

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5961088号
(P5961088)

(45) 発行日 平成28年8月2日(2016.8.2)

(24) 登録日 平成28年7月1日(2016.7.1)

(51) Int.Cl.

B21D 25/02 (2006.01)

F 1

B21D 25/02

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2012-229147 (P2012-229147)
 (22) 出願日 平成24年10月16日 (2012.10.16)
 (65) 公開番号 特開2014-79781 (P2014-79781A)
 (43) 公開日 平成26年5月8日 (2014.5.8)
 審査請求日 平成27年7月28日 (2015.7.28)

(73) 特許権者 000000974
 川崎重工業株式会社
 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号
 (74) 代理人 100101454
 弁理士 山田 卓二
 (74) 代理人 100081422
 弁理士 田中 光雄
 (74) 代理人 100132241
 弁理士 岡部 博史
 (72) 発明者 木村 剛
 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社 神戸工場内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ストレッチフォーミングシステムおよびストレッチフォーミング方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ワークの対向し合う端縁部それぞれを挟持する第1および第2のジョーと、
 第1および第2のジョーの間に配置されてワークと当接する金型と、
 第1および第2のジョーの金型に対する相対的な位置および姿勢を変更する複数の制御軸と、

第1および第2のジョーそれが鉛直方向の移動が規制される以外は位置および姿勢が自由に変化可能である拘束条件の下で、金型を鉛直方向に移動させてワークを金型に巻きつけたときにおける第1および第2のジョーそれぞれの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡を算出するジョー軌跡算出部と、

ジョー軌跡算出部によって算出された第1および第2のジョーそれぞれの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡を実現する複数の制御軸それぞれの動作パターンを算出する制御軸動作パターン算出部と、を有するストレッチフォーミングシステム。

【請求項 2】

ワークの対向し合う端縁部それぞれを挟持する第1および第2のジョーと、
 第1および第2のジョーの間に配置されてワークと当接する金型と、
 第1および第2のジョーの金型に対する相対的な位置および姿勢を変更する複数の制御軸と、

第1および第2のジョーそれが鉛直方向の移動が規制されるとともに水平方向であつて且つジョー対向方向と直交する方向に延在する回転中心線を中心とする回動が規制さ

れる以外は位置および姿勢が自由に変化可能である拘束条件の下で、金型を鉛直方向に移動させてワークを金型に巻きつけたときにおける第1および第2のジョーそれぞれの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡を算出するジョー軌跡算出部と、

ジョー軌跡算出部によって算出された第1および第2のジョーそれぞれの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡を実現する複数の制御軸それぞれの動作パターンを算出する制御軸動作パターン算出部と、を有するストレッチフォーミングシステム。

【請求項3】

ジョー軌跡算出部は、実際のワークの厚さに比べて薄い厚さのワークを用いて第1および第2のジョーそれぞれの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡を算出する、請求項1または2に記載のストレッチフォーミングシステム。

10

【請求項4】

鉛直方向に延在する平面上において、ジョー軌跡算出部によって算出された第1および第2のジョーそれぞれの金型に対する相対的な位置の軌跡と金型の成形面の両端縁部それぞれでの接線との第1および第2の交点を算出し、

算出した第1および第2の交点それぞれと金型の頂点との間の第1および第2の鉛直方向距離を算出し、

算出した第1の鉛直方向距離と第2の鉛直方向距離とを比較し、大きい方を第1および第2のジョーに対する金型の相対的な鉛直方向の移動量として決定する、金型移動量算出部をさらに有する、請求項1から3のいずれか一項に記載のストレッチフォーミングシステム。

20

【請求項5】

ワークの対向し合う端縁部それぞれを挟持する第1および第2のジョーと、第1および第2のジョーの間に配置されてワークと当接する金型と、第1および第2のジョーの金型に対する相対的な位置および姿勢を変更する複数の制御軸とを有し、第1および第2のジョーによってワークを金型に巻き付けて成形するストレッチフォーミング方法であって、

第1および第2のジョーそれぞれが鉛直方向の移動が規制される以外は位置および姿勢が自由に変化可能である拘束条件の下で、金型を鉛直方向に移動させてワークを金型に巻きつけたときにおける第1および第2のジョーそれぞれの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡を算出し、

算出した第1および第2のジョーそれぞれの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡を実現する複数の制御軸それぞれの動作パターンを算出する、ストレッチフォーミング方法。

30

【請求項6】

ワークの対向し合う端縁部それぞれを挟持する第1および第2のジョーと、第1および第2のジョーの間に配置されてワークと当接する金型と、第1および第2のジョーの金型に対する相対的な位置および姿勢を変更する複数の制御軸とを有し、第1および第2のジョーによってワークを金型に巻き付けて成形するストレッチフォーミング方法であって、

第1および第2のジョーそれぞれが鉛直方向の移動が規制されるとともに水平方向であって且つジョー対向方向と直交する方向に延在する回転中心線を中心とする回動が規制される以外は位置および姿勢が自由に変化可能である拘束条件の下で、金型を鉛直方向に移動させてワークを金型に巻きつけたときにおける第1および第2のジョーそれぞれの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡を算出し、

40

算出した第1および第2のジョーそれぞれの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡を実現する複数の制御軸それぞれの動作パターンを算出する、ストレッチフォーミング方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ワークをストレッチフォーミングするストレッチフォーミングシステムおよびストレッチフォーミング方法に関する。

50

【背景技術】

【0002】

従来より、ワークを所望の形状に引っ張り成形するストレッチフォーミングが行われている。ストレッチフォーミングは、例えば特許文献1に記載するように、板状のワークの対向し合う端縁部それぞれを挟持する第1および第2のジョーと、第1および第2のジョーの間に配置されてワークと当接する金型と、各ジョーの金型に対する相対的な位置および姿勢を変更する複数の制御軸とを備えるストレッチフォーミング装置を用いて行われる。作業者が複数の制御軸それぞれを手動で動作させることによって各ジョーの金型に対する相対的な位置および姿勢を変化させることにより、ワークが金型に巻きつけられて所望の形状にストレッチフォーミングされる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特表2009-523613号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、ストレッチフォーミングによって良好な成形品を得るためにには、作業者は負担と熟練を要する。具体的には、ワークにしわが生じないように、またワークの厚さが全体にわたって略一様に変化するように、さらにワークと金型との間にすきまが生じないようにストレッチフォーミングを実行する必要がある。そのために、これを実現するために必要な各ジョーの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡(変化)と、さらにその各ジョーの位置および姿勢の軌跡を実現するために必要な複数の制御軸それぞれの動作パターンとを、作業者は考える必要がある。このことは、時間がかかるために作業者にとっては負担であり、また熟練な作業者でなければ難しい。

20

【0005】

そこで、本発明は、ストレッチフォーミングによって良好な成形品を得るために必要な各ジョーの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡、すなわち複数の制御軸それぞれの動作パターンを作業者に代わって短時間で算出し、作業者の負担を軽減することを課題とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0006】

上述の課題を解決するために、本発明の第1の態様によれば、ワークの対向し合う端縁部それぞれを挟持する第1および第2のジョーと、

第1および第2のジョーの間に配置されてワークと当接する金型と、

第1および第2のジョーの金型に対する相対的な位置および姿勢を変更する複数の制御軸と、

第1および第2のジョーそれぞれが鉛直方向の移動が規制される以外は位置および姿勢が自由に変化可能である拘束条件の下で、金型を鉛直方向に移動させてワークを金型に巻きつけたときにおける第1および第2のジョーそれぞれの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡を算出するジョー軌跡算出部と、

40

ジョー軌跡算出部によって算出された第1および第2のジョーそれぞれの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡を実現する複数の制御軸それぞれの動作パターンを算出する制御軸動作パターン算出部と、を有するストレッチフォーミングシステムが提供される。

