

PATENTAMT der DDR

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP H 01 F / 327 263 7

(22) 05.04.89

(44) 01.08.90

(71) Technische Universität Dresden, Direktorat Forschung, Mommsenstraße 13, Dresden, 8027, DD

(72) Hoppe, Jens, Dipl.-Ing.; Tzscheuschler, Rolf, Prof. Dr.-Ing., DD

(73) siehe (71)

(54) Verfahren zur Herstellung eines lamellierten Magnetkernes oder von lamellierten Magnetkernteilen bzw. von lamellierten Kompaktblechen von L-, U- oder quadratischer Form

(55) Magnetkern, lamelliert; Magnetkernteil, lamelliert; Kompaktblech, lamelliert; Magnetmaterial, amorph; Magnetband, dünn; Falten; Schwenken; Faltlänge, alternierend; Magnetkernteil, L-förmig; Magnetkernteil, U-förmig; Magnetkern, geschlossen

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines lamellierten Magnetkernes, von lamellierten Magnetkernteilen bzw. sogenannter lamellierter Kompaktbleche aus sehr dünnen Magnetbändern, z. B. aus amorphem Magnetmaterial, für elektrische Induktionsapparate. Die übereinander angeordneten Magnetbänder werden zunächst durch gleichzeitiges und gemeinsames Falten mäanderförmig verformt. Es entstehen somit I-förmige Bandstapel. Dabei wird die Faltlänge aller Bänder alternierend mit unterschiedlicher Länge gewählt, wobei die Differenz der Faltlängen bzw. gleich oder annähernd gleich der Bandbreite B oder der doppelten Bandbreite der Magnetbänder gewählt wird. Anschließend werden Teile des Bandstapels in Längsrichtung des ursprünglichen Bandstapels herausgezogen und verschwenkt. Fig. 1, 2

