

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2021-174792

(P2021-174792A)

(43) 公開日 令和3年11月1日(2021.11.1)

| | | |
|------------------------|----------------|-------------|
| (51) Int.Cl. | F I | テーマコード (参考) |
| HO 1 F 27/28 (2006.01) | HO 1 F 27/28 M | 5E043 |
| HO 1 F 17/02 (2006.01) | HO 1 F 17/02 | 5E070 |

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 21 頁)

| | | | |
|-----------|----------------------------|----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2020-74657 (P2020-74657) | (71) 出願人 | 000006231 株式会社村田製作所 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 |
| (22) 出願日 | 令和2年4月20日 (2020.4.20) | (74) 代理人 | 100117477 弁理士 國弘 安俊 |
| | | (72) 発明者 | 篠原 剛太 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 |
| | | (72) 発明者 | 牧 謙一郎 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 |
| | | Fターム(参考) | 5E043 AA09 5E070 CC02 |

(54) 【発明の名称】 巻線体、及び巻線体の製造方法、並びにコイル部品

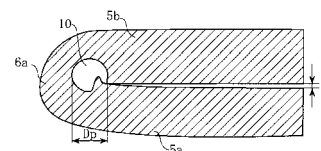
(57) 【要約】

【課題】 導体同士が接触して短絡するのを回避することができ、また、クラック等の構造欠陥の発生を抑制できるようにする。

【解決手段】 連続薄帯が、折曲部位 6 a で折り曲げられ螺旋状に巻回されている。折曲部位 6 a に切欠部が形成されており、折曲部位 6 a で導体部 5 b を導体部 5 a に重畳するように折り曲げることにより、前記切欠部は、導体部 5 b と導体部 5 a との間隙 よりも大きな空間を有する窪み部 1 0 を形成し、折曲部位 6 a の内側の導体部分が窪み部 1 0 内に収容される。連続薄帯の厚みは、好ましくはコイル部品の駆動周波数 f に対する表皮厚み d の 2 倍以下に形成されている。

【選択図】 図 7

Fig. 7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

連続薄帯が螺旋状に巻回されたコイル部品用の巻線体であって、
前記連続薄帯は、複数の折曲部位を有すると共に、該折曲部位によって複数の導体部に区分されて重畳状に折り曲げられ、
前記折曲部位には窪み部が形成されていることを特徴とする巻線体。

【請求項 2】

前記窪み部は、空洞状に形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の巻線体。

【請求項 3】

前記窪み部の平均深さは、前記導体部間に形成される間隙より大きいことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の巻線体。 10

【請求項 4】

絶縁性樹脂が、前記窪み部の少なくとも一部に充填されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の巻線体。

【請求項 5】

前記連続薄帯は、シート状に展開された状態で少なくとも 2 つの連なる前記導体部を一組とした階段状とされると共に、前記階段状の前記連続薄帯が前記折曲部位で折り曲げられて形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の巻線体。

【請求項 6】

前記連続薄帯は、厚みが前記コイル部品の駆動周波数に対する表皮厚みの 2 倍以下に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載の巻線体。 20

【請求項 7】

前記連続薄帯は、厚みが前記駆動周波数の表皮厚み以上であることを特徴とする請求項 6 記載の巻線体。

【請求項 8】

平角線状に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 のいずれかに記載の巻線体。

【請求項 9】

表面が絶縁性被膜で覆われていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 のいずれかに記載の巻線体。 30

【請求項 10】

連続薄帯を折り曲げて螺旋状に巻回し、巻線体を作製するコイル部品用の巻線体の製造方法であって、

開口部を有するように前記連続薄帯を所定形状に切り出す工程と、

前記連続薄帯を折り曲げる折曲部位の少なくとも一部に切欠部を形成する工程と、

前記切欠部が窪み部を形成し前記開口部が連通して螺旋状となるように、前記連続薄帯に対し前記折曲部位で折り曲げ加工を施す工程とを含むこと特徴とする巻線体の製造方法。

【請求項 11】

絶縁性樹脂を前記窪み部の少なくとも一部に充填することを特徴とする請求項 10 記載の巻線体の製造方法。 40

【請求項 12】

前記所定形状は、階段状であることを特徴とする請求項 10 又は請求項 11 記載の巻線体の製造方法。

【請求項 13】

前記折曲部位に対し直交方向の断面が U 字状となるように前記切欠部を形成することを特徴とする請求項 10 乃至請求項 12 のいずれかに記載の巻線体の製造方法。

【請求項 14】

前記連続薄帯は、厚みが前記コイル部品の駆動周波数に対する表皮厚みの 2 倍以下であることを特徴とする請求項 10 乃至請求項 13 のいずれかに記載の巻線体の製造方法。 50

【請求項 15】

磁性体材料を含有した磁心コアとコイル導体とを備えたコイル部品であって、前記コイル導体が請求項 1 乃至請求項 9 のいずれかに記載の巻線体で形成されていることを特徴とするコイル部品。

【請求項 16】

リアクトルであることを特徴とする請求項 15 記載のコイル部品。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、巻線体、及び巻線体の製造方法、並びにコイル部品に関し、より詳しくは連続した薄帯（以下、この連続した薄帯を「連続薄帯」という。）が螺旋状に巻回されたコイル部品用の巻線体とその製造方法、前記巻線体を使用したりアクトル等のコイル部品に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、コイル部品は様々な電子機器に搭載されており、例えば高周波トランスや車両用インバータの基幹部品として広く使用されている。そして、コイル部品に組み込まれるコイル導体についても、従来より、盛んに研究・開発が行われている。

【0003】

例えば、特許文献 1 には、鉄心中央脚を中心にして螺旋状に巻回された縦巻構造のコイルを有する高周波トランスが提案されている。

【0004】

特許文献 1 では、電磁結合した一次側コイルと二次側コイルとを有し、これら一次側及び二次側の各コイルは略矩形の断面を有する連続した帯状導体板で形成されている。そして、帯状導体板は、コイルの 1 ターン中で、電流通電方向に対する表側又は裏側への折り曲げが、少なくとも 1 回は連続して同じ側に折り曲げられている。

【0005】

図 25 は、折り曲げ後の帯状導体板の一例を示している。

【0006】

扁平形状の帯状導体板 101 には複数の折り目線 102 a、102 b、102 c、・・・が設けられており、これにより帯状導体板 101 は複数の導体部 103 a、103 b、103 c、・・・に区分されている。

【0007】

この帯状導体板 101 は、以下のようにして折り曲げられ、螺旋状に巻回されている。すなわち、導体部 103 a と導体部 103 b との境界に形成された折り目線 102 a が内側に隠れるように直角状に谷折りし、導体部 103 b 及びこれと連続する導体部を水平方向に延伸させる。次いで、導体部 103 b と導体部 103 c との境界に形成された折り目線 102 b を、上述と同様、直角状に谷折りし、導体部 103 c 及びこれと連続する導体部が導体部 103 a と平行となるように延伸させる。以下、同様に表側又は裏側の同じ側に少なくとも 1 回は連続するように谷折り又は山折りし、鉄心中央脚（図示せず）を取り囲むように、帯状導体板 101 を螺旋状に巻回し、これによりコイル導体を得ている。

【0008】

また、特許文献 2 には、図 26 に示すようなコイル部品用の扁平コイル体が提案されている。

【0009】

この扁平コイル体は、シート状の導電体パターン 111 が螺旋状に巻回されると共に、芯部材貫通用の開口部（中空部）112 が角筒状に貫設されている。すなわち、導電体パターン 111 は、多数の導体部 113 a、113 b、・・・からなると共に、各導体部 113 a、113 b、・・・の中央部にはそれぞれ角状の貫通孔 114 a、114 b、・・・が形成されている。そして、各導体部 113 a、113 b、・・・は、それぞれの貫通

