
技 術 論 文

重切削加工機の開発および加工効率向上

Development of heavy-duty lathe for cutting work roll and efficiency improvement of machining



技術開発センター
メカトロニクス開発室
係長 博士(工学) 牟 用煥
Yong-Hwan Mo

技術開発センター
メカトロニクス開発室
課長 寺村 敏一
Toshikazu Teramura

技術開発センター
メカトロニクス開発室
技術顧問 友清 和夫
Kazuo Tomokiyo

技術開発センター
メカトロニクス開発室
室長 博士(工学) 永吉 英昭
Hideaki Nagayoshi

技術開発センター
メカトロニクス開発室
主任 高巢 圭介
Keisuke Takasu

要 旨

本研究では、大型ワークロール加工用の重切削加工旋盤を開発することを目的にする。近年、国際競争の激化による当社の山陽工場の大型ロール専門工場化に向け、圧延仕上げロール及び粗仕上げロールの加工ニーズが高くなって来た。大型ロールの重切削加工とロール再生に伴って廃棄ロールの荒加工ニーズが高くなり、大型ロールの重切削加工旋盤が必要になっている。そのニーズを背景に硬いワークロールが加工可能な自家設計旋盤の開発から実用化までを紹介する。

Synopsis:

This study aims to develop a heavy-duty lathe with an improved cutting work roll. Because of the recent rise in international competition, the specialized heavy roll of SANYO factory and the processing needs of a rough finish roll have been in high demand. In order to meet this demand, heavy-duty lathe with high hardness for cutting work roll is required. We introduce from the real lathe to self-design a lathe for cutting roll with high hardness in the background factors.

1. 緒言

近年、環境問題（地球温暖化、リサイクル等）への対応が益々重要になっている。機械加工分野でのエネルギー消費量には大きなインパクトを与える。加工性能の向上・安定化、ロール製造コストの削減、新製品への迅速な対応、環境問題への対応など、製造に係る技術の向上で国際競争力の強化を図る必要がある。そして、国際競争の激化による当社の山陽工場の大型ロール専門工場化に向け、圧延仕上げロール及び粗仕上げロールの加工ニーズが高くなって

きた。大型ロールの重切削加工とロール再生に伴って廃棄ロールの荒加工ニーズが高くなり、大型ロール分野での競争が激化している。廃棄ロールなどの加工では、硬いままの切削加工もある。その要因を背景に、それらの製品を生産する過程における技術開発が進んでいる。

本開発では、山陽工場の大型ロール工場化に伴って、自家設計による高性能・低コスト重切削加工旋盤を開発することで、高硬度のハイスロールを熱処理なしで重切削することを目的にする（硬度は

HS60～90)。今まで3パスで行ったワークロール加工を1パスでの重切削で、廃棄ロールの母材部まで切削可能にし、工場全体の加工効率を2倍以上にすることにより、大型ワークロール製造分野での価格競争力面で完全差別化が実現できる。

2. 重切削加工機の開発

2.1 テスト旋盤の開発

実用化の前に、テスト旋盤を制作して、加工性能確認と開発にもなったフジコー独自の機能の開発をすることにした。汎用旋盤の構成と機能はTable1のようにになっている。

Table 1 Description of engine lathe

構造	機能
ベッド	旋盤の基礎となる部分でレールのように往復台と心押台を正確に平行移動させる。
主軸台	ベッドの左端に位置し、主軸、変速装置、自動送り装置が内蔵されている。
往復台	ベッドをまたがった状態で備え付けてあり縦方向に動かせる。被切削物の長さ方向の送りである。
刃物台	バイトを取り付ける部分である。往復台の上に旋回台を介して据え付けられている。
芯押台	センターを取り付け被切削物の回転中心を主軸方向へ押して支える。ベッド上を自由に移動し容易に固定できる。