【0007】

第2の態様によれば、ワークの対向し合う端縁部それぞれを挟持する第1および第2のジョーと、

第1および第2のジョーの間に配置されてワークと当接する金型と、

第1および第2のジョーの金型に対する相対的な位置および姿勢を変更する複数の制御

50

軸と、

第1および第2のジョーそれぞれが鉛直方向の移動が規制されるとともに水平方向であって且つジョー対向方向と直交する方向に延在する回転中心線を中心とする回動が規制される以外は位置および姿勢が自由に変化可能である拘束条件の下で、金型を鉛直方向に移動させてワークを金型に巻きつけたときにおける第1および第2のジョーそれぞれの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡を算出するジョー軌跡算出部と、

ジョー軌跡算出部によって算出された第1および第2のジョーそれぞれの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡を実現する複数の制御軸それぞれの動作パターンを算出する制御軸動作パターン算出部と、を有するストレッチフォーミングシステムが提供される。

10

【0008】

第3の態様によれば、ジョー軌跡算出部は、実際のワークの厚さに比べて薄い厚さのワークを用いて第1および第2のジョーそれぞれの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡を算出する、第1または第2の態様に記載のストレッチフォーミングシステムが提供される。

【0009】

第4の態様によれば、鉛直方向に延在する平面上において、ジョー軌跡算出部によって算出された第1および第2のジョーそれぞれの金型に対する相対的な位置の軌跡と金型の成形面の両端縁部それぞれでの接線との第1および第2の交点を算出し、算出した第1および第2の交点それぞれと金型の頂点との間の第1および第2の鉛直方向距離を算出し、算出した第1の鉛直方向距離と第2の鉛直方向距離とを比較し、大きい方を第1および第2のジョーに対する金型の相対的な鉛直方向の移動量として決定する、金型移動量算出部をさらに有する、第1から第3の態様のいずれかに記載のストレッチフォーミングシステムが提供される。

20

【0010】

第5の態様によれば、ワークの対向し合う端縁部それぞれを挟持する第1および第2のジョーと、第1および第2のジョーの間に配置されてワークと当接する金型と、第1および第2のジョーの金型に対する相対的な位置および姿勢を変更する複数の制御軸とを有し、第1および第2のジョーによってワークを金型に巻き付けて成形するストレッチフォーミング方法であって、第1および第2のジョーそれぞれが鉛直方向の移動が規制される以外は位置および姿勢が自由に変化可能である拘束条件の下で、金型を鉛直方向に移動させてワークを金型に巻きつけたときにおける第1および第2のジョーそれぞれの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡を算出し、算出した第1および第2のジョーそれぞれの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡を実現する複数の制御軸それぞれの動作パターンを算出する、ストレッチフォーミング方法が提供される。

30

【0011】

第6の態様によれば、ワークの対向し合う端縁部それぞれを挟持する第1および第2のジョーと、第1および第2のジョーの間に配置されてワークと当接する金型と、第1および第2のジョーの金型に対する相対的な位置および姿勢を変更する複数の制御軸とを有し、第1および第2のジョーによってワークを金型に巻き付けて成形するストレッチフォーミング方法であって、

40

第1および第2のジョーそれぞれが鉛直方向の移動が規制されるとともに水平方向であって且つジョー対向方向と直交する方向に延在する回転中心線を中心とする回動が規制される以外は位置および姿勢が自由に変化可能である拘束条件の下で、金型を鉛直方向に移動させてワークを金型に巻きつけたときにおける第1および第2のジョーそれぞれの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡を算出し、

算出した第1および第2のジョーそれぞれの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡を実現する複数の制御軸それぞれの動作パターンを算出する、ストレッチフォーミング方法が提供される。

【発明の効果】

50

【0012】

本発明によれば、ストレッチフォーミングによって良好な成形品を得るために必要な各ジョーの金型に対する相対的な位置および姿勢の軌跡、すなわち複数の制御軸それぞれの動作パターンを短時間で算出することができる。その結果、作業者の負担を軽減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の実施の形態に係るストレッチフォーミングシステムに含まれるストレッチフォーミング装置の制御軸の構成を示すモデル図

【図2】図1に示すストレッチフォーミング装置のジョーおよび金型の概略的な斜視図

10

【図3】一例のストレッチフォーミングの流れを説明するための図

【図4】制御軸の動作を自動制御するための制御プログラムを作成する制御プログラム作成装置の概略的構成図

【図5】ジョー軌跡算出部によって算出されるジョーの軌跡を説明するための図

【図6】金型移動量算出部によって算出される金型上昇量を説明するための図

【図7】別のストレッチフォーミングを説明するための図

【図8】さらに別のストレッチフォーミングを説明するための図

【図9】さらに異なるストレッチフォーミングを説明するための図

【発明を実施するための形態】

【0014】

20

図1は、本発明の実施の形態に係るストレッチフォーミングシステムに含まれるストレッチフォーミング装置の構成を概略的に示す図である。

【0015】

図1に示すように、ストレッチフォーミング装置10は、対向し合う2つのジョー J_L 、 J_R と、金型Dとを有する。ジョー J_L 、 J_R と金型Dの概略的な斜視図である図2に示すように、ジョー J_L 、 J_R は、板状のワークWの対向し合う端縁部それぞれをワークWの厚さ方向に挟持するように構成されている。金型Dは、ジョー J_L 、 J_R の間に配置され、下方からワークWと当接するように構成されている。金型Dは、ワークWと当接する曲面状の成形面 D_S を備える。

【0016】

30

なお、ストレッチフォーミング装置10には、互いに直交し合うX軸、Y軸、およびZ軸からなるシステム座標系Sが定義されている。X方向およびY方向は水平方向であり、Z方向は鉛直方向である。

【0017】

また、金型Dにも、図1や図2に示すように、互いに直交し合う X_D 軸、 Y_D 軸、および Z_D 軸からなる金型座標系Dが定義されている。

【0018】

さらに、ジョー J_L 、 J_R それにも、図1や図2に示すように、直交座標系であるジョー座標系 J_L 、 J_R が定義されている。ジョー座標系 J_L 、 J_R の原点は、ジョー J_L 、 J_R のワークWの把持中心に位置するジョー J_L 、 J_R の基準点 R_{J_L} 、 R_{J_R} に位置する。なお、ジョー J_L 、 J_R がワークWをその厚さ方向に挟持しているとき、基準点 R_{J_L} 、 R_{J_R} は、ジョー J_L 、 J_R に挟持されるワークWの部分の中心に位置し、ジョー J_L 、 J_R に挟持されるワークWの部分の表面と Z_{J_L} 軸、 Z_{J_R} 軸とが直交する。

40

【0019】

ストレッチフォーミング装置10はまた、金型Dの位置および姿勢を変更する金型用の制御軸として、ストレッチフォーミング装置10のベースBに対して金型Dを鉛直方向(Z方向)に昇降させる金型昇降軸 J_{D_1} と、金型DをX軸と平行に延びる回転中心線 C_{D_1} を中心として回転させる金型チルト軸 J_{D_2} とを有する。

【0020】

50

ストレッチフォーミング装置 10 はさらに、ジョー J_L の位置および姿勢を変更するジョー J_L 用の制御軸として、ストレッチフォーミング装置 10 のベース B からジョー J_L に向かって順に、ジョー J_L を X 軸と平行にストロークさせるキャリッジ軸 J_{L1} と、Z 軸と平行に延びる回転中心線 C_{L1} を中心としてジョー J_L を回転させるアンギュレーション軸 J_{L2} と、ジョー J_L を水平方向 (X-Y 平面と平行) にストロークさせるライダ軸 J_{L3} と、ライダ軸 J_{L3} のストローク方向と平行に延びる回転中心線 C_{L2} を中心としてジョー J_L を回転させるスイング軸 J_{L4} と、スイング軸 J_{L4} の回転中心線 C_{L2} と直交する直線方向にジョー J_L をストロークさせるテンション軸 J_{L5} と、テンション軸 J_{L5} のストローク方向に延びる回転中心線 C_{L3} を中心としてジョー J_L を回転させるローテーション軸 J_{L6} とを有する。なお、テンション軸 J_{L5} のストローク方向は、ジョー座標系 J_L の X_{JL} 方向と一致する。10

