



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 224 874 A1

4(51) C 22 C 21/00
C 22 F 1/04

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP C 22 C / 264 355 7	(22)	21.06.84	(44)	17.07.85
------	-----------------------	------	----------	------	----------

(71)	VEB Mansfeld Kombinat Wilhelm Pieck, Forschungsinstitut für NE-Metalle, 9200 Freiberg, Lessingstraße 41, DD
(72)	Gierth, Hartmut, Dipl.-Met.; Dalkowski, Martin, Dipl.-Chem.; Cyrener, Eva, Dr.-Ing. Dipl.-Met.; Jorntitz, Walter, Dipl.-Phys., DD

(54)	Aluminiumlegierung und Verfahren zur Verarbeitung der Legierung
------	---

(57) Die aus der Legierung hergestellten Bänder oder Bleche sind für vorwiegend Konservendosen, Deckel, Aufreißdeckel und Verschlüsse geeignet. Ziel der Erfindung ist es, einen Werkstoff für die Blechverpackungsindustrie bereitzustellen. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Aluminiumlegierung mit nur zwei Legierungskomponenten und ein Verfahren zur Herstellung von Bändern und Blechen aus Gießwalzband dieser Legierung zu entwickeln. Die Erfindung besteht darin, daß das Vergießen der Metallschmelze, bestehend aus Aluminium, Eisen und Mangan als Legierungskomponenten, bei Temperaturen von 675–725 °C an einer Gießwalzanlage bei einer Gießgeschwindigkeit von 0,5 m/min und einer Banddicke von 6–10 mm erfolgt. Die hergestellten Bänder und Bleche können in der Blechpackungsindustrie angewendet werden.

Erfindungsansprüche:

1. Aluminiumlegierung mit natürlichen Verunreinigungen an Silicium, Magnesium, Zink, Kupfer und Titan **gekennzeichnet dadurch**, daß sie aus 0,4 bis 1,6 Ma.-% Eisen, 0,4 bis 1,6 Ma.-% Mangan, besteht und der Rest Aluminium ist.
2. Verfahren zur Verarbeitung der Legierung nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Vergießen der Metallschmelze bei Temperaturen von 675–725°C an einer Gießwalzanlage bei einer Gießgeschwindigkeit von mindestens 0,5 m/min und einer Banddicke von 6–10 mm erfolgt und in dem System der Schmelzenzuführung zur Gießmaschine eine Abstehtbehandlung vorgenommen wird.
3. Verfahren nach Punkt 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Gießwalzband in mehreren Stichen von jeweils mindestens 40% Dickenreduktion kalt an eine Dicke zwischen 3,0 und 0,8 mm gewalzt und dann bei Temperaturen von 400 bis 470°C und einer Walzzeit von 1 bis 10 Stunden geglüht und abschließend in mehreren Walzstichen kalt bis an die Endabmessung von 0,35 bis 0,15 mm gewalzt wird.
4. Verfahren nach Punkt 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Gießwalzband in mehreren Stichen von jeweils mindestens 40% Dickenreduktion kalt an eine Dicke zwischen 3,0 und 0,8 mm gewalzt und dann bei Temperaturen $\leq 300^\circ\text{C}$ und einer Haltezeit von 3 bis 12 Stunden geglüht und abschließend in mehreren Walzstichen kalt bis an 0,35 bis 0,15 mm gewalzt wird.
5. Verfahren nach Punkt 2 bis 4, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Band oder Blech an Enddicke einer abschließenden Anlaßwärmebehandlung bei Temperaturen von 150 bis 350°C unterzogen wird, die auch als Einbrennlackierung ausgeführt werden kann.
6. Verfahren nach Punkt 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß das gesamte System zur Zuführung der Schmelze zur Gießmaschine bei Durchflußgeschwindigkeiten $< 150\text{ cm/min}$, insbesondere $< 20\text{ cm/min}$ zur Abstehtbehandlung genutzt wird.
7. Aluminiumlegierung und Verfahren nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß bei der Herstellung der Legierung bis zu 60% des Gesamteinsatzes als Aluminiumschrott erfolgt.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Aluminiumlegierung, deren mechanische Eigenschaften den Einsatz in blankem oder oberflächenveredeltem Zustand als Band oder Blech für vorwiegend Konservendosen, Deckel, Aufreißdeckel und Verschlüsse, aber auch für andere Erzeugnisse der Blechpackungsindustrie ermöglichen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Aluminium und Aluminiumlegierungen werden bereits seit vielen Jahren in Form von Bändern und Blechen für die Herstellung von Verpackungen insbesondere für Konservendosen und Deckel eingesetzt. Anwendung finden technisch reines Aluminium, AlMn-, AlMg-, AlMnMg-, AlFe- und AlFeSi-Legierungen. Diese Werkstoffe haben die Nachteile, daß sie entweder nicht ausreichend fest sind und deshalb nur in Form relativ dicker Bänder und Bleche für Verpackungen einsetzbar sind oder daß sie aufgrund ihrer spezifischen Zusammensetzung nicht oder nur unökonomisch nach dem wegen seiner Wirtschaftlichkeit herausragenden Gießwalzverfahren verarbeitet werden können.

