

(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2010-29937

(P2010-29937A)

(43) 公開日 平成22年2月12日(2010.2.12)

(51) Int.Cl.

B 2 1 D 26/02 (2006.01)

F 1

B 2 1 D 26/02

F

B 2 1 D 26/02

C

テーマコード (参考)

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2009-122181 (P2009-122181)	(71) 出願人	000006655
(22) 出願日	平成21年5月20日 (2009. 5. 20)		新日本製鐵株式会社
(11) 特許番号	特許第4374399号 (P4374399)		東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(45) 特許公報発行日	平成21年12月2日 (2009. 12. 2)	(74) 代理人	100099759
(31) 優先権主張番号	特願2008-175764 (P2008-175764)		弁理士 青木 篤
(32) 優先日	平成20年7月4日 (2008. 7. 4)	(74) 代理人	100077517
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 石田 敬
		(74) 代理人	100087413
			弁理士 古賀 哲次
		(74) 代理人	100113918
			弁理士 亀松 宏
		(74) 代理人	100140121
			弁理士 中村 朝幸
		(74) 代理人	100111903
			弁理士 永坂 友康

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハイドロフォーム加工方法及びハイドロフォーム加工品

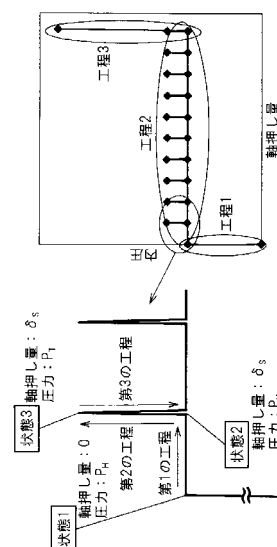
(57) 【要約】

【課題】 拡管する領域の長いハイドロフォーム加工品を座屈やしわが残存することのないハイドロフォーム加工方法、および大拡管率で、かつ、長尺のハイドロフォーム加工品を提案することを目的とする。

【解決手段】 金属管の両端の位置を固定した状態、または全軸押し量の10%以下の軸押しをした状態で内圧を昇圧させ、次いで、内圧を一定圧力に保持しながら軸押しをすることにより、前記金属管の端部近傍を拡管させる第1の工程を実施した後、軸押しをせずに内圧のみ昇圧させることにより前記金属管の中央部を拡管させる第2の工程を実施し、その後内圧を前記一定圧力の値まで下げる第3の工程を実施した後、前記第1から第3の工程を1回または複数回繰り返した後に、軸押しをしないで又は全軸押し量の10%以下の軸押しをした状態で内圧を昇圧させることを特徴とするハイドロフォーム加工方法。

【選択図】 図5

図 5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

金属管内部に圧力媒体を供給して内圧を負荷し、前記金属管の両端から軸押しをして前記金属管を所定形状に成形するハイドロフォーム加工方法において、前記金属管の両端の位置を固定した状態、または全軸押し量の 10% 以下の軸押しをした状態で内圧を昇圧させ、次いで、内圧を一定圧力に保持しながら軸押しをすることにより、前記金属管の端部近傍を拡管させる第 1 の工程を実施した後、軸押しをせずに内圧のみ昇圧させることにより前記金属管の中央部を拡管させる第 2 の工程を実施し、その後、軸押しをせずに内圧のみを前記一定圧力の値まで下げる第 3 の工程を実施した後、前記第 1 から第 3 の工程を 1 回または複数回繰り返した後に、軸押しをしないで又は全軸押し量の 10% 以下の軸押しをした状態で内圧を昇圧させることを特徴とするハイドロフォーム加工方法。

10

【請求項 2】

金属管内部に圧力媒体を供給して内圧を負荷し、前記金属管の両端から軸押しをすると同時に可動金型を軸押しして前記金属管を所定形状に成形するハイドロフォーム加工方法において、前記金属管の両端及び可動金型の位置を固定した状態、または全軸押し量の 10% 以下の軸押しをした状態で内圧を昇圧させ、次いで、内圧を一定圧力に保持しながら前記金属管の両端と可動金型を同時に軸押しをすることにより、前記金属管の端部近傍を拡管させる第 1 の工程を実施した後、前記金属管の両端の軸押し及び可動金型の軸押しをせずに内圧のみ昇圧させることにより前記金属管の中央部を拡管させる第 2 の工程を実施し、その後、前記金属管の両端の軸押し及び可動金型の軸押しをせずに内圧のみを前記一定圧力の値まで下げる第 3 の工程を実施した後、前記第 1 から第 3 の工程を 1 回または複数回繰り返した後に、軸押しをしないで又は全軸押し量の 10% 以下の軸押しをした状態で内圧を昇圧させることを特徴とするハイドロフォーム加工方法。

20

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載のハイドロフォーム加工方法を用いて製造した加工品であって、前記金属管の拡管された断面の周長が金属素管の断面の周長に対し 1.35 倍以上拡管されている領域が、前記金属管の管軸方向に前記金属素管の外径の 3.5 倍以上連続していることを特徴とするハイドロフォーム加工品。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、金属管を金型に入れ、当該金型を型締めした後、管内に内圧と管軸方向の押し込み（以後、軸押しと称す）を負荷することにより所定形状に加工するハイドロフォーム加工方法、及びそれにより加工されたハイドロフォーム加工品に関する。

