(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
2023年7月20日(20.07.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/136024 A1

(51) 国際特許分類:
G06F 30/23 (2020.01) *G06F 30/10* (2020.01)
B21D 22/00 (2006.01) *G06F 113/22* (2020.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/045840

(22) 国際出願日： 2022年12月13日(13.12.2022)

(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 2022-002024 2022年1月11日(11.01.2022) JP
特願 2022-172881 2022年10月28日(28.10.2022) JP

(71) 出願人：ＪＦＥ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).

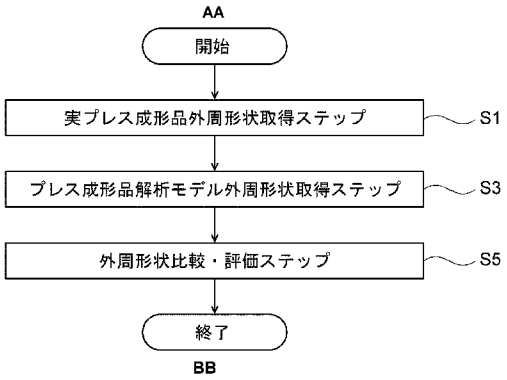
(72) 発明者：卜部 正樹(**URABE, Masaki**)；〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 ＪＦＥスチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 石渡 亮伸(**ISHIWATARI, Akinobu**)；〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 ＪＦＥスチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP).

(74) 代理人：弁理士法人酒井国際特許事務所 (**SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE**)；〒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 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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,

(54) Title: METHOD, DEVICE, AND PROGRAM FOR EVALUATING PERIPHERAL SHAPE OF PRESS FORMED ITEM, AND METHOD FOR MANUFACTURING PRESS FORMED ITEM

(54) 発明の名称： プレス成形品の外周形状評価方法、装置及びプログラム、並びにプレス成形品の製造方法



S1 Step for acquiring peripheral shape of actual press formed item
S3 Step for acquiring peripheral shape of press formed item analysis model
S5 Step for comparing and evaluating peripheral shapes
AA Start
BB End

(57) Abstract: In a method for evaluating the peripheral shape of a press formed item according to the present invention, the peripheral shape of a press formed item workpiece bottom dead center shape model 17, which was acquired by mechanical analysis of a process of clamping, to the forming bottom dead center, an actual press formed item 11 that has actually been press formed and experienced springback, is acquired (S3) as the peripheral shape of the actual press formed item 11, a press formed item analysis model 21 is calculated (S5) by elastoplastic mechanical analysis of the process of press forming the actual press formed item 11, the peripheral shape thereof at forming bottom dead center is also acquired (S7), and the peripheral shape of the actual press formed item 11 and the peripheral shape of the press formed item analysis model 21 are compared and respectively evaluated (S9).

WO 2023/136024 A1

［続葉有］

SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, 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, ME, 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：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：本発明に係るプレス成形品の外周形状評価方法は、実際にプレス成形してスプリングバックした実プレス成形品１１を成形下死点まで挟み込む過程の力学的解析により取得したプレス成形品ワーク下死点形状モデル１７の外周形状を実プレス成形品１１の外周形状として取得し（Ｓ３）、実プレス成形品１１をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析によりプレス成形品解析モデル２１を求め（Ｓ５）、これについても成形下死点における外周形状を取得し（Ｓ７）、実プレス成形品１１の外周形状とプレス成形品解析モデル２１の外周形状を比較し、それぞれ評価する（Ｓ９）。

明　細　書

発明の名称 ：

プレス成形品の外周形状評価方法、装置及びプログラム、並びにプレス成形品の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、実際にプレス成形（press forming）した実プレス成形品（press formed part）の外周形状と、プレス成形解析（press forming analysis）により求めたプレス成形品解析モデルの外周形状（peripheral shape）と、を比較しそれぞれを評価するプレス成形品の外周形状評価方法、装置及びプログラムに関する。さらに、本発明は、外周形状の寸法精度（dimensional accuracy）が向上するようにプレス成形条件を調整して実際にプレス成形することにより、寸法精度を向上させた実プレス成形品を製造するプレス成形品の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 金属板のプレス成形においては、割れ（fracture）やシワ（wrinkles）、寸法精度不良（forming defects of dimensional accuracy）などの成形不具合（forming defectiveness）を発生させないことが求められる。そこで、これらの不具合を金型（press forming die）の作製前に予測するために、有限要素解析（finite element analysis）等によるプレス成形過程の力学的解析（mechanical analysis）が一般的に実施されている。そして、プレス成形過程の力学的解析によりブランク（blank）がどのようにプレス成形品へとプレス成形されているのかを正確に予測するためには、力学的解析において様々な解析条件を正しく設定することが重要である。また、解析条件が正しいかどうかは、実際のプレス成形品との比較を行いながら決定される。

[0003] 実際のプレス成形品と力学的解析により求めたプレス成形品の解析結果との重要な比較項目の一つとして、プレス成形品の外周形状が挙げられる。プ

レス成形品の外周形状は、プレス成形に用いる金型におけるブランクのセット位置、ブランクを金型にセットする時の自重たわみ（self-weight deflection）、及び、ブランクを金型で挟み込む際の金型との接触および摺動（sliding）状況、の３つの要素に大きく影響される。よって、実際のプレス成形品と力学的解析で求めたプレス成形品とで外周形状が一致するか否かは、これらの３つの要素が妥当であることの判断基準となる。特に、ブランクの端部をまず金型で挟み込んでから、ブランクの中央部の成形をおこなうドロー成形（deep drawing）（絞り成形（drawing））においては、プレス成形品の外周形状は、その成形可否を左右する重要な因子となる。

[0004] しかしながら、実際のプレス成形品の外周形状と、プレス成形過程の力学的解析により求めたプレス成形品の外周形状と、の比較は容易ではない。なぜなら、プレス成形後のプレス成形品は金型から取り出した時点でスプリングバック（springback）と呼ばれる弾性変形（elastic deformation）により、金型内の成形下死点（the forming bottom dead center）形状とは異なるからである。一方で、プレス成形過程の力学的解析によれば、金型内の成形下死点及びスプリングバック後のプレス成形品の外周形状を予測することは可能である。しかし、図８に示すように、実際のプレス成形品（実プレス成形品１１）のスプリングバック後の外周形状と、力学的解析によるプレス成形品（プレス成形品解析モデル２１）のスプリングバック後の外周形状と、は必ずしも一致しないため、これらを直接比較することはできない。

[0005] 実際のプレス成形品と力学的解析により求めたプレス成形品との外周形状の比較に関しては、一般的には非特許文献１に開示されているように、ブランク端とプレス成形品における特徴的な形状の部位との間の距離を測定し、力学的解析の解析結果と比較する方法や、あるいは、非特許文献２に開示されているように、元の（プレス成形前の）ブランク形状と重ねてその外形の変化量（流入量（inflow））を評価することで、力学的解析により得られたプレス成形品の外周形状の精度が評価されている。これは、解析条件を変更した力学的解析により求めた複数のプレス成形品の外周形状を評価する場合

も同様である。同一の金型で成形したプレス成形品であっても、例えば潤滑油（lubricating oil）や材料強度（material strength）の違いによって、スプリングバック後の外周形状は必ずしも一致しないためである。

先行技術文献

非特許文献

[0006] 非特許文献1：塑性と加工、第56巻、第651号、pp.311-316

非特許文献2：塑性と加工、第59巻、第689号、pp.107-113

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、プレス成形品全体の外周形状の評価を行うためには、プレス成形品における多くの部位での表面形状（surface profile）を測定する作業を行う必要があり、またその精度も高くないという問題があった。たとえば、非特許文献１に開示されているように、ブランク端とプレス成形品中の特徴的な形状との距離を測定し、力学的解析結果と比較する方法では、例えば、金型の稜線部（ridge line section）端とブランク端との距離を測ることとした場合、稜線部は曲面であるため、その稜線部端の位置を厳密に定めることは難しい。このため、例えば測定者による違いが発生する余地があった。また、非特許文献２に開示されているように、元のブランク形状と重ねてその外形の変化量（流入量）を評価する方法では、元のブランク形状と成形品とをどのような基準で重ねるかによって結果は大きく異なるため、測定者による違いが発生する余地があり、またその測定基準を明確に定めることは困難であった。そのため、測定者によらず外周形状の比較を再現性が高く正確に実施することが課題であった。

[0008] しかしながら、プレス成形品の外周部位がプレスストローク（press stroke）方向に変形した場合には平坦な元ブランクの形状と重ねること自体が困難であった。よって、実際のプレス成形品と力学的解析にプレス成形品の外周形状を比較して評価することの重要性は認識されていたものの、その評価

方法の難しさから評価指標の一つとしての位置づけにとどまっていた。

[0009] また、成形下死点でのプレス成形品における金型からの接触圧力（contact pressure）分布は、プレス成形品の外周形状に関する重要な情報であると考えられる。しかしながら、力学的解析によりプレス成形品に作用する接触圧力分布を求めることは可能であるが、実際のプレス成形品における金型からの接触圧力分布を求める方法は確立されていなかった。そのため、実際のプレス成形品と力学的解析によるプレス成形品との外周形状を比較することができたとしても、外周形状に相違が生じた要因を適切に評価することはできなかった。

[0010] さらに、実際のプレス成形品（実プレス成形品）と力学的解析によるプレス成形品（プレス成形品解析モデル）の外周形状に差異が生じた要因を適切に評価することが困難であったために、プレス成形品解析モデルの外周形状の予測精度（prediction accuracy）を高めることも困難であった。そのため、予測精度の低いプレス成形品解析モデルの外周形状に基づいてプレス成形条件を調整して実プレス成形品をプレス成形しても、その外周形状の寸法精度を十分に向上させることができないという課題があった。

[0011] 本発明は、以上の問題を解決すべくなされたものであり、その目的は、実際にプレス成形した実プレス成形品の外周形状と、実プレス成形品をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析（elastoplastic mechanical analysis）により取得したプレス成形品解析モデルの外周形状と、の比較を再現性が高く正確に行うことができ、かつ、それぞれの外周形状を適切に評価することができるプレス成形品の外周形状評価方法、装置及びプログラムを提供することにある。さらに、本発明の他の目的は、プレス成形品解析モデルの外周形状の評価に基づいてその予測精度を高めた上で外周形状の寸法精度が向上するようにプレス成形条件を調整し、寸法精度を向上させた実プレス成形品を製造するプレス成形品の製造方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明に係るプレス成形品の外周形状評価方法は、実際に金型を用いてブ

ランクをプレス成形した実プレス成形品の外周形状と、前記実プレス成形品をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析により求めたプレス成形品解析モデルの外周形状と、を比較しそれぞれを評価するものであって、前記実プレス成形品を離型（die release）してスプリングバックした後の表面形状を測定して取得した三次元表面形状（three-dimensional surface profile）測定データからプレス成形品ワーク形状モデルを作成し、該プレス成形品ワーク形状モデルを前記金型の金型モデルによって成形下死点まで挟み込む過程の力学的解析を行い、成形下死点におけるプレス成形品ワーク下死点形状モデルを求め、該求めたプレス成形品ワーク下死点形状モデルの外周形状を前記実プレス成形品の外周形状として取得する実プレス成形品外周形状取得ステップと、前記ブランクのブランクモデルを前記金型モデルを用いてプレス成形する過程の弾塑性力学的解析を単一工程又は複数工程にわたって行うことにより、成形下死点におけるプレス成形品解析モデルを求め、該求めたプレス成形品解析モデルの外周形状を取得するプレス成形品解析モデル外周形状取得ステップと、前記実プレス成形品外周形状取得ステップにおいて取得した前記実プレス成形品の外周形状と、前記プレス成形品解析モデル外周形状取得ステップにおいて取得した前記プレス成形品解析モデルの外周形状と、を比較し、それぞれの外周形状を評価する外周形状比較・評価ステップと、を含む。

[0013] 前記実プレス成形品外周形状取得ステップにおける前記力学的解析は弾性有限要素解析（elastic finite element analysis）又は弾塑性有限要素解析（elastoplastic finite element analysis）であり、前記プレス成形品解析モデル外周形状取得ステップにおける前記弾塑性力学的解析は、弾塑性有限要素解析であるとよい。

[0014] 前記実プレス成形品をプレス成形する過程が該実プレス成形品の部位ごとに成形工程が分かれている場合において、前記実プレス成形品外周形状取得ステップにおける前記金型モデルは、前記実プレス成形品の各部位を成形する各金型の金型モデルを合成して一つの金型モデルとしたものであるとよい

。

[0015] 前記実プレス成形品外周形状取得ステップにおいて求めた前記プレス成形品ワーク下死点形状モデルに作用する前記金型モデルとの接触圧力分布を前記実プレス成形品に作用する前記金型からの接触圧力分布として算出する実プレス成形品接触圧力分布算出ステップと、前記プレス成形品解析モデル外周形状取得ステップにおいて求めた成形下死点における前記プレス成形品解析モデルに作用する前記金型モデルとの接触圧力分布を算出するプレス成形品解析モデル接触圧力分布算出ステップと、前記実プレス成形品接触圧力分布算出ステップにおいて算出した前記実プレス成形品に作用する接触圧力分布と、前記プレス成形品解析モデル接触圧力分布算出ステップにおいて算出された前記プレス成形品解析モデルに作用する接触圧力分布と、を比較し、それぞれを評価する接触圧力分布比較・評価ステップと、をさらに含むとよい。