一般の汎用旋盤の機能からテスト旋盤では必要な機能のみ利用し設計を行った。フジコー独自の機能として、主軸回転を歯車での変速ではなくインバーターモータ（周波数変換）による変速機構と往復台の移動をサーボモータ（パルス数変換）による変速機構で設計した。刃物台のバイト部は重切削用の□50mmサイズで設計した。ベッドからすべての構造は鋳物ではなく製缶品の設計で行った。

加工機で切削加工対象になるハイス材の高硬度鋼の比切削抵抗 430kg/mm² である事と切削条件を切込 20mm と 0.5 mm/rev の計算から切削抵抗は 4300kgf になる。ロール外層は、肌荒れ・凹凸がある事より、上記数値の2倍(F=8600kgf)を設計上の

切削抵抗にする。したがって、テスト旋盤の主軸動力は切削動力 25KW とロール回転動力 4KW で 29KW が掛かる。この計算結果から主軸モータは 37KW のインバーターモータに設定した。横送りとクロス送りモータも同じ切削抵抗から各々1KW と 0.5KW のサーボモータに設定した。そして、横送りとクロス送りはボールネジによる移送式で設計を行った。Fig.1に、テスト旋盤の全体図を示す。

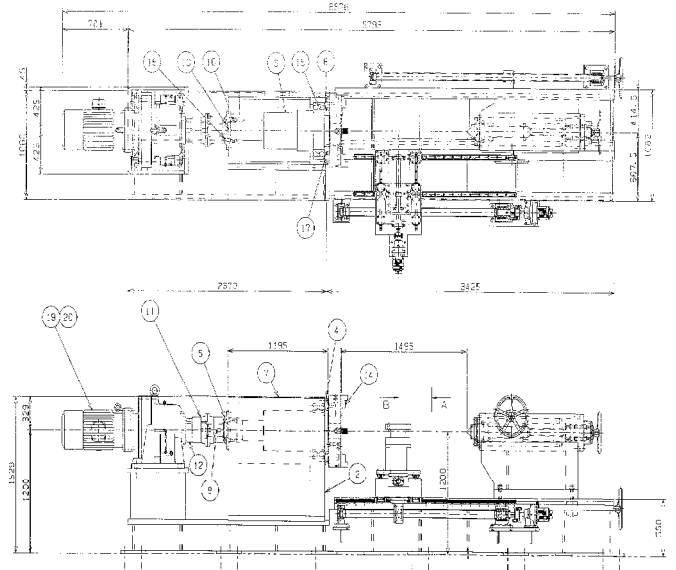


Fig.1 Drawing of heavy duty lathe

以上の設計からテスト旋盤の仕様は以下のようなになる。

- ・外形寸法：6668 mm×2046 mm
- ・最大把握径：φ900
- ・加工長：1800 mm
- ・主軸モータ：減速機直結インバーターモータ (37KW、1/121)
- ・横送りモータ：減速機直結サーボモータ (1KW、1/29)
- ・クロス送りモータ：減速機直結サーボモータ (0.5KW、1/29)

Fig.2 にテスト旋盤を示す。



Fig.2 Heavy duty lathe

2.2 テスト旋盤の切削条件

旋盤加工において部品をきれいに、しかも能率よく加工するためには回転速度、切り込み量、送り速度の3つの重要な要素があり、これら3要素の設定値は、材料の寸法や形状、材質、使用しているバイトなどによって異なるため、実際に削って見ないとわからないのが実情である。以下に3要素をまとめる。

①回転速度

旋盤のチャックの回転数(rpm)で表す。回転数が高いほど、加工速度が速くなり、一般に加工面がきれいに仕上がる。しかし、少しの操作ミスが重大な事故につながる可能性があるため、最初は遅い回転数で加工するとよい。

②切り込み量

削る際のバイトの切り込み深さである。切り込み量が大きいほど、加工速度が速くなるが、材料表面の温度が上がりやすく加工面は荒くなりがちである。また、バイトの寿命も短くなる。

