

工作機械のレトロフィットの 現状と試行

東北ポリテクカレッジ 生産技術科 武雄 靖
(東北職業能力開発大学校)

1. はじめに

近年、日本経済は景気回復の兆しが見えはじめているとともに、国内製造業の設備投資も徐々に積極的になってきている。しかし、この現象は大企業を中心としたもので、中小企業には必ずしも当てはまるものではなく、以前として低迷している傾向にある。一方で、製品のコスト削減や、高精度化は留まることを知らず、新規設備の導入は景気と関係なく、企業活動を維持するためにやむを得ずということになっているのが現状である。

そこで、既存設備や遊休設備を有効に活用し、設備投資への資金投入を押さえるためにレトロフィットを行うことが増えてきた。

本稿では盛んになってきた工作機械のレトロフィットの現状とともに、平成14年度の総合制作実習の中でその試行として、卓上ボール盤のレトロフィットを行ったので、合わせて報告する。

2. レトロフィットの現状

2.1 レトロフィットとは

「レトロフィット」という語源は、1960年代に米国で生まれ、主に汎用工作機械を改造し、NC化することという意味で使用されていた。しかし今日では、広い意味で新しい製品と古い製品を上手くマッチングさせ、機能向上をさせることの総称として使われている。すなわち、摩耗や劣化等により機械精度の

落ちた、古いまたは廃棄された工作機械の精度を復元し、機能を向上（NC化やNC装置の交換を含む）させ、延命化することをいう。また、既存設備を再利用するので、新規に設備を導入するよりも安価であり、環境にもやさしいとされている。

2.2 レトロフィットのメリット

レトロフィットを行うメリットとして、まず、新規設備を導入するよりも非常に安価であることがあげられる。新規設備と同等の機能を持たせても、一般的に1/2から1/3程度の投資ですむといわれている¹⁾²⁾。また、どのような設備をベースとするかによって異なってくるが、手で操作する汎用機をベースとした場合、NC化することにより、プログラムによる稼働で省人化することができる。一方、NC機をベースとした場合は最新のNC制御装置に交換することにより、加工時間の短縮や、マン・マシンインターフェイスの向上、工場内ネットワークへの対応など多くの機能を獲得することができる。

また、旧式の工作機械は非常に丁寧に作られたものが多く、長い期間にわたり高精度を維持することができる。特に顕著なのはベースとなるベッドや主軸頭などの鋳鉄部分である。最近の工作機械はコストダウンのため、鋳造後の「枯らし」と呼ばれる工程を短縮あるいは熱処理等に置き換えられている。「枯らし」とは、鋳ひずみを除去するため鋳放しの製品を長時間大気中に放置しておくこと³⁾で、これを省いてしまうと鋳物部品は製造の際生ずる内部応力やひずみが残り、徐々にそれが表面化し工作機械の

加工精度に影響を及ぼすことになる。「枯らし」という工程は簡単には放置しておくだけなので、手間がかかるというものではないが、ベッドなどの大型部品を6ヵ月から2年間程度の長い期間放置するための場所を確保することは、コストに大きく影響してしまう。このような理由から、熱処理等によるものが多くなっているのが現状であるが、旧式の工作機械はこの「枯らし」をしっかり行ってあるものが多く、摩耗部品を交換すれば精度が復元するとともに、その後さらなる長期間にわたって高精度を保つことができる。これにNC等の最新の制御装置を付加すれば、新規の設備と同等、あるいはそれ以上の能力を発揮させることが可能となる。

3. サンプル機のレトロフィット

3.1 サンプル機の選定

企業活動のなかでもレトロフィットの実例が多くなってきていることを踏まえ、平成14年度の東北職業能力開発大学校生産技術科の総合制作実習でもその試行品を製作することにした。学生たちには工作機械の基本的な構造を理解することや、加工技術の習得はもちろんのこと、レトロフィットを行うということで、どのような機能を付加させれば生産性や商品価値を向上させることができるかを企画・立案し、具現化させることを主な目標とした。しかし、技術的にも未熟な学生たちに高度な工作機械のレトロフィットは困難であり、独自の発想を生かすことができないと考えられた。そこで、今回は構造的も比較的簡単で、他の実習等でも使用頻度の高い工作機械である「卓上ボール盤」をサンプル機として取り上げ、そのレトロフィットを行うことにした。

