



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 486 896 B1**

12

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Veröffentlichungstag der Patentschrift: **24.05.95**

Int. Cl.⁸: **B65H 54/38**

Anmeldenummer: **91119040.3**

Anmeldetag: **08.11.91**

Verfahren zum Aufspulen eines Fadens in gestufter Präzisionswicklung.

Priorität: **23.11.90 DE 4037278**

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.05.92 Patentblatt 92/22

Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
24.05.95 Patentblatt 95/21

Benannte Vertragsstaaten:
CH DE IT LI

Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 093 258
EP-A- 0 248 406
EP-A- 0 375 043
EP-A- 0 401 781
DE-A- 3 521 120

Patentinhaber: **NEUMAG - Neumünstersche
Maschinen- und Anlagenbau GmbH**
Christianstrasse 168-170
D-24536 Neumünster (DE)

Erfinder: **Kudrus, Heiner**
Humboldredder 3
W-2351 Padenstedt (DE)
Erfinder: **Schlüter, Ekkehard**
Abbéstrasse 4
W-2350 Neumünster (DE)
Erfinder: **Grabe, Günter, Dr.**
Lindenweg 18
W-2351 Hollenbek (DE)

Vertreter: **Planker, Karl Josef, Dipl.-Phys.**
Babcock-BSH AG
vormals Büttner-Schilde-Haas AG,
Postfach 6
D-47811 Krefeld (DE)

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

EP 0 486 896 B1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufspulen eines kontinuierlich zugeführten Fadens gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Beim Aufwickeln kontinuierlich zugeführter Fäden auf Spulen, die mit gleichbleibender Umfangsgeschwindigkeit angetrieben sind, unterscheidet man zwischen drei verschiedenen Verfahren:

- wilde Wicklung,
- Präzisionswicklung,
- gestufte Präzisionswicklung.

Bei der wilden Wicklung ist die Changierfrequenz konstant. Daraus ergibt sich ein konstanter Fadenablegewinkel. Da jedoch mit wachsendem Spulendurchmesser die Drehzahl abnimmt, nimmt die Windungszahl, d.h. das Verhältnis Drehzahl/Changierfrequenz, mit wachsendem Durchmesser stetig ab. Wenn die Windungszahl ganzzahlig wird oder einen Wert annimmt, der sich von einer ganzen Zahl durch einen einfachen Bruch unterscheidet, wie z.B. $1 \frac{1}{2}$ (zweite Ordnung), $2 \frac{2}{3}$ (dritte Ordnung), $5 \frac{3}{4}$ (vierte Ordnung), entstehen sogenannte Spiegelwicklungen. Der Kürze halber werden nachfolgend die Zahlen, bei denen Spiegelwicklungen entstehen, d.h. die ganzen und die gemischten Zahlen, als "Spiegelwerte" bezeichnet. Das charakteristische Merkmal einer Spiegelwicklung besteht darin, daß Windungen genau auf bereits vorher gelegte Windungen aufgelegt werden. Bei ganzzahligen Windungszahlen, d.h. bei Spiegeln erster Ordnung, liegen die Windungen aufeinander folgender Lagen aufeinander. Bei Spiegeln zweiter Ordnung erfolgt die Überdeckung in jeder zweiten Lage usw.

Als "Lage" wird dabei das Fadenstück bezeichnet, das während eines Doppelhubes auf die Spule gelegt wird, d.h. während sich der Changierfadenführer von dem einen zum anderen Spulenende und zurück bewegt. Als "Windung" wird das Fadenstück bezeichnet, das während einer Umdrehung aufgelegt wird. Die Windungszahl i ist die Anzahl der Windungen pro Lage.

Spiegelwicklungen können bekanntlich eine Reihe von Nachteilen verursachen, insbesondere einen unstabilen Spulenaufbau, Schwierigkeiten beim Abwickeln der betroffenen Spule und Ungleichmäßigkeiten bei einer nachfolgenden Färbung.

Bei der Präzisionswicklung steht die Changiergeschwindigkeit zur Drehzahl der Spule in einem festen Verhältnis; die Windungszahl bleibt also konstant. Entsprechend der Spulendrehzahl wird also auch die Changierfrequenz mit zunehmendem Spulendurchmesser immer kleiner. Die Folge ist, daß auch der Fadenablegewinkel immer kleiner wird. Mit kleiner werdendem Ablegewinkel verschlechtert sich aber der Zusammenhalt der Spule. Daher ist dieses Verfahren nur begrenzt einsetzbar. Es hat aber den Vorteil, daß man durch die Wahl der Windungszahl die Spiegelbildung vermeiden kann.

Bei der gestuften Präzisionswicklung erfolgt der Wickelaufbau in mehreren Stufen. In jeder einzelnen Stufe nimmt die Changierfrequenz - wie bei der Präzisionswicklung - proportional mit der Spulendrehzahl ab. Wenn sich der kleinste noch zulässige Ablegewinkel eingestellt hat, wird die Changierfrequenz sprunghaft erhöht. Dadurch stellt sich eine neue, kleinere Windungszahl ein. Dieser Ablauf wiederholt sich, bis der vorgegebene Spulendurchmesser erreicht ist. Bei diesem Verfahren kann es vorkommen, daß bei der Erhöhung der Changierfrequenz die Windungszahl auf einen Spiegelwert oder in dessen Nähe fällt. Die Spiegelbildung tritt auch auf, wenn die Windungszahl nicht exakt mit dem Spiegelwert übereinstimmt, sondern in einen Bereich in der engeren Umgebung des Spiegelwertes liegt. Dieser Bereich wird nachfolgend als "kritischer Bereich" bezeichnet. Die Spiegelbildung kann dabei wesentlich ausgeprägter sein als bei der wilden Wicklung. Im Gegensatz zur wilden Wicklung, bei der sich die Windungszahl stetig ändert und den kritischen Bereich nach einer gewissen Zahl von Umdrehungen wieder verläßt, bleibt sie bei der gestuften Präzisionswicklung in der gesamten Stufe konstant. Dadurch können sich auch bei Ordnungszahlen zwei, drei, vier, ... ausgeprägte Spiegelwicklungen bilden.

Bei sehr hohen Ordnungszahlen werden aber naturgemäß auch bei diesem Wickelverfahren die Auswirkungen der Spiegel immer geringer, so daß sie schließlich in der Praxis nicht mehr stören. Es wäre daher nicht sinnvoll und - wie sich weiter unten zeigen wird - auch nicht möglich oder nur unter Inkaufnahme anderer Nachteile möglich, Maßnahmen zur Vermeidung von Spiegeln auf beliebig hohe Ordnungen auszudehnen. Es hat sich auch gezeigt, daß Spiegel gleicher Ordnungszahl unterschiedlich starke Auswirkungen haben können. Der Fachmann muß also in jedem Einzelfall unter besonderer Berücksichtigung der Ordnungszahl diejenigen Spiegelwerte festlegen, deren Vermeidung unter Abwägung der jeweiligen Umstände wünschenswert ist. Diese Spiegelwerte werden nachfolgend der Einfachheit halber als "gefährliche Spiegelwerte" bezeichnet. Zu den gefährlichen Spiegelwerten im Sinne der Erfindung gehören in jedem Falle die ganzen Zahlen und die halbzahlgigen Zwischenwerte. In den meisten praktischen Fällen gehören dazu auch Spiegelwerte mit höheren Ordnungszahlen, max. bis etwa zur zehnten Ordnung.

