

전해인프로세스드레싱에 의한 경면연삭기술개발

Mirror grinding with Electrolytic In-process Dressing Method

이응숙*, 제태진, 강재훈

Eung-Sook Lee*, Tae-Jin Je, Jae-Hoon Kang

한국기계연구원(KIMM)

Abstract

Recently, ELID (electrolytic in-process dressing) grinding technique is developed. It is possible to make a efficient precision machining of hard materials such as ceramic, hard metals, and quenched steels. This paper deals with some typical applications of ELID-grinding for cylindrical machining. The significant advantages, performance and characteristics on mirror surface grinding for external surface are described.

Key Words : ELID grinding, mirror surface, ceramics, hard metals

1. 서론

최근 기계, 전자, 정보통신, 우주항공등 산업의 급속한 발달로 기존에 난삭성과 경취성으로 사용을 기피해오던 세라믹등의 신소재 및 난삭재의 다양한 기능성과 우수한 재료특성에 대한 기대가 높아지면서 이러한 피삭재의 초정밀/고능률 가공에 알맞는 초지립 연삭숫돌이 개발이 필수적으로 등장하게 되었다. 이러한 경취성 재료의 경면연삭에는 당초, 지립이 가공물에 숨겨져 작용하는 레진 다이아몬드 숫돌이 사용되어 왔다. 자기헤드용의 페라이트 경면연삭에는 내열성 레진본드 다이아몬드 숫돌의 사용으로 좋은 결과를 얻고 있으나, 결합제가 유기물이므로 숫돌의 마멸이 일정하지 않고 탄성변형으로 정밀도가 떨어지기 쉽다. 이에비해 메탈 본드 숫돌은 금속을 결합제로 하는 것으로 주철 혹은 강 분말을 사용하면 강성이 높고 숫돌입자 지지력도 훨씬 견고한 숫돌이 된다.

경면 연삭을 하기위한 이러한 미세지립의 메탈 본드 다이아몬드 숫돌은 강도가 높아 트루잉/드레싱이 힘들고, 기계적 방법에 의한 드레싱에 의해 지립이 탈락하기 쉬운 문제가 있어 입자의 미세화에는 한계가 있었다.

따라서, 이들 연삭숫돌의 트루잉/드레싱기술 개발과 더불어 가공의 정밀도와 생산성의 극대화를위해 고효율 연삭/연마 가공기술 개발 및 전용 가공시스템의 개발에 적극적이다.

예를 들면, 연삭가공에서 고능률·고정도가공의 한 가지 방법으로 "전해 인프로세스드레싱(Electrolytic In-Process Dressing;ELID)연삭법"이 개발되어 고강도 메탈본드숫돌을 이용하여 초경합금, 세라믹재료등의 경취성재료의 고품위 가공을 실현하고 있다.

이러한 드레싱 기술은 연삭에 의한 경면가공기술의 개발에 적용되며, 전해법에 의한 드레싱으로는 1 μm이하의 입자에 대해서도 대응가능하여 각종 파인 세라믹스, 유리류, 실리콘 웨이퍼 및 GaAs웨이퍼등에 적용하여 수nmRmax의 표면 조도를 얻고 있다.

따라서, 본 연구에서는 최근에 구성된 KIMM의 전해 인프로세스 드레싱 시스템을 소개하고 이를 이용한 스테인레스강, 세라믹의 연삭결과를 보고하고자 한다.

2. 전해 인프로세스 드레싱기술의 개요

전해 인프로세스 드레싱연삭법이란 다이아몬드 혹은 CBN등의 연삭입자를 결합하고있는 금속결합재를 전기분해에 의해 적당량 제거하여 일반적인 연삭과같이 연삭입자를 연속적으로 돌출시켜 가공이 유지되도록 하는 연삭방법으로, 가공중 드레싱이 이루어지므로 매우 고운 입자의 숫돌을 이용한 경면연삭이 가능하다. 또한 금속결합재의 강도가 높기 때문에 특히 경도가 높은 재료의 가공에 큰 장점을 가지고 있다.

