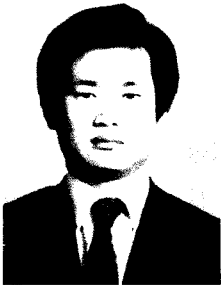


# Photochemical machining 기술과 연구동향



이 종 권

(표면공학실 선임연구원)

- '77 서울대학교 공과대학 금속공학과 졸업
- '79 한국과학기술원 재료공학과 졸업(석사)
- '86 미국 Ohio 주립대학 금속공학과 졸업(박사)
- '83-'86 미국 Ohio 주립대학 연구원
- '79-現 한국기계연구소 선임연구원



김 만

(표면공학실 선임연구원)

- '81 경북대학교 공과대학 금속공학과 졸업
- '83 경북대학교 대학원 금속공학과 졸업(석사)
- '83-現 한국기계연구소 선임연구원

## 1. 서 론

산업의 급속한 발전에 따라 정밀 요소 부품의 수요가 급증하고 있으며 특히 제품들의 경박단소화 경향에 따라 사용되는 부품은 더욱 고 정밀도가 요구되고 있다. 기계, 전자산업에 사용되는 부품들은 생산효율 증가를 위하여 판재를 이용한 부품이 많으며 이들의 가공 방법으로 fine blanking, laser cutting 등의 방법이 많이 사용되고 있다. fine blanking 기술로는 수십만에서 수백만개의 매우 많은 수의 부품 생산에는 유리하나 기본적인 tooling cost가 많이 드는 단점이 있어 소량 다종 생산체제의 중소기업에서 적용하기에 제약이 되고 있다. 또 최근 관심을 끌고 있는 laser 가공은 수백개 이하의 부품 생산에는 적합하나 보다 많은 수의 부품 생산에는 큰 이점이 없다. 뿐만아니라 위의 두가지 기술은 정밀도에 한계가 있어 수  $\mu\text{m}$ 의 정밀도를 필요로 하는 정밀 부품 생산에는 적용할 수 없는 취약점을 갖고 있다.

Photochemical Machining(PCM)기술은 수개 혹은 수십개의 소량생산과 수십만개의 대량생산에 모두 적용할수 있고 5~10 $\mu\text{m}$ 의 고정밀도로 부품을 가공할수 있다. 최근 반도체 산업에서는 이 기술을 이용하여 1 $\mu\text{m}$  이하의 정밀도까지 부품을 가공하고 있기도 하다.

이와 같은 대량 생산성과 고 정밀도 그리고 유연생산 체제의 PCM 기술 특성은 세계적 추세인 부품의 고급화, 정밀화에 부응하여 응용분야는 점점 넓어지고 있으며 우리나라에서도 이 기술의

필요성이 점점 절실하여지고 있다. 특히 국제 경쟁력의 약화가 부품생산 기술의 낙후와 관련있는 것으로 판단되고 있는 시점에서 본 PCM 기술의 활성화는 부품 관련 생산기술 향상에 일대 전기를 마련할 수 있을 것으로 생각된다. 이와 같은 관점에서 본 소고에서 PCM 기술의 특징과 공정에 대하여 현황 및 전망에 대하여 소개하고 이에 대한 인식을 제고시키고자 한다.

## 2. PCM기술의 원리 및 특징

### 2.1. 원리

PCM은 화학적 용해 혹은 부식과정을 조절함으로써 재료를 선택적으로 제거하여 원하는 모양으로 가공하는 공정으로, 사진기법을 이용하여 금속이 제거되지 않아야 할 부분을 masking하여 부식이 되지 않도록 하고 나머지 masking되지 않은 부분은 부식시켜 부품을 가공하는 기술이다. PCM 공정을 그림1에 나타내었다. 그림 1에서 볼 수 있는 바와 같이 많은 단계의 공정을 거치기 때문에 하나하나의 공정의 정밀도 유지가 최종 부품의 정밀도에 영향을 주므로 각 공정에서의 정밀도 관리가 매우 중요하다.