③送り速度

バイトを進めていく速度を「送り」という。送りが速いほど、加工速度が速くなるが、加工面は荒くなる。送りが遅いと綺麗な加工面に仕上がる。

当社の現状のロール加工例として、焼鈍したロールφ550を切り込み5~7mm、回転16~20rpm、送り速度0.5~0.6mm/secの条件で約20mm切削を3パスで加工している(バイト部:25mm角ホルダ)。

本開発テスト旋盤では、1パスの切り込み(15~21

mm)で加工し加工時間を1/3に短縮する。

2.3 加工テスト

以下に切削加工テストの結果を示す。加工テストはロールの硬度の高(HS85)、低(HS50)の2パターンで行った。切削条件は、各々の被削材を実際に削ってみながら得られた条件である。

①硬度が低いロール (HS50)

被削材:ハイスロール、Φ410、1800L

切削条件

- ・回転速度:20m/min、負荷64A(不負荷27A)
- ・送り:0.5mm/rev、負荷率43%
- ・切込み:30mm(Wバイト)
- ・使用ホルダ:PSBNR5050-106
- ・使用チップ:SNMM310924-TU/T9035
- ・上記条件の結果として切削率:300cc/min

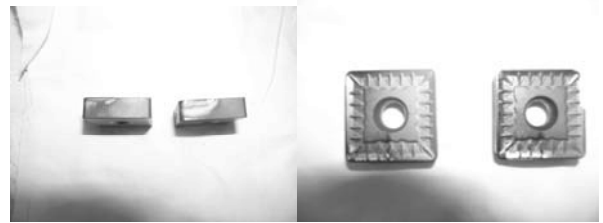


Fig. 3 Carbide insert

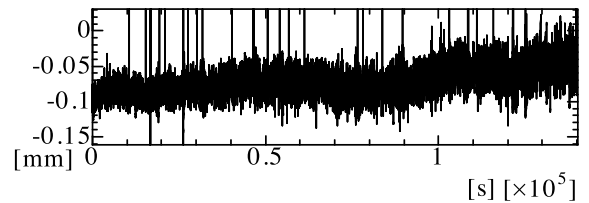


Fig. 4 Vibration data of the tool rest

②硬度が高いロール (HS85)

被削材:ハイスロール、Φ370、1365L

切削条件

- ・回転速度:20m/min、負荷52A(不負荷29A)
- ・送り:0.4mm/rev、負荷率49%
- ・切込み:20mm
- ・使用ホルダ:99-2185R
- ・使用チップ:WG-300
- ・上記条件の結果として切削率:160cc/min

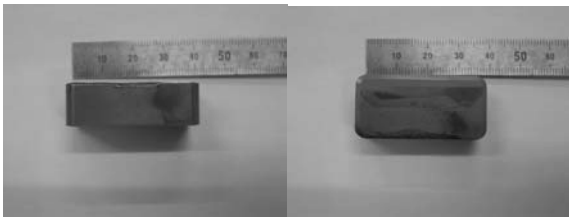


Fig. 5 Ceramic insert

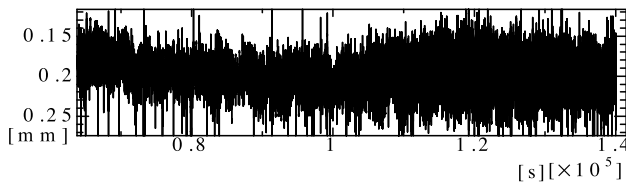


Fig.6 Vibration data of the tool rest

テストの結果、切削加工時の主軸モータの負荷は、64A (43%) と 52A (35%) であり、送りモータの負荷も 43% と 49% で、旋盤に掛かる負荷は問題なく加工が出来た。また Fig.3 と Fig.5 に示すようにチップの摩耗も問題なく加工が出来た。また、Fig.4 と Fig.6 の刃物台の振動データから振動も抑えて良好な加工が出来ていることが確認された。本開発テスト旋盤は一般の汎用旋盤のギアによる変速ではなく、インバータからの主軸回転制御とサーボによる刃物台の移動を行うため切削加工中でも旋盤を止めずに速度制御が可能なフジコー独自の技術である。以上の結果より、今までの切削加工効率の 2~3 倍以上の能力であることが確認できた。

