

研 究 論 文

大韓熔接學會誌  
第5卷, 第1號, 1987年 3月  
Journal of the Korean  
Welding Society  
Vol. 5, No. 1, Mar., 1987

## SLAG 박리성 평가 방법에 대한 고찰

우 유 철\* · 김 희 진\*

### A Study on the Evaluation Method for Slag Detachability

Y. C. Woo\*, H. J. Kim\*

**Key words;** Slag Detachability(슬래그 박리성), Evaluation Method(평가방법), Flux Type(플럭스 종류), Basicity(염기도), Welding Variables(용접변수)

#### Abstract

A method which can be used for evaluating slag detachability is proposed in this study. The proposed method was intended to get an absolute value for slag detachability, to give constant value for a given welded joint, and finally to be simple to test. With a test jig made in this study, an impact by dropping a steel ball (13Kg in weight) is applied on the back side of an as-welded plate having a slag layer on the weld bead. Such impact applied forces the slag to drop off from the bead surface. In order to make a quantitative evaluation the amount of slag removed was measured with increasing the number of drops. Using this method six kinds of fluxes were evaluated in terms of the effects of flux type, basicity and welding variables on the slag detachability. As an initial result of this test, it was found that welding heat input affects the detachability significantly. Most importantly the evaluation made using the presently proposed method gives the same order of ranking as that of the actual practice done by a welder.

#### 1. Introduction

Flux가 사용하는 모든 용접 process는 (즉, SAW, SMAW, FCAW 등) 용접중 flux가 용융 및 응고 과정을 거쳐 bead 표면에 slag로 남게 되는데, 이 때문에 매 pass마다 slag제거를 위한 노력과 시간이 요구되어진다. 특히, 다층용접의 경우 slag가 완전히 제거되지 않은 상태에서 다음 pass용접을 하게 되면 slag inclusion과 같은 결함이 발생하게 되므로, 용접후 slag를 완전히 제거한 후에 다음 pass 용접을 실시할 수 있게 되어 있다. Slag는 일반적으로 망치

및 grinder 등으로 제거하고 있는데, 특히 초층 용접의 slag가 잘 떨어지지 않아서 용접의 작업성을 극히 저하시키고, 생산성 향상의 큰 저해 요인이 되고 있음은 잘 알려진 사실이다. 특히 최근에 용접 cost절감 및 생산성 향상을 위한 획기적인 방법으로 각광받고 있는 narrow gap welding의 경우 slag가 쉽게 제거되지 않으면 그러한 용접 재료는 실용성이 없어 사용할 수 없을 정도로 slag의 박리성은 중요하다. 이와 같이 용접재료의 용접성을 평가하는데 있어서 slag 박리성이 매우 중요한 성질임에도 불구하고, 보편적으로 용접재료의 평가 및 선택은 주로

\* 현대중공업, 용접기술연구소

기계적 성질의 우열에 따라 행하여져 왔으며, slag 박리성은 용접사의 감각에 의존하여 참고 자료로만 이용되었을 뿐 용접재료를 선택 및 결정하는 과정에서 심각한 고려의 대상이 되지 못하였다. 더구나 지금까지 발표된 연구 논문을 살펴 보았지만 slag 박리성을 평가할 수 있는 방법조차 마련되어 있지 않은 실정이었다.

따라서 본 연구에서는 용접재료 특성중의 하나인 slag 박리성을 측정할 수 있는 방법을 제안하고 실제 용접사가 느끼는 slag 박리성과 상호 비교함으로써 이 방법의 타당성을 평가하고자 하였다.

## 2. 연구 배경

### 2.1 박리성에 영향을 미치는 인자

Slag 박리성에 영향을 미치는 인자는 groove형상, 용접조건, flux종류, flux염기도 등이 있다고 하겠다. 먼저 groove 형상 측면을 살펴보면 각도가 작아짐에 따라 slag는 잘 떨어지지 않을 것이라는 것은 쉽게 짐작할 수 있다. 실제 bead-on-plate 용접이나 one-side one-run 기법, both-side two-run 기법등을 적용할 때는 slag가 용접 변수에 관계없이 모두 다 잘 떨어지므로 groove 형상에 대한 고려가 필요치 않지만, 다층용접의 경우, 특히 root pass의 경우는 groove 각도를 작게하면 할수록 잘떨어지지 않아서 크게 문제가 되고 있다.

