

2.25Cr-1Mo steel/308L-STs overlay 용접부의 미세조직에 미치는 용접조건의 영향

The effect of welding conditions for microstructures

of weld metal in 2.25Cr-1Mo steel/STS308L

※김정길, 강정운 (부산대), 장웅성, 최기용 (RIST), 김동진 (한국중공업)

1. 서론

고온·고압용기 및 배관으로 사용되는 Cr-Mo steel의 내부는 내식성 향상을 위하여 Austenitic STS로 overlay 용접을 하고 있지만 고온, 고압의 수소환경에서 수소 침투에 의한 용접부의 박리균열이 종종 발생하여 문제가 되고 있다. 박리균열 저항성과 용접부의 조직과의 상관관계를 규명하기 위한 일환으로 우선, 본 연구에서는 2.25Cr-1Mo steel를 STS308L로 ESW용접을 실시한 경우, 용접조건에 따른 용착금속의 미세조직을 검토하여, 상 형성기구를 고찰하였다.

2. 실험방법

본 실험에 사용된 모재는 2.25%Cr-1%Mo 저합금내열강이며 용접재료로 판상의 STS308L을 사용하였다. 모재와 STS308L의 화학조성은 표1에 나타낸다. 용접부 미세조직은 OM, SEM과 TEM으로 관찰하였고, XRD로 상동정을 하였으며 image analyzer로 δ 페라이트의 분율변화를 측정하였다. ICP로 용접금속의 화학조성을 분석하였고, 미소경도기를 사용하여 용착금속의 경도를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 용접조건변화에 따른 용착금속의 미세조직변화

그림1은 용접 전류를 1250A로 용접속도를 15~30cm/min으로 변화시켜 용접한 용착금속 1/2지점의 미세조직 사진이며 그림2는 동일 조건의 용착금속에 대한 XRD 결과이다. XRD 결과와 미세조직의 형상으로부터 용접속도가 15cm/min의 회계 보이는 기지는 Austenite(γ)이고, 망상 조직은 vermicular ferrite인 것으로 판단된다. 용접속도가 20cm/min일 때는 Ferrite피크의 강도가 15cm/min일 때 보다 커지는 것으로부터, 용착금속내의 침상조직은 Ferrite일 것으로 추측된다. 용접속도가 25cm/min이상일 때는 γ 피크의 강도가, Ferrite피크의 강도보다 아주 낮아지므로, 용착금속은 Ferrite나 Ferrite와 γ 의 혼합조직일 것으로 사료된다. 그림 3은 용접조건이 1250A×20cm/min인 용착금속의 침상조직의 TEM 사진으로서 lath의 γ 와 lath의 Ferrite가 층상을 이루고 있음을 알 수 있다. 그림4은 용접조건에 따른 vermicular ferrite의 변화를 알기 위해 vermicular ferrite만을 현출한 미세조직이다. 용접속도가 증가함에 따라서 vermicular ferrite의 망상이 점차 끊어지고 미세화되며 그 량도 줄어드는 것을 알 수 있다. 특히 용접속도가 30cm/min인 용착금속내에도 vermicular ferrite가 존재하는 것을 볼 수 있다. 표2는 위의 결과와 경도값으로부터 전 용접조건에 대한 용착금속의 상종류 및 각 Ferrite와 γ 의 분율변화를 정리한 것이다. 용접조건 800,1000A×10cm/min와 1250A×15cm/min인 용착금속은 기지 γ 와 vermicular ferrite의 조직이며, 용접조건이 800,1000A×15cm/min와 1250A×20cm/min일 때는, γ 기지, lath ferrite + lath γ 혼합조직과 vermicular ferrite가 존재한다. 용접전류 1000A일 때 용접속도가 20cm/min 이상, 1250A일 때 25cm/min 이상, 1500A인 경우 20cm/min인 용착금속은, 기지조직이 lath ferrite와 lath γ 혼합조직이며 내부에 vermicular ferrite가 존재하고 있다. 특히 용접조건이 1250A×25cm/min과 1500×25,30cm/min인 용착금속은 경도값이 350Hv이상이므로 이들 조건의 용착금속은 Martensite+lath ferrite+lath γ 의 혼합조직일 것으로 생각된다.

