

# 低圧鋳造加圧制御ユニットのリニューアル機開発

## Development of a renewal device for the pressurization control unit in low-pressure casting

楠野 雅章

### Abstract

A low-pressure casting machine consists of the casting machine, the mold and the holding furnace and is used for the casting of parts for products like motorcycles. The stages of low-pressure casting are 1) the closing of the mold, 2) the pressured filling of the molten metal, 3) the solidification, 4) the opening of the mold and 5) the removal of the cast piece. After the mold is closed, pressure is applied to the holding furnace to force the molten aluminum through the stalk tube and into the mold. After the pressurizing and solidifying process in the mold, the aluminum becomes the finished piece (product). These processes are controlled by a specialized unit for a variety of parameters including the temperature of the mold, the temperature of the molten aluminum and the amount of pressure applied to the holding furnace. (Fig.1) Of these, the pressurization of the holding furnace plays an important role in determining the quality of the cast and therefore requires stable and consistent performance. In this report we discuss the development of a renewal device for the pressurization control unit.

## 1 はじめに

低圧鋳造機は鋳造機本体、金型、保持炉で構成されており、自動二輪の部品などの鋳造に採用されている。低圧鋳造の工程は、①型締め、②加圧、③凝固、④型開、⑤製品取り出しである。型締め後に保持炉内を加圧することで、アルミ溶湯がストークを通り金型内に押し上げられる。金型内のアルミは、加圧・凝固の工程を経て製品となる。これらの工程は金型温度や溶湯温度、保持炉内圧力値など多くのパラメータを使って、専用のユニットで制御される。(図1) この加圧制御は鋳造品質に大きく影響するため、常に安定した機能が求められている。本稿ではこの加圧制御ユニットのリニューアル機開発について紹介する。

## 2 開発の目的

ヤマハモーターエンジニアリング株式会社(以下、当社)は、ヤマハ発動機と共同でヘッドシリンダ鋳造の海外内製化を目的に、グローバル標準となりうる低圧鋳造機の開発に取り組む、現在までに、国内外のヤマハ発動機グループの拠点到数多くの低圧鋳造機を導入してきた。しかし、その鋳造機の心臓部である加圧制御ユニットは、グループ外の電子機器メーカー製であった。この制御ユニットはすでに開発から約二十年が経過しているため、故障や老朽化など様々な不具合も目立ってきており、特にIC関連部品はすでに廃盤の物や入手困難な物も多くなってきている。内部の基板構成も複雑で部品点数も多いため、メンテナンスも容易ではない。また、開発当