Flux의 염기도에 따라서도 slag의 박리성이 차이가 있을 수 있는데 일반적으로 염기도가 높으면 slag는 잘 떨어지지 않는다고 알려져 있다. 그외에 용접조건 및 flux의 종류에 따라서도 slag 박리성은 달라지겠지만 일반적인 통설로 되어 있는 경향은 없는것 같다. 단지 용접조건측면에서 볼 때, undercut이 발생되는 조건에서는 slag 박리가 극히 어렵다는 것은 쉽게 짐작할 수 있다.

한편 용접재료 maker에서는 narrow gap 용접용 flux, 즉 slag의 박리성이 극히 우수한 flux의 개발을 위하여 flux의 용융점을 높이고 있다. 이는 용착 금속과 slag의 체적 수축율의 차를 크게 하여 slag와 금속간의 결합력을 낮게 하려는 의도이다. 체적 수축율은 온도차에 의한 체적의 변화로서  $\alpha\Delta T$  ( $\alpha$ : 열팽창계수,  $\Delta T$ : 온도차)로 표시되는데, 용융점이 높은 재료를 사용하게 되면 용융점으로 부터 상온까지의 온도차 ( $\Delta T$ )가 크게 되므로 체적 수축의 차가 크게되어 slag 박리성에 도움이 된다고 하겠다. 따

라서 slag 박리성을 평가하는 방법으로 Flux의 용융점을 이용할 수도 있을 것으로 생각되나 이는 극히 간접적인 판단일 뿐만 아니라 용접조건등의 영향을 고려할 수 없으므로, 본 연구에서는 현장의 용접조건을 감안하여 groove 형상을 일정하게 하고, 용접조건, flux 종류 및 염기도를 바꾸어 가면서 용접을 실시한 후 용접된 시편에서 직접 slag 박리성을 평가하고자 하였다. 본 보고에서는 측정방법의 타당성을 주목적으로 하였으며, slag 박리성에 영향을 주는 인자들에 대한 평가는 실험결과를 토대로 그 영향을 추측하여 보았다.

### 2.2 측정방법으로서 고려 사항

측정방법을 결정하기 위하여 고려할 사항을 살펴 보면; 첫째, 측정치의 절대성이다. 이것은 slag의 박리성을 측정하는 방법에 의하여 결정된 한 재료의 박리성 값은 다른 재료의 박리성 값과 비교할 때 절대적인 값으로 평가될 수 있는 값이어야 한다. 즉, 재료의 경도값이 재료의 강도의 예측 및 타재료와의 강도비교에 사용되듯이 본 실험에서 얻은 값은 언제 어디서나 같은 방법에 의해 구해진 값과 비교하여 용접재료의 평가에 사용할 수 있어야 한다는 것이다. 둘째, 같은 시편조건에서 얻어진 결과치는 항상 같은 값을 가져야 하는 재현성이다. 마지막으로 측정방법은 가능하면 시험하기가 쉬운 방법이어야 한다. 즉 아무리 재현성 및 절대성이 좋은 시험이라 하더라도 시험하기가 어렵고 시간이 많이 걸리면 그 가치는 훨씬 떨어지기 때문이다.

## 3. 실험

### 3.1 시편 준비

실험에 사용된 용접방법은 slag 박리성이 가장 중요시 되는 잠호 용접(Submerged Arc Welding)으로 하였으며, 실험에 사용된 강재는 API 2H Grade 50 강재로서, 시편의 형상은 Fig.2과 같이 폭 400mm, 길이 500mm, 두께 45mm이었다. groove형상은 50° Y-groove로서 용접에 의한 용입을 고려하여 root face는 20mm로 하였다. Slag 박리성을 평가하기 위한 변수로서는 앞에서 언급한 바와 같이 용접입열과 flux type 및 염기도의 3가지로 하였다.

