

GE4i 円筒研削盤の開発

Development of GE4i Cylindrical Grinder

長屋久幸 H. NAGAYA

The medium size cylindrical grinder, which is one of our company's main machine tools, has been fully remodeled to suit the needs of the customer, leading to the development of the G5i series grinder. The G5i series includes the GE4i (large variety/small lot type), the GL4i (medium variety/medium lot type), and GL5i (small variety/large lot type), which are composed of the same common components, such as a bed called the platform. The recently developed GE4i was designed under the concept of "a machine with which anyone can easily make high-grade *monozukuri*", and answers customer needs for improved dimension accuracy through the reduction of thermal strain, which is the cause of dimensional change. Furthermore, the GE4i is a grinder that not only achieves stable accuracy including improved circularity, surface and roundness, but also has enhanced operability and safety, as well as environmental friendliness.

Key Words: cylindrical grinder, reduction of heat distortion, the stable accuracy, operativity, safety

1. はじめに

日本のモノづくりが直面している課題には、就労人口の減少、熟練技能者の減少、および海外への生産移転などが挙げられる。これらの環境変化に伴い、顧客のニーズにも変化が見られる。従来、研削盤は最終仕上工程であるため、熟練技能者の経験に基づく勘などに頼ることが多く、技能に依存した生産設備となっていた。しかし、環境変化から技能に依存しない機械のニーズが高まってきた。当社では中型円筒研削盤としてGE4・GL4S・SelectG・GL4E・GL5IIIを商品化していたが、前述のような顧客のニーズに対応して新たな付加価値を付与した新シリーズの開発が急務となった。

今回開発したG5iシリーズにはGE4i（多種少量タイプ）、GL4i（中種中量タイプ）、GL5i（少種多量タイプ）があり、プラットフォームと呼ぶ共通化したベッドなどで構成した（図1）。プラットフォーム共通化の狙いは、同じものを繰り返し製作し、品質の向上やコストダウンによる利益向上につなげることである。また、従来の中型円筒研削盤を使用している顧客に対し、モータやボールねじなどの予備品の共通化が挙げられる。さらなる付加価値向上のために、技能に依存しない機械の要素である安定した研削精度を実現すべく、ベッドの熱ひずみの低減などにより寸法精度の向上を実施した。

また安定した研削精度を実現するために、寸法精度向上以外に、真直性・表面品位・真円度を向上させる取り組みも実施した（図2）。

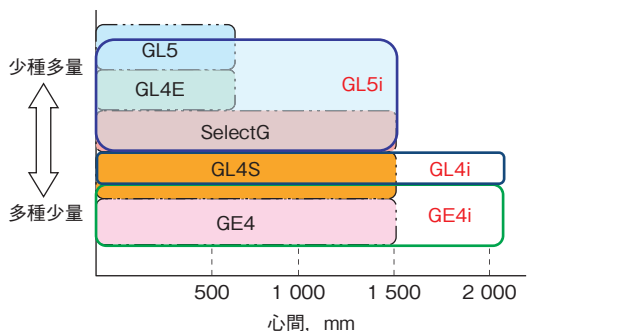
今回20年ぶりとなるCNC円筒研削盤GE4のフルモデルチェンジに際し、技能に依存しない機械のニーズにこたえて操作性の向上や安全性はもちろんのこと、環境にも配慮したCNC円筒研削盤GE4iを開発した（図3）。

2. 安定した研削精度への取り組み

①寸法精度向上

寸法精度に影響を与える熱ひずみは、機械設置場所の室温の変化、研削時の加工熱やモータ・ポンプなど機械自体の発熱が要因で生じる。

設置場所の室温の変化については、ベッドの質量を大きくし、熱容量を上げることが従来の有効な手段であった。しかし、GE4iではCAE解析と実機の室温変化に対する温度分布を照合しながら、ベッド形状、リブの配置を工夫して熱ひずみを最小限に抑えた。また、ベッドを左右対称形状としてねじれも最小限に抑えた（図4）。



共通プラットフォーム

- ・ベッド
- ・固定ベース
- ・砥石台
- ・砥石台送り
- ・テーブル送り

GE4i/GL4i

〈主な仕様〉

- ・普通砥石径 P/A : $\phi 405/455$
- ・CBN 砥石径 P/A : $\phi 350/370$
- ・二体型テーブル
- ・固定軸主軸台
- ・手動式心押台

