

600MPa급 용접 재료의 저온 균열 민감성 연구

A study on Cold Cracking Susceptibility of 600MPa grade Welding Consumables

박 태동*, 김 광수, 윤 중근

현대중공업(주) 산업기술연구소, 울산시 동구 전하동 1

1. 서론

최근 제강 업계에서는 미세 조직을 수 μm 으로 제어함으로써 용접성 특히 내균열성을 크게 개선시키면서도 인장 강도를 600MPa급으로 획득하고자 연구개발 중이며, 이에 합당한 용접 재료 및 시공 방법도 동시에 연구 개발중이다. 용접 측면에 있어 새로운 재료나 시공 방법의 개발도 중요하지만 현재 사용되는 용접 재료 및 시공 방법의 적용 가능성 검토도 중요하다고 하겠다. 이에 따라 현재의 600MPa 급 용접 재료의 내균열성을 평가하고자 하였다. 일반적으로 고강도용 용접 재료의 내균열성은 결국 저온 균열에 대한 민감성을 의미하는 것으로, 용접 재료의 화학 성분, 경도 및 확산성 수소량 등이 중요한 변수로 인식되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 중공업 분야에서 일반적으로 사용되는 600MPa급 용접 재료에 대하여 시공 방법별로 저온 균열 민감성을 평가하고자 하였다. 평가는 구속도가 매우 큰 G-BOP법을 사용하여 예열 온도를 변수로 하였다. 또한, 저온 균열 민감성에 미치는 주된 인자를 규명하고자 용착 금속의 화학 성분, 경도, 기하학적 형상 및 확산성 수소 측면에서 분석하고자 하였다.

2. 실험 방법

본 연구에 사용된 용접 재료는 인장 강도 600MPa급으로, 용접 시공 방법별 즉, GMAW, FCAW 및 SAW 용으로 시판되는 것중에서 각각 2종류씩 선정하였다. 이들에 대한 화학성분은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Major chemical compositions of 600MPa grade welding consumables(wt.%)

		C	Mn	Ni	Mo	Ti	B(ppm)
GMAW	YN	0.12	1.55	0.03	0.23	-	1
	SH	0.09	1.58	0.03	0.20	0.06	-
FCAW	SH	0.09	1.58	0.03	0.20	0.06	-
	DE	0.07	1.19	0.96	0.02	0.04	20
SAW	M*U	0.10	1.49	0.03	0.01	-	-
	N*H	0.12	1.44	0.03	0.02	0.03	28

G-BOP 시험은 100mm(l)×125mm(w)×50mm(t) 크기의 두개 블록으로 준비하였고, 그 중 한 블록에는 0.75mm의 노치 가공후 BOP 용접하였다. 용접 기법에 상관없이 입열은 18~19kJ/cm로 하였으며, 예열 온도는 상온, 50℃ 및 100℃로 하였다. 균열 발생률은 Planimeter를 이용해 파단후 총 용접 비드 면적당 저온 균열 발생 면적을 백분율로 평가하였다.

· 용접 기법 및 재료에 따른 균열 발생률을 분석하기 위해 확산성 수소(Hd) 함량, 용접 비드 형상, 용착부의 미세 조직 및 경도를 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 예열 온도에 따른 균열 발생률을 도시한 것으로써, 예열이 증가함에 따라 균열 발생률이 감소되었다. 특히 상온에서 GMAW의 경우는 현저하게 균열이 발생되었으며, SAW의 경우에는 재료에 따라 균열 발생률에 큰 차이가 있었다. 그러나, 상온에서도 FCAW 용접 재료는 전혀 균열이 발생되지 않았다. 용착부에서 발생된 균열은 저온 균열이었으나 파면 양상은 모두 준 벽개 파면은 아니었다. Fig.1의 결과를 보다 일반적으로 분석하고자 이를 탄소 당량, Pcm, 경도 및 확산성 수소량과 비교하였다. 그 결과, 탄소 당량을 제외한 나머지 인자들과 저온 균열 발생률과는 뚜렷한 관계를 얻을 수 없었다. 탄소 당량의 경우에는 Fig.2에서 보여 주는 바와 같이 균열 발생률과 특정 관계를 유추할 수 있었다. 즉, 탄소 당량 값이 약 0.4wt% 이하에서는 균열발생이 없었으나 그 이상에서는 균열이 발생되었다.