용접입열은 Table 1에 보여주는 바와 같이 용접전류, 전압, 속도 등을 바꾸어 세가지 입열조건(24.3, 37.3, 및 61.7KJ/cm)으로 나누어 실시하였다.

Table 1. Welding Condition

CURRENT(A)	VOLTAGE(V)	SPEED(cm/min)	HEAT INPUT (KJ/cm)
550	30	41	24.3
700	32	36	37.3
800	36	28	61.7

Table 2. Chemical composition (wt %) of flux

Flux type 및 열기도	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	CaF <sub>2</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	MnO
Bonded								
1.1	22.0	0.8	30.5	1.5	12.5	24.0	1.8	4.0
1.4	19.2	0.9	27.2	2.5	15.3	25.8	1.7	4.5
1.6	17.5	1.0	25.7	3.7	16.3	27.4	1.1	4.9
2.3	12.1	0.5	22.2	7.2	14.5	29.0	1.9	2.8
1.6*	17.0	4.5	20.0	9.0	9.0	29.0		1.0
Fused								
1.1	39.42	3.51	2.69	18.35	9.58	4.12		20.3

Flux type은 소결형(bonded type)과 용융형(fused type) 2가지를 택하여 실시하였으며, 소결형에 대해서는 열기도에 따른 변화를 살펴 보기 위하여 열기도 1.1, 1.4, 1.6, 2.3의 네가지와 제조회사가 다른 열기도 1.6(이하 1.6\*로 표시)인 flux를 선정하였으며, 용융형은 열기도가 1.1인 flux를 사용하였다. 각 flux의 화학성분은 Table 2에 표시하였다.

3.2 실험방법

slag 박리성 측정을 위하여 Fig.1과 같은 측정장치를

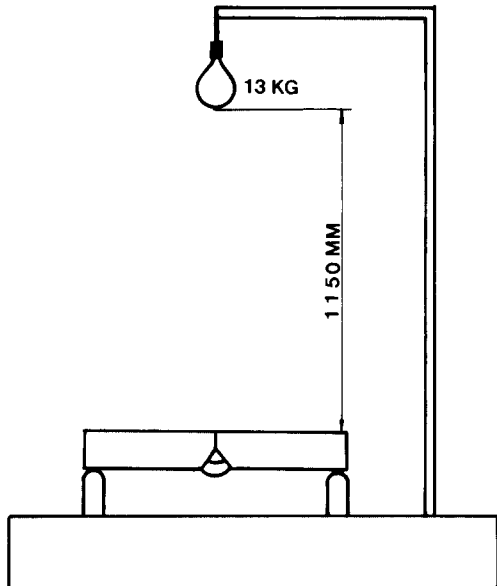


Fig.1 Schematic drawing of test jig for slag detachability.

를 고안 제작하였는데, 이 시험장치의 받침판에 용접된 시험편을 뒤집어서 올려놓고 일정무게(본 실험에서는 13.0Kg)의 추를 일정높이(본 실험에서는 1150 mm)에서 떨어뜨려 이 때 박리된 slag의 양을 측정하여 slag 박리성을 평가하고자 하였다. 박리성이 양호한 용접재료 및 조건에서는 1회의 충격으로 모든 slag가 전용접장에 걸쳐 박리되었지만 대부분의 용접재료에서 그렇지 못하여 반복하여 낙하충격을 시킬 필요가 있었는데, 매 충격후 그때까지 slag가 제거된 용접장의 길이를 합산하여 이를 다음식에 보여 주는 slag 박리율로 표시하였다.

$$\text{slag 박리율}(\%) = \frac{\text{제거된 slag의 길이}}{\text{전체 용접된 길이}} \times 100$$

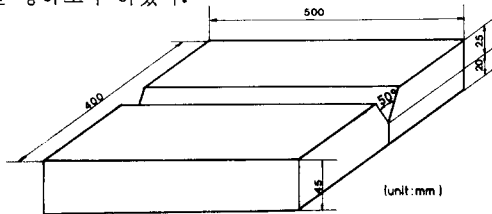
따라서 slag 박리율 (y)은 추를 떨어뜨린 횟수(x)에 따라 증가하게 되는데 이의 상대적인 증가 경향으로써 slag 박리성을 평가하였다. 즉, slag 박리성이 좋은 재료는 1회 충격으로 slag 박리율이 100%에 도달되기도 하지만 slag 박리성이 나쁜 조건 및 재료에서는 본 실험에서 사용한 최대 충격 낙하 회수인 15회 충격에서도 0%에 머물러 있게 된다.

