

TG5-100 グラインディングセンタ

TG5-100 Grinding Center

納谷敏明 T. NAYA

We have developed a CNC combined grinder equipped with a NC-indexing wheelhead swiveling unit using a direct drive motor. The wheelhead swiveling time is 2s/180°, therefore the wheelhead changeover time is drastically reduced. Also, the wheelhead swiveling accuracy being as high as $\pm 0.0002^\circ$ allows for high-accuracy grinding of arbitrary angle tapers.

A maximum of three kinds of wheels (two outer diameter grinding and one inner diameter) are mountable on the grinder so customers are able to select from a variety of wheel mounting patterns, the one most suitable for their specific product. Furthermore, having so many mounting options available will lead to a reduction in machine numbers as well as an improvement in grinding accuracy achieved by combination grinding.

Key Words : multiple grinding, wheelhead swiveling, direct drive, external grinding, internal grinding

1. はじめに

近年、さまざまな製品分野において、製品サイクルは大きく変化している。消費者のニーズの多様化により、製品のモデルチェンジのサイクルは非常に短くなり、新モデル発表後、短期間に多量販売され、その後の販売量は急速に減少するというサイクルに変わってきている。また、これに伴い製品の開発スピードも年々速くなってきており、試作品をいかに速く製作するかということも重要になってきている。このような状況の中で、生産部門における最大の課題は、市場の変化に敏速に対応できる生産ラインの柔軟性を確保することである。従来のライン生産方式（少品種多量生産）に取って代わる生産方式として、セル生産方式（多品種少量生産）が提唱され、日系企業を中心に海外へも普及し始めている。

セル生産方式の普及に伴い、生産設備に対しては多品種少量生産、リードタイム短縮、高付加価値生産、他ラインへの高転用性などの要求は今後も高まっていくと予測される。このような顧客のニーズに対して、今回、TG5-100 グラインディングセンタ（以下、本機と称す）を開発したので以下に紹介する（図 1）。



図 1 TG5-100 グラインディングセンタ
TG5-100 Grinding Center

2. 本機の特長

2.1 高速・高精度

2.1.1 砥石台旋回

本機は、砥石台が旋回することにより、最大 3 種（外径研削用 2 種、内径研削用 1 種）（以下、それぞれ、外研、内研と称す）の砥石を切り替えて研削を行う複合研削盤である。砥石台旋回ユニットは、NC により任意角度に割り出すことが可能である。砥石を切り替えることにより、工作物の外径・内径をワンチャッキングで連続加工できるため、工作物の同軸度を向上させることができる。

また、砥石台旋回部の駆動方法としてモータダイレクトドライブ方式（以下、DD方式と称す）を採用し、高速・高精度の砥石台旋回を実現した（図2）。

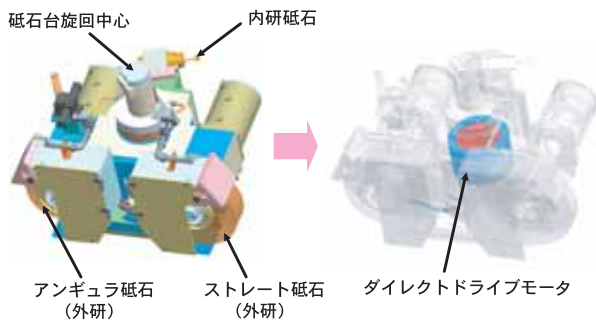


図2 DD方式砥石台旋回ユニット
Direct drive wheelhead swiveling unit

従来の砥石台旋回の駆動方式においては、「サーボモータ + 減速機構 + 精密カップリング」の構成が一般的であるが、これをDD方式に変更することにより、表1に示すようなメリットが得られる。

表1 DD方式のメリット
Merits of direct drive

	DD方式	従来方式 (減速機構 + 精密カップリング)
旋回位置	任意位置割出し (0.00001° 単位)	1° または 5° 単位の割出し (精密カップリングの制約)
旋回精度	± 0.0002° (バックラッシュ無し)	± 0.0005° (バックラッシュ有り)
旋回時間	2s/180°	4s/180° (精密カップリングのかみあわせ動作必要)
信頼性	精密カップリング不要 ⇒ 磨耗無し	精密カップリングが磨耗する

