

木材の穴あけ加工におけるAE特性とスラスト

大内, 毅

九州大学大学院農学研究院 | 九州大学大学院生物資源環境科学府

鈴木, 伸彦

九州大学大学院生物資源環境科学府

村瀬, 安英

九州大学大学院農学研究院 | 九州大学大学院生物資源環境科学府

<https://doi.org/10.15017/4297>

出版情報 : 九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 57 (2), pp.161-168, 2003-02-01. 九州大学大学院農学
研究院

バージョン :

権利関係 :

木材の穴あけ加工における AE 特性とスラスト

大内 毅・鈴木 伸彦*・村瀬 安英†

九州大学大学院農学研究院森林資源科学部門生物材料機能学講座木質資源工学研究室
(2002年10月18日受付, 2002年11月7日受理)

Acoustic Emission Characteristics and Thrust in Machine Boring of Wood

Takeshi OHUCHI, Nobuhiko SUZUKI* and Yasuhide MURASE†

Laboratory of Wood Material Technology, Division of Biomaterial Science,
Department of Forest and Forest Products Science, Faculty of Agriculture,
Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan

緒 言

近年, 大断面構造用集成材を用いた木造建築物が多く見られるが, これらの構造部材の接合では主にボルト接合が採用されている. このボルト接合用の穴あけ加工では, 多数の深穴を高精度で短時間に加工することが求められており, 一部の工場では手加工に代わる自動穴あけ機械やロボットの導入も計られている.

ところで, この自動穴あけ機械等を含めた木材加工機械の自動化, 無人化においては, 加工中の切削状態や工具損耗状態の的確な自動監視技術, いわゆるセンシング技術の開発が重要となっている. したがって, 木材加工における各種センシング技術が検討されており, その中において木材切削時に発生するアコースティック・エミッション (AE) をセンサーとして使用する AE 法は, 加工中の切り屑生成形態, 刃先摩耗状態および加工面粗さ生成などの監視に有望なことが指摘されている (Lemaster *et al.*, 1982-85b; 定成ら, 1989-91; 田中ら, 1992-94). 筆者の一人も, この研究課題について検討し, AE 法が切削から研削に至る木材の機械加工におけるセンシング技術としてきわめて有望であることを明らかにしてきた (松元・村瀬, 1997; 村瀬ら, 1988a-95b).

しかしながら, 上記の研究は主に平削りや研削時に発生する AE を対象としており, 工具が高速運動を行う丸鋸, 帯鋸及びルータ加工における AE については研究報告 (ツェラ, 1996; 趙ら, 1991a-92; Cyra *et al.*, 1998) が少なく, 特に穴あけ加工についての検討資料は極めて少ない.

そこで本研究では, 穴あけ加工時に発生する AE に着目し, 木材の穴あけ加工における AE 特性と被削性評価の最も基本的な因子である切削抵抗 (スラスト) の関係を明らかにし, 木材の穴あけ加工状態のセンシング技術に関する基礎資料を得ようとした. すなわち, 穴あけ加工中に発生する AE 信号とスラスト信号を自動計測する穴あけ加工装置を試作し, 穴あけ加工の AE ならびにスラストの発生挙動の対応ならびにこれらに及ぼすビット直径と1回転あたり送り量の影響を検討した.

実 験

1. 実験装置と測定

試作した穴あけ加工装置の概略図を Fig. 1 に示す. 図中のパルスモータ①によって駆動するステージ②上に, スラスト測定用の八角弾性リング型荷重計③を取り付け, これに被削材④をバイス⑤で固定した. この

* 九州大学大学院生物資源環境科学府森林資源科学専攻生物材料機能学講座木質資源工学研究室

† Laboratory of Wood Material Technology, Division of Biomaterial Sciences, Department of Forest and Forest Products, Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University

† Corresponding author (E-mail: ymurase@agr.kyushu-u.ac.jp)

