

段研削と刃付け工程を1台に集約し生産効率を追求 - ロロマティック社の超高能率工具研削盤 GrindSmart®660XW-

1. はじめに

センタレス研削盤で仕上げた超硬ストレートシャンクから切削工具を製造するには、一般的にブランクを研削する段研削盤を1台、次に刃部を加工する工具研削盤が必要となる。工具研削盤でブランク加工を行うことも不可能ではないが、工具研削盤は段研削盤と比較し約20%砥石の径が小さく、ワークヘッドの回転速度が僅か30%程度と低速回転であるため、段研削加工を行うとサイクルタイムが非常に長くなり、効率面そしてコスト面において現実的ではない。

そこでスイス・ロロマティック社はこれらの問題を克服し、多工程に分かれていた製造プロセスを一元化すべく、段研削盤の機能を組み込んだ新機種CNC6軸工具研削盤 GrindSmart®660XW(図1)を開発した。たった1回のクランプとサイクルスタートで加工が完了する、他に類を見ない極めて高効率なワークランプ研削が可能となった。

2. GrindSmart®660XW が現場の生産性を改善



図1: CNC6軸工具研削盤 GrindSmart®660XW 外観

もともと日本では労働人口の減少を背景に、工場における省人化・無人化が進められてきたが、昨今の新型コロナウイルス感染症拡大の影響でBCP（業務継続計画）の観点からも、その需要は増したと考えられる。多工程を1工程のワークランプ全加工に置き換えることで、1度のセットアップでサイクル完了まで無人での加工が可能となり、省人化が見込める。さらに1工程になることで仕掛在庫や工程ごとの精度管理が不要となり、それを管理する手間や人、場所も省くことができ、工場の生産性が向上する。

本稿では、①効率化、②精度、③自動化、④ダウンタイムの削減の4つの観点から GrindSmart®660XW の特長を紹介する。

3. 生産の効率化とリードタイムの短縮を実現

コンパクトな本機であれば、刃付けだけでなく高能率段研削機能により、ワークランプ加工でリードタイムを短縮し、さらに工場の面積生産性を改善することができる。

3.1. 振れを抑えた高能率段研削機能を搭載

GrindSmart®660XW は、外径 0.1~12.7mm、全長 150mm の工具を対象に、エンドミルの段研・刃付け・首逃げ、小径ロングドリルの溝・先端部の研削を、それぞれ1度のセットアップでこなす(図2、3)。これを可能にしているのが、独自の移動式ワークヘッドと高速C軸回転である。



図2: 660XW による加工例

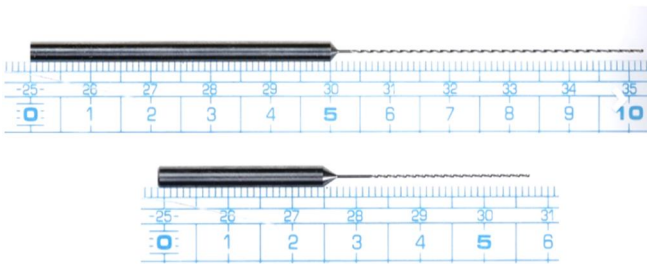


図 3 : 高アスペクト比のマイクロドリル



図 4 : 段研削機能

1 段研削盤 の段取り : 15分	2 段研削 : 35分	3 保管場所 へ移動 : 3分	4 1日保管 (仕掛在庫) : 1440分	5 保管場所 から移動 : 3分	6 工具研削 盤の段取 り : 25分	7 刃付け 加工 : 155分	8 保管場所 へ移動 : 3分	9 3日保管 (仕掛在庫) : 4320分	10 保管場所 から移動 : 3分	11 段研削盤 の段取り : 15分	12 ネックの 段研削 : 95分
----------------------------	-------------------	--------------------------	--------------------------------	---------------------------	---------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------------	----------------------------	-----------------------------	----------------------------

3工程の場合:合計6112分

1 660XWの 段取り : 40分	2 段研削、刃 付け・ネッ ク加工 : 275分
-----------------------------	--------------------------------------

生産工程における機械の実稼働率を5%から87%へ改善、リードタイムは95%短縮

660XWの場合:合計315分

図 5 : 首逃げタイプエンドミルを 3 工程で加工した場合（上段）と GrindSmart®660XW で加工した場合（下段）の機械の稼働時間（緑枠）と非生産時間（赤枠）の比較

4つの直動軸 (X、Y、Z、Zp) と 2つの回転軸 (B、C) を持ち、ワークヘッドに CNC 直動軸 (Zp) が搭載されているのが特長である。本ワークヘッドは、砥石の下に工具をサポートするガイドを位置させ、ガイド基準で工具を押し出すことで振れを抑制しており、振れ精度 $2\mu\text{m}$ 以下を達成する (図 4)。また C 軸の回転数は、ロロマティック社の段研削盤 ShapeSmart®シリーズと同じ $3,000\text{min}^{-1}$ である。一般的な工具研削盤の C 軸回転数が $1,000\text{min}^{-1}$ であるのと比べ、優れた研削能力を持ち、移動式ワークヘッドと組み合わせることで、工具研削盤であっても高効率の段研削が可能となっている。

