

MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称： コイルばねおよびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、コイルばねおよびその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 例えば特許文献 1 に記載されたように、コイルばねの素線の硬度分布を表面からの深さに応じて変化させる技術が知られている。具体的には、特許文献 1 に記載の方法においては、素線（ばね用鋼線）が高周波加熱コイルに通されてその表層のみがオーステナイト変態点よりも高い温度に加熱されるとともにその中心部が次工程での焼戻し温度よりも低い温度の状態から冷却される焼入れ工程を実施し、さらに素線の全体を加熱する焼戻工程が実施される。これにより、素線の内部において、表層や中心付近よりも硬度が低い層が形成される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第 6 0 5 3 9 1 6 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 例えばコイルばねのコイル軸に面した内径側とその反対の外径側など、素線の周方向における位置によって求められる特性が異なることがある。例えば、一般的なコイルばねの製造工程においては素線に圧縮残留応力を付与するためのショットピーニングが実施されるが、このショットピーニングにより付与される圧縮残留応力の分布は素線の周方向において不均一となり得る。このような圧縮残留応力の分布の変化を考慮し、他の特性を調整すれば、より優れた性能を発揮するコイルばねを実現し得る。

[0005] 本発明は、このような事情に基づいてなされたものであり、素線の周方向における特性が改善されたコイルばねおよびその製造方法を提供することを

目的の一つとする。

課題を解決するための手段

- [0006] 一実施形態に係るコイルばねは、螺旋状に巻かれた素線により形成されたものであって、前記素線の少なくとも一部が前記素線の軸を中心とした周方向に変化する硬度分布を有している。
- [0007] 例えば、前記素線は、第1層と、前記第1層の内側の第2層と、前記第2層の内側の第3層とを有している。この場合において、前記第2層の硬度が前記第1層および前記第3層の硬度よりも小さくてもよい。
- [0008] 前記素線の表面は、第1位置と、前記周方向において前記第1位置と離間した第2位置とを含む。さらに、前記第1位置と前記軸を繋ぐ第1線分に沿う第1硬度分布と、前記第2位置と前記軸を繋ぐ第2線分に沿う第2硬度分布とが異なる。
- [0009] 例えば、前記第1硬度分布および前記第2硬度分布において、前記第1層の幅、前記第2層の幅、前記第3層の幅、前記第2層における硬度の最小値、および、当該最小値の位置の前記表面からの深さの少なくとも一つが異なる。
- [0010] 前記第1線分に沿う第1範囲および前記第2線分に沿う第2範囲のそれぞれに圧縮残留応力が付与されてもよい。この場合において、前記第2範囲が前記第1範囲よりも前記表面から深い位置に及び、前記第2層のうち前記第2線分に沿う部分が前記第2層のうち前記第1線分に沿う部分よりも前記表面から深い位置に形成されてもよい。
- [0011] 一例では、前記第1位置は前記素線の内径側に位置し、前記第2位置は前記素線の外径側に位置している。
- [0012] 前記素線が第1層とその内側の第2層とを有し、前記第1層の硬度が前記第2層の硬度よりも小さくてもよい。この場合において、前記第1硬度分布と前記第2硬度分布とが異なってもよい。例えば、前記第1硬度分布および前記第2硬度分布の相違は、前記第1層の幅、前記第2層の幅、および、前記第1層における硬度の最小値の少なくとも一つが異なることにより生じる

。

[0013] 一実施形態に係るコイルばねの製造方法は、前記素線を螺旋状に成形し、交流電流を供給可能な電源に接続された第1端子および第2端子を前記素線に取り付け、前記第1端子および前記第2端子を通じて前記素線に交流電流を流して前記素線を加熱することにより、前記素線の少なくとも一部に前記周方向に変化する硬度分布を形成することを含む。

[0014] 前記製造方法は、前記素線に前記交流電流を流す前に、電氣的にフローティング状態である導体を前記素線への前記交流電流の通電時に近接効果を生じる位置に配置することをさらに含んでもよい。

[0015] 前記製造方法は、螺旋状に成形された前記素線にショットピーニングを施して前記素線に圧縮残留応力を付与することをさらに含んでもよい。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、素線の周方向における特性が改善されたコイルばねおよびその製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]図1は、一実施形態に係るコイルばねの概略的な斜視図である。

[図2]図2は、コイルばねに適用し得る構造の一例を示す概略的な断面図である。

[図3]図3は、第1線分に沿う第1硬度分布の一例を示すグラフである。

[図4]図4は、第2線分に沿う第2硬度分布の一例を示すグラフである。

[図5]図5は、第1線分に沿う第1硬度分布および第1残留応力分布の一例を示すグラフである。

[図6]図6は、第2線分に沿う第2硬度分布および第2残留応力分布の一例を示すグラフである。

[図7]図7は、比較例に係る硬度分布および残留応力分布を示すグラフである。

。

[図8]図8は、コイルばねの製造方法の一例を示すフローチャートである。

[図9]図9は、表面焼入れにおいて利用し得る交流通電加熱装置の概略的な構

成を示す図である。

[図10]図10は、図9に示したように組み立てられた素線、導体および強磁性体の概略的な側面図である。

[図11]図11は、近接効果を説明するための模式図である。

[図12]図12は、素線に付与し得る硬度分布の他の例を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0018] 一実施形態について図面を参照しながら説明する。本実施形態において開示するコイルばねの用途は特に限定されないが、一例では車両用の懸架装置に用いることができる。

[0019] 図1は、本実施形態に係るコイルばね1の概略的な斜視図である。コイルばね1は、コイル軸X1を中心に螺旋状に巻かれた素線2を有している。例えば、素線2はばね鋼により形成されており、その表面20は全体的に塗膜21により覆われている。以下の説明においては、コイル軸X1と平行な軸方向DXと、コイル軸X1を中心とした半径方向DRとを定義する。

[0020] コイルばね1は、有効部10と、第1座巻部11と、第2座巻部12とを有している。有効部10は、第1座巻部11および第2座巻部12の間に位置している。例えば、第1座巻部11は素線2の第1端末2aから約1巻分の範囲であり、第2座巻部12は素線2の第2端末2bから約1巻分の範囲である。有効部10においては、素線2が複数回巻かれている。

[0021] 図2は、コイルばね1に適用し得る構造の一例を示す概略的な断面図である。この断面は、素線2の軸X2と垂直に交わる横断面に相当する。図示したように、軸X2を中心とした周方向Dθを定義する。本実施形態において、素線2の少なくとも一部は、周方向Dθに変化する硬度分布を有している。以下、図2に基づき、このような構造の一例について説明する。

[0022] 図2の例において、素線2は、第1層L1と、第1層L1の内側の第2層L2と、第2層L2の内側の第3層L3とを有している。第2層L2の硬度は、第1層L1および第3層L3の硬度よりも小さい。なお、第2層L2の硬度は、図3などを参照して後述するように、半径方向DRにおける勾配を

有している。

[0023] 上述の表面20は、第1層L1の外面に相当する。第1層L1および第2層L2は、例えば図示したような環状であるが、この例に限られない。すなわち、第1層L1および第2層L2は、周方向Dθの一部に設けられてもよい。

