

빔 모드에 따른 탄소강의 레이저 표면 열처리 특성

Characteristics of Surface Heat Treatment for Carbon Steel as Laser Beam Mode

김 종도*, 강 운주**, 이 창재**, 이 재훈***, 서 정***, 이 문용****

* 한국해양대학교 기관시스템공학부

** 한국해양대학교 대학원

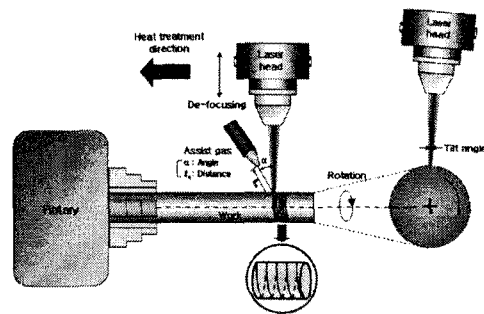
*** 한국기계연구원

**** 성우하이텍(주)

ABSTRACT This study is about an effect on a characteristics of the laser heat treatment as a optic systems which have a transverse beam mode each other. An experiment are carried out using a circular gaussian beam optics and rectangular beam optics. Generally, the optic system which has a uniform power intensity is mainly used in the laser heat treatment process. In this study, we would like to carried out experiments simultaneously using two optic systems and research the differences from a characteristics of the laser heat treatment.

1. 서 론

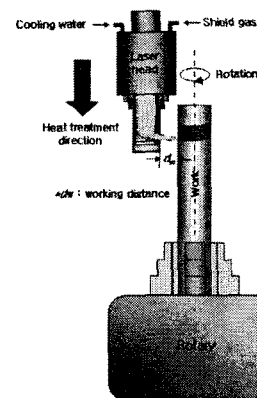
선반 기반의 레이저 복합가공기를 이용하여 탄소강(carbon steel)의 표면경화 열처리에 관한 연구를 수행하였다. 특히, 실험은 서로 다른 형상과 파워밀도분포를 가지는 두 종류의 광학헤드를 적용하여 진행하였으며 광학계 집광특성 차이로부터 기인하는 열처리부 단면의 형상 및 경도분포 특성을 비교, 분석하고자 하였다.



(a) Gaussian beam optics

2. 사용재료 및 실험장치

사용재료는 탄소 함량 약 0.43%의 기계구조용 탄소강인 SM45C이며, 시편은 환봉과 평판 두 종류를 사용하였다. 실험장치는 크게 최대출력 4kW CW Nd:YAG 레이저, 반복 에러 ±0.06mm의 6축 제어 로봇 및 특별 제작한 소형선반으로 구성된다. 광학계는 주로 용접용으로 많이 사용되는 가우시안 파워밀도 분포를 가지는 원형빔 광학헤드 및 균일한 파워밀도 분포를 가지는 사각빔 광학헤드 두 종류를 적용하였다. 광학계별 실험장치의 개략도를 Fig.1에 평판 상에 1회 스캔한 열처리 단면사진을 Fig.2에 나타낸다.



(a) Rectangular beam optics

Fig.1 Schematic of experimental setup

3. 실험결과 및 고찰

3.1 열처리부 단면 및 경도분포 특성

광학계별 열처리 특성을 비교하기 위해 레이저 출력 1.8kW, 빔 이송속도 72mm/min 및 회전수 22rpm으로 동일하게 설정하여 실험하였으며, 그 결과를 Fig.3에 나타낸다.

가우시안 빔을 이용한 경우, 열처리 폭은 넓고 깊이는 얇은 다소 납작한 모양이며 종방향 경도 분포는 산 형상이 주기적으로 반복되는 양상을 보인다. 반면, 사각빔을 이용한 경우의 열처리 폭은 좁고 깊이는 깊은 볼록한 모양을 보이며 종방향 경도분포는 가우시안 빔의 경우와는 달리 톱니 형상이 주기적으로 반복되는 양상을 띠고 있는데 이는 광학계의 빔 사이즈와 파워분포가 서로 다르기 때문이다.

깊이방향 경도분포는 최고 및 최저 두 지점을 선택하여 측정하였다. 두 광학계 모두 최고점에서는 깊이에 따라 점차적으로 경도가 감소하는 특성을 나타내고 있다. 반면, 최저점에서는 소폭 상승하다가 떨어지는 경향을 보이는데 이는 깊이에 따라 중첩경계부로부터 멀어져 점차적으로 열 영향을 적게 받기 때문인 것으로 분석된다.

