

CNCルータによる木材および木質材料の高精度加工を目指すシステムの開発

福岡教育大学教育学部 技術教育講座 大内 毅

はじめに

近年、木工機械の自動化は、NC (Numerical controlled) から始まり、CNC (Computer numerical controlled) へと発展してきました。NC工作機械とは、工作物に対する工具の相対的な位置や向き、工具経路、テーブルの送り速度、主軸回転数等の加工情報を、コントローラが数値情報に変換し、工作機械に順次送信することによって、自動加工が行われる機械のことを意味します。NC工作機械では、直線補間や円弧補間を行う機能を有しており、これらの機能をプログラミング処理によってソフト的に行うコンピュータを導入することで、CNC工作機械へと発展したといえます。CNC工作機械では、コンピュータのCRT画面上で加工状況の確認が容易に行えることや、キーボード入力によってプログラムの作成が出来ること等、操作性に優れている点から、各種自動加工に幅広く用いられており、現在、工作機械の主流となっています。このCNC工作機械の中でも、CNCルータは、溝突き、面取り、切り抜き等の各種切削加工が可能であることから、家具工場等の木材加工工程に最も普及している木工機械の1つといえます。

そこで筆者らは、このCNCルータ加工に着目し、CNCルータによる木材および木質材料の高精度自動加工を目指すシステムの開発に、これまで取り組んできました。ここでは、その研究概要を紹介します。

CNCルータ加工における加工精度

CNCルータ加工は、コンピュータに入力された加工プログラムによって機能するため、繰り返し同様の加工が可能となり、生産性の向上が期待できます。一方、加工プログラムの内容がそのまま加工精度に反映されるため、プログラミングにおける加工条件の選定が特に重要となります。した

がって、被削材の特性や加工条件の違いが加工精度に及ぼす影響等を熟知したプログラミングの構築が必要となり、そのプログラミングの構築のためには、CNCルータ加工の加工精度に関する基礎資料の収集が必要となります。

そこで、CNCルータ加工の中で最も加工頻度の高い溝突きおよび溝の側面加工に着目し、その加工精度(溝幅)に及ぼす各種加工条件の影響について調べました¹⁾²⁾。

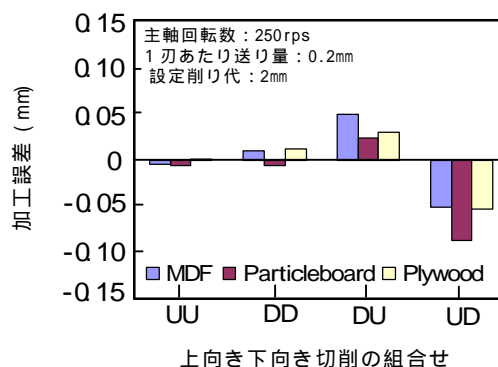


図1 加工誤差と上向きおよび下向き切削の組合せの関係

結果の一例として、溝の側面加工における加工誤差と上向きおよび下向き切削の組合せの関係を図1に示します。溝突き加工後の溝の両側面は、工具の回転方向と送材方向が相対する上向き切削面と、両者が同方向の下向き切削面で構成されず。したがって、上向き切削面に対して上向きおよび下向き切削(UU, UD), 下向き切削面に対して上向きおよび下向き切削(DU, DD)の側面加工が考えられます。同図中の横軸の組合せとは、これら4通りの組合せのことを意味しています。同図より、UUおよびDDの加工誤差はほぼ0付近の値を示していることから、加工精度は良好であるといえます。したがって、溝の側面加工では、溝の両側面が上向きおよび下向き切削面の組合せとなるように工具経路を設定すれば、加工

誤差が小さくなることが明らかになりました。

工具摩耗が加工精度に及ぼす影響

CNC木工機械は、一般に生産ラインに導入され、厳しい加工条件下で長時間に渡って駆動しています。そのため、工具摩耗が進展し製品の品質や生産性に大きく影響を及ぼすことが、容易に推測されます。したがって、実用上重要な工具摩耗の影響についての十分な調査と研究が必要不可欠です。

