

교류 아크용접기를 사용하는 작업자의 차폐복 자체저감 특성검토

박 준형, 민 석원
 순천향대 전기통신시스템공학과

Magnetic field Reduction characteristics of shielding wear for a worker by using AC Arc welder.

Jun Hyeong Park, Suk Won Min
 Department of Electrical and Communication System Engineering, Soonchunhyang University

Abstract - This paper analyses current densities induced inside a worker using AC arc welder when he wears a protective cloth. Applying the boundary element method, we calculate current densities induced in organs inside a worker in case he was located at 1[cm], 15[cm], 20[cm] far from a power cable of AC arc welder. As results of study, we find a maximum current density induced in all organs may be lower than 10[mA/m²] if he wears a protective cloth. We also know high permeability materials can lower current density more than high conductivity materials.

1. 서 론

전기기술자의 암 발생과 극저주파 전자계 노출간의 가능한 연관성을 평가하기 위하여 많은 역학조사가 행해졌지만[1]-[3], 연구결과가 일관성이 없기 때문에 전계와 자계 노출로 인한 건강영향에 불안이 있다. 이와 관련하여 국제 비전리 방사선 방호위원회에서는 노출을 제한하기 위한 국제 가이드라인을 1998년에 제정하였으며[4], 극저주파 전자계에 노출된 작업인의 인체내부 유도전류밀도를 10[mA/m²] 이하가 되도록 요구하였다. 또한 이들 가이드라인에 맞추어 유럽연합은 물리매체(전자계) 노출로부터 생기는 작업자 최소건강 안전 요구사항에 관한 지시문서(Directive 2004/40/EC of European Parliament and the Council of 29 April 2004)를 2004년에 발표하였으며 2008년 이전까지 유럽연합 국가의 작업인 위험평가를 요청했다.

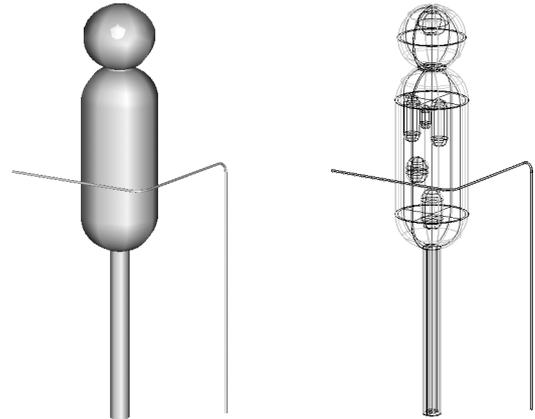
한편 우리나라에서는 아직 작업인의 전자계노출과 관련한 기준은 없으나 가까운 미래에 제정될 것으로 생각되어 본 논문 저자들은 실제 아크 용접기를 가지고 작업하는 경우, 1[cm]에서 5[cm] 떨어진 지점의 작업자의 인체내부 최대전류 밀도가 심장에서 발생하였으며 약 11[mA/m²] 정도를 보이고 있음을 이전의 연구결과로 발표한 실적이 있다[5]. 아울러 이로부터 국제 비전리 방사선 방호위원회 극저주파 전자계 가이드라인의 안전기준치인 10[mA/m²]을 만족하기 위해서는 작업자는 전원선으로부터 15[cm] 이상 떨어져야 함을 알 수 있었다[5]. 이것은 아크용접 작업자가 차폐복을 입고 작업하는 경우, 국제 비전리 방사선 방호위원회의 가이드라인인 10 mA/m²보다도 더 높은 유도전류밀도가 인체내부에 발생 될 수 있음을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 이 문제를 해결하기 위한 차폐복 재료의 자체저감특성을 검토하였다. 차폐복의 물질은 표1과 같이 도전율이 높은 구리와 투자율이 높은 페럴로이, 도전율과 투자율이 이들의 중간인 규소물질로 하였다.

2. 차폐복 물질변화에 따른 장기 유도전류밀도 특성

그림 1은 아크용접 작업자가 차폐복을 입고 있는 작업하는 경우를 가정한 모델이다. 용접기의 사용전류는 교류 1000[A]가 흐르고 있는 것으로 가정하였고 작업자가 아크용접기의 전원선으로부터 1[cm], 15[cm], 20[cm] 떨어져서 작업하는 경우를 3차원 경계 요소법 프로그램인 캐나다의 IES(Integrated Engineering Software)사의 Faraday 3D프로그램을 이용하여 인체 내부 장기에 유도되는 전류밀도를 계산하였다.

