(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4879596号
(P4879596)

(45)発行日　平成24年2月22日(2012.2.22)　(24)登録日　平成23年12月9日(2011.12.9)

(51)Int.Cl.		F I		
B21D 26/035	(2011.01)	B21D	26/02	281
B21D 28/28	(2006.01)	B21D	28/28	
B21D 53/88	(2006.01)	B21D	53/88	Z

請求項の数 10　(全 29 頁)

(21)出願番号　特願2006-25296(P2006-25296)
(22)出願日　平成18年2月2日(2006.2.2)
(65)公開番号　特開2006-255785(P2006-255785A)
(43)公開日　平成18年9月28日(2006.9.28)
審査請求日　平成21年1月8日(2009.1.8)
(31)優先権主張番号　特願2005-37851(P2005-37851)
(32)優先日　平成17年2月15日(2005.2.15)
(33)優先権主張国　日本国(JP)
(31)優先権主張番号　特願2005-40175(P2005-40175)
(32)優先日　平成17年2月17日(2005.2.17)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000004204
日本精工株式会社
東京都品川区大崎１丁目６番３号
(73)特許権者　302066629
ＮＳＫステアリングシステムズ株式会社
東京都品川区大崎１丁目６番３号
(73)特許権者　000002118
住友金属工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜４丁目５番３３号
(73)特許権者　000229612
住友鋼管株式会社
茨城県鹿嶋市大字光３番地５号
(74)代理人　100087457
弁理士　小山　武男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】通孔を有する金属製部材の製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
金属製で、少なくとも一部が板状とされた部材の一部で、この板状とされた部分の厚さに差がある肉厚不均一部分に通孔を、この肉厚不均一部分を貫通する状態で設ける為に、この肉厚不均一部分の片面を金型に当接させた状態でこの肉厚不均一部分の他面に液圧を加えつつ、この肉厚不均一部分の一部で上記金型に設けた抜き孔に対応する部分をこの抜き孔に押し込む、ハイドロピアシングを施す際に、上記金型の抜き孔に挿入されるスライド工具として、剪断加工を施される材料の肉厚分布に応じて、先端面が肉厚の小さい側で金型の内側方向へ突出し、肉厚の大きい側で金型の外側方向へ窪んだ形状を有するスライド工具を使用する事により、形成すべき上記通孔の周縁全体で剪断現象を同時に終了させる事を特徴とする、通孔を有する金属製部材の製造方法。
【請求項２】
金属製で、少なくとも一部が板状とされた部材の一部で、この板状とされた部分の厚さに差がある肉厚不均一部分に通孔を、この肉厚不均一部分を貫通する状態で設ける為に、この肉厚不均一部分の片面を金型に当接させた状態でこの肉厚不均一部分の他面に液圧を加えつつ、この肉厚不均一部分の一部で上記金型に設けた抜き孔に対応する部分をこの抜き孔に押し込む、ハイドロピアシングを施す際に、上記金型として、上記抜き孔の周縁部である刃先部分の断面形状の曲率半径が、この刃先部分が剪断加工を施される材料の肉厚分布に応じて、肉厚の大きい側で小さく、肉厚の小さい側で大きく形成された金型を使用する事により、形成すべき上記通孔の周縁全体で剪断現象を同時に終了させる事を特徴と

する、通孔を有する金属製部材の製造方法。
【請求項３】
金型として、抜き孔の周縁部である刃先部分の断面形状の曲率半径が、この刃先部分が剪断加工を施される材料の肉厚分布に応じて、肉厚の大きい側で小さく、肉厚の小さい側で大きく形成された金型を使用する、請求項１に記載した通孔を有する金属製部材の製造方法。
【請求項４】
金型に設けた、通孔に見合う形状及び大きさを有する抜き孔の内側に、肉厚不均一部分のうちで板厚が小さい部分が同じく厚い部分に比べてこの肉厚不均一部分の側に向けて突出している先端面を有するスライド工具を挿入すると共に、上記金型の内面を上記肉厚不均一部分の片面に突き当てた状態でこの肉厚不均一部分の他面に液圧を加えつつ、上記スライド工具をこの肉厚不均一部分から退避する方向に変位させて、この肉厚不均一部分の一部で上記抜き孔に対応する部分を、上記液圧によりこの抜き孔に押し込む、請求項１～３のうちの何れか１項に記載した通孔を有する金属製部材の製造方法。
【請求項５】
スライド工具の先端面のうちで最も突出した部分を金型の内面と一致する部分に位置させる事によりこの先端面を肉厚不均一部分の片面に、この肉厚不均一部分のうちで板厚が小さい側で当接させ、同じく大きい側で隙間を介して対向させた状態から上記スライド工具を抜き孔の内側で上記肉厚不均一部分から退避させる方向に変位させる事により通孔を形成する、請求項１と、請求項３と、請求項１又は請求項３を引用した請求項４とのうちの何れか１項に記載した通孔を有する金属製部材の製造方法。
【請求項６】
スライド工具の先端面のうちで最も突出した部分を金型の内面から突出させ、最も突出していない部分をこの内面と一致若しくはこの内面よりも凹んだ部分に位置させると共に、上記先端面を上記スライド工具の先端部に倣って屈曲した肉厚不均一部分の片面に当接させた状態から、このスライド工具を抜き孔の内側で上記肉厚不均一部分から退避させる方向に変位させる事により通孔を形成する、請求項１と、請求項３と、請求項１又は請求項３を引用した請求項４とのうちの何れか１項に記載した通孔を有する金属製部材の製造方法。
【請求項７】
肉厚不均一部分の一部で板厚が漸次変化している部分が、ハイドロフォーム工法により素材の一部を膨らませて成る膨出部の側壁である、請求項１～６のうちの何れか１項に記載した通孔を有する金属製部材の製造方法。
【請求項８】
金属製部材が、中空管の一部をハイドロフォーム工法により径方向外方に膨らませ、この膨らませて成る膨出部の側壁部に通孔を形成したステアリングコラムであり、この膨出部の加工作業に続いてこの通孔の形成作業を行なう、請求項７に記載した通孔を有する金属製部材の製造方法。
【請求項９】
中空管の中心軸を含み、膨出部が膨出している方向と直角方向に拡がる仮想平面を考えた場合に、通孔全体を、この仮想平面から上記膨出している方向に外れた位置に形成する、請求項８に記載した通孔を有する金属製部材の製造方法。
【請求項１０】
膨らませた部分と膨らませていない部分とが、傾斜部又は段差部を介して連続しており、通孔のうちの少なくとも一部を、この傾斜部又は段差部に形成する、請求項８～９のうちの何れか１項に記載した通孔を有する金属製部材の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
この発明は、例えば中空管状の素材の軸方向中間部にハイドロフォーム工法により膨出

部を形成した後、この膨出部の側壁部に通孔を形成する事により、この膨出部をコラムブラケットとする、ステアリングコラムの製造方法として利用できる。或いは、自動車用ボディーを構成する金属板をハイドロフォーム工法により加工した後、この金属板の一部に、ドアノブ、方向指示器等を装着する為の取付孔を形成する場合にも利用できる。

要するに、本発明の製造方法の対象となる金属製部材は、金属板製の部材を含み、上記通孔が形成されている部分が板状（平板状、曲板状を含む）である金属製部材を言う。平板状の金属板を加工して成る金属板製部材は勿論、電縫管、押し出し管等で、管壁部分に通孔を形成した金属管も含む。

【背景技術】

【０００２】

自動車用操舵装置を構成するステアリングコラムのうち、チルト式ステアリング装置と呼ばれるステアリングホイールの高さ位置調節装置、或いはテレスコピックステアリング装置と呼ばれるステアリングホイールの前後位置調節装置に組み込まれるステアリングコラムの軸方向中間部には、コラムブラケットと呼ばれるブラケットを固定する必要がある。従来一般的には、この様なコラムブラケットを、ステアリングコラムと別体に形成したものを、後からこのステアリングコラムに溶接固定する様にしていた。これに対して特許文献１には、図１５～１６に示す様に、ステアリングコラム１を構成する金属製の中空管の軸方向中間部を径方向外方に膨らませ、この膨らませた部分をコラムブラケット２とする構造が記載されている。この様な構造を採用する事により、部品点数が少なく、軽量で安価な自動車用操舵装置を実現できる。

【０００３】

上述の様なコラムブラケット２を一体に設けたステアリングコラム１を造る為には、ハイドロフォーム工法により、このステアリングコラム１を構成する（鋼板製或はアルミニウム合金製の）金属管３の内周面に液圧（例えば水圧）を加えて、この金属管３の一部を、図１５～１６に示す様に、径方向外方に膨出（塑性変形）させる。尚、上記ハイドロフォーム工法により上記金属管３の軸方向中間部を膨出させるには、例えば後述する図１９に示す様に、分割可能で、拡径して造るべき上記金属管３の外面形状に見合う内面形状を有する金型６内に、素材である中空部材１１（金属管）をセットする。そして、この中空部材１１の両端を、軸押し工具１９ａ、１９ｂにより塞ぎ、中空部材１１内に例えば１９６ＭＰａ（２０００kg/cm^2）程度の、高圧の液圧を付加する。この液圧付加により、上記中空部材１１の軸方向中間部を径方向外方に、金型６のキャビティの内面に密着するまで拡径して、この中空部材１１の軸方向中間部に膨出部７を形成する。この際、この膨出部７が薄肉になるのを防止する為に、上記中空部材１１を上記両軸押し工具１９ａ、１９ｂにより軸方向に圧縮し、上記膨出部７への材料供給を促す。

【０００４】

尚、上述の様に膨出させた部分を、更に図１８の（Ａ）→（Ｂ）に示す様に、更に膨出させる場合もある。この様にして、上記ステアリングコラム１の一部に形成した上記コラムブラケット２には、例えばチルトボルト４を挿通する為の通孔５、５を形成する必要がある。又、これら各通孔５、５は、上記金属管３の一部を塑性変形させて上記コラムブラケット２を形成した後に形成する必要がある。更に、テレスコピックステアリング装置を構成する場合には、上記各通孔５、５を、上記ステアリングコラム１の軸方向に長い長孔とする必要がある。

上述の様な、中空部材のうちでハイドロフォーム工法により膨らませた部分に通孔を形成する為の技術として従来から、特許文献２～３、非特許文献１に記載されている様なハイドロピアシング等が知られている。このうちの非特許文献１に記載された従来技術の３例に就いて、図１９により説明する。

【０００５】

先ず、この図１９の左端部に示した第１例の場合には、金型６内に設置した素材をハイドロフォーム工法により膨らませて膨出部７を形成する工程が完了した後、この膨出部７の内側に液圧を付与したまま、上記金型６の一部で通孔５を形成すべき部分に整合する位

置に設けたシリンダ孔８に嵌装した、先端面が上記膨出部７の外面に合致する形状とされたパンチ９を、上記膨出部７に向け押し付ける。そして、このパンチ９によりこの膨出部７の一部を打ち抜いて、上記通孔５とする。このパンチ９によりこの膨出部７の一部を打ち抜く事で生じた打ち抜き片１０は、この膨出部７を備えた中空部材１１の内部に残留する。

【０００６】

次に、図１９の中央部に示した第２例の場合には、金型６内に設置した素材をハイドロフォーム工法により膨らませて膨出部７を形成する工程が完了した後、この膨出部７の内側に液圧を付与したまま、上記金型６の一部で通孔５ａを形成すべき部分に整合する位置に設けたシリンダ孔８ａに嵌装した、先端面が一方向に傾斜したパンチ９ａを、上記膨出部７に向け押し付ける。そして、このパンチ９ａによりこの膨出部７の一部を突き破って、上記通孔５ａとする。この通孔５ａを形成する為に上記膨出部７の側壁を破る為の剪断乃至破断は、この通孔５ａの片側から開始されて他側に向け漸次進行するので、上記通孔５ａの加工に伴って生じる打ち抜き片１０ａは、この通孔５ａの加工完了後も、上記膨出部７の側壁に繋がったままの状態で残る。

【０００７】

更に、図１９の右端部に示した第３例の場合には、金型６内に設置した素材をハイドロフォーム工法により膨らませて膨出部７を形成する工程が完了した後、この膨出部７の内側に液圧を付与したまま、上記金型６の一部で通孔５ｂを形成すべき部分に整合する位置に設けた抜き孔１２に嵌装したスライド工具１３を、上記膨出部７から遠ざける方向に移動させる。この結果、それまで当接していた、これらスライド工具１３の先端面と膨出部７の外面とが離れる。この膨出部７の内面には、上記液圧が加わり続けている為、この膨出部７の側壁の一部で上記抜き孔１２に整合する部分は、バックアップを失う事に伴ってこの抜き孔１２内に強く押されて剪断乃至破断し、上記通孔５ｂが形成される。この結果生じた打ち抜き片１０ｂは、上記抜き孔１２内に捕集されるので、次の加工前に、上記スライド工具１３を前進させる等により取り除く。

【０００８】

上述の様な、非特許文献１に記載された３通りの従来技術のうち、図１９の左端部に示した第１例によると、通孔５を形成するのに伴って生じた打ち抜き片１０が中空部材１１の内部に残留する。この為、上記通孔５を形成した後、この打ち抜き片１０をこの中空部材１１から取り出す必要がある。ところが、この打ち抜き片１０の大きさに比べてこの中空部材１１の端部開口が狭かったり、或は、この中空部材１１が複雑な形状を有する等の場合には、この中空部材１１の内部から上記打ち抜き片１０を取り出す事が不可能若しくは困難になる可能性がある。又、上記第１例の場合には、上記通孔５を形成すべく、上記膨出部７の外周面を前記パンチ９により強く押圧するのに伴って、この膨出部７のうちで上記通孔５の周囲部分が、上記中空部材１１の径方向内方に変形する（だれる）。この為、加工完了後に於ける、この周囲部分の形状精度及び寸法精度を確保する事が難しくなる。

