

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **87101028.6**

51 Int. Cl.4: **B65H 54/06**

22 Anmeldetag: **26.01.87**

30 Priorität: **31.01.86 DE 3602853**
18.03.86 DE 3608816
15.05.86 DE 3616362

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.09.87 Patentblatt 87/37

84 Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI

71 Anmelder: **B a r m a g AG**
Leverkuser Strasse 65 Postfach 110 240
D-5630 Remscheid 11(DE)

72 Erfinder: **Lenz, Friedhelm, Dipl.-Ing.**
Heidt 27
D-5600 Wuppertal 21(DE)

74 Vertreter: **Pfingsten, Dieter, Dipl.-Ing.**
Barmag AG Leverkuser Strasse 65 Postfach
110240
D-5630 Remscheid 11(DE)

54 **Verfahren zum Aufwickeln eines Fadens zu einer Kreuzspule.**

57 Beim Aufwickeln eines Fadens zu einer Kreuzspule findet in abwechselnden Zyklen eine Verkürzung und Verlängerung des Changierhubes - (Atmung) statt. Die Atmung erfolgt nach einem wellenförmigen Zeitdiagramm, so daß der Faden im Umkehrbereich zu einer zylindrischen Wicklung verlegt wird. Diese zylindrische Wicklung hat einen geringfügig größeren Durchmesser als die übrige Spule. Es ist möglich, die Atmung mit der Spiegelstörung synchron laufen zu lassen.

EP 0 235 557 A2

Verfahren zum Aufwickeln eines Fadens zu einer Kreuzspule

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer zylindrischen Kreuzspule in wilder Wicklung aus einem Faden, insbesondere aus einem texturierten, insbesondere falschzwirntexturierten Faden. Dabei können die Stirnflächen derartiger zylindrischer Kreuzspulen in einer Normalebene liegen (Wicklung mit geraden Stirnflächen) oder relativ zu dieser Normalebene abgeböcht sein (bikonische Wicklung).

Als Kreuzspule in wilder Wicklung wird in dieser Anmeldung eine Kreuzspule bezeichnet, deren Spulverhältnis im Verlauf der Spulreise stetig oder in Sprüngen variabel ist. Mit "Spulverhältnis" wird dabei das Verhältnis der Spuldrehzahl NS - (Umdrehungen der Spule pro Minute) zu der Changiergeschwindigkeit DH (Anzahl der Doppelhübe pro Minute) bezeichnet.

Spulen der eingangs definierten Art sind in DIN 61800 beschrieben. Sie werden auf Kreuzspulvorrichtungen von Texturiermaschinen hergestellt. Die Fäden haben dort aufgrund ihrer Behandlung, insbesondere Falschzwirntexturierung, kräusel-elastische Eigenschaften.

Die gegenwärtige technische Entwicklung zielt auf größere Spulen sowie auf die Erhöhung der Ablaufgeschwindigkeit in den Weiterverarbeitungsanlagen ab. Zur Vermeidung der Wülste an den Spulenden ist es bekannt, den Changierhub durch Atmung, d.h. periodische Verkürzung und Verlängerung im Endbereich dieser Wülste zu modifizieren.

Bekannt ist auch, daß bei der Herstellung von Kreuzspulen eine Spiegelstörung erfolgen sollte. Als Spiegel wird die Erscheinung der Spule bezeichnet, bei der sich in aufeinanderfolgenden Wicklungslagen des Fadens gleichgerichtete Fadenstücke mehr oder weniger genau aufeinanderlegen. Die Symptome derartiger Spiegel werden üblicherweise dadurch vermieden, daß die Changiergeschwindigkeit, die als Anzahl der Hin- und Herbewegungen (Doppelhübe) des Changierfadens pro Zeiteinheit angegeben wird, zwischen einer Ober- und Untergrenze ständig verkleinert und vergrößert wird.

Bekannt ist auch, daß die Zugkraft, mit der der Faden auf die Spule aufgewickelt worden ist, ein besonderes Kriterium für gute Ablaufeigenschaften ist. Es kommt insbesondere auf die Gleichmäßigkeit dieser Zugkraft über die Fadenlänge und über die Länge der Spule an. Um eine gleichmäßige Fadenspannung zu gewährleisten, ist auch bekannt, daß Atmung und Spiegelstörung derart synchron erfolgen, daß

Änderungen der Changiergeschwindigkeit, die durch Änderungen des Fadenführerhubes erfolgen, durch die Änderungen zum Zwecke der Spiegelstörung kompensiert werden.

Bei systematischen Untersuchungen zum Ablaufverhalten von Spulen wurde überraschend herausgefunden, daß eine Abflachung des zylindrischen Mantelflächenbereichs der Kreuzspule auf der von der Abzugsseite des Fadens abgewandten Seite eine wesentliche Verbesserung der Ablaufeigenschaften des Fadens mit sich bringt. Dagegen hatten wulstförmige Verdickungen der Spule auf der Fadenabzugsseite, insbesondere durch unvermeidliche Ablage einer zu großen Fadenmenge im Bereich der Hubumkehr keine nachteiligen Folgen. Dieses Ergebnis war völlig unerwartet, und zwar deshalb, weil aufgrund der bekannten Erfahrungen mit dem Ablaufverhalten der Fäden von kegeligen Spulen gerade mit dem entgegengesetzten Ergebnis gerechnet worden war.

Es sei erwähnt, daß es sich bei der Abflachung des zylindrischen Mantelflächenbereichs der Kreuzspule nicht um eine schräge Stirnfläche handelt, wie sie bei der Herstellung einer bikonischen Kreuzspule durch eine gleichmäßige Verringerung des Fadenführerhubes erhalten wird, sondern um eine bewußt herbeigeführte, insbesondere stetige Durchmesserverringerung an zumindest dem Ende des zylindrischen Spulbereichs, das der Fadenabzugsseite gegenüberliegt. Bei Spulen, die eine Fadenreservewicklung zum Verbinden des Fadenanfangs einer Spule mit dem Fadenende einer Folgespule haben, liegt die Abflachung auf der Seite der Spule, auf der die Fadenreserve liegt.

Die Fadenabzugsseite einer Spule ist ferner dadurch definiert, daß die Spulenhülsen auf ihrer der Fadenabzugsseite zugewandten Stirnseite eine abgerundete Kante aufweisen.

Die Herstellung derartiger Spulen läßt sich vor allem dadurch bewerkstelligen, daß bei Kreuzspulvorrichtungen, deren Changiereinrichtungen neben der Möglichkeit der Bildstörung zur Verbesserung des Kantenaufbaus Einrichtungen zur zyklischen Verkürzung und Verlängerung des Fadenführungshubs (Atmung) aufweisen, die Länge der Atmungshübe wesentlich erhöht wird, beispielsweise auf etwa 20 mm Hubminderung an einem oder beiden Hubenden bei einem Grundhub des Changierfadensführers von 250 mm.

Spulen, die auf diese Weise erzeugt werden, hatten jedoch relativ weiche Stirnflächen. Das ist je nach Art der Weiterbearbeitung unerwünscht, da weiche Spulen leichter beschädigt werden als harte Spulen. Somit erwiesen sich die Spulen mit abge-

flachten Enden in vielen Fällen, insbesondere wegen der entstehenden Transport- und Handling-Probleme, trotz ihrer günstigen Ablaufeigenschaften als ungünstig.

Durch die EP-Anmeldung 85 109799.8 konnten die Vorteile der Spulen mit abgeflachten Enden aufrechterhalten und gleichzeitig eine zu große Weichheit der Spulenden vermieden und eine Spule mit erwünschter, einstellbarer Härte bei gleichwohl hervorragenden Ablaufeigenschaften erzeugt werden. Dabei geht die EP-Anmeldung 85 109799.8 von dem durch EP-PS 27 173 = US-PS 4,325,517 bekannten Verfahren aus, bei dem der Atmungshub als Differenz zwischen der maximalen und der geringsten Hublänge von einem Atmungszyklus zum anderen synchron mit der Spiegelstörung fortlaufend verändert wird (Bag. 1157). Dieses Verfahren hat eine wesentliche Vergleichmäßigung des Spulenaufbaus und Verbesserung der Ablaufeigenschaften gebracht.

Durch Anspruch 1 wird die Aufgabe gelöst, Spulen mit großem Durchmesser und großer Spulenlänge herzustellen, die bei hohen Abzugsgeschwindigkeiten von 1000 m/min und mehr einen störungsfreien Ablauf des Fadens über Kopf gewährleisten, die überdies eine stabile zylindrische Form haben und die mit gleichmäßiger, von der Changierbewegung und der Spiegelstörung unabhängiger Fadenspannung aufgewickelt sind.

Die erfindungsgemäßen Maßnahmen können an zylindrischen Kreuzspulen mit geraden Stirnflächen und solchen mit im Längsschnitt -schrägen Stirnflächen (bikonische Spulen) angewandt werden.

Das Verfahren nach dieser Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß allenfalls zwei Atmungshübe von unterschiedlicher Größe, vorzugsweise aber nur gleich große Atmungshübe in ständigem Wechsel durchgeführt werden. Dabei folgt die Atmungskurve zwischen den inneren Endpunkten und den äußeren Endpunkten des Changierhubes einem Wellenverlauf mit parabelähnlichen Tälern, wobei der Scheitelpunkt der Atmungskurve auf dem äußeren Endpunkt des Changierhubes liegt und dort die Steigung Null hat. Die Umkehr der Atmungskurven in den inneren Endpunkten erfolgt im wesentlichen unstetig, indem die parabelförmigen Äste der Atmungskurve mit abnehmendem Changierhub und die Äste der Atmungskurve mit zunehmendem Changierhub in dem jeweiligen inneren Endpunkt des Changierhubes spitz ineinanderlaufen.

Unter Atmungskurve wird im Rahmen dieser Anmeldung das zeitliche Bewegungsgesetz des Endpunktes des Changierhubes mit der Verkürzung des Changierhubes (Atmungshub) als Ordinate und der Zeit als Abszisse bezeichnet. Der Atmungshub ist die an einem Ende der Spule

durchgeführte, zeitweilige Verkürzung des Changierhubes gegenüber dem Grund-Changierhub, so daß bei Atmung an beiden Enden der Spule die Gleichungen gelten:

$$2 \times \text{maximaler Atmungshub} = (\text{Changierhub zwischen den äußeren Endpunkten})$$

-(Changierhub zwischen den inneren Endpunkten)

$$2 \times \text{maximaler Atmungshub} = \text{maximaler Changierhub} - \text{minimaler Changierhub} \text{ und}$$

$$2 \times \text{Atmungshub} = \text{maximaler Changierhub} - \text{aktueller Changierhub}.$$

Dabei wird der Changierpunkt zwischen den äußeren Endpunkten als Grund-Changierhub bezeichnet. Zur Herstellung einer bikonischen Spule wird auch der Grund-Changierhub ständig verkleinert gegenüber dem Anfangs-Changierhub. Der Anfangs-Changierhub ist der größte Changierhub der Spulreise. Er wird zu Anfang der Spulreise gefahren und bestimmt die Länge der Spule.

Die Atmungskurve hat also im Atmungshub-Zeit-Diagramm einen parabelähnlichen Verlauf und dieser Verlauf ist so bestimmt, daß die im Umkehrbereich der Changierung abgelegte Fadenmenge über den Umkehrbereich gleichmäßig verteilt wird. Es entsteht mithin an den Spulenden, an denen die Atmung durchgeführt wird, ein -theoretisch -geringfügig verdicktes Spulende, das jedoch nicht -wie bisher -die Form einer Ringwulst hat, sondern genau zylindrisch ist.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und anhand von Vorrichtungen, mit denen die Erfindung ausgeführt werden kann, erläutert.

Fig. 7 zeigt eine Vorrichtung zum Aufwickeln eines Fadens auf eine Spule nach dem erfindungsgemäßen Verfahren. Bei dieser Figur wird Bezug genommen auf die US-PS 3,730,448, die mit Fig. 3 des deutschen Patents 19 16 580 im wesentlichen übereinstimmt. Zu den Bezugsziffern in Fig. 3 der US-PS 3,730,448 wurde jeweils 100 zur Kennzeichnung identischer Teile in Fig. 7 dieser Erfindung hinzugezählt.

Kurze Beschreibung:

In Fig. 7 wird auf Spulenhülse 101 eine Spule 102 gebildet. Die Spule wird von Reibwalze 105 auf Welle 106 angetrieben. Die Welle wird von Motor 50 über einen Frequenzwandler 51 angetrieben. Die Changiereinrichtung 107 besteht aus einem Fadenführer 108 mit Winkelhebel 109, der auf Zapfen 110 drehbar gelagert ist. Der Zapfen 110 ist an einem Schlitten 111 befestigt, der von Gleitschuh 113 angetrieben wird. Der Gleitschuh 113 bewegt sich in einer schrauben- oder spiralförmigen Nut 114 auf Kurventrommel 115. In der Führungsschiene 118 wird der Kulissenstein 117 geführt, der

am Zapfen 116 am anderen Ende des Winkelhebels 109 drehbar gelagert ist. Die Führungsschiene 118 ist im Drehpunkt 120 drehbar gelagert. Der Changierhub des Fadenführers 108 ist von der Schräglage der Führungsschiene 118 abhängig.

Zur Einstellung der Schräglage der Führungsschiene 118 dient Nockenkopf 135, der an der Stange 126 befestigt ist. Stange 126 ist einer Reihe von nebeneinander angeordneten Aufwickleinheiten zugeordnet und besitzt einen Zentralantrieb, der weiter unten beschrieben wird. Die Arbeitsfläche 136 des Nockenkopfes 135 wirkt auf Führungsschiene 118 über Übertragungsnocken 128 und Übertragungsglied 129 und bestimmt somit die Schräglage der Führungsschiene 118 und folglich die Länge des Changierhubs. Mit Hilfe des Übertragungsgliedes 129 werden Spulen 102 mit bikonischen Enden hergestellt, indem der Changierhub in Abhängigkeit vom wachsenden Durchmesser der Spule 102 verkürzt wird. In diesem Zusammenhang wird auf die Beschreibung der obengenannten US-Patentschrift 3,730,448 Bezug genommen. Zur Herstellung von Spulen mit geraden Kanten wird die Führungsschiene 118 nach links bewegt und arretiert (hierauf wird später eingegangen), so daß Nockenkopf 123 über seine Arbeitsfläche 137 mit Schulter 138 an Führungsschiene 118 in Wirkverbindung steht. In dieser Stellung ist das Übertragungsglied 129 aufgrund der stärkeren Schräglage der Führungsschiene 118 außer Betrieb.

