

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年2月4日(04.02.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/017228 A1

- (51) 国際特許分類:
B21D 22/26 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/063519
- (22) 国際出願日: 2015年5月11日(11.05.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-155161 2014年7月30日(30.07.2014) JP
- (71) 出願人: J F E スチール株式会社 (JFE STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 澄川 智史 (SUMIKAWA, Satoshi); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 石渡 亮伸 (ISHIWATARI, Akinobu); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo

(JP). 平本 治郎 (HIRAMOTO, Jiro); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 酒井 宏明 (SAKAI, Hiroaki); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

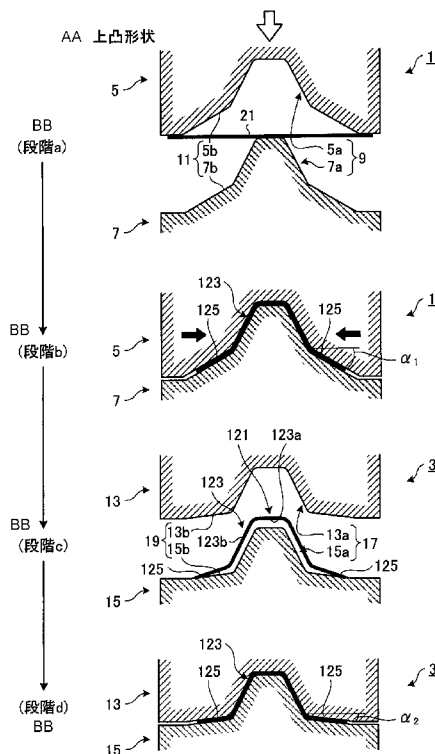
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

[続葉有]

(54) Title: PRESS FORMING METHOD

(54) 発明の名称: プレス成形 (press forming) 方法



AA Upper protrusion shape
BB Stage

(57) Abstract: When forming a forming article having a flange which curves so that a recess or protrusion is formed on a channel bottom-part side, this press forming method involves carrying out a first forming step using a first mold and a second forming step using a second mold. The angle formed between a vertical-wall forming part in a first channel-shape forming part (9) of the first mold and a first flange-forming part (11) is set to be greater than the angle formed between a vertical-wall forming part in a second channel-shape forming part (17) of the second mold and a second flange-forming part (19). The press forming method is characterized in that a forming article is press formed so that, in the first forming step, residual strain which is generated in a flange (125) of the forming article and which causes changes in a longitudinal-direction line length is cancelled in the second forming step by deforming the line length in a reverse manner.

(57) 要約: 本発明に係るプレス成形方法は、溝底部側に凸又は凹となるよう湾曲するフランジを有する成形品を成形する際、第1の金型を用いて第1成形工程を行い、第2の金型を用いて第2成形工程を行うものであって、第1の金型の第1溝形状成形部(9)における縦壁成形部と第1フランジ成形部(11)との成す角度が、第2の金型の第2溝形状成形部(17)における縦壁成形部と第2フランジ成形部(19)との成す角度よりも大きく設定されており、第1成形工程において成形品のフランジ部(125)に生じた長手方向の線長を変化させる残留ひずみ(residual strain)を、第2成形工程において線長を逆に変形させることで戻すように、成形品をプレス成形することを特徴とするものである。



MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：プレス成形（press forming）方法 技術分野

[0001] 本発明は、溝形状部（channel-shaped portion）を有し、該溝形状部を形成する一对の縦壁部（side wall portion）の少なくとも一方の縦壁部に、前記溝形状部における溝底部（channel bottom portion）側に凸又は凹となるように湾曲（curve）するフランジ部（flange portion）を有する成形品（press forming part）を成形するプレス成形方法に関する。

背景技術

[0002] プレス成形とは、その対象物である材料（steel sheet）（ブランク（blank））に金型（tool of press forming）を押し付けることにより、金型の形状をブランクに転写してブランクの加工を行う方法のことである。プレス成形においては、プレス成形品を金型から取り出した後に、そのプレス成形品内の残留応力（residual stress）が弾性回復（elastic recovery）することによって起こる形状不良（defect of shape）、いわゆるスプリングバック（springback）が発生する。これに起因して、プレス成形品の形状が所望の形状とは異なってしまうという問題が、しばしば発生する。

[0003] スプリングバックがどの程度生じるかについては、主に材料の強度（strength）に大きく影響される。昨今では、特に自動車業界を中心に、自動車車体（automotive body）の軽量化（weight reduction of automotive body）の観点から車体部品（automotive part）に高強度な鋼板（high-strength steel sheet）を使用する傾向が強くなっている。このような材料の高強度化に伴い、スプリングバックの生じる程度が大きくなっている。このため、スプリングバック後のプレス成形品の形状を設計形状に近づけるために、生産現場では、熟練者が、金型を幾度も修正して、トライアル&エラーを重ねなければならない。その結果、車体部品等のプレス成形品の生産期間が長期化してしまう。したがって、スプリングバックを効果的に低減できる方法

を開発することは、自動車の開発期間やコストを削減する上でもますます重要な課題であると言える。

[0004] スプリングバックの低減には、その発生原因である応力 (stress) のコントロールが必要不可欠である。応力をコントロールしてスプリングバックを低減する従来技術として、例えば特許文献 1 に記載の「薄鋼板 (steel sheet) のプレス成形用金型装置」がある。特許文献 1 には、ハット断面部品 (hat-shaped section part) をフォーム成形 (crash forming) する際に、フランジ部に凸ビード (bead) を設けた金型でブランクをプレス成形する方法が提案されている。この方法は、下死点 (bottom dead center) 直前でブランクが凸ビードにロックされてブランクの縦壁部に引張変形 (tensile deformation) が付与され、縦壁部の反り (curl) の原因であった板厚方向の応力差が解消されるというものである。

[0005] また、他の例として、パンチ (punch) の外周に設置されたブランクホルダ (blank holder) に窪みを設けた金型でブランクをプレス成形する方法が特許文献 2 に提案されている。この方法では、プレス成形中、ブランクホルダの窪みにブランク端部が入り込み、さらにプレス成形が進むとブランク端部が窪み内壁に引っ掛かって拘束された状態となる。このため、ブランクが外へ流出しなくなる。故に、この方法では、下死点直前でブランクの縦壁部に面内圧縮応力 (in-plane compressive stress) を付与することができ、これにより、板厚方向の応力差が解消される。

[0006] さらに、他の例として、特許文献 3 において、「縦壁部とフランジ部との交差部と湾曲部の曲率 (curvature) 中心とを結ぶ水平線を含み高強度鋼板と垂直な平面内で、前記水平線に対するフランジ部の角度が α_1 になるまでフランジ部を交差部で折り曲げ加工する第 1 成形工程と、前記平面内で、前記水平線に対するフランジ部の角度が α_2 になるまで、前記第 1 成形工程後のフランジ部を交差部で追加折り曲げ加工する第 2 成形工程とを有し、 $\alpha_1 - \alpha_2$ で表される追加曲げ角 β を所定の範囲にする」(特許文献 3 の段落 [0016] ~ [0017] 参照) プレス成形方法が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特許第4090028号公報

特許文献2：特開2010-99700号公報

特許文献3：特許第5382281号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 特許文献1に記載の方法では、成形された部品のフランジ部にビード形状が残ってしまうため、組立工程において他部品との溶接時に不具合が生じる可能性がある。そのため、成形された部品のうちビード形状が残存する部分をカットするか、あるいは製品内にビード形状が入らないようにブランク長さを長くとる必要がある。

[0009] また、特許文献1、2に記載の従来技術は、スプリングバックによって特定の断面に生じる形状変化のみに対する対策として有効である。しかし、プレス成形された実際の部品では、振れ (torsion) や曲がり (bending) といった部品全体に生ずる3次元的なスプリングバックが問題となる場合も多い。それ故、特許文献1、2に記載の従来技術は、このような問題に対する充分な対策とはなり得ない。

[0010] 他方、特許文献3に記載のプレス成形方法では、成形部品にビード形状が残らず、また成形部品全体の振れや反りを低減できるという効果が期待される。しかしながら、特許文献3に開示されたものは、第1成形工程において「縦壁部とフランジ部との交差部と湾曲部の曲率中心とを結ぶ水平線を含み高強度鋼板と垂直な平面内で、前記水平線に対するフランジ部の角度が α_1 になるまでフランジ部を交差部で折り曲げ加工する」としている。すなわち、特許文献3に記載のプレス成形方法を適用可能な成形部品は、特許文献3の図1、図3等にも示されるような水平面内で湾曲する部品に限定される。そのため、本願発明が対象としている「溝形状部を有し、該溝形状部を形成する

縦壁部の少なくとも一方の縦壁部に、前記溝形状部における溝底部側に凸又は凹となるように湾曲する、いわゆる上反り（upward camber）、下反り（downward camber）の湾曲フランジ部を有する成形品」については、特許文献 3 に記載のプレス成形方法を適用することができない。

[0011] 本発明はかかる問題点を解決するためになされたものであり、上記のようなフランジ部が上反り、又は下反りの湾曲フランジ部を有する成形品について、製品形状を変えることなく、振れや曲がりといった 3 次元的なスプリングバックを低減できるプレス成形方法を提供することを目的としている。

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、図 3 3 および図 3 4 に示すような成形品（上凸成形品 1 2 1、下凸成形品 1 2 7）を成形した際に生じるスプリングバックについて、その発生メカニズム等を検討した。

[0013] 上凸成形品 1 2 1、下凸成形品 1 2 7 は、いずれも溝底部 1 2 3 a と縦壁部 1 2 3 b とからなる溝形状部 1 2 3、及び面外（out-of-plane direction）に湾曲するフランジ部 1 2 5 を有している。なお、面外に湾曲するフランジ部 1 2 5 は、図 3 3 に示す上凸成形品 1 2 1 の場合には、フランジ部 1 2 5 が溝底部 1 2 3 a 側に凸（上凸）となるように湾曲する形状となる。一方、面外に湾曲するフランジ部 1 2 5 は、図 3 4 に示す下凸成形品 1 2 7 の場合には、フランジ部 1 2 5 が溝底部 1 2 3 a 側に凹（下凸）となるように湾曲する形状となる。

[0014] 従来、上凸成形品 1 2 1 をフォーム成形する場合、例えば図 3 5 に示すダイ（die）1 4 3 とパンチ 1 4 5 とを用い、図 3 7 に示すようにブランク 2 1 を挟み込むことによって、ブランク 2 1 を上凸成形品 1 2 1 にプレス成形していた。また、下凸成形品 1 2 7 をフォーム成形する場合には、例えば図 3 6 に示すダイ 1 4 9 とパンチ 1 5 1 を用い、図 3 7 に示すプレス成形と同様にブランク 2 1 を挟み込むことによって、ブランク 2 1 を下凸成形品 1 2 7 にプレス成形していた。

[0015] 図 3 8 A、図 3 8 B 及び図 3 9 A、図 3 9 B は、従来のプレス成形方法に

よって成形される成形品のスプリングバックの発生メカニズムを説明する図である。図38A及び図38Bは、上凸成形品121を従来方法で成形した場合のブランク端（フランジ端）の線長の変化を説明する説明図である。図39A及び図39Bは、下凸成形品127を成形する場合についての同様の説明図である。図38A及び図39Aは、それぞれ成形後（下死点）での上凸成形品121及び下凸成形品127の断面図である。図38B及び図39Bは、ブランク21（図37参照）を側面視したときの成形前後のブランク端（フランジ端）の線長変化を説明する図である。なお、図38B及び図39Bにおいて、成形前におけるブランク端の線長は細線で示され、成形後におけるフランジ125の端部すなわちフランジ端の線長は太線で示されている。また、図38A、図38B及び図39A、図39Bにおいて、黒点Oは上凸成形品121及び下凸成形品127の湾曲中心である。

[0016] 上凸成形品121の場合、図38A、図38Bに示すように、成形後のフランジ端の曲率半径（radius of curvature）は成形前のブランクに比べて小さくなる。これに伴い、フランジ端の軸線方向の線長が短くなる（ $A_0B_0 \rightarrow A_1B_1$ ）。つまり、フランジ部125は縮みフランジ変形（shrink flange deformation）となり、下死点ではフランジ部125に長手方向の圧縮応力（compressive stress）が残存する。

[0017] 一方、下凸成形品127の場合、図39A、図39Bに示すように、成形後のフランジ端の曲率半径は、成形前のブランクに比べて大きくなる。これに伴い、フランジ端の軸線方向の線長が長くなる（ $C_0D_0 \rightarrow C_1D_1$ ）。つまり、フランジ部125は伸びフランジ変形（stretch flange deformation）となり、下死点ではフランジ部125に長手方向の引張応力（tensile stress）が残存する。

[0018] フランジ部125の応力は離型（die release）時に解放され、応力解放後、上凸成形品121のフランジ部125では伸び変形（stretch deformation）が生じ、下凸成形品127のフランジ部125では縮み変形（shrink deformation）が生じる。その結果、上凸成形品121の場合（図40A参照

）、下凸成形品 1 2 7 の場合（図 4 0 B 参照）のいずれの場合も、目標とする製品形状に比べて湾曲曲率が小さくなる（曲率半径が大きくなる）ようなハネ変形（camber springback）が生ずる。

[0019] なお、図 4 0 A は、離型後の上凸成形品 1 2 1 を 3 次元形状測定器で測定し、その後、C A D（computer aided design）ソフトウェア上で測定形状の長手方向中央の断面が、目標とする製品形状の同断面と一致するように位置合わせを行って図示したものである。図 4 0 B は、図 4 0 A に示す上凸成形品 1 2 1 の場合と同様の処理を行って離型後の下凸成形品 1 2 7 を図示したものである。図 4 0 A 及び図 4 0 B において、実線は、上凸成形品 1 2 1 または下凸成形品 1 2 7 の目標とする製品形状（目標製品形状）を示し、点線は、上凸成形品 1 2 1 または下凸成形品 1 2 7 の測定形状を示している。

[0020] また、フランジ部が片側のみにある製品形状、縦壁の左右両側の角度が異なる製品形状、縦壁の左右の高さが異なる製品形状、左右のフランジ幅が異なる製品形状などの成形品をプレス成形する場合などでは、離型時の応力解放（stress release）によって成形品に振れが生じてしまう（図 1 6 参照）。

[0021] 以上のように、面外に湾曲したフランジ部を有する成形品では、フランジ部における残留応力が離型時に解放され、これによって、成形品全体にハネ（camber springback）や振れを与えるスプリングバックが生じる。このことから、このような成形品では、フランジ部の残留応力の低減が成形品のスプリングバック低減に非常に重要であると言える。

[0022] そこで、本発明者らは、フランジ部の残留応力を低減する方法について検討し、プレス成形過程において、ブランク材を製品形状に成形する際にフランジ部に生ずる線長変化よりも大きな変化をフランジ部を与え、その後にフランジ部の線長を製品形状に戻すような成形をすることが有効であるとの知見を得た。本発明はかかる知見に基づいてなされたものであり、具体的には以下の構成からなるものである。

[0023] 本発明に係るプレス成形方法は、溝形状部を有し、該溝形状部を形成する

一対の縦壁部の少なくとも一方の縦壁部に、前記溝形状部における溝底部側に凸となるように湾曲するフランジ部を有する成形品を成形するプレス成形方法であって、前記溝形状部を成形する第1溝形状成形部と前記フランジ部を成形する第1フランジ成形部を有する第1の金型を用いて第1成形工程を行い、傾斜角度が前記第1溝形状成形部と同じ第2溝形状成形部と第2フランジ成形部を有する第2の金型を用いて第2成形工程を行うものであって、前記第1の金型の前記第1溝形状成形部における縦壁成形部 (side wall forming portion) と前記第1フランジ成形部 (flange forming portion) の交差部を通り該交差部における前記フランジ部の曲率と同一曲率を有する湾曲面と前記第1フランジ成形部の成す角度 α_1 と、前記第2の金型の前記第2溝形状成形部における前記縦壁成形部と前記第2フランジ成形部の交差部を通り該交差部における前記フランジ部の曲率と同一曲率を有する湾曲面と前記第2フランジ成形部の成す角度 α_2 との関係が、前記湾曲面を基準として該湾曲面から前記溝底部側を負、その反対側を正としたときに、 $\alpha_2 < \alpha_1$ に設定されており、前記第1成形工程にて生じた前記フランジ部の長手方向の線長を縮める圧縮ひずみ (compressive strain) を、前記第2成形工程において前記線長を伸ばす変形を与えることで戻すように成形することを特徴とするものである。

[0024] また、本発明に係るプレス成形方法は、上記に記載の発明であって、前記第2の金型の前記第2溝形状成形部における前記縦壁成形部と前記第2フランジ成形部の交差部の曲率半径を ρ_0 [mm]、前記第2成形工程で成形されるフランジ幅を L [mm]、スプリングバックを変化させる効果が得られ、且つしわ (wrinkles) を抑制できるひずみ (strain) の戻し量 $\Delta \varepsilon$ ($\Delta \varepsilon > 0$) の上限値を $\Delta \varepsilon_{\max}$ とすると、前記 α_1 と前記 α_2 が下式 (1) を満たすことを特徴とするものである。

[0025] [数1]

$$\alpha_2 < \alpha_1 \leq \sin^{-1} \left[\frac{\sin \alpha_2 + \rho_0 \Delta \varepsilon_{\max} / L}{1 + \Delta \varepsilon_{\max}} \right] \quad \dots(1)$$

[0026] また、本発明に係るプレス成形方法は、溝形状部を有し、該溝形状部を形成する一对の縦壁部の少なくとも一方の縦壁部に、前記溝形状部における溝底部側に凹となるように湾曲するフランジ部を有する成形品を成形するプレス成形方法であって、前記溝形状部を成形する第1溝形状成形部（channel-shape forming portion）と前記フランジ部を成形する第1フランジ成形部を有する第1の金型を用いて第1成形工程を行い、傾斜角度が前記第1溝形状成形部と同じ第2溝形状成形部と第2フランジ成形部を有する第2の金型を用いて第2成形工程を行うものであって、前記第1の金型の前記第1溝形状成形部における縦壁成形部と前記第1フランジ成形部の交差部を通り該交差部における前記フランジ部の曲率と同一曲率を有する湾曲面と前記第1フランジ成形部の成す角度 α_1 と、前記第2の金型の前記第2溝形状成形部における前記縦壁成形部と前記第2フランジ成形部の交差部を通り該交差部における前記フランジ部の曲率と同一曲率を有する湾曲面と前記第2フランジ成形部の成す角度 α_2 との関係が、前記湾曲面を基準として該湾曲面から前記溝底部側を負、その反対側を正としたときに、 $\alpha_2 < \alpha_1$ に設定されており、前記第1成形工程にて生じた前記フランジ部の長手方向の線長を伸ばす引張りひずみ（tensile strain）を、前記第2成形工程において前記線長を縮める変形を与えることで戻すように成形することを特徴とするものである。

[0027] また、本発明に係るプレス成形方法は、上記に記載の発明であって、前記第2の金型の前記第2溝形状成形部における前記縦壁成形部と前記第2フランジ成形部の交差部の曲率半径を ρ_0 [mm]、前記第2成形工程で成形されるフランジ幅を L [mm]、スプリングバックを変化させる効果が得られ、且つしわを抑制できるひずみの戻し量 $\Delta \varepsilon$ （ $\Delta \varepsilon > 0$ ）の上限値を $\Delta \varepsilon_{\max}$ とすると、前記 α_1 と前記 α_2 が下式（2）を満たすことを特徴とするものである。

[0028] [数2]

$$\alpha_2 < \alpha_1 \leq \sin^{-1} \left[\frac{\sin \alpha_2 + \rho_0 \Delta \varepsilon_{\max} / L}{1 - \Delta \varepsilon_{\max}} \right] \quad \dots (2)$$

[0029] また、本発明に係るプレス成形方法は、上記のいずれかに記載の発明であ

って、前記第1成形工程をフォーム成形で行うことを特徴とするものである。

[0030] また、本発明に係るプレス成形方法は、上記のいずれかに記載の発明であって、前記第1成形工程をドロー成形（draw forming）で行うことを特徴とするものである。

[0031] また、本発明に係るプレス成形方法は、上記のいずれかに記載の発明であって、前記溝形状部における溝底部にパンチ底部を有する成形品を成形する場合であって、前記第1成形工程はブランクにおける前記パンチ底部に相当する部位をパッド（pad）で押えてプレス成形を行うことを特徴とするものである。

[0032] また、本発明に係るプレス成形方法は、上記のいずれかに記載の発明であって、前記一对の縦壁部のいずれか一方のフランジ部に前記第1成形工程と前記第2成形工程を適用することを特徴とするものである。

[0033] また、本発明に係るプレス成形方法は、上記のいずれかに記載の発明であって、前記一对の縦壁部の両方のフランジ部に前記第1成形工程と前記第2成形工程を適用することを特徴とするものである。

[0034] また、本発明に係るプレス成形方法は、上記のいずれかに記載の発明であって、湾曲する前記フランジ部が前記成形品の軸方向全長に亘って設けられている場合であって、前記第1の金型と前記第2の金型における前記 α_1 と前記 α_2 の関係が、前記第1の金型と前記第2の金型における金型軸方向の一部において $\alpha_2 < \alpha_1$ に設定されていることを特徴とするものである。

[0035] また、本発明に係るプレス成形方法は、上記のいずれかに記載の発明であって、湾曲する前記フランジ部が前記成形品の軸方向全長に亘って設けられている場合であって、前記第1の金型と前記第2の金型における前記 α_1 と前記 α_2 の関係が、前記第1の金型と前記第2の金型の全長に亘って $\alpha_2 < \alpha_1$ に設定されていることを特徴とするものである。

[0036] また、本発明に係るプレス成形方法は、上記のいずれかに記載の発明であって、湾曲する前記フランジ部が前記成形品の軸方向の一部に設けられてい

る場合であって、前記第 1 の金型と前記第 2 の金型における前記 α_1 と前記 α_2 の関係が、前記第 1 の金型と前記第 2 の金型における湾曲する前記フランジ部を成形する部位のみに $\alpha_2 < \alpha_1$ に設定されていることを特徴とするものである。

[0037] また、本発明に係るプレス成形方法は、上記のいずれかに記載の発明であって、湾曲する前記フランジ部が前記成形品の軸方向の一部に設けられている場合であって、前記第 1 の金型と前記第 2 の金型における前記 α_1 と前記 α_2 の関係が、前記第 1 の金型と前記第 2 の金型の全長に亘って $\alpha_2 < \alpha_1$ に設定されていることを特徴とするものである。

発明の効果

[0038] 本発明に係るプレス成形方法は、上反り又は下反りの湾曲態様のフランジ部を有する成形品について、製品形状を変えることなく、振れや曲がりといった 3 次元的なスプリングバックを低減できるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0039] [図1]図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係るプレス成形方法（上凸形状、フォーム成形）の説明図である。

[図2A]図 2 A は、本発明の実施の形態 1 に係る第 1 の金型（上凸形状、フォーム成形）の斜視図である。

[図2B]図 2 B は、図 2 A に示す第 1 の金型の A－A 矢視断面図である。

[図3A]図 3 A は、本発明の実施の形態 1 に係る第 2 の金型（上凸形状、フォーム成形）の斜視図である。

[図3B]図 3 B は、図 3 A に示す第 2 の金型の B－B 矢視断面図である。

[図4A]図 4 A は、本発明の実施の形態 1 に係るプレス成形方法のメカニズムの説明図であって、第 1 下死点及び第 2 下死点での上凸成形品の断面図である。

[図4B]図 4 B は、本発明の実施の形態 1 に係るプレス成形方法のメカニズムの説明図であって、フランジ端の線長変化を示す図である。

[図5A]図 5 A は、本発明の実施の形態 1 に係るプレス成形方法のメカニズム

の説明図であって、成形中のフランジ部に生ずる応力とひずみとの関係を示す図である。

[図5B]図5 Bは、本発明の実施の形態1に係るプレス成形方法のメカニズムの説明図であって、図5 Aに示すグラフの傾きを表す図である。

[図6A]図6 Aは、本発明の実施の形態1に係るプレス成形方法の他の態様に関するメカニズムの説明図である。

[図6B]図6 Bは、図6 Aに示すフランジ端の線長変化を示す図である。

[図7A]図7 Aは、本発明の実施の形態1に係るプレス成形方法に対する比較例に関するメカニズムの説明図である。

[図7B]図7 Bは、図7 Aに示すフランジ端の線長変化を示す図である。

[図8A]図8 Aは、本発明の実施の形態2に係る第1の金型の斜視図（下凸形状、フォーム成形）である。

[図8B]図8 Bは、図8 Aに示す第1の金型のC－C矢視断面図である。

[図9A]図9 Aは、本発明の実施の形態2に係る第2の金型の斜視図（下凸形状、フォーム成形）である。

[図9B]図9 Bは、図9 Aに示す第2の金型のD－D矢視断面図である。

[図10A]図10 Aは、本発明の実施の形態2に係るプレス成形方法のメカニズムの説明図であって、第1下死点及び第2下死点での下凸成形品の断面図である。

[図10B]図10 Bは、本発明の実施の形態2に係るプレス成形方法のメカニズムの説明図であって、フランジ端の線長変化を示す図である。

[図11A]図11 Aは、本発明の実施の形態2に係るプレス成形方法のメカニズムの説明図であって、成形中のフランジ部に生ずる応力とひずみとの関係を示す図である。

[図11B]図11 Bは、本発明の実施の形態2に係るプレス成形方法のメカニズムの説明図であって、図11 Aに示すグラフの傾きを表す図である。

[図12A]図12 Aは、本発明の実施の形態2に係るプレス成形方法の他の態様に関するメカニズムの説明図である。

[図12B]図12Bは、図12Aに示すフランジ端の線長変化を示す図である。

[図13A]図13Aは、本発明の実施の形態2に係るプレス成形方法の比較例に関するメカニズムの説明図である。

[図13B]図13Bは、図13Aに示すフランジ端の線長変化を示す図である。

[図14]図14は、本発明の実施の形態3に係るプレス成形方法（上凸形状、フォーム成形、パッド有り）の説明図である。

[図15]図15は、本発明の実施の形態4の成形対象である成形品（フランジ幅の異なるもの）の説明図である。

[図16]図16は、本発明の実施の形態4で解決しようとする課題の説明図である。

[図17]図17は、本発明の実施の形態4に係る第1の金型（上凸形状、フォーム成形、片側のみ適用）の斜視図である。

[図18]図18は、本発明の実施の形態4に係るプレス成形方法（上凸形状、フォーム成形、片側のみ適用）の説明図である。

[図19]図19は、本発明の実施の形態5に係る第1の金型（上凸形状、ドロー成形）の斜視図である。

[図20]図20は、本発明の実施の形態5に係るプレス成形方法（上凸形状、ドロー成形）の説明図である。

[図21]図21は、本発明を適用可能な製品形状の成形品の例を示す断面図である。

[図22A]図22Aは、本発明を適用可能な製品形状の成形品の別例を示す図である。

[図22B]図22Bは、本発明を適用可能な製品形状の成形品の更なる別例を示す図である。

[図23A]図23Aは、本発明の実施例1に係る成形対象の成形品（上凸形状）の説明図である。

[図23B]図23Bは、図23Aに示す成形品の断面図である。

[図24A]図24Aは、本発明の実施例2に係る成形対象の成形品（下凸形状）

の説明図である。

[図24B]図24Bは、図24Aに示す成形品の断面図である。

[図25]図25は、本発明の実施例3に係るプレス成形方法（上凸形状、ドロ－成形、パッド付き）の説明図である。

[図26]図26は、本発明の実施例3に係る従来のプレス金型（上凸形状、ドロ－成形）の説明図である。

[図27]図27は、本発明の実施例3に係る従来のプレス成形方法（上凸形状、ドロ－成形）の説明図である。

[図28]図28は、本発明の実施例4に係る第1の金型（下凸形状、ドロ－成形）の斜視図である。

[図29]図29は、本発明の実施例4に係る従来のプレス金型（下凸形状、ドロ－成形）の説明図である。

[図30]図30は、本発明の実施例5に係る成形対象の成形品（フランジ部が傾斜しているもの）の説明図である。

[図31]図31は、本発明の実施例6に係る成形対象の成形品（フランジ幅の異なるもの）の説明図である。

[図32]図32は、本発明の実施例7に係る第1の金型（上凸形状、ドロ－成形、中央部のみ適用）の斜視図である。

[図33]図33は、本発明の成形対象である上凸成形品の斜視図である。

[図34]図34は、本発明の成形対象である下凸成形品の斜視図である。

[図35]図35は、本発明の解決しようとする課題の説明図であって、従来のプレス金型（上凸形状）の斜視図である。

[図36]図36は、本発明の解決しようとする課題の説明図であって、従来のプレス金型（下凸形状）の斜視図である。

[図37]図37は、本発明の解決しようとする課題の説明図であって、従来のプレス成形方法の説明図である。

[図38A]図38Aは、従来のプレス成形方法によって成形される上凸成形品の断面図である。

[図38B]図38Bは、従来のプレス成形方法による上凸成形品の成形前後におけるフランジ端の線長変化の説明図である。

[図39A]図39Aは、従来のプレス成形方法によって成形される下凸成形品の断面図である。

[図39B]図39Bは、従来のプレス成形方法による下凸成形品の成形前後におけるフランジ端の線長変化の説明図である。

[図40A]図40Aは、本発明の解決しようとする課題の説明図であって、従来のプレス成形方法による上凸成形品のスプリングバックの説明図である。

[図40B]図40Bは、本発明の解決しようとする課題の説明図であって、従来のプレス成形方法による下凸成形品のスプリングバックの説明図である。

発明を実施するための形態

[0040] [実施の形態1]

本発明の一実施の形態に係るプレス成形方法について説明する前に、本発明方法が成形対象としている成形品について、図33に基づいて説明する。本発明の実施の形態1に係るプレス成形方法が対象としている成形品は、図33に示すように、長手方向に延びる溝形状部123と、溝形状部123の両側に設けられるフランジ部125とを有し、軸方向の中央部が溝底部123a側に凸（上凸）となるように湾曲した上凸成形品121である。なお、溝形状部123は、溝底部123aと、溝底部123aの両側に設けられた一対の縦壁部123bとで形成されている。

[0041] 上記のような上凸成形品121は、本発明の実施の形態1に係るプレス成形方法によって成形される。この実施の形態1に係るプレス成形方法は、製品形状に成形する場合よりも大きな線長変化がフランジ部125に生じる中間形状（preformed shape）を有する中間品（preformed part）を成形する第1成形工程と、第1成形工程で成形された中間品を製品形状である上凸成形品121に成形する第2成形工程とを含んでいる。上記の第1成形工程及び第2成形工程はそれぞれ個別の金型（第1の金型1及び第2の金型3）を用いてプレス成形を行うので、まず第1の金型1及び第2の金型3について

、図 1、図 2 A、図 2 B、図 3 A 及び図 3 B に基づいて説明する。

[0042] [金型の説明]

<第 1 の金型>

第 1 の金型 1 は、第 1 成形工程に用いる金型であり、図 2 A に示す通り第 1 ダイ (die) 5 と第 1 パンチ 7 とを備えている。

[0043] 第 1 ダイ 5 は、上凸成形品 1 2 1 (図 3 3 参照) の溝形状部 1 2 3 を成形する第 1 ダイ側の溝形状成形部 5 a と、第 1 ダイ側の溝形状成形部 5 a の両側に形成されて、上凸成形品 1 2 1 のフランジ部 1 2 5 を成形する第 1 ダイ側のフランジ成形部 5 b とを備えている。

[0044] 第 1 パンチ 7 は、第 1 ダイ側の溝形状成形部 5 a と協働して上凸成形品 1 2 1 の溝形状部 1 2 3 を成形する第 1 パンチ側の溝形状成形部 7 a と、第 1 ダイ側のフランジ成形部 5 b と協働して上凸成形品 1 2 1 のフランジ部 1 2 5 を成形する第 1 パンチ側のフランジ成形部 7 b とを備えている。

[0045] 第 1 ダイ側の溝形状成形部 5 a と第 1 パンチ側の溝形状成形部 7 a とが第 1 の金型 1 の第 1 溝形状成形部 9 である。第 1 ダイ側のフランジ成形部 5 b と第 1 パンチ側のフランジ成形部 7 b とが第 1 の金型 1 の第 1 フランジ成形部 1 1 である。図 2 A 及び図 2 B に示すように、第 1 溝形状成形部 9 における縦壁成形部と第 1 フランジ成形部 1 1 との交差部 1 0 を通り且つ交差部 1 0 におけるフランジ部 1 2 5 の曲率と同一曲率を有する湾曲面 1 2 と、第 1 フランジ成形部 1 1 との成す角度 (以下、「第 1 傾斜角度 α_1 」という) は、所定の大きさに設定されている。

