

교류 아크용접기를 사용하는 작업자의 이중차폐복 자계저감 특성검토

박 준형, 민 석원
 순천향대 전기통신공학과

Magnetic field Reduction characteristics of double 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 wear a protective with double shielding cloth. Applying the boundary element method, we calculate current densities induced in organs inside a worker in case he was located at 1[cm] far from a power cable of AC arc welder. As results of study, we find a protective cloth, which has high permeability in inner layer and high conductivity in outer layer, can give a higher shielding efficiency.

심장에서 각 2.02[mA/m²], 3.74[mA/m²], 3.37mA/m²로 나타났다. 그 외 간, 폐, 장에서는 4[mA/m²]이하의 유도 전류밀도가 나타났다.

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 직업인의 인체내부 유도전류밀도를 10[mA/m²] 이하가 되도록 요구하였다. 또한 이들 가이드라인에 맞추어 유럽연합은 물리매체(전자계) 노출로부터 생기는 작업자 최소건강 안정 요구사항에 관한 지시문서(Directive 2004/40/EC of European Parliament and the Council of 29 April 2004)를 2004년에 발표하였으며 2008년 이전까지 유럽연합 국가의 직업인 위험평가를 요청했다.

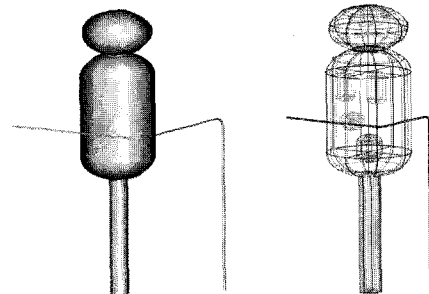
한편 우리나라에서는 아직 직업인의 전자계노출과 관련한 기준은 없으나 가까운 미래에 제정될 것으로 생각되어 본 논문에서는 산업현장에서 이용되는 교류 아크용접기가 발생하는 자계에 의해 작업자에 노출되는 자계세기를 줄여주기 위하여 차폐복을 이중으로 모의하여 자계저감의 특성을 검토해 보았다.

2. 차폐복 물질에 따른 장기 유도전류밀도 결과

실제 아크 용접기를 가지고 작업하는 경우 1[cm]에서 5[cm] 떨어진 지점의 작업자의 인체내부 최대전류 밀도는 심장에서 발생하였으며 약 11[mA/m²] 정도를 보이고 있음을 알았다. 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 입지 않는다면 국제 비전리 방사선 방호위원회의 가이드라인인 10 mA/m²보다도 더 높은 유도전류밀도가 발생 될 수 있음을 의미한다. 본 연구에서는 이 문제를 해결하기 차폐복 재료를 이중으로 하여 자계저감특성을 검토 하였다. 그림 1은 실제 아크용접 작업자가 이중 차폐복을 입고 있는 모델이다. 차폐복의 물질은 표1과 같이 도전율이 높은 구리물질과 투자율이 높은 퍼멀로이, 도전율과 투자율의 중간특성인 규소물질(을 이중으로 하여 검토하였다. 용접기의 사용전류는 교류 1000[A]가 흐르고 있는 것으로 가정하였고 작업자가 아크용접기의 전원선으로부터 1[cm] 떨어져서 작업하는 경우를 3차원 경계 요소법 프로그램인 캐나다의 IES(Integrated Engineering Software)사의 Faraday 3D 프로그램을 이용하여 인체 내부 장기에 유도되는 전류밀도를 계산하였다.

2.1 내부차폐층을 구리로 한 경우

표 2에서 검토한 재료중 도전율이 가장 높은 재료인 구리를 차폐복 안쪽에 넣고 밖에 구리 재료를 사용하여 이중 차폐복을 착용한 작업자를 모의할 경우 뇌에서 유도되는 전류밀도가 5.84[mA/m²]가 가장 높게 나왔다. 밖의 재료를 구리, 퍼멀로이, 규소를 사용하여 이중 차폐복을 착용한 작업자를 모의할 경우 그림2와 같이



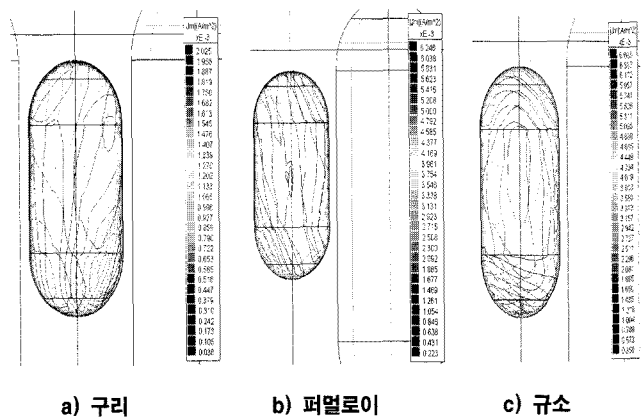
〈그림 1〉 이중 차폐복을 착용후 아크용접기를 가지고 작업하는 조건의 모델