3.2 열처리 공정변수의 최적화

종방향 경도분포를 통해 알 수 있듯이 중첩 열 영향부에서 템퍼링에 의한 경도 저하를 피할 수 없었다. 그래서 최적화 실험은 템퍼링으로 인해 경도가 저하하는 폭을 최소한으로 유지하는데 주안을 두었다. 각 광학계별 최적화 결과를 Fig.4에 나타낸다.

전반적으로 경도분포는 두 광학계 모두 특정 모양이 반복되는 주기성을 가지고 있으며, 경도 저하폭은 총 열처리 길이 1cm 당 가우시안 빔의 경우는 3mm, 사각빔의 경우는 4mm의 경도 저하부가 나타남을 확인할 수 있다. 또한 가우시안 빔의 경우가 사각빔에 비해 빔 사이즈도 크고 공정 속도도 빠르기 때문에 동일한 길이를 더 짧은 시간 내에 열처리 할 수 있음을 유추할 수 있다. 반면, 가우시안 빔의 경우 빔의 중앙부으로 갈수록 파워밀도가 급격하게 높아지므로 공정중 균일한 파워밀도 분포의 사각빔에 비해 표면용융을

유발할 가능성이 더 높을 것으로 예상된다.

4. 결 론

CW Nd:YAG Laser를 열원으로 서로 다른 두 광학계를 적용하여 탄소강의 레이저 열처리에 관한 연구를 수행하였으며, 그 결과를 다음과 같이 요약한다.

- (1) 실험에는 주로 용접용으로 많이 적용되는 가우시안 분포의 원형빔 광학헤드와 파워 밀도분포가 균일한 열처리 전용의 사각빔 광학헤드를 적용하였다.
- (2) 두 광학계 모두 열처리부 종방향 경도분포는 증감을 반복하는 주기적 양상을 나타내었고, 템퍼링 효과에 의해 중첩 열영향부에서 경도저하가 발생하였다.
- (3) 가우시안 빔의 경우 사각빔에 비해 빔 사이즈가 크기 때문에 동일 길이를 열처리하는데 상대적으로 더 짧은 시간이 소요된다.

후 기

본 연구는 산업자원부 지원 지역산업기술개발 사업인 "레이저 복합가공기용 핵심 광학모듈 개발 : 10024308" 과제의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 丸尾 大, 宮本 勇, 石出 孝, 荒全吉明 : 레이저 焼入れの研究, 容接學會誌 第50卷(1981) 第2号
2. 柴田公博 : 레이저 焼入れの實際, 容接學會誌 第64卷(1995) 第3号
3. Yuji Asaka, Hideaki Kobayashi, Shigehiko Arita : Laser Heat Treatment of Piston Ring Groove, Proceedings of LAMP(1987), p.p 555~560
4. B. Ehlers, H. Herfurth, S. Heinemann, : "Surface Hardening with High Power Diode Lasers", ICALEO, 1998, Section-G, pp .75~84

