

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7298564号
(P7298564)

(45)発行日 令和5年6月27日(2023.6.27)

(24)登録日 令和5年6月19日(2023.6.19)

(51)国際特許分類 F I
B 2 1 D 22/00 (2006.01) B 2 1 D 22/00

請求項の数 3 (全16頁)

(21)出願番号	特願2020-124218(P2020-124218)	(73)特許権者	000001258
(22)出願日	令和2年7月21日(2020.7.21)		J F E スチール株式会社
(65)公開番号	特開2022-20932(P2022-20932A)		東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号
(43)公開日	令和4年2月2日(2022.2.2)	(74)代理人	100127845
審査請求日	令和4年2月22日(2022.2.22)		弁理士 石川 壽彦
		(72)発明者	揚場 遼
			東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号
			J F E スチール株式会社内
		(72)発明者	藤井 祐輔
			東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号
			J F E スチール株式会社内
		(72)発明者	卜部 正樹
			東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号
			J F E スチール株式会社内
		(72)発明者	飛田 隼佑

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 プレス成形品の形状変化予測方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

天板部と該天板部から連続する縦壁部とを有して側面視で前記天板部側に凸状に湾曲した形状を含むプレス成形品について、金型から離型した瞬間にスプリングバックした後の時間経過に伴う応力緩和による形状変化を予測するプレス成形品の形状変化予測方法であって、

前記プレス成形品のスプリングバック解析により、スプリングバックした直後の前記プレス成形品の形状及び残留応力を取得するスプリングバック直後の形状・残留応力取得工程と、

スプリングバックした直後の前記プレス成形品の少なくとも前記天板部に対し、スプリングバックした直後の残留応力よりも絶対値が5%～20%緩和減少した残留応力の値を設定する残留応力緩和減少設定工程と、

残留応力の値を緩和減少設定した前記プレス成形品について力のモーメントが釣り合う形状を求める残留応力緩和形状解析工程と、を含むことを特徴とするプレス成形品の形状変化予測方法。

【請求項 2】

天板部と該天板部から連続する縦壁部と該縦壁部から連続するフランジ部とを有して側面視で前記天板部側に凸状に湾曲した形状を含むプレス成形品について、金型から離型した瞬間にスプリングバックした後の時間経過に伴う応力緩和による形状変化を予測するプレス成形品の形状変化予測方法であって、

10

20

前記プレス成形品のスプリングバック解析により、スプリングバックした直後の前記プレス成形品の形状及び残留応力を取得するスプリングバック直後の形状・残留応力取得工程と、

スプリングバックした直後の前記プレス成形品の少なくとも前記天板部及びノ又は前記フランジ部に対し、スプリングバックした直後の残留応力よりも絶対値が5%～20%緩和減少した残留応力の値を設定する残留応力緩和減少設定工程と、

残留応力の値を緩和減少設定した前記プレス成形品について力のモーメントが釣り合う形状を求める残留応力緩和形状解析工程と、を含むことを特徴とするプレス成形品の形状変化予測方法。

【請求項3】

前記プレス成形品のプレス成形に供するブランクは、引張強度が150MPa級以上2000MPa級以下の金属板であることを特徴とする請求項1又は2に記載のプレス成形品の形状変化予測方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プレス成形品の形状変化予測方法に関し、特に、天板部と縦壁部とを有して側面視で前記天板部側に凸状に湾曲した形状を含むプレス成形品について、金型から離型してスプリングバックした後の時間経過に伴って生じる形状変化を予測するプレス成形品の形状変化予測方法に関する。

【背景技術】

【0002】

プレス成形は金属部品を低コストかつ短時間に製造することができる製造方法であり、多くの自動車部品の製造に用いられている。近年では、自動車の衝突安全性と車体の軽量化を両立するため、より高強度な金属板が自動車部品のプレス成形に利用されている。

【0003】

高強度な金属板をプレス成形する場合の主な課題の一つにスプリングバックによる寸法精度の低下がある。プレス成形により金属板を変形させる際にプレス成形品に発生した残留応力が駆動力となり、金型から離型したプレス成形品がプレス成形前の金属板の形状にバネのように瞬間的に戻ろうとする現象をスプリングバックと呼ぶ。

【0004】

プレス成形時に発生する残留応力は高強度な金属板（例えば、高張力鋼板）ほど大きくなるため、スプリングバックによる形状変化も大きくなる。したがって高強度な金属板ほどスプリングバック後の形状を規定の寸法内におさめることが難しくなる。そこでスプリングバックによるプレス成形品の形状変化を精度良く予測する技術が重要となる。

【0005】

スプリングバックによる形状変化の予測には、有限要素法によるプレス成形シミュレーションの利用が一般的である。当該プレス成形シミュレーションにおける手順としては、まず、金属板を成形下死点までプレス成形する過程のプレス成形解析を行い、プレス成形下死点での残留応力を予測する第1段階（例えば特許文献1）と、金型から離型した（取り出した）プレス成形品がスプリングバックにより形状が変化する過程のスプリングバック解析を行い、離型したプレス成形品における力のモーメントと残留応力との釣り合いがとれる形状を予測する第2段階（例えば特許文献2）に分けられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特許5795151号公報

特許5866892号公報

特開2013-113144号公報

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】**【0007】**

これまでに、前述した第1段階のプレス成形解析と第2段階のスプリングバック解析とを統合したプレス成形シミュレーションを行うことにより、金型から離型してスプリングバックしたプレス成形品の形状が予測されてきた。

しかしながら、発明者らは、プレス成形シミュレーションにより予測されたプレス成形品の形状と実際にプレス成形されたプレス成形品の形状とを比較した際、プレス成形シミュレーションによる形状予測精度が低くなるプレス成形品があることに気づいた。