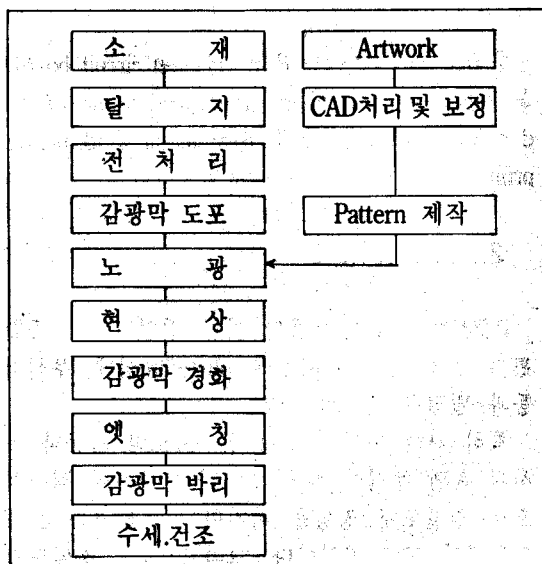


그림 1) PCM공정 개략

PCM 공정과 유사한 것으로 electroforming 기술이 있다. 이 기술은 PCM과 마찬가지로 photoresist 도포후 노광하고 현상하면 금속소지가 노출된 부분과 노출되지 않은 부분으로 분리되는 것을 이용하는 것이다. 다만 금속소지가 노출된 부분을 에칭 대신에 전기도금액에 넣고 전기도금하면 금속소지가 노출된 부분에만 선택적으로 도금되어 필요한 형상을 제조하는 기술이다. 이 방법은 PCM 보다 정밀도가 높고 안정된 생산이 가능하나 속도가 늦어 생산성이 나쁘고 4~5 $\mu$ m이하의 두께 제한이 있는 등의 단점이 있어 전기 면도기 날 등 성능상 특수한 경우에만 사용되므로 본 소고에서는 이에 관한 자세한 설명은 생략하기로 한다.

### 2.2. 특징

PCM 기술은 종래의 기계적인 가공법에 비하여 많은 장점이 있다. 이를 열거하면 다음과 같다.

- 1) 거의 모든 재료의 가공이 가능하다. PCM은 화학적으로 가공하기 때문에 기계적 blanking이나 절삭에서 제약조건인 높은 경도의 재료 가공이나 극박판의 재료도 뒤틀림 없이 가공이 가능하다. 실제로 판 두께가 얇을수록 측면부식이 감소하므로 더욱 높은 정밀도로 가공이 가능하다. 표 1에 가공 가능한 재료의 예를 나타내었으며 티타늄, 실리콘강과 같이 취성이 큰 금속 뿐만 아니라 유리, 세라믹등의 비금속 재료에 걸쳐 가공 가능함을 알수 있다.
- 2) 금형등 공구비용이 적다.  
기계적 가공에서는 제품보다 더 높은 정밀도의 금형등 공구가 필요하나 PCM은 사진공정에 의하여 가공하므로 공구비용이 절감됨과 동시에 정밀도는 증가한다. PCM의 공구비용은 정밀도에 따라 다르지만 보통 200,000원 이하이며 다른 기계적 가공에 비하여는 1/50의 가격으로 가능하다.
- 3) 설계 변경이 쉽다.  
Artwork의 변경에 의하여 설계 변경이 가능하므로 경제적으로 유리하고 시간을 단축시킬 수 있다.

표 1) PCM을 위한 재료

METALS :	Nichrome (R)	Nicoseal (R)	High Permeability Alloys
	Ni Span C	Therlo (R)	Hymu 80 (R)
Aluminum	Permanickel (R)	Sealmet 29-17 (R)	4-79 Permalloy (R)
Aluminum - Anodized	Phosphor Bronze		Hipernon (R)
Brass	Rehnum	ASTM F-30 Alloy	Hymu 800 (R)
Chromium	Silver	Glass Sealing 42 (R)	Supermalloy (R)
Copper, Oxygen Free	Steels, Carbon	142 Alloy (R)	5-79 permalloy
Copper, Rolled	Stainless Steel 300series	Glass Sealing 46 (R)	
Copper, Electrolytic	PH 15-7 Steel	146 Alloy	Electrical Silicon irons
Copper, Beryllium	PH 17-7 Steel	Glass Sealing 49 (R)	
Copper, O. F. H. C	Custom 455 (R)	4750 (R)	Orthosil (R)
Elinvar Extra (R)	Spring Steel	Glass Sealing 52 (R)	
Elgiloy R*	Tungsten*	152 Alloy (R)	Controlled Expansion Alloys
Gold*	Udimet (R)		
Havar (r)	Vanadium	ASTM F-31 Alloy	Invar 36 (R)
Inconel (R)	Zinc	Glass Sealing 42-6 (R)	
lead	Zirconium*	Sylvania No. 4 Alloy (R)	OTHERS*
Magnesium	90-10 Copper Nickel	Sealmet No. 4 (R)	
Manfanese			Plastics
Molybdenum*	Glass to Metal	Soft Magnetic Alloys	Polyesters
Molybdenum, Cold Rolled	and		Polymides
Molybdenum, ARc Cast	Cerium to Metal	44-50% Ni Fe Balance	Epoxy Resins
Monel		High Permeability 49 (R)	Glass
Nickel	ASTM F-15 Alloy	4750 Alloy (R)	Ceramics
Nickel Silver	Kover (R)	Hipernik (R)	
	Roder (R)	High Permeability 45 (R)	

