

다전극 FCAW의 전극 간격에 따른 자기장 특성

The Characteristics of Magnetic Field in Multi-Torches FCAW

고성훈*

* 현대중공업(주) 기술개발본부 산업기술연구소

ABSTRACT In order to prevent the arc blow at the FCA welding system with multi-torches, the effects of arc length on the magnetic flux at the FCA weldment was evaluated using electro-magnetic field analysis. Magnetic flux density around arc are slightly increased with an increase in the arc length. Based on the FEA results, the minimum distance of torches to control arc blow was established.

1. 서 론

선체 제작시 높은 비중을 차지하고 있는 용접 공정의 원가 절감과 생산성 향상을 위한 노력이 지속적으로 수행되고 있다. 특히, 전 용접 공정의 약 70%에 해당하는 필렛 FCA 용접에 대한 생산성 향상을 위하여 용접 자동화 장비의 도입과 이를 이용한 용접 기술의 개발은 세계적인 추세이다. 이러한 자동화 용접의 일환으로 개발된 twin tandem FCA 용접 공정은 높은 생산성을 얻을 수 있어 선박 생산 현장 적용이 확대되고 있을 뿐 아니라, 최근에는 더 높은 생산성을 얻기 위하여 3개의 전극을 이용한 tandem FCA 용접 기술의 개발이 거의 실용화 단계에 이르고 있다[1,2]. 일반적으로, 다전극을 이용한 용접 공정은 고용착량을 얻을 수 있어 고속 용접이 가능하고, 단전극 용접에 비해 상대적으로 저입열로 용접 변형 제어 등의 우수한 장점을 가지고 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 신뢰도 높은 고가의 자동화 설비가 요구되고, 상대적으로 긴 용융풀의 유동과 용접 아크간의 상호 간섭 등으로 적정 용접 조건 선정이 매우 어렵다. 따라서 다전극을 이용한 FCA 용접의 품질 및 건정성을 확보하기 위해서는 용접 아크의 특성 및 상호 작용에 의한 효과를 규명하는 것이 무엇보다 중요하다. 선행 연구에서는 여러 용접 조건에 대해서 아크 형상을 고속 카메라로 촬영하고 통계적인 기법을 이용하여 아크 길이 및 폭을 측정하였다.[3]

따라서, 본 연구에서는 측정된 아크 형상을 이용하여 아크를 모델링하고 아크 주변의 자기장

을 수치 해석을 이용하여 계산하고 이로부터 다전극 사이에 발생하는 상호 간섭을 평가하였다. 그리고, 이 결과를 토대로 자기장에 의한 용접 아크의 상호 간섭을 배제할 수 있는 전극간 최소 거리를 결정하고자 하였다.

2. 해석 모델 및 방법

용접 아크에 의한 자기장 분포를 계산하기 위한 전 자기장 해석시 사용된 아크 형상은 Fig. 1의 (a)와 같이 아크 폭에 따라서 원기둥 또는 원뿔 형상으로 가정하였으며, 요소망은 20 절점의 brick 요소를 이용하여 Fig. 1의 (b)와 같이 구성하였다. 해석시 아크의 상대 투자율은 진공과 같은 1로 가정하였으며, 아크의 저항은 측정된 용접 전압과 전류로부터 오옴의 법칙을 이용하여 계산하였다. 용접봉과 모재의 상대 투자율은 2000으로 가정하였다.

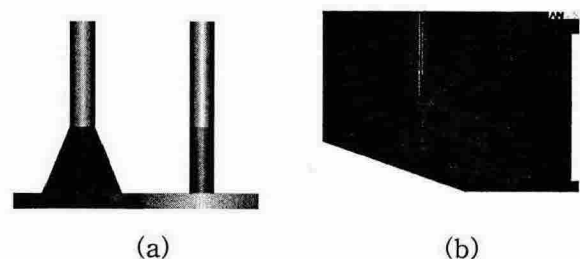


Fig. 1 Configurations of arc and mesh design

3. 용접부 자기장 분포

용접부의 자기장 분포를 계산하기 위해서는 아크를 통해 모재로 전달되는 전류에 대한 전기

장 계산이 선행되어야 한다. 아크에 의해 모재로 전달된 전류는 Fig. 2와 같이 최단 경로뿐만 아니라 모재 전체를 통해서 접지로 흐르게 되므로 아크 주변과 접지 주변을 제외하고는 상대적으로 낮은 전류 밀도 분포를 가진다. 따라서 모재로 흐르는 전류에 의해 유도되는 자기장은 상대적으로 작으며, 아크 주변에서만 자기장 분포에 영향을 미침을 알 수 있다.