GL5i

〈主な仕様〉

- ・普通砥石径 PA 共 : $\phi 510, 610$
- ・CBN 砥石径 P/A : $\phi 350/370$
- ・一体型テーブル
- ・両側駆動主軸台等

機種		心間 (mm)							
		250	320	500	630	1 000	1 500	2 000	
GE4i	P	○	○	○	○	○	○	○	
	A	○	○	○	○	○	○	○	
GL4i	P	○	○	○	○	○	○	○	
	A	○	○	○	○	○	○	○	
GL5i	P	○	○	○	○	○	○	○	
	A	○	○	○	○	○	○	○	

○整備機種

図1 G5i シリーズ
G5i series

寸法精度

熱ひずみ低減

- ・室温変化への対応
- ・加工熱の排除
- ・機械発熱の抑制

真直性向上

- ・熟練者によるきさげ加工
- ・フローティングプレート

表面品位真円度

清浄度安定

- ・高清浄度クーラント装置

図2 安定した機械精度
Stable machine accuracy



図3 GE4i 円筒研削盤
GE4i Cylindrical grinder

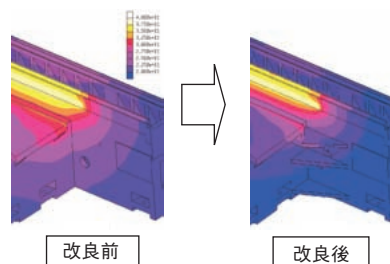


図4 CAE 解析 (ベッド部)
CAE analysis (bed part)

研削時の加工熱については、従来、砥石台とテーブル間のクーラント経路であるベッド上に加工熱が伝わることであった。GE4iはCAE解析を用いて、熱の影響を受けにくいクーラント経路とし、砥石台とテーブルの相対位置の変化を減少させた。さらに、アイソレーションカバーにより、ベッドとの間に空気層を作り、熱影響を低減させた。以上により、室温変化と加工熱の影響を受け難い構造とした結果、従来機に対してGE4iによる加工時の寸法変化が30%減少した。

機械自体の発熱は、発熱要因である砥石台の放熱特性を高めることで減少させ、従来機に対してGE4iは砥石台変形量も30%減少した。

さらなる高研削精度を実現するために、リニアスケールや工作物と砥石台の相対距離を管理する接触式センサ(当社の円筒研削盤では初めての搭載)を採用することで、工作物と砥石台の位置決め精度が向上した。また接触式センサにより、暖機運転時間も短縮できた。

これらの評価は、当社の大型環境試験室で顧客の工場環境を再現させて、実機評価を実施している。大型環境試験室で室温を変化させながら加工し、加工結果と熱ひずみを確認し、改良を重ねた(図5)。



図5 大型環境試験室
Large-sized environmental test room

以上により、開発機 GE4i は従来機に対して始業時や作業再開時の寸法変化を大幅に改善できた。さらに高精度仕様が必要な顧客に対しては、要求精度に応じてパッケージ化し、顧客のニーズにあった「精度と価格」をご提案できる (図6)。

②円筒度向上

円筒度向上には、真直性を限りなく向上させることとし、う動面の摩耗を防ぐ必要があるため、熟練技能者による入念な“きさげ”加工を実施した。さらに、送りねじの剛性を高め、送り方向の誤差を低減させた。また、送りねじの「振れ」を吸収するフローティングプレートを取り付けることにより、テーブルの蛇行が少なくなり、工作物の円筒度が向上した (図7)。

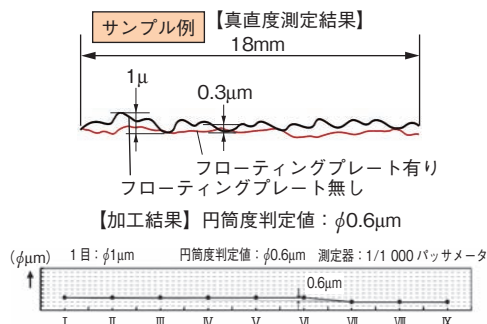


図7 フローティングプレートの効果
Effect of floating plate

③表面品位・真円度

工作物の表面品位向上のために、GE4i ではペーパーフィルタに代わるサイクロン方式を採用した高浄度クーラント供給システムを開発した (図8)。クーラント中の残留異物がフィルタ無しの状態で 5ppm である。これは 1L あたりの異物が 5mg という高浄度化を実現し、スクラッチ、真円度不良の減少のみでなく、細菌の繁殖を抑え、さらに更液周期を大幅に延ばした。また、サイクロン方式は、ゼロエミッションであり、環境にも配慮している (図9)。

