

탄소강의 표면경화에 미치는 레이저 처리의 영향

Effect of Laser Processing on the Surface Hardening of Carbon Steel

박진석*, 이오연*, 한유희**

* 전북대 금속공학과, 전주

** 한국기계연구원 레이저가공실, 대전

1. 서 론

레이저빔에 의한 재료 가공은 고출력 레이저빔을 열원으로 이용하여 재료를 가공하는 방법으로, 광학부품을 이용하여 가공하려는 부분에만 매우 큰 에너지밀도로 집중시킬 수 있어 종래의 방법보다 처리속도가 빠르고 급냉으로 인하여 독특한 조직을 얻을 수 있다. 표면처리된 부품은 열로 인해 야기되는 열응력, 뒤틀림, 균열등을 방지 할수 있어 부품의 손상을 최소화 시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 현재, 레이저를 이용한 표면경화는 스티어링 기어하우징, 디젤엔진의 실린더 라이너, 피스톤 등의 제품에 적용되고 있다.

레이저 경화법은 공정변수가 다양하여 재현성이 낮고, 최적조건을 찾는데 많은 시간을 요한다. 본 실험에서는 비임 모드와 비임 직경을 일정하게 하고, 출력 밀도와 조사속도를 변화시키면서 레이저 경화처리를 행하여 미세 조직, 경도와 표면온도를 상호 비교 검토하여 최적 조건을 도출하고자 한다.

2 실험방법

2.1 레이저장치와 표면온도측정장치

본실험에 사용된 장치는 한국기계연구원 레이저가공실에서 보유하고 있는 출력 4kW급 연속파 CO₂레이저(미국, Rofin-Sinar 840)이며, 시편의 표면온도는 독일 IMPAC사의 모델 IS-2-L0 제품의 적외선 온도 센서를 이용하여 측정하였다.

2.2 실험시편

사용된 시편은 일반 기계용 부품에 많이 쓰이고 경화능이 높은 KS규격 SM45C와 금형재료 및 공구강으로 주로 사용되는 JIS규격 SK3를 사용하였다. 금속표면에 비임의 흡수율을 높이기 위해 SM45C의 경우 무광택 흑색페인트와 흑연분말을 도포하여 이들 코팅제가 경도분포 및 표면온도에 미치는 영향을 조사하였다. SK3는 graphite 코팅을 하여 레이저처리 하였다. 부품표면경도에 미치는 주 경화인자는 레이저빔모드, 비임직경, 조사속도, 표면조건 등이 있는데, 본 실험에서는 출력밀도, 조사속도, 코팅제의 종류를 변화시켜 실험하였다. 레이저처리된 시편은 0.3 μ m 알루미늄으로 정마한 후 Micro-Vickers Hardness Tester로 최외표면으로부터 100 μ m 간격으로 2~3mm 깊이까지 측정하였다. 경화부의 미세조직은 2% Nital로 부식시켜 광학현미경으로 관찰하였다.

3. 결과

Fig.1은 SM45C 표면에 흑색 페인트 코팅 회수를 다르게 하여 레이저 출력 3kW, 이송속도를 0.4m/min으로 레이저 처리한 경우의 표면으로부터 거리에 따른 경도분포를 나타낸 것이다. 2회(15.4 μ m)이상 코팅한 경우는 경화층이 깊고 경도값도 높게 나타났다. Fig.2는 SM45C강재를 graphite 코팅회수를 다르게 하여 Fig.1과 같은 조건으로 레이저 처리한 경우 표면으로부터 거리에 따른 경도를 나타낸 것으로서, 역시 2회(9.5 μ m)이상의 코팅에서부터는 흑색 페인트를 코팅한 경우와 마찬가지로 유사한 경도를 나타내고 있다. 코팅제로서 graphite코팅은 흑색 페인트보다 경도값은 낮았으나, 레이저처리시 표면온도측정결과 균일한 온도분포를 얻을 수 있었다.

