

# 部分増肉プレス成形法による軽量 低コストスチールホイールの開発



藤岡 武洋



野中 孝之



松浦 悠介



海老原 治



森 謙一郎

トピー工業(株)

豊橋技術科学大学

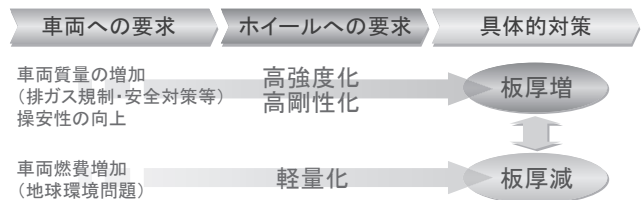
乗用車用スチールホイールのディスクについて、軽量化と高剛性を両立すると共に、製造コスト削減を実現できる部分増肉プレス成形法を実用化した。

## 1. 開発の目的

排ガス規制対応や安全装備により車両重量は増加傾向であるが、燃費向上の観点から車両軽量化は必須な要求特性である。一方、車両運動性能向上の観点から、走行機能を担うシャシー部品は剛性向上が重要である。図1に示すように、乗用車用スチールホイールはこれらの要求事項を満足するために、軽量化（板厚減）と高剛性（板厚増）の背反する特性が要求される。

本稿では、軽量化と高剛性化の両立を図ると共に、低コストでの生産を可能とするスチールホイールのディスク成形法の開発を目的に、豊橋技術科学大学

との共同研究により基本成形法を開発し実用化を図った概要について述べる。



相反する要求を満足 ⇒ 板厚分布の最適化が必要

図1 乗用車用スチールホイールへの要求事項

## 2. スチールホイールにおける課題

乗用車用スチールホイールは、写真1に示すようにタイヤが装着されるリムと車軸に取付けられる



写真1 乗用車用スチールホイール

ディスクから構成される溶接構造体である。ディスクとリムは板材をそれぞれ多段プレス成形、ロール成形によって成形されている。乗用車用スチールホイールは生産量が多く、価格が非常に重要視されるため、生産性の高い塑性加工が採用されている。

図2に示すように、ディスクは絞り成形における減肉部位と実用上の高応力発生部位が重なるため、製品設計ではこの減肉部位の疲労強度を満足できる素材板厚を用いる。そのため、その他の部分は過剰

板厚となり、軽量化やコスト低減の阻害要因になっている。

一般に乗用車用スチールホイールの軽量化には高張力鋼板が用いられているが、素材コストは上昇し、成形性は低下すると共に素材薄肉化による剛性低下を伴う。このため、従来技術では軽量化、剛性確保、低コストを同時に実現することが困難であり、それぞれの要求特性に応じてその他の特性を犠牲にした製品設計で対応している。

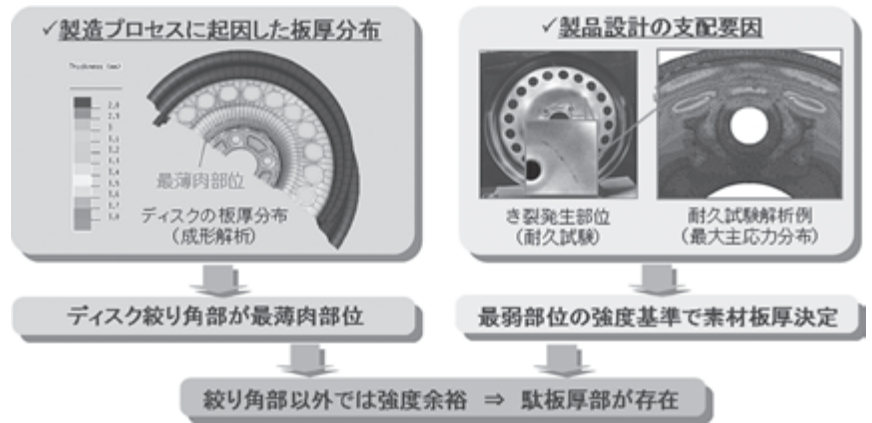


図2 乗用車用スチールホイールの課題

### 3. 部分増肉プレス成形法<sup>1), 2)</sup>

ディスクの基本形状は図3に示すように3工程の絞り成形で決定され、絞り成形パンチ角部に対応する部位では、素材板厚に対して10～15%程度の減肉が生じる。減肉量を想定して強度と剛性を確保する製品設計を行うため、設計上の肉厚を確保するために素材板厚を増加させる必要があり、他の部位では板厚が過剰となる。

