

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4418452号
(P4418452)

(45) 発行日 平成22年2月17日(2010.2.17)

(24) 登録日 平成21年12月4日(2009.12.4)

(51) Int.Cl.

F 1

B 2 1 D 22/00 (2006.01)

B 2 1 D 22/00

請求項の数 5 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2006-271097 (P2006-271097)
 (22) 出願日 平成18年10月2日 (2006.10.2)
 (65) 公開番号 特開2008-87035 (P2008-87035A)
 (43) 公開日 平成20年4月17日 (2008.4.17)
 審査請求日 平成20年10月27日 (2008.10.27)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000006655
 新日本製鐵株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
 (74) 代理人 100099759
 弁理士 青木 篤
 (74) 代理人 100092624
 弁理士 鶴田 準一
 (74) 代理人 100102819
 弁理士 島田 哲郎
 (74) 代理人 100139583
 弁理士 高橋 真二
 (74) 代理人 100108383
 弁理士 下道 晶久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スプリングバック発生原因部位特定方法、その装置、及びそのプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の成形条件を数値解析して、第1の成形データを算出する第1のプレス成形解析ステップと、

前記第1の成形条件のうち鋼板の形状及び／又は鋼板の性状が異なる第2の成形条件を数値解析して、第2の成形データを算出する第2のプレス成形解析ステップと、

前記第1及び第2の成形データの複数領域毎の応力及び／又は歪のうち、応力及び／又は歪の差分が、所定値より大きい領域がある場合、当該領域の前記第1の成形データの応力及び／又は歪に対して演算処理を行うステップと、

前記演算処理の結果に基づいて、スプリングバック量を算出するスプリングバック量算出ステップと、

を有することを特徴とするスプリングバック発生原因部位特定方法。

【請求項 2】

第1の成形条件を数値解析して、第1の成形データを算出し、該第1の成形条件のうち鋼板の形状及び／又は鋼板の性状が異なる第2の成形条件を数値解析して、第2の成形データを算出するプレス成形解析部と、

前記成形データを数値解析して、スプリングバック量を算出するスプリングバック解析部と、

前記第1及び第2の成形データの複数領域毎の応力及び／又は歪のうち、応力及び／又は歪の差分が、所定値より大きい領域がある場合、当該領域の前記第1の成形データの応

10

20

力及び／又は歪に対して演算処理を行い、前記スプリングバック解析部に、該演算処理の結果に基づくスプリングバック量を算出させる演算処理部と、

を有することを特徴とするスプリングバック発生原因部位特定装置。

【請求項 3】

第 1 の成形条件を数値解析して、第 1 の成形データを算出する第 1 のプレス成形解析手順と、

前記第 1 の成形条件のうち鋼板の形状及び／又は鋼板の性状が異なる第 2 の成形条件を数値解析して、第 2 の成形データを算出する第 2 のプレス成形解析手順と、

前記第 1 及び第 2 の成形データの複数領域毎の応力及び／又は歪のうち、応力及び／又は歪の差分が、所定値より大きい領域がある場合、当該領域の前記第 1 の成形データの応力及び／又は歪に対して演算処理を行う手順と、

10

前記演算処理の結果に基づいて、スプリングバック量を算出するスプリングバック量算出手順と、

をコンピュータに実行させることを特徴とするスプリングバック発生原因部位特定プログラム。

【請求項 4】

プレス成形の成形条件を数値解析して、プレス成形品の成形データと複数領域毎の物性値及び物理量のデータを算出する手順をコンピュータに実行させるプレス成形解析プログラム、及び該成形データと複数領域毎の物性値及び物理量のデータを数値解析してスプリングバック量とスプリングバック後の複数領域毎の物性値及び物理量のデータを算出する手順をコンピュータに実行させるスプリングバック解析プログラム、と協働するスプリングバック発生原因部位特定プログラムであって、

20

前記プレス成形解析プログラムを実行するコンピュータによって出力される第 1 の成形データを取得する手順と、

前記プレス成形解析プログラムを実行するコンピュータによって、前記第 1 の成形条件のうち鋼板の形状及び／又は鋼板の性状が異なる第 2 の成形条件を数値解析して得られた第 2 の成形データを取得する手順と、

前記第 1 及び第 2 の成形データの複数領域毎の応力及び／又は歪のうち、応力及び／又は歪の差分が、所定値より大きい領域がある場合、当該領域の前記第 1 の成形データの応力及び／又は歪に対して演算処理を行う手順と、

30

前記スプリングバック解析プログラムを実行するコンピュータに、前記演算処理の結果を出力する手順と、

をコンピュータに実行させることを特徴とするスプリングバック発生原因部位特定プログラム。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のコンピュータプログラムを記録したことを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明は、自動車用部材などを鋼板や棒鋼などの鋼材を始め、アルミ、マグネシウム、チタン等の金属からプレス成形した際にプレス成形製品に発生するスプリングバックの原因部位を特定するための方法、その装置、及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

ドアやバンパーなど多くの自動車用部材、家電部材、建材等は鋼板のプレス成形により製造されている。近年、それらの部材に対する軽量化の要求が高まっており、その要求を実現するために高強度を有する鋼材を使用することによって鋼材を薄手化するなどの対応が図られている。

しかしながら、鋼板の高強度化に伴い、プレス成形による製品形状の確保には厳しい管

50

理が必要となっており、その管理において重要な項目の一つは、プレス成形時に鋼板に生じた残留応力を駆動力として、鋼板の弾性変形分が弾性回復する変形であるスプリングバックである。

【 0 0 0 3 】

特に、昨今は、自動車等の開発工数及びコスト削減のため、デザイン段階と同時に、その成形部材の成形方法を検討する設計段階が開始される傾向にあり、デザイン段階でのデザイン変更が、設計段階での成形部材の変更を生じさせるため、成形部材の成形方法を検討する設計段階での工数やコストは、自動車等の開発工程や開発費において、より大きな問題となっている。

【 0 0 0 4 】

10

図 1 は、従来のスプリングバックへの対応を示す成形部材の断面模式図である。(a) は、成形製品の形状断面を示し、(b) は、(a) で示した成形製品と同型の金型で鋼板を冷間プレス成形後、成形製品に生じるスプリングバックを示し、(c) は、スプリングバックを想定して補正した金型の形状断面を示す。このように、(a) に示される成形製品を得るために、(c) に示すようなスプリングバックを予想した「見込み」の金型によって、所望の成形製品を得る対応がある。

【 0 0 0 5 】

このようなスプリングバックを予想した金型を成形する方法として、有限要素法により金型にプレスされた下死点における鋼板の残留応力を解析し、その残留応力と反対向きの残留応力により生じる変形(スプリングフォワード)形状の金型を数値解析することにより、簡易にスプリングバックを考慮した金型を成形する方法が提案されている(特許文献 1、非特許文献 1)。

20

【 0 0 0 6 】

しかし、スプリングバックを完全に考慮した金型を数値解析により設計することは、非線形問題であり非常に困難であるため、提案されている方法は、あくまでも有限要素法によって簡易にスプリングバックを考慮した金型を成形するというものである。そのため、その金型によって、スプリングバックの許容量を満たさない場合にどのような対策が必要となるかについては、数値的に解析することが困難であるため、依然として、何の解決方法も提案されていない。

【 0 0 0 7 】

30

そのため、簡易にスプリングバックを考慮した金型で、スプリングバックの許容量が満たされなかった場合、所望の成形製品を得るためにどのような対策をとるかは、技術者の経験に依存することになる。結局、その成形法による金型と実際の鋼板とによるトライアンドエラーテストが必要になる。

【 0 0 0 8 】

また、金型形状ではなく、鋼材や成形製品の形状に残留応力を除去する修正を加えることでスプリングバックを少なくする方法が提案されている。

図 2 は、スプリングバックによる変形の発生原因となる部位を探る従来の方法を例示する斜視図である。(a) は、成形製品の形状を示し、(b) は、製品の一部 1 を切断除去した場合を示し、(c) は、製品に孔 2 を開けた場合を示し、(d) は、製品の一部にスリット 3 を付与する場合を示す。このような対策を講じることによってスプリングバックの挙動を観察すると共に、スプリングバックを少なくする対策が試みられている。

40

【 0 0 0 9 】

また、スプリングバック発生部位への対策により、スプリングバックの原因となる残留応力は低減されても、切断除去や孔開け等のために部材自体の剛性が低下するので、わずかな残留応力でスプリングバックが発生してしまうという問題が生じ、根本的な原因究明には至らない。さらに、このような対策は、実際に試験金型と鋼板とによるテストを必要とするため、設計段階の工数とコストの増大という問題が生じる。

【 0 0 1 0 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 3 - 3 3 8 2 8 号公報

50

【非特許文献１】三菱自動車テクニカルレビュー（２００６　No．１８　１２６～１３１頁）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００１１】

上述のような問題点に鑑み、本発明は、数値解析によりプレス成形製品のスプリングバック発生の原因となる部位を特定することで、成形部材の成形方法の検討時間を効率的にかつ経済的に短縮する方法を提供することを課題とする。

【００１２】

また、本発明は、製品強度を維持しつつ、スプリングバック量を許容値以下とする成形製品を数値解析により提供することを課題とする。

10

【課題を解決するための手段】

【００１３】

以上の課題を解決するために、本発明に係るスプリングバック発生原因部位特定方法（プログラム：以下、カッコ内はプログラムの発明に対応する）は、第１の成形条件を数値解析して、第１の成形データを算出する第１のプレス成形解析ステップ（手順）と、第１の成形条件の少なくとも１つが異なる第２の成形条件を数値解析して、第２の成形データを算出する第２のプレス成形解析ステップ（手順）と、第１及び第２の成形データの複数領域毎の物性値及び物理量のデータのうち、物性値及び物理量のデータの少なくとも１つの差分が、所定値より大きい領域がある場合、当該領域の第１の成形データの物性値及び物理量のデータの少なくとも１つに対して演算処理を行うステップ（手順）と、演算処理の結果に基づいて、スプリングバック量を算出するスプリングバック量算出ステップ（手順）と、を有する。