孔 1 1 4 a、1 1 4 b、・・・を形成する角部のうちのいずれかの一の角部に切削部 1 1 5 a、1 1 5 b、・・・が形成されている。そして、例えば導体部 1 1 3 a は、切削部 1 1 5 a が位置する下端で導体部 1 1 3 b と接続され、該導体部 1 1 3 b は、切削部 1 1 5 b が位置する右端で導体部 1 1 3 c と接続され、導体部 1 1 3 c は、切削部 1 1 5 c が位置する上端で導体部 1 1 3 d と接続され、導体部 1 1 3 d は切削部 1 1 5 d が位置する左端で導体部 1 1 3 e と接続されている。

【0010】

上記扁平体コイルは、以下のようにして作製されている。

【0011】

すなわち、まず、導電性を有するシート状部材から、導電体パターン 1 1 1 を切り出す。次いで、切削部 1 1 5 a、1 1 5 b、... 及び貫通孔 1 1 4 a、1 1 4 b、・・・をそれぞれ所定箇所に形成する。

【0012】

図 27 は、上記扁平コイル体の要部展開図であり、所定形状に切り出された導電体パターン 1 1 1 には、切削部 1 1 5 a、1 1 5 b、・・・及び貫通孔 1 1 4 a、1 1 4 b、・・・が形成されている。

【0013】

そして折曲部位 1 1 6 を折り目として山折りとなるように折り曲げ加工し、次いで折曲部位 1 1 7 を折り目として谷折りとなるように折り曲げ加工し、以下、山折り、谷折りを所定回数繰り返す、その後、プレス加工を行い、螺旋形状の扁平コイル体を製造している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0014】

【特許文献 1】特開 2 0 1 3 - 2 1 3 0 7 号公報（請求項 1、段落 [0 0 0 7]、[0 0 1 8] ~ [0 0 2 1]、図 1 等）

【特許文献 2】特開 2 0 0 1 - 3 3 8 8 1 1 号公報（請求項 3、段落 [0 0 2 8] ~ [0 0 3 0]、[0 0 4 2] ~ [0 0 4 4]、図 2、図 3 等）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

しかしながら、特許文献 1 では、上述した図 25 に示すように、例えば、導体部 1 0 3 a と導体部 1 0 3 b とを折り目線 1 0 2 a で直角状に折り曲げ、また、導体部 1 0 3 b と導体部 1 0 3 c とを折り目線 1 0 2 b で直角状に折り曲げていることから、導体部 1 0 3 a と導体部 1 0 3 b との間には重なり部分 1 0 5 a が形成され、導体部 1 0 3 b と導体部 1 0 3 c との間には重なり部分 1 0 5 b が形成される。この場合、折り目線 1 0 2 a、1 0 2 b の内側に隠れた導体部分は、一部は折り曲げ加工により圧縮されて潰されるが、一部は幅方向（折り畳む方向に対し垂直方向）に突出してしまい、このため導体部分同士が接触し短絡するおそれがある。また、折り曲げ時に折り目線 1 0 2 a、1 0 2 b に圧縮応力が負荷され、このため当該折り目線 1 0 2 a、1 0 2 b の内側の導体部分にクラック等の構造欠陥が生じるおそれがある。

【0016】

また、特許文献 2 においても、連続薄帯を単に山折り又は谷折りに折り曲げているに過ぎず、特許文献 1 と同様の問題が生じる。

【0017】

図 28 は、図 27 の x - x 矢視断面図である。また、図 29 (a) は折り曲げ後の扁平コイル体の一例を示し、図 29 (b) は図 29 (a) の y - y 矢視断面図である。

【0018】

特許文献 2 では、導体部 1 1 3 a と導体部 1 1 3 b との間に折曲部位 1 1 6 が設けられている。

10

20

30

40

50

【0019】

この特許文献2では、図29(a)に示すように、折曲部位116を折り目線として導体部113bを導体部113aと対向するように折り曲げ、これら導体部113aと導体部113bとを重畳させている。このため、図中、a部に示すように、折曲部位116の内側部分の導体が導体部113aと導体部113bとの間隙から幅方向に突出し、このため扁平コイル体の導体同士が接触して短絡するおそれがある。

【0020】

また、各導体部113a、113b、・・・には折り曲げ加工により圧縮応力が負荷されることから、特許文献1と同様、導体部113a及び導体部113bは折曲部位116を起点にクラックが発生しやすく、構造欠陥を招くおそれがある。

10

【0021】

本発明はこのような事情に鑑みなされたものであって、導体同士が接触して短絡するのを抑制することができ、また、クラック等の構造欠陥の発生を抑制することができる高性能・高品質の巻線体、及び巻線体の製造方法、並びにこの巻線体を使用したりアクトル等のコイル部品を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0022】

上記目的を達成するために本発明に係る巻線体は、連続薄帯が螺旋状に巻回されたコイル部品用の巻線体であって、前記連続薄帯は、複数の折曲部位を有すると共に、該折曲部位によって複数の導体部に区分されて重畳状に折り曲げられ、前記折曲部位には窪み部が形成されていることを特徴としている。

20

【0023】

これにより折曲部位の内側の導体部分が窪み部内に収容可能となり、したがって導体部分が外部に突出するのを抑制することができることから、折曲部位の内側に位置する導体同士が接触するのを回避できて巻線間で短絡が生じるのを抑制することができる。また、折り曲げ加工で連続薄帯の折曲部位に圧縮応力が負荷されても、前記窪み部が緩衝作用を奏することから圧縮応力が低減され、これによりクラック等の構造欠陥の発生を抑制することができる。

【0024】

また、本発明の巻線体は、前記窪み部が、空洞状に形成されているのが好ましい。

30

【0025】

また、本発明の巻線体は、前記窪み部の平均深さは、前記導体部間に形成される間隙より大きいのが好ましい。

【0026】

このように窪み部の平均深さを導体部間に形成された間隙より大きくすることにより、折曲部位の内側に隠れている導体部分が外部に飛び出すのをより効果的に抑制することができ、導体部分を窪み部内に収容することができる。また、折り曲げ加工時に折曲部位の内側に負荷される圧縮応力をより一層低減できることから、クラック等の構造欠陥の発生をより効果的に抑制することができる。

【0027】

さらに、本発明の巻線体は、絶縁性樹脂が、前記窪み部の少なくとも一部に充填されているのが好ましい。

40

【0028】

これにより本巻線体がりアクトル等のコイル部品に装着された場合、巻線体で発生した熱を外部に効率よく放熱させることができ、放熱性を向上させることが可能となる。

【0029】

また、本発明の巻線体は、前記連続薄帯が、シート状に展開された状態で少なくとも2つの連なる前記導体部を一組とした階段状とされると共に、前記階段状の前記連続薄帯が前記折曲部位で折り曲げられて形成されているのが好ましい。

【0030】

50

これにより折曲部位で山折り、谷折りを任意の順番で繰り返すことにより、折曲部位に窪み部が形成された所望の巻線体を容易に得ることができる。

【0031】

また、この種のコイル部品では、駆動周波数が高周波化すればするほど、コイルに流れる電流は表皮効果によりコイル導体の表面に集中し、内部に流れ難くなる。このため導体損失を低減するためには連続薄帯の厚みを薄くするのが望ましい。

【0032】

本発明者らは斯かる観点から更に鋭意研究を行ったところ、連続薄帯の厚みをコイル部品の駆動周波数に対する表皮厚みの2倍以下とすることにより、導体損失を効果的に低減できるという知見を得た。

【0033】

すなわち、本発明の巻線体は、前記連続薄帯は、厚みが前記コイル部品の駆動周波数に対する表皮厚みの2倍以下に形成されているのが好ましい。

【0034】

さらに、本発明の巻線体では、前記連続薄帯は、厚みが前記駆動周波数の表皮厚み以上であるのが好ましい。

【0035】

これにより連続薄帯の厚みが過度に薄くなることもなく、加工性を確保することができ、低導体損失の巻線体を得ることができる。

【0036】

また、本発明の巻線体は、平角線状に形成されているのが好ましい。

【0037】

すなわち、平角線は丸線に比べて導体占積率が大きいことから、巻線体を平角線で形成することにより、加工性を損なうことなく巻線抵抗を低減することが可能となる。

【0038】

さらに、本発明の巻線体では、表面が絶縁性被膜で覆われているのが好ましい。

【0039】

そして、上記巻線体における窪み部は、連続薄帯の折曲部位の少なくとも一部に切欠部を形成し、これに折り曲げ加工を施すことにより形成することができ、これにより上記巻線体を効率良く作製することができる。

