

論文・解説

33

プレス部品の初物外観品質向上への取り組み Improvement in Appearance Quality of First Stamping Parts

酒井 明*¹ 片桐 泰伸*²
Akira Sakai Yasunobu Katagiri

要 約

近年、新車開発競争が激化する中、プレス領域では更なる量産準備期間の短縮や低投資化の実現、ならびに品質の向上に向け、重要課題の一つであるプレス部品の初物外観品質向上に取り組んでいる。

本稿では、外観品質不具合の中でも特に苦慮している面歪みについて、どの車種でも安定的な品質が保証できる成形方案の確立を狙い、フロントフェンダのタイヤアーチ部に発生する面歪みについて、品質工学とCAEを用いた成形方案の適正化への取り組み事例について紹介する。

Summary

In recent years, new car development competition is intensifying. To achieve the shortening of a mass-production preparation period, cost reduction, and improvement in quality further, we are working to improve the appearance quality of first stamping parts.

In this paper, It is introduced the example which optimized die design by utilizing quality engineering and CAE for the purpose of realization of robustness to the distortion in front fender panel.

1. はじめに

自動車業界は新車開発競争の激化により、量産準備期間短縮、投資削減、品質向上は重要かつ急務な課題である。その中で、プレス領域はこれまで割れ、しわといった成形問題をCAE等の事前検証技術の確立により量産準備期間の短縮や投資削減などの成果を上げてきた。

しかし、面歪みや線ズレ・ショックラインなど外観品質不具合は、金型製作後の調整にたよっている。このような調整作業をなくし“金型製作後一発OK”となる金型づくりを目指して、デザイン形状の制約の中で、量産現場のさまざまなバラツキに強い金型の設計に取り組んでいる。

本稿では、フロントフェンダのタイヤアーチ部で初物パネルに毎車種発生する面歪みという不具合に対して、品質工学とCAE技術を活用し課題解決に取り組んだ事例を紹介する。

2. プレス部品における面歪みの現状

Fig.1にプレス部品における面歪みの例を示す。

面歪みは、成形後に数10 μ mレベルの微細な形状変化により車の外板面が凸凹に見える外観品質不具合であり、塗装前の状態では、熟練者でなければ見落としてしまうほどである。更に、材料物性値の変化などにも影響される非常に繊細な不具合現象である。金型製作後に発生した面歪みは、デザイン形状の制約や割れ、しわなど成形不具合への影響を考慮しながら、金型の調整を繰り返し対策している。

このような面歪みの中には、熟練技能者による微妙な調整によって、量産間近まで対策を要する場合もある。

以上のことから、金型設計段階でデザイン形状などの形状因子やしわ押さえ力などの成形条件、ならびに量産現場での変動などを考慮し、数10 μ mレベルの品質を安定的に保証できる成形方案を立案することが急務である。

*1, 2 車体技術部
Body Production Engineering Dept.

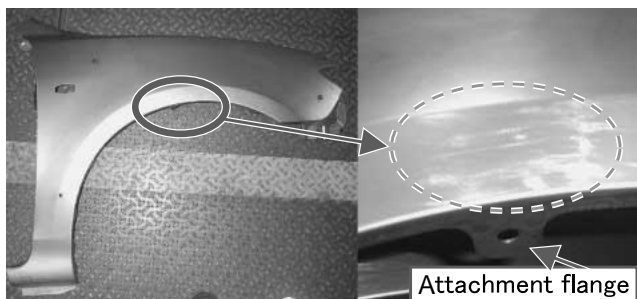


Fig.1 Surface Distortion of Stamping Parts

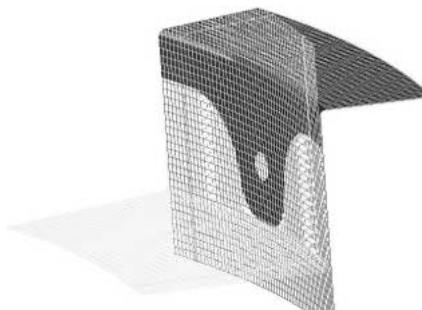


Fig.3 Verification Model

3. 品質工学を活用したプレス成形方案の最適化

3.1 曲げ加工における理想機能

Fig.1に示すように、フロントフェンダのタイヤアーチ部には、マットガード取り付けフランジ（以下、取り付けフランジ）が設置されている。今回対象とした面歪みは、外板面の材料の伸び縮みが、成形過程で一様で、かつその量も小さいことがよりよいと考えた。

