

다음 예는 앞에서 논의된 金屬切削法則을 응용한 事例의 일부이며, 이 예들은 관련 회사에 보고될 당시의 조건을 그대로 갖고 있다. 물론 機密事項은 포함되어 있지 않다. 수년 전에 연구된 것 중에는 응용하기 위하여 최근의 data에 맞게 그 예를 수정할 필요가 없다고 생각하는 데, 그 이유는 그것이 더 이상 현재의 실제 切削條件을 나타낸다고 볼 수 없기 때문이다. 著者의 사견으로는 그 數值들은 그것이 나타내는 原理 이상의 의미는 없다고 생각한다.

14-1 自動 나사切削機에서의 黃銅切削에 대한 時間研究

金屬切削에 영향을 미치는 수많은 因子의 대부분이 技士가 그들의 科學的 研究를 이용하기에는 거리가 멀다. 그러므로 그들이 쉽게 이용할 수 있도록 설명서(이용법) 같은 것을 제공할 필요가 있다. 이와 같은 설명서는 金屬切削法則에 근거한 表(Table)의 형태 또는 線圖의 형태가 될 수도 있다. 현재에는 線圖의 이용이 가능한 것에서 表는 線圖만큼의 변화마다 읽을 수 있는 값이 전부 없기 때문에 실용적이 못되는 것 같다.

Fig. 243의 黃銅에 대한 生産性 線圖는 x 軸에 chip斷面積을 $0.1/1000 \text{ in}^2$ 에서 $7/1000 \text{ in}^2$ 까지 취하고, y 軸에 切削速度를 100 ft/min 에서 7000 ft/min 까지 취하였다. Fig. 243에는 機械線(기울기가 큰 선)과 工具線인 2group의 선이 있다.

2group이 각각 點線과 實線을 갖고 있는데 前者는 carbide工具에 대한 것이고, 後者는 H.S.S.工具에 대한 것이다. 實用的 線圖에서는 carbide工具에 대한 것을 밝은 색으로 표시하고 H.S.S.工具에는 흑색으로 표시하면 쉽게 구별할 수 있어서 편리하다. 시간 연구의 중요부로서 이 線圖의 이용은 다음 예에서 보다 분명해질 것이다.

例 14-1. 切削刃에서의 機械動力(機械의 효율에 의하여 内部損失이 된 후의 動力으로서 高速에서는 效率이 60% 정도가 된다) 1.8HP을 이용하여 자동 나사절삭기에서 黃銅을 切削할

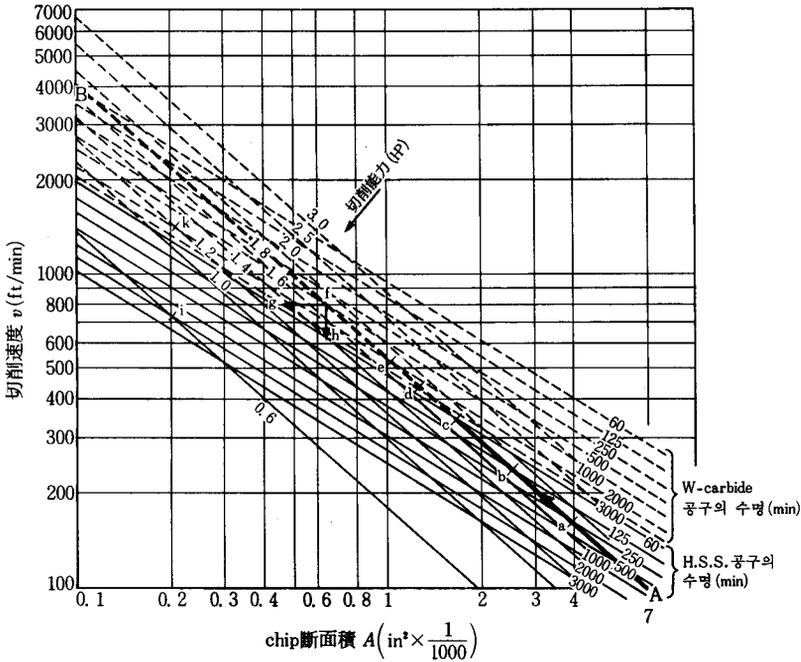


Fig. 243 自動 나사切削機에서 黃銅切削의 生産性 圖表

때 가능한 諸切削量을 구하라. 물림깊이는 $\frac{1}{8}$ in 이고 加工物의 直徑은 $\frac{5}{8}$ in 이다.

(解) 切削能力 (HP) 이 주어지면 그의 해당하는 線을 문제의 解를 구하기 위해 이용한다.

本例에서는 식별하기 쉽도록 선 AB로 표시하였으며, 그 線을 따라 右側에서 左側으로 이동하면 그 線上的의 각 點에 해당하는 切削速度와 chip斷面積의 組合을 구할 수 있으며, 이 때 切削速度는 증가하고 chip斷面積은 감소한다. 예로써 AB線上的의 點 a에서 chip斷面積은 $A=4/1000\text{in}^2$ 이고 切削速度는 $v=160\text{ft/min}$ 이며, 點 e에서는 chip斷面積 $A=1.03/1000\text{in}^2$ 이고 切削速度 $v=525\text{ft/min}$ 이다. 線 AB는 可用動力이 1.8HP인 機에서 黃銅을 절삭할 때 허용 切削速度와 chip斷面積의 組合에 이용된다.

機械線 AB를 따라 點 a에서 위로 올라가면 金屬切削率이 감소하는 것을 알 수 있는데, 이것은 13 장 13-1-3(3)에서 논의된 원리와 일치하기 때문이다. 點 a에서 金屬切削率 $R=12 \times \frac{4}{1000} \times 160=7.7\text{in}^3/\text{min}$ 이고, 點 e에서는 $R=12 \times \frac{1.03}{1000} \times 525=6.6\text{in}^3/\text{min}$ 이다. 마찬가지로 比切削力의 증가 원인에 대하여도 13장에서 논의되었다. 또한 여기에서도 큰 chip斷面積과 작은 切削速度를 組合하는 것이 이 반대의 組合보다 유리할 것 같다. 이와 같은 결론이 합당할 수도 있으나 많은 실제 문제에서는 附加되는 因子를 고려하여야 한다. 最大移送(즉 최대 chip斷面積)에서 旋削하는 것이 항상 가능한 것은 아니다. 그 이유는, 특히 加工物 및 機의 변형, 불량 표면, 無段變速裝置를 채용하지 않는다면 불규칙한 切削速度列 및 移送速度列 때문에 最大移送에서 全出力을 낼 수 있도록 機械의 設計 및 그 剛性이 되어 있지 않기 때문이다.

機械線 AB에 의하여 많은 工具線이 잘리며, 點 a에서는 工具壽命이 250min이고 點 c에서는 工具壽命이 60min으로 줄어서 H.S.S. 工具로서는 한계에 달하여 자동 나사절삭기에는 적합하지

않다. 切削速度를 더 크게 하려면 工具壽命이 3000 min(點 d)까지 높아지는 carbide 工具를 이용하는 것이 좋다. 그러나 실제에서는 어느 組合, 즉 어느 點이 바람직할 것인가에 대하여 생각하여 본다. $d = \frac{1}{8}$ in 이므로 點 a에서 移送 $f = 0.032$ in/rev ($f = A/d$, $f = 0.004/0.125 = 0.032$ in/rev)인데, 이와 같은 移送는 表面狀態를 고려할 때 너무나 크다. 자동 나사절삭기를 사용하면 다른 점에 대하여도 같은 결과가 나올 것이다. 자동 나사절삭기에서 移送는 보통 다음의 범위에 있다.

外徑切削 : 0.004~0.008 in/rev

總形切削 : 0.0004~0.002 in/rev

切斷切削 : 0.002~0.004 in/rev

아직까지는 點 f의 組合에서 加工面을 양호하게 하는 移送를 갖는다는 관점에서 이 點의 組合이 가장 좋은 것은 확실하다. 즉 이 點의 chip斷面積 $A = 0.64/1000$ in², 切削速度 $v_w = 800$ ft/min 이고 移送 $f = 0.00064/0.125 = 0.0051$ in/rev이다. 移送이 작으면 比切削力이 증가하기 때문에 金屬切削率은 감소하며, 이 점에서의 工具壽命은 1000 min이 될 것이다.

예제 14-2. 旋盤主軸의 最大回轉速度가 4900 rpm이고 加工物直徑이 $\frac{5}{8}$ in이다. 이 때 일주일 내에는 工具研削을 하지 않기 위하여 工具壽命은 3000 min으로 한다. 諸切削關係量을 구하라.

(解) 點 f에서 切削速度 800 ft/min을 지시하는 水平線을 $T_L = 3000$ min까지 연장하여 그 點을 g라 한다(carbide 工具). 이 때 chip斷面積은 $A = 0.47/1000$ in²까지, 移送는 $f = 0.00047/0.125 = 0.0038$ in/rev까지 각각 감소한다. 생산 시간은 移送에 반비례하여 증가하나 ($0.0051/0.0038 = 1.33$ 으로서 33% 만큼 증가) 工具를 교체하고 연삭하지 않는 데에서 오는 다소의 시간 절감이 있다. 點 g에 근접한 動力線에 의하면 불과 1.4HP밖에 이용하지 못한다.

工具壽命 3000 min을 얻는 또 다른 방법은 Fig. 243의 點 f에서 點 h로 옮겨 이 점에서 조건을 생각하면, 앞에서와 동일 移送에서 切削速度를 640 ft/min로 줄이는 것이다. 이 방법이 點 g를 선택하는 것보다 좋은 방법인데, 그 이유는 工具壽命 3000 min을 얻으면서 生産時間의 손실을 줄이기 때문이다. 이 경우에서의 생산 시간의 손실은 切削速度에 반비례하므로 $800/640 = 1.25$ 에서 앞에서는 33%의 손실을 가져온 데 대하여 여기에서는 21%의 손실을 가져온다. 이 때 사용되는 全動力은 1.5HP이다. 總形旋削의 경우에는 이들 移送는 너무 크며, 0.002 in/rev을 초과해서는 안 된다. 旋盤에서 선택할 수 있는 移送를 $f = 0.0017$ in/rev이라 하면 chip斷面積은 $A = f \cdot d = 0.0017 \times \frac{1}{8} = 0.21/1000$ in²이다.

