Laser 열처리법에 의한 엔진용 재료의 표면경화 특성
Surface Hardening of the Materials for Engine Components by Laser Heat Treatment

황 종 현, 김 대 영, 윤 중 근
현대중공업(주) 산업기술연구소

1. 서 론

Laser를 이용한 표면경화 열처리는 집속된 고밀도 에너지의 beam을 재료 표면에 조사하여 재료의 표면 온도를 용융온도 이하까지 급가열 시킨후 자체 냉각 작용(Self- Quenching)에 의한 급속 냉각으로 경화하는 방법으로, 기존의 표면처리 방법에서 필수적인 냉각제의 사용을 배제할 수 있으므로 열처리 후의 재료의 변형이나 균열, 열응력 등을 최소화 시킬 수 있어 후 가공을 거치지 않고 바로 제품으로 사용할 수 있다 [1] .

Laser 표면경화 열처리시의 경화층 특성에 영향을 주는 인자로는 Laser power, traveling speed, beam mode를 들 수 있으며, 이 외에도 beam의 에너지 특성, 재료와 beam의 상호 작용 시간, 모재의 조직 및 흡수율 등도 영향을 끼치는 요소들이다 [2] . 따라서 Laser 열처리를 실품에 적용하기 위해서는 이러한 인자들을 적절하게 선택하고 조합함으로써 최적 가공 조건을 정립할 필요가 있다.

본 연구에서는 엔진의 내마모용 기계 부품으로 주로 사용되는 구상 흑연 주철(FCD60), 중탄소강(S53C) 및 저합금강(SCM440)에 있어서 Laser 열처리의 공정 변수가 경화층의 특성에 미치는 영향에 대하여 평가함으로써, 각 재질에 따른 최적 열처리 조건을 확립하고자 하였다.

2. 실험 방법

본 연구에 사용된 시편의 재질은 구상 흑연 주철(FCD60), 저합금강(SCM440) 및 중탄소강(S53C)으로 각각의 화학 조성은 Table 1과 같다.

Table 1 Chemical composition of the materials used, wt.%

Material	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Al	Mg
FCD60	3.58	2.05	-	0.04	0.03		0.40	-	-	0.02	0.03
SCM440	0.39	0.28	0.68	0.01	0.01	0.12	0.06	0.96	0.16	0.02	-
S53C	0.53	0.25	0.76	0.01	-	0.05	0.02	0.05	0.01	-	-

열처리 시험편은 Laser 열처리시의 충분한 자체 냉각 효과를 얻을 수 있는 크기인 $80^{l} \times 60^{w} \times 7mm^{t}$로 절단하고, 또한 기계 부품의 도면상의 표면 정밀도인 3-S(▽

▽▽)수준으로 가공을 하였다. Laser 열처리시의 효율 증대를 위해 재료 표면에 beam 흡수제인 Graphite를 약 40㎛의 두께로 도포하였다.

Table 2는 본 실험에서 사용한 공정 변수인 Laser power와 traveling speed 및 그 외의 조건들을 나타낸 것이다.

이상의 실험에 의해 형성된 경화층의 특성을 평가하기 위하여, OM과 SEM을 이용하여 경화층의 조직적 특성을 관찰하였으며, Micro-vickers 경도 시험기로 표면에서 부터 두께 방향으로 30㎛ 간격으로 경도 분포를 측정하였다.

Table 2 Process variables employed.

Material	Process variables	
	Laser power(kW)	Traveling speed(mm/sec)
SCM440, S53C	2~5	120~210
FCD60		60~210
* Coating material : Colloidal graphite (40㎛) * Beam configuration : Square (3×3mm) * Incident angle : Perpendicular to the surface		

3. 결과 및 고찰

Fig.1은 Laser 출력과 traveling speed에 따른 S53C 재질의 경화층의 표면 상태를 간략하게 정리한 것이다. 일정한 속도에서 출력이 증가할수록 용융이 발생하는 경향이 증가하는데, 이는 단위면적당 단위시간에서의 입열량이 증가하는데 기인한 것으로, 이러한 경향은 다른 재질에서도 유사하게 나타났으며, 고출력의 범위에서의 용융 발생은 이송 속도를 증가시킴으로써 억제할 수 있다. 본 실험 조건에서는 대체로 3kW 이하의 영역에서 양호한 경화층이 형성되었다.

