

## 製品紹介

## ターニング&ブローチングマシンGPR250B-2の製品紹介

### Introduction of Turning & Broaching Machine Model GPR250B-2

浅田 浩治  
Kouji Asada  
小路 雅広  
Masahiro Shoji  
粟谷 啓史  
Satoshi Awatani

コマツ工機（株）工作機械事業の戦略商品であるターニング&ブローチングマシンを「環境・省エネ」、「自動化・省人化」、「生産性向上」をターゲットにモデルチェンジし、2009年より受注活動を開始したので、ここに製品紹介をする。

Targeting “Environmental friendliness and energy saving,” “Automation and man-hour saving” and “Higher productivity,” the turning and broaching machine, which is a strategic commodity of the machine tool business of Komatsu Machinery Corporation, has undergone a model change. Sales activities for the new turning and broaching machine were launched in 2009. The technologies and features of the new machine are described.

*Key Words:* クランクシャフト, GPR250, 騒音, 環境, 自動化, 省人化

### 1. はじめに

コマツ工機の工作機械事業はエンジンのクランクシャフト加工機の製造・販売をメインビジネスとしており、主力商品のクランクシャフトミラーは高精度で生産性が良く、またダントツの経済性を持っている。このミラーは従来、自動車やトラック用クランクシャフトに向けてのシリーズ機を持っていたが、05年からは船舶向けの超大型機も開発・製造し、最大13m、50トンのクランクシャフトを加工できるようになり、弊社は世界唯一の小型から超大型のクランクシャフトミラーを持ったメーカーとなった。

一方、自動車メーカー向けの商談では、クランクシャフトミラー単体販売から、その前後工程の機械も一緒に販売するシステムインテグレート化を進めて来た。これは売上げのアップの他に、ユーザーにとっても生産技術者の工程設計、試削りのためのワーク支給、立会いにおける手間を大きく減らすことができる。

ターニング&ブローチングマシンは04年に開発し、クランクシャフトミラーと共にシステムインテグレートの核となって来た。今回「環境・省エネ」、「自動化・省人

化」、「生産性向上」を狙いモデルチェンジを実施したので、その概要について説明する（図1参照）。



図1 ターニング&ブローチングマシン  
GPR250B-2

## 2. 機械の概要と特徴

ターニング&ブローチングマシンはターニングマシン（旋盤）とターンブローチマシンの機能を複合したフレキシブルな機械でクランクシャフトのメインジャーナル、フロントシャフト及びリアフランジを加工できる機械である。

またターンブローチマシンとは、5枚の円盤型カッターを回転させ、5ヶ所のメインジャーナルを同時に加工する生産性の高い機械である（図2参照）。

本機は、左右両側にチャックを持ち、クランクシャフトのフロント側をつかんだりリア側をつかんだり（つかみ替え）して両側とも加工することができる。また、円盤型の刃先ホルダーには多数のチップを取り付けることができ、多彩な加工・長時間の自動運転が可能である。

