

バタフライ弁の弁体研磨技術

バルブ事業部

1. はじめに

バタフライ弁(BT-D形)は、弁体が弁棒回転中心と同一軸上で回転する構造を有し、流体を制御する機能を果たすバルブである。その構造から、全開時でも弁体が管路の中に残るため、流体の圧力損失が少なくなるよう断面がレンズ形状となっている。また、全閉時に水密機能を持たせる外周シート部が、さまざまな曲率半径を持つ曲線のつながりで構成されているため、一部機械加工が困難な箇所がある。外周シート部には耐摩耗性と腐食防止のためメッキを施している。この弁体の研磨作業は、従来から人手に頼っており、熟練を要すると同時にいわゆる3Kの作業でもあり機械化が望まれていた。ここでは鋳物部品の滑らかな曲面成形といった熟練を要する作業を機械化するにあたり、ワークとなる弁体のさまざまな変動要因に対応し、所要の品質レベルを汎用ロボットを用いて実現した経過について紹介する。

2. 弁体自動研磨装置

2.1 装置概要

本装置は、汎用ロボットメーカーと共同開発した研削・研磨装置で、構成は下記の通りである。

- | | |
|--|----|
| 1) 研磨ロボット装置 | 1式 |
| ・ 6軸多関節型汎用ロボット / 制御盤
(ABBインダストリー(株)製) | |
| ・ 32ビットCPU搭載 | |
| ・ 可搬質量10kg | |
| ・ フローティング機能付きツールホルダ | |
| ・ 防塵ジャケット装着 | |
| ・ 床置き | |
| 2) 弁体取付・搬送台車 | 2式 |
| (1) 弁体固定・回転装置 | |
| (2) シャトル式ワーク搬入搬出装置 | |
| (3) 研磨ツール | |
| ・ 荒削り用ベルトサンダ | 1台 |
| ・ 中仕上げ用ベルトサンダ | 1台 |
| ・ 仕上げ用ベルトサンダ | 1台 |
| 3) 集塵装置・防塵ブース | 1式 |
| (1) 乾式バグフィルタ式集塵機 | 1式 |
| (2) 開閉式防塵カバー | 1式 |

2.2 装置能力

- 1) 対象ワーク
 - (1) 弁体寸法：400～1350mm
 - (2) 質量：最大865kg
 - (3) 材質：FC250、FC450
- 2) 処理速度
 - ・ 研磨作業時間：60～120分
- 3) 精度
 - ・ 表面粗度：S6以上

2.3 システム内容

装置の配置と全体寸法を図1に示す。

主要装置は研磨ロボット、弁体取付・搬送台車、集塵機および防塵ブースから構成される。弁体取付・搬送台車に具備されているターニングテーブルにワークを取付けた後、ブース内にワークを引き込み、3種類の研磨ツールを自動交換し、ターニングテーブルによる旋回を繰り返して弁体全周にわたって連続加工を行う。

制御システムは図2の通りである。ロボットは6軸多関節型汎用ロボットを採用し、制御はティーチングプレイバック制御方式で6軸同時制御タイプとした。教示方式は、ロボット動作がジョイスティック方式、プログラムがウインドウ対話方式である。

