

Drill 加工에 있어서 段階移送加工에
관한 基礎的 研究

全 彦 燦

A Study on Step Feed Working in Drilling

Jeon Eon - Chan*

Abstract

By use of the machining center, step-feed drilling was operated under the variety of conditions as to materials, tools and cutting conditions. Based on this study the following conclusions can be drawn :

- 1) The cutting force can be diminished by utilizing the step-feed working; specially the most effective was it for the brass among the carbon steel, the brass, and the cast iron.
- 2) Tool life can be enlarged more than double when three-step-feed working is used.
- 3) For the constant cutting-depth(30mm), the most optimal number of stepping is 3.

1. 緒 論

Drill에 의한 구멍加工의 경우, Chip의 排出

困難, 切削에 의한 發熱, 刃先의 磨滅, 被削材의 硬度變化 等の 原因에 의하여 切削抵抗이 急激하게 增加하여 許容範圍 以上の 切削抵抗이 發生하

* 東亞大學校 機械工學科

면 Drill은 破損되어 못쓰게 된다. 이와 같은 Drill의 破損을 可能한 한 적게 하기 위하여 범용 Drilling Machine에서 Drill加工을 할 때에는 加工途中에 Drill을 몇 번 후퇴시킨다. 그러나 이와 같은 手動移送에서는 Drill을 후퇴시키는 回數, 그 때의 位置 등이 明確하지 않기 때문에 不合理한 점이 많다.

工作機械가 NC化, CNC化 되면서 工具의 移送가 自動으로 행해지기 때문에 一定한 加工깊이를 몇 等分으로 分割하여 順次的으로 加工하는 方法(以下 段階移送加工이라 한다)을 採用으로써 切削抵抗을 減少시킬 수 있을 것으로 생각된다. Iwata 等¹⁾은 直徑 0.1~0.9mm의 微小徑 Drill을 使用하여 微小徑 Drill加工의 基礎的인 特性을 究明하였으며, 大久保 等²⁾은 直徑 0.2mm의 Drill을 使用하여 切損豫和의 可能性을 檢討하였다. 그러나 段階移送加工(Step Feed Working)에 관한 研究는 아직 初期段階에 있다고 생각되며 여기에 關於하여 좀 더 體系的이고 具體的인 研究가 必要하다고 생각된다.

따라서 本 論文에서는 Machining Center를 使用하여 直徑 10mm의 高速度鋼 Drill로서 구멍加工을 할 때 切削抵抗에 미치는 段階移送의 影響에 關於하여 研究하고자 하며, 그로 인하여 工具壽命이 어느 程度 延長될 수 있는가에 對하여 실험을 통하여 검토하고자 한다.

2. 段階移送加工의 方法 및 實驗條件

2.1 段階移送加工의 方法

Drill加工에서 段階移送加工의 方法은 Drill이 一定한 깊이 만큼 들어간 것을 感知하여 후퇴시키는 方法, 一定時間 切削한 것을 Timer가 感知하여 후퇴시키는 方法 또는 Torque 및 Thrust를 항상 感知하여 그 값이 一定值에 도달하면 후퇴시키는 方法 등 여러가지가 있다. 여기서 一定깊이 이 또는 一定時間을 感知하는 方法은 回路의 構

成이 比較的 簡單하기 때문에 現在 이와 같은 方法을 많이 利用하지만 工具에 감진다든지, 被削材의 硬度 變化 등에 充分히 對應할 수 없다는 欠點을 가지고 있다. 한편 Torque 및 Thrust를 感知하는 方法은 위의 두가지 方法보다는 合理的이지만 回路의 구성이 복잡하며 切削抵抗의 變化를 항상 주시해야 되기 때문에 實驗에 적용시키기에는 많은 어려움이 따른다고 생각된다.

