

# 다이아몬드 슷돌의 高能率 Dressing 에 관한 研究

최 광 일\*, 강 재 훈\*\*, 정 윤 교\*\*\*

## A Study on High Efficiency Dressing of Diamond Grinding Wheel

Kyoung-ill Choi\*, Jae-hoon Kang\*\*, Yoon-gyo Jung\*\*\*

### Abstract

A diamond grinding wheel is generally used to grind hard and brittle materials, such as advanced ceramics. It is, however, quite difficult to dress a diamond grinding wheel efficiently because of its high degree of hardness. In this study, some investigations are carried out to increase dressing efficiency of resinoid bonded diamond grinding wheel. Dressing forces are measured over a wide range of dressing conditions, and SEM observation of a grinding wheel is carried out. Special attention is paid to comparison between stick method and rotary brake method. Results obtained in this study provide useful information determining required dressing time, and for choosing efficient dressing condition for diamond grinding wheel.

key word : Grinding, Dressing, Resinoid Bonded Diamond Wheel, Dressing Force, Specific Grinding Power, Wheel Life

---

\* : 창원대학교 기계공학과 대학원

\*\* : 한국 기계연구소(정회원)

\*\*\* : 창원 대학교 기계공학과 조교수(정회원)

### Nomenclature

$F_{nd}$	: Normal Dressing force
$F_{td}$	: Tangential Dressing force
$f_{nd}$	: Specific normal dressing force
$f_{td}$	: Specific tangential dressing force
$h$	: Grinding depth of cut
$h_d$	: Dressing depth of cut
$M_d$	: Specific dresser removal
$p$	: Grinding power
$p_g$	: Grain load
$p_f$	: Limit Grinding power
$T$	: Dressing time
$T_d$	: Wheel life
$T_g$	: Grinding time
$V_d$	: Wheel velocity during dressing
$V_g$	: Wheel velocity during grinding
$\alpha$	: Dressing efficiency
$\beta$	: Dressing ratio

## 1. 緒論

파인 세라믹의 機械加工法으로서 Diamond 슷들에 의한 研削加工이 一般적으로 使用되어 지고 있다<sup>(1-2)</sup>. 그러나, 파인세라믹과 같은 難削材의 研削加工에는 Diamond 粒子의 Glazing 現象이 急激히 進行하기 때문에, Dressing에 의해 粒子先端의 Sharpness를 回復시킬 必要가 있다. 오늘날, Diamond와 같은 超粒子의 Dressing 방법으로는 GC 및 WA Stick 슷들의 使用이 가장 一般化되어 있다<sup>(3)</sup>.

純도가 높은 炭化硅素(GC)의 Stick Dresser를 손作業으로 슷들면에 눌러 대면서 Dressing을 하는 방법은, Stick만 있으면 研削盤의 機種에 關係없이 實施할 수 있는 簡便함이 있어 現在 幅넓게 使用되어 지고 있으나, 손作業이기 때문에 安全管理上の 問

題도 있고 Truing후의 슷들의 형상, 精度를 破壞함이 없이 Dressing을 遂行하는 것은 매우 困難하며, 作業者에 따라 一貫성이 없고 再現性的 缺乏등의 缺點을 內包하고 있다. 이것은 파인세라믹의 高能率 研削에 큰 問題點으로 되어있다<sup>(4)</sup>.

本 研究에서는, 파인세라믹의 高能率 研削을 確立할 時의 하나의 問題點인 Diamond 슷들의 Dressing에 注目해서, 能率的인 同時에 安定한 研削結果가 얻어 질수 있는 Dressing 條件의 실험적 選定을 試圖했다. 이를 위해 GC Stick 슷들을 Dresser로서 使用한 Resinoid Bonded Diamond 슷들의 Dressing에 있어서, Dressing 抵抗을 監視함에 의한 必要最少 Dressing 時間의 決定, 各種 Dressing 條件下에서의 Dressing 效果의 檢討도 遂行했다.

## 2. Resinoid bonded Diamond 슷들의 특징

Diamond 슷들은 Bond의 종류에 따라서 Resinoid, Metal, Vitrified, 電着등 크게 4가지로 大別된다. 그 중 Resinoid Bond는 熱硬化性的인 페놀樹脂가 主流로, 耐熱性的인 포리이미드樹脂도 많이 使用되어지고 있다<sup>(5)</sup>.

