

◇ 砥粒加工学会技術賞 紹介記事 ◇

高精度 CNC 円筒研削盤 GL4-SIII PREMIUM の開発

Development of High Precision CNC Cylindrical Grinder GL4-SIII PREMIUM

向井良平^{*1}, 牧内 明^{*1}, 高橋宏美^{*1}, 近藤貴則^{*1}, 西尾臣司^{*2}
 Ryohei MUKAI, Akira MAKIUCHI, Hiromi TAKAHASHI, Yoshinori KONDO and Shinji NISHIO

Key words : high accurate cylindrical grinding, cylindrical grinding machine, low thermal deformation, low frequency

1. はじめに

航空機部品・医療部品などの難削材・新素材の高精度加工や、EV 車用電池・高機能パネルなどに使用されるフィルム製作用の精密ロールの高精度加工、燃費向上に伴う自動車部品の高精度加工など、品質競争において常に優位性を確保していくために、研削盤設備に対してより高精度・高品位加工への要求を一段と強めている。

今回は、これらの要望に応えるべく当社が開発し、平成 27 年度砥粒加工学会技術賞を受賞した高精度 CNC 円筒研削盤 GL4-SIII PREMIUM (以下、本機と称す)を紹介する(図 1)。



図1 高精度CNC円筒研削盤GL4-SIII PREMIUM

2. 課題および方策

従来機の円筒研削盤における課題と、その課題解決のための着眼点を図 2 に示し、以下順に着眼点についての取り組み内容を述べる。

2.1 熱変位低減

一般的に円筒研削盤では、砥石軸や工作主軸の回転による発熱や加工熱を含むクーラントによる機械の熱変形により、始業時の電源投入時や砥石の回転を開始した直後は、暖機運転を実施し機械の熱変位を安定させるといった作業を行う

*1 株式会社豊幸: 〒444-0113 愛知県額田郡幸田町菱池江尻1番地の3

*2 株式会社ジェイテクト: 〒448-8652 愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地

〈学会受付日:2015年12月22日〉

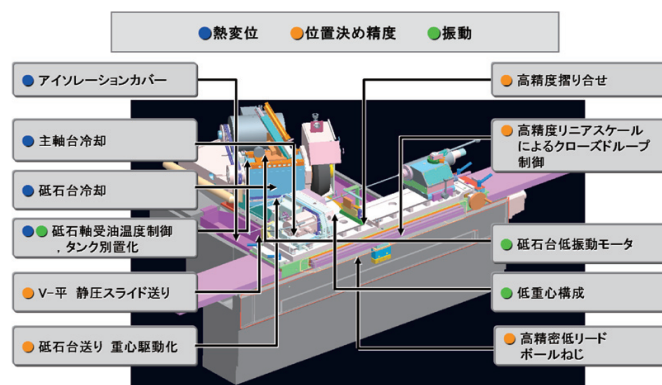


図2 課題および課題解決のための着眼点

ことが通常である。また、暖機運転後の加工時においても、周辺気温の変化等による熱変位が影響し、工作物の加工寸法ばらつきが生じる。よって、定寸装置によるインプロセス加工を常識的に行っているのが現実である。

本機は、コールドスタートからの寸法精度の安定および連続加工時の寸法変化を極小化するために、機械の熱変位を徹底的に抑制した。具体的には、図 3 に示すように、構成する研削盤の発熱部位 8ヶ所の全冷却制御を実施した。特に、工作物寸法変化の主原因の一つである砥石台、主軸台の発熱部位冷却を徹底して行った。その結果、図 4、5 に示すように従来機に対して、砥石台の熱変位を 1/9 に、主軸台の熱変位を 1/5 に低減することができた。また、それに合わせて、加工熱の伝達防止を目的としたアイソレーションカバーを採用し、ベッドの熱変位低減を図っている。

