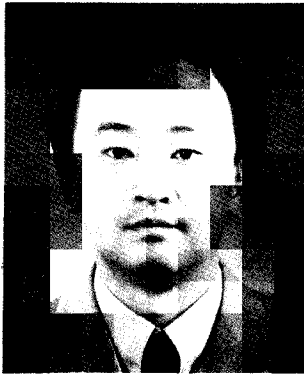


신소재로의 적용을 위한 최신 복합 가공 기술의 전개



강 재 훈(KIMM 자동화연구부)

- '82. 2 경남대학교 공대 기계공학과(공학사)
- '85. 2 국민대학교 대학원 기계공학과(공학석사)
- '94. 8 경남대학교 대학원 기계공학과(공학박사)
- '94. 6 기계제작 분야 기술사
- '85. 3-현재 한국기계연구원 선임연구원

1. 서 언

엔지니어링 세라믹스는 우수한 내마멸성과 내열성, 고경도와 고강도 등의 기계적 특성을 지니는 한편, 전.자기적, 광학적, 화학적인 다양한 기능성 등을 보다 더 가혹한 분위기 하에서도 고신뢰도적으로 발휘할 수 있는 신소재로써, 전세계적으로 소재 대체화를 위한 노력이 경쟁적으로 이루어지고 있으나 경취성으로 인하여 가공이 용이하지 않은 대표적인 난삭재로 분류되고 있다.

근래에 있어서는 초정밀 가공기 및 차세대형 신운송기기 등의 기계 공업 분야와 항공.우주.군수 산업 분야, 미케트로닉스.미케네틱스 산업 분야, 정보 통신 산업 분야 등에서 각종 첨단 핵심 요소 부품 및 부재의 소재로써 활용하고자, 특히 기계적인 최종 제거 가공과 관련한 다양한 연구들이 활발히 진행되고 있는 실정이다.

일반적인 주 가공 방법으로써 다이아몬드 연삭 스톨을 사용한 연삭 가공을 적용하지만 스톨 입자의 절삭 날끝 마멸이 급속히 초래되는 한편, 연삭 눈막힘 등의 가공 트러블이 발생함으로써 지속적으로 효율적인 가공을 수행하기가 곤란하여 가공 능률이 저하되고, 공작물의 가공면 상태 또한 악화되어 표면 품질이 저하되기 쉽다는 문제점들이 따르게 된다.

이와 같은 문제점들을 해결하기 위하여 기계, 전기, 화학, 물리적인 작용을 부가한 다양한 복합 연삭 가공 기술의 개발에 관한 연구들이 단계적

으로 추진되어 왔으며, 최근에 있어서는 일부 전용기가 상품화되어 실용화 단계에 접어든 것들도 있다.

본문에서는 초음파 진동을 이용한 가공과 다이아몬드 슷들을 이용한 연삭 가공을 조합한 초음파 연삭 복합 가공을 주로 하여 최근에 전개되고 있는 복합 연삭, 연마 가공 기술들의 개요와 특성 및 가공 시스템 등을 소개한다.

2. 복합 연삭 가공 기술

엔지니어링 세라믹스를 다양한 부품 및 부재용 대체 소재로써 적용하기 위해서는 그 신뢰성을 보증하기 위한 비파괴적인 시험법의 확립과 고능률적으로 고정도의 가공을 수행할 수 있는 가공 기법의 확립이 요구된다.

무엇보다도 우선적으로 고능률적으로 형상 제어 및 제거 가공을 수행하기 위한 방법의 일환으로써, 초음파 가공과 다이아몬드 슷들을 이용한 연삭 가공을 조합한 방식의 초음파 연삭 복합 가공 기술이 개발되어 최근에 있어서 주목을 받고 있다.

당초에 개발된 초음파 연삭 복합 가공 기술은 초경 합금재 및 세라믹 등의 경취성 소재를 정밀 다듬질 가공하기 위한 목적으로 '60 년대에 일본에서 田中 등에 의하여 개발된 바 있다.

경취성 소재의 고능률적인 가공을 목적으로 한 것은 영국의 Harwell 원자력 발전소에서 수행한 연구로써 세라믹스의 고능률적인 미소 구멍 가공을 수행하는데 적용하기 위한 것이었다. 또한, 구 소련에서도 경취성 소재의 초음파 코어 링 가공에 있어서 가공 조건과 가공 능률의 관계를 정립하기 위한 연구를 수행한 바 있다.

최근에 있어서는 일본에서 山名剛, 石渡昭一, 海野邦昭 등이 초음파 연삭 복합 가공의 가공 조건을 정립하는 한편, 가공 현상을 규명하고 문제점을 해결하기 위한 다양한 연구들을 수행한 바 있다.

엔지니어링 세라믹스의 가공에 있어서 초음파 연삭 복합 가공을 적용하게 된 것에는 관련 가공 분야의 현 상황을 토대로 분석하여 그 제반 문제점들을 파악하게 된 것이 주요한 영향을 주었다고 할 수 있다.

표 1에는 관련 산업 분야의 실무 종사자들을 대상으로 하여 세라믹스의 가공 방법별 실시 건수를 앙케이트 조사한 후, 비교하여 나타내었다.

표1. 세라믹스의 가공 방법별 실시건수

(빈도수)

	0	10	20	30
다이아몬드 슷들에 의한 절단 가공	■	■		
일반 슷들에 의한 절단가공	■	■		
다이아몬드 슷들에 의한 연삭 가공	■	■		
일반 슷들에 의한 연삭 가공	■	■		
래핑 및 폴리싱	■	■		
초음파 가공	■	■		
버핑 가공	■	■		
벨트 연마 등의 연마포지에 의한 가공	■	■		
블라스트 등의 분사가공	■	■		
바벨가공	■	■		
레이저가공	■	■		
화확가공	■	■		
방전기공	■	■		
와이어컷 방전기공	■	■		
전해연삭/전해연마	■	■		
전자빔 가공	■	■		
이온빔가공	■	■		
플라즈마가공	■	■		
워터젯가공	■	■		
기타	■	■		

표로 부터 다이아몬드 슷들을 이용한 절단 및 연삭 가공과 래핑 및 폴리싱 가공의 빈도가 높은 것을 알 수 있으며, 따라서 실용적으로는 절단, 연삭 가공후 래핑이나 폴리싱 가공으로 최종 다듬질 가공을 수행하는 경우가 대다수임을 추정할 수 있다.

경취성 소재에 대하여 전자 빔가공이나 레이저 가공 등의 빔 가공 방법의 적용이 고려되고 있으나, 현재의 단계에서는 가공 비용이나 가공 능률 등의 측면에서 열악한 면을 지니고 있어 해결할 과제가 많음도 알 수 있다.

그림 1은 세라믹스의 가공에 있어서 요구하는 가공 정도와 실시 빈도를 비교하여 나타낸 것이다.

