

# 탄소강의 EB 표면경화에 대한 고찰

김 숙 환\*, 이 목 영\*, 김 홍 준\*\*

\* 산업과학기술연구소, 경상북도 포항시

\*\*포항공과대학교, 경상북도 포항시

## 1. 서 론

자동차에 대한 고출력화, 장수명화, 경량화의 요구는 날로 증대되고 있으며 이에 따라 동력전달계로의 부하는 점점 높아지고 있다. 따라서 구성 부품은 가혹한 사용환경에 견딜수 있도록 단위하중, 단위면적당의 기계적 성질(강도 및 마모특성등)을 한층 향상시키지 않으면 안된다. 그 대응책의 일환으로 표면경화 열처리가 이용되고 있고 자동차공업에 있어서는 침탄소입, 고주파소입, 연질화 소입등이 채용되고 있으며, 이들에 부가하여 최근 전자빔 소입, 레이저 소입등이 실용화되어 주목받고 있다. 이러한 새로운 process들은 에너지 밀도가 높고 복잡형상 부품의 국소 소입에 적용하여 종래의 방법으로 소입할 수 없었던 경우도 표면경화 시킬수 있으며 특히 전자빔 표면소입은 진공중에서 행하기 때문에 소입시의 표면산화는 거의 없으며 표면조도의 변화도 극히 적기 때문에 최종 마무리면에 대해서도 적용할 수 있다는 것이 큰 장점중의 하나이다.

그러나 전자빔에 의한 표면소입기술은 최근 진보가 현저한 레이저process에 비하면 상당히 뒤떨어져 있어서 근본 mechanism에 대한 연구실적이 거의 없는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 철강재에 대한 전자빔 용융기술의 저변확대와 용접변수에 따른 표면경화특성을 비교평가하고 이론적인 계산을 통한 경화층의 형상을 예측하기 위하여 가장 대표적인 탄소강 소재를 대상으로 경화조직과 경도 및 경화특성에 대해 검토하고자 하였다.

## 2. 실험방법

본 실험에서 경화특성의 영향을 비교검토하기 위하여 사용한 소재는 JIS G4051에 규정되어 있는 S15C, S40C, S48C 강재로서 성분분석 결과는 Table 1과 같다.

Table 1 Chemical compositions of steel used

Steels	Chemical composition (wt%)							Ceq
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Al	
A	0.162	0.284	0.593	0.015	0.009	0.015	0.020	0.273
B	0.412	0.254	0.760	0.014	0.005	0.013	0.021	0.549
C	0.470	0.232	0.715	0.014	0.005	0.015	0.040	0.599

$$Ceq(WES) = C + Si/24 + Mn/6 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14 (\%)$$

또한 실험에 적용한 전자빔 용접조건은 100KV, 10mA하에서 work distance 314mm, full deflection, beam frequency 100Hz로 일정하게 유지시키고 beam 주사속도를 600mm/min에서 900mm/min까지 4조건으로 변화시켜 실시하였으며, 경화층의 조직과 형상 그리고 전자빔 경화층의 경도분포를 측정하기 위하여 1 $\mu$ m의 diamond paste까지 연마한 다음 nital(알콜 95% + 질산 5%)로 부식시켜 전자빔 경화층의 특성을 비교평가 하고자 하였다. 그리고 주사속도에 따른 경화층의 형상을 computer modelling을 통하여 이론적인 계산을 실시하여 실측치와 비교하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

Fig.1은 시험재 A를 100KV, 10mA,  $1 \times 10^{-5}$ Torr의 전자빔 경화 열처리조건하에서 전자빔의 주사속도를 600-900mm/min로 한 경우의 경도분포를 나타낸 것으로 부분적으로 높은 경도값을 나타내었지만 전체적으로 Hv(25g) 250전후의 불규칙한 경화층 경도를 나타내었다. 이러한 결과는 시험재 A의 경우 탄소당량이 0.273로 낮고 탄소이외의 경화원소가 함유되어 있지 않기때문에 경화특성은 탄소량에 의해 결정되며, 모재에 존재하고 있는 pearlite가 전자빔 열처리시 분해되었다가 급냉시 형성되는 martensite의 변태량과 분포에 따라 경도분포는 결정될 것으로 생각된다. 또한, 경도를 하중25g에서 0.5mm 간격으로 측정하였기 때문에 미변태 ferrite의 위치에서는 낮은 경도치를 나타내고 모재의 pearlite영역에서는 전자빔 주사시 변태에 의해 martensite가 형성된 결과에 기인하여 최고경도가 Hv(25g) 500-600정도를 나타낸 것으로 사료된다. Fig.2는 시험재 A와 같은 전자빔 처리조건으로 시험재 B에 적용한 경화층의 경도분포로서 대부분이 Hv(25g) 700전후의 비교적 고른 경도분포를 나타내었다. 이것은 시험재 B의 경우 탄소당량이 0.549로 높을 뿐만 아니라 탄소량이 0.412%로 높기때문에 모재 자체의 조직이 미세한 ferrite와 pearlite로 구성되어 있어 전자빔 처리시 미세한 pearlite의 분해가 용이할 뿐만 아니라 탄소량이 많기 때문에 변태시 고탄소 martensite가 형성되므로 대부분의 경화층에서 Hv(25g) 730 전후의 경도값을 나타내었으며 최고경도는 Hv(25g) 830까지 증가함을 알 수 있었다.

Fig.3은 각각의 시험재에 대해 전자빔 주사속도에 따른 경화층의 면적을 나타낸 것으로 시험재 A에 비해 시험재 B, C는 약 2-3배의 경화층이 형성되어 있음을 확인할 수 있었다. 이것을 탄소당량과 비교해 보면 시험재 A는 탄소당량이 0.273이지만, 시험재 B 및 C는 각각 0.549, 0.599로서 시험재 A에 비해 약 2배이상 높음을 알 수 있어 좋은 상관성을 나타내었다.