Zusätzlich zu dem, was in Fig. 3 der US-PS 3,730,448 gezeigt wird, werden im linken Teil der Fig. 5 dieser Beschreibung Vorrichtungen zum Antrieb und zur Einstellung der Schiene 126 dargestellt. Diese (schematisch dargestellten) Vorrichtungen bestehen aus einer Programmeinheit 18, einem Signal/Stromwandler 19, einem Elektromagneten 20, dessen Magnetkraft auf ein hydraulisches Steuerventil 21, eine Feder 22 und auf den Kolben der Zylinder-Kolben-Einheit 23 übertragen wird. Die Kolbenstange 24 ist mit dem Ende der Verstellstange 126 verbunden. Die aus Magnet 20, Steuerventil 21, Feder 22 und Zylinder-Kolben-Einheit 23 bestehende Gruppe ist auf Schlitten 25 angeordnet. Diese Gruppe wird als Einheit 26 in Fig. 6 im Detail dargestellt.

Die Einheit 26 umfaßt den Elektromagneten 20, das hydraulische Steuerventil 21, die Feder 22 und die Zylinder-Kolben-Einheit 23. Der Eisenkern 27 des Magneten 20 wirkt auf Kolbenstange 28 des Steuerventils 21. Die Kolbenstange 28 besitzt drei Steuerbünde 29, 30, 31, die zur Steuerung der Verbindungsleitungen zwischen Pumpe 32, Tank 33 und der Rückseite 34 der Zylinder-Kolben-Einheit 23 dienen. Die Feder 22 wirkt über eine entsprechende Federplatte 35 auf die andere Seite der Kolbenstange 28. Das andere Ende der Feder 22

wirkt auf die Federplatte 36 und den Kolben 37 der Zylinder-Kolben-Einheit 23. Der Kolben 37 ist ein Differenzialkolben, da seine Stirnfläche 38 durch die Fläche der Kolbenstange 24 verkleinert wird. Die Stirnfläche 38 des Kolbens 37 ist mit der Pumpe 32 über Kanal 39 ständig verbunden. Die Rückseite 34 des Kolbens 37 ist sowohl mit der Pumpe 32 über Kanal 40 als auch mit dem Tank 33 über Kanal 41 verbunden. Diese Verbindung wird durch Verschieben des Steuerbundes 30 gesteuert, der den Kanal 41 sowohl mit Kanal 40 als auch mit Kanal 42 verbindet.

Der eine Arm 43 des Kanals 42 führt zur Rückseite 34 der Zylinder-Kolben-Einheit 23. Der andere Arm 44 dient zum Ausgleich des Druckes, der auf beiden Seiten des hydraulischen Steuerventils herrscht. Es sei bemerkt, daß Kolben 37 in seiner äußeren, linken Stellung an einer Schulter 45 des Zylinders anliegt. Hierdurch werden die äußersten Hubenden der Spule mechanisch festgelegt.

In Fig. 6 ist außerdem zu sehen, daß die Einheit 26 auf einem Schlitten 25 gelagert ist. Der Schlitten ist auf zwei parallelen Stangen 49 befestigt, die in Gleitlager 46 gleitend gelagert sind. Der Schlitten 25 ist zwischen zwei Stellungen verschiebbar, wobei die eine Stellung durch Anschlag 47 und die andere Stellung durch Anschlag von Flansch 48 auf Gleitlager 46 begrenzt wird.

In Betrieb ist eines der in den vorhergehenden Zeichnungen und Diagrammen gezeigten Aufspulprogramme in der Programmeinheit 18 gespeichert. Die Programmeinheit erzeugt ein Ausgangssignal, das einer bestimmten Changierhublänge entsprechend einem der Changierprogramme nach dieser Erfindung entspricht. Dieses Ausgangssignal wird von dem Wandler 19 in einen elektrischen Strom umgewandelt, der den Magneten 20 aktiviert. Die Magnetkraft wird auf die Kolbenstange 28 des Steuerventils 21, auf Feder 22 und auf Kolben 38 sowie Kolbenstange 24 übertragen.

Die Funktion der Einheit 26 wird unter Bezugnahme auf die in Fig. 6 gezeigte Stellung des Steuerventils 21 beschrieben.

Ein bestimmtes Ausgangssignal wird in einen Strom umgewandelt, der eine Kraft auf den Eisenkern 27 ausübt, welcher hierauf Kolbenstange 28 mit Steuerbund 30 in die gezeigte Stellung schiebt. In dieser Stellung ist Kanal 42 geschlossen. Folglich wird die Stirnfläche der Zylinder-Kolben-Einheit 23 von dem von der Pumpe 32 kommenden Flüssigkeitsstrom beaufschlagt. Die Rückseite 34 ist geschlossen. Infolgedessen werden Kolben 37 und Kolbenstange 24 in der gezeigten Stellung arretiert.

Wird das Ausgangssignal der Programmeinheit derart verändert, daß auf den Elektromagneten 20 ein stärkerer Strom wirkt, so wirkt wiederum eine stärkere Kraft auf den Eisenkern 27, die den Eisenkern 27 nach rechts bewegt. Hierauf öffnet sich Kanal 42 zu Kanal 41 hin, welcher zum Tank 33 führt. Es entsteht nunmehr auf der Rückseite 34 der Zylinder-Kolben-Einheit 23 ein Druckabfall, und der auf die Vorderseite 38 wirkende Pumpendruck verschiebt Kolben 37 und Kolbenstange 24 nach links. Hierdurch wird die Feder 22 zusammengepreßt, und die resultierende Federkraft bewirkt ein Verschieben der Kolbenstange 28 des Steuerventils 21 nach links, woraufhin Steuerbund 30 die Verbindung des Kanals 42 zum Kanal 41 und somit zum Tank unterbricht. Somit wird die Kraft des Eisenkerns 27 durch die Feder 22 ausgeglichen. Wenn im umgekehrten Falle der Strom verringert wird, verschiebt die Feder 20 die Kolbenstange 28 nach links, und Bund 30 öffnet den Kanal 42 zu dem zur Pumpe führenden Arm 40 hin. Nunmehr werden beide Seite des Kolbens 37 mit dem Pumpendruck beaufschlagt. Da die aktive Fläche auf der Rückseite 34 größer ist als die aktive Fläche auf der Vorderseite 38, wird Kolben 37 nach rechts bewegt. Hierdurch dehnt sich Feder 22, und die auf die Kolbenstange 28 wirkende Federkraft läßt nach. Durch die auf den Eisenkern 27 wirkende Magnetkraft wird nun die Kolbenstange 28 nach rechts bewegt, so daß Bund 30 die Verbindung zwischen Kanal 42 und Pumpenkanal 40 verschließt.

Aus dieser Beschreibung wird ersichtlich, daß der auf den Elektromagneten 20 wirkende Eingangstrom eine bestimmte Stellung des Kolbens 37, der Kolbenstange 24 und folglich der Stange 126 und somit die Schrägstellung der Führungsschiene 118 bewirkt. Somit wird die Changierhublänge des in Fig. 7 gezeigten Fadenführers 108 durch das Ausgangssignal der Programmeinheit 18 gesteuert.

Wie bereits erwähnt, ist Einheit 26 auf Schlitten 25 gelagert. In der dargestellten Stellung, in der der Flansch 48 an Anschlag 37 anliegt, werden Einheit 26 und Stange 126 derart positioniert, daß nunmehr die Schräglage der Führungsschiene 118 über Nockenkopf 135 auf Stange 125 bestimmt wird. Befinden sich Schlitten 25 und Einheit 26 in dieser Stellung, so werden bikonische Spulen 102 hergestellt. Befindet sich der Schlitten in der anderen Stellung, in der der Flansch 48 an Gleitlager 46 anliegt, so steht der Nockenkopf 123 der Stange 126 mit der Schulter 138 an der Führungsschiene 118 in Wirkverbindung, wodurch Spulen 102 mit abgeflachten Endbereichen gebildet werden.

Fig. 7 zeigt außerdem, daß Welle 106 auf Reibwalze 105 durch Motor 50 angetrieben wird. Motor 50 wird durch das Ausgangssignal des Frequenzwandlers 51 gesteuert. Die Kurventrommel 115

wird durch Motor 52 angetrieben. Motor 52 wird über die Programmeinheit 53 gesteuert, wodurch die Changiergeschwindigkeit zur Verhinderung unerwünschter Spiegel auf dem gebildeten Wickel verändert wird. Der Frequenzwandler 51 wird einerseits durch das Ausgangssignal der Programmeinheit 18 gesteuert, durch welches die Atmung gemäß dieser Erfindung beeinflußt wird, und andererseits durch das Ausgangssignal der Programmeinheit 53, durch welches die Changiergeschwindigkeit verändert wird. Hierdurch können Veränderungen der Spannung des auf die Spule 102 zu wickelnden Fadens, die entweder durch die Atmung und/oder die Veränderung der Changiergeschwindigkeit hervorgerufen werden, durch geringe Veränderungen der Umfangsgeschwindigkeit der Reibwalze 105 und der Spule 102 kompensiert werden. Zeitgeber 54 koordiniert die Ausgangssignale der Programmeinheiten 18 und 53, über welche die Atmung und die Veränderung der Changiergeschwindigkeit gemäß dieser Erfindung und insbesondere gemäß den dargestellten Diagrammen gesteuert wird.

Die bisher bekannt gewordenen Atmungsverfahren verwenden nun Atmungsgesetze mit einem zickzackförmigen, jedoch geradlinigen Verlauf. Demgegenüber ist nach dieser Erfindung ein Atmungsgesetz mit einem parabelförmigen Verlauf vorgesehen, wie es in Fig. 4 dargestellt ist. Auf der Abszisse des dort dargestellten Diagramms ist die Zeit dargestellt, auf der Ordinate der Endbereich des Changierhubes H bzw. der Atmungshub A. Die dargestellten Kurven stellen die Endpunkte dar, an denen der Changierfadenführer 108 (Fig. 7) im zeitlichen Verlauf der Spulreise an einem Spulende umkehrt. In einem zeitlichen Teilbereich des Diagramms nach Fig. 4 ist das Zeit-Weg-Diagramm des Changierfadenführers 108 dargestellt, wobei die Darstellung auf der Zeitachse zeichnerisch nur verzerrt dargestellt werden kann, da die Changiergeschwindigkeit in Wirklichkeit schneller ist. Der Verlauf dieses Zeit-Weg-Diagramms ist mit 8 bezeichnet. Es ist aus diesem Zeit-Weg-Diagramm 8 ersichtlich, daß die Endpunkte E, an denen der Changierfadenführer umkehrt, im Laufe einer Zykluszeit einen parabelförmigen Bogen zwischen dem Scheitelpunkt Ea (äußerer Endpunkt) und dem inneren Endpunkt Ei laufend verlegt wird.

Die Endpunkte E sind identisch mit dem Scheitelpunkt des jeweiligen Changierhubs. Der parabelförmige Bogen wird in dieser Anmeldung als "Atmungskurve" bezeichnet.

Der Abstand $A = E_a - E_i$ wird in dieser Anmeldung mit "maximaler Atmungshub" bezeichnet und beträgt bei einer ausgeführten Atmung 25 mm.

Die Zykluszeit eines ausgeführten Atmungsgesetzes betrug 6 Sekunden.

Es ist aus dem in Fig. 4 dargestellten Diagramm ersichtlich, daß die Atmungskurve im Scheitelpunkt E_a die Steigung Null hat und daß die Äste der Atmungskurve in die inneren Endpunkte E_i unter einem recht spitzen Winkel einlaufen. Dies entspricht dem idealen Verlauf. Dieser ideale Verlauf kann nur dann gewählt werden, wenn die in Fig. 7 dargestellte Mechanik, d.h. insbesondere der Antrieb der Führungsschiene 118, die erforderliche, schnelle Bewegungsumkehr darstellen kann. Sofern dies nicht der Fall ist, wird erfindungsgemäß das Verfahren angewandt, das nachfolgend anhand der Figuren 8 bis 13 beschrieben ist.

Es sei darauf hingewiesen, daß in dem dargestellten Zeit-Weg-Diagramm des Atmungshubes nach Fig. 4 die absteigenden zu den ansteigenden Ästen der Atmungskurve im Scheitelpunkt E_a spiegelsymmetrisch sind. Dies ist -wie sich aus der nachfolgenden weiteren Beschreibung ergeben wird -zweckmäßig, aber auch dann nicht erforderlich, wenn der Atmungshub der aufeinanderfolgenden Atmungszyklen konstant bleibt.

Zu dem Ausführungsbeispiel nach den Figuren 4, 5:

Bevor der genaue Verlauf der Atmungskurve 1 beschrieben wird, sei noch zuvor auf die Synchronisation zwischen Atmungskurve 1 und Störungskurve 2 hingewiesen. Die Störungskurve 2 ist in Fig. 5 dargestellt, und zwar mit derselben Abszisse als Zeitachse und mit der Changiergeschwindigkeit DH als Ordinate. Die Changiergeschwindigkeit wird angegeben als Doppelhubzahl DH . Die Doppelhubzahl ist die Anzahl pro Zeiteinheit der Hin- und Herbewegungen des Changierfadensführers 108 (Fig. 7). Der Changierfadensführer 108 wird mit einer bestimmten mittleren Doppelhubzahl DHM betrieben. Diese mittlere Doppelhubzahl steht in Beziehung zu der Oberflächengeschwindigkeit, die der Spule durch die Treibwalze 105 gegeben wird, und bestimmt den Winkel, mit dem der Faden auf der Spule abgelegt wird. Die Changiergeschwindigkeit wird nun fortlaufend zwischen einem oberen Grenzwert DHO und einem unteren Grenzwert DHU variiert, z.B. nach dem dargestellten linearen, sägezahnförmigen Störungsgesetz. Dabei sind das Atmungsgesetz 1 und das Störungsgesetz 2 derart synchronisiert, daß die geringste Changiergeschwindigkeit DHU stets mit dem größten Changierhub im Scheitelwert E_a der Atmungskurve und die größte Changiergeschwindigkeit DHO mit dem kleinsten Changierhub im inneren Endpunkt der Atmungskurve zusammenfällt. Dadurch wird gewährleistet, daß die Veränderung der linearen Changiergeschwindigkeit, die durch die Atmung hervorgerufen werden, durch einen gegenläufigen Verlauf der Störung ausgeglichen und hierdurch die Fadenspannung konstant gehalten oder doch sehr stark eingeebnet wird.