\* Limited number of processors

(R) Registered Trade Names

- 4) 가공후 물성의 변화가 없다.  
외부에서 기계적인 응력이나 열을 받지 않기 때문에 잔류응력이 없고 가공시응력, 열 등에 의한 변형이 없다.
- 5) 가공후 burr가 남지 않기 때문에 별도의 후가공이 필요없다.
- 6) 설계가 쉽고 공구비용이 적으므로 연구개발용, 시제품용 생산에 적합하며 소량 다종 생산에 알맞다.
- 7) 기계적으로 가공 불가능한 모양의 가공이나 고정밀 부품 생산에 적합하다.

위와 같은 이유로 PCM 가공기술의 응용분야는 매우 넓으며 기술의 발달과 제품의 정밀도 요구가 커짐에 따라 그 분야는 점점 넓어지고 있다. 실제

응용되고 있는 분야는 PCB (printed circuit board) 를 비롯해서 metal filter, spring, lead frame, encoder disc, shadow mask, HDD용 metal band, nozzle, print moter, 금형등 매우 광범위하다.

### 2.3. 가공정밀도

PCM법에 의한 부품의 가공 정밀도는 가공할 판의 두께, photoresist두께, photofilm상태, 부식액 등과 밀접한 관계가 있다.

특히 판의 두께는 두께 방향으로의 가공과 동시에 측면 부식이 함께 일어나기 때문에 직접적으로 정밀도에 영향을 미치며 허용오차는 보통 판두께의 15% 가량이다. 그러므로 고 정밀도의 부품가공시에는 가급적 얇은 판재를 사용하는

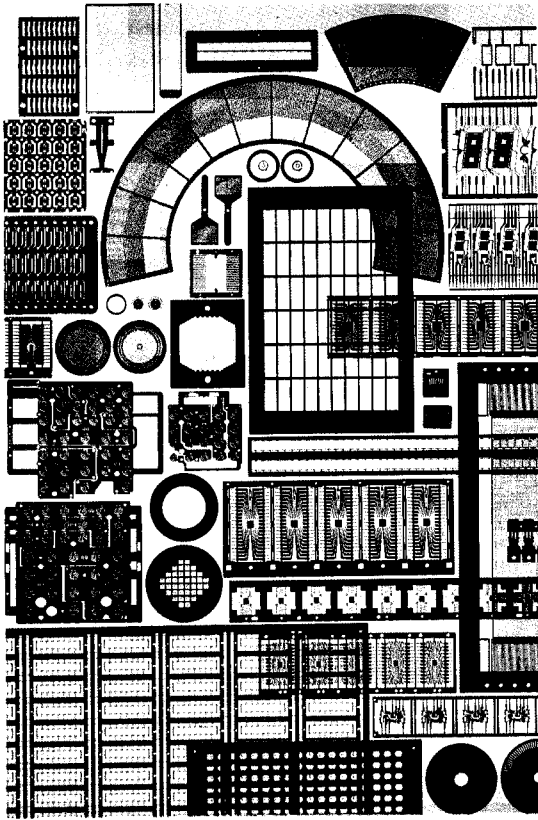


그림 2) PCM에 의한 부품가공 예

것이 유리하다. 표 2에 판재의 두께와 크기에 따르는 오차를 나타내었다.

판두께와 함께 감광성막의 두께와 원판과 시

편의 밀착성도 정밀도에 큰 영향을 미친다. 이것은 노광에 사용되는 광원이 평행광선일 경우에는 문제가 되지 않으나 실제적으로 점광원이기 때문에 pattern과 시료의 거리, 막의 두께가 문제가 된다. 그림 3에 밀착불량과 막두께가 일으키는 오차를 나타내었는데 평행광선이 아니고 입사각  $\theta$ 의 경우 막두께  $y_2$ , pattern과 시료와의 거리  $y_1$  일때 유기되는 오차는  $(y_1+y_2) \tan\theta$ 로 pattern과의 거리가 클수록 또 감광막이 두꺼울수록 오차가 커지는 것을 알수 있으며 같은 의미에서 막두께의 균일성을 유지하는 점도 매우 중요하다.

