



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 10 259 T2 2006.02.09**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 347 841 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 10 259.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB01/05351**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 999 442.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 02/045876**

(86) PCT-Anmeldetag: **04.12.2001**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **13.06.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **01.10.2003**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **20.04.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **09.02.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B21C 47/02 (2006.01)**

**B21C 47/28 (2006.01)**

**B21C 47/30 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

**00310770 04.12.2000 EP**

(73) Patentinhaber:

**Novelis Inc., Toronto, Ontario, CA**

(74) Vertreter:

**HOFFMANN & EITL, 81925 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(72) Erfinder:

**HOBBS, Andrew, Kingston, Ontario, CA; WRIGHT,  
Skingley, David, 37124 Rosdorf-Dramfeld, DE**

(54) Bezeichnung: **SYSTEM ZUM AUFWICKELN VON BANDMATERIAL AUS ALUMINIUM UND ZUGEHÖRIGE METHODE**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein System zum Aufspulen eines Streifenmaterials aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, sowie ein Verfahren zum Aufspulen eines solchen Materials auf einem Spulenkörper.

**[0002]** Ein Aluminium-Streifenmaterial, wie es beispielsweise beim lithographischen Druck verwendet wird, wird unter Spannung auf großen Stahl- oder Faserspulenkörpern für die Lagerung und den Transport aufgespult. Der Spulenkörper ist ein großer Zylinder, der einen gleichmäßigen Außendurchmesser hat und eine ausreichende Länge, um die Breite des Streifenmaterials vollständig zu unterstützen, wobei sich die Länge in der Praxis oft um einen kurzen Abstand auf beiden Seiten nach jenseits des Streifens erstreckt. Es ist bekannt, dass das Aufspulen des Aluminium-Streifenmaterials die Flachheit des Streifens beeinträchtigen kann. Ein Aluminium-Streifenmaterial, das unmittelbar vor dem Aufspulen auf einer Spule flach war, ist anschließend eventuell nicht mehr so flach, da der Streifen unter der ungleichmäßigen Belastung, die über die Breite des Streifens hinweg auftritt, kriecht. Aluminium stellt dabei ein besonderes Problem beim Aufspulen dar, weil es viel anfälliger für das Kriechen ist als beispielsweise Stahl.

**[0003]** Die ungleichmäßigen Belastungen, die beim Aufspulen über die Breite des Streifens hinweg auftreten, ergeben sich aus der Tatsache, dass die Dicke des Streifens geringfügig über die Breite des Streifens hinüber variiert, wobei der Streifen normalerweise in der Mitte geringfügig dicker ist als an den Kanten (eine sogenannte "positive Krone"). Diese Variation in der Dicke führt dazu, dass die Spule etwas fassförmig ist, d.h. die Spule in der Mitte einen größeren Durchmesser hat als an ihren Kanten. Dies führt weiterhin dazu, dass die Mitte der Spule einen größeren Teil der Aufspulspannung trägt als die Kanten.

**[0004]** Das Herstellungsverfahren für Aluminiumstreifen versucht im allgemeinen, sicherzustellen, dass der Streifen tatsächlich eine positive Krone hat, da ein Streifen mit einer negativen Krone (bei welchem die äußeren Kanten dicker sind als die Mitte) zu einer unvorhersehbaren Handhabung führen kann, insbesondere während späterer Verarbeitungsvorgänge. Weil der Herstellvorgang ein Vorgang mit mehreren Schritten ist, muss eine Fehlertoleranz aufgebaut werden, um sicherzustellen, dass kein Anteil des erzeugten Materials eine negative Krone hat. Daher wird der Herstellvorgang absichtlich so gewählt, dass eine Krone entsteht, typischerweise so, dass die Dicke in dem mittleren Abschnitt zumindest ungefähr 0,3% höher ist als an den beiden gegenüberliegenden Kantenabschnitten. Wenn man diese Fehlertoleranz berücksichtigt, stellt dies im allgemeinen sicher, dass an keiner Stelle in dem Streifen die Krone so ist,

dass der mittlere Abschnitt um weniger als ungefähr 0,1% dicker ist als die beiden gegenüberliegenden Kantenbereiche. Typischerweise wird jedoch der Herstellvorgang so gewählt, dass die Krone so ist, dass der mittlere Abschnitt um ungefähr 0,5% dicker ist als die gegenüberliegenden Kantenabschnitte, aber es ist auch bis zu 1% oder sogar noch mehr möglich, wobei 2% das praktikable Maximum ist.

**[0005]** Ein Kriechen tritt während des Aufspulens auf, wenn dies eventuell leichter gemacht wird durch das geringfügige Erwärmen des Aluminiums, welches oft während eines Kaltwalzens, oder während einer Vorbehandlung wie beispielsweise einer Reinigung, oder während des Einbrennens nach dem Anstreichen auftritt. Ein Kriechen setzt sich in der Spule sogar bei Raumtemperatur fort, bis die Spannungen soweit nachgelassen haben, dass die Kriechgeschwindigkeit zu vernachlässigen ist.

**[0006]** Während jede neue Lage des Aluminiumstreifens unter Spannung um den Spulenkörper herumgewickelt wird, bringt jede neue Lage einen wachsenden einwärtigen Druck auf das Material auf, das bereits auf dem Spulenkörper aufgespult worden ist. Dies führt dazu, dass die Flachheit des Streifens mit Bezug auf seine Position in der Spule variiert. Beispielsweise ist es möglich, dass der Streifen sich in den äußeren Lagen der Spule (sonst auch als Umwicklungen bezeichnet) entlang der Mittellinie des Streifens wölbt, während sich der Streifen im Bereich der inneren Lagen entlang seiner inneren Kanten wölbt. Die erstgenannte Abweichung von der Flachheit wird "lange Mitte" genannt, wohingegen die letztgenannte Abweichung von der Flachheit als "wellige Kanten" bezeichnet wird.

**[0007]** Wenn der Aluminiumstreifen auf dem Spulenkörper aufgespult wird, wird der Spulenkörper an einem Dorn angebracht, welcher den Spulenkörper während des Aufspulens dreht. Wenn das Aufspulen des Streifens beendet ist, wird der Spulenkörper von dem Dorn entfernt. Unglücklicherweise kann sich insbesondere mit Faserspulenkörpern, der Spulenkörper unter dem Druck von dem aufgespulten Streifen verformen, was die oben erwähnten Probleme mit Bezug auf die fehlende Flachheit noch weiter verstärken kann. Die Kompressionskraft von der Spule führt dazu, dass der Spulenkörper radial einwärts ausgeleitet wird, so dass die inneren Lagen kürzer werden und sich so die Spannung in den inneren Lagen umkehrt. [Fig. 1](#) ist eine Modellvorhersage einer Kriechbeanspruchung (in i Einheiten) für eine Spule in einem herkömmlichen Spulenkörper 24 Stunden nach dem Aufspulen. Die Kompressions-Beanspruchung (-ve) für die inneren Lagen in der Mitte des Streifens wird deutlich zusammen mit einer großen positiven Beanspruchung auf beiden Seiten des mittleren Bereichs des Streifens. Dieses Modell sagt daher vorher, dass der Streifen im Bereich der inneren Lagen

wellige Kanten mit Vierteltaschen hat. Vierteltaschen werden gebildet durch das Wölben des Streifens entlang paralleler längs verlaufender Linien einwärts jeder der längs verlaufenden Kanten des Streifens in einem Abstand ungefähr gleich einem Viertel der gesamten Breite des Streifens.

**[0008]** Schnell et al. (Metallwissenschaft und Technik, Vol. 8, August 1986) haben das Problem der mangelnden Flachheit beschrieben und versucht, diese Effekte zu erläutern, haben aber keine Lösung vorgeschlagen.

**[0009]** Es ist versucht worden, die mangelnde oder fehlende Flachheit, die durch das Aufspulen verursacht wird, zu vermindern, aber diese Versuche haben sich generell schwerpunktmäßig mit dem Nachbearbeiten des Streifens beschäftigt, um ihn zu begradigen. In JP 11-179422 ist jedoch ein Verfahren zum Steuern der Flachheit eines Stahlstreifenmaterials beschrieben, welches eine konvexe Krone hat, welches Verfahren einen konturierten Spulenkörper mit einer konkaven Krone verwendet.

**[0010]** JP 09-057344 und JP 09-076012 beschreiben beide ähnliche Verfahren zum Aufwickeln eines Stahlstreifenmaterials auf einen Dorn. In beiden Fällen wird eine schmale Hülse, die eine konvexe Krone definiert, an dem Dorn angepasst und zentral bezüglich der Breite des Stahlstreifens positioniert, der aufgespult wird.

**[0011]** Die vorliegende Erfindung zielt darauf ab, ein System und ein Verfahren zum Aufspulen eines Aluminiumstreifens auf einem Spulenkörper zu schaffen, mit welchen die Verformung des Streifens vermindert wird, die sich aus dem Kriechen ergibt, um so die Flachheit des Streifens zu verbessern. Die vorliegende Erfindung bezieht sich insbesondere auf das Reduzieren der welligen Kanten in den inneren Lagen einer Spule aus einem Aluminium-Streifenmaterial.

**[0012]** Wie zuvor erwähnt, definiert ein herkömmlicher zylindrischer Spulenkörper eine äußere Lagerungsfläche für das Streifenmaterial, welches eine zylindrische Gestalt hat. Wenn das Streifenmaterial eine konstante Dicke über seine Breite hinweg hätte, würde der Spulenkörper eine im wesentlichen konstante Unterstützung über die Breite des Streifenmaterials hinweg bieten, und die ungleichmäßigen Beanspruchungen, die das Kriechen verursachen, würden gar nicht auftreten. Wenn der Streifen aber eine positive Krone hat, bietet der herkömmliche Spulenkörper eine größere Unterstützung für den Streifen in seiner Mitte als an seinen Kanten, wobei das exakte Profil dieser Variation von der Gestalt des Profils über den Streifen hinweg abhängt. Die vorgenannte JP 11-179422 zielt darauf ab, dies dadurch abzumildern, dass die äußere Gestalt des Spulenkörpers umgekehrt zu der äußeren Gestalt des Streifens über seine

Breite hinweg passend gemacht wird. Dadurch soll versucht werden, die ungleichmäßigen Beanspruchungen zu negieren, die durch die Variation in der Dicke des Streifens über seine Breite hinweg verursacht werden, um so die Situation zu emulieren, die aufträte, wenn der Streifen eine konstante Dicke über seine Breite hinweg hätte. Für einen Streifen mit einer positiven Krone ist daher die äußere Gestalt des Spulenkörpers konkav und umgekehrt.

**[0013]** In einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein System zum Aufspulen von Aluminium-Streifenmaterial geschaffen, welches System aus einer Spulenanordnung besteht, die einen Dorn sowie einen lösbar an dem Dorn angebrachten Spulenkörper aufweist, und aus einem Aluminiumstreifenmaterial mit einer positiven Krone, welche Spulenanordnung eine Stützfläche hat, auf welche das Streifenmaterial aufgespult werden soll, wobei die Spulenanordnung so ausgestaltet ist, dass ihre Stützfläche ein Stützprofil schafft, bei welchem während des Aufspulens zumindest der inneren Runden des Streifenmaterials die Unterstützung, die durch den Teil der Stützfläche geschaffen wird, der die Krone stützt, größer ist als die, die durch den verbleibenden Teil oder die verbleibenden Teile der Stützfläche geschaffen wird.

**[0014]** Die normale natürliche Konsequenz des Aufrollvorgangs, mittels dessen das Streifenmaterial gemacht wird, ist, dass die Krone sich ungefähr mittig mit Bezug auf die Breite des Streifenmaterials befindet; eine anschließende Bearbeitung, beispielsweise das Schlitzen eines breiteren Streifens, um schmalere Streifen zu bilden, kann aber dazu führen, dass die Krone außermittig positioniert ist, wenn der Streifen dann aufgespult wird. Die Lehre der vorliegenden Erfindung kann unabhängig von der Position der Krone angewandt werden, aber im Folgenden wird angenommen, dass die Krone sich ungefähr mittig mit Bezug auf das Streifenmaterial befindet, in welchem Fall die Unterstützung des mittleren Bereichs des Streifenmaterials größer sein wird als die der gegenüberliegenden Kantenbereiche des Streifenmaterials während des Aufspulens von zumindest den inneren Lagen des Streifenmaterials.

**[0015]** Das Stützprofil der Stützfläche kann durch Anpassen der Gestalt und/oder der Eigenschaften des Spulenkörpers, oder durch Anpassen des aufzuspulenden Streifenmaterials, oder eine Kombination aus beidem geschaffen werden.

