

# 1. 切削機構

## 1.4 切削と熱

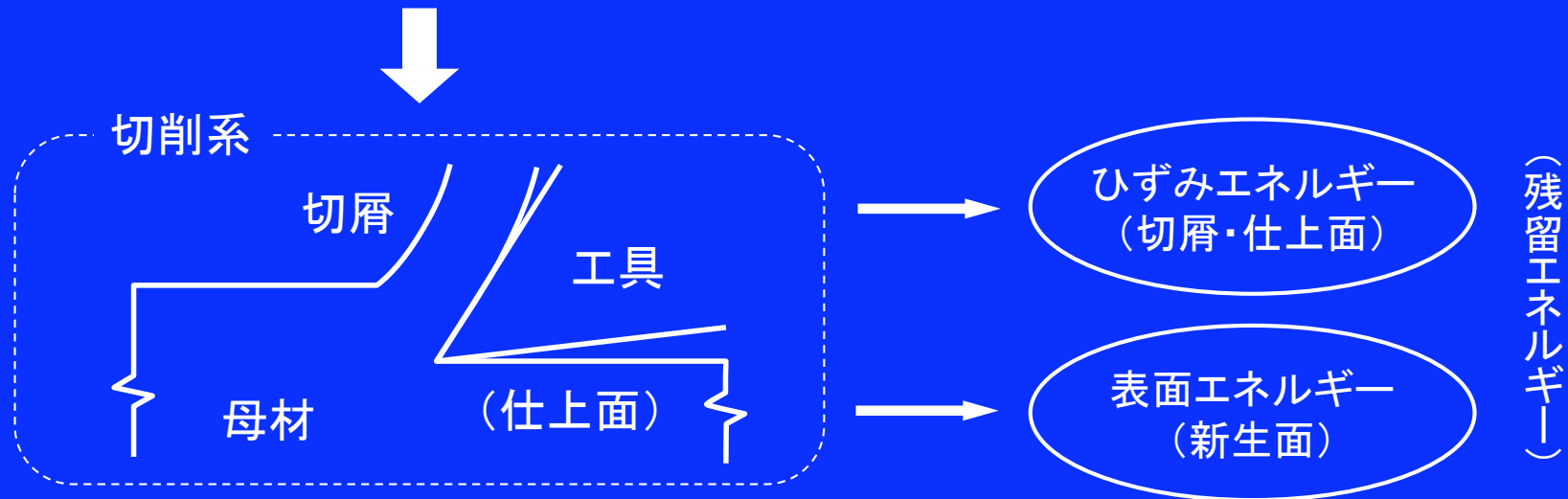
(テキスト 第1章第4節)

1. 切削熱と切削温度
2. 切削系の温度上昇の影響
3. 工具温度の測定・推定

# 切削と熱

切削仕事  
(切削エネルギー)

$$= \text{切削力} \times \text{切削長さ} \\ (\text{主分力})$$

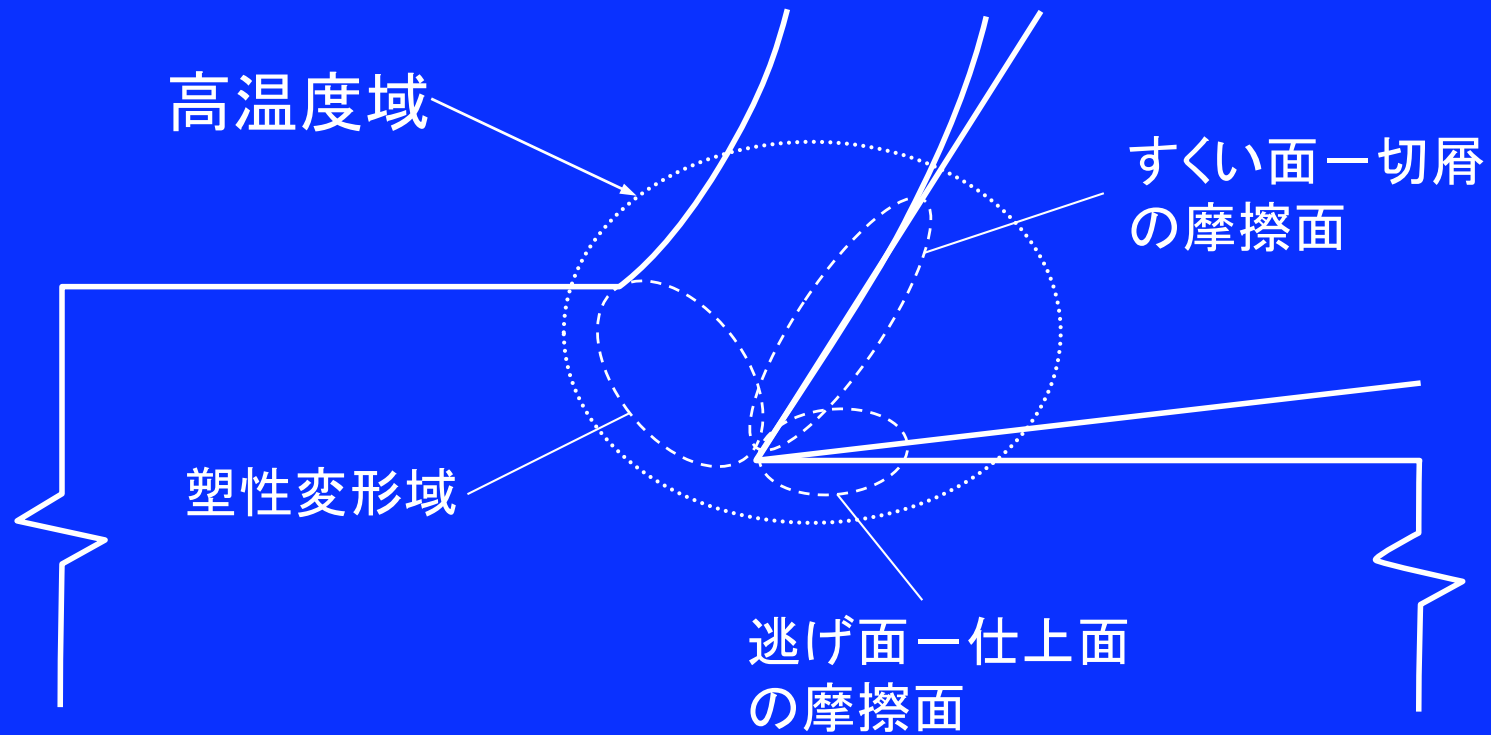


切削熱

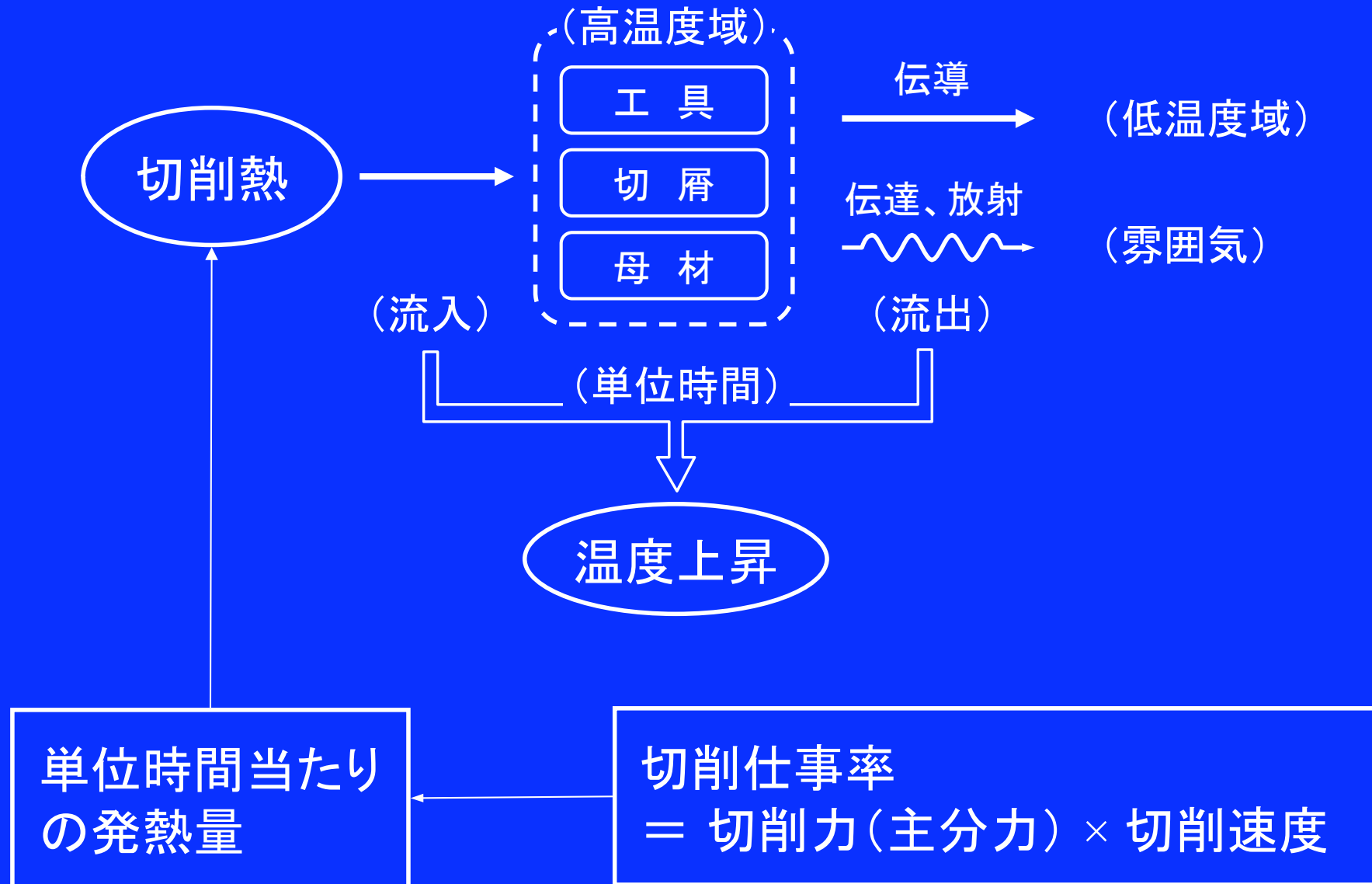
切削系の温度上昇

(切削温度)

# 発熱領域と切削温度



# 熱収支と温度上昇



# 温度上昇の影響

## ● 工 具

### (1) 摩耗の促進

金属切削・・・工具摩耗の第一の要因(すくい面のクレータ摩耗)

木材切削・・・熱軟化、熱劣化(高温酸化)による摩耗の促進(?)

### (2) 不安定化

丸鋸の熱座屈、帯鋸の座屈強度の低下

## ● 切 屑

熱軟化 → 変形力の低下 → 切削抵抗の低下

## ● 仕上面

焼けの発生 → 品質の低下、だぼ接合の強度低下

# 木材切削工具の摩耗



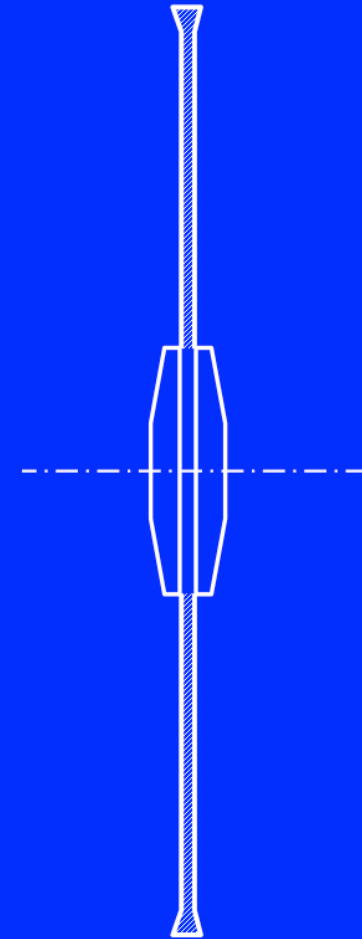
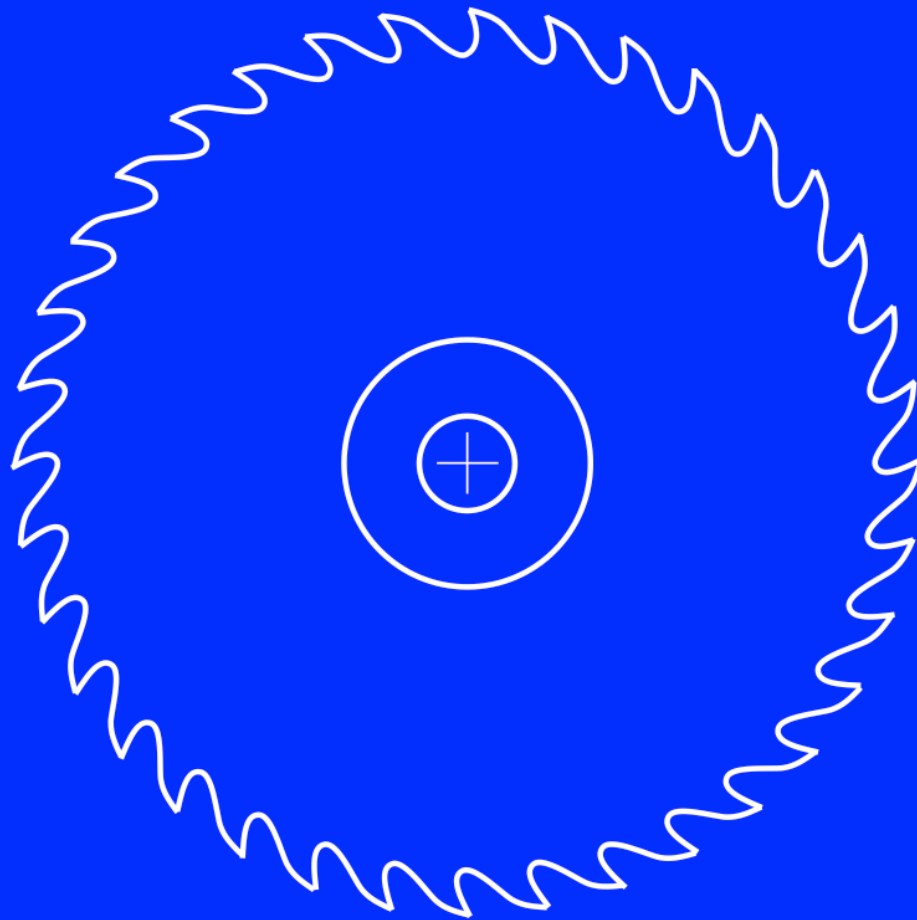
(木材切削)



(金属切削)

