

## 板鍛造工法によるパワートレイン部品の コストダウン開発

### Cost Reduction Development of Powertrain Components through Sheet Metal Forging

北郷 博成 羽田 利彦 田丸 翔吾

#### Abstract

Japan's manufacturing industries, including plasticity processing, have developed together with the electrical and automotive industries. However, an unprecedented and major paradigm shift is now approaching. Improving fuel economy and environmental friendliness have been baseline requirements in manufacturing for some time, but recently, the Monozukuri (engineering, manufacturing and marketing) process which encompasses products has itself come to embrace smart technology, rapidly shifting to advanced and diverse functionality and AI technology. The approach to Monozukuri which simply pursued improvements in efficiency or cost reductions is now a thing of the past. Monozukuri (processing method development) which is not captured by past notions but instead anticipates the future by embracing blue-sky thinking is now essential.

Yamaha Motor Engineering Co., Ltd. provides processing technology based on sheet metal press forming technology, developing a wide range of plasticity processing methods, including forging.

The initiatives showcased in this report incorporate integrated plasticity methods which leverage materials properties and consider multiple motorcycle powertrain components together, rather than as single components, and have succeeded in creating new added value by developing its integrated plasticity processing method (sheet metal forging).

## 1 はじめに

塑性加工分野を含む日本の製造業は、電気・自動車産業の発展とともに進化してきた。しかし、ここにきてかつて経験の無い大きなパラダイムシフトを迎えつつある。従来から求められている燃費向上や環境への配慮はもちろんであるが、製品を含む物作りそのものがスマート化し、高度で多様な機能や知能を有するものへと急激に変化してきている。これまで単一の物作りを追求し、効率向上やコスト低減のみを良しとした考え方は過去のものとなり、従来の考え方に囚われない広い視野で未来を見据えた物作り(工法開発)が必要になってきている。

ヤマハモーターエンジニアリング(株)(以下、当社)では、板金プレス成形技術をベースとした加工技術を提供しており、鍛造を含め様々な塑性加工工法の開発を行っている。

今回の取り組みにおいて、モーターサイクル等に使用されるパワートレイン部品を単一部品ではなく、複合部品を一体で作る技術として、材料の特性を活かした複合的な塑性工法を取り入れて、新しい付加価値を生む複合塑性加工工法(板鍛造工法)を開発することができたので、ここに紹介する。

## 2 板鍛造工法とは？

我々が目指す板鍛造工法は、従来から進められている板素材からの冷間鍛造加工による成形方法とは異なるものである。それは、図1に示すように板金プレス成形の引張りを主体とした成形法と鍛造の圧縮成形を主体とした成形方法を組み合わせたものである。板金成形の繊細な塑性流動と鍛造の大きな塑性流動を組み合わせ、さらに精密なせん断加工も取り入れて新たな価値を生み出す複合塑性工法へと進化させている(図2)。

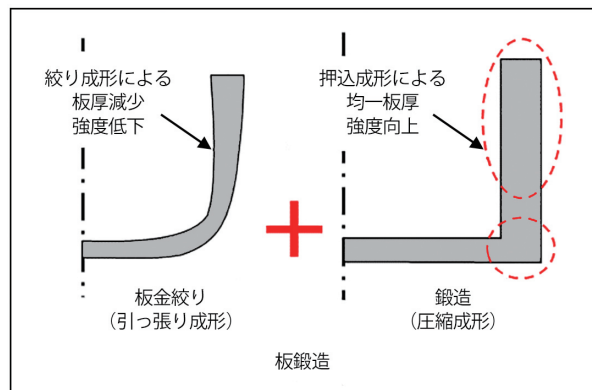


図1 板鍛造技術概略図

本工法で生み出された製品の特長としては、軽量化はもちろんであるが、材料繊維が繋がっているため高強度であり、剛

性が必要な部位に増肉することも可能となることがあげられる(図3)。また、プレス成形による低コストで高い生産性も享受できる。

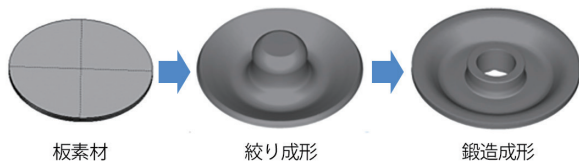


図2 板鍛造工程概略

こうした板鍛造の特長を活かした適用可能部品は、モーターサイクル部品に限らず、様々な部品に適用可能であり、使用される材料や他部品とも組み合わせることで、新しい価値創造が可能となる。

