

(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2009-227153

(P2009-227153A)

(43) 公開日 平成21年10月8日(2009.10.8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B 6 2 D 21/15 (2006.01)</b>	B 6 2 D 21/15	C 3 D 2 0 3
<b>B 2 1 D 51/16 (2006.01)</b>	B 2 1 D 51/16	Z
<b>B 2 1 D 51/12 (2006.01)</b>	B 2 1 D 51/12	
<b>B 2 1 D 41/02 (2006.01)</b>	B 2 1 D 41/02	D
<b>B 2 1 D 26/02 (2006.01)</b>	B 2 1 D 26/02	C

審査請求 有 請求項の数 11 O L (全 24 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-76243 (P2008-76243)  
 (22) 出願日 平成20年3月24日 (2008. 3. 24)

特許法第30条第1項適用申請有り 社団法人日本塑性加工学会、「第58回 塑性加工連合講演会」の講演論文集、社団法人日本塑性加工学会、「日本塑性加工学会 西日本若手技術交流会」の講演論文集

(71) 出願人 304028346  
 国立大学法人 香川大学  
 香川県高松市幸町1番1号  
 (74) 代理人 100089222  
 弁理士 山内 康伸  
 (74) 代理人 100134979  
 弁理士 中井 博  
 (72) 発明者 吉村 英徳  
 香川県高松市林町2217-20 香川大  
 学工学部知能機械システム工学科内  
 (72) 発明者 三原 豊  
 香川県高松市林町2217-20 香川大  
 学工学部知能機械システム工学科内

最終頁に続く

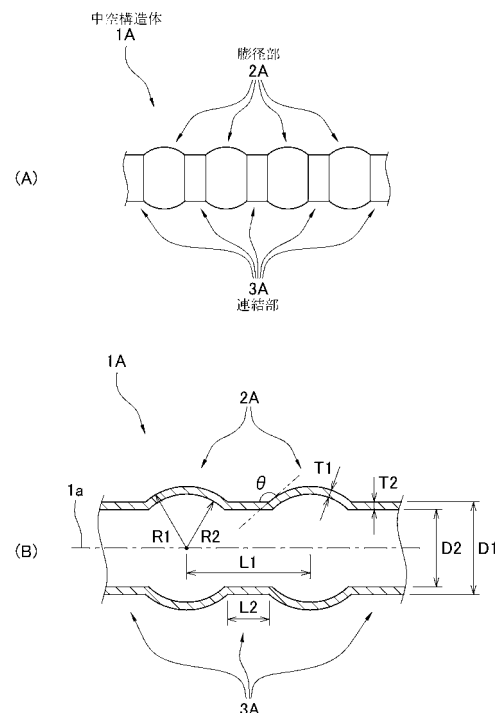
(54) 【発明の名称】 中空構造体およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】軸方向、半径方向の両方向からの圧縮力に対してエネルギー吸収機能を有しつつ、軸方向の引張りや曲げ変形に対する強度が高い中空構造体およびその製造方法を提供する。

【解決手段】中空な筒状部材であって、その軸方向に沿って、間隔を空けて複数の膨径部2Aが形成されており、複数の膨径部2A間には、筒状の連結部3Aを有しており、膨径部2Aは、その内径が連結部3Aの内径よりも大きく、その外径が連結部3Aの外径よりも大きくなるように形成されている。圧縮力の加わる方向によらず、所定の圧縮力まではある程度の強度を維持しつつ変形させることができ、所定の圧縮力を超えるとエネルギー吸収機能を発揮させることができる。しかも、中空構造体1Aは、その軸方向に沿って引っ張る力に対する引張り強度が大きくなるから、引張りや曲げ変形に対する強度も高くすることができる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

中空な複数の球状部と、  
該複数の球状部同士の間配設された棒状部とを備えており、  
該棒状部は、  
その外径が前記球状部の外径よりも小さくなるように形成されている  
ことを特徴とする中空構造体。

## 【請求項 2】

前記棒状部は、  
内径が、前記球状部の内径よりも小さい中空な筒状体である  
ことを特徴とする請求項 1 記載の中空構造体。

10

## 【請求項 3】

前記球状部は、  
その表面と前記棒状部の表面とのなす角が、該棒状部との接続部分において鈍角となるように形成されている  
ことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の中空構造体。

## 【請求項 4】

中空な筒状部材の一部を膨らませて、前記複数の球状部を形成したものである  
ことを特徴とする請求項 1、2 または 3 記載の中空構造体。

20

## 【請求項 5】

中空な筒状部材であって、  
その軸方向に沿って、間隔を空けて複数の膨径部が形成されており、  
該複数の膨径部間には、筒状の連結部を有しており、  
前記膨径部は、  
その内径が前記連結部の内径よりも大きく、  
その外径が前記連結部の外径よりも大きくなるように形成されている  
ことを特徴とする中空構造体。

## 【請求項 6】

前記複数の膨径部は、  
その表面と前記連結部の表面とのなす角が、該連結部との接続部分において鈍角となるように形成されている  
ことを特徴とする請求項 5 記載の中空構造体。

30

## 【請求項 7】

前記複数の膨径部が、略球状に形成されている  
ことを特徴とする請求項 5 または 6 記載の中空構造体。

## 【請求項 8】

中空な筒状部材の一部を膨らませて、前記複数の膨径部を形成したものである  
ことを特徴とする請求項 5、6 または 7 記載の中空構造体。

## 【請求項 9】

前記複数の膨径部は、  
その肉厚が、前記連結部の肉厚よりも薄くなるように形成されている  
ことを特徴とする請求項 5、6、7 または 8 記載の中空構造体。

40

## 【請求項 10】

軸方向に沿って複数の膨径部を有する中空な筒状部材からなる中空構造体の製造方法であって、  
前記筒状部材をバルジ加工によって膨らませて前記膨径部を形成するときに、前記筒状部材をその軸方向から加圧する  
ことを特徴とする中空構造体の製造方法。

## 【請求項 11】

前記膨径部を形成するときに、前記筒状部材において該膨径部が形成される部分を加熱

50

する

ことを特徴とする請求項 10 記載の中空構造体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、衝撃エネルギー吸収能力が高い中空構造体およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

パイプや中空金属球等は、その半径方向からの外力が加わると、その断面形状が変化するよう変形してその外力を吸収することができるため、衝撃エネルギーを吸収するエネルギー吸収材として使用することができる。例えば、パイプや中空金属球等を、自動車のフレームやバンパー、ピラー、フード等の内部に配置されるエネルギー吸収材として使用する技術が開発されている（例えば、特許文献 1、2）。

【0003】

特許文献 1 には、複数の中空金属球を中空な外殻部材の内部に収容し、複数の中空金属球同士を接着剤によって結合して形成された構造体が開示されている。この構造体は、複数の中空金属球が外殻部材の内部に充填されているので、構造体強度を外殻部材の強度よりも強くすることもできる。しかも、一定以上の外力が加わると、中空金属球がエネルギー吸収材として機能するので、構造体の衝撃吸収能力を高くすることができる。すると、自動車のバンパー等にこの構造体を採用すれば、外殻部材の強度を低下させて軽量化しても、高強度かつ高エネルギー吸収性を維持することができる。

【0004】

また、特許文献 2 には、パイプを蛇腹状に形成したエネルギー吸収材を、自動車に配置する技術が開示されている。この技術では、エネルギー吸収材が蛇腹状に形成されたパイプであり、パイプの半径方向から圧縮力が加わると、パイプが圧縮変形するとともに軸方向に伸びるから、効率よく衝撃エネルギーを吸収できる。

【0005】

しかるに、特許文献 1 では、外殻部材に充填されている中空金属球同士が点接触に近い状態で結合されているので、引張り強度が非常に弱い。このため、構造体に圧縮変形を生じさせる力が加わっている場合には、中空金属球が圧縮力に対する強度部材として機能するものの、構造体に引張りや曲げ変形を生じさせる力が加わった場合には、強度部材としてほとんど機能しない。すると、自動車のピラー等のように、圧縮変形に対する強度およびエネルギー吸収機能に加えて引張りや曲げ変形に対する強度も要求される部材には使用することができない。

また、特許文献 2 の技術も、パイプが蛇腹状であって軸方向に伸びやすくまた曲がりやすい構造を有しているので、引張りや曲げ変形に対する強度はほとんど有していない。

【0006】

【特許文献 1】特開平 06 - 240304 号

【特許文献 2】特開平 11 - 70886 号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は上記事情に鑑み、軸方向、半径方向の両方向からの圧縮力に対してエネルギー吸収機能を有しつつ、軸方向の引張りや曲げ変形に対する強度が高い中空構造体およびその製造方法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】

【0008】

第 1 発明の中空構造体は、中空な複数の球状部と、該複数の球状部同士の間に配設された棒状部とを備えており、該棒状部は、その外径が前記球状部の外径よりも小さくなるように形成されていることを特徴とする。

10

20

30

40

50

第2発明の中空構造体は、第1発明において、前記棒状部が、中空な筒状体であることを特徴とする。

第3発明の中空構造体は、第1または第2発明において、前記球状部は、その表面と前記棒状部の表面とのなす角が、該棒状部との接続部分において鈍角となるように形成されていることを特徴とする。

第4発明の中空構造体は、第1、第2または第3発明において、中空な筒状部材の一部を膨らませて、前記複数の球状部を形成したものであることを特徴とする。

第5発明の中空構造体は、中空な筒状部材であって、その軸方向に沿って、間隔を空けて複数の膨径部が形成されており、該複数の膨径部間には、筒状の連結部を有しており、前記膨径部は、その内径が前記連結部の内径よりも大きく、その外径が前記連結部の外径よりも大きくなるように形成されていることを特徴とする。

10

第6発明の中空構造体は、第5発明において、前記複数の膨径部は、その表面と前記連結部の表面とのなす角が、該連結部との接続部分において鈍角となるように形成されていることを特徴とする。

第7発明の中空構造体は、第5または第6発明において、前記複数の膨径部が、略球状に形成されていることを特徴とする。

第8発明の中空構造体は、第5、第6または第7発明において、中空な筒状部材の一部を膨らませて、前記複数の膨径部を形成したものであることを特徴とする。

第9発明の中空構造体は、第5、第6、第7または第8発明において、前記複数の膨径部は、その肉厚が、前記連結部の肉厚よりも薄くなるように形成されていることを特徴とする。

