

木型用 春陽木의 切削加工 特性에 關한 研究 (第1報) *1

- 切削中 工具面의 応力分布에 미치는 接觸칩의 影響 -

金 政 斗 *2

Study on the Machinability of *Pinus densiflora* at Chunyang District for Wood Patterns. *1

- Effect of Chip-Tool Contact Stress Distribution in Workpiece During of Wood Machining -

Jeong Du Kim *2

SUMMARY

Machinabilities means inherent properties of *pinus densiflora* at Chunyang district to be CNC machined easily or not, and processing abilities of the tool and machine together. This explanation signifies that machinabilities have two phases of signification, depended on considering and stress either materials or tools preferentially. This paper discuss machinabilities, the following items are usually employed as the indices of stress distribution at the cutting tool rake face. The stress distributions on the chip - tool contact surface at the early stage of the chip forming and under the stage of fringe pattern in wood cutting were analyzed the photoelastic method. The tool used in the present experiment was the special cutting tool H.S.S. one made in laboratory. And isochromatic fringe pattern and isolinic line of work piece by chip-behavior during the cutting operation were photographed with the feed camera continuously. The effects on the stress distribution on the rake face of the epoxy tool and the strain distribution in the work piece of wood plate by chip behavior are cleared in present experiment.

1. 緒 論

砂型(Sand mould) 製作用 材料로 木材류가 널리 사용 되고 있으며, 木材는 熱의 不良導體이고 膨脹係數가 적으며, 加工이 容易하고 價格이 低廉한

長點등이 있으나, 組織이 不均一하고 可燃性이 있는 등 많은 缺點이 있다. 그러나 最近에 와서 鑄物의 精密化 및 鑄物加工의 一次加工 만으로 製品을 要求하는 傾向이 漸次的으로 增大되고 있으며 이를 만족하기 위하여서는 木型用 材料의 均質

*1. 接受 1988年 10月28日, Received October 28, 1988.

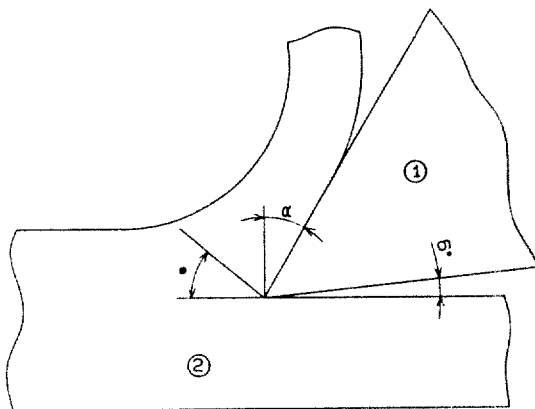
*2. 韓國科學技術大學 生産機械工學科 Dept. of Mech. & Prod. Engineering, Korea Institute of Technology, Tae Jeon. 302 - 338, Korea.

化, 木材加工의 CNC化와 最適 切削條件의 選擇 이라고 보겠다. 最近 大型用 材料로 最適이라고 일컬어지는 春陽木은 太白山脈 南部一帶의 樹型이 곧고 材質이 좋으며 心材가 많고 붉은 소나무로서, 이 地域의 소나무를 1900年代初에 伐採하여 慶北 奉化의 春陽驛에 集材, 서울 등 大都市로 搬出하였기 때문에 春陽木 或은 春陽材라고 부르게 되었다.²⁾

소나무계인 春陽木은 心材率이 87%로 一般소나무에 비하여 특히 높고 색이 붉어 現地에서는 赤松이라고 부르며 樹型과 生長, 材質이 우수한 것으로 알려져 있을뿐, 木型用 木材로서의 切削加工에 대하여 國內外的으로 研究된바는 없는 실정이다. 따라서 本 研究에서는 春陽木의 被削性을 分析하여 木材開發의 基礎資料로 應用하기 위한 방안으로 第1報에서는 木材의 切削中 二次元 切削狀態의 應力을 光彈性法³⁻⁹⁾으로 工具 및 被削材에 미치는 影響에 대하여 研究하였다.

