

論文・解説

39

プレス品の形状凍結技術の開発 Development of Shape-fixing Technology for Stamping Parts

小川 貴久^{*1} 中田 匡浩^{*2}
Takahisa Ogawa Masahiro Nakata

要約

近年、自動車の衝突安全性向上や軽量化のため、プレス部品への高張力鋼板（ハイテン）の適用ニーズが高まっている。しかし、プレス成形においては鋼板強度が増すにつれて成形過程での板厚方向の応力分布が不均一になりやすいため、成形品の側壁のそり度合（壁そり）が増加するなどにより、形状凍結性を確保することが困難になるという点がハイテン適用上の大きな問題の一つになっている。本開発では従来にない絞り成形型へのカムスライド機構の導入を考案し、壁そりの発生を大幅に抑制できる形状凍結技術を確立した。またこれまで深絞り成形部品には適用されていなかった590MPa級や780MPa級ハイテンに対しても、本技術の効果が大きいことを確認した。そして本技術はトリビュートのフロントフレームB（フロントフロア下のフレーム）などに適用され、壁そり対策のための金型修正が不要になり金型準備期間の短縮に貢献した。またフロントフレームBでは、社内加工部品で初めて590MPa級のハイテンを適用可能にして部品の板厚を1.4mmに抑えることができ、軽量化にも貢献している。

Summary

In applying high strength steel sheet (HSS) to automotive inner body parts, difficulty occurred in assurance of shape-accuracy, especially side-wall warps, in press forming, because uneven residual stress is apt to become uneven in thickness with an increase in tensile strength. A new press forming method was developed for ensuring shape-accuracy of draw parts with HSS of very high tensile strength such as 780MPa. In the new method, step drawing method was combined with crash forming method by applying cam flange die structure to drawing dies. This method was applied to the "Frame-B, Front" of Tribute etc., which has led to shortening of a stamping-die preparation period. Moreover, with the "Frame-B, Front", application of a 590MPa class HSS was capable of being made for the first time with in-house processing parts, and the thickness of parts was capable of being held down to 1.4mm (it contributes to weight reduction)

1. はじめに

近年、自動車の衝突安全性向上や軽量化のため、プレス部品への高張力鋼板（ハイテン）の適用ニーズが高まっている。ハイテン適用におけるプレス成形上の問題は、板材が硬いため破断やしわが発生しやすくなる（成形性不良）こと、成形によって発生した応力の弾性回復量が大きいために金型から離すと過大な変形が生じ、所望の形状を得ることが難しい（形状凍結不良）ことなどが挙げられる。

この形状凍結不良は、軟鋼板（強度レベル：260～310MPa）においても部品形状によって少なからず発生していた問題であるが、自動車各社の今後のハイテン化動向（車体骨格部品への適用強度レベル例；現状の400～440MPaから590MPa以上を検討）からも、解決が急がれている技術課題である。

* 1 車体技術部
Body Engineering Dept.

* 2 住友金属工業株式会社
Sumitomo Metal Industries, Ltd.

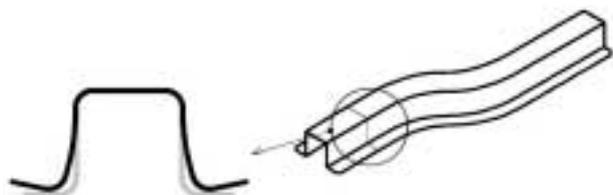


Fig.1 Side-wall Warp of Stamping Parts⁽¹⁾

2. 開発技術の経緯とねらい

プレス部品の形状凍結不良の中でも、Fig.1に示すとおり 絞り縦壁部に発生する壁そりは特に大きな問題である。その理由は、壁そり量を見込んで金型を製作するためには何回も試作プレスを繰り返す必要があり、また壁そり量が大きい場合には幾何学的に見込むことが難しいからである。

壁そりは、Fig.2, 3に示すとおりプレス成形の過程で受ける曲げ/曲げ戻し変形 (= 曲げ変形後直線形状に戻される変形) によって板厚方向の応力分布に異符号が生じるために発生する残留曲げモーメントに起因する⁽³⁾。

Table 1に示すように、壁そりを抑制し形状凍結性を向上させる技術として、縦壁部に発生する曲げ/曲げ戻し変形による加工硬化 (応力分布の大きさ) を抑制して形状凍結性を向上させるフォーム成形法や、成形の最後に材料に高い張力を与えて材料内部の応力分布を均一化し形状凍結性を向上させるしわ押さえ力制御成形法が知られている。

しかし、フォーム成形法では材料をほとんど拘束せずに成形するために、曲率を有する部品では成形中にしわが発生しやすく部品の幾何形状に制約が生じる。また、しわ押さえ力制御成形法ではプレス機に対する多額の設備費を必要とする、あるいは張力の増加により材料が破断するなど

