

金型を用いた油圧バルブボデー試作品の 短期製造システムの構築

Establishment of Rapid Manufacturing System for Dies to Produce Hydraulic Valve Body Prototype

島田 宏美*
Hiromi SHIMADA
河田 茂美*
Shigemi KAWATA

石濱 陽一郎*
Yoichiro ISHIHAMA
内田 孝尚*
Takanao UCHIDA

早川 善寿*
Yoshihisa HAYAKAWA

要 旨

オートマチックトランスミッションの変速制御用油圧回路を構成する油圧バルブボデーは、量産品と試作品では製造方法の違いから詳細形状に違いが発生する。この違いから変速制御仕様は、試作品で設定後に再度量産品で設定する必要があった。この課題は試作品の鑄造に砂型ではなく量産同様の金型を用いれば解決できるが、製造の期間が長いため実現できなかった。この期間を短縮するため、金型を短期で製造する技術の構築と業務フローを見直した。この結果、油圧バルブボデーの試作品は、従来の砂型を用いた製造の期間以下で、金型を用いて製造することが可能になった。

ABSTRACT

The use of different casting methods causes differences in the detailed shapes of mass-production and prototype models of the hydraulic valve bodies which make up the hydraulic circuits employed for shift control in automatic transmissions. These differences make it necessary to reset the shift control specifications in mass-production models after their initial setting in the prototypes. This issue could be resolved by replacing the sand molds currently used to cast prototypes with the dies used in mass production, but the length of time required to produce prototypes with the dies renders this method impractical. New production techniques were therefore proposed and the production workflow was studied to reduce the period required to produce dies. As a result, prototype hydraulic valve bodies can now be produced using dies in a shorter period than previously required when using sand molds.

1. まえがき

オートマチックトランスミッションの油圧制御装置は、ショックの無いスムーズな変速を制御するためのものである。油圧制御の仕様設定は、アルミダイカスト(ダイカスト)部品である油圧バルブボデーで形成する油圧回路を用いておこなう。油圧バルブボデーは量産品と試作品では Fig. 1 に示すような抜き勾配や、油路底部隅 R 等の詳細形状に違いが発生する。近年の緻密なオートマチックトランスミッション制御では、これらの詳細形状の違いが油圧特性に影響を与えるため、油圧制御の仕様は、試作品で設定した後に量産品で再設定する必要があった。

油圧バルブボデーの量産品と試作品で詳細形状に違いを生じる原因は、量産品と試作品で製造方法が違うことである。Fig. 2 は量産品と試作品の製造工程を示した図である。Fig. 2 に示す 3D 詳細形状モデルは、製品設計者が 3D CAD

を用いてパーティングラインや抜き勾配、フィレット R 等の製造側の仕様要望を反映し作成する。この 3D 詳細形状モデルは量産と試作で同等に活用される。量産品の製造工

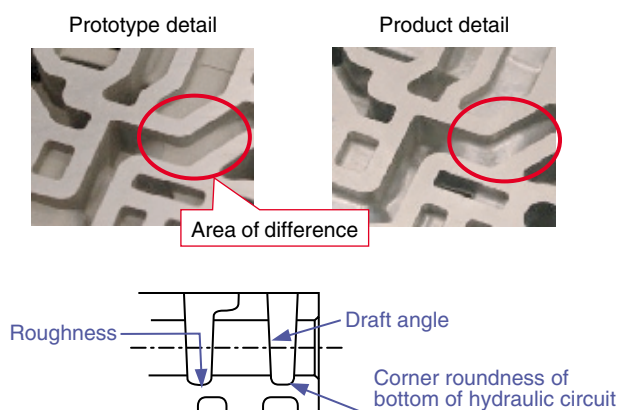


Fig. 1 Comparison of detailed shape in prototype, and product

程では 3D 詳細形状モデルを CAM モデルへ転用し、NC で金型を彫り鑄造成形する。試作品の製造工程でも 3D 詳細形状モデルを CAM モデルへ転用し、NC で木型を彫り砂型を造型し鑄造成形する。試作品の製造工程には人手を用いた砂型造型があり、この工程の中に試作品と量産品の詳細形状に違いが生じる、以下の要因がある。