Die Erfindung geht von einem Verfahren aus, das durch die EP-A1-0 375 043 bekanntgeworden ist. Bei diesem Verfahren werden mittels eines Rechners die Windungszahlen der einzelnen Stufen errechnet. Die so errechneten Windungszahlen werden mit den gefährlichen Spiegelwerten verglichen. Ergibt sich dabei, daß der Abstand einer Windungszahl einen vorgegebenen Mindestabstand zu einem gefährlichen Spiegelwert unterschreitet, so wird mit einer korrigierten Windungszahl gearbeitet, die den Mindestabstand einhält. Der Mindestabstand wird dabei - übereinstimmend für alle gefährlichen Spiegelwerte - anhand eines Diagrammes definiert, in dem auf der Abszisse der momentane Spulendurchmesser und auf der Ordinate der momentane Ablegewinkel aufgetragen ist.

In jeder Stufe durchläuft der Arbeitspunkt eine hyperbelartige Arbeitslinie mit konstanter Windungszahl. Die Arbeitslinien müssen einen Mindestabstand von den verbotenen Linien einhalten, die den gefährlichen Spiegelwerten entsprechen. Der Mindestabstand ist definiert als der halbe Abstand der beiden am engsten benachbarten verbotenen Linien.

Ein ähnliches Verfahren ist durch die EP-A2-0 248 406 bekanntgeworden.

Mit einem Aufwickelverfahren in gestufter Präzisionswicklung befaßt sich auch die EP-A-0 401 781, Stand der Technik gemäß Artikel 54(3) EPÜ. Sie geht davon aus, daß bei Verwendung einer regelbaren Verbindung der Antriebe von Spule und Changiereinrichtung die Windungszahl periodisch um den gewünschten Sollwert schwankt. Der Spulenaufbau wird ungünstig beeinflusst, wenn die Windungszahl innerhalb des Regelbereichs Spiegelwerte durchläuft, und zwar selbst dann, wenn es sich um sehr hohe Spiegelwerte über 50 oder sogar über 100 handelt. Daher soll dafür gesorgt werden, daß im Bereich der Regelschwankungen der jeweiligen Windungszahl kein Spiegelwert anzutreffen ist, dessen Ordnungszahl unterhalb einer Grenze liegt, die vom Regelbereich abhängt.

Im Gegensatz zu den bisher erörterten Druckschriften befaßt sich die EP-A-0 093 258 mit dem Aufspulen in wilder Wicklung. Die Changierfrequenz wird bei Annäherung an einen Spiegelwert geändert, so daß ein vorgegebener Sicherheitsabstand eingehalten wird. Dieser ist für die einzelnen Spiegelwerte frei bestimmbar. Vorzugsweise ist er proportional zur Windungszahl. Dabei kann der Proportionalitätsfaktor im Verlauf der Spulenreise geändert werden, wobei zwischen Spiegeln erster Ordnung und Spiegeln höherer Ordnung unterschieden werden kann. Hierzu enthält die Schrift aber keine näheren Angaben.

Gemäß DE-A-3 521 120 werden bei wilder Wicklung ebenfalls die Spiegelwerte übersprungen. Hierzu stehen drei verschiedene Changierfrequenzen zur Verfügung, die vier verschiedene Frequenzsprünge ermöglichen. Bezüglich der Auswahl der Changierfrequenz und der Zuordnung der Frequenzsprünge zu den einzelnen Spiegelwerten legt sich die Schrift nicht genau fest. Aus Beispielen ist zu entnehmen, daß die Sprunghöhe, d.h. der Sicherheitsabstand, zwar für Spiegel erster Ordnung deutlich ist als für Spiegel höherer Ordnung. Zwischen den verschiedenen höheren Ordnungen ist aber kein markanter, von der Ordnungszahl abhängiger Unterschied erkennbar.

Jede Korrektur der errechneten Windungszahl bewirkt bei der gestuften Präzisionswicklung eine Einschränkung des nutzbaren Bereiches der Changierfrequenz und somit eine Verringerung der in der betroffenen Stufe aufwickelbaren Fadenlänge. Wenn beim Aufbau einer Spule mehrere Korrekturen erfolgen, kann sich dadurch die Anzahl der Stufen vergrößern. Es ist aber wünschenswert, die Zahl der Umschaltvorgänge so gering wie möglich zu halten, da jeder Umschaltvorgang eine kurzzeitige, kaum kontrollierbare Störung bedeutet. Daher sollte eine Korrektur nur dann durchgeführt werden, wenn tatsächlich die akute Gefahr der Spiegelbildung besteht. Aus dem gleichen Grunde sollte der korrigierende Eingriff so klein wie möglich gehalten werden. Dies ist noch aus einem weiteren Grunde erforderlich:

Ein zu großer Korrekturfaktor kann dazu führen, daß die Windungszahl zwar den einen kritischen Bereich mit Abstand meidet, dafür aber in einen kritischen Bereich anderer Ordnung hineinfällt. Wollte man z.B. einem Spiegel erster Ordnung ausweichen, indem man eine genau ganzzahlige Windungszahl um 0,2 vergrößert, so würde man dadurch in einen Spiegel fünfter Ordnung hineingeraten. Diese Überlegung zeigt, daß ein Zusammenhang zwischen der Korrektur der Windungszahl und der größten zu berücksichtigenden Ordnungszahl besteht: Um hohe Ordnungszahlen berücksichtigen zu können, muß die Korrekturgröße begrenzt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Gattung zu schaffen, welches es erlaubt, einerseits die Spiegelbildung bis zu höheren Ordnungszahlen zu vermeiden und andererseits die Anzahl und die Größe der korrigierenden Eingriffe in engen Grenzen zu halten.

Diese Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Die Zeichnung dient zur Erläuterung der Erfindung.

Die Figuren 1 bis 4 sind den Beispielen 1 bis 4 zugeordnet.

Figur 5 veranschaulicht die zugrundeliegenden Überlegungen der Erfinder.

Figur 6 zeigt schematisch eine Aufwickelvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß der Erfindung.

Figur 7 dient zur Gegenüberstellung der Erfindung mit dem Stand der Technik, wobei Figur 7a den Aufwickelvorgang gemäß Beispiel 1 und Figur 7b einen entsprechenden Aufwickelvorgang nach dem Stand der Technik darstellt.

In Figur 5 ist auf der Abszisse die gesamte vom Changierfadenführer zurückgelegte Wegstrecke s - unabhängig von der Bewegungsrichtung - aufgetragen. Auf der Ordinate ist der in Umfangsrichtung gemessene Abstand y des Fadenaufpunktes von einer auf der Spulenoberfläche liegenden, mitrotierenden, zur Achse parallelen Linie aufgetragen.

Bei einer Windungszahl $i = Z:M$ wird der jeweilige Ort des Fadenaufpunktes durch eine gerade Linie mit dem Anstieg

$$g = \frac{Z}{M} \cdot \frac{\pi D}{2H} = i \cdot \frac{\pi D}{2H}$$

symbolisiert. Diese ist in Figur 1 für das Beispiel $i = 3 : 2$ als durchgezogene Linie eingetragen. Bei der angegebenen Windungszahl $Z : M$ hat der Fadenführer genau M Doppelhübe zurückgelegt, wenn die Spule Z Umdrehungen gemacht hat. Er befindet sich so wieder genau über dem Startpunkt, so daß die neue Windung auf die bereits vorhandene Windung gelegt wird.

