

제3소재 화인 세라믹스와 정밀 가공기술의 현황



이 재 경

(가공기술실 책임연구원)

- '65. 3-'69.2. 한양대학교 졸업(기계공학 학사)
- '78. 4-'80.3. 일본와세다대학 대학원 졸업
(기계공학석사)
- '75.10-'79.3. 동화전기 공장장
- '80. 5-현재. 한국기계연구소 책임연구원

관심 있는 분야

초정밀 연삭가공, 경면가공, 식물공장.

강 재 훈 (가공기술실 연구원)

- '83.2 경남대학교 공과대학 기계공학과 졸업
(학사)
- '85.2 국민대학교 대학원 기계공학과 졸업
(공학석사)
- '85.3 - 현재 한국기계연구소 연구원

1. 서 론

근년에 들어 우리 인류는 우주개발, 원자력 산업, 일렉트로닉스 산업 분야등에 걸친 눈부신 발전을 이루게 되면서, 보다 극한적인 가혹한 환경 조건 하에서도 뛰어난 내열성, 내식성, 기계적 강도, 전자기적 특성 등을 가지며 칫수의 정밀도가 좋은 재료를 필수로 하게 되었다. 이에 따라 최근 새로이 등장하게 된 것이 전기.전자 기능등의 기능성을 지닌 기능 재료, 내열 구조 재료, 고강도 재료 등으로서 우수한 성능을 갖는 각종 화인 세라믹스인데 이는 요즘 전세계적으로 미래지향적 고부가가치의 전기.전자 부품, 기계부품, 광학 부품 및 그 밖의 기타 여러 첨단산업분야의 전반에 걸쳐 주목받고 있는 신소재이다. 즉 종래의 전통적 세라믹스로서의 인식되어 왔던 세라믹스 재료를 전혀 새로운 감각을 갖고 미래지향적 신소재로 만든 화인 세라믹스 재료가 등장하게 된 것이다. 이와 같은 화인 세라믹스에 대하여 전세계적으로 연구 개발이 활성화된 것은 1971년 미국에서 이 과제를 국가적인 차원으로서 추진하기 시작한 다음부터이다. 미국 국방성에서 고온가스 터빈의 개발 계획에 착수했던 것이다. 인류의 역사와 더불어 가장 오래된 소재라 할 수 있는 세라믹스가 인류 문명에 새로운 장을 연 것은 1981년 4월 19일 약 100억불에 달하는 개발비를 소요로 한 space shuttle인 Columbia호가 54시간 여의 우주비행을 마치고 미국 캘리포니아의 모자브사막에 착륙했던 사실을 들 수 있다. 이것을 가능하게 한 것은 space shuttle이 대기권으로 진입할때 1600°C 정도의 높은

열로부터 보호하기 위한 세라믹 단열재의 개발이 결정적인 역할을 했다고 볼 수 있다. 선체의 최대한 중량 감소라는 최상목적에 따라 선체는 AI기 합금재로 만들어지고 내열성과 내열 충격성에 뛰어난 실리카 타일로 피복 되어지게 되었다.

콜롬비아호를 안전하게 지구로 귀환시키고 또한 약 100회의 재비행으로 소요 성능을 발휘할 수 있도록 하는 것은 선체 표면의 70%정도를 피복한 화인 세라믹스 재료의 신뢰성에 달려 있었다. 스페이스 셔틀 계획에서 멋지게 화인 세라믹스 재료의 존재를 인식시킨 엔지니어링 세라믹스 재료는 산화물계 세라믹스였으며, 이에 반해 무망각 세라믹스 엔진을 가능하게 한 소재는 질화 규소(Si_3N_4)나 탄화 규소(SiC)라고 일컬어지는 비산화물계로 천연적으로는 존재하지않는 새로이 창조한 새물질이다.

또한 1982년 일본의 Kyocera와 Isuzu 자동차와의 공동 연구에 의하여 시험 제작된 세라믹디젤 엔진을 장착한 자동차의 시험 주행이 성공되어 전세계의 이목을 집중시키기도 하였다. 한편 1986년엔 미국 레이건 대통령이 극초음속기 「new Orient Express」라는 구상을 발표한 바, 음속의 20배에 달하는 속력으로 대기권을 벗어나 우주 비행을 한뒤 다시 대기권 내로 들어오기 위해서는 극초음속기의 기체가 공기와 마찰 때문에 고온이 되어, 기체 선단부의 온도가 약 1800°C 정도가 될 것이라는 예측을 할 수 있으므로 고강도, 경량화 및 높은 내열성이 필수적이라 하겠다. 이러한 요구에 대해서도 탄화 규소(SiC)를 포함한 세라믹스 복합재료가 내열성이 강하여 1700°C 이상에서도 높은 강도를 유지할 수 있으며, 탄소 섬유등의 기타 신소재에 비하여 고공의 산소에 대하여도 영향을 받지 않는다는 잇점이 있어 크게 주목받고 있다. 이와 같은 최근의 획기적인 사실들은 세라믹스 소재가 분명히 다음 세대산업, 즉 미래형 산업에 있어 필수적인 신소재로써 무한한 가능성을 가지고 있다는 사실을 암시해주며, 지구상의 인류 문명이 제2의 석기시대로 진입하고 있다는 사실도 확인해주고 있다. 아직까지 화인 세라믹스는 IC package, 세라믹 콘덴서 등의 전자 기능

재료로서의 사용이 많아 전체 사용영역의 60% 이상을 차지하고 있으나, 앞으로는 장래에 그 역할은 후퇴하고 기계, 생체, 및 광학적 기능 재료로서의 사용이 급성장할 것으로 예상된다. 각종 분야에 걸친 부품 재료로서 화인 세라믹스를 사용함에 있어 가장 큰 문제가 되고 있는 것은 그 기계 가공 공정인 후가공이라할 수 있다. 소결시 재료 수축이 현저하므로 정밀한 부품을 얻기 위해서는 어쨌든 간에 기계 가공을 필수적으로 한다.