Fig. 243에서 $A = 0.21/1000$ in²를 통하여 垂直線을 그으면 H.S.S. 工具에 대한 工具壽命 2000 min線과 교차하고, 이 때 切削速度는 705 ft/min이며, carbide 工具에 대한 2000 min의 工具壽命(k)에서의 切削速度는 1400 ft/min이다. 직경 $\frac{5}{8}$ in에 대한 最大切削速度가 800 ft/min이라는 관점에서 볼 때, 수직선은 H.S.S. 工具가 만족스럽다는 것과, 이 때는 carbide 工具라고 해서 더 좋은 결과를 가져오지 못한다는 것을 말해 주고 있다. Table 86에는 이 문제에 대한 모든 因子와 함께 결과가 수록되어 있다.

포괄적인 線圖를 얻기 위하여는 아주 광범위한 data를 제공하여야 한다. 시간 연구를 하는 技士가 生産性 線圖(Fig. 243 및 기타)에 익숙하기 위하여는 단시간에 응용할 수 있는 線圖가 마련되어야 한다.

Table 86 生産性 線圖인 Fig. 243에서 구한 결과

Fig. 243의 각點	切削速度 v_N (ft/min)	chip斷面積 $A \left(\text{in}^2 \times \frac{1}{1000} \right)$ (1000 A)	移送 f (in/rev)	工具壽命 T_L (min)	動力 N (HP)	물림깊이 d (in)	工具의 종류	備 考
예제 14-1								
a	160	4	0.032	250	1.8	0.125	H.S.S.	移送過大 $\frac{5}{8}$ in 직경에서 최대속도
b	237	2.6	0.021	125	1.8	0.125		
c	340	1.7	0.014	60	1.8	0.125		
d	430	1.3	0.010	3000	1.8	0.125	carbide	
e	525	1.03	0.0083	2000	1.8	0.125		
f	800	0.54	0.0051	1000	1.8	0.125		
예제 14-2								
g	800	0.47	0.0038	3000	1.35	0.125	carbide	點 f에서보다 33%의 加工時間 증가 點 f에서보다 21%의 加工時間 증가
h	640	0.64	0.0051	3000	1.5	0.125		
i	705	0.21	0.0017	2000	0.6	0.125	H.S.S.	總形切削

技士에게 Table 87에서와 같은 空欄을 주고, 그것을 채우도록 하는 훈련이 필요하다.

일반적으로 時間研究技士는 Fig. 243에서 機械線上的 몇 개의 點만을 이용한다. 移送이 너무 작으면 比切削力의 증가에 의한 金屬切削率의 감소, 즉 치수 효과의 영향을 수반하므로 移送를 너무 작게 취하지 않도록 하여야 한다. 보다 상세한 내용에 대하여는 Table 87을 참조하라.

Table 87 生産性 線圖 Fig. 243에 근거한 加工時間研究의 연습을 위한 空欄

주어진 data

1. 加工物材料: 100 BHN인 黃銅(의 旋削)
2. 加工物 치수: 직경 $\frac{1}{2}$ in
3. 물림깊이: $\frac{1}{16}$ in
4. 工作機械: 자동 나사절삭기, 工具에서 可用動力: 1.8 HP
5. 加工面 精度를 고려한 移送: 0.004 in/rev(이용할 수 있는 가장 근접값: 0.0051 in/rev)
6. chip 斷面積: $A = 0.0051 \times \frac{1}{16} = 0.64/1000 \text{ in}^2$

순서	項 目	결 과	(시간 연구 기사에 의한 판단) 備 考
1	1. $A = 0.64/1000 \text{ in}^2$ 및 動力 1.8HP에 대한 切削速度 2. 工具壽命 3. 主軸速度 $= (12 \cdot v_N) / (D \cdot \pi)$ 4. 길이 1in에 대한 切削時間 $t = (L \cdot 60) / (f \cdot n)$	$v_N = 800 \text{ ft/min}$ $T_L = 1000 \text{ min}$ $n = 4900 \text{ rpm}$ $t = \frac{1 \times 60}{0.0051 \cdot 4900} = 2.4 \text{ sec}$	1000 min 工具壽命은 불충분. 3000 min 工具壽命을 얻도록 chip 斷面積을 정하라.
2	1. 3000 min 工具壽命에 의한 감소된 chip 斷面積 2. 물림깊이 $\frac{1}{16}$ in에 대한 移送 3. 動力	$A = 0.47/1000 \text{ in}^2$ $f = 0.00047 / 0.0125 = 0.0038 \text{ in/rev}$ $N = 1.35 \text{ HP}$	가공 시간의 증가로 불만족. 3000 min 工具壽命을 얻도록 切削速度를 감소하라.

	4. 移送에 상응한 切削時間	$t = \frac{0.0051}{0.0038} = 1.33$ 1000 min에 대한 것보다 33% 증가	
3	1. $A=0.64/1000 \text{ in}^2$ 에서 工具壽命 3000 min을 얻기 위한 감소된 切削速度 2. 動力 3. 主軸速度 $= (12 \cdot v) / (D \cdot \pi)$ 4. 절삭속도의 감소와 加工時間의 비교	$v=640 \text{ ft/min}$ $N=1.5 \text{ HP}$ $n=3900 \text{ rpm (可用)}$ $t=800/640=1.21$ 1000min 工具壽命일 때에 비하여 21% 만큼 증가	3000 min의 工具壽命에서 工具의 교체 및 研削時間을 없앴으므로 加工時間의 증가를 보상하므로 本 切削條件은 받아들인다.
4	機械工場에 주는 지시 사항	主軸速度는 3900rpm에 맞춘다. 移送는 0.0051in/rev에 맞춘다. 工具를 1週에 1회 이상 연속하게 되면 보고한다.	

14-2 多量生産에 대한 金屬切削時間研究²⁰³⁾

큰 加工物의 多量 (lot수가 많음) 절삭에 대한 金屬切削學의 응용을 Fig. 244가 보여 주고 있다.

移送와 물림깊이를 結合하여 chip斷面積으로 표시하지 않고, 여기에서는 移送, 물림깊이 및 細長比를 각각 별개의 量으로 취하였다. 切削速度, 動力, 工具壽命, 移送, 물림깊이 및 工具의 종류에 대한 좌표를 SAEX 1335의 旋削에 대하여 조사하여 보고자 한다.

生産性 圖表 (Fig. 244)의 중앙에 물림깊이가 $\frac{1}{32} \sim \frac{3}{8} \text{ in}$ 의 범위를 나타내는 傾斜線이 있음을 볼 수 있다. 이 선들은 수평선상의 移送 $0.006 \text{ in/rev} \sim 0.060 \text{ in/rev}$ 의 좌표로 되어 있다. 또 다른 일련의 急傾斜線은 (2:1)~(25:1)의 細長比를 나타내며, 제일 위에 있는 것을 “얇은 切削”이라 하고 제일 밑의 선을 “깊은 切削”이라고도 한다. 本圖表의 左側은 H.S.S. 工具에 대한 것이고, 右側은 carbide 工具에 대한 것이며, 切削速度線 (工具線)은 動力線 (機械線)과 교차한다. 圖表의 左편과 右편 밑에서 工具壽命을 구하는 變換線으로서 細長比線이 되풀이 된다.

本圖表는 여러 가지 목적으로 이용될 수 있는데 그 중 하나를 여기에서 설명하고자 한다. 주어진 移送 또는 주어진 動力 또는 다른 變數로부터 출발할 수 있다. 다른 變數란, 예를 들면 切削作用의 前 또는 後 (conveyor belt를 이용하여)에 재는 1 min의 切削時間 등이다. 速度, 移送 및 이 조건에 맞는 필요 動力을 적절히 정하는 방법을 연구하고, 이상의 결과로써 정해지는 工具壽命에 대하여도 조사하기로 한다. 이 경우에 圖表를 이용하기 전에 간단한 계산을

