

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6256660号
(P6256660)

(45) 発行日 平成30年1月10日(2018.1.10)

(24) 登録日 平成29年12月15日(2017.12.15)

(51) Int.Cl.		F I			
B 2 1 J	5/08	(2006.01)	B 2 1 J	5/08	Z
B 2 1 K	21/12	(2006.01)	B 2 1 J	5/08	A
B 2 1 K	1/12	(2006.01)	B 2 1 K	21/12	
F 1 6 C	3/02	(2006.01)	B 2 1 K	1/12	
			F 1 6 C	3/02	

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2017-515871 (P2017-515871)	(73) 特許権者	000006655
(86) (22) 出願日	平成28年12月15日(2016.12.15)		新日鐵住金株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/087396		東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(87) 国際公開番号	W02017/134941	(74) 代理人	100064908
(87) 国際公開日	平成29年8月10日(2017.8.10)		弁理士 志賀 正武
審査請求日	平成29年3月21日(2017.3.21)	(74) 代理人	100175802
(31) 優先権主張番号	特願2016-21153 (P2016-21153)		弁理士 寺本 光生
(32) 優先日	平成28年2月5日(2016.2.5)	(74) 代理人	100106909
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 棚井 澄雄
早期審査対象出願		(74) 代理人	100134359
			弁理士 勝俣 智夫
		(74) 代理人	100188592
			弁理士 山口 洋

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 中空管材の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

軸方向の両端部から軸方向の中央位置へ向けて、増肉部と、前記増肉部よりも外径が大きく前記増肉部よりも肉厚が薄い膨出部と、前記膨出部よりも外径が小さい中央部と、を有する中空管材を製造する方法であって、

素材である鋼管を、前記中空管材の外形と同じ形状の内面を有する外金型の内部に、前記内面から少なくとも一部を離間させて配置する工程と；

前記鋼管の軸方向の両端面にそれぞれ当接する一対の加圧金型間に、前記中空管材の軸方向の両端部の内面形状と同じ形状の外表面形状を有する芯金部を前記鋼管の内面に対して少なくとも一部を離間させて挿通させた状態で、前記一対の加圧金型間の相対的な距離を縮めて前記鋼管を軸方向に圧縮することで冷間鍛造加工を行う工程と；
を有し、

前記加圧金型による軸押しの完了時において、前記芯金部の外面は、前記中空管材の前記膨出部の内面に対して当接していないことを特徴とする中空管材の製造方法。

【請求項2】

前記芯金部は、その先端に向かうにつれて外径が小さくなることを特徴とする請求項1に記載の中空管材の製造方法。

【請求項3】

前記芯金部の外径は、段階的または連続的に変化することを特徴とする請求項2に記載の中空管材の製造方法。

【請求項 4】

前記一对の加圧金型における前記鋼管の軸方向の両端面との当接部は、前記鋼管の外側へ向けて傾斜していることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 までのいずれか一項に記載の中空管材の製造方法。

【請求項 5】

前記中空管材は、自動車用の動力伝達系シャフトであることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 までのいずれか一項に記載の中空管材の製造方法。

【請求項 6】

前記動力伝達系シャフトは、ドライブシャフト、プロペラシャフトまたは左右のドライブシャフトに接続される動力伝達系シャフトであることを特徴とする請求項 5 に記載の中空管材の製造方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、中空管材の製造方法に関する。

本願は、2016年2月5日に、日本国に出願された特願2016-021153号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

【背景技術】

【0002】

現在、地球環境の保護の観点から、自動車の軽量化が求められている。例えば、車体を構成する鋼板の高張力化による板厚の薄肉化や、各種の自動車搭載部品の軽量化が強く推進されている。このため、自動車の製造コストは上昇する傾向にあり、各種自動車搭載部品のより一層の低コスト化も求められている。

20

【0003】

例えば、エンジンから変速機を介して出力された駆動力をタイヤへ伝達するためのドライブシャフトや、車体前部に搭載されたエンジンの出力を駆動輪である後輪へ伝達するためのプロペラシャフト、さらには左右のドライブシャフトに接続されてトルクステアを防止する自動車用の動力伝達系シャフトでは、既に、旧来の中実部品からの中空化による軽量化が実用化されている。

【0004】

このような中空の動力伝達系シャフトは、その軸方向に沿った各位置で外径および内径が変化することが多く、これまでは以下に列記の製造方法により製造されてきた。

30

【0005】

(a) 摩擦圧接を利用した製造方法

この方法では、軸方向に沿って外径および内径が変化する形状を有する動力伝達系シャフトを製造する際、軸方向中央部と軸方向両端部とを別々に製造し、これらを摩擦圧接により接合する。この方法では、軸方向中央部は鋼管を切断することにより製造し、軸方向両端部は鍛造品を削り出して製造する。

【0006】

(b) ロータリースウェーjingを利用した製造方法

この方法では、軸方向に沿って肉厚が一定である鋼管を用意し、そしてその両端部をロータリースウェーjingにより薄肉化や縮径、増肉することにより製造する。下記特許文献1には、この方法により、中空のプロペラシャフトやドライブシャフトを製造する発明が開示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】日本国特開2011-121068号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【0008】

摩擦圧接を利用した製造方法によれば、製品の軸方向中央部を薄肉化できるため、動力伝達系シャフトの軽量化を図ることが確かに可能である。しかしながら、軸方向中央部と軸方向両端部との間を接合する工程が必要であるため、製造コストの上昇は避けられない。また、接合部の品質管理を厳しく行う必要もあり、この面からも製造コストが嵩む。

【0009】

また、ロータリースウェーピングを利用した製造方法においては、これを実施するための設備が非常に高価であるとともに、この製造方法による加工時間は不可避免的に長くなることから、やはり製造コストが嵩む。

【0010】

このように、従来の技術では、例えばドライブシャフトやプロペラシャフト、さらには左右のドライブシャフトに接続される中空の動力伝達系シャフト（中空管材）を、安価に製造することが難しかった。

