

Chip의 破断性を 促進하는 切削法

全 泰 玉

(東亞大學校 工科大學 機械工學科)

1. 緒 言

最近, 切削加工 技術의 向上으로 工作機械의 自動化, 數値制御化가 되어 감에 따라 切削加工 할 때 生成되는 chip을 용이하게 處理할 수 있는 方法을 講究하는 것이 重要한 問題點으로 부각되고 있다. 切削機械工場의 生産能率 및 合理化를 推進함에는 Chip의 원활한 處理法이 병행되지 않 고는 단순히 工作機械의 開發, 改良만으로 解決되 지 않는다고 본다. 切削加工할 때 生成된 chip이 工具와 工作物등에 감겨서 器物을 損傷시 킬 뿐만 아니라 Chip의 熱로 因하여 工作物 또는 機械가 熱變形을 받게 되는 경우가 있으므로 作業을 中止시켜서 作業員이 Chip을 除去해야 할 번거러움이 있다. 그러므로 chip 處理에 대한 研究報告는 Henriksen時代^{1,2,3)}에서부터 始作하여 現在까지 많은 報告가 있다.⁴⁻¹²⁾ 一般 的으로 連續型 chip을 細斷하는 方法으로는 不連續 型 Chip法, 斷續切削法, 自然折斷促進法 및 折斷工 具法으로 区分된다. 不連續型 chip法은 連續型 chip을 不連續型 chip으로 變化시키는 것이다. 즉, 切削速度를 低下시키는 方法과 工具傾斜角을 작게하 여 不連續型 chip이 生成되도록 하는 方法이 있 다. 그리고 冷却切削法도 不連續型 chip法의 一 種이다. 折斷工具法은 Chip을 折斷시키는 工 具를 별도로 부착하여 連續型 chip을 一定한 간 격으로 折斷시키는 것이다. 斷續切削法은 旋削

할 때 連續型 chip이 生成하는 경우 移送을 一 定한 間격으로 O(Zero)이 되게 하여 milling 切削일때와 같은 斷續切削이 되도록 하는 것이다. 自然折斷促進法은 現在 널리 利用되고 있는 Chip breaker法이다. Chip breaker法은 工具傾 斜面을 流出하는 Chip을 工具에 設計된 Chip breaker로 制動시켜 Chip의 折斷을 促進하는 것 이다. chip breaker法은 精密마무리切削과 自 動旋盤에서 切斷加工할 때는 效果가 미미하다. 그 러므로 이러한 問題點들을 解決할 目的으로 振動 移送切削法¹³⁻¹⁵⁾이 開發되고 있다. 이것은 Ch- ip의 一定한 場所에 弱點을 만들어 Strain을 集 中시켜서 折斷을 促進하는 것이다. 즉, 切削工 具를 移送方向으로 搖動 또는 振動을 주어 周期 的으로 移送을 O(Zero)이 되도록하여 斷續切削 되게하는 것이다.

이러한 切削法을 一名 dynamic chip breaki- ng이라고 부른다. 笠原의 振動移送切削은 bi- te를 移送方向으로 振動을 주어 振幅과 周期를 適當히 加減시켜 斷續型 chip이 되도록 하는 것 이며 廣田는 工具 Holder를 어떤 角度로 搖動시 켜 Chip이 折斷되도록 한 것이다. 그러므로 自 動旋盤에서 小形部品을 切斷加工할 때 chip breaker의 效果變化와 斷續切削이 可能한 振動 移送切削法에 關於하여 檢討할 必要가 있다고 본다.

2. 切斷切削에 있어서 Chip處理

2-1. Chip breaker 와 Chip 處理

自動旋盤으로 小形部品를 製作한 후, 切斷作業을 할 때 chip 折斷, 排出이 원활하지 못하는 경우가 많다. 그러므로 chip 으로부터 製品을 選別할 때 사람의 손이 必要하는 경우가 있다. 一般적으로 切斷切削은 切削이 進行됨에 따라 切削徑이 漸次減少하므로 chip breaker 의 效果는 변하며 排出된 Chip 의 流出半徑 또한 變하는 것은 당연하므로 Henriksen 式 $B = W^2 / (2h) + h / 2$

(B : 生成된 chip 의 流出半徑,

W : Chip breaker 의 幅,

h : Chip breaker 높이,

R : Chip breaker 의 半徑)