3. テスト旋盤の実用化

以下にテスト機から実用化するために必要なさまざまな機能を持った重切削加工機の仕様を明確化する必要がある。

- ①メンテナンスの容易性
- ②耐久性がある構造
- ③摺動面の問題
- ④芯押台のス핀ドル (ロールを受けるため)
- ⑤切削剛性 (高トルクモータが必要になる。)
- ⑥モータの回転制御問題 (インバータ制御)
- ⑦安全性

各項目に対して工場と連携し設計を行った。

Fig.7 は実用化を想定した旋盤の全体図を示す。

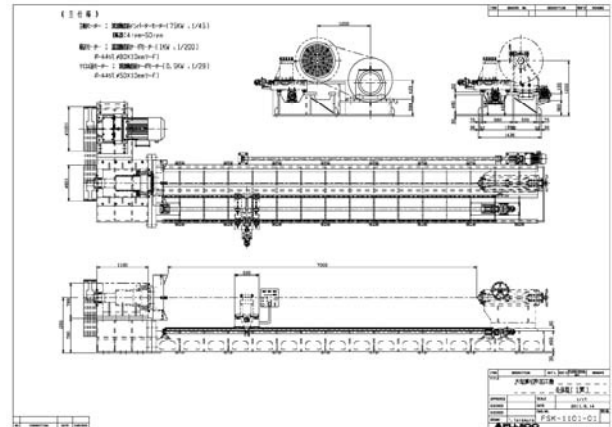


Fig.7 Drawing of heavy duty lathe

全体設計から実用化旋盤の仕様は以下のように決め製作を行った。

- ・外形寸法：10450 mm×2700 mm
- ・中心の高さ：1250mm
- ・最大加工径：1200mm
- ・両心間の最大距離：7000mm
- ・両心間支持最大質量：20000kg
- ・加工長：7000 mm
- ・主軸モータ：減速機直結インバータモータ、4~50rpm、(75KW、1/45)
- ・往復台 (Z 軸)：減速機直結サーボモータ (1KW、1/29)
早送り速度 735mm/min
切削送り速度 1~400mm/min
手動送り速度 1~100mm/min
移動距離 7000mm
- ・横送り台 (X 軸) 減速機直結サーボモータ (0.5KW、1/29)
早送り速度 700mm/min
切削送り速度 1~400mm/min
手動送り速度 1~100mm/min
移動距離 400mm
- ・心押台減速機直結モータ (2.2KW、1/30)
クイルの直径 270mm
クイルの移動距離 275mm
心押台移動距離 5500mm

テスト旋盤から比較すると、大きく変化した内容は、切削剛性を満たすために以前の 37KW モータか

ら 75KW で、大型ロールの加工のための基本になるベッドのサイズも大きくなっていることである。Fig.8 は、実用化に製作した重切削旋盤での加工状況を示す。



Fig.8 Metalworking on heavy duty lathe

4. 結言

本開発での目的である自家設計による高性能・低コスト重切削旋盤を開発することが出来た。そして、今まで行ったロール加工を重切削で時間を短縮し、大型WR分野の価格競争力面で完全差別化が実現できると期待している。

今後、重切削時の騒音問題、重切削時に出る切り粉の回収などの残課題を工場と連携してクリアしながら、さらに進化した重切削旋盤を完成する予定である。

参考文献

- 1) 平田宏一：絵とき機械加工基礎のきそ、日刊工業新聞社、2006
- 2) 大西 清：JIS にもとづく 機械設計製図便覧、理工学社、2008
- 3) 狩野 勝吉：切削加工の技術情報 103、工業調査会、2008
- 4) 基礎機械工作編集委員会：基礎機械工作、産業図書、1996
- 5) 林 洋次：最新機械製図、実教出版、2003