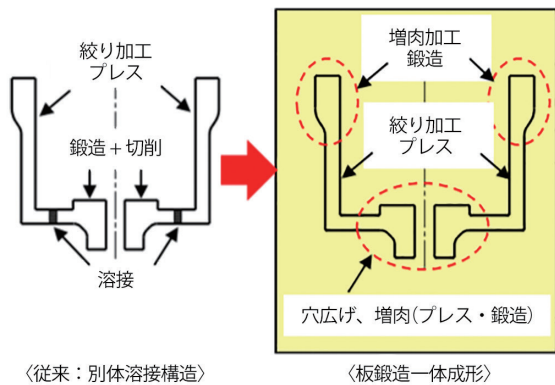


図3 板鍛造工法適用事例

### 3 部品開発への適用

現在開発を進めている板鍛造工法適用部品について、代表的な部品を主に3つ紹介する。

#### 3-1. スターターギア部品

代表的な適用部品のひとつに、図4のようなエンジン内の駆動系部品として使用されるボス部と平板部で構成されたスターターギアがある。板素材を鍛造加工で圧縮成形する従来の板鍛造から図1、2で示したような板金絞り成形で材料を中央に寄せた後、鍛造による圧縮成形にてボス部を成形している。平板部に曲げ加工が入り、またボス部が表裏面のどちらにもあり、同時成形にて成立させているのが特長である。

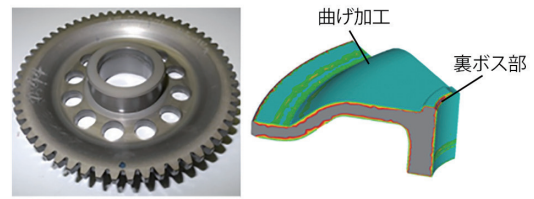


図4 スターターギア板鍛造成形品

#### 3-2. CVT駆動部品

スターターギア部品と同じような形状であるが、ボス部がより長く厚くなっているCVT用の部品への適用も進めている(図5)。

本部品の成形においては、フランジ部に対してボス部の板厚比が1.7倍程度あることに加え、ボス部の長さもスターターギアより1.3倍程度あるため、いかにして座屈させず材料を塑性流動させるかが鍵となる。また、フランジ部の小さなボスをハーフピアス成形にて同時成形を行い、小部品一体化によるコストダウンを図っている。

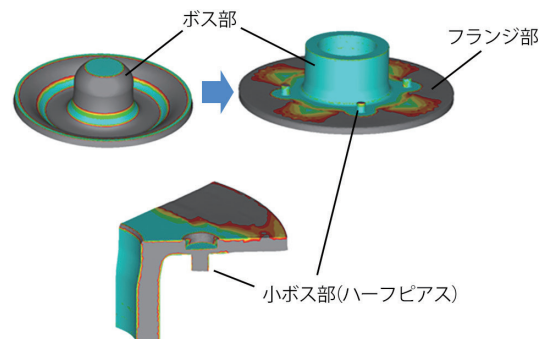


図5 CVT用駆動部品

#### 3-3. モーターハウジング部品

これまでに挙げた形状の他にも、図3で紹介したボス+カップ形状で構成されるモーターハウジング部品がある(図6)。板素材よりカップ部とボス部を同時に成形しながら、最終的に材料をボス部とカップ外周部に塑性流動させて成形しており、技術的には、先に述べた2つの成形事例を組み合わせたものになる。

