철강재의 전자빔 용입 특성

*김숙환, 권영각, 김영섭, 박재현
산업과학기술연구소, 용접연구센타

1. 서론

1938년경 전자빔이 금속재료의 가공수단으로서 주목되어온 이래 이것을 용접에 이용한 것은 서독 Carl Zeiss의 Steigerwald가 최초로 1950년 가속전압 50kv의 전자빔 용접을 행하였다. 그후 프랑스원자력 위원회는 진공중에서 전자빔 용접을 행했을 때 고순도의 용착금속이 얻어지고 용접후에도 칫수정도가 유지되는 것에 착안하여 Sciaky사와 공동연구로 원자로 연료봉의 피복재인 Zr합금의 용접을 1954년에 성공함에 따라 용접장치는 급속히 발전하여 용접chamber의 대형화 고진공으로부터 저진공 또는 대기중 용접 실현, 용접작업의 능률화 또는 성력화등으로 실용화에 성공하였다. 항공우주산업에서는 고도의 내열성, 고강도 및 경량화를 요구하여 이에 대응하는 용접법으로 전자빔 용접이 주목받고 있으며, 원자력 산업에 있어서는 고순도의 용접부를 얻게 됨에 따라 내식성이 대폭 개선되었으며, 자동차를 중심으로한 산업기계와 중공업 분야에 있어서는 고속 및 심용입형의 용접으로 다량생산 line에 투입되어 대폭적인 cost 절감과 성력화에 크게 기여하고 있다. 특히 Computer를 이용한 용접의 자동화가 널리 적용되고 있기 때문에 용접변수와 용입특성에 대해 많은 자료가 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 철강재에 대한 전자빔 용접기술의 저변확대와 용접변수의 제특성을 비교평가하기 위하여 가장 널리 사용되고 있는 대표강종인 HT50, 80, 100 강재을 대상으로 용접변수에 따른 Bead 형상과 경도분포 특성에 대하여 검토하고자 하였다.

2. 실험방법

본 실험에서 전자빔 용접변수의 영향을 비교검토하기 위하여 사용한 소재는 HT50, 80, 100 강재로서 성분분석 결과는 Table 1과 같다.

Table 1 Chemical compositions of steel used

Steels	Chemical composition (wt %)									C_{eq}	Remarks
	C	Si	Mn	P	S	Al	Ni	Cr	Mo		
A	0.17	0.40	1.39	0.02	0.01	0.04	0.02	0.02	0.01	0.425	HT 50
B	0.15	0.25	0.42	0.01	0.01	0.04	1.90	0.93	0.25	0.526	HT 80
C	0.07	0.23	0.67	0.01	0.01	0.04	4.86	0.53	0.47	0.536	HT 100

$C_{eq}(WES) = C + Si/24 + Mn/6 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14$ (%)

또한 실험에 적용한 전자빔 용접조건은 Work distance 310mm, Active parameter(a_b)를 1로 일정하게 유지시키고, 가속전압(60 - 150KV) 4조건, Beam전류(10 - 40mA) 4조건, 용접속도 (100 - 2,000mm/min) 5조건을 사용하여 bead-on-plate 용접을 실시하였으며, 용접Bead 형상과 조직 그리고 전자빔 용접부 경도분포를 측정하기 위하여 1㎛의 Diamond Paste까지 연마한 다음 Nital(알콜 95% + 질산 5%)로 Etching하여 전자빔 용접부 특성을 비교평가 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig.1은 HT50 강재를 60KV, 30mA, 1 x 10^{-5} Torr의 전자빔 용접조건하에서 용접속도를 1,000mm/min(A), 1,500mm/min(B)로 bead-on-plate 용접했을때의 용접부 경도분포를 나타낸 것으로 용접속도에 관계없이 용착금속은 Hv 500g에서 약 450정도를 나타내었다. 그리고 용접속도가 증가함에 따라 입열량이 작아지고 용접부 열영향부가 다소 작아지기 때문에 용착금속으로 부터의 경도분포가 다소 축소됨을 알 수 있었으며, 모재의 조직이 ferrite + pearlite의 혼합조직이기 때문에 모재의 경도는 약 170정도를 나타내었다. 특히 열영향부가 약 0.8mm정도로 극히 작음을 알 수 있었다.