Die Spiegelbildung wird gemäß der Erfindung mit Sicherheit vermieden, indem man dafür sorgt, daß der Fadenaufpunkt nach Z Umdrehungen nicht die Strecke $M \cdot 2H$, sondern die kleinere Strecke $M \cdot 2H - a$ zurückgelegt hat; dabei ist der sogenannte Verlegeabstand a - gemessen von Fadenmitte bis Fadenmitte - größer als die Breite des aufliegenden Fadens. Das bedeutet für das Beispiel gemäß Figur 1, daß die durchgezogene Linie durch die gestrichelte Linie ersetzt wird, die einen etwas größeren Anstieg hat und daher einem entsprechend vergrößerten i entspricht. Allgemein berechnet man den vergrößerten Anstieg und die Zunahme der Windungszahl wie folgt:

$$q_{\text{korr}} = \frac{Z \cdot \pi D}{M \cdot 2H - a}$$

$$q_{\text{korr}} = \frac{Z \cdot \pi D}{M \cdot 2H \left(1 - \frac{a}{M \cdot 2H}\right)}$$

Mit der Abkürzung

$$(1) \quad X = \frac{a}{2H}$$

wird

$$q_{\text{korr}} = \frac{Z \cdot \pi D}{M \cdot 2H \left(1 - \frac{X}{M}\right)} = i \cdot \left(1 + \frac{X}{M - X}\right) \cdot \frac{\pi D}{2H}$$

Das bedeutet, daß man die Spiegelwicklung vermeidet, indem man mit einer Windungszahl $i + \Delta i$ arbeitet, welche von dem Spiegelwert i einen "kritischen Abstand" von mindestens

$$(2) \quad \Delta i = i \cdot \frac{X}{M - X}$$

einhält. Wenn dieser kritische Abstand nicht eingehalten wird, kann eine Spiegelwicklung auftreten.

Wenn sich bei einer Wicklungsstufe für den max. Ablegewinkel eine Windungszahl ergibt, die innerhalb eines kritischen Bereiches liegt, so wird erfindungsgemäß eine Korrektur durchgeführt, so daß die Windungszahl an den Rand des kritischen Bereiches verlegt wird, und zwar an den oberen Rand $i + \Delta i$ (durch
5 eine Verlegung an den unteren Rand $i - \Delta i$ würde zwar ebenfalls die Spiegelwicklung vermieden, aber gleichzeitig der Ablegewinkel über den festgelegten Maximalwert hinaus vergrößert).

Der kritische Abstand hängt gemäß Gleichung (2) von drei Größen ab: x , i , M . Die Größe x ist gemäß Gleichung (1) von dem Verlegeabstand a abgeleitet. Dieser wird erfindungsgemäß so klein wie möglich gehalten; er ist also grundsätzlich nur wenig größer als die Breite des aufliegenden Fadens. Andererseits
10 wird empfohlen, ihn unter Berücksichtigung der Antriebstoleranzen nicht alzu knapp zu bemessen. Je nach Qualität und sonstigen Eigenschaften des Antriebs kann ein Verlegeabstand erforderlich sein, der die Fadenbreite um ein mehrfaches übersteigt. Auch aus anderen Gründen ist es gelegentlich geboten, den Verlegeabstand deutlich größer zu wählen als es die Erfindung im Prinzip erfordert. Wenn z.B. im Zuge der Weiterverarbeitung der Faden mit hoher Geschwindigkeit überkopf wieder von der Spule abgezogen wird,
15 kann es bei zu kleinem Verlegeabstand durch Verhaken des Fadens zu Fadenrissen kommen. Aus diesen oder anderen Gründen, die nicht durch die Erfindung bedingt sind, können sich Verlegeabstände bis zur 10-fachen Fadenbreite oder sogar noch darüber hinaus ergeben. Es gehört nicht zur Erfindung, die exakte Größe des Verlegeabstandes vorzuschreiben. Kennzeichnend für die Erfindung ist, daß der Abstand zwischen einer korrigierten Windungszahl und dem benachbarten gefährlichen Spiegelwert gemäß Gleichung (2) in Abhängigkeit von der Windungszahl und der Ordnungszahl festgelegt wird, wobei während des gesamten Wickelvorganges von einem gleichbleibenden, zumindest der Fadenbreite entsprechenden Verlegeabstand ausgegangen wird. Die Erfindung macht sich den Umstand zunutze, daß die kritischen Abstände je nach Windungszahl und Ordnungszahl unterschiedlich groß sind.

Besonders wichtig ist die Abhängigkeit von der Ordnungszahl. Entsprechend der Breite der kritischen
25 Bereiche ist die Wahrscheinlichkeit, daß die Windungszahl zufällig in einen bestimmten kritischen Bereich höherer Ordnung fällt, um so geringer, je höher die Ordnungszahl ist. Dadurch wird die Berücksichtigung der höheren Ordnungen ermöglicht, ohne daß die Anzahl der erforderlichen Korrekturen übermäßig anwächst.

Die vorzunehmende Korrektur ist ebenfalls annähernd umgekehrt proportional zur Ordnungszahl M .
30 Wegen der Beziehungen

$$i = \frac{0}{f} \frac{1}{\Delta i} = - \frac{1}{\Delta f}$$

gilt das auch für die erforderliche Änderung der Changierfrequenz. Schon durch eine relativ geringe
35 Erniedrigung der anfänglichen Changierfrequenz ist es möglich, kritische Bereiche höherer Ordnung zu vermeiden. Der für die einzelnen Stufen zur Verfügung stehende Frequenzbereich wird um so weniger eingeeengt, je höher die Ordnungszahl ist. Die Frequenzen, die der Korrektur zum Opfer fallen, bilden das obere Ende des Frequenzbereiches. Den hohen Changierfrequenzen entsprechen die für den Zusammenhalt der Spule wichtigen großen Ablegewinkel. Auch aus diesem Grunde ist es ein großer Vorteil, daß das
40 obere Ende des Frequenzbereiches bei höheren Ordnungen nur wenig beschnitten wird.

Andererseits wird naturgemäß durch die Berücksichtigung der höheren Ordnungen die Anzahl der kritischen Bereiche stark erhöht. Das kann bei extrem hohen Ordnungszahlen dazu führen, daß die kritischen Bereiche sehr eng beieinander liegen oder sogar einander überschneiden. Daher darf die höchste zu berücksichtigende Ordnung eine gewisse Grenze nicht überschreiten, die insbesondere vom Fadenverlegeabstand abhängt.
45

Aus diesem Grunde wird der Verlegeabstand gemäß Anspruch 2 nicht größer als die doppelte Fadenbreite gewählt.

Gemäß Gleichung (2) ist der kritische Abstand im Bereich großer Windungszahlen, d.h. zu Beginn einer Spulenreise, größer als im Bereich niedriger Windungszahlen, also am Ende der Spulenreise. Das wird
50 gemäß Anspruch 3 ausgenutzt, indem am Ende der Spulenreise höhere Ordnungszahlen berücksichtigt werden als am Anfang.

Gemäß Anspruch 4 werden in mindestens einer Stufe Spiegelwerte bis mindestens zur fünften Ordnung berücksichtigt.

In vielen praktischen Fällen lassen sich schon zu Beginn der Spulenreise die Spiegelwerte bis zu einer
55 für die gesamte Spulenreise ausreichenden Ordnungszahl vermeiden; in derartigen Fällen wird gemäß Anspruch 5 die maximale Ordnungszahl, bis zu der die Korrekturen durchgeführt werden, während der ganzen Spulenreise konstant gehalten.

Gemäß Anspruch 6 werden alle Spiegelwerte mindestens bis zur dritten, vorzugsweise mindestens bis zur vierten Ordnung berücksichtigt.

Die Berechnung der Windungszahlen für die einzelnen Stufen erfolgt mit Hilfe eines Rechners. Dem Rechner werden die Basisparameter eingegeben. Dazu gehören die Fadengeschwindigkeit, die Hublänge, Anfangs- und Enddurchmesser der Spule, minimaler und maximaler Ablegewinkel (oder stattdessen minimale und maximale Changierfrequenz), Fadenverlegeabstand und insbesondere die gefährlichen Spiegelwerte.