20

第10発明の中空構造体の製造方法は、軸方向に沿って複数の膨径部を有する中空な筒状部材からなる中空構造体の製造方法であって、前記筒状部材をパルジ加工によって膨らませて前記膨径部を形成するときに、前記筒状部材をその軸方向から加圧することを特徴とする。

第11発明の中空構造体の製造方法は、第10発明において、前記膨径部を形成するときに、前記筒状部材において該膨径部が形成される部分を加熱することを特徴とする。

#### 【発明の効果】

#### 【0009】

第1発明によれば、球状部に半径方向から圧縮力が加わると、球状部は、圧縮力が所定の大きさになるまでは圧縮力に応じて変形抵抗が増加するように変形し、圧縮力が所定の大きさを超えると圧縮力にかかわらず変形抵抗をほぼ一定に保った状態で変形する。また、棒状部の軸方向から圧縮力が加わったときにも、球状部は同様の傾向を示しながら変形する。そして、棒状部の軸方向に沿って中空構造体を引っ張る力が加わったときにはその力は棒状部によって支持され、棒状部に曲げを発生させる力が加わったときにはその力は棒状部によって支持されかつ球状部が曲げの抵抗となる。よって、圧縮力の加わる方向によらず、所定の圧縮力まではある程度の強度を維持しつつ変形させることができ、所定の圧縮力を超えるとエネルギー吸収機能を発揮させることができる。しかも、中空構造体は、その軸方向に沿って引っ張る力に対する引張り強度が大きくなるから、引張りや曲げ変形に対する強度も高くすることができる。

30

40

第2発明によれば、半径方向から圧縮力が加わった場合において、球状部と共に棒状部も変形するため、エネルギーの吸収量を大きくすることができる。

第3発明によれば、軸方向から圧縮力が加わったときに、球状部が変形できる量が大きくなるので、軸方向圧縮時におけるエネルギーの吸収量を大きくすることができる。

第4発明によれば、棒状部と球状部とを一体で形成できるから、棒状部と球状部との接続部分の引張り強度をより一層大きくすることができる。

第5発明によれば、膨径部に半径方向から圧縮力が加わると、膨径部は、圧縮力が所定の大きさになるまでは圧縮力に応じて変形抵抗が増加するように変形し、圧縮力が所定の大きさを超えると圧縮力にかかわらず変形抵抗をほぼ一定に保った状態で変形する。また、筒状部材の軸方向から圧縮力が加わったときにも、膨径部は同様の傾向を示しながら変

50

形する。そして、筒状部材を軸方向に沿って引っ張る力が加わったときにはその力は連結部によって支持され、筒状部材に曲げを発生させる力が加わったときにはその力は連結部によって支持されかつ膨径部が曲げの抵抗となる。よって、圧縮力の加わる方向によらず、所定の圧縮力までは圧縮変形に対する強度を高く保ちつつ所定の圧縮力を超えるとエネルギー吸収機能を発揮させることができる。しかも、中空構造体は、その軸方向における引張り強度が大きくなるから、引張りや曲げ変形に対する強度も高くすることができる。そして、半径方向から圧縮力が加わった場合には、膨径部と共に連結部も変形するため、エネルギーの吸収量を大きくすることができる。

第6発明によれば、軸方向から圧縮力が加わったときに、膨径部が変形できる量が大きくなるので、軸方向圧縮時におけるエネルギーの吸収量を大きくすることができる。

第7発明によれば、膨径部の圧縮力に対する剛性を高くすることができ、しかも、所定の圧縮力を超えてからの変形によるエネルギー吸収性能も高くすることができる。

第8発明によれば、連結部と膨径部とを一体で形成できるから、連結部と膨径部との接続部分の剛性をより一層高くすることができる。

第9発明によれば、膨径部の肉厚が連結部よりも薄いので、引張りや曲げ変形に対する強度も高く維持しつつエネルギー吸収機能をより向上させることができ、軽量化することができる。

第10発明によれば、筒状部材をその軸方向から加圧しておくことにより、小径の筒状部材をバルジ加工によって膨らませるときに破断や割れが発生する可能性を低くできる。つまり、加工限界が向上し、加工できる筒状部材の径を小さくでき、かつ、形成できる膨径部の径を大きくできるので、製造する中空構造体の自由度を高くすることができる。

第11発明によれば、筒状部材において、膨径部を形成する部分を軟化させることができるので、成形を容易にすることができる。しかも、変形後に、中空構造体内に残留する応力を小さくすることができるから、中空構造体の剛性を高くすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

つぎに、本発明の実施形態を図面に基づき説明する。

図1(A)は本実施形態の中空構造体1Aの概略説明図であり、(B)は本実施形態の中空構造体1Aの概略断面図である。図1に示すように、本実施形態の中空構造体1Aは、中空な筒状の部材であって、複数の膨径部2Aと複数の連結部3Aとを備えた部材である。

中空構造体1Aにおいて、複数の膨径部2Aは中空構造体1Aの軸方向に沿って間隔を空けて設けられており、隣接する膨径部2A間には複数の連結部3Aがそれぞれ配設されている。つまり、中空構造体1Aは、その軸方向に沿って複数の膨径部2Aと複数の連結部3Aとが交互に設けられているのである。

なお、中空構造体1Aは、金属やプラスチック、ビニール等を素材として形成されているが、塑性変形する材料であれば、特に限定されない。

【0011】

図1に示すように、複数の連結部3Aは、断面円形筒状に形成された部分であり、その中心軸が中空構造体1Aの中心軸1aとほぼ同軸となるように形成されている。

この連結部3Aは、その外面の法線方向が中空構造体1Aの中心軸1aと直交するように形成されている。つまり、中空構造体1Aにおける中心軸1aを含む断面において、隣接する膨径部2A間が中心軸1aと平行な直線によって連結されるように、連結部3Aの外面は形成されているのである。

【0012】

なお、連結部3Aは曲げに対してある程度の強度を有するのであれば、その外面は必ずしも上記のごとき形状に形成されていなくてもよい。つまり、連結部3Aは、蛇腹のような曲がりやすい構造でなければよく、中空構造体1Aの用途に応じて、適切な曲げ強度となる形状を採用することができる。

同様に、連結部3Aの厚さも、中空構造体1Aの用途に応じて、適切な曲げ強度となる

10

20

30

40

50

厚さを採用することができる。

【0013】

一方、膨径部2Aは、その外面および内面が略球面状となるように形成された部分である。この膨径部2Aは中空であり、その外面および内面は、その中心がほぼ中空構造体1Aの中心軸1a上に位置する球面状となるように形成されている。

そして、膨径部2Aは、その外面の半径R1が連結部3Aの外径D1の半分の長さよりも長く、また、その内面の半径R2も連結部3Aの内径D2の半分の長さよりも長くなるように形成されている。

【0014】

以上のごとき構成であるから、本実施形態の中空構造体1Aの膨径部2Aに対して、中空構造体1Aの半径方向から圧縮力が加わると、膨径部2Aは圧縮力が所定の大きさになるまでは圧縮力に応じて変形抵抗が増加するように変形し、圧縮力が所定の大きさを超えると圧縮力にかかわらず変形抵抗をほぼ一定に保った状態で変形する。

また、膨径部2Aは、中空構造体1Aの軸方向から圧縮力が加わったときにも、中空構造体1Aの半径方向から圧縮力が加わった場合と同様の傾向を示しながら変形する。

つまり、膨径部2Aは、中空構造体1Aに加わる圧縮力に対して、圧縮力が所定の大きさ以上となると、エネルギー吸収材として機能するのである。

【0015】

一方、中空構造体1Aに対して、その軸方向に沿って引っ張る力や曲げを発生させる力が加わったときには、隣接する膨径部2A間に筒状の連結部3Aが存在するので、この連結部3Aがその力を支持する。そして、曲げを発生させる力に対しては、隣接する連結部3A間に位置する膨径部2Aも抵抗となる。

つまり、連結部3Aは、中空構造体1Aをその軸方向に沿って引っ張る力および曲げを発生させる力に対しては強度部材として機能し、膨径部2Aは、曲げを発生させる力に対しては強度部材として機能するのである。

【0016】

よって、本実施形態の中空構造体1Aは、自動車のフレームやバンパー、ピラー、フード、建築物の梁、柱等のように、軸方向および半径方向から加わる圧縮力に対するエネルギー吸収機能に加えて、軸方向からの引張りや曲げ変形に対する強度保持機能も必要とされる部材に適用することができる。

【0017】

なお、図1には、膨径部2Aが等間隔で並んでいる例を示しているが、膨径部2Aを設ける間隔は必ずしも等間隔で設ける必要はなく、中空構造体1Aの強度やエネルギー吸収能をその軸方向における位置によって変化させたい場合には、場所によって膨径部2Aを設ける間隔を変化させてもよい。例えば、膨径部2A間の距離L1を短くすれば、その部分における半径方向の圧縮に対するエネルギー吸収能を他の部分よりも高くすることができる。

また、図1には、膨径部2Aの半径が全て同じ例を示しているが、膨径部2Aの半径は必ずしも全て同じである必要はない。例えば、中空構造体1Aの強度やエネルギー吸収能をその軸方向における位置によって変化させたい場合には、膨径部2Aの半径を膨径部2Aが設けられる位置によって変化させてもよい。この場合、半径を大きい膨径部2Aを設けた部分では、半径方向からの圧縮に対するエネルギー吸収能を他の部分よりも高くすることができる。

同様に、連結部3Aも、その外径を場所によって変化させてもよく、その外径が大きい部分では、曲げ等の力に対する強度を他の部分よりも高くすることができる。

【0018】

また、連結部3Aと膨径部2Aとの接続する部分において、膨径部2Aの外面と連結部3Aの外面とのなす角（両者の間に形成される角）が鈍角となるように形成されていることが好ましい。具体的には、中空構造体1Aの中心軸1aを含む断面において、連結部3Aと膨径部2Aとの接続点における膨径部2Aの接線と、連結部3Aの外面とのなす角

10

20

30

40

50

が、鈍角となるように形成されていることが好ましい(図1(B))。

この場合、連結部3Aと膨径部2Aとの接続部分において、応力集中が生じることを防ぐことができるので、曲げに対する接続部分の剛性、つまり、中空構造体1A自体の曲げに対する剛性を高くすることができる。よって、中空構造体1Aの引張りや曲げ変形に対する強度をさらに高くすることができる。

しかも、膨径部2Aに対して軸方向から圧縮力が加わったときにおいて、膨径部2Aが変形できる量が大きくなるので、軸方向圧縮時におけるエネルギー吸収量を大きくすることができる。