3.2. 1 工程ワンクランプ全加工が リードタイムを 95%短縮

付加価値が高い製造工程とは、生産する機械が稼働している工程である。段取り、精度管理、仕掛在庫の滞留時間を減らすことで、リードタイムにおける付加価値の高い機械稼働時間の比率を押し上げることができる。

図 5 を見ていただきたい。こちらは首逃げタイプのエンドミルを従来の段研削盤と工具研削盤で製造した場合と GrindSmart®660XW で加工した場合の機械の実稼働時間の比較例である。一般的にこのタイプのエンドミルを加工する場合、工具ブランクの段研削やプランジ加工、底刃および外周

刃の加工、首逃げ加工の3工程でそれぞれ別の研削盤が必要となる。工程毎の段取りや仕掛品の滞留時間等を加味すると、リードタイム全体に占める3台の機械の合計加工時間は僅か5%にすぎない。一方、工程を集約し段取り1回のワンクランプ全加工の本機に置きかえた場合、生産性は大幅に改善され87%まで向上する。エンドミルの製造に必要な多工程を1工程に集約することで、工程ごとの精度管理、工具管理、仕掛在庫、作業員が不要となり、リードタイムも95%短縮される。

3.3. 工場の面積生産性を改善

GrindSmart®660XWは、幅1.5m、奥行き1.8mのクラス最小所要床面積に、1,360本の大容量の工具が搭載可能なだけでなく、6セットの高速砥石チェンジャとローダ用ロボットも収納した省スペース設計となっており、業界最高峰の面積生産性を誇る(図6)。一般的な同サイズの研削径範囲を持つ工具研削盤と比較し15~30%コンパクトになっており、通常2台分の所要床面積に3台を設置する可能性が生まれ、ユーザの限られた工場スペースの面積生産性を向上させている。

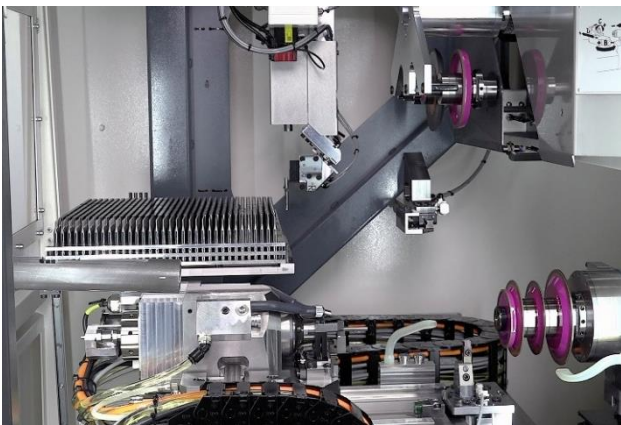


図6:機内の工具搭載パレット、ローダ用ロボット、砥石チェンジャ

4. 高精度加工を追求し

ロロマティックが培った技術を内蔵

本機は段研加工の機能を盛り込みながらも、他のロロマティック研削盤と同様に高精度加工を実現

する要素を兼ね備えている。

4.1. ダイレクトドライブがもたらす

卓越した形状精度

一般的なスライド構造は、コントローラからの指示によりモータが回転し、ボールねじや波動歯車装置等の減速機によりトルクを増幅させている。この構造は構成部品が多く、振動を発生させるため、理想の形状精度を得ることが困難である。一方、本機は直動軸にリニアモータ、回転軸にダイレクトドライブモータを採用している。振動やバックラッシュを生む減速機構がなくなり、直動動作における往路復路のロストモーションが発生せず、優れた形状精度と研削面を実現する。

4.2. 安定した研削による良質な加工面

強力な14kwの回転同期のシンクロナスモータにより、高い研削負荷がかかる時も砥石回転が不安定になるオシレーションを抑え、回転速度とトルクを維持し、常に安定した研削を可能にする。発熱や振動を生む過剰な出力の大型モータが不要となり、スピンドル端面から研削点までの距離が短くなることで、砥石の振れが抑制される。さらに、歯車やベルトによる振動が排除されたダイレクトドライブを採用することで振動が軽減し、砥石寿命の向上、そして良質な研削面を叶える。

4.3. 熱変位の抑制がもたらす

連続生産における安定性

連続運転における加工誤差の多くは熱変位に起因する。その対策としてロロマティック社は2008年より小径工具研削盤 GrindSmart®Nano6 に研削油による内部冷却を採用しており、今日では同社の工具研削盤の標準仕様となっている。内部冷却に研削油を用いることで、機械全体を一定の温度に保ち、極めて高い熱安定性を維持する。

5. 高精度加工と生産工程の自動化を

両立する機能を搭載

GrindSmart®660XW には、砥石や加工した工具を機上で、機械の稼働状況を遠隔で管理し、高精度加工の完全自動化をサポートする機能が組み込まれている。

5.1. 無人運転の信頼性を生むインプロセス測定

加工後の機内自動計測により、必要に応じて無人でも精度管理を行うことができる。加工後は工具をレーザで機上計測し、工具の諸元を測定、その結果を補正に活用することができる。インプロセス測定は、機械の製造自律性をさらに高め、無人生産中においても最も厳しい公差の保持に寄与する。