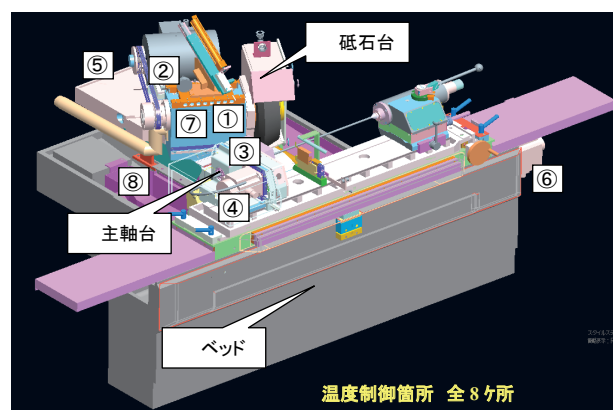


図3 発熱部位全冷却制御

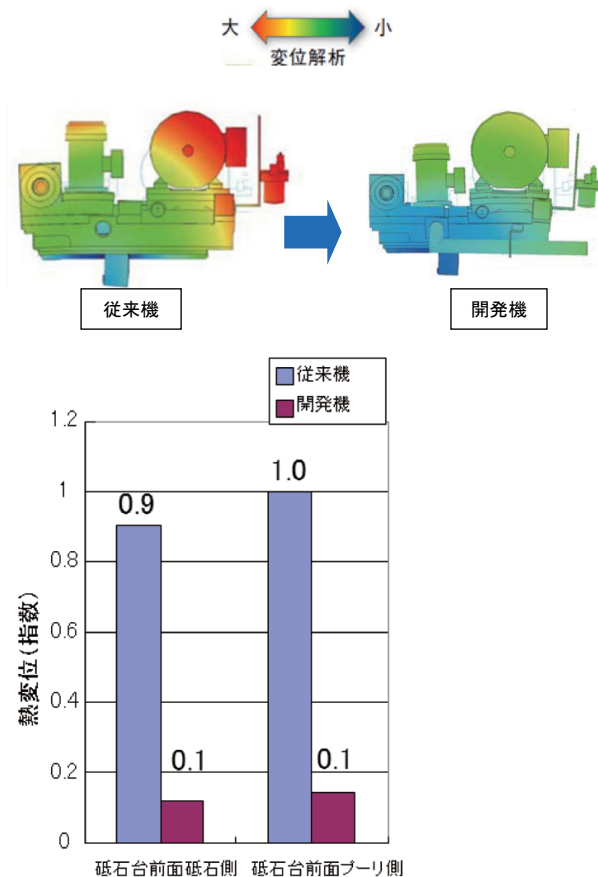


図4 砥石台冷却の効果

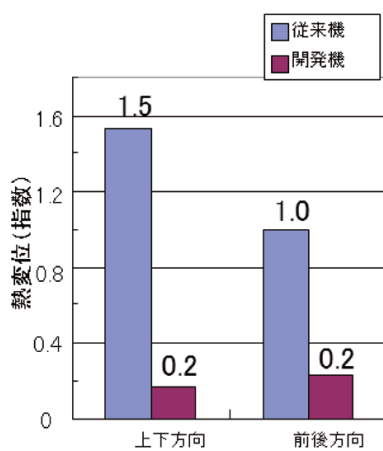


図5 主軸台冷却の効果

2.2 位置決め精度向上

従来は送りモータのエンコーダによるセミクローズドループ制御が一般的だが、本機では砥石台送り、テーブル送りとも、高分解能リニアスケールを付属し、フルクローズドループ制御を採用している。

また、砥石台送りには、重心が駆動中心に位置する重心駆動を採用し、スライドは TOYODA STAT BEARING の原理を応用した流体潤滑を行い、高い真直性と位置決め精度を実現した。さらに、ボールねじの振れを伝えないために、送り軸に独自のフローティングプレートを採用するとともに、ボールねじは低リードな精密ねじを採用し、より微細な切り込みを可

能としている。その結果を図6に示す。砥石台送りについては最小設定単位 $0.1\mu\text{m}$ ステップ送りを実現した。

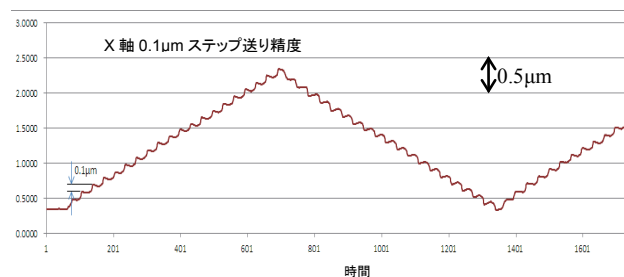


図6 位置決め精度向上の効果

2.3 低振動化

砥石台や砥石軸に振動が発生すると、研削時に工作物へ転写され、表面性状を悪化させる要因となる。

本機では、砥石台の振動を徹底的に排除するため、従来機に対し以下の方策を実施した。

- ① 砥石軸ポンプユニットの別置化(床置きとする)
- ② 砥石台を揺れにくくするための低重心化
- ③ 砥石軸モータ、および駆動系の動バランス取りによる低振動化