Resinoid Bond의 주류인 페놀系樹脂는 다른 結合劑에 比較해, 彈性係數가 작기 때문에 Soft한 使用感으로 衝擊이 緩和된다는 特徵이 있다. 그 반면 切入에 대해 粒子切刃이 後進하여, 高精度의 가공이 不可能하다는 缺點을 가진다. 더구나 이 Bond는 熱劣化性이기 때문에 研削發熱에 의해 局部的인 Bond의 熱劣化가 발생해, 粒子의 保持力이 低下한다. 슷들의 製造面에 있어서는, 그 製造溫度가 200℃ 以下이기 때문에 溫度安定성이 낮은 Diamond 粒子의 熱的影響은 문제가 되지 않음과 同時에 충전제, 보강제등을 필요에 따라서 이용가능해져, Bond의 改質 및 補強이 간단하다는 利點이 있다.

Resinoid Bond는 Metal Bond와 같이 Diamond 粒子와 親和力이 없기 때문에 粒子保持力을 높일 手段으로, 슷들은 無氣孔 Type, 즉, Bond Matrix

Type으로 하는것이 一般的이다. 그 때문에 슷들의 自生發刃作用은 期待할 수 없고 研削에 의해 절삭능률이 떨어진 슷들을 Dressing에 의해 Chip Pocket을 형성시킵 必要가 있다. Chip Pocket 형성과정을 fig. 1에 표시한다. 그러나 슷들결합제의 종류에 의해

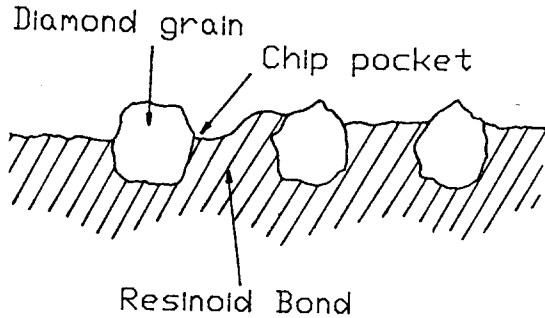


Fig.1 Configuration of chip pocket

Dressing 方法도 難易度도 다르다. 예를들면, Bond 자체의 強度가 높고 靱性이 있는 Metal Bond 슷들의 Dressing은 通常의 Stick 法으로는 Dressing이 困難하고 특수한 方法을 사용하는 것이 一般的이다. 그에 比較해, Resinoid Bond는 比較的 強度가 작기 때문에, GC 및 WA 슷들로 容易하게 Dressing이 可能하다. 이것이 세라믹의 研削에 있어서 Resinoid Bonded Diamond 슷들이 一般的으로 사용되어지고 있는 큰 理由중의 하나이다.

### 3. 實驗裝置 및 實驗方法

本 實驗에 使用한 平面研削盤은, 主軸動力 3.75kW를 가진다. 法線力 $F_{nd}$  및 接線力 $F_{td}$ 는 KISTLER 社製 9257 A형 動力計로, 研削動力 P는 VALENITE社 720-002/305 Power Monitor로 測定했다. 이들의 構成을 fig. 2에 표시한다. 또 fig. 2에서 보는바와 같이 슷들의 一部分을 除去 및 裝着할 수 있는 슷들 (150\*25\*25mm)을 製作해, Dressing 後의 슷들의 狀態를 觀察했다. 實驗에 使用된 Dresser는 直方體형상 (150\*25\*25mm)을 한

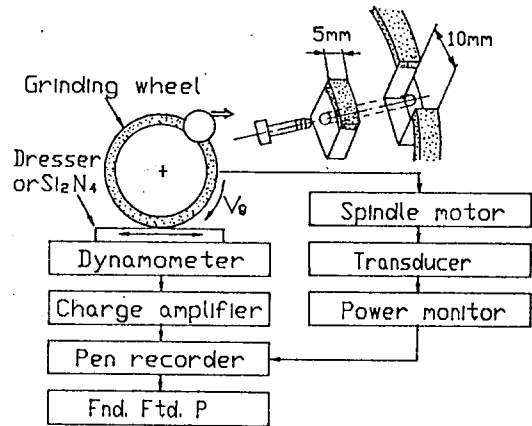


Fig.2 Dressing with abrasive-stick and-Wheel

C220G8V와 圓筒형상 (直徑 50mm, 幅 25mm)을 한 C150M8V의 2 種類를 選定했다. Dressing 方法은 fig. 3의 左側에 表示한 것처럼, 直方體形狀의

