

〈論 文〉

新形 칩折斷具에 관한 實驗的 研究(第 1 報)

(在來形과 比較하여)

孫明煥* · 李浩哲*

(1992년 1월 31일 접수)

An Experimental Study on New Type Chip Breaker (Part 1)

Compared with Conventional Type

Myung-Whan Sohn and Ho-Chol Lee

Key Words : Chip Breaker(칩 折斷具), chip Curl(칩彎曲), continuous Chip(連續칩), Broken Chip(折斷칩), Radius of Curvature of Chip(칩의 曲率半徑)

Abstract

In metal cutting the shape of generated chip varies according to cutting conditions, characteristics of workpiece and geometry of cutting tool. The best surface roughness of machined workpiece is obtained when generating flow type continuous chip. If the generated chip is not broken, that is not only tangled workpiece and cutting tool, but also may give damage on the machined surface of workpiece or danger for a operator. The flow type continuous chip may bring the low productivity in high speed and heavy cutting, automatic machining process and non-human factory. There are two type of chip break process ; controlling cutting condition and using chip breaker. In present study we carried out the experiment on new type chip breaker compared with conventional type and proved the efficiency of a new type and showed the chip break condition to be applied in actual metal cutting. In the experiment SM 20 C as a workpiece material and WC as a tool material were used and cutting speed of 30~150 m/min, feed of 0.071~0.210 mm/rev and depth of cut of 1 mm were applied as cutting condition. The results of the experiment are as follows : (1) The mechanism of chip curl can be explained more clearly by plastic flow of workpiece material and moment of shearing force. (2) The most effective radius of curled chip and flat distance from cutting edge is 2.0~2.5 mm and 1.5 mm in both types. (3) The effective inclination angle of chip break surface and side cutting edge angle are 30°~45° and 20° in conventional type, while the radius of arc surface, lower arc angle A, upper arc angle B and side cutting edge angle are 3 mm, 20°~45°, 0°~45° and 10°~20° in new type. (4) The probability to be obtained 100% chip breaking ratio is much higher in new type than in conventional type.

1. 緒 論

切削時에 發生하는 칩의 모양은 切削條件, 被削

*정희원, 고려대학교 기계공학과

材의 材質 및 工具의 모양에 따라서 여러가지로 變化한다. 加工된 被削材의 最良의 表面거칠기는 切削되어 流出되는 칩이 流動形 連續칩일 때 얻어진 다. 이 連續칩이 流出되면서 工作物表面이나 工具의 側面과 衝突하여 짧게 折斷될 경우에는 別問題

되지 않으나, 折斷되지 않고 길게 連續하여 流出되면서, 工作物이나 工具에 감גיע 되면 作業을 中斷해야 하므로 生産性 低下의 要因이 될뿐 아니라 加工된 被削材 表面에 損傷을 준다든지 作業者에게 危害를 줄 수도 있다. 특히 新切削工具材料의 開發로 因한 高速 重切削, 加工工程의 自動化 및 無人工場 등에서는 칩의 円滿한 處理가 高生産性 高能率性에 絶對的인 要因으로 되어 있다. 따라서 發生된 連續칩을 짧게 折斷하여 加工에 지장이 없도록 處理하는 研究가 切實하며, 많은 研究가 行해졌고 實用化되고 있다.

칩折斷에는 두가지 方法이 있다. 첫째는 切削條件을 適切히 선택함으로써 칩을 折斷하는 方法이나, 限定된 範圍內에서만 可能하므로 많이 쓰이지 않고 있다. 다음 方法은 칩의 流出通路에 障害物을 設置하여 折斷하는 方法이다. 즉 바이트의 切削날로부터 一定距離에 半円形홈을 파든가, 切削날 部分이 工具上面보다 낮게 턱을 만들든가, 別途로 칩折斷具를 만들어 工具上面에 附着하든가 하여 流出되는 칩이 衝突하여 折斷되게 하는 方法이다. 이와 같은 方法이 效果의이므로 많이 研究되고 實用되고 있다.

칩折斷에 대한 重要研究結果를 살펴보면 다음과 같다. Cook등은⁽¹⁾ 2次元切削에 있어서 칩의 彎曲現象을 칩內에 있어서의 引張 및 壓縮應用으로 解明하고 칩의 끝이 工作物에 接하여 發生하는 굽힘모멘트가 一定值에 達하면 折斷된다고 折斷機構를 解明하였다. Ostwald 등은⁽²⁾ 振動切削으로 振動周波數와 振幅을 適切히 擇함으로써 效果의인 칩處理를 하고 있다. Nakayama는⁽³⁾ 칩折斷具에 대한 研究에서 移送量에 따라서의 칩曲率半徑을 測定하고 折斷칩이 되는 칩曲率半徑과 移送量과의 限界值를 求하고 있다. Trim등은⁽⁴⁾ 칩折斷具를 썼을 때 折斷칩이 되는 칩曲率半徑과 칩두께와의 關係를 求하고 있다. Bator는⁽⁵⁾ 간단하고 實用的인 랜드角(land-angle geometry)를 갖는 工具를 사용함으로써 有效한 칩處理가 可能했으며, 折斷力의 減少 工具壽命의 延長 및 칩除去率의 增加로 生産性 向上을 期할 수 있었다. Kaldor 등은⁽⁶⁾ 칩生成領域을 3區域으로 分類하고 칩流出方向에 直角方向으로 홈形 칩折斷具를 設置하여 最適의 칩折斷 模型을 提示하였다. Worthington등은⁽⁷⁾ 工具上面에 칩折斷用홈을 만들어서 칩을 折斷하는 研究를 隨行하였고, König등은⁽⁸⁾ 많은 實驗結果를 綜合해서 칩이

工具側面에 衝突하여 生成되는 c-形, e-形 및 G-形이 칩折斷에 가장 理想的인 形으로 提示하였다. 李⁽⁹⁾, 宋⁽¹⁰⁾ 등은 高速度鋼 및 超硬合金工具에 의한 切削實驗에서 칩의 流出角은 날끝半徑의 2次函數이며 칩折斷率이 50%이상에 이르는 칩曲率半徑과 移送의 限界를 求하였다.

이상과 같이 칩折斷處理에 관한 研究가 遂行되어 왔으나, 切削加工의 다른 分野에 比하면 매우 적다. 이것은 칩의 生成, 變形 및 折斷過程이 너무 複雜多樣하고 一義的인 原理나 法則으로는 解明이 困難함에 起因하나, 많은 生産現場에서는 더 效率的이고 廣範圍한 칩의 折斷處理方法을 必要로 하고 있다.

上述한 在來의 附着形 칩折斷具는 工具上面에 一定角을 가지는 傾斜面을 附着하여 流出하는 칩이 彎曲하고 工作物이나 工具側面에 衝突하여 折斷되게 하는 모양이었으나, 本研究에서는 附着形 칩折斷具의 傾斜面 대신에 円弧面으로 形成한 新形 칩折斷具를 考案하고, 在來形과 比較하여 더 效果의인 칩折斷具를 開發 實用化하고자 한다. 加工法으로서는 連續칩의 處理가 가장 困難한 旋削을, 工作物로서는 連續칩이 가장 잘 生成되는 SM 20 C의 軟鋼을, 工具材料로서는 P系列의 超硬合金을 써서 低速에서 高速切削速度까지 試驗하였다.

2. 試驗機器 및 試驗材料

2.1 試驗機器

(1) 旋盤

本研究에 사용한 旋盤은 TAKISAWA社製 高速精密無段變速旋盤이며, 스윙 340 mm, 센터間 距離 1000 mm, 主軸回轉數 7~2000 rpm이다.

(2) 工具顯微鏡

工具 및 칩折斷具의 各部치수 및 角度測定용으로 사용하였으며, Union Optical社製이다.

(3) 回轉計

工作物의 円周速度 測定용이고 Tec-lock社製로서 0~1000 m/min를 測定할 수 있다.

Table 1 Chemical composition of SM 20 C(%)

C	Si	Mn	P	S
0.18	0.05	0.04	0.006	0.05

Table 2 Mechanical properties of SM 20 C

Yield Strength (kg/mm ²)	Tensile strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Area contraction (%)	Hardness (R _B)
24.45	38.11	41.76	37.61	62.51

2.2 試驗材料

(1) 工作物材料

本試驗에서는 우선 機械部品으로 많이 쓰이고 連續칩이 가장 잘 生成되는 機械構造用鋼인 SM 20 C 를 사용하였으며, 組織의 均一化를 위하여 A₃變態點보다 30° 높은 850°에서 1.5時間 加熱한 후 空氣中에 冷却시켰다. 試驗의 便宜를 위해서 $\phi 75 \times L140$ 으로 成形하였다. Table 1은 SM 20 C의 化學成分이다. Table 2는 SM 20 C의 機械的 性質이다.

(2) 切削工具 및 칩折斷具 材料

切削工具材料로서는 鋼의 旋削用으로 쓰이는 P20(19×13×5, R5)의 超硬合金을 사용하였으며, 칩折斷具材料로서는 在來形 칩折斷具用으로는 모양

이 간단하기 때문에 成形하기가 쉬워서 P20의 超硬合金을, 新形 칩折斷具에는 成形이 困難하기 때문에 炭素鋼을 사용하였다. 칩折斷具는 칩에 의한 強力한 壓力과 摩擦作用을 크게 받기 때문에 磨滅이 甚하므로 되도록 超硬合金과 같은 耐磨滅性이 높은 硬質材料를 實用에 사용함이 좋다.

3. 試驗方法

3.1 切削工具

(1) 工具固定具

Fig. 1은 工具固定具를 표시한 것이다. 그림에서 (a)는 工具固定具의 本體이고, (b)는 超硬合金의

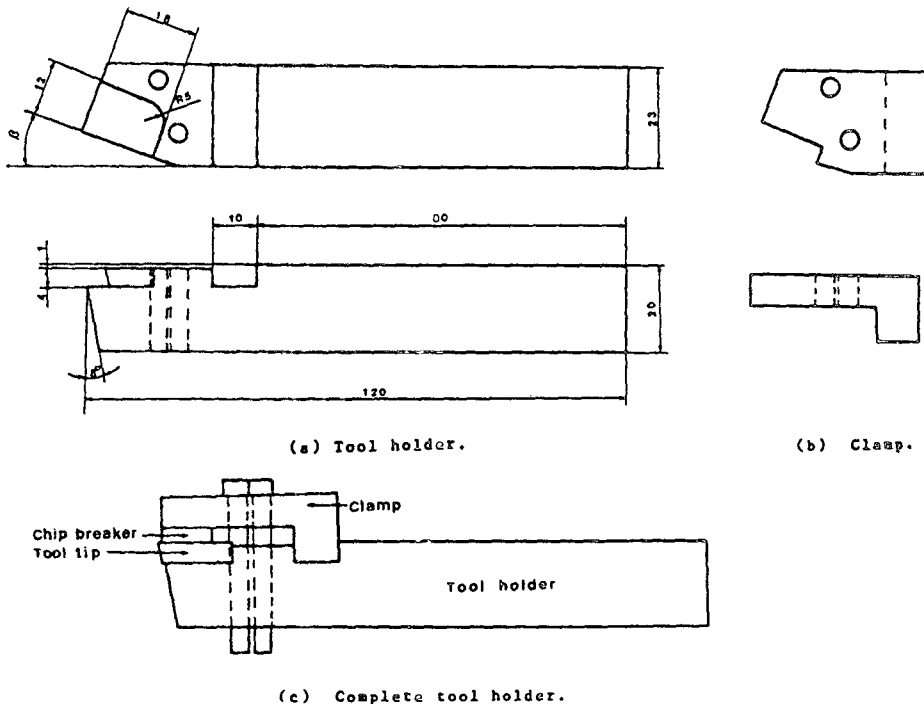


Fig. 1 Tool holder

切削비트(bit) 및 칩切斷具를 工具固定具 本體에 固定하기 위한 클램프이며, (c)는 完全組立된 상태이다. 材質은 軟鋼이며 側面切削날角 β 는 0°, 10°, 20°로 3種類로 製作하였다.