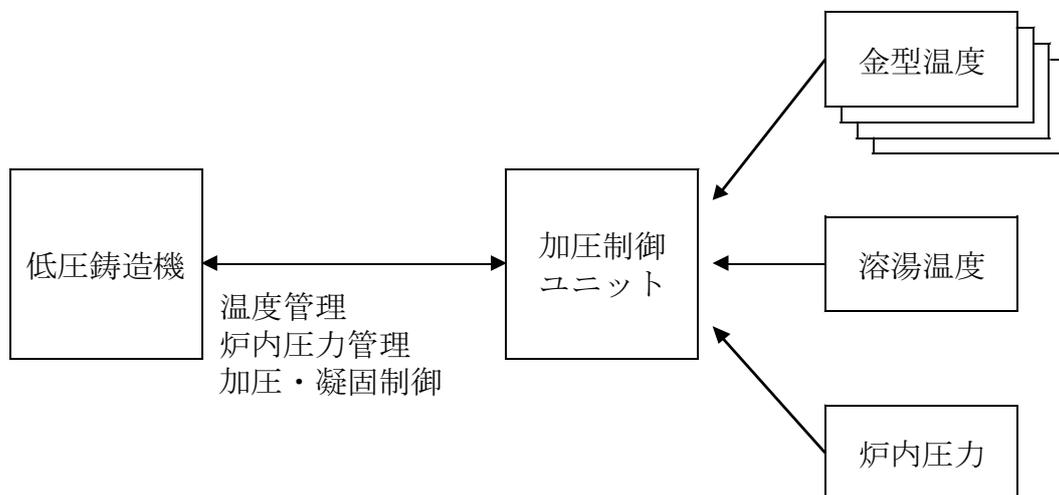


図1 加圧制御構成図

時と現在では、制御技術も飛躍的に進歩し、個々の部品能力にも大きな差があるため、開発時の仕様設計では代替品使用も困難となり修理にも支障が出るなど、問題も顕在化してきた。また、基本仕様や制御ロジックはヤマハ発動機内で設計されたが、ユニットのハード設計やプログラム設計は社外メーカーに委託し専用基板で製作されたため、社内での修理や故障対応が困難であった。そのため、不具合が発生したときは現場で対応ができず、設備停止時間が多くなる場合もあった。特に近年の保全データでは、加圧システムの不具合や制御ユニットの単体故障も目立っている。これらを解決するため、当社で制御ユニットを内製化し、リニューアルする事とした。まず、現状の問題点を洗い出し対策を施すとともに、技術スタッフや現場からヒアリングした現状の改善点や要望を参考に基本仕様を決定した。また、将来的な拡張性も視野に入れ、機能向上できるような仕様に織込み開発に取り組んだ。

### 3 ユニット開発

#### 3-1. 要求仕様の明確化

加圧制御ユニットをリニューアルするにあたり、現行ユニットの機能や制御ロジックを整理し、使用している上での問題点や要望を調査した。

主な機能は以下の通りである。

- ・金型の温度情報から鋳造温度条件、加圧・凝固時間を設定
- ・鋳造データの収集
- ・エア圧力を制御して、アルミ溶湯を保持炉から金型内部へ鋳込む

次に現状かかえている問題をヒアリングした。

- ・基板で製作されたユニットのため、社内ハード・ソフトの仕様変更ができない
- ・部品の流通が無く、修理が容易でない

また、要望としては

- ・現行機と機能、大きさ、入出力など完全互換が望ましい
- ・より多くのパラメータを機種毎に設定したい
- ・加圧制御ユニットの出力信号を増やし、鋳造機の制御に利用したい

以上を踏まえて、現状の問題点を改善し機能向上を織り込んだ制御ユニットの開発に取り組んだ。基本機能は踏襲し、将

来的にバージョンアップ可能となるよう、CPUなどは能力に十分余裕があるものを選定した。さらに今後のメンテナンス性確保のため、部品の入手性についても考慮した。また、現行ユニットとの交換を容易にするため、本体寸法や入出力点数は同等とした。保全面からも、異常内容を分類し詳細表示することで、故障停止ロスの削減や復旧時間短縮できるようにした。今回の開発にあたり、新規の基板構成や鋳造現場の使用環境も考慮に入れ、ハード設計はFMEA(表1)を用いて検討した。事前に問題となり得る項目を洗い出し、対策すべき項目は仕様に織り込んだ。

#### 3-2. 制御ロジック

開発初期の仕様書や現行ユニットの取扱説明書には、詳細なロジックについて記載は無いため、操作手順は分かってもどのように処理されるか不明な部分があった。また、手順通り操作しなかった場合は一時停止処理するのか、異常処理するのかなど、想定される手順とそれに組み合わせられる処理を確認する必要があった。信号ON/OFFのタイミングについても、鋳造機CPUとの入出力信号やフローチャートから読み取った。加圧制御の演算式については、実機動作の確認や現場でのヒアリングから一つずつ仕様を確定していった。また、ロジックを整理し作り込みする上で、取扱説明書には記載がないが機能として必要なものは仕様に織り込んだ。加圧制御のロジックは確認すべき項目が多く、各々の機能の組合せや例外の整合性を机上検証するのに時間を要したが、内製化することで仕様変更に対応できるようになった。

#### 3-3. ハード構成

新規に設計するにあたり、ユニット内のハード構成について基板の共有化を図った。制御基板の仕様を共通とし、全ての制御機能を一枚の基板に集約させることで、インシャルコストを抑えた。FMEAの結果も加味し、一般に流通している入手性の良い汎用部品を使用し、メンテナンス性を向上させるとともに、耐ノイズ性や鋳造の使用環境を考慮した部材を選定した。また、ノイズ対策としては、コンデンサの適宜配置による発振の抑え込みや、フィルタ回路による外来ノイズの低減対策を行った。ユニットの演算能力は、高性能マイコンを搭載することにより、処理能力を向上させ、より多くのデータを扱うことも可能とした。また、予備の入出力信号やアナログ信号を用意し、将来的な拡張性にも備えた。以上により、鋳造条件の微細化や加圧制御の最適化など柔軟に対応可能とした。

