

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6133513号
(P6133513)

(45) 発行日 平成29年5月24日(2017.5.24)

(24) 登録日 平成29年4月28日(2017.4.28)

(51) Int.Cl.

F 1

B21F 27/18 (2006.01)
B60R 21/264 (2006.01)B21F 27/18
B60R 21/264

Z

請求項の数 10 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2016-542605 (P2016-542605)
 (86) (22) 出願日 平成27年8月12日 (2015.8.12)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2015/072856
 (87) 国際公開番号 WO2016/024616
 (87) 国際公開日 平成28年2月18日 (2016.2.18)
 審査請求日 平成28年10月21日 (2016.10.21)
 (31) 優先権主張番号 特願2014-164101 (P2014-164101)
 (32) 優先日 平成26年8月12日 (2014.8.12)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2014-174925 (P2014-174925)
 (32) 優先日 平成26年8月29日 (2014.8.29)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

早期審査対象出願

(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
 (74) 代理人 100117226
 弁理士 吉村 俊一
 (72) 発明者 菊池 精久
 東京都中央区日本橋2-3-4日本橋プラ
 ザビル 富士フィルター工業株式会社内
 (72) 発明者 荒井 聰司
 東京都中央区日本橋2-3-4日本橋プラ
 ザビル 富士フィルター工業株式会社内
 審査官 塩治 雅也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】金属製多孔体の製造方法及び金属製多孔体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

筒状の金網からなる中間体を準備する準備工程と、
 径方向の外側に突出する複数の凸部と前記径方向の内側に窪んだ複数の凹部とを前記中間体の周方向に交互に形成して星形多角体を形成する製造中間過程である星形多角体形成工程と、

前記星形多角体の内周側と外周側とを拘束する型に該星形多角体を入れて、該星形多角体の軸方向の一方から該星形多角体を圧縮し、前記星形多角体の内周側と外周側の凹凸を取り去り円形に形成する成型工程と、を少なくとも有している、金属製多孔体の製造方法。

【請求項2】

前記準備工程では、金属素線を編み込んで筒状の金網を形成し、該金網から内周部と外周部とを有する筒状の中間体を形成し、

前記成型工程で用いられる前記型は、前記星形多角体の内周側を拘束する芯材と前記星形多角体の外周側を拘束する外周壁とで構成され、

前記型は、その軸方向の長さが異なる少なくとも2形態に変化可能に構成され、

前記成型工程は、軸方向の長さが長い形態の前記型で前記星形多角体を前記軸方向の一方から圧縮する第1プレス工程と、該第1プレス工程の後に、軸方向の長さが短い形態の前記型で前記星形多角体を軸方向の一方から、さらに圧縮する第2プレス工程と、を少なくとも有している、請求項1に記載の金属製多孔体の製造方法。

【請求項 3】

前記星形多角体形成工程では、周方向に一定の間隔を空けて配置され、径方向に移動する複数の爪を、前記中間体の径方向の外側から前記中間体に押し付けることによって、前記爪が押し付けられた位置に前記凹部を形成すると共に、前記爪同士の間の位置に前記凸部を形成して前記星形多角体を形成する、請求項 1 又は 2 に記載の金属製多孔体の製造方法。

【請求項 4】

前記星形多角体形成工程では、前記中間体を周方向に移動させながら、前記中間体の外側に配置された第 1 齒車と、前記中間体の内側に配置された第 2 齒車とを噛み合わせることによって、前記第 1 齒車の歯山に対応する、前記中間体の位置に前記凹部を形成すると共に、前記第 2 齒車の歯山に対応する、前記中間体の位置に前記凸部を形成して前記星形多角体を形成する、請求項 1 又は 2 に記載の金属製多孔体の製造方法。

10

【請求項 5】

前記星形多角体形成工程では、複数の前記凸部と複数の前記凹部とを前記中間体の軸方向に対して斜めに傾けて前記星形多角体を形成する、請求項 3 又は 4 に記載の金属製多孔体の製造方法。

【請求項 6】

前記芯材と前記外周壁とは、本体部と、該本体部から取り外し可能な長さ調整部とからそれぞれ構成され、

前記第 1 プレス工程では、前記星形多角体を、前記長さ調整部が前記本体部に組み合わされた前記芯材と前記外周壁とからなる前記型を用いて圧縮し、

20

前記第 2 プレス工程では、前記星形多角体を、前記長さ調整部が前記本体部から取り外された前記芯材と前記外周壁とからなる前記型を用いて圧縮する、請求項 2 に記載の金属製多孔体の製造方法。

【請求項 7】

前記準備工程は、金属素線を編み込むことによって軸方向に連なる筒状の金網連続体を形成する金網連続体形成工程と、

前記金網連続体を、前記軸方向に一定の長さを有する複数の筒状金網体に分ける分割工程と、

前記筒状金網体の側壁部を軸方向に折り返して、前記中間体を形成する中間体形成工程と、を含む、請求項 1 に記載の金属製多孔体の製造方法。

30

【請求項 8】

前記星形多角体形成工程によって形成された前記星形多角体を径方向の外側から内側に向けて押し付けることによって前記星形多角体を中心側に圧縮して圧縮星形多角体を形成する星形多角体圧縮工程を有し、

前記成型工程では、前記圧縮星形多角体が前記型に入れられる、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の金属製多孔体の製造方法。

【請求項 9】

径方向の外側に向けて突出する複数の凸部と径方向の内側に向けて窪んだ複数の凹部とが周方向の交互に設けられてなる星形多角体が内周面と外周面とを有し、該星形多角体は金属製の素線が編み込まれてなる円環状の金網から形成され、

40

前記星形多角体の内周側と外周側とが拘束され、該星形多角体がその軸方向に圧縮されることにより円筒構造に形成されている、金属製多孔体。

【請求項 10】

前記円環状の金網は、半径方向に重なる複数の金網の層を備えている、請求項 9 に記載の金属製多孔体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、金属製多孔体の製造方法及び金属製多孔体に関し、さらに詳しくは、金属素線が編み込まれてなる筒体を加工した金属製多孔体の製造方法及び金属製多孔体に関する

50

。

【背景技術】

【0002】

多孔体は、フィルター、冷却用の部材、消音用の部材等、様々な用途に用いられている。例えば、多孔体をフィルターとして用いた場合、多孔体は、流体に含まれる不純物を濾過したり、流体に含まれる不純物を捕捉したりする。

【0003】

エアバッグシステムは、多孔体をフィルターとして用いているシステムの一例である。エアバッグシステムは、火薬を燃焼させてガスを発生させるインフレータ（ガス発生装置）を備えている。エアバッグシステムは、インフレータにより発生されたガスをステアリング等に組み込まれたエアバッグに供給することによってエアバッグを膨張させるシステムである。こうしたエアバッグシステムに用いられている多孔体は、インフレータが火薬を燃焼させたときに発生する燃焼残物を捕捉したり、発生したガスを冷却したりしてエアバッグが損傷することを防止している。この多孔体を製造する方法は、これまでに種々の文献により提案されている。

10

【0004】

特許文献1によって提案されている製造方法は、金属線をメリヤス編みして形成された金網体から多孔体を製造している。この製造方法は、金属線をメリヤス編みして形成された筒状の金網体で筒状予備金網体を形成する工程と、この筒状予備金網体を絞り加工により径を小さくした小径筒状金網体を成型する工程と、小径筒状金網体を所定長さに切断する工程と、切断した小径筒状金網体を長手方向に圧縮して円筒状中間成型金網体に成型する工程と、円筒状中間成型金網体をさらに長手方向に圧縮して円筒状成型金網体に成型する工程とを有している。

20

【0005】

特許文献2によって提案されている製造方法は、金属線をメリヤス編みして円筒状の金網を形成する工程と、この金網を二つ折りした帯状体を、芯材に巻いて空円筒金網体を形成する工程と、この円筒金網体をその軸方向の両側から加圧して圧縮する工程とを有している。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0006】

【特許文献1】特開平11-197422号公報

【特許文献2】特開平11-244629号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献1及び特許文献2により提案されている製造方法で製造された多孔体は、筒状の金網をその長手方向（軸方向）に単に圧縮して製造されるだけである。そのため、多孔体の内部に存在する空隙が、周方向に均等に分布していないおそれがある。空隙が周方向に均等に分布していない多孔体においては、流体を多孔体の軸方向の一方から他方に流したり、径方向に流したりした場合、流体が多孔体の周方向で均等に流れないおそれがある。また、多孔体の内部に存在する空隙が、均等に分布していない場合、高い強度の多孔体を製造することも困難である。

40

【0008】

本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、その目的は、金属製多孔体の軸方向及び径方向に流れる流体の流量を、金属製多孔体の周方向において均等にすることができる、かつ、強度を高くすることができる金属製多孔体の製造方法及び金属多孔体を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

50

上記課題を解決するための本発明に係る金属製多孔体の製造方法は、筒状の金網からなる中間体を準備する準備工程と、径方向の外側に突出する複数の凸部と前記径方向の内側に窪んだ複数の凹部とを前記中間体の周方向に交互に形成して星形多角体を形成する星形多角体形成工程と、前記星形多角体の内周側と外周側とを拘束する型に該星形多角体を入れて、該星形多角体の軸方向の一方から該星形多角体を圧縮する成型工程と、を少なくとも有している。

【0010】

この発明によれば、上記の各工程を経て金属製多孔体を製造するので、高い強度の金属製多孔体を製造することができると共に、金属製多孔体の軸方向及び径方向に流れる流体の流量を、金属製多孔体の周方向において均等にすることができる。特に、上記の星形多角体形成工程を経ることによって、中間体を構成する金網内に存在する、金属素線同士の空隙が周方向に均等に分布される。そのため、完成された金属製多孔体の内部に存在する空隙を周方向に均等に分布させることができる。また、この星形多角体形成工程は、中間体を構成する金網を塑性変形させる。そのため、完成された金属製多孔体の強度が向上される。

10

【0011】

本発明に係る金属製多孔体の製造方法において、前記準備工程では、金属素線を編み込んで筒状の金網を形成し、該金網から内周部と外周部とを有する筒状の中間体を形成し、前記成型工程で用いられる前記型は、前記星形多角体の内周側を拘束する芯材と前記星形多角体の外周側を拘束する外周壁とで構成され、前記型は、その軸方向の長さが異なる少なくとも2形態に変化可能に構成され、前記成型工程は、軸方向の長さが長い形態の前記型で前記星形多角体を前記軸方向の一方から圧縮する第1プレス工程と、該第1プレス工程の後に、軸方向の長さが短い形態の前記型で前記星形多角体を軸方向の一方から、さらに圧縮する第2プレス工程と、を少なくとも有している。

