

스폿용접 공정에서 인체에 미치는 전자기장 발생 메카니즘에 관한 연구

Study on the generation mechanism of electro-magnetic field influencing on human body in spot welding process

박 민홍*, 이 세현**

* 한양대학교 대학원/기계공학과

** 한양대학교/기계공학부

1. 서 론

정지해 있는 전하는 주위의 공간에 전기장만을 생성하지만, 전하가 운동을 하면 즉 전류가 전선이나 전기기구를 통하여 흐르면 주변에 자기장이 발생한다. 전자기장이란 전기장과 자기장의 합성어로 전기장과 자기장의 상호작용에 의해서 전자기장이 형성되며, 전기가 있는 곳은 어디에서든 발생한다.

최근 전자기장의 인체에 미치는 영향에 대한 많은 관심이 집중되고 있다. 우리 주변에서 흔히 볼 수 있는 휴대폰에서부터 전력 및 전파를 이용하는 가전제품, 산업 기기 및 송전 설비에 이르기까지 우리는 전자기장의 영향력이 미치는 공간 속에서 생활하고 있다. 전자기장과 생체와의 상호작용은 흡수된 전자파 에너지에 의한 열작용과 전자기장의 누적에 따른 비열작용, 전자기장에 의해 유도된 전류에 의한 자극작용으로 나눌 수 있다. 1979년에 Wertheimer와 Leeper가 고압 동력선에서 발생되는 60Hz, 0.2 μ T의 자장이 어린이 백혈병의 중요한 원인이 되고 있다고 발표한 이래 전자기장의 유해성과 무해성에 대한 대량의 연구결과들이 발표되고 있으며, 아직까지도 전자기장에 대한 논란은 계속되고 있다. 결론이 난 것은 아니지만, 위험요소의 잠재성에 대한 예방적 차원에서 우리나라를 비롯한 세계 각국은 국제기구인 ICNIRP (국제 비전리방사 보호위원회) 및 WHO (세계 보건기구)의 전자파 인체보호기준을 준수하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 스폿 용접공정에서 발생하는 전자기장 발생 메카니즘에 대하여 용접시스템의 단순화 모델링을 통하여 ANSYS를 이용한 시뮬레이션을 수행하였고, 10kA 60Hz 용접 전류에서 발생하는 주파수대역에 따른 전자기장을 실험을 통하여 계속하였다. 시뮬레이션 및 실험은 일반적인 작업자의 위치인

용접전극으로부터 30cm 이격한 거리에서 실시하여, 전자파 인체보호기준에 의거하여 결과를 비교분석하였다. 전자기장 차폐에 대한 추가 시뮬레이션 실행 및 분석을 통하여 용접공정에서의 전자기장 차폐제의 필요성을 제기하였다.

2. 장 전자기장 발생 시뮬레이션

2.1 시뮬레이션 준비

스폿 용접은 전극사이에 판을 겹쳐두고 가압하여 전류를 흘려 판사이의 접촉저항과 판의 고유저항에 의해 발생하는 저항발열로 점상태로 용접하는 저항용접공정을 말한다. Fig.1은 스폿 용접 시스템의 개략적인 단면도와 ANSYS 2D 모델링을 위한, 관심영역인 용접전극 주변의 단순화를 나타낸 것이다.

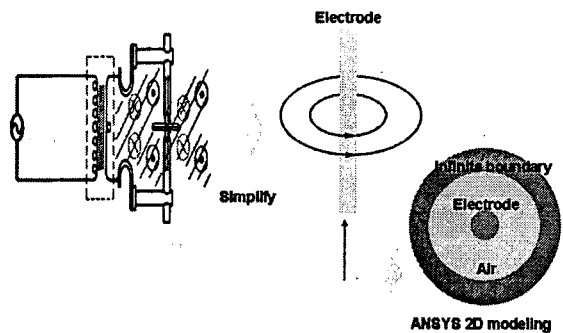


Fig.1 Schematic diagram of spot welding system & simplification

본 시뮬레이션은 구리성분의 용접전극 저항률 (1.7e-8 Ω m), 공기와 무한 경계면의 비투자율(1), 용접전류 10kA 60Hz 교류전류를 경계조건으로 입력하고, 지배방정식인 Biot-Savart 법칙을 적용하여 실행하였으며, 최종적으로 harmonic 해석으로 자속 밀도를 구현하였다.

2.2 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 한 결과는 Fig.2와 같다. 전극의 표면에서 가장 높은 0.13T (1T=10000G에 의해) 즉 1300G가 발생했고, 전극으로부터 30cm 이격된 위치에서는 0.006521T 즉 65.21G가 발생했다.