そこで理想的な曲げ加工を、①各測定部位による曲げ成形過程における伸び縮みの変化量が均一、②曲げ成形過程で伸び縮み変化が小さいことと定義した。これに基づき、成形ストロークに対して出力（伸び縮み）が一定である静特性を理想機能とした。Fig.2にその関係を示す。

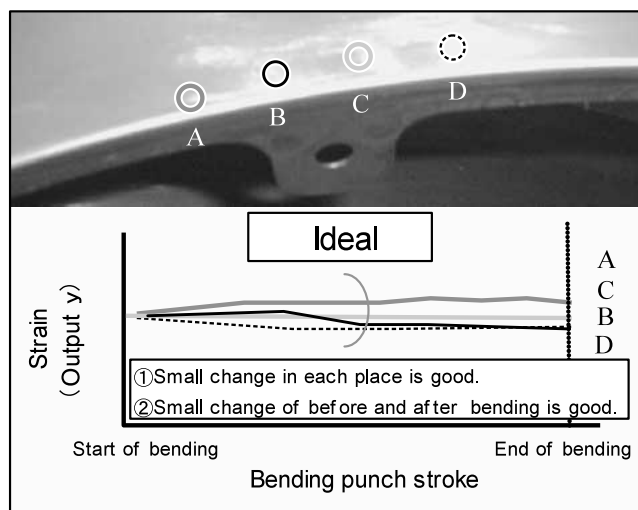


Fig.2 Generic Function

実験には成形シミュレーションを用いた。理由は、さまざまな条件やモデルが容易に設定できること、実機では困難な、成形過程での微量な伸び縮みの変化量を容易に測定できることなどである。また、実成形結果が再現でき、かつ計算時間が短縮できるよう、被加工物である材料の要素（メッシュ）サイズを製品形状の再現性を損なわない範囲で適性化した（Fig.3）。

3.2 理想機能の妥当性検証

曲げ加工における理想機能の妥当性を確認するため、面歪みが発生しないモデル（フランジ長さ一定）と、面歪みが発生するモデル（取り付けフランジあり）の二つのモデルで実験した。モデル形状と測定部位は、Fig.4の通りで、フランジ形状以外は同一条件とした。

Fig.5のように、面歪みが発生しないモデルでは、各測定部位と曲げ成形過程ともに、伸び縮みの変化量が均一で小さく理想的な状態となっている。一方、面歪みが発生するモデルでは、部位によるバラツキと変化量が大きくなっている。これらの結果から、面歪みの発生条件の違いをよく捉えており、妥当であると判断した。

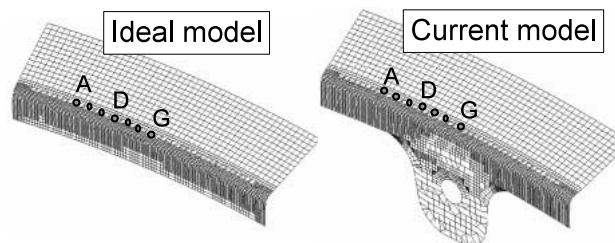


Fig.4 Measurement Position

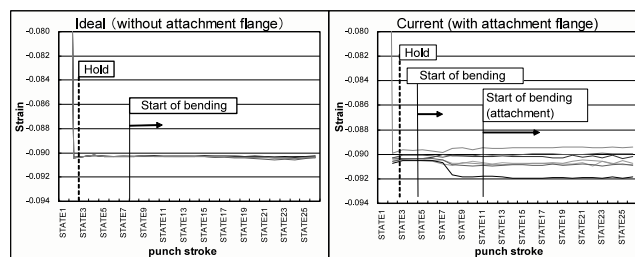


Fig.5 Result of Confirmation Run

3.3 制御因子および水準の設定

曲げ成形後に面歪みが発生する要因としては、曲げ工程単独の要因だけではないため、前工程の伸び（Fig.6）などの、プレス成形の全工程（絞り トリム 曲げ）を対象に、面歪みの発生に影響する因子を抽出した。今回設定した制御因子と水準をTable 1に示す。