本 實驗에서는 加工구멍의 깊이를 30mm로 一定하게 유지하였기 때문에 30mm를 3구간으로 나누어 한 구간을 10mm씩 Feeding시키는 方法을 採用하여 Drilling 하였으며, 그 加工工程은 Fig. 1에 나타낸 바와 같다. 즉 工具는 機械座標系 原點에

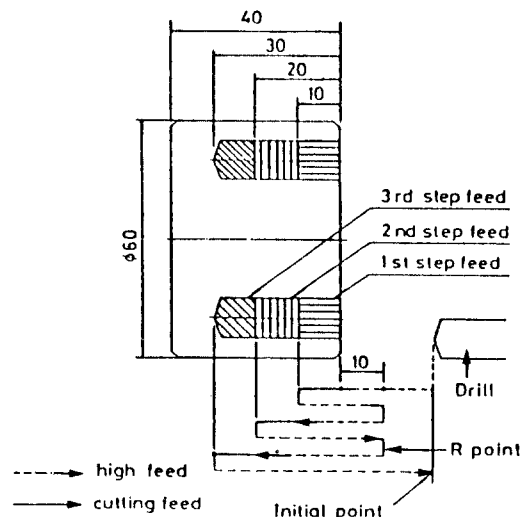


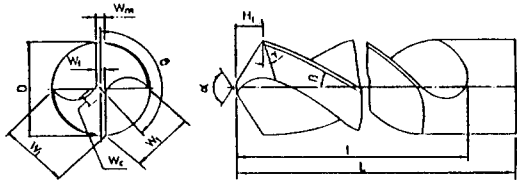
Fig. 1 Step feed working

서 位置決定을 하고 난뒤 直線補間(Linear Interpolation)을 하며 工具의 刃先이 工作物과 10mm의 거리가 되면 그때부터 切削移送(Cutting Feed)을 하도록 하였다. 一定깊이까지 Drilling한 후 Drill이 후퇴할 때에는 作業時間을 단축시키기 위하여 빠른 移送(High Feed)을 하였으며, R點 복귀 후 다시 切削移送를 하게 하여 段階的으로 구멍을 鑿어서 하나의 구멍加工을 完成시켰다.

2.2 實驗條件

實驗에 使用한 工作機械는 橫形 Machining Center이며 Spring Collet가 내장된 Drill Holder를 使用하여 Drill을 체결하였다.

Drill은 4種類의 高速度鋼 Drill로서 전부 直徑 10mm의 Straight Shank Drill이며 Drill의 刃先形狀 및 諸 值數는 各各 Fig.2 및 Table 1에 나타낸 바와 같다. 各各의 Drill은 길이, 先端角 및 비틀림角이 조금씩 다르며, 특히 Drill B는 XS形의 Thinning이 되어 있으며 實體部(Land)에 대한 홈(Flute)의 比率(以下 溝幅比라 한다)이 매우 크다.



- α : point angle
- β : twist angle
- γ : relief angle
- θ : chisel edge angle
- D : diameter
- W_f : flute width
- W_l : land width
- W_t : web thickness
- W_c : chisel edge length
- W_m : margin width
- L : over all length
- l : flute length
- H_e : lip height

Fig. 2 Shape and dimension of drill

被削材는 市販 機械構造用 炭素鋼(SM45C), 黃銅(BsBM) 및 鑄鐵(FC20) 등 세種類의 丸棒을 使用하였으며, 加工구멍의 깊이는 Drill 直徑의 3 배인 30mm로 一定하게 하여 非貫通 加工하였다. 切削速度는 10~45m/min, 移送은 0.1~0.45mm/r ev로 變化시키고 切削油는 水溶性 Emulsion油를 희석시켜서 炭素鋼의 切削에만 使用하였다.

Table1. Materials, angles and dimensions of drill used in experiment

a) Materials and angles of drill

Drill	Material	α	β	γ	θ
A	SKH9	118°	32°	12°	130°
B	SKH9	135°	38°	10°	130°
C	SKH9	118°	32°	12°	130°
D	SKH9	118°	30°	12°	130°

b) Dimensions of drill (mm)

Drill	D	L	l	W_t	W_c	W_m	H_e	W_f/W_l
A	10	130	95	1.54	2.0	1.0	3.0	1.24
B	10	130	95	0.69	0.9	1.0	2.1	1.95
C	10	118	58	1.54	2.0	1.0	3.0	1.24
D	10	89	43	1.54	2.0	1.0	3.0	1.24

2.3 切削抵抗의 補正

토크의 補正은 인디케이터 플랫트型(Indicator flat type) 토크 렌치(Torque wrench, Kanon, 450FK)를 使用하였다. 즉, 드릴 척의 先端에 6角 볼트를 締結하고 그것을 토크 렌치의 先端에 있는 너트에 끼운 뒤, 토크 렌치의 핸들에 힘을 가하였으며 그 때 가해진 힘이 차-지 앰프 리파이어를 통하여 增幅되어 펜 레코더에 記錄되었다.