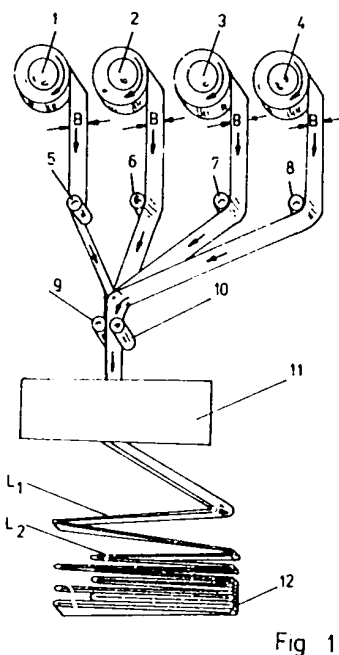


Fig. 1

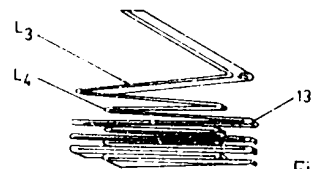


Fig. 2

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung eines lamellierten Magnetkernes oder von lamellierten Magnetkernteilen bzw. von Kompaktblechen von L-, U- oder quadratischer Form für elektrische Induktionsapparate aus dünnsten Bändern, z. B. aus amorphem Magnetmaterial, bei dem zunächst durch gleichzeitiges und gemeinsames Falten von übereinander angeordneten Bändern durch mäanderförmiges Verformen I-förmige Bandstapel hergestellt werden und anschließend ein oder mehrere, von zu gleichen Bändern gehörende Teilstapel aus dem I-förmigen Bandstapel herausgezogen und durch einmaliges Schwenken zu L-förmigen, durch zweimaliges Schwenken zu U-förmigen oder durch dreimaliges Schwenken zu quadratischen Magnetkernen, Magnetkernteilen oder Kompaktblechen geformt werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Faltlängen (L_1, L_2, L_3, L_4) aller parallel ausgeführten Bänder (1, 2, 3, 4) alternierend mit unterschiedlicher Länge ausgeführt werden und die Differenz der Faltlängen $L_1 - L_2$ bzw. $L_3 - L_4$ gleich oder annähernd gleich der Breite B oder der doppelten Breite der übereinander angeordneten Bänder (1, 2, 3, 4) gewählt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Faltung so gewählt wird, daß entweder einseitig oder beidseitig des I-förmigen Bandstapels die Bänder mit der großen Faltlänge aus dem Stapel um eine Bandbreite herausragen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der alternierende Übergang von einer langen Faltlänge auf eine kurze Faltlänge bzw. von einer kurzen Faltlänge auf eine lange Faltlänge nach einer Anzahl gleicher Faltlängen durchgeführt wird.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines lamellierten Magnetkernes oder von lamellierten Magnetkernteilen bzw. von Kompaktblechen von L-, U- oder quadratischer Form für elektrische Induktionsapparate aus dünnsten Bändern, z. B. aus amorphem Magnetmaterial. Derartige Magnetkerne werden bevorzugt für elektrische Übertrager, Transformatoren und Wandler benötigt; solche Magnetkernteile sind zur Herstellung kompletter Magnetkerne geeignet. Die auf diese Weise erzeugten Magnetkernteile oder Kompaktbleche sind besonders geeignet für die Anwendung konventioneller Methoden des Kernlegens bzw. Einschichtens bei gleichzeitigem Einsatz von amorphem Magnetmaterial.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Amorphes Magnetmaterial liegt auf Grund der bei seiner Herstellung angewandten technologischen Prozesse in dünnen Bändern begrenzter Breiten aber praktisch unbegrenzter Länge vor. Damit scheiden formgerechtes Schneiden und Schichten (Verschachteln) einzelner Folien bei der Herstellung von Magnetkernen aus praktischen Erwägungen heraus aus. Die in Dicken von etwa 0,025 mm bis 0,050 mm anfallenden amorphen Magnetbänder wurden daher überwiegend aufgewickelt und in Form von Wickelbandkernen zur Anwendung gebracht.

Ferner ist es bekannt, diese Wickelbandkerne aufzuschneiden und als Schnittbandkerne weiter zu verarbeiten. Während Bandkerne für Wicklungen hoher Windungszahlen ungeeignet sind, treten bei Verwendung von Schnittbandkernen die erforderlichen besonderen Trennverfahren bei amorphem Material, die Probleme durch das Vorhandensein von Luftspalten und der besondere konstruktive Aufwand für die Pressung der Magnetkernteile nachteilig in Erscheinung (z. B. DD-PS 221301). Des weiteren ist es zur Behebung der Verarbeitungsschwierigkeiten extrem dünner Folien bekannt, mehrere solcher bandförmiger Folien zu Laminaten zu verbinden und in Form von Blechen zur Verfügung zu stellen.

Diese Lamine sind für die Anwendung in Leistungstransformatoren, z. B. in Verteilertansformatoren geeignet (Fish, E.: Recent Developments In Low Core Loss Materials For Power Transformers. Canadian Electrical Association Paper Transformer Subsection. Montreal: Quebec 25.3.1985). Ferner wurde bereits vorgeschlagen, Kompaktbleche durch Laminierung dünner Folien dadurch zu erzeugen, daß zunächst Folien zu Wickelbandkernen gewickelt und anschließend durch Pressung zu ebenen Blechstapeln verformt werden (DD-WP H01F/3171654). Diese Blechstapel haben eine I-förmige Gestalt und sind in geringer Höhe als Magnetkernteile bzw. Kompaktbleche zum Schichten von kompletten Magnetkernen geeignet. In entsprechender Höhe können derartig hergestellte ebene Folienstapel als I-förmige Magnetkerne Anwendung finden. Allerdings ist hier von gewissem Nachteil, daß die Längsenden der Folienstapel eine konvexe Gestalt aufweisen.