【０００９】

次に、図１９の中央部に示した第２例によると、加工後の通孔５ａの形状及び寸法を、所望通り正確に規制する事が難しい。特に、打ち抜き片１０ａの基端部が繋がった状態となる、膨出部７の側壁の一部で上記通孔５ａの一端部（図１９の左端部）は、この側壁の一部が曲げ変形された状態のまま残る為、曲げ変形の分だけこの側壁がだれて変形する。これに対して、上記通孔５ａの中間部乃至他端部（図１９の右端部）では、上記側壁が前記パンチ９ａにより径方向内方に強く押される事で上記膨出部７の内方に変形する。この結果、何れの部分でも、上記通孔５ａの形状及び寸法に関する精度を確保する事が難しい。又、打ち抜き片１０ａが、膨出部７の内面から径方向内方に突出した状態で残る為、中空部材１１の用途によっては、上記打ち抜き片１０ａが邪魔になる可能性もある。

【００１０】

これらの事を考慮した場合には、図１９の右端部に示した第３例により、中空部材１１

の膨出部７に通孔５ｂを形成する事が好ましい。この様な事情を考慮して、前述の図１５に示す様な、コラムブラケット２を一体に設けたステアリングコラム１を造る為に先に考えた方法に就いて、図２０～２３により説明する。この先に考えた方法では、先ず、図２０に示す様に、素材であり、板厚がT_1である金属管３を、金型６ａ内の所定位置に配置する。この金型６ａは、図２１に示す様に、１対の金型素子１５、１５を最中状に突き合わせて成るもので、その内部には、上記金属管３の両端部及び中間部のうちの周方向片半部をほぼ隙間なく内嵌できる円孔部１６と、この円孔部１６の中間部から径方向外方に突出した凹部１７とを備える。この凹部１７の内面形状は、形成すべき上記膨出部７の外面形状と一致する。又、上記両金型素子１５、１５の一部で、上記円孔部１６の中心軸よりも上記凹部１７に向けこの円孔部１６の径方向外方にずれた、互いに整合する位置に、それぞれ抜き孔１２ａ、１２ａを設けている。そして、これら各抜き孔１２ａ、１２ａ内にスライド工具１３ａ、１３ａを、それぞれ上記凹部１７に対する進退を可能として、密に内嵌している。

【００１１】

上記コラムブラケット２を一体に設けたステアリングコラム１を造る場合には、先ず、図２０～２１に示す様に、上記両金型素子１５、１５により上記金属管３を挟持する様にして、この金属管３を上記円孔部１６に内嵌する。この状態で、この金属管３の中間部の円周方向片半部が、上記凹部１７に対向する。次いで、この金属管３の軸方向両端縁を軸押し工具１９、１９により互いに近づく方向に押圧しつつ、この金属管３の内側に液圧（一般的には水圧）を導入する。この液圧の導入は、例えば、一方又は双方の軸押し工具１９、１９の中心孔１８、１８を通じて行なう。又、この様にして行なう、上記液圧導入の初期段階では、上記両スライド工具１３ａ、１３ａの先端面２０、２０と、上記凹部１７の内面とを一致させておく。

【００１２】

この様にして上記金属管３の内部に液圧を導入し、且つ、上記両軸押し工具１９、１９を互いに近づく方向に移動させると、上記金属管３の軸方向中間部の円周方向片半部が、上記凹部１７に向けて膨出する。即ち、この金属管３の内周面に径方向外方に向いた強い力を加えつつ、この金属管３を軸方向に圧縮する力を付与する事で、この金属管３が、図２２～２３に示す様に、前記金型６ａの内面形状に沿った形状、即ち、中間部の円周方向片半部に径方向外方に突出した膨出部７ａを有する形状に加工される。

【００１３】

この様に膨出部７ａが形成された状態から、上記両スライド工具１３ａ、１３ａを、形成された直後のこの膨出部７ａの側壁１４、１４から退避させれば、これら両側壁１４、１４の一部で上記両抜き孔１２ａ、１２ａに整合する部分が、上記膨出部７ａの内側に存在する液圧に押されてこれら両抜き孔１２ａ、１２ａ内に押し込まれ、当該部分に通孔５ｃ、５ｃが形成される。

【００１４】

上述の様に、上記金属管３の一部にハイドロフォーム工法により膨出部７ａを形成する技術と、前述の図１９の右端部に示した従来技術の第３例とを組み合わせれば、上記膨出部７ａの一部に通孔５ｃ、５ｃを効率良く形成できる可能性があるものと考えられる。ところが、上記両技術を単に組み合わせただけでは、上記通孔５ｃ、５ｃを必ずしも安定して形成できない事が、本発明者の研究により分かった。この原因に就いて、図２２～２３に図２４～２５を加えて説明する。

【００１５】

上記金属管３の一部にハイドロフォーム工法により膨出部７ａを形成した場合、この膨出部７ａに対応する部分で、上記金属管３を構成する金属板が面方向に引き伸ばされるので、この金属管３を軸方向に圧縮してこの膨出部７ａに材料の供給を促しているとは言え、上記金属板が、元々の板厚T_1（図２０参照）よりも小さくなる。そして、この様に板厚が小さくなる程度は、上記膨出部７ａのうちでも差を生じる。具体的には、この膨出部７ａの基部（図２２～２３の下部）から離れる程材料の供給量が減少する為、この基部寄

り部分では板厚が小さくなる程度が低く、先端部（図２２～２３の上部）に向かう程板厚が小さくなる程度が著しくなる。更に、この先端部のうちでも、曲率が大きくなった（曲率半径が小さくなった）、図２３の左右両隅角部及びその近傍は、板厚が小さくなる程度が著しくなる。

【００１６】

そして、前記両側壁１４、１４のうちで上記両通孔５ｃ、５ｃを形成すべき部分の板厚は、これら両通孔５ｃ、５ｃの幅方向（図２２～２５の上下方向）に関して不均一な（漸次変化する）状態となる。具体的には、上記両側壁１４、１４のうちで上記両通孔５ｃ、５ｃを形成すべき部分の断面形状がくさび形となる。そして、これら両通孔５ｃ、５ｃの幅方向両端縁部分での上記両側壁１４、１４の板厚T_2、T_3（図２４参照）が、上記膨出部７ａの基端寄りで大きく、同じく先端寄りで小さく（$T_2 > T_3$）なる。

【００１７】

上記膨出部７ａを形成する際には、上記金属管３の内部に導入する液圧の昇圧パターンと、前記軸押し工具１９、１９を前進させるパターン（軸押しパターン）とを適切に設定する。即ち、軸押し量の増加に対して液圧の上昇が速い場合には、膨出部の減肉が著しくなり、割れが発生する可能性が高くなる。反対に、液圧の上昇に対して軸押し量の増加が先行した場合には、材料の座屈が発生し易くなる。一般的には、座屈が発生しない範囲で軸押しを先行し、最終的な軸押し量を多く設定した方が、上記両端縁部分での板厚T_2、T_3の差を小さくし、且つ、元々の板厚T_1との差も小さくできる。図１９の右端部に示した、外抜きのハイドロピアシングとして、前記非特許文献１に記載された、通常の加工方法を採用する場合、上記各部の板厚T_1、T_2、T_3のうち、上記両端縁部分の板厚T_2、T_3の差が、板厚が大きい側から見て、５％以内、更に好ましくは３％以内である事が、上記両通孔５ｃ、５ｃを形成する面からは好ましい。但し、製品形状の非対称性が著しい場合には、軸押しパターンや液圧の昇圧パターンを調整しても、板厚の不均一を十分に解消する事ができず、特に、図２０～２３に示す様に、金属管３の片側にのみ膨出部７ａを形成する場合には、上述の様に、通孔５ｃ、５ｃを形成すべき側壁１４、１４の板厚が不均一な状態となる。言い換えれば、上記両端縁部分の板厚T_2、T_3の差が、板厚が大きい側から見て、３％、更には５％を越える様な場合も生じる。

【００１８】

この様に、通孔５ｃ、５ｃを形成すべき側壁１４、１４の板厚が不均一となるにも拘らず、図２１、２３～２５に示す様に、先端面２０、２０がこれら両側壁１４、１４と平行な平坦面であるスライド工具１３ａ、１３ａを使用した場合、上記通孔５ｃ、５ｃを安定して形成する事が難しい。即ち、その先端面２０、２０が上述の様な単純な形状であるスライド工具１３ａ、１３ａを使用した場合、通孔の形状が、楕円形や長円形等、複雑であったり、単純な円孔であっても、開口面積が大きい通孔を加工する場合には、打ち抜き片が通孔となるべき部分から完全に抜けきらず、この打ち抜き片が素材と部分的に繋がれた状態のままになり易い。特に、上記側壁１４、１４に上記通孔５ｃ、５ｃを形成する場合の様に、板厚が不均一な部分に通孔を形成する場合には、上述の様な問題を生じ易い。

【００１９】

即ち、上記両端縁部分の板厚T_2、T_3に５％を越える様な差が存在するにも拘らず、上述の様に先端面２０が平坦なスライド工具１３ａにより上記通孔５ｃを形成しようとした場合、このスライド工具１３ａが後退し始めるのとほぼ同時に、上記側壁１４の一部で抜き孔１２ａに対向する部分が、この抜き孔１２ａ内に向けて変形（剪断）し始める。そして、上記スライド工具１３ａが或る程度後退した時点で、上記側壁１４の一部で抜き孔１２ａに対向する部分のうちで板厚T_3が小さい部分が、同じく板厚T_2が大きい部分に先立って破断する。この結果、図２５に示す様に、上記側壁１４の一部で抜き孔１２ａに対向する部分のうちの板厚T_2が大きい部分が上記側壁１４と繋がった状態のまま、抜き取るべき部分の両側に、同じ液圧が存在する状態となる。即ち、金属管３の内部の液圧が破断個所から抜けてしまう。この結果、それ以上いくら上記スライド工具１３ａを後退させても、上記板厚T_2が大きく上記側壁１４と繋がった部分の剪断は進行せず、上記通孔

５ｃを形成できなくなってしまう。この様に、抜き取るべき部分の一部が側壁１４と繋がったままの状態となる現象は、通孔を形成すべき部分の肉厚の差が大きい程、又、この通孔の形状が丸孔の場合よりも長孔と言った様に、形状が複雑化する程、著しくなる。

【００２０】

尚、前述の図１９に示した様な、従来から知られているハイドロピアシングの場合には、膨出部７が中空部材１１の中心軸に関して対称（或いはほぼ対称）な形状であり、通孔を形成すべき部分の管壁の肉厚が全周でほぼ均一である為、抜き取るべき部分を径方向外側に取り出す、所謂外抜きの場合も、通孔を形成できる。但し、前記ステアリングコラム１のコラムブラケット２の場合には、通孔を形成すべき部分の管壁の肉厚を均一にする事が難しい事は、前述した通りである。又、図１９の左部及び中央部に記載した孔あけ方法の場合には、通孔を形成すべき部分の肉厚が不均一であっても、この通孔の形成自体は可能であるが、前述した様な問題がある。

尚、前記特許文献２、３に記載された方法は、全体の工程が複雑で、コストが嵩む事が避けられない。従って、図２０～２３に示した様な、膨出部７ａの加工と通孔５ｃ、５ｃの形成作業とを連続して能率良く行なう事で、コスト低減を図れる工法の代わりにはならない。

【００２１】

【特許文献１】特開平８－２７６８５２号公報

【特許文献２】特開平６－２９２９２９号公報

【特許文献３】特開２００１－３１４９２６号公報

【非特許文献１】Frank-Ulrich LEITLOFF/Steffen GEISWEID著、「自動車産業におけるチューブハイドロフォーミング技術の適用」、Journal of the JSTP vol.39 no.453(1998-10)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００２２】

本発明は、上述の様な事情に鑑みて、金属製で、少なくとも一部が板状とされた部材の一部で、この板状とされた部分の板厚に差がある肉厚不均一部分に通孔を形成する作業を、安定してしかも低コストで行なえる製造方法を実現すべく発明したものである。

【課題を解決するための手段】

【００２３】

本発明の製造方法の対象となる通孔を有する金属製部材は、金属製で、少なくとも一部が板状とされた部材の一部で、この板状とされた部分の厚さに差がある肉厚不均一部分に通孔を、この部分を貫通する状態で設けている。

この通孔は、上記肉厚不均一部分の片面を金型に当接させた状態でこの肉厚不均一部分の他面に液圧を加えつつ、この肉厚不均一部分の一部で上記金型に設けた抜き孔に対応する部分をこの抜き孔に押し込む、ハイドロピアシングにより形成されたものである。

このハイドロピアシングは、形成すべき上記通孔の周縁全体で剪断現象を同時に終了させる事で行なう。

【００２４】

この為に、請求項１に記載した発明の場合には、金型の抜き孔に挿入されるスライド工具として、剪断加工を施される材料の肉厚分布に応じて、先端面が、肉厚の小さい側で金型の内側方向へ突出し、肉厚の大きい側で金型の外側方向へ窪んだ形状を有するスライド工具を使用する。そして、請求項４に記載した発明の様に、上記金型の内面を上記肉厚不均一部分の片面に突き当てた状態でこの肉厚不均一部分の他面に液圧を加えつつ、上記スライド工具をこの肉厚不均一部分から退避する方向に変位させて、この肉厚不均一部分の一部で上記抜き孔に対応する部分を、上記液圧によりこの抜き孔に押し込む。

或いは、請求項２に記載した発明の様に、金型の抜き孔の周縁部である刃先部分の断面形状の曲率半径が、この刃先部分が剪断加工を施される材料の肉厚分布に応じて、肉厚の大きい側で小さく、肉厚の小さい側で大きく形成された金型を使用する。

