

이 논문은 1989년도 문교부지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구 되었음

論文

한국정밀공학회지 제 8권 제 2호 1991. 6

Journal of the Korean Society of precision Engineering Vol. 8. No. 2 June. 1991.

## 드릴加工에 있어서 動的成分의 特性에 관한 研究

전 언 찬\*, 예 규 현\*\*

### A Study on Characteristic of the Dynamic Component in Drilling

Eon-Chan, Jeon\*, Gyoo-Hyeon, Ye\*\*

#### Abstract

This study was carried out to investigate the characteristic of dynamic component in drilling. Materials used were carbon steel, brass and cast iron, and the drills used were high speed steel drill and cemented carbide. The cutting resistance generated in drilling was detected with the aid of piezo-electric tool dynamometer which has an excellent frequency response, and then the magnitude and shape of dynamic component and its frequency component as well were analyzed.

After a thorough study of interrelationship, the obtained results are as follows:

- 1) The shape of torque and thrust of the early drilling are different.
- 2) The shapes of dynamic component can be classified into four kinds.
- 3) Torque is related to frequency more closely than thrust.
- 4) As cutting speed increased, dynamic component increased.
- 5) Chipping took place continuously, and its size decreased as cutting proceeded.

---

\* 동아대학교 기계공학과(중신회원)

\*\* 동아대학교 대학원 기계공학과(정회원)

## 1. 서 론

가공의 NC화, 자동화가 진전됨에 따라서 단인공구의 대표적인 공구인 바이트의 결손을 검출<sup>1)2)</sup> 하는 것이 못지 않게 드릴의 마멸이나 결손의 검출 또는 예측이 중요한 과제이다. 그러나 지금까지 행한 드릴의 수명 시험은 드릴 인선부의 플랭크 마멸 및 외주 코너부의 마멸량을 측정하는 것<sup>3)4)</sup> 등 소위 절삭작업이 정지된 상태에서 측정한 것이 대부분이기 때문에 가공도중에 자동적으로 측정하는 것이 곤란하다. 공구의 마멸이나 결손을 예측, 검출하기 위해서 여러가지 방법이 제안되고 또한 실용화를 목표로 연구가 진행되고 있다<sup>5)</sup>. 그것들을 검출하기 위하여 센서의 역할이 중요한 것임은 두말할 필요도 없다. 센서로서 검출하는 물리량으로서는 힘, 음, 광, 전류와 방사선 등이 있으며, 최근에는 탄성체가 파괴될 때 발생하는 초음파 신호의 이용이 증가하고 있다. 그러나 발생하는 신호를 보다 정확하게 검출, 예측하기 위해서는 복수의 신호를 이용하는 것이 좋다. 최근 토오크계 내장형 콜레트 척 홀더(collet chuck holder)가 개발되어서 절삭상태를 감시하기 위한 신호로서 절삭저항의 이용이 매우 증가할 것으로 생각된다. 그런데 절삭저항은 종래 공작기계, 치구, 공구, 또는 가공공정의 설계에 이용되었을 뿐만아니라 공구수명의 예측에 사용된 예도 다수 있다. 그러나 이들은 주로 정적성분에 관해서만 연구하였으며, 보다 많은 정보를 내포하고 있을 것으로 생각되는 동적성분에 관해서는 그 수가 많지 않으며<sup>6)</sup>, 더욱이 동적성분의 형태에 대한 연구는 별로 수행되지 않고 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 드릴가공에 관한 대부분의 연구는 절삭저항의 정적성분에 중점을 두었을 뿐만아니라 단편적이며, 그 연구 범위 역시 넓지 못하다. 더욱이 풍부한 정보를 가지고 있을 것으로 예상되는 동적성분에 대해서는 많은 연구가 이루어지지 않았기 때문에 위와 같은 연구 결과만으로는 가공의 자동화 및 고속화를 이룩하기 위한 기초자료를 얻기가 곤란하다고 생각된다.

따라서 본 연구는 드릴가공시 발생하는 절삭저항을

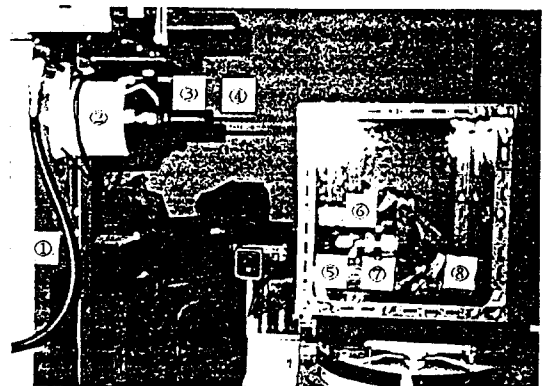
주파수 응답성이 우수한 압전형 공구 동력계로 검출하여 그 동적성분의 크기 및 형태를 종합적으로 연구, 분석함과 아울러 주파수를 분석하여 상호 관련성을 검토함으로써 비정상적인 절삭상태를 In-process로 검출할 수 있는 가공의 자동화 및 무인화의 기초자료를 얻고자 함이 본 연구의 목적이다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 실험장치

본 실험에 사용한 공작기계는 강성이 매우 높고 견고한 머시닝 센터(BMC-5B형)이며, Fig. 1에서와 같이 머시닝 센터의 스피들 ②에 콜레트 홀더 ③(주축 테이프 NO. 50)을 부착시키고 그 선단에 드릴 ④를 고정시켰다. 한편 공작물 ⑤는 3분 척 ⑥으로 고정시키고 그 뒤에 공구동력계 ⑦을 부착시킨 다음 앵글 블록 ⑧에 고정시켜서 머시닝 센터의 팔레트 위에 볼트로서 체결하였다.