5.2. 自動目立て機能が砥石性能を維持

工具研削盤は、搭載する工具本数を増やし、さらに砥石チェンジャを内蔵することで、無人での自動加工が可能となった。それを活かすためには、砥石の加工能力を自動で維持することが不可欠である。本機であれば自動的に砥石の目立てが可能で、特に研削負荷が大きい溝、ギャッシュ用の砥石に最適である。砥石の目詰まりを改善するためにオペレーターの介入は不要となり、週末をまたぐ無人運転下での安定した工具製造に貢献する。

5.3. 複数の機械を一元管理し稼働状況を見える化
モニタリングシステム R MONITOR や R CONNECT を組み合わせることで、夜間や週末の無人運転でも生産管理が容易に行える。設備稼働モニタリングシステムの R MONITOR は、ロロマティック機をネットワーク上で一元管理し、加工数、サイクル終了時間の確認、統計データ、機械稼働率、アラーム履歴、加工パラメータ等の生産状況をモニタリングする。スマートフォンやタブレット端末などいつでもどこからでも機械の稼働状況を確認でき、無人連続運転といっても異常があればいち早く察知することができる。実績収集ソ

フト接続用システム R CONNECT は、信頼性の高い OPC-UA インターフェースにより、製造管理システム MES や企業基幹システム ERP ネットワークへ接続し、ロロマティック機以外の工場設備と合わせた一元管理にも対応している。

5.4. 自動化の要望に応える自動引出し式カセット
完全自動製造の為に、カセットテーブル用の自動引き出しが準備されている。必要に応じて、引き出し部が機外へスライドし、AGV（無人搬送車）がカセットを自動搬送し、次の工程へと展開が可能だ。

6. 段取りと検査を工夫し

機械のダウンタイムを削減

機外段取りや加工ソフトウェアの機能により、付加価値を生まない無駄な時間を極力減らすことでリードタイムを削減し、多品種生産への対応力も高める。

6.1. 機外での加工プログラム完成をサポートするソフトウェア VirtualGrind®Pro

研削プログラム作成用ソフトウェア VirtualGrind®Pro は、使いやすさを追求し、マウスクリックと諸元入力、各種工具の見本データを活用するだけで簡単に研削プログラムの作成が可能である（図 7）。

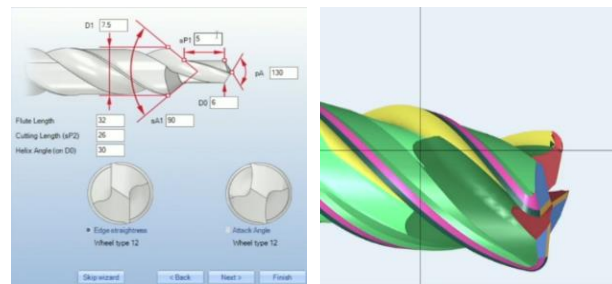


図 7：諸元入力画面（左）

工具の 3D アニメーション（右）

標準工具から特殊工具まで対応するプログラムが標準搭載されており、追加プログラムは無償でアップデートされるため、最新のトレンドに沿った工具製造を将来に渡り提供する。また 3D シミュ

レーション機能も兼ね備えており、事前に干渉チェックと加工プログラムの最適化が可能だ。機外で加工プログラムを完成させることで、機上での段取りを減らし、ダウンタイムの削減に貢献する。

6.2. 加工シミュレーションした工具の正確な再現

ソフトウェア上の加工シミュレーションでは砥石の研削点とプリセット測定との差異を考慮できない。シミュレーション通りの工具を正確に再現するためには、砥石の研削点を正確に把握することが肝要となる。

ロコマティック社指定の砥石プリセッタ(図8)に工具研削盤用加工ソフトウェア VirtualGrind®Pro をインストールすることで、ソフトウェア内の砥石ライブラリに砥石測定データを自動転送することができる。実際の加工に利用される砥石の研削点を正確に測定することは、仮想上の工具と実際に加工された工具の差異を抑制する重要な要素である。



図8：砥石プリセッタと工具加工用ソフトウェア

6.3. 加工サイクルを中断しない検査システム

通常抜き取り検査を行う場合、検査する工具を機内から取り出す為に加工を一旦停止し、機械のドアを開ける必要がある。ドアの開閉により機内温度は変わり、砥石や待機中の軸にも多少の影響が出てしまう。そこで GrindSmart®660XW には、寸法誤差確認時の抜き取り検査向けにシャトルと

呼ばれる引出し型抜き取り検査システムを開発した。このシャトルを使用することで精度的な安定性を得られるだけでなく、機械の連続加工を中断することなく機外測定する工具を抜き取ることができる。

7. おわりに

GrindSmart®660XW を先行して導入した欧州のユーザは、製造プロセスを刷新し、生産の効率化に成功している。日本においても生産性や自動化に課題を抱える現場にとって、本機は新たな選択肢となる画期的な工具研削盤であると確信している。