Bemerkt sei, daß die mittlere Changiergeschwindigkeit im Verlauf der Spulreise vorzugsweise konstant bleibt, jedoch auch zur Beeinflussung des Ablagewinkels während der Spulreise geringfügig erhöht oder erniedrigt werden kann.

Und nun zur Ermittlung des Verlaufs der Atmungskurve:

Es ist bereits aus Fig. 7 ersichtlich, daß die Nut 114 auf der Kurventrommel 115 an den Endpunkten des Changierhubs mit einer gewissen Krümmung umkehrt. Dieser Verlauf der Nut ist als Bewegungsgesetz 3 der Changierung (Changierkurve) in Fig. 1 als Linie 4, 6 dargestellt. Linie 4, 6 in Fig. 1 stellt insofern eine Abwicklung der Kurventrommel 115 dar. Es ist aus Fig. 1 ersichtlich, daß der geradlinige Ast 4 der Changierkurve vor und hinter der Hubumkehr in einem Punkt 5 in eine gekrümmte Kurve 6 übergeht. Die axiale Strecke zwischen den Punkten 5 und dem Scheitelpunkt -äußerer Endpunkt E_a des Changierhubs wird als äußerer Umkehrbereich B_a bezeichnet.

Bei der Ermittlung des Umkehrbereiches B_a ist ferner zu berücksichtigen, daß die Ablage des Fadens auf der Spule sich nicht nur nach dem Changiergesetz richtet, das durch die Formgebung der Kurventrommel 115 vorgegeben ist. Vielmehr ist auch zu berücksichtigen, daß der Faden bei der Ablage auf der Spule unter einer Zugspannung steht und sich daher nicht nach dem durch die Kurventrommel vorgegebenen Changiergesetz ablegt. Der Faden tendiert daher dazu, im Umkehrbereich einen Bogen mit möglichst kleiner Krümmung zu bilden. Die Größe der Krümmung ist zum einen von der Fadenspannung, zum anderen aber auch von verschiedenen Fadenparametern, insbesondere der Reibung des Fadens auf den abgelegten Fadenschichten abhängig. Die Qualität der Spule hängt daher nicht nur von dem Changiergesetz der Kurventrommel 115, sondern mehr noch von der tatsächlichen Ablage des Fadens auf der Spule ab. Daher wird der Umkehrbereich B_a vorzugsweise an einer Spule gemessen als axiale Strecke zwischen dem Spulenende durch die Kurventrommel vorgegebenen Ende des Changierhubs und der Normalebene der Spule, in der der gekrümmte Umkehrbereich des tatsächlich auf der Spule abgelegten Fadens in den Bereich des geradlinig abgelegten Fadens übergeht.

Der Verlauf dieser Kurve 6 kann parabolisch sein. Es sind jedoch auch andere Kurvenverläufe, z.B. sinusförmig, denkbar. Wesentlich ist dabei, daß der Changierfadensführer mit Schlitten 111 und sämtlichen daran befestigten Teilen (Fig. 7) mit möglichst geringer Verzögerung und Beschleunigung sowie ruck- und stoßfrei den Umkehrbereich B_a durchfährt. Das bedeutet, daß der äußere Endpunkt E_a des Changierhubs gegenüber

dem theoretischen Endpunkt Eth, in dem sich die geradlinigen Äste 4 der Changiernut winkelig treffen würden, um einen gewissen Betrag axial zur Spulenmitte hin versetzt ist.

In Fig. 1 ist nun weiterhin dargestellt, daß durch Verschwenken der Führungsschiene 118 die Changierkurve des Changierfadensführers 108 aus dem Endbereich zur Spulenmitte hin und wieder zurück verlegt wird (Atmung). Es sind in Fig. 1 die axial äußerste Changierkurve mit den Kurvenstücken 4 und 6 sowie die axial innerste Changierkurve 9 (strich-zwei-punktiert) und dazwischen drei willkürlich herausgegriffene Changierkurven 10 (gestrichelt), 11 (strichpunktiert), 12 (punktiert) dargestellt. Diese Kurvenverläufe 10, 11, 12 werden in willkürlich herausgegriffenen Bruchteilen der Zykluszeit eines Atmungshubes durchlaufen, und zwar je einmal in beiden Richtungen der Atmung.

Der Abstand zwischen dem Scheitelpunkt Ea der axial äußersten Changierkurve und deren Übergangspunkt 5, in dem der geradlinige Kurvenzug 4 in den gekrümmten Kurvenzug 6 übergeht, wird im Rahmen dieser Anmeldung als Umkehrbereich Ba bezeichnet. Es geht nun aus Fig. 1 hervor, daß der Atmungshub A, d.h. die axiale Strecke zwischen dem äußeren Endpunkt Ea und dem inneren Endpunkt Ei des Changierhubs, im wesentlichen dem Umkehrbereich Ba entspricht und zumindest gleich groß ist.

Erfindungsgemäß ist der Atmungshub A vorzugsweise größer als der Umkehrbereich Ba. Dabei ist der Umkehrbereich B die axiale Länge der Spule, auf der der Faden sich nicht unter einem konstanten Ablagewinkel ablegt. Dieser Bereich ist von Fall zu Fall durch Messung zu ermitteln. Der äußere Umkehrbereich Ba ist der Umkehrbereich, den der Faden bei größtem Changierhub hat. Der Umkehrbereich hängt, wie noch erklärt wird, zum einen von dem Changiergesetz ab, nach dem die Bewegungsrichtung des Fadens an den Enden des Changierhubs mit endlicher Verzögerung und Beschleunigung umgekehrt wird, dann aber auch von der Fadenzugkraft und Reibung, mit der der Faden auf der Spule abgelegt wird.

Wenn der Changierfadensführer 108 sich auf der axial äußersten Changierkurve mit den Kurvenstücken 4, 6 bewegt, so wird auf den geradlinigen Stücken 6, auf denen eine konstante Changiergeschwindigkeit besteht, auf jeder Einheit der Spulenlänge eine gleiche Fadenmenge abgelegt. Es entsteht also eine zylindrische Fadenschicht. Auf den gekrümmten Kurvenstücken 6 nimmt die Changiergeschwindigkeit jedoch zunächst bis auf Null im äußeren Scheitelpunkt Ea der Changierkurve ab und nimmt sodann wieder auf den zuvor beschriebenen, konstanten Wert zu. Da bei niedriger Changiergeschwindigkeit auf jeder Einheit der Spulenlänge eine größere Fadenmenge

abgelegt wird als bei hoher Changiergeschwindigkeit, wird auch am Spulenende, d.h. im Bereich des äußeren Scheitelpunkts Ea eine sehr hohe Fadenmenge abgelegt.

5 Die Dicke der Fadenschicht, die im Umkehrbereich Ba abgelegt wird, ist daher im Scheitelpunkt des Changierhubs am größten und nimmt von dort ab auf die durch die geradlinige Changierkurve 6 abgelegte Schichtdicke.

10 Das Diagramm nach Fig. 2 zeigt auf der Abszisse die Länge L der Spule, ausgehend vom äußeren Scheitelpunkt Ea und auf der Ordinate die Dicke der Fadenschicht, z.B. in Millimetern gemessen, die auf der Spule pro Zeiteinheit abgelegt wird. Der Kurvenzug 6.2 zeigt den Verlauf der Fadenschichtdicke, wenn der Changierfadensführer die Changierkurve nach den Kurvenzügen 4, 6 in Fig. 1 einhält.

Mit der Atmung erfolgt nun, wie aus Fig. 1 ersichtlich, eine Parallelverschiebung der Changierkurven. Damit wird auch der Umkehrbereich Ba axial zur Spulenmitte hin verlegt. Daraus ergibt sich, daß jeder der in Fig. 1 dargestellten, augenblicklichen Changierkurven 9, 10, 11, 12 zu einem zugeordneten, abgelegten Schichtdickenverlauf 9.2, 10.2, 11.2, 12.2 führt.

In Fig. 2 und deren Vergrößerung Fig. 2A sind diese pro Zeiteinheit erzeugten Schichten nebeneinander aufgezeichnet.

30 Das Diagramm nach Fig. 3 zeigt die Summierung der Schichten. Aus dieser Summierung ergibt sich das Wesen der Erfindung:

Die Figuren 1 bis 3 sind insofern vereinfacht, als während eines Atmungshubes nur noch vier weitere einzelne Changierkurvenverläufe des Changierfadensführers bzw. die mit diesen Changierkurvenverläufen erzeugten Schichten dargestellt sind. In Wirklichkeit werden auch alle Changierkurven durchfahren, die zwischen den dargestellten Changierkurven 4, 6 und 9 liegen.

Die gewählte stufenweise Betrachtung macht das Erfindungsprinzip jedoch klarer: Zum einen entspricht der maximale Atmungshub im wesentlichen der axialen Länge des Umkehrbereiches. Zum anderen wird die Atmungskurve nach Fig. 4 so berechnet, daß die Summe der gebildeten Schichtdicken im gesamten Atmungshub A_{\max} konstant ist und eine zylindrische Spulenoberfläche OB ergibt. In Fig. 3 erkennt man die Schicht 6.3, die im Scheitelpunkt des Atmungshubes durch die Changierkurve 4, 6 (Fig. 1) erzeugt wird. Durch Vorgabe der Zeit, in der diese Changierkurve gefahren wird, d.h. durch Vorgabe der Steigung dA/dT der Atmungskurve (Fig. 4) im Scheitelpunkt Ea, wird die Schichtdicke der Schicht 6.3 so bestimmt, daß das am Spulenende gelegene Maximum den im Umlenkbereich gewünschten, vergrößerten Durchmesser D der Spule ergibt. Das gilt

für die stufenweise Betrachtung. In Wirklichkeit, d.h. bei einer stetigen Atmungskurve ergibt sich diese Vorgabe aus der Krümmung der Atmungskurve im Scheitelpunkt.

Die Schicht 10.3, die auf die Schicht 6.3 gewickelt wird, darf nur so groß werden, daß ihr Maximum mit der darunter liegenden Schicht 6.3 wieder den gewünschten Durchmesser des Endbereichs Ba erreicht. Schicht 10.3 wird erzeugt durch Changierkurve 10. Changierkurve 10 wird für eine gewisse Zeitdauer angefahren, während sich der Changierhub verkleinert (Hinweg der Atmung) und für eine gewisse Zeitdauer angefahren, während sich der Changierhub vergrößert (Rückweg der Atmung). Die Zeitdauer für Hinweg und Rückweg der Atmung kann vorzugsweise gleich groß sein. In diesem Falle ist die Atmungskurve zur Changierachse in ihrem Scheitelpunkt spiegelsymmetrisch. Die Zeitdauer für Hinweg und Rückweg der Atmung kann auch ungleich sein. Es ergibt sich eine unsymmetrische Atmungskurve. In jedem Falle ist die Gesamtzeitdauer, die für die Changierkurve 10 eingehalten wird, durch den maximalen Durchmesser D der zuvor gewickelten Fadenschichten vorgegeben.

Wie gesagt: Diese Ausführungen gelten bei der vereinfachten, stufenweisen Betrachtung. Beim Durchfahren einer stetigen Atmungskurve entspricht diese Zeitdauer einer bestimmten, vorzugebenden Steigung und Krümmung der Atmungskurve an der Stelle des Atmungshubes, an der die Changierkurve 10 gefahren wird. Ebenso wie die Zeitdauer können Steigung bzw. Krümmung für den Hinweg und Rückweg der Atmung unterschiedlich sein.

Zurück zur stufenweisen Betrachtung: Auf die Schichten 6.3 und 10.3 wird in der nächsten Atmungsstufe die Schicht 11.3 gewickelt, indem die Changierkurve 11 (Fig. 1) eingestellt wird. Diese Changierkurve 11 erzeugt wiederum eine Schicht mit einem Dickenmaximum. Durch Vorgabe der Zeiten, während der die Changierkurve 11 auf dem Hinweg und dem Rückweg der Atmung eingehalten wird, wird das Maximum der Schicht 11.3 so bestimmt, daß es zusammen mit den darunter liegenden Schichten 6.3 und 10.3 den vorgegebenen Durchmesser D der in den vorhergehenden Stufen des Atmungshubes übereinandergewickelten Schichten ergibt.

Dasselbe gilt nun für die Changierkurve 12 und die damit erzeugte Schicht 12.3 sowie die Changierkurve 9 und die damit erzeugte Schicht 9.3.

Damit ist das innere Ende des Atmungshubes erreicht und die Atmungsbewegung geht wieder rückwärts. Dabei werden -wie gesagt -wiederum die Changierkurven 12, 11, 10 durchlaufen und schließlich wieder die äußere Changierkurve 4, 6

erreicht. Dieses Verfahren in stetiger Form wird über den gesamten Umkehrbereich Ba, gerechnet vom äußersten Scheitelpunkt des Changierhubs, durchgeführt.

Es ist aus Fig. 3 zu sehen, daß bei stufenweiser Betrachtung im Umkehrbereich Ba theoretisch eine Spulenoberfläche mit einzelnen scharfen Ringen entsteht. Wenn die Atmung -wie erfindungsgemäß vorgesehen -jedoch stetig erfolgt bzw. die Atmungsstufen so klein gewählt werden, wie es durch die digitale elektronische Steuerung vorgegeben ist, entsteht eine glatte, zylindrische Oberfläche mit dem Durchmesser D, der größer als der Spulendurchmesser d im Bereich der Spulenlänge mit geradliniger Changierkurve ist.

Die Atmungskurve wird also so berechnet und vorgegeben, daß die pro Längeneinheit der Spule abgelegten Fadenmenge zu einer zylindrischen Menge verteilt wird. Dabei bestimmt die Steigung und Krümmung der Atmungskurve und der Verlauf der Steigung die genaue Einhaltung der Mengenverteilung über den Umkehrbereich Ba der Spule. Es ist ersichtlich, daß in die Berechnung der Atmungskurve vor allem auch der Verlauf der Führungsnut 114 im Umkehrbereich B eingeht. Als Korrekturfaktoren kommen auch der Fadendurchmesser und sonstige Qualitätsparameter des Fadens in Betracht. Diese Faktoren können insbesondere dadurch ermittelt werden, daß durch Versuch festgestellt wird, wie groß der Abstand zwischen dem theoretischen Scheitelpunkt Eth (Fig. 1) des Changiergesetzes und dem tatsächlich ermittelten äußersten Scheitelpunkt der Fadenablage auf der Spule ist.