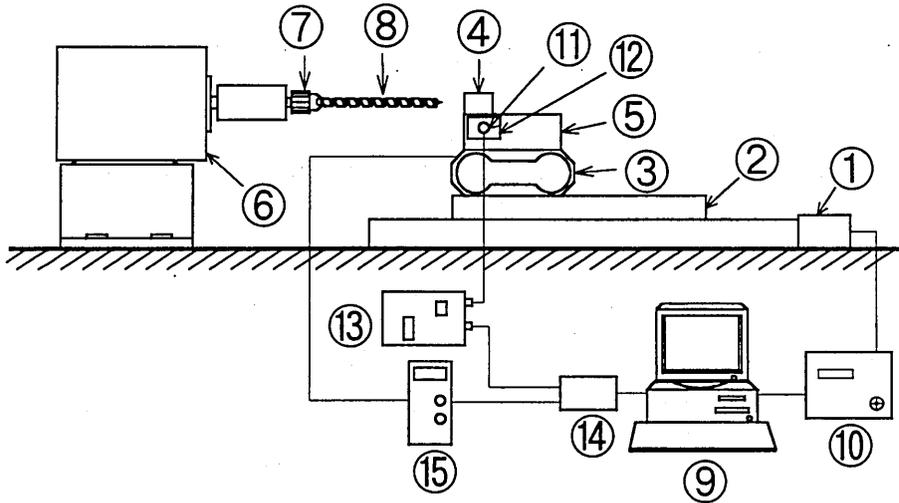


Fig. 1. Schematic diagram of the experimental apparatus.

Legend: ①: Pulse motor, ②: Stage, ③: Octagonal ring for measurement of thrust, ④: Workpiece, ⑤: Vise, ⑥: Motor, ⑦: Chuck, ⑧: Bit, ⑨: Personal computer, ⑩: Controller, ⑪: AE sensor, ⑫: Magnetic holder, ⑬: AE tester, ⑭: AD converter, ⑮: Amplifier.

被削材に対して、モータ⑥の主軸先端のチャック⑦に取り付けられたビット⑧を送り込むことによって、穴あけ加工する構造である。ステージの送り速度と移動距離は、パソコン⑨からコントローラ⑩を介してパルスモータを制御することによって調整できる。AEセンサ⑪（共振周波数140kHz）は、シリコングリースを塗布し、マグネットホルダ⑫によってバイスの側面に押しつけており、その検出信号はAEテスト⑬からAD変換ボード⑭を経てパソコンに入力される。また、スラストは八角弾性リング型荷重計の出力をアンプ⑮で増幅した後、AEと同様にパソコンに入力される。なお、AEについては、原信号をAEテストにより54dB増幅し、100kHzのハイパスフィルタを通した後、半波整流を行った平均値信号をサンプリングしている。

2. 供試工具と被削材

供試工具には、(株)小林ギムネ製作所製の直径6, 9, 12, 15, 18mmのオーガビットと、ねじ殺しビットの2種類を用いた。後者のねじ殺しビットは、オーガビットの中心錐の案内ねじを細工用ヤスリで落として円錐形に仕上げたビットである。Fig. 2に示すように両ビット共に中心錐、けづめ、切れ刃を1つずつ有しており、ビット材種は合金工具鋼である。

供試したオーガビットの、切れ刃から柄の端までの

(a) Auger bit

(b) Screw-killed bit

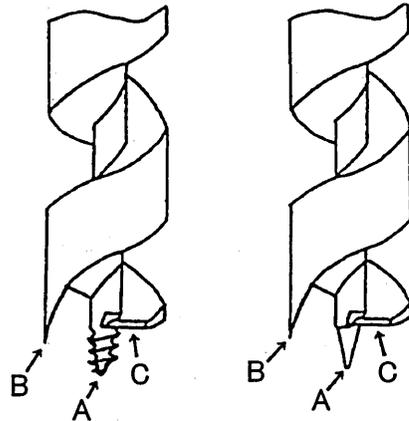


Fig. 2. Drawing of tools used in this experiment.

Legend: A: Center point, B: Spur edge, C: Cutting edge.

