韓國精密工學會 '94年度 秋季學術大會論文集 pp.161～165

전해 인프로세스 드레싱법(ELID)을 이용한 고능률·고정도 원통연삭

이득우, 高橋一郎, 大森 整, 中川 威雄
(한국기계연구원) (理化學研究所)

1. 서 론

최근 산업의 발달과 함께 제품의 고정도화, 다양화, 생산성 향상 등의 요구에 의해 연삭가공에 있어서도 고능률·고정도가공이 주목되고 있다. 특히 반도체산업, 광산업 등에 넓게 응용되고 있는 광학소자 가공에서는 가공정도와 가공능률이 동시에 달성되는 것에 대한 요구가 많지만, 이러한 광학소자의 가공에 있어서 기존의 연마방법은 가공정도와 가공능률에 한계가 있었다. 그런데 연삭가공에서 고능률·고정도가공의 한가지 방법으로"전해 인프로세스드레싱(Electrolytic In-Process Dressing ; ELID)연삭법"이 개발되어 고강도 메탈본드숫돌에 의한 초경합금,세라믹재료등의 경취성재료를 고품위 가공하고 있다. [1,2,3] ELID연삭법이란 숫돌의 다이야몬드나 cBN등의 연삭입자를 결합하고 있는 금속결합재를 전기분해에 의해 적당량 제거하여 일반적인 연삭과 같이 연삭입자를 연속적으로 돌출시켜 가공이 유지되도록 하는 연삭방법이다.

본 연구는 ELID연삭기술을 이용하여 원통연삭에서 철강재료 및 세라믹재료의 고능률·고정도 가공특성을 살펴보았다. 원통연삭에서의 주철파이바본드숫돌 및 코발트본드숫돌에 의한 ELID연삭과 비트리파이드본드숫돌에 의한 일반연삭과의 고능률 가공특성을 비교하였다.

2. 실험장치

그림 1은 일반적인 원통연삭기에 ELID연삭법을 적용한 실험장치의 개략도를 보여주고 있다. 실험은 스트레이트숫돌을 사용하는 원통연삭기(GP24-R:OKUMA Co.)에 ELID전원장치(EDP-30ST:新東브레이타 Co.)를 설치하고, 숫돌로 주철파이바본드-cBN(CIFB-cBN),-다이야몬드(CIFB-D) , 코발트본드-cBN(CB-cBN) 및 비트리파이드본드-cBN(V-cBN)을 사용하여 수행하였다. 표1은 연삭실험의 제원을 보여주고 있다.

3. 실험방법

본 실험에서는 원통연삭에서의 가공능률을 평가하기 위하여 가공중의 접선 및 법선방향의 연삭저항과 연삭비를 측정하였다. 그림1에 연삭저항 측정시스템을 나타내었다. 법선방향 연삭저항은 와전류식 변위센서에 의해 연삭시의 법선방향 변위를 측정하여 환산하고, 접선방향 연삭저항은 원통연삭기의 부하계에 의해 측정하였다. 또한 연삭비은 숫돌의 형상(단차)을 공작물에 전사시켜 표면조도계에 의해 측정하여 숫돌마모량을 구하고, 공작물의 직경변화를 마이크로메타에 의해 측정하여 공작물의 제거량을 산출하였다.

가공실험은 우선 숫돌을 GC#60에 의해 트루잉을 한 후, ELID연삭의 경우 전해조건 Eo60V, Ip12.9A, τ_{on}2μs, τ_{off}2μs로 하여 초기 드레싱을 하였으며, 일반연삭의 경우 스틱숫돌(WA#100)에 의해 초기 드레싱하여 수행하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 철강재료의 연삭능률 평가

표2는 고능률연삭에 있어서의 이송속도(가공능률)와 연삭비의 관계를 나타내었다. CIFB-cBN에 의한 ELID연삭에서는 이송속도를 0.25로 높게 해도 연삭비의 변화가 거의 없었으나, 그 이상 속도를 높일 경우에는 연삭이 불가능하였다. 한편 V-cBN숫돌에 의한 일반연삭에서는 이송속도를 높게 하면 할수록 연삭비가 급격히 떨어지고, 연삭비는 연삭능률에 영향이 큰 것을 알수 있었다.

