

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7067794号
(P7067794)

(45)発行日 令和4年5月16日(2022.5.16)

(24)登録日 令和4年5月6日(2022.5.6)

(51)国際特許分類

F I

B 0 1 D	39/20	(2006.01)	B 0 1 D	39/20	A
B 2 1 C	37/06	(2006.01)	B 2 1 C	37/06	A
B 2 1 F	31/00	(2006.01)	B 2 1 F	31/00	Z
C 2 1 D	1/30	(2006.01)	C 2 1 D	1/30	
C 2 2 C	1/08	(2006.01)	C 2 2 C	1/08	Z

請求項の数 2 (全14頁)

(21)出願番号	特願2019-142034(P2019-142034)	(73)特許権者	000237167 富士フィルター工業株式会社 東京都中央区日本橋二丁目3番4号 日 本橋プラザビル
(22)出願日	令和1年8月1日(2019.8.1)	(74)代理人	100085660 弁理士 鈴木 均
(62)分割の表示	特願2015-172053(P2015-172053)の分割	(74)代理人	100149892 弁理士 小川 弥生
原出願日	平成27年9月1日(2015.9.1)	(72)発明者	林 彰彦 東京都中央区日本橋二丁目3番4号日本 橋プラザビル 富士フィルター工業株式 会社内
(65)公開番号	特開2020-1037(P2020-1037A)	(72)発明者	本多 直人 東京都中央区日本橋二丁目3番4号日本 橋プラザビル 富士フィルター工業株式 会社内
(43)公開日	令和2年1月9日(2020.1.9)		
審査請求日	令和1年8月6日(2019.8.6)		
審判番号	不服2021-2890(P2021-2890/J1)		
審判請求日	令和3年3月4日(2021.3.4)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 金属製多孔体の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

オーステナイト系ステンレスからなる金属素線を冷間圧延して所定の断面形状を有する金属線材を作製する圧延工程と、隣接する線材層を構成する前記各金属線材の傾斜角度が異なるように、前記金属線材を心棒に螺旋状、且つ多層状に巻付けて巻線体とする工程と、前記巻線体の少なくとも一部に対して前記金属線材中の残留応力を低減又は除去して前記金属線材が前記心棒に巻かれた形状を保持できるようにし、且つ前記巻線体に対して弾性による自己復元性を付与する低温焼なまし処理工程と、該低温焼なまし処理工程の後に前記巻線体から前記心棒を抜き取る工程と、を含み、前記低温焼なまし処理工程における熱処理温度が600～700であることを特徴とする金属製多孔体の製造方法。

【請求項2】

前記金属線材がSUS316Lであることを特徴とする請求項1に記載の金属製多孔体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、金属線材を螺旋状且つ多層状に巻付けることにより作製される金属製多孔体に關し、特に、外力を加えられることにより初期形状から自在に変形可能であり、外力を取

り除かれることにより原形に戻る自己復元性を有した金属製多孔体に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、金属線材を螺旋状且つ多層状に巻付けることにより作製される筒状の金属製多孔体が知られている。

特許文献1には、自動車のエアバッグに用いられるインフレーター・フィルタが記載されている。このフィルタにおいては、一本の金属線材を心棒の回りに巻付けて円筒状に成形した後に焼結処理をすることによって、隣接する金属線材同士を接合している。このため、このフィルタは剛性が高く、ガス発生剤の爆発的な燃焼により発生する高温ガスの衝撃によっても全体形状と目開きの維持が可能であるという特徴を有する。

10

特許文献2には、人の手で変形させてもキंकしない金属製多孔体が記載されている。なお「キंक」とは、金属製多孔体に外力を加えたときに、金属製多孔体が潰れてしまい、外力を除去しても原形に復元しない現象をいう。この金属製多孔体も、一本の金属線材を心棒の回りに巻付けて円筒状に成形した後に焼結処理を行うことにより得られる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2001-171472公報

特開2014-140892公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1及び2に記載の金属製多孔体には焼結処理が施されており、隣接する金属線材同士が接合されている。特に特許文献1においては、高剛性のフィルタを得るために焼結処理を行っているため、変形させて使用することが予定されていない。

また、特許文献2に記載の金属製多孔体においては、人の手で自在に湾曲変形させることは可能であるが、金属線材同士が接合されていることから、外力を取り除いた後も変形後の形状を維持した状態で使用することが前提とされている。従って、外力を除いた後に自力により原形に復帰することはない。

金属線材を螺旋状、且つ多層状に巻き付けることによって形成される金属製多孔体において、変形後に自力で原形に復帰できるものはこれまで提案されておらず、このような金属製多孔体が開発されれば金属製多孔体の用法及び用途が拡大する可能性がある。

30

本発明は、上述の事情に鑑みてなされたものであり、金属線材を螺旋状且つ多層状に巻付けることにより作製される金属製多孔体において、変形後に自力で原形に復帰（復元）する新規な金属製多孔体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】

【0007】

上記の課題を解決するために、本発明は、金属製多孔体の製造方法であって、オーステナイト系ステンレスからなる金属素線を冷間圧延して所定の断面形状を有する金属線材を作製する圧延工程と、隣接する線材層を構成する前記各金属線材の傾斜角度が異なるように、前記金属線材を心棒に螺旋状、且つ多層状に巻付けて巻線体とする工程と、前記巻線体の少なくとも一部に対して前記金属線材中の残留応力を低減又は除去して前記金属線材が前記心棒に巻かれた形状を保持できるようにし、且つ前記巻線体に対して弾性による自己復元性を付与する低温焼なまし処理工程と、該低温焼なまし処理工程の後に前記巻線体から前記心棒を抜き取る工程と、を含み、前記低温焼なまし処理工程における熱処理温度が600～700であることを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、外力を加えられることにより変形するが、外力を取り除かれることにより原形に復帰する新規な金属製多孔体を提供することができ、金属製多孔体の用法及び用

