

北郷 博成 鈴木 幸人

### Abstract

In recent years, motorcycle and automotive engines are becoming more compact and high performance due to downsizing in order to improve fuel efficiency and respond to environmental concerns. For this reason, iron forging components must be made more lightweight and compact while being stronger. In addition, its material cost must be reduced by creating forging mold technology that are as close to the completed component as possible (hereinafter near net shape).

Yamaha Motor Engineering Co., Ltd. is carrying out development of a die set mold which compensates for the process accuracy of a forging mold while retaining the metal mold by utilizing a sheet metal press molding technology.

In this instance, we have developed a compact die set where near net shape components for motorcycles can be forged using standard press machines. This enabled the expansion of the manufacturing process globally whilst controlling equipment investment.

## 1 はじめに

近年、燃費向上や環境への配慮からモーターサイクルや自動車用エンジンでダウンサイジングに伴う小型軽量化と高機能化が進められている。そのため、エンジン部品を構成する鉄物鍛造部品に関しても、完成品に近い素材形状（以下、ニアネットシェイプ）により材料費を低減しつつ軽量コンパクトかつ高強度化することが求められている。そして、そのニーズを具現化するための鍛造金型技術の向上も必要不可欠となっている。

ヤマハモーターエンジニアリング（株）（以下、当社）では、板金プレス技術をベースとした金型技術を活用して、鍛造金型についても成形金型を保持しながら加工精度を補完するダイセット金型の開発を行っている。

今回、モーターサイクルで使用されるニアネットシェイプ鍛造品を標準的なプレス機で鍛造加工できるコンパクトなダイセットを開発した。その結果、設備投資を抑制したグローバルな工法展開が可能となった。

## 2 開発の狙い

製品形状に近い複雑な鍛造部品を成形するには、金型を閉じた状態で材料を分流して充填させる閉塞機構と材料が上側に延びる動きを制御する背圧機構が必要となる。そのため、従来のダイセットでは高さが1000mmにも達してしまい（図1）、充分なダイセット取り付け高さ（以下、ダイハイト）をもつ特殊なプレス機が必要となっていた。

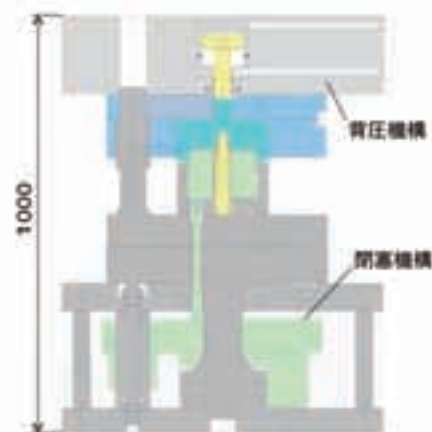


図1 鍛造用閉塞ダイセット

そこで、現行のダイセットに対し、基本性能は保持しつつ標準的なプレス機のダイハイトに納まるようダイセットを含めた全体のダウンサイジング化（現行比▲40%）に取り組んだ（図2）。

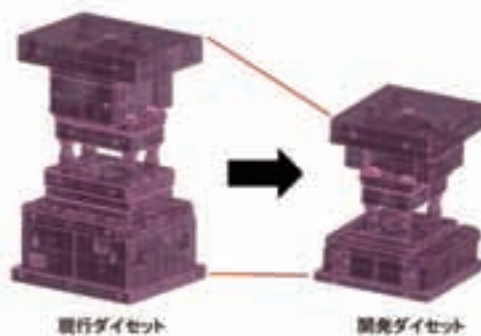


図2 ダイセットのダウンサイジング化

### 3 開発の取組み

ダイセットの大幅なコンパクト化のため、開発を3つのユニットに分けて実施した。

#### 3-1. 上部背圧ユニット部

上部ユニットは、プレス機の荷重を伝える上部スライド部とピストンを内蔵し鍛造成形時にプレス荷重とは別の荷重を与える油圧式背圧部で構成される。

従来と同等のピストンストロークと荷重を要求されるため、油圧シール部とピストン受圧部を一つの構造にすることでコンパクト化を実現した（図3）。

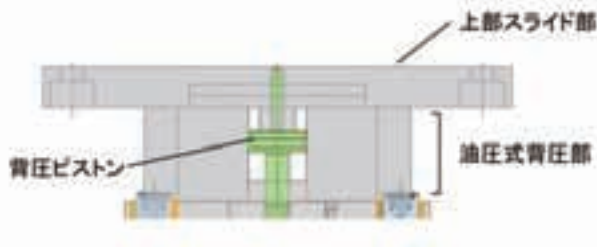


図3 上部背圧ユニット

#### 3-2. サブダイセット部

成形金型をセットし、段取り交換を行なうためのサブダイセット部は、4本のガイド支柱で案内された上下プレートで構成されている。

従来は、軸部品のような長い部品も成形できるように上下型の空間を広めに設定していたが、歯車系の部品専用とすることで高さを抑えるとともに、上下プレートを一体化し薄肉化することによりコンパクト化を実現した（図4）。

