

# 피코초 레이저 유리 절단시 패닉 크랙 경향 및 개선을 위한 연구 The Study for Trends and Improvements of Panic Cracks in Cutting Glass by Picosecond Laser

\*이상균<sup>1</sup>, 이영곤<sup>2</sup>, #김재도<sup>2</sup>

\*S. K. Lee<sup>1</sup>, Y. G. Lee<sup>2</sup>, #J. D. Kim(kimjaedo@inha.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>인하대학교 기계공학과, <sup>2</sup>인하대학교 기계공학과

Key words : Laser Ablation, Panic Crack, Eagle Glass, breaking

## 1. 서론

최근 휴대폰, 노트북, 휴대용 IT 제품들이 소형 화됨에 따라 고 정밀 가공이 요구 되고 있어 장 펄스 형태의 레이저인 CO<sub>2</sub>레이저와 Nd:YAG레이저 보다 더 정밀한 단 펄스 형태의 레이저가 필요로 하게 되었다. 하지만 단 펄스 레이저인 경우에도 가공 후에 breaking 해야 한다. 그러므로 breaking 이후에 단면에 발생하는 패닉 크랙이 큰 문제되고 있다. 그래서 본 논문에서는 패닉 크랙 경향과 이를 개선하기 위한 방법을 제시하기 위해 단 펄스 레이저인 피코초 레이저를 이용하여 출력, 스캔 속도, NS(반복율)을 변화 시켜 가면 가공 한 후 breaking함으로써 각 시편을 비교 분석하였다.

## 2. 레이저 어블레이션

어블레이션(Ablation)이란 레이저 빔이나 각종 공구들을 이용하여 금속의 표면을 제거하는 가공법을 말하며, 주로 재료의 표면에 미소 형상 가공을 수행하는데 사용하는 가공방법 이다. 피코초 레이저를 금속 표면에 조사하게 되면 낮은 강도의 짧은 펄스 형태로 레이저빔을 조사하게 된다. 이때 발생하는 피코초 레이저빔의 자유 전자는 에너지를 보유하게 되고 자유 전자가 금속의 표면에 접촉을 하게 되면 전자의 열에너지에 의하여 열적 확산작용이 발생되며 에너지를 전달하게 된다. 열적 확산작용에 의하여 발생된 전자 형태의 에너지는 재료의 표면에서 격자 형태로 변화되는 과정을 거치게 된다. 이 격자 형태는 재료 표면에서 에너지의 방출과 함께 제거 되는 과정으로 이루어 진다. 이러한 어블레이션 과정은 매우 빠르게 발생 되고, 전자에서 격자 구조 시스템으로 변환되는 과정은 이들이 보유하고 있는 열적 특성으로 인하

여 어블레이션이 발생된다고 할 수 있다.

## 3. 실험

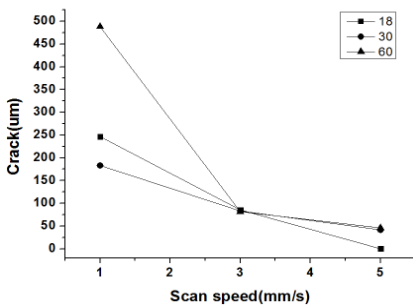
실험 사용된 Ultra-short pulsed laser TruMicro 5250는 피코초 레이저이다. 이 레이저의 파장은 515nm이고 평균 파워는 30W, 주파수(repetition rate)은 200 ~ 800kHz 펄스폭(Pulse duration)은 10ps 이다. 재료 이송장치는 PC에 내장된 프로그램에 의해 제어되며 스캔속도를 변화 시킬 수 있다. 본 실험에서 사용된 재료는 110x55x0.7의 크기로 휴대폰 액정으로 사용되는 Eagle Glass를 사용하였다. 실험 방법은 다음과 같다.Eagle Glass 절단 후 단면에 나타난 패닉 크랙 경향을 분석하기 위해 주파수는 600kHz로 고정시키고 레이저 출력은 18W, 30W, 60W로 하였고 스캔 속도는 1m/s, 3m/s, 5m/s로 주었다. 그리고 NS(반복율)은 100, 300, 500으로 가공 조건을 줌으로써 패닉 크랙을 분석하였다.