50

途が拡大する。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の第一の実施形態に係る金属製多孔体の平面図である。

【図2】本発明の第一の実施形態に係る金属製多孔体の部分拡大斜視図である。

【図3】金属製多孔体を湾曲させた状態を示す斜視図である。

【図4】金属製多孔体の製造工程を示したフローチャートである。

【図5】金属製多孔体の製造装置の一例を示す模式図である。

【図6】(a)～(c)は、本発明の第二の実施形態に係る金属製多孔体の平面図である。

【図7】試験体の材料、形状、熱処理条件及び伸縮評価試験結果を表で示す図である。

【図8】(a)、(b)は試験体表面の拡大写真で示す図あり、(a)は初期状態を示し、(b)は伸張時の状態を示す図である。

【図9】バブルポイントテストの原理を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明を図に示した実施形態を用いて詳細に説明する。但し、この実施形態に記載される構成要素、種類、組み合わせ、形状、その相対配置などは特定の記載がない限り、この発明の範囲をそのみに限定する主旨ではなく単なる説明例に過ぎない。

【0011】

以下、本発明の実施形態を詳細に説明する。

〔第一の実施形態〕

本発明の第一の実施形態に係る金属製多孔体について説明する。図1は、本発明の第一の実施形態に係る金属製多孔体の平面図である。図2は、本発明の第一の実施形態に係る金属製多孔体の部分拡大斜視図である。図3は、金属製多孔体を湾曲させた状態を示す斜視図である。図1は、金属製多孔体が原形（初期形状）にある状態を示している。

本実施形態に係る金属製多孔体は、伸縮性及び可撓性を有し、外力を加えられることにより変形し、外力を取り除かれることにより原形（或いは、原姿勢）に復帰（原形に復元）する弾力性を有している点に特徴がある。

【0012】

図2に示すように金属製多孔体10は、隣接する線材層 L_n 、 L_{n-1} を構成する各金属線材20A、20Bの傾斜角度が互いに異なるように、一本の金属線材20を螺旋状且つ多層状に巻付けることにより形成された中空円筒形状である。

図1に示すように、初期形状にあるとき、金属製多孔体10はその軸線Xが直線的に伸び、且つ、軸方向に収縮した状態にある。

金属製多孔体10は軸方向に伸縮可能であり、初期形状にある金属製多孔体10に対して軸方向に沿った方向への外力を加えると、金属製多孔体10は軸方向に伸縮する。また、外力を取り除かれることにより、金属製多孔体10は初期形状に自己復元する性質を有する。

また、金属製多孔体10は可撓性（又は柔軟性）を有しており、図1に示す初期形状にある金属製多孔体10に対して軸線Xを湾曲させる外力を加えると金属製多孔体10は、図3に示すようにキンクすることなく湾曲する。また、外力を取り除かれることにより、金属製多孔体10は初期形状に自己復元する性質を有する。なお、ここで「キンク」とは金属製多孔体10に対して金属製多孔体10を湾曲させる外力を加えたときに、金属製多孔体10が潰れてしまい、金属製多孔体から外力を除去しても原形に復帰しない現象をいう。

【0013】

以下、金属製多孔体の詳細構成を説明する。

<金属製多孔体の形状>

図2に示すように、本発明の実施形態に係る中空円筒状の金属製多孔体10は、少なくとも一本の金属線材20を、軸方向（図中上下方向）に対して一定の傾斜角度を有して螺旋状に、且つ多層状に巻き付けることにより形成される。ここで同じ方向に巻き付けられて

10

20

30

40

50

いる個々の層を線材層 L 1、L 2、L 3・・・と称する。各線材層 L 1、L 2、L 3・・・を構成する金属線材は、正面視で金属製多孔体 10 の軸方向に対して傾斜した同一方向へ延びており、また隣接する各線材層を構成する金属線材は互いに交差する方向に延びている（平行していない）。

【0014】

図 1 中における最外層の線材層 L n を構成する線材 20 A（厚みを図示省略）の延びる方向は実線矢印で示した方向であり、その直ぐ内側の線材層 L n - 1 を構成する線材 20 B の延びる方向は破線矢印で示した方向である。

即ち金属製多孔体 10 は、金属線材 20 を軸方向に対して一定の傾斜角度にて螺旋状に巻付けることにより形成した一つの線材層（例えば、線材層 L 1）と、一つの線材層 L 1 の外周側に重ねて、且つ該一つの線材層 L 1 を構成する金属線材とは異なる傾斜角度にて螺旋状に金属線材を巻付けることにより形成される他の線材層（例えば、線材層 L 2）と、を有する。一つの線材層 L 1 とこれと隣接する他の線材層 L 2 を夫々構成する金属線材同士は軸方向とは非平行であり、且つ互いに交差するように構成されている。

なお、線材層を構成する金属線材の軸方向に対する傾斜角度が一つの線材層中で変化するように構成してもよい。

【0015】

この金属製多孔体 10 は、フィルタとして用いられる場合は、液体や気体等の各種流体中から不要な物質等を除去し、また用途によっては同時に金属製多孔体を通過する流体を冷却する。金属製多孔体の大きさ（軸方向寸法、直径、厚さ等）は、金属製多孔体が装備される装置の構造や大きさに応じて適宜決定される。

