

노즐을 이용한 듀플렉스 스테인리스 강의 레이저 피닝

Laser peening of duplex stainless steel using waterjet nozzle

***임현택**, **정희민**, **정성호**

*H. T. Lim, H. M. Jeong, #S. H. Jeong(shjeong@gist.ac.kr)

광주과학기술원 기전공학부

Key words : Laser peening, waterjet nozzle, stainless steel, surface hardness

1. 서론

레이저 피닝은 금속표면에 잔류압축응력을 발생시켜 금속의 경도^{1, 2, 3} 및 피로강도, 내마모성^{4, 5}, 내부식성⁶ 등을 증가시켜주는 기술로서 고효율의 레이저펄스를 물속에 잠긴 시편에 조사할 때 시편표면에 발생되는 플라즈마의 대기로의 확산을 물이 막아줌으로 인해 시편방향으로 강력한 충격파(shock wave)가 발생되고 이에 의해 시편 표면에 잔류압축응력을 발생시키는 원리를 이용한다. 이러한 레이저 피닝을 이용하여 듀플렉스 강의 표면경도 및 내마모성, 내부식성을 증가시킨 연구 결과 또한 보고되었으며 참고문헌 1에서는 시편을 물에 담근 상태에서 레이저 피닝을 수행하는 챔버형 시스템이 활용되었다. 하지만 챔버형 시스템의 경우 다양한 형태나 대면적 시편에 레이저 피닝을 적용하는데 한계가 발생한다.

본 연구에서는 다양한 형태나 대면적 시편 등에 레이저피닝을 적용하기 위해 노즐을 이용한 레이저 피닝 시스템을 개발하였으며, 다양한 레이저 에너지 밀도 및 빔 중첩도, 빔사이즈 등에서 레이저 피닝을 수행하고 이때의 경도를 측정하여 최적 조건을 찾고 기존 시스템과 비교 분석을 수행하였다.

2. 실험장치 및 방법

실험에는 Industeel 사의 2205 듀플렉스 강이 사용되었다. 그림 1은 본 실험에 이용된 노즐형 레이저 피닝 시스템의 개략도를 나타낸다. 2차고주파 Nd:YAG 레이저(Continuum, Powerlite PrecisionII; wavelength=532 nm, pulse duration=8 ns, maximum pulse energy=1.5 J)가 실험용 레이저로 사용되었고 레이저 빔은 half wave plate와 Polarization Beam Splitter(PBS)에 의해 에너지가 조절되며, 구조체 내의 집속렌즈(Focal length = 139.8 mm)를 통해 집속된다. 집속된 빔은 미러 등의 광학계를 통해 시편에 조사되

며, 구조체 끝단에 위치한 노즐을 통해 빔과 물 분사를 일체화 시켜주었다. 레이저 에너지 밀도에 따른 레이저 피닝 영향을 확인하기 위하여 빔사이즈를 1mm로 고정한 상태에서 레이저 에너지를 조절하여 실험을 수행하였으며, 빔 중첩도는 보호층이 찢기지 않는 범위내에서 조금씩 늘려가서 실험을 수행하였다.

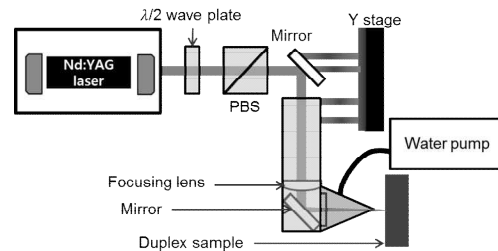


Fig. 1 Schematic of the experimental setup of laser shock peening using waterjet nozzle

3. 실험결과

그림 2는 빔사이즈와 빔 중첩도를 각각 1mm와 5 pulse/mm²로 고정한 상태에서 다양한 레이저 에너지 밀도에 따른 경도상승의 영향을 나타내 주고 있다. 실험 결과, 참고문헌 1에서와 노즐형 레이저 피닝 시스템의 경우도 8 GW/cm²에서 12.1%만이 증가하다가 10 GW/cm², 12 GW/cm²에서 경도 상승이 각각 18.8%, 19.1%로 증가하며, 15 GW/cm²에서는 오히려 경도 상승이 줄어드는 것을 확인 할 수 있다. 위의 결과로 최적의 에너지 밀도는 10-12 GW/cm² 사이에 존재한다는 것을 알 수 있으며, 이 최적 조건들에 대해서 빔사이즈 영향을 확인하기 위하여 빔사이즈를 가능한 범위내에서 최대로 증가시켜 실험을 수행하였다. 그 결과는 그림 3과 같이, 10 GW/cm²의 경우 경도상승이 빔사이즈 확대에 따라 18.8%에서 23.6%로 증가하였으며, 12 GW/cm²의 경우도 19.1%에서 20.9%로 증가하는 것을 확인 할 수 있었