드릴 가공시 발생하는 절삭저항의 측정은 주파수



- |                    |                |
|--------------------|----------------|
| ① Machining center | ② Main spindle |
| ③ Collet holder    | ④ Drill        |
| ⑤ Workpiece        | ⑥ 3-jaw chuck  |
| ⑦ Tool dynamometer | ⑧ Angle block  |

Fig.1 Photograph of experimental apparatus

응답성이 우수한 압전형 공구 동력계를 사용하여 검출하였으며, charge amplifier로 증폭시킨 다음 data recorder에 수록시켰다. 일단 data recorder에 수록된 signal은 Fig. 2에 나타낸 것과 같은 방법으로 동적성분의 크기, 형태 및 주파수를 분석하였다. 즉 digital memoriscope를 이용하여 동적성분의 크기 및 형태를 분석하고, FFT analyzer를 이용하여 동적성분의 주파수를 분석하였다.

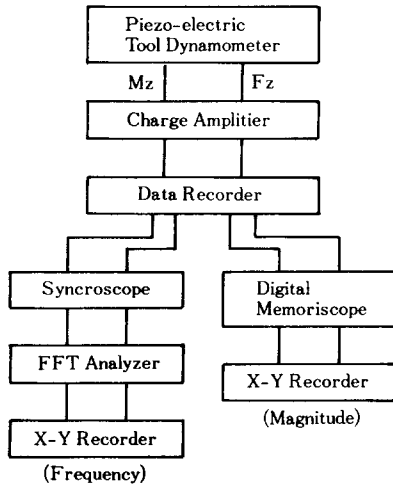


Fig. 2 Measuring system for dynamic components and frequency

2. 2 시험편 및 공구

피삭재는 시판 기계구조용 탄소강(SM45C), 황동(BsBM) 및 주철(FC20)의 환봉을 사용하였으며, 피삭재의 화학적 성분과 기계적 성질은 Table 1 및 Table 2에 나타낸 바와 같다.

Table 1 Chemical compositions of workpiece(wt. %)

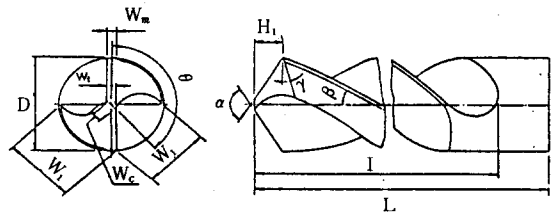
	C	Si	P	S	Mn	Cu	Pb	Zn
SM45C	0.45	0.24	0.01	0.015	0.74			
FC 20	3.33	0.51	0.09	0.033	2.61			
BsBM						58.24	1.94	39.82

Table 2 Mechanical properties of workpiece

	Tensile strength (kg/mm <sup>2</sup> )	Hardness (H <sub>s</sub> )
SM45C	78	220
FC 20	28	185
BsBM	40	125

시험편을 척(chuck)에 고정시켰을 때의 편심을 제거하기 위하여  $\phi 62 \times 1m$  환봉을  $\phi 62 \times 45mm$ 씩 절단한 다음 외피가공 후 양단면을 가공하였다.

실험에 사용한 드릴은 초경 드릴 1종류, 고속도강 드릴 4종류 등 모두 5종류의 드릴이며, 전부 직경 10mm의 straight shank drill로서 인선형상과 치수는 Fig. 3과 Table 3에 나타내었다.



- $\alpha$  : point angle
- $\beta$  : twist angle
- $\gamma$  : relief angle
- $\theta$  : chisel edge angle
- D : diameter
- $W_r$  : flute width
- $W_l$  : land width
- $W_t$  : web thickness
- $W_c$  : chisel edge length
- $W_m$  : margin width
- L : over all length
- I : flute length
- $H_l$  : lip height

Fig. 3 Shape and dimension of drill

Table 3 Materials, angles and dimensions of drill used in experiment

a) Materials and angles of drill

Drill	Material	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\theta$
A	SKH9	118°	32°	12°	130°
B	SKH9	135°	38°	10°	130°
C	SKH9	118°	32°	12°	130°
D	SKH9	118°	30°	12°	130°
E	K 20	118°	32°	12°	130°

b) Dimensions of drill (mm)

Drill	D	L	I	$W_t$	$W_c$	$W_s$	$H_t$	$W_f/W_t$
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
E	10	90	55	1.38	1.8	1.0	3.0	1.42

2.3 실험조건 및 실험방법

실험에서는 시험편에 8개의 구멍을 뚫었으며 구멍과 구멍의 최소거리는 먼저 뚫은 구멍의 영향을 받지 않도록 5mm 이상 되도록 하였다<sup>7)</sup>. 그래서 시험편의 중심에서  $\phi 40$ 의 PCD(Pitch Circle Diameter)의 원주를 8구간으로 균등 분할하여 한구간에 한개의 구멍 위치를 정하였다. 구멍의 깊이는 드릴 직경의 3배인 30mm로 일정하게 하였으며 비관통 가공하였다.

드릴을 콜릿 홀더에 체결시킬 때의 체결력은 본 실험을 행하는 범위내에서는 드릴이 모두 정확하게 이송이 되도록 충분한 힘으로 체결시켰다. 절삭속도는 HSS드릴에서는 10-45m/min, 초경 드릴은 40-75m/min 사이를 5m/min씩 변화시키고, 이송은 양쪽 모두 0.1~0.2mm/rev 사이를 0.05mm/rev씩 변화시켰다. 절삭유는 수용성 에멀전유(emulsion type)를 50배로 희석시켜서 사용하였으며, 절삭유의 공급율은 4l/min으로 하였다.