[0016] 前記実プレス成形品外周形状取得ステップにおいて求めた前記プレス成形品ワーク下死点形状モデルに作用する前記金型モデルとの接触圧力分布を前記実プレス成形品に作用する前記金型からの接触圧力分布として算出する実プレス成形品接触圧力分布算出ステップと、前記プレス成形品解析モデル外周形状取得ステップにおいて求めた成形下死点における前記プレス成形品解析モデルに作用する前記金型モデルとの接触圧力分布を算出するプレス成形品解析モデル接触圧力分布算出ステップと、前記実プレス成形品接触圧力分布算出ステップにおいて算出した前記実プレス成形品に作用する接触圧力分布と、前記プレス成形品解析モデル接触圧力分布算出ステップにおいて算出された前記プレス成形品解析モデルに作用する接触圧力分布と、を比較し、それぞれを評価する接触圧力分布比較・評価ステップと、をさらに含むとよい。

[0017] 本発明に係るプレス成形品の外周形状評価装置は、実際に金型を用いてブランクをプレス成形した実プレス成形品の外周形状と、前記実プレス成形品をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析により求めたプレス成形品解析モ

デルの外周形状と、を比較しそれぞれを評価するものであって、前記実プレス成形品を離型してスプリングバックした後の表面形状を測定して取得した三次元表面形状測定データからプレス成形品ワーク形状モデルを作成し、該プレス成形品ワーク形状モデルを前記金型の金型モデルによって成形下死点まで挟み込む過程の力学的解析を行い、成形下死点におけるプレス成形品ワーク下死点形状モデルを求め、該求めたプレス成形品ワーク下死点形状モデルの外周形状を前記実プレス成形品の外周形状として取得する実プレス成形品外周形状取得部と、前記ブランクのブランクモデルを前記金型モデルを用いてプレス成形する過程の弾塑性力学的解析を単一工程又は複数工程にわたって行うことにより、成形下死点におけるプレス成形品解析モデルを求め、該求めたプレス成形品解析モデルの外周形状を取得するプレス成形品解析モデル外周形状取得部と、前記実プレス成形品外周形状取得部により取得した前記実プレス成形品の外周形状と、前記プレス成形品解析モデル外周形状取得部により取得した前記プレス成形品解析モデルの外周形状と、を比較し、それぞれの外周形状を評価する外周形状比較・評価部と、を備える。

[0018] 前記実プレス成形品外周形状取得部において求めた前記プレス成形品ワーク下死点形状モデルに作用する前記金型モデルとの接触圧力分布を前記実プレス成形品に作用する前記金型からの接触圧力分布として算出する実プレス成形品接触圧力分布算出部と、前記プレス成形品解析モデル外周形状取得部により求めた成形下死点における前記プレス成形品解析モデルに作用する前記金型モデルとの接触圧力分布を算出するプレス成形品解析モデル接触圧力分布算出部と、前記実プレス成形品接触圧力分布算出部により算出した前記実プレス成形品に作用する接触圧力分布と、前記プレス成形品解析モデル接触圧力分布算出部により算出した前記プレス成形品解析モデルに作用する接触圧力分布と、を比較し、それぞれを評価する接触圧力分布比較・評価部と、をさらに備えるとよい。

[0019] 本発明に係るプレス成形品の外周形状評価プログラムは、実際に金型を用いてブランクをプレス成形した実プレス成形品の外周形状と、前記実プレス

成形品をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析により求めたプレス成形品解析モデルの外周形状と、を比較しそれぞれを評価するものであって、コンピュータを、前記実プレス成形品を離型してスプリングバックした後の表面形状を測定して取得した三次元表面形状測定データからプレス成形品ワーク形状モデルを作成し、該プレス成形品ワーク形状モデルを前記金型の金型モデルによって成形下死点まで挟み込む過程の力学的解析を行い、成形下死点におけるプレス成形品ワーク下死点形状モデルを求め、該求めたプレス成形品ワーク下死点形状モデルの外周形状を前記実プレス成形品の外周形状として取得する実プレス成形品外周形状取得部と、前記ブランクのブランクモデルを前記金型モデルを用いてプレス成形する過程の弾塑性力学的解析を単一工程又は複数工程にわたって行うことにより、成形下死点におけるプレス成形品解析モデルを求め、該求めたプレス成形品解析モデルの外周形状を取得するプレス成形品解析モデル外周形状取得部と、前記実プレス成形品外周形状取得部により取得した前記実プレス成形品の外周形状と、前記プレス成形品解析モデル外周形状取得部により取得した前記プレス成形品解析モデルの外周形状と、を比較し、それぞれの外周形状を評価する外周形状比較・評価部と、として機能させる。

[0020] 前記コンピュータを、さらに、前記実プレス成形品外周形状取得部において求めた前記プレス成形品ワーク下死点形状モデルに作用する前記金型モデルとの接触圧力分布を前記実プレス成形品に作用する前記金型からの接触圧力分布として算出する実プレス成形品接触圧力分布算出部と、前記プレス成形品解析モデル外周形状取得部により求めた成形下死点における前記プレス成形品解析モデルに作用する前記金型モデルとの接触圧力分布を算出するプレス成形品解析モデル接触圧力分布算出部と、前記実プレス成形品接触圧力分布算出部により算出した前記実プレス成形品に作用する接触圧力分布と、前記プレス成形品解析モデル接触圧力分布算出部により算出した前記プレス成形品解析モデルに作用する接触圧力分布と、を比較し、それぞれを評価する接触圧力分布比較・評価部と、として機能させるとよい。

[0021] 本発明に係るプレス成形品の製造方法は、外周形状の寸法精度が向上するようにプレス成形条件を調整して実プレス成形品を製造するものであって、本発明に係るプレス成形品の外周形状評価方法に基づいて、前記実プレス成形品をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析により求めたプレス成形品解析モデルの成形下死点における外周形状と、実際に金型を用いてブランクをプレス成形した実プレス成形品の成形下死点における外周形状との差異を、前記プレス成形品解析モデルの成形下死点における外周形状の予測精度として求める外周形状予測精度取得ステップと、前記プレス成形品解析モデルの外周形状の予測精度に基づき、前記実プレス成形品をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析における前記プレス成形品解析モデルの解析条件を調整する解析条件調整ステップと、該調整した解析条件で求められる前記プレス成形品解析モデルの成形下死点における外周形状と、前記実プレス成形品の成形下死点における外周形状の目標と、の偏差が所定の範囲に収まるように、前記実プレス成形品をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析におけるプレス成形条件を調整するプレス成形条件調整ステップと、前記プレス成形条件調整ステップで調整したプレス成形条件にて、実際に金型を用いてブランクをプレス成形し、実プレス成形品を製造するプレス成形ステップと、を含む。

発明の効果

[0022] 本発明においては、実際にプレス成形した実プレス成形品の三次元表面形状に基づいて作成したプレス成形品ワーク形状モデルと、実プレス成形品をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析により求めたプレス成形品解析モデルと、のそれぞれについて同一の金型モデルの成形下死点で位置合わせする。このため、スプリングバック前の成形下死点における実プレス成形品の外周形状とプレス成形品解析モデルの外周形状と、を再現性が高く正確に比較し、それぞれを適切に評価することができる。さらに、実プレス成形品の成形下死点における接触圧力分布を求めることができるので、成形下死点における実プレス成形品の外周形状とプレス成形品解析モデルの外周形状との差

を、成形下死点における接触圧力分布の違いと関連付けて評価することができる。これにより、金型におけるブランクのセット位置のずれや、プレス成形過程における材料流入（material　inflow）バランスの違いを、外周形状の差や接触圧力分布の違いとして適切に評価することができる。その結果、力学的解析における解析条件を実プレス成形品との比較を行いながら正しく設定することができるので、寸法精度不良等の成形不具合を防ぐことができる。あるいは実際のプレス成形における異常を検知し、それを是正することで成形不具合を防ぐことができる。

[0023]　さらに、本発明においては、上記のとおり評価されたプレス成形解析モデルの外周形状の評価に基づいてその予測精度を高めるようにプレス成形する過程の弾塑性力学的解析の解析条件（analysis　condition）を調整する。続いて、調整した解析条件の下でプレス成形する過程の弾塑性力学的解析において、プレス成形品解析モデルの外周形状の寸法精度が向上するようにプレス成形条件（forming　condition）を調整する。そして、調整したプレス成形条件で実際に金型を用いてプレス成形することで、外周形状の寸法精度を向上させた実プレス成形品を製造することができる。これにより、他の部品との部品組み（parts　assembly）する際のトラブルを抑止できる。また、ブランク位置や金型形状（die　shape）等の調整を何度も繰り返さなくても、実プレス成形品の外周形状について許容される寸法精度を満たすことができる。これらの結果、実プレス成形品の生産準備の費用及び期間を大きく短縮することができる。また、本発明によれば、実プレス成形品の量産（mass　production）時における外周形状の変動の兆候、例えば金型の摩耗（wear）や変形等にあわせて、実際のプレス成形条件を変更できるので、実プレス成形品の外周形状の寸法不良の大量発生を抑止することもできる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]図１は、本発明の実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価方法の処理の流れを説明するフロー図である。

[図2]図２は、本発明の実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価方法

において、実プレス成形品の外周形状を取得する過程を説明する図である（（ａ）実プレス成形品のプレス成形工程、（ｂ）実プレス成形品の三次元表面形状測定、（ｃ）三次元表面形状データのプレス成形品ワーク形状モデルへの変換（リメッシュ（remeshing）及びオフセット（offset））、（ｄ）プレス成形品ワーク形状モデルを金型モデルで挟み込む過程の力学的解析、（ｅ）成形下死点におけるプレス成形品ワーク下死点形状モデルの外周形状の取得）。

[図3]図３は、本発明の実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価方法により取得した、（ａ）プレス成形品ワーク下死点形状モデルを用いて取得した実プレス成形品の外周形状、（ｂ）プレス成形解析により取得したプレス成形品解析モデルの外周形状、（ｃ）実プレス成形品の外周形状と、プレス成形品解析モデルの外周形状と、の比較、を示す図である。

[図4]図４は、本発明の実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価方法の他の態様の処理の流れを説明するフロー図である。

[図5]図５は、本発明の実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価方法の他の態様において求めた、プレス成形品ワーク下死点形状モデル及びプレス成形品解析モデルの接触圧力分布の一例を示すコンター図である（（ａ）プレス成形品ワーク下死点形状モデルの接触圧力分布、（ｂ）プレス成形品解析モデルの接触圧力分布）。

[図6]図６は、本発明の実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価装置のブロック図、及び、本発明の実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価プログラムの機能を説明する図である。

[図7]図７は、本発明の実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価装置の他の態様ブロック図、及び、本発明の実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価プログラムの他の態様の機能を説明する図である。

[図8]図８は、プレス成形解析及びスプリングバック解析により求めたプレス成形品解析モデルの外周形状と、プレス成形してスプリングバックした後の実プレス成形品の外周形状と、を比較する際の課題を説明する図である（（

ａ）プレス成形解析及びスプリングバック解析により求めたプレス成形品解析モデル、（ｂ）実プレス成形品、（ｃ）実プレス成形品の三次元表面形状測定データ）。

[図9]図９は、本発明の実施の形態２に係るプレス成形品の製造方法における処理の流れを説明するフロー図である。

[図10]図１０は、本発明の実施の形態２に係るプレス成形品の製造方法において、（ａ）実プレス成形品の成形下死点における外周形状として取得したプレス成形品ワーク下死点形状モデルの外周形状、（ｂ）解析条件を調整して弾塑性有限要素解析により求めたプレス成形品解析モデルの成形下死点における外周形状、（ｃ）実プレス成形品の成形下死点における外周形状とプレス成形品解析モデルの成形下死点における外周形状の比較、を示す図である。

発明を実施するための形態

[0025] ［実施の形態１］

以下、本発明の実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価方法、装置及びプログラムについて、図１～図７を参照して説明する。本実施の形態１では、一例として図２（ａ）に示す、自動車のＡピラーアッパー（front pillar upper）を模擬したハット断面形状（hat-shaped cross section）の実プレス成形品１１を対象とした。実プレス成形品１１は、980MPa級（MPa-class）、板厚1.4mmの冷延鋼板（cold rolled steel sheet）をプレス成形したものである。また、本願の図２、図３及び図５におけるX、Y及びZは、実プレス成形品１１、三次元表面形状測定データ１３、プレス成形品ワーク形状モデル１５、プレス成形品ワーク下死点形状モデル１７及びプレス成形品解析モデル２１の長手方向（X方向）、幅方向（Y方向）及び高さ方向（Z方向）を示している。

[0026] ＜プレス成形品の外周形状評価方法＞

本発明の実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価方法は、一例として図２に示すように、実際に金型を用いてブランクをプレス成形した実プ

レス成形品１１の成形下死点における外周形状と、一例として図３（ａ）に示すように、実プレス成形品１１をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析により求めたプレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状と、を比較しそれぞれを評価するものである。図１に示すように、プレス成形品の外周形状評価方法は、実プレス成形品外周形状取得ステップＳ１と、プレス成形品解析モデル外周形状取得ステップＳ３と、外周形状比較・評価ステップＳ５と、を含む。以下、上記の各ステップについて説明する。