【0040】

すなわち、本発明に係る巻線体の製造方法は、連続薄帯を折り曲げて螺旋状に巻回し、巻線体を作製するコイル部品用の巻線体の製造方法であって、開口部を有するように前記連続薄帯を所定形状に切り出す工程と、前記連続薄帯を折り曲げる折曲部位の少なくとも一部に切欠部を形成する工程と、前記切欠部が窪み部を形成し、前記開口部が連通して螺旋状となるように、前記連続薄帯に対し前記折曲部位で折り曲げ加工を施す工程とを含むこと特徴としている。

【0041】

これにより上述したように巻線間で短絡等が生じずクラック等の構造欠陥の発生が抑制された加工性の良好な巻線体を効率良く製造することができる。

【0042】

また、本発明の巻線体の製造方法は、絶縁性樹脂を前記窪み部の少なくとも一部に充填するのが好ましい。

【0043】

また、本発明の巻線体の製造方法は、前記所定形状が、階段状であるのが好ましい。

【0044】

また、本発明の巻線体の製造方法は、前記折曲部位に対し直交方向の断面がU字状となるように前記切欠部を形成するのが好ましい。

【0045】

さらに、本発明の巻線体の製造方法では、前記連続薄帯は、厚みが前記コイル部品の駆

10

20

30

40

50

動周波数に対する表皮厚みの2倍以下であるのが好ましい。

【0046】

また、本発明に係るコイル部品は、磁性体材料を含有した磁心コアとコイル導体とを備えたコイル部品であって、前記コイル導体が上述した巻線体で形成されていることを特徴としている。

【0047】

さらに、本発明のコイル部品は、リアクトルであるのが好ましい。

【発明の効果】

【0048】

本発明の巻線体によれば、連続薄帯が螺旋状に巻回されたコイル部品用の巻線体であって、前記連続薄帯は、複数の折曲部位を有すると共に、該折曲部位を介して複数の導体部に区分されて重畳状に折り曲げられ、前記折曲部位には窪み部が形成されているので、折曲部位の内側の導体部分を窪み部に収容することができ、導体部分が外部に突出するのを抑制することができることから、巻線間で短絡が生じるのを抑制することができる。また、折り曲げ加工で連続薄帯の折曲部位に圧縮応力が負荷されても、前記窪み部が緩衝作用を奏することから圧縮応力が低減され、これによりクラック等の構造欠陥の発生を抑制することができる。

10

【0049】

また、本発明の巻線体の製造方法によれば、連続薄帯を折り曲げて螺旋状に巻回し、巻線体を作製するコイル部品用の巻線体の製造方法であって、開口部を有するように前記連続薄帯を所定形状に切り出す工程と、前記連続薄帯を折り曲げる折曲部位の少なくとも一部に切欠部を形成する工程と、前記切欠部が窪み部を形成し、前記開口部が連通して螺旋状となるように、前記連続薄帯に対し前記折曲部位で折り曲げ加工を施す工程とを含むので、加工性が良好で巻線間で短絡したりクラック等の構造欠陥が抑制された巻線体を効率良く製造することができる。

20

【0050】

さらに、本発明のコイル部品によれば、磁性体材料を含有した磁心コアとコイル導体とを備えたコイル部品であって、前記コイル導体が上述した巻線体で形成されているので、巻線体の導体部分が外部に突出するのを抑制することができ、これにより巻線同士が短絡するのを回避することができ、クラック等の構造欠陥も抑制された高性能・高品質のリアクトル等のコイル部品を得ることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】本発明に係る巻線体の一実施の形態を模式的に示す斜視図である。

【図2】図1のA-A矢視断面図である。

【図3】連続薄帯をシート状に展開した展開図である。

【図4】図3のB部拡大図である。

【図5】図4のC部拡大図である。

【図6】図5のD-D矢視断面図である。

【図7】巻線体の要部断面図であって、導体部同士が重畳された状態の一例を示す図である。

40

【図8】巻線体の分解斜視図である。

【図9】連続薄帯の作製手順の一実施の形態を示す外形図である。

【図10】巻線体の作製手順の一実施の形態を示す要部断面図であって、巻線の軸心方向と平行な断面の一例である。

【図11】本発明に係るコイル部品としてのリアクトルの一実施の形態を示す斜視図である。

【図12】本発明に係る巻線体の他の実施の形態を示す要部断面図であって、導体部同士が重畳された他の例を示す図である。

【図13】実施例1のCu薄帯の折曲部位を光学顕微鏡で撮像した撮像図である。

50

【図14】図13のCu薄帯の折り曲げ中の状態を光学顕微鏡で撮像した撮像図である。

【図15】図13のCu薄帯の折り曲げ後の状態を光学顕微鏡で撮像した撮像図である。

【図16】図13のCu薄帯の折り曲げ後の断面を走査型電子顕微鏡(SEM)で撮像したSEM画像である。

【図17】図16の拡大SEM画像である。

【図18】比較例のCu薄帯の折曲部位を光学顕微鏡で撮像した撮像図である。

【図19】図18のCu薄帯の折り曲げ中の状態を光学顕微鏡で撮像した撮像図である。

【図20】図18のCu薄帯の折り曲げ後の状態(その1)を光学顕微鏡で撮像した撮像図である。

【図21】図18のCu薄帯の折り曲げ後の状態(その2)を光学顕微鏡で撮像した撮像図である。

【図22】図18のCu薄帯の折り曲げ後の断面をSEMで撮像したSEM画像である。

【図23】図22の拡大SEM画像である。

【図24】実施例2におけるCu薄帯の厚みと導体損失との関係を示す図である。

【図25】特許文献1に記載された帯状導体板を示す側面図である。

【図26】特許文献2に記載された扁平コイル体の斜視図である。

【図27】特許文献2に記載された扁平コイル体の要部展開図である。

【図28】図27のx-x矢視断面図である。

【図29】特許文献2の課題を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0052】

次に、本発明の実施の形態を詳説する。

【0053】

図1は本発明に係るコイル部品用の巻線体の一実施の形態を示す斜視図であり、図2は図1のA-A矢視断面図である。

【0054】

本巻線体は、連続薄帯1が中空部2を有するように螺旋状に巻回されており、前記連続薄帯1が、巻回された巻線部3と該巻線部3の両端に形成された引出部4a、4bとを有し、外観が角筒状に形成されている。すなわち、連続薄帯1には後述するように複数の折曲部位が設けられており、該折曲部位によって複数の導体部5a~5jに区分されている。そして、本巻線体は、引出部4a、4b及び導体部5a~5jが幅W、厚みTの平角線状となるように、連続薄帯1が前記折曲部位で重畳状に折り曲げられ、複数の導体部5a~5jが電氣的に接続されている。

【0055】

近年、コイル部品では、駆動周波数の高周波化が進展する一方で、コイル部品のより一層の高性能化が求められており、このため導体損失の低減が要請されている。しかしながら、巻線体に交流電流を流した場合、駆動周波数が高くなればなるほど、表皮効果により電流は表面に集中し、表面から離間すればするほど、電気抵抗が大きくなって電流が流れ難くなる。このようにこの種のコイル部品では、巻線体に通電した場合、上述した表皮効果によりコイル部品の駆動周波数が高くなればなるほど、巻線体の表面に電流が集中することから、巻線体の実効断面積が減少し、このため電気抵抗が大きくなって導体損失が増加し、品質の低下を招くおそれがある。したがって、導線としては導体占有率が丸線に比べて大きく、巻線抵抗の低減化が可能な平角線を使用するのが好ましい。さらに、平角線を使用した場合であっても、表皮効果により表面に集積した電流を効率よく通電するためには引出部4a、4b及び導体部5a~5jの厚みTを薄くし、幅Wを広くするのが好ましい。