# 工具(鋸)の不安定化

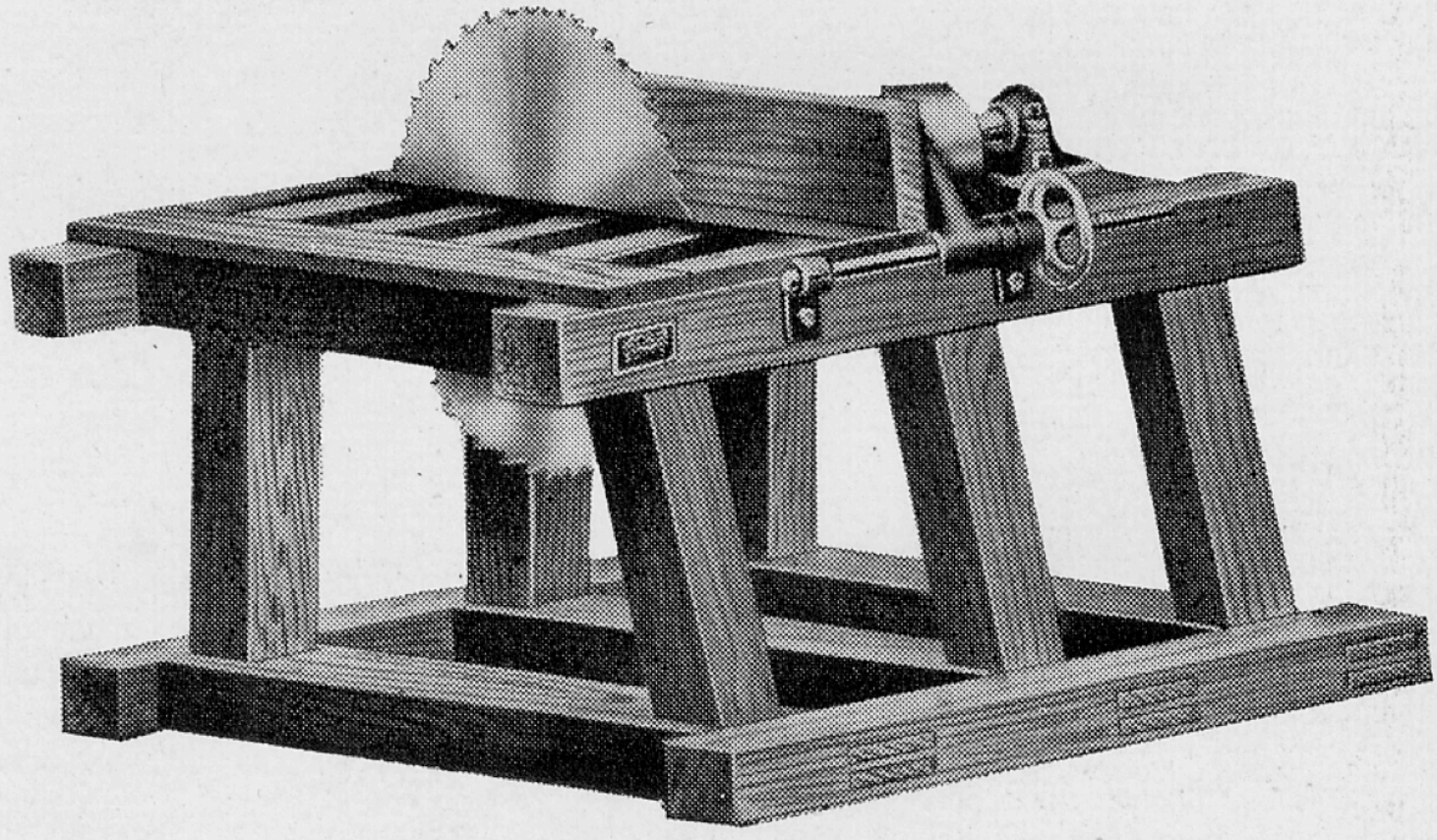
- 丸鋸の熱座屈



# 工具(鋸)の不安定化

- 丸鋸

半木製型

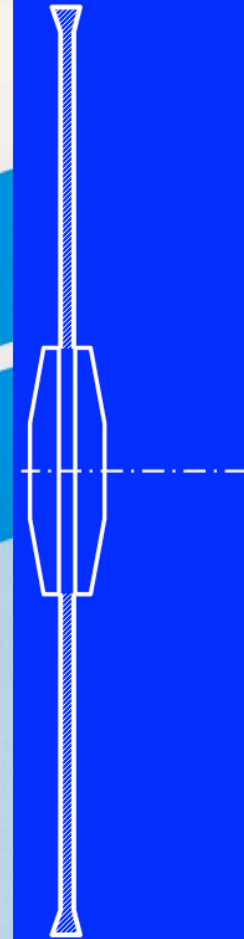
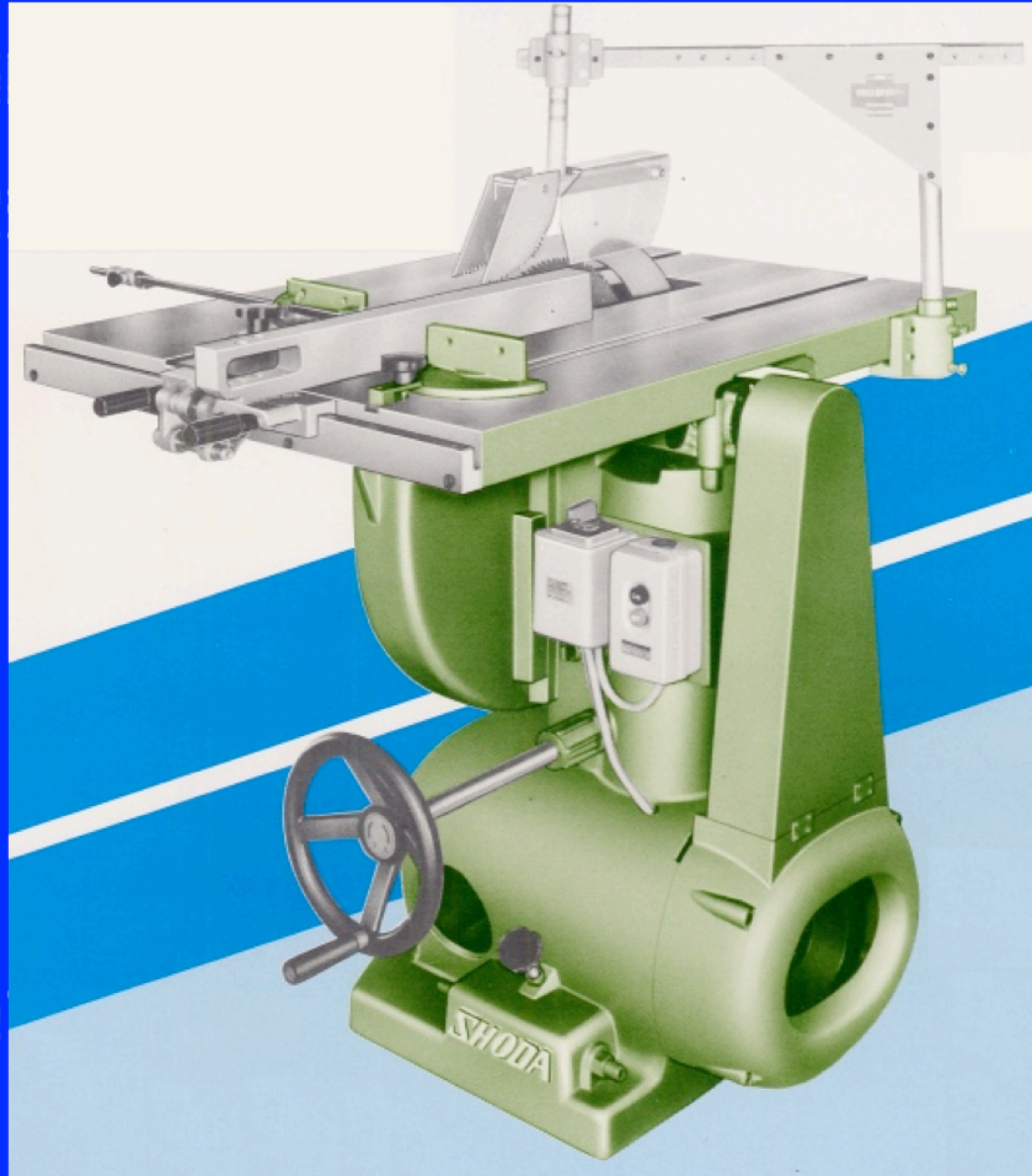


出所: 菊川製品型録 第39号 (1938?) (菊川鉄工所発行)



# 工具(鋸)の不安定化

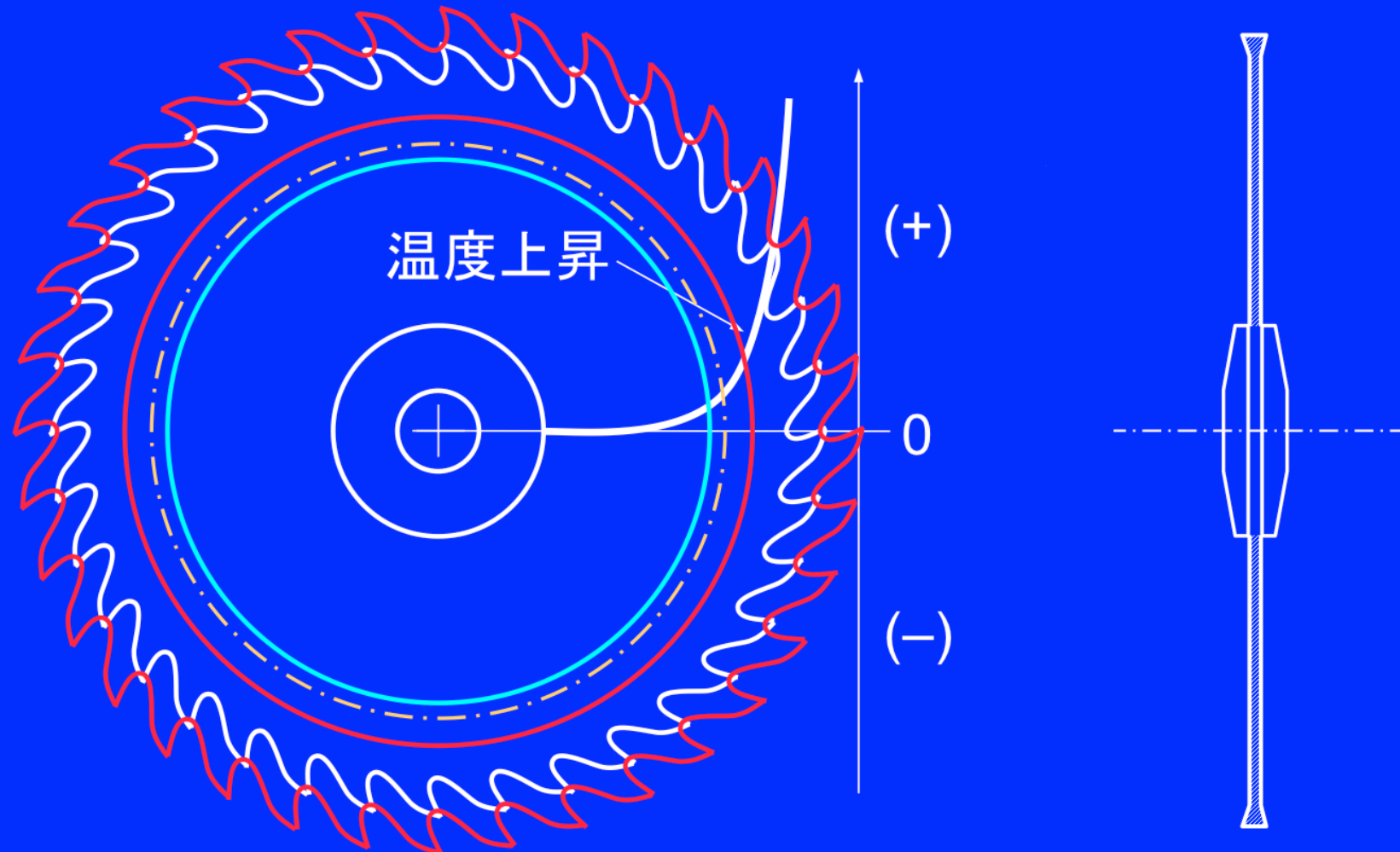
- 丸鋸の熱歪



出所: 庄田鉄工カタログより

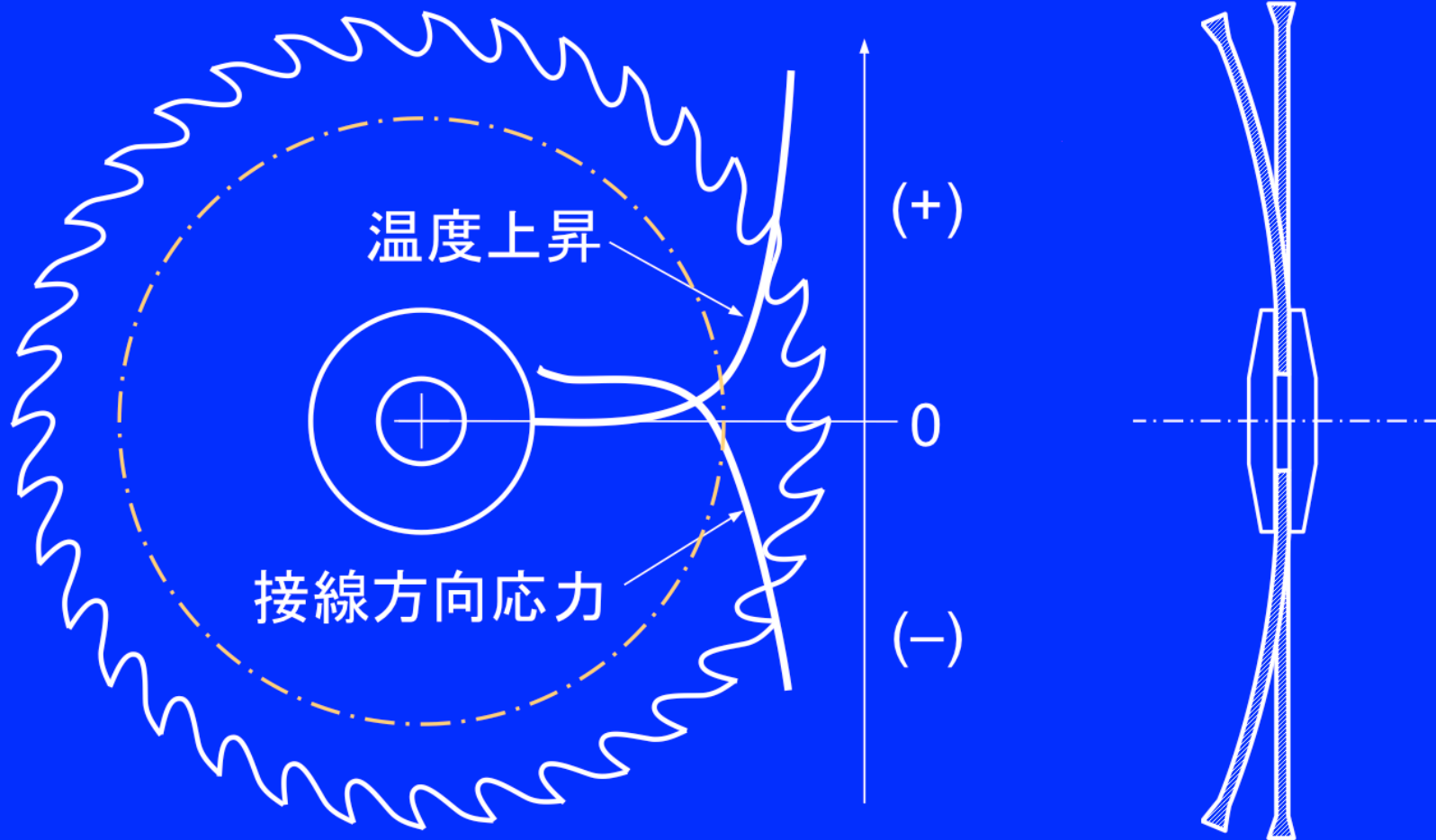
# 工具(鋸)の不安定化

- 丸鋸の熱座屈



# 工具(鋸)の不安定化

- 丸鋸の熱座屈



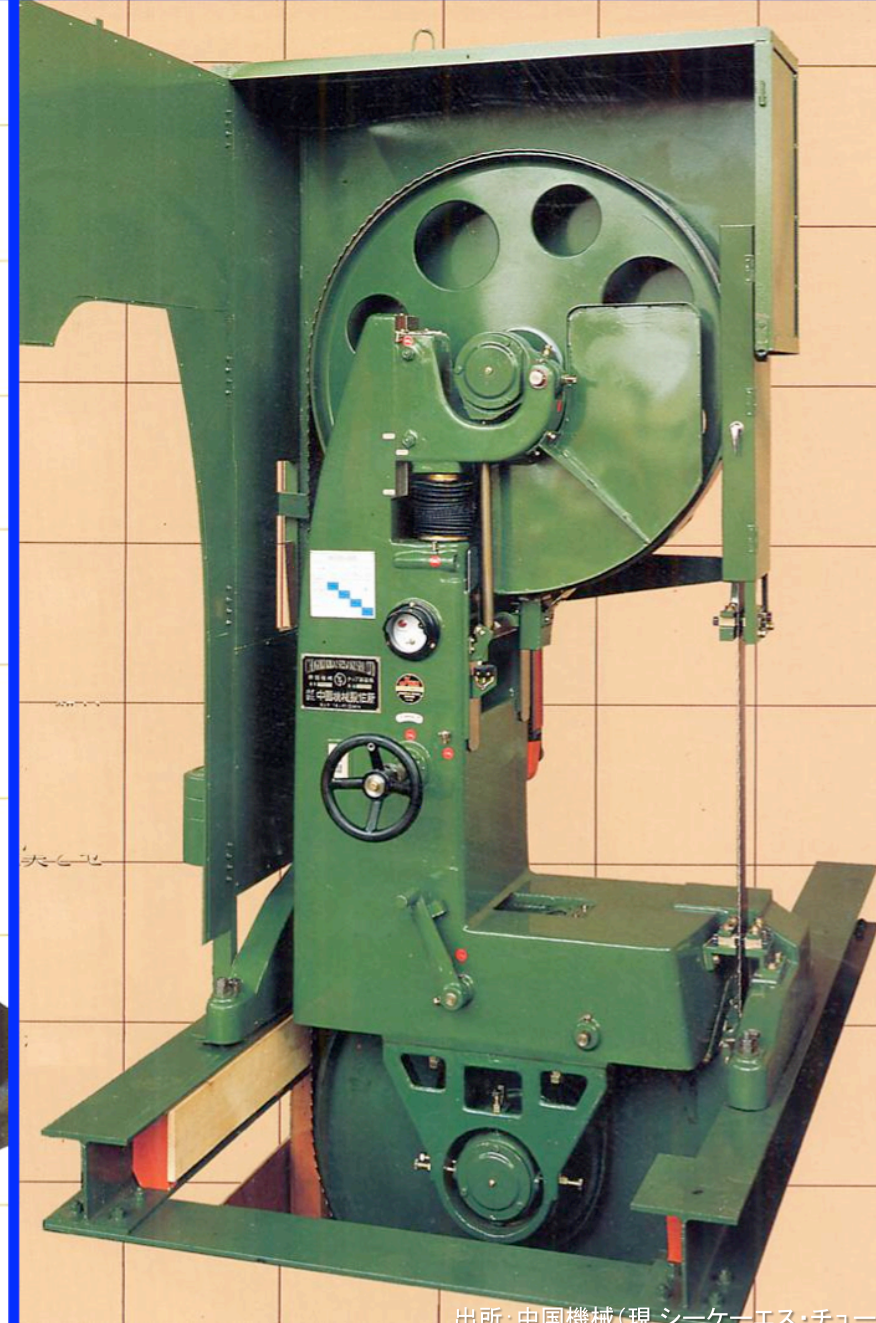
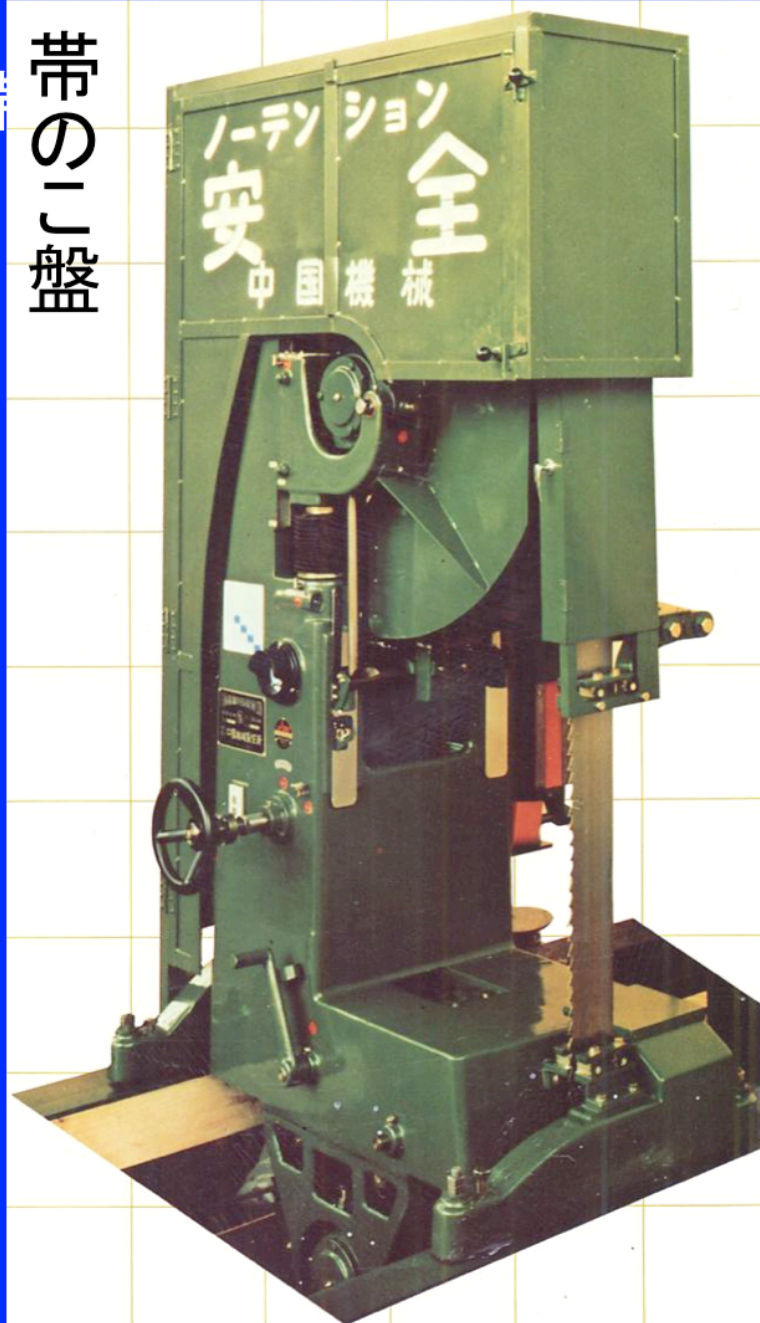
# 工具(鋸)の不安定化(2)