[0027] ≪実プレス成形品外周形状取得ステップ≫

実プレス成形品外周形状取得ステップＳ１は、実プレス成形品１１を離型してスプリングバックした後の表面形状を測定して取得した三次元表面形状測定データ１３からプレス成形品ワーク形状モデル１５を作成し、プレス成形品ワーク形状モデル１５を金型の金型モデル１によって成形下死点まで挟み込む過程の力学的解析を行い、成形下死点におけるプレス成形品ワーク下死点形状モデル１７を求め、プレス成形品ワーク下死点形状モデル１７の外周形状を実プレス成形品１１の外周形状として取得するステップである。

[0028] 実プレス成形品外周形状取得ステップＳ１は、まず、図２（ａ）、（ｂ）に示すように、実プレス成形品１１の表面形状の測定により三次元表面形状測定データ１３を取得する（Ｓ１ａ）。次に、取得した三次元表面形状測定データ１３を力学的解析、すなわち弾性力学的解析のシェル要素（shell element）として扱えるようにするために、図２（ｃ）に示すように、一定の要素サイズ（element size）の要素（例えば、三角形要素）にリメッシュし、その後、板厚中央に相当する位置にオフセットすることにより、プレス成形品ワーク形状モデル１５を作成する（Ｓ１ｂ）。必要に応じて、三次元表面形状測定データ１３は、エッジ（輪郭）付近のノイズを除去する操作を行ってもよい。本実施の形態１ではプレス成形品ワーク形状モデル１５の板厚は初期板厚1.4mmのまま一定として扱ったが、要素ごと、或いは領域ごとに測定した板厚を与えてもよい。プレス成形品ワーク形状モデルをシェル要素で作成するかわりに、取得した三次元表面形状測定データを板厚分だけ裏面側に

オフセットさせて三次元表面形状測定データを取得し、あるいは表面側および裏面側それぞれの三次元表面形状測定データを測定することで表裏両面の三次元表面形状測定データを取得し、これら表裏面の三次元表面形状測定データで挟まれた三次元空間を、ソリッド要素（solid element）に分割してプレス成形品ワーク形状モデルを作成する方法を用いてもよい。

[0029] 次に、プレス成形品ワーク形状モデル１５を金型モデル１で挟み込める位置に配置する（Ｓ１ｃ）。このとき、プレス成形品ワーク形状モデル１５の位置決めは、金型モデル１によって成形下死点まで挟み込む過程においてプレス成形品ワーク形状モデル１５が大きくずれないように大まかに手動で調整するとよい。

[0030] 具体的には、プレス成形品ワーク形状モデル１５と金型モデル１の稜線部形状や外周形状、位置決め穴／ピンなどの特徴形状を目印に、金型モデル１で挟んだ際に、プレス成形品ワーク形状モデル１５の特徴形状部位がずれないように平行移動（parallel movement）及び／又は回転移動（rotational movement）を行う。あるいは、一旦プレス成形品ワーク形状モデル１５を金型モデル１の下型（lower die）モデル３を基準としてベストフィット等の自動的な位置合わせを行い、続いて、上型（upper die）モデル５をプレス成形方向に沿って下型モデル３と接触しないところまで平行移動させてもよい。

[0031] 次に、プレス成形品ワーク形状モデル１５を金型モデル１で挟む過程の力学的解析を行い（Ｓ１ｄ）、図３（ｂ）に示すように、成形下死点におけるプレス成形品ワーク下死点形状モデル１７を取得する。

[0032] 実プレス成形品外周形状取得ステップＳ１における力学的解析としては、本実施の形態１では、弾性有限要素解析を行うが、これに限らず、弾塑性有限要素解析を行ってもよい。

[0033] このように、プレス成形品ワーク形状モデル１５を金型モデル１によって成形下死点まで挟み込む過程の弾性有要素解析を行うことにより、金型モデル１を基準としてプレス成形品ワーク下死点形状モデル１７の位置合わせが

可能となる。

[0034] また、本実施の形態１は、下型と上型とを備えた金型により実プレス成形品１１をフォーム成形（crash forming）する場合を対象とするものであったが、ドロー成形の場合には上型と協働してブランクを挟持するクッション（blank holder）が金型に備えられている。この場合、金型モデルはクッションモデル（図示なし）を備えたものとし、クッションモデルをはじめから成形下死点位置に配置し、プレス成形品ワーク形状モデルを下型モデルと上型モデルとで挟み込む過程の解析を行えばよい。

[0035] ≪プレス成形品解析モデル外周形状取得ステップ≫

プレス成形品解析モデル外周形状取得ステップＳ３は、ブランクのブランクモデルを金型モデル１を用いてプレス成形する過程の弾塑性力学的解析を行うことにより、図３（ａ）に示すように、成形下死点におけるプレス成形品解析モデル２１を求め、求めたプレス成形品解析モデル２１の外周形状を取得するステップである。

[0036] 本実施の形態１において、プレス成形品解析モデル外周形状取得ステップＳ３は、弾塑性力学的解析として弾塑性有限要素解析を行う。

[0037] 本実施の形態１においては、プレス成形品解析モデル外周形状取得ステップＳ３を実行するに先立って、プレス成形品解析モデル２１のプレス成形解析に用いるブランクモデル（図示無し）と、金型モデル１（図２（ｄ））と、を予め取得しておく。

[0038] ≪外周形状比較・評価ステップ≫

外周形状比較・評価ステップＳ５は、実プレス成形品外周形状取得ステップＳ１において取得した実プレス成形品１１の外周形状と、プレス成形品解析モデル外周形状取得ステップＳ３において取得したプレス成形品解析モデル２１の外周形状と、を比較し、それぞれの外周形状を評価するステップである。

[0039] 図３（ｃ）に、本実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価方法により取得したプレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状と

、実プレス成形品１１の成形下死点における外周形状として求めたプレス成形品ワーク下死点形状モデル１７の外周形状と、を比較した結果を示す。プレス成形品解析モデル２１の外周形状と実プレス成形品１１の外周形状とは、概ね一致しているものの、両者の間にずれが発生していることが分かった。本実施の形態１で対象とした実プレス成形品１１は、金型の２カ所に位置決めピン（locating pin）（図２参照）が設けられており、プレス成形過程におけるブランクのずれを防止する構造となっていたため、両者の差は小さいものであった。

[0040] このような位置決めピンのないドロー成形の場合には、シワ押さえ（blank holder）によるブランクの金型への材料流入バランスが崩れ、シワ発生や実プレス成形品の寸法精度に影響を及ぼし、実プレス成形品の外周形状にもその影響が生じると考えられる。そのため、本発明は、ドロー成形の場合においてより有用度が高いと考えられる。

[0041] このように、本実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価方法においては、実プレス成形品１１の成形下死点における外周形状として取得するプレス成形品ワーク下死点形状モデル１７と、成形下死点におけるプレス成形品解析モデル２１と、は、いずれも、同一の金型モデル１で位置合わせ（positioning）がされたものである。このため、実プレス成形品１１の外周形状を基準としてプレス成形品解析モデル２１の外周形状を比較することにより再現性が高くかつ正確に行うことができる。

[0042] そして、外周形状の比較を行うことで、金型におけるブランクのセット位置のずれや、プレス成形過程における材料流入バランスの違いによって発生する外周形状の差を適切に評価することができる。このようなプレス成形品の外周形状の差は、金型から離型したスプリングバック後では形状が異なってしまい、実プレス成形品とプレス成形品解析モデルとの間で直接比較が困難であるため、成形下死点状態で比較するとよい。その結果、力学的解析における解析条件を実プレス成形品との比較を行いながら正しく設定することができるので、寸法精度不良等の成形不具合を防ぐことができる。あるいは

実際のプレス成形における異常を検知し、それを是正することで成形不具合を防ぐことができる。

[0043] さらに、本実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価方法の他の態様としては、前述した本実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価方法の実プレス成形品外周形状取得ステップＳ１と、プレス成形品解析モデル外周形状取得ステップＳ３と、外周形状比較・評価ステップＳ５と、に加えて、図４に示すように、実プレス成形品接触圧力分布算出ステップＳ７と、プレス成形品解析モデル接触圧力分布算出ステップＳ９と、接触圧力分布比較・評価ステップＳ１１と、をさらに含むものとして構成することができる。

[0044] ≪実プレス成形品接触圧力分布算出ステップ≫

実プレス成形品接触圧力分布算出ステップＳ７は、実プレス成形品外周形状取得ステップＳ１において求めた成形下死点におけるプレス成形品ワーク下死点形状モデル１７に作用する金型モデル１との接触圧力分布を実プレス成形品１１に作用する金型からの接触圧力分布として算出するステップである。

[0045] ≪プレス成形品解析モデル接触圧力分布算出ステップ≫

プレス成形品解析モデル接触圧力分布算出ステップＳ９は、プレス成形品解析モデル外周形状取得ステップＳ３において求めた成形下死点におけるプレス成形品解析モデル２１に作用する金型モデル１との接触圧力分布を算出するステップである。

[0046] ≪接触圧力分布比較・評価ステップ≫

接触圧力分布比較・評価ステップＳ１１は、実プレス成形品接触圧力分布算出ステップＳ７において算出した実プレス成形品１１に作用する接触圧力分布と、プレス成形品解析モデル接触圧力分布算出ステップＳ９において算出したプレス成形品解析モデル２１に作用する接触圧力分布と、を比較し、それぞれを評価するステップである。

[0047] 図５に、一例として、実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価方

法の他の態様により求めた、実プレス成形品１１に作用する成形下死点における接触圧力分布として求めたプレス成形品ワーク下死点形状モデル１７の接触圧力分布、及び、プレス成形品解析モデル２１の成形下死点における接触圧力分布のコンター図を示す。

[0048] 図５に示すように、プレス成形品ワーク下死点形状モデル１７は、パンチ底部（punch bottom portion）１７ａ及びフランジ部（flange portion）１７ｂにおいて、プレス成形品解析モデル２１のパンチ底部２１ａ及びフランジ部２１ｂに比べて接触圧力が高いことが分かる。そのため、図３（ｃ）に示したプレス成形品ワーク下死点形状モデル１７とプレス成形品解析モデル２１の外周形状の差異は、成形下死点における金型モデルからの接触圧力分布の違いによるものであると考えられる。

[0049] このように、本実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価方法の他の態様においては、実プレス成形品の外周形状とプレス成形品解析モデルの外周形状との差を、成形下死点における接触圧力分布の違いと関連付けて評価することができる。その結果、力学的解析における解析条件を実プレス成形品との比較を行いながら正しく設定することができるので、寸法精度不良等の成形不具合を防ぐことができる。あるいは実際のプレス成形における異常を検知し、それを是正することで成形不具合を防ぐことができる。

[0050] ＜プレス成形品の外周形状評価装置＞

本発明の実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価装置３１は、一例として図２、図３（ｂ）に示すように、実際に金型を用いてブランクをプレス成形した実プレス成形品１１の成形下死点における外周形状と、一例として図３（ａ）に示すように、実プレス成形品１１をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析により求めたプレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状と、を比較しそれぞれを評価するものである。図６に示すように、プレス成形品の外周形状評価装置３１は、実プレス成形品外周形状取得部３３と、プレス成形品解析モデル外周形状取得部３５と、外周形状比較・評価部３７と、を備える。

[0051] ≪実プレス成形品外周形状取得部≫

実プレス成形品外周形状取得部３３は、図２に示すように、実プレス成形品１１を離型してスプリングバックした後の表面形状を測定して取得した三次元表面形状測定データからプレス成形品ワーク形状モデル１５を作成し、プレス成形品ワーク形状モデル１５を金型の金型モデル１によって成形下死点まで挟み込む過程の力学的解析を行い、成形下死点におけるプレス成形品ワーク下死点形状モデル１７を求め、プレス成形品ワーク下死点形状モデル１７の外周形状を実プレス成形品１１の外周形状として取得するものである。

[0052] 本実施の形態１において、実プレス成形品外周形状取得部３３は、前述した本実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価方法の実プレス成形品外周形状取得ステップＳ１を実行する。

[0053] ≪プレス成形品解析モデル外周形状取得部≫

プレス成形品解析モデル外周形状取得部３５は、ブランクのブランクモデルを金型モデル１を用いてプレス成形する過程の弾塑性力学的解析を行うことにより、図２（ａ）に示すように、成形下死点におけるプレス成形品解析モデル２１を求め、求めたプレス成形品解析モデル２１の外周形状を取得するものである。

[0054] 本実施の形態１において、プレス成形品解析モデル外周形状取得部３５は、前述した本実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価方法のプレス成形品解析モデル外周形状取得ステップＳ３を実行する。

[0055] ≪外周形状比較・評価部≫

外周形状比較・評価部３７は、図３（ｃ）に示すように、実プレス成形品外周形状取得部３３により取得した実プレス成形品１１の外周形状と、プレス成形品解析モデル外周形状取得部３５により取得したプレス成形品解析モデル２１の外周形状と、を比較し、それぞれの外周形状を評価するものである。