#### 【0019】

また、複数の膨径部2Aの外表面は必ずしも略球形に形成されていなくてもよく、中空構造体1Aの半径方向において、連結部3Aの外表面よりも外方に突出した部分を有する形状であればよい。例えば、膨径部2Aは、その外表面が楕円形状となるように形成してもよいし、突出した部分の断面が三角形形状となるように形成してもよい。

さらに、複数の連結部3Aは、必ずしも断面円形かつ中空な筒状体でなくてもよく、その断面形状が多角形や楕円形でもよい。

#### 【0020】

また、膨径部2Aの肉厚 $T_1$ と連結部3Aの肉厚 $T_2$ は同じ厚さとしてもよいが、膨径部2Aの肉厚 $T_1$ を連結部3Aの肉厚 $T_2$ よりも薄くしてもよい。この場合、連結部3Aの強度はそのまま膨径部2Aの強度のみが小さくなる。すると、半径方向からの圧縮力に対しては低い力で変形が始まるから、軸方向の引張りや曲げ変形に対する強度は高く維持したまま、半径方向からの圧縮力に対しては、圧縮力が小さい状態からでもエネルギー吸収機能を向上させることができる。そして、膨径部2Aの肉厚 $T_1$ が薄くなった分だけ、中空構造体1Aを軽量化することもできる。

#### 【0021】

そして、本実施形態の中空構造体1Aを、中空な筒状部材、例えば円管の一部を膨らませて複数の膨径部2Aを形成した場合には、膨径部2Aと連結部3Aとを一体で形成できるから、膨径部2Aと連結部3Aの接続部分の剛性をより一層高くすることができる。

#### 【0022】

上記の中空構造体1Aを製造する方法はとくに限定されず、例えば、中空球体と円筒状部材を連結する等の方法で形成することができるが、円管等の筒状部材Pをバルジ加工することによって形成すれば、膨径部2Aや連結部3の径が小さいものから大きいものまで、つまり、膨径部2Aや連結部3が径に係わらずどのような大きさの中空構造体1Aであっても製造することができる。例えば、直径3mmの筒状部材Pから、連結部3Aの外径 $D_1$ が3mm、膨径部2Aの直径が約4~6mmの中空構造体1Aを製造することができる。つまり、筒状部材Pの直径の2倍程度直径を有する膨径部1Aを備えた中空構造体1Aでも製造できるのである。

#### 【0023】

つぎに、図1のごとき中空構造体1Aをバルジ加工によって製造する方法を説明する。

#### 【0024】

まず、筒状部材Pをバルジ加工する設備について説明する。

図2は中空構造体1Aを製造する設備の概略説明図である。図3は中空構造体1Aを製造する設備に加工する筒状部材Pが配設された状態の概略説明図である。図2および図3において、符号MA、MBは、筒状部材Pをバルジ加工して中空構造体1Aを製造するときに使用される金型を示している。この金型MA、MBは、両者が接近した状態において、両者の間に筒状部材Pを配置する空間hが形成される構造を有している。この空間hは筒状部材Pと同一断面形状を有する筒状の空間であり、その軸方向における適所に球形の空間であるキャビティC1、C2が形成されている。このキャビティC1、C2は、空間hの中心軸上に中心を有し、その半径 $R_3$ が膨径部2Aの外径 $R_1$ と同じ長さとなるように形成されている。そして隣接するキャビティC1、C2の中心間の距離 $L_3$ が、中空構造体1Aにおける隣接する膨径部2Aの中心間の距離 $L_1$ と同じ長さとなるように形成さ

10

20

30

40

50

れている。また、キャビティ C 1, C 2 を連結する部分の長さ L 4 が、中空構造体 1 A における連結部 2 B の長さ L 2 と同じ長さとなるように形成されている。

【 0 0 2 5 】

なお、図 6 に示すように、金型 M A、M B はキャビティ C を一つしか有しないものや、キャビティ C に代えて単なる平行な空間 C H が設けられているものでもよい。この場合には、空間 h の筒状の部分の長さ ( L 5 ~ L 8 ) を、少なくとも、製造される中空構造体 1 A における複数の連結部 2 B のうち最も長さが短い連結部 2 B よりも短くしておけばよい。

【 0 0 2 6 】

また、図 2 において、符号 R はゴム部材を示しており、符号 S P および符号 P P はそれぞれ押さえパンチ、押し込みパンチを示しており、符号 S は各パンチ S P、P P とゴム部材 R との間に配置されるシールを示している。

10

【 0 0 2 7 】

なお、各パンチ S P、P P、ゴム部材 R およびシール S は、いずれもその外径が筒状部材 P の内径とほぼ同じ長さになるように形成されている。ほぼ同じ長さとは、各パンチ S P、P P、ゴム部材 R およびシール S が、筒状部材 P の内面に沿って、筒状部材 P の軸方向に摺動できる程度の移動できる長さを意味している。また、ゴム部材 R は、その軸方向の長さが各キャビティ C 1 の直径よりも長くなるように形成されている。

【 0 0 2 8 】

つぎに、上記設備を用いて、バルジ加工により筒状部材 P を中空構造体 1 A に形成する方法を、図 3 および図 4 に基づいて説明する。

20

図 3 に示すように、金型 M A、M B の間に筒状部材 P を配置し、金型 M A、M B を接近させて筒状部材 P を空間 h 内に収容する。

ついで、筒状部材 P 内にゴム部材 R を挿入し、その後、筒状部材 P の両端からシール S、各パンチ S P、P P の順で筒状部材 P 内に挿入する。このとき、ゴム部材 R は、その両端がキャビティ C 1 の外方に位置するように配設し、シール S を介してゴム部材 R の両端に各パンチ S P、P P の先端が接触した状態とする ( 図 3 )。この状態ではゴム部材 R に対して加圧力は加わっていない。

【 0 0 2 9 】

そして、図 3 の状態から、筒状部材 P の軸方向に移動しないように押さえパンチ S P を保持して、押し込みパンチ P P をキャビティ C 1 に向かって移動させると、両パンチ S P、P P に挟まれているゴム部材 R が加圧され圧縮される。すると、押し込みパンチ P P の移動量に対応してゴム部材 R から筒状部材 P に加わる力 ( 内圧 ) が高くなり、筒状部材 P におけるキャビティ C 1 内に位置する部分が外方に膨らむ。そして、膨らんだ部分の外面がキャビティ C 1 の内面に接触するまで押し込みパンチ P P を押し込むと、膨径部 2 A が形成される ( 図 4 ( A ) )。

30

【 0 0 3 0 】

膨径部 2 A が形成されると、押し込みパンチ P P を加圧開始前の状態まで後退させる。そして、金型 M A、M B の距離が膨径部 2 A よりも長くなるまで、金型 M A、M B を離間させる ( 図 4 ( B )、( C ) )。

40

金型 M A、M B が十分に離間すると、両パンチ S P、P P およびゴム部材 R の移動を固定した状態で、筒状部材 P だけを軸方向に沿って左方向に所定の距離だけ移動させる。つまり、筒状部材 P が膨径部 2 A の中心がキャビティ C 2 の中心と一致するまで移動させる ( 図 4 ( B )、( C ) )。

【 0 0 3 1 】

筒状部材 P を移動させると、金型 M A、M B を接近させる。すると、筒状部材 P は空間 h 内に収容される ( 図 3 ( D ) )。このとき、膨径部 2 A の中心がキャビティ C 2 の中心と一致するまで移動しているので、膨径部 2 A はキャビティ C 2 に収容される。つまり、金型 M A、M B が接近しても、膨径部 2 A は損傷せず形状が維持される。

【 0 0 3 2 】

50



筒状部材 P は空間 h 内に収容されると、押し込みパンチ P P をキャビティ C 1 に向かって移動させれば、新たな膨径部 2 A が形成される。

【 0 0 3 3 】

上記作業を繰り返せば、所定の間隔を空けて複数の膨径部 2 A が形成され、かつ、複数の膨径部 2 A 間に連結部 3 A を有する中空構造体 1 A を形成することができる。

【 0 0 3 4 】

そして、膨径部 2 A を形成するときに、筒状部材 P を軸方向に加圧して押し込みながらゴム部材 R を加圧圧縮してもよい。この場合、筒状部材 P をその軸方向から加圧しておくことにより、小径の筒状部材 P をパルジ加工しても、膨径部 2 A を形成するときに破断や割れが発生する可能性を低くできる。つまり、加工限界が向上し、加工できる筒状部材 P の径を小さくでき、かつ、形成できる膨径部 2 A の径を大きくできるので、製造する中空構造体 1 A の自由度を高くすることができる。

しかも、押し込み量を調整すれば、膨径部 2 A の肉厚 T 1 と連結部 3 A の肉厚 T 2 の差を少なくすることもできるし、膨径部 2 A の肉厚 T 1 を所望の肉厚とすることができる。

【 0 0 3 5 】

また、膨径部 2 A を形成する前に筒状部材 P を加熱したり、筒状部材 P を加熱しながら膨径部 2 A を形成したりしてもよく、この場合には、筒状部材 P において、膨径部 2 A を形成する部分を軟化させることができるので、膨径部 2 A の成形を容易にすることができる。

しかも、変形後に、中空構造体 1 A 内に残留する応力を小さくすることができるから、中空構造体 1 A の剛性を高くすることができる。

筒状部材 P の加熱には、高周波加熱、放射加熱装置などを使い、筒状部材 P において膨径部 2 A となる部分を主に加熱する方法を利用することができる。例えば、高周波加熱を行うのであれば、金型 M A、M B をキャストで形成し、キャビティ C の周囲に銅のコイル等を埋め込んでおけば、銅のコイル等に電流を流すことによって、筒状部材 P において膨径部 2 A となる部分を加熱しながら成形することができる。

また、図 6 ( B ) のごとき平行な空間を有する金型 M A、M B によって筒状部材 P を加工する場合であれば、平行な空間内に放射加熱装置 H D を配置しておけば、筒状部材 P において膨径部 2 A となる部分を加熱することができる。

【 0 0 3 6 】

また、上記では、圧力媒体としてゴムを使用するゴムパルジ法を説明したが、ゴムを圧力媒体として使用する設備以外にも、圧力媒体として、液体 L q ( 水、油など ) や気体 ( 窒素、アルゴンなど ) を用いる方法も採用することができる。

例えば、図 5 ( A ) の状態に保持された筒状部材 P に対して、その両端開口から高圧の液体 L q や気体を供給する ( 図 5 ( B ) )。すると、高圧の液体 L q や気体の圧力によって筒状部材 P におけるキャビティ C 1 内に位置する部分が外方に膨らむので、膨径部 2 A を形成することができる。