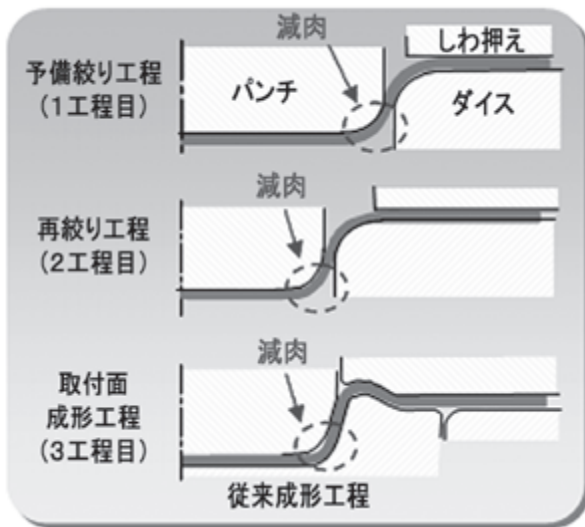


図3 従来成形法

従来技術では、テーラードブランクの適用が論文等で提案されている<sup>3)</sup>が、①コスト面、②溶接部の成形性、③溶接部の品質確保、等課題が多く実用化されていない。また、スピニングも板厚分布を付与する技術として一般的である<sup>4)</sup>が、①コスト面、②生産性の観点から適用が困難である。

開発した部分増肉プレス成形法は、図4に示すように予備絞り工程にて円錐状に成形するため、パンチ角部に減肉が集中せず、パンチ底部に対応する

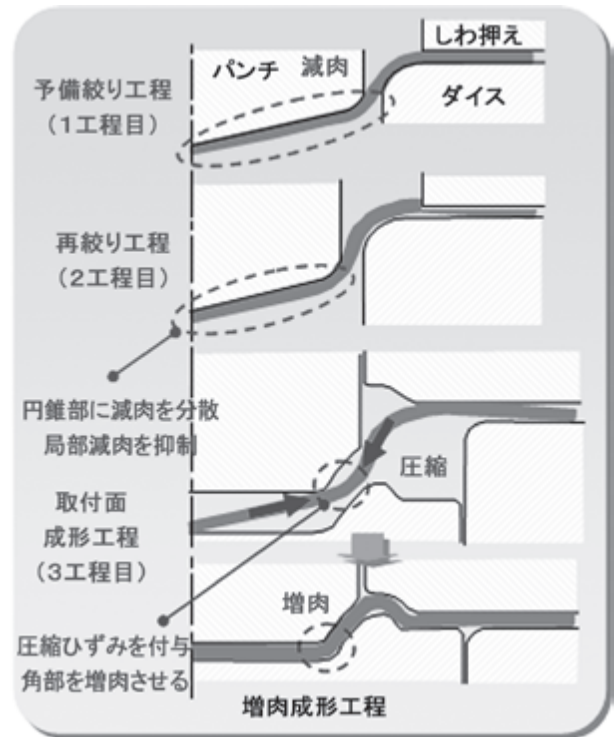


図4 部分増肉プレス成形法

円錐状の部分で広範囲に減肉する。再絞り工程でも同様に円錐状に成形するため、局部減肉は生じない。3工程目では、円錐状に絞った形状を押し戻すことにより、従来工程では減肉していた部位に圧縮力を付与しながら成形するため、積極的に増肉が生じる。従来工程と同様にトランスファープレスを用いて成形されるが、本法は金型形状の工夫のみで強度・剛性上必要な部位の増肉が可能となるため、①軽量化と強度・剛性向上の背反事象の両立が実現、②設備投資は不要、③素材板厚の低減によるコスト低減、等の優位性が確保できる。