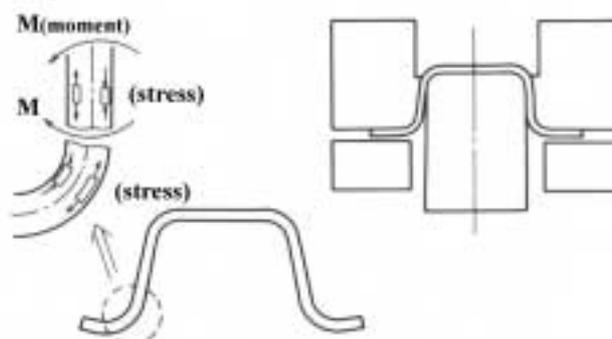


Fig.2 Mechanism of Side-wall Warp⁽²⁾

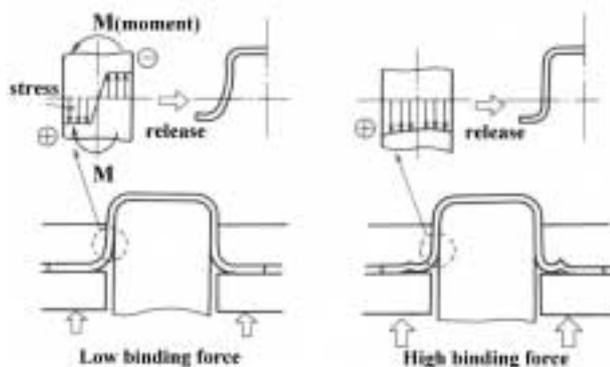


Fig.3 Effect of Binding Force on Side-wall Warp⁽²⁾

の問題があった。これらの方法では今後適用が加速すると思われる引張強度が590MPa以上のハイテン材のプレス成形において十分な形状凍結性を確保することは難しい。

そこで、本開発では従来の成形型にないカム機構を応用した2方向動作の金型構造により、上記フォーム成形法としわ押さえ力制御成形法の成形上の利点 (特徴) を組合せることに取組んだ。

Table 1 Comparison of Shape-fixing Effect in Conventional Method⁽¹⁾

Method	Crash Forming	Variable Blank Holder Force (BHF)
Illustration		
Mechanism	Plastic strain in side-wall is small, because only a little bending moment works on the part.	The stress distribution in side-wall is equalized, because enough tensile force is given to the part by high BHF at the latter stage.
Advantage	Die structure is simple.	Applicable even to complicated-shaped parts.
Dis-Advantage	Difficult to be applied to curved parts. (There is a difficulty in wrinkle control)	Additional investment to equipment is required.

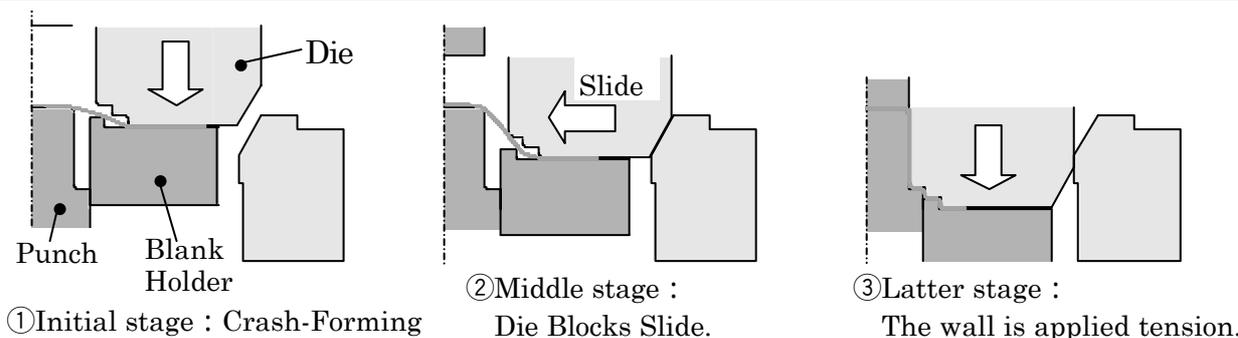


Fig.4 Forming Procedure of Developed Method⁽⁴⁾

3. 開発技術の内容と効果

本技術の特徴は、ステップビードを有する可動式ダイスとその動作にある (Fig.4)。従来の成形型ではダイスとパンチのクリアランス (距離) は材料の板厚程度とし、それを成形中に変動させることはなかった。

