

MDF切削における刃先温度の測定

坂之上 悦 典*¹

奥 村 正 悟*²

【要 旨】

本研究では、機械切削において用いられる切削速度領域において切削中の刃先温度変化の挙動を、熱画像測定装置ならびに熱電対を用いて明らかにすることを目的とした。被削材にMDFを用い、切削速度28.3～4.5m/sにおける刃先の温度分布について調べた。各切削速度域で刃先近傍における最高温度発生点は刃先より1mm以内であり、温度分布は最高点を中心としたほぼ同心円状となる。刃先近傍の温度上昇は切削開始とともに急激に生じ、本実験の場合約5秒後にほぼ定常状態となりその後緩やかに上昇することがわかった。また、刃先の温度分布は、全体的に2コブ形であり、刃先より約0.5mmの位置で極小値をとる。これは、発熱が被削材の破壊と刃先と切屑の摩擦に伴うものと考えた場合、低速度では被削材の変形による発熱が支配的であり、高速度では刃先の摩擦による温度上昇が支配的と考えられる。そのため高速度では高温域が刃先のごく近傍となると考える。

1 緒 言

木材切削において与えられるエネルギーは、一部が被削材の変形、分離や切屑との摩擦等に用いられ、最終的に大部分が熱エネルギーとして消費される。そのため切刃の温度は上昇し、工具の刃先温度が被削材の仕上げ面性状や工具寿命に大きな影響を与える因子となる。工具温度については従来から測定が行われているが、木材の機械切削においては切削速度が高いことや直接的に測定する手段が少ないことから実測例⁽¹⁾⁻⁽³⁾は少なく、また論理的に予測⁽⁴⁾したのも少ない。