従来機をさらに進化させ、精度安定化アイテムを標準装備

①標準仕様

標準本体

フローティングプレート
アイソレーションカバーなど

- 砥石台上砥石軸受油ポンプユニット, 砥石軸受油ファンクーラ
- 研削液供給装置 (150L)

- ・暖機運転時間の削減
- ・装置の冷却効果によりねじれを抑制し、円筒度向上

②高精度対応パッケージ A

標準本体

フローティングプレート
アイソレーションカバーなど

- 砥石軸受油ポンプユニット (別置き), 砥石軸受油オイルクーラ (別置き)
- 研削液供給装置 (350L 洗浄ポンプ, クーラント冷却, 磁気分離器)
- 砥石台・主軸台クーラント冷却

- ・コールドスタートから安定した寸法精度維持
- ・リニアスケールによる安定した長時間のトラバース加工に最適

③高精度対応パッケージ B

標準本体

フローティングプレート
アイソレーションカバーなど

- 砥石軸受油ポンプユニット (別置き), 砥石軸受油オイルクーラ (別置き)
- 研削液供給装置 (350L 洗浄ポンプ, クーラント冷却, 磁気分離器)
- 砥石台・主軸台クーラント冷却
- サーボモータ冷却
- 砥石台リニアスケール
- センサ熱変位補正

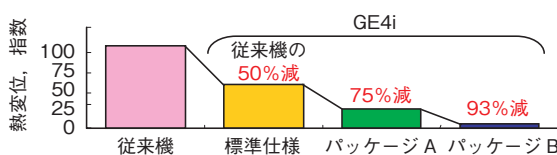


図6 始業時や作業再開時の寸法変化 (パッケージ仕様比較)

The dimensional change at the time of work commencement and work resumption (Comparison of package specification)

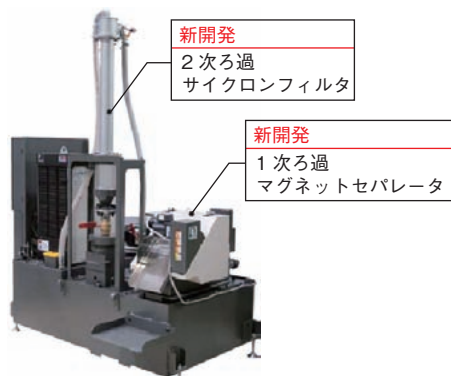


図8 高 cleanliness クーラント供給システム
High cleanliness coolant feed system

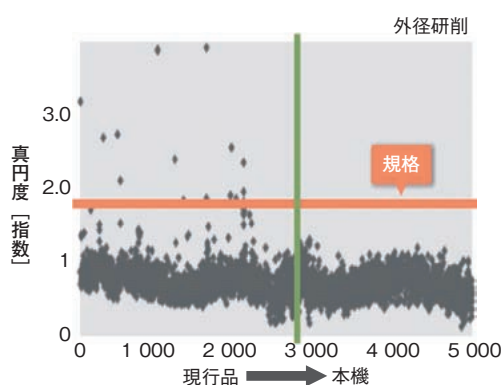


図9 真円度不良の減少
Reduction of poor roundness

3. 操作性向上の取り組み

当社では1970年代より制御装置を開発し、その後、機械の使い易さとともに性能を最大限発揮できるように改良を重ねてきた。GE4iでは新開発のTOYOPUC®-GC70を搭載し、従来の5倍の演算速度とし、またサイズも大幅に小型化した。

操作性向上の取り組みとして、ティーチングによる加工プログラミング方式とした。入力ミスが生じやすい従来のデータ入力方式ではなく、目で確認しながらのティーチングができ、入力ミスが生じ難い入力方式とした。従来機では、データ入力や確認作業（デバック）に時間がかかっていたが、GE4iではそれらの作業時間が従来機の約1/4と大幅に短縮できた。また、操作機能では、加工条件を決定するための工作物剛性の自動判別機能と研削条件自動決定機能があるが、従来機では熟練作業者の経験により剛性の大・中・小を選択していた。GE4iでは、初心者でも剛性選択できるように工作物の長さや直径を入力することにより、剛性を自動判別し、研削条件を決定する機能を追加した。

