

레이저빔을 이용한 알루미나, 폴리머 재료의 천공에 관한 연구

The sturdy of the drilling Alumina and Polymer materials by laser beam

연세대학교 재료공학부 *신재호, 김도훈
삼성SDI 생산기술연구소 정재훈, 노철래, 김광일

I. 서론

최근 전자산업의 발달로 인하여 다기능 재료로 폭넓게 사용되고 있는 Al_2O_3 (알루미나)는 세라믹 재료의 대표로 내열성 및 기계적 강도, 절연성이 뛰어나 많은 응용사례를 보이고 있다. 폴리머 계열의 재료 역시 반도체 및 PCB 등의 전자재료 그리고 catheter 등의 의용 재료에 많이 사용되고 있다. 현재의 전자산업에서는 수 내지 수십 μm 구멍의 가공을 필요로 하고 있으나, 높은 경도와 내마모성, 내열성 등의 문제로 기존의 기계적 가공 방법으로는 오랜 작업시간과 공구의 파손 등 많은 한계를 가지고 있다. 이에 비 접촉방법으로써 정밀한 가공 수치를 가지며 오염의 감소, 대량생산, 작업시간의 단축 등 여러 가지 장점을 가지는 레이저를 사용하여 가공을 하는 추세이다. 따라서 본 연구에서는 CO_2 레이저와 UV 레이저를 사용하여 각 재료에 따른 천공특성을 규명하고 레이저빔과 재료사이의 상호작용을 알아보고자 한다.

II. 실험방법

레이저에 의한 미세 구멍 가공은 집속된 레이저빔을 재료에 조사시켜 고온으로 재료를 증발, 제거시켜 가공을 수행하는 방법으로 실험에 사용된 재료 중 첫 번째 세라믹 Al_2O_3 는 92% 순도에 재료의 크기는 $50mm \times 50mm$, 두께는 $600\mu m$ 의 판 형태이고, 두 번째 폴리이미드 재료는 약 $75\mu m$ 두께에 필름형태이다. 마지막으로 순환계 심장혈관 막힘(blockage)의 금속 스텐트(metal stent)와 함께 쓰이는 도뇨관(catheter)의 PTFE(Polytetrafluorethylene) 재료는 튜브(tube)형으로 외경 약 1.7mm, 내경 약 1.6mm이며 두께는 약 $50\mu m$ 정도이다. 각각의 재료에 레이저천공 후 거시적·미시적인 관찰과 분석을 위해 광학현미경과 SEM을 통하여 실험을 수행하였다.

III. 결과 및 고찰

본 실험에 사용된 레이저는 $10.6\mu m$ 파장의 CO_2 레이저와 third harmonic Nd: YVO₄ UV

레이저로써 파장은 355nm이다. Fig. 1 은 레이저로 천공을 수행한 각 재료의 사진을 나타내고 있다.

Fig. 1

알루미늄의 경우 레이저빔의 종류와 조건에 따라 천공의 직경이 UV 레이저빔에 의해 1kHz 0.21W에서 최소 10 μ m를, CO₂ 레이저빔에 의해 100Hz 195W에서 최대 250 μ m 까지 보이고 있다. 폴리이미드의 경우는 UV 레이저빔에 의해 2kHz 0.42W에서 최소 30 μ m를, CO₂ 레이저빔에 의해 1kHz 30W에서 최대 220 μ m 까지를 나타내었으며 또한 PTFE의 경우 UV 레이저빔에 의해 1kHz 0.21W에서 최소 30 μ m를, CO₂ 레이저빔에 의해 500Hz 30W에서 최대 225 μ m를 나타내고 있다. Fig. 2에 CO₂ 레이저빔으로 알루미늄에 천공했을 때 레이저에너지와 천공직경의 관계를 보였다.