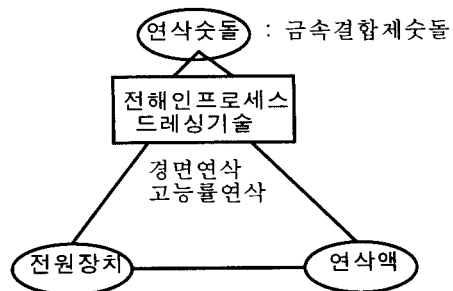


그림 1. 전해 인프로세스 드레싱연삭의 구성요소

따라서, 표면조도, 형상정밀도, 표면품질등의 3가지 효과를 효율적으로 실현할 수 있는 가공기술로서 자리잡아 가고 있다. 전해 인프로세스 드레싱연삭의 구성요소는 그림 1과같이 금속본드숫돌, 전도성 연삭액, 전원장치등의 3요소에의해 가공이 이루어진다.

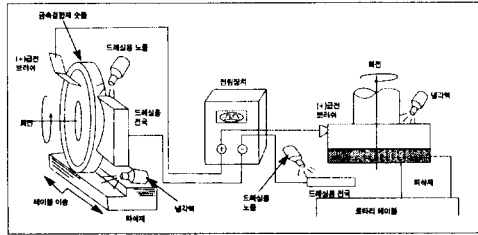


그림 2. 전해 인프로세스 드레싱연삭의 구성

숫돌은 경면연삭에는 철계 메탈본드, 고능률연삭에는 코발트, 청동본드가 사용된다. 전해전원은 고주파의 직류 펄스 전압을 공급하는 전용전원을 사용하지만 드레싱양과 부도체피막의 제어성의 측면에서 전용전원을 사용하는 것이 바람직하다. 펄스 전압은 단파형이 기본이지만 작업에 따라서 전해강도를 높이기위해 단형파 직류성분을 상승시킨 리플파형을 사용하는 경우도 있다.

전극은 숫돌작업면의 1/6~1/4의 영역을 덮을 수 있으면 충분하고, 숫돌의 지름이 큰 경우에는 넓은 전극이 바람직하다. 전극은 (-)극이므로 원칙적으로 마멸되지 않으므로 재질은 양호한 도전성이면 가능하고 주로 동, 그라파이트, 스테인레스등이 사용된다. (+)극을 연삭숫돌에 공급하기 위해서는 급전체가 필요하고, 숫돌 중심축상에 접촉시킨 건식브러쉬를 주로 사용하며, (-)극은 기계본체로부터 절연시켜야 한다. 연삭액은 전용의 수용성 연삭액이 권장되며, 연삭액의 희석수에 관해서는 이온농도를 고려하여야 하며 특히 수돗물을 이용하는 경우에는 적합성을 평가해 볼 필요가 있다. 최근에는 순수(정제수, 증류수)로 희석가능한 전용연삭액도 있다.

그림 3은 ELID연삭의 메카니즘을 나타낸다. 미세 다이아몬드 지립의 메탈 본드 숫돌은 트루잉 작업 후 지립 및 결합재 모두 평탄화되어(①) 절삭성이 떨어지게 되지만 여기에 전해 현상을 가하게 되면 본드 재료가 용출되고, 지립을 돌출 시키는 게 가능하다. 이러한 전해 현상에서는 수 μ m 용출후 재빨리 부도체 피막(수산화철, 산화 철등)에 의한 절연층이 숫돌면에 형성되므로 과도한 용출을 방지한다(②). 연삭이 시작 되면 피가공물이 부도체 피막에 접촉하여 숫돌입자가 마멸된 양만큼 피막이 벗겨지게되

고 따라서, 피막에의한 절연이 저하되어 필요한 만큼 결합재가 용출되어 돌출이 유지된다(③). 이러한 상태의 천이과정(ELID Cycle)을 거쳐 다시 새로운 지립이 준비되고(④) 가공이 안정적으로 진행된다.