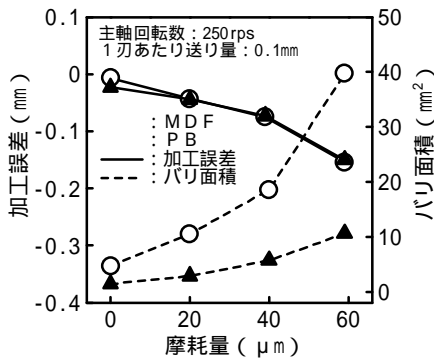


図2 加工誤差と摩耗量の関係

そこで、予め刃先を摩耗させたビットと未摩耗ビットを準備し、各種加工条件下で溝突き加工を行い、溝の加工精度に及ぼす影響と、その時発生するバリについて検討を行いました³⁾。結果の一例として、MDF、パーティクルボードにおける加工誤差および下向き切削面に発生したバリの面積と摩耗量の関係を図2に示します。MDF、パーティクルボードともに摩耗の進展に伴い加工誤差は負の方向に増加しており、加工精度が低下する傾向が認められました。バリ面積も摩耗の進展に伴い増加しており、バリ発生が顕著となる傾向が認められました。

以上のことから、高精度切削加工の実現には、工具摩耗とバリ発生を監視することが重要であるといえます。

工具摩耗自動監視システム

生産ラインに組み込まれているCNC木工機械については、低コスト化あるいは効率的加工の実現のため、自動化、無人化が強く求められています。また、高精度切削加工の実現には、加工工程

中の工具摩耗を監視することが重要と考えられます。

そこで、工具摩耗検出センサとして直接監視法の一つであるレーザ寸法測定器をCNCルータに導入し、加工工程における工具摩耗進展とその刃先プロフィールを自動監視するシステムを開発しました⁴⁾⁵⁾。

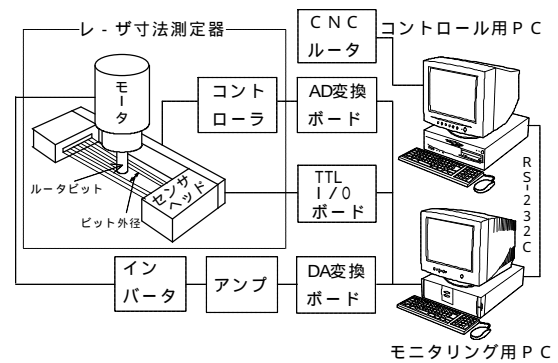


図3 システムの概要

図3に、そのシステムの概要を示します。本システムは、主にレーザ寸法測定器、CNCルータに付属するコントロール用PC、および、これらを制御するとともにデータをサンプリングするモニタリングPCから構成されます。摩耗量の測定は、まず、モニタリング用PCが高速回転中のビットの回転数を30rpsに落とすと同時に、レーザ光がビットに当たるようにビットをセンサヘッド内に移動させます。ここで、レーザ寸法測定器が出力するビット外径のアナログデータをサンプリングし、ビット外径の最大値を算出します。この測定を工具の摩耗部と未摩耗部で行い、両者の差から摩耗量を決定します。刃先プロフィールの測定に関しては、予め刃先に測定開始位置と終了位置および測定間隔を設定しておきます。そして、測定開始位置でのビット外径の最大値を、先と同様の方法で算出します。次に測定間隔分移動して、再びビット外径の最大値を算出します。この工程を測定終了位置まで繰り返し行い、得られた値をモニタリング用PCの画面上にプロットします。このようにして得られた値を、最終的に3次のスプライン関数で曲線補間することで、刃先プロフィールを得ることができます。