[0024] 素線2の表面20は、例えば軸X2を中心とした正円形である。一方で、図2の例においては、第1層L1と第2層L2の境界、および、第2層L2と第3層L3の境界が楕円形であり、その中心が軸X2からずれている。他の例として、これらの境界が軸X2からずれた正円形であってもよい。

[0025] 一般に、コイルばねの耐へたり性を確保するためには、素線の硬度を高める必要がある。一方で、素線の硬度が高くと、表面付近で腐食ピットが発生した場合にき裂の進行が速くなることから、コイルばねの早期折損のリスクが高まる。

[0026] これに対し、図2の構成においては、硬い第1層L1および第3層L3によりコイルばね1の耐へたり性が確保される。さらに、柔らかい第2層L2により折損のリスクが低減され、コイルばね1の耐腐食疲労性も高まる。

[0027] 図2に示す構成においては、素線2の内部の少なくとも一部において、硬度分布が周方向Dθに変化する。このような硬度分布の変化を説明するために、図2に示す第1線分V1および第2線分V2を定義する。

[0028] 第1線分V1は、表面20のうち素線2の内径側に位置する第1位置Q1と軸X2とを繋ぐ直線である。第2線分V2は、表面20のうち素線2の外径側に位置する第2位置Q2と軸X2とを繋ぐ直線である。例えば、第1位置Q1は、表面20のうちコイル軸X1に最も近い部分である。また、第2位置Q2は、表面20のうちコイル軸X1から最も遠い部分である。図2の例においては、第1位置Q1、軸X2および第2位置Q2が半径方向DRに並んでいる。

[0029] 図3は、第1線分V1に沿う第1硬度分布H1の一例を示すグラフである。図4は、第2線分V2に沿う第2硬度分布H2の一例を示すグラフである。

。これらのグラフにおいて、縦軸は硬度（例えばビッカース硬さHV）であり、横軸は素線2の表面20からの深さ（表面20からの距離）である。

[0030] 第1硬度分布H1および第2硬度分布H2のいずれにおいても、第2層L2で硬度が低下している。例えば、第1層L1と第3層L3の硬度は同一である。ただし、第1層L1と第3層L3の硬度が異なってもよい。

[0031] 図3および図4の例においては、第2層L2の硬度分布がV字型である。この例に限られず、第2層L2の硬度分布は、滑らかな曲線状に変化してもよい。また、第2層L2の硬度分布は、硬度が第1層L1および第3層L3よりも低い値で概ね一定となる範囲を含んでもよい。

[0032] ここで、図3に示すように、第1硬度分布H1における第1層L1の幅を a_1 、第2層L2の幅を b_1 、第3層L3の幅を c_1 、第2層L2における硬度の最小値を d_1 、当該最小値の位置の表面20（第1位置Q1）からの深さを e_1 と定義する。

[0033] さらに、図4に示すように、第2硬度分布H2における第1層L1の幅を a_2 、第2層L2の幅を b_2 、第3層L3の幅を c_2 、第2層L2における硬度の最小値を d_2 、当該最小値の位置の表面20（第2位置Q2）からの深さを e_2 と定義する。

[0034] 図3および図4の比較から分かるように、本実施形態においては、第1硬度分布H1と第2硬度分布H2が異なる。例えば、このような硬度分布H1、H2の相違は、幅 a_1 、 a_2 、幅 b_1 、 b_2 、幅 c_1 、 c_2 、最小値 d_1 、 d_2 および深さ e_1 、 e_2 の少なくとも一つが異なることにより生じる。

[0035] 図3および図4の例においては、幅 a_1 が幅 a_2 よりも小さく（ $a_1 < a_2$ ）、幅 b_1 が幅 b_2 よりも小さく（ $b_1 < b_2$ ）、幅 c_1 が幅 c_2 よりも大きい（ $c_1 > c_2$ ）。さらに、深さ e_1 が深さ e_2 よりも小さい（ $e_1 < e_2$ ）。最小値 d_1 、 d_2 は例えば同等であるが、異なってもよい。

[0036] このように、図2乃至図4に示した例においては、素線2の内部の硬度分布が周方向Dθにおける位置によって異なる。素線2の硬度分布は、例えば、周方向Dθにおける各部に求められる他の特性を考慮して定めることがで

きる。他の特性の一例としては、ショットピーニングなどにより素線 2 に付与される圧縮残留応力が挙げられる。以下、素線 2 の残留応力分布と硬度分布の関係の一例について説明する。

[0037] 図 5 は、第 1 線分 V 1 に沿う第 1 硬度分布 H 1 および第 1 残留応力分布 σ 1 の一例を示すグラフである。図 6 は、第 2 線分 V 2 に沿う第 2 硬度分布 H 2 および第 2 残留応力分布 σ 2 の一例を示すグラフである。これらのグラフにおいて、左縦軸は硬度であり、右縦軸は残留応力であり、横軸は素線 2 の表面 2 0 からの深さである。なお、図 5 および図 6 の例においては、残留応力が零の位置と、第 1 層 L 1 および第 3 層 L 3 の硬度とを一致させている。図 5 および図 6 に示す硬度分布 H 1, H 2 は、図 3 および図 4 に示したものと同様である。

[0038] 例えばショットピーニングを螺旋状に巻かれた素線 2 に施す場合、表面 2 0 のうち外径側の部分には投射材が当たりやすいが、表面 2 0 のうち内径側の部分や軸方向 D X に隣り合う素線 2 の間に位置する部分には投射材が当たりにくい。この場合、外径側の部分には深い位置まで圧縮残留応力が付与されるが、内径側の部分などには浅い位置までしか圧縮残留応力が付与されない。このように、ショットピーニングによって付与される圧縮残留応力は、周方向 D θ において非均一となり得る。

[0039] 図 5 の例においては、表面 2 0 (第 1 位置 Q 1) から第 1 範囲 f 1 にわたって圧縮残留応力が付与されている。また、図 6 の例においては、表面 2 0 (第 2 位置 Q 2) から第 2 範囲 f 2 にわたって圧縮残留応力が付与されている。第 2 範囲 f 2 は、第 1 範囲 f 1 よりも深い位置に及んでいる。

[0040] 図 5 の例において、圧縮残留応力が付与された第 1 範囲 f 1 は、第 1 層 L 1 の全体と重なるとともに、第 2 層 L 2 の一部に及んでいる。第 1 範囲 f 1 は、第 3 層 L 3 には及んでいない。他の例として、第 1 範囲 f 1 が第 3 層 L 3 の一部に及んでもよい。第 1 範囲 f 1 における圧縮残留応力のピークは、第 1 硬度分布 H 1 において硬度が最小値となる位置よりも表面 2 0 側 (第 1 位置 Q 1 側) に位置している。

