

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 715 140 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
05.06.1996 Patentblatt 1996/23

(51) Int. Cl.⁶: **F26B 3/347**

(21) Anmeldenummer: **95118736.8**

(22) Anmeldetag: **29.11.1995**

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

(30) Priorität: **01.12.1994 DE 4442801**
09.11.1995 DE 29517738 U

(71) Anmelder: **SIBEA GmbH Ingenieurbetrieb für Elektroautomation**
D-08056 Zwickau (DE)

(72) Erfinder: **Klärner, Thomas, Dr.-Ing.**
D-08064 Zwickau (DE)

(74) Vertreter: **Helge, Reiner, Dipl.-Ing.**
Patentanwalt
Hauptstrasse 20
D-08223 Falkenstein/V (DE)

(54) **Verfahren zum Erwärmen metallischer Zargen und Anordnung zur Durchführung des Verfahrens**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens zum Erwärmen vorzugsweise von Blechemballagen (1) mittels Induktionseinrichtung (3) zur thermischen Beeinflussung von auf Zargen aufgebracht Materialien, die der Bildung eines Überzuges auf der Zargenlängsnaht dienen. Je nach Art der aufgetragenen Materialien sind diese aufzuschmelzen, zu trocknen, auszuhärten, zu vernetzen, zu vulkanisieren oder in ähnlicher Art und

Weise thermisch zu beeinflussen. Der Wärmeeintrag erfolgt partiell in einem begrenzten Bereich (5) entlang einer Mantellinie während des Vorbeibewegens der Zarge am Induktor (3). Die Induktionseinrichtung ist als Längsinduktor (3) ausgebildet und in einem einstellbaren Abstand (a,h) annähernd parallel zur Zargentransporteinrichtung (2) angeordnet.

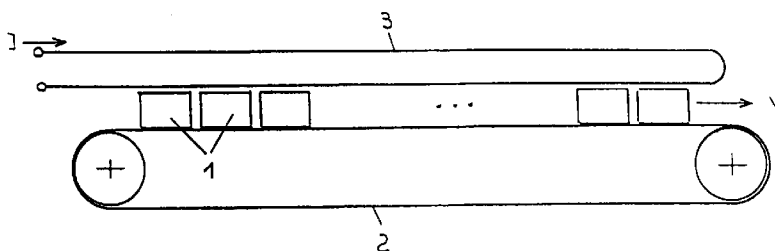


Fig. 1

EP 0 715 140 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens zum Erwärmen vorzugsweise von Blechemballagen mittels Induktionseinrichtung zur thermischen Beeinflussung von auf Zargen aufgebracht Materialien, die der Bildung eines Überzuges auf der Zargenlängsnaht dienen. Je nach Art der aufgetragenen Materialien sind diese aufzuschmelzen, zu trocknen, auszuhärten, zu vernetzen, zu vulkanisieren oder in ähnlicher Art und Weise thermisch zu beeinflussen.

Verfahren und Anordnung zur induktiven Erwärmung für Blechzargen sind unter anderem aus der EP 0 202 869 und aus den US-PS 468 0871, 469 4586 und 505 0315 bekannt. Bei diesen Lösungen sind die Induktionseinrichtungen in Form einer Spule derart ausgebildet, daß sich die Blechzarge entweder stationär zur Erwärmung im Inneren der Induktionsspule befindet oder mittels einer Transporteinrichtung durch das Innere der Spule hindurch geführt wird. Die Blechzarge wird dabei in ihrer Gesamtheit erwärmt.

Der Nachteil dieser Lösungen besteht darin, daß in diesen Einrichtungen nur die gesamte Zarge erwärmt werden kann. Weiterhin sind dafür komplizierte Zargentransporteinrichtungen notwendig, die sich auch noch im Inneren der Induktionsspule befinden, wodurch sich hohe Anforderungen an die Materialauswahl ergeben, z. B. der Einsatz von nichtleitenden Materialien.