Zur Herstellung von Magnetkernen bzw. von Magnetkernteilen ist es ferner bekannt, Magnetbänder zu falten. So ist es bekannt, die Joche von Leistungstransformatoren, die als Tempeltyp ausgeführt sind, durch Falten von ein oder mehreren bereitgestellten amorphen Bändern herzustellen (EP A1 0151048). Des weiteren ist es bekannt, Magnetkerne mit kreisringförmigem Querschnitt und einer Bauhöhe, die der Bandbreite entspricht, dadurch zu erzeugen, daß die Bleche mit zunächst zunehmender Faltenlänge und nach Erreichen des Kerndurchmessers mit abnehmender Faltenlänge gefaltet werden (DD PS 73587). Dieses Verfahren ist bei den Bandbreiten, in der zur Zeit amorphes Material zur Verfügung steht, nur sehr beschränkt einsetzbar; außerdem entsteht kein geschlossener Magnetkreis.

Gefaltene Bleche aus dünnem, aber nicht amorphem Magnetmaterial zur Herstellung von U-förmigen Kernen nach formgerechtem Schneiden sind ebenfalls bekannt (DE A1 3137391). Hier werden aus einem endlosen Band rechteckförmige

Blechteile ausgestanzt und das verbleibende Band anschließend zickzackförmig gefaltet. Dieses Verfahren ist nicht abfallfrei und hat zur Voraussetzung, daß es pro Blech eines Stanzschnittes bedarf.

Des weiteren wurde bereits ein Herstellungsverfahren vorgeschlagen, bei dem ein lamellierter Magnetkern bzw. ein lamelliertes Magnetkernstück oder ein sogenanntes Kompaktblech aus amorphem Material ohne formgerechtes Schneiden in L-förmiger, U-förmiger oder quadratischer Gestalt erzeugt wird. Bei diesem Verfahren werden zunächst Bänder aus amorphem Material übereinander angeordnet und gleichzeitig und gemeinsam gefaltet. Der auf diese Weise hergestellte L-förmige Bandstapel wird auseinandergezogen und der herausgezogene Teil verschwenkt. Durch nochmaliges Herausziehen eines Bandstapels und anschließendes Verschwenken des herausgezogenen Teiles entsteht ein U-förmiges Magnetkernstück bzw. ein Kompaktblech U-förmiger Gestalt, während nach dreimaligem Herausziehen und Verschwenken ein geschlossener Magnetkern hergestellt werden kann (WP H01F/321553). Die auf diese Weise hergestellten Magnetkerne, Magnetkernstücke bzw. Kompaktbleche weisen allerdings den Nachteil auf, daß sie in ihren Ecken, also dort, wo die einzelnen Schenkel ineinander bzw. in die Joche übergehen, eine doppelte Stapelhöhe besitzen.