[0046] <第 2 の金型>

第 2 の金型 3 は、第 2 成形工程に用いる金型であり、図 3 A に示す通り第 2 ダイ 1 3 と第 2 パンチ 1 5 とを備えている。

[0047] 第 2 ダイ 1 3 は、第 1 ダイ側の溝形状成形部 5 a と同形状の第 2 ダイ側の溝形状成形部 1 3 a と、第 2 ダイ側の溝形状成形部 1 3 a の両側に形成されて、フランジ部 1 2 5 を製品形状に成形する第 2 ダイ側のフランジ成形部 1 3 b とを備えている。

- [0048] 第2パンチ15は、第1パンチ側の溝形状成形部7aと同形状の第2パンチ側の溝形状成形部15aと、第2ダイ側のフランジ成形部13bと協働してフランジ部125を製品形状に成形する第2パンチ側のフランジ成形部15bとを備えている。
- [0049] 第2ダイ側の溝形状成形部13aと第2パンチ側の溝形状成形部15aとが第2の金型3の第2溝形状成形部17である。第2ダイ側のフランジ成形部13bと第2パンチ側のフランジ成形部15bとが第2の金型3の第2フランジ成形部19である。図3A及び図3Bに示すように、第2溝形状成形部17における縦壁成形部と第2フランジ成形部19との交差部18を通り且つ交差部18におけるフランジ部125の曲率と同一曲率を有する湾曲面20と、第2フランジ成形部19との成す角度（以下、「第2傾斜角度 α_2 」という）は、所定の大きさに設定されている。上述したように、第1溝形状成形部9と第2溝形状成形部17とは同形状であるので、第1の金型1における湾曲面12と、第2の金型3における湾曲面20とは、同一の湾曲面である。
- [0050] なお、以下の説明において、第1傾斜角度 α_1 及び第2傾斜角度 α_2 は、上述した湾曲面（湾曲面12及び湾曲面20）を基準として、該湾曲面から溝底部側を負とし、その反対側を正とする。図2B、図3Bに示すように、第2傾斜角度 α_2 は、第1傾斜角度 α_1 よりも小さくなるように（第1傾斜角度 $\alpha_1 >$ 第2傾斜角度 α_2 ）設定されている。このように設定することで、第1の金型1によって、大きな線長変化がフランジ部125に生じる中間形状の中間品をブランクから成形し、第2の金型3によって、中間形状の中間品を製品形状である上凸成形品121に成形することができる。なお、この点については、以下において詳細に説明する。
- [0051] 〔プレス成形方法〕
- 以上のように構成された第1の金型1及び第2の金型3を用いた本実施の形態1に係るプレス成形方法を、第1の金型1及び第2の金型3の動作と共に図1に基づいて説明する。

[0052] <第1成形工程>

第1成形工程は、第1の金型1を用いて、上凸成形品121のブランク21を中間形状の中間品にプレス成形する工程である。この第1成形工程では、図1に示す段階aのように、まず、第1の金型1は、第1ダイ5と第1パンチ7との間にブランク21を受け入れる。この段階aにおいて、第1パンチ7にはブランク21が載置される。第1ダイ5は、第1パンチ7に向かって移動し、このブランク21に近接する。

[0053] つぎに、第1の金型1は、図1に示す段階bのように、第1ダイ5と第1パンチ7とによってブランク21を中間形状の中間品にプレス成形する。この段階bにおいて、第1溝形状成形部9は、第1ダイ側の溝形状成形部5aと第1パンチ側の溝形状成形部7aとでブランク21をプレス成形することにより、このブランク21に溝形状部123を形成する。これとともに、第1フランジ成形部11は、第1ダイ側のフランジ成形部5bと第1パンチ側のフランジ成形部7bとでブランク21をプレス成形することにより、このブランク21にフランジ部125を形成する。

[0054] このような第1成形工程により、ブランク21は、上記の溝形状部123とフランジ部125とを有する中間形状の中間品に成形される。この際、溝形状部123が第1溝形状成形部9によって製品形状と同形状に成形されると共に、フランジ部125の湾曲面12（図2A、図2B参照）に対する傾斜角度が第1フランジ成形部11によって第1傾斜角度 α_1 に成形される。

[0055] <第2成形工程>

第2成形工程は、第2の金型3を用いて、上述した第1成形工程による中間形状の中間品を製品形状の上凸成形品121にプレス成形する工程である。この第2成形工程では、図1に示す段階cのように、第2の金型3は、第2ダイ13と第2パンチ15との間に、上述した第1成形工程による中間品すなわち中間形状の上凸成形品121を受け入れる。この段階cにおいて、第2パンチ15には中間形状の上凸成形品121が載置される。第2ダイ13は、第2パンチ15に向かって移動し、この中間形状の上凸成形品121に

近接する。

[0056] つぎに、第2の金型3は、図1に示す段階dのように、第2ダイ13と第2パンチ15とによって中間形状の上凸成形品121を製品形状の上凸成形品121にプレス成形する。この段階dにおいて、第2溝形状成形部17は、第2ダイ側の溝形状成形部13aと第2パンチ側の溝形状成形部15aとで中間形状の上凸成形品121をプレス成形することにより、この上凸成形品121の溝形状部123を、溝底部123aと縦壁部123bとを有する製品形状の溝形状部123に成形する。これとともに、第2フランジ成形部19は、第2ダイ側のフランジ成形部13bと第2パンチ側のフランジ成形部15bとで中間形状の上凸成形品121をプレス成形することにより、この上凸成形品121のフランジ部125を、第2傾斜角度 α_2 を有するフランジ部125に成形する。

[0057] このような第2成形工程により、上凸成形品121は、上述した中間形状から製品形状に成形される。この際、溝形状部123が第2溝形状成形部17で挟持されると共に、フランジ部125の湾曲面20（図3A、図3B参照）に対する傾斜角度が第2フランジ成形部19によって第2傾斜角度 α_2 と同一の傾斜角度に成形される。

[0058] 以上のような本発明方法のメカニズムについて、成形中のフランジ部125の端部（すなわちフランジ端部）の線長変化に着目して、図4A、図4B、図5A及び図5Bに基づいて説明する。

[0059] 図4Aは、第1成形工程の下死点（第1下死点）及び第2成形工程の下死点（第2下死点）での上凸成形品121の断面図である。図4Bは、ブランク21（上凸成形品121）を側面視したときのブランク端（フランジ端）の線長変化を示す図である。

[0060] 図4Aにおいて、第1下死点におけるフランジ部125は破線で示し、第2下死点におけるフランジ部125は実線で示しており、第1下死点におけるフランジ部125は片側のみ図示している。図4Aにおいて、第1下死点におけるフランジ部125の傾斜角度は第1傾斜角度 α_1 になっており、第2

下死点におけるフランジ部 1 2 5 の傾斜角度は第 2 傾斜角度 α_2 になっている。図 4 A において、縦壁部 1 2 3 b とフランジ部 1 2 5 との交差部の曲率中心は O_0 とし、曲率半径は ρ_0 [mm] とする。第 1 下死点でのフランジ端の曲率中心は O_1 とし、曲率半径は ρ_1 [mm] とする。第 2 下死点でのフランジ端の曲率中心は O_2 とし、曲率半径は ρ_2 [mm] とし、製品形状のフランジ幅は L [mm] とする。一方、図 4 B において、成形前のブランク端の線長は細実線で示し、第 1 下死点におけるフランジ端の線長は破線で示し、第 2 下死点におけるフランジ端の線長は太実線で示している。

[0061] 図 5 A は、成形中にフランジ部 1 2 5 に生ずる応力とひずみとの関係を示した応力-ひずみ線図 (stress-strain curve) である。この応力-ひずみ線図では、縦軸が応力 σ を表し、横軸がひずみ ε を表している。また、図 5 A において、応力値が正の場合は引張応力であることを意味し、応力値が負の場合は圧縮応力であることを意味している。図 5 B は、図 5 A のグラフの傾き (ひずみの変化量と該ひずみの変化量に対する応力との勾配 (gradient) $d\sigma/d\varepsilon$) を表すグラフである。図 5 B に示すグラフでは、横軸がひずみ ε を表し、縦軸がひずみに対する応力の勾配 $d\sigma/d\varepsilon$ を表している。

[0062] 成形中のフランジ部 1 2 5 の線長変化の態様は、第 1 傾斜角度 $\alpha_1 >$ 第 2 傾斜角度 α_2 の場合と、第 1 傾斜角度 $\alpha_1 <$ 第 2 傾斜角度 α_2 の場合とで異なるため、まず第 1 傾斜角度 $\alpha_1 >$ 第 2 傾斜角度 α_2 の場合におけるプレス成形方法のメカニズムについて説明する。

[0063] 第 1 傾斜角度 $\alpha_1 >$ 第 2 傾斜角度 α_2 の場合、フランジ部 1 2 5 の長手方向の線長は、第 1 成形工程において、図 4 B に示すように短くなる ($A_0B_0 \rightarrow A_1B_1$)。これによって、フランジ部 1 2 5 は、図 5 A に示すように圧縮ひずみを受ける。その後、第 2 成形工程において、図 4 B に示すように、フランジ部 1 2 5 の長手方向の線長は僅かに長くなる ($A_1B_1 \rightarrow A_2B_2$)。これによって、図 5 A に示すように、第 1 成形工程でフランジ部 1 2 5 が受けた圧縮ひずみは、引張側へ (第 1 下死点からの) ひずみ戻し量 $\Delta\varepsilon$ だけ戻される。この結果、第 1 成形工程でフランジ部 1 2 5 に付与された圧縮応力は、大きく低

減する。この例では、図5 Aに示すように、フランジ部1 2 5に残留する応力 σ は、圧縮応力から引張応力に転じている。

[0064] このように、本発明は、僅かなひずみの戻りに対して応力が敏感に大きく変化する特徴を利用したものである。本発明の実施の形態1に係るプレス成形方法は、製品形状の上凸成形品1 2 1を成形する際、第1成形工程において、一旦、製品形状よりもフランジ線長が短くなる成形を行い、その後、第2成形工程において僅かにフランジ線長を長くする成形を行う。これにより、フランジ部1 2 5において、第1成形工程で生じた長手方向の線長を縮める圧縮ひずみが、線長を僅かに伸ばす変形を与える第2成形工程によって戻されることになる。これに伴い、フランジ部1 2 5の圧縮応力が低減される。結果として、フランジ部1 2 5の残留応力が低減され、これによってスプリングバックが低減される。

[0065] 図4 Aに示す第1下死点でのフランジ端の曲率半径 ρ_1 及び第2下死点でのフランジ端の曲率半径 ρ_2 は、下式(3)及び式(4)で表される。上述したひずみ戻し量 $\Delta \varepsilon$ は、これらの曲率半径 ρ_1 、 ρ_2 と、曲率半径の変化量 $\Delta \rho$ ($= \rho_2 - \rho_1$) とを用い、下式(5)で表される。

[0066] [数3]

$$\rho_1 = \rho_0 - L \sin \alpha_1 \quad \dots(3)$$

$$\rho_2 = \rho_0 - L \sin \alpha_2 \quad \dots(4)$$

[0067] [数4]

$$\Delta \varepsilon = \frac{\Delta \rho}{\rho_1} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1} = \frac{L(\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2)}{\rho_0 - L \sin \alpha_1} \quad \dots(5)$$

なお、 $\Delta \varepsilon > 0$ とする。

[0068] なお、式(5)を第1傾斜角度 α_1 で整理すると、第1傾斜角度 α_1 は下式(6)で表される。

[0069] [数5]

$$\alpha_1 = \sin^{-1} \left[\frac{\sin \alpha_2 + \rho_0 \Delta \varepsilon / L}{1 + \Delta \varepsilon} \right] \quad \dots(6)$$

[0070] 上記は、図4 Aに示すように第1傾斜角度 α_1 及び第2傾斜角度 α_2 がいずれも正である場合のプレス成形方法のメカニズムについて説明した。しかし、これに限らず、図6 Aに示すように第1傾斜角度 α_1 が正で第2傾斜角度 α_2 が負の場合や、第1傾斜角度 α_1 及び第2傾斜角度 α_2 のいずれも負である場合であっても、第1傾斜角度 $\alpha_1 >$ 第2傾斜角度 α_2 であれば、フランジ部125の線長変化は、例えば図6 Bに示すように、上述したとおりである。したがって、本発明の実施の形態1に係るプレス成形方法によれば、フランジ部125の圧縮応力の低減効果が得られる。また、第1傾斜角度 $\alpha_1 >$ 第2傾斜角度 α_2 であれば、第1傾斜角度 $\alpha_1 = 0$ [°] であってもよく、第2傾斜角度 $\alpha_2 = 0$ [°] (製品形状のフランジ部125が湾曲面20に対して傾斜なし) であってもよい。

[0071] 一方、本発明に対する比較例としての第1傾斜角度 $\alpha_1 <$ 第2傾斜角度 α_2 の場合、図7 Bに示すように、第1成形工程ではフランジ部125の長手方向の線長は短くなる($A_0B_0 \rightarrow A_1B_1$)。これにより、フランジ部125は圧縮ひずみを受ける。その後、第2成形工程でフランジ部125が製品形状に成形される際、フランジ部125の長手方向の線長は、図7 Bに示すように、さらに短くなる($A_1B_1 \rightarrow A_2B_2$)。よって、このように成形されるフランジ部125に、ひずみ ε の戻りはなく、故に、フランジ部125に残留する圧縮応力の低減効果は得られない。この結果、スプリングバックが低減されない。

[0072] 上記の比較例は、図7 Aに示すように、第1傾斜角度 α_1 が負で第2傾斜角度 α_2 が正である場合のプレス成形方法のメカニズムについて説明した。しかし、第1傾斜角度 α_1 及び第2傾斜角度 α_2 の正負に関わらず、例えば第1傾斜角度 α_1 及び第2傾斜角度 α_2 がいずれも正である場合であっても、第1傾斜角度 $\alpha_1 <$ 第2傾斜角度 α_2 であれば、フランジ部125の残留応力が低減されない故にスプリングバックが低減されないという結果は同様である。

[0073] なお、図6 A、図6 B、図7 A、図7 Bに示す各構成及び各要素は、第1傾斜角度 α_1 及び第2傾斜角度 α_2 の各大きさや大小関係が異なること以外、図

4 A、図 4 B に示すものと同様である。これらの各図面において、同一構成部分には同一符号が付されている。

[0074] 次に、第 1 傾斜角度 α_1 の好適な範囲について、勾配 $d\sigma/d\varepsilon$ を示す図 5 B に基づいて検討したので、以下、これについて説明する。

[0075] 図 5 B に示すように、第 1 下死点からのひずみ戻し量 $\Delta\varepsilon$ が小さい領域では勾配 $d\sigma/d\varepsilon$ は大きい、ひずみ戻し量 $\Delta\varepsilon$ が大きい領域では勾配 $d\sigma/d\varepsilon$ は小さくなっている。このことから、ひずみ戻し量 $\Delta\varepsilon$ が小さい領域では、ひずみ ε の変化量に対する応力 σ の変化量は大きくなり、ひずみ戻し量 $\Delta\varepsilon$ が大きい領域では、ひずみ ε の変化量に対する応力 σ の変化量が小さくなることが分かる。ひずみ戻し量 $\Delta\varepsilon$ が大きい領域では、ひずみ ε を変化させてもその変化量に対する応力 σ の変化量は小さく、それ故、スプリングバックを変化させる効果は小さくなる。

[0076] 他方、第 1 傾斜角度 α_1 を大きくすると、フランジ部 1 2 5 を製品形状に戻すための第 2 傾斜角度 α_2 も大きくなり、これに伴い、ひずみ戻し量 $\Delta\varepsilon$ が大きくなる。ひずみ戻し量 $\Delta\varepsilon$ が大きい場合、第 1 成形工程でのフランジ部 1 2 5 の圧縮ひずみ量が増加することから、フランジ部 1 2 5 にしわが発生してしまう虞がある。したがって、スプリングバックを変化させるのに効果的で、且つフランジ部 1 2 5 のしわを抑制できるひずみ戻し量 $\Delta\varepsilon$ には上限値が存在する。この上限値を $\Delta\varepsilon_{\max}$ とすると、ひずみ戻し量 $\Delta\varepsilon$ の範囲は下式（7）で表される。

[0077] [数6]

$$0 < \Delta\varepsilon \leq \Delta\varepsilon_{\max} \quad \dots(7)$$

[0078] 式（7）を式（6）に代入して第 1 傾斜角度 α_1 について整理した上、フランジ部 1 2 5 の圧縮応力の低減効果を得るためには第 1 傾斜角度 $\alpha_1 >$ 第 2 傾斜角度 α_2 であることを考慮すると、第 1 傾斜角度 α_1 の範囲は下式（1）で表される。

[0079]

[数7]

$$\alpha_2 < \alpha_1 \leq \sin^{-1} \left[\frac{\sin \alpha_2 + \rho_0 \Delta \varepsilon_{\max} / L}{1 + \Delta \varepsilon_{\max}} \right] \quad \dots(1)$$

[0080] ひずみ戻し量 $\Delta \varepsilon$ の上限値 $\Delta \varepsilon_{\max}$ は、例えば、実験的にフランジ部 125 のしわ発生限界を求めると、ブランク 21 のヤング率 (Young' s modulus) を E [MPa] とし、ブランク 21 の引張強さを σ_{TS} [MPa] とし、 $4 \sigma_{TS} / E$ で与えられる。

[0081] 以上のように、本実施の形態 1 では、上凸成形品 121 を成形するに際して、第 1 成形工程において、一旦、製品形状よりもフランジ線長が短くなる成形を行い、第 2 成形工程において僅かにフランジ線長を長くする成形を行う。これにより、フランジ部 125 において第 1 成形工程で生じたひずみが第 2 成形工程で僅かに戻されることになり、これに伴い、フランジ部 125 の圧縮応力が低減されることから、結果としてフランジ部 125 の残留応力が低減され、これによってスプリングバックが低減される。また、第 1 傾斜角度 α_1 を式 (1) の範囲内で調整することにより、しわをフランジ部 125 に発生させることなく、スプリングバック量をコントロールできる。

[0082] [実施の形態 2]

つぎに、本発明の実施の形態 2 について説明する。上述した実施の形態 1 では軸方向の中央部が溝底部 123 a 側に凸 (上凸) 形状である上凸成形品 121 (図 33 参照) のプレス成形について説明したが、本実施の形態 2 では図 34 に示すような軸方向の中央部が溝底部 123 a 側に凹 (下凸) 形状である下凸成形品 127 のプレス成形について説明する。

[0083] 下凸成形品 127 は、第 1 ダイ 25 と第 1 パンチ 27 とからなる第 1 の金型 23 (図 8 A 参照) 及び、第 2 ダイ 31 と第 2 パンチ 33 とからなる第 2 の金型 29 (図 9 A 参照) を用いてプレス成形される。第 1 の金型 23 及び第 2 の金型 29 は、実施の形態 1 の第 1 の金型 1 及び第 2 の金型 3 (図 2 A 及び図 3 A 参照) と、湾曲の方向が異なること以外は同様である。具体的には、第 1 ダイ 25 において、第 1 ダイ側の溝形状成形部 25 a 及び第 1 ダイ

側のフランジ成形部 25 b は、湾曲の方向が異なること以外、実施の形態 1 における第 1 ダイ側の溝形状成形部 5 a 及び第 1 ダイ側のフランジ成形部 5 b と各々同様である。第 1 パンチ 27 において、第 1 パンチ側の溝形状成形部 27 a 及び第 1 パンチ側のフランジ成形部 27 b は、湾曲の方向が異なること以外、実施の形態 1 における第 1 パンチ側の溝形状成形部 7 a 及び第 1 パンチ側のフランジ成形部 7 b と各々同様である。また、第 2 ダイ 31 において、第 2 ダイ側の溝形状成形部 31 a 及び第 2 ダイ側のフランジ成形部 31 b は、湾曲の方向が異なること以外、実施の形態 1 における第 2 ダイ側の溝形状成形部 13 a 及び第 2 ダイ側のフランジ成形部 13 b と各々同様である。第 2 パンチ 33 において、第 2 パンチ側の溝形状成形部 33 a 及び第 2 パンチ側のフランジ成形部 33 b は、湾曲の方向が異なること以外、実施の形態 1 における第 2 パンチ側の溝形状成形部 15 a 及び第 2 パンチ側のフランジ成形部 15 b と各々同様である。図 8 A 及び図 9 A において、図 2 A 及び図 3 A と同様のものについては同様の符号を付している。また、図 8 A に示す第 1 の金型 23 の断面図である図 8 B と図 9 A に示す第 2 の金型 29 の断面図である図 9 B とにおいて、図 2 B 及び図 3 B と同様のものについては同様の符号を付している。

[0084] 下凸成形品 127 は、実施の形態 1 の上凸成形品 121 の場合とフランジ部 125 の線長変化の態様が異なるので、この点に着目し、実施の形態 2 に係るプレス成形方法のメカニズムについて、図 10 A、図 10 B、図 11 A 及び図 11 B に基づいて説明する。図 10 A、図 10 B、図 11 A 及び図 11 B は、本発明の実施の形態 2 に係るプレス成形方法のメカニズムの説明図である。図 10 A 及び図 10 B において、図 4 A 及び図 4 B と同様のものについては同様の符号を付している。

[0085] 成形中のフランジ部 125 の線長変化の態様は、第 1 傾斜角度 $\alpha_1 >$ 第 2 傾斜角度 α_2 の場合と、第 1 傾斜角度 $\alpha_1 <$ 第 2 傾斜角度 α_2 の場合とで異なるため、まず第 1 傾斜角度 $\alpha_1 >$ 第 2 傾斜角度 α_2 の場合におけるプレス成形方法のメカニズムについて説明する。

[0086] 第1傾斜角度 $\alpha_1 >$ 第2傾斜角度 α_2 の場合、図10Bに示すように、第1成形工程において、フランジ部125の長手方向の線長は長くなる($C_0D_0 \rightarrow C_1D_1$)。これによって、フランジ部125は、図11Aに示すように引張ひずみが生ずる。その後、第2成形工程においては、図10Bに示すように、フランジ部125の長手方向の線長は僅かに短くなる($C_1D_1 \rightarrow C_2D_2$)。これによって、図11Aに示すように、第1成形工程でフランジ部125に生じた引張ひずみは、圧縮側へ(第1下死点からの)ひずみ戻し量 $\Delta \varepsilon$ だけ戻される。この結果、第1成形工程でフランジ部125に付与された引張応力が低減する。図11Aに示す例では、フランジ部125に残留する応力 σ は、引張応力から圧縮応力に転じている。

[0087] このような実施の形態2に係るプレス成形方法において、図10Aに示す第1下死点でのフランジ端の曲率半径 ρ_1 及び第2下死点でのフランジ端の曲率半径 ρ_2 は、第1傾斜角度 α_1 及び第2傾斜角度 α_2 を用いて表すと、下式(8)及び式(9)のようになる。

[0088] [数8]

$$\rho_1 = \rho_0 + L \sin \alpha_1 \quad \dots(8)$$

$$\rho_2 = \rho_0 + L \sin \alpha_2 \quad \dots(9)$$

[0089] 第2成形工程でフランジ部125に付与されるひずみ戻し量 $\Delta \varepsilon$ は、曲率半径の変化量 $\Delta \rho$ ($= \rho_1 - \rho_2$)を用いて、下式(10)で表される。

[0090] [数9]

$$\Delta \varepsilon = \frac{\Delta \rho}{\rho_1} = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1} = \frac{L(\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2)}{\rho_0 + L \sin \alpha_1} \quad \dots(10)$$

なお、 $\Delta \varepsilon > 0$ とする。

[0091] よって、第1傾斜角度 α_1 は下式(11)で表される。

[0092] [数10]

$$\alpha_1 = \sin^{-1} \left[\frac{\sin \alpha_2 + \rho_0 \Delta \varepsilon / L}{1 - \Delta \varepsilon} \right] \quad \dots(11)$$

[0093] なお、上記は、図10Aに示すように第1傾斜角度 α_1 及び第2傾斜角度 α_2

がいずれも正である場合のプレス成形方法のメカニズムについて説明した。

しかし、これに限らず、図 1 2 A に示すように第 1 傾斜角度 α_1 が正で第 2 傾斜角度 α_2 が負の場合や、第 1 傾斜角度 α_1 及び第 2 傾斜角度 α_2 のいずれも負である場合であっても、第 1 傾斜角度 $\alpha_1 > \text{第 2 傾斜角度 } \alpha_2$ であれば、フランジ部 1 2 5 の線長変化の態様は、例えば図 1 2 B に示すように、同様である。

したがって、本発明の実施の形態 2 に係るプレス成形方法によれば、フランジ部 1 2 5 の引張応力の低減効果が得られる。また、実施の形態 1 の場合と同様に、第 1 傾斜角度 $\alpha_1 > \text{第 2 傾斜角度 } \alpha_2$ であれば、第 1 傾斜角度 $\alpha_1 = 0$ [°] であってもよく、第 2 傾斜角度 $\alpha_2 = 0$ [°] (製品形状のフランジ部 1 2 5 が湾曲面 2 0 に対して傾斜なし) であってもよい。

[0094] 一方、本発明に対する比較例としての第 1 傾斜角度 $\alpha_1 < \text{第 2 傾斜角度 } \alpha_2$ の場合、図 1 3 B に示すように、第 1 成形工程ではフランジ部 1 2 5 の長手方向の線長は長くなる ($C_0D_0 \rightarrow C_1D_1$)。これにより、フランジ部 1 2 5 は引張ひずみを受ける。その後、第 2 成形工程でフランジ部 1 2 5 が製品形状に成形される際、フランジ部 1 2 5 の長手方向の線長は、図 1 3 B に示すように、さらに長くなる ($C_1D_1 \rightarrow C_2D_2$)。よって、このように成形されるフランジ部 1 2 5 に、ひずみ ε の戻りはなく、故に、フランジ部 1 2 5 に残留する引張応力の低減効果は得られない。この結果、スプリングバックの低減効果も得られない。この点は、図 1 3 A に示したように第 1 傾斜角度 α_1 が負で第 2 傾斜角度 α_2 が正である場合のみならず、第 1 傾斜角度 α_1 及び第 2 傾斜角度 α_2 がいずれも正である場合、第 1 傾斜角度 α_1 及び第 2 傾斜角度 α_2 がいずれも負である場合であっても、第 1 傾斜角度 $\alpha_1 < \text{第 2 傾斜角度 } \alpha_2$ であれば同様である。

[0095] なお、図 1 2 A、図 1 2 B、図 1 3 A、図 1 3 B に示す各構成及び各要素は、第 1 傾斜角度 α_1 及び第 2 傾斜角度 α_2 の各大きさや大小関係が異なること以外、図 1 0 A、図 1 0 B に示すものと同様である。これらの各図面において、同一構成部分には同一符号が付されている。

[0096] つぎに、実施の形態 1 の場合と同様に、第 1 傾斜角度 α_1 の好適な範囲につ

いて、応力-ひずみ線図の勾配 $d\sigma/d\varepsilon$ （図 1 1 B 参照）に基づいて検討したので、以下、これについて説明する。

[0097] 図 1 1 B に示すように、勾配 $d\sigma/d\varepsilon$ は、実施の形態 1 の場合と同様に、第 1 下死点からのひずみ戻し量 $\Delta\varepsilon$ が小さい領域では大きい、ひずみ戻し量 $\Delta\varepsilon$ が大きい領域では小さくなる。すなわち、ひずみ戻し量 $\Delta\varepsilon$ が小さい領域では、ひずみ ε の変化に対する応力 σ の変化量は大きくなり、ひずみ戻し量 $\Delta\varepsilon$ が大きい領域では、ひずみ ε の変化に対する応力 σ の変化量は小さくなる。ひずみ戻し量 $\Delta\varepsilon$ が大きい領域では、ひずみ ε を変化させてもその変化量に対する応力 σ の変化量は小さく、それ故、スプリングバックを変化させる効果は小さくなる。

[0098] 他方、第 1 傾斜角度 α_1 を大きくしたことにより、フランジ部 1 2 5 を製品形状に戻すための第 2 傾斜角度 α_2 も大きくなり、これに伴い、ひずみ戻し量 $\Delta\varepsilon$ が大きくなる。ひずみ戻し量 $\Delta\varepsilon$ が大きい場合、第 1 成形工程でのフランジ部 1 2 5 の引張ひずみ量が増加することから、フランジ部 1 2 5 に割れ（fracture）が発生してしまう虞がある。また、ひずみ戻し量 $\Delta\varepsilon$ が大きい場合、第 2 成形工程でフランジ部 1 2 5 にしわが発生する虞がある。したがって、スプリングバックを変化させるのに効果的で、且つフランジ部 1 2 5 の割れやしわを抑制できるひずみ戻し量 $\Delta\varepsilon$ には上限値が存在する。この上限値を $\Delta\varepsilon_{\max}$ とすると、ひずみ戻し量 $\Delta\varepsilon$ の範囲は、実施の形態 1 の場合と同様に下式（7）で表される。

[0099] [数 11]

$$0 < \Delta\varepsilon \leq \Delta\varepsilon_{\max} \quad \dots(7)$$

[0100] 上述したように、フランジ部 1 2 5 の引張応力の低減効果を得るためには第 1 傾斜角度 $\alpha_1 >$ 第 2 傾斜角度 α_2 であることが前提であり、この前提と上式（7）及び式（1 1）とにより、第 1 傾斜角度 α_1 の範囲は下式（2）で表される。

[0101]

[数12]

$$\alpha_2 < \alpha_1 \leq \sin^{-1} \left[\frac{\sin \alpha_2 + \rho_0 \Delta \epsilon_{\max} / L}{1 - \Delta \epsilon_{\max}} \right] \quad \dots(2)$$

[0102] なお、第1傾斜角度 α_1 を大きくすると、フランジ部125を製品形状に戻すための第2傾斜角度 α_2 も大きくなり、これに伴い、ひずみ戻し量 $\Delta \epsilon$ が大きくなる。ひずみ戻し量 $\Delta \epsilon$ が大きい場合、第2成形工程でのフランジ部125の圧縮ひずみ量が増加して、フランジ部125にしわが発生してしまう虞がある。このようなフランジ部125のしわを抑制できるひずみ戻し量 $\Delta \epsilon$ の上限値 $\Delta \epsilon_{\max}$ は、例えば、実験的にフランジ部125のしわ発生限界を求めると、ブランク21のヤング率をE [MPa]とし、ブランク21の引張強さを σ_{TS} [MPa]として、 $4 \sigma_{TS} / E$ で与えられる。

[0103] 以上のように、本実施の形態2では、下凸成形品127を成形するに際して、第1成形工程において、一旦、製品形状よりもフランジ部125の線長が長くなる成形を行い、第2成形工程においてその線長を僅かに短くする成形を行う。これにより、フランジ部125において、第1成形工程で生じた引張りひずみが、第2成形工程で僅かに戻されることになり、これに伴い、フランジ部125の引張応力が低減される。この結果、フランジ部125の残留応力が低減され、これによってスプリングバックが低減される。また、第1傾斜角度 α_1 を式(2)の範囲内で調整することにより、フランジ部125に割れやしわを発生させることなく、スプリングバック量をコントロールできる。

[0104] [実施の形態3]

つぎに、本発明の実施の形態3について説明する。上述した実施の形態1及び実施の形態2では、第1の金型は第1ダイと第1パンチとからなるものを例に挙げて説明したが、本実施の形態3に例示するように、第1成形工程開始時からブランクをパッドで押さえるようにしてもよい。こうすることで、第1成形工程においてブランクがずれてしまうことを確実に防止することができる。

[0105] このようなパッドを用いる金型の一例として、本実施の形態3に係る第1の金型35が、図14に示すプレス成形方法の段階a、bに図示されている。第1の金型35の第1ダイ37は、パッド39を有する点以外、図1に示すプレス成形方法の段階a、b及び図2Aに図示される第1の金型1の第1ダイ5と同様のものである。そのため、図14中の段階a、bにおいて、第1の金型35のパッド39以外の部分には、図1中の段階a、b及び図2Aと同一の符号を付している。パッド39は、第1ダイ37に対して出沒可能に設けられており、第1パンチ7と協働してブランク21の溝底部に相当する部位を挟持する。なお、本実施の形態3における第2成形工程の段階c、d（図14参照）では、実施の形態1と同様に、図3Aに示すものと同様の第2の金型3を使用して、中間形状の上凸成形品121（中間品）が製品形状にプレス成形される。