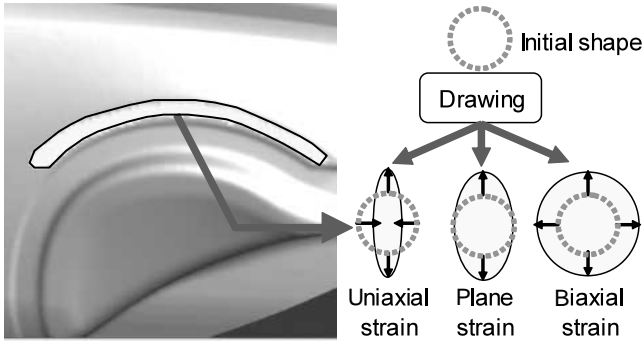


Fig.6 Strain of Previous Process

Table 1 Control Factor and Level

	Control factor	Level 1	Level 2	Level 3
A	Over-draw (previous process)	With Over-draw	Without Over-draw	
B	Sectional form of Bend Punch	TYPE A	TYPE B	TYPE C
C	Pad pressure condition	Standard value ×0.5	Standard value	Standard value ×2
D	Strain of the previous process	Biaxial strain	Plane strain	Uniaxial strain
E	Sectional form of Panle (previous process)	Deep	Shallow	Flat
F	Shape of attachment flange	TYPE A	TYPE B	TYPE C
G	Timing gap of Bend Punch (shape)	TYPE A	TYPE B	TYPE C
H	Timing gap of Bend Punch (value)	Maximum	Medium	Minimum

3.4 誤差因子の設定

誤差因子は、どの車種でも安定的な品質を保証できるように、Fig.7のデザイン形状（タイヤアーチ形状）や製品設計要件（板厚，材質，フランジ長さ左右非対称差）を織り込んだ。

これら4因子を調合し、N1（誤差最小）/ N2（誤差最大）に割り付けた（Table 2）

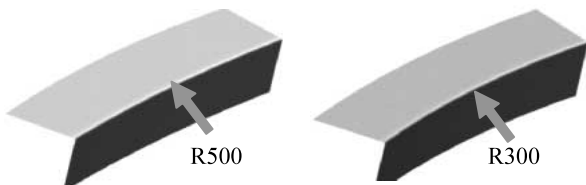


Fig.7 Example of Noise Factor (Shape of Design R)

Table 2 Noise Factor

Noise factor	Noise min: N1	Noise max: N2
Design R (plane)	R500	R300
Thickness	0.8mm	0.5mm
Material	Mild steel	High strength steel
Asymmetric of flange length	none	50%

3.5 解析結果

SN比と感度の要因効果図をFig.8に示す。SN比については、高いほど誤差因子、および部位によるバラツキが少ないことになる。今回の結果より、要因C：パッド圧、要因D：前工程の予歪み、要因F：取り付けフランジ形状、要因G：曲げパンチのタイミング差（形状）、要因H：曲げパンチのタイミング差（量）がバラツキに大きく影響していることがわかった。

感度については、低いほど成形過程で変化が少ないことになる。今回の結果より、要因B：先行パンチ、要因F：取り付けフランジ形状、要因H：曲げパンチのタイミング差（量）が感度に大きく影響していることがわかった。以上の結果から、SN比を高くし、感度を下げる最適条件は、 $A_2, B_1, C_3, D_1, E_2, F_1, G_1$ および H_3 となる。

3.6 確認実験

最適条件における利得の推定値の妥当性を確認するために、確認実験をシミュレーションで行った（Fig.9）

利得の推定と確認結果はTable 3の通りで、SN比の利得は、推定値6.5dbに対して7.57db、感度の利得は、推定値-8.77dbに対して-10.15dbと良い一致を示した。これらの結果から、効果と再現性ともに確認できた。