【背景技術】

【0002】

近年ハイドロフォーム加工は自動車部品分野を中心に適用が拡大されている。ハイドロフォーム加工の利点としては、従来複数個のプレス加工品で構成されていた自動車部品を 1 本の金属管から加工できるという部品統合によるコストダウンのほか、溶接箇所が減ることによる軽量化などが挙げられる。しかし、素材となる金属管は一般的に一樣断面であるため、拡管率（素管の周長に対するハイドロフォーム加工後の周長の比）の大きな形状は加工困難であった。

40

【0003】

また、ハイドロフォーム加工の難しさは拡管率だけで決まらず、断面形状や曲げの有無等にも影響されるが、特に拡管する箇所の長さの影響は大きい。例えば、図 1 (a) のような T 成形では、拡管する長さが短いため 1.6 以上の大拡管率でも容易に加工できる。それに対して図 1 (b) のような拡管する箇所が長い形状では、それほど拡管率が大きくなくても加工が難しい。

【0004】

拡管する箇所の長いハイドロフォーム加工では、多くの軸押しを負荷しないと管の肉厚

50

が薄くなり割れてしまうが、軸押し量が多い分、管軸方向の座屈やしわが生じやすい。さらに、拡張する箇所が長いということは、その領域では初期状態で金属管と金型が未接触であることを意味するため、より座屈やしわが生じやすくなる。

本発明者らが知る限りでは、拡張率が1.35以上の領域が元の金属管外径の3.5倍以上あるハイドロフォーム加工品は見受けられない。

【0005】

一般に、ハイドロフォーム加工で座屈やしわを防止するためには、内圧と軸押しの負荷経路（以後、単に負荷経路と称す）を試行錯誤して適切な負荷経路を求めることが重要である。

負荷経路の一般的な例を図2に示す。まず内圧のみを昇圧する工程1（管端をシールするために微小な軸押しを伴う場合もある）、内圧と軸押しを折れ線状に負荷する工程2、コーナーをシャープに加工するために内圧のみを昇圧する工程3（コーナーのない形状では省略する場合もある、また管端のシールを確保するために微小な軸押しを伴う場合もある）で構成される。

【0006】

このうち工程2の適切な経路を求めるのに一番労力が費やされ、ハイドロフォーム技術者の熟練に依るところが大きい。特許文献1に、その一例が紹介されているが、当該方法は予め割れ限界線としわ限界線を作成しておき、その両限界線の間で負荷経路を選択する方法である。しかし実際には、この両限界線を作成することが難しく、通常、多くの実験や数値解析の試行錯誤が必要になる。また、限界線自体が折れ線状になる場合も多く、そうなるとその折れ線を決定するための変数が多くなるため試行錯誤に多大な労力が必要とされる。

【0007】

また、特許文献2には軸押しに伴って内圧を周期的に変動させる方法が提示されている。例えば、図3に示すような矩形波（a）や正弦波（b）のように内圧を変動させる方法である。当該方法は割れを防止する方法として提唱されているが、その後の研究では、しわの抑制にも効果があると報告されている（非特許文献1参照）。しかし、当該方法の負荷経路は上述の折れ線状の負荷経路における変数に対して、波形・周期・振れ幅などの変数が増加するため適正な負荷経路を求めることはさらに難しくなる。

【0008】

拡張する領域の長い形状をハイドロフォームする場合の方法としては、上記のような負荷経路による方法以外に、金型で工夫する方法もある。例えば特許文献3では可動金型とカウンターを併用することで金属管の座屈を防止しながら長い領域の拡張を実現している。しかし、当該方法の金型構造は非常に複雑であるため金型費用が高くなる。さらに、加工中の制御項目が内圧と軸押し（可動金型による軸押し）だけでなくカウンターの後退位置も制御可能な設備も必要となる。また制御する項目が増加するため、適切な負荷経路を求めるために、より熟練や試行錯誤が必要となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2004-230433号公報

【特許文献2】特開2000-84625号公報

【特許文献3】特開2004-314151号公報

【非特許文献】

【0010】

【非特許文献1】平成16年度塑性加工春季講演会論文集，（2004），405頁

【非特許文献2】平成12年度塑性加工春季講演会論文集，（2000），433頁

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明では、拡張する領域の長いハイドロフォーム加工品を座屈やしわが残存することなく加工できる加工方法、しかも熟練や試行錯誤を極力必要としない加工方法を提案する。また当該加工方法で加工したハイドロフォーム加工品も提案する。

【課題を解決するための手段】

【0012】

係る課題を解決するため、本発明の要旨とするところは下記の通りである。

(1) 金属管内部に圧力媒体を供給して内圧を負荷し、前記金属管の両端から軸押しをして前記金属管を所定形状に成形するハイドロフォーム加工方法において、前記金属管の両端の位置を固定した状態、または全軸押し量の10%以下の軸押しをした状態で内圧を昇圧させ、次いで、内圧を一定圧力に保持しながら軸押しをすることにより、前記金属管の端部近傍を拡張させる第1の工程を実施した後、軸押しをせずに内圧のみ昇圧させることにより前記金属管の中央部を拡張させる第2の工程を実施し、その後、軸押しをせずに内圧のみを前記一定圧力の値まで下げる第3の工程を実施した後、前記第1から第3の工程を1回または複数回繰り返した後に、軸押しをしないで又は全軸押し量の10%以下の軸押しをした状態で内圧を昇圧させることを特徴とするハイドロフォーム加工方法。