### 4. 참고 문헌

- 1) Matsui, Uchida et al : "Electron beam hardening", Vol.42 (1988) No.5, P.570, 自動車技術
- 2) Miyanaga : "EB surface hardening", Vol.23 (1983) No.2, P.86, 熱處理

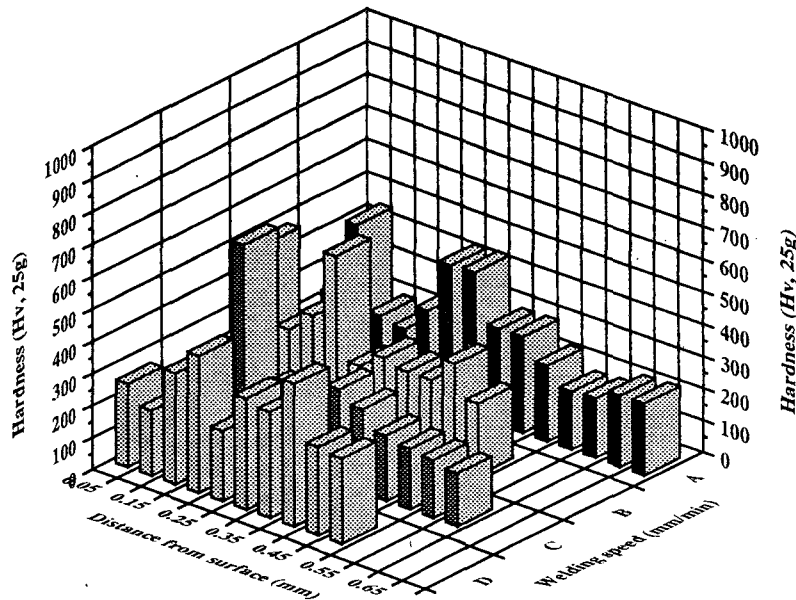


Fig. 1 Hardness distribution of steel A with EB treatment  
(A: 600mm/min, B: 700mm/min, C: 800mm/min, D: 900mm/min)

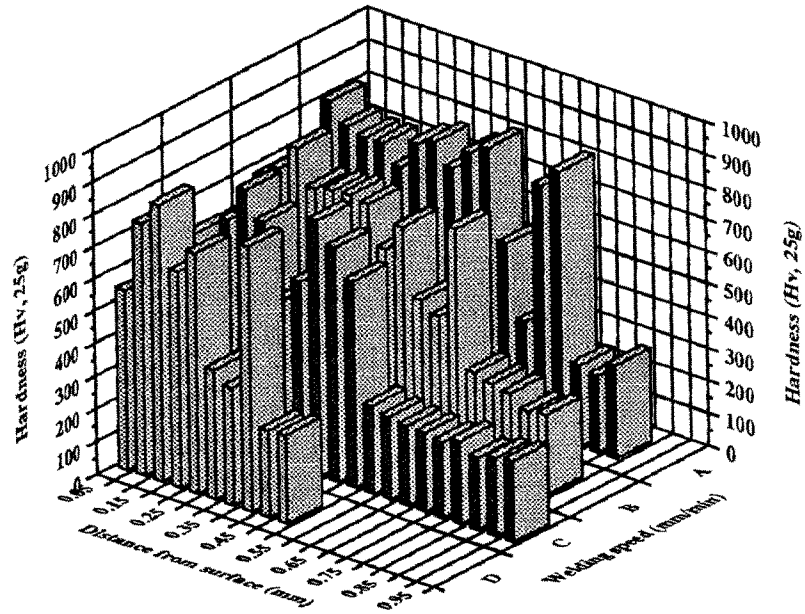


Fig. 2 Hardness distribution of steel B with EB treatment  
 (A: 600mm/min, B: 700mm/min, C: 800mm/min, D: 900mm/min)

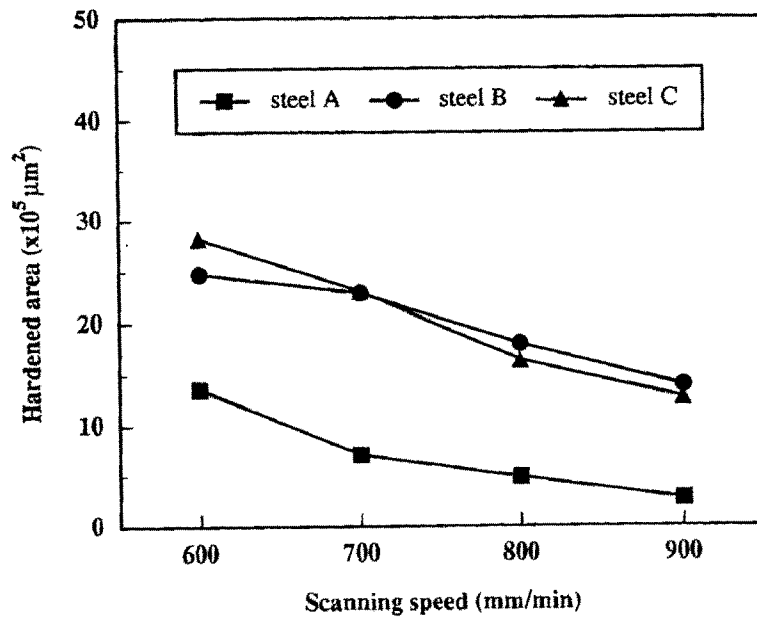


Fig. 3 Effect of EB scanning speed on hardened area