Ziel der Erfindung

Die Erfindung verfolgt das Ziel, den Einsatz von amorphen Magnetmaterialien mit ihren günstigen und genau einstellbaren magnetischen Eigenschaften zu ermöglichen und gleichzeitig die diesen Magnetmaterialien anhaftenden Nachteile bzgl. ihrer technologischen Verarbeitbarkeit, die durch ihre geringe Dicke und ihre schlechte Stanzbarkeit charakterisiert sind, weitestgehend zu umgehen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dem L-förmige, U-förmige oder quadratische Magnetkerne, Magnetkernstücke oder Kompaktbleche durch Falten von Bändern, Herausziehen von Teilstapeln und deren Verschwenken erzeugt werden, wobei Teile entstehen sollen, die in ihren Ecken keine erhöhte Stapelhöhe aufweisen. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Faltlänge aller parallel in eine Falteinrichtung eingeführten Bänder alternierend mit unterschiedlicher Länge ausgeführt wird und die Differenz der Faltlängen gleich oder annähernd gleich der Bandbreite oder der doppelten Bandbreite gewählt wird. In dem Fall, wo sich die Faltlänge um eine Bandbreite unterscheidet, erfolgt die Faltung derart, daß an dem einen Ende des L-förmigen Bandstapels alle Bänder bündig abschließen, während am anderen Ende die Bandteile mit der kurzen Faltlänge um eine Bandbreite zurückstehen. Das Herausziehen des Bandstapels und das Verschwenken erfolgt dabei in dem Richtungssinn, wo die unterschiedlichen Faltlängen vorhanden sind. Durch das Verschwenken bildet sich somit auch die Überlappung der beiden L-förmigen Bandstapel bzw. ein L-förmiges Teil, ohne das es im Eckbereich zu einer doppelten Stapelhöhe kommt. In dem Fall, wo sich die Faltlängen um die doppelte Bandbreite unterscheiden, erfolgt die Faltung derart, daß an beiden Enden des L-förmigen Bandstapels die Bandteile mit der kurzen Faltlänge um jeweils eine Bandbreite zurückstehen. Dabei entsteht ein Magnetkernstück bzw. ein Kompaktblech, daß in den Endbereichen der Schenkel und zwar auf einer Länge, die der Bandbreite B entspricht, einen Querschnitt des Schenkelendes aufweist, der sich auf die Hälfte des Querschnittes des Schenkels verringert. Das Ende dieser Magnetkernstücke bzw. Kompaktbleche ist dabei unverformt gezeigt und erfordert ein Einschichten mit dem Magnetkernstück eines zweiten L-förmigen Teiles. Es ist auch möglich, dieses Schenkelende durch Zusammenpressen so zu verformen, daß sich alle zugehörigen Bänder berühren, so daß das zur Ergänzung eines geschlossenen Magnetkreises notwendige zweite L-förmige Teil aufgelegt werden kann. Für den Vorgang des Verschwenkens kann es zweckmäßig sein, den alternierenden Wechsel von langen zu kurzen Faltlängen bzw. von kurzen zu langen Faltlängen nicht von einer Faltung zur nächsten Faltung, sondern mehrere Faltungen einer Faltungslänge aufeinanderfolgend durchzuführen und sodann zu einer anderen Faltungslänge überzugehen.

Ausführungsbeispiel

In den Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1: eine prinzipielle Anordnung von Vorratsrollen, in der amorphe Magnetbänder zusammengeführt und so gefaltet werden, daß sie einen L-förmigen Stapel bilden, dessen Bandenden auf einer Seite bündig und auf der anderen Seite alternierend versetzt sind,
- Fig. 2: eine Anordnung wie in Figur 1, bei der eine Faltung so erfolgt, daß die Bandteile mit der kurzen Faltlänge beidseitig im Bandstapel um eine Bandbreite zurückgesetzt sind,
- Fig. 3: einen L-förmigen Bandstapel, gewonnen in einer Anordnung nach Figur 2, bei dem die Hälfte des Bandstapels herausgezogen und teilweise verschwenkt wurde,
- Fig. 4: ein erfindungsgemäß hergestelltes Magnetkernstück bzw. Kompaktblech, daß an allen Stellen den gleichen Querschnitt aufweist,
- Fig. 5: ein erfindungsgemäß hergestelltes Magnetkernstück bzw. Kompaktblech, das aus einem Bandstapel nach Figur 2 gewonnen wurde und das an beiden Enden der Schenkel des L-förmigen Teiles einen Querschnitt, der um 50% vermindert ist, aufweist.

In der Figur 1 sind vier Vorratsrollen 1; 2; 3 und 4 vorgesehen, die dünne magnetische Bänder aus amorphem Material enthalten. Das Magnetmaterial besteht aus Fe₈₀B₁₄Si₆, hat die Eigenschaft, daß es faltbar ist. Es weist eine Bandbreite B von 20 mm und eine Bandstärke von etwa 0,025 mm auf. Die von diesen Vorratsrollen entnommenen Bänder aus Magnetmaterial werden über Führungsrollen 5; 6; 7 und 8 geführt, dort gegebenenfalls mit isolierenden und/oder klebenden Substraten versehen und durch