【0008】

そこで、プレス成形シミュレーションによる形状予測精度が低くなるプレス成形品とその原因を調査したところ、一例として図8に示すような、天板部3と縦壁部5とフランジ部7とを有してなる断面ハット形状であり、側面視で天板部3側に凸状に湾曲したプレス成形品1においては、離型して数日経過した後では、プレス成形品1における長手方向の端部側が天板部3側に変形（以下、このような変形を「キャンパーバック」という。）が生じてしまい、プレス成形直後と数日経過後とではプレス成形品1の形状が異なることを発見した。

10

【0009】

このようなプレス成形品の時間単位の経過に伴う経時変化は、クリープ現象のように外部から高い荷重を受け続ける構造部材が徐々に変形する現象（例えば、特許文献3）と類似しているように思われるが、外部から荷重を受けていないプレス成形品において起こる形状の変化はこれまでに知られていなかった。

20

【0010】

さらに、従来のプレス成形シミュレーションにおける第2段階（スプリングバック解析）は、金型から取り出した瞬間に生じるスプリングバックした直後のプレス成形品の形状を予測するものである。そのため、本願が目的とするスプリングバックしたプレス成形品について、例えば数日経過した後の形状変化を予測することに関しては、これまでに何ら検討されていなかった。

その上、スプリングバックしたプレス成形品の時間単位の経過による形状変化は、前述したように、外部からの荷重を受けずに生じるものである。そのため、プレス成形品の時間単位の経過による形状変化の予測を試みたとしても、クリープ現象による形状変化を取り扱う解析手法を適用することはできなかった。

30

【0011】

本発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、側面視で凸状に湾曲したプレス成形品について、金型から離型した瞬間にスプリングバックした後の時間単位の経過による前記プレス成形品の形状変化を予測するプレス成形品の形状変化予測方法を提案することを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0012】**

(1) 本発明に係るプレス成形品の形状変化予測方法は、天板部と該天板部から連続する縦壁部とを有して側面視で前記天板部側に凸状に湾曲した形状を含むプレス成形品について、金型から離型した瞬間にスプリングバックした後の時間経過に伴う応力緩和による形状変化を予測するものであって、

40

前記プレス成形品のスプリングバック解析により、スプリングバックした直後の前記プレス成形品の形状及び残留応力を取得するスプリングバック直後の形状・残留応力取得工程と、

スプリングバックした直後の前記プレス成形品の少なくとも前記天板部に対し、スプリングバックした直後の残留応力よりも緩和減少した残留応力の値を設定する残留応力緩和減少設定工程と、

残留応力の値を緩和減少設定した前記プレス成形品について力のモーメントが釣り合う形状を求める残留応力緩和形状解析工程と、を含むことを特徴とするものである。

50

【 0 0 1 3 】

(2) 本発明に係るプレス成形品の形状変化予測方法は、天板部と該天板部から連続する縦壁部と該縦壁部から連続するフランジ部とを有して側面視で前記天板部側に凸状に湾曲した形状を含むプレス成形品について、金型から離型した瞬間にスプリングバックした後の時間経過に伴う応力緩和による形状変化を予測するものであって、

前記プレス成形品のスプリングバック解析により、スプリングバックした直後の前記プレス成形品の形状及び残留応力を取得するスプリングバック直後の形状・残留応力取得工程と、

スプリングバックした直後の前記プレス成形品の少なくとも前記天板部及び / 又は前記フランジ部に対し、スプリングバックした直後の残留応力よりも緩和減少した残留応力の値を設定する残留応力緩和減少設定工程と、

残留応力の値を緩和減少設定した前記プレス成形品について力のモーメントが釣り合う形状を求める残留応力緩和形状解析工程と、を含むことを特徴とするものである。

【 0 0 1 4 】

(3) 上記 (1) 又は (2) に記載のものにおいて、

前記残留応力緩和減少設定工程において、スプリングバックした直後の残留応力よりも 5% 以上緩和減少した残留応力の値を設定することを特徴とするものである。

【 0 0 1 5 】

(4) 上記 (1) 乃至 (3) のいずれかに記載のものにおいて、

前記プレス成形品のプレス成形に供するブランクは、引張強度が 150MPa 級以上 2000MPa 級以下の金属板であることを特徴とするものである。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 6 】

本発明においては、天板部と該天板部から連続する縦壁部とを有して側面視で前記天板部側に凸状に湾曲した形状を含むプレス成形品について、該プレス成形品のスプリングバック解析により、スプリングバックした直後の前記プレス成形品の形状及び残留応力を取得するスプリングバック直後の形状・残留応力取得工程と、該取得したスプリングバックした直後のプレス成形品の少なくとも前記天板部に対し、スプリングバックした直後の残留応力よりも緩和減少した残留応力の値を設定する残留応力緩和減少設定工程と、前記残留応力の値を緩和減少設定した前記プレス成形品について力のモーメントが釣り合う形状を求める残留応力緩和形状解析工程と、を含むことにより、金型から離型してスプリングバックした後の時間経過に伴う前記プレス成形品の形状変化を精度良く予測することができる。その結果、自動車部品や車体等の製造工程において、従来よりさらに寸法精度の優れたプレス成形品を得て、製造能率を大幅に向上できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 7 】

【 図 1 】 本発明の実施の形態に係るプレス成形品の形状変化予測方法の処理の流れを示すフロー図である。

【 図 2 】 本発明の実施の形態及び実施例 1 で対象とした側面視で凸状に湾曲したハット型断面形状のプレス成形品を示す斜視図である。

【 図 3 】 ひずみを付与した後に一定に保持した状態で時間の経過とともに応力が緩和して減少する応力緩和減少を説明する図である。

【 図 4 】 側面視で凸状に湾曲したハット型断面形状のプレス成形品の天板部及びフランジ部における応力緩和による形状変化を説明する図である ((a) プレス成形直後の成形下死点、 (b) スプリングバック直後、 (c) 時間経過後) 。

【 図 5 】 実施例 2 で対象としたコ字型断面形状のプレス成形品と、該プレス成形品をプレス成形しスプリングバックした後に生じる形状変化 (キャンパーバック) を説明する斜視図である。

