

1 自由曲面の研削を可能とするメタルシートやすりの開発

長岡孝, 森下勇樹, 石本洋介, 藤本直也, 府山伸行
 矢式良行*, 小櫻よしえ*, 林光彦*

Development of metal sheet files that enable grinding of free-form surface

NAGAOKA Takashi, MORISHITA Yuki, ISHIMOTO Yosuke, FUJIMOTO Naoya, FUYAMA Nobuyuki
 YASHIKI Yoshiyuki, KOZAKURA Yoshie, HAYASHI Mitsuhiko

We focused on the DIY field, where the demand is increasing, and studied the application to the sheet files for woodworking. In this study, in order to investigate the grindability of metal sheet files, grinding performance tests were carried out. Relationship between the processing conditions and the finishing accuracy of the workpiece were verified. As a result of the investigation, it was found that the surface roughness of workpiece can be controlled by pitch of metal sheet files. It was confirmed that the presence of a hardened layer on the surface of the sheet file improved the grinding performance for the workpiece of wood.

キーワード: やすり, 表面処理, 木材加工

1 結 言

「磨く」作業において、紙やすり（紙の表面に研磨剤を接着した工具）は、工業分野をはじめ幅広く用いられている。紙やすりの特徴としては、フレキシブル性を有する、自由曲面の研磨作業も可能、非常に安価であるなどが挙げられる。一方で、使用時の目詰まりや砥粒の脱落により製品寿命が短いといった欠点がある。

これまで筆者らは、紙やすりの代替として、鉄鋼やすりにないフレキシブル性を有するメタルシートやすりの開発を行ってきた¹⁾。

近年需要が増加している「DIY 分野」では、木材を用いた椅子や棚、机などの製作が盛んで、製作には紙やすりも使用される。開発したメタルシートやすりは、今後DIY 分野での展開が期待される。

そこで本研究では、木材を被削材として、メタルシートやすりの素材に軟鋼板を用い、手作業及び回転工具への装着を想定した切削性能評価を行った。具体的には、メタルシートやすりの目立て加工時のピッチが仕上げ面粗さに及ぼす影響と表面処理方法が切削性能に与える影響を調査した。

2 実験方法

2.1 メタルシートやすりの作製方法

図1にメタルシートやすりの外観、目立て加工面及び刃形状の写真を示す。素材は耐久性向上を狙い、軟鋼板（SPCC 材）を使用した。軟鋼板表面にタガネを打ち込み、やすり刃を形成させる目立て加工には、独自に開発

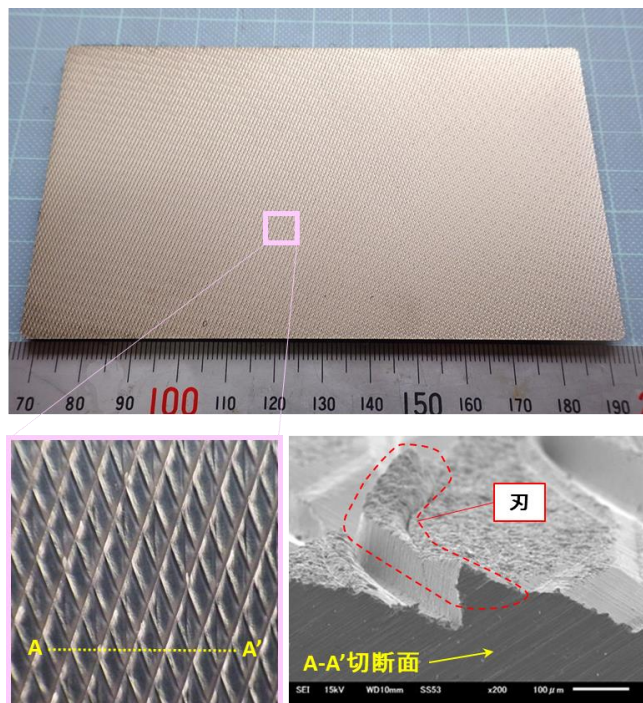


図1 メタルシートやすりの外観、目立て加工面及び刃形状の写真

した NC 目立て加工機を用いた。従来の工具やすりは、刃に方向性があるため、基本的には切削可能な方向は一方のみである。開発したメタルシートやすりは、NC 目立て加工機によりタガネの打ち込み角度や移動ピッチ等を調整することで、切削性能が高く、方向が限定されない刃を鋼板の表面に形成している。