(2) 切削비트의 모양

P20 01型 3號의 超硬팁을 Table 3과 같이 되게 形成하였다.

(3) 칩折斷具의 모양

Fig. 2는 在來形 칩折斷具의 設置條件이다. 變數로서는 切削날끝으로부터 칩折斷具끝까지의 平坦部距離 L 은 칩折斷具를 設置할때 所定치수로 調整할 수 있으며, 傾斜角 α 는 4種類로 形成하였다.

Table 4는 L 의 치수와 α 角을 표시한 것이다.

(4) 新形 칩折斷具의 모양

Fig. 3은 新形 칩折斷具의 設置條件을 표시한 것이다. 平坦部距離 L 은 在來形과 같으나, 칩折斷具는 凹弧面으로 構成되며 凹弧의 中心을 지나는 垂直線으로부터의 角 A 와 水平線으로부터의 角 B 가

칩折斷에 영향을 주므로 變數는 L, R, A, B 가 된다. Table 5는 이들의 값을 표시한 것이다. 다만 $A=45^\circ$ 이상에서는 칩의 流出이 円滑치 않고 振動이 심하여 實驗이 곤란하여 除外하였다.

3.2 試驗方法

(1) 切削條件

Table 6은 本試驗에서 사용한 切削條件을 표시한 것이다. 이들 切削條件中에서 切削깊이는 切削比에 영향이 없으므로 칩折斷에는 無視해도 좋다. 따라서 全切削試驗에서 1mm로 限定하고 乾式切削하였다.

(2) 在來形 칩折斷具에 의한 試驗

在來形 칩折斷具에서는 Fig. 2에서와 같이 變數는 L 및 α 이다. 豫備試驗을 통하여 $L=1.5\text{mm}$, $\alpha=45^\circ$ 때가 칩折斷에 最適임을 確認하였다. 側面切削날角 β 와 平坦部距離 L 를 一定하게 固定하고 角 α 를 하나로 선택했을 때 하나의 切削速度에 대하여

Table 3 Tool geometry

Back rake angle	Side rake angle	End relief angle	Side relief angle	End cutting edge angle	Side cutting edge angle	Nose radius
0°	0°	8°	8°	15°	0°,10°,20°	0.5 mm

Table 4 Setting condition of conventional type chip breaker

L (mm)	α (degree)
1.0, 1.5, 2.0	30, 45, 60, 75

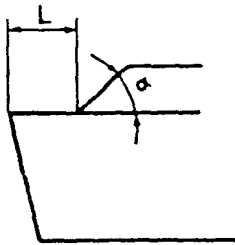
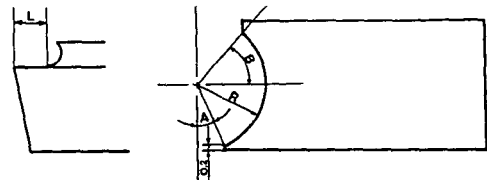


Fig. 2 Setting geometry of conventional type chip breaker



(a) Setting of chip breaker. (b) Geometry of new type chip breaker

Fig. 3 Setting and geometry of new type chip breaker

Table 5 Setting condition of new type chip breaker

L (mm)	R (mm)	A (degree)	B (degree)
1.0, 1.5, 2.0	2.0, 3.0, 4.0	0, 20, 45	0, 45, 90

Table 6 Cutting condition

Cutting speed (m/min.)	30, 60, 90, 120, 150
Feed (mm/rev.)	0.071, 0.106, 0.124, 0.160, 0.180, 0.210
Depth of cut (mm)	1
Cutting fluid	None

移送量を 6種으로 各各 變化시켰을 때 生成되는 칩의 曲率半徑과 折斷率를 測定하였다. 다음에 切削速度를 變換한후 前記와 같은 試驗을 反復하였다. 5種의 切削速度에 대한 試驗이 끝난 후에는 L 과 β 는 그대로 두고 角 α 만 變更하고 切削速度와 移送量を 變化시켜가면서 試驗하였다. 一連의 試驗이 끝난 후에는 角 β 를 變更하고 角 α , 切削速度 및 移送量を 變化시켜가면서 上記의 試驗을 反復하였다. 다음에는 角 β 와 角 α 를 固定하고 平坦距離 L , 切削速度, 移送量を 變化시켜가면서 試驗하였다.

(3) 新形 칩折斷具에 의한 試驗

新形 칩折斷具에서는 變數가 4種이므로 在來形과 같은 手順으로 試驗을 實施하였으나, 變數가 많은 關係로 더 複雜한 뿐이며, 한가지 側面切削날角 β 에 대하여 固定數와 變數는 Fig. 4와 같이 하여 各 경우에 있어서 切削速度와 移送量を 變化시켜가면서 試驗하였다.

모든 試驗中에 發生할 수 있는 工具의 磨滅, 構成刃先 및 칩折斷具의 損傷등이 칩生成에 影響을 미치므로, 이와 같은 現象이 發生할 때는 곧 工具를 交替하든가 새롭게 成形하였다. 切削된 工作物 表面에는 工具날의 痕跡이 殘留하므로 이것이 칩生成에 미치는 影響을 最小化하기 위하여 精密切削으로 削取하였다. 또 切削速度는 無負荷狀態에서 回轉하는 工作物의 表面円周速度를 測定하여 대신하였다.

여기서 折斷칩 또는 連續칩이라 함은 生成된 칩의 曲率半徑으로 區分하였다. 칩의 曲率半徑은 칩이 工具上面과 接觸하여 彎曲된 外面 直徑을 測定

하여 平均値로 하였으며, 칩이 円形으로 彎曲하였을 때 그 彎曲된 角度가 360° 以下에서 折斷된 칩을 折斷칩, 360° 이상으로 彎曲된 것을 連續칩이라고 定義하였다. 勿論 360° 이상 彎曲된 칩도 工具나 工作物에 감겨서 作業을 中斷해야 하는 경우는 없을 것이나, 安心할 수 있고 칩處理가 쉬운 것은 360° 이하라고 생각되기 때문이다.

4. 試驗結果 및 考察

4.1 칩의 彎曲機構

칩의 彎曲機構에 관해서는 cook등⁽¹⁾의 解明結果가 있다. 그의 說明에 의하면 칩의 두께를 3區域으로 區分하여 칩의 自由面쪽은 壓縮應力을, 中央部分은 引張應力을, 工具上面과의 接觸面쪽은 壓縮應力을 받으며, 이들 應力에 의한 綜合모멘트에 의하여 칩이 彎曲된다고 說明하고 있다. 그러나 이 說明은 칩內에서의 剪斷面의 流動曲線이 中高的 曲線이 된다는 說明은 充分하나 칩이 彎曲된다는 說明은 未及하다고 생각된다. 따라서 本研究에서는 Fig. 5와 같은 模型을 써서 剪斷領域內에서의 材料

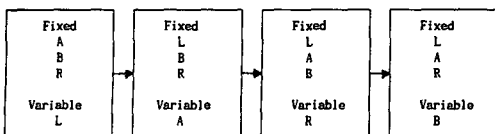


Fig. 4 Experimental procedure by new type chip breaker

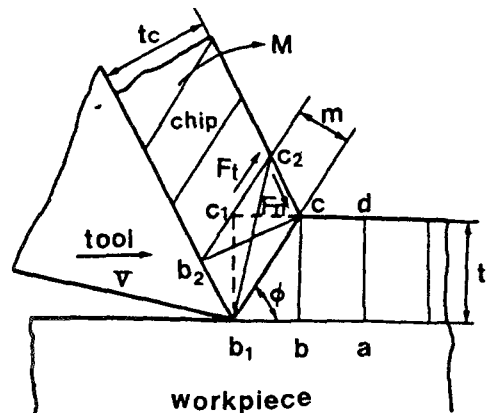


Fig. 5 Mechanism of chip curl

의 塑性流動에 의한 剪斷力과 壓縮力 및 剪斷領域에서의 剪斷力에 의하여 칩이 彎曲되는 것으로 생각된다. 2次元切削에서는 칩의 幅의 增加는 없는 것으로 한다. Fig. 5에서 切削깊이 t 로 切削했을 때 生成되는 칩의 厚께를 t_c 라고 한다. 未切削部分의 直4角形 $abcd$ 部分이 칩으로 生成되었을 때 $b_1b_2c_2c$ 인 칩의 短要素가 된다고 假定한다. b_1c 面은 剪斷面을 표시하는 것이나, 切削에 있어서의 剪斷作用은 b_1c 面과 같은 單一面에서 일어나는 것이 아니고 어떤 範圍內에서 일어나므로 b_1c 面에서부터 左上の 工具上面의 어떤 範圍가 塑性變形 상태에 있다고 볼 수 있다. 工具날 끝이 前進하여 點 b 는 b_1 에, 點 c 는 c_1 에, 點 a 는 b_1 에, 點 d 는 c_1 에 到達할 것이다. 그러나 b_1c 인 剪斷面에서 剪斷作用에 의하여 塑性流動하면서 點 b_1 은 b_2 에 點 c_1 은 c_2 로 移動하여 要素 bb_1c_1c 는 $b_1b_2c_2c$ 의 要素가 된다. 面 b_1c 및 b_2c_2 는 相隣하는 미끄럼面으로서 두 미끄럼面間距離 m 은

Heidenreich⁽¹¹⁾등의 純Al에 대한 電子顯微鏡測定에 의하면 $0.02\mu m$ 정도라고 한다. 여기서 要素 bb_1c_1c 가 $b_1b_2c_2c$ 로 塑性流動하는 過程을 두段階로 생각할 수 있다. 첫段階는 直角3角形 b_1cc_1 이 b_1cc_2 로 塑性變形하면서 b_1c_1 은 b_1c_2 로 伸長되어 剪斷力을 받고, cc_1 은 cc_2 로 縮小되면서 壓縮力 F_n 을 받는다. Δb_1c_1c 와 Δb_1c_2c 의 面積은 같다. 다음段階는 點 b_1 이 b_2 로 點 b 가 b_1 으로 移動하면서 Δb_1cc_2 는 Δb_2cc_2 로 Δbb_1c 는 Δb_1b_2c 로 移動하여 母材의 直角4角形 bb_1c_1c 가 칩의 短要素 $b_1b_2c_2c$ 가 되는 셈이다. 結局 b_1c_1 이 b_2c_2 로 伸長되면서 b_2c_2 面에는 F_t 의 剪斷力이 作用하게 된다. 또 面 b_2c_2 는 剪斷領域內의 剪斷面이므로 앞의 칩 要素에 의하여 $b_2 \rightarrow c_2$ 로 剪斷力이 作用하여 칩을 굽히려는 作用을 하게 된다. F_t 및 F_n 에 의한 굽힘모멘트를 M_t, M_n 이라고 하면 칩을 彎曲하려는 모멘트 M 은 다음과 같이 계산된다.