この金属製多孔体の材料となる金属の種類としては、鉄、軟鋼、ステンレス鋼、ニッケル合金、銅合金などを挙げることができ、中でもオーステナイト系ステンレス鋼（SUS304、SUS316、SUS316L等）が好適である。

また、金属製多孔体に使用される金属線材の太さ及び断面形状は、金属製多孔体の大きさ、金属製多孔体が除去する物質、圧力損失等に応じて適宜決定される。

金属製多孔体には、例えば断面が真円形状の金属素線の他、金属素線を圧延した平圧延線等、所定の断面形状となるように圧延処理されたもの等が使用される。

【0016】

<製造工程>

金属製多孔体の製造工程について説明する。図 4 は、金属製多孔体の製造工程を示したフローチャートである。

金属製多孔体 10 は、ワインド工程（ステップ S 1）、型抜き工程（ステップ S 2）、熱処理工程（ステップ S 3）、金具取付工程（ステップ S 4）、洗浄工程（ステップ S 5）、及び検査工程（ステップ S 6）を経ることにより作製される。

なお、ステップ S 1 と S 2 は、金属製多孔体の元となる中空筒状体を形成する工程である。また、ステップ S 2 の型抜き工程とステップ S 3 の熱処理工程は、入れ替えて実施することが可能である。また、ステップ S 2 の型抜き工程後、ステップ S 4 に示す金具取付工程を実施した後に、ステップ S 3 の熱処理工程を実施してもよい。

【0017】

<<ワインド工程、型抜き工程>>

図 5 は、金属製多孔体の製造装置の一例を示す模式図である。この装置は金属素線から金属製多孔体の元となる中空筒状体を作製するものである。また、作製された中空筒状体の形状が金属製多孔体の初期形状となる。

製造装置 100 A は、不図示のボビンから供給される金属素線 21 を圧延する圧延装置 110 と、圧延により断面形状が変形した後の金属素線（以下「金属線材 20」という）に対して長手方向へ所定の張力を与えるテンションユニット 120 と、金属線材 20 を心棒 131 に巻付けて中空筒状体を形成する巻付装置 130 と、を概略備える。また、金属線材 20 の搬送経路上には、金属線材をガイドしつつ搬送する複数の搬送ローラ 140 が配置されている。

10

20

30

40

50

圧延装置 110 は対向配置されて回転する 2 つの円柱状の圧延ローラ 111 a、111 b を備える。圧延ローラ 111 a と圧延ローラ 111 b の表面（対向面）同士が接触する部分は、金属素線 21 を間に挟んで所望の形状に変形させる加圧部 112 を構成している。圧延装置 110 は所定の温度及び圧力下で金属素線 21 を加圧部 112 にて塑性変形させることにより、所定の断面形状を有する金属線材 20 を得る。圧延は冷間圧延とする。

【0018】

テンションユニット 120 は、所定位置に回転自在な状態で固定配置された固定ローラ 121 と、固定ローラ 121 に対して接近又は離間移動し、且つ回転自在な可動ローラ 122 とを有する。固定ローラ 121 に対して可動ローラ 122 を接近また離間移動させることにより、固定ローラ 121 及び可動ローラ 122 に巻き掛けられて搬送される金属線材 20 に対して所定の張力を与える。

10

巻付装置 130 は、一定方向に所定速度にて回転する心棒 131 と、心棒 131 の軸方向（図中紙面と直交する方向）に所定速度にて往復移動して金属線材 20 をガイドするガイド部材 132 と、を備える。心棒 131 は概略円柱状又は円筒状であり、一般的にステンレス鋼、銅合金、アルミニウム合金などの金属から形成される。

【0019】

中空筒状体を作製するには、心棒 131 の適所に金属線材 20 の一端を係止し、金属線材 20 に対してテンションユニット 120 にて所定の張力を与えた状態にて、心棒 131 を一定方向に回転させると共に、ガイド部材 132 によって金属線材 20 を心棒 131 の軸方向に往復移動させる。この動作により、金属線材 20 は心棒 131 の外周に螺旋状、且つ多層状に巻付けられる。また、隣接する線材層を構成する金属線材同士が互いに交差して網目を形成する。

20

例えば、心棒 131 の外周に直接巻き付けられる第 1 の金属線材層では、各線材が図 2 において心棒の軸方向に対して所定角度 だけ時計回り方向へ傾斜しているとする、第 1 の金属線材層の外周に巻き付けられる第 2 の金属線材層を構成する線材は、心棒の軸方向に対して所定角度 だけ反時計回り方向に傾斜する。

【0020】

金属線材 20 を所定回数（所定階層数）巻付けた後、金属線材 20 を切断し、切断された端部をスポット溶接等により巻付けを完了した線材の適所に接合して心棒 131 から取り外すことにより、中空筒状体を得る（ステップ S2：型抜き工程）。

30

心棒 131 の軸方向に対する金属線材 20 の角度（巻付け角度）、及び軸方向に隣接する金属線材 20 同士の間隔（ピッチ）は、心棒 131 の回転速度とガイド部材 132 の移動速度との比率を適宜調節することにより変更することができる。金属線材の太さ、巻付け角度、ピッチ、巻付け回数を適宜変更することにより、金属製多孔体をフィルタとして用いる場合に、金属製多孔体を通過する流体の圧力損失を適切な値に制御することができる。

【0021】

<< 熱処理工程 >>

熱処理工程では、圧延や巻付けの際に生じた金属線材の残留応力を低減又は除去する応力除去焼なまし（低温焼なまし）を実施する。この熱処理工程を経ることにより得られる金属製多孔体は弾性を有し、外力を加えることにより自在に伸縮又は湾曲変形可能であるが、外力を取り除くと初期形状に戻る自己復元能力を発現する。