【0021】

同様に、ストレッチフォーミング装置 10 は、ジョー J_R の位置および姿勢を変更するジョー J_R 用の制御軸として、ストレッチフォーミング装置 10 のベース B からジョー J_R に向かって順に、ジョー J_R を X 軸と平行にストロークさせるキャリッジ軸 J_{R1} と、Z 軸と平行に延びる回転中心線 C_{R1} を中心としてジョー J_R を回転させるアンギュレーション軸 J_{R2} と、ジョー J_R を水平方向 (X-Y 平面と平行) にストロークさせるライダ軸 J_{R3} と、ライダ軸 J_{R3} のストローク方向と平行に延びる回転中心線 C_{R2} を中心としてジョー J_R を回転させるスイング軸 J_{R4} と、スイング軸 J_{R4} の回転中心線 C_{R2} と直交する直線方向にジョー J_R をストロークさせるテンション軸 J_{R5} と、テンション軸 J_{R5} のストローク方向に延びる回転中心線 C_{R3} を中心としてジョー J_R を回転させるローテーション軸 J_{R6} とを有する。なお、テンション軸 J_{R5} のストローク方向は、ジョー座標系 J_R の X_{JR} 方向と一致する。20

【0022】

このような複数の制御軸 $J_{D1} \sim J_{D2}$ 、 $J_{L1} \sim J_{L6}$ 、 $J_{R1} \sim J_{R6}$ により、ジョー J_L 、 J_R は、金型座標系 D において 6 自由度有することができる。すなわち、ジョー J_L 、 J_R は、金型座標系 D の X_D 方向、 Y_D 方向、および Z_D 方向に平行移動することができるとともに、 X_D 軸、 Y_D 軸、および Z_D 軸を中心として回転可能である。30

【0023】

加えて、ストレッチフォーミング装置 10 は、14 個の制御軸 $J_{D1} \sim J_{D2}$ 、 $J_{L1} \sim J_{L6}$ 、 $J_{R1} \sim J_{R6}$ を制御する制御部 (図示せず) を有する。具体的には、ストレッチフォーミング装置 10 が制御軸 $J_{D1} \sim J_{D2}$ 、 $J_{L1} \sim J_{L6}$ 、 $J_{R1} \sim J_{R6}$ それぞれに該制御軸を駆動する駆動シリンダ (図示せず) を有し、制御部は、その駆動シリンダを制御する。30

【0024】

制御軸 $J_{D1} \sim J_{D2}$ 、 $J_{L1} \sim J_{L6}$ 、 $J_{R1} \sim J_{R6}$ を駆動する駆動シリンダは、流体圧シリンダ (例えば油圧シリンダ) であって、ピストンを挟んで隣接するロッド側シリンダ室とヘッド側シリンダ室それぞれに油圧が供給される。制御部は、電磁バルブ、油圧ポンプなど (図示せず) の油圧系構成要素を制御することによってロッド側シリンダ室とヘッド側シリンダ室とにそれぞれ供給される油圧を調節し、それにより、制御軸 $J_{D1} \sim J_{D2}$ 、 $J_{L1} \sim J_{L6}$ 、 $J_{R1} \sim J_{R6}$ それぞれの駆動シリンダを制御する。40

【0025】

ストレッチフォーミング装置 10 の制御部はまた、駆動シリンダに対して、ピストン位置を制御する位置制御またはシリンダ出力を制御する圧力制御を実行するように構成されている。なお、制御軸 $J_{D1} \sim J_{D2}$ 、 $J_{L1} \sim J_{L6}$ 、 $J_{R1} \sim J_{R6}$ それぞれについて、駆動シリンダを位置制御するまたは圧力制御するかを業者が選択できるように、ストレッチフォーミング装置 10 は構成されている。

【0026】

金型ルチルト軸 J_{D2} 、アンギュレーション軸 J_{L2} 、 J_{R2} 、スイング軸 J_{L4} 、 J 50

J_{R4} 、およびローテンション軸 J_{L6} 、 J_{R6} のような回転軸は、クランク機構を介して、駆動シリンダのロッドの進退によって所定の角度範囲でジョー J_L 、 J_R を回転させる。制御部が駆動シリンダを位置制御することにより、回転軸の回転中心線を中心とするジョーの角度位置が制御される。または、駆動シリンダを圧力制御することにより、回転軸のトルクが制御される。

【0027】

金型昇降軸 J_{D1} 、キャリッジ軸 J_{L1} 、 J_{R1} 、スライダ軸 J_{L3} 、 J_{R3} 、およびテンション軸 J_{L5} 、 J_{R5} のような並進軸は、駆動シリンダの進退によって所定の範囲でジョー J_L 、 J_R をストロークさせる。制御部が駆動シリンダを位置制御することにより、並進軸のストローク範囲内におけるジョーの位置が制御される。または、駆動シリンダを圧力制御することにより、並進軸の推力が制御される。

10

【0028】

このような複数の制御軸 $J_{D1} \sim J_{D2}$ 、 $J_{L1} \sim J_{L6}$ 、 $J_{R1} \sim J_{R6}$ それぞれが動作することにより、ジョー J_L 、 J_R の金型 D に対する相対的な位置および姿勢が変更され、その結果としてワーク W が金型 D の成形面 D_S に巻きつけられてストレッチフォーミング（成形）される。

【0029】

例えば、まず、図 3 (A) に示すように、ジョー J_L 、 J_R が、ワーク W を水平方向に延在する姿勢で保持する。ジョー J_L 、 J_R のテンション軸 C_{L5} 、 C_{R5} のストローク方向（すなわち、 X_{JL} 、 X_{JR} 方向）が水平方向と一致するように、ジョー J_L 、 J_R は水平姿勢をとる。

20

【0030】

なお、このとき、ジョー J_L 、 J_R のテンション軸 C_{L5} 、 C_{R5} を荷重制御（そのシリンダを圧力制御）することにより、ワーク W を所定量、例えばワーク長（図 2 に示すワーク W の X 方向長さ）の 1% 程度ストレッチ（伸長）してもよい（以下、このようなストレッチを「プリストレッチ」と称する）。

【0031】

次に、図 3 (B) に示すように、金型 D が上昇し、その成形面 D_S がワーク W に当接する。

【0032】

30

続いて、図 3 (C) に示すように、金型 D が上昇しつつ、ジョー J_L 、 J_R それぞれの位置および姿勢が変化することにより、ワーク W が金型 D の成形面 D_S に巻きつけられる。なお、テンション軸 J_{L5} 、 J_{R5} のストローク方向（ X_{JL} 、 X_{JR} 方向）がワーク W の延在方向（すなわち、金型 D からジョー J_L 、 J_R に向かってワーク W が延在する方向）と一致するように、ジョー J_L 、 J_R の姿勢が変化する。そのために、例えば、ジョー J_L 、 J_R 本体とジョー J_L 、 J_R から延在するワーク W の部分との間の角度を検出する角度センサが、ジョー J_L 、 J_R それぞれに設けられている。そして、テンション軸 J_{L5} 、 J_{R5} のストローク方向とワーク W の延在方向とが一致するような角度を角度センサが検出し続けるように、ジョー J_L 、 J_R の姿勢が変化する。

【0033】

40

なお、このとき、ジョー J_L 、 J_R によってワーク W をストレッチしつつ、ワーク W を金型 D に巻きつけてもよい。例えば、ジョー J_L 、 J_R のテンション軸 J_{L5} 、 J_{R5} を荷重制御（そのシリンダを圧力制御）することにより、ワーク W は、巻きつけ開始から終了までの間に、ワーク W がワーク長の 1% 程度ストレッチされる（以下、このようなストレッチを、「巻きつけ時ストレッチ」と称する）。

【0034】

そして、図 3 (D) に示すように、ワーク W の成形面 D_S の端縁部における接線上にジョー J_L 、 J_R が到達して金型 D の成形面 D_S 全体にワーク W が当接すると、ストレッチフォーミングが完了する。なお、ワーク W が金型 D の成形面 D_S 全体に当接した後、ジョー J_L 、 J_R のテンション軸 C_{L5} 、 C_{R5} を荷重制御（そのシリンダを圧力制御）する