DD方式を採用した結果、砥石台旋回時間は2s/180°で、砥石の切替え時間を大幅に短縮した。また、砥石台旋回精度は± 0.0002°で、任意角度テーパの高精度加工が可能である。また、砥石台旋回精度の向上により砥石切替え後のドレスも不要になるため、ツールコストおよび段取り替え時間を削減できる。

2.1.2 アイソレーションカバー

熱変位低減対策として、研削熱により温度上昇したクーラントが直接ベッドにかからないように、当社のCNC汎用円筒研削盤GXN[®]、GPN[®]で実績のあるアイソレーションカバーを採用した（図3）。

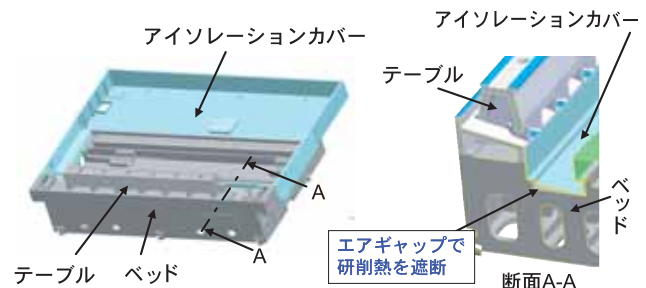
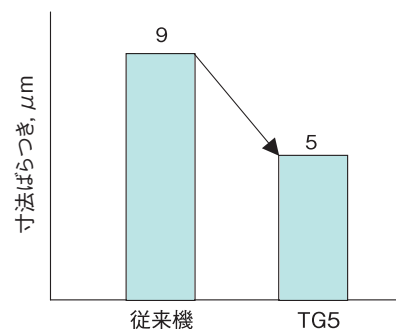


図3 アイソレーションカバー
Isolation cover

図4に、間接定寸で20本の工作物を連続加工したときの寸法ばらつきを本機と従来機で比較した結果を示す。アイソレーションカバーの無い従来機に対して、本機の寸法ばらつきは小さくなっている。



従来機：アイソレーションカバー無し
TG5：アイソレーションカバー有り

図4 寸法ばらつき
Dispersion of dimensions

2.1.3 送りスライド

従来のV-平スライドに対して本機は転がりガイドを採用し、拘束力を上げた。これにより、旋回時に砥石台がスライドから浮き上がることが無くなり、また、砥石台の切込み軸とトラバース軸の移動方向の反転時に発生するヨーイングを抑えることができる。さらに、V-平スライドに対して転がりガイドは摩擦抵抗が小さいため、送り軸のサーボモータ容量を50%小さくでき、省エネルギーにも寄与することができる。

2.1.4 CNC装置

CNC装置はGC50（当社研削盤用CNC装置）を搭載している。リアルタイムEthernet^{*1}の最新規格であるSERCOS^{*2}Ⅲ（IEC 61784/61158）を研削盤に対して世界で初めて採用した。通信速度の高速化によりサーボネットワーク数を削減し、コストダウンと信頼性向上を実現した。さらに、データ更新周期の短縮によりCNC