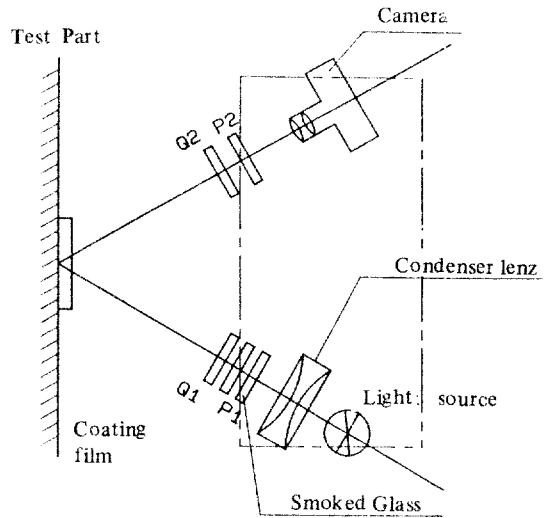
2. 實驗方法

本 實驗은 平削의 切削加工法에 대한 木材模型 實驗으로서 工具和 被削材에 각각 에폭시 레진을 被覆板으로 製作한후 2-3mm 정도의 다듬질 餘裕를 두고 실험으로서 끊어낸후 고운줄로서 다듬질 하였고 投射面에 傷處가 나지않도록 취급에 유의 하였다. 에폭시 樹脂系는 合成樹脂 100%인 接着



① Cutting Tool (H.S.S) ② Work Piece (Wood)
 ③ α : $20^\circ, 0^\circ, -20^\circ$

Fig. 1. Shape Model of Wood Cutting.



- P₁ : Polaroid plate
- P₂ : Analytic plate
- Q₁ : 1st Quarter wave plate
- Q₂ : 2nd Quarter wave plate

Fig. 2. Schematic diagram of polariscope.

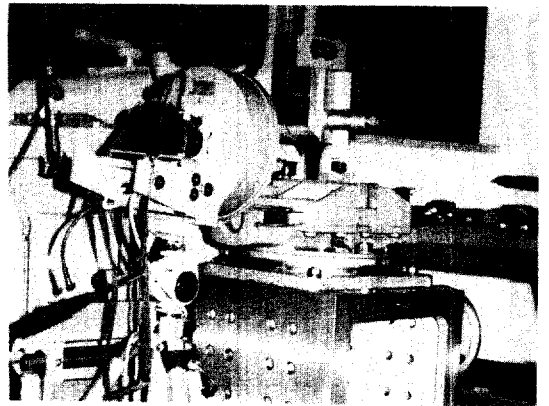


Fig. 3. General View of Experimental Equipment.

劑를 使用하여 接着後 5분에 硬化, 15분에 實用 強度에 達할 수 있는 速 硬化材를 使用하였다. 工具角은 上面傾斜角을 $20^\circ, 0^\circ, -20^\circ$ 의 3種類로 變化하여 光彈性 現象을 觀察하였다. Fig 1은 實驗에 使用된 切削機構이다. 實驗에 使用된 平削用 機械는 低速驅動裝置를 설치하여 切削速度 $10\text{mm}/\text{min}$ 의 低速으로 行하였다. 切削工具面에 是 相方向 두께에 대한 變形을 防止하기 위하여 透明琉璃를 使用하였다. Fig2 및 Fig3은 本 實驗

에 使用한 polariscope의 diagram 및 實驗裝置의 寫眞이다.

3. 光彈性 被膜法에 의한 應力解析

琉璃 및 폴리에스터등 等質等方性法 物質에 荷重을 使用시키면 一時的인 光學的 異方性을 나타내고, 複屈折을 생기게한다. 切削工具面을 2次元 切削應力狀態로 하여 光彈性應力解析을 光彈現象을 利用한 被測定物에 생기는 應力을 解析할 수 있다. 解析原理로는 다음의 Brewster의 法則을 基本으로 하였다.

$$\delta = \frac{2\pi t}{\lambda} K(\sigma_1 - \sigma_2) \dots\dots\dots(1)$$

δ : 被屈折에 대한 2光波의 位相差, λ : 單色光의 波長, t : 膜厚, K : 膜의 光彈性定數, $\sigma_1 - \sigma_2$: 主應力差, 本 研究에서는 主應力差 $\sigma_1 - \sigma_2$ 를 σ_1, σ_2 에 分離하여 剪打斷力差種積法을 利用하였으며 主應力方向과 主應力差를 測定하였다. 光原에 單色光을 使用한 경우 $\delta = 2N\pi$ 으로 暗黑點을 連續을 等色線, N 을 縞次數로 1式에 의하여 主應力差 $\sigma_1 - \sigma_2$ 의 分布狀態를 구한다. 白色光을 使用한 경우는 色彩效果로서 色을 判別하여 等色線圖 및 縞次數를 求한다. 本 實驗에서는 白色光原을 使用하였고, 等色線의 基準測定은 Table 1과 같다.