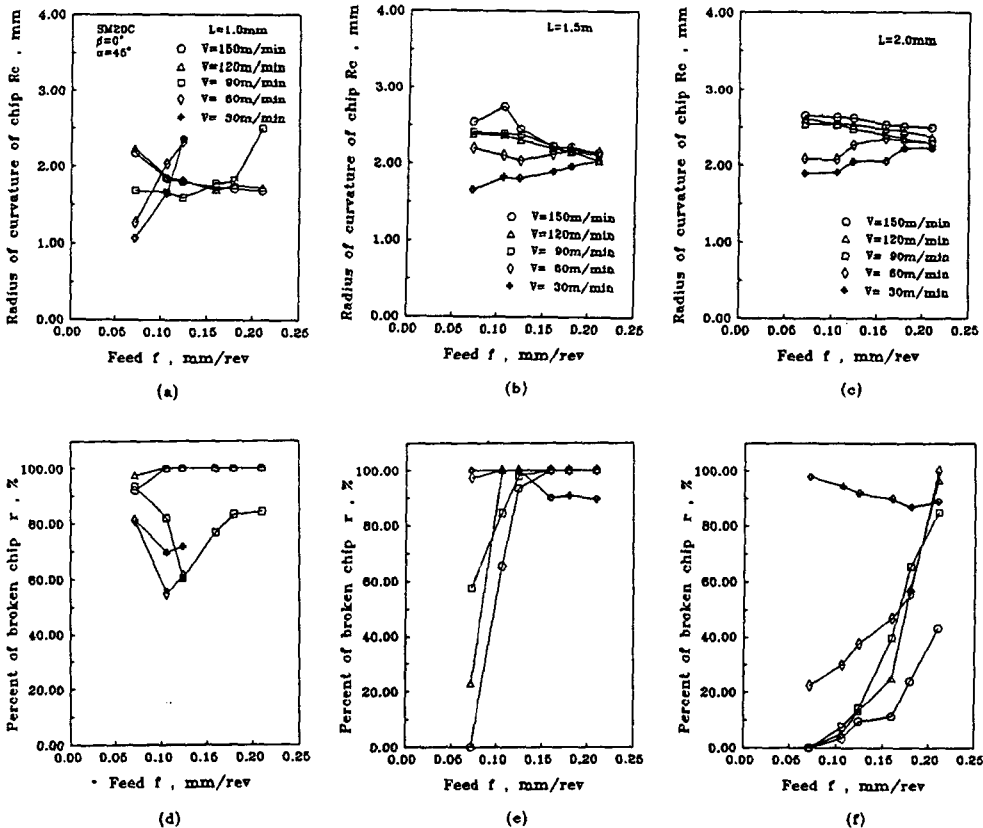


Fig. 6 Radius of curvature of chip and percent of broken chip vs. feed by conventional chip breaker when $\alpha=45^\circ, \beta=0^\circ, L=1.0, 1.5, 2.0$ mm

$$M_t = F_t \cdot m, \quad M_n = F_n \cdot t_c \quad (1)$$

$$M = M_t + M_n = F_t \cdot m + F_n \cdot t_c \quad (2)$$

이상의 두段階의 塑性流動作用이 同時에 連續的으로 일어나면서 連續칩이 되므로 칩이 彎曲하게 된다고 생각된다.

4.2 在來形 칩折斷具에 의한 試驗結果 및 考察

(1) 칩折斷具의 傾斜角 $\alpha=45^\circ$ 의 경우

3.2(2)에서 論한바와 같이 予備試驗에서 $\alpha=45^\circ$ 의 경우가 最適이므로 $\alpha=45^\circ$ 로 固定하고 平坦部距離 $L=1.0, 1.5, 2.0$ mm로 變化시켰을 때 側面切削날角 $\beta=0^\circ$ 의 경우를 Fig. 6에, $\beta=10^\circ$ 의 경우를 Fig. 7에, $\beta=20^\circ$ 의 경우를 Fig. 8에 移送量에 대한 生成된 칩의 曲率半徑 및 칩折斷百分率 = $\frac{\text{단곡角}360^\circ\text{이하의 칩의 數}}{\text{總칩의 數}} \times 100\%$ (이하 칩折斷

率이라 한다.)를 切削速度別로 圖示한 것이다.

그림의 모든 경우에서 보는 바와 같이 平坦部距離 L 의 增加에 따라 칩의 曲率半徑은 增加하고 있고 $L=1$ mm의 경우는 칩의 曲率半徑이 比較的 不規則하며, 0.071 mm/rev과 같은 低移送量에서는 切削速度가 낮을수록 칩의 曲率半徑은 작으나 高切削速度에서는 매우 크며 移送量의 增加에 따라 칩의 曲率半徑의 差는 減少하여 一定한 曲率半徑의 範圍內로 수렴하는 傾向이 있다. 移送量이 적을 때는 칩의 두께가 얇으므로 低速切削에서는 칩의 彎曲이 쉬워서 曲率半徑이 작아지나, 高速切削에서는 칩이 칩折斷具에 衝突했을 때 칩이 高速으로 流出하면서 彎曲의 效果를 充分이 얻지못하기 때문에 曲率半徑이 커지는 것으로 생각된다. 移送量이 커짐에 따라 칩의 두께가 커지면서 칩折斷具의 效果가 나타나며 칩의 曲率半徑이 一定範圍의 限界値에 接近하고 있다.

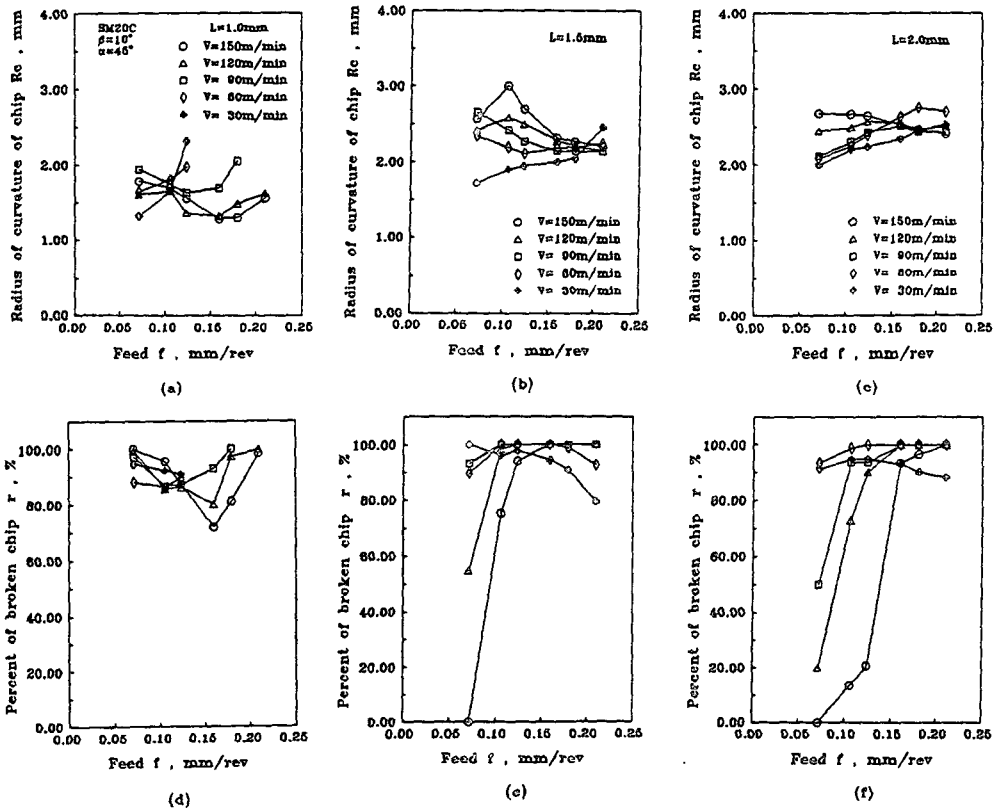


Fig. 7 Radius of curvature of chip and percent of broken chip vs feed by conventional chip breaker when $\alpha=45^\circ$, $\beta=10^\circ$, $L=1.0, 1.5, 2.0$ mm

Fig. 6의 (a), (b), (c)는 $L=1.0, 1.5, 2.0$ mm의 경우의 移送量에 대한 칩의 曲率半徑을 切削速度別로 표시한 것이며, (d), (e), (f)는 各各 (a), (b), (c)에 대한 칩折斷率을 표시한 것이다. 이 그림에서 (a)와 (d)를 對比해보면 (a)에서 移送量 0.124 mm/rev. 이하에서는 切削速度에 따라 칩의 曲率半徑의 差가 크며 (d)에서와 같이 칩折斷率이 不良하나, 그 이상의 移送量에서는 칩의 曲率半徑이 $1.5\sim 2.0$ mm로 集中하고 있으며 칩折斷率은 切削速度 120 m/min와 150 m/min의 경우만 100%를 표시하고 있다. (b)와 (e)를 對比해보면 역시 移送量 0.124 mm/rev. 이하에서는 칩의 두께가 얇으므로 切削速度에 따라서의 칩의 曲率半徑의 差가 크고 칩折斷率이 30 및 60 m/min의 低速切削을 除外하고는 不良하나, 그 이상의 移送量에서는 칩의 曲率半徑이 $2.0\sim 2.5$ mm範圍로 集中하고 있으며, 칩折斷率은 30 m/min의 90%를 除外하면 100%를 나타내고 있다. (c)와 (f)를 對比해보면 칩의 曲率

半徑이 2.5 mm前後로 集中하고 있으며 칩折斷率은 매우 不良하다는 것을 알 수 있다.

이상과 같은 考察을 Fig. 7 및 Fig. 8에 대하여 보면 칩折斷率이 가장 良好한 경우는 平坦部距離 $L=1.5$ mm이며 칩의 曲率半徑이 $2.0\sim 2.5$ mm이고 側面切削날角 $\beta=20^\circ$ 인 것을 알 수 있다.

(2) 平坦部距離 $L=1.5$ mm의 경우

最適值인 平坦部距離 $L=1.5$ mm로 固定하고 칩折斷具 傾斜角 $\alpha=30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ 로 變化시켰을 때 側面切削날角 $\beta=0^\circ$ 의 경우를 Fig. 9에 $\beta=10^\circ$ 의 경우를 Fig. 10에, $\beta=20^\circ$ 의 경우를 Fig. 11에 移送量에 대한 칩의 曲率半徑 및 칩折斷率을 切削速度別로 圖示한 것이다.

