

〈論 文〉

표면거칠기 측정용 표준 필터와 위상보상형필터의 위상특성이 표면거칠기 값에 미치는 영향에 대한 연구

한 응 교* · 노 병 옥*

(1988년 7월 18일 접수)

A Study on the Influence of the Standard Filter and Phase-Corrected Filter for the Surface Roughness Measurement on the Value of Surface Roughness

Eung Kyo Han and Byung Ok Rho

Key Words : 2-CR Filter(표면거칠기측정용 표준 필터), Phase-Corrected Filter(위상보상형 필터), Surface Roughness(표면 거칠기), Impulse Response(충격 응답), Phase Distortion(위상변화) Rt (최대거칠기값), Rz (10점평균거칠기값)

Abstract

Although the standard 2-CR network filter, one of the filters used for measuring surface roughness, is being used widely in the field of industry it possesses a weak point of causing Phase-distortion when the wavelength is passing through. Phase-corrected filter is used for eliminating these phase-distortion and the difference of phase characteristics between these two filters is thought to have considerable amount of effect on the surface roughness value. Moreover, the definition on this is as yet unclear. Therefore, the Rt and Rz value, obtained when the wavelength are passed through the standard and phase-corrected filters from the same random machine-processed surface, and its standard deviation are compared and experimented in this paper. Also, the ratio of relative bearing curve complying to the phase characteristics of these two filters are acquired. As a result, the use of phase-corrected filter is appropriate in experiments where the form of wavelength is important, and the standard deviation on the same experimented values appeared greater with when using the standard filter. The rate of relative bearing curve became greater as λ_c , the cut-off value of filter, became smaller.

기 호 설 명

C : 표준 필터의 캐패시턴스
 $f(\alpha)$: 샘플길이에 대한 필터의 입력
 $f(t)$: 필터의 입력
 $g(t)$: 필터로 부터의 출력
 $g(\alpha)$: 샘플길이에 대한 필터의 출력

$\bar{h}(t)$: 고역 필터의 충격 응답
 $\underline{h}(t)$: 저역 필터의 충격 응답
 $h_o(t)$: 0지연 필터의 충격 응답
 $h_o(t-t_o)$: 시간지연 필터의 충격 응답
 $\bar{h}(\alpha)$: 샘플길이에 대한 고역표준 필터의 충격 응답
 $\underline{h}(\alpha)$: 샘플길이에 대한 저역 필터의 충격 응답
 $\bar{h}(t-\tau)$: 고역 필터의 웨이팅 함수
 $\underline{h}(t-\tau)$: 저역 필터의 웨이팅 함수

* 정회원, 한양대학교 공과대학 정밀기계과
 * 정회원, 한양대학교 대학원

$\bar{h}_L(t)$: 위상보상형 필터의 충격응답
$H(w)$: 충격응답의 푸리변환
$k(w)$: 진폭전달특성
$m(a)$: 샘플길이에 있어서 필터에 의한 신호
$m(t)$: 필터에 의한 신호
$R(w)$: 전달함수의 실수성분
R	: 표준필터의 저항
Rt	: 최대저철기값
Rz	: 10점평균치
t	: 시간변수
t_0	: 시간지연
V	: 측정의 이송속도
X	: 표면측정길이
$X(w)$: 전달함수의 허수성분
α	: 샘플길이의 일부분
$\bar{\alpha}$: 대칭축의 위치
α'	: 콘볼루션 적분하에서의 변수
δ	: 시간에 대해 적분되었을때의 단위웨이트의 충격
δ'	: α 에 대해 적분 되었을때 단위 웨이트의 충격
λ	: 파장
λ_c	: 필터의 cut-off치
ϕ	: 위상각
$\phi(w)$: 위상특성
w	: 각 주파수변수
w_c	: 샘플길이에 상당한 각주파수
τ	: 콘볼루션하에서의 시간변수
\circ	: 변환연산자

1. 서론

근년 각종 가공기술의 진보는 극히 미세한 표면 거칠기를 갖는 가공면을 만들어내고 있다. 초정밀 가공면, 필름의 베이스면, 자기디스크등의 표면은 $1\mu\text{m}$ 이하 $0.005\mu\text{m}$ 범위의 극미세형상이며 이 범위에서 표면의 요철을 측정하고 평가하는^(1,2) 경우가 많다.

또한 기계가공된 표면의 미세한 요철의 평가는 기계부품의 접촉부강성, 고체접촉부의 전열등의 해석^(3,4)에 있어서 중요하다. 표면거칠기에 대한 연구는 측정의 반경이 거칠기 값에 미치는 영향에 대한 연구⁽⁵⁾, 표면거칠기측정의 3차원화등에 대한 연구⁽⁶⁾가 이미 이루어져 왔다. 표면거칠기의 수치적

평가를 하는데 있어서의 또하나의 문제로는 측정된 데이터중의 필요없는 주파수 성분을 추출하고, 부적당한 부분 예를들면, 측정기기의 데이터에 관련된 표면의 일반적인 곡률및 기울기등을 제거하는 것이다. 실험적으로 이러한 분류및제거를 하는 가장 간단하고 편리한 방법은 파형이 기록계에 기록되기전에 전기적 wavefilter를 통해서 측정에서 검출된 표면거칠기 파형을 얻는⁽⁷⁾ 것이다.

이러한 목적으로 표면거칠기 측정에 있어서 KS 및 JIS에서는 2단 C-R회로를 직렬로 연결한것 또는 이것과 등가회로를 갖는 필터를 쓰고 있으며 이를 표면거칠기 측정용 표준필터⁽⁸⁾라고 한다.

