

## 고출력 레이저를 이용한 열처리 공정기술 개발

Development of Heat Treatment Process Technology by using  
a High Power CO<sub>2</sub> Laser.

한유희 김인웅 한국기계연구원 레이저가공연구그룹  
조형석 우현구 한국과학기술원 정밀공학과  
이오연 박진석 전북대학교 금속공학과

### 1. 서론

레이저를 이용한 강재의 열처리(Transformation Hardening)는 기존의 열처리 방법(화염 경화, 유도경화)에 비해 고가이나, 나름대로의 장점을 갖고있다. 따라서 이런 장점들을 십분 활용하지 않고는 고가의 시설투자 및 운용비 관계로 현장적용의 타당성이 희박하다.

레이저 열처리는 우선 다음과 같은 특징을 갖고있다.

- 독립적 열원 - 접지가 필요없다. 따라서 열처리 대상의 재질 및 크기, 전기전도도 등에 무관하다.
- 청정가공 - 담금액이 필요없다.
- 빛을 이용 - 접근이 어려운 곳도 가능 (예 : Hole 내벽)

레이저 열처리는 그림 1에서와 같이 종래의 열처리 방법에서 보다 가열온도 범위가 높다. 이는 Self Quenching 효과를 유도하기 위하여 가열속도를 크게하고 이점에도 불구하고 탄소의 고른 확산을 유도하기 위하여 가능한 고상선 바로전까지 가열하기 때문이다.

### 2. 열처리 공정 제어의 필요성

일정한 레이저 출력으로 고상선 근처까지 가열하여 열처리 할 경우, 다음과 같은 경우에 표면이 용융되어 열처리 불량 발생될 수 있다.

- 모서리 부분
- 두께가 얇은 부분

또한 사용중 광학계의 오염으로 인해 재료표면에 도달하는 레이저 출력이 초기보다 감소할 수 있으며, 이 또한 불량요인이 될 수 있다.

### 3. 표면온도 측정

이러한 경우에도 일정한 깊이의 경화층을 얻기 위해서는 출력제어가 필요하며, 열처리 깊이의 실시간 측정이 방법상 한계가 있으므로 표면온도를 측정하여 출력을 제어하는데 활용하였다.

표면온도 측정에는 Pyrometer를 활용하였고 그림 2에 나타난 것과 같이 Emissivity를 정하였다.

CO<sub>2</sub> 레이저 빔은 강의 표면에서 대부분이 반사되므로 흡수율을 높이기 위해 통상 표면에 페인트 또는 Graphite를 도포한다. 이들이 표면온도 측정에 주는 영향은 그림 3에 나타나 있다.

페인트의 경우 온도 측정에 문제점이 있음을 알 수 있다. Graphite 코팅 두께에 따른 빔 흡수율의 차이와 이로 인한 경화도 차이는 그림 4과 5에 나타나 있다.

### 4. 열처리 깊이 예측

열처리 깊이를 예측하기 위하여 온도의 분포를 유한 차분법(FDM)을 이용하여 구하였다. 그러나 이 방법은 사용자들이 쉽게 사용하기 어려운 점이 있고 계산시간도 486 PC에서 수시간에 달하므로 보다 간편한 예측방법을 강구하게 되었다.

즉 금속 표면의 온도를 측정하여 이로부터 경화층의 깊이를 추정하는 방법이며, 이같은 Input과 Output 사이의 연관성을 알아내기 위하여 신경회로망을 사용하였다(그림 6). 신경회로망을 학습시킨 결과 실제의 측정치와 근사한 값들을 얻을 수 있었다(그림 7, 8).

### 5. 결론 및 향후과제

레이저 열처리시 표면온도의 측정으로 코팅층의 흡수율을 추정할 수 있고, 경화 깊이를 간접적으로 예측할 수 있음을 보여 주었다.

본 연구의 최종 목적은 균일한 경화 깊이를 얻기위해 공정을 제어하는 것인 만큼 현재 제어기술을 여러 종류의 금속을 대상으로 하여 개발 하고 있다. 이에 대한 결과는 다음 기회를 통하여 발표하도록 하겠다.