平面應力의 平衡狀態를 Fig4에 나타낸 바와 같이 矩形要素로 고려한다. X, Y軸方向의 垂直應力을 σ_x, σ_y , 여기에 對應하는 剪斷應力을 τ_{xy} 라 할때 平面應力의 平衡方程式은 다음과 같다. 本 實驗에서는 木材의 接線方向을 X方向, 半徑方向을 Y方向, 纖維方向을 要素의 두께方向이라고 한다.

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} = 0 \dots\dots\dots(2)$$

式(2)를 積分하면 다음과 같다.

Table 1. Measurement standard of Isochromatic Fringe Pattern.

Color	Fringe Order N
Black	0
Gray	0.28
White	0.45
Pale Yellow	0.60
Orange	0.80
Dull Red	0.90
Purple (Tint of Passage)	1.00
Deep Blue	1.08
Blue-Green	1.22
Green-Yellow	1.39
Orange	1.63
Rose Red	1.82
Purple (Tint of Passage)	2.00
Green	2.35
Green-Yellow	2.50
Red	2.65
Red/Green Transition	3.00
Green	3.10
Pink	3.65
Pink/Green Transition	4.00
Green	4.15

$$\sigma_x = \sigma_{x0} - \int_{y_0}^y \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} dy$$

$$= \sigma_{x0} - \sum \frac{\Delta \tau_{xy}}{\Delta y} \Delta y$$

$$\sigma_y = \sigma_{y0} - \int_{x_0}^x \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} dx$$

$$= \sigma_{y0} - \sum \frac{\Delta \tau_{xy}}{\Delta x} \Delta x \dots\dots\dots(3)$$

여기에서 $\sigma_{x0} - \sigma_{y0}$ 는 $x=x_0, y=y_0$ 點에서의 σ_x, σ_y 를 나타낸다. 따라서 光彈性實驗에서 얻어진 縞次數는 $\frac{\Delta z}{\Delta y}$ 에 대하여 積分을 하면 $\sigma_x,$

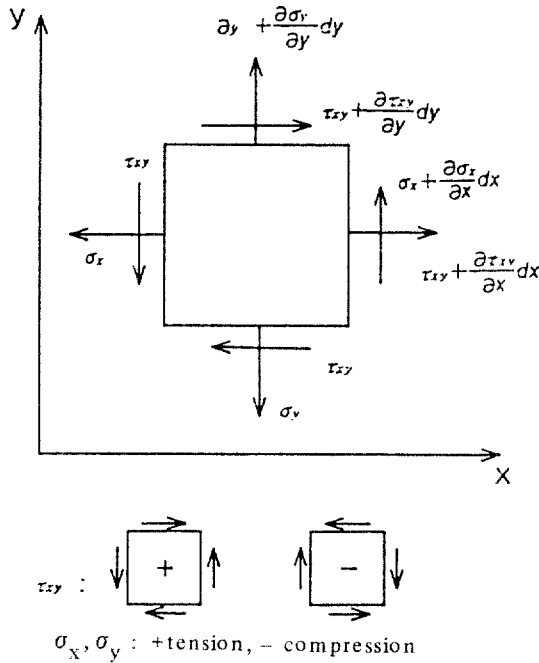


Fig. 4. Equilibrium of stress in a plate.

σ_y 가 얻어진다.

4. 實驗結果 및 考察

Fig 5는 工具의 上面傾斜角을 $20^\circ, 0^\circ, -20^\circ$ 로 變化시켜 工具面과 木材加工面에 나타나는 等色線 寫眞이다. 等色線은 先先端 및 作用點附近에 發生되고 그 정도는 工具의 上面傾斜角 크기에 따라 工作物에 미치는 영향이 다르다는 것을

알 수 있다.