**[0016]** Das Anpassen der Spulenanordnung, damit ihre Stützfläche das erforderliche Stützprofil schaffen kann, kann auf verschiedenen Arten und Weisen erzielt werden. Beispielsweise kann der Spulenkörper konturiert sein, um eine Stützfläche zu definieren, die einen Durchmesser in einem mittleren Bereich hat, der größer ist als in den Endbereichen. Während des Aufspulens des Streifenmaterials wird daher eine

größere Zugbeanspruchung auf den mittleren Bereich des Streifens aufgebracht als auf die Endbereiche des Streifens, insbesondere was die inneren Lagen der Spule angeht.

**[0017]** Der Übergang zwischen dem größeren Durchmesser in dem mittleren Bereich und dem kleineren Durchmesser an den Endbereichen kann mit zumindest einer Stufe erfolgen oder auch ein glatter Übergang sein oder eine Kombination aus beidem, gemäß den Umständen. Die Kontur der Stützfläche kann variieren zwischen einer glatten konvexen Oberfläche, die sich über die erwartete Breite des Streifenmaterials hinüber erstreckt, welches aufzuspulen ist, bis hin zu einer gestuften zylindrischen Oberfläche, bei welcher der mittlere Bereich einen größeren Durchmesser hat als die beiden Endbereiche, und wobei der mittlere Bereich eine Breite hat, die geringer ist als die Breite des aufzuspulenden Streifenmaterials.

**[0018]** Die Verwendung eines Spulenkörpers an einer solchen konvexen Stützfläche dient dazu, die Verteilung von Beanspruchungen in den inneren Lagen des aufgespulten Streifens zu verändern, um dadurch die anschließende Kriechbeanspruchung zu erzielen. Die Verwendung des konturierten Spulenkörpers der vorliegende Erfindung führt dazu, dass die Konzentration von Aufspulspannungen in der Mitte der Breite des Streifens beim Beginn des Aufspulens auftritt. Dies vermindert den Anteil des Streifens, der von den inneren Lagen einer Spule entsorgt werden muss, wo strenge Anforderungen an die Flachheit herrschen. Im Gegensatz dazu tritt bei einem normalen glatt zylindrischen Spulenkörper die Konzentration der Aufspulspannung erst auf, nachdem einige Lagen aufgespult worden sind. Daher ist die vorliegende Erfindung besonders vorteilhaft, wenn sie mit Aluminium-Streifenmaterialien verwendet wird, für welche strenge Anforderungen an die Flachheit herrschen, wie beispielsweise Materialien, die im lithographischen Druck verwendet werden.

**[0019]** Das erforderliche Stützprofil kann erzielt werden durch Verändern des externen physikalischen Profils des Spulenkörpers selbst oder durch Hinzufügen von Profiliererelementen zu einem ansonsten zylindrischen Spulenkörper, oder es kann auch eine Kombination beider Techniken verwendet werden. Beispielsweise kann nämlich ein Profiliererelement in Form einer Hülse über den mittleren Bereich eines zylindrischen Spulenkörpers hinübergepasst werden, um den effektiven Durchmesser des Stützfläche der Spulenkörpers in diesem mittleren Bereich zu vergrößern. Eine solche Hülse wird eine Länge haben, die geringer ist als die Breite des aufzuspulenden Streifenmaterials. Diese Anordnung hat den Vorteil, dass ein glatt zylindrischer Spulenkörper verwendet werden kann; solche Spulenkörper können sehr kostengünstig dadurch hergestellt werden, dass einfach ge-

eignete Längen von einer länglichen Röhre abgeschnitten werden. Komplizierteres wie beispielsweise eine profilierte Röhre ist dagegen wahrscheinlich als Einzelstück hergestellt und ist daher viel kostenintensiver. In der Industrie werden Spulenkörper als Wegwerfgegenstände angesehen, und daher sind Kosten ein wichtiger Faktor.

**[0020]** Ein anderer Weg, einen glatt zylindrischen Spulenkörper zu verwenden, ist, das vorgenannte Profiliererelement als das vordere Ende des Streifenmaterials selbst zu realisieren, beispielsweise indem vorgesehen wird, dass der Streifen an seinem vorderen Ende mit einer Zunge gebildet wird, welche schmaler ist als der Rest des Streifens. Die Zunge hat eine Länge in der Längsrichtung des Streifens, welche ungefähr gleich dem Außenumfang der äußeren Fläche des Spulenkörpers ist. wenn das Aufspulen beginnt, wird daher die erste Lage oder erste Runde ausgebildet durch die schmale Zunge, welche so effektiv ein Profiliererelement bildet, wie es oben beschrieben ist. Die Dicke der Zunge, und daher auch die Dicke des so ausgebildeten Profiliererelements, ist geeignet gleich der Dicke des Streifenmaterials; wenn eine größere Dicke erforderlich ist, dann kann die Länge der Zunge so vergrößert werden, dass zwei oder sogar noch mehr Umdrehungen vorgesehen werden, bevor die volle Breite des Streifens beginnt. vorzugsweise ist die Länge der Zunge gleich dem n-fachen des Außenumfangs des Spulenkörpers, wobei n eine ganze positive Zahl ist.

**[0021]** In einer Ausführungsform nimmt die Breite der Zunge von einer geringeren Breite bis zur vollständigen Breite des Streifenmaterials während der ersten wenigen Runden des Streifenmaterials um die Spulenanordnung herum zu.

**[0022]** Eine andere Art und Weise, das Aluminium-Streifenmaterial so anzupassen, dass das erforderliche Stützprofil entsteht, ist eine Anordnung, in welcher eine Materialbahn aus beispielsweise Aluminium beispielsweise durch Klebstoff, mechanische Befestigung, Schweißen oder Punktschweißen, an einer Oberfläche des vorderen Endes des Streifenmaterials angebracht wird, wobei die Materialbahn eine geringere Breite hat als das Streifenmaterial, und sich mittig mit Bezug auf die Breite des Streifenmaterials befindet, wobei die Materialbahn dazu dient, wenn das Streifenmaterial aufgespult wird, den Spulenkörper mit einem effektiven Außendurchmesser in einem mittleren Bereich des Spulenkörpers zu versehen, der größer ist als der effektive Außendurchmesser des Spulenkörpers an dem gegenüberliegenden Endbereich eines Spulenkörpers. Vorzugsweise hat die Materialbahn eine Länge in der Längsrichtung des Streifenmaterials, welche ungefähr gleich dem n-fachen des Außenumfangs des Spulenkörpers ist, wobei n eine positive ganze Zahl ist.

**[0023]** Eine alternative Art und Weise, den Spulenkörper dazu anzupassen, das erforderliche Stützprofil zu schaffen, besteht darin, die Stützfestigkeit zu verändern, die von dem Spulenkörper entlang der Länge seiner Stützfläche geboten wird. Wenn der Streifen auf den Spulenkörper aufgewickelt wird, wirken Kompressionskräfte einwärts auf den Spulenkörper, und sie verursachen eine Kompression des Spulenkörpermaterials. Herkömmlicherweise ist der Spulenkörper mit einem konstanten Querschnitt in der Richtung seiner Achse konstruiert, zumindest entlang dem Teil seiner Länge, welcher die Stützfläche definiert. Dies stellt sicher, dass jede Verzerrung des Spulenkörpers, die durch diese Kompressionskräfte verursacht wird, im wesentlichen konstant ist über die Breite des Streifenmaterials hinweg, das aufgespult wird. Wenn jedoch der Querschnitt entlang der Achse nicht konstant ist, dann wird der Effekt der Kompressionskräfte über die Länge der Stützfläche hinüber unterschiedlich sein. Dies übersetzt sich in eine unterschiedliche effektive Unterstützung für das Streifenmaterial, das aufgespult wird, entsprechend seiner Position über die Breite hinweg. So kann beispielsweise, wenn der Querschnitt des mittleren Bereichs des Spulenkörpers größer ist als an den Endbereichen, das erforderliche Stützprofil selbst dann erzielt werden, wenn die Stützfläche selbst eine herkömmliche glatt zylindrische Gestalt hat. Ein ähnlicher Effekt kann erzielt werden durch Schwächen der Unterstützung, welche das Material des Spulenkörpers schaffen kann, in bestimmten ausgewählten Bereichen durch Entfernen von Material, um die Festigkeit zu vermindern, ohne notwendigerweise auch die Gestalt der Stützfläche selbst zu verändern. Beispielsweise kann die Unterstützung, welche die Endbereiche der Stützfläche bieten, vermindert werden in bezug auf die, die von dem mittleren Bereich geboten wird, durch Einschneiden von Schlitzern in das Material des Spulenkörpers hinein, um Finger an den Enden zu bilden, die teilweise zusammenfallen (d.h. sich einwärts bewegen), wenn die Spule auf den Spulenkörper aufgewickelt wird.

**[0024]** Ein weiterer Weg, den Spulenkörper so anzupassen, dass seine Stützfläche das erforderliche Stützprofil zeigt, ist, die Steifigkeit oder Starrheit des Materials des Spulenkörpers entlang seiner Länge zu verändern, beispielsweise indem der mittlere Bereich aus einem Material mit einer größeren Steifigkeit oder Starrheit gemacht wird als das Material der gegenüberliegenden Endbereiche. Dies kann verändert werden durch Ändern der inhärenten Steifigkeit oder Starrheit des Materials selbst oder durch lokales Schwächen des Materials durch Ausbilden von Öffnungen oder Schlitzern, ungefähr auf die oben diskutierte Art und Weise.

**[0025]** Es ist bereits erwähnt worden, dass in der herkömmlichen Praxis der Spulenkörper an einem Dorn angebracht wird und der Dorn dazu gebracht

wird, den Spulenkörper während des Aufspulens zu drehen. Es ist möglich, den Dorn dazu zu verwenden, einen ansonsten herkömmlichen Spulenkörper dazu anzupassen, seine Stützfläche dazu zu bringen, ein Stützprofil zu haben, das sich entlang seiner Länge verändert, und zwar auf die oben beschriebene Art und Weise. Beispielsweise kann nämlich der Dorn so sein, dass er den Spulenkörper verformt, wenn er sich an dem Dorn befindet, so dass der Durchmesser der Stützfläche des Spulenkörpers in dem mittleren Bereich größer ist als an den beiden Enden. In einem solchen Fall würde der Dorn normalerweise ein sich erweiterndes sein, wobei er zum Entfernen nach dem Ende des Aufspulens zusammenfallen könnte.

**[0026]** Eine Kombination dieser verschiedenen Techniken kann verwendet werden, um das gewünschte Stützprofil zu schaffen.

**[0027]** In einer Ausführungsform ist der Spulenkörper so ausgestaltet, dass das Stützprofil seiner Stützfläche zumindest annähernd zu der Gestalt eines Graphen passt, der die radiale Auslenkung einer äußeren Lage eines Streifenmaterials der gleichen Art wie das aufzuspulende darstellt, welches Streifenmaterial auf einem herkömmlichen genau zylindrischen Spulenkörper aufgespult worden ist, nach dem Entfernen des Dorns.

**[0028]** In einem zweiten Aspekt schafft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Aufspulen von Aluminiumstreifenmaterial mit einer positiven Krone, wobei das Streifenmaterial einer Spulenanordnung zugeleitet wird, die einen Spulenkörper und einen Dorn aufweist; die Spulenanordnung gedreht wird, um so das Streifenmaterial um eine Stützfläche der Spulenanordnung herum aufzuspulens; und anschließend der Dorn entfernt wird, wobei das Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, dass die Spulenanordnung so ausgestaltet ist, dass ihre Stützfläche ein Stützprofil schafft, in welchem die Unterstützung, die durch den Teil der Stützfläche gebildet wird, der die Krone stützt, während des Aufspulens zumindest der inneren Runden des aufgespulten Streifenmaterials größer ist als die, die durch den verbleibenden Teil oder die verbleibenden Teile der Stützfläche gebildet wird.

**[0029]** In einer weiteren Alternative wird entweder allein oder in Kombination mit den oben genannten Aspekten der Erfindung eine Spannkraft auf den Aluminiumstreifen aufgebracht, während dieser aufgespult wird. Es wird keine Spannung aufgebracht, bis das vordere Ende des Streifens fest von dem Spulenkörper ergriffen worden ist, wobei dies normalerweise kurz nachdem sich die Lagen zu überlappen beginnen, am Ende der ersten Runde stattfindet. Vorzugsweise werden die ersten Runden des Streifens mit einer ersten höheren Spannung aufgespult, und eine zweite geringere Spannung wird auf spätere Runden oder Lagen des Streifens aufgebracht, während die-

ser aufgespult wird. Der Großteil der Spule wird daher aufgespult, während sich der Streifen unter einer normalen Spannung befindet, die ausreichend ist, um die aufgespulte Spule in einem stabilen Zustand für die Lagerung und den Transport zu halten. Dies zweite (Nenn-)Spannung beträgt vorzugsweise zumindest 10% weniger als die erste höhere Spannung und am besten zumindest 20% weniger. Außerdem ist die zweite Spannung vorzugsweise nicht mehr als 80% geringer als die erste Spannung und am besten nicht mehr als 50% geringer. Die Aufspulspannung kann kontinuierlich vermindert werden von der höheren Spannung hin zur niedrigeren Spannung, und diese Verminderung hin zu der niedrigeren Spannung wird vorzugsweise während der ersten Hälfte der gesamten Runden oder Lagen der Spule ausgeführt. Dies ist konzeptuell in [Fig. 17](#) veranschaulicht, welche einen kurzen Abschnitt (Kurve a) bei einer höheren Spannung zeigt, gefolgt von dem Rest bei einer geringeren Spannung – der Nennspannung. Die Transformation von der höheren hin zur Nennspannung kann relativ schnell erfolgen, wie durch die Kurve a dargestellt, oder auch langsamer, mit oder ohne einem bzw. einen kürzeren Abschnitt bei der höheren Spannung, wie durch die Kurven b und c dargestellt. Der mit der ersten Runde im Zusammenhang stehende Spannungsaufbau ist nicht dargestellt.