#### ☐ 참고 문헌 ☐

- 1) 박영준, 우현구, 조형석, 한유희

레이저 표면경화 공정에서 신경회로망을 이용한 경화층 깊이의 측정  
93 한국자동제어학술회의 논문집 (1993. 10. 20 ~ 22) p212 ~ 217

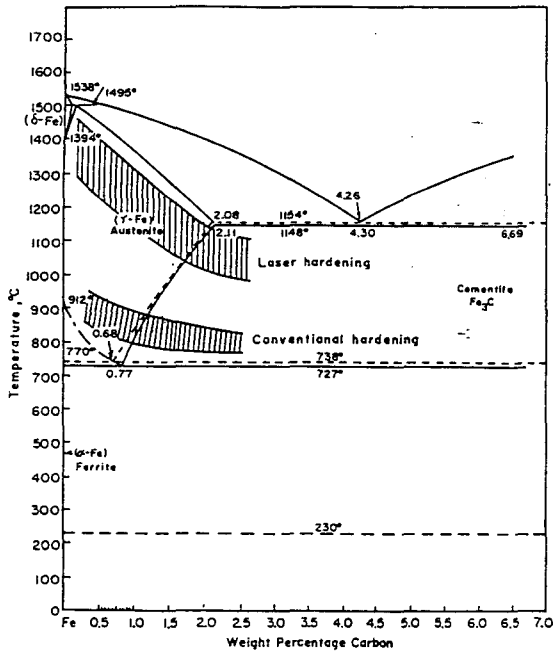


그림 1. Temperature distributions of Conventional and laser hardening in Fe-C diagram.

Pyrometer : 독일 IMPAC社 모델 IS-2-LO  
 SI cell (0.6 ~ 1.1 $\mu$ m)  
 측정범위 : 750 $^{\circ}$ C ~ 1500 $^{\circ}$ C

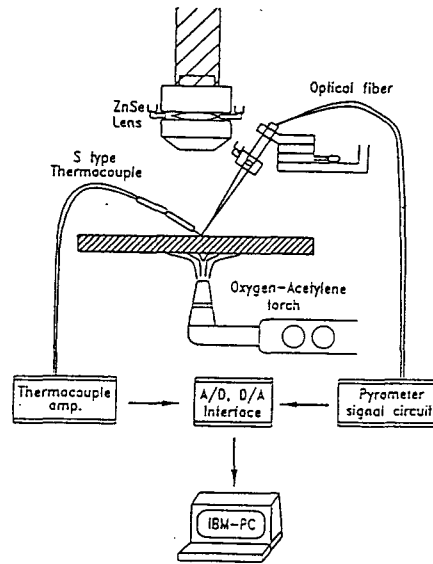
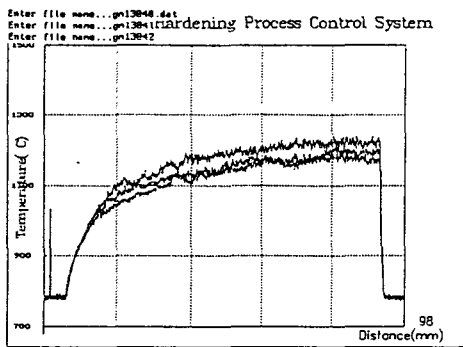
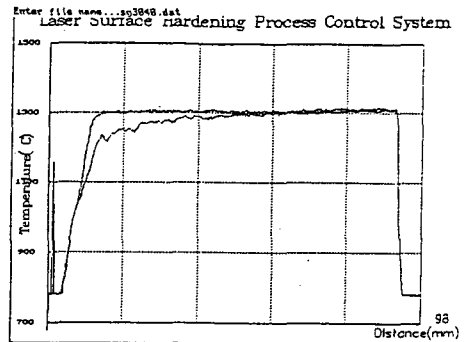


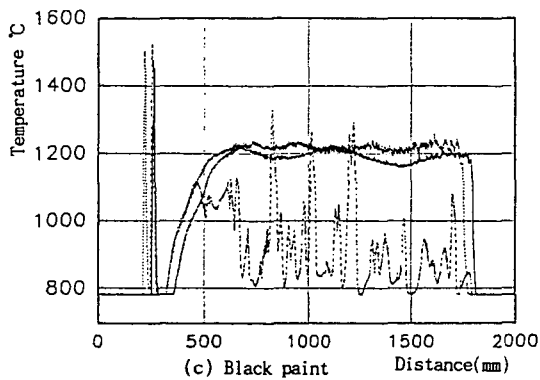
그림 2. Experimental setup for IR-sensor calibration.