これらの特徴を活かすと、例えば従来の6工程で行っていた加工が3工程へと工程を大きく集約することが可能となる（図3参照）。

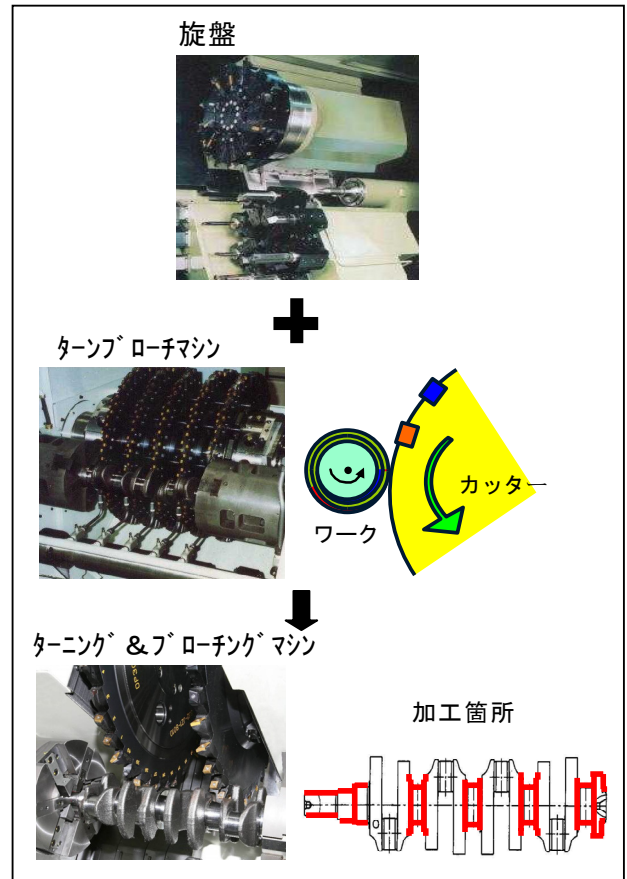


図2 機械概要

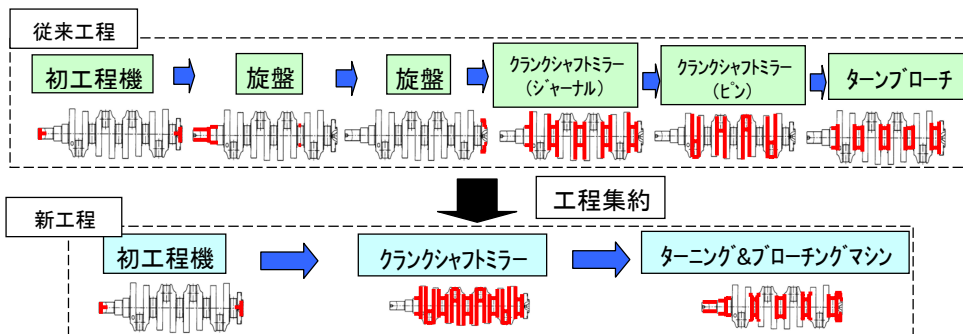
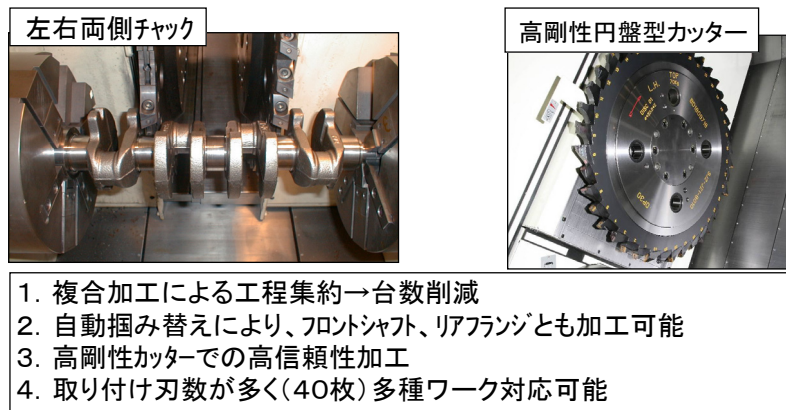


図3 特徴と工程集約例

### 3. 開発のねらいと手段

クランクシャフトミラーと同様、ダントツの商品力を持たすため、環境・省エネ、自動化・省人化、生産性向上などをターゲットに開発を行ったが、その具体的なねらいと手段は表1のように設定した。

表1 開発のねらいと手段

ねらい		手段
環境	騒音低減	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ベッド剛性UP、主軸剛性UP</li> <li>・カバー機密向上</li> <li>・切粉エアブローの最適化</li> </ul>
省エネ	潤滑油削減	<ul style="list-style-type: none"> <li>・角スライドをLMガイドに変更</li> <li>・自己潤滑付き機器採用</li> </ul>
	エアブロー削減	<ul style="list-style-type: none"> <li>・切粉エアブローの最適化</li> <li>・切粉堆積部位の形状変更</li> </ul>
自動化・省人化	工具交換インターバル増大	・刃数増大(30枚→40枚)
	品質チェックの不要化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・刃先計測精度の向上</li> <li>・環境温度による熱変位対応</li> </ul>
生産性向上	非切削時間短縮	<ul style="list-style-type: none"> <li>・軸送り速度UP</li> <li>・つかみ替え時間短縮</li> </ul>
	工具交換インターバル増大	・刃数増大(30枚→40枚)
外觀品質向上	デザイン向上	・R形状を採用したデザイン
原価低減 品質向上	部品点数削減	<ul style="list-style-type: none"> <li>・構造簡略化</li> <li>・部品集約化</li> <li>・潤滑部位削減</li> </ul>