10

(2) 金属管内部に圧力媒体を供給して内圧を負荷し、前記金属管の両端から軸押しをすると同時に可動金型を軸押しして前記金属管を所定形状に成形するハイドロフォーム加工方法において、前記金属管の両端及び可動金型の位置を固定した状態、または全軸押し量の10%以下の軸押しをした状態で内圧を昇圧させ、次いで、内圧を一定圧力に保持しながら前記金属管の両端と可動金型を同時に軸押しをすることにより、前記金属管の端部近傍を拡張させる第1の工程を実施した後、前記金属管の両端の軸押し及び可動金型の軸押しをせずに内圧のみ昇圧させることにより前記金属管の中央部を拡張させる第2の工程を実施し、その後、前記金属管の両端の軸押し及び可動金型の軸押しをせずに内圧のみを前記一定圧力の値まで下げる第3の工程を実施した後、前記第1から第3の工程を1回または複数回繰り返した後に、軸押しをしないで又は全軸押し量の10%以下の軸押しをした状態で内圧を昇圧させることを特徴とするハイドロフォーム加工方法。

20

(3) 前記(1)又は(2)記載のハイドロフォーム加工方法を用いて製造した加工品であって、前記金属管の拡張される断面の周長が金属素管の断面の周長に対し1.35倍以上拡張されている領域が、前記金属管の管軸方向に前記金属素管の外径の3.5倍以上連続していることを特徴とするハイドロフォーム加工品。

30

【0013】

なお、本発明で金属管の端部近傍とは、内圧一定で軸押しをする前の金属管の長さに対し、金属管の端部から35%以内の領域と定義する。また、圧力媒体としては、液体、気体または固体であっても、ゴム、低融点金属、鋼玉など圧力を伝達可能なものを全て含む。

【発明の効果】

【0014】

本発明によって、拡張する領域の長い形状のハイドロフォーム加工が容易になる。これによって、ハイドロフォーム加工品の適用範囲が拡大され、部品統合や軽量化が実現できる。特に自動車部品への適用は、車両の軽量化が進むことで燃費が向上し、その結果、地球温暖化の抑制に貢献できる。また、これまで適用が進んでいなかった産業分野、例えば、家電製品、家具、建機部品、二輪部品、建築部材等への広がりも期待できる。

40

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】ハイドロフォーム加工品形状の例を示す。(a) T成形の例 (b) 拡張する箇所が長いハイドロフォーム加工品の例

【図2】ハイドロフォーム加工の一般的な負荷経路の説明図を示す。

【図3】周期的に変動させる従来の負荷経路の例を示す。(a) 矩形波の例 (b) 正弦波の例

【図4】本発明方法で用いたハイドロフォーム金型の説明図を示す。(a) 金型内

50

に金属管をセットした状態の例 (b) 金属管の加工が終了した状態の例

【図 5】本発明のハイドロフォーム加工方法における負荷経路の説明図を示す。

【図 6】本発明の加工工程における拡管状態の説明図を示す。 (a) 状態 1 の例、
(b) 状態 2 の例、(c) 状態 3 の例

【図 7】本発明の加工工程で複数個の拡管箇所が見られる途中工程の説明図を示す。

【図 8】本発明の加工工程で全長に渡ってほぼ金型に接触した状態の途中工程の説明図を示す。

【図 9】本発明方法で用いた可動金型を有する場合のハイドロフォーム金型の説明図を示す。
(a) 金型内に金属管をセットした状態の例 (b) 金属管の加工が終了した状態の例

10

【図 10】本発明の実施例 1 および実施例 2 で用いた負荷経路の説明図を示す。

【図 11】比較のため実施した周期的に変動させる従来の負荷経路の説明図を示す。

【図 12】本発明の実施例 3 および実施例 4 で用いた負荷経路の説明図を示す。

【図 13】本発明方法で管軸方向に断面形状が変化している場合の説明図を示す。

(a) 金型内に金属管をセットした状態の例 (b) 金属管の加工が終了した状態の例

【図 14】本発明の実施例 5 で用いた負荷経路の説明図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0016】

図 4 (a)、(b) は、ハイドロフォーム金型 2、3 内にセットされた円形断面の金属管 1 を、ハイドロフォーム加工により拡管して長方形断面を有するハイドロフォーム加工品 4 に成形する例を示している。例えば、外径 63.5 mm、肉厚 2.0 mm の鋼管（鋼種：JIS 規格 STKM13B）を 63.5 mm × 84 mm（コーナー R = 10 mm）の長方形断面に拡管する。この場合の拡管率は、1.39 である。また拡管率 1.39 の領域の長さは 320 mm（外径 63.5 mm の 5 倍）である。

20

以下、当該ハイドロフォーム金型による加工を例にして、本発明の実施の形態を図 5 に示す負荷経路及び図 6 に示す変形の推移に沿って説明する。

【0017】

まず、工程 1 では従来方法と同様に軸押しを負荷しないで、金属管 1 の内部に圧力媒体（例えば水）6 を供給して内圧のみ昇圧する。ただし、場合によっては管端からのシール漏れを防ぐために全軸押し量の 10 % 以下の微小な軸押しをする場合がある。この初期圧力 P_H (MPa) は、金属管が割れることなく塑性変形される圧力であり、計算や実験で比較的容易に求められる。

