

人にやさしく小さな 横形平面研削盤

Horizontal rotary Surface Grinder

キーワード

横形平面研削盤, 硬脆性材料, 省スペース, 女性,
デザイン, サブミクロン, 加工ソフト,
空気静圧軸受, 極低速, 加工技術

精機製造部
技術部
技術課
高橋真佐寿

1. はじめに

電子部品の小型化・高密度化により、フェライト、セラミック、シリコン、超硬といった磁性材料や、硬脆性材料の加工精度に対する要求が強くなってきている。

硬脆性材料の平面加工の一例を図1に示す。研削はラップ・ポリッシング加工の前工程とされている。しかし、従来機の研削加工では研削時に発生するチップングやスクラッチにより、後工程であるラップなどの加工代が大きくなり、ライン全体でみたワークの加工時間は長くなっている。

(図2) チップング減少を含む研削加工の精度向上は下記に示すように生産性の向上につながる。

- (1) 加工スピードが遅い後工程の加工代を、小さくできる。これは、後工程の加工機台数の減少も意味する。
- (2) 加工によっては、後工程の加工が不要となる。さらに後工程の洗浄作業も不要となり、加工環境に悪影

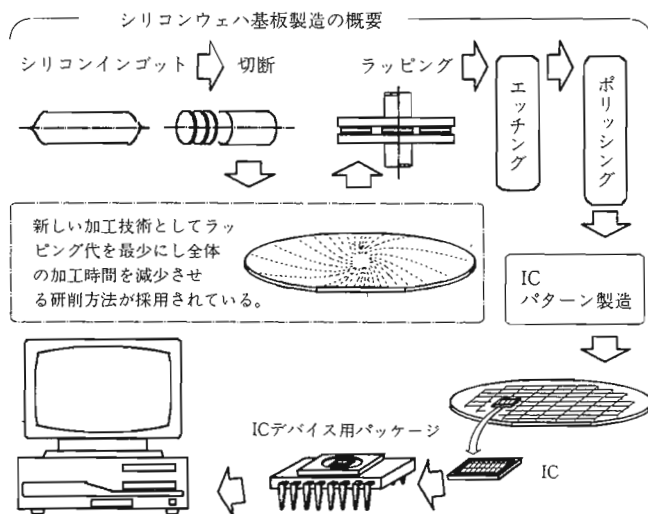


図1. 硬脆性材料の加工例

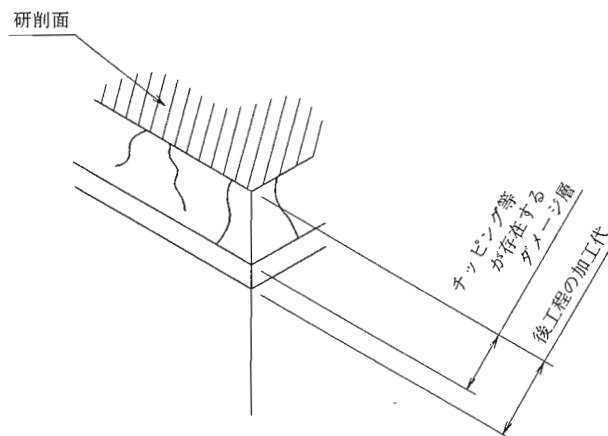


図2. 後工程の加工代

響をおよぼさなくなる点でも有利である。

また、これらの要求に加え、単位床面積あたりの生産性の向上という点から省スペース化、人件費の高騰という点から省人化、雇用の均等化で女性が作業現場へ参加するという点から女性のためのデザインの重視や使いやすい加工ソフトなど、多種多様な市場ニーズがでてきた。

これらの要求に応えるため開発を行った横形ロータリ平

面研削盤HSA20Nは、生産性の高い固定砥粒による研削加工で、鏡面に近い仕上げを得る高精度の機械であるばかりでなく、省スペースで、“女性にやさしい”をコンセプトにデザインされた流麗なスタイルとシンプルな操作性を持つ機械である。本稿では、本機の機能、特長などについて紹介する。