### 4. 実際の開発内容の紹介

以下に開発内容の詳細を紹介する。

#### 4.1 騒音低減

本機は旋盤系マシンでありクランクシャフトミラーに比較して騒音は小さいが、作業環境改善として騒音の低減は常に要求される。今回はモデルチェンジに際し従来機の等価騒音値を調査し、その平均値である 78dB(A)eq に対して、3dB(A)eq 低減の 75dB(A)eq を目標とした。3dB(A)eq の低減のためには騒音のエネルギーを半減させる必要がある。

具体的な騒音低減手法であるが、本機の騒音は大きく分けると、切削による機械の振動音と切粉を吹き飛ばすためのエアブローの音がある。振動音についてはカッターと機械構造、特にベッドの剛性アップを図り、エアブロー音についてはエアブローの量、時間の最小化を図った。さらに、発生した騒音の機外への伝播を減らすためにカバーの改善も実施した。

#### 4.1.1 構造変更

ベッドの剛性UPとして従来の、板金フレーム+鋳物スライドベースの構造を、一体型の板金ベッド構造に変更した。変更の際には後に述べる環境温度変化による熱変位解析と共に、FEM 剛性解析を行い従来機比2倍の剛性UPを図った(図4参照)。

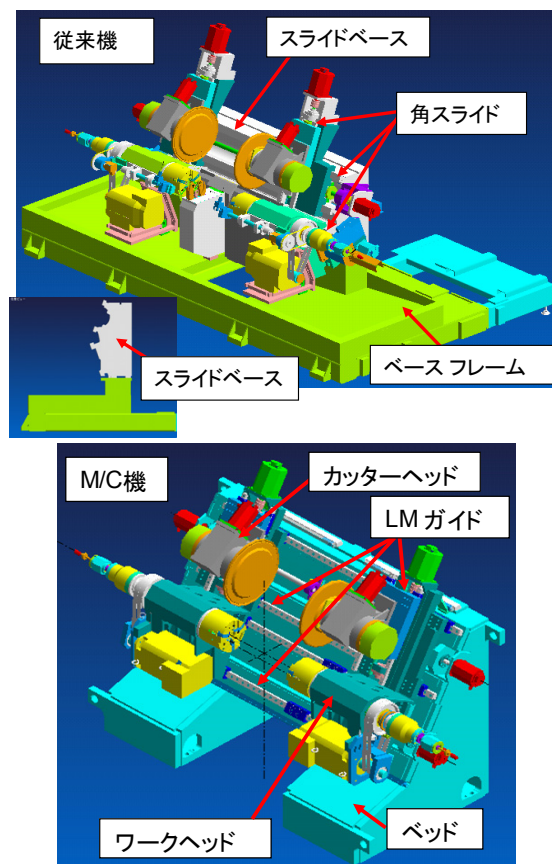


図4 ベッド構造と各ユニット

### 4.1.2 切粉エアブロー

従来機では加工開始から終了まで常時エアブローを実施していたが、本機では非切削動作である加工ユニットの割出し時はエアブローを廃止した（図5参照）。

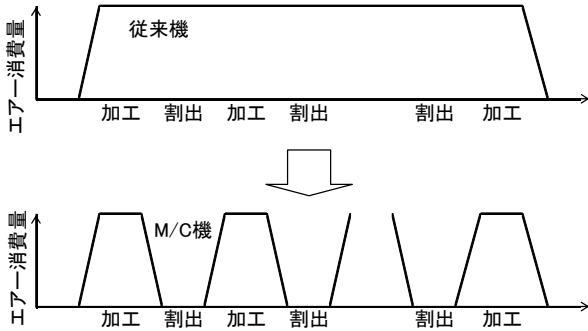


図5 切粉エアブロータイミング

### 4.1.3 騒音低減結果

これらの改善の結果、従来78dB (A)eqであった加工と同等の加工で74.6dB (A)eqとなり、3dBの低減を達成できた（図6参照）。

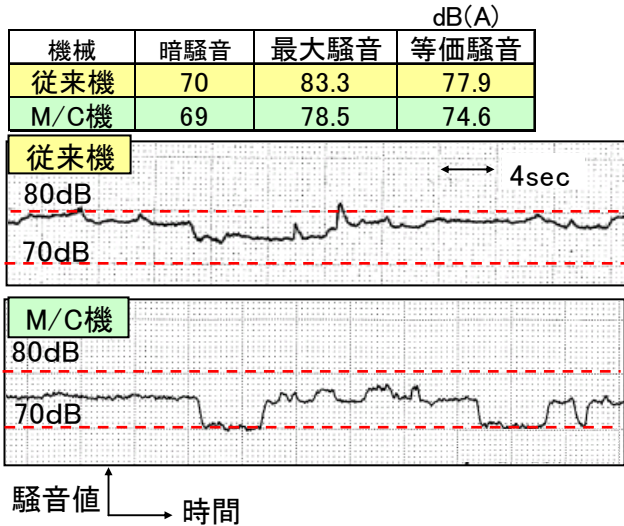