【 図 6 】 実施例 3 で対象とした Z 字型断面形状のプレス成形品と、該プレス成形品をプレス成形しスプリングバックした後に生じる形状変化 (キャンパーバック) を説明する斜視

10

20

30

40

50

図である。

【図 7】実施例 4 で対象としたプレス成形品を示す図である（（ a ）上面図、（ b ）斜視図）。

【図 8】側面視で凸状に湾曲したハット型断面形状のプレス成形品をプレス成形しスプリングバックした後に生じる形状変化（キャンパーバック）を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 8 】

< 発明に至るまでの検討 >

発明者らは、前述の課題を解決するために、図 2 に一例として示すプレス成形品 1 について、金型から離型した瞬間にスプリングバックした後のさらなる時間経過に伴う応力緩和による形状変化を予測する手法を確立するために、その前段階として、プレス成形品 1 の形状が時間経過に伴って変化する原因について検討した。

10

【 0 0 1 9 】

検討の対象としたプレス成形品 1 は、図 2 に一例を示すように、天板部 3 と縦壁部 5 と、縦壁部 5 とフランジ部 7 とを有してなるハット型断面形状であり、天板部 3 と縦壁部 5 とはパンチ肩部 9 を介して連続し、縦壁部 5 とフランジ部 7 とはダイ肩部 11 を介して連続する。

【 0 0 2 0 】

そして、このようなプレス成形品 1 について上記を検討した結果、発明者らは、図 3 の応力 ひずみ線図に示すように、ひずみを付与した後に一定に保持したまま時間の経過とともに応力が徐々に緩和する応力緩和現象に着目した。そして、スプリングバックした後のプレス成形品 1 においても、天板部 3 とフランジ部 7 の残留応力が時間の経過とともに徐々に緩和されることで、プレス成形品 1 の力のモーメントと釣り合う形状が変化することを突き止めた。

20

【 0 0 2 1 】

プレス成形品 1 における残留応力の緩和による形状変化について、図 4 に示す模式図を用いて説明する。

【 0 0 2 2 】

プレス成形品 1 のプレス成形において、金属板（ブランク）は図 2 に示すように側面視で凸状に湾曲した形状に曲げられるため、成形下死点では、図 4（ a ）に示すように、側面視において曲げ外側となる天板部 3 では引張応力が、曲げ内側となるフランジ部 7 では圧縮応力が発生する。

30

【 0 0 2 3 】

次に、金型からプレス成形品 1 を取り外すと、プレス成形時に発生した残留応力を駆動力としてスプリングバックが生じ、前述した図 8 に示すようなキャンパーバックが発生する。このキャンパーバックによって、プレス成形品 1 は、湾曲の曲率半径が大きくなる形状に変形する。そして、図 4（ b ）に示すように、離型したプレス成形品 1 は、成形下死点における残留応力（図 4（ a ））とは逆向きの残留応力が発生した状態でのモーメントが釣り合うような形状となる。なお、図 4（ b ）中の破線は、成形下死点におけるプレス成形品 1 の形状（図 4（ a ））である。

40

【 0 0 2 4 】

その後、天板部 3 における圧縮応力とフランジ部 7 における引張応力は、図 4（ b ）から図 4（ c ）に示すように、時間経過とともに外部からの強制を受けないまま緩和して減少する。これにより、力のモーメントと釣り合う形状が変化するため、プレス成形品 1 においてはさらにキャンパーバックが発生し、成形下死点形状からの乖離はさらに増加する。なお、図 4（ c ）中の破線は、スプリングバック直後のプレス成形品 1 の形状（図 4（ b ））である。

【 0 0 2 5 】

すなわち、成形下死点までプレス成形したプレス成形品 1 は、金型から離型して瞬間的にスプリングバックすると、その時点でのプレス成形品 1 に残留応力が生じるが、時間の

50

経過に伴って残留応力は緩和されて減少し、湾曲外側の天板部 3 の残留応力と湾曲内側のフランジ部 7 の残留応力の差も減少する。その結果、プレス成形品 1 においては、スプリングバック直後の形状よりもさらに小さな残留応力で釣り合った形状へと変形する。

【 0 0 2 6 】

このように、側面視で天板部 3 側に凸状に湾曲した形状のプレス成形品 1 においては、プレス成形した後のさらなる時間の経過に伴って残留応力が緩和することに起因して、湾曲の両端側が湾曲の外側へと移動するキャンパーバックが発生し、成形下死点からさらに乖離した形状になるという知見が得られた。

【 0 0 2 7 】

そこで、発明者らは、上記の新たな知見に基づいて、例えば、図 2 に示すようなプレス成形品 1 のスプリングバックした後の時間経過に伴う応力緩和による形状変化を予測する方法について検討をすすめた。その結果、前述したプレス成形シミュレーションの第 2 段階（スプリングバック解析）で得られるスプリングバックした直後のプレス成形品 1 の少なくとも天板部 3 及び / 又はフランジ部 7 の残留応力を緩和させ、プレス成形品 1 の力のモーメントと釣り合う形状を求める第 3 段階の解析をさらに行うことで、前述したようなプレス成形品 1 の時間経過に伴う形状変化（キャンパーバック）を予測できるということを見出した。

【 0 0 2 8 】

さらに、当該形状変化予測方法によれば、図 2 に示すようなハット型断面形状のプレス成形品 1 に限らず、天板部と該天板部から連続する縦壁部とを有して側面視で天板部側に凸状に湾曲した形状を含むプレス成形品についても、スプリングバックした後の時間経過に伴う天板部の残留応力の緩和減少によるキャンパーバックを予測できるという知見が得られた。