Fig. 2

그림에서 보면 알 수 있듯이 레이저에너지가 증가할수록 천공직경이 증가함을 알 수 있다. 이는 레이저에너지가 증가할수록 재료의 제거가 급속하게 이루어졌기 때문이라 사료된다. 또한 Fig. 3 과 Fig. 4 은 각각 CO₂ 레이저빔에 의한 폴리이미드와 PTFE 천공시 레이저 에너지와 천공직경의 관계를 나타낸 것이다.

Fig. 3 Fig. 4

레이저 에너지가 증가할수록 급속하게 재료제거가 이루어진 것으로 사료되며 그리고 레이저에너지가 증가함에 따라 침투깊이(Penetration depth)의 증가 및 천공부의 경사(Taper), 열 영향구역(HAZ), 부스러기(Debris), 균열(Crack) 등의 결함(Defect)이 많이 나타난다. 이러한 결함들은 큰 레이저에너지에 의해 용융물의 분출이 증가하여 재료표면에 붙거나, 천공벽면이 용융되거나 혹은 증발에 의해 재료 내에 큰 내부압력이 발생하여 부피가 팽창되는 것에 기인한다.

UV 레이저빔에 의한 각 재료에 따른 펄스 수와 천공직경의 관계를 Fig. 5, 6, 7 에 나타내었으며 펄스 수가 증가함에 따라 천공직경이 증가함을 알 수 있다.

Fig. 5, 6, 7

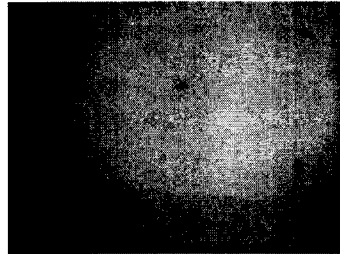
이와 같은 결과는 펄스 수가 증가함에 따라 재료의 증발 및 제거가 용이하기 때문이다. UV 레이저빔에 의한 천공수행시 깨끗하고 열적 변형이 적은 천공부를 얻을 수 있었는데 이는 열 영향에 의한 가공보다는 짧은 파장에 의한 큰 에너지를 얻어 재료의 bond strength를 끊는 photo-chemical processing에 기인한다.

IV 결론

CO₂ 레이저와 UV 레이저를 사용하여 알루미늄, 폴리이미드, PTFE 재료에 천공을 수행하여 천공직경, 침투깊이 및 경사, 열 영향구역, 균열, 입술모양 등의 레이저 천공시 동반되는 현상들에 대해 알아보았다. UV 레이저를 사용한 천공수행시 작은 직경과 깨끗하고 결함이 적은 천공부를 나타내고 있다.

천공직경이 클 경우에는 CO₂ 레이저가, 작은 천공직경을 요구되는 곳에는 UV 레이저가 적합하다고 사료된다.

Fig. 1 Photograph of Laser drilling into Al₂O₃, Polyimide, PTFE



Al₂O₃



Polyimide



catheter

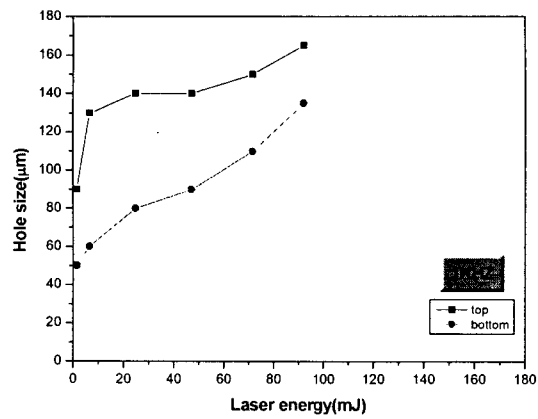


Fig. 2 Laser energy vs Hole size by CO₂ laser (Al₂O₃)