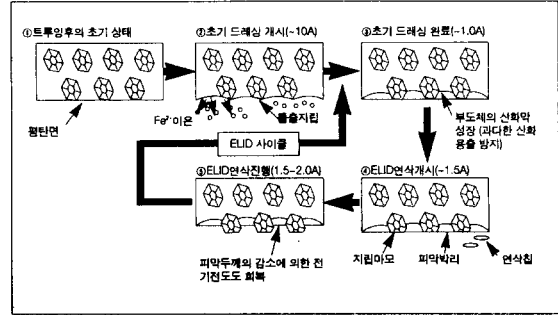


그림 3. 전해 인프로세스 드레싱의 메카니즘

3. 실험결과 및 토의

전해 인프로세스 드레싱에대한 특성과 유효성을 파악하기 위해 스테인레스 강 및 세라믹의 경면연삭가공실험을 수행하였다. 표1은 원통연삭실험의 제원을 나타내고, 그림 4는 실험에 사용된 원통연삭시스템, 그림 5는 원통연삭반에 장착된 주철본드 다이아몬드 휠, 전극 및 연삭액 공급장치를 나타낸다.

1) 메탈본드 다이아몬드 휠의 초기드레싱

메탈본드 휠의 사용순서는 숫돌의 장착-전극장착-트루잉-초기드레싱-연삭의 순순이며, 사용후 오랜기간이 경과된 경우는 트루잉, 초기드레싱의 작업이 필요하다. 금속이므로 산화막, 녹등은 알루미늄이나 혹은 탄화규소등의 시편으로 간단히 제거되며, 휠의 트루잉은 기계적인 방법을 이용하여 GC, C숫돌로 직접 연삭을 하든지 브레이크 트루어를 사용하는 것이 바람직하며, 트루잉 과정에서도 전해 인프로세스 드레싱을 적용하면 능률적이다.

전해 인프로세스 드레싱 연삭에서도 초기의 부도체 피막을 형성하기위해 일반 연삭과 같이 초기 드레싱 과정을 거친다.

표 1 원통경면연삭 실험

연삭기	원통연삭기: TOYODA GUX100 3.75kW	
ELID 연삭	연삭숫돌	주철본드Dia. 휠, ϕ 305xW10, 드레싱 350rpm, 연삭 1000rpm, 입도 #325, 2000, 4000
	전원	TRUELID PULSER
공작물	연삭액	Noritake, AFG-M 50배 희석
	SCM22H 세라믹	ϕ 35 x L400, 100rpm ϕ 55 x L110, 100rpm, ZrO ₂
기 타	표면조도 측정	광학식치수형상표면조도측정기 (인텍엔지니어링)