このシステムによるビット摩耗量の測定につい

て検証するために、パーティクルボードを供試して溝加工試験を行い、本システムおよび触針式粗さ測定器を用いて摩耗量を測定しました。両測定で得られた工具摩耗進展結果を図4に示します。同図より、両者がほぼ一致していることから、本システムは精度良く摩耗量を自動監視できることが明らかとなりました。

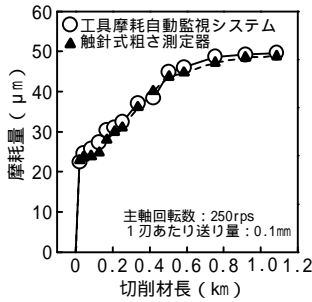


図4 摩耗量と切削材長の関係

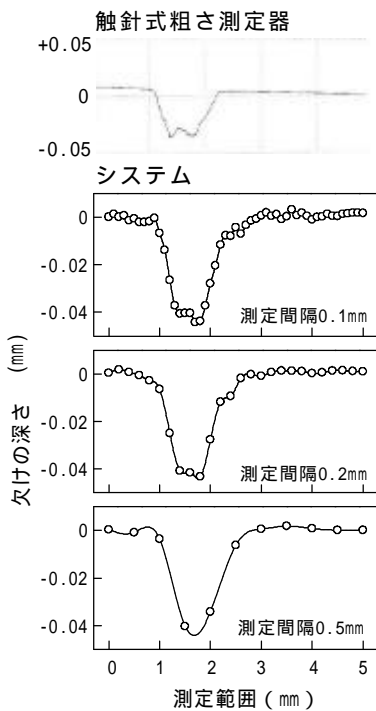


図5 刃先プロフィール

次に、刃先プロフィールの測定について検証するために、細工用ヤスリによって人工的に欠けを生じさせたビットを供試して、その刃先プロフィールを本システムおよび触針式粗さ測定器を用いて測定しました。両測定で得られた刃先プロフィールを図5に示します。

同図より、いずれの測定間隔の場合も、刃先欠損の有無とその形状を簡便に確認できます。特に、

測定間隔が0.1, 0.2mmの場合は、触針式粗さ測定器で得られたプロフィールとほぼ一致していることが明らかとなりました。

適応制御溝加工システム

先に得られた加工精度に関する基礎資料(データベース)を基に、工具摩耗進展に伴い低下する溝突き加工における加工精度を改善し、その時発生するバリを抑制する適応制御溝加工システムを開発しました⁶⁾。工具摩耗進展に対応して最適加工条件を自動的に決定する適応制御プログラムを開発して、CNCルータに導入しました。その適応制御プロセスのフローチャートを、図6に示します。

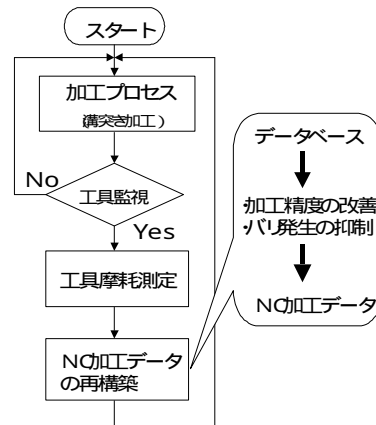


図6 フローチャート

このプロセスは、まず、ある加工プロセスを実施し、設定した部品数あるいは加工時間に達すると、工具摩耗量を自動測定します。そして、測定した摩耗量に対応して、データベースに基づき、溝の加工精度を改善し、バリ発生を抑制する最適加工条件を決定して、それを基にNC加工データを再構築して加工プロセスに復帰します。

加工精度の改善は、加工誤差が切削円直径の減少に起因していることから、溝突き加工後、ビット摩耗量分削り代を設定し、さらに、溝の両側面が上向きおよび下向き切削面の組合せとなるように工具経路を設定して、再度側面加工を施すことにより改善します。バリ発生抑制は、バリ発生傾向が1刃あたり送り量によって異なる点に注目し、工具摩耗進展に対応して1刃あたり送り量を変化させて抑制します。