【 0 0 3 7 】

なお、高圧の液体 L q や気体は、筒状部材 P の一方の開口からのみ供給してもよいのはいうまでもない。この場合には、筒状部材 P の他方の開口から液体 L q や気体が漏れないように、筒状部材 P の他方の開口を閉じておけばよい。

【 0 0 3 8 】

そして、膨径部 2 A を一ずつ形成してもよいが、図 5 に示すように、複数の膨径部 2 A を同時に形成してもよい ( 図 5 ( B ) )。

【 0 0 3 9 】

また、中空構造体 1 A は、筒状部材 P の一部をその半径方向から加圧する等の方法によって絞って形成してもよい。この場合には、中空構造体 1 A の複数の膨径部 2 A の半径 R 1 が筒状部材 P の半径と同じ長さとなり、連結部 3 A の直径 D 1 が筒状部材 P の直径よりも小さい外径を有することになる。かかる中空構造体 1 A の場合、連結部 3 A の厚さ T 2 が薄くなるため軸方向からの衝撃に対す衝撃吸収力が減少し、曲げ、引っ張り強度も減少

10

20

30

40

50

するものの、複数の膨径部 2 A の厚さ T 1 は厚くできるので、半径方向からの衝撃吸収力は向上させることができる。

【 0 0 4 0 】

そして、本発明の中空構造体は、図 7 に示すような構造を有するものとしてもよい。

なお、図 7 に示す中空構造体 1 B の基本的な構成は上述した中空構造体 1 A と実質的に同一であり、かかる実質的に同一である構成およびその効果等については、以下では適宜説明を割愛している。

【 0 0 4 1 】

図 7 に示すように、他の実施形態の中空構造体 1 B は、複数の球状部 2 B が棒状部 3 B によって連結されて形成されたものである。

図 7 に示すように、複数の球状部 2 B は中空に形成された球状体であり、その中心が中空構造体 1 B の中心軸 1 a 上またはその近傍に位置するように棒状部 3 B によって連結されている。

一方、複数の棒状部 3 B は断面が円形である中空な筒状の部材であり、その軸方向の端面が、複数の球状部 2 B の表面に連結されている。この複数の棒状部 3 B は、その中心軸が中空構造体 1 B の中心軸 1 a とほぼ同軸となるように配設されている。

そして、棒状部 3 B は、その外径 D 1 の半分の長さが球状部 2 B の外径 R 1 よりも短く、また、その内径 D 2 の半分の長さが球状部 2 B の内径 R 2 よりも短くなるように形成されている。

【 0 0 4 2 】

以上のごとき構成であるから、中空構造体 1 B の球状部 2 B は、中空構造体 1 B に半径方向から加わる圧縮力に対しては、圧縮力が所定の大きさになるまでは圧縮力に応じて変形抵抗が増加するように変形し、圧縮力が所定の大きさ以上となるとエネルギー吸収材として機能する。

また、棒状部 3 B は、中空構造体 1 B をその軸方向に沿って引っ張る力および曲げを発生させる力に対しては強度部材として機能し、球状部 2 B は、曲げを発生させる力に対しては抵抗となる。

よって、中空構造体 1 B も、自動車のフレームやバンパー、ピラー、フード、建築物の梁、柱等のように、軸方向および半径方向から加わる圧縮力に対するエネルギー吸収機能に加えて、軸方向からの引張りや曲げ変形に対する強度保持機能も必要とされる部材に適用することができる。

【 0 0 4 3 】

なお、棒状部 3 B と球状部 2 B との接続する部分において、棒状部 3 B の外面と球状部 2 B の外面とのなす角が鈍角となるように形成されていることが好ましく、この場合、中空構造体 1 B でも引張りや曲げ変形に対する強度をさらに高くすることができ、しかも、軸方向圧縮時におけるエネルギー吸収量を大きくすることができる。

【 0 0 4 4 】

また、中空構造体 1 B において、複数の球状部 2 B は、必ずしも完全な球形である必要はなく、楕円形や中空である三角断面などでもよい。

さらに、中空構造体 1 B において、複数の棒状部 3 B は、必ずしも断面円形かつ中空な筒状体でなくてもよく、その断面形状が多角形や楕円形でもよい。

【 0 0 4 5 】

また、中空構造体 1 B において、複数の棒状部 3 B は中実な棒状部であってもよいが、中空な筒状体としておけば、半径方向から圧縮されたときに、棒状部 3 B も変形してエネルギーを吸収できるから、エネルギーの吸収量を大きくすることができるという利点がある。

さらに、中空構造体 1 B を構成する球状部 2 B および棒状部 3 B は、金属やプラスチック、ビニール等を素材として形成されているが、塑性変形する材料であれば、特に限定されない。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 4 6 】

10

20

30

40

50

本発明の中空構造体は、自動車のフレームやバンパー、ピラー、フード、建築物の梁、柱等の内部に配置するエネルギー吸収材に使用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図1】(A)は本実施形態の中空構造体1Aの概略説明図であり、(B)は本実施形態の中空構造体1Aの概略断面図である。

【図2】中空構造体1Aを製造する設備の概略説明図である。

【図3】中空構造体1Aを製造する設備に加工する筒状部材Pが配設された状態の概略説明図である。

【図4】中空構造体1Aを製造する方法の概略説明図である。

10

【図5】中空構造体1Aを製造する他の方法の概略説明図である。

【図6】中空構造体1Aを製造する他の製造設備の概略説明図である。

【図7】(A)は他の実施形態の中空構造体1Bの概略説明図であり、(B)は他の実施形態の中空構造体1Bの概略断面図である。

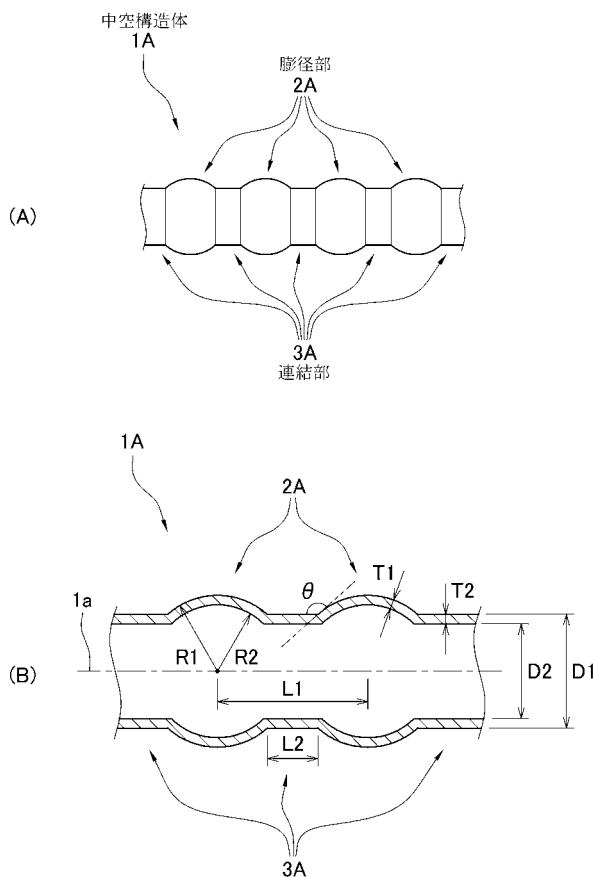
【符号の説明】

【0048】

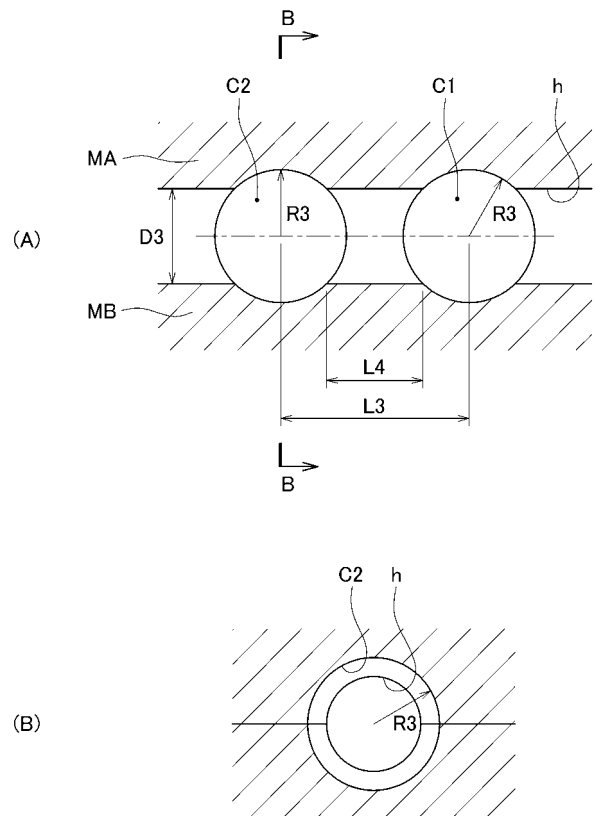
- 1 A            中空構造体
- 2 A            膨径部
- 3 A            連結部
- 1 B            中空構造体
- 2 B            球状部
- 3 B            棒状部
- P              筒状部材