**[0030]** Der hier erfolgte Bezug auf Aluminium soll als Bezug auf Aluminium und seine Legierungen verstanden werden.

**[0031]** Außerdem wird hier auch Bezug auf die Flachheit und die fehlende Flachheit genommen. In dem Kontext dieses Dokuments ist die fehlende Flachheit (off-flatness) zu verstehen als Unterschied in der Dehnung über die Breite des Streifens hinweg, gemessen an unterschiedlichen Positionen entlang der Längs- oder Aufspulrichtung des Streifens.

**[0032]** Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nun beispielhaft mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben, in welchen:

**[0033]** [Fig. 1](#) eine Modellvorhersage der Kriechdehnung für einen Aluminiumstreifen veranschaulicht, der auf einem herkömmlichen Spulenkörper aufgespult wird,

**[0034]** [Fig. 2](#) eine schematische perspektivische Ansicht eines Spulenkörpers gemäß der vorliegenden Erfindung ist,

**[0035]** [Fig. 3](#) eine Modellvorhersage der radialen Auslenkung der äußeren Lage eines Aluminiumstreifens veranschaulicht, welcher auf einem herkömmlichen genau zylindrischen Spulenkörper aufgespult ist, nach dem Entfernen des Dorns,

**[0036]** [Fig. 4](#) eine Modellvorhersage der Verteilung

einer Reifenbeanspruchung über die Breite von drei verschiedenen Positionen hinweg in einer Spule während des Aufspulens auf einem herkömmlichen Spulenkörper veranschaulicht und nach dem Entfernen des Dorns,

**[0037]** [Fig. 5](#) eine Modellvorhersage der Verteilung einer Reifenbeanspruchung über die Breite der gleichen drei Lagen wie in [Fig. 4](#) während des Aufspulens auf einem Spulenkörper veranschaulicht, und nach dem Entfernen des Dorns, gemäß der vorliegenden Erfindung,

**[0038]** [Fig. 6](#) eine Modellvorhersage der Verteilung einer Reifenbeanspruchung über die Breite der gleichen drei Runden wie in [Fig. 4](#) veranschaulicht während des Aufspulens auf einem Alternativen Spulenkörper und nach dem Entfernen des Dorns gemäß der vorliegenden Erfindung,

**[0039]** [Fig. 7A](#), B und C diagrammatische Draufsichten des vorderen Endes eines aufzuspulenden Aluminiumstreifens mit gestalteten Endabschnitten sind,

**[0040]** [Fig. 8](#) eine diagrammatische Draufsicht des vorderen Endes eines aufzuspulenden Aluminiumstreifens ist, welcher einen modifizierten Endabschnitt zeigt,

**[0041]** [Fig. 9](#) eine Modellvorhersage der Kriechdehnung über die Breite der ersten Lage hinweg 5 mm radial von dem Spulenkörper aus veranschaulicht, unmittelbar nach dem Aufspulen, für einen herkömmlichen Spulenkörper und für einen Spulenkörper gemäß der vorliegenden Erfindung sowie einen Spulenkörper ähnlich dem Spulenkörper aus dem Stand der Technik gemäß JP 11-179422,

**[0042]** [Fig. 10](#) veranschaulicht eine Modellvorhersage der Kriechdehnung für einen Aluminiumstreifen, der auf einem Spulenkörper aufgespult ist, mit einer mittleren Hülse gemäß der vorliegenden Erfindung, und zwar 24 Stunden nach dem Aufspulen,

**[0043]** [Fig. 11](#) veranschaulicht eine Modellvorhersage der Kriechdehnung mit Bezug auf die anfängliche Aufspulspannung und Spulenkörperkontur unmittelbar nach dem Aufspulen,

**[0044]** [Fig. 12](#) veranschaulicht eine Modellvorhersage der Kriechdehnung mit Bezug auf die anfängliche Aufspulspannung und Spulenkörperkontur 24 Stunden nach dem Aufspulen,

**[0045]** [Fig. 13](#) bis [Fig. 16](#) sind Graphen von Positionen über die Streifenbreite hinweg gegen die Positionen entlang der Streifenlänge, welche die Ergebnisse verschiedener Tests veranschaulichen, welche mit aufgespulten Streifen ausgeführt worden sind,



und

**[0046]** [Fig. 17](#) ist ein Graph, um die Variation der aufgebrachtten Aufspulbeanspruchung zu veranschaulichen, wenn das Aufspulen fortschreitet.

**[0047]** Ein Spulenkörper **1** für die Verwendung zur Aufbewahrung und zum Transport von Aluminium-Streifenmaterial ist in [Fig. 2](#) dargestellt. Der Spulenkörper **1** ist ungefähr zylindrisch, hat aber einen zentralen Kronenbereich **2**, wo der Außendurchmesser des Spulenkörpers größer ist als an den Randbereichen **3**. Die Länge des Spulenkörpers ist so, dass er das Streifenmaterial vollständig unterstützt, was in der Praxis bedeutet, dass der Spulenkörper zumindest so lang wie die Breite des Streifens ist und tatsächlich auch länger sein kann; unter gewissen Umständen kann der Spulenkörper aber auch sehr geringfügig kürzer sein – vielleicht bis zu ungefähr 50 mm – als die Breite des Streifens, um bestimmte Anforderungen von Spezialisten zu erfüllen. Der Außendurchmesser des Spulenkörpers nimmt kontinuierlich zu bis zu einem Plateau mit gleichmäßigem Durchmesser von den Randbereichen **3** bis hin zum mittleren Bereich **2**. Der Unterschied zwischen dem Durchmesser des Endes und der mittleren Bereiche kann 10 mm oder sogar noch mehr betragen. Für manche Anwendungen können die Endbereiche **3** abgeschnitten werden, so dass nur ein schmaler Spulenkörper verbleibt, der nur die Mitte der Spule unterstützt. Ein solch schmaler Spulenkörper oder ein Spulenkörper mit einem sehr hohen Kronenbereich **2** könnte die inneren Lagen oder Runden der Spule markieren. Der bevorzugte Unterschied in der Höhe zwischen den Endbereichen **2** und der Krone **3** beträgt 0,02 bis 1,0 mm, vorzugsweise 0,05 bis 0,3 mm und noch besser 0,05 bis 0,10 mm.

**[0048]** Die Gestalt des Spulenkörpers **1** kann alternativ auch zu dem in [Fig. 3](#) gezeigten Profil passen, welche eine Modellvorhersage der radialen Auslenkung einer äußeren Lage auf einem genau zylindrischen Spulenkörper nach dem Entfernen des Dorns ist. Wie hier deutlich wird, ist die maximale Auslenkung des Streifens, in diesem Fall 0,7 mm, in der Mitte des Streifens, und die Auslenkung nimmt schnell auf Null ab von dem Maximum aus über einen mittleren Bereich hinweg, der ungefähr 800 mm breit ist. Die maximale Auslenkung wird aber von der Höhe der Krone an dem Streifen und der Anzahl der Lagen in der Spule abhängen. Wo der Spulenkörper **1** die in [Fig. 3](#) dargestellte Gestalt hat, wäre die Verteilung der Reifenbeanspruchung, während die inneren Lagen der Aluminiumstreifens aufgespult werden, ähnlich der Verteilung der Reifenbeanspruchung für die äußeren Lagen. Die Reifenbeanspruchung ist ein Maß für die Zugkraft, die in Umfangsrichtung des aufgespulten Streifens wirkt, pro Querschnittseinheit des Streifens.

**[0049]** Der Effekt des Aufspulens eines Aluminiumstreifens auf einem Spulenkörper **1**, der gemäß der Erfindung modifiziert ist, wird mit Bezug auf die [Fig. 4](#) bis [Fig. 6](#) veranschaulicht. In [Fig. 4](#) ist die Verteilung der Reifenbeanspruchung über die Breite von drei Lagen während des Aufspulens auf einem herkömmlichen genau zylindrischen Spulenkörper dargestellt. Wie hier deutlich wird, wird die Aufspulspannung übermäßig von den mittleren 800 mm der Streifenbreite getragen, während die innerste Position aufgespult wird, aber dies vermindert sich auf nur 600 mm, wenn die dritte Position aufgespult wird. Dieser Effekt sättigt sich nach ungefähr 50 mm Aufbau der Spule. Nachdem der Dorn aus dem Spulenkörper entfernt worden ist, erstreckt sich die Umkehr der Beanspruchung über die mittleren 500 mm der Streifenbreite und hinterlässt Vierteltaschen einer Restspannung in dem Streifen auf beiden Seiten der großen Kompressionsbeanspruchung an der inneren Position.

**[0050]** In [Fig. 5](#) ist eine ähnliche Verteilung der Reifenbeanspruchung für einen Aluminiumstreifen dargestellt, der auf einem Spulenkörper aufgespult wird, welcher die oben mit Bezug auf [Fig. 3](#) beschriebene Gestalt hat. Hier wird deutlich, dass die Aufspulspannung von den mittleren 500 mm der Streifenbreite über den gesamten Spulvorgang hinweg betragen wird und dass sich keine Spannungstaschen in der inneren Position bilden, nachdem der Dorn aus dem Spulenkörper entfernt worden ist. Die Verwendung eines Spulenkörpers mit einer konvexen Gestalt und einer Krone über seinen mittleren Bereich hinweg führt daher dazu, dass ein Streifen mit einer verbesserten Flachheit erzielt werden kann. Selbst eine geringe Variation in dem Außendurchmesser des Spulenkörpers in seinem mittleren Bereich kann eine dramatische Auswirkung auf die Spulbeanspruchung haben.

**[0051]** Obwohl es schwierig sein kann, einen Spulenkörper mit der in [Fig. 3](#) dargestellten Gestalt herzustellen, können Gestalten, die ähnliche Verbesserungen in der Materialbahnflachheit erzielen können, einfach aufgebaut werden. Beispielsweise kann ein ungefähr zylindrischer verformbarer Spulenkörper in Verbindung mit einem Dorn verwendet werden, dessen Durchmesser sich zwischen der Mitte des Spulenkörpers und den Spulenkörperkanten verändert. Wenn der Dorn eine positive Krone hat, verformt sich der Spulenkörper in eine ähnliche Krone. Idealerweise ist der Dorn so aufgebaut, dass der Spulenkörper sich nicht in Kontakt mit dem Dorn auf beiden Seiten des mittleren Kronenbereichs befindet.

**[0052]** Die bevorzugte Struktur des Spulenkörpers verwendet aber eine Länge des Streifens, um eine erhabene Krone für den mittleren Bereich eines genau zylindrischen Spulenkörpers zu kreieren. Beispielsweise wird ein herkömmlichen zylindrischer Spulenkörper mit einem gleichmäßigen Durchmes-

ser mittels einer kurzen Länge eines metallischen Streifens (beispielsweise aus Aluminium) mit einer Dicke von ungefähr 0,28 mm und einer Breite von ungefähr 525 mm umgewandelt, welcher mit zumindest einer Umdrehung um den mittleren Bereich 2 des Spulenkörpers herumgewickelt wird, um eine Hülse um den mittleren Bereich des Spulenkörpers herum zu bilden. Der aufzuspulende Aluminiumstreifen wird dann um die Außenseite des umgewandelten Spulenkörpers auf die herkömmliche Art und Weise herumgewickelt. Natürlich braucht die Hülse nicht aus einem metallischen Material gemacht zu sein und kann stattdessen auch aus natürlichen Fasern, Plastik oder einem anderen dauerhaften Material gemacht sein. Da die Hülse außerdem ein separater Teil des Spulenkörpers ist, kann sie außerdem einfach auf die gewünschte Dicke und Breite aufgebaut werden. **Fig. 6** zeigt die Verteilung der Reifenbeanspruchung für die gleichen drei Positionen unter Verwendung des oben beschriebenen umgewandelten Spulenkörpers, und wie hier deutlich wird, ist der Effekt der Verwendung des umgewandelten Spulenkörpers gleich dem der **Fig. 5**. Insbesondere werden Vierteltaschen in den inneren Lagen des Streifens vermieden. **Fig. 6** wurde erzeugt auf der Basis eines Spulenkörpers mit einer rechteckigen Krone von einer Breite von 460 mm. Die rechteckige Krone konzentriert die Reifenbeanspruchung der inneren Lagen, beispielsweise nach einem Aufbau von 5 mm, in die gleiche Breite hinein wie die Beanspruchung in den anschließenden Lagen mittels der Spulenkronen konzentriert wird. So ist es der Effekt des vergrößerten Spulendurchmessers in dem mittleren Bereich des Streifens, den Bereich der Reifenbeanspruchung in Richtung der Breite in den inneren Lagen zu vermindern, nachdem der Dorn entfernt worden ist. Dies kann deutlich werden durch Vergleichen der Reifenbeanspruchungskurven für die erste Position in **Fig. 4** mit der entsprechenden Kurve in **Fig. 6**. Der Unterschied ergibt sich dadurch, dass der Bereich des vergrößerten Durchmessers den mittleren Teil der Spule unterstützt, so dass die äußeren Bereiche ungestützt bleiben und so mit einer geringen absoluten Reifenbeanspruchung.