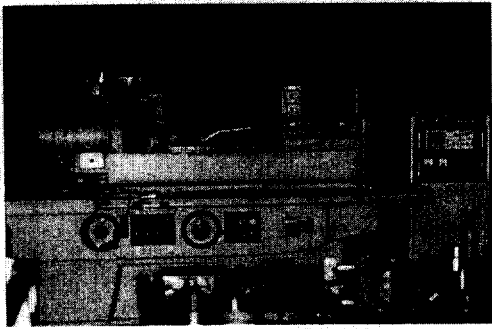


그림 4. 전해인프로세스드레싱 원통연삭시스템

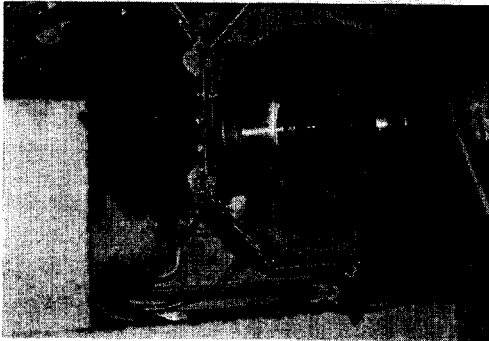


그림 5. 다이아몬드 휠, 전극, 연삭액 공급장치

철계 본드 슷들에서는 부도체 피막이 형성되어 전해 전원의 전류치가 떨어져 안정적으로 유지된 상태로 되면 초기 전해드레싱을 종료한다. 초기드레싱 중에는 전해작용의 활성화를 위해 슷들의 주속도를 300 m/min 로 낮춘 상태에서 30-40분 정도 소요된다. 그림 6은 전해전원의 파형을 나타내고, 그림 7과 8은 초기드레싱 중의 전류와 전압치의 시간에 따른 변화를 나타낸다.

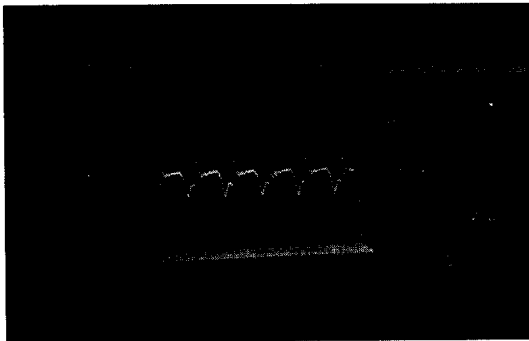
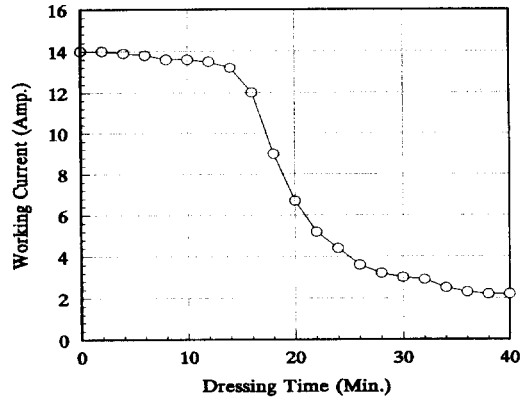
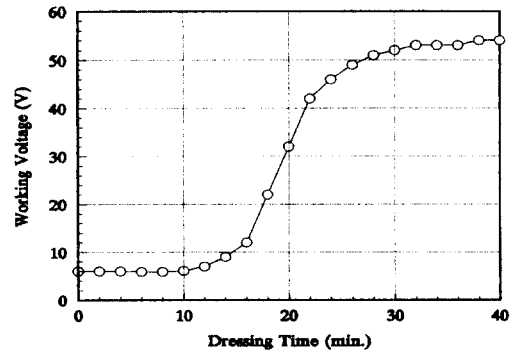


그림 6. 전해전원의 파형



(FCI Diamond Wheel #4000, Ip=30A, Eo=60V)

그림 7. 초기드레싱중의 전류변화



(FCI Diamond Wheel #4000, Ip=30A, Eo=60V)

그림 8. 초기 드레싱중의 전압변화

2) 스테인레스강의 경면연삭가공실험

볼 스크류의 샤프트로 쓰이는 SCM22H(Hrc62)를 대상으로 원통연삭가공을 하였다. 트레버스 이송속도와 공작물의 회전수의 변화에 대한 가공물 표면의 거칠기 변화를 그림 9,10에 나타냈다.