30

【0018】

例えば、発明者らが研究した結果、金属管の平面歪状態における降伏開始圧力 P_p （下式（1）参照）を初期圧力 P_H の目安にできることが分かっている（非特許文献 2 参照）。なお、式中の D は素管の外径（mm）、 t は肉厚（mm）、 r は r 値を示し、 YS および YS_p は単軸引張状態および平面歪状態の 0.2 % 耐力をそれぞれ示している。

【0019】

【数 1】

40

$$P_p = 2YS_p \frac{t}{D-t}, \quad YS_p = \frac{1+r}{\sqrt{1+2r}} YS \quad \dots (1)$$

【0020】

50

ただし、形状が複雑な場合などは上式との誤差が大きくなるので、初期圧力 P_H は実験的に求める方が確実である。具体的には、軸押しを負荷せずに金属管が割れるまで内圧を昇圧させて割れたときの圧力を参考に初期圧力 P_H を定める。例えば、割れた時の圧力の $0.7 \sim 0.8$ 倍の圧力などに設定する。

【0021】

以上のように、計算あるいは実験で求めた初期圧力 P_H まで内圧を昇圧するが、この状態は図5では状態1に相当する。発明者らの研究の結果、軸押しなしで圧力のみ昇圧した状態1の時点では、金属管は中央部（図6の状態1のM部）で最も拡張される。

【0022】

次に、内圧と軸押しが負荷される工程2に入る。この工程2では、軸押しと昇圧を交互に繰り返す。まず内圧を初期圧力 P_H に保持したまま軸押しパンチ5を進行させて軸押しのみ負荷する。この工程を図5の負荷経路拡大図に示すように第1の工程と呼ぶ。発明者らの研究の結果、内圧を昇圧しない軸押しのみの負荷でも金属管は拡張されるが、この場合は中央部からではなく端部近傍（図6の状態2のN₁部）で拡張が進行する。この端部近傍からの拡張がハイドロフォーム加工における座屈やしわの要因となる。この座屈やしわの程度は軸押し中の内圧の昇圧によって、ある程度は緩和できるが、完全には解消されない。しかも内圧を高め過ぎると割れの危険性が高まる。よって、適正な内圧と軸押しの負荷経路を求めるためには、多大な試行錯誤や熟練が必要とされる。それに対して、この方法では内圧の値は保持したままであるため、軸押し中の拡張では割れる可能性はほとんどない。しかも負荷経路の変数も軸押し量だけのため非常に単純である。

【0023】

状態2までの軸押し量 δ_s (mm) は、その後の工程でしわが解消しうる程度の軸押し量に抑える必要がある。適正な軸押し量 δ_s の求め方としては、軸押し量を変えた途中止めサンプルを採取して、大きなしわにならない程度の軸押し量を選択すればよい。この適正な軸押し量 δ_s の値は、加工形状や素管の寸法・強度によって異なるが、発明者らの研究結果から、およそ素管肉厚の2～4倍が好ましく、更に3倍程度が好適である。

【0024】

次に、軸押しを停止させて内圧のみ昇圧する。この工程を第2の工程と呼ぶ。この工程では軸押しを負荷していないため拡張は再び中央部（図6の状態3のM部）で進行する。すると、状態3では管軸方向に一樣な拡張形状に近づき、座屈やしわの進行が抑制される。この昇圧時の最大ピーク圧力 P_T (MPa) は、金属管が割れないぎりぎりの圧力が望ましい。すなわち、前述の初期圧力 P_H を求めた際の軸押しなしで割れる圧力より若干低い圧力、例えば割れる圧力の $0.90 \sim 0.99$ 倍が好ましく、更に 0.95 倍程度に設定することが好適である。

【0025】

この後、軸押しを停止したまま一旦圧力を初期圧力 P_H まで低下させる。この工程を第3の工程と呼ぶ。仮に、内圧を下げずに圧力 P_T のまま軸押しを負荷する階段状の負荷経路にすると、圧力が高過ぎるため金属管はすぐに割れてしまう。よってピーク圧力 P_T まで昇圧した後に一旦初期圧力 P_H まで低下させる第3の工程が、本発明方法では非常に重要な意味を持つ。

【0026】

以上のような、第1の工程から第3の工程を同様に繰り返すと、中央部と端部近傍が交互に拡張されて、管軸方向に均一な拡張形状となる。また、図7のようにN1部の内側にN2部のような拡張部が複数現れる場合もある。しかし、本発明方法の基本的な効果は変わらず、管軸方向に一樣な拡張形状が得られる。

【0027】

以上の第1から第3の工程を1回または複数回繰り返すと、最後は図8のように管軸方向に渡ってほぼ全長で金型に接触する。この状態になると金型拘束により割れが起き難くなるため軸押しを停止したまま内圧のみを昇圧する工程3を行い、詳細形状やシャープなコーナーRを加工する。但し、場合によっては管端からのシール漏れを防ぐために全軸押

10

20

30

40

50

し量の10%以下の微小な軸押しをしながら、内圧を昇圧してもよい。

【0028】

以上が、前記(1)で提唱したハイドロフォーム加工方法の実施の態様の説明であるが、この方法を可動金型を用いたハイドロフォーム加工に適用したのが、前記(2)で提唱した方法である。