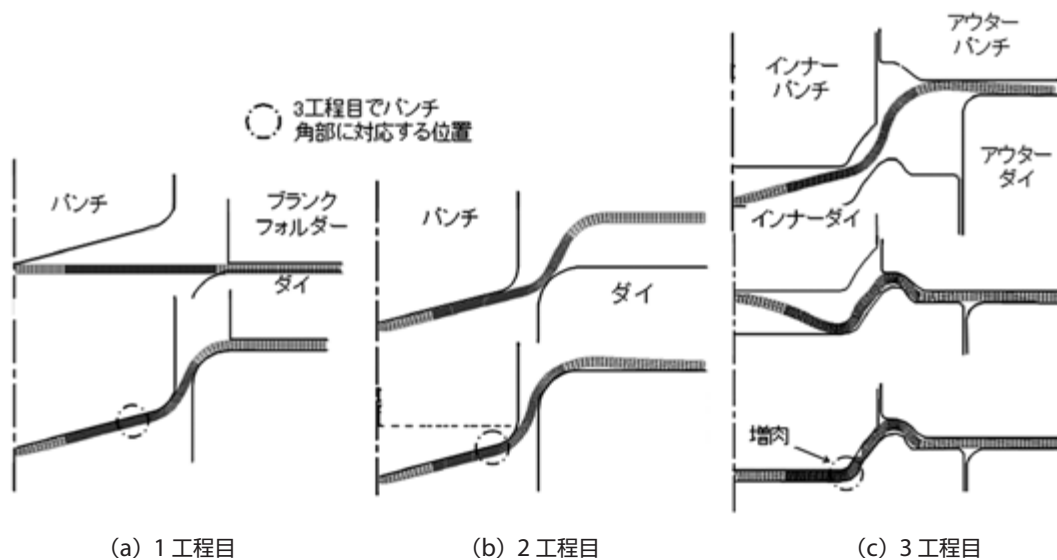


図5 部分増肉プレス成形法の成形シミュレーション例

図5にシミュレーションによる検証結果の一例を示す。1、2工程においてプランクが円錐状に絞られ、パンチ底部が均一に伸ばされている。また、角部の減肉部位は1工程と2工程ですらしており、肉厚減少が抑

制されている。3工程目において外側パンチが下降してフランジ部を押さえると共に、内側パンチも下降し円錐部分を押し戻すことにより、強度上肉厚が必要な部位に積極的に圧縮ひずみを付与することが出来る。

#### 4. モデル実験による肉厚分布

$\theta=0, 20, 30^\circ$ における計算及び実験により得られた2工程後の肉厚変化率を図6に示す。円錐パンチでは、1工程目において容器中心部が伸張してこの部分の肉厚が狙い通り減少している。中心から20mm付近がパンチ角部に対応し肉厚が減少しており、 $\theta=20^\circ$ ではその減少が少なく抑制されている。 $\theta=30^\circ$ では更に広い範囲が伸張されて肉厚が減少している。

3工程目の肉厚分布を図7に示す。パンチ角部付近では、 $\theta=20^\circ$ では2工程目後の肉厚減少が小さかったため、約6%と大きな肉厚増加を示している。

成形例として円錐パンチ角度 $\theta=20^\circ$ における実験により得られた各段の形状を写真2に示す。1、2工程目では円形プランクが絞られて円錐底になっており、3工程目において底部は平らに加工されている。