50

ことにより、ワークWを所定量、例えばワーク長の1%程度ストレッチしてもよい（以下、このようなストレッチを「ポストストレッチ」と称する）。

【0035】

この図3に示す一例のストレッチフォーミングを、ストレッチフォーミング装置10を含む本実施の形態のストレッチフォーミングシステムは、作業者が複数の制御軸 $J_{D1} \sim J_{D2}$ 、 $J_{L1} \sim J_{L6}$ 、 $J_{R1} \sim J_{R6}$ を手動で動作させることにより、または複数の制御軸 $J_{D1} \sim J_{D2}$ 、 $J_{L1} \sim J_{L6}$ 、 $J_{R1} \sim J_{R6}$ の動作を自動制御することによって実行できるように構成されている。複数の制御軸 $J_{D1} \sim J_{D2}$ 、 $J_{L1} \sim J_{L6}$ 、 $J_{R1} \sim J_{R6}$ の動作を自動制御するために、本実施の形態のストレッチフォーミングシステムは、複数の制御軸 $J_{D1} \sim J_{D2}$ 、 $J_{L1} \sim J_{L6}$ 、 $J_{R1} \sim J_{R6}$ の動作を自動制御するための制御プログラムを作成できるように構成されている。以下、複数の制御軸 $J_{D1} \sim J_{D2}$ 、 $J_{L1} \sim J_{L6}$ 、 $J_{R1} \sim J_{R6}$ の動作を自動制御するための制御プログラムの作成について説明する。

【0036】

まず、ストレッチフォーミング終了後に良好な成形品を得るために、ワークWにしわが生じないように、またワークWの厚さが全体にわたって略一様に変化するように、さらにワークWと金型Dとの間にすきまが生じないように、ジョー J_L 、 J_R の金型Dに対する相対的な位置および姿勢の軌跡（変化）（以下、「ジョー J_L 、 J_R の軌跡」と称する）を作業者は考える必要がある。また、そのジョー J_L 、 J_R の軌跡を実現する複数の制御軸 $J_{D1} \sim J_{D2}$ 、 $J_{L1} \sim J_{L6}$ 、 $J_{R1} \sim J_{R6}$ それぞれの動作パターンを作業者は考える必要がある。しかしながら、このことは、作業者にとっては時間がかかるために負担であり、また熟練な作業者でなければ難しい。

【0037】

そこで、本実施の形態のストレッチフォーミングシステムは、良好な成形品を得るために必要なジョー J_L 、 J_R の軌跡を算出するように構成されている。また、算出されたジョー J_L 、 J_R の軌跡を実現するために必要な複数の制御軸 $J_{D1} \sim J_{D2}$ 、 $J_{L1} \sim J_{L6}$ 、 $J_{R1} \sim J_{R6}$ それぞれの動作パターンを算出するように構成されている。そして、その算出した動作パターンで制御軸 $J_{D1} \sim J_{D2}$ 、 $J_{L1} \sim J_{L6}$ 、 $J_{R1} \sim J_{R6}$ それぞれを動作させるための制御プログラムを作成するように構成されている。

【0038】

図4は、本実施の形態のストレッチフォーミングシステムに含まれる制御プログラム作成装置の構成を概略的に示している。制御プログラム作成装置は、例えば、制御プログラムを作成するためのソフトウェアがインストールされたパーソナルコンピュータで構成される。以下、制御プログラム作成装置の構成を説明しつつ、制御プログラムの作成方法を説明する。

【0039】

制御プログラム作成装置50は、図4に示すように、成形条件取得部52、ジョー軌跡算出部54、金型移動量算出部56、制御軸動作パターン算出部58、FEM解析部60、および制御プログラム作成部62を有する。

【0040】

成形条件取得部52は、ワークWを金型Dに巻きつけてストレッチフォーミングするために必要な成形条件を作業者から取得するように構成されている。例えば、制御プログラム作成装置50がパーソナルコンピュータで構成される場合、マウスやキーボード等の入力デバイスとディスプレイ等のグラフィックユーザーアンターフェースとを介して作業者から成形条件を取得する。

【0041】

成形条件取得部52が作業者から取得する成形条件として、例えば、金型Dの形状、ワークWの形状、ワークWの材料（機械的性質）、ワークWの初期位置および初期姿勢、ジョー J_L 、 J_R それぞれの初期位置および初期姿勢、プリストレッチ量（プリストレッチによるストレッチ量）、巻きつけ時ストレッチ量（巻きつけ時のストレッチによるストレ

10

20

30

40

50

ツチ量)、ポストストレッチ量(ポストストレッチによるストレッチ量)などが挙げられる。なお、ここで言う初期位置および初期姿勢は、ワークWの金型Dへの巻きつけを開始するときの開始位置および開始姿勢を言う。

【0042】

ジョー軌跡算出部54は、成形条件取得部52が作業者から取得した成形条件に基づいてストレッチフォーミング装置10のモデルを用いたシミュレーションを実行することにより、良好な成形品を得るために必要な、すなわち良好にワークWが金型Dの成形面D_Sに巻きつくために必要なジョーJ_L、J_Rの軌跡を算出するように構成されている。

【0043】

ジョー軌跡算出部54について説明する。まず、図3に示すように、ストレッチフォーミング中においては、金型Dを上昇させつつ、ジョーJ_L、J_Rそれぞれの位置および姿勢を変化させる。また、それを、ワークWにしわが生じないように、ワークWの厚さが全体にわたって略一様に変化するように、および、ワークWと金型Dとの間にすきまが生じないように実行する。これを実現するためのジョーJ_L、J_Rの軌跡を算出する方法として、以下の方法が考えられる。

【0044】

例えば、金型Dの初期位置、初期姿勢、および上昇速度、ジョーJ_L、J_Rの初期位置、初期姿勢、位置の変化速度、および姿勢の変化速度などのパラメータを様々に変更し、パラメータを変更する毎に対応するワークWの変形挙動をFEM(有限要素法)解析によって演算する。それを、ワークWが良好に変形挙動するパラメータの値が見出されるまで実行する。

【0045】

しかしながら、このような試行錯誤的な方法は、良好な成形品を得るために必要なジョーJ_L、J_Rの軌跡を算出するのに多大な時間を必要とする。

【0046】

そこで、発明者は、以下のように考察した。

【0047】

まず、発明者は、図5(A)に示すようにジョーJ_L、J_Rによって保持されたワークWと当接した状態の金型Dをその当接方向(Z方向)に移動させると、金型Dの移動方向(Z方向)の移動のみが規制されている状態でジョーJ_L、J_Rがあれば、図5(B)に示すようにワークWが良好に自然に金型Dの成形面D_Sに巻きつくと考えた。すなわち、しわが生じることなく、また全体にわたってワークWの厚さが一様に変化し、さらにワークWと金型Dとの間にすきまが生じることなく、ワークWが金型Dの成形面D_Sに自然に良好に巻きつくと考えた。

【0048】

具体的に説明すると、ジョーJ_L、J_RがZ方向の移動を除いて自由状態である場合、金型DのZ方向の移動によってその成形面D_SにワークWが巻きついている最中においてジョーJ_L、J_Rの位置および姿勢が自由に変化するため、ワークWは局所的に大きく伸びることがない(局所ひずみがほとんど生じない)と発明者は考えた。それゆえ、しわが発生しにくく、またワークWの厚さが全体にわたって略一様に変化し、さらにワークWと金型Dとの間にすきまがほとんど生じることなく、ワークWが金型Dの成形面D_Sに良好に巻きつくと考えた。

【0049】

したがって、図5(B)に示すように、ジョーJ_L、J_RがZ方向の移動を除いて自由状態であるときに金型Dを移動させてワークWを金型Dに巻きつけたときに生じるジョーJ_L、J_Rの軌跡P_{J_L}、P_{J_R}(二点鎖線)が、良好な成形品を得るために必要なジョーJ_L、J_Rの軌跡に相当すると発明者は考えた。