그림 2는 플랜지연삭에서 #170CIFB-cBN숫돌(ELID적용)과 #170V-cBN숫돌에 의한 SUJ2재(HRc63)의 연삭특성으로 제거체적과 연삭비의 관계를 보여주고 있다. CIFB-cBN숫돌의 ELID연삭에 의한 연삭비가 V-cBN숫돌에 의한 일반연삭보다 높고, 초기 드레싱후의 연삭초기에 연삭비가 상당히 높으며 가공정도도 양호했다. 그 결과는 그림 7-11에서 볼 수 있다. 또한 V-cBN숫돌에 의한 일반연삭에서는 연삭비의 변화가 적고 거의 일정하였다. 일반적으로 고능률연삭에서 숫돌의 본드재료가 강할수록 연삭비가 큰것으로 알려져 있는데, CIFB-cBN숫돌의 경우 전해드레싱에 따른 연삭비의 저하에도 불구하고 V-cBN에 의한 일반연삭의 연삭비에 비해 크게 됨을 알 수 있었다.

그림 3-11은 트래버스연삭에 있어서의 CIFB-cBN숫돌 및 CB-cBN숫돌에 의한 ELID연삭과 V-cBN숫돌에 의한 일반연삭의 연삭특성에 대해서 나타내었다. 가공조

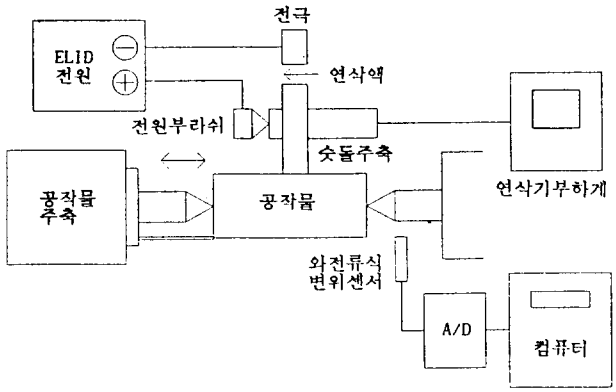


그림 1. 실험장치의 개략도

표 1. 연삭실험 시스템의 제원

1. 연삭기	원통연삭기:GP-24R, 7.5kW[OKUMA Co.]	
2.ELID연삭	연삭숫돌	CIFB-cBN, D, CB-cBN숫돌(스트레이트형, φ300xW20, #170, 집중도100)[新東부레이타 Co.]
	ELID전원	EPD-30ST[新東부레이타 Co.]
	연삭액	Noritake cool AFG-M, 50배희석
3. 일반연삭	연삭숫돌	V-cBN숫돌(스트레이트형, φ300xW10, #170, 집중도100)[NORITAKE Co.]
4. 공작물	철강재료	φ300xL100, SKH51(HRc58), SUJ2(HRc63)
	세라믹재료	φ70xL70, ZTA(알루미나65%+질리코니아35%:Hv1550)[日立化成(株)]
5. 기타	연삭저항 측정	와전류식변위센서EX-201, 분해능0.4μm [KEYENCE4 Co.)
	표면거칠기 측정기	Mytutoyo 501

