

Arc 용접시 Cr Fume 발생거동을 통한 Fume 발생기구에 관한 연구

A Study on the Fume Generation Mechanism by the Investigation of Cr Fume Generation Behavior in Arc Welding

채현병*, 김준기*, 김정환*, 이세현**

*한국생산기술연구원, **한양대학교

1. 서론

아크용접시 용접 fume은 금속의 증발, 응축, 그리고 산화 등의 공정을 거쳐 발생되는데 금속의 증발원으로는 filler metal, base metal 그리고 flux가 있다. 또한 아크영역으로부터 벗어나는 spatter의 연소에 의해서도 fume이 발생되는 것으로 알려져 있다¹⁾. 일반적으로 GMA용접공정에서는 filler metal 측이 양극인 역극성을 사용하므로 아크열이 집중되는 양극부분에서 용접 fume의 대부분이 발생될 것으로 추정할 수 있으며 고속촬영을 통한 fume 발생현상 관찰에 의해 filler metal이 용접 fume의 주된 근원인 것으로 보고되어있다^{2,3)}. 그러나 고속촬영에 의한 관찰만으로는 filler metal 및 모재에서 발생하는 fume량을 정량적으로 평가할 수 없기 때문에 본 연구에서는 Cr함량이 다른 용접재료와 모재를 사용하여 fume에 포함되어 있는 Cr함량을 측정함으로써 용접봉 및 모재가 fume발생량에 대해 미치는 영향을 정량적으로 평가하고자 하였다.

2. 실험재료 및 방법

실험에 사용된 용접재료는 $\phi 1.2\text{mm}$ 의 연강용 solid wire(AWS ER70S-G, MS(solid)) 및 flux cored wire(AWS E71T-1, MS), 그리고 스테인레스 강용 flux cored wire(AWS E308L, SS)와 solid wire(AWS ER 308L, SS(solid))를 사용하였으며 모재는 STS 304 및 SS 400의 두 종류를 사용하였다. 용접재료 및 모재의 성분을 Table 1에 나타내었다. 스테인레스강용 용접봉 및 모재에는 모두 약 20%의 Cr이 함유되어 있으며 연강용 solid wire 및 flux cored wire에는 0.02%이하의 Cr이 함유되어 있었다.

용접재료와 모재의 조합에 따라 fume내 Cr 함유여부를 조사하기 위한 실험의 개략도를 Fig. 1에 나타내었다. Flux cored wire 및 solid wire에 따라서 fume 발생 mechanism이 차이가 있는 점을 고려하여 Fig. 1의 b)와 c)와 같은 경우로 나누었고 용접전류는 150~240A, 아크전압은 25V에서 실험을 수행하였다. 용접 fume발생량은 한국산업규격(KS D 0062)으로써 측정하였으며 용접기는 600A 급 SCR제어형 용접기를 사용하였다.

Fume 발생현상을 관찰하기 위하여 digital high speed camera를 사용하여 1000 frame/sec로 촬영하였으며, 발생된 용접 fume의 Cr의 화학분석에는 ICP(Inductively Coupled Plasma)를 사용하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

단락직후 아크가 발생되면서 용접와이어 선단에서 성장하는 용적으로부터 발생하는 용접 fume을 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2의 사진에서는 생성된 용적이 성장하는 과정에서 용접 fume이 주로 발생하는 것을 볼 수 있다.

Fig. 1의 a) 경우와 같이 동일한 용접봉에 다른 모재를 사용하였을 경우에는 동일한 용

접조건하에서 비드의 모양이 현격하게 차이를 보였다. (SS+SS)의 경우가 (SS+MS)보다 비드의 퍼짐현상이 심화되었고 상대적으로 (SS+MS)는 비드의 퍼짐현상이 적었다. 이는 모재인 스테인레스강과 연강의 열전도 계수가 서로 다르기 때문으로 생각되며 이 경우에는 아크에 의해 형성되는 용융풀의 크기가 달라서 모재에서 발생하는 fume량도 비교평가하기에는 부적합할 것으로 생각된다. Fig. 1의 b) 경우에는 용융풀의 크기가 거의 동일하였으므로 b)의 경우에 대한 실험결과를 통하여 용접재료와 모재의 fume 발생기여도를 조사하였다.

용접와이어 공급량에 따른 fume발생량을 Fig. 3에 나타내었다. 본 실험에서 사용된 용접재료의 단위길이당 fume발생량은 solid wire와 flux cored wire별로는 큰 차이가 있지만 같은 type에서는 발생량의 차이가 미세한 것을 볼 수 있다.