Weitere Nachteile sind räumliche Probleme bei sehr kleinen Zargen und ungünstige Koppelverhältnisse zwischen Induktionsspule und Zarge.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die oben genannten Nachteile zu vermeiden und ein Verfahren und eine Anordnung zu schaffen, die es ermöglicht, nur einzelne Bereiche der Blechzarge induktiv zu erwärmen.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß der Wärmeeintrag partiell in einem begrenzten Bereich entlang einer Mantellinie, z. B. entlang der Zargenschweißnaht, während des Vorbeibewegens der Zarge am Induktor erfolgt. Der Transport der Zarge erfolgt mit einer Geschwindigkeit bis zu 3 m/s, wobei die Zarge an einem Induktor vorbeibewegt werden und dadurch der Erwärmungsvorgang online im Herstellungsprozeß der Zarge erfolgen kann. Es werden nur schmale, axiale Segmente der Zarge entlang einer Mantellinie erwärmt.

Durch die Erwärmung werden die aufgetragenen Materialien zur Beschichtung der Zargenschweißnaht entweder aufgeschmolzen, getrocknet, ausgehärtet, vernetzt oder vulkanisiert.

Die Temperatur der zu erwärmenden Segmente ist stufenlos mittels Variation der Induktorstromstärke I und/oder der Frequenz f einstellbar.

Der Temperaturgradient der Aufheizphase ist ebenfalls stufenlos mittels der Variation der Induktionsstromstärke I und/oder der Frequenz f einstellbar.

Dadurch ist es möglich, die Anordnung konstruktiv zu vereinfachen und diese unmittelbar im Anschluß an

eine Zargenschweißmaschine und der Nahtbeschichtungseinrichtung anzuordnen. Bei dieser Anordnung kann gleichzeitig die bereits vorhandene Zargentransporteinrichtung, z. B. das Magnetband, benutzt werden.

Die erfindungsgemäße Anordnung besteht aus einer Induktionseinrichtung, die als Längsinduktor ausgebildet und in einem einstellbaren Abstand annähernd parallel zur Zargentransporteinrichtung angeordnet ist. Die Hin- und Rückleiter des Induktors sind annähernd in radialer Richtung hintereinander oder im gleichen Abstand von der Zargenoberfläche angeordnet. Der Längsinduktor kann aus zwei Einzelinduktoren bestehen, wobei der erste Induktor der Aufheizung der Blechzarge und der zweite Induktor zur Aufrechterhaltung einer annähernd konstanten Endtemperatur dient.

Bei einer weiteren Ausbildung ist die Induktionseinrichtung ebenfalls als Längsinduktor ausgebildet und in einem einstellbaren Abstand annähernd parallel zur Zargentransporteinrichtung angeordnet, wobei die Hin- und Rückleiter des Induktors derart ausgebildet sind, daß die Verbindungslinie von Hin- und Rückleiter mit der Oberflächennormalen, die durch das Zentrum der Erwärmungszone geht, einen Winkel α bildet und dieser Winkel im Bereich $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ liegt.

Der Längsinduktor ist vorzugsweise als runder oder rechteckförmiger Hohlleiter ausgebildet und wird zur Kühlung von einer Kühlflüssigkeit durchströmt. Zur Speisung des Induktors kommt vorzugsweise ein sinusförmiger Strom mit einer Frequenz zwischen 16 bis 500 kHz zur Anwendung. Der Längsinduktor kann mit einem Kondensator zu einem Schwingkreis gekoppelt werden und gemeinsam mit einer elektronischen Schaltung einen Schwingkreiswechselrichter bilden.

Der Wärmeeintrag erfolgt partiell in einem begrenzten Bereich entlang einer Mantellinie, z. B. entlang der Zargenschweißnaht, während des Vorbeibewegens der Zarge am Induktor.

Der Transport der Zarge erfolgt mit einer Geschwindigkeit bis zu 3 m/s, wobei die Zarge an einem Induktor vorbeibewegt werden und dadurch der Erwärmungsvorgang online im Herstellungsprozeß der Zarge erfolgen kann. Es werden nur schmale, axiale Segmente der Zarge entlang einer Mantellinie erwärmt.