2. 横形ロータリ平面研削盤の構成と特徴

今回紹介する機械の主な構成を図3に示す。

横形ロータリ平面研削盤では、きわめて微細な領域で脆性材料を加工するため、機械本体の静的および動的精度はサブミクロンレベルの高精度なものが要求される。

本機は砥石スピンドルを砥石軸切込み装置に搭載し、砥石スピンドルとワークスピンドルを、砥石の刃先がワーク

スピンドルの中心を通るようオフセットし平行配置している。また、ワークスピンドルは、ワークが中凸～中凹の任意の傾向に調整するために、傾き調整が行える。

機械の外観を図4に、機械の仕様を表1に示す。

本機は設計の初期段階から、“高精度加工”、“機械の小型化”および“操作性の良い優れたデザイン”の三つのコン

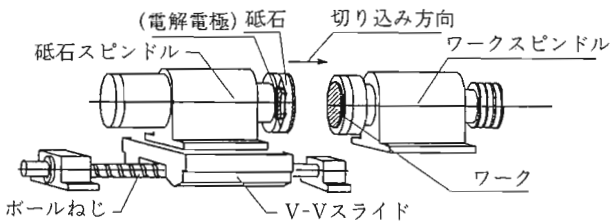


図3. 機械の構成図

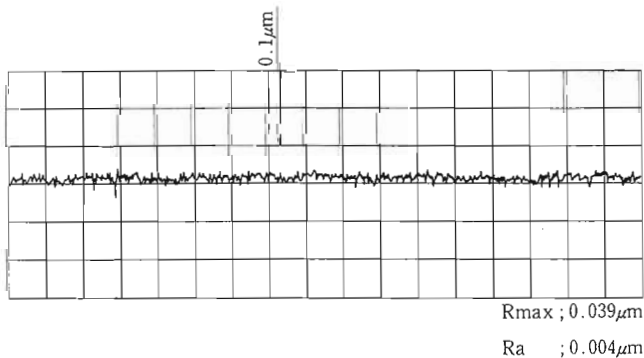
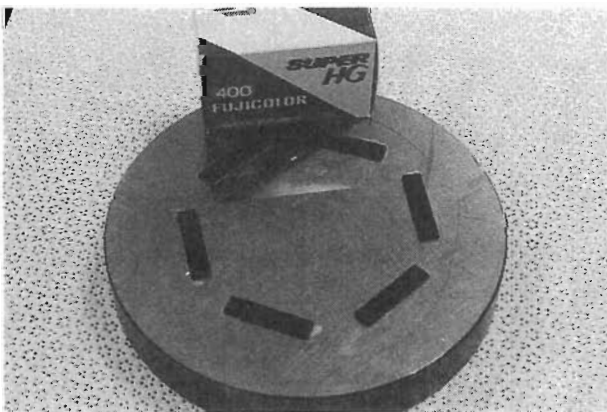


図5. 加工事例



図4. 機械の外観

表1. 機械の仕様

研削方式	インフィード研削
使用砥石外径	φ150mm
ワーク寸法	φ200mm
砥石スピンドル回転数	1000~10000rpm
ワークスピンドル回転数	50~1200rpm
砥石軸切込み装置	
最大移動距離	150mm
移動速度	0.001~1000mm/min
最小設定単位	0.0001mm
電動機	
砥石スピンドル	1.5kW, 2P
ワークスピンドル	1.5kW, 4P
砥石軸切込み装置	0.3kW ACサーボ
機械の大きさ	
幅	1400mm
奥行き	910mm
高さ	1450mm
装置重量	1300kg

セプトを掲げ、取り入れることにより、図5に見るような高精度加工を実現し、従来機に比べ所用床面積で約70%と小型化を達成している。また、操作性に関しては、本機の主な作業者は男性より小柄な女性が多いことから従来機よりやや低い女性が扱い易い高さに操作パネル、ワーク着脱位置などを設定している。

さらに、そのデザインも、家電製品が持っているような流麗なスタイルをしている。

本機の操作は必要最小限に簡略化されており、加工データさえ入力されていれば、加工ワークを取り付け、起動ボタンを押すだけで自動的に加工を行うようになっている。また、インターロックやデータチェックを要所で確実に取っているため、作業者は安心して作業を行うことができる。また、データチェックをくぐりぬけるような入力ミスがあったときでも、砥石スピンドルは送り速度が研削送り速度まで減速して初めて回転するため、スピンドルの回転による焼き付きは防止されている。