3. 設備導入システム

当工場の設備導入システムを図3に示す。

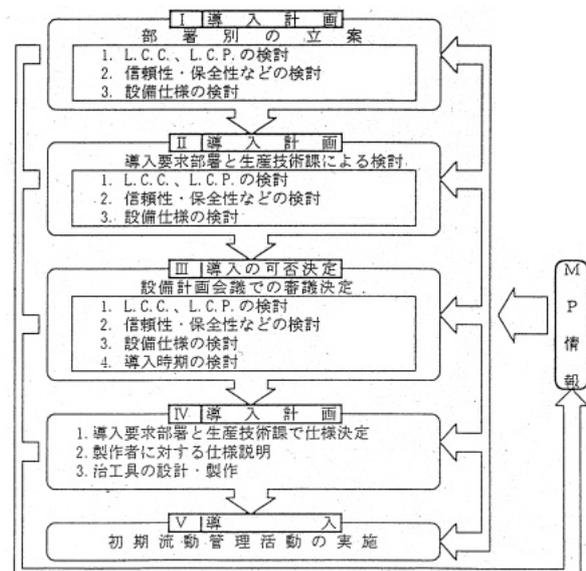


図3 設備導入システム

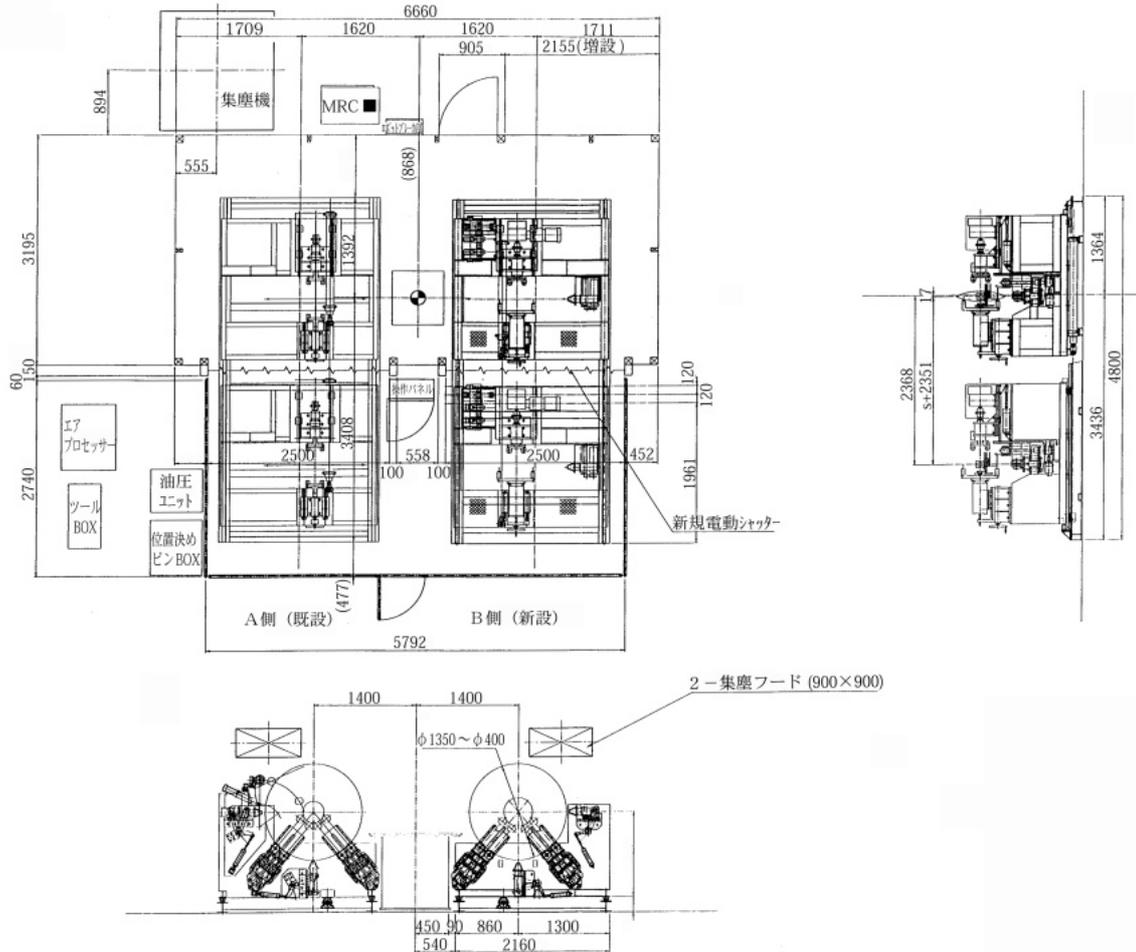


図1 装置の配置と全体寸法図

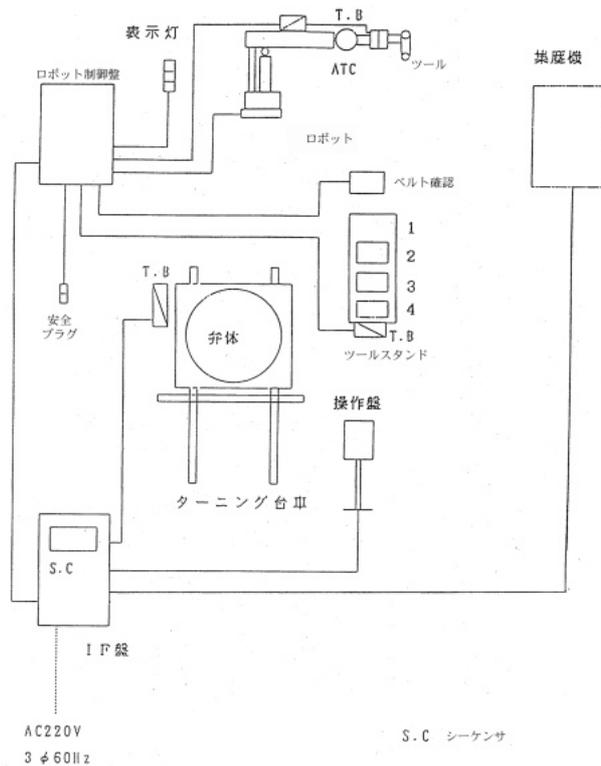


図2 弁体研磨ロボット装置制御系統図

バルブ事業部

4. 導入計画（設備仕様の検討）

前記設備導入システムの中で第4段階での設備仕様の検討内容についての詳細を以下に述べる。

4.1 目的

設備導入に際し、下記の目的を明確にした。

- 1) 省人化
- 2) 「カン」や「コツ」に頼る作業の廃止
- 3) 3K作業の解消
- 4) 研磨品質の安定

4.2 従来の研磨作業

図4に斜線で示す通り、弁体のエッジ部を機械加工成形の後、円周部とボス部のつなぎ部分をグラインダ加工で成形し、その後すべてのシール部をバフ研磨により仕上げている。