40

熱処理工程では、中空筒状体を加熱炉内に入れて、所定の温度にて一定時間維持した後、中空筒状体を冷却する。熱処理は、処理温度が 600 ~ 700、好ましくは 600 に設定された炉内で、数時間程度（例えば 4 時間程度）実施する。

熱処理は空気中で行うこともできるが、真空中や、表面の酸化物を還元する還元性ガス、金属線材を脆化させたり化学反応を生起するおそれのない不活性ガス中で行うのが好ましい。還元性ガスとしては、水素ガス、水素と窒素の混合ガス、アンモニア分解ガス等を挙げることができる。また、不活性ガスとしては、窒素ガス、アルゴンなどを挙げることができる。

【0022】

50

<< 金具取付、洗浄、検査工程 >>

熱処理工程を経ることにより得られた金属製多孔体に対しては取り扱いを容易にする為、金属製多孔体 10 に対して金具を取り付ける。本例では、軸方向端部に端部金具 13 を溶接にて取り付ける。端部金具 13 は、金属製多孔体 10 の中空部内と連通する孔部を有した筒状部材とすることができる。図 1 に示す端部金具 13 は、金属製多孔体 10 の表面から外径方向に階段状に突出するフランジ部を有している。

以上のようにして作製された金属製多孔体 10 は、洗浄され、所定の検査を経て完成する。

【 0 0 2 3 】

< 効果 >

上記金属製多孔体は、複数の微細な孔を有する多孔質体である。金属製多孔体は、軸方向へ伸張したときに孔径（目開き）が拡大し、収縮させたときに孔径が縮小するので、必要に応じて濾過精度を調整可能な金属製フィルタとして使用することができる（図 8（a）、（b）参照）。

また、金属製多孔体は、図 3 に示すように所望の曲率にて適宜湾曲変形させた状態で異物を除去できるので、フレキシブルな金属製フィルタとして使用可能である。金属製多孔体をフレキシブルな金属製フィルタとして使用する場合は、湾曲変形した形状を固定的に維持したまま異物を除去する静的なフィルタとして使用することが可能である。また、軸方向が直線上にない 2 つの回転部材を金属製多孔体にて接続することで、金属製多孔体は回転しながら濾過を実施する動的なフィルタとして使用することが可能である。

金属製多孔体は自在に湾曲変形するので、軸方向が直線上にない 2 つの回転部材のうちの一方から出力される回転力を他方の回転部材に等速で伝達する動力伝達部材として使用することも可能である。

【 0 0 2 4 】

金属製多孔体を構成する金属線材同士は接合されていないため、金属製多孔体が変形する際、金属線材は互いの位置関係を変位させる。金属製多孔体は弾力性と自己復元力を有しているため、金属製多孔体を変形させると、金属線材同士の位置関係は略均等に変位する（図 8（b）参照）。従って、軸方向へ伸縮させた場合には、目開きが略均等に拡張縮する。また、湾曲変形させた場合には、金属製多孔体の各部分の曲率に応じて、金属線材同士の位置が略均等に変位する。従って、変形により特定の箇所だけ目開きが極端に大きく異なる等の自体は発生しない。

以上のことから、本発明により得られた金属製多孔体を所望の伸張量及び所望の湾曲形状に変形させた状態にて、その形状を維持したまま焼結処理を実施することで、任意の形状に変形させた中空筒状の金属製フィルタを作製することが可能である。

【 0 0 2 5 】

金属製多孔体の初期形状は、ワインド工程において得られる中空筒状体の形態によって決まる。本例においては、軸線が直線的に伸びる円筒状又は円柱状の心棒に金属線材を巻付けることによって作製される円筒状の中空筒状体から金属製多孔体を作製する。従って、直線的に伸びる軸線 X を有する円筒状の初期形状を有する金属製多孔体は、比較的単純な製造方法により作製できる。

以上、本発明について軸方向の両端部が開口した円筒状の金属製多孔体の例により説明したが、金属製多孔体は軸方向の一端を閉止した円筒状としてもよい。また、金属線材を巻付ける心棒の形状により、角筒状、円錐状、角錐状、その他の形状の金属製多孔体を作製することも可能である。

また、上記変形形状としては、伸縮及び湾曲を例示したが、変形形状としては屈曲、捻れ等、種々の変形を含むものである。

【 0 0 2 6 】

〔 第二の実施形態 〕

本発明の第二の実施形態について説明する。第二の実施形態においては、金属製多孔体が部分的に、自己復元性を有さない復元不能部分を備えている点に特徴がある。

図 6（a）～（c）は、本発明の第二の実施形態に係る金属製多孔体の平面図である。

金属製多孔体 30 は、復元可能部分 31 と、復元不能部分 33 とを有する。

復元可能部分 31 は、第一の実施形態に示した金属製多孔体が有する性質を持つ部分であり、軸方向に伸縮自在、且つ軸線 X を自在に湾曲可能であるが、初期形状に自力で復元可能な性質を持つ部分である。

復元不能部分 33 は、伸縮や湾曲変形させることが可能であるが変形後は自力による形状の復元が不能であるか、又は外力を加えても変形不能な部分である。

【0027】

図 6 (a) に示す金属製多孔体 30 A は、軸方向に交互に配置された復元可能部分 31 と復元不能部分 33 とを有する例である。

また、図 6 (b) に示す金属製多孔体 30 B は、周方向の一部分に軸方向に伸びる復元不能部分 33 を配置し、周方向の他の部位を復元可能部分 31 とした例である。