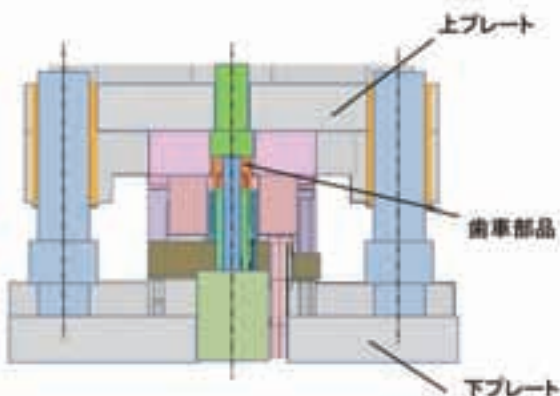


図4 サブダイセット部

#### 3-3. 下部閉塞ユニット部

上下型を閉じるための閉塞力を与える機構は、下部ユニット内に複数配置されたガスクッションと閉塞力を伝える閉塞プレートにて構成されている（図5）。その中でもガスクッションのレイアウトは、本開発の重要項目であり、コンパクトにするための大きな課題となった。

本ダイセットでは、目標のサイズに収めるため、プレート内にガスクッションを埋め込む構造とした。また、プレスベッド面を保護しているボルスタプレートを取り外し、閉塞ユニット部と一体化することで全体の高さを抑えるとともに、懸念されるプレスベッド面への負荷を現行ダイセットと同等レベルになるように内部に取り付ける金型の形状を見直した。

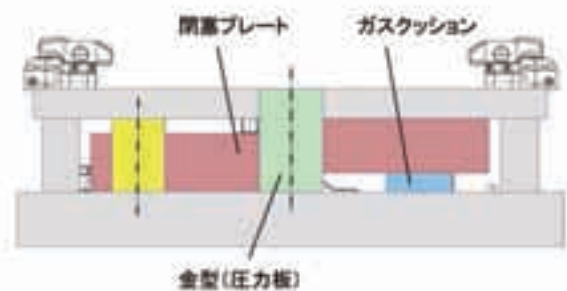


図5 下部閉塞ユニット部

以上の3つのユニットの開発によって、当初狙っていた現行比▲40%のコンパクト化を達成することができた。

### 4 開発のポイント

#### 4-1. コンパクト化に伴う強度検証

当社では、板金プレス金型設計にて培った金型の強度設計プロセスをベースに、鍛造ダイセットの設計も行っている。

本ダイセット開発においては、開発の初期段階からコンパクト化に伴う各部の強度解析を実施し、現行ダイセットとの比較検証を行いながら、解析結果の妥当性を検証してきた（図6）。

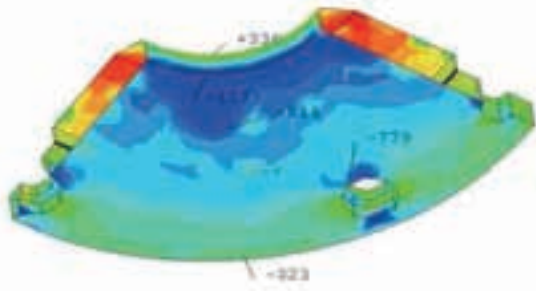


図6 プレート強度解析

#### 4-2. 閉塞プレートの剛性アップ対策

鍛造金型の寿命において、曲げによる引張り応力の軽減対策は重要なポイントである。基本的には、全ての部分を圧縮応力場に置くのが良いが、金型構造上どうしても曲げがかかってしまう型構造となる場合がある。

本ダイセットにおいては、閉塞力を伝える閉塞プレートのコンパクト化に伴い、薄肉で複雑な型構造になったため、閉塞プレートに大きな曲げが発生し、それによる引張り応力が問題となった。

対策として、上部ダイセット、サブダイセットの各プレートを1/10mm単位で薄肉化することで閉塞プレートを増肉化し剛性アップを図るとともに、荷重を受けるガスクッションの位置を型構造の許す限り中心側に配置（図7）することで、曲げ剛性を向上させた。また、プレートの材料に関しても、材質・熱処理等を見直し強度アップを図った。