【 0 0 2 9 】

本発明は、このような検討及び知見に基づいてなされたものであり、以下に具体的な構成の一例を説明する。

【 0 0 3 0 】

< プレス成形品の形状変化予測方法 >

本発明の実施の形態に係るプレス成形品の形状変化予測方法は、一例として図 2 に示すように、天板部 3 と天板部 3 から連続する縦壁部 5 と縦壁部 5 から連続するフランジ部 7 とを有するハット型断面形状であり側面視で天板部 3 側に凸状に湾曲した形状を含むプレス成形品 1 について、金型から離型した瞬間にスプリングバックした後の時間経過に伴う応力緩和による形状変化を予測するものであって、図 1 に示すように、スプリングバック直後の形状・残留応力取得工程 S 1 と、残留応力緩和減少設定工程 S 3 と、残留応力緩和形状解析工程 S 5 と、を備えるものである。以下、上記の各工程について説明する。

【 0 0 3 1 】

スプリングバック直後の形状・残留応力取得工程

スプリングバック直後の形状・残留応力取得工程 S 1 は、プレス成形品 1 のスプリングバック解析により、スプリングバックした直後のプレス成形品 1 の形状及び残留応力を取得する工程である。

【 0 0 3 2 】

スプリングバックした直後のプレス成形品 1 の形状及び残留応力を取得する具体的な処理の一例としては、実際のプレス成形品 1 のプレス成形に用いる金型をモデル化した金型モデルを用いて、金属板を成形下死点までプレス成形する過程のプレス成形解析を行い、成形下死点におけるプレス成形品 1 を求める第 1 段階と、該求めた成形下死点におけるプレス成形品 1 を金型モデルから離型した後のプレス成形品 1 の力のモーメントの釣り合いが取れる形状及び残留応力を求めるスプリングバック解析を行う第 2 段階と、を有する有限要素法によるプレス成形シミュレーションが挙げられる。

【 0 0 3 3 】

残留応力緩和減少設定工程

10

20

30

40

50

残留応力緩和減少設定工程 S 3 は、スプリングバック直後の形状・残留応力取得工程 S 1 において取得したスプリングバックした直後のプレス成形品 1 の少なくとも天板部 3 及び / 又はフランジ部 7 に対し、その残留応力よりも緩和減少させた残留応力の値を設定する工程である。

【 0 0 3 4 】

残留応力緩和減少設定工程 S 3 における残留応力とは、スプリングバックした直後のプレス成形品 1 に残留する引張応力及び圧縮応力のことをいう。

さらに、残留応力緩和減少設定工程 S 3 において残留応力を緩和減少させた残留応力の値を設定するとは、スプリングバックした直後のプレス成形品 1 に残留する引張応力（正の値）及び圧縮応力（負の値）の絶対値を緩和減少させることをいう。

10

【 0 0 3 5 】

残留応力緩和形状解析工程

残留応力緩和形状解析工程 S 5 は、残留応力緩和減少設定工程 S 3 で残留応力を緩和減少設定したプレス成形品 1 について力のモーメントが釣り合う形状を求める解析を行う工程である。

【 0 0 3 6 】

残留応力緩和形状解析工程 S 5 における解析には、スプリングバック直後の形状・残留応力取得工程 S 1 におけるスプリングバック解析と同様の解析手法を適用することにより、残留応力を緩和減少した後のプレス成形品 1 の形状を得ることができる。

【 0 0 3 7 】

20

このように、本実施の形態に係るプレス成形品の形状変化予測方法によれば、スプリングバック解析により取得した、スプリングバックした直後のプレス成形品 1 の少なくとも天板部及び / 又はフランジ部に対し、その残留応力よりも緩和減少した残留応力の値を設定し、該残留応力の値を緩和減少設定したプレス成形品 1 について力のモーメントと釣り合う形状を求める解析を行うことで、実際のプレス成形品 1 における時間経過による応力緩和と形状変化を模擬し、金型から離型してスプリングバックした後のプレス成形品 1 の時間経過に伴う形状変化（キャンバーバック）を予測することができる。

【 0 0 3 8 】

なお、上記の説明において、残留応力緩和減少設定工程 S 3 は、プレス成形品 1 における少なくとも天板部 3 及び / 又はフランジ部 7 に対し、それら各部位の残留応力を緩和減少させた残留応力の値を設定するものであった。

30

【 0 0 3 9 】

もっとも、本発明は、プレス成形品 1 における天板部 3 やフランジ部 7 以外の他の部位に対しても残留応力を緩和減少させるものであってもよいし、プレス成形品 1 の全部に対して残留応力を緩和減少させた値を設定してもよい。

さらには、天板部 3 やフランジ部 7 等の部位ごとに残留応力を緩和減少させる割合や値を変えてもよい。

【 0 0 4 0 】

また、上記の説明は、ハット型断面形状のプレス成形品 1 を対象としたものであったが、本発明は、天板部と該天板部から連続する縦壁部とを有し側面視で前記天板部側に凸状に湾曲した形状を含むプレス成形品であれば適用することができる。このようなプレス成形品としては、図 5 に例示するような天板部 2 3 と天板部 2 3 から連続する縦壁部 2 5 とを有してなるコ字型断面形状のプレス成形品 2 1 や L 字型断面形状のプレス成形品（図示なし）、図 6 に例示するような、天板部 3 3 と天板部 3 3 から連続する縦壁部 3 5 と縦壁部 3 5 から連続するフランジ部 3 7 とを有してなる Z 字型断面形状のプレス成形品 3 1、等が挙げられる。

40

【 0 0 4 1 】

なお、上記の説明は、長手方向の全長にわたって側面視で凸状に湾曲した形状のプレス成形品を対象とするものであったが、本発明は、側面視で凸状に湾曲した形状の部位を有するプレス成形品であればよく、例えば、湾曲した湾曲部と、該湾曲部の湾曲の端から長

50

手方向の外方の両側又は片側に直線状に延出する辺部とを含むプレス成形品を対象とすることができる。

【0042】

また、本発明は、残留応力緩和減少設定工程において、スプリングバックした直後の残留応力よりも5%以上緩和減少させることにより、時間経過した後の形状変化を良好に予測できて好ましい。