즉 工具面에 미치는 等色線의 擴散現象은 工具의 上面傾斜角이 20° 에 비하여 0° 및 -20° 에서 減少되는 傾向이며, 이와 반대로 木材加工面에 나타나는 擴散現象은 增加하는 추세이다. Fig 6은 等色線 現象을 基準으로 縞次數를 0에서부터 計算한 것이며, 等傾線은 偏光子의 主軸을 10° 에서부터 20° 間隔으로 回轉하여 測定한 것이다. 木材의 切削깊이를 2.0mm, 移送를 $10^{mm}/min$ 로 할 때 加工面에 形成되는 主應力方向角은 材料의 基底面에 대하여 上面傾斜角 20° 에서는 84° , 0° 에서는 95° , -20° 에서는 84° 로 나타나고 있다. 上面傾斜角 20° 에서의 工具面에 미치는 縞次數는 4로, 0° 의 6, -20° 에서의 7에 비하여 적은 現象을 나타내며, 아울러 木材面에 미치는 縞次數도 同一한 傾向을 나타내고 있다. Fig 7은 切削部位 附近의 應力값 測定으로 工具斷面 AA의 上下에 Δy 에 대하여 斷面 a·a, b·b를 斷面上的의 τ_a, τ_b 의 값을 위에서 求한 等色線 寫眞 및 等傾線에 의하여 구하던 $\tau_a - \tau_b = \Delta \tau$ 를 얻게된다. 칩과 工具接觸面의 角 斷面に 대하여 工具自由斷面の 應力 σ_x 와 $\int_x^y \frac{\partial \sigma_x}{\partial y} dx$ 를 구하여 얻으면 工具傾斜面上的의 接觸應力分布의 切削方向成分 σ_x, σ_y 값을 구하게된다. Fig 8은 剪斷應力값으로 $2\tau_{max} = \sigma_1 - \sigma_2$ kgmm²에 의하여 τ_{xy} 가 解析된 것이며 上面傾斜角 20° 의 剪斷應力값은 剪斷角 附近이 最大인 반면 0° 와 -20° 에서는 被削材와 分離하는 領域의 圓弧 中央部가 最大剪斷應力값

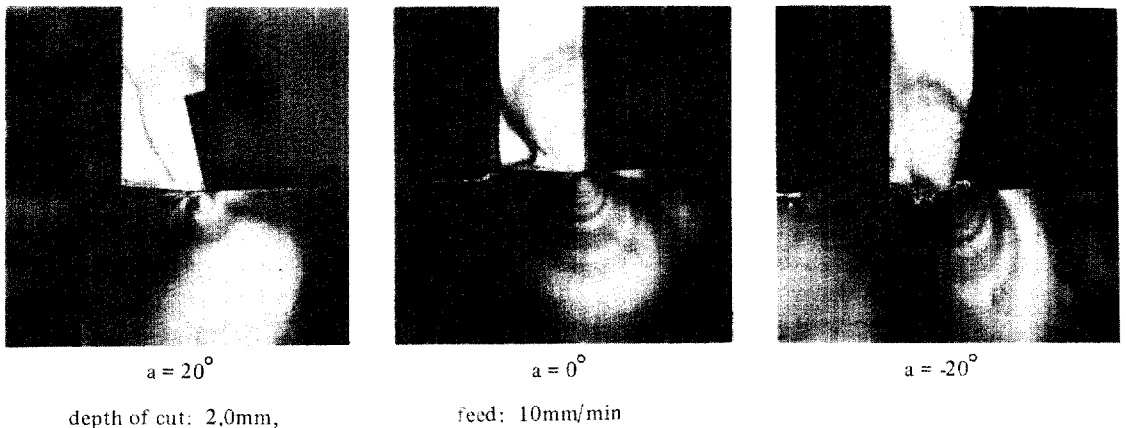


Fig. 5. Photos of Isochromatic lines obtained in the cutting process by the variable of rake angle.