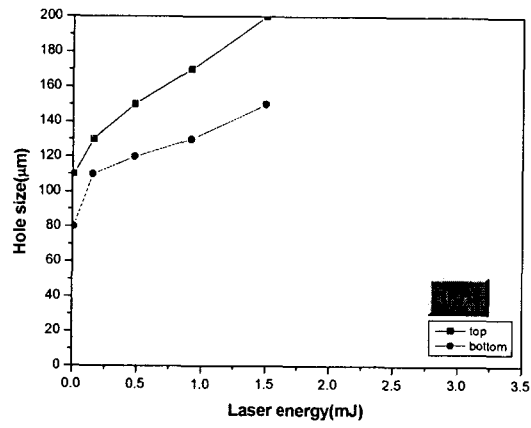


Fig. 3 Laser energy vs Hole size by CO₂ laser (Polyimide)

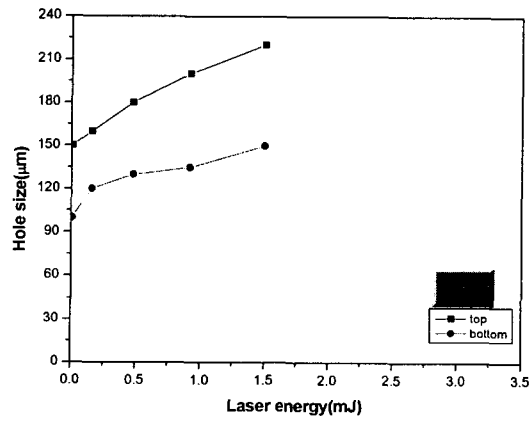


Fig. 4 Laser energy vs Hole size by CO₂ laser (PTFE)

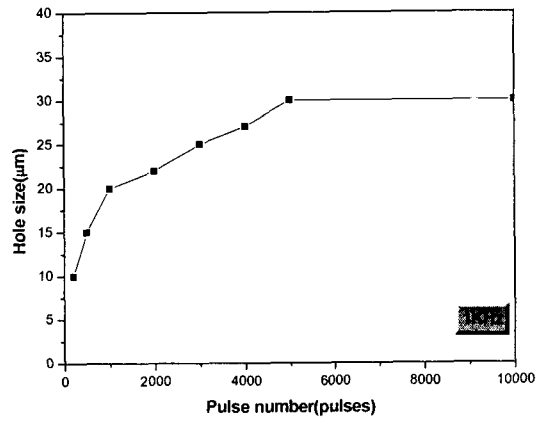


Fig.5 Laser energy vs Hole size
by UV laser (Al₂O₃)

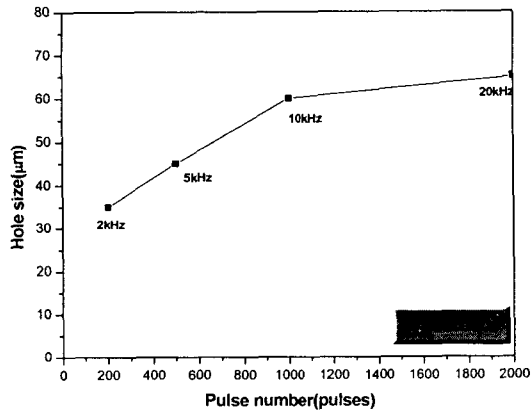
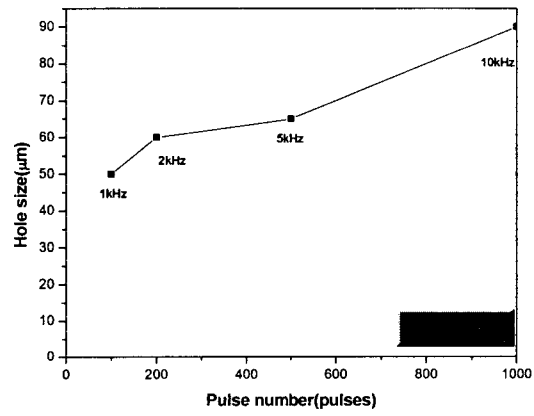


Fig.6 Pulse number vs Hole size
by UV laser (Polyimide)



**Fig.7 Pulse number vs Hole size
by UV laser (PTFE)**