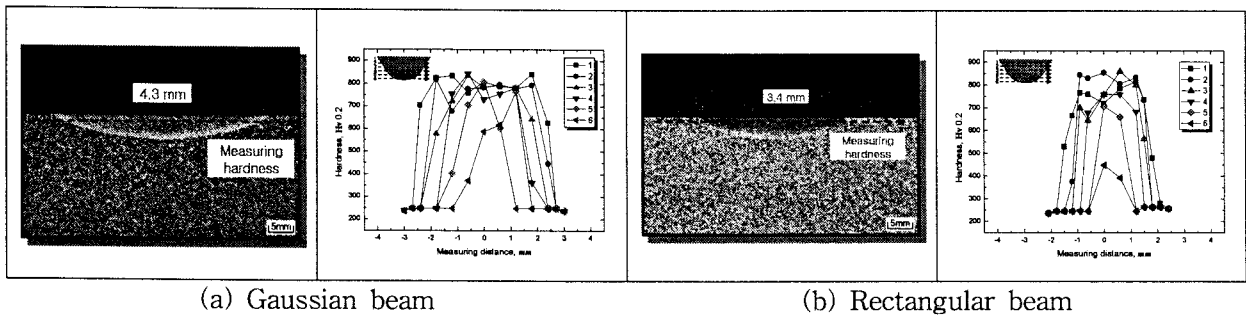


Fig.2 Cross section and hardness distribution of single scanned specimen

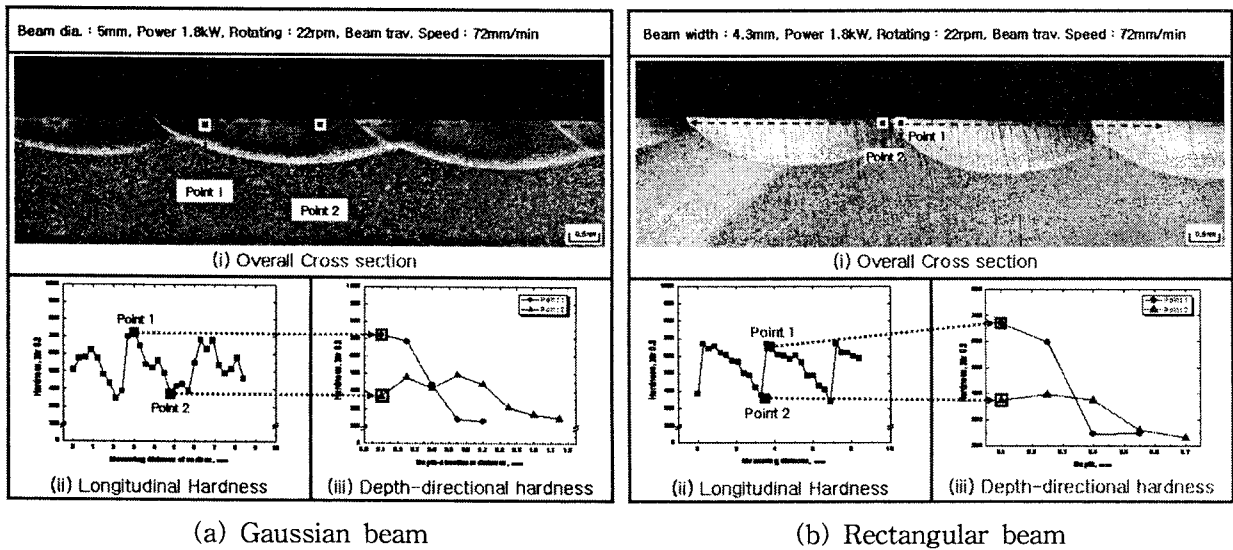


Fig.3 Results of Laser surface heat treatment as the optic systems

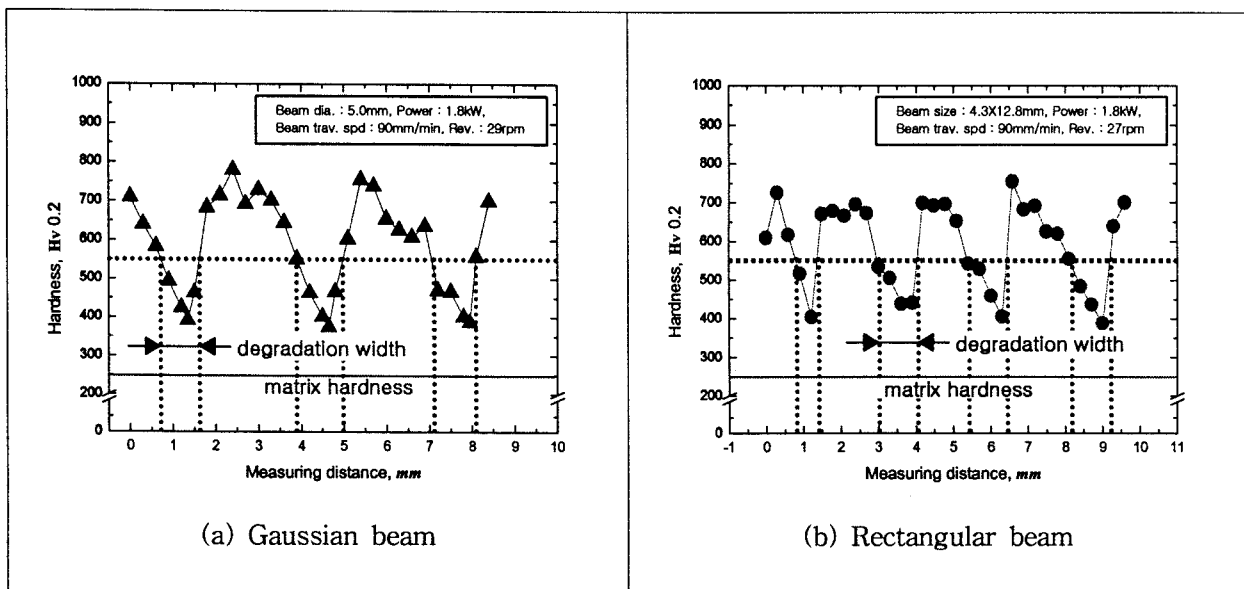


Fig.4 Comparison of the optimized results