

## C02 용접시 Spatter 발생에 미치는 Ca의 영향

산업과학기술연구소 \*안영호, 이종봉, 장래웅  
포항종합제철(주) 안근식

### 1. 서론

C02용접시 Spatter의 발생은 용접Wire의 성분 및 용접조건에 의해 지배되며, 특히 Wire의 성분중 Ca, Al, Ti등의 영향이 큰 것으로 보고되고 있다. 따라서 본 연구에서는 Spatter의 발생 및 Bead형상에 미치는 Ca의 영향을 정량적으로 검토하였다.

### 2. 시험재 및 실험 방법

Table 1은 시험재의 화학 성분을 나타낸 것으로, 0.004S-0.01Al-0.01Ti을 기본 성분으로 하여 Ca함유량을 약14 ~ 52 ppm사이에서 3단계로 변화시켰다.

Spatter의 발생율은 용착금속과 포집한 Spatter와의 중량비로서 평가했으며, Spatter의 입자 크기에 따라 3 단계로 분류한 후, 각 입자별 발생율도 조사하였다. 용접조건은 280A - 30V - 300mm/min이며, 측정에 필요한 일정량 이상의 Spatter량을 확보하기 위하여, 시편당 250mm의 길이로 3회의 용접을 행하였다.

한편 각 시험편의 Bead 중앙부를 절단하여 Bead폭, 용입깊이 및 여성의 관찰을 행하여 Ca함유량에 따른 Bead형상의 변화도 조사하였다.

### 3. 시험 결과 및 고찰

Fig. 1은 Ca함유량의 변화에 따른 Bead단면의 외관사진을 보인 것으로, Ca함유량의 증가에 따라 Bead폭은 거의 변화없이 일정하지만, 용입은 알아짐을 알 수 있다. Fig. 2는 각 시험편의 Bead중앙부 절단면에서 측정한 여성과 용입깊이의 합과 Bead폭의 비(D/W) 및 용입깊이(P)와 Ca함유량과의 관계를 정량적으로 나타낸 것이다. D/W 및 용입깊이는 Ca함유량이 30ppm정도로 증가함에 따라 다소 저하하지만, 그이상의 첨가시에는 거의 일정한 경향을 나타내고 있다. 즉 Bead폭의 변화는 Ca함유량에 무관하게 일정하지만, 용입깊이는 약 30ppm의 Ca함유량을 기준으로 하여 그 미만에서는 저하하고, 그 이상에서는 일정하게 변화하여, Bead형상에 다소 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

한편 Fig. 3에서 나타낸 바와 같이 Ca함유량의 증가에 따라 Spatter의 발생율은 급증하여, 다소의 편차는 있지만 Ca이 35ppm이상의 경우 15ppm에 비하여 Spatter의 발생율이 최고 50%정도까지 증가하는 경향을 보이고 있다. 이와 같은 원인은 Wire에 첨가된 Ca이 단락이행의 주기를 지연시키기 때문으로 생각된다. 즉 Ca첨가에 의해 단락주기가 지연되면 용접Wire 선단의 용융금속이 커질뿐만 아니라, 단락의 진행이 원활하지 못하여 Arc가 불안정하게 된다. 따라서 Spatter의 발생율이 증가하고 입도도 조대해지는 것으로 생각된다.”

Fig. 4는 발생한 Spatter입자를  $D < 0.25\text{mm}$ (D<sub>1</sub>),  $0.25 < D < 1.0\text{mm}$ (D<sub>2</sub>) 및  $D > 1.0\text{mm}$ (D<sub>3</sub>)로 분류한 후, 각입자의 상대적 비율과 Ca함유량과의 관계를 나타낸 것이다. 전반적으로 입자의 크기가 0.25mm이상인 D<sub>2</sub> 및 D<sub>3</sub>형 Spatter가 그보다 미세한 D<sub>1</sub>형 Spatter형에 비하여 발생율이 현저히 높다. 특히 입자의 크기가 0.1mm이상인 D<sub>3</sub>형 Spatter의 경우는 Ca함유량이 증가함에 따라 발생 경향이 급증함을 알수 있다. Ca함유량이 15ppm정도로 적음에도 불구하고 D<sub>3</sub>형 Spatter의 발생 비율이 40%정도로 높은 이유는 대전류의 용접조건에 의한 Arc의 불안정으로, 용융금속의 이행이 Globular형태로 진행되었기 때문으로 생각된다. 일반적으로 대전류 영역에서의 Arc안정성을 확보하기 위해서는 Ti과 같은 Arc안정성 원소의 첨가(Max. 0.08%Ti)가 바람직하다.<sup>2)</sup> 그러나 저전류 영역(150 ~ 200A), 즉 단락이행영역에서는 Ti이 단락주기를 지연시키기 때문에 오히려 Spatter의 발생을 조장하게 된다. 본 시험재인 YGW12(JIS)는 주로 저전류영역에 사용되는 것이지만, 대전류영역에서의 사용을 고려하여 0.01%정도의 Ti이 첨가되어 있다. 그러나 그함유량이 미량이기 때문에 대전류의 용접조건하에서는 Arc를 안정시키는 역할이 미흡했으리라 생각된다.