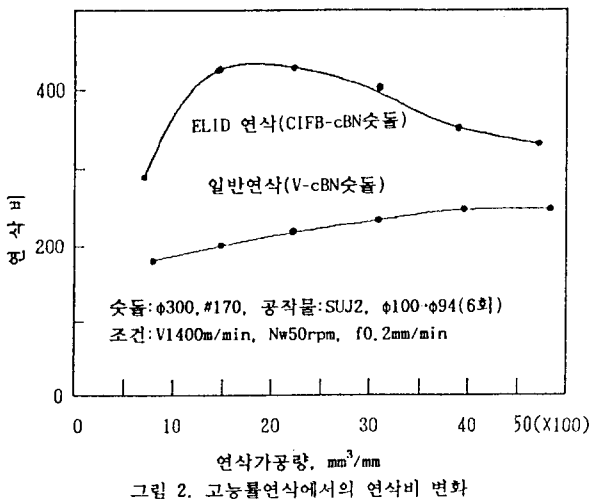


그림 2. 고능률연삭에서의 연삭비 변화

표 2. 고능률연삭에서의 가공능률과 연삭비의 관계

이송속도 (mm/min)	ELID연삭법 (CIFB-cBN)	일반연삭법 (V-cBN)
0.2	Gr=280	Gr=176
0.25	Gr=280	Gr=30
0.5	X(연삭불가능)	Gr=4
1.0	X(연삭불가능)	X(연삭불가능)
가공조건:숫돌φ300, #170, 공작물:SUJ2, φ100->φ94, V1400m/min, Nw50rpm		

건은 숫돌주속 V1400m/min, 이송속도 f200mm/min, 공작물 주속 Nw50rpm로 하였다. 공작물은 SKH51재(φ100xL100)이다.

그림 3,4는 트래버스연삭에 있어서의 연삭저항의 변화를 보여주고 있다. ELID연삭에서는 절삭깊이 60μm, 이송속도 200mm/min의 조건까지 안정적으로 가공이 실현되었다. 그러나 V-cBN숫돌의 일반연삭에서는 절삭깊이 50μm, 이송속도 200mm/min에서 법선방향 연삭저항이 상승(채터가 발생)하여 연삭이 불가능하였다.

그림 5,6은 연삭횟수에 따른 접선방향 및 법선방향의 연삭저항변화를 보여주고 있다. CIFB-cBN숫돌에 의한 ELID연삭에서는 초기의 접선방향 연삭저항이 높았지만 전체적으로 안정된 가공이 실현되었으며, CB-cBN숫돌에 의한 ELID연삭에서는 전해성이 CIFB-cBN숫돌에 비해 우수하기 때문에 연삭초기부터 연삭저항이 낮고 안정된 가공이 수행되었다. 이에 대해 V-cBN에 의한 일반연삭에서는 드레싱후 초기의 약 10 패스까지는 연삭저항이 낮고, 안정된 가공이 이루어졌으나 그 이상에서는 약간의 진동이 발생하여 연삭저항이 상승하였다. 그 결과 가공정도가 좋지 않았다.

그림 7,8,9는 숫돌면의 형상변화에 대해서 비교했다. CIFB-cBN숫돌에 의한 ELID연삭이 가장 숫돌형상의 변화가 적고, CB-cBN숫돌에 의한 ELID연삭, V-cBN숫돌에 의한 일반연삭의 순으로 숫돌의 마모가 큰 것이 확인되었다. 이에따라 비록 #170의 같은 숫돌입도임에도 불구하고 가공정도의 차이는 크게 나타났다. 그 결과는 그림 10,11에 나타내었다. 그림 10,11은 트래버스연삭이 진행됨에 따른 표면거칠기와 가공오차를 비교했다. 여기서 가공오차는 NC지령치와 공작물의 제거량(실측치)의 차이로 계산하였다. CIFB-cBN숫돌에 의한 ELID연삭이 가장 가공정도가 양호하고, CB-cBN숫돌에 의한 ELID연삭은 가공횟수가 증가할수록 약간씩 가공정도가 좋지 않지만, V-cBN숫돌에 의한 일반연삭의 경우에는 10 패스이상부터 거의 표면거칠기가 5μm 이상, 가공오차도 약 1μm/pass로 좋지 않음을 알 수 있었다. 이는 연삭비의 차이에 따른 숫돌면의 형상변화 차이가 가공정도에 영향을 미침을 알 수 있다.