【0056】

したがって、幅Wと厚みTとの比、すなわち、アスペクト比W/Tの大きな巻線体を得られるような平角線を使用するのが好ましい。しかしながら、大きなアスペクト比W/Tを有する平角線を螺旋状に巻回して巻線体を作製するのは生産技術的に困難である。

【 0 0 5 7 】

このため所定形状に切り出された厚み T の連続薄帯 1 に折り曲げ加工を施し、引出部 4 a、4 b 及び導体部 5 a ~ 5 j が平角線状とされた巻線体を作製するのが望ましいと考えられる。

【 0 0 5 8 】

しかしながら、連続薄帯 1 を単に折り曲げて導体部 5 a ~ 5 j を重畳させたのでは、[発明が解決しようとする課題] の項でも述べたように、折曲部位の内側の導体部分が幅方向に突出したり、折り曲げ加工時に圧縮応力が負荷されてクラック等の構造欠陥が発生するおそれがある。

【 0 0 5 9 】

そこで、本実施の形態では、巻線体を構成する引出部 4 a、4 b 及び導体部 5 a ~ 5 j が平角線状となるように、複数の折曲部位を有する連続薄帯 1 が前記折曲部位で重畳状に折り曲げられると共に、折曲部位に窪み部が形成されている。すなわち、折曲部位に窪み部を形成することにより、折曲部位の内側の導体部分を窪み部内に収容することができるようにし、これにより導体部分が外部に突出するのを抑制すると共に、折り曲げ加工時に負荷される圧縮応力が軽減され、クラック等の構造欠陥の発生を抑制している。

【 0 0 6 0 】

また、引出部 4 a、4 b 及び導体部 5 a ~ 5 j の厚み T、すなわち、連続薄帯 1 の厚み T は、導体損失を効果的に低減できる範囲であれば特に限定されるものではないが、好ましくはコイル部品の駆動周波数 f に対する表皮厚み d の 2 倍以下に設定される。

【 0 0 6 1 】

すなわち、コイル部品の駆動周波数を f (H z)、連続薄帯 1 の電気抵抗率を (ρ ・ m)、連続薄帯 1 の絶対透磁率を μ (H / m) とすると、表皮厚み d (m) は数式 (1) で表される。

【 0 0 6 2 】

【 数 1 】

$$d = \sqrt{\frac{2\rho}{2\pi f\mu}} \quad \dots(1)$$

【 0 0 6 3 】

この場合、連続薄帯 1 の厚み T が、コイル部品の駆動周波数 f に対する表皮厚み d の 2 倍を超えると、連続薄帯 1 の厚み T が過度に厚くなって電流の流れない領域が増加し、導体損失が顕著に大きくなる。

【 0 0 6 4 】

これに対し連続薄帯 1 の厚み T が、駆動周波数 f に対する表皮厚み d の 2 倍以下になると、連続薄帯 1 の厚み T が薄くなることから電流の流れない領域が減少し、連続薄帯 1 の導体損失を急激に低下させることが可能となる。

【 0 0 6 5 】

したがって、連続薄帯 1 の厚み T は、上述したようにコイル部品の駆動周波数 f に対する表皮厚み d の 2 倍以下が好ましい。例えば、連続薄帯 1 が Cu 薄帯で形成されている場合は、Cu の電気抵抗率 ρ は 1.68×10^{-8} ・ m、Cu の絶対透磁率 μ は 1.26×10^{-6} H / m であるから、コイル部品の駆動周波数 f が 200 kHz (2.0×10^5 H z) の場合は、数式 (1) より表皮厚み d は 0.15 mm となり、連続薄帯 1 の厚み T は 0.3 mm 以下が好ましい。同様に、コイル部品の駆動周波数が 50 kHz (5.0×10^4 H z) の場合は、表皮厚み d は 0.29 mm となり、連続薄帯 1 の厚み T は 0.58 mm 以下が好ましい。

【 0 0 6 6 】

連続薄帯 1 の厚み T の下限についても、特に限定されるものではないが、加工性等を考慮し、例えば駆動周波数 f に対する表皮厚み d 以上に設定するのが好ましい。

【 0 0 6 7 】

10

20

30

40

50

尚、アスペクト比 W/T は、上述したように連続薄帯 1 の厚み T を好ましくは駆動周波数 f に対する表皮厚み d の 2 倍以下となるように薄くし、幅 W を広くして十分な通電量を確保できるのであれば特に限定されるものではなく、例えば 30 ~ 80 程度に設定される。

【0068】

また、巻線体の芯材としては、良導電性を有するものであれば特に限定されるものではないが、通常は安価な Cu が好んで使用される。また、芯材の表面は、エナメル等の絶縁性材料で被覆され、これにより絶縁性を確保している。

【0069】

図 3 は連続薄帯 1 をシート状に展開した展開図であり、図 4 は図 3 の B 部拡大図である。

10

【0070】

連続薄帯 1 には、上述したように折り目線となる折曲部位 7 a、6 a ~ 6 i、7 b が設けられている。そして、折曲部位 6 a ~ 6 i によって複数の導体部 5 a ~ 5 j に区分され、引出部 4 a が折曲部位 7 a を介して導体部 5 a に接続され、引出部 4 b が折曲部位 7 b を介して導体部 5 j に接続されるように所定形状に形成されている。

【0071】

具体的には、連続薄帯 1 は、2 つの連なる導体部を一組とした階段状に形成されている。例えば、図 4 に示すように、導体部 5 a 及び導体部 5 b は、各中央部に開口部 8 a、8 b が形成されると共に、前記導体部 5 a、5 b を形成する 4 つの角部のうちの一つの角部が切り取られている。そして、導体部 5 a において、一方の端部 5 a - 1 と他方の端部 5 a - 2 とは接触せず、また、導体部 5 b において、一方の端部 5 b - 1 と他方の端部 5 b - 2 とは接触せず、前記他方の端部 5 a - 2 と前記一方の端部 5 b - 1 とが折曲部位 6 a を介して接続され、2 つの連なる導体部 5 a、5 b は全体が略 S 字状となるように平面上で連なって形成されている。そして、導体部 5 a の一方の端部 5 a - 1 は折曲部位 7 a を介して略 L 字状に形成された引出部 4 a に接続され、導体部 5 b の他方の端部 5 b - 2 は折曲部位 6 b を介して導体部 5 c に接続されている。以下、同様に平面上で連なった 2 つの導体部が、階段状に隣接する他の平面上で連なった 2 つの導体部と折曲部位を介して接続され、終端の導体部 5 j は折曲部位 7 b を介して略 L 字状に形成された引出部 4 b に接続されている。

20

30

【0072】

そして、折曲部位 7 a、6 a ~ 6 j、7 b は、表面又は裏面のいずれか一方の面に切欠部が形成されている。

【0073】

図 5 は図 4 の C 部拡大図であり、図 6 は図 5 の D - D 矢視断面図である。

【0074】

本実施の形態では、連続薄帯 1 の厚み T は、加工性を確保できる程度に十分に薄く形成され、好ましくはコイル部品の駆動周波数 f に対する表皮厚み d の 2 倍以下に形成されている。そして、折曲部位 6 a には切欠部 9 が形成されている。この切欠部 9 は、具体的には図 6 に示すように、前記折曲部位 6 a に対し直交方向の断面が U 字状となるように形成されている。

40

【0075】

切欠部 9 の深さ D_t は、折曲部位 6 a の内側に位置する導体部分を窪み部 10 内に収容できるのであれば特に限定されるものではないが、連続薄帯 1 の厚み T に対し $1/4 \sim 3/4$ 程度の深さに切り欠くのが好ましい。切欠部 9 の深さ D_t が、連続薄帯 1 の厚み T に対し $1/4$ 未満になると十分な窪み部を形成することができず、連続薄帯 1 の厚み T に対し $3/4$ を超えると導体部分の断線を招くおそれがある。

【0076】

尚、この図 5 及び図 6 では、切欠部 9 は折曲部位 6 の全体に形成されているが、後述するように導体部 5 a、5 b が幅方向に突出するのを抑制できればよく、少なくとも折曲部