그림으로 부터 Rmax 1-3 μm 의 가공면 거칠기를 요구하는 경우가 가장 많으며, Rmax 0.2-3 μm 의 범위에 거의 편중되어 있는 것을 알 수 있어 연삭 및 래핑, 폴리싱 가공 방법이 주로 적용된다는 것을 추정할 수 있다. 따라서 세라믹스 가공에 있어서의 문제점은 다이아몬드 연삭 슛들을 이용한 연삭 및 래핑, 폴리싱 가공에 있어서의 문제점이라고 해도 과언은 아니다.

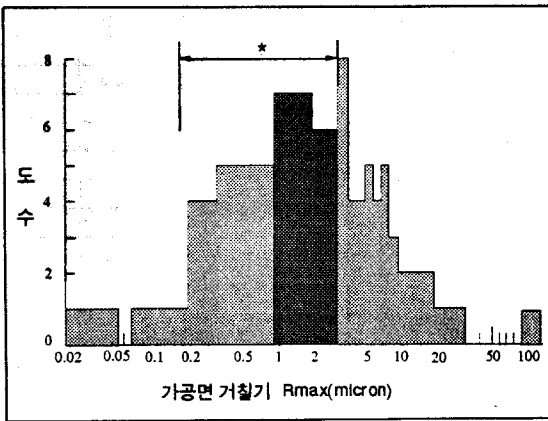


그림 1. 세라믹부품의 요구 가공 방법별 실시 건수

표 2, 3에는 세라믹스의 연삭 및 래핑, 폴리싱 가공에 있어서의 제반 문제점들을 조사한 후, 나타내었다.

표들로 부터 연삭 가공에 있어서 가공 비용을 지적하는 경우가 가장 많은 것은 세라믹스의 가공 능률이 낮으므로 작업비가 많이 소요되기 때문이며, 공구비를 지적하는 것은 마멸이 높기 초래되어 공구비가 많이 소요되기 때문이라고 추정할 수 있다. 따라서 임의의 치수 및 형상 정도를 유지하며 세라믹스를 고능률적으로 가공하는 것이 가장 주요한 과제라고 생각할 수 있다.

세라믹스가 취성이 높으므로 충격력에 취약하다는 특성을 이용하여 다이아몬드 슛들에 의한 연삭 가공과 초음파 가공을 조합한 복합 가공을 적용한다면 세라믹스를 보다 고능률적으로 가공

할 수 있지 않을까하는 구상으로 부터 초음파 연삭 복합 가공 장치를 개발하게 되었다.

초음파 연삭 복합 가공 장치의 기본적인 개념은 다이아몬드 연삭 슛들의 가공면에 위치한 무수히 많은 슛들 입자의 절삭 날끝에 미세한 진폭의 초음파 진동을 매우 빠르게 반복적으로 가진 함으로써, 그림 2에서와 같은 주요한 역할을 수행하게 되어 다양한 연삭 트러블을 억제 혹은 개선할 수 있도록 하는 것이다.

그림 3에는 기계 역학적인 충격 에너지가 부여되는 초음파 연삭 복합 가공을 제외한 전기, 화학, 물리적인 작용이 복합화된 2, 3원화 복합 연삭 가공의 상호 관계를 간략히 나타내었다.

표 2. 다이아몬드 슛들에 의한 세라믹스 연삭 가공시의 문제점

	(빈도수)			
	0	10	20	30
가공 비용	■	■	■	■
가공 능률	■	■	■	■
가공 공구비	■	■	■	■
가공 정도	■	■	■	■
가공 공구의 성능	■	■	■	■
양산 기술	■	■	■	■
특수 형상 가공	■	■	■	■
가공의 자동화	■	■	■	■
미세가공	■	■	■	■
가공면의 성질	■	■	■	■

표 3. 세라믹스의 래핑 및 폴리싱 가공시의 문제점

	(빈도수)			
	0	10	20	30
가공 비용	■	■	■	■
가공 능률	■	■	■	■
가공 정도	■	■	■	■
가공면 거칠기	■	■	■	■
가공의 자동화	■	■	■	■
양산 기술	■	■	■	■
특수 형상 가공	■	■	■	■
가공 공구의 소모비	■	■	■	■
가공 시스템의 성능	■	■	■	■
미세가공	■	■	■	■