検証実験では、本システムによる適応制御溝加工と、比較のために通常の溝突き加工を行い、加工後のそれぞれの加工誤差とバリ面積を測定して評価しました。

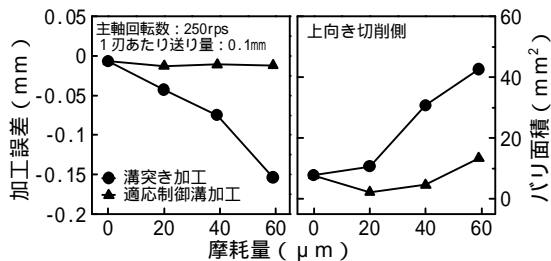


図7 加工誤差およびバリ面積と摩耗量の関係

その結果の一例を 図7に示す。同図より、適応制御溝加工は、通常の溝突き加工に比べ高精度でバリ発生が少ないことが認められました。

このように、ビット摩耗進展に対応して加工精度を改善し、バリ発生を抑制する適応制御溝加工システムによって、高精度溝加工が可能であることを明らかにしました。

加工中に発生するバリの監視とその除去を行う自動加工システム

先の適応制御溝加工システムは、工具摩耗進展に伴って発生するバリの検出方法が直接監視法ではありませんでした。そこで、直接監視が可能であり、信頼性の高い画像処理装置をバリ発生を監視する新たなセンサとしてシステムに導入し、材表面に発生したバリを自動監視して除去するシステムの開発を行いました。画像処理装置は、専用のコントローラとCCDカラーカメラから構成され、CCDカラーカメラは主軸モータのフレーム部分に取り付けました(図8)。バリ発生の認識方法は、CCDカラーカメラの測定エリア内に材表面で発生したバリが入れば自動的にその面積が測定され、バリ発生の有無を判断します。そして、バリ発生が認識されると、加工端面上にビット中心を合わせ、ビット先端を材表面に設定して、再度切削することでバリの除去を行います。

検証実験では、予め摩耗したビットを供試して、各種加工条件下で溝突き加工を行い、実際にバリの除去を行いました。その結果、バリ発生を自動的に認識して、ほとんどの加工条件でバリは除去

されるものの、発生するバリ形状が一樣ではなかったために、一部の加工条件で除去が困難であることも明らかとなりました。



図8 主軸モータのフレームに取り付けたCCDカラーカメラ

おわりに

以上のように、これまでにCNCルータの加工精度に関する基礎資料を収集して、その資料を基に高精度自動加工を目指す適応制御システムの開発を行ってきました。その結果、加工工程における、工具摩耗量と刃先プロフィール、および材表面に発生するバリの直接監視が可能で、その加工精度の改善とバリ発生の抑制、およびその除去を自動的に行う適応制御溝加工システムを構築しました。しかし、バリの除去に関しては、その発生形状が一樣でないために、一部の加工条件で除去が困難であることが確認されました。したがって、今後は、いずれのバリ形状にも対応しうるバリの自動除去方法について検討し、更に、この研究を進めていきたいと考えています。

参考文献

- 1) 大内毅, 村瀬安英: 木材学会誌 47(3), 212-217(2001)
- 2) 大内毅, 村瀬安英: 木材学会誌 47(6), 465-472(2001)
- 3) 大内毅, 村瀬安英: 木材工業 57(7), 297-302(2002)
- 4) 大内毅, 村瀬安英: 九州大学大学院農学研究院学芸雑誌 56(2)163-169(2002)
- 5) Ohuchi, T.; Murase, Y.: J Wood Sci. 51, 278-281(2005)
- 6) Ohuchi, T.; Murase, Y.: J Wood Sci. 52, 395-400(2006)