- [0041] また、図6の例においても、圧縮残留応力が付与された第2範囲f2は、第1層L1の全体と重なるとともに、第2層L2の一部に及んでいる。第2範囲f2は、第3層L3には及んでいない。他の例として、第2範囲f2が第3層L3の一部に及んでもよい。第2範囲f2における圧縮残留応力のピークは、第2硬度分布H2において硬度が最小値となる位置よりも表面20側（第2位置Q2側）に位置している。
- [0042] このように、図5および図6の例においては、残留応力分布 σ_1 、 σ_2 に応じた硬度分布H1、H2が形成されている。具体的には、圧縮残留応力の第2範囲f2が第1範囲f1よりも深い位置に及ぶとともに、第2層L2のうち第2線分V2に沿う部分が第2層L2のうち第1線分V1に沿う部分よりも表面20から深い位置に形成されている。これにより、第1範囲f1と第2層L2の重なり方、および、第2範囲f2と第2層L2の重なり方が実質的に同様となる。
- [0043] 図7は、比較例に係る硬度分布Hxおよび残留応力分布 σ_x を示すグラフである。この比較例においては、表面20から範囲fxにわたって圧縮残留応力が付与されている。範囲fxは、第1層L1と重なっているが、第2層L2および第3層L3とは重なっていない。
- [0044] 一般に、圧縮残留応力が付与された領域および硬度が低下した領域においては、介在物に起因した折損のリスクが低減される。この点に関し、図7の比較例においては、第1層L1と第2層L2の境界付近において、圧縮残留応力が低くかつ硬度も高い領域が生じている。この領域においては、介在物に起因した折損のリスクが高まってしまう。
- [0045] 図7の比較例のような硬度分布Hxと残留応力分布 σ_x の関係は、例えば、周方向D θ に一樣な硬度分布を素線2に付与した場合に生じ得る。すなわち、ショットピーニングによって圧縮残留応力が付与される範囲は上述のように内径側で浅く、かつ外径側で深くなるところ、素線2における硬度分布が周方向D θ に一樣であると、周方向D θ のいずれかの位置において硬度が低下した範囲と圧縮残留応力が付与された範囲とが好適に重ならない可能性

がある。

[0046] 仮に、周方向 $D\theta$ の各位置において第2層 $L2$ の幅を広げれば、圧縮残留応力が低い領域が低硬度の領域と重なる。しかしながら、このように柔らかい第2層 $L2$ の割合を増やした場合には、コイルばね1の耐へたり性が低下する可能性がある。

[0047] これに対し、図5および図6の例のように残留応力分布 $\sigma 1$ 、 $\sigma 2$ に応じた硬度分布 $H1$ 、 $H2$ を形成した場合には、耐へたり性を確保しつつも、介在物に起因した折損のリスクを抑えて耐腐食疲労性を高めることができる。

[0048] なお、図2乃至図6を用いて説明した硬度分布および残留応力分布は、有効部10、第1座巻部11および第2座巻部12のいずれに対しても適用できる。有効部10、第1座巻部11および第2座巻部12における硬度分布および残留応力分布は実質的に同じであってもよいし、互いに異なってもよい。

[0049] 第2層 $L2$ は、軸 $X2$ に沿う長さ方向における素線2の一部に設けられてもよい。また、素線2は、中心の硬い層と、その周囲の柔らかい層の2つで形成されてよいし、隣り合う層の硬度が異なる4つ以上の層で形成されてもよい。

[0050] 周方向 $D\theta$ における素線2の硬度分布は、必ずしも圧縮残留応力に応じて調整される必要はなく、素線2の組織などの他の特性に応じて調整されてもよい。

[0051] 図3乃至図6に例示したような素線2の硬度分布は、必ずしも周方向 $D\theta$ の全ての位置で異なっている必要はない。例えば、図2に示した第1線分 $V1$ および第2線分 $V2$ に加え、表面20の第3位置と軸 $X2$ を繋ぐ第3線分を想定した場合に、第3線分に沿う硬度分布が第1硬度分布 $H1$ および第2硬度分布 $H2$ の一方と同じであってもよい。

[0052] 続いて、コイルばね1の製造方法について説明する。ここでは一例として、図2乃至図6に示した構成を有するコイルばね1を製造する場合を想定する。

- [0053] 図8は、コイルばね1の製造方法の一例を示すフローチャートである。この例は、いわゆる熱間成形に相当するものであり、先ず直線状の素線2が加熱される（工程P1）。さらに、工程P1の加熱によって高温となった素線2がコイリングマシンにより螺旋状に成形される（工程P2）。これら工程P1、P2において、素線2が焼入れされる。
- [0054] 工程P2の後、素線2の表面20寄りの内部の硬度を低下させるための表面焼入れが施される（工程P3）。工程P3によって、図3乃至図6に示したように硬度が低下した第2層L2が形成される。その後、素線2に対して焼戻しが施される（工程P4）。
- [0055] 工程P4の後、素線2を加熱した状態で、素線2に対し過荷重を加えるホットセッチングが施される（工程P5）。さらに、素線2に対してショットピーニングが施される（工程P6）。このショットピーニングにおいては、例えば図5および図6に示したような圧縮残留応力が素線2に付与される。
- [0056] 工程P6の後、素線2に対してプリセッチングが施される（工程P7）。さらに、素線2に対して全体的に塗膜21が形成される（工程P8）。工程P8を以ってコイルばね1が完成する。
- [0057] 図9は、工程P3の表面焼入れにおいて利用し得る交流通電加熱装置100（以下、加熱装置100という。）の概略的な構成を示す図である。加熱装置100は、導体3と、第1端子4Aと、第2端子4Bと、制御装置5とを備えている。
- [0058] 導体3は、例えば筒状であり、銅やアルミニウムなどの導電性に優れた金属材料によって形成されている。導体3は、金属材料で形成された導電層と、樹脂などで形成された絶縁層との積層構造を有してもよい。
- [0059] 制御装置5は、交流電流を供給する電源51を備えている。第1端子4Aおよび第2端子4Bは、配線を介して電源51に接続されている。電源51が供給する交流電流の周波数は特に限定されないが、一例では1kHz以上の高周波を用い得る。
- [0060] 図9の例においては、第1端子4Aおよび第2端子4Bの各々が下部41

と上部 4 2 に分割されている。第 1 端子 4 A および第 2 端子 4 B は、これら下部 4 1 および上部 4 2 の間に素線 2 の一部を挟み込むことにより素線 2 に対して取り付け可能である。ただし、第 1 端子 4 A および第 2 端子 4 B を素線 2 に取り付けるための構造は、この例に限られない。

[0061] 加熱装置 1 0 0 によって加熱処理を実施する際には、螺旋状に成形された素線 2 に第 1 端子 4 A および第 2 端子 4 B が取り付けられるとともに、素線 2 が導体 3 の内側に配置される。なお、第 1 端子 4 A および第 2 端子 4 B を素線 2 に取り付ける工程と、素線 2 を導体 3 の内側に配置する工程との実施順は特に限定されない。

[0062] 図 9 の例においては、素線 2 の第 1 端末 2 a および第 2 端末 2 b 付近（座巻部 1 1 , 1 2 の少なくとも一部）が導体 3 の両端部から突出している。この例に限られず、素線 2 の全体が導体 3 によって囲われてもよい。