Durch die Erwärmung werden die aufgetragenen Materialien zur Beschichtung der Zargenschweißnaht entweder aufgeschmolzen, getrocknet, ausgehärtet, vernetzt oder vulkanisiert.

Dadurch ist es möglich, die Anordnung konstruktiv zu vereinfachen und diese unmittelbar im Anschluß an eine Zargenschweißmaschine und der Nahtbeschichtungseinrichtung anzuordnen. Bei dieser Anordnung kann gleichzeitig die bereits vorhandene Zargentransporteinrichtung, z. B. das Magnetband, benutzt werden.

Ein Ausführungsbeispiel wird nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert werden.

Es zeigen

Fig. 1 eine schematische Erwärmungseinrichtung in Seitenansicht

- Fig. 2 eine partiell zu erwärmende Zarge mit Erwärmungszone
 Fig. 3 eine Erwärmungseinrichtung im Querschnitt
 Fig. 4 eine Erwärmungseinrichtung im Querschnitt
 Fig. 5 eine Erwärmungseinrichtung im Querschnitt
 Fig. 6 vereinfachte Darstellung der magnetischen Feldverläufe
 Fig. 7 eine Variante der Erwärmungseinrichtung mit Teilinduktoren

Anhand der Figuren 1 bis 7 soll nachfolgend die Erfindung beschrieben werden. Es wird dabei von vorzugsweise kreiszylinderförmigen Zargen ausgegangen, jedoch gelten die gemachten Aussagen auch für davon abweichende Querschnittsformen.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Erwärmungseinrichtung. Die partiell zu erwärmenden Zargen 1 werden mittels eines Transportmechanismus 2 mit der Geschwindigkeit v unterhalb des Induktors 3 bewegt. Im dargestellten Fall handelt es sich um ein Transportband 2. Es sind jedoch auch andere Mittel wie zum Beispiel angetriebene Rollen, Ketten mit Mitnahmefinger u. ä. Anordnungen möglich. Auf Grund des vollständig außerhalb der Zarge angeordneten Induktors ergeben sich sehr einfache mechanische Konstruktionen der Erwärmungseinrichtung.

Fig. 2 zeigt eine partiell erwärmte Zarge 1 mit der axialen Erwärmungszone 5 der Breite b . Nur im schraffierten Bereich erfolgt ein wesentlicher Wärmeeintrag. Die Energieeinsparung gegenüber konventionellen Induktionsanlagen wird deutlich.

Die Fig. 3, 4 und 5 zeigen unterschiedliche Induktorausführungen.

In Fig. 3 befinden sich Hin- und Rückleiter 3 in radialer Richtung hintereinander. Diese Anordnung ist für sehr schmale Erwärmungszonen vorteilhaft und stellt die Standardausführung dar. Unterhalb des Induktors 3 ergibt sich das Maximum der tangentialen Komponente der magnetische Feldstärke an der Zargenoberfläche. Bei Vernachlässigung der Oberflächenkrümmung der Zarge 1 sowie bei Annahme eines idealisierten, linienförmigen Induktors erhält man als Grundlage für die Grobdimensionierung des Induktors die vereinfachte, quantitative Beziehung

$$H_o(x) = (I/2\pi) \{-h/(x^2 + h^2) + (h+a)/[x^2 + (h+a)^2]\}$$

Diese Formel dient in Verbindung mit den allgemeinen Maxwellschen Gleichungen für quasistationäre elektromagnetische Felder als Basis für die weitere Dimensionierung der Induktionseinrichtung.

Fig. 4 zeigt eine Induktorausführung bei der Hin- und Rückleiter des Induktors 3 den gleichen Abstand von der Zargenoberfläche haben. Für breitere Erwärmungszonen ist diese Induktorausführung einsetzbar. Hierbei ergeben sich zwei lokale Maxima der tangentialen Komponente der magnetischen Feldstärke H und damit auch zwei Stromdichtemaxima auf der Zargenoberfläche.