更に、請求項３に記載した発明の様に、上述した請求項１に記載した発明と請求項２に記載した発明とを同時に実施する事もできる。

何れの場合でも、上記肉厚不均一部分のうちで上記抜き孔の周縁全体に対応する部分に剪断応力を発生させ、この部分に剪断現象を発生させ、更にこの剪断現象を同時に破断に結び付けて、上記抜き孔に整合する部分に上記通孔を形成する。

【００２５】

この点に就いて、図１を参照しつつ説明する。この図１の（Ａ）～（Ｃ）は、ハイドロピアシングによる剪断加工で、金属製部材の一部で板状の部分（以下、「金属板２５」とする）の一部に通孔を形成する状態を段階的に示す断面図である。前述した、所謂外抜きのハイドロピアシングは、基本的には、金型６に設けられた抜き孔１２の周縁部である刃先部分による剪断加工であり、この剪断加工をより詳細に見ると、次の通りである。先ず、図１の（Ａ）に示す様に、金型６の抜き孔１２からスライド工具１３を外側へ移動させ始めた段階で、スライド工具１３の退避によって生じた凹部に金属板２５の一部が進入し、この部分が凸状に塑性変形する。

【００２６】

この塑性変形が発生した後も、上記スライド工具１３の移動（退避）を継続すると、図１の（Ｂ）に示す様に、上記抜き孔１２の周縁部に設けた刃先部分２６により、上記金属板２５の一部片面（外面、図１の右面）側で、剪断面２７が形成され始める。そして、この剪断面２７の加工が或る程度進行した段階で、図１の（Ｃ）に示す様に、この剪断面２７から発生したクラック２８（亀裂）が、上記金属板２５の他面（図１の左面）側にまで貫通し、切れ残っていたこの金属板２５が瞬時に破断し、剪断加工が終了する。この結果生じた打ち抜き片１０は、この金属板２５の片面側へ排出される。この金属板２５の外面、即ち、製品の表面には、図１の（Ｃ）に示す様に、だれ等の不具合部分が発生しない。

【００２７】

外抜きのハイドロピアシングによる剪断加工は、上述した様に、塑性変形と剪断加工と破断とが複合したものとなるが、本発明の場合には、このうちの剪断加工開始のタイミングを肉厚分布に応じて調整する事で、この板厚分布に拘らず、上記外抜きのハイドロピアシングによる通孔の形成を可能にしている。尚、本件の特許請求の範囲及び明細書では、上記図１の（Ｂ）に示した剪断面２７の形成が始まる時点を「剪断加工開始のタイミング」とし、同じく（Ｃ）に示したクラック２８が金属板２５の厚さ方向に貫通して破断が終了し、材料が完全に分離する時点を「破断に至るクラック発生のタイミング」（剪断現象終了のタイミング）とする。

【００２８】

上述の様な本発明に対して、上記金属板２５のうちの肉厚不均一部分に通孔を形成すべく、この部分に、前述の図１９の右端部に示した様な外抜きのハイドロピアシングを、特に工夫する事なく施すと、形成すべき通孔の周囲のうちの最も肉厚が薄い部分で先に剪断現象が終了し、この部分でクラック２８が上記金属板２５の厚さ方向に貫通する。この局部的な剪断現象終了により、前述の図２５により説明した通り、圧抜けが起こり、以後の剪断加工が進まなくなって、この図２５に示す様な切れ残りが生じる。この為従来は、前述した通り、肉厚不均一部分に通孔を形成する為に、外抜きのハイドロピアシングを適用できなかった。これに対して本発明の場合には、肉厚不均一部分であっても、その肉厚分布に応じて剪断加工開始のタイミングを変えるので、肉厚が小さい部分の剪断現象が部分的に破断にまで先行し、この肉厚が小さい部分の剪断現象が肉厚が大きい部分よりも明らかに先に終了する事態を回避できる。具体的には、肉厚が小さい部分に比べて肉厚が大きい部分で、例えば剪断加工開始のタイミングを早くして、肉厚が小さい部分と大きい部分とで、剪断加工が終了して破断に至るクラック発生のタイミングを揃える（最後の破断を通孔の全周で同時に発生させる）。即ち、形成すべき通孔の全周で、剪断現象終了のタイミングを揃えて、切れ残りのない完全な外抜きハイドロピアシングを可能にする。

【００２９】

上述の様な本発明を実施するのに好都合な事は、必ずしも、肉厚分布に応じて剪断加工

開始のタイミングを、厳密に管理する必要はない点である。即ち、上記通孔を形成する際に、上記通孔の周縁部に対応する部分で生じる剪断現象の最後は、クラックの貫通による破断であり、この破断は、通孔の周縁部に或る程度剪断現象が進行していれば、この周縁部に沿って伝播する。従って、剪断代の残量が或る程度の精度で揃う（一部でクラックが発生する瞬間に、残部で剪断が或る程度以上進行している）様に、上記剪断現象の進行のタイミングを調整すれば、剪断現象終了（クラック発生）のタイミングは、実用上揃う事になる。即ち、破断が上記通孔の周縁部で、全周に亙り同時に起こる程度に、上記剪断加工開始のタイミングの調整を行なえば足りる。しかも、このタイミングの調整は、例えばスライド工具の先端面の形状を変更する事により、比較的簡単に行なえる為、上記剪断加工開始のタイミングの調整は、上記クラック発生のタイミングを揃える面から、極めて現実的な対策である。

【００３０】

又、仮に剪断加工開始のタイミングが全周で同時であっても、形成すべき通孔の周縁で、破断に至るクラック発生のタイミングを肉厚分布に応じて調整し、肉厚の大きい部分で同じく小さい部分よりも早くクラックによる破断を発生させれば、全周に亙って同時に破断を終了させる事が可能となる。即ち、破断に至るクラック発生のタイミングを、金属板の肉厚分布に応じて調整する事によっても、形成すべき通孔の周縁の全周で、剪断現象終了のタイミングを揃える事ができて、外抜きのハイドロピアシングが可能になる。この対策は、例えば金型側の工夫、具体的には、請求項２に記載した発明の様に、金型の抜き孔の周縁部である刃先部分の断面形状の曲率半径を変える事により可能である。即ち、この刃先部分の断面形状の曲率半径が、剪断加工を施される材料の肉厚分布に応じて、肉厚の大きい側で小さく、肉厚の小さい側で大きく形成された金型を使用し、この肉厚の小さい側で、クラックによる破断の発生を遅らせる。この様にすれば、剪断加工開始のタイミングの調整を行なわなくても、剪断現象終了（クラック発生）のタイミングを揃える事ができる。尚、前述の請求項１に記載した発明の様に、スライド工具の先端部の形状の工夫と、上述した刃先部分の曲率半径の工夫とを組み合わせて、剪断現象終了のタイミングを揃える事も可能である。

【００３１】

尚、前者のスライド工具の先端部形状の工夫により上記破断を全周同時に発生させる技術は、剪断加工開始のタイミングの調整と、クラック発生のタイミングの調整との両方が組み合わさって、剪断現象終了のタイミングを揃える。これに対して、後者の刃先部分の曲率半径の工夫により上記破断を全周同時に発生させる技術は、主に破断に至るクラック発生のタイミングの調整により、剪断現象終了のタイミングを揃える。従って、形成すべき通孔の周縁部の全長に亙って剪断現象を同時に終了させるのに必要なタイミング差を得られる様に、材料の肉厚分布に応じて工具設計を行なう。例えば、肉厚の薄い部分で剪断開始のタイミングを遅くすべく、この部分に加工の初期段階で、剪断面に対し垂直方向の圧縮応力が付与される様にしたり、抜き孔の端縁部（刃先部分）の曲率半径を大きくする。一方、肉厚の厚い部分で剪断開始のタイミングを早くすべく、剪断開始そのものを早くしたり、この部分に加工の初期段階で引っ張り応力が付与される様にする。

【００３２】

本発明の製造方法の対象となる、通孔を有する金属製部材は、ハイドロフォーム工法（ハイドロフォーミング）と組み合わせる事が適切である事から、一般的には閉鎖断面を有する管状部材であるが、板状部材であっても良く、その形状は特に限定しない。管状部材の場合には、電縫管、シームレス管（押し出し成形管を含む）の何れでも良い。又、板状部材のうちで通孔を形成すべき部分は、平坦部に限らず、湾曲部であっても良い。例えば、車のボディー等の平板乃至は湾曲板にも、ハイドロフォーミング並びにハイドロピアシングを適用できる。この様な場合には、平板乃至は湾曲板を成形した後、そのまま続いて通孔を形成できるので、加工工程の簡略化を図れる。代表的な通孔を有する金属製部材は、例えば一体型コラムブラケットをもつステアリングコラム用アウターチューブであり、その一体型コラムブラケットは、例えばハイドロフォーミングにより形成する。又、通孔

を有する金属製部材に於ける肉厚不均一部分は、肉厚に差がある部分を言うが、その肉厚が連続的に変化する場合だけでなく、段階的に変化したり、連続的且つ段階的に変化する（連続的に変化する部分と段階的に変化する部分とが混在する）ものも含む。

【００３３】

金属製部材のうちで通孔を形成すべき部分（肉厚不均一部分）での肉厚の変化率（最小肉厚と最大肉厚との差）は、特に問わない。変化率の大小に関係なく、本発明は有効である。但し、肉厚の変化率が大きくなる程、一般的な外抜きのハイドロピアシングによっては通孔形成が困難になる事を考慮すると、肉厚の変化率が大きい程、本発明の有効性は大きくなる。即ち、３％以上の場合に本発明を実施する事が有効であり、５％以上の場合には更に有効である。

【００３４】

上記肉厚不均一部分は、様々な要因で形成される。前述した様なハイドロフォーミングによる膨出部の形成で生じるだけでなく、絞り加工、曲げ加工等の他の塑性加工でも生じる。更には、塑性加工以外でも生じる場合があるので、本発明の技術的範囲を画定する場合に、上記肉厚不均一部分が生じる要因は限定しない。同様に肉厚不均一部分の形状も、前述した通り、特に限定しない。例えば管を曲げ加工した場合、曲げの外周側が減肉し、曲げの内周側が増肉して肉厚差が発生する。この曲げ加工を施した素材にハイドロフォーミング加工を施し、平坦部を形成した場合にも、結果的に肉厚差が発生する。この様な原因で肉厚に差が生じた平坦面乃至湾曲面に通孔を形成する場合にも、本発明は有効である。更に、金属の種類も特に問わない。鋼等の鉄系合金、アルミニウム系合金、銅系合金等の非鉄合金は勿論、他の各種金属、合金であっても良い。

【発明の効果】

【００３５】

上述の様に構成する本発明の通孔を有する金属製部材の製造方法によれば、金属製で、少なくとも一部が板状とされた部材の一部で、この板状とされた部分の厚さに差がある肉厚不均一部分に通孔を形成する作業を、安定してしかも低コストで行なえる。

即ち、スライド工具の先端面の形状、或いは金型のうちで抜き孔の周縁部の形状を工夫する事で、上記板状とされた部材の一部の板厚が不均一である場合にも、抜き孔の両側縁同士の間で、この板厚の差を解消乃至は低減する事ができる。この為、上記スライド工具を上記肉厚不均一部分から退避させるのに伴って、この肉厚不均一部分のうちで上記抜き孔に対向する部分を、この抜き孔の全周に亙り裂断して、上記通孔を確実に形成できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００３６】

本発明のうちの請求項１に記載した発明を実施する場合に、例えば、請求項５に記載した発明の様に、スライド工具の先端面のうちで最も突出した部分を金型の内面と一致する部分に位置させる。そして、この先端面を肉厚不均一部分の片面に、この肉厚不均一部分のうちで板厚が小さい側で当接させ、同じく大きい側で隙間を介して対向させる。この状態から上記スライド工具を、抜き孔の内側で上記肉厚不均一部分から退避させる方向に変位させる事により、通孔を形成する。

【００３７】

この様に構成した場合には、上記スライド工具を退避させる以前の状態（スライド工具の先端面のうちで最も突出した部分を金型の内面と一致する部分に位置させた状態）で、上記肉厚不均一部分の一部で上記隙間に対向する部分、即ち、上記板厚が大きい側の部分が、この隙間内に少し押し込まれる。この結果、この板厚が大きい側の部分のうちで上記抜き孔の開口部一端縁に当接する部分で、他の部分よりも先に剪断加工が開始される。同時に、この部分の板厚が少し減少し、この部分の板厚と、上記板厚が小さい側部分のうちで上記抜き孔の開口部他端縁に対向する部分の板厚との差が、低減若しくは解消する。そこで、この状態から上記スライド工具を退避させれば、上記他の部分でも剪断加工が開始される。そして、上記肉厚不均一部分のうちで上記抜き孔に対向する部分が、この抜き孔の開口部周縁の全周に亙り破断してこの抜き孔内に押し込まれ、上記通孔が形成される。