그런데 화인 세라믹스는 경도, 강도가 높을 뿐 아니라 취성도 지니고 있으므로 기계가공에 있어 곤란함 점이 많이 있다. 예를들어 치핑의 발생등이 그 대표적인 예로써 가공 능률을 저하시키는 요인이 된다. 이 때문에 세라믹스 부품에 있어선 기계 가공비가 수 십 퍼센트를 차지하는 경우가 드물지 않다. 즉 구리를 재료로 한 부품이 1그램당 수십 전에서 수 원 정도의 가공비를 요하는 반면 세라믹스의 경우는 1그램당 천 원 이상이 소요되는 경우도 있게 된다. 이와 같이 각종의 우수한 성질을 지니고 있는 세라믹스가 더 더욱 폭 넓게 적극적으로 이용되어지기 위해서는 그 기계 가공 기술이 발달 되어 고능률화가 달성되어야 함이 가장 우선적인 필수 사항이며 더불어 가공 부품의 성능 평가기술의 확립 또한 중요한 과제이다. 현대 화인 세라믹스의 가공방법중에서 기계적 가공법이 공업적으로 현장에서 가장 널리 사용되며, 특히 그 중에서 다이아몬드 슷들을 사용한 연삭, 래핑 및 폴리싱이 주로 사용되고 있는데, 연삭 가공은 종래부터 현재까지 가장 주종을 이루고 있는 대표적인 공업적 제거 가공이라 할 수 있다.

2. 화인 세라믹스의 정의

세라믹스란 말의 정의는 “비금속의 무기질 고체재료”라 할 수 있으며 천연암석 광물로부터 세멘트, 유리 등의 종래에 사용되는 범용 공업재료, 더 나가서는 현재 크게 붐을 일으키고 있는 “엔지니어링 세라믹스”, “일렉트로닉스 세라믹스”까지 전부를 포괄하는 것이라 할 수 있다. 인류가 처음 세라믹스를 이용하기 시작한것은 고대석기시대

부터라 할 수 있다. 돌을 다듬고 갈아서 치구로써 사용하다가 토기를 만들어 사용하기 시작하였고, 그 뒤 치밀화한 자기를 만들어 쓰기 시작하였는데 이 주 원료는 소위 점토로써 그 대표적인 성분이 규산염 광물이었다. 이 기술은 전부 경험에 의한 것이었으며 약 1900년까지 이어온 케라모스 시대라 지칭한다. 약 1900년부터 1940년대에 이를 때까지의 시대로서 규산공업시대라 지칭하며, 근래에 들어와 공업 재료로써 큰 역할을 차지하고 있는 유리, 세멘트도 그 주성분은 역시 똑 같은 규산염으로써 이것을 "Conventional Ceramics"라고 부르기도 한다. 현재도 많이 사용하기 때문에 "old"라고 표현을 하기 힘들다.

최근 「뉴 세라믹스」라던지 「화인 세라믹스」라는 말이 많이 사용되어지고 있는데, 이 중에서 「화인 세라믹스」라는 말은 원래 몇 년 전에 유행되어졌던 「화인 케미칼즈(Fine Chemicals)」라는 개념으로부터 전래된 것이다. 「화인(Fine)」이란 훌륭한 멋진, 우수한, 미세한, 잘은상품의, 고덕한, 섬세한, 우아한, 웅대한 등의 의미를 갖고 있어 옛부터 세라믹스 중에서도 미술 공예품을 지칭하기도 했다. 즉 공업 재료 중에서 원료, 제조방법, 제품, 용도가 비교적 전통적 세라믹스보다 「화인」이란 의미를 갖는 것을 「화인 세라믹스」라고 불러 왔다. 또한 현재에는 「뉴 세라믹스」와 「화인 세라믹스」가 동의어로 불려지기도 하나 그 단어가 생겨진 경위가 서로 다름을 염두해둬야 한다.

미국에서는 「Advanced Ceramics」, 「High-tech Ceramics」이라는 말도 사용하나 우리들이 장래의 공업 재료로써 개발하고자 하는 것은 「Fine Ceramics」에 해당한다.

새로운 세라믹스는 알루미늄에 소결 소체를 첨가시켜 소결하여, 절삭 공구로써 사용하는 것으로 부터 시작하였다. 「Conventional Ceramics」의 용도와 같은 구조재, 용기로서가 아닌 절삭이라는 기능적 용도에 이용되었던 것이다. 이렇게 하여 새로운 기능을 세라믹스에 첨가시켰다는 의미가 「New Ceramics」의 개념이 되었다.

세라믹스의 경질, 내열성, 내식성이라는 특성 뿐만 아니라 전기적, 전자적, 자기적, 광학적 등의

기능적 특성까지 이용하여 이것들이 고도로 발휘할 수 있도록 하기 위한연구가 이뤄지고 그 제품의 실현이 눈 앞에 다가옴과 더불어 「New Ceramics」라는 표현에서 「화인세라믹스」라는 표현으로 전이되어가고 있다.

다시 말해 현재 우리가 말하는 「화인 세라믹스(Fine-Ceramics)」란 종래의 세라믹스(old Ceramics)와 비교하여 기능과 특성이 많고 우수하기 때문에 「뉴 세라믹스(New Ceramics)」라고 부르는 것과 그 의미는 같다고 할 수 있다.

위에서 언급한 정의와는 약간 다르지만 대동소이하게 다음과 같은 정의도 있다.

즉 「세라믹스」란 영어는 「도자기, 타일, 실리카, 유리 등의 비금속 물질을 로 안에서 고온 처리시켜 만든 것」이라 할 수 있으며, 여기에 「Fine」이란 말과 조합되어 이뤄진 말이 「화인 세라믹스」로 그 정의는 「고순도의 미립자 원료를 정밀하게 성형하고 잘 조절된 조절법으로 소결시킴으로써, 고도의 칫수 및 형상 정도를 갖도록 만들어진 제품으로써, 고순도 물질이 갖는 우수한 특성을 모두 지니게 된 것」이라고 할 수 있다는 것이다.

3. 세라믹스 재료의 물성과 가공특성

넓은 의미로서의 세라믹스란 소결체 세라믹스 뿐만 아니라 glass, 무기재료의 단결정등도 포함하므로 세라믹스 가공에 대하여 기존의 일반적인 가공에 대한 관념을 갖고서 가공을 실시하는 것은 위험한 일이라 아니 할 수 없다. 또한 무기재료의 원자결합은 공유결합, Ion결합, 혹은 이들의 혼합형으로 결합되어 있는 경우가 많으므로 금속결합을 주체로 하는 일반 금속 재료와는 다른 성질을 갖고 있다. 예를 들어 본다면 무기재료는 보통 상온에서 전단응력을 받게 될때 변형과파괴저항이 크지만, 인장응력을 받게 될 때에는 작다는 것을 들 수 있다. 또 탄성계수가 상당히 크므로 경취 재료라고 부르기도 한다.

