

# 절단 정반 슬래그 제거 장비 개발 Development of Deposited-slag Cleaning machine on the Steel-support

\*#김종규<sup>1</sup>, 이동훈<sup>2</sup>, 김호경<sup>3</sup>

\*#J. G. Kim(laststone@onestx.com)<sup>1</sup>, D. H. Lee<sup>2</sup>, H. K. Kim<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>STX 조선해양주식회사 조선해양연구소 생산기술연구팀

Key words : Deposited-slag, Steel-support, Cleaning machine

## 1. 서론

현재, 세계적인 경제침체의 영향으로 인해 선박 건조 수요량이 감소하여 국내외 조선소들은 심각한 타격을 받고 있는 실정이다. 다행히 조선업 자체가 선주문 후제작의 프로세스로 운영되다 보니 대형 조선소의 경우 향후 3년 정도의 일감을 확보해놓은 상황이지만 생존을 위한 각 조선소들의 노력은 전쟁터를 방불케 한다. 특히 전사적인 원가 절감과 생산성 향상에 대한 노력은 가히 필사적이다. 선박 건조 과정 중 가공 공정과 도장 공정은 생산성이 극히 떨어지는 대표적인 병목구간으로써 본 연구에서는 가공 공정 중 강제 절단 공정과 관련된 생산성 향상 및 원가절감에 그 포커스를 맞추었다.

강제 절단은 조선 산업에 있어 중요한 이벤트 중 하나로써, 실질적인 선박 건조의 첫 시작을 알리는 공정이다. 이는 절단 공정이 소조립을 위한 준비단계가 아닌 전체 공정에 미치는 영향이 지대하다라는 것을 대변해주는 것으로, 원자재 가격 상승으로 인한 경제적인 측면에서의 중요성 뿐만 아니라 후공정의 품질에 직접적으로 관여하여 생산성에 미치는 영향이 크다는 것을 말해준다.

재차 언급하자면, 선체를 구성하고 있는 모든 부재는 절단공정을 거쳐서 만들어지기 때문이며, 절단공정에서 베벨 각도, 절단면 거칠기, 평평도 등의 정도가 부재의 조립에 직접적으로 반영되어 선박 건조 전체 생산성에도 영향을 미친다. 예컨대, 양질의 절단공정을 거친 부재들을 가지고 후공정을 진행하면, 용접을 쉽게 수행할 수 있으며, 이는 곧 정도가 좋은 소조립품들로 만들어지게 되며, 이어서 중·대조립 등 이후의 공정에도 그 양양질의 결과가 반영되어 선박 건조 시간 단축하고 정도를 맞추기 위한 추가적인 시수도 절약하게 되는 것이다.

이와 같은 절단 공정의 중요성을 인지하여, 국내외에서는 절단 공정과 관련한 연구가 활발히 이루어져 왔다.

열 에너지를 이용한 가스 절단 방법이 개발된 이래, 플라즈마, 레이저 절단 등 가공물의 다양성, 복잡성, 정밀성 등의 요구에 따라 여러 단계에 걸쳐 발달되어 왔고 연구되고 있다. 또 좋은 절단면을 얻기 위한 적절한 절단 조건의 선택과 작업방법에 대한 연구가 주축을 이루며 진행되고 있다.

하지만 강제 절단과 관련된 기술 및 장비 연구에만 편중되어 있을 뿐이고 절단 공정의 생산성 향상과 비용 절감에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

조선소 현장에서는 강판 절단 공정에 대형 플라즈마 절단장비를 사용한다. 그 이유는 조선소에서 사용하는 강판의 사이즈가 크기 때문이다. 정반이라 불리는 평평한 철판을 세워 놓은 형태로 만든 지지대 위에 강판을 올려두고 컴퓨터로 제어되는 플라즈마 절단 장비를 사용하여 강판을 절단하고 있다. 작업 속도가 빠를 뿐만 아니라 정도도 양호한 편이다. 하지만 절단 작업이 반복해서 진행되면서 발생하는 슬래그는 정반에 용착되어 절단 정도를 떨어뜨리고 나아가 정반의 잦은 교체를 야기하게 된다. 정반의 잦은 교체, 정도 불량 등으로 인해 교체 시수 및 비용이 추가로 발생할뿐만 아니라 인력과 장비의 유희시간이 발생하게 되어 생산성을 감소시킨다.

이러한 현상을 해결하고자 본 연구에서는 강판 절단시 발생하는 슬래그의 용착에 대하여 장시간 현장 모니터링을

실시하여 정반의 슬래그 용착 현상과 그 경향에 대해 고찰하고 그 대책을 강구하고자 한다.