【００３８】
或は、請求項６に記載した発明の様に、スライド工具の先端面のうちで最も突出した部分を金型の内面から突出させ、最も突出していない部分をこの内面と一致若しくはこの内面よりも凹んだ部分に位置させる。上記スライド工具の先端部をこの様な位置に配置した状態で、肉厚不均一部分の片面で上記スライド工具が対向している面と反対側の面に液圧を作用させて、この肉厚不均一部分をこのスライド工具の先端部に倣って屈曲させる。この状態でこのスライド工具の先端面が、この様に屈曲した上記肉厚不均一部分の片面に当接した状態となるので、この状態から、上記スライド工具を抜き孔の内側で上記肉厚不均一部分から退避させる方向に変位させる事で通孔を形成する。
【００３９】
この様に構成した場合には、上記肉厚不均一部分の片面に液圧を作用させる事で、この肉厚不均一部分の一部で通孔を形成すべき部分の両端縁に対応する部分のうち、板厚が小さくなった側の部分が、上記スライド工具を後退させて上記通孔を形成する際に変形する方向と逆方向に、比較的大きく変形する。これに対して、板厚が比較的大きい側の部分は、上記通孔を形成する際に変形する方向と逆方向には変形しないか、仮に変形した場合でもその変形量は僅少に留る。
【００４０】
肉厚不均一部分の一部で通孔を形成すべき部分のうちの両端縁に対応する部分の板厚に応じて、これら両部分の形状が上述の様になった状態から、上記スライド工具を抜き孔内で上記肉厚不均一部分から退避させると、この肉厚不均一部分のうちでこの抜き孔に整合する部分がこの抜き孔内に押し込まれる。この際、上記板厚が比較的大きい部分は、直ちにこの抜き孔内に押し込まれ始めて剪断加工が開始されるのに対して、上記板厚が小さくなった部分は、一度他の部分と平行になるまで変形してから、上記抜き孔内に押し込まれる。そして、上記板厚が小さくなった部分が一度他の部分と平行になるまで変形し、更に上記抜き孔内に押し込まれる過程で、この部分に圧縮応力が付加されて、この部分が破断しにくい（破断のタイミングが遅れる）状態となる。又、この部分の板厚が少し増大する。
【００４１】
この為、上記板厚が比較的大きい部分での剪断加工開始から破断に至るタイミングと、上記板厚が小さくなった部分での剪断加工開始から破断に至るタイミングとの間に、大きな差がなくなる。この結果、上記肉厚不均一部分のうちで上記抜き孔に対向する部分が、この抜き孔の周縁部の全周に亙って同時に破断しつつこの抜き孔内に押し込まれ、上記通孔が形成される。
【００４２】
本発明を実施する場合に、例えば請求項７に記載した発明の様に、肉厚不均一部分の一部で板厚が漸次変化している部分を、ハイドロフォーム工法により素材の一部を膨らませて成る膨出部の側壁とする。
この場合に、例えば請求項８に記載した発明の様に、金属製部材を、中空管の一部をハイドロフォーム工法により径方向外方に膨らませ、この膨らませて成る膨出部の側壁部に通孔を形成したステアリングコラムとする。そして、この膨出部の加工作業に続いてこの通孔の形成作業を行なう。
この様な形態で本発明を実施すれば、膨出部の形成と通孔の形成とを、素材を移し替える事なく連続して行なう事ができて、工程の簡素化による製造コストの低減を図れる。
又、この場合に例えば、請求項９に記載した様に、中空管の中心軸を含み、膨出部が膨出している方向と直角方向に拡がる仮想平面を考えた場合に、通孔全体を、この仮想平面から上記膨出している方向に外れた位置に形成する。
膨出部を構成する側壁部のうちで、この様な位置に存在する部分の板厚は漸次変化している。この為、この様な側壁部に本発明により通孔を形成する事は有効である。
【実施例１】
【００４３】

図２～５は、請求項１、４、５、７～９に対応する、本発明の実施例１を示している。尚、本実施例の特徴は、前述の図２０～２３に示した様なハイドロフォーム工法により金属管３の一部を径方向外方に塑性変形させて、前述の図１５～１６に示す様な膨出部７ａを形成した後、この膨出部７ａの側壁１４に通孔５ｃを形成する工程を工夫する事により、この通孔５ｃを確実に形成できる様にする点にある。上記膨出部７ａを形成する点に関しては、前述した通りであるから、重複する説明は省略若しくは簡略にし、以下、本実施例の特徴部分を中心に説明する。

【００４４】

本実施例の場合も、金型６ａを構成する金型素子１５の一部で、上記側壁１４のうちの上記通孔５ｃを形成すべき部分に、この通孔５ｃに見合う（実質的に合致する）形状（例えば長円形）を有する抜き孔１２ａを設けている。そして、この抜き孔１２ａ内に、上記通孔５ｃを形成する為のスライド工具１３ｂを、密に、且つ、上記側壁１４に対する進退を可能に嵌装している。本実施例に使用する、上記スライド工具１３ｂの先端面２０ａは、上記抜き孔１２ａ（或は通孔５ｃ）の幅方向（図２～５の上下方向）の片端部（図２～５の上端部）を、上記金型素子１５の内面と平行な平坦面２１とし、中間部乃至他端部（図２～５の下端部）を、この平坦面２１から離れるに従って上記側壁１４から離れる方向に傾斜した傾斜面２２としている。上記金属管３の一部に上記膨出部７ａを形成する為のハイドロフォーム工程時には、上記スライド工具１３ｂを上記抜き孔１２ａ内で前進させ、上記平坦面２１を上記金型素子１５の内面と同一平面上に位置させておく。従って、上記スライド工具１３ｂの先端面２０ａのうちで上記傾斜面２２に対応する部分は、上記金型素子１５の内面よりも凹んだ状態となる。

【００４５】

上記スライド工具１３ｂを、上述の様に前進させた状態で、上記金属管３の内部に液圧を導入すると共に、この金属管３を軸方向に圧縮する方向の力を加えつつ、上記膨出部７ａを形成する。この場合に、この膨出部７ａの側壁１４の板厚が、図２～５の上方程小さくなる事は、前述した通りである。本実施例の場合、上記膨出部７ａの加工に伴って、この膨出部７ａの側壁１４の一部で、上記傾斜面２２に対向する部分が、図２に示す様に、これら側壁１４と傾斜面２２との間に存在する隙間２３内に少し入り込む。そして、この様に隙間２３内に入り込んだ部分に、剪断面に対し垂直方向の引っ張り応力が加わると共に、上記側壁１４の一部で上記抜き孔１２ａの周縁部に存在する刃先部分２６に突き当たる部分に剪断応力が加わる。

【００４６】

即ち、上記隙間２３に対向する部分の両端縁部のうち、上記平坦面２１と上記傾斜面２２との連続部に対向する側（図２の上側）には、若干の剪断面に対し垂直方向の引っ張り方向の応力に加えて曲げ応力が加わり、上記側壁１４の一部が折れ曲がる。これに対して、上記抜き孔１２ａの開口周縁部に存在する上記刃先部分２６に対向する側（図２の下側）には、この刃先部分２６と液圧とにより、剪断応力が加わり、この部分で剪断加工が開始される。同時に、この部分の板厚T_4が、上記隙間２３が存在しない状態の板厚T_2（図２４参照）に比べて小さく（$T_4 < T_2$）なる。

【００４７】

一方、上記抜き孔１２ａの幅方向両端縁に対向する上記側壁１４のうち、上記平坦面２１と前記金型素子１５の内面との連続部に対応する部分は、図２に示した状態では未だ剪断加工が開始されておらず、この部分の板厚T_3に関しても、前述の図２０～２３に示した様なハイドロフォーム工法により、金属管３の一部を径方向外方に塑性変形させて膨出部７ａを形成しただけの状態と変わらない。即ち、上記部分の板厚T_3は、本実施例のスライド工具１３ｂを使用する事で、特に減少する事はない。

【００４８】

この様に本実施例の場合には、スライド工具１３ｂの先端面２０ａの形状を工夫し、ハイドロフォーム工程を実施する際にこの先端面２０ａの位置を適切に規制しているので、上記側壁１４の一部で抜き孔１２ａに対向している部分のうち、板厚が大きな側（図２の

下側）から先に剪断加工が開始される。又、上記側壁１４のうちで、上記抜き孔１２ａの幅方向両端縁部に位置する部分の板厚T_4、T_3の差を小さく抑えられる。即ち、ハイドロフォーム工程の終了時に比較的大きな部分の板厚を（T_2から）低減させてT_4とし、同じく比較的小さな部分の板厚を低減させずにT_3のままとする為、上記幅方向両端縁部の板厚T_4、T_3をほぼ等しく（T_4　T_3）できる他、剪断加工終了のタイミングを揃え易く（同時に終了させ易く）できる。

【００４９】

そこで、図３に示す様に、上記スライド工具１３ｂを上記抜き孔１２ａ内で後退を開始させる。この後退開始により、上記側壁１４の一部で抜き孔１２ａに対向している部分のうち、板厚が小さな側（図３の上側）でも剪断加工が開始される。この状態から、上記スライド工具１３ｂを、図４に示す様に更に後退させると、上記側壁１４の一部で抜き孔１２ａに対向している部分の全周（板厚が大きい側及び小さい側並びにその間部分）で剪断加工が進行する。そして、この剪断加工の進行に伴って、上記側壁１４の一部で抜き孔１２ａに対向している部分の全周で、ほぼ同時に、前述の図１の（Ｃ）に示す様なクラックが発生する。

【００５０】

この結果、上記抜き孔１２ａに対向している部分が、図５に示す様に、上記側壁１４の内側部分に存在する液圧により打ち抜かれて打ち抜き片１０ｃとなり、上記抜き孔１２ａ内に押し込まれる。この際、上記抜き孔１２ａに対向する部分の周縁部が剪断加工から破断に至るが、この破断は、上述の様に板厚が大きい部分から先に剪断加工を開始している事と、この部分の周縁部の板厚T_4、T_3が全周に亙ってほぼ等しく（T_4　T_3）、この部分の剪断加工終了のタイミングを揃え易い事とにより、上記周縁部の全周に亙って、実質的に同時に発生し、上記打ち抜き片１０ｃとなる。前述の図２５に示した様に、側壁１４の一部で抜き孔１２ａに対向する部分がこの側壁１４と繋がった状態のままになる事はない。この結果、上記側壁１４のうちで上記抜き孔１２ａに整合する部分に前記通孔５ｃを、確実に形成できる。

【００５１】

又、上記打ち抜き片１０ｃは、上記抜き孔１２ａ内に押し出されて、前記膨出部７ａを含む金属管３内に残留する事はない。従って、上記通孔５ｃを形成した後に上記打ち抜き片１０ｃをこの金属管３の内部から取り出す工程及び装置が不要になる。この為、上記膨出部７ａ及び通孔５ｃを備えた製品を造る為の装置の小型化（省スペース化）を図れる等、当該製品を造る為に要するコストの低減を図れる。

【００５２】

尚、上記通孔５ｃとなるべき部分を確実に打ち抜く為に、上記板厚が大きい側で剪断加工の開始を同じく小さい側に比べて早くする程度、或いは、上記幅方向両端縁部の板厚T_4、T_3をほぼ等しくし、剪断加工終了のタイミングを揃え易くする程度は、上記金属管３の材質、元々の板厚等により、設計的、実験的に定める。例えば、軟鋼板、アルミニウム合金板等により造るステアリングコラムに一体に設けたコラムブラケットに通孔を形成する場合、前記スライド工具１３ｂの先端部分の形状を適宜工夫する事により、上記剪断加工の開始のタイミングをずらせる。又、上述の様に、上記幅方向両端縁部の板厚T_4、T_3の関係を、剪断加工終了のタイミングを揃え易い関係にする為には、上記幅方向に関する前記傾斜面２２の幅寸法を、液圧や上記金属管３の材質、元々の板厚との関係で、実験データに基づいて規制する。

【００５３】

尚、上記抜き孔１２ａ内に押し込まれた上記打ち抜き片１０ｃは、例えば、膨出部７ａを形成し、更にこの膨出部７ａの側壁１４に通孔５ｃを形成した金属管３を、前記金型素子１５により構成した金型６ａから取り出した後に、前記スライド工具１３ｂを前進させて上記抜き孔１２ａから押し出す事により、容易に上記金型６ａから取り出せる。或は、上記金属管３が軟鋼板等の磁性材製である場合には、この金属管３を金型６ａから取り出した後、磁石で上記打ち抜き片１０ｃを吸着し、上記抜き孔１２ａから取り出す事もでき

る。更には、上記金型６ａの内部に、この抜き孔１２ａから外部空間に通じる、上記打ち抜き片１０ｃを通過させられるだけの大きさを有する排出通路を設ける事もできる。この場合には、上記金属管３内に導入した液圧により上記抜き孔１２ａ内に押し込まれた上記打ち抜き片１０ｃを、上記金属管３を上記金型６ａから取り出した後、別途上記抜き孔１２ａ内に導入した空気圧や液圧によりこの抜き孔１２ａから排出する。何れの場合でも、上記通孔５ｃの加工に伴ってこの抜き孔１２ａ内に押し込まれた上記打ち抜き片１０ｃは、次の加工作業に先立って、この抜き孔１２ａから排出しておく。

【００５４】

尚、本実施例の場合、図２に示した、通孔形成加工の初期段階で、上記スライド工具１３ｂの先端面２０ａの平坦面２１を、金型素子１５の内面と同じ位置に存在させている。但し、この平坦面２１は、図６に示す様に、この内面よりも少し凹んだ位置に存在させても良い。この場合には、図６に示した様に、上記平坦面２１を金型素子１５の内面よりも凹まさない状態に比べて、板厚が小さい部分も僅かに抜き孔１２ａ内に押し込まれる。従って、板厚が大きい部分と小さい部分とで、剪断加工の開始のタイミングのずれが少なくなる。図２と図６との何れを採用するかは、上記板厚が大きい部分と小さい部分との差等に応じて、設計的に決める（実験等により条件を設定する）。

【実施例２】

【００５５】

図７～８は、請求項１、４、６～９に対応する、本発明の実施例２を示している。本実施例に使用するスライド工具１３ｃの先端面２０ｂに関しても、上述した実施例１の場合と同様に、側壁１４のうちで比較的板厚が小さくなった部分に対向する平坦面２１ａと、同じく比較的板厚が大きい部分に対向する傾斜面２２ａとを備える。但し、本実施例に使用するスライド工具１３ｃの場合には、この傾斜面２２ａの傾斜角度を、上記実施例１に使用するスライド工具１３ｂの傾斜面２２（図２～６参照）よりも緩やかにしている。

