. 1

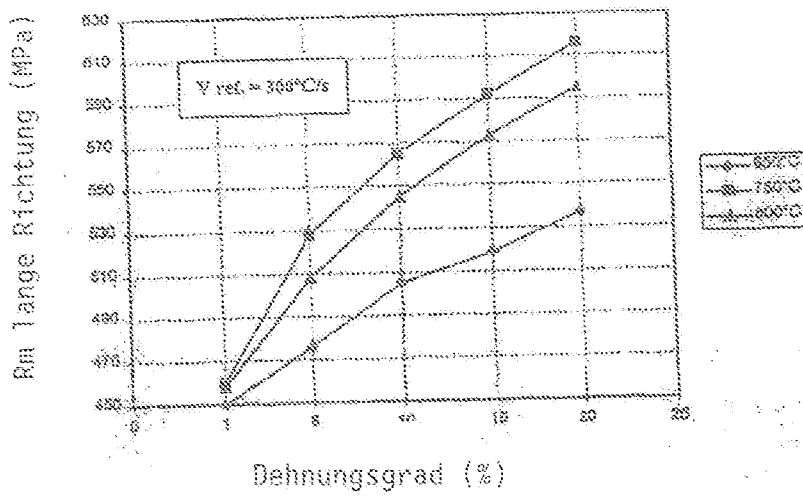


FIG. 2

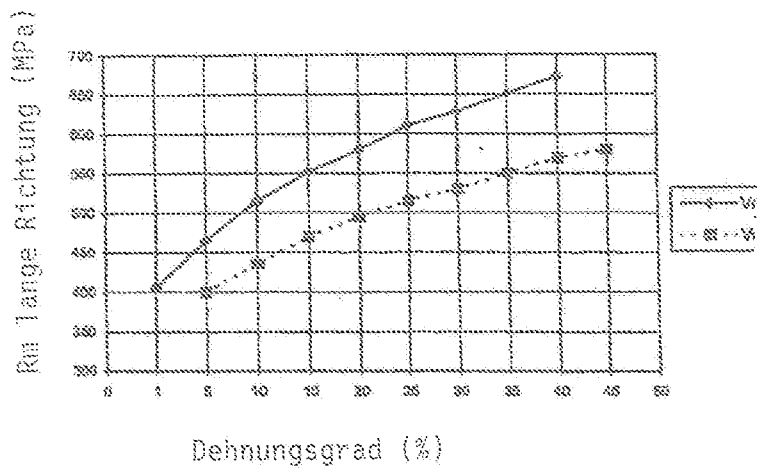


FIG. 3

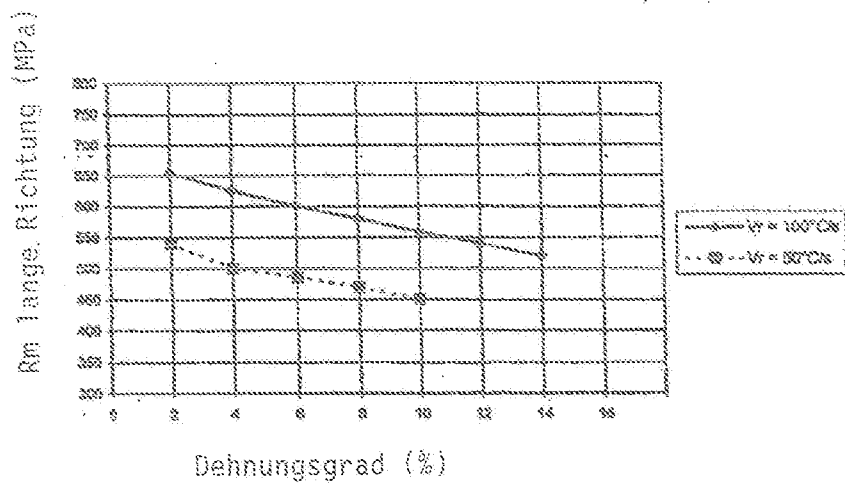


FIG. 4

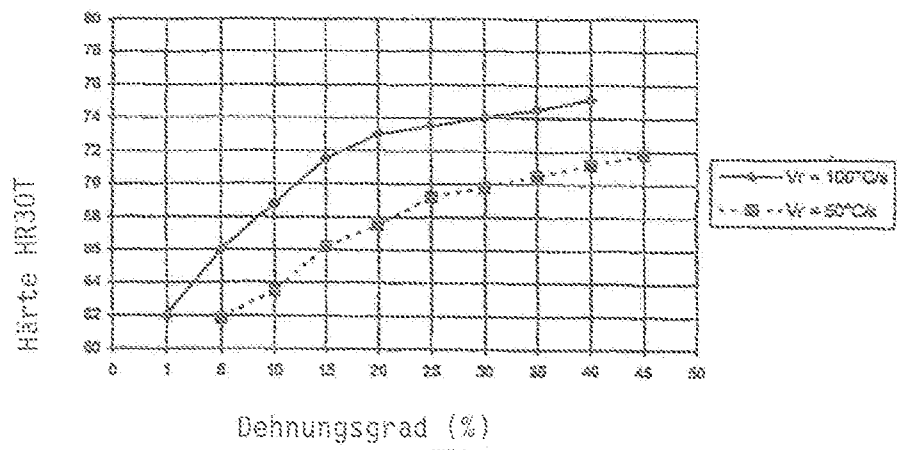


FIG. 3