[0063] 図 9 の例においては、第 1 端子 4 A の下部 4 1 と上部 4 2 によって素線 2 の第 1 端末 2 a 付近が挟持されている。また、第 2 端子 4 B の下部 4 1 と上部 4 2 によって素線 2 の第 2 端末 2 b 付近が挟持されている。

[0064] 第 1 端子 4 A および第 2 端子 4 B を素線 2 に取り付けると、これらの要素と電源 5 1 とを直列に接続した回路が形成される。制御装置 5 は、作業員によるスイッチの操作や外部からの制御信号の受信に応じて、素線 2 への通電を開始する。図 9 においては、実線矢印によって電流の流れる方向の一例を示している。この方向は、電源 5 1 の周波数に応じて周期的に切り替わる。

[0065] このような通電により、素線 2 の少なくとも一部が加熱される。このとき、導体 3 と素線 2 の間には、後述する近接効果が生じる。導体 3 は、このような近接効果が生じる位置に配置されている。

[0066] 交流電流の周波数、振幅および通電時間は、素線 2 の形状（例えば線径、断面形状、コイル径、ピッチ、巻き数、コイル長、材質）、加熱すべき部位および加熱の目標温度などに応じて適宜に定め得る。加熱を停止すべきタイミングが到来すると、制御装置 5 は電源 5 1 からの電流供給を停止する。

[0067] その後、素線 2 が冷却される。この冷却は、自然冷却であってもよいし、

急速な冷却を要する場合には水や空気などの流体を素線 2 に吹き付けることにより行われてもよい。図 9 の例において、加熱装置 100 は、このような流体の吹き付けを行うための冷却機構 6 を備えている。

[0068] 例えば、冷却機構 6 は、導体 3 の内面に配置された多数のノズル 61 と、制御装置 5 に設けられた流体供給源 62 と、各ノズル 61 を流体供給源 62 に接続する配管 63 とを備えている。流体供給源 62 は、例えば制御装置 5 の制御の下で、配管 63 を介して各ノズル 61 に流体を供給する。このとき、各ノズル 61 からは素線 2 に向けて流体が噴射される。なお、ノズル 61 は必ずしも導体 3 に設けられる必要はなく、導体 3 とは異なる部材に設けられてもよい。

[0069] 加熱装置 100 は、素線 2 の近傍に配置可能な強磁性体 7 をさらに備えてもよい。強磁性体 7 は、例えばフェライトによって形成することができるが、この例に限られない。図 9 の例においては、強磁性体 7 が螺旋状に成形された素線 2 の内側に挿入されている。

[0070] 図 10 は、図 9 に示したように組み立てられた素線 2、導体 3 および強磁性体 7 の概略的な側面図である。導体 3 は、例えばコイル軸 X1 を中心とした円筒状である。導体 3 は、電氣的にフローティング状態であり、素線 2 などの他の導電性の要素と絶縁されている。導体 3 は、例えば図示せぬ絶縁性の部材によって支持されている。

[0071] 導体 3 と素線 2 の間には、隙間 G1 が形成されている。すなわち、導体 3 の内面は、素線 2 の表面 20 のうち外径側の部分（上述の第 2 位置 Q2 を含む部分）と隙間 G1 を介して対向している。

[0072] 強磁性体 7 は、例えばコイル軸 X1 を中心とした円柱状である。強磁性体 7 は、コイル軸 X1 を中心とした円筒状などの他の形状を有してもよい。強磁性体 7 も電氣的にフローティング状態であり、素線 2 や導体 3 などの他の導電性の要素と絶縁されている。強磁性体 7 は、例えば図示せぬ絶縁性の部材によって支持されている。

[0073] 強磁性体 7 と素線 2 の間には、隙間 G2 が形成されている。すなわち、強

磁性体 7 の外面は、素線 2 の表面 20 のうち内径側の部分（上述の第 1 位置 Q 1 を含む部分）と隙間 G 2 を介して対向している。

[0074] 続いて、導体 3 の役割について説明する。素線 2 のようなワークに電流が流れたとき、その近傍に電氣的にフローティング状態の導体が配置されると、いわゆる近接効果が生じる。本実施形態においては、この近接効果を利用して素線 2 の電流密度分布（加熱温度分布）が制御される。

[0075] 図 11 は、近接効果を説明するための模式図であり、棒状のワーク W_s とその近傍に配置された導体 3_s を示している。ワーク W_s に電源からの電流 I_A が流れると、ワーク W_s の周囲に磁界 H_{IA} が発生する（アンペールの法則）。

[0076] 導体 3_s においては、この磁界 H_{IA} に起因した渦電流 I_{E1} が発生する（レンツの法則）。さらに、渦電流 I_{E1} に起因した磁界 H_{IE} が導体 3_s の周囲に発生する。この磁界 H_{IE} がワーク W_s に作用すると、ワーク W_s においては渦電流 I_{E2} が発生する。

[0077] 電流 I_A 、渦電流 I_{E1} および渦電流 I_{E2} が流れる方向は、図中に矢印で示す通りである。すなわち、ワーク W_s においては、導体 3_s から遠い側の側面の近傍では電流 I_A が流れる方向と渦電流 I_{E2} が流れる方向とが逆となる。一方で、導体 3_s に近い側の側面の近傍では、電流 I_A が流れる方向と渦電流 I_{E2} が流れる方向とが一致する。これにより、ワーク W_s の電流密度は、導体 3_s に近い側の側面付近において高くなる。

[0078] このような近接効果を利用することで、ワーク W_s の電流密度分布および加熱温度分布を制御することが可能である。例えば、図 11 のようにワーク W_s の外面の一部に対向するように導体 3_s を配置した場合、ワーク W_s の表面および内部において、周方向の位置によって変化する電流密度分布および加熱温度分布を得ることができる。これらの分布は、例えば導体 3_s とワーク W_s の間の距離によって適宜に調整し得る。

[0079] また、ワーク W_s の長さ方向において、導体 3_s をワーク W_s の一部にのみ対向するように配置した場合には、ワーク W_s の表面および内部にて長さ

方向の位置によって変化する電流密度分布および加熱温度分布を得ることができる。

[0080] 交流電流が素線 2 に流れる際には、表皮効果により、その表面 20 付近における電流密度が高まる。これを利用することで、表面 20 寄りの部分を集中的に加熱し、当該加熱された部分に図 2 に示したような第 2 層 L 2 を形成することができる。なお、表面 20 からの第 2 層 L 2 の深さは、例えば通電時間（加熱時間）、交流電流の周波数、素線 2 と導体 3 の隙間 G 1 などによって調整可能である。

[0081] 螺旋状に成形された素線 2 においては、表面 20 のうち内径側の部分を通る電流経路が短いために、当該内径側の部分付近の電流密度が高まりやすい。加熱装置 100 は、このような電流密度分布を導体 3 の近接効果によって制御することで、素線 2 の少なくとも一部に対し、周方向 $D\theta$ に変化する所望の硬度分布を付与する。