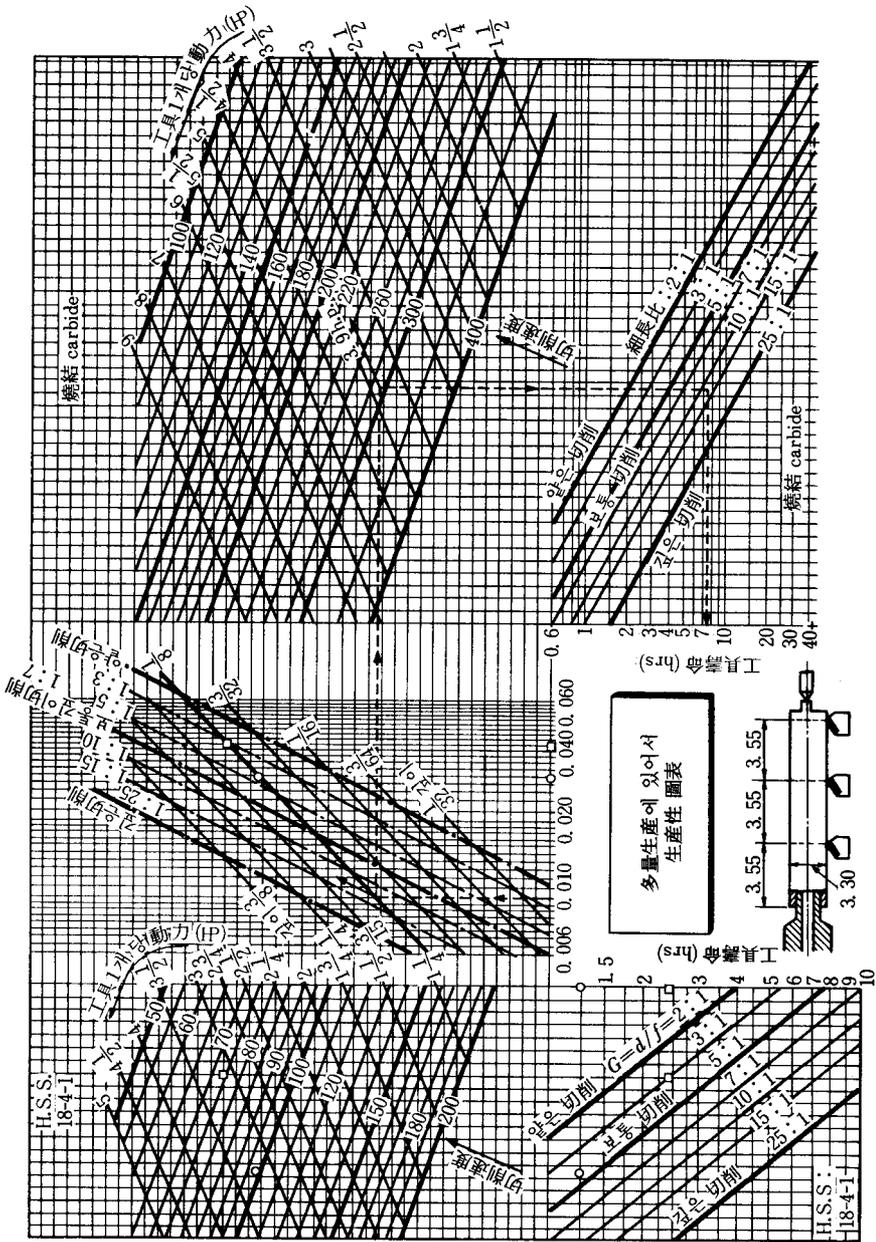


Fig. 244 多量生産의 生産性 圖表 (SAEX 1335)

하여야 하고, Fig. 245와 같은 加工物에 대하여 切削時間은 1min을 초과하지 않아야 한다 (本問題에 의하여). 먼저 1min의 切削時間을 얻기 위한 切削速度와 移送의 關係를 求하여 본다.

t : 切削時間 (min), L : 切削部の 길이 [= 工具의 이동 거리 (in)]

f : 移送 (in/rev), v : 切削速度 (ft/min)

n : 회전수 (rpm), D : 加工物の 직경 (in)

이라 하면

$$t = \frac{L}{f \cdot n} = \frac{\pi \cdot L \cdot D}{12 \cdot f \cdot v} = \frac{0.262 \cdot L \cdot D}{f \cdot v}$$

$t = 1 \text{ min}$ 이라 하면 (주어진 문제에 의하여)

$$v = \frac{0.262 \cdot L \cdot D}{f}$$

그런데 本例에서 $L = 3.55 \text{ in}$, $D = 3.30 \text{ in}$ 이므로

$$v = \frac{2.94}{f}$$

本例에 의하면 1min의 切削時間을 갖기 위하여는 移送와 물림깊이의 곱이 2.94로서 일정하여야 한다. 따라서 移送를 정하고 이것에 해당하는 切削速度를 계산할 수 있다. Fig. 244에서 4개의 예를 들어 구한 결과를 Table 88에 표시하였으며, 이 모든 예에서 加工物の 個當 加工時間은 1min이다.

Table 88 生産性 圖表 Fig. 244의 例

例	圖表상의 기호	移送 f (in/rev)	速度 v (ft/min)	回轉數 (rev/min)	물림깊이 d (in)	細長比 G	工具의 종류	工具當 動力 (HP)	工具壽命 (hrs)
a	---	0.010	294	344	$\frac{1}{8}$	12.5 : 1	} carbide	3.9	7.5
b	+	0.020	147	172	$\frac{1}{8}$	6.25 : 1		3.4	42.0
c	○	0.030	98	114	$\frac{1}{8}$	4.15 : 1	} H.S.S.	3.25	1.1
d	□	0.040	73.5	86	$\frac{1}{8}$	3.13 : 1		3.2	2.4

가장 유리한 v 와 f 의 組合은 b의 경우로서 $f = 0.020 \text{ in/rev}$, $v = 147 \text{ ft/min}$ 이고 工具壽命은 42hrs이다. 燒結炭化物工具를 사용하여야 하고 기계는 工具當 動力이 3.4HP, 즉 동시에 작용하는 3개의 工具에는 10.2HP의 容量을 가져야 한다.

14-3 새로운 加工方法의 연구

특수 plunge 切削旋盤에 대한 조사는 이미 유도된 金屬切削法則의 실제 응용에 대한 또 다

른 예를 제공할 것이다.

이와 같은 조사는 얼마나 큰 힘의 작용을 받을 것이며 기존 법칙에 어떤 수정이 필요한가를 알아보기 위하여 機械를 만들기 전에 이미 수행되었다.

이 기계*에서는 加工物을 장착하여 전길이에 걸쳐서 4 개의 工具(Fig. 245)로 절삭한다.

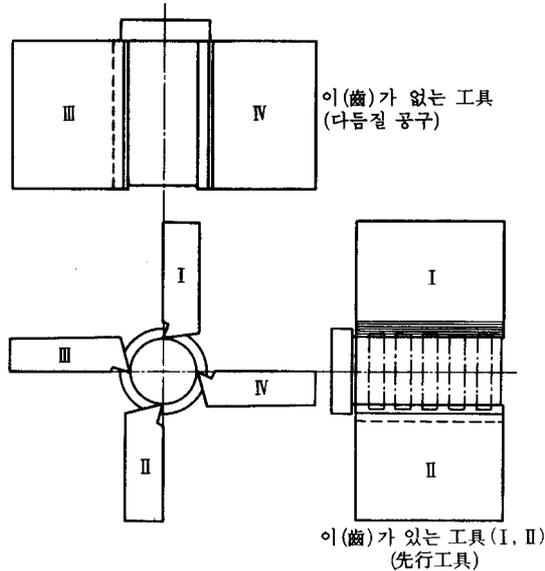


Fig. 245 工具의 배열

그 중에서 2 개의 工具(I 및 II)는 加工物에 홈을 파는 이를 갖고 있으며, 다른 2 개(III 및 IV)는 이가 없고 先行工具의 이가 남겨 놓은 突起部를 절삭한다. 移送는 cam(Fig. 246)에 의하여 주어지고, 이들 4 개의 工具는 서로 加工物을 지지하여 가공물의 變形을 막아 준다. 切削力이 加工物에 대하여 서로 반대방향으로 작용하기 때문에 1 개의 工具로는 발생할 수 있는 撓量과 진동이 제거된다.

金屬切削은 여러 개의 切削刃에 분포되어 이루어지기 때문에 切削率이 상당히 큰 데에도 切削刃當의 荷重은 상대적으로 작다. 따라서 切削速度를 크게 할 수 있거나 또는 큰 工具壽命을 얻을 수 있다. 새로운 기계를 개발할 때 이와 같은 형태의 金屬切削을 조사하는 것은 실제적으로 유용한 것이다. 이와 같은 조사에 의하여 最適移送 및 切削의 幅 등을 정할 수 있으며, 이에 대한 실험은 차후로 미루지만 실험에서는 계산된 data를 확인만 하면 된다.

發生切削力(P) : Fig. 247은 金屬切削의 상태를 보여 주는 것으로서, 2 개의 先行工具(이가 있는 것)와 2 개의 追跡工具(이가 없는 것)가 각각 생성하는 chip을 상이한 斜線으로 표시하였다. 2 개의 切削刃에 의하여 서로 반대방향으로 切削되는 얇은(길이가 짧은) 圓筒을 “切削

* From an investigation for the Loewe-Gesfürel Mach. Tool Co. see also : Masch-Bau Betrieb. 10, No. 24.

要素”라 하기로 하고, 그 중에서 1개의 요소를 표시할 때 Fig. 247에서 “E”로 표시하였다. 2개의 先行工具는 흠을 파며 chip은 主切刃과 側面刃에 의하여 생성되고, 追跡工具에는 側面刃이 없으며 主切刃으로 突起部를 제거한다.

- b : 先行工具切刃의 幅(이의 폭) 또는 돌기의 폭(in)
- f : 移送(in/rev)
- d : 加工物의 直徑(in)

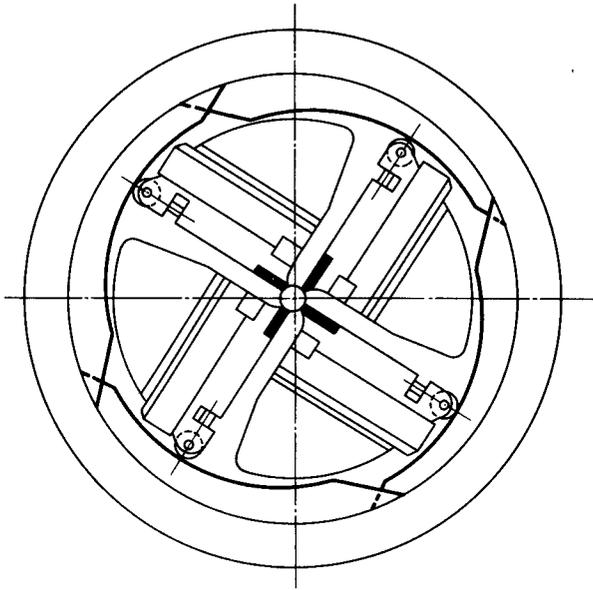


Fig. 246 cam式 移送機構

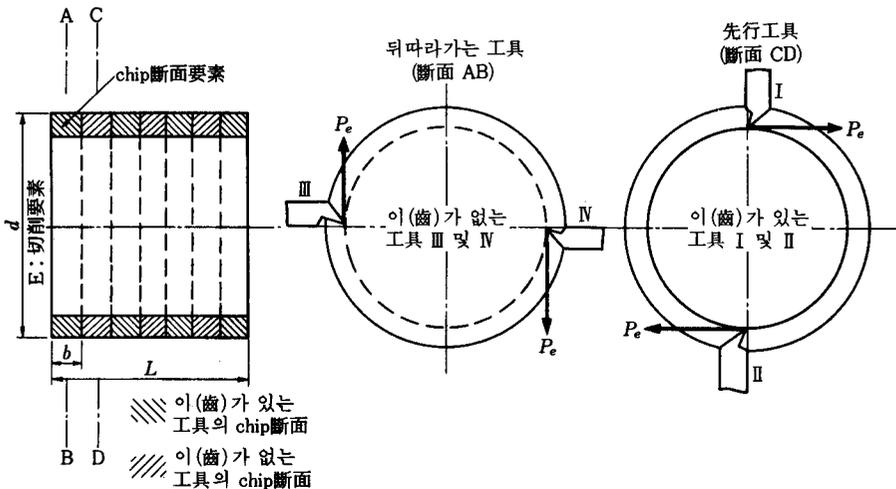


Fig. 247 金屬切削過程의 略圖

d_g : 加工物の 危險斷面部の 直徑 (in)