特に、最大の振動源である③については、砥石軸駆動用電動機のロータ、シャフト、プーリなど、個々の部品単体での動バランス取りを徹底して実施した。これらの対策の結果、図7に示すように、砥石台の振動は従来の1/3に低減した。

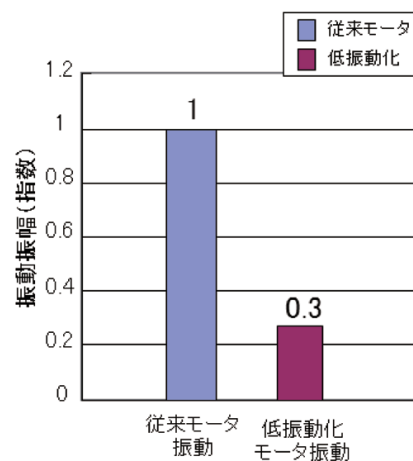


図7 砥石台の低振動化の効果

3. 研削性能評価結果

3.1 間接定寸(定寸装置無し)でのプランジ加工結果

図8に、コールドスタート(暖機運転無し)、間接定寸(定寸装置無し)にて8時間連続でプランジ加工した際の工作物の寸法ばらつきの結果を示す。

従来機では、コールドスタートからある一定時間で数十 μm 寸法が変化し、その後安定する傾向にあったが、本機では、

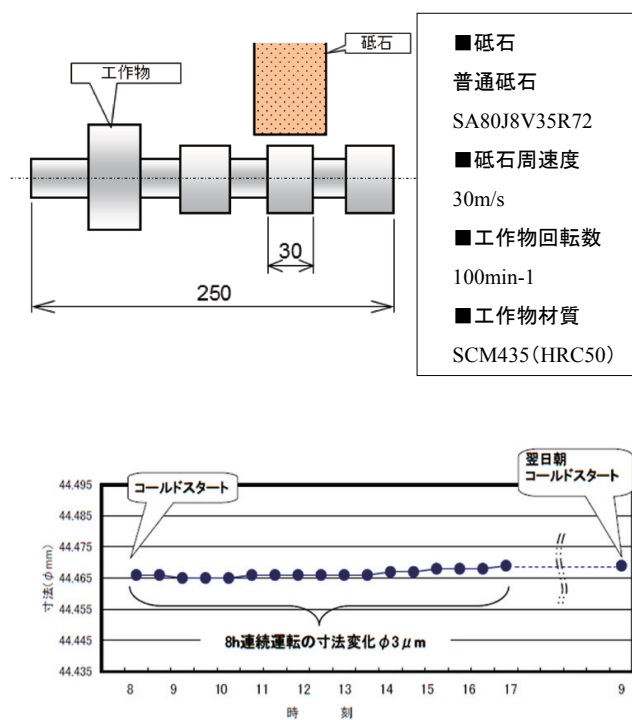


図8 間接定寸ブランク加工結果

コールドスタート後の寸法変化は極小化し、8 時間連続加工時の寸法変化は $\phi 3\mu\text{m}$ という結果となった。その際の砥石摩擦耗量を転写にて確認した結果を図 9 に示す。砥石半径摩擦耗量 $1.6\mu\text{m}$ ($\phi 3.2\mu\text{m}$) であったため、寸法変化 $\phi 3\mu\text{m}$ は、ほとんど砥石摩擦によるもので、機械の熱変位はほぼ無いものと言える。さらに、熱変位有無の確認として、翌朝コールドスタートにて同様の加工を実施したところ、前日最後の寸法値と同一の寸法を示した。よって、今回の熱変位低減技術が有効であることが確認できた。