- 帯鋸のねじれ剛性の低下



# 工具(鋸)の不安定化(2)

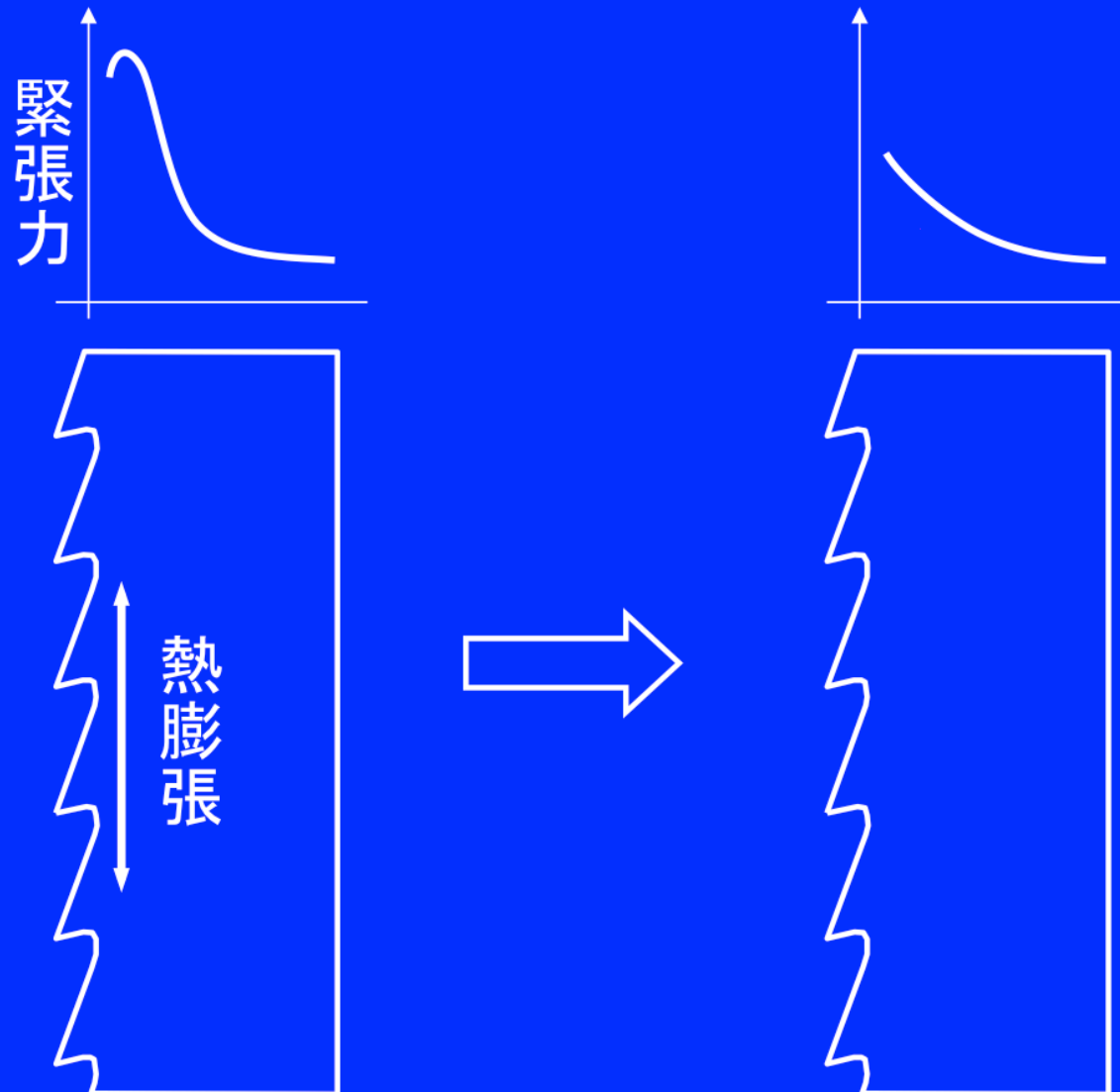
● 帯の「盤」



出所:中国機械(現・シーケーエス・チューキ)のカタログ

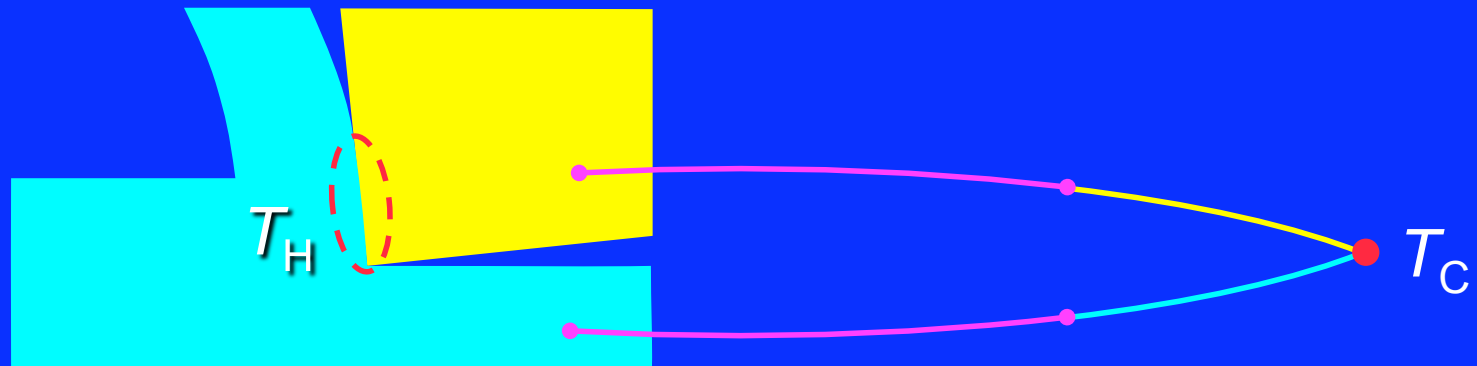
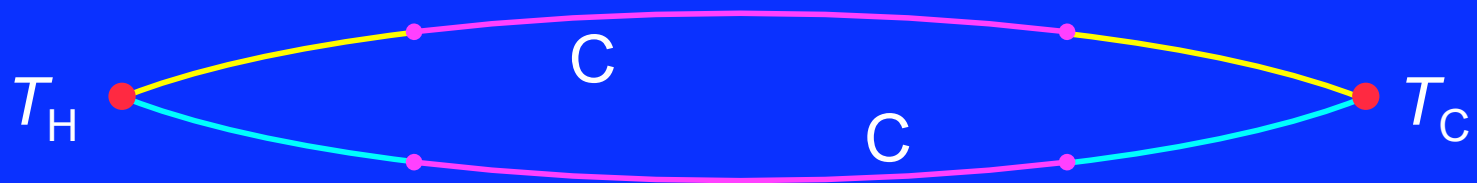
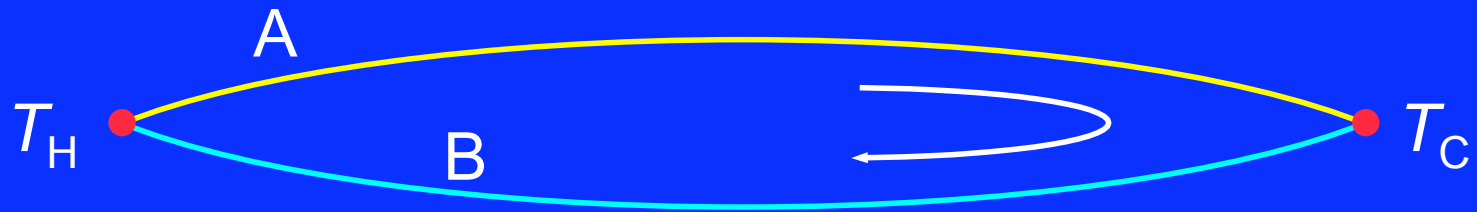
# 工具(鋸)の不安定化(2)

- 帯鋸のねじれ剛性の低下



# 工具温度の測定

- 工具－被削材熱電対法（金属切削における古典的方法）



# 工具温度の測定・推定

## 1. 熱電対・測温抵抗体の利用 [測定例]

工具への押し付け、貼付、溶接、埋め込み



# 工具温度の測定・推定

## 1. 熱電対・測温抵抗体の利用 [測定例]

工具への押し付け、貼付、溶接、埋め込み

## 2. 赤外線放射の利用 [測定例1] [測定例2]

非接触測定、装置によって点・線・面の測定、サーモグラフィ装置

# 工具温度の測定・推定

## 1. 熱電対・測温抵抗体の利用 [測定例]

工具への押し付け、貼付、溶接、埋め込み

## 2. 赤外線放射の利用 [測定例1] [測定例2]

非接触測定、装置によって点・線・面の測定、サーモグラフィ装置

## 3. 工具の物性、成分変化を利用した推定 [測定例]

- ① 焼入れ鋼の硬さ低下(焼戻し温度の推定)
- ② 成分分析(熱分析、オージェスペクトル)
- ③ 蒸着物質の溶融(蒸着膜法)

# 工具温度の測定・推定

## 1. 熱電対・測温抵抗体の利用 [測定例]

工具への押し付け、貼付、溶接、埋め込み

## 2. 赤外線放射の利用 [測定例1] [測定例2]

非接触測定、装置によって点・線・面の測定、サーモグラフィ装置

## 3. 工具の物性、成分変化を利用した推定 [測定例]

① 焼入れ鋼の硬さ低下(焼戻し温度の推定)

② 成分分析(熱分析、オージェスペクトル)

③ 蒸着物質の溶融(蒸着膜法)