20

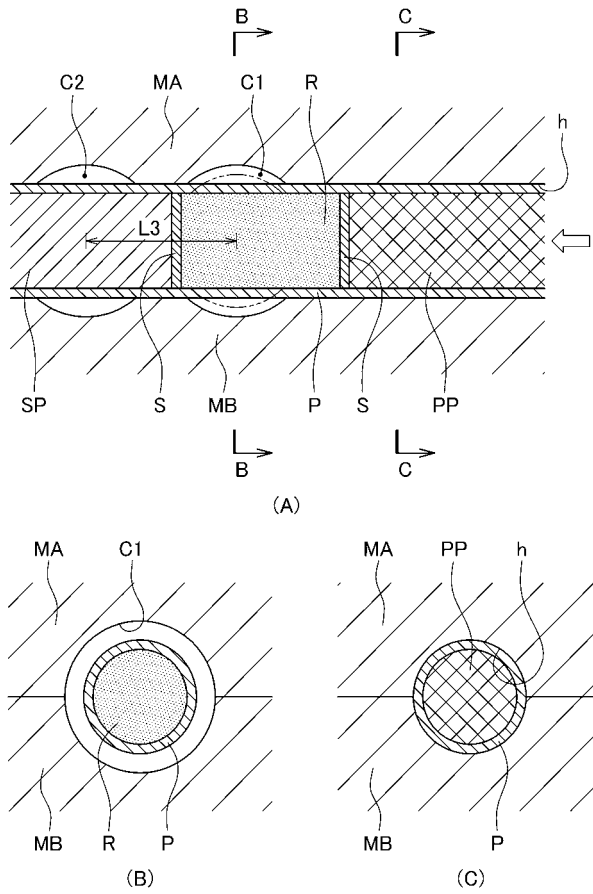
【図1】



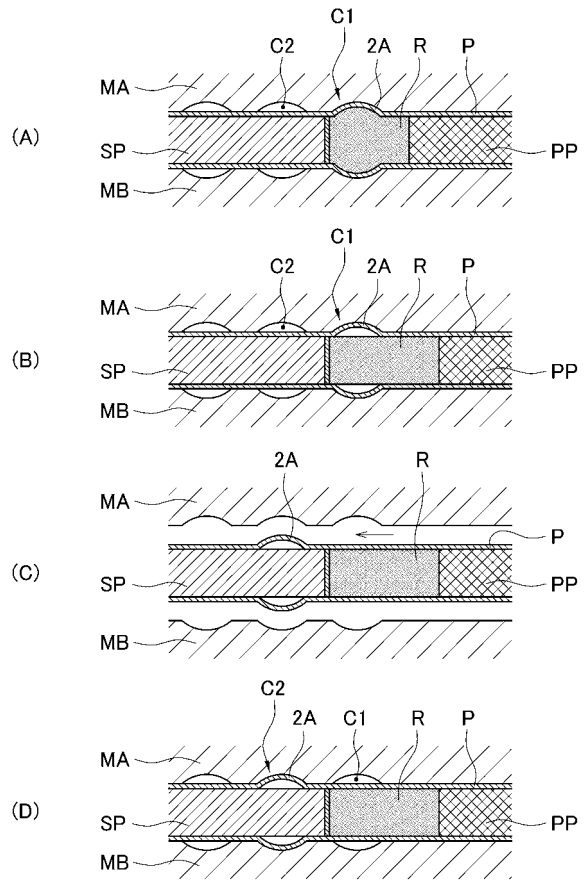
【図2】



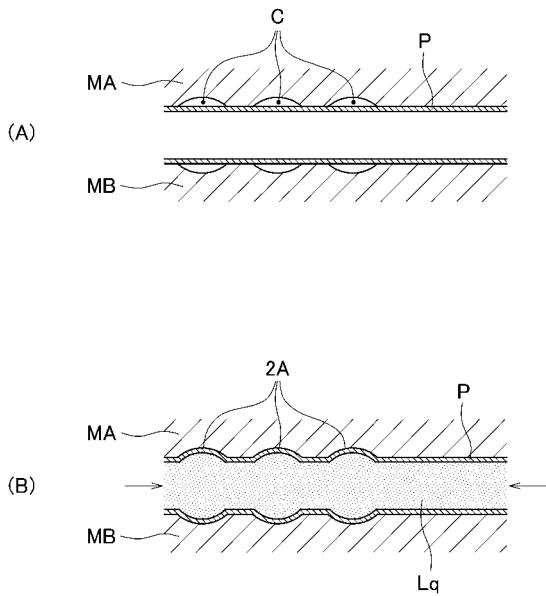
【 図 3 】



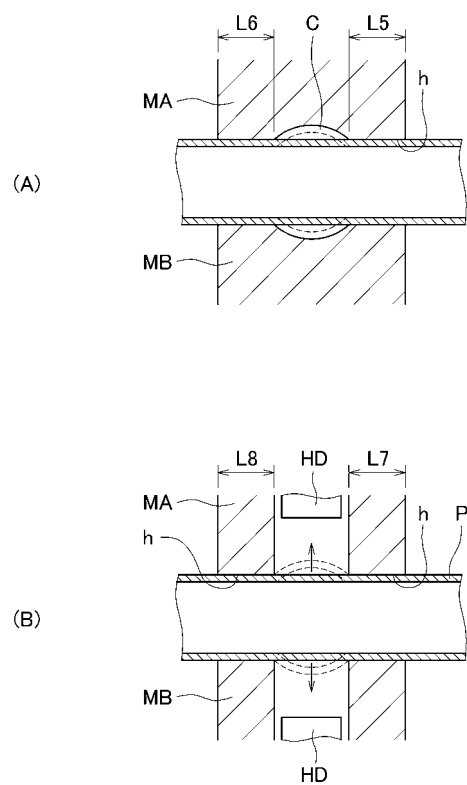
【 図 4 】



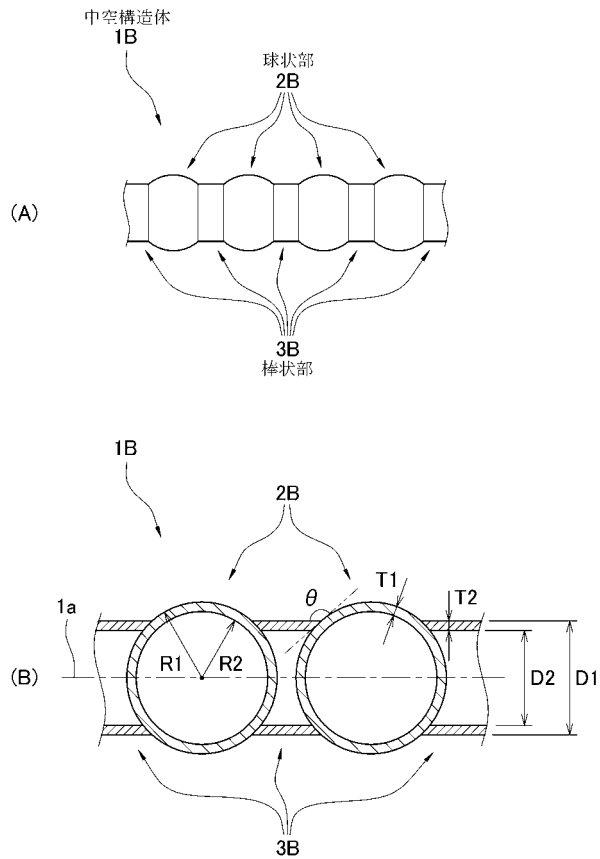
【 図 5 】



【 図 6 】



【図 7】



## 【手続補正書】

【提出日】平成21年6月15日(2009.6.15)

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧縮力に対するエネルギー吸収機能を有しつつ曲げ変形に対して強度部材として機能する中空構造体であって、  
 中空な複数の球状部と、  
 該複数の球状部同士の間配設された棒状部とを備えており、  
 該棒状部は、  
その中心軸が該中空構造体の中心軸と一致し、かつ、その外径が前記球状部の外径よりも小さくなるように形成されており、  
 前記球状部は、  
その中心が該中空構造体の中心軸上に位置するように形成されている  
 ことを特徴とする中空構造体。

【請求項 2】

前記棒状部は、  
 内径が、前記球状部の内径よりも小さい中空な筒状体であることを特徴とする請求項 1 記載の中空構造体。

【請求項 3】

前記球状部は、

その表面と前記棒状部の表面とのなす角が、該棒状部との接続部分において鈍角となるように形成されている

ことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の中空構造体。

【請求項 4】

中空な筒状部材の一部を膨らませて、前記複数の球状部を形成したものである

ことを特徴とする請求項 1、2 または 3 記載の中空構造体。

【請求項 5】

前記複数の球状部は、  
外径が他の球状部よりも大きい球状部を備えている

ことを特徴とする請求項 1、2、3 または 4 記載の中空構造体。

【請求項 6】

圧縮力に対するエネルギー吸収機能を有しつつ曲げ変形に対して強度部材として機能する  
中空構造体であって、

中空な筒状部材の軸方向に沿って、間隔を空けて複数の球状の膨径部が形成されており、  
該複数の膨径部間には、筒状の連結部を有しており、  
該連結部は、

その中心軸が該中空構造体の中心軸と一致しており、

前記膨径部は、

その中心が該中空構造体の中心軸上に位置し、かつ、その内径が前記連結部の内径よりも  
大きくその外径が前記連結部の外径よりも大きくなるように形成されている

ことを特徴とする中空構造体。

【請求項 7】

前記複数の膨径部は、

その表面と前記連結部の表面とのなす角が、該連結部との接続部分において鈍角となるように形成されている

ことを特徴とする請求項 6 記載の中空構造体。

【請求項 8】

中空な筒状部材の一部を膨らませて、前記複数の膨径部を形成したものである

ことを特徴とする請求項 6 または 7 記載の中空構造体。

【請求項 9】

前記複数の膨径部は、

その肉厚が、前記連結部の肉厚よりも薄くなるように形成されている

ことを特徴とする請求項 6、7 または 8 記載の中空構造体。

【請求項 10】

軸方向に沿って複数の膨径部を有する中空な筒状部材からなる、請求項 4 または 6 記載  
の中空構造体の製造方法であって、

前記筒状部材をパルジ加工によって膨らませて前記膨径部を形成するときに、前記筒状部  
材をその軸方向から加圧する

ことを特徴とする中空構造体の製造方法。

【請求項 11】

前記膨径部を形成するときに、前記筒状部材において該膨径部が形成される部分を加熱する

ことを特徴とする請求項 10 記載の中空構造体の製造方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

## 【 0 0 0 1 】

本発明は、衝撃エネルギー吸収能力が高い中空構造体およびその製造方法に関する。

## 【 背景技術 】

## 【 0 0 0 2 】

パイプや中空金属球等は、その半径方向からの外力が加わると、その断面形状が変化するように変形してその外力を吸収することができるため、衝撃エネルギーを吸収するエネルギー吸収材として使用することができる。例えば、パイプや中空金属球等を、自動車のフレームやバンパー、ピラー、フード等の内部に配置されるエネルギー吸収材として使用する技術が開発されている（例えば、特許文献 1、2）。

## 【 0 0 0 3 】

特許文献 1 には、複数の中空金属球を中空な外殻部材の内部に収容し、複数の中空金属球同士を接着剤によって結合して形成された構造体が開示されている。この構造体は、複数の中空金属球が外殻部材の内部に充填されているので、構造体強度を外殻部材の強度よりも強くすることもできる。しかも、一定以上の外力が加わると、中空金属球がエネルギー吸収材として機能するので、構造体の衝撃吸収能力を高くすることができる。すると、自動車のバンパー等にこの構造体を採用すれば、外殻部材の強度を低下させて軽量化しても、高強度かつ高エネルギー吸収性を維持することができる。

