

www.laser.or.kr

LASER SOLUTIONS

for industrial 4.0

Korean Society of Laser Processing

02 | 2020 FEBRUARY
Vol.23, No.02

전기차 제조에 활용되는 혁신적인 레이저 기술

레이저 쇼크를 이용한 피닝 기술

펨토초 레이저를 이용한 홀 드릴링



한국레이저가공학회
홈페이지에서도
보실 수 있습니다.

ISSN 1229-0963

KSLP 1997
KOREAN SOCIETY OF LASER PROCESSING

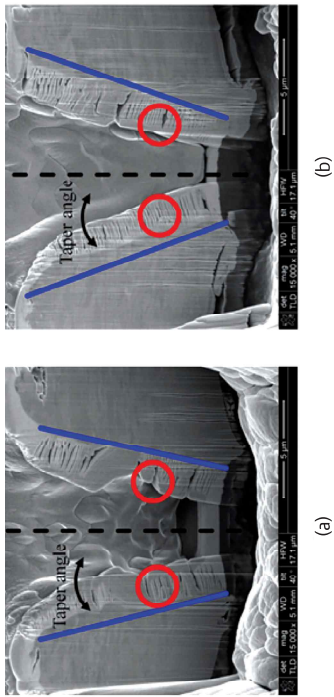


Fig. 3. 진동자를 사용한 펄스 레이저 홀 드릴링으로 기공한 홀의 단면 이미지. (테이퍼 각도 (A): 10.03°; (B): 14.22°; 실험 파라미터: 1027 nm 파장, 190 fs 펄스 지속 시간, 1 kHz 반복 속도, 1.1 μm 펄스 에너지, 100 펄스/50X M Plan Apo NR (Mitutoyo); NA: 0.42; 200Hz 진동 주파수, 최대 진동 진폭 (A): 1.4 μm, (B): 3.1 μm)

최대 진폭이 1 μm인 진동을 사용하여 가공하면 테이퍼 각도가 약 35도이다. 최대 진동 진폭이 증가함에 따라 테이퍼 각도는 감소하지만 테이퍼 각도는 최대 진폭 약 4 μm에서부터 증가하는 경향이 있다. 최대 진동 진폭에 따라 기공 직경 변화보다 기공 길이 변화가 더욱 크다. 그 이유는 이진 펄스에 의한 기공 길이와 다음 펄스가 조사될 면 사이의 차이가 작을수록 펄스 초점 면이 서로 면에 더 잘 맞게 되어 기공 깊이가 더 깊어지는 것으로 예상된다. Fig. 4는 최대 진동 진폭에 대한, 최대 기공 깊이와 기공 직경의 변화에 의한 계산된 테이퍼 각도의 변화를 나타내었다. Fig. 5는

속적으로 움직이는 진동자를 이용한 펄스 초 레이저 가공 시스템을 사용하여 연구되었다. 실험 결과에 대한 진동자의 영향을 조사하기 위해 동일한 조건에서 진동의 유무에 대한 실험이 수행되었다. 8 펄스의 플라스마 112.59 J/cm²의 조건을 사용하여 실험을 수행하였다. 진동자의 최대 진폭이 감소함에 따라, 가공된 홀의 테이퍼 각도는 증가하는 경향이 있는 것으로 보인다. 테이퍼 각도를 제어할 수 있는 진동자를 이용한 펄스 레이저 홀 드릴링은 AMOLED나 태양전지의 제조 공정에 사용되거나 마이크로 처리 및 FMM의 제조에 유용할 것으로 예상된다.