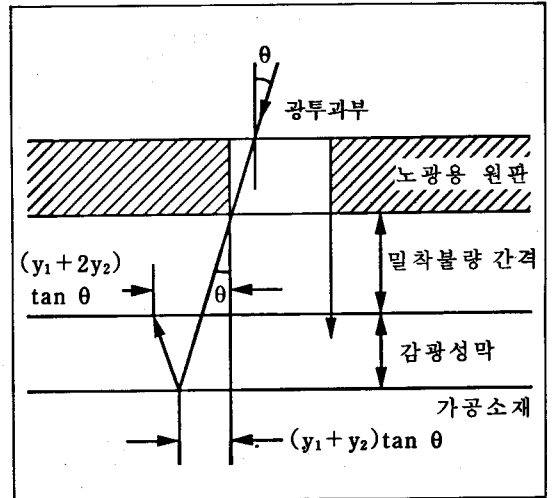


그림 3) 밀착불량과 collimation 불량시 상의 넓어짐

표 2) PCM의 가공정밀도

(단위 : mm)

두께	최소명크기	구멍간의 최소간격	구멍가공정밀도			
			0.10mmφ	0.5mmφ	1.00mmφ	10.00mmφ
0.03	0.030	0.010	± 0.008	± 0.008	± 0.008	± 0.008
0.05	0.050	0.015	± 0.010	± 0.010	± 0.010	± 0.010
0.10	0.070	0.030	± 0.010	± 0.010	± 0.010	± 0.010
0.20	0.150	0.080		± 0.020	± 0.020	± 0.020
0.25	0.180	0.100		± 0.025	± 0.025	± 0.025
0.30	0.220	0.120		± 0.030	± 0.030	± 0.030

재료 : STS 304, photoresist : 수용성 colloid계

3. PCM 기술의 응용

3.1. Shadow mask

칼라 TV에서 전자총에서 나오는 전자빔을 적색, 청색, 녹색의 형광체에 유도하는 역할을 하는 수많은 slot이나 구멍이 뚫려있는 판이다. 그림 4는 PCM기술로 가공한 칼라TV용 shadow mask를 열거한 것이다.

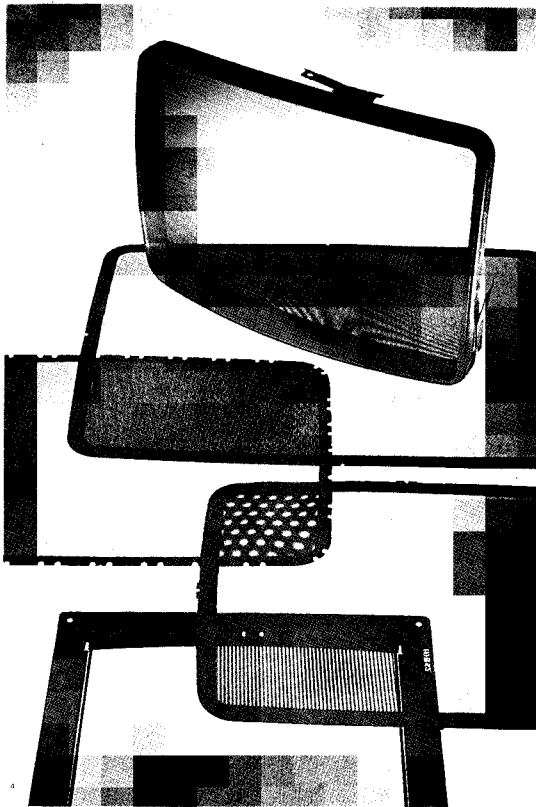


그림 4) 칼라TV용 shadow mask

일반적인 TV에서 구멍간의 pitch는 0.6~1.2mm 정도이고 10~40만개의 구멍이 있다. 또 monitor 용은 더 작은 구멍으로 되어 있으며 pitch는 0.2~0.3mm의 것이 주로 사용되고 있다. 표 3에 shadow mask의 사양을 나타내었다.