공업적인 목적으로 표준필터는 상당한 장점⁽⁹⁾이 있다. 우선, 측정에서 얻는 파형으로부터 중심선을 구하는 경우에 있어서 때때로 발생하는 불연속 현상을 없애고, 필터를 만들기 쉽고 제작비도 저렴하다. 따라서 표준필터를 이용한 표면거칠기 측정이 공업계에 널리이용되어지고 있으며 많은 응용에 적용되어지고 있기때문에 장래에도 이 표준필터는 많은 산업분야에 계속 쓰여질듯 하다. 그러나 이 표준필터는 대역통과지역(pass band)으로부터 대역소거지역(rejected band)에 이르기까지 진폭전달률이 점차적으로 변해가는 단점이 있으며 무엇보다도 위상변위가 일어나므로 대역통과지역내에서 신호가 변하는 단점이 있다. 이러한 단점은 측정기를 교정하는데 문제가 생기게하고 또한 표면거칠기 측정 파라미터값의 일부가 필터의 cut-off치에 가까운 파장을 가진 파형으로 나타났을때 값의 추정을 어렵게 한다. 이런 단점을 보완한 필터로써는 전달특성이 위상변위를 일으키지 않는 특징을 지닌 위상보상형 필터가 있다. 필터의 입력파가 위상변위를 일으키지않고 출력파형으로 나타나게하는 방법으로써는 D.J.White House 법^(7,8), FFT를 이용하는 방법⁽¹⁰⁾, 양방향성필터⁽¹¹⁾를 이용한 방법등 여러가지 방법이 있다. 위상변위를 일으키지 않는 위상보상형 필터는 입력파의 파장에따른 위상변위가 없기때문에 표면거칠기값의 추정에 상당한 영향을 미칠것으로 생각된다. 미세한 표면의 형상을 파악하는 표면거칠기 측정에 있어 필터의 위상변위 특성에 따른 값의 추정에 대한 명확한 규명이 되어있지 않다.

따라서 본 논문에서는 표면거칠기 측정에 있어 70% 이상을 차지하는 측정식을 이용하여 필터의 cut-off치와 위상특성에 따른 표면거칠기 값의 변

화와 필터의 선택에 따른 장점 및 문제점에 대하여 알아보려고 한다.

2. 이론

2.1 표면거칠기 측정에 있어서의 표준필터

표면거칠기 측정에 사용되는 필터의 주파수 특성은 다음과 같다.

$$H(w) = k(w) e^{j\phi(w)} \quad (1)$$

여기에서 $k(w)$ 는 진폭전달특성, $\phi(w)$ 는 위상특성을 의미하며 표면거칠기 측정시에는 위상변위를 줄이도록 $\phi(w)$ 를 유지하면서 유용한 $k(w)$ 를 얻어야 한다.

어떤 시간에 있어서의 필터의 출력은 필터의 충격응답(impulse response)과 입력신호의 convolution에 의해 구해진다.

따라서 입력신호 $f(t)$ 가 고역 필터를 통과할때의 출력은

$$\begin{aligned} g(t) &= \int_{-\infty}^t \bar{h}(t-\tau) f(\tau) d\tau \\ &= \int_{-\infty}^t \delta(t-\tau) f(\tau) d\tau \\ &\quad - \int_{-\infty}^t \underline{h}(t-\tau) f(\tau) d\tau \end{aligned} \quad (2)$$

가 된다.

여기서,

$$\int_{-\infty}^t \delta(t-\tau) f(\tau) d\tau = f(t)$$

는 충격응답의 sampling성질이 된다.

따라서 식(2)는 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} g(t) &= f(t) - \int_{-\infty}^t \underline{h}(t-\tau) f(\tau) d\tau \\ &= f(t) - m(t) \end{aligned} \quad (3)$$

실제적으로 적분의 밑에 있는 극한은 0이 되어질 수 있으며 $m(t)$ 는 필터에 의해 걸러진 성분이 된다. 표면거칠기 측정에 있어서 이 $m(t)$ 는 실제 단면곡선과 측정된 거칠기곡선의 차를 의미한다.

표면거칠기 측정에 보다 적합하게 표현하려면, 시간축을 기준길이 α 의 무차원량으로 바꾸면 된다.

$$\begin{aligned} g(\alpha) &= \int_0^{\alpha} \delta'(\alpha-\alpha') f(\alpha') d\alpha' \\ &\quad - \int_0^{\alpha} \underline{h}(\alpha-\alpha') f(\alpha') d\alpha' \\ &= f(\alpha) - m(\alpha) \end{aligned} \quad (4)$$

식(4)에서의 α' 는 식(3)에서의 τ 와 유사한 변수이

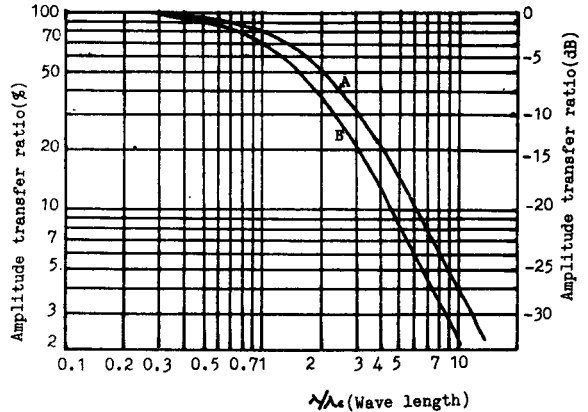


Fig. 1 Frequency characteristics of standard filter
A : Amplitude transfer ratio (80%)
B : Amplitude transfer ratio (70%)

다. 즉 $\bar{h}(\alpha) = \delta' - \underline{h}(\alpha)$ 이다.