20

【００１４】

また、上記成形条件は、鋼板の形状及び性状、金型形状、プレス条件であっても良く、上記物性値及び物理量は、板厚、弾性係数、塑性係数、応力の成分値、歪の成分値であっても良い。

【００１５】

さらに、本発明に係るスプリングバック発生原因部位特定装置は、第１の成形条件を数値解析して、第１の成形データを算出し、第１の成形条件の少なくとも１つが異なる第２の成形条件を数値解析して、第２の成形データを算出するプレス成形解析部と、成形データを数値解析して、スプリングバック量を算出するスプリングバック解析部と、第１及び第２の成形データの複数領域毎の物性値及び物理量のデータのうち、物性値及び物理量のデータの少なくとも１つの差分が、所定値より大きい領域がある場合、当該領域の第１の成形データの物性値及び物理量のデータの少なくとも１つに対して演算処理を行い、スプリングバック解析部に、演算処理の結果に基づくスプリングバック量を算出させる演算処理部と、を提供する。

30

【００１６】

また、上記成形条件は、鋼板の形状及び性状、金型形状、プレス条件であっても良く、上記物性値及び物理量は、板厚、弾性係数、塑性係数、応力の成分値、歪の成分値であっても良い。

40

本発明のプログラムは、上記に説明したプログラムの他に、プレス成形品の成形データと複数領域毎の物性値及び物理量のデータを算出するプレス成形解析プログラムと、該成形データと複数領域毎の物性値及び物理量のデータを数値解析してスプリングバック量とスプリングバック後の複数領域毎の物性値及び物理量のデータを算出する数値解析プログラムは市販のプログラムを使用し、これらのプログラムと、データ入出力が可能であるスプリングバック発生原因部位特定プログラムであって、プレス成形解析プログラムから、第１の成形データを取得する手順と、プレス成形解析プログラムから、第１の成形条件の少なくとも１つが異なる第２の成形条件を数値解析して、第２の成形データを取得する手順と、第１及び第２の成形データの複数領域毎の物性値及び物理量のデータのうち、物性

50

値及び物理量のデータの少なくとも１つの差分が、所定値より大きい領域がある場合、当該領域の前記第１の成形データの物性値及び物理量のデータの少なくとも１つに対して演算処理を行う手順と、スプリングバック解析プログラムに、前記演算処理の結果を出力する手順をコンピュータに実行させるものでも良い。市販のスプリングバック解析プログラムは、本発明のプログラムから出力された演算処理データに基づいてスプリングバック量を算出する。

【発明の効果】

【００１７】

本発明によれば、プレス成形製品のスプリングバック発生の原因として解析対象となる特定部位を変更し、かつ、その特定部位の物性値・物理量を数値演算しながら、スプリングバック量を最小化することにより、スプリングバック発生の原因部位を特定し、かつその原因部位の物性値・物理量を正確に導き出すことを可能とし、又は、解析的なトライアンドエラーによりそれらを確認することを可能とし、これにより、成形部材の成形方法の検討時間を経済的にかつ効率的に短縮する方法を提供する。

10

【００１８】

さらに、本発明は、特定部位及びその特定部位の物性値及び物理量の少なくとも何れかを変化させることで、実際の成形製品に対して切断除去や孔開けを行わずに、スプリングバック変化量を許容値以下とする特定部位とその物性値及び物理量を求めることが可能である。そのため、このように解析された成形製品は、スプリングバック変化量を許容値以下とすると同時に、剛性等の製品の品質を維持することが確認できるため、成形製品に求められる所定のスプリングバック変化量を維持するために、製品品質を犠牲にするような成形製品の特定部位への切断除去や孔開け等の対策を不要とすることができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【００１９】

図３は、本発明の一実施形態によるスプリングバック発生原因部位特定装置の機能構成図を示す。

スプリングバック発生原因部位特定装置１０Ａは、プレス成形解析部１１、スプリングバック解析部１２、物性値・物理量演算処理部１４、ファイル格納部１６、成形条件入力部１８、及びスプリングバック量出力画面１９を有する。

【００２０】

30

成形条件入力部１８は、後述するプレス成形解析部１１及びスプリングバック解析部１２で解析対象となる鋼板の形状データ（板厚、長さ、幅、曲率、歪等）、性状（強度、伸びなどの材質、板厚などの形状）、金型形状（ダイ（金型）及びパンチ形状、曲率、径、クリアランス、潤滑条件）、プレス条件（しわ押さえ荷重、パッド荷重、ビード張力、プレス圧力、温度）などの成形条件を入力する入力部である。または、成形解析におけるデータ領域、物性値・物理量演算処理部１４におけるデータ領域、スプリングバック量出力画面１９で画面表示する際の分割領域等を別個に設定することも可能である。

【００２１】

プレス成形解析部１１は、成形条件入力部１８で入力された成形条件を入力情報として、弾塑性有限要素法、剛塑性有限要素法、ワンステップ有限要素法、境界要素法、初等解析等を用いて、プレス成形された被加工物である鋼板等の応力や歪や板厚などを求める数値解析を行う。プレス成形解析部１１は、被加工物の板厚、応力の成分値、歪の成分値等の変数や、その変数の分布という形式で数値解析結果を出力する。その出力データは、例えば、ファイル「P o r g . k」として、スプリングバック解析部１２、後述する物性値・物理量演算処理部１４及びファイル格納部１６に出力される。

40

【００２２】

このプレス成形解析部１１による数値解析は、有限要素法（例えば市販のソフトウェアPAM-STAMP、LS-DYNA、Autoform、OPTRIS、ITAS-3D、ASU/P-FORM、ABAQUS、ANSYS、MARC、HYSTAMP、Hyperform、SIMEX、Fastform3D、Quikstamp）を用いて、プレス成形する製品の形状データ（板厚、長さ、幅、曲率、歪みなど）及び、使用する金属板の性状（強度、

50

伸びなどの材質、板厚などの形状)に基づいて、必要であれば金型形状(ダイ及びパンチ形状、曲率、径、クリアランス、潤滑条件)、プレス条件(温度、圧力)などの成形条件を設定し、成形解析を行い、かつ、成形後の応力、歪値の分布を数値的に得ることができる。

また、プレス成型成形解析部 11 は、有限要素法による応力分布や曲率等の解析結果を、ポスト処理ソフトを用いて、スプリングバック量出力画面 19 にコンタ表示することが可能である。

【0023】

スプリングバック解析部 12 は、プレス成形解析部 11 の出力データファイル「P o r g . k」及び後述する物性値・物理量演算処理部 14 の出力データファイル「P r e m . c a s e n . k」を入力データとして用いて、スプリングバック解析を行う。スプリングバック解析とは、プレス成形解析部 11 の出力結果である被加工物の板厚、応力の成分値、歪の成分値等の変数、及び変数分布に基づいて、弾性有限要素法、弾塑性有限要素法、ワンステップ有限要素法、初等解析等により、除荷過程の計算を行い、被加工物に生じる変形量であるスプリングバック量を数値解析することである。そのスプリングバック量は、被加工物を有限要素法等により分割し、3次元データ座標の要素毎に計算される。なお、被加工物に生じる変形量であるスプリングバック量としては、被加工物の任意点の変形量、被加工物の指定領域内の最大変位点もしくは最小変位点の変形量、被加工物内の複数の任意の面又は線同士がなす角度、または、被加工物の任意の面又は線のなす曲率等がある。

【0024】

スプリングバック解析部 12 のスプリングバック解析結果である出力データは、スプリングバック量、スプリングバック時の歪等の形状、性状、応力等を含み、スプリングバック量出力画面 19 に出力され、かつ、入力データファイル「P o r g . k」による数値解析結果出力データファイル「S B o r g . k」、又は、「P r e m . c a s e n . k」による数値解析結果出力データファイル「S B r e m . c a s e n . k」として、スプリングバック解析部 12、後述する物性値・物理量演算処理部 14 及びファイル格納部 16 に出力される。

【0025】

物性値・物理量演算処理部 14 は、プレス成形解析部 11 の出力データファイル「P o r g . k」、スプリングバック解析部 12 の数値解析結果出力データファイル「S B o r g . k」、又は、「S B r e m . c a s e n . k」を入力し、演算処理を行い、その結果として「P r e m . c a s e n . k」をスプリングバック解析部 12 に出力する。なお、ここで言う演算処理は、上記変数の少なくとも 1 個以上を係数倍すること、ゼロを含む一定値にすること、四則演算をすること、関数に基づいて計算すること、一定ではない任意の値に置換することをいう。物性値・物理量演算処理部 14 は、このような、演算処理により、スプリングバック量を減少させる変数及び特定部位を判別することを可能にする。

【0026】

物性値・物理量演算処理部 14 は、入力データから被加工体の 1 つであるプレス成型成形製品のデータを取得すると、そのプレス成型製品の一部から特定部位を発見するため、そのプレス成型製品のデータを複数の領域に分割する処理を行う必要がある。その領域分割方法の 1 つは、均等な寸法により被加工体の領域を分割することである。

【0027】

均等な寸法は、特定部位に対する対策を考慮することが望ましい。つまり、特定部位を発見しても、特定部位への有効な対策がとれない極めて微小な領域であっては、解析結果が有効に活かせない場合がある。例えば、特定部位への対策が 20 mm x 100 mm のビードを加えることである場合、分割領域は、20 mm 角となることが挙げられる。

【0028】

成形品の分割領域を決定するための 1 つの方法として、曲率や要素に基づいて、分割領

10

20

30

40

50

域を決定する方法もある。

プレス成形解析部 1 1 は、数値解析により、成形解析後の被加工物の幾何学的な情報として各節点の座標値を得、各要素の曲率や要素間の角度を客観的に算出することが可能である。プレス成形品の場合、変形後の被加工物はパンチ肩 R やダイ肩 R 等の曲げの稜線部では、曲げ稜線に垂直な方向で他の部位に比べ非常に大きな曲率となる。