Die höher legierten Werkstoffe AlMg und AlMnMg sind nur über das konventionelle Stranggießverfahren und anschließendes Walzen der Gußblöcke unter Einschaltung von teuren Blockbearbeitungsschritten, Hochtemperaturbehandlungen und weiteren Zwischenglühbehandlungen zu Verpackungsband zu verarbeiten. Bei einigen der angegebenen Legierungen ist die Verarbeitung nach dem Gießwalzverfahren zu Breitband zwar möglich, jedoch weisen aus diesen Legierungen gefertigte Bänder schlechtes Zipfelverhalten auf, das heißt, daß sich beim Ziehen von Dosen und Hohlkörpern an den Rändern große Zipfel bilden, so daß nur eine Fertigung bestimmter Dosensortimente, insbesondere unrunder Dosen, möglich ist. Die Herstellung von runden Dosen aus diesen Legierungen erfordert aufwendige Hochtemperaturglühbehandlungen, die in den Verarbeitungsprozeß eingeschaltet werden und die Ökonomie des Gießwalzverfahrens in Frage stellen.

Aufgrund der verhältnismäßig niedrigen Festigkeit von technisch reinem Aluminium im geglühten tiefziehfähigen Zustand sind für ausreichende Beulsteifigkeit von Dosen und Deckeln Wandstärken und Banddicken von im allgemeinen 0,30 mm erforderlich. Da nach Gebrauch der Füllgüter die Verpackungen einer Rezyklierung größtenteils nicht wieder zugeführt werden sind mit der Verwendung von unlegiertem Aluminium besonders hohe Metallverluste verbunden.

So wird in der DE-OS 2342253 eine Legierung für die Herstellung von Dosen mit Aufreißdeckel genannt, die sich aus

0,5 bis	2,0 Ma.-% Mn
maximal	1,0 Ma.-% Fe
maximal	0,2 Ma.-% Cr
0,4 bis	2,0 Ma.-% Mg
maximal	0,5 Ma.-% Zn
maximal	0,5 Ma.-% Cu
	Rest Al

zusammensetzt.

Außerdem wird die Verarbeitung dieser Legierung zum Band geschützt, die eine energieaufwendige Hochtemperaturglühung des konventionell gegossenen Blockes bei Temperaturen von 454 bis 621°C mit einer Glühdauer von 2 bis 24 Stunden, das Warmwalzen bei Temperaturen von 204 bis 510°C mit einem Verformungsgrad von maximal 20% und das Kaltwalzen an die Enddicke unter Einschluß einer rekristallisierenden Zwischenglühung und gegebenenfalls eine abschließende Weichglühung umfaßt. Damit erreicht die Legierung als Band von 0,30 mm Dicke eine 0,2-Dehngrenze $R_{p0,2}$ von 316 MPa bei einer Dehnung von 1,5%.

