

광학소자 가공방법(연삭②-2)

ELID 연삭

지금까지 재현성이나 안정성이 문제가 되어온 경면 연삭이나 연성 모드 연삭도 ELID 연삭법의 개발에 따라 실용화되기 시작하고 있다. 부드러운 지석으로 피삭재 표면을 문지르듯이 가공한 기존의 다듬질 연삭은 예리하게 돌출된 미세한 지립에 의해 삭독삭독 잘리며 능률적으로 경면화되고 초정밀화 될 수 있는 신가공 기술로 변해 왔다. 또 절삭 가공의 이미지로 난가공재를 깎는 고능률 연삭도 실용 단계로 들어섰다. ELID 법의 본격적인 보급을 위해 관련된 제조업체의 협력으로 주변 기술의 정비가 진행되고 있지만 ELID 연삭 조건을 최적화하려면 작업 목적의 설정과 구성 요소의 선정을 좀더 명확하게 한 다음 적용할 기계 정밀도·성능, 기능과의 적합성을 검토할 필요가 있다.

편집자 주

1. ELID 경면 연삭에 의한 비구면 가공

1.1 비구면 연삭 가공의 원리

그림 25A는 ELID 연삭법을 비구면 가공에 적용하는 경우의 기본 원리이다. 지석, 전극의 구성은 스트레이트 지석을 적용하는 평면 가공의 경우와 같다. 본 방식으로는 대칭축 작업물 가공이 가능하고, 연삭 가공기의 NC 기능을 이용함으로써 사용 지석경이나 단면 형상에 따라 원하는 작업물 형상(구면/비구면)을 얻을 수 있다. 그림 1B는 가공 실험 장치의 모습을 나타냈다.

1.2 ELID 경면 연삭 거칠기

그림 2는 위 방식을 BK-7에 의한 렌즈 부품에 적용했을 때의 최종 마무리면 거칠기를 나타낸 것이다. #4000 및 #8000 스트레이트 지석에 의한 ELID 경면 연삭 거칠기로서는 충분히 양호

한 값을 나타낸다.

전 가공(형상 창성 가공)으로는 조립도가 #325나 #600인 지석을 이용하고 같은 가공 시스템에 의한 높은 제거 능률을 가진 ELID 성형 연삭도 가능하다. 다음으로 #4000 등의 미세한 지립을 이용하여 조 가공부터 다듬질 가공까지 2 공정으로 대응할 수 있다.

1.3 ELID 경면 연삭 사례

그림 3A는 소경(φ30mm) 거울(렌즈 금형)의 가공 예를 나타낸 것이다. 비구면 렌즈의 ELID 경면 연삭도 실용 레벨에서 가능하다는 사실이 밝혀졌다. 기존의 머시닝 센터에 ELID 시스템(전극, 전원, 지석),

비구면 데이터 전송 장치를 부가함으로써 조 형상 가공부터 정밀도가 높은 비구면 경면 가공까지 가능해졌다.