図6 騒音値の比較

(加工時間140秒のうち一部範囲を抽出)

### 4.2 省エネ

省エネはユーザーの生産コストを下げる為にも、また環境面でも、近年強く要求されている。

本機は省エネとして、潤滑油50%削減とエア消費量削減30%を掲げ、摺動面は角スライドタイプをLMガイドに変更し潤滑油量を削減した。またLMガイドやボールネジに自己潤滑装置を採用することで、さらなる潤滑油量の削減を図った。

一方、エアの消費については、前述の様に切粉エアブロー時間の短縮を図った。

その結果、従来機との比較で潤滑油は60%の削減、エア消費量は32%の削減が可能となった（図7参照）。

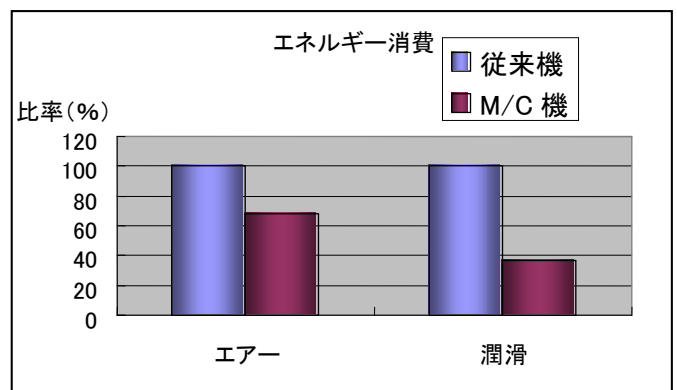


図7 エネルギー消費比較



### 4.3 自動化・省人化

#### 4.3.1 工具交換インターバルの増大

ターニング&ブローチングマシンでは、円盤型のカッターに多数のチップを付けているが、これらが工具寿命になった際には、円盤型カッターごと交換する。交換は、オペレータがホイストで吊りながら実施する。

従来機は1枚のカッターに30枚のチップを装着できるタイプであったが、本機ではカッター径を大きくしチップ数を40枚に増大させた。これにより工具交換インターバルを30%向上させ、作業者が介在する時間を削減した。

またこの工具交換インターバルの増大は、当然生産性向上につながる。

#### 4.3.2 品質チェックの不要化（刃先計測）

本機は1枚のカッターに40枚のチップが付属している。40枚のチップは工具室で取り付けられ、円盤型カッターボディに対し数ミクロン～20ミクロン程度に精度良く取り付けられる。しかしながら、機械に取り付け、これらの刃先取り付け誤差を補正せずに加工すると、直径で最大40ミクロンの加工誤差を生んでしまう。この誤差を防ぐため、カッターを機械に取り付けた後に、刃先の位置を自動測定する機能を持たせている。