[0082] 電流密度分布および加熱温度分布は、強磁性体 7 の材質や、素線 2 と強磁性体 7 の隙間 G 2 などによっても制御可能である。強磁性体 7 は、素線 2 への通電時に生じる磁束に影響を与え、電流密度を外径側に広げる機能を有している。導体 3 による近接効果に加え、さらに強磁性体 7 の磁束誘導機能を用いることで、素線 2 の電流密度分布をより精度よく制御することができ、結果として好適な硬度分布を得ることができる。

[0083] なお、加熱装置 100 により素線 2 に付与される硬度分布は、図 3 乃至図 6 に示したものに限られない。図 12 は、素線 2 に付与し得る硬度分布の他の例を示すグラフである。図 12 の例においては、表面 20 付近において硬度が低く、軸 X 2 に近づくに連れて滑らかに硬度が上昇している。

[0084] すなわち、図 12 の例においては、素線 2 が第 1 層 L 1 とその内側の第 2 層 L 2 とを有し、かつ第 1 層 L 1 の硬度が第 2 層 L 2 の硬度よりも小さい。このような半径方向 DR の硬度分布を有する素線 2 において、図 2 乃至図 6 を用いて説明した例と同様に周方向 $D\theta$ の硬度分布が変化してもよい。

[0085] 具体的には、図 2 乃至図 6 の例と同様に、第 1 位置 Q 1 と軸 X 2 を繋ぐ第

1 線分 V 1 に沿う第 1 硬度分布 H 1 と、第 2 位置 Q 2 と軸 X 2 を繋ぐ第 2 線分 V 2 に沿う第 2 硬度分布 H 2 とが異なってもよい。第 1 位置 Q 1 および第 2 位置 Q 2 は、図 2 に示したように素線 2 の表面 2 0 の内径側と外径側にそれぞれ位置してもよいし、表面 2 0 の他の部分に位置してもよい。

[0086] 第 1 硬度分布 H 1 および第 2 硬度分布 H 2 の相違は、図 1 2 に示す第 1 層 L 1 の幅 a、第 2 層 L 2 の幅 b、および、第 1 層 L 1 における硬度の最小値 d の少なくとも 1 つが異なることにより生じてもよい。

[0087] 加熱装置 1 0 0 を用いれば、図 1 2 の例のような硬度分布を形成することもできる。さらに、このような形状の硬度分布を周方向 D θ において変化させることも可能である。その他にも、加熱装置 1 0 0 による熱処理を取り入れた製造方法によれば、素線 2 の周方向 D θ における特性が種々の態様に改善されたコイルばね 1 を得ることができる。

[0088] 以上の実施形態は、本発明の範囲を当該実施形態にて開示した構成に限定するものではない。本発明は、当該実施形態にて開示した構成を種々の態様に変形して実施することができる。

符号の説明

[0089] 1 …コイルばね、2 …素線、X 1 …コイル軸、X 2 …素線の軸、D X …軸方向、D R …半径方向、D θ …周方向、L 1 …第 1 層、L 2 …第 2 層、L 3 …第 3 層、H 1 …第 1 硬度分布、H 2 …第 2 硬度分布、 σ 1 …第 1 残留応力分布、 σ 2 …第 2 残留応力分布、1 0 0 …加熱装置。

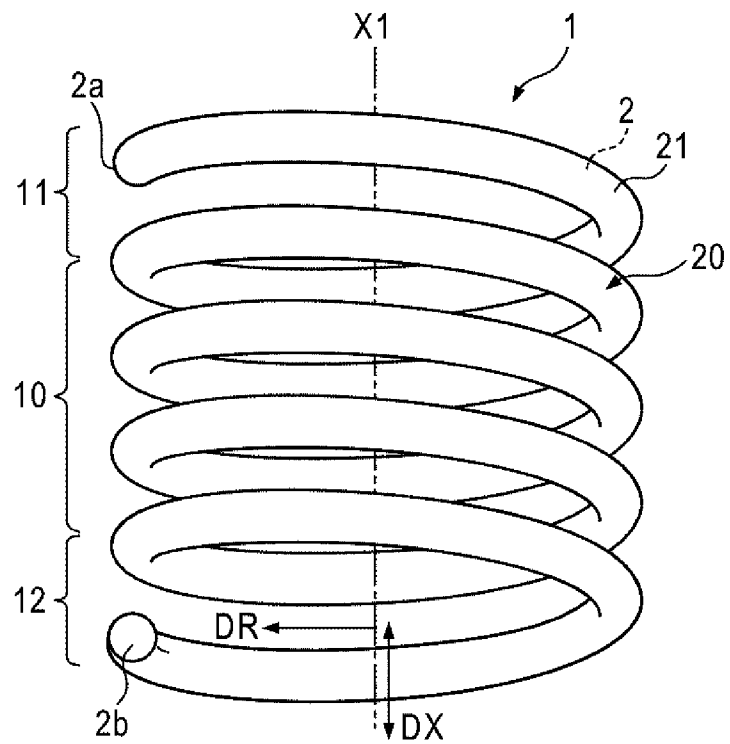
請求の範囲

- [請求項1] 螺旋状に巻かれた素線により形成されるコイルばねであって、
 前記素線の少なくとも一部は、前記素線の軸を中心とした周方向に
 変化する硬度分布を有している、
 コイルばね。
- [請求項2] 前記素線は、第1層と、前記第1層の内側の第2層と、前記第2層
 の内側の第3層とを有し、
 前記第2層の硬度は、前記第1層および前記第3層の硬度よりも小
 さい、
 請求項1に記載のコイルばね。
- [請求項3] 前記素線の表面は、第1位置と、前記周方向において前記第1位置
 と離間した第2位置とを含み、
 前記第1位置と前記軸を繋ぐ第1線分に沿う第1硬度分布と、前記
 第2位置と前記軸を繋ぐ第2線分に沿う第2硬度分布とが異なる、
 請求項2に記載のコイルばね。
- [請求項4] 前記第1硬度分布および前記第2硬度分布において、前記第1層の
 幅、前記第2層の幅、前記第3層の幅、前記第2層における硬度の最
 小値、および、当該最小値の位置の前記表面からの深さの少なくと
 も一つが異なる、
 請求項3に記載のコイルばね。
- [請求項5] 前記第1線分に沿う第1範囲および前記第2線分に沿う第2範囲の
 それぞれに圧縮残留応力が付与されており、
 前記第2範囲は、前記第1範囲よりも前記表面から深い位置に及び
 、
 前記第2層のうち前記第2線分に沿う部分は、前記第2層のうち前
 記第1線分に沿う部分よりも前記表面から深い位置に形成されている
 、
 請求項3に記載のコイルばね。