$1000 A_e$: chip 斷面積 (각 요소에서 2 개) $\left(\text{in}^2 \times \frac{1}{1000}\right)$

P_e : 각 chip 斷面에서 發生되는 切削力 (lb)

P_1 : $L=1$ 및 $C_p=1$ 에 대한 切削力 (lb)

P_{zul} : 許容切削力 (lb) (加工物の 위험 단면에서 加工物에 변형을 주지 않는 정도의 切削力)

L : 가공물의 길이 (in)

C_p : 切削力常數 (附錄 Tables 를 참조)

라 하면 $1-z_p=0.803$ (Table A7) 일 때 요소의 切削力은 식 (165)에 의하여

$$P = \frac{C_p \cdot (1000 A_e)^{1-z_p}}{1000} = \frac{C_p \cdot (1000 A_e)^{0.803}}{1000} \quad (304)$$

1 개의 요소에 2 개의 工具가 동시에 작용하므로

$$A_e = \frac{f \cdot b}{2} \quad (305)$$

z : 先行工具 (I 또는 II) 상의 齒數라 하면 切削要素의 수는 $(2 \cdot z + 1)$ 개이며, chip 斷面の 數는 $2(2 \cdot z + 1)$ 개이다.

L , b 및 z 사이에는 다음의 관계가 있다.

$$L = (2 \cdot z + 1) \cdot b \quad (306)$$

\therefore chip 斷面の 수는

$$2(2 \cdot z + 1) = \frac{2 \cdot L}{b} \quad (307)$$

切削過程 중에 發生하는 總切削力 P 는 식 (305) 및 식 (307)에 의하여

$$P = \frac{C_p \cdot (1000 A_e)^{0.803}}{1000} \cdot \frac{2 \cdot L}{b} = \frac{C_p \cdot (1000 \cdot f \cdot b / 2)^{0.803} \cdot 2L}{1000 \cdot b} \quad (308)$$

실제 계산을 위한 간단한 조건을 구하기 위하여 식 (308)을 $C_p=1$ 및 $L=1$ 로 놓아서 2 개 부분으로 나눌 수 있다. 數值를 統合하여 C_p 및 L 을 포함하지 않는 식을 구해 보면

$$P_1 = \frac{f^{0.803}}{3.41 \cdot b^{0.197}} \quad (309)$$

따라서 식 (308)은

$$P = P_1 \cdot C_p \cdot L \quad (310)$$

Table 89는 機械에서 이용할 수 있는 2種의 移送에 대하여 식 (308)을 이용하여 구한 것이다.

切削過程에서 發生하는 切削力을 구하기 위하여는 Table 89의 乘數 P_1 , 切削力常數 C_p 와 加工物の 길이 L 을 곱하기만 하면 된다.

Table 89

移送 f (in/rev)	幅 b (in)	乘數 P_1
0.0024	0.20	0.00324
0.0024	0.24	0.00312
0.0024	0.28	0.00304
0.0024	0.32	0.00296
0.0041	0.20	0.00485
0.0041	0.24	0.00469
0.0041	0.28	0.00456
0.0041	0.32	0.00440

許容切削力(P_{zu1}) : 지금까지는 切削過程 중에 발생하는 切削力에 대하여만 논의하였으나 이와 같은 방법에서 加工物이 휘어지거나 파괴되는 것을 막기 위하여는 발생하는 切削力이 許容切削力보다 크지 않다는 것을 확인할 필요가 있다. 危險斷面은 일반적으로 chuck에 근접한 最小直徑部이다.

許容切削力 P_{zu1} 은 加工物의 圓形斷面에 대한 許容 torque로부터 구할 수 있다.

$$P_{zu1} \cdot \frac{d_g}{2} = \frac{\pi \cdot d_g^3 \cdot (0.87 \cdot k_z)}{16} \tag{311}$$

$$\therefore P_{zu1} = 0.341 \cdot d_g^2 \cdot k_z \tag{312}$$

단, k_z : 加工物의 引張強度 (psi)

$0.87 \cdot k_z$: 引張強度를 剪斷強度로 환산한 等價強度

일반적으로 時間研究 技士는 移送 및 홈의 幅을 다음의 방법으로 정한다.

- (1) 圖表에서 : 길이 L , 引張強度 k_z 및 危險斷面の 直徑을 구한다.
- (2) Table A8a에서 : 주어진 加工材料 및 工具의 有效傾斜角에 대한 切削力常數 C_p 를 구한다.
- (3) 식 (312)에서 : 許容切削力 P_{zu1} 을 구한다.
- (4) 식 (310)과 $P_{zu1} \geq P$ 의 관계에서 : P_1 을 구한다. 즉

$$P_1 \leq \frac{P_{zu1}}{C_p \cdot L} \tag{313}$$

- (5) Table 89에서 : P_1 , f 및 b 를 구한다.

예제 14-3. 이상의 방법에 대한 구체적 例로 (“Mulka-Automatic”) 機械에서 切削되는 Fig. 248을 들기로 한다.

(解) (1) 圖表에서 : $L=9.05$ in, $k_z=85500$ psi, 有效傾斜角 $\alpha=+5^\circ$, $d_g=\frac{3}{4}$ in

(2) Table A8a에서 : $C_p=425000$ (補間法에 의하여)

(3) 식 (312)에서 : $P_{zu1}=0.341 \times 0.75^2 \times 85500=16300$ lb

(4) 식 (313)에서 : $P_1 = \frac{16300}{425000 \times 9.05} = 0.00423$

(5) Table 89에서 : 移送 0.0041in/rev에 대한 P_1 은 전부 0.00423보다 크므로, 이 移送은 너

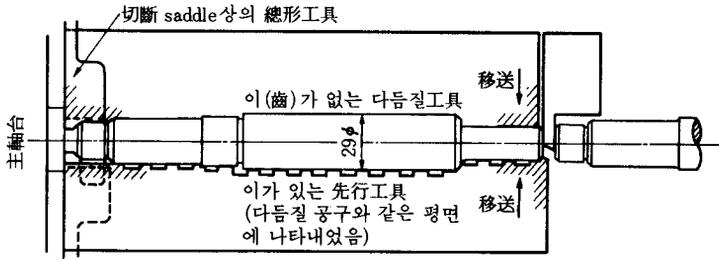


Fig. 248 復式切削의 加工物과 工具

무 커서 加工物이 直徑 $\frac{3}{4}$ in의 부분에서 變形할 것이라는 것을 의미한다.

移送 0.0024 in/rev는 切削時間이 너무 길기 때문에 역시 바람직하지 않다.

따라서 소위 2重切削은 加工物 直徑이 $\frac{3}{4}$ in를 벗어난, 즉 0.866 in보다 클 때에만 이용될 수 있다고 결론지을 수 있다. 이 조건에서는 $P_{zul}=22000$ lb, $P_1=0.0057$ 이며, 이 경우에 移送 $f=0.0041$ in/rev은 홈의 幅 $b=0.197$ in와 더불어 이용될 수 있다. 이 상태에서 幅 b 가 좁고 工具壽命이 크기 때문에 이것이 제일 좋은 切削條件이다.

실험에 의하면 工具의 研削區間에 무려 3000개를 機械加工할 수 있었으며, 工具는 8 회까지 再研削하여 사용할 수 있었다. 실제 切削時間(危險斷面部를 다듬질加工하는 적은 시간까지 포함)은 42 sec 이었고, 遊休時間(工具의 접근 및 후퇴 시간)은 12 sec 였으나 더 짧은 시간으로 줄일 수 있다. 위의 실험 결과를 이용한 계산에서 밝혀지듯이 工具壽命은 35hrs 이었다.

$$\text{工具壽命 (hr)} = \frac{\text{加工物數} \times \text{個當 加工時間 (sec)}}{3600} = \frac{3000 \times 42}{3600} = 35 \text{ hrs}$$

危險斷面에서 加工物을 변형시키는 切削力計算을 검토하기 위하여 다른 실험이 수행되었는데, 거기에서도 理論 data의 신빙성이 확인되었다. 처음 外徑을 切削할 때에는 25HP의 動力을 필요로 하였고 直徑이 다듬질加工部까지 줄어들었을 경우에는 動力이 줄어서 6HP로 되었다. 당연한 것이지만 높은 切削率은 큰 動力을 필요로 하였다.

14-4 垂直 boring mill의 실험

高速과 小切削力(주어진 물림깊이에서 移送를 적게 함)에 의하여 高動力을 내는 機械를 사용하는 것이 이와 반대의 조건에서 高動力을 내는 것보다 유리하다[13 장 13-1-3 ④]는 결론을 내린 바 있다. 이와 같은 결론은 상대적으로 속도가 큰 垂直 boring mill에 대한 金屬切削量²⁰⁰⁾의 조사에서도 확인되었다. 이 실험에서 直徑 40in인 加工物의 切削速度는 1650 ft/min 이었고 動力 측정은 특별히 설계된 水平式 Prony brake(Fig. 249)에 의하였다.

이와 같은 실험을 할 때에는 예견되는 결과를 이론적으로 계산하여 施行錯誤없이 조사하고 실험을 조정할 수 있는 試驗線圖(Fig. 250)를 준비할 수 있다. 그러므로 접근 방법에 의하여 실험 시간을 크게 단축시킬 수 있으며, 초기에 實驗器機의 부정확성도 탐지할 수 있다.