本研究では、メタルシートやすりの目立て加工時のピッチが仕上げ精度に与える影響と紙やすりの何番手に相当するか見極めるため、板厚 1.0mm の SPCC 材に対して、加工時のピッチサイズ「大」、「中」、「小」の3条件

*株式会社オリエント

で試作を行った。

目立て加工後の SPCC 材 (板厚 1.0mm) 断面のビッカース硬度は、刃先が 200Hv 程度、板厚中心部が 130Hv 程度である。やすりに適用するには、市販の木工用やすりの硬度 650~700Hv 程度に、刃を硬化させる必要がある。

そこで、刃の硬度上昇を目的として、刃先の表層付近に厚さ 10 μ m、硬度 650Hv 程度の化合物を形成するイオン窒化処理と、刃の表面に厚さ 1 μ m、硬度 700Hv 程度のめっき層を形成する Ni-B めっき処理を行った。なお、SPCC 材は外気に触れていると錆びが発生するため、Ni-B めっきは防錆の役割も兼ねている。本研究では、木材の切削において表面処理の有効性を確認するため、目立て加工後、イオン窒化処理した後、Ni-B めっきした条件 (以下「イオン窒化処理+Ni-B」という) と、イオン窒化処理を行わず Ni-B めっきをした条件 (以下「Ni-B」という) の 2 条件で試作した。

2.2 手作業を想定した切削性能評価

手作業を想定したメタルシートやすりの切削性能評価方法を図 2 に示す。往復式摩擦摩耗試験機 (新東科学 (株) 製 トライボギア TYPE40) を用いて、垂直に 500gf の荷重を加えながら一往復 60mm の距離を 3600mm/min の速度で、メタルシートやすりを木材と摺動させた。被削材とする木材は、摺動面のサイズが 5mm \times 5mm のヒノキを用いた。紙やすりは、研磨剤が溶融アルミナの紙やすり (AA) とした。摺動距離 3m 時点でのヒノキの摺動面における平均粗さ Ra を、表面粗さ測定機 ((株) ミツトヨ製 サーフテスト SJ-310) を用いて計測し、メタルシートやすり及び紙やすりの仕上げ精度とした。評価には、加工時のピッチサイズ「大」、「中」、「小」とし、表面処理が「Ni-B」のメタルシートやすりを用いた。

切削性能は、ピッチサイズ「中」のメタルシートやすりを用いて評価を行い、摺動距離 3m でのヒノキの重量減少量とした。

2.3 回転工具を想定した切削性能評価

回転工具への装着を想定したメタルシートやすりの切削性能評価には、回転式摩擦磨耗試験機 (オリエンテック製 EFM-3-1010) を用いた。試験方法は 3 ピンオンディスク方式とし、図 3 に示すように、 ϕ 5mm \times 8mm の木材 3 つとピッチサイズ「中」のメタルシートやすりを、垂直に 2.6kgf の荷重を加えながら、400rpm の回転速度でメタルシートやすりを回転させて摺動させた。木材はラミンとし、回転軸を中心として、摺動面が ϕ 32mm の円を描くように設置した。レーザー式変位センサ ((株) キーエンス製 LB-80) により、固定治具を介して木材の