20

【0012】

この発明によれば、上記の準備工程で準備される筒状の金網が、素線を編み込んで形成されるため、加工しやすい金網を形成することができる。また、成形工程では、上記のように芯材と外周壁とを有する型に星形多角体を入れるので、星形多角体の内周側と外周型とを確実に拘束することができる。また、上記の成型工程が第1プレス工程と第2プレス工程とを含んでいるので、第1プレス工程及び第2プレス工程の両方の工程において、型の軸方向の一方のみから星形多角体をプレスすることによって、星形多角体を型の軸方向の両方からプレスすることと同等の圧縮作用を星形多角体に与えることができる。すなわち、プレスするためのアクチュエータを型の軸方向の一方側にのみ設けるだけで、型の軸方向の両方にプレスするためのアクチュエータを設けた場合と同様の作用を得ることができる。

30

【0013】

本発明に係る金属製多孔体の製造方法において、前記星形多角体形成工程では、周方向に一定の間隔を空けて配置され、径方向に移動する複数の爪を、前記中間体の径方向の外側から前記中間体に押し付けることによって、前記爪が押し付けられた位置に前記凹部を形成すると共に、前記爪同士の間の位置に前記凸部を形成して前記星形多角体を形成する。

40

【0014】

この発明によれば、星形多角体形成工程が上記のようにして行われるので、爪が押し付けられた複数の部分に、径方向の内側に窪んだ凹部を形成し、爪が押し付けられた部分の間の複数の部分に径方向の外側に突出する凸部を形成することができる。そのため、複数の爪を一度に中間体に押し付けることで星形多角体を効率よく形成することができる。

【0015】

本発明に係る金属製多孔体の製造方法において、前記星形多角体形成工程では、前記中間体を周方向に移動させながら、前記中間体の外側に配置された第1歯車と、前記中間体の内側に配置された第2歯車とを噛み合わせることによって、前記第1歯車の歯山に対応

50

する、前記中間体の位置に前記凹部を形成すると共に、前記第2歯車の歯山に対応する、前記中間体の位置に前記凸部を形成して前記星形多角体を形成する。

【0016】

この発明によれば、星形多角体形成工程が上記のようにして行われるので、二つの歯車を噛み合わせるだけで星形多角体を形成することができる。そのため、星形多角体を簡素な装置で形成できる。また、歯の数が異なる歯車に交換するだけで、凹部及び凸部の数が異なる星形多角体を形成することができる。

【0017】

本発明に係る金属製多孔体の製造方法において、前記星形多角体形成工程では、複数の前記凸部と複数の前記凹部とを前記中間体の軸方向に対して斜めに傾けて前記星形多角体を形成する。

10

【0018】

この発明によれば、星形多角体形成工程で複数の凸部と複数の凹部とを中間体の軸方向に対して斜めに傾けて星形多角体を形成するので、星形多角体が形成された際、軸方向のある領域では凹部が存在する周方向の部分に、軸方向の他の領域では凸部が存在する形態になる。そのため、形成された星形多角体を平面視したときに、星形多角体形の周方向において、凸部が凹部の位置に重なり合い、星形多角体形の密度が、周方向で均等になる。その結果、成型工程を経た完成された金属製多孔体の周方向の密度を均等にことができる。

【0019】

20

本発明に係る金属製多孔体の製造方法において、前記芯材と前記外周壁とは、本体部と、該本体部から取り外し可能な長さ調整部とからそれぞれ構成され、前記第1プレス工程では、前記星形多角体を、前記長さ調整部が前記本体部に組み合わされた前記芯材と前記外周壁とからなる前記型を用いて圧縮し、前記第2プレス工程では、前記星形多角体を、前記長さ調整部が前記本体部から取り外された前記芯材と前記外周壁とからなる前記型を用いて圧縮する。

【0020】

この発明によれば、成型工程で使用される型が上記のように構成されているので、型の形態を変化させることによって、第1プレス工程では、長い形態の型の軸方向の一方から星形多角体をプレスし、第2プレス工程では、短い型の軸方向の一方から星形多角体をプレスすることができる。

30

【0021】

本発明に係る金属製多孔体の製造方法において、前記準備工程は、金属素線を編み込むことによって軸方向に連なる筒状の金網連続体を形成する金網連続体形成工程と、前記金網連続体を、前記軸方向に一定の長さを有する複数の筒状金網体に分ける分割工程と、前記筒状金網体の側壁部を軸方向に折り返して、前記中間体を形成する中間体形成工程と、を含ませることができる。

【0022】

この発明によれば、中間体を準備するための準備工程が、金網連続体形成工程、分割工程及び中間体形成工程を含むので、中間体を効率よく形成することができる。

40

【0023】

本発明に係る金属製多孔体の製造方法において、前記星形多角体形成工程によって形成された前記星形多角体を径方向の外側から内側に向けて押し付けることによって前記星形多角体を中心側に圧縮して圧縮星形多角体を形成する星形多角体圧縮工程を有し、前記成型工程では、前記圧縮星形多角体が前記型に入れられるようにすることができる。

【0024】

この発明によれば、星形多角体形成工程と成型工程との間に星形多角体圧縮工程を設けるので、径方向に突出する星形多角体の凸部の長さを短くすることができる。圧縮して凸部の長さを短くした場合、凸部が圧縮されることによって、凸部内に存在する空隙の分布が均等化される。また、星形多角体を全体的に径方向の内側に圧縮することができる。

50

【0025】

上記課題を解決するための本発明に係る金属製多孔体は、径方向の外側に向けて突出する複数の凸部と径方向の内側に向けて窪んだ複数の凹部とが周方向の交互に設けられてなる星形多角体が、内周面と外周面とを有し、金属製の素線が編み込まれてなる円環状の金網から形成され、前記星形多角体の内周側と外周側とが拘束され、該星形多角体がその軸方向に圧縮された円筒構造である。

【0026】

この発明によれば、上述した星形多角体を形成してから金属製多孔体を形成するので、金属素線同士の空隙が周方向に均等に分布され、金属製多孔体の軸方向及び径方向に流れる流体の流量を、金属製多孔体の周方向において均等にすることができる。また、星形多角体形を形成するので、金網を塑性変形させ、完成された金属製多孔体の強度を向上させることができる。10

【0027】

本発明に係る金属製多孔体において、前記筒状の金網は、半径方向に重なる複数の金網の層を備えている。

【0028】

この発明によれば、筒状の金網が半径方向に重なる複数の金網の層を備えているので、完成された金属製多孔体の強度を向上させることができる。

【発明の効果】

【0029】

本発明によれば、金属製多孔体の軸方向及び径方向に流れる流体の流量を、多孔体の周方向において均等にでき、かつ、強度を高くすることができる。20

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】本発明の係る金属製多孔体の製造方法の一実施形態を示すフローチャートである。

【図2】本発明の係る金属製多孔体の製造方法で製造された一実施形態の金属多孔体の斜視図である。

【図3】準備工程に含まれる金網連続体形成工程及び分割工程を説明するための説明図である。30

【図4】分割工程で形成された筒状金網体の一例を示す斜視図である。

【図5】準備工程に含まれる中間体形成工程を説明するための説明図である。

【図6】第1タイプの星形多角体形成工程を説明するための説明図である。

【図7】星形多角体の一例を示す平面図である。

【図8】図6に示す星形多角体形成工程とは別形態の第1タイプの星形多角体形成工程を説明するための説明図である。

【図9】図8に示す装置の爪を構成する押し当て部を説明するための説明図である。

【図10】図7に示す星形多角体とは別形態の星形多角体の一例を示す斜視図である。

【図11】第2タイプの星形多角体形成工程を説明するための説明図である。

【図12】第2タイプの星形多角体形成工程に用いる、はすば歯車を用いた装置のはすば歯車を示す斜視図である。40

【図13】星形多角体圧縮工程を説明するための説明図である。

【図14】成型工程を説明するための説明図である。

【図15】径方向に流体を流して圧力損失の確認テストを行うときのテストサンプルの形態を説明するための説明図である。

【図16】軸方向に流体を流して圧力損失の確認テストを行うときのテストサンプルの形態を説明するための説明図である。

【図17】圧縮強度の確認テストの結果を示すグラフである。

【図18】圧縮強度の確認テストの結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0031】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、本発明の技術的範囲は、以下の記載や図面のみに限定されるものではない。

【0032】

[金属製多孔体の製造方法の基本工程]

本発明に係る金属製多孔体1の製造方法は、図1に示すように、準備工程S10と、星形多角体形成工程S20と、成型工程S40とを含んでいる。具体的に、金属製多孔体1の製造方法は、筒状の金網からなる中間体32を準備する準備工程S10と、径方向の外側に突出する複数の凸部61と径方向の内側に窪んだ複数の凹部62とを中間体32の周方向に交互に形成して星形多角体60を形成する星形多角体形成工程S20と、星形多角体60の内周側と外周側とを拘束する型80に星形多角体60を入れて、星形多角体60の軸方向の一方から星形多角体60を圧縮する成型工程S40と、を含んでいる。

【0033】

準備工程S10は、金属素線10を編み込んで筒状の金網を形成し、筒状の金網から内周部と外周部とを有する筒状の中間体32を形成する工程である。星形多角体形成工程S20は、径方向の外側に突出する複数の凹部62と、径方向の内側に窪んだ複数の凸部61とを周方向に交互に位置させて中間体32に形成して星形多角体60を形成する工程である。成型工程S40は、星形多角体60の内周側を拘束する芯材81と、星形多角体60の外周側を拘束する外周壁85とで構成された型80における、芯材81と外周壁85とで構成される空間に星形多角体60を入れて、星形多角体60の軸方向の一方から星形多角体60を圧縮する工程である。成型工程S40で用いる型80は、その軸方向の長さが異なる少なくとも2形態に変化可能に構成されている。

【0034】

成型工程S40は、軸方向の長さが長い形態の型80で星形多角体60を軸方向の一方から圧縮する第1プレス工程S41と、この第1プレス工程S41の後に、軸方向の長さが短い形態の型80で星形多角体60を軸方向の一方から、さらに圧縮する第2プレス工程S42と、を少なくとも有している。

【0035】

なお、準備工程S10は、金網連続体形成工程S11、分割工程S12及び中間体形成工程S13を含めることができる。金網連続体形成工程S11は、金属素線10を編み込むことによって軸方向に連なる筒状の金網連続体30を形成する工程である。分割工程S12は、金網連続体30を、その軸方向に一定の長さを有する複数の筒状金網体31に分ける工程である。中間体形成工程S13は、筒状金網体31の側壁部を軸方向に折り返して中間体32を形成する工程である。