[0106] なお、上記では上凸成形品121のプレス成形について説明したが、本実施の形態3では、下凸成形品127のプレス成形についても同様にパッド付きの第1の金型を用いることができる。

[0107] [実施の形態4]

つぎに、本発明の実施の形態4について説明する。上述した実施の形態1～実施の形態3では一对の縦壁部123bの両方のフランジ部125においてひずみの戻しを与える例を説明したが、本実施の形態4に例示するように、一方のフランジ部125についてのみひずみの戻りを与えるような成形を行うようにしてもよい。

[0108] 本実施の形態4に係るプレス成形方法は、例えば、図15の断面図で示した成形品41のように、両方のフランジ部125の幅が異なるものを成形する場合に有効である。成形品41を通常のフォーム成形で成形した場合、両方のフランジ部125の幅が異なるため、下死点においてフランジ部125に蓄積される残留応力（成形品41が上凸形状である場合、圧縮応力）が両フランジ125間で異なる。これに起因して、成形品41に作用するモーメント（moment）のバランスがくずれ、この結果、離型後には図16に示すよ

うな捩れ変形が成形品 4 1 に発生してしまう。なお、図 1 6 において、成形品 4 1 の離型前の形状は破線で示し、離型後の形状は実線で示している。そこで、本実施の形態 4 に係るプレス成形方法は、両方のフランジ部 1 2 5 における残留応力のバランスをとるために、一方のフランジ部 1 2 5 について本発明で提案しているひずみの戻りを与えるような成形を行うものとする。

[0109] このような成形を行うために本実施の形態 4 における第 1 成形工程で用いる金型の一例が図 1 7 に示される。図 1 7 に示す第 1 の金型 4 3 は、図 1 に示すプレス成形方法の段階 a、b 及び図 2 A に示す第 1 の金型 1 の一部を変更した例であり、図 1 7 において第 1 の金型 1 と同一部分には同一の符号を付している。第 1 の金型 4 3 は、第 1 下死点において、成形品 4 1 における両方のフランジ部 1 2 5（図 1 5 参照）のうちフランジ幅の長い方のフランジ部 1 2 5 のみを第 1 傾斜角度 α_1 に成形できるように構成されている。すなわち、第 1 の金型 4 3 は、図 1 7 に示すように、第 1 ダイ側の溝形状成形部 5 a の片側のみに第 1 ダイ側のフランジ成形部 5 b が設けられた第 1 ダイ 4 5 と、第 1 パンチ側の溝形状成形部 7 a の片側のみに第 1 パンチ側のフランジ成形部 7 b が設けられた第 1 パンチ 4 7 と、を備える。なお、本実施の形態 4 における第 2 成形工程では、実施の形態 1 と同様の第 2 の金型 3（図 1 中の段階 c、d 及び図 3 A 参照）を用いて、中間形状の上凸成形品 1 2 1（中間品）が製品形状にプレス成形される。

[0110] 上記の第 1 の金型 4 3 及び第 2 の金型 3 を用いたプレス成形方法、すなわち、本実施の形態 4 に係るプレス成形方法について、図 1 8 に基づいて説明する。本実施の形態 4 に係るプレス成形方法は、図 1 8 に示すように、第 1 成形工程（段階 a、b）と第 2 成形工程（段階 c、d）とを順次行って、ブランク 2 1 を製品形状の上凸成形品 1 2 1 に成形するものである。

[0111] すなわち、第 1 成形工程では、図 1 8 に示す段階 a、b のように、第 1 の金型 4 3 は、第 1 ダイ 4 5 と第 1 パンチ 4 7 との間にブランク 2 1 を受け入れ、このブランク 2 1 を、第 1 ダイ 4 5 と第 1 パンチ 4 7 とによって中間形状の上凸成形品 1 2 1（中間品）にプレス成形する。この際、第 1 溝形状成

形部 9 は、第 1 ダイ側の溝形状成形部 5 a と第 1 パンチ側の溝形状成形部 7 a とでブランク 2 1 をプレス成形することにより、このブランク 2 1 に溝形状部 1 2 3（図 1 5 参照）を形成する。これとともに、第 1 フランジ成形部 1 1 は、第 1 ダイ側のフランジ成形部 5 b と第 1 パンチ側のフランジ成形部 7 b とでブランク 2 1 をプレス成形することにより、このブランク 2 1 に、フランジ幅が異なる一对のフランジ部 1 2 5（図 1 5 参照）を形成する。

[0112] このような第 1 成形工程により、ブランク 2 1 は、上述した溝形状部 1 2 3 とフランジ幅が異なる一对のフランジ部 1 2 5 とを有する中間形状の上凸成形品 1 2 1（中間品）に成形される。この際、第 1 の金型 4 3 は、片側の第 1 フランジ成形部 1 1 を用いて、一对のフランジ部 1 2 5 のうちフランジ幅が広い方のフランジ部 1 2 5 のみをその傾斜角度が第 1 傾斜角度 α_1 と同一角度になるように成形する。

[0113] その後、第 2 成形工程では、図 1 8 に示す段階 c、d のように、第 2 の金型 3 が、上述した第 1 成形工程による中間形状の上凸成形品 1 2 1 を製品形状のものに成形する。この際、第 2 フランジ成形部 1 9 は、上述したフランジ幅が広いフランジ部 1 2 5 を製品形状に成形する。

[0114] この第 2 成形工程の下死点、すなわち、第 2 下死点において、フランジ幅が広いフランジ部 1 2 5 のひずみが戻され、この結果、フランジ幅が広いフランジ部 1 2 5 に残留する圧縮応力が低減する。このとき、従来方法で行った場合には、フランジ幅が広いフランジ部 1 2 5 に多く蓄積される残留応力を、本実施の形態 4 における第 2 成形工程によって低減することができる。これにより、このフランジ幅が広いフランジ部 1 2 5 の残留応力と、フランジ幅が狭いフランジ部 1 2 5 に蓄積される残留応力とのバランスをとることが可能となる。この結果、第 2 下死点での成形品 4 1 に作用するモーメントのバランスがとれることから、離型後の成形品 4 1（図 1 8 では上凸成形品 1 2 1）の捩れ変形が低減できる。

[0115] なお、上記では、フランジ幅が広い方のフランジ部 1 2 5 にひずみの戻りを与えるような成形を施した例を示したが、本実施の形態 4 では、両方のフ

ランジ部 1 2 5 でモーメントのバランスがとれていればよい。すなわち、本発明の実施の形態 4 によるプレス成形は、場合によっては、フランジ幅が狭い方に施してもよいし、両方のフランジ部 1 2 5 に施してもよい。また、本実施の形態 4 に係るプレス成形方法は、成形品が上凸形状または下凸形状のいずれに関わらず適用できる。

[0116] [実施の形態 5]

つぎに、本発明の実施の形態 5 について説明する。上述した実施の形態 1 ~ 実施の形態 4 では第 1 成形工程をフォーム成形で行う例を示したが、本実施の形態 5 に例示するように、第 1 成形工程をドロー成形で行ってもよい。

[0117] 本実施の形態 5 における第 1 成形工程では、ドロー成形を行うために、例えば図 1 9 に示す第 1 の金型 4 9 が用いられる。図 1 9 に示す第 1 の金型 4 9 は、図 1 に示すプレス成形方法の段階 a、b 及び図 2 A に示す第 1 の金型 1 の一部を変更したものであり、図 1 9 において、第 1 の金型 1 と同一部分には同一の符号を付してある。

[0118] 第 1 の金型 4 9 は、上凸成形品 1 2 1 を成形するためのものであり、図 1 9 に示すように、ダイ 5 1 とパンチ 5 3 とブランクホルダ 5 5 とからなる。本実施の形態 5 において、第 1 溝形状成形部 9 は、ダイ 5 1 の溝形状成形部（第 1 ダイ側の溝形状成形部 5 a）と、パンチ 5 3 の溝形状成形部（第 1 パンチ側の溝形状成形部 7 a）とによって実現される。第 1 フランジ成形部 1 1 は、ダイ 5 1 のフランジ成形部（第 1 ダイ側のフランジ成形部 5 b）と、ブランクホルダ 5 5 のフランジ成形部（第 1 パンチ側のフランジ成形部 7 b）とによって実現される。本実施の形態 5 における第 1 フランジ成形部 1 1 の第 1 傾斜角度 α_1 は、図 2 B に示す実施の形態 1 における第 1 の金型 1 の第 1 傾斜角度 α_1 と同一角度に設定されている。

[0119] ダイ 5 1 は、実施の形態 1 における第 1 の金型 1 の第 1 ダイ 5（図 2 A 参照）と同形状のものを利用できる。パンチ 5 3 は、ブランクホルダ 5 5 に対して個別に動作可能に設けられている。パンチ 5 3 の上部は、第 1 パンチ側の溝形状成形部 7 a を構成し、ダイ 5 1 の溝形状成形部（第 1 ダイ側の溝形

状成形部 5 a) に挿入されることにより、上凸成形品 1 2 1 の溝形状部 1 2 3 を成形する。ブランクホルダ 5 5 は、パンチ 5 3 の両側に設けられ、ダイ 5 1 と協働してブランク 2 1 を挟持すると共に、上凸成形品 1 2 1 のフランジ部 1 2 5 を成形する。

[0120] なお、本実施の形態 5 に係るプレス成形方法の第 1 成形工程及び第 2 成形工程のうち、第 2 成形工程では、実施の形態 1 と同様の第 2 の金型 3 (図 1 中の段階 c、d 及び図 3 A 参照) を用いて、中間形状の上凸成形品 1 2 1 が製品形状にプレス成形される。

[0121] 以下では、本実施の形態 5 に係るプレス成形方法のうち、上述した実施の形態 1 と異なる第 1 成形工程、すなわち、第 1 の金型 4 9 を用いた第 1 成形工程について、図 2 0 に基づいて説明する。

[0122] 本実施の形態 5 における第 1 成形工程では、図 2 0 に示す段階 a のように、まず、第 1 の金型 4 9 は、ダイ 5 1 とブランクホルダ 5 5 との間にブランク 2 1 を受け入れる。この段階 a において、パンチ 5 3 の上面にはブランク 2 1 が載置される。続いて、第 1 の金型 4 9 は、図 2 0 に示す段階 b のように、ダイ 5 1 とブランクホルダ 5 5 とによってブランク 2 1 を挟持する。この段階 b において、ブランクホルダ 5 5 は、第 1 ダイ側のフランジ成形部 5 b と第 1 パンチ側のフランジ成形部 7 b との間にブランク 2 1 を挟むように、ダイ 5 1 と協働してブランク 2 1 を挟持する。

[0123] つぎに、第 1 の金型 4 9 は、図 2 0 に示す段階 c のように、ダイ 5 1 とブランクホルダ 5 5 とで挟持した状態のブランク 2 1 をパンチ 5 3 によってプレス成形する。この段階 c において、パンチ 5 3 は、この挟持された状態のブランク 2 1 を、第 1 ダイ側の溝形状成形部 5 a に向かって上動しながらプレス成形する。続いて、第 1 の金型 4 9 は、図 2 0 に示す段階 d のように、ダイ 5 1 とパンチ 5 3 とブランクホルダ 5 5 とによって、ブランク 2 1 を中間形状の上凸成形品 1 2 1 に成形する。この段階 d において、パンチ 5 3 は、第 1 パンチ側の溝形状成形部 7 a を第 1 ダイ側の溝形状成形部 5 a に近接させる上動を継続しながら、第 1 溝形状成形部 9 によってブランク 2 1 をプ

レス成形し、これにより、中間形状の上凸成形品 1 2 1 のうち溝形状部 1 2 3 (図 3 3 参照) を成形する。これと同時に、ダイ 5 1 およびブランクホルダ 5 5 は、第 1 フランジ成形部 1 1 (第 1 ダイ側のフランジ成形部 5 b 及び第 1 パンチ側のフランジ成形部 7 b) によってブランク 2 1 を挟持した状態を維持し、これにより、中間形状の上凸成形品 1 2 1 のうち両側のフランジ部 1 2 5 (図 3 3 参照) を成形する。

[0124] このように第 1 の金型 4 9 を用いてドロ－成形された場合の上凸成形品 1 2 1 の中間形状と、第 1 の金型 1 を用いてフォーム成形で成形された場合 (図 1 参照) の上凸成形品 1 2 1 の中間形状とには、若干の違いはある。しかし、第 1 の金型 4 9 の第 1 フランジ成形部 1 1 の第 1 傾斜角度 α_1 が第 1 の金型 1 のものと同一角度に設定されているので、第 1 の金型 1 を用いて上凸成形品 1 2 1 が成形された場合と同様に、第 2 成形工程でのフランジ部 1 2 5 のひずみの戻し効果は、本実施の形態 5 においても得られる。

[0125] なお、本発明の効果が得られる成形品の製品形状としては、上凸又は下凸になるように湾曲するフランジ部を有し、かつ溝形状部を形成する一対の縦壁部の少なくとも一方に前記フランジ部を有する形状であればよい。図 2 1 に、本発明を適用可能な成形品の製品形状の断面の例を複数示し、各断面について以下に説明する。

[0126] 図 2 1 に示すように、本発明を適用可能な成形品の製品形状 (断面形状) は、成形品のフランジ部及び縦壁部の各構成別に、9 つのタイプ T 1 ~ T 9 に分けられる。これらのタイプ T 1 ~ T 9 のうち、タイプ T 1 ~ T 6 は、縦壁部の両方にフランジ部を有する成形品の製品形状である。これらのタイプ T 1 ~ T 6 のうち、タイプ T 1、T 4 は、縦壁部が垂直になっている成形品の製品形状である。タイプ T 2、T 5 は、上述した成形品 (上凸成形品 1 2 1、下凸成形品 1 2 7) と同様に縦壁部が傾斜している製品形状である。タイプ T 3、T 6 は、両縦壁部が傾斜して頂部に平坦部 (flat portion) のない形を形成している成形品の製品形状である。タイプ T 3、T 6 の製品形状の断面を成形するには、先端が曲面になっているパンチを使用するとよい。

一方、図 2 1 に示す 9 つのタイプ T 1 ~ T 9 のうち、タイプ T 7 ~ T 9 は、溝形状部を構成する一对の縦壁部のいずれか片方のみにフランジ部を有する成形品の製品形状である。

[0127] また、本発明を適用可能な成形品の製品形状は、図 2 2 A 及び図 2 2 B に例を示すように、フランジ部のみが上凸方向に湾曲する成形品 6 1 の製品形状であってもよいし、フランジ部のみが下凸方向に湾曲する成形品 6 3 の製品形状であってもよい。なお、図 2 1、図 2 2 A 及び図 2 2 B のいずれかに示す成形品の製品形状、すなわち、本発明を適用可能な成形品の製品形状には、フランジ部の幅、長さ、高さ位置について制限はない。また、左右のフランジ部同士で幅、長さが異なってもよい。

[0128] 上記では、第 2 成形工程は、第 2 ダイを下動させて第 2 パンチに近づけるものを例に挙げたが、本発明は、これに限定されるものではない。本発明における第 2 成形工程では、第 2 パンチと第 2 ダイとが相対的に近づけばどちらを動かしてもよく、第 2 パンチを第 2 ダイに近づけるようにしてもよい。

[0129] また、上記において、第 1 の金型の第 1 ダイと第 1 パンチの上下を入れ替える、または第 2 の金型の第 2 ダイと第 2 パンチの上下を入れ替える、または第 1 の金型の第 1 ダイと第 1 パンチの上下を入れ替えてかつ第 2 の金型の第 2 ダイと第 2 パンチの上下を入れ替えるようにしてもよい。これらのうちのいずれにおいても同様に本発明の効果が得られる。

[0130] さらに、上記では、ダイが上下動可能な金型を例に挙げたが、金型の移動方向は上下方向に限られず、例えば、ダイ及びパンチを横向きにして、これらダイ及びパンチのうち少なくとも一方を横向きに移動させるようにしてもよい。

[0131] また、上記では、第 1 溝形状成形部と第 2 溝形状成形部とが同形状である場合を例に挙げて説明したが、第 1 溝形状成形部と第 2 溝形状成形部とは異なる形状であってもよい。あるいは、第 1 溝形状成形部にビードを設けて、このビードを第 2 溝形状成形部で押し潰すようにしてもよい。

[0132] さらに、上記の説明は、湾曲するフランジ部が成形品の軸方向の一部に設

けられている成形品をプレス成形するプレス成形方法についての説明であつて、かつ、第1の金型と第2の金型とにおける第1傾斜角度 α_1 と第2傾斜角度 α_2 との関係が、第1の金型と第2の金型との全長に亘って第1傾斜角度 $\alpha_1 > \text{第2傾斜角度} \alpha_2$ に設定されているプレス成形方法についての説明であつた。しかし、本発明はこのようなものに限られず、上述した第1傾斜角度 α_1 と第2傾斜角度 α_2 との関係が、第1の金型及び第2の金型のうち、湾曲するフランジ部を成形する部位のみに第1傾斜角度 $\alpha_1 > \text{第2傾斜角度} \alpha_2$ となるように設定されていてもよい（後述の実施例7及び図32参照）。

- [0133] また、上記の説明は、湾曲するフランジ部が成形品の軸方向の一部に設けられている成形品をプレス成形するプレス成形方法についての説明であつたが、これに限らず、湾曲するフランジ部が成形品の軸方向全長に亘って設けられている成形品をプレス成形する場合についても、本発明は適用できる。この場合、第1傾斜角度 α_1 と第2傾斜角度 α_2 との関係が、第1の金型及び第2の金型のうち、湾曲するフランジ部を成形する部位のみに第1傾斜角度 $\alpha_1 > \text{第2傾斜角度} \alpha_2$ となるように設定されていてもよいし、あるいは全長に亘って第1傾斜角度 $\alpha_1 > \text{第2傾斜角度} \alpha_2$ となるように設定されていてもよい。

実施例 1

- [0134] つぎに、本発明の実施例1について説明する。実施例1では、本発明のプレス成形方法による作用効果について確認するための実験を行ったので、その結果について以下に説明する。
- [0135] まず、実験方法について概説する。実験は、第1傾斜角度 α_1 の影響を確認するため、第1の金型1（図2A参照）の第1傾斜角度 α_1 （図2B参照）を変えて第1成形工程を行い（図1中の段階a、b参照）、第2の金型3（図3A参照）で第2成形工程を行い（図1中の段階c、d参照）、成形された上凸成形品121のスプリングバック量を比較するというものである。
- [0136] 成形対象となる上凸成形品121の寸法としては、図23A及び図23Bに示すように、製品長さが1000 [mm] であり、湾曲方向の高さが30 [mm] であり、溝底部123aの幅が20 [mm] であり、フランジ部1

25の幅が25 [mm]であり、縦壁部123bとフランジ部125との交差部の曲率半径が1000 [mm]である。ブランクは、590MPa級材（引張強さ（tensile strength） $\sigma_{TS}=590$ [MPa]）と1180MPa級材（引張強さ $\sigma_{TS}=1180$ [MPa]）とを使用した。これらのブランクの双方とも、板厚は1.2 [mm]であり、ヤング率は210000 [MPa]とした。プレス機（press forming machine）には1000tonf油圧プレス機を用いた。第1傾斜角度 α_1 の上限値は、式（1）の $\Delta \varepsilon_{max}$ が $4\sigma_{TS}/E$ で与えられるものとして計算した結果、590MPa級材を用いた場合で26.4 [°]であり、1180MPa級材を用いた場合で61.6 [°]であった。

[0137] 実験は、4つのプレス成形条件のグループ（グループ1～グループ4）について行った。まず、各グループについて詳細に説明する。

[0138] グループ1は、590MPa級材をパッドなしでプレス成形したグループである。グループ1のプレス成形としては、本発明例1、本発明例2、従来例1、比較例1及び比較例2のプレス成形を行った。本発明例1及び本発明例2は、第1傾斜角度 α_1 の範囲を、式（1）を満たすようにした場合のプレス成形である。従来例1は、図35に示すプレス金型141（第1傾斜角度 $\alpha_1=0$ [°]）を用いて1工程のフォーム成形（図37参照）で行うプレス成形である。比較例1は、第1傾斜角度 $\alpha_1<$ 第2傾斜角度 α_2 とした場合のプレス成形である。比較例2は、第1傾斜角度 α_1 の上限値（26.4 [°]）を超えた場合のプレス成形である。

[0139] グループ2は、590MPa級材をパッドありでプレス成形したグループである。グループ2のプレス成形としては、本発明例3及び従来例2のプレス成形を行った。本発明例3は、パッドを用いたこと以外は本発明例2と同様である。従来例2は、パッドを用いたこと以外は従来例1と同様である。本発明例3は、第1の金型35を用いて第1成形工程（図14中の段階a、b参照）を行い、第2の金型3の第2傾斜角度 α_2 を0 [°]として第2成形工程を行った。従来例2は、通常のパンチ（第1傾斜角度 $\alpha_1=0$ [°]）及

びパッド付きダイを用いてフォーム成形を行った。

[0140] グループ3は、1180MPa級材を用いたこと以外はグループ1と同様である。すなわち、グループ3として行う本発明例4、本発明例5、従来例3、比較例3及び比較例4の各プレス成形は、1180MPa級材を用いたこと以外、本発明例1、本発明例2、従来例1、比較例1及び比較例2と各々同様である。グループ4は、1180MPa級材を用いたこと以外はグループ2と同様である。すなわち、グループ4として行う本発明例6及び従来例4の各プレス成形は、1180MPa級材を用いたこと以外、本発明例3及び従来例2と各々同様である。

[0141] 成形された上凸成形品121は3次元形状測定器で測定した。その後、図40Aに示すように、CADソフトウェア上で測定形状の長手方向中央の断面が、製品形状の同断面と一致するように位置合わせを行った後、上凸成形品121の部品端における測定形状と製品形状とのZ座標差異として、ハネ量 Δz を算出した。実施例1において、このハネ量 Δz は、上凸成形品121のスプリングバックによるハネ変形の指標とした。ハネ量 Δz は、正ならば部品が上方にハネ変形したことを意味し、負ならば部品が下方にハネ変形したことを意味し、絶対値が小さければスプリングバックが少ないことを意味する。

[0142] 表1に、本実施例1における各プレス成形条件、第1傾斜角度 α_1 の上限値、及び各プレス成形条件で成形された上凸成形品121の形状評価結果をまとめたものを示す。この形状評価結果として、上凸成形品121のしわの発生有無（○、×）とハネ量 Δz [mm] とが表1に示される。○印は「しわ無し」を意味し、×印は「しわ有り」を意味する。

[0143]

[表1]

グループ		製品 凸方向	プレス成形条件					第1 傾斜角度 α_1 の 上限値 [°]	形状評価				
			第1 成形工程 形態	ブランク 強度	第1 傾斜角度 α_1 [°]	第2 傾斜角度 α_2 [°]	パッド 有無		しわ		ハネ量 Δz [mm]		
									第1成形 工程	第2成形 工程			
1	従来例1	上	フォーム	590 MPa級	0	-	なし	26.4	○	-	9.7		
	比較例1				-10	0	なし	26.4	○	○	9.8		
	本発明例1				10	0	なし	26.4	○	○	6.9		
	本発明例2				20	0	なし	26.4	○	○	4.0		
	比較例2				30	0	なし	26.4	×	○	4.1		
2					従来例2	0	-	あり	26.4	○	-	10.3	
	本発明例3			20	0	あり	26.4	○	○	4.1			
3	従来例3			上	フォーム	1180 MPa級	0	-	なし	61.6	○	○	20.8
	比較例3						-10	0	なし	61.6	○	○	20.6
	本発明例4						10	0	なし	61.6	○	○	17.1
	本発明例5						60	0	なし	61.6	○	○	7.8
	比較例4						70	0	なし	61.6	×	○	7.6
4	従来例4						0	-	あり	61.6	○	-	22.0
	本発明例6						60	0	あり	61.6	○	○	8.2

[0144] 表1に示す通り、グループ1～グループ4における本発明例1～6では、いずれも、しわは発生しなかった。また、これらの本発明例1～6のいずれにおいても、ハネ量 Δz は各本発明例が属するグループの従来例より小さくなり、スプリングバックによるハネ変形を低減することができた。

[0145] 一方、比較例1のように第1傾斜角度 $\alpha_1 <$ 第2傾斜角度 α_2 とした場合、ハネ量 Δz は従来例1のハネ量 Δz とほぼ変わらない結果となり、スプリングバックの低減効果は得られなかった。この点は比較例3についても同様であり、比較例3と従来例3とは、ほぼ変わらない結果である。また、比較例2及び比較例4では、第1傾斜角度 α_1 が上限値を超えたため、第1成形工程でフランジ部125にしわが発生した。

[0146] 以上のように、上凸成形品121について本発明方法を適用して第1傾斜角度 α_1 を式(1)の範囲内としてプレス成形することで、上凸成形品121にしわを発生させることなく、上凸成形品121のスプリングバックを低減することができた。また、従来例2と本発明例3との比較、並びに従来例4と本発明例6との比較から分かる通り、パッドを用いた場合でも本発明のプレス成形方法を実施することで上凸成形品121のスプリングバックを低減することができた。

実施例 2

- [0147] つぎに、本発明の実施例 2 について説明する。上述した実施例 1 は上凸成形品 1 2 1 を成形する場合についての説明であったが、本実施例 2 では、下凸成形品 1 2 7 を成形する場合の効果を確認する具体的な実験を行ったので、その結果について以下に説明する。
- [0148] 成形対象となる下凸成形品 1 2 7 の形状は、図 2 4 A 及び図 2 4 B に示すように、下凸であること以外は、図 2 3 A 及び図 2 3 B に示す上凸成形品 1 2 1 の形状と同様である。また、本実施例 2 において用いるブランクやプレス機は、上記実施例 1 と同様のものとした。
- [0149] 本実施例 2 において行う実験のプレス成形条件は、実施例 1 のグループ 1 ～グループ 4 に対応するグループ 5 ～グループ 8 とした。グループ 5 ～グループ 8 の各プレス成形条件は、下凸成形品 1 2 7 が成形対象となること以外、グループ 1 ～グループ 4 と各々略同様である。グループ 5 のプレス成形としては、本発明例 7、本発明例 8、従来例 5、比較例 5 及び比較例 6 のプレス成形を行った。グループ 6 のプレス成形としては、本発明例 9 及び従来例 6 のプレス成形を行った。グループ 7 のプレス成形としては、本発明例 1 0、本発明例 1 1、従来例 7、比較例 7 及び比較例 8 のプレス成形を行った。グループ 8 のプレス成形としては、本発明例 1 2 及び従来例 8 のプレス成形を行った。
- [0150] 本発明例 7、本発明例 8、本発明例 1 0、本発明例 1 1 及び比較例 5 ～比較例 8 は、図 8 A に示す第 1 の金型 2 3 を用いて第 1 成形工程を行い、図 9 A に示す第 2 の金型 2 9 の第 2 傾斜角度 α_2 (図 9 B 参照) を 0 [°] として第 2 成形工程を行った。比較例 5 ～比較例 8 は、第 1 傾斜角度 α_1 を式 (2) で表される第 1 傾斜角度 α_1 の範囲外としてプレス成形したものである。一方、本発明例 9、本発明例 1 2、及び従来例 5 ～従来例 8 は、下凸成形品 1 2 7 が成形対象となること以外、実施例 1 の本発明例 3、本発明例 6、及び従来例 1 ～従来例 4 と各々同様である。
- [0151] なお、第 1 傾斜角度 α_1 の上限値は、上式 (2) より $\Delta \varepsilon_{\max}$ が $4 \sigma_{TS} / E$ で与

えられるものとして計算した結果、590MPa級材を用いた場合で28.5[°]であり、1180MPa級材を用いた場合で75.2[°]であった。また、本実施例2におけるスプリングバックの評価方法は、上記実施例1と同様である。

[0152] 表2に、本実施例2における各プレス成形条件、第1傾斜角度 α_1 の上限値、及び各プレス成形条件で成形された下凸成形品127の形状評価結果をまとめたものを示す。この形状評価結果として、下凸成形品127のしわの発生有無(○、×)とハネ量 Δz [mm]とが表2に示される。○印は「しわ無し」を意味し、×印は「しわ有り」を意味する。

[0153] [表2]

グループ		製品 凸方向	プレス成形条件					第1 傾斜角度 α_1 の 上限値 [°]	形状評価		
			第1 成形工程 形態	フランク 強度	第1 傾斜角度 α_1 [°]	第2 傾斜角度 α_2 [°]	パッド 有無		しわ		ハネ量 Δz [mm]
									第1成形 工程	第2成形 工程	
5	従来例5	下	フォーム	590 MPa級	0	-	なし	28.5	○	-	-9.0
	比較例5				-10	0	なし	28.5	○	○	-8.9
	本発明例7				10	0	なし	28.5	○	○	-6.5
	本発明例8				20	0	なし	28.5	○	○	-3.7
	比較例6				30	0	なし	28.5	○	×	-3.9
6					従来例6	0	-	あり	28.5	○	-
	本発明例9			20	0	あり	28.5	○	○	-4.0	
	7			従来例7	1180 MPa級	0	-	なし	75.2	○	○
比較例7				-10		0	なし	75.2	○	○	-18.4
本発明例10				10		0	なし	75.2	○	○	-8.5
本発明例11				70		0	なし	75.2	○	○	-5.9
比較例8				80		0	なし	75.2	○	×	-5.6
8	従来例8			0		-	あり	75.2	○	-	-20.3
	本発明例12			70		0	あり	75.2	○	○	-6.2

[0154] 表2に示す通り、グループ5～グループ8における本発明例7～12では、いずれも、しわは発生しなかった。また、これらの本発明例7～12のいずれにおいても、ハネ量 Δz は各本発明例が属するグループの従来例より小さくなり、スプリングバックによるハネ変形を低減することができた。

[0155] 一方、比較例5のように第1傾斜角度 $\alpha_1 <$ 第2傾斜角度 α_2 とした場合、ハネ量 Δz は従来例5のハネ量 Δz とほぼ変わらない結果となり、スプリングバックの低減効果は得られなかった。この点は比較例7についても同様であり、比較例7と従来例7とは、変わらない結果である。また、比較例6及び

比較例 8 では、第 1 傾斜角度 α_1 が上限値を超えたため、第 2 成形工程でフランジ部 1 2 5 にしわが発生した。さらに、比較例 8 では、第 1 成形工程でフランジ部 1 2 5 に割れが発生した。

[0156] 以上のように、下凸成形品 1 2 7 について本発明方法を適用して第 1 傾斜角度 α_1 を式 (2) の範囲内としてプレス成形することで、下凸成形品 1 2 7 にしわを発生させることなく、下凸成形品 1 2 7 のスプリングバックを低減することができた。また、従来例 6 と本発明例 9 との比較、並びに従来例 8 と本発明例 1 2 との比較から分かる通り、パッドを用いた場合でも本発明のプレス成形により下凸成形品 1 2 7 のスプリングバックを低減することができた。

実施例 3

[0157] つぎに、本発明の実施例 3 について説明する。上述した実施例 1 および実施例 2 は、第 1 成形工程をフォーム成形によって行った場合についての説明であったが、本実施例 3 では、第 1 成形工程をドロー成形によって行った場合の効果について確認する実験を行ったので、その結果について説明する。

[0158] 成形対象となる製品形状は、上記実施例 1 (図 2 3 A 及び図 2 3 B 参照) と同様に上凸成形品 1 2 1 である。また、本実施例 3 において用いるブランクおよびプレス機は、実施例 1 及び実施例 2 と同様のものとした。

[0159] 本実施例 3 において行う実験のプレス成形条件は、実施例 1 のグループ 1 ～グループ 4 に対応するグループ 9 ～グループ 1 2 とした。グループ 9 ～グループ 1 2 の各プレス成形条件は、第 1 成形工程をドロー成形によって行うこと以外、グループ 1 ～グループ 4 と各々同様である。グループ 9 のプレス成形としては、本発明例 1 3、本発明例 1 4、従来例 9、比較例 9 及び比較例 1 0 のプレス成形を行った。グループ 1 0 のプレス成形としては、本発明例 1 5 及び従来例 1 0 のプレス成形を行った。グループ 1 1 のプレス成形としては、本発明例 1 6、本発明例 1 7、従来例 1 1、比較例 1 1 及び比較例 1 2 のプレス成形を行った。グループ 1 2 のプレス成形としては、本発明例 1 8 及び従来例 1 2 のプレス成形を行った。

