CNC 円筒研削盤 G3P100L の開発

CNC cylindrical grinder G3P100L development

1．はじめに

モノづくりの現場では，さらなる生産性向上と労働人口減少に対応するため，自動化および省人が求められている．また，脱炭素社会の実現に向けてカーボンニュートラルへの関心も高まっている．当社は，これら社会環境の変化や，さまざまなお客様の要求に応えるため，中型円筒研削盤 G3 を G シリーズとして 2022 年に販売を開始した．

本機種は「Type General」と「Type Luxury」の 2 種類をラインアップしている．Type General は誰でも容易に高精度な加工を可能とし，Type Luxury はそれにくわえて究極の高品質加工を保証する仕様である．

本報では，工具・スピンドルなどの高精度加工が可能であり，自働化やカーボンニュートラル対応の各種機能を備えた G3 Type Luxury の開発内容と特長を紹介する（**図 1**）．

図 1　CNC 円筒研削盤　G3P100L
CNC cylindrical grinder G3P100L

2．自動化・省人

2.1　自動生産システム

当社の汎用円筒研削盤を使用されるお客様から「生産性を向上させたいが人手が不足している」「小ロットの工作物を夜間に自動で加工し，翌朝に納品する必要がある」などの要望が多く寄せられている．それに応えるため，協働ロボットと搬入出パレットを機械前面に配置し，自動生産できるシステムを構築した．これにより，昼間は汎用機として使用しつつ，夜間は自動ラインとしての使用が可能となり，生産性向上を支援できる．

2.2　加工面良否判定の自動化

通常，加工面の良否は生産ライン外で行う測定結果と，オペレーターの目視検査で判定される．そのため，測定中の生産ライン停止や人に依存する判定結果のばらつきが問題であった．そこで，加工面の状態をリアルタイムで監視する測定装置と，その情報をデジタルで可視化し，定量的に評価できるシステムを開発した．

加工面の測定には加工室内に設置された定寸装置を使用する．定寸装置に付加したセンサーにより加工面の情報を取得するが，固定された工作物に接触させるだけでは「点」の情報しか得られない．そこで，工作物を回転することで「線」の情報を得て，さらに横方向に移動することで「面」の情報も取得した．これらの情報から独自のアルゴリズムを適用し，3D マップを生成することによって加工面の状態を数値化できる（**図 2**）．

本システムの活用により，加工品質を維持したまま砥石を寿命限界まで使用することができる．一般的にドレスインターバルの規定値は，測定結果と過去の経験から熟練の作業者が決定し，品質不良品を後工程に流さない

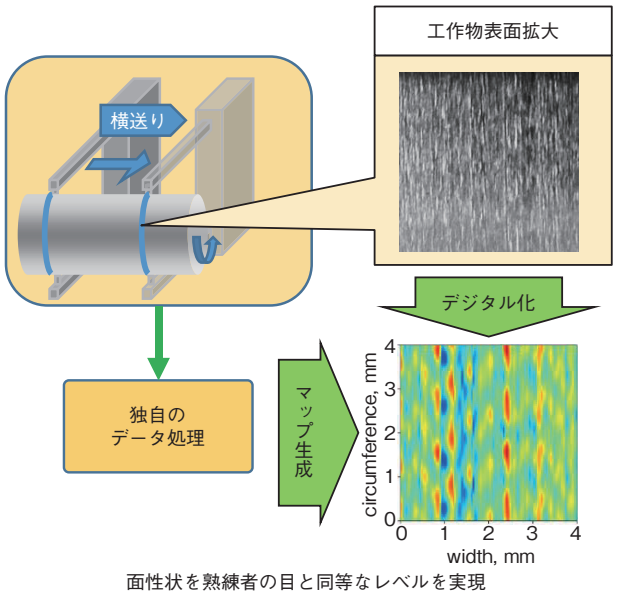

図 2　加工面状態の見える化
Visualization of processing surface condition

よう安全係数を加味して設定される．一方，本システムでは加工面をリアルタイムで観察できるため，あらかじめ設定した規格値に対する品質状態を定量的に判定できる．したがって，最適なタイミングで砥石をドレッシングでき，ドレスインターバルの延長によりツールコストの削減が可能である（**図3**）．