【0043】

なお、様々な形状のプレス成形品に本発明を適用し、残留応力を緩和減少させる割合を変化させて形状変化を予測したときの精度については、後述する実施例1～実施例4にて検証した。

【0044】

また、本発明に係るプレス成形品の形状変化予測方法において、プレス成形に供するブランク（金属板）や、プレス成形品の形状、種類には特に制限はないが、プレス成形品の残留応力が高くなる金属板を用いてプレス成形した自動車部品に対してより効果がある。

【0045】

具体的には、ブランクの板厚については、0.5mm以上4.0mm以上であることが好ましい。

また、ブランクの引張強度については、150MPa級以上2000MPa級以下であることが好ましく、440MPa級以上1470MPa級以下であることがより好ましい。

【0046】

引張強度が150MPa級未満の金属板は、プレス成形品に利用されることが少ないため、本発明に係るプレス成形品の形状変化予測方法を用いる利点が少ない。引張強度150MPa級以上の金属板を用いた自動車の外板部品等の剛性が低いものについては、残留応力の変化による形状変化を受けやすいため、本発明を適用する利点が多くなるので本発明を好適に適用できる。

【0047】

一方、引張強度が2000MPa級を超える金属板は延性が乏しいため、例えば、図2に示すようなハット型断面形状のプレス成形品1のプレス成形過程においてはパンチ肩部9やダイ肩部11で割れが発生しやすく、プレス成形することができない場合がある。

【0048】

さらに、プレス成形品の種類としては、フロントピラーアッパーやルーフレール等の骨格部品といった自動車部品を対象とすることが好ましいが、側面視で天板部側に凸状に湾曲した形状を含み、プレス成形した後の時間経過によりキャンパーバックが発生する自動車部品であれば本発明を広く用いることができる。

【0049】

なお、本発明で対象とするプレス成形品のプレス工法についても、曲げ成形、フォーム成形又はドロ－成形等、特に問わない。

【実施例1】

【0050】

<ハット型断面形状のプレス成形品>

実施例1では、まず、金属板として以下の表1に一例を示す機械的特性を持つ鋼板Aを用い、図2に示す、側面視で凸状に湾曲したハット型断面形状のプレス成形品1のプレス成形を行った。プレス成形品1の成形下死点形状は、湾曲の曲率半径を170mm、プレス成形方向における縦壁部5の縦壁高さを40mmとした。

【0051】

【表1】

	板厚/mm	降伏強度/MPa	引張強度/MPa	伸び/%
鋼板A	1.6	880	1210	13

10

20

30

40

50

【 0 0 5 2 】

そして、成形下死点までプレス成形したプレス成形品 1 を金型から離型し、2 日経過した後のプレス成形品 1 の形状を測定した。

【 0 0 5 3 】

次に、プレス成形品 1 の形状変化を予測する解析を行った。

解析では、まず、プレス成形に用いる金型をモデル化した金型モデルを用いて、鋼板 A を成形下死点までプレス成形する過程のプレス成形解析を行い、成形下死点におけるプレス成形品 1 の残留応力を求めた。

【 0 0 5 4 】

続いて、成形下死点におけるプレス成形品 1 を金型モデルから離型した直後のプレス成形品 1 の形状及び残留応力を求めるスプリングバック解析を行った。

【 0 0 5 5 】

さらに、スプリングバック解析により求めた、スプリングバックした直後のプレス成形品 1 の天板部 3 及びノ又はフランジ部 7 に対し、残留応力の絶対値を所定の割合低下させた残留応力の値を設定した。

そして、残留応力を低下させたプレス成形品 1 について力のモーメントが釣り合う形状を求める解析を行った。

【 0 0 5 6 】

実施例 1 では、スプリングバック解析により取得したプレス成形品 1 の天板部、又は、天板部 3 及びフランジ部 7 に対し、スプリングバックした直後の残留応力を所定の割合（残留応力の緩和率）で低下した残留応力の値を設定したものを発明例 1 ~ 発明例 3 とした。

【 0 0 5 7 】

また、比較対象として、発明例 1 ~ 発明例 3 と同様にプレス成形品 1 のプレス成形解析及びスプリングバック解析を行い、力のモーメントが釣り合う形状を求める解析を行わなかったものを比較例 1、あるいは、スプリングバック解析を行った後、プレス成形品 1 に天板部 3 及びフランジ部 7 のいずれについても残留応力を低下させずに力のモーメントが釣り合う形状を求める解析を行ったものを比較例 2 とした。

【 0 0 5 8 】

発明例 1 ~ 発明例 3 及び比較例 1、比較例 2 のそれぞれについて、プレス成形品 1 の天板部 3 における長手方向先端（評価点 a）における成形下死点でのプレス成形品 1 の形状からの成形高さ方向の乖離量を算出した。

表 2 に、発明例 1 ~ 発明例 3 及び比較例 1、比較例 2 において残留応力の緩和率と評価点 a の乖離量の結果をまとめて示す。

【 0 0 5 9 】

【表 2】

実施例	残留応力の緩和率 /%		評価点aの乖離量		
	天板部	フランジ部	予測値 D_c /mm	実験値(2日経過) D_e と 予測値 D_c の差分 /mm	実験値(2日経過) D_e に 対する予測値 D_c の 誤差 /%
比較例1	-	-	21.9	3.5	13.8
比較例2	0	0	↑	↑	↑
発明例1	5	0	23.9	1.5	5.9
発明例2	10	10	25.1	0.3	1.2
発明例3	20	20	25.8	-0.4	-1.6

【 0 0 6 0 】

表 2 において、予測値 D_c は、発明例 1 ~ 発明例 3 及び比較例 1 ~ 比較例 2 における評価点 a の乖離量、実験値 D_e は、実際にプレス成形したプレス成形品 1 の 2 日経過した後の評価点 a の乖離量（= 25.4 mm）である。また、実験値に対する予測値の差分及び誤差は、