長さ (L, 全長), 切れ刃からみぞの端までの長さ (l, みぞ長さ), 案内ねじの平均ピッチ (p), 中心錐の先端からけづめ先端までの距離 (a), 中心錐の先端から切れ刃までの距離 (b) の各値をビットの直径ごとに Table 1 に示す。

Table 1. Detail of tools used in this experiment.

(unit: mm)					
D	L	l	p	a	b
6	156.0	95.7	1.1	2.8	3.9
9	174.8	103.7	1.2	3.4	4.9
12	181.7	110.5	1.3	5.2	7.1
15	190.0	117.5	1.6	6.4	8.2
18	190.0	115.9	1.6	6.6	8.5

D: Bit diameter, L: Bit length, l: Route length, p: Average of feed-screw pitch, a: Distance from the center point to the spur edge, b: Distance from the center point to the cutting edge.

被削材には、ヘムロック (*Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg.) を供試した。平均比重は0.50, 含水率は10.2%であり、試験材の寸法は厚さ40mm (T), 長さ80mm (L), 幅33mm (R) である。

3. 穴あけ加工試験

穴あけ加工は、主軸回転数を1700rpm で一定にし、所定のビット直径において1回転あたり送り量を0.05, 0.1, 0.2, 0.3mm/rev に変化させて、柁目面に深さ40mm の貫通穴あけ加工を行った。

本実験装置で得られた AE 信号とスラスト信号の代表的な波形パターンを Fig. 3 に示す。図中の A は中心錐の先端が被削材に進入した時点、B はけづめが被削材に進入した時点、C は切れ刃が被削材に進入した時点、D は切れ刃が被削材に進入した時点から深さ25mm の時点をそれぞれ示している。この CD 間における AE 信号とスラスト信号の平均値 (平均 AE, 平均スラスト) を算出した。なお、グラフの横軸は、中心錐の先端が被削材に進入した時点をも 0 mm として穴深さを表している。

結果と考察

1. AE 信号波形

オーガビットとねじ殺しビットのビット直径6, 12, 18mm における AE 信号波形を Fig. 4 に例示する。同図は1回転あたり送り量0.05mm/rev の場合であるが、いずれの場合も AE 信号波形は、AC 間ではビットが被削材に進入するに伴い増大し、CD 間ではほぼ一定となる傾向を示した。一方、穴あけ加工開始直後の中心錐のみが被削材に進入している AB 間において、オーガビットとねじ殺しビットの間に AE 信号の増加傾向に違いが認められた。そこで、この AB 間の AE 信号波形を詳細に観察するため、サンプリング速

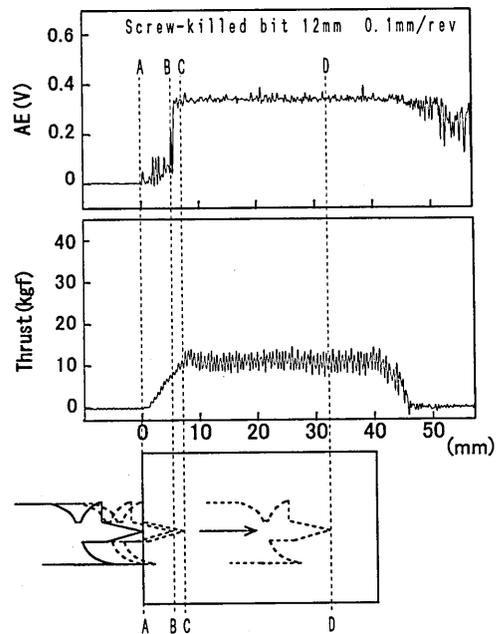


Fig. 3. Recorded waveform and bit position in boring.

Legend: Position A: The center point of bit just entered into the workpiece, Position B: The spur edge of bit just entered into the workpiece, Position C: The cutting edge of bit just entered into the workpiece, Position D: 25mm depth from point C.