- (1) スライス木型(Fig. 2)間の砂混入による型合わせ不良
- (2) スライス木型の磨耗
- (3) 油路形状部の砂型を砂型本体へ接着する時の位置不良
- (4) 上下砂型を合わせる時の位置不良
- (5) 砂型先端形状のつぶれ

これらの要因を対策し、試作品の詳細形状を量産品と同等にする検討をしたが、人手の作業バラツキを取り除くことができず解決には至らなかった。

以上から、油圧パルプボデーの試作品の詳細形状を量産品と同等にするため、金型を用いて試作品を製造することが必要になった。

2. 短期製造システム構築のねらい

一般にダイカスト用の金型は部品の種類ごと専用に製造される。金型を用いた試作も同様であり、従来の砂型を用いた試作の製造に対して、Fig. 3に示すように期間が2倍を要した。この場合の金型製造期間は Fig. 4 に示すように、製品設計部門が 3D 詳細形状モデルを出図してから、試作品が完成するまでの全製造期間の 3/4 を要した。さらに金型製造期間の中で主型製造工程が一番期間を要し、全製造期間の 1/2 であった。

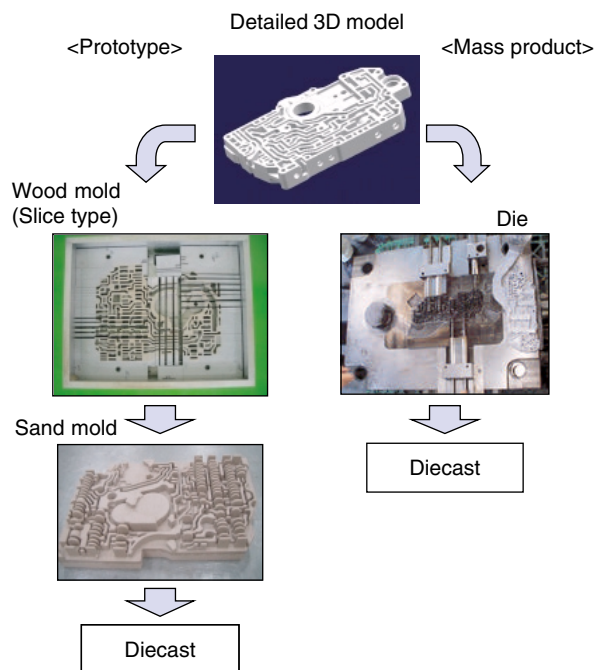


Fig. 2 Manufacturing process

ダイカスト製造仕様は、鑄巣(Fig. 5)、湯境、湯じわ等の鑄造欠陥を取り除くための鑄造トライ(Fig. 4)をおこない決定する。鑄造トライの各工程を以下に説明する。

- (1) 鑄造：鑄造工場で金型をダイカストマシンに載せ、ダイカスト時の溶湯速度等、湯のコントロールを設定し鑄造成形する。
- (2) 機械加工：機械加工工場で鑄造素材を機械加工し、加工面の鑄造欠陥を検査する。
- (3) 鑄造方案修正：鑄造欠陥が発生した場合、金型工場で溶湯の流れを改良するため Fig. 11 に示すような湯口、湯道、バックアップ、ガス抜き等の鑄造方案(Casting plan)と言われる金型形状を見直し修正加工する。

一回の鑄造トライは上記(1)(2)(3)の工程をおこなう。またこれら(1)(2)(3)の工程はそれぞれ別の工場でおこなわれ、工程移行には金型と鑄造トライ品を各工場へ輸送