또 shadow mask에서는 표면 구멍 크기와 이면구멍 크기를 의도적으로 다르게 하는 taper 형

표 3) Shadow mask 중심부의 사양

(mm)				
	형태	판두께	구멍크기	pitch
14" TV	slot	0.15	0.170	0.66
29" TV	〃	0.25	0.200	0.75
43" TV	〃	0.25	0.270	0.99
33" HDTV	원	0.18	0.165	0.36
14" display	〃	0.10	0.085	0.20

상으로 되어 있다. 이것은 광원인 전자빔이 shadow mask에서 반사하여 형광체에 비치는 것을 방지하기 위한 것이다. 게다가 shadow mask는 brown판 제조회사에서 열처리하고 press 작업을 하므로 그 후의 오염이 문제가 된다.

그래서 소재의 열처리 특성을 이해하고 press에 적합한 단면 형상을 만들어야한다. 현재 shadow mask 소재로 극저탄소강(두께 25 $\mu$ m~300 $\mu$ m)이 주로 사용되나 사용시 전자빔에 의하여 shadow mask의 열팽창이 일어나는 것을 막기 위해 판두께가 두꺼워지고 있다(표 4). 같은 이유로 Invar 합금의 사용비율도 증가하는 것을 알 수 있다.

표 4) Shadow mask용 소재 두께의 사용비율

(wt %)		
판 두께	'84년	'88년
0.025 mm	—	0.3
0.080	1.5	2.0
0.10	2.0	7.8
0.13	7.5	15.1
0.14	0.4	0.6
0.15	39.7	19.1
0.18	43.8	17.3
0.20	—	2.4
0.22	—	10.2
0.25	5.2	24.6
0.28	—	0.3
0.30	—	0.2
0.15 Invar	—	0.8

현재 국내에서는 두께 0.15mm의 저탄소강으로 pitch 700~800 $\mu$ m의 shadow mask를 생산 하고 있으나 세계수준인 150 $\mu$ m pitch에는 크게 뒤떨어져 있다. 특히 HDTV와 같은 고화질 TV등의 개발을 위하여는 정밀 shadow mask 제작기술의 개발도 필수적인 것으로 생각된다. 또 국내 shadow mask 기술은 저탄소강에 국한되어 있어 세계적인 추세인 Invar alloy (Fe-36Ni)의 shadow mask 제조 기술과 특성연구가 필요할 것으로 생각된다. 현재 한국기계연구소에서는 Invar재료의 부식특성에 대한 연구를 진행중이다.

### 3.2. Lead frame

반도체 package용으로 사용되는 lead frame은 최근 pin간격이 좁은 것들의 수요가 늘고 있다. 게다가 ASIC의 증가에 따라 100 pin 넘는 lead frame이 사용되고 200 pin이 넘는 것도 제조되고 있다. 이와 같이 pin의 수가 많을 경우 etching에 의하여 주로 생산되고 있다. 그림 5는 PCM기술로 가공한 반도체용 lead frame의 예를 나타낸 것이다.

최근 국내에서도 부식가공에 의한 lead frame 가공을 시도하고 있으나 본격 생산은 되지 않고 있다.

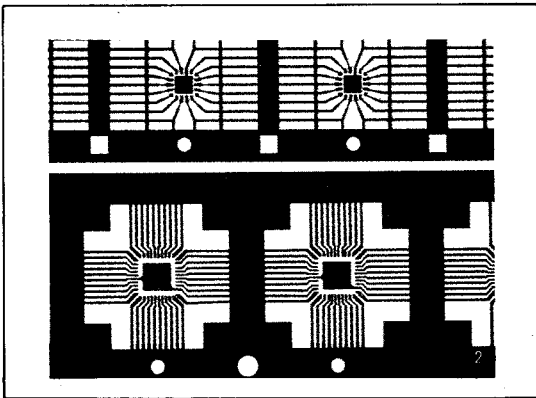


그림 5) 반도체용 lead frame

내부 평탄부위나 초소간격의 유지등의 설계치가 etching 기술의 한계에 가까워지고 있어 엄격한 제조 조건의 관리가 필요하다.

또 단면 부식으로 수분침입 방지용 U홈, 응력 완화 dimple을 가공하는 경우도 있으며 이때는 소재의 내부응력과 깊이 조절이 중요하게 된다. 보통 소재는 Fe-42% Ni 합금이 사용되지만 각종 동합금도 사용되고 있다. 표 5에 lead frame을 etching에 의하여 제조할 경우의 한계를 나타내었다.