2.1 구리 차폐복을 입고 작업하는 경우

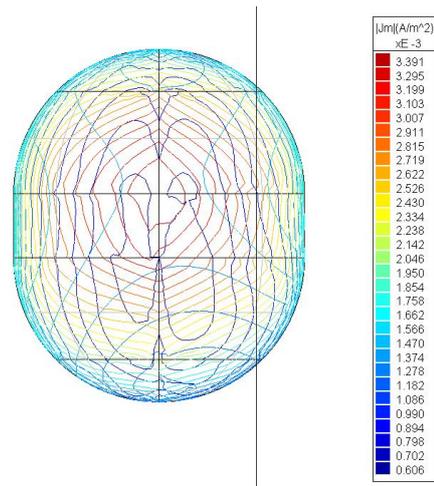
표 1에서 검토한 재료중 도전율이 가장높은 재료인 구리를 차폐복으로 사용했을 경우 심장에서 유도되는 전류밀도가 그림 2처럼 간 부분에서 3.39[mA/m²]로 가장 높게 나왔으며, 15[cm]와 20[cm]에서는 심장에서의 유도 전류밀도가 그림 3과 같이 2.5[mA/m²], 2.28[mA/m²]로 나타나며, 그 외의 장기에서는 1.5[mA/m²]이하의 유도 전류밀도가 나타났다.



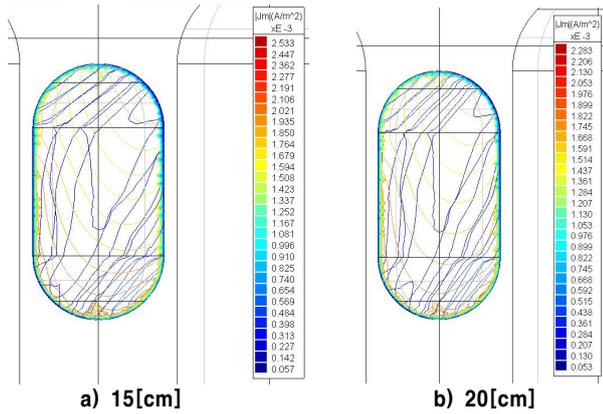
<그림 1> 차폐복을 착용후 아크용접기를 가지고 작업하는 조건의 모델

<표 1> 각 계산별 인체내부 장기표면 유도전류밀도 최대

재료	비투자율	도전율[S/m]
구리	1	5.8×10^7
규소	8000	2.127×10^6
페럴로이	38000	1.666×10^6



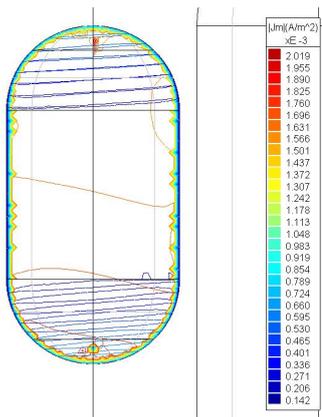
<그림 2> 구리재료의 차폐복을 입은 경우 전원선이 1[cm] 떨어진 지점에서 작업자 간표면 유도전류밀도 분포



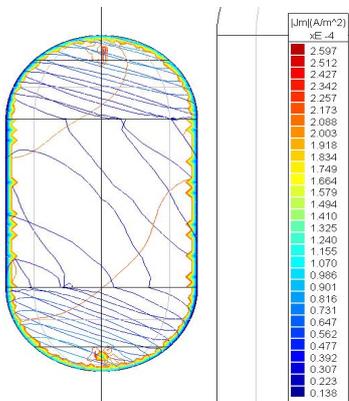
〈그림 3〉 구리재료의 차폐복을 입은 경우 전원선이 15[cm], 20[cm] 떨어진 지점에서 작업자 심장표면 유도전류밀도 분포

2.2 규소 차폐복을 입고 작업하는 경우

규소의 투자율은 구리보다 높고 도전율은 낮은 경우로 전원선이 1[cm] 떨어진 지점의 심장에서 유도되는 전류밀도가 그림 4와 같이 2.01[mA/m²]로, 구리재료의 차폐복을 입은 경우의 3.28[mA/m²] 보다 낮았다. 또한, 내장부분에서의 최대 유도전류 밀도는 0.83[mA/m²]로 나타났으며, 그 외의 장기에서 0.5[mA/m²] 이하의 유도전류밀도가 나타났다. 전원선이 15[cm], 20[cm] 떨어진 지점 인체내부에 유도되는 전류밀도크기 값은 심장 부근에서 1.38[mA/m²], 1.18[mA/m²] 크기로 줄어드는 것을 알 수 있었다.