표준 필터의 경우에는

$$\bar{h}(t) = \delta - \frac{1}{RC} \left[2 - \frac{t}{RC} \right] e^{-t/RC} \quad (5)$$

또는

$$\bar{h}(\alpha) = \delta' - A(2 - A\alpha) e^{-A\alpha} \quad (6)$$

이 되며 여기에서 $A = \lambda/vRC$, $\alpha = x/\lambda$ 이며 x 는 표면거칠기 측정 길이이다.

Fig 1은 충격응답이 식(5)로 주어지는 JIS에서 규정된 표면거칠기 측정기용 표준 필터의 파장에 대한 진폭전달률 특성을 나타내 주고 있으며 감쇠률은 12dB/oct이다. 감쇠특성은 진폭전달률 70%를 cut-off치 λ_c 로 하는 감쇠곡선과 진폭전달률 80%를 cut-off치 λ_c 로 하는 감쇠곡선 사이에 있으면 된다.

2.2 위상보상형 필터⁽⁷⁾

표면거칠기 측정에 있어 표준 필터는 대역통과지역(pass-band)에서 대역소거지역(rejected-band)에 이르기까지 파장에 따라 위상변위를 일으키나 위상보상형 필터를 쓰면 이 위상변위를 없앨수 있다.

필터의 위상특성이란 결국 입력파형이 필터를 통과할때 시간축에 대해서 어떻게 변위되는가를 나타내는 것이다. 일반적인 디지털 필터의 주파수응답은

$$H(w) = k(w) e^{j\phi(w)} = R(w) + jX(w) \quad (7)$$

이며 위상각 ϕ 는 $\tan^{-1} X(w)/R(w)$ 이다.

여기서 위상보상을 하기위해 식(7)의 허수부를 0으

로 하면

$$H(w) = k(w) = R(w) \quad (8)$$

가 된다. 그러나, 필터의 전달특성이 실수가 되기 위해서는 충격응답이 반드시 우함수가 되어야 한다.

즉, 충격응답이 시간축에 대하여 대칭이어야 하나 실지로는 필터의 충격응답은 시간축의 전후로 확장될수가 없다. 따라서, 필터를 거친 파형이 위상변위를 일으키게 하지 않는 유일한 방법은 파형의 모든 성분을 필터에 의해 시간에 따른 동일한 량으로 이동시키는 것이다.

입력파형의 모든 성분을 시간 t_0 에 의해 지연시키면 $\phi(w) = -wt_0$ 가 되며 식(7)은

$$H(w) = k(w) e^{-jw t_0} \quad (9)$$

가 된다.

즉 위상은 주파수 성분과 선형관계를 가지며 필터의 전달특성은 위상변위를 일으키지 않고 단지 지연만을 하며 이런 필터를 위상보상형필터 또는 **Linear phase** 필터라고 한다. 따라서, 표준 필터의 충격응답이 $h_0(t)$ 이면 같은 진폭전달특성을 갖는 위상보상형필터의 충격응답은 $h_0(t-t_0)$ 가 된다. 위상변위를 일으키지 않는 필터는 실제로 필터를 통과하는 모든 성분을 획일적으로 지연시킴으로써 가능하며 이는 시간축상의 $t=t_0$ 에서 충격응답이 대칭임을 뜻한다. 만약 $h_0(t) \circ H_0(w)$ 이면 $h_0(t-t_0) \circ H_0(w) \exp(-jw t_0)$ 이다.

따라서 위상보상형 필터의 충격응답은

$$\bar{h}(t) = \delta(t-t_0) - h_0(t-t_0) \quad (11)$$

이 되며 식(3)으로부터

$$g(t) = f(t-t_0) - \int_0^t \underline{h}_0(t-t_0-\tau) f(\tau) d\tau \quad (12)$$

가 된다.

본 논문에서 실험에 쓰인 위상보상형 필터는 진폭특성은 표준필터와 같으나, 위상보상으로 인해 위상변위가 없게한 필터로써 충격응답은 다음과 같게한 필터이다.

$$\bar{h}(t) = \delta(t-t_0) - \frac{w_c}{\pi\sqrt{3}} \exp\left(-\frac{w_c}{\sqrt{3}}|t-t_0|\right) \quad (13)$$

또는

$$\bar{h}(\alpha) = \delta'(\alpha-\bar{\alpha}) - \frac{\pi}{\sqrt{3}} \exp\left(-\frac{2\pi}{\sqrt{3}}|\alpha-\bar{\alpha}|\right) \quad (14)$$

윗 식에서 w_c 는 표면거칠기의 기준길이에 상당하는 각주파수이고 $\bar{\alpha}$ 는 대칭축의 위치 t_0 에 상당한다. 이러한 충격응답을 지닌 고역 위상보상형필터의 진폭특성과 위상특성을 표준 필터와 비교하여 Fig 2에 나타내었다. Fig 2에서 알수 있듯이 두 필터는 진폭전달특성은 같으나 표준 필터는 파장에 따른 위상의 변화가 있고 위상보상형 필터는 파장에 따른 위상의 변위가 없다. 표면거칠기 값은 기록된 파형으로부터 계산된다. 또한 두 필터의 위상특성의 차이에 의해 파형의 기록이 다르므로 위상특성의 차이는 표면거칠기 파라미터값에 상당한 영향을 미치게 된다.