한편 트러스트의 補正은 Fig.3에서와 같이 로드 셀과 動 스트레인 게이지를 使用하여 測定하였다. 즉, 工具動力計가 附着된 드릴 척에 工作物을 締結시키고 그 工作物에 로드 셀을 利用하여 工作物의 表面에 直角으로 힘을 가하였으며 그 때 發生한 微小 電壓이 工具動力計와 차-지 앰프리파이어를 통하여 X-Y레코더에 記錄되었다. 한편 로드 셀에 가해진 힘은 動 스트레인 게이지를 거쳐서 역시 X-Y레코더에 記錄되었다. 以上과 같이 行한 토크와 트러스트의 補正結果를 Fig.4(a), (b)에 나타내었다.

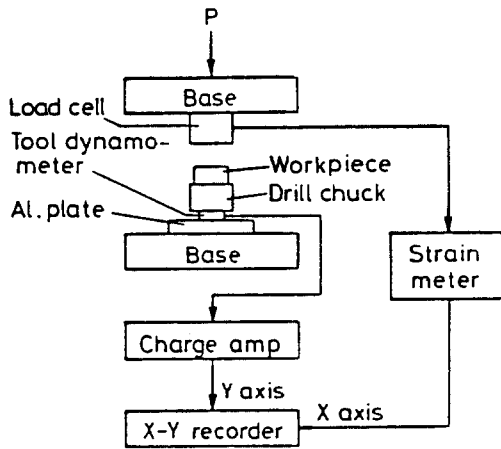
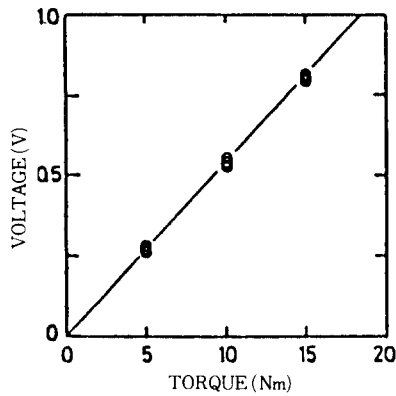
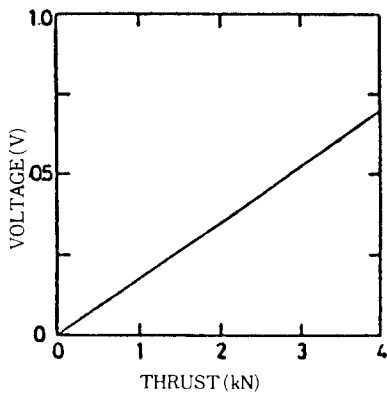


Fig. 3 Calibration of thrust



(a)



(b)

Fig. 4 Calibration response of tool dynamometer for torque and thrust

3. 實驗結果 및 考察

3.1 切削抵抗의 變動

炭素鋼을 A Drill로서 切削速度 30m/min, 移送 0.1mm/rev로 30mm의 구멍 깊이를 10mm마다 Stepping하면서 Drilling했을 때 나타난 切削抵抗의 靜的成分을 Fig. 5에 나타내었다. 切削깊이가 깊어질수록 Torque와 Thrust의 兩 靜的成分 모두 增加하고 있지만 段階移送를 하지 않을 때 보다 增加幅이 좁다. 이것은 段階移送加工에 의하여 Chip의 排出이 良好하기 때문이며, 또한 Drill이 후퇴했을 때 Drill 刃先에 切削油가 充分하게 공급되어 工具와 工作物 사이의 摩擦力이 감소되었기 때문이라 생각된다.