## 2. 절단 정반의 슬래그 용착

슬래그는 강판의 절단 과정에서 발생하는 데 그 성분은 대부분 산화된 철용융물이다. 절단 토치의 틈과 절단 모재 사이의 간격, 가스압, 절단 열원, 절단 모재의 두께, 절단 속도 등에 따라 발생하는 양은 차이가 있으나 슬래그 발생을 방지할 수는 없다.

본 연구에서는 대형 플라즈마 절단 장비 정반의 슬래그 용착을 약 2년간 모니터링한 결과는 다음과 같다.

먼저, 모니터링 대상이된 대형 플라즈마 절단장비는 400A의 용량으로 산소가스와 질소가스 그리고 압축공기를 사용하고 있었으며 최대 50mm의 강판까지 절단이 가능하고 최고 절단속도는 35m/min의 성능을 가졌다.

정반은 종방향 길이는 약 69m, 횡방향 길이는 약 3.5m, 정반에 사용된 평철 사이의 간격은 약 115m였다.

월평균 약 400여 장의 강판이 절단되고 있었으며 절단 정반의 슬래그 용착 방지 혹은 제거를 위한 조치는 하지 않고 있었다.



Fig. 1 The process of deposited-slag on steel-support



Fig. 2 The Moment of steel-support exchange

Fig. 1 은 절단 정반의 슬래그 용착 현상을 모니터링한 결과이다.

① 정반이 교체 설치될 당시의 사진으로 아무런 전처리도 하지 않는 상태이며 수평 레벨도 정확한 상태이다.

② 정반이 교체되고 약 2 ~ 3 주일이 경과한 시점으로, 절단 토치가 지나가서 흠이 패인 평철에 가느다랗고 긴 형태로 윗부분만 붙어있고 아래로 갈수록 이격되어 들려있는 형태이다. 이때 손으로 때면 쉽게 떨어진다.

③ 절단 작업이 진행됨에 따라 평철의 손상도 심해지고 정반에 슬래그가 용착하는 양도 늘어나 가느다랗던 형태가 점점 굵어지게 된다.

④ 슬래그는 정반에 기하급수적으로 용착된다. 슬래그의 자중에 의해 스스로 떨어지지 않으며 손으로 뜯어내기가 힘든 상태가 된다. 슬래그는 곳에 따라 평철의 상면부 보다 높이 올라와 수평 레벨이 일정하지 않다. 이때부터 절단 작업의 정도가 급격히 떨어지게 된다.

Fig. 2 는 교체 직전의 정반을 보여주고 있다. 정반을 구성하는 평철이 슬래그로 연결되어 있으며 온통 슬래그로 뒤덮혀있다. 절단작업의 횟수에 따라 다르겠지만 약 6 ~ 12 개월이면 정반은 Fig. 2와 같은 상태가 되었다.

결과적으로 절단 공정에서 슬래그 발생을 방지 할 수 없지만 정반의 수명을 연장하여 교체 주기를 길게 가져간다면 정반 교체 비용 및 인력과 장비의 유희시간 등을 줄여 절단 공정에서 원가절감 및 생산성 향상을 도모할 수 있다.

### 3. 절단 정반 슬래그 제거 장비

슬래그의 정반 용착이 발생한 지 근시간 내에는 쉽게 제거가 가능하지만 정반을 구성하고 있는 평철의 개수가 많아 인력으로 슬래그를 제거하기에는 작업이 힘들고 어려우며 각종 안전사고의 위험이 존재하여 Fig. 3, 4 와 같이 자동화 장비를 구상하였다.

절단 정반 슬래그 제거 장비는 기존에 설치되어 있는 대형 플라즈마 절단장비에 탑재되는 형태로 절단 토치가 있는 반대 방향에 설치하여 장비의 유희공간을 최소화하였다.