추는 항상 용접선 중앙 부위에 떨어지게 장치를 설계하였으며, 추의 낙하 충격으로 시험편이 움직였을 경우에는 본래의 위치로 재조정된 후 다음 낙하 시험을 실시하였다.

전체 용접길이는 시단부와 종단부를 모두 포함해서 약 500mm로 하였다. 용접 시단부와 종단부는 arc가 불안정하여 정상적인 용접 조건에서 용접되었다고 할 수 없으므로 측정치에서 제외될 수 있으나 예비 시험을 실시한 결과, 시단부, 종단부, 중앙부에

관계없이 slag가 떨어지는 양상이 비슷하여 전체 길이를 표점거리로 정하였다.

최종적으로 본 보고에서 제안된 slag 박리성 측정 방법의 타당성을 평가하기 위하여 실제 용접사가 느끼는 slag 박리성과 비교하여 '보고자 하였다' 이와 같은 실제적인 평가를 위하여 용접된 Fig.2의 시편에 대하여 용접사가 3분 동안 slag 제거작업을 실시하여 그동안에 제거할 수 있었던 slag의 길이를 단위 시간당으로 환산하여 slag 박리성을 비교 평가하였다. 본 실험을 행함에 있어서 작업자에 따른 변수를 줄이기 위하여 숙달된 용접사 한 사람이 전 실험을 행하도록 하였다.



Schematic diagram of weld specimen  
Fig.2 Joint configuration of test plate for welding.

4. 실험 결과

Fig.3는 입열 24.3KJ/cm일 경우의 slag 박리성 측정결과를 보여주고 있는데, 열기도가 1.6\*인 flux를 제외하고는 모든 용접재료의 slag 박리성이 우수한 것을 보여주고 있다. 열기도가 1.1, 1.4 그리고 1.6인 flux는 4번째 낙하 또는 그 전에 모든 slag가 떨어져 (slag 박리율=100%) slag 박리성이 극히 우수함을 보여주고 있는 반면, 열기도 1.6\*인 slag의 경우에는 15회의 낙하를 반복한 후에도 slag 박리율이 80% 정도로 완전한 제거를 할 수 없었으므로 보여주고 있다.

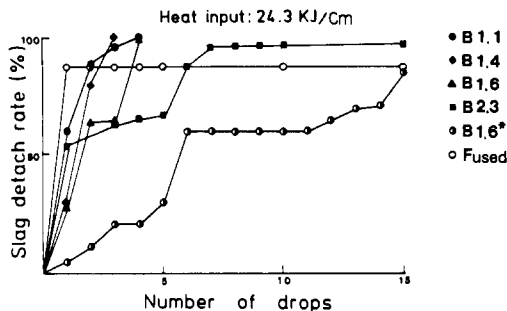


Fig.3 Result of slag detachability test done on the welded plate with heat input of 24.3 KJ/cm.

한편 열기도가 1.1인 용융형 및 소결형 Flux의 slag 박리율을 비교하여 보면 flux type에 따른 slag 박리성의 차이가 없음을 알 수 있다. 그러나 여기서 한 가지 특이한 사항으로써 언급하여야 할 사항은 flux의 종류에 따라 slag가 박리된 양상이 서로 다르다는 것이다. 소결형 flux에서 생긴 slag의 경우는 slag와 금속표면이 깨끗이 분리되어 박리되므로 박리된 곳은 slag가 완전히 제거되어 매끈한 bead의 금속표면이 나타나는 것을 볼 수 있는데 반하여, 용융형 slag의 경우에는 slag자체의 균열로 떨어져 나감에 따라 bead의 양측면에 slag잔재가 미세하게나마 일부 남아 있었다. 본 실험에서는 이와같이 미세하게 남은 slag는 제거된 것으로 보고 slag 박리율을 계산하였다.