[0160] 本発明例 1 3、本発明例 1 4、本発明例 1 6、本発明例 1 7 及び比較例 9 ～比較例 1 2 は、図 1 9 に示す第 1 の金型 4 9 を用いて第 1 成形工程を行い、図 3 A に示す第 2 の金型 3 の第 2 傾斜角度 α_2 を 0 [°] として第 2 成形工程を行った。ただし、比較例 9 ～比較例 1 2 は、第 1 傾斜角度 α_1 が式 (1) で規定される範囲外となるようにプレス成形したものである。本発明例 1 5 及び本発明例 1 8 は、図 2 5 に示すパッド 3 9 付きの第 1 ダイ 7 7 とパンチ 5 3 と一対のブランクホルダ 5 5 とを有する第 1 の金型 7 5 を用いて第 1 成形工程を行い、図 3 A に示す第 2 の金型 3 の第 2 傾斜角度 α_2 を 0 [°] として第 2 成形工程を行った。一方、従来例 9 及び従来例 1 1 は、図 2 6 に示すダイ 8 1 とパンチ 8 3 と一対のブランクホルダ 8 5 とを有するプレス金型 7 9 を用いて 1 工程のドロ－成形で上凸成形品 1 2 1 の成形を行った（図 2 7 参照）。従来例 1 0 及び従来例 1 2 は、第 1 成形工程をドロ－成形によって行うこと以外、実施例 1 の従来例 2 及び従来例 4 と各々同様である。

[0161] なお、第 1 傾斜角度 α_1 の上限値は、実施例 1 と同様であり、5 9 0 M P a 級材を用いた場合で 2 6 . 4 [°] であり、1 1 8 0 M P a 級材を用いた場合で 6 1 . 6 [°] であった。また、本実施例 3 におけるスプリングバックの評価方法は、上記実施例 1 および実施例 2 と同様である。

[0162] 表 3 に、本実施例 3 における各プレス成形条件、第 1 傾斜角度 α_1 の上限値、及び各プレス成形条件で成形された上凸成形品 1 2 1 の形状評価結果をまとめたものを示す。この形状評価結果として、上凸成形品 1 2 1 のしわの発生有無（○、×）とハネ量 Δz [mm] とが表 3 に示される。○印は「しわ無し」を意味し、×印は「しわ有り」を意味する。

[0163]

[表3]

グループ		製品 凸方向	プレス成形条件					第1 傾斜角度 α_1 の 上限値 [°]	形状評価			
			第1 成形工程 形態	ブランク 強度	第1 傾斜角度 α_1 [°]	第2 傾斜角度 α_2 [°]	パッド 有無		しわ		ハネ量 Δz [mm]	
									第1成形 工程	第2成形 工程		
9	従来例9	上	ドロー	590 MPa級	0	-	なし	26.4	○	-	11.1	
	比較例9				-10	0	なし	26.4	○	○	10.9	
	本発明例13				10	0	なし	26.4	○	○	7.2	
	本発明例14				20	0	なし	26.4	○	○	4.5	
	比較例10				30	0	なし	26.4	×	○	4.2	
10	従来例10			590 MPa級	0	-	あり	26.4	○	-	12.0	
	本発明例15				20	0	あり	26.4	○	○	4.9	
11	従来例11			1180 MPa級	0	-	なし	61.6	○	○	22.7	
	比較例11				-10	0	なし	61.6	○	○	22.9	
	本発明例16				10	0	なし	61.6	○	○	9.8	
	本発明例17				60	0	なし	61.6	○	○	8.1	
	比較例12				70	0	なし	61.6	×	○	8.0	
12	従来例12				1180 MPa級	0	-	あり	61.6	○	-	23.0
	本発明例18					60	0	あり	61.6	○	○	8.8

[0164] 表3に示す通り、グループ9～グループ12における本発明例13～18では、いずれも、しわは発生しなかった。また、これらの本発明例13～18のいずれにおいても、ハネ量 Δz は各本発明例が属するグループの従来例より小さくなり、スプリングバックによるハネ変形を低減することができた。

[0165] 一方、比較例9のように第1傾斜角度 $\alpha_1 <$ 第2傾斜角度 α_2 とした場合、ハネ量 Δz は従来例9のハネ量 Δz とほぼ変わらない結果となり、スプリングバックの低減効果は得られなかった。この点は比較例11についても同様である。また、比較例10及び比較例12では、第1傾斜角度 α_1 が上限値を超えたため、第1成形工程でフランジ部125にしわが発生した。

[0166] 以上のように、上凸成形品121について本発明方法を適用して、第1成形工程をドロー成形で行うこととし且つ第1傾斜角度 α_1 を式(1)の範囲内としてプレス成形することで、上凸成形品121にしわを発生させることなく、上凸成形品121のスプリングバックを低減することができた。また、従来例10と本発明例15との比較、並びに従来例12と本発明例18との比較から分かる通り、パッドを用いた場合でも本発明のプレス成形により上凸成形品121のスプリングバックを低減することができた。

実施例 4

- [0167] つぎに、本発明の実施例4について説明する。上記実施例3では上凸成形品121のドロー成形について説明したが、本実施例4では、下凸成形品127のドロー成形について実施例3と同様の実験を行ったので、その結果について以下に説明する。
- [0168] 成形対象となる製品形状は、上記実施例2（図24A及び図24B参照）と同様に下凸成形品127である。また、本実施例4において用いるブランクおよびプレス機は、上記実施例1～実施例3と同様のものとした。
- [0169] 本実施例4において行う実験のプレス成形条件は、実施例2のグループ5～グループ8に対応するグループ13～グループ16とした。グループ13～グループ16の各プレス成形条件は、第1成形工程をドロー成形によって行うこと以外、グループ5～グループ8と各々同様である。グループ13のプレス成形としては、本発明例19、本発明例20、従来例13、比較例13及び比較例14のプレス成形を行った。グループ14のプレス成形としては、本発明例21及び従来例14のプレス成形を行った。グループ15のプレス成形としては、本発明例22、本発明例23、従来例15、比較例15及び比較例16のプレス成形を行った。グループ16のプレス成形としては、本発明例24及び従来例16のプレス成形を行った。
- [0170] 本発明例19、本発明例20、本発明例22、本発明例23及び比較例13～比較例16は、図28に示すダイ89とパンチ91と一対のブランクホルダ93とを有する第1の金型87を用いて第1成形工程を行い、図9Aに示す第2の金型29の第2傾斜角度 α_2 （図9B参照）を0[°]として第2成形工程を行った。ただし、比較例13～比較例16は、式(2)で表される第1傾斜角度 α_1 の範囲外のプレス成形である。一方、従来例13及び従来例15は、図29に示すダイ97とパンチ99とブランクホルダ101とを有するプレス金型95を用いて1工程のドロー成形で下凸成形品127の成形を行った。従来例14及び従来例16は、第1成形工程をドロー成形によって行うこと以外、実施例2の従来例6及び従来例8と各々同様である。

[0171] なお、第1傾斜角度 α_1 の上限値は、実施例2と同様であり、590MPa級材を用いた場合の上式(2)より28.5[°]であった。1180MPa級材を用いた場合の第1傾斜角度 α_1 の上限値は、75.2[°]であった。また、本実施例4におけるスプリングバックの評価方法は、上記実施例1～実施例3と同様である。

[0172] 表4に、本実施例4における各プレス成形条件、第1傾斜角度 α_1 の上限値、及び各プレス成形条件で成形された下凸成形品127の形状評価結果をまとめたものを示す。この形状評価結果として、下凸成形品127のしわの発生有無(○、×)とハネ量 Δz [mm]とが表4に示される。○印は「しわ無し」を意味し、×印は「しわ有り」を意味する。

[0173] [表4]

グループ		製品 凸方向	プレス成形条件					第1 傾斜角度 α_1 の 上限値 [°]	形状評価		
			第1 成形工程 形態	ブランク 強度	第1 傾斜角度 α_1 [°]	第2 傾斜角度 α_2 [°]	パッド 有無		しわ		ハネ量 Δz [mm]
									第1成形 工程	第2成形 工程	
13	従来例13	下	ドロー	590 MPa級	0	-	なし	28.5	○	-	-10.2
	比較例13				-10	0	なし	28.5	○	○	-10.2
	本発明例19				10	0	なし	28.5	○	○	-7.1
	本発明例20				20	0	なし	28.5	○	○	-4.6
	比較例14				30	0	なし	28.5	○	×	-4.4
14	従来例14				0	-	あり	28.5	○	-	-10.9
	本発明例21				20	0	あり	28.5	○	○	-4.8
15	従来例15				ドロー	1180 MPa級	0	-	なし	75.2	○
	比較例15		-10	0			なし	75.2	○	○	-19.2
	本発明例22		10	0			なし	75.2	○	○	-9.8
	本発明例23		70	0			なし	75.2	○	○	-6.4
	比較例16		80	0			なし	75.2	○	×	-6.4
16	従来例16		0	-			あり	75.2	○	-	-22.5
	本発明例24		70	0			あり	75.2	○	○	-7.0

[0174] 表4に示す通り、グループ13～グループ16における本発明例19～24では、いずれも、しわは発生しなかった。また、これらの本発明例19～24のいずれにおいても、ハネ量 Δz は各本発明例が属するグループの従来例より小さくなり、スプリングバックによるハネ変形を低減することができた。

[0175] 一方、比較例13のように第1傾斜角度 $\alpha_1 <$ 第2傾斜角度 α_2 とした場合、従来例13のハネ量 Δz と変わらない結果となり、スプリングバックの低減

効果は得られなかった。この点は比較例 1 5 についても同様であり、比較例 1 5 と従来例 1 5 とは、ほぼ変わらない結果である。また、比較例 1 4 及び比較例 1 6 では、第 1 傾斜角度 α_1 が上限値を超えたため、第 2 成形工程でフランジ部 1 2 5 にしわが発生した。

[0176] 以上のように、下凸成形品 1 2 7 について本発明方法を適用して、第 1 成形工程をドロウ成形で行うこととし且つ第 1 傾斜角度 α_1 を式 (2) の範囲内としてプレス成形することで、下凸成形品 1 2 7 にしわを発生させることなく、下凸成形品 1 2 7 のスプリングバックを低減することができた。また、従来例 1 4 と本発明例 2 1 との比較、並びに従来例 1 6 と本発明例 2 4 との比較から分かる通り、パッドを用いた場合でも本発明のプレス成形により下凸成形品 1 2 7 のスプリングバックを低減することができた。

実施例 5

[0177] つぎに、本発明の実施例 5 について説明する。上記実施例 1 ～実施例 4 は、製品形状のフランジ部が傾斜していないものをプレス成形する場合についての説明であったが、本実施例 5 では、製品形状のフランジ部が傾斜したものをプレス成形する場合について具体的な実験を行ったので、その結果について説明する。

[0178] 図 3 0 は、本実施例 5 において成形対象となる成形品 1 0 3 の断面図である。図 3 0 に示すように、成形品 1 0 3 は、幅 2 5 [mm] のフランジ部 1 2 5 を有する。成形品 1 0 3 のフランジ部 1 2 5 は、図 3 0 に示すように、水平線に対し正の方向（縦壁部 1 2 3 b と金型のフランジ成形部（図示せず）とのなす角度が大きくなる方向）に + 5 [°] 傾斜している。成形品 1 0 3 は、このようにフランジ部 1 2 5 が傾斜していること以外、上記実施例 1 および実施例 3 の上凸成形品 1 2 1（図 2 3 A 参照）と同様である。図 3 0 において、この上凸成形品 1 2 1 と同様のものには、図 2 3 B と同様に符号を付している。

[0179] 本実施例 5 における実験方法は、上記実施例 3 と同様である。具体的には、本実施例 5 における実験では、第 1 の金型 4 9（図 1 9 参照）を用いてド

ロー成形により第1成形工程を行い、第2傾斜角度 $\alpha_2 = 5 [^\circ]$ のフォーム成形用のプレス金型を用いて第2成形工程を行い、これらの2工程により、ブランクを製品形状の成形品103に成形した。この際、ブランクは1180MPa級材を用い、プレス機は上記実施例1～実施例4と同様のものを用いた。なお、本実施例5において、第1傾斜角度 α_1 の上限値は $74.7 [^\circ]$ であった。

[0180] 本実施例5におけるプレス成形条件のグループ17には、本発明例25、本発明例26、従来例17、比較例17及び比較例18が含まれる。本発明例25及び本発明例26は、第1傾斜角度 α_1 の範囲を式(1)を満たすようにした場合のプレス成形である。従来例17は、フランジ成形部が $5 [^\circ]$ 傾斜したプレス金型（第1傾斜角度 $\alpha_1 = 5 [^\circ]$ ）を用いて1工程のドロ－成形で行うプレス成形である。比較例17は、第1傾斜角度 $\alpha_1 < \text{第2傾斜角度} \alpha_2$ とした場合のプレス成形である。比較例18は、第1傾斜角度 α_1 の上限値（ $74.7 [^\circ]$ ）を超えた場合のプレス成形である。また、本実施例5におけるスプリングバックの評価方法は、上記実施例1～実施例4と同様である。

[0181] 表5に、本実施例5における各プレス成形条件、第1傾斜角度 α_1 の上限値、及び各プレス成形条件で成形された成形品103の形状評価結果をまとめたものを示す。この形状評価結果として、成形品103のしわの発生有無（○、×）とハネ量 Δz [mm]とが表5に示される。○印は「しわ無し」を意味し、×印は「しわ有り」を意味する。

[0182] [表5]

グループ		製品 凸方向	プレス成形条件					第1 傾斜角度 α_1 の 上限値 [°]	形状評価		
			第1 成形工程 形態	ブランク 強度	第1 傾斜角度 α_1 [°]	第2 傾斜角度 α_2 [°]	パッド 有無		しわ		ハネ量 Δz [mm]
									第1成形 工程	第2成形 工程	
17	従来例17	上	ドロ－	1180 MPa級	5	－	なし	74.7	○	－	20.2
	比較例17				－10	5	なし	74.7	○	○	20.4
	本発明例25				10	5	なし	74.7	○	○	13.0
	本発明例26				70	5	なし	74.7	○	○	10.5
	比較例18				80	5	なし	74.7	×	○	10.6

[0183] 表5に示す通り、本発明例25及び本発明例26のいずれにおいても、し

わは発生しなかった。また、これらの本発明例 25 及び本発明例 26 のいずれにおいても、ハネ量 Δz は従来例 17 より小さくなり、スプリングバックによるハネ変形を低減することができた。

[0184] 一方、比較例 17 のように、第 1 傾斜角度 $\alpha_1 <$ 第 2 傾斜角度 α_2 とした場合、ハネ量 Δz は従来例 17 のハネ量 Δz とほぼ変わらない結果となり、スプリングバックの低減効果は得られなかった。また、第 1 傾斜角度 α_1 を $80 [^\circ]$ とした比較例 18 では、第 1 成形工程でフランジ部 125 にしわが発生した。

[0185] これらの結果より、傾斜したフランジ部 125 を有する成形品 103 においても、本発明に係るプレス成形方法により、スプリングバックの低減等の効果が得られることを確認することができた。

実施例 6

[0186] つぎに、本発明の実施例 6 について説明する。上記実施例 1 ～実施例 5 は、フランジ幅が両側で同じものを成形する場合の説明であったが、本実施例 6 では、フランジ幅が両側で異なるものを成形する場合の効果について実験を行ったので、その結果について説明する。

[0187] 図 31 は、本実施例 6 において成形対象となる成形品 41 の断面図である。成形品 41 は、上凸形状であり、図 31 に示すように、互いに幅が異なる一対のフランジ部 125 を有する。この成形品 41 では、図 31 に示すように、一方のフランジ部 125 の幅が $30 [mm]$ であり、他方のフランジ部 125 の幅が $20 [mm]$ である。その他の形状は上記実施例 1 及び実施例 3 の上凸成形品 121 (図 23A 及び図 23B 参照) と同様である。図 31 において、この上凸成形品 121 と同様のものには、図 23B と同様に符号を付している。

[0188] 本実施例 6 におけるプレス成形条件として、ブランクは上記 1180 MPa 級材を用いた。プレス機は上記実施例 1 ～実施例 5 と同様のものを用いた。また、ひずみの戻しは、フランジ幅が $30 [mm]$ の方のフランジ部 125 に適用するものとした。なお、第 1 傾斜角度 α_1 の上限値は $47.1 [^\circ]$

であった。

[0189] 本実施例6におけるプレス成形条件のグループ18には、本発明例27、本発明例28、本発明例29、本発明例30、従来例18、比較例19及び比較例20が含まれる。本発明例27～本発明例30、比較例19及び比較例20は、図18に示す第1の金型43を用いてフランジ幅の長いフランジ部125が第1傾斜角度 α_1 と同一角度となるように第1成形工程を行い（図18中の段階a、b参照）、図3Aに示す第2の金型3を用いて第2成形工程を行った（図18中の段階c、d参照）。ただし、この第2成形工程において、第2傾斜角度 α_2 は0[°]とした。また、比較例19及び比較例20は、いずれも、第1傾斜角度 α_1 が式(1)で表される第1傾斜角度 α_1 の範囲外のプレス成形である。比較例19は、第1傾斜角度 $\alpha_1 < \text{第2傾斜角度}\alpha_2$ とした場合のプレス成形である。比較例20は、第1傾斜角度 α_1 の上限値を超えた場合のプレス成形である。従来例18は、図35に示すプレス金型141を用いて1工程のフォーム成形を行った。

[0190] 成形品41では、両方のフランジ幅が異なるため下死点での成形品41の両方のフランジ部125のモーメントのバランスがくずれる。これに起因して、成形品41には、その離型時に、ハネに加え振れ変形を与えるスプリングバックが発生する。そこで、本実施例6では、振れの評価のために、成形品41の端部における測定形状と製品形状との溝底部123aの傾斜角度差異として、振れ角度 θ [°]（図16参照）を算出した。

[0191] 表6に、本実施例6における各プレス成形条件、第1傾斜角度 α_1 の上限値、及び各プレス成形条件で成形された成形品41の形状評価結果をまとめたものを示す。この形状評価結果として、成形品41のしわの発生有無（○、×）と振れ角度 θ [°]とが表6に示される。○印は「しわ無し」を意味し、×印は「しわ有り」を意味する。

[0192]

[表6]

グループ		製品 凸方向	プレス成形条件					第1 傾斜角度 α_1 の 上限値 [°]	形状評価		
			第1 成形工程 形態	ブランク 強度	第1 傾斜角度 α_1 [°]	第2 傾斜角度 α_2 [°]	パッド 有無		しわ		振れ角度 θ [°]
									第1成形 工程	第2成形 工程	
18	従来例18	上	フォーム	1180 MPa級	0	-	なし	47.1	○	-	3.1
	比較例19				-10	0	なし	47.1	○	○	3.2
	本発明例27				10	0	なし	47.1	○	○	2.3
	本発明例28				20	0	なし	47.1	○	○	1.0
	本発明例29				30	0	なし	47.1	○	○	0.2
	本発明例30				40	0	なし	47.1	○	○	-1.0
	比較例20				70	0	なし	47.1	×	○	-4.7

[0193] 表6に示す通り、本発明例27～本発明例30のいずれにおいても、しわの発生は見られなかった。捩れ角度 θ は、第1傾斜角度 α_1 の増加に伴い変化し、第1傾斜角度 $\alpha_1=40$ [°] で逆方向の捩れ角度となった。また、捩れ角度 θ は、第1傾斜角度 $\alpha_1=30$ [°] の場合に最小となった。

[0194] 一方、比較例19のように、第1傾斜角度 $\alpha_1<$ 第2傾斜角度 α_2 とした場合、捩れ角度 θ は、従来例18の捩れ角度 θ とほぼ変わらない結果となり、スプリングバックの低減効果は得られなかった。また、比較例20では、第1傾斜角度 α_1 が上限値を超えたため、第1成形工程でフランジ部125にしわが発生した。

[0195] これらの結果より、フランジ幅が両側で異なる成形品41のプレス成形においても、本発明に係るプレス成形方法により、スプリングバックの低減等の効果が得られることを確認することができた。これに加え、捩れの低減にも本発明は有効であることが示された。

実施例 7

[0196] つぎに、本発明の実施例7について説明する。上記実施例1～実施例6は、成形品の軸方向の中央部に湾曲するフランジ部が設けられ、かつ第1の金型と第2の金型とにおけるフランジ成形部の軸方向全長に亘って第1傾斜角度 $\alpha_1>$ 第2傾斜角度 α_2 となるようにした第1の金型と第2の金型とを用いてプレス成形する場合についてのものであった。本実施例7は、成形品の軸方向の中央部のみに湾曲するフランジ部が設けられ、中央部の軸方向両側には

傾斜するが湾曲はしていないフランジ部が設けられている成形品をプレス成形する場合であって、第1の金型と第2の金型とにおける湾曲するフランジ部を成形する部位のみに第1傾斜角度 $\alpha_1 > \text{第2傾斜角度} \alpha_2$ となるように構成した第1の金型と第2の金型とを用いた実験を示すものである。

[0197] 本実施例7のプレス成形において、第1成形工程では、図32に示す第1の金型105を用い、第2成形工程では、図3に示す第2の金型3の第2傾斜角度 α_2 を0 [°] に設定した上で、この第2の金型3を用いた。第1の金型105は、実施例3で用いた第1の金型49（図19参照）の一部を変更したものである。具体的には、図32に示すように、第1の金型105は、ダイ107と、パンチ109と、パンチ109の両側に設けられるブランクホルダ111とを備え、軸方向の中央部のみ第1傾斜角度 $\alpha_1 > \text{第2傾斜角度} \alpha_2$ となるように構成されている。なお、図32において、第1の金型49と同様のものには同一の符号を付している。

[0198] 本実施例7において、成形対象となる製品形状、ブランク、プレス機及びプレス成形条件は、上記実施例3と同様である。本実施例7において行う実験のプレス成形条件は、実施例3のグループ9～グループ12に対応するグループ19～グループ22とした。グループ19～グループ22の各プレス成形条件は、上述した構造を有する第1の金型105を用いて第1成形工程のプレス成形を行うこと以外、グループ9～グループ12と各々同様である。グループ19のプレス成形としては、本発明例33、本発明例34、従来例19、比較例21及び比較例22のプレス成形を行った。グループ20のプレス成形としては、本発明例35及び従来例20のプレス成形を行った。グループ21のプレス成形としては、本発明例36、本発明例37、従来例21、比較例23及び比較例24のプレス成形を行った。グループ22のプレス成形としては、本発明例38及び従来例22のプレス成形を行った。

[0199] 本発明例33、本発明例34、本発明例36、本発明例37及び比較例21～比較例24は、図32に示す第1の金型105を用いて第1成形工程を行い、図3Aに示す第2の金型3を用いて第2成形工程を行った。ただし、

比較例 21～比較例 24 は、第 1 傾斜角度 α_1 が式 (1) で規定される第 1 傾斜角度 α_1 の範囲外になるようにプレス成形したものである。本発明例 35 及び本発明例 38 は、上述した構造を有する第 1 の金型 105 を用いて第 1 成形工程のプレス成形を行うこと以外、実施例 3 の本発明例 15 及び本発明例 18 と各々同様である。一方、従来例 19 及び従来例 21 は、図 26 に示すプレス金型 79 を用いて 1 工程のドロ－成形で上凸成形品 121 の成形を行った。従来例 20 及び従来例 22 は、上述した構造を有する第 1 の金型 105 を用いて第 1 成形工程のプレス成形を行うこと以外、実施例 3 の従来例 10 及び従来例 12 と各々同様である。

[0200] なお、第 1 傾斜角度 α_1 の上限値は、実施例 1 及び実施例 3 と同様であり、590MPa 級材を用いた場合の上式 (1) より 26.4 [°] であった。1180MPa 級材を用いた場合の第 1 傾斜角度 α_1 の上限値は、61.6 [°] であった。また、本実施例 7 におけるスプリングバックの評価方法は、上記実施例 1～実施例 5 と同様である。

[0201] 表 7 に、本実施例 7 における各プレス成形条件、第 1 傾斜角度 α_1 の取り得る上限値、および該各プレス成形条件で成形された上凸成形品 121 の形状評価結果をまとめたものを示す。この形状評価結果として、上凸成形品 121 のしわの発生有無 (○、×) とハネ量 Δz [mm] とが表 7 に示される。○印は「しわ無し」を意味し、×印は「しわ有り」を意味する。

[0202]

[表7]

グループ		製品 凸方向	プレス成形条件					第1 傾斜角度 α_1 の 上限値 [°]	形状評価		
			第1 成形工程 形態	ブランク 強度	第1 傾斜角度 α_1 [°]	第2 傾斜角度 α_2 [°]	パッド 有無		しわ		ハネ量 Δz [mm]
									第1成形 工程	第2成形 工程	
19	従来例19	上	ドロー	590 MPa級	0	-	なし	26.4	○	-	11.1
	比較例21				-10	0	なし	26.4	○	○	11.0
	本発明例33				10	0	なし	26.4	○	○	8.3
	本発明例34				20	0	なし	26.4	○	○	5.0
	比較例22				30	0	なし	26.4	×	○	5.1
従来例20	0				-	あり	26.4	○	-	12.0	
20	本発明例35			20	0	あり	26.4	○	○	5.6	
	従来例21			1180 MPa級	0	-	なし	61.6	○	○	22.7
比較例23	-10				0	なし	61.6	○	○	22.8	
本発明例36	10				0	なし	61.6	○	○	10.4	
本発明例37	60				0	なし	61.6	○	○	8.9	
比較例24	70				0	なし	61.6	×	○	8.7	
22	従来例22				0	-	あり	61.6	○	-	23.0
	本発明例38			60	0	あり	61.6	○	○	9.9	

[0203] 表7に示す通り、グループ19～グループ22における本発明例33～38では、いずれも、しわは発生しなかった。また、これらの本発明例33～38のいずれにおいても、ハネ量 Δz は各本発明例が属するグループの従来例より小さくなり、スプリングバックによるハネ変形を低減することができた。

[0204] 一方、比較例21のように第1傾斜角度 $\alpha_1 <$ 第2傾斜角度 α_2 とした場合、ハネ量 Δz は従来例19のハネ量 Δz とほぼ変わらない結果となり、スプリングバックの低減効果は得られなかった。この点は比較例23についても同様であり、比較例23と従来例21とは、ほぼ変わらない結果である。また、比較例22及び比較例24では、第1傾斜角度 α_1 が上限値を超えたため、第1成形工程でフランジ部125にしわが発生した。

[0205] 以上のように、軸方向中央部のみに湾曲するフランジ部が設けられた上凸成形品について、軸方向の中央部のみ第1傾斜角度 $\alpha_1 >$ 第2傾斜角度 α_2 となるようにした場合であっても、第1傾斜角度 α_1 を式(1)の範囲内としてプレス成形することで、上凸成形品にしわを発生させることなく、上凸成形品のスプリングバックを低減することができた。また、従来例20と本発明例35との比較、並びに従来例22と本発明例38との比較から分かる通り、

パッドを用いた場合でも本発明のプレス成形方法により上凸成形品のスプリングバックを低減することができた。

産業上の利用可能性

[0206] 以上のように、本発明に係るプレス成形方法は、溝形状部の縦壁部に上反り又は下反りの湾曲フランジ部を有する成形品のプレス成形に有用であり、特に、製品形状を変えることなく、成形品の振れや曲がりといった３次元的なスプリングバックを低減できるプレス成形に適している。

符号の説明

- [0207]
- 1 第１の金型（実施の形態１）
 - 3 第２の金型（実施の形態１）
 - 5 第１ダイ
 - 5 a 第１ダイ側の溝形状成形部
 - 5 b 第１ダイ側のフランジ成形部
 - 7 第１パンチ
 - 7 a 第１パンチ側の溝形状成形部
 - 7 b 第１パンチ側のフランジ成形部
 - 9 第１溝形状成形部
 - 10 交差部
 - 11 第１フランジ成形部
 - 12 湾曲面
 - 13 第２ダイ
 - 13 a 第２ダイ側の溝形状成形部
 - 13 b 第２ダイ側のフランジ成形部
 - 15 第２パンチ
 - 15 a 第２パンチ側の溝形状成形部
 - 15 b 第２パンチ側のフランジ成形部
 - 17 第２溝形状成形部
 - 18 交差部

- 19 第2フランジ成形部
- 20 湾曲面
- 21 ブランク
- 23 第1の金型（実施の形態2）
- 25 第1ダイ
- 25a 第1ダイ側の溝形状成形部
- 25b 第1ダイ側のフランジ成形部
- 27 第1パンチ
- 27a 第1パンチ側の溝形状成形部
- 27b 第1パンチ側のフランジ成形部
- 29 第2の金型（実施の形態2）
- 31 第2ダイ
- 31a 第2ダイ側の溝形状成形部
- 31b 第2ダイ側のフランジ成形部
- 33 第2パンチ
- 33a 第2パンチ側の溝形状成形部
- 33b 第2パンチ側のフランジ成形部
- 35 第1の金型（実施の形態3）
- 37 第1ダイ
- 39 パッド
- 41 成形品（フランジ幅の異なるもの）
- 43 第1の金型（実施の形態4）
- 45 第1ダイ
- 47 第1パンチ
- 49 第1の金型（実施の形態5）
- 51 ダイ
- 53 パンチ
- 55 ブランクホルダ

- 6 1 成形品（フランジ部のみ上凸）
- 6 3 成形品（フランジ部のみ下凸）
- 7 5 第 1 の金型（実施例 3）
- 7 7 第 1 ダイ
- 7 9 プレス金型（実施例 3、従来例）
- 8 1 ダイ
- 8 3 パンチ
- 8 5 ブランクホルダ
- 8 7 第 1 の金型（実施例 4）
- 8 9 ダイ
- 9 1 パンチ
- 9 3 ブランクホルダ
- 9 5 プレス金型（実施例 4、従来例）
- 9 7 ダイ
- 9 9 パンチ
- 1 0 1 ブランクホルダ
- 1 0 3 成形品（フランジ部が傾斜しているもの）
- 1 0 5 第 1 の金型（実施例 7）
- 1 0 7 ダイ
- 1 0 9 パンチ
- 1 1 1 ブランクホルダ
- 1 2 1 上凸成形品
- 1 2 3 溝形状部
- 1 2 3 a 溝底部
- 1 2 3 b 縦壁部
- 1 2 5 フランジ部
- 1 2 7 下凸成形品
- 1 4 1 プレス金型（従来例その 1）

1 4 3 ダイ

1 4 5 パンチ

1 4 7 プレス金型（従来例その２）

1 4 9 ダイ

1 5 1 パンチ

請求の範囲

[請求項1]

溝形状部を有し、該溝形状部を形成する一対の縦壁部の少なくとも一方の縦壁部に、前記溝形状部における溝底部側に凸となるように湾曲するフランジ部を有する成形品を成形するプレス成形方法であって、

前記溝形状部を成形する第1溝形状成形部と前記フランジ部を成形する第1フランジ成形部を有する第1の金型を用いて第1成形工程を行い、傾斜角度が前記第1溝形状成形部と同じ第2溝形状成形部と第2フランジ成形部を有する第2の金型を用いて第2成形工程を行うものであって、

前記第1の金型の前記第1溝形状成形部における縦壁成形部と前記第1フランジ成形部の交差部を通り該交差部における前記フランジ部の曲率と同一曲率を有する湾曲面と前記第1フランジ成形部の成す角度 α_1 と、前記第2の金型の前記第2溝形状成形部における前記縦壁成形部と前記第2フランジ成形部の交差部を通り該交差部における前記フランジ部の曲率と同一曲率を有する湾曲面と前記第2フランジ成形部の成す角度 α_2 との関係が、前記湾曲面を基準として該湾曲面から前記溝底部側を負、その反対側を正としたときに、 $\alpha_2 < \alpha_1$ に設定されており、

前記第1成形工程にて生じた前記フランジ部の長手方向の線長を縮める圧縮ひずみを、前記第2成形工程において前記線長を伸ばす変形を与えることで戻すように成形することを特徴とするプレス成形方法。

[請求項2]

前記第2の金型の前記第2溝形状成形部における前記縦壁成形部と前記第2フランジ成形部の交差部の曲率半径を ρ_0 [mm]、前記第2成形工程で成形されるフランジ幅を L [mm]、スプリングバックを変化させる効果が得られ、且つしわを抑制できるひずみの戻し量 $\Delta \varepsilon$ ($\Delta \varepsilon > 0$) の上限値を $\Delta \varepsilon_{\max}$ とすると、前記 α_1 と前記 α_2 が下式