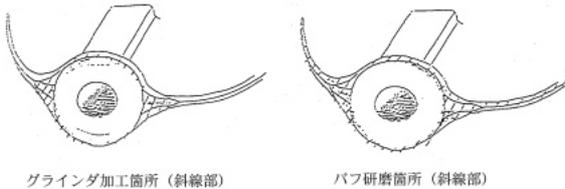


図4 本設備のワーク（弁体）に対する作業対象箇所

この円周部とボス部のつなぎ部分は、コーナ曲部の半径が小さく、かつ連続的に曲部半径が変化するので、機械加工で滑らかに成形するには時間がかかりすぎてコストアップとなるためグラインダ加工を行っている（図5、図6参照）。



図5 研磨前弁体

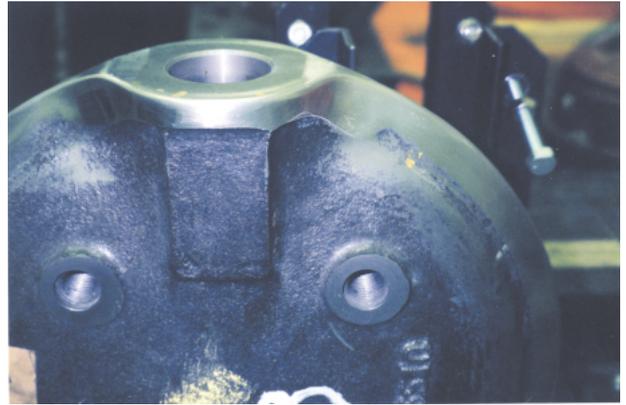


図6 研磨後弁体

また、図7に示す通り、作業者は防塵のため保護具が必要で、夏場は通気性が悪く、作業環境は好ましくない。さらに、グラインダによる粉塵にまみれながらの作業は、重労働で腱鞘炎などの職業性疾病が懸念される。



図7 研磨作業

これらの目的の内、劣悪な作業環境から作業者を解放し、同時に、人が「カン」や「コツ」に頼り行ってきた微妙な作業を自動で再現するには、多関節を有したロボットによる微妙な動きが必要であると考えた。