3. 실험장치 및 실험방법

3.1 실험장치

실험장치는 일본 KOSAKA 연구소(주) 표면거칠

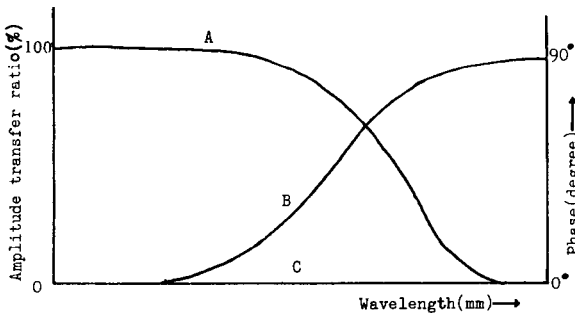


Fig. 2 Comparison between standard filter and P.C filter about phase characteristics and amplitude transfer characteristics
 A : Amplitude transfer characteristics
 B : Phase characteristics of standard filter
 C : Phase characteristics of phase-corrected filter

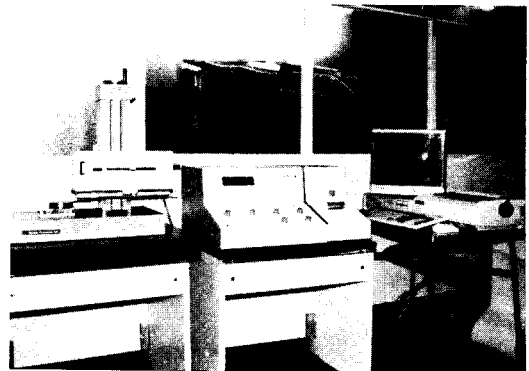


Fig. 3 Experimental apparatus

Table 1 Specification of the SE-30H

Element	Specification
Detector	PU-DJ2S
Transfer apparatus of detector	DR-100×31
Amplifier	AS-30H11
Recording apparatus	RA-60F
Electromotion column	SP-81D
Inclination controller	ST-52
SGA Analyzer	NEC PC-9801 UV
Faculty of column about up and down motion	Maximum speed 5mm/sec Accuracy of stop $\pm 0.2\mu\text{m}$
Radius of Pick-up	R2 μm Diamond
Measuring force	0.7mN
Accuracy of measuring straightness	0.2 μm /100mm
Maximum measuring length	100mm
Measuring range	R_{max}, Rz, Rt 0.002~600 μm Ra, RMS, Wca 0.001~100 μm Sm 0.25~25 μm Oa 0~30°

Table 2 Experimental conditions

Item	Measuring condition
Temperature in room	20°C ($\pm 0.5^\circ\text{C}$)
Transfer velocity of detector	0.1mm/s
Measuring length	2.5mm
Longitudinal magnification	Standard specimen } Spark erode specimen } $\times 2000$ Grinding specimen } Lapping specimen } $\times 10000$
Transverse magnification	$\times 100$
Radius of pick-up	2 μm

기 측정기 SE-30H를 사용하였다. 시편을 정반인 경사조정대에 놓고 수평을 맞춘후 검출기에서 표면 거칠기 파형을 검출한후 증폭기로 보내진다. 증폭기에서는 증폭연산장치가 있어서 일단 입력된 파형을 저장했다가 필터의 선택에 따라 입력파형이 보내져서 선택된 필터로 필터링 된후 연산부에서 각 파라메타값을 연산한후 기록계에 보내져서 기록되어진다.

또한, 거칠기 파형은 SGA 표면거칠기 해석장치로 보내져서 상대부하 곡선을 구하고, 거칠기 파형이 그래픽 된다.

Fig 3은 실험장치의 전경을 나타내며 Table 1은 SE-30H 표면거칠기 측정기의 제원을 표시한다.

위의 검출기 부분중, set meter의 바늘이 청색지역에 놓이게 될때가 측정압이 가장 좋은 상태이고 표면거칠기 측정을 하므로 skid를 사용하여 측정하였다.

Fig 4는 실험장치의 block diagram을 나타낸다.

3.2 시험편

Fig. 5와 같이 거칠기값이 서로다른 표준시험편 1개, 연삭가공면 1개 방전가공면 1개, 래핑가공면 1개를 택하였으며 가공조건은 다음과 같다.

* 연삭가공면

재질 : SPC3

경도 : HRC63

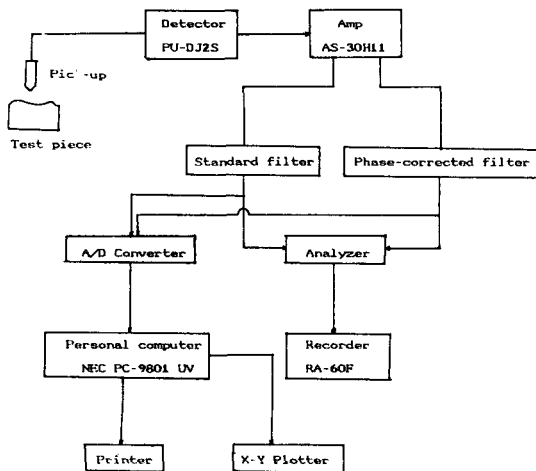


Fig. 4 Block diagram of SE-30H surface roughness measuring system

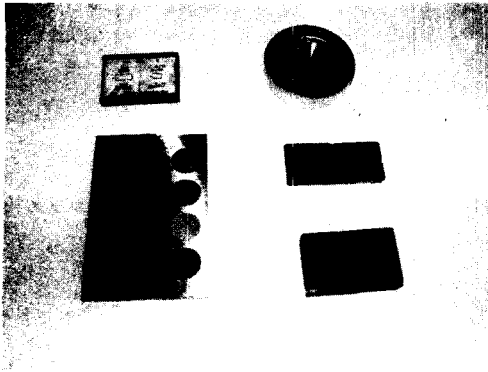


Fig. 5 Specimens

슷돌 : WA46H-1 회전속도 : 1500rpm
 연삭깊이 : 1 μ m Y pith : 20m/min
 지름 : 260mm 이송 : 10mm
 왕복횟수 : 4회
 * 방전가공면 가공방법 : 충전가공
 재질 : S45C 방전시간 : 2.5 μ sec
 Peak전류 : 1A Condenser : 0.001 μ m
 * 래핑가공면
 습식, #1000

3.3 실험방법

SE-30H 표면거칠기 측정장치를 설치한 후 시험편을 경사조정대위에 올려놓고 평행조정을 한후 set meter의 눈금을 보며 축침을 적당한 축침압에 놓이게 한다. 그리고, 측정길이와 중배율, 횡배율을 설정하고 구하고 싶은 거칠기 파라메타를 선택하고 끝으로 축침의 이동속도를 설정한다. 이렇게 한후 다음과 같은 실험을 행하였다.