그림 3B는 이러한 장치에 의해 시험 제작된 φ100의 비구면(집

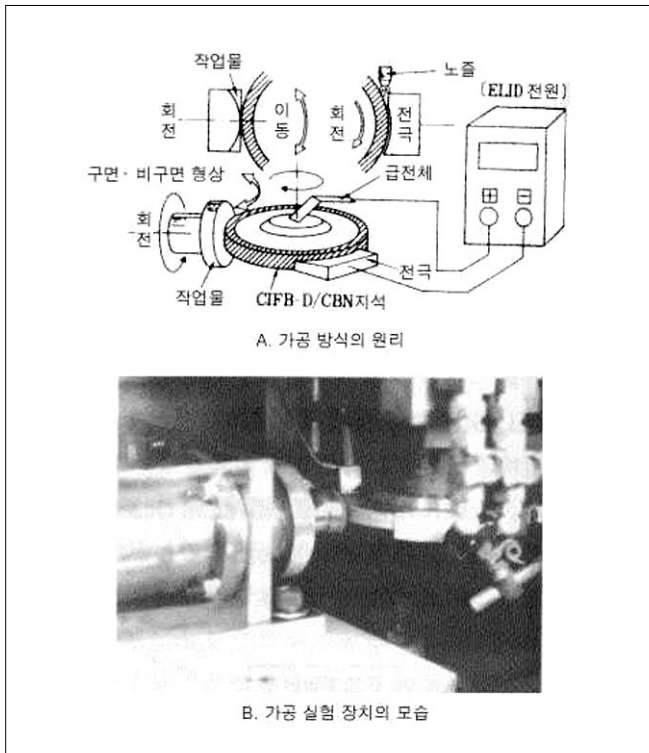


그림 1 ELID 연삭법에 의한 비구면 가공

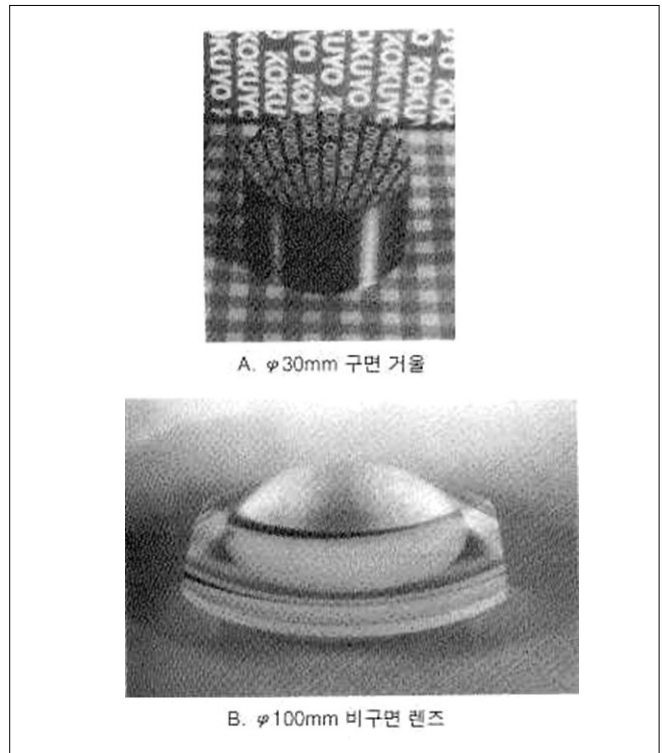


그림 3 ELID 연삭에 의한 렌즈·거울 가공 예

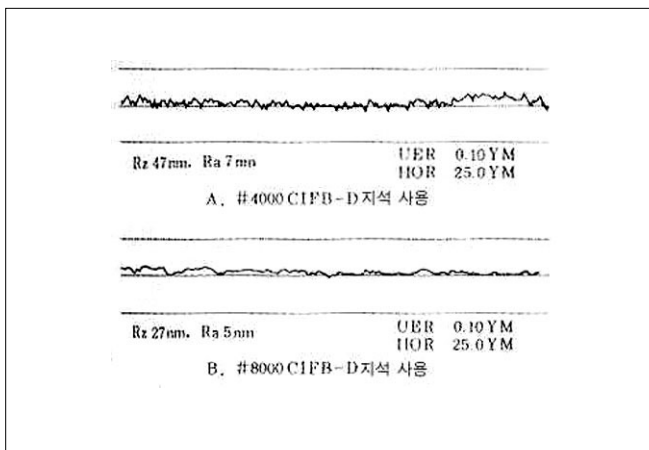


그림 2 유리 렌즈의 ELID 경면 연삭 거칠기 패턴

광) 렌즈를 나타낸 것이다. 이 예는 변곡점을 가진 비구면 형상으로, 일반적으로 쓰이는 가공 기술로는 능률적인 시험 제작이 어렵지만 우선 #170로 고능률 형상 창성을 하고 #600부터 #4000을 거쳐 능률적인 경면 가공이 실현된다.

1.4 초정밀 ELID 비구면 연삭

그림 4A는 최근 적용이 개시된 초정밀 비구면 가공기의 외관을 나타낸 것이다. 그림 4B는 ELID 전극을 장착한 모습이다. 본 기

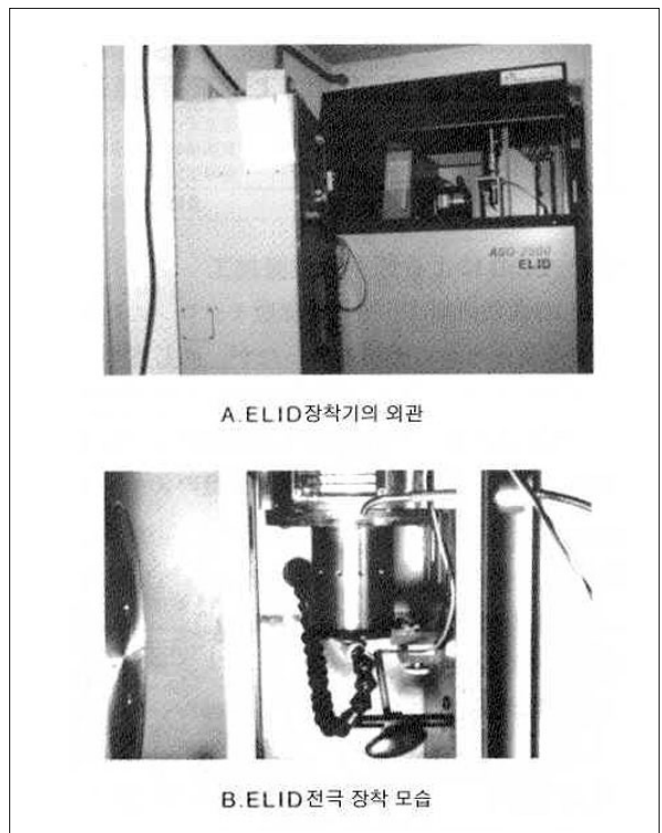


그림 4 초정밀 ELID 비구면 가공기(뱅크뉴모)