**[0053]** In einer weiteren alternativen Ausführungsform, veranschaulicht in **Fig. 7**, kann eine herkömmlicher genau zylindrischer Spulenkörper (nicht dargestellt) verwendet werden zum Aufspulen eines Aluminiumstreifens **10**. Um die Krone in der Mitte des Spulenkörpers zu schaffen, ist das vordere Ende des Streifens so gestaltet, dass es eine Zunge **11** mit einer Breite bildet, die geringer ist als die des Streifens **10**. Wenn die vordere Kante **12** der Zunge **11** an dem Spulenkörper zentriert wird, bilden die erste Lage oder die ersten wenigen Lagen oder Umdrehungen des Streifens eine Krone in dem mittleren Bereich des Spulenkörpers. Anschließend wird der Streifen **10** auf seine volle Breite ausgeweitet, und das Aufspulen des Streifens setzt sich auf die herkömmliche Art und Weise fort. Auf diese Art und Weise wird das

vordere Ende des Streifens selbst dazu verwendet, die konvexe Oberfläche des Spulenkörpers zu bilden, um sicherzustellen, dass die Zugbeanspruchung auf den mittleren Bereich der innersten Lagen des Streifens bei seiner gesamten Breite aufgebracht wird. **Fig. 7** zeigt drei mögliche Gestalten für die Zunge **11**. In **Fig. 7A** hat die Zunge eine rechteckige Gestalt mit einer wesentlichen stufenartigen Veränderung auf die volle Breite (obwohl in der Praxis Ecken vorzugsweise abgerundet wären, um die Beanspruchung zu reduzieren). In den **Fig. 7B** und **Fig. 7C** ist ein gleitender Übergang von der vorderen Kante **12** auf die volle Breite verwendet, so dass die Wahrscheinlichkeit vermindert wird, dass die freiliegenden Ecken sich verfangen, wenn der Streifen durch die Bearbeitungsmaschine hindurchläuft. Obwohl in den **Fig. 7B** und **Fig. 7B** konkave Kurven dargestellt sind, könnten auch gerade Seiten verwendet werden, wobei die beste Gestalt für die Umstände durch das Experiment bestimmt wird.

**[0054]** Die Länge *l* der Zunge sollte zumindest gleich einer einzelnen Umdrehung um den Außenumfang des Spulenkörpers herum sein; wenn dies jedoch nicht eine ausreichende Dicke ergibt, kann auch eine längere Zunge verwendet werden, vorzugsweise mit einer Länge gleich einem Vielfachen der Außenumfangslänge des Spulenkörpers, da alles andere als ein solches Vielfaches zu nicht ausbalancierten Kräften während des Aufspulens führen würde.

**[0055]** In einer noch einer anderen Alternativ, veranschaulicht in **Fig. 8**, wird ein herkömmlicher genau zylindrischer Spulenkörper (nicht dargestellt) verwendet, und der Streifen **10** durch Anbringen an einer Fläche, am vorderen Ende, einer Materialbahn **13** aus einem dünnen Material angepasst. Dieses Material kann beispielsweise Aluminium sein, das mittels eines Klebstoffs angebracht wird. Es wird deutlich, dass, wenn der Streifen **10** um den Spulenkörper herumgewickelt wird, die Dicke der Materialbahn **13** den effektiven Durchmesser des Spulenkörpers in dem mittleren Abschnitt der Breite des Streifens **10** vergrößert, so dass der gleiche Effekt wie oben beschrieben entsteht. Zumindest eine weitere Materialbahn (nicht dargestellt) kann oben auf der Materialbahn **13** angebracht werden, um die Dicke zu vergrößern, wie erforderlich, und diese extra Materialbahnen können auf der gegenüberliegenden Oberfläche des Streifens **10** angebracht werden. Die zusätzliche Materialbahn oder die zusätzlichen Materialbahnen, die so aufgebracht werden, brauchen nicht notwendigerweise die gleiche Größe wie die Materialbahn **13** zu haben, sondern könnten auch kleiner sein, um der Materialbahn **13** eine gestufte Kante oder gestufte Kanten zu verleihen.

**[0056]** Die Länge der Materialbahn **13** in der Längsrichtung des Streifens **10** wird zumindest gleich der Außenumfangslänge des Spulenkörpers sein und



möglicherweise ein Vielfaches davon, wie oben mit Bezug auf die Zunge **11** der **Fig. 7** diskutiert.

**[0057]** In **Fig. 9** ist die Kriechdehnung über die Breite der ersten Position **24** Stunden nach dem Aufspulen hinweg veranschaulicht für einen herkömmlichen genau zylindrischen Spulenkörper, einen Spulenkörper mit einer konvexen (positiven) Krone sowie einen Spulenkörper mit Kantenhülsen. In **Fig. 9** ist die Kriechdehnung in  $i$  Einheiten gegeben, welche definiert sind als

$$\varepsilon_r \cdot 10^5,$$

wobei  $\varepsilon_r$  die relative Beanspruchung oder Dehnung ist, gegeben durch:

$$\varepsilon_r = \Delta L / L_a$$

mit  $\Delta L$  = Veränderung in der Länge, und

$L_a$  = Durchschnitt der ursprünglichen Längen aller Positionen über die Breite des Streifens hinweg.

**[0058]** Wie sich aus **Fig. 9** ergibt, erstreckt sich für den herkömmlichen Spulenkörper die Dehnung über die mittleren 800 mm der Streifenbreite hinweg, so dass der Streifen bei der innersten Überlappung wahrscheinlich eine fehlende Flachheit mit welligen Kanten zeigt. Für einen auf einem konvexen Spulenkörper aufgespulten Streifen erstreckt sich die Dehnung über nur die mittleren 500 mm der Breite und er wird eine geringere fehlende Flachheit mit welligen Kanten zeigen. Der Spulenkörper mit den Kantenhülsen produziert massive Unterschiede in der Dehnung zwischen der Mitte und der Kante und dementsprechend eine starke fehlende Flachheit. Letzteres entspricht ungefähr dem herkömmlichen Spulenkörper der JP 11-179422.

**[0059]** In **Fig. 10** ist die Veränderung der Flachheit über die gesamte Länge des Aluminiumstreifens hinweg hinsichtlich der Kriechdehnung (in  $i$  Einheiten) veranschaulicht und kann mit **Fig. 1** für einen herkömmlichen Spulenkörper verglichen werden. Am bemerkenswertesten ist, dass für die inneren Lagen die positive Dehnung in Richtung der Kanten des Streifens in **Fig. 1** in **Fig. 10** fehlt. Auch die Größe irgendwelcher Effekte von welligen Kanten ist in **Fig. 10** stark vermindert. **Fig. 10** veranschaulicht so, dass die Effekte der fehlenden Flachheit, die bei der Verwendung herkömmlichen Aufspulverfahren wahrscheinlich auftreten, mit dem konturierten Spulenkörper und dem Aufspulverfahren, die oben beschrieben sind, vermieden oder zumindest reduziert werden können.

**[0060]** Die positiven Konturen des Spulenkörpers können auch erzielt werden durch Schwächen der axialen Enden des Spulenkörpers. Beispielsweise können Schlitze in die Enden des Spulenkörpers hin-

eingeschnitten werden bis zu einem Abstand von ungefähr 1/4 der Breite des Spulenkörpers, was dazu führen würde, dass die Enden unter der Kompressionsbelastung der Spule zusammenfallen würden (beispielsweise wenn die Enden nicht von dem Dorn gestützt sind oder wenn die Unterstützung von dem Dorn zurückgezogen wird), um eine mittleren konvexe Krone zu bilden. auch hier wird die günstige Gestalt von dem Spulenkörper erst nach einigen wenigen Umdrehungen des Aluminiumstreifens angenommen. In einer weiteren Alternativ kann der mittlere Bereich des Spulenkörpers aus einem anderen Material als die Endbereiche gemacht werden, wobei das Material des mittleren Bereichs starrer ist, so dass, wenn das Streifenmaterial auf den Spulenkörper aufgespult wird, die Kantenbereiche eine größere Auslenkung als Antwort auf die Kompressionsbeanspruchung der Umdrehungen produzieren als der mittlere Bereich.

**[0061]** Die obige Beschreibung hat sich auf die Verwendung eines konvexen Spulenkörpers zum Vermindern der Effekte der fehlenden Flachheit eines aufgespulten Aluminiumstreifens konzentriert. Es ist auch möglich, die Effekte der fehlenden Flachheit zu steuern durch Steuern und Einstellen der Spannung des Streifens, während dieser aufgespult wird. Um die Effekte der fehlenden Flachheit zu reduzieren, muss die auf den Streifen aufgebrachte Spannung für die anfänglichen Lagen der Spule höher sein, beispielsweise bis zu 30 MPa, und dann auf einer geringeren Spannung für die äußeren Lagen der Spule vermindert werden. Diese Reduzierung in der Spannung kann sich bis hin zu der Hälfte der gesamten Länge des Streifens erstrecken. Es ist aber bevorzugt, wenn die Verminderung der Spannung auf das erste Drittel der gesamten Streifenlänge begrenzt wird.

**[0062]** Die früheren Modellvorhersagen für einen konvexen Spulenkörper wurden alle unter der Annahme erzeugt, dass die maximale Aufspulspannung für die anfänglichen Runden ungefähr zweimal so groß ist wie die der äußeren Runden, wobei die Verminderung über ungefähr die ersten 25 mm des Aufbaus der Spule bewirkt wurde (bezeichnet als herkömmliche Praxis). In den **Fig. 11** und **Fig. 12** ist die Auswirkung der Aufspulspannung auf die Flachheit eines auf einen konvexen Spulenkörper aufgespulten Aluminiumstreifens veranschaulicht. In **Fig. 11** ist die Kriechdehnung entlang der Mittellinie des Streifens unmittelbar nach dem Aufspulen für einen Aluminiumstreifen aufgezeichnet, der auf einen herkömmlichen geraden Spulenkörper mit der herkömmlichen Praxis aufgespult wurde; auf einen konvexen Spulenkörper mit der herkömmlichen Praxis; auf einen konvexen Spulenkörper mit einer anfänglichen Aufspulspannung von 10 MPa und auf einen konvexen Spulenkörper mit einer anfangs Aufspulspannung von 15 MPa. In den letzten beiden Fällen wurde die Aufspulspannung exponentiell auf ungefähr die Hälfte des

ursprünglichen Wertes während des Aufbaus der ersten 15 mm der Spule vermindert. Wenn die Spule dann weiter aufgebaut wird, kann es vorteilhaft sein, die Spannung noch weiter auf eine Stufe zu vermindern, die kein signifikantes Kriechen verursacht, beispielsweise bei ungefähr 10 bis 50% der Startspannung. Aus [Fig. 11](#) ergibt sich deutlich, dass die Verwendung eines konvexen Spulenkörpers in Verbindung mit einer sehr viel höheren anfänglichen Aufspulspannung die Kriechdehnung in dem Streifen für die inneren Lagen der Spule stark vergrößert und tatsächlich dass je größer die anfängliche Spannung, desto größer auch die lange mittlere Dehnung in den inneren Lagen während es Aufspulens. In [Fig. 12](#), welche die gleichen Beispiele zum Vergleich aber für eine Kriechdehnung 24 Stunden nach dem Aufspulen bietet, wird deutlich, dass je größer die anfängliche Aufspulspannung, desto kleiner die Kompressionsdehnung in den inneren Lagen nach 24 Stunden. Aus [Fig. 12](#) ist für eine anfängliche Aufspulspannung von 15 MPa der Streifen flach für die Lagen sehr nahe an dem Spulenkörper, und dann entstehen wellige Kanten bei ungefähr 25 mm.

**[0063]** Während Details unterschiedlicher Strukturen von Spulenkörpern und unterschiedlicher Verfahren zum Einstellen der Spulenspannung gegeben worden sind, um die Beanspruchung in den inneren Lagen einzustellen, sind dies nur Beispiele, und der Geist und Bereich der vorliegende Erfindung ist nicht auf die oben beschriebenen besonderen Beispiele beschränkt.