Die DE-OS 2929724 beschreibt eine Aluminiumlegierung mit Magnesium, Mangan, Eisen und Silizium als Legierungskomponenten und das Verarbeitungsverfahren zur Herstellung eines Bandes für Dosen und Deckel. Auch dieser legierungstechnisch aufwendigere Werkstoff wird konventionell über den Strangguß von Blöcken, das Warmwalzen dieser Blöcke und das Kaltwalzen an die Enddicke zu tiefziehfähigem Band verarbeitet. Erforderlich ist ebenfalls eine energieaufwendige Homogenisierungsglühung im Temperaturbereich von 550 bis 600°C und von 4 bis 6 Stunden Dauer. Zur Herstellung von Dosenkörpern ist eine kurzzeitige zusätzliche Zwischenglühung bei Temperaturen zwischen 350 und 500°C notwendig, die in die Kaltwalzstufe eingeschoben wird.

In der DE-OS 2901029 wird ein Verfahren zur Herstellung eines zipfelarmen Bandes aus einem warmgewalzten Band aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung vom Typ AlMgMn beschrieben. Zu Beginn der Verarbeitung zum Band, aus dem

auch Dosen gezogen werden können, wird ein Gießband mit einer Anlage erzeugt, die nicht den Charakter von Gießwalzanlagen des Doppelwalzentyps hat. In die Verarbeitung ist eine Warmwalzstufe des gegossenen Bandes eingefügt, für deren Parameter Ansprüche angemeldet werden. Das anschließende Kaltwalzen an die Endabmessung erfordert zur Einstellung hoher Festigkeitswerte, hoher Dehnung und geringer Zipfelwerte außerdem noch die Einschaltung einer Zwischenglühbehandlung, die erfindungsgemäß als eine rekristallisierende Kurzzeitwärmebehandlung von 10 Sekunden Dauer bei einer Temperatur von 425°C ausgeführt werden kann.

In der DE-OS 27 267 63 wird ein Verfahren und eine Legierung zur Herstellung von Blech und Band genannt, aus dem Dosen und Behälter erzeugt werden können.

Die Aluminiumlegierung enthält mindestens 0,4 Ma.-% Mangan und wird nach einer nicht näher beschriebenen kontinuierlichen Bandgießtechnik hergestellt. Durch eine erfindungsgemäße Hochtemperaturglühbehandlung des gegossenen Bandes im Temperaturbereich von 482°C bis nahe an die Solideestemperatur dieser Legierung bei einer Dauer von 4 bis 24 Stunden werden am anschließend kaltgewalzten Band eine Zugfestigkeit R_m von 201 MPa, eine 0,2-Dehngrenze R_p 0,2 von 253 MPa und eine Dehnung $A_L = 51$ von mindestens 2% erreicht. Das Band zeichnet sich durch verminderte Festfreßerscheinungen bei der Dosenherstellung durch Ziehen, Tiefziehen und Abstrecken infolge der bei der Hochtemperaturglühbehandlung ablaufenden Manganausscheidung zu größeren intermetallischen Teilchen aus.

Die DE-OS 2551 294 und die DD 121 654 nennen ein Verfahren zur Herstellung verbesserter Metallegierungsprodukte, das eine Legierung folgender sehr komplizierter Zusammensetzung

1,1 bis	2,5 Ma.-% Fe
maximal	2,0 Ma.-% Si
maximal	2,0 Ma.-% Zn
maximal	1,0 Ma.-% Ni
maximal	0,5 Ma.-% Mn
maximal	1,0 Ma.-% Cu
maximal	1,0 Ma.-% Mg
	Rest Al

und auch das Gießwalzverfahren an Anlagen vom Doppelwalzentyp einschließt. Die hohe Festigkeit und gute Verformbarkeit dieser Legierung ist auf die Stabilisierung einer Feinkonstruktion dieses legierungstechnisch ziemlich aufwendigen Werkstoffs zurückzuführen, die durch eine gleichmäßige Dispersion von feinen intermetallischen Teilchen erreicht wird. Als letzter Bearbeitungsschritt ist einer Schlußglühbehandlung notwendig, die erheblichen technologischen Aufwand erfordert, um die an die Toleranzen der mechanischen Parameter derartiger Bänder zu stellenden Anforderungen zu erfüllen.