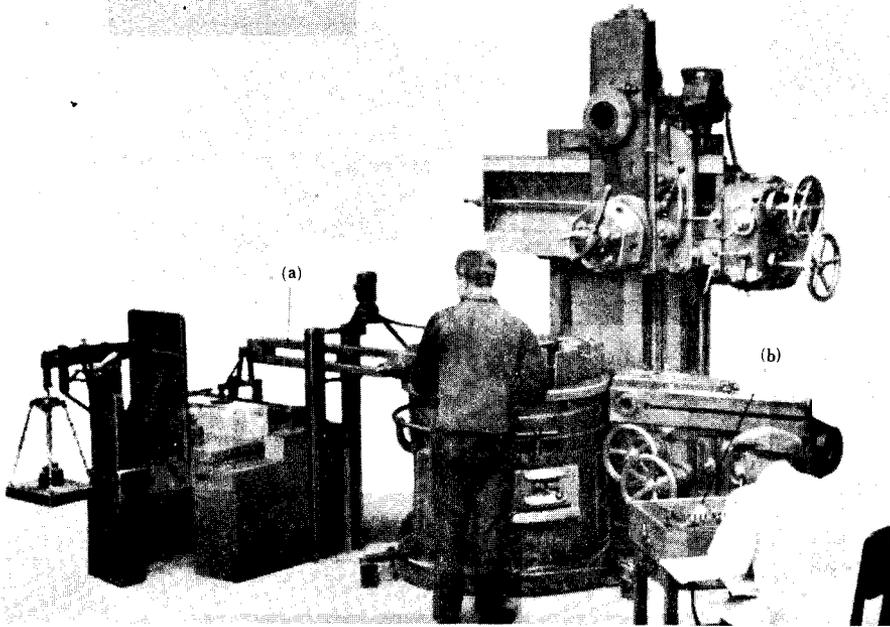


Fig. 249 (a) 水平 torque測定用 Prony brake, (b) 消費動力(HP)의 측정

저울에 올려 놓을 錘를 쉽게 정할 수 있으며, Prony brake의 손잡이 바퀴(Fig. 249에서 는 보이지 않음)를 돌려서 균형을 복구시킬 수 있다. 動力은 균형이 이루어지는 순간에 電氣 裝置에서 읽는다. 기계의 驅動損失도 여러 종류의 荷重과 回轉數(rpm)에 대한 性能線圖(Fig. 250)를 이용하여 정하고 검토할 수 있다. 本例에서는 최대 효율은 回轉數 $n=20.7$ rpm에서 얻어지고, 全動力을 이용하기 위하여는 이와 같이 主軸이 最低速度(rpm)에 있게 된다. 그러나 이보다 낮은 主軸速度에서는 全動力을 이용할 수 없게 되는데, 그 이유는 主軸gear의 荷重이 本例의 기계에 대하여는 너무나 큰 11000 lb에 달하기 때문이다.

鑄鐵 및 鋼(유사 SAE 1045)에 대한 切削實驗을 하였는데 切削力은 著者の 주문에 의하여 개량된 “Wallich-Schiess”의 3分力工具動力計로 측정하였다(Fig. 251, Fig. 138 및 Fig. 139와 비교하라). 吸收動力도 동시에 측정하였다.

Fig. 252의 측정된 切削主分力은 식 (178)과 잘 일치하며, 鋼의 실험 data에 의한 指數도 $1-z_p=0.81$ 로서 Table A7에 있는 最適값 0.803과 비교하면 같다고 볼 수 있다. 마찬가지로 切削力常數 $C_p=416000$ 도 引張強度 90000 psi인 鋼 및 有效傾斜角이 $+10^\circ$ 일 때의 추천값 (420000, Table A8a)과 잘 일치된다. Fig. 252의 각點은 동일 chip斷面積에서 移送과 물 림깊이를 변화시킨 切削實驗을 3~5회한 것의 평균값에 대한 것이다.

그러나 移送分力 P_2 및 背分力 P_3 의 擧動은 Table 62 및 Table 63의 data에서 상당히 크게 이탈되어 있다. Table 62 및 Table 63이 만들어진 실험이 機械工場의 실제 조건에서 수행되었는지, 즉 副切刃이 切削作用을 하였는지 어떤지는 알려져 있지 않다.

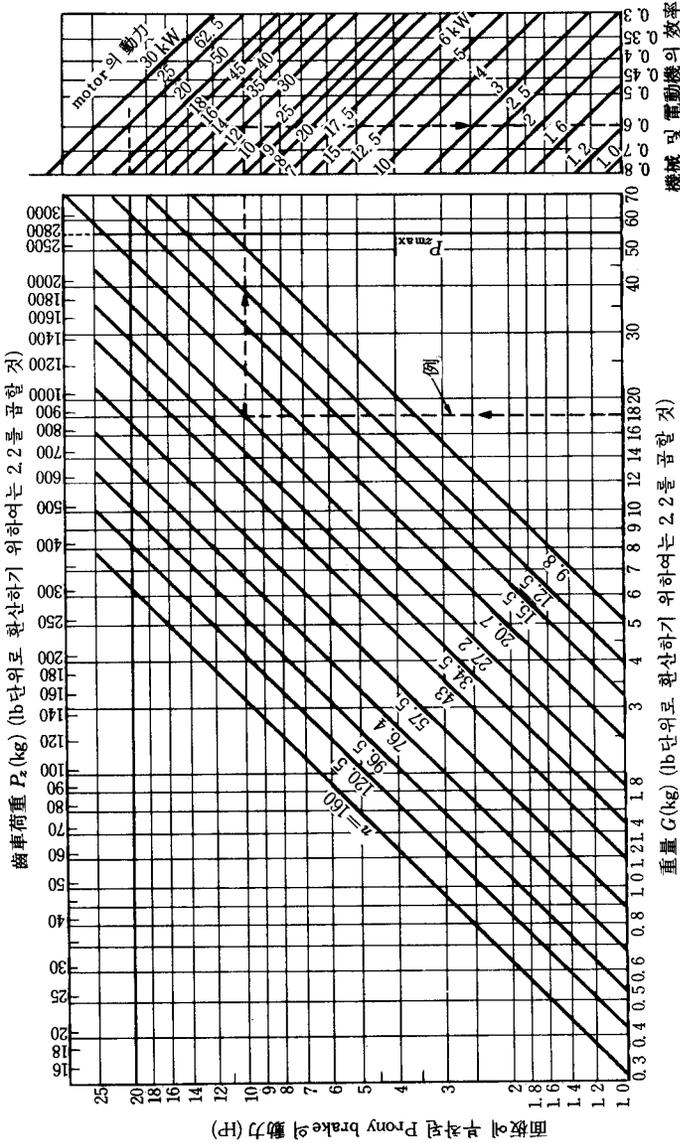
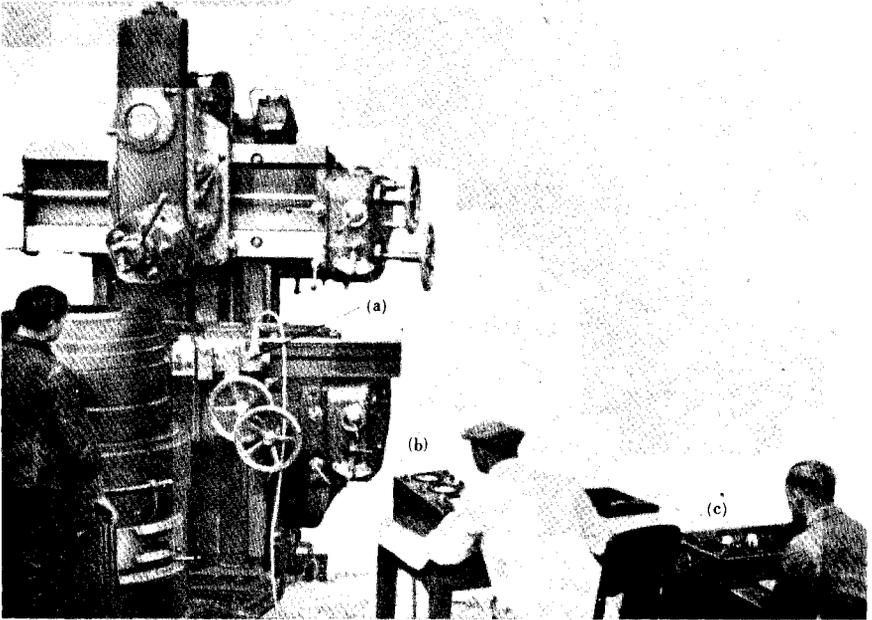


Fig. 250 brake損失動力의 豫測



(a): 切削力 測定用 工具動力計
 (b): 3 分力の 기록
 (c): 消費動力(IP)의 측정

Fig. 251 大徑加工物の 旋削에 의한 金屬切削實驗

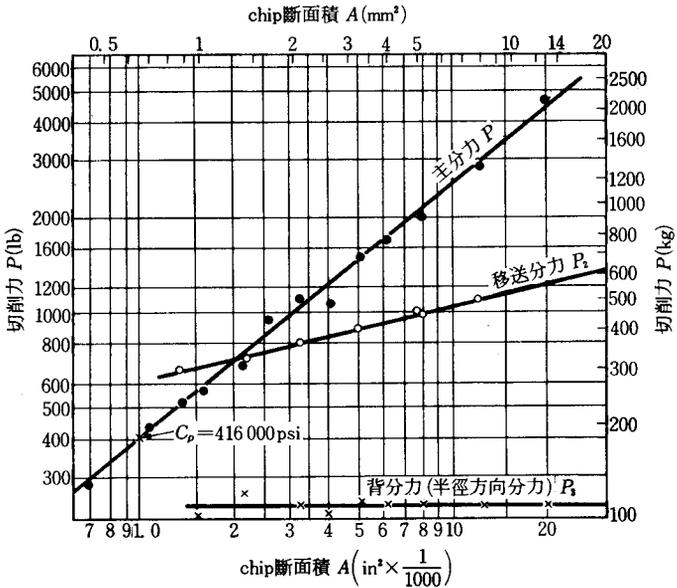


Fig. 252 유사 SAE 1045를 수직 boring machine에서 切削할 때 chip斷面積과 切削力の 관계

垂直 boring mill 에의 실험에서 가능하면 工場의 조건에 접근시키기 위하여 側面切刃도 切削作用을 하도록 하였다. 그러면 지금부터 本例를 이어서 검토하기로 한다.