에 無條件 適用시키는 것은 되지 않는다. 그러므로 切斷切削인 경우에는 考慮해야 할 三大要因, 즉, 切削速度, 切斷幅 및 移送量에 대해서 유의해야 한다. 切削速度의 影響에 대해서는 切削이 進行됨에 따라 被削材의 徑이 減少하므로 外周와 内部切削에서 chip breaker 의 效果가 변하기 때문에 Chip 의 細斷狀況이 變한다. 切斷幅에 대해서는 普通, 길이方向의 切削일 때는 chip 의 形狀이 chip breaker 의 幅 W, Chip breaker 의 높이 h 및 chip breaker 底部의 曲率半徑 R 만으로 左右되지만 切斷切削인 경우, 刃先切斷幅 b 의 영향이 크다. 移送量의 影響에 대해서는 chip breaker 를 使用하지 않은 보통의 경우 切斷切削作業에서 移送量은 큰 問題가 없지만 加工品을 選別採集할 때와 自動盤作業에서는 Chip 이 連續型이 되기 때문에 곤란한 事態가 일어난다. 一般적으로 移送量이 不足할 때는 Chip 두께가 얇고, chip 은 折斷되지 않으므로 Chip breaker 의 效果는 거의 없다. 反對로 移送量이 過剩일 때는 破斷過剩으로 되어 刃先部 등의 損傷이 일어나게 되므로 適正한 移送量이 存在한다. 그러므로 이에 대한 適正한 刃先形狀과 切削條件을 選定할 必要가 있다.

2-2. 最適刃先形狀 및 切削條件選定

素材의 回轉數를 一定히 하고 切斷作業을 하는 경우 被削材의 徑이 減少함에 따라 切削速度가 減少하므로, 이때 Chip 의 形狀을 살펴보면 切削初期

는 比較的 卷數가 많은 連續的인 Chip 이 排出되다가 切削이 進行됨에 따라 卷數가 적은 細斷 chip 으로 變하고 折斷終了 直前에는 斷片的인 chip 으로 變化됨을 알 수 있다. 다음으로 素材의 回轉數를 變化시키고 素材徑 : 11.8 mm, 移送 : 0.025 mm / rev, R : 0.5 mm, W : 0.7 mm, h : 0.4 mm, b : 1.9 mm 로 하고 Chip breaker 를 가진 切斷 bite 를 使用하여 切削한 Chip 의 形態를 살펴보면 切削速度 74 m/min (素材回轉數 2,000 回轉/每分) 인 경우, 25 卷~3 卷 chip 이 大部分이다. 그리고 切削速度 55 m/min (素材回轉數 1500 回轉/每分) 일 때는 1 卷~2 卷의 chip 이 많고 切削速度 37 m/min (素材回轉數 1,000 回轉/每分) 일 때는 1 卷 以下의 斷片 및 半卷의 Chip 이 生成됨이 確因 되었다. 結果적으로 切削速度가 37 m/min 일 때 chip 과 製品을 分離하는 것이 가장 簡單하고 chip breaker 의 效果가 큼을 알 수 있다. 다음으로 같은 條件으로 하고 切斷 bite 刃先幅을 2.6 mm 와 2.0 mm 로 하여 切斷幅의 選定을 檢討하였다. chip 形狀은 切斷幅에 의하여 현저하게 변하였으며 2.6 mm 幅인 경우, 斷片狀 또는 半卷 chip 인데 比하여 2.0 mm 幅인 경우, 1.5 卷~2 卷 chip 이 많았다. 結果적으로 刃先幅이 크면 細斷하기 쉽고 刃先幅이 작으면 破斷하기가 어려움을 알 수 있다.

그러므로 以上과 같은 것으로 chip breaker 를 決定함에는 切斷終了 直前의 Chip 破斷形狀을 對象으로 하는 것이 效果적이다. 그리고 Chip breaker 의 作用을 보다 效果적으로 하기 위하여는 切削速度를 낮게, 切斷幅을 넓게 하는 것이 좋다. 그러나 切斷幅을 넓히는 것은 材料의 손실이 되고, 切削速度를 낮게 하면 生産高에 直接的으로 影響을 미치게 되므로 一方的으로 決定하는데는 많은 考慮가 必要하다.

3. 振動移送切削에 의한 Chip 處理

3-1. 振動移送切削의 Chip 折斷原理

切削作業을 할 때 工具의 軌跡 즉, 工具를 移送方向으로 어떤 周波數로 振動시키면 Chip 두께가

□ 解 說

變化하여 軌跡上的 어느點에서는 Chip 두께가 0 (Zero)이 되어 결국 不連續型 Chip이 生成될 것으로 豫測된다. Chip 두께에 適當한 變動을 줄 수 있는 方法으로는 工具의 移送方向의 正弦振動運動을 생각할 수 있다. 그러므로 工具의 自動移送에 따라 工具의 眞實移送은 時間과 더불어 變化한다.

