

입도 복합 슷들의 헬리컬 스캔 연삭 기구 Helical Scan Grinding Mechanism of Double-mesh Wheel

김 한 섭* (울산대 대학원), 박 규 열(울산대)

Hanseob Kim (Univ. of Ulsan), Kyuyeol Park (Univ. of Ulsan)

1. 서 론

세라믹 재료는 높은 강도 및 경도를 갖는 기계적 성질로 인하여 연삭가공에는 다이아몬드를 지립으로 하는 초지립 슷들이 사용된다. 다이아몬드는 일반 지립에 비하여 내마모성이 월등하게 높다는 사실로부터 슷들의 트루잉 및 드레싱 작업이 극히 곤란한 것은 주지의 사실이다. 따라서 다이아몬드 슷들을 사용하는 연삭공정의 작업효율을 높이기 위해서는 슷들의 빈번한 교환에 따른 트루잉 및 초기 드레싱 작업을 가능한 회피하는 것이 바람직하다. 빈번한 트루잉 및 드레싱 작업은 작업효율의 저하 외에도 고가의 슷들을 과도하게 마모 시킴으로써 공구비용의 상승을 초래하는 등 많은 문제점을 내포하고 있다. 따라서 본 논문에서는 세라믹 재료의 연삭가공을 대상으로 가공정밀도(특히 표면 거칠기)와 가공능률을 동시에 향상시킬 수 있는 방안으로 서로 다른 입도를 갖는 레진본드 다이아몬드 슷들(Resinoid bond diamond wheel)을 한 쌍으로 겹쳐서 성형시킨, 일명 [복합입도스�들(Double mesh wheel)]을 사용하고 연삭방법으로는 헬리컬스캔 연삭방식(Helical scan grinding method)을 적용하여 세라믹 재료의 가공특성을 조사하였다. 여기서 복합입도스�들의 적용의미는 슷들의 전체 작업면에서 평균입도가 높아지는 효과를 기대하였다

2. 연삭가공의 표면 거칠기 향상방안

일반적인 연삭가공에서 표면거칠기를 향상시키기 위해서는 다음과 같은 방안이 적용될 수 있다.

- 1) 슷들의 지립밀도를 높이는 방법
- 2) 슷들의 입도를 높이는 방법
(미립자 슷들의 사용)
- 3) 슷들의 이송량 및 이송속도를 낮게 하는방법

위의 내용들은 조금씩은 차이가 있지만 각기 슷들의 평균지립간격과 연속절간격을 좁히는 의미를 담고 있다. 평균지립간격은 슷들내의 절인의 평균간격을 나타내고 연속절간격은 공작물의 동일 지점을 가공하는 연속된 절인의 간격을 나타낸다. 지립의 밀도와 입도를 높이는 방법은 물론이고 이송량과 이송속도를 낮추는 방법 역시 평균지립간격과 연속절간격을 좁히는 효과에 기인하여 표면 거칠기가 향상된다. 즉 공작물의 표면상태를 향상시키기 위해서는 슷들의 지립밀도가 직접적인 영향을 미치게 된다. 헬리컬 스캔 연삭의 경우 슷들의 원주속도 발생방향과 이송방향을 달리하는 운동기구에 의하여 평균 및 연속절간격은 감소되며, 더불어서 복합입도 슷들의 사용으로 인하여 이러한 효과는 상승적으로 증가할 것으로 사료된다.

3. 실험장치 및 사용재료

Fig. 1은 본 실험에 사용한 실험장치의 사진이다. 본 연구에서 연삭 실험은 Fig. 1에 나타낸 실험장치의 사진과 같이 국내 화천 중공업 [HWACHEON HEAV Y INDUSTRY Co., Ltd.]사의 Machining Center(M/C):SIR IUS-2type를 사용하여 헬리컬 각도를 조정할 수 있도록 하였으며 연삭가공 중에 발생하는 연삭력은 AMT [ADVANCED MECHANICAL TECHNOLOGY, Inc]사의 공구 동력계를 사용하여 가공 중에 실시간으로 측정하였다. 또한 본 실험에 사용한 복합입도 슷들의 도면과 치수는 Fig. 2에 나타내었다. Table.1은 본 실험에 사용한 각종 시편과 측정장치 그리고 세부사항을 나타 내고 있다. 한편 가공결과와 연삭저항 이외에도 광학식 치수형상·표면조도 측정기(O ptical Dimens ional Metrology Center)를 사용하여 표면 거칠기를 측정하였다