【0011】

本発明の目的は、軸方向に沿って断面形状が異なる中空管材を安価に製造できる方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明者らは、上記課題を解決するために鋭意検討を重ねた結果、下記工程（A）及び（B）を採用することにより、軸方向に沿って断面形状が異なる中空管材を安価に製造できることを知見し、さらに検討を重ねて本発明を完成させた。

（A）素材である鋼管を、製造しようとする製品の外形と同じ形状の内面形状を有する外金型の内部に配置し、

（B）この鋼管の軸方向の両端部それぞれを鋼管の軸方向中央位置へ向かって押圧可能なベース部と、このベース部に設けられて製品の軸方向両端部の内面形状と同じ形状の外面形状を有する芯金部とを有する、一对の金型の間で、鋼管を軸方向に圧縮する。

【0013】

すなわち、本発明は、以下に列記の態様を採用した。

（1）本発明の一態様は、軸方向の両端部から軸方向の中央位置へ向けて、増肉部と、前記増肉部よりも外径が大きく前記増肉部よりも肉厚が薄い膨出部と、前記膨出部よりも外径が小さい中央部と、を有する中空管材を製造する方法であって、素材である鋼管を、前記中空管材の外形と同じ形状の内面を有する外金型の内部に、前記内面から少なくとも一部を離間させて配置する工程と；前記鋼管の軸方向の両端面にそれぞれ当接する一对の加圧金型間に、前記中空管材の軸方向の両端部の内面形状と同じ形状の外面形状を有する芯金部を前記鋼管の内面に対して少なくとも一部を離間させて挿通させた状態で、前記一对の加圧金型間の相対的な距離を縮めて前記鋼管を軸方向に圧縮することで冷間鍛造加工を行う工程と；を有し、前記加圧金型による軸押しの完了時において、前記芯金部の外面は、前記中空管材の前記膨出部の内面に対して当接していない。

（2）上記（1）において、前記芯金部が、その先端に向かうにつれて外径が小さくなくてもよい。

（3）上記（2）の場合、前記芯金部の外径が、前記増肉部の肉厚に応じて段階的または連続的に変化してもよい。

（4）上記（1）～（3）のいずれか一項において、前記一对の加圧金型における前記鋼管の軸方向の両端面との当接部が、前記鋼管の外側へ向けて傾斜していてもよい。

（5）上記（1）～（4）のいずれか一項において、前記中空管材が、自動車用の動力伝達系シャフトであってもよい。

（6）上記（5）の場合、前記動力伝達系シャフトが、ドライブシャフト、プロペラシャフトまたは左右のドライブシャフトに接続される動力伝達系シャフトであってもよい。

【発明の効果】

【0014】

上記態様に記載の、中空管材の製造方法によれば、例えばドライブシャフトやプロペラシャフト、さらには左右のドライブシャフトに接続される中空の動力伝達系シャフトとして好適に用いられる中空管材を、安価に提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の一実施形態に係る中空管材の製造方法を示す断面図であって、(a)が鍛造加工前を示し、(b)が鍛造加工後を示す。

【図2】同実施形態に係る中空管材の製造方法により加工される中空管材の各寸法を説明するための断面図であって、(a)が加工素材となる鋼管の寸法を示し、(b)が鍛造加工後の動力伝達系シャフトの寸法を示す。

10

【図3】同実施形態の変形例を示す断面図であって、(a)が図1(a)に相当し、(b)が図1(b)に相当する。

【図4】同変形例で用いられる芯金部のテーパ角度を示すための図であって、軸線を含む断面で見た場合の断面図である。

【図5】中空管材及び芯金部を、それらの軸線を含む断面で見た場合の断面図であって、(a)は、テーパ角度が軸線に沿って一定の芯金部を用いた場合の成形完了時を示し、(b)は、テーパ角度が軸線に沿って段階的に変化する芯金部を用いた場合の成形完了時を示し、さらに、(c)は、テーパ角度が軸線に沿って連続的に変化する芯金部を用いた場合の成形完了時を示す。

【図6】図1に示した実施形態の他の変形例を示す断面図であって、(a)が図1(a)に相当し、(b)が図1(b)に相当する。

20

【図7】同変形例における鍛造加工の過程を示す図であって、(a)が図6(a)のA1部に相当する部分の拡大断面図であり、(b)が図6(b)のA2部に相当する部分の拡大断面図である。

【図8】図1に示した実施形態のさらに他の変形例を示す断面図であって、(a)が図1(a)に相当し、(b)が図1(b)に相当する。

【図9】図1に示した実施形態のさらに他の変形例を示す断面図であって、図1(a)のA3部に相当する部分の拡大断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

30

添付図面を参照しながら、本発明の一実施形態に係る中空管材の製造方法を以下に説明する。なお、以下の説明では、中空管材が自動車用の中空の動力伝達系シャフトである場合を例示して説明するが、本発明は、動力伝達系シャフト以外の中空管材にも同様に適用可能である。

【0017】

1. 自動車用の中空の動力伝達系シャフト1

図1は、本発明の一実施形態に係る中空管材の製造方法を示す断面図であって、(a)が鍛造加工前を示し、(b)が鍛造加工後を示す。

【0018】

図1(b)に示すように、本実施形態では、自動車用の中空の動力伝達系シャフト1を、冷間鍛造加工による一工程で製造する。

40

【0019】

動力伝達系シャフト1は、その軸線CLに沿った方向(以下、軸方向と呼ぶ)の両端位置2-1, 2-2から軸方向の中央位置2-3へ向けて、増肉部3-1, 3-2と、膨出部4-1, 4-2と、中央部5とを有する。すなわち、図1(b)に示すように、動力伝達系シャフト1は、増肉部3-1、膨出部4-1、中央部5、膨出部4-2、増肉部3-2が、この順序に連続して形成されている。

【0020】

増肉部3-1, 3-2は、増肉部3-1, 3-2、膨出部4-1, 4-2および中央部5のうち、肉厚が最も厚い部分である。本実施形態の場合、増肉部3-1, 3-2の肉