度を高速に設定して計測を行った。1回転あたり送り量0.1mm/rev, ビット直径18mm の場合の両ビットにおける結果を Fig. 5 に示す。同図の両ビットの結

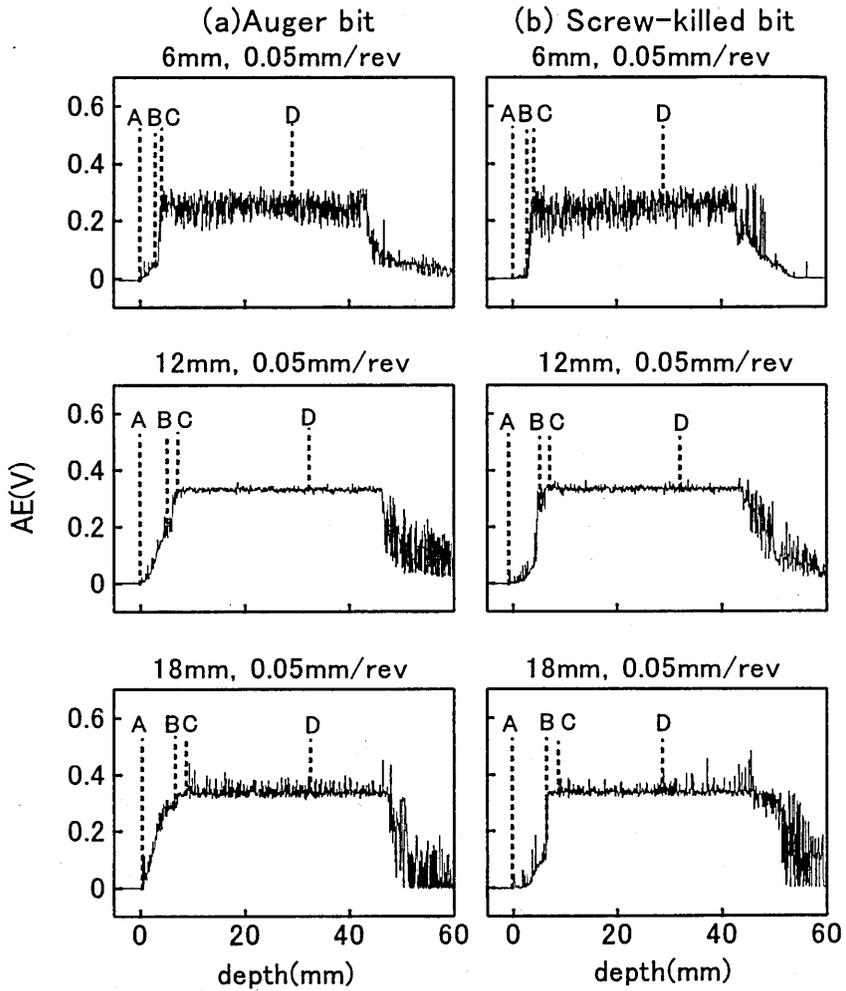


Fig. 4. AE waveform with boring depth.
Legend: The same symbols as shown in Fig.3.

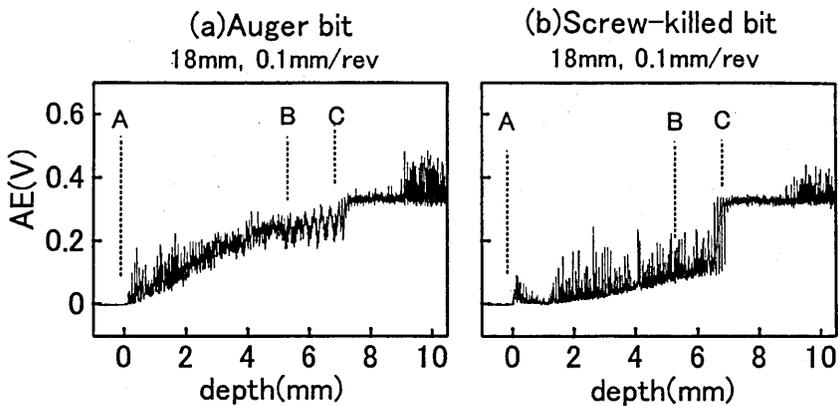


Fig. 5. AE waveform by high sampling rate with boring in early stage of boring.
Legend: The same symbols as shown in Fig.3.