In den DD 136 978 und DD 138 560 werden Verfahren angegeben, mit denen sich tiefziehfähige Bänder auch unter Einbeziehung des Gießwalzverfahrens an Anlagen vom Doppelwalzentyp aus den Legierungen AlMn und AlMnMg, deren Einsatz für starre Packungen bekannt ist, fertigen lassen. Die Verminderung der Zipfelneigung beim Tiefziehen dieser Bänder wird durch eine Glühung der nicht oder auch vorverformten Gießwalzbänder erreicht, die allerdings den Nachteil hat, daß damit auch die Festigkeit der Bänder mit der Endabmessung beträchtliche Einbuße erleidet, so daß zumindest für Bänder, die zur Herstellung von runden Dosen vorgesehen werden, der Legierungseffekt zur Festigkeitserhöhung zum Teil wieder verlorengeht. Damit lassen sich mit dem Ziel einer Materialeinsparung bei Runddosen nur geringe Wanddickenreduzierungen im Vergleich zum technisch reinem Aluminium erreichen.

Zusätzlich zu der Glühung des Gießwalzbandes ist noch eine Glühbehandlung des kalt an die Enddicke gewalzten Bandes erforderlich. Damit erhöht sich einmal der Aufwand infolge von teureren Glühbehandlungen wesentlich, zum anderen sind hinsichtlich der Einhaltung von Toleranzen der mechanischen Bänder Eigenschaften hohe Anforderungen an die Einhaltung der Glühparameter zu stellen, was technisch bei Einsatz von stoßweise arbeitenden Bundglühöfen zum Teil schwierig zu verwirklichen ist. Die erwähnte Einsparung von Glühbehandlungen der Gießwalzbänder durch teilweise Substitution des Mangans durch Magnesium bringt den Nachteil erhöhten legierungstechnischen Aufwands, da Magnesium zum Abbrand neigt, zum anderen aber auch Aluminiumlegierungen mit Magnesium nur mit verringerter Gießwalzgeschwindigkeit abgegossen werden können und zu Klebeerscheinungen beim Gießwalzen neigen.

Die in der DD 144 565 beschriebene Aluminiumlegierung mit bis zu 1,8 Ma.-% Eisen umgeht teilweise die eben genannten Nachteile, die sich bei der Verarbeitung von AlMn- und AlMnMg-Legierungen über das Gießwalzverfahren zu Konservendosenlackband ergeben. Jedoch sind auch bei dieser Legierung zur Einstellung geringer Zipfelwerte zwei Zwischenglühbehandlungen in der Kaltwalzstufe erforderlich, um aus dem Band runde Dosen ziehen zu können. Außerdem werden nur geringe Materialfestigkeiten erreicht.

Ziel der Erfindung:

Ziel der Erfindung ist es, einen Werkstoff für die Blechverpackung bereitzustellen, der sich gut verarbeiten läßt und sich durch höhere Festigkeit gegenüber technisch reinem Aluminium auszeichnet und dadurch erhebliche Materialeinsparungen bei Verpackungsmitteln ermöglicht werden.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Aluminiumlegierung mit nur zwei Legierungskomponenten und ein Verfahren zur Herstellung von Bändern und Blechen aus Gießwalzband dieser Legierung zu entwickeln.

Überraschend wurde gefunden, daß durch die Zugabe von 0,4 bis 1,6 Ma.-% Eisen und 0,4 bis 1,6 Ma.-% Mangan zu Aluminium, das als natürliche Verunreinigungen Silicium, Magnesium, Zink, Kupfer und Titan enthält, ein bedeutender Festigkeitszuwachs erreicht werden kann. Dabei wird in besonders vorteilhafter Weise die Wirkung des Eisens benutzt, um die Neigung von AlMn-Legierungen zur Grobkornbildung bei rekristallisierenden Zwischenglühbehandlungen zu unterdrücken. Außerdem findet man in überraschender Weise eine sehr günstige Beeinflussung der Textur der erfindungsgemäßen Legierung sowohl bei der Ausbildung der Verformungstextur, als auch bei der Ausbildung der Textur von geglühtem Band oder Blech, so daß in der Endstufe ein blankes oder oberflächenveredeltes Band oder Blech entsteht, welches sich sehr gut tiefziehen läßt und geringe Zipfelneigung aufweist.