50

厚は、動力伝達系シャフト1の軸方向の各位置で略一定である。増肉部3-1, 3-2の外径は、動力伝達系シャフト1の軸方向の各位置で略一定でかつ、素材である鋼管6の外径とほぼ同じである。また、増肉部3-1, 3-2の内径は、動力伝達系シャフト1の軸方向の各位置で略一定でかつ、鋼管6の内径よりも小さい。

動力伝達系シャフト1が左右のドライブシャフトに接続される中空の動力伝達系シャフトである場合には、この増肉部3-1, 3-2の外面にスプラインが刻設される。

【0021】

膨出部4-1, 4-2は、増肉部3-1, 3-2よりも外径が大きかつ、増肉部3-1, 3-2よりも肉厚が薄い部分である。膨出部4-1, 4-2の外径は、増肉部3-1, 3-2の外径を起点として徐々に増加し、膨出部4-1, 4-2の軸方向の略中央位置で最大値となり、その後、中央部5へ向かうにつれて徐々に減少する。また、膨出部4-1, 4-2の内径も、増肉部3-1, 3-2の内径を起点として徐々に増加し、膨出部4-1, 4-2の軸方向の略中央位置で最大値となり、その後、中央部5へ向かうにつれて徐々に減少する。

10

【0022】

中央部5は、その両隣の膨出部4-1, 4-2よりも外径が小さい。さらに、中央部5の外径は、動力伝達系シャフト1の軸方向の各位置において略一定でかつ、素材である鋼管6の外径と略一致する。

また、中央部5の内径は、動力伝達系シャフト1の軸方向の各位置で略一定でかつ、鋼管6の内径と略一致する。よって、中央部5の内径は、増肉部3-1, 3-2の内径よりも大きい。

20

したがって、中央部5は拡径も増肉もされていないため、中央部5の肉厚は、動力伝達系シャフト1の軸方向の各位置で、鋼管6の肉厚とほぼ同じでかつ、略一定である。

【0023】

中央部5の硬度は、素材である鋼管6の硬度と略一致しており、鍛造加工前後での変化は、ほぼ無い。

一方、増肉部3-1, 3-2は鍛造加工により増肉されているため、加工硬化しており、鋼管6の時の硬度よりも硬くなっている。また、膨出部4-1, 4-2も、鍛造加工により拡径されているため、加工硬化しており、鋼管6の時の硬度よりも硬くなっている。

【0024】

増肉部3-1, 3-2及び膨出部4-1, 4-2のそれぞれがこのように加工硬化していることにより、動力伝達系シャフト1は、自動車用の動力伝達系シャフトの基本的性能として要求される捩り強度や捩り疲労への特性向上が十分に図られている。

30

【0025】

動力伝達系シャフト1の材質としては、S45CB軟質化材(引張強度TS=550MPa級)が例示されるが、この材質のみに限定されるものではない。動力伝達系シャフト1は、鍛造加工による軸押しにより増肉と拡管とを行うため、加工に伴う変形は、圧縮変形が主体となり、引張変形量が少ない。このため、材料の高強度化による破断のリスクは非常に少ない。したがって、動力伝達系シャフト1の材質として、S45CB軟質化材よりも低強度な素材にも適用可能である。さらには、S45CB軟質化材よりも高強度な素材に適用しても破断することなく動力伝達系シャフト1を成形可能である。

40

【0026】

S45CB軟質化材よりも高強度な素材では、その材質の高強度化に比例して軸押し荷重が増加する。しかしながら、軸押し荷重は、S35CB軟質化材でも350トン程度であることから、1000MPa級の高強度材でも700トン程度で済み、量産プレス機でも十分に製造可能である。

【0027】

2. 動力伝達系シャフト1の製造方法

はじめに、図1(a)に示すように、素材である、肉厚一定の鋼管6を、動力伝達系シャフト1の外形と同じ形状の内面形状7aを有する外金型7の内部に、外金型7の内面か

50

ら僅かに離間させて配置する。すなわち、内面（内面形状7a）の軸線と鋼管6の軸線とが同軸（軸線CL）となるように配置する。鋼管6の外面と外金型7の内面との間には隙間が設けられているものの、この隙間の寸法は僅かである。なおかつ、後述のベース部8-1, 8-2は、外金型7の内面形状7aの端部内径と略一致する外径の略円柱形状を有している。そのため、鋼管6及びベース部8-1, 8-2を普通に外金型7内に入れるだけで、略同軸配置とすることができる。もし、さらに高い精度で鋼管6を同軸配置する必要が有る場合には、図9を用いて後述する構成も採用可能である。

【0028】

前記内面形状7aの詳細について説明する。図1(a)に示すように、外金型7の軸方向に沿って見た場合、増肉部3-1に対応する部位は、軸線CLからの距離が r_1 で一定である。

10

続く膨出部4-1に対応する部位では、軸線CLからの距離 r_2 が、その一方の端部において増肉部3-1の距離 r_1 と同じであるが、中央部5に向かって近づくにつれて徐々に増していき、そして最大値を経てから他方の端部に向けて徐々に減っていく。

【0029】

続いて、中央部5に対応する部位の距離 r_3 は、前記他方の端部における距離 r_2 と同じでかつ、軸線CLに沿って膨出部4-2に至るまで一定である。

続いて、膨出部4-2に対応する部位では、軸線CLからの距離 r_4 が、その一方の端部において距離 r_3 と同じであるが、増肉部3-2に向かって近づくにつれて徐々に増していき、そして最大値を経てから他方の端部に向けて徐々に減っていく。

20

続いて、増肉部3-2に対応する部位は、軸線CLからの距離が r_5 で一定でかつ、前記他方の端部における距離 r_4 と同じである。

なお、距離 r_1 と距離 r_5 は互いに等しい。

【0030】

鋼管6の外面と外金型7の内面形状7aとの間には、隙間が設けられている。この隙間の寸法は、軸線CLの方向に沿って見た場合に一定ではなく、その目的に応じて差が設けられている。