## 【 0 0 0 4 】

また、特許文献 2 には、パイプを蛇腹状に形成したエネルギー吸収材を、自動車に配置する技術が開示されている。この技術では、エネルギー吸収材が蛇腹状に形成されたパイプであり、パイプの半径方向から圧縮力が加わると、パイプが圧縮変形するとともに軸方向に伸びるから、効率よく衝撃エネルギーを吸収できる。

## 【 0 0 0 5 】

しかるに、特許文献 1 では、外殻部材に充填されている中空金属球同士が点接触に近い状態で結合されているので、引張り強度が非常に弱い。このため、構造体に圧縮変形を生じさせる力が加わっている場合には、中空金属球が圧縮力に対する強度部材として機能するものの、構造体に引張りや曲げ変形を生じさせる力が加わった場合には、強度部材としてほとんど機能しない。すると、自動車のピラー等のように、圧縮変形に対する強度およびエネルギー吸収機能に加えて引張りや曲げ変形に対する強度も要求される部材には使用することができない。

また、特許文献 2 の技術も、パイプが蛇腹状であって軸方向に伸びやすくまた曲がりやすい構造を有しているので、引張りや曲げ変形に対する強度はほとんど有していない。

## 【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特開平 0 6 - 2 4 0 3 0 4 号

【 特許文献 2 】 特開平 1 1 - 7 0 8 8 6 号

## 【 発明の開示 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 7 】

本発明は上記事情に鑑み、軸方向、半径方向の両方向からの圧縮力に対してエネルギー吸収機能を有しつつ、軸方向の引張りや曲げ変形に対する強度が高い中空構造体およびその製造方法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 】

## 【 0 0 0 8 】

第 1 発明の中空構造体は、圧縮力に対するエネルギー吸収機能を有しつつ曲げ変形に対して強度部材として機能する中空構造体であって、中空な複数の球状部と、該複数の球状部同士の間に配設された棒状部とを備えており、該棒状部は、その中心軸が該中空構造体の中心軸と一致し、かつ、その外径が前記球状部の外径よりも小さくなるように形成されており、前記球状部は、その中心が該中空構造体の中心軸上に位置するように形成されていることを特徴とする。

第 2 発明の中空構造体は、第 1 発明において、前記棒状部が、中空な筒状体であること

を特徴とする。

第3発明の中空構造体は、第1または第2発明において、前記球状部は、その表面と前記棒状部の表面とのなす角が、該棒状部との接続部分において鈍角となるように形成されていることを特徴とする。

第4発明の中空構造体は、第1、第2または第3発明において、中空な筒状部材の一部を膨らませて、前記複数の球状部を形成したものであることを特徴とする。

第5発明の中空構造体は、第1、第2、第3または第4発明において、前記複数の球状部は、外径が他の球状部よりも大きい球状部を備えていることを特徴とする。

第6発明の中空構造体は、圧縮力に対するエネルギー吸収機能を有しつつ曲げ変形に対して強度部材として機能する中空構造体であって、中空な筒状部材の軸方向に沿って、間隔を空けて複数の球状の膨径部が形成されており、該複数の膨径部間には、筒状の連結部を有しており、該連結部は、その中心軸が該中空構造体の中心軸と一致しており、前記膨径部は、その中心が該中空構造体の中心軸上に位置し、かつ、その内径が前記連結部の内径よりも大きくその外径が前記連結部の外径よりも大きくなるように形成されていることを特徴とする。

第7発明の中空構造体は、第6発明において、前記複数の膨径部は、その表面と前記連結部の表面とのなす角が、該連結部との接続部分において鈍角となるように形成されていることを特徴とする。

第8発明の中空構造体は、第6または第7発明において、中空な筒状部材の一部を膨らませて、前記複数の膨径部を形成したものであることを特徴とする。

第9発明の中空構造体は、第6、第7または第8発明において、前記複数の膨径部は、その肉厚が、前記連結部の肉厚よりも薄くなるように形成されていることを特徴とする。

第10発明の中空構造体の製造方法は、軸方向に沿って複数の膨径部を有する中空な筒状部材からなる、第4または第6発明の中空構造体の製造方法であって、前記筒状部材をバルジ加工によって膨らませて前記膨径部を形成するとき、前記筒状部材をその軸方向から加圧することを特徴とする。

第11発明の中空構造体の製造方法は、第10発明において、前記膨径部を形成するとき、前記筒状部材において該膨径部が形成される部分を加熱することを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

第1発明によれば、球状部に半径方向から圧縮力が加わると、球状部は、圧縮力が所定の大きさになるまでは圧縮力に応じて変形抵抗が増加するように変形し、圧縮力が所定の大きさを超えると圧縮力にかかわらず変形抵抗をほぼ一定に保った状態で変形する。また、棒状部の軸方向から圧縮力が加わったときにも、球状部は同様の傾向を示しながら変形する。そして、棒状部の軸方向に沿って中空構造体を引っ張る力が加わったときにはその力は棒状部によって支持され、棒状部に曲げを発生させる力が加わったときにはその力は棒状部によって支持されかつ球状部が曲げの抵抗となる。よって、圧縮力の加わる方向によらず、所定の圧縮力まではある程度の強度を維持しつつ変形させることができ、所定の圧縮力を超えるとエネルギー吸収機能を発揮させることができる。しかも、中空構造体は、その軸方向に沿って引っ張る力に対する引張り強度が大きくなるから、引張りや曲げ変形に対する強度も高くすることができる。

第2発明によれば、半径方向から圧縮力が加わった場合において、球状部と共に棒状部も変形するため、エネルギーの吸収量を大きくすることができる。

第3発明によれば、軸方向から圧縮力が加わったときに、球状部が変形できる量が大きくなるので、軸方向圧縮時におけるエネルギーの吸収量を大きくすることができる。

第4発明によれば、棒状部と球状部とを一体で形成できるから、棒状部と球状部との接続部分の引張り強度をより一層大きくすることができる。

第5発明によれば、半径の大きい球状部を設けた部分では、半径方向からの圧縮に対するエネルギー吸収能を他の部分よりも高くすることができる。



第6発明によれば、膨径部に半径方向から圧縮力が加わると、膨径部は、圧縮力が所定の大きさになるまでは圧縮力に応じて変形抵抗が増加するように変形し、圧縮力が所定の大きさを超えると圧縮力にかかわらず変形抵抗をほぼ一定に保った状態で変形する。また、筒状部材の軸方向から圧縮力が加わったときにも、膨径部は同様の傾向を示しながら変形する。そして、筒状部材を軸方向に沿って引っ張る力が加わったときにはその力は連結部によって支持され、筒状部材に曲げを発生させる力が加わったときにはその力は連結部によって支持されかつ膨径部が曲げの抵抗となる。よって、圧縮力の加わる方向によらず、所定の圧縮力までは圧縮変形に対する強度を高く保ちつつ所定の圧縮力を超えるとエネルギー吸収機能を発揮させることができる。しかも、中空構造体は、その軸方向における引張り強度が大きくなるから、引張りや曲げ変形に対する強度も高くすることができる。そして、半径方向から圧縮力が加わった場合には、膨径部と共に連結部も変形するため、エネルギーの吸収量を大きくすることができる。また、膨径部の圧縮力に対する剛性を高くすることができる、しかも、所定の圧縮力を超えてからの変形によるエネルギー吸収性能も高くすることができる。

第7発明によれば、軸方向から圧縮力が加わったときに、膨径部が変形できる量が大きくなるので、軸方向圧縮時におけるエネルギーの吸収量を大きくすることができる。

第8発明によれば、連結部と膨径部とを一体で形成できるから、連結部と膨径部との接続部分の剛性をより一層高くすることができる。

第9発明によれば、膨径部の肉厚が連結部よりも薄いので、引張りや曲げ変形に対する強度も高く維持しつつエネルギー吸収機能をより向上させることができ、軽量化することができる。

第10発明によれば、筒状部材をその軸方向から加圧しておくことにより、小径の筒状部材をバルジ加工によって膨らませるときに破断や割れが発生する可能性を低くできる。つまり、加工限界が向上し、加工できる筒状部材の径を小さくでき、かつ、形成できる膨径部の径を大きくできるので、製造する中空構造体の自由度を高くすることができる。

第11発明によれば、筒状部材において、膨径部を形成する部分を軟化させることができるので、成形を容易にすることができる。しかも、変形後に、中空構造体内に残留する応力を小さくすることができるから、中空構造体の剛性を高くすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

つぎに、本発明の実施形態を図面に基づき説明する。

図1(A)は本実施形態の中空構造体1Aの概略説明図であり、(B)は本実施形態の中空構造体1Aの概略断面図である。図1に示すように、本実施形態の中空構造体1Aは、中空な筒状の部材であって、複数の膨径部2Aと複数の連結部3Aとを備えた部材である。

中空構造体1Aにおいて、複数の膨径部2Aは中空構造体1Aの軸方向に沿って間隔を空けて設けられており、隣接する膨径部2A間には複数の連結部3Aがそれぞれ配設されている。つまり、中空構造体1Aは、その軸方向に沿って複数の膨径部2Aと複数の連結部3Aとが交互に設けられているのである。

なお、中空構造体1Aは、金属やプラスチック、ビニール等を素材として形成されているが、塑性変形する材料であれば、特に限定されない。

【0011】

図1に示すように、複数の連結部3Aは、断面円形筒状に形成された部分であり、その中心軸が中空構造体1Aの中心軸1aとほぼ同軸となるように形成されている。

この連結部3Aは、その外面の法線方向が中空構造体1Aの中心軸1aと直交するように形成されている。つまり、中空構造体1Aにおける中心軸1aを含む断面において、隣接する膨径部2A間が中心軸1aと平行な直線によって連結されるように、連結部3Aの外面は形成されているのである。

【0012】

なお、連結部3Aは曲げに対してある程度の強度を有するのであれば、その外面は必ず

しも上記のごとき形状に形成されていなくてもよい。つまり、連結部 3 A は、蛇腹のような曲がりやすい構造でなければよく、中空構造体 1 A の用途に応じて、適切な曲げ強度となる形状を採用することができる。

同様に、連結部 3 A の厚さも、中空構造体 1 A の用途に応じて、適切な曲げ強度となる厚さを採用することができる。

#### 【 0 0 1 3 】

一方、膨径部 2 A は、その外面および内面が略球面状となるように形成された部分である。この膨径部 2 A は中空であり、その外面および内面は、その中心がほぼ中空構造体 1 A の中心軸 1 a 上に位置する球面状となるように形成されている。