ここでは各要素の最大曲率を計算し、ある閾値以上の曲率となる要素を非表示にすれば、パンチ肩 R やダイ肩 R 以外の部位（ウェブ面、縦壁部、フランジ部）を連続していない別々の領域として判別分離することが可能である。

【 0 0 2 9 】

図 4 ～ 図 8 にプレス成形解析から演算処理までの工程の例を示す。

10

図 4 がプレス成形解析結果であり、応力分布がコンタ図で表示されている。プレス成形解析結果である各要素の曲率を表示したものが図 5 であり、曲率の大きい要素を非表示としたのが図 6 である。段差部で非常に大きな曲率となることから、縦壁部内である閾値以上の曲率となる要素を非表示にすれば、段差の稜線部を境界とした複数の領域に分離可能であり、個別の領域を抽出または選択することで特徴形状に基づいた領域を選択可能である。図 6 により、段差のある側壁は 3 つの面と、ウェブ、段差のない縦壁部（図から隠れている）、両側の各フランジ部に分割できることがわかる。図 6 により分割したそれぞれの領域について、図 4 に示した成形データ（応力分布）に基づいて、応力の高い領域について演算処理を行うと判定したのが、図 7 に示す領域 A 1 5 ～ A 1 7 である。判定工程では、曲率及びノ又は角度に基づいて分割した領域について、後述の演算を行うかを成形データに基づいて判定する。例えば、分割した各領域のプレス成形解析後の応力レベルにより判定する。

20

【 0 0 3 0 】

領域 A 1 5 ～ A 1 7 について、それぞれの領域の全ての要素に対して、例えば応力をゼロとする演算処理を行った状態が図 8 である。

ここでは要素の最大曲率を用いたが要素間の角度を用いても同様の領域分割を行うことができる。

また、段差のないハット断面形状のメンバー部材を考えると、分離された各領域として、ウェブ面、両側の縦壁部、両側のフランジ部を選択することができる。また、選択した領域が平面でない場合、同様の手法を繰り返すことで、さらに特徴的な領域を選択していくことが可能である。

30

このようにして、物性値・物理量演算処理部 1 4 は、プレス成形解析部 1 1 の解析結果より、曲率や要素に基づいて、分割領域を決定することが可能である。

【 0 0 3 1 】

スプリングバック解析部 1 2 は、有限要素法（例えば市販のソフトウェア PAM-STAMP、LS-DYNA、Autoform、OPTRIS、ITAS-3D、ASU/P-FORM、ABAQUS、ANSYS、MARC、HYSTAMP）を用いて、プレス成形解析部 1 1 で得られた「P o r g . k」内に記載の応力分布を入力し、スプリングバック解析を実施する。ソフトウェア内でのスプリングバックの計算は例えば、有限弾塑性変形の基礎式や離散化手法に沿った内容で計算される。ただし、スプリングバックの計算は弾性解析であっても、弾塑性解析であっても良い。

40

【 0 0 3 2 】

また、スプリングバック解析部 1 2 は、有限要素法によるスプリングバック解析結果を、ポスト処理ソフトを用いて、スプリングバック量出力画面 1 9 にコンタ表示することが可能である。また、物性値・物理量演算処理部 1 4 において、スプリングバック量を、分割領域面積、プレス成形品の代表長さ、代表幅、代表高さ、代表板厚、引張強さ等で除算することにより規格化し、除算した変数とスプリングバックの影響度をより判別し易くしてデータ出力し、その出力データを用いて、ポスト処理ソフトにより、コンタ表示することが可能である。このような規格化により、被加工体の物性値・物理量とスプリングバック量との関係を視覚的に捉え易くすることができる。

【 0 0 3 3 】

50

さらに、物性値・物理量演算処理部 14 において、スプリングバック量を、パンチ速度又はしわ押さえ力等のプレス成形条件で除算することで規格化した値を求め、ポスト処理ソフトにより、コンタ表示することで、プレス成形条件と、スプリングバック量との関係を視覚的に捉え易くすることもできる。このようなスプリングバック量の規格化とその数値のコンタ表示は、スプリングバック発生の原因部位の特定を経済的にかつ効率的に短縮し、かつ、成形製品の成形方法の検討時間を経済的にかつ効率的に短縮することが可能とする。

【0034】

ファイル格納部 16 は、プレス成形解析部 11、スプリングバック解析部 12、後述する物性値・物理量演算処理部 14 の出力結果であるデータファイル「P org.k」、
「SB org.k」、
「P rem.casen.k」、
「SB rem.casen.k」、
「P trim.casen.k」等を保存するための格納部である。しかし、それらのデータファイル等が、プレス成形解析部 11 と、スプリングバック解析部 12 と、物性値・物理量演算部 14 との間で直接入出力される場合は、このファイル格納部 16 は、必ずしも必要では無い。

【0035】

物性値・物理量演算処理部 14 は、プレス成形解析部 11 の出力データファイル「P org.k」内の一部の領域を選択し、その一部の領域の板厚、弾性係数、塑性係数、応力の成分値、歪の成分値の少なくとも一つ以上の変数に対して演算処理を実施する。そして、演算処理後の出力データファイル「P rem.case1.k」を生成して、スプリングバック解析部 12 に出力する。このデータファイルの送受信は、繰り返し行うことが可能であり、ファイル格納部 16 に逐次保存可能であり、また、ファイル形式ではなく実行プロセス又はスレッドのデータ入出力という形でデータのやりとりを行っても良い。

【0036】

有限要素法で使用されるスプリングバック特定部位又は原因判断のための領域データは、有限要素法における 1 個以上の要素、複数の要素からなる微小領域、又は、要素が連続した集合体などの計算単位区分、有限要素法による数値積分手法の計算単位で応力や歪を計算する点のうちの一部である積分点（板厚方向における一部の点、面内の一分の点の双方を含む）等とすることができる。「1 個以上の要素」とは有限要素法の領域分割単位である要素をいい、「計算単位区分」とは初等解析における計算単位となる微小領域の一つまたは連続した集合体をいう。また、「積分点」とは、一般的に有限要素法で行う近似的な積分を行う点である。「一部の積分点」とは、有限要素法による数値積分手法の計算単位で応力や歪を計算する点のうちの一部をいい、板厚方向における一部の点、及び面内の一部の点の双方を含むものとする。

【0037】

また、「板厚、弾性係数、塑性係数、応力の成分値、歪の成分値の少なくとも一つ以上の変数」とは、被加工物の一部の板厚、弾性係数（ヤング率、ポアソン比）、塑性係数（降伏応力、塑性係数、加工硬化指数）、解析する 3 次元座標系（ x 、 y 、 z ）としたときに、 x 、 y 、 z 方向の応力若しくは歪（それぞれ 3 成分）、 xy 平面、 yz 平面、 zx 平面の剪断応力若しくは剪断歪（それぞれ 3 成分）、の計 18 の因子のうち少なくとも一つ以上をいう。

【0038】

図 9 は、有限要素法で使用される座標系を示す図である。（a）は、3 次元全体の座標系を、（b）は、局所座標系を示す。

このとき、図 9（a）で示すように、（ x 、 y 、 z ）座標軸での成分値の他に、例えば同図（b）に示すように、要素 31 の平面を xy 平面とみなした局所座標系（ x_1 、 x_2 、 x_3 ）における応力、歪、剪断応力、剪断歪の計 12 成分も含むものとする。また、相当応力、相当塑性歪、弾性エネルギー（弾性仕事）、塑性エネルギー（塑性仕事）等の各応力成分や歪成分を使って得られる変数や、応力増分やひずみ増分等の各成分値の増分形で計算された成分値も含むものとする。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 9 】

一般に、鋼板を解析対象とする有限要素法解析では、その鋼板の物性値・物理量は、2 mm ~ 4 mm 角の有限要素に分割される。しかし、要素の分割単位は、物性値・物理量が一定と近似される長さで分割されるため、必ずしも 2 mm ~ 4 mm 角に限定されるものではない。つまり、残留応力が大きい部位は、有限要素をより小さく限定することが必要な場合もある。また、各要素は、3 次元座標面で規定され、有限要素の面の角度や曲率は、他の面との比較によって規定される。

【 0 0 4 0 】

このように、スプリングバック発生原因部位の特定のために、角度や曲率に基づいて部材を領域分割し、残留応力レベルの高い部分を演算対象とすることで、計算量を大幅に減らすことにより、より迅速なスプリングバック発生原因部位の特定が可能である。

10

【 0 0 4 1 】

演算処理の例として、 x 成分値を係数倍する方法を説明する。

選択された領域の積分点における演算前の応力成分を ($x_0, y_0, z_0, xy_0, yz_0, zx_0$)、歪成分を ($x_0, y_0, z_0, xy_0, yz_0, zx_0$) とすると、演算処理後の応力成分 (x, y, z, xy, yz, zx)、歪成分 (x, y, z, xy, yz, zx) は以下のとおりとなる。

$$x = K \times x_0, y = y_0, z = z_0, xy = xy_0, yz = yz_0, zx = zx_0$$

$$x = x_0, y = y_0, z = z_0, xy = xy_0, yz = yz_0, zx = zx_0$$

ここで K は - 1 0 0 0 ~ 1 0 0 0 までの範囲で変化させた演算を行い、板厚は演算処理前の値をそのまま使うこととし、弾性係数、塑性係数は、成形条件入力部 1 8 で入力した値を使う場合が一般的である。例示のため、K は、 x に関してのみ示すが、他の成分についても、同様に変化させても良い。

20

【 0 0 4 2 】

また、材料特性 (板厚、弾性係数、塑性係数) を演算対象とすることも可能である。例えば、物性値・物理量演算処理部 1 4 において、プレス成形解析部 1 1 から得られた被加工物の一部の領域を選択し、選択された領域の例えば、ヤング率を演算処理において係数倍する。その場合は選択された領域の演算前の板厚 t_0 、ヤング率 E_0 、ポアソン比 ν_0 、塑性係数 F_0 、 a_0 、 n_0 ($= F_0 (1 + a_0)^{n_0}$ の場合) とすると、演算後の板厚 t 、ヤング率 E 、ポアソン比 ν 、塑性係数 F 、 a 、 n ($= F (1 + a)^n$ の場合) は以下のとおりとなる。

