

강판의 절단조건 변화에 따른 절단특성에 관한 연구

A Study on the Cutting Characteristics of Plate Steel Under Various Cutting Conditions.

김인철*, 김성일**, 고 흥**, 김승기***

* 대불대학교대학원 기계공학과

** 대불대학교 정보융용학부

*** 대불대학교 e-비즈니스학부

ABSTRACT This paper is a study on the effect of the cutting speed, length of tip-specimen and cutting thickness in CNC gas cutting of the high-tensile steel plate(AH36). Experiments were performed to investigate the variations of cutting surface, surface roughness and kerf width under various cutting conditions.

1. 서 론

다양한 가공변수에 따라 그 품질이 결정되는 절단 공정은 선박건조에 있어 많은 영향을 미치고 있다. 특히 선박건조 후처리인 용접, 조립 라인의 공정지연 및 절단형상 불량은 경제적인 변수로 작용한다. 절단 공정은 부재의 두께에 따라 많은 조건 변화 요인이 적용된다. 때문에 적절한 절단조건으로 절단을 해야만 절단의 정밀도를 유지할 수 있다. 현장에서 양호한 절단면을 얻기 위해 CNC 절단기가 많이 사용되고 있는데 현장 작업자에 의존하는 형태이고 이에 대한 자료가 부족한 실정이다^{1,2,3}. 따라서 본 연구는 CNC가스절단기를 사용하여 선박건조 현장에서 많이 사용중인 고장력 강판의 가스절단시 절단속도, 부재두께, 부재와 팁 등의 조건변화에 따른 절단특성을 규명하고자 한다.

2. 가스절단의 원리

가스 절단은 재료에 800~900℃의 예열을 한 후에 고압의 산소로 불어내 예열 부위가 산화철로 변하며 모재 보다 용융점이 낮아져 계속적인 고압산소의 기류에 의해 불려 절단이 이루어진다. 일단 절단이 개시된 후에는 강의 연소열과 예열 불꽃의 가열로 연속적인 절단이 되기 때문에 적정불꽃을 유지하는 것이 필요하다. 절단면은 고압의 산소가 이들 용융 금속을 토치 반대편 방향으로 드래그(drag)라인에 따라 불어 내고 절단 폭을 생성하며 절단이 이루어진다^{2,3}. 산소의 분사흐름에 의해 배출되는 용융 금속은 절단 전면을 흘러 판의 뒤쪽으로 배출되며, 일부는 절단 홈의 측면 벽으로 유입되어 응고됨으로써 절단면을 형성하게 된다. 절단 조건 중에 산소의 순도는 99.5%이상의 것 이여야 하며 순도 저하에 따라 절단 성능이 크게 떨어지며 가스 불꽃의 조정 또한 중성염으로 하고 예열 및 절단 불꽃의 백필염 및 백점에 길이도 가공 판재에 따라 적정한 조건으로 변화해야 한다^{3,4}. 다양한 절단 공정을 필요로 하는 선박 건조에서는 특히 산소-LPG 가스가 많이 사용되는데 이는 아세틸렌에 비해 절단속도, 슬래그의 유동성, 절단면, 가스소모 등에서 유리하고 특히 두꺼운 후판 절단에 있어서 좋은 절단면을 얻을 수 있기 때문이다. 가스절단은 모재에 따라 사용되는 가스의 압력, 예열 시간, 고 순도의 산소, 토치의 이송속도, 모재의 변형 및 작업환경에 따라 많은 차이를 나타내는 특징이 있다⁵.

3. 실험장치 및 방법

본 실험에 사용된 장치로는 산소-LPG가스를 사용하는 CNC가스절단기 (ECONOGRAPH EG-3100 N/H Hybrid-D11, Koikekorea(주))이며, 표면 거칠기 측정을 위한 표면 거칠기 측정기(Surfestest 301, Mitutoyo), 단면 및 절단면을 촬영하기 위한 디지털 카메라(FinePix4900Zoom, FUJIFILM), 절단 폭을 측정하기 위한 디지털 버니어캘리퍼스(Mitutoyo)등을 사용하였다. 실험 시편은 선체구조용 고장력 강판(AH36)이며, 크기는 150mm×1000mm(W×L), 두께는 20mm, 23mm 2 종류를 사용하였다. 절단 팁(Tip)은 수직형 No. 2를 사용하였고, NC절단기의 산소압력은 5kg/cm², LPG 압력은 1kg/cm², 화염은 중성염, 절단기 백점의 길이는 7~10mm, 예열 시간은 22sec로 하였다. 이 때 초기 절단부인

예열 부위의 절단면은 용융되어 넓게 퍼지므로 절단면과 절단 폭을 정확하게 측정하기 위하여 반복 실험 후 절단은 120mm까지로 하였고, 절단입구와 출구의 폭은 90mm 위치에서 디지털 버어니어캘리퍼스로 측정하였다. 절단조건은 절단속도를 200~900 mm/min로 8단계, 토치의 팁과 모재의 거리는 3.5, 5mm 두 종류, 시편의 두께는 20, 23mm로 하였다. 절단면과 절단 단면을 보기 위해 예열 시작부위에서 90mm 부위를 밴드쏘잉머신으로 절단하여 절단면과 절단 단면을 디지털카메라로 촬영하였다. 또한 절단면의 거칠기를 측정하기 위해 절단면을 이동형 표면 거칠기 측정기로 3곳의 위치에서 중심선 표면 거칠기(Ra), 최대높이 표면 거칠기(Rmax)를 측정하였다.