果を比べると、AB間において、オーガビットのAE信号はねじ殺しビットに比べ顕著に増加することが明らかである。この違いは、ビットの中心錐の案内ねじの有無によるもので、中心錐によって発生するAEが顕著であると推察される。また、B点から後の両ビットにおけるAE信号が、同様の傾向を示していることから、B点後のAE信号は、けづめと切れ刃の切削時に発生するAEによって支配されと考えられる。なお、以上の傾向は他の加工条件についても同様に認められた。

2. スラスト信号波形

Fig. 4と同条件におけるスラスト信号波形をFig. 6に例示する。同図より、オーガビットの場合、ピッ

トが被削材に進入直後、スラスト信号は僅かに増加し、その後B点まで減少した後、再びC点まで増加する。そして、その後ビット直径12mm以下の場合はほぼスラストが0付近で、15、18mmではほぼ7kgfで一定となる傾向を示した。このことは、既報(番匠谷ら, 2001; 大内・番匠谷, 2001)で報告されているように、中心錐の案内ねじのピッチによる送り量と穴あけ加工装置による1回転あたり送り量との差によって生じる力が、被削材を持ち上げる力(引張力)となって作用するためである。一方、ねじ殺しビットの場合は、前述のAE信号波形の場合とほぼ同様に、加工開始からC点まで増大し、その後ほぼ一定となる傾向を示した。なお、以上の傾向は他の加工条件につい

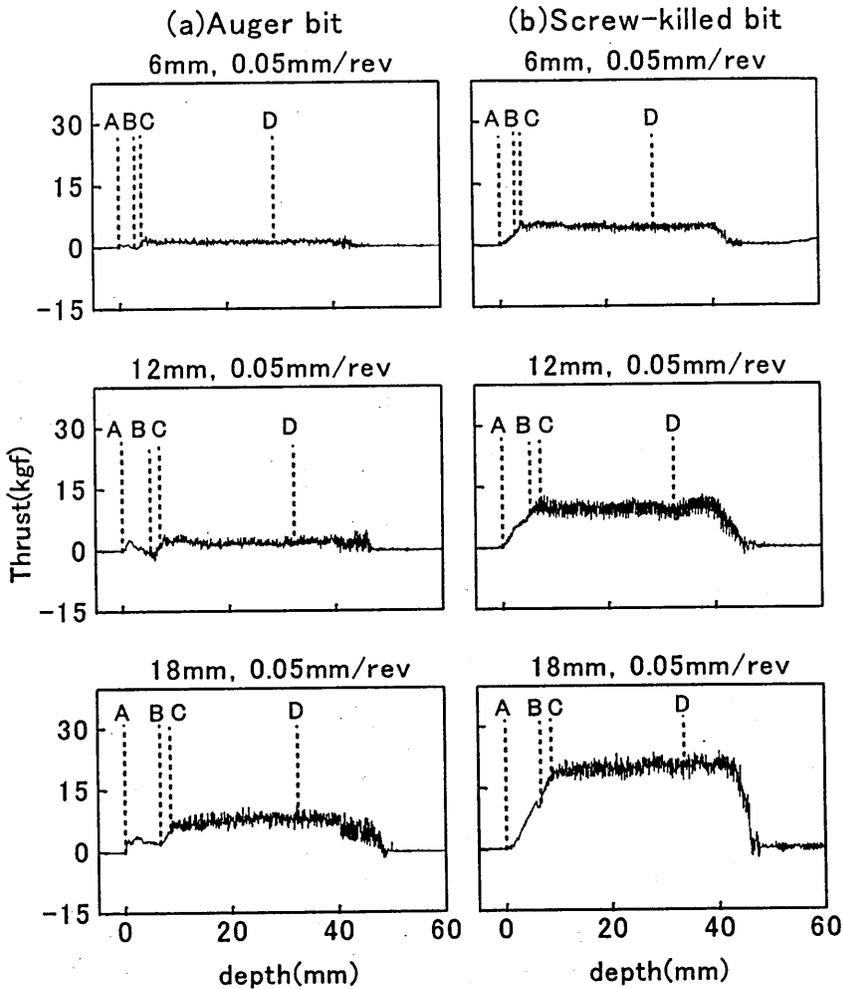


Fig. 6. Thrust waveform with boring depth.
Legend: The same symbols as shown in Fig.3.