そして、膨径部 2 A は、その外面の半径  $R_1$  が連結部 3 A の外径  $D_1$  の半分の長さよりも長く、また、その内面の半径  $R_2$  も連結部 3 A の内径  $D_2$  の半分の長さよりも長くなるように形成されている。

#### 【 0 0 1 4 】

以上のごとき構成であるから、本実施形態の中空構造体 1 A の膨径部 2 A に対して、中空構造体 1 A の半径方向から圧縮力が加わると、膨径部 2 A は圧縮力が所定の大きくなるまでは圧縮力に応じて変形抵抗が増加するように変形し、圧縮力が所定の大きさを超えると圧縮力にかかわらず変形抵抗をほぼ一定に保った状態で変形する。

また、膨径部 2 A は、中空構造体 1 A の軸方向から圧縮力が加わったときにも、中空構造体 1 A の半径方向から圧縮力が加わった場合と同様の傾向を示しながら変形する。

つまり、膨径部 2 A は、中空構造体 1 A に加わる圧縮力に対して、圧縮力が所定の大きさ以上となると、エネルギー吸収材として機能するのである。

#### 【 0 0 1 5 】

一方、中空構造体 1 A に対して、その軸方向に沿って引っ張る力や曲げを発生させる力が加わったときには、隣接する膨径部 2 A 間に筒状の連結部 3 A が存在するので、この連結部 3 A がその力を支持する。そして、曲げを発生させる力に対しては、隣接する連結部 3 A 間に位置する膨径部 2 A も抵抗となる。

つまり、連結部 3 A は、中空構造体 1 A をその軸方向に沿って引っ張る力および曲げを発生させる力に対しては強度部材として機能し、膨径部 2 A は、曲げを発生させる力に対しては強度部材として機能するのである。

#### 【 0 0 1 6 】

よって、本実施形態の中空構造体 1 A は、自動車のフレームやバンパー、ピラー、フード、建築物の梁、柱等のように、軸方向および半径方向から加わる圧縮力に対するエネルギー吸収機能に加えて、軸方向からの引張りや曲げ変形に対する強度保持機能も必要とされる部材に適用することができる。

#### 【 0 0 1 7 】

なお、図 1 には、膨径部 2 A が等間隔で並んでいる例を示しているが、膨径部 2 A を設ける間隔は必ずしも等間隔で設ける必要はなく、中空構造体 1 A の強度やエネルギー吸収能をその軸方向における位置によって変化させたい場合には、場所によって膨径部 2 A を設ける間隔を変化させてもよい。例えば、膨径部 2 A 間の距離  $L_1$  を短くすれば、その部分における半径方向の圧縮に対するエネルギー吸収能を他の部分よりも高くすることができる。

また、図 1 には、膨径部 2 A の半径が全て同じ例を示しているが、膨径部 2 A の半径は必ずしも全て同じである必要はない。例えば、中空構造体 1 A の強度やエネルギー吸収能をその軸方向における位置によって変化させたい場合には、膨径部 2 A の半径を膨径部 2 A が設けられる位置によって変化させてもよい。この場合、半径を大きい膨径部 2 A を設けた部分では、半径方向からの圧縮に対するエネルギー吸収能を他の部分よりも高くすることができる。

同様に、連結部 3 A も、その外径を場所によって変化させてもよく、その外径が大きい部分では、曲げ等の力に対する強度を他の部分よりも高くすることができる。

#### 【 0 0 1 8 】

また、連結部 3 A と膨径部 2 A との接続する部分において、膨径部 2 A の外面と連結部 3 A の外面とのなす角（両者の間に形成される角）が鈍角となるように形成されていることが好ましい。具体的には、中空構造体 1 A の中心軸 1 a を含む断面において、連結部 3 A と膨径部 2 A との接続点における膨径部 2 A の接線と、連結部 3 A の外面とのなす角が、鈍角となるように形成されていることが好ましい（図 1（B））。

この場合、連結部 3 A と膨径部 2 A との接続部分において、応力集中が生じることを防ぐことができるので、曲げに対する接続部分の剛性、つまり、中空構造体 1 A 自体の曲げに対する剛性を高くすることができる。よって、中空構造体 1 A の引張りや曲げ変形に対する強度をさらに高くすることができる。

しかも、膨径部 2 A に対して軸方向から圧縮力が加わったときにおいて、膨径部 2 A が変形できる量が大きくなるので、軸方向圧縮時におけるエネルギー吸収量を大きくすることができる。

#### 【0019】

また、複数の膨径部 2 A の外面は必ずしも略球形に形成されていなくてもよく、中空構造体 1 A の半径方向において、連結部 3 A の外面よりも外方に突出した部分を有する形状であればよい。例えば、膨径部 2 A は、その外面が楕円形状となるように形成してもよいし、突出した部分の断面が三角形形状となるように形成してもよい。

さらに、複数の連結部 3 A は、必ずしも断面円形かつ中空な筒状体でなくてもよく、その断面形状が多角形や楕円形でもよい。

#### 【0020】

また、膨径部 2 A の肉厚  $T_1$  と連結部 3 A の肉厚  $T_2$  は同じ厚さとしてもよいが、膨径部 2 A の肉厚  $T_1$  を連結部 3 A の肉厚  $T_2$  よりも薄くしてもよい。この場合、連結部 3 A の強度はそのまま膨径部 2 A の強度のみが小さくなる。すると、半径方向からの圧縮力に対しては低い力で変形が始まるから、軸方向の引張りや曲げ変形に対する強度は高く維持したまま、半径方向からの圧縮力に対しては、圧縮力が小さい状態からでもエネルギー吸収機能を向上させることができる。そして、膨径部 2 A の肉厚  $T_1$  が薄くなった分だけ、中空構造体 1 A を軽量化することもできる。

#### 【0021】

そして、本実施形態の中空構造体 1 A を、中空な筒状部材、例えば円管の一部を膨らませて複数の膨径部 2 A を形成した場合には、膨径部 2 A と連結部 3 A とを一体で形成できるから、膨径部 2 A と連結部 3 A の接続部分の剛性をより一層高くすることができる。

#### 【0022】

上記の中空構造体 1 A を製造する方法はとくに限定されず、例えば、中空球体と円筒状部材を連結する等の方法で形成することができるが、円管等の筒状部材 P をバルジ加工することによって形成すれば、膨径部 2 A や連結部 3 の径が小さいものから大きいものまで、つまり、膨径部 2 A や連結部 3 が径に係わらずどのような大きさの中空構造体 1 A であっても製造することができる。例えば、直径 3 mm の筒状部材 P から、連結部 3 A の外径  $D_1$  が 3 mm、膨径部 2 A の直径が約 4 ~ 6 mm の中空構造体 1 A を製造することができる。つまり、筒状部材 P の直径の 2 倍程度直径を有する膨径部 1 A を備えた中空構造体 1 A でも製造できるのである。

#### 【0023】

つぎに、図 1 のごとく中空構造体 1 A をバルジ加工によって製造する方法を説明する。

#### 【0024】

まず、筒状部材 P をバルジ加工する設備について説明する。

図 2 は中空構造体 1 A を製造する設備の概略説明図である。図 3 は中空構造体 1 A を製造する設備に加工する筒状部材 P が配設された状態の概略説明図である。図 2 および図 3 において、符号 M A、M B は、筒状部材 P をバルジ加工して中空構造体 1 A を製造するときに使用される金型を示している。この金型 M A、M B は、両者が接近した状態において、両者の間に筒状部材 P を配置する空間  $h$  が形成される構造を有している。この空間  $h$  は筒状部材 P と同一断面形状を有する筒状の空間であり、その軸方向における適所に球形の

空間であるキャビティ C 1, C 2 が形成されている。このキャビティ C 1, C 2 は、空間 h の中心軸上に中心を有し、その半径 R 3 が膨径部 2 A の外径 R 1 と同じ長さとなるように形成されている。そして隣接するキャビティ C 1, C 2 の中心間の距離 L 3 が、中空構造体 1 A における隣接する膨径部 2 A の中心間の距離 L 1 と同じ長さとなるように形成されている。また、キャビティ C 1, C 2 を連結する部分の長さ L 4 が、中空構造体 1 A における連結部 2 B の長さ L 2 と同じ長さとなるように形成されている。

【 0 0 2 5 】

なお、図 6 に示すように、金型 M A、M B はキャビティ C を一つしか有しないものや、キャビティ C に代えて単なる平行な空間 C H が設けられているものでもよい。この場合には、空間 h の筒状の部分の長さ ( L 5 ~ L 8 ) を、少なくとも、製造される中空構造体 1 A における複数の連結部 2 B のうち最も長さが短い連結部 2 B よりも短くしておけばよい。

【 0 0 2 6 】

また、図 2 において、符号 R はゴム部材を示しており、符号 S P および符号 P P はそれぞれ押さえパンチ、押し込みパンチを示しており、符号 S は各パンチ S P、P P とゴム部材 R との間に配置されるシールを示している。

【 0 0 2 7 】

なお、各パンチ S P、P P、ゴム部材 R およびシール S は、いずれもその外径が筒状部材 P の内径とほぼ同じ長さになるように形成されている。ほぼ同じ長さとは、各パンチ S P、P P、ゴム部材 R およびシール S が、筒状部材 P の内面に沿って、筒状部材 P の軸方向に摺動できる程度の移動できる長さを意味している。また、ゴム部材 R は、その軸方向の長さが各キャビティ C 1 の直径よりも長くなるように形成されている。

【 0 0 2 8 】

つぎに、上記設備を用いて、バルジ加工により筒状部材 P を中空構造体 1 A に形成する方法を、図 3 および図 4 に基づいて説明する。

図 3 に示すように、金型 M A、M B の間に筒状部材 P を配置し、金型 M A、M B を接近させて筒状部材 P を空間 h 内に収容する。

ついで、筒状部材 P 内にゴム部材 R を挿入し、その後、筒状部材 P の両端からシール S、各パンチ S P、P P の順で筒状部材 P 内に挿入する。このとき、ゴム部材 R は、その両端がキャビティ C 1 の外方に位置するように配設し、シール S を介してゴム部材 R の両端に各パンチ S P、P P の先端が接触した状態とする ( 図 3 )。この状態ではゴム部材 R に対して加圧力は加わっていない。