〈표 1〉 인체모델의 기관에 해당하는 도전율

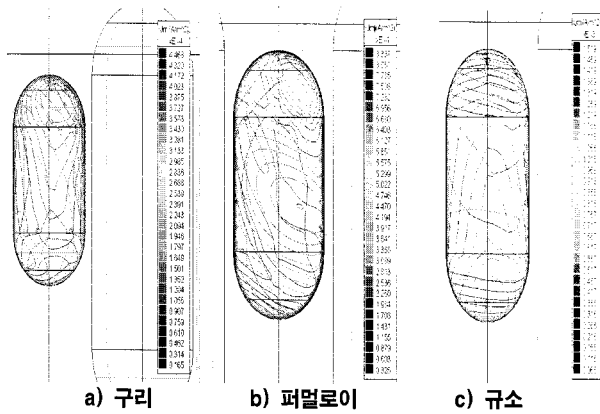
기관	도전율(S/m)
뇌	0.75
심장	0.70
폐	0.10
간	0.10
창자	0.03
기타	0.11

〈표 2〉 차폐복 재료 특성

재료	투자율	도전율
구리	1	5.8×10 ⁷
규소	8000	2.127×10 ⁶
퍼멀로이	38000	1.666×10 ⁶



〈그림 2〉 내부차폐층을 구리로 한 경우 심장표면 유도전류밀도 분포



〈그림 3〉 내부차폐층을 퍼멀로이로 한 경우 심장표면 유도전류밀도 분포

2.2 내부차폐층을 규소로 한 경우

규소의 투자율은 구리보다 높고 도전율은 낮은 경우로 차폐복 안쪽에 넣고 밖에 퍼멀로이 재료를 사용하여 이중 차폐복을 착용한 작업자를 모의할 경우 심장에서 유도되는 전류밀도가 7.01[mA/m²]로 가장 높게 나왔다. 밖의 재료를 구리, 퍼멀로이, 규소를 사용하여 이중 차폐복을 착용한 작업자를 모의할 경우 심장에서 각 0.94[mA/m²], 0.71[mA/m²], 0.48[mA/m²]로 나타났다. 그 외 간, 폐, 장에서는 2[mA/m²]이하의 유도 전류밀도가 나타났다.

2.3 내부차폐층을 퍼멀로이로 한 경우

퍼멀로이는 검토 재료 중에서 투자율이 가장 높고 도전율이 가장 낮은 경우로 차폐복 안쪽에 넣고 밖에 규소 재료를 사용하여 이중 차폐복을 착용한 작업자를 모의할 경우 심장에서 유도되는 전류밀도가 1.51[mA/m²]로 가장 높게 나왔다. 밖의 재료를 구리, 퍼멀로이, 규소를 사용하여 이중 차폐복을 착용한 작업자를 모의할 경우 심장에서 각 0.44[mA/m²], 0.83[mA/m²], 1.51[mA/m²]로 나타났다. 그 외 간, 폐, 장에서는 1[mA/m²]이하의 유도 전류밀도가 나타났다.

표 2는 아크용접기로부터 1[cm]떨어진 지점에서 작업자가 이중 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]

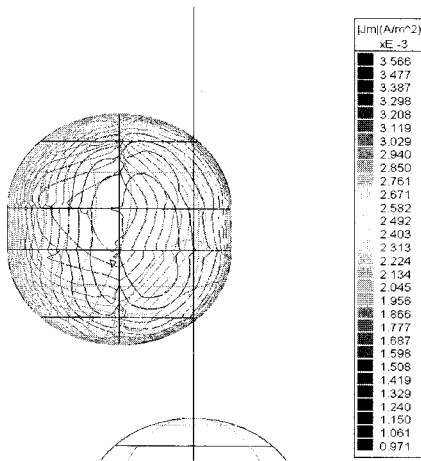
인체장기	차폐 재료	구리		퍼멀로이		규소		
		안	밖	구리	규소	구리	퍼멀로이	
뇌			0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.01
심장			3.74	3.37	0.44	1.51	0.94	0.71
폐			2.91	2.65	0.36	0.82	0.26	1.55
간			3.56	3.97	0.09	0.45	0.14	1.73
장			1.43	2.46	0.45	0.62	0.49	1.33

3. 결 론

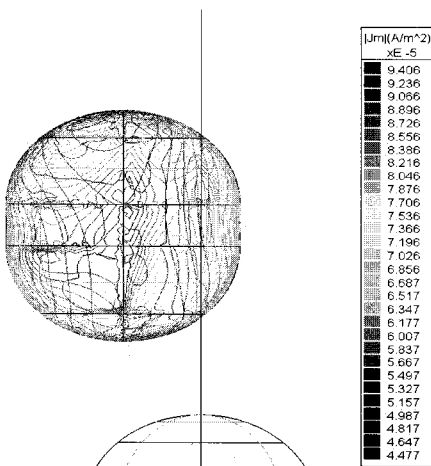
본 논문에서는 교류 1[kA]가 흐르는 실제 아크 용접기를 가지고 작업하는 경우 이중 차폐복을 착용하고 작업을 할 경우 국제 비전리 방사선 방호위원회 극저주파 전자기 가이드라인의 안전기준치인 10[mA/m²]을 모두 만족함을 알 수 있었다. 아크용접 작업자가 이중 차폐복을 착용하였을 경우 규소나 퍼멀로이 재료를 차폐복 안쪽에 넣고 구리와 같은 도전율이 높은 물질을 밖에 착용하면 차폐효율이 높았다. 반면에 차폐복 안쪽을 도전율이 높은 재료로 만든 투자율이 높은 재료로 만들 경우 차폐효율 낮음을 알 수 있었다.

〈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.



〈그림 4〉 내부차폐층을 구리, 외부차폐층을 퍼멀로이로 한 경우 간표면 유도전류밀도 분포



〈그림 5〉 내부차폐층을 퍼멀로이, 외부차폐층을 구리로 한 경우 간표면 유도전류밀도 분포