てもほぼ同様であった。

3. ビット直径と1回転あたり送り量の影響

切れ刃が被削材に進入してから深さ25mm (CD間)までの平均AE, 平均スラストとビット直径の関係をFig.7に示す。オーガビットの場合, 平均AEはビット直径が大きいほど, また1回転あたり送り量が大きいほど増大する傾向を示した。これは, ビット直径が大きいほどビットと被削材との接触面積が増加し, さらに, 1回転あたり送り量が大きいほど切り込み量が増加して切削量が大きくなったため顕著なAEが発生したと推察される。また, ねじ殺しビットにおいても平均AEはオーガビットの場合とほぼ同様の傾向を示した。

次に, オーガビットでの平均スラストは, 前述したように加工中に引張力が作用するため, ビット直径6から12mmではほぼ0付近で一定の値を示し, 15, 18mmで僅かに増加する傾向を示した。一方, ねじ殺しビットでのスラストはビット直径が大きいほど, また1回転あたり送り量が大きいほど増大する傾向を示し, その値はいずれもオーガビットの場合より大きくなった。

要 約

本研究は, 木材の穴あけ加工状態のセンシング技術開発に資する目的から, 穴あけ加工中に発生するAE信号とスラスト信号を自動計測する装置を試作し, 穴あけ加工におけるAEとスラストに及ぼすビット直径と1回転あたり送り量の影響について検討した。

得られた結果は以下のように要約される。

1) AE信号波形は, いずれの場合もAC間ではビットが被削材に進入するにしたがって増大し, CD間ではほぼ一定となる。穴あけ開始直後のAB間では, オーガビットの方がねじ殺しビットに比べ, AE信号は顕著に増加する。これはビットの中心錐の案内ねじの有無によるもので, 中心錐によって発生するAEが顕著であると推察される。

2) スラスト信号波形は, オーガビットの場合, ビット進入直後僅かに増加し, その後B点まで減少した後, 再びC点まで増加する。そして, その後ビット直径12mm以下の場合にはほぼ0付近で一定となり, ビット直径15, 18mmではほぼ7kgfで一定となる。これは加工中にビットの引張力が被削材に作用するた

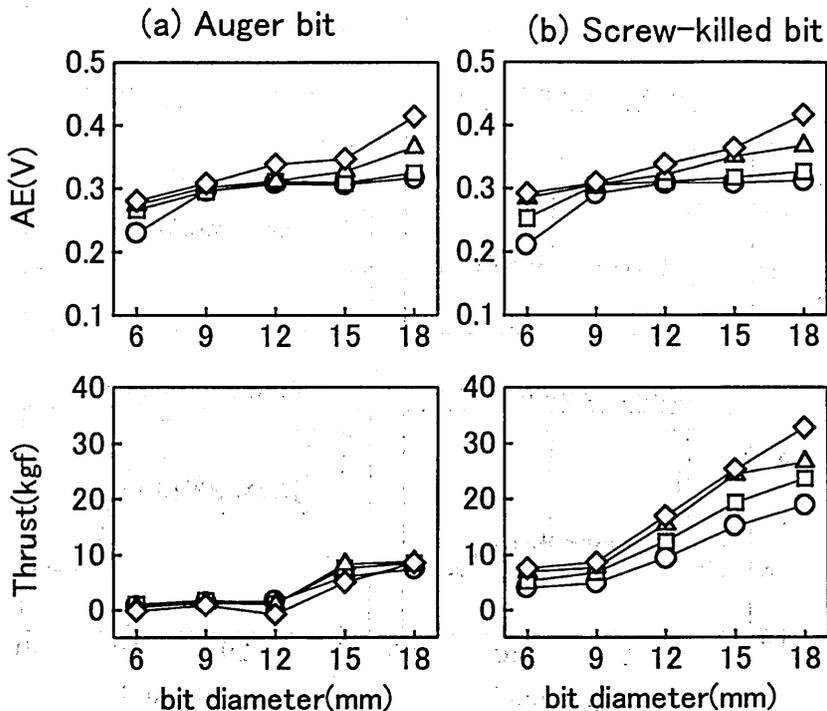


Fig. 7. Relationships between AE, thrust and bit diameter.