具体的に言うと、図1(b)のA部（増肉部3-1, 3-2）では、鋼管6を外金型7内に入れる際にスムーズに通すため（目的1）と、外金型7内で型鍛造により変形する鋼管6が外金型7との間に生じる摩擦を抑えて材料の流れをスムーズにするため（目的2）と、の二つの目的により、隙間寸法が定められている。なお、これら二つの目的1, 2を達成するだけであれば、単純に隙間を大きくすることも考えられるが、それでは鋼管6が径方向外側に向かって過度に太ろうとする変形をその周囲より拘束できないため、鋼管6の座屈変形を招く虞がある。そのため、隙間を積極的に設けてはいるものの、その寸法が過度なもとならないように定められている。

30

また、図1(b)のB部（膨出部4-1, 4-2）では、鋼管6の外径を太らせるために、大きめの隙間寸法を採用している。

そして、図1(b)のC部（中央部5）では、拡張も増肉も行わないので、鋼管6を外金型7内に入れる際にスムーズに通す目的だけのために、最小限の隙間寸法を採用している。このC部においては、極力、隙間を空けないことが好ましい。

40

【0031】

図1(b)のA部～C部の各部における隙間寸法については、上述の理由により、それぞれ上限値及び下限値を設定することが好ましい。

まず、A部における隙間の下限値について言うと、鋼管6の径方向における、外金型7の内面と鋼管6の外面との間の隙間 W_1 (mm)は、加工前の素管である鋼管6の軸方向の任意位置における外径を d_1 (mm)とした場合に、 W_1 は $0.01 \times d_1$ 以上とすることが、上記目的1の観点より望ましい。続いて、A部における隙間の上限値について言うと、 W_1 は $0.05 \times d_1$ 以下とすることが、上記目的2の観点より望ましい。以上より、A部では、 $0.01 \times d_1 < W_1 < 0.05 \times d_1$ の式で定められる範囲内より隙間 W_1 (mm)を採用することが好ましい。

50

【0032】

続いて、B部における隙間については、 $0.10 \times d_1 - W_1 - 0.25 \times d_1$ の式で定められる範囲内より隙間 W_1 (mm)を採用することが好ましい。

一方、中央部5においては、鋼管6を外金型7内に通せればよく、隙間 W_1 (mm)は、略0 (ゼロ) mmにすることが好ましい。

【0033】

なお、図示していないが、外金型7は、一般的な型鍛造に用いられる金型と同様に、左右二分割構造とされており、二分割することで成形後の製品を取り出すことができるように構成されている。すなわち、外金型7は、図1 (b) に示す形状の分割面により二分割された一对の金型で構成されているため、成形後の動力伝達系シャフト1に膨出部4-1, 4-2が有っても、前記一对の金型を二分割することで、動力伝達系シャフト1を外金型7内より取り出すことが出来る。

10

【0034】

次に、図1 (a) に示すように、鋼管6の軸方向の両端面6-1, 6-2のそれぞれを、上下一対の金型 (芯金付きパンチ) 10-1, 10-2の間で、軸方向に圧縮する型鍛造を行う。金型10-1は、ベース部8-1と、芯金部9-1とを有する。金型10-2は、ベース部8-2と、芯金部9-2とを有する。

ベース部8-1, 8-2は、鋼管6をその両端より軸方向の中央に向かって押圧する。ベース部8-1, 8-2は、外金型7の内面形状7aの端部内径と略一致する外径の略円柱形状を有しており、外金型7の端部内へ抜き差しが可能である。

20

【0035】

芯金部9-1, 9-2は、ベース部8-1, 8-2に対して同軸かつ一体に設けられており、動力伝達系シャフト1の軸方向の両端部の内面形状1-1, 1-2と同じ形状 (すなわち、増肉部3-1, 3-2の内面と同じ形状) の外面形状9-1a, 9-2aを有する。芯金部9-1, 9-2の外面と鍛造加工前の鋼管6の内面との間の隙間 W_2 (mm)は、鋼管6の内径を d_2 (mm)、板厚を t (mm)とした場合に、 $0.10 \times (d_2 - 2 \times t) - W_2 - 0.25 \times (d_2 - 2 \times t)$ の範囲内より、適宜設定することができる。

【0036】

型鍛造の際、図1 (b) 中のA部では、金型10-1, 10-2による軸押しにより、増肉部3-1, 3-2が形成される。詳細に言うと、図1 (a) に示すように、ベース部8-1, 8-2により軸押しする前、芯金部9-1, 9-2の外面と鋼管6の内面との間には隙間が設けられている。そして、ベース部8-1, 8-2によって圧縮を受けることにより、増肉される部分の内径が小さくなりながら肉厚が増していき、ついには芯金部9-1, 9-2の外面に合致した最終製品の内部形状を有する増肉部3-1, 3-2となる。

30

また、図1 (b) 中のB部は、図1 (a) に示す軸押し前の状態において、鋼管6の周囲が拘束されていない。そのため、前記B部は、軸押しにより増肉は殆どされずに拡管して膨出部4-1, 4-2が形成される。これら膨出部4-1, 4-2の最大外径寸法は、鍛造加工前の鋼管6の外形寸法に対しておよそ1.2~1.5倍に拡径される。

40

図1 (b) 中のC部では、拡管も増肉もなされない。

金型10-1, 10-2による軸押しの完了時において、芯金部9-1, 9-2の外面は、中空管材の膨出部4-1, 4-2の内面に対して当接しない。

【0037】

図2は、本実施形態に係る中空管材の製造方法により加工される中空管材の各寸法を説明するための断面図であって、(a) が加工素材となる鋼管6の各部寸法を示し、(b) が加工後の動力伝達系シャフト1の各部寸法を示す。

鋼管6の素材としてS45CB軟質化材 (引張強度 $T S = 550 \text{ MPa}$ 級) を用いた場合、その全長 L は $100 \text{ mm} \sim 2000 \text{ mm}$ 、外径 d は $20 \text{ mm} \sim 100 \text{ mm}$ 、板厚 t は $2 \text{ mm} \sim 20 \text{ mm}$ でかつ $t \leq d/2$ 、を満たすものを好適に採用できる。