Fig.4는 입열 37.3KJ/cm일 경우의 slag 박리성을 나타내는 것으로 입열이 24.3KJ/cm에서와 같이 열기도 1.6\*을 제외하고는 전반적으로 양호한 박리율을 보여 주고 있다. 용융형 slag의 경우는 1회에 전체 slag가 다 제거되었음을 보여 주고 있는데, 실제로는 앞에서 설명한 바와 같이 slag잔재가 일부 남아 있었다. 본 입열에서도 열기도가 1.6\*인 경우가 slag 박리성이 가장 나쁜 정도는 입열이 24.3

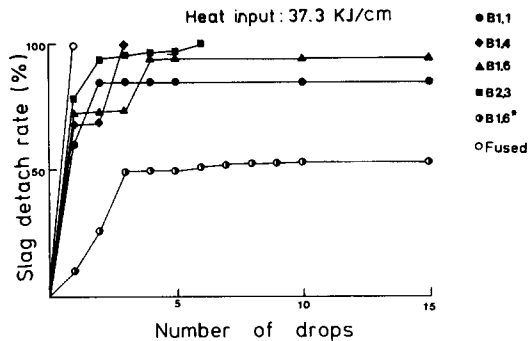


Fig.4 Result of slag detachability test done on the welded plate with heat input of 37.3 KJ/cm.

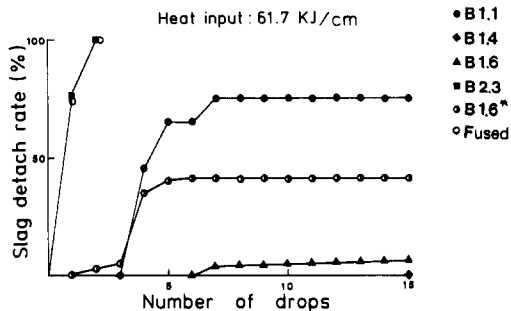


Fig.5 Result of slag detachability test done on the welded plate with heat input of 61.7 KJ/cm.

KJ/cm인 경우와 비슷하다.

Fig. 5는 비교적 높은 입열인 61.7KJ/cm 일 때의 slag 박리성을 보여 주고 있는데, 여기서는 용접 재료에 따라 slag 박리율의 차이가 현격히 나타나고 있음을 알 수 있다. 특히 저입열인 경우와 비교하여 볼때 (Fig. 3과 4), 염기도 2.3인 flux를 제외하고는 slag 박리율이 전반적으로 나빠진 것을 알 수 있다. 특히 염기도 1.4의 경우에는 15회까지 반복 낙하시켰지만 전혀 제거되지 않아서 가장 박리성이 나쁜 것으로 나타났다. 이는 이 용접 flux가 저입열에서 아주 양호한 박리성을 보여준 사실과 비교하여 볼 때 용접 입열에 의한 영향을 가장 크게 받는 용접재료인 것을 알 수 있다. 염기도 1.4와 비슷한 formula를 가지는 1.1 및 1.6도 역시 박리성이 크게 저하하고 있음을 볼 때  $Al_2O_3$ -MgO-MnO 계통의 용접재료의 slag 박리성은 입열의 영향을 크게받고 있는 것으로 생각된다. 한편 염기도가 2.3인 flux는 본 실험에서 사용된 3가지 입열조건 모두에서 양호한 박리성을 보여줌으로써 이들과 비교가 된다.

앞에서 언급하였듯이 입열이 61.7KJ/cm인 경우는 용접재료에 따른 slag 박리율의 차이가 현저하여 그 우열이 뚜렷하므로 이들 시편을 이용하여 용접사가 느끼는 slag 박리율을 측정하여 보고자 하였다.