しかし、本技術では、成形初期には可動式ダイスをパンチから若干離れた位置としておく (Fig.4 - ①)。これにより、材料が金型内に引きずり込まれる際の曲げ曲率半径が大きくなるため、曲げ/曲げ戻し変形による加工硬化を抑制できる。このときの変形はフォーム成形に近いが、材料の端部はしわ押さえとダイスで拘束されているために、曲率を有する部品においてもフォーム成形のように大きなしわが発生することはない。

次に、成形中期のある時期にカム機構により可動式ダイスをパンチへとスライドさせる (Fig.4 - ②)。最後に、成形終期に可動式ダイスがパンチに寄り切ると可動式ダイス

に設けられたステップビードが作用し、成形品の縦壁部には高い張力が付与される (Fig.4 - ③)。この張力により、板厚内部の応力分布が均一化される方向に向かう。このとき、成形初期に材料の加工硬化を抑制しておいたことにより、同じ成形後期に張力を付与するしわ押さえ力制御成形法と比較して更に張力の効果が高まり (一方で材料の破断に対する危険度も低下し)、より良好な形状凍結性を得ることが期待できる。

本開発においては、本機構を有するモデル金型を製作して実際の効果を確認する過程において、鋼板強度の影響 (供試材をTable 2に示す)、ステップビードの形状や可動式ダイスの作動タイミングなどが形状凍結性に与える影響を確認し、適切な成形条件の検討も行った。成形条件例をTable 3に示す。モデル金型はFig.1のようなフレーム部品を模したものとした⁽⁴⁾が、金型を2種類準備 (Double steps, Single step) するとともにFig.5のとおり左右で断面の基本形状を変え、ステップビードの形状が形状凍結性に与える影響の優位差を確認できるようにした。なお、Single stepにおいては通常絞り成形 (Drawing) も行い、開発技術との比較も行った。Fig.6に壁そり; cの測定部位を示す。

Table 2 Mechanical Properties (thickness:1.6mm)⁽⁴⁾

Material		YP	TS	El	n	r
Grade	Type	(MPa)	(MPa)	(%)	-value	-value
270	Interstitial Free	157	282	55.2	0.275	2.25
440	Micro Alloyed	370	450	36.7	0.180	1.25
590	Dual Phase	413	609	31.7	0.173	1.04
780	Dual Phase	439	786	26.7	0.175	1.05

Table 3 Forming Conditions⁽⁴⁾

Case	Die Profile	Die Motion	Lubricant
Developed(Double steps)	Two steps	Developed	Rust preventive oil
Developed(Single step)	One step	Developed	Rust preventive oil
Drawing	One step	Step bead drawing	Nihon Kohsaku No.640

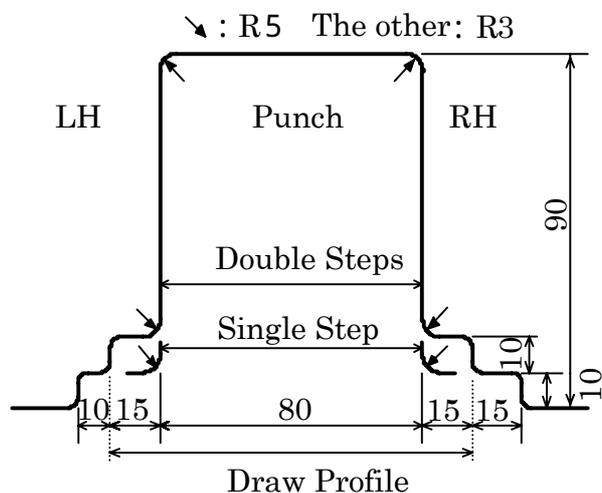
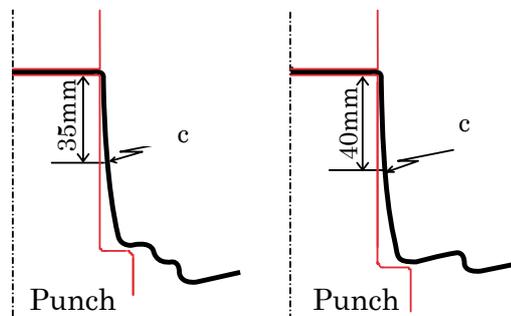