【0050】

さらに言えば、この考えに基づけば、上述の試行錯誤的な方法に比べて短時間で、良好な成形品を得るために必要なジョーJ_L、J_Rの軌跡P_{J_L}、P_{J_R}を算出することがで

10

20

30

40

50

きると発明者は考えた。

【0051】

このような発明者の考察に基づいて、ジョー軌跡算出部54は、ジョー J_L 、 J_R が鉛直方向(Z 方向)の移動を規制される以外は位置および姿勢が自由に変化可能である拘束条件の下で、ジョー J_L 、 J_R によって保持されたワークWと当接した状態の金型Dを鉛直方向に移動させることによってワークWを金型Dの成形面 D_s に巻きつけるシミュレーション(巻きつけシミュレーション)を実行するように構成されている。そして、巻きつけシミュレーションの結果に基づいて、ジョー J_L 、 J_R の軌跡 P_{J_L} 、 P_{J_R} を算出するように構成されている。

【0052】

具体的には、ジョー軌跡算出部54は、ジョー J_L 、 J_R の基準点 R_{J_L} 、 R_{J_R} の Z 方向の移動のみを規制した拘束条件の下で、また成形条件取得部52によって取得された成形条件に基づいて、巻きつけシミュレーションを実行する。例えば、成形条件として与えられたプリストレッチ量が2%である場合、2%ストレッチされたワークWのモデルを用いて巻きつけシミュレーションを実行する。

10

【0053】

また、ジョー軌跡算出部54は、実際のワークWの厚さに比べて薄い厚さのワークW(モデル)を用いて巻きつけシミュレーションを実行するように構成されている。その理由は、ワークWの厚さが薄いほど、曲げ時の抵抗が生じにくい(ワークWの曲げ剛性が小さい)ことから少ないひずみでワークWが変形しやすく、その結果としてワークWが金型Dの成形面 D_s に全体にわたって密着しやすい(すきまが生じにくい)からである。すなわち、ワークWの厚さが薄いほど、ワークWが金型Dの成形面 D_s に全体にわたって密着する理想的なジョー J_L 、 J_R の軌跡 P_{J_L} 、 P_{J_R} を算出することができる。

20

【0054】

さらに、ジョー軌跡算出部54は、金型Dを Z 方向に可能最大移動量で移動させてワークWを金型Dの成形面 D_s に巻きつける巻きつけシミュレーションを実行するように構成されている。これは、ワークWを金型Dの成形面 D_s 全体にわたって確実に巻きつけるためである。

【0055】

なお、ジョー軌跡算出部54は、ワークWと金型Dの成形面 D_s との間の摩擦係数を最大にした拘束条件の下で、巻きつけシミュレーションを実行するように構成されてもよい。これにより、巻きつけシミュレーション上において、ワークWが金型Dの成形面 D_s 上を滑ることが抑制される。これにより、実機と近い条件で巻きつけシミュレーションを実行することができる。その結果、より高精度に、良好な成形品を得るために必要なジョー J_L 、 J_R の軌跡 P_{J_L} 、 P_{J_R} を算出することができる。

30

【0056】

加えて、ジョー軌跡算出部54は、巻きつけシミュレーションの結果を、作業者に対して出力するように構成されている。それにより、巻きつけシミュレーションの結果が良好であるか否かを作業者に判断させる。

【0057】

例えば、巻きつけシミュレーションの結果として、巻きつけシミュレーション後における、ジョー J_L 、 J_R の位置および姿勢、金型Dの位置および姿勢、ワークWの位置、姿勢、および形状などがディスプレイに表示される。これにより、巻きつけシミュレーションの結果に基づいて、制御プログラム作成装置50によって良好なジョー J_L 、 J_R の軌跡 P_{J_L} 、 P_{J_R} が算出されたか否かを、作業者は確認することができる。また、例えば、ワークWの形状の異常、ワークWが金型Dの成形面 D_s の端縁部と接触していないなど、巻きつけシミュレーション結果が良好でない場合、作業者は、ジョー J_L 、 J_R および金型Dの初期位置や初期姿勢などの成形条件を適切に変更することができる。

40

【0058】

作業者が巻きつけシミュレーションの結果が良好であると判断した場合、すなわち、例

50

えばマウスやキーボードなどの入力デバイスに対して対応する操作を作業者が実行した場合、ジョー軌跡算出部54によって算出されたジョー J_L 、 J_R の軌跡 P_{J_L} 、 P_{J_R} が確定される。

【0059】

図4に戻り、制御プログラム作成装置50の金型移動量算出部56は、ジョー軌跡算出部54によって算出された（作業者によって良好と判断された）ジョー J_L 、 J_R の軌跡 P_{J_L} 、 P_{J_R} に基づいて、金型DのZ方向の移動量を算出するように構成されている。

【0060】

上述したように、ジョー軌跡算出部54によって算出されたジョー J_L 、 J_R の軌跡 P_{J_L} 、 P_{J_R} は、金型DがZ方向に可能最大移動量したときの軌跡である。これは、ワークWが金型Dの成形面 D_S 全体に確実に巻きつくジョー J_L 、 J_R の軌跡 P_{J_L} 、 P_{J_R} を求めるためである。

【0061】

しかしながら、このようなジョー J_L 、 J_R の軌跡 P_{J_L} 、 P_{J_R} にしたがってジョー J_L 、 J_R の金型Dに対する相対的な位置および姿勢を変化させると、図5（B）に示すように、ワークWが金型Dの成形面 D_S を越えて過剰に巻回されることがある。別の観点から言えば、金型DがZ方向に必要以上に移動することがある。実際には、図3（D）に示すように、ワークWの成形面 D_S の端縁部における接線上にジョー J_L 、 J_R が到達するように金型DをZ方向に最低限移動させれば、ワークWが金型Dの成形面 D_S 全体に巻回される。そこで、金型移動量算出部56は、金型Dの成形面 D_S 全体にワークWを巻回するために最低限必要とされる金型DのZ方向の移動量を算出するように構成されている。

【0062】

図6は、金型DのZ方向の移動量の算出方法を説明するための図である。図6は、Z-X平面と平行な、金型Dの断面を示している。点 $P_{J_L}(S)$ 、 $P_{J_R}(S)$ は、ジョー J_L 、 J_R の軌跡 P_{J_L} 、 P_{J_R} の始点を示している。すなわち、始点 $P_{J_L}(S)$ 、 $P_{J_R}(S)$ は、ストレッチフォーミングを開始する前のジョー J_L 、 J_R の基準点 R_{J_L} 、 R_{J_R} の位置を示している。一方、点 $P_{J_L}(F)$ 、 $P_{J_R}(F)$ は、ジョー J_L 、 J_R の軌跡 P_{J_L} 、 P_{J_R} の終点を示している。すなわち、終点 $P_{J_L}(F)$ 、 $P_{J_R}(F)$ は、ストレッチフォーミング終了後のジョー J_L 、 J_R の基準点 R_{J_L} 、 R_{J_R} の位置を示している。

【0063】

さらに、一点鎖線 T_L 、 T_R は、Z-X平面上における、金型Dの成形面 D_S の両端縁部それぞれでの接線を示している。点 C_L 、 C_R は、ジョー J_L 、 J_R の軌跡 P_{J_L} 、 P_{J_R} と接線 T_L 、 T_R との交点（特許請求の範囲に記載の「第1および第2の交点」に対応）を示している。

【0064】

交点 C_L と金型Dの頂点（成形面 D_S において最大高さ位置の点） D_T との間のZ方向距離（特許請求の範囲の「第1の鉛直方向距離」に対応） H_L は、ジョー J_L 側のワークWの部分が金型Dの成形面 D_S に巻きつくために最低限必要な金型DのZ方向の移動量に相当する。一方、交点 C_R と金型Dの頂点 D_T との間のZ方向距離（特許請求の範囲の「第2の鉛直方向距離」に対応） H_R は、ジョー J_R 側のワークWの部分が金型Dの成形面 D_S に巻きつくために最低限必要な金型DのZ方向の移動量に相当する。