Der Rechner ermittelt die Windungszahlen von Stufe zu Stufe. Er berechnet die zu der maximalen Frequenz der Stufe gehörende Windungszahl i und vergleicht diese mit den gefährlichen Spiegelwerten. Diese haben allgemein die Form

$$i_{\text{ganz}} + \frac{N}{M}$$

Der Rechner hat für alle gefährlichen Spiegelwerte festzustellen, ob das errechnete i in deren kritischen Bereich fällt, d.h. ob der Abstand kleiner ist als der durch Gleichung (2) gegebene kritische Abstand:

$$(3) \left| \left(i_{\text{ganz}} + \frac{N}{M} \right) - i \right| < i \cdot \frac{x}{M-x}$$

Wenn nein, wird mit der errechneten Windungszahl i gearbeitet. Wenn die Ungleichung (3) aber für einen bestimmten Spiegelwert

$$i'_{\text{ganz}} + \frac{N'}{M'}$$

erfüllt ist, wird eine korrigierte Windungszahl

$$(4) \quad i_{\text{kor}} = \left(i'_{\text{ganz}} + \frac{N'}{M'} \right) \cdot \left(1 + \frac{x}{M'-x} \right)$$

ermittelt. Mit der korrigierten Windungszahl wird die zu dem Spiegelwert

$$i'_{\text{ganz}} + \frac{N'}{M'}$$

gehörende Spiegelwicklung mit Sicherheit vermieden.

Insbesondere bei Spiegelwerten höherer Ordnung kommt es aber je nach Größe des kritischen Abstandes gelegentlich zu Überlappungen benachbarter kritischer Bereiche, so daß die korrigierte Windungszahl zwar den einen kritischen Bereich meidet, aber dafür in den kritischen Bereich eines benachbarten Spiegelwertes hineinfällt. Um dies zu vermeiden, wird sicherheitshalber eine Kontrollrechnung durchgeführt, indem in der Ungleichung (3) die Windungszahl i durch die korrigierte Windungszahl ersetzt wird. Wenn dann die Ungleichung für keinen gefährlichen Spiegelwert erfüllt ist, wird mit der korrigierten Windungszahl gearbeitet, ohne daß eine Spiegelwicklung zu befürchten ist. Wenn die Ungleichung aber für einen bestimmten Spiegelwert erfüllt ist, wird durch analoge Anwendung der Beziehung (4) eine neue Windungszahl ermittelt. Diese neue Windungszahl wird in vielen in der Praxis vorkommenden Fällen selbst bei Berücksichtigung relativ hoher Ordnungszahlen eine spiegelfreie Wicklung ermöglichen. Im Prinzip kann aber durch erneute analoge Anwendung der Ungleichung (3) und der Beziehung (4) eine erneute Prüfung und ggf. Korrektur vorgenommen werden.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahren dient z.B. eine in Figur 6 schematisch dargestellte Vorrichtung. Zwei Spulen 1 werden durch eine Treibwalze 2 am Umfang angetrieben. Die Treibwalze 2 wird durch einen Motor 3 in Umdrehung versetzt. Ein Wechselrichter 4 hält die Motordrehzahl konstant auf einem vorgegebenen Wert.

Die entsprechend dem zunehmenden Durchmesser der Spulen 1 abfallende Spulendrehzahl wird durch einen Drehzahlnehmer 5 erfaßt. Ein entsprechendes Signal wird einem Rechner 6 zugeführt. Der

Rechner 6 steuert über einen Wechselrichter 7 die Drehzahl des Antriebsmotors 8 einer Changiervorrichtung 9.

Zur weiteren Verdeutlichung der Wirkungsweise der Erfindung dienen die nachfolgenden Beispiele 1 bis 4. Es versteht sich, daß zu diesem Zweck verhältnismäßig einfache Fälle ausgewählt worden sind. Dadurch sollten einerseits die Effekte verdeutlicht und andererseits eine Überladung der Beispiele und der Zeichnungen mit verwirrenden Einzelheiten vermieden werden. Aus diesem Grunde wurden für den Verlegeabstand a Werte eingesetzt, die im oberen Randbereich des praxisüblichen Spektrums liegen. Es wurden nur relativ niedrige Ordnungszahlen berücksichtigt, obwohl die eigentlichen Vorteile der Erfindung in vielen praktischen Fällen gerade bei Berücksichtigung höherer Ordnungszahlen zur Geltung kommen. Die Spulenreise ist bei den Beispielen relativ kurz gewählt worden, so daß sie nur 6 bis 7 Stufen umfaßt. In vielen praktischen Fällen umfaßt sie etwa 15 -30 Stufen. Die zugrunde gelegten Windungszahlen und die Ablegewinkel sind repräsentativ für die übliche Praxis.

In den zugeordneten Figuren 1 bis 4 sind die kritischen Bereiche der längs der Ordinate angegebenen Spiegelwerte durch eine Schraffierung hervorgehoben.

Bei Beispiel 1 hat man die Spiegel bis zur zweiten Ordnung berücksichtigt. Die berechneten Windungszahlen liegen nicht in den kritischen Bereichen, so daß keine Korrekturen erforderlich sind.

Bei Beispiel 2 sind ebenfalls alle Spiegel bis zur zweiten Ordnung berücksichtigt worden. Es wird eine Korrektur vorgenommen, um dem Spiegelwert $i = 2,5$ auszuweichen.

Bei der Spulenreise gemäß Beispiel 3 sind Spiegel bis zur fünften Ordnung berücksichtigt worden. Dabei sind folgende Korrekturen erforderlich:

Zur Vermeidung des Spiegels bei $i = 3,75$ wird die Windungszahl zunächst auf $i = 3,781$ korrigiert. Diese Windungszahl liegt jedoch im kritischen Bereich des Spiegelwertes $i = 3,8$. Daher ist eine weitere Korrektur erforderlich, die zur Windungszahl $i = 3,825$ führt. Zur Vermeidung des Spiegels bei $i = 2,5$ wird ein weiterer korrigierender Eingriff vorgenommen.

Bei Beispiel 4 sind die Spiegel bis zur dritten Ordnung berücksichtigt worden. Bei diesem Beispiel hat man die Größe x noch größer gewählt als bei den anderen Beispielen. Infolgedessen sind die kritischen Bereiche besonders breit und die Zwischenräume entsprechend eng. Bei zusätzlicher Berücksichtigung der vierten Ordnung würden - wie anhand einiger gestrichelt eingetragener kritischer Bereiche vierter Ordnung erkennbar - Überschneidungen und Engstellen auftreten. Das Beispiel illustriert, daß unter ungünstigen Randbedingungen die Vermeidung von Spiegeln höherer Ordnung erschwert oder unmöglich wird. Es zeigt aber auch, daß die Erfindung selbst unter den angenommenen extrem ungünstigen Bedingungen noch die Vermeidung von Spiegelwicklungen bis zur dritten Ordnung erlaubt.

Figur 7a symbolisiert die Spulenreise gemäß Beispiel 1 in einer anderen Darstellungsweise, in der auf der Ordinate der momentane Ablegewinkel eingetragen ist. Die kritischen Bereiche der Spiegelwerte sind wieder durch Schraffierung hervorgehoben. Deutlich erkennbar ist ihre unterschiedliche Breite.

Die mit starken, durchgezogenen Linien gezeichnete sägezahnartige Arbeitskurve hat insgesamt sechs hyperbelartige Abschnitte, die den Weg des Arbeitspunktes in den sechs Stufen des Wickelvorganges illustrieren. Sie verlaufen in den Zwischenräumen zwischen den verschiedenen kritischen Bereichen, so daß ohne Korrektur eine spiegelfreie Wicklung gewährleistet ist.