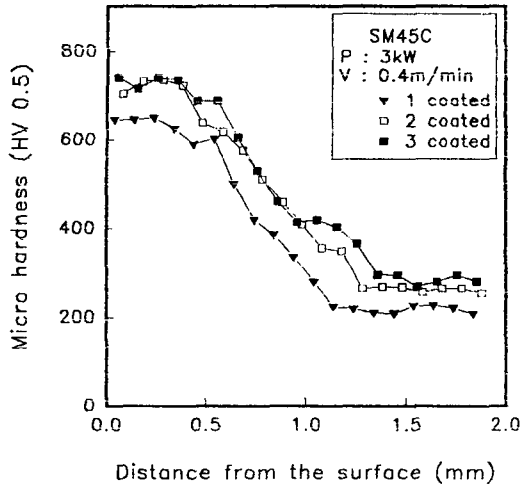


Fig. 1 Hardness profile of laser hardened SM45C of different coating thickness with black paint coating(3kW, 0.4m/min)

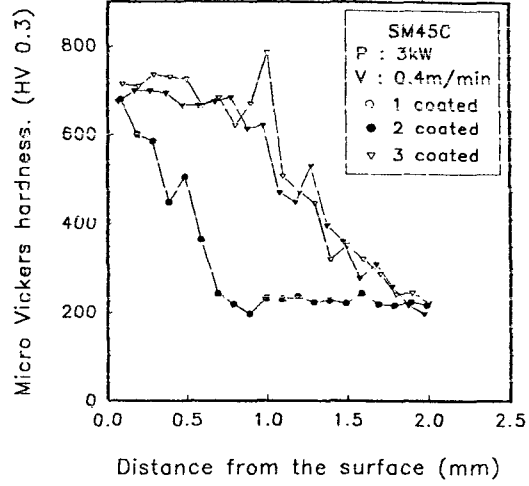


Fig. 2 Hardness profile of laser hardened SM45C of different coating thickness with graphite coating(3kW, 0.4m/min)

Fig. 3은 SM45C 강재를 3kW에서 이송속도를 0.2m/min 에서 0.9m/min까지 변화시킨 경우의 경도 분포로서 이송속도가 낮아질수록 경도와 경화깊이가 증가하고 있다. 그러나 0.2m/min에서는 오히려 경도의 저하가 나타나고 있는데, 그 이유는 Photo.1에서 알수 있듯이 낮은 이송속도로 인해 입열량이 커서 표면에서 remelting이 일어나 grain내부에는 마르텐사이트가, 외부에는 미세페어라이트가 형성되어 있다. 이때 grain내부의 경도는 Hv=640, 외부는 Hv=340 정도이었다.

Fig. 4는 SK3 강재를 2kW에서 이송속도 0.1~0.4m/min까지 변화시키면서 레이저 처리한 시편의 단면 경도를 나타낸 것으로서, 이송속도가 낮아질수록 경도와 경화깊이가 증가하고 있

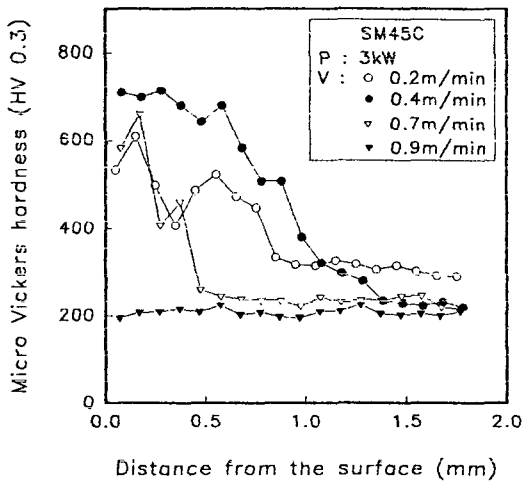


Fig. 3 Hardness profile of laser hardened SM45C of different transfer velocity at a power of 3kW

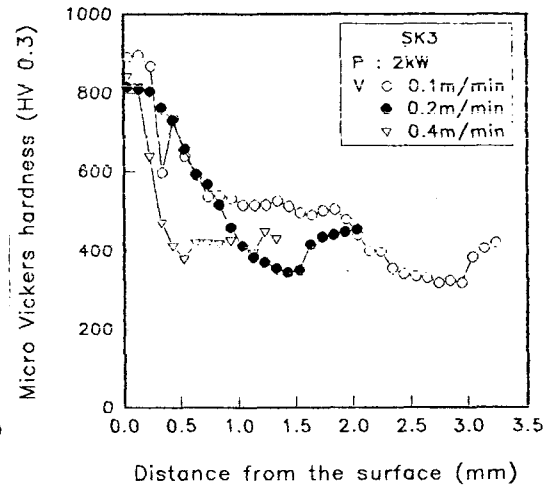


Fig. 4 Hardness profile of laser hardened SK3 for different transfer velocity at a power 2kW.