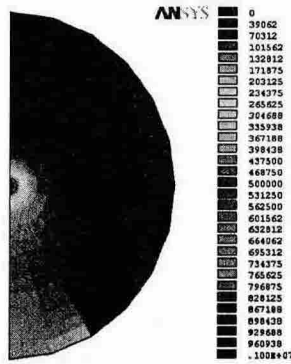


Fig. 2 Contour of current density (current: 400A, unit:A/mm²)

아크 길이 3mm, 전류 400A에 대한 용접부의 자기장 분포를 Fig. 3에 나타내었다. 용접봉과 모재는 공기에 비해 투자율이 크기 때문에 큰 자속이, 용접봉 주변 공기에는 상대적으로 낮지만 균일한 자속이 유도되었다. 그러나, Fig. 3의 "a"와 같이 아크의 낮은 투자율에 기인하여 아크 주변의 자속은 불균일해지면서 증가하는 경향을 보였다.

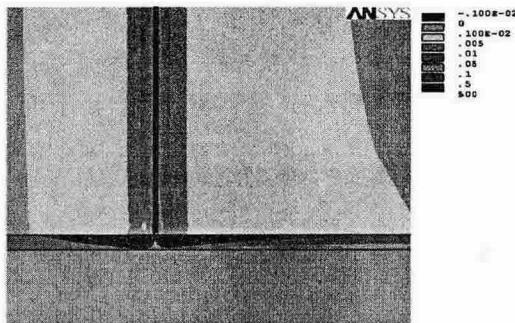


Fig. 3 Contours of magnetic flux distribution

아크 주변의 자속 밀도가 50gauss이상인 지

점의 거리를 측정된 결과 접지 방향의 경우 아크 중심으로부터 17.6mm, 접지 반대 방향의 경우 15.4mm이었다. 이는 모재의 흐르는 전류 방향에 기인한 것으로 접지 방향의 경우 모재와 아크에 흐르는 전류에 의해 유도되는 자기장의 방향이 일치하여 자속 밀도를 증가시키지만, 접지 반대 방향의 경우 유도 자기장의 방향이 서로 반대 방향이어서 자속 밀도를 감소시키기 때문이다.

아크 길이에 따라서 자속 밀도가 50gauss인 지점의 최대 거리를 Fig. 4에 나타내었다. 아크 길이 증가에 따라서 자속 밀도는 증가하지만 그 차이는 매우 미미하다.

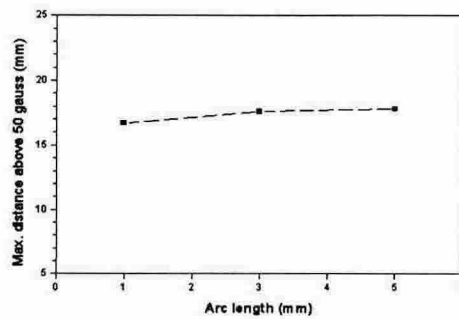


Fig. 4 Effects of arc length on the magnetic flux density

4. 결 론

용접부의 자기장 분포를 수치 해석을 이용하여 계산하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 용접부의 자속 밀도는 아크 주변에 집중되며 아크 길이가 증가할수록 자속 밀도가 증가하는 경향을 보였다.
- 2) 기준 자속 밀도와 용접부의 자기장 분포로부터 아크 간섭을 배제할 수 있는 최소 전극 간격을 결정할 수 있다.

참고문헌

1. S. J. Mulligan and G. B. Melton : An assessment of the tandem MIG-MAG welding process, TWI report 745/2002
2. Japan patent, 8-224667
3. 고성훈 : FCA용접의 아크 블로우 모델링, 대한용접학회 추계학술발표대회 개요집, 2004, 202-204