(1) を満たすことを特徴とする請求項 1 記載のプレス成形方法。

[数1]

$$\alpha_2 < \alpha_1 \leq \sin^{-1} \left[\frac{\sin \alpha_2 + \rho_0 \Delta \epsilon_{\max} / L}{1 + \Delta \epsilon_{\max}} \right] \quad \dots(1)$$

[請求項3]

溝形状部を有し、該溝形状部を形成する一対の縦壁部の少なくとも一方の縦壁部に、前記溝形状部における溝底部側に凹となるように湾曲するフランジ部を有する成形品を成形するプレス成形方法であって、

前記溝形状部を成形する第 1 溝形状成形部と前記フランジ部を成形する第 1 フランジ成形部を有する第 1 の金型を用いて第 1 成形工程を行い、傾斜角度が前記第 1 溝形状成形部と同じ第 2 溝形状成形部と第 2 フランジ成形部を有する第 2 の金型を用いて第 2 成形工程を行うものであって、

前記第 1 の金型の前記第 1 溝形状成形部における縦壁成形部と前記第 1 フランジ成形部の交差部を通り該交差部における前記フランジ部の曲率と同一曲率を有する湾曲面と前記第 1 フランジ成形部の成す角度 α_1 と、前記第 2 の金型の前記第 2 溝形状成形部における前記縦壁成形部と前記第 2 フランジ成形部の交差部を通り該交差部における前記フランジ部の曲率と同一曲率を有する湾曲面と前記第 2 フランジ成形部の成す角度 α_2 との関係が、前記湾曲面を基準として該湾曲面から前記溝底部側を負、その反対側を正としたときに、 $\alpha_2 < \alpha_1$ に設定されており、

前記第 1 成形工程にて生じた前記フランジ部の長手方向の線長を伸ばす引張りひずみを、前記第 2 成形工程において前記線長を縮める変形を与えることで戻すように成形することを特徴とするプレス成形方法。

[請求項4]

前記第 2 の金型の前記第 2 溝形状成形部における前記縦壁成形部と前記第 2 フランジ成形部の交差部の曲率半径を ρ_0 [mm]、前記第

2 成形工程で成形されるフランジ幅を L [mm]、スプリングバックを変化させる効果が得られ、且つしわを抑制できるひずみの戻し量 $\Delta \varepsilon$ ($\Delta \varepsilon > 0$) の上限値を $\Delta \varepsilon_{\max}$ とすると、前記 α_1 と前記 α_2 が下式 (2) を満たすことを特徴とする請求項 3 記載のプレス成形方法。

[数2]

$$\alpha_2 < \alpha_1 \leq \sin^{-1} \left[\frac{\sin \alpha_2 + \rho_0 \Delta \varepsilon_{\max} / L}{1 - \Delta \varepsilon_{\max}} \right] \quad \dots(2)$$

[請求項5] 前記第 1 成形工程をフォーム成形で行うことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載のプレス成形方法。

[請求項6] 前記第 1 成形工程をドロー成形で行うことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載のプレス成形方法。

[請求項7] 前記溝形状部における溝底部にパンチ底部を有する成形品を成形する場合であって、前記第 1 成形工程はblankにおける前記パンチ底部に相当する部位をパッドで押えてプレス成形を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載のプレス成形方法。

[請求項8] 前記一对の縦壁部のいずれか一方のフランジ部に前記第 1 成形工程と前記第 2 成形工程を適用することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載のプレス成形方法。

[請求項9] 前記一对の縦壁部の両方のフランジ部に前記第 1 成形工程と前記第 2 成形工程を適用することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載のプレス成形方法。

[請求項10] 湾曲する前記フランジ部が前記成形品の軸方向全長に亘って設けられている場合であって、

前記第 1 の金型と前記第 2 の金型における前記 α_1 と前記 α_2 の関係が、前記第 1 の金型と前記第 2 の金型における金型軸方向の一部において $\alpha_2 < \alpha_1$ に設定されていることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載のプレス成形方法。

[請求項11] 湾曲する前記フランジ部が前記成形品の軸方向全長に亘って設けら

れている場合であって、

前記第1の金型と前記第2の金型における前記 α_1 と前記 α_2 の関係が、前記第1の金型と前記第2の金型の全長に亘って $\alpha_2 < \alpha_1$ に設定されていることを特徴とする請求項1乃至9のいずれか一項に記載のプレス成形方法。

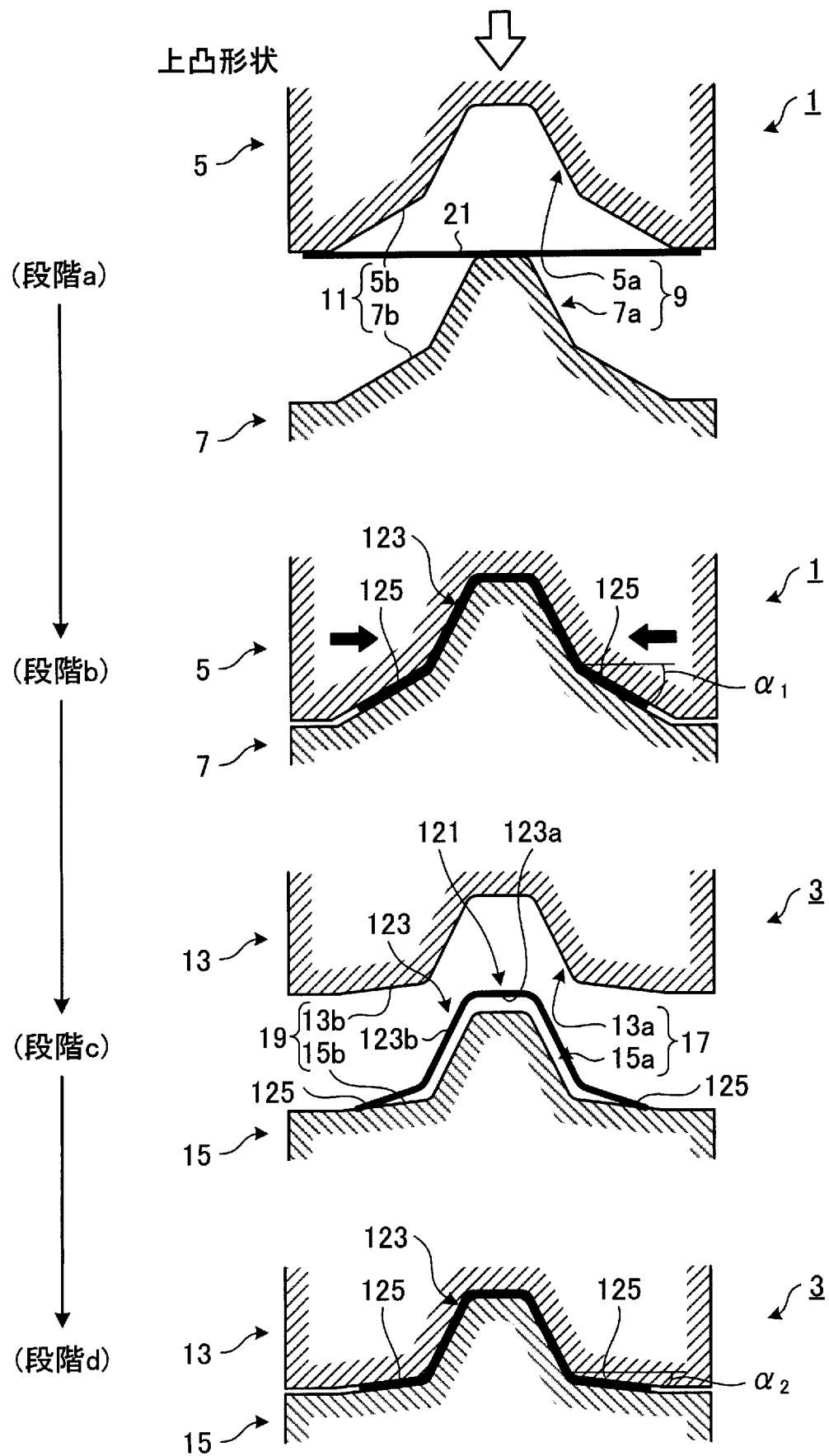
[請求項12] 湾曲する前記フランジ部が前記成形品の軸方向の一部に設けられている場合であって、

前記第1の金型と前記第2の金型における前記 α_1 と前記 α_2 の関係が、前記第1の金型と前記第2の金型における湾曲する前記フランジ部を成形する部位のみに $\alpha_2 < \alpha_1$ に設定されていることを特徴とする請求項1乃至9のいずれか一項に記載のプレス成形方法。

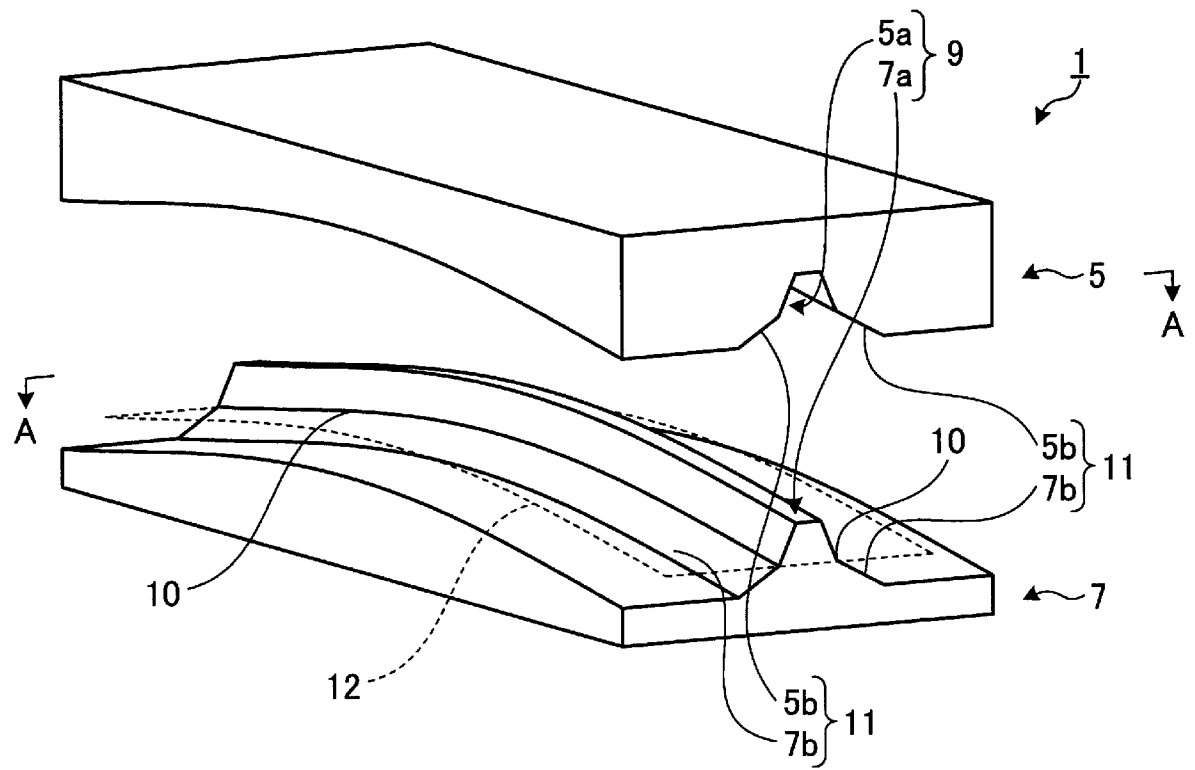
[請求項13] 湾曲する前記フランジ部が前記成形品の軸方向の一部に設けられている場合であって、

前記第1の金型と前記第2の金型における前記 α_1 と前記 α_2 の関係が、前記第1の金型と前記第2の金型の全長に亘って $\alpha_2 < \alpha_1$ に設定されていることを特徴とする請求項1乃至9のいずれか一項に記載のプレス成形方法。

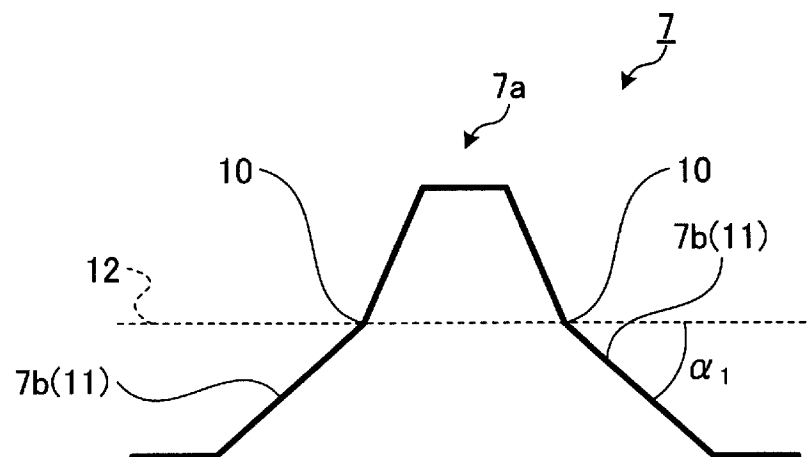
[図1]



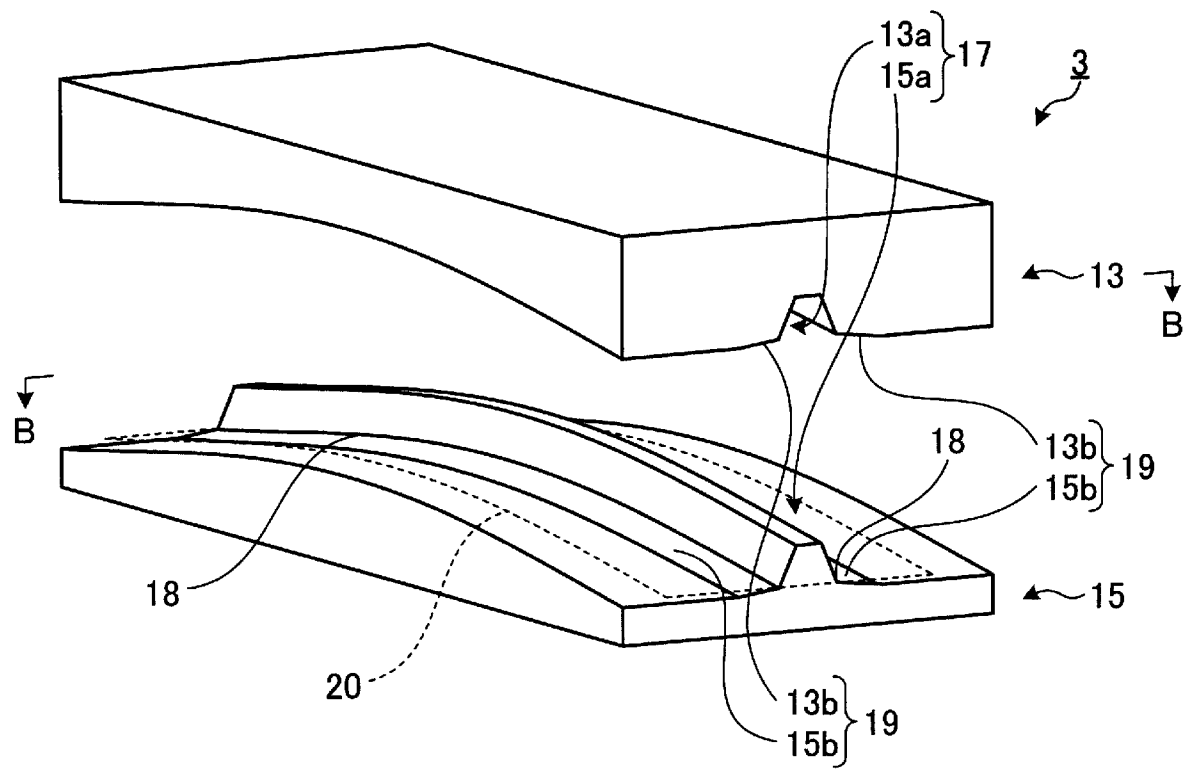
[図2A]



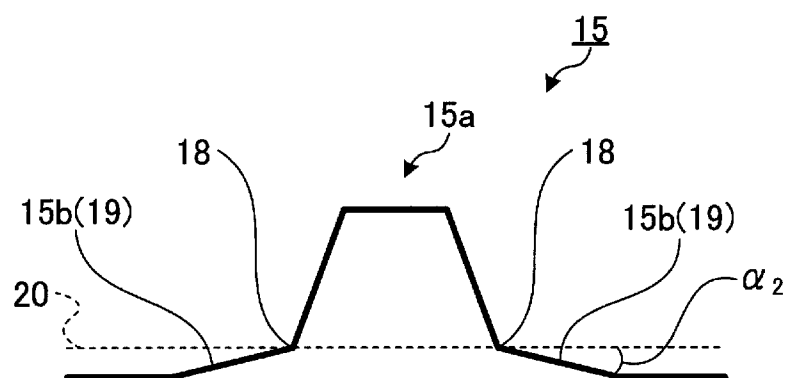
[図2B]



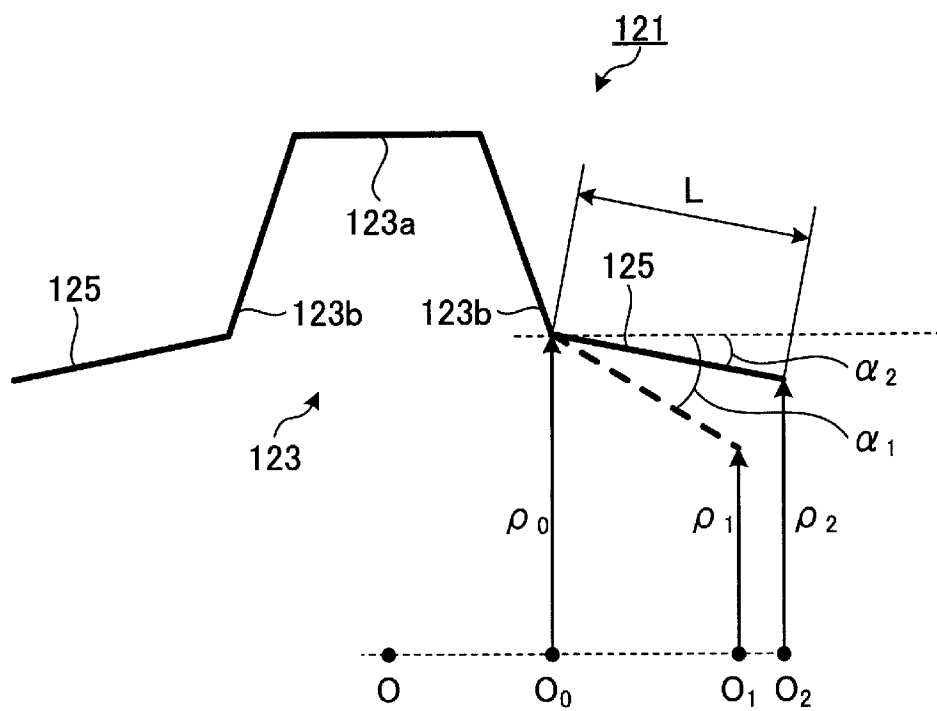
[図3A]



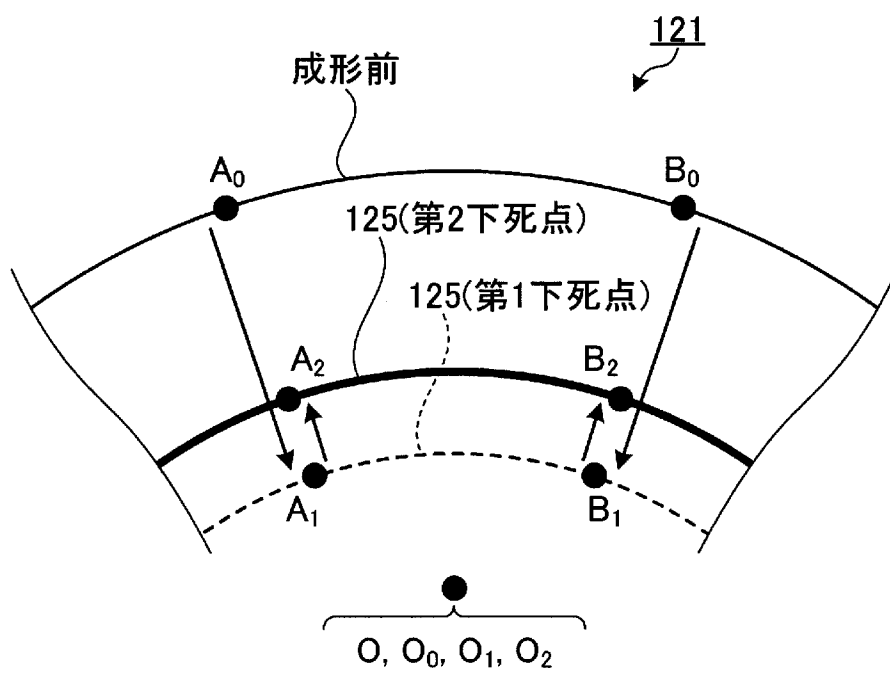
[図3B]



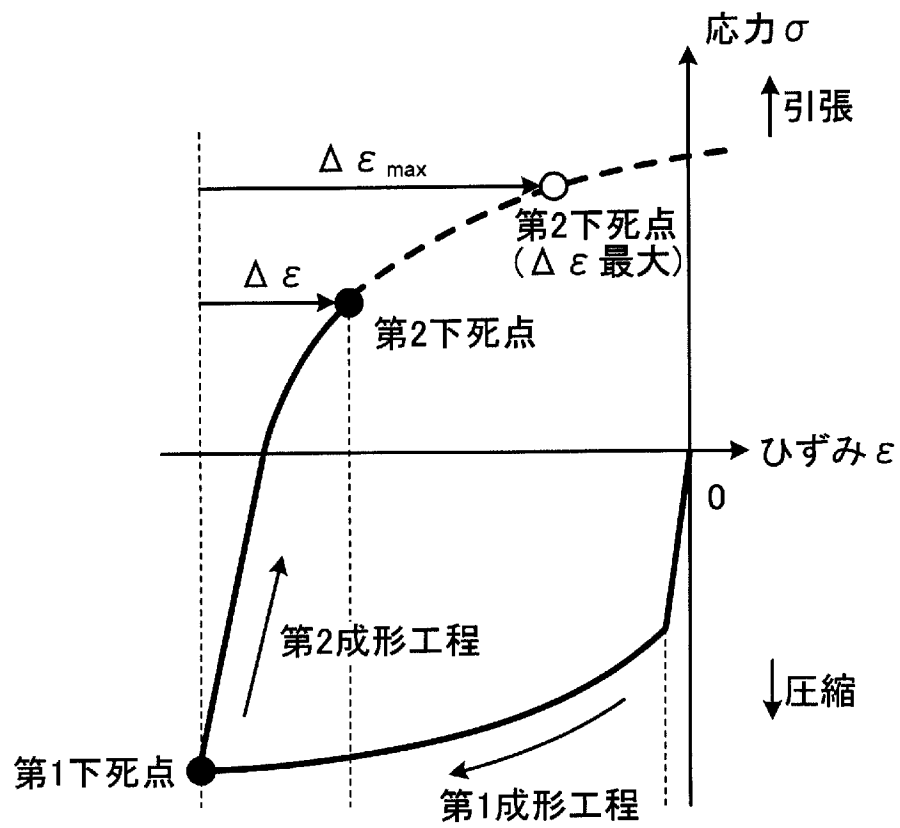
[図4A]



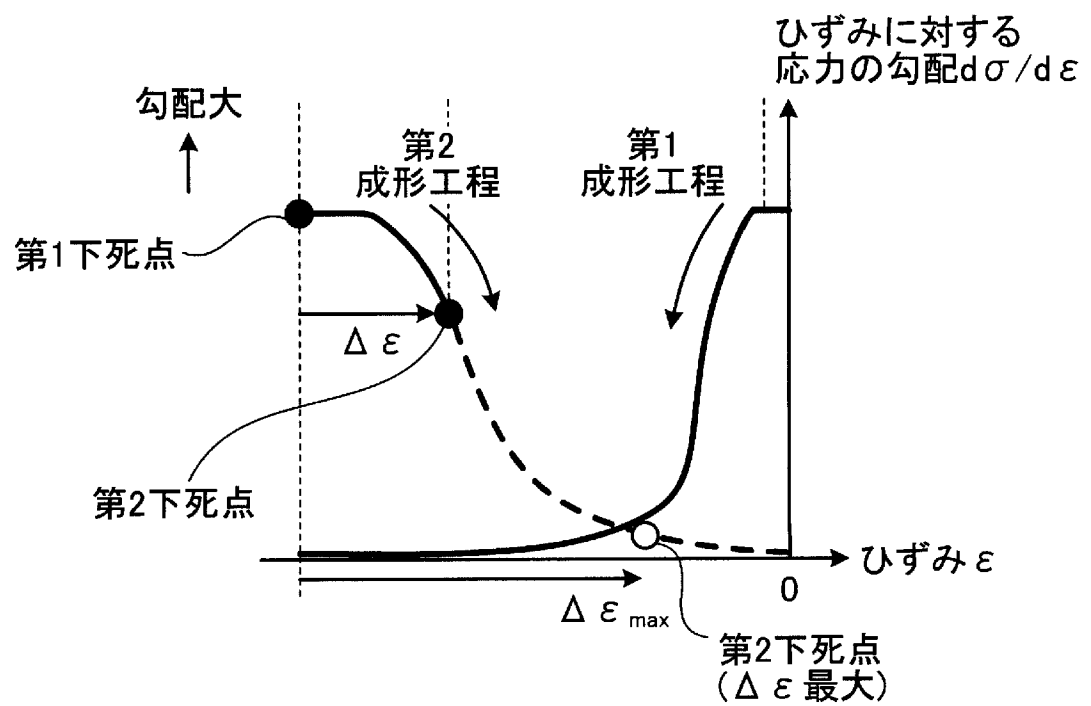
[図4B]



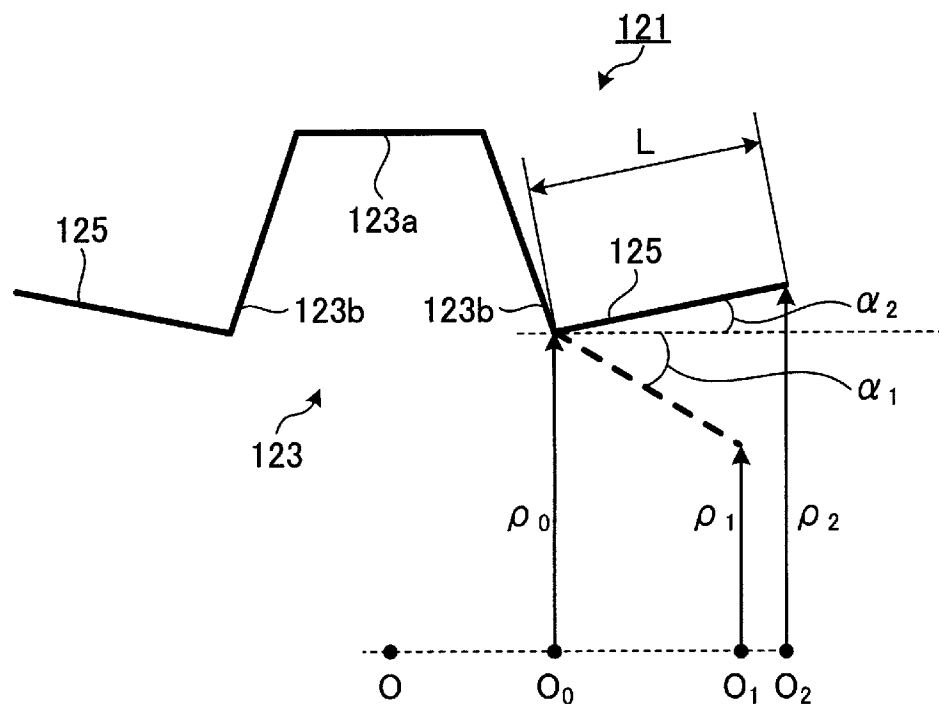
[図5A]



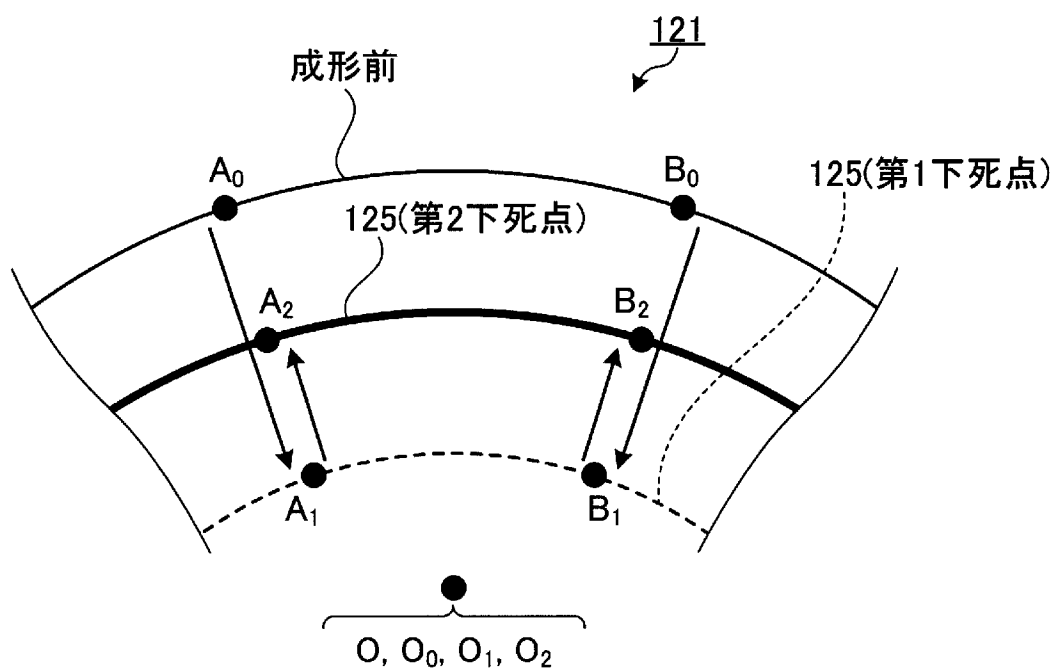
[図5B]



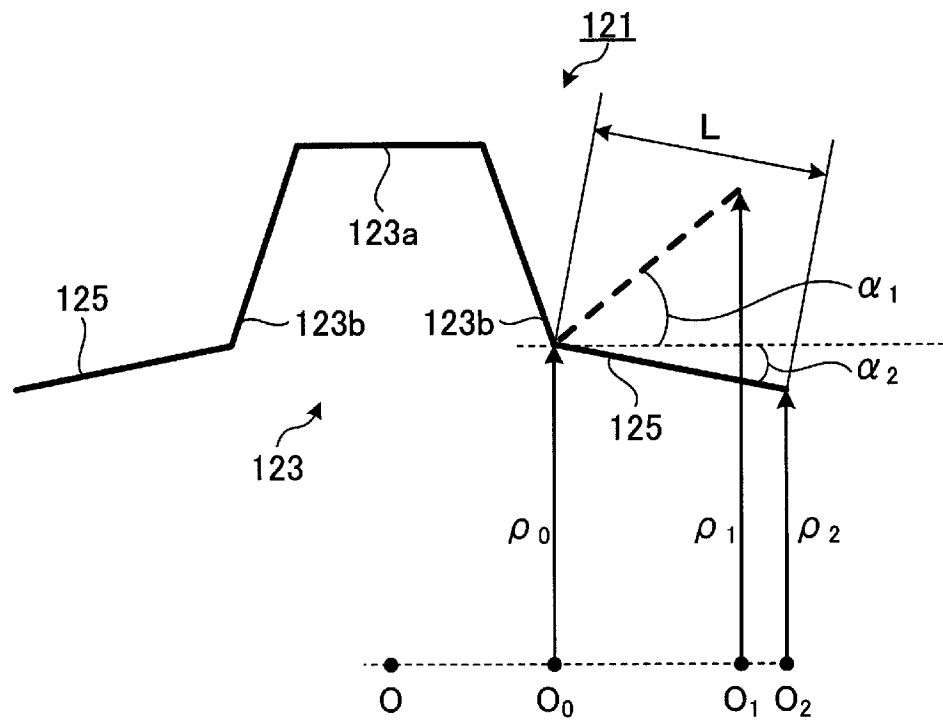
[図6A]