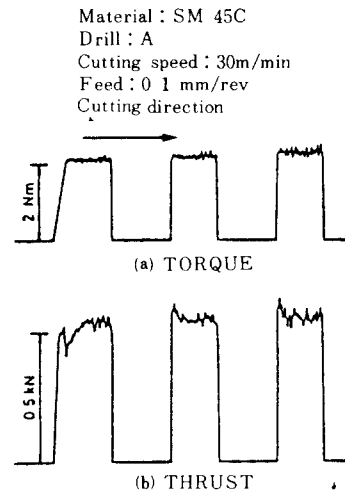


Fig. 5 Variation of torque and thrust for 3 step feed drilling

Fig. 6(a), (b)는 炭素鋼을 4種類의 HSS Drill로 移送를 變化시키면서 實驗한 結果를 나타낸 것이다. Drill의 種類에 關係없이 移送이 增加함에 따라 Torque 및 Thrust가 增加하였으며 Drill의 形狀에 따른 영향은 그다지 크지 않았다. 그림에서와 같이 B Drill의 경우, Torque는 다른 세 種류의 것과 비슷하게 나타났으나 Thrust는 가장 작은 값을 나타내고 있다. 이것은 B Drill이 Table

1에 나타난 바와 같이 Chisel edge의 길이가 짧기 때문에 工作物로 부터 받는 推力이 작을 뿐만 아니라 홈(Flute)이 차지하는 比率이 커서 Chip의 排出이 良好하기 때문이라고 생각된다.

段階移送에 의하여 切削抵抗을 어느 程度 감소시킬 수 있는가 알아보기 위하여 炭素鋼을 移送를 變化시키면서 實驗한 結果 Fig.7과 같은 結果를 얻었다. 그림에서와 같이 段階移送加工에 의하여 Torque와 Thrust 모두 減少시킬 수 있으며, 그 減少量은 移送이 클수록 크게 나타났으며 減少率은 兩 切削抵抗 모두 4~7% 程度이다. 大久保 等²⁾에 의하면 段階移送加工에 의해서도 Thrust 및 그 平均値에 明確한 差異가 나지 않는다고 지적하였으나 本 實驗의 範圍에서는 Thrust도 Torque와 거의 비슷한 比率로 減少하였다.

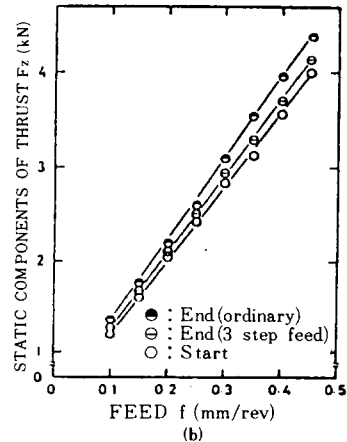
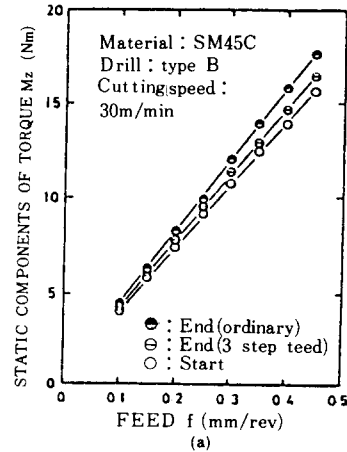
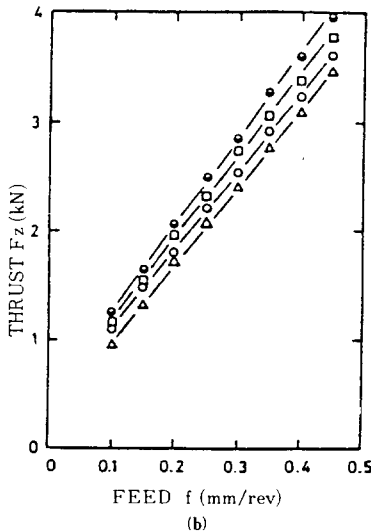
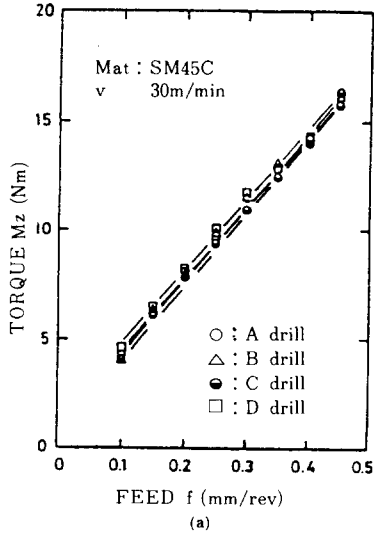