著者の 실험에서는 背分力 P_3 가 chip斷面積에 무관한 데 반하여 移送分力 P_2 는 chip斷面積의 약 4乘根에 비례하여 증가하였다($1-z_p=0.24$).

Fig. 253은 全動力을 이용하는 상태에서 回轉數(高速 및 低速)에 대한 金屬切削率(lb/hr)의 비교를 보여 주며, 동시에 切削力도 표시하여 놓았다. 13장 13-1-3 ④의 결론과 일치하는 내용으로서 큰 chip斷面積과 低速($n=34.5$ rpm, $v=164$ ft/min)이 組合할 때의 金屬切削率은 高速($n=160$ rpm, $v=760$ ft/min)에서 운전할 때에 비하여 39% 만큼 증가한다는 것을 알았다. 속도의 감소에 의한 이와 같은 金屬切削率의 증가는 切削力이 320%나 크게 증가하는 불리한 대가를 받게 한다. 高速切削에서는 加工物 및 機械의 변형이 훨씬 적고 built-up edge가 사라지기 때문에 加工精度가 높다는 것은 앞에서와 같다.

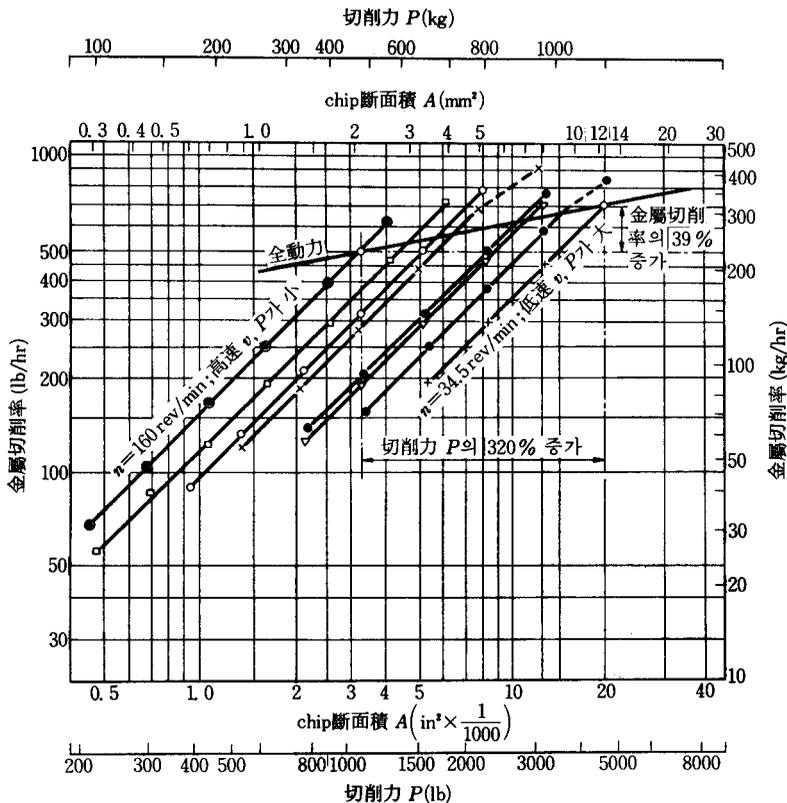


Fig. 253 高速切削(rpm) 및 低速切削實驗값의 비교

14-5 高温加工實驗

Fig. 254는 gas火焰으로 加工物을 가열할 때 切削動力이 감소하고 있는 것을 보여 주며, 本實驗은 R.K.Le Blond Machine Co.에서 著者が 수행한 것이다. 이 때 加工物의 온도는 室温, 600°F, 1000°F 및 1400°F의 4 단계로 구분하였다.

동일 金屬切削率에 대한 室温에서 動力은 23.4HP인데 반하여 切削刃에서 또는 切削刃 근처의 온도가 1400°F일 때에는 13.2HP로 떨어진 것을 볼 수 있다. 移送를 0.0057in/rev로 한 일련의 실험에서 위의 動力의 감소는 44%의 切削力 감소를 나타내 주고 있다. 동시에 比切削力도 Fig. 255에 보는 바와 같이 크게 감소한다. 즉 室温에서 比切削力이 360 000 psi이었던 것이 1400°F에서 210 000 psi로 되어 42% 만큼 떨어졌다. 比切削力은 移送 0.0076in/rev에서 46% 만큼, 移送 0.0057in/rev에서 44% 만큼 각각 감소하였다.²⁶⁾ 계속된 연구가 International Harvester Co., Tocco Co. 및 誘導加熱切削의 特許所有者와 합동으로 수행되었다. 誘導加熱法으로 加工物을 가열하였을 때 室温에서 발생하던 진동이 사라지고 加工面의 정도가 아주 좋았으며, 마치 거울면과도 같았다.

高温切削의 經濟性에 대하여는 아직도 논란이 있는데, 그 이유는 高壓, 高電力이 필요하기 때문이다.

긴 赤色 chip이 機械에서 튀어나와 작업자 및 工場에 있는 다른 사람에 부상을 주는 것을 방지할 수 있는 확실한 방법을 찾기 위하여 보다 더 연구를 하여야 하나, 현재 몇 개의 민을 만한 방법만이 제시되고 있다.

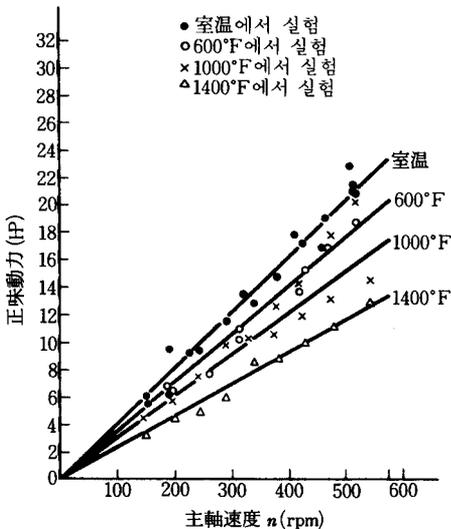


Fig. 254 高温切削에서 動力消耗의 감소

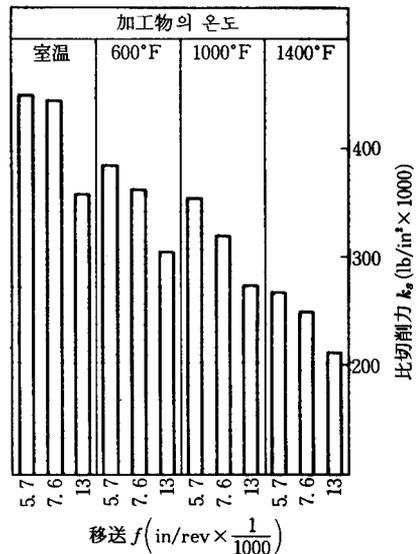


Fig. 255 高温切削에서 比切削力의 감소

14-6 主軸의 對數級數速度列

主軸의 等比級數速度列이 工作機械設計에서 기초의 하나로서 工作機械設計를 과학적으로 하기 시작할 때 도입되어 等差級數速度列 대신 사용하게 되었다. 이 速度列은 많은 유럽 국가에서는 이제 표준화되어 있다.²⁰⁶⁾

等差級數速度列은 계속 일정한 數(公差 ϕ)를 가산하여 主軸의 속도를 증가시키는 방법이다. 예를 들면 앞의 回轉數에 30rpm을 계속 가산하여 가는 速度列이다.

等比級數速度列에서는 앞의 회전수에 어느 일정한 數(公比 ϕ)를 곱하여 각 段의 速度를 얻는 방법이며, 예로써 $\phi=1.44$ 라 하면 最低主軸回轉數가 10rpm일 때 다음 표와 같은 速度列이 계산된다.

主軸回轉數 (rpm)	等差速度列	等比速度列	主軸回轉數 (rpm)	等差速度列	等比速度列
n_1	10	10	n_6	160	63.3
n_2	40	14.4	n_7	190	92
n_3	70	20.8	n_8	220	133
n_4	100	30.2	n_9	250	193
n_5	130	43.6	n_{10}	280	280

切削速度가 $v=65.6 \text{ ft/min}$ 일 때 等差級數와 等比級數에 대한 加工物의 直徑이 Table 90에 나와 있다.

Table 90 $v=65.6 \text{ ft/min}$ 일 때 等差級數速度列과 等比級數速度列에 대한 직경의 비교

主軸回轉數	等差級數速度列		等比級數速度列		
	直徑 (in)	直徑의 差 (in)	直徑 (in)	直徑의 差 (in)	
n_1	25	}	25	}	
n_2	6.25		17.35		7.65
n_3	3.58		2.67		5.35
n_4	2.5		1.08		3.74
n_5	1.92		0.58		2.51
n_6	1.56		0.36		1.80
n_7	1.31		0.25		1.23
n_8	1.14		0.17		0.84
n_9	1.0		0.14		0.58
n_{10}	0.89		0.11		0.41

半對數座標에서 主軸의 速度線은 等比級數速度列에서는 직선이고 等差級數速度列에서는 볼록曲線이 된다. 이와 같은 線圖(Fig. 256)를 그려 보는 것은 等比級數速度列 또는 다른 速度

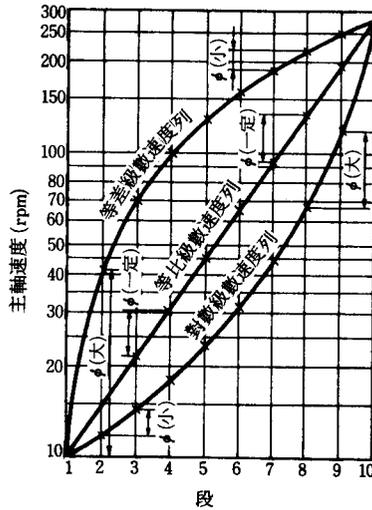


Fig. 256 主軸의 等差級數速度列, 等比級數速度列 및 對數級數速度列의 比較

列을 검토하는 데 있어서 편리하다. 等比級數速度列이 각 段의 速度變化가 일정한 장점을 가지고 있으며, 主軸台에서 gear列을 구성하는 것도 용이하다. 等比級數速度列의 公比는 수학적으로 나타내면 다음과 같다.

$$\phi = n_2/n_1 = n_3/n_2 = n_4/n_3 = \dots = \text{一定} \tag{314}$$

동일 直徑에서 主軸速度를 1段 변화시킬 때의 速度降下率은

$$V_d = \frac{\phi - 1}{\phi} \times 100 (\%) \tag{315}$$

Table 91 은 표준 유럽식 等比級數速度列의 速度降下率을 나타낸다.