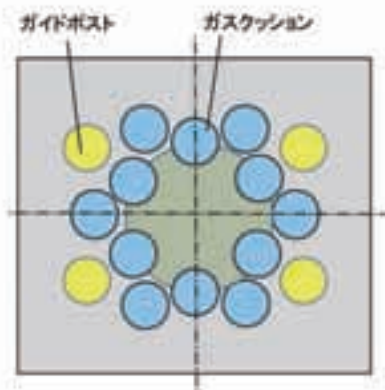


図7 ガスクッション配置図

#### 4-3. コンパクトダイセットの耐久評価

本ダイセットの開発においては、実際のプレス機を用いた10,000個の鍛造加工により、品質および耐久性の評価を実施した。

耐久評価にあたっては、各部の変位および応力をモニタリング（図8）しながら定量値化を図るとともに、机上解析値との比較検証を行った。従来のダイセット寿命は、100万ショット以上で設定されており、1万ショットの耐久評価では保証できない面があるが、解析値と実測の値を組み合わせることで1万ショットでの耐久評価にて型寿命保証ができるプロセスを構築することができた。

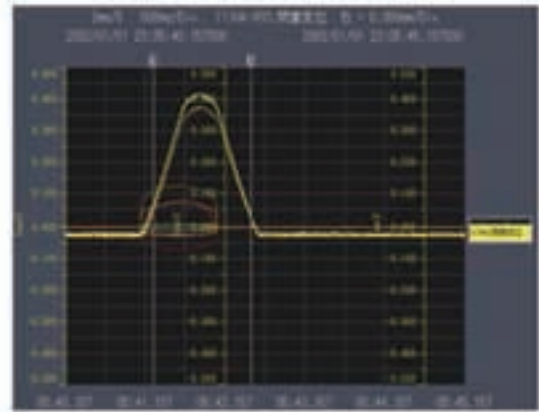


図8 耐久評価でのモニタリング

#### 4-4. 段取り性およびメンテナンス性

鍛造加工は生産効率の良い加工法であるため、無価値時間となる段取り性については重要な開発項目となる。本ダイセットでは、上部ユニットと下部ユニットをそれぞれプレス機本体に常時固定し、サブダイセット部を機種ごとに交換する外段取り方式をとった。コンパクト化に伴い、重量を現行比約30%削減することで、型交換時の取り扱い性を向上させるとともに、成形金型交換時の作業者の負担を減らす効果も得られた。

メンテナンス性については、従来のダイセットが外部配管方式であるのに対し、プレート内部配管構造にすることでメンテナンスフリーとなっており、油やガス漏れ等のトラブルを解消することができている。

## 5 今後の展開

今回開発したグローバル標準機用コンパクト閉塞ダイセット（図9）は、2014年3月にベトナムの拠点へ導入し、現地生産機種のコストダウンおよび技術力向上に寄与している。今後は量産の中で改良を加えながら、ニアネットシェイプ鍛造技術とともに各海外拠点に展開していく予定である。

また、今回得られた経験を基にダイセットに新たなる機能を追加し、新しい付加価値を低コストで生み出す金型システムの開発を進めていく。

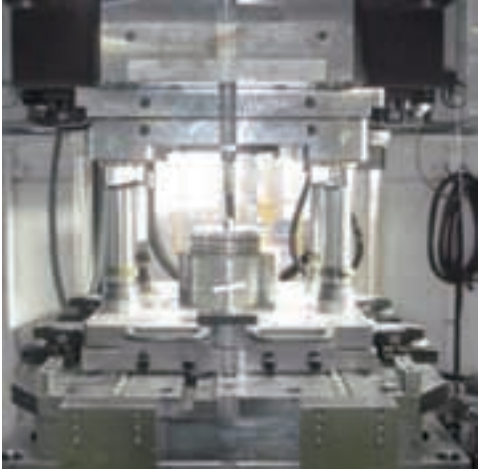


図9 コンパクト閉塞ダイセット外観

## 6 おわりに

本ダイセットの開発は、これまで鍛造領域では耐久性の観点から避けられてきたダウンサイジング化に取り組む大きな挑戦となった。従来のダイセットに設定された設計上の安全率をギリギリまで見直す作業は、耐久評価も含め困難を極めたが、板金プレス金型技術で培った経験も取り入れながら当初の狙い通りのコンパクトなダイセットに仕上がった。

今後、ヤマハ発動機の新たな海外展開に合わせ、設備投資を抑制した生産工法の展開がますます重要となってくる。当社は、従来形の設備・金型のコストダウンだけでなく、新たな付加価値を創り出し、製品のコストと魅力を両方得られる生産技術を本開発で培った経験を活かしながら迅速に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



鈴木 幸人  
Yukihito Suzuki  
ヤマハモーター  
エンジニアリング株式会社  
生産技術部