Fig. 6 Relation between feed and cutting force (3 step feed working)

Fig. 7 Comparison of torque and thrust for ordinary and 3 step feed drilling

一般的으로 Drill의 剛性は 直徑이 減少함에 따라서 急激하게 減少하기 때문에 小徑 Drill일 수록 溝幅比(Flute/Land)가 작아지며 Drill의 直徑이 클 수록 溝幅比가 커진다. 大久保 등은 直徑 0.2 mm의 微小徑 Drill을 使用한 반면 本 實驗에서는 直徑 10mm의 Drill을 使用하였으므로 相對的으로 溝幅比가 커서 Chip의 排出이 良好하기 때문에 위와 같은 結果가 나왔다고 생각된다.

以上은 炭素鋼에 대해서만 언급하였으나 黃銅은 炭素鋼과는 달리 매우 큰 變化가 있었다. 특히 切削 初期값 보다는 後期값의 減少가 현저하였으며 Fig. 8에서와 같이 段階移送加工에 의하여 後期값은 25~30%까지 減少되었다. 한편, 鑄鐵의 切削抵抗의 變化모양은 Fig. 5에 나타난 炭素鋼과 비슷하게 나타났으며 切削抵抗의 減少率도 炭素鋼과 비슷하게 나타났다.

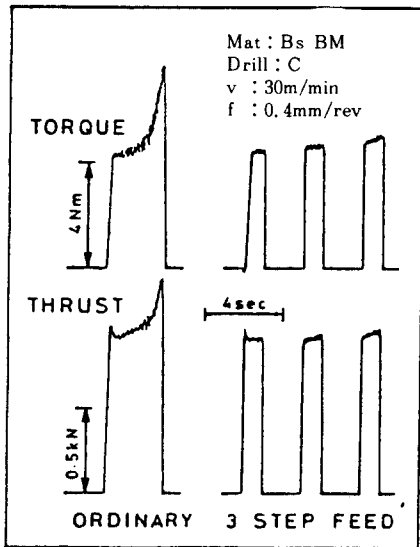


Fig. 8 Comparison of cutting force for ordinary and 3 step feed drilling(Brass)

切削抵抗의 動的成分은 Digital memoriscope를 利用하여 그 形狀 및 크기를 分析하였으며, Fig. 9는 移送의 變化에 따른 Torque와 Thrust의 變化모양으로 段階移送를 시킨 경우와 그렇지 않은

경우를 比較하여 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 兩 動的成分 모두 段階移送를 利用한 加工이 그렇지 않은 경우 보다 현저하게 減少하였으며 양쪽 모두 減少率은 13~18% 程度였다.