용착 금속의 미세 조직을 살펴보면, Fig.3에서 보여 주듯이 저온 균열에 대한 저항성이 큰 FCAW 용착 금속의 경우에는 미세 조직이 매우 미세한 반면 내균열성이 열등한 SAW 용착 금속의 미세 조직은 상대적으로 조대하였다. 이는 저온 균열 민감성 평가에 있어 미세 조직이 중요함을 보여 주는 것이며, 일반적으로 알려진 화학 성분, 경도, 수소량 및 구속도 이외에도 용접 재료의 저온 균열 민감성 예측에 있어 미세 조직도 함께 고려되어야 됨을 의미하고 있다.

4. 결론

중공업 분야에서 일반적으로 사용되는 용접 기법별 600MPa급 용접 재료를 대상으로 저온 균열 민감성을 평가한 결과, FCAW 용접 재료가 저온 균열에 대한 저항성이 가장 높았다. 또한, 저온 균열 민감성에 대한 해석에 있어 화학 성분, 경도, 수소량 및 구속도 이외에도 미세 조직도 반드시 고려되어야 한다.

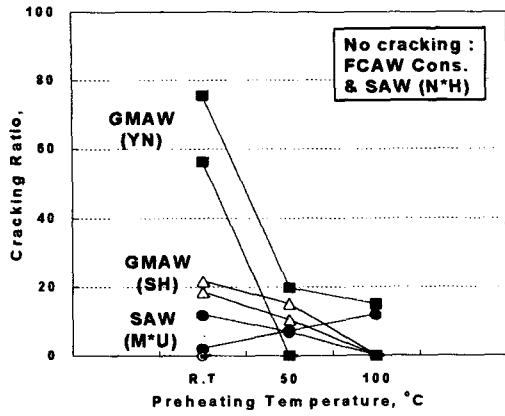


Fig. 1 Cracking ratio as a function of preheating temperature

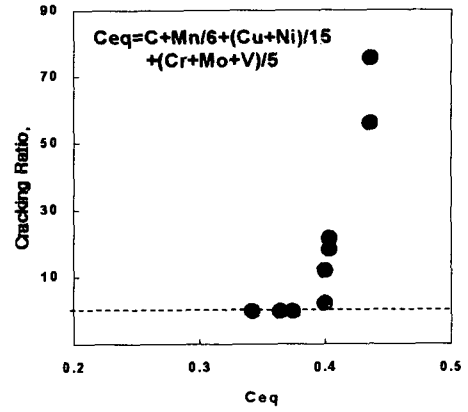
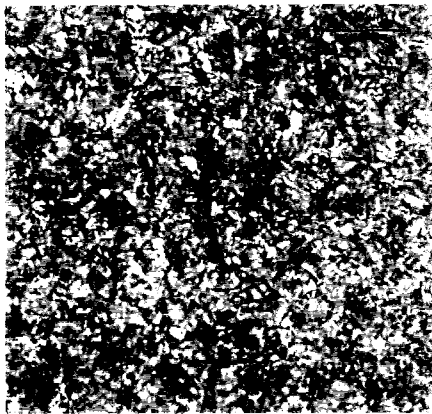
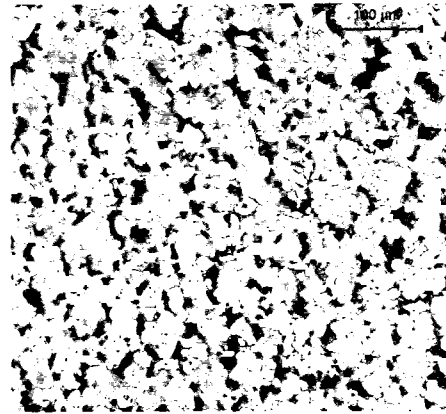


Fig. 2 Cracking ratio as a function of carbon equivalent



FCAW(DE)



SAW (M+U)

Fig.3 Microstructures of weld metals