また、現在行われている工具材料開発に対し使用材料の合理的な構造を示す必要性もある。

そこで本研究では、被削材に現在よく用いられているMDFを選び、機械切削において用いられる

切削速度領域において切削中の刃先温度変化の挙動を、熱画像測定装置ならびに熱電対を用いて明らかにすることとした。

2 実 験

2.1 装 置

装置の全景を写真1に、概略図を図1に示す。

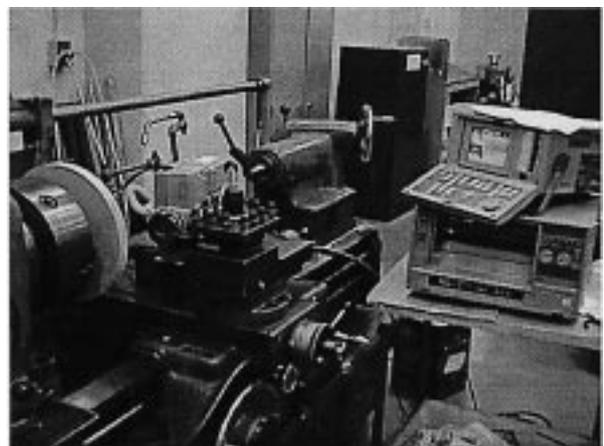


写真1 装置の全景

* 1 材料技術課 技師

* 2 京都大学大学院農学研究科 教授

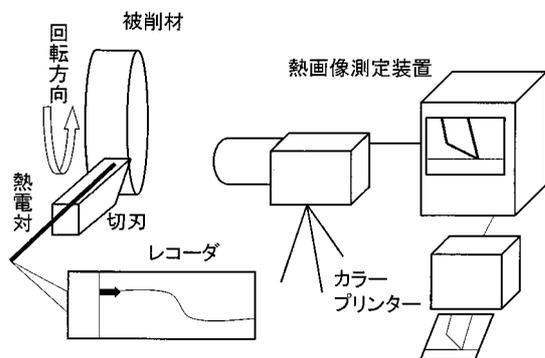


図1 装置の概略

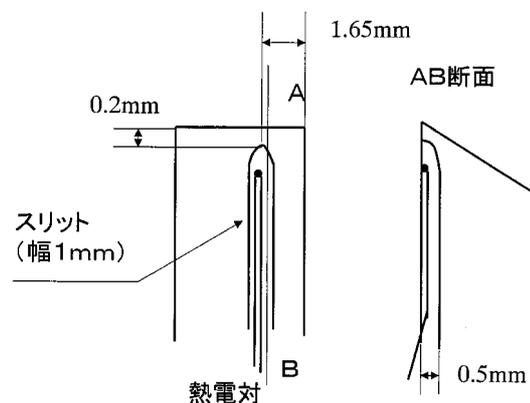


図2 切刃先端の様子

表1 切刃条件

番号	角 度 (deg) (逃げ角 - 刃先角 - すくい角)	材種	切削速度 (m/s)
5403	35 - 40 - 15	SKH51	28.3 - 27.6
5503	25 - 50 - 15	SKH51	28.3 - 27.6
5603	15 - 60 - 15	SKH51	28.3 - 27.6
3403	35 - 40 - 15	SKH3	28.3 - 27.6
3503	25 - 50 - 15	SKH3	28.3 - 27.6
3603	15 - 60 - 15	SKH3	28.3 - 27.6
5401	35 - 40 - 15	SKH51	11.5 - 11.2
5501	25 - 50 - 15	SKH51	11.5 - 11.2
5601	15 - 60 - 15	SKH51	11.5 - 11.2
3401	35 - 40 - 15	SKH3	11.5 - 11.2
3501	25 - 50 - 15	SKH3	11.5 - 11.2
3601	15 - 60 - 15	SKH3	11.5 - 11.2
5402	35 - 40 - 15	SKH51	4.6 - 4.5
5502	25 - 50 - 15	SKH51	4.6 - 4.5
5602	15 - 60 - 15	SKH51	4.6 - 4.5
3402	35 - 40 - 15	SKH3	4.6 - 4.5
3502	25 - 50 - 15	SKH3	4.6 - 4.5
3602	15 - 60 - 15	SKH3	4.6 - 4.5

2.2 工 具

切刃には、2種類の高速度鋼(SKH51,SKH3)を用いた。焼入れ、焼戻し後の硬度はHRC62.7以上であった。製作した切刃の条件を表1に示す。

2.3 温度測定

切削中の切刃の温度測定は、切刃側面より熱画像測定装置(アビオニクス製:TVS 2000MKと近接レンズ:焦点距離10mm)を用いて測定を

行い、同時に切刃先にスリットを彫り、0.1mmの熱電対(K種)をエポキシ樹脂にて埋め込んだ(図2)。室温における熱電対表示温度と黒体塗料を塗布した切刃側面の熱画像測定装置による表示温度を比較し、熱画像測定に対する切刃側面の放射率()を0.80に設定した。

2.4 被削材と切削条件

実験に用いた被削材は、針葉樹系のMDFで密度0.62g/cm³、含水率7.47%であった。

これを直径300mmの円盤状に成形し、外周端面から切刃を用いて突切り切削を行い実験に供した。

各実験とも切り込み条件は0.05mm/revである。

3 実験結果および考察

3.1 温度分布

低速度(No.3602)における切削開始5秒後の温度分布を写真2に示す。刃先近傍における最高温度は約69度であり、先端より0.43mmすくい面方向に沿ったところである。これは室温である被削材が刃先により分離され、切刃との摩擦により熱が発生し温度が上昇するためと考えられる。刃先は、室温である被削材と常に接触するため、温度上昇は小さい。刃先温度分布は最高温度発生点を中心にほぼ同心円状である(図3)。



写真2 低速度 (No.3602) の場合の温度分布 (熱画像)

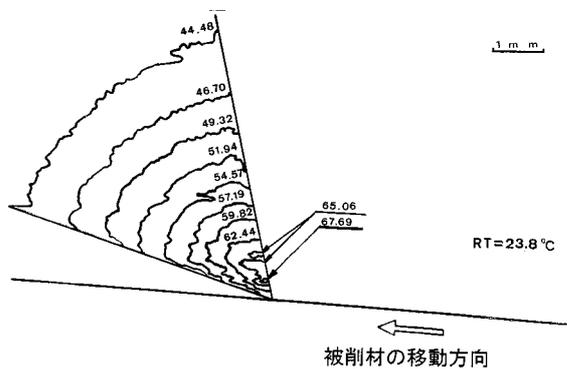


図3 刃先の温度分布 (No.3602)



写真3 高速度 (No.5403) の場合の温度分布 (熱画像)

高速度 (No.5403) における切削開始 5 秒後の温度分布を写真 3 に示す。低速度の切削の場合と同様に刃先近傍の最高温度発生点は刃先より 0.39mm すくい面方向に沿ったところである。低速度切削と異なるのは、切刃端面が開放端のため、被削材

の周りに発生している風に乗って切屑の逃げ面への回り込みが見られることである。

熱画像による温度測定結果が後述の熱電対の温度測定結果より低いのは、発生する切屑により測定する表面が覆われる熱の吸収があるためと集塵のために刃先周りに風の流れがあり刃先先端部が冷却されているためと考える。