물론 경취재료라고 해도 glass는 비정질. 등방성을 갖고 있는 것에 반해 단결정재료는 이방성을 갖고 있으므로 원자밀도가 높은 면에서 벽개되

어지기가 쉽다. 다결정의 소결재료 즉 좁은 의미로서는 세라믹스는 결정과 matrix로된 모자이크 조직을 갖는 복합재료이기 때문에 그 성질은 조성과 동시에 결정의 크기가 성형방법·소성조건 등에 따라서 복잡하게 변화된다. 또한 세라믹스란 일반적으로 전기의 불량도체이므로 가공방법의 적용에도 제약을 받기 때문에 전해가공이나 방전가공 역시 특수한 재료를 제외하고는 사용할 수 없다.

종래에는 세라믹스를 소결재료로만 생각하는 경향이 있었으며, 그 제조법으로서 분말을 상온에서 압축성형한 뒤 이것을 가열함으로써 소결시켜 제품을 만드는 경우가 많았다.

그러나 glass는 비교적 저온에서 연화되므로 금속에 있어서의 주조나 소성 가공과 똑 같은 방법으로 성형할 수 있는 예외적인 경우도 있다.

분말성형과 소결법은 앞으로 더 더욱 생산능률을 증대시키고 제품의 칫수, 형상 정도의 향상에 중점을 둘 때 많이 사용되어질 것이란 것이 확실하다. 그러나 고온에서, 가공은 높은 칫수 및 형상 정도를 갖는 제품을 만드는데 상당한 어려움이 따르게 되어 고정도의 제품을 만들기 위해서는 기계가공이 필요하게 된다.

일반적으로 화인 세라믹스라 불리워지는 기능재료로서의 세라믹스는 많은 경우에 있어 고정도를 요구하고 있으며 점점 더 우수한 고정도를 요구하는 경향이 해가 갈수록 높아지고 있다. 이러한 기능재료로서의 세라믹스일수록 그 구조가 민감하여 표면조도를 향상시키고자 함에 따라 그 특성이 저하되는 경우가 많다. 그래서 세라믹스를 가공할 때에 있어서는 높은 가공정도나 생산성 뿐만이 아니라 가공표면의 기능을 손상시키지 않도록 함도 중요하다. 재료를 일정한 규격의 칫수 및 형상으로 하여 인장시험기로서 인장력을 가하면, 가해진 응력과 변형량 간에 생기는 그 재료 고유의 기계적 특질을 나타내는 응력-변형량 곡선을 얻을 수 있다. 금속재료는 응력이 증가할수록 탄성변형, 소성변형을 거친 뒤 파괴하게 된다. 이 과정에서 금속 가공이란 소성변형 및 파괴현상을 이용하는 것이다.

그러나 세라믹스의 경우엔 전혀 그 전의 변형이 없이 파괴응력에 도달하여 소성변형을 수반한 파괴나 전단성을 갖는 파괴가 이뤄진다. 바로 이것이 금속과 세라믹스 재료가 서로 다른 기계적인 성질을 갖는다는 것이며, 세라믹스를 가공할 경우에 있어 금속을 가공할 경우의 가공기술이 적용되지 않을때가 많은 것도 바로 이 때문인 것이다.

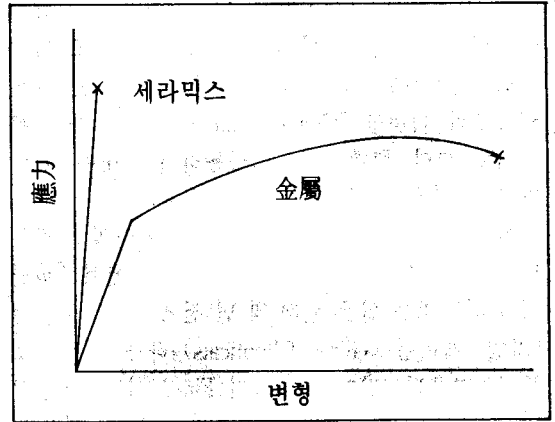


그림 1) 세라믹스와 금속의 응력-변형량 곡선

모든 세라믹스 재료에 해당되는 것은 아니지만, 일반적인 세라믹스는 금속과, 비교함에 있어 다음과 같은 특징을 갖고 있는바, 세라믹스를 정밀 가공할 경우나 정밀부품으로 사용할 경우에 이 사항들을 유의함이 좋다.

- ① 탄성계수가 높다.
- ② 경도가 높다.
- ③ 열팽창계수가 작다.
- ④ 상온에서는 전혀 소성을 나타내지 않으며, 파괴에 도달할 때 까지의 변형량이 적다
- ⑤ 고온에서 금속조직학적인 변태를 일으키지 않는다.
- ⑥ 내식성이 없다.
- ⑦ 단결정재료가 많다.

4. 세라믹스 가공의 기초

세라믹스는 우수한 정성적기능을 갖고 있는바, 여기에다, 정량적기능을 추가시킨 부품으로 제품

화시키기 위해서는 형상과, 치수를 결정된 바와 같이 완성시키기 위한 공정이 필요해진다. 압전 공진자를 예로 들어본다면, 압전성은 물질의 결정구조로부터 생기는 것이긴 하나 치수와 형상이 결정되어지지 않으면 공진 주파수 역시정해지지 않게 된다.

세라믹스가 금속이나, 플라스틱에 비해 지금까지 그 적용 범위가 제한되어져 왔던 것 또한 형상이나 치수에 대한 제어가 곤란했었기 때문이다. 이 때문에 세라믹스가 갖고 있는 잠재적인 우수한 여러 정성적기능을 정밀하게 정량화시키기 위한 가공 공정은 그 개발이 필수불가결하다. 또한 세라믹스를 구조재료로서, 특히 기계적 용도로 사용하는 경우, 어떤 부분에 따라서는 금속부품과 접합을 해야만 할 때도 있다. 그러한 경우엔 금속부품과 동일한 정도의 정도로 가공되어야만 할 필요가 있다. 세라믹스와 금속과의 접합기술은 아직 완전히 확립되어지지 않았으며, 이 경우 역시 접합면의 정밀도가 요구되어진다는 것은 당연한 것이라 할 수 있다.