以下、その方法の実施の態様を説明する。

【0029】

この方法では、図9に示すように、固定金型7、8と可動金型9よりなるハイドロフォーム金型を使用する。可動金型9は、固定金型7、8の長方形断面の型内を移動できるようになっており、金属管1の両端を軸押しする際、可動金型も同時に軸押しされ、拡張された部分を可動金型によって同時に押し込むことができる。

10

【0030】

この可動金型9を用いる場合でも、管端のみを軸押しする場合と同様に、図5を用いて説明した負荷経路を用いて実施できる。

図9(a)のようにセットされた金属管に対し、金属管1の両端及び可動金型9の位置を固定した状態、または全軸押し量の10%以下の軸押しをした状態で内圧を昇圧させる工程1を実施する。次に、工程2では、まず、内圧を一定圧力に保持しながら金属管1の両端と可動金型9を同時に軸押しすることにより、金属管1の端部近傍を拡張させる第1の工程を実施し、続いて、内圧のみ昇圧させることにより金属管1の中央部を拡張させる第2の工程を実施し、その後、内圧を前記一定圧力の値まで下げる第3の工程を実施する。そして、この第1から第3の工程を1回または複数回繰り返してほぼ製品形状に加工した後に、軸押しをしないで又は全軸押し量の10%以下の軸押しをした状態で内圧を昇圧させて、図9(b)のようなハイドロフォーム加工品4を得る。

20

【0031】

この可動金型を用いた方法は、管端だけを押し方法と比べて拡張しない部分の摩擦抵抗を削減することができるため大きな拡張率が達成できる。しかし、この方法では、加工開始初期の時点において最終的に得たい加工品の形状よりも長い拡張領域が存在するため、従来は、管軸方向の座屈やしわの発生が通常のハイドロフォーム加工よりも起こりやすいという問題があった。

これに対し、前記説明したような負荷経路を用いることにより、可動金型を用いた場合でも前記の座屈やしわの問題が解消できるので、さらに大きな効果を発揮できる。

30

【0032】

以上のような一連のハイドロフォーム加工方法(通常のハイドロフォーム加工方法および可動金型を用いたハイドロフォーム加工方法)を用いると管軸方向に長い部品でも座屈やしわが残存しないで、かつ、拡張率の大きな加工品を得ることができる。具体的には従来の方法では加工不可能であった拡張率1.35以上の領域が管軸方向に素管径の3.5倍以上連続して存在するハイドロフォーム加工品を得ることができる。ただし、上記では、拡張率1.35以上の領域の長さが極端に長い、素管径の5倍の例で説明した。

【実施例】

【0033】

下記に本発明の実施例を示す。

40

【0034】

(実施例1)

素管には外径63.5mm、肉厚2.0mm、長さ600mmの鋼管(鋼種:JIS規格STKM13B)を用いた。材料特性は、YSが385MPa、r値が0.9である。ハイドロフォーム金型は、前述の図4の金型を用いた。圧力媒体として、水を用いた。

【0035】

ハイドロフォームの負荷経路を図10に示すが、当該負荷経路は以下の手順で決定した。まず前述の式(1)より平面歪状態における降伏開始圧力 P_p を計算すると28.4MPaであった。しかし、実際に軸押しなしで当該鋼管が割れるまで内圧を昇圧したところ

50

26.5 MPaで割れた。よって、初期圧力PHは、実際に割れた圧力26.5 MPaの0.76倍の20 MPaに設定し、最大ピーク圧力PTは26.5 MPaの0.96倍の25.5 MPaに設定した。次に、1サイクル当たりの軸押し量 δS は、素管肉厚2 mmの3倍の6 mmに設定した。そこで初期圧力PH: 20 MPa、最大ピーク圧力PT: 25.5 MPa、軸押し量 δS : 6 mmのサイクルを複数回実施する試験を行ったところ、10サイクルでほぼ全長に渡って金型と接触した。そこで、トータル10サイクル、すなわち最終軸押し量60 mmまで繰り返した後、軸押しを停止させて内圧のみ高圧に負荷した。最終圧力はコーナーの曲率半径Rが金型と同様の $R = 10 \text{ mm}$ になる十分な圧力として135 MPaに設定した。

【0036】

以上のような手順で図10に示すような適正な負荷経路が決定し、座屈やしわ等の加工不良のないハイドロフォーム加工品が得られた。なお、従来のような折れ線型の負荷経路で適正な負荷経路を求めようとしたら、トータル50回の試行錯誤を繰り返しても加工品の座屈やしわが解消されなかった。一方、本発明による負荷経路では、トータル3本の試行錯誤をした後、4本目で図10のような適正な負荷経路を得ることができた。

【0037】

本発明によって得られたハイドロフォーム加工品では、長方形に拡張されている断面の周長が278 mmあり、これは63.5 ϕ の素管の1.39倍の拡張率に当たる。しかも、当該拡張率を有する断面の管軸方向の長さは、素管外径63.5 mmの5.0倍の320 mmある。このように、従来のハイドロフォーム加工方法では不可能であった大拡張率で、かつ、長尺のハイドロフォーム加工品を本発明方法で得ることができた。