3.2 温度上昇経過

熱電対により計測された温度変化について代表的な例を、図 4 - (a)No.5403、(b)No.5401、(c)No.5402 に示す。いずれの場合も切削開始より約 3 秒前後の間で急激な温度上昇が見られ、その後緩やかな温度上昇となる。これは、初期の急激な温度上昇は切削開始により被削材の変形による発熱と刃先と切屑の摩擦による発熱が平衡状態になるまで続き、その後切刃から供給される熱量と工具内部へ供給される熱量とが釣り合って緩やかな温度上昇となる、と考える。

図 5 - (a)(b)に No.5403 の熱電対によるものと熱画像測定装置による温度測定結果と併せて示す。

3.3 切削速度と刃先温度

刃先からの熱電対端子距離と計測された温度の関係を図 6 に示す。各切削速度における最高温度の発生点は 27.6m/s の場合は刃先より 0.30 または 0.32mm、11.2m/s の場合は 0.27mm、4.5m/s の場合は 0.65mm である。

温度分布は全体的に 0.2 ~ 0.4mm までの山と 0.6mm 以降の 2 コブであり約 0.5mm のところで極小値となっている。これは前述の低速度切削における熱画像 (No.3602) の温度分布と一致している。この理由について、温度上昇の要因として被削材の変形による発熱と刃先と切屑との摩擦による発熱と考えた場合、低速度では被削材の変形による

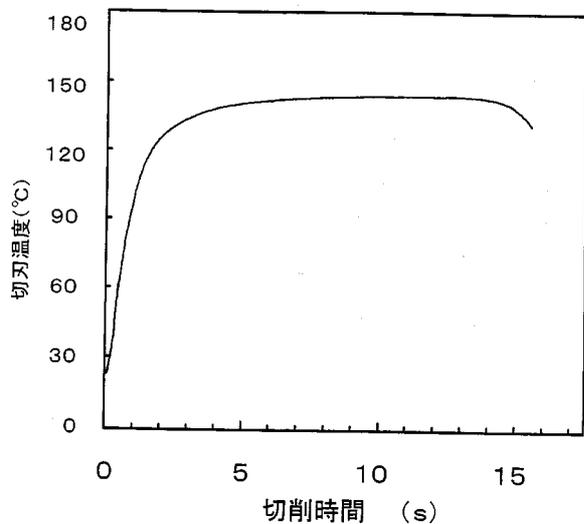


図4 - (a) 刃先の温度変化 (No.5403)

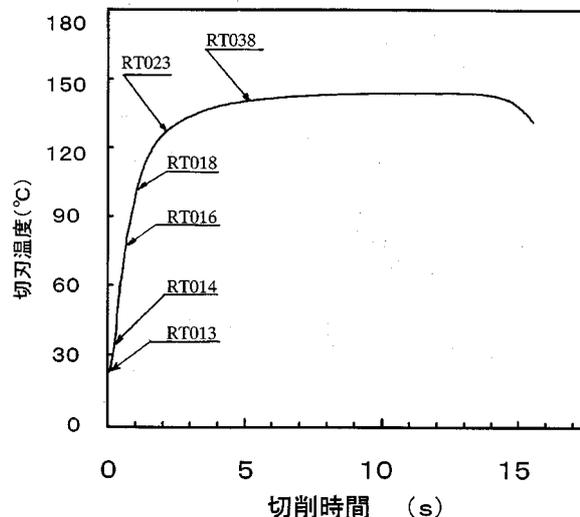


図5 - (a) 温度測定結果の対比 (熱電対)

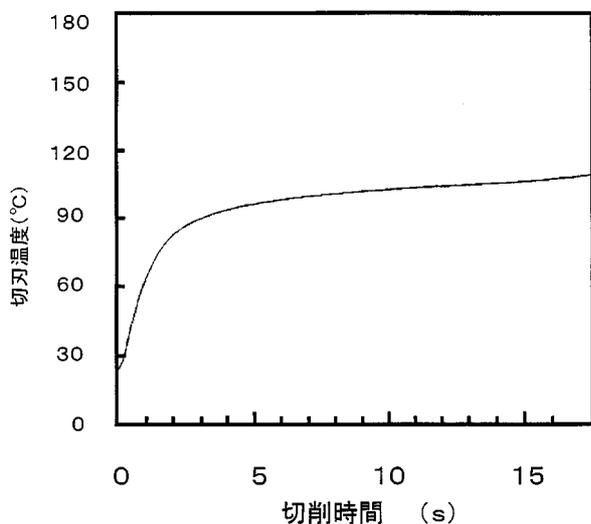


図4 - (b) 刃先の温度変化 (No.5401)