Table 91

等比級數의 公比 ϕ (유럽 표준)*	主軸速度를 1段으로 변화시킬 때의 速度降下率 V_d (%)
1.06	5
1.12	10
1.26	20
1.41	30
1.59	40
2.00	50

* 각각 10의 40승근, 20승근, 10승근……이다.

等差級數의 경우에 主軸速度(rpm)의 증가, 즉 加工物直徑의 감소와 더불어 公差 ϕ 는 감소하며, Fig. 256에서도 이와 같은 현상을 볼 수 있다. 바꾸어 말하면 等差級數列에서는 直徑이 증가하면 切削速度가 급증하게 된다. 따라서 等差級數列에서는 소기의 經濟速度를 얻을 수 없어 이 速度列은 사실상 폐기되었다.

그러면 等比級數速度列의 상황은 어떠한가? 切削速度의 강하가 일정하기 때문에 소기의 切削速度를 얻는 便益이 直徑의 전범위에 걸쳐 같아진다. 이것이 과연 經濟的 生産을 하기 위한 조건을 만족시키는가? 速度段을 크게 증가시켜서 이른바 無限變速을 갖는 機械를 만드는 경향에 있다. 前者에 대한 장치의 속도 범위는 (3 : 1) 또는 (5 : 1), 때로는 (8 : 1)인데 반하여 요즘에는 총범위가 (100 : 1) 또는 그 이상 되어야 한다. 따라서 速度範圍 사이의 간격을 해결해주는 그와 같은 gear가 필요할 것이라는 것은 의심할 여지가 없다. 작은 直徑의 加工物을 旋削할 때 작은 公比는 일반적으로 사용되지 않는다는 것을 機械工場에서 볼 수 있다. 그러나 값이 싼 工作機械일수록 主軸速度列의 公比가 크며 이용에 있어서 비경제적인 경우가 많다.

이와 같은 문제들을 연구하기 위하여 $n_1=10$ rpm, $n_{10}=280$ rpm 및 $v=65.6$ ft/min인 機械의 例로 돌아가 보자.

소기의 切削速度에서 切削할 수 있는 加工物 直徑의 간격이 얼마나 큰가를 조사하여 본다. 달리 표현하면 소기의 切削速度에서 切削이 이루어지기 위하여 얼마만큼의 材料를 제거하여야 하는가 하는 문제이다. Table 90은 等差速度列 및 等比速度列로, 이들에 대한 계산값이 나와 있다. 等差級數의 경우, 작은 加工物의 직경 0.89in에 대한 主軸의 속도를 쉽게 구할 수 있다(n_9 및 n_{10}). 직경 1.0in에 대하여도 切削速度는 근사적으로 65.6 ft/min이 되며, 直徑의 차는 겨우 0.11in이다. 소요 切削速度를 얻는 데 主軸速度의 他端에서는 직경의 差가 무려 18.75in나 된다.

等比級數速度列을 취하면 사정은 크게 좋아진다. 切削速度를 65.6 ft/min으로 할 때 작은 直徑에서 直徑差가 0.41in이고 큰 直徑(n_2 와 n_1)에서는 直徑差가 7.65in로서 等差級數列의 18.75보다 좋은 상태이다.

그러나 兩者 어느 경우에도 主軸速度가 상당히 멀리 떨어져 있는 셈이다. 즉 等比級數速度列을 갖는 機械에서 全直徑 범위 17.35~25in에 걸쳐 65.6 ft/min의 절삭속도로 切削한다는 것은 불가능하며, 等差級數速度列을 갖는 機械에서도 6.25~25in의 직경의 전범위에 걸쳐 65.6 ft/min인 切削速度의 切削은 불가능하다.

소요의 切削速度에 달하기 위한 물림깊이를 Fig. 257과 같이 軸(加工物)에 層을 그리어 표시하였다. 等差級數速度列에서는 速度配列이 아주 좋지 않고, 等比級數速度列에서는 速度配列이 잘 되어 있는 것을 볼 수 있다. 著者が 개발한 對數級數速度列에 대하여 지금부터 설명하고자 한다.

Table 90은 한 개의 예에 대한 상황만을 나타내고 있으므로, 일반적 조건을 만족시키는 公式를 導出할 필요가 있다.

D_z : 切削速度 v 및 回轉數 n_z (rpm)에 대한 직경

D_{z+1} : 切削速度 v 및 回轉數 n_{z+1} (rpm)에 대한 직경, 단, $n_{z+1} > n_z$

t_z : D_z 와 D_{z+1} 사이의 물림깊이, $t_z = \frac{1}{2} (D_z - D_{z+1})$

ϕ_z : 公比, $\phi_z = n_{z+1} / n_z$

라 하면

$$D_z = \frac{v}{\pi \cdot n_z}, \quad D_{z+1} = \frac{v}{\pi \cdot n_{z+1}} = \frac{v}{\pi \cdot n_z \cdot \phi_z}$$

이들 식을 t_z 를 나타내는 식에 대입하면

$$\begin{aligned} t_z &= \frac{1}{2} \cdot \frac{v}{\pi \cdot n_z} \left(1 - \frac{1}{\phi_z}\right) \\ &= \frac{D_z}{2} \left(1 - \frac{1}{\phi_z}\right) \end{aligned} \tag{316}$$

等比級數速度列에서처럼 $\phi_z = \text{一定}$ 하다면 소요의 切削速度에 달하기 위하여 各 直徑은 同一量[식 (316)의 2 배] 만큼씩 감소되어야 한다.

예로써 $\phi = 1.67$ 이라 하면 切削깊이는

$$t_z = \frac{D_z}{2} \left(1 - \frac{1}{1.67}\right) = \frac{D_z}{5}$$

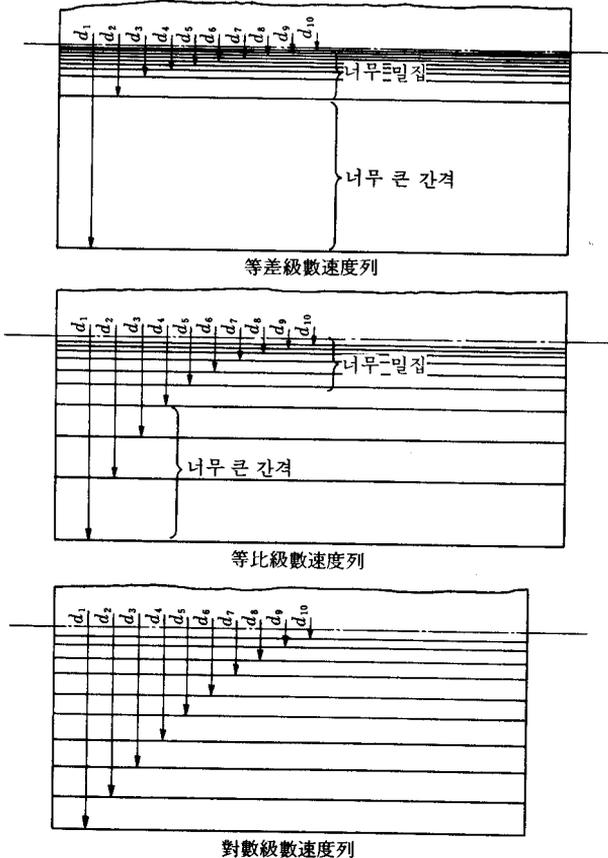


Fig. 257 各 速度列에서 주어진 切削速度로 切削하기 위한 加工物 直徑의 변화

로 되고, 直徑 감소량은 $2 \cdot t_z = \frac{2D_z}{5}$ 가 된다.

兩對數方眼紙 위에 위의 관계를 표시하여 보는 것은 대단히 유익하며(Fig. 258), 이 때 水 平軸에 直徑 D_z 를 표시하고 垂直軸에 물림깊이 t_z 를 나타낼 수 있다. Fig. 258상의 직선은 각종 速度列 및 각종 크기의 公比(ϕ)에 대한 것이며, 각 직선의 直徑線(水平軸)과의 交點은 左側에 있는 해당 t_z 값을 지시한다.

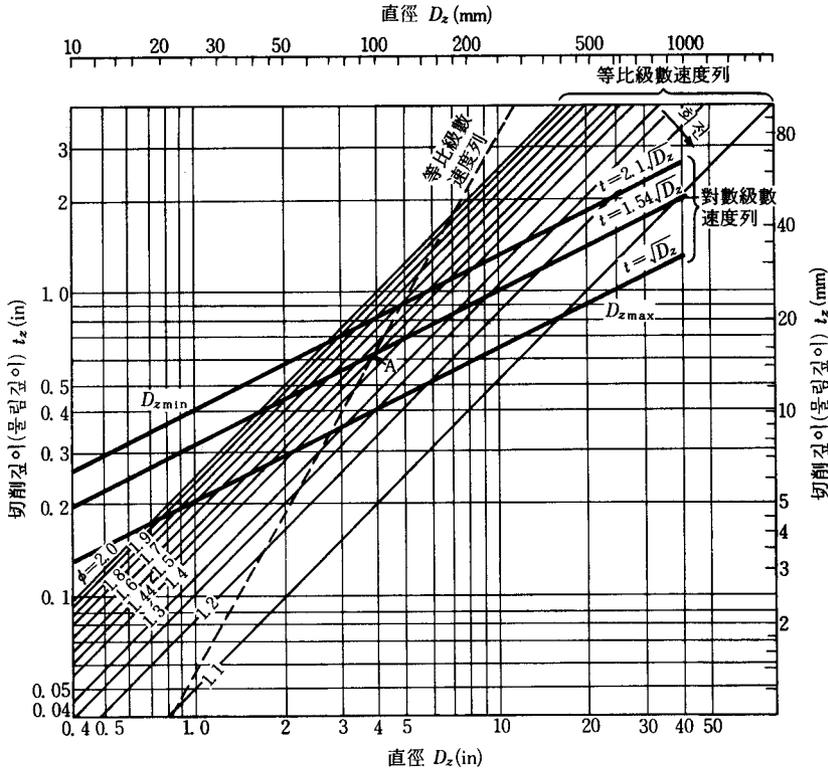


Fig. 258 3速度列의 관계

Fig. 258에 의하면, 새로 만든 主軸速度에서는 물림깊이 t_z 가 커야 하는 데 반하여 대부분의 速度에서는 작은 直徑에 작은 물림깊이 t_z 를 이용할 수 있다는 결론을 가질 수 있다. 加工物에서 제거되어야 할 金屬量은 일반적으로 公比에서 오는 영향보다 直徑의 영향이 크며, 제거되는 金屬量은 작은 직경에 대하여는 크고, 큰 직경에 대하여는 상대적으로 적다.