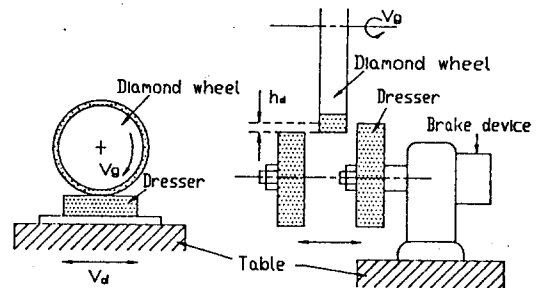


Fig.3 Experimental setup

Dresser를 Vise에 裝着해서 Dressing을 행하는 方法(Stick법)과, 그림3의 右側에 표시한 것처럼, 圓筒형상의 Dresser를 Rotary Brake 裝置에 裝着해서 Dressing을 행하는 方法(Rotary Brake 法)을 취했다. 또 研削液은 Solution Type 研削液을 40倍 稀釋해서 研削 및 Dressing 時에 使用하고, 工作物은 窒化矽素를 使用했다.

### 4. Dressing 效果의 評價方法

Fig. 4는 Dressing 후에 窒化矽素를 繼續研削한

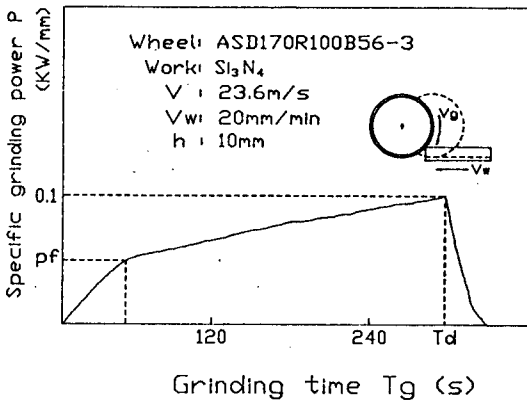


Fig. 4 Increase in grinding power during creep-feed grinding

경우, 研削動力的 測定例을 나타낸다. 研削條件으로서는, Glazing 現象이 極甚한 Creep-feed 研削 (工作物速度  $V_w=20\text{mm/min}$ , 研削깊이  $h=1\text{mm}$ )을 採用했다<sup>(6-7)</sup>. Fig. 4에서 알 수 있는 것처럼, 最初에 숫돌과 工作物과의 接觸길이가 一定하게 될때까지 研削動力이 急激히 增加하고, 接觸길이가 一定하게 된 후에도, 粒子의 Glazing 現象에 의해 研削動力은 漸次로 增加하여 간다. 比研削動力 (숫돌單位幅當의 研削動力)이 本 研究에서 設定한 許容限界 比研削動力  $0.1\text{kW/mm}$ 에 到達했을 때를 숫돌이 壽命에 到達했다고 판단한 후, 研削을 終了했다. 各種 Dressing 條件下에서의 Dressing 效果를 調査할 時의 研削條件은 모두 fig. 4의 Creep-feed 研削條件으로 統一했다. 여기에서 숫돌과 工作物과의 接觸 길이가 一定하게 되는 時點의 研削動力  $P_f$ 와, 研削動力이 許容限界 研削動力에 到達할때 까지의 研削時間  $T_d$ (숫돌의 壽命)를 Dressing 效果를 評價하는 尺度로 사용했다.

### 5. 必要最小 Dressing 時間의 決定

現在, Diamond 숫돌을 Dressing 할 時의 가장 큰 問題點의 하나는, 어느 時點에서 Dressing을 終了시킬까 하는 判斷基準이다. 必要以上の

Dressing은 Dresser, 숫돌 및 時間의 消費를 增大시킬 뿐이다.