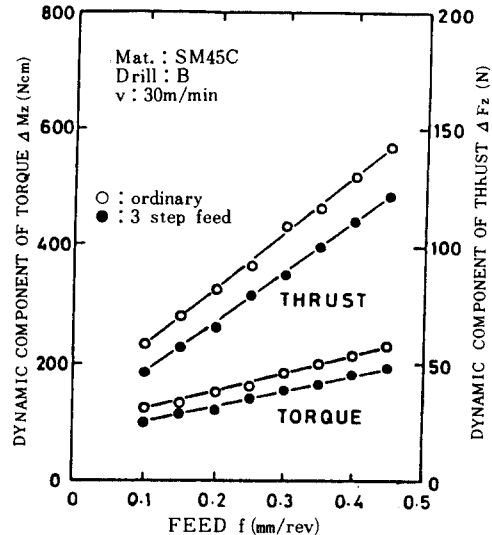


Fig. 9 Comparison of dynamic cutting force for ordinary and 3 step feed working

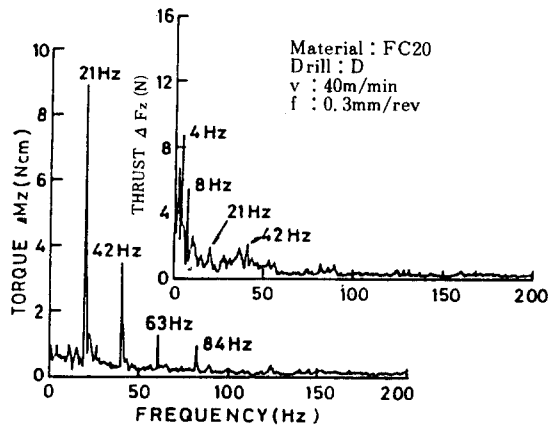


Fig. 10 Amplitude spectrum of dynamic components to 200 Hz

Fig. 10은 FFT analyzer를 사용하여 周波數를 分析한 것으로서 D Drill로서 鑄鐵을 段階移送加工한 경우이다. Torque는 回轉數(이 때의 回轉數는 1273rpm이었음)에 기인한 周波數 成分(21Hz) 및 그 정수배로 極大值를 나타내고 있으며 周波數가 100Hz 以上에서는 그 極大值가 거의 소멸되었다. 반면 Thrust의 경우는 Torque 만큼 뚜렷한 周波數 成分이 나타나지 않고 다만 몇 개의 極大值가 나타날 뿐이다. 이 그림으로 미루어 봐서 Thrust보다는 Torque가 回轉數의 영향을 더 크게 받고 있음을 알 수 있으며, 段階移送加工에 따른 어떤 特性있는 周波數 成分은 나타나지 않았다.

3.2 工具壽命

앞의 實驗結果에서도 알 수 있듯이 段階移送加工을 함으로써 工具의 壽命을 延長시킬 수 있다는 것은 自明한 事實이다. 그래서 工具壽命이 어느 정도 延長되며 또한 一定깊이를 어느 정도의 Stepping 回數로 分割하여 加工하는 것이 適當한가에 대하여 검토하였다.