으며, 표면층에 용융이 일어난 이송속도 0.1m/min에서 최고경도 Hv=900정도의 경도를 나타내었다.

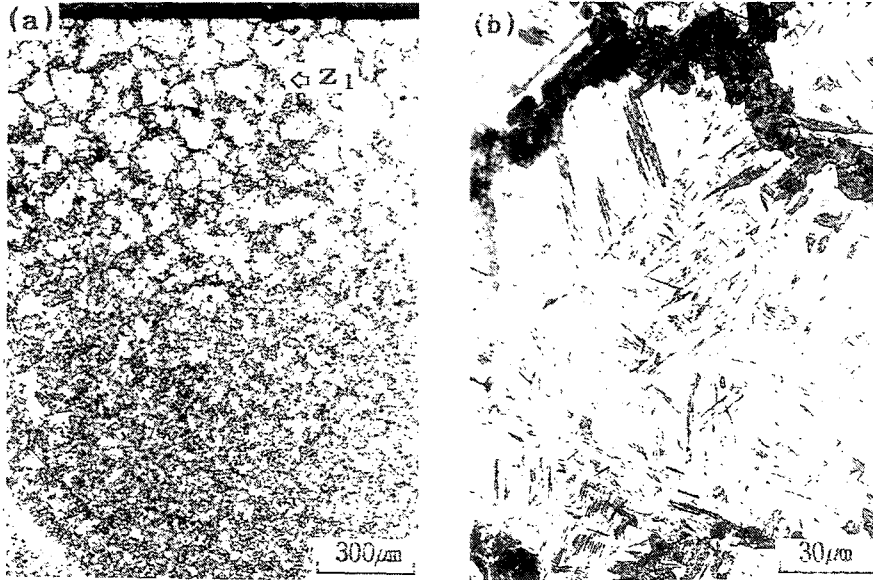


Photo 1. Optical microstructure of laser hardened Zone (SM45C)
a) 3kW, 0.2m/min b) Zone I

4. 결론

- 1) 최적조건인 레이저표면경화처리시 최대경도와 경화깊이는 SM45C의 경우 약 Hv=790 와 depth=1.5mm, SK3의 경우 약 Hv=920 와 depth=1.2mm 를 얻을 수 있었다.
- 2) 표면에 remelting이 일어날 경우, SM45C는 표면층이 마르텐사이트와 미세퍼얼라이트로 변태되어 경도가 낮아지지만, SK3는 탄소의 고용증가로 경도가 높아진다.
- 3) 시료표면에 1회코팅(흑색 페인트, graphite)한 경우는 레이저빔의 흡수율이 낮아 충분한 경화효과를 나타내지 못하지만, 2회이상 코팅할 경우는 코팅횟수에 관계없이 충분한 경화깊이와 경도분포를 얻을 수 있었다.
- 4) 코팅제로서 graphite는 흑색페인트에 비하여 레이저처리시 균일한 온도분포가 얻어진다.

5. 참고문헌

1. 김도훈 : "레이저빔에 의한 금속의 표면개질과 가공", 대한금속학회회보, Vol.5, No. 4, 1992, PP. 361~374
2. B.L. Mordike: "Metallurgical Aspects of Laser Surface Treatment", Laser Treatment of Materials, 1992(ECLAT'92), pp. 171~180
3. V.D. Sanovsky, V.M. Schastlivtsev, T.I. Tabatchikova, I.L. Yakovleva: "Laser Heating and Structure of steel", Laser Treatment of Materials, 1992(ECLAT'92), PP. 307~311