4. 실험결과 및 고찰

고장력 강판의 절단면을 보면, 절단두께에 따라 약간의 변형 시점이나 형상은 차이가 있지만 대체로 절단속도가 낮으면 절단면의 윗면이 많이 용융되다가 적정 조건에 도달하면 윗면의 거친 용융(Photo.1(a,b))은 사라지고, 더 속도가 증가하면 거친 드래그선이 보이기 시작한다. 이후 절단속도가 증가할 수록 절단 아랫면은 슬래그(Photo.1(e,f))가 부착되고 있다. 동일한 20mm 부재로 토치의 팁과 모재와의 거리를 3.5mm에서 고정시킨 상태의 절단면인 Photo. 2의 사진을 보면 초기 윗면의 과다 용융은 더욱 많아지고 절단속도 증가 시 아랫면의 슬래그는 5mm의 경우보다 더욱 많아짐을 알 수 있다. 이는 절단면이 팁과 모재와의 거리에 영향이 있음을 보여주는 것이다. 20mm 강판은 900mm/min, 23mm 강판은 800mm/min에서 절단이 중단되었다. 이는 절단속도 증가에 의해 연속적인 강판의 예열 및 절단가스의 투과율이 적어지기 때문이다. Photo. 3은 팁과 모재와의 거리 5mm, 절단 모재 두께 20mm의 조건에서 절단속도의 변화에 따른 절단 단면의 사진을 보여주는 것으로, 절단속도가 증가해 갈 때 절단면이 진직도를 잃어가고 아랫면의 폭이 윗면의 폭보다 넓어진다. 이는 절단 홈의 윗면연소에 산소가 많이 소비되고, 하부에는 반응을 일으키는 산소가 적게 공급되기 때문이다.

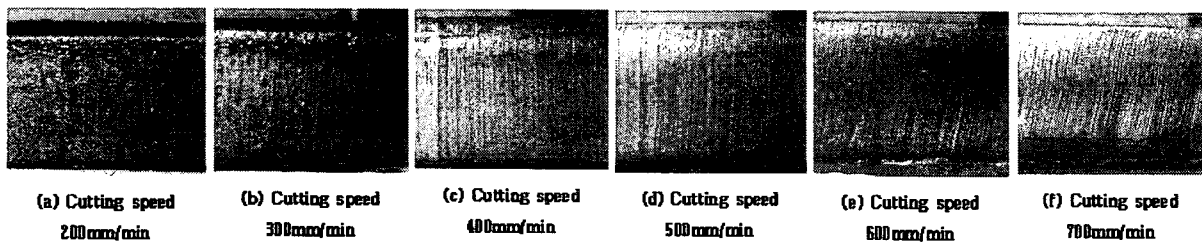


Photo. 1 Cutting surface at various cutting speed (t=20 Length of tip-specimen=5mm)

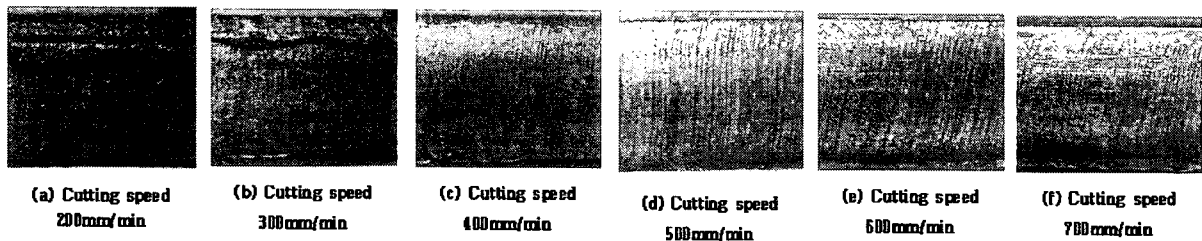


Photo. 2 Cutting surface at various cutting speed (t=20, Length of tip-specimen=3.5mm)

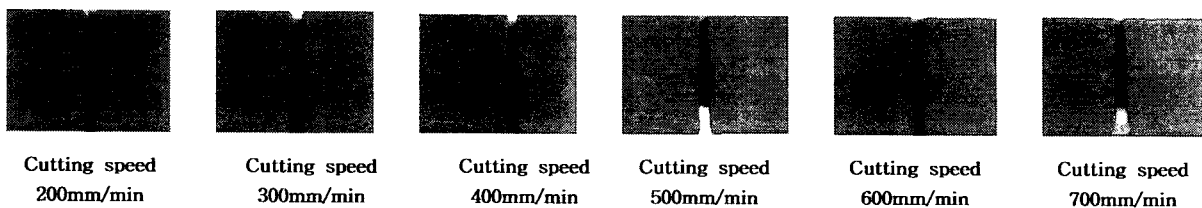


Photo. 3 Shape of cutting section at various cutting speed (t=20, Length of tip-specimen=5mm)