3 실험결과 및 고찰

3.1 동적성분의 일반적 형태

3.1.1 가공초기 동적성분의 형태

드릴가공시 가공초기에 나타나는 토크와 스리스트의 동적성분의 형태는 매우 다르게 나타난다. 토오

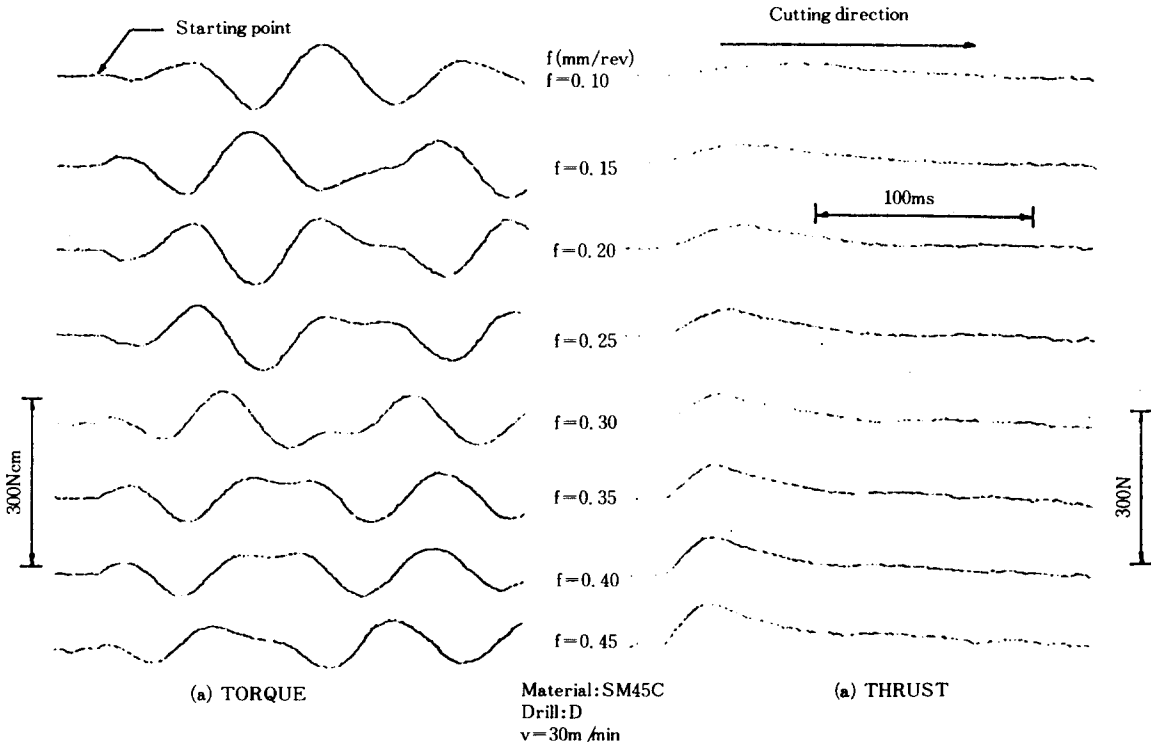


Fig.4 Dynamic components of torque and thrust at starting point

크와 스러스트의 정적성분의 형태는 비슷하게 나타나지만 동적성분의 형태는 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 토오크는 드릴의 회전력의 영향을 받아서 sine 파형의 형태가 나타난다. 그러나 스러스트는 드릴 인선의 치질 부분이 공작물에 완전히 맞닿을 때까지는 동적성분이 증가하지만 치질 부분이 맞 닿은 뒤 두 날끝이 공작물에 물리는 순간부터 스러스트는 오히려 감소하게 되어 두 날끝이 공작물 속으로 완전히 들어가기 전까지 계속된다. 그러다가 날 끝이 공작물 속으로 완전히 들어간 뒤에는 토오크와 유사한 형태를 나타낸다. 이와 같이 두 날끝이 공작물 속으로 완전히 들어가기 전에는 스러스트가 토오크와 다른 모양을 나타내는데 이것은 드릴의 회전력이 아직 스러스트에 미치지 못하였기 때문에 나타난 것으로 생각된다. 또한 토오크의 초기값은 이송의 변화에 관계없이 거의 비슷한 값을 나타내었으나, 스러스트는 이송이 증가할수록 초기값이 크게 나타났다. 이것은 이송이 증가함에 따라서 공작물과의 접촉이 격렬해지기 때문이라고 생각된다.

3. 1. 2 절삭깊이에 따른 동적성분의 변화

절삭저항의 동적성분에 영향을 미치는 인자로서는 예를 들면 절삭속도, 이송, 피삭재의 재질, 공구의 재질 및 형상, 칩의 생성기구 및 공작기계-공작물-공구계의 특성 등 많은 것들을 열거할 수 있다. 이와 같은 여러가지 인자가 실제 가공중에는 상호 영향을 미치기 때문에 동적성분은 매우 복잡한 거동을 나타내고 있으며, 이에 관한 정확한 원인의 규명은 매우 어려운 문제라고 생각된다.

SM45C를 HSS드릴로서 드릴링 하였을 때 나타난 절삭저항의 동적성분을 디지털 메모리 스코우프를 이용하여 확대 기록한 예를 Fig. 5에 나타내었다. 절삭초기(5mm), 후기(30mm) 및 그 중간의 두군데(15mm, 25mm)를 선택하여 측정한 것을 제 I, II, III, IV 단계로 나타내었으며 그 측정치의 예를 Fig. 6에 나타내었다.