Fig. 5는 Dressing 時間 T의 經過에 따라서 比法

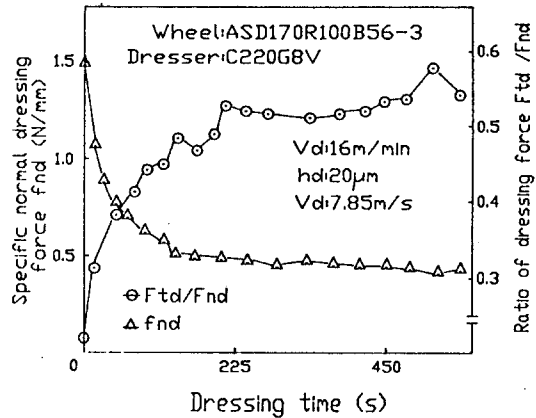


Fig. 5 Dressing force and dressing force ratio

線 Dressing 抵抗과 Dressing 抵抗의 分力比  $F_{td}/F_{nd}$ 의 變化를 同時에 표시한 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이, 研削直後는 Diamond 先端의 鈍化에 起因해서, 法線 Dressing 抵抗의 값이 크게 나타나지만, Dressing이 進行함에 따라서 法線 Dressing 抵抗은 急激히 減少한다. Fig. 5의 Dressing 條件으로는 Dressing 時間이 約 200sec 附近을 境界로 그 變化가 緩慢하게 되어간다. Dressing 抵抗의 分力比도 法線 Dressing 抵抗과 같은 推移를 나타내고 있다. 이러한 現象들은, Dressing에 의해 Diamond 숫돌의 Sharpness가 漸次的으로 回復하여 가는 過程에 對應하고 있다고 생각되어 진다.

다음에 必要最小 Dressing 時間을 決定하기 위해, 各 Dressing 時間마다 Dressing 效果를 比較했다. Fig. 6는 Dressing 時間에 대해서 單位 Dresser 消費體積當의 研削動力의 減少率 (여기에서는 Dressing 效率  $\alpha$ 로 名稱한다)과, 單位 Dresser 消費體積當의 숫돌 壽命間 研削量 (여기에서는 Dressing 比  $\beta$ 로 名稱한다)의 推移를 나타낸 것이다. Fig. 6에 있어서의 Dressing 條件은 fig. 5와

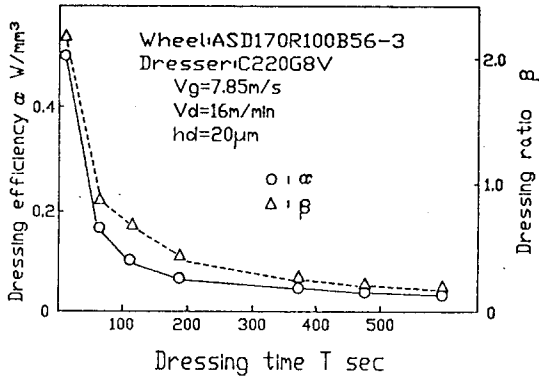


Fig. 6 Dressing efficiency and dressing ratio

갈수록 設定했다. Fig. 6으로부터, Dressing 効率, Dressing 比 어느것도 Dressing 時間이 200sec 付近까지는 急激히 減少하여 간다. 얻어진 Dressing 效果에 대한 Dresser의 消耗, Dressing 時間의 消費 및 숫돌의 消耗를 考慮했을 경우, 必要最小 Dressing 時間은, 法線 Dressing 抵抗 혹은 Dressing 抵抗의 分力比의 急激한 變化가 安定되는 時點으로 하는 것이 合理的이라고 말할 수 있다. 이러한 必要最小 Dressing 時間을 決定하기 위해서, Dressing 中の 抵抗을 監視하는 System이 必要하게 된다.

研削直後와 Dressing 後에서의 粒子의 狀態를 電子현미경으로 관찰한 結果를 fig. 7의 (a), (b) 및 (c)에 표시한다. 研削直後 숫돌의 先端은 磨滅에 의한 平坦한 면이 많이 觀察되어지는데 비해, Dressing 時間이 200초 부근에서의 숫돌의 表面상태는 研削直後に 比較해 결합체가 깊게 除去되어 Chip Pocket이 잘 형성되어져 있음울 알 수 있다. 그러나 fig. 7(c)에서 보는바와 같이 과도하게 Dressing 시간을 길게해도 粒子의 表面상태에 큰 變化는 보이지 않는다.