Fig. 9~11의 (a)~(c)를 보면 칩折斷具 傾斜角 α 가 增加함에 따라 칩의 曲率半徑은 약간 減少하고 있으며 最低移送量에서는 最低切削速度에서 칩曲率半徑이 最小이고 最高切削速度에서 最大로 그 差가 最大이나 移送量의 增加에 따라 그 差는 減少하여

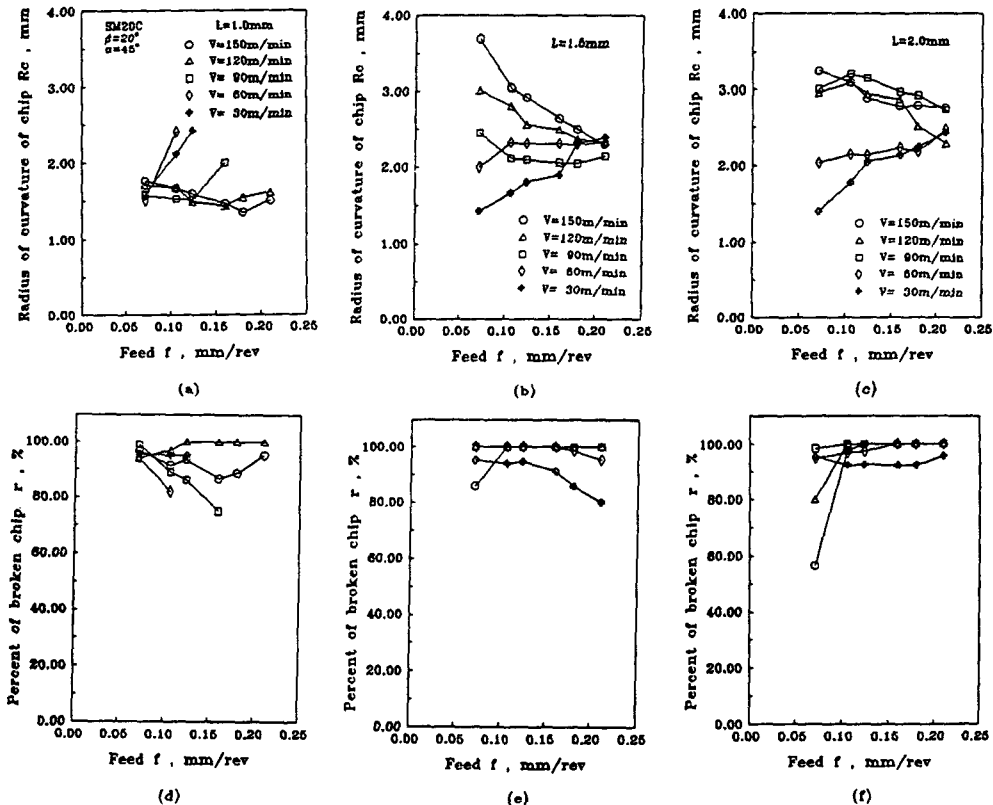


Fig. 8 Radius of curvature of chip and percent of broken chip vs feed by conventional chip breaker when $\alpha=45^\circ, \beta=20^\circ, L=1.0, 1.5, 2.0$ mm

2.0~2.5 mm範圍로 集中하고 있다. Fig. 10에서 보면 $\alpha=45^\circ$ 에서 移送量 0.124 mm/rev.의 경우가 가장 칩折斷率이 良好하다. 高速切削의 경우는 칩曲率半徑이 限界值인 2.0~2.5 mm를 초과하는 경우가 많으며 따라서 칩折斷率이 不良함을 볼 수 있다. Fig. 10에서는 $\alpha=30^\circ$ 의 경우가 칩折斷이 가장 良好하며, Fig. 11에서도 $\alpha=30^\circ$ 의 경우가 가장 良好하다.

이상의 試驗結果를 綜合해보면 $\alpha=30^\circ\sim45^\circ$, $\beta=20^\circ$, $Rc=2.0\sim2.5$ mm 때가 가장 칩折斷率이 良好함을 알 수 있다. 또한 高速切削의 경우는 移送量 $f=0.124$ mm/rev. 이상에서 칩이 잘 折斷됨을 볼 수 있다.

4.3 新形 칩折斷具에 의한 試驗結果 및 考察

(1) 側面切削날角 $\beta=0^\circ$ 의 경우

Fig. 12은 $A=0^\circ$, $R=3.0$ mm, $B=45^\circ$ 로 一定하

게 固定하고 平坦部距離 $L=1.0, 1.5, 2.0$ mm로 變化시켰을 때의 칩曲率半徑을 (a)~(c)에 칩折斷率을 (d)~(f)에 圖示한 것이다. (a)~(c)를 보면 $L=1.0$ mm에서는 칩 曲率半徑 $Rc=1.6\sim1.8$ mm, $L=1.5$ mm에서는 $Rc=2.0\sim2.5$ mm, $L=2.0$ mm에서 $Rc=2.5\sim2.9$ mm로 增加하는 傾向이 있다. (a)~(c)와 (d)~(f)를 對比해보면 $L=1.0$ mm에서 移送量 $f=0.124$ mm/rev. 이하에서는 高速切削에서 칩折斷率이 100%에 가까우나 그 이상의 移送量에서는 減少하는 傾向이 있다. $L=1.5$ mm에서는 $V=30$ m/min를 除外하면 移送量 $f=0.124$ mm/rev. 이상에서는 칩折斷率이 100%로 매우 良好하다. 다만 $V=30$ m/min의 경우 칩折斷率이 不良해지는 것은 칩曲率半徑이 限界值 2.0~2.5 mm 이상으로 커졌기 때문이다. $L=2.0$ mm에서는 칩折斷率이 매우 不良하다. 이 경우도 칩曲率半徑이 限界值 2.0~2.5 mm를 초과하기 때문으로 생각된다. 따라서 $L=1.5$ mm, $Rc=2.0\sim2.5$ mm가 칩折

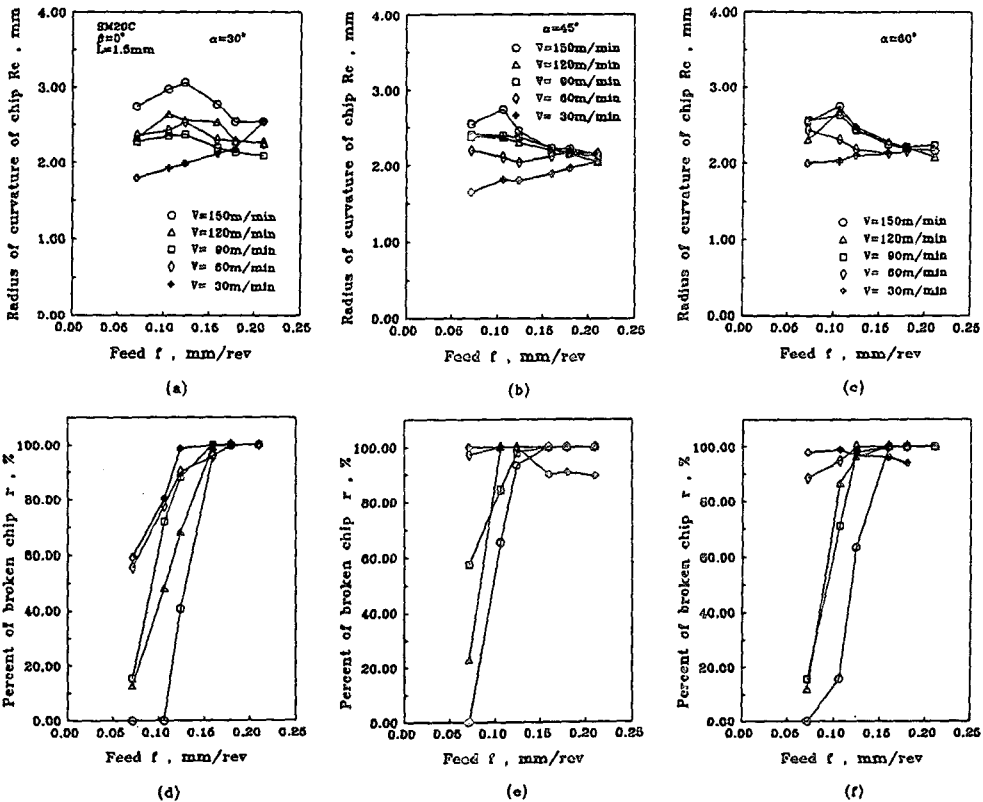


Fig. 9 Radius of curvature of chip and percent of broken chip vs feed by conventional chip breaker when $L=1.5$ mm, $\beta=0^\circ$, $\alpha=30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$

斷의 最適值임을 알 수 있다.

Fig. 13는 $L=1.5$ mm, $R=3.0$ mm, $B=45^\circ$ 로 固定하고 角 $A=0^\circ, 20^\circ, 45^\circ$ 로 變化시켰을 때의 結果이다. (a)~(c)를 보면 칩曲率半徑은 角 A 의 影響을 받지 않고 $Rc=2.0\sim 2.5$ mm에 있다. (d)에서 $V=30$ mm/min를 除去하면 $f=0.124$ mm/rev. 이 상에서 칩折斷率이 100%이다. $V=30$ m/min에서 칩折斷率이 減少하는 것은 Rc 가 限界值를 초과하기 때문이다. (b)와 (e) 및 (c)와 (f)에서는 $f=0.106$ mm/rev 이상에서는 칩折斷率이 거의 100%로 매우 良好하며 角 $A=20^\circ\sim 45^\circ$ 가 最適值임을 알 수 있다.

Fig. 14는 $L=1.5$ mm, $A=20^\circ, B=45^\circ$ 固定하고 $R=2.0, 3.0, 4.0$ mm로 變化시켰을 때의 結果이다. (a)~(c)를 보면 칩曲率半徑은 칩折斷具 凹弧面의 半徑에는 別 영향을 받지 않고 $2.0\sim 2.5$ mm의 限界值內에 있다. 칩折斷率을 보면 (d)와 (f)에서

는 $V=30$ m/min를 除外하면 $f=0.160$ 및 0.106 mm/rev. 이상에서 거의 100%이나, (e)에서는 切削速度에 關係 없이 $f=0.106$ mm/rev 이상에서 100%를 나타내고 있다. 따라서 $R=3.0$ mm의 경우가 最適值이다.

Fig. 15는 $L=1.5$ mm, $A=20^\circ, R=2.0$ mm로 固定하고 角 $B=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ 로 變化시켰을 때의 結果이다. (a)~(c)에서와 같이 칩曲率半徑은 角 B 의 變化에 關係 없이 $2.0\sim 2.5$ mm의 限界值內에 있다. (d)에서 보면 $f=0.16$ mm/rev 이상에서는 칩折斷率 100% 이고 (e)에서는 $V=30$ m/min를 除外하면 역시 100%이나 (f)에서는 不良하게 나타나고 있다. 따라서 $B=0^\circ$ 가 最適值이다.