50

【0038】

図2(b)に例示される動力伝達系シャフト1は、各部の肉厚に関する下記条件1と、各部の外径に関する下記条件2との両方を満足する。

条件1： $t_1 > t_2$ 及び $t_1 > t_3$ であってかつ、 t_1 、 t_2 、 t_3 のそれぞれが4mm以上かつ15mm以下である。

条件2： $D_2 > D_1$ 及び $D_2 > D_3$ であってかつ、 $20\text{mm} < D_1 < 100\text{mm}$ 、 $22\text{mm} < D_2 < 125\text{mm}$ 、 $20\text{mm} < D_3 < 100\text{mm}$ の全てを満たす。

さらに、鋼管6の軸方向長さL(mm)については、前述の通り、下記条件3を満足することが望ましい。

条件3： $100\text{mm} < L < 2000\text{mm}$

10

【0039】

型鍛造後、成形された動力伝達系シャフト1から金型10-1、10-2を抜き出し、外金型7を左右に2分割して、動力伝達系シャフト1を取り出す。このようにして、中空の動力伝達系シャフト1が一工程の型鍛造により、製造される。

【0040】

なお、型鍛造後の動力伝達系シャフト1を金型より取り出す際の手順としては、上記手順とは逆に、外金型7を先に2分割して動力伝達系シャフト1を取り出し、その後に動力伝達系シャフト1から金型10-1、10-2を抜き出してもよい。ただし、前述のように、外金型7を2分割して動力伝達系シャフト1を取り出すよりも前に、動力伝達系シャフト1から金型10-1、10-2を抜き出す手順の方が、より好ましい。その理由は、動力伝達系シャフト1から金型10-1、10-2を抜き出す際、動力伝達系シャフト1の膨出部4-1、4-2が内面形状7aに形成された凹部に対して係止めされていることから、外金型7を把持して金型10-1、10-2を容易に抜くことができるためである。すなわち、動力伝達系シャフト1自体を直接的に把持せずとも金型10-1、10-2を抜くことができるため、動力伝達系シャフト1を傷つけてしまう虞がない。

20

【0041】

図3は、上記実施形態における一对の金型10-1、10-2の変形例を示す断面図であって、(a)が図1(a)に相当し、(b)が図1(b)に相当する。

【0042】

型鍛造により成形された中空の動力伝達系シャフト1から金型10-1、10-2を抜き出す際の引き抜き荷重を低減するために、金型10-1、10-2の芯金部9-1、9-2は、図3(a)及び図3(b)に示すように、その先端に向かうにつれて外径が徐々に小さくなるテーパ形状を有することが望ましい。

30

【0043】

特に、管端部である増肉部3-1、3-2を所望の肉厚分布とするためには、芯金部9-1、9-2の外径が、増肉部3-1、3-2の肉厚に応じて段階的または連続的に変化することが望ましい。より具体的に言うと、芯金部9-1、9-2にテーパ形状を設けた場合、増肉部3-1、3-2の肉厚は、管端より膨出部4-1、4-2に向かうにつれて緩やかに増していく。その結果、増肉部3-1、3-2から膨出部4-1、4-2に切り替わる箇所での肉厚を最も大きくできるので、このような形状の切り替わり部分の機械的強度を高めることができ、より優れた動力伝達系シャフト1を得ることが可能となる。

40

この他、芯金部9-1、9-2にテーパ形状を設けた場合、型鍛造後における金型10-1、10-2の抜き出しをより容易に行えるという利点もある。

【0044】

図4は、上記変形例で用いられる芯金部9-1のテーパ角度を示すための断面図である。また、図5は、鋼管6及び芯金部9-1をそれらの軸線CLを含む断面で見た場合の断面図であって、(a)が、テーパ角度が一定の芯金部9-1を用いた場合の成形完了時を示し、(b)が、テーパ角度が段階的に変化する芯金部9-1を用いた場合の成形完了時を示し、さらに、(c)が、テーパ角度が連続的に変化する芯金部9-1を用いた場合の成形完了時を示す。なお、図5(a)~図5(c)においては、説明のために、膨出部

50

4 - 1 の図示を省略している。

【 0 0 4 5 】

図 4 に示す芯金部 9 - 1 のテーパ角度 は、 0.3° 以上 10.0° 以下であることが好ましい。ここで言うテーパ角度 とは、軸線 CL に平行な直線に対する傾き角度を言う。

【 0 0 4 6 】

図 5 (a) に示す芯金部 9 - 1 は、図 3 (a) および図 3 (b) に示した芯金部 9 - 1 と同一形状を有する。

一方、図 5 (b) に示す芯金部 9 - 1 を有する金型 1 0 - 1 を用いた場合、製造される動力伝達系シャフト 1 の肉厚を段階的に変化させることができる。図 5 (b) に示す芯金部 9 - 1 では、図 4 で示した前記テーパ角度 を、A 部、B 部、C 部の 3 段階に分けて変えている。A ~ C 部それぞれのテーパ角度 は、それぞれ、 0.3° 以上 10.0° 以下の範囲で適宜組み合わせればよい。

【 0 0 4 7 】

さらに、図 5 (c) に示す芯金部 9 - 1 を有する金型 1 0 - 1 を用いた場合、製造される動力伝達系シャフト 1 の肉厚を連続的に変化させることができる。テーパ角度 は、軸方向の各位置において、 0.3° 以上 10.0° 以下の範囲内となるように適宜変化させればよい。

【 0 0 4 8 】

上記のような各種テーパ形状を芯金部 9 - 1 に適用することにより、鋼管 6 に金型 1 0 - 1 , 1 0 - 2 をセットする際の軸芯合わせを容易にすることも可能になる。

【 0 0 4 9 】

図 6 は、図 1 に示した一对の金型 1 0 - 1 , 1 0 - 2 の他の変形例を示す断面図であって、(a) が図 1 (a) に相当し、(b) が図 1 (b) に相当する。