【0036】

また、金属製多孔体1の製造方法は、必要に応じて、上述した星形多角体形成工程S20と成型工程S40との間に、星形多角体圧縮工程S30を設けることもできる。この星形多角体圧縮工程S30は、星形多角体形成工程S20によって形成された星形多角体60を径方向の外側から内側に向けて押し付けることによって星形多角体60を中心側に圧縮して圧縮星形多角体60を形成する工程である。この星形多角体圧縮工程S30を設けた場合、成型工程S40では、圧縮星形多角体60が型80に入れられる。

【0037】

以上の工程を有する本発明に係る金属製多孔体1の製造方法によれば、金属製多孔体1の軸方向及び径方向に流れる流体の流量を、金属製多孔体1の周方向において均等にすることができる、かつ、強度を高くすることができるという特有の効果を奏する。

【0038】

以下、本発明に係る金属製多孔体1の製造方法によって製造された金属製多孔体1について説明し、次いで、金属製多孔体1の製造方法の各工程の詳細を説明する。

【0039】

[金属製多孔体]

10

20

30

40

50

金属製多孔体1は、図2示すように、円筒状をなし、径方向の中央に空洞を有している。すなわち、金属製多孔体1は、外周面2と、内周面3と、軸方向の両端部をなす一対の端面4, 5と、を有している。

【0040】

この金属製多孔体1は、金属素線10が編み込まれてなる筒状の金網を加工して製造されている。具体的に、金属製多孔体1は、金属素線10が編み込まれ、内周面と外周面とを有する筒状の金網を加工し、径方向の外側に向けて突出する複数の凸部61と径方向の内側に向けて窪んだ複数の凹部62とを周方向の交互に形成して星形多角体60を形成し、この星形多角体60の内周側と外周側とを拘束しながら、星形多角体60をその軸方向に圧縮することによって円筒状に形成されている。また、円環状の金網は、半径方向に重なる複数の金網の層を備えている。

【0041】

(金属素線)

金属素線10は、例えば、ステンレス鋼又は軟鋼からなる線材が使用されている。ステンレス鋼の線材としては、例えば、JIS (Japanese Industrial Standards) 規格のSUS304又はSUS316等からなる線材を挙げることができる。軟鋼線材としては、例えば、JIS規格のSWRM6、SWRC6A等からなる線材を挙げることができる。金属素線10として軟鋼線材を用いる場合、銅、銅合金、亜鉛又はニッケルその他のめっきを施したものを用いることができる。ただし、金属線は上記の材料の他に、チタン、ニッケル又はアルミニウムその他の材料を用いることもできる。金属製多孔体1は、こうした材質の素線によって構成されているので、耐熱性、耐薬品性及び耐食性を備えている。

【0042】

金属素線10は、その断面形状が円形の線材である。金属素線10の直径は、0.01mm以上、3mm以下である。ただし、金属素線10は、圧延されて、断面形状が橢円形又は略橢円形に形成された線材を用いてもよい。

【0043】

(金属製多孔体)

金属製多孔体1は、上記の金属素線10からなる筒状の金網を加工することによって、空隙率が20%以上、90%以下であり、密度が7.75g/cm³以上、8.06g/cm³以下のステンレス鋼を用いた場合、嵩密度が0.5g/cm³以上、6.5g/cm³以下である。なお、「空隙率」とは、[(材料比重-製品密度)/材料比重]×100によって表すことができる製品の全容積に対する隙間の容積の割合のことであり、「嵩密度」とは、単位体積の質量=製品重量/製品体積によって表すことができる、製品の重量を製品の体積で除した単位体積あたりの質量のことである。

【0044】

以上の金属製多孔体1は、流体に含まれる不純物を捕捉したり濾過したりするフィルター、流体の温度を下げる冷却部材、爆発音を吸収する消音部材、構造物を構成している部材同士の間に挟み込んで用いるスペーサ等に用いることができる。具体的に、金属製多孔体1は、エアバッグのインフレータ用フィルターとして利用することができる。金属製多孔体1をエアバッグのインフレータ用フィルターとして利用した場合、金属製多孔体1は、エアバッグが作動したときに生じる不純物を捕捉したり濾過したりする。また、金属製多孔体1は、エアバッグが作動したときの爆発音を消音する消音フィルターとして機能させたり、衝撃を吸収する衝撃吸収フィルターや防爆フィルターとして機能させたりすることができる。こうした、金属製多孔体1は、火薬を習慣的に燃焼させてガスを発生させるインフレータとは異なるシステムに用いることができる。

【0045】

金属製多孔体1は、さらに、熱交換システムに用いることができる。すなわち、熱交換システムに用いられる熱交換媒体の通路に金属製多孔体1を組み込むことによって、金属製多孔体1は、再生器として機能させることができる。この場合、熱交換システムの高温

10

20

30

40

50

側と低温側との間に配置された金属製多孔体1は、その周方向で熱を均等に伝えることによって、高い熱伝導率で熱を伝えることができる。

【0046】

金属製多孔体1は、以上のように、高い負荷が作用する場所、衝撃的な負荷が作用する場所、温度が高い場所、及び温度変化が激しい場所等で用いることができる。

【0047】

[金属製多孔体の製造方法]

上述したように、金属製多孔体1の製造方法は、図1に示すように、準備工程S10と、星形多角体形成工程S20と、成型工程S40とを含んでいる。また、金属製多孔体1の製造方法は、必要に応じて、上述した星形多角体圧縮工程S30を星形多角体形成工程S20と成型工程S40との間に設けることもできる。

【0048】

準備工程

準備工程S10は、金属素線10を編み込んで筒状の金網を形成し、筒状の金網から内周部と外周部とを有する筒状の中間体32を形成する工程である。この準備工程S10は、図1に示すように、金網連続体形成工程S11、分割工程S12及び中間体形成工程S13を含めることができる。

【0049】

(金網連続体形成工程)

金網連続体形成工程S11は、金属素線10を編み込むことによって軸方向に連なる筒状の金網連続体30を形成する工程である。この金網連続体形成工程S11は、図3に示すように、金属素線10を編み機20に送り出し、送り出された金属素線10を編み機20で編み込むことによって筒状の金網連続体30を形成している。なお、図3は、説明を容易にするために、編み機20を模式的に示している。

【0050】

編み機20は、金属素線10を編み込むための本体部21と、送り出された金属素線10を本体部21に案内するための案内針22とを備えている。本体部21は、径方向の中央に穴を有している。金網連続体30は、本体部21に設けられた穴から送り出される。

【0051】

金網連続体30は、円筒状をなしている。また、金網連続体30は、その軸方向に連続している。なお、編み方は特に限定されない。図3に示す例は、A部を拡大して図示するように、素線をメリヤス編みして金網連続体30を形成している。

【0052】

(分割工程)

分割工程S12は、図3に示すよう、編み機20から送り出された金網連続体30を、その軸方向に一定の長さを有する複数の筒状金網体31に分ける工程である。この分割工程S12によって形成される筒状金網体31は、図4に示すように、筒状をなしている。筒状金網体31の内部は空洞である。金網連続体30から筒状金網体31に分ける方法は、特に限定がない。分ける方法としては、編み機20から送り出された金網連続体30を所定の長さ毎に、刃物で切断して筒状金網体31を形成する方法を一例として挙げることができる。なお、筒状金網体31は、金属素線10が編み込まれることによって構成されている。編み方は、上述したように、特に限定はない。図4に例示した筒状金網体31は、A部を拡大して図示したように、素線をメリヤス編みして構成されている。

【0053】

(中間体形成工程)

中間体形成工程S13は、図5に示すように、筒状金網体31の側壁部31aを軸方向に折り返して、中間体32を形成する工程である。なお、図5は、中間体形成工程S13を模式的に示している。この中間体形成工程S13では、図5(A)から図5(D)に示すように、筒状金網体31の軸方向の一端から、側壁部31aを軸方向に一定の長さごとに外側に複数回折り返すことによって、図5(E)に示す中間体32を形成している。た

10

20

30

40

50

だし、中間体32は、筒状金網体31の軸方向の一端から、筒状金網体31の側壁部31aを外側に丸ませて形成することもできる。この中間体形成工程S13によって形成された中間体32は、図5(E)に示すように、円環状の金網であり、外周部33と内周部34とを有している。また、円環状の金網である中間体32は、半径方向に重なる複数の金網の層を備えている。

【0054】

星形多角体形成工程

次に、図6から図12を参照して星形多角体60を形成する星形多角体形成工程S20について説明する。

【0055】

星形多角体形成工程S20は、径方向の外側に突出する複数の凸部61と、径方向の内側に窪んだ複数の凹部62とを、周方向に交互に位置させて中間体32に形成して星形多角体60を形成する工程である。この星形多角体形成工程S20は、図6に示す装置40を用いて星形多角体60を形成する第1タイプと、図12に示す装置50を用いて星形多角体60を形成する第2タイプとがある。

【0056】

第1タイプの星形多角体形成工程S20は、図6に示すように、周方向に一定の間隔を空けて配置され、径方向に移動する複数の爪42を、中間体32の径方向の外側からこの中間体32に押し付けることによって星形多角体60を形成する。例えば、6個の凸部61と6個の凹部62を有する星形多角体60(図7参照)を形成する場合、星形多角体形成工程S20は、6個の爪42を備えた装置40(以下、単に「装置40」という。)を用いて実施される。この装置40は、例えば、ベース41と、ベース41上に配置された6個の爪42と、ベース41上に配置された受け部45とを有している。

【0057】

ベース41は、円盤状をなしている。このベース41は、星形多角体60として形成される中間体32が載せられる部材である。

【0058】

6個の爪42は、ベース41上で周方向に均等に配置されている。各爪42は、その長手方向が径方向に向いてそれぞれ配されている。各爪42は、その長手方向の一端側に先細り形状の押し当て部43をそれぞれ有している。各爪42は、押し当て部43を径方向の内側に向けてそれぞれ配置されている。

【0059】

受け部45は、爪42によって押し付けられた中間体32を、中間体32の内側で受け部45は、ベース41の中心に配置されている。この受け部45は、リング部46と、リング部46から径方向の外側に延びる仕切部47とを少なくとも備えている。仕切部47は、周方向の6箇所に設けられている。各仕切部47同士の周方向の間隔は一定である。

【0060】

6個の爪42は、周方向において、受け部45の仕切部47と仕切部47との間に位置している。各爪42が径方向の内側に移動したときに、各爪42の押し当て部43は、受け部の仕切部47と仕切部47との間に挿入される。