それぞれ、下式により算出したものである。

$$\text{実験値と予測値との差分(mm)} = D_e - D_c \quad \dots (1)$$

$$\text{予測値の誤差(\%)} = (D_e - D_c) \div D_e \times 100 \quad \dots (2)$$

【0061】

比較例1と比較例2における評価点aの乖離量は等しく、実験値と予測値との差分は3.5mm、予測値の誤差は13.8%であった。

【0062】

発明例1は、天板部3に対して残留応力を5%低下させた残留応力の値を設定したものであり、実験値と予測値との差分は1.5mm、予測値の誤差は5.9%となり、比較例1及び比較例2と比べて改善した。

発明例2は、天板部3及び縦壁部5に対してそれらの残留応力をそれぞれ10%低下させた残留応力の値を設定したものであり、実験値と予測値との差分は0.3mm、予測値の誤差は1.2%となり、比較例1及び比較例2と比べて改善し、発明例1よりも良好な結果であった。

発明例3は、天板部3及び縦壁部5に対してそれらの残留応力をそれぞれ20%低下させた残留応力の値を設定したものであり、実験値と予測値との差分は-0.4mm、予測値の誤差は-1.6%となり、いずれも負の値であるが、絶対値で比較すると比較例1及び比較例2と比べて改善した。

【実施例2】

【0063】

<コ字型断面形状のプレス成形品>

実施例2では、まず、前述した実施例1と同様に表1に示す機械的特性を持つ鋼板Aを用い、図5に示すコ字型断面形状のプレス成形品21をプレス成形した。プレス成形品21は、天板部23と天板部23から連続する縦壁部25とを有してなるコ字型断面形状であり、側面視で天板部23側に凸状に湾曲している。そして、プレス成形品21は、成形下死点において湾曲の曲率半径が170mm、プレス成形方向における縦壁部25の縦壁高さが35mmである。

【0064】

続いて、成形下死点までプレス成形したプレス成形品21を金型から離型し、2日経過した後のプレス成形品21の形状を測定した。

【0065】

次に、プレス成形品21のプレス成形解析とこれに続くスプリングバック解析を行い、さらに、スプリングバック直後のプレス成形品21における天板部23に対して所定の割合で残留応力を緩和減少させた残留応力の値を設定し、プレス成形品21について力のモーメントが釣り合う形状を求める解析を行ったものを発明例4及び発明例5とした。

【0066】

また、比較対象として、発明例4及び発明例5と同様にプレス成形品21のプレス成形解析及びスプリングバック解析を行ったものの、残留応力を緩和減少した値を設定して力のモーメントが釣り合う形状を求める解析を行わなかったものを比較例3とした。

【0067】

そして、発明例4、発明例5及び比較例3それぞれについて、プレス成形品21の天板部23における長手方向の先端(評価点b)における成形下死点でのプレス成形品21の形状からの成形高さ方向の乖離量を算出した。

表3に、発明例4、発明例5及び比較例3において残留応力の緩和率と評価点bの乖離量の結果をまとめて示す。

【0068】

10

20

30

40

50

【表 3】

実施例	残留応力の緩和率 /%	評価点bの乖離量		
	天板部	予測値 D_c /mm	実験値(2日経過) D_e と 予測値 D_c の差分 /mm	実験値(2日経過) D_e に 対する予測値 D_c の 誤差 /%
比較例3	-	23.8	2.6	9.8
発明例4	5	25.2	1.2	4.5
発明例5	10	26.1	0.3	1.1

10

【0069】

表3において、予測値 D_c は、発明例4、発明例5及び比較例4における評価点bの乖離量、実験値 D_e は、実際にプレス成形したプレス成形品21の2日経過した後の評価点bの乖離量(=26.4mm)である。また、実験値と予測値との差分及び実験値に対する予測値の誤差は、それぞれ、前述した式(1)及び(2)により算出したものである。

【0070】

比較例3は、実験値と予測値との差分は2.6mm、予測値の誤差は9.8%であった。

発明例4は、天板部23に対して残留応力を5%低下させたものであり、実験値と予測値との差分は1.2mm、予測値の誤差は4.5%であり、比較例4と比べて改善した。

発明例5は、天板部23に対して残留応力を10%低下させたものであり、実験値と予測値との差分は0.3mm、予測値の誤差は1.1%であり、比較例4と比べて改善し、発明例4よりも良好であった。

20

【実施例3】

【0071】

< Z字型断面形状のプレス成形品 >

実施例3では、まず、前述した実施例1と同様に表1に示す機械的特性を持つ鋼板Aを用い、図6に示すプレス成形品31をプレス成形した。

プレス成形品31は、天板部33と天板部33から連続する縦壁部35と縦壁部35から連続するフランジ部37とを有してなるZ字型断面形状であり、側面視で天板部33側に凸状に湾曲している。そして、プレス成形品31は、成形下死点において湾曲の曲率半径が170mm、プレス成形方向における縦壁部35の縦壁高さが40mmである。

30

【0072】

続いて、成形下死点までプレス成形したプレス成形品31を金型から離型し、2日経過した後のプレス成形品31の形状変化を測定した。

【0073】

次に、プレス成形品31のプレス成形解析とこれに続くスプリングバック解析を行い、さらに、スプリングバック直後のプレス成形品31における天板部33及びフランジ部37に対してそれらの残留応力を緩和減少させた残留応力の値を設定し、プレス成形品31について力のモーメントが釣り合う形状を求める解析を行ったものを発明例6及び発明例7とした。

40

また、比較対象として、発明例6及び発明例7と同様にプレス成形品31のプレス成形解析及びスプリングバック解析を行ったものの、残留応力を緩和減少した値を設定して力のモーメントが釣り合う形状を求める解析を行わなかったものを比較例4とした。

【0074】

そして、発明例6、発明例7及び比較例4それぞれについて、プレス成形品31の天板部33における長手方向の先端(評価点c)における成形下死点でのプレス成形品31の形状からの成形高さ方向の乖離量を算出した。