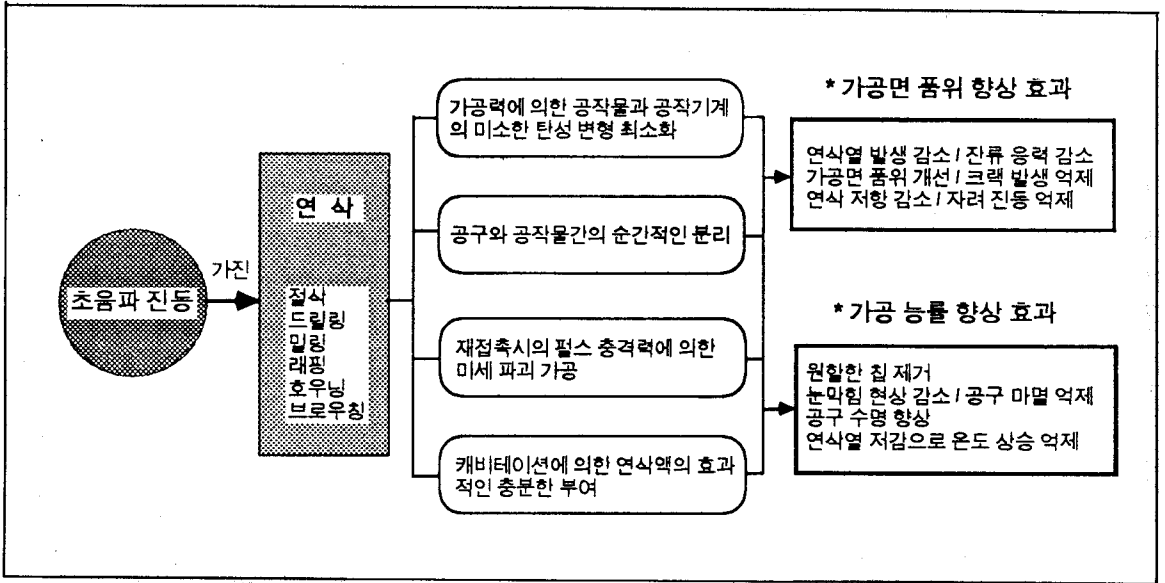


그림2. 초음파 연삭 복합 가공의 효과

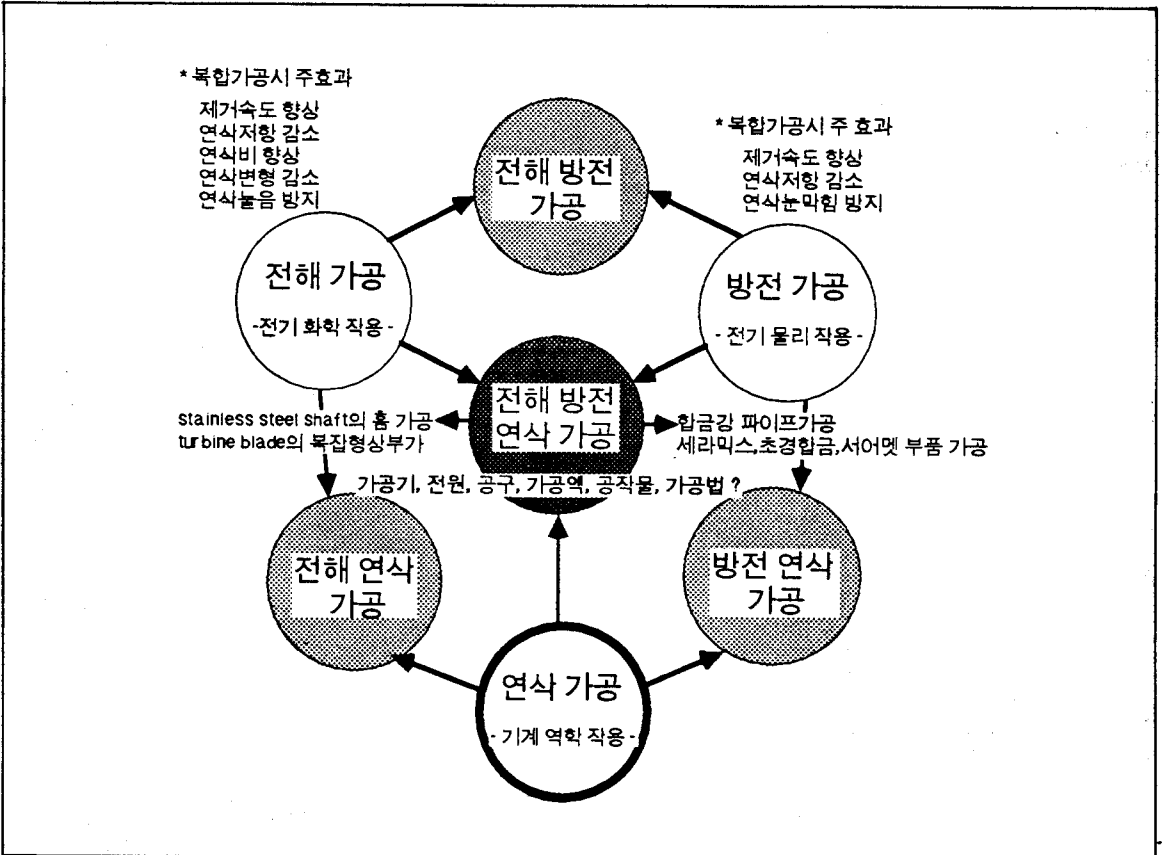


그림3. 연삭가공을 중심으로 한 2,3원화 복합가공의 상호 관계

3. 초음파 연삭 복합 가공

초음파와 가공이란 초음파 종진동을 공구의 선단에 작용시켜 공구와 공작물간의 접촉시에 펄스 충격력에 의해 파쇄 제거 작용이 이루어지도록 하는 한편, 순간적인 칩의 분리가 일어나도록 하는 가공 기구를 이용한 기계 역학적인 제거 가공 기법이다.

사진 1에는 일본의 鳥田理化工業(株)와 大阪 다이아몬드工業(株)가 공동으로 연구수행하여 개발한 초음파 연삭 복합 가공 시스템의 시제작 예를 나타내었으며, 그림 4에는 축 방향으로 초음파 진동이 부가되며 고속으로 회전하는 초음파 연삭 가공 유닛트를 나타내었다. 그러나 엄밀히 구분하면 이 장치는 코어 드릴링 가공을 수행하는 방식의 초음파 연삭 복합 가공 장치라고 할 수 있다.

또한, 정 하중을 부여하는 가공 방식을 채택하기 위하여 공작물을 위치한 테이블에 그림 5와 같은 구조의 천평식 간이 가압 장치를 제작하여 부착하였다.

따라서 다이아몬드 슷돌에 대한 축 방향으로의 진동, 회전 운동 및 부하 하중에 다른 테이블 축 방향으로의 이송 등에 의하여 초음파 연삭 복합 가공이 이루어지도록 한 것이다.



사진1. 시제작한 간이 초음파 연삭 가공 시스템의 예

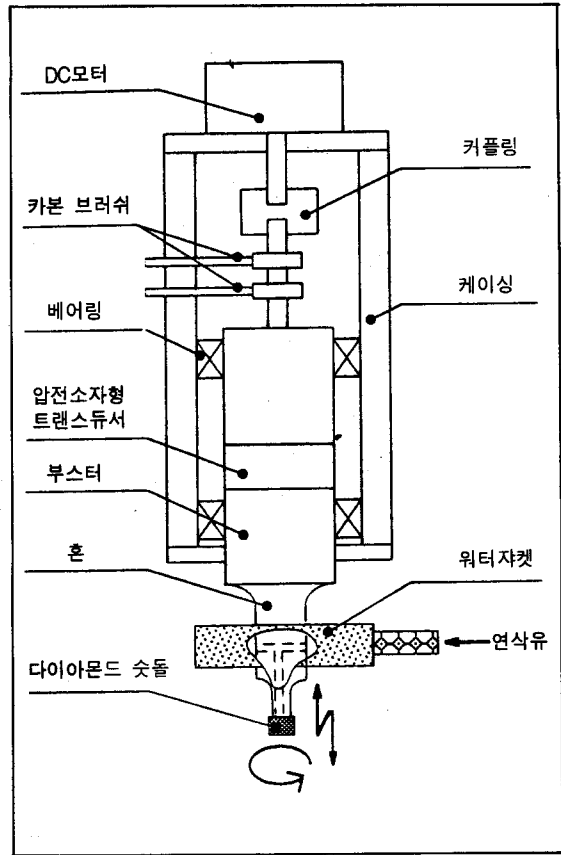


그림4. 초음파 연삭 가공 유닛트의 구조

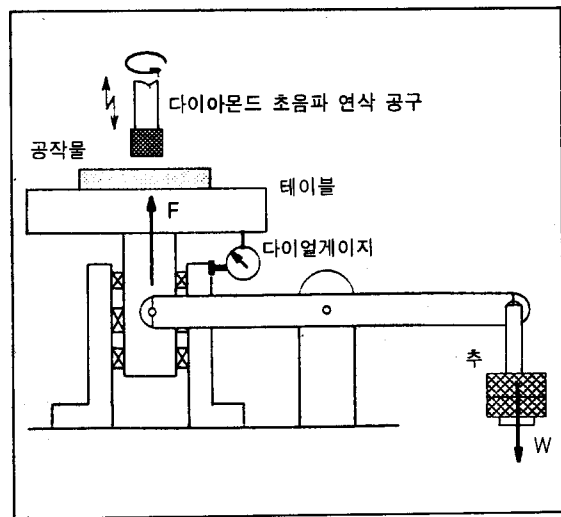


그림5. 정압형 가압 유닛트의 메커니즘

초음파 가공의 경우에는 부스터의 선단에 연강재의 공구 혼을 부착하여 사용하는 한편, 탄화규소 등의 유리 지립을 물과 적절한 농도비로 구성하여 슬러리 상태로 공급하여 가공을 수행하지만, 초음파 연삭 복합 가공의 경우에는 다이아몬드 슷돌을 혼과 일체형의 구조로 제작하여 공구로써 사용하며 유리 지립의 공급은 필요로 하지 않는다.