다. 이에 따라 빔사이즈가 확대 될수록

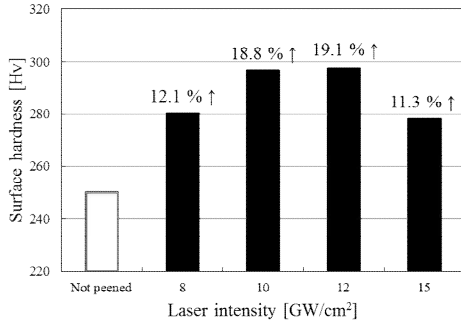


Fig. 2 Increase of surface hardness by laser peening under various laser intensities

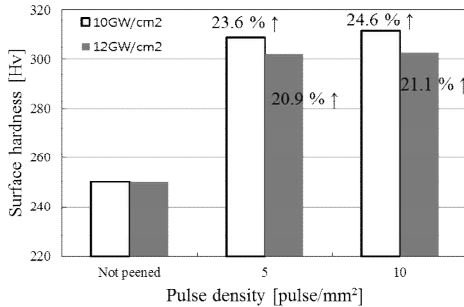


Fig. 3 Increase of surface hardness by laser peening under various beam sizes

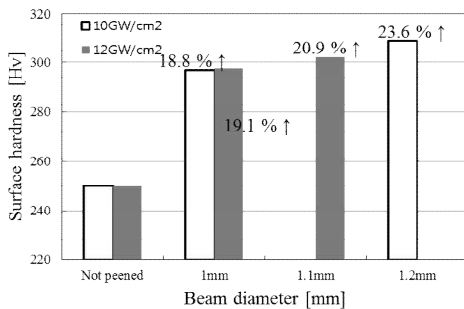


Fig. 4 Increase of surface hardness by laser peening under various pulse densities

좀더 높은 경도 상승을 기대할 수 있다는 것을 알 수 있다. 그림 4 는 빔 중첩도에 따른 레이저 피닝 영향을 보여주고 있다. 빔 중첩도가 5 pulse/mm² 에서 10 pulse/mm² 로 증가함에 따라 경도는 약 1% 정도 증가하는 것을 볼 수 있다. 하지만 공정시간을 고려한다면 5 pulse/mm² 에서 10 pulse/mm² 로 빔 중첩도를 증가 시킴으로써 1% 이내의 경도 상승만을 기대할 수 있으

므로 5 pulse/mm² 가 최적의 빔 중첩도라 할 수 있겠다.

4. 결론

본 논문에서는 노즐을 이용한 레이저 피닝 시스템을 듀플렉스 강에 적용함으로써 최적 조건(10 GW/cm², 10 pulse/mm², 1.2 mm)에서 최대 24.6 %의 경도 상승 효과를 확인하였으며, 기존 챔버형 시스템에 비하여 공정 시간을 최대 1/15 수준으로 줄이면서 비슷한 경도 상승 효과를 나타냄을 확인하였다.

후기

This research was supported by a grant (07seaheroB02-04-01) from the Plant Technology Advancement Program funded by the Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs of the Korean government. Also, the laser system utilized in this study was supported by the Ministry of Knowledge and Economy of Korea through the Ultrashort Quantum Beam Facility Program.

참고문헌

- Lim, H., Lee, M., Kim, P., Park, J. and Jeong, S., "Improvement of surface hardness of duplex stainless steel by laser shock hardening for the application to seawater desalination pump," *Desalination and Water Treatment*, **15**, 43-47, 2010
- 임현택, 정희민, 정성호, "레이저쇼크피닝에 의한 2205 듀플렉스 스테인리스강의 표면 경도 향상과 표면변화 관찰," *Journal of KSLP*, **14**, 19-24, 2011.
- 임현택, 이명화, 김필규, 박종복, 정성호, "레이저피닝을 이용한 스테인리스강의 표면 경도 강화," *Journal of KSLP*, **12**, 18-22, 2009
- 임현택, 이명화, 김필규, 박종복, 정성호, "레이저피닝을 이용한 스테인레스강의 경도 및 내마모성 향상," 한국레이저가공학회 춘계학술대회 논문집, 38-44, 2009.
- 임현택, 김필규, 정성호, "레이저피닝을 이용한 스테인리스 강의 내마모성 향상," 한국정밀공학회 2010 년도 춘계학술대회 논문집, 925-926, 2010.
- 임현택, 이명화, 김필규, 정성호, "레이저피닝을 이용한 스테인리스강의 기계적 성능 향상," 한국레이저가공학회 춘계학술대회 논문집, 62-69, 2010.