(2) 側面切削 削角 $\beta=10^\circ$ 의 경우

Fig. 16은 $A=0^\circ, R=3.0$ mm, $B=45^\circ$ 로 一定하게 固定하고 平坦部距離 $L=1.0, 1.5, 3.0$ mm로 變化시켰을 때의 移送量 f 의 變化에 따른 切削速度

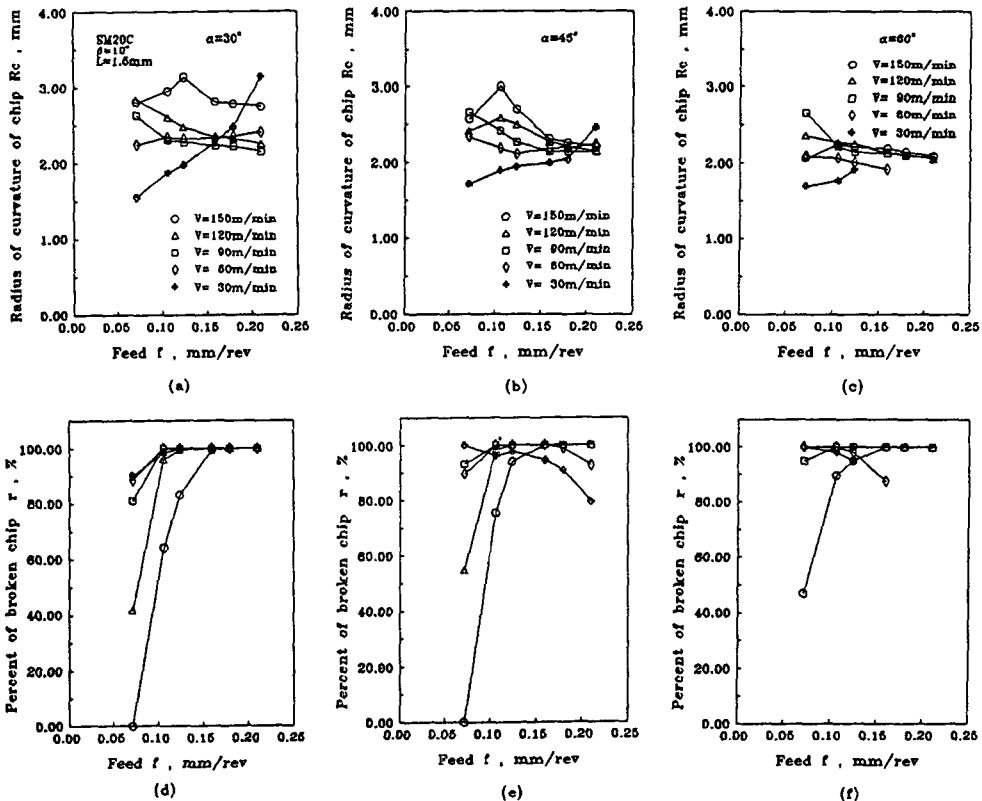


Fig. 10 Radius of curvature of chip and percent of broken chip vs feed by conventional chip breaker when $L=1.5$ mm, $\beta=10^\circ, \alpha=30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$

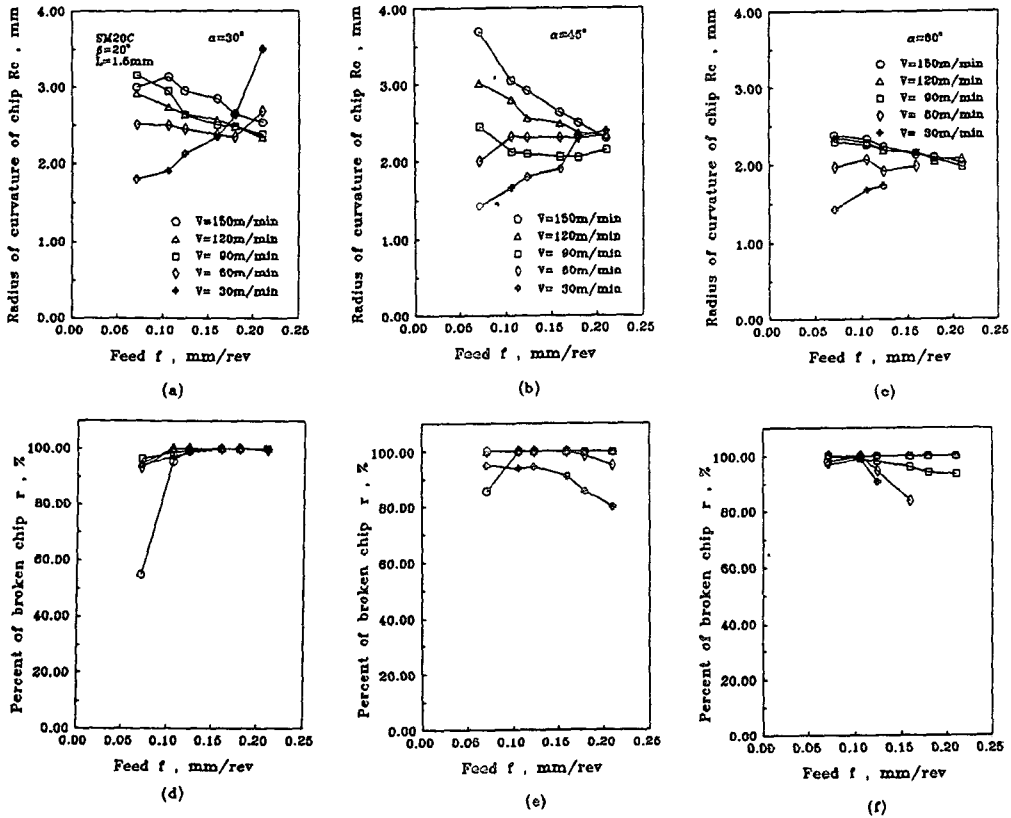


Fig. 11 Radius of curvature of chip and percent of broken chip vs feed by conventional chip breaker when $L=1.5$ mm, $\beta=20^\circ$, $\alpha=30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$

別 칩曲率半徑 R_c 및 칩切斷率 r 을 圖示한 것이다. (a)~(c)에서 L 의 增加에 따라 R_c 가 增加하고 있다. (a)에서는 $R_c=1.7\sim 2.0$ mm, (b)에서는 $R_c=2.0\sim 2.5$ mm, (c)에서는 $R_c=2.5\sim 3.0$ mm이며, 칩折斷率은 (d)~(f)와 같이 $L=1.5$ mm인 $R_c=2.0\sim 2.5$ mm의 경우가 가장 良好하다. 따라서 R_c 가 限界值인 $2.0\sim 2.5$ mm外에서는 칩折斷率이 좋지 않고 $L=1.5$ mm의 경우가 最適值이다.

Fig. 17은 $L=1.5$ mm, $R=3.0$ mm, $B=45^\circ$ 로 一定하게 固定하고 $A=0^\circ, 20^\circ, 45^\circ$ 로 變化시켰을 때의 結果이다. (a)~(c)에서와 같이 R_c 는 角 A 의 變化에는 別영향이 없이 $2.0\sim 2.5$ mm이며, (d)~(f)에서와 같이 칩折斷率은 各各 良好하나 특히 $A=20^\circ$ 인 (e)의 경우가 가장 良好하다. 따라서 $R_c=2.0\sim 2.5$ mm, $A=20^\circ$ 가 最適值이다.

Fig. 18는 $L=1.5$ mm, $A=20^\circ$, $B=45^\circ$ 로 一定하게 固定하고 $R=2.0, 3.0, 4.0$ mm로 變化시켰을

경우의 結果이다. (a)~(c)에서 보면 R 의 增加에 따라 R_c 가 약간 增加하는 傾向이 있으나 $2.0\sim 2.5$ mm에 있으며, 칩折斷率은 各경우 良好하나 $R=3.0$ mm인 (e)의 경우가 가장 良好하다. 따라서 $R_c=2.0\sim 2.5$ mm, $R=3.0$ mm가 最適值이다.

Fig. 19은 $L=1.5$ mm, $A=20^\circ$, $R=2.0$ mm로 一定하게 固定하고 角 $B=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ 로 變化시켰을 때의 結果이다. R_c 는 角 B 에는 영향을 받지 않고 $2.0\sim 2.5$ mm이나, 칩折斷率은 $B=90^\circ$ 때인 (f)의 경우가 가장 不良하고 $B=0^\circ$ 및 45° 의 경우는 類似的 良好性を 표시하고 있다. 따라서 $R_c=2.0\sim 2.5$ mm이고 $B=45^\circ$ 가 最適值이다.

(3) 側面切削角 $\beta=20^\circ$ 의 경우

Fig. 20은 $A=0^\circ$, $R=3.0$ mm, $B=45^\circ$ 로 一定하게 固定하고 $L=1.0, 1.5, 2.0$ mm로 變化시켰을 때의 移送量 f 의 變化에 따른 切削速度別 칩曲率半徑 R_c 와 칩折斷率 r 를 圖示한 것이다. (a)~(c)

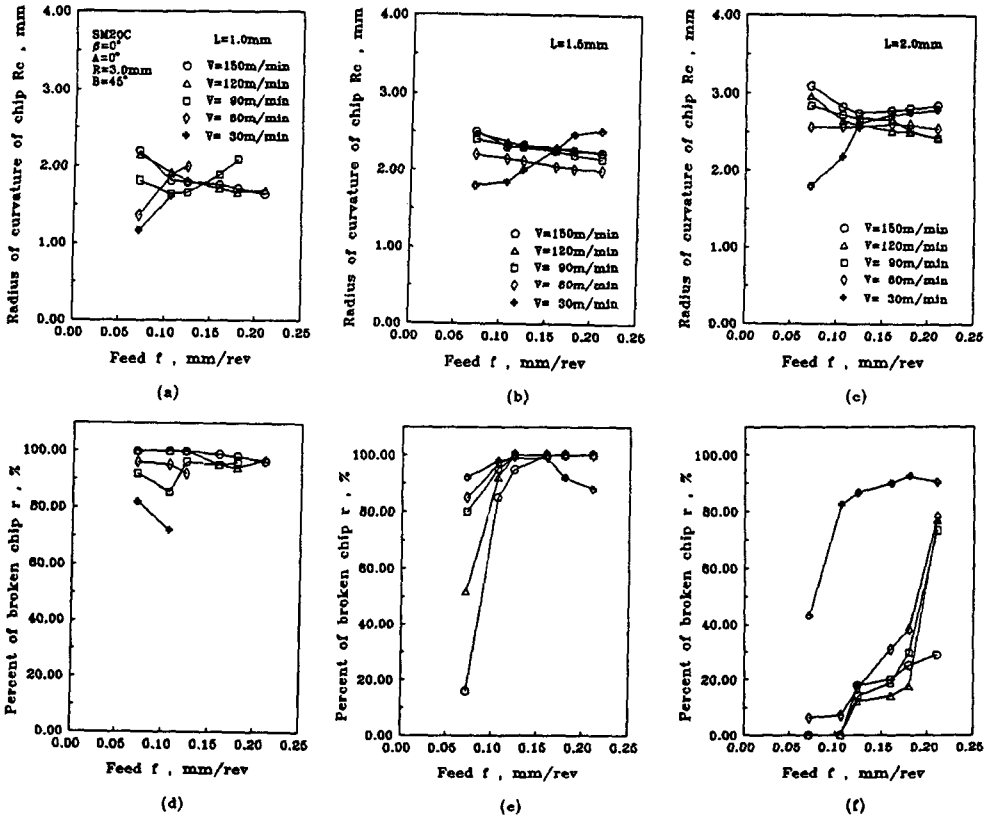


Fig. 12 radius of curvature of chip and percent of broken chip vs feed by new type chip breaker when $\beta=0^\circ$, $A=0^\circ$, $R=3.0$ mm, $B=45^\circ$, $L=1.0, 1.5, 2.0$ mm

에서 보면 L 이 증가함에 따라 R_c 가 증가하고 있다. $L=1.0$ mm 때는 $R_c=1.5\sim 1.0$ mm, $L=1.5$ mm 때는 $R_c=2.3\sim 2.7$ mm, $L=2.0$ mm 때는 $R_c=2.5\sim 3.0$ mm이다. (d)~(f)에서 보면 칩折断率은 $L=1.5$ mm인 (e)에서 가장良好하므로 $L=1.5$ mm가 最適임을 알 수 있다.