〈그림 4〉 규소재료의 차폐복을 입은 경우 전원선이 1[cm] 떨어진 지점에서 작업자 심장표면 유도전류밀도 분포



〈그림 5〉 퍼멀로이재료의 차폐복을 입은 경우 전원선이 1[cm] 떨어진 지점에서 작업자 심장표면 유도전류밀도 분포

2.3 퍼멀로이 차폐복을 입고 작업하는 경우

퍼멀로이는 검토 재료 중에서 투자율이 가장 높고 도전율이 가장 낮은 경우로 심장에서 유도되는 전류밀도가 그림 5와 같이 0.25[mA/m²] 이었다. 이는 구리와 규소재료의 차폐복의 경우보다 훨씬 낮은 유도 전류밀도이다. 또한 뇌에서의 유도전류밀도도 0.07[mA/m²], 그 외의 장기에서도 0.2[mA/m²] 이하였다. 이것으로부터 투자율이 높은 재료를 이용하여 만든 차폐복이 인체 내부에서 가장 작은 유도전류를 만든다는 것을 알 수 있었다.

표 2는 아크용접기로부터 1[cm], 15[cm], 20[cm] 떨어진 지점에서 작업자가 차폐복을 입고 작업하는 경우의 차폐복 재료변화에 따른 각 장기의 유도전류 밀도 최대치를 요약 정리 한 것이다.

〈표 2〉 각 계산별 인체내부 장기표면 유도전류밀도 최대치

단위 : [mA/m²]

거리	1cm			15cm			20cm		
	구리	퍼멀로이	규소	구리	퍼멀로이	규소	구리	퍼멀로이	규소
뇌	0.49	0.07	0.54	0.82	0.04	0.39	0.89	0.03	0.34
심장	3.28	0.25	2.01	2.5	0.15	1.38	2.28	0.12	1.18
폐	1.38	0.05	0.34	0.89	0.03	0.24	0.78	0.02	0.20
간	3.39	0.04	0.36	1.06	0.02	0.24	0.85	0.02	0.20
장	1.55	0.24	0.83	0.81	0.15	0.54	0.68	0.12	0.45

3. 결 론

본 논문에서는 교류 1[kA]가 흐르는 아크 용접기를 가지고 작업하는 경우 1[cm], 15[cm], 20[cm] 떨어진 지점의 작업자의 인체내부 유도전류 밀도를 저감시키기 위한 차폐복물질 특성을 경제요소법을 이용하여 검토하였다. 아크용접 작업자가 구리, 퍼멀로이 또는 규소 재료의 차폐복을 착용하면, 인체내부 유도전류밀도를 국제 비전리 방사선 방호위원회의 안전 기준치인 10[mA/m²]을 보다 낮출 수 있음을 알았으며 차폐복의 재료로는 도전율이 높은 재료보다는 투자율이 높은 재료가 유도전류밀도를 더 많이 저감 시켜서 투자율이 높은 쪽이 차폐복 재료에 적합함을 알았다.

〈참 고 문 헌〉

- [1] P. A. Demers, D. B. Thomas, A. Sternhagen, W. D. Thompson, M. G. Curnen, W. Satariano, D. F. Austine, P. Issacson, R. S. Greenberg, C. Key, L. K. Kolonel, D. W. West, "Occupational exposure to electromagnetic fields and breast cancer in men," *Am. J. Epidemiol.*, vol. 132, pp. 775-776, 1991.
- [2] G. Theriault, M. Goldberg, A. B. Miller, B. Armstrong, P. Guenel, J. Deadman, E. Imbernon, T. To, A. Chevalier, D. Cyr, C. Wall, "Cancer risks associated with occupational exposure to magnetic fields among electric utility workers in Ontario and Quebec, Canada, and France-1970-1989," *Am. J. Epidemiol.*, vol. 139, pp. 550-572, 1994.
- [3] D. A. Savitz, D. P. Loomis, "Magnetic field exposure in relation to leukaemia and brain cancer mortality among electric utility workers," *Am. J. Epidemiol.*, vol. 141, pp. 123-134, 1995.
- [4] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300GHz)," *Health Phys.*, vol. 74, pp. 494-522, April 1998.
- [5] 박준형, 민석원, "교류 아크용접기를 사용하는 작업자의 인체 유도전류밀도 해석," 대한전기학회 논문지, vol. 57, No. 3, pp. 433-438, 2008.