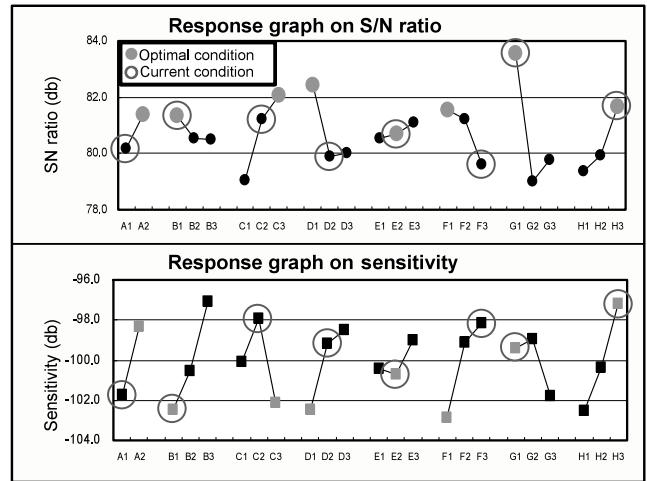


Fig.8 Response Graph

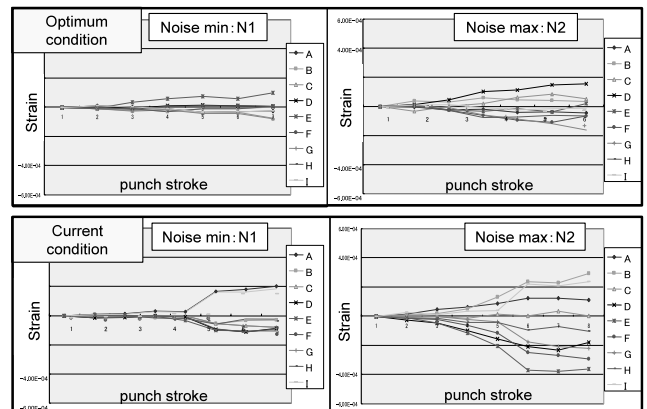


Fig.9 Result of Confirmation Run

Table 3 Comparison of Estimated Gain and Experiment Result

	S/N ratio(db)		Sensitivity(db)	
	Prediction	Confirmation	Prediction	Confirmation
Optimum condition	89.64	86.21	-105.29	-103.48
Current condition	83.14	78.64	-96.52	-93.33
Gain	6.50	7.57	-8.77	-10.15

4. 実成形部品における効果の確認

本活動と同時期に開発中であった車種において、フロントフェンダのタイヤアーチ部の曲げ成形部は、従来方法の経験に頼った金型設計を行っていたため、金型製作後、面歪みが発生した。そこで不具合対策に本活動結果を織り込み、実成形部品における効果の確認を試みた。

曲げ成形後の結果をFig.10に示す。この結果より、面歪みはなくなり、本活動の結果が実成形部品においても有効であることを確認することができた。

更に、設計段階の別の車種において、本活動で適正化した成形方案を織り込み、成形シミュレーションにて問題のないことを確認した。これらの結果を踏まえて金型を製作し、実際のパネルにおいても面歪みが発生しないことを確認した。

以上のことから、今後の車種開発において、曲げ加工に適正な製品形状とするために生産要件書を作成するとともに、金型設計標準に織り込んだ。これにより、業務プロセスによる歯止めを行った。

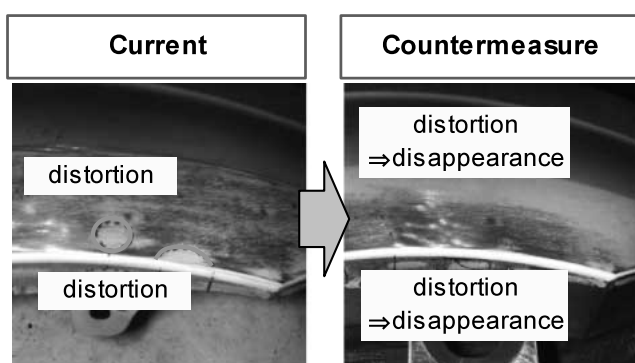


Fig.10 Result of Measures (After Bending)

5. おわりに

本稿では、フロントフェンダタイヤアーチ部の曲げ成形時に発生する面歪みをターゲットに、品質工学を活用した成形方案の適正化に取り組んだ事例を紹介した。

今回の取り組みのポイントは、不具合の発生を事前に予測できるCAE技術と、安定的な品質が保証できる設計パラ

メータを導く品質工学のアプローチを融合させたことである。これにより、非常に微細な不具合であるがゆえに、これまでに予測および対策が困難であった外観品質問題に対して、設計段階で適正な条件にすることにより、事前検証なしで良品が取得できる業務プロセスへ変革することができた。

今後、現在抱えているさまざまなネックエンジニアリングに本活動を水平展開し、“金型製作後一発OK”となる量産準備プロセスの構築に向けて邁進していく。

著者



酒井 明



片桐泰伸