Fig. 21는 $L=1.5$ mm, $R=3.0$ mm, $B=45^\circ$ 로 一定하게 固定했을 때 $A=0^\circ, 20^\circ, 45^\circ$ 로 變化시켰을 때의 結果이다. (a)~(c)를 보면 角 A 의 變化는 R_c 에는 別 영향이 없으며, $2.0\sim 2.5$ mm이고 칩折断率도 (d)~(f)와 같이 良好하며 특히 $A=20^\circ$ 인 (e)의 경우가 가장 良好하므로 이 角이 最適角임을 알 수 있다.

Fig. 22은 $L=1.5$ mm, $A=20^\circ$, $B=45^\circ$ 로 固定하고 $R=2.0, 3.0, 4.0$ mm로 變化시켰을 때의 結果이다. (a)~(c)와 같이 R 의 變化가 R_c 에는 크게 영향을 미치지 않으며, (a)에서는 $R_c=2.2\sim 2.7$

mm, (b) 때는 $R_c=2.0\sim 2.5$ mm, (c)에서는 $R_c=2.2\sim 2.8$ mm이다. 칩折断率은 (f)에서 $V=30$ m/min를 除外하면 良好하며, 특히 $R=3.0$ mm인 (e)의 경우가 가장 良好하므로 이 값이 最適值이다.

Fig. 23는 $L=1.5$ mm, $A=20^\circ$, $R=2.0$ mm로 固定하고 $B=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ 로 變化시켰을 때의 結果이다. (a)~(c)에서 보면 R_c 는 角 B 에는 영향이 없으며 $R_c=2.3\sim 2.8$ mm이다. 칩折断率은 (d)와 (e)의 경우가 가장 良好하며 $B=90^\circ$ 인 (f)의 경우는 不良하다. 따라서 $B=45^\circ$ 가 最適角이다.

이상의 試驗結果를 綜合해보면 $\beta=10^\circ\sim 20^\circ$, $L=1.5$ mm, $R=3.0$ mm, $R_c=2.0\sim 2.5$ mm, $A=20^\circ$, $\beta=0^\circ\sim 45^\circ$ 일 때 칩折断率이 가장 良好하다. 칩折断이 良好할 경우는 $V=150$ m/min의 경우만 $f=0.106$ mm/rev. 이상이고 그 이하의 切削速度에서는 最低移送量인 $f=0.071$ mm/rev.까지도 100%의 칩折断이 되고 있다.

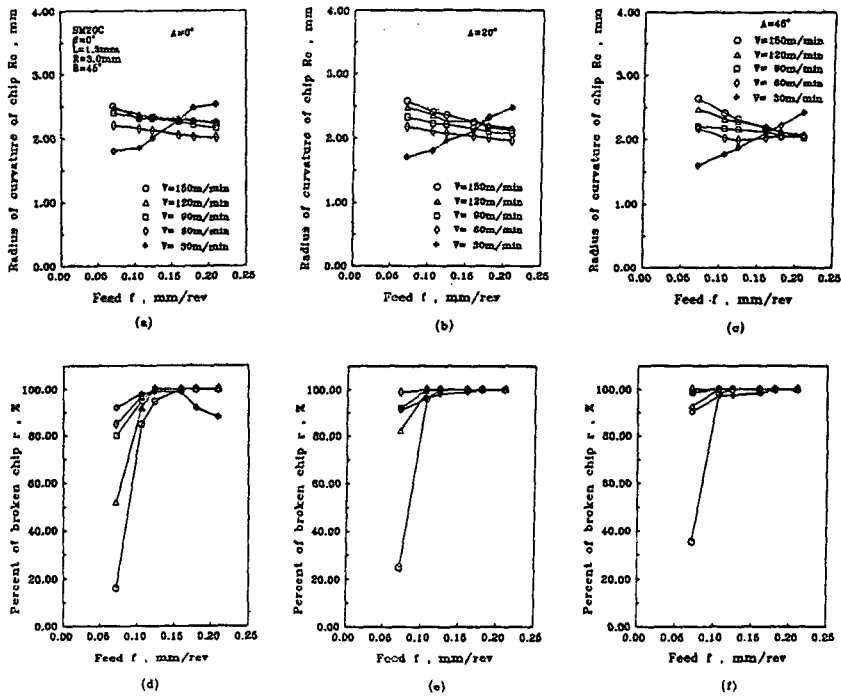


Fig. 13 Radius of curvature of chip and percent of broken chip vs feed by new type chip breaker when $\beta=0$, $L=1.5$ mm, $R=3.0$ mm, $B=45^\circ$, $A=0^\circ, 20^\circ, 45^\circ$

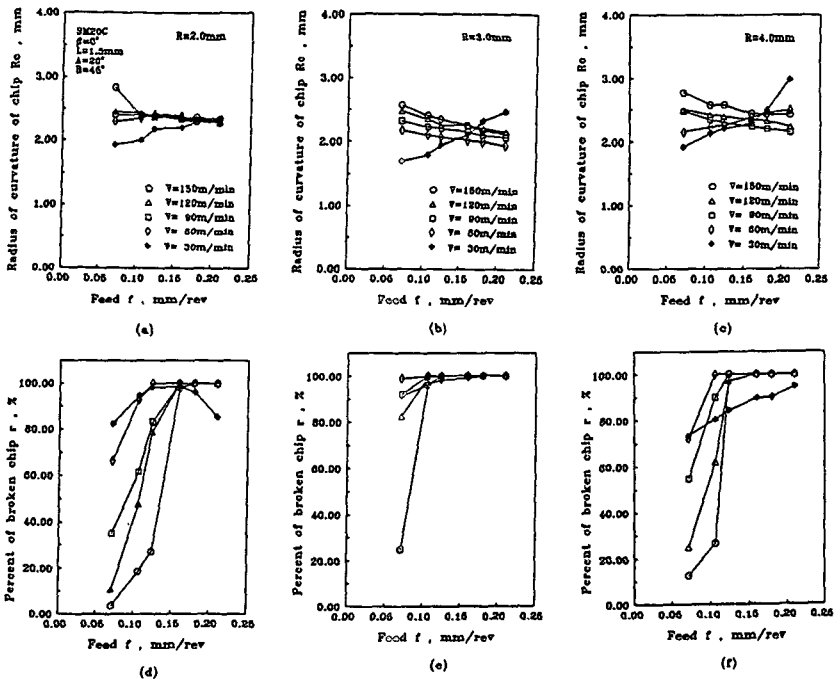


Fig. 14 Radius of curvature of chip and percent of broken chip vs feed by new type chip breaker when $\beta=0^\circ$, $L=1.5$ mm, $A=20^\circ$, $B=45^\circ$, $R=2.0, 3.0, 4.0$ mm.

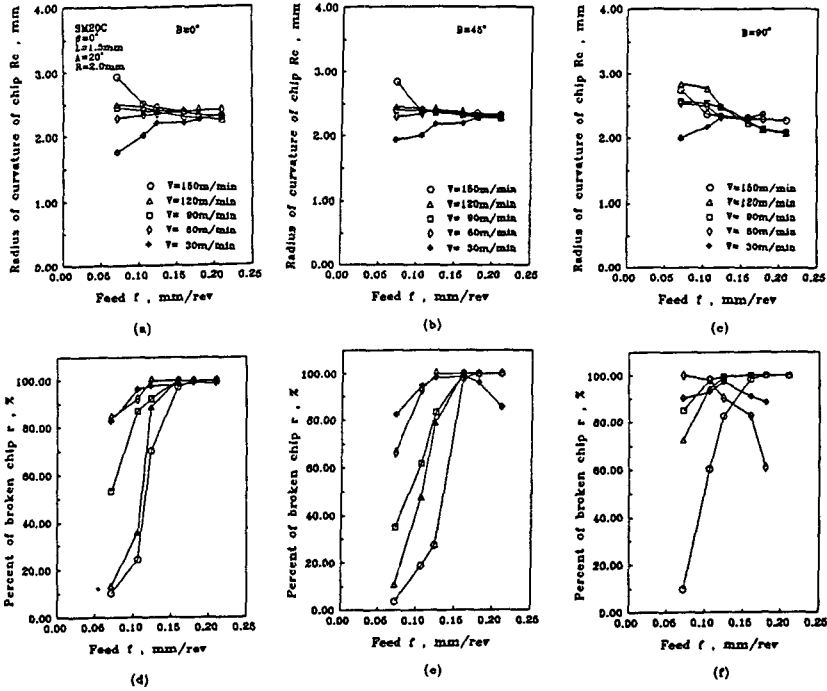


Fig. 15 Radius of curvature of chip and percent of broken chip vs feed by new type chip breaker when $L=1.5$ mm, $A=20^\circ$, $R=2.0$ mm, $B=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$

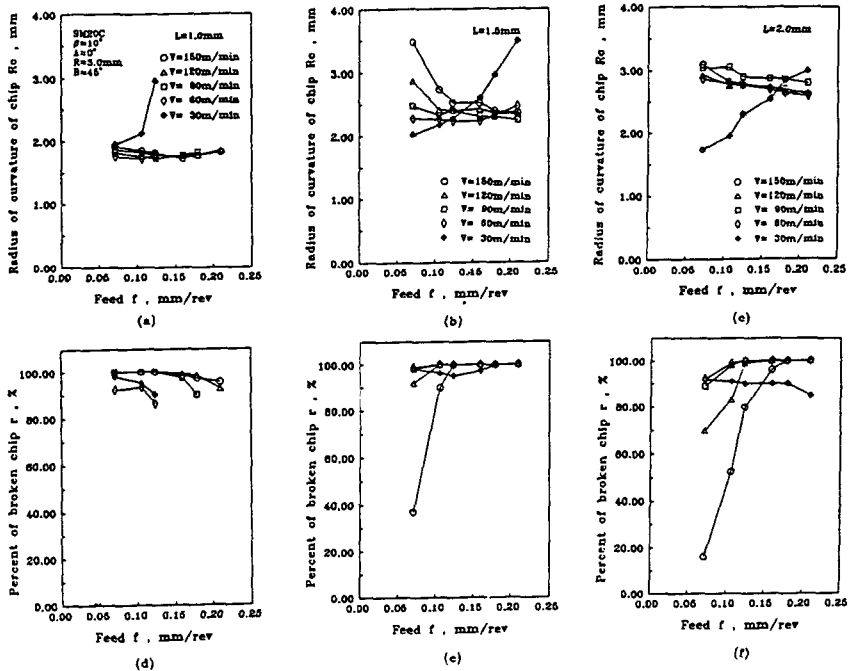


Fig. 16 Radius of curvature of chip and percent of broken chip vs feed by new type chip breaker when $A=0^\circ$, $R=3.0$ mm, $B=45^\circ$, $L=1.0, 1.5, 2.0$ mm