【0065】

図6に示すように、ジョー J_L 、 J_R の軌跡 P_{J_L} 、 P_{J_R} と金型Dの成形面 D_S の両端縁部それぞれでの接線 T_L 、 T_R との交点 C_L 、 C_R は、必ずしも同一の高さ位置（Z方向位置）に位置するわけではない。すなわち、Z方向距離 H_L 、 H_R が異なる場合がある。

【0066】

Z方向距離 H_L 、 H_R が異なる場合、ジョー J_L 側のワークWの部分とジョー J_R 側の

10

20

30

40

50

ワークWの部分の両方を金型Dの成形面D_Sに巻きつけるためには、大きい方のZ方向距離（図6においてはH_R）と同一の移動量で金型DをZ方向に移動させる必要がある。仮に小さい方の鉛直方向距離H_Lと同一の移動量で金型DをZ方向に移動させた場合、ジョーJ_R側のワークWの部分が金型Dの成形面D_Sの端縁部と接触できない。

【0067】

したがって、金型移動量算出部56は、まず、ジョー軌跡算出部54によって算出されたジョーJ_L、J_Rの軌跡P_{JL}、P_{JR}と、成形条件取得部52によって取得された金型形状に基づいて、ジョーJ_L、J_Rの軌跡P_{JL}、P_{JR}と金型Dの成形面D_Sの両端縁部それぞれでの接線T_L、T_Rとの交点C_L、C_Rを算出する。次に、金型移動量算出部56は、算出した交点C_L、C_Rと金型Dの頂点D_Tとの間のZ方向距離H_L、H_Rを算出する。そして、Z方向距離H_L、H_Rを比較し、大きい方を金型DのZ方向の移動量として決定する。
10

【0068】

なお、金型Dの成形面D_Sの端縁部上の二点を通過する直線を接線として用い、金型DのZ方向の移動量を算出するようにしてもよい。

【0069】

また、Z-X平面と平行な断面形状がY方向位置によって異なる金型形状の場合、以下の方法によって金型DのZ方向の移動量を算出するようにしてもよい。まず、Y方向位置が異なる複数のZ-X平面それぞれにおいて、ジョーJ_L、J_Rの軌跡P_{JL}、P_{JR}と金型Dの成形面D_Sの両端縁部それぞれでの接線T_L、T_Rとの交点C_L、C_Rを算出する。次に、全ての交点C_L、C_Rそれぞれと金型Dの頂点D_Tとの間のZ方向距離を算出する。そして、算出された複数のZ方向距離の中から最大のZ方向距離を抽出し、抽出された最大のZ方向距離を金型DのZ方向の移動量とする。これにより、Z-X平面と平行な断面形状がY方向位置によって異なる金型形状であっても、ワークWを金型Dの成形面D_S全体に巻回することができる。
20

【0070】

制御プログラム作成装置50の制御軸動作パターン算出部58は、成形条件取得部52によって取得された成形条件と、ジョー軌跡算出部54によって算出されたジョーJ_L、J_Rの軌跡P_{JL}、P_{JR}と、金型移動量算出部58によって算出された金型DのZ方向の移動量に基づいて、複数の制御軸J_{D1}～J_{D2}、J_{L1}～J_{L6}、J_{R1}～J_{R6}それぞれの動作パターンを算出するように構成されている。
30

【0071】

制御軸動作パターン算出部58は、成形条件取得部52によって取得されたジョーJ_L、J_R、金型Dそれぞれの初期位置および初期姿勢からジョーJ_L、J_Rの軌跡P_{JL}、P_{JR}にしたがってジョーJ_L、J_R、金型Dそれぞれの位置および姿勢を変化させるための複数の制御軸J_{D1}～J_{D2}、J_{L1}～J_{L6}、J_{R1}～J_{R6}それぞれの動作パターンを算出する。

【0072】

具体的には、制御軸動作パターン算出部58は、金型Dの初期位置からのZ方向の移動量が、金型移動量算出部56によって算出された移動量（例えば、図6に示すZ方向距離H_R）になるように複数の制御軸J_{D1}～J_{D2}、J_{L1}～J_{L6}、J_{R1}～J_{R6}それぞれの動作パターンを算出する。また、図6を用いて説明すると、ジョーJ_Lの軌跡P_{JL}の始点P_{JL(S)}から点C_{L'}までの部分と、ジョーJ_Rの軌跡P_{JR}の始点P_{JR(S)}から交点C_Rまでの部分に基づいて、複数の制御軸J_{D1}～J_{D2}、J_{L1}～J_{L6}、J_{R1}～J_{R6}それぞれの動作パターンを算出する。なお、点C_{L'}は、図6に示すように交点C_RのZ方向位置と同一位置に存在する軌跡P_{JL}上の点である。
40

【0073】

なお、作業者から成形条件取得部52にポストストレッチ量が成形条件として与えられている場合、そのポストストレッチ量でワークWをポストストレッチするために必要な制御軸の動作パターンが、ジョー軌跡算出部54および金型移動量算出部56の算出結果に
50

基づいて算出された制御軸の動作パターンに追加される。図3(D)に示すようにワークWが金型Dの成形面D_S全体に当接した後に作業者から与えられたポストストレッチ量でワークWがストレッチするように、テンション軸J_{L5}、J_{R5}によってワークWを引っ張るためのテンション軸J_{L5}、J_{R5}の動作パターンが追加される。

【0074】

また、巻きつけ時ストレッチ量が成形条件取得部52に与えられている場合、その巻きつけ時ストレッチ量でワークWをストレッチするために必要な制御軸の動作パターンが、ジョー軌跡算出部54および金型移動量算出部56の算出結果に基づいて算出された制御軸の動作パターンに追加される。ワークWの金型Dの成形面D_Sへの巻きつけ開始から終了するまでの間に、巻きつけ時ストレッチ量でワークWがストレッチするように、テンション軸J_{L5}、J_{R5}によってワークWを引っ張るためのテンション軸J_{L5}、J_{R5}の動作パターンが追加される。10

【0075】

制御プログラム作成装置50のFEM解析部60は、制御軸動作パターン算出部58によって算出された複数の制御軸J_{D1}～J_{D2}、J_{L1}～J_{L6}、J_{R1}～J_{R6}それぞれの動作パターンを用いて、ワークWのFEM解析を実行するように構成されている。

【0076】

具体的には、FEM解析部60は、制御軸動作パターン算出部58によって算出された複数の制御軸J_{D1}～J_{D2}、J_{L1}～J_{L6}、J_{R1}～J_{R6}それぞれの動作パターンにしたがってストレッチフォーミング装置10がストレッチフォーミングを実行することによって生じるワークWの変形挙動を、FEM解析によって算出するように構成されている。そして、FEM解析の結果を、例えばディスプレイを介して作業者に対して出力するように構成されている。それにより、FEM解析の結果が良好であるか否かを作業者に判断させる。20

【0077】

例えば、FEM解析の結果から、ストレッチフォーミング後のワークW(成形品)の部分的な厚さやひずみ量を作業者は知ることができる。それにより、良好な制御軸J_{D1}～J_{D2}、J_{L1}～J_{L6}、J_{R1}～J_{R6}それぞれの動作パターンが算出されたか否かを作業者は確認することができる。また、例えば、厚さやひずみ量が局所的に大きく異なるなど、FEM解析の結果が良好でない場合、作業者は、プリストレッチ量などの成形条件を適切に変更することができる。30

【0078】

作業者がFEM解析の結果が良好であると判断した場合、すなわち、例えばマウスやキーボードなどの入力デバイスに対して対応する操作を作業者が実行した場合、制御軸動作パターン算出部58によって算出された制御軸J_{D1}～J_{D2}、J_{L1}～J_{L6}、J_{R1}～J_{R6}それぞれの動作パターンが確定される。