양호한 경화층이 형성되는 조건인 3kW, 120mm/sec에서의 각 재질에 대한 경도 분포를 Fig.2에 나타내었다. 재질에 따른 최대 경도는 탄소함량이 가장 높은 FCD60이 가장 높은 경도 값을 보이고, 경화층 깊이는 약 0.2mm 수준이다.

4. 결 론

FCD60, SCM440 및 S53C 재질에 대한 Laser power와 Traveling speed를 공정 변수로 한 Laser 표면경화 열처리로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) Laser power가 증가함에 따라 표면 용융이 발생하고, 3kW이하의 출력에서 양호한 경화층을 얻을 수 있다.

(2) 용융이 발생하지 않는 조건에서 경화층의 최대 경화 깊이는 약 0.2mm 정도이며, 이때의 최대 경도치는 FCD60은 1000Hv0.1, SCM440은 780Hv0.1, S53C는 740Hv0.1 수준이었다.

5. 참고 문헌

[1] 李昌禧, 金伎徽 : Laser 표면개질, 대한금속학회회보, 제4권 제2호, 1991, p123
[2] A.K.Mathur, P.A.Molian : Laser heat treatment of cast irons, Transactions of the ASME, Vol.107, 1985, p200~201

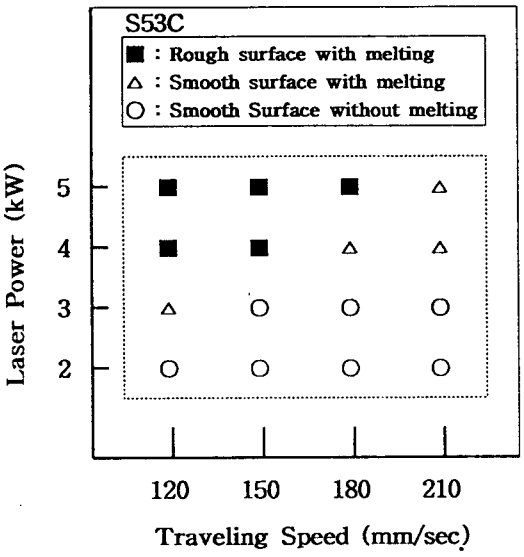

Fig.1 Effects of laser power and traveling speed on surface condition of hardened layer for S53C medium carbon steel.

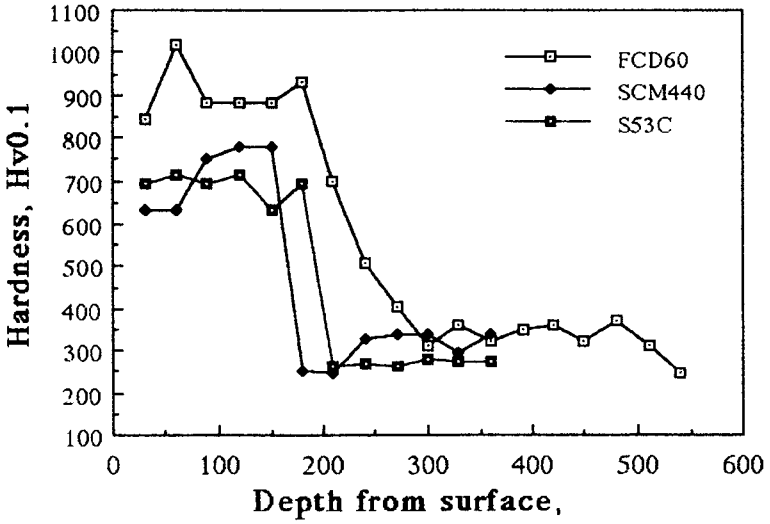

Fig.2 Vickers hardness distribution of the hardened layer (3kW, 120mm/sec)