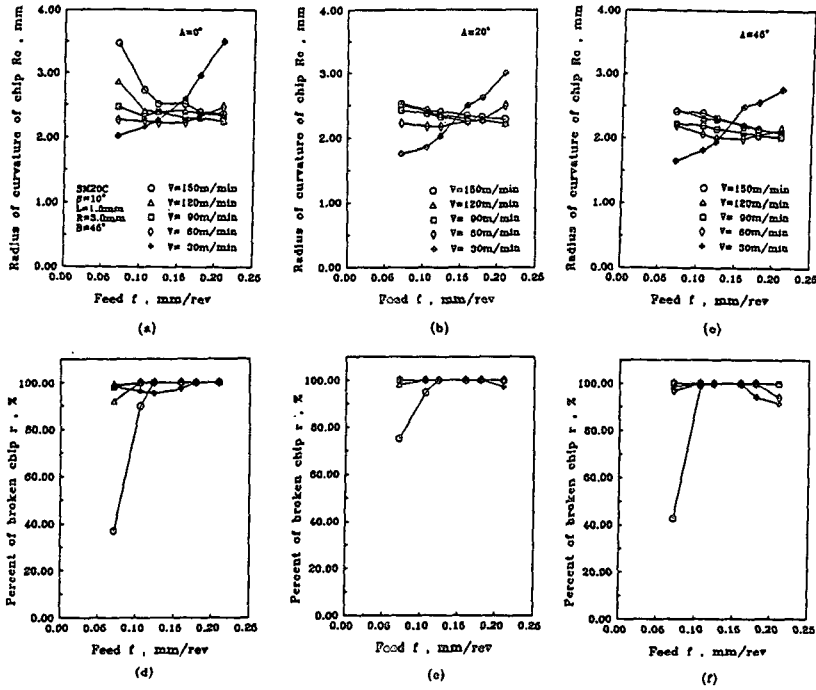


Fig. 17 radius of curvature of chip and percent of when $L=1.5$ mm, $R=3.0$ mm, $B=45^\circ$, $A=0^\circ$, broken chip vs feed by new type chip breaker 20° , 45° .

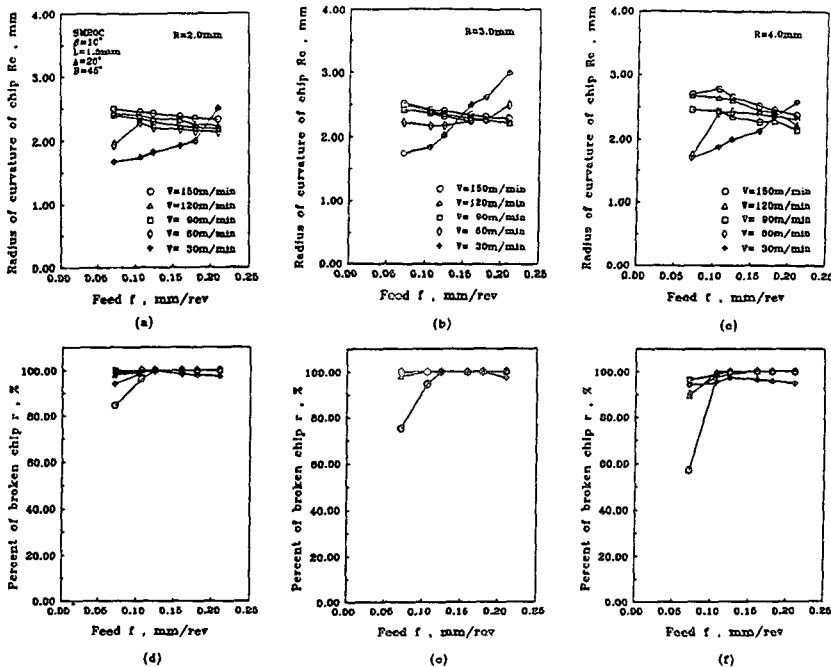


Fig. 18 Radius of curvature of chip and percent of broken chip vs feed by new type chip breaker when $L=1.5$ mm, $A=20^\circ$, $B=45^\circ$, $R=2.0, 3.0, 4.5$ mm.

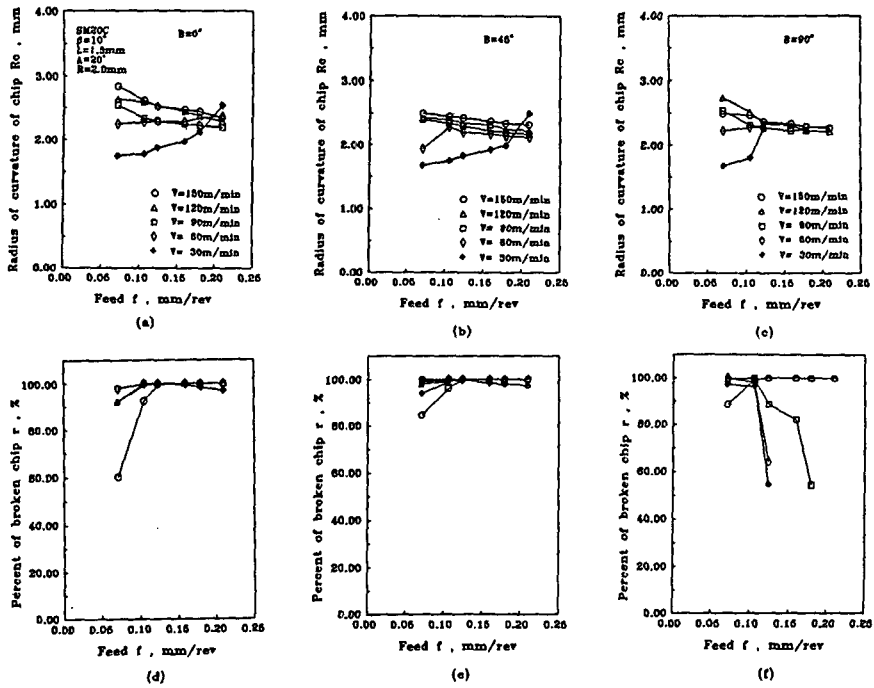


Fig. 19 Radius of curvature of chip and percent of broken chip vs feed by new type chip breaker when $L=1.5\text{ mm}$, $A=20^\circ$, $R=2.0\text{ mm}$, $B=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$

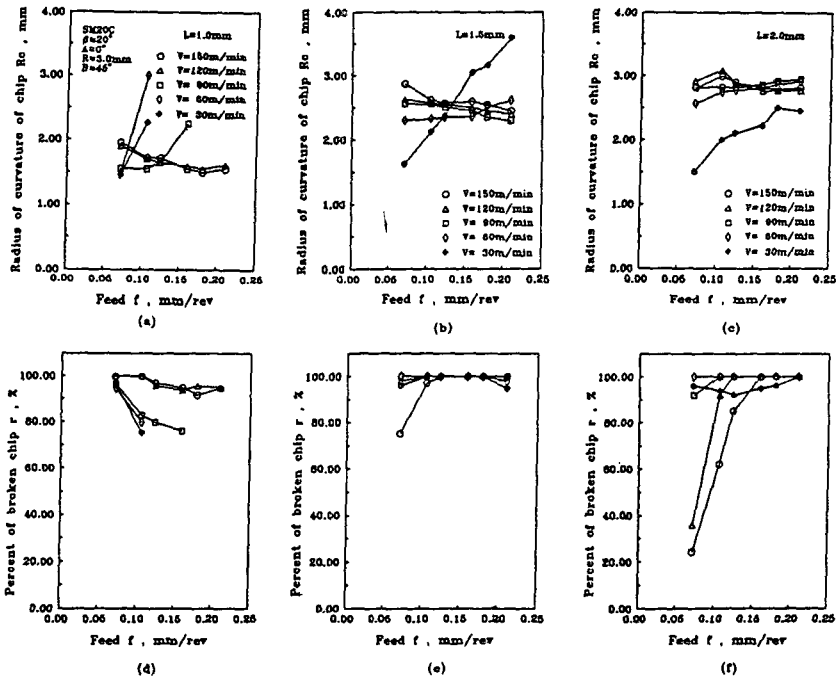


Fig. 20 radius of curvature of chip and percent of broken chip vs feed by new type chip breaker when $A=0^\circ$, $R=3.0\text{ mm}$, $B=45^\circ$, $L=1.0, 1.5, 2.0\text{ mm}$

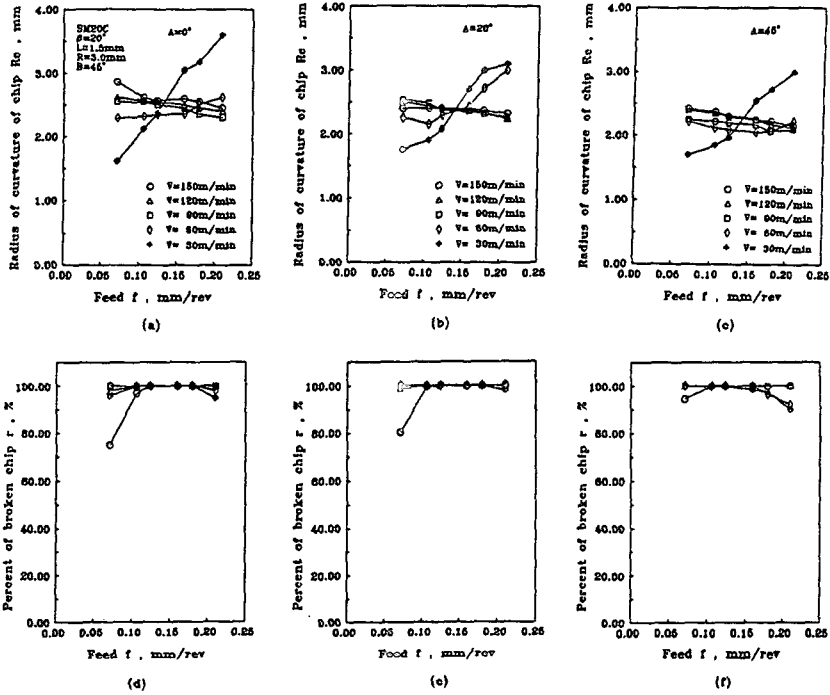


Fig. 21 Radius of curvature of chip and percent of broken chip vs feed by new type chip breaker when $L=1.5$ mm, $R=3.0$ mm, $B=45^\circ$, $A=0^\circ, 20^\circ, 45^\circ$