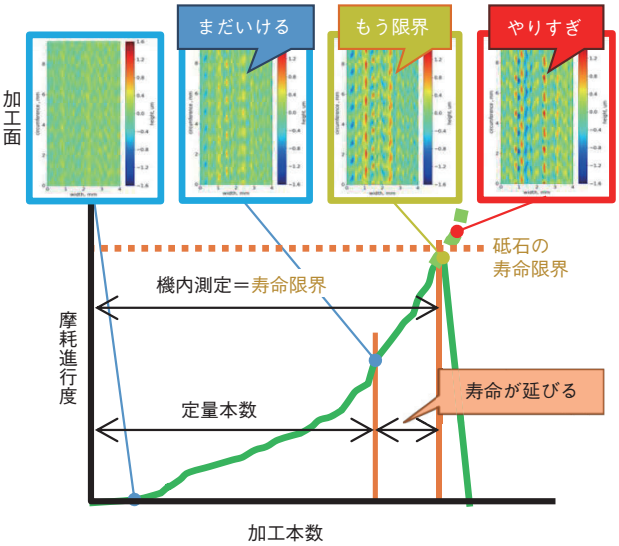

図3　砥石寿命の延長
Extension of Grinding Wheel Life

3．カーボンニュートラルへの貢献

生産工場で CO_2 排出量を削減し，脱炭素社会の実現に貢献するには，設備の「非加工時間」での電力削減が求められる．そこで，待機電力の削減に着目し，本機には「スリープイン機能」と「ウェイクアップ機能」を搭載した．スリープイン機能は，休憩時間の適切なタイミングでモーターやポンプ類，エアーパージなどを自動的に停止させる．ウェイクアップ機能は，あらかじめ設定したタイミングで暖機運転に必要なクーラント吐出や砥石軸を起動させる．本機能によって休憩時間の消費電力を最大 75% 削減しつつ，生産開始時には機械が最適な状態になり，初品から安定した加工精度を確保できる．

4．抜群の品質

当社の研削盤は以下の技術により，長期間にわたって安定した加工精度を維持できる．

・砥石軸の高精度な回転精度と高減衰性を実現する「流体軸受」．これにより，優れた加工面品質を維持
・砥石台スライド，テーブルスライドの真直度を高精度化する熟練作業者による「きさげ」．これにより，しゅう動面の摩耗を防ぎ，高精度な研削を実現するとともに長期にわたり精度を維持

また，寸法ばらつきを抑えるため，以下の機能を搭載している．

・流体砥石軸受油の温度を管理する冷却装置
・クーラントによる鋳物製本体の冷却で砥石軸回転時，工作物主軸回転時の発熱による熱変形を抑制
・砥石台位置を把握するリニアスケール

従来は砥石摩耗が進行すると砥石表面位置が切り込み方向に後退するため，工作物寸法が変化していた．そこで，本機では，非接触式センサーを搭載し（**図4**），砥石表面位置を検知することによってドレス位置や加工位置に対する砥石表面位置を正確に設定できる．これらにより，恒温室における寸法のばらつきを± ϕ1.5 μm に抑制できた．

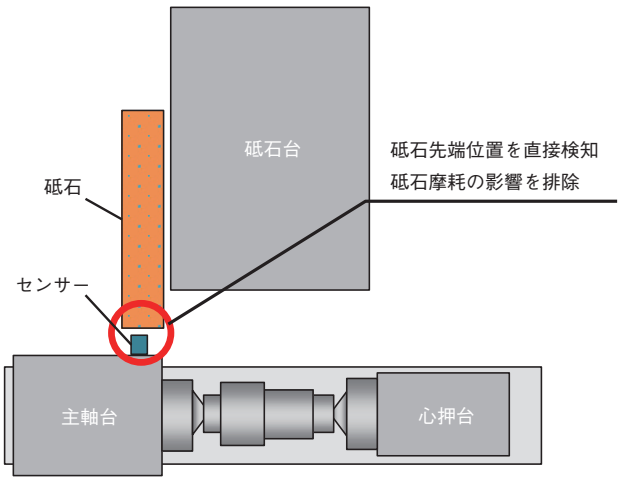

図4　砥石先端位置検知システム
Grinding wheel tip position detection system

5．使いやすい操作性

初心者から熟練者まで，すべての作業者が使いやすい操作性を実現するため，本機は多彩な機能を搭載している．

当社の研削盤は豊田工機の時代から現在に至る 70 年の歴史の中，お客様と築いたノウハウを集積した自動研削サイクルを最大 16 パターン標準搭載している．これにより，作業者が研削サイクルのプログラムを作成することなく，パラメーターの設定だけで思いどおりの研削ができる．

