

# Micro EDM을 이용한 터빈 블레이드 냉각홀 가공특성 연구 A Study on the Machining Characteristics of Turbine Blade Cooling Holes using Mirco EDM

\*장한석<sup>1</sup>, #신기훈<sup>2</sup>

\*H. S. Jang<sup>1</sup>, #K. H. Shin(shinkh@seoultech.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>서울과학기술대학교 산업대학원, <sup>2</sup>서울과학기술대학교 기계공학과

Key words : Micro EDM, Turbine Blade Cooling Holes, Shot Blast

## 1. 서론

현재 가스터빈은 항공분야와 발전산업 분야에서 널리 사용되고 있으며, 고효율화를 위해 많은 연구가 진행되고 있다<sup>(1)</sup>. 가스터빈의 고효율화를 위해서는 재료기술의 발전도 필요하지만, 기계요소기술의 발전도 중요한 역할을 하고 있다. 60년대 이전의 가스터빈은 터빈입구온도 (turbine inlet temperature)가 낮아서, 냉각장치 없이도 충분한 기능을 발휘할 수 있었지만, 60년대 후반부터는 냉각터빈이 본격적으로 사용됨에 따라 터빈입구의 온도가 점차 상승하였으며, 현재에는 1500℃급의 가스터빈 운전이 가능하게 되었다.

터빈입구온도가 1000℃ 이상일 경우에는 터빈 블레이드에 고압의 압력과 연소실(combustion chamber)에서 발생하는 고온에 의한 열응력(thermal stress) 및 터빈의 원심력에 의해 발생하는 인장응력으로 인해 열피로, 파단, 크랙 등이 발생할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 공기냉각 기술이 요구되어 막냉각(film cooling) 기술이 현재 사용되고 있다. 막냉각은 블레이드의 증공과 표면 사이에 관통된 냉각홀에 의해 분사되는 고온의 가스가 블레이드를 감싸주어 보호하는 냉각 기술이다. 블레이드는 여러 가지 영향으로 인해 예측할 수 없는 문제가 발생할 수 있는데, 냉각홀에서도 많은 문제가 발생하고 있다. 현재 냉각홀 가공에는 Micro EDM, 레이저 가공 등이 사용되고 있으며, 레이저 가공과 비교해 가공속도는 느리지만, 홀의 변형이 적은 Micro EDM이 널리 사용되고 있다. 본 연구에서는 탈이온수를 사용한 Micro EDM에서 가공조건의 변화에 따른 냉각홀 가공특성의 변화를 분석하기 위하여 블레이드 재질과 동일한 티타늄 시편을 사용하여 실험하였다. 또한 냉각홀 가공 전 표면손상과 부식방지를 위해 시행하는 쇼트블

라스트(shot blast)<sup>(2)</sup> 가공 유무에 따른 가공특성의 변화도 실험하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 Shot blast

Shot blast 가공 시편들은 EDM 가공 전, 노즐로부터 100 mm 거리에 두께1mm의 Grade5 티타늄 시편을 위치시키고, GC36 연마재로 공기압 3 kg/cm<sup>2</sup>으로 10초간 Shot blast 처리하여 준비하였다(Fig. 1-b).

### 2.2 EDM (Electric Discharge Machining)

방전가공은 전기 에너지를 이용한 비접촉식 가공방법으로 전극과 공작물 사이에 전압을 가해준 후 절연액 속에서 스파크를 발생시켜 가공하는 방법으로, 경도와 강도에 상관없이 전도성이 있는 재질이면 모두 가공이 가능하다. 본 연구에서는 NSD사의 1000TF 모델(AC방전 전원 사용)에서 수압 70kg/cm<sup>2</sup>로 Ø0.8mm 황동전극봉을 사용하여 Shot blast 가공전 시편(200~202)과 가공후 시편(S200~S202)을 각각 5개씩 30회에 걸쳐 Table1과 같이 ON time을 변화시켜 가공하였다. 본 실험에서는 시편의 두께가 1mm로 전 구간 동일하게 가공하였다(Fig. 1-a).