30

$$t = t_0, E = K \times E_0, \nu = \nu_0, F = F_0, a = a_0, n = n_0$$

ここで K は - 1 0 0 0 ~ 1 0 0 0 の範囲で変化させることができる。例示のため、K は、E に関してのみ示すが、他の材料特性についても、同様に変化させても良い。

【 0 0 4 3 】

また、物性値・物理量演算処理部 1 4 では、プレス成形解析部 1 1 から得られた状態変数を出力したファイルを直接編集により変更することで領域を選択して演算処理することも可能である。例えばファイルの内容をワードパット等のテキスト編集機能を有するソフトで表示し、成形条件入力部 1 8 の操作により演算処理を行いたい領域の成分値を直接書き換えたり、カットアンドペーストにより成分値を入れ替えても良い。

40

これにより、選択した領域の演算した変数 (成分) がスプリングバックにどのくらい影響を与えているかを定量的に評価できる。

【 0 0 4 4 】

例えばスプリングバック解析部 1 2 で有限要素節点の変位分布をコンタ図 (等高線図) で表示した場合や変形形状の切断面を表示した場合は、選択した領域の演算した変数 (成分) ごとの結果の図を、スプリングバック量出力画面 1 9 上に並べて比較することや図示しないプリンタに出力して比較することが可能である。また、任意の指定位置の節点の座標値 (X、Y、Z) をソフト上またはファイル出力により確認した場合は、選択した領域の演算した変数 (成分) ごとの数値を比較したり、表計算ソフト等を用いてグラフ化して比較することが可能である。

50

【 0 0 4 5 】

スプリングバック量出力画面 19 上に表示されるコンタ図は、物性値・物理量演算処理部 14 による物性値・物理量演算処理、及び、スプリングバック解析部 12 によるスプリングバック量計算を繰り返し行いながら、スプリングバックの原因となる部位や変数を厳密に特定していくことが出来る。

【 0 0 4 6 】

さらに、物性値・物理量演算処理部 14 の特定領域を選択により変更したり、選択された領域の成分値を x だけではなく y や xy などの成分値についても演算処理として係数倍してから、スプリングバック解析部 12 のスプリングバック解析を実施し、スプリングバック量出力画面 18 にスプリングバックの原因となる部位や変数を表示させ、スプリングバックによる変位の変化量を比較することで、スプリングバックの原因となる部位や変数を厳密に特定していくことが可能である。

10

【 0 0 4 7 】

また、物性値・物理量演算処理部 14 において、被加工物の一部の中で複数の領域を選択して、それぞれの選択した領域に対し演算処理を同時に実施することで原因特定のために必要な解析工数を低減することが可能である。

【 0 0 4 8 】

図 10 は、本発明の一実施形態によるハット型断面形状部品の領域選択の例を示す斜視図である。

例えば、プレス成形解析部 11 により得られた被加工物が図 5 に示すようなハット型断面形状部品の場合に、物性値・物理量演算処理部 14 において図 10 に示すような成形後の応力が所定値より大きい複数の領域 A1、A2 を同時に選択し、選択した領域 A1、A2 に対して x を係数倍にする演算処理を実施し、スプリングバック解析部 12 においてその演算処理結果を用いたスプリングバック解析を行う。

20

【 0 0 4 9 】

そのスプリングバック解析結果から、スプリングバックによる変位の変化量を調べて、領域 A1、A2 に加わっている応力成分値 x がどのくらいスプリングバックに影響しているかを、片側ずつ演算処理をしなくても 1 回の演算処理のみで評価できる。

【 0 0 5 0 】

さらにスプリングバック解析部 12 のスプリングバック解析を行った後に最もスプリングバック量が変化するときの領域を再分割して、再分割した領域の大きさが所定値以下になるまで、判定して、再分割したそれぞれの領域について、物性値・物理量演算処理部 14 において演算処理を行い、再度スプリングバック解析部 12 でスプリングバック解析を行うことで、最もスプリングバック量が変化する領域をスプリングバック発生の原因を特定することができ、効率的な原因特定が可能である。なお、物性値・物理量演算処理部 14 は、スプリングバック変化量が許容値以下となるように、物性値及び物理量を操作変数として変化させるような収束計算を行うことができ、同時に、特定領域の分割領域も操作変数として変化させるような収束計算を行っても良い。

30

【 0 0 5 1 】

また、プレス成形解析部 11 において、例えば有限要素法を用いて成形解析を行い、成形後の応力、歪値の分布を数値的に得た場合、物性値・物理量演算処理部 14 において領域を選択する際に 1 個以上の要素を選択して演算対象の領域とすることができる。場の問題を解くための解析手法である有限要素法においては、連続体を有限の要素に分割して扱うのが特徴であり、要素はその辺上に位置する有限個の節点において連結され、個々の要素に定義された形状関数と節点の変位から要素内の変位場が一意的に決定されるものである。例えば、プレス成形解析部 11 で得られた応力成分 x の分布を表示し、 x 値が最も大きい要素を選択領域としたり、 x が最も大きい要素とその要素に接する要素の集団を選択領域とすることができる。

40

【 0 0 5 2 】

また、プレス成形解析部 11 において、例えば初等解析手法を用いて成形解析を行い、

50

成形後の応力、歪値の分布を数値的に得た場合、物性値・物理量演算処理部 14 において領域を選択する際に 1 個以上の計算単位区分を選択して演算対象の領域とすることができる。

【0053】

また、プレス成形解析部 11 において、例えば有限要素法を用いて成形解析を行い、成形後の応力、歪値の分布を数値的に得た場合、物性値・物理量演算処理部 14 において領域を選択する際に 1 個以上の積分点を選択して演算対象の領域とすることができる。例えば、プレス成形解析部 11 の有限要素解析において被加工物は板厚方向に 5 個の積分点（板裏面から表面に向けて 1、2、3、4、5）を有するシェル要素で解析しておき、物性値・物理量演算処理部 14 において選択した要素の板裏面に最も近い 1 と板表面に最も近い 5 の積分点のみを演算対象の領域とすることができる。これにより、金型の曲率を有する部分に接触して変形した際に受ける曲げ変形の影響を分離した評価を行える。

10

【0054】

図 11 は、本発明の一実施例によるスプリングバック原因部位特定処理のスプリングバック発生原因特定処理のフローチャートを示す。

【0055】

ステップ S101 では、成形条件入力部 18 に成形条件が入力される。次に、ステップ S102 に進む。

【0056】

ステップ S102 では、プレス成形解析部 11 が、成形条件で規定された被加工物に対して数値解析処理を行い、プレス成形する製品の成形後の応力、歪値の分布を計算する。次に、ステップ S103 に進む。

20

【0057】

ステップ S103 では、物性値・物理量演算処理部 14 で、変換対象領域となる特定部位が決定される。この特定部位は、プレス成形品について曲率及び / 又は角度を算定し、前記曲率及び / 又は角度に基づいて成形品の領域を分割し、分割したそれぞれの領域について前記成形データに基づいて判定して、後述の演算処理を行う領域を決定する。次に、ステップ S104 に進む。

【0058】

ステップ S104 では、S103 で演算処理を行うと判定した一部の領域における物性値及び物理量の少なくとも一つを変換する上述の演算処理が行われる。次に、ステップ S105 に進む。

30

【0059】

ステップ S105 では、プレス成形時の被加工体の変換処理された物性値及び物理量に基づいて、スプリングバック量が計算される。次に、ステップ S106 に進み、同時にステップ S107 でスプリングバック量の結果がコンタ表示などにより画面表示される。

【0060】

ステップ S106 では、スプリングバックの許容値が許容値以内か判定を行う。許容値以内であれば、本処理を終了する。許容値以上であれば、ステップ S108 に進む。なお、ステップ S106 及びステップ S108 は、人間が、特定部位の指定を、スプリングバック変化量を見ながら手動で行っても良い。

40

【0061】

ステップ S108 では、特定部位及び被加工体の物性値・物理量を変更する。ここでは、特定部位のみの変更を行ってもよく、物性値・物理量の変更だけを行っても良く、それら双方を同時に行っても良い。そして、ステップ S105 に戻る。ステップ S105、ステップ S106、ステップ S108 の処理は、スプリングバック変化量が許容値以下になるような収束計算により行うことが可能で、閾値以下になるまで繰り返される。

【0062】

なお、本処理の繰り返し回数を制限し、制限した繰り返し回数を超えた場合は、処理を終了しても良い。その場合、ファイル格納部 16 に格納されたスプリングバック解析部 1

50

2の出力データファイル「SB rem. casen. k」を人間が検討し、人間がスプリングバック量出力画面19を見ながら、最適な特定部位を探索して求めることが可能となる。

【0063】

図12は、本発明の一実施例によるスプリングバック原因部位特定処理のスプリングバック発生原因特定処理のフローチャートを示す。

【0064】

ステップS201では、成形条件入力部18に第1の成形条件が入力される。次に、ステップS202に進む。

【0065】

ステップS202では、プレス成形解析部11が、第1の成形条件で規定されたプレス成形品に対して数値解析処理を行い、プレス成形する製品の成形後の応力、歪値の分布を計算する。さらに、プレス成形解析部11は、上記第1の成形条件のすくなくとも1つを変更した第2の成形条件で規定された被加工物に対して数値解析を行い、プレス成形する製品の成形後の応力、歪値の分布（物性値及び物理量）を計算する。次に、ステップS203に進む。

【0066】

ステップS203では、物性値・物理量演算処理部14で、変換対象領域となる特定部位が決定される。この特定部位は、第1の成形条件で算出されたプレス成形品の領域毎の物性値及び物理量と、第2の成形条件で算出されたプレス成形品の領域毎の物性値及び物理量との差分を計算し、その差分値が、所定値より大きいかな否かを判断する。所定値より大きい差分値が有った場合、その差分値を有する領域を特定部位と決定し、ステップS204に進む。