表 1 FMEA

#### 4 ユニット評価

完成したユニットは、机上にて200項目以上の検査及び動作確認を行った。また電源試験(表2)やノイズ試験(表3)、恒温槽試験(表4)などにより、ユニット単体での一般性能を確認した。その後、鋳造機の加圧システムと同じ機器構成を持たせたデバック装置にて、加圧制御の確認を行った。ここでは擬似的な信号を与えることにより、実機に近い状態で機能の検証を行い、机上検査した内容を再確認できた。そして、2011年5月より低圧鋳造機に加圧制御ユニットを搭載し、ドライ運転での評価を開始した。以後、約2ヶ月に渡りユニットの詳細な機能を検証し、現行ユニットと同等の加圧制御機能があることを確認することができた。今後、実際に溶湯アルミを用いて試鋳造を行い、製品の品質検査を経て、ユニットを生産転用していく。

項目	条件	結果	備考
電源電圧・周波数許容試験	85V/49Hz	OK	15min
	85V/62Hz	OK	
	132V/49Hz	OK	
	132V/62Hz	OK	
瞬時停電試験	3msec停電	50Hz OK	10sec/1回、1min 位相は0°、180° 各々実施
	85V	60Hz OK	
	1/2サイクル停電	50Hz OK	
	85V	60Hz OK	
	5sec停電	50Hz OK	
	85V	60Hz OK	
	5sec停電	50Hz OK	
	132V	60Hz OK	
電圧低下(dips)試験	20%低下 1/2サイクル	50Hz OK	10sec/1回、1min 位相は0°、180° 各々実施
	100V	60Hz OK	
	30%低下 1/2サイクル	50Hz OK	
	100V	60Hz OK	
	60%低下 5サイクル	50Hz OK	
	100V	60Hz OK	

表 2 電源試験

項目	条件	結果	備考
電源線に印加	L/+2000V	OK	EFT/B
	L/-2000V	OK	
	N/+2000V	OK	
	N/-2000V	OK	
	FG/+2000V	OK	
	FG/-2000V	OK	
限度値 2Kv			
加圧信号線に印加	+1000V	OK	加圧開始以前からノイズ印加
	-1000V	OK	
	+1000V	OK	加圧開始後にノイズ印加
	-1000V	OK	
限度値 1Kv			

表 3 ノイズ試験

項目	条件	結果
高温動作試験	+55°C/1h	OK
	電源ON/OFF繰り返し	OK
高温起動試験	+60°C/1h 放置後、電源ON	OK
	電源ON/OFF繰り返し	OK
低温起動試験	-20°C/1h 放置後、電源ON	OK
	電源ON/OFF繰り返し	OK

表 4 恒温槽試験

#### 5 今後の展開

リニューアルした加圧制御ユニットの鋳造評価完了後は、国内の低圧鋳造機で使用している現行ユニットとの入れ替えを実施し、生産転用していく予定である。今回のユニット内製により、社内でハードとソフトの両面から仕様変更に対応し、鋳造機CPUと連動して加圧システムのカスタマイズが可能となった。今後は制御信号の追加やデータの可視化、ロギング

収集などの付加機能の要望を集約し、バージョンアップとして織り込みを検討していく。また、並行して加圧制御ユニットのマイコン制御からシーケンス制御への置き換えを検討する。ユニットを基板から汎用性の高いシーケンサへ置き換えることで、技術スタッフによる回路モニタや仕様変更も容易になり、保全性の向上も期待できる。現在、シーケンス設計中であり、2011年内を目処に評価完了するよう進めている。

## 6 おわりに

今回、加圧制御ユニットを内製化したことで、低圧鋳造機の加圧システム全体でバージョンアップが可能となった。さらに、制御ユニット単体のバージョンアップだけでなく、周辺の空圧機器も含めたシステム全体での最適な制御技術の開発に取組み、今回のリニューアル機開発同様に、当社は、今後もヤマハ発動機グループに対し技術面で貢献していく所存である。

### ■ 著者



楠野 雅章

Masaaki Kusuno

ヤマハモーター  
エンジニアリング株式会社  
生産技術部