[0056] 本実施の形態１において、外周形状比較・評価部３７は、前述した本実施

の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価方法の外周形状比較・評価ステップＳ５を実行する。

[0057] さらに、本実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価装置４１の他の態様としては、図７に示すように、本実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価装置３１の実プレス成形品外周形状取得部３３と、プレス成形品解析モデル外周形状取得部３５と、外周形状比較・評価部３７と、に加えて、実プレス成形品接触圧力分布算出部４３と、プレス成形品解析モデル接触圧力分布算出部４５と、接触圧力分布比較・評価部４７と、をさらに備えるものとして構成することができる。

[0058] ≪実プレス成形品接触圧力分布算出部≫

実プレス成形品接触圧力分布算出部４３は、図５（ａ）に示すように、実プレス成形品外周形状取得部３３において求めた成形下死点におけるプレス成形品ワーク下死点形状モデル１７に作用する金型モデル１との接触圧力分布を実プレス成形品１１に作用する金型からの接触圧力分布として算出するものである。

[0059] ≪プレス成形品解析モデル接触圧力分布算出部≫

プレス成形品解析モデル接触圧力分布算出部４５は、図５（ｂ）に示すように、プレス成形品解析モデル外周形状取得部３５により求めた成形下死点におけるプレス成形品解析モデル２１に作用する金型モデル１との接触圧力分布を算出するものである。

[0060] ≪接触圧力分布比較・評価部≫

接触圧力分布比較・評価部４７は、実プレス成形品接触圧力分布算出部４３により算出した実プレス成形品１１に作用する接触圧力分布と、プレス成形品解析モデル接触圧力分布算出部４５により算出したプレス成形品解析モデル２１に作用する接触圧力分布と、を比較し、それぞれを評価するものである。

[0061] ＜プレス成形品の外周形状評価プログラム＞

本発明の実施の形態１は、プレス成形品の外周形状評価プログラムとして

構成することができる。すなわち、本発明の実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価プログラムは、実際に金型を用いてブランクをプレス成形した実プレス成形品の外周形状と、実プレス成形品をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析により求めたプレス成形品解析モデルの外周形状と、を比較しそれぞれを評価するものである。図６に示すように、プレス成形品の外周形状評価プログラムは、コンピュータを、実プレス成形品外周形状取得部３３と、プレス成形品解析モデル外周形状取得部３５と、外周形状比較・評価部３７と、として機能させる。

[0062] さらに、本発明の実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価プログラムの他の態様として、図７に示すように、実プレス成形品外周形状取得部３３と、プレス成形品解析モデル外周形状取得部３５と、外周形状比較・評価部３７と、に加えて、コンピュータを、さらに、実プレス成形品接触圧力分布算出部４３と、プレス成形品解析モデル接触圧力分布算出部４５と、接触圧力分布比較・評価部４７と、として機能させることができる。

[0063] 以上、本実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価装置及びプログラムにおいても、前述した本実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価方法と同様に、実プレス成形品１１の外周形状として求めるプレス成形品ワーク下死点形状モデル１７と、実プレス成形品１１をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析により求めるプレス成形品解析モデル２１と、は、いずれも、同一の金型モデル１で位置合わせがされたものである。このため、実プレス成形品１１の外周形状を基準としてプレス成形品解析モデル２１の外周形状を比較することにより再現性が高く正確に行うことができ、適切に評価することが可能となる。これにより、プレス成形品解析モデル２１の外周形状の解析精度を評価することができる。

[0064] さらに、本発明に係るプレス成形品の外周形状評価装置及びプログラムは、プレス成形品解析モデルの外周形状を基準として、実プレス成形品の外周形状を比較し、適切に評価することが可能となる。さらに、実プレス成形品の成形下死点における接触圧力分布を求めることができるので、成形下死点

における実プレス成形品の外周形状とプレス成形品解析モデルの外周形状との差を、成形下死点における接触圧力分布の違いと関連付けて評価することができる。これにより、金型におけるブランクのセット位置のずれや、プレス成形過程における材料流入バランスの違いを、外周形状の差や接触圧力分布の違いとして適切に評価することができる。その結果、力学的解析における解析条件を実プレス成形品との比較を行いながら正しく設定することができるので、寸法精度不良等の成形不具合を防ぐことができる。あるいは実際のプレス成形における異常を検知し、それを是正することで成形不具合を防ぐことができる。

[0065] 上記の本発明の実施の形態１に係る説明は、実プレス成形品の全体を単一工程でプレス成形する場合を対象とするものであった。もっとも、本発明は、実プレス成形品をプレス成形する過程が実プレス成形品の部位ごとに複数工程に分かれている場合であってもよい。この場合、本発明は、成形下死点におけるプレス成形品ワーク下死点形状モデルの外周形状の取得に用いる金型モデルは、実プレス成形品の各部位を成形する各金型の金型モデルを合成して一つの金型モデルとすればよい。

[0066] また、プレス成形品ワーク形状モデルを金型モデルに挟み込み過程の解析においては、実プレス成形品の一部の部位を成形する金型の金型モデルを用いてもよい。そして、金型モデルによりプレス成形品ワーク形状モデルを挟み込んだ部位と、当該部位に相当するプレス成形品解析モデルにおける部位と、を位置合わせすればよい。

[0067] また、上記の説明において、金型の成形下死点とは、下型と上型との間の間隔がブランクの板厚と同等となった時点である場合を想定したものであった。もっとも、本発明において、成形下死点とは、成形下死点の手前（5㎜や10㎜等、10㎜以内）で金型を止めた場合を含み、成形下死点手前まで成形した実プレス成形品とプレス成形品解析モデルとの比較を行うものであってもよい。

[0068] また、本実施の形態１においてプレス成形品ワーク形状モデル１５、プレ

ス成形品ワーク下死点形状モデル１７及びプレス成形品解析モデル２１は、いずれも、シェル要素（例えば、三角形要素）でモデル化されたものであったが、本発明は、ソリッド要素でモデル化されたものであってもよい。

[0069] 本実施の形態１で用いた金型モデルは剛体（rigid body）であったが、本発明において、金型モデルは弾性体（elastic body）であってもよいし、弾塑性体（elastoplastic body）であってもよい。

[0070] 本発明の実施の形態１の他の態様においては、成形下死点における実プレス成形品とプレス成形品解析モデルの接触圧力分布を比較し、外周形状と接触圧力分布との関係を評価するものであったが、本発明は、接触圧力分布の代わりに、成形下死点において実プレス成形品とプレス成形品解析モデルに作用する成形荷重（forming load）や、成形下死点における金型モデルの変形量を算出し、外周形状との関係を評価するものであってもよい。

[0071] ［実施の形態２］

＜プレス成形品の製造方法＞

本発明の実施の形態２に係るプレス成形品の製造方法は、外周形状の寸法精度が向上するようにプレス成形条件を調整して実プレス成形品を製造するものである。そして、本実施の形態２に係るプレス成形品の製造方法は、図９に示すように、外周形状予測精度取得ステップＳ２１と、解析条件調整ステップＳ２３と、プレス成形条件調整ステップＳ２５と、プレス成形ステップＳ２７と、を含む。以下、一例として図２に示す実プレス成形品１１を対象として、上記の各ステップについて説明する。

[0072] ≪外周形状予測精度取得ステップ≫

外周形状予測精度取得ステップＳ２１は、実施の形態１に係るプレス成形品の外周形状評価方法により、実際に金型を用いてブランクをプレス成形した実プレス成形品１１の成形下死点における外周形状を求める。さらに、外周形状予測精度取得ステップＳ２１は、実施の形態１に係る方法により、実プレス成形品１１をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析を行い、プレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状を求める。そして、実

プレス成形品１１の成形下死点における外周形状と、プレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状と、の差異を、プレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状の予測精度として求める。

[0073] 実プレス成形品１１の成形下死点における外周形状は、前述した本実施の形態１に係る実プレス成形品外周形状取得ステップＳ１を実施することにより取得することができる（図３（ｂ）（ii）参照）。図３（ｂ）（ii）は、実プレス成形品１１の成形下死点における外周形状として求めたプレス成形品ワーク下死点形状モデル１７の外周形状を示す図である。また、プレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状は、前述した本実施の形態１に係るプレス成形品解析モデル外周形状取得ステップＳ３を実施することにより取得することができる（図３（ａ）（ii））。

[0074] このように取得したプレス成形品ワーク下死点形状モデル１７の外周形状とプレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状は、同一の金型モデル１で位置合わせが行われて算出されたものである。そのため、プレス成形品ワーク下死点形状モデル１７の外周形状とプレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状を比較することができ、これらの差異をプレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状の予測精度として求めることができる。

[0075] プレス成形品ワーク下死点形状モデル１７とプレス成形品解析モデル２１の外周形状の差異は、プレス成形品ワーク下死点形状モデル１７の外周形状を基準としたときのプレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状の乖離量を算出すればよい。例えば、プレス成形品ワーク下死点形状モデル１７の外周形状から、プレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状への垂直方向距離（絶対値）を乖離量として算出する。

[0076] ≪解析条件調整ステップ≫

解析条件調整ステップＳ２３は、プレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状の予測精度を高めるように、実プレス成形品１１をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析におけるプレス成形品解析モデル２１の

解析条件を調整するステップである。

[0077] プレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状の予測精度に影響する解析条件として、（i）FEM解析条件、（ii）プレス成形解析条件、が挙げられる。

[0078] （i）FEM解析条件は、プレス成形する過程の弾塑性力学的解析として有限要素法（FEM）による弾塑性力学的解析（有限要素解析）を行う上での数値解析（numerical analysis）方式やモデルの近似（approximation）方式に関わる計算技術（computing techniques）上の解析条件である。FEM解析条件としては、ブランクの要素分割サイズ（size of element divisions）、要素内の積分点数（number of integral points）、選択する要素の種類、金属材料（metal material）の材料構成則（material constitutive law）等、が挙げられる。

[0079] （ii）プレス成形解析条件は、プレス成形する過程の弾塑性力学的解析を行う上で前提となる計算上の解析条件のことをいい、実際のプレス成形に対応したブランクあるいは金型の挙動に関わる物理的なパラメータである。プレス成形解析条件としては、例えば、金型の成形下死点位置、金型とブランク材との間の摩擦係数（friction coefficient）、金型（パンチ（punch）とダイ（die））のクリアランス、金型の成形速度、等が挙げられる。

[0080] 図１０（ａ）に、図３（ｃ）に示すプレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状の予測精度に基づいて調整した解析条件の下で求めた成形下死点におけるプレス成形品解析モデル２１を求めた結果を示す。図１０（ａ）に示す結果は、解析条件として、FEM解析条件とプレス成形解析条件を以下のように調整したものである。

[0081] FEM解析条件に関しては、FEM解析精度に起因する外周形状の予測誤差を軽減するために、ブランクの平均要素サイズを1.5mmから1.2mmに細分化し、板厚方向の積分点数を７点から９点に変更した。さらには、ブランクの材料モデル（material model）を等方硬化モデル（isotropic hardening material model）から、金属材料の硬化特性（hardening property）および除荷

（unloading）時の弾性挙動（elastic behavior）をより正確に再現可能な吉田-上森モデル（Yoshida-Uemori material model）に変更した。

[0082] 一方、プレス成形解析条件に関しては、図３（ｃ）のプレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状とプレス成形品ワーク下死点形状モデル１７の外周形状との乖離の状況に基づき、金型モデル１とブランク間の摩擦係数を0.10から0.11に変更した。

[0083] このように調整した解析条件でプレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状と、実プレス成形品１１の成形下死点における外周形状として求めたプレス成形品ワーク下死点形状モデル１７の外周形状と、を比較した結果を図１０（ｃ）に示す。図１０（ｃ）に示すように、プレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状は、解析条件を上記のように調整することでプレス成形品ワーク下死点形状モデル１７の外周形状と良好に一致した。そして、プレス成形品ワーク下死点形状モデル１７の外周形状を基準としてプレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状の乖離量を算出した結果、全体にわたって±0.5mmの範囲に収まった。これにより、解析条件を調整する前（図３（ｃ）参照）に比べて、プレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状の予測精度が高くなったことが分かる。

[0084] 解析条件調整ステップＳ２３においては、上記のように解析条件を調整（変更）して弾塑性力学的解析を行い、プレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状の予測精度を求め、求めた予測精度に基づいて解析条件をさらに調整してもよい。

[0085] ≪プレス成形条件調整ステップ≫

プレス成形条件調整ステップＳ２５は、実プレス成形品１１をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析におけるプレス成形条件を調整するステップである。プレス成形条件の調整は、解析条件調整ステップＳ２３で調整した解析条件で求められるプレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状と実プレス成形品１１の成形下死点における外周形状の目標との偏差が

予め定めた所定の範囲内に収まるように行う。

[0086] プレス成形条件調整ステップＳ２５におけるプレス成形条件の調整は、例えば、以下の（Ａ）～（Ｄ）に手順に従って行う。

[0087] （Ａ）解析条件調整ステップＳ２３において調整した解析条件の下で実プレス成形品１１をプレス成形する過程とその後のスプリングバックする過程の弾塑性力学的解析を行い、プレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状を求める。当該力学的解析は、調整した解析条件をプレス成形品解析モデル２１に与えて前述したプレス成形品解析モデル外周形状取得ステップＳ３を実施すればよい。