- N : 被削材의 回轉數 (rpm)
- n : 工具의 振動數 (c/min)
- a : 工具의 振幅 (mm)
- A : 工具의 全振幅 (mm)
- f : 工具의 自動移送 (mm/rev)
- f_t : 工具의 眞實移送 (mm/rev)

라고 하면, 被削材가 1回轉할 때 工具移送 方向의 偏位를 y_1 1周期後의 偏位를 y_2 라고 하면

$$y_1 = a \sin 2\pi (n/60) t \dots\dots\dots(1)$$

$$y_2 = f + a \sin \{ 2\pi (n/60) t + 2\pi (n/N) \} \dots\dots\dots(2)$$

가 되고 眞實移送 f_t 는

$$f_t = y_2 - y_1$$

$$f_t = f + A \sin n (n/N) \cos \{ 2\pi (n/60) t + \pi (n/N) \} \dots\dots\dots(3)$$

眞實移送은 그림 1과 같이 一般的으로 f를 中心으로 해서 振幅 $A \sin \pi \cdot (n/N)$ 의 單振動을 하고 極大值 $f_t \max$ 와 極小值 $f_t \min$ 이 됨을 알 수 있다. 즉, 切削面을 波狀으로 切削하는 것을 表示하고 있다.

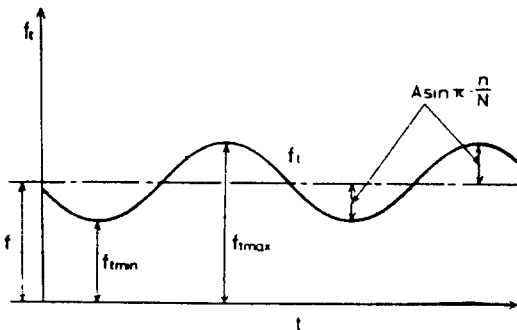


그림 1. 眞實移送 f_t 의 變化

$$f_t \max = f + |A \sin \pi \cdot (n/N)| \dots(4)$$

$$f_t \min = f - |A \sin \pi \cdot (n/N)| \dots(5)$$

여기에서 眞實移送이 항상 正, 즉 連續切削條件은 式(3)으로부터

$$f > A \sin \pi \cdot (n/N)$$

변형해서

$$A/f < \frac{1}{\sin \pi \cdot (n/N)} \dots\dots\dots(6)$$

式(6)을 그림으로 表示하면 그림 2와 같이 되고 振動切削이 連續切削으로 되기 위하여는 그림 2의 周期曲線 下側과 같이 되며, A/f , n/N 의 값에 의해서 連續切削과 斷續切削이 됨을 알 수 있다. $A/f < 1$ 일 때는 항상 連續切削이다.

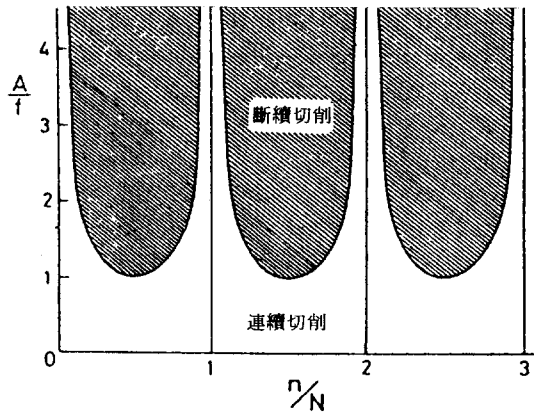


그림 2. 連續切削과 斷續切削의 領域

式(3)을 바꾸어 檢討해 보면

(i) $n/N = 0, 1, 2, \dots, i$ 일 때

$$\sin \pi \cdot (n/N) = 0 \text{ 가 되고}$$

$$A \sin \pi \cdot (n/N) = 0$$

$$\therefore f_t = f \dots\dots\dots(7)$$

즉, 眞實移送 f_t 는 自動移送 f와 동등하게 一定하게 된다. 換言하면 n/N 가 整数일 때 眞實移送은 時間에 關係없이 波狀으로 切削되어서

그림 3(a)과 같이 波狀面의 位相이 一致해서 移送는 一定하게 되어 結果적으로 定常切削과 같다.

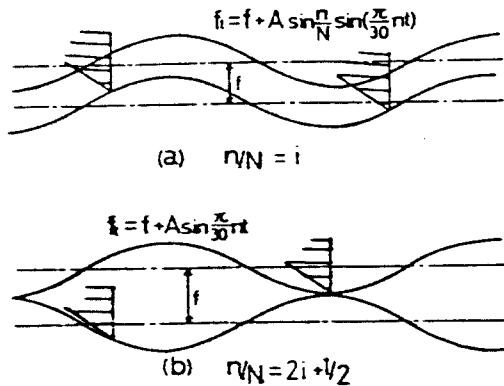


그림 3. n/N 值에 의한 眞實切削두께

(ii) $n/N = 1/2, 3/2, 5/2, \dots, (2i + 1)/2$ 일 때
 $\sin \pi \cdot (n/N) = 1$ 이 되고
 $A \sin \pi \cdot (n/N) = A$
 $\therefore f_t = f + A \sin \frac{2i + 1}{60} \pi N t$ (8)