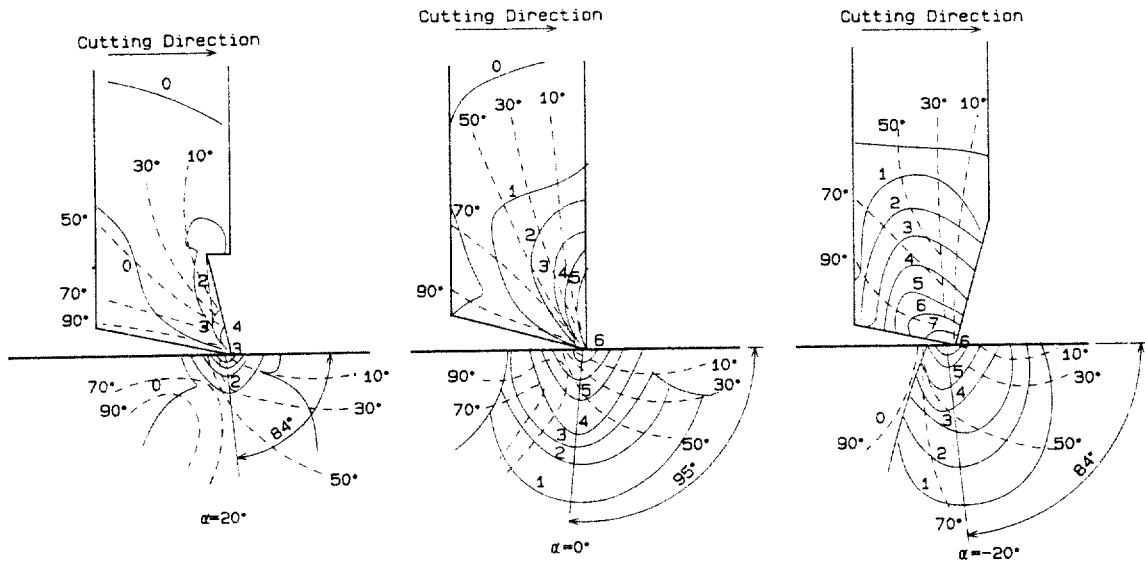


Fig. 6. Isochromatic and isoclinic lines by the variation rake angle.

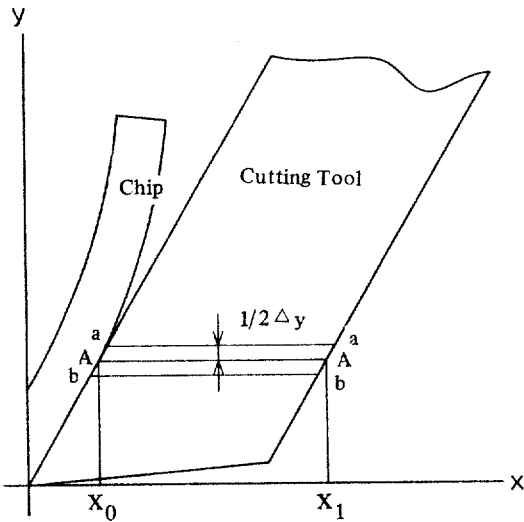


Fig. 7. Shear Difference Method.

을 나타내고 있다. 工具面의 剪斷應力은 上面傾斜角 20°에서는 下部로 作用하는 반면, 0°에서는 水平方向으로, -20°에서는 下部로 作用하고 있다. Fig 9는 垂直應力 σ_x 로 $\sigma_x=0$ 의 값은 上面傾斜角 20°에서 1.6mm의 刃先거리 位置로, 上面傾斜角 0°와 -20°에서의 1.4mm와 1.3mm에 比하여 遠距離 位置를 나타내고 있으며, 그 傾向은 尖端部로 갈 수록 變化되고 있음을 알 수 있다.

尖端部位 0.1mm附近에서 計算된 ば에 의하면 上面傾斜角 20°에서는 $0.98\text{kg} \cdot \text{mm}^{-2}$ 로 0°에서의 $1.3\text{kg} \cdot \text{mm}^{-2}$ 와 -20°에서의 $1.52\text{kg} \cdot \text{mm}^{-2}$ 에 比하여 낮은 應力값이 나타나고 있다.

5. 結論

春陽木의 切削應力 分布를 測定하기 위하여 工具의 上面傾斜角을 各各 20°, 0°, -20°로 製作하고 埃帛시로 被覆하여 光彈性的으로 測定하고 計算한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

- 1) 工具 및 被削材에 나타나는 等色線은 刃先의 尖端部位를 中心으로 形成되고, 上面傾斜角이 減少할 수록 擴散現象은 增加하고 있다.
- 2) 剪斷應力은 上面傾斜角 20°에서는 剪斷角附近이 最大인 반면 上面傾斜角 0°와 -20°에서는 被削材와 分離하는 領域의 圓弧中央部가 最大값이다.
- 3) 工具의 尖端部位 0.1mm附近에서 計算된 垂直應力은 上面傾斜角 20°에서는 $0.98\text{kg} \cdot \text{mm}^{-2}$ 인 반면, 0°와 -20°는 $1.3\text{kg} \cdot \text{mm}^{-2}$ 와 $1.52\text{kg} \cdot \text{mm}^{-2}$ 로 나타나고 있다.