本機は、機械本体以外に電気制御盤とクーラントユニット（特別付属品）などから構成されている。

2.1 ベッド

本機のベッドは、優れた減衰性を持った鋳鉄で製作されている。

また、“安定性向上のための機体下部のベッドはできるだけ大きくしたい。”しかし、“省スペース化のために所要床面積はできるだけ削減しなければいけない。”という大きな矛盾を解消するため、パルプスタンドなどの配管類はベッド外周部の凹部に配置されている。(図6)また、電気制御盤はベッド背面に背負われるように配置されている。(図7)

2.2 砥石スピンドル

砥石スピンドルには高剛性、高精度な空気静圧軸受を採用している。また、この軸受には耐焼き付き性の向上のためにグラファイト製の軸受材を採用している。駆動モータはビルトインモータを使用しており、ハウジングはモータの熱がスピンドル本体に伝達することを最小限に抑えるように水冷方式を採用している。

本スピンドルの静剛性は供給エア圧力が0.5MPaにおいてスラスト方向で100N/ μ m、軸先端のラジアル方向で35

N/ μ mと高いレベルを実現している。

次に砥石スピンドルのフランジ取付面の振れを測定したデータを図8に示す。また、本スピンドルに取り付けられる砥石フランジは、傷、打痕を防ぐのに十分な硬さを持っている。