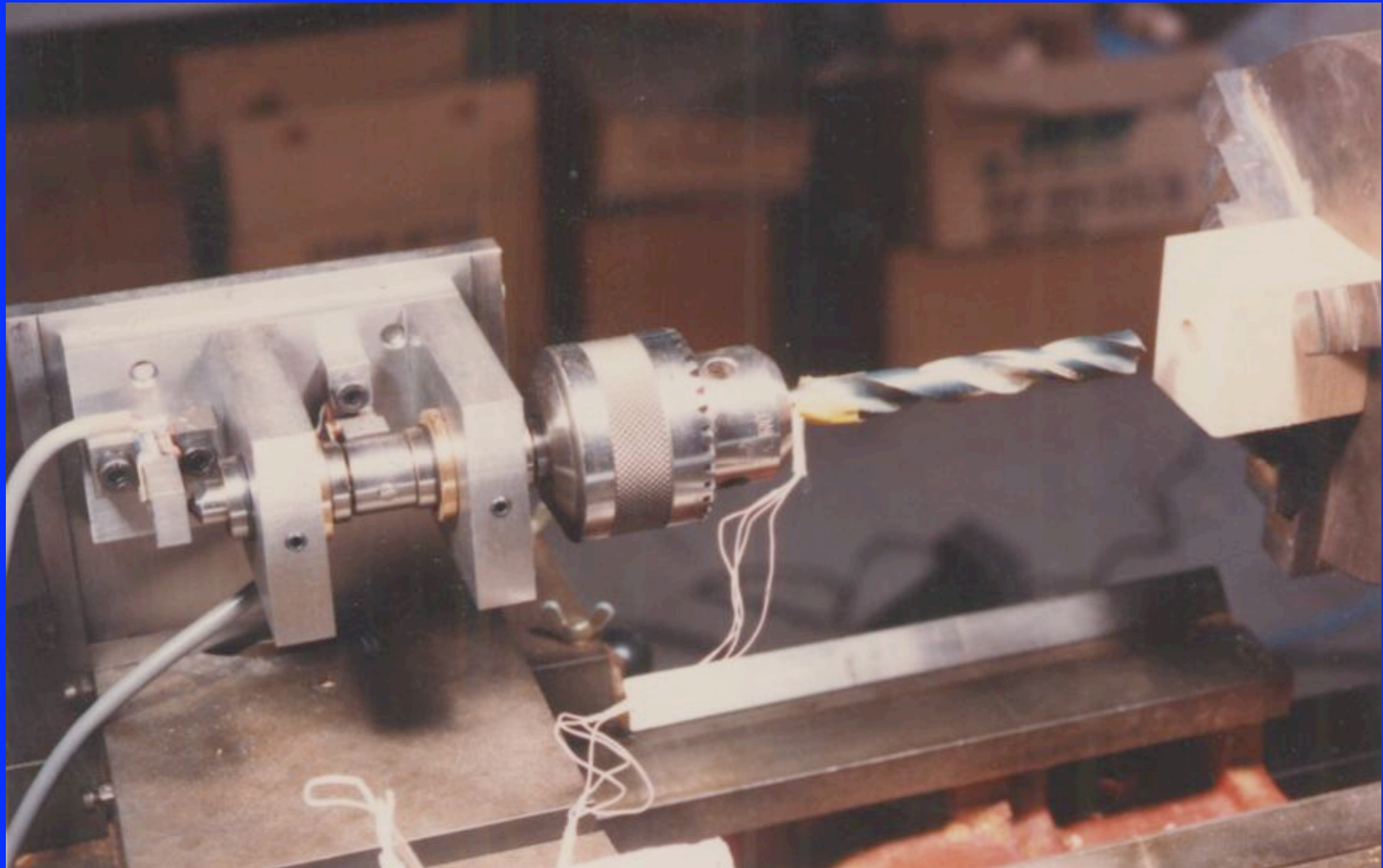
## 4. 切削温度の数値解析

定常または非定常熱伝導問題の数値計算

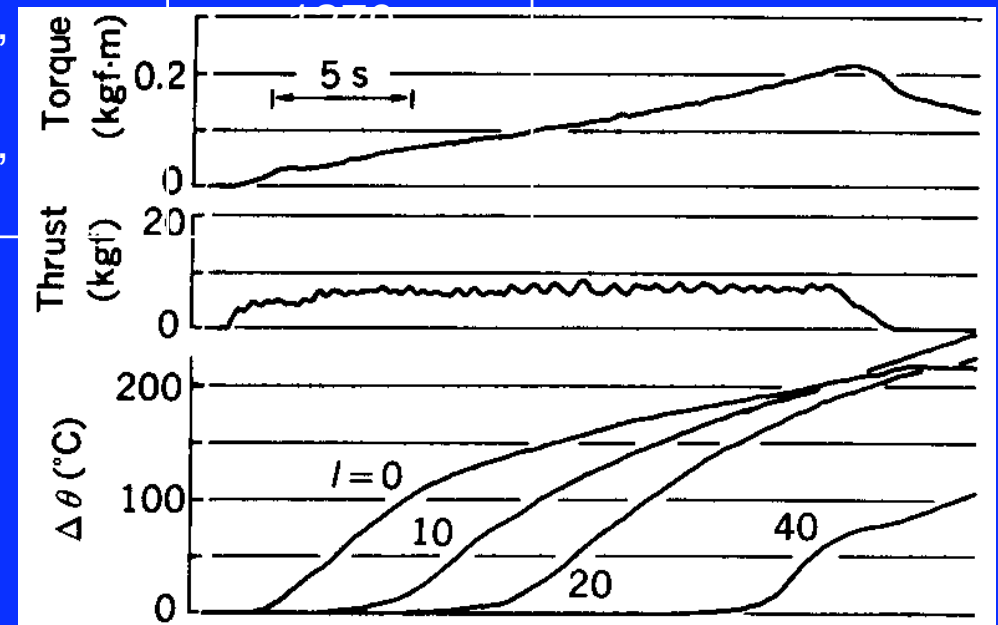
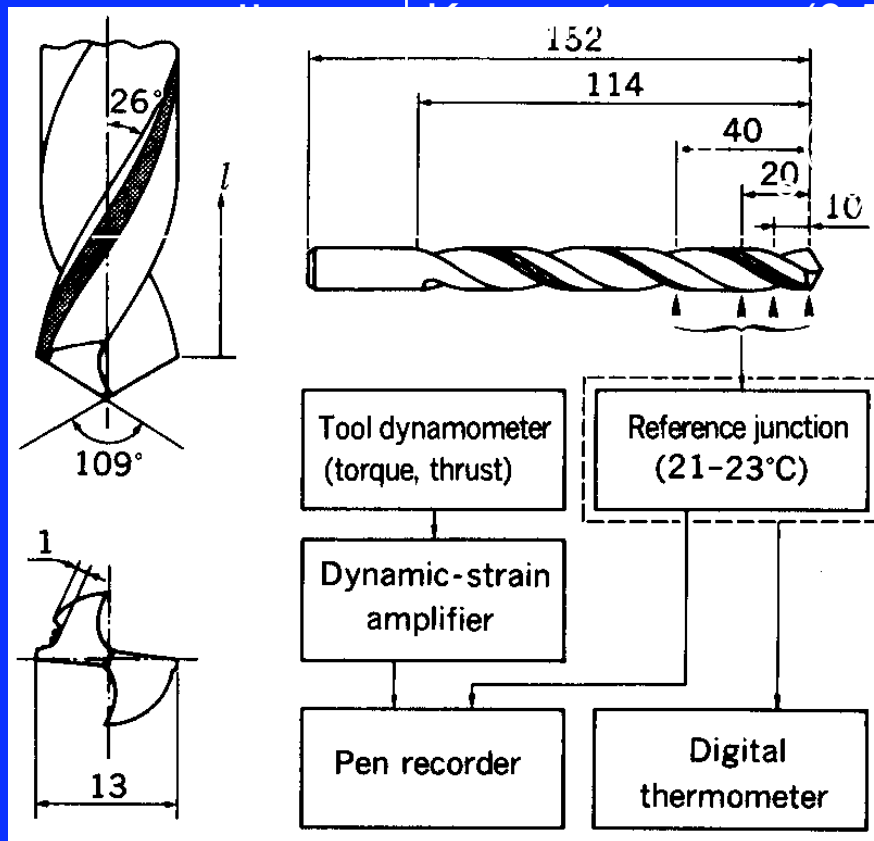
# 木材の穴あけ加工におけるドリルの温度

(奥村・藏津・杉原 1987)

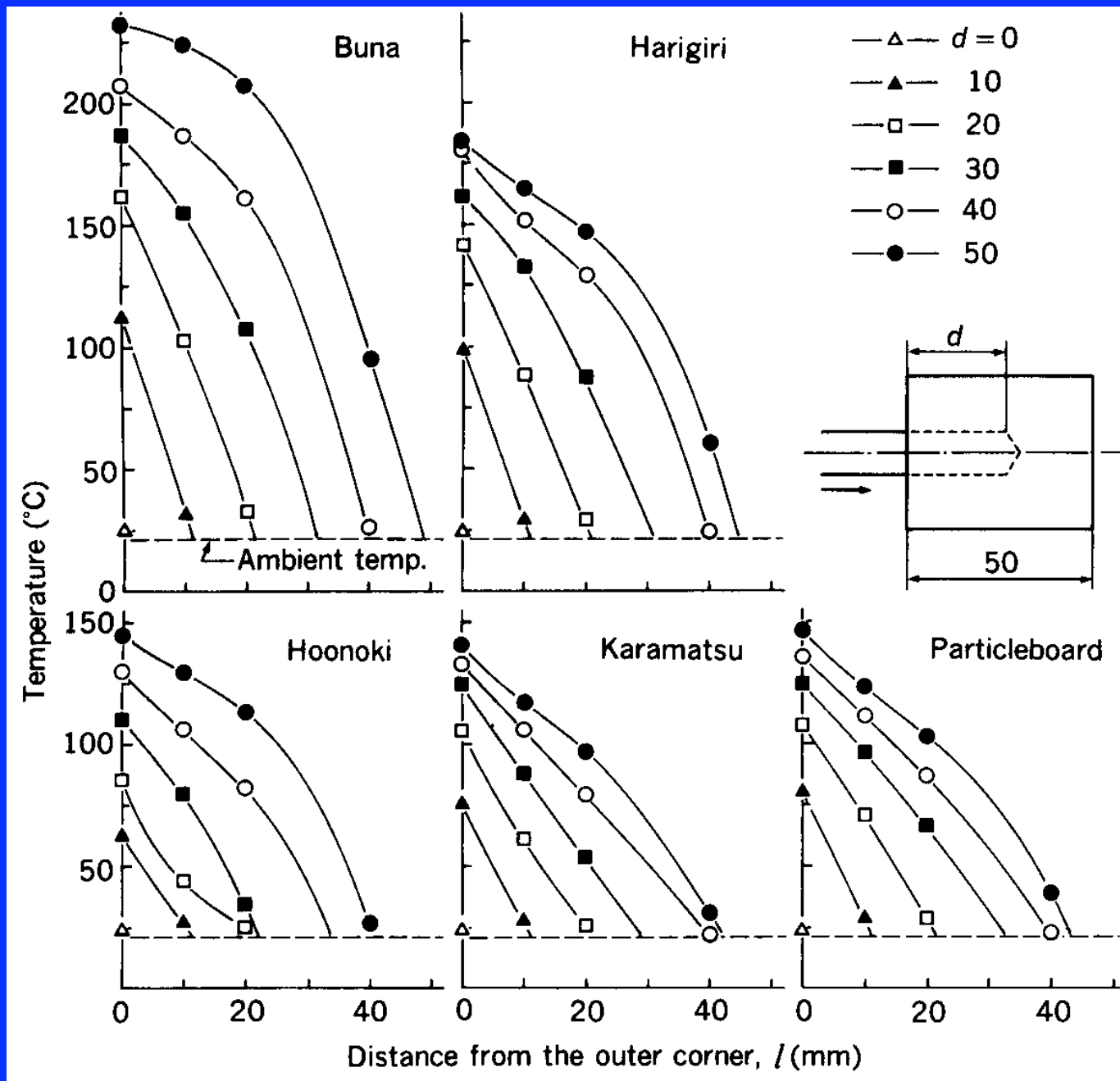
極細線熱電対による工具温度の測定



| Experiment | Workpiece              | Spindle speed (rpm) | Feed (mm/rev)  |
|------------|------------------------|---------------------|----------------|
| I          | Buna (0.66, 10.6%)     | 505                 | 0.117<br>0.343 |
|            | Harigiri (0.52, 10.3%) | 1248                |                |
|            | Hoonoki (0.47, 10.9%)  |                     |                |



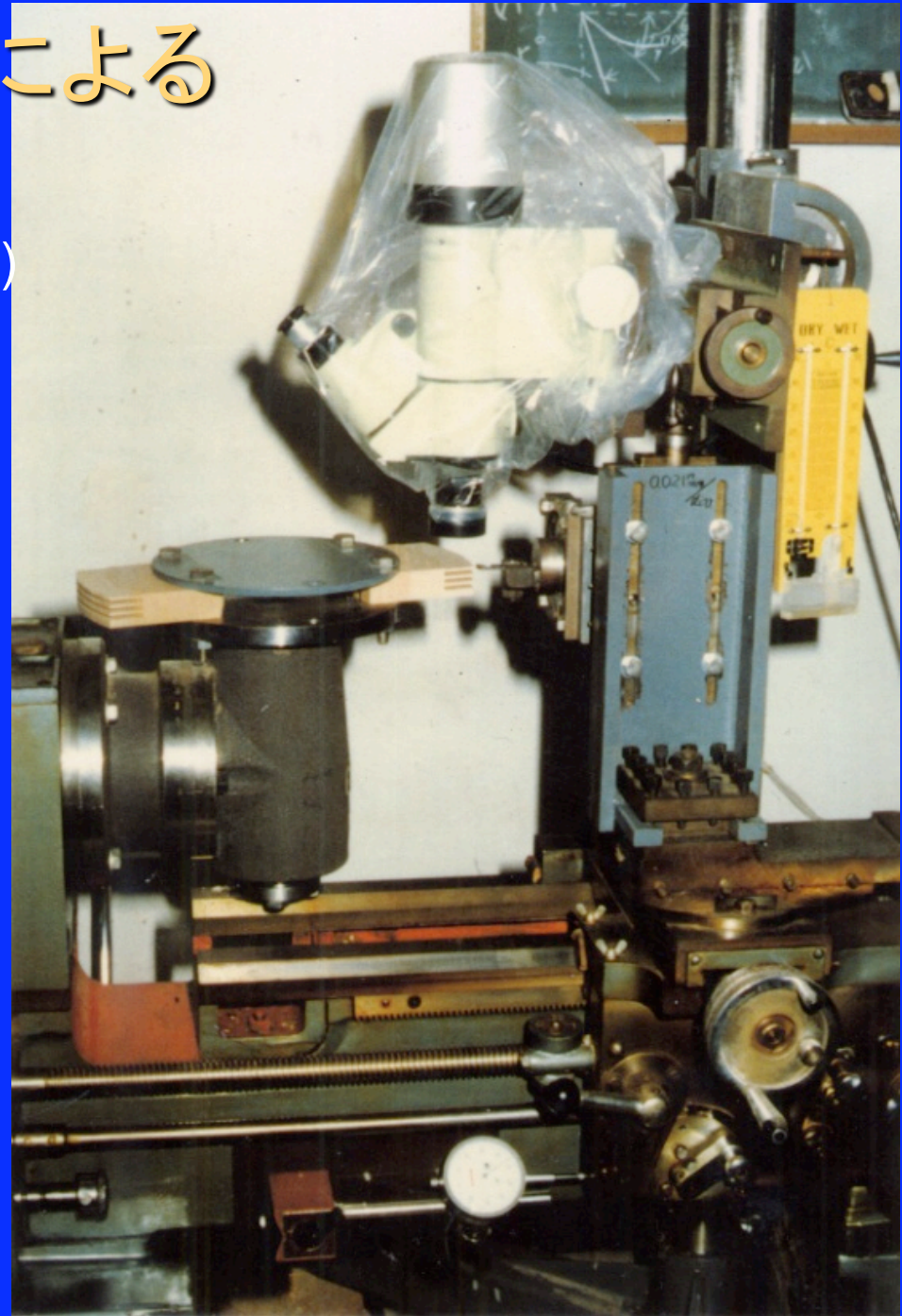
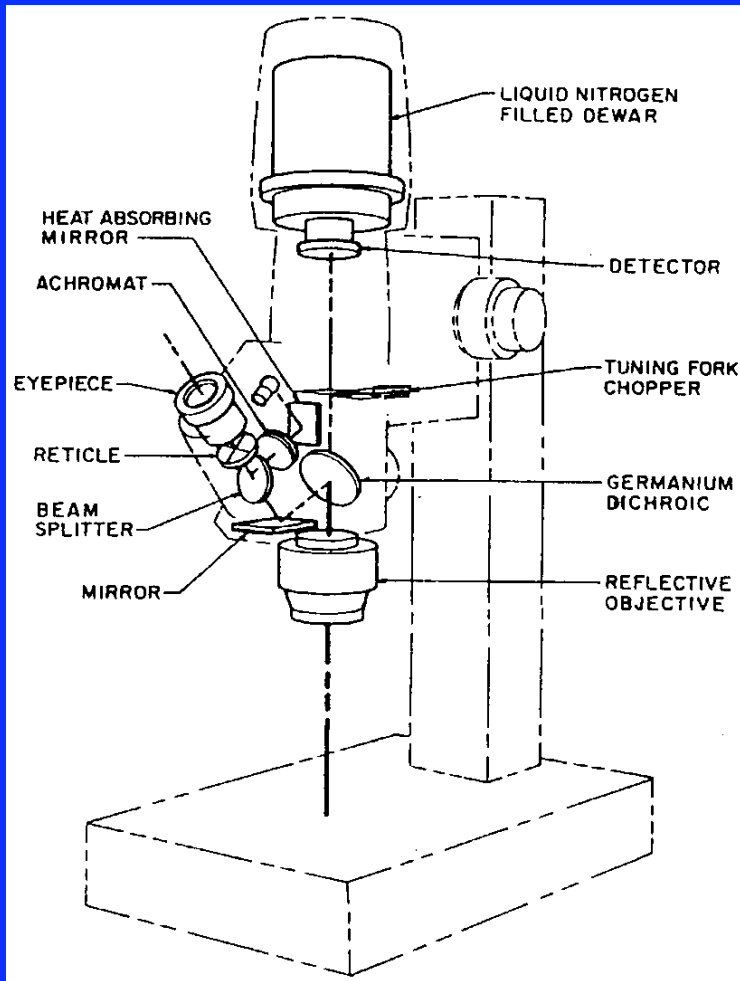
トルク、スラスト、温度上昇 ( $\Delta\theta$ ) の例  
(ブナ、1248 rpm、0.117 mm/rev)



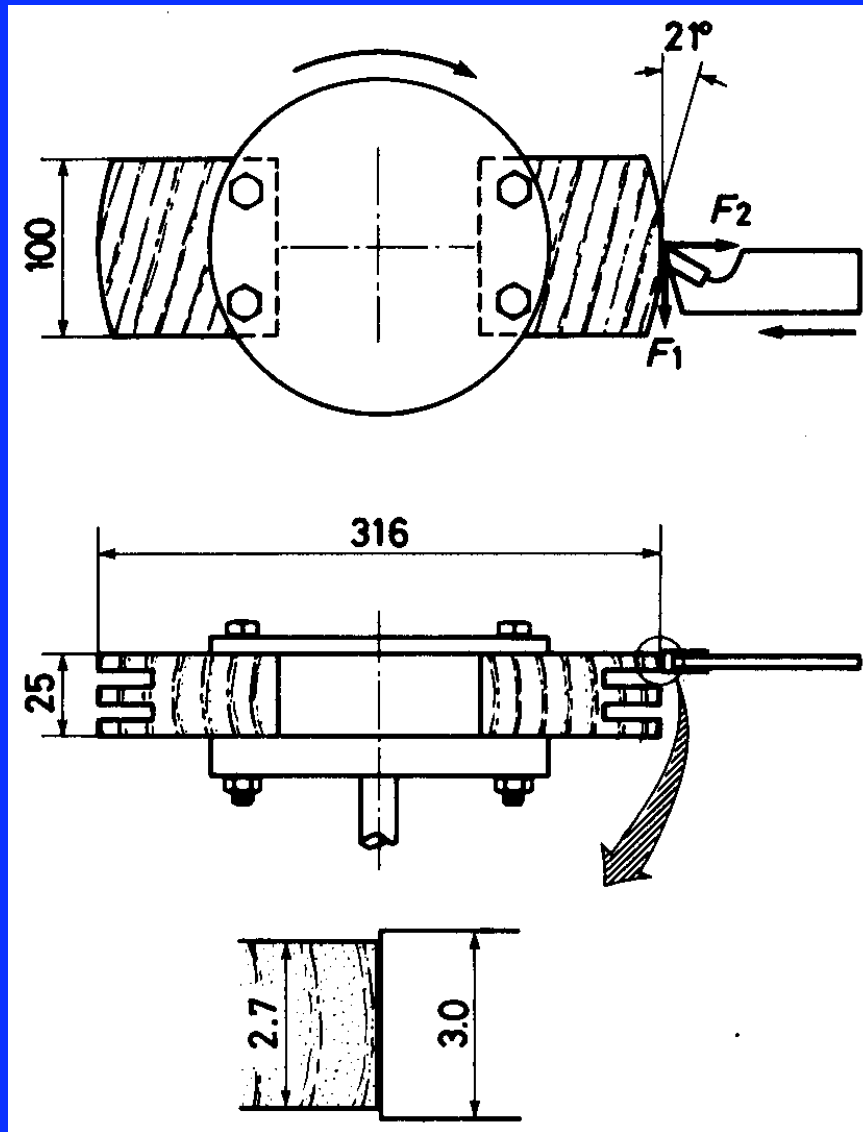
(奥村・藏津・杉原 1987)