の応答速度が向上し、5～10%のサイクルタイム短縮が可能になった。

2.2 高生産性

2.2.1 豊富な砥石取付けパターン

本機では、図5に示すように、豊富な砥石取付けパターンを準備している。

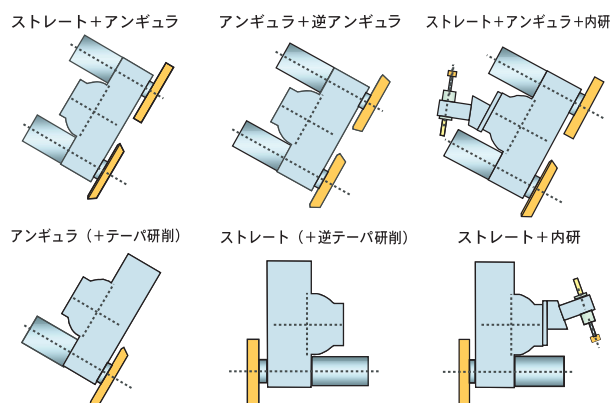


図5 砥石取付けパターン
Wheel mounting patterns

これらの中から工作物に最適なパターンを選択し、設備台数の削減と複合研削による加工精度の向上を図ることができる。図6は、従来、プレーン研削盤、アンギ

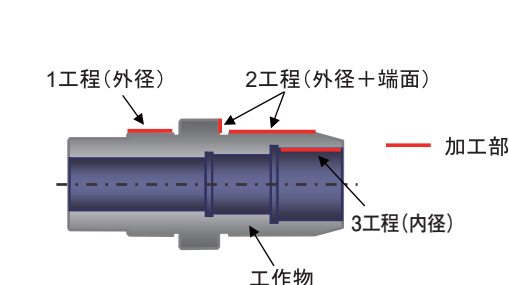
ュラ研削盤、内径研削盤の3台で加工していた工作物を本機1台で加工した事例である。設備台数を削減できるだけでなく、ワンチャッキングで全工程を全自動で加工できるため、同軸度を向上できる。

2枚の外研砥石は、当社従来機のGU4-RCNC 万能研削盤のように1つの砥石軸の両端に取り付けるのではなく、それぞれ専用の砥石軸に取り付けているため、従来のように干渉を防ぐために一方の砥石径を他方の砥石径より小さくする必要が無くなり、ツーリング上の干渉防止のための制約も少なくなった(図7)。

砥石径の制約が無くなったことにより、本機ではφ510mmの大径砥石を2枚同時に取り付けることができる。これによって、従来と比べて砥石交換頻度は少なくなり、生産性を向上させることができる。

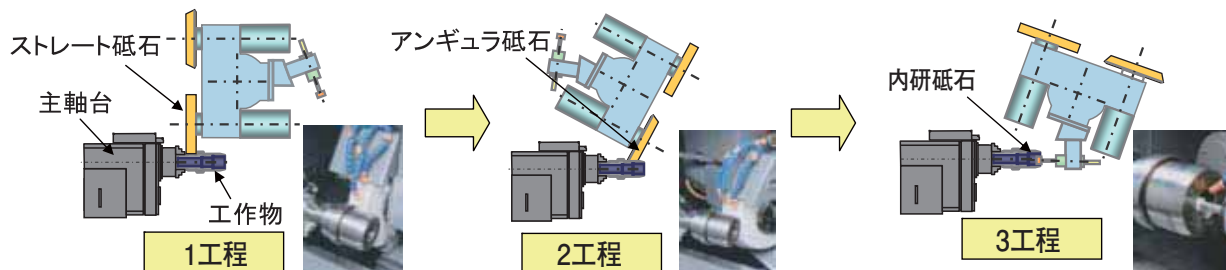
砥石幅は最大125mm(標準80mm)まで取付け可能で、125mm幅用の砥石覆いが標準付属のため、砥石フランジを交換するだけで薄幅から広幅まで多種類の砥石を取り付けることができる。

また、砥石交換作業の効率を上げるため、砥石交換用扉の開閉口を大きくし、砥石への接近性を向上させた(図8)。



加工精度

	1工程	2工程	3工程
寸法ばらつき(φμm)	3	3	5
同軸度(φμm) (2工程基準)	0.4	—	1.0
真円度(φμm)	1.1	1.3	1.1
表面粗さ(μmRa)	0.17	0.15	0.17