가공이란, 「임의의 성질을 갖는 재료에 일정한 에너지를 가하여 현장의 작업자가 필요로 하는 정보(형상, 치수, 표면조도, 물성 등)를 기억고정시키는 process」라고 정의할 수 있다. 가공에 따른 물질의 증감에 대하여 가공법을 크게 나누어 본다면, 제거가공, 변형가공, 접합, 부착가공으로 구별할 수 있다.

현재 사용되어지고 있는 세라믹스의 가공법에 에너지가 가해지는 생산성이란 관점에 본다면 공업적으로 널리 사용되어지고 있는 것이 기계적가공법이다.

5. 선진국에서의 화인 세라믹스 가공 현황

고정도와 엄격한 형상도를 요하는 기계 요소 부품 및 전자 부품등에 신소재의 대체화가 추구되어, 화인 세라믹스가 넓게 시장을 차지하기 위해서는 그 가공비가 경감될 수 있는 고능률, 고정도 가공법의 확립과 신뢰성을 보장할 수 있는 비파괴

검사법의 확립이 필히 수반되어져야 한다. 이를 위해서는 研.産.學의 연계적인 거대 연구 수행이 이뤄져야 하고 세라믹스 소재 생산 회사, 동작기계 업체, 다이아몬드 자립 생산업체, 다이아몬드 스톤 제조사, 연삭유 생산업체, 측정기기 생산 회사 등과도 상호 정보교환, 기술 협조하는 공동 연구가 바람직하고 볼 수 있다. 화인 세라믹스의 제품 가격을 조사해 보면, 소재 가격 자체 보다도 가공비가 몇 배 더 소요됨을 알 수 있는 바, 이 가공비를 최대한으로 끌어 내리기 위해선 우선 현재 어떠한 가공 방법들이 적용되고 있으며 이에 따른 문제점은 도대체 무엇인가를 파악해야 한다.

국내에서의 이에 대한 통계는 아직 체계적으로 이뤄진 것이 없으므로 이미 화인 세라믹스의 정밀 가공기술이 어느 정도 궤도에 올라서 있는 일본의 조사결과치를 다음 그림2에 나타내 보았다.

비	도 (%)			
	0	10	20	30
절단가공(금속, SiC절단 지석에 의한 절단가공)				
diamond절단가공(diamondsaw, diamond절단지석에 의한 절단가공)				
연삭가공(일반지석에 의한 가공)				
diamond연삭(다이아몬드 지석에 의한 방법)				
honing				
초정밀 다듬질				
연마포지 가공(belt 연삭 등)				
lapping, polishing				
buff가공				
barrel가공				
초음파 가공				
blust가공(분사가공)				
액체 제트 가공(water jet machining등)				
방전 가공				
wire방전 가공				
플라즈마 가공				
레이저 가공				
전자빔 가공				
이온빔 가공				
화학 가공				
전해 가공, 전해 연마, 전해 연삭				
기타				

그림 2) 세라믹스 가공법 실시건수의 비교
(일본 세라믹스 협회 자료)

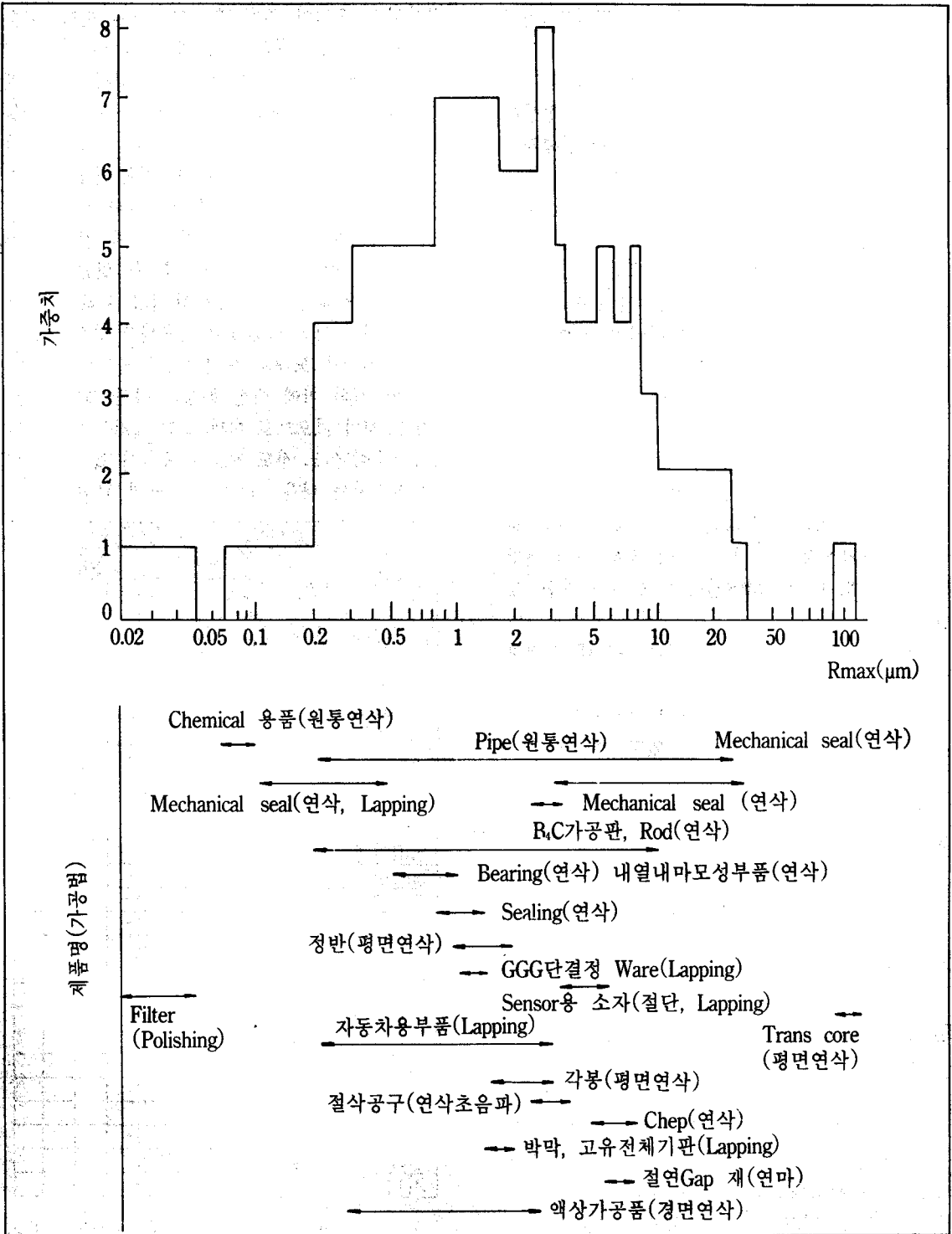


그림 3) 세라믹스 부품의 가공방법 및 표면조도 요구치

그럼요 부터 알 수 있듯이 일반 연삭 스톨이나 다이아몬드 연삭 스톨을 사용한 절단 가공과 일반 연삭 스톨이나 다이아몬드 연삭 스톨을 사용한 연삭 가공이 주류를 이루고 있다. 그 다음 래핑이나 폴리싱을 실시하는 건수가 높아, 연삭 후의 가공물 표면의 크랙을 제거하여 표면 조도를 개선하기 위한 목적으로 많이 사용됨을 알 수 있다.