【0038】

また比較のため前述の特許文献2に記載されている周期的に変動させる負荷経路でもハイドロフォーム加工を試みた。負荷経路を図11に示す。周期の波形は、本発明方法の初期圧力PH: 20 MPa、最大ピーク圧力PT: 25.5 MPa、軸押し量 δS : 6 mmのサイクルと合わせて、波形の低圧側頂点圧力を20 MPa、高圧側頂点圧力を25.5 MPa、波長を6 mmの正弦波とした。サイクル数も10サイクルと同一にして最終的に60 mmまで軸押しした後、135 MPaまで昇圧する負荷経路とした。

【0039】

しかし実際にハイドロフォーム加工をすると1サイクル目ですぐに割れてしまった。本発明方法と異なり、軸押し中の圧力が高いためと思われる。念のため圧力を全体的に3 MPa下げて同様の加工を行ったところ、割れは防止できたが、加工終了後に大きなしわが残った。本発明方法と異なり、サイクル内で昇圧する際に軸押しが伴うためしわが発生しやすかったと思われる。

【0040】

(実施例2)

実施例1と同一の素管を用いて、図9に示す可動金型を用いたハイドロフォーム金型で実施例1と同一形状のハイドロフォーム加工品の加工を試みた。最終的な加工形状における拡張部の長さは320 mmを実現するため、加工初期の可動型の位置は予め60 mm後退した位置からスタートさせた。それ以外は、実施例1と全く同一の図10の負荷経路で加工を行った。圧力媒体として、水を用いた。

その結果、本発明によって得られたハイドロフォーム加工品では、長方形に拡張されている断面の周長が278 mmあり、これは63.5 ϕ の素管の1.39倍の拡張率に当たる。しかも、当該拡張率を有する断面の管軸方向の長さは、素管外径63.5 mmの5.0倍の320 mmあり、実施例1と同様に、座屈やしわ等の加工不良のない加工品が得られた。しかも実施例2は、実施例1の負荷経路をそのまま利用できたため、試行錯誤は一切不要であった。

【0041】

(実施例3)

実施例1と同一の金属管と同一の金型を用いて、図12に示す負荷経路でハイドロフォ

10

20

30

40

50

ーム加工を実施した。当該負荷経路は図10の負荷経路と異なり、初期圧力を上げる際の管端シール性を上げるために微小な軸押し量3mm押し込んだ。更に、最終昇圧する際の管端シール性を上げるために微小な軸押し量3mm押し込んだ。その間の負荷経路は図10の場合と基本的に同じとしたが、トータルの軸押し量を60mmと同じにするため、サイクル数は1回減らした。圧力媒体として、水を用いた。

その結果、本発明によって得られたハイドロフォーム加工品では、長方形に拡張されている断面の周長が278mmあり、これは63.5φの素管の1.39倍の拡張率に当たる。しかも、当該拡張率を有する断面の管軸方向の長さは、素管外径63.5mmの5.0倍の320mmあり、当該負荷経路を用いても、実施例1と同様に、大拡張率で、かつ、長尺のハイドロフォーム加工品を本発明方法で得ることができた。

10

【0042】

(実施例4)

実施例3で用いた図12の負荷経路で実施例2と同一の金属管と同一の金型でハイドロフォーム加工を実施した。圧力媒体として、水を用いた。

その結果、本発明によって得られたハイドロフォーム加工品では、長方形に拡張されている断面の周長が278mmあり、これは63.5φの素管の1.39倍の拡張率に当たる。しかも、当該拡張率を有する断面の管軸方向の長さは、素管外径63.5mmの5.0倍の320mmあり、本加工でも、大拡張率で、かつ、長尺のハイドロフォーム加工品を本発明方法で得ることができた。

【0043】

(実施例5)

図13に、断面形状が管軸方向に変化している場合の実施例を示す。但し、拡張される領域(図中の225mm長さの領域)では、いずれの断面でも拡張率は1.35以上ある。本実施例に使用した金属管は、前述の実施例1~4で使用したものと同一の鋼管である。また、負荷経路を図14に示す。基本的には実施例1で使用した図10とほとんど同じ負荷経路であるが、拡張される領域が実施例1より短い分、軸押し量が少なくなっている。以上のような方法により、拡張率が1.35以上の領域が225mm(素管径63.5mmの約3.5倍)あり、かつ、管軸方向に断面形状が変化しているハイドロフォーム加工品10が得られた。