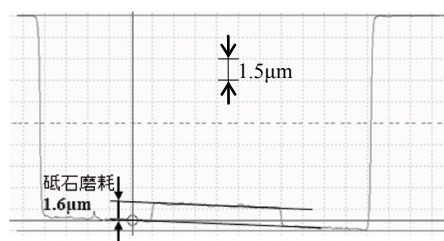


図9 8時間加工後の砥石形状転写

3.2 位置決め精度向上による寸法、形状精度向上

図 10 は、円筒工作物の外径に 5 段の $1\mu\text{m}$ 段差加工を実施した例である。

図中に示すように、5 段の各段差が $1\mu\text{m}$ 付くよう仕上径を設定し、全段を自動研削した結果、図に示すように、正確に $1\mu\text{m}$ ($\phi 2\mu\text{m}$) の段差加工が実現できた。

図 11 は、砥石台送りとテーブル送りの同時 2 軸制御でのドレッシングにより凹 R 形状に成形した砥石を用いて、クラウ

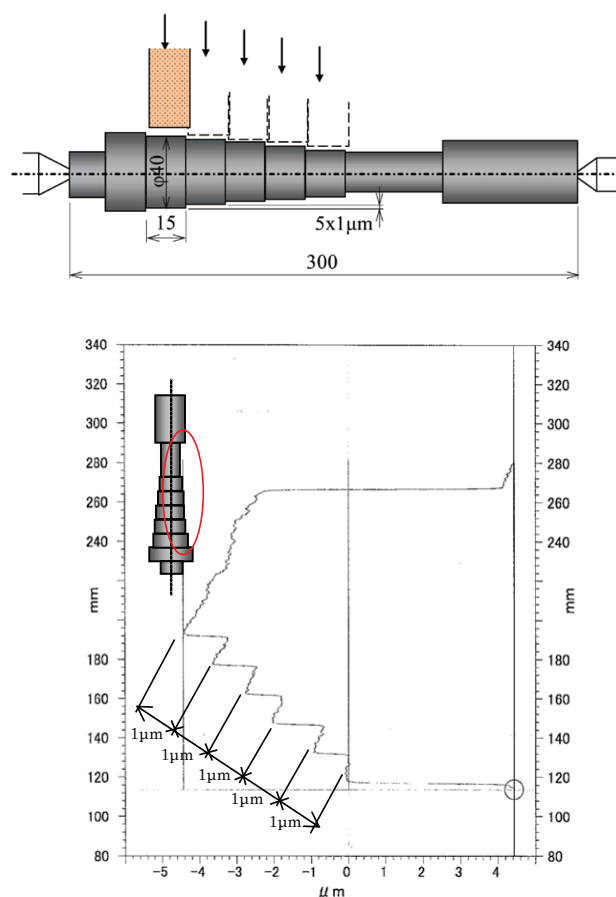


図10 全自動 1μm段差加工

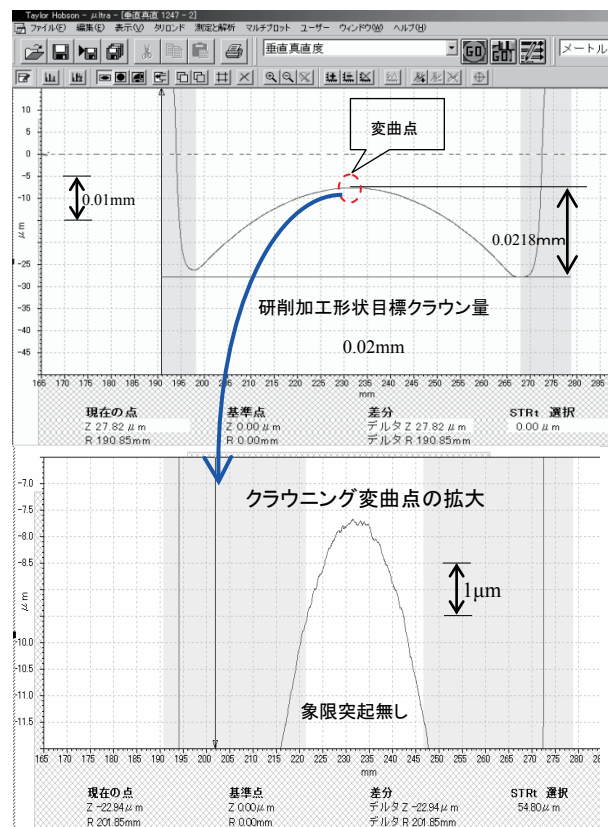


図 11 同時 2 軸砥石クラウニング成形時転写精度

ニング形状の工作物を加工した結果である。クラウニングの頂点では砥石台送りの方向が切り替わるため、バックラッシの影響により形状崩れが発生し易いことが一般的に知られているが、図 11 に示す通り、本機では形状崩れが無く、非常に滑らかな形状を実現している。

3.3 全自動鏡面加工

図 12 は、一般的な粒度 #80 の A 系砥石にて、鏡面加工を行った結果を示す。従来、鏡面加工を得るためには、#400 ~ #800 程度の微粒の砥石を使うことで実現することができるが、#80 の A 系粗粒の砥石では、多くの生産現場では、油圧汎用機にて熟練作業者による勘と経験により鏡面加