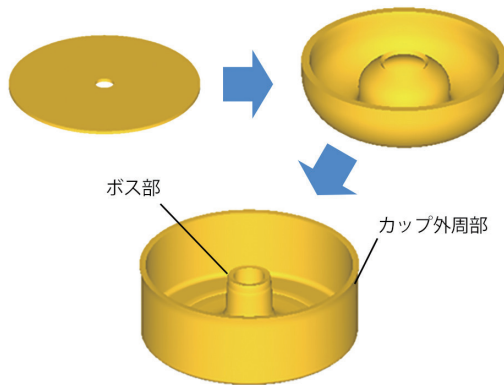


図6 モーターハウジング

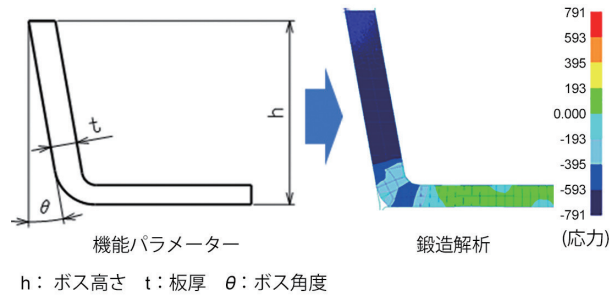


図8 鍛造前素材形状検討

さらに材料の座屈を防止するためには、金型での拘束条件が必要となる。材料を圧縮成形する時点では、非拘束の状態であるが、成形が進むにつれて外径部を拘束することで座屈を防止している(図9)。

## 4 工法開発のポイント

### 4-1. 絞り引張り成形による塑性流動

板素材からの成形は、通常の鍛造成形とは異なり、材料は圧延により薄く延ばされた状態になっている。よって材料を必要とする部位に少しずつ塑性流動させて寄せていく必要がある。その際の成形方法として、引張りを主体とした絞り成形を何回か繰り返す再絞り成形を採用している。板素材は素材製作時に圧延されているため、方向によって材料の流動特性が異なる異方性という問題があり、絞り成形時にはそれらを最小にする技術が求められる(図7)。

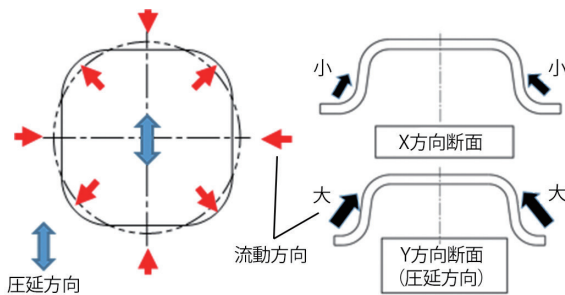


図7 絞り成形ポイント

### 4-2. 鍛造 圧縮成形による増肉成形

必要な部位に材料の増肉を行う方法としては、鍛造による圧縮成形加工を適用し、絞り成形には無い大きな塑性流動を起こす方法を採用している。ポイントは、いかに座屈せずに材料を圧縮成形できるかにある。技術的には鍛造前の素材形状の最適化と材料の拘束方案が必要となる。最適化については、図8にあるような前素材の成形に重要な機能パラメーターを抽出し、鍛造成形解析を実施しながら導出している。

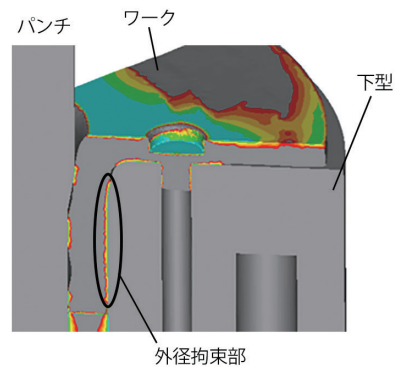


図9 鍛造増肉成形過程

### 4-3. 複合塑性加工を可能にする金型構造

本開発にて行われている板鍛造加工は、既存の塑性加工工法を組み合わせた複合塑性加工工法である。そして、本工法を可能にするには、複合的な動きをする金型が必要となるため、ヤマハ発動機(株)の協力のもと既存プレス機に設置できるような複合加工用のダイセット型を開発した(図10)。

本ダイセット型は、プレス軸と合わせて上下4軸の動きができる構造となっており、様々な部品形状を成形できる仕様としている。金型の信頼性評価については今後の課題となるが、各部の変位および応力をセンシングしながら定量値化を図るとともに、量産に移行した際にも品質監視技術等に対応できるよう周辺装置類の開発も含め当社の設備技術グループと共に進めていく。