また、図 6 (c) は、金属製多孔体 30 C に対して螺旋状に復元不能部分 33 を配置し、他の部分を復元可能部分 31 とした例である。

【0028】

復元不能部分 33 は、外力による変形後に初期形状に復元不能となるような条件下での熱処理、又は外力によっても変形不能となるような条件下での熱処理等を部分的に施すことにより作製可能である。例えば、高周波、光ビーム、又は電子ビームを用いた部分的な熱処理（焼結処理を含む）、或いは部分的な溶接処理を実施することにより、復元可能部分 31 と復元不能部分 33 を混在させた金属製多孔体 30 を作製することができる。

復元可能部分 31 と復元不能部分 33 とを混在させることで、金属製多孔体 30 を構成する金属線材同士的位置を略均等に歪ませながら金属製多孔体 30 を変形させ、また変形後の形状を保持するようにすることができる。

【0029】

〔評価試験〕

熱処理時の温度条件のみを変えた複数の金属製多孔体を作製して、評価試験を行った。図 7 は、試験体の材料、形状、熱処理条件及び伸縮評価試験結果を表で示す図である。図 8 (a)、(b) は試験体表面の拡大写真で示す図であり、(a) は初期状態を示し、(b) は伸張時の状態を示す図である。

【0030】

< 試験体の作製 >

試験体である金属製多孔体は、以下のようにして作製した。

まず、オーステナイト系のステンレス SUS 316 L、線径 0.13 mm の丸線を冷間圧延加工により厚さ 0.065 mm の平圧延線とした。次いで、平圧延線を外径 3.7 mm の円筒状の心棒に、隣接する線材が違いに交差するように、螺旋状且つ多層状に巻き付けた後、心棒を抜き取って円筒状の中空筒状体を作製した。

この中空筒状体の寸法は、内径 3.7 mm、外径 6.2 mm、全長 100 mm である。また、隣接する金属線材間の間隔は概ね 630 μ m であり、交差する金属線材間の角度は概ね 46 度である（図 8 (a) 参照）。この中空筒状体は、外力を加えることにより軸方向へ伸縮させることは可能であるが自己復元性を有しておらず、一旦変形させた後は変形後の形状のままとなる。

【0031】

この中空筒状体を 400 度 ~ 1250 度の範囲で温度条件のみを変えて熱処理を実施した。熱処理条件に関して温度以外の共通事項は以下の通りである。熱処理は無酸化性の H₂ 雰囲気の下で行った。熱処理炉内を常温（15 度 ~ 25 度の範囲）から 13 / min の速度にて目標温度まで昇温し、目標温度を 4 時間維持した。その後、熱処理炉から試験体を取り出して急冷（常温雰囲気下に取り出して自然冷却）した。

試験体 1 ~ 6 までは、温度 400 ~ 900 の熱処理を 100 間隔で実施した。また、試験体 7 については、温度 1250 にて熱処理を実施した。

熱処理後、夫々の試験体の軸方向両端部に試験体よりも大径のフランジ部を有する端部金具を溶接にて取り付けて洗浄することにより、試験体を完成させた。なお、端部金具は、

10

20

30

40

50

金属製多孔体の軸方向端縁が露出するように取り付けた。

【 0 0 3 2 】

< 伸縮評価試験 >

試験体 1 ~ 7 を伸張させた場合の変化について説明する。伸縮評価試験は、試験体を軸方向に引っ張った場合に、伸張するか（可動性の有無）、どの程度伸びるか、伸張前の形状に戻るか（自己復元性の有無）という観点から行った。

試験体 1 - 2 は可動性があり、それぞれ最大で 2 4 . 5 mm、3 7 . 0 mm 伸張したが、引っ張り力を取り除いても伸張したままとなり、自己復元性を有していなかった。

試験体 3 は最大で 2 3 . 8 mm 伸張した。伸張後、引っ張り力を取り除いたところ、伸張前の状態に戻った。

試験体 4 は最大で 1 2 . 5 mm 伸張した。伸張後、引っ張り力を取り除いたところ、伸張前の状態に戻った。しかし、試験体 3 に比べて伸張量が約半分と、可動範囲が狭いという結果になった。

試験体 5 - 7 は金属線材同士が焼結されており、可動性を有していなかった。

以上のことから、熱処理条件については、6 0 0 ~ 7 0 0、望ましくは 6 0 0 が好適であることが判明した。

【 0 0 3 3 】

< バブルポイントテスト >

試験体 3 について、ASTM - E - 1 2 8 - 6 1 に準拠したバブルポイントテストを実施し、金属製多孔体をフィルタとして使用する場合の濾過精度を測定した。

図 9 は、バブルポイントテストの原理を示す図である。

バブルポイントテストにおいては、イソプロピルアルコール中にテストフィルタを沈め、フィルタの内圧をゼロから徐々に増していく。すると、最初に最も大きい孔から気泡が発生する（イニシャルポイント）。このときの内圧から最大孔径を求めることができる。孔径 D [μm] は以下の式（ 1 ）にて求められる。

【 0 0 3 4 】

$$D = 4 S \cdot \cos \theta / (P - \rho h) \quad \dots \text{式 (1)}$$

但し、

D : 孔径

S : イソプロピルアルコールの界面張力

θ : 塗れ角

P : 内圧

ρ : イソプロピルアルコールの密度

h : 液深

である。

【 0 0 3 5 】

しかし、実際にはグラスビーズ法との比較より、孔径 D [μm] は、

$$D [\mu\text{m}] = 3 7 0 0 / P [\text{mmH}_2\text{O}] \quad \dots \text{式 (2)}$$