Eine besonders vorteilhafte Ausführung der erfindungsgemäßen Legierung besteht darin, daß bei der Gattierung bis zu 60 Ma.-% des Gesamteinsatzes aus Aluminium- oder Aluminiumlegierungsschrott bestehen können, der ja üblicherweise sowohl bei

der Bandherstellung als auch bei der Weiterverarbeitung zu Dosen, Deckeln, Aufreißdeckeln und Verschlüssen in bedeutender Maße anfällt. Bei der Untersuchung der erfindungsgemäßen Legierung wurde gefunden, daß eine erfindungsgemäße Abstreihbehandlung im gesamten System der Schmelzzuführung zur Bandgießwalzanlage vom Doppelwalzentyp bei Fließgeschwindigkeiten kleiner 150 cm/min, insbesondere aber kleiner 20 cm/min eine gute Abtrennung schädlicher nichtmetallischer Verunreinigungen, die durch den Einsatz von bis zu 60 Ma.-% vom Gesamteinsatz Aluminium- oder Aluminiumlegierungsschrott, in lackierter oder verölter Form eingetragen werden, bewirkt wird.

Das gleichzeitige Vorhandensein der beiden Legierungskomponenten Mangan und Eisen zeigt keine negativen Auswirkungen auf den Gießwalzvorgang. Da das Element Eisen keine wesentliche Verbreiterung des Erstarrungsbereichs, das heißt der Temperaturdifferenz zwischen Solidus und Liquidus bewirkt, wird auch die Gießwalzgeschwindigkeit nur unwesentlich gegenüber dem Werkstoff Al 99,5 und nicht zum Beispiel gegenüber AlMn 1 verringert. Die Vorteile der kontinuierlichen Gießwalztechnik bleiben dadurch vollkommen erhalten.

Beim Vergießen einer Schmelze dieser Legierung mit einer Temperatur von 675 bis 725°C und Gießwalzgeschwindigkeiten von 0,5 bis 0,9 m/min an Bandgießanlagen vom Doppelwalzentyp mit in einer horizontalen Ebene gelegenen Achsen der beiden Kühlwalzen erfolgt eine Erstarrung, die durch die Bildung eines Gefüges aus feinen Gußzellen gekennzeichnet ist. Der mittlere Durchmesser dieser Zellen beträgt 8 bis 10 μm , die Zellengrenzen bestehen in der Mehrzahl aus primär bei der Erstarrung ausgeschiedenen Al_6 (Fe, Mn)-Teilchen. Eisen und Mangan sind aufgrund der dem Gießwalzverfahren eigenen hohen Erstarrungsgeschwindigkeit aber auch übersättigt im Aluminium gelöst.

Die Weiterverarbeitung der Gießwalzbänder von 6 bis 10 mm Dicke erfolgt ohne eine aufwendige Homogenisierungsglühung und ohne eine als besonderen Verfahrensschritt durchzuführende Warmverformung durch Kaltwalzen, eine eingeschobene Zwischenglühbehandlung und abschließendes Kaltwalzen an die Endabmessung des Bandes oder Bleches. Soll das Blech oder Band durch einen Lackauftrag oberflächenveredelt werden, dann schließt sich in bekannter Weise an diese Verarbeitungsschritte noch eine Einbrennlackierung an.

Die erste Kaltwalzstufe erfolgt mit einer Gesamtdickenreduktion von mindestens 70% bei Ausführung der erfindungsgemäßen Walzstiche von jeweils mindestens 40%. Das Band von nunmehr 2,4 bis 3,0 mm Dicke wird dann zwischengeglüht. Die Glühparameter dieser Zwischenglühbehandlung richten sich nach dem späteren Verwendungszweck des Bandes. Für die Herstellung von runden Dosen, bei der eine besonders geringe Zipfelneigung des Bandes erforderlich ist, muß diese Glühbehandlung in die Nähe abgeschlossener Rekristallisation führen. Sie ist bei Temperaturen von 400 bis 470°C und einer Haltezeit von 1 bis 10 Stunden durchzuführen.

Für die Herstellung von unrunder Dosen, Aufreißdeckeln, Verschlüssen und von Dosendeckeln ist keine so weitgehende Endfestigung notwendig. Die Glühung wird lediglich so ausgeführt, daß eine Erholung des kaltverfestigten Werkstoffs erfolgt. Die Glühtemperaturen liegen im Bereich von kleiner oder gleich 300°C und die Haltezeiten betragen 3 bis 12 Stunden.