4.2 세라믹재료의 연삭능률 평가

그림 12, 13은 CIFB-D 숫돌을 사용한 세라믹재료 ZTA(질리코니아 35%+알루미나 65%)의 ELID연삭한 결과이다.

그림 12는 이송속도(가공능률)와 연삭비의 관계를 나타내고 있다. 이송속도가 클수록 연삭비는 작아지고 있으나, 거의 130정도로 변화는 크지 않았다. ELID연삭에 의해 세라믹재료(ZTA)의 경우에는 이송속도 3mm/min (연삭능률 660 mm^3/mm·min)까지 안정된 가공을 실현하였다.

그림 13은 경면가공결과의 표면거칠기 및 진원도 측정결과를 보여주고 있다. 경면연삭조건으로서는 연삭속도 1400mm/min, 공작물주속도 15m/min, 이송속도 30 mm/min, 절삭깊이 1μm로 하였다. #4000CIFB-D숫돌에 의해 Ra10nm, 진원도 0.4μm전후가 얻어졌다. 같은 수준의 표면거칠기를 얻기 위해 일반연삭후 랩핑가공에서는 진원도가 약 1μm 전후가 얻어지고 있어 ELID연삭의 유용성이 확인되었다.

5. 결론

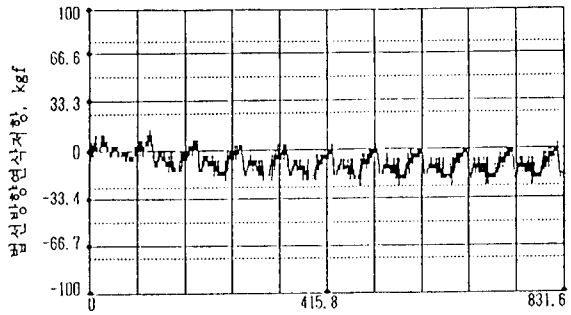
원통연삭기를 이용하여 CIFB-cBN,D숫돌 및 CB-cBN숫돌에 의한 ELID연삭 과 V-cBN숫돌에 의한 일반연삭에 있어서 고능률 연삭실험을 수행하였다.

그 결과 다음의 결론를 얻었다.

1. 고능률·고정도연삭에 있어 ELID연삭의 유용성이 확인되었다.

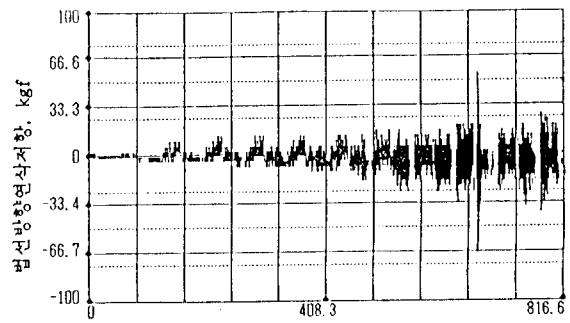
2. ELID연삭에서는 연삭초기에 연삭비가 높고, 가공정도도 양호했다.

3. 가공정도는 숫돌면의 형상에 영향이 크다.



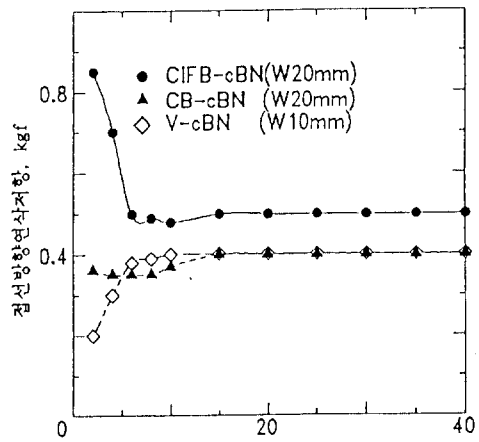
(숫돌:φ300xW20, #170, CIFB-cBN, 연삭깊이 d60μm