Fig.5 Dimensions of Die Profiles⁽⁴⁾



(a) Developed (Double Steps) (b) Developed (Single step) Drawing

Fig.6 Measuring Methods of c⁽⁴⁾

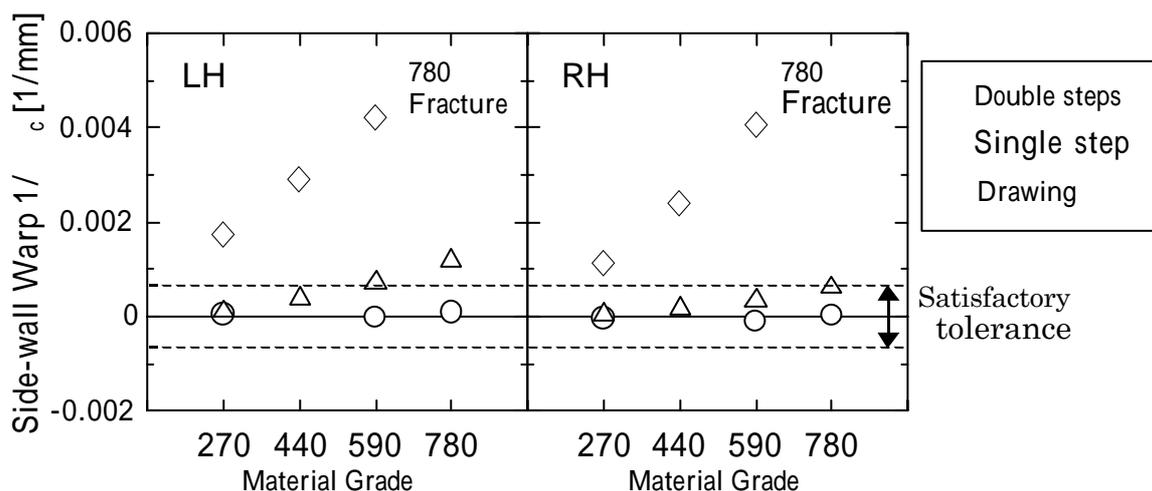


Fig.7 Effect of Developed Method on Side-wall Warp⁽⁴⁾

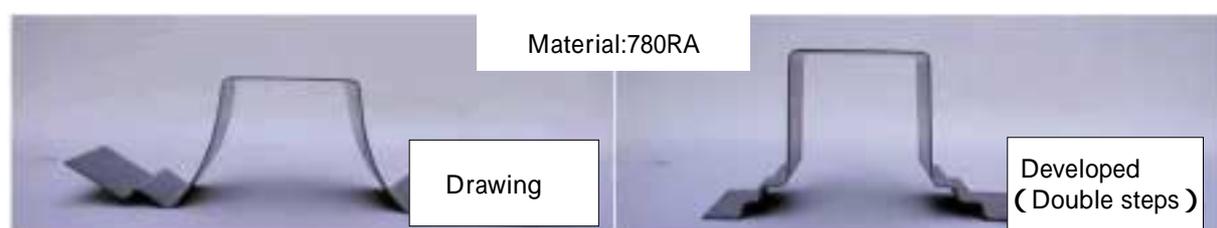


Fig.8 Comparison of Shape-accuracy in Drawing and in Developed (Double steps)⁽¹⁾

Table 4 Mechanical Properties (thickness:1.2mm)⁽⁴⁾

Material		YP	TS	El	n	r
Grade	Type	(MPa)	(MPa)	(%)	-value	-value
780RA	Retained Austenite	467	799	31.8	0.242	1.10

各供試材（強度レベル270MPa～780MPa）におけるモデル金型実験での壁そり量測定結果をFig.7に示す。通常絞り成形では材料強度が増すにつれて壁そりが大きくなっているのに対し、開発技術（Double steps, Single step）では壁そりがほとんどないことがわかる。しかも通常絞り成形では780MPa材で破断が発生したが開発技術では発生しておらず、本技術はハイテンの成形性向上に対しても有効であることを確認した。

またFig.8に780MPa級高延性材（RA：残留鋼）を供試して壁そりの発生状況を比較した写真を示す（供試材の機械的特性値をTable 4に示す）。この結果からも明らかに、開発技術が形状凍結不良解決に対して非常に有効であることが確認できた。

4. おわりに

本技術はトリビュートのフロントフレームB、アテンザのフロントサイドレインフォースメント、サイドフレームアウターに適用され、壁そり対策のための金型修正が不要になったことにより金型準備期間の短縮に貢献した。また上記フロントフレームBでは社内加工部品で初めて590MPa級のハイテンを適用可能にして部品の板厚を1.4mmに抑えることができた。

参考文献

- (1) 超高張力鋼板にも適用可能な薄鋼板のプレス成形技術を開発・実用化，住友金属工業ニュースリリース（2002年7月19日）
- (2) 薄鋼板成形技術研究会：プレス技術，23・15，p.17（1985）
- (3) 薄鋼板成形技術研究会編：プレス成形難易ハンドブック第2版，日刊工業新聞社，p.190（1997）
- (4) Masahiro Nakata, Yozo Hirose, Nobuyuki Nakado, Takahisa Ogawa：Development of Shape-fixing press forming technology for high strength steel sheet, Proceedings of the 22nd IDDRG Biennial Congress, p79-88（2002）

著者



小川貴久



中田匡浩