【００５６】

本実施例の場合には、この様なスライド工具１３ｃの先端部を、金型素子１５の内面よりも少し突出させた状態で、金属管３の内側に液圧を導入し、この金属管３の一部を径方向外方に塑性変形させて膨出部７ａを形成する、ハイドロフォーミングを行なう。即ち、上記スライド工具１３ｃの先端面２０ｂのうちで最も突出した部分である上記平坦面２１ａを上記金型素子１５の内面から突出させる。これに対して、上記先端面２０ｂのうちで最も突出していない部分である、上記傾斜面２２ａのうちの上記平坦面２１ａから最も離れた部分を、上記金型素子１５の内面と一致する部分に位置させる。そして、この状態で、上記金属管３の内側に液圧を導入し、この金属管３の一部を径方向外方に膨出させて、上記膨出部７ａを形成する。

【００５７】

上記金型素子１５の内面の一部には、上記スライド工具１３ｃの先端部が突出しているので、上記膨出部７ａが形成された状態で、この膨出部７ａを構成する側壁１４の一部が、図７に示す様に、上記スライド工具１３ｃの先端部に倣って屈曲する。即ち、この側壁１４のうちで上記平坦面２１ａに当接した部分が、最も上記金型素子１５の内面から離れた状態となり、上記傾斜面２２ａに当接した部分が、この傾斜面２２ａに沿って傾斜し、上記平坦面２１ａに向かう程上記金型素子１５の内面からの距離が大きくなる方向に傾斜する。

【００５８】

そこで、この状態から、図８に示す様に、上記スライド工具１３ｃを抜き孔１２ａの内側で上記側壁１４から退避させる方向に変位させれば、この側壁１４の一部でこの抜き孔１２ａに整合する部分が、この抜き孔１２ａの全周に亙り裂断されて、この抜き孔１２ａに見合う通孔５ｃが形成される。

【００５９】

本実施例の場合には、次の様な理由で、上記側壁１４の一部で上記抜き孔１２ａに整合する部分が、この抜き孔１２ａの全周に亙って破断される。先ず、上記膨出部７ａを形成

すべく、上記金属管３の内側に液圧を作用させてこの膨出部７ａを形成する工程の最終段階で、この膨出部７ａの側壁１４の一部が上記スライド工具１３ｃの先端部に押し付けられ、当該部分がこの先端部に倣って変形する。具体的には、上記側壁１４の一部で上記通孔５ｃを形成すべき部分の両端縁に対応する部分のうち、板厚が小さくなった側（図７の上側）の部分が、上記スライド工具１３ｃを後退させて上記通孔５ｃを形成する際に変形する方向と逆方向に、比較的大きく変形する（折れ曲がる）。この状態で、この様に大きく折れ曲がった部分の板厚は、T_6 となる。これに対して、板厚が比較的大きい側（図７の下側）の部分は、上記通孔５ｃを形成する際に変形する方向と逆方向に変形するが、その変形量は僅少に留り、当該部分の板厚は、T_5 となる。

【００６０】

そこで、上記側壁１４の一部で上記通孔５ｃを形成すべき部分が上述の様に変形した状態から、上記スライド工具１３ｃを上記抜き孔１２ａ内に、前述の実施例１を示す図２に示した程度にまで少し退避させると、上記比較的大きな板厚T_5 の部分では、この図２に示す様に直ちに剪断加工が開始されるのに対して、上記比較的小さな板厚T_6 の部分では、未だ剪断加工が開始されない。むしろ、この比較的小さな板厚T_6 の部分は、剪断面に対し垂直方向に圧縮されて、圧縮応力が加わり、クラックが発生しにくい状態となる。この状態から更に上記スライド工具１３ｃを上記抜き孔１２ａ内に、前述の実施例１を示す図３に示した程度にまで少し退避させると、上記比較的小さな板厚T_6 の部分でも剪断加工が開始される。そして、上記スライド工具１３ｃを、前述の実施例１を示す図４の状態を経て更に退避させると、図８に示す様に、上記側壁１４の一部で上記抜き孔１２ａに対向している部分の全周（上記比較的大きな板厚T_5 の部分及び上記比較的小さな板厚T_6 の部分並びにその間部分）で剪断加工が進行する。そして、この剪断加工の進行に伴い、上記側壁１４の一部で抜き孔１２ａに対向している部分の全周で、ほぼ同時に、前述の図１の（Ｃ）に示す様なクラックが発生する。

【００６１】

この結果、上記抜き孔１２ａに対向している部分が、図８に示す様に、上記側壁１４の内側部分に存在する液圧により打ち抜かれて打ち抜き片１０ｃとなり、上記抜き孔１２ａ内に押し込まれる。尚、上述の様に、上記側壁１４の一部で抜き孔１２ａに対向している部分の全周でほぼ同時にクラックが発生するのは、上記剪断加工の開始のタイミングをずらせる事に加えて、各部の板厚の差が小さくなる事も寄与するものと考えられる。即ち、上記図７に示す様に、上記スライド工具１３ｃを上記抜き孔１２ａ内で上記側壁１４から退避させると、この側壁１４のうちでこの抜き孔１２ａに整合する部分が、この抜き孔１２ａ内に押し込まれる。この際、上記比較的大きな板厚T_5 を有する部分は、直ちにこの抜き孔１２ａ内に押し込まれ始める。これに対して、上記板厚T_6 が小さな部分は、一度他の部分と平行になるまで変形してから、上記抜き孔１２ａ内に押し込まれる。そして、上記板厚T_6 が小さな部分が一度他の部分と平行になるまで変形し、更に上記抜き孔１２ａ内に押し込まれる過程で、この部分に圧縮応力が加わると同時に、この部分の板厚が少し増大する（T_6 よりも大きくなる）。この結果、上記側壁１４のうちで上記抜き孔１２ａに対向する部分が、この抜き孔１２ａの周縁部の全周に亙って破断しつつこの抜き孔１２ａ内に押し込まれ、上記通孔５ｃが形成される。

【００６２】

尚、本実施例の場合、図７の様に膨出部７ａを形成する段階で、上記スライド工具１３ｃの先端面２０ｂの傾斜面２２ａのうちで、平坦面２１ａから遠い側の端部は、金型素子１５の内面よりも少し凹んだ部分に位置させても良い。この場合には、図示の様に、当該部分を金型素子１５の内面よりも凹まさない状態に比べて、膨出部７ａの側壁１４のうちで当該部分に当接する部分が僅かに抜き孔１２ａ内に押し込まれるので、この部分での剪断加工の開始がより早くなると共に、この部分の板厚が、僅かに薄くなる傾向になる。

【００６３】

何れの場合でも、図７に示す様に、金属管３の一部を膨出させて膨出部７ａを形成し、この膨出部７ａの側壁１４の一部に上記スライド工具１３ｃの先端面２０ｂを突き当てた

状態で、この側壁部１４のうちで上記抜き孔１２ａの幅方向両端縁に対応する部分の板厚T_5、T_6の差が、板厚が大きい側から見て、好ましくは３０％以内、更に好ましくは２０％以内であれば、上記通孔５ｃを形成するに就いて、特に問題を生じにくい。即ち、本実施例の製造方法は、前述した実施例１の場合よりも、板厚の差が大きい場合に適切である。又、上記先端面２０ｂのうちで最も凹んでいる、上記傾斜面２２ａのうちで上記平坦面２１ａから遠い側の端部は、図示の様に金型素子１５の内面と一致させても、或いは、上述の様にこの内面よりも少し凹んだ部分に位置させても、更には、この内面よりも少し突出させても良い。

【実施例３】

【００６４】

図９は、本発明の実施例３として、前述の実施例１及び上述の実施例２に使用したスライド工具１３ｂ、１３ｃと、このスライド工具１３ｂ、１３ｃに置換可能なスライド工具の２例との、合計３例のスライド工具を示している。即ち、上記両実施例の様にして通孔５ｃを形成する場合に使用するスライド工具の先端部の形状は、図９の（Ａ）に示す様な、断面形状が直線状である傾斜面２２、２２ａを備えたスライド工具１３ｂ（１３ｃ）に限らず、図９の（Ｂ）（Ｃ）に示す様に、断面形状が円弧形である曲面状の傾斜部２４、２４ａを備えたものであっても良いし、図示はしないが、傾斜面の断面形状が直線と曲線とを組み合わせたものである、複合面であっても良い。尚、上記図９の（Ａ）に破線で示す様に、スライド工具１３ｂ（１３ｃ）の先端面２０ａ（２０ｂ）に形成した傾斜面２２（２２ａ）の傾斜角度θを、この先端面２０ａ（２０ｂ）の長さ方向（図９の表裏方向）の中間部で変化させる事もできる。この様な配慮は、ハイドロピアシングにより通孔を形成すべき部分の肉厚が、この通孔の幅方向だけでなく長さ方向にも変化している場合に必要になる。尚、この場合に、上記傾斜面２２（２２ａ）の傾斜角度θに代えて、平坦面２１（２１ａ）の幅W_2を変化させたり、両方を変化させる事もできる。この様に、材料の肉厚分布の形態によっては、必要に応じて、先端面２０ａ（２０ｂ）の形状を３次元的に変化させる。

【００６５】

尚、図９の（Ａ）は、上記実施例１及び上述の実施例２に使用したスライド工具１３ｂ（１３ｃ）を示しているが、この様なスライド工具１３ｂ（１３ｃ）の寸法は、例えば次の様に規制する。即ち、このスライド工具１３ｂ（１３ｃ）の幅をW_1、このスライド工具１３ｂ（１３ｃ）の先端面２０ａ（２０ｂ）のうちの平坦面２１（２１ａ）の幅をW_2、同じく傾斜面２２（２２ａ）の傾斜角度をθとすると、

$0 \leqq W_2 \leqq 0.9W_1$

$0.3° \leqq \theta < 90°$

の範囲が採用可能である。

好ましくは、

$0.01W_1 \leqq W_2 \leqq 0.9W_1$

$0.3° \leqq \theta < 90°$

更に好ましくは、

$0.2W_1 \leqq W_2 \leqq 0.8W_1$

$1° \leqq \theta \leqq 20°$

特に好ましくは、

$0.2W_1 \leqq W_2 \leqq 0.7W_1$

$3° \leqq \theta \leqq 20°$

の範囲で設定する。

【００６６】

要するに、上記スライド工具１３ｂ（１３ｃ）の幅W_1は、形成すべき通孔５ｃの幅に応じて決定するが、残りの幅W_2及び傾斜角度θに関しては、金属管３の材質や板厚に応じて、実験により最適な値を選定する。平坦面２１（２１ａ）の幅W_2が大き過ぎると、この平坦面２１（２１ａ）を突出させる事による、剪断加工開始のタイミング、破断に至

るクラック発生のタイミングの調整効果を十分に得にくくなる。反対に上記幅W_2が小さ過ぎると、上記平坦面２１の機械的強度の確保が難しくなる。従って、スライド工具の機械的強度確保の面で問題がなければ、この平坦面２１は省略しても良い。上記傾斜角度θに就いても、小さ過ぎると、上記スライド工具１３ｂ（１３ｃ）を退避させる事による上記各タイミングの調整効果を得にくくなる。反対に、上記傾斜角度θが大き過ぎる場合には、上記平坦面２１（２１ａ）の機械的強度の確保が難しくなるだけでなく、厚肉側が過度に剪断され易くなり、上記各タイミングの調整が難しくなる。

【００６７】

又、図９の（Ｂ）（Ｃ）は、断面形状の曲率半径がＲである、部分円筒面状の凹曲面｛図９の（Ｂ）の場合｝或は凸曲面｛図９の（Ｃ）の場合｝の傾斜部２４、２４ａを、上記傾斜面２２（２２ａ）に代えて形成したものであるが、この様な傾斜部２４、２４ａを形成したスライド工具１３ｄ、１３ｅに関しても、各部の寸法を下記の範囲で選定する。

即ち、これら各スライド工具１３ｄ、１３ｅの幅をW_1、これら各スライド工具１３ｄ、１３ｅの先端面２０ｃ、２０ｄのうちの平坦面２１ｂ、２１ｃの幅をW_2とすると、

$0 \leqq W_2 \leqq 0.9W_1$

好ましくは、

$0.01W_1 \leqq W_2 \leqq 0.9W_1$

の範囲で設定できる。上記傾斜部２４、２４ａの断面形状の曲率半径Ｒの値は任意に設定できる。各々の値に就いて、金属管３の材質や板厚に応じて、実験により最適な値を選定する事は、図９の（Ａ）に示したスライド工具１３ｂ（１３ｃ）の場合と同様である。

要するに、本発明を実施するに就いて、抜き孔の内側でスライド工具を退避させる際に、膨出部の側壁の如く、板厚に差がある場合でも、上記抜き孔の両側で板厚の差を小さくする等、この抜き孔に対向する部分を全周に亙って同時に破断できる様にする先端形状を有するスライド工具であれば、本発明の実施に使用できる。

【００６８】

更に、スライド工具１３ｂ、１３ｃの先端面２０ａ、２０ｂの、金型素子１５の内面から突出量Ｓ（図７）或いは凹み量－Ｓ（図６）は、側壁１４のうちで、通孔を形成すべき部分の肉厚Ｔ（図２のT_3に相当）を基準として、｜Ｔ｜＞｜Ｓ｜の範囲内に規制する事が好ましい。この突出量Ｓが大き過ぎると、スライド工具の後退に伴って肉厚が小さい部分に付加される圧縮応力が過大となり、剪断加工が進んでもクラックが入らなくなる。その結果、肉厚が大きい部分のみが剪断される様な事態が生じ、本発明の実施が困難となる。又、上記凹み量－Ｓが過大になると、初期状態から材料が抜き孔内に過度に進入し、スライド工具の先端面形状により、肉厚が大きい側と小さい側とに応じて前記各タイミングを調整する効果が小さくなる。言い換えれば、これら各タイミングの調整が困難になる。

尚、通孔を形成する際、スライド工具を退避させつつ側壁１４の片面（金型素子１５と反対側の面）に作用させる液圧Ｐに就いては、金属材料の剪断抵抗をｒ、肉厚をＴ、通孔の周長をＬ、通孔の面積をＳとした場合に、Ｐ＞（ｒ・Ｔ・Ｌ）／Ｓを満たす様に規制する。