【 0 0 2 9 】

そして、図 3 の状態から、筒状部材 P の軸方向に移動しないように押さえパンチ S P を保持して、押し込みパンチ P P をキャビティ C 1 に向かって移動させると、両パンチ S P、P P に挟まれているゴム部材 R が加圧され圧縮される。すると、押し込みパンチ P P の移動量に対応してゴム部材 R から筒状部材 P に加わる力 ( 内圧 ) が高くなり、筒状部材 P におけるキャビティ C 1 内に位置する部分が外方に膨らむ。そして、膨らんだ部分の外表面がキャビティ C 1 の内面に接触するまで押し込みパンチ P P を押し込むと、膨径部 2 A が形成される ( 図 4 ( A ) )。

【 0 0 3 0 】

膨径部 2 A が形成されると、押し込みパンチ P P を加圧開始前の状態まで後退させる。そして、金型 M A、M B の距離が膨径部 2 A よりも長くなるまで、金型 M A、M B を離間させる ( 図 4 ( B )、( C ) )。

金型 M A、M B が十分に離間すると、両パンチ S P、P P およびゴム部材 R の移動を固定した状態で、筒状部材 P だけを軸方向に沿って左方向に所定の距離だけ移動させる。つまり、筒状部材 P が膨径部 2 A の中心がキャビティ C 2 の中心と一致するまで移動させる ( 図 4 ( B )、( C ) )。

【 0 0 3 1 】

筒状部材 P を移動させると、金型 M A、M B を接近させる。すると、筒状部材 P は空間

h 内に收容される（図 3（D））。このとき、膨径部 2 A の中心がキャビティ C 2 の中心と一致するまで移動しているため、膨径部 2 A はキャビティ C 2 に收容される。つまり、金型 M A、M B が接近しても、膨径部 2 A は損傷せず形状が維持される。

【0032】

筒状部材 P は空間 h 内に收容されると、押し込みパンチ P P をキャビティ C 1 に向かって移動させれば、新たな膨径部 2 A が形成される。

【0033】

上記作業を繰り返せば、所定の間隔を空けて複数の膨径部 2 A が形成され、かつ、複数の膨径部 2 A 間に連結部 3 A を有する中空構造体 1 A を形成することができる。

【0034】

そして、膨径部 2 A を形成するときに、筒状部材 P を軸方向に加圧して押し込みながらゴム部材 R を加圧圧縮してもよい。この場合、筒状部材 P をその軸方向から加圧しておくことにより、小径の筒状部材 P をパルジ加工しても、膨径部 2 A を形成するときに破断や割れが発生する可能性を低くできる。つまり、加工限界が向上し、加工できる筒状部材 P の径を小さくでき、かつ、形成できる膨径部 2 A の径を大きくできるので、製造する中空構造体 1 A の自由度を高くすることができる。

しかも、押し込み量を調整すれば、膨径部 2 A の肉厚 T 1 と連結部 3 A の肉厚 T 2 の差を少なくすることもできるし、膨径部 2 A の肉厚 T 1 を所望の肉厚とすることができる。

【0035】

また、膨径部 2 A を形成する前に筒状部材 P を加熱したり、筒状部材 P を加熱しながら膨径部 2 A を形成したりしてもよく、この場合には、筒状部材 P において、膨径部 2 A を形成する部分を軟化させることができるので、膨径部 2 A の成形を容易にすることができる。

しかも、変形後に、中空構造体 1 A 内に残留する応力を小さくすることができるから、中空構造体 1 A の剛性を高くすることができる。

筒状部材 P の加熱には、高周波加熱、放射加熱装置などを使い、筒状部材 P において膨径部 2 A となる部分を主に加熱する方法を利用することができる。例えば、高周波加熱を行うのであれば、金型 M A、M B をキャストで形成し、キャビティ C の周囲に銅のコイル等を埋め込んでおけば、銅のコイル等に電流を流すことによって、筒状部材 P において膨径部 2 A となる部分を加熱しながら成形することができる。

また、図 6（B）のごとき平行な空間を有する金型 M A、M B によって筒状部材 P を加工する場合であれば、平行な空間内に放射加熱装置 H D を配置しておけば、筒状部材 P において膨径部 2 A となる部分を加熱することができる。

【0036】

また、上記では、圧力媒体としてゴムを使用するゴムパルジ法を説明したが、ゴムを圧力媒体として使用する設備以外にも、圧力媒体として、液体 L q（水、油など）や気体（窒素、アルゴンなど）を用いる方法も採用することができる。

例えば、図 5（A）の状態に保持された筒状部材 P に対して、その両端開口から高圧の液体 L q や気体を供給する（図 5（B））。すると、高圧の液体 L q や気体の圧力によって筒状部材 P におけるキャビティ C 1 内に位置する部分が外方に膨らむので、膨径部 2 A を形成することができる。

【0037】

なお、高圧の液体 L q や気体は、筒状部材 P の一方の開口からのみ供給してもよいのはいうまでもない。この場合には、筒状部材 P の他方の開口から液体 L q や気体が漏れないように、筒状部材 P の他方の開口を閉じておけばよい。

【0038】

そして、膨径部 2 A を一ずつ形成してもよいが、図 5 に示すように、複数の膨径部 2 A を同時に形成してもよい（図 5（B））。

【0039】

また、中空構造体 1 A は、筒状部材 P の一部をその半径方向から加圧する等の方法によ

って絞って形成してもよい。この場合には、中空構造体 1 A の複数の膨径部 2 A の半径 R 1 が筒状部材 P の半径と同じ長さとなり、連結部 3 A の直径 D 1 が筒状部材 P の直径よりも小さい外径を有することになる。かかる中空構造体 1 A の場合、連結部 3 A の厚さ T 2 が薄くなるため軸方向からの衝撃に対す衝撃吸収力が減少し、曲げ、引っ張り強度も減少するものの、複数の膨径部 2 A の厚さ T 1 は厚くできるので、半径方向からの衝撃吸収力は向上させることができる。

【 0 0 4 0 】

そして、本発明の中空構造体は、図 7 に示すような構造を有するものとしてもよい。

なお、図 7 に示す中空構造体 1 B の基本的な構成は上述した中空構造体 1 A と実質的に同一であり、かかる実質的に同一である構成およびその効果等については、以下では適宜説明を割愛している。

【 0 0 4 1 】

図 7 に示すように、他の実施形態の中空構造体 1 B は、複数の球状部 2 B が棒状部 3 B によって連結されて形成されたものである。

図 7 に示すように、複数の球状部 2 B は中空に形成された球状体であり、その中心が中空構造体 1 B の中心軸 1 a 上またはその近傍に位置するように棒状部 3 B によって連結されている。

一方、複数の棒状部 3 B は断面が円形である中空な筒状の部材であり、その軸方向の端面が、複数の球状部 2 B の表面に連結されている。この複数の棒状部 3 B は、その中心軸が中空構造体 1 B の中心軸 1 a とほぼ同軸となるように配設されている。

そして、棒状部 3 B は、その外径 D 1 の半分の長さが球状部 2 B の外径 R 1 よりも短く、また、その内径 D 2 の半分の長さが球状部 2 B の内径 R 2 よりも短くなるように形成されている。

【 0 0 4 2 】

以上のごとき構成であるから、中空構造体 1 B の球状部 2 B は、中空構造体 1 B に半径方向から加わる圧縮力に対しては、圧縮力が所定の大きさになるまでは圧縮力に応じて変形抵抗が増加するように変形し、圧縮力が所定の大きさ以上となるとエネルギー吸収材として機能する。

また、棒状部 3 B は、中空構造体 1 B をその軸方向に沿って引っ張る力および曲げを発生させる力に対しては強度部材として機能し、球状部 2 B は、曲げを発生させる力に対しては抵抗となる。

よって、中空構造体 1 B も、自動車のフレームやバンパー、ピラー、フード、建築物の梁、柱等のように、軸方向および半径方向から加わる圧縮力に対するエネルギー吸収機能に加えて、軸方向からの引っ張りや曲げ変形に対する強度保持機能も必要とされる部材に適用することができる。

【 0 0 4 3 】

なお、棒状部 3 B と球状部 2 B との接続する部分において、棒状部 3 B の外面と球状部 2 B の外面とのなす角が鈍角となるように形成されていることが好ましく、この場合、中空構造体 1 B でも引っ張りや曲げ変形に対する強度をさらに高くすることができ、しかも、軸方向圧縮時におけるエネルギー吸収量を大きくすることができる。

【 0 0 4 4 】

また、中空構造体 1 B において、複数の球状部 2 B は、必ずしも完全な球形である必要はなく、楕円形や中空である三角断面などでもよい。

さらに、中空構造体 1 B において、複数の棒状部 3 B は、必ずしも断面円形かつ中空な筒状体でなくてもよく、その断面形状が多角形や楕円形でもよい。

【 0 0 4 5 】

また、中空構造体 1 B において、複数の棒状部 3 B は中実な棒状部であってもよいが、中空な筒状体としておけば、半径方向から圧縮されたときに、棒状部 3 B も変形してエネルギーを吸収できるから、エネルギーの吸収量を大きくすることができるという利点がある。

さらに、中空構造体 1 B を構成する球状部 2 B および棒状部 3 B は、金属やプラスチック

ク、ビニール等を素材として形成されているが、塑性変形する材料であれば、特に限定されない。

【産業上の利用可能性】

【0046】

本発明の中空構造体は、自動車のフレームやバンパー、ピラー、フード、建築物の梁、柱等の内部に配置するエネルギー吸収材に使用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図1】(A)は本実施形態の中空構造体1Aの概略説明図であり、(B)は本実施形態の中空構造体1Aの概略断面図である。

【図2】中空構造体1Aを製造する設備の概略説明図である。

【図3】中空構造体1Aを製造する設備に加工する筒状部材Pが配設された状態の概略説明図である。

【図4】中空構造体1Aを製造する方法の概略説明図である。

【図5】中空構造体1Aを製造する他の方法の概略説明図である。

【図6】中空構造体1Aを製造する他の製造設備の概略説明図である。

【図7】(A)は他の実施形態の中空構造体1Bの概略説明図であり、(B)は他の実施形態の中空構造体1Bの概略断面図である。

【符号の説明】

【0048】

1 A	中空構造体
2 A	膨径部
3 A	連結部
1 B	中空構造体
2 B	球状部
3 B	棒状部
P	筒状部材

---

フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
B 2 1 D 22/10 (2006.01) B 2 1 D 22/10 B

(72) 発明者 品川 一成

香川県高松市林町 2 2 1 7 - 2 0 香川大学工学部知能機械システム工学科内

F ターム(参考) 3D203 AA01 BA06 BB16 BB53 CA07 CA37 CA77 CA88 CB21 DA22  
DA38