【0067】

ステップS204では、S203で決定した領域における物性値及び物理量の少なくとも一つを変換する演算処理が行われる。次に、ステップS205に進む。

【0068】

ステップS205では、演算処理された物性値及び物理量に基づいて、スプリングバック量が計算される。次に、ステップS206に進み、同時にステップS207でスプリングバック量の結果がコンタ表示などにより画面表示される。

【0069】

ステップS206では、スプリングバックの許容値が許容値以内か判定を行う。許容値以内であれば、本処理を終了する。許容値以上であれば、ステップS208に進む。

【0070】

ステップS208では、ステップS202の第2の成形条件において、第1の成形条件と相違させる条件を変更する場合、ステップS202に戻り、ステップS203で特定部位を決定するための物性値・物理量や、判断のための所定値を変更する場合は、ステップS203に戻り、ステップS204の演算処理を変更する場合は、ステップS204に戻る。なお、ステップS208は、画面出力等の結果を見ながら、人間が、判断して行っても良い。ステップS202～S208の処理は、スプリングバック変化量が許容値以下になるような収束計算により、スプリングバック許容値以下になるまで繰り返しても良い。

【0071】

なお、本処理の繰り返し回数を制限し、制限した繰り返し回数を超えた場合は、処理を終了しても良い。その場合、ファイル格納部16に格納されたスプリングバック解析部12の出力データファイル「SB rem. casen. k」を人間が検討し、人間がスプリングバック量出力画面19を見ながら、最適な特定部位を探索して求めても良い。

【0072】

図13は、本発明の一実施形態によるスプリングバック発生原因部位特定装置のハードウェア構成図を示す。上述したプレス成形解析部11、スプリングバック解析部12、物性値・物理量演算処理部14、部分残留応力除去処理部21、における各処理は、プログ

10

20

30

40

50

ラム 100 に規定され、そのプログラム 100 をコンピュータ 90 に実行させても良い。コンピュータ 90 は、必要な処理を実行する CPU 91、処理結果を格納するメモリ 92（例えば、RAM（Random Access Memory））、ディスプレイ 93、例えば、キーボードやマウスのような入力装置 94、ハードディスク 95、CD/DVD ドライブのような外部記憶装置 96、NIC（ネットワーク・インタフェース・カード）97、プリンタ 98 を備える。コンピュータ 90 は、NIC 97 に接続されたイーサネット（登録商標）ケーブルにより構成されるネットワーク 99 を介して、他のコンピュータ 90A と接続可能である。

【0073】

プログラム 100 は、記録媒体に保存され、外部記憶装置 96 からローディングされ、もしくは、他のコンピュータ 90A からネットワーク 99 を介してダウンロードされ、CPU 91 の制御によって、コンピュータ 90 のハードディスク 95 に保存される。次に、保存されたプログラム 100 は、CPU 91 によって、実行され、実行プロセス又はスレッドとしてメモリ 92 に格納される。例えば、プレス成形解析部 11、スプリングバック解析部 12、物性値・物理量演算処理部 14 又は部分残留応力除去処理部 21 における各処理が、それぞれ実行プロセス又はスレッドとなり、各実行プロセス又はスレッド間で上述したデータファイル、又は、データが入出力される。また、それらの各実行プロセス又はスレッドは、他のコンピュータ 90A に分散して存在し、各処理がコンピュータ 90 と他のコンピュータ 90A によって分散処理されても良い。

【0074】

また、図 3 に示される成形条件入力部 18、スプリングバック量出力画面 19 は、それぞれ、入力装置 94、ディスプレイ 93 であっても良い。上述したファイル格納部 16 は、ハードディスク 95 であっても良い。プログラム 100 は、ハードディスク 95 に保存しても良い。そして、ディスプレイ 93 に出力された上述のコンタ図は、プリンタ 98 に出力することが可能である。

【実施例】

【0075】

以下、実施例を用いて本発明を具体的に説明する。

【0076】

図 14 は、本発明の実施例によるスプリングバック解析の対象となるハット型断面形状部品を示す図であり、(a) はその斜視図、(b) はその断面図であり、ウェブ面 W0、側壁 W1、W2、フランジ F1、F2 から構成される。

【0077】

プレス成形解析部 11 及びスプリングバック解析部 12 が行う数値解析には有限要素法に基づく市販の板成形シミュレーション解析ソフトウェア PAM-STAMP を使用した。スプリングバック解析は静的陰解法による弾性解析を用いた。

【0078】

成形条件は、金属板の性状として、板厚 1.6 mm、引張強さ 780 MPa 級の高強度鋼板のデータを用いた。また、金型（ダイ、パンチ、ホルダー）の形状をシェル要素によりモデリングし、剛体と仮定して解析した。ダイとパンチのクリアランスは板厚と同じ 1.6 mm とした。摩擦係数は 0.15 を入力し、しわ押さえ荷重として 600 kN を設定した。

【0079】

図 15 は、本発明の実施例によるハット型断面形状部品の断面位置とねじれ角度を示す図であり、(a) はその斜視図、(b) はその断面図である。

得られた結果をポスト処理ソフトにて図 11 に示す位置 A、B での断面を構成する点の座標値を取得し、断面のウェブ面のなす角度を求めた。スプリングバック量とは、ここでは、角度とする。

【0080】

図 16 は、第 1 及び第 2 の被加工物のプレス成形後の状態量分布を示す図である。第 1

10

20

30

40

50

の被加工物は、第 1 の成形条件によるプレス成形品であり、第 2 の被加工物は、第 1 の成形条件の少なくとも 1 つの要素が異なる第 2 の成形条件によるプレス成形品である。図 16 では、第 2 の被加工物の異なる成形条件要素として、形状に変化を加えるために、ビードを加えた。

【 0 0 8 1 】

図 17 は、第 1 及び第 2 の被加工物のプレス成形後の状態量差分を示す図である。図 18 は、状態量差分に基づいた領域選択を示す図である。図 17 に示すように、物性値・物理量演算処理プログラムにより、全領域にわたって、第 1 及び第 2 の被加工物の応力差分を求め、図 18 に示すように、その応力差分の高位 10 % を選択領域とした。

【 0 0 8 2 】

物性値・物理量演算処理を実行する物性値・物理量演算処理実行プログラムは、上記選択領域を演算対象領域として分割し、第 1 の被加工物の選択した各領域に属する要素の全積分点について以下の演算処理を行った。

$$x = 0, \quad y = 0, \quad z = 0, \quad xy = 0, \quad yz = 0, \quad zx = 0$$

$$x = x_0, \quad y = y_0, \quad z = z_0, \quad xy = xy_0, \quad yz = yz_0, \quad zx = zx_0$$

【 0 0 8 3 】

ここで、選択された領域の積分点における演算前の応力成分を ($x_0, y_0, z_0, xy_0, yz_0, zx_0$)、歪成分を ($x_0, y_0, z_0, xy_0, yz_0, zx_0$) と表し、演算処理後における応力成分を (x, y, z, xy, yz, zx)、歪成分を (x, y, z, xy, yz, zx) とした。板厚は、演算処理前の値をそのまま使うこととし、弾性係数、塑性係数はプレス解析処理におけるソフトウェア P A M - S T A M P に入力した値をそのまま使用した。演算された応力や歪値はファイル出力手段により演算結果ファイルとして出力した。

【 0 0 8 4 】

スプリングバック解析処理として、上述のソフトウェア P A M - S T A M P を使用した。上記の物性値・物理量演算処理実行プログラムの出力結果を、ソフトウェア P A M - S T A M P に入力してスプリングバック解析を実施した。スプリングバック解析は、静的陰解法による弾性解析を用いた。

【 0 0 8 5 】

図 15 に示す断面 A に対する断面 B のねじれ角をスプリングバック量とした。図 19 は、演算処理を行わない場合のスプリングバック量と、演算処理を行った場合のスプリングバック量の比較を示す図である。これにより、図 18 で選択した領域への演算処理によりスプリングバック量が低減したことが明らかであり、図 18 に示す選択領域がスプリングバック発生原因部位であると特定できた。

【 0 0 8 6 】

以上に例を挙げて示したように、被加工物のスプリングバック影響度を、定量的に分析し、さらにその情報を表示して視覚的に捉えることにより、スプリングバック発生原因部位を容易に特定することが可能となる。

このように、本発明によるスプリングバック発生原因部位特定装置は、従来実際の装置を用いてスプリングバックの検討を、数値解析によりスプリングバック発生原因部位を特定できるので、成形部材の設計段階でのテスト工数及び費用を減少させるものである。また、このようなスプリングバック発生原因部位特定装置は、被加工物全般に適用されることが期待されることから、産業界において多大な利益をもたらす。

【 0 0 8 7 】

以上説明した実施形態は典型例として挙げたに過ぎず、その各実施形態の構成要素を組み合わせること、その変形及びバリエーションは当業者にとって明らかであり、当業者であれば本発明の原理及び請求の範囲に記載した発明の範囲を逸脱することなく上述の実施形態の種趣の変形を行えることは明らかである。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 8 8 】