Fig. 3은 팁과 모재와의 거리 3.5, 5mm, 절단 두께 23mm, Fig. 4는 팁과 모재와의 거리 3.5, 5mm,

절단 두께 20mm 조건에서 절단면 표면 거칠기(Ra, Rmax)와 절단속도와의 관계를 보여주는 것이다. 속도가 증가할수록 표면 거칠기는 저하되다가 300~500mm/min의 속도에서 가장 양호하다. 적정구간을 지나서 부터는 다시 표면이 거칠어지고 800~900mm/min에서 절단이 되지 않았다. Fig. 5는 틱과 모재와의 거리를 3.5, 5mm, 절단 모재 두께 20mm, 23mm 2종류 조건에서 틱과 모재(Entrance width, Wt)와 출구(Exit width, Wb)폭과의 비(Wt/Wb)와 절단속도와의 관계를 보여주는 것으로

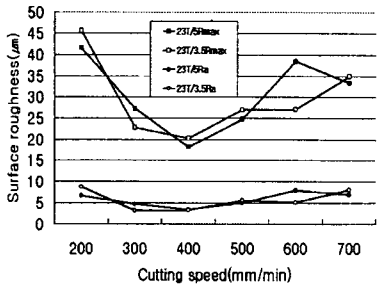


Fig. 3 Surface roughness vs. cutting speed (Length of tip-specimen=5, 3.5mm, 23T)

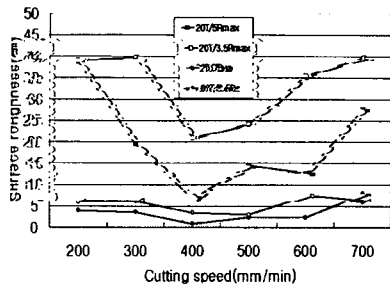


Fig. 4 Surface roughness vs. cutting speed (Length of tip-specimen=5, 3.5mm, 20T)

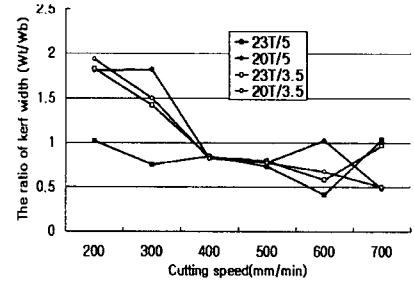


Fig. 5 The ratio of kerf width (Wt/Wb) vs. cutting speed

절단속도가 증가하면서 절단 윗면보다 아랫면이 더 넓어짐을 볼 수 있었다. 절단 폭 비(Wt/Wb)는 감소하다가 0.8에 근접하며 속도가 더 증가하면 0.8이하로 작아져 거의 일정해진다. Fig. 5, Photo. 2, 3 등을 종합해 볼 때 절단 폭 비가 0.8보다 약간 높은 절단속도에서 절단면이 양호함을 볼 수 있었다.

5. 결론

- 1) 절단속도가 낮고 절단 토치와 모재와의 거리가 가까울수록 절단 윗면이 과다 용융됨을 알 수 있다.
- 2) 절단속도가 빠르고 절단 토치와 모재와의 거리가 멀수록 절단 아랫면에 슬래그가 나타나며 절단면의 진직도, 넓은 드래그 라인과 슬래그 부착 등 다소 거친 절단면을 형성한다.
- 3) 절단단면과 절단표면 사진을 볼 때, 절단 아랫면의 폭이 윗면의 폭보다 약간 클 때가 양호한 절단조건임을 보여준다.
- 4) 속도가 증가할수록 표면 거칠기는 양호함을 보여주고 적정 속도 이상에서부터는 거친 드래그 라인이 생기며 진직 절단이 어렵고, 슬래그의 부착이 많아짐을 볼 수 있었다.
- 5) 절단속도가 증가해가면서 절단 폭 비(Wt/Wb)는 감소하다가 0.8에 근접하며 속도가 더 증가하면 0.8이하로 작아져 거의 일정해지다가 다시 불안정해진다.

6. 참고문헌

1. 대한용접학회, “용접접합편람”, 1998, pp.685~716.
2. 고 흥, 김성일, “전산기반 선박기술 가공·조립기술”, 선박기술지원센터, 2001, pp.100~129.
3. 서안엔지니어링, “절단의 원리”, <http://www.powernc.co.kr/main/educationDOC/cutting1.htm>
4. 中西, “ガス切斷の豫熱炎に関する研究”, 溶接學會誌, 1968, 37-10.
5. 대한조선학회 편, “선박건조공학”, 동명사, 1998, pp.140~149.