## 6. Dressing 條件의 影響

Resinoid Bonded Diamond 숫돌의 工作物에 대한 除去能率은, 粒子先端의 Sharpness와 結合劑



(a) After grinding  
Work : Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>      V<sub>w</sub> = 20mm/min  
V<sub>g</sub> = 23.6m/s      h = 1mm



(b) After dressing  
Dresser : C220G8      V<sub>d</sub> = 16m/min  
V<sub>g</sub> = 7.85m/s      h<sub>d</sub> = 20 μm  
T = 200sec



(c) After dressing  
Dresser : C220G8      V<sub>d</sub> = 16m/min  
V<sub>g</sub> = 7.85m/s      h<sub>d</sub> = 20 μm  
T = 650sec

Fig. 7 Micrographs of grain cutting edges

面으로부터의 粒子의 突出量에 左右되어 進다는 思考에 立脚하면, 바람직한 Dressing 條件은 粒子先端형상의 修正과 粒子의 突出量의 創成이 同時에, 또 能率의 遂行되어 질 수 있는 條件이라고 말할 수 있다.

Fig. 8은 各種의 Dresser 速度  $V_d$ 와 Dressing 깊이  $h_d$ 의 組合에 있어서, Dressing 時間의 經過에 따른 Dressing 抵抗의 分力比의 推移를 나타낸 것이다. Fig. 8로부터, Dresser 速度와 Dressing 깊이가 큰쪽이 Dressing 抵抗의 分力比가 安定하는 時點이 빨리 나타남을 알 수 있다. 즉 必要最小

Dressing 時間이 短縮되어져 있다. 이것은 Dresser 速度와 Dressing 깊이의 增大에 의해 숫돌粒子와 Dresser의 干涉面積이 크게되기 때문에, Dressing 時에 Diamond 粒子에 걸리는 負荷  $P_s$  (粒子負荷)가 增大함과 同時에, 숫돌의 結合劑가 깊게 除去되어지기 때문이라 생각되어진다.

以上の 事項을 綜合的으로 檢討하기 위해, Dressing 抵抗의 測定結果로부터, 1개의 Diamond 粒子에 걸리는 負荷  $P_s$ 를 計算해, 比研削動力과 숫돌 壽命에 대하여 整理한 것이 fig. 9과 fig. 10이다. 여기에서, 單位 숫돌 幅當의 Dressing 量  $M_d$ 는 같