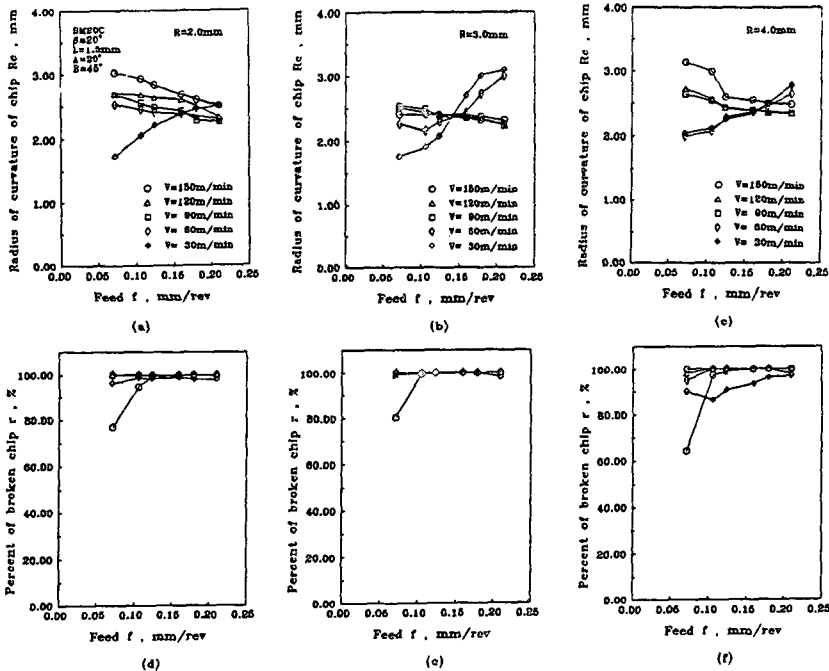


Fig. 22 Radius of curvature of chip and percent of broken chip vs feed by new type chip breaker when $L=1.5$ mm, $A=20^\circ$, $B=45^\circ$, $R=2.0, 3.0, 4.5$ mm

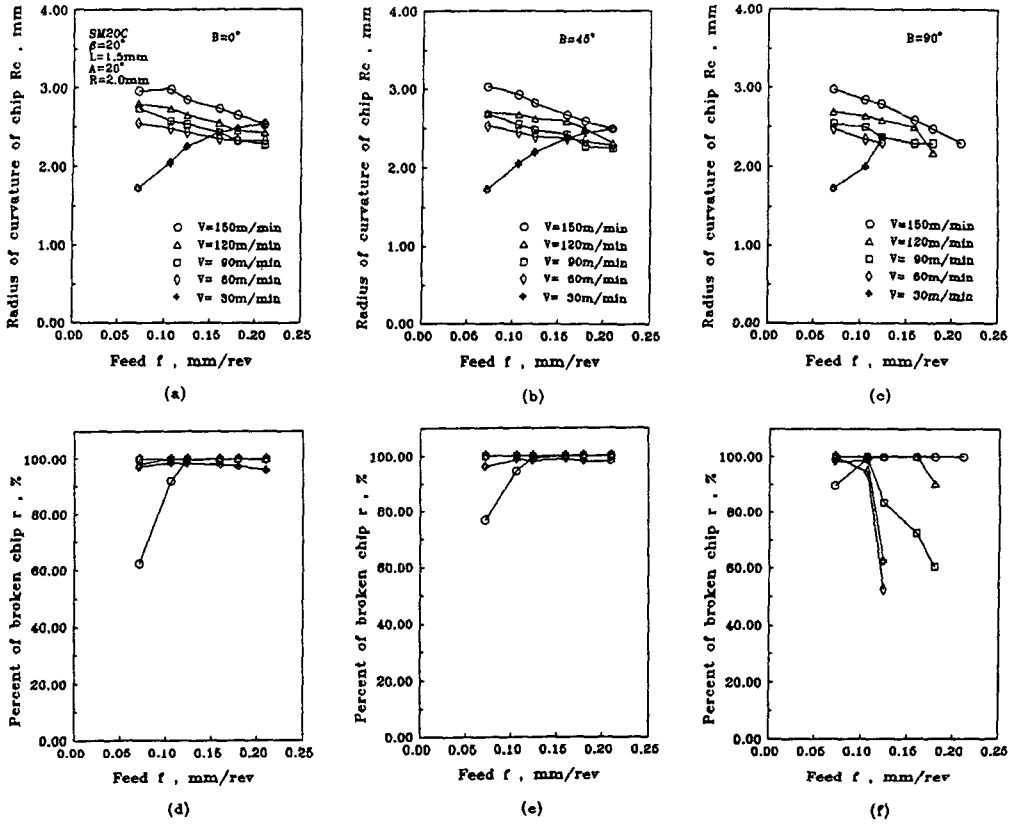


Fig. 23 Radius of curvature of chip and percent of broken chip vs feed by new type chip breaker when $L=1.5$ mm, $A=20^\circ$, $R=2.0$ mm, $B=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$

4.4 在來形과 新形の 칩折斷具의 折斷性能 比較

SM 20 C 材料에 대하여 以上の 두 種類의 칩折斷具를 써서 試驗한 結果, 칩折斷의 條件을 綜合

하면 Table 7과 같다.

Table 7에서 보는 바와 같이 在來形 및 新形 칩折斷具 共히 칩曲率半徑 $R_c = 2.0 \sim 2.5$ mm로 彎曲 되었을 때 칩折斷이 가장 良好하다. 이 값보다 크

Table 7 Optimum chip breaking condition

Type of Chip breaker	β (deg.)	R_c (mm)	L (mm)	α (deg.)	A (deg.)	R (mm)	B (deg.)	Optimum chip breaking condition
Conventional type	0	2.0~2.5	1.5	45				$R_c = 2.0 \sim 2.5$ mm $L = 1.5$ mm $\alpha = 30^\circ \sim 45^\circ$ $\beta = 20^\circ$
	10	2.0~2.5	1.5	30~45				
	20	2.0~2.5	1.5	30				
New type	0	2.0~2.5	1.5		20~45	3.0	0	$R_c = 2.0 \sim 2.5$ $L = 1.5$ mm, $R = 3.0$ mm $A = 20^\circ \sim 45^\circ$, $B = 0^\circ \sim 45^\circ$ $\beta = 10^\circ \sim 20^\circ$
	10	2.0~2.5	1.5		20	3.0	45	
	20	2.3~2.8	1.5		20	3.0	45	

Table 8 Case of about 100% broken chip.

Type of chip breaker	Figure (Feed, over mm/rev.)
Conventional type	6(e), 9(d), 10(d), 11(d), (0.124) (0.160) (0.160) (0.124)
New type	12(e), 13(e), 13(f), 14(e), 16(e), 17(d), (0.124) (0.106) (0.106) (0.106) (0.106) (0.106)
	17(e), 17(f), 18(d)~(f), 19(d), 19(e), (0.106) (0.106) (0.071) (0.106) (0.106)
	20(e), 21(d)~(f), 22(d)(e), 23(d)(e), (0.106) (0.071) (0.071) (0.071)

든가 작으면 連續칩이 되기 쉽다. 平坦部距離 $L=1.5\text{ mm}$ 가 最適이다. 在來形에서의 칩折斷具 傾斜角은 $\alpha=30^\circ\sim 45^\circ$, 側面切削날角 $\beta=20^\circ$ 때가 最適이다. 新形에서는 칩折斷具 円弧面 半徑 $R=3.0\text{ mm}$, 角 $A=20^\circ\sim 45^\circ$, 角 $B=0^\circ\sim 45^\circ$, $\beta=10^\circ\sim 20^\circ$ 때가 칩折斷率이 100%로 될 수 있다.

以上の 試驗을 통해서 칩折斷率이 約100%되는 結果를 綜合하면 Table 8과 같다. 이 표에서는 在來形 및 新形을 不問하고 칩折斷率이 90%이상되는 것은 이 範圍에 包含시켰다. 移送量을 표시한 것은 이 移送量이상에서는 切削速度에 關係 없이 거의 100%의 칩折斷이 可能하다는 限界로 표시한 것이다. Table 8에서 알 수 있는 바와 같이 在來形 칩折斷具로써 100%의 칩折斷을 할 수 있는 경우는 적고 移送量의 限界도 높으나, 新形 칩折斷具에서는 매우 많으며 移送量限界도 낮아서 칩을 折斷할 수 있는 切削條件이 廣範圍하다는 것을 알 수 있다. 따라서 新形 칩折斷具가 在來形에 比하여 越等하게 有效하다는 것을 알 수 있다.

5. 結 論

以上과 같이 在來形 및 新形 칩折斷具를 써서 SM 20 C의 軟鋼에 대한 칩折斷試驗과 考察을 통하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

(1) 칩의 彎曲機構에 대해서는 剪斷變形域內에 있어서의 材料의 塑性流動과 剪斷力에 의한 모멘트 作用으로 더 明快하게 說明할 수 있다.

(2) 切削時에 生成되는 彎曲된 칩의 曲率半徑 및

平坦部距離는 在來形 및 新形 칩折斷具의 區別 없이 2.0~2.5 mm 및 1.5 mm일때 칩折斷이 가장 效果的으로 이루어진다.

(3) 在來形 칩折斷具의 칩折斷面 傾斜角이 $30^\circ\sim 45^\circ$ 이고 側面切削날角은 20° 경우가 가장 칩折斷에 效果的이다. 新形 칩折斷具에서는 칩折斷具 円弧面の 半徑이 3.0 mm, 角 A 는 $20^\circ\sim 45^\circ$, 角 B 는 $0^\circ\sim 45^\circ$, 側面切削날角의 $10^\circ\sim 20^\circ$ 의 경우가 가장 效果的이다.

(4) 칩折斷率이 100% 될 수 있는 確率과 移送量의 範圍는 新形 칩折斷具가 在來形에 比하여 越等하게 높고 넓다. 따라서 新形 칩折斷具의 사용이 칩處理에 有利하고 效果的이다.

後 記

本研究는 高麗大學校 特別研究費의 支援에 의해서 遂行되었으므로 깊이 謝意를 表하는 바이다.

참고문헌

- (1) Cook, N.H., Jhaveri P. and Nayak, N., 1963, The Mechanism on Chip Curl and Its Importance in Metal Cutting, Tran. of the ASME, Jour. of Eng. for Ind., Nov., p. 374.
- (2) Ostwald, P.F. and Shamblin J.E., 1968, Effect of Dynamic Chip Breaking upon Surface Microgeometry and Free Chip Dimension, Tran. of the ASME, Jour. of Eng. for Ind., Feb., p. 71.

- (3) Nakayama, K., 1962, A Study on Chip Breaker, *Ball. J. Soc. Mech. Engrs.*, Vol. 5, No. 17, p. 142.
- (4) Trim, A.R. and Boothroyd, G., 1968, Action of Obstruction Type Chip Former, *Internat. J. Prod. Res.* Vol. 6, No. 3, p. 227.
- (5) Bator, J.S., 1957, Power Reduction through Efficient Chip Control, *Cutting Tool Engineering*, Jul./Aug., p. 4
- (6) Kaldor, S., Bar A. and Len, E., 1979, On the Mechanism of Chip Breaking, *Tans. of the ASME, J. of Enging. for Ind.*, Vol. 101, Aug., p. 241.
- (7) Worthington, B. and Reford, A.H., 1975, Chip Carl and the Action of the Groove type Chip Former, *Internat. J. of Mach. Tool Des. and Res.* Vol. 13, p. 257.
- (8) König, W., Kulft, W., Lutterveelt, C.A. Nakayama K. and Pekelharing A.J., 1979, Present Knowledge of Chip Control, *Annals of the CIRP*, vol. 28/1, p. 441.
- (9) 李承禹, 孫明煥, 1987, 旋削時의 칩의 舉動에 관한 研究, *高大工學論集*, 第28輯, p. 147.
- (10) 宋載洙, 1989, 旋削時 超硬合金 工具에서의 칩舉動에 관한 研究, *高大 碩士學位 論文*.
- (11) Heidenreich R.O. and Shockley W., 1948, *Reprot on Strength of Solids*, Physics Society, London, p. 57.