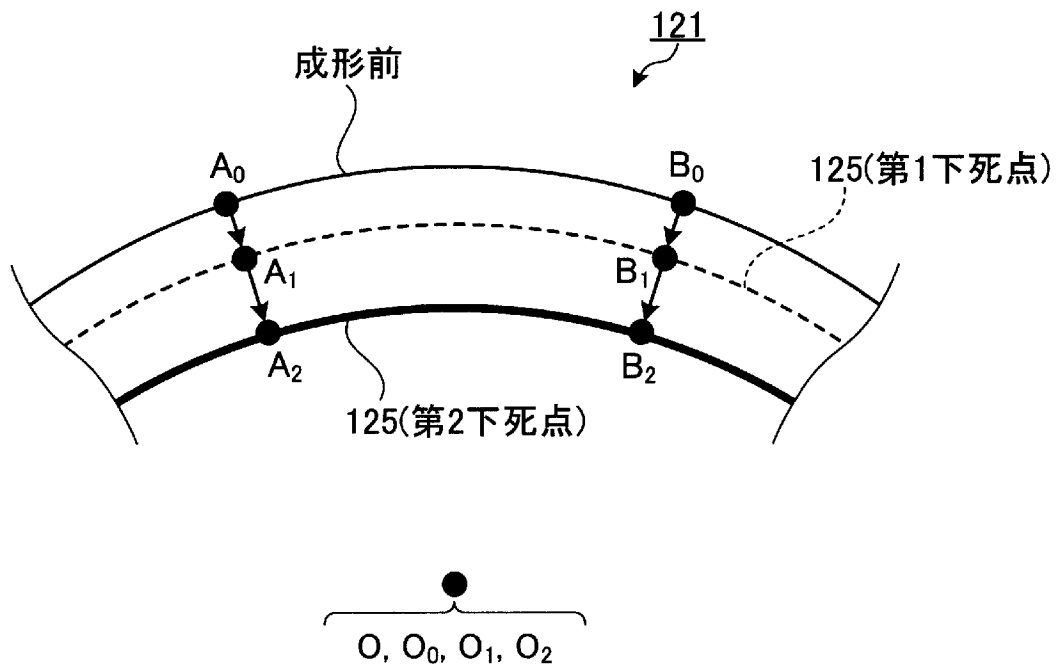
[図6B]



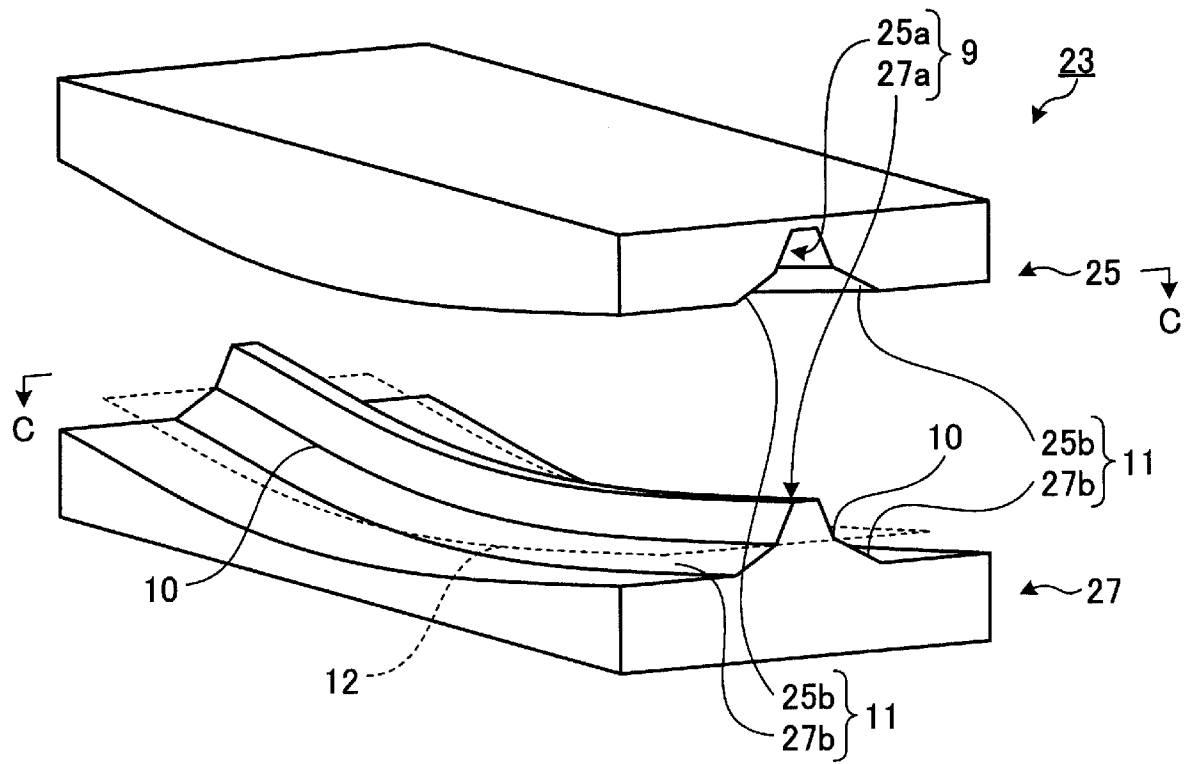
[図7A]



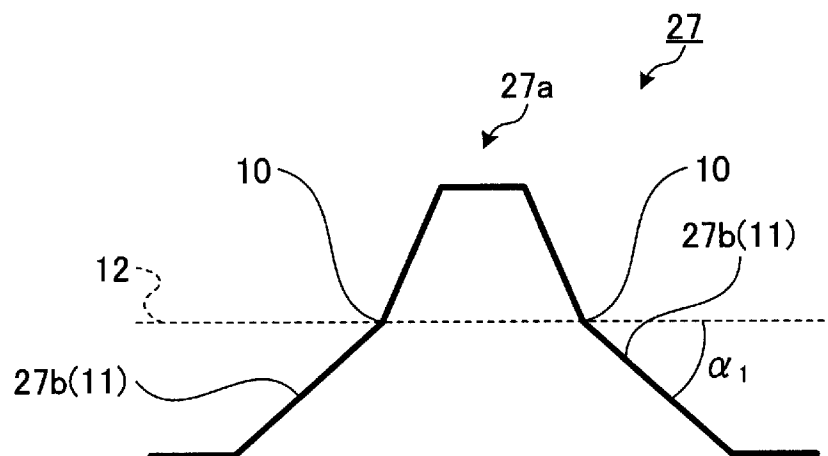
[図7B]



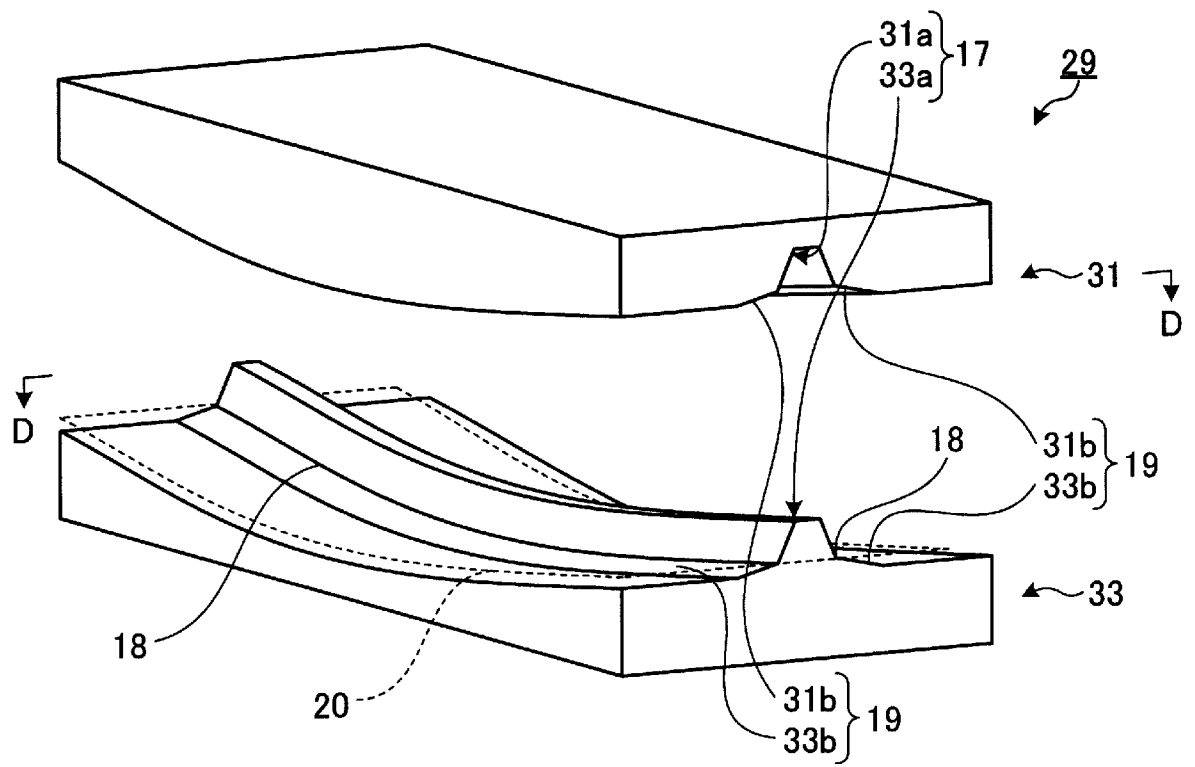
[図8A]



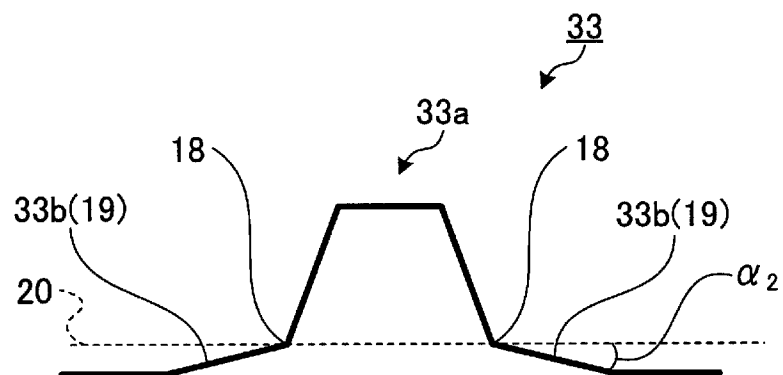
[図8B]



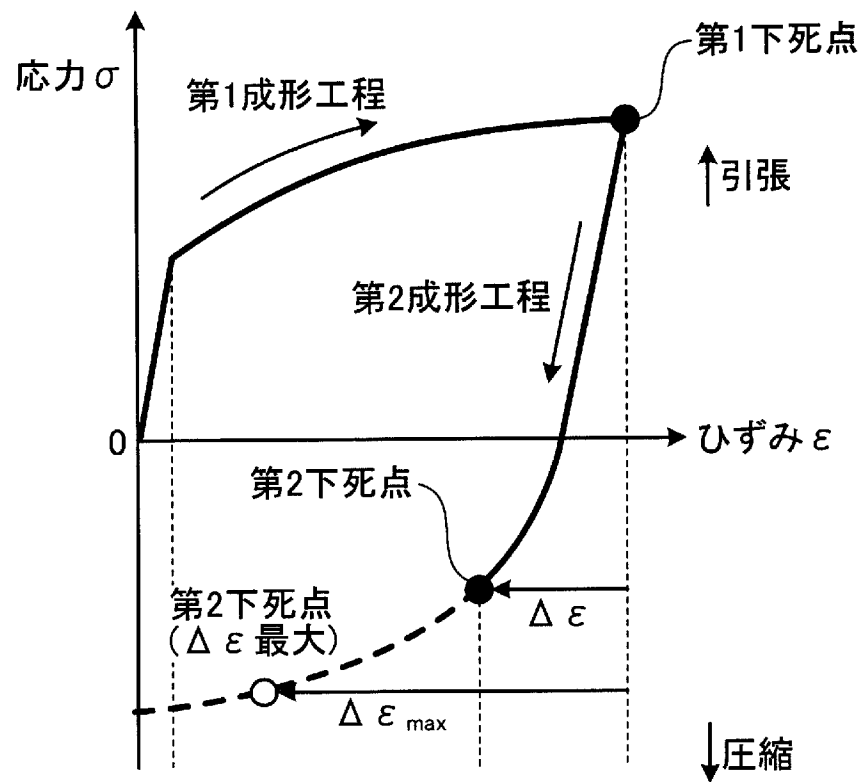
[図9A]



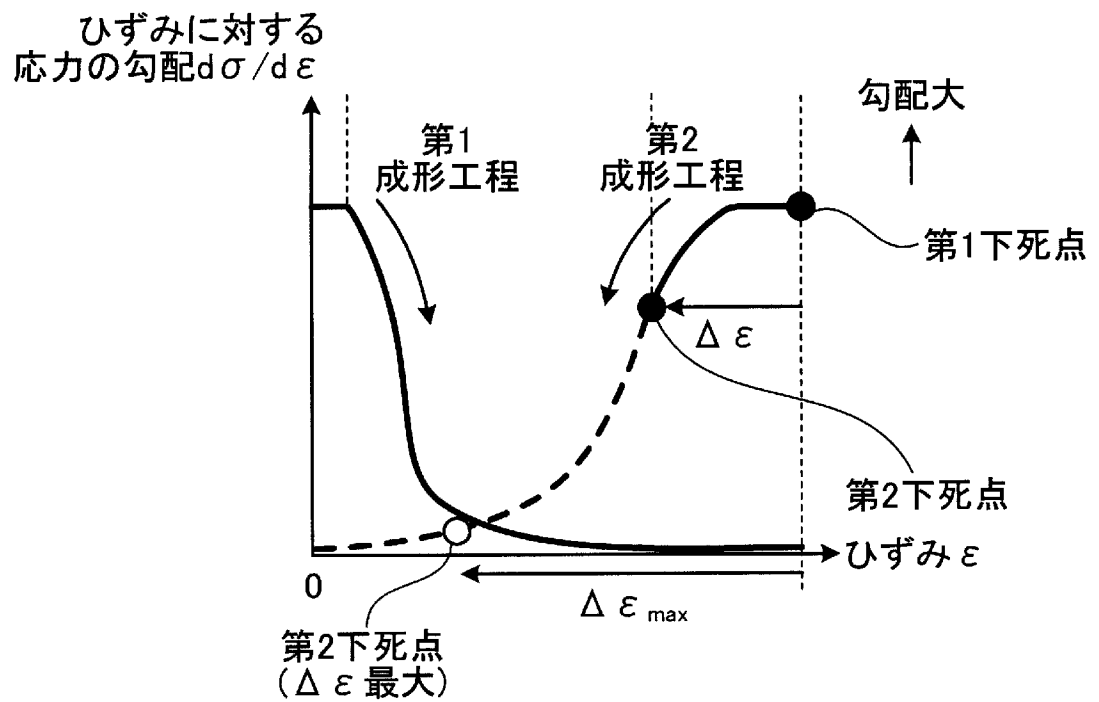
[図9B]



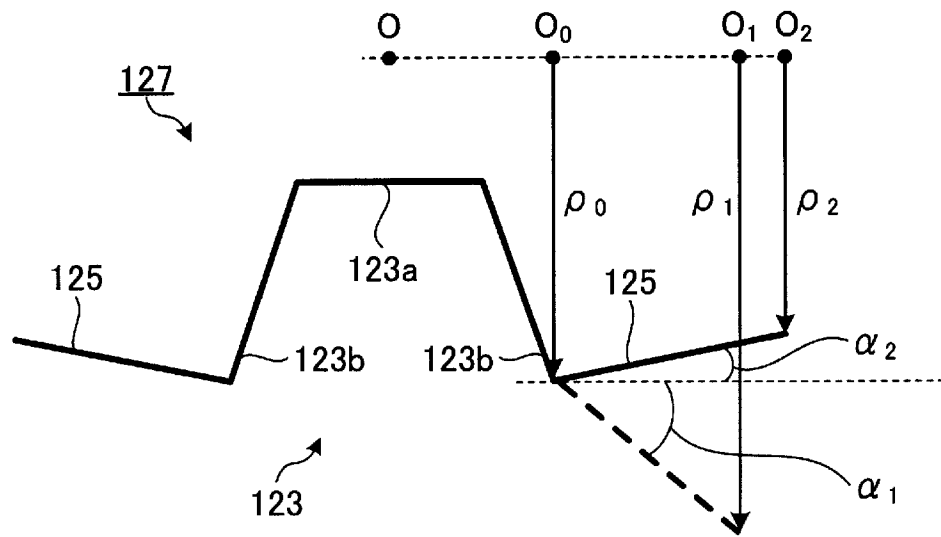
[図11A]



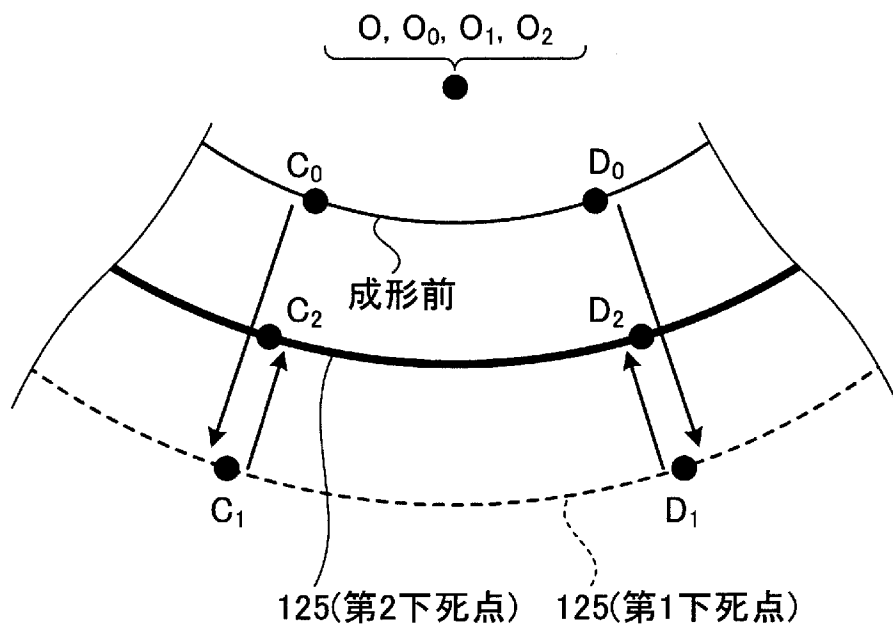
[図11B]



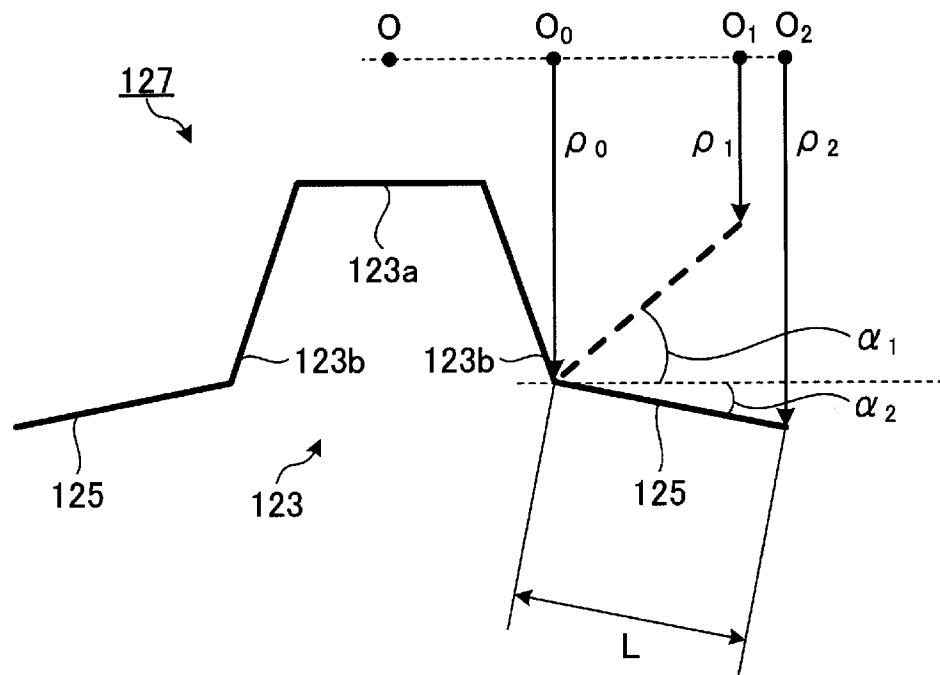
[図12A]



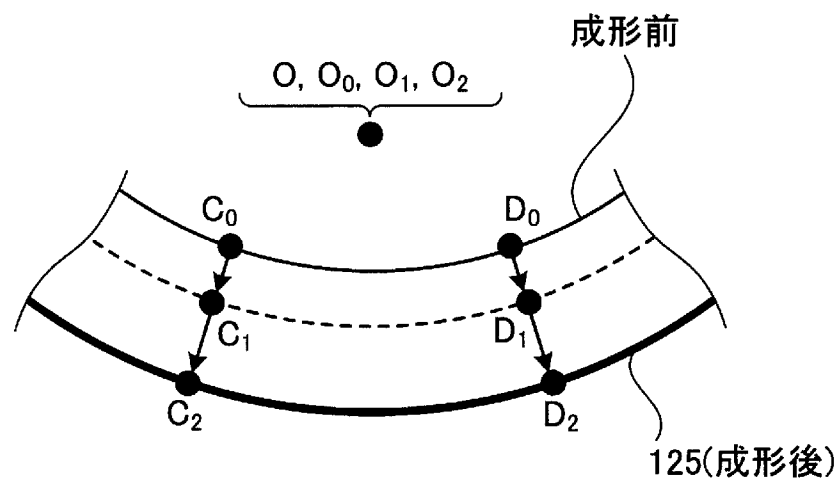
[図12B]



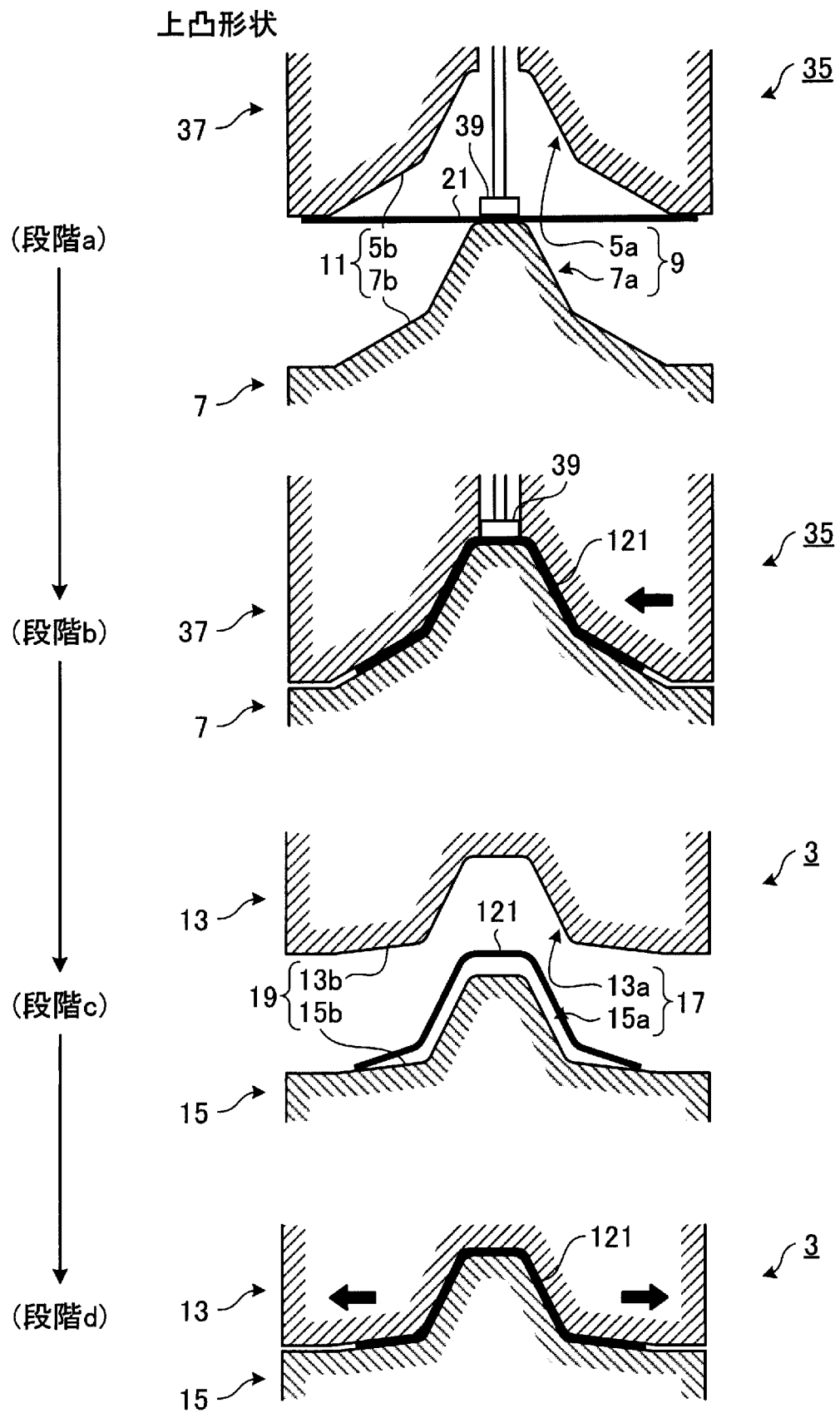
[図13A]



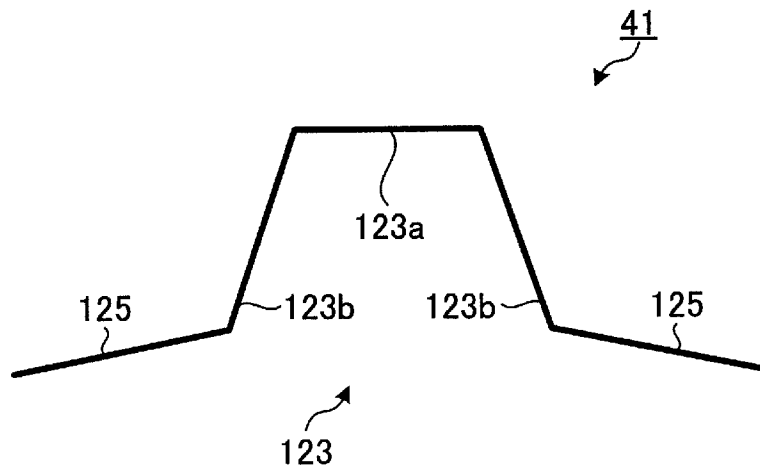
[図13B]



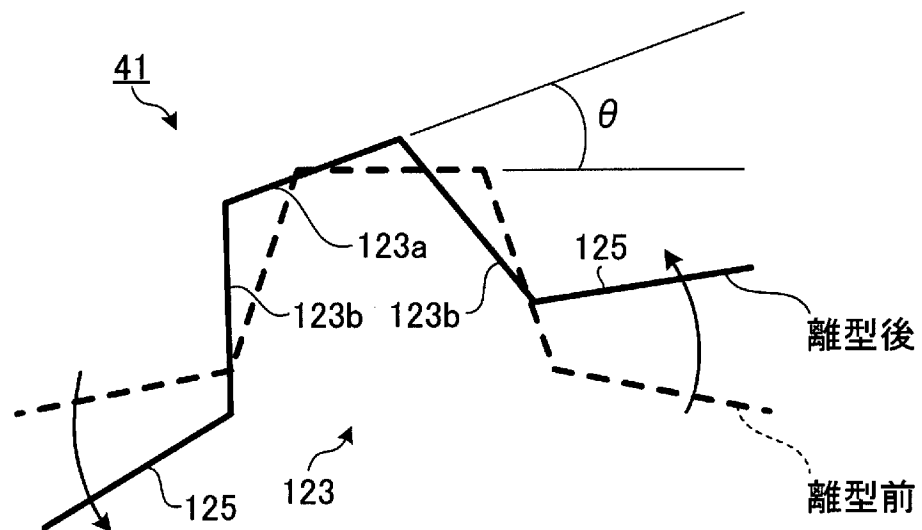
[図14]



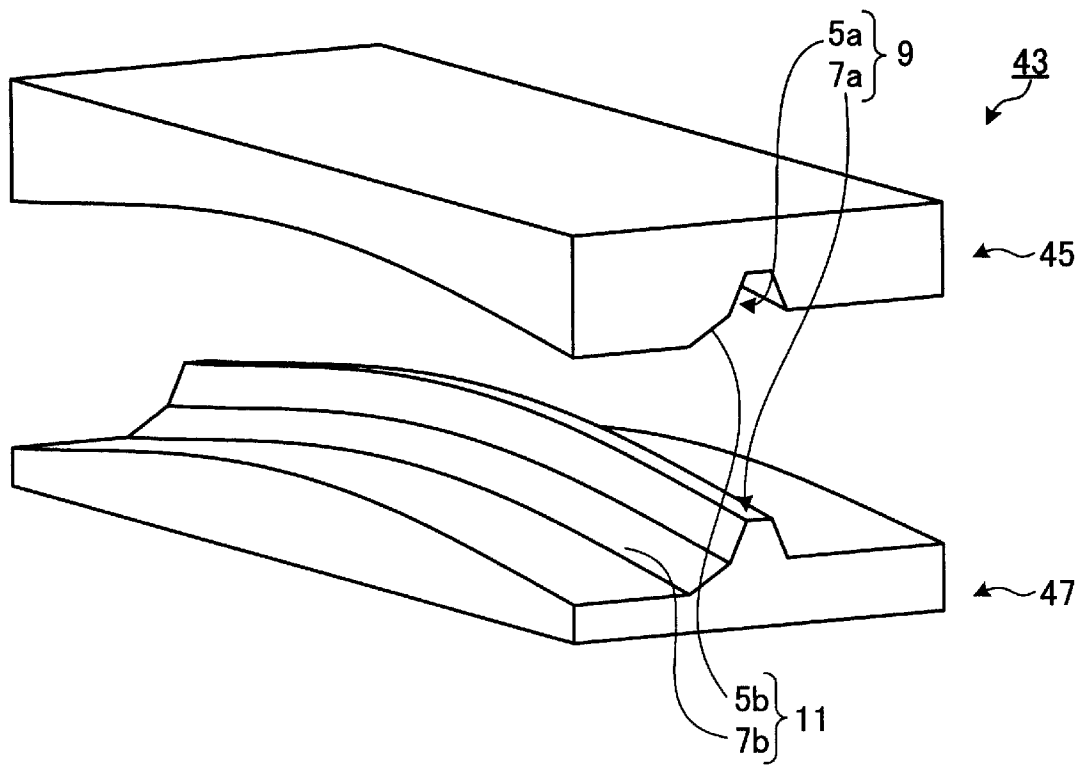
[図15]