즉, 眞實移送의 振幅은 그림 3(b)와 같이 最大가 된다. 式(8)에 의하여 f_t 의 周期를 求하면

$$t_0 = \frac{2}{2i + 1} \cdot \frac{60}{N} \dots\dots\dots(9)$$

$n/N = (2i + 1)/2$ 일 때 式(8)에 의하여 眞實移送의 最大値 및 最小値는

$$f_t \text{ max} = f + A \dots\dots\dots(10)$$

$$f_t \text{ min} = f - A \dots\dots\dots(11)$$

따라서, $f = A$ 인 경우

$$f_t \text{ max} = 2A$$

$$f_t \text{ min} = 0$$

으로 된다.

3-2. 切削力 波形特性

그림 4는 切削力과 工具變位를 檢討하기 위하여

切削速度를 140 m/min, 切削깊이 : 0.5, 工具自動移送 : 0.1 mm/rev, 工具變位 : 0.5, 1, 工具全振幅 : 0.07 mm로 해서 切削했을 때 斷續切削 ($A/f = 2$)에서 n/N 값을 變化시킨 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 振動에 의한 충격력과 떨림은 발생하지 않음을 알 수 있다. 그리고 切削力 波形的 工具振動에 대한 變位도 큰 차이가 없다.

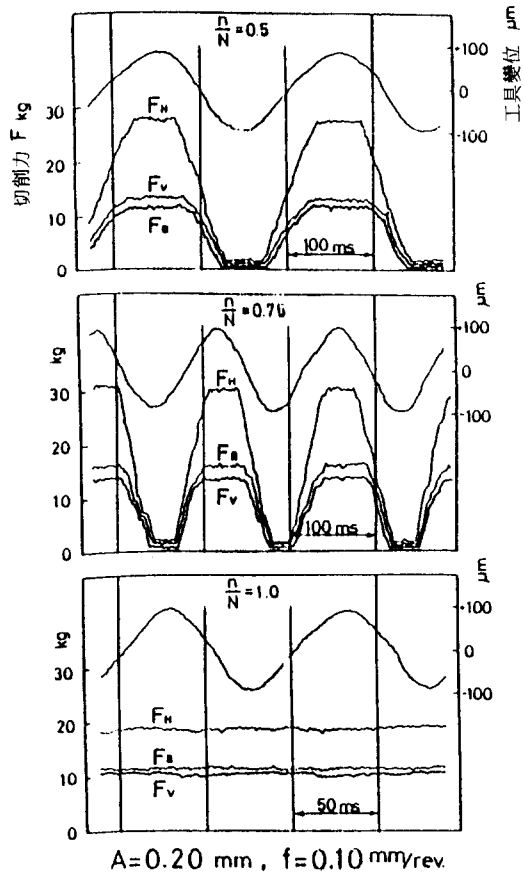


그림 4. 斷續切削域에 있어서 切削力波形

4. 結 言

Chip의 破斷性を 促進하는 切削法인 Chip breaker를 가진 切斷 bite로 自動旋盤에서 小

形部품을 切断加工할 때 Chip breaker 의 効果는 切削速度, 切断幅 및 移送의 影響을 받으므로 Chip breaker 의 最適設計가 要求된다. 그리고 振動切削法으로 斷續切削할 때 切削力과 工具變位の 影響은 없으므로 斷續切削에 利用가치가 많을 것으로 본다. 따라서 보다 效果的인 切削이 될 수 있도록 개발이 要求된다.

參 考 文 獻

1. E.K. Henriksen : Trans. ASME, 73, 4 (1951).
2. Machinery 社:Machinery, May, 204 (1954).
3. E.K. Henriksen : Tool Engineer, Mach, 103 (1955).
4. J.E.A. Allen, M.C. Shaw, P.A. Smith: Machinery, Apr., 743(1957).
5. 奥島啓式, 藤井義也: 日本機械學會誌, 62, 490 (1959).
6. 奥島啓式, 湊喜代士: 日本機械學會論文集, 24, 142(1958).
7. 中山一雄: 日本機械學會論文集, 27(1961).
8. 大越諄: 精密機械, 35, 2(1969).
9. H. Fischer : Industrie Anzeiger, 92, 1682 (1970).
10. 佐野不器雄: 機械と工具, 10, 118(1971).
11. 門松昇: 機械技術, 19, 11(1971).
12. 中山一雄: 加工技術データファイル, 機械振興協會, 11(1976).
13. 笠原英志: 機械と工具
14. 廣田平一, 篠崎 斐: 精密機械, 36, 2(1970).
15. 湊喜代士, 豊島敏雄, 盛田昌宏: 精密機械, 46, 2(1980).