【 0 0 5 0 】

本変形例では、後述の理由により、図 6 に示す形状のベース部 8 - 1 , 8 - 2 を採用している。すなわち、本変形例におけるベース部 8 - 1 , 8 - 2 は、鋼管 6 の軸方向の両端面 6 - 1 , 6 - 2 に当接する当接部 8 - 1 a , 8 - 2 a が、鋼管 6 の軸線から径方向外側に向かうに従って鋼管 6 の軸方向中央位置から離れて後退するように傾斜している。当接部 8 - 1 a , 8 - 2 a がこのような傾斜形状を備えた場合、鋼管 6 に金型 1 0 - 1 , 1 0 - 2 をセットする際の軸芯合わせを容易にすることができる。すなわち、当接部 8 - 1 a , 8 - 2 a は略円錐面をなしているため、その先細りの先端部分を鋼管 6 の管端内に入れることが出来、両者間の軸芯合わせが容易となる。

【 0 0 5 1 】

さらに、当接部 8 - 1 a , 8 - 2 a が上述のように傾斜して形成されることにより、これらが傾斜して形成されない場合 (図 1 (a) および図 1 (b) 参照) に比較して、膨出部 4 - 1 , 4 - 2 として形成される部分に対し、拡管方向への力がより効果的に負荷される。

【 0 0 5 2 】

この点について、図 7 を用いて具体的に説明する。まず、型鍛造を開始すると、図 7 (a) に示すように、当接部 8 - 1 a (8 - 2 a) を鋼管 6 端部の内周縁に先に当てることことができる。その結果、図 7 (b) に示すように、鋼管 6 端部の内周縁より、これから膨出部 4 - 1 (4 - 2) となる部分に向かって、この膨出部 4 - 1 (4 - 2) となる部分を径方向外側に押し広げて、内面形状 7 a の凹みへと送り込むことができる。

このように、前記傾斜は、鋼管 6 端部の材料の流れを正しく導いて座屈 (膨出部 4 - 1 , 4 - 2 の径方向内側への倒れ込み) を回避する役目を有する。したがって、所望とする製品形状が例えば大きな膨出部 4 - 1 , 4 - 2 を有するものであっても、座屈無く成形することができる。

【 0 0 5 3 】

図 8 は、図 1 に示した一对の金型 1 0 - 1 , 1 0 - 2 のさらに他の変形例を示す断面図

であって、(a)が図1の(a)に相当し、(b)が図1の(b)に相当する。

【0054】

図8に示すように、本変形例では、芯金部9-1, 9-2が上述のテーパ形状を有することと、当接部8-1a, 8-2aが傾斜して形成されることを併せ持つ形状の金型10-1, 10-2を採用している。この変形例によれば、芯金部9-1, 9-2がテーパ形状であることによる上述の効果と、当接部8-1a, 8-2aが傾斜していることによる上述の効果との双方を発揮することができる。

なお、本変形例において、芯金部9-1, 9-2の先端形状として平坦な円形を採用したが、これのみに限らず、半球形状、または先細りのテーパ形状に加えて面取り加工(C面加工及びR加工の少なくとも一方)を施した形状を採用してもよい。この点は、他の変形例及び上記実施形態においても同様である。

10

【0055】

以上、本発明の好ましい各種形態について説明したが、本発明は上記各種形態のみに限らず、適宜変更した構成も採用可能である。

例えば、上記各種形態では、素材が鋼である鋼管6について説明したが、素材としては鋼のみに限らず、その他の塑性変形可能な材質の中空管に対して本発明を適用してもよい。

【0056】

また、図6に示した変形例等において、当接部8-1a, 8-2aが、鋼管6の軸線から径方向外側に向かうに従って鋼管6の外側へ向けて傾斜している形態を説明したが、所望とされる動力伝達系シャフト1の形状に応じて、その傾斜の向きを逆向きにしてもよい。この場合、鋼管6の端部内面を芯金部9-1, 9-2に向けて密着させるように材料の流れを促すことが可能となる。

20

【0057】

また、上記実施形態において図1(a)を用いて述べたように、外金型7の内面(内面形状7a)の軸線と鋼管6の軸線とを精度良く同軸配置する必要が有るが、そのために、例えば図9に示す金型10-1(10-2)を採用することも可能である。

すなわち、図9に示すように、芯金部9-1(9-2)の根元部分(ベース部8-1, 8-2につながる部分)を太くしておくことで高精度な同軸配置が可能となる。より具体的に言うと、前記根元部分に、鋼管6の内径よりもやや大きいか又は略等しい外径を持ち、なおかつ芯金部9-1, 9-2の先端に向かって先細りとなるテーパ面8xを形成しておく。そして、テーパ面8xで鋼管6の内径部分を同軸に支えることで、鋼管6を同軸に保持できる。

30

【0058】

また、上記各種形態では、本発明を冷間鍛造に適用したが、これのみにかぎらず、鋼管6を例えば600に事前に加熱してから外金型7内に入れ、そして金型10-1, 10-2により圧縮加工する形態も採用可能である。この場合、鋼管6の事前の加熱方法としては、例えば通電加熱などが採用可能である。

このように鋼管6を事前加熱した場合、鋼管6の素材強度が高い場合であっても、小さい圧縮力で確実に変形させて所望の製品形状を得ることが可能となる。

40

【0059】

以上に説明した各種形態に係る中空管材の製造方法の骨子を以下にまとめる。

(1)この中空管材の製造方法は、軸方向の両端部から軸方向の中央位置へ向けて、増肉部3-1, 3-2と、増肉部3-1, 3-2よりも外径が大きい膨出部4-1, 4-2と、膨出部4-1, 4-2よりも外径が小さい中央部5と、を有する中空管材(動力伝達系シャフト1)を製造する方法であって、素材である鋼管6を、中空管材(動力伝達系シャフト1)の外形と同じ形状の内面を有する外金型7の内部に、前記内面から少なくとも一部を離間させて配置する工程と; 鋼管6の軸方向の両端面にそれぞれ当接する一对のベース部8-1, 8-2間に、中空管材(動力伝達系シャフト1)の軸方向の両端部の内面形状と同じ形状の外面形状を有する芯金部9-1, 9-2を鋼管6の内面に対して少なくとも