각 용접공정에 대하여 용접전류에 따라 발생하는 Cr량을 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4의 ㉑는 용접재료와 모재에서 발생한 Cr량이고 ㉒는 모재에서만 발생한 것으로 볼 수 있으므로 ㉑에서 ㉒의 양을 빼면 용접와이어에서 발생된 Cr량을 구할 수 있다. Flux cored wire인 경우에도 ㉑에서 ㉒의 양을 빼면 용접와이어에서 발생된 Cr량을 산출할 수 있다. 이렇게 산출된 Cr양으로써 총 fume발생량에서 차지하는 용접와이어 및 모재의 기여도를 유추할 수 있으며 계산결과 본 실험조건에서 flux cored wire의 경우 fume발생 기여도는 용접와이어가 92~98.8%, 모재가 1.2~8%이고 solid wire에서는 용접와이어가 91.1~94.5%, 모재가 5.5~9%인 것으로 나타났으며 입열량이 증가할수록 모재가 총 fume 발생량에 미치는 영향은 증가하는 것으로 나타났다.

4. 참고문헌

1. C. N. Gray, *et al* : New Approach would Help Control Weld Fumes at the Source, part 2, *Welding Metal fabrication*, pp. 393-397
2. V. Voitkevich : *Welding Fumes, An Abington Publishing Special Report*, The Welding Institute, Cambridge, U.K., 1995
3. Bob Irving : Inverter Power Sources Check Fume Emission in GMAW, *Welding Journal*, pp.53-57, Feb. 1992

Table 1 Chemical compositions of base metal and filler metal.

		wt(%)				
	Element	Cr	Ni	Si	P	Mn
BASE METAL	SS400	0.001	0.021	0.188	0.011	0.495
	STS 304	19.397	9.018	0.242	0.105	1.87
FILER METAL	ER308L	20.6	10.2	0.32	0.124	1.9
	E308LT-1	20.36	9.98	0.24	0.175	1.846
	E308LT-1 FLUX	20.03	6.63	6.68	0.21	8.71
	ER70S-G	0.014	0.013	0.31	0.012	0.968
	E71T-1	0.011	0.01	0.512	0.013	1.054
	E71T-1 FLUX	0.0132	0.021	7.02	0.015	8.31

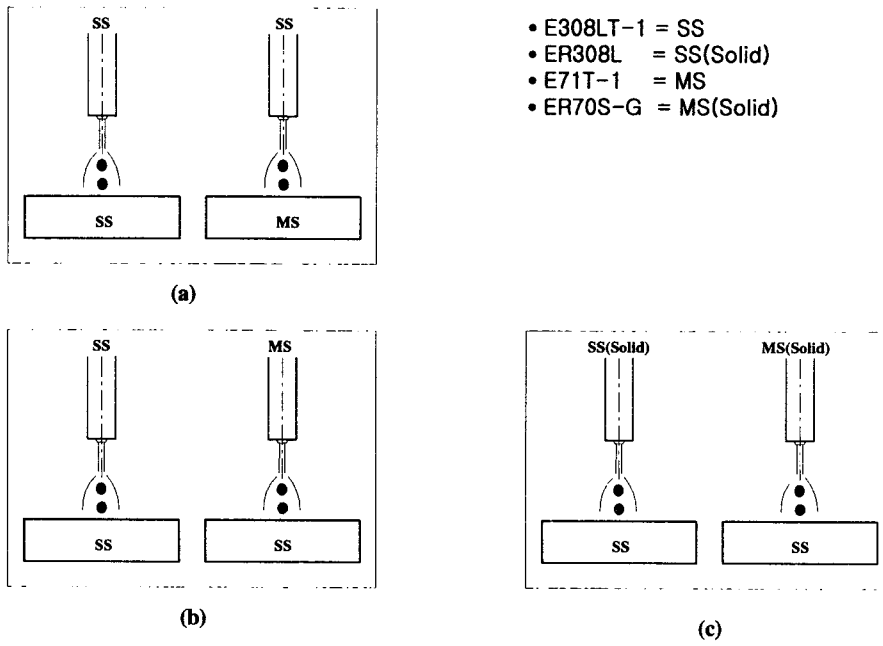


Fig. 1 Schematic drawings of the cases of experiments.