【0079】

制御プログラム作成装置50の制御プログラム作成部62は、制御軸動作パターン算出部58によって算出された(作業者によって良好と判断された)制御軸J_{D1}～J_{D2}、J_{L1}～J_{L6}、J_{R1}～J_{R6}それぞれの動作パターンに基づいて、実機のストレッチフォーミング装置10の複数の制御軸J_{D1}～J_{D2}、J_{L1}～J_{L6}、J_{R1}～J_{R6}それぞれの動作を自動制御するための制御プログラムを作成するように構成されている。また、制御プログラム作成部62は、作成された制御プログラムをデータとして出力するように構成されている。40

【0080】

このように作成された制御プログラムにしたがって複数の制御軸J_{D1}～J_{D2}、J_{L1}～J_{L6}、J_{R1}～J_{R6}それぞれの動作が自動制御されることにより、ストレッチフォーミング装置10は、ワークWを金型Dの成形面D_Sに良好に自動で巻回する。その結果、良好な成形品が作製される。

【0081】

10

20

30

40

50

本実施の形態によれば、ストレッチフォーミングによって良好な成形品を得るために必要なジョー J_L 、 J_R それぞれの金型 D に対する相対的な位置および姿勢の軌跡、すなわち複数の制御軸 $J_{D1} \sim J_{D2}$ 、 $J_{L1} \sim J_{L6}$ 、 $J_{R1} \sim J_{R6}$ それぞれの動作パターンを短時間で算出することができる。その結果、作業者の負担を軽減することができる。

【0082】

以上、上述の実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明はこれに限定されない。

【0083】

例えば、上述の実施の形態の場合、図3に示すように、ストレッチフォーミングの実行中において、テンション軸 J_{L5} 、 J_{R5} のストローク方向 (X_{JL} 、 X_{JR} 方向) がワーク W の延在方向 (金型 D からジョー J_L 、 J_R に向かってワーク W が延在する方向) と一致するように、ジョー J_L 、 J_R の姿勢が変化する。しかし、本発明はこれに限らない。

【0084】

例えば、図7(A)に示すように、ジョー J_L 、 J_R が、テンション軸 J_{L5} 、 J_{R5} のストローク方向 (X_{JL} 、 X_{JR} 方向) が水平方向と一致する姿勢 (水平姿勢) で、ワーク W を水平方向に延在する姿勢で保持する。そして、ジョー J_L 、 J_R が水平姿勢を維持した状態で金型 D が鉛直方向 (Z 方向) に移動することにより、図7(B)に示すようにワーク W が金型 D の成形面 D_S に巻回される。

【0085】

この場合、制御プログラム作成装置50のジョー軌跡算出部54は、ジョー J_L 、 J_R の Z 方向の移動を規制することに加えて、水平方向であって且つジョー対向方向と直交する方向 (すなわち、 Y_{JL} 、 Y_{JR} 方向) に延在する回転中心線を中心とする回転を規制して、ジョー J_L 、 J_R の金型 D に対する相対的な位置および姿勢の軌跡 P_{JL} 、 P_{JR} を算出する。これにより、ストレッチフォーミング中においてジョー J_L 、 J_R が水平姿勢で維持される場合であっても、良好な成形品を実現するために必要な複数の制御軸 $J_{D1} \sim J_{D2}$ 、 $J_{L1} \sim J_{L6}$ 、 $J_{R1} \sim J_{R6}$ それぞれの動作を自動制御する制御プログラムを作成することができる。

【0086】

また、上述の実施の形態の場合、図2に示すように、金型 D の成形面 D_S は、曲面状であるが本発明はこれに限らない。例えば、図8に示すように金型 D' の成形面 D'_S のように平面であってもよい。本発明は、広義には、ワークが巻きつくことができる成形面を備える金型であればよい。

【0087】

さらに、上述の実施の形態の場合、金型 D に巻きつけられる板状のワーク W は平板状であるが、本発明はこれに限らない。例えば、図9に示すワーク W' のように、平板状ではなく、ジョー対向方向 A_1 と直交する方向 A_2 に湾曲する湾曲状であってもよい。この場合、ジョーは、湾曲状のワーク W' の対向し合う端縁部を挟持することができる、いわゆるカーブドジョー (curved jaw) である。

【0088】

加えて、上述では、ジョー J_L 、 J_R は鉛直方向 (Z 方向) に移動せず、制御プログラム作成装置50の金型移動量算出部56によって算出された移動量で金型 D が Z 方向に移動するストレッチフォーミングを例に挙げて本発明を説明したが、本発明はこれに限らない。金型移動量算出部56によって算出される金型 D の Z 方向の移動量は、言い換えると、図6に示すように、ジョー J_L 、 J_R に対する金型 D の相対的な Z 方向の移動量である。したがって、金型 D の Z 方向の移動量とジョー J_L 、 J_R の Z 方向の移動量との合計が、金型移動量算出部56によって算出された移動量であればよい。すなわち、金型 D が Z 方向に上昇するとともに、ジョー J_L 、 J_R が Z 方向に降下することにより、ワーク W が金型 D の成形面 D_S に巻回される。

【産業上の利用可能性】

【0089】

10

20

30

40

50

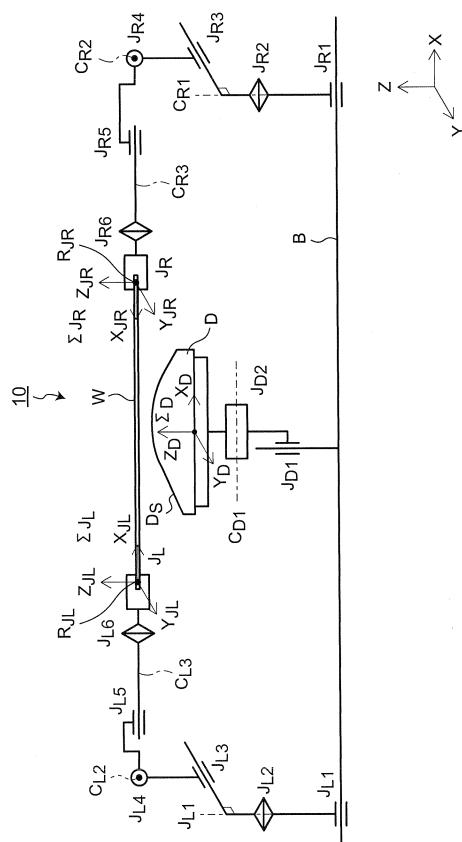
本発明は、ワークの対向し合う端縁部それぞれを挟持する2つのジョーと、2つのジョーの間に配置されてワークと当接する金型と、各ジョーと金型の位置および姿勢を変更するための複数の制御軸とを有するストレッチフォーミング装置であれば、制御軸の数に関係なく、適用可能である。

【符号の説明】

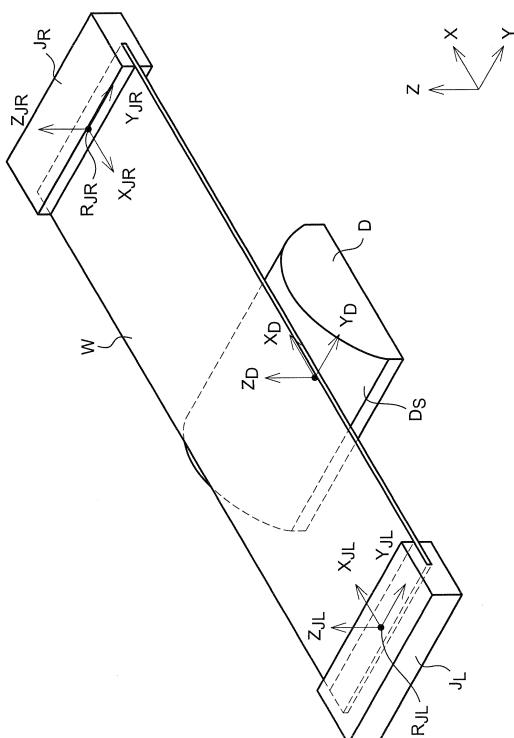
【0090】

1 0	ストレッチフォーミング装置	
W	ワーク	
D	金型	
J _L 、J _R	ジョー	10
J _{D1}	制御軸（金型昇降軸）	
J _{D2}	制御軸（金型チルト軸）	
J _{L1} 、J _{R1}	制御軸（キャリッジ軸）	
J _{L2} 、J _{R2}	制御軸（アンギュレーション軸）	
J _{L3} 、J _{R3}	制御軸（スライダ軸）	
J _{L4} 、J _{R4}	制御軸（スイング軸）	
J _{L5} 、J _{R5}	制御軸（テンション軸）	
J _{L6} 、J _{R6}	制御軸（ローテーション軸）	
5 0	制御プログラム作成装置	
5 2	成形条件取得部	20
5 4	ジョー軌跡算出部	
5 6	金型移動量算出部	
5 8	制御軸動作パターン算出部	
6 0	FEM解析部	
6 2	制御プログラム作成部	