그림 3. ELID연삭에 있어서의 연삭저항의 시간변화



(숫돌:φ300xW10, #170, V-cBN, 연삭깊이 d50μm

그림 4. 일반연삭에 있어서의 연삭저항의 시간변화



(숫돌:φ300, #170, 연삭깊이 d40μm

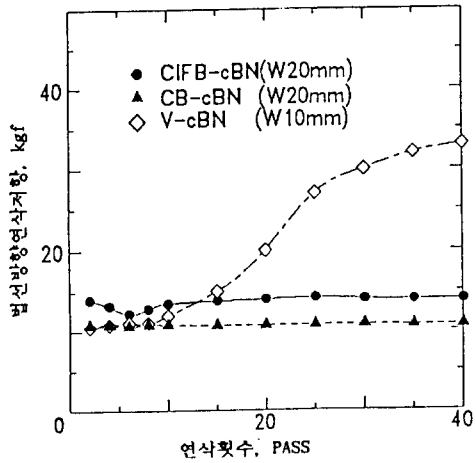
그림 6. 접선방향연삭저항의 변화

참 고 문 헌

1. H. Ohmori" Electrolytic In-Process Dressing(ELID) Grinding Technique for Ultraprecision Mirror Surface Machining" International Journal of JSPE, Vol.26,No.4, pp.273, 1992

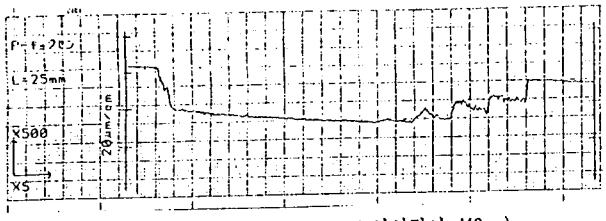
2. H. Ohomori and T. Nakagawa"Mirror Surface Grinding of Silicon Wafer Using ELID" Annals of the CIRP Vol. 39/1, pp.329

3. H. Ohomori " Grinding of Steel and Seramic Comlex Materials Using ELID" J. of JSGE, Vol.37, No.4, pp.34, 1993



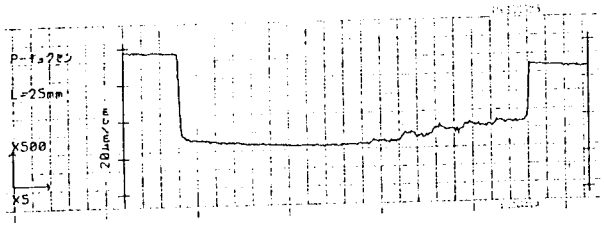
(숫돌:φ300, #170, 연삭깊이 d40μm

그림 5. 법선방향연삭저항의 변화



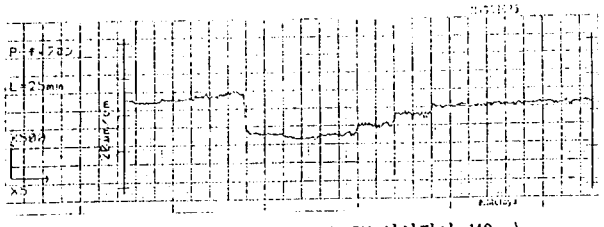
(숫돌:φ300xW20, #170, CIFB-cBN, 연삭깊이 d40μm)

그림 7. 트래버스연삭에서의 주철본드숫돌 형상



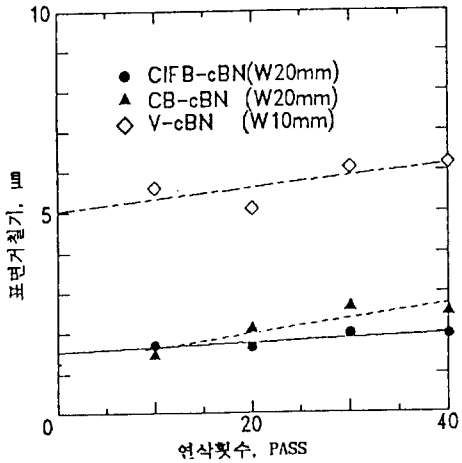
(숫돌:φ300xW20, #170, CB-cBN, 연삭깊이 d40μm)