Fig. 1 Equipments for machining turbine blade cooling holes : (a) EMD super drilling machine (b) Shot blast machine

Table 1 EDM processing parameters

시편	V	ON(μsec)	OFF(μsec)	process time(sec)
200 (S200)	100	10	20	18
201 (S201)	100	25	20	12
202 (S202)	100	50	20	9

3. 실험결과

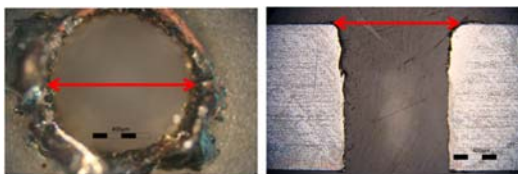
3.1 Shot blast 가공전후 경도 및 조도

Shot blast 전후 경도시험 결과 가공전 시편은 최고 357.2 Hv로 측정되었고, 가공후 시편은 최고 406 Hv로 측정 되었다. 가공 전후로 13.6% 정도 경도가 상승한 것을 확인되었다.

Shot blast 가공전 시편의 중심선 평균거칠기 (Ra)는 0.46 μm, 10점 평균거칠기(Rz)는 2.43 μm로 측정되었다. 가공후 시편은 Ra = 0.75 μm, Rz = 4.26 μm로 가공후 시편이 Ra = 0.28 μm 정도 거칠었다.

3.2 EDM 가공 결과

Fig. 2와 같이 광학현미경을 사용하여 진입부 직경 및 단면부 직경을 측정하였다. 측정결과 Table 2에서와 같이 Table 1의 ON time이 클수록 진입부 직경은 커지지만 가공시간은 줄어드는 것을 확인할 수 있었으며, Shot blast 가공한 시편들의 진입부 직경은 상대적으로 작게 측정되었다.



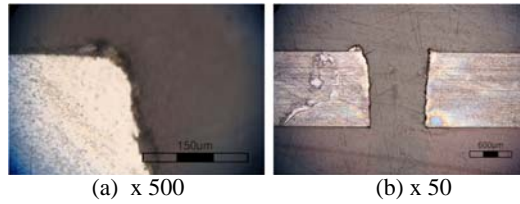
(a) Top plane (b) Cutting plane  
Fig. 2 Optical microscope images (x 500)

Table 2 Hole diameter at top plane

	200	S200	201	S201	202	S202
직경 (mm)	1.015	0.990	1.027	1.018	1.038	1.034
직경차 (mm)		-0.025		-0.009		-0.004

한편 절연액의 연속적인 유입으로 냉각이 되어 HAZ (Heat Affected Zone)부가 나타나지 않는 것을

확인할 수 있었으며(Fig. 3-a), 전극이 진입 후 관통되는 구간은 전극의 방전에 의한 소모로 좁아지는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 3-b).



(a) x 500 (b) x 50  
Fig. 3 Optical microscope images of cutting planes

4. 결론

Micro EDM 및 Shot blast를 이용한 터빈블레이드의 냉각홀 가공특성 분석을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) Grade5 티타늄 시편을 Shot blast 가공할 경우, Vickers 경도가 13.6% 정도 증가 하였으나 표면조도는 거칠어졌다.
- 2) Shot blast 가공 시편을 EDM 가공할 경우, 전극 진입부의 직경이 작아지는 현상은 Shot blast에 의해 표면경화가 발생하기 때문으로 판단된다.
- 3) EDM의 ON time이 클수록 진입부 직경은 커지지만, Shot blast 전후 진입부 직경차는 줄어들며 가공시간도 단축되었다.
- 4) 냉각홀 진입부와 단면부 직경 차가 가스유동에 영향을 주어, 막냉각에 의한 블레이드 보호효과에 변화가 발생할 것으로 판단되므로, 향후 이에 대한 추가연구가 필요하다.

후기

본 연구는 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행되었습니다(No. 2010-0022562).

참고문헌

1. 김문영,양성호,박상열,최철준 "가스터빈 블레이드 냉각공 정밀가공을 위한 EDM기술 활용", 2008년 한국 정밀공학회 춘계학술대회는문집, 415-416, 2008.
2. 조연희,김태형,이세창,정성균, "블라스트와 쇼트 피닝이 Al 7075-T6의 피로특성에 미치는 효과에 관한연구", 2002년 대한기계학회 추계학술대회 연합심포지엄 논문초록집,48-48, 2002.