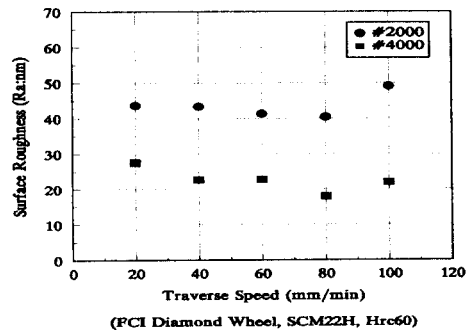


그림 9. 트레버스 이송속도와 표면조도와의 관계

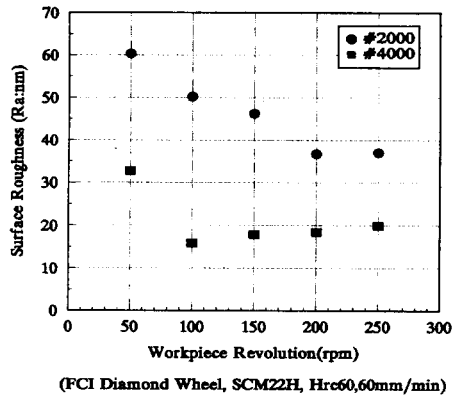


그림 10. 공작물의 회전수와 표면조도의 관계

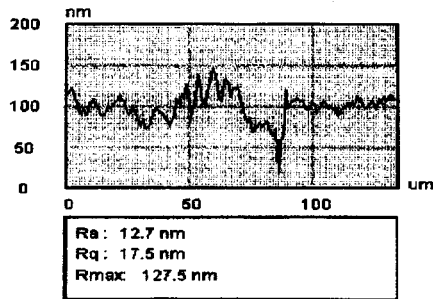


그림 11. 경면연삭 표면조도 측정결과(SCM22H)

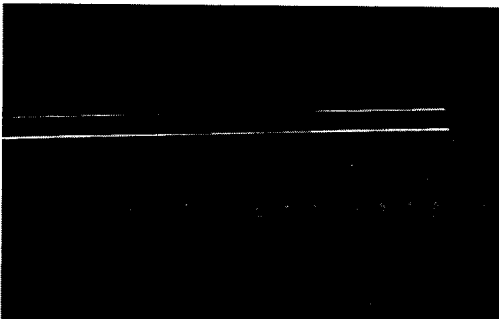


그림 12. 스테인레스강의 경면연삭

그림에서 보듯이 슷돌입자의 크기가 가공면의 표면 조도에 직접적으로 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 트레버스 이송속도와 회전수는 경면연삭에서는 표면조도와 관계가 크게 관계가 없었으나 속도가 빨라지면 과도한 부도체 피막의 탈락으로 연삭이 안정적으로 이루어지지 않았다.

3) 세라믹원통의 경면연삭실험

같은 방법으로 세라믹을 대상으로 실험을 하였다. 표면조도의 측정결과를 그림 13에 나타냈고, 실제 가공물의 사진은 그림 14와 같다.

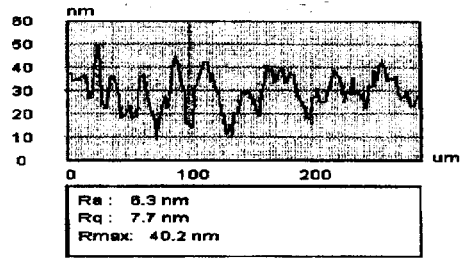


그림 14. 지르코니아 세라믹의 표면조도 측정결과 (#4000주철본드다이아몬드휠, 휠회전수 950rpm, 공작물 회전수 100rpm, 트레버스 속도 60mm/min, 양단 절입 1μm/pass)



그림 15 세라믹 시편의 가공형상

4. 결론

본 연구에서는 전해 인프로세스 드레싱에 의한 경면연삭의 유효성을 살펴보고 그의 가공결과를 보고 하였다. 스테인레스강의 경우 Ra 0.012μm, 세라믹의 경우 Ra 0.006μm 의 경면(#4000주철 본드 다이아몬드 휠)을 얻을 수 있었다. ,

참고 문헌

- 1.大森 整, "ELID 연삭법과 활용기술", 기계기술, 1997년 2월호, pp142-148
- 2.H.Ohmori, "Electrolytic In-Process Dressing (ELID) Grinding Technique for Ultraprecision Mirror Surface Machining", JSPE 93년 9월호, PP1451-1457