工を実現しているのが現実である。

本機では、一般的な粒度 #80 の A 系砥石を用いて、自動ドレッシング、自動トラバース研削加工にて、表面粗さ $Ra0.02\mu m$ 、真円度 $0.07\mu m$ という鏡面加工を実現した。このような粗粒の砥石で全自動加工にて鏡面を得ることができたのは、今回採用した低振動化や微細切込み化の効果と考えられる。

4. おわりに

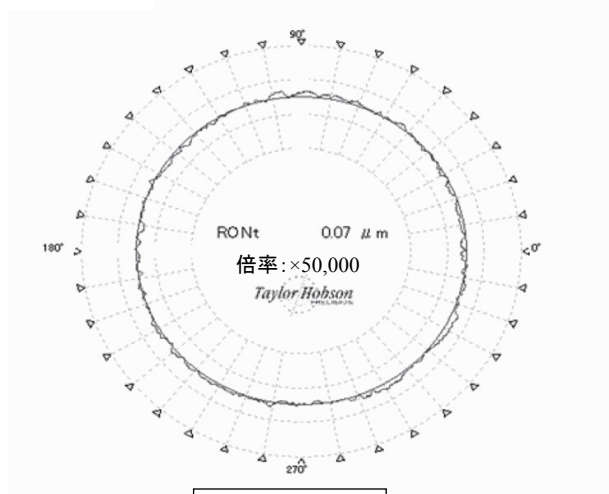
当社では、工作機械を通して日本のモノづくりを支え続ける思いで、安心して使っていただける円筒研削盤の技術開発を進めている。

また、開発機には、真に素性のよい機械を提供することで、精度のばらつきがない安定した高精度加工が誰にでも簡単に実現できるようにという当社の思いが込められている。

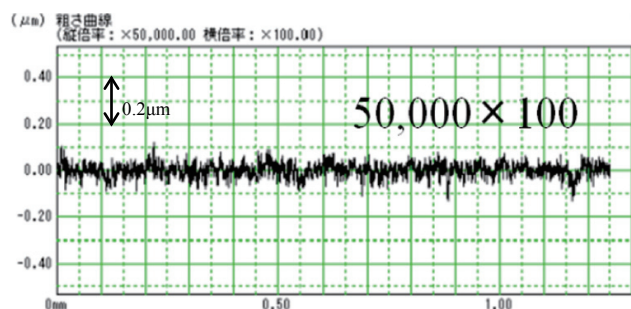
日本のモノづくりは、常に他国で真似できない、世界をリードする“技術”を駆使したモノづくりでもある。研削盤のトップリーダーとして、「高精度」「高生産性」「高信頼性」「使い易さ」など付加価値の高い革新技術に取り組み、TOYODA ブランドを高めていきたい。また、本稿で紹介した高精度 CNC 円筒研削盤 GL4-SIII PREMIUM は、お客様の現場の声を基に「研削盤の TOYODA」が持つ最高の技術を形にしたもので、自信を持って拡販をはかっていきたい。



鏡面加工工作物



真円度: $0.07\mu m$



表面粗さ: $0.02\mu m Ra$

図 12 全自動鏡面加工結果