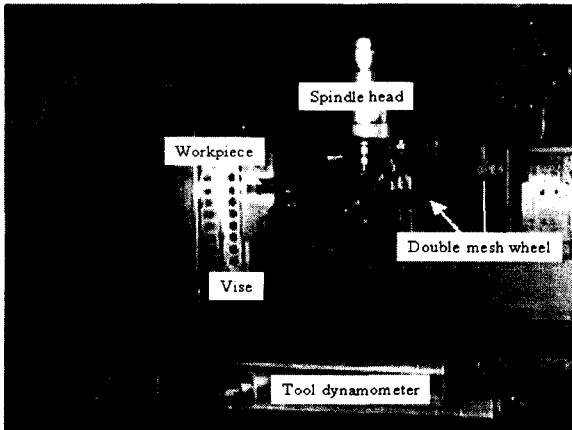


Fig. 1 Wheel Experimental set-up of grinding

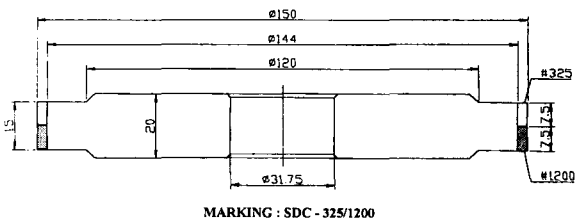


Fig. 2 Dimension of double mesh- wheel

Table 1. Specifications of experimental set-up

Machine tool	Machining Center(M/C):SIRIUS-2 type [HWACHEON HEAVY INDUSTRY Co., Ltd.]		
Grinding wheels	SD325P75B, SD1200N70B SD325/1200		
Work piece		Si ₃ N ₄	Al ₂ O ₃
	Flexural strength	6.9MPa·m ^{1/2}	4.4 MPa·m ^{1/2}
	Hardness	1400HV(10)	1650 HV(10)
Truing & Dressing	WA120J7V(WA stick) WA180J7V(WA stick)		
Grinding Fluid	CEM, 2% dilution of water [NORITAKE CO., Ltd]		
Measuring Instrument	Optical Dimensional Metrology Center [INTEK ENGINEERING Co., Ltd.] Particle Size Analyzer(Model : Elzone 280PC) MC818 Series Multi-Dynamometer [ADVANCED MECHANICAL TECHNOLOGY. Inc]		

4. 실험결과의 고찰

4.1 헬리컬 스캔 연삭법에 의한 연삭 특성

Fig. 3과 Fig. 4는 헬리컬스캔 연삭법에 의한 연삭 특성을 조사하기 위한 실험으로 #325레진본드 다이

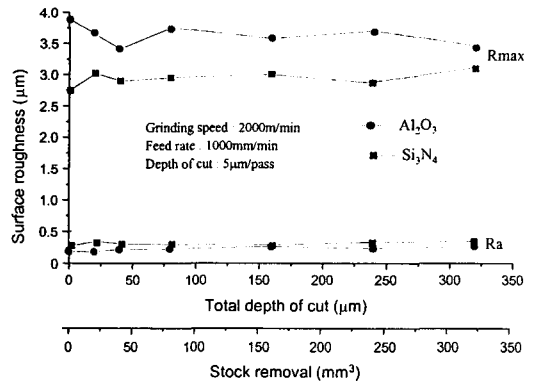


Fig. 3 Relationship between surface roughness and stock removal(#325)