Transportrollen 9 und 10 zusammengeführt und zu einer Falteinrichtung 11 geführt. Die Falteinrichtung 11 bewirkt die gemeinsame und gleichzeitige Faltung der von den Vorratsrollen 1; 2; 3 und 4 entnommenen Bänder aus magnetischem Material. Dabei erfolgt die Faltung des Bandes hier derart, daß alternierend auf eine große Faltlänge L 1 eine kleinere Faltlänge L 2 folgt. Die Differenz zwischen großer Faltlänge L 1 und kleiner Faltlänge L 2 ist dabei gleich bzw. annähernd gleich der Breite B der Bänder gewählt. Die Verkürzung der Faltlänge L 2 gegenüber der Faltlänge L 1 erfolgt dabei immer auf der gleichen Seite, so daß nach Ablage der gefalteten Bänder in einem Bandstapel 12 die einen Enden des Bandstapels 12 bündig angeordnet sind, während sie an dem anderen Ende des Bandstapels 12 alternierend um eine Bandbreite versetzt sind.

Anhand der Figur 2 ist gezeigt, wie die Falteinrichtung 11 die gemeinsame und gleichzeitige Faltung derart vornahm, daß auf die große Faltlänge L 3 eine kleinere Faltlänge L 4 folgt, die sich von der großen Faltlänge L 3 um die doppelte Breite B der Bänder unterscheidet. Dabei erfolgt die Faltung und Ablage derart, daß die Bänder mit der kleineren Faltlänge L 4 auf beiden Seiten eines Bandstapels 13 alternierend und gleichmäßig gegenüber den Bändern mit der großen Faltlänge L 3 zurückgesetzt sind.

Figur 3 zeigt in perspektivischer Ansicht den Bandstapel 13, der in einer Anordnung nach Figur 2 gewonnen wurde. Dabei wurde die Hälfte des Bandstapels bereits in der Längsrichtung L aus dem ursprünglichen Stapel herausgezogen und befindet sich jetzt in der Phase des Verschwenkens. Dieser Prozeß des Verschwenkens wird bis zum Erreichen eines rechten Winkels zwischen den Teilstapeln ausgeführt und ergibt sodann ein Magnetkernteil bzw. ein Kompaktblech, dessen sich überlappende Enden der Teilstapel untereinander nicht formschlüssig verbunden sind.

Dabei versteht man unter einem Magnetkernteil ein hergestelltes lamellierte Teil aus Magnetmaterial, daß sich durch seine größere Stapelhöhe gegenüber Kompaktblechen unterscheidet und wo aus wenigen Magnetkernteilen der komplette Magnetkern entsteht. Dagegen wird unter einem Kompaktblech ein lamellierte Teil aus Magnetmaterial verstanden, daß durch eine Stapelhöhe von etwa 0,3 bis 1,5 mm gekennzeichnet ist und das zu Magnetkernen führt, wie sie bei Verwendung von konventionellen Magnetblechen und mit einer Anordnung von zwei bis drei Blechen pro Falz entstehen.

An den Figuren 3 und 4 ist deutlich erkennbar, daß das Kompaktblech sowohl in den ganzen Schenkelbereichen, als auch in den Eckbereichen gleiche Stapelhöhe aufweist. Allerdings unterscheiden sich die Figuren 4 und 5 von der Figur 3 dadurch, daß die Enden der Teilbandstapel bei den Figuren 4 und 5 miteinander formschlüssig verbunden sind. Dies erzielt man dadurch, daß man den herausgezogenen und verschwenkten Bandstapel nochmals in seiner neuen Längsrichtung verschiebt.

Anhand der Figur 5 wird erkennbar, wie man ein aus dem Bandstapel 13 gewonnenes Kompaktblech gewinnt. Dieses Teil zeigt wiederum, daß es in dem Eckbereich, der durch Schwenken entstanden ist, die gleiche Stapelhöhe wie in den angrenzenden Schenkelbereichen aufweist. Der Unterschied zur Figur 4 besteht aber hier darin, daß in den Endbereichen der Schenkel, die der Bandbreite B entsprechen, sich der Querschnitt des Schenkels auf die Hälfte des Querschnittes des Schenkels verringert. Das Ende dieses Kompaktbleches ist dabei unverformt gezeigt und erfordert zur Herstellung eines Magnetkernteiles bzw. eines Magnetkernes ein zweites, gleiches L-förmiges Teil.