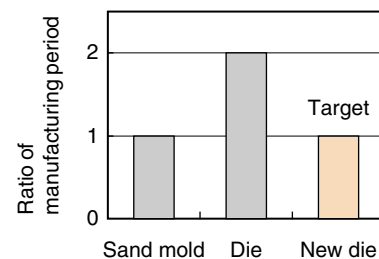


Fig. 3 Comparison of manufacturing periods

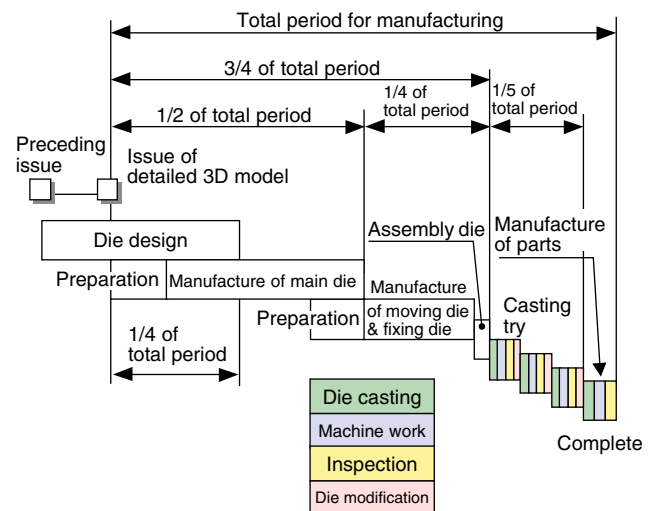


Fig. 4 Workflow of manufacture by die

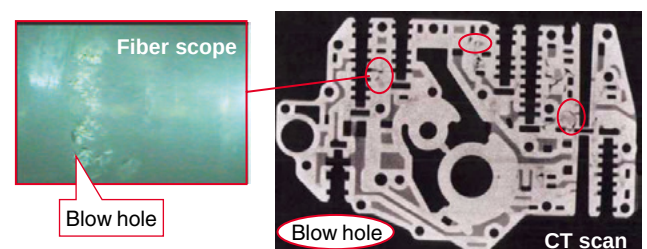


Fig. 5 Casting cavity

する期間が必要である。鑄造トライは鑄造欠陥がなくなるまで通常三回程度おこなわれる。以上から鑄造トライの期間は全製造期間の約 1/5 (Fig. 4) を要した。

金型設計は製品設計部門から先行図を受け取り開始する。その後 3D 詳細形状モデルの正式図を受け取り詳細を設計する。このため Fig. 4 の金型設計工程は製造期間に含まれることになり、全製造期間の 1/4 を要した。

以上より金型を用いた製造期間を、砂型を用いた製造期間まで短縮する課題として、以下を挙げた。

- (1) 金型製造期間の短縮
- (2) 鑄造トライ回数の削減
- (3) 金型設計の前倒し

3. 短期製造システムの構築

3.1. 金型製造期間の短縮

3.1.1. 油圧バルブボデー用金型形状の特徴

油圧バルブボデー形状の特徴を以下に挙げる。

- (1) 表面と裏面に油路があること (Fig. 6)
- (2) 左右に油圧バルブが挿入される穴があること (Fig. 6)
- (3) オートマチックトランスミッションの種類ごとに専用であるがどの形状も相似していること

上記の油圧バルブボデー形状の特徴に対応するため、金型は Fig. 7 に示すように主型へ製品形状型を組み込んだ可動型と固定型及び、可動型の左右にスライドピンを配置する構造を持ち、どの金型も形状が相似していることである。こ