【0061】

この装置40は、星形多角体60を以下のように形成する。はじめに、図6(A)に示すように、装置40において、6個の爪42は径方向の外側に移動されている。中間体32は、各爪42に設けられた押し当て部43と受け部45との間にセットされる。中間体32が装置40にセットされた後、各爪42を径方向の内側に移動させ、押し当て部43を中間体32の外周部に突き当てて、図6(B)に示すように、中間体32を径方向の外側から内側に向けて押し付ける。

【0062】

装置40は、6個の爪42を中間体32に押し付けることによって、中間体32の周方

10

20

30

40

50

向の 6 箇所に、径方向の外側から内側に向かって窪む凹部 6 2 を形成する。一方、装置 4 0 は、爪 4 2 が押し付けられた部分同士の間の部分を、径方向の外側に向かって突出する凸部 6 1 として形成する。その結果、装置 4 0 は、図 7 に示す、星形多角体 6 0 を形成する。

【 0 0 6 3 】

図 7 は星形多角体 6 0 の一例を示している。この星形多角体 6 0 は、径方向の外側に突出する凸部 6 1 を周方向の 6 箇所に備えている。また、星形多角体 6 0 は、径方向の内側に窪んだ凹部 6 2 を凸部 6 1 同士の間に備えている。この凹部 6 2 は、上述したように、爪 4 2 部が備える押し当て部 4 3 が押し付けられることによって形成された部位である。

【 0 0 6 4 】

なお、星形多角体形成工程 S 2 0 で形成される星形多角体 6 0 は、6 個の凸部 6 1 と 6 個の凹部 6 2 を有する形状には限定されない。凸部 6 1 の数と凹部 6 2 の数は、5 個以下であってもよいし、7 個以上であってもよい。その場合、装置に設ける爪 4 2 の数は、形成される星形多角体 6 0 の凹部 6 2 の数と凸部 6 1 の数とに一致される。例えば、凹部 6 2 の数及び凸部 6 1 の数が 8 この星形多角体 6 0 を形成する場合、8 個の爪 4 2 が装置に設けられる。

10

【 0 0 6 5 】

第 1 タイプの星形多角体形成工程 S 2 0 では、爪 4 2 が押し付けられた複数の部分に、径方向の内側に窪んだ凹部 6 2 を形成し、爪 4 2 が押し付けられた部分の間の複数の部分に径方向の外側に突出する凸部 6 1 を形成することができる。そのため、複数の爪 4 2 を一度に中間体 3 2 に押し付けることで星形多角体 6 0 を効率よく形成することができる。

20

【 0 0 6 6 】

第 1 タイプの星形多角体形成工程 S 2 0 では、図 8 示す装置 1 4 0 (以下、「装置 1 4 0」という。) を利用して、中間体 3 2 から図 1 0 に示す星形多角体 1 6 0 を形成してもよい。

【 0 0 6 7 】

装置 1 4 0 は、例えば、ベース 1 4 1 と、ベース 1 4 1 上に配置された 6 個の爪 1 4 2 と、ベース 1 4 1 上に配置された受け部 1 4 5 を有している。ベース 4 1 は、例えば、円盤状をなしている。このベース 1 4 1 は、星形多角体 1 6 0 として形成される中間体 3 2 が載せられる部材である。6 個の爪 1 4 2 は、その長手方向がベースの径方向に向いて、ベース 1 4 1 上で周方向に均等に配置されている。各爪 1 4 2 は、その長手方向の一端側に平板状の押し当て部 1 4 3 をそれぞれ有し、この押し当て部 1 4 3 を径方向の内側に向いている。

30

【 0 0 6 8 】

押し当て部 1 4 3 は、図 9 に示すように、垂直方向に対して斜めに傾けられている。なお、垂直方向は、中間体 3 2 の軸方向及び星形多角体 1 6 0 の軸方向に一致している。押し当て部 1 4 3 の垂直方向に対する傾斜角 θ は、5 度以上、85 度以下の範囲内で、中間体 3 2 の軸方向の長さに応じて適宜に設定するとよい。すなわち、星形多角体 1 6 0 が形成された際、軸方向のある領域では、凹部 1 6 2 が存在する周方向の部分に、軸方向の他の領域では、凸部 1 6 1 が存在する形態になるように、この傾斜角 θ は設定される。

40

【 0 0 6 9 】

受け部 1 4 5 は、ベース 1 4 1 の中心に配置されており、爪 1 4 2 によって押し付けられた中間体 3 2 を、中間体 3 2 の内側で受ける部位である。受け部 1 4 5 の構造は、図 6 に示した装置 4 0 の受け部 4 5 とほぼ同様であり、リング部 1 4 6 と、リング部 1 4 6 から径方向の外側に延びる仕切部 1 4 7 とを少なくとも備えている。

【 0 0 7 0 】

この装置 1 4 0 は、中間体 3 2 の径方向の外側から押し当て部 1 4 3 を中間体 3 2 の外周部に突き当て、中間体 3 2 を径方向の外側から内側に向けて押し付けることによって、図 1 0 に示す星形多角体を形成する。具体的には、装置 1 4 0 は、爪 1 4 2 の押し当て部 1 4 3 が押し付けられた位置に凹部 1 6 2 を形成すると共に、爪 1 4 2 の押し当て部 1 4

50

3 同士の間に位置に凸部 161 を形成して星形多角体 160 を形成する。

【0071】

図 10 は、装置 140 により形成された星形多角体 160 の一例を示している。この星形多角体 160 は、径方向の外側に突出する凸部 161 を周方向の 6箇所に備えている。また、星形多角体 160 は、径方向の内側に窪んだ凹部 162 を凸部 161 同士の間に備えている。

【0072】

各凸部 161 及び各凹部 162 は、星形多角体 160 の軸方向に対して斜めに傾けられている。そのため、軸方向のある領域では、凹部 162 が存在する周方向の部分に、軸方向の他の領域では、凸部 161 が存在する。その結果、星形多角体 160 を平面視したとき、周方向の密度が均等になる。その結果、星形多角体 160 から形成された金属製多孔体 1 は、この金属製多孔体 1 の内部を流れる流体の圧力損失を周方向で均等にすることができると共に、強度を周方向で均等にすることができる。

【0073】

以上、斜めに傾けられた押し当て部 143 を有する爪 142 を用いて星形多角体 160 を形成する場合について説明した。ただし、軸方向に対して凸部 161 及び凹部 162 が斜めに傾けられた星形多角体 160 は、まず、図 6 に示す装置 40 を用いて図 7 に示す星形多角体 60 を形成し、次いで、星形多角体 60 を周方向に捩ることによって形成してもよい。

【0074】

第 2 タイプの星形多角体形成工程 S20 は、図 11 に示すように、中間体 32 を周方向に移動させながら、中間体 32 の外側に配置された第 1 歯車 51 と、中間体 32 の内側に配置された第 2 歯車 52 とを噛み合わせることによって、星形多角体 60 を形成する。

【0075】

第 2 タイプの星形多角体形成工程 S20 に用いられる装置 50 (以下、単に「装置 50」という。) は、図 11 に示すように、2つの歯車 51, 52 を備えている。なお、図 11 は、装置 50 の一例を模式的に示している。図 11 に示す装置 50 は、刃先円の直径が相対的に大きい第 1 歯車 51 と、刃先円の直径が相対的に小さい第 2 歯車 52 とを備えている。第 1 歯車 51 は、中間体 32 の外側に配置され、第 2 歯車 52 は、中間体 32 の内側に配置される。

【0076】

この装置 50 は、第 1 歯車 51 と第 2 歯車 52 との間の距離を長くしたり短くしたりすることができるよう構成されている。ただし、第 1 歯車 51 と第 2 歯車 52 との距離を最も短くした場合でも、第 1 歯車 51 の歯と第 2 歯車 52 の歯とが接触せずに、一定の隙間が両者の間に形成される。すなわち、第 1 歯車 51 の歯が第 2 歯車 52 の歯と歯との間に位置するときに、第 1 歯車 51 の歯先と第 2 歯車 52 の歯元との間に一定の隙間が形成される。また、第 1 歯車 51 の歯面と第 2 歯車 52 の歯面との間にも一定の隙間が形成される。同様に、第 2 歯車 52 の歯が第 1 歯車 51 の歯と歯との間に位置するときに、第 2 歯車 52 の歯先と第 1 歯車 51 の歯元との間に一定の隙間が形成されると共に、第 1 歯車 51 の歯面と第 2 歯車 52 の歯面との間にも一定の隙間が形成される。

【0077】

第 2 タイプの星形多角体形成工程 S20 では、星形多角体 60 が装置 50 によって次のように形成される。

【0078】

まず、第 1 歯車 51 と第 2 歯車 52 との距離が離された状態 (図示せず) で、中間体 32 が第 1 歯車 51 と第 2 歯車 52 との間にセットされる。その際、第 2 歯車 52 は中間体 32 の内側に位置される。

【0079】

次いで、第 1 歯車 51 と第 2 歯車 52 とを接近させ、中間体 32 を第 1 歯車 51 と第 2 歯車 52 とで挟み込む。中間体 32 が第 1 歯車 51 と第 2 歯車 52 とで挟み込まれること

10

20

30

40

50

によって、中間体32の側壁部は、第1歯車51の歯先によって第2歯車52の歯元に向けて押し付けられると共に、第2歯車52の歯先によって第1歯車51の歯元に向けて押し付けられる。そのため、中間体32は、図11に示すように、中間体32の径方向の外側に向けて突出する凸部61と径方向の内側に向けて窪む凹部62とが形成される。

【0080】

その後、第1歯車51と第2歯車52とを回転させて、中間体32を周方向に移動させる。装置50において、第1歯車51と第2歯車52とが中間体32を挟み込んでいるため、第1歯車51及び第2歯車52は、その回転に伴って、中間体32を周方向に移動させ、凸部61と凹部62とを中間体32の周方向の全域にわたり交互に形成する。具体的には、第1歯車51の歯山に対応する、中間体の位置に凹部62を形成すると共に、第2歯車52の歯山に対応する、中間体の位置に凸部61を形成して星形多角体60を形成する。なお、図11に示す装置50で形成された星形多角体60は、図7に示すように、径方向の外側に突出する凸部61と内側に窪んだ凹部62とが、周方向の6箇所にそれぞれ形成される。

【0081】

第2タイプの星形多角体形成工程S20では、二つの歯車51, 52を噛み合わせるだけで星形多角体60を形成することができる。そのため、星形多角体60を簡素な装置で形成できる。また、歯の数が異なる歯車に交換するだけで、凹部62及び凸部61の数が異なる星形多角体60を形成することができる。