#### Beispiel

**[0064]** Ein auf eine Dicke von 0,28 mm und eine Breite von 1050 mm kaltgewalzte Materialbahn AA1050 mit einem positiven Kronenprofil. wurde in Spulen mit einem Durchmesser von 1750 mm mit der herkömmlichen Praxis aufgewickelt. Vier Spulen wurden gemacht, jeweils eine auf einem der folgenden Spulenkörper:

- 1) zylindrische Spule (Vergleichsbeispiel),
- 2) zylindrische Spule wie in (1), aber mit acht gleichmäßig beabstandeten Schlitzen in jedem Ende des Spulenkörpers, die sich bis zur Kante des mittleren 500 mm Bereichs erstrecken,
- 3) wie in (1), aber mit einer einzelnen Lage aus einem 0,15 mm dicken, 500 mm breiten Aluminiumstreifen, der um die Mitte des Spulenkörpers herumgewickelt wurde, und
- 4) wie in (3), aber mit einem 0,3 mm dicken Streifen.

**[0065]** 24 Stunden nach dem Aufspulen wurden die Spulen abgewickelt, und 4 m lange Flachheitsproben wurden in Abständen entlang der gesamten Länge der Materialbahn genommen. Stichproben wurden näher aneinander in Richtung des Spulenkörperendes der Spule genommen als am Anfang. Die Flach-

heit wurde gemessen durch Platzieren der Stichproben auf einem flachen Stahltisch und Messen der Höhen oder Level aller fehlenden Flachheiten, dargestellt als Dehnung in Einheiten, und zwar mittels von Auslenkungswandlern. Die Ergebnisse sind in den [Fig. 13](#) bis [Fig. 16](#) aufgezeichnet, welche Konturen von Höhen der fehlenden Flachheit für verschiedene Positionen in der Spule zeigen. Die gleichen Konturschritte, von 0,25 in Einheiten, sind für alle Graphen verwendet worden. Aus den Zeichnungen ergibt sich, dass die Spulenkörper mit den Kronen die Höhe der fehlenden Flachheiten um einen Faktor von ungefähr 2,5 vermindert haben. Dies ist eine signifikante Verbesserung.

#### Patentansprüche

1. System zum Aufspulen eines Streifenmaterials aus Aluminium, welches System aus einer Spulenanordnung besteht, die einen Dorn sowie einen lösbar an dem Dorn angebrachten Spulenkörper (1) aufweist, und aus einem Aluminiumstreifenmaterial mit einer positiven Krone, welche Spulenanordnung eine Stützfläche hat, auf welche das Streifenmaterial aufgespult werden soll, wobei die Spulenanordnung so ausgestaltet ist, dass ihre Stützfläche ein Stützprofil schafft, bei welchem während des Aufspulens zumindest der inneren Runden des Streifenmaterials die Unterstützung, die durch den Teil (2) der Stützfläche geschaffen wird, der die Krone stützt, größer ist als die, die durch den verbleibenden Teil oder die verbleibenden Teile (3) der Stützfläche geschaffen wird.

2. System nach Anspruch 1, bei welchem die Krone sich in einem mittleren Bereich der Breite des Streifenmaterials befindet und die Unterstützung, die im mittleren Bereich des Streifenmaterials geschaffen wird, größer ist als die, die in gegenüberliegenden Kantenbereichen des Streifenmaterials geschaffen wird.

3. System nach Anspruch 1 oder 2, weiter mit zumindest einer Spannrolle und einer Spannungssteuerungseinrichtung, die die Spannung des Streifenmaterials steuern kann, wenn dieses aufgespult wird, und zwar von einer ersten höheren Spannung auf eine zweite geringere Spannung.

4. System nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welchem der Spulenkörper eine Länge hat, die zumindest gleich der Breite des Streifenmaterials ist.

5. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei welchem das Stützprofil der Stützfläche durch Anpassen des Spulenkörpers geschaffen ist.

6. System nach Anspruch 5, bei welchem der Spulenkörper einen Außendurchmesser in dem Teil (2) des Spulenkörpers hat, der die Krone stützt, der größer ist als der Außendurchmesser des Spulenkör-

pers an zumindest einem der beiden gegenüberliegenden Endbereiche (3) des Spulenkörpers.

7. System nach Anspruch 6, bei welchem der Spulenkörper so konturiert ist, dass er über den Teil (2) des Spulenkörpers eine nach außen hervorstehende Krone hat.

8. System nach Anspruch 7, bei welchem die nach außen hervorstehende Krone rechtwinklig ist.

9. System nach Anspruch 5, bei welchem der Spulenkörper zylindrisch ist und einen im Wesentlichen gleichmäßigen Durchmesser hat sowie Schlitze, die sich von zumindest einem der beiden Enden des Spulenkörpers aus erstrecken.

10. System nach Anspruch 9, bei welchem die Schlitze sich über ungefähr 1/4 der gesamten Länge des Spulenkörpers erstrecken.

11. System nach Anspruch 5, bei welchem der Teil des Spulenkörpers, der die Krone stützt, aus einem Material geformt ist, das eine größere Steifigkeit hat als das Material zumindest eines der beiden gegenüberliegenden Endbereiche des Spulenkörpers.

12. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei welchem das Stützprofil der Stützfläche durch Mittel vorgesehen ist, die separat von dem Spulenkörper sind.

13. System nach Anspruch 12, bei welchem der Spulenkörper eine rein zylindrische Gestalt hat.

14. System nach einem der Ansprüche 12 oder 13, wobei das Stützprofil der Stützfläche durch eine äußere Hülse gebildet ist, die um den Teil des Spulenkörpers herum angebracht ist, der die Krone stützt, wobei die äußere Hülse eine Breite hat, die geringer ist als die Breite des Streifenmaterials.

15. System nach Anspruch 14, bei welchem die äußere Hülse eine zylindrische Gestalt hat und über den Spulenkörper so hinübergepasst ist, dass der Spulenkörper einen effektiven äußeren Durchmesser in diesem Teil des Spulenkörpers hat, der größer ist als der effektive Außendurchmesser des Spulenkörpers an zumindest einem der beiden gegenüberliegenden Endbereiche des Spulenkörpers.

16. System nach einem der Ansprüche 12 oder 13, wobei das Stützprofil der Stützfläche durch Gestalten des Streifenmaterials vorgesehen ist.

17. System nach Anspruch 16, bei welchem das vordere Ende des Streifenmaterials (10) als Zunge (11) ausgeformt ist, die schmaler ist als die Breite des Streifenmaterials (10), wobei die Zunge (11), wenn das Streifenmaterial (10) aufgespult wird, dazu wirk-

sam wird, den Spulenkörper in dem Teil des Spulenkörpers, der die Krone stützt, mit einem effektiven Außendurchmesser zu versehen, der größer ist als der effektive Außendurchmesser des Spulenkörpers an zumindest einem der beiden gegenüberliegenden Endbereiche des Spulenkörpers.

18. System nach Anspruch 17, bei welchem die Länge der Zunge (11) in der Längsrichtung des Streifenmaterials (10) ungefähr dem n-Fachen des Außenumfangs des Spulenkörpers ist, wobei n eine ganze Zahl größer als Null ist.

19. System nach Anspruch 16, bei welchem eine Materialbahn (13) an einer Oberfläche des vorderen Endes (12) des Streifenmaterials (10) angebracht ist, welche Materialbahn (13) eine Breite hat, die schmaler ist als die des Streifenmaterials (10), wobei die Materialbahn (13), wenn das Streifenmaterial (10) aufgespult wird, dazu wirksam wird, den Spulenkörper in dem Teil des Spulenkörpers, der die Krone stützt, mit einem effektiven Außendurchmesser zu versehen, der größer ist als der effektive Außendurchmesser des Spulenkörpers an zumindest einem der beiden gegenüberliegenden Endbereiche des Spulenkörpers.

20. System nach Anspruch 19, bei welchem die Materialbahn (13) eine Länge in der Längsrichtung des Streifenmaterials (10) hat, die ungefähr gleich dem n-Fachen des Außenumfangs des Spulenkörpers ist, wobei n eine ganze Zahl größer als Null ist.

21. System nach einem der Ansprüche 19 oder 20, wobei die Materialbahn (13) aus Aluminium besteht.

22. System nach einem der Ansprüche 12 oder 13, wobei das Stützprofil der Stützfläche geschaffen ist durch eine Länge von Material, die zumindest einmal vor dem Aufspulen um den Spulenkörper herumgewickelt worden ist, wobei diese Materiallänge eine Breite hat, die kleiner ist als die des Streifenmaterials, welche Länge dazu wirksam wird, den Spulenkörper mit einem effektiven Außendurchmesser in dem Teil des Spulenkörpers zu versehen, der die Krone stützt, der größer ist als der effektive Außendurchmesser des Spulenkörpers an zumindest einem der beiden gegenüberliegenden Endbereiche des Spulenkörpers.

23. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Stützprofil der Stützfläche zumindest ungefähr zu der Gestalt eines Graphen passt, der die Variation der radialen Auslenkung einer äußeren Runde eines Streifenmaterials der gleichen Art repräsentiert, wie es aufgespult wird, welches Streifenmaterials auf einem herkömmlichen rein zylindrischen Spulenkörper aufgespult worden ist.

24. Verfahren zum Aufspulen von Aluminiumstreifenmaterial mit einer positiven Krone, wobei das Streifenmaterial einer Spulenanordnung zugeleitet wird, die einen Spulenkörper (1) und einen Dorn aufweist; die Spulenanordnung gedreht wird, um so das Streifenmaterial um eine Stützfläche der Spulenanordnung herum aufzuspulen; und anschließend der Dorn entfernt wird, wobei das Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, dass die Spulenanordnung so ausgestaltet ist, dass ihre Stützfläche ein Stützprofil schafft, in welchem die Unterstützung, die durch den Teil (2) der Stützfläche gebildet wird, der die Krone stützt, während des Aufspulens zumindest der inneren Runden des aufgespulten Streifenmaterials größer ist als die, die durch den verbleibenden Teil oder die verbleibenden Teile (3) der Stützfläche gebildet wird.

25. Verfahren nach Anspruch 24, bei welchem die Krone sich in einem mittleren Bereich der Breite des Streifenmaterials befindet und die Unterstützung, die in dem mittleren Bereich des Streifenmaterials gebildet wird, größer ist als die, die in gegenüberliegenden Kantenbereichen des Streifenmaterials gebildet wird.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 oder 25, wobei, während die anfänglichen Runden des Streifenmaterials aufgespult werden, eine erste, höhere Spannung auf das Streifenmaterial aufgebracht wird, und eine zweite, geringere Spannung auf spätere Runden des Streifenmaterials aufgebracht wird, wenn diese aufgespult werden.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 26, wobei der Dorn den Spulenkörper verformt, wenn er sich an seinem Platz innerhalb des Spulenkörpers befindet, so dass der Außendurchmesser des Spulenkörpers in dem Teil, der die Krone stützt, größer ist als der Außendurchmesser des Spulenkörpers an zumindest einem der beiden gegenüberliegenden Endbereiche, und wobei der Dorn zum Entfernen der Spule zusammenlegbar ist.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 26, wobei vor dem Aufspulen eine Materiallänge zumindest einmal um den Spulenkörper herumgewickelt wird, welche Materiallänge eine Breite hat, die schmaler ist als die des Streifenmaterials, um einen effektiven Durchmesser des Spulenkörpers zu schaffen, der größer in demjenigen Teil ist, der die Krone lagert, als an zumindest einem der beiden gegenüberliegenden Endbereiche des Spulenkörpers.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 26, bei welchem am vorderen Ende des Streifenmaterials (10) eine Zunge (11) ausgebildet ist, die weniger breit ist als das Streifenmaterial (10), und wobei das Aufspulen mit dieser Zunge (11) beginnt, so dass die Zunge (11) die Stützfläche des Spulenkörpers ef-

ektiv so profiliert, dass ein effektiver Durchmesser in dem Teil des Spulenkörpers definiert wird, der die Krone lagert, der größer ist als der an zumindest einem der beiden gegenüberliegenden Endbereiche des Spulenkörpers.

30. Verfahren nach Anspruch 29, bei welchem die Breite der Zunge (11) von einer geringeren Breite auf die volle Breite des Streifenmaterials (10) während weniger erster Runden des Streifenmaterials um die Spulenanordnung herum ansteigt.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 26, bei welchem eine Materialbahn (13) an einer Oberfläche des vorderen Endes (12) des Streifenmaterials angebracht wird, welche Materialbahn (13), während das Streifenmaterial (10) gewickelt wird, dazu wirksam wird, den Spulenkörper mit einem effektiven Außendurchmesser in dem Teil, der die Krone lagert, zu versehen, der größer ist als der effektive Außendurchmesser an zumindest einem der beiden gegenüberliegenden Endbereiche des Spulenkörpers.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Fig.1.