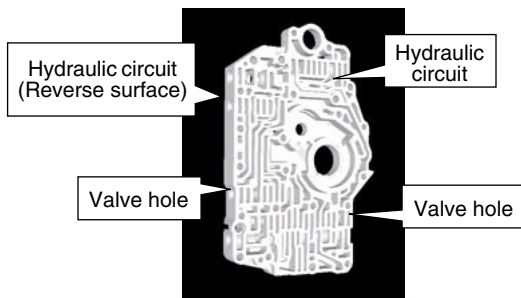


Fig. 6 Shape of hydraulic valve body

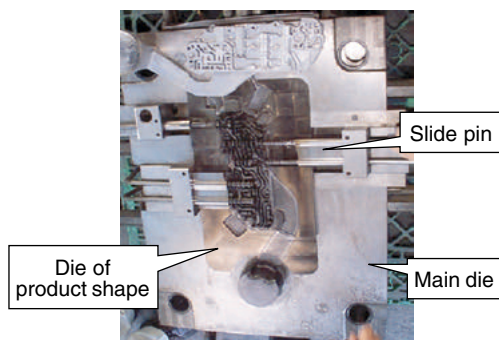


Fig. 7 Moving die

の相似する金型形状の特徴を生かし、主型とスライドベースの標準ユニット化を検討した。

3.1.2. 主型の標準ユニット化

主型の標準ユニット化は、Fig. 8 に示すように可動型と固定型の主型へ製品形状型を組み込む部分の寸法と、可動型のスライドベースを組み込む部分の幅寸法を標準化することである。この標準化を検討するため、当社の全種類の油圧バルブボデーについて、油圧バルブボデー外形の最大の投影面積と、油圧バルブ穴の最大の設置幅寸法を調査した。この結果より、油圧バルブボデーの最大の投影面積に対応する、主型の標準ユニット化を検討したが、油圧バルブボデーが最小の投影面積の場合に以下の課題がわかった。

- (1) 製品形状型 (Fig. 8) に無駄な材料面積が大きくなり、余分な材料費がかかる。
 - (2) 必要以上に大きなダイカストマシンが必要になり、余分な設備費がかかる。
 - (3) 金型の大きさに対し、溶湯が接する製品形状部 (Fig. 8) が小さくなり、ダイカスト時に金型が設定温度まで上がり難くなるため、湯じわ等の鑄造欠陥が出易くなる。
- 以上の課題に対応するため、製品形状型の標準寸法を油圧バルブボデーの投影面積の大きい物と小さい物に分け、主型の標準ユニットは大型用と小型用の二種類を設定した。またスライドベースの幅寸法は、主型の小型用と大型用に対応させ、油圧バルブ穴の最大の設置幅寸法を設定した。

3.1.3. スライドベースの標準ユニット化

スライドベースの標準ユニットも、主型標準ユニットのスライドベース幅寸法に対応させ二種類を設定した。またバルブ穴の挿入方向には、水平以外に Fig. 8 に示すように斜めが存在する。このためスライドベースとスライドピンの間に、アダプタを設定した。

3.1.4. 金型の専用部品

主型とスライドベースの標準ユニットを流用し、油圧バルブボデー用試作金型を製造する場合、油圧バルブボデーの種類ごとに専用になる以下の金型部品のみ、新規製造または追加加工が必要である。

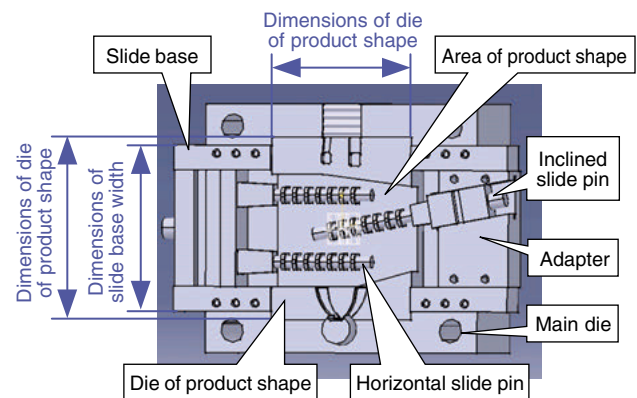


Fig. 8 Standard main die unit

- (1) 製品形状型の新規製造 (Fig. 9)
- (2) スライドピンの新規製造 (Fig. 8)
- (3) 必要に応じてバックブロックの冷却ホース用穴の追加工 (Fig. 9)
- (4) 必要に応じてアダプタの新規製造 (Fig. 8)

主型とスライドベースを標準ユニット化し専用金型部品を削減した結果、金型製造期間は 1/3 に短縮できた。この結果、全製造期間の 1/2 が削減された。Fig. 10 に主型とスライドベースの標準ユニットを用いて、油圧バルブボディ用試作金型を製造した例を示す。