20

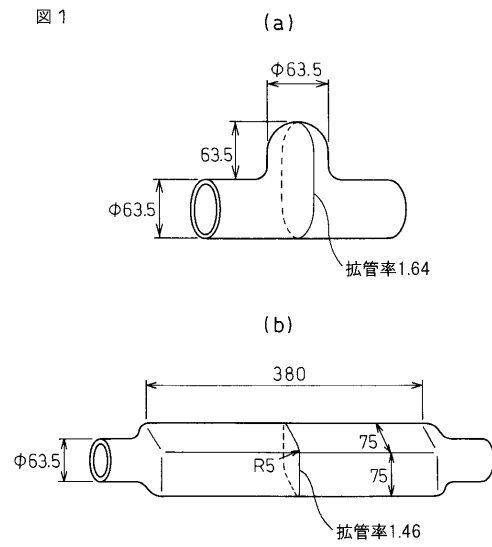
【符号の説明】

【0044】

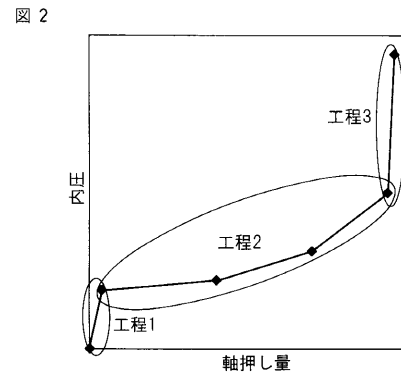
- 1 金属管
- 2, 3 ハイドロフォーム金型
- 4 ハイドロフォーム加工品
- 5 軸押しパンチ
- 6 圧力媒体
- 7, 8 ハイドロフォーム金型のうちの固定金型
- 9 ハイドロフォーム金型のうちの可動金型
- 10 管軸方向に断面形状が変化しているハイドロフォーム加工品