Unter den gleichen Annahmen wie bei der ersten Induktortorvariante läßt sich auch hier eine vereinfachte, quantitative Beziehung zwischen den geometrischen Abmessungen, der Stromstärke I und der Oberflächenfeldstärke für eine Grobdimensionierung des Induktors ableiten.

$$H_o(x) = (Ih/2\pi) \{[(x-a/2)^2 + h^2]^{-1} - [(x+a/2)^2 + h^2]^{-1}\}$$

Über eine Variation der Induktorparameter a und h ergeben sich gute Anpassungsmöglichkeiten an den technologischen Gesamtprozeß.

Die Fig. 5 zeigt eine weitere Induktorausführung. Hin- und Rückleiter 3 sind um den Winkel α zueinander versetzt zur Erwärmungszone 5 angeordnet. Die Zarge 1 wird mittels einem nicht näher dargestellten Transportmechanismus mit der Geschwindigkeit v unterhalb am Induktor bewegt. Die Rollen 4 übernehmen die obere Führung. Die gezeigte Anordnung des Induktors bezüglich der Zargenoberfläche ist dadurch gekennzeichnet, daß sowohl das Innen- als auch das Außenfeld des Induktors zur Erwärmung beiträgt.

Da der Induktor ein Innen- und ein Außenfeld aufweist, die in ihrer Wirkungsweise sehr unterschiedlich sind, ergeben sich unterschiedliche Wirkungen auf die Erwärmung. Durch eine geeignete Wahl des Winkels α kann die Wirkung des Innen- und Außenfeldes gegeneinander beeinflußt werden. So ist es zum Beispiel möglich, eine Kantenüberhitzung am Anfang und am Ende der Zarge 1 zu vermeiden und einen annähernd konstanten Temperaturverlauf längs der Erwärmungszone 5 zu erreichen.

Fig. 6 stellt den Verlauf der magnetischen Feldlinien sowie die dadurch verursachten Wirbelströme vereinfacht dar. Die in den Formeln als Variable x bezeichnete Größe ist mit dargestellt.

Über Variation der Abmessungen a und h kann die Ankopplung des Induktors an die Zarge beeinflußt werden. Kleine Werte von h sowie große Werte von a erhöhen den Koppelfaktor und umgekehrt. Der Koppelfaktor stellt den Zusammenhang zwischen Induktorstrom und Oberflächenfeldstärke her. Damit ist es möglich mit einem einheitlichen mechanischen Grundkonzept über Variation der Parameter a , h eine große Palette von Anwendungsfällen abzudecken.

Mittels der ersten Maxwellschen Gleichung für quasistationäre elektromagnetische Felder

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{G}$$

kann von der magnetischen Feldstärke $\vec{H}$ auf die Wirbelstromdichte $\vec{G}$ geschlossen werden. $\vec{H}$ stellt hierbei den Vektor der magnetischen Feldstärke innerhalb der gesamten Blechdicke d dar und ist über geeignete Randbedingungen zu berechnen. $\vec{G}$ ist der Stromdichtevektor.

Durch die Hinzunahme der elektrischen Leitfähigkeit des Bleches kann bei den konkreten Temperaturverhältnissen auf den Leistungseintrag geschlossen werden.

Da die Permeabilität μ im Blech eine Funktion der Feldstärke H ist, ergeben sich nichtlineare Zusammenhänge. Die genaue mathematische Auswertung der Gesamtzusammenhänge läßt sich jedoch über iterative Berechnung von einem Fachmann nachvollziehen.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, den Induktor 3 in zwei unterschiedliche Teilinduktoren aufzuteilen.

Fig. 7 zeigt eine Variante, die dadurch gekennzeichnet ist, daß die Induktoren 3.1, 3.2 derart miteinander verbunden sind, daß beide vom gleichen Strom I durchflossen werden. Die Zone I dient dabei als Aufheizzone, gekennzeichnet durch einen hohen Koppelfaktor mit hohem Wärmeeintrag. Die Zone II dient zum Aufrechterhalten einer gewünschten Temperatur und besitzt einen geringeren Koppelfaktor verbunden mit einem niedrigeren Wärmeeintrag. Ein weiterer Vorteil der Anordnung in Fig. 7 besteht darin, daß beide Induktorteile vom gleichen Strom durchflossen werden und damit beide von einer Energiequelle gespeist werden. Neben verschiedenen Koppelfaktoren und Wärmeeinträgen ergeben sich durch unterschiedliche Werte für a und h auch unterschiedliche Induktorinduktivitäten der beiden Abschnitte I und II. Da beide Teilinduktoren elektrisch in Reihe geschaltet sind, ergibt sich bei erlaubter Vernachlässigung eines Koppelfaktors zwischen beiden als wirksame Induktivität des Gesamtinduktors die Summe der Einzelinduktivitäten.