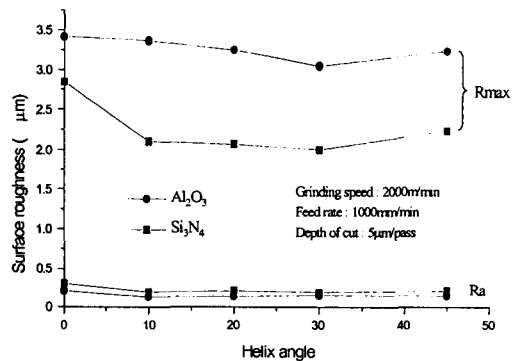
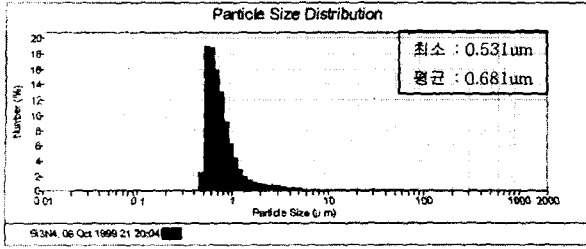
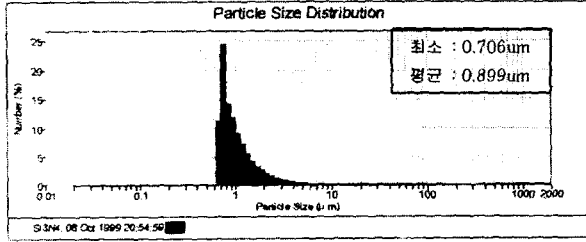


Fig. 4 Relationship between surface roughness and helix angle (#325)

아몬드 슷돌의 트래버스 연삭방식과 헬리컬스캔 연삭방식의 실험결과를 나타낸 그림이다. 연삭조건은 테이블 이송속도: 1000mm/min, 연삭속도: 2000m/min으로 제거체적과 표면거칠기의 관계를 조사한 결과이다. 트래버스 연삭방식 하에서 표면거칠기가 질화규소는 약 Rmax: 3µm, 알루미늄은 Rmax: 3.5µm으로 나타났으나 헬리컬스캔 연삭법을 적용함으로써 경사각이 0°(일반 트래버스 연삭)와 비교해서 표면 거칠기의 향상효과가 Fig. 4와 같이 얻어졌으며, 경사각30° 전후에서 표면 거칠기의 향상효과가 가장 좋은 것으로 확인되었으며 이때의 표면 거칠기는 Rmax: 2.0µm, Ra: 0.2µm 정도로 트래버스 연삭에서의 결과 Rmax: 3µm과 비교하면 실험결과의 차이가 대략 33%정도 향상된 것을 알 수 있다. Fig. 5는 헬리컬스캔 연삭법의 적용효과를 정량적으로 분석하기 위하여 #325스�돌을 사용하여 질화규소를 질입량 10µm 조건 하에서 트래버스 방식(a)과 헬리컬스캔 방식(b)으로 가공한 경우에 발생하는 칩의 크기를 입도분석기(Particle Size Analyzer)를 사용하여 조사한 결과이다. 헬리컬스캔 연삭의 경우, 발생된 칩은 크기가 평균 0.681µm 전후에 분포하는 반



(a)traverse grinding



(b)helical scan grinding method(30°)

Fig. 5 Distribution of grinding chip

면, 트래버스 방식에서는 평균값 0.899 μ m을 갖는 것으로 확인되었다. 일반적으로 칩의 크기는 단위 지립당의 제거단위(제거체적)에 비례하며, 단위 지립당의 제거단위는 연삭가공면의 창성에 있어서 평균지립간격 및 연속지립간격과 관련하여 연삭면의 표면 거칠기와 직접적인 상관관계를 갖는 것으로 알려져 있다. 따라서 헬리컬스캔 방식을 적용함으로써 칩의 크기가 작아진다는 사실은 연삭 작업면에서 평균지립간격 혹은 연속지립간격이 작아진다는 것을 의미한다. 따라서 헬리컬스캔 연삭방식을 적용함으로써 스톨의 원주속도 발생방향과 연삭이송 방향을 달리 하는 운동기구에 의하여, 연삭가공면의 창성에 있어서 작용지립의 평균지립간격 및 연속지립간격이 감소되는 가공기구가 발현되는 것으로 판단할 수 있다

4.2 복합입도 스톨에 의한 연삭 특성

복합입도 스톨의 연삭성능을 비교 평가하기 위해 전기의 헬리컬스캔 연삭법으로 단일입도 #325, #1200과 복합입도 #325/#1200의 스톨을 동일 조건에서 비교 실험을 실시하였다. Fig.6과 Fig.8은 헬리컬스캔 연삭법을 이용한 단일입도 스톨의 실험결과로서 #325입도 스톨에 비해 #1200입도 스톨의 표면거칠기가 좋게 나타나고 있다. 단 #1200입도 스톨의 경우 연삭능력을 고려해 연삭깊이를 1 μ m으로 실험을 실시하였으며, 이 때의 연삭저항을 Fig.7과 Fig.9에 나타내고 있다. #325입도 스톨과는 달리 3 μ m, 5 μ m의 절입시 #1200입도의 스톨의 연삭저항