3.2 サンプル機の現状確認

表1にサンプル機として選定した卓上ボール盤の仕様、図1にその全景を示す。このボール盤は長年にわたり企業での生産活動において実際に使用されてきたもので、外観上もかなり傷みが激しい。そこで、レトロフィットの構想とその方針を定めるために機械の静的精度を中心とした卓上ボール盤の現状

確認を行った。

まず、ドリルによる穴あけ加工の際、穴径に最も影響する主軸の精度（振れ）であるが、JIS（日本工業規格）によると、卓上ボール盤の主軸の振れは、0.01mm以下と定められている⁴⁾。そこで、図2のようにサンプル機のそれを測定したところ、0.08mmと大きく規格から外れていた。また、この主軸は手で回しただけでも、ゴリゴリとした感触が手に伝わってくる状態で、実際にドリルによる穴あけ加工を行った場合、取り付けたドリル径よりも主軸の振れにより穴が拡大してしまうどころか、主軸がスムーズに回転しないため、工具を破損してしまう恐れがあることがわかった。

表1 サンプル機の仕様

使用電源（単層交流）	50/60Hz 100V
主軸電動機出力	250W
穴あけ能力	3～13mm
主軸回転数（50Hz）	550, 1000, 1850rpm
テーブル作業面	252×252mm
製品総高さ	945mm
据付面積	265×450mm



図1 サンプル機的全景



図2 主軸の振れ測定

また、加工精度やワークを支持するうえでも重要なテーブルは図3のように円周状の溝のように穴があいてしまっており、工作物を支持する際に不安定になってしまう。



図3 サンプル機のテーブル

以上より、オーバーホールの要素として主軸精度の復元とテーブル面の修正・復元を中心に行うことにした。

3.3 機械精度の復元と調整

3.3.1 主軸の振れについて

サンプル機の主軸部は分解し、各部品を洗浄後、摩耗や劣化等のチェックを行った。軸受以外の各部品は目視でのチェックで特に問題点は見当たらず、各部を測定しても同様であった。しかし、軸受は洗浄後でも単体で回転させるとスムーズに回転せ

ず、ゴリゴリとした感触があり、目視での確認では疲れ寿命によるものと思われる鱗状の損傷が見られた。現状確認の際、主軸を手で回した時に伝わってきた感触は、ここから発生していたのではないかと考えられる。特にドリル装着部分に最も近いアンギュラ玉軸受は顕著で、このままでは使用不可と判断し、すべての軸受を新品のものと交換することにした。新品の軸受とともに再度組上げ、調整を行ったところ、JISで規定されている振れ精度0.01mm以内に収めることができ、回転もスムーズになった。

3.3.2 テーブルについて

穴があいたテーブルは、溶接により肉盛りし、修正・復元することにした。まず、肉盛りする部分をグラインダで表面を整え、肉盛りを行った。肉盛り中は溶接の際の熱による割れやひずみに注意し、熱処理により割れ防止を施しながら作業を進めた。しかし、若干のひずみは避けられず、肉盛りした部分を整えるため、ボール盤作業時に工作物を取り付ける面は形削り盤で平面切削加工を行った。また、テーブルが主軸と直角に取り付けられなくなったので、図4のように、工作物取り付け面をイケールで固定