그런데 이와 같은 가공법들이 지적받고 있는 문제를 요약해 보면 가공능률이 안 좋고 가공정도가 불충분하다는 것이다.

세라믹스는 경도가 높고 취성이 있어 가공에 드는 비용이 많고 가공시간이 많이 소요되어 결과적으로 인건비가 문제가 된다. 또 세라믹스의 chip 즉 절충은 랩제 역할을 하므로 공작기계의 재료 제거 시스템의 손상이 심해 감가상각 또한 문제가 된다.

그리고 일반의 연삭 스톨과 비교하여 가격이 월등히 높은 다이아몬드 연삭 스톨의 소모에 따른 공구비 또한 문제가 된다. 바로 이러한 것들이 화인 세라믹스의 가공비에 영향을 주는 인자라 할 수 있다.

한편, 세라믹스는 경취 재료므로 가공 제품의 신뢰성도 문제가 된다. 가공물 표면에 생성되는 크랙은 구조용 화인 세라믹스 부품의 경우 강도에 영향을 크게 주고, 잔류 응력 등의 가공 변질층은 기능성 세라믹스 부품의 경우 성능에 영향을 주게 된다.

이 때문에 연삭 가공만으론 표면조도의 향상이 한계가 있고 가공면의 크랙이나 가공 변질층을 제거하기가 곤란해 래핑이나 폴리싱이 적용되어야 하나 이 경우 가공 정도나 가공 능률이 문제 된다. 이상과 같이 세라믹스의 정밀 가공에 있어 연삭가공, 래핑, 폴리싱이 주류를 이루고 있으며, 이 분야에 대한 고정도화, 고능률화가 당면한 과제라 할 수 있다.

다음엔 화인 세라믹스 제품의 가공에 어떠한 방법들이 적용되며 어느 정도의 표면 조도를 필요로 하는가를 그림 3에 나타내어 보았다.

여기서 알 수 있듯이 제품의 표면조도는 대부분 R_{max} . 0.2~10 μ m의 범위가 대부분이다. 요구표면

조도치의 구성비를 보면 0.1 μ m이하가 2.7%, 0.1~1 μ m이 17.7%, 1~10 μ m이 59.1%, 10~100 μ m이 20.5%로써, 화인 세라믹스 제품의 대부분이 연삭 가공으로써 카바될 수 있음을 보인다. 이에 더불어 표면조도나 표면품질이 문제될 경우에 래핑이나 폴리싱이 적용되어짐도 알 수 있다.

이와 같이 화인 세라믹스 제품을 표면조도의 정도면에서 볼 때 충분히 연삭 가공이나 래핑, 폴리싱 방법으로 카바될 수 없으므로 역시 이 가공법들에 있어서의 고정도화 고능률화의 추구가 시급한 과제라 할 수 있겠다.

6. 화인 세라믹스의 가공의 세계적인 추세

화인 세라믹스란 그 제조 공법상 소결 공정을 거쳐야 되므로 재료의 수축이 불가피하다. 따라서 칫수 정도와 형상 정도를 위해서는 반드시 최종적으로 기계가공을 거쳐야만 한다. 최근엔 세라믹스의 가공이 전에 비해 고능률화가 많이 진전되었다고들 한다. 이는 다이아몬드 지립 생산업체나 다이아몬드 연삭스톨 제조업체의 부단한 연구노력의 결과라 할 수 있겠다. 즉 인조다이아몬드 지립 (SD)도 파쇄성이 낮은 것 부터 높은 것 까지 많은 종류를 개발하였으며, 코팅한 것 (SDC)을 포함하여 매우 많은 종류의 것들이 사용되고 있다.

또 결합제의 경우도 래지노이드 본드, 비트리화이드 본드, 메탈 본드 등이 개발되어졌으며 래지노이드 본드만 하더라도 필라로써 SiC를 포함한 것이나 Cu를 포함한 것 등 여러가지가 개발되었다. 이와 같이 지립이나 결합제의 종류가 다양하게 개발되면서 많은 특성을 갖는 연삭 스톨들이 출현하게 되었다.

최근 화제가 되고 있는 것만 나열해 보아도,

- 무기공 비트리화이드 본드 휠
- 유기공 비트리화이드 본드 휠
- 고밀도 다이아몬드 휠
- Crushable metal bond diamond wheel
- 주철 본드 다이아몬드 휠

○ 섬유 강화 다이아몬드 휠 등을 들 수가 있다.

이와 같은 다이아몬드 스톤들의 개발에 의해 세라믹스의 가공 능률이 향상된 것은 사실이지만, 반면에 여러 종류의 다이아몬드 스톤들이 있다는 것은 세라믹스의 가공에 있어 만능 스톤들이 없다는 것을 뜻하기도 해 작업 목적에 맞는 스톤을 선택해야 하는 것이 중요한 관건이 되어졌다. 작업에 적당한 스톤을 선택하게 되면, 서투르다 할지라도 조건만 변경하는 것만으로 작업이 능숙하게 될 수 있다는 장점도 갖고 있다. 반대로 선택을 잘못하게 되면, 조건을 아무리 변화시켜 본다 해도 좋은 결과를 얻을 순 없다. 바로 이러한 선택들은 요즘 무수히 보급된 PC를 사용하여 simulation program package를 활용함으로써 가능해질 수 있게 되었으며, 점차적으로 expert system의 응용까지 염두해둘 수 있다.

참고로 현재 널리 잘 알려진 제조, 가공기술 및 평가기술을 알기 쉽게 나타내본 것을 그림 4에 실어 보았다.