Figur 7b veranschaulicht einen von den gleichen Randbedingungen ausgehenden Wickelvorgang nach dem Stand der Technik. Die Breite der mit Schraffierung versehenen verbotenen Bereiche ist durch den Abstand der Spiegelwerte 4 und 4,5 gegeben. Sie ist für alle Spiegelwerte gleich groß. Obwohl die Abstände zwischen den verbotenen Bereichen im Vergleich zur Figur 7a deutlich enger sind, stimmt die Arbeitskurve bis zur vierten Stufe nahezu mit der Arbeitskurve gemäß Figur 7a überein. Beim Übergang zur fünften Stufe wird aber wegen der größeren Breite des zu $i = 2,5$ gehörenden verbotenen Bereiches eine erste Korrektur durchgeführt. Dadurch ist die fünfte Stufe erheblich verkürzt. Dem entsprechend beginnt die sechste Stufe schon deutlich früher als bei Figur 7a. Dadurch bedingt, wird eine zusätzliche siebte Stufe erforderlich. Beim Übergang zur siebten Stufe wird zur Vermeidung des verbotenen Bereiches eine weitere Korrektur vorgenommen.

Beispiele

5

10

	1	2	3	4
V_F (m/min)	4800	4800	4800	4800
H (m)	0,17	0,17	0,17	0,17
D_{min} (m)	0,184	0,184	0,184	0,184
D_{max} (m)	0,4	0,4	0,4	0,4
α_{min}	7°	6,8°	6,8°	7°
α_{max}	8°	7,8°	7,8°	8°
a (m)	0,01	0,01	0,011	0,017
x	0,0294	0,0294	0,0324	0,05

15

Liste der Bezeichnungen

n	Drehzahl der Spule
f	Changierfrequenz
$i = \frac{D}{f}$	Windungszahl
iganz	Ganze Zahl, die sich aus der Windungszahl ergibt, indem man etwaige Dezimalstellen wegläßt (z.B. zu $i = 3,74$ gehört $iganz = 3$)
$iganz + \frac{N}{M}$	Spiegelwert
Δi	Kritischer Abstand
$M = 1,2,3,\dots$	Ordnungszahl
$N = 0,1,2,\dots$	Ganze Zahl
Z	Ganze Zahl
a	Verlegeabstand
b	Breite des aufliegenden Fadens
$x = \frac{a}{2H}$	relativer Verlegeabstand
H	Changierhub (Länge der Wicklung)
D	Spulendurchmesser
α	Ablegewinkel
V_F	Fadengeschwindigkeit

35

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufspulen eines kontinuierlich zugeführten Fadens auf einer mit gleichbleibender Umfangsgeschwindigkeit rotierenden Spule in gestufter Präzisionswicklung, mit folgenden Merkmalen:
- a) die Frequenz, mit der der Faden changiert wird, wird in jeder Stufe proportional zur Spulendrehzahl bis auf eine feste Mindestfrequenz vermindert und dann sprunghaft auf die Anfangsfrequenz der folgenden Stufe erhöht,
- b) die Anfangsfrequenz der folgenden Stufe ist gleich einer festen Maximalfrequenz, wenn die zugehörige Windungszahl von allen gefährlichen Spiegelwerten mindestens einen vorgegebenen Abstand einhält,
- c) wenn jedoch die zur Maximalfrequenz gehörende Windungszahl den Mindestabstand zu einem gefährlichen Spiegelwert nicht einhält, wird eine vergrößerte Windungszahl eingestellt, die von diesem Spiegelwert mindestens den vorgegebenen Abstand einhält,
- dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand der vergrößerten Windungszahl von dem nächstliegenden gefährlichen Spiegelwert der Beziehung genügt

55

$$\Delta i = i \frac{x}{M - x}$$

wobei die Symbole folgende Bedeutung haben:

i	Windungszahl
M	Ordnungszahl

$x = \frac{a}{2H}$ relativer Verlegeabstand
 a Verlegeabstand
 H Changierhub

und wobei der Verlegeabstand (a) mindestens gleich der Breite des aufliegenden Fadens ist.

5

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Verlegeabstand a nicht größer als die doppelte Breites des aufliegenden Fadens ist.

10

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß mit zunehmendem Spulendurchmesser die maximale Ordnungszahl der berücksichtigten Spiegelwerte zunimmt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß in mindestens einer Stufe Spiegelwerte mindestens bis zur fünften Ordnung berücksichtigt werden.

15

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die maximale Ordnung der berücksichtigten Spiegelwerte für alle Stufen gleich groß ist.

20

6. Verfahren nach einem dieser Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß in allen Stufen die Spiegelwerte mindestens bis zur dritten Ordnung, vorzugsweise mindestens bis zur vierten Ordnung berücksichtigt werden.

Claims

25

1. A process for spooling a continuously supplied thread on a spool which rotates at constant peripheral speed with stepped precision winding, having the following features:

a) in each step, the frequency at which the thread is reciprocated is reduced proportionally to the spool speed until it reaches a fixed minimum frequency and is then increased abruptly to the initial frequency of the next step,

30

b) the initial frequency of the next step is equal to a fixed maximum frequency if the associated winding number maintains at least a predetermined difference from all the hazardous mirroring values,

c) but if the winding number associated with the maximum frequency does not maintain the minimum difference from a hazardous mirroring value, then an increased winding number which maintains at least the predetermined difference from this mirroring value is set,

35

characterized in that the difference between the increased winding number and the closest hazardous mirroring value fulfils the equation

40

$$\Delta i = \frac{i - x}{M - x}$$

where the symbols have the following meanings:

45

i winding number
 M ordinal
 $x = \frac{a}{2H}$ relative laying spacing
 a laying spacing
 H reciprocating stroke

and where the laying spacing (a) is at least equal to the width of the thread laid on.

50

2. A process according to Claim 1, characterized in that the laying spacing a is not larger than twice the width of the thread laid on.

55

3. A process according to Claim 1 or 2, characterized in that as the spool diameter increases the maximum ordinal of the mirroring values taken into account increases.

4. A process according to one of Claims 1 to 3, characterized in that, in at least one step, mirroring values are taken into account at least to the fifth order.

5. A process according to one of Claims 1 to 4, characterized in that the maximum order of the mirroring values taken into account is the same for all steps.
6. A process according to one of said Claims 1 to 5, characterized in that, in all steps, the mirroring values are taken into account at least to the third order, preferably at least to the fourth order.

Revendications

1. Procédé d'enroulement d'un fil alimenté en continu sur une bobine tournant à une vitesse périphérique constante, en un enroulement de précision étagé, présentant les particularités suivantes :

- a) la fréquence à laquelle le fil est guidé en va-et-vient est réduite à chaque étage de manière proportionnelle au nombre de tours de la bobine jusqu'à une fréquence minimale fixe et elle est ensuite brusquement augmentée à la fréquence de départ de l'étage suivant,
- b) la fréquence de départ de l'étage suivant est égale à une fréquence maximale fixe lorsque le nombre de spires correspondant respecte au moins une distance prédéterminée de toutes les valeurs image dangereuses,
- c) cependant, si le nombre de spires correspondant à la fréquence maximale ne respecte pas la distance minimale par rapport à une valeur image dangereuse, un nombre de spires agrandi, qui respecte au moins la distance prédéterminée de cette valeur image, est ajusté,

caractérisé en ce que la distance entre le nombre de spires agrandi et la valeur image dangereuse la plus proche satisfait à la relation

$$\Delta i = i \frac{x}{M-x}$$

où les symboles ont la signification suivante :

- i nombre de spires
M nombre d'ordres

$$x = \frac{a}{2H} \text{ distance de pose relative}$$

- a distance de pose
H course de va-et-vient

et où la distance de pose (a) est au moins égale à la largeur du fil appliqué.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la distance de pose (a) n'est pas plus grande que le double de la largeur du fil appliqué.
3. Procédé suivant l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le nombre d'ordre maximal des valeurs image prises en compte augmente pour un diamètre de bobine croissant.
4. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que dans au moins un étage des valeurs image au moins jusqu'au cinquième ordre sont prises en compte.
5. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'ordre maximal des valeurs image prises en compte est identiquement grand pour tous les étages.
6. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que dans tous les étages les valeurs image sont prises en compte au moins jusqu'au troisième ordre, de préférence au moins jusqu'au quatrième ordre.