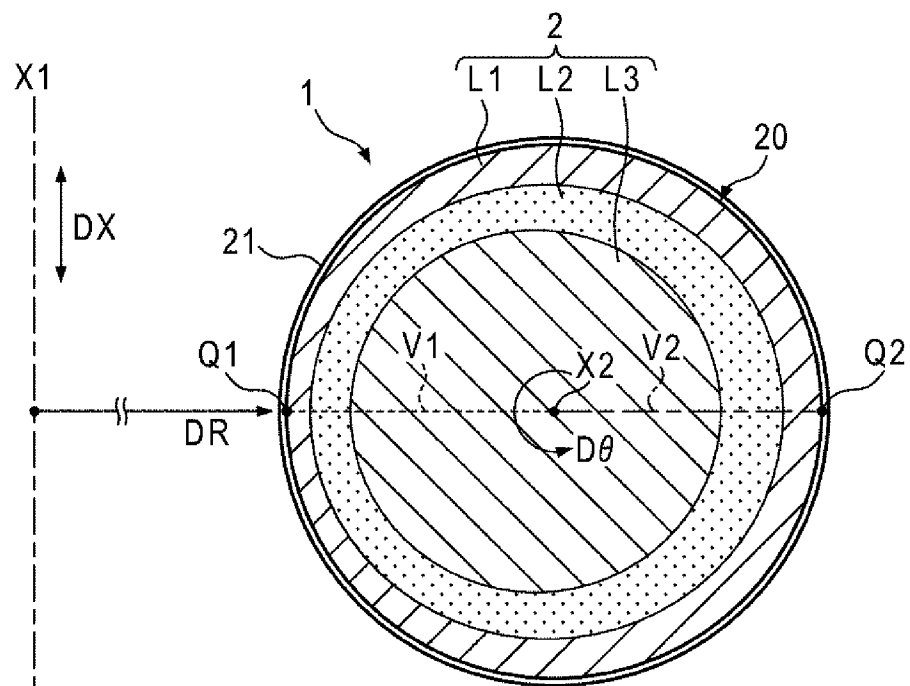
- [請求項6] 前記第1位置は、前記素線の内径側に位置し、
前記第2位置は、前記素線の外径側に位置する、
請求項5に記載のコイルばね。
- [請求項7] 前記素線は、第1層と、前記第1層の内側の第2層とを有し、
前記第1層の硬度は、前記第2層の硬度よりも小さい、
請求項1に記載のコイルばね。
- [請求項8] 前記素線の表面は、第1位置と、前記周方向において前記第1位置
と離間した第2位置とを含み、
前記第1位置と前記軸を繋ぐ第1線分に沿う第1硬度分布と、前記
第2位置と前記軸を繋ぐ第2線分に沿う第2硬度分布とが異なる、
請求項7に記載のコイルばね。
- [請求項9] 前記第1硬度分布および前記第2硬度分布において、前記第1層の
幅、前記第2層の幅、および、前記第1層における硬度の最小値の少
なくとも一つが異なる、
請求項8に記載のコイルばね。
- [請求項10] 請求項1乃至9のうちいずれか1項に記載のコイルばねの製造方法
であって、
前記素線を螺旋状に成形し、
交流電流を供給可能な電源に接続された第1端子および第2端子を
前記素線に取り付け、
前記第1端子および前記第2端子を通じて前記素線に交流電流を流
して前記素線を加熱することにより、前記素線の少なくとも一部に前
記周方向に変化する硬度分布を形成する、
ことを含むコイルばねの製造方法。
- [請求項11] 前記素線に前記交流電流を流す前に、電氣的にフローティング状態
である導体を前記素線への前記交流電流の通電時に近接効果を生じる
位置に配置することをさらに含む、
請求項10に記載のコイルばねの製造方法。

[請求項12] 螺旋状に成形された前記素線にショットピーニングを施して前記素線に圧縮残留応力を付与することをさらに含む、
請求項10に記載のコイルばねの製造方法。

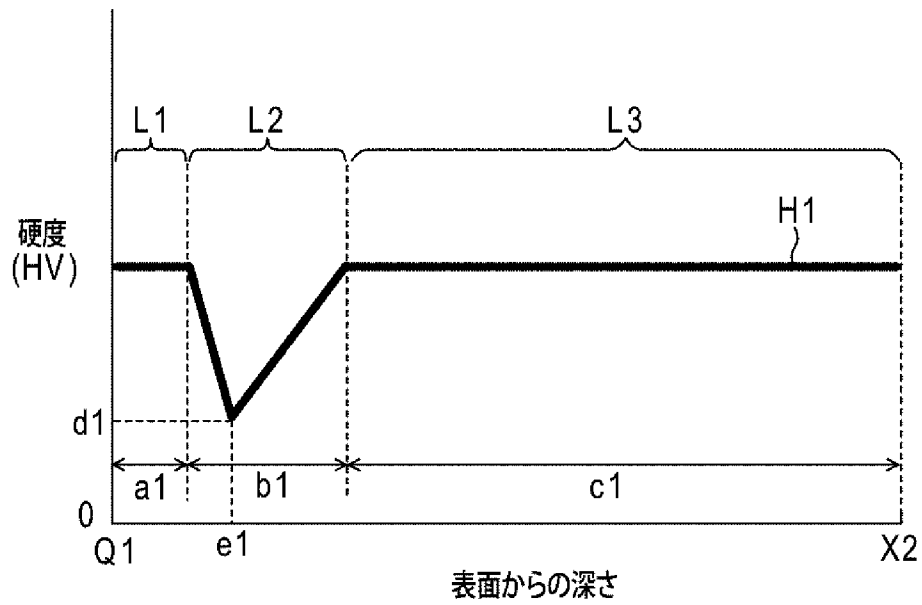
[図1]



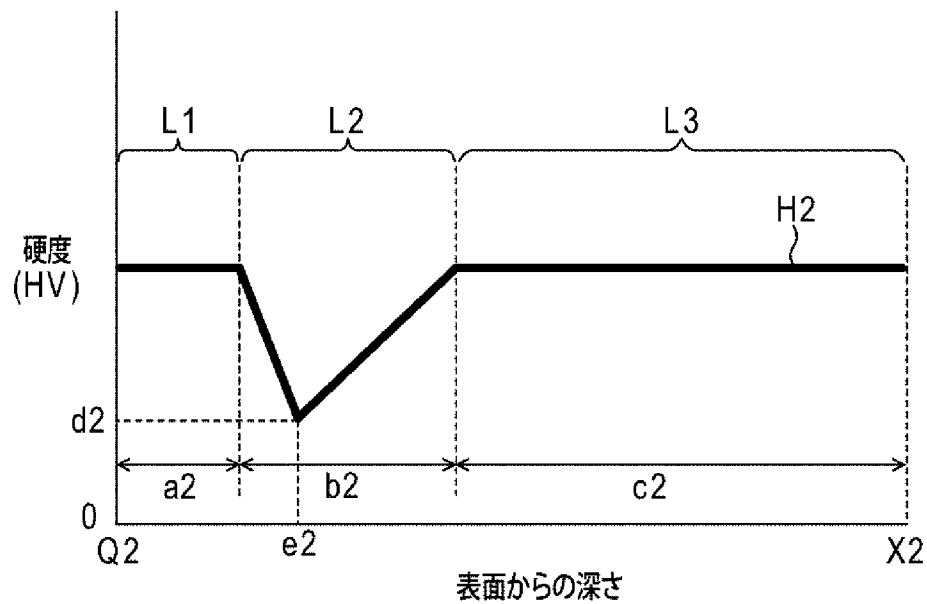
[図2]