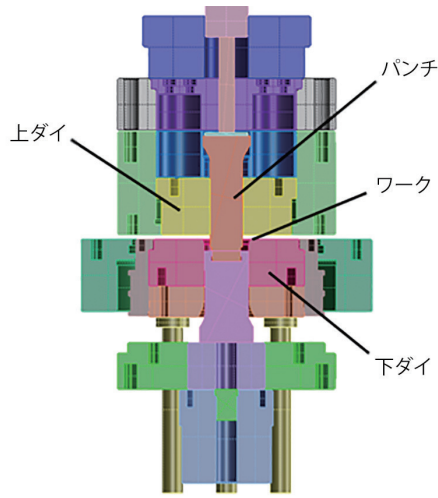


図10 金型構造図

#### 4-4. 工程削減への取り組み

本開発で行っている板鍛造工法は、標準的な絞り成形を用いると多工程成形となる。そのためいかに工程を削減して全体の型数およびショット数を減らすかが量産に向けた課題となる。ポイントは、一般的な成形方案に囚われず材料の特性を活かし自在にコントロールできるようにすることである。

ここに現在取り組んでいる削減方案を紹介する。材料の持つ特性を利用して、引張り成形された材料に圧縮応力を付与することで成形特性を上げる方案となっている(図11)。結果として、工程数を3~4工程削減することが可能となる。今後も本方案だけでなく、工程削減を行える様々な方案を検討していきたい。

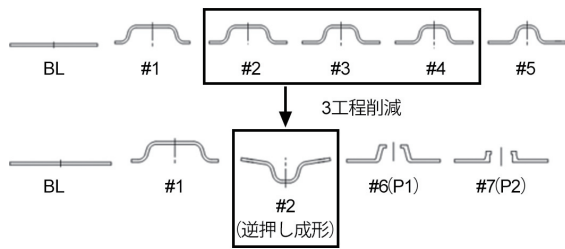


図11 工程削減方案検討図

## 5 今後の展開

現在開発を進めている部品は、量産効果の高い部品に展開するため各アセアンの拠点へ導入し、現地生産機種のコストダウンおよび技術力の向上に寄与していく予定である。また今後は、従来のモーターサイクル部品だけでなくマリン製品、EV製品等に対しても適用範囲を広げて、複合塑性工法(板鍛

造工法)による、新しい付加価値を低コストで提供していきたい(図12)。

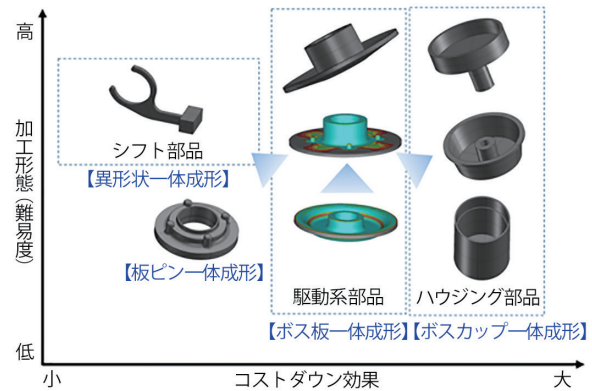


図12 板鍛造技術展開図

## 6 おわりに

板鍛造技術は、塑性加工の中では鍛造成形領域と板金成形領域の中間に位置し、技術開発の観点ではまだまだ進化できる領域であると考えている。今後は、金属材料に留まらず、樹脂と金属を組み合わせて一体成形するような新しい取り組みも進めていきたいと考えている。また、量産工法としては実績が不足しているため、ヤマハ発動機の協力のもと各拠点での早期の実用展開も進めていきたい。

今後もヤマハ発動機グループの新たな商品展開に合わせ、これまでになかった新しい工法をタイムリーに提案し、商品のコストダウンと機能を両立させるような物作りの技術を提供していく所存である。

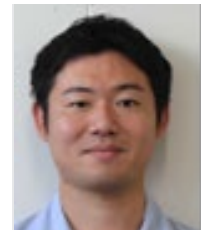
### ■ 著者



**北郷 博成**  
 Hironari Hongo  
 ヤマハモーター  
 エンジニアリング株式会社  
 生産技術部



**羽田 利彦**  
 Toshihiko Hada  
 ヤマハモーター  
 エンジニアリング株式会社  
 生産技術部



**田丸 翔吾**  
 Shogo Tamaru  
 ヤマハモーター  
 エンジニアリング株式会社  
 生産技術部