Aus Fig. 3 ergibt sich, daß in dem Umkehrbereich Bi, den der Fadenführer 108 bei maximalem Atmungshub durchläuft (siehe Kurvenzug 9 in Fig. 1), der vergrößerte Zylinderumfang OB sanft in den Zylinderumfang 0, der im Bereich mit konstanter Changiergeschwindigkeit entsteht, ausläuft.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 8 und 9 erfolgt die Atmung mit veränderlichem Atmungshub A1, A2, A3 usw. und die Störung mit veränderlicher Störampplitude C1, C2, C3 usw. Sowohl in Fig. 8 als auch in Fig. 9 ist die Abszisse die Zeitachse. In Fig. 8 ist der Changierweg H bzw. der Atmungshub A auf der Ordinate abgetragen. In Fig. 9 ist die Changiergeschwindigkeit auf der Ordinate abgetragen. Die Changiergeschwindigkeit wird angegeben als Doppelhubzahl DH. Die Doppelhubzahl ist die Anzahl pro Zeiteinheit der Hin- und Herbewegungen des Fadenführers 108 (Fig. 7). Die Changiergeschwindigkeit wird fortlaufend zwischen dem unteren, fest vorgegebenen Grenzwert DHU und einem oberen, variablen Grenzwert DHO variiert, wobei auch hier -wie dargestellt -ein lineares, sägezahnförmiges Störungsgesetz angewandt werden kann. Wie auch zuvor sind das Atmungsge-

setz 1 und das Störungsgesetz 2 derart synchronisiert, daß die geringste Changiergeschwindigkeit DHU stets mit dem größten Changierhub im Scheitelwert EA der Atmungskurve und die größte Changiergeschwindigkeit DHO mit dem kleinsten Changierhub im inneren Endpunkt der Atmungskurve zusammenfällt. Diese Synchronisation dient zur Kompensation der Fadenspannungsschwankungen, die einerseits durch die Atmung und andererseits durch die Störung hervorgerufen werden. Im Gegensatz zur Ausführung nach den Figuren 8, 9 erfolgt hier jedoch die Spiegelstörung so, daß die untere Changiergeschwindigkeit DHU über die Spulreise fest vorgegeben wird. Daher bleibt der Mittelwert der Changiergeschwindigkeit im Verlaufe einer Serie von Spiegelstörungszyklen mit veränderlicher oberer Changiergeschwindigkeit DHO nicht konstant. Dadurch wird zwar der Ablagewinkel des Fadens auf der Spule auch in seinem Mittelwert verändert. Die Veränderung ist jedoch recht gering. Der untere Wert der Changiergeschwindigkeit DHU bleibt vorzugsweise während der Spulreise konstant. Es ist jedoch auch möglich, den unteren Wert im Verlaufe der Spulreise zu verändern, z.B. schwach abfallen zu lassen oder etwa während des ersten Drittels der Spulreise - schwach ansteigen und sodann schwach abfallen zu lassen.

Zur Ermittlung des Verlaufs der Atmungskurve nach Fig. 8:

In Fig. 8 sind drei Atmungszyklen aus einer Serie von vier Atmungszyklen dargestellt. Zu einer Serie können aber auch mehr, z.B. acht Atmungszyklen gehören. Die Serie von zusammengehörenden Atmungszyklen zeichnet sich dadurch aus, daß der Atmungshub A1 des ersten Atmungszyklus gleich dem maximalen Atmungshub ist und daß der Atmungshub A2, A3 ... der folgenden Atmungszyklen sodann von einem Atmungszyklus zum nächsten ständig verkürzt wird. Die nächste unmittelbar folgende Serie von Atmungszyklen beginnt wieder mit dem maximalen Atmungshub.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Atmungskurve die Verlegung des Endpunktes eines Changierhubs während eines Atmungszyklus darstellt. Die Atmungskurve besteht typischerweise aus einem Verkürzungsast K und einem Verlängerungsast L. Der Verkürzungsast gibt die Verkürzung des Changierhubs zwischen dem äußeren Scheitelpunkt Ea und dem inneren Scheitelpunkt Ei des Changierhubs H wieder.

Der Verlängerungsast gibt den zeitlichen Verlauf der Verlängerung des Scheitelpunktes des Changierhubs H zwischen dem inneren Scheitelpunkt Ei und dem äußeren Scheitelpunkt Ea wieder.

In Abweichung von der vorangegangenen Beschreibung wird einem Atmungszyklus jeweils ein Verkürzungsast K und ein Verlängerungsast L zugeordnet.

Der in Fig. 8 dargestellte erste Atmungszyklus weist nun den Verkürzungsast K1 und den Verlängerungsast L1 auf. Die Atmungskurve erstreckt sich über den maximalen Atmungshub A_{max} . Die Atmungskurve des ersten Zyklus ist in ihrem grundsätzlichen Kurvenverlauf, die als ausgezogene Linie dargestellt ist, so ausgelegt, daß -wie bereits zuvor anhand des Diagramms nach Fig. 2, 2A, 3 und 4 beschrieben -die Dicke der abgelegten Fadenschicht im gesamten Atmungshub A_{max} konstant ist und eine zylindrische Spulenoberfläche ergibt. Diese Schicht ist in Fig. 13A als Schicht 1 markiert. Die Atmungskurve wird jedoch -wie durch den gestrichelten Kurvenzug 13.1 angegebenen -korrigiert. Die Atmungskurve 13.1 wird so ausgelegt, daß in dem axialen Überschußbereich D1 der Spule, der die Differenz zwischen dem maximalen Atmungshub A_{max} bzw. A1 und dem Atmungshub A2 des nächsten Atmungszyklus mit den Ästen K2, L2 ist, eine zusätzliche Fadenmenge 14.1 abgelegt wird. Diese Fadenmenge 14.1 bildet eine Schicht, die so dick ist wie die Summe sämtlicher Schichten, die im Umkehrbereich Ba der Spule während der betroffenen Serie von Atmungszyklen abgelegt werden.

Die resultierende Atmungskurve nach dem gestrichelten Kurvenzug 13.1 hat nun gegenüber dem idealen, ausgezogenen Kurvenzug den Vorteil, daß im inneren Endpunkt Ei eine verhältnismäßig sanfte Umkehr des Verkürzungsastes K1 in den Verlängerungsast L1 stattfindet. Das bedeutet praktisch, daß zum Antrieb der Atmungsstange 126 (Fig. 7) und der Zylinder-Kolben-Einheit 23 nur geringe Verzögerungen und Beschleunigungen erforderlich sind. Es sei darauf hingewiesen, daß die Korrektur 13.1 ideal auf den Überschußbereich D1 beschränkt ist, daß aus praktischen, insbesondere dynamischen Gründen u.U. jedoch eine weitergehende Korrektur zweckmäßig ist -wie gezeigt. Die Auswirkungen dieser weitergehenden Korrektur auf die Fadenablage können jedoch gering gehalten werden.

Wie Fig. 8 zeigt, wird der folgende Atmungszyklus mit verkürztem Atmungshub A2 durchgeführt. Dabei besteht der Atmungszyklus aus dem Verkürzungsast K2 und dem Verlängerungsast L2. Als Grundlage für die Berechnung dieses Kurvenzuges dient wiederum die Vorgabe, daß der Faden über den Bereich des Atmungshubes A2 gleichmäßig, d.h. zu einer gleich dicken Schicht 2 - (Fig. 13A) verteilt werden soll. Dabei wird jedoch auch dieser Kurvenzug korrigiert, und praktisch wird der gestrichelte Kurvenzug 13.2 gefahren. Dieser gestrichelte Kurvenzug ist so ausgelegt, daß im

axialen Überschußbereich D2 der Spule zwischen den inneren Endpunkten E_{i2} und E_{i3} des darauffolgenden Atmungszyklus eine zusätzliche Fadenmenge 14.2 abgelegt wird derart, daß in dem axialen Bereich D2 eine Schichtdicke erreicht wird, die der Summe sämtlicher Schichten der in der betroffenen Serie noch folgenden, verkürzten Atmungszyklen entspricht.

Während des nun folgenden Atmungszyklus ist der Atmungshub wiederum verkürzt, und zwar zu dem Atmungshub A3. Auch hier sind der Verkürzungsast K3 und der Verlängerungsast L3 in ihrem grundsätzlichen Verlauf so ausgelegt, daß die Fadenmenge über den Atmungshub A3 zu einer zylindrischen Schicht 3 verteilt wird. Zusätzlich wird jedoch in dem Überschußbereich D3 der Spule zusätzlich die Fadenmenge 14.3 (Fig. 13A) abgelegt, indem wiederum die gestrichelt eingezeichnete Korrektur 13.3 der Atmungskurve erfolgt. Die zusätzliche Fadenmenge 14.3 erreicht wiederum die Schichtdicke der gesamten Fadenschicht, die in der Serie von Atmungszyklen im Umkehrbereich abgelegt wird.

Während des letzten Atmungszyklus 4 (nicht dargestellt) der Serie folgt wiederum eine Verkürzung des Atmungshubes auf den Atmungshub A4. Hierbei ist die Atmungskurve so ausgelegt, daß eine gleichmäßig zylindrische Schicht über den Atmungshub A4 gewickelt wird.

Anschließend folgt eine neue Serie von Atmungshüben, wobei der nächste Atmungszyklus mit dem maximalen Atmungshub A_{max} wie in Fig. 8 dargestellt, beginnt und wiederum eine stufenweise Verkürzung des Atmungshubes von einem Zyklus zum nächsten stattfindet.

In den Fig. 13A und 13B ist der Schichtenaufbau des Endbereiches dargestellt, wobei in einer Serie vier Atmungszyklen durchgeführt werden.

Es ist aus Fig. 13A in schematischer Darstellung ersichtlich, daß auch mit diesem modifizierten Verfahren über den Atmungsbereich A_{max} sich eine zylindrische Wicklung ergibt, die einen etwas größeren Durchmesser hat als die Wicklung im mittleren Bereich der Spule. Im Umkehrbereich B_i , der sich an den maximalen Atmungshub A_{max} anschließt, findet ein sanfter Übergang zwischen der Wicklung mit größerem Durchmesser und der Wicklung mit kleinerem Durchmesser statt, wie bereits zuvor unter Hinweis auf Fig. 3 beschrieben.

Fig. 13B zeigt die Schichtbildung, die in Fig. 13A schematisch dargestellt ist, in einer der Praxis näherkommenden Art und Weise. Dabei ist zu berücksichtigen, daß zum einem die während jedes Atmungszyklus abgelegte Fadenmenge sehr gering ist, da jeder Atmungszyklus nur wenige Sekunden, z.B. 6 Sekunden dauert. Zum anderen ist zu berücksichtigen, daß infolge dieser kurzen Dauer eines Atmungszyklus keine scharfen Kanten der

einzelnen Schichten und Fadenmengen entstehen. Der Faden ist ein lineares Gebilde. Die einzelnen Fadenwindungen einer Schicht liegen nicht dicht bei dicht, sondern mit Abstand, der einige Millimeter betragen kann. Wegen dieses Fadenabstandes aufeinanderfolgender Windungen werden die in einer späteren Schicht abgelegten Windungen stets, d.h. bei funktionierender Spiegelstörung, zwischen den Windungen der vorausgegangenen Schicht abgelegt werden, so daß die einzelnen Schichten geometrisch nicht notwendigerweise auch unterschiedliche Radien haben. Was in Fig. 13A und 13B als radial aufgetragene Fadenschicht erscheint, macht sich daher in Wirklichkeit zu einem großen Teil lediglich in einer Erhöhung der Packungsdichte der Spule bemerkbar.

Es ist aus Fig. 8 ersichtlich, daß die Korrekturen der Atmungskurven in allen Fällen dazu führen, daß die Atmungsbewegung mit geringer Verzögerung und Beschleunigung durchgeführt werden kann.

Fig. 9 zeigt nun, daß zur Spiegelstörung die Changiergeschwindigkeit, ausgehend von der unteren Doppelhubzahl DHU, synchron mit der Verkürzung des Changierhubes H erhöht wird, wobei in jedem Spiegelstörungszyklus der obere Wert der Doppelhubzahl (DHO2, DHO3 ...) proportional zu der jeweiligen Verkürzung des Atmungshubes A1, A2, A3 ... gegenüber der Doppelhubzahl DHO des vorausgegangenen Spiegelstörungszyklus ebenfalls verringert wird.

In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung wird dabei DHO4, d.h. der kleinste obere Wert der Doppelhubzahl innerhalb einer Serie von Atmungs- und Spiegelstörungszyklen mindestens so groß gewählt, daß das Verhältnis von Spiegelstörungsamplitude ($C = DHO - DHU$) zu Zykluszeit T einen bestimmten vorgegebenen Wert nicht unterschreitet. Die Spiegelstörungsamplitude C3 ist dabei die Differenz zwischen der kleinsten oberen Doppelhubzahl DHO3 und der unteren Doppelhubzahl DHU. Die halbe Zykluszeit $T/2$ ist die Zeitdauer für die Erhöhung der Doppelhubzahl von DHU auf DHO. Das Verhältnis $C3 / T/2$ gibt die geringste Steigung der Spiegelstörungskurven nach Fig. 9 wieder. Diese geringste Steigung muß so groß sein, daß zwei Fadenwindungen, die durch aufeinanderfolgende Changierhübe unmittelbar nebeneinander abgelegt werden, einen Abstand gemessen senkrecht zum Faden haben, der mindestens gleich der Fadendicke ist. Man kann auch formulieren: Der Abstand in axialer Richtung muß mindestens gleich der Ablagebreite (gemessen in axialer Richtung) sein, mit der sich der multifile Faden auf der Spule ablegt. Diese Ablagebreite ist auf der Spule durch Messung zu ermitteln.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nun anhand der Fig. 10 bis 12 erläutert. Das Atmungsgesetz und die dadurch hervorgerufene Fadenablage auf der Spule entspricht der Beschreibung und Darstellung nach den Fig. 8 bzw. 13, 13A. Die Ausführung der Spiegelstörung nach Fig. 11 entspricht der Darstellung und Beschreibung nach Fig. 5. Das heißt, die Spiegelstörungsamplitude ist konstant.