(a) graphite



(b) Sand blasting and graphite



(c) Black paint

그림 3. Measured temperature of different coating material at the power 3kW and the velocity 0.4m/min.

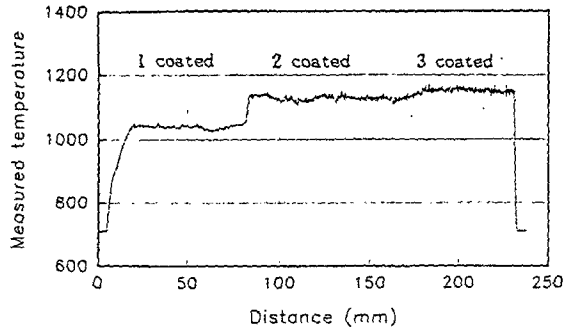


그림 4. Measured temperature of different coating thickness with graphite coating at the power 3kW and the transfer velocity 0.4m/min.

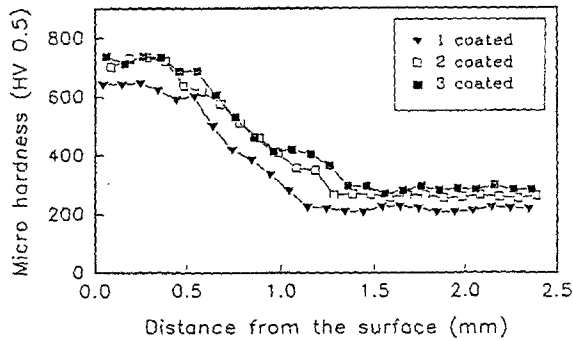


그림 5. Hardness profile of laser hardened SM45C of different coating thickness with graphite coating at the power 3kW and the transfer velocity 0.4m/min.

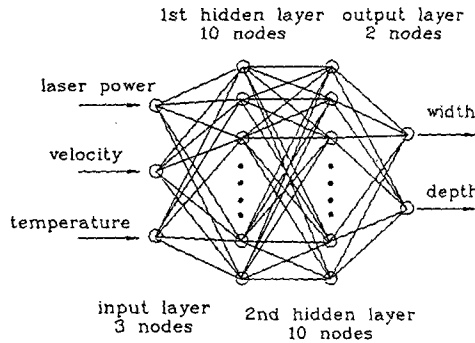


그림 6. NN for Hardening Depth Estimation

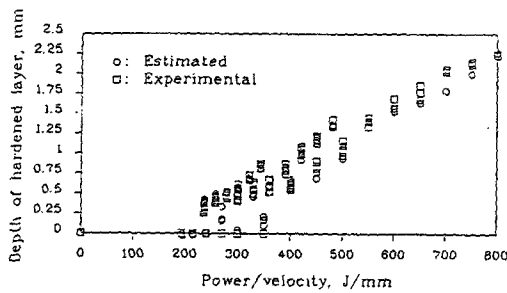


그림 7. Case depth vs. heat input per unit length

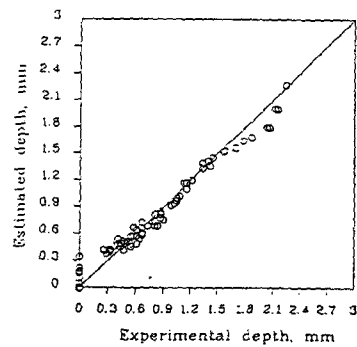


그림 8. Estimated depth vs. experiment depth