【実施例４】

【００６９】

図１０は、請求項２、７～９に対応する、本発明の実施例４を示している。本実施例の場合には、先に述べた各実施例の場合と異なり、金型６の側を工夫している。即ち、通孔を形成すべき側壁１４に対向する金型素子１５に形成した抜き孔１２ｂの開口周縁部のうちの幅方向両端縁に存在する刃先部分２６ａ、２６ｂの断面形状の曲率半径を互いに異ならせている。具体的には、上記側壁１４のうちの板厚が大きい側を剪断加工すべき、図１０の下側の刃先部分２６ａの断面形状の曲率半径を小さくしている（シャープエッジとしている）。これに対して、上記側壁１４のうちの板厚が小さい側を剪断加工すべき、図１０の上側の刃先部分２６ｂの断面形状の曲率半径を比較的大きくしている。上記抜き孔１２ｂに挿入したスライド工具１３の先端面２０は、全面に亙り平坦である。

【００７０】

本実施例の場合には、上記板厚が小さい側を剪断加工すべき刃先部分２６ｂの断面形状の曲率半径を比較的大きくする事により、この板厚が小さい側で剪断を進行しにくくして、この側で破断に至るクラックの発生タイミングを、上記刃先部分２６ｂをシャープエッジとした場合に比べて遅くしている。要するに本実施例の場合には、元々板厚が小さい事により、破断に至るクラックの発生タイミングが早くなりがちな側で、このタイミングを遅くする傾向としている。

【００７１】

この為本実施例の場合には、板厚が小さい側と大きい側とで、剪断加工開始のタイミングを同じとしても、破断に至るクラックの発生タイミング（剪断現象終了のタイミング）をほぼ同じに揃えて、板厚が不同にも拘らず、切れ残りのない、完全な外抜きのハイドロピアシングを行なえる。

尚、本実施例の様に、上記各刃先部分２６ａ、２６ｂの断面形状の曲率半径を変える事と合わせて、前述の実施例１～３の様に、スライド工具１３の先端面２０の形状を工夫する事も可能である（請求項３に記載した発明）。具体的には、剪断に対する感受性を鈍化させる必要がある板厚の小さな側で、刃先部分の断面形状の曲率半径を大きくすると共に、スライド工具１３の先端面２０を金型素子１５の内部に突出させて剪断加工開始のタイミングを遅らせる。一方、板厚の大きな側で、刃先部分の断面形状の曲率半径を小さくすると共に、スライド工具１３の先端面２０を上記金型素子１５の外方に凹ませて剪断加工を促進する。

【実施例５】

【００７２】

図１１～１２は、本発明の実施例５を示している。本実施例の場合には、ハイドロフォーム工法により金属管３の一部を径方向外方に塑性変形させて形成した膨出部７ａの側壁１４に、異形の通孔５ｄを形成する場合に就いて示している。この通孔５ｄは、図１２の（Ａ）に示す様な比較的幅寸法の小さい長円形部分と、同（Ｂ）に示す様な比較的幅寸法の大きな長円形部分とを重ね合わせ（合成し）て、同（Ｃ）に示す様な鍵孔状とした如きものである。但し、この鍵孔状の通孔５ｄは、断面形状を鍵孔状としたスライド工具により、一挙に加工する。スライド工具の先端面形状は、先に説明した何れかの実施例に合わせて形成する。この様な鍵孔状の通孔５ｄに就いても、板厚が均一である場合に加工できる事は勿論、本発明を適用すれば、板厚が不均一であっても、又、金属製部材が環状であるか板状であるかを問わず、ハイドロピアシングにより、確実に加工できる。尚、金属製部材の一部でこの通孔５ｄを形成すべき部分の形状に就いては、平坦面、部分円弧面、曲面等、何れでも良い（スライド工具の先端面形状をそれに合わせる）。

【実施例６】

【００７３】

図１３は、請求項１０に対応する、本発明の実施例６を示している。本実施例の場合には、ハイドロフォーム工法により金属管３の一部を径方向外方に塑性変形させて形成した膨出部７ａの側壁１４に、アスペクト比が大きい（スリット状の）通孔５ｅを、この膨出部７ａの傾斜部２９を跨ぐ状態で形成する場合に就いて示している。本実施例の場合、スライド工具の先端面形状は、先に説明した何れかの実施例に合わせると共に、上記通孔５ｅを形成すべき、上記側壁１４の外面形状に合わせて形成する。この様な、傾斜部２９を跨ぐ状態で存在するスリット状の通孔５ｅに就いても、上述した実施例５と同様、本発明を適用する事により、ハイドロピアシングにより、確実に加工できる。

【実施例７】

【００７４】

図１４は、請求項１０に対応する、本発明の実施例７を示している。本実施例の場合には、ハイドロフォーム工法により金属管３の一部を径方向外方に塑性変形させて形成した膨出部７ａの側壁１４に、鍵孔状の通孔５ｆを、この膨出部７ａの傾斜部２９を跨ぐ状態で形成する場合に就いて示している。本実施例の場合も、スライド工具の先端面形状は、先に説明した何れかの実施例に合わせると共に、上記通孔５ｆを形成すべき、上記側壁１

４の外面形状に合わせて形成する。この様な、傾斜部２９を跨ぐ状態で存在する鍵孔状の通孔５ｆに就いても、上述した実施例５、６と同様、本発明を適用する事により、ハイドロピアシングにより、確実に加工できる。

【実施例８】

【００７５】

本発明の有効性を確認する為に行なった実験に就いて説明する。前述の図７～８に示した実施例２の方法により、実際にハイドロフォーミング及びハイドロピアシングを行なった。即ち、一体型コラムブラケットを形成したステアリングコラム用アウターチューブの製作を想定して、ハイドロフォーミングにより金属管の軸方向中間部に膨出部を形成し、引き続き同一金型内でハイドロピアシングにより、その膨出部の両側の側壁部に長円形の通孔を形成した（図１５～１７参照）。金型に組み合わされるスライド工具としては、先端面を平坦面と傾斜面で形成した、図９の（Ａ）に示した形状のものを使用した。

【００７６】

実験に使用した金属管は、機械構造用炭素鋼管（ＳＴＫＭ１１Ａ）であり、外径が６０．５㎜、肉厚が２．０㎜、全長が５００㎜である。この材料の機械試験値は、降伏点が３００ＭＰａ、引張強さが４００ＭＰａ、伸びが４０％である。通孔を形成する為の長円形の抜き孔の寸法は、長径方向の長さを６０㎜、短径方向の長さを１０㎜とした。

【００７７】

ハイドロフォーミングにより形成された膨出部での拡管率は約３０％であり、板厚は、小さい側で１．８㎜、大きい側で２．０㎜であった。ハイドロピアシングにより膨出部の両側の側壁部に長円形の通孔を形成するべく、スライド工具の先端面の幅W_1と平坦面の幅W_2の関係（ランド幅比W_2／W_1）、傾斜面の平坦面に対する傾斜角度θ、及び初期位置での平坦面の突出量Ｓを種々変更した。これらの値を、実験結果と共に、次の表１に示す。この表１中の比較例は、スライド工具として、その先端面が全面に亙り平坦面であるものを使用した場合である。

【００７８】

【表１】

	傾斜角度 θ	ランド幅比 W_2/W_1	突出量 S	通孔形成結果
本発明例	3	0.5	0	良好
本発明例	15	0.5	0	良好
本発明例	3	0.5	0.5	良好
本発明例	15	0.5	0.5	良好
本発明例	3	0	0	良好
本発明例*	30	0	0	良好
比較例	0	－	0	厚肉部が切残り
比較例	0	－	0.5	厚肉部が切残り

＊１万回試験後確認したところ、スライド工具先端に欠けが見られた

【００７９】

この表１から明らかな通り、スライド工具の先端面の形状を適切に選定して、剪断加工開始のタイミング、及び、破断に至るクラック発生のタイミングを調整する事により、形成すべき通孔の周縁部全体で剪断現象を同時に終了させて全周に亙り破断させる事ができる。この為、板厚に差がある膨出部の両側壁部に対しても、切れ残りのない完全なハイドロピアシングが可能になる。又、本発明の方法により膨出部の両側壁部に通孔を形成した金属管加工品は、ステアリングコラム用アウターチューブとして使用可能であった。更に言えば、得られたアウターチューブは、溶接部のない一体型コラムブラケットを有する上に、膨出部の両側壁部に存在する孔あけ加工品質も高く、非常に高品質なものであった。

しかも、同一金型内での一連の操作により膨出部の形成から孔あけ加工までが効率的に行なえる為、経済性も非常に高いものとなった。

【産業上の利用可能性】

【００８０】

本発明を実施する場合に、金属部材に形成する通孔の数は問わない。即ち、通孔の数が１個乃至は２個の場合は勿論、３個以上であっても、金型に必要数の抜き孔とスライド工具とを設ける事で、本発明を実施する事は可能である。

又、形成すべき通孔の形状に就いても、単純な円形は勿論、長円形、楕円形、略四角形、或はこれらを組み合わせた様な形状やより複雑な形状等、各種形状の通孔の形成に適用できる。例えば、前述した実施例１～７の構造を適宜組み合わせて実施する事ができる。この場合に、例えば、互いに異なる形状を有する複数の通孔を、複数の抜き孔及びスライド工具を備えた金型を使用して、ハイドロピアシングにより同時に形成する事が考えられる。

更に、本発明を、金属管を径方向外方に塑性変形して形成した膨出部に通孔を形成するのに適用する場合に、金属管を一方向に膨出させた場合に限らず、全周に亙って膨出させた場合でも、本発明を適用できる。即ち、金属管を全周に亙って膨出させた場合であっても、部分的に膨出の程度が変化する等により、板厚に差がある肉厚不均一部分が存在し、当該部分に通孔を形成する必要があれば、本発明を適用できる。

要するに本発明は、中空部材の膨出部に通孔を形成する場合に限らず、各種金属製部材のうちで、板厚に差がある肉厚不均一部分に通孔を形成する場合に利用可能である。

【００８１】

特に、本発明を、例えばコラムブラケット一体型のステアリングコラムの製造に適用した場合には、前述した本発明の基本的な作用・効果に比べて、より優れた作用・効果を得られる。即ち、この様なステアリングコラムを造る場合に、前述の図２０～２３で説明した様に、コラムブラケットとなる膨出部を形成する為のハイドロフォーム工程と、通孔を形成する為の孔加工工程とを連続して（実質的に同時に）実施できる。この為、上述の様なステアリングコラムの製造に費やす時間及び手間を低減して、製造コストの低廉化が可能になる。更に、１個の部材に複数の通孔を形成する場合にも、これら各通孔の位置決めを図る為に、この部材とこれら各通孔との位置決めを行なう為の考慮も不要になり、コスト上昇を抑えつつ、複数の通孔を正確に位置決めした製品を得られる。

【００８２】

尚、本発明をコラムブラケットの膨出部に通孔を形成するのに適用する場合は勿論、何れの部分に適用する場合でも、形成した通孔の周縁部を含み、この通孔の周囲部分には、だれ等、材料の変形が殆どない、良好な面が残る。この為、この通孔を形成した後、上記周囲部分の精度を向上させる為の後加工が不要若しくは容易になり、後加工の為の装置や機構が不要若しくは簡易になって、設備費用の削減等によるコスト低減を図れる。

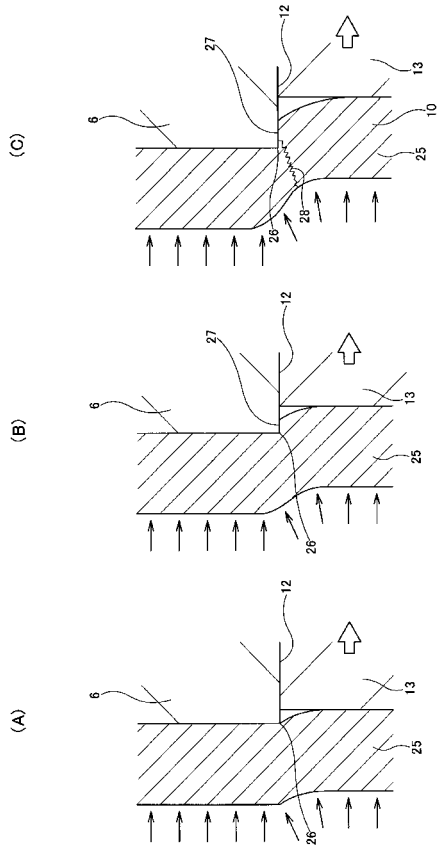
【００８３】

又、図示の各実施例は、肉厚に差がある肉厚不均一部分を孔あけ加工（ハイドロピアシング）する場合に就いて示した。但し、肉厚（板厚）が同じでも加工硬化の程度に差がある、加工硬化不均一部分に孔あけ加工（ハイドロピアシング）を施す場合にも、上記肉厚不均一部分と同様の問題を生じる可能性がある。この為、この様な加工硬化不均一部分で、剪断現象を同時に終了させるべく、この部分での剪断開始のタイミング等を加工硬化の程度に応じて調節する（設計的に条件の設定をする）事もできる。この場合に、例えば、加工硬化の程度が著しい部分を、前述の各実施例の説明中での肉厚の大きい（厚い）部分に対応させ、加工硬化の程度が低い（若しくは加工硬化していない）部分を、同じく肉厚の小さい（薄い）部分に対応させる。加工硬化の程度により剪断開始のタイミングをずらせる程度は、肉厚が不均一の場合と同様、実験により求める。更に、肉厚が不均一で、しかも加工硬化の程度が異なる部分に関して本発明を実施できる事は勿論である。この場合も、タイミングをずらせる程度は、実験により、肉厚及び加工硬化の程度に応じて規制する。