Es ist auch möglich und vorteilhaft, dieses Schenkelende durch ein Zusammenpressen so zu verformen, daß sich alle zugehörigen Bänder berühren, so daß das zur Ergänzung eines geschlossenen Magnetkreises notwendige zweite L-förmige Teil einfach aufgelegt werden kann, was den Schicht- bzw. Schachtelprozeß erleichtert.

Ferner ist es möglich, die Faltungen so durchzuführen, daß der alternierende Wechsel von langen zu kurzen Faltlängslängen bzw. von kurzen zu langen Faltlängslängen nicht wie in den Figuren 1 und 2 dargestellt, von einer Faltung zur nächsten Faltung durchgeführt wird; vielmehr können auch mehrere Faltungen einer Faltungslänge aufeinanderfolgen bevor dann zu einer anderen Faltungslänge übergegangen wird. Dabei sollte die Anzahl gleicher Faltungen z. B. zwischen 4 und 12 betragen, so daß Konfigurationen entstehen, die der Verwendung von konventionellen Transformatorblechen entsprechen. Solche Anordnungen sind zwar aus der Sicht optimaler Magnetfeldverläufe nicht mehr die günstigsten, haben aber den Vorteil, daß subtile Arbeitsgänge vermieden werden. Bei Verwendung des L-förmigen Magnetkernteiles bzw. Kompaktbleches nach Figur 5 entsteht nach Zusammenfügen der Teile ein quadratischer Magnetkern mit einem Kernfenster entsprechender Gestalt, während bei Verwendung des L-förmigen Magnetkernteiles bzw. Kompaktbleches nach Figur 4 ein rechteckiger Magnetkern entsteht, wobei sich der Unterschied der Seiten des Magnetkerns auf eine Bandbreite beläuft.