최근 국내에서도 부식가공에 의한 lead frame 가공을 시도하고 있으나 본격 생산은 되지 않고 있다.

표 5) 부식가공에 있어서 lead frame의 제조한계

		판 두께 (단위 : mm)				
		0.100	0.127	0.150	0.200	0.250
최소lead 폭	설계	0.090	0.100	0.110	0.140	0.170
	제품	0.070	0.080	0.080	0.100	0.120
최소간격	설계	0.075	0.095	0.110	0.150	0.185
	제품	0.050	0.050	0.050	0.070	0.180
최소구경		0.100	0.120	0.140	0.180	0.220

### 3.3. 광학식 엔코더용 disc

모터 제어용 위치 sensor로 사용되는 엔코더는 disc에 새겨진 선의 수가 많아짐에 따라 정밀 위치 측정 및 제어가 가능하다. 범용으로 사용하는 것은 1회전에 2000~3000 pulse가 주로 사용되나 용도에 따라 36,000 pulse의 제품도 생산되고 있다. 그림 6은 PCM기술로 가공한 모터제어용 엔코더이다.

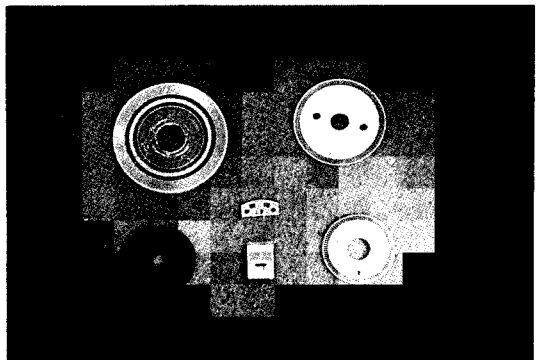


그림 6) PCM기술로가공한 모터제어용 엔코더

국내에서는 stainless 재질의 disc는 500 pulse 제조에 성공하였고 1000 pulse 제품을 개발 연구 중이다. Glass disc는 1000 pulse 이상의 제품용으로 사용되는데 아직 국내에서 생산되지 않고 있으며 한국기계연구소에서 glass 위의 sputtering 도금기술 개발과 함께 2000 pulse disc를 목표로 연구를 수행중이다.

### 3.4. Print motor

최근 전자 부품들이 소형, 경량화 됨에 따라 모터도 소형이면서 강력한 힘을 낼 수 있는 방향으로 연구되고 있다. Print motor는 모터의 전기자 부분을 core에 Cu wire를 감아쓰는 종래의 권선형 대신에 동판을 평면와권상의 코일도체 패턴으로 정밀가공한 sheet coil을 겹쳐쓰는 것으로 wire만을 사용해 온 모터설계상의 개념 대신에 2차원 평면상의 가공을 도입한 전기, 자기기계 설계를 가능케한 획기적인 첨단모터이다. 또한 print motor는 소형, 경량의 장점외에도 전압, 회전수의 변동에 잘 대응하는 고효율, 고신뢰성 등의 장점을 가지고 있어 그 수요가 계속 창출되고 있다. 한국기계연구소에서는 PCM기술개발의 일환으로 '88년도에 산업체와 공동연구하여 자동차 에어컨용 print motor 개발에 성공한 바 있다. 그림 7은 print motor의 핵심부품인 전기자를 PCM기술로 가공한 것으로 현재로는 자동차용 에어컨 모터, 용접기용 모터, 산업용 로봇용 모터 등에 사용되고 있다.

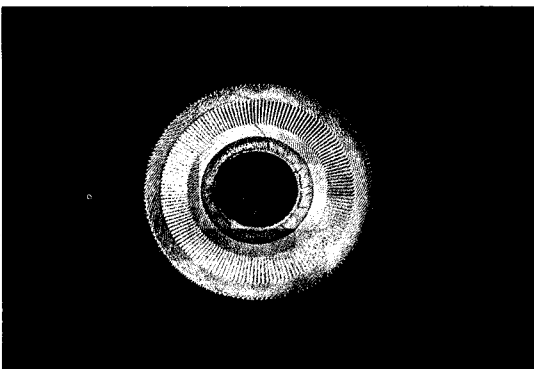


그림 7) PCM기술로 가공한 Print motor용 전기자

## 4. 기술개발 동향

부식에 의한 가공기술은 동판의 표면을 공에 하기 위하여 중세기 부터 사용되어 왔으나 사진 기술과 복합시킨 PCM 기술은 인쇄용인 사진 제 판법으로 개발되어 현재 정밀기계, 전자부품용으로 응용되고 있다.