4.3 仕様の検討

弁体呼び径400A以上のワークの中から、生産量で約9割を占める呼び径1350A以下の量産品11種類のワークを選定し、工法を検討した。

1) 「カン」や「コツ」

人が行っているグラインダ作業での「カン」や「コツ」を抽出すると次のようになる。

- (1) 砥石と弁体の接触面との距離を判断する。
- (2) 弁体の接触面と砥石との角度を判断する。
- (3) 弁体の接触面への砥石の押し付け力を判断する。

人は、上記の内容の最適条件をこれまでの経験から判断し、作業を行っている。

2) ワークの状況と機械化への問題点

ワークの状況と上記の条件をロボットで満たすために生じる問題点は表1の通りとなる。

表1 ワーク状況と問題点

状況	影響	問題点
鋳物の肉厚変動により機械加工面と鋳肌との境界部の段差が変動する。	接触面の法線方向に砥石との距離が変動する。 関連する「カン」や「コツ」 ((1)、(3))	・ロボット側で距離の判断が必要となる。 ・エアカットなどによりサイクルタイムに悪影響を及ぼす。
	機械加工面と鋳肌のすりつけ角度が変わる。 関連する「カン」や「コツ」 ((2)、(3))	・ロボット側で角度の判断が必要となる。 ・砥石がワークに食い込む。

(注記)「カン」は経験、体験に裏づけられた直感的な判断を、「コツ」は経験、体験で体が会得した作業などの要点、要領をいう。

4.4 工法の検討

4.4.1 ツール

1) 砥石

(1) ディスク型砥石 (図8参照)

従来、人力で行っている作業で使用しているものと同様の砥石をロボットに装着してテスト加工を実施した。その結果を表2に示す。

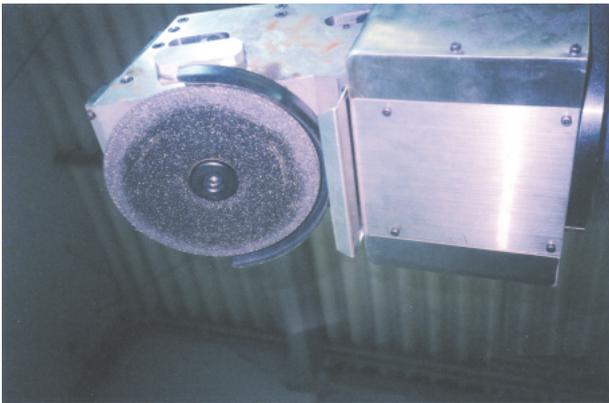


図8 ディスク型砥石

表2 ディスク型砥石のテスト加工結果

良い点	悪い点
研削量が大きく、荒削りには有利である。	小さなR形状を成形する際、砥石のエッジ部を使用するが、取り代と当たり角度の変動で砥石がワークに食い込む。

(2) シート型砥石 (図9参照)

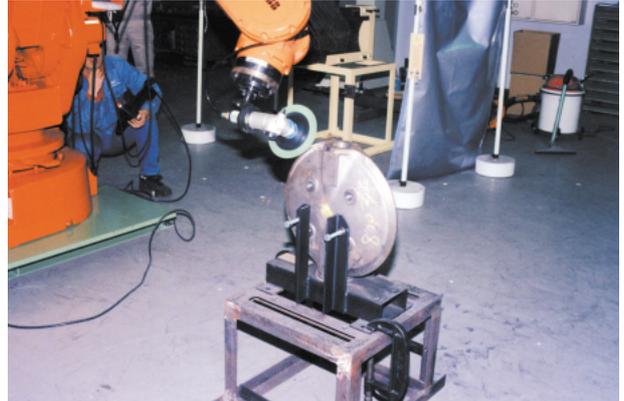


図9 シート型砥石

表3 シート型砥石のテスト加工結果

良い点	悪い点
エッジ部周辺の中仕上げには有効である。	・小さなR形状に砥石が追従できない。 ・研削量が少ない。

(3) ベルト型砥石 (図10参照)