にて求められる。なお、数値 3 7 0 0 は、定数である。

【 0 0 3 6 】

更に内圧を高めていくと空気の流量が変化するが、内圧と流量の関係をグラフに示すと、テストフィルタ全面から均一に発泡するバーストポイントと呼ばれる状態となったときの内圧が求められる。この内圧からフィルタの平均孔径を求めることができる。

【 0 0 3 7 】

上記バブルポイントテストにより、試験体 3 の伸縮前後の平均孔径を求めた。なお、本試験においては、図 1 に示す端部金具 1 3 に空気の供給チューブを接続し、端部金具 1 3、1 3 間に位置する金属製多孔体 1 0 の部分（図 1 中、符号 Y にて示す部分）において、伸張量及び平均孔径を測定した。

ここで、図 8 (a) は伸張前（初期状態）の試験体表面の拡大写真であり、図 8 (b) は伸張時の試験体表面の拡大写真である。

10

20

30

40

50

伸張前（初期状態）の試験体の端部金具間の長さは88mmであり、このときの平均孔径は28[μm]であった。また、図8(a)に示すように、隣接する金属線材間の間隔は概ね630 μm であり、交差する金属線材間の角度は概ね46度である。

端部金具間の長さが98[mm]（伸び率111.4%）となるように試験体を伸張させた状態で治具により固定し、バブルポイントテストを実施したところ、平均孔径は33[μm]であった。このとき、図8(b)に示すように、隣接する金属線材間の間隔は概ね792 μm となり、交差する金属線材間の角度は概ね59度となった。

【0038】

以上のように、本発明により得られた金属製多孔体を軸方向に伸張させて、交差する金属線材間の角度を変化させることにより、孔径が拡大する。なお、伸張量と孔径は伸張可能な範囲内においては単調増加の関係にある。

10

本発明に係る金属製多孔体をフィルタとして用いる場合は、金属製多孔体を軸方向に適宜伸張させることにより、所望の濾過精度（孔径）を有したフィルタとして使用することができる。また、濾過時よりも金属製多孔体を伸張させて逆洗を実施することにより、より効果的な逆洗が実施可能となる。

なお、角筒状の金属製多孔体、軸方向一端部を閉止した金属製多孔体、錐形状の金属製多孔体についても同様に、金属線材間の角度を変化させることにより孔径を拡張させることができる。

【0039】

〔本発明の実施態様と作用、効果のまとめ〕

20

<第一の実施態様>

本態様は、隣接する線材層L1、L2を構成する各金属線材20A、20Bの傾斜角度が異なるように、金属線材20が螺旋状、且つ多層状に巻付けられた中空筒状の金属製多孔体10であって、金属製多孔体は、外力を加えられることにより変形し、外力を取り除かれることにより原形に復帰することを特徴とする。

本態様に係る金属製多孔体は、外力を加えられることにより変形するが、外力を取り除かれることにより原形に復帰するので、金属製多孔体を従来とは異なる新規な用法及び用途で使用できる。

なお、ここにいる変形とは、伸縮、湾曲、屈曲、捻れ等、種々の変形を含むものである。

【0040】

30

<第二の実施態様>

本態様に係る金属製多孔体は、軸方向への外力を加えられることにより軸方向に伸縮変形し、外力を取り除かれることにより原形に復帰することを特徴とする。

本態様に係る金属製多孔体は、軸方向への外力を加えられることにより伸縮変形するが、外力を取り除かれることにより原形に復帰するので、金属製多孔体を従来とは異なる新規な用法及び用途で使用できる。

【0041】

<第三の実施態様>

本態様に係る金属製多孔体は、外力を加えられることにより、湾曲変形し、外力を取り除かれることにより原形に復帰することを特徴とする。

40

本態様に係る金属製多孔体は、軸線Xを湾曲させる外力を加えられることにより湾曲変形するが、外力を取り除かれることにより原形に復帰するので、金属製多孔体を従来とは異なる新規な用法及び用途で使用できる。

【0042】

<第四の実施態様>

本態様において、金属製多孔体は、軸線Xが直線的に延びる円筒状を原形とすることを特徴とする。

金属製多孔体の原形は、金属製多孔体のもととなる中空筒状体の形態によって決まる。本態様においては、軸線が直線的に延びる円筒状又は円柱状の心棒に金属線材を巻付けることにより作製される円筒状の中空筒状体から金属製多孔体を作製する。従って、本態様

50

に係る金属製多孔体は、比較的単純な方法により作製できる。

【 0 0 4 3 】

< 第五の実施態様 >

本態様に係る金属製多孔体は、隣接する線材層 L 1、L 2 を構成する各金属線材 2 0 A、2 0 B の傾斜角度が異なるように、金属線材が螺旋状、且つ多層状に巻付けられた中空筒状体の少なくとも一部に対して応力除去焼なまし処理が施されていることを特徴とする。本態様によれば、応力除去焼なまし処理を実行することにより得られる金属製多孔体は、弾性を有し、外力を加えることにより自在に伸縮又は湾曲変形可能であるが、外力を取り除くと原形に復帰する能力を発現する。

【 0 0 4 4 】

< 第六の実施態様 >

本態様は、第一乃至第五の何れかに記載の金属製多孔体を含むことを特徴とする金属製フィルタである。

本態様によれば、新規な性質の金属製多孔体を含むことにより、金属製フィルタの用法及び用途の拡大を図れる。

【 0 0 4 5 】

< 第七の実施態様 >

本態様に係る金属製多孔体 1 0 の製造方法は、隣接する線材層 L 1、L 2 を構成する各金属線材 2 0 A、2 0 B の傾斜角度が異なるように、金属線材を螺旋状、且つ多層状に巻付けて多孔質の中空筒状体を作製する工程（ステップ S 1、S 2）と、中空筒状体の少なくとも一部に対して応力除去焼なましをする熱処理工程（ステップ S 3）と、を含むことを特徴とする。