기술개발에 있어서는 고 정밀화에 역점을 두고 정밀도에 영향을 주는 노광, photoresist, 부식공정에 대하여 각 공정별로 연구가 진행되고 있다. 생산기술로써 PCM의 앞으로 연구방향은 정밀도 향상과 높은 수율 그리고 경제성을 목표로 연구가 진행될 것이다. PCM에 의한 가공공정의 첫 걸음이며 가장 중요한 부분인 artwork의 제조에는 보다 정확한 설계를 위하여 CAD가 효율적으로 이용되고 있으며 이를 plotting하기 위하여 laser에 의한 photoplotter가 사용되고 있다. 광원의 파장보다 정밀도가 높아질수는 없기 때문에 기존의 UV보다 짧은 파장인 전자선, X-ray, deep UV를 사용하는 방법과 이에 감광되는 photoresist를 개발하여 고집적화가 요구되는 반도체 산업에 일부 이용되고 있으며 이에 대한 연구가 가속화되고 있다. 높은 정밀도가 요구되는 VLSI등 반도체에는 wet etching 보다는 dry etching인 plasma etching 기술이 주로 이용되고 있다. Plasma etching은 반응성 가스를 plasma 상태로 유지하며 가공하는 것으로 wet etching이 최고 2~5 $\mu$ m의 resolution을 갖는데 비하여 plasma etching은 1 $\mu$ m이하로도 가공 가능한 정밀가공 기술이지만 가공 속도가 느린 단점을 갖고 있는데 반도체의 경우 가공 속도는 문제가 크게 되지 않으므로 이 방법이 이용되고 있다. 현재 각국에서 다투어 연구중인 16MD-RAM의 경우 0.5 $\mu$ m의 resolution이 요구되므로 이에 대한 연구가 활발히 진행중이다.

가공효율 향상을 위한 연구로는 주기적인 부식액 분부에 의하여 균일한 가공면을 얻는 연구와 원심력을 이용하여 부식액의 확산 속도를 촉진시켜 부식 속도를 증가시킴과 동시에 측면 부식을 1/10로 감소시키는 연구 등도 수행되고 있다.

특히 원심력을 이용한 부식법에서는 부식속도가

선의 폭에 따라서만 약간 변할 뿐 거의 일정한 속도를 얻을 수 있고 종래 기술에서 불가능하였던 소재의 두께보다 작은 구멍 가공이 가능한 점 등 장점들이 있으나 생산장비의 실용화가 어려운 점이 있어 이러한 단점만 보완되면 종래의 PCM 기술이 한 단계 진보할 것으로 예상되고 있다.

최근 laser를 이용한 PCM법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. Laser PCM법은 mask 없이 가공하기 때문에  $\mu\text{m}$ 단위로 가공이 가능하여 매우 전망이 밝을 것으로 예상된다. 세라믹, 반도체, 유리등을 투명한 석영 용기에 담긴 부식액에 침적시킨후 argon laser를 조사하여 재료를 용융시키면서 부식을 촉진시켜 매우 효율적으로 가공이 가능하다. 실제로 laser 조사에 의하여 Al의 용융 속도가 10배나 빨라졌다는 보고도 있다. 또 다른 장점으로는 특별한 분위기를 사용하지 않고도 가공이 가능하다는 점이다. PCM의 부식용액으로 가장 보편적으로 사용되는 용액은  $\text{FeCl}_3$  용액인데 이것은 부식성이 매우 크고 유독성과 공해문제를 갖고 있지만 laser의 도움을 받을 경우에는 중성염 ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) 등 용액에서도 스텐레스강을 분당  $240\mu\text{m}$ 의 속도까지 부식시킬수 있다고 보고 되어 있다.

이와 같이 종래의 PCM에 laser를 병합시킬 경우 종래의 mask pattern 문제와 정밀도, 속도 등에 있어서 우월성이 입증되고 있기 때문에 공정개발과 함께 실용화가 최근 연구의 초점이 되고 있다. PCM에 의한 가공기술의 단점의 하나는 박판에 대하여만 가공 가능하고 3차원적인 가공이 고려되지 않고 있었으나 앞서 설명한 바와 같이 PCM 공정이 갖고 있는 뛰어난 점이 많아 이를 효과적으로 이용한 3차원적 가공에의 적용도 관심을 끌고 있다.