以上シミュレーションとモデル実験により部分増肉プレス成形法の有効性を確認できた。

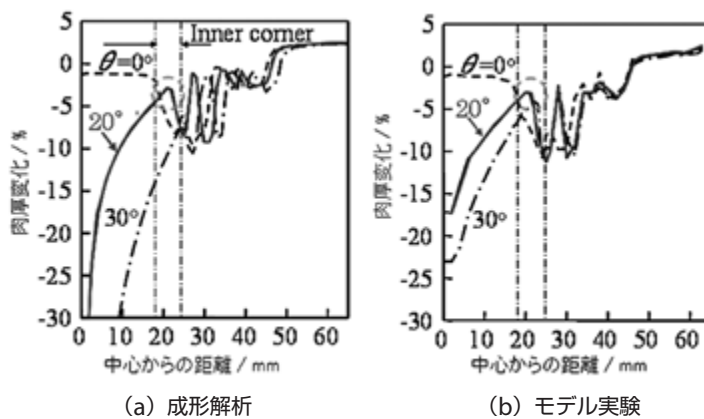


図6 2工程目における板厚分布

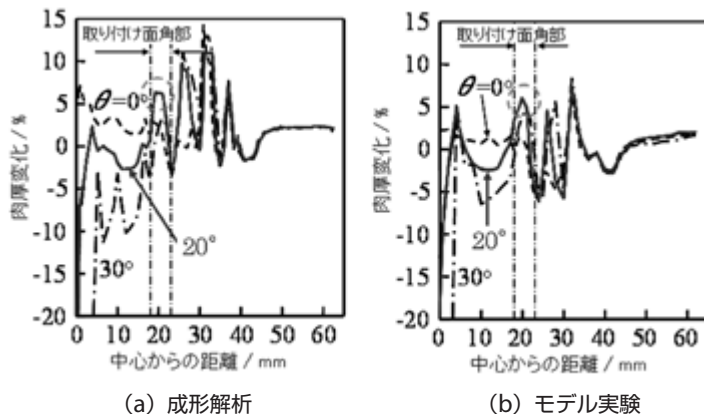


図7 3工程目における板厚分布



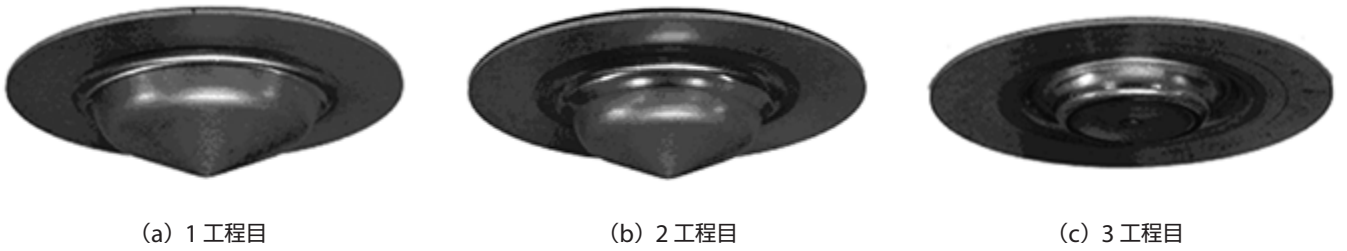


写真2 モデル実験による成形例

## 5. 実機検証による肉厚分布

部分増肉プレス成形法を用いて成形したディスク外観を写真3に、その断面板厚分布を図8に示す。外観上はまったく従来成形品と異なることは無いが、板厚分布の比較では従来工程で10～15%程度減肉している部位において5～10%程度の肉厚が増加しており、従来工程対比では最大25%程度の板厚ひずみの向上が図れることが確認できた。

参考までに、板厚分布のイメージを理解しやすいように、実機成形条件におけるシミュレーション結果を図9に示す。従来のパンチ角部に対応する箇所が効果的に増肉している様子が確認できる。

15インチホイール（ディスク素材板厚 $t=3.2\text{mm}$ ）の成形例では、図10に示すホイール耐久強度試験において、図11に示す通り疲労強度は約3倍増加している。素材板厚を6%低減させても、疲労強度は2倍の向上が確認できた。

剛性比較を図12に示す。剛性評価はディスクを面外に捻るモードについて比較している。部分増肉品では約1.2倍の向上が確認され、素材板厚を6%低減させても、その剛性はほぼ変化が無いことが確認



写真3 実機ディスク成形例

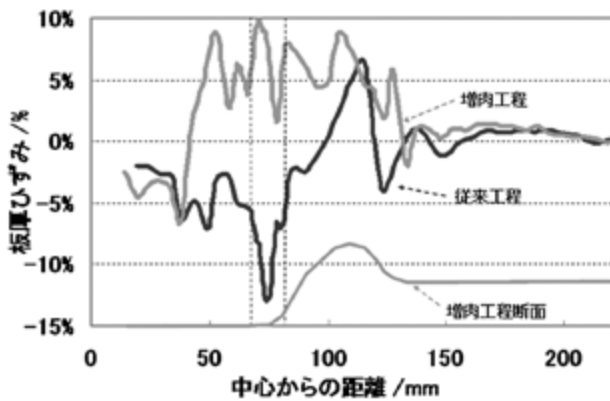
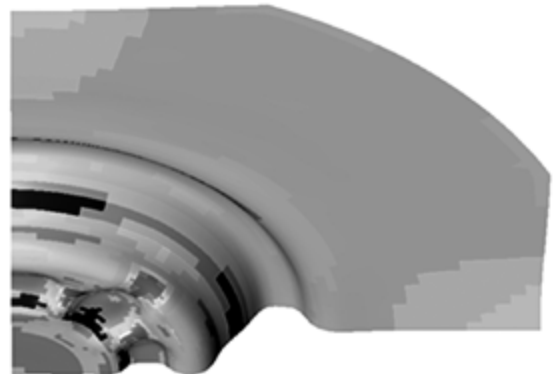
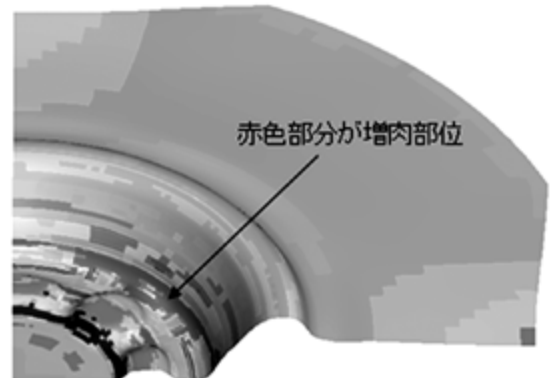