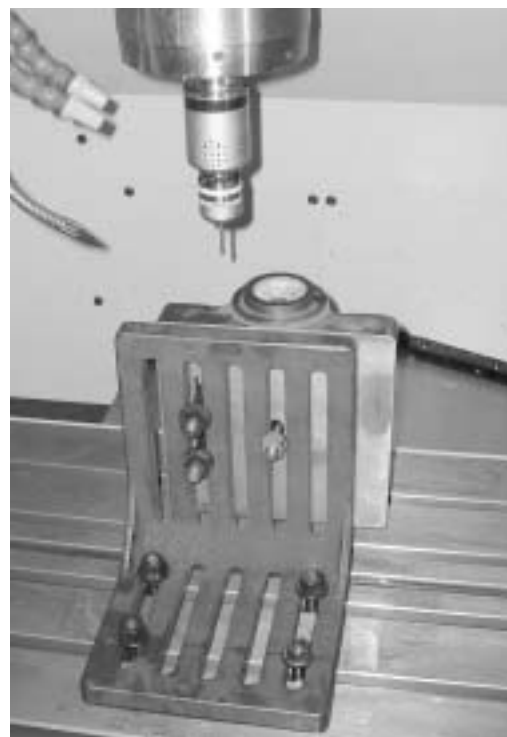


図4 マシニングセンタによるテーブルの加工



図5 修正・復元後のテーブル

し、ボール盤本体との取り付け部をマシニングセンタにて再加工した。修正・復元後のテーブルの様子を図5に示す。

3.4 主軸回転数の無段階変速化

卓上ボール盤による穴あけ作業において主軸回転数は、被削材の種類、使用するドリル径や工具材種によって適切な回転数で作業を行うのが一般的である。しかし、設定できる回転数はVベルトとプーリの組合せを選択する方法で、多くても6段階程度と限りがあるのが普通で、最適な切削条件を確保しているとはいえない場合もある。また、この変速作業は比較的面倒で、Vベルトを掛けかえる際、ベルトとプーリの間指を挟みやすいなど安全上にも問題がある(図6)。そこで、新たな付加価値として主軸の回転数を無段階変速とするとともに、工具材種、



図6 Vベルトの架け替え作業

ドリル径、被削材を入力することにより、適切な回転数を算出し、主軸モータへ出力する制御装置を追加することにした。

図7に回転数制御部、図8に操作パネルを示す。レトロフィットの目的の1つにNC化があることは前述したとおりなので、本来なら主軸回転数の無段階変速化はNC制御によるものを考えるべきだが、今回は安価で簡易的なプログラマブルコントローラ(PLC)によるシーケンス制御とインバータにより、三相誘導モータを制御する方式とした。さらに図9のようなタッチパネル画面を用い「被削材」、「工具材種」、「工具径」の3つの切削条件を入力することで、ドリル加工に最適な主軸回転数を自動的に設定できるようにした。また、任意の主軸回転数での運転を可能にするための手動入力機能や、操作手順を記したヘルプ画面、誤入力などに備えて、エラー