50

位 6 a の両端が切り欠かれていればよく、切欠部 9 は折曲部位 6 の全体に形成されていなくてもよい。

【 0 0 7 7 】

また、切欠部 9 の形成方法は、特に限定されるものではなく、例えば、フライス加工で切削したり、折曲部位 7 a、6 a ~ 6 j、7 b を除く部分をマスクして連続薄帯 1 をエッチング液に浸漬してエッチング除去したり、或いは所定形状の金型を折曲部位 7 a、6 a ~ 6 j、7 b に押し当て、前記所定形状を折曲部位 7 a、6 a ~ 6 j、7 b に転写することにより形成することができる。

【 0 0 7 8 】

図 7 は、巻線体の要部断面図であって、折曲部位 6 a で谷折りに折曲加工した状態を示している。

10

【 0 0 7 9 】

すなわち、連続薄帯 1 を折曲部位 6 a の内側が隠れるように、図 5 に示す導体部 5 b を導体部 5 a 側に谷折りに折り曲げると、切欠部 9 は、空洞状の窪み部 1 0 を形成する。そして、この空洞状の窪み部 1 0 は、内部が歪んだ円筒形状に形成されることから、導体部 5 a と導体部 5 b との間に挟まれた内側の導体部分を窪み部 1 0 内に収容することができ、前記導体部分が巻線体の幅方向に突出するのを防止することができる。したがって、連続薄帯 1 を折り曲げ加工して螺旋状に巻回しても巻線体間で電氣的に短絡するのを防止することができる。また、折り曲げ加工時に導体部分に圧縮応力が負荷されても前記窪み部 1 0 が緩衝作用を奏することから圧縮応力が軽減され、導体部分にクラック等の構造欠陥が生じるのを抑制することができる。

20

【 0 0 8 0 】

また、窪み部 1 0 の平均深さ D_p は、導体部 5 a と導体部 5 b との間隙 の平均値よりも大きく形成するのが好ましい。すなわち、窪み部 1 0 は、上述したように歪んだ円筒形状に形成されることから、例えば、窪み部 1 0 の深さ（例えば、導体部 5 a と導体部 5 b との接続点から窪み部内周面までの距離や窪み部内周面間の最大距離等）を複数個所測定し、その深さの平均値を平均深さ D_p とすることができる。また、間隙 の平均値は、例えば導体部 5 a と導体部 5 b とで形成される間隙を複数個所測定し、その測定値から容易に算出することができる。

【 0 0 8 1 】

そして、このように窪み部 1 0 の平均深さ D_p を導体部 5 a と導体部 5 b との間隙 の平均値よりも大きく形成することにより、折曲部位 7 a、6 a ~ 6 j、7 b における導体部分が折り曲げ加工により幅方向に突出するのをより効果的に抑制することができ、これにより導体部分を効果的に窪み部 1 0 内に収めることが可能となり、折曲部位 7 a、6 a ~ 6 j、7 b の内側に負荷される圧縮応力をより一層低減することができ、クラック等の構造欠陥の発生をより効果的に抑制することができる。

30

【 0 0 8 2 】

図 8 は、上記巻線体の分解斜視図である。

【 0 0 8 3 】

切欠部 9 が形成された折曲部位 7 a、6 a ~ 6 i、7 b を折り目線として山折りと谷折りとを交互に繰り返している。すなわち、図 3 の展開図において、例えば、連続薄帯 1 は折曲部位 7 a で山折りされて引出部 4 a と導体部 5 a とが対向するように重畳され、次いで折曲部位 6 a で谷折りされて導体部 5 a と導体部 5 b とが対向するように重畳されている。以下同様に山折りと谷折りとが交互に繰り返され、折曲部位 6 b、6 d、6 f、6 h、7 b で山折りされ、折曲部位 6 c、6 e、6 g、6 i で谷折りされ、これら折曲部位 6 a、7 a、6 a ~ 6 i、7 b を介して導体部 5 a ~ 5 j が重畳されて中空部 2 を有するように巻回され、これにより本実施の形態の巻線体が形成される。

40

【 0 0 8 4 】

このように本実施の形態は、折曲部位 7 a、6 a ~ 6 i、7 b に窪み部 1 0 が形成されているので、折曲部位 7 a、6 a ~ 6 j、7 b における導体部分を窪み部 1 0 内に収容す

50

ることができ、導体部分が外部に突出するのを抑制することができ、これにより巻線間で短絡が生じるのを抑制することができる。また連続薄帯 1 の折曲箇所には圧縮応力が負荷されても、前記窪み部 10 が緩衝作用を奏することから圧縮応力が低減され、これによりクラック等の構造欠陥の発生を抑制することができる。

【0085】

次に、上記巻線体の製造方法を説明する。

【0086】

図 9 は、連続薄帯 1 の作製手順を示している。

【0087】

まず、図 9 (a) に示すように、好ましくはコイル部品の駆動周波数 f に対する表皮厚み d の 2 倍以下の厚み T を有する所定サイズの導体板 11 を用意する。次いで、導体板 11 に打ち抜き加工やレーザー照射を施し、図 9 (b) に示すように、階段状に切り出された切出部材 20 を得る。次に、切出部材 20 の所定位置に開口部が形成されかつ引出部 4 a、4 b が形成されるように、打ち抜き加工を施し、図 9 (c) に示すように、折曲部位 7 a、6 a ~ 6 i、7 b によって複数の導体部 5 a ~ 5 j に区分された連続薄帯 1 を得る。

10

【0088】

図 10 は巻線体の作製手順の一実施の形態を示す要部断面図であって、連続薄帯 1 の折曲部位 6 a (図 9 (c) 参照) で折り曲げ加工を施した場合を示している。

【0089】

すなわち、図 10 (d) に示すように、切削、エッチング、或いは金型を使用した形状転写等の方法で、折曲部位 6 a の一方の主面に、連続薄帯 1 の厚み T に対し深さ $D t$ が $1/4 \sim 3/4$ 程度となるように折曲部位 6 a に対し直交方向の断面が U 字状の切欠部 9 を作製する。その他の折曲部位 7 a、6 b ~ 6 i、7 b についても、同様にこれら折曲部位 7 a、6 b ~ 6 i、7 b を折曲した際に内側に切り込みが形成されるように一方の主面又は他方の主面のいずれかに切欠部 9 を形成する。

20

【0090】

そして、切欠部 9 が形成された連続薄帯 1 を例えば所定温度の絶縁ワニス溶液に浸漬し、前記連続薄帯 1 の両主面に絶縁性材料を塗布し、連続薄帯 1 の両主面を絶縁性被膜で被覆する。

【0091】

次いで、図 10 (e) に示すように、導体部 5 b を矢印 E 方向に折り曲げ、さらに、図 10 (f) に示すように、導体部 5 b が導体部 5 a に重畳状となるように折り曲げ、これにより空洞状の窪み部 10 を形成する。

30

【0092】

その他の切欠部が形成された各折曲部位 7 a、6 b ~ 6 i、7 b についても、山折り谷折りを適宜交互に繰り返し、これにより切欠部 9 が窪み部 10 を形成し、開口部が連通するように連続薄帯 1 が螺旋状に巻回され、巻線体が作製される。

【0093】

このように本巻線体の製造方法は、開口部 8 a、8 b を有するように連続薄帯 1 を所定形状に切り出す工程と、連続薄帯 1 を折り曲げる折曲部位 7 a、6 b ~ 6 i、7 b に切欠部 9 を形成する工程と、切欠部 9 が窪み部 10 を形成し開口部 8 a、8 b が連通して螺旋状となるように、連続薄帯 1 に対し折曲部位 7 a、6 b ~ 6 i、7 b で折り曲げ加工を施す工程とを含むので、導体部間で短絡等が生じるのを抑制でき、日加工性が良好でクラック等の構造欠陥や導体損失が抑制された巻線体を効率良く製造することができる。

40

【0094】

図 11 は、上記巻線体を使用した本発明に係るコイル部品としてのリアクトルの斜視図である。

【0095】

リアクトルは、磁性体材料及び樹脂材料を含有した磁心コア 12 にコイル導体が埋設されており、該コイル導体が本発明の巻線体 13 で形成されている。そして、これら巻線体