表4に、発明例6、発明例7及び比較例4において残留応力の緩和率と評価点cの乖離量の結果をまとめて示す。

【0075】

50

【表 4】

実施例	残留応力の緩和率 /%		評価点cの乖離量		
	天板部	フランジ部	予測値 D_c /mm	実験値(2日経過) D_e と 予測値 D_c の差分 /mm	実験値(2日経過) D_e に 対する予測値 D_c の 誤差 /%
比較例4	-	-	24.0	2.5	9.4
発明例6	5	0	25.5	1.0	3.8
発明例7	10	10	26.9	-0.4	-1.5

10

【0076】

表4において、予測値 D_c は、発明例6、発明例7及び比較例4における評価点cの乖離量、実験値 D_e は、実際にプレス成形したプレス成形品31の2日経過した後の評価点dの乖離量(=26.5mm)である。また、実験値に対する予測値の差分及び誤差は、それぞれ、前述した式(1)及び(2)により算出したものである。

【0077】

比較例4は、実験値と予測値との差分は2.5mm、予測値の誤差は9.4%であった。

発明例6は、天板部33に対し、その残留応力を5%低下させたものであり、実験値との差分は1.0mm、予測値の誤差は3.8%であり、比較例4と比べて改善した。

発明例7は、天板部33及びフランジ部37の双方に対し、それぞれの残留応力を10%低下させたものであり、実験値と予測値との差分は-0.4mm、予測値の誤差は-1.5%であり、いずれも負の値であるが、絶対値で比較すると比較例4と比べて改善し、発明例6よりも良好であった。

20

【実施例4】

【0078】

<フロントピラーアッパー>

実施例4では、まず、前述した実施例1と同様に表1に示す機械的特性を持つ鋼板Aを用い、図7に示す自動車のフロントピラーアッパーであるプレス成形品41をプレス成形した。プレス成形品41は、天板部43と縦壁部45とフランジ部47とを有するハット型断面形状であり、側面視で天板部43側に凸状に湾曲した形状を含む。そして、プレス成形品41は、成形下死点における湾曲の曲率半径が1000mm、プレス成形方向における縦壁部45の縦壁高さが45mmである。

30

【0079】

続いて、成形下死点までプレス成形したプレス成形品41を金型から離型し、2日経過した後のプレス成形品41の形状変化を測定した。

【0080】

次に、プレス成形品41のプレス成形解析とこれに続くスプリングバック解析を行い、さらに、スプリングバック直後のプレス成形品41における天板部43及びフランジ部47に対してそれぞれの残留応力を緩和減少させた残留応力の値を設定し、プレス成形品41について力のモーメントが釣り合う形状を求める解析を行ったものを発明例8及び発明例9とした。

40

また、比較対象として、発明例8及び発明例9と同様にプレス成形品41のプレス成形解析及びスプリングバック解析を行ったものの、残留応力を緩和減少した値を設定して力のモーメントが釣り合う形状を求める解析を行わなかったものを比較例5とした。

【0081】

そして、発明例8、発明例9及び比較例5それぞれについて、プレス成形品41の天板部43における長手方向の先端(評価点d)における成形下死点形状からの成形高さ方向の乖離量を算出した。

表5に、発明例8、発明例9及び比較例5において残留応力の緩和率と評価点dの乖離量の結果をまとめて示す。

50

【 0 0 8 2 】

【 表 5 】

実施例	残留応力の緩和率 /%		評価点dの乖離量		
	天板部	フランジ部	予測値 D_c /mm	実験値(2日経過) D_e と 予測値 D_c の差分 /mm	実験値(2日経過) D_e に 対する予測値 D_c の 誤差 /%
比較例5	-	-	20.3	2.2	9.8
発明例8	5	0	21.5	1.0	4.4
発明例9	10	10	22.2	0.3	1.3

10

【 0 0 8 3 】

表 5 において、予測値 D_c は、発明例 8 及び比較例 9 における評価点 d の乖離量、実験値 D_e は、実際にプレス成形したプレス成形品 4 1 の 2 日経過した後の評価点 d の乖離量 (= 22.5 mm) である。また、実験値と予測値との差分及び実験値に対する予測値の誤差は、それぞれ、前述した式 (1) 及び (2) により算出したものである。

【 0 0 8 4 】

比較例 5 は、実験値と予測値との差分は 2.2 mm、予測値の誤差は 9.8% であった。

発明例 8 は、天板部 4 3 に対し、その残留応力を 5% 低下させたものであり、実験値と予測値との差分は 1.0 mm、予測値の誤差は 4.4% であり、比較例 5 と比べて改善した。

20

発明例 9 は、天板部 4 3 及びフランジ部 4 7 の双方に対し、それぞれ残留応力を 10% 低下させたものであり、実験値と予測値との差分は 0.3 mm、予測値の誤差は 1.3% であり、比較例 5 と比べて改善し、発明例 8 よりも良好であった。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 5 】

- 1 プレス成形品
- 3 天板部
- 5 縦壁部
- 7 フランジ部
- 9 パンチ肩部
- 1 1 ダイ肩部
- 2 1 プレス成形品
- 2 3 天板部
- 2 5 縦壁部
- 3 1 プレス成形品
- 3 3 天板部
- 3 5 縦壁部
- 3 7 フランジ部
- 4 1 プレス成形品
- 4 3 天板部
- 4 5 縦壁部
- 4 7 フランジ部

