

## 용접구조용강의 용접저온균열감수성에 미치는 중심편석의 영향(1)

-- 중심편석대의 저온균열감수성 평가 방법에 대하여 --

산업과학기술연구소 안영호\*, 이종봉, 장래웅, 남기욱

**1. 서론** 연속주조에 의해 생산된 Slab는 응고말기에 C, Mn, P, S등이 국부적으로 집적되므로써, 판두께 중심부에 편석대가 형성되고, 이것이 후공정인 압연후에도 잔존하여 최종적인 후판강재의 품질저하를 초래한다고 보고되고 있다. 특히 중심편석대는 판두께 방향에 큰 응력이 부가될 경우, 용접부의 저온균열감수성에 영향을 미칠수 있으리라 생각되지만, 그영향에 대한 구체적인 평가방법 및 기준설정등이 아직 확립되어 있지 않은 실정이다. 따라서 본연구에서는 중심편석대의 존재시 용접저온균열감수성을 정량적으로 평가할수 있는 시험방법의 정립 및 저온균열의 발생가능성을 검토코저 하였다.

**2. 실험방법** 사용한 시험재는 두께 30, 50, 80mm의 50kgf/mm<sup>2</sup>급 용접구조용 고장력강으로서, 그화학성분은 Table 1에서 나타낸 바와같다. 중심편석대의 저온균열감수성의 평가는 일반적으로 강재용접부의 균열감수성 평가에 주로 적용되고 있는 Implant시험방법 및 용접부 재현에 의한 저온균열시험방법으로 검토하였다. Implant시험편은 시편 Notch선단에 중심편석대가 위치하도록 가공하였으며, 중심편석의 분포가 매우 불균일함을 고려하여 시험시 발생할수 있는 오차를 최소화할수 있도록 나선형 Notch를 사용하였다. Fig.1은 재현용접저온균열시험을 위한 Z 방향 시험편의 형상을 나타낸 것으로, 별도의 Notch없이 편석대를 시편의 중심에 위치토록 가공한 환형 시험편을 사용하였다. 재현용접 열Cycle은 SMAW 표준용접조건인 입열량 17kJ/cm에 상당하도록  $\Delta t_{800/500}$ 를 10sec로 하였으며, 일정한 수소분위기를 위하여 가열시부터 최대온도 1350 °C에서 20sec동안 수소를 취입하였다. 시험시 균열이 발생치 않는 파단시간의 기준은 7,200sec(2시간)으로 하였다.

**3. 실험결과 및 고찰** Photo. 1은 시험재의 두께방향에 잔존하고 있는 중심편석대의 Macro조직을 나타낸 것이다. 두께 30 mm의 경우에는 Macro조직상에 편석대가 거의 나타나지 않지만, 50, 80 mm의 경우에는 심한 중심편석대를 볼수 있다. Fig.2는 두께방향의 미세경도분포를 나타낸 것이다. 각 시험재 모두 중심편석대 이외의 부분(이후 건전부)에서는 160 Hv 정도를 나타내고 있지만, 편석대가 있는 두께 중심부근에서는 80mm의 경우 310 Hv, 50, 30 mm의 경우는 각각 360, 350 Hv정도로 높은 경도값을 나타내고 있다. Photo. 2은 두께 80 mm시험재의 두께방향에 대한 미세조직을 나타낸 것이다. 건전부는 전형적인 압연조직으로써 Pearlite 와 Ferrite의 혼합조직인 반면에, 편석대가 존재하는 두께 중심부근에서는 Pearlite band가 보

이고 있으며, Band내에서는 저온변태조직인 Bainite가 혼재하고 있음을 알 수 있다. 따라서 편석대의 경도치가 건전부에 비하여 높은 것은 국부적으로 존재하고 있는 저온변태조직인 Bainite에 기인한 것으로 생각된다.

Fig. 3은 중심편석대의 균열감수성을 평가하기 위하여 Z방향 Implant시험을 실시한 결과를 나타낸 것으로, 전반적으로 Data편차가 심함을 알 수 있다. 특히 균열발생한계응력으로 생각되었던 49 kgf/mm<sup>2</sup>의 경우에 6min정도의 단시간에서 파단을 일으키는 경우도 발생하여 편석대의 존재시 재현성있게 균열감수성을 평가하는 것이 용이하지 않음을 보이고 있다. 한편 Fig. 4는 재현용접저온균열시험방법으로 편석대의 균열감수성을 평가한 결과를 나타낸 것으로, 시험편의 파단위치는 편석대가 위치한 판두께 중심부근에서 발생하였다. 용접 저온균열감수성은 두께 80mm의 경우 37 40 kgf/mm<sup>2</sup>, 50, 30mm의 경우 각각 37, 50 kgf/mm<sup>2</sup>의 한계응력값을 나타내고 있어, 두께 30mm의 경우가 80, 50mm에 비해 균열감수성이 저하함을 알 수 있다. 이와 같은 저온균열감수성의 경향은 전술한 바와 같은 Macro조직의 관찰 결과와도 잘 일치하는 것이다. 또한 본 시험재의 경우에는 한계응력이 모두 항복응력이상이므로, 실용접시공시 편석대에서의 균열발생가능성은 희박하리라 사료된다.