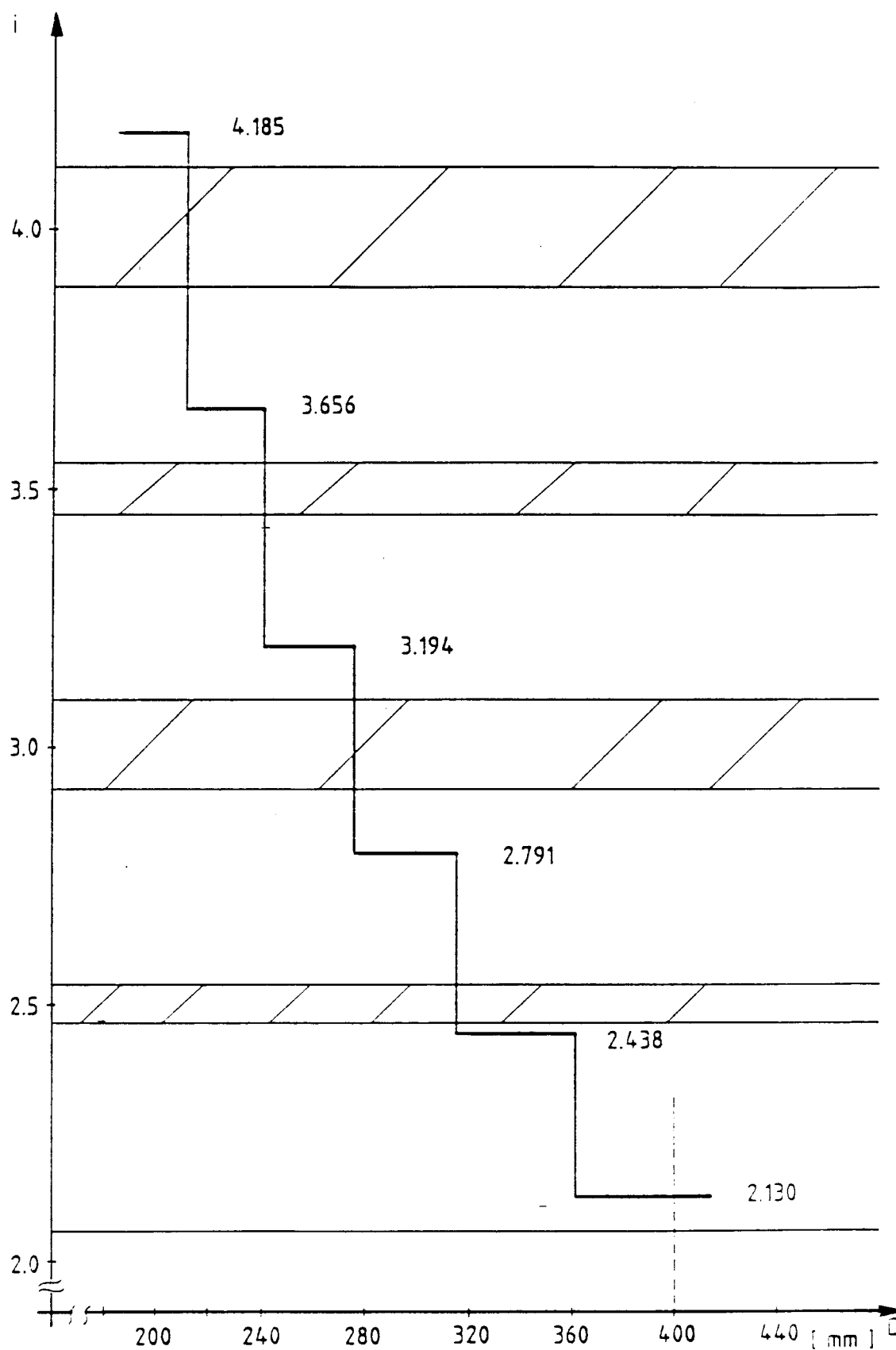


Fig. 1

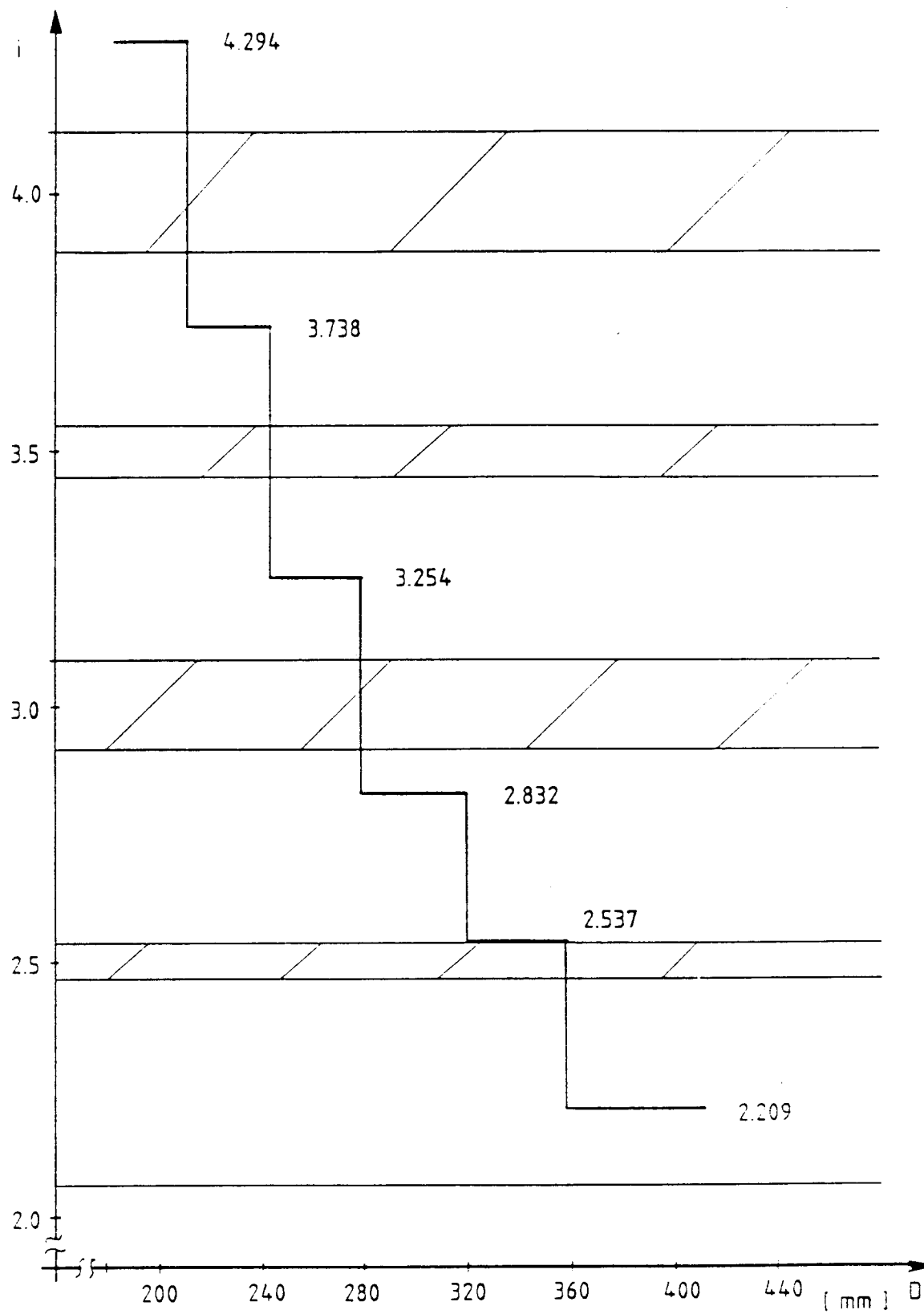


Fig. 2