10

20

30

40

50

【図１】従来のスプリングバックへの対応を示す成形部材の断面模式図である。

【図２】スプリングバックによる変形の発生原因となる部位を探る従来の方法を例示する斜視図である。

【図３】本発明の一実施形態によるスプリングバック発生原因部位特定装置の機能構成図を示す。

【図４】本発明例によるプレス成形解析結果の応力分布を示すコンタ図である。

【図５】本発明例による各要素の曲率を示すコンタ図である。

【図６】本発明例による曲率の大きい要素を非表示としたコンタ図である。

【図７】本発明例による曲率に基づいて領域分割したことを示す図である。

【図８】本発明例による一部の領域の応力をゼロとしたコンタ図である。

10

【図９】本発明の一実施形態による有限要素法で使用される座標系を示す図である。

【図１０】本発明の一実施形態による被加工物の領域選択の例を示す斜視図である。

【図１１】本発明の一実施形態によるスプリングバック発生原因部位特定処理のフローチャートである。

【図１２】本発明の一実施形態によるスプリングバック発生原因部位特定装置の機能構成図を示す。

【図１３】本発明の一実施形態によるスプリングバック原因部位特定処理のハードウェア構成図である。

【図１４】本発明の一実施例による被加工物の例を示す斜視図と断面図である。

【図１５】本発明の一実施例による被加工物の領域分割の例を示す斜視図である。

20

【図１６】本発明の一実施例による第１及び第２の被加工物のプレス成形後の状態量分布を示す図である。

【図１７】本発明の一実施例による第１及び第２の被加工物のプレス成形後の状態量差分を示す図である。

【図１８】本発明の一実施例による状態量差分に基づいた領域選択を示す図である。

【図１９】本発明の一実施例による演算処理を行わない場合のスプリングバック量と、演算処理を行った場合のスプリングバック量の比較を示す図である。

【符号の説明】

【００８９】

１０Ａ，１０Ｂ スプリングバック発生原因部位特定装置

30

１１ プレス成形解析部

１２ スプリングバック解析部

１４ 物性値・物理量演算処理部

１６ ファイル格納部

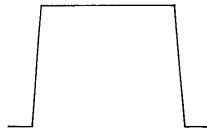
１８ 成形条件入力部

１９ スプリングバック量出力画面

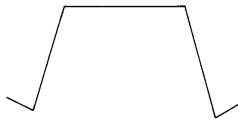
【図 1】

図 1

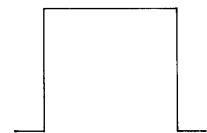
(a)



(b)



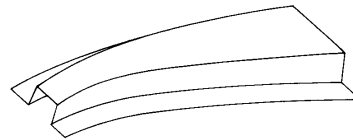
(c)



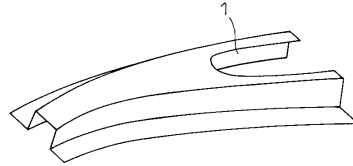
【図 2】

図 2

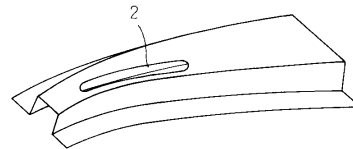
(a)



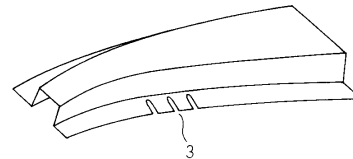
(b)



(c)

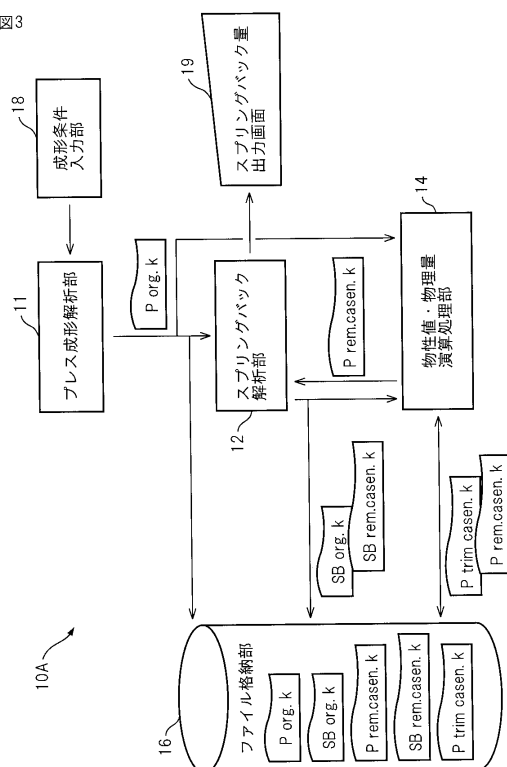


(d)