제 I 단계(5mm부근)는 절삭초기로서 절삭날 전체가 피삭재와 접촉하고나서 시간이 많이

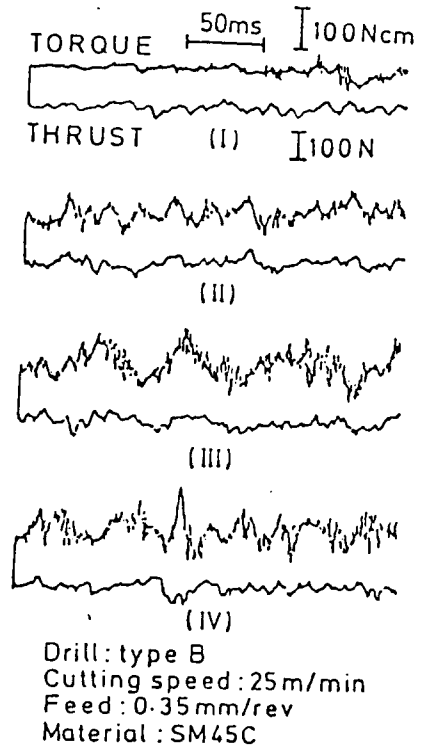


Fig.5 Dynamic components of torque and thrust

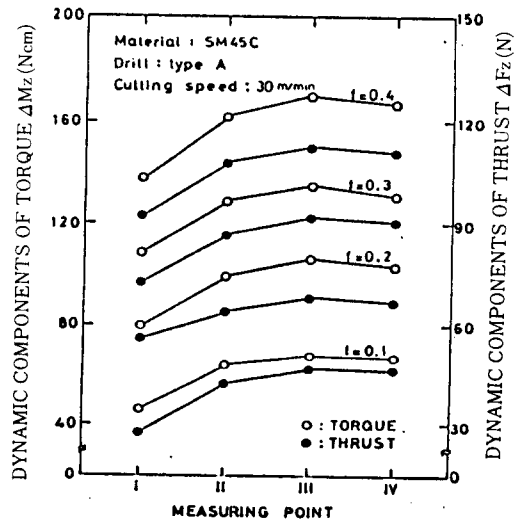


Fig.6 Measuring points of dynamic component

경과되지 않았기 때문에 칩의 배출이 양호하므로 양 동적성분의 값이 작다.

제 II 단계(15mm부근)는 구멍의 깊이가 점점 깊어지기 때문에 칩이 자유롭게 유출할 수 없으며 구멍 내벽과의 마찰면적이 점점 증가하여 양 동적성분이 급증하는 단계이다.

제 III 단계(25mm부근)는 구멍 내벽의 심한 구속에 의하여 칩의 배출성이 아주 나쁘기 때문에 불연속 칩이 생성되는 단계이며 구멍의 깊이가 깊어짐에 따라서 절삭유의 공급이 점점 어려워지므로 내부에서 발생된 열의 영향을 받아서 양 동적성분이 크게 변동하며 이 단계에서 동적성분의 최대치에 이른다.

제 IV 단계(30mm부근)는 절삭 종료 직전으로서 토오크와 스리스트의 동적성분은 점점 감소하는 단계이다.

이상에서와 같이 절삭깊이에 의한 동적성분의 형태를 4단계로 나누었으며 그때의 최대치는 제 III 단계에서 나타났다. 따라서 이하에서 표시하는 동적성분의 크기는 제 III 단계의 값을 나타내었다. 이상은 SM45C의 동적성분을 분석한 것이다. 그런데 FC20과 BsBM은 나타내지 않았으나, FC20은 제 II, III, IV 단계의 차가 그다지 크지 않았고 BsBM은 제 II, III 단계의 차가 현저하게 나타났으며, 제 IV 단계의 값이 제 III 단계의 값보다 크게 나타났다. 따라서 이 때에는 제 IV 단계의 값을 동적성분의 크기로 나타내었다.

### 3.2 동적성분의 주파수 분석

정상 절삭상태에서 절삭저항의 동적성분이 갖는 일반적 거동을 파악하기 위하여 디지털 메모리 스코우프에 나타난 원 신호를 분석하였다. Fig. 7은 그 대표적인 예로서 토오크에서는 그림에서와 같이 회전수와 거의 같은 주기의 정현파의 변동과 그 외에 비교적 진폭이 크고, 주파수가 높은 성분이 포함되어 있다. 한편 스리스트의 경우는 그림에 나타난 것으로서는 판별하기 어렵지만, 대체로 회전수의 3배에 가까운

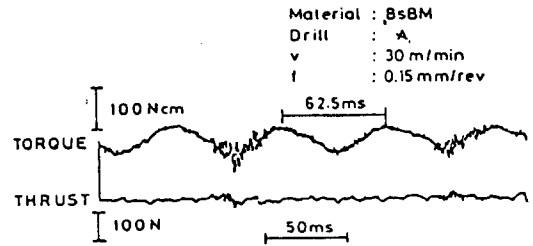


Fig.7 Shape and dynamic components of torque and thrust

주파수 성분이 나타났다. 또한 양쪽 결과 모두 1kHz 이하에서는 몇 개의 극대치가 존재함을 알 수 있다. 따라서 이들의 극대치를 좀 더 상세하게 분석하기 위하여 이 신호를 200Hz 까지의 범위에서 주파수 분석을 하였으며, 그 결과를 Fig. 8에 나타내었다. 이 때의 회전수는 955rpm이며 이 회전수로부터 주파수를 계산하면  $955/60=16\text{Hz}$ 가 되며 Fig. 8의 토오크의 극대치와 비교하면 매우 잘 일치되고 있음을 알 수 있다. 또한 16Hz를 최대로 하여 16의 정수배인 16, 32, 47.5, 64, 80, 96, 112Hz의 순으로 극대치가 존재하고 있으며, 그 크기는 16Hz일 때가 제일 크고, 주파수가 증가할수록 순차적으로 작아지고 있음을 알 수 있다. 또한 Fig. 7의 토오크는 정현파의 형상이며 이 사인 커브도 주파수를 계산하면  $1000/62.5=16\text{Hz}$ 로서 위의 결과와 일치하고 있다.