사용한 공구는 그림 6과 같은 Step type의 형상을 지니며 코어 링에 의하여 가공 성능을 검토하는 한편, 가공 칩의 배출을 용이하게 하도록 중공의 구조가 되도록 제작하고 워터 자켓을 부착하여 연삭유를 공급할 수 있도록 하였다.

공구는 0-5,000 rpm의 회전 운동을 무단 변속할 수 있으며, 공구의 선단에는 약 30-50 μm의 진폭이 부가되도록 조절할 수 있도록 형상 및 치수를 설계하여 제작하였다. 또한, 공구 선단에 위치한 슷돌 입자의 운동은 그림 7과 같다고 가정할 수 있다.

그림 8은 일반 연삭과 초음파 연삭 복합 가공에 있어서 공구 주속도의 변화에 따른 가압력과 제거 속도와의 상호 관계를 비교하여 나타낸 것이다.

그림으로 부터 초음파 복합 연삭 가공의 경우에는 약 1.5 MPa의 가공 압력 범위 내에서는 가공이 거의 진행되지 않아서 제거 속도가 거의 0에 근사하나, 그 이후부터는 급격히 상승함을 알 수 있다.

반면에 일반 연삭의 경우에는 약 3.0 MPa의 가공 압력 범위까지 가공이 거의 진행되지 않아서 제거 속도가 거의 0에 근사하며 그 이후부터 서서히 상승함을 확인할 수 있을 정도이다.

두 경우에 있어서 모두 가압력이 증가할수록 선형적으로 비례하여 제거 속도가 상승하지만 초음파 연삭 복합 가공에 있어서 상대적으로 매우 큰 상승폭을 나타내는 것은 슷돌 입자에 작용하는 외력이 커지므로 공작물에 쉽게 관입될 수 있기 때문이라고 할 수 있다.

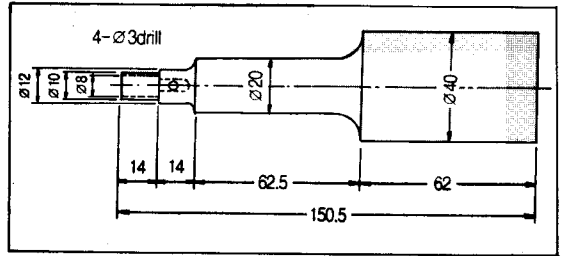


그림6. Step type 혼(초음파 연삭 공구)

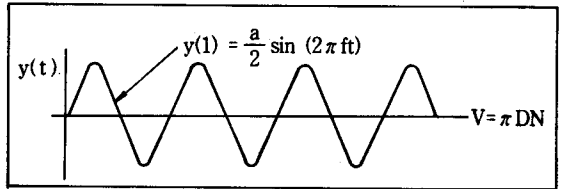


그림7. 공구 선단에서의 지립 운동

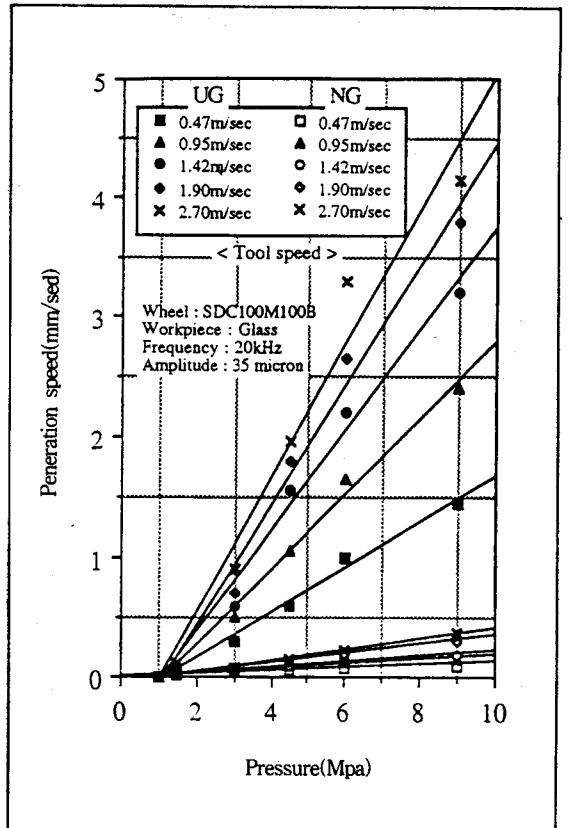


그림8 공구 주속도의 변화에 따른 가압력과 제거 속도의 관계

그림 9는 초음파 연삭 복합 가공에 있어서 공구 주속도의 변화에 따른 초음파 진동의 진폭과 제거 속도와의 상호 관계를 비교하여 나타낸 것이다.

그림으로 부터 진폭이 증가할수록 제거 속도가 거의 선형적으로 비례하여 상승하는 것을 알 수 있다. 초음파 진동에 의한 충격력은 진폭에 비례하여 커지므로 제거 속도도 역시 선형적으로 상승하게 된다고 할 수 있다.

그림 10은 일반 연삭과 초음파 연삭 복합 가공에 있어서 가압력의 변화에 따른 공구 주속도와 제거 속도와의 상호 관계를 비교하여 나타낸 것이다.

그림으로 부터 두 경우 모두 공구 주속도가 증가할수록 제거 속도가 상승함을 알 수 있는 한편, 초음파 연삭 복합 가공의 경우에는 상대적으로 제거 속도에 미치는 공구 주속도의 영향이 크다는 것을 확인할 수 있다.