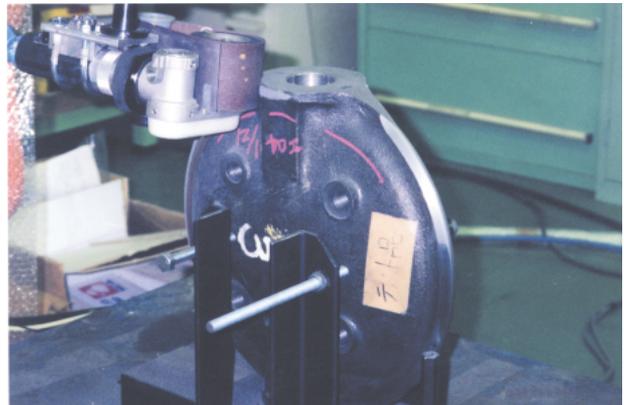


図10

表4 ベルト型砥石のテスト加工結果

良い点	悪い点
小さなR形状の整形が良好で、砥石の食い込みが少ない。	・研削量がやや少ない。 ・ベルトの寿命が短い。

2) ホルダ

砥石の検討では、ベルト型が最も良好であると判断できたが、砥石だけでは解決できない問題点に対して、ホルダでの解決策を検討した。

(1) 砥石のワークへの食い込み防止

【問題点】

研磨作業時間の短縮のためには、砥石の押し付け力を大きくし、研削量を多くしたいが、研削面の変化で砥石にかかる研削抵抗力が変化し、砥石がワークに食い込み、研削不能となる。

【対策】

砥石を保持しているホルダにフローティング機構を設けた。フローティング機構とは、砥石の押し付け方向にスライド機構を設け、適度のエア圧で砥石を押し出し、砥石にかかる過負荷を吸収するものである。

(2) 荒削りで生じる研削ラインの除去

【問題点】

砥石の面粗度を細かくしても、研削面と研削面の境界に生じるラインを消すことができない。このラインはバルブのシール性能に悪影響を与える。

【対策】

中仕上げおよび仕上げ用のベルトサンダのコンタクトホイールに柔軟性のある材質を採用した。

4.4.2 プログラム

ツールの検討により、人力で行っていた「カン」や「コツ」に頼る作業をロボットで再現することができたが、これを多種のワークにおいて実現し、さらに今後新たに増えるであろう品種に対して、迅速なティーチング作業を可能にするため、プログラム構成について検討した。

1) プログラムの骨格

全ての機種に共通となる基本動作をシステムモジュールとしてワーク毎の加工プログラムを単独のモジュールとした。ワークが変わっても加工パターンを同一にする

ことにより、ティーチング作業の修得を容易にしている。

2) ワーク座標系の設定

ワークのボス部のセンタにワーク座標系の原点を設定した。ボス部周辺の複雑な動作の一部は、原点からの半径距離をレジスタとして一括変換できる。

3) ティーチングポイントの削減

主要なティーチングポイントは、ポイントに固有番号を付し、オフセット機能を使用することによりポイント数の削減を図った。

4.5 結果

鋳物形状の変動による成形部の形状変化に対して、ツールの機能とペーパー・コンタクトホイールの材質の特性などにより、従来人力で仕上げていた滑らかな曲線形状の仕上がりや面粗度を実現することができた。

5. 使用状況

機械化の目的である3K作業の解消、「カン」や「コツ」に頼る作業の廃止、研磨品質の面では成果が出ている。

しかし、省人化による効率の面では、研磨作業時間が計画値より20%もオーバーしているのが現状である。これは、ペーパーの耐久性が不十分なため、研削量を減らしてペーパーの寿命を延ばしていることに起因している。

6. おわりに

研磨ロボットの導入に際し、設備導入システムにより、「カン」や「コツ」に頼る作業の機械化を実施することができ、当初の目標をほぼ達成した。だが、研磨作業時間の短縮、ワークの自動セッティング、研磨布の自動交換など、残された問題も多々ある。今後これらの問題を解決すべく取り組みたい。

(文責 パルブ製造部・岡田和善)