#### 4. 결론

1) 판두께 방향의 중심부근에 존재하는 편석대에는 300 Hv이상의 높은 경도값을 나타내며, 국부적인 저온변태조직이 혼재함을 알았다.

2) Z 방향 재현용접저온균열시험방법으로 중심편석대의 균열감수성을 보다 재현성있게 평가할 수 있다고 판단되었다.

3) 본 시험재의 경우 중심편석대에서의 균열발생한계응력은 항복응력이상인 37 kgf/mm<sup>2</sup>으로서 실용접시 편석대에서의 균열발생은 무시할 수 있으리라 생각된다.

#### \* 참고문헌

- 1) 井上 尚志 : 溶接學會論文集, Vol.2, No.2(1984), pp.134-140
- 2) 菊田 米男 : 溶接學會論文集, Vol.2, No.3(1984), pp.23-29

Table 1 Chemical compositions of material used

Material	Thickness (mm)	Chemical compositions (wt.%)				
		C	Si	Mn	P	S
SM50	80	0.17	0.45	1.45	0.018	0.009
	50	0.19	0.44	1.43	0.017	0.007
	30	0.18	0.40	1.42	0.016	0.007

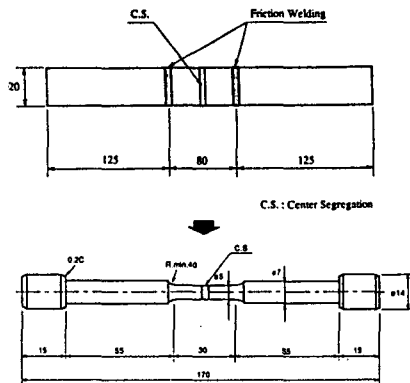


Fig. 1 Configuration of specimen for evaluating cold cracking susceptibility in synthetic HAZ of center segregation

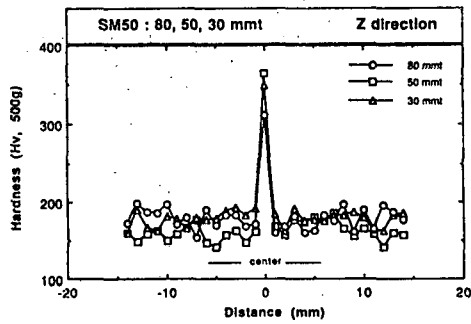


Fig. 2 Hardness distribution of Z direction

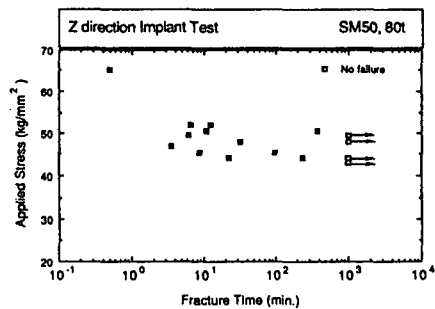


Fig. 3 Result of implant test for Z direction

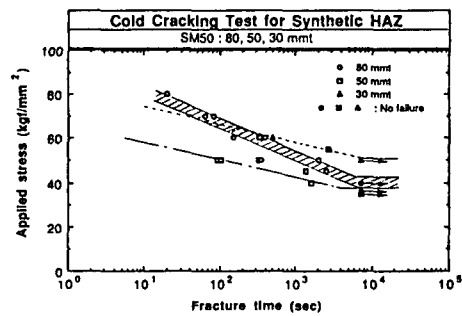


Fig. 4 Comparison of cold cracking susceptibility according to thickness

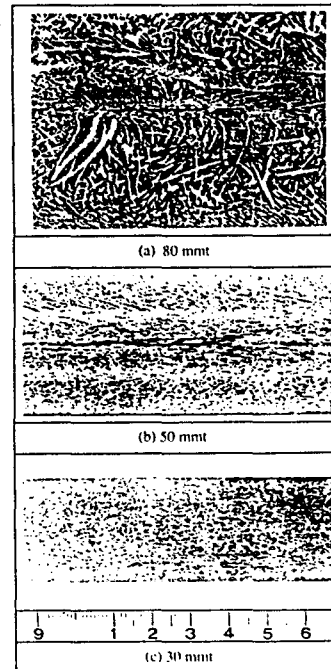


Photo. 1 Macrostructure of Z direction in plates with 80, 50, 30 mm thickness

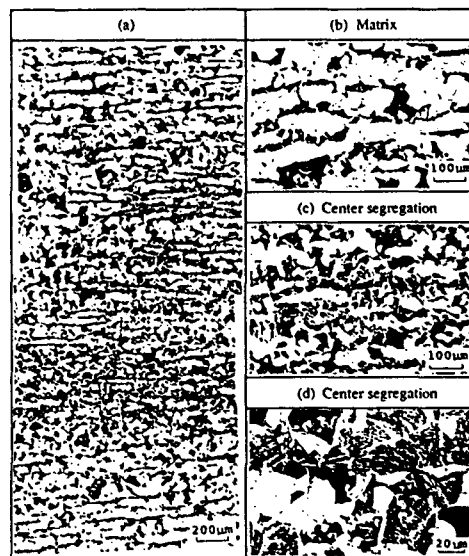


Photo. 2 Microstructure of Z direction in plate with 80 mm thickness