

## ポンプハウジングのプロセスコントロール



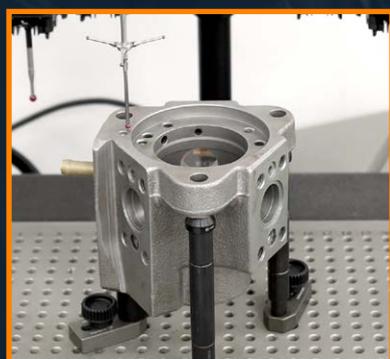
1 台で測定を完結



現場で自動高精度測定



重要公差のインライン  
コントロール



## 概要

燃料ポンプハウジングは、CNC 加工など複数の工程を経て燃料管理系統と組付け可能な状態まで加工される。

一般的なポンプハウジングの製造工程では、数種類の総型ゲージを工程内検査で使用し、品質確認と加工の補正を行っている。継続的な課題として、製造サイクルタイムの短縮やコストのかかる定期メンテナンスの削減、設備投資の低減が求められている。

本ケーススタディでは、レニショーの Equator™ が採用された事例をもとに、一般的なポンプハウジングの製造工程について考察する。

### ポンプハウジング製造工程例 (Equator™ を使用しない場合)



 ポンプハウジングの加工



### 課題

1

#### 1 種類の機器で多種多様なパーツを検査したい

現状のゲージは、高価なうえ、1機種にしか使用できない。すべての種類のパーツを検査するには、似たようなゲージをたくさん購入する必要がある。既存ゲージを再加工したり再利用したりするのは難しく、費用もかかるため、新機種には新たなゲージを購入している。ゲージ間でパーツを移動すると、検査のサイクル時間が極めて長くなる。

2

#### 検査結果の信頼性を向上したい

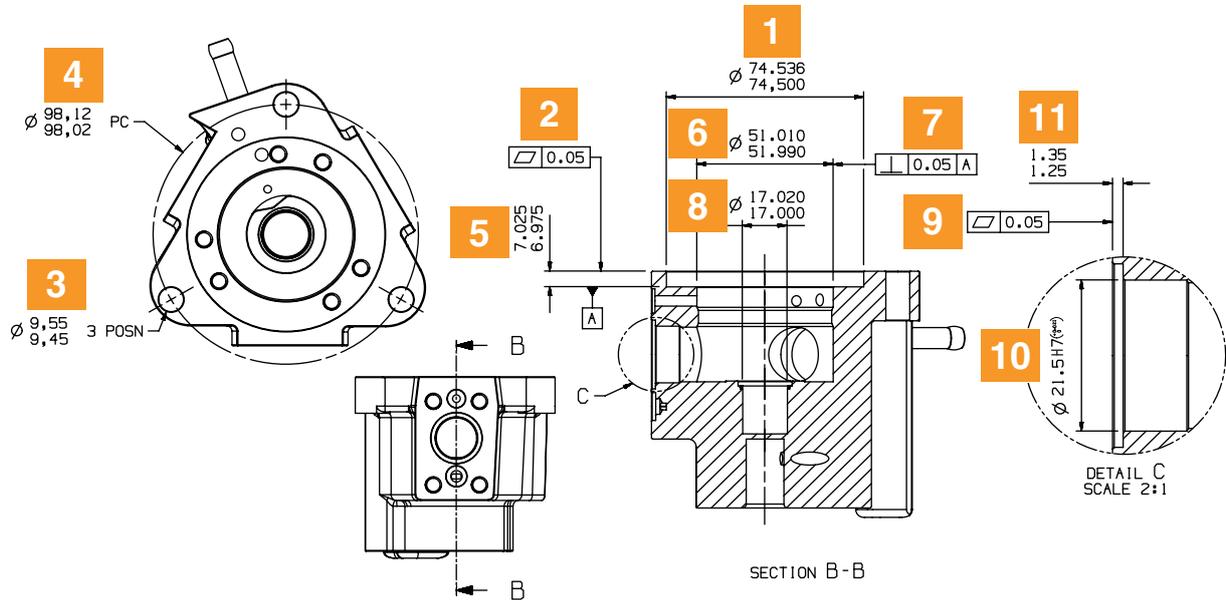
技術や経験がさまざまな複数人のオペレータが、パーツ検査を行っている。その結果、手動のベンチゲージやハンドゲージの使い方にばらつきがでる。検査結果の信頼性を損なうことになる。

3

#### プロセスコントロールを向上したい

現在使用しているゲージでは、OK/NG 結果がシンプルにわかるだけであり、正確な検査結果を記録しておくことが難しい。機械オフセットを更新しても記録できない。検査結果からプロセスを修正するために何を行ったかが、オペレータによって異なってしまう。