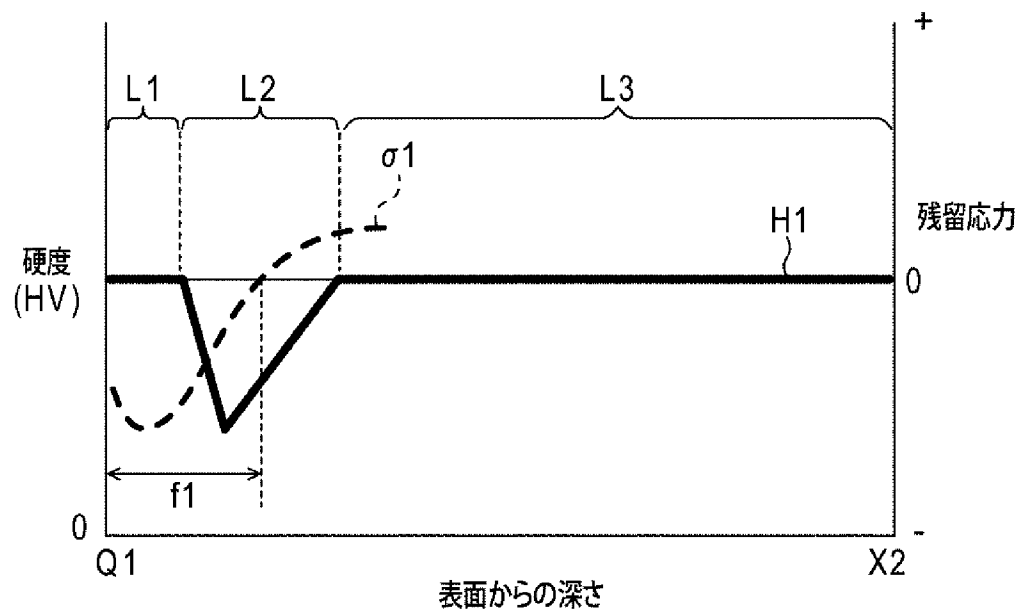
[図3]



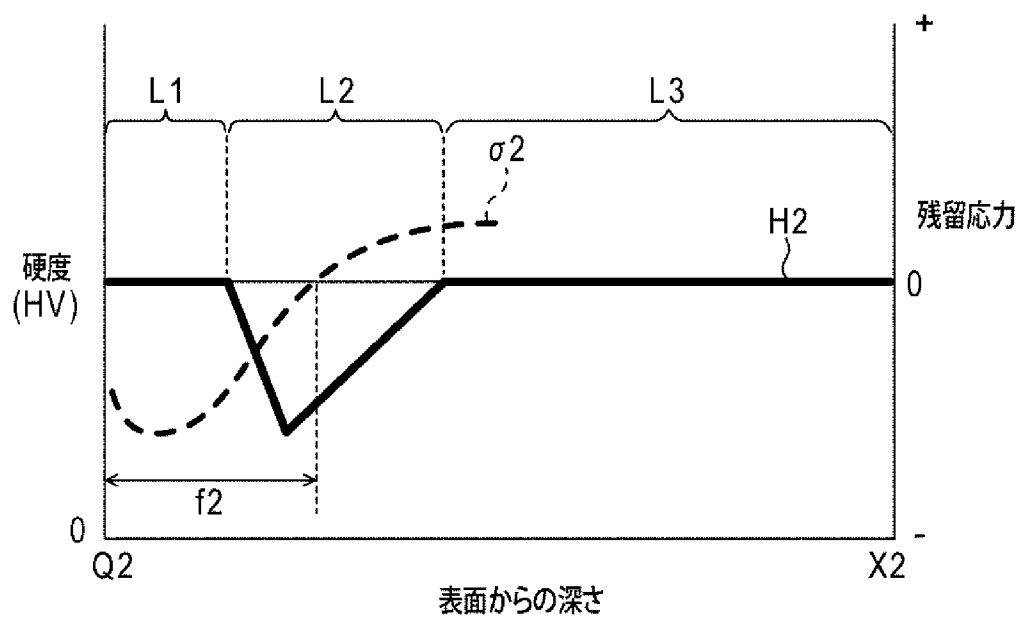
[図4]



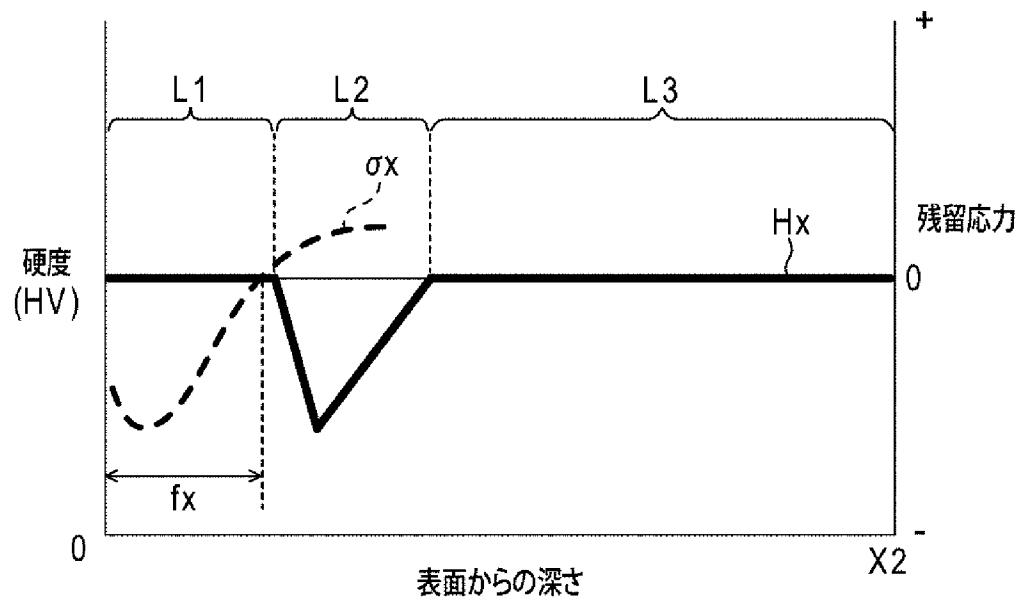
[図5]



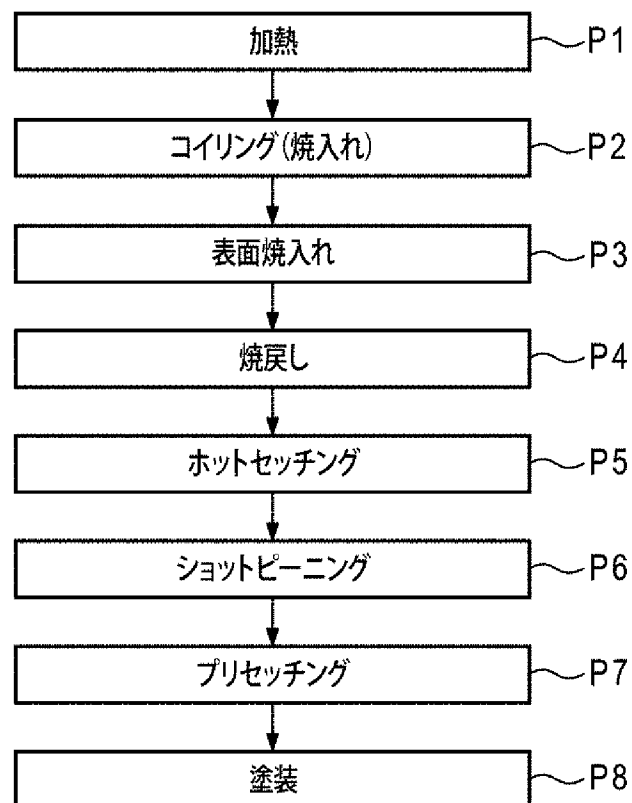
[図6]