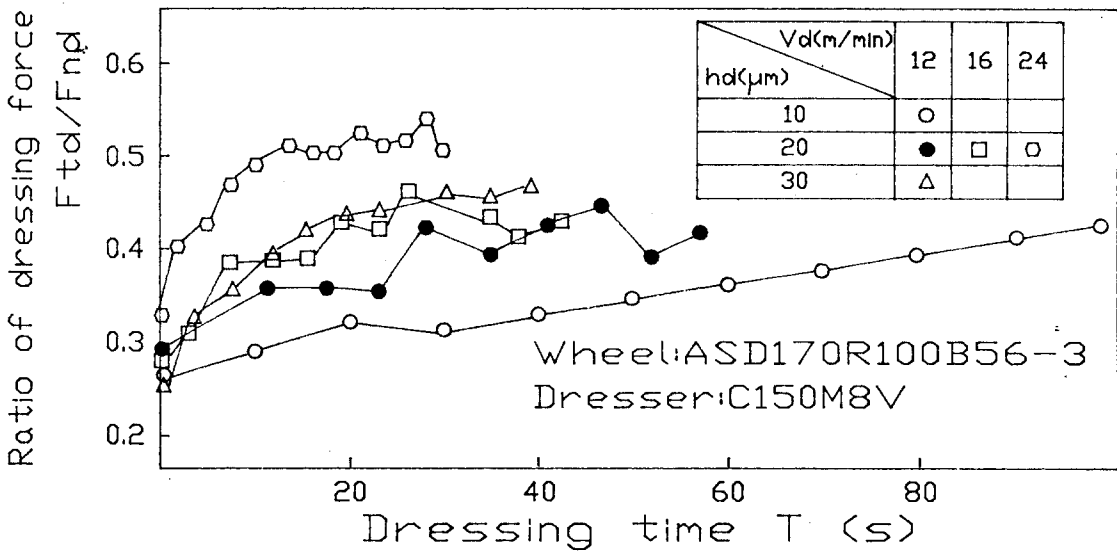


Fig. 8 Influence of dressing condition on dressing force

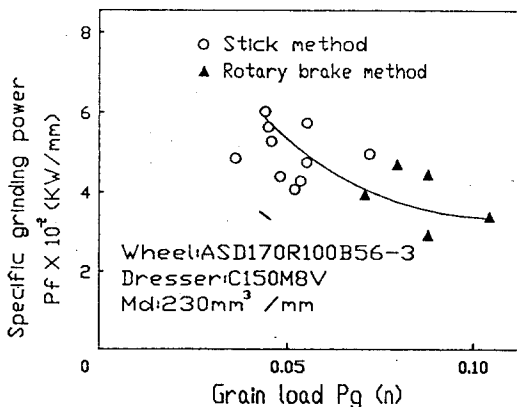


Fig. 9 Influence of dressing condition on specific grinding power

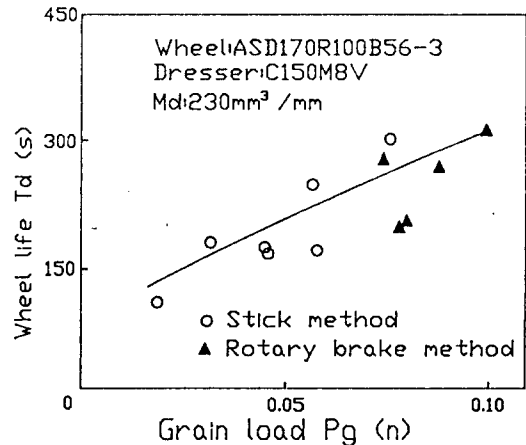


Fig. 10 Influence of dressing condition on wheel life

은 條件으로 一定하게 設定되어져 있다. 粒子負荷는, Dressing 抵抗의 合力을 Dresser와 숫돌의 接觸表面上에 存在하는 Diamond 粒子의 數로 나눈 값이다. 또 그림 中에는, Stick 法과 Rotary Brake 法の 兩者가 同時에 表示되어져 있다. 粒子負荷가 增大함에 따라서 比研削動力은 減少하고, 숫돌壽命은 增大하며, Diamond 숫돌의 Sharpness가 向上됨을 알수 있다. 따라서 Dressing 時間의 短縮, 研削能率의 向上을 指向할 경우, 粒子負荷를 크게하는 Dressing 條件이 바람직하다고 結論되어진다. 단 연삭 表面租度등 表面품질의 觀點에 對해서는 別途의 검토가 필요하다.

여기에서, 興味있는 事項은, 粒子負荷를 整理하면, Dressing 效果가 Stick 法の 경우도, Rotary Brake 法の 경우도 一義的으로 解析되어지는 點이다. 숫돌과 Dresser의 幾何學的 接觸狀態가 完全히 相異됨에도 불구하고 fig. 9과 fig. 10에서 보는바와 같이, Dressing의 效果가 統一的으로 解析되어진다는 것은, Dressing 中の 粒子負荷가 Dressing 效果를 評價하는 因子로서 有用하다는 證明이 된다. 幾何學的인 接觸狀態<sup>(8)</sup>로부터 알수 있는 것처럼, Rotary Brake 法の 粒子負荷가 一般的으로 크게 된다.

Fig. 11은 Dresser 숫돌의 材質을 變化시켰을 경우, Dressing 時間에 대한 Dressing 抵抗의 分力比의 推移를 나타낸다. C220G8V, C150M8V 어느 것의 경우도 그림 8과 같은 傾向을 표시하고 있지만 結合度가 높은 C150M8V Dresser을 使用한 경우에 必要最小 Dressing 時間이 短縮되어져 있다. 結合력이 큰 Dresser쪽이 Diamond 숫돌의 Dressing에 는 效果의이라 생각되어진다.