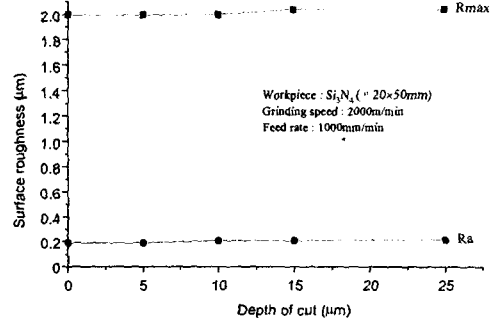


Fig. 6 Relationship between surface roughness and depth of cut (#325)

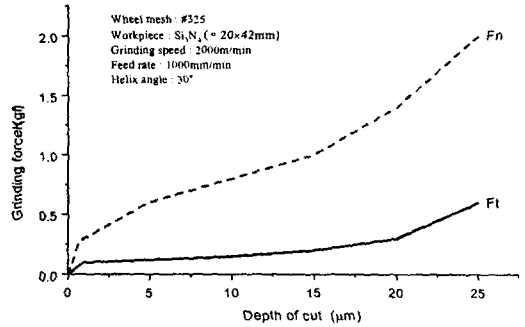


Fig. 7 Relationship between grinding force and depth of cut (#325)

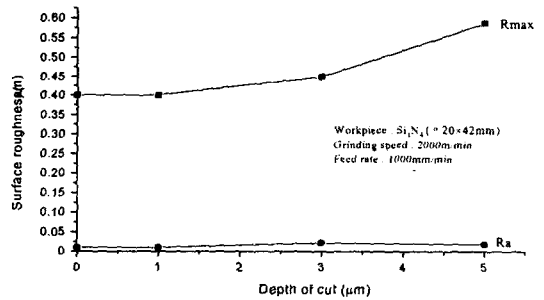


Fig. 8 Relationship between surface roughness and depth of cut (#1200)

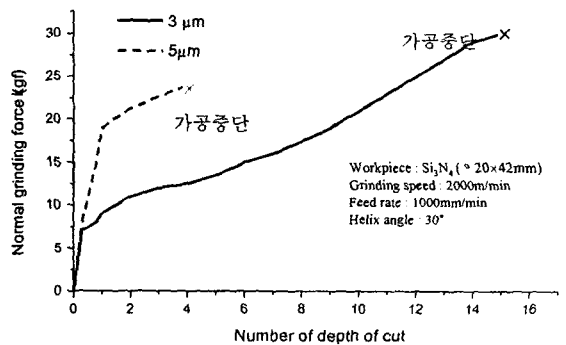


Fig. 9 Relationship between grinding force and depth of cut (#1200)

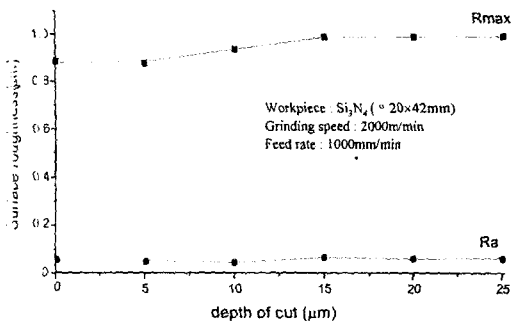


Fig. 10 Relationship between surface roughness and depth of cut (#325/1200)