Fig. 11은 B Drill을 사용하여 보통의 Drilling과 段階移送加工을 하였을 때의 Drill의 壽命을 比較

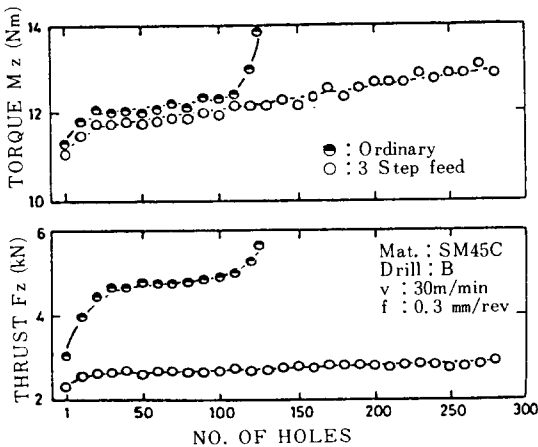


Fig. 11 Comparison of tool life for ordinary and 3 step feed drilling

한 것으로서 Stepping 回數는 3회로 하였다. 여기서 Torque, Thrust 모두 段階移送에 의한 값이 段階移送를 시키지 않았을 때보다 작게 나타났으며 Torque보다 Thrust의 값이 매우 큰 差異를 나타내었다. 또한 보통의 Drilling에서는 구멍의 個數가 100個를 넘으면 Torque와 Thrust 모두 急激하게 增加하였으며 125個 程度에서 壽命에 이르렀다. 그러나 段階移送加工의 경우는 切削抵抗의 急激한 增加傾向을 나타내지 않고 그 傾斜度가 완만하다. 이 때의 加工 구멍수는 280個였으나 이 때까지도 Drill 刃先은 많이 磨滅되지 않고 良好하였다. 이와 같이 段階移送加工은 連續作業時 工具 및 工作物에 누적된 熱의 影響을 減少시키기 때문이라 생각되며, 本 實驗에서와 같이 3 Step Feed 加工인 경우 工具의 壽命을 2.2배 以上 延長시킬 수 있었다. 大久保 等²⁾은 Stepping 방식에 의한 구멍加工이 Stepping을 하지 않았을 때와 比較하여 工具의 壽命을 3배 以上 延長시킬 수 있다고 하였으나, 實驗條件의 差異로 인하여 本 實驗의 結果와 直接 比較하기는 힘들 것으로 생각된다.

한편 Stepping 回數에 대한 工具壽命, 1 Step 當의 加工길이 및 加工時間의 關係를 Fig. 12에 나타내었다. 加工구멍의 깊이를 30mm로 一定하

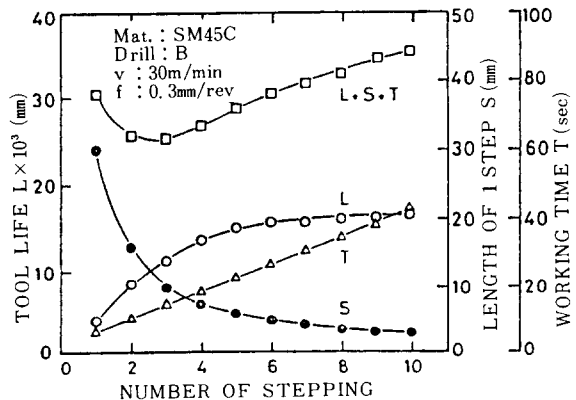


Fig. 12 Optimum stepping number of cutting condition

게 유지시키고 1 Step當의 加工깊이를 變化시켜 Drilling한 結果 Stepping 回數가 增加함에 따라서 工具의 壽命이 增加하였다. 이것은 Stepping 回數를 增加시킴으로써 Chip의 排出이 良好해질 뿐만 아니라 Chip의 길이 가 짧아져서 Chip이 工具에 감기는 일이 적어지며 또한 工具의 刃先에서 發生되는 熱이 外部로 쉽게 傳達되기 때문이라 생각된다. 한편 Stepping 回數와 工具壽命의 關係는 Stepping 回數 3~5회를 基準으로 하여 그 以下의 回數에서는 1 Step 當 工具壽命의 增加幅이 매우 크지만 Stepping 回數가 5회 以上이 되면 Stepping 回數가 增加하여도 1 Step 當 工具壽命의 增加는 그다지 크지 않고 완만하게 나타 났다. 또한 加工時間은 Step回數가 增加함에 따 라서 直線的으로 增加하였으며, 1 Step 當의 加 工깊이는 Step 수의 逆數로 減少하였다. 이들 세 가지를 종합한 結果 가장 적절한 Step數는 Fig. 1 2에서와 같이 3회로 나타났다.

4. 結 論

Machining Center를 利用하여 被削材, 工具 및

加工條件 등을 變化시키면서 段階移送 Drill 加工 한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

- 1) 段階移送加工에 의하여 切削抵抗을 減少시 킬 수 있으며 炭素鋼 黃銅 및 鑄鐵 가운 데 黃銅의 切削抵抗을 가장 많이 減少시킬 수 있다.
- 2) 3段階移送加工에 의하여 工具의 壽命을 2 배 以上 延長시킬 수 있다.
- 3) 一定 加工깊이(30mm)에 관한 Stepping 回數는 3회가 적당하다.

參 考 文 獻

- 1) K. Iwata, T. Moriwaki, M. Hoshikawa; Fundamental Study of High Speed Micro Deep Drilling, Journal of the JSPE, Vol. 49, No. 2(1983) pp. 240~246
- 2) 大久保 修, 稻崎一郎, 清山 哲; 微小徑ドリル の折損原因の究明と折損豫知に關する研究, 日本機械學會論文集(C編), 51卷 471號(1985) pp. 43~59