今回のモデルチェンジで、カッターボディに付く刃数を30枚から40枚に増加させたが、このために自動計測の時間が長くなってしまった。この時間を従来と同等のカッター1枚当たり5分とすることを最低限の目標とし、また測定精度を悪化させてしまうことなしに、さらに時間短縮を行うことにチャレンジした。

計測を行うときの接近速度、この速度への加減速、アプローチ距離を試行し、測定時間をカッター2枚で8.4分に短縮できた（カッターは左右の2枚がついていて、それぞれに40枚のチップが付いている）。

さらに刃先の測定精度も従来の、「加工するワークの直径への影響0.02mm」から「影響0.012mm」に改善できた（図8参照）。

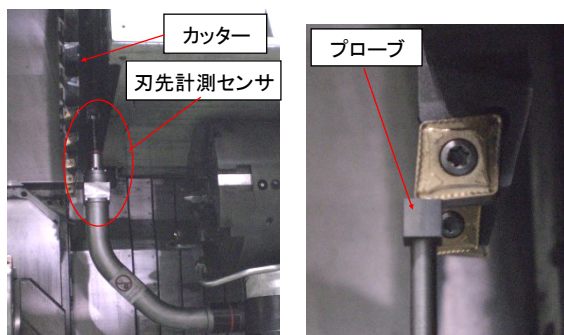


図8 刃先計測

#### 4.3.3 品質チェックの不要化（熱変位対応）

加工精度を安定させることは、作業者のワーク品質チェック回数を削減する上で重要なファクターである。

従来機は図9に示す様に、カッターヘッドとワークヘッドを40度の異平面に搭載する構造である。これは米国の工作機械メーカーのGeorge Fischerタイプと呼ばれ、環境温度変化による熱変位を起しにくい構造と言われている。

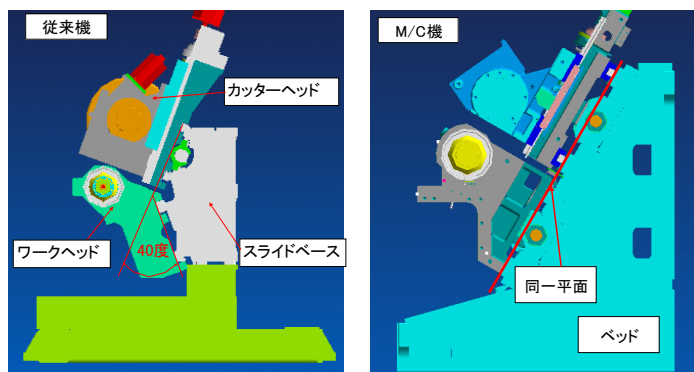


図9 ベッド（スライドベース）比較

本モデルチェンジではベッドの剛性アップと、製作し易さから40度の異平面を同一平面に変更したが、この構造は、従来機に比べ熱変位を起し易くなるという問題があった。

一体構造ベッド、同一平面ベッドでありながら、かつ熱変位を起しにくいベッドとするため、さまざまな板金構成での熱変位をFEM解析した。従来機の温度と変位の実測データから、ベッド前面付近での空気の温度差がベッドの変形に大きく影響することがわかり、この温度差を境界条件としてFEM解析を行い最適な板金構成を決定した。同時にベッド前面近くの空気の温度差が小さくなるよう、カバーの構成を改善した（図10参照）。