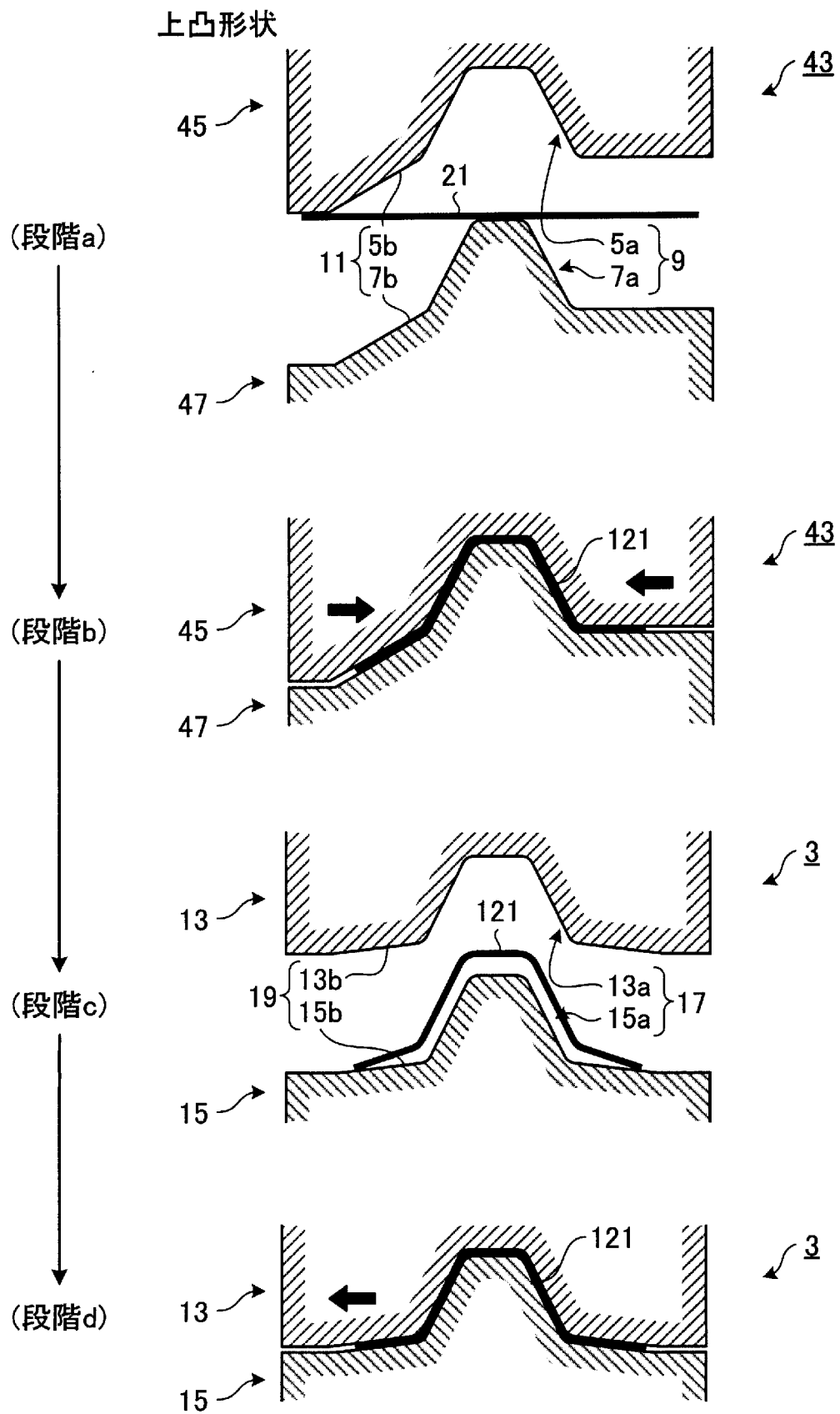
[図16]



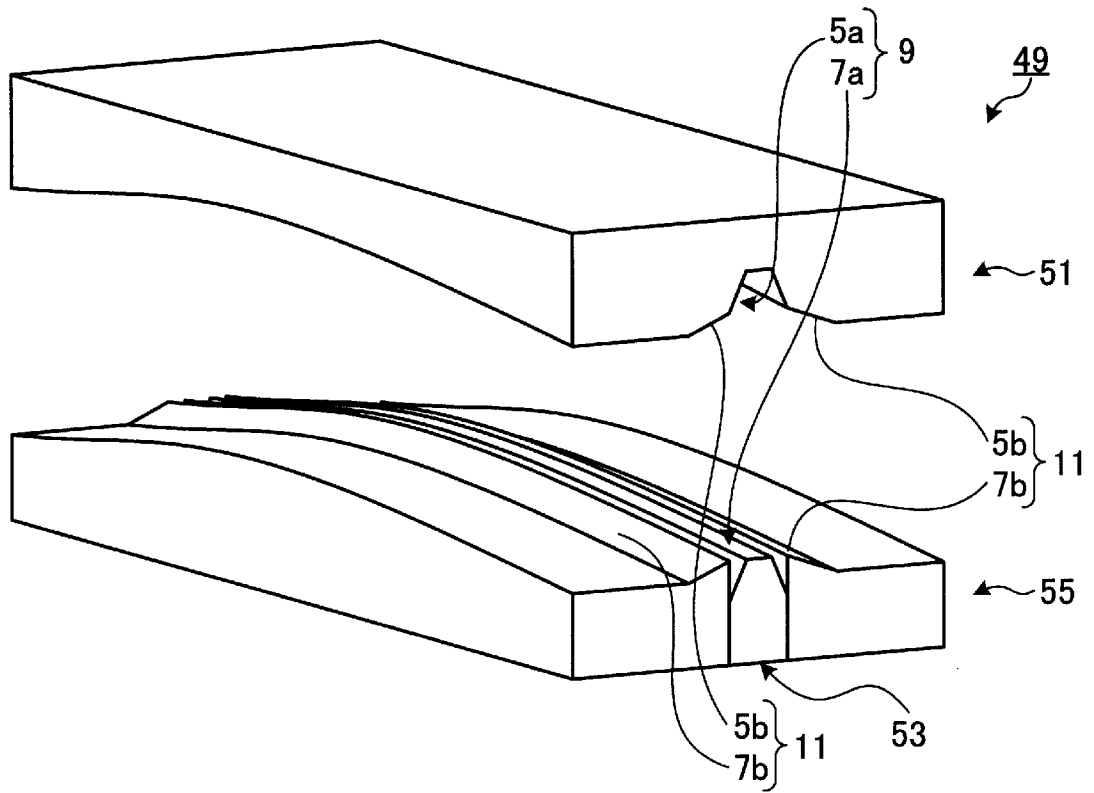
[図17]



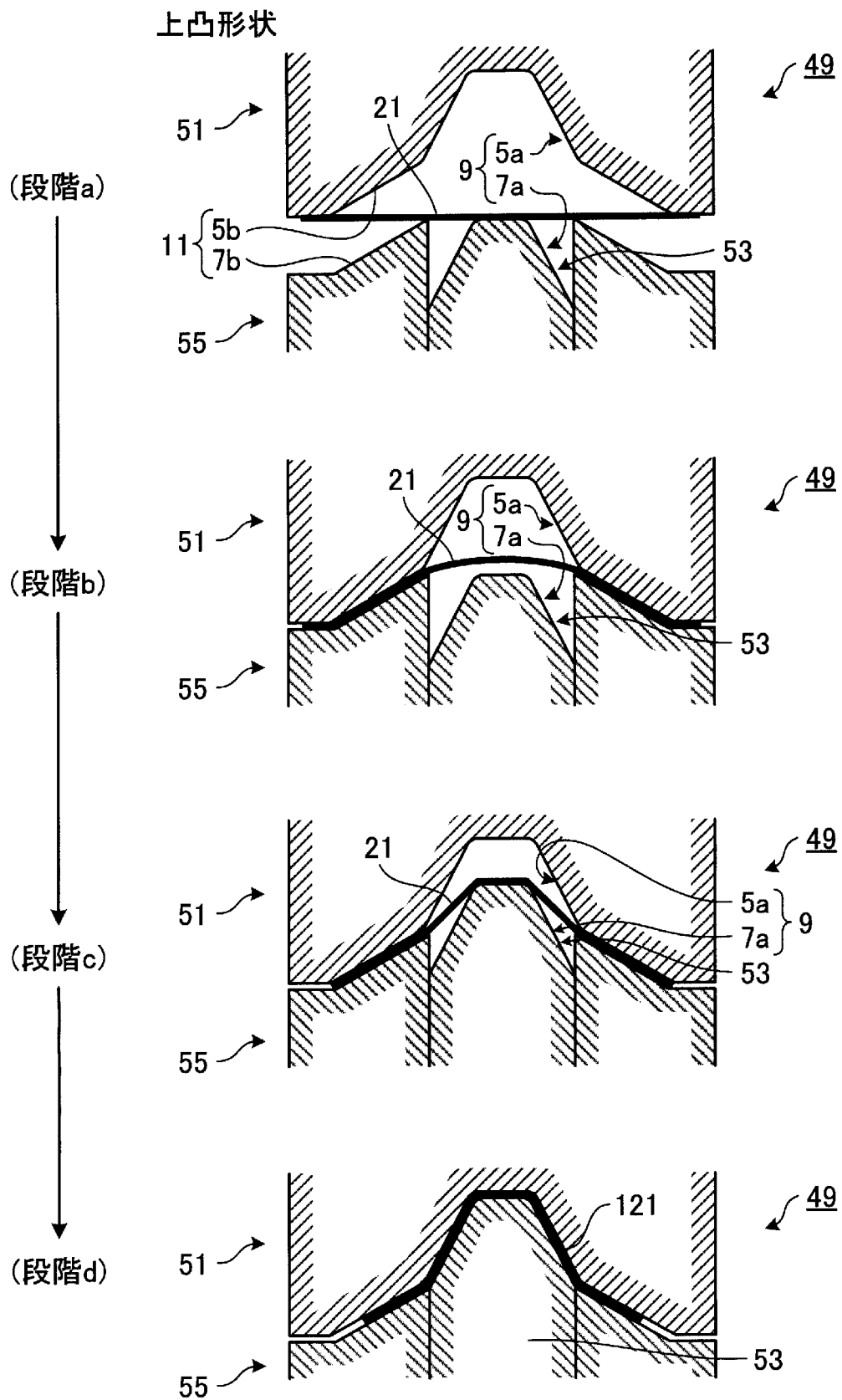
[図18]



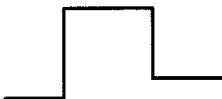
[図19]



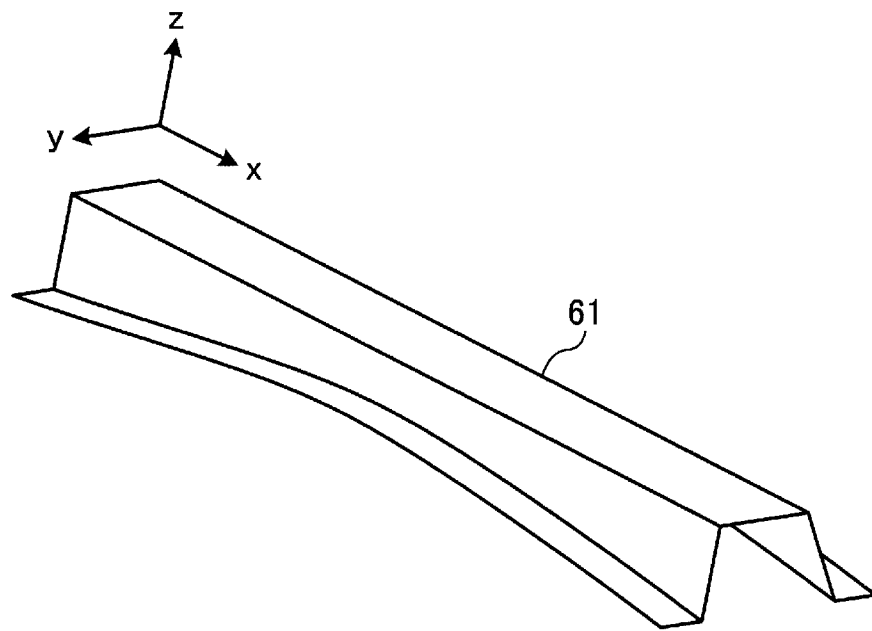
[図20]



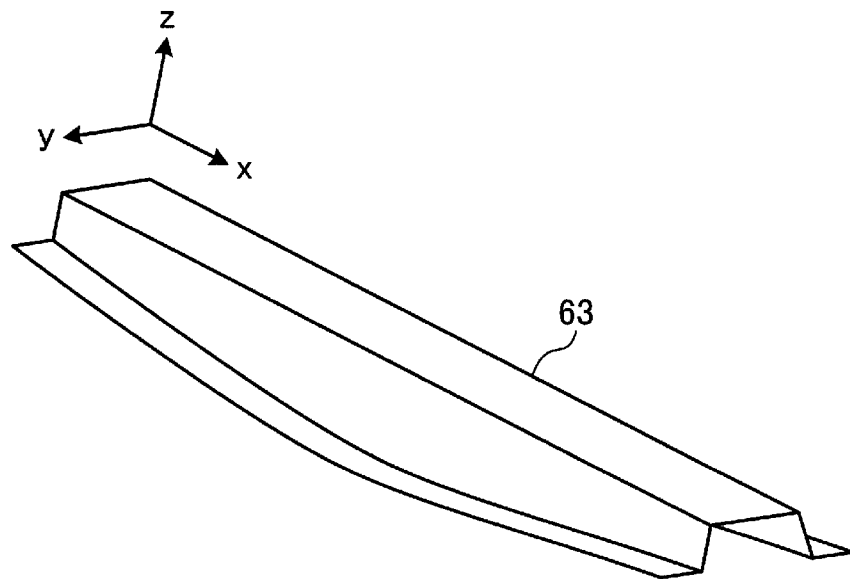
[図21]

		縦壁部		
		垂直 (頂部:平坦)	傾斜 (頂部:平坦)	傾斜 (頂部:非平坦)
フランジ部	両方	 タイプT1	 タイプT2	 タイプT3
		 タイプT4	 タイプT5	 タイプT6
	片方	 タイプT7	 タイプT8	 タイプT9

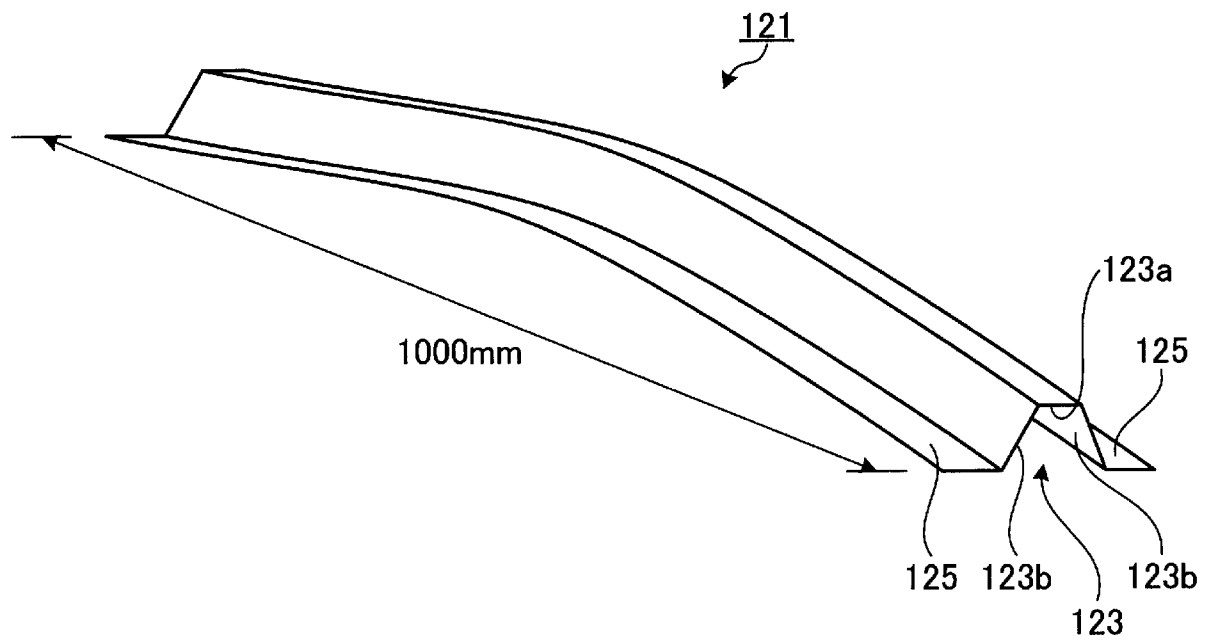
[図22A]



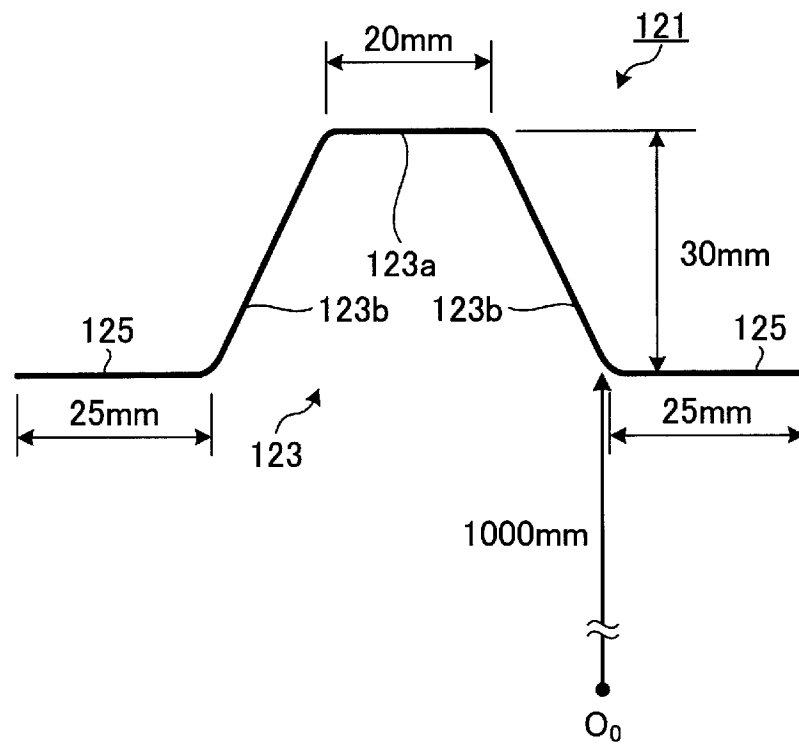
[図22B]



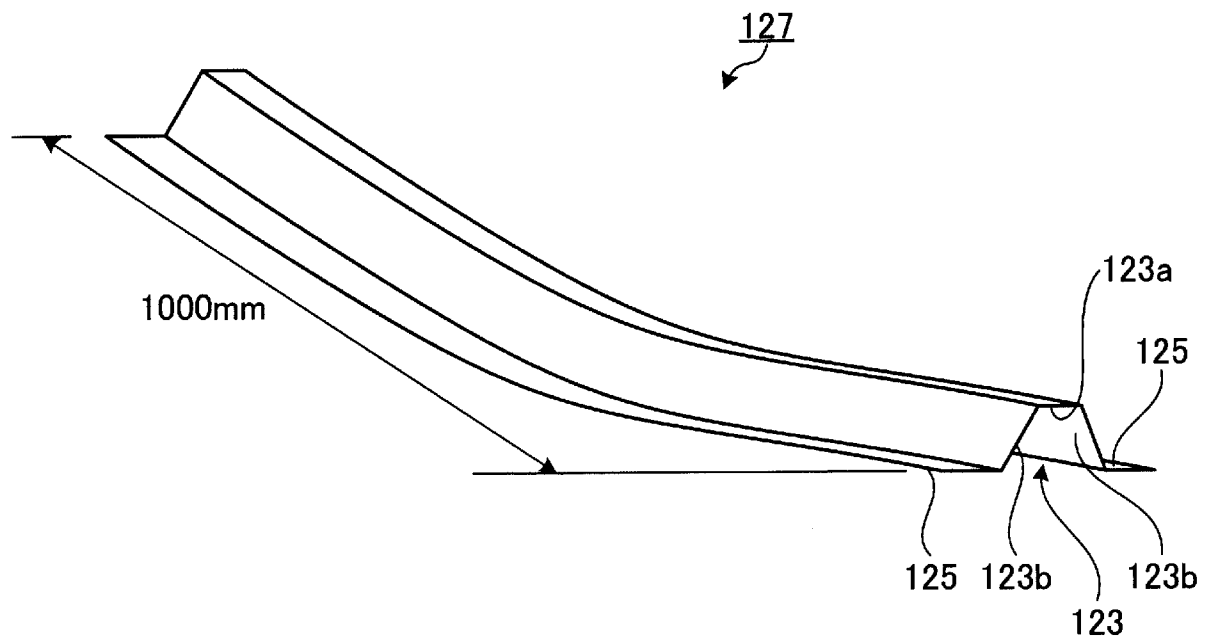
[図23A]



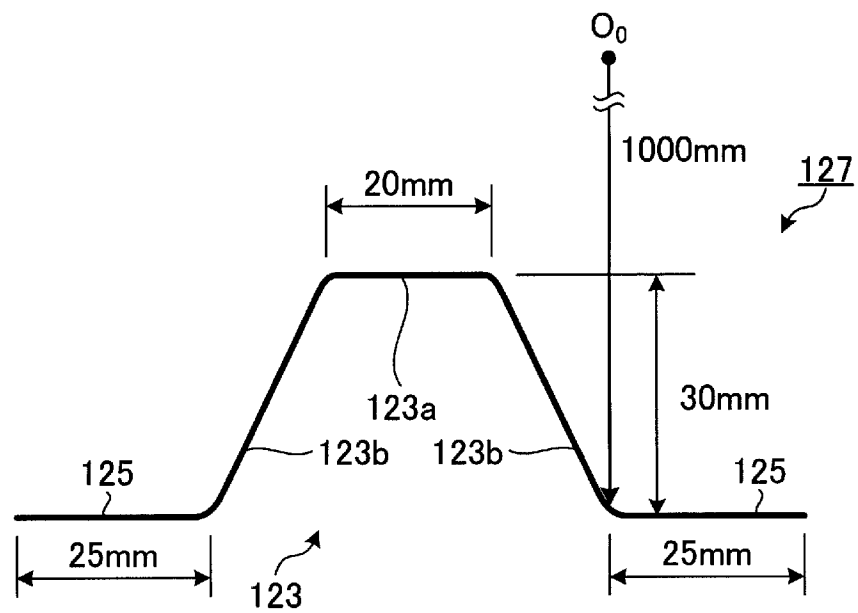
[図23B]



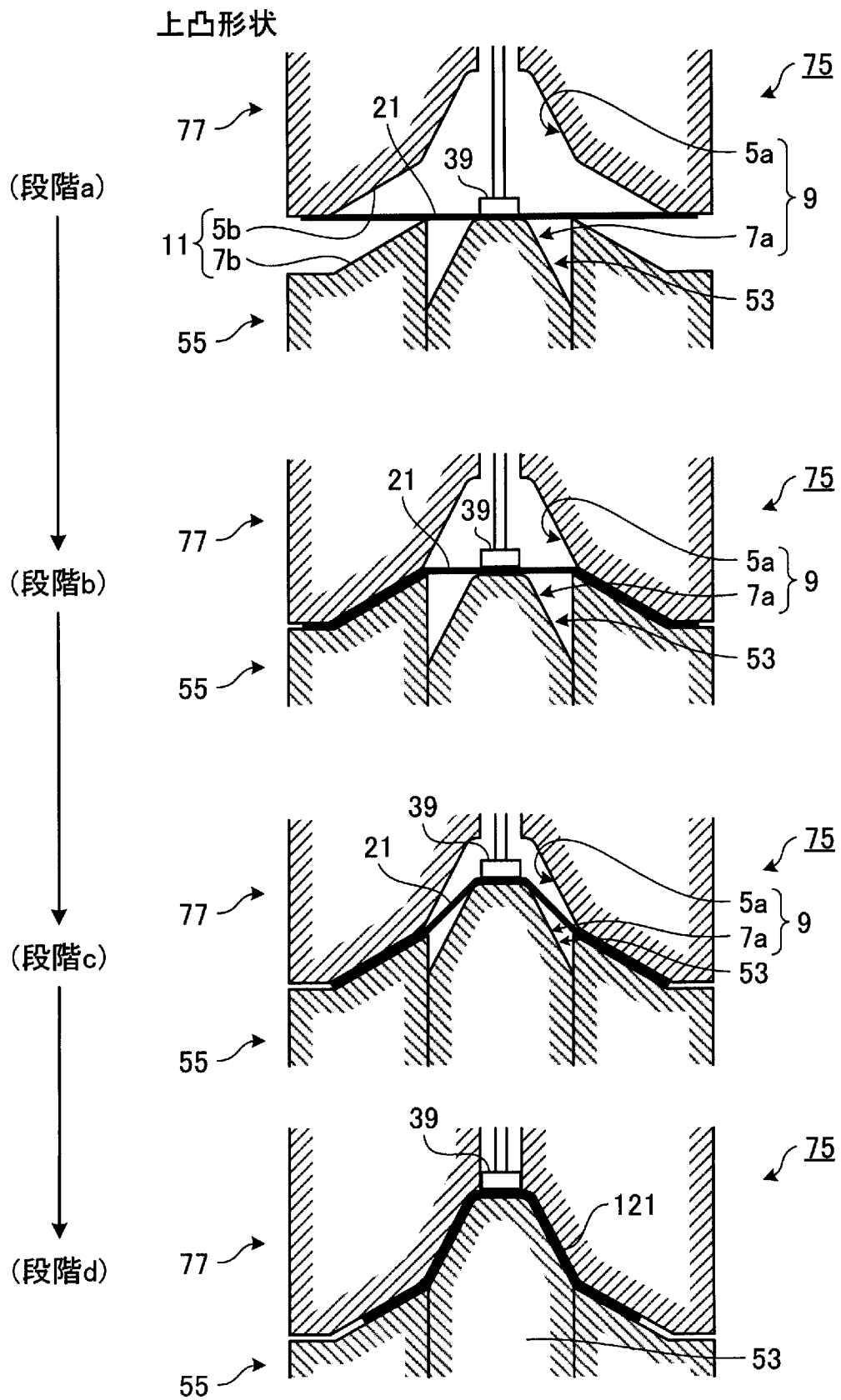
[図24A]



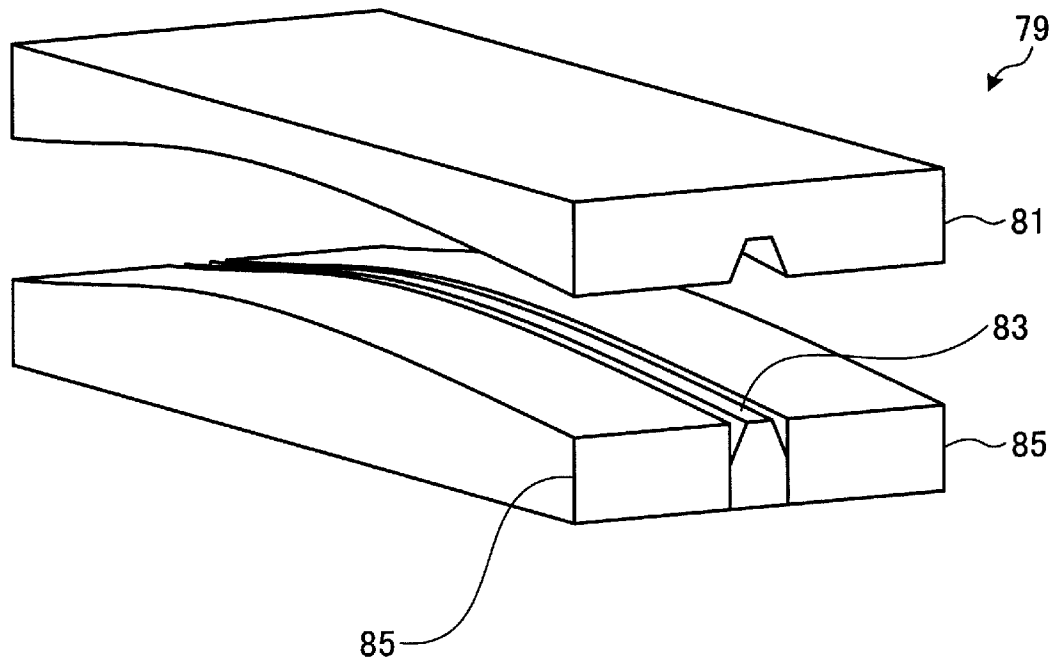
[図24B]



[図25]

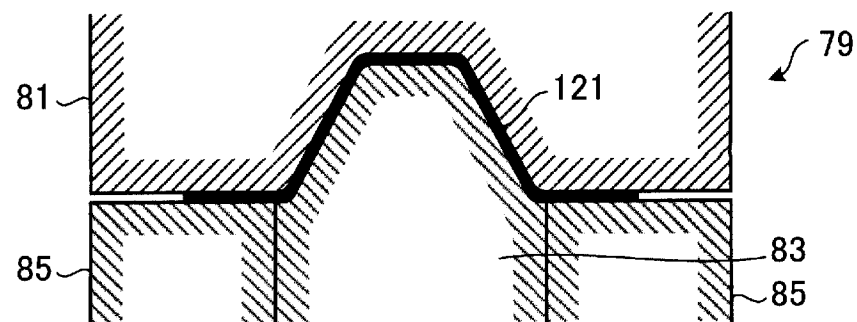
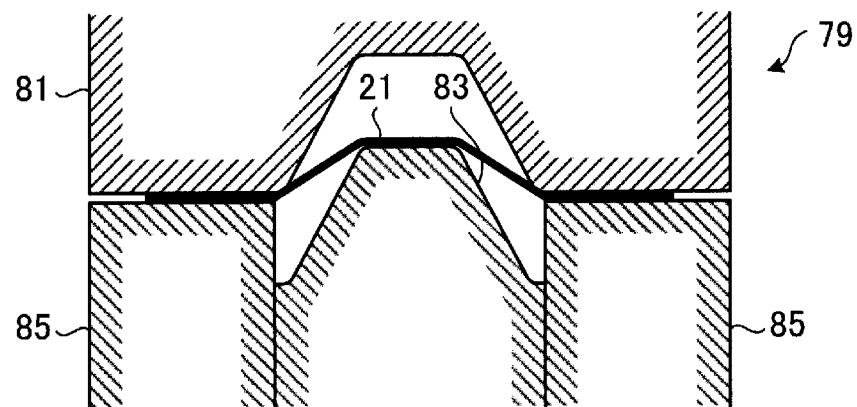
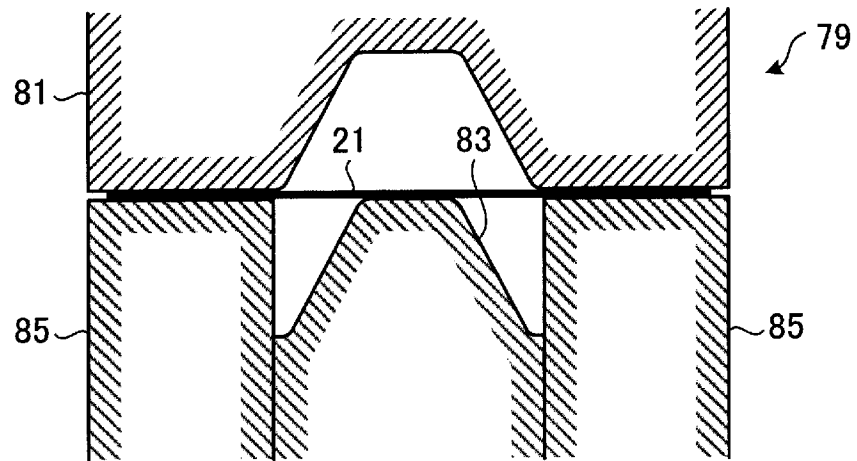


[図26]

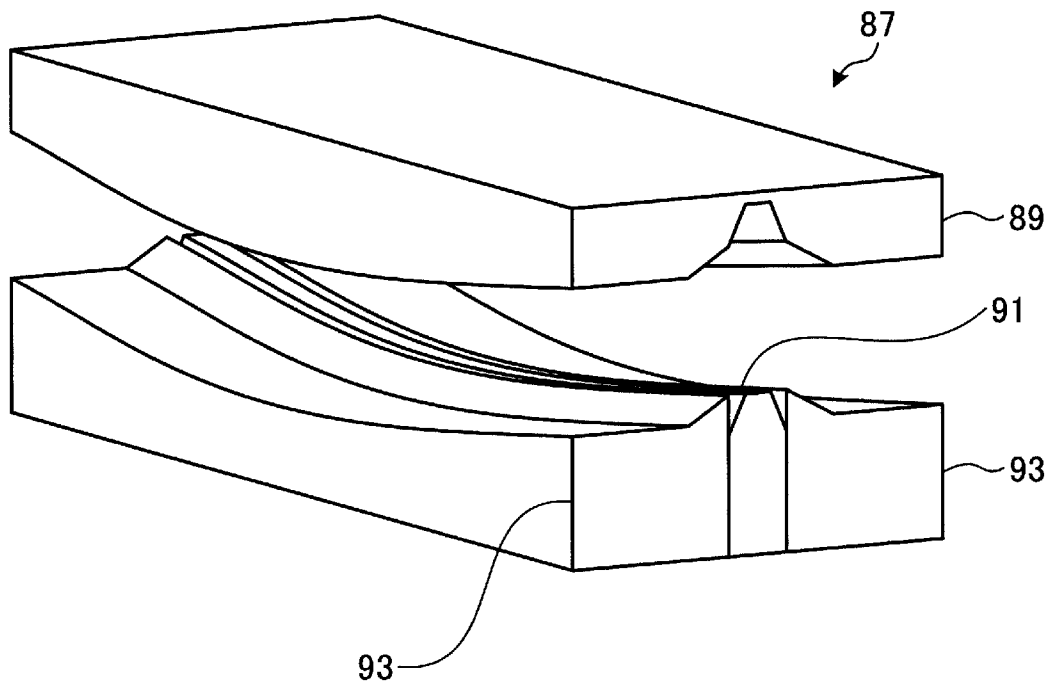


[図27]