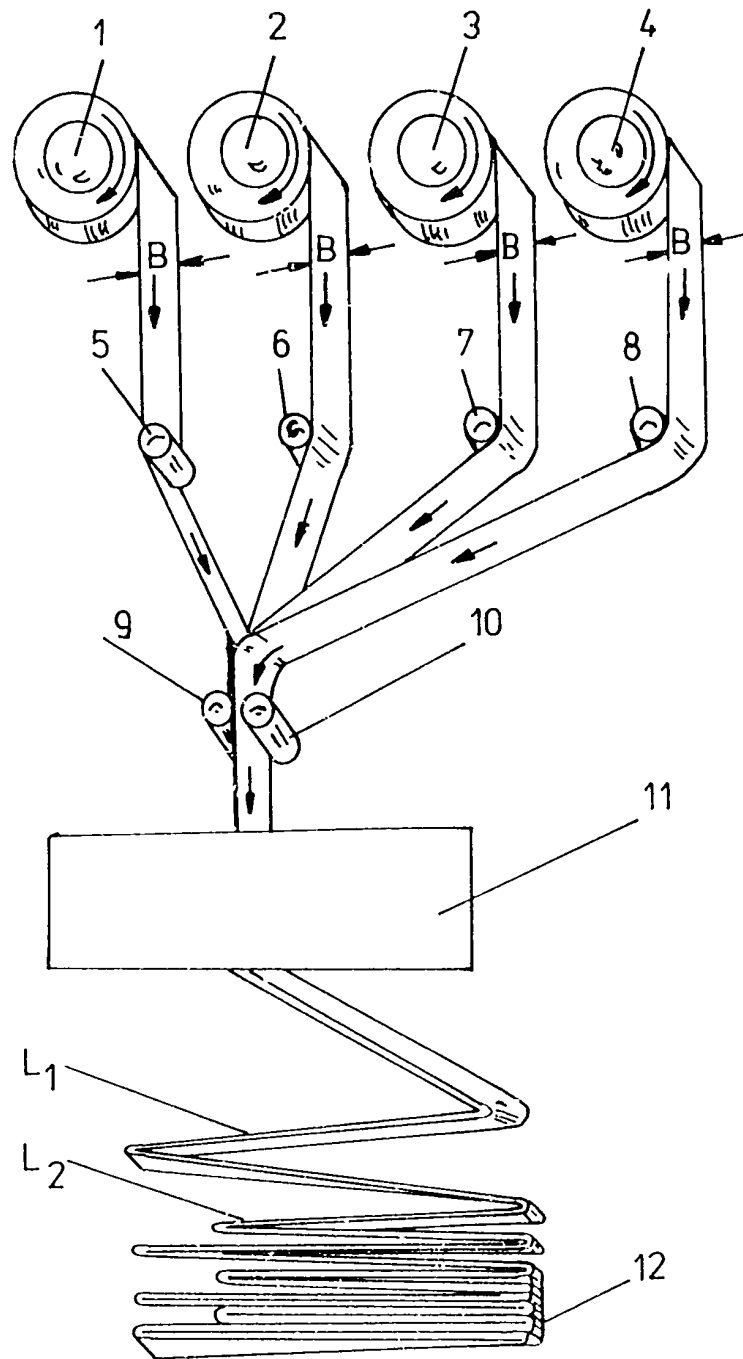


Fig. 1

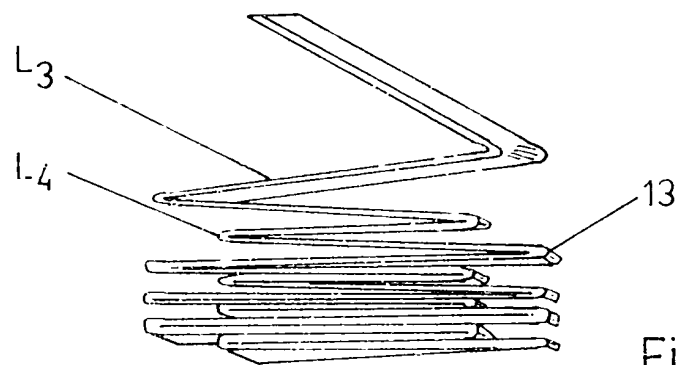


Fig. 2

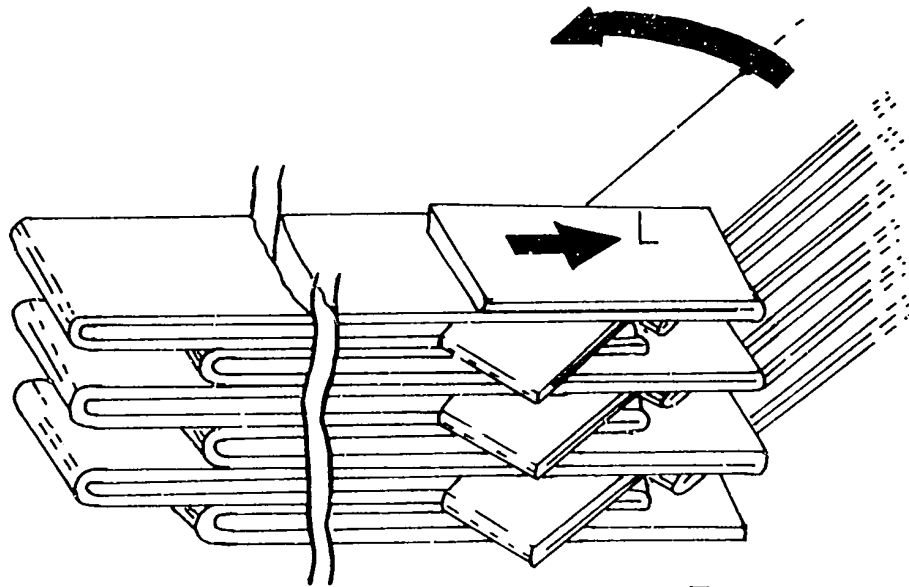