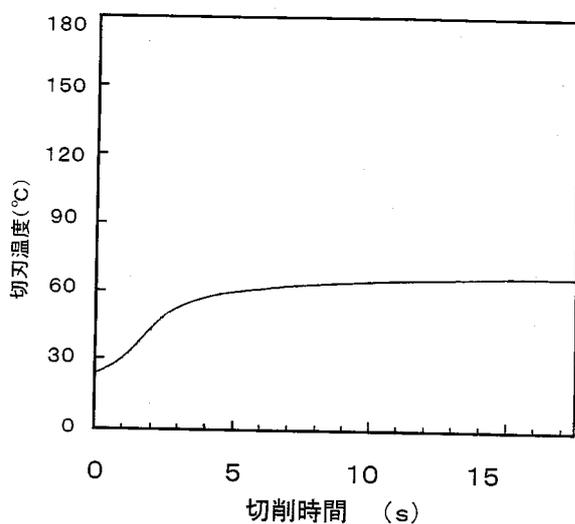


図4 - (c) 刃先の温度変化 (No.5402)

発熱が支配的であり、高速度では刃先の摩擦による温度上昇が支配的と考えられる。そのため高速度では高温域が刃先のごく近傍となると考える。

温度分布を熱電対の端子位置 (0.6mm 近傍と 0.32mm) で整理したのが図7である。刃先よりごく近傍の点で温度が上昇し、切削速度の増大により摩擦熱による温度上昇の割合が増え温度は直線的に上昇する。

4 結 言

被削材に MDF を用い、切削速度 28.3 ~ 4.5m/s における刃先の温度分布について、熱画像測定装置と熱電対を用いて調べた。以下に得られた結果をまとめる。

- (1) 各切削速度域で刃先近傍における最高温度発生点は刃先より 1 mm 以内である。また、温度分布は最高点を中心としたほぼ同心円状となる。
- (2) 刃先近傍の温度上昇は切削開始とともに急激に生じ、本実験の場合約 5 秒後にほぼ定常状態となりその後緩やかに上昇する。これは、被削材の破壊と刃先と切屑の摩擦に伴う温度上昇と考える。