50

13及び磁心コア12がケース14に収容され、ケース14の端部から巻線体13の引出部4a、4bが突設されている。

【0096】

このようにコイル部品としての本リアクトルは、コイル導体が上述した巻線体13で形成されているので、導体損失が抑制され、巻線体13の導電部分が巻線体の外部に突出するのを抑制することができ、巻線同士が短絡するのを回避することができ、クラック等の構造欠陥も抑制された高性能・高品質のリアクトル等のコイル部品を得ることができる。

【0097】

本リアクトルは以下のようにして容易に作製することができる。

【0098】

まず、磁性体粉末と樹脂材料とが所定比率に配合されたコア材料を用意する。次いで、所定形状の金型内に巻線体13を配した後、該金型のキャビティにコア材料を供給し、該キャビティにコア材料を充填し、加圧・加熱して硬化させ、巻線体13が磁心コア12に埋設された成形体を一体形成する。その後、金型から成形体を取り出し、この成形体をケース14に嵌入して該ケース14に収容し、これにより上記リアクトル作製することができる。

【0099】

図12は、巻線体の他の実施の形態を示す要部断面図である。

【0100】

すなわち、上記実施の形態では窪み部10は空洞状であるが、この実施の形態では、窪み部10にエポキシ等の絶縁性樹脂15を充填させている。これにより絶縁性をより一層向上させることができると共に、巻線体で発生した熱を外部に効率よく放熱させることができ、放熱性を向上させることが可能となる。

【0101】

尚、充填方法は、連続薄帯1を折曲部位7a、6a~6i、7bで折り曲げた後、導体部5a~5j間に絶縁性樹脂を注入してもよいし、折り曲げ加工を行う前に連続薄帯1に予め絶縁性樹脂を塗布しておいてもよい。

【0102】

また、この他の実施の形態では、絶縁性樹脂15は窪み部10に注入され、充填されているが、絶縁性樹脂15は、窪み部10の少なくとも一部に充填されていればよく、前記窪み部10の内部全域に充填したり、導体部5aと導体部5bの間隙に充填するようにしてもよい。

【0103】

尚、本発明は、上記実施の形態に限定されるものではなく、要旨を変更しない限り、種々の変形が可能である。上記実施の形態では、巻線体は階段状に切り出された連続薄帯1を山折り、谷折りを交互に繰り返しているが、本発明は折曲部位の一方の面に切欠部を形成し、折り曲げ後に切欠部が窪み部を形成することが肝要である。したがって、連続薄帯の形状も限定されるものではなく、山折りを複数回連続したり或いは谷折りを複数回連続して折り曲げるようにしてもよい。

【0104】

また、上記実施の形態では、切出部材20を階段状に切り出した後、切出部材20の所定位置に開口部及び引出部4a、4bを打ち抜き加工により形成しているが、切出部材20、開口部8a、8b及び引出部4a、4bの形成を打ち抜き加工により同時に一工程で形成するのも好ましい。

【0105】

また、上記実施の形態では、折曲加工前に連続薄帯1に絶縁性被膜を形成しているが、折曲加工後に絶縁性被膜を形成するようにしてもよい。

【0106】

次に、本発明の実施例を具体的に説明する。

【実施例1】

10

20

30

40

50

【0107】

厚みが0.3mm、幅が10mmのCu薄帯を用意し、実施例試料及び比較例試料を製作し、加工性を確認した。

【0108】

(実施例試料)

図13～15は、切欠部を形成した実施例試料のCu薄帯について、折り曲げ加工の加工手順を光学顕微鏡で撮像したものである。

【0109】

まず、図13に示すように、Cu薄帯51の折曲部位52にエッチング加工を施し、U字状の切欠部53を形成した。尚、切欠部53の深さDtはCu薄帯51の厚みTの3/4程度(約0.23mm)であった。

10

【0110】

次いで、図14に示すように、折曲部位52を介してCu薄帯51が重なるように折り曲げ、さらに折り曲げると、図15に示すように、切欠部53は空洞状の窪み部54を形成する。そして、折曲部位52の内側部分はCu薄帯51の外側に突出することもなく窪み部54内に収容されている。

【0111】

したがって、切欠部が形成された連続薄帯を螺旋状に巻回して巻線体を形成した場合、巻線体の折曲部位の内側の導体同士が接触することもなく、巻線間で短絡が生じるのを抑制できると考えられる。

20

【0112】

次に、折り曲げ加工後の実施例試料を走査型電子顕微鏡(SEM)で撮像し、観察した。

【0113】

図16は、倍率200倍で撮像したSEM画像であり、図17は、図16のSEM画像について倍率1000倍で撮像した拡大SEM画像である。

【0114】

この図17に示すように、Cu薄帯51の内側部分には折り曲げ加工により圧縮応力が負荷されても、空洞状の窪み部54が緩衝作用を奏することからクラック等の構造欠陥が生じるのを抑制することができることが分かった。

30

【0115】

(比較例試料)

図18～21は、切欠部を形成しなかった比較例試料のCu薄帯について、折り曲げ加工の加工手順を光学顕微鏡で撮像したものである。

【0116】

すなわち、図18に示すような厚みが0.3mm、幅が10mmの折曲部位62を有するCu薄帯61を用意した。そして、図19に示すように、Cu薄帯61を折曲部位62でU字状に折り曲げ、さらに図20及び図21に示すように折り重ねた。するとCu薄帯61の内側部分が折り重なり圧縮されることから、図中、P部に示すように、折り重なった部分の一部が幅方向に突出することが分かった。したがって、比較例試料のように切欠部を有さない連続薄帯を使用して巻線体を形成した場合、巻線体の折曲部分の導体同士が接触し、巻線間で短絡が生じるおそれがある。

40

【0117】

図22は、比較例試料を倍率200倍で撮像したSEM画像であり、図23は、図22のSEM画像について倍率1000倍で撮像した拡大SEM画像である。

【0118】

この図23に示すように、Cu薄帯61の内側部分には折り曲げ加工により圧縮応力が負荷されることから、図中、Qに示すように折曲部位を起点にクラックが発生している。

【0119】

このように比較例試料では扁平状のCu薄帯61を単に折り曲げているため、折り重な

50

る導体部分が幅方向に突出したり、折り曲げ加工により折曲部位に圧縮応力が負荷され、クラック等の構造欠陥が認められた。

【0120】

これに対し実施例試料では、Cu薄帯51の折曲部位52に切欠部53を設け、該折曲部位52で折り曲げているので、折り曲げ後は切欠部53が空洞状の窪み部54を形成することから、折曲部位52の内側は窪み部54に収容され、幅方向に突出するのを抑制することができる。また、折り曲げ加工時に圧縮応力が負荷されても、窪み部54が緩衝作用を奏することからクラック等の構造欠陥を発生するのを抑制できることが確認された。

【実施例2】

【0121】

磁場解析ソフトを使用し、Cu薄帯（連続薄帯）の厚みTがそれぞれ0.2mm、0.33mm、0.5mmの各場合について、コイル部品の駆動周波数fが200kHzの条件下、実効値が28A（ピークピーク値：80A）の交流電流をCu薄帯に通電し、そのときのCu薄帯と導体損失との関係をシミュレーションした。

【0122】

図24はそのシミュレーション結果であり、Cu薄帯の厚みと導体損失との関係を示している。図中、横軸はCu薄帯の厚み（mm）であり、縦軸は導体損失（W）である。

【0123】

この図24から明らかなように、導体損失はCu薄帯の厚みが0.3mm以下になると急激に低下している。

【0124】

一方、Cu薄帯の表皮厚みdは、[発明を実施するための形態]に記載した数式(1)で算出することができる。Cuの電気抵抗率は $1.68 \times 10^{-8} \cdot \text{m}$ 、Cuの絶対透磁率 μ は $1.26 \times 10^{-6} \text{H/m}$ であるから、駆動周波数200kHzにおけるCu薄帯の表皮厚みdは0.15mmである。