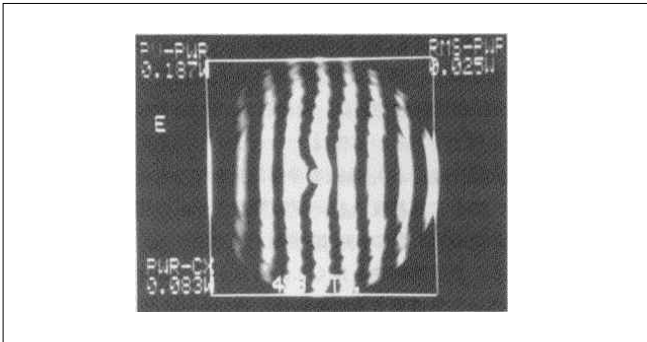


그림 5 초정밀 ELID 비구면 가공에 의한 형상 정밀도

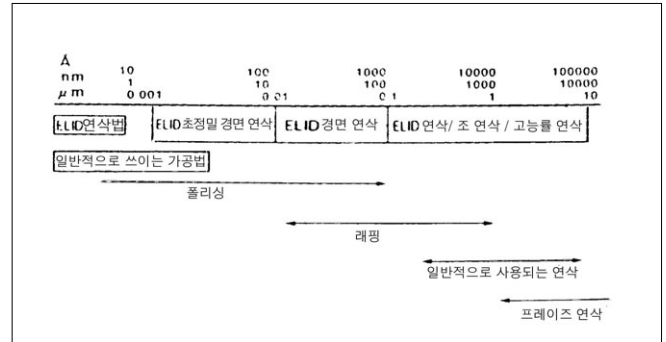


그림 8 ELID 연삭의 작업 영역과 적용 영역

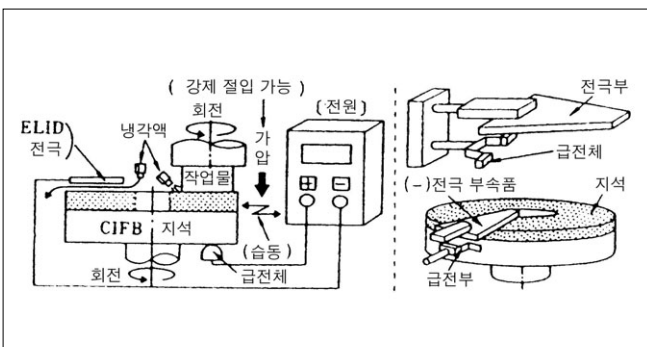


그림 6 ELID 랩 연삭에 의한 초평활 경면 가공의 원리

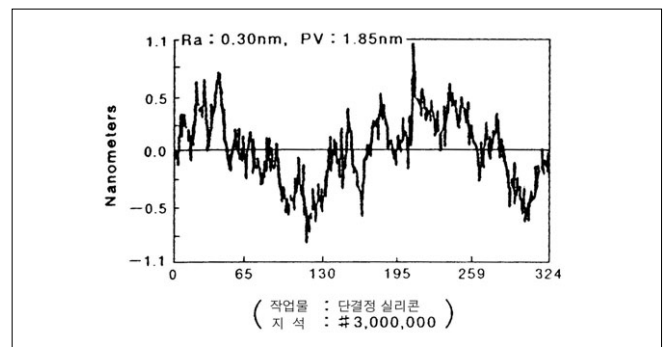


그림 9 ELID 초평활 경면 연삭에 의한 면 거칠기 예

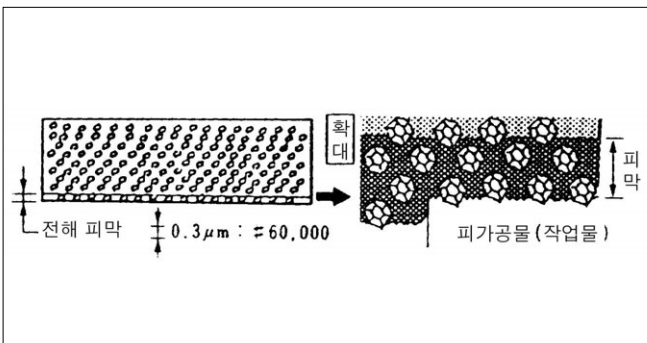


그림 7 서브 마이크로 지석에 의한 초평활 가공의 메커니즘

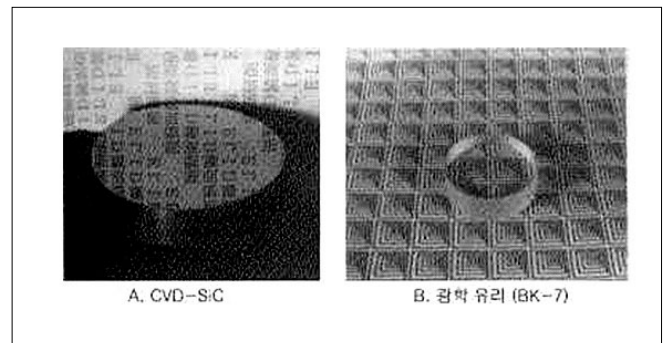


그림 10 ELID 초평활 경면 연삭에 의한 가공 예

계는 레이저 간섭을 이용한 위치 결정으로 10nm의 분해 능력을 가지는데 정밀도가 높고 서보 분해능이 2.5nm인 초정밀 비구면 가공기에도 ELID 연삭이 적용되기 시작했다. 형상 제어성을 향상시키고, 양호한 연삭면 거칠기를 달성하기 위해서는 적절한 지석 형상을 선정할 필요가 있다.

1.5 ELID 경면 연삭의 형상 정밀도

머시닝 센터 등 일반적으로 쓰이는 가공기를 이용해도 구면 렌즈에서 1~2μm(φ30~50mm)의 형상 정밀도가 실현된다. 한편 위에서 말한 초정밀 비구면 가공기를 이용해 형상 정밀도 0.2~0.3μm도 비교적 쉽게 달성되기 시작했고(그림 5), 표면 거

칠기와 형상 정밀도의 양립이 비구면의 ELID 연삭 가공에서도 현실화 되었다.

2. ELID 경면 연삭에 의한 초평활 가공

2.1 ELID에 의한 초평활 경면 가공

ELID 경면 연삭은 평균 입경수 마이크로미터의 지립에 의한 경면 연삭 실현이지만 동일한 전해 인프로세스 드레싱법을 이용해 서브 마이크로 지립 지석에 의한 ELID 초평 활면 연삭이 실현되고 있다. 그림 6은 랩 정반형의 메탈 본드 지석에 의한 초평활 경면