Fig.3

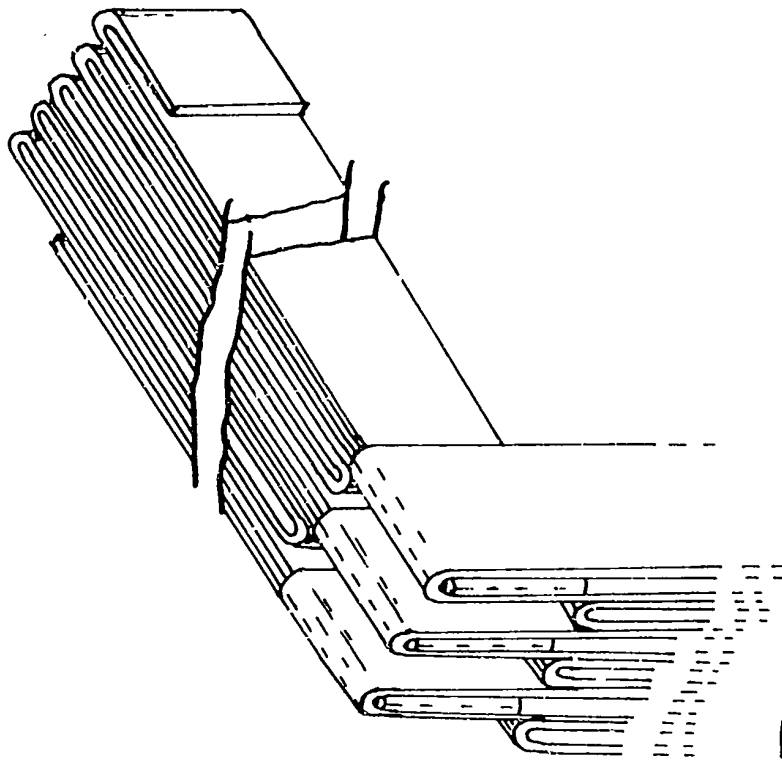


Fig. 4

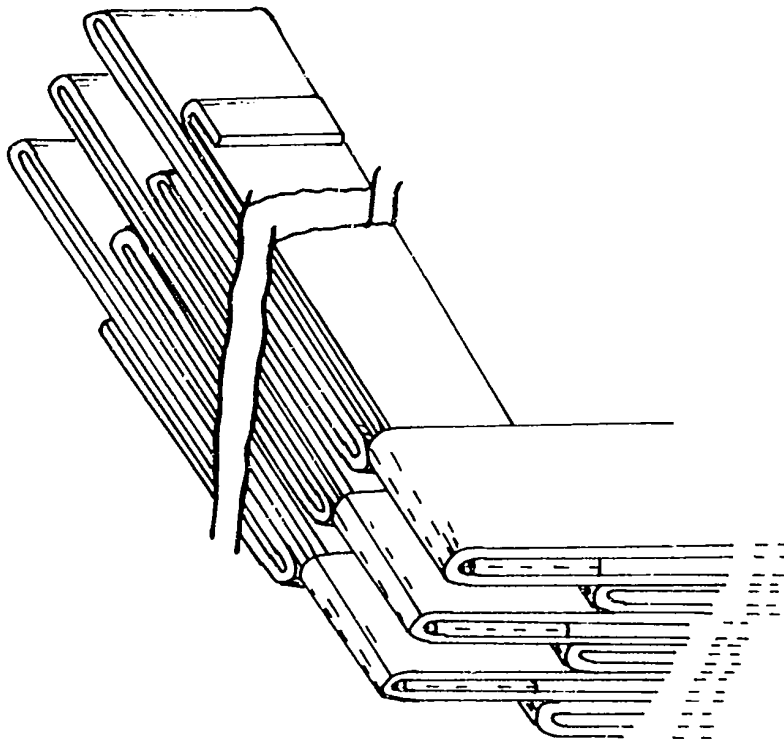


Fig. 5