Fig. 6은 입열 61.7KJ/cm로 용접된 시편을 가지고 실제 작업자가 치구를 이용하여 단위 시간당 제거한 slag의 길이를 나타낸 것이다. 이것은 기존의 작업자가 느끼는 slag박리성을 정량화한 것으로서 같은 입열조건에서 염기도 2.3과 용융형 flux가 다른 용접 flux에 비하여 박리성이 아주 양호했음을 보여주고 있는 반면 염기도가 1.1, 1.4, 1.6 및 1.6\*인 용접재료는 (비록조금의 차이는 있지만) 매우 열등함을 보여 주고 있다. 이에 대한 고찰은 다음 절에서

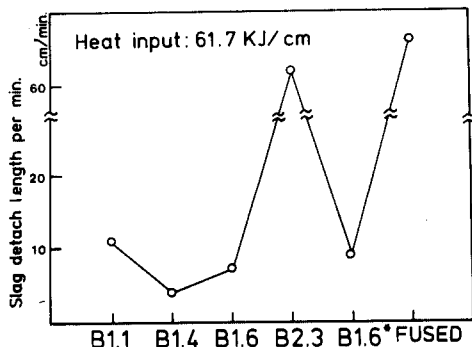


Fig. 6 Result of slag detachability evaluated done by a welder.

자세히 하기로 한다.

## 5. 고찰

### 5.1 slag 박리성에 영향을 주는 인자들의 평가

먼저 slag 박리성에 미치는 flux type의 영향은 소결형 slag와 용융형 slag의 박리현상이 틀려서 그 영향을 정량적으로 비교 규명할 수가 없었다. 다만 flux type에 따라 박리되는 양상이 다른 것은 slag의 기계적 성질이 다르기 때문인 것으로 추측할 뿐이었다. 용융 slag는 매우 brittle하여 충격에 의하여 slag자체가 깨지는데 반하여 소결형 slag는 어느정도 toughness를 가지고 있어서 slag 자체의 파단 보다는 bead 표면과 slag간의 경계면에서 박리되는 것으로 생각된다. 따라서 slag의 박리현상을 보다 자세히 규명하기 위해서는 slag자체의 toughness와 slag/금속 표면 간의 결합력, 좀더 미세하게 말하면 용착금속 표면의 산화층과 slag간의 결합력에 대한 평가가 수행되어야 하는데 이에 대해 수행된 연구는 찾아볼 수 없었다.

한편, 염기도에 따른 slag 박리성을 살펴 보면, 뚜렷한 경향이 없음을 알 수 있었다. 염기도가 2.3인 flux의 slag 박리율이 염기도가 1.1, 1.4, 및 1.6과 같이 염기도가 낮은 flux보다 박리율이 양호하게 나타나고 있는 것은 지금까지 알려진 관념, 즉 flux의 염기도가 높아지면 slag 박리성이 나빠진다는 일반적인 관념과는 반대되는 결과로써, 이에 대한 연구는 관념적인 측면을 떠나서 보다 정량적인 연구가 진행되어야 할 것이다.

마지막으로 입열이 증가함에 따라 slag의 박리성은 일반적으로 감소함을 보여주었는데, 그 감소폭은 재료에 따라 변화를 보였다. 앞에서 기술한 바와 같이 염기도가 1.6인 flux는 입열의 영향이 크게 작용하는 반면 염기도 1.6\*인 flux는 입열의 영향이 작게 나타나고 있음을 보여 주었다. Fig. 7은 염기도 1.6인 slag의 박리성을 입열에 따라 표시한 그림이다. 이것을 살펴 보면 입열이 증가함에 따라, 특히 본 실험에서 최대 입열로 사용한 61.7KJ/cm에서 slag 박리성이 극히 나빠지고 있음을 보여 주고 있다. 반면에 Fig. 8은 입열의 변화에 따른 염기도 1.6\*의 slag 박리성인데 입열에 따른 변화가 1.6보다 (Fig. 7) 무척 작은 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 염기도가 같은 flux라 하더라도 flux 성분의 조합이 변화함에 따라 slag 박리율이 크게 달라지고 용접조건에 대한

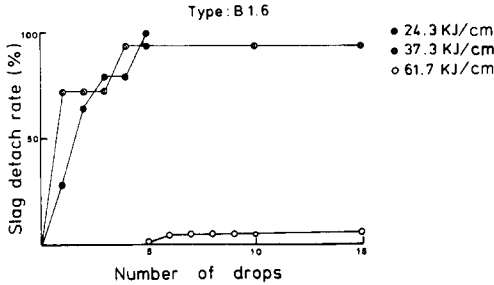


Fig. 7 Variation in slag detachability of the flux (B 1.6).