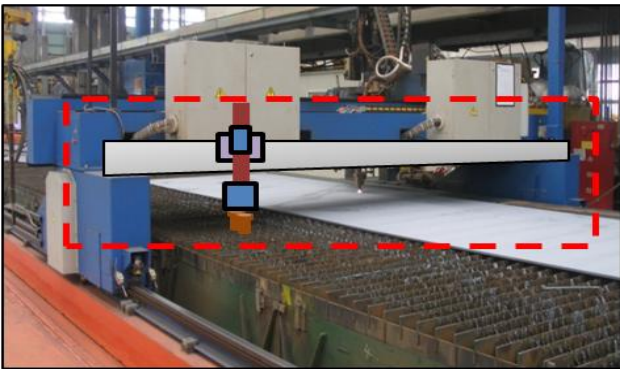


Fig. 3 Description of Slag cleaning machine

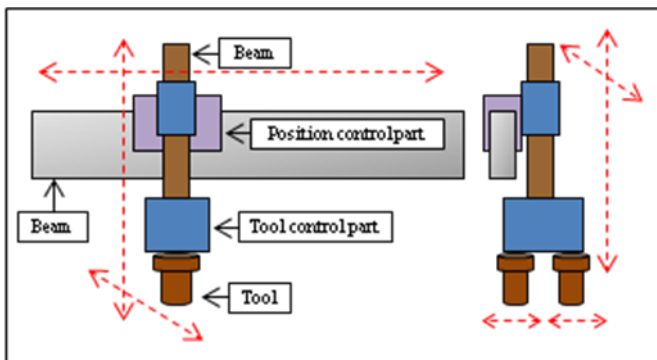


Fig. 4 Mechanism of Slag cleaning machine

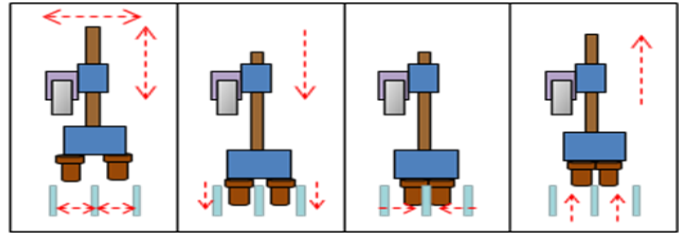


Fig. 5 A moving with positioning at steel-support plate

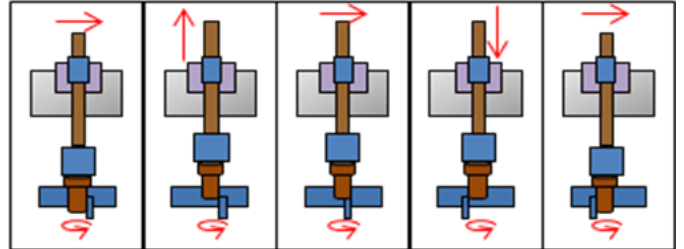


Fig. 6 A moving for an evasion of obstacles

Fig. 4 와 같이 슬래그 제거 장비는 구조용 빔, 장비의 주행을 담당 및 통제하는 부분, 슬래그를 실제적으로 제거하는 툴 부분로 나누어지며, 주행 2 축과 툴 구동 1 축으로 구성된다. 슬래그 제거장비의 정반 길이방향 이동은 기존의 절단장비 모터를 이용하게 되며, 툴 부분의 상하좌우 이동만 새로 구성된 주행 축을 이용하였다. 슬래그를 직접적으로 제거하는 부분인 툴은 스틸 브러시를 사용하였다.

슬래그 제거 장비는 슬래그 제거 영역이 정해지면 Fig. 5 와 같이 센서를 통하여 정반의 평철을 인식하여 툴이 정착한 후 가압하여 주행하면서 툴의 회전으로 슬래그를 제거하게 된다. 이 때 정반이 격자형태로 구성되어 있음에 따라 Fig. 6 과 같이 격자부분을 인식하고 격자의 높이만큼 툴 부분이 위로 상승하여 격자를 넘은 다음 다시 아래로 하강하여 주행하면서 슬래그를 제거하는 알고리즘을 프로그래밍하여 적용하였다.

### 4. 결론

절단 공정에서 생산성 향상과 원가 절감을 위해서 실시한 절단 장비 정반의 모터링과 슬래그 제거 장비 개발을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 강판 절단시 발생하는 슬래그로 인해 정반이 손상되고 그 결과 제품 정도 불량 및 잦은 교체가 발생하여 공정을 지연시켜 생산성을 저하 시킨다.
- (2) 슬래그가 정반에 단단히 용착되기 전에 슬래그 제거 장비를 적용한 결과 그 효과가 우수하였으며, 본 연구에서 제시한 메커니즘 및 주행 알고리즘의 타당성이 입증되었다.
- (3) 절단 공정에서의 생산성 향상을 위해서는 정반에서 분리된 슬래그를 효과적으로 처리할 수 있는 추가적인 설비 시스템에 관한 연구가 필요하다.

### 참고문헌

1. 김종규, 이동훈, 김호경, “강판 절단시 정반의 슬래그 용착 제어를 위한 실험적 연구”, 한국해양공학회 추계 학술대회 논문집, 304~307, 2008
2. 김인철, 김성일, “고장력 강판의 CNC Plasma 절단면 관련 연구”, 한국공자기체학회 춘계학술대회 논문집, 149~154, 2003