Im Anschluß an diese Wärmebehandlung ist das Band mit dieser Zwischenabmessung ohne weitere Zwischenglühbehandlungen kalt an die Endabmessung von 0,15 bis 0,35 mm abzuwalzen. Die einzelnen Stichabnahmen beim Walzen betragen dabei in gleicher Weise 40 bis 55%.

Mit der rekristallisierenden erfindungsgemäßen Glühbehandlung lassen sich bei durch Einbrennlackierung oberflächenveredelten Bändern und Blechen Zugfestigkeitswerte im Bereich von 200 bis 240 MPa und geringe nach dem Näpfchenziehversuch ermittelte Zipfelwerte von höchstens 4% erreichen.

Mit der nichtrekristallisierenden Zwischenglühbehandlung lassen sich Zugfestigkeitswerte R_m im Bereich von 250 bis 350 MPa bei einbrennlackierten Bändern und Blechen erreichen. Die Bruchdehnung A 10 erreicht nach beiden Arten der Zwischenglühbehandlung einen Wert von mindestens 4%. Ebenso beträgt der Tiefungswert nach Erichsen IE der erfindungsgemäß hergestellten Bänder und Bleche mit der Endabmessung mindestens 5,0 mm.

Ausführungsbeispiele

Beispiel 1

Durch Gattierung von Hüttenaluminium Al 99,5 von handelsüblicher Reinheit mit einem Anteil von 45% Aluminiumschrott mit Reinheitsgraden Al 99,0 und Al 98 und mit Vorlegierungen AlMn 10 und AlFe 6 wurde dieses auf Gehalte von 0,98 Ma.-% Eisen und 0,96 Ma.-% Mangan aufgelegt. Diese AlMnFe-Legierung ist an einer Breitband-Gießwalzanlage vom Doppelwalzentyp zu 9,0 mm dickem Gießwalzband mit einer Geschwindigkeit von 0,85 m/min bei einer Gießtemperatur von 705°C abgegossen worden.

Dieses Gießwalzband wurde mit drei Walzstichen zu einem Band von 1,35 mm Dicke kaltgewalzt. Bei dieser Zwischenabmessung erfolgte eine Zwischenglühbehandlung mit 6 Stunden Haltezeit bei einer Temperatur von 445°C. Daran anschließend wurde das Band an die Endabmessung von 0,24 mm in weiteren drei Kaltwalzstichen abgewalzt. Abschließend wurde das Band einbrennlackiert.

Dieses Lackband weist eine Zugfestigkeit R_m von 211 MPa, eine 0,2-Dehngrenze $R_{p0.2}$ von 188 MPa, eine Dehnung A 10 von 4%, einen Tiefungswert IE von 5,1 mm und einen im Näpfchenziehversuch ermittelten Zipfelwert von 4% auf.

Beispiel 2

Technisch reines Hüttenaluminium Al 99,5 und ein Anteil von 55% Rücklaufmaterial am Gesamtversatz, bestehend aus AlMnFe- und AlMn-Schrott unterschiedlicher Zusammensetzung wurden mit Vorlegierungen AlMn 10 und AlFe 6 auf einen Mangangehalt von 1,02 Ma.-% und einen Eisengehalt von 0,92 Ma.-% aufgelegt. Aus der Schmelze mit einer Temperatur von 710°C wurde an einer Gießwalzanlage vom Doppelwalzentyp mit einer Gießgeschwindigkeit von 0,80 m/min 8,7 mm dickes Gießband gefertigt. Dieses Gießwalzband wurde in zwei Kaltwalzstichen an 2,6 mm Dicke gewalzt und bei dieser Abmessung einer Zwischenglühbehandlung mit einer Temperatur von 240°C und 6 Stunden Haltezeit unterzogen. In einer zweiten Kaltwalzstufe wurde das Band in 4 Stichen an die Endabmessung von 0,21 mm gewalzt und abschließend einbrennlackiert. Das so gefertigte Lackband wies eine Zugfestigkeit R_m von 319 MPa, eine 0,2-Dehngrenze $R_{p0.2}$ von 289 MPa, eine Dehnung A 10 von 4,5% und einen Tiefungswert nach Erichsen IE von 5,5 mm auf.