7. 화인 세라믹스 가공의 경향

세라믹스의 가공을 고정도화, 고능률화가 되도록 하기 위해서는 기존의 소재를 다루는 일반적인 가공을 벗어나 전반적인 개선을 할 필요가 있다.

그림 4에 세라믹스 제품의 주요 process를 나타내어 보았다. 원료 분말과 첨가제를 잘 섞어 주입, 사출, 가압 등의 방법으로 성형을 한다. 이 경우 주입이나 사출성형으로는 비교적 복잡한 형상의 부품 성형을 할 수 있으나 원료에 유동성을 주기 위한 첨가제가 다량 혼합되므로 탈지 시간이 많이 소요된다. 또 가압 성형으로는 첨가제를 많이 섞을 필요가 없어 탈지 시간은 적게 드나 비교적 단순한 형상의 것 밖에 성형할 수 없다는 문제가 따른다. 이 때문에 성형 방법의 특징을 고려하여 전반적인 의미에서 어떠한 방법이 가장 장점이 있는가를 결정하여야 할 필요가 있다.

성형 후엔 가소결(1차 소결)을 행하여 이 소결 후 절삭 가공으로 부분적인 제거를 하는 것이

보통이다. 세라믹스를 성형 후 본 소결하게 되면 체적이 매우 변화되어 약 40~50%정도 수축하게 된다. 이 소결시에 체적의 수축이 크게 된다는 것은 소결 후에 제거 해야할 부위를 정확히 예측하기 힘들다는 것을 의미하며 안전하게 하기 위해선 제거 해야할 부위를 어느 정도 남겨 두어야 하기 때문에 후가공 즉 기계적인 제거 가공에 드는 시간이 많이 소요되어지게 된다.

그 때문에 가소결후의 절삭 가공으로서 가능한 한 제거해야 할 부위를 충분히 제거하여 본소결 후의 제거해야 할 잔류 부위를 될 수 있는 한 작게하는 것이 가공 능률을 올리는 방법이 될 수 있다 하겠다.

이를 위해선,

①어떤 조건으로 가소결을 행하는 것이 좋은가
②어떤 절삭 공구(재질, 형상 등)를 사용하는 것이 좋은가

③어떤 조건으로 절삭하는 것이 좋은가
등 세라믹스의 종류에 맞는 최적 절삭 조건을 확립하는 것이 필요하다.

다음 본 소결로서는 반응 소결, 상압 소결, 가압 소결 등이 있다. 어떠한 방법으로 하는가에 의해 세라믹스 부품의 기계적 특성이나 열적 특성 등이 크게 차이가 나게 된다.

그래서 세라믹스를 고정도로, 고능률로 가공하기 위해선 가공물인 세라믹스의 특성을 충분히 파악해야 한다는 것을 명심하여야 할 것이다.

보통 세라믹스를 고능률로 가공한다는 것은 본 소결 후에 세라믹스를 기계 가공한다는 것을 의미하는 경우가 많으며, 세라믹스 부품의 제조 가격을 낮추기 위해선,

①어떤 성형 방법을 사용 하는 것이 좋은가?

②가소결 후 절삭 가공을 어떻게 하는 것이 좋은가?

③어떤 소결 방법을 사용하는 것이 좋은가?
하는 것들을 전반적으로 고려해야 할 필요가 있다.

8. 화인 세라믹스 가공방법의 선택

화인 세라믹스란 신소재를 기존의 기계 요소

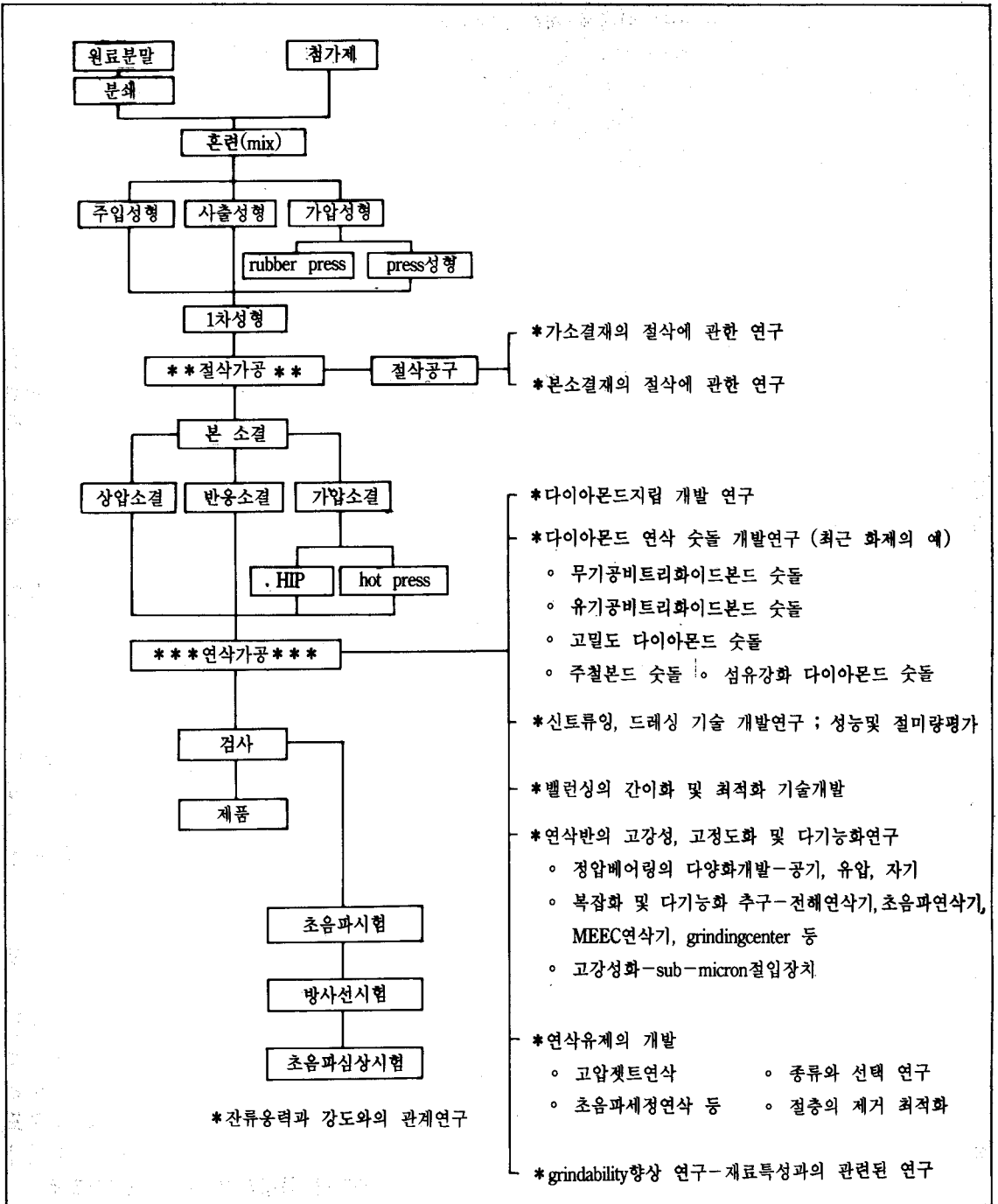


그림 4) 세라믹스 제품의 주요 Process

부품등에 대해 활용하기 위해서 가공을 실시 할 경우 그 가공 목표를 어디에 둘 것인가?