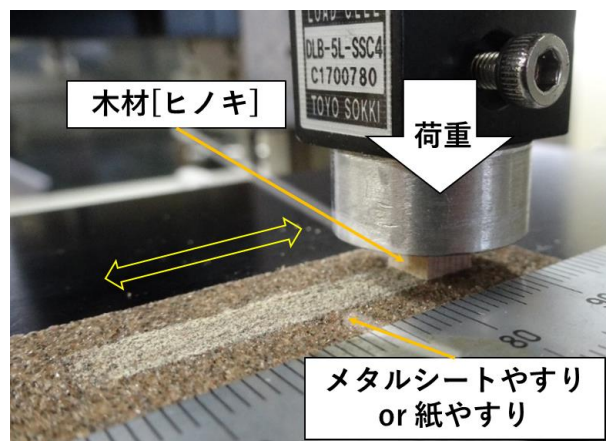


図 2 手作業を想定したシートやすりの性能評価方法

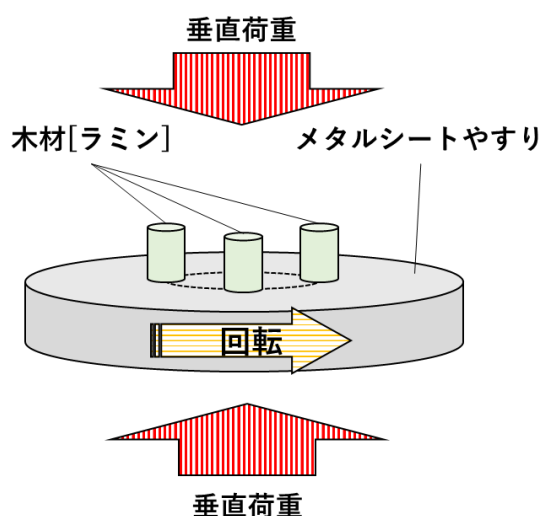


図 3 回転工具への装着を想定したメタルシートやすりの性能評価方法

高さを計測した。また、ロードセルで摺動時の摩擦力を計測し、動摩擦係数を算出した。

3 結果及び考察

3.1 手作業を想定した切削性能

図 4 に紙やすりの番手とヒノキの仕上げ精度の関係を示す。紙やすりの番手が AA#40 では、仕上げ精度は約 20 μ m であった。番手の増加に伴い、AA#100 では約 9 μ m、AA#240 では約 5 μ m と、累乗的に推移することが分かり、紙やすりの番手を X、3m 摺動時のヒノキの仕上げ精度を Y として (1) 式の関係を得た。

$$Y = 419 \cdot X^{-0.82} \quad \dots (1)$$

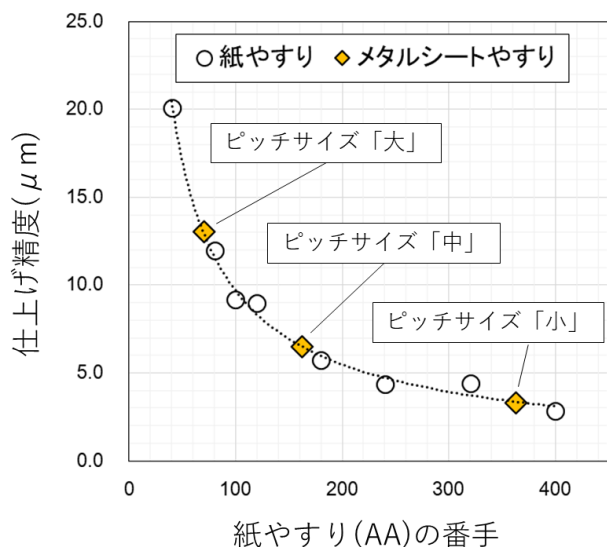


図4 紙やすりの番手とヒノキの仕上げ精度

加工時のピッチサイズ「大」では、仕上げ精度が 13 μm 程度であったのに対して、ピッチサイズ「中」では 6.5 μm 、「小」では 3 μm 程度であり、紙やすりと比較して、ピッチサイズ「大」は#70 相当、「中」は#180 相当、「小」は#360 相当であることがわかった。このことから、目立て加工時のピッチを変えることで、市販の紙やすりの番手の範囲でメタルシートやすりの仕上げ精度を調整できることを確認した。