砥石スピンドルの回転はインバータ制御されており、円

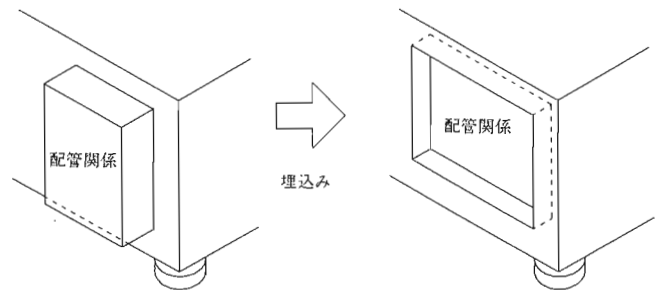


図6. 配管類の配置

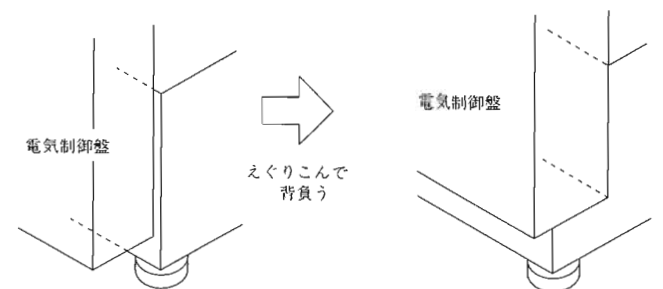


図7. 電気制御盤の配置

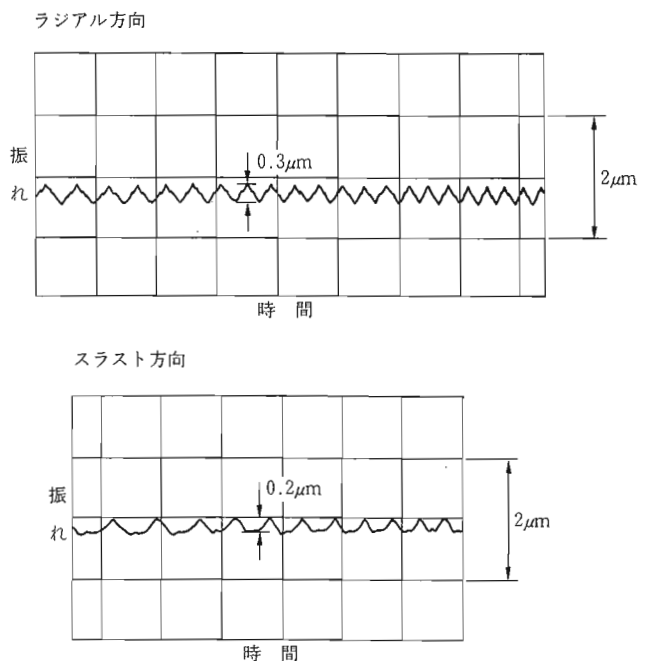


図8. 砥石スピンドルの振れ

滑な回転、停止を行う。また、自動・ドレスのふたつの回転数設定ボリュームを持っており、加工モードセレクトスイッチでスピンドルの回転数が切り替わるようになっている。

この砥石スピンドルは硬脆性材料の鏡面加工を可能にする、電解インプロセスドレッシング用電極の装備が可能となっている。

2.3 ワークスピンドル

ワークスピンドルも砥石スピンドルと同じく、高剛性、高精度な空気静圧軸受を採用している。駆動モータはスピンドルと別置されており、モータの熱がスピンドルに伝達するのを防いでいる。また、このスピンドルはスピンドル本体と転がり軸受で支持されたプーリシャフトで構成されており、ベルト駆動による回転以外のモーメントによってスピンドルが焼き付くことを防いでいる。(図9)

ワークスピンドルの静剛性は供給空気圧0.5MPaにおいて、スラスト方向で150N/ μm 、ラジアル方向で35N/ μm を得ている。ワークスピンドルはテーブルタイプのもを採用し、砥石スピンドルに比べ50%程度大きなスラスト剛性を得ている。また、テーブルタイプは軸が短く機械総幅の短縮による省スペース化にも貢献している。

ワークスピンドルの真空チャック取付面の振れを測定したデータを図10に示す。また、本スピンドルに取り付けられる真空チャックも十分な硬さを持っている。

ワークスピンドルの回転も砥石スピンドル同様、インバータ制御されている。また、ふたつの回転数設定ボリュームで回転数の自動切り換えが可能となっている。

2.4 砥石軸切込み装置

砥石軸切込み装置は、ACサーボモータ、精密ボールねじを持つ駆動部とV-V案内面を持つスライドテーブル、およびリニアスケールを持つ位置決め制御部から構成されている。

駆動部は、大きな速度設定範囲と高精度な角度分割が可能なACサーボモータと精密ボールねじがカップリングで直接締結されている。これにより、部品点数は減少し、切込みの送り精度やその信頼性は向上し、消耗部品も減少した。

砥石スピンドルを搭載したスライドテーブルは送り方向

でサブミクロンの位置決め精度を要求されるため、案内面には摩擦抵抗の小さい、ふっ素樹脂を接着し、精密仕上げ加工を施し、極低速領域でスティック・スリップのない安定した送りを得ている。また、スライドテーブルを搭載するV-V案内面は、ベッドに直接成形され、研削→きさげ→ラップ工程をへて、ハンドラップ仕上げを施し、高精度な真直度を実現している。

図11にスライドテーブルの上下方向、左右方向の真直度データを示す。

位置決め制御部は、分解能0.1 μm のリニアスケールとNC装置の組み合わせによりフルクローズドループ制御を行っている。そして、作業者によって入力された加工データに砥石摩耗量などの各種補正値をフィードバックし、高精度な加工ワークの仕上げ厚み管理を行うことを可能としている。