# 赤外線放射顕微鏡による 刃先の温度測定

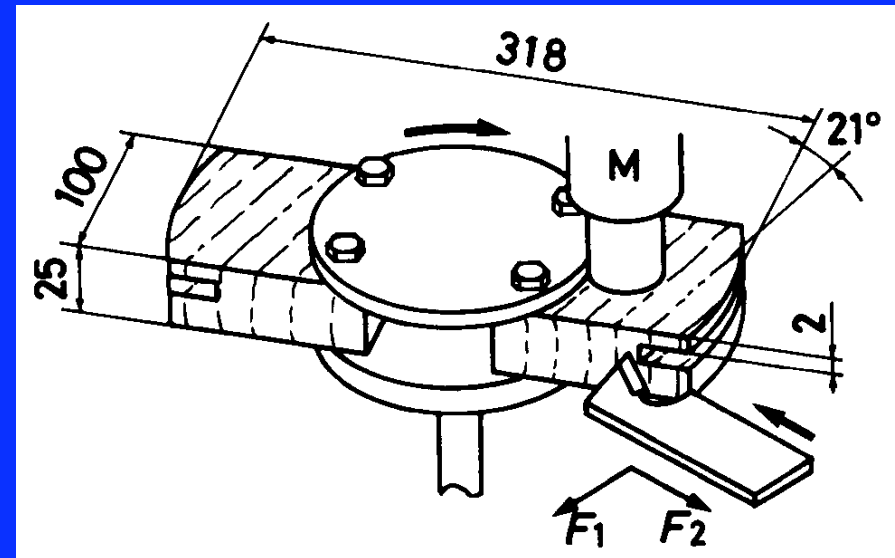
(Okumura, Okuda, Sugihara 1983)



(Okumura, Okuda, Sugihara 1983)



二次元切削



溝切り

$F_1$ : 主分力

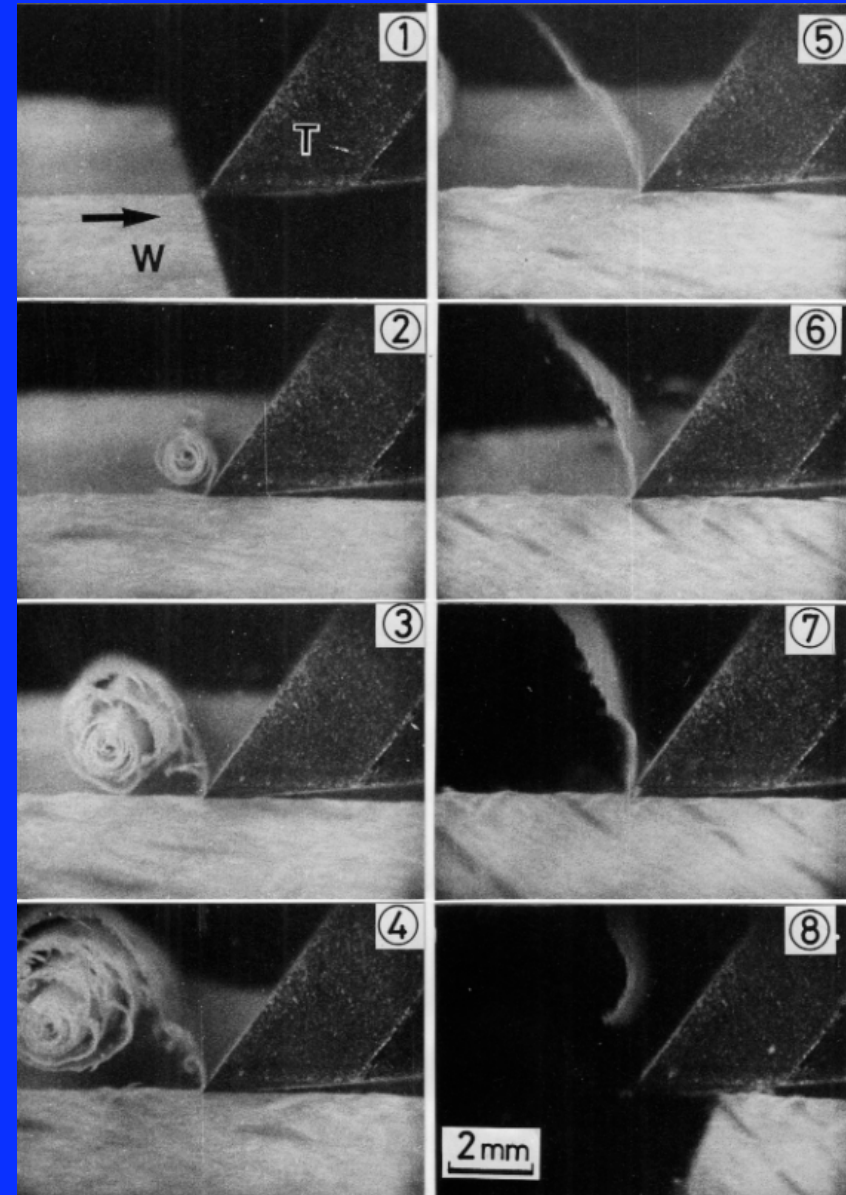
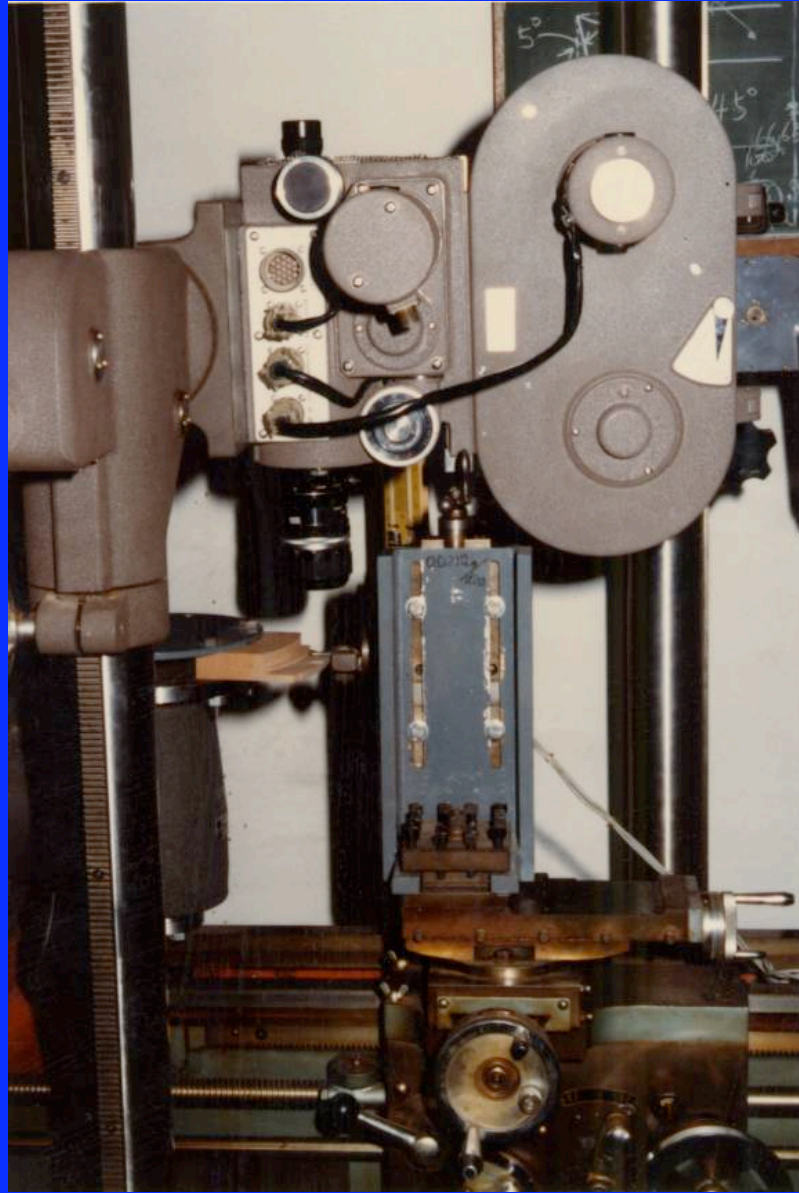
$F_2$ : 主分力

M: 赤外線放射顕微鏡

被削材: ブナ



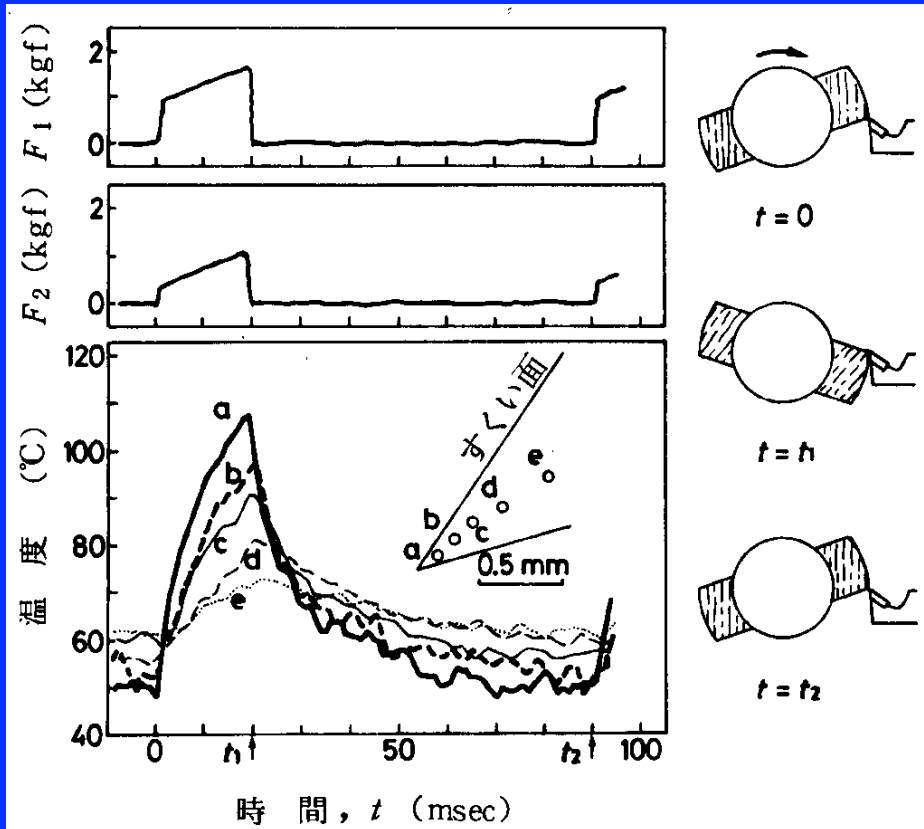
(Okumura, Okuda, Sugihara 1983)



高速度カメラと切削時の写真(5000コマ/秒で撮影した約3msごとの写真)

鋸歯:5-50-35、切削速度:5.4 m/s、送り:0.043 mm/rev

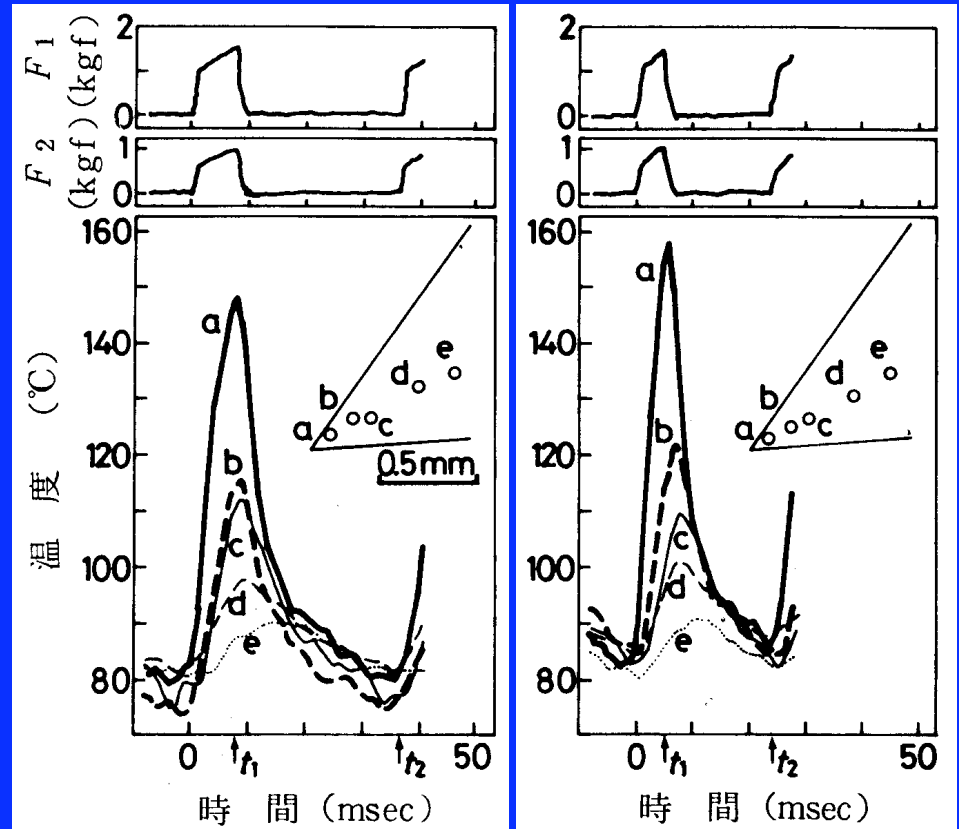
# 二次元切削



切削速度: 5.4 m/s

工具: 15-40-35

室温: 20°C



切削速度: 13.2 m/s

工具: 5-50-35

室温: 22°C

切削速度: 20.0 m/s

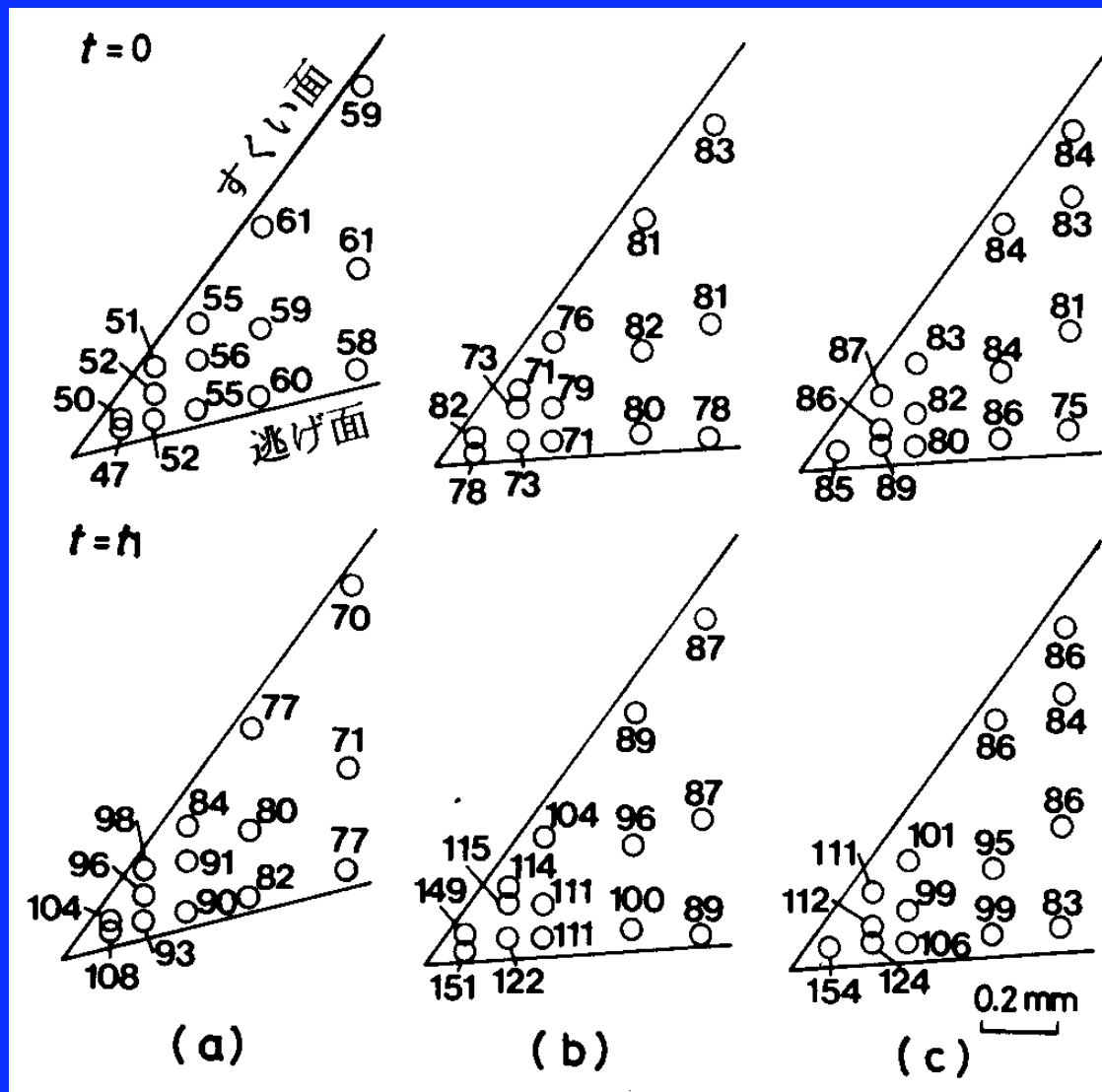
工具: 5-50-35

室温: 20°C

(Okumura, Okuda, Sugihara 1983)