50

一部を離間させて挿通させた状態で、一对のベース部 8 - 1 , 8 - 2 間の相対的な距離を縮めて鋼管 6 を軸方向に圧縮する工程と；を有する。なお、この圧縮する工程においては、一对のベース部 8 - 1 及び 8 - 2 の双方を互いに接近させても良いし、または、一对のベース部 8 - 1 及び 8 - 2 の何れか一方を固定しておき、他方を前記一方に接近させてもよい。

(2) 上記 (1) において、芯金部 9 - 1 , 9 - 2 が、その先端に向かうにつれて外径が小さくなるものであってもよい。

(3) 上記 (2) の場合、芯金部 9 - 1 , 9 - 2 の外径が、増肉部 3 - 1 , 3 - 2 の肉厚に応じて段階的または連続的に変化するものであってもよい。

(4) 上記 (1) ~ (3) のいずれか一項において、芯金部 9 - 1 , 9 - 2 のベース部 8 - 1 , 8 - 2 における、鋼管 6 の軸方向の両端面との当接部が、鋼管 6 の外側へ向けて傾斜して形成されていてもよい。

(5) 上記 (1) ~ (4) のいずれか一項において、前記中空管材が、自動車用の動力伝達系シャフト 1 であってもよい。

(6) 上記 (5) の場合、動力伝達系シャフト 1 が、ドライブシャフト、プロペラシャフトまたは左右のドライブシャフトに接続される動力伝達系シャフトであってもよい。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 6 0 】

以上説明の実施形態及び各種変形例によれば、例えば、ドライブシャフトやプロペラシャフト、さらには左右のドライブシャフトに接続される中空の動力伝達系シャフトを、一工程の型鍛造により安価に製造することができる。

【符号の説明】

【 0 0 6 1 】

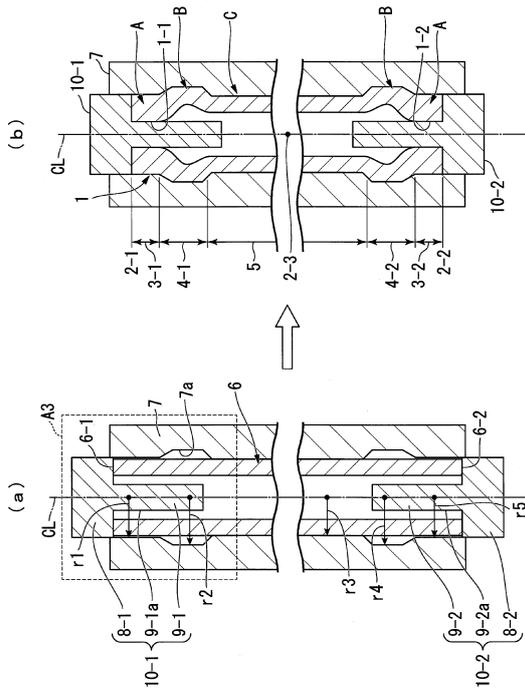
- 1 動力伝達系シャフト (中空管材)
- 1 - 1 , 1 - 2 両端部
- 3 - 1 , 3 - 2 増肉部
- 4 - 1 , 4 - 2 膨出部
- 5 中央部
- 6 鋼管
- 6 - 1 , 6 - 2 両端面
- 7 外金型
- 7 a 内面形状
- 8 - 1 , 8 - 2 ベース部 (加圧金型)
- 8 - 1 a , 8 - 2 a 当接部
- 9 - 1 , 9 - 2 芯金部