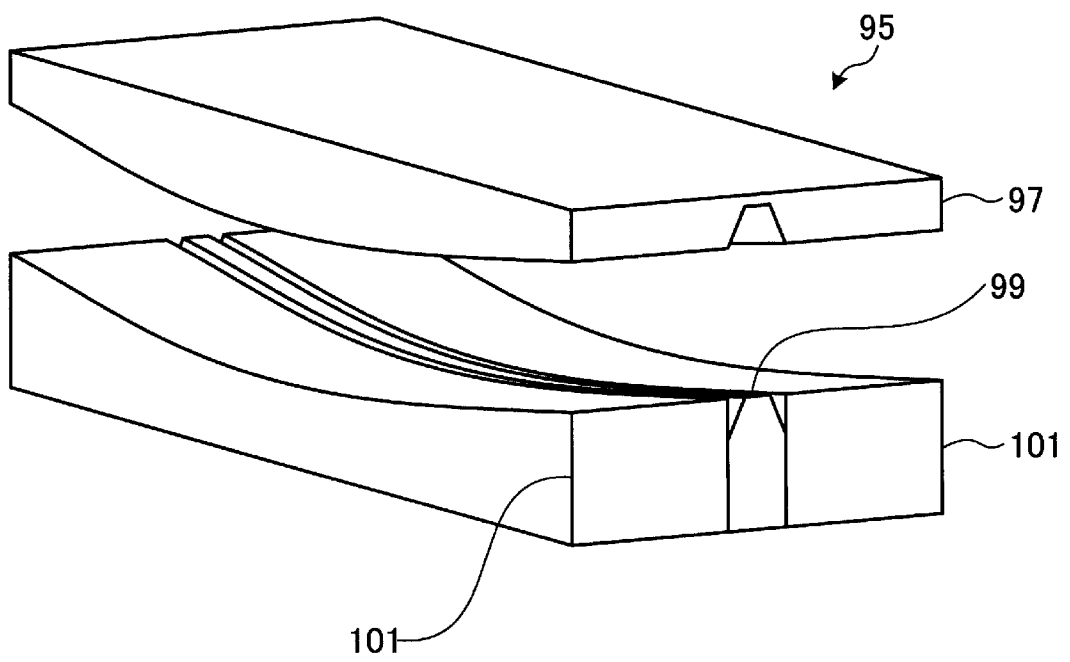
上凸形状



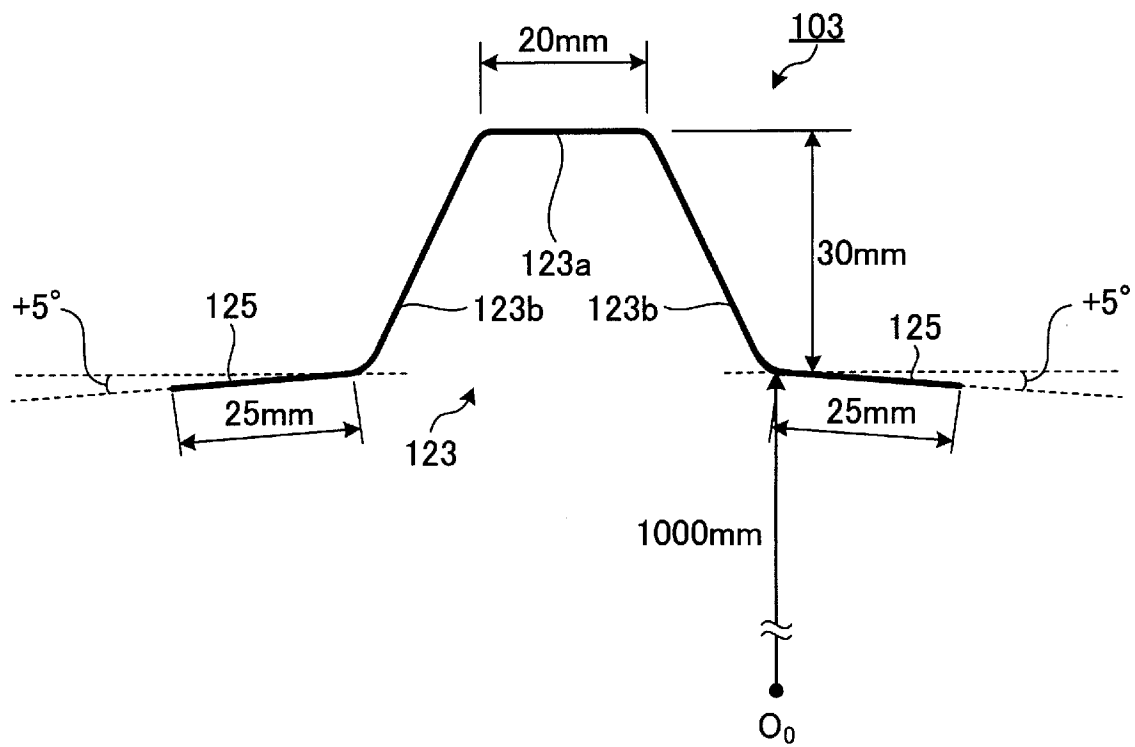
[図28]



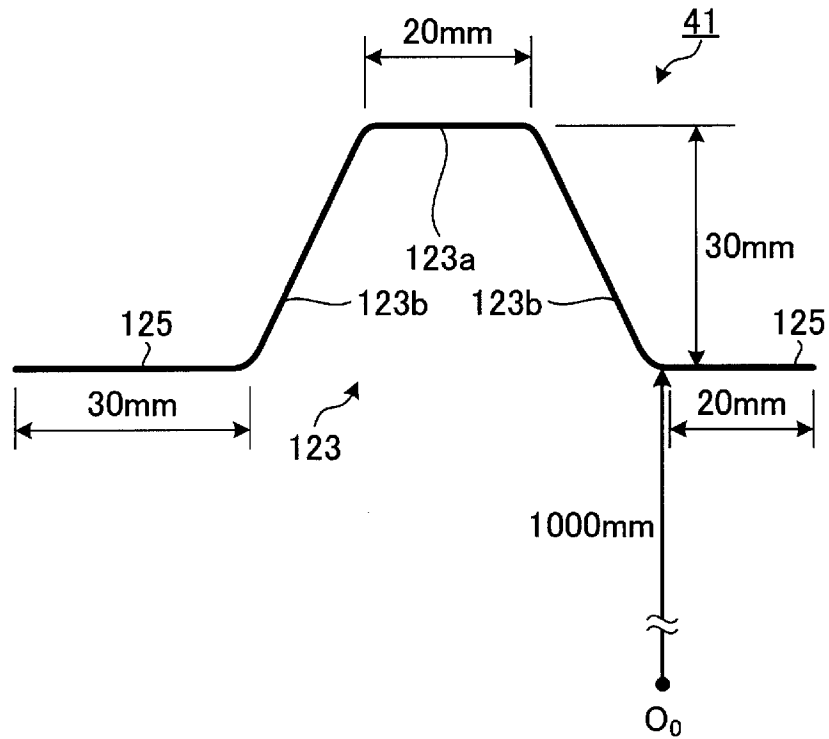
[図29]



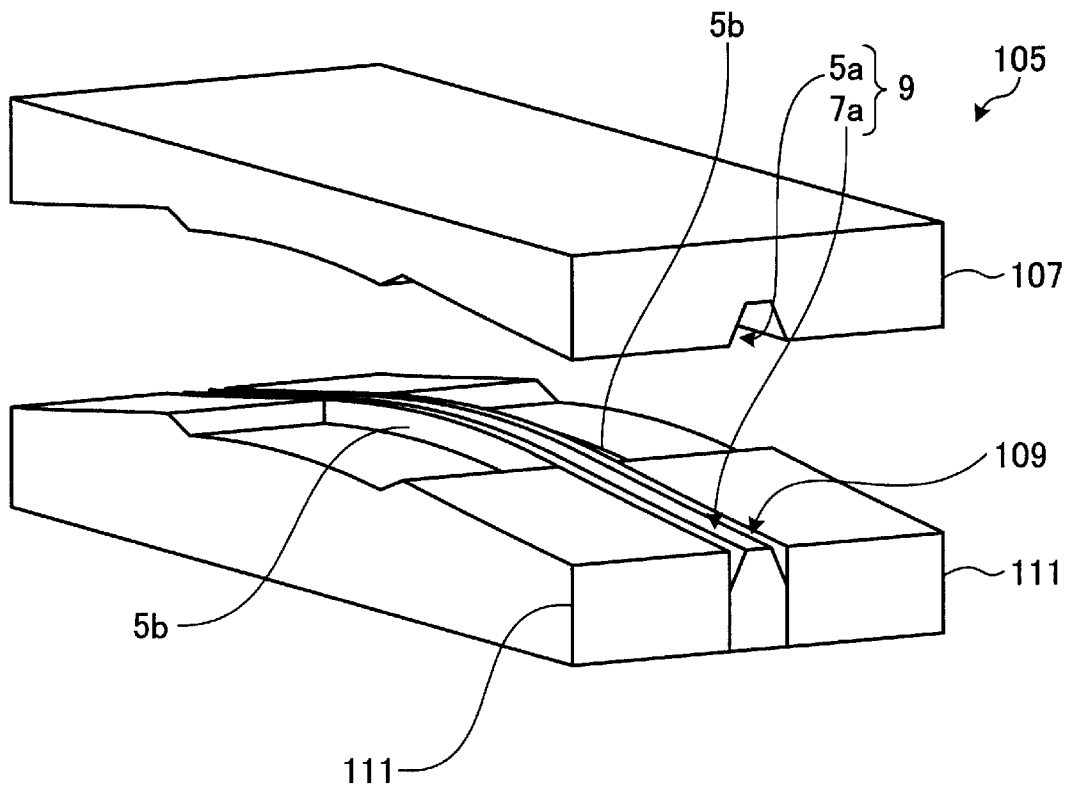
[図30]



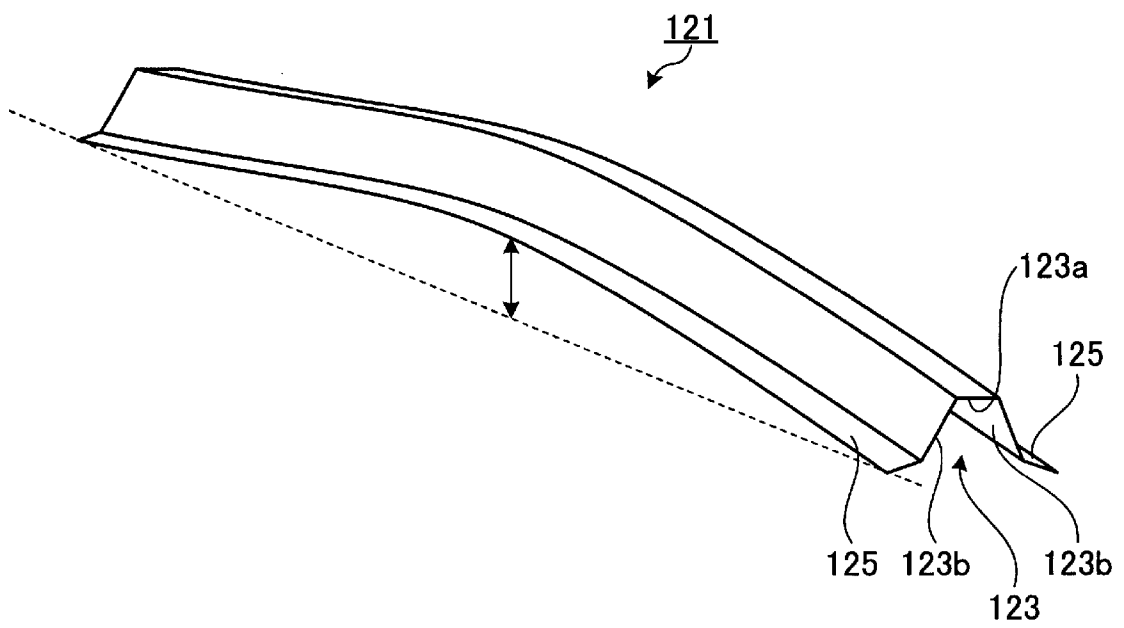
[図31]



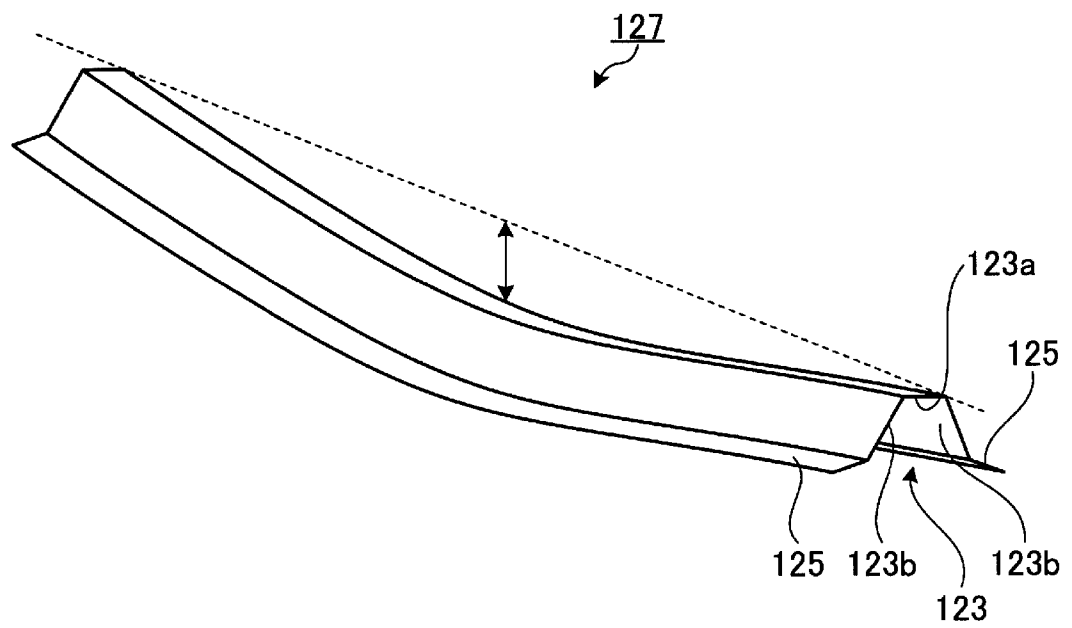
[図32]



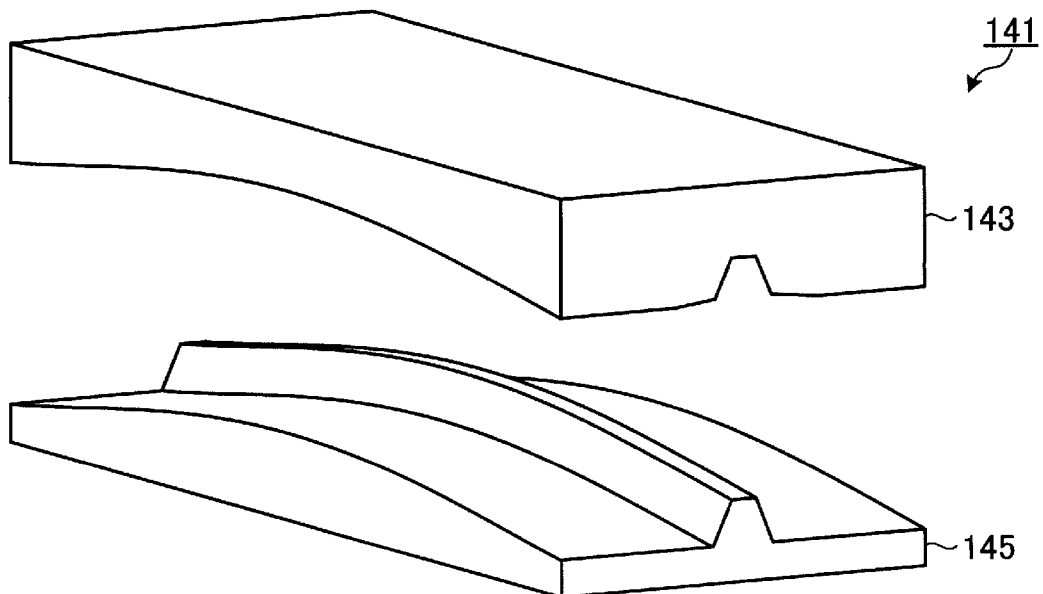
[図33]



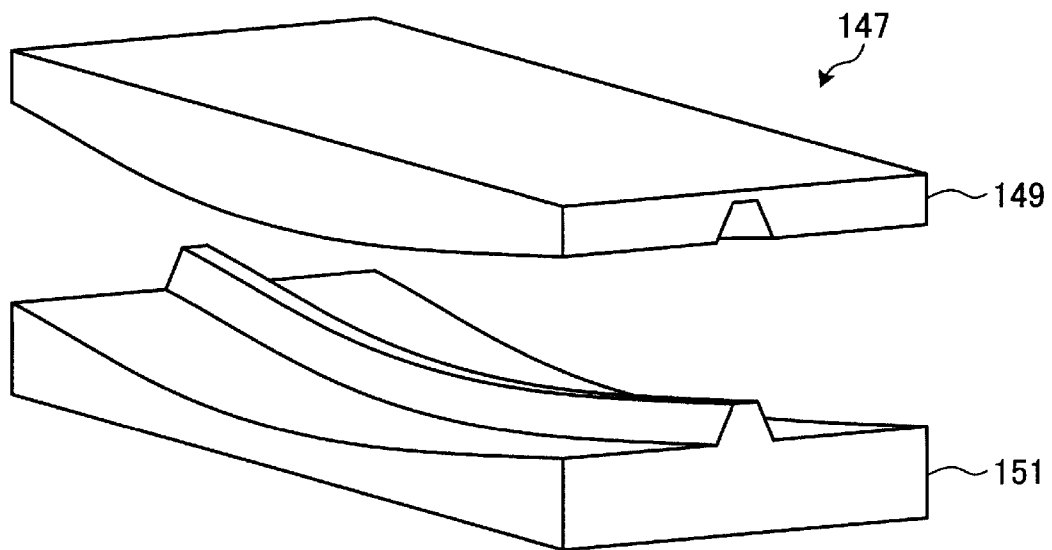
[図34]



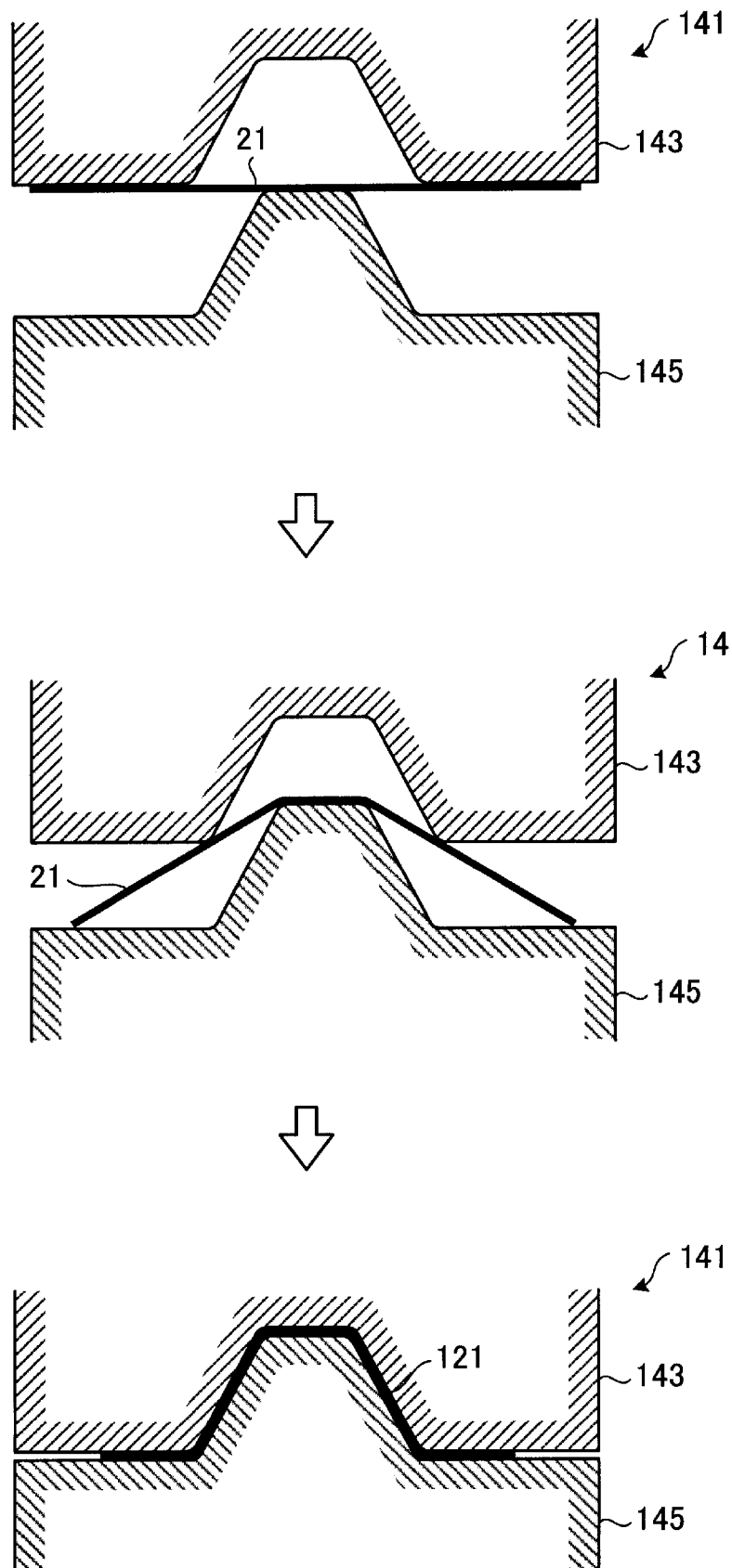
[図35]



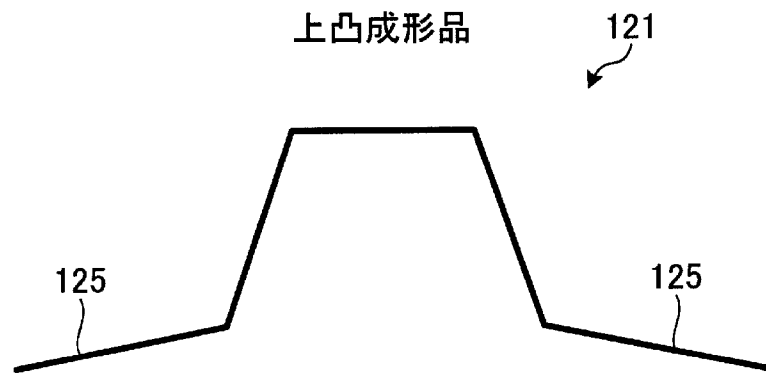
[図36]



[図37]

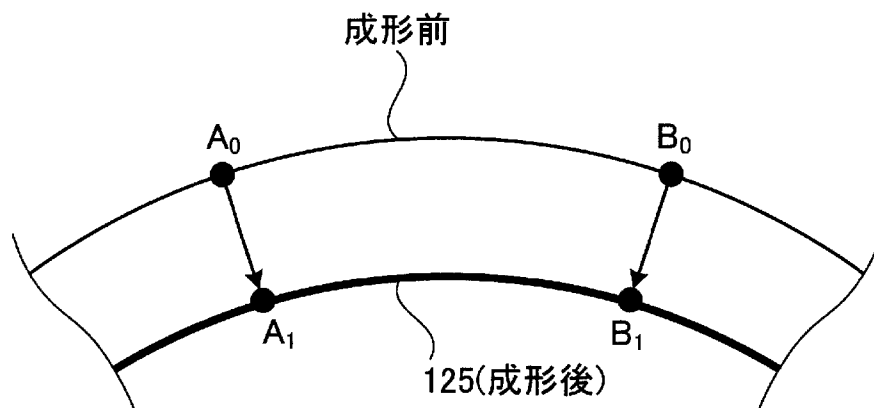


[図38A]



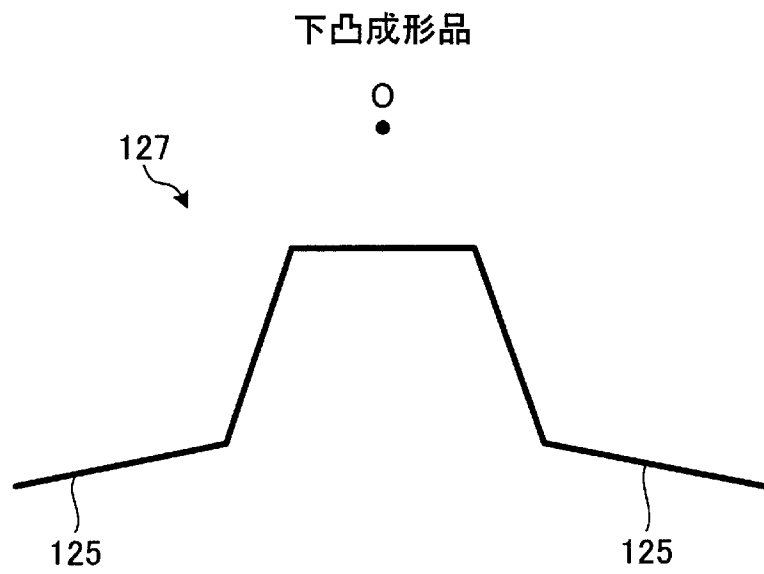
●
O

[図38B]

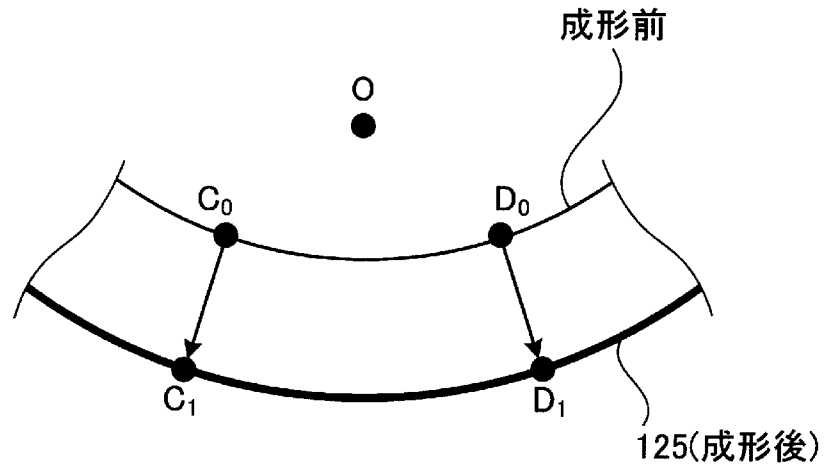


●
O

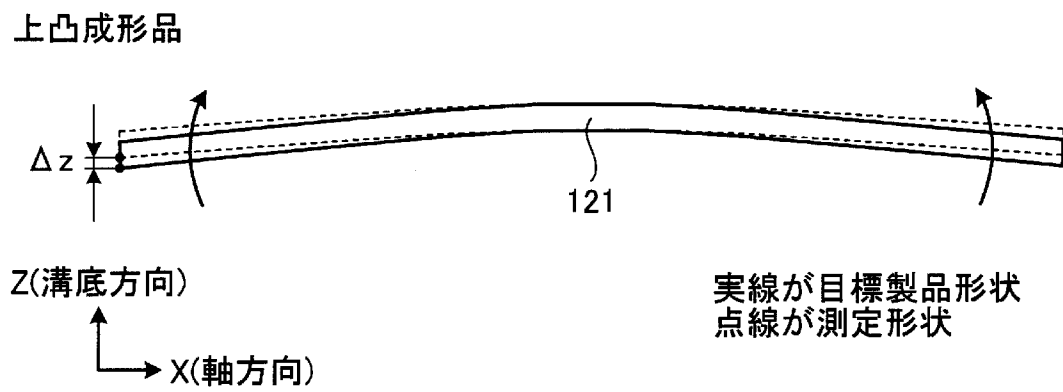
[図39A]



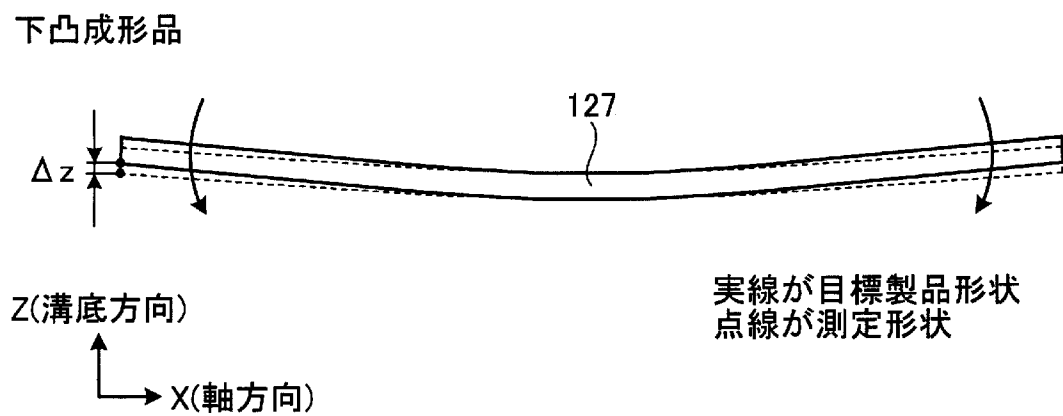
[図39B]



[図40A]



[図40B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/063519

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B21D22/26(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B21D22/26, B21D5/01

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-169578 A (Topre Co., Ltd.), 02 September 2013 (02.09.2013), paragraphs [0009] to [0025]; fig. 1 to 5 & US 2013/0213109 A1 & CN 103286185 A	1-13
A	JP 2011-206789 A (Kobe Steel, Ltd.), 20 October 2011 (20.10.2011), paragraphs [0019] to [0081]; fig. 1 to 9 (Family: none)	1-13
A	JP 2004-195535 A (Press Kogyo Co., Ltd.), 15 July 2004 (15.07.2004), paragraphs [0019] to [0056]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03 August 2015 (03.08.15)

Date of mailing of the international search report
11 August 2015 (11.08.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/063519

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 33-007613 B1 (Seiichi SAKAMOTO), 30 August 1958 (30.08.1958), page 1, left column, line 29 to right column, line 12; fig. 4 to 6 (Family: none)	1-13
A	JP 4090028 B2 (Nisshin Steel Co., Ltd.), 28 May 2008 (28.05.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 2010-99700 A (JFE Steel Corp.), 06 May 2010 (06.05.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 5382281 B1 (Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp.), 08 January 2014 (08.01.2014), entire text; all drawings & WO 2014/112056 A1 & CA 2895266 A1	1-13

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B21D22/26(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B21D22/26, B21D5/01

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2015年
日本国実用新案登録公報	1996-2015年
日本国登録実用新案公報	1994-2015年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2013-169578 A（東プレ株式会社）2013.09.02, 段落 [0009] - [0025], 図1-5 & US 2013/0213109 A1 & CN 103286185 A	1-13
A	JP 2011-206789 A（株式会社神戸製鋼所）2011.10.20, 段落 [0019] - [0081], 図1-9（ファミリーなし）	1-13
A	JP 2004-195535 A（プレス工業株式会社）2004.07.15, 段落 [0019] - [0056], 図1-4（ファミリーなし）	1-13

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03.08.2015

国際調査報告の発送日

11.08.2015

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

石川 健一

3 P

3507

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 33-007613 B1 (坂本 誠一) 1958.08.30, 第1ページ左欄第29行ー右欄第12行, 第4ー6図 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 4090028 B2 (日新製鋼株式会社) 2008.05.28, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 2010-99700 A (J F E スチール株式会社) 2010.05.06, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 5382281 B1 (新日鐵住金株式会社) 2014.01.08, 全文, 全図 & WO 2014/112056 A1 & CA 2895266 A1	1-13