## ポンプハウジングの検査要件



#	検査項目	公差	機能上の重要性	フィードバック
1	フランジ継ぎ手の穴直径	36 $\mu$ m	フランジ継ぎ手とのはめ合いを確保するため。はめ合いが悪いと、フランジ継ぎ手の中心穴とカムシャフトがずれる。	
2	合わせ面の平面度	50 $\mu$ m	ポンプと燃料系統のはめ合いを確保するため	
3	組付け穴の直径	100 $\mu$ m	ポンプと燃料系統のはめ合いを確保するため	
4	組付け穴のピッチ円上の直径	100 $\mu$ m	ポンプと燃料系統のはめ合いを確保するため	
5	フランジ継ぎ手面の厚み	$\pm$ 25 $\mu$ m	フランジ継ぎ手のはめ合いを確保して、フランジ継ぎ手とカムシャフトのずれを防ぐため。	
6	中心穴の直径	$\pm$ 10 $\mu$ m	内部供給ポンプとプランジャのはめ合いを確保するため。	
7	中心穴の直角度	50 $\mu$ m	カムシャフト、カムロープおよび内部供給ポンプを、ポンプハウジングの中心にそろえるため。	
8	ブッシング穴	20 $\mu$ m	カムシャフトをポンプ中心で保持するため。摩耗が均一になり、最大効率を得られる。	
9	吸気弁の穴の面の平面度	50 $\mu$ m	密封性を確保するため。圧力の漏れや低下を防げる。	
10	吸気弁の穴の直径	21 $\mu$ m	吸気弁のはめ合いを確保し、燃料の漏れを防ぐため。	
11	吸気弁の穴の深さ	$\pm$ 50 $\mu$ m	吸気弁のはめ合いを確保し、燃料の漏れを防ぐため。	

凡例:

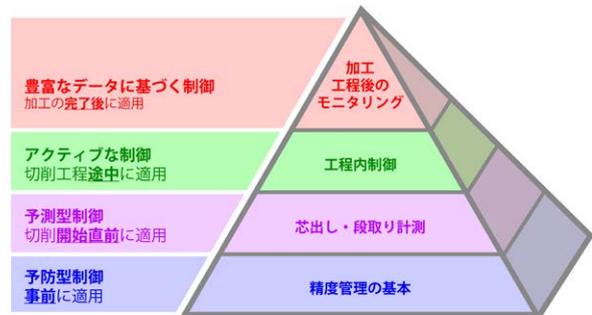


測定値を元に加工機の工具オフセットを自動更新

# 工程に対しての改善案

レニショーのエンジニアが、当社独自の **Productive Process Pyramid™** (ピラミッド型高生産性プロセス) を基に、ポンプハウジング製造工程の主な改善点を考察した。Productive Process Pyramid とは、製造工程の主要な段階で発生しうるばらつきを特定、および抑制するために用いるフレームワークである。

本例におけるばらつき抑制の手段としては、機械のメンテナンスとキャリブレーション、折損工具の検出、そして検査と自動フィードバックのための現場測定などが挙げられる。



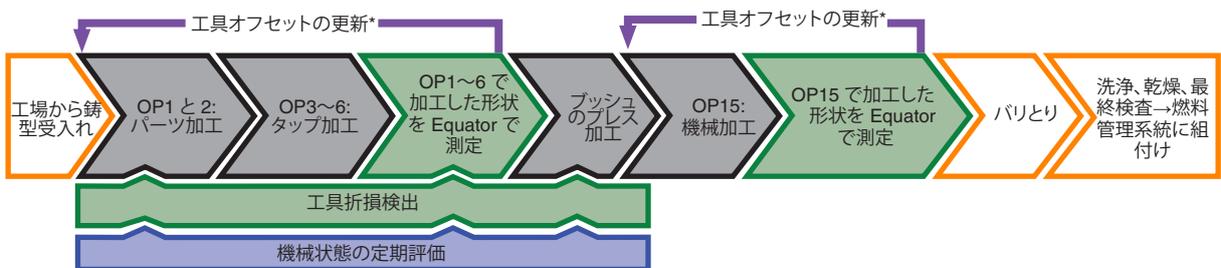
Productive Process Pyramid

## 製造工程: 改善提案

### 従来の工程



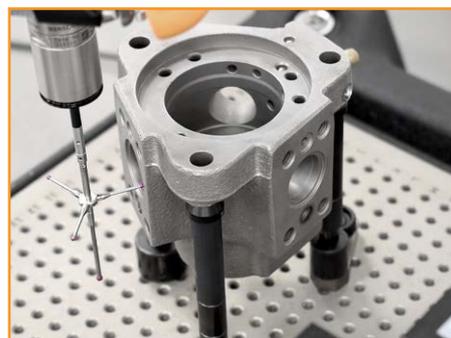
### 改善対象領域



\*オフセットは、IPC (Intelligent Process Control: インテリジェントプロセスコントロール) ソフトウェアの使用により自動更新が可能になる。

## 導入後の結果

Equator™ の導入効果として、3段階に分かれていた検査工程を1台の装置で実施できるようになり、設備投資やランニングコストが削減できた。さらに、加工時間内に重要公差の検査もできるようになったため、検査工程の効率化も図れた。工具オフセットを自動でフィードバックできるようになったため、設計値に近い寸法で加工できるようになり、生産量と品質が向上した。