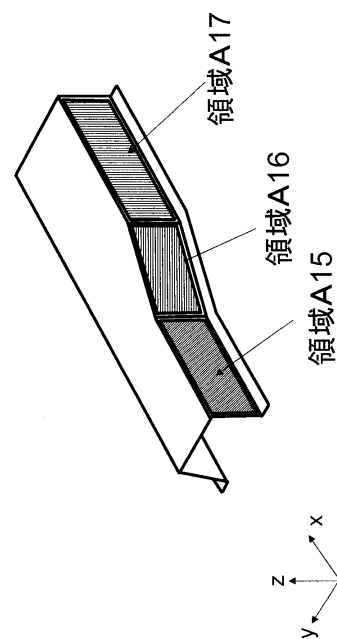
【図 3】

図 3



【図 7】

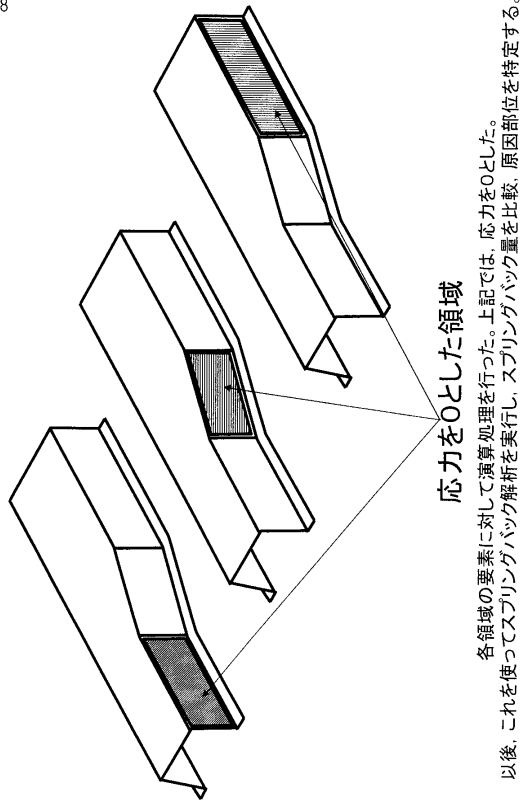
図 7



処理3の結果を使って、各領域に分割したところ
側壁の応力レベルが高いため、上記3領域を選択した

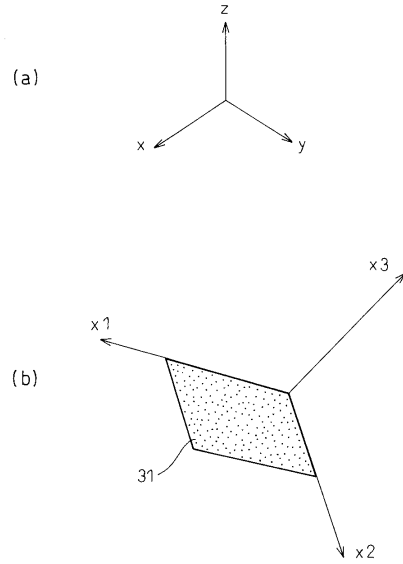
【図 8】

図8



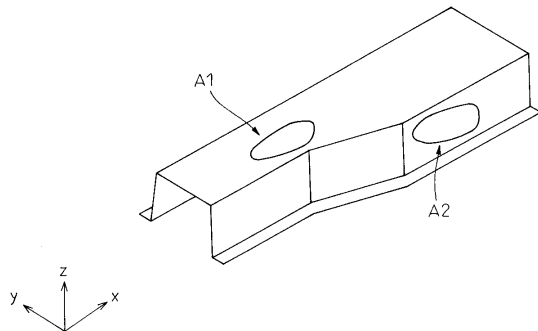
【図 9】

図9



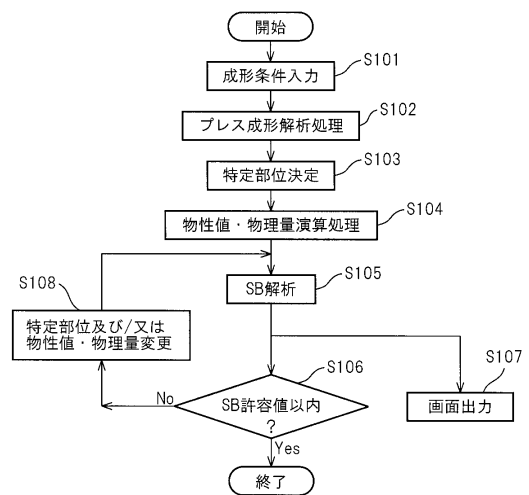
【図 10】

図10



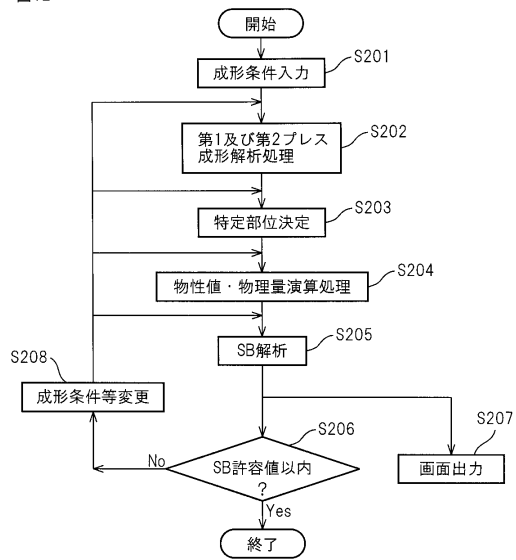
【図 11】

図11



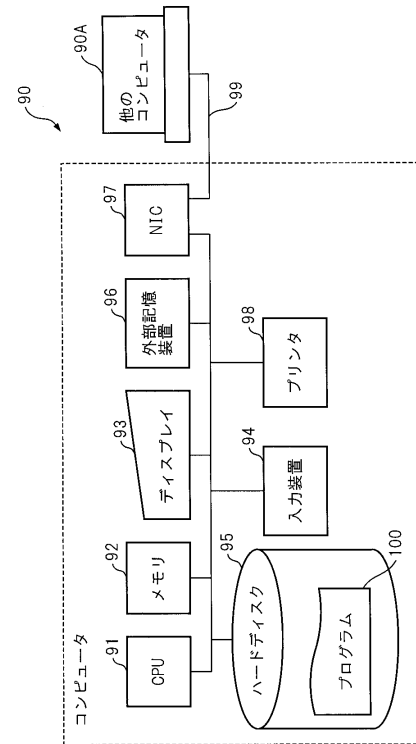
【図12】

図12



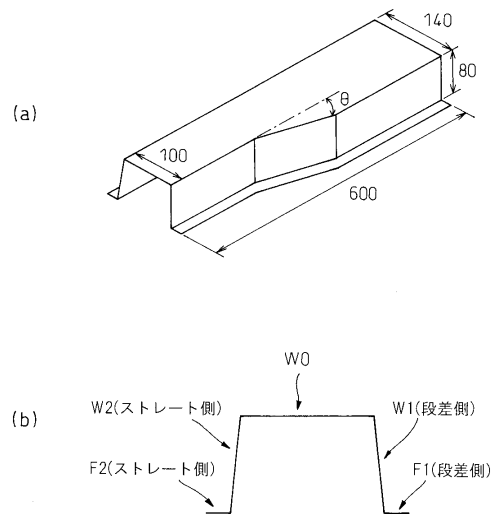
【図13】

図13



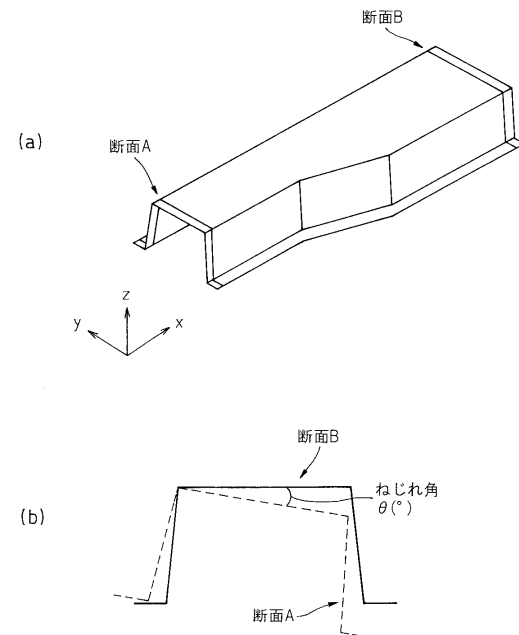
【図14】

図14



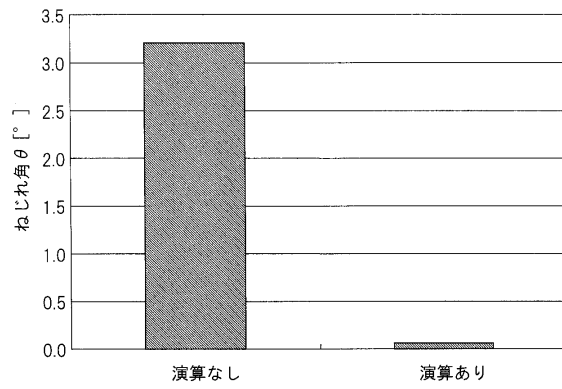
【図15】

図15



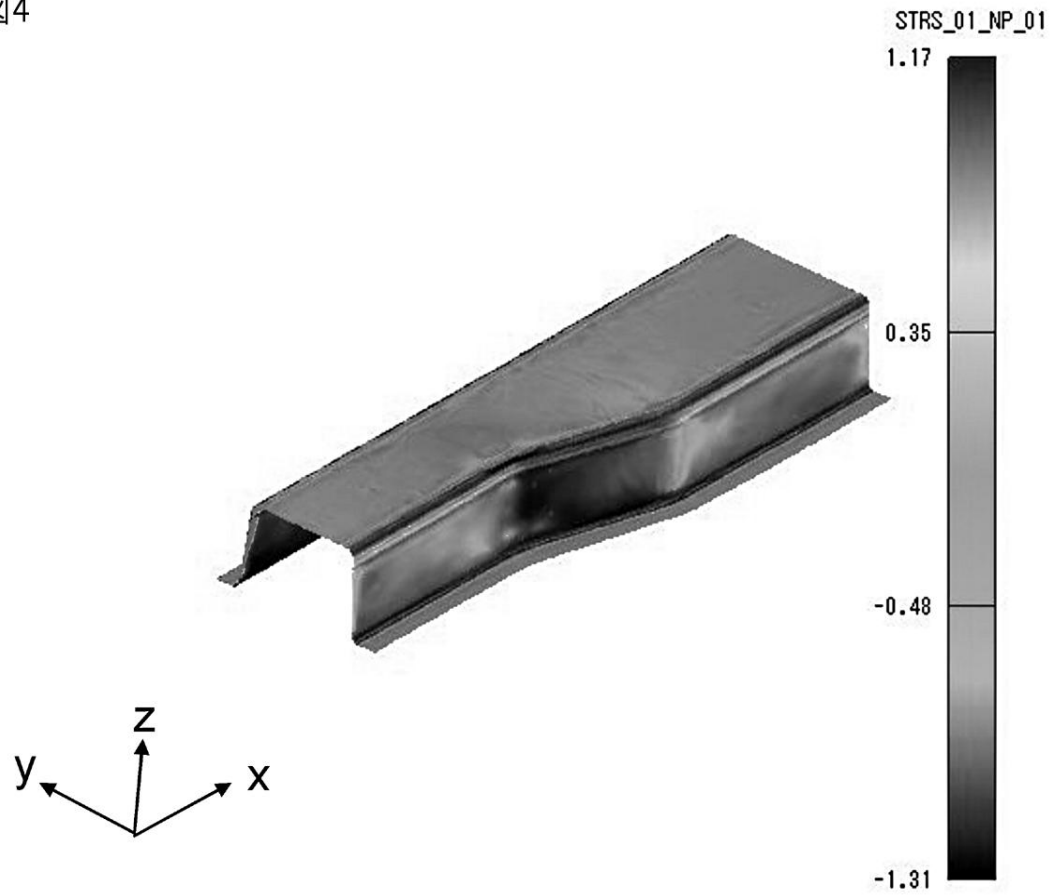
【図 19】

図 19



【図4】

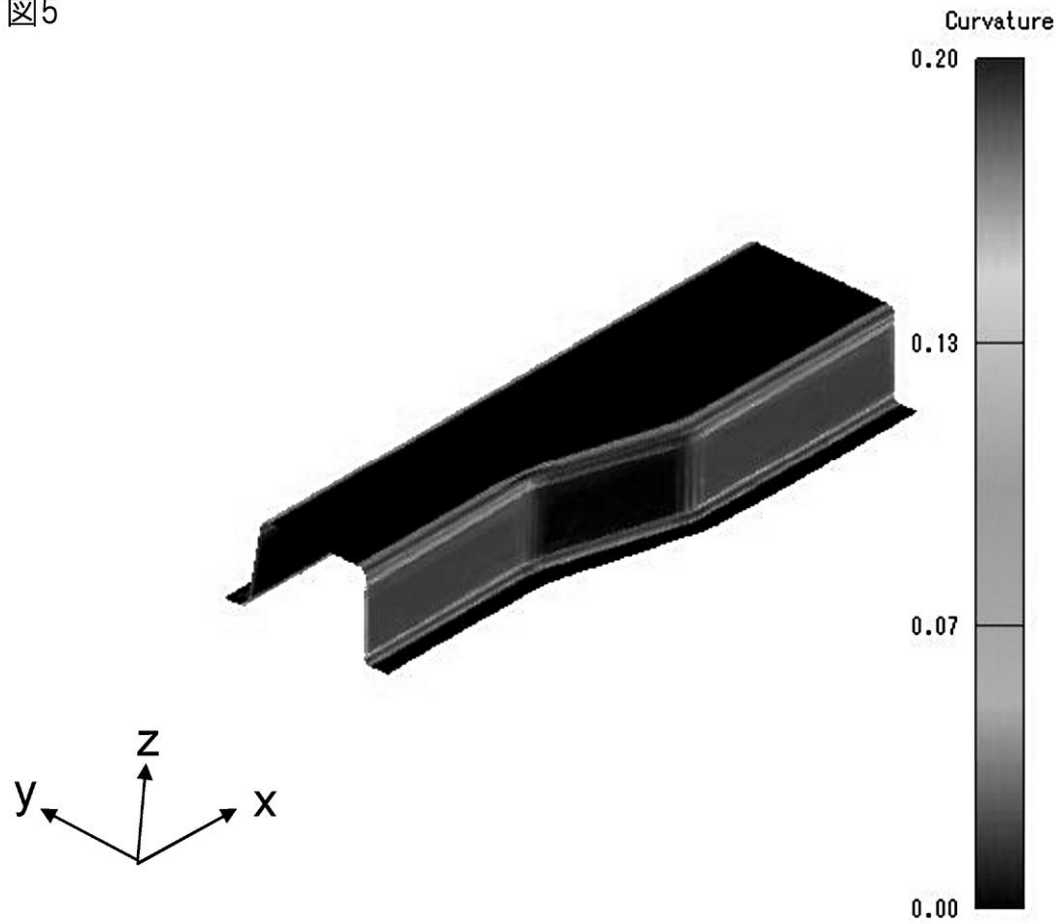
図4



プレス成形解析の結果表示図。上記は応力分布のコンタ図である。
段差側側壁の応力レベル(絶対値)が高い。

【図5】

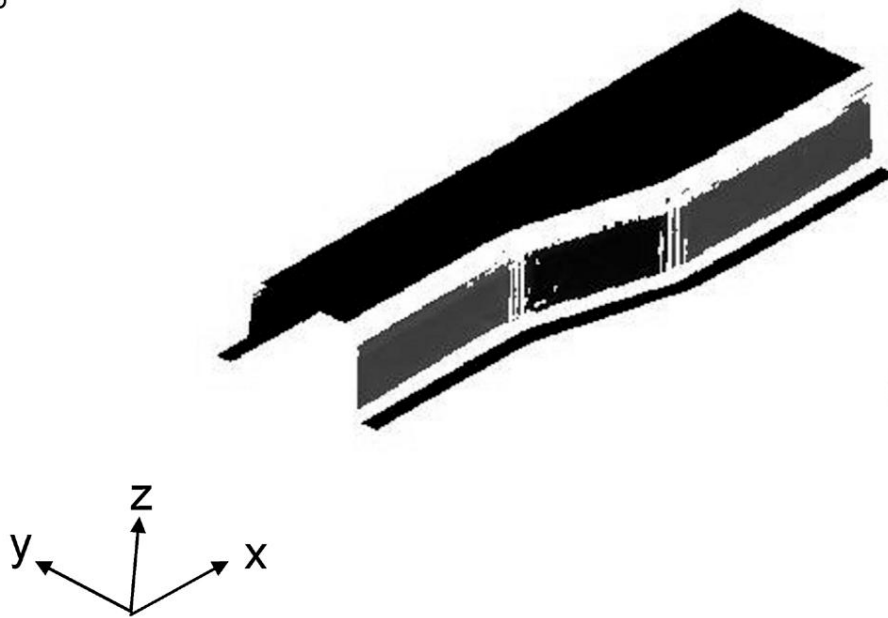
図5



プレス成形後の部材の各要素の曲率を計算・表示した。
白色～灰色が曲率の大きい箇所。

【図 6】

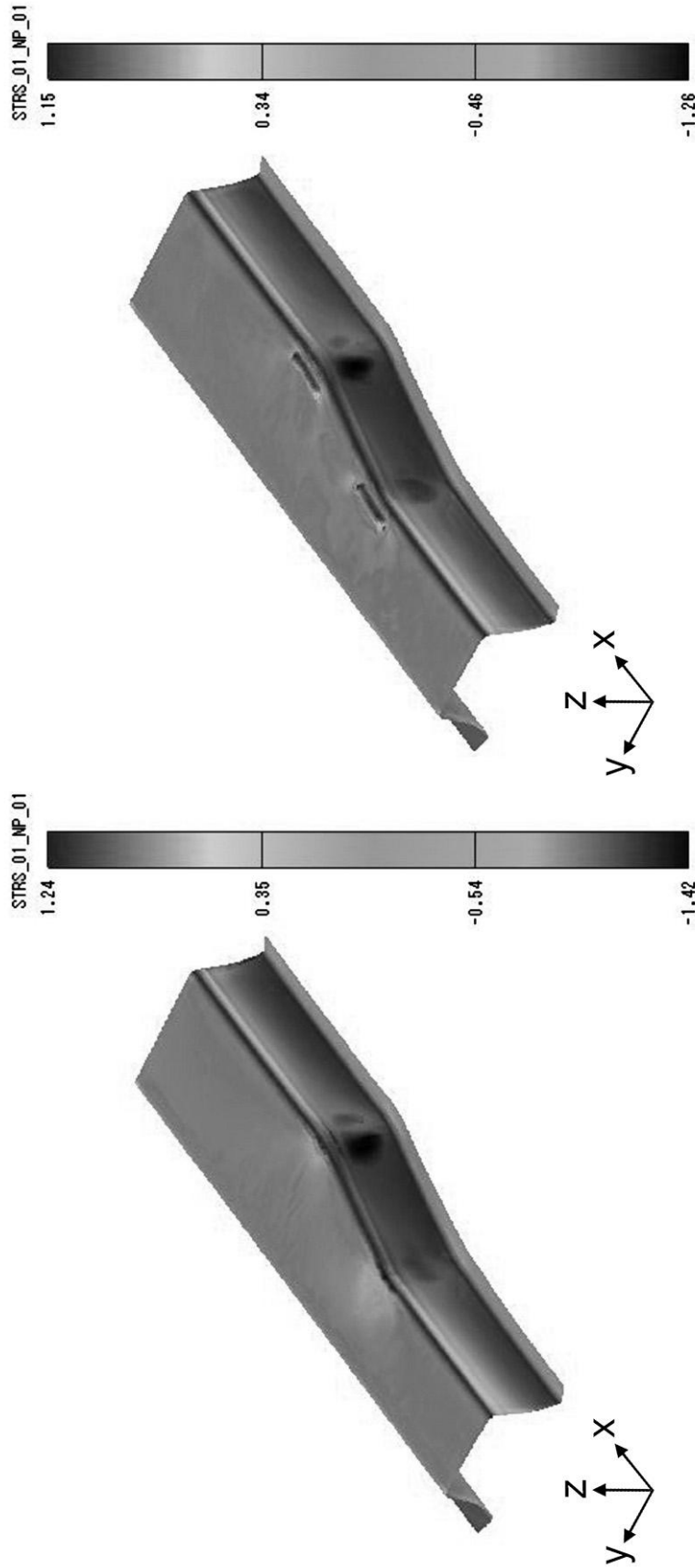
図6



曲率の大きい要素を非表示とした。
これにより、ウェブ、フランジ、側壁の各平面(領域)に分割できる。
段差側の側壁は、3領域に分割された