3.2. 鋳造トライ回数の削減

3.2.1. 油圧バルブ穴の鋳巣

油圧バルブボディの鋳造欠陥で一番の課題は、油圧バルブが挿入される機械加工穴の内径面に生じる鋳巣 (Fig. 5) である。鋳巣の発生する要因は、この部位が金型の外形から深い位置にあるため、ダイカスト時に冷却が遅くなることである。また、この部位は油圧バルブの摺動面にあたるため、鋳巣の品質基準が厳しくなっている。以上の要因を解決し鋳造トライ回数を削減するため、バルブ穴周辺の冷却性能の向上と機械加工取代の低減を検討した。

3.2.2. 鋳造トライの1回化

鋳造トライ回数の削減のため、以下の手法を検討した。

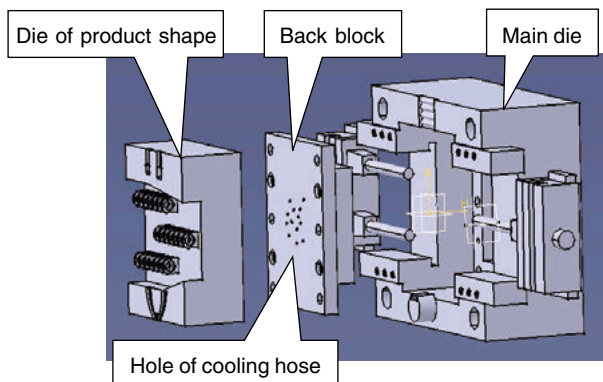


Fig. 9 Configuration of main die unit

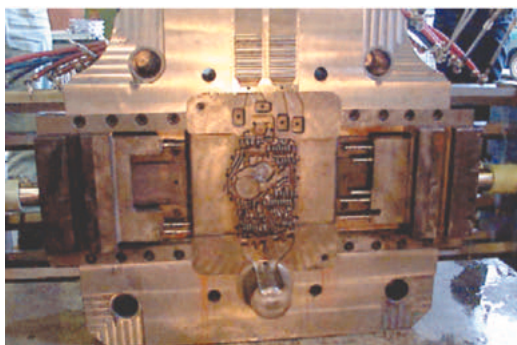


Fig. 10 New prototype die produced by standard main die unit

(1) 鋳造欠陥を防ぐ仕様の金型への適用 鋳造トライ時の鋳造欠陥、特に油圧バルブ穴の鋳巣の発生を防ぐため、量産と試作の金型で実績がある鋳造方案と、下記に挙げた新たな仕様を新試作金型へ適用した。

a. バルブ穴周辺の冷却性能の向上 Fig. 11 に示すようなスライドピン内冷却とライン冷却及び、スポット冷却を追加した。

b. 機械加工取代の低減 鋳肌面から鋳巣が発生する深さを分析した結果、鋳巣が発生する深さに傾向があり、冷却面近傍には発生しづらいことがわかった。またスライドピンの抜き勾配は、Fig. 12 に示すように鋳抜きが可能な勾配まで低減化を検討した。これらにより機械加工取代を低減した。

以上の結果、鋳造トライにおけるバルブ穴機械加工面の鋳巣は発生しづらくなった。

(2) 鋳造トライ工程の鋳造工場への集約化 鋳造欠陥を防ぐ仕様を金型へ適用した結果、従来、金型工場でおこなわれていた大幅な金型方案の修正が不要になった。これにより、下記に示す機械加工工場及び金型工場でおこなわれていた工程を、鋳造工場に集約することができた (Fig. 13)。