## 7. 結論

本 研究에서는 Resinoid Bonded Diamond 숫돌의 Dressing의 高能率化를 目的으로 一連의 實驗을 遂行했다. 그 結果, Diamond 숫돌의 Dressing을 어느 時點에서 終了시킬까, 또, Dressing 條件을

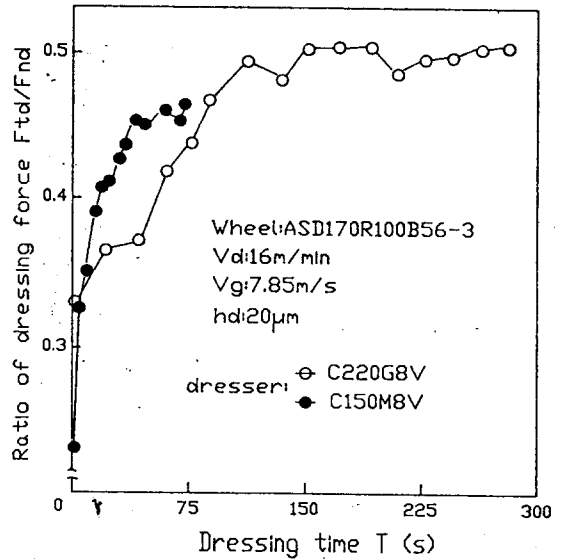


Fig.11 Influence of abrasive dresser stick on dressing force ratio

어떠한 指針에 따라서 決定하면 좋을가등, 基本的事項에 關해서 有用한 知識을 얻을 수 있었다. 以下 얻어진 結論을 要約한다.

(1) Dressing 抵抗의 監視結果로부터, 必要最小 Dressing 時間은 Dressing 抵抗 및 Dressing 抵抗의 分力比가 安定하는 時點으로 하는것이 合理的이다.

(2) Dressing 中の 粒子負荷가 크게되는 條件設定이 能率的인 Dressing을 遂行하는데 有利하다는 것이 明確하게 되었다.

(3) Stick Dressing 法과 Rotary Brake Dressing 法 어느 방식에 있어서도 粒子負荷의 大小에 의해 Dressing 效果는 一義的으로 決定된다.

## 參考文獻

- (1) 窯業협회, “セラミックス 加工技術の現狀”, 機械技術, 32-2, pp.51(1984)
- (2) E. Salje, H-H. Damlos and H. Hohler,

"Internal Grinding of High Strength Ceramic Workpiece Materials with Diamond Grinding Wheel", Annals of the CIRP, Vol. 34-1, pp. 253(1985)

(3) 小林, 西岡, "超砥粒砥石のツル—  
イングとドレッツング"  
機械と工具, pp. 33(1987)

(4) 鄭潤教, 稻崎一郎, 松井敏, ファ  
インセラミックスの高効率研削  
に關する基礎研究", 日本機械學會論文集C編,  
53-485, pp. 209(1987)

(5) 横川, "CBN ホイルベ 研削加工技術", 工  
業調査會, pp. 28(1988)

(6) Y. Furukawa, S. Ohishi and shiosaki,  
"Difference of grinding Mechanism Between  
Up and Down Cut Creep-feed Grinding", Bull.  
of Japan Soc. Prec. Engrs., Vol. 14, pp. 85  
(1980)

(7) 鄭潤教, 稻崎一郎, 松井敏, "ファ  
インセラミックスのクリープフィード 研削" 日本  
機械學會論文集 C編, 53-491, pp. 1571(1987)

(8) 白井+, "切削加工學下", 共立出版株式會  
社, pp. 26(1987)

**용어해설**

## LAN (근거리 情報 공유 체계)

여러대의 컴퓨터와 주변장치가 전용의 통신회선을 통해 연결되어 있는 통신 네트워크.

비교적 가까운 지역이나 영역에 한정되는 개념으로 한사무실이나 건물, 인근지역 관계사 사이 등의 전산망구축 개념이다.

정보가 중요한 무형의 자산개념으로 자리잡으면서 기업을 선두로 한 LAN 구축이 최근들어 붐을 이루고 있다.

종래 LAN의 최대 범위는 수백m에서 수km이내였으나 점차 범위가 넓어지고 있다. 즉 업무상 하나의 단위로 분류할 수 있는 기업간 전산망 구축도 광의의 LAN으로 분류되기도 한다. 이는 대기업들의 LAN 구축이 다소 먼 거리에 있는 계열사까지 포괄하는데 따른 것이다.

이에 대비되는 WAN 전체나 대륙간 연결 네트워크이다.

LAN의 기능은 컴퓨터간의 파일전송, 전자우편 또는 여러 대의 컴퓨터가 하드 디스크나 프린터의 지원을 공유하는 것 등이다.