Damit ergeben sich einfache, überschaubare Lastverhältnisse für die speisende Quelle.

Sowohl die Erwärmungstemperatur als auch der Temperaturgradient kann innerhalb der Aufheizphase über die Größe Induktorstrom I und/oder Frequenz f eingestellt werden. Durch die Verwendung geeigneter elektronischer Schaltungen ist diese Möglichkeit gegeben. Der Induktor kann mit einem Kondensator zu einem Schwingkreis ergänzt werden und bildet mit einer elektronischen Schaltung einen Schwingkreiswechselrichter. Hierbei sind verschiedene Lösungen möglich:

- Parallelkompensation des Induktors und Anordnung als Wechselrichter mit Parallelschwingkreis
- Reihenkompensation des Induktors und Anordnung als Wechselrichter mit Reihenschwingkreis
- gemischte Kompensation des Induktors (Parallel- und Reihenskapazität) und entsprechender Wechselrichterbetrieb.

Durch das Verwenden moderner abschaltbarer Halbleiterbauelemente wie zum Beispiel IGBT's ergeben sich vielfältige Lösungsmöglichkeiten für die konkrete Realisierung der speisenden Quelle. Da die konkrete elektronische Schaltung für die speisende Quelle nicht Gegenstand der Erfindung ist, soll an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen werden.

Zur Versorgung des Induktors wird ein sinusförmiger Induktorstrom mit einer Frequenz von 16 bis 500 kHz verwendet. In diesem Frequenzbereich ist der Einfluß der Stromverdrängung nicht mehr zu vernachlässigen.

Wird als Induktormaterial Kupfer zugrunde gelegt, ergeben sich Eindringtiefen von 0,3...0,5 mm. Die Stromdichte im inneren Teil eines massiven Induktors wäre somit annähernd Null. Der Induktor kann deshalb vorteilhafterweise als Hohlleiter realisiert und von einer Kühlflüssigkeit durchflossen werden.

In den Anlagen zur Herstellung von Blechzargen, speziell in der Emballagenbranche sind in der Regel immer Kühlwasserkreisläufe vorhanden. Dadurch ergeben sich meist günstige Voraussetzungen für die Anbindung der Induktorkühlung innerhalb des Gesamtprozesses.

Mit modernen Wechselrichterschaltungen lassen sich interne Wirkungsgrade größer 90% erreichen. Selbst unter Einbeziehung der Verluste des Induktors von etwa 50% der eingespeisten Leistung ergeben sich Wirkleistungsaufnahmen von nur 25...50% gegenüber den bekannten Lösungen.

Patentsprüche

1. Verfahren zum Erwärmen metallischer Zargen mittels einer Induktionseinrichtung zur thermischen Beeinflussung von auf Zargen aufgebracht Materialien, dadurch gekennzeichnet, **daß** der Wärmeeintrag partiell in einem begrenzten Bereich entlang einer Mantellinie während des Vorbeibewegens der Zarge am Induktor erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, **daß** die Zargen mit einer Geschwindigkeit bis zu 3 m/s am Induktor vorbeibewegt werden.
3. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 und 2, bestehend aus einer Induktionseinrichtung und einer Zargentranporteinrichtung, dadurch gekennzeichnet, **daß** die Induktionseinrichtung als Längsinduktor ausgebildet ist und in einem einstellbaren Abstand annähernd parallel zur Zargentranporteinrichtung angeordnet ist.
4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, **daß** Hin- und Rückleiter des Längsinduktors annähernd in radialer Richtung hintereinander angeordnet sind.
5. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, **daß** Hin- und Rückleiter des Längsinduktors annähernd in gleichem Abstand von der Zargenoberfläche angeordnet sind.
6. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, **daß** die Verbindungslinie von Hin- und Rückleiter des Längsinduktors mit der Oberflächennormalen, die

durch das Zentrum der Erwärmungszone geht, einen Winkel α bildet, und dieser Winkel im Bereich $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ liegt.