（Ｂ）調整した解析条件の下で求めたプレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状と、実プレス成形品１１の成形下死点における外周形状の目標と、の偏差を求め、該求めた偏差が予め定めた所定の範囲内に収まっているかどうかを判定する。

（Ｃ）偏差が予め定めた所定の範囲内に収まっていないと判定された場合、プレス成形品解析モデル２１を用いてプレス成形する過程とその後のスプリングバックする過程との弾塑性力学的解析におけるプレス成形条件を調整する。

（Ｄ）調整したプレス成形条件の下で求めたプレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状の偏差が予め定めた所定の範囲内に収まるまで、上記の（Ａ）～（Ｃ）を繰り返す。

[0088] プレス成形条件調整ステップＳ２５において、プレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状の偏差が収まるように予め定めた所定の範囲は、例えば、実プレス成形品１１に許容される寸法精度に基づいて適宜設定すればよい。

[0089] また、プレス成形条件の調整は、例えば、プレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状と目標との偏差（図示なし）に基づいて、ブランクモデルのセット位置やブランクモデルの形状を変更すればよい。

[0090] 例えば、プレス成形品解析モデル２１において外周形状が目標形状からず

れている部位について、ずれとは逆方向に金型モデル１に対するブランクモデルのセット位置がずれるように金型モデル１の位置決め穴やピン等の位置を調整すればよい。あるいは、ずれとは逆方向にプレス成形品解析モデルの外周形状が変更するように、プレス成形前のブランクモデルの形状を調整してもよい。

[0091] また、プレス成形条件調整ステップＳ２５においては、金型モデル１の形状を変更することによりプレス成形条件を調整してもよい。

[0092] ≪プレス成形ステップ≫

プレス成形ステップＳ２７は、プレス成形条件調整ステップＳ２５で調整したプレス成形条件の下で実際に金型を用いてブランクをプレス成形し、実プレス成形品１１を製造するステップである。

[0093] このように、本実施の形態２に係るプレス成形品の製造方法においては、本実施の形態１に係る方法により求めたプレス成形品解析モデルの成形下死点における外周形状の予測精度を高めるように解析条件を調整する。続いて、調整した解析条件で求められるプレス成形品解析モデルの成形下死点における外周形状と実プレス成形品の成形下死点における外周形状の目標との偏差が予め定めた所定の範囲内に収まるようにプレス成形条件を調整する。そして、調整したプレス成形条件で実際に実プレス成形品をプレス成形することで、外周形状の寸法精度を向上させた実プレス成形品を製造することができる。これにより、他の部品との部品組みする際のトラブルを抑止できる。

[0094] 本実施の形態２に係るプレス成形品の製造方法により、外周形状が寸法精度を満たすように調整したプレス成形条件で実プレス成形品をプレス成形しても、その外周形状が許容される寸法精度を満たさない場合もある。このような場合、調整したプレス成形条件でプレス成形した実プレス成形品の外周形状に基づいて、ブランクの位置や金型形状等のプレス成形条件のさらに調整を繰り返すこともある。

[0095] もっとも、本実施の形態２に係る方法では、外周形状の寸法精度が向上するようにプレス成形条件を調整しているため、ブランク位置や金型形状等の

調整を何度も繰り返さなくても、実プレス成形品の外周形状について許容される寸法精度を満たすことができる。

[0096] 以上、本実施の形態２に係るプレス成形品の製造方法によれば、実プレス成形品１１の生産準備の費用及び期間を大きく短縮することができる。

[0097] さらに、本実施の形態２に係るプレス成形品の製造方法によれば、実プレス成形品１１の量産時における外周形状の変動の兆候、例えば金型の摩耗や変形等にあわせて、実際のプレス成形条件を変更できる。これにより、実プレス成形品１１の外周形状の寸法不良の大量発生を抑止することができる。

[0098] 本実施の形態１及び実施の形態２において対象とした実プレス成形品１１は自動車部品（Ａピラーアッパー）であったが、本発明で対象とする実プレス成形品は家電（consumer electronics）部品等であってもよい。

実施例

[0099] 本発明の作用効果について検証する実験を行ったので、これについて以下に説明する。実施例では、図２に示す実プレス成形品１１について、その成形下死点における外周形状が目標形状と一致するようにプレス成形条件の調整を行った。実プレス成形品１１は、前述した本実施の形態１及び実施の形態２と同様、自動車のＡピラーアッパーを模擬したものであり、引張強度980MPa級、板厚1.4mmの冷延鋼板をプレス成形したものである。

[0100] 実験では、発明例として、前述した本実施の形態２の外周形状予測精度取得ステップＳ２１、解析条件調整ステップＳ２３、プレス成形条件調整ステップＳ２５及びプレス成形ステップＳ２７を実施し、実プレス成形品１１をプレス成形した。

[0101] 発明例において、プレス成形条件調整ステップＳ２５では、プレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状が目標形状に近づくように、プレス成形条件として金型モデル１におけるブランクの位置決め穴（positioning hole）や位置決めピン等の位置を調整した。目標形状は、実プレス成形品１１の成形下死点における外周形状の目標（以下、「目標形状（target shape）」という）とした。また、プレス成形ステップＳ２７では、プレス

成形品解析モデル２１について形状を調整した金型モデル１に対するブランクのセット位置（位置決め穴／ピン）にて実際に金型を作製し、作製した金型を用いてブランクを実プレス成形品１１にプレス成形した。

[0102] プレス成形した実プレス成形品１１については、金型から離型してスプリングバックした後の表面形状を測定し、該測定した三次元表面形状測定データからプレス成形品ワーク形状モデル１５を作成した。そして、作成したプレス成形品ワーク形状モデル１５を金型モデル１により成形下死点まで挟み込む過程の弾性有限要素解析を行い、成形下死点におけるプレス成形品ワーク下死点形状モデル１７の外周形状を求めた。

[0103] また、実験では、比較例として、本実施の形態２に係る外周形状予測精度取得ステップＳ２１と解析条件調整ステップＳ２３を実施せずに、プレス成形条件調整ステップＳ２５とプレス成形ステップＳ２７を実施し、実プレス成形品１１をプレス成形した。比較例においては、実プレス成形品１１の外周形状と乖離が生じたままのプレス成形品解析モデル２１を用いて、プレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状が目標形状に近づくようにプレス成形条件を調整した。そして、調整したプレス成形条件の下で実プレス成形品１１をプレス成形した。

[0104] 発明例及び比較例において、プレス成形条件の調整は、プレス成形品解析モデル２１の成形下死点における外周形状に基づいて金型モデル１におけるブランクの位置決め穴やピン等の位置を変更することにより行った。

[0105] 発明例と比較例のそれぞれにおける実プレス成形品１１の成形下死点における外周形状は、目標形状との乖離量が±0.5mm以内となる外周形状の長さの割合（以下、「±0.5mm一致率（concordance rate）」という）により評価した。

[0106] 発明例における±0.5mm一致率は95%であったのに対し、比較例における±0.5mm一致率は65%であった。この結果から、本発明に係る方法によれば、実プレス成形品１１の成形下死点における外周形状の寸法精度を向上できることが実証された。

[0107] さらに、発明例及び比較例のそれぞれについて、実プレス成形品１１の成形下死点における外周形状の±0.5mm一致率が100%となるように、金型形状の調整を繰り返した。金型形状の調整は、前述したプレス成形条件の調整と同様に行った。

[0108] 発明例に係る実プレス成形品１１については、１回の金型形状の調整で±0.5mm一致率が100%になった。これに対し、比較例に係る実プレス成形品１１については、３回の金型形状の調整で±0.5mm一致率が100%になった。この結果から、本発明に係る方法によれば、より少ない金型形状の調整回数で実プレス成形品１１について許容される寸法精度を達成できることが実証された。これにより、実プレス成形品の生産準備の費用及び期間を大きく短縮することができることが示された。

産業上の利用可能性

[0109] 本発明によれば、実際にプレス成形した実プレス成形品の外周形状と、実プレス成形品をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析により取得したプレス成形品解析モデルの外周形状と、の比較を再現性が高く正確に行うことができ、かつ、それぞれの外周形状を適切に評価することができるプレス成形品の外周形状評価方法、装置及びプログラムを提供することができる。さらに、本発明によれば、プレス成形品解析モデルの外周形状の評価に基づいてその予測精度を高めた上で外周形状の寸法精度が向上するようにプレス成形条件を調整し、寸法精度を向上させた実プレス成形品を製造するプレス成形品の製造方法を提供することができる。

符号の説明

[0110] １　金型モデル
３　下型モデル
５　上型モデル
１１　実プレス成形品
１３　三次元表面形状測定データ
１５　プレス成形品ワーク形状モデル

１７　プレス成形品ワーク下死点形状モデル

１７ａ　パンチ底部

１７ｂ　フランジ部

２１　プレス成形品解析モデル

２１ａ　パンチ底部

２１ｂ　フランジ部

３１　外周形状評価装置

３３　実プレス成形品外周形状取得部

３５　プレス成形品解析モデル外周形状取得部

３７　外周形状比較・評価部

４１　外周形状評価装置

４３　実プレス成形品接触圧力分布算出部

４５　プレス成形品解析モデル接触圧力分布算出部

４７　接触圧力分布比較・評価部

請求の範囲

[請求項1] 実際に金型を用いてブランクをプレス成形した実プレス成形品の外周形状と、前記実プレス成形品をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析により求めたプレス成形品解析モデルの外周形状と、を比較しそれぞれを評価するプレス成形品の外周形状評価方法であって、

前記実プレス成形品を離型してスプリングバックした後の表面形状を測定して取得した三次元表面形状測定データからプレス成形品ワーク形状モデルを作成し、該プレス成形品ワーク形状モデルを前記金型の金型モデルによって成形下死点まで挟み込む過程の力学的解析を行い、成形下死点におけるプレス成形品ワーク下死点形状モデルを求め、該求めたプレス成形品ワーク下死点形状モデルの外周形状を前記実プレス成形品の外周形状として取得する実プレス成形品外周形状取得ステップと、

前記ブランクのブランクモデルを前記金型モデルを用いてプレス成形する過程の弾塑性力学的解析を単一工程又は複数工程にわたって行うことにより、成形下死点におけるプレス成形品解析モデルを求め、該求めたプレス成形品解析モデルの外周形状を取得するプレス成形品解析モデル外周形状取得ステップと、

前記実プレス成形品外周形状取得ステップにおいて取得した前記実プレス成形品の外周形状と、前記プレス成形品解析モデル外周形状取得ステップにおいて取得した前記プレス成形品解析モデルの外周形状と、を比較し、それぞれの外周形状を評価する外周形状比較・評価ステップと、

を含む、プレス成形品の外周形状評価方法。

[請求項2] 前記実プレス成形品外周形状取得ステップにおける前記力学的解析は弾性有限要素解析又は弾塑性有限要素解析であり、

前記プレス成形品解析モデル外周形状取得ステップにおける前記弾塑性力学的解析は、弾塑性有限要素解析である、請求項１に記載のプ

レス成形品の外周形状評価方法。

[請求項3] 前記実プレス成形品をプレス成形する過程が該実プレス成形品の部位ごとに成形工程が分かれている場合において、

前記実プレス成形品外周形状取得ステップにおける前記金型モデルは、前記実プレス成形品の各部位を成形する各金型の金型モデルを合成して一つの金型モデルとしたものである、請求項１又は２に記載のプレス成形品の外周形状評価方法。

[請求項4] 前記実プレス成形品外周形状取得ステップにおいて求めた前記プレス成形品ワーク下死点形状モデルに作用する前記金型モデルとの接触圧力分布を前記実プレス成形品に作用する前記金型からの接触圧力分布として算出する実プレス成形品接触圧力分布算出ステップと、

前記プレス成形品解析モデル外周形状取得ステップにおいて求めた成形下死点における前記プレス成形品解析モデルに作用する前記金型モデルとの接触圧力分布を算出するプレス成形品解析モデル接触圧力分布算出ステップと、

前記実プレス成形品接触圧力分布算出ステップにおいて算出した前記実プレス成形品に作用する接触圧力分布と、前記プレス成形品解析モデル接触圧力分布算出ステップにおいて算出された前記プレス成形品解析モデルに作用する接触圧力分布と、を比較し、それぞれを評価する接触圧力分布比較・評価ステップと、

をさらに含む、請求項１又は２に記載のプレス成形品の外周形状評価方法。

[請求項5] 前記実プレス成形品外周形状取得ステップにおいて求めた前記プレス成形品ワーク下死点形状モデルに作用する前記金型モデルとの接触圧力分布を前記実プレス成形品に作用する前記金型からの接触圧力分布として算出する実プレス成形品接触圧力分布算出ステップと、

前記プレス成形品解析モデル外周形状取得ステップにおいて求めた成形下死点における前記プレス成形品解析モデルに作用する前記金型

モデルとの接触圧力分布を算出するプレス成形品解析モデル接触圧力分布算出ステップと、

前記実プレス成形品接触圧力分布算出ステップにおいて算出した前記実プレス成形品に作用する接触圧力分布と、前記プレス成形品解析モデル接触圧力分布算出ステップにおいて算出された前記プレス成形品解析モデルに作用する接触圧力分布と、を比較し、それぞれを評価する接触圧力分布比較・評価ステップと、