따라서 토오크의 경우 회전수에서 계산한 주파수와 그 정수배의 성분이 나타나고 있음을 알 수 있다. 그

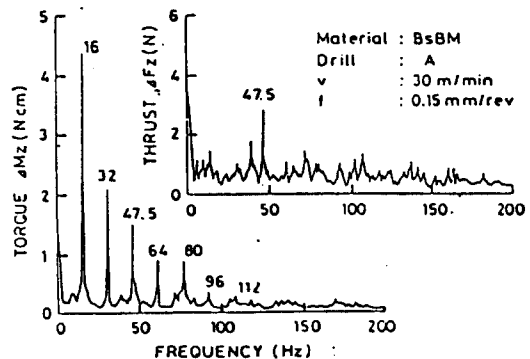
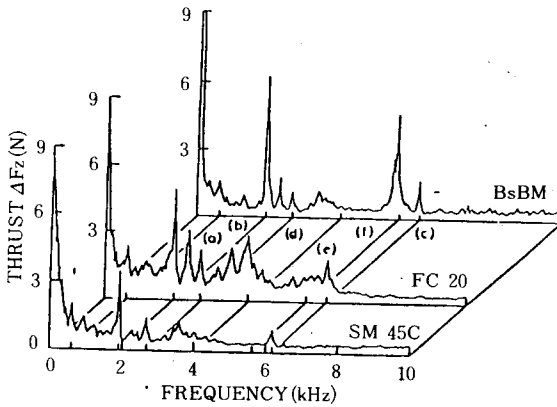


Fig.8 Amplitude spectrum of dynamic components to 200Hz

러나 스퍼스트에는 겨우 회전수의 약 3배의 주파수성분이 나타날 뿐이다. 이와 같이 토오르크에 나타난 주파수 성분은 스파이럴 마크(spiral mark)의 생성에 의한 것임을 확인할 수 있었다.

Fig. 9는 재질에 따른 동적성분의 스퍼스트를 주파수 분석한 결과이다. 이 그림에 의하면 피삭재의 재질에 따라서 진폭 스펙트럼의 형상이나 최대치의 크기는 다르지만, 어느것의 진폭 스펙트럼에 있어서도 그림에 나타낸 (a), (b), (c)로 표시한 주파수 부근에서 극대치가 존재하고 있음을 알 수 있다. 절삭조건을 변화시킨 다른 실험에서도 위와 같은 곳에 극대치가 존재함을 알 수 있었다. 이와 같이 피삭재 재질이나 절삭조건을 변화시켜도 동적성분에 항상 포함되어 있는 주파수가 있으며, 이들은 공작기계-공구-공작물계의 특성에 관련된 것이라고 생각된다.



- (a) 0.06kHz : Natural frequency of main spindle
- (b) 1.91kHz : Natural frequency of tool dynamometer
- (c) 6.20kHz : Natural frequency of tool
- (d) 2.72kHz : Frequency driven from chip formation of SM45C
- (e) 4.00kHz : Frequency driven from chip formation of FC20
- (f) 5.60kHz : Frequency driven from chip formation of BsBM

SM45C	FC20	BsBM
Drill:A	Drill:C	Drill:B
V:20m/min	V:35m/min	V:30m/min
f:0.15mm/rev	f:0.25mm/rev	f:0.3mm/rev

Fig.9 Amplitude spectrum of dynamic components for thrust

### 3.3 절삭조건외 영향

#### 3.3.1 절삭속도의 영향

Fig. 10은 3종류의 피삭재에 대한 동적성분의 값을

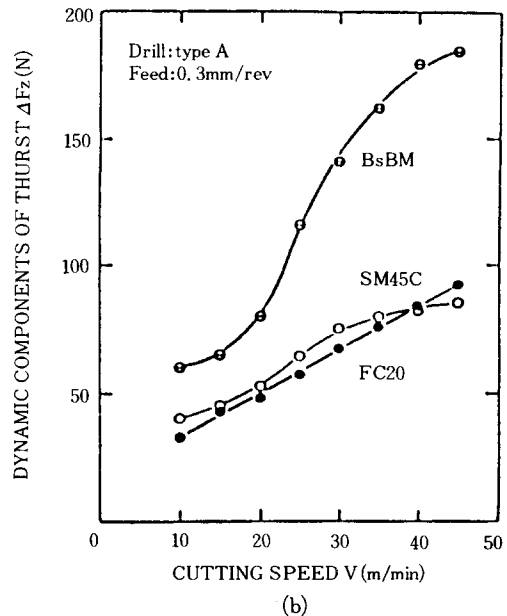
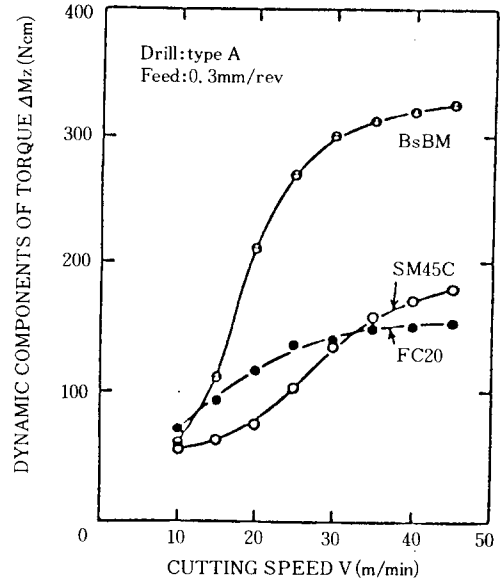


Fig.10 Relations between dynamic components of torque and thrust vs. cutting speed

나타낸 것으로서 절삭속도의 증가에 따라서 SM45C와 FC20은 완만한 경사도의 직선 또는 직선에 가까운 곡선의 증가경향을 보이고 있음에 반해서 BsBM은 토오크와 스러스트 모두 절삭속도가 15-20m/min의 범위를 넘어서면 급격한 증가경향을 보이고 있다. 이것은 피삭재의 특성에 기인한 결과라고 생각된다. 즉 황동의 칩의 균열을 관찰해보면 그 주기가 매우 짧을 뿐만 아니라 그 때 생긴 균열이 진전해서 절단되면서 공구와 가공구멍 내벽과의 사이에서 심한 마찰을 일으키기 때문에 생긴 것이라고 생각된다. 한편, 절삭속도가 증가함에 따라서 동적성분이 증가하는 것은 단위시간당 마찰회수가 증가하기 때문이라고 생각된다.