(Okumura, Okuda, Sugihara 1983)

# 二次元切削



切削速度 5.4 m/s

工具 15-40-35

室温 20°C

13.2 m/s

5-50-35

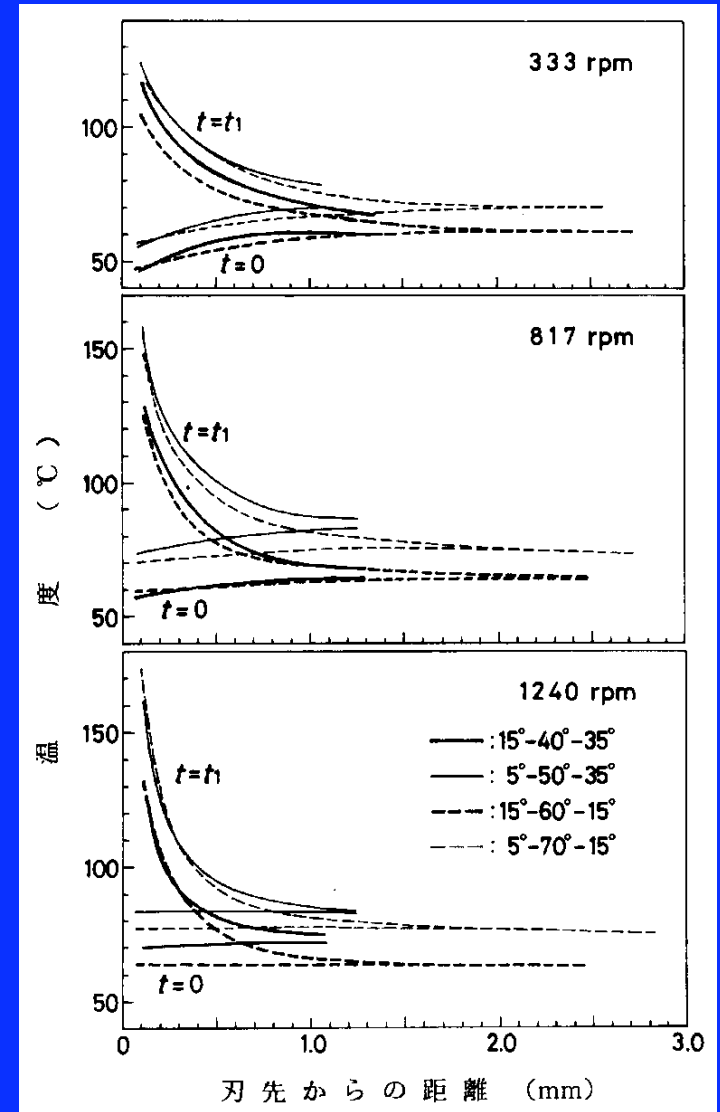
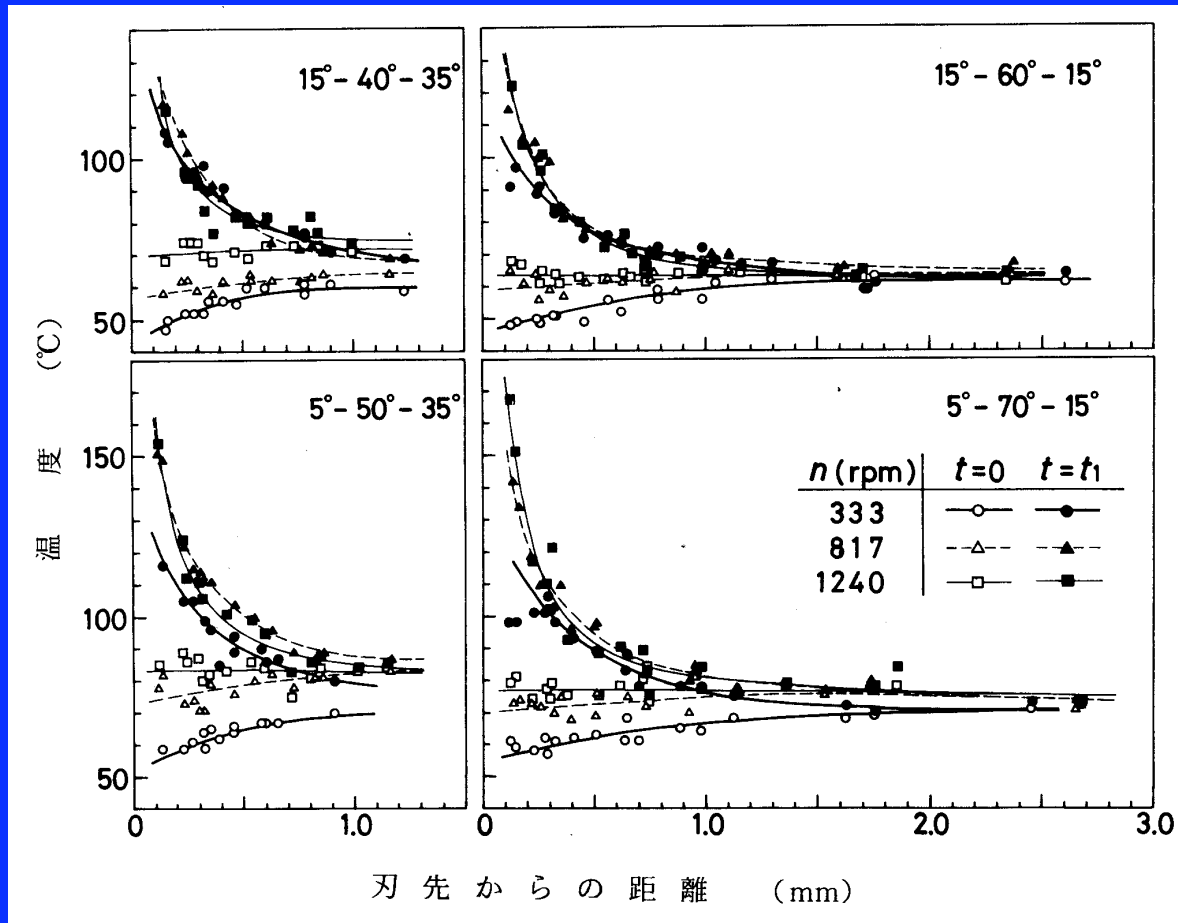
22°C

20.0 m/s

5-50-35

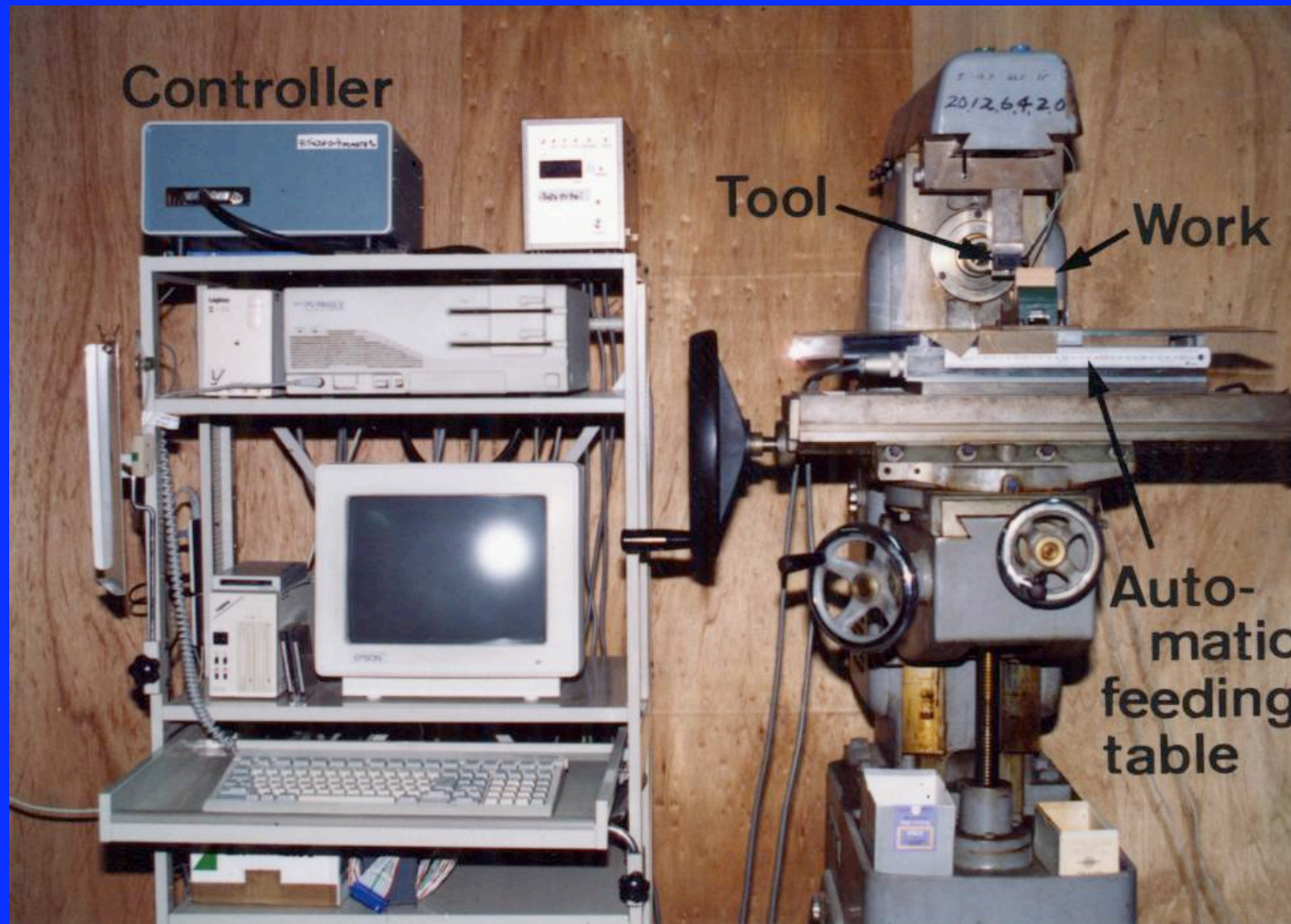
20°C

# 二次元切削

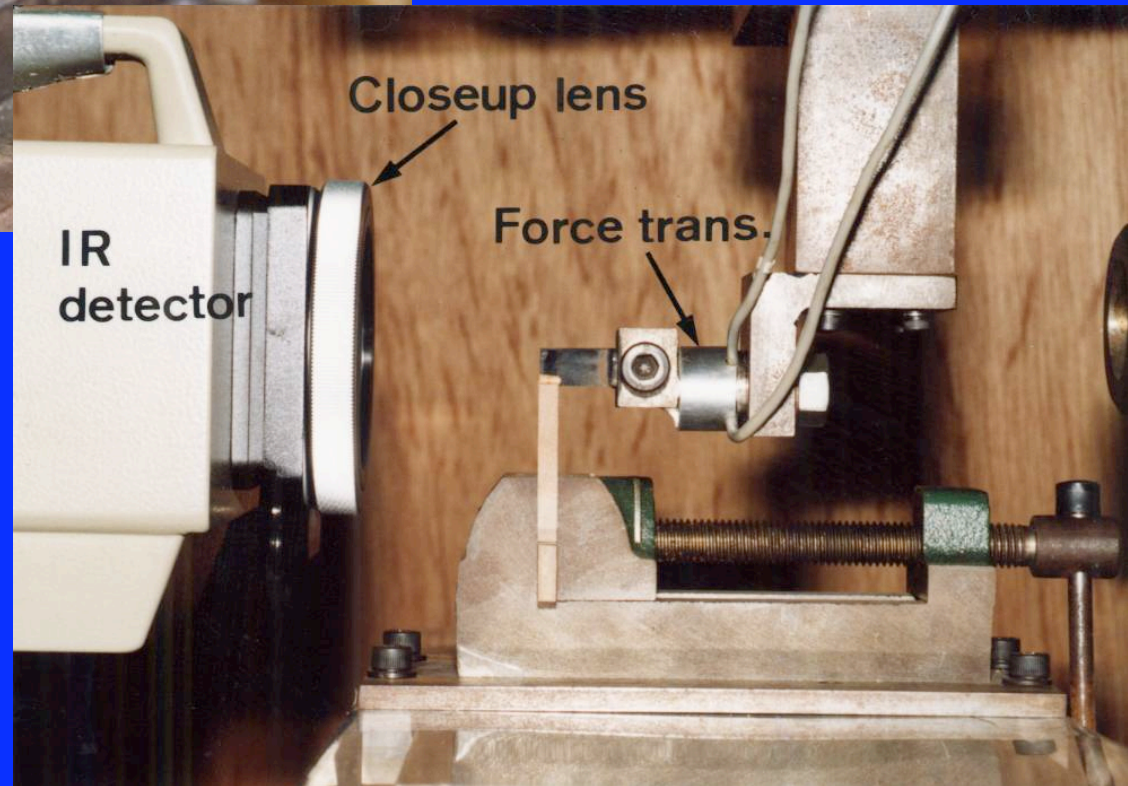
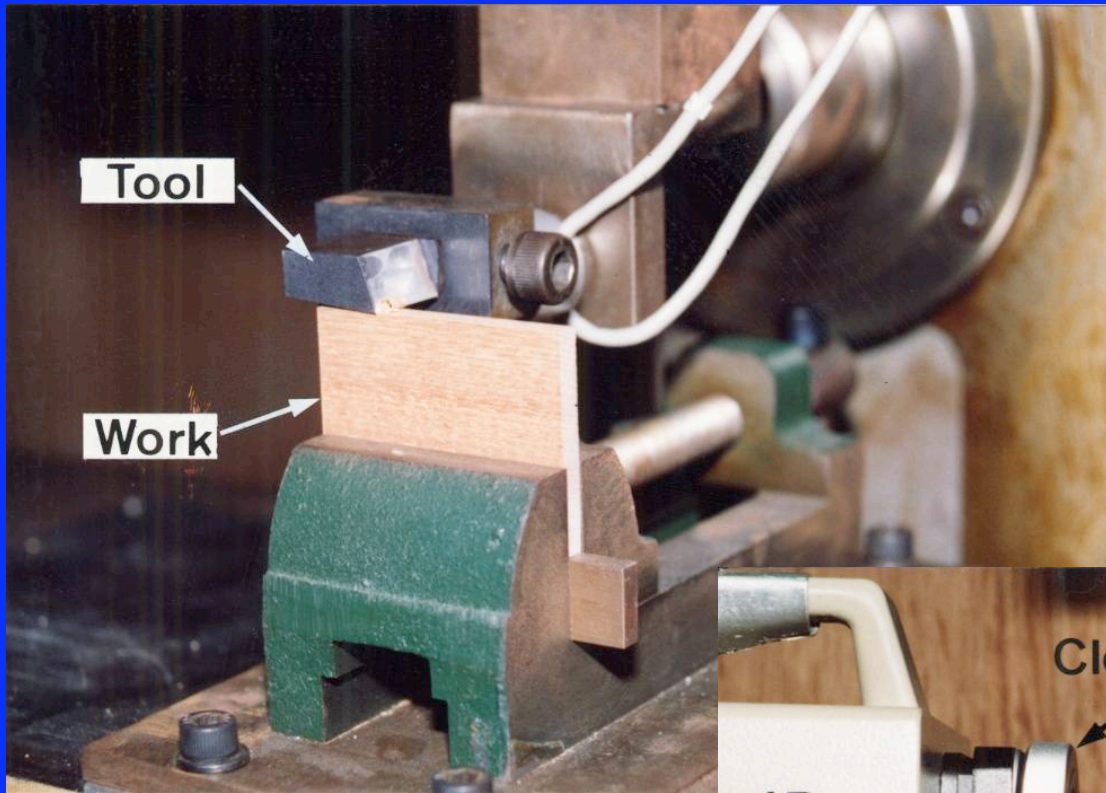


(Okumura, Okuda, Sugihara 1983)

# 低速二次元切削における 工具-切屑-母材系温度のサーモグラフィ (Okumura, Nanba, Noguchi 1993)



(Okumura, Nanba, Noguchi 1993)