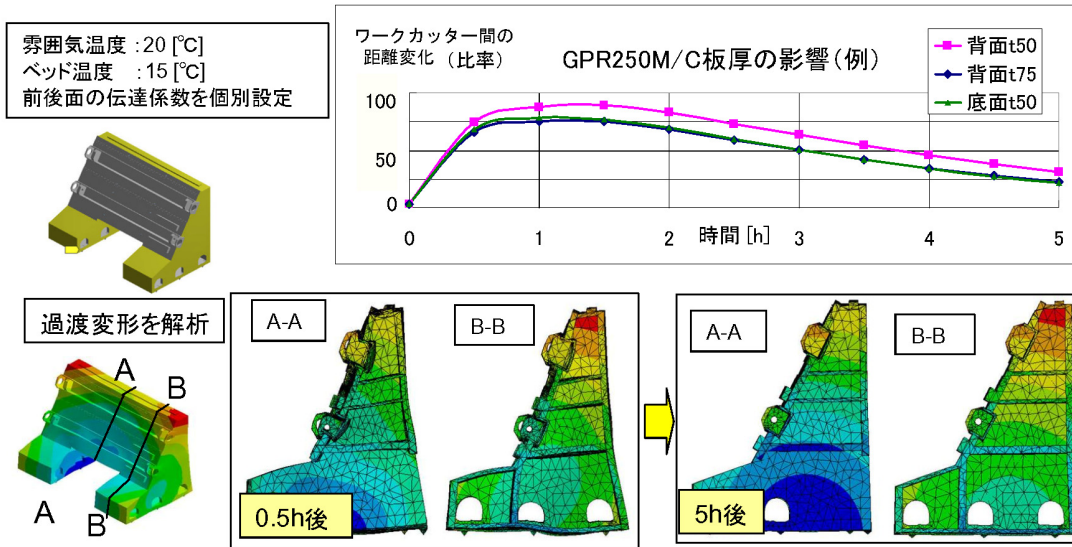


図 10 熱変位解析例

さらに、ベッドの熱変形によりカッターとワークの相対距離が変化しても、その変化量をセンサー測定により補正する補正手法も折り込んだ (図 11 参照)。

以上、熱変位を起しにくいベッド部材構成と熱変位センサーによる補正を組み合わせ、従来機に比べ 20%熱変位低減が図れた。

1 例として本機で丸棒を 1 時間毎に 32 時間加工した際の、周囲温度変化に対する加工径の変化を図 12 に示す。

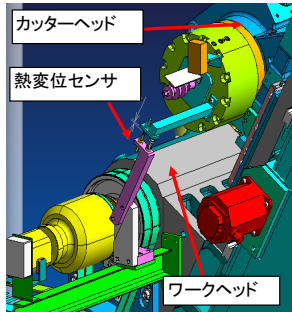


図 11 熱変位センサ

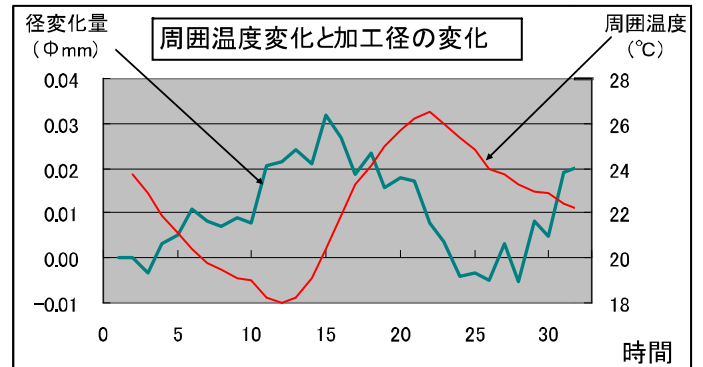


図 12 周囲温度変化と加工径の変化

#### 4.4 生産性の向上

##### 4.4.1 軸速度の高速化

切込み軸及び割出し軸の早送り速度を 18m/min から 25m/min へ、またレスト割出軸は 12m/min から 25m/min と各軸共に、従来機に対し速度アップを図り非切削時間を短縮した。