をさらに含む、請求項３に記載のプレス成形品の外周形状評価方法。

[請求項6] 実際に金型を用いてブランクをプレス成形した実プレス成形品の外周形状と、前記実プレス成形品をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析により求めたプレス成形品解析モデルの外周形状と、を比較しそれぞれを評価するプレス成形品の外周形状評価装置であって、

前記実プレス成形品を離型してスプリングバックした後の表面形状を測定して取得した三次元表面形状測定データからプレス成形品ワーク形状モデルを作成し、該プレス成形品ワーク形状モデルを前記金型の金型モデルによって成形下死点まで挟み込む過程の力学的解析を行い、成形下死点におけるプレス成形品ワーク下死点形状モデルを求め、該求めたプレス成形品ワーク下死点形状モデルの外周形状を前記実プレス成形品の外周形状として取得する実プレス成形品外周形状取得部と、

前記ブランクのブランクモデルを前記金型モデルを用いてプレス成形する過程の弾塑性力学的解析を単一工程又は複数工程にわたって行うことにより、成形下死点におけるプレス成形品解析モデルを求め、該求めたプレス成形品解析モデルの外周形状を取得するプレス成形品解析モデル外周形状取得部と、

前記実プレス成形品外周形状取得部により取得した前記実プレス成形品の外周形状と、前記プレス成形品解析モデル外周形状取得部によ

り取得した前記プレス成形品解析モデルの外周形状と、を比較し、それぞれの外周形状を評価する外周形状比較・評価部と、

を備える、プレス成形品の外周形状評価装置。

[請求項7] 前記実プレス成形品外周形状取得部において求めた前記プレス成形品ワーク下死点形状モデルに作用する前記金型モデルとの接触圧力分布を前記実プレス成形品に作用する前記金型からの接触圧力分布として算出する実プレス成形品接触圧力分布算出部と、

前記プレス成形品解析モデル外周形状取得部により求めた成形下死点における前記プレス成形品解析モデルに作用する前記金型モデルとの接触圧力分布を算出するプレス成形品解析モデル接触圧力分布算出部と、

前記実プレス成形品接触圧力分布算出部により算出した前記実プレス成形品に作用する接触圧力分布と、前記プレス成形品解析モデル接触圧力分布算出部により算出した前記プレス成形品解析モデルに作用する接触圧力分布と、を比較し、それぞれを評価する接触圧力分布比較・評価部と、

をさらに備える、請求項６に記載のプレス成形品の外周形状評価装置。

[請求項8] 実際に金型を用いてブランクをプレス成形した実プレス成形品の外周形状と、前記実プレス成形品をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析により求めたプレス成形品解析モデルの外周形状と、を比較しそれぞれを評価するプレス成形品の外周形状評価プログラムであって、

コンピュータを、

前記実プレス成形品を離型してスプリングバックした後の表面形状を測定して取得した三次元表面形状測定データからプレス成形品ワーク形状モデルを作成し、該プレス成形品ワーク形状モデルを前記金型の金型モデルによって成形下死点まで挟み込む過程の力学的解析を行い、成形下死点におけるプレス成形品ワーク下死点形状モデルを求め

、該求めたプレス成形品ワーク下死点形状モデルの外周形状を前記実プレス成形品の外周形状として取得する実プレス成形品外周形状取得部と、

前記ブランクのブランクモデルを前記金型モデルを用いてプレス成形する過程の弾塑性力学的解析を単一工程又は複数工程にわたって行うことにより、成形下死点におけるプレス成形品解析モデルを求め、該求めたプレス成形品解析モデルの外周形状を取得するプレス成形品解析モデル外周形状取得部と、

前記実プレス成形品外周形状取得部により取得した前記実プレス成形品の外周形状と、前記プレス成形品解析モデル外周形状取得部により取得した前記プレス成形品解析モデルの外周形状と、を比較し、それぞれの外周形状を評価する外周形状比較・評価部と、

として機能させる、プレス成形品の外周形状評価プログラム。

[請求項9] 前記コンピュータを、さらに、

前記実プレス成形品外周形状取得部において求めた前記プレス成形品ワーク下死点形状モデルに作用する前記金型モデルとの接触圧力分布を前記実プレス成形品に作用する前記金型からの接触圧力分布として算出する実プレス成形品接触圧力分布算出部と、

前記プレス成形品解析モデル外周形状取得部により求めた成形下死点における前記プレス成形品解析モデルに作用する前記金型モデルとの接触圧力分布を算出するプレス成形品解析モデル接触圧力分布算出部と、

前記実プレス成形品接触圧力分布算出部により算出した前記実プレス成形品に作用する接触圧力分布と、前記プレス成形品解析モデル接触圧力分布算出部により算出した前記プレス成形品解析モデルに作用する接触圧力分布と、を比較し、それぞれを評価する接触圧力分布比較・評価部と、

として機能させる、請求項８に記載のプレス成形品の外周形状評価

プログラム。

[請求項10] 外周形状の寸法精度が向上するようにプレス成形条件を調整して実プレス成形品を製造するプレス成形品の製造方法であって、

請求項１に記載のプレス成形品の外周形状評価方法に基づいて、前記実プレス成形品をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析により求めたプレス成形品解析モデルの成形下死点における外周形状と、実際に金型を用いてブランクをプレス成形した実プレス成形品の成形下死点における外周形状との差異を、前記プレス成形品解析モデルの成形下死点における外周形状の予測精度として求める外周形状予測精度取得ステップと、

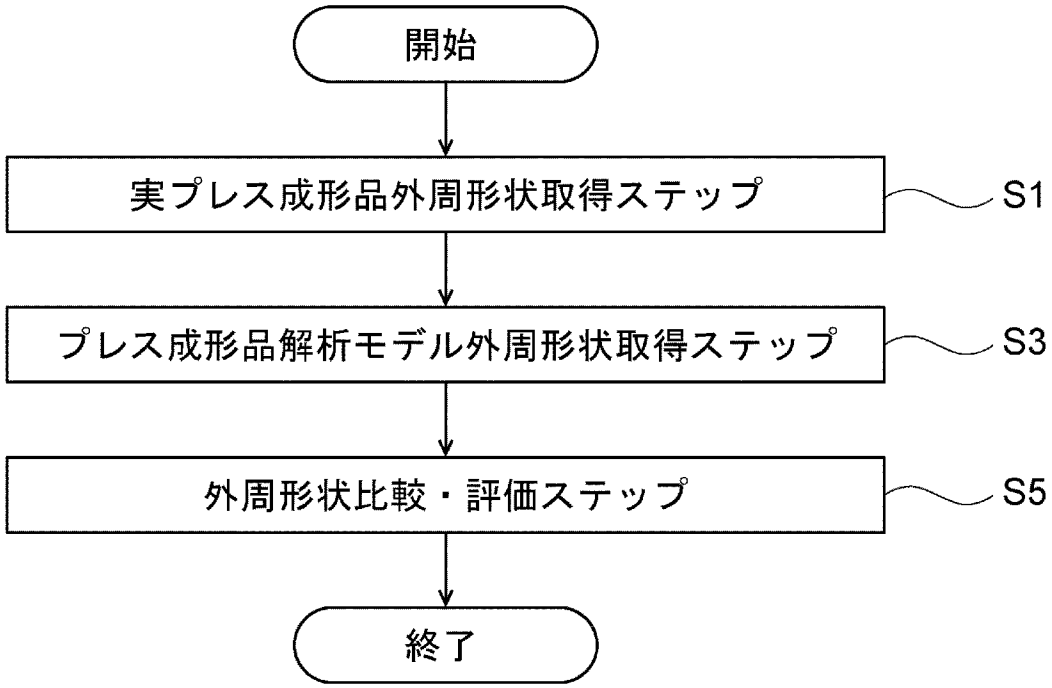
前記プレス成形品解析モデルの外周形状の予測精度に基づき、前記実プレス成形品をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析における前記プレス成形品解析モデルの解析条件を調整する解析条件調整ステップと、

該調整した解析条件で求められる前記プレス成形品解析モデルの成形下死点における外周形状と、前記実プレス成形品の成形下死点における外周形状の目標と、の偏差が所定の範囲に収まるように、前記実プレス成形品をプレス成形する過程の弾塑性力学的解析におけるプレス成形条件を調整するプレス成形条件調整ステップと、

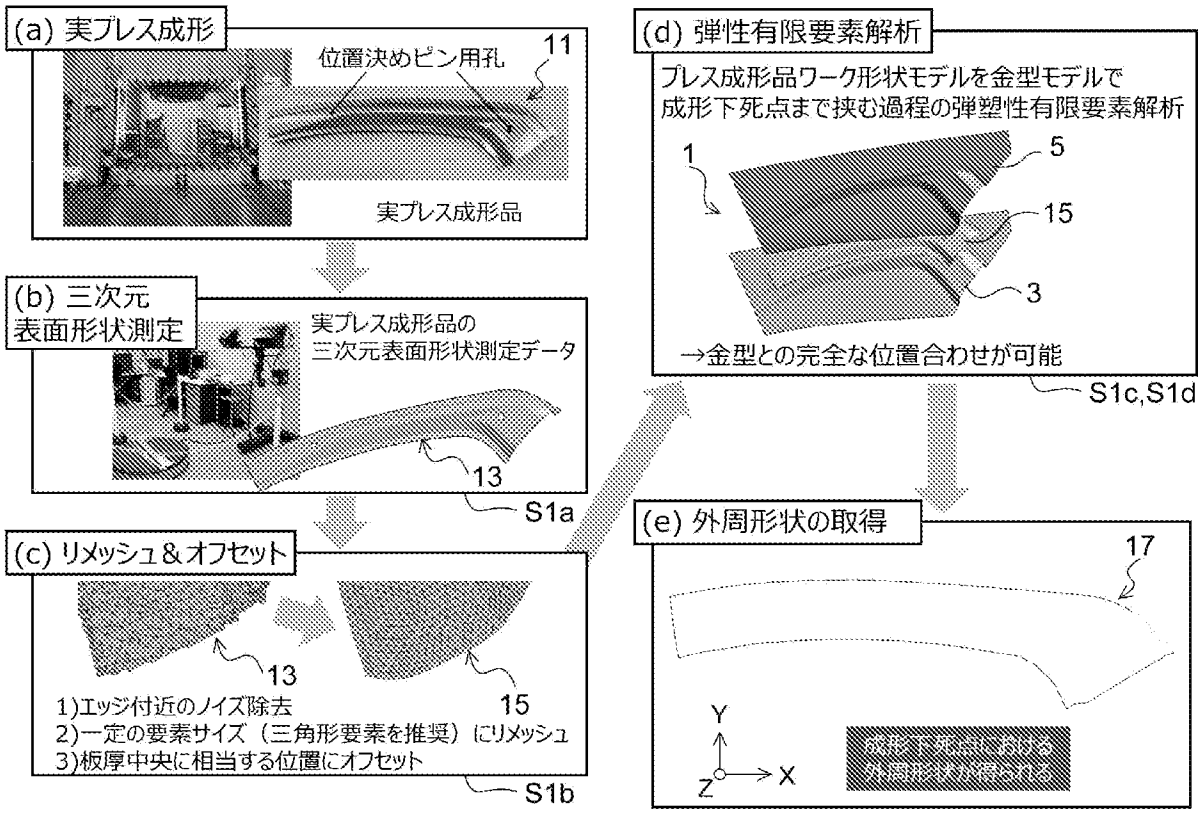
前記プレス成形条件調整ステップで調整したプレス成形条件にて、実際に金型を用いてブランクをプレス成形し、実プレス成形品を製造するプレス成形ステップと、

を含む、プレス成形品の製造方法。

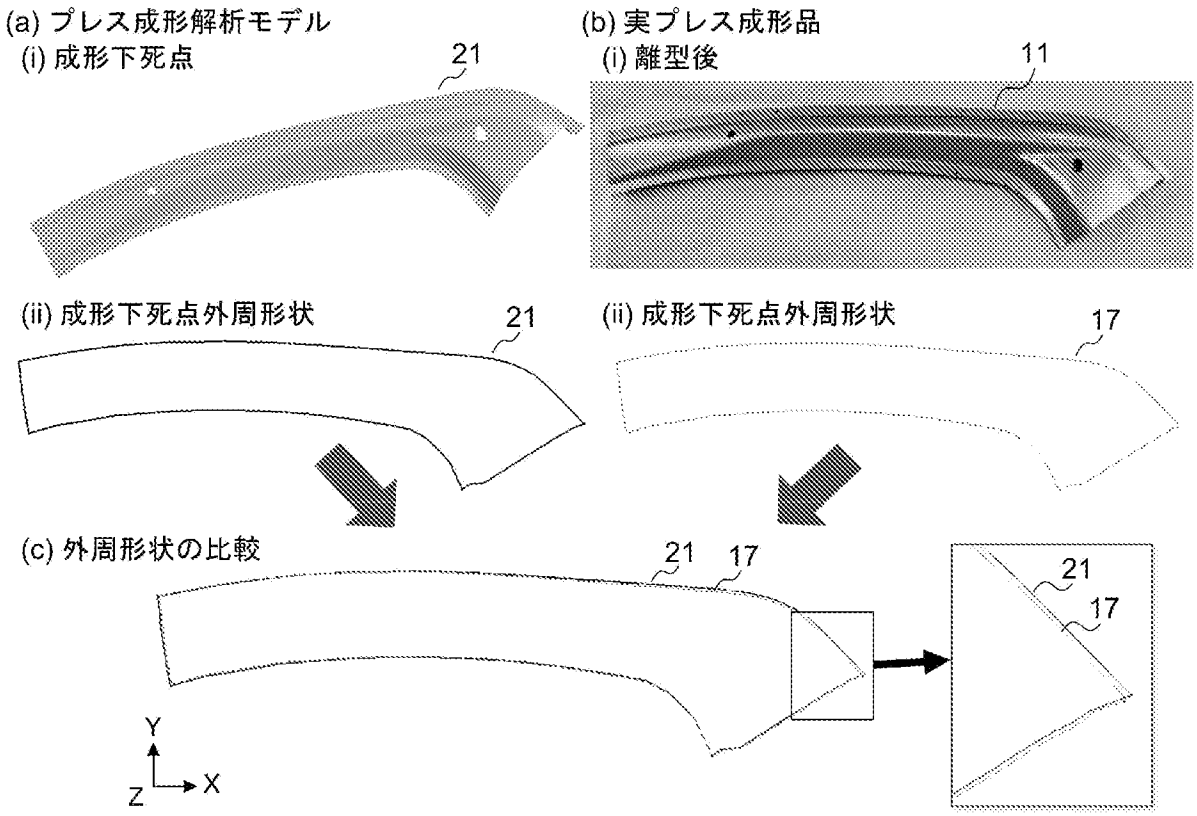
[図1]