5-65-20



10-60-20



5-45-40



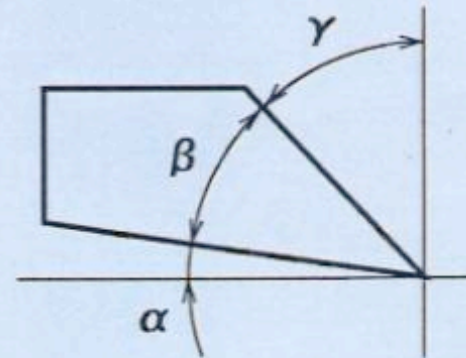
10-40-40



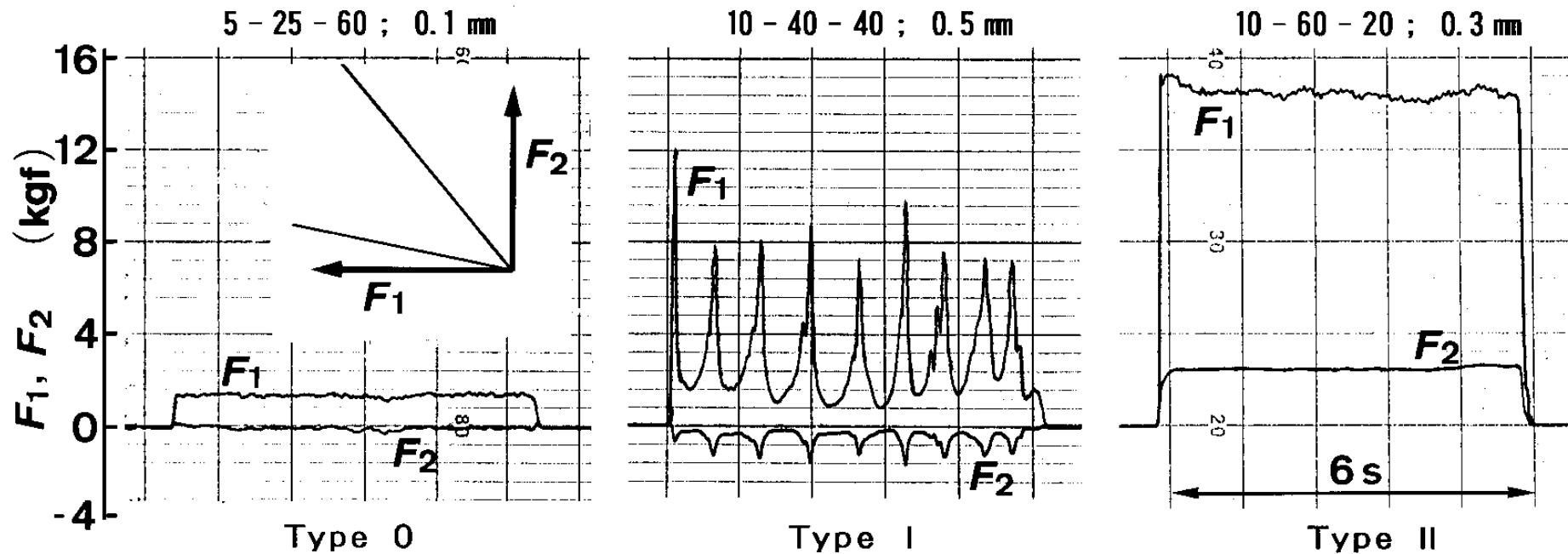
5-25-60

10 mm

$\alpha - \beta - \gamma$  (degree)



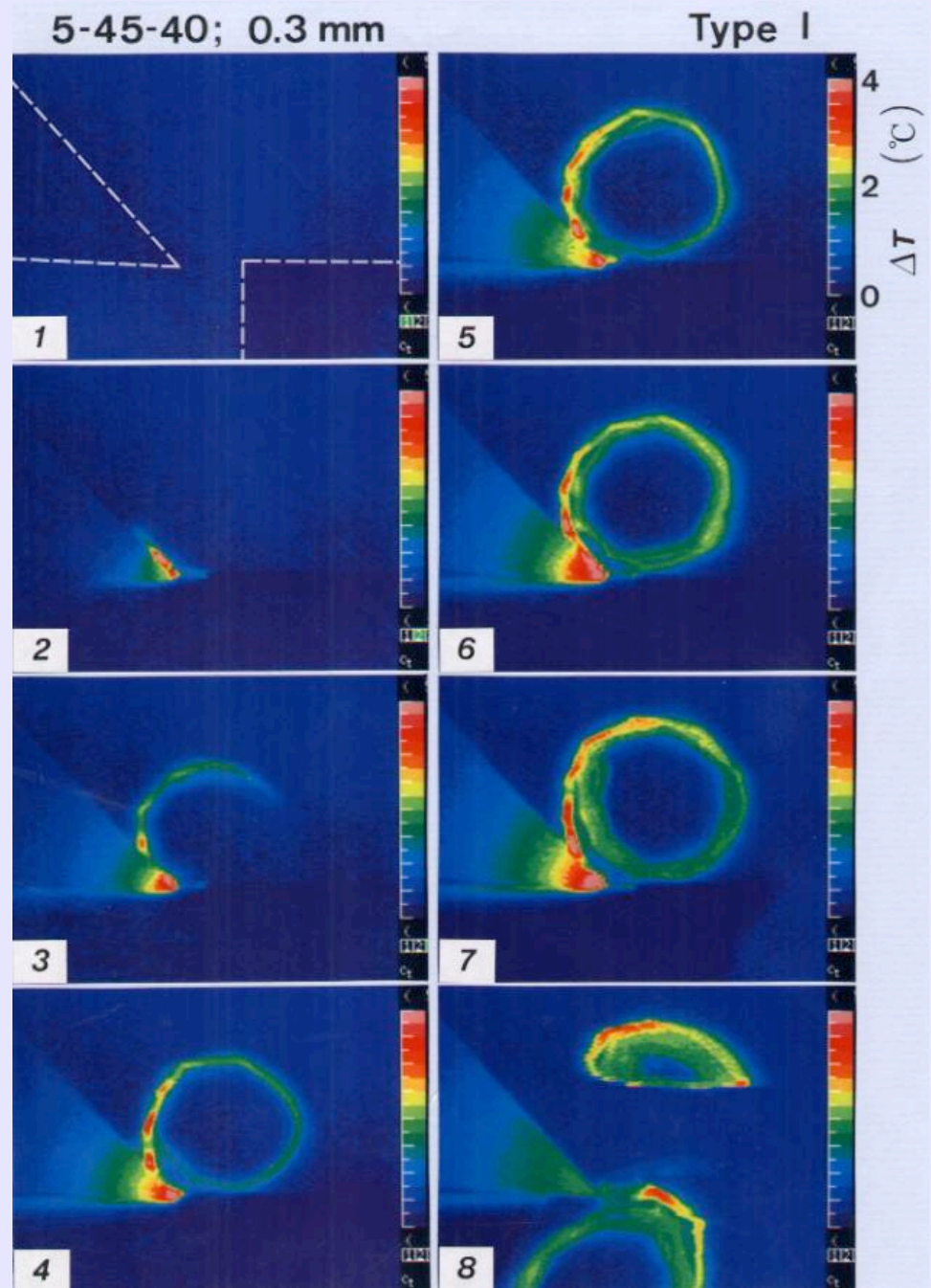
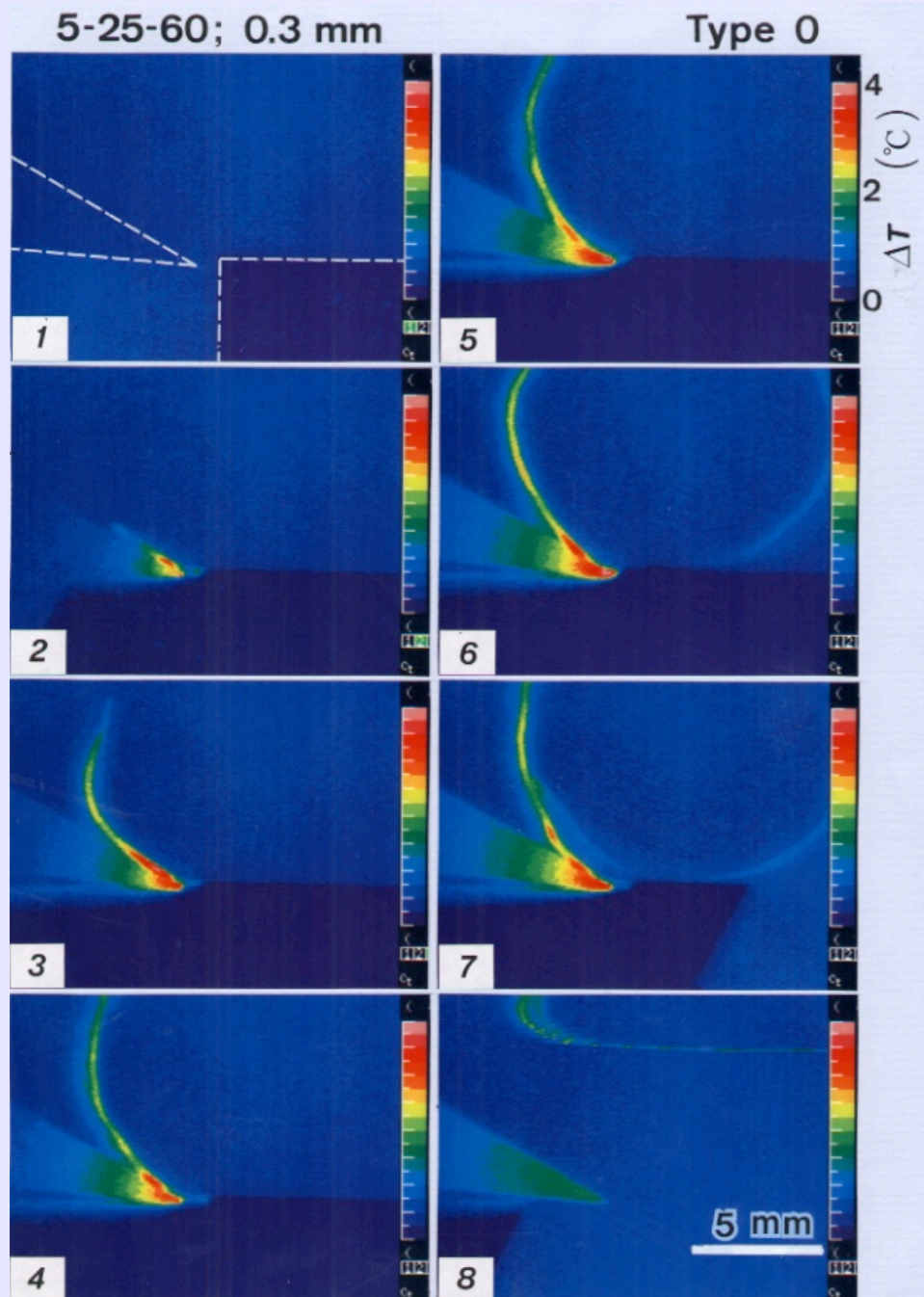
(Okumura, Nanba, Noguchi 1993)



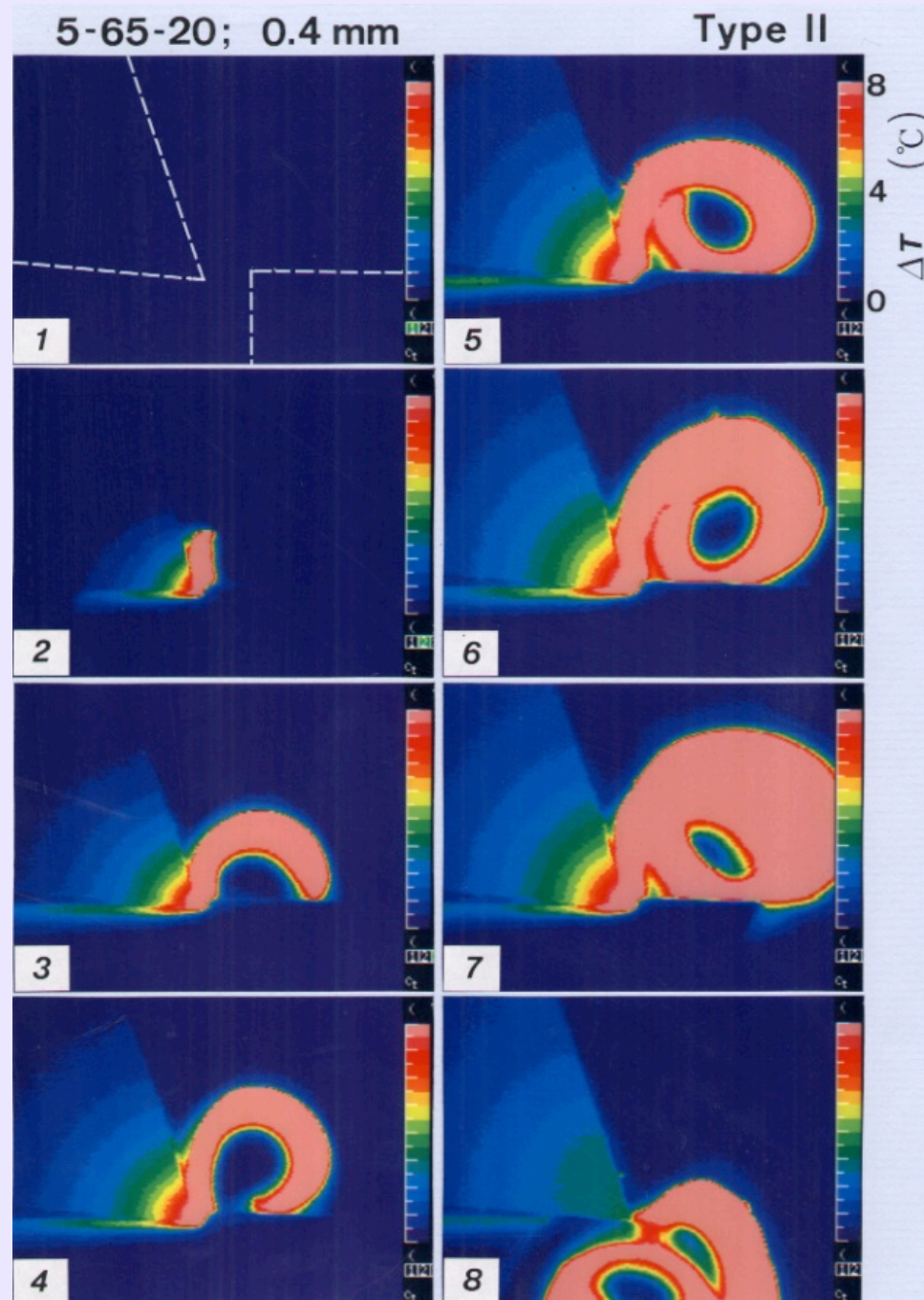
Type of chip formation

| Tool<br>( $\alpha - \beta - \gamma$ ) | Depth of cut (mm) |     |     |       |       |
|---------------------------------------|-------------------|-----|-----|-------|-------|
|                                       | 0.1               | 0.2 | 0.3 | 0.4   | 0.5   |
| 5 - 65 - 20                           | II                | II  | II  | II    | -     |
| 10 - 60 - 20                          | II                | II  | II  | II    | -     |
| 5 - 45 - 40                           | 0                 | I   | I   | I     | I     |
| 10 - 40 - 40                          | 0                 | I   | I   | I     | I     |
| 5 - 25 - 60                           | 0                 | 0   | 0   | 0 - I | 0 - I |

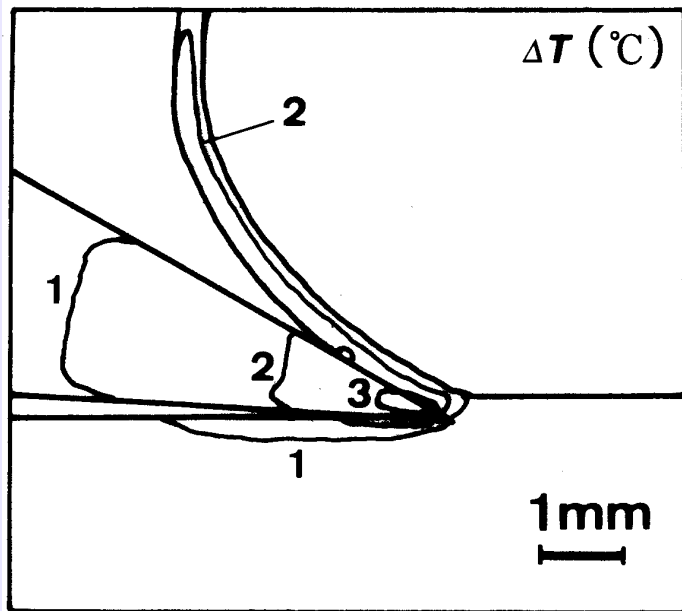




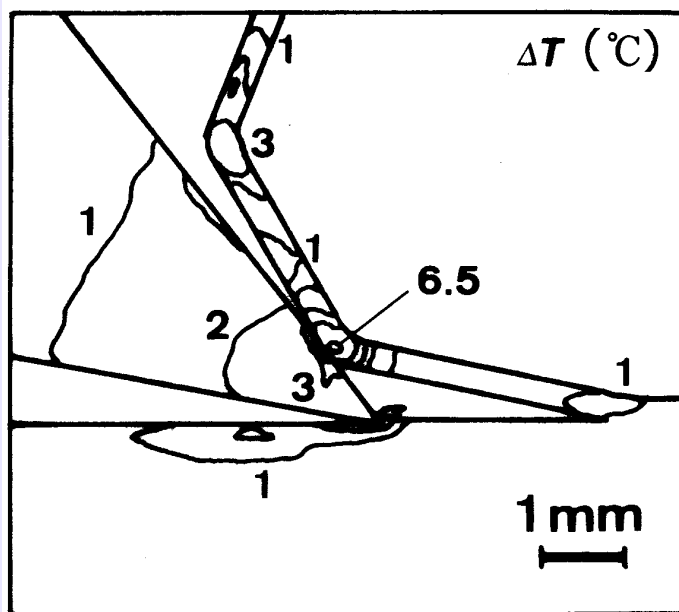
(Okumura, Nanba, Noguchi 1993)