本機は、1.0 $\mu\text{m}/\text{min}$ の砥石切込み速度をストップ&ランの階段送りによって近似的に得ることができる。(図

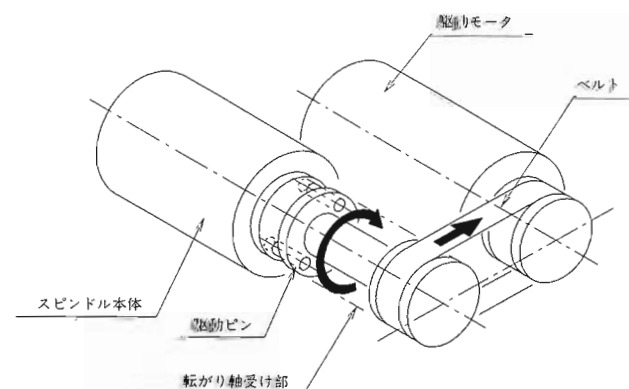


図9. ワークスピンドルの駆動方式

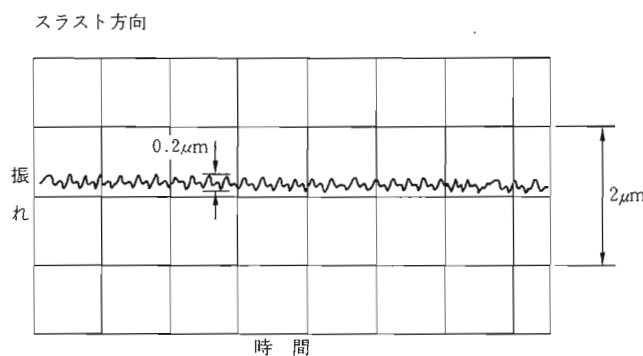


図10. ワークスピンドルの振れ

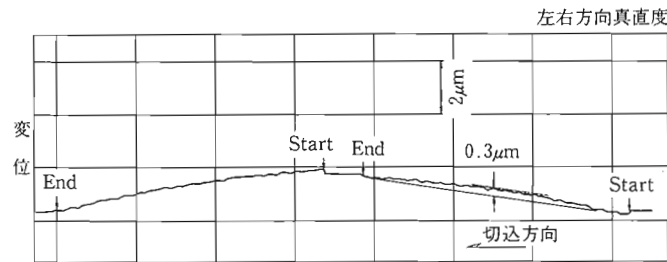
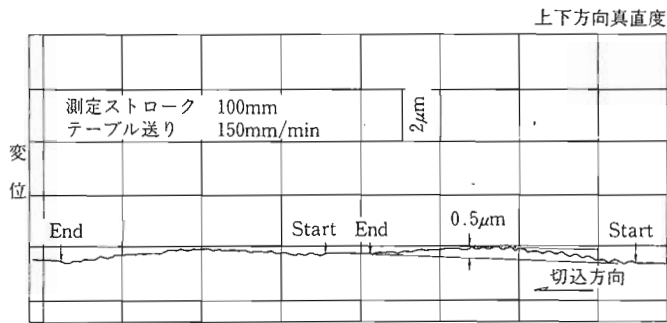


図11. スライドテーブルの真直度

3. おわりに

今回、紹介した横形ロータリ平面研削盤は、その高精度化とダイヤモンド砥石の性能向上、研削条件の確立により、従来、ラップ加工機によって得られてきた鏡面に近い加工精度を研削によって得ることを可能とした。

しかし、近年求められている多種多様な新素材には硬脆性材料が多く、高精度加工の要求に対応するためには、機械剛性、熱変形などの機械的性能の更なる向上だけでは対応できない。そのため、砥石・研削液の選定を含めた研削条件の確立やインプロセスドレッシングの採用などの総合的に見た加工技術の研究開発を行い、機械に取り入れている。

また、横形ロータリ平面研削盤には多種多様な要望に応えるため、ワークスピンドルが砥石スピンドルと直角方向に移動できるようV-V滑りスライド案内面を持つテーブ

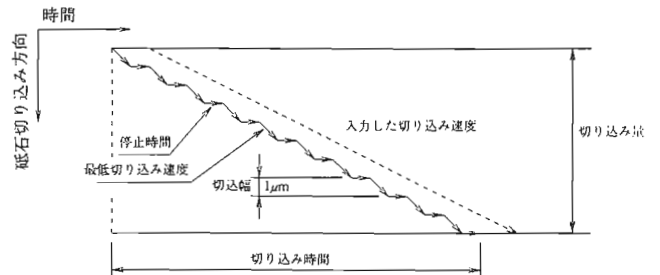


図12. 階段送り

12) また、極低速でのスティック・スリップの防止のため、NCにて自動的に適切な停止時間と切り込み速度を求め加工データに自動的にフィードバックし、砥石の切込みを階段送りで行うようになっている。

ルに搭載された、Tベッドタイプのものが特殊平面研削盤として用意されている。この機械はワークスピンドルの固定が可能でクリープフィード研削での加工を可能としている。さらにこの機械には、接触式ワーク厚み測定装置、自動治具アライメント装置、自動砥石位置検出装置などの特別付属品の搭載が可能となっており、加工ワークの脱着と起動ボタンを押す作業以外はすべて自動で行われるようになっている。また、加工ワーク自動搬送装置と本機を組み合わせれば、“作業者は複数個の加工ワークが載せられたパレットを自動搬送装置のストッカーに運ぶだけ”の自動化・省人化を考慮した設計にした。また、精度だけでなく、誰にでも簡単に扱える加工ソフト、人間工学に基づいた操作性の良い優れたデザインも実現しており、生産現場で真に役立つ機械となっている。