▶▶▶ 지상 공개 강좌

표1 ELID 전용 연삭반의 구성

ELID 유닛	전해 전원 : 고주파 펄스 전원 전극 : 지석 면적의 1/6 연삭액 : 케미컬 솔루션 타입	
	결합재	철계, 코발트, 철-코발트, 철-청동
공구	지립	다이아몬드/CBN
	입도	#60 ~ #200 고능률 연삭용
		#240 ~ #400 조 연삭용
		#500 ~ #1000 중간 다듬질 1용
		#1200 ~ #3000 중간 다듬질 2용
		#4000 ~ #10000 경면 연삭 1용
		#12000 ~ #30000 경면 연삭 2용
#60000 ~ #120000 초정밀 경면 연삭		
기계	기구	회전축: #4000 이상의 미립 지석을 사용하는 경우, 회전 정밀도 0.1 μ m 이하의 베어링이 바람직하다. (정압 베어링) 위치결정: #4000 이상의 미립 지석을 사용하는 경우, 위치 결정 분해능 0.1 μ m가 바람직하다.
	조건	회전수: 드레스 / 톨링 시 500m/min 전후 연삭시 1200m/min 전후 이송속도: 인피드 0.1mm/min 이하 로터리 1m/min 이하 레스프로 25m/min 이하
	기타	온도 제어, 진동 억제, 필터링, 계측 장치

표2 대표적인 전용 초정밀 연삭반의 사양

작업 테이블 지름		φ200mm. 진공 척
작업 테이블		에어 테이블 2축 200~1800rpm 180° 자동 분할
지석 스피들		에어 스피들 1축 300~3600rpm
사용 지석경		컵형 φ146mm
지석축	상하 스트로크	100mm
	이동 속도	0.001~50mm/min
	설정 단위	0.0001mm
기계 본체 중량		2500kg
표준 부속품		NC 장치 연삭액 공급 유닛 ELID 전원·전극 스피들 냉각 유닛 진공 척 진공 펌프
특별 부속품		지석 작업물 두께 측정 장치 지석 접촉 검출 장치 여과 장치

연삭의 원리로, 정압력에 의한 연삭 방식을 이용하여 초미세 지립도 유효하게 적용할 수 있다.