4. 결론

진동자 응용 펄스 레이저 홀 드릴링의 기공 특성에 대한 실험적 연구가 수행되었다. 정확한 실험 및 계산을 위해 Invar 36의 기공 임계값은 실험을 통해 0.078 J/cm²로 계산되었다. 기공 효율과 홀 테이퍼 각도에 대한 펄스 초점 면 위치의 영향은 연

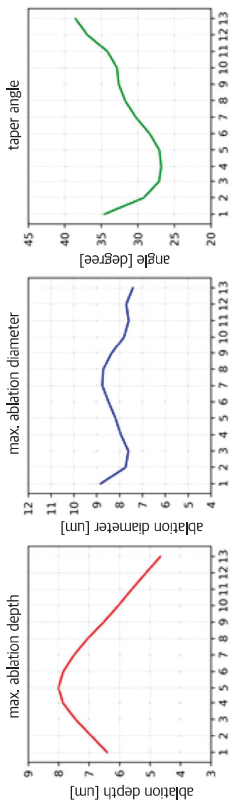


Fig. 4. 최대 기공 깊이, 다양한 최대 진폭 (1 ~ 13 μm)에서 계산된 테이퍼 각도 그래프

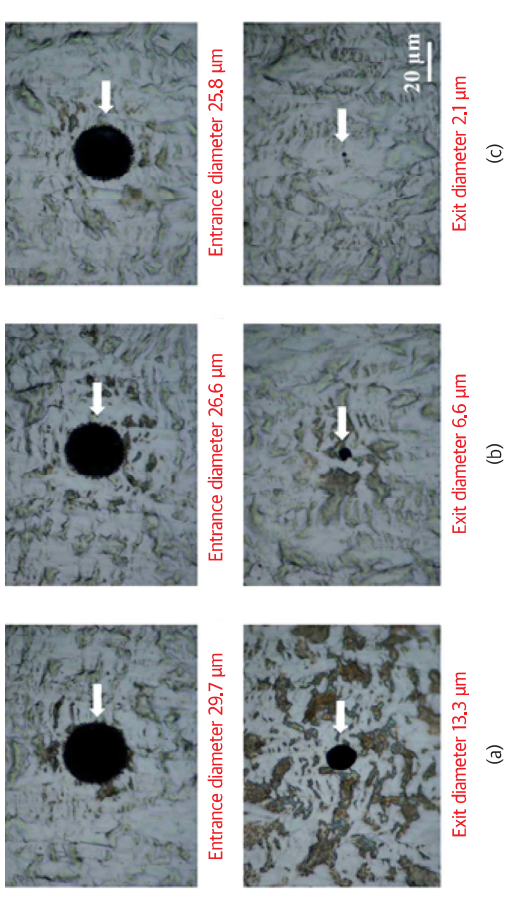


Fig. 5. (a) 13 μm, (b) 6.5 μm 및 (c) 1.3 μm의 최대 진동 진폭을 사용하여 테이퍼 각도를 조절한 진동자 응용 펄스 레이저 홀 드릴링