(1) 필터의 위상특성에 따른 표면거칠기 값 Rt, Rz의 비교

표준시험편 SSG 20161(A), 방전가공면, 연삭가공면, 래핑가공면에 대하여 cut-off 치 λ_c 를 8, 2.5, 0.8, 0.25, 0.08(mm)로 절환하며 표면거칠기 측정입력파형을 표준필터로 필터링 한때와 위상보상형 필터로 필터링 한때의, 파형의 모양에 따라 값의 차이가 큰 Rt, Rz를 구하여 그 값을 비교 하였다.

(2) 필터의 위상특성에 따른 표면거칠기 값 Rt, Rz의 표준편차의 비교

각각의 4개의 시험편을 교정한후 시험편 마다 서

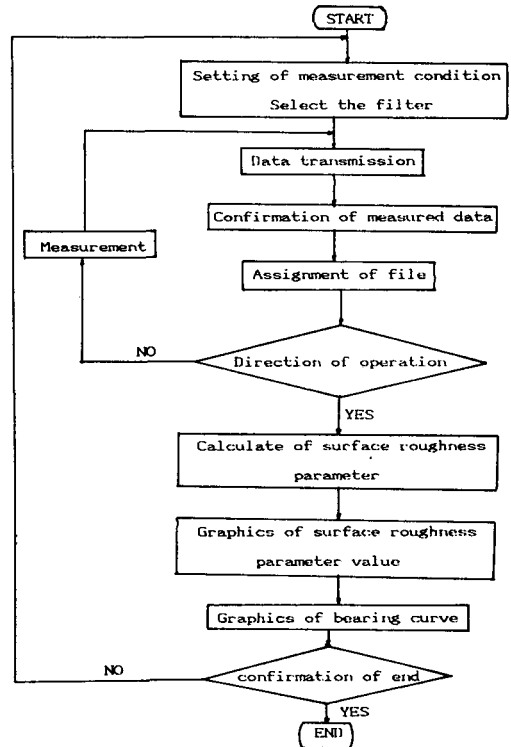


Fig. 6 Flow chart of surface roughness analysis SGA

로 다른 부분을 4회씩 측정 하였다. 이때, cut-off 치 λ_c 를 8, 2.5, 0.8, 0.25, 0.08(mm)로 절환하며 표준필터로 필터링 한때의 Rt, Rz 값과 위상보상형 필터로 필터링 한때의 Rt, Rz의 표준편차를 구해 그 값을 비교 하였다.

(3) 필터의 위상특성이 파장의 상대부하길이 (bearing curve)비율에 미치는 영향

각각의 4개의 시험편을 교정한후, 파장의 cut-off치 λ_c 를 8, 2.5, 0.8, 0.25, 0.08(mm)로 절환하며 절삭 깊이 50%에서 표준필터로 필터링 한때와 위상보상형 필터로 필터링 한때의 상대부하길이 비율을 구하여 비교하였다.

실험(1), (2), (3)의 측정조건은 다음과 같다.

Fig. 6은 SGA 표면거칠기 해석장치의 계산흐름도이다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 필터의 위상특성에 따른 표면거칠기 값 Rt, Rz의 비교

Fig. 7, 8, 9, 10은 각각의 시험편에 따른 표면

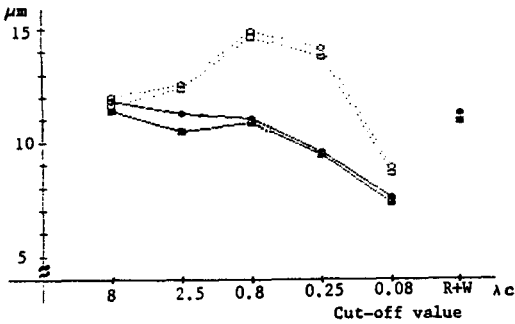


Fig. 7 Comparison between standard filter and P.C. filter about R_t , R_z in standard specimen
 ● : R_t in phase-corrected filter
 ○ : R_t in standard filter
 ■ : R_z in phase-corrected filter
 □ : R_z in standard filter

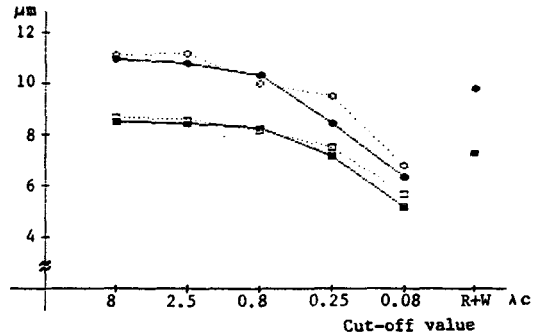


Fig. 9 Comparison between standard filter and P.C. filter about R_t , R_z in grinding specimen
 ● : R_t in phase-corrected filter
 ○ : R_t in standard filter
 ■ : R_z in phase-corrected filter
 □ : R_z in standard filter