화인 세라믹스의 기계 가공에 있어서의 기본 문제로 다음과 같은 것들을 꼽을 수 있다.

8.1. 절삭 chip의 생성 :

취성 재료이기 때문에 보통 공구 인선에 절삭에서도 취성 파괴로 절삭이 이뤄진다고 본다. 그러나 금속 재료나 똑같은 소성 변형에 의한 절삭 chip의 배출을 연삭 가공등에서 쉽게 찾아 볼 수도 있다. 이것은 그 절삭 조건에 따른 것으로 어떠한 역학적 조건을 만족시키게 되면 금속의 경우와 똑같은 절삭을 행할 수 있다는 것을 의미한다.

8.2. 가공 손상 :

연삭 가공과 같은 미세 절입의 가공을 해도 균열 및 파괴등을 주로 한 가공손상이 남게 되어 강도에 크게 영향을 준다. 따라서 언제나 가공 표면에 이같은 치명적인 가공손상을 남기게 되는 것이 문제이나, 공구 선단의 미세한 영역의 파괴 역학적 검토를 하여 취성 파괴에 의한 절삭 chip 생성이 이뤄져도 가공면에는 전혀 균열등의 손상이 남지 않는 방법을 찾을 수 있다.

8.3. 가공 능률 :

취성이란 특성 때문에 가혹한 기계가공 즉 중 연삭 등과 같은 가공은 적당하다고 볼 수 없다. 특히 고정도를 요구하는 기계 구조용 화인 세라믹스와 같은 경우엔 그 소재가 고정도, 고강도를 지니고 있어 무척 가공이 힘들다.

경가공이란 단위 시간당 가공량이 적다는 것과 같은 말이며, 가공량이 많게 되면 그만큼 가공비도 많이 든다. 이런 문제를 해결하기 위해서는 경가공에 의한 동시 다수의 대량 가공방법을 모색해야 한다. 이렇게 되면 경가공은 가공 단위가 작으며 칩수 제거가 용이하기 때문에 고정도의 가공이 수행되어질 수 있으며 생산성도 향상될 수 있다.

그리고 화인 세라믹스의 가공에 있어서 가공 정도 혹은 정도 한계를 다음과 같은 3가지 관점으로 검토해 볼 필요가 있다.

- ① 강도면에서 본 가공 목표
- ② 가공물에 생기는 손상에 따른 가공 한도
- ③ 칩수 정도의 측면에서 본 가공 목표

9. 초지립 연삭공구를 사용한 화인 세라믹스의 기계가공

고경도, 고강도의 엔지니어링 화인 세라믹스를 첨단정밀 산업전반에 걸쳐 부품화 시키기 위해서는 그 기계적 제거가공이 필수적인바, 그 가공에 사용되어질 수 있는 공구는 거의 다이아몬드 소재에 한정되어진다고 할 수 있다. 이 중에서 절삭공구와 같은 단일인선 공구로서는 공구의 마모나 결손으로 인하여 그가공의 지속 시간이 짧다고 할 수 있다.

이러한 이유로 세라믹스에 대한 절삭가공은 물론 잊점도 갖고 있긴 하나 결국 실용화에 있어선 그다지 큰 기대를 가질 수 없다. 이에 반해 연삭 스톨들은 무수히 많은 절입들의 미소절삭가공에 의한 가공을 수행하므로 지립 하나의 마모나 탈락은 문제가 되지 않고 결국 장시간의 연속 가공이 가능하게끔 한다.

따라서 세라믹스의 제거 가공으로 가장 많이 사용되어지고 있는 것이 연삭절단을 포함한 연삭가공이다. 연삭가공의 특징으로 공구의속도를 최대한 빠르게 한다는 점과 미소절삭 혹은 미소 파괴의 집적으로써 재료를 제거한다는 것들을 수 있는데, 그 때문에 보통의 절삭가공으로는 가공이 불가능한 고정도 재료를 고정도로 가공할 수 있게되는 것이다.

유효한 연삭가공을 하기 위해서는 연삭 스톨 입자와 공작물 간에 경도차가 충분해야 하므로, 세라믹스를 연삭함에 있어서는 다이아몬드 연삭 스톨들이 적합하며 또한 가장 경제적인 공구라고 할 수 있어 널리 사용되고 있다.

세라믹스의 연삭가공에 영향을 주는 인자는 그림 5와 같이 그 수가 많으며 상당히 복잡하게 구성되어져 있다. 또한 연삭 스톨 작용면의 스톨 입자의 절입형상이 일정하지 않기 때문에 그 분포 및 돌출량 역시 불균일하여 연삭과정에 따라 연삭 스톨들의 작용면이 복잡하게 변화하게 되므로, 요구되어지는 가공 능률이나 정도를 얻는다는 것이 결코 쉽지는 않다고 할 수 있다. 화인 세라믹스가 기계 구조용 재료로 그 지위를 굳히느냐의 여부는

빈 도(%)	0	10	20
가공 능률	—	—	—
가공 비용	—	—	—
가공 기계의 성능	—	—	—
가공 공구의 소모비	—	—	—
가공 공구의 성능	—	—	—
가공정도	—	—	—
표면 조도	—	—	—
가공면의 성질	—	—	—
미세 가공	—	—	—
특수 형상 가공	—	—	—
양산 기술	—	—	—
가공의 자동화	—	—	—
기 타	—	—	—

(총계 : 427)

그림 5) 화인 세라믹스의 다이아몬드 연삭시의 문제점

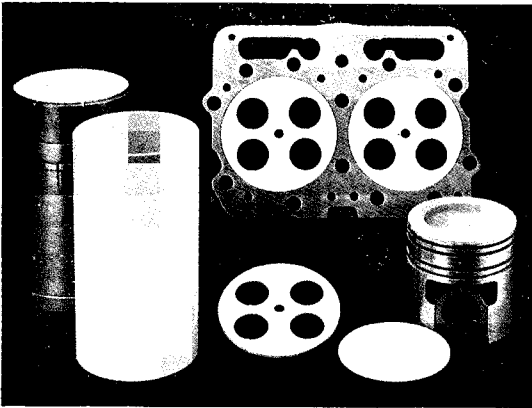


그림 6) 세라믹스의 자동차 엔진 요소 부품 가공례

어떻게 싼 비용으로 고능률의 연삭 가공을 실현 시키느냐에 달려 있다고 해도 과언은 아니다.