2.2 초평활 가공의 메커니즘

그림 7은 현재 고려되고 있는 ELID 초평활 경면 연삭의 메커니즘을 나타낸 것이다. 여기에서 말하는 초평활 경면 연삭이란 서브 마이크론 오더의 지립을 ELID에 적용하는 경우로, 가공기는 정압력 절입 방식을 채용한다. 전해에 의한 부도체 피막 두께는 수 μ m 이상이기 때문에 서브 마이크론 지립의 경우 피막 안에 떠오른다. 피막에 다이아몬드 미립자가 들어간 새로운 연마재를 만들면서 경면 연마를 하는 방식으로 생각되고 있다.

2.3 작업 영역과 적용 분야

그림 8는 ELID 법에 의한 고능률 연삭, 경면 연삭 그리고 여기에서 말한 초정밀 경면 연삭의 작업 영역과 적용 영역을 나타낸 것이다. 고능률 연삭은 일반적으로 쓰이는 연삭의 조가공 영역을 대체하고, 경면 연삭은 일반적으로 쓰이는 연삭의 다듬질 영역 및 래핑을, 초정밀 경면 연삭은 현재 폴리싱의 고능률 영역을 대체한다. 특히 서브 마이크론 지립을 이용하는 ELID 초정밀(초평활) 경면 연삭은 세라믹이나 초경 합금 등 경질이면서 난삭

성인 재료에 대한 능률적인 초정밀 경면 가공이다.

2.4 ELID 초평활 경면 연삭의 달성 정밀도

ELID 초평활 경면 연삭의 적용 시험으로 #30000(약 0.5 μ m), #60000(약 0.3 μ m), #120000(약 0.1 μ m)에 의한 가공 경취 재료의 경면 가공이 이루어졌다. 최근 들어 #3000000(평균 입경 약 50옹스트롬) 메탈 본드 지석을 이용한 경면 가공에 의해 Ry20~30옹스트롬의 초정밀 연삭면을 매우 능률적으로 실현할 수 있게 되었다. 그림 9은 그 적용에 따른 연삭면 거칠기의 평가, 그림 10는 가공 예를 나타낸 것이다. 각종 광학 재료의 가공도 가능해졌다.

3. ELID 연삭 시스템의 전용화와 실용화

3.1 ELID 연삭 시스템의 전용화

ELID를 이용한 조 연삭부터 경면 연삭에 이르는 각 작업의 능률을 향상시키고, 좀더 높은 안정성을 확보하기 위해 각종 ELID 전용 장치가 개발·실용화되기 시작했다. ①ELID