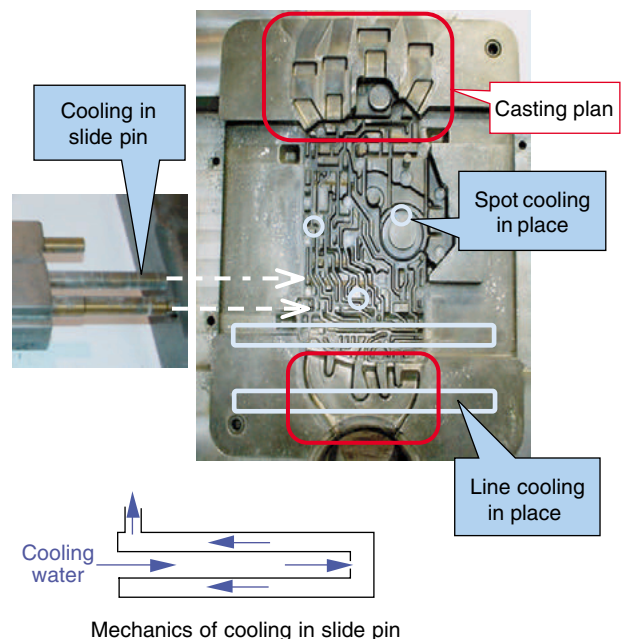


Fig. 11 Improvement of cooling capability of die

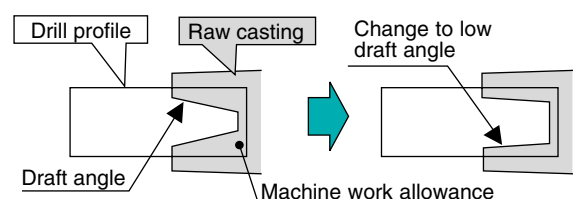


Fig. 12 Low draft angle slide pin

- (a) バルブ穴等の検査用機械加工
- (b) バルブ穴等の機械加工面の鑄造欠陥検査
- (c) 鑄造方案の修正加工

この結果、工程移行のため金型と鑄造トライ品を各工場へ輸送することが不要になった。

鑄造欠陥を防ぐ仕様を金型へ適用したこと、鑄造トライを鑄造工場に集約したことにより、鑄造トライを三回から一回に削減できた。この結果、全製造期間の 1/8 が削減された。

3.3. 金型設計の前倒し

3.3.1. 製品形状レイアウト図の活用

Fig. 4 の業務フローで示す金型設計を開始する時期の前倒しを検討した。金型設計が初期におこなうことは、金型構想の検討と Fig. 4 に示す材料手配等の準備工程の設計である。この工程は可動型と固定型及び、スライドピン等の製造 (Fig. 4 の可動型と固定型の製造) の準備である。これらの金型設計を始めるには、油圧バルブボデーのプロフィール及び、バルブの本数と位置が表された製品形状のレイアウト図が必要である。このため、Fig. 14 に示す新しい業務フローでは、先行図の前にレイアウト図を製品設計部門から金型設計部門へ送る工程を追加した。

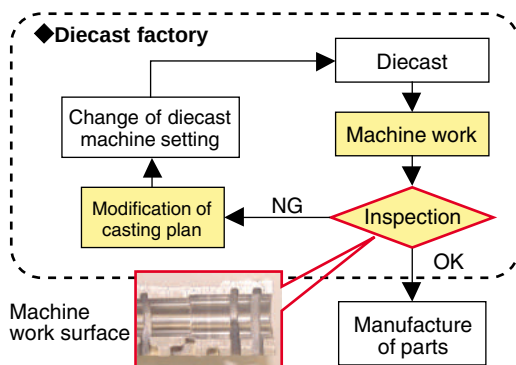


Fig. 13 Flow of casting try for one time

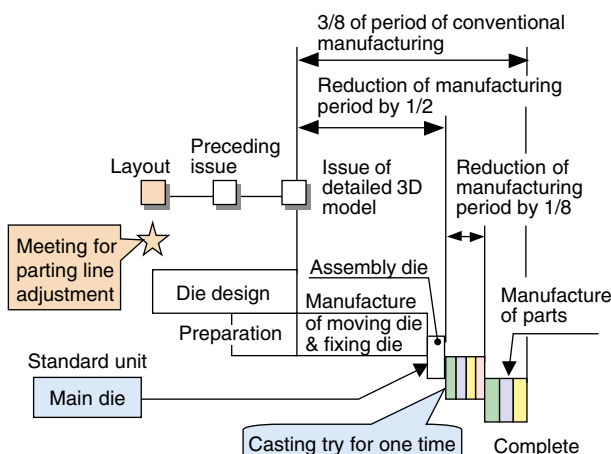


Fig. 14 Workflow of manufacture by new die

3.3.2. パーティンライン整合ミーティングの設定

金型を詳細設計するには、パーティンラインの設定が必要である。このため、Fig. 14 に示す新しい業務フローでは、製品設計部門から金型設計部門へレイアウト図を送ると同時に、製品設計者と金型設計者が整合するミーティングを設定した。また、このミーティングに量産の金型設計者も同席させ、量産の金型品と試作の金型品のパーティンラインが同等になるようにした。