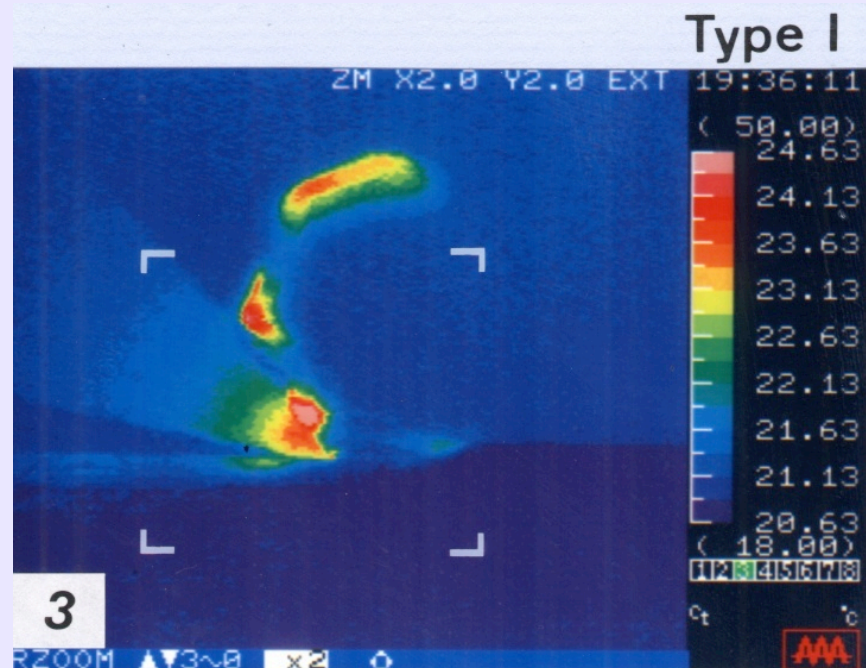
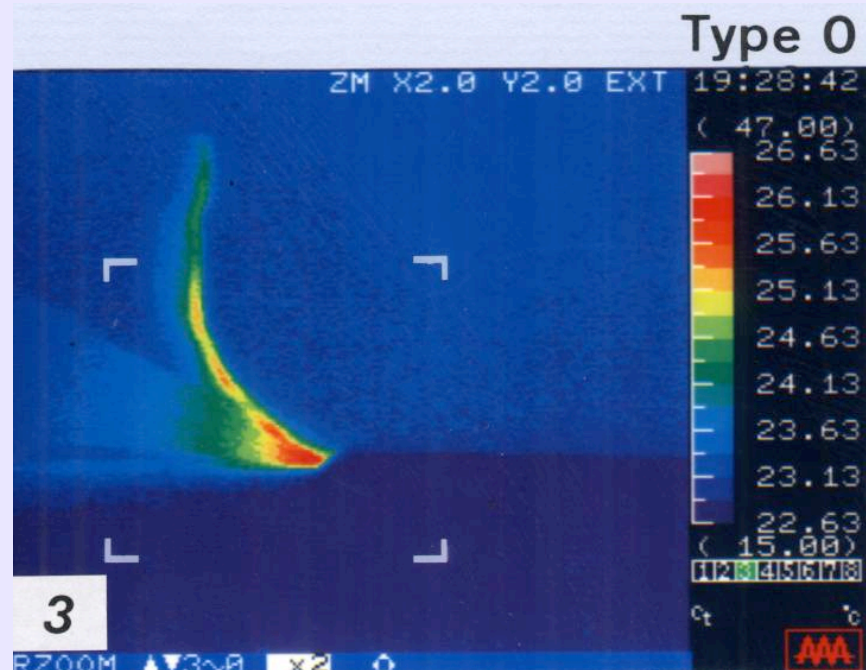
(Okumura, Nanba, Noguchi 1993)



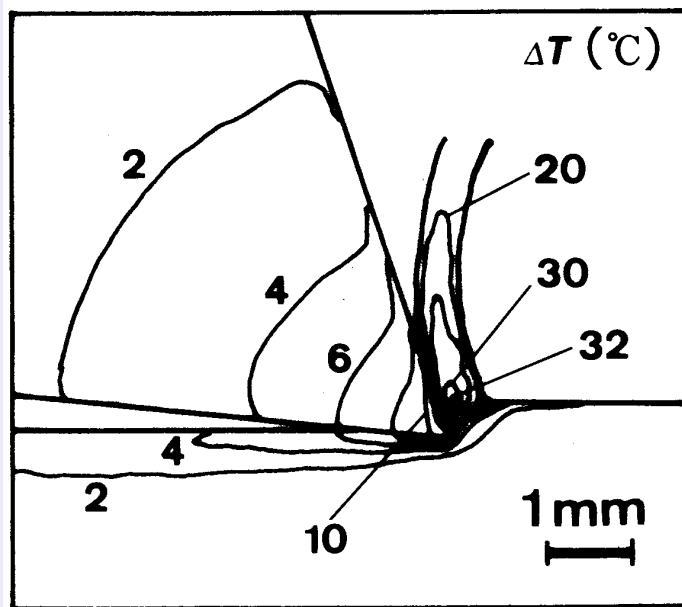
5-25-60; 0.3 mm



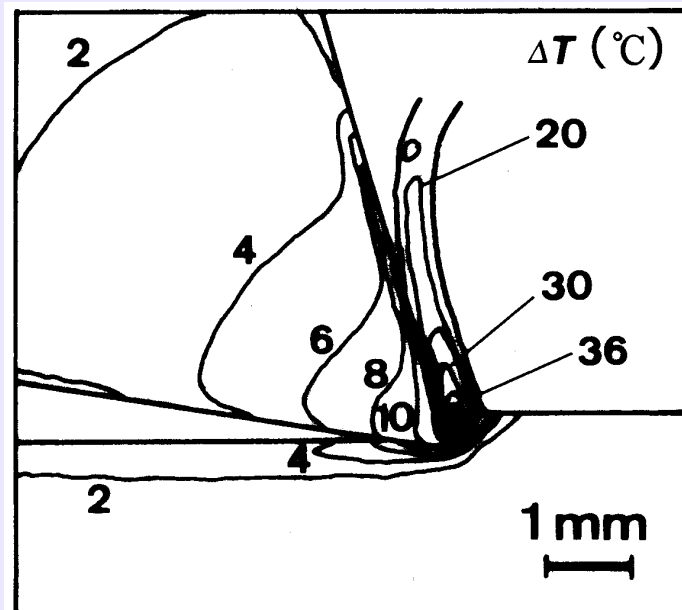
10-40-40; 0.3 mm



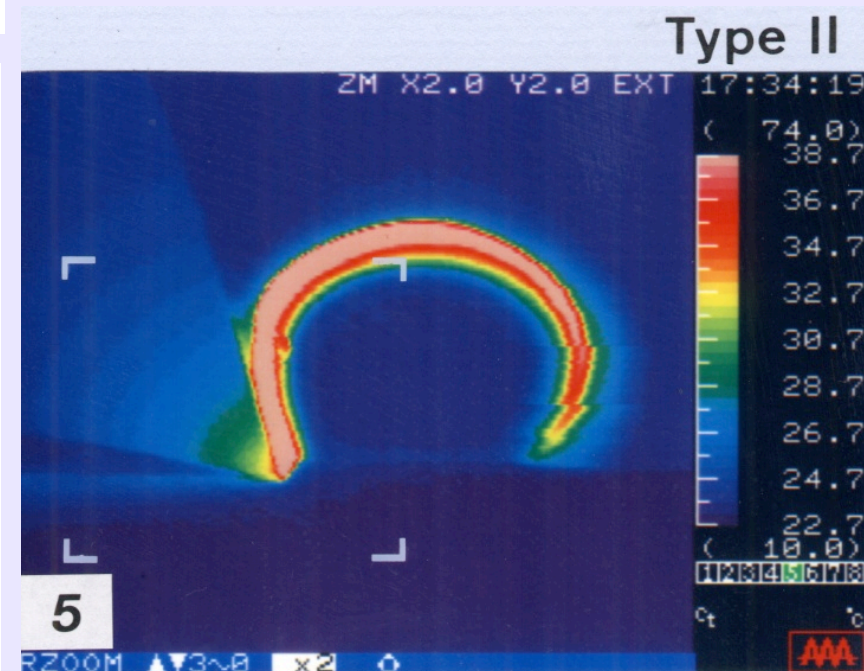
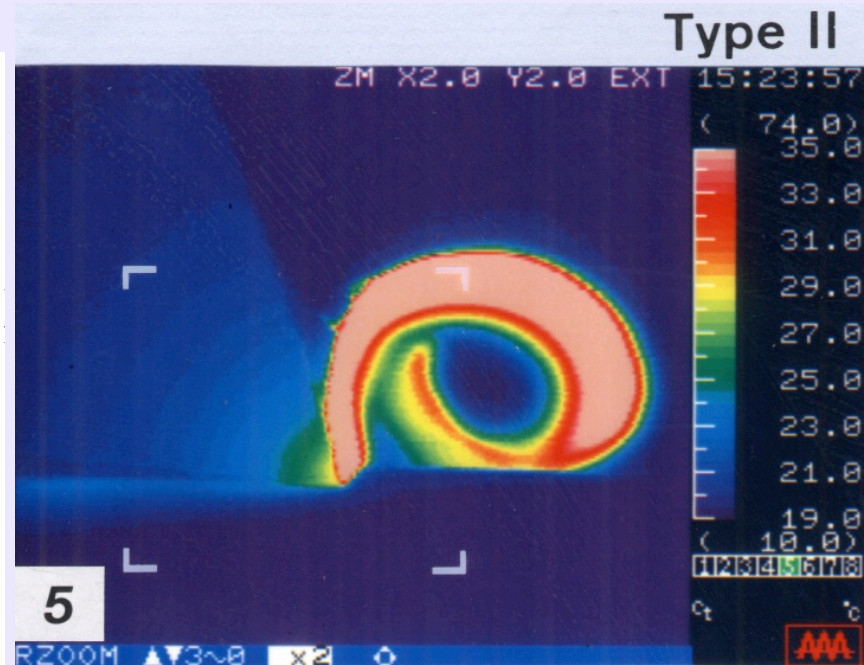
(Okumura, Nanba, Noguchi 1993)



5-65-20; 0.4 mm



10-60-20; 0.4 mm

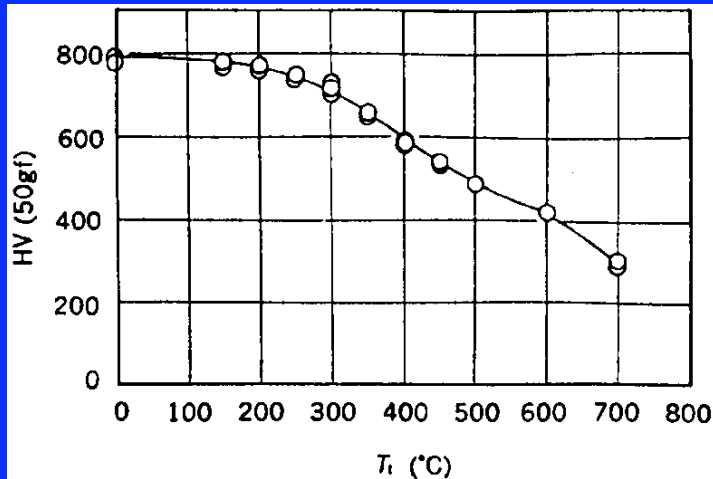


(Okumura, Nanba, Noguchi 1993)

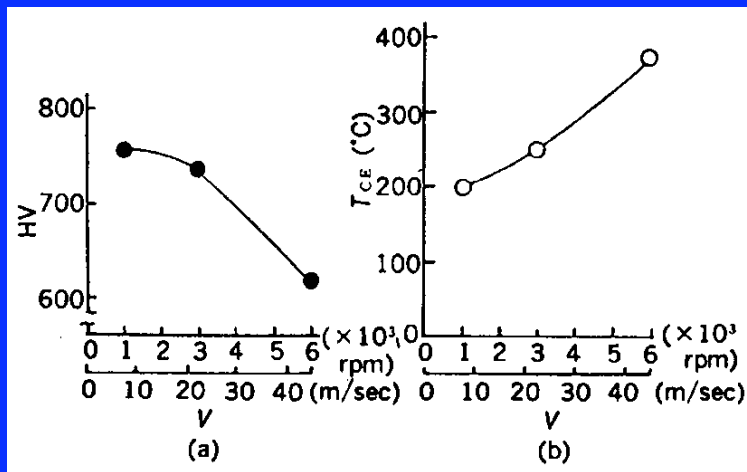
# 工具温度の推定例

## ① 焼き入れ鋼の硬さ低下（焼き戻し温度の推定）

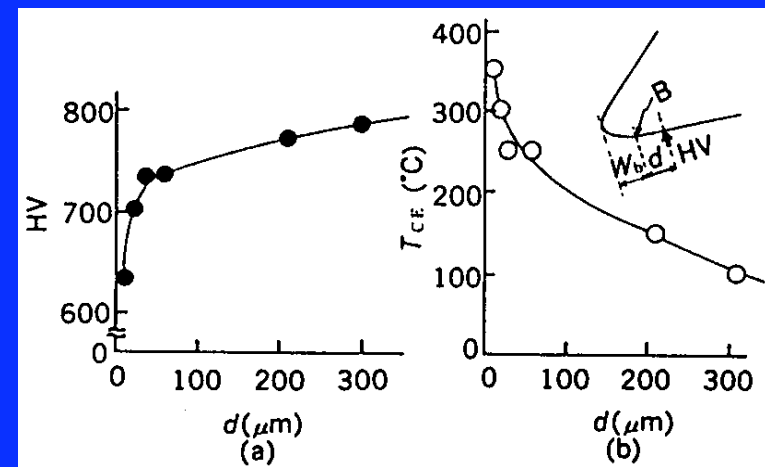
（林・大野・伊藤 1986）



合金工具鋼（SKS-3）の  
焼き戻しによる硬さの低下

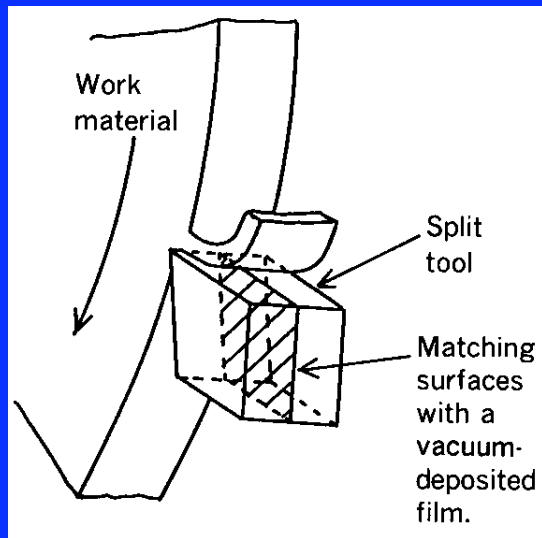


切削速度と推定温度



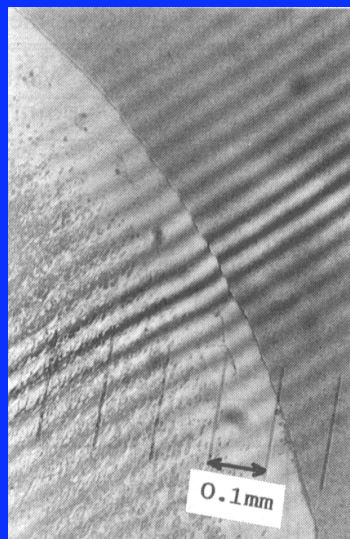
部位と推定温度（切削速度：44 m/s）

### ③ 蒸着物質の溶融(蒸着膜法) (Tsutsumi, Kato, Hayashi 1989)

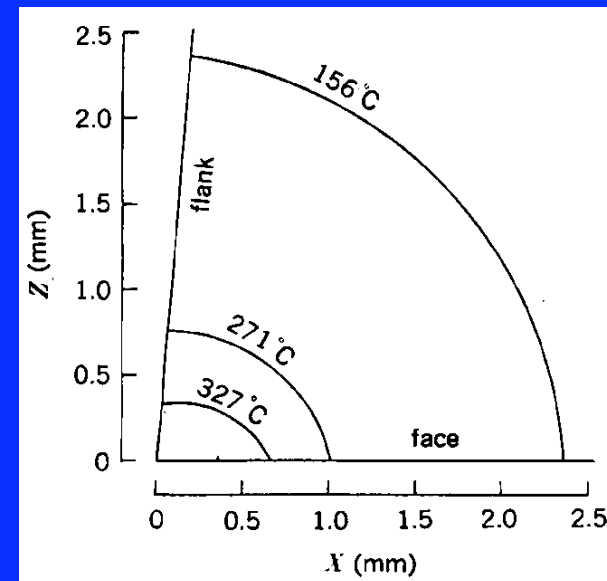


蒸着面を挟んだ分割工具

| Material        | Melting point (°C) |
|-----------------|--------------------|
| Indium          | 156                |
| Tin             | 232                |
| Bismuth         | 271                |
| Lead            | 327                |
| Tellurium       | 450                |
| Antimony        | 631                |
| Sodium chloride | 800                |



蒸着膜の干渉顕微鏡写真



工具断面における温度分布