그림 11 ELID 전용 전원

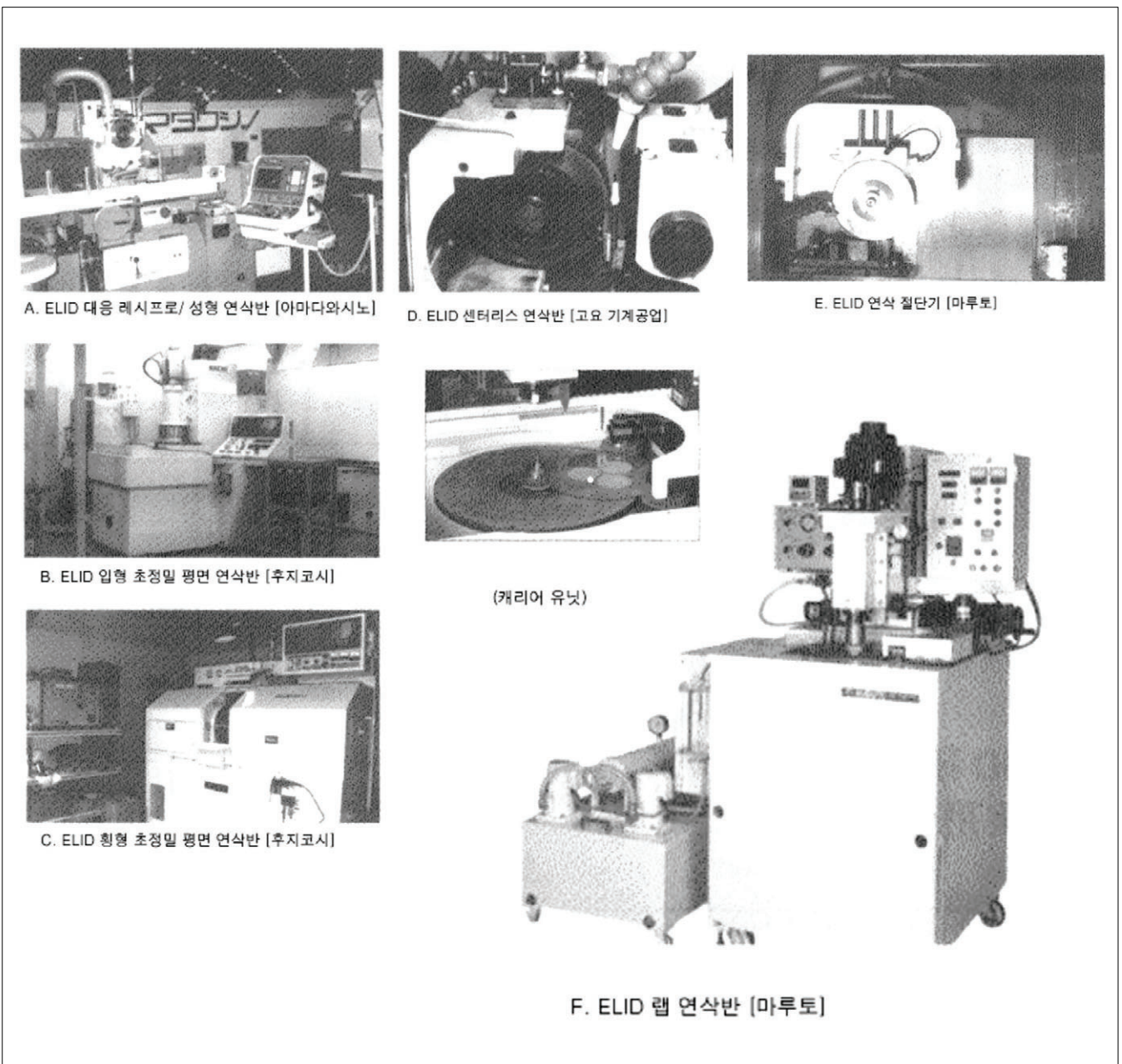


그림 12 대표적인 ELID (대응 / 전용) 연삭 가공기

▶▶▶ 지상 공개 강좌

표3 시판되고 있는 주요 ELID 연삭 시스템

장치	품명(사양) 등	제조업체
지 석	메탈 본드 지석	후지 다이스(주)
	주철 본드(다이아몬드/CBN)지석(FCI)	
	복합 메탈 본드 지석(KFSI-2)	
	청동 본드 지석(KFSI-2)	신토 브레이터(주)
	주철 섬유 본드 지석 (FA)	
	철계 본드 지석 (FX)	
코발트 본드 지석 (FA)		
전 원	고주파 펄스 직류 전원	
	FUJI ELIDER:910,920,630,1560 등	후지 다이스(주)
	ELIDPULSER:EDD-3A, 10A, 15A 등	신토 브레이터(주)
연 삭 액	MICRO-ELIDER NX-ED1501 등	신세라이가공 시스템(주)
	수용성 연삭액	(주)노리타케 컴퍼니
	노리타케쿨 AFG-M, CEM	리미티드
연 삭 반	ELID No.:31,32,35,40 등	신토 브레이터(주)
	NX-CG,VD 등	신세다이 가공 시스템(주)
	(레스프로) 평면 연삭반, 성형 연삭반 등	구로다정공(주)파인 구로다
	로터리 평면 연삭반, 성형 연삭반 등	(주)후지코시
	성형 · 평면 연삭반, 횡형 로터리 평면 연삭반 등	(주)아마다와시노
	평면 · 성형 연삭반, 로터리 평면 연삭반 등	(주)나가세 인테크렉스
	로터리 평면 연삭반, 비구면 가공기 등	리켄제강(주)
	호닝반	(주)닛신 제작소
	센터리스 연삭반 등	고요 기계공업(주)
	연삭 절단기, 랩 연삭반	(주)마루토
	나노 정밀도 가공기	파낙스(주)
	탁상형 가공기 등	신세다이 가공 시스템(주)

전용 전원, ②ELID 전용 가공기를 중심으로, ③ELID 전용 지석, ④ELID 전용 연삭액도 개발되어 표준화 대상이 되었다. 표 1은 ELID 전용 연삭반의 구성을 나타낸 것이고, 표 2는 대표적인 전용 초정밀 연삭반의 사양을 나타낸 것이다. 실리콘 웨이퍼 등의 전자부품 가공에는 다공질 알루미늄에 의한 진공 척이 이용된다. 그림 35는 ELID 전용 전원을, 그림 36은 ELID (대용/전용) 연삭 가공기의 실례를 든 것이다. ELID 연삭 개발 초기에 이용된 주철 섬유 본드 지석의 사용 빈도는 낮아지고 섬유를 없앤 주철 파우더 본드 지석이나 스틸 파우더 본드 지석 등이 주류가 되어 전용화가 진행되고 있다. 또 실리콘이나 광학 유리, 수정 등의 고품위 경면 가공에 대해 주철 본드 산화 세륨 지석 등도 효과적임이 확인되었다. 표 3에 시판되고 있는 주요 ELID 연삭 시스템을 정리했다.