Legend: Feed per revolution (mm): ○: 0.05, □: 0.1, △: 0.2, ◇: 0.3.

めと考えられる。ねじ殺しビットの場合、AE 信号波形とはほぼ同様に AC 間で増大し、CD 間ではほぼ一定となる。

3) オーガビット、ねじ殺しビット共に、平均 AE はビット直径が大きいほど、また 1 回転あたり送り量が増大する傾向を示す。これはビット直径が大きいほどビットと被削材との接触面積が増加し、さらに、1 回転あたり送り量が増大するほど切り込み量が増加して切削量が大きくなったため顕著な AE が発生したと推察される。

4) 以上のように、穴あけ加工時に発生する AE とスラストは、ねじ殺しビットの場合には、対応する傾向を示すが、オーガビットの場合、被削材に中心錐による引張力が作用するため、両者の対応は必ずしも良くなかった。

文 献

- 番匠谷薫・大内 毅・岩澤弘次郎 2001 オーガビットによる木材の機械穴あけ加工における切削力ビットの持ち上げ力と安全作業について、広島大学教育学部附属教育 実践総合センター学校教育実践学研究, 7: 125-130
- 趙 春瑞・田中千秋・中尾哲也・高橋 徹・辻井孝文 1991a 丸のこ切削における切削面性状と AE 計数率の関係, 木材学会誌, 36: 169-173
- 趙 春瑞・田中千秋・中尾哲也・高橋 徹 1991b 丸のこ切削における切削面性状と AE 計数率の関係 (第 2 報) 回転数, 送り速度, 被削材厚さの影響, 木材学会誌, 37: 434-440
- 趙 春瑞・田中千秋・中尾哲也・高橋 徹 1991c 木工用帯鋸の最適化適応制御加工に関する研究 (第 1 報) 挽材中における帯鋸変位の予測方法について, 木材学会誌, 37: 897-903
- 趙 春瑞・田中千秋・中尾哲也・西尾吉彦・高橋 徹 1992 木工用帯鋸の最適化適応制御加工に関する研究 (第 2 報) 挽き材における繊維走行が切削面性状と AE 信号に及ぼす影響, 木材学会誌, 38: 771-776
- Cyra, G., C. Tanaka., M. Yoshinobu and Y. Nishino 1998 Effects of helical angle of router bit on acoustic emission, Journal of Wood Science, 44: 169-176
- Lemaster, R. L., Klamecki, B. E and Dornfeld, D. A 1982 Analysis of Acoustic Emission in Slow Speed Wood Cutting, Wood Science, 15(2): 150-160
- Lemaster, R. L., Tee, L. B and Dornfeld, D. A 1985a Monitoring Tool Wear During Wood Machining with Acoustic Emission, Wear, 101: 273-282
- Lemaster, R. L. and Dornfeld, D. A 1985b Monitoring the Wood Cutting Process with Acoustic Emission, Journal of Acoustic Emission, 4(2/3): S228-S231
- 松元 浩・村瀬安英 1997 木材研削における AE 特性 (第 2 報) ベルト研削の AE に及ぼす研削圧力と研削方向の影響, 木材学会誌, 43: 280-284
- 村瀬安英・池 賢二郎・森 稔 1988a アコースティック・エミッションによる木材切削状態の監視 (第 1 報) AE 信号による木材切削工具の摩耗検出, 木材学会誌, 34: 207-213
- 村瀬安英・池 賢二郎・森 稔 1988b アコースティック・エミッションによる木材切削状態の監視 (第 2 報) AE 特性に及ぼす繊維傾斜角の影響, 木材学会誌, 34: 271-274
- 村瀬安英・鳥井原紀寿 1990 アコースティック・エミッションによる木材切削状態の監視 (第 3 報) 縦ならびに横切削の AE 特性に及ぼす切削角の影響, 木材学会誌, 36: 269-275
- 村瀬安英・川浪 聡 1990 アコースティック・エミッションによる木材切削状態の監視 (第 4 報) 木材切削の AE 特性に及ぼす含水率および樹種の影響, 木材学会誌, 36: 717-724
- 村瀬安英・吉次昌則・原田 聡 1992 超仕上かんな盤における AE 特性 (第 1 報) 超仕上切削の AE 特性に及ぼすバイアス角, 刃先摩耗および節の影響, 木材学会誌, 38: 241-246
- 村瀬安英・原田 聡・吉次昌則 1993 超仕上かんな盤における AE 特性 (第 2 報) 縦ならびに横切削の AE 特性に及ぼす切削速度とバイアス角の影響, 木材学会誌, 39: 724-728
- 村瀬安英・原田 聡 1995a 木材切削における AE 特性 (第 1 報) AE 振幅レベルと振幅分布に及ぼす繊維傾斜角と木理斜交角の影響, 木材学会誌, 41: 373-379
- 村瀬安英・尾川雅尚・松元 浩 1995b 木材研削における AE 特性 (第 1 報) ベルト研削の AE に及ぼす砥粒粒度と研削時間の影響, 木材学会誌, 41: 647-651
- 大内 毅・番匠谷薫 2001 オーガビットによる木材の穴あけ加工における切削力, 木材工業, 56: 216-221
- 定成政憲・喜多山繁 1989 平削りに関する工具鈍化過程とアコースティック・エミッションの関係, 木材工業, 44: 424-428
- 定成政憲・喜多山繁・服部順昭・瀬川 圭 1991 平削りに関する切り屑生成とアコースティック・エミッションとの関係, 木材学会誌, 37: 424-433
- 田中千秋・中尾哲也・西尾吉彦・濱口利一・高橋 徹 1992 切削工具のアコースティック・エミッションによる摩耗判定 木材学会誌, 38: 841-846
- 田中千秋・趙 春瑞・中尾哲也・池田茂人・高橋 徹 1993 木工用帯のこ盤の送材速度がのこ変位および切削面粗さに与える影響, 木材工業, 48: 171-174