以上の結果、Fig. 14 に示すように金型設計工程は製造工程より前へ移動したため、金型設計期間は製造期間として考慮する必要がなくなった。

4. 短期製造システムの効果

4.1. 製造期間の短縮

金型を用いた試作品の製造期間は、金型製造期間の短縮と金型設計期間の削減から、Fig. 14 に示すように製造期間の 1/2 が短縮できた。さらに鑄造トライ回数の削減から、製造期間の 1/8 が削減できた結果、従来の金型を用いた試作品の製造に対して、Fig. 15 に示すように期間が 3/8 になった。また従来の砂型を用いた試作品の製造に対して、期間が 3/4 になった。

4.2. 量産品と試作品の詳細形状の同等化

油圧バルブボデーの量産品と試作品で違っていた油路抜き勾配、油路底部隅 R、面粗度は、試作品を金型を用いて製造することで詳細形状が同等になった。またパーティンラインは、試作の金型設計者と量産の金型設計者を整合させた結果、量産品と試作品で詳細形状が同等になった。

5. まとめ

油圧バルブボデーの試作品を金型を用いて製造するため、以下の技術の構築と業務フローの見直しをおこなった。

- (1) 主型とスライドベースの標準ユニット化
- (2) 鑄造トライの一回化
- (3) 金型設計の前倒し

以上の結果、油圧バルブボデーの試作品を、従来の砂型を用いた製造期間の 3/4 で、金型を用いて製造するシステムを

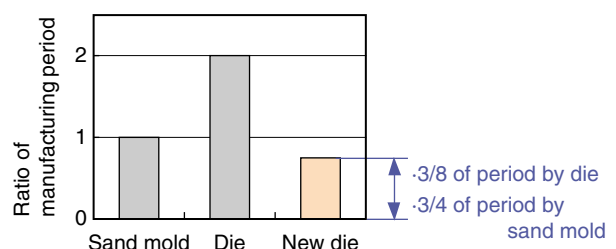


Fig. 15 Period required for manufacture by new die

構築した。また油圧バルブボデーの試作品が、量産品と同等の詳細形状を持てるようになり、オートマチックトランスミッション開発における油圧制御の仕様設定精度を上げる一助になった。

本報告の製造システムは、製品形状を忠実に具現する3D設計技術と、高速金型製造技術及びダイカストの鑄造欠陥防止技術、さらに業務フロー設計技術を組み合わせ構築された総合技術である。このような技術の構築は、まだダイカストやプラスチック等の射出成形の分野に留まっている。今後は機械加工等の他の製造分野でも、3D設計技術と製造技術の組み合わさった総合技術が構築され、製造業における業務改革が広がって行くと思われる。

謝 辞

金型を短期間で製造する技術と、鑄造欠陥を短期間で解消する技術の構築に協力をいただいた、株式会社松岡金型製作所の関係者の方々に対し心から感謝いたします。

参考文献

- (1) 内田孝尚, 永井滋, 小山重:自動車用トランスミッション開発における設計者の行なう CAE 解析例と今後の方向性, Honda R&D Technical Review, Vol.15, No.1, p.109-114(2003)
- (2) 島田宏美, 石濱陽一郎, 久保田和, 内田孝尚:3Dメディアを用いたトランスミッション設計手法の構築, Honda R&D Technical Review, Vol.14, No.2, p.107-114 (2002)
- (3) 内田孝尚, 永井滋:自動車用トランスミッションにおけるバーチャル開発へのアプローチ例, 自動車技術, Vol.56, No.6, p.71-76(2002)

■ 著 者 ■



島田 宏美



石濱陽一郎



早川 善寿



河田 茂美



内田 孝尚