Wenn man bei konstanter Spiegelstörungsamplitude davon ausgeht, daß der obere Wert der Doppelhubzahl DHO so bemessen ist, daß er bei maximalem Atmungshub eine ideale Fadenspannungskompensation ergibt, so folgt daraus, daß bei dem kleinsten Atmungshub keine vollständige Fadenspannungskompensation mehr stattfindet. Aus diesem Grunde wird bei diesem Ausführungsbeispiel die Umfangsgeschwindigkeit der Spule -wie Fig. 12 zeigt -synchron mit der Atmung bzw. Spiegelstörung erhöht. Während des Atmungszyklus mit maximalem Atmungshub A_{max} ist die Umfangsgeschwindigkeit der Spule gleich dem Ausgangswert VAO. Synchron mit dem Beginn eines Atmungszyklus mit verkürztem Atmungshub A_2 erfolgt auch eine geringfügige Erhöhung der Umfangsgeschwindigkeit V der Spule, wobei die Differenz zwischen V_2 und V_1 proportional der Differenz der Atmungshübe A_1 und A_2 ist. Sodann wird mit Verlängerung des Changierhubes die Changiergeschwindigkeit wiederum auf ihren Ausgangswert $VAO = V_1$ vermindert. Mit Durchführung des nächsten Atmungszyklus erfolgt wiederum eine Erhöhung der Changiergeschwindigkeit, und zwar auf einen vergrößerten Wert V_3 . Die Differenz $V_3 - V_1$ ist wiederum proportional der Gesamtverkürzung des Atmungshubes $A_{max} - A_3$. Durch geeignete Vorgabe des Ausgangswertes der Umfangsgeschwindigkeit der Spule V_1 und der erhöhten Werte V_2 und V_3 , die durch Berechnung und Versuch zu ermitteln ist, läßt sich eine vollständige Fadenspannungskompensation herbeiführen, so daß die Fadenzugkraft, der der Faden auf der Spule unterworfen ist, weder während der Spulreise noch während einer Serie von Atmungszyklen noch während eines Atmungszyklus schwankt.

Es ist ersichtlich, daß das Verfahren nach Fig. 12 auch mit einem Verfahren nach den Fig. 8, 9 kombiniert werden kann. Dies wird man mit Vorteil dann tun, wenn sich zwischen der Forderung der guten Spiegelstörung und der Forderung der Fadenspannungskompensation ein gangbarer Kompromiß nicht finden läßt.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der Figuren 14 bis 16 erläutert. Die Ausführung der Spiegelstörung nach Fig. 15 entspricht der Darstellung und Beschreibung nach Fig. 5. Das heißt, die Spiegelstörungsamplitude ist kon-

stant. Es sei jedoch vorab darauf hingewiesen, daß das Verfahren nach Fig. 14, 16, das nachfolgend beschrieben wird, auch mit einem Spiegelstörungsverfahren nach Fig. 9 kombiniert werden kann. Man wird von der Möglichkeit, die Spiegelstörungsamplitude zu variieren, insbesondere dann Gebrauch machen, wenn dies zur Kompensation von Fadenspannungsschwankungen erforderlich ist. Insoweit wird auf die Beschreibung zu Fig. 5 Bezug genommen.

Mit Hilfe des Changierdiagramms nach Fig. 14 wird eine bikonische Wicklung hergestellt. Zu Anfang der Spulreise wird der Faden mit dem Anfangs-Changierhub H_1 verlegt. Im Verlaufe der Spulreise erfolgt eine ständige Verkleinerung des Changierhubes H , und zwar an beiden Seiten der Spule. Daher entsteht eine zylindrische Spule mit abgeflachten, d.h. konischen Stirnflächen. Die Differenz der axialen Wickellänge zwischen der Anfangswicklung und der Endwicklung ist mit D bezeichnet. Das bedeutet, daß der Basis-Changierhub im Laufe der Spulreise ständig kleiner wird. Die Atmung geht nun von diesem kleiner werdenden Basis-Changierhub aus.

Die Atmung erfolgt mit veränderlichem Atmungshub A_1, A_2, A_3 usw. Sowohl in Fig. 14 bis 16 ist die Abszisse die Zeitachse. In Fig. 15 ist die Changiergeschwindigkeit auf der Ordinate abgetragen. Die Changiergeschwindigkeit wird angegeben als Doppelhubzahl DH . Die Doppelhubzahl ist die Anzahl pro Zeiteinheit der Hin- und Herbewegungen des Fadenführers 108 (Fig. 7). Die Changiergeschwindigkeit wird fortlaufend zwischen dem unteren, fest vorgegebenen Grenzwert DHU und einem oberen, variablen Grenzwert DHO variiert, wobei auch hier -wie dargestellt -ein lineares, sägezahnförmiges Störungsgesetz angewandt werden kann. Wie auch zuvor sind das Atmungsgesetz 1 und das Störungsgesetz 2 derart synchronisiert, daß die geringste Changiergeschwindigkeit DHU stets mit dem größten Changierhub im Scheitelwert EA der Atmungskurve und die größte Changiergeschwindigkeit DHO mit dem kleinsten Changierhub im inneren Endpunkt der Atmungskurve zusammenfällt. Diese Synchronisation dient zur Kompensation der Fadenspannungsschwankungen, die einerseits durch die Atmung und andererseits durch die Störung hervorgerufen werden.

In Fig. 14 ist der Changierweg H bzw. der Atmungshub A auf der Ordinate abgetragen. Es ist zu ersehen, daß sich der Basis-Changierhub gegenüber dem Anfangs-Changierhub ständig verändert. In der Darstellung nach Fig. 14 bildet der Basis-Changierhub eine unter dem Winkel β ansteigende Gerade. Der Changierhub kehrt nun im

Laufe eines Atmungszyklus ständig auf diesen Basis-Changierhub zurück und die Atmungshübe A1 bis A4 werden von diesem Basis-Changierhub aus berechnet.

Zur Ermittlung des Verlaufs der Atmungskurve nach Fig. 14:

In Fig. 14 sind drei Atmungszyklen aus einer Serie von vier Atmungszyklen dargestellt. Zu einer Serie können aber auch mehr, z.B. acht Atmungszyklen gehören. Die Serie von zusammengehörenden Atmungszyklen zeichnet sich dadurch aus, daß der Atmungshub A1 des ersten Atmungszyklus gleich dem maximalen Atmungshub ist und daß der Atmungshub A2, A3 ... der folgenden Atmungszyklen sodann von einem Atmungszyklus zum nächsten ständig verkürzt wird. Die nächste unmittelbar folgende Serie von Atmungszyklen beginnt wieder mit dem maximalen Atmungshub.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Atmungskurve die Verkleinerung des Changierhubs gegenüber dem Basis-Changierhub während eines Atmungszyklus darstellt. Die Atmungskurve besteht typischerweise aus einem Verkürzungsast K und einem Verlängerungsast L. Der Verkürzungsast gibt die Verkürzung des Changierhubes zwischen dem äußeren Scheitelpunkt E_a = Basis-Changierhub und dem inneren Scheitelpunkt E_i des Changierhubes H wieder. Der Verlängerungsast gibt den zeitlichen Verlauf der Verlängerung des Scheitelpunktes des Changierhubes H zwischen dem inneren Scheitelpunkt E_i und dem äußeren Scheitelpunkt E_a = Basis-Changierhub wieder.

Im folgenden wird einem Atmungszyklus jeweils ein Verkürzungsast K und ein Verlängerungsast L zugeordnet.

Der in Fig. 14 dargestellte erste Atmungszyklus weist nun den Verkürzungsast K1 und den Verlängerungsast L1 auf. Die Atmungskurve erstreckt sich über den maximalen Atmungshub A_{max} . Die Atmungskurve des ersten Zyklus ist in ihrem grundsätzlichen Kurvenverlauf, die als ausgezogene Linie dargestellt ist, so ausgelegt, daß -wie bereits zuvor anhand des Diagramms nach Fig. 2, 2A, 3 und 4 beschrieben -die Dicke der abgelegten Fadenschicht im gesamten Atmungshub A_{max} konstant ist und eine zylindrische Spulenoberfläche ergibt. Diese Schicht ist in Fig. 17A als Schicht 1 markiert. Die Atmungskurve wird jedoch -wie durch den gestrichelten Kurvenzug 13.1 angegeben -korrigiert. Die Atmungskurve 13.1 wird so ausgelegt, daß in dem axialen Überschußbereich D1 der Spule, der die Differenz zwischen dem maximalen Atmungshub A_{max} bzw. A1 und dem Atmungshub A2 des nächsten Atmungszyklus mit den Ästen K2, L2 ist, eine zusätzliche Fadenmenge 14.1 abgelegt wird. Diese Fadenmenge 14.1 bildet

eine Schicht, die so dick ist wie die Summe sämtlicher Schichten, die im Umkehrbereich Ba der Spule während der betroffenen Serie von Atmungszyklen abgelegt werden.

Die resultierende Atmungskurve nach dem gestrichelten Kurvenzug 13.1 hat nun gegenüber dem idealen, ausgezogenen Kurvenzug den Vorteil, daß im inneren Endpunkt E_i eine verhältnismäßig sanfte Umkehr des Verkürzungsastes K1 in den Verlängerungsast L1 stattfindet. Das bedeutet praktisch, daß zum Antrieb der Atmungsstange 126 (Fig. 7) und der Zylinder-Kolben-Einheit 23 nur geringe Verzögerungen und Beschleunigungen erforderlich sind. Es sei darauf hingewiesen, daß die Korrektur 13.1 ideal auf den Überschußbereich D1 beschränkt ist, daß aus praktischen, insbesondere dynamischen Gründen u.U. jedoch eine weitergehende Korrektur zweckmäßig ist -wie gezeigt. Die Auswirkungen dieser weitergehenden Korrektur auf die Fadenablage können jedoch gering gehalten werden.

Wie Fig. 14 zeigt, wird der folgende Atmungszyklus mit kürzerem Atmungshub A2 durchgeführt. Dabei besteht der Atmungszyklus aus dem Verkürzungsast K2 und dem Verlängerungsast L2. Als Grundlage für die Berechnung dieses Kurvenzuges dient wiederum die Vorgabe, daß der Faden über den Bereich des Atmungshubes A2 gleichmäßig, d.h. zu einer gleich dicken Schicht 2 - (Fig. 17A) verteilt werden soll. Dabei wird jedoch auch dieser Kurvenzug korrigiert, und praktisch wird der gestrichelte Kurvenzug 13.2 gefahren. Dieser gestrichelte Kurvenzug ist so ausgelegt, daß im axialen Überschußbereich D2 der Spule zwischen den inneren Endpunkten E_{i2} und E_{i3} des darauffolgenden Atmungszyklus eine zusätzliche Fadenmenge 14.2 abgelegt wird derart, daß in dem axialen Bereich D2 eine Schichtdicke erreicht wird die der Summe sämtlicher Schichten der in der betroffenen Serie noch folgenden, kürzeren Atmungszyklen entspricht.

Während des nun folgenden Atmungszyklus ist der Atmungshub wiederum verkürzt, und zwar zu dem Atmungshub A3. Auch hier sind der Verkürzungsast K3 und der Verlängerungsast L3 in ihrem grundsätzlichen Verlauf so ausgelegt, daß die Fadenmenge über den Atmungshub A3 zu einer zylindrischen Schicht 3 verteilt wird. Zusätzlich wird jedoch in dem Überschußbereich D3 der Spule zusätzlich die Fadenmenge 14.3 (Fig. 17A) abgelegt, indem wiederum die gestrichelt eingezeichnete Korrektur 13.3 der Atmungskurve erfolgt. Die zusätzliche Fadenmenge 14.3 erreicht wiederum die Schichtdicke der gesamten Fadenschicht, die in der Serie von Atmungszyklen im Umkehrbereich abgelegt wird.

Während des letzten Atmungszyklus 4 (nicht dargestellt) der Serie folgt wiederum eine Verkürzung des Atmungshubes auf den Atmungshub A4. Hierbei ist die Atmungskurve so ausgelegt, daß eine gleichmäßig zylindrische Schicht über den Atmungshub A4 gewickelt wird.

Anschließend folgt eine neue Serie von Atmungshüben, wobei der nächste Atmungszyklus mit dem maximalen Atmungshub A_{max} wie in Fig. 14 dargestellt, beginnt und wiederum eine stufenweise Verkürzung des Atmungshubes von einem Zyklus zum nächsten stattfindet.

In den Fig. 17A und 17B ist der Schichtenaufbau des Endbereiches dargestellt, wobei in einer Serie vier Atmungszyklen durchgeführt werden.

Es ist aus Fig. 17A in schematischer Darstellung ersichtlich, daß die Verkürzung des Basis-Changierhubs gegenüber dem Anfangs-Changierhub dazu führt, daß die Stirnflächen der Spule abgeböschet, d.h. konisch wird. Es sei allerdings bemerkt, daß der Konuswinkel in den Fig. 17A, B übergroß gezeichnet worden ist. In Wirklichkeit wirkt sich die Veränderung des Basis-Changierhubes während eines Atmungszyklus, der eine Zeitdauer von wenigen Sekunden hat, nicht so stark aus.

Es ist aus Fig. 17A in schematischer Darstellung ersichtlich, daß auch mit diesem modifizierten Verfahren über den Atmungsbereich A_{max} sich eine zylindrische Wicklung ergibt, die einen etwas größeren Durchmesser hat als die Wicklung im mittleren Bereich der Spule. Im Umkehrbereich B_i , der sich an den maximalen Atmungshub A_{max} anschließt, findet ein sanfter Übergang zwischen der Wicklung mit größerem Durchmesser und der Wicklung mit kleinerem Durchmesser statt, wie bereits zuvor unter Hinweis auf Fig. 3 beschrieben.