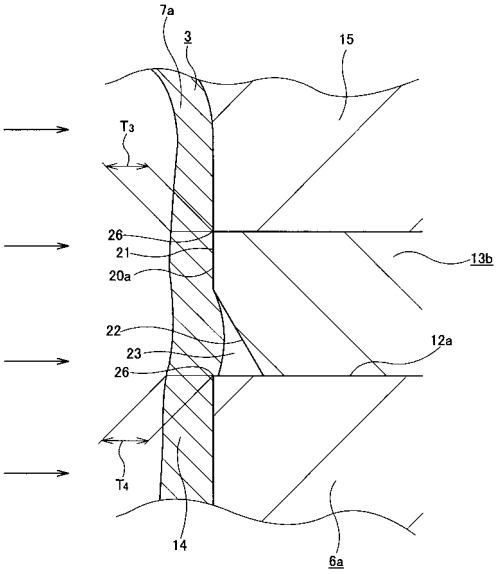
【図面の簡単な説明】
【００８４】
【図１】本発明の原理を説明する為の、ハイドロピアシングの進行状態を示す部分断面図。
【図２】本発明の実施例１を、通孔を形成する以前の状態で示す、図２３のＡ部に相当する拡大断面図。
【図３】同じく通孔形成の途中状態を示す、図２と同様の図。
【図４】同じく続く状態を示す、図２と同様の図。
【図５】同じく通孔を形成した状態で示す、図２と同様の図。
【図６】本発明の実施例１の変形例を示す、図２と同様の図。
【図７】本発明の実施例２を、通孔を形成する以前の状態で示す、図２３のＡ部に相当する拡大断面図。
【図８】同じく通孔を形成した状態で示す、図７と同様の図。
【図９】本発明の実施例３として、通孔を形成する為のスライド工具の３例を示す断面図。
【図１０】本発明の実施例４を示す、図２３のＡ部に相当する拡大断面図。
【図１１】本発明の実施例５を示しており、（Ａ）は側面図、（Ｂ）（Ｃ）はそれぞれ通孔を形成した部分を、互いに異なる方向で切断した状態で示す断面図。
【図１２】通孔の形状を説明する為の部分側面図。
【図１３】本発明の実施例６を示す、図１１と同様の図。
【図１４】本発明の実施例７を示す、図１１と同様の図。
【図１５】コラムブラケットを一体に設けたステアリングコラムの従来例を示す断面図。
【図１６】同じく部分斜視図。
【図１７】図１６のＢ矢視図。
【図１８】（Ａ）はコラムブラケットの側壁部を、（Ｂ）は側壁部を更に膨出させた状態を、それぞれ示す、図１７のＣ－Ｃ断面図。
【図１９】金属管を塑性変形して成る膨出部に通孔を形成する方法の３例を示す断面図。
【図２０】先に考えた、金属管に膨出部を形成し更にこの膨出部に通孔を形成する方法の準備工程を示す断面図。
【図２１】図２０のＤ－Ｄ断面図。
【図２２】同じく金属管に膨出部を形成した状態を示す断面図。
【図２３】図２２のＥ－Ｅ断面図。
【図２４】図２３のＡ部拡大断面図。
【図２５】先に考えた方法で通孔が形成されない理由を説明する為の、図２４と同様の断面図。
【符号の説明】
【００８５】
１　ステアリングコラム
２　コラムブラケット
３　金属管
４　チルトボルト
５、５ａ、５ｂ、５ｃ、５ｄ、５ｅ、５ｆ　通孔
６、６ａ　金型
７、７ａ　膨出部
８、８ａ　シリンダ孔
９、９ａ　パンチ
１０、１０ａ、１０ｂ、１０ｃ　打ち抜き片
１１　中空部材
１２、１２ａ、１２ｂ　抜き孔
１３、１３ａ、１３ｂ、１３ｃ、１３ｄ、１３ｅ　スライド工具

１４　側壁
１５　金型素子
１６　円孔部
１７　凹部
１８　中心孔
１９、１９ａ、１９ｂ　軸押し工具
２０、２０ａ、２０ｂ、２０ｃ、２０ｄ　先端面
２１、２１ａ、２１ｂ、２１ｃ　平坦面
２２、２２ａ　傾斜面
２３　隙間
２４、２４ａ　傾斜部
２５　金属板
２６、２６ａ、２６ｂ　刃先部分
２７　剪断面
２８　クラック
２９　傾斜部

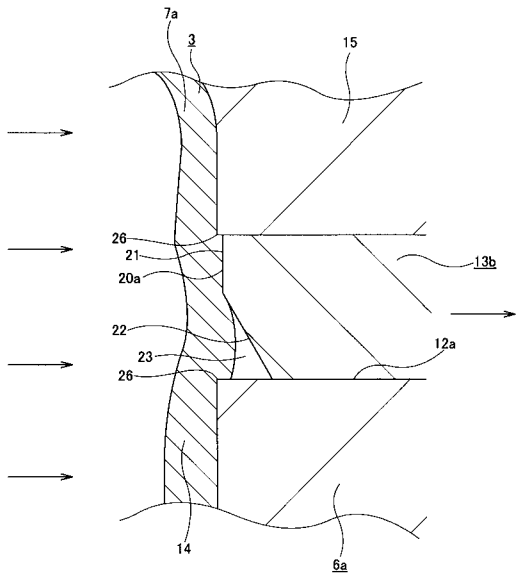
【図１】



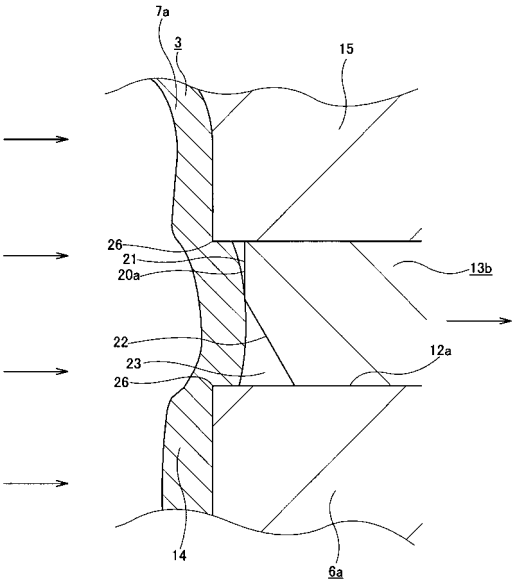
【図２】



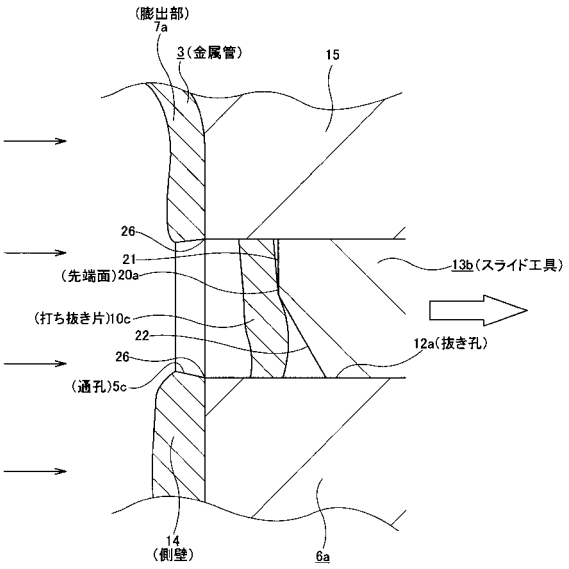
【図３】


7a
3
15
26
21
20a
13b
22
23
12a
26
14
6a

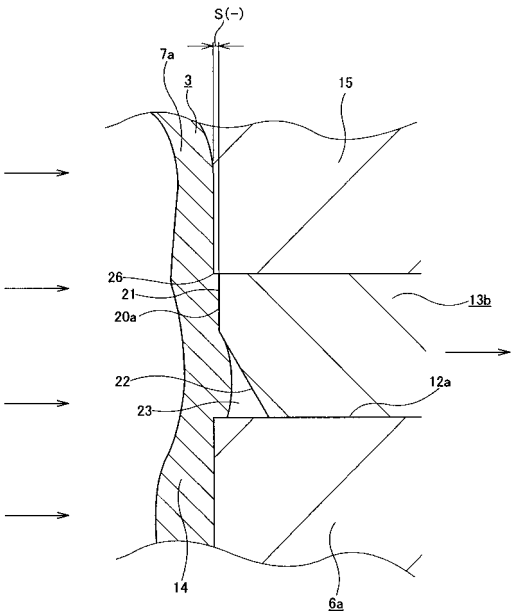
【図４】


7a
3
15
26
21
20a
13b
22
23
12a
26
14
6a

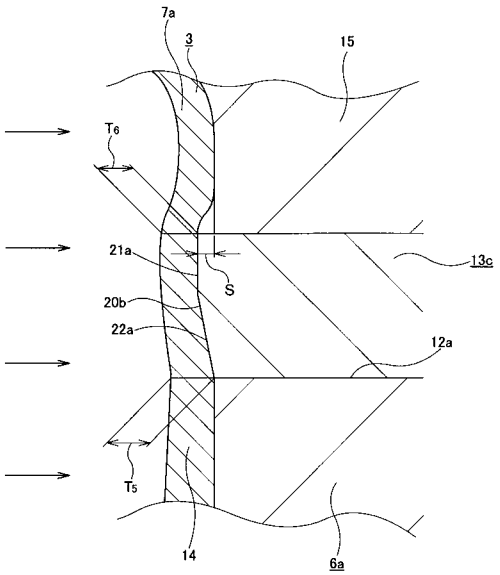
【図５】


(膨出部)
7a
3(金属管)
15
26
21
(先端面)20a
13b(スライド工具)
(打ち抜き片)10c
22
12a(抜き孔)
26
(通孔)5c
14
(側壁)
6a

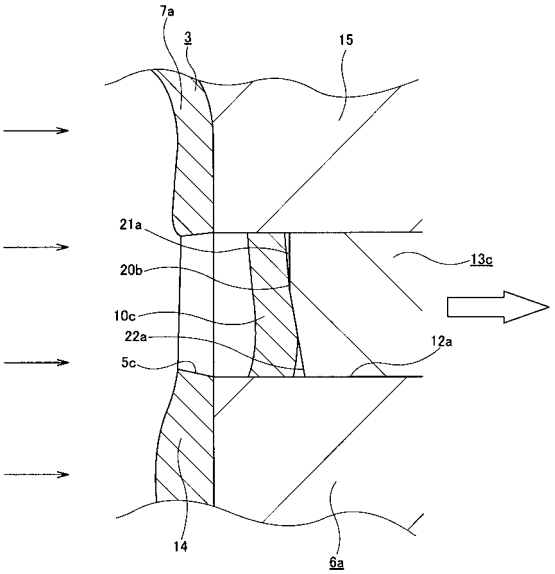
【図６】


S(−)
7a
3
15
26
21
20a
13b
22
23
12a
14
6a

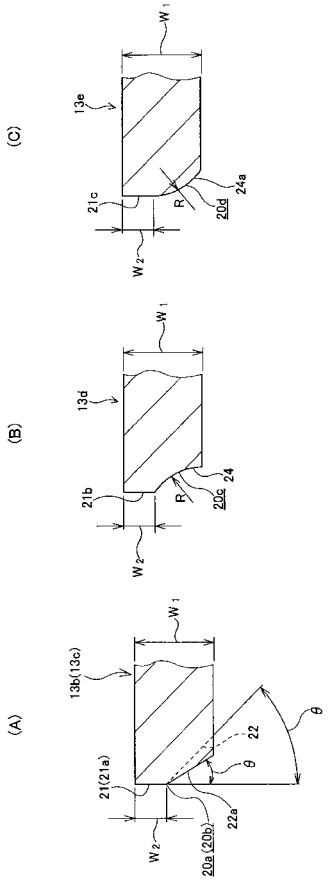
【図７】


7a
3
15
T6
21a
S
13c
20b
22a
12a
T5
14
6a

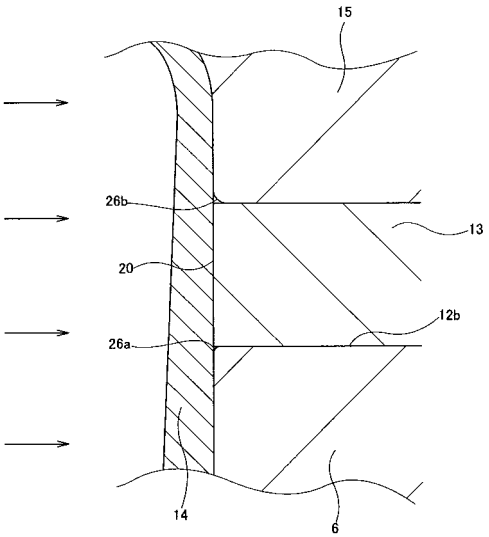
【図８】


7a
3
15
21a
13c
20b
10c
22a
12a
5c
14
6a

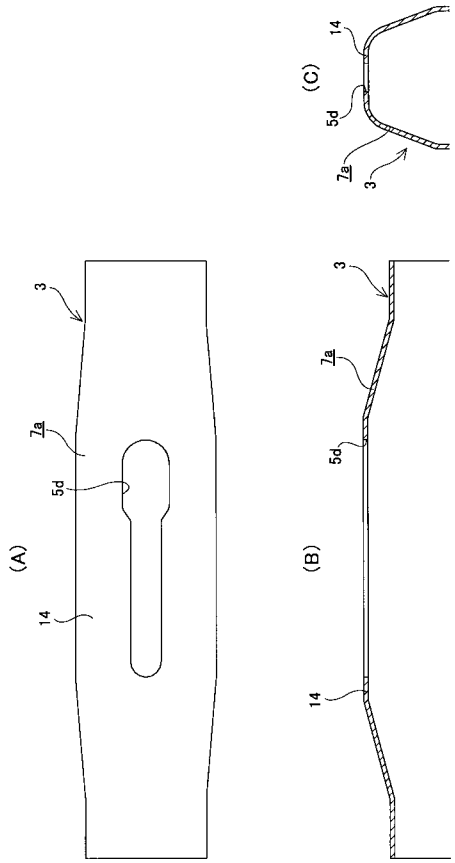
【図９】


(C)
W1
13e
21c
R
20d
24a
W2
(B)
W1
13d
21b
R
20c
24
W2
(A)
W1
13b(13c)
θ
22
θ
21(21a)
22a
W2
20a(20b)