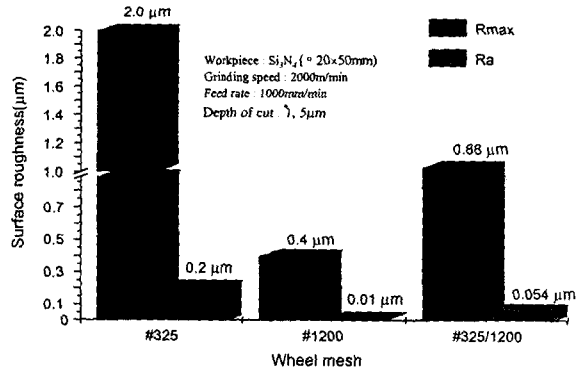


Fig. 13 Relationship between surface roughness and wheel mesh

이 적은 것으로 판단된다. Fig.13은 각 숫돌에 따른 표면거칠기를 정리한 그래프로써 복합입도#325/#1200숫돌의 연삭 표면상태는 단일입도#1200숫돌이 1μm 절입깊이에 대한 결과값 것을 감안하면 단일입도#1200의 결과와 상당히 비슷한 값을 나타내고 있다는 것을 확인할 수 있다. 그러나 전기의 설명과 같이 연삭저항은 #325단일입도의 경향을 보이고 있어 복합입도#325/#1200숫돌의 연삭에서는 가공조건은 #325입도에 의존하며 가공 후의 결과는 #1200입도에 의존하는 경향을 가진다.

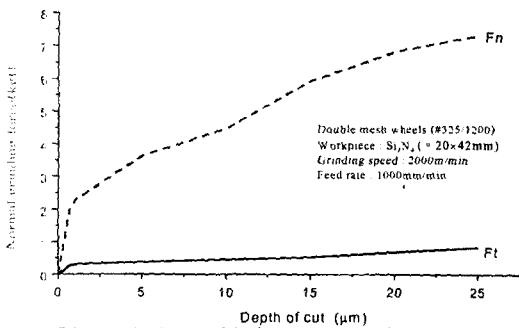


Fig. 11 Relationship between grinding force and depth of cut (#325/1200)

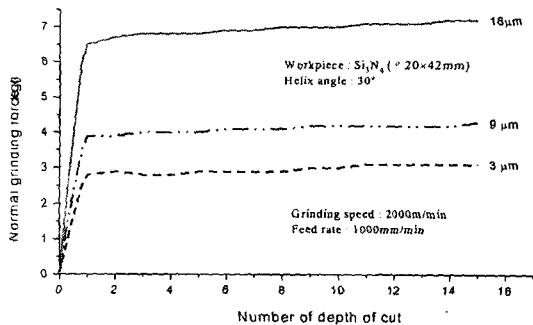


Fig. 12 Relationship between normal grinding force and number of depth of cut (#325/1200)

은 절입횟수와 더불어 급격하게 증가하여 정상적인 가공이 불가능한 것으로 확인되었다. 이는 #1200숫돌의 연삭능력이 부족하여 지립의 마모속도와 자생작용의 발생속도의 불균형에 기인하는 숫돌의 눈매움 현상으로 잔삭량이 상당히 존재하는 것으로 사료된다. 또한 #325/#1200의 연삭능력을 확인하기 위해 반복 절입시의 연삭력을 실험한 그래프를 Fig.12에 나타내고 있다. 동 그래프에서 3μm, 9μm, 18μm의 절입 깊이에서도 반복 절입시 안정된 연삭력을 보이고 있으며 이러한 결과는 #325/#1200복합입도 숫돌의 연삭능력이 단일입도 숫돌 #325와 비슷한 경향을 보이고 있으며 #1200입도로는 불가능한 조건에서도 안정된 연삭 능력을 가지고 있어 잔삭량

5. 결론

복합입도 숫돌을 사용한 헬리컬스캔 연삭가공의 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 헬리컬 스캔 연삭법의 운동기구에 의해 가공시 숫돌의 평균지립간격과 연속절입간격은 상당히 감소하고 있다.
- 2) 복합입도 #325/#1200숫돌의 연삭작업시 가공조건은 단일입도#325 지립에, 가공결과는 단일입도 #1200 지립에 의존한다. 따라서 가공시 작업조건과 연삭저항등 연삭능력은 #325와 유사하며, 가공결과는 #1200입도와 유사한 결과를 보인다.
- 3) 복합입도 숫돌을 사용한 헬리컬스캔 연삭가공으로 한번의 공정으로 황삭가공과 정삭가공을 동시에 수행하는 효과를 가진다.

참고 문헌

- [1] 河村未久, 外: 研削加工と砥粒加工, 1984, 日本國 共立出版株式會社.
- [2]セラミックス加研究會編: セラミックスの精密加工, 工業調査會, (1990) 136.
- [3] 杉田忠彰, 外: セラミックスの機械加工, 1985, 日本國 養賢堂.