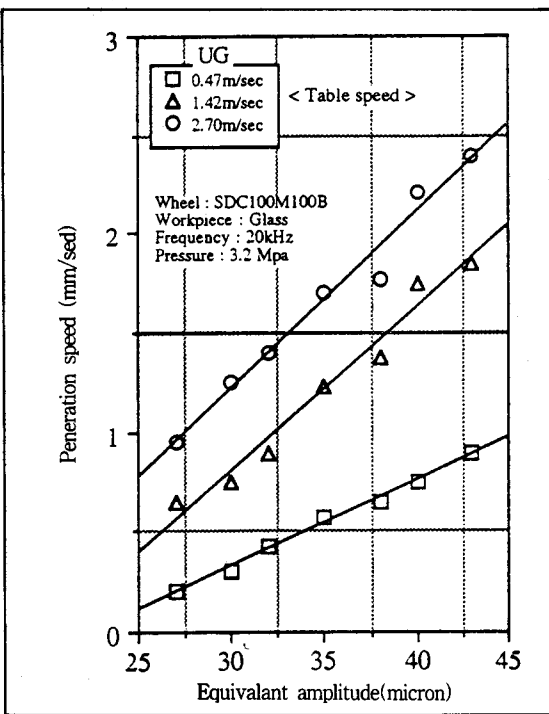


그림9. 공구 주속도의 변화에 따른 초음파 진동 진폭과 제거 속도의 관계

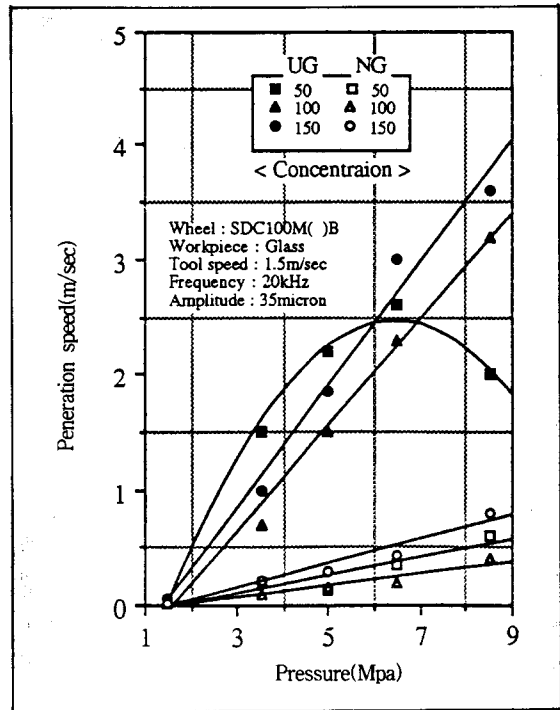


그림10. 가압력의 변화에 따른 공구 주속도와 제거 속도의 관계

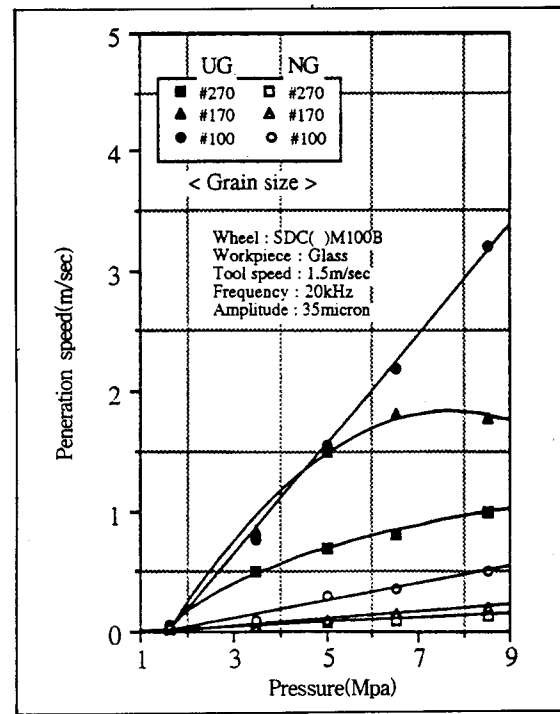


그림11. 공구의 사양 변화에 따른 가압력과 제거 속도의 관계

그림 11은 일반 연삭과 초음파 연삭 복합 가공에 있어서 공구의 사양(입도) 변화에 따른 가압력과 제거 속도와의 상호 관계를 비교하여 나타낸 것이다.

그림으로 부터 입도가 높은 즉, 슷돌 입자가 고운 공구일수록 가압력이 증가하여도 제거 속도가 거의 낮게 구속된다는 것을 알 수 있다.

4. 2, 3 원화 전기, 화학, 기계 복합 가공

4.1. 전해 연삭

표 4에는 신소재 세라믹스를 비롯한 대표적인 난삭성 소재들을 분류하고 그 특성들을 비교하여 나타냈으며, 표 5에는 이들의 부품화를 위하여 적용될 수 있는 각종 가공 방법의 종류와 미케니즘을 비교하여 나타내었다. 또한, 표6에는 최근에 전개되고 있는 복합가공 기술들을 분류, 비교하여 나타냈으며, 전해 연삭 가공 기구를 그림 12에 나타내었다.

전해 연삭 가공이 제시되어 적용되기 시작하던 초기에는 회전하는 흑연 원판을 전극으로 하고 교류 혹은 펄스 전류를 이용한 일종의 전해 가공 방식으로써 전해 과정에 의한 제거 가공이 위주가 되며, 전기 화학 작용으로 가공면에 발생하는 양극의 막은 미약한 방전 효과에 의하여 제거되는 가공 기구의 특성을 이용하였다.

흑연 원판형 전극의 기계적인 제거 효과를 기대할 수 없어 고능률, 고정도의 가공을 하는 것이 곤란하나, 전극의 성형이 용이하여 초경 합금계의 성형 가공 등에 효율적으로 적용할 수 있다.

현재에 있어서는 기계적인 연삭 능력과 통전성을 지니는 슷돌, 동이나 니켈 등을 도금 처리한 슷돌 등을 개발하여 적용하고 있으며, 전해 연삭을 할 경우에는 미세한 방전에 의한 눈막힘 현상의 억제 효과도 획득할 수 있다.

일본 응용자기연구소에서는 MEEC 전해 연삭 가공 시스템을 개발하였으며, 기계, 전기, 화학적

표4. 난삭성 소재들의 특성 및 분류

특 성	대표적인 재료
재료 강도가 높은 재료	아이스 강, 머레이징 강
경도가 높은 재료	열처리 강, 칠드 강, 스테라이트, 세라믹스, 초경 합금
연성이 높은 재료	순철, 순강, 순 니켈
가공 경화성이 큰 재료	고망간 강, 스테인레스 강, 내열 강, 초내열 합금
고경도의 입자를 함유한 재료	소결 합금, 고속도 강, 고실리콘 합금, 알루미늄 합금, 강화 플라스틱
친화성이 큰 재료	티타늄 및 티타늄 합금, 스테인레스 강, 순 니켈 초내열합금
열적 성질이 특이한 재료	티타늄 및 티타늄 합금, 스테인레스 강, 초내열합금

표5 가공 방법의 종류와 원리 및 미케니즘의 비교

가공 원리	가공 미케니즘	가공법
기계적 가공	소성 유동 파괴	연삭, 호우닝, 래핑, 폴리싱, 버핑, 바렐 가공
기계적 특수 가공	특수한 조건하의 기계적 파괴	초음파 가공, 분사 가공, 이온 빔 가공
열적 가공	열에 의한 분해, 용융, 기화	방전 가공, 전자 빔 가공, 레이저 가공, 플라즈마 가공
전기 화학적 가공	전기 화학적인 용출, 석출	전해 가공, 전해 연마 가공
화학적 가공	화학적 용해	화학 연마, 에칭, 포토 에칭