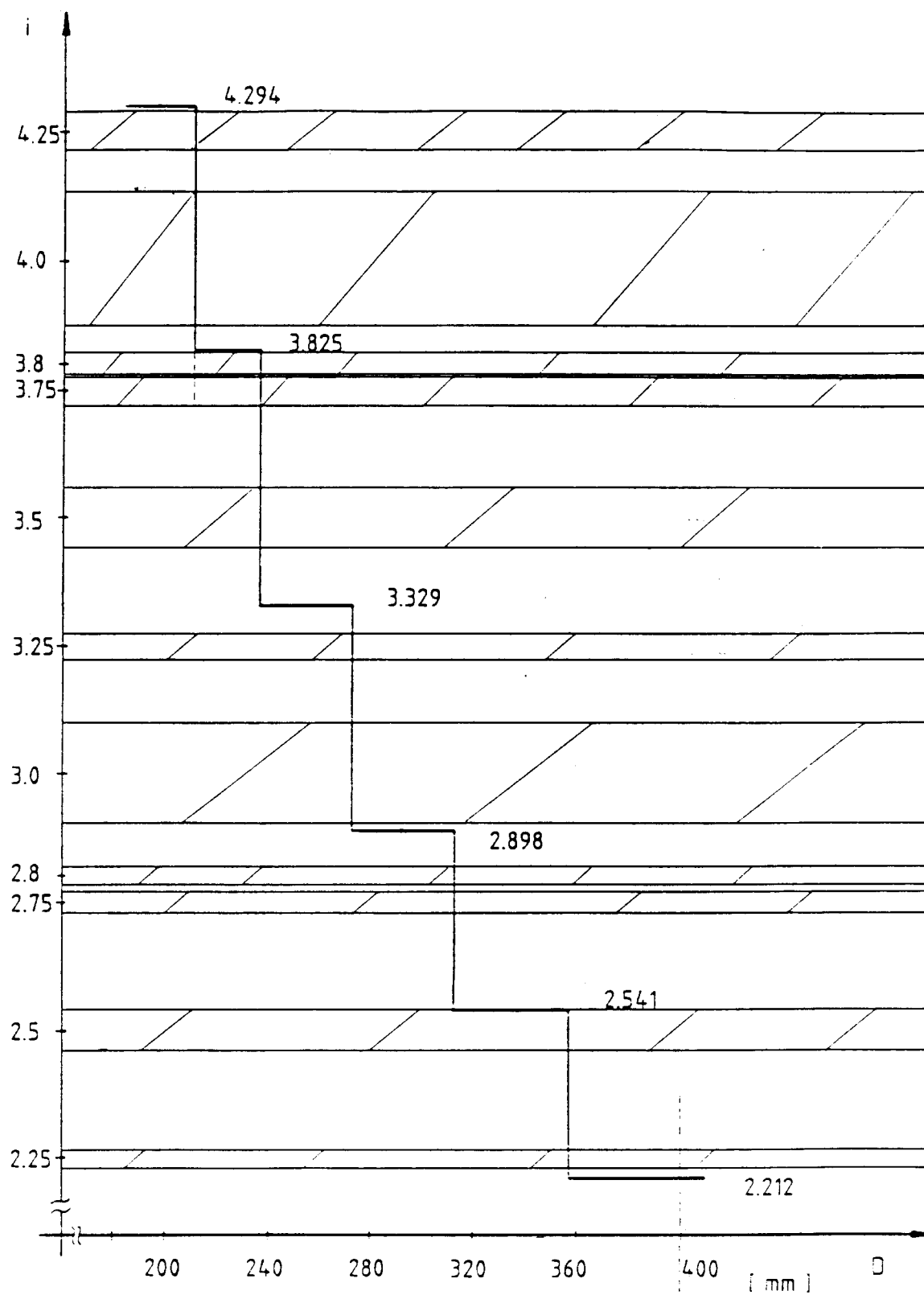


Fig. 3

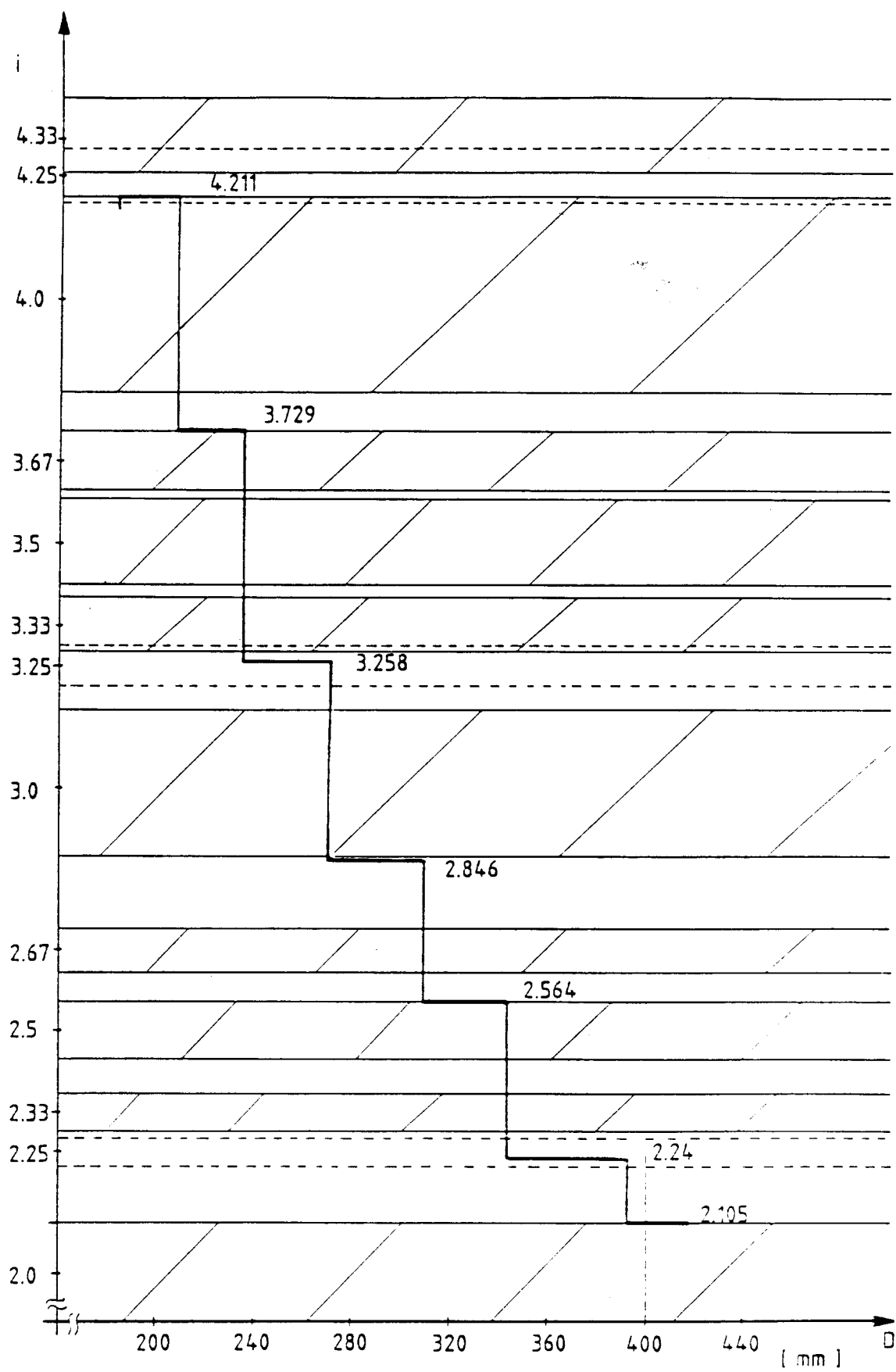


Fig. 4