판재 가공후 확산 적합하는 방법에 의하여 길이  $300\text{mm}$ 로  $0.2\phi$ 의 열교환기나 내부에 복잡한 모양을 가지는 항공기의 냉각 turbine blade의 생산에 이용된 바 있고 정밀금형 등 기존의 방전가공등에 의해 가공이 불가능한 정밀 부품에의 응용이 많이 연구되고 있다.

## 5. 맺음말

앞서 기술한 바와 같이 PCM기술은 정밀 가공 기술로써 그 중요성이 인식되어 컴퓨터, 정밀기계, 항공기 등 첨단산업에 널리 응용되고 있으며 앞으로 그 수요는 더욱 더 늘어날 전망이다. 그러나 국내의 경우 일부 대기업을 제외하고 전반적인 기술 수준이 선진외국에 비해 아직 미흡하고 초정밀도 기술은 초기단계이므로 고도의 정밀도를 요구하는 고 부가가치 제품을 생산하기 위하여 기술개발과 연구에 많은 투자가 있어야 할 것이다. 이러한 견지에서 국가적인 정밀산업으로 육성시켜 산.학.연 공동연구와 국제공동연구를 통하여 기술을 축적하고 전문인력을 양성하여 기술의 독자성을 확보하는데 많은 투자가 있어야 할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- [1] Metals handbook 8th Edition.
- [2] PCMI-M-1050, Design and Artwork Generation Handbook, Photo Chemical Machining Institute, 1988.
- [3] M.Datta and L.T.Romankiw; J.of the Electrochem. Soc., Vol. 136, No.6, P285C, 1989.
- [4] エッチングの機能とその應用例; 金屬表面技術, Vol.30, No. 10, 1979.
- [5] Chemical Machining-Production with Chemistry 2nd Ed. MDC 82-102, Machinability Data Center, Metcut Research Associates Inc., 1982.
- [6] D.M.Allen, Adam Hilger; The Principles and Practice of Photochemical Machining and Photoetching, 1986.
- [7] D.M.Allen, J.R.C.Brightman, P.J.Gillbankds and P.M. Smith; Annals of the CIRP, Vol. 36, No. 1, 1987.
- [8] S.Nonogaki; Polymer Engineering and science, Dec., Vol. 23, No. 18, P 985, 1983.
- [9] 谷求善兵, 太田成賢; プレス技術 Vol. 19, No. 1, P 39.
- [10] D.Gunter; Sheet Metal Industries, Aug, P 592,



1981.

[11] M.Datta, L.T.Romankiw, D.R.Vigliotti, and R.J.Von Gutfeld; J. of Electrochem. Soc., Vol. 136, No. 8, P 2251, 1989.

[12] P.J.Davis and G.E.Overturf; Precision Engineering, Vol. 8, No. 2, Apr., P 67, 1986.

[13] M.Datta, L.T.Romankiw, D.R.Vigliotti, and R.J.Von Gutfeld; Appl. Phys. Lett., Vol. 51, No. 24, P2040, 1987.

[14] K.Kato, 습식처리 기술의 최근의 진보(2) -정밀 etching과 fine technology-, P 73, 1987.

[15] G.Goosen and J.Van Ruler; Interfinish 76, Proc. 9th World Congr. Met. Finish, P 17, Amsterdam, Oct., 1976.

[16] H.K.Guiken; J.Eng. Math., Vol. 12, P 129, 1984.

[17] J.Greeneich and K.Barton; Proc. Semicon/Korea '89, 1989.

[18] J.Y.Tsao and D.J.Ehrlich; Appl. Phys. Lett., Vol. 43, P146, 1983.

[19] Dainippon Printing Co. Catalogue.

◎ 오사카 국제 공작기계 박람회  
(JIMTOF/Japan Int'l Machine Tool Fair)

- 1) 개최기간(주기) : '90. 10. 26~11. 4(격년)
- 2) 개최국(도시, 전시장명) : 일본(오사카, INTEX Osaka)
- 3) 전시면적 : 836,308 S/F
- 4) 전시품내용 : 공작기계, 기계장비류
- 5) 성격 및 현황 : 21개국 822개업체 참가('86)  
'62년 처음 개최되어 현재 동일분야 세계 3대 박람회로 성장 동경과 격년 개최
- 6) 주 최 : Osaka International Trade Fair Commission, INTEX Osaka 1-1-12, Nankokita, Suminoeku Osaka 559, Tel : 06/6123773. Tlx : 5267660, Fax : 06/6128585