7. Anordnung nach Anspruch 3 bis 6, 5
dadurch gekennzeichnet, **daß**
der Längsinduktor aus zwei Induktoren besteht, wobei der erste Induktor zur Aufheizung und der zweite Induktor zum Aufrechterhalten einer annähernd konstanten Endtemperatur entlang der Mantellinie der Zarge ausgebildet ist. 10
8. Anordnung nach Anspruch 3 bis 7, 15
dadurch gekennzeichnet, **daß**
der Längsinduktor als Hohlleiter ausgebildet ist, (wobei der Hohlleiter einen runden oder rechteckigen Querschnitt aufweist und von einer Kühlflüssigkeit durchströmt wird). 20
9. Anordnung nach Anspruch 3 bis 8, 25
dadurch gekennzeichnet, **daß**
der Induktor vorzugsweise mit einem sinusförmigen Strom durchflossen wird, wobei die Frequenz des Induktorstromes im Bereich von 16 bis 500 kHz liegt. 30
10. Anordnung nach Anspruch 3 bis 9, 35
dadurch gekennzeichnet, **daß**
der Längsinduktor mit einem Kondensator gekoppelt ist und mit einer elektronischen Schaltung als Schwingkreiswechselrichter ausgebildet ist. 40

35

40

45

50

55

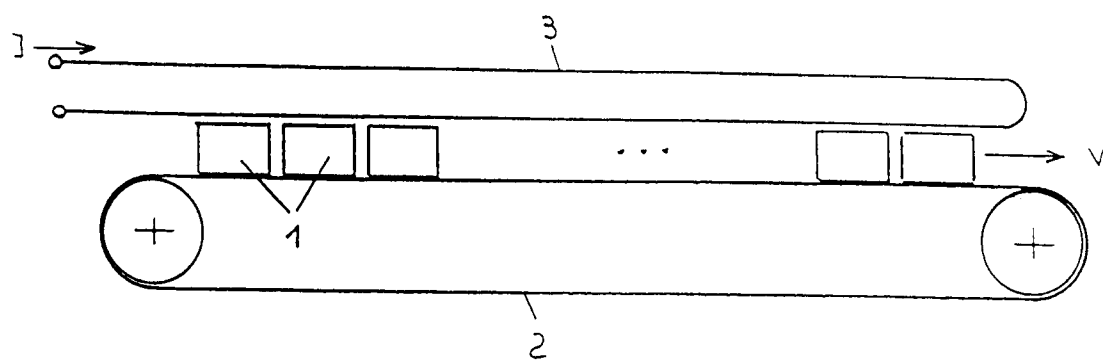


Fig. 1

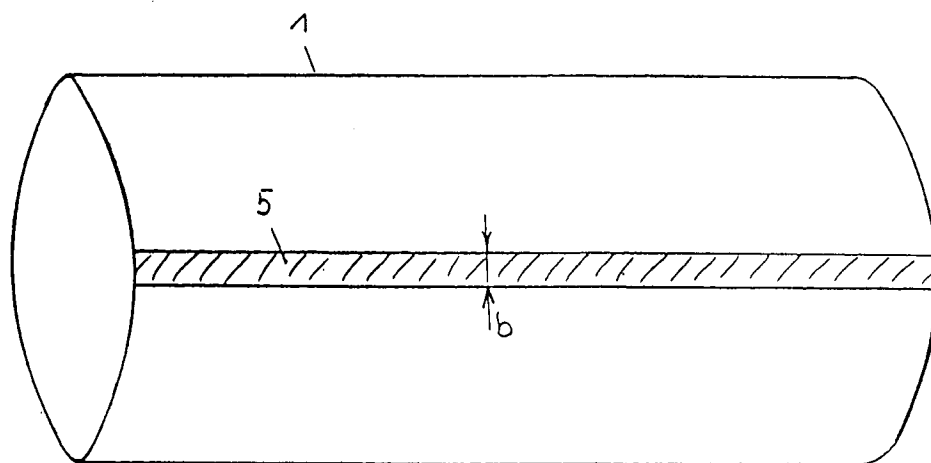


Fig. 2

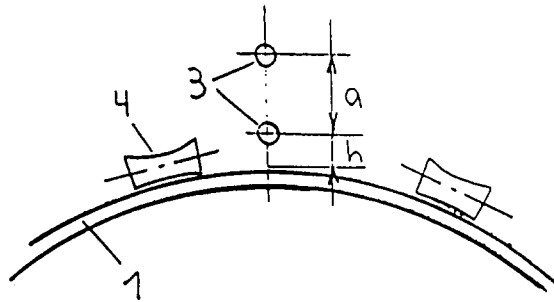


Fig. 3

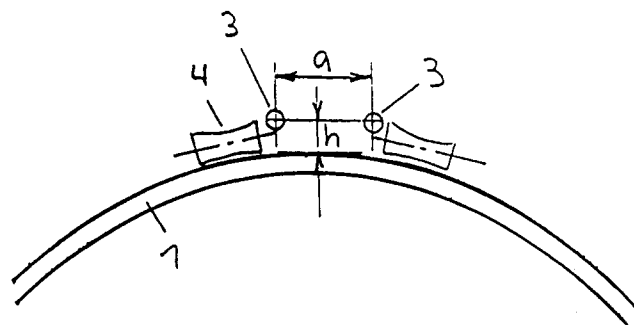


Fig. 4

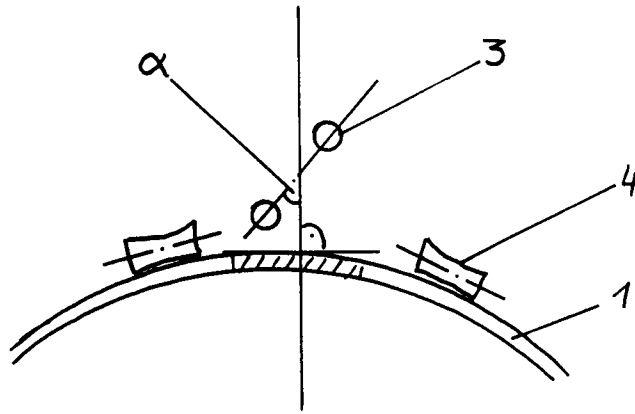


Fig. 5

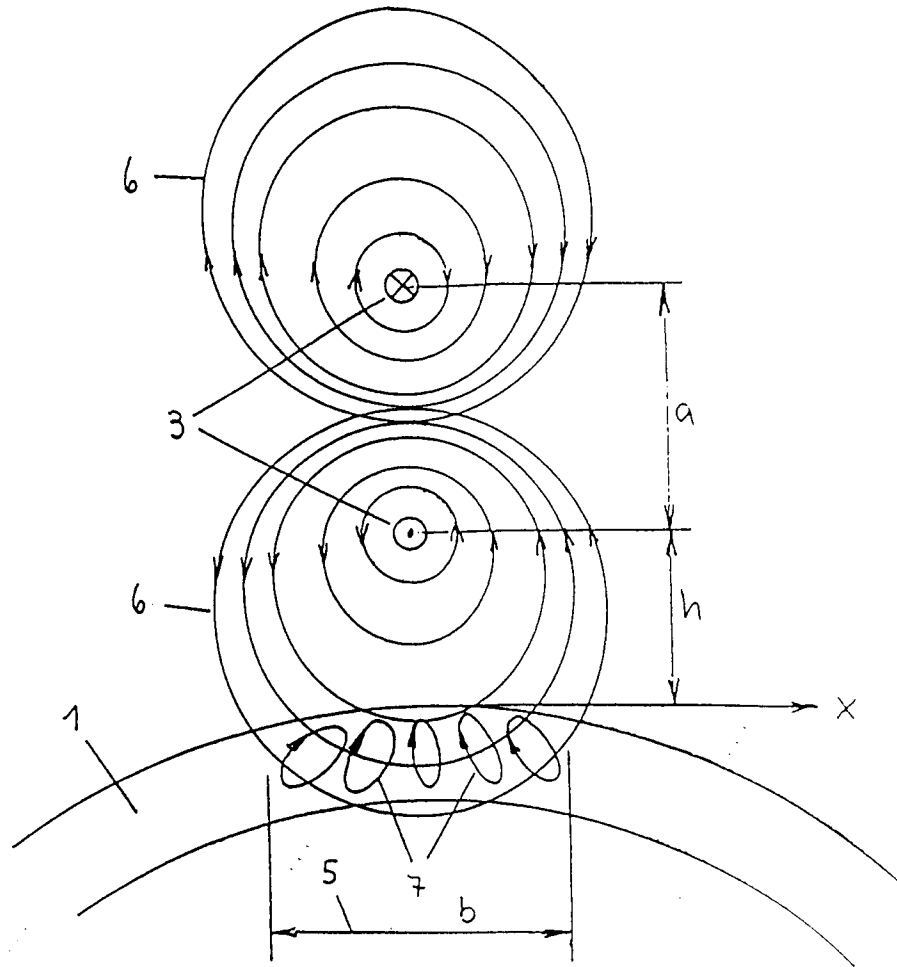


Fig. 6

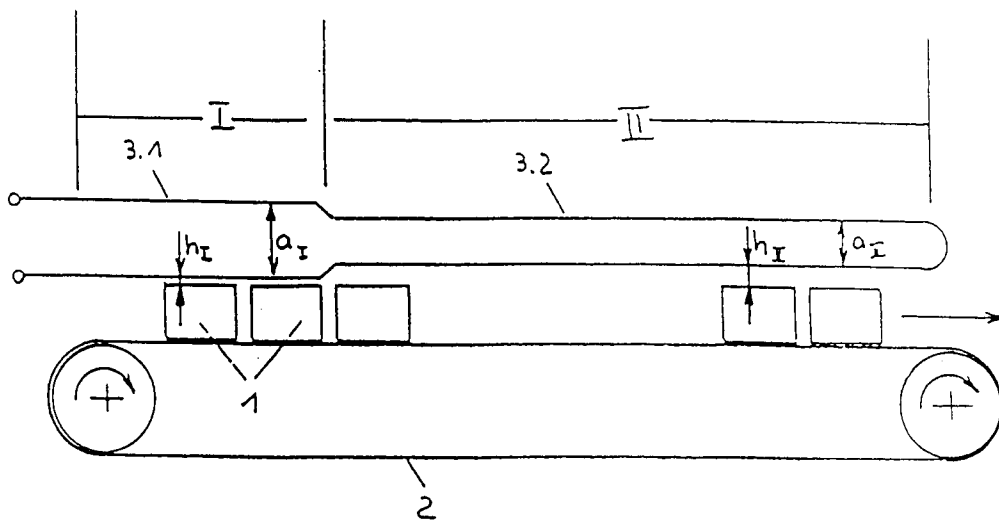


Fig. 7



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 95 11 8736

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	US-A-4 456 804 (LASKY ET AL)	1,2	F26B3/347
Y	* das ganze Dokument *	3,5	
A		8,9	
Y	CH-A-346 161 (BREMER)	3,5	
A	* das ganze Dokument *	6,7	
A	US-A-3 824 366 (GARNIER)	1-3,7	
A	* das ganze Dokument *		
A	US-A-4 845 326 (RUDD ET AL)	1,3,5,8,9	
A	* das ganze Dokument *		
A	US-A-3 701 871 (SCHAFFER)		
A	US-A-4 327 665 (ARRASMITH)		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			F26B
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
DEN HAAG		8. März 1996	
Prüfer		Silvis, H	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer		E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder	
anderen Veröffentlichung derselben Kategorie		nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
A : technologischer Hintergrund		D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
O : mündliche Offenbarung		L : aus andern Gründen angeführtes Dokument	
P : Zwischenliteratur		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P4/C03)