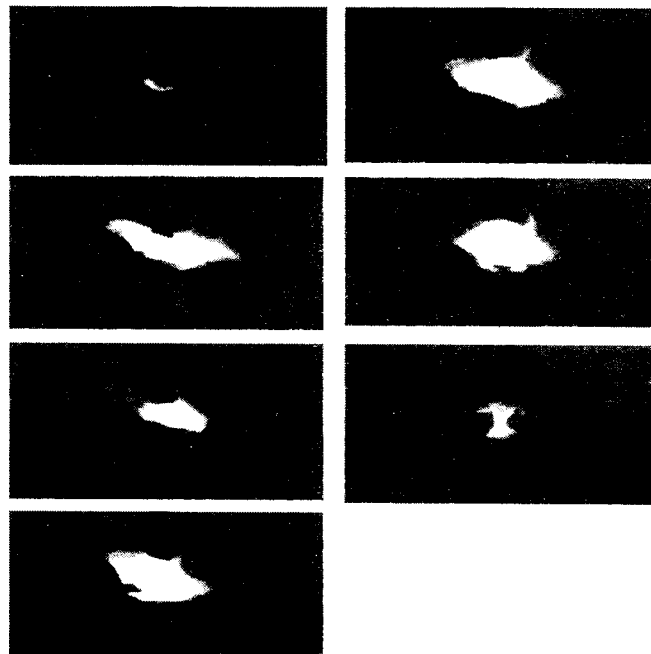


Fig. 2 Images of high speed camera for fume generation from the tip of droplet during the arc time.

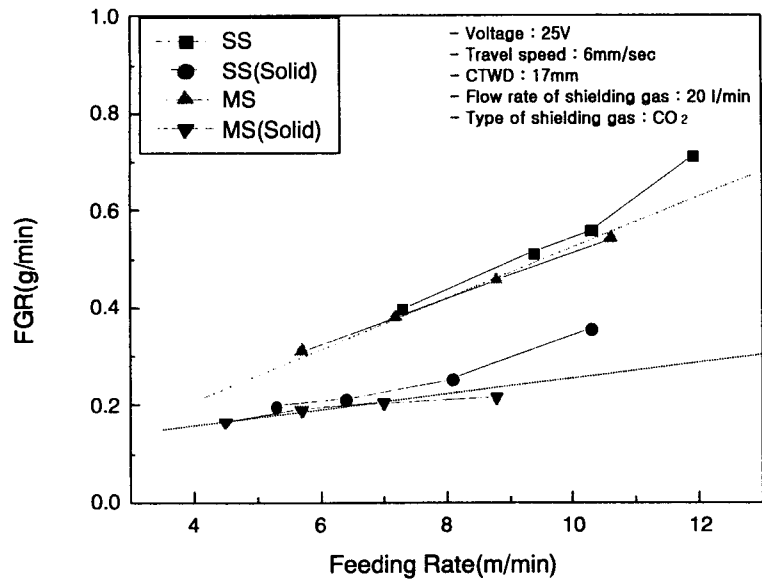


Fig. 3 Fume generation rate of several welding wires as a function of feeding rate.

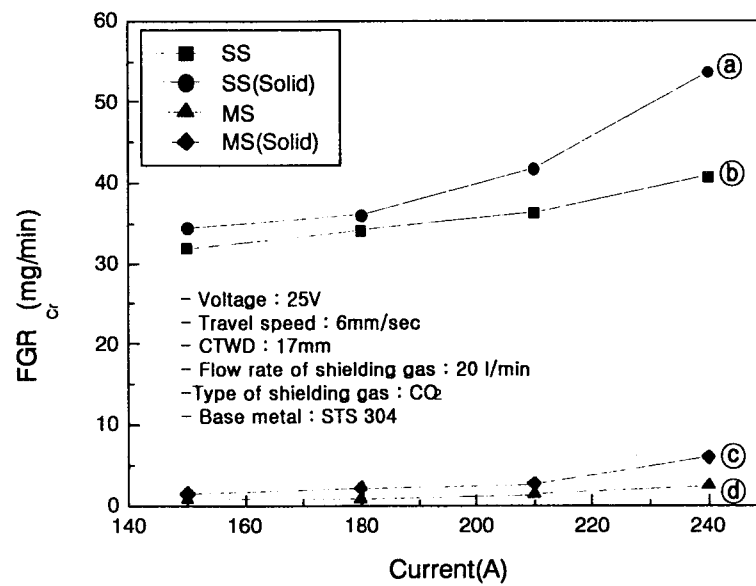


Fig. 4 Cr fume generation rate of several welding wires as a function of welding current