【図 16】

図16

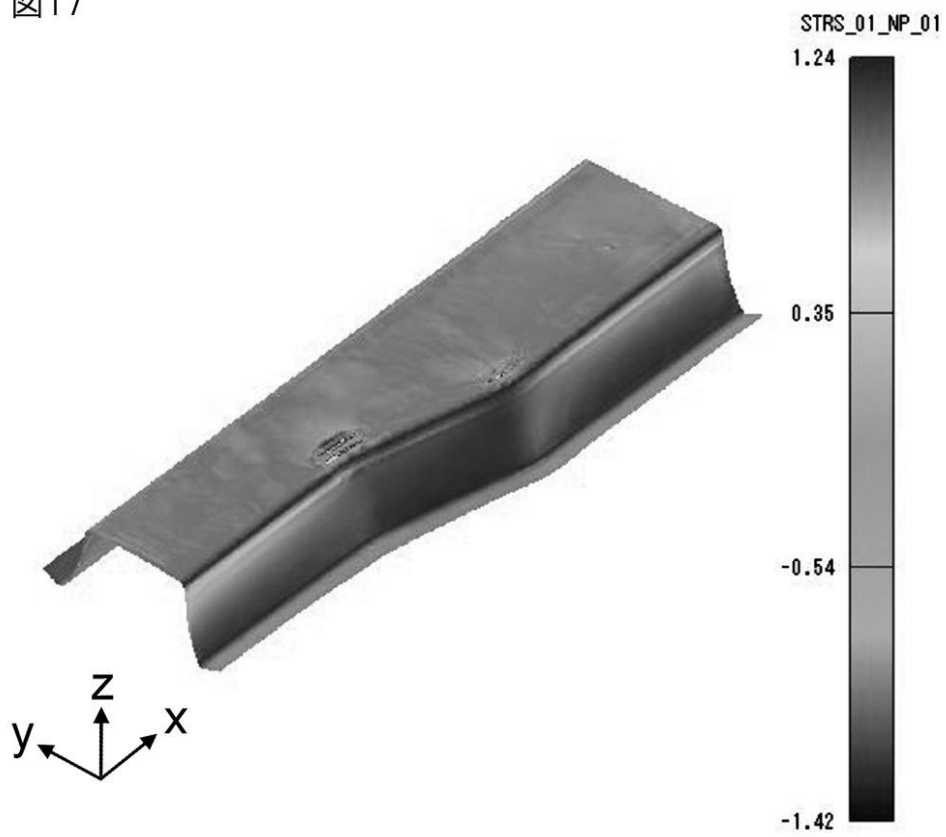


第2(形状変更後)

第1(形状変更前)

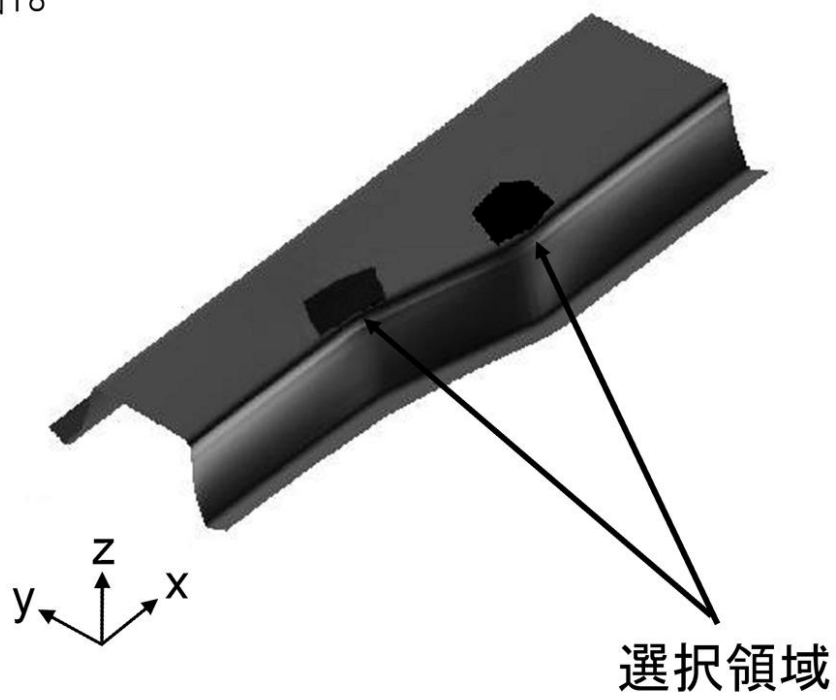
【図 17】

図17



【図 18】

図18



フロントページの続き

- (72)発明者 丹羽 俊之
千葉県富津市新富 2 0 - 1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
- (72)発明者 有賀 高
千葉県君津市君津 1 番地 新日本製鐵株式会社 君津製鐵所内
- (72)発明者 田中 康治
愛知県東海市東海町 5 - 3 新日本製鐵株式会社 名古屋製鐵所内
- (72)発明者 樋渡 俊二
千葉県富津市新富 2 0 - 1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
- (72)発明者 吉田 亨
千葉県富津市新富 2 0 - 1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
- (72)発明者 大丸 成一
千葉県富津市新富 2 0 - 1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内

審査官 宇田川 辰郎

- (56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 2 2 9 7 2 4 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 0 4 9 3 8 9 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 0 3 3 8 2 8 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 0 3 1 5 9 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B 2 1 D 2 2 / 0 0 - 2 2 / 3 0
G 0 6 F 1 7 / 5 0