【0082】

第2タイプの星形多角体形成工程S20では、図12に示すように、中間体32を周方向に移動させながら、2つのはすば歯車151, 152を噛み合わせることによって、星形多角体160を形成してもよい。

【0083】

この星形多角体形成工程S20に用いられる装置150（以下、単に「装置150」という。）は、図12に示すように、2つの歯車151, 152を備えている。2つの歯車151, 152は、歯山が各歯車の周方向に対して斜めに傾いたはすば歯車である。図12に示す装置150は、刃先円の直径が相対的に大きい第1歯車151と、刃先円の直径が相対的に小さい第2歯車152とを備えている。第1歯車151は、図示しない中間体の外側に配置され、第2歯車152は、図示しない中間体の内側に配置される。

【0084】

装置150は、中間体を第1歯車151と第2歯車152との間に挟み込ませ、第1歯車151及び第2歯車152を回転させることによって、図示しない中間体を周方向に移動させ、斜めに傾けられた凸部161及び凹部162を有する星形多角体160を形成する（図10参照）。具体的には、第1歯車151の歯山に対応する、中間体の位置に凹部162を形成すると共に、第2歯車152の歯山に対応する、中間体の位置に凸部161を形成して星形多角体160を形成する。

【0085】

なお、第2タイプの星形多角体形成工程S20によって星形多角体160を形成する場合、まず、図11に示す装置50を用いて図7に示す星形多角体60を形成し、次いで星形多角体60を周方向に捩ることによって形成してもよい。

【0086】

星形多角体圧縮工程

次に、図13を参照して、星形多角体圧縮工程S30について説明する。なお、星形多角体圧縮工程S30は、必要に応じて設けられる工程であり、必須の工程ではない。

【0087】

星形多角体圧縮工程S30は、星形多角体形成工程S20によって形成された星形多角体60を径方向の外側から内側に向けて圧縮することによって圧縮星形多角体60, 160を形成する。この星形多角体圧縮工程S30では、例えば、図13に示す装置70（以下、単に「装置70」という。）が用いられる。以下では、圧縮星形多角体60を形成す

10

20

30

40

50

る場合を例にして説明する。

【0088】

この装置70は、円形のベース75と、ベース75上に配置された4本のアーム71とを備えている。各アーム71は、その長手方向がベース75の中心側から径方向の外側に延びる方向に向いてそれぞれ配置されている。4本のアーム71のうち、2本のアーム71は、ベース75の直径をなす線L1上に配されていて、ベース75の中心に対して対称をなしている。残りの2本のアーム71は、直径をなす線L1に対して直交する線L2上に配置されている。この2本のアーム71もベース75の中心に対して対称をなしている。

【0089】

各アーム71の長手方向の一端は、押し当て面72を有している。押し当て面72は、円弧状にそれぞれ窪んでいる。この押し当て面72は、星形多角体60の外周面に押し当てる部分である。各アーム71は、この押し当て面72をベース75の中心に向けてそれぞれ配置されている。そして、4本のアーム71は径方向に移動するように構成されている。

【0090】

この星形多角体圧縮工程S30では、図13に示すように、星形多角体60がベース75の中心にセットされ、4本のアーム71をベース75の中心に向けて移動して、押し当て面72を星形多角体60の外周部に押し付けることによって、星形多角体60を径方向の内側に圧縮する。圧縮星形多角体60は、星形多角体60がアーム71によって径方向の内側に圧縮されることによって形成される。

【0091】

この星形多角体形成工程S20は、中間体32の内部に存在する空間を均等に分布させることができる。そのため、完成された金属製多孔体1の内部に存在する空間を周方向に均等にすることができます。また、この工程は、中間体32を構成する金網を塑性変形させている。そのため、強度を高めることができる。

【0092】

成型工程

成型工程S40では、星形多角体60, 160(圧縮星形多角体60, 160を含む。)の内周側を拘束する芯材81と、星形多角体60, 160の外周側を拘束する外周壁85とで構成された型80が用いられる。成型工程S40は、芯材81と外周壁85との間の空間に星形多角体60, 160を入れ、星形多角体60, 160の軸方向の一方から星形多角体60, 160を圧縮することによって、図2に示す金属製多孔体1を成型する工程である。以下では、星形多角体60を成型する場合を例に説明する。

【0093】

成型工程S40に用いられる型80は、図14に示すように、その軸方向の長さが異なる少なくとも2形態に変化可能に構成されている。そして、成型工程S40は、軸方向の長さが長い形態の型80で星形多角体60を軸方向の一方から圧縮する第1プレス工程S41と、第1プレス工程S41の後に、軸方向の長さが短い形態の型80で星形多角体60を軸方向の一方から星形多角体60を、さらに圧縮する第2プレス工程S42とを少なくとも有している(図1参照)。

【0094】

(型の構成)

型80は、図14に示すように、芯材81と外周壁85とを備えている。この型80は、芯材81と外周壁85との間に、成型される星形多角体60が入れられる空間を有している。型80の長手方向の一端80a側は、開かれており、型80の長手方向の他端80b側はブロック90等によって閉じられている。この成型工程S40では、図示しないアクチュエータが型80の長手方向における一端80a側のみに設けられる。成型工程S40では、一端80a側のみに設けられたアクチュエータが型80内の星形多角体60をプレスして金属製多孔体1を形成する。

10

20

30

40

50

【0095】

型80を構成する芯材81は、軸方向の長さが長い形態と、軸方向の長さが短い形態との2形態に変化させることができるように構成されている。具体的に、芯材81は、芯材本体部82と、型80の長手方向の長さを変化させるための芯材調整部83とから構成されている。長い形態の芯材81は、図14(A)及び図14(B)に示すように、芯材本体部82と芯材調整部83とが型80の長手方向につなげられた形態である。短い形態の芯材81は、図14(C)及び図14(D)に示すように、芯材調整部83が芯材81から取り外された形態である。

【0096】

型80を構成する外周壁85は、芯材81と同様に、軸方向の長さが長い形態と、軸方向の長さが短い形態との2形態に変化させることができるように構成されている。外周壁85は、外周壁本体部86と外周壁調整部87とにより構成されている。長い形態の外周壁85は、図14(A)及び図14(B)に示すように、外周壁本体部86と外周壁調整部87とが型80の長手方向につなげられた形態である。短い形態の外周壁85は、図14(C)及び図14(D)に示すように、外周壁調整部87が外周壁85から取り外された形態である。

10

【0097】

(成型工程の詳細)

成型工程S40の詳細について、図14を参照して説明する。この成型工程S40では、まず、図14(A)及び図14(B)に示す第1プレス工程S41が行われ、次いで、図14(C)及び図14(D)に示す第2プレス工程S42が行われる。

20

【0098】

第1プレス工程S41では、まず、図14(A)に示すように、芯材本体部82と芯材調整部83とが軸方向につなげられると共に、外周壁本体部86と外周壁調整部87とが軸方向につなげられ、長い形態の型80が形成される。また、型80の軸方向の一端80a側が開かれた状態にされる一方で、型80の軸方向の他端80bがブロック90で閉じられる。第1補助部材101、星形多角体60、及び第2補助部材102が、その順番にこの形態の型80の内部に挿入される。すなわち、型80の他端80b側かみて、第1補助部材101、星形多角体60、及び第2補助部材102がその順番に型80の内部に配置される。

30

【0099】

次いで、図示しないアクチュエータが、型80の軸方向の一端80a側から型80の内部の第1補助部材101、星形多角体60、及び第2補助部材102をブロック90に向けて押すことによって、星形多角体60をプレスする。

【0100】

次いで、図14(B)に示すように、第3補助部材103が型80の軸方向の一端80a側から型80の内部に挿入され、第2補助部材102の上に配置される。次いで、型80の軸方向の一端80a側から図示しないアクチュエータが、型80の内部の第1補助部材101、星形多角体60、第2補助部材102及び第3補助部材103をブロック90に向けて押すことによって、星形多角体60をさらにプレスする。

40

【0101】

次に、第2プレス工程S42が行われる。第2プレス工程S42では、まず、図14(C)に示すように、型80から芯材調整部83及び外周壁調整部87が取り外される。そのため、型80は、芯材本体部82と外周壁本体部86とからなる短い形態になる。型80から芯材調整部83及び外周壁調整部87が取り外された状態では、ブロック90が配置された型80の軸方向の他端80b側において、第1補助部材101が型80から突出した状態になる。

【0102】

また、図14(C)に示すように、型80の軸方向の一端80a側には、押し付け用ジグ104が被せられる。この押し付け用ジグ104の周辺の下端面は、型80の一端80

50

a側の端面に突き当てられ、押し付け用ジグ104の中央は、芯材81の先端が内部に挿入させる。

【0103】

次いで、図14(D)に示すように、図示しないアクチュエータが、型80の軸方向の一端80a側から押し付け用ジグ104の上から型80をブロック90に向けて押し付ける。型80がブロック90に向けて押し付けられることによって、星形多角体60がプレスされる。

【0104】

星形多角体60がこの成型工程で上記のようにプレスされた場合、その外周面が外周壁85に拘束され、外周面は外周壁85の内面に沿って円形に形成される。また、内周面が芯材81に拘束され、内周面は円形に形成される。その結果、星形多角体60は、図2に示した円筒状の金属製多孔体1に成型される。

10

【0105】

この成型工程S40では、上述したように、型80が本体部82, 86と調整部83, 87とで構成されているので、調整部83, 87を型80から取り外すことによって、型80の軸方向の長さが変化される。そのため、第1プレス工程S41及び第2プレス工程S42の両方の工程において、型80の軸方向の一方のみから星形多角体60をプレスすることによって、星形多角体60を型80の軸方向の両方からプレスすることと同等の圧縮作用を星形多角体60に与えることができる。すなわち、プレスするためのアクチュエータを型80の軸方向の一方側にのみ設けるだけで、型80の軸方向の両方にプレスするためのアクチュエータを設けた場合と同様の作用を得ることができる。

20

【0106】

以上、軸方向の長さが2形態に変化可能な型80を用いて成型工程S40を行う場合を例に説明した。しかしながら、軸方向の長さが3形態以上に変化可能な型を用いて成型工程S40を行うこともできる。

【0107】

なお、この成型工程S40が終了した後、金属製多孔体1は、洗浄工程等を経て完成される。

【0108】

以上の工程を含む金属製多孔体1の製造方法で製造された金属製多孔体1は、高い強度を有する。また、金属製多孔体1の内部に存在する空隙が周方向に均等に分布される。そのため、流体が軸方向及び径方向に流れる際、流体は金属製多孔体1の周方向にて均等に流れる。