田中千秋・ツエラ グジャゴジュ・池田茂人・中尾哲也・西尾吉彦・高橋 徹 1994 単一のご歯による切削力とアコースティック・エミッションの挙動, 木材工業, 49: 74-77

ツエラ グジャゴジュ・田中千秋・中尾哲也 1996 ルータ切削における工具摩耗と AE 計数率の関係, 材料, 45: 403-409

Summary

The monitoring technique of wood machining processing is important for the automation of wood machining operations. In this study, the acoustic emission (AE) and thrust in machine boring of wood were measured, and the effects of bit diameter and feed per revolution on the AE and thrust were investigated.

The results are summarized as follows:

- (1) For each bit diameter and each feed per revolution, with increasing depth the AE signal generated in boring between A and C increased, and it between C and D showed constant values. Comparing the AE signal between A and B, after boring started, the AE signal with the auger bit became larger immediately than with the screw-killed bit.
- (2) In boring with the auger bit, with increasing depth the thrust signal increased slightly, and it decreased until B, and then increased again until C. After that, the thrust signal showed nearly zero in the case of bit diameter under 12mm, and it showed constant about 7kgf in the case of 15, 18mm. This variation is considered to be due to the lifting force acting on the workpiece. In boring with the screw-killed bit, the thrust signal between A and C increased, and it between C and D showed constant values.
- (3) The average value of AE of both auger bit and screw-killed bit became larger with increasing bit diameter and feed per revolution. These variation is considered to be due to the increase of contact area and depth of cut.
- (4) In boring with the screw-killed bit, the variation of AE and thrust showed a similar tendency.