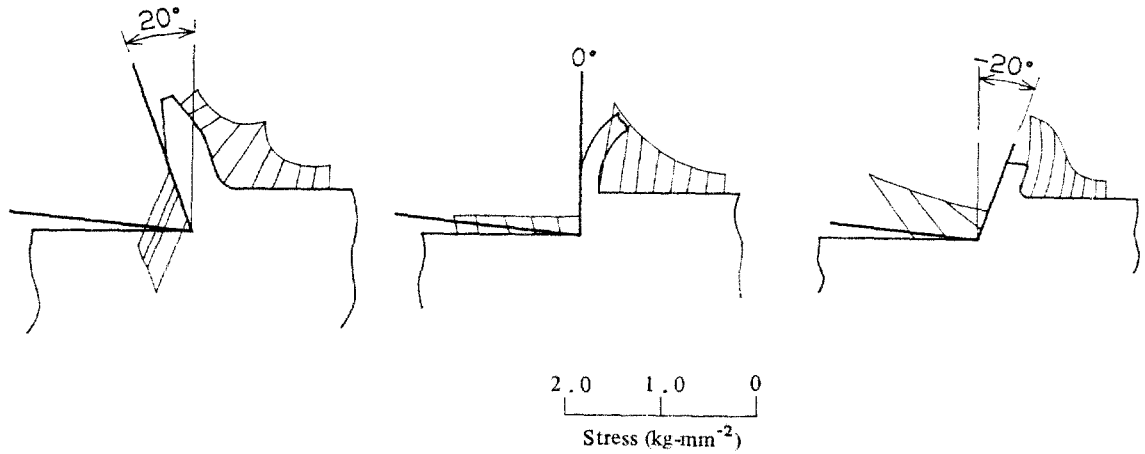


Fig. 8. Distribution of Shear Stress τ_{xy} .

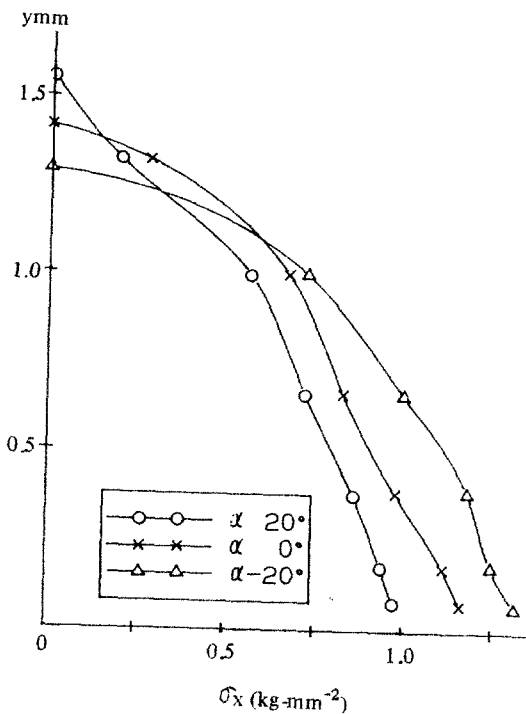


Fig. 9. Distribution of Cutting Stress σ_x .

參考文獻

1. Wurtemberger, G., 1979, Fackunde für Metallverarbeitung, Verlag Europalehrmittel, 219-224.
2. 柳長發, 閔泳澤, 1984. 春陽木의 研究必要性

과 研究方向, 연구노트, 山林廳, 林木育種研究所, No1.

3. Baker, J. 1967. Experimental Stress Analysis, Cambridge Univ.,
4. Tanaka, Y., and N. Ikawa, 1971, Stress Analysis in Cutting Tool by Photoelastic Technique, Technology Reports of the Osaka University, Vol. 21. No. 988, pp.209-224.
5. Illo-Frank, P., 1969. Beitrag zur Kenntnis der Spannungsverteilung in den Kontaktzonen von Drehwerkzeugen, von der Fakultät für Maschinenwesen der Rheinisch Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Zur Erlangen des Akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs Genehmigte Dissertation, pp.1-147.
6. Usui, E., and H. Takeyama, 1960, A Photoelastic Analysis of Machining stresses, Transactions of the ASME, Journal of Engineering for Industry, pp.303-308.
7. Kinoshita, N., 1984, Analysis of the Veneer Formation Process (3), Analysis of cutting stress by the photoelastic Coating method, The Japan society of Wood Science and Technology, Vol. 30, No. 1, pp.32-37.
8. 金正斗, 李用成, 1983, 切削加工의 光彈性的 現象에 關한 研究(I), 大韓機械學會 論文集,

- 第7卷 第2號, pp.161-167.
9. 金政斗, 李用成, 1984, 切削加工의 光彈性的 現象에 관한 研究(Ⅱ), 大韓機械學會 論文集, 第8卷 第5號, pp.401-407.
10. 西田, 河田, 1965, 光彈性 實驗法, 日刊工業新聞社, p. 532-535.