30

【実施例】

【0109】

以下、本発明に係る金属製多孔体1の製造方法で製造された金属製多孔体1の詳細を実施例に基づいて具体的に説明する。

【0110】

本発明に係る金属製多孔体1の製造方法によって製作した金属製多孔体1と従来から使用されている金属製多孔体について、圧力損失の確認テスト及び圧縮強度の確認テストを行い、両者の比較を行った。なお、従来から使用されている金属製多孔体は、本発明の金属製多孔体1の製造方法の途中で形成される中間体をそのままプレスして完成させた金属製多孔体をいう。すなわち、従来から使用されている金属製多孔体は、星形多角体形成工程を経ないで完成したものである。

40

【0111】

【実施例1】

実施例1は、直径が0.36mmの白なまし鉄線の金属素線10を金網連続体形成工程、分割工程、中間体形成工程、星形多角体形成工程、及び成型工程を経て製作された金属製多孔体である。金網連続体形成工程では、金属素線10をメリヤス編みして金網連続体を形成した。金属製多孔体の軸方向の長さは10mmである。

50

【0112】

[実施例2]

実施例2は、直径が0.70mmの白なまし鉄線の金属素線10を、実施例1と同様の製造方法で製作した金属製多孔体である。金属製多孔体の軸方向の長さは10mmである。

【0113】

[比較例1]

比較例1は、実施例1と同じ金属素線1を金網連続体形成工程、分割工程、中間体形成工程、及び成型工程を経て製作された金属製多孔体である。金網連続体形成工程では、金属素線10をメリヤス編みして金網連続体を形成した。金属製多孔体の軸方向の長さは10mmである。

【0114】

[比較例2]

比較例2は、直径が0.70mmの白なまし鉄線の金属素線10を、比較例1と同様の製造方法で製作した金属製多孔体である。金属製多孔体の軸方向の長さは10mmである。

【0115】

[圧力損失の確認テスト]

圧力損失の確認テストは、テストサンプルの径方向に流体を流した場合と、テストサンプルの軸方向に流体を流した場合について行った。

【0116】

径方向の圧力損失の確認テスト

径方向の確認テストは、テストサンプルの内周側から外周側にエアを流し、圧力損失を測定した。確認テストは、流量が50リットル/分、70リットル/分及び100リットル/分のエアを流して行った。また、確認テストは、図15に示すように、テストサンプルの周方向を4つの領域I, II, III, IVに分けて、各領域I, II, III, IVについて圧力損失を測定した。具体的には、金属製多孔体の軸方向の両側の端面を塞ぐと共に、周方向の1/4の部分を欠いたリング状のジグ110をテストサンプルの外周にはめ込み、ジグ110を周方向に1/4周ずつ回転させて行った。なお、確認テストは、実施例及び比較例ともに2個ずつ行った。

【0117】

評価は、各テストサンプルの4箇所の測定結果の平均値を算出し、平均値に対して最大で何%ばらついているかを求めて行った。なお、ここでいう最大のばらつきとは、平均値に対してプラス側にばらついた最大の値と、平均値に対してマイナス側にばらついた最大の値のうち、平均値との差が大きい方の値を意味する。

【0118】

(テスト結果)

表1は、確認テストのテスト結果を示した表である。

【0119】

10

20

30

【表1】

表1

		流量(L/min)			(%))
		50	70	100	
実施例1	第1サンプル	7.3	7.8	6.5	
	第2サンプル	17.1	16.8	18.1	
	平均値	12.2	12.3	12.3	
実施例2	第1サンプル	14.6	12.0	11.6	10
	第2サンプル	7.2	8.8	11.0	
	平均値	10.9	10.4	11.3	
比較例1	第1サンプル	37.5	38.1	33.8	
	第2サンプル	27.0	27.2	26.8	
	平均値	32.2	32.6	30.3	
比較例2	第1サンプル	38.3	34.3	34.5	
	第2サンプル	22.0	26.1	27.8	
	平均値	30.1	30.2	31.2	

【0120】

実施例1の第1サンプルは、表1に示すように、平均値に対するばらつきが、流量が50リットル/分のときに7.3%、70リットル/分のときに7.8%、100リットル/分のときに6.5%であった。また、実施例1の第2サンプルは、平均値に対するばらつきが、流量が50リットル/分のときに17.1%、70リットル/分のときに16.8%、100リットル/分のときに18.1%であった。第1サンプルと第2サンプルとの平均は、流量が50リットル/分のときに12.2%、70リットル/分のときに12.3%、100リットル/分のときに12.3%である。

【0121】

実施例2の第1サンプルは、表1に示すように、平均値に対するばらつきが、流量が50リットル/分のときに14.6%、70リットル/分のときに12.0%、100リットル/分のときに11.6%であった。また、実施例2の第2サンプルは、平均値に対するばらつきが、流量が50リットル/分のときに7.2%、70リットル/分のときに8.8%、100リットル/分のときに11.0%であった。第1サンプルと第2サンプルとの平均は、流量が50リットル/分のときに10.9%、70リットル/分のときに10.4%、100リットル/分のときに11.3%である。

【0122】

一方、比較例1の第1サンプルは、平均値に対するばらつきが、流量が50リットル/分のときに37.5%、70リットル/分のときに38.1%、100リットル/分のときに33.8%であった。また、比較例1の第2サンプルは、平均値に対するばらつきが、流量が50リットル/分のときに27.0%、70リットル/分のときに27.2%、100リットル/分のときに26.8%であった。第1サンプルと第2サンプルとの平均は、流量が50リットル/分のときに32.2%、70リットル/分のときに32.6%、100リットル/分のときに30.3%である。

【0123】

比較例2の第1サンプルは、平均値に対するばらつきが、流量が50リットル/分のときに38.3%、70リットル/分のときに34.3%、100リットル/分のときに34.5%であった。また、比較例2の第2サンプルは、平均値に対するばらつきが、流量が50リットル/分のときに22.0%、70リットル/分のときに26.1%、100リットル/分のときに27.8%であった。第1サンプルと第2サンプルとの平均は、流量が50リットル/分のときに30.1%、70リットル/分のときに30.2%、100リットル/分のときに31.2%である。

【0124】

以上のテスト結果から分かるように、本発明の金属製多孔体1の製造方法で製作した金

属製多孔体1は、従来の金属製多孔体よりも、流体が径方向に流れる場合の圧力損失が、周方向においてばらつきが小さい。

【0125】

軸方向の圧力損失の確認テスト

軸方向の確認テストは、テストサンプルの軸方向の一方の端面から他方の端面にエアを流し、圧力損失を測定した。確認テストは、流量が50リットル/分、70リットル/分及び100リットル/分のエアを流して行った。また、確認テストは、図16に示すように、テストサンプルの周方向を4つの領域I, II, III, IVに分けて、各領域I, II, III, IVについて圧力損失を測定した。具体的には、金属製多孔体の外周面と内周面とを塞ぐと共に、周方向の1/4の部分を欠いたリング状のジグ120で軸方向の両端面について周方向の3/4の部分を塞ぎ、周方向に1/4周ずつ回転させて行った。なお、確認テストは、実施例及び比較例ともに2個ずつ行った。

【0126】

評価は、各テストサンプルの4箇所の測定結果の平均値を算出し、平均値に対して最大で何%ばらついているかを求めて行った。なお、ここでいう最大のばらつきとは、平均値に対してプラス側にばらついた最大の値と、平均値に対してマイナス側にばらついた最大の値のうち、平均値との差が大きい方の値を意味する。

【0127】

(テスト結果)

表2は、確認テストのテスト結果を示した表である。

【0128】

【表2】

		流量(L/min)			(%))
		50	70	100	
実施例1	第1サンプル	11.9	16.3	14.9	
	第2サンプル	13.9	8.0	7.6	
	平均値	12.9	12.2	11.2	
実施例2	第1サンプル	11.5	16.5	13.4	
	第2サンプル	20.8	8.9	8.8	
	平均値	16.2	12.7	11.1	
比較例1	第1サンプル	37.4	37.4	35.9	
	第2サンプル	26.7	27.3	26.3	
	平均値	32.1	32.4	31.1	
比較例2	第1サンプル	44.9	42.5	52.0	
	第2サンプル	23.1	26.6	28.5	
	平均値	34.0	34.6	40.3	

【0129】

実施例1の第1サンプルは、表2に示すように、平均値に対するばらつきが、流量が50リットル/分のときに11.9%、70リットル/分のときに16.3%、100リットル/分のときに14.9%であった。また、実施例1の第2サンプルは、平均値に対するばらつきが、流量が50リットル/分のときに13.9%、70リットル/分のときに8.0%、100リットル/分のときに7.6%であった。第1サンプルと第2サンプルとの平均は、流量が50リットル/分のときに12.9%、70リットル/分のときに11.2%、100リットル/分のときに11.1%である。

【0130】

実施例2の第1サンプルは、表2に示すように、平均値に対するばらつきが、流量が50リットル/分のときに11.5%、70リットル/分のときに16.5%、100リットル/分のときに13.4%であった。また、実施例2の第2サンプルは、平均値に対するばらつきが、流量が50リットル/分のときに20.8%、70リットル/分のときに8.9%、100リットル/分のときに8.8%であった。第1サンプルと第2サンプル

10

20

30

40

50

との平均は、流量が 50 リットル / 分のときに 16.2%、70 リットル / 分のときに 12.7%、100 リットル / 分のときに 11.1% である。

【0131】

一方、比較例 1 の第 1 サンプルは、平均値に対するばらつきが、流量が 50 リットル / 分のときに 37.4%、70 リットル / 分のときに 37.4%、100 リットル / 分のときに 35.9% であった。また、比較例 1 の第 2 サンプルは、平均値に対するばらつきが、流量が 50 リットル / 分のときに 26.7%、70 リットル / 分のときに 27.3%、100 リットル / 分のときに 26.3% であった。第 1 サンプルと第 2 サンプルとの平均は、流量が 50 リットル / 分のときに 32.1%、70 リットル / 分のときに 32.4%、100 リットル / 分のときに 31.1% である。

10

【0132】

比較例 2 の第 1 サンプルは、平均値に対するばらつきが、流量が 50 リットル / 分のときに 44.9%、70 リットル / 分のときに 42.5%、100 リットル / 分のときに 52.0% であった。また、比較例 2 の第 2 サンプルは、平均値に対するばらつきが、流量が 50 リットル / 分のときに 23.1%、70 リットル / 分のときに 26.6%、100 リットル / 分のときに 28.5% であった。第 1 サンプルと第 2 サンプルとの平均は、流量が 50 リットル / 分のときに 34.0%、70 リットル / 分のときに 34.6%、100 リットル / 分のときに 40.3% である。