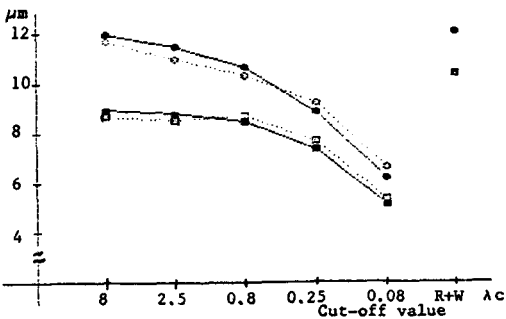


Fig. 8 Comparison between standard filter and P.C. filter about R_t , R_z in spark erode specimen
 ● : R_t in phase-corrected filter
 ○ : R_t in standard filter
 ■ : R_z in phase-corrected filter
 □ : R_z in standard filter

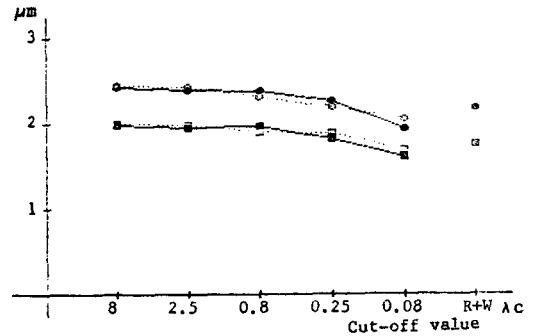


Fig. 10 Comparison between standard filter and P.C. filter about R_t , R_z in lapping specimen
 ● : R_t in phase-corrected filter
 ○ : R_t in standard filter
 ■ : R_z in phase-corrected filter
 □ : R_z in standard filter

거칠기값 R_t , R_z 의 필터에 따른 값의 차이를 나타낸다.

파형이 가장 주기적으로 나타나는 표준시험편에 대해서는 표준 필터를 통과한 R_t , R_z 값이 위상보상형 필터를 통과한 R_t , R_z 값보다 크며 이는 표준 필터를 통과한 파형은 위상변위를 일으켜서 위상보상형 필터를 통과한 파형보다 세로방향으로 보다 크게 나타났기 때문이다.

또한 필터의 cut-off 치 λ_c 가 8mm에서 두 필터 간의 값의 차가 가장 적었는데 이는 $\lambda_c=8\text{mm}$ 에서는 위상변위가 적게 일어나기 때문이며 필터의 cut-off 치 λ_c 가 클수록 진폭전달률도 커지므로 단면곡선의 R_t , R_z 값과 비교해볼때 λ_c 가 0.08mm

일때 가장 큰 차이를 보인다.

파형이 규칙적인 형을 지닌 표준시험편의 측정에 있어서는 필터의 선택에 따라 단면곡선의 R_t , R_z 의 값과 큰 차이를 보이며 가장 평탄하게 가공된 래핑가공면의 경우는 필터의 위상특성에 따른 값의 차이가 가장적이다.

본 실험에서는 high-pass 필터를 사용하였으므로 고주파성분은 통과시키나 저주파성분은 걸러지게 된다. 극히 매끈한 표면을 가진 래핑가공면의 경우, 측정된 파형신호에는 저주파성분이 많은 관계로 표준 필터로 필터링되었다 하더라도 위상변위가 적음을 알 수 있다. 따라서 평탄한 가공면일수록 필터의 선택에 따른 값의 차이가 적게 나타난다고

여겨진다.

4.2 필터의 위상특성에 따른 표면거칠기 값 Rt , Rz 의 표준편차의 비교

Fig. 11, 12, 13, 14는 각각의 시험편을, 서로 다른곳을 4회씩 측정하여 그때의 표면거칠기 Rt , Rz 값이 표준 필터를 통과 하였을때와 위상보상형 필터를 통과 하였을 때의 표준편차를 비교한 것이다. 표준시험편의 경우 표준 필터를 사용한 경우가 $\lambda_c=8, 0.08(\text{mm})$ 에서, 우연오차가 크며, 실 가공면에 대하여서는 위상보상형 필터를 쓰는 경우가

표준편차가 적음을 알 수 있다. 실가공면에 있어서 필터를 거친파형과 필터를 거치지 않은 파형의 표준편차는 필터를 거치지 않은 파형의 표준편차가 적게된다. 이는 위상의 왜곡에 의한 표준편차(σ_a)와 전기적 잡음의 표준편차(σ_n)가 포함되기 때문인데 위상변화를 일으킴에 따라 σ_a 의 값이 틀려지게 되므로 cut-off치의 결정에 따라서 필터링 된 파형의 표준편차가 서로 차이가 있음을 알 수 있다. 따라서 위상보상을 한 위상보상형 필터를 쓴 경우가 cut-off치의 선택에 따른 σ_a 가 적기 때문에 측정된 표준편차의 값이 표준 필터를 사용한 경우에 비해

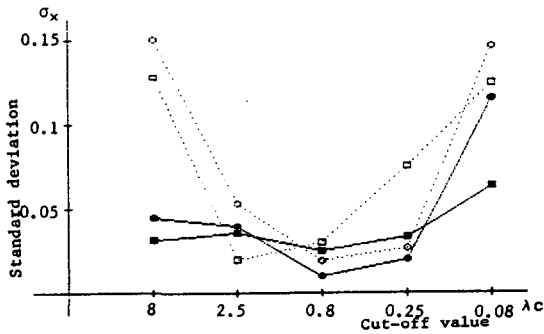


Fig. 11 Comparison between standard filter and P.C filter about standard deviation in standard specimen

- : Rt in phase-corrected filter
- : Rt in standard filter
- : Rz in phase-corrected filter
- : Rz in standard filter