Fig. 11은 SM45C를 절삭속도를 변화시키면서 구멍가공하였을 때 나타난 동적성분을 주파수 분석한 결과이다. 절삭속도가 변화하면 토오크와 스러스트 모두 그 크기의 변화는 있지만, 극대치를 나타내는 주파수성분의 변화는 보이지 않는다. 물론 주파수는 회전수와 밀접한 관계가 있으므로 1kHz 이하의 낮은 주파수 영역을 분석하면 극대치를 나타내는 주파수는 특히, 토오크의 경우, Fig. 8과 같이 회전수에 비례한 주파수 특성이 뚜렷하게 나타났다.

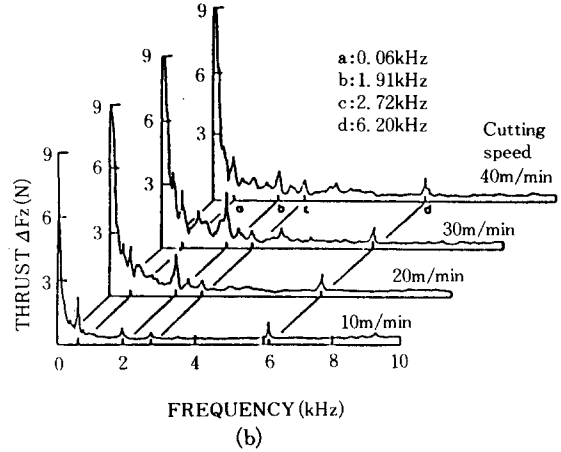
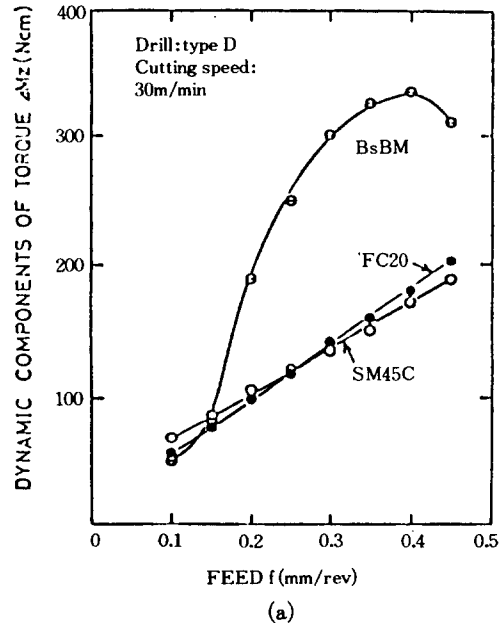
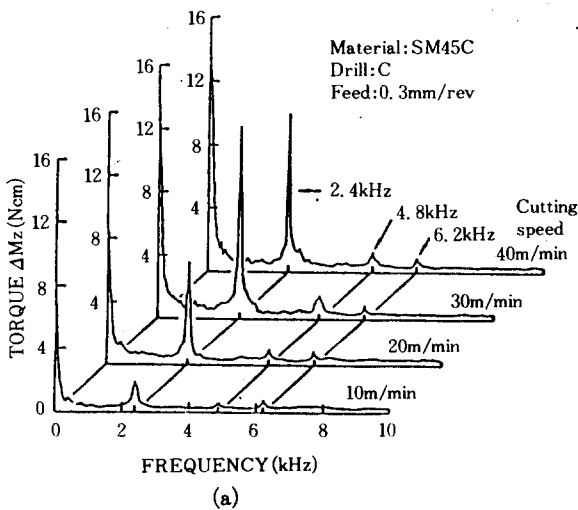


Fig.11 Amplitude spectrum of dynamic components of torque and thrust vs. cutting speed

3.3.2 이송의 영향

Fig. 12 (a), (b)는 SM45C, FC20 및 BsBM을 드릴링하였을 때 나타난 토오크와 스러스트의 동적성분을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 SM45C 및 FC20은 이송의 증가에 따라 그 동적성분이 직선적으