3.2 ELID 연삭의 실용화

정밀 가공뿐만 아니라 일반 연삭 가공에 적용되는 로터리 평면, 레시프로 평면, 원통연 등에 ELID 장치가 탑재된 전용 가공기도 등장하고 있다. 이들 장치를 적극적으로 도입해 활용함에 따라 지금까지 ①실리콘 웨이퍼, ②페라이트, ③광학 유리, ④세라믹,

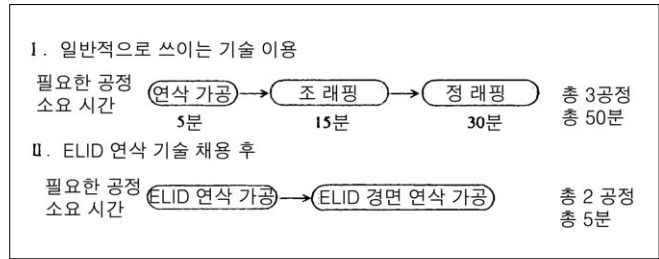


그림 13 ELID 연삭/초정밀 연삭 도입에 의한 공정 변경 예

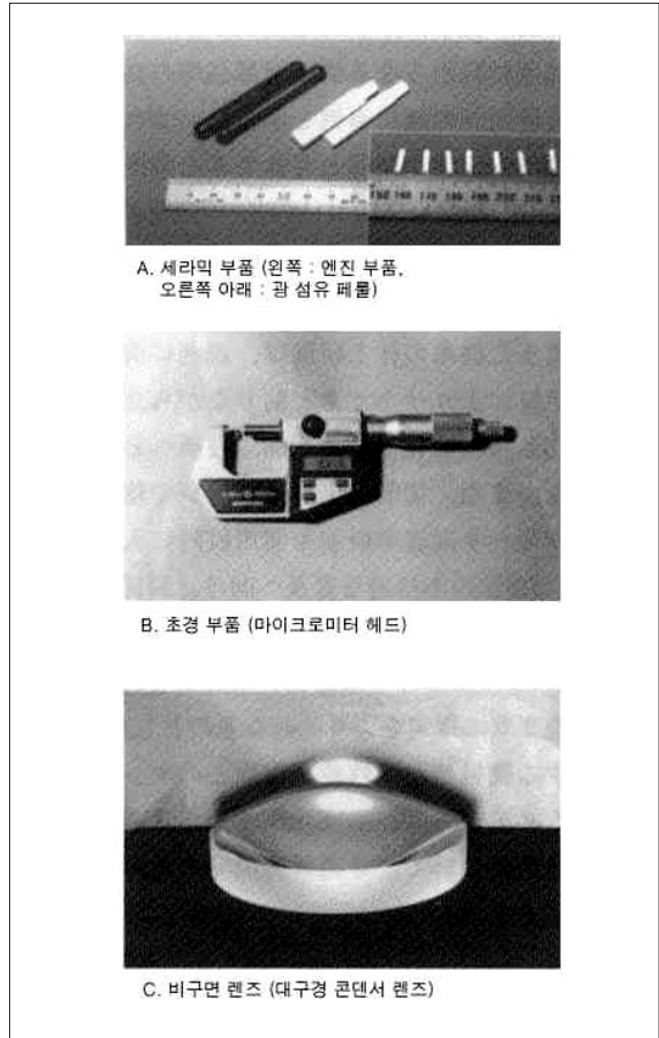


그림 14 ELID 연삭 실용화에 따른 제품 예

⑤초경 합금 등의 소재 가공, 경면 가공에 실용화되고 있다. 그 외 철강재 · 고경도재 경면 가공이나 플라스틱 광학 부품의 경면 가공에 대한 실용화도 검토되기 시작했다.

전용 가공기는 ELID 연삭에 필요한 부가 장치를 특별히 의식하지 않고 이용할 수 있는 방법이 연구되고 있어, 향후 고경도재 일반의 가공 공정에 광범위하게 보급될 것으로 예상된다. 그림 13은 ELID 연삭 도입에 따라 기대되는 공정의 변화, 작업 능력

의 변화를 나타낸 것이다. 단 유리(遊離) 지립에 의한 연마 가공에서는 일반적으로 동시에 다수의 작업물을 가공하기 때문에 가공 시간이 다소 길어도 1개당 평균 가공 시간은 비교적 짧다. 가공 정밀도나 품질뿐만 아니라 낱장(Sheet-fed) 가공화에 따른 시간도 고려하여 고정 지립화를 진행해야 한다. ELID 연삭의 주요 실용화 사례는 다음과 같다.