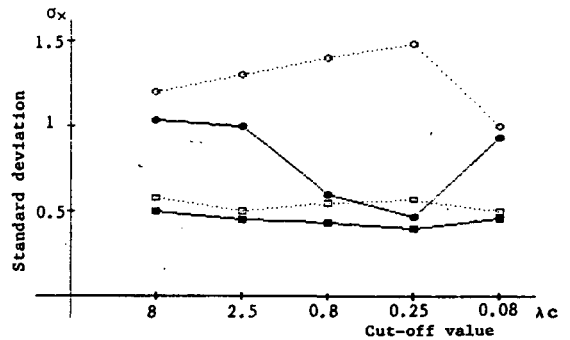


Fig. 13 Comparison between standard filter and P.C filter about standard deviation in grinding specimen

- : Rt in phase-corrected filter
- : Rt in standard filter
- : Rz in phase-corrected filter
- : Rz in standard filter

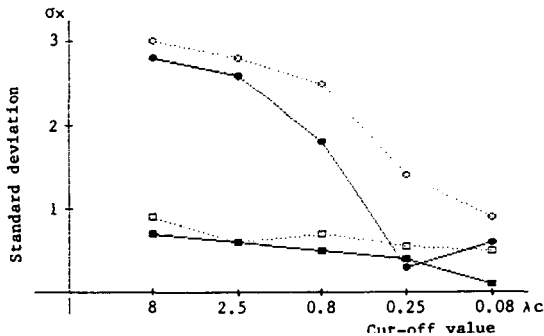


Fig. 12 Comparison between standard filter and P.C filter about standard deviation in spark erode specimen

- : Rt in phase-corrected filter
- : Rt in standard filter
- : Rz in phase-corrected filter
- : Rz in standard filter

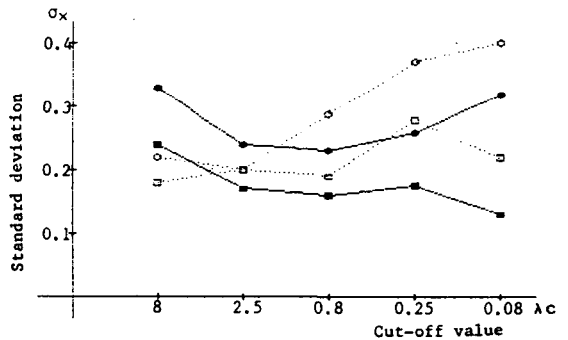


Fig. 14 Comparison between standard filter and P.C filter about standard deviation in lapping specimen

- : Rt in phase-corrected filter
- : Rt in standard filter
- : Rz in phase-corrected filter
- : Rz in standard filter

작다고 사료된다. 그러나 표면이 매끄러운 래핑 가공면의 경우는 표준필터를 써도 파형의 위상변화가 거의 없어 두 필터간에 σ_a 의 값의 차이가 작으며 한편, $\lambda_c=8$ 일때 위상보상형 필터의 σ_n 이 표준 필터의 σ_n 보다 값이 커서 표준필터로 필터링 했을 때의 표준편차가 위상보상형 필터로 필터링 했을 때의 표준편차보다 작다고 여겨진다. 표준편차가 크다는 것은 곧 측정파형의 변동이 많다는 점을 보아 위상보상형 필터를 쓰는 것이 오차를 줄일 수 있다고 여겨진다.

4.3 필터의 위상특성이 파형의 상대부하길이 비율에 미치는 영향

Fig. 15, 16, 17, 18은 각각의 시험편에 대해 절

삭 길이 50%에서의 상대부하길이 비율을 표준 필터를 사용했을 경우와 위상보상형 필터를 사용했을 경우에 대한 측정결과의 값을 구한 것이다. 표준시험편의 경우, 위상보상형 필터를 사용했을 때에 λ_c 의 변화에 대해 거의 일정한 비율을 가지나 표준 필터를 쓸 경우는 λ_c 가 0.25mm와 0.08mm 일때 상대부하길이 비율에 큰 차가 있음을 보인다. 실가공면에서도 위상보상형 필터를 쓸 경우에는 상대부하길이 비율이 거의 일정한 값을 가지나 표준 필터를 쓸 경우에는 필터의 cut-off치 λ_c 의 변화에 따라 상대부하길이 비율의 차가 큼을 알 수 있다. 이는 위상보상형 필터는 위상변위가 없어 단면곡선의 파형에 보다 근접하기 때문에 상대부하길이 비율도 단면곡선의 값과 거의 같게 나타나나 표준 필

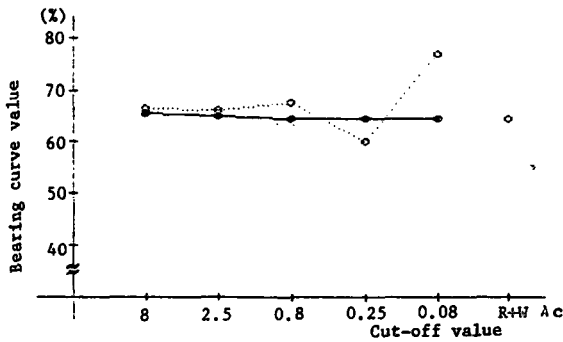


Fig. 15 Comparison between standard filter and P.C filter about bearing curve value in standard specimen

- : Phase-corrected filter
- : Standard filter

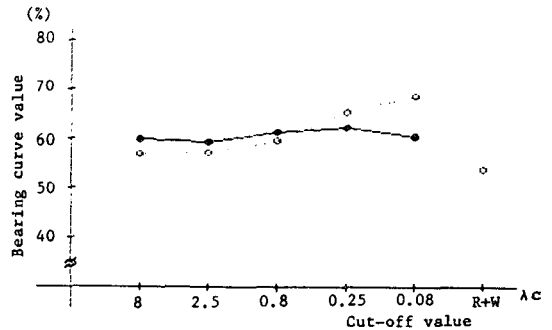


Fig. 17 Comparison between standard filter and P.C filter about bearing curve value in grinding specimen