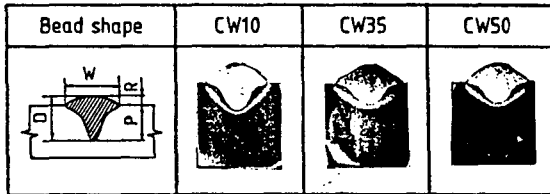
따라서 본시험재에서 Ca함유량의 증가에 따라 Spatter 특히 D<sub>3</sub>형 Spatter의 발생율이 현저하게 증가하는 것은 전술한 Ca첨가의 영향과 Globular이행에서의 Arc불안정등이 복합적으로 작용했기 때문으로 사료된다.

#### 参 考 文 献

- 1) 阿草、山内：溶接学会誌、50-11 (1981)、42-50.
- 2) 荒井、六条、山田、菅：溶接学会論文集、1-2 (1983)、177-182.

Table 1 Chemical compositions of material used

Material	Chemical composition (wt.%)							
	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Ca
CW10	0.08	0.88	1.57	0.019	0.004	0.010	0.014	0.0014
CW20	0.08	0.87	1.48	0.017	0.004	0.013	0.010	0.0017
CW30	0.08	0.89	1.57	0.020	0.004	0.006	0.010	0.0035
CW40	0.08	0.90	1.50	0.015	0.005	0.012	0.013	0.0039
CW50	0.08	0.94	1.50	0.020	0.005	0.007	0.014	0.0052



P : Penetration depth, R : Reinforcement  
W : Bead width, D : P + R

Fig.1 Comparison of bead shapes

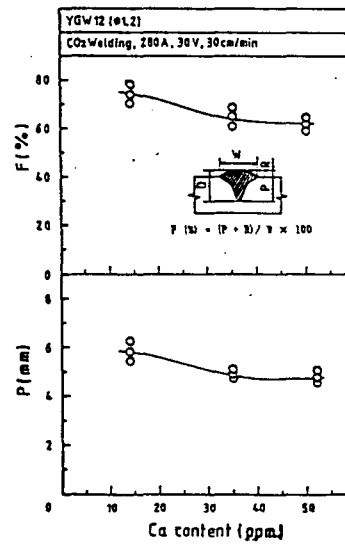


Fig.2 Relationships between Ca content and bead shape in CO<sub>2</sub> welding

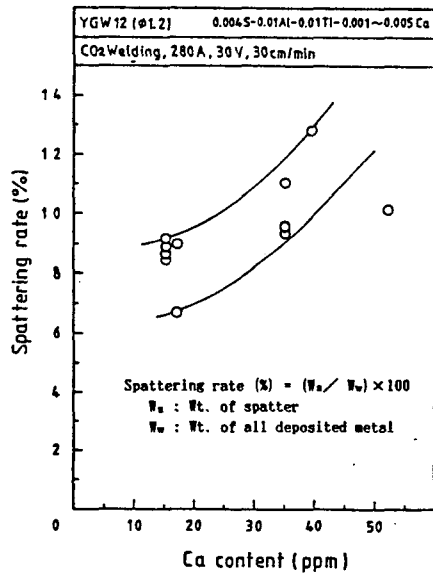


Fig.3 Effect of Ca content on spattering rate

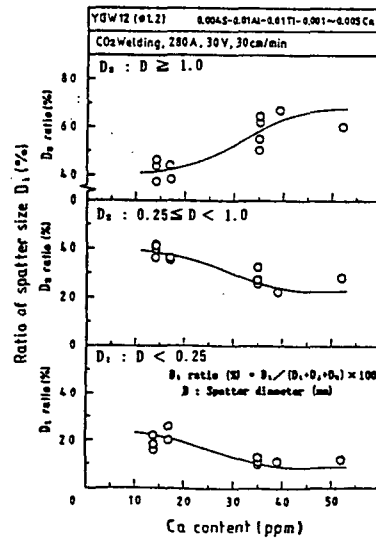


Fig.4 Effect of Ca content on spatter size