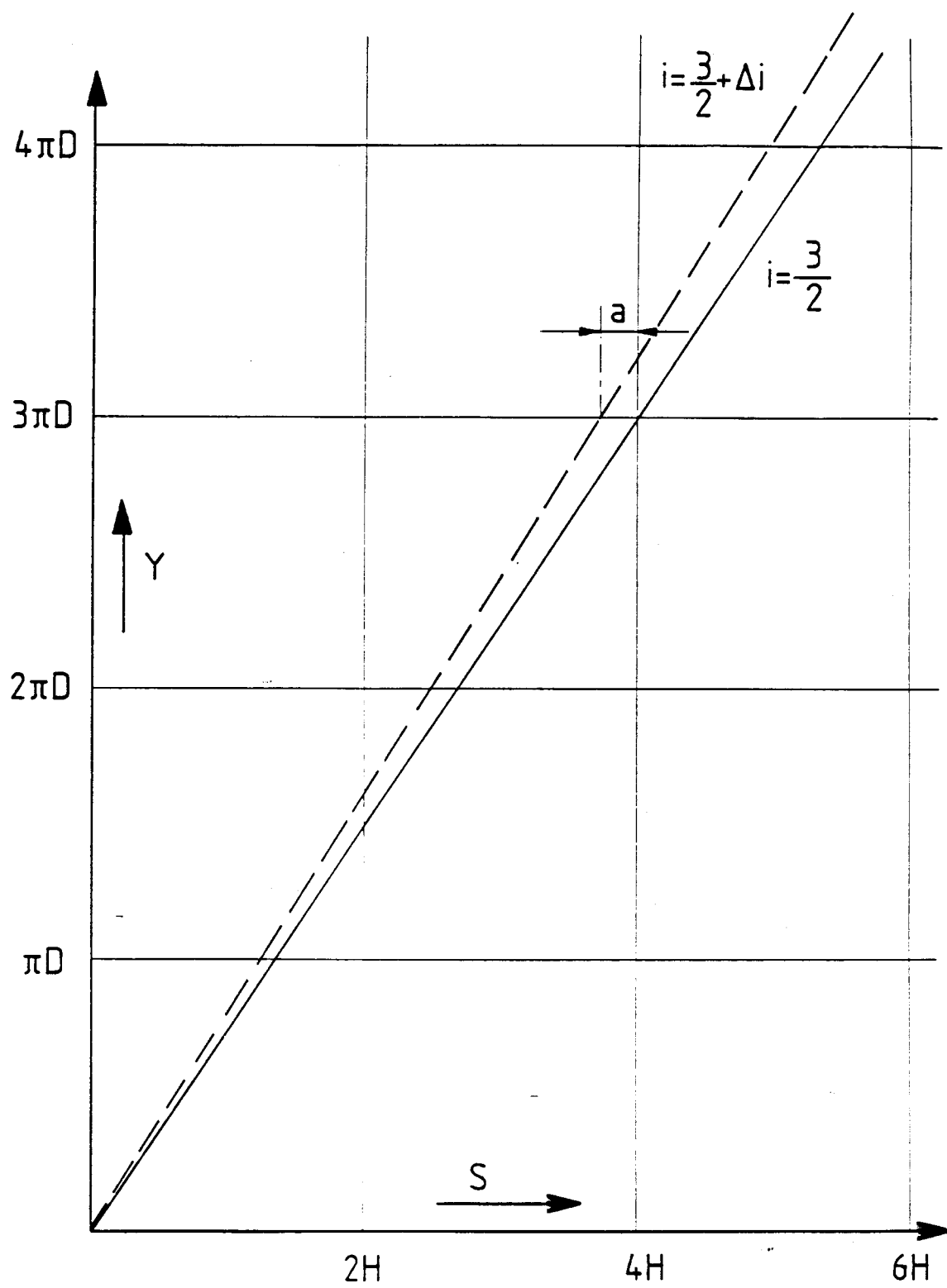


Fig. 5

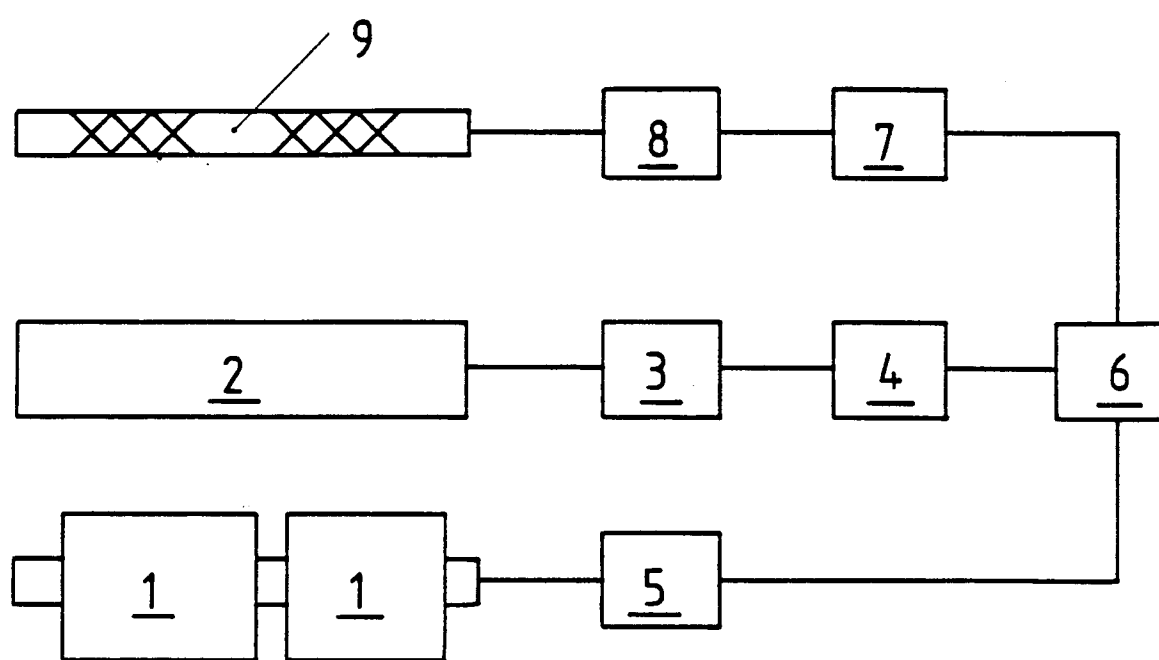


Fig. 6