図8 断面肉厚分布



(a) 従来成形工程



(b) 増肉成形工程

図9 断面肉厚分布

できた。これは、パンチ角部の剛性に及ぼす影響が大きく、その部位の肉厚が有る一定上確保されていれば、剛性性能が確保できると考えられる。

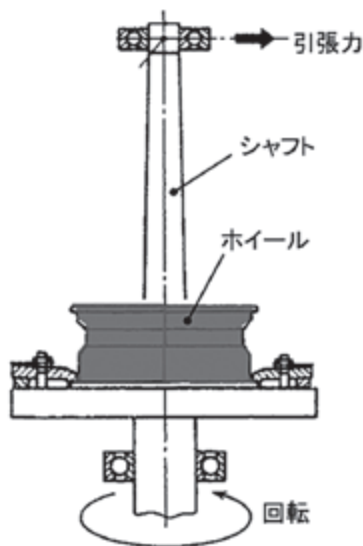


図10 ホイール回転曲げ疲労試験方法 (JIS D4103)

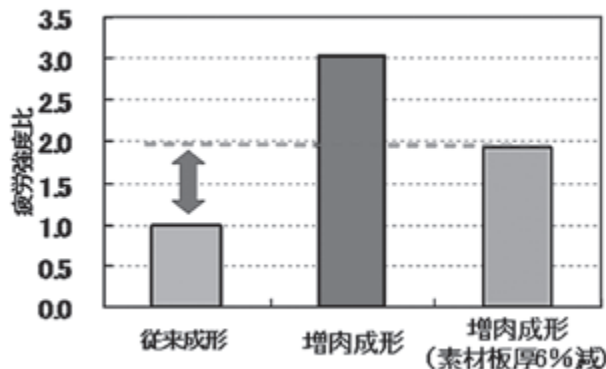


図11 疲労強度比較

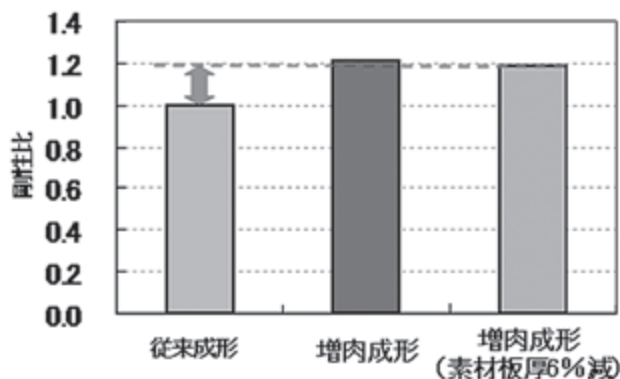


図12 ディスク面外剛性比較

## 6. 経済性評価と将来の発展性

スチールホイールのディスク成形に、部分増肉プレス成形法を適用することにより、

- ①製品の軽量化：約 200~300g / 個 (15 インチホイール) ⇒ 車両 1 台分では約 1.2kg の軽量化に貢献
- ②製造コスト低減：高張力鋼板を適用する場合に比べて、素材板厚低減による剛性低下を伴う事無く 15% 程低減が可能となる。従来材を適用する場合でも、剛性低下を伴う事無く、素材板厚を低減することによる軽量化を実現できる。
- ③経済性：金型のみで実現できるため設備投資が

不要⇒スピニングやテーラードブランクの場合、数億円規模の投資が必要となる。

- ④グローバル対応：設備投資不要かつ従来鋼板で製造可能であるため海外展開が容易である。

以上、本成形法は絞り成形を用いたスチールホイールすべてに適用が可能のため発展性が高く、将来性のある技術と考える。また、設備投資が不要で従来鋼板 (JIS SAPH440 グレード) で性能向上が図れることから海外展開も容易であり、車両軽量化の要素技術として地球温暖化防止へ寄与できる優れた技術である。

## 7. まとめ

スチールホイールディスクの部分増肉プレス成形法を実用化し、軽量化と高剛性の両立を図ると共に、製造コスト低減も可能となった。今後は、さまざまな軽量化手法との組み合わせにより更なるスチールホイールの軽量化を推進し車両軽量化へ寄与できるよう、絶え間ない技術開発に取り組む所存である。

### 参考文献

- 1) 特許第 4738956 号「車両用ホイールの成形方法」。
- 2) 特許第 4956245 号「車両用ホイールディスクおよびその製造方法」。
- 3) Hibon G., Marron G. and Patou P.: Proc. 19th IDDRG (1996) 33-46.
- 4) 42 回塑加東海支部加工懇談会テキスト (2005) 13-22.