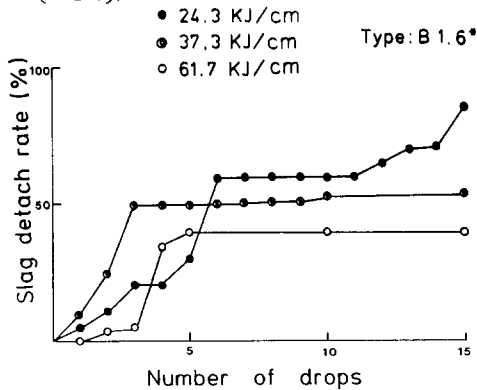


Fig. 8 Variation in slag detachability of the flux (B 1.6\*).

민감성도 크게 변화함을 보여 주고 있다. 이와 같이 용접조건 즉 입열이 박리성에 크게 영향을 미치는 것은 slag 자체의 성질 변화에도 원인이 있겠지만, 용접 입열에 따른 bead 형상의 변화, undercut의 발생 등에 원인이 크다고 하겠다. 이에 대한 자세한 고찰은 다음에 하기로 하고 본고에서는 생략하기로 한다.

마지막으로 열기도에 따른 slag 박리성의 변화는 명확치 않다. 실험에 사용된 flux는 입열이 24.3KJ/cm, 37.3KJ/cm의 경우에는 대체적으로 양호한 성질을 나타내고 있으나, 입열 61.7KJ/cm에 있어서 열기도 2.3의 slag는 박리성이 양호하게 나타나고 있는 반면 열기도가 1.4인 flux는 극히 불량한 slag 박리성을 나타낸 것을 볼 때 열기도에 따른 상관관계보다는, 특정 용접재료에 대하여 용접조건의 영향이 현

저히 크게 작용하고 있음을 보여준다. 이에 대한 해석은 현시점에서 매우 어려우며 추후 보다 많은 실험을 통해 확실한 경향이 보완되어야 할 것이다.

5-2. 측정 방법의 평가

본 실험에서 제안된 slag 박리성 측정방법과 객관적인 slag 박리성과 비교하여 그 현실성을 실제적으로 입증하기 위하여 측정방법과 작업자의 주관에 의한 slag 박리성을 비교하여 보았다. 이를 위하여 slag 박리율의 차이가 가장 뚜렷한 61.7KJ/cm의 경우 (Fig.5)를 취하여 각각의 slag에 대하여 용접사가 실제로 공구를 이용하여 3분동안 slag를 떨어낼 수 있는 거리를 측정하였다(Fig.6). 이들의 결과를 종합하여 slag 박리성이 양호한 순서대로 Table 3에 나열하여 보았다. 이와 함께 Table 3에 보여준 slag 박리율은 Fig.5에서 부터 10회 낙하후의 slag 박리율을 표시하였다.

이 Table에서 보듯이 용접사에 의한 slag 박리성의 서열과 본 실험으로 얻은 박리성의 서열이 정확히 일치함을 알 수 있다. 또한 slag 박리성을 정성적으로 즉 양호 및 불량으로 평가하고자 하면 먼저 Fig.6에서 단위 시간당 slag 제거길이가 60cm/min.을 넘는 fused flux와 열기도가 2.3인 flux는 양호라 할 수 있고 그 이외의 flux는 불량이라 할 수 있는데 이 또한 Fig.5의 결과와 일치함을 알 수 있다. Fig.5에서 보면 fused flux와 열기도가 2.3인 flux는 2회의 충격으로 slag 박리율이 100%에 도달한 반면 그 외의 용접재료는 5%에도 미치지 못하고 있어서 정성적인 평가에서도 측정방법과 용접사의 느낌과 일치함을 알 수 있다. 따라서 본 실험에서 제안된 방법은 객관적이고 정성적이면서도 정량적으로 slag 박리성을 평가할 수 있는 방법임을 알 수 있다. 또한 본 실험에서 제안된 방법은 SAW용 flux 뿐만 아니라 FCAW 및 SMAW 처럼 flux를 사용하고 있는 용접재료의 평가에 추가로 사용함이 가능할 것이다.