표6. 복합 가공법의 분류 및 가공 조합 방식의 비교

가공의 조합 방식	복합 가공법의 예
기계적 가공법과 기계적 특수 가공법	초음파 연삭 가공
기계적 가공법과 열적(물리적) 가공법	방전 연삭 가공
기계적 가공법과 전기 화학적 가공법	전해 연삭, 전해 호우닝, 전해 래핑, 전해버핑, 미케노케미컬 폴리싱가공
열적 가공법과 전기 화학적 가공법	전해 방전 가공
기계적 가공법과 열적 가공법과 전기 화학적 가공법	전해 방전 연삭 가공, 엘렉트로미케니켈 연삭

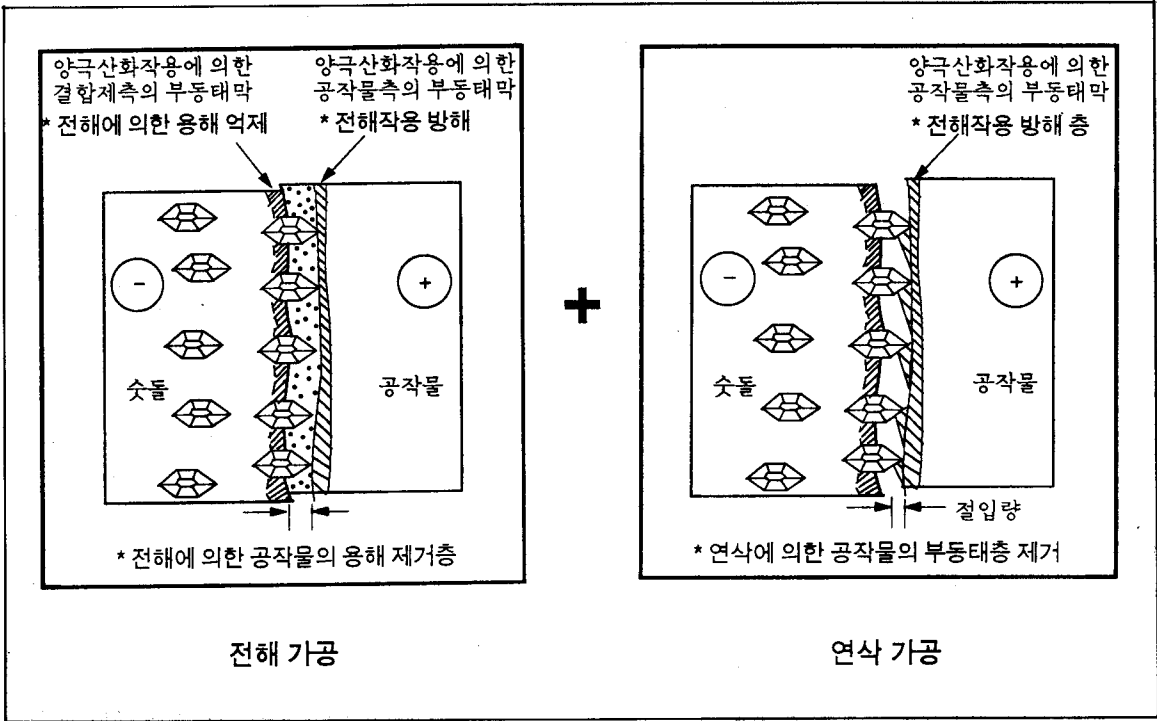


그림12. 전해연삭가공기구

인 가공의 각 장점을 이용하고 최적 가공 조건을 적용함으로써 고경취성 자석 합금재(Fe-Si-Al계)의 최대 가공 효과를 획득한 바 있다.

직류/교류 전원과 수 mm의 폭을 지니는 도전부를 외주에 성형한 숫돌을 이용, 숫돌 회전에 따라 회로가 단속되므로 직류 전원을 이용해도 숫돌과 공작물 간에는 펄스 전류가 흐르게 된다.

가공액은 얇게 희석한 초산 소다액 혹은 연삭 성능을 향상하기 위한 특별한 액을 사용, 일본 크레노틴사에서는 MEEC 숫돌, 전면 통전형의 ELEC 숫돌, 전해 방전 연삭용 전원 장치와 전용 가공액 등을 제조 판매한다.

4.2. 방전 연삭

방전 복합 연삭이란 양극성의 숫돌에 대한 전해 용출과 방전 작용에 따른 연속적인 드레싱 효과를 얻음으로써 양호한 절삭 성능을 확보하는 기계적인 연삭 제거 가공 방식이다.

연삭 숫돌대의 카바에 장착된 도전 브러쉬를

이용하고 특수 절연 플랜지에 의하여 연삭 숫돌에 통전을 하는 바, 컬럼의 주축부로 부터 연삭 숫돌을 완전히 절연하고 컬럼 측에 도전 브러쉬를 장착하여 통전하는 방식을 택한다.

연삭 숫돌 및 주축 스프인들을 본체로 부터 완전히 절연 분리하고 도전성을 지니도록 특수하게 처리한 비트리화이드계 및 레지노이드계 연삭 숫돌을 이용하며, 특수한 전원 장치로 전압을 가하는 한편, 미소한 전류가 흐르는 연삭액을 주입하며 연삭 가공을 수행한다

연삭 숫돌의 눈막힘 현상이 제거되는 효과를 주로 기대할 수 있으며, 액중 방전 작용에 의하여 가공물 표면이 화학적으로 침식 용출, 변질됨으로써 약해져 기계적인 제거량이 다소 증대되는 부수적인 효과도 얻을 수 있다.

MEEC와는 다른 전면 통전의 도전성 숫돌과 펄스 전류를 채택하고 다소의 전도성을 지니는 일반 수용성 연삭액(전해액의 일종)을 사용하며, 가공물 취부로 부터 가공액을 통하여 전류가 흐

르게 되어 조건에 따라서는 미약한 방전이 발생하게 된다.

방전 효과에 의한 연삭 스톨의 눈막힘 현상 억제로 연삭 저항, 연삭 열 발생의 미소화 및 연삭 스톨 마멸의 현저한 감소 효과를 얻을 수 있다.

또한, 가공후의 변형, 열화, 변질층, 버어 등 기계적 손상들을 극소화할 수 있으며, 초경 합금, 세라믹스 등의 성형 연삭 가공이 용이하여 가공 시간을 단축할 수 있고, 난삭성 및 경취성 재료에 대한 정밀 절단 연삭, 성형 연삭, 평면 연삭 가공 등에 있어서 양호한 효과를 기대할 수 있다.

일반 수용성의 연삭액을 사용하므로 기계나 장치의 부식, 혹은 가공물에 미치는 화학적인 손상의 염려를 탈피할 수 있다는 장점도 지닌다.