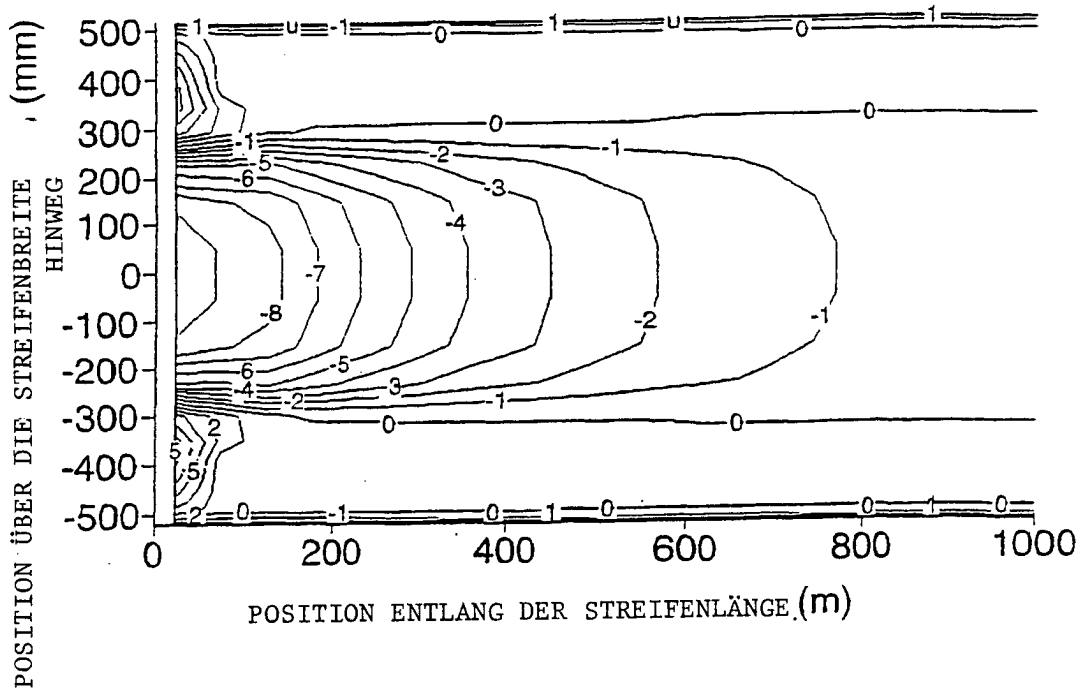
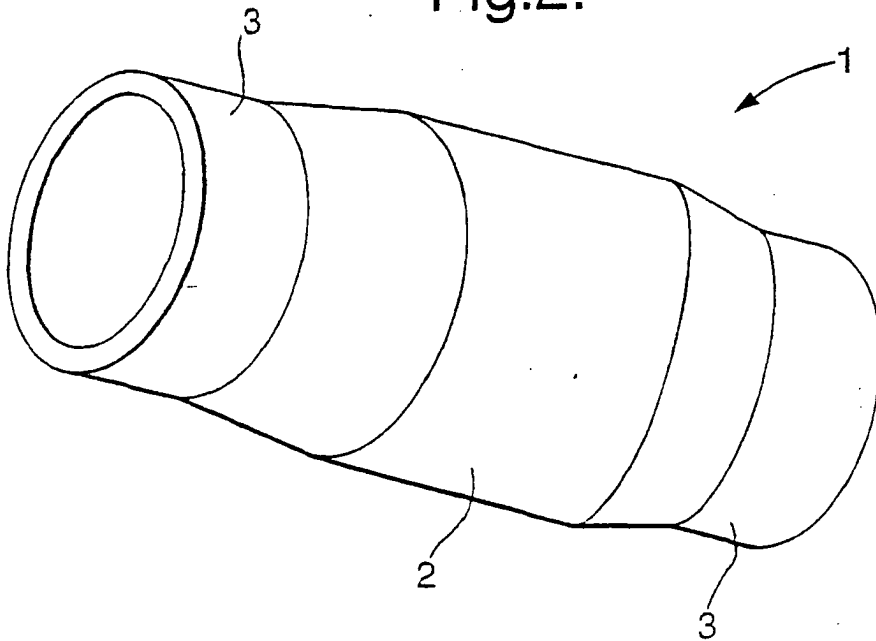


Fig.2.



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

Fig.3.

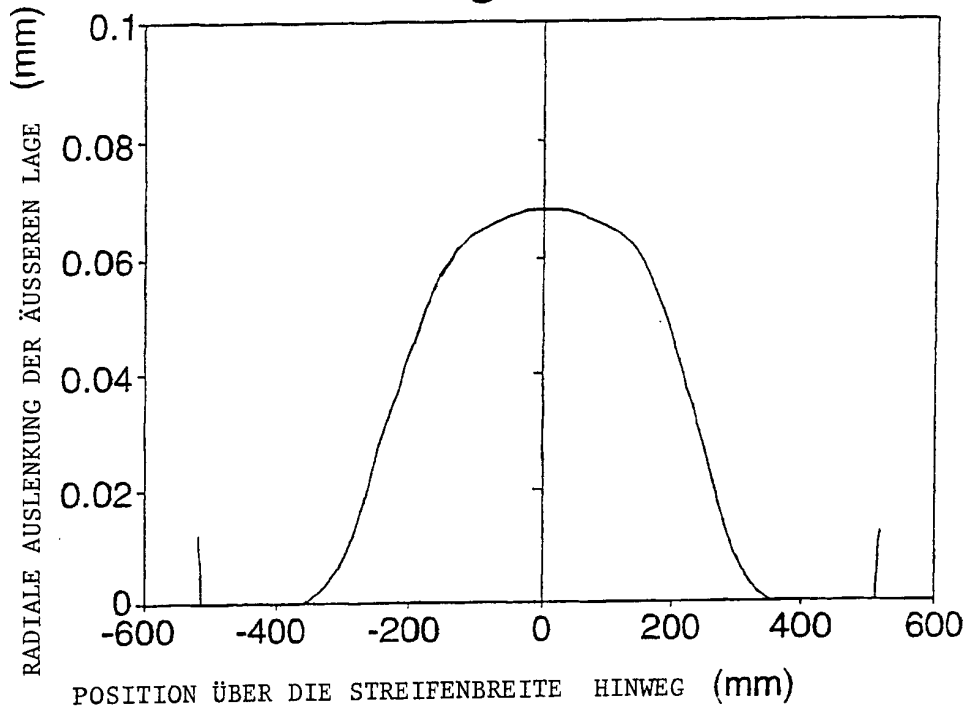
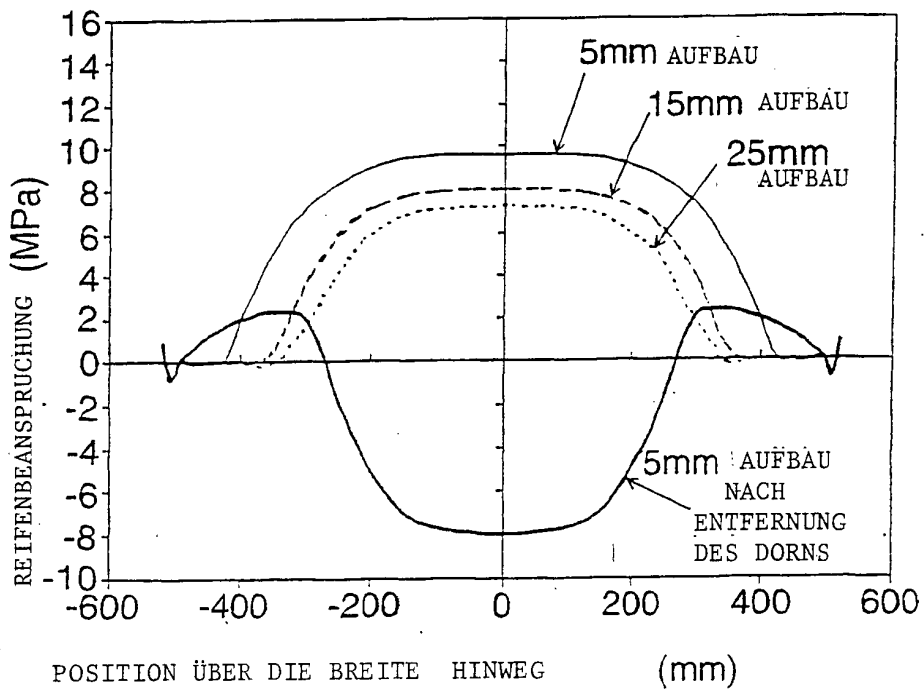


Fig.4.



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)



Fig.5.

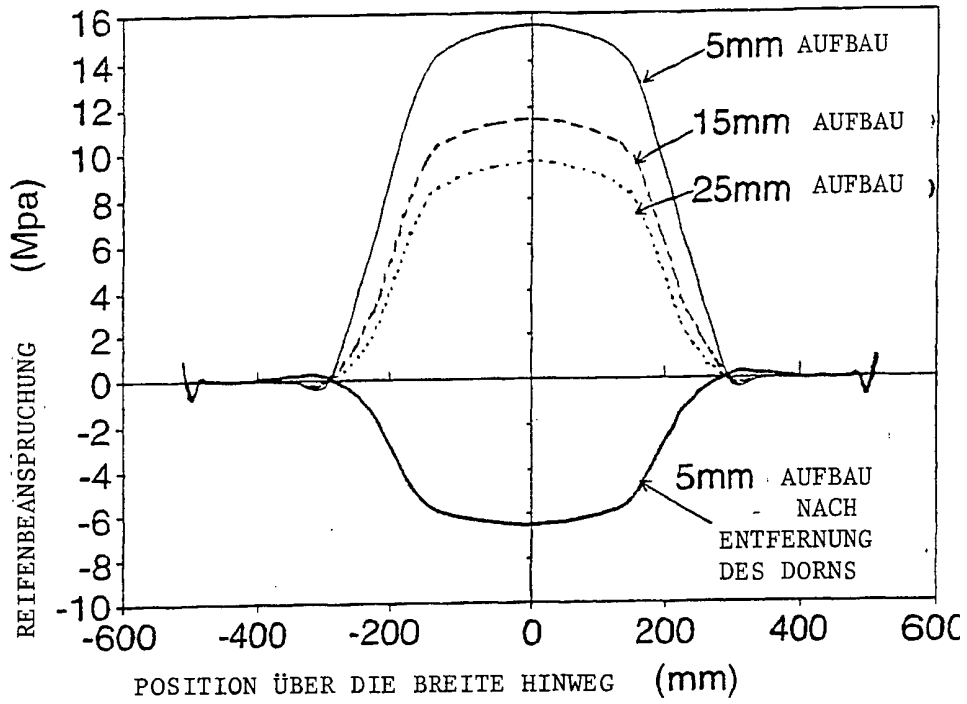
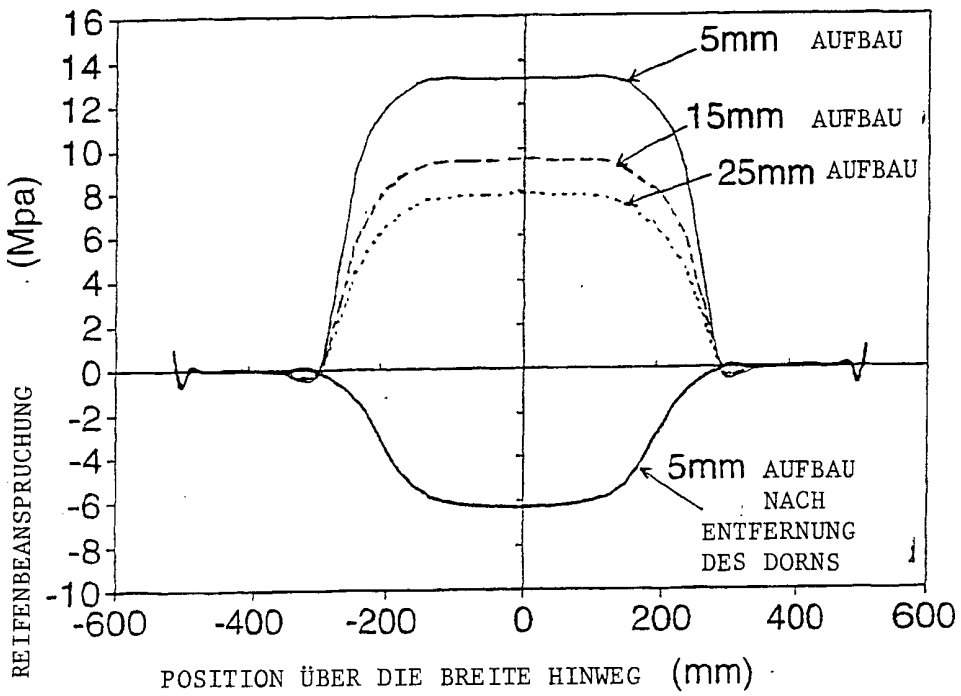


Fig.6.