6. 현장 적용 사례

선박에서 Hopper tank top plate와 inner bottom

Table 3. Ranking of slag detachability at the heat input of 61.7KJ/cm.

Ranking	1	2	3	4	5	6
Slag detach length per min. (cm/min)	Fused (66)	BI2.3 (61)	BI1.1 (11)	BI1.6* (9)	BI1.6 (7)	BI1.4 (4)
Slag detach rate after 10 drops (%)	Fused (>100)	BI2.3 (>100)	BI1.1 (75)	BI1.6* (45)	BI1.6 (5)	BI1.4 (2)

plate가 접합되는 부위는 개선각도가 45°인 horizontal full penetration fillet joint로써 SAW 자동 용접으로 시공되어지고 있다. 그런데 이와 같이 협소개선이라는 개선의 특성으로 말미암아 초종의 slag 제거가 커다란 문제로 야기되었으며 생산성 향상을 위해 slag 박리성이 좋은 용접재료의 선택이 필요하게 되었다. 이에 slag 박리성이 좋은 용접재료의 교체를 위하여 본 실험에서 제안된 평가방법을 이용하여 지금까지 사용하여 오던 Flux(A라 칭함)와 새로이 추천된 Flux (B라 칭함)를 시험하였다. 이 때 사용된 용접조건은 250(A)×28(V)×35(Cm/min) 및 350(A)×38(V)×40(Cm/min)로써 각각 12 및 20KJ/cm의 입열이다.

Fig.9는 실험결과를 보여주고 있는데, 기존에 사용하던 용접 flux A와 새로이 추천된 flux B와의 차이가 현저함을 알 수 있다. 용접입열에 관계없이 flux A는 모두 1회의 충격으로 전 slag가 이탈된 (slag 박리율=100%) 반면, flux B는 입열이 12KJ/cm인 경우는 8회에 박리율이 100% 도달되었으며 20KJ/cm인 경우는 10회 이상이 소요됨을 보여 주고 있다. 이와 같은 slag 박리성의 평가를 토대로 flux의 교체를 추천할 수 있었다.

## 7. 결 론

본 연구는 slag 박리성을 평가할 수 있는 방법을

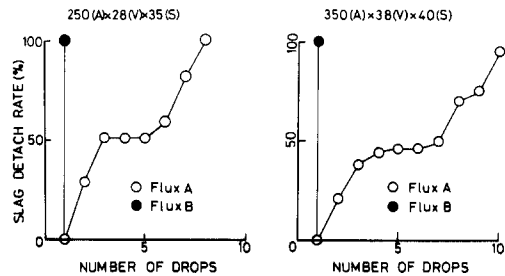


Fig.9 Result of slag detachability measured on the commercial flux A and B.

제안하고자 가장 재현성 및 절대성을 가지면서 실험하기에 간단하다고 생각되는 방법을 제안하였다.

본 실험에서 제안된 방법으로 여러가지 flux 및 용접조건에서의 slag 박리성을 평가한 결과, slag 박리성은 용접조건에 영향을 가장 크게 받고 있음을 확인할 수 있었고, 또한 본 보고에서 제안된 방법을 사용하여 평가한 slag 박리성이 실제 용접사가 느끼는 slag 박리성과 일치할 정도로 객관성 있는 방법임이 입증되었다. 그러나 본고에서 제안된 방법은 앞으로도 계속 적용 확대해 가면서 여러 의견을 수렴하여 개선해 나가야 할 것이다.