사진 2에는 일본 일흥기계의 COMMEC 방전

복합 연삭 가공 시스템을 나타내었다. 2-4 kHz의 펄스 전원과 도전체를 첨가한 양극 전극의 레이노이드 스톨을 사용함으로써, HIP 질화규소 세라믹스를 0.5 mm 두께의 스톨을 사용하여 평균 전압 60 V, 전류 0.12 A, 절입량 11mm, 이송량 50 mm/min의 조건으로 절단 연삭 가공 수행하여 일반 가공에 비하여 약 220 % 이상 고능률의 제거 효과를 얻을 수 있다.

방전에 의한 고온 고압 분위기에서 화학 반응으로 세라믹스가 변질되어 가공이 용이하게 되며 연삭 스톨의 눈막힘 억제 효과와 가공물 표면의 변질에 의한 효과를 얻을 수 있고, 연삭 스톨과 가공물의 접촉호가 긴 경우에 그 효과가 현저하게 나타나므로 절입량이 큰 크라이프 피드 연삭에 효율적으로 적용이 가능하다.

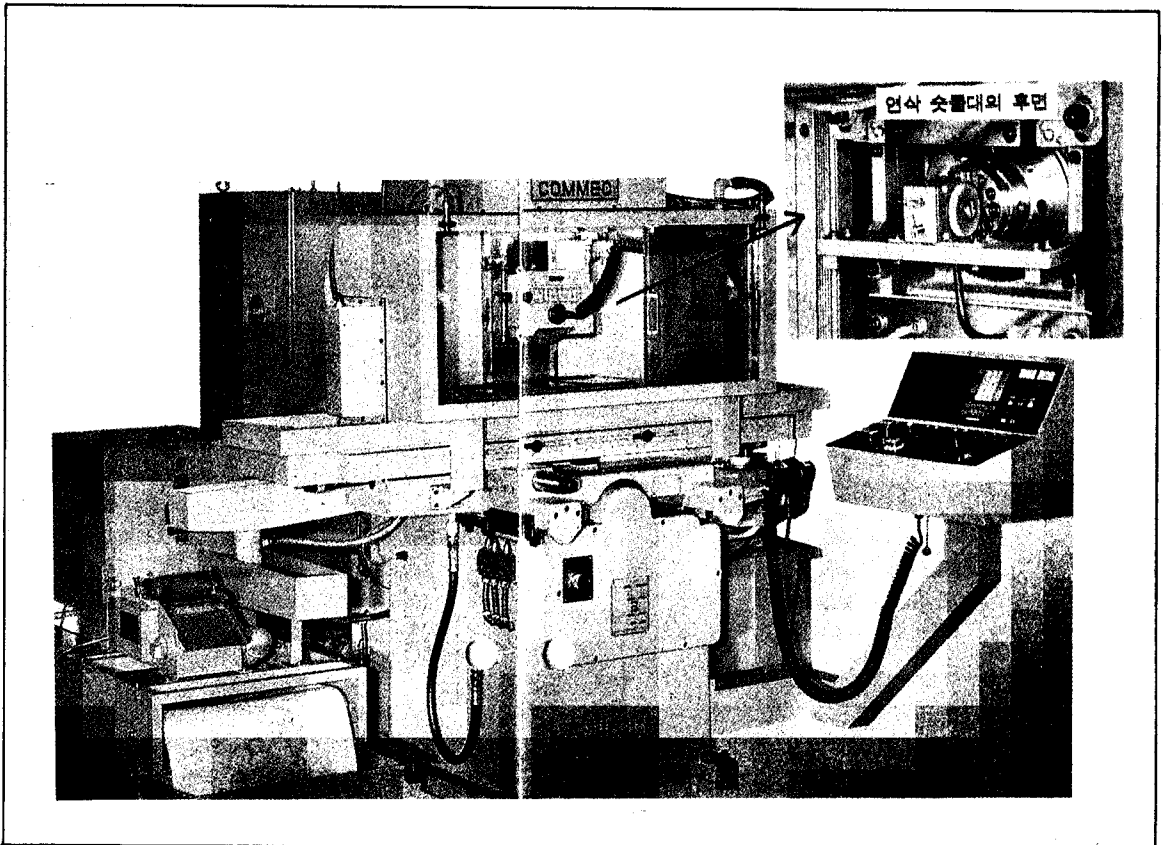


사진2. 방전 연삭 가공 시스템의 사진

4.3. 전해 방전 연삭 가공

방사상의 통전부를 지닌 세크멘트 구조의 MEEC 전용 슷들 사용하며 MEEC 슷들과 가공물에 전압을 부가하고 MEEC 가공액을 가함으로써 슷들 회전에 따라 펄스가 발생하여 전해 방전과 기계적 연삭이 거의 동시에 이뤄지게 된다는 가공 기구를 지닌다.

비도전부와 가공물의 접촉시에는 기계적인 연삭 작용이 이루어지며, 도전부와 가공물의 수직 접촉시에는 가공액 주입으로 전해 작용 도전부와 가공물의 분리 순간에 방전 작용이 이루어진다.

즉, MEEC 슷들의 도전부와 가공물의 접촉/분리 반복 작용으로 인하여 전해/방전 작용이 발생

하고, 동시에 기계적 연삭 작용이 이뤄져 상승 효과에 의하여 연삭 능률이 증대되는 효과를 얻을 수 있게 된다.

경취성 및 난삭성 재료에 대한 고속 및 /고정도의 연삭 가공이 가능하며, 절단 연삭, 성형 연삭, 평면 연삭 가공 등에 큰 효과를 발휘할 수 있다. 또한, 전해 방전 가공면이 아닌 기계적 연삭면을 나타내며 열처리한 것과 같아 가공후 특성 열화, 가공 변질층, 기계적 손상이 충분히 억제될 수 있다는 장점도 지닌다.

전해 혹은 방전 가공이 불가능한 비전도성 재료(세라믹스, 수정, 석영 등)에 대해서도 적용이 가능하며, 표면 처리나 열처리한 가공물에 대해서도 고속, 고정도의 가공을 수행할 수 있다.