## 1 1台で測定を完結

Equator 1 台で、位置や幾何形状といった、対象公差をすべて測定している。

ゲージ間でパーツを移動する必要がなくなったため、検査サイクルタイムが短縮した。また、Equator は自動で測定するため、オペレータが別の作業を行えるようになった。

ラインで製造する製品は、頻繁に変更される。Equator には複数のパートプログラムを実行するようプログラムしておき、パーツの設計変更があった場合でも簡単にプログラム変更ができる。

形状が違うパーツでもプログラム変更ができるため、以前の測定方法よりも、大きなコスト削減効果と費用対効果をあげることができる。

#	検査項目 測定時間: 3 分 5 秒	公差	%公差*	繰り返し精度**
1	フランジ継ぎ手の穴直径	36μm	5.8%	1.2μm
2	合わせ面の平面度	50μm	4.9%	2.8μm
3	組付け穴の直径	100μm	1.6%	1.1μm
4	組付け穴のピッチ円上の直径	100μm	2.1%	1.2μm
5	フランジ継ぎ手面の厚み	±25μm	5.5%	2.2μm
6	中心穴の直径	±10μm	9.5%	1.0μm
7	中心穴の直角度	50μm	1.3%	1.0μm
8	プッシング穴	20μm	5.3%	0.8μm
9	吸気弁の穴の面の平面度	50μm	3.2%	2.1μm
10	吸気弁の穴の直径	21μm	10.9%	1.8μm
11	吸気弁の穴の深さ	±50μm	1.3%	0.8μm

1人の測定者が1個の測定サンプルを30回測定。ワーク着脱あり  
\*公差幅に対する測定値のばらつきの割合:  $6\sigma\pm$  (上限公差-下限公差)  
\*\*測定値のばらつきの範囲: 最大値-最小値

## 2 信頼性の高い検査結果

Equator は $\pm 2\mu\text{m}$  の繰り返し精度で、プログラムにより自動測定する。測定プログラムの精度確認として、オペレータが代わっても検査結果が変わらないことを確認するために、ゲージ R&R をレニショーのエンジニアが実施した。Equator を導入したことで、オペレータが代わることで検査結果の信頼性や一貫性が低下するといった、以前見られていた問題が解決した。



Process Monitor の画面例。工具補正のタイミングと加工寸法の経過を示す

## 3 トレサブルなプロセスコントロール

従来のゲージではパーツの OK/NG しかわからないが、Equator は測定値も表示する。測定結果がグラフで表示されるので、加工の変化を確認できる。また、測定結果をトレーサビリティの確保のためにデータ保存できる。測定結果を活用して加工機のオフセットを必要なタイミングで更新できるようになり、不良品を作る前に加工を補正することが可能になる。



## レニショーについて

レニショーは、製品開発と製造における技術革新では確固たる実績を伴って、エンジニアリング技術のグローバルリーダーとしてその地位を確立してきました。1973年の創業以来一貫して、生産工程に生産性の向上を、製品に品質向上をもたらし、コスト効率の高い自動化ソリューションを実現する最先端の製品を提供しております。

世界各国のレニショー現地法人および販売代理店のネットワークを通して、群を抜く優れたサービスとサポートをお客様に提供いたします。

### 取扱い製品：

- ・ 設計・試作・製造に使用する積層造形技術、真空鋳造技術
- ・ 歯科技工用 CAD/CAM のスキャニングシステムおよび歯科技工・補綴製品
- ・ 高精度の位置、角度、回転位置決めフィードバックを提供するエンコーダシステム
- ・ 三次元測定機およびゲーjingシステム用治具
- ・ 量産部品を比較計測するゲーjingシステム
- ・ 極限の過酷な環境でも使用可能な高速レーザー測定・測量システム
- ・ 工作機械の性能測定およびキャリブレーション用レーザーシステムとボールバースystem
- ・ 脳神経外科用医療機器製品
- ・ CNC 工作機械での段取り・芯出し、工具計測、寸法計測用プローブシステムおよびソフトウェア
- ・ 非破壊方式の素材分析用ラマン分光分析システム
- ・ 三次元測定機用の測定センサーシステムおよびソフトウェア
- ・ 三次元測定機および工作機械プローブ計測用各種スタイラス

世界各国でのレニショーネットワークについては、Web サイトをご覧ください。[www.renishaw.jp/contact](http://www.renishaw.jp/contact)



レニショーでは、本書作成にあたり、細心の注意を払っておりますが、誤記等により発生するいかなる損害の責任を負うものではありません。

© 2020 Renishaw plc 無断転用禁止

仕様は予告無く変更される場合があります。

RENISHAW および RENISHAW ロゴに使用されているプローブシンボルは、英国およびその他の国における Renishaw plc の登録商標です。

apply innovation ならびにレニショー製品および技術の商品名および名称は、Renishaw plc およびその子会社の商標です。

本文書内で使用されているその他のブランド名、製品名は全て各々のオーナーの商品名、標準、商標、または登録商標です。



H - 5504 - 8917 - 01

パーツ No.: H-5504-8917-01-A  
発行: 2020年8月