그림 8. 트래버스연삭에서의 코발트본드숫돌 형상



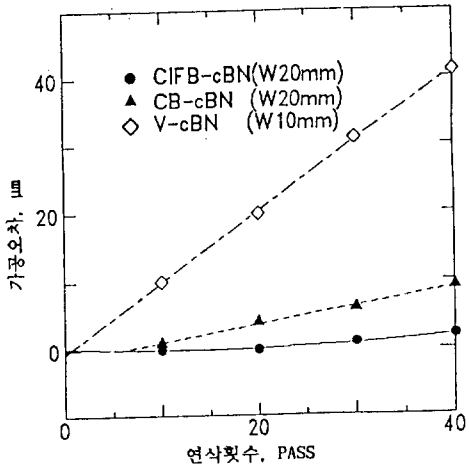
(숫돌:φ300xW10, #170, V-cBN, 연삭깊이 d40μm)

그림 9. 트래버스연삭에서의 비트리파이드숫돌 형상



(숫돌:φ300 #170, 연삭깊이 d40μm)

그림 10. 트래버스연삭에서의 표면거칠기의 변화



(숫돌:φ300, #170, 연삭깊이 d40μm)

그림 11. 트래버스연삭에서의 가공오차의 변화

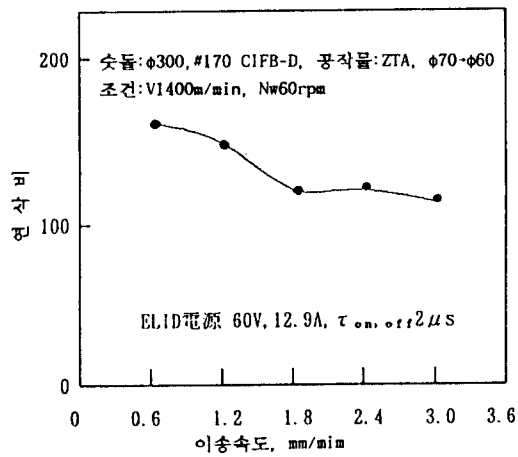
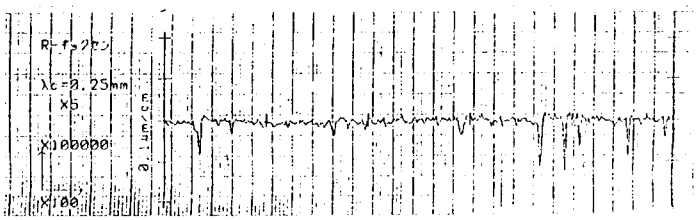
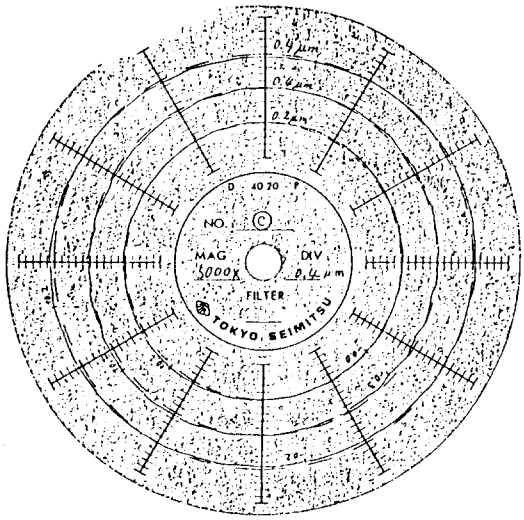


그림 12. 이송속도 및 연삭비의 관계



(표면거칠기 Ra 0.009μm)



(진원도 0.4μm)

숫돌:φ300, #4000 CIFB-D, 공작물:ZTA, φ70

조건:V1400m/min, Nw60rpm

그림 13. ELID연삭에 있어서의 진원도