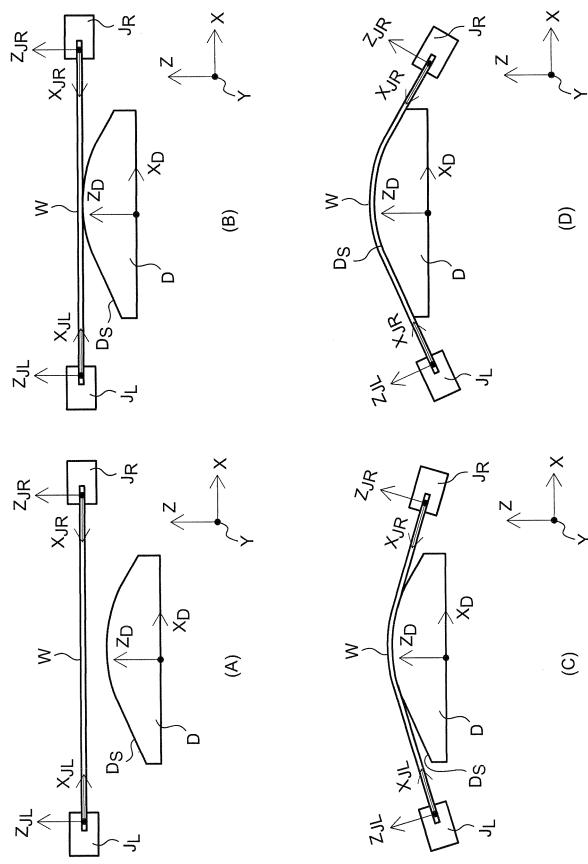
【図1】



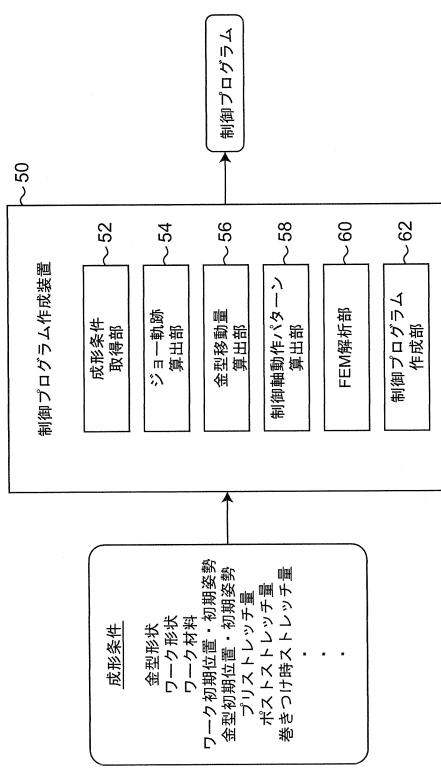
【図2】



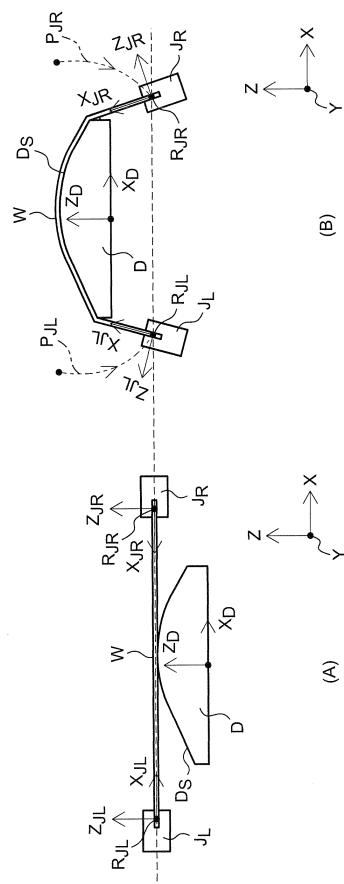
【図3】



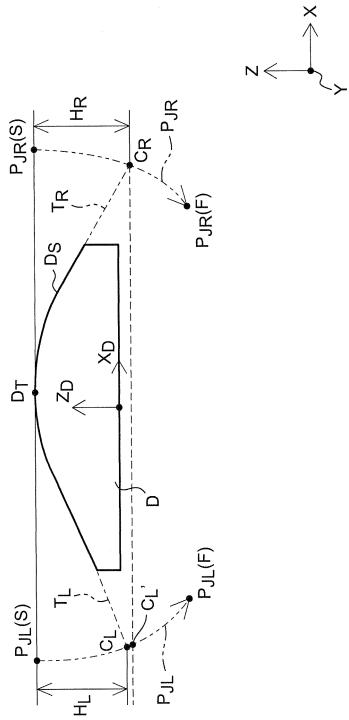
【図4】



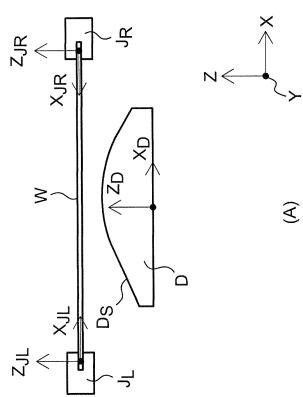
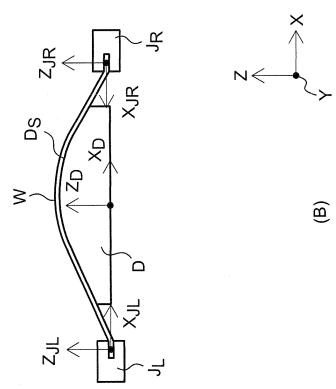
【図5】



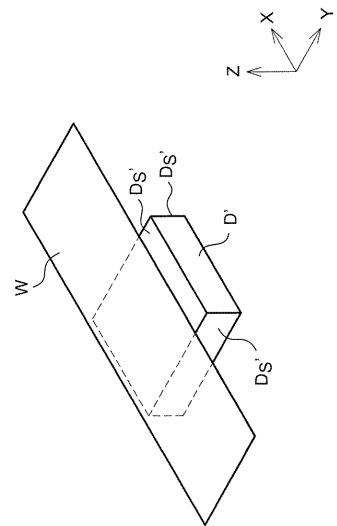
【図6】



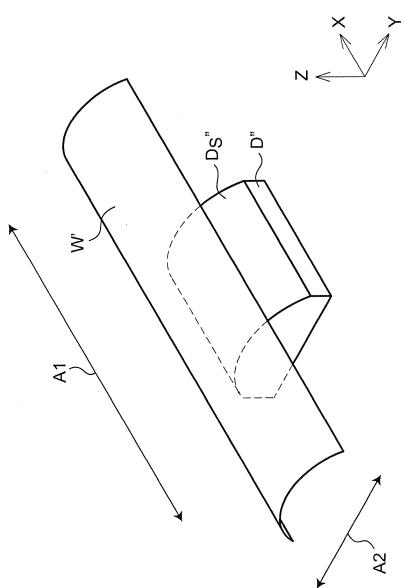
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 川野 征士郎
兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社 神戸工場内

(72)発明者 中野 信一
兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内

(72)発明者 本多 文博
兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内

審査官 塩治 雅也

(56)参考文献 米国特許第3948071(US, A)
特開2012-121044(JP, A)
特表2009-523613(JP, A)
特開平4-237526(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B21D 25/00
B21D 7/06