References

1. J. R. Freeman, S. S. Harilal, P. K. Divakar, B. Verhoff, and A. Hessian, *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 87, 43-50 (2013).
2. S. Tao, B. Wu, and S. Lei, *Journal of Manufacturing Processes* 14 (3), 233-242 (2012).
3. H. Y. Shin and M. C. Suh, *Organic Electronics* 15 (11), 2932-2941 (2014).
4. R.-H. Yao, L.-R. Zhang, L. Zhou, and W.-L. Wu, *Displays* 34 (3), 187-191 (2013).
5. T. Nagayama, T. Yamamoto, T. Nakamura, and Y. Mizutani, *ECS Transactions* 50, 117-122 (2013).
6. L. Y. Chung, J.-D. Kim, and K.-H. Kang, *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing* 10 (2), 11-16 (2009).
7. J. Heo, H. Min, and M. Lee, *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing* 2 (3), 225-230 (2015).
8. J.-H. Lee, S.-G. Park, S.-M. Han, M.-K. Han, and K.-C. Park, *Solid-State Electronics* 52 (3), 462-466 (2008).
9. D.-I. Park, Y. H. Kim, and B. O. Park, *Solid-State Electronics* 75, 97-101 (2012).
10. P. P. Pronko, S. K. Dutta, J. Sauer, J. V. Rudd, D. Di, and G. Mourou, *Optics Communications* 114 (1), 106-110 (1995).
11. G. Karhage, T. Bauer, A. Ostendorf, and B. N. Chichkov, *Applied Physics* 77 (2), 307-310 (2003).
12. R. Haghi, D. Hayden, P. Longo, T. Neary, and A. Wagner, *Journal of Vacuum Science & Technology: B: Microelectronics and Nanometer Structures Processing: Measurement and Phenomena* 17 (6), 3137-3143 (1999).
13. R. Haghi, A. Wagner, P. Longo, and D. Lim, *Journal of Modern Optics* 51 (16-18), 2781-2796 (2004).
14. K. M. Davis, K. Miura, N. Sugimoto, and K. Hiroe, *Optics Letters* 21 (21), 1729-1731 (1996).
15. Y. Sasaki, A. A. Saidi, P. Bado, R. Maynard, C. Flores, and K. A. Winick, *Electronics Letters* 36 (3), 226-227 (2000).
16. N. F. Strelsov, A. N. Borilov, and N. F. Borilov, *Optics Letters* 26 (2000).
17. K. Mitsuhashi, A. M. Kowalevich, E. P. Ippen, and J. G. Fujimoto, *Optics Express* 10 (15), 645-652 (2002).
18. C. Hirota and K. A. Winick, *Journal of Lightwave Technology* 21 (1), 246-253 (2003).
19. S. Tacchini, G. Di Biase, R. G. O'Connell, G. Cerullo, N. Chiodo, P. Laporta, O. Svoboda, A. Di Lietta, U. Morgner, M. Lederer, and D. Kopf, *Optics Letters* 29 (22), 2626-8 (2004).
20. M. Kamata, M. Obara, R. R. Gattass, L. R. Ceramii, and E. Mazur, *Applied Physics Letters* 87 (5), 05106 (2005).
21. A. Mironov, S. Juodkazis, M. Watanabe, M. Miwa, S. Matsuo, H. Misawa, and J. Nishii, *Optics Letters* 26 (5), 277-279 (2001).
22. Y. Cheng, K. Sugoku, K. Mironov, M. Masuda, K. Toyoda, K. Kawachi, K. Shinoyama, K. Toyoda, H. Hekajian, and K. Mironov, *Applied Physics A* 76 (5), 857-860 (2003).
23. M. Masuda, K. Sugoku, Y. Cheng, N. Aoki, M. Kawachi, K. Shinoyama, K. Toyoda, H. Hekajian, and K. Mironov, *Applied Physics A* 76 (5), 857-860 (2003).
24. Y. Belabard, A. Saidi, M. Dugan, and P. Bado, *Optics Express* 12 (10), 2120-2129 (2004).
25. I. Yasunobu, I. Tomohiko, W. Wataru, I. Kazuyoshi, L. Yan, and N. Junji, *Japanese Journal of Applied Physics* 43 (7R), 4207 (2004).
26. K. Ke, E. F. Hasselbrink, and A. J. Hunt, *Analytical Chemistry* 77, 5083-8 (2005).
27. C. Hnatovsky, R. S. Taylor, E. Simova, V. R. Bhardwaj, D. M. Rayner, and P. B. Corkum, *Optics Letters* 30 (14), 1867-1869 (2005).
28. T. N. Kim, K. Campbell, A. Grosman, D. Kleinfield, and C. B. Schaffer, *Applied Physics Letters* 86 (20), 20106 (2005).
29. Liu, J.M., Yen, R., Kurz, H., and Bloembergen, N., *Applied Physics Letters*, 39, 755-757 (1981).
30. Liu, J.M., Yen, R., Kurz, H., and Bloembergen, N., *Applied Physics Letters*, 39, 755-757 (1981).