本態様によれば、外力を加えることにより変形するが、外力を取り除くと原形に復帰する新規な金属製多孔体を製造することができる。

【 0 0 4 6 】

< 第八の実施態様 >

本態様に係る金属製多孔体 1 0 の製造方法において、金属線材はステンレスであり、熱処理工程における処理温度が 6 0 0 ~ 7 0 0 であることを特徴とする。

本態様によれば、外力を加えることにより変形するが、外力を取り除くと原形に復帰する新規な金属製多孔体を製造することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 7 】

L 1、L 2 ... 線材層、1 0 ... 金属製多孔体、1 3 ... 端部金具、2 0 ... 金属線材、2 1 ... 金属素線、3 0 ... 金属製多孔体、3 1 ... 復元可能部分、3 3 ... 復元不能部分、1 0 0 A ... 製造装置、1 1 0 ... 圧延装置、1 1 1 a ... 圧延ローラ、1 1 1 b ... 圧延ローラ、1 1 2 ... 加圧部、1 2 0 ... テンションユニット、1 2 1 ... 固定ローラ、1 2 2 ... 可動ローラ、1 3 0 ... 巻付装置、1 3 1 ... 心棒、1 3 2 ... ガイド部材、1 4 0 ... 搬送ローラ

10

20

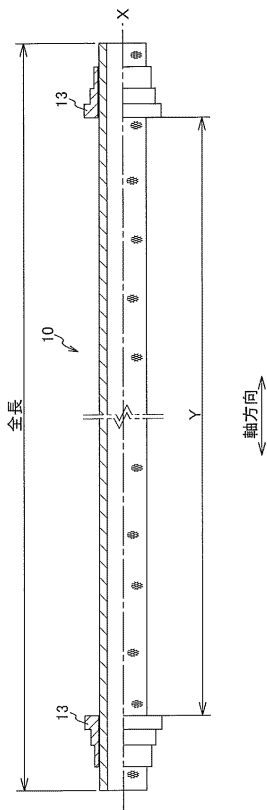
30

40

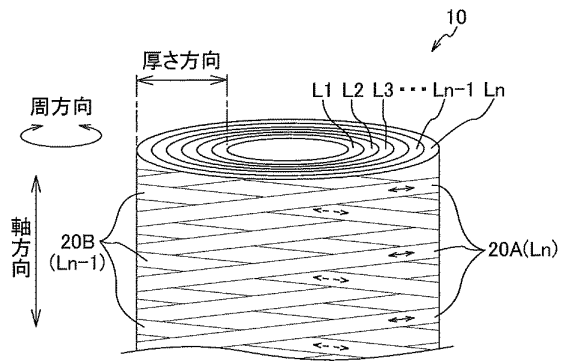
50

【図面】

【図 1】



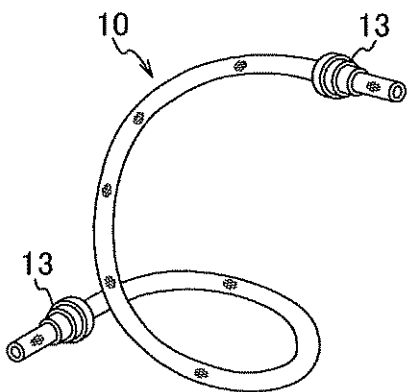
【図 2】



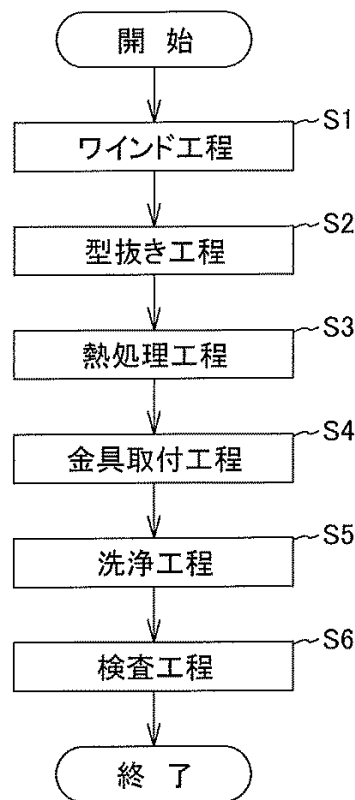
10

20

【図 3】



【図 4】

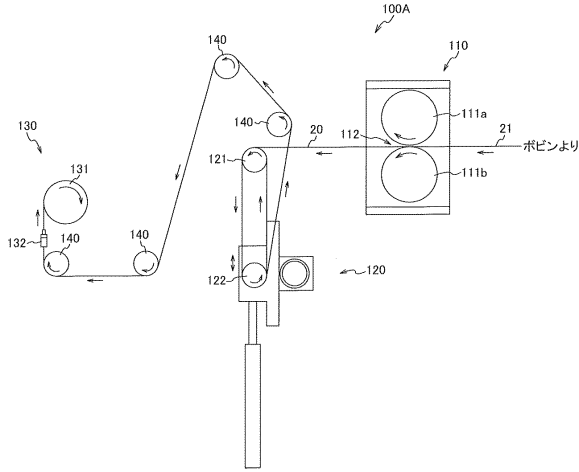


30

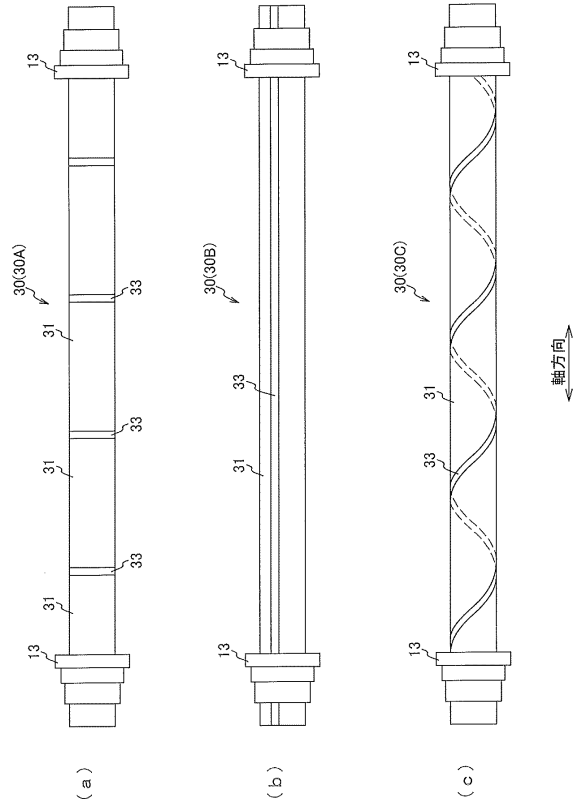
40

50

【図5】



【図6】



10

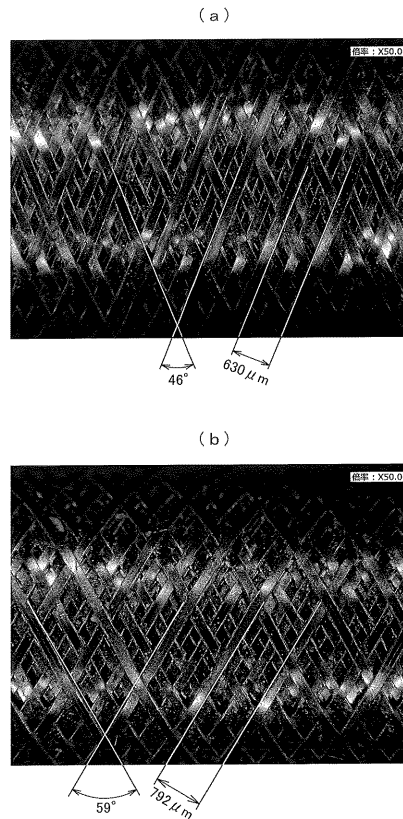
20

【図7】

テスト №	材料		ワーク				熱処理条件			評価		
	材質	線径 (mm)	外径 (mm)	全長 (mm)	線径圧縮 (mm)	線径圧縮 率(%)	線径圧縮 時間(h)	炉内 雰囲気	冷却方法	伸び (mm)	判定	詳細