- ① 반도체 : 각종 기판, 특히 SOI
- ② 자성 재료 : 자기 헤드 재료 · 부품
- ③ 유리 기판 : 하드 디스크, 액정 기판
- ④ 광학 부품 : (비) 구면 렌즈 · 거울, 렌즈 금형, 광 섬유 관련
- ⑤ 세라믹 소재 · 부품 : 베어링 부품, 자동차 부품, 메카셀, 롤
- ⑥ 초경 소재 · 부품 : 내마모 공구, 마이크로미터 헤드, 커터, 펀치
- ⑦ 철강 재료 · 기구 부품 : 플라스틱 금형, seal면, 캘리퍼스, 날붙이, 그 외

그림 14은 이에 대한 대표적인 사례를 나타낸 것이다.

4. 맺음말

여기서는 ELID 연삭법의 개요에 대해 소개하고 전자 부품이나 광학 부품 등을 구성하는 기능성 재료나 고강도 재료로 이루어진 구조용 부품 등에 대한 고능률 · 초정밀 연삭의 적용 사례를 나타냈다. 지금까지 재현성이나 안정성이 문제가 되었던 경면 연삭이나 연성 모드 연삭도 ELID 연삭법의 개발에 따라 실용화되기 시작하고 있다.

부드러운 지석으로 피삭재 표면을 문지르듯이 가공한 기존의 다듬질 연삭은 예리하게 돌출된 미세한 지립에 의해 삭독삭독 잘리며 능률적으로 경면화되고 초정밀화 될 수 있는 신가공 기술로 변해 왔다. 또 절삭 가공의 이미지로 난가공재를 깎는 고능률 연삭도 실용 단계로 들어섰다. ELID 법의 본격적인 보급을 위해 관련된 제조업체의 협력으로 주변 기술의 정비가 진행되고 있지만 ELID 연삭 조건을 최적화하려면 작업 목적의 설정과 구성 요소의 선정을 좀더 명확하게 한 다음 적용할 기계 정밀도 · 성능, 기능과의 적합성을 검토할 필요가 있다. 고도화가 요구되는 일본의 제조 기술에 있어 그 연구 개발의 진보를 기대해 마지 않는다.

▶▶▶ 짧막정보

2006년 1월부터 달라지는 제도

다음은 산업자원부에서 발표한 2006년 1월부터 달라지는 제도에 대해 간략하게 정리해 보았다.

제 목	종 전	달라지는 내용	실행일
신제품(NEP)인증제도	신설	국내에서 최초로 개발된 신기술 또는 이에 준하는 기술을 적용하여 개발된 우수한 제품으로 실용화가 완료되고 3년이 경과하지 않은 제품에 대하여 기술성, 성능, 품질, 품질보증시스템을 평가하여 NEP인증마크 부여	1월 1일
산업단지의 산업시설구역에서 비제조업 사업개시 신고 의무화	신설	산업단지 산업시설구역에서 제조업 외의 사업을 하고자 하는 자는 사업계획서에 따라 시설을 설치한 때에는 관리기관에 신고를 해야 함. 위반 시 2백만 원 이하의 과태료 부과	하반기 시행예정
산업단지 임대사업 계약기간 만료전 처분시 관리기관 양도 의무화	신설	임대사업자가 산업단지안에서 공장 등을 법정임대계약기간 만료전에 처분시 관리기관에 양도하도록 함. 위반하고 다른 자에게 양도할 경우 양수인의 입주를 제한함. 위반시 3년 이하의 징역 또는 1천5백만 원 이하의 벌금 부과	하반기 시행예정
농공단지 공장양도의 불이행시 철거명령	신설	농공단지의 관리권자의 시장 · 군수 · 구청장은 입주계약이 해지된 자 등이 공장의 양도명령을 받고 이를 이행하지 않을 경우 공장의 철거를 명함.	하반기 시행예정
전기요금 평균 1.9% 인상	전기요금 전체 평균 판매단가: 74.58원 교육용 판매단가: 89.05원/kwh	전기요금 전체 평균 판매단가: 76.00원/kwh(1.9%인상) 교육용 판매단가: 74.61원/kwh(16.2% 인하)	2005년 12월 28일부터 시행
비전문 공공기관의 해외자원개발사업 신고시 근거자료 제출	신설	해외자원개발사업이 주된 업무가 아닌 정부산하기관, 지방공무원, 정부위탁업무, 비영리공익사업을 수행하는 기관 및 단체 등이 해외자원개발사업을 신고하는 경우 근거자료를 제출하도록 의무화함.	1월 1일