그러므로 等差級數速度列에서는 直徑이 크면 主軸速度를 자주 바꿀 수 없고 직경이 작은 경우에는 너무나도 수시로 바꿀 수 있을 정도이다. 큰 直徑에서는 소요 切削速度를 얻지 못하는 경우가 흔히 있으며, 작은 직경에서는 너무나도 자주 소요 切削速度를 얻을 수 있는 형편이다. 따라서 小直徑에 대해서는 級數가 세분될 필요가 없으나 大直徑에서는 級數가 보다 세분되어야 한다.

이와 같은 문제를 해결하여 주고 소요 切削速度를 보다 균일하게 얻게 하여 주는 主軸速度列이 對數級數速度列이라 하는 것이다. Fig. 258의 ϕ 線을 시계방향으로 회전시키면 물림깊이 t_z 는 작아지고 直徑 D_z 는 커지며, 반시계 방향으로 돌리면 t_z 와 D_z 의 증감의 경향은 앞에서와 반대가 된다. 等比級數列에서는 公比 ϕ 가 일정하지 않은데, 그 이유는 회전되는 線이 여러 ϕ 線과 교차하기 때문이다. 等差級數速度列을 예로서 1개 그려 놓았는데 이것은 對數級數速度列의 逆임을 보여 준다. 회전 정도 및 회전된 線을 따른 上下의 이동 거리에 따라 다양한 對數級數速度列을 얻을 수 있다. 여기서는 t_z 에 대한 D_z 의 관계가 $\sqrt{D_z}$ 로 나타날 수 있도록 회전시키는 것에 국한하기로 한다. meter系에서 常數(L)은 $D_z=1\text{mm}$ 에 대한 t_z 의 값이고, 英式系에서는 $D_z=1\text{in}$ 에 대한 t_z 의 값이다. 次元解析에 의하여 常數를 구해 보면

$$L_e = 0.1985 L_m$$

단, 첨자 e : 英式系, 첨자 m : meter系이다.

이 公式은 $\sqrt{D_z}$ 를 포함하는 회전에만 적용되며, 제일 위에 있는 회전된 線은 다음 식(英式系)을 따른다.

$$t_z = 0.413 \cdot D_z^{0.5} \tag{317}$$

식 (317)은 同一機械의 主軸速度의 對數分布($n_1=10\text{ rpm}$, $n_{10}=280\text{ rpm}$ 등)를 계산하는 데 이용되고, Table 92는 이에 대한 계산 결과의 예이다.

Table 92 對數級數速度列

主軸의 연결	D_z (in)	$2t_z = 0.826 D_z^{0.5}$ (in)	$v=65.6\text{ ft/min}$ 에 대한 n_z (rpm)	公比 ϕ		
1	25	}	10	}		
2	20.87		4.13		12	1.20
3	17.11		3.76		14.6	1.22
4	13.68		3.43		18.25	1.242
5	10.61		3.07		23.55	1.29
6	7.91		2.7		31.5	1.338
7	5.58		2.33		44.6	1.415
8	3.63		1.95		68.6	1.539
9	2.06		1.57		120.5	1.759
10	0.89		1.17		280	2.321

對數級數에 의한 主軸速度分布의 驅動을 갖는 기계에서는 大徑에서 소요 회전수를 갖는 세분된 級數이고, 세분된 級數가 필요없는 小徑에서는 성긴 級數를 가질 수 있다. Fig. 257에서 對數級數速度列이 加工物直徑을 均等分布시키고, 따라서 물림깊이를 균등하게 분포시켜 주는 것을 볼 수 있다. Fig. 256에 의하면 等差級數速度列은 불룩曲線을 그리는 데 반하여

對數級數速度列은 오목曲線을 나타낸다.

對數級數速度列을 적용하기가 곤란한 경우에는 앞의 公式들에 근거하여 Germar²⁰⁷⁾가 제안한 소위 選擇級數列(selected progression)을 이용할 수 있을 것 같다. 選擇級數列은 이론적으로도 바람직하며, 선반이나 drilling machine에서 經濟적인 切削을 위해 실행 가능한 驅動方法이다.

14-7 strain gauge에 의한 金屬切削實驗²⁰⁸⁾

R.K.Le Blond Machine Tool Co.에서 著者が 旋盤의 應力 및 變形에 미치는 切削條件의 영향을 조사하기 위하여 실험을 실시하였으며, Fig. 259에서 보는 바와 같이 旋盤의 bed, 往復台, 主軸台, 心押台 및 기타의 곳에 수많은 strain gauge를 부착하여 12곳에서 동시에 應力을 측정할 수 있었다. 本實驗에서 切削力을 측정하고, 진동을 발생시키고 조정하는 特殊器機를 사용하여 진동도 조사하였다. 이와 같은 방법으로 加工材料내의 硬點, 工具磨耗 등과 같은 돌발적인 영향에서 벗어날 수 있다. 기계는 100%의 負荷에서 운전되었으며 측정은 往復台的 3점에 대하여 취하여졌다. 往復台에 고의로 발생시킨 진동은 큰 振幅에 달할 수 있으며, 예비 실험에 의하면 變形度가 $40\mu\text{in/in}$ 를 초과하지 않는 한에 있어서는 앞에서 설명한 내용은 받아들여질 수 있다. 그래서 이 값이 상이한 設計를 비교하는 기준으로서 취해졌던 것

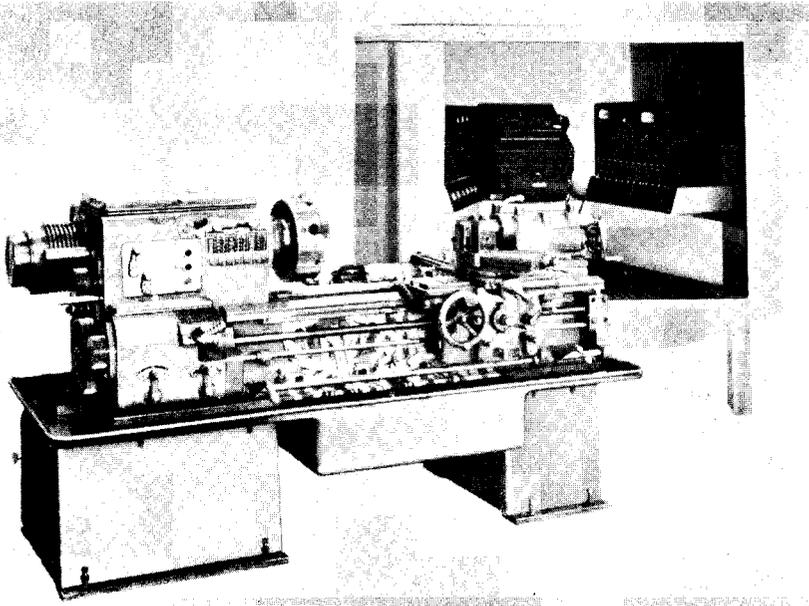


Fig. 259 strain gauge에 의한 旋盤의 試驗(R.K.Le Blond Machining Tool Co.)

이다. Fig. 260은 2개의 bed設計 사이의 차이를 보여 주는 예로, bed의 剛性を 크게 하면 기대한 대로 最大振幅은 커지나 진동은 넓은 振動數 범위에 걸쳐서 감소하였다. 斜線部는 발전된 설계에 의하여 얻어진 소득이라 할 수 있다.

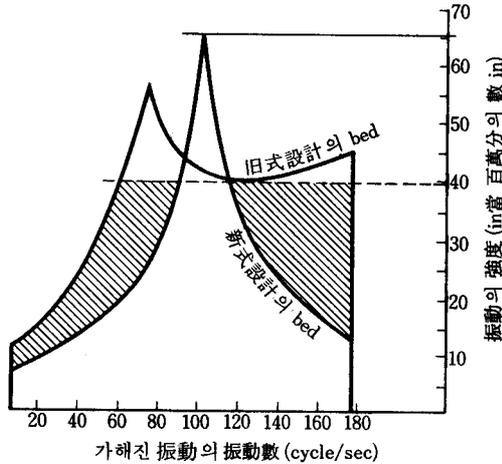


Fig. 260 往復台의 振動試驗 결과(新舊의 bed設計에 대한)

著者の 소견으로는 剛性を 증가시키는 것은 工作機械의 진동을 감소시키거나 제거하는 중요한 수단의 하나이다. 이것은 機械에 金屬을 덧붙여서 보강하는 것과 혼돈해서는 안 된다. 오히려 최대의 剛性を 갖도록 金屬을 분포시킬 필요가 있다. 기계의 重量을 줄이는 輕量設計의 原理를 적용할 수도 있을 것이다. 비록 肉眼으로 식별할 수 없거나 또는 다른 방법으로 식별이 되지 않는 진동이라 하더라도 억제하지 않으면 안 되는데, 그 이유는 그것이 앞으로 출현되는 工作機械의 設計 및 운전에 영향을 미치기 때문이다. 특히 titanium, niobium, tantalum 등과 같은 新素材를 切削할 때에는 필히 진동을 방지하여야 한다.