また、手動操作時の誤操作を防止する機能も追加した。たとえば、旋盤など複数の機械を同時に使用する場合、その使用方法（送り方向など）が異なることで誤操作が発生しやすくなる。その防止策として、ティーチング作業時にCNC画面に送り方向を表示する機能を追加し、NC軸移動中は移動方向に合わせて、矢印をカラー表示し、誤操作を防止できる。

また、海外でも簡単に使えるよう、CNC画面の操作ボタンは従来の文字表示以外に、初めて操作する人でも作業しやすいようにアイコン表示機能を追加した。さらに、多言語切替え機能を追加し、ワンタッチ操作によりCNC画面の言語切り替えが可能となった。

手動操作ハンドル（手動パルス発生器）については、「CNCの自動機でも油圧機と同様に機械前面のハンドルを操作したい」という顧客からのニーズに応え、油圧機を操作する手の感覚を再現したハンドルを開発した（図10）。



図10 機械前面手動操作ハンドル
Manual handle at front of machine

テーパ加工で使用するテーブル旋回角度表示は、従来のダイヤルゲージを使用したアナログ的なテーパ角度合わせから、センサによるデジタル角度表示へ変更した。従来のダイヤルゲージを使用した調整方式では、テーブルの旋回角度の全域は測定できないが、GE4iでのセンサを使用した方式は、テーブル旋回量の全域を計測できるので従来のダイヤルゲージによる、位置合わせが不要となり、作業時間が短縮できる。

表1 主な仕様
Main specifications

項目	単位	仕様	GE4Pi-50 GE4Ai-50	GE4Pi-100 GE4Ai-100	GE4Pi-150 GE4Ai-150	GE4Pi-200 GE4Ai-200	
センタ間距離	mm	共通	500	1000	1500	2000	
テーブル上振り	mm	標準付属	φ320				
		特別付属	φ400				
研削直径	mm	共通	φ0 ~ φ300				
センタ間負荷質量	kg	共通	150				
砥石	砥石外径×内径	mm	標準付属	Pタイプ: φ405 × φ127			φ405 × 75 × φ127
			特別付属	Aタイプ: φ455 × φ127			
	最大幅	mm	標準付属	75			
			特別付属	100 (φ405, φ455) / 50 (φ510)			
	周速度	m/s	標準付属	30			
			特別付属	45			

4. 安全・環境対応への取り組み

安全については、停電時に砥石と工作物を離間させる機能を追加した(図11)。

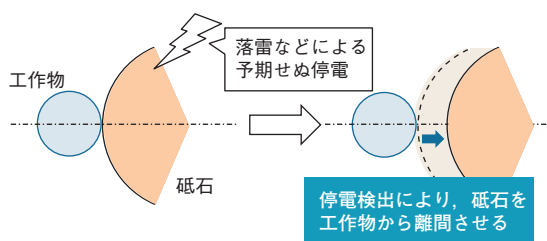


図11 停電時の安全取り組み

Safety measures when power failure occurs

さらに、汎用研削盤にも機械の全体カバーを装備して、安全性だけでなく、ミスト飛散の抑制による環境への配慮も行った(図12)。この全体カバーは心間500mmで1480mmという広い開口部を設けているため、段取り替え作業が容易にできる。カバー高さも1490mmと機械全体を見渡せるため安心できる機械とし、採光に配慮し、天窓を設け視認性が向上した(図13)。



図12 全体カバー仕様

The cover specification



図13 天窓
Skylight

5. 仕様

GE4iの主な仕様を表1に示す。

6. おわりに

以上により、GE4iは安定した研削精度、操作性向上、安全・環境への配慮を備えた『誰でも簡単に高度なモノづくりができる機械』を実現した。しかし、まだ技能者の調整操作は皆無ではない。これらの取り組みをさらに強化し、技能者の調整が不要な機械を目指していく。

筆者



長屋久幸*

H. NAGAYA

* 工作機械・メカトロ事業本部 工作機械開発部