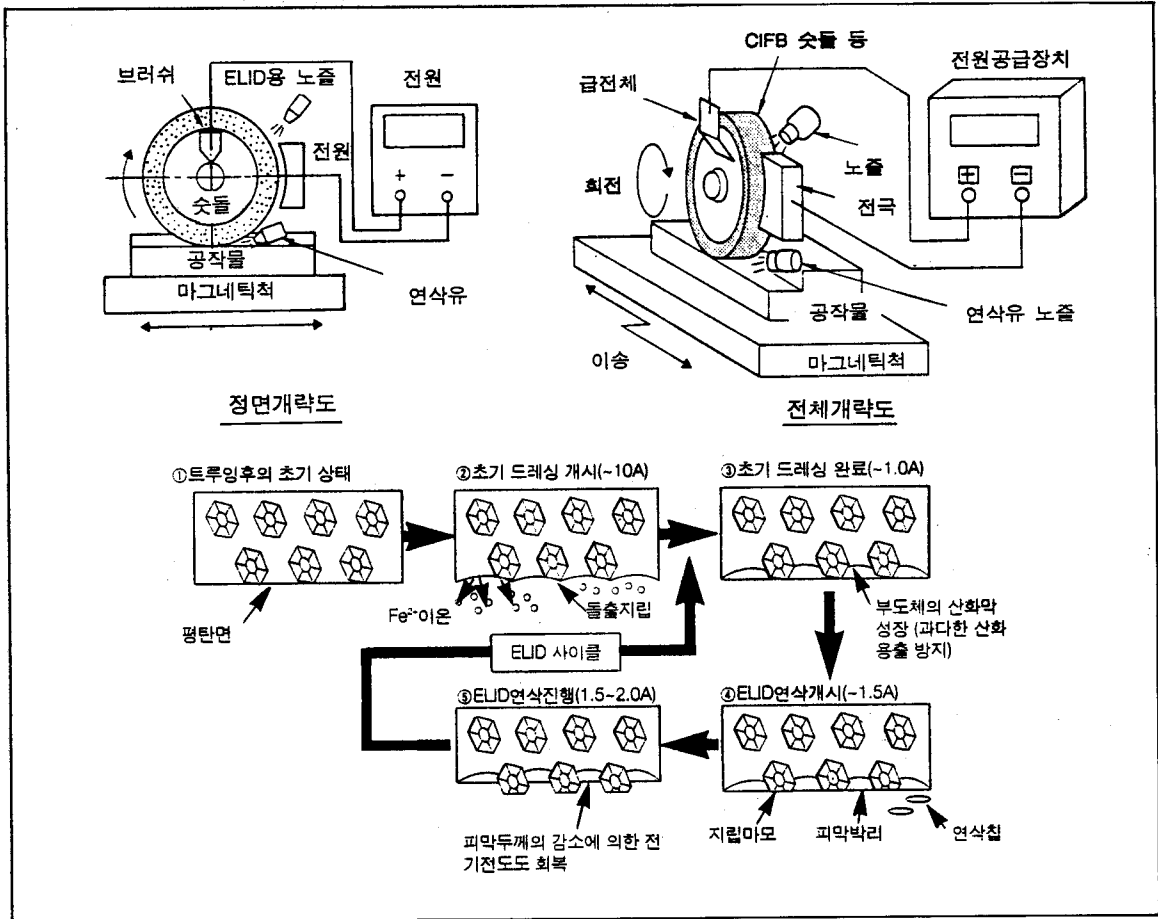


그림 13. 전해 연속 드레싱을 이용한 연삭 가공 시스템의 개략도 및 전해 연속 드레싱의 원리

4.4. 전해 연속 드레싱 기법을 이용한 연삭

전해 연속 드레싱(ELID: Electrolytic Inprocess Dressing) 기법을 이용한 연삭이란 양극의 슛돌면과 대향한 음극과의 사이에 전도성의 연삭액을 공급함으로써, 연삭 공정 중에 전해 작용에 의한 연속적인 드레싱 효과를 부여함으로써 가공능률과 가공 정도의 향상 효과를 얻을 수 있다.

스툴 입자의 마멸 및 절삭 칩 융착 등의 현상으로 인하여 절삭 성능이 저하된 슛돌의 가공면을 전해 작용으로써 결합제 등만을 선택적으로 연속 용출 및 후퇴시켜 그림 13과 같은 원리에 의하여 지속적으로 예리한 절삭 날끝을 유지할 수 있다.

주요한 장점으로서는 안정된 연삭 상태와 공구 수명의 증대 효과 및 연삭 저항과 가공 제거율의 일정한 유지 효과를 얻을 수 있다는 것을 들 수 있다.

일본 이화학 연구소에서 개발한 전해 연속 드레싱 장치를 그림 14에 나타내었으며, 미세한 입자형의 연삭 슛돌이 지나는 재현성과 신뢰성있는 드레싱의 곤란, 결합제의 약한 지지력에 의한 마멸, 탈락 현상의 조기 초래, 연삭 슛돌 눈막힘 현상의 과다 발생이라는 문제점들을 해결할 수 있게 되어 경면급의 고품위 가공면을 충분히 얻을

수 있다.

CIFB(Cast Iron Fiber Bond) 및 CB(Cobalt Bond)/SB(Steel Bond) 결합제형의 미세한 입자형(#4,000/6,000/8,000) 다이아몬드 슛돌 및 전원 공급 장치를 개발하였으며, 일본 노리다케사의 전도성 연삭액(AFG-M) 사용하여 나노미터급의 가공면 거칠기를 지니는 고품위 가공면을 얻고 있다.

세라믹스, 초경 합금, 광학용 플라스틱 렌즈, 복합재 등의 경취성 난삭재에 대한 나노미터급의 가공면 거칠기와 가공 결합, 변질층이 거의 잔재하지 않는 경면의 가공면 품위를 고품질적으로 달성할 수 있다는 장점으로 인하여 현재 원통 및 평면 연삭을 비롯한 모든 연삭 가공과 래핑, 호닝 등의 연마 가공에도 다양하게 적용되고 있다.

5. 결론.

생산 기술에 있어서 마무리 공정을 수행하는 가공 기술은 제품의 고부가가치를 창출하는 주요한 역할을 담당하고 있다고 할 수 있다. 점차적으로 가공 기술의 정밀도와 능률측면에 있어서 극한적인 한계에 도달하기 위하여 전 세계적인 연구 노력이 경쟁적으로 진행중인 실정이며, 국내에서도 제품의 대외 경쟁력을 향상시키기 위한 노력의 일환으로 소재의 난삭성 여부에 관계없이 첨단 산업 요소 부품으로의 기존 소재 대체화를 위한 관련연구들이 다양하게 진행중에 있다.

특히, 복합 가공 기술에 관한 연구는 선진국들의 경우에 있어서 활발하게 진행되어 왔으나, 국내의 경우는 아직 체계적으로 수행되어온 실적이 매우 미비한 실정이다. 따라서 향후에는 관련 기술의 종속화를 타개하는 한편, 난삭성 소재 부품의 순국산화 개발을 위하여 전용 시스템의 설계, 제작 기술과 가공 공정 기술 개발에 관한 산, 학, 연의 다각적이고 체계적인 연구들이 집중적으로 수행되는 것이 바람직하다고 생각된다.

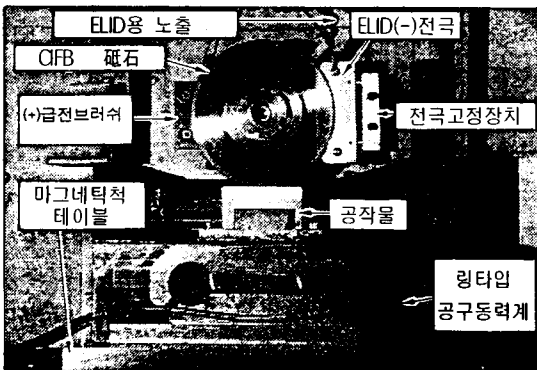


그림 14. 전해 연속 드레싱 장치