세라믹스의 다이아몬드 연삭가공시의 문제점을 조사하여 그 건수의 빈도를 그림 5에 비교하여 보았다. 여기서 다이아몬드 스톨을 사용하는 연삭에 있어서 가공 비용의 문제를 지적하는 경우가 가장 많음을 알 수 있는바, 이는 가공 능률을 위한 인건비와 공구비의 소요로 인한 것으로 생각된다.

엔지니어링 세라믹스의 자동차 엔진 요소 부품의 가공례를 다음 그림 6에 실어 보았다.

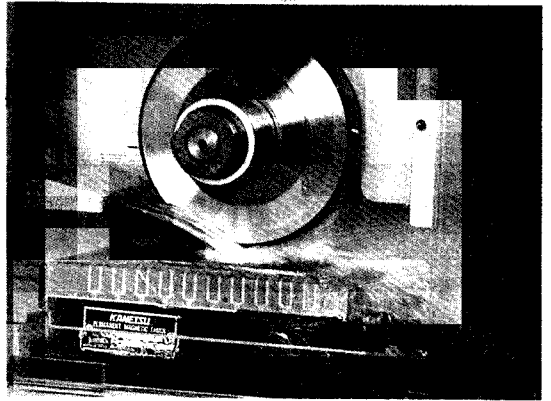


그림 7) 세라믹스의 절단 연삭가공례

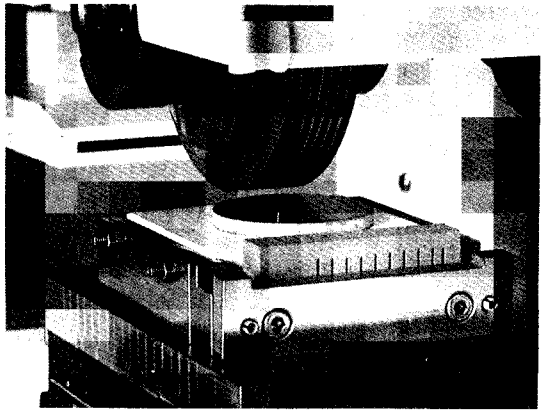


그림 8) 세라믹스의 절단 연삭가공례

10. 맺 음 말

우리나라에 있어서 전통 요업 공업은 중화학 공업 계열에서 확고한 지위를 확보하고 있으며, 시멘트, 유리, 도자기 등은 국내 수요 충족은 물론 세계 각국에 까지 수출하고 있는 실정이다. 이에 반해 국내의 화인 세라믹스 산업은 1970년대 중반 국내 전자부품 수요 시장이 큰 범용 부품인 자성 재료, 저항기용 절연 재료, 세라믹 콘덴서 등이 소결, 제조되어 수입 중간 원자재를 대체하면서 태동되기 시작하였다고 볼 수 있으며, 현재는 어느

표 1) 한·일 화인 세라믹스 산업의 선진화와 낙후 요인 비교

일본이 세계적인 선두주자가 된 이유	국내의 낙후된 이유
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 기술 이전에 소극적 ◦ 동남아 및 세계시장 독점 (가격 임의조작) ◦ 한국과의 대외 시장 경쟁 기피 ◦ 고부가가치성 부품 소재 생산기술의 완전 독점 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 대기업과 중소기업간의 분업화 협력부족 ◦ 소량 다품종인 소재의 국산화에 있어서 경제성 문제 ◦ 짧은 life cycle에 다른 위험부담으로 개발의욕 저조 ◦ 국내 개발품에 대한 인식부족 ◦ 연구개발 위한 투자규모 미흡

정도 기반 구축기에 들어서는 단계에 있으나, 세라믹 콘덴서, 자성체, 저항기용 절연체 등의 전기·전자 기능 재료와 Al₂O₃를 이용한 내마모 재료가 성장 초기 단계에 있을 뿐 기술 집약도가 높은 소재의 부분은 선진국에 의존하고 있는 실정이다.

이와 같이 신소재의 원료에 대해 거의 수입에 의존하고 있는 이유와 일본이 화인 세라믹스 분야에서 세계적인 선두 주자가 되고 있는 비결을

비교해 나타내 보면 표1과 같다.

한편, 화인 세라믹스 산업의 장래 발전 전망은 정보, 통신 분야의 발전, 특히 변환 및 기록 능력의 향상, 에너지 개발 분야의 전개, 예로써 고온 구조 재료에 의한 열기관의 세라믹스 소재 대체화 나아가 생체 재료로서의 전개 등 신규 개척 분야에 대한 집중 투자가 예상되고 있어 매우 전망이 밝다고 볼 수 있다.

◎ 고베 국제해양개발박람회

〈TECHNO OCEAN/Int'l Ocean and Coastal Development Exhibition and Symposium〉

- 1) 개최기간(주기) : '90. 11(겨울)
- 2) 개최국(도시, 전시장명) : 일본(Kobe, Int'l Exhibition Halls)
- 3) 전시면적 : 250,000 S/F
- 4) 전시품내용 : 선박연구장비, 선박자원의 개발 장비, 해양 생물학 자원의 개발, 선박동력 장치등
- 5) 성격 및 현황 : 국제선박 연구개발 및 해양자원의 개발을 도모하여 심포지움도 병행, 출품은 국내 89, 국외 49개사 참가
- 6) 주 최 : World Import Mart Co. Ltd., 3-1-3 Higashi Ikebukuro, Toshima-Ku, Tokyo 170, Tel : 03/9873161, Tlx : 2723348, Fax : 03/9871248