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

Fig.7A.

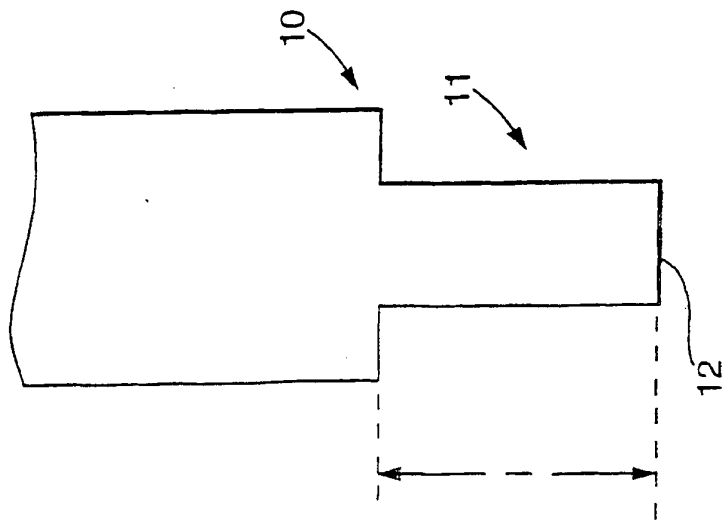


Fig.7B.

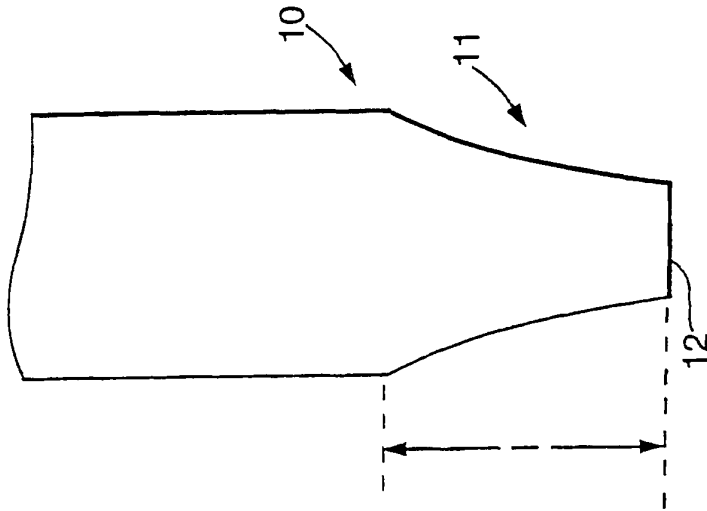
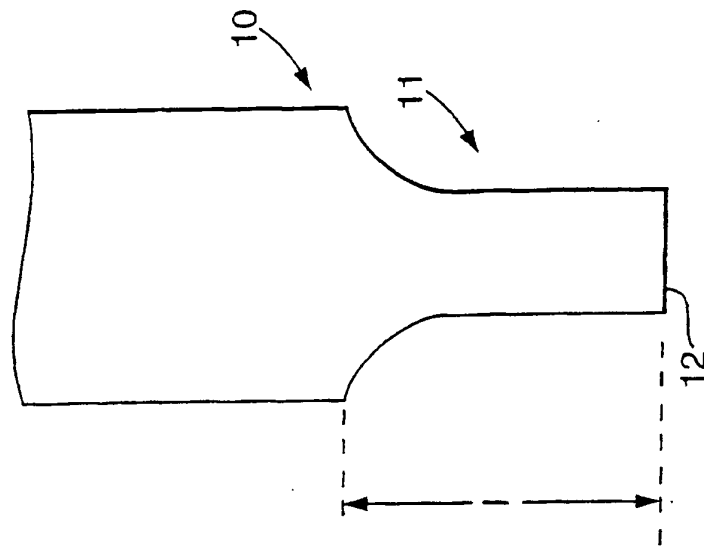
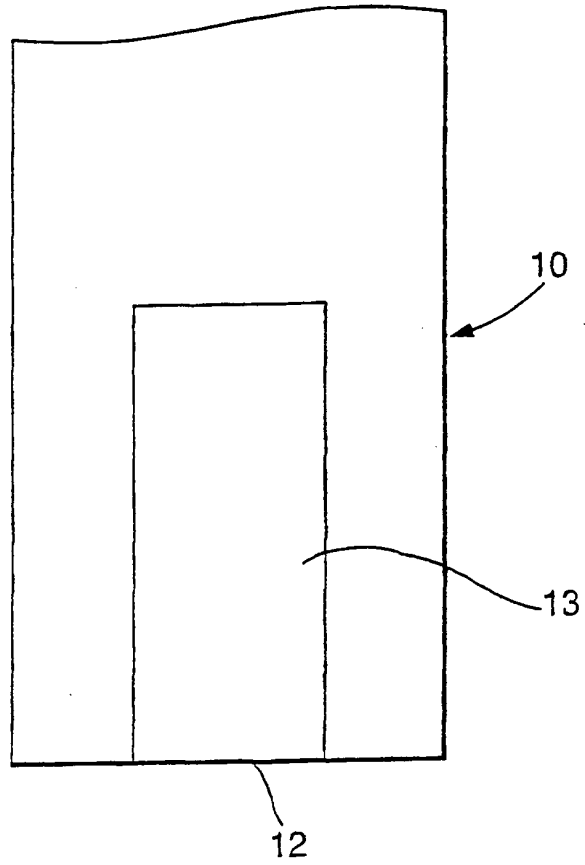


Fig.7C.

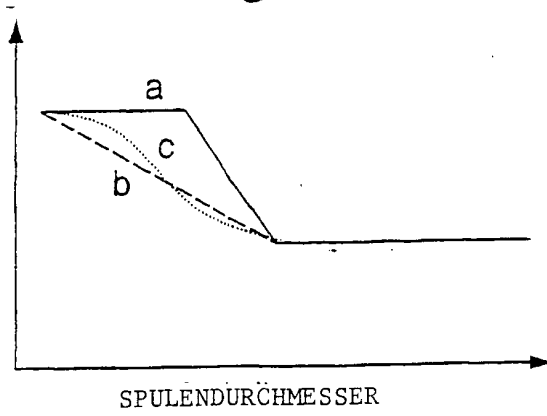


SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

Fig.8.



AUFSPULBEANSPRUCHUNG Fig.17.



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

Fig.9.

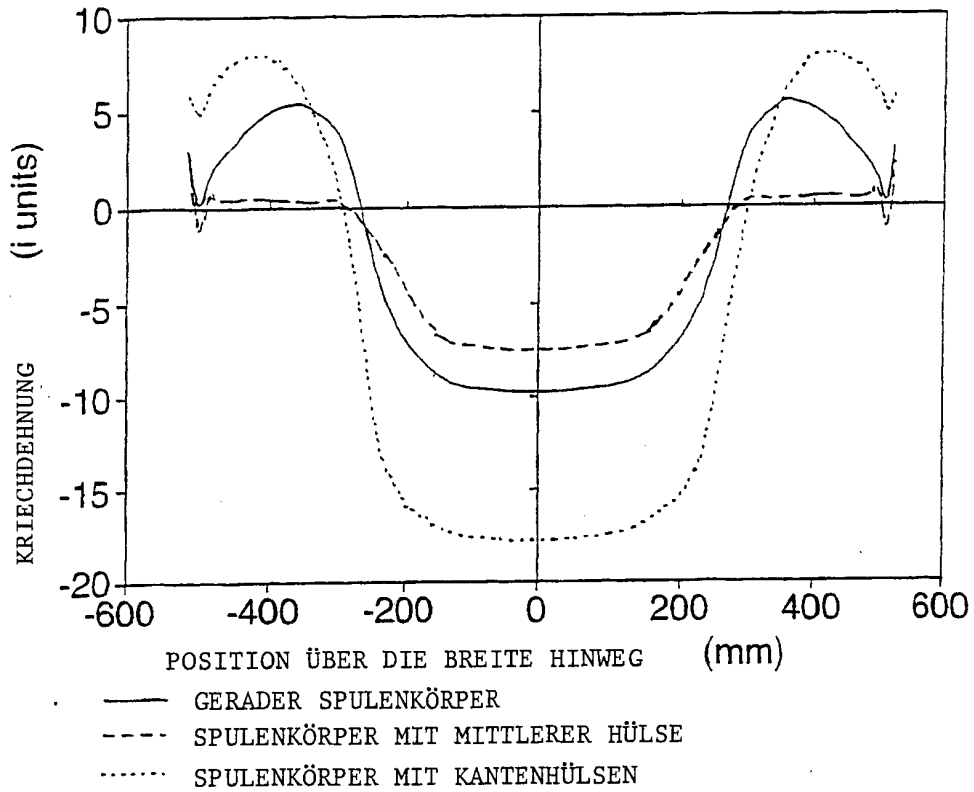
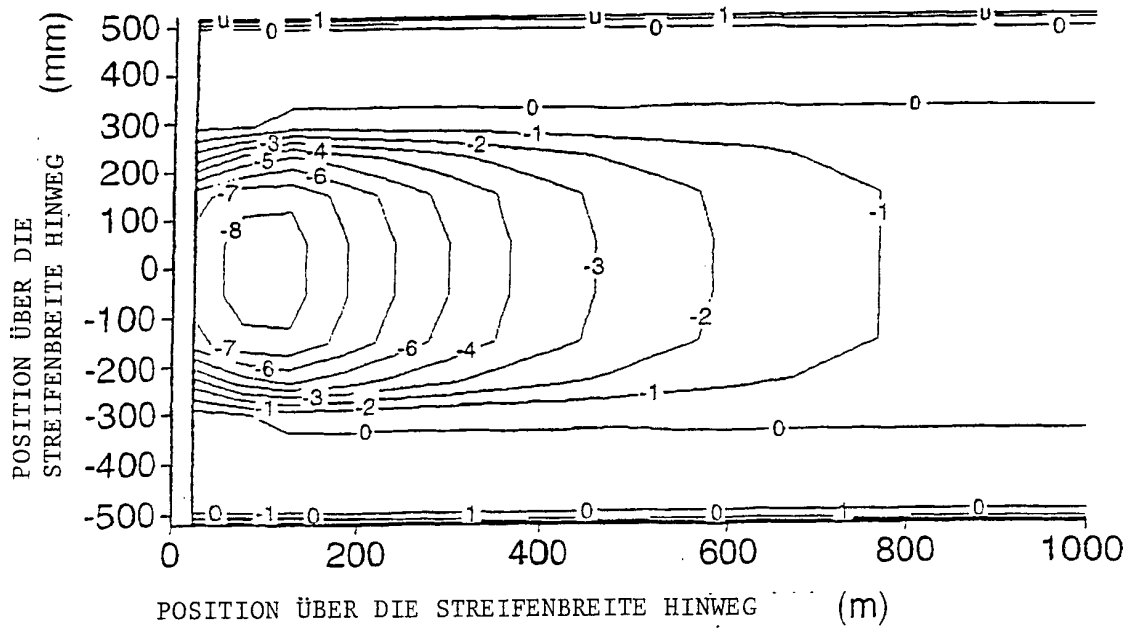
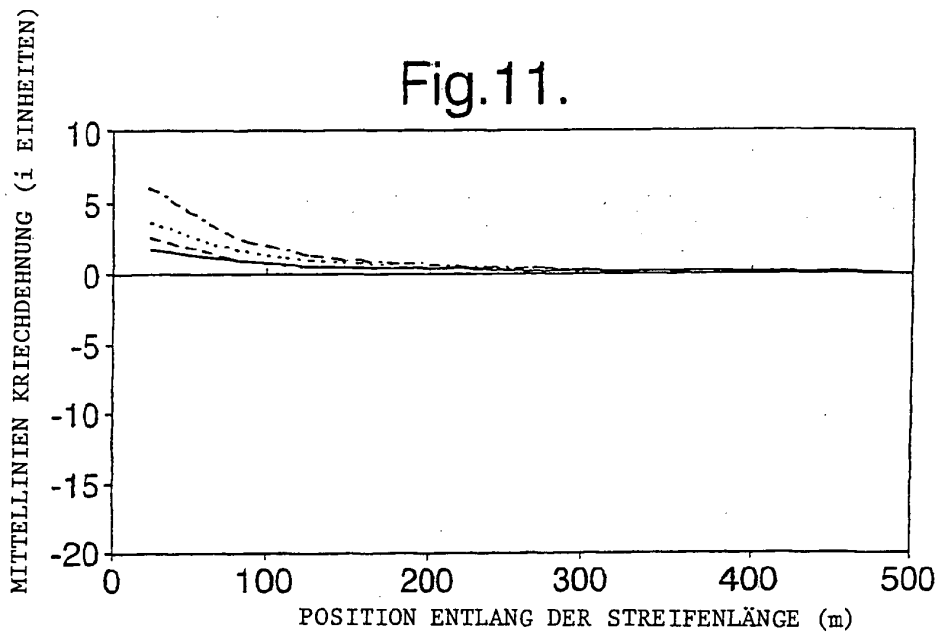


Fig.10.