【0133】

以上のテスト結果に示されているように、本発明の金属製多孔体 1 の製造方法で製作した金属製多孔体 1 は、従来の金属製多孔体よりも、流体が軸方向に流れる場合の圧力損失が、周方向においてばらつきが小さい。

20

【0134】

〔圧縮強度の確認テスト〕

圧縮強度の確認テストは、テンション万能試験機（株式会社エー・アンド・ディ社製 RTG-1310）を用いてテストサンプルを軸方向に圧縮し、圧縮荷重と変位との関係を測定した。確認テストは、テストサンプルを圧縮する速度を 5 mm / 分とし、荷重限界を 5000 ニュートンとして行った。なお、確認テストは、実施例 1, 2 及び比較例 1, 2 のいずれについても 1 つずつ行った。

【0135】

30

〔テスト結果〕

図 17 に示すグラフは、実施例 1 と比較例 1 とのテスト結果を示している。このグラフの横軸は変位を表し、グラフの縦軸は圧縮荷重を表している。また、実線は、実施例 1 を表し、破線は、比較例 1 を表している。

【0136】

実施例 1 は、図 17 のグラフの実線に示すように、荷重が 1000 ニュートンのときでも、変位が 0.5 mm よりも小さく、荷重が 2000 ニュートンのときに、変位が約 0.5 mm になっている。そして、荷重が 5000 ニュートンのときに、変位が約 0.82 mm である。

【0137】

40

一方、比較例 1 は、図 17 のグラフの破線に示すように、実施例 1 のグラフよりも全体的に右側にシフトしている。具体的には、荷重が 1000 ニュートンのときに、変位が既に約 0.5 mm に達している。また、荷重が 5000 ニュートンのときに、変位が約 0.94 mm である。

【0138】

図 18 に示すグラフは、実施例 2 と比較例 2 とのテスト結果を示している。このグラフの横軸は変位を表し、グラフの縦軸は圧縮荷重を表している。また、実線は、実施例 2 を表し、破線は、比較例 2 を表している。

【0139】

実施例 2 は、図 18 のグラフの実線に示すように、荷重が 1000 ニュートンのときで

50

も、変位が0.5mmよりも小さく、荷重が2000ニュートンのときに、変位が約0.5mmになっている。そして、荷重が5000ニュートンのときに、変位が約0.80mmである。

【0140】

一方、比較例2は、図18のグラフの破線に示すように、実施例2のグラフよりも全体的に右側にシフトしている。具体的には、荷重が1000ニュートンのときに、変位が既に約0.5mmに達している。また、荷重が5000ニュートンのときに、変位が約0.94mmである。

【0141】

以上のテスト結果に示されているように、本発明に係る金属製多孔体1の製造方法で製作した金属製多孔体1と、従来の金属製多孔体とを同じ条件で圧縮した場合、本発明の金属製多孔体1の製造方法で製作した金属製多孔体1は、従来の金属製多孔体よりも変形量が小さく、強度が高い。

【0142】

また、本発明に係る金属製多孔体の製造方法で製造した金属製多孔体1及び従来の製造方法で製造した金属製多孔体を切断し、断面を顕微鏡で拡大して詳細に調査することによって両者の差異を検討した。本願の出願時点では、金属製多孔体の内部構造を調査する場合、過大な経済的支出を伴わず、過大な時間を費やさないで調査する方法としては、金属製多孔体を切断し、断面を顕微鏡で拡大して調査することが実際的な方法である。

【0143】

金属製多孔体を切断し、断面を顕微鏡で拡大して調査した結果、本願発明に係る製造方法で製造した金属製多孔体の内部構造と従来の製造方法で製造した金属製多孔体の内部構造の差異を確認することができなかった。

【符号の説明】

【0144】

1 金属製多孔体

2 外周面

3 内周面

4 端面

5 端面

10 10 金属素線

20 20 編み機

21 21 編み機の本体部

22 22 案内針

30 30 金網連続体

31 31 筒状金網体

32 32 中間体

33 33 中間体の外周部

34 34 中間体の内周部

40 40, 140 第1タイプの星形多角体形成工程に用いられる装置

41, 141 ベース

42, 142 爪

43, 143 押し当て部

45, 145 受け部

46, 146 リング部

47, 147 仕切部

50, 150 第2タイプの星形多角体形成工程に用いられる装置

51, 151 第1歯車

52, 152 第2歯車

60, 160 星形多角体

10

20

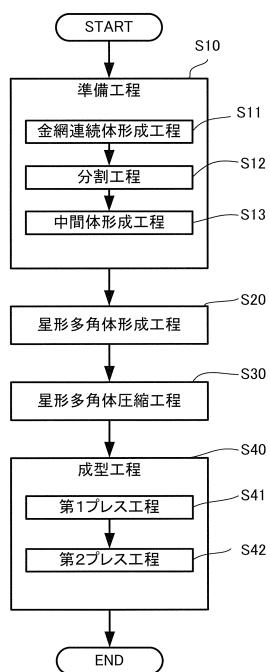
30

40

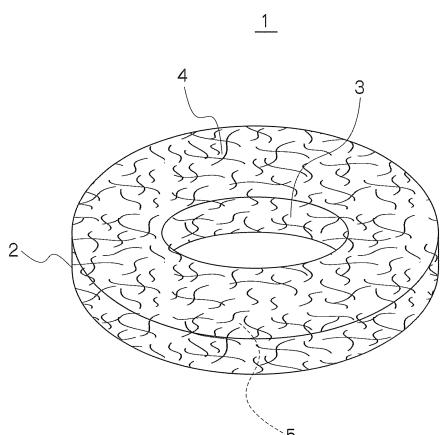
50

6 1 , 1 6 1	凸部	
6 2 , 1 6 2	凹部	
7 0	星形多角体圧縮工程に用いられる装置	
7 1	アーム	
7 2	押し当て面	
7 5	ベース	
8 0	型	
8 0 a	一端	
8 0 b	他端	
8 1	芯材	10
8 2	芯材本体部	
8 3	芯材調整部	
8 5	外周壁	
8 6	外周壁本体部	
8 7	外周壁調整部	
9 0	ブロック	
1 0 1	第1補助部材	
1 0 2	第2補助部材	
1 0 3	第3補助部材	
1 0 4	押し付け用ジグ	20