Table1 가공 조건

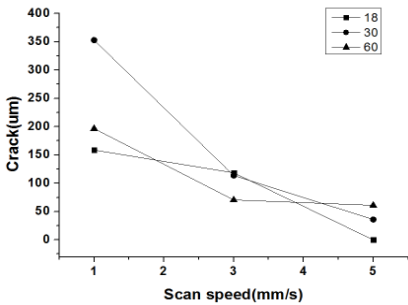
| 스캔속도 (m/s) | NS (반복율) | 레이저 출력(W) |
|------------|----------|-----------|
| 1,3,5      | 100      | 18        |
|            |          | 30        |
|            |          | 60        |
|            | 300      | 18        |
|            |          | 30        |
|            |          | 60        |
|            | 500      | 18        |
|            |          | 30        |
|            |          | 60        |

## 4. 스캔 속도와 레이저 출력에 따른 크랙 변화

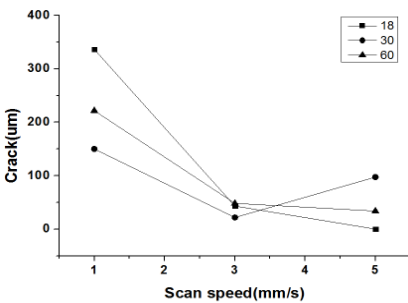
Fig. 1(a)는 NS를 100, (b)는 NS를 300 그리고 (c)는 NS를 500로 놓고 스캔 속도와 레이저 출력을 변화 시켜 가면 가공 하여 패닉 크랙을 측정하였다. Fig. 1(a), (b), (c) 모두 스캔속도가 증가함에 따라 패닉 크랙이 감소하는 경향을 보였다. 이것은 스캔 속도가 증가함에 따라 모재에 NS와 파워가 덜 영향을 미쳤기 때문에 더 작은 패닉 크랙을 형성한 것으로 보인다. 하지만 NS가 증가함에 따라 패닉 크랙에 큰 변화가 없어 경향 파악이 잘 안됐다. 또한 Fig. 1(c)에서 스캔속도5mm/s, 파워30W의 그래프는 다른 그래프와 달리 갑자기 패닉 크랙이 증가함을 보였다. 이것은 가공 후 breaking 할 때 손의 위치와 힘 조절로 인한 breaking 속도 때문인 것으로 가정된다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 1 The effect of cracks over scan speeds and power ( (a) NS : 100, (b) NS : 300, (c) NS : 500)

### 5. 결과

본 연구에서는 피코초 레이저를 이용하여 eagle glass 단면에 나타난 패닉 크랙 경향을 파악하기 위해 스캔 속도, NS(반복율), 출력 변화에 대한 어블레이션 깊이, 패닉 크랙 크기, 패닉 크랙 각도를 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) NS와 출력이 증가함에 따라 어블레이션 깊이가 증가하는 경향을 보였고 스캔 속도가 증가함에 따라 어블레이션 깊이가 감소하는 경향을 보였다. 이는 NS가 증가하면 그 만큼 glass 표면을 더 많이 가공하기 때문에 어블레이션 깊이는 증가한다. 반면 스캔 속도가 증가하면 초당 glass 표면에 조사하는 주파수의 영향을 덜 받아 어블레이션 깊이는 감소한다.

(2) 스캔 속도가 증가함에 따라 패닉 크랙이 감소하는 경향을 보였다. 이는 스캔 속도가 증가함에 따라 모재에 NS와 파워가 덜 영향을 미쳤기 때문에 더 작은 패닉 크랙을 형성한 것으로 보인다.

### 참고문헌

1. L.J. Yang, Y. Wang, Z.G. Tian and N. Cai, YAG laser cutting soda-lime glass with controlled fracture and volumetric heat absorption, International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 50, 849-859, 2010.
2. 김필중, CO<sub>2</sub> 레이저를 이용한 편광 필름 절단특성, 인하대학교 석사학위 논문, 2012.
3. C. Momma, S. Nolte, B. N. Chichkov, F. v. Alvensleben and A. Tunnermann, Precise laser ablation with ultrashort pulses, Applied Surface Science Vol. 109, pp. 15-19, 1997.
4. M. E. Fermann, A. Galvanauskas and G. Sucha, Ultrafast Lasers: Technology and Applications, Marcel Dekker, 2003.
5. Dongsig S., Jeong S., Jaehoon L., Kyunghan K. and Byoungman P., 피코초 레이저를 이용한 TSV가공 특성에 관한 연구, 한국정밀공학회, 추계학술대회, 701-702, 2009.