Fig. 17B zeigt die Schichtbildung, die in Fig. 17A schematisch dargestellt ist, in einer der Praxis näherkommenden Art und Weise. Auch in Fig. 17B ist der Böschungswinkel der Stirnkante zu groß gezeichnet. Im Rahmen dieser Anmeldung ist zu berücksichtigen, daß zum einem die während jedes Atmungszyklus abgelegte Fadenmenge sehr gering ist, da jeder Atmungszyklus nur wenige Sekunden, z.B. 6 Sekunden dauert. Zum anderen ist zu berücksichtigen, daß infolge dieser kurzen Dauer eines Atmungszyklus keine scharfen Kanten der einzelnen Schichten und Fadenmengen entstehen. Der Faden ist ein lineares Gebilde. Die einzelnen Fadenwindungen einer Schicht liegen nicht dicht bei dicht, sondern mit Abstand, der einige Millimeter betragen kann. Wegen dieses Fadenabstandes aufeinanderfolgender Windungen werden die in einer späteren Schicht abgelegten Windungen stets, d.h. bei funktionierender Spiegelstörung, zwischen den Windungen der vorausgegangenen Schicht abgelegt werden, so daß die einzelnen

Schichten geometrisch nicht notwendigerweise auch unter verschiedene Radien haben. Was in 17A und 17B als radial aufgetragene Fadenschicht erscheint, macht sich daher in Wirklichkeit zu einem großen Teil lediglich in einer Erhöhung der Packungsdichte der Spule bemerkbar. Es ist aus Fig. 14 ersichtlich, daß die Korrekturen der Atmungskurven in allen Fällen dazu führen, daß die Atmungsbewegung mit geringer Verzögerung und Beschleunigung durchgeführt werden kann.

Zur Spiegelstörung könnte nun, wie Fig. 9 zeigt, die Changiergeschwindigkeit, ausgehend von der unteren Doppelhubzahl DHU, synchron mit der Verkürzung des Changierhubes H erhöht werden, wobei in jedem Spiegelstörungszyklus der obere Wert der Doppelhubzahl (DHO2, DHO3 ...) proportional zu der jeweiligen Verkürzung des Atmungshubes A1, A2, A3... gegenüber der Doppelhubzahl DHO des vorausgegangenen Spiegelstörungszyklus ebenfalls verringert wird. Zur weiteren Ausgestaltung wird auf die Ausführungen zu Fig. 9 verwiesen.

Sofern jedoch das Atmungsverfahren bei konstanter Spiegelstörung -wie in Fig. 15 dargestellt - betrieben wird, kann es vorteilhaft sein, zur Kompensation von Fadenspannungsschwankungen auch die Umfangsgeschwindigkeit zu ändern, wie dies in bezug auf Fig. 16 gezeigt ist. Zunächst einmal wird die Umfangsgeschwindigkeit synchron mit dem abnehmenden Basis-Changierhub gegenüber dem Anfangswert der Umfangsgeschwindigkeit VA_0 erhöht. Diese sich ständig erhöhende Umfangsgeschwindigkeit ist in dem Diagramm nach Fig. 16, in dem die Ordinate die Umfangsgeschwindigkeit der Spule darstellt, mit "Basisumfangsgeschwindigkeit" bezeichnet. Erfindungsgemäß erfolgt nun eine weitere Modifikation.

Wenn man bei konstanter Spiegelstörungsamplitude davon ausgeht, daß der obere Wert der Doppelhubzahl DHO so bemessen ist, daß er bei maximalem Atmungshub eine ideale Fadenspannungskompensation ergibt, so folgt daraus, daß bei dem kleinsten Atmungshub keine vollständige Fadenspannungskompensation mehr stattfindet. Aus diesem Grunde wird bei diesem Ausführungsbeispiel die Umfangsgeschwindigkeit der Spule -wie Fig. 16 zeigt -synchron mit der Atmung bzw. Spiegelstörung gegenüber der Basis-Umfangsgeschwindigkeit erhöht. Während des Atmungszyklus mit maximalem Atmungshub A_{max} ist die Umfangsgeschwindigkeit der Spule gleich der Basis-Umfangsgeschwindigkeit. Synchron mit dem Beginn eines Atmungszyklus mit verkürztem Atmungshub A2 erfolgt auch eine geringfügige Erhöhung der Umfangsgeschwindigkeit V der Spule, wobei die Differenz zwischen V_2 und V_1 proportional der Differenz der Atmungshübe A1 und A2 ist. Sodann wird mit Verlängerung des Changier-

hubes die Changiergeschwindigkeit wiederum auf die Basis-Umfangsgeschwindigkeit vermindert. Mit Durchführung des nächsten Atmungszyklus erfolgt wiederum eine Erhöhung der Changiergeschwindigkeit, und zwar auf einen vergrößerten Wert V_3 . Die Differenz $V_3 - V_1$ ist wiederum proportional der Gesamtverkürzung des Atmungshubes $A_{\max} - A_3$. Durch geeignete Vorgabe des Ausgangswertes und Basiswertes der Umfangsgeschwindigkeit der Spule V_1 und der erhöhten Werte V_2 und V_3 , die durch Berechnung und Versuch zu ermitteln ist, läßt sich eine vollständige Fadenspannungskompensation herbeiführen, so daß die Fadenzugkraft, der der Faden auf der Spule unterworfen ist, weder während der Spulreise noch während einer Serie von Atmungszyklen noch während eines Atmungszyklus schwankt.

BEZUGSZEICHENAUFSTELLUNG

- 1 Atmungskurve
- 2 Störungskurve
- 3 Changiergesetz
- 4 gerader Ast
- 5 Übergangspunkt
- 6 gekrümmter Ast
- 7
- 8 Zeit-Weg-Diagramm des Changierhubs
- 9 Kurve
- 10 Kurve
- 11 Kurve
- 12 Kurve
- 13 Kurvenzug
- 14 Fadenmenge, Anhäufung, Zusatzmenge
- 18 Programmeinheit
- 19 Signal/Stromwandler
- 20 Elektromagnet
- 21 hydraulisches Steuerventil
- 22 Feder
- 23 Zylinder-Kolben-Einheit
- 24 Kolbenstange
- 25 Schlitten
- 26 Einheit
- 27 Eisenkern
- 28 Kolbenstange
- 29 Bund, Steuerbund
- 30 Bund
- 31 Bund
- 32 Pumpe
- 33 Tank
- 34 Rückseite
- 35 Federplatte
- 36 Federplatte
- 37 Kolben
- 38 Vorderseite
- 39 Kanal

- 40 Kanal
- 41 Kanal
- 42 Kanal
- 43 Arm
- 5 44 Kanal
- 45 Schulter
- 46 Gleitlager
- 47 Anschlag
- 48 Flansch
- 70 49 Stange
- 50 Motor
- 51 Frequenzwandler
- 52 Motor
- 53 Programmeinheit
- 15 54 Zeitgeber

Ansprüche

- 20 1. Verfahren zum Aufwickeln eines Fadens zu einer Kreuzspule mit Hin- und Herverlegen (Changieren) des Fadens bei Bewegungsumkehr des Fadenführers in den Umkehrbereichen des Changierhubs mit vorgegebener, endlicher Verzögerung und endlicher Beschleunigung
- 25 sowie mit Atmung des Changierhubs, dadurch gekennzeichnet, daß
- 30 die Atmung nach einem wellenförmigen Zeitdiagramm mit parabelähnlich verlaufenden Wellentälern (Atmungskurve) derart erfolgt, daß zumindest im Umkehrbereich (Ba) des größten Changierhubs die aufgewickelte Fadenmenge im wesentlichen gleichmäßig zu einer zylindrischen Wicklung verteilt wird,
- 35 wobei die zylindrische Wicklung einen geringfügig größeren Durchmesser als der mittlere Bereich der Spule hat und
- 40 wobei die Atmungskurve am äußeren Endpunkt des Changierhubs ihren Scheitelpunkt hat und im innersten Endpunkt des Changierhubs mit großer Verzögerung und Beschleunigung umkehrt und sich in axialer Richtung mindestens über den Umkehrbereich (Ba) der Changierung bei größtem Changierhub erstreckt.
- 45 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
- 50 der Atmungshub A_{\max} aufeinanderfolgender Atmungskurven gleich bleibt.
- 55 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
- in einer Serie aufeinanderfolgender Atmungszyklen der Atmungshub eines (zweiten) Atmungszyklus gegenüber dem Atmungshub des voraufgegangeenen (ersten) Atmungszyklus verkürzt wird und daß das Zeitdiagramm des ersten Atmungszyklus derart ausgelegt wird, daß (gemäß Anspruch 1)

in seinem Atmungshub ($A_{\max} = A1$) die aufgewickelte Fadenmenge im wesentlichen gleichmäßig zu einer zylindrischen Wicklung verteilt wird, und daß zusätzlich in dem Überschußteil (D1) des ersten Atmungshubes, um den der Atmungshub - (A1) des ersten Atmungszyklus den Atmungshub - (A2) des nachfolgenden, zweiten Atmungszyklus überragt ($D1 = A1 - A2$), eine zusätzliche Fadenmenge in einer Schichtdicke abgelegt wird, die im wesentlichen der Schichtdicke sämtlicher folgenden Atmungszyklen mit verkürztem Atmungshub entspricht.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß

in einer Serien von Atmungszyklen der Atmungshub (A1, A2, A3 ...) der einander folgenden Atmungszyklen fortlaufend verkleinert und zu Beginn der neuen Serie auf den Ausgangswert ($A1 = A_{\max}$) des Atmungshubes wieder vergrößert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4,

dadurch gekennzeichnet, daß

die Spiegelstörung synchron mit den Atmungszyklen im Sinne des Ausgleichs der Fadenspannung erfolgt, wobei die Spiegelstörungsamplitude (C1, C2, C3 ...), die die Differenz (DHO -DHU) zwischen der maximalen und minimalen Changiergeschwindigkeit ist, während einer Serie von Atmungszyklen in Abhängigkeit von dem kleiner werdenden Atmungshub (A1, A2, A3 ...) abnimmt.

6. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet, daß

die Spiegelstörung derart erfolgt, daß die minimale Changiergeschwindigkeit (DHU) im Verlaufe der Spulreise nach einem für die Spulreise vorgegebenen Gesetz verläuft (z.B. konstant bleibt) und daß die Changiergeschwindigkeit während jeder Serie von Atmungszyklen synchron mit der Erreichung des Atmungshubes auf einen maximalen Wert (DHO1, DHO2, DHO3 ...) erhöht wird, welcher von der jeweiligen Größe des Atmungshubes (A1, A2, A3 ...) abhängt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

dadurch gekennzeichnet, daß

die Zeitdauer eines Atmungszyklus und des damit synchronen Spiegelstörungszyklus sowie der kleinste Wert der maximalen Changiergeschwindigkeit (DHO4) innerhalb einer Serie von Atmungshüben so groß vorgegeben wird,

daß die Änderung des Spulverhältnisses (Spindeldrehzahl/Changiergeschwindigkeit), die während eines Doppelhubes durch die Veränderung der Changiergeschwindigkeit hervorgerufen wird, zu einem Abstand von zwei aufeinanderfolgenden Fadenwindungen führt, der größer ist als die Ablagebreite des Fadens auf der Spule.

8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß

zur Fadenspannungskompensation die Umfangsgeschwindigkeit der Spule synchron mit den Atmungszyklen derart vergrößert wird, daß der größte Atmungshub mit der größten Umfangsgeschwindigkeit der Spule synchron liegt.

9. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4,

dadurch gekennzeichnet, daß

die Spiegelstörung synchron mit den Atmungszyklen im Sinne des Ausgleichs der Fadenspannung erfolgt, wobei die Spiegelstörungsamplitude (C1), welche die Differenz (DHO -DHU) zwischen der maximalen und minimalen Changiergeschwindigkeit ist, konstant bleibt, und daß die Umfangsgeschwindigkeit der Spule bei allen Atmungszyklen mit vermindertem Atmungshub in Abhängigkeit von der Größe der Verminderung des Atmungshubes derart verändert wird, daß die Fadenspannung im wesentlichen konstant bleibt.

10. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß

zur Fadenspannungskompensation die Umfangsgeschwindigkeit der Spule synchron mit dem abnehmenden Changierhub vergrößert wird.