図5に往復式摩擦磨耗試験による切削性能評価結果を示す。評価に用いたメタルシートやすりの仕上げ精度と同程度の紙やすりを比較として図中に示した。紙やすり AA#180 の切削重量は 6.4mg であったことに対して、メタルシートやすりは、「Ni-B」が 23.9mg、「イオン窒化+Ni-B」が 25.1mg であったことから、本研究で試作したメタルシートやすりは、紙やすり(AA#180)と比較して、約 3.9 倍の切削性能を有することが分かった。表面処理条件による切削性能の差は 1.2mg と小さく、手作業を想定した切削条件では、表面処理が大きく影響を及ぼさないことが分かった。

3.2 回転工具を想定した切削性能

図6に回転式摩擦磨耗試験による切削性能評価結果を示す。高さ変化量の時間推移では、いずれの試料も線形的に増加しているため、目詰まりや刃先の劣化、砥粒の脱落などは発生していないと推察される。それぞれの試料について、データプロットが直線と仮定し、単位時間当たりの高さ変化量を求めた結果、紙やすり AA#80 が 41.4 $\mu\text{m}/\text{sec}$. に対し、「Ni-B」は 272 $\mu\text{m}/\text{sec}$ と約 6.6 倍の切削性能を有することが分かった。さらに、「イオ

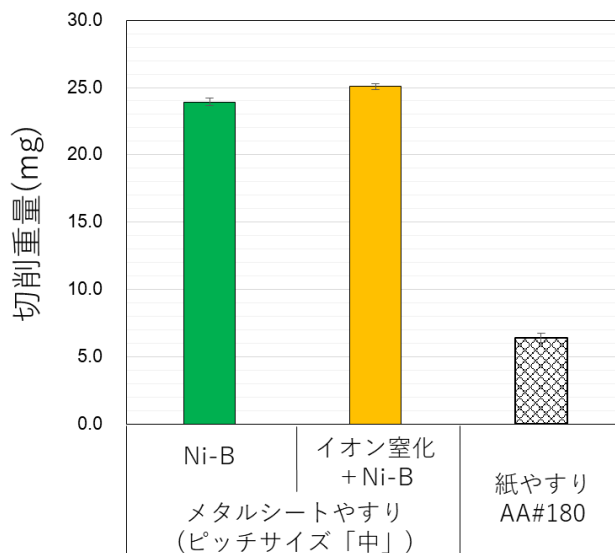


図5 往復式摩擦磨耗試験による切削性能評価結果

ン窒化+Ni-B」では、単位時間当たりの高さ変化量が 1115 $\mu\text{m}/\text{sec}$. で、紙やすり AA#80 と比較して約 27 倍の切削性能であることを確認した。

「Ni-B」, 「イオン窒化+Ni-B」及び紙やすりにおいて、切削性能の優劣は往復式と回転式で同様の順番となった。試験条件を比較すると、往復式と回転式におけるそれぞれの摺動速度は 3600mm/min と 40000mm/min, 摺動面の圧力は 20g/mm² と 44g/mm² であり、回転式のほうが摺動速度と摺動面の圧力ともに高い。切削性能は紙やすりと比較して、「Ni-B」と「イオン窒化+Ni-B」それぞれ往復式では 3.7 倍と 3.9 倍、回転式では 6.6 倍と 27 倍である。摺動速度が速く、摺動面の圧力が高いより過酷な切削条件で、イオン窒化処理の効果が大きくなって