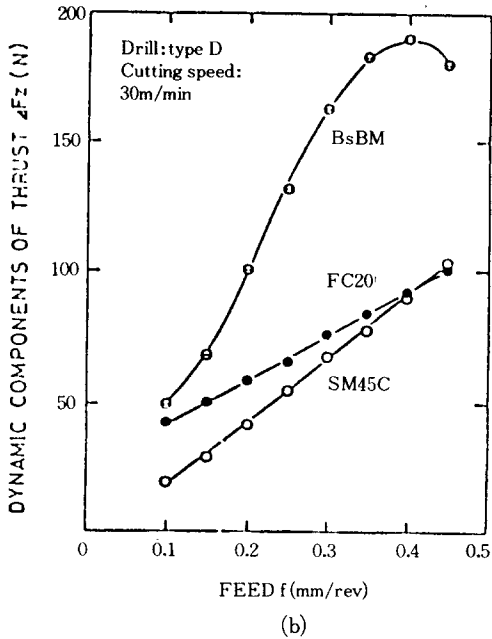


Fig.12 Relations between dynamic components of torque and thrust vs. feed

로 증가하고 있음에 반해서 BsBM의 경우는 이송이 0.3mm/rev까지는 급격한 증가 경향을 보이다가 이송이 0.4mm/rev를 극대점으로 그 이상에서는 오히려 양 동적성분이 감소하고 있다. 이것은 BsBM에 포함된 Zn의 특성<sup>9)</sup>에 기인한 것이라고 생각한다. 또한 Fig. 13은 SM45C를 드릴 C로서 드릴링 하였을 때 나타난 동적성분을 200Hz까지 주파수 분석한 것으로서 이송의 변화에 관계없이 회전수에 해당되는 주파수성분이 정수배로 나타났으나, 이송이 증가할수록 그 정수배의 비례관계가 감소하고 있음을 Fig. 13 (a)에서 확인할 수 있다. 이와 같이 주파수가 정수배로 극대치를 나타내는 것은 라이플 마크(rifle mark)의 생성에 의한 것<sup>9)</sup>으로 생각되며, 드릴가공한 시험편의 내부를 관찰해 보면 구멍의 내벽은 입구에서부터 나선상의 깊은 골짜기가 파여져 있으며, 구멍의 안쪽으로 들어갈수록 점점 소멸되어서 없어짐을 알 수 있다. 이러한 관계를 木下<sup>10)</sup>는 고급주철로서 드릴가공하였을 때 이송의 변화에 따른 구멍의 확대량으로서 나타내었으며, 라이플링(rifling)은 이송의 변화

와 가장 관계가 깊다고 하였다. 한편 본 실험의 결과는 위의 결과와 잘 일치하고 있음을 알 수 있다.

이상과 같은 결과로부터 라이플 마크의 생성이 절삭저항의 토크와 스러스트에 미치는 영향을 비교해 보면 토크가 훨씬 크게 영향을 받으며, 재료에 따른 차이도 매우 크게 나타났다. 여기에 관해서는 구멍의 확대량과 주파수성분을 관련 시켜서 좀 더 연구해야 될 과제라고 생각된다.

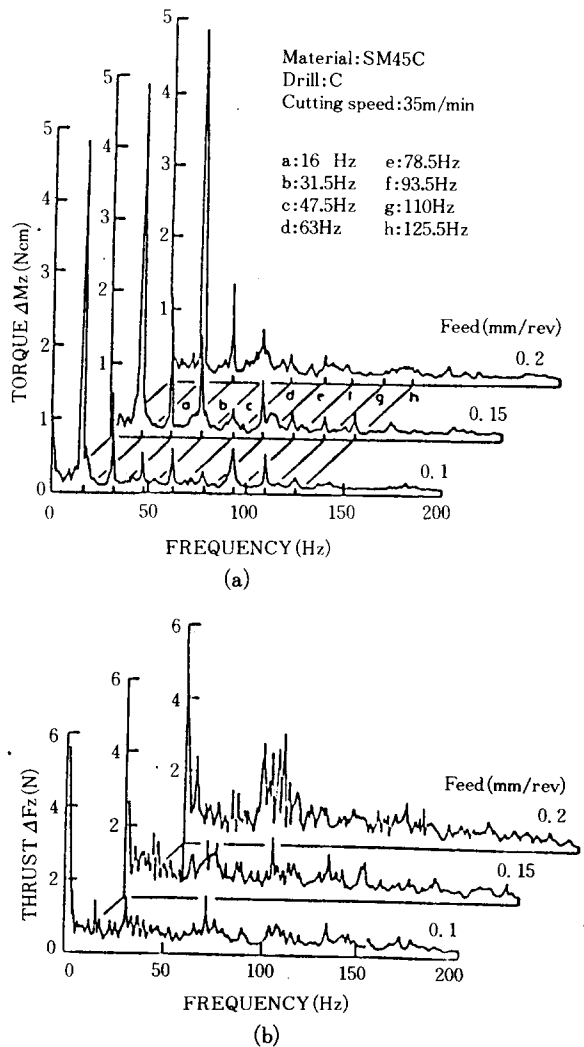


Fig.13 Amplitude spectrum of dynamic components of torque and thrust vs. feed to 200Hz

### 3.4 칩핑 현상

Fig. 14는 초경 드릴로서 SM45C를 회전수 2228rpm(70m/min), 이송 0.3mm/rev로 구멍가공하였을 때 디지털 메모리스코프 상에 나타난 토오크와 스러스트의 동적성분이다. 토오크는 주기가 일정한 정현파의 형상을 나타내고 있지만 절삭이 진행되면서 어느 순간부터 갑자기 크기의 변화가 생기며 형상도 완전한 정현파가 아니고 불규칙한 형상을 나타낸다. 또한 스러스트는 절삭이 진행되면서 일정한 형상을 나타내지 않고 변화한다. 그러다가 a 부분에서 갑자기 급격한 형상과 크기의 변화를 일으킨다. 이와 같은 것은 초경공구에서 자주 일어나는 칩핑 현상으로서 공구재료의 결합이나 드릴의 두 날끝이 완전히 대칭이 되지 않았을 때 한쪽 날끝이 공작물의 내벽과 충격적인 접촉으로 인하여 생긴 결합이라고 생각된다. 그럼에 나타난 바와 같이 칩핑이 발생하면 토오크와 스러스트의 동적성분이 크게 변화하며, 칩핑의 영향이 양 동적성분에 미치는 것을 비교해 보면 토오크 보다는 스러스트 쪽이 더 크게 나타났다. 이것으로 미루어 볼 때 드릴의 외주코너 보다는 드릴의 여유면에 칩핑이 일어났음을 알 수 있다. Iwata 등<sup>11)</sup>은 초경 바이트로 선삭시 발생하는 절삭저항을 AE신호로 검출하였으며, 공구의 결손이나 칩핑이 발생하면 거기에 대응하여 높은 레벨의 AE신호가 검출됨을 확인하였다.