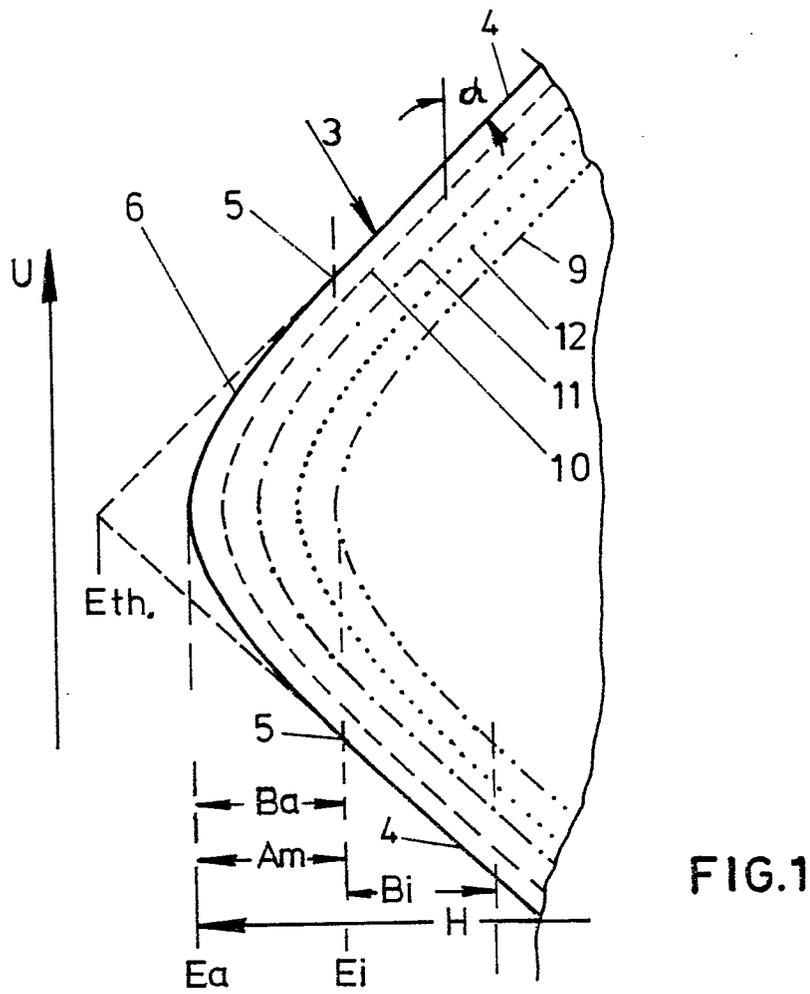


FIG. 1

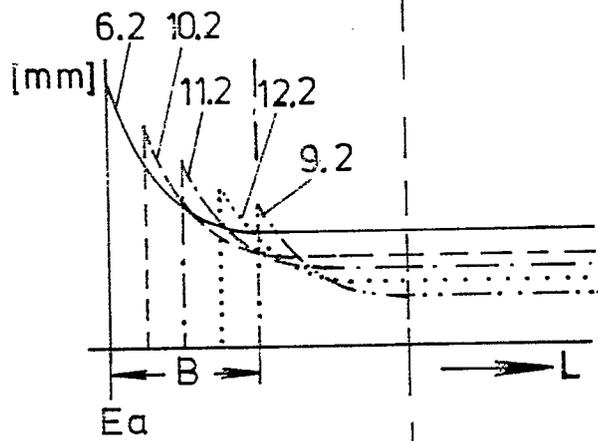


FIG. 2

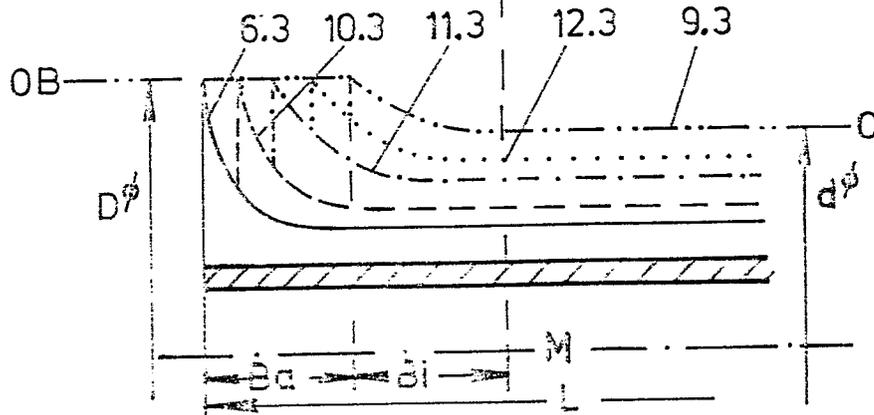
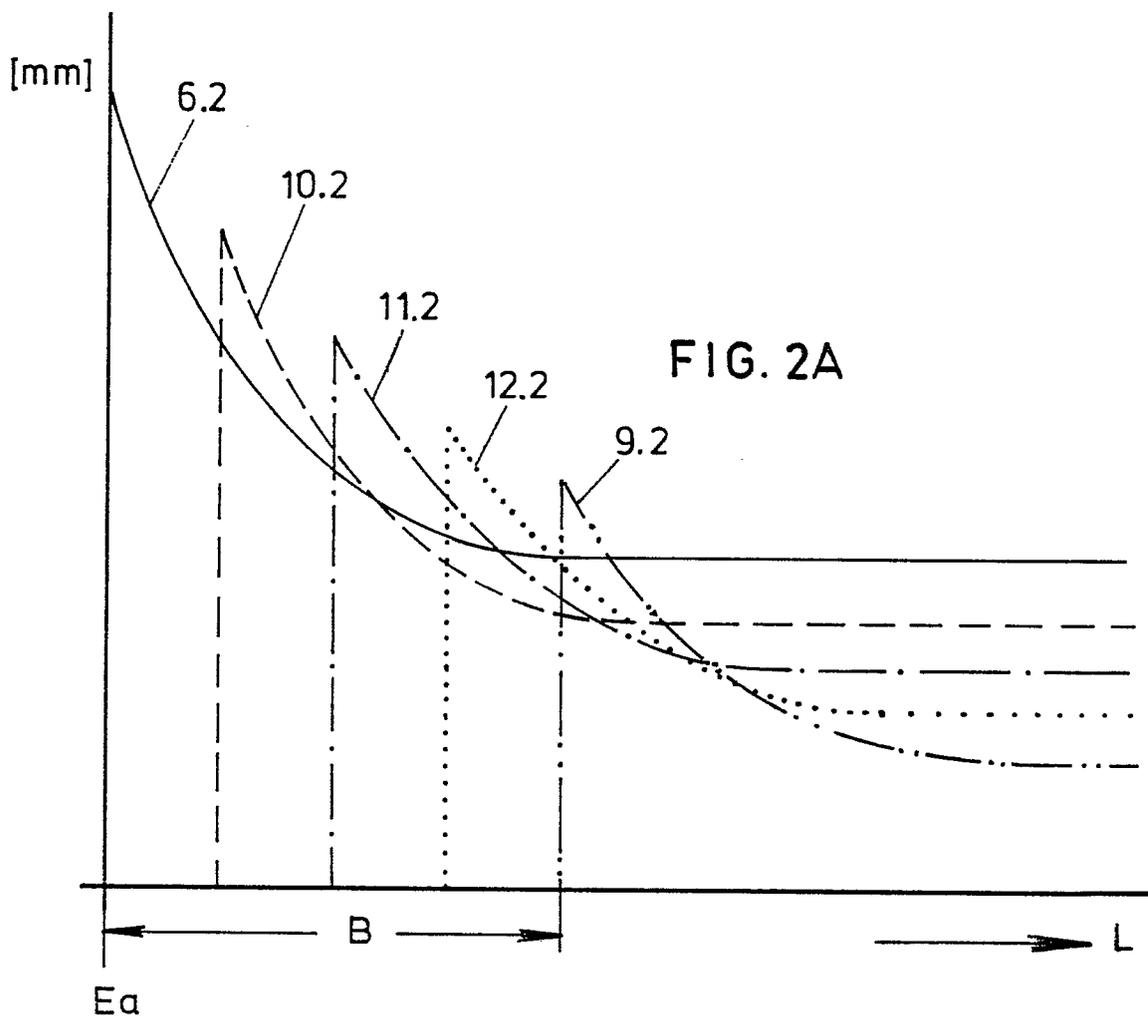
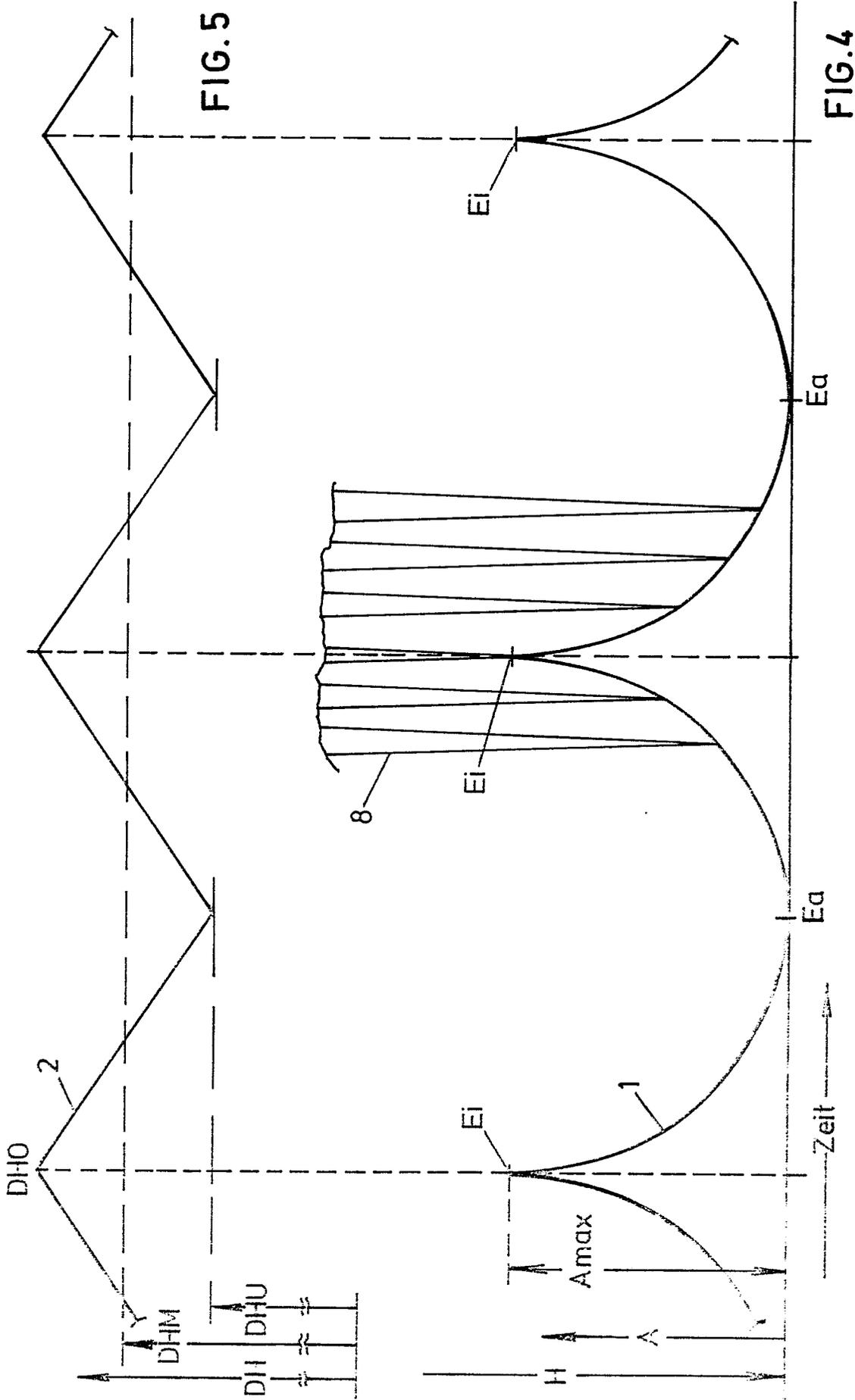