従来3台の研削盤で加工していた工程を1台に集約

図6 複合研削事例
Example of multiple grinding

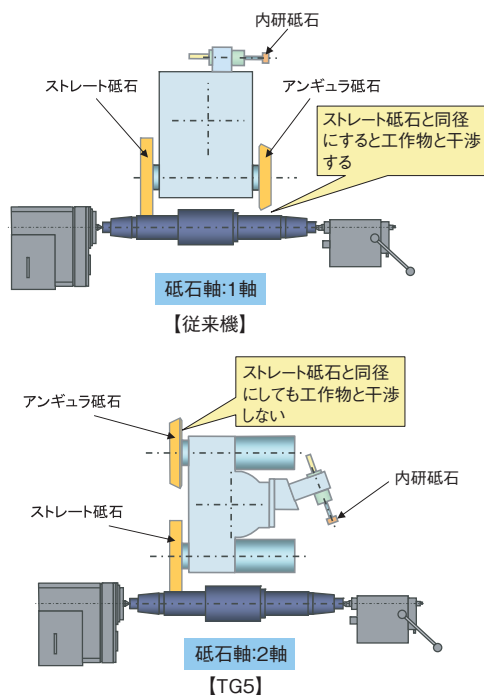


図7 砥石の干渉
Interference of wheels



図8 砥石交換スペース
Wheel changing space

2.2.2 ドレッサの集中化

従来、アンギュラ砥石用ドレッサが心押台上、ストレータ砥石用ドレッサが主軸台上、内研砥石用ドレッサがテーブル上、というようにそれぞれの砥石用のドレッサを必要とし、砥石を切り替えた時に、ドレッサの取付け・取外しと位置記憶作業を必要としていた。それに対して本機は、外研砥石用ドレッサ2個と内研砥石用ドレッサを1つのブロックに配置し、主軸台側のテーブル上に固定した。これにより、心押台を外した場合、あるいは内

研砥石に切り替えた場合でもドレッサの取付け・取外しが不要となり、段取り替え時間を短縮することができた。

2.3 省エネルギー・省スペース

2.3.1 設備台数の削減による省エネルギー

プレーン研削盤とアンギュラ研削盤の2台の設備で加工していた工作物を本機1台に置き換えて加工する場合、CO₂排出量は従来機（当社 GL5P-63 Ⅲ、GL5A-63 Ⅲ CNC 円筒研削盤）に対して 11% 削減可能である（当社基準の計算による）。また、前述したように、送りスライドに転がりガイドを採用することによって摩擦抵抗を低減し、サーボモータの容量を小さくすることができた。その他のポンプユニットなどの付属機器の使用電力量は従来の設備一台分と同じであるため、消費電力量は従来機（当社 GL5P-63 Ⅲ、GL5A-63 Ⅲ CNC 円筒研削盤）に対して 11% 削減可能である。

2.3.2 砥石台トラバース方式による省スペース化

砥石台トラバース方式の採用により、機械幅は同一センタ間距離の従来機（当社 GU4-100RCNC 万能研削盤）に対して 23% 削減できた。これにより、このクラスの機械の中で最小の機械幅を実現した（図9）。

また、本機は砥石台トラバース軸、砥石台切込み軸、砥石台旋回軸の3軸が積み重なった構成になっているが、センタハイトは1120mmに抑えているため作業用の踏み台は不要である。さらに、正面扉の開口幅は1200mmと広いので、工作物の搬入出、段取り替え作業なども効率良く行うことができる。