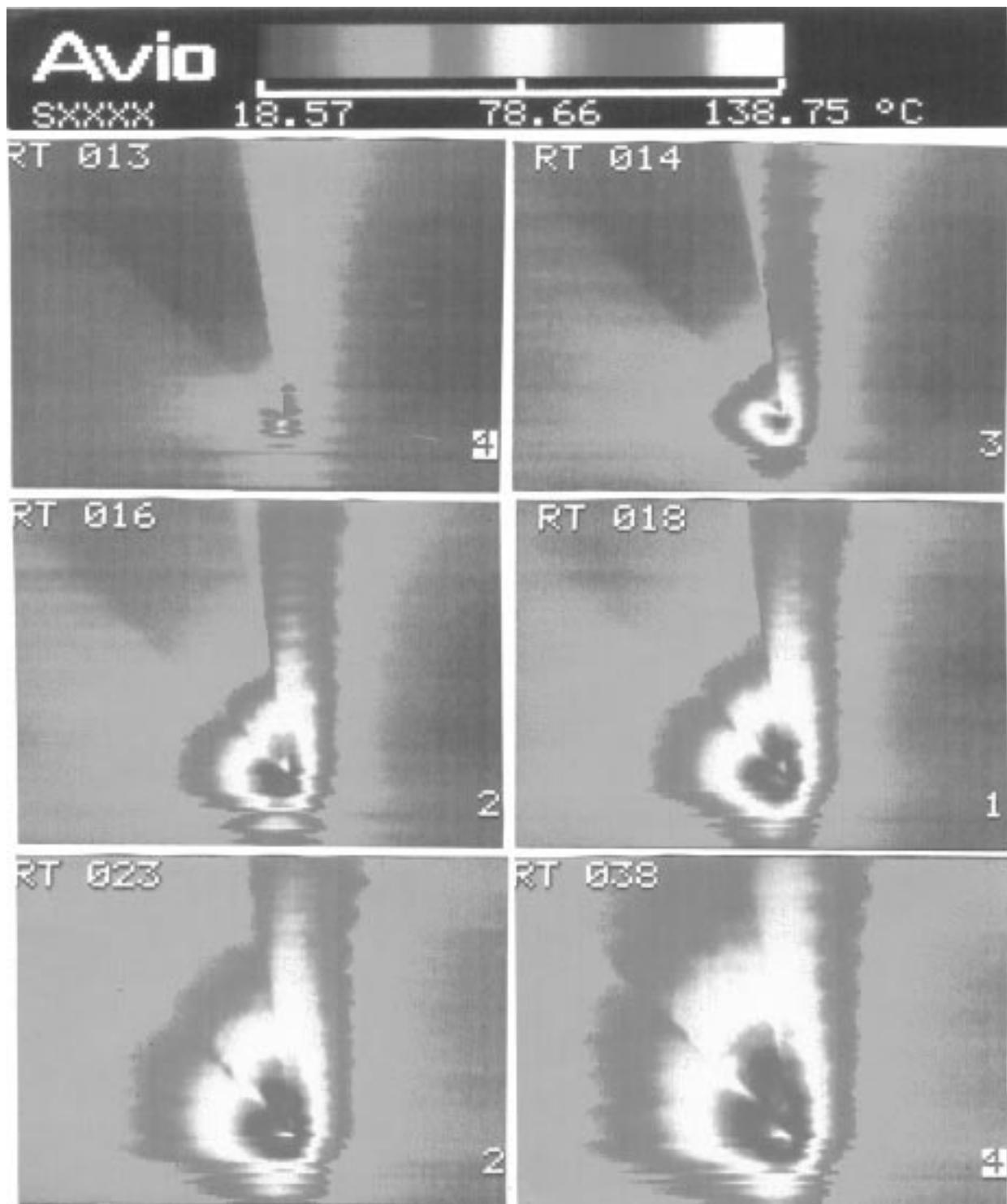


図5 - (b) 温度測定結果の対比 (熱画像測定装置)

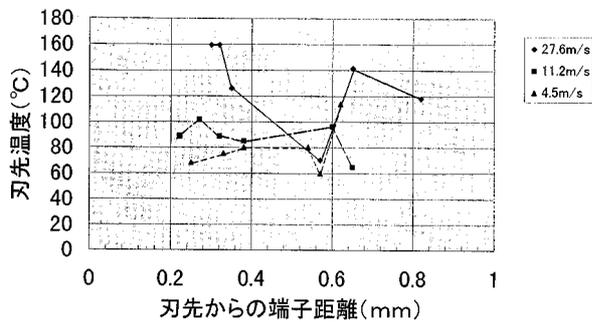


図6 端子位置と刃先温度の関係

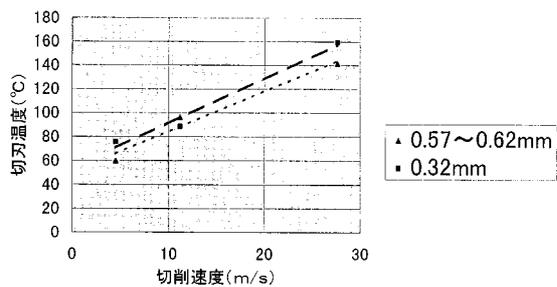


図7 切削速度と切刃温度の関係

(3) 刃先の温度分布は、全体的に2コブ形であり、刃先より約0.5mmの位置で極小値をとる。これは、発熱が被削材の破壊と刃先と切屑の摩擦に伴うものと考えた場合、低速度では被削材の変形による発熱が支配的であり、高速度では刃先の摩擦による温度上昇が支配的と考えられる。そのため高速度では高温域が刃先のごく近傍となると考える。

(参考文献)

- 1) 奥村正悟、澤田豊、木材切削における工具切屑 母材系温度のサーモグラフィ的研究、平成4年度科学研究費補助金研究成果報告書 (1993)
- 2) 奥村正悟他、断続切削中の単一鋸歯側面の温度分布(第1報), p.123, Vol.29, No.2, Mokuzai Gakkaishi, (1983)
- 3) 奥村正悟他、断続切削中の単一鋸歯側面の温度分布(第2報), p.131, Vol.29, No.2, 木材学会誌, (1983)
- 4) S. Okumura, A Numerical Analysis of Tool Edge Temperature in Rubbing Against Wood, p.522, The 12th international wood machine seminar, (1995)