[図7]

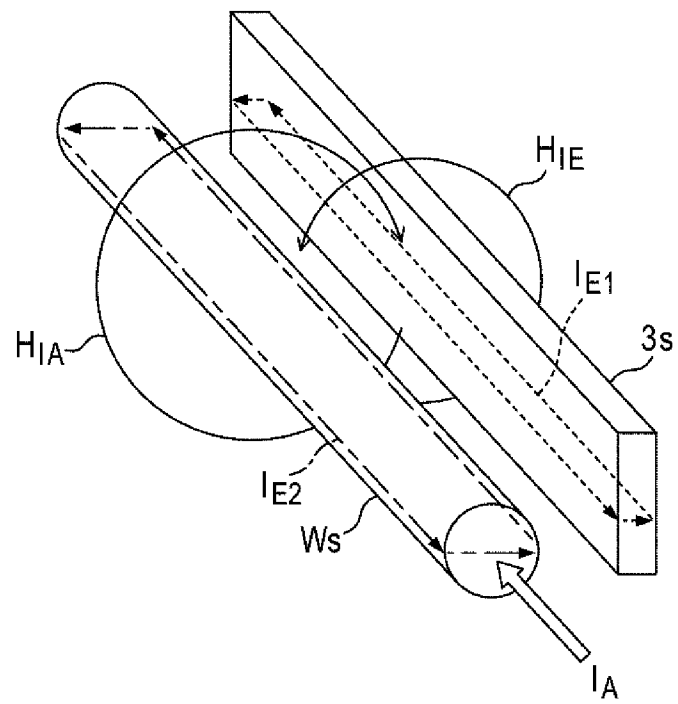


[図8]

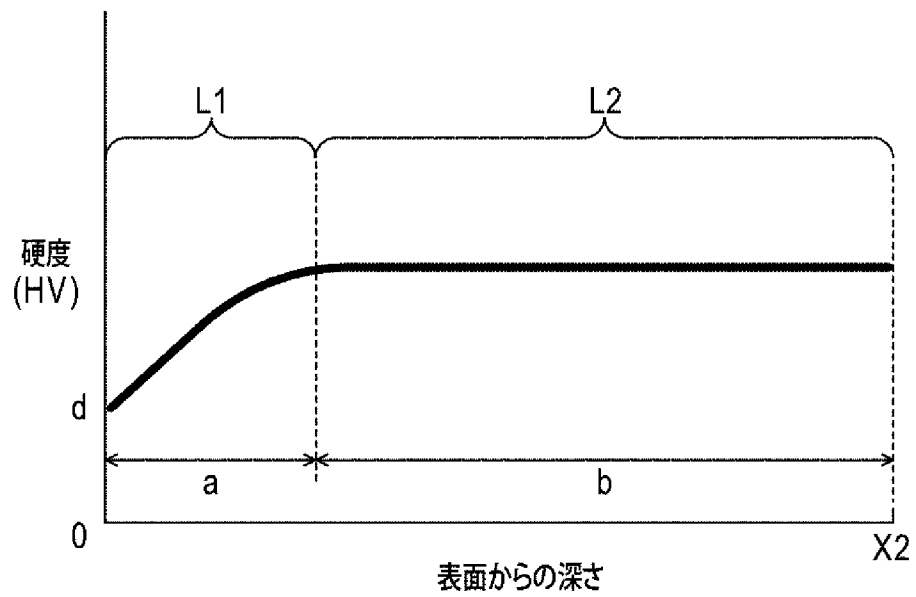


The schematic diagram illustrates a magnetic field measurement system 100. A sample 6 is positioned between two horizontal plates 3, which are supported by vertical pillars 7. The sample 6 contains a series of small circular features labeled 61. A coil 2 is wound around the central part of the sample 6, with arrows indicating the direction of current flow. The coil 2 is connected to a power source 5 via leads 2a and 2b. The power source 5 includes a transformer with primary winding 51 and secondary winding 62. The secondary winding 62 is connected to a control unit 4A, which is further connected to a control unit 4B. The control units 4A and 4B are shown as dashed boxes.

[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/044883

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**F16F 1/06**(2006.01)i; **B21F 35/00**(2006.01)i; **F16F 1/02**(2006.01)i

FI: F16F1/06 A; F16F1/02 B; B21F35/00 A

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F16F1/06; B21F35/00; F16F1/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024

Registered utility model specifications of Japan 1996-2024

Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2018/163541 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 13 September 2018 (2018-09-13)	1-2, 7
A	paragraph [0066], fig. 1, 3 entire text, all drawings	3-6, 8-12
X	JP 2010-133558 A (MUHR & BENDER KG) 17 June 2010 (2010-06-17)	1, 7-9
A	paragraphs [0058], [0059], fig. 6 paragraphs [0058], [0059], fig. 6	2-6, 10-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 January 2024

Date of mailing of the international search report

13 February 2024

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/044883

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2018/163541	A1	13 September 2018	US	2020/0056671	A1	
				paragraph [0086], fig. 1, 3			
				CN	110382726	A	

JP	2010-133558	A	17 June 2010	EP	2192201	A1	
				DE	102009011118	A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

F16F 1/06(2006.01)i; B21F 35/00(2006.01)i; F16F 1/02(2006.01)i

FI: F16F1/06 A; F16F1/02 B; B21F35/00 A

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

F16F1/06; B21F35/00; F16F1/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報

1922 - 1996年

日本国公開実用新案公報

1971 - 2024年

日本国実用新案登録公報

1996 - 2024年

日本国登録実用新案公報

1994 - 2024年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	WO 2018/163541 A1（住友電気工業株式会社）13.09.2018（2018 - 09 - 13） 段落0066、図1,3	1-2, 7
A	全文、全図	3-6, 8-12
X	JP 2010-133558 A（ムール ウント ベンダー コマンディートゲゼルシャフト） 17.06.2010（2010 - 06 - 17） 段落0058-0059、図6	1, 7-9
A	段落0058-0059、図6	2-6, 10-12

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

29.01.2024

国際調査報告の発送日

13.02.2024

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)

〒100-8915

日本国

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

正木 裕也 3W 4859

電話番号 03-3581-1101 内線 3367

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/044883

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2018/163541	A1	13.09.2018	US	2020/0056671	A1	
				段落0086、図1,3			
				CN	110382726	A	

JP	2010-133558	A	17.06.2010	EP	2192201	A1	
				DE	102009011118	A1	