【0125】

したがって、Cu薄帯の厚みを駆動周波数の2倍以下とすることにより導体損失は急激に低減することが分かった。

【0126】

また、10kHz以上200kHz未満の範囲で駆動周波数を種々異ならせてシミュレーションした結果、いずれの駆動周波数においてもCu薄帯の厚みを当該駆動周波数の2倍以下とすることにより導体損失が急激に低減できることが分かった。

【0127】

以上より、導体損失を低減させるためには連続薄帯の厚みTを駆動周波数fに対する表皮厚みdの2倍以下にすることが効果的であることが確認された。

【産業上の利用可能性】

【0128】

加工性が良好で巻線間で短絡が発生したり、クラック等の構造欠陥が発生するのを抑制することができ、さらには導体損失を効果的に低減できる巻線体、及びこれを使用したりアクトル等のコイル部品を実現する。

【符号の説明】

【0129】

- 1 連続薄帯
- 2 中空部
- 5 a ~ 5 j 導体部
- 6 a ~ 6 i、7 a、7 b 折曲部位
- 9 切欠部
- 10 窪み部
- 12 磁心コア
- 13 巻線体

10

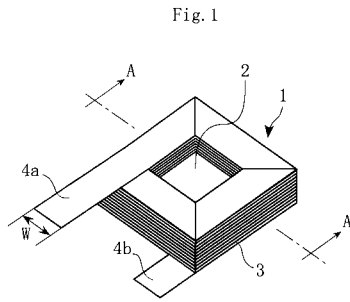
20

30

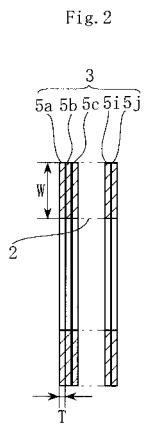
40

50

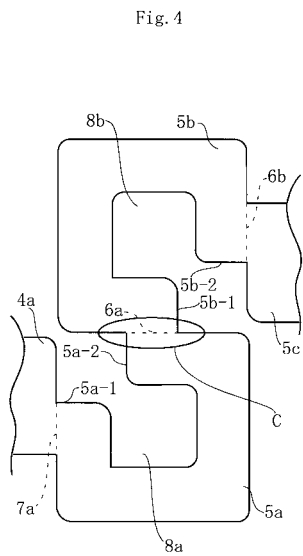
【 図 1 】



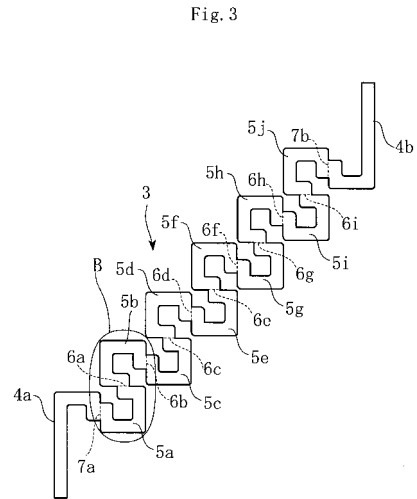
【 図 2 】



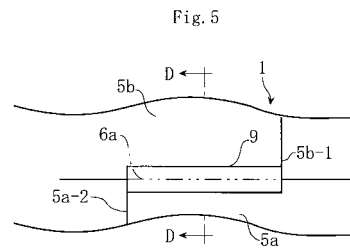
【 図 4 】



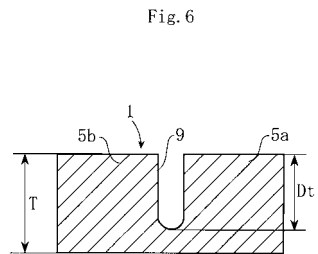
【 図 3 】



【 図 5 】

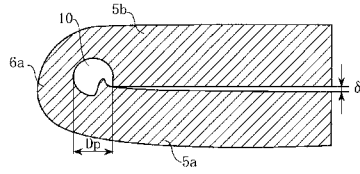


【 図 6 】



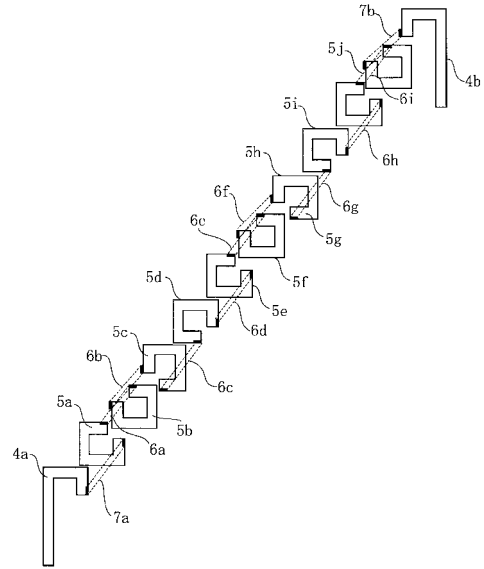
【 図 7 】

Fig. 7



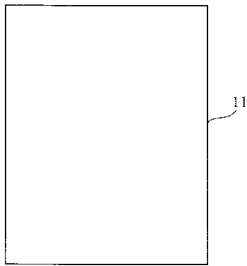
【 図 8 】

Fig. 8

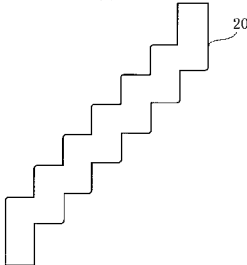


【 図 9 】

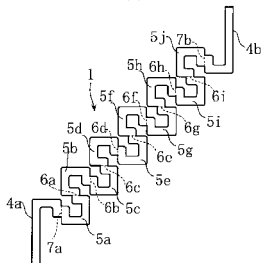
Fig. 9
(a)



(b)

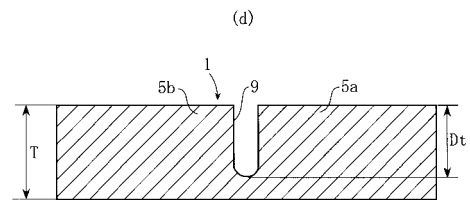


(c)

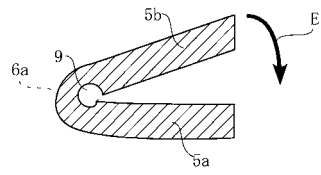


【 図 10 】

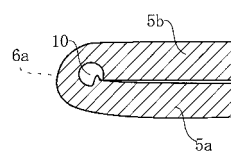
Fig. 10



(e)

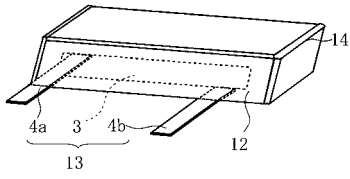


(f)