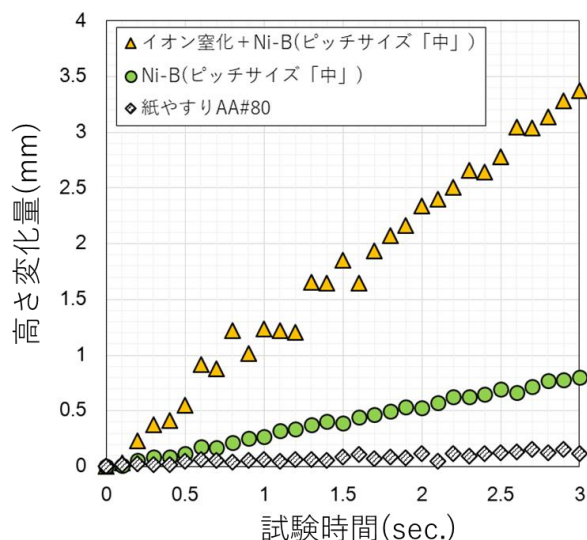


図6 回転式摩擦磨耗試験による切削性能評価結果

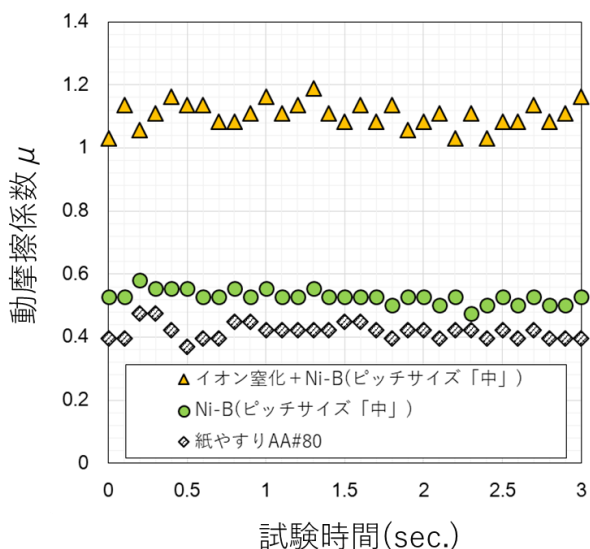


図7 動摩擦係数の時間推移データ (回転式摩擦摩耗試験)

いることが確認された。

図7に回転式摩擦摩耗試験における動摩擦係数の時間推移データを示す。「Ni-B」の動摩擦係数が0.5程度であったのに対して、「イオン窒化処理+Ni-B」が1.1程度と、「イオン窒化+Ni-B」の方が、動摩擦係数が高い結果となった。いずれのメタルシートやすりにも、最表面には同様にNi-Bめっきが施されており、同じ刃形状であることから、動摩擦係数は同程度となると予想される。分力比(水平方向の力/垂直方向の力)が高くなる要因として、切削時の刃先が被削材に侵入する切り込み深さが異なっていることが考えられる。イオン窒化処理では、10μm程度の硬化層が形成されているため、切り込み深さが増したのではないかと推測される。

4 結 言

メタルシートやすりの素材に軟鋼板(SPPC材)を用いて、手作業及び回転工具への装着を想定した切削性能評価を行った。木材を被削材として、表面処理方法が切削性能に与える影響を調査した結果、以下の知見を得た。

- (1) メタルシートやすりの目立て加工のピッチを調整することで、市販の紙やすりの番手#70~#360範囲に相当する仕上げ精度に調整できることがわかった。
- (2) 試作した「イオン窒化+Ni-B」は、紙やすりと比較して手作業を想定した条件では3.9倍、回転工具を想定した条件では27倍の切削性能を有することが確認された。

- (3) 木材の切削において、摺動速度が速く、摺動面の圧力が高いより過酷な切削条件で、イオン窒化処理の効果が大きくなっていることが確認された。
- (4) 回転式摩擦摩耗試験における動摩擦係数の結果から、イオン窒化処理による硬化層の存在が切り込み深さに影響していることが示唆された。

参 考 文 献

- 1) (株)オリエント他 平成30年度中小企業経営支援等対策補助金 研究開発成果報告書

開 発 事 例

(株)Mipox(旧・(株)オリエント)では、これまでの研究開発から得られた知見をもとに、木工用・石膏・樹脂プラスチック用として、ハンドルに取り付けて手作業で使用する製品や、電動ドリルなどの回転工具への取り付け可能なパッドセットを製造・販売しており、図8に製品例を示す。



図8 製品例