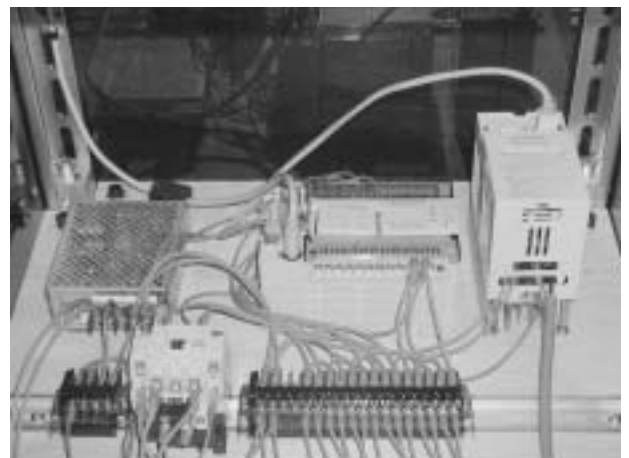


図7 回転数制御部



図8 操作パネル



図9 タッチパネルの操作画面

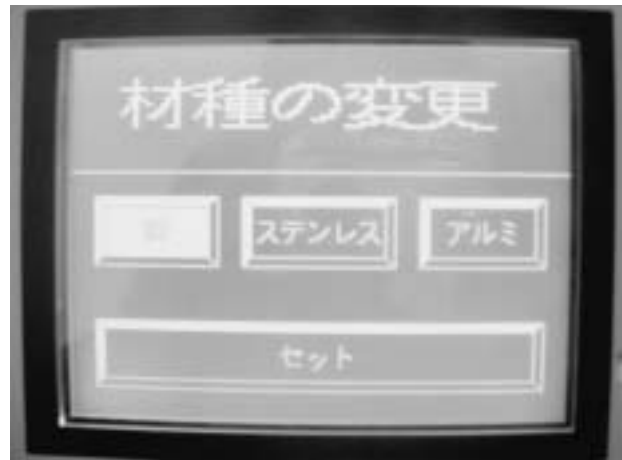


図12 被削材入力画面



図10 工具材種入力画面

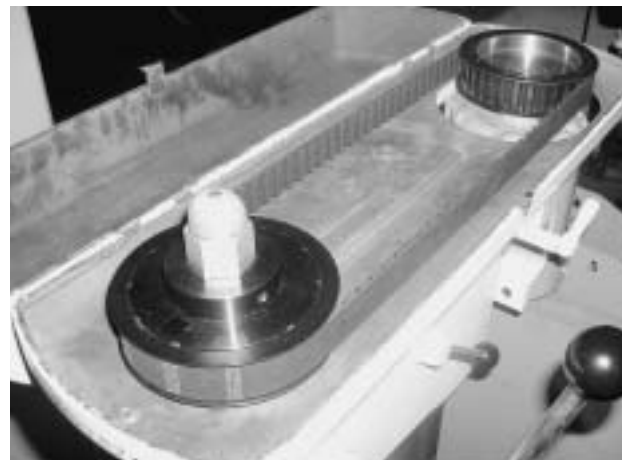


図13 動力伝達用タイミングベルト



図11 ドリル径入力画面

メッセージを表示する画面なども用意した。

それぞれの切削条件入力画面を図10～12に示す。被削材や工具材種等さらに最適化したい場合は、PLCとタッチパネルの制御プログラムを変更するこ

表2 レトロフィット後の仕様

使用電源（単層交流）	50/60Hz 100V
主軸電動機出力	400W
穴あけ能力	3～13mm
主軸回転数（50Hz）	120～4000rpm
テーブル作業面	252×252mm
製品総高さ	1690mm
据付面積	500×470mm

とにより、容易に行うことができる。

また、モータからの動力伝達には無段階変速化に伴いベルトの掛けかえが必要なくなったので、図13のような伝達効率の良いタイミングベルトに変更した。表2にレトロフィット後の卓上ボール盤の仕様を、図14にその全景を示す。



図14 レトロフィット後のサンプル機

4. おわりに

レトロフィットを終えたサンプル機で穴あけ作業を行ってみたが、穴径の拡大もなく、被削材を問わず快適に加工作業をすることができ、加工条件に合わせた主軸回転数の変更も非常に簡単で、常に最適な条件で加工をすることができるようになった。タッチパネルに表示されるガイドにしたがって加工条件を入力するだけなので、切削条件等の加工の知識

があまりない人でも操作しやすく、最適な回転数を選定することができるようになったと考えられる。

この課題に取り組んだことによる教育訓練の効果として期待できる技術に、企画、設計、加工、組立、そしてシーケンス制御等などがあげられるが、特に最近注目されてきている「機械保全」の技術が身に付くということがある。現在の生産技術科のカリキュラムでは機械設備の保全に関する内容はあまり多いとはいえない。ところが企業ではISOの認証取得やTPM (Total Productive Maintenance) 等の活動を通して、機械保全の重要性が再認識されており、当科の修了生に求められているスキルの1つになっている。就職活動にも役だつということもあり、実践に近い形のテーマだったので、学生たちも興味深く意欲的に取り組んでくれた。

今回は初めてのレトロフィットということもあり、構造的にも簡単な卓上ボール盤をサンプル機として選んだが、今後は普通旋盤やフライス盤等のNC化を含めたレトロフィットを行い、その優位性についても検証していきたい。

<参考文献>

- 1) 工作機械レトロフィットメリット：
<http://www.niigata-kiden.co.jp/fa/merito.html>
- 2) レトロフィット：
<http://www.mtco-web.co.jp/retoro/ohretoro1.html>
- 3) 日本鋳物協会：図解鋳物用語辞典，p51，日刊工業新聞社，1977.
- 4) 佐野京亮：機械設計 (8) (卓上ボール盤の設計製図)，p164，パワー社，1991.