10

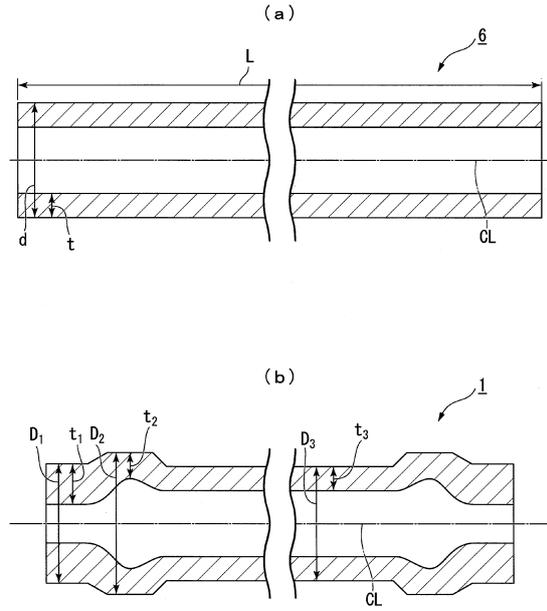
20

30

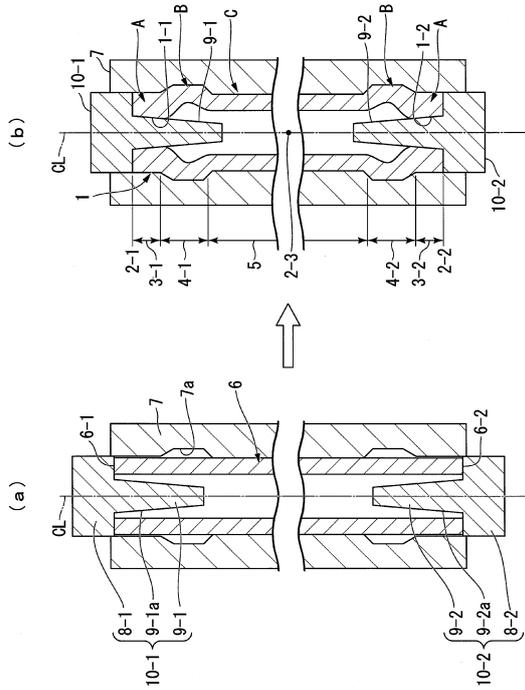
【 図 1 】



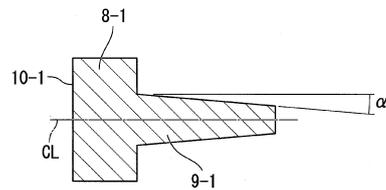
【 図 2 】



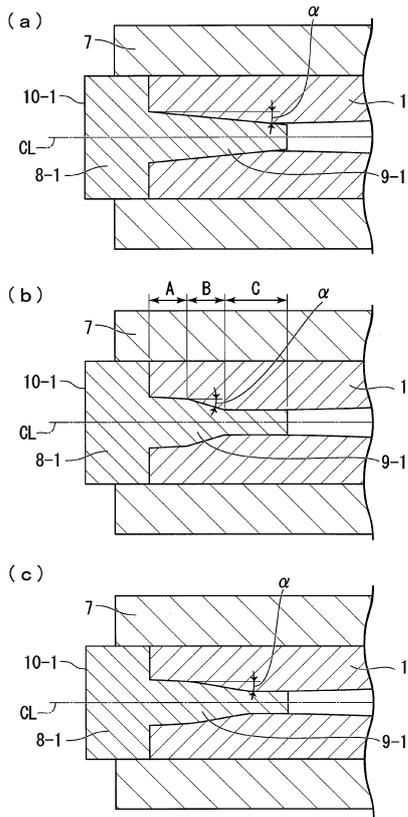
【 図 3 】



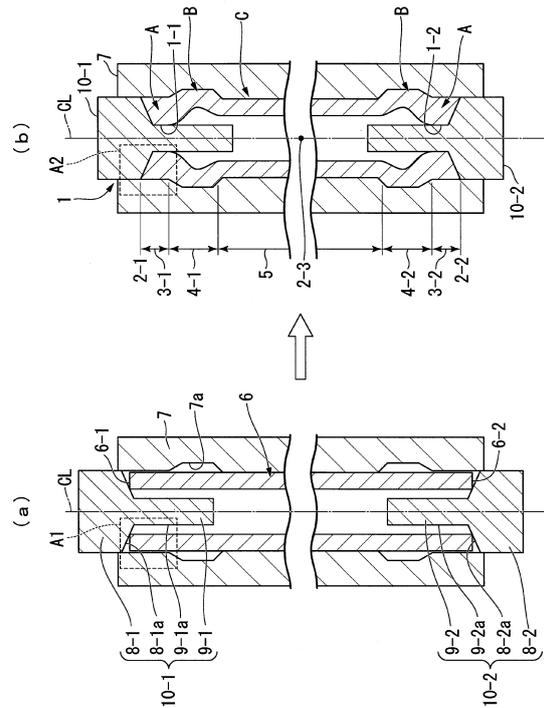
【 図 4 】



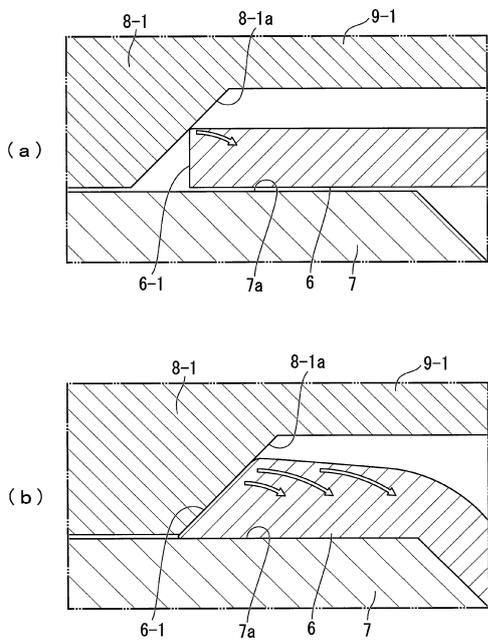
【図5】



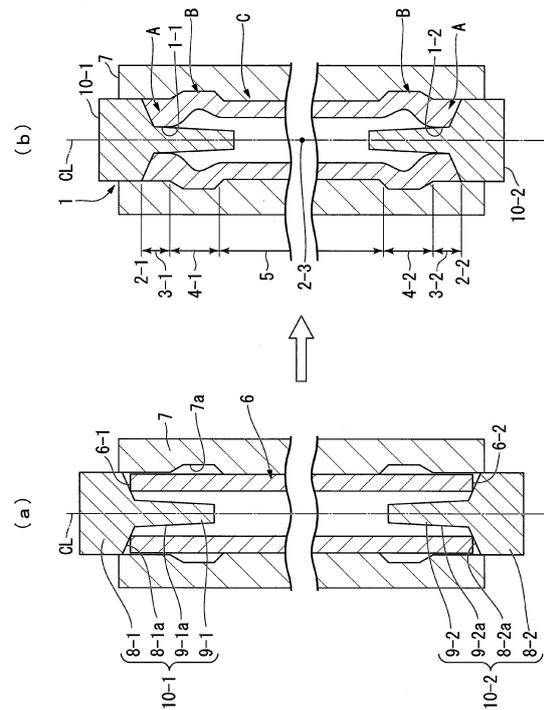
【図6】



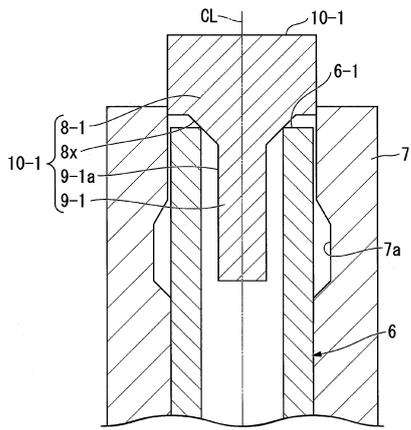
【図7】



【図8】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (72)発明者 吉田 博司
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内
- (72)発明者 水村 正昭
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内
- (72)発明者 森 康範
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内
- (72)発明者 窪田 紘明
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内

審査官 塩治 雅也

- (56)参考文献 特開平08-243680(JP,A)
特開2007-283399(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B21J 1/00 - 13/14
B21J 17/00 - 19/04
B21K 1/00 - 31/00
F16C 3/02