FIG. 3





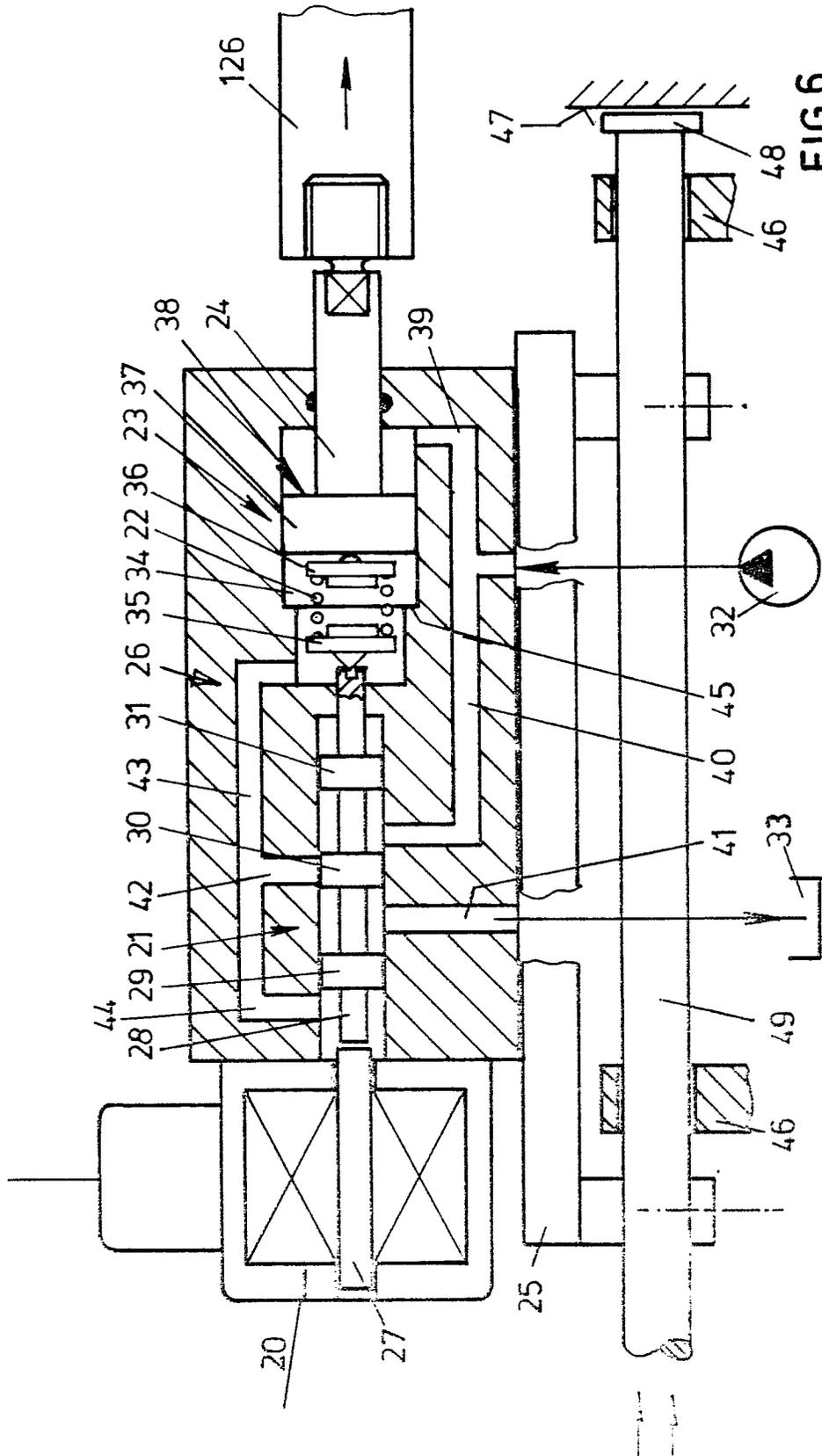
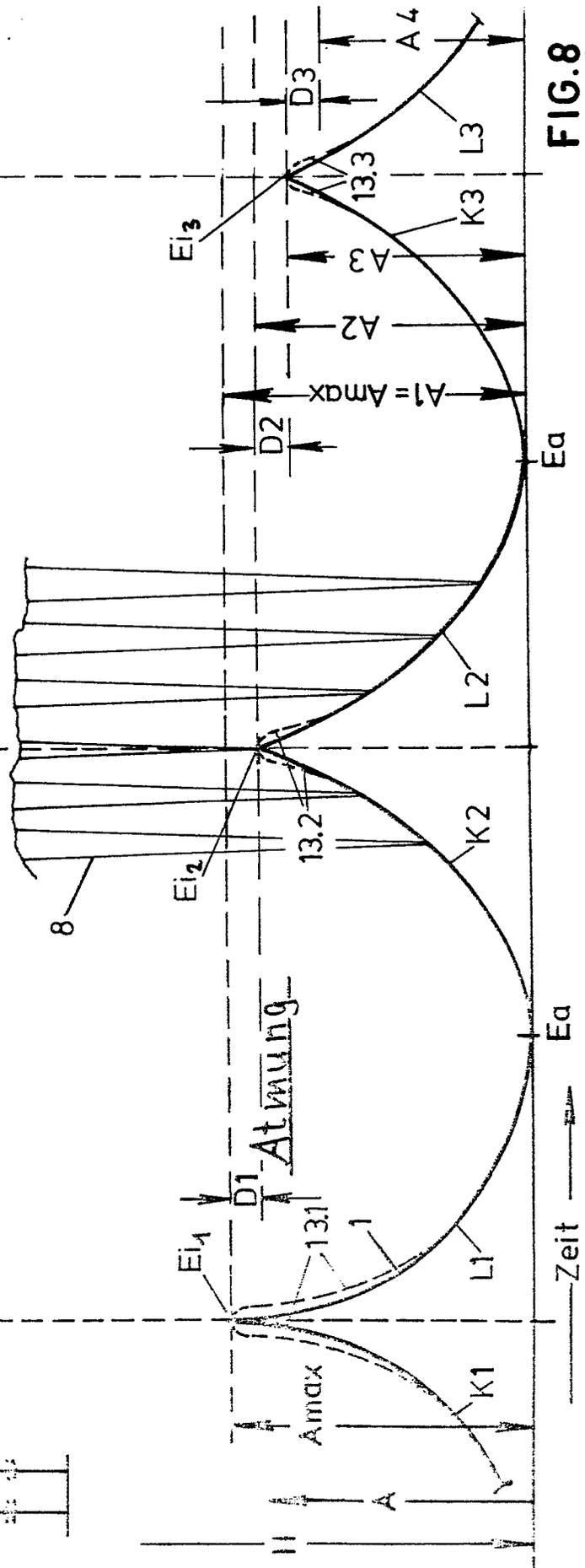
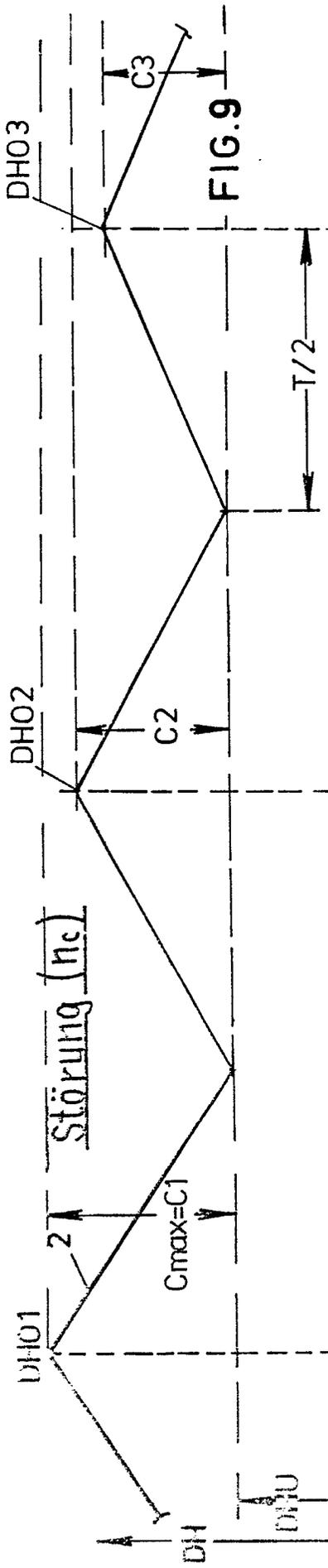
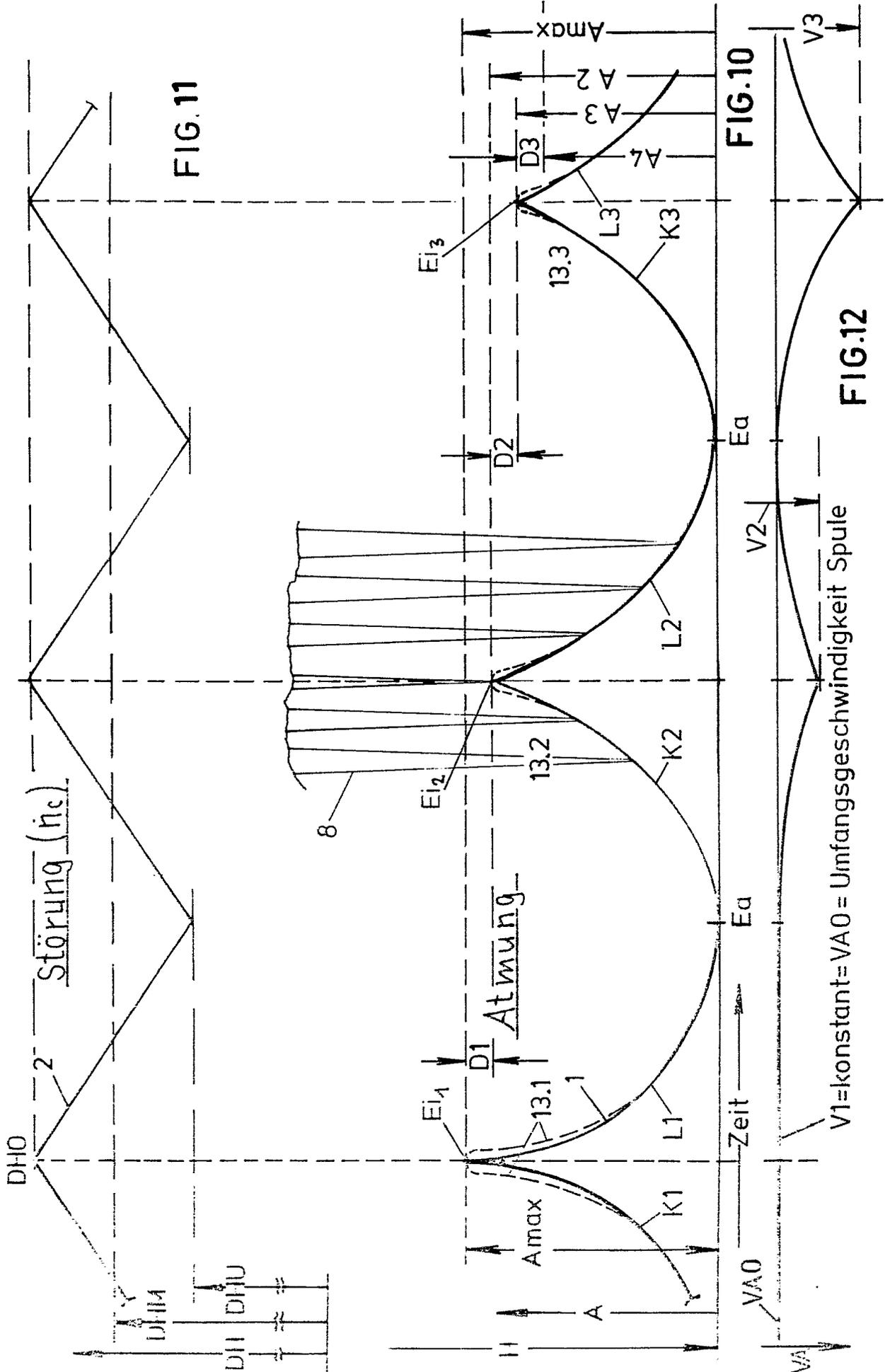


FIG. 6





V1=konstant=VA0 = Umfangsgeschwindigkeit Spule

Störung (hc)

Atmung

DHO

DHM

DHU

Zeit

VA0

Ea

Ea

FIG.10

FIG.11

FIG.12

8

Ei1

Ei2

Ei3

D1

D2

D3

A

Amax

13.1

13.2

13.3

K1

K2

K3

L1

L2

L3

V1

V2

V3

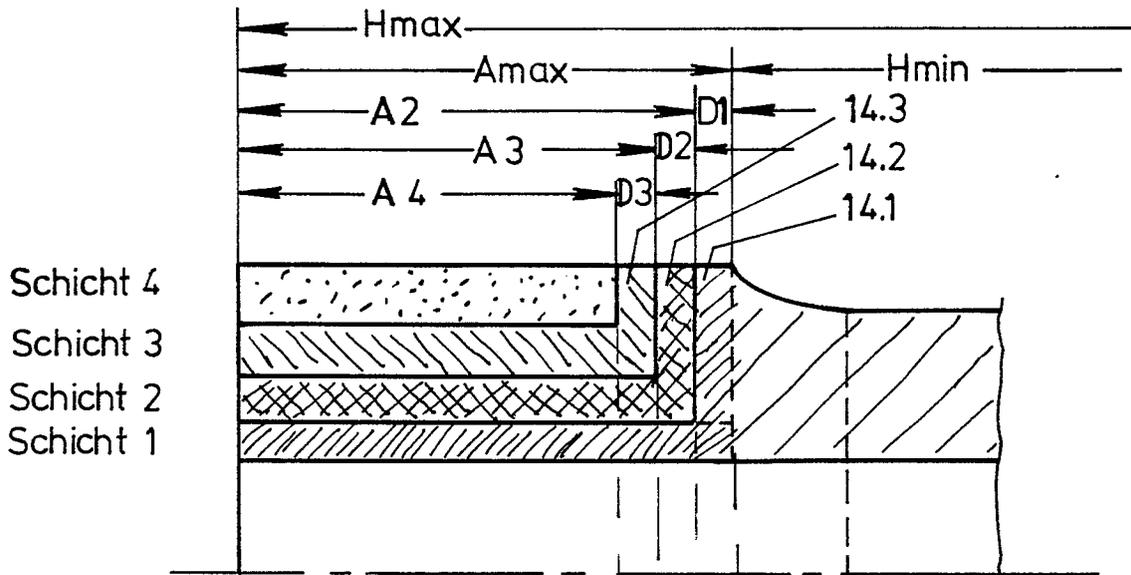


FIG.13A

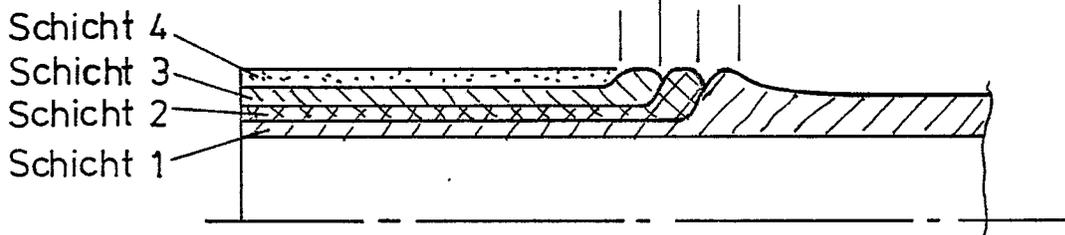


FIG.13B

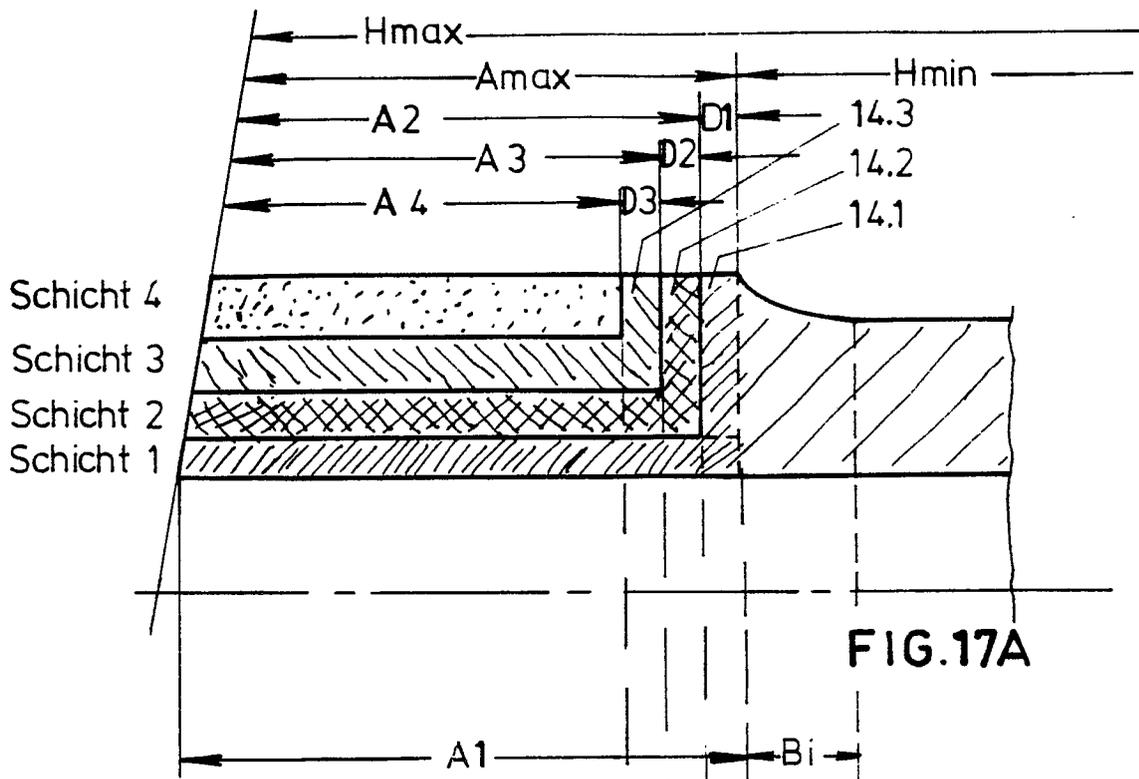


FIG.17A

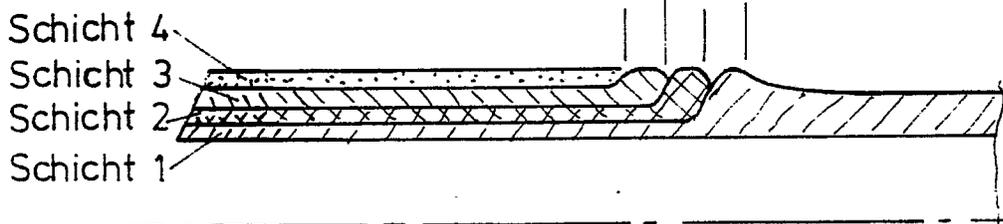


FIG.17B