3.2 미세조직형성에 대한 고찰

스테인리스강 용착금속의 실온조직 및 응고모드는 Cr_{eq}/Ni_{eq} 의 비에 따라 변한다. 본 연구의 모든 용접조건에서 용착금속의 Cr_{eq}/Ni_{eq} 의 비를 계산한 결과, 1.56~1.75의 범위에 있었다. 따라서 용착금속의 응고모드는 FA 모드이고, 미세조직은 γ 의 기지조직과 vermicular 혹은 lacy Ferrite의 혼합조직일 것으로 예측된다. 그러나, 실제 조직에서 일부 용접속도가 빠른 경우는 모두 침상 F의 형상을 하고 있다. 이는 δ -F상이 γ 상으로 변태할 때 빠른 냉각속도 때문인 것으로 추측된다.

Table 1 Chemical composition of base metal and strip electrode (wt%)

	C	Si	P	Mn	S	Cr	Mo	Ni	Fe
2.25Cr-1Mo steel	0.13	0.16	0.009	0.49	0.005	2.25	0.98	0.17	Bal.
STS308L	0.02	0.3	0.017	2.05	-	20.3	-	10.9	Bal.

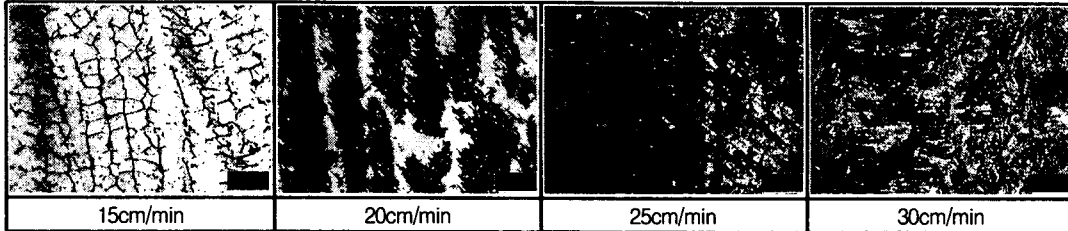


Fig 1 Microstructures of weld metal with welding speed at 1250A

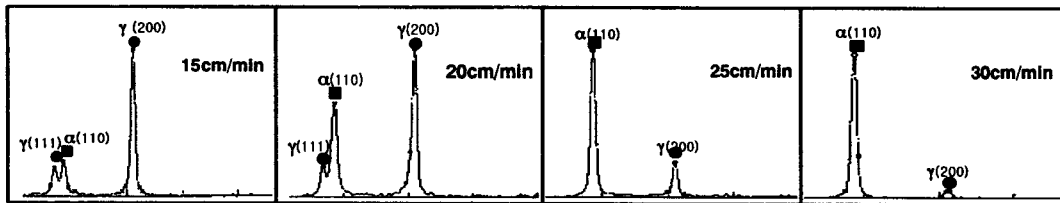


Fig. 2 XRD analysis of weld metal with welding speed at 1250A



Fig. 3 TEM micrograph of weld metal at 1000A x 15cm/min

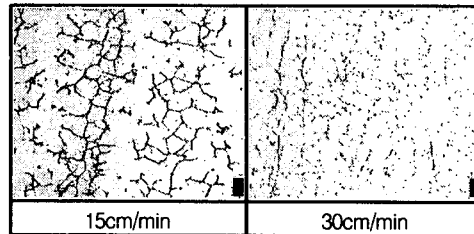


Fig. 4 Microstructures of vermicular ferrite with welding speed at 1250A

Table2 Changes of volume fraction of ferrite and austenite and kinds of phases in weld metal from XRD results, hardness with welding condition

		α (%)	γ (%)	Hv	kinds of phases			α (%)	γ (%)	Hv	kinds of phases	
800	A	10	10.3	89.7	189.5	1250	A	15	19.03	80.97	186.3	$\delta + \gamma$
		15	35.5	64.5	191.7		$\delta + \gamma + \text{mix A}$	20	38.95	61.05	190.4	$\delta + \text{mix A}$
1000	A	10	21.04	78.96	186.7	1500	A	25	81.09	18.91	312.5	$\delta + \text{mix A}$
		15	22.84	77.16	189.8			$\delta + \gamma + \text{mix A}$	30	95.18	4.82	378.7
	20	66.47	33.53	233.3	$\delta + \text{mix A}$		A	20	48.39	51.61	287.8	$\delta + \text{mix A}$
	25	81.42	18.58	252	$\delta + \text{mix A}$			25	76.1	23.9	359	$\delta + \text{mix B}$
	-	-	-	-	-			30	83.3	16.7	379.3	$\delta + \text{mix B}$

γ : austenite, δ : vermicular ferrite, α : ferrite
 mix A : lath α + lath γ , mix B : lath α + lath γ + martensite