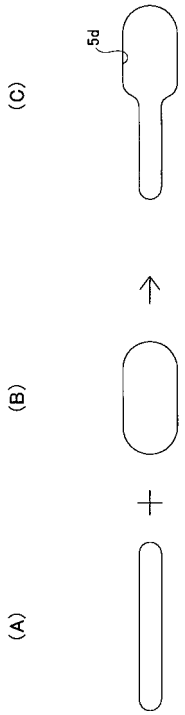
【図１０】


15
26b
13
20
12b
26a
14
6

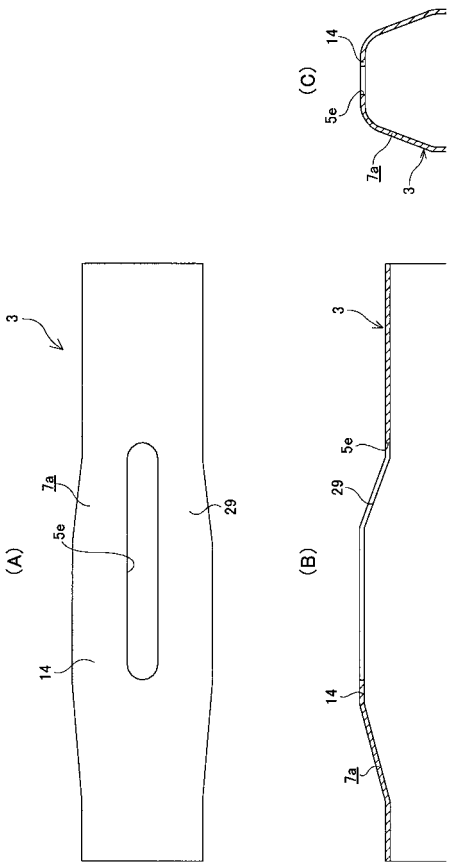
【図１１】



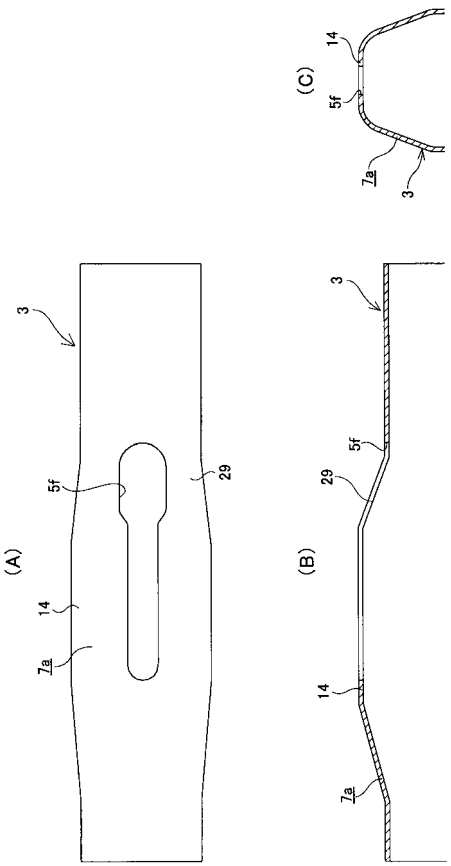
【図１２】



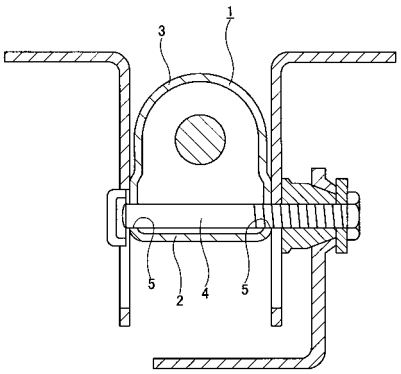
【図１３】



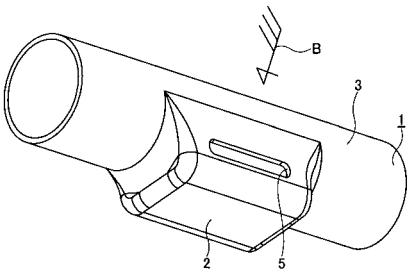
【図１４】



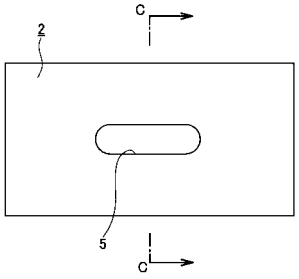
【図１５】



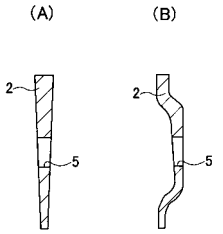
【図１６】



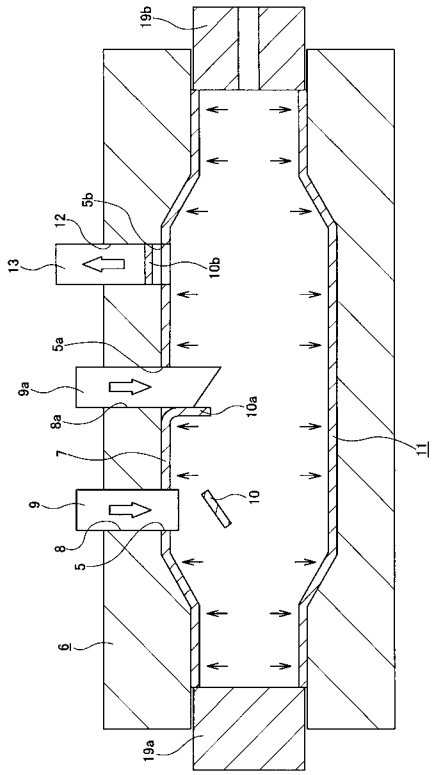
【図１７】



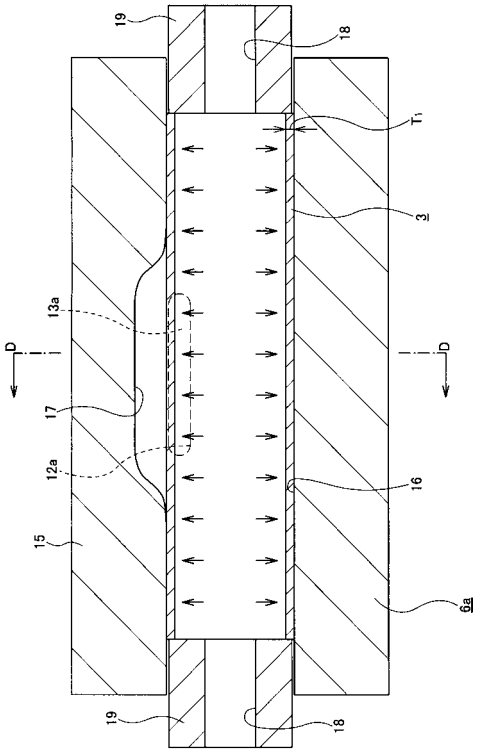
【図１８】



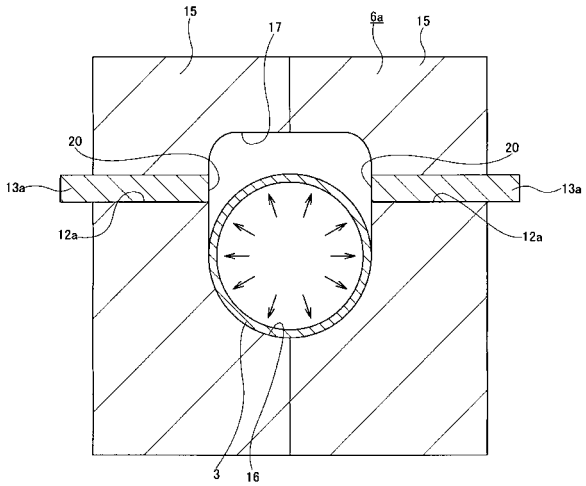
【図１９】



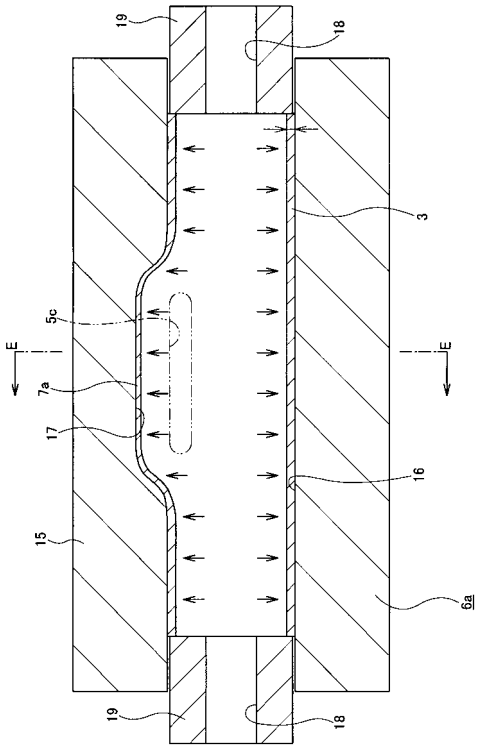
【図２０】



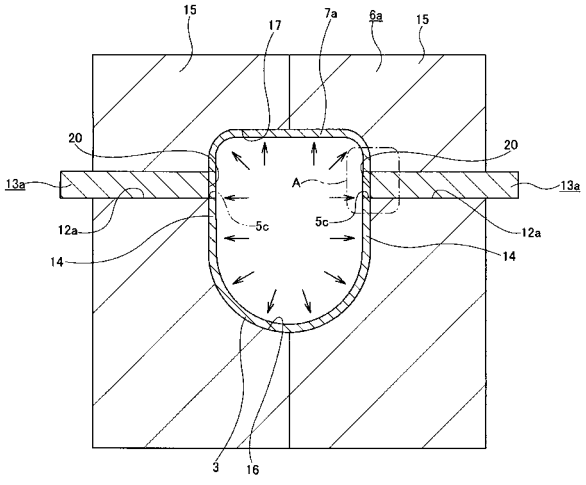
【図２１】



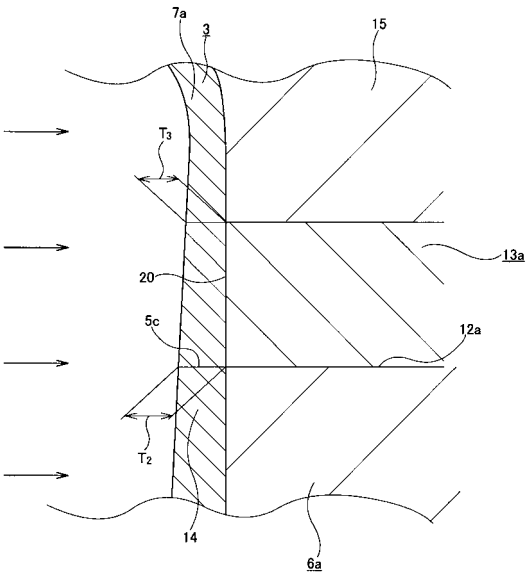
【図２２】



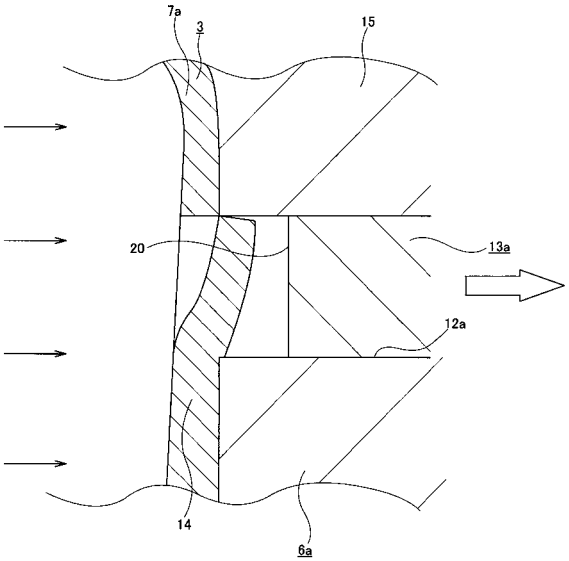
【図２３】



【図２４】



【図２５】



フロントページの続き

(74)代理人 100120190
弁理士 中井 俊
(74)代理人 100056833
弁理士 小山 欽造
(72)発明者 阿部 正一
群馬県前橋市総社町一丁目８番１号 ＮＳＫステアリングシステムズ株式会社内
(72)発明者 渡辺 靖
群馬県前橋市総社町一丁目８番１号 ＮＳＫステアリングシステムズ株式会社内
(72)発明者 下飯 和美
群馬県前橋市総社町一丁目８番１号 ＮＳＫステアリングシステムズ株式会社内
(72)発明者 富澤 淳
大阪府大阪市中央区北浜４丁目５番３３号 住友金属工業株式会社内
(72)発明者 内田 光俊
大阪府大阪市中央区北浜４丁目５番３３号 住友金属工業株式会社内

審査官 丹治 和幸

(56)参考文献 特開２００４－２０３１３３（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－９８０６９（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－２８００３２（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－２４６４３０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２１Ｄ ２６／０３５
Ｂ２１Ｄ ２８／２４
Ｂ２１Ｄ ２８／２６
Ｂ２１Ｄ ２８／２８
Ｂ２１Ｄ ２８／３４
Ｂ２１Ｄ ５３／８８
Ｂ２６Ｆ １／０２
Ｂ６２Ｄ ２５／０８