1	SUS316L	φ0.13	φ0.13	100	0.065	400	4	H2	炉内冷却 より急冷	24.5	×	可動性あり 自己溶込性なし、伸びたまま
2	SUS316L	φ0.13	φ0.13	100	0.065	500	4	H2	炉内冷却 より急冷	37.0	×	可動性あり 自己溶込性なし、伸びたまま
3	SUS316L	φ0.13	φ0.13	100	0.065	600	4	H2	炉内冷却 より急冷	23.8	○	可動性あり 自己溶込性を有している
4	SUS316L	φ0.13	φ0.13	100	0.065	700	4	H2	炉内冷却 より急冷	12.5	△	可動性あり 自己溶込性を有している(可動範囲が狭い)
5	SUS316L	φ0.13	φ0.13	100	0.065	800	4	H2	炉内冷却 より急冷	-	×	可動性なし 保持されている
6	SUS316L	φ0.13	φ0.13	100	0.065	900	4	H2	炉内冷却 より急冷	-	×	可動性なし 保持されている
7	SUS316L	φ0.13	φ0.13	100	0.065	1250	4	H2	炉内冷却 より急冷	-	×	可動性なし 保持されている

判定
△…要求を満たさない
△…要求を一部満たしている
○…要求を満たしている

【図8】

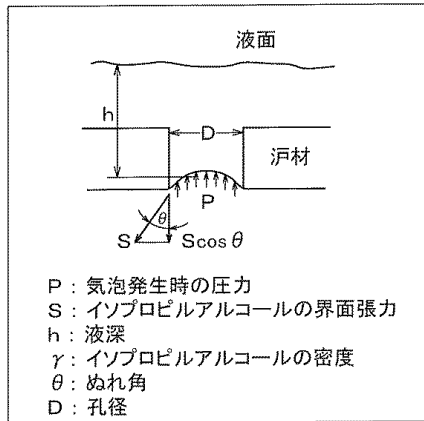


30

40

50

【 図 9 】



10

(界面張力による力FS)=(内圧による力FP)-(液深による力Fh)

$$S \pi D \cos \theta = P \frac{1}{4} \pi D^2 - \gamma \frac{1}{4} \pi D^2 h$$

$$D = 4 S \cos \theta / (P - \gamma h)$$

となるが実際はグラスピース法との関係より

$$D = \frac{3,700}{P(\text{mmH}_2\text{O})} \text{ となる。}$$

20

30

40

50

フロントページの続き

会社内

合議体

審判長 刈間 宏信

審判官 久保田 信也

審判官 見目 省二

- (56)参考文献 実公昭29-2766(JP, Y1)
特開2007-319781(JP, A)
特開2008-106359(JP, A)
特開2011-74429(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B21F 31/00 - 33/00
B01D 39/00 - 39/14
B60R 21/26