開始
実プレス成形品外周形状取得ステップ
S1
プレス成形品解析モデル外周形状取得ステップ
S3
外周形状比較・評価ステップ
S5
終了

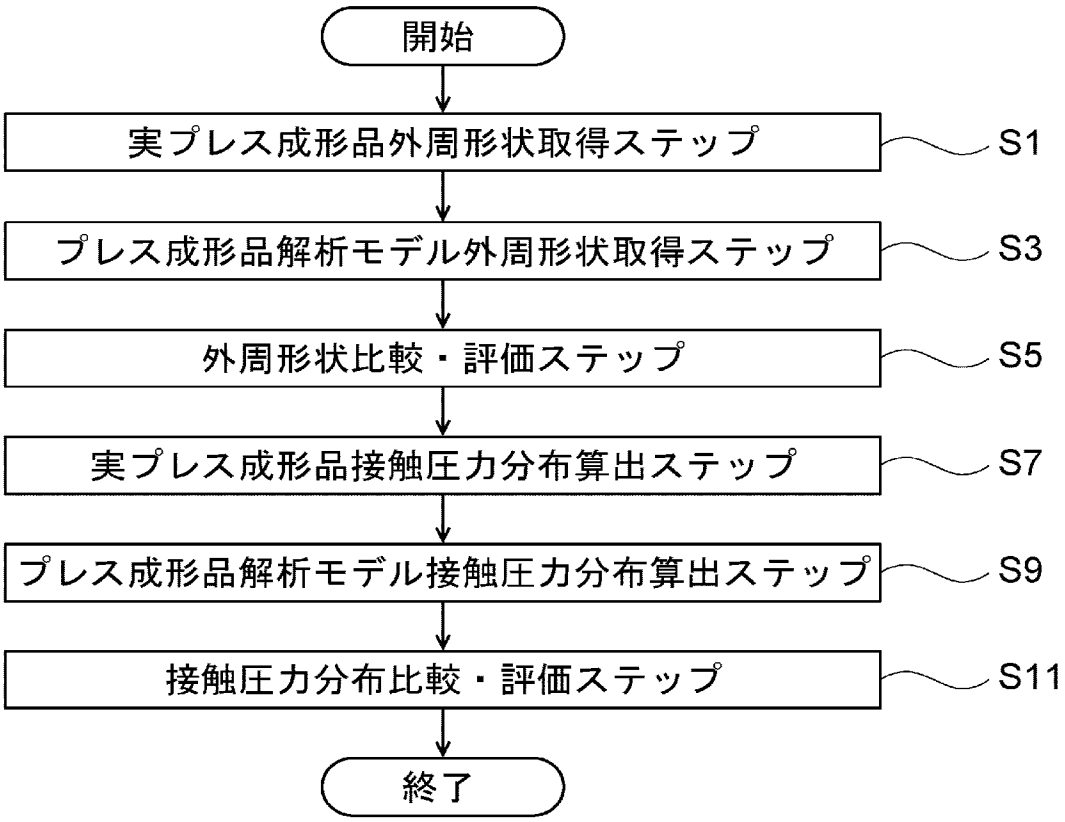
[図2]


(a) 実プレス成形
位置決めピン用孔
11
実プレス成形品
(b) 三次元
表面形状測定
実プレス成形品の
三次元表面形状測定データ
13
S1a
(c) リメッシュ＆オフセット
13
15
1)エッジ付近のノイズ除去
2)一定の要素サイズ（三角形要素を推奨）にリメッシュ
3)板厚中央に相当する位置にオフセット
S1b
(d) 弾性有限要素解析
プレス成形品ワーク形状モデルを金型モデルで
成形下死点まで挟む過程の弾塑性有限要素解析
1
5
15
3
→金型との完全な位置合わせが可能
S1c,S1d
(e) 外周形状の取得
17
Y
Z
X
外周形状が得られる

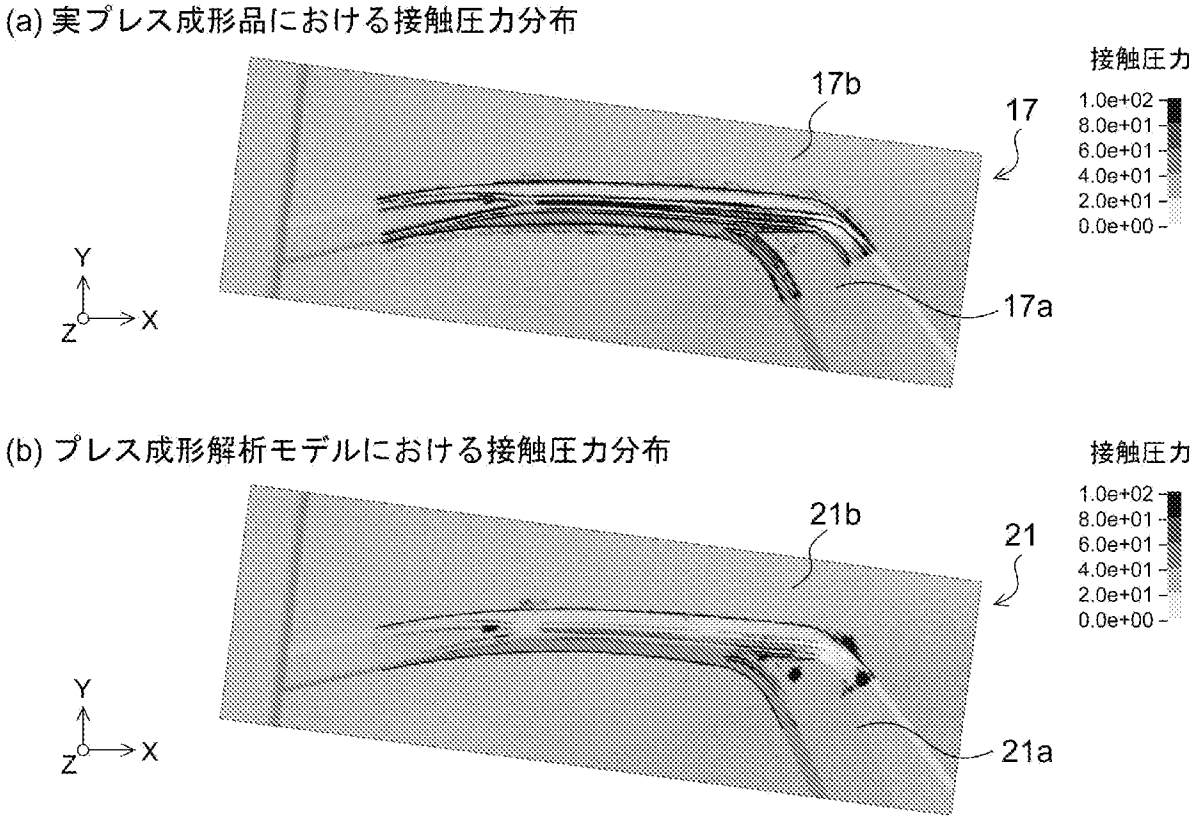
[図3]


(a) プレス成形解析モデル
(i) 成形下死点
21
(b) 実プレス成形品
(i) 離型後
11
(ii) 成形下死点外周形状
21
(ii) 成形下死点外周形状
17
(c) 外周形状の比較
21
17
21
17
Y
Z
X

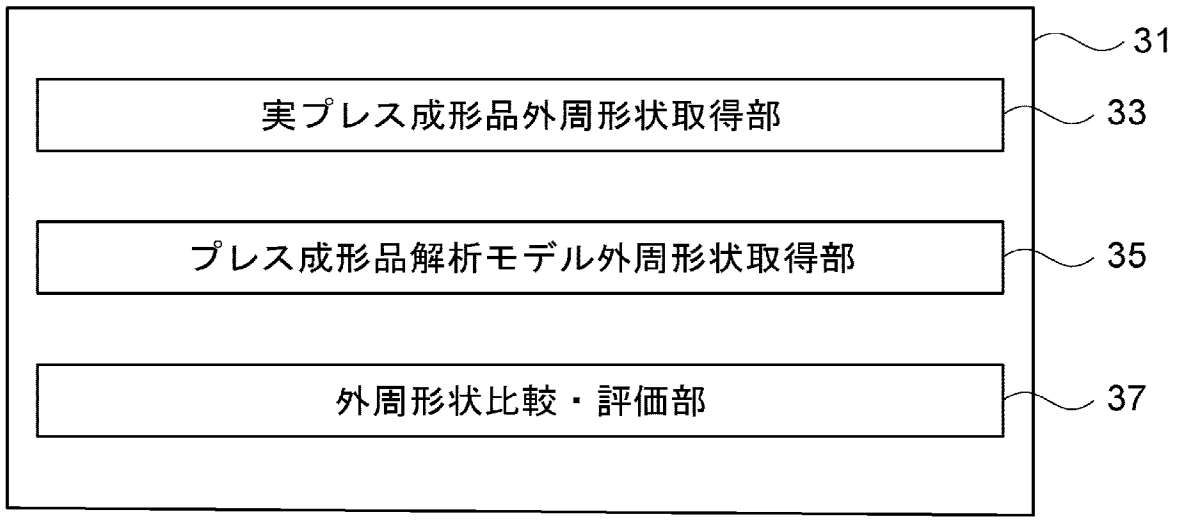
[図4]


開始
実プレス成形品外周形状取得ステップ
S1
プレス成形品解析モデル外周形状取得ステップ
S3
外周形状比較・評価ステップ
S5
実プレス成形品接触圧力分布算出ステップ
S7
プレス成形品解析モデル接触圧力分布算出ステップ
S9
接触圧力分布比較・評価ステップ
S11
終了

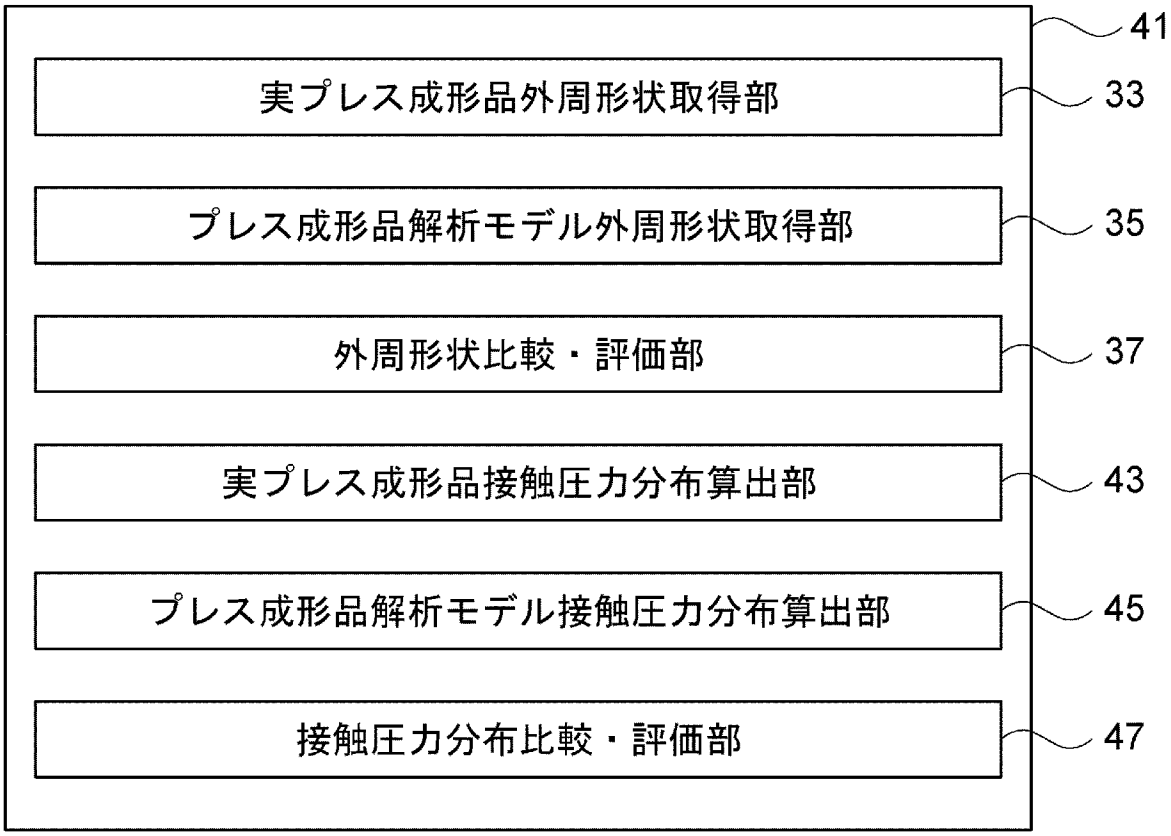
[図5]