また，初めての作業者でも容易に研削条件を決定できる「研削条件自動決定機能」も標準搭載している．工作物の大きさなどの項目を入力するだけで誰でも簡単に研削条件を決定できる．これにより，プログラム作成時間が従来の 4 分の 1 に短縮された（**図5**）．

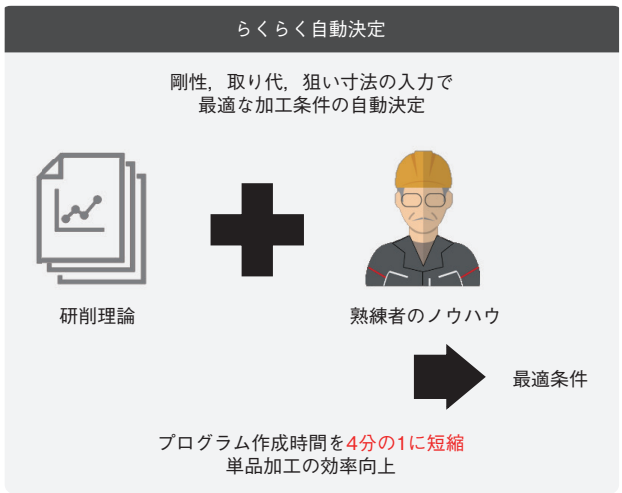

図5　研削条件自動決定
Automatic determination of grinding conditions

さらに，当社のベストセラー機である油圧機を長年お使いのお客様の中には，NC 制御による駆動方式に対して油圧駆動方式へのこだわりがあるお客様もいる．そのため，油圧機の操作性のよさを残しつつ，NC 機の利点を生かす取り組みとして機械前面にハンドルを設けた「プロハンドル」仕様を設定した．「ハンドルのトルクを自由に変えて自分好みにカスタマイズしたい」「砥(と)石が工作物に切り込んだ感覚を手に感じたい」という要望のため，自動車用ハンドルの操舵(だ)性を追求している当社のステアバイワイヤ技術を応用し，操作画面でお好みのハンドルトルクに変更できる機能を搭載した．加工の感覚をハンドルに伝える機能も搭載し，安全で確実に ϕ1 μm 台の精度に加工できる高精度な操作性を実現した（**図6**）．

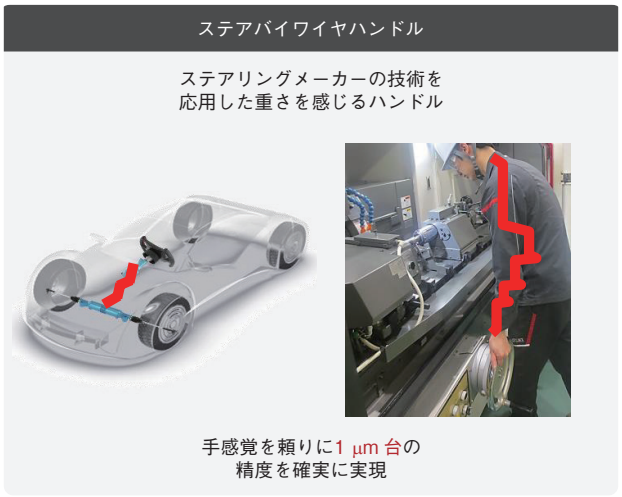

図6　こだわりの操作性
Best operability

6．おわりに

本報では自動化・省人およびカーボンニュートラルへの対応を目的として開発したCNC円筒研削盤G3P100L を紹介した．本機は従来からの高精度・高信頼性を維持しつつ，加工面の自動判定やエネルギー削減機能，操作性の向上など，製造現場の要求に応える研削盤である．これにより，本開発の目的である「自動化・省人」と「カーボンニュートラルへの対応」の両立を達成した．

当社の研削盤は，各時代の要求に応えて改良を重ねてきた歴史と，信頼性の高い基盤技術がある．本機の開発によって「自動化・省人」「カーボンニュートラル」に貢献し，すべてのお客様に満足いただける製品を実現した．

今後も，お客様の要望に応える技術・機能・品質を備えた製品をタイムリーに開発し，多くのお客様に満足いただける商品をお届けしたい．

（工作機械・システム事業本部　工作機械技術部）