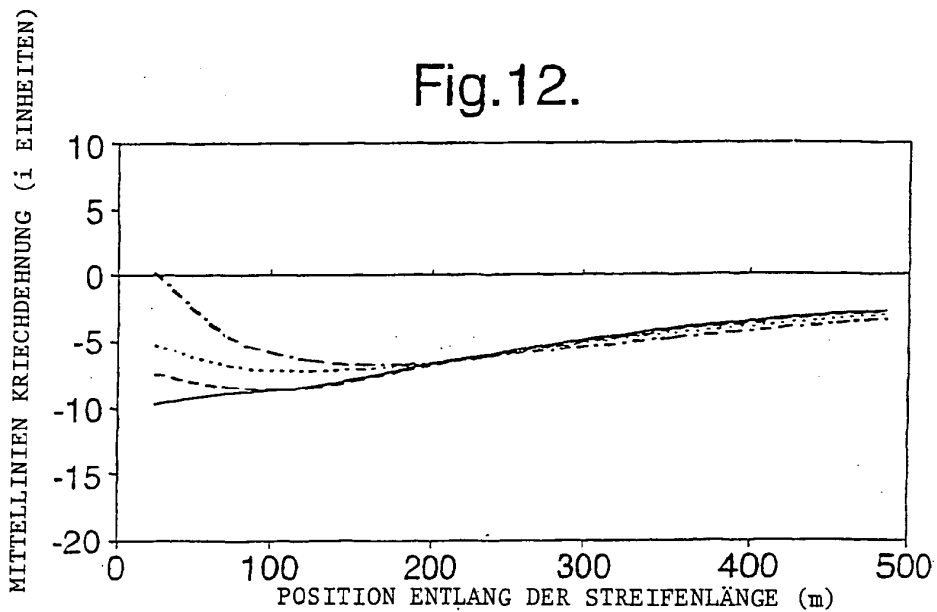
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

Fig.11.



- ..... 15 MPa ANFANGSAUFSPULSPANNUNG UND SPULENKÖRPER MIT MITTE
- 10 MPa ANFANGSAUFSPULSPANNUNG UND SPULENKÖRPER MIT MITTE
- . - . - . HERKÖMMLICHE AUFSPULPRAXIS UND SPULENKÖRPER MIT MITTELHÜLSE
- HERKÖMMLICHE AUFSPULPRAXIS UND GERADER SPULENKÖRPER

Fig.12.



- ..... 15 MPa ANFANGSAUFSPULSPANNUNG UND SPULENKÖRPER MIT MITTE
- 10 MPa ANFANGSAUFSPULSPANNUNG UND SPULENKÖRPER MIT MITTE
- . - . - . HERKÖMMLICHE AUFSPULPRAXIS UND SPULENKÖRPER MIT MITTELHÜLSE
- HERKÖMMLICHE AUFSPULPRAXIS UND GERADER SPULENKÖRPER

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

Fig.13.

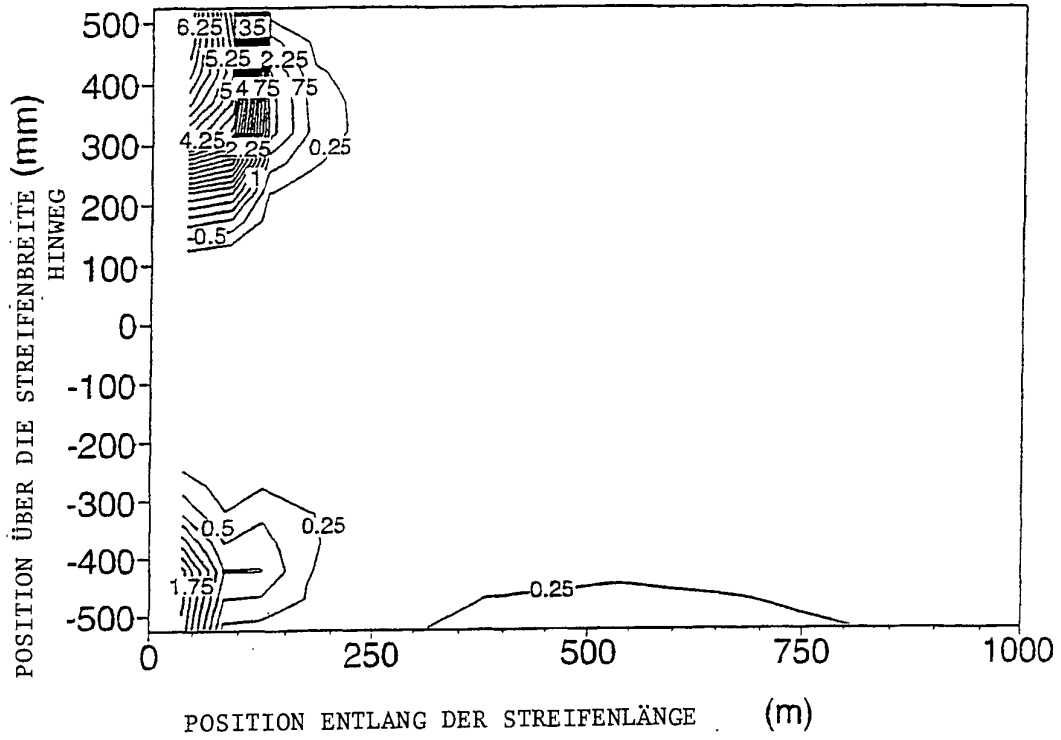
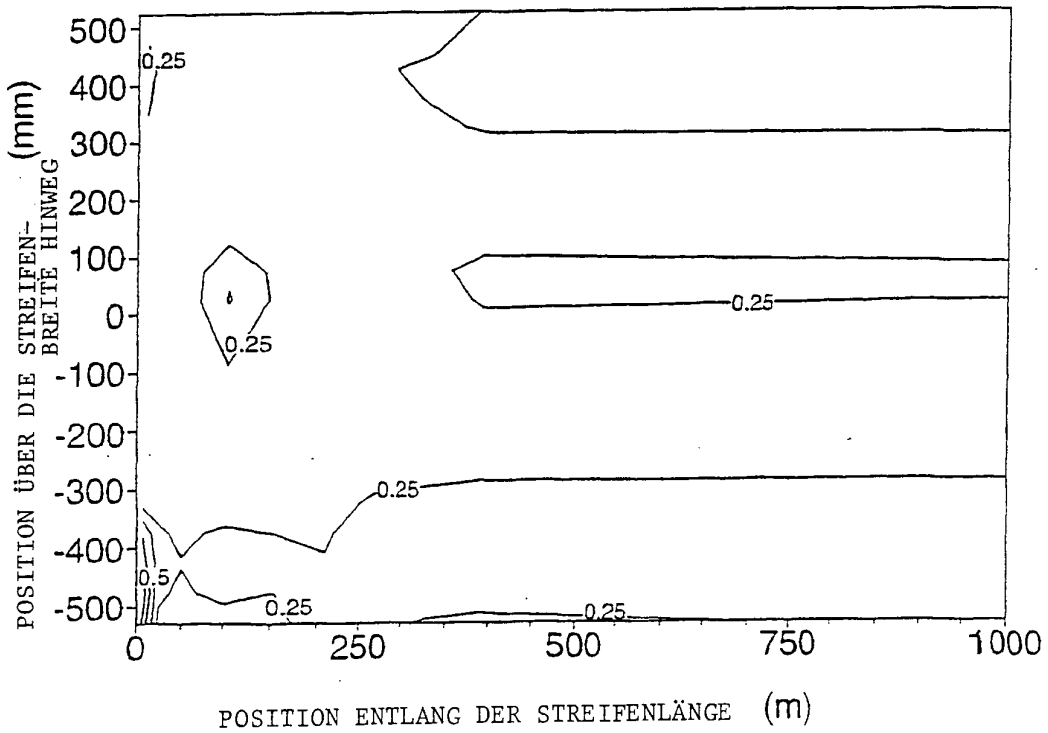


Fig.14.



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)



Fig.15.

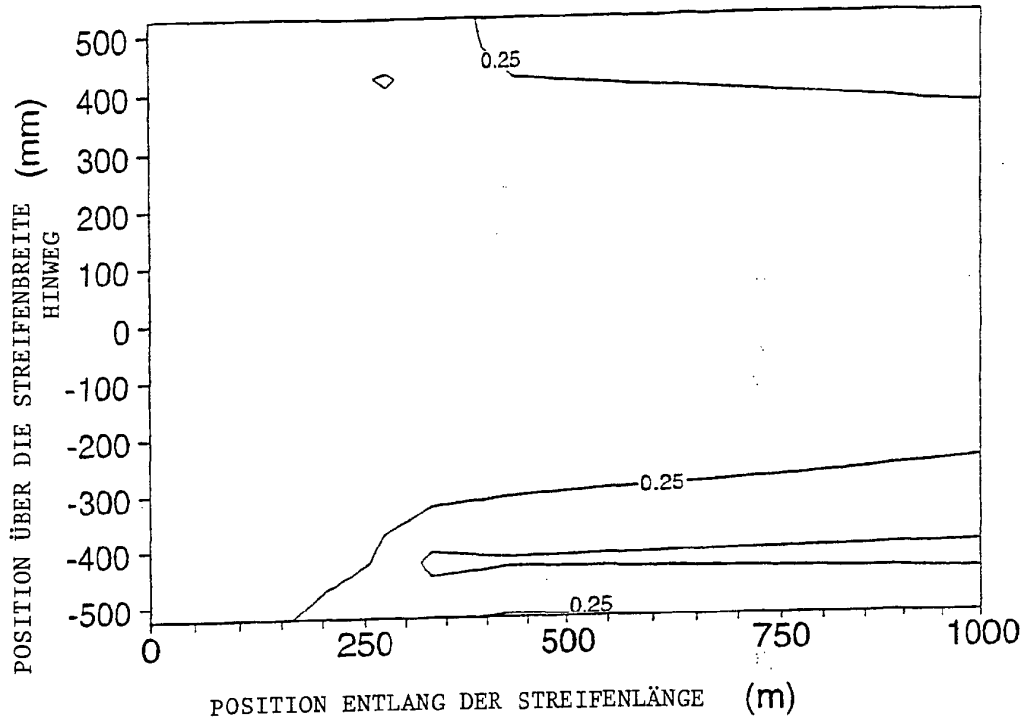
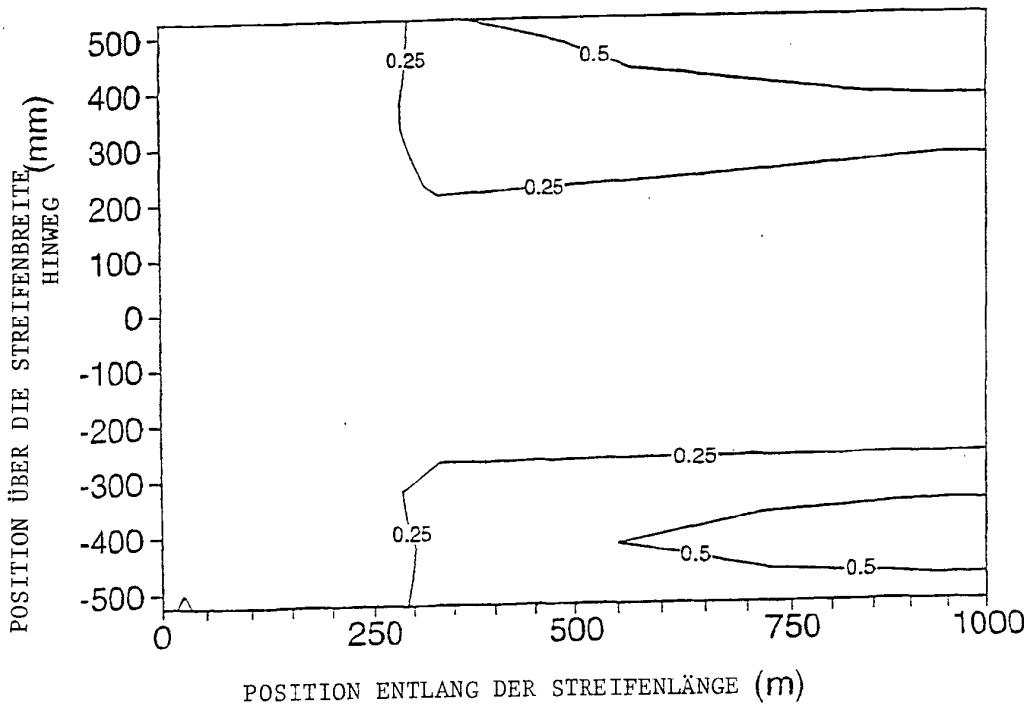


Fig.16.



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)