- : Phase-corrected filter
- : Standard filter

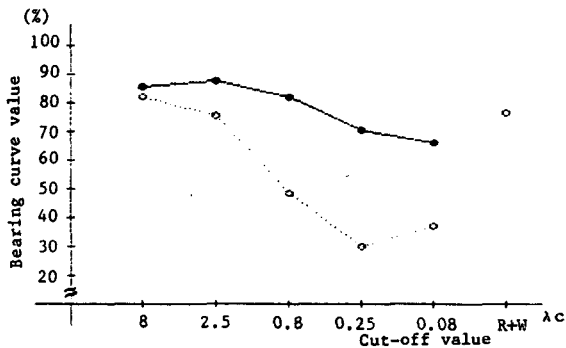


Fig. 16 Comparison between standard filter and P.C filter about bearing curve value in spark erode specimen

- : Phase-corrected filter
- : Standard filter

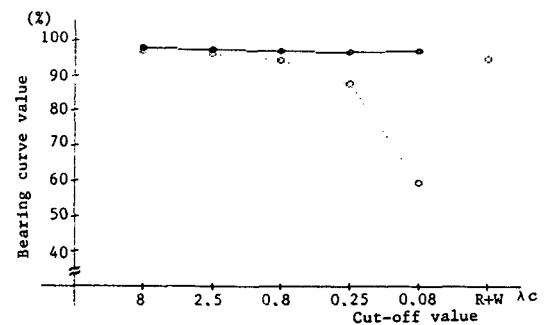


Fig. 18 Comparison between standard filter and P.C filter about bearing curve value in lapping specimen

- : Phase-corrected filter
- : Standard filter

터를 사용한 경우는 위상변위로 인하여 파형이 변화하여 상대부하길이 비율도 단면곡선의 상대부하길이 비율과 차가 크다고 여겨진다.

5. 결 론

표면거칠기 측정시 표준 필터를 사용했을 때와 위상보상형 필터를 사용 했을때의 위상특성이 표면 거칠기 값에 미치는 영향에 대한 비교실험을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 위상보상형 필터를 써서 표면거칠기 측정을 할 경우, 필터를 거친 파형이 표준 필터를 써서 얻은 파형보다 단면곡선에 보다 근접한 형상을 하고 있으며 파형의 형을 중요시 하는 측정을 하는 경우에는 위상보상형 필터를 쓰는 것이 적당하다.

(2) 표면거칠기값중 Rt , Rz 는 $\lambda_c=8, 2, 5(\text{mm})$ 에서 위상보상형 필터를 쓴 경우가 단면곡선의 Rt , Rz 에 보다 근접하며 $\lambda_c=0.08\text{mm}$ 일때는 표준 필터를 쓴 경우가 단면곡선의 Rt , Rz 값에 보다 근접하였다.

따라서, Rt , Rz 를 구하는 목적으로 표면거칠기 측정을 할 경우 필터의 선택이 그 값의 결정에 큰 영향을 미친다.

(3) 같은 측정값에 대한 우연오차는 표준 필터를 사용한 경우가 크게 나타났으며 상대부하길이 비율은 $\lambda_c=8\text{mm}$ 일때 표준 필터를 사용한 경우와 위상보상형 필터를 사용한 경우가 비교적 같은 비율을 가지나 λ_c 가 적어질수록 그 비율의 차는 점점 커짐을 알았다.

후 기

본 연구는 1987. 7.1~1987. 8. 31까지 일본 KOSAKA 연구소에서 실험을 하여 완성한 것입니다. 실험을 하게 배려하여주신 KOSAKA 연구

소의 味剛 사장님 또 실험을 도와주신 西山 본부장님, 宮本 차장님, 桜井 과장님께 감사의 뜻을 표합니다.

참 고 문 헌

- (1) 宮本絃三, 1985, "接觸式と非接觸式による表面形状測定", 日本精密機械, 51, 4, pp. 674~680.
- (2) 谷村吉久外2名, 1985, "1 μm 以下における觸針式表面粗さ測定器の縦倍率の校正", 日本精密機械, 51, 10, pp. 1905~1908.
- (3) 園村健二郎外1名, "ブランチ研削における切込み過程の研究", 日本精密機械, 49-2, pp. 195~200.
- (4) 奈良治郎, 1980, "最近の表面あらさ測定技術とその動向", 應用機械工學, pp. 42~49.
- (5) 趙南圭, 1985, "觸針式表面거칠기 測定器에 있어서 觸針의 先端曲率 半徑과 測定壓이 測定에 미치는 影響", 漢陽大學校 大學院 學位論文.
- (6) 韓應教, 金熙石, 1983, "觸針式 3次元表面거칠기 測定評價에 관한 研究", 한국정밀공학회지, 제3권, 제1호, pp. 60~68.
- (7) D.J. White House, 1967~68, "Improved Type of Wavefilter for use in Surface Finish Measurement", Proc. Instn. Mech. Engrs. Vol. 182.
- (8) D.J. White House, 1965, "Equation of Meanline of Surface Texture and as Found by an Electric Filter", Rank Organization.
- (9) 西原明法外2名, 1986, "ディジタルフィルタの基礎と設計法 インターフコース, pp. 238~269.
- (10) Papoulis, 1962, "The Fourier Integral and It's Application", McGraw Hill.
- (11) 佐藤幸男, "信號處理入門", オーム社.
- (12) 小坂研究所, 表面粗さの測定器, SE-30H.
- (13) 奈良治郎, "表面粗さの測定評價法" 大和ビジネス, pp. 68~120.
- (14) Allen and Westerfield, 1964, "Digital Compressed Time Correlator and Matched Filter for Active Sonar", J.A.S.A. 36 (No. 1).