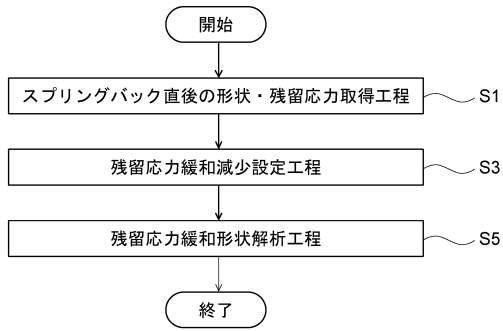
30

40

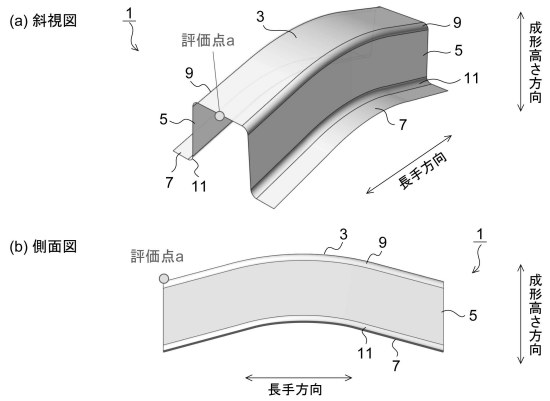
50

【図面】

【図 1】

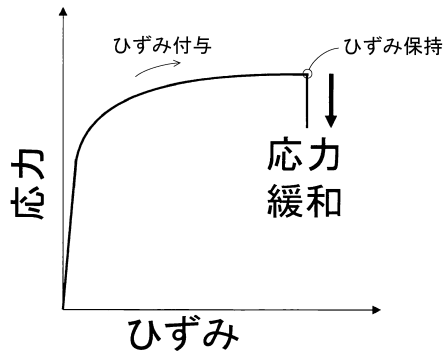


【図 2】

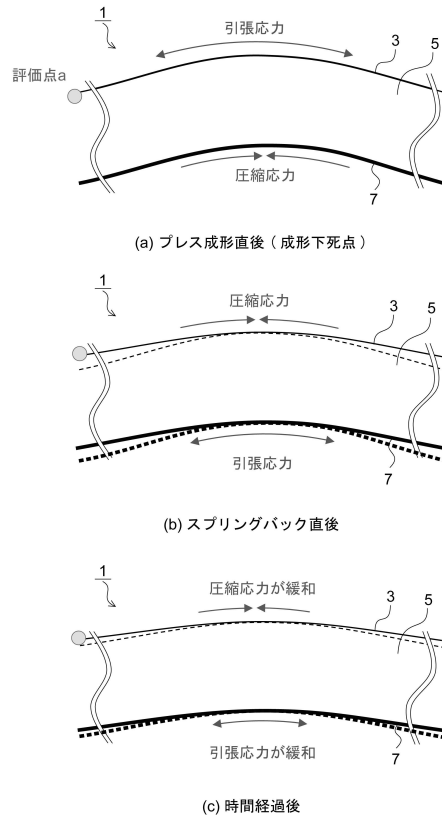


10

【図 3】



【図 4】



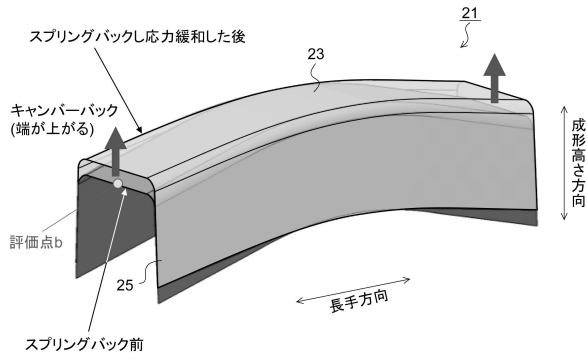
20

30

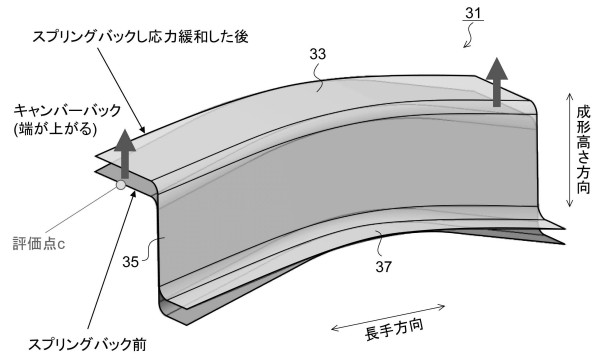
40

50

【 図 5 】

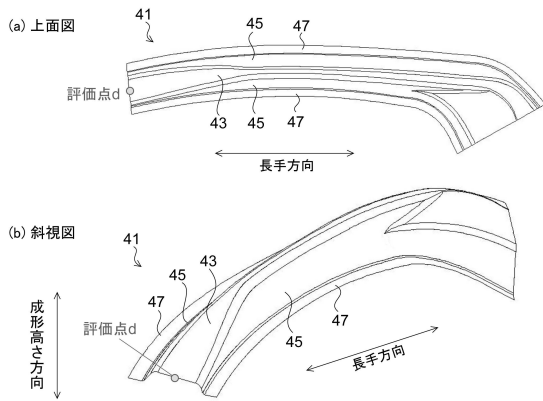


【 図 6 】

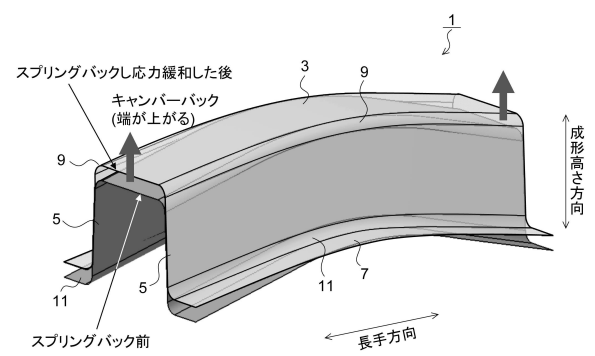


10

【 図 7 】



【 図 8 】



20

30

40

50

フロントページの続き

東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内

審査官 堀内 亮吾

- (56)参考文献 特開2020-028888(JP,A)
特開2006-315063(JP,A)
特開2022-026451(JP,A)
国際公開第2020/126380(WO,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B21D 22/00
G06F 30/10
G06F 30/23