30

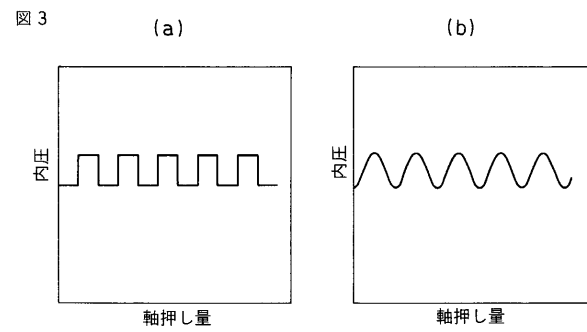
【図 1】



【図 2】

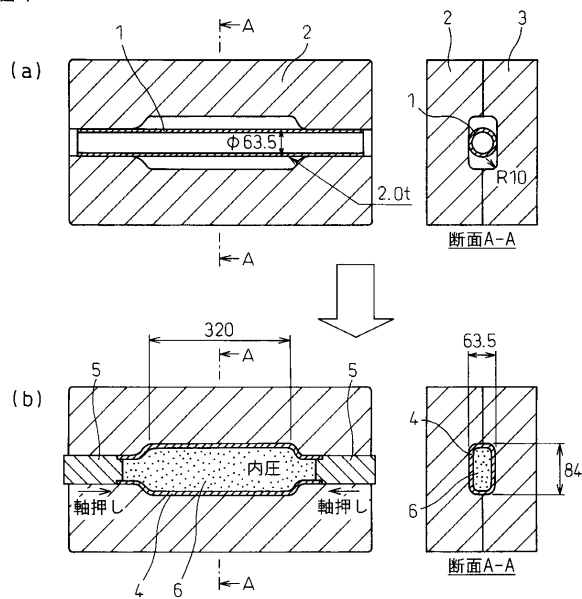


【図 3】



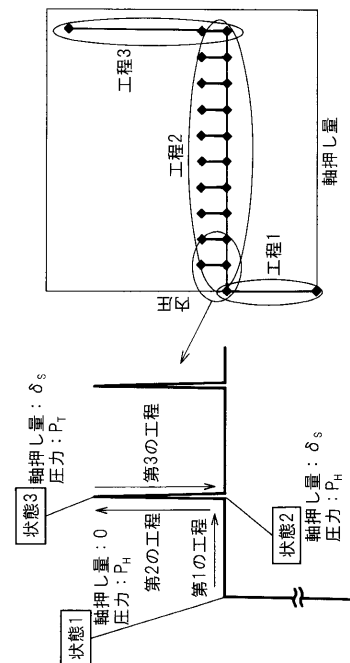
【図 4】

図 4



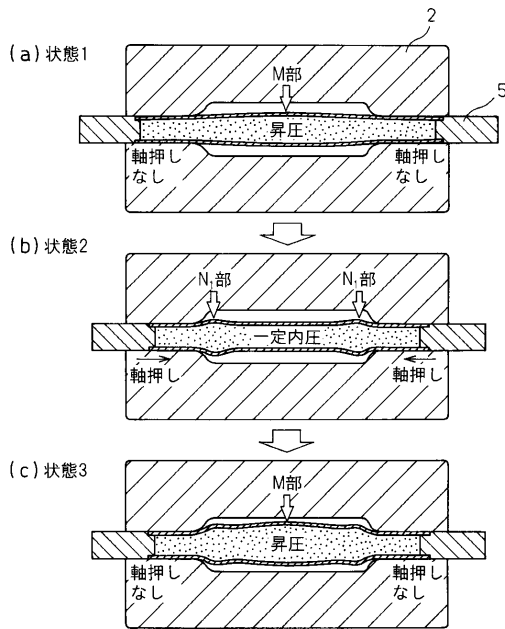
【図 5】

図 5



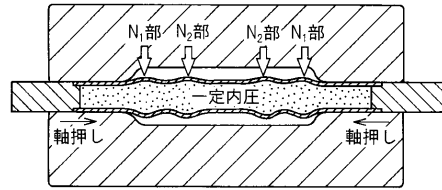
【図 6】

図 6



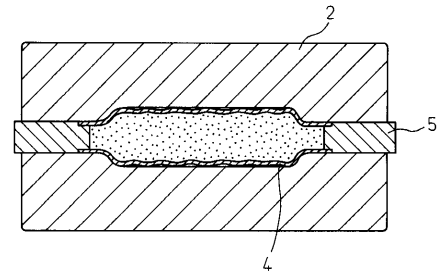
【図 7】

図 7



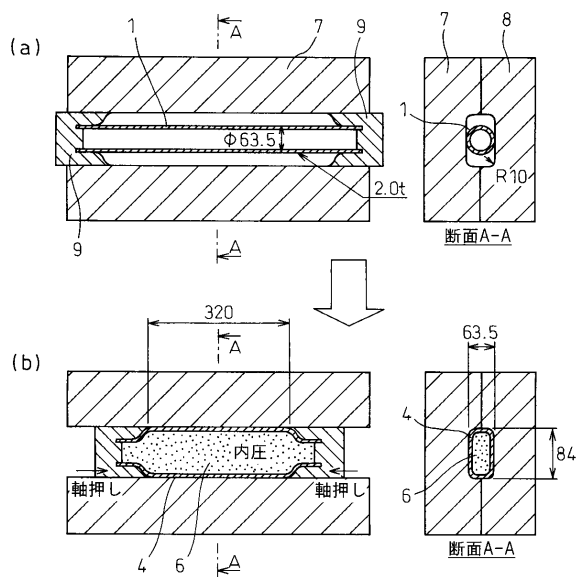
【図 8】

図 8



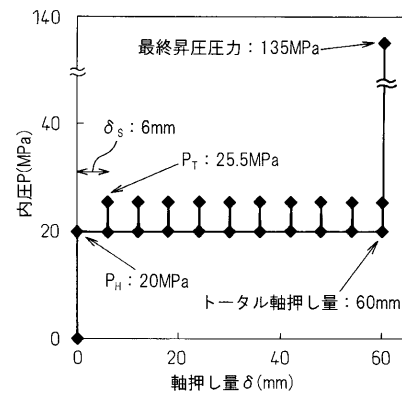
【図 9】

図 9



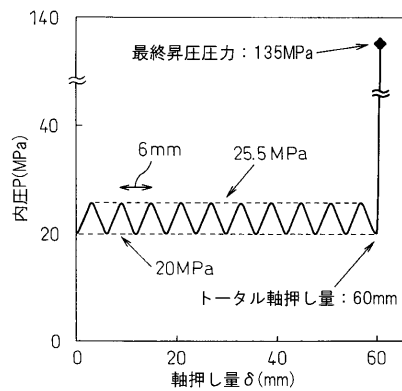
【図 10】

図 10



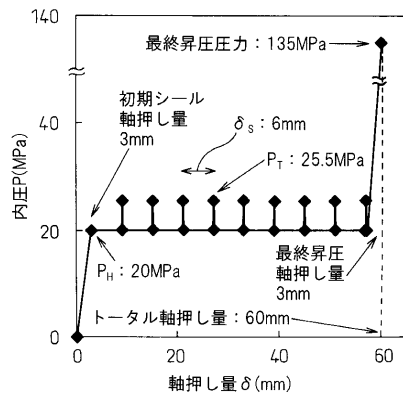
【図 11】

図 11



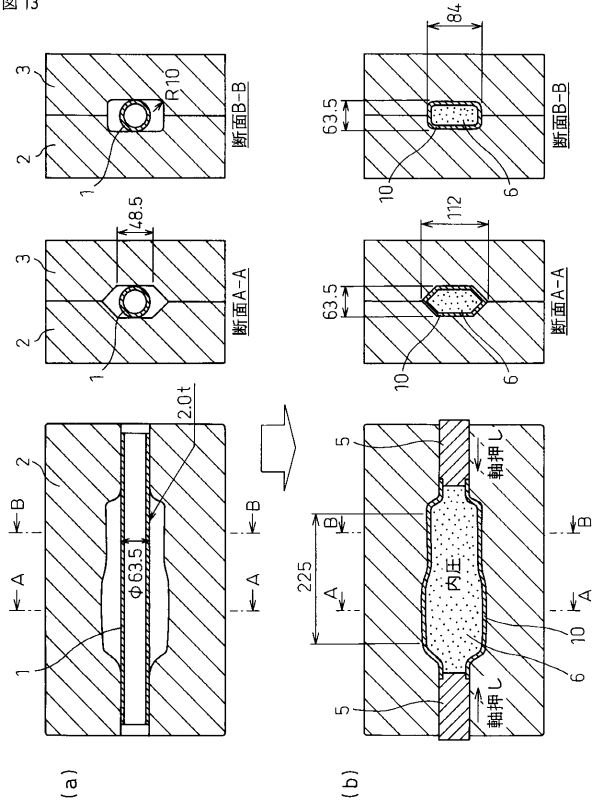
【図 1 2】

图 12



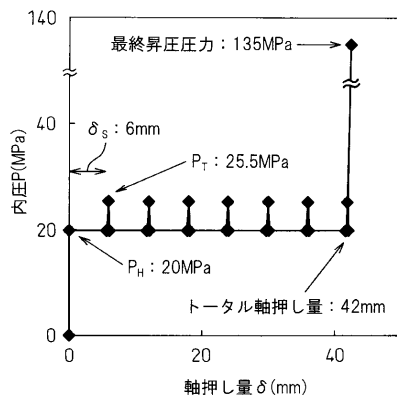
【 図 1 3 】

图 13



【图 14】

图 14



フロントページの続き

- (72)発明者 水村 正昭
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 佐藤 浩一
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 和田 学
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 栗山 幸久
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内