3. 主な仕様

本機の主な仕様を表2に示す。

表2 主な仕様
Main specifications

項 目		単位	TG5-100
センタ間距離		mm	1 000
テーブル上振り		mm	φ320
研削直径	外径	mm	φ0 ~ φ300
	内径	mm	φ10 ~ φ120
センタ間負荷質量		kg	150
外研砥石	軸受		TOYODA STAT®BEARING
	外径×幅×内径	mm	ストレート: φ510×80[最大125]×φ2032
		mm	アンギュラ: φ510×80[最大125]×φ2032
	周速度	m/s	45
砥石台切込み	早送り速度	m/min	φ15
	最小設定単位	mm	φ0.0001
砥石台旋回装置	旋回角度	°	-15 ~ 210
	旋回単位	°	0.00001
	旋回方式		自動(DD モータ)
	旋回位置決め方式		NC
砥石台トラバース	早送り速度	m/min	15
	最小設定単位	mm	0.0001
主軸台	形式		固定軸回転軸兼用
	センタ		MT No.4
	回転速度	min ⁻¹	10 ~ 1 000
心押台	形式		油圧式
	センタ		MT No.4
内面研削装置	駆動方式		ビルトイン
	砥石径	mm	φ8 ~ φ65
	主軸取付穴径	mm	φ100[φ120]
電気装置		V	電源電圧 200 制御電圧 DC24
電動機	外研砥石軸	kW	7.5 (6P) (最大2個付属)
	内研砥石軸	kW	3 (2P)
	工作主軸	kW	1.3(ブラシレスサーボモータ)
	砥石台送り	kW	1.3(ブラシレスサーボモータ)
	砥石台旋回	kW	2.4(DD モータ)
	砥石台トラバース送り	kW	1.3(ブラシレスサーボモータ)
	砥石軸受ポンプ	kW	2.2 (4P)
	作動油ポンプ	kW	0.75 (4P)
	潤滑油ポンプ	kW	0.07
	潤滑油ポンプ (内研用)	kW	0.07
	砥石軸冷却器ポンプ	kW	0.75 (4P)
タンク容量	砥石軸受油	L	80
	作動油	L	10
	潤滑油	L	7.6
	潤滑油 (内研用)	L	7.6
	研削液	L	230
所要床面積 (幅×奥行き)		mm	3 200 × 4 500
正味質量		kg	12 000

4. 機械配置

本機の標準機械配置を図9に示す。

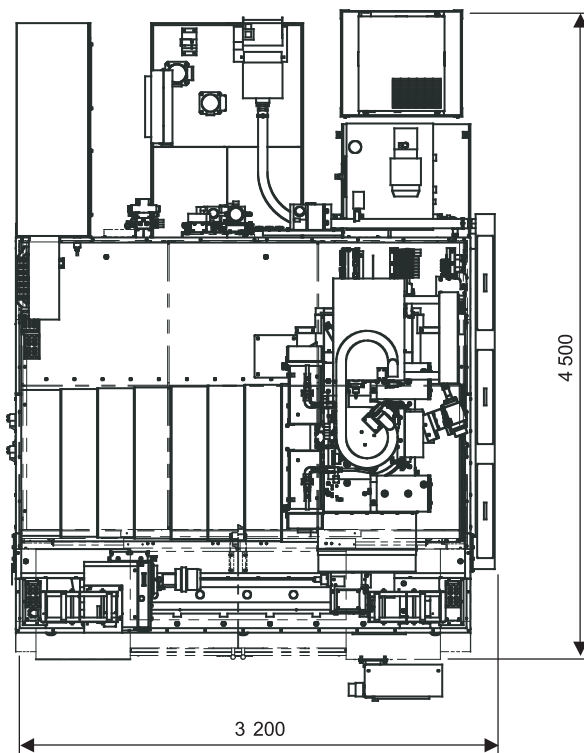


図9 標準機械配置図
Machine layout

5. おわりに

本機 TG5-100 グラインディングセンタは、多品種少量生産への対応、リードタイムの短縮、高付加価値生産、および他ラインへの高転用性を目的に開発した。今後も、さまざまな形状・材質の工作物に対応するための加工技術の提案と、より転用性が高く、生産量の変化に柔軟に対応できる複合加工機の提案をしていきたい。

*1 Ethernet は、富士ゼロックス社(株)の登録商標です。

*2 SERCOS は、セルコスインターナショナルエーファウの登録商標です。

参考文献

- 1) 佐野昭一，太田規男：豊田工機技報，vol.43,no.2(2002)21.
- 2) 菊地宏朗，中村晃浩：豊田工機技報，vol.44,no.2(2003)3.
- 3) 福田英二：豊田工機技報，vol.45,no.2(2004)15.

筆 者



納谷敏明*
T. NAYA

* 工作機械メカトロ事業本部 商品開発部