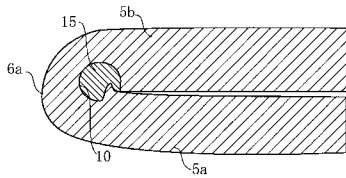
【 図 1 1 】

Fig. 11



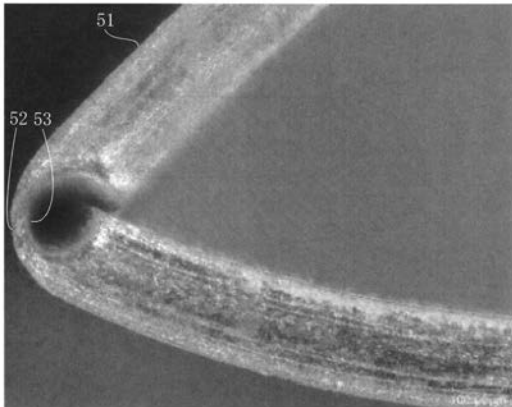
【 図 1 2 】

Fig. 12



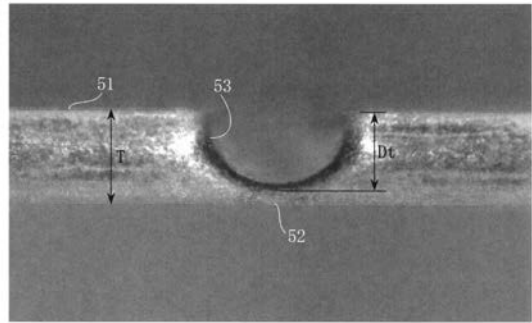
【 図 1 4 】

Fig. 14



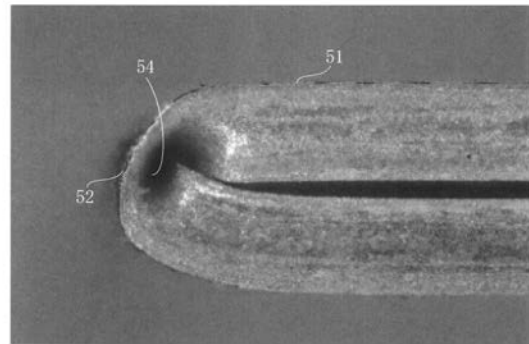
【 図 1 3 】

Fig. 13



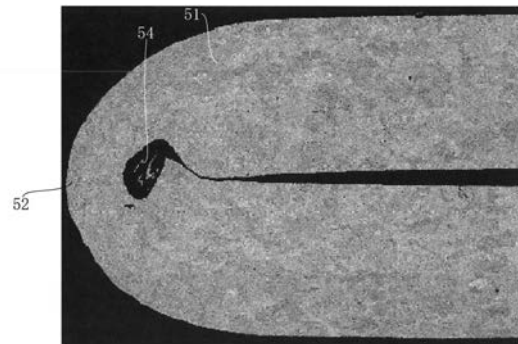
【 図 1 5 】

Fig. 15



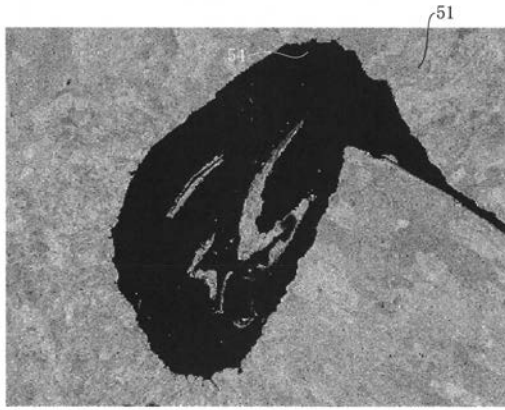
【 図 1 6 】

Fig. 16



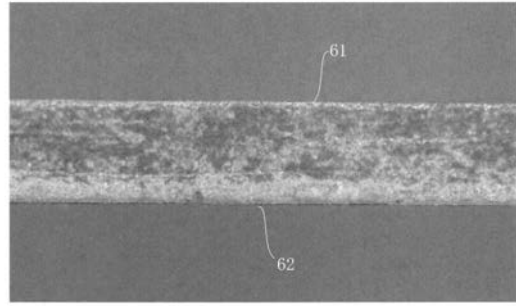
【 図 1 7 】

Fig. 17



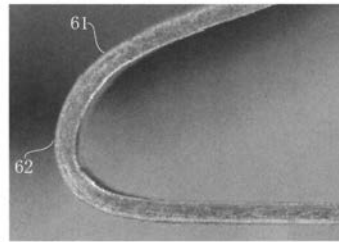
【 図 1 8 】

Fig. 18



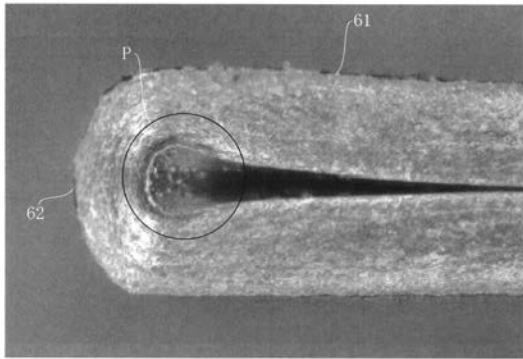
【 図 1 9 】

Fig. 19



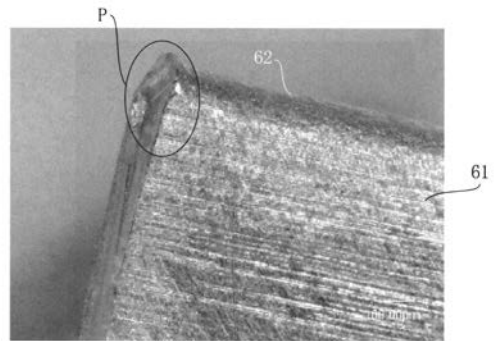
【 図 2 0 】

Fig. 20



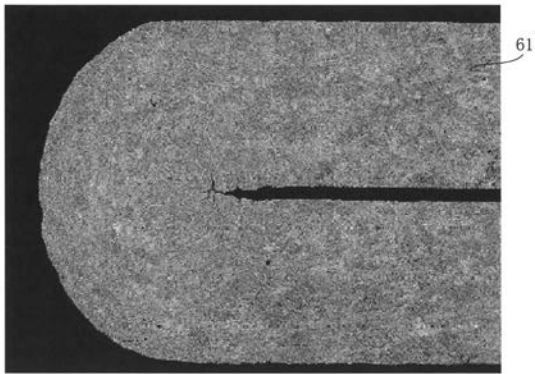
【 図 2 1 】

Fig. 21



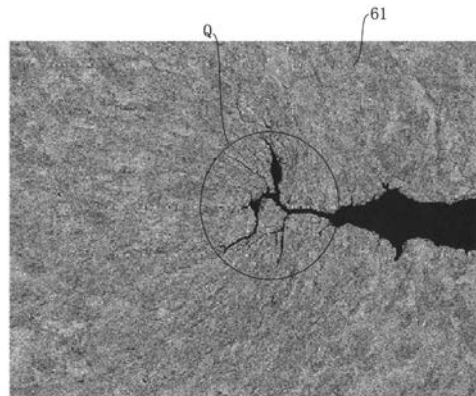
【 図 2 2 】

Fig. 22



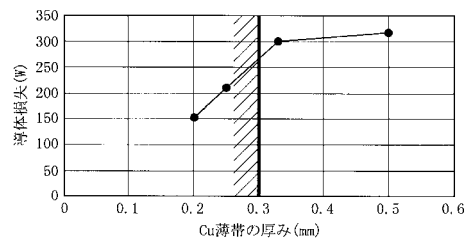
【 図 2 3 】

Fig. 23



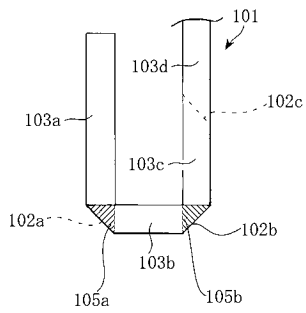
【 図 2 4 】

Fig. 24



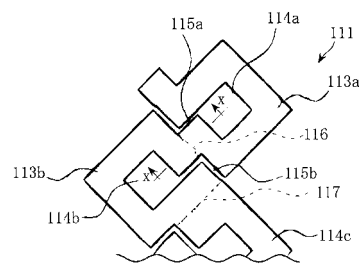
【 図 2 5 】

Fig. 25



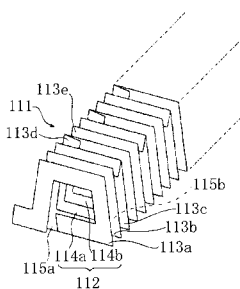
【 図 2 7 】

Fig. 27



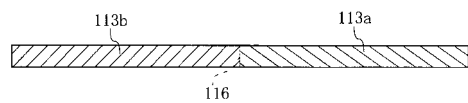
【 図 2 6 】

Fig. 26



【 図 2 8 】

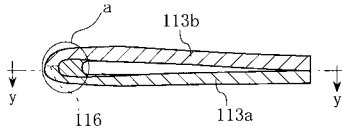
Fig. 28



【 図 2 9 】

Fig. 29

(a)



(b)