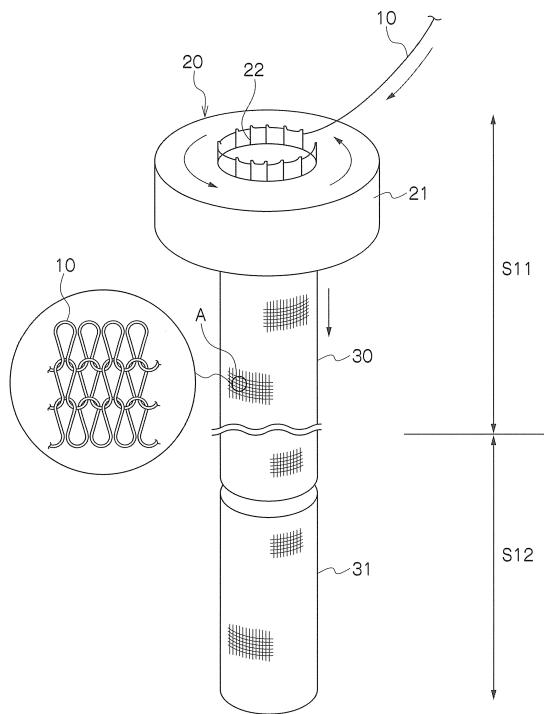
【図1】



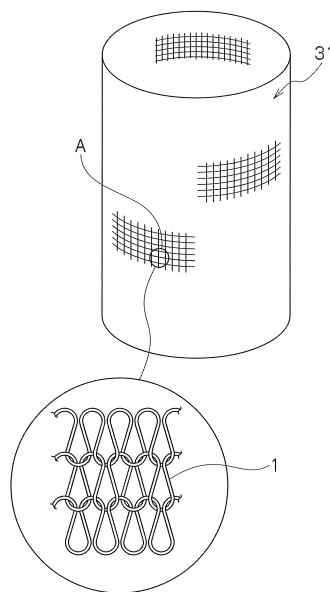
【図2】



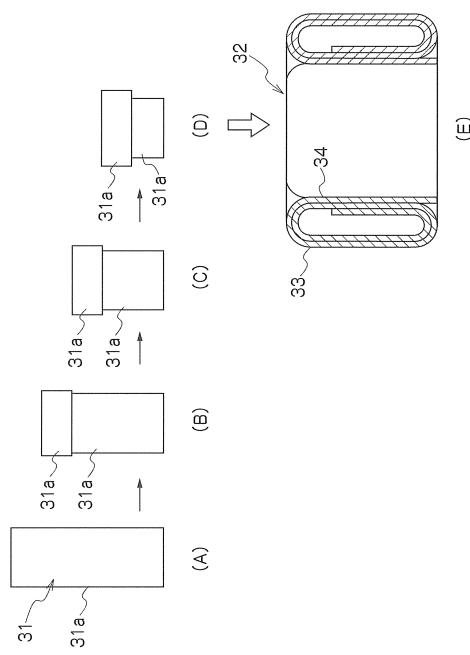
【図3】



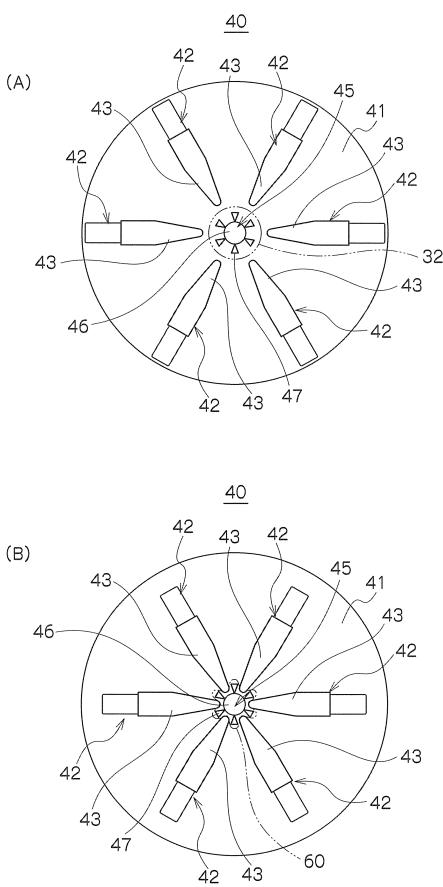
【図4】



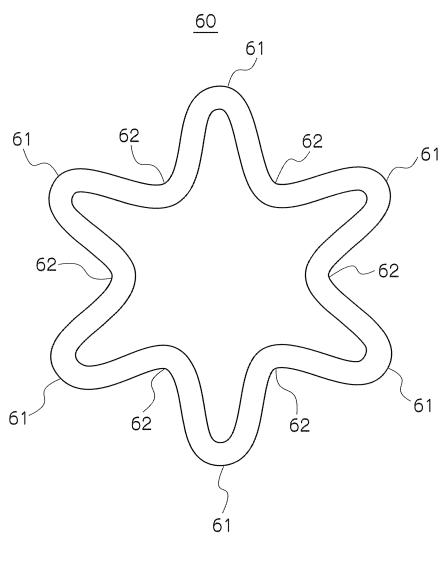
【図5】



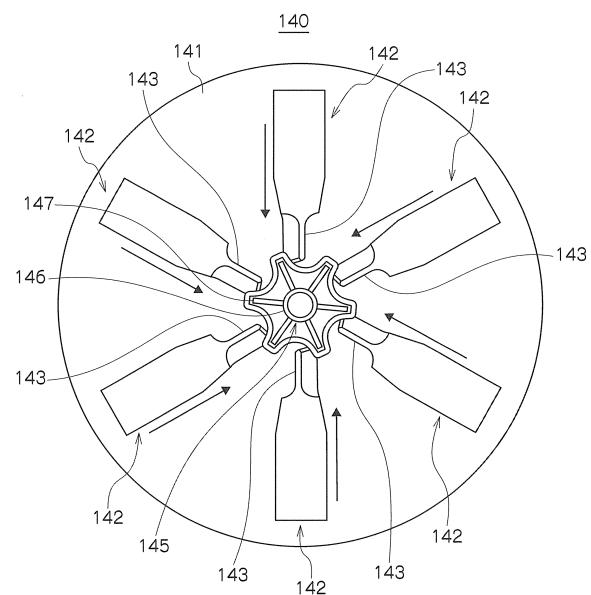
【図6】



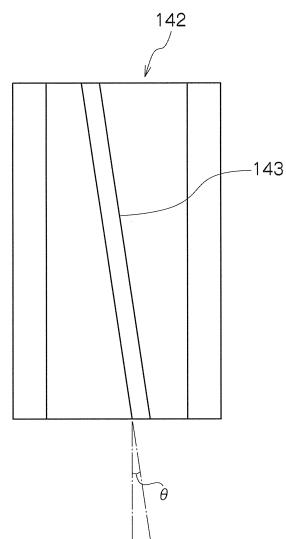
【図7】



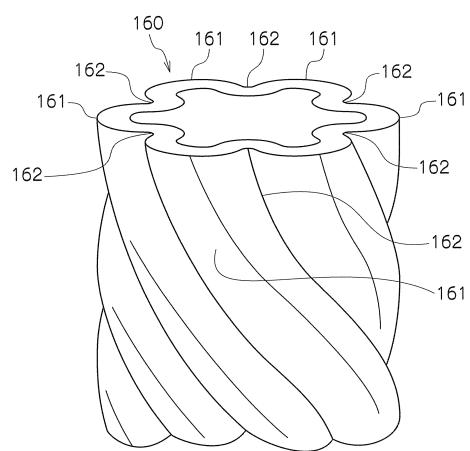
【図8】



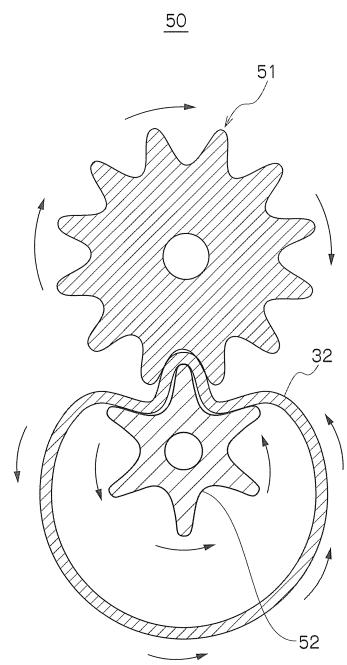
【図9】



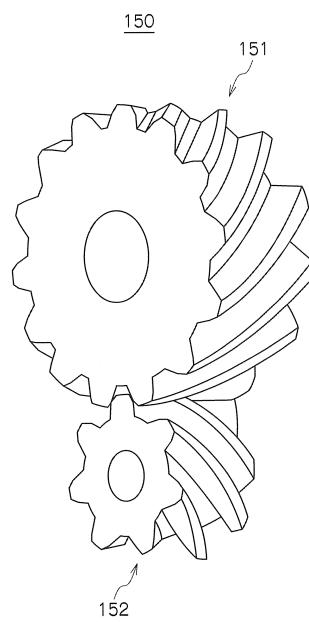
【図10】



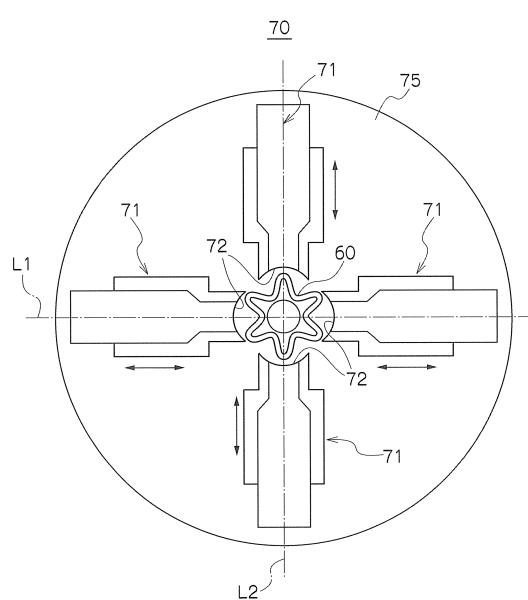
【図11】



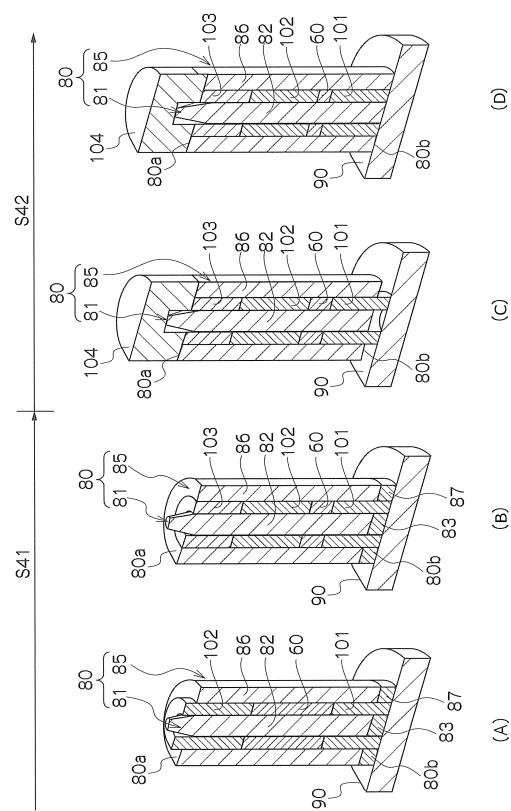
【図12】



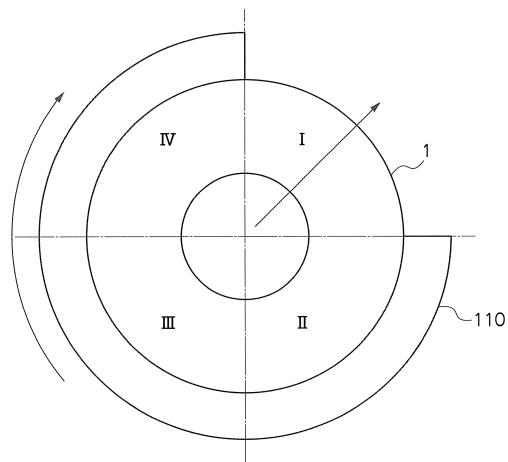
【図13】



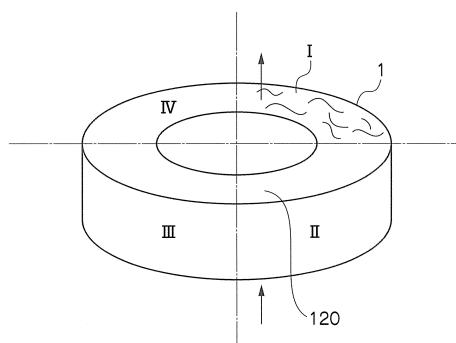
【図14】



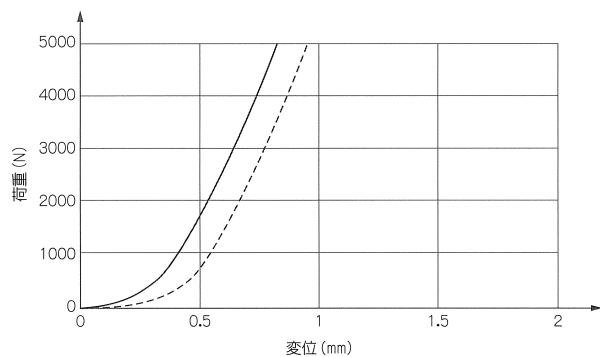
【図15】



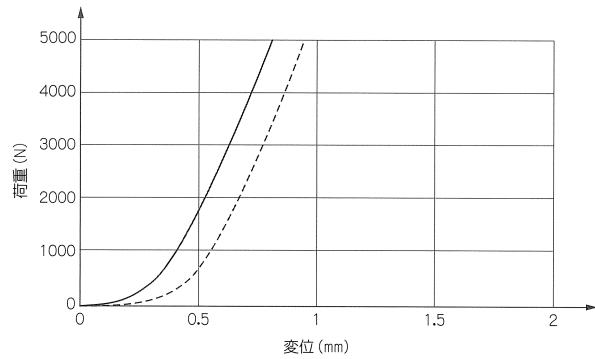
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-071081(JP,A)
特開2012-120954(JP,A)
特開2011-218400(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 21 F	2 7 / 1 2
B 21 F	2 7 / 1 8
B 60 R	2 1 / 2 6 4
B 01 D	3 9 / 1 2
B 01 D	3 9 / 2 0
B 01 D	4 6 / 2 4
B 01 D	4 6 / 5 2