##### 4.4.2 つかみ替え時間の短縮

本機は図 3 の様な工程集約を提案するに当たり、ワークのつかみ替え動作が必要不可欠となる。

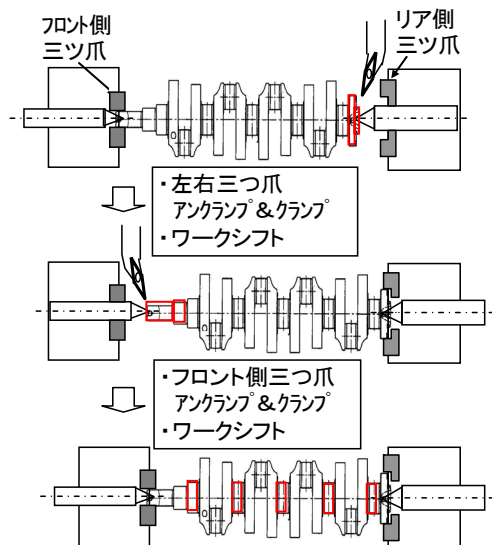


図 13 つかみ替え動作概要

このつかみ替え時間を短縮することは、非切削時間の短縮として生産性に寄与する。従来機では、三つ爪アンクランプ時に、アンクランプ端までフルストロークさせていたが、モデルチェンジでは、実際にアンクランプとなる中間位置までのストロークに短縮した。この短縮によりアンクランプ動作も、クランプ動作も時間短縮される。さらに、三つ爪の動作速度もアップし、つかみ替え時間を 35%短縮した (図 13 参照)。

前述の軸動作速度の UP とつかみ時間の短縮により、非切削時間トータルで 15%の短縮となった。

#### 4.5 外観デザインの向上

従来機では外観デザインが欧州の機械に対し見劣りするとの評価は否めなかった。日本国内や韓国での販売においては、この評価はあまり重要ではないと考えていたが、米国・欧州・中国での販売活動においては、大きなファクタとなってきた。'06年実施のクランクシャフトミラーのモデルチェンジでは、本社デザイン部の協力を受けて全く新しいイメージに刷新し、今回のターニング&ブローチングマシンのモデルチェンジでも、この新デザインを踏襲した。

新しいカバーはデザインとして美しいだけでなく、丸みを帯びていること、ボルトの頭や取手等の突起物も少ないことから、安全上でも優れている (図 14 参照)。

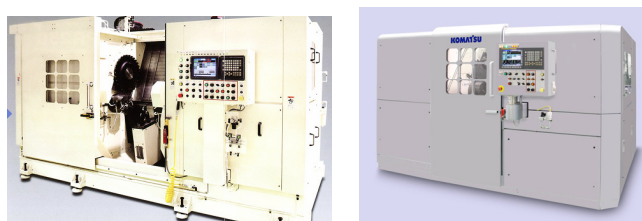


図 14 外観デザイン

#### 4.6 部品点数の削減

今回のモデルチェンジでは、組立リードタイム短縮を含めた原価低減や品質安定を目的として、部品点数の削減を実施した。目標として従来機に対して 30%以上の削減を掲げ、構造の簡略化・部品の集約化・潤滑箇所削減などにより、結果として手配部品で 37%、ボルトを含めた総部品点数でも 33%の削減を行う事ができた。この低減で SVM 改善も図ることができた。

## 5. おわりに

コマツ工機の工作機械事業は売上げ拡大のキーワードとして「海外展開」と「システムインテグレート」を掲げている。ターニング&ブローチングマシン従来機は、競争力の高いクランクシャフトミラーに比較して、QCDの点で改善が必要であった。今回のモデルチェンジにてQCDが向上し、またデザイン面でも海外メーカーに引けを取らないマシンとなった。その結果クランクシャフトミラーと共にクランクシャフト前半工程のシステムインテグレート戦略機として国内外拡販への強力な商品となった。

### 筆者紹介



Kouji Asada

あさだ こうじ  
**浅田 浩治** 1985年、コマツ入社。  
現在、コマツ工機（株）工作機械事業部  
工機開発センタ所属。



Masahiro Shoji

しょうじ まさひろ  
**小路 雅広** 1971年、コマツ入社。  
現在、コマツ工機（株）工作機械事業部  
工機開発センタ所属。



Satoshi Awatani

あわたに さとし  
**粟谷 啓史** 1992年、コマツ入社。  
現在、コマツ工機（株）工作機械事業部  
工機開発センタ所属。

### 【筆者からのひと言】

07年のクランクシャフトミラーのモデルチェンジ機開発では「作業環境改善」、「省エネ」、「生産性向上」などを実現し、本機にもその考え方・手法を踏襲した。

今回の開発過程では、新たに熱変位の解析ノウハウ、部品点数を減らす設計上の手法などを蓄積でき、また本技報に紹介できなかった数多くの経験もあった。

次回開発には、これらの技術・経験を活かして行きたい。