(a) 実プレス成形品における接触圧力分布
接触圧力
1.0e+02
8.0e+01
6.0e+01
4.0e+01
2.0e+01
0.0e+00
17b
17
17a
Y
X
Z
(b) プレス成形解析モデルにおける接触圧力分布
接触圧力
1.0e+02
8.0e+01
6.0e+01
4.0e+01
2.0e+01
0.0e+00
21b
21
21a
Y
X
Z

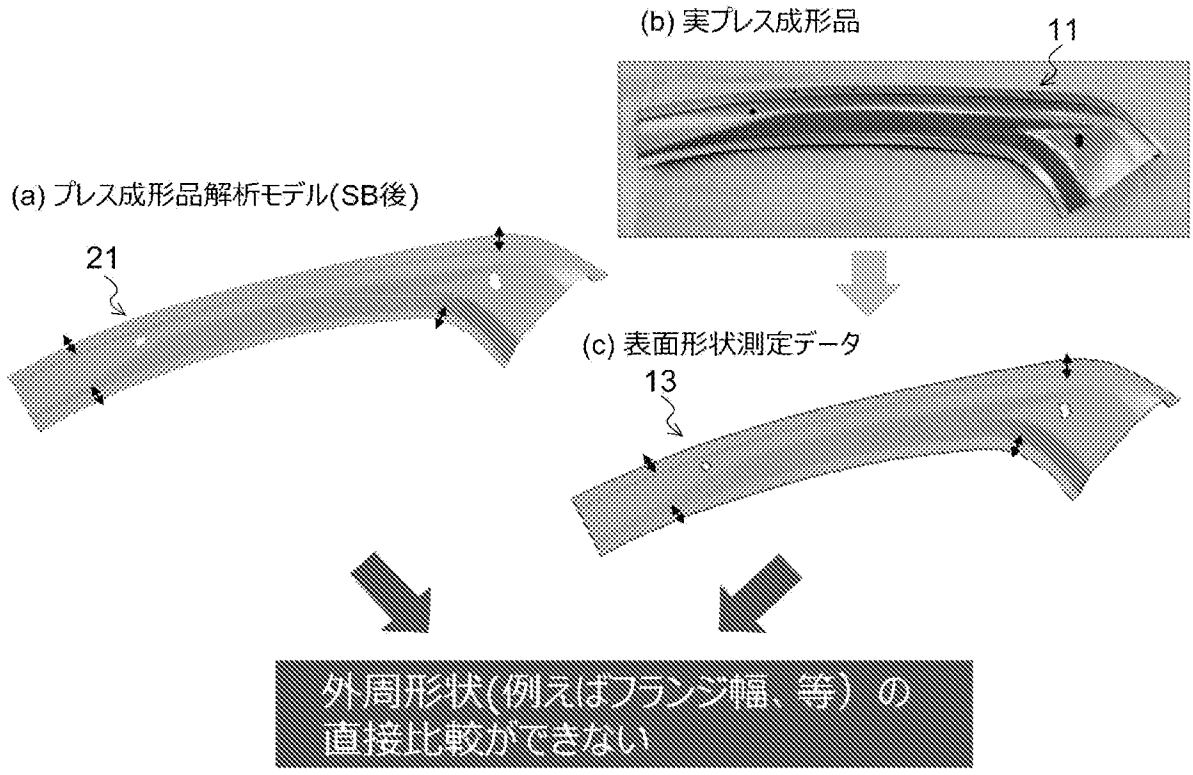
[図6]


31
実プレス成形品外周形状取得部
33
プレス成形品解析モデル外周形状取得部
35
外周形状比較・評価部
37

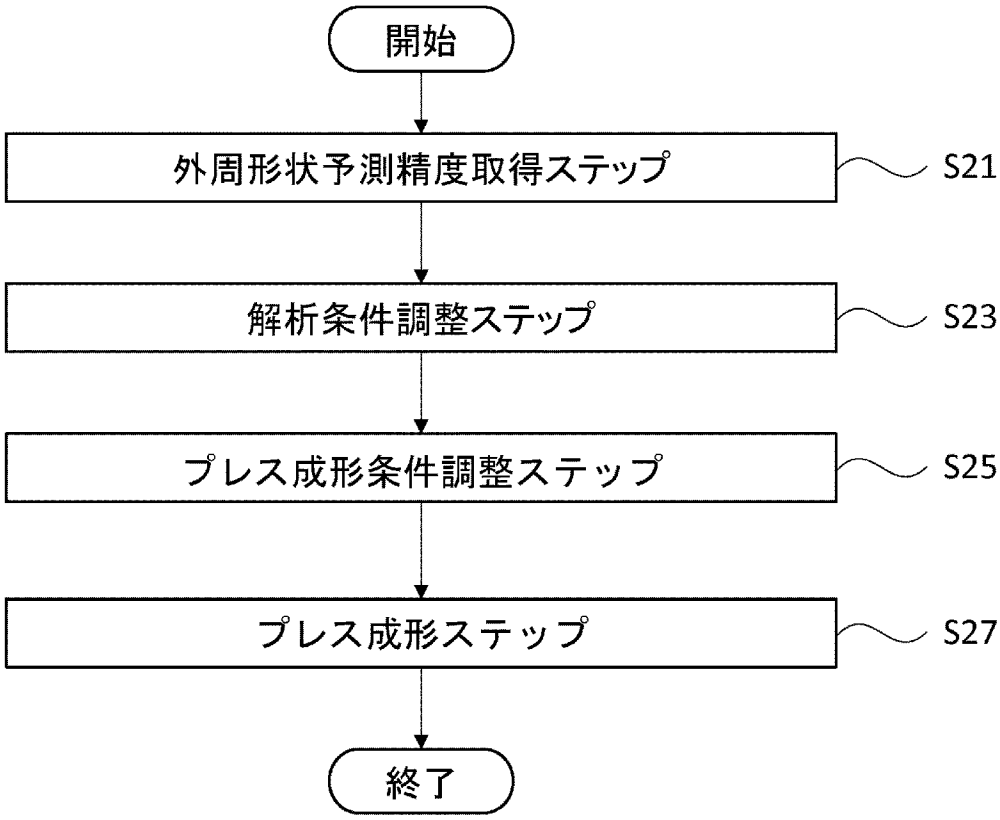
[図7]


41
実プレス成形品外周形状取得部
33
プレス成形品解析モデル外周形状取得部
35
外周形状比較・評価部
37
実プレス成形品接触圧力分布算出部
43
プレス成形品解析モデル接触圧力分布算出部
45
接触圧力分布比較・評価部
47

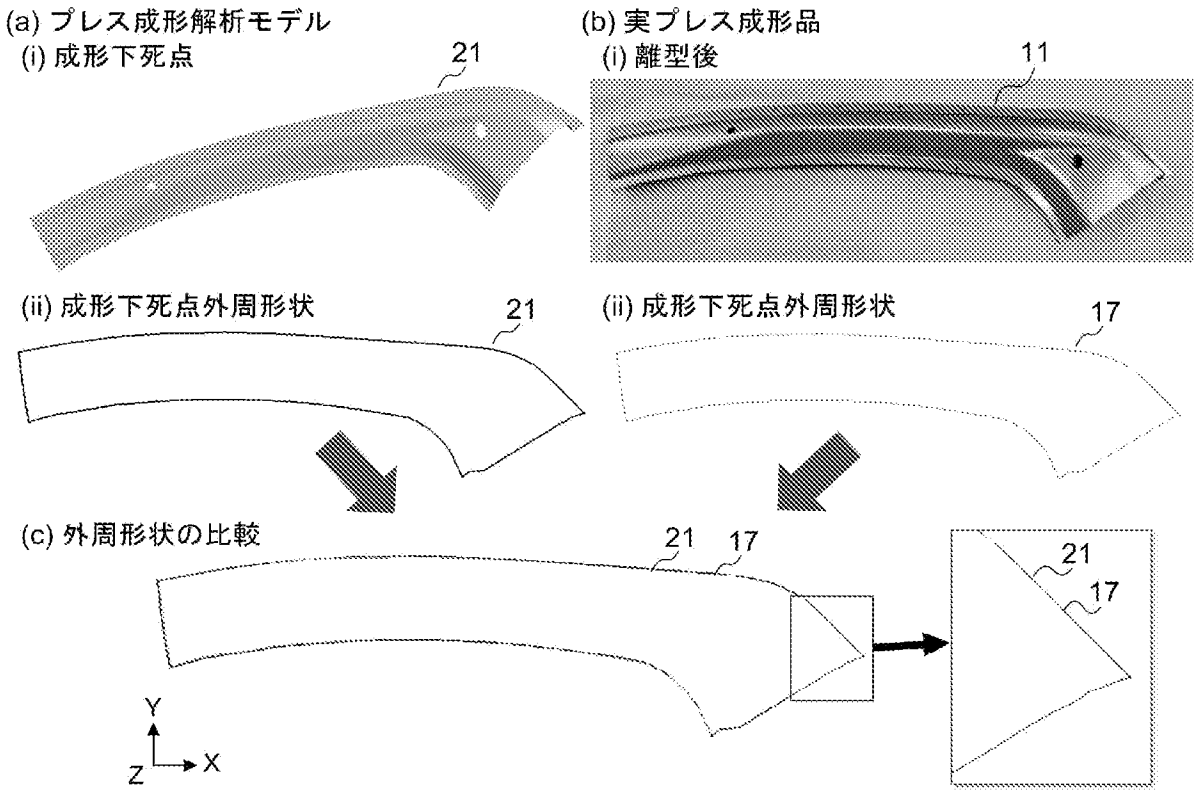
[図8]


(b) 実プレス成形品
11
(a) プレス成形品解析モデル(SB後)
21
(c) 表面形状測定データ
13
外周形状(例えばフランジ幅、等）の
直接比較ができない

[図9]


開始
外周形状予測精度取得ステップ
S21
解析条件調整ステップ
S23
プレス成形条件調整ステップ
S25
プレス成形ステップ
S27
終了

[図10]


(a) プレス成形解析モデル
(i) 成形下死点
21
(b) 実プレス成形品
(i) 離型後
11
(ii) 成形下死点外周形状
21
(ii) 成形下死点外周形状
17
(c) 外周形状の比較
21
17
21
17
Y
Z
X

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/045840

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 30/23(2020.01)i; ***B21D 22/00***(2006.01)i; ***G06F 30/10***(2020.01)i; *G06F 113/22*(2020.01)n
FI: G06F30/23; G06F30/10 100; B21D22/00; G06F113:22

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)

G06F30/00-30/28; B21D22/00-22/30; B21D37/00-37/20

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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 2005-266894 A (SUZUKI MOTOR CORP) 29 September 2005 (2005-09-29) claims	1-10
A	JP 2011-133921 A (HITACHI LTD) 07 July 2011 (2011-07-07) claims	1-10
A	JP 2009-178718 A (IHI CORP) 13 August 2009 (2009-08-13) paragraph [0089]	4, 5, 7, 9

☐ 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	Date of mailing of the international search report
02 March 2023	**14 March 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/045840

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2005-266894 A	29 September 2005	(Family: none)	
JP 2011-133921 A	07 July 2011	(Family: none)	
JP 2009-178718 A	13 August 2009	WO 2009/096272 A1 paragraph [0089] TW 200932511 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/045840

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G06F 30/23(2020.01)i; B21D 22/00(2006.01)i; G06F 30/10(2020.01)i; G06F 113/22(2020.01)n
FI: G06F30/23; G06F30/10 100; B21D22/00; G06F113:22

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（ＩＰＣ））

G06F30/00-30/28; B21D22/00-22/30; B21D37/00-37/20

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	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３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 2005-266894 A (スズキ株式会社) 29.09.2005 (2005-09-29) 特許請求の範囲	1-10
A	JP 2011-133921 A (株式会社日立製作所) 07.07.2011 (2011-07-07) 特許請求の範囲	1-10
A	JP 2009-178718 A (株式会社ＩＨＩ) 13.08.2009 (2009-08-13) [0089]	4,5,7,9

☐ 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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
02.03.2023	14.03.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
松浦　功 5H 9181
電話番号 03-3581-1101 内線 3531

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2022/045840

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2005-266894 A	29.09.2005	（ファミリーなし）	
JP 2011-133921 A	07.07.2011	（ファミリーなし）	
JP 2009-178718 A	13.08.2009	WO 2009/096272 A1 [0089] TW 200932511 A	