Fig.2는 HT50 강재를 90KV, 30mA, 1 x 10^{-5} Torr의 용접조건하에서 속도를 1,000, 1,500mm/min로 bead-on-plate 용접을 행하였을때의 용접부 경도분포로 용접속도에 관계없이 거의 같은 경도분포를 나타내었다. 이것은 90KV로 가속전압이 높아짐에 따라서 용입이 더욱 깊어지기 때문에 용접속도에 의한 영향이 상대적으로 작아져 용접부 경도에 그다지 큰 영향을 미치지 못하기 때문으로 생각된다. 그리고 열영향부의 크기는 약 1mm로 추정할 수 있었다.

Fig.3은 HT50 강재를 120KV, 30mA, 1 x 10^{-5}의 용접조건으로 bead - on - plate 용접한 용접부 경도분포로서 앞선 결과와 마찬가지로 용착금속은 Hv 500g에서 약 450정도를 나타내었으며 가속전압의 증가에 따른 입열량의 증가와 용입깊이의 증가로 열영향부의 경도분포가 다소 완만해짐을 알 수 있었다.

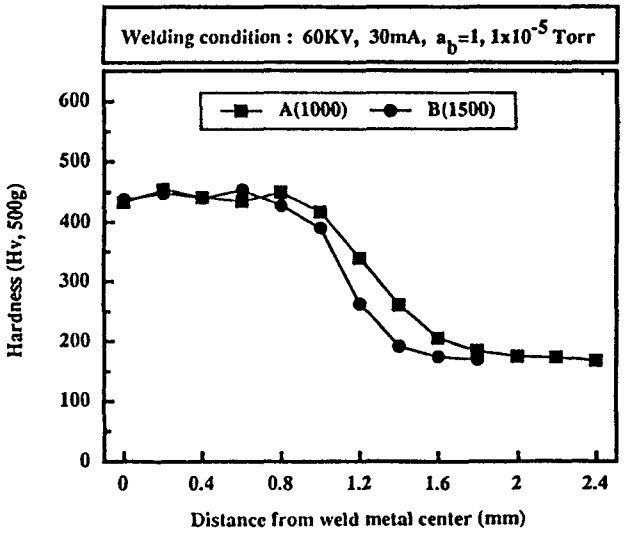

Fig. 1 Hardness distribution of electron beam weldments (steel A)

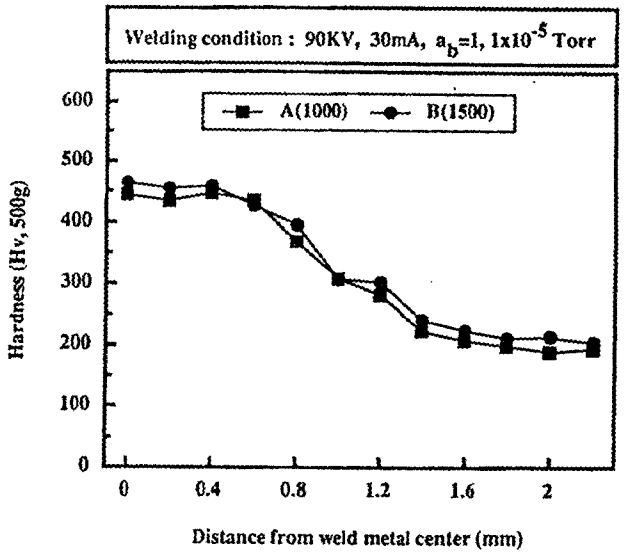

Fig. 2 Hardness distribution of electron beam weldments (steel A)

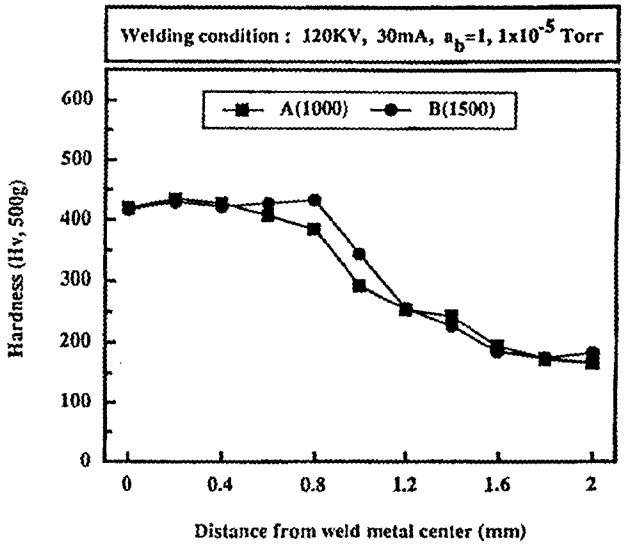

Fig. 3 Hardness distribution of electron beam weldments (steel A)