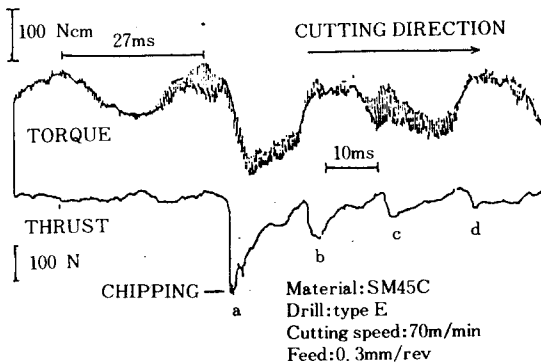


Fig.14 Behaviour of torque and thrust when chipping occurred

Fig. 15의 사진을 보면 외주코너 부분은 별다른 마멸현상이 보이지 않지만 웨브에 가까운 인선에서부터 넓은 여유면에 걸쳐서 칩핑이 일어났음을 알 수 있으며, HSS드릴의 마멸기구와는 전혀 다른 현상을 보이고 있다. 이때 스러스트의 동적성분의 전 진폭은 칩핑이 일어나지 않는 곳의 3~7배 정도가 되었다. 또한 칩핑이 일어나면 그것에 의하여 생긴 예리한 인선의 가장자리에 연속적으로 b, c, d와 같은 미세 칩핑(minute chipping)이 일어나고 있음을 알 수 있다. 또한 그 크기는 a, b, c, d순으로 작아지며 절삭이 진행됨에 따라서 점차 정상적인 절삭상태로 회복되고 있음을 알 수 있다.

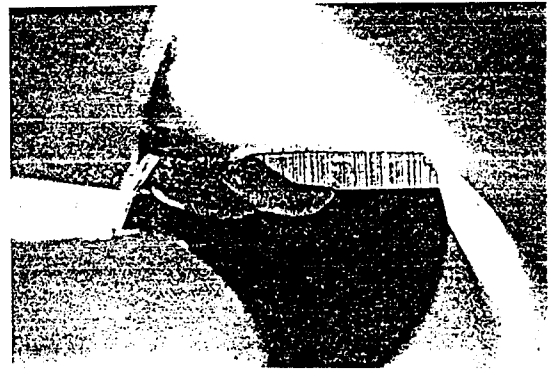


Fig.15 Photograph of chipping for cemented carbide drill

### 4. 결 론

본 연구에서는 탄소강, 황동 및 주철 등 세 종류의 피삭재물 HSS 드릴과 초경드릴을 사용하여 절삭조건을 변화시키면서 실험하였으며, 가공시 발생하는 절삭저항을 주파수 응답성이 우수한 압전형 공구동력계로 검출하여 동적성분의 크기 및 형태를 분석하고 그 주파수성분을 분석하여 상호 관련성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 가공초기의 토오크와 스러스트의 형태는 완전히 다르다.

- 2) 동적성분의 형태를 4가지로 구분하여 나타낼 수 있다.
- 3) 토오크가 슬러스트 보다 주파수와 더 밀접한 관계를 가지고 있다.
- 4) 절삭속도가 증가함에 따라서 동적성분은 증가한다.
- 5) 칩핑은 연속적으로 일어나며 그 크기는 절삭이 진행됨에 따라서 점차 작아진다.

### 참 고 문 헌

- 1) T. Asai, S. Nakatani, A. Hara; Study on the Early Fracture of Carbide Tool for Steel Cutting(1st Report) Influence of the Tool Work/Engagement and Disengagement Conditions upon the Early Fracture in Case of the Interrupted Turning of Steel-, Journal of the JSPE, vol. 44, No.2(1978) pp.147~154.
- 2) Y. Kakino, L. D. Chung, M. Kobayashi; In Process Detection of Tool Breakage by Making Use of Acoustic Emission, Journal of the JSPE, vol. 46, No.3(1980) pp.344~349.
- 3) 金井 實徳; ドリル加工に関する基礎的研究(第2報)-ドリル壽命の變動について(その1)-機械技術研究所所報, vol. 30, No.1(1976) pp.11~18.
- 4) K. Subramanian, N. H. Cook; Sensing of Drill Wear and Prediction of Drill Life, Trans. of the ASME, J. of Engineering for Industry, vol. 99(1977) pp.295~301.
- 5) 伊東 誼編; 最近の工作機械技術, マシニスト出版(1981) pp.102~111.
- 6) 全 彦燦, 提 正臣, 伊東 誼, 南宮 圀; Machining Center에서의 Drill 加工時切削抵抗에 關한 研究(第1報)-SM45C를 中心으로, 精密工學, vol. 3, No.2(1986) pp.91~101.
- 7) M. Nishihachijo; Drilling on 18-8 Stainless Steel(Concerning with the Surface Roughness and the Accuracy), Trans. of the JSME, vol. 29, No.202(1963) pp.1043~1053.
- 8) 宋 廣鎬, 金 學允, 梁 享烈; 機械材料, 普成文化社(1986) p.307.
- 9) M. Tueda, Y. Hasegawa, H. Kimura; On Walking Phenomenon of Drill, Trans. of the JSME, vol. 27, No.178(1961) pp.816~825.
- 10) 木下直治, 佐久間孝雄; ドリル穴の口元に生じるライブリングについて, 科學研究所報告, vol. 34, No.1(1958) pp.10~19.
- 11) K. Iwata, T. Moriwaki; Detection of Cutting Tool Damage by Acoustic Emission Signal, Trans. of the JSME, vol. 46, No.7(1980) pp.875~880.

## 기술 세미나 개최 안내

본 학회가 주최하는 기술세미나(정밀가공기술 및 생산시스템부문)는 「'91 한국 국제 CAD/CAM 및 그래픽스전: 주최 KOEX 전시관」 전시회 기간중에 아래와 같이 개최할 예정입니다. 회원 및 관련기관의 많은 참석과 홍보를 바랍니다.

\*주최: 한국정밀공학회

\*장소: 한국종합전시관(KOEX)

\*일시: 1991년 9월 14일

\* 기타 자세한 내용은 학회사무국으로 연락 바랍니다.