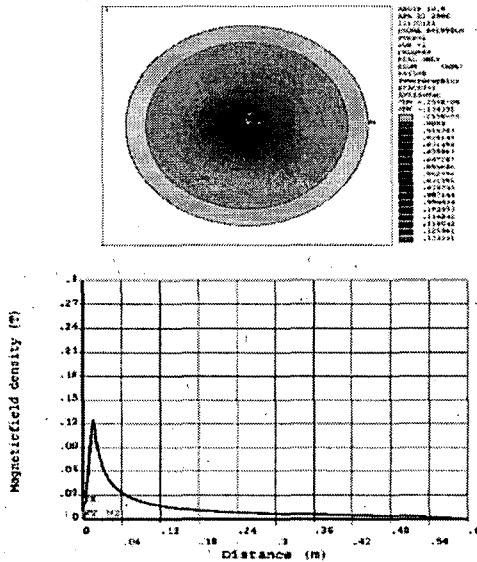


Fig.2 Simulation result

Fig 2를 통하여 용접전류가 흐를 때, 자속밀도는 용접전극의 표면에서 가장 큰 값을 갖고 거리에 반비례하여 급격하게 작아지는 경향성을 확인할 수 있었다. 전자기장 시뮬레이션 및 계측 실험 결과 분석에 언급하겠지만, 시뮬레이션에서 확인한 자속 밀도는 WHO에서 정한 전자파 인체 보호 기준(직업인 자기장 노출 기준 60Hz에서 약 4G)보다 초과하는 것으로써 0.25초의 짧은 용접 시간에서 순간적으로 쓰이는 대전류(10kA)에 의한 자기장의 발생이 그 원인이라고 추정할 수 있겠다.

3. 전자기장 계측 실험

3.1 전자기장 계측 시스템의 구성

실험은 용접전류 10kA, 용접시간 0.25초를 셋팅하여 시편이 없는 무부하 실험조건으로 실시하였다. 전자기장을 계측하기 위하여 ENERTECH사의 EMDEX II 장비(0~800Hz용, 800~3000Hz용)와 EMACAL이라는 프로그램을 사용했으며, 계측기의 sampling 시간이 1.5초이고 용접 시간이 0.25초로 짧은 시간에 이루어지기 때문에, 1분간 연속타점 실험(1분간 41타점)을 실시하여 부적합

한 sampling 시간을 보완함으로써 데이터 획득 확률을 높일 수 있었다. Fig. 3은 전자기장 계측 시스템의 구성을 나타낸 것이다.

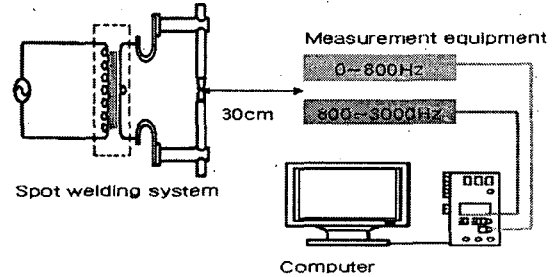


Fig.3 Composition of electromagnetic field measurement system

3.2 전자기장 계측 결과

Fig.4는 용접전극으로부터 30cm 이격한 위치에서 1분 동안 자기장 계측기가 획득한 실험 데이터를 나타낸 것으로, 주파수 대역 0~800Hz에서의 용접기 주위로 방사되는 자기장의 세기를 나타낸 것이다. 최대값은 337mG 이다.

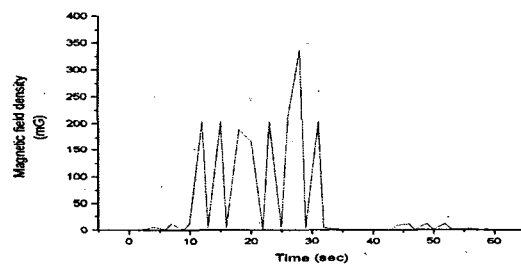


Fig.4 Electromagnetic field measurement result : 0~800Hz

Fig.5는 동일 조건하에서, 주파수 대역 800~3000Hz에서의 용접기 주위로 방사되는 자기장의 세기를 나타낸 것으로, 최대값은 1524mG 이다.

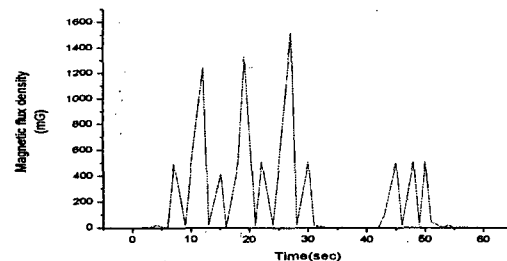


Fig.5 Electromagnetic field measurement result : 800~3000Hz

3.3 전자기장 계측 결과의 고찰

ICNIRP 및 WHO에서 권고한 직업인에 대한 전자파 인체 보호기준과 비교하여 볼 때, 용접

시 발생되는 자속밀도는 0~800Hz주파수대역에서는 337/4166 (계측값/임계값 : mG)의 결과를 보였고, 800Hz~3000Hz에서는 1524/307 (계측값/임계값 : mG)의 결과를 보였다. 800Hz~3000Hz 주파수 대역에서 발생하는 자속밀도는 임계값에 비해 약 5배정도를 초과한 것으로 용접공정에서 이러한 자기장에 짧은 시간이지만 지속적으로 노출 될 경우, 인체에 위험성을 초래할 여지가 있다.

4. 전자기장 차폐관련 시뮬레이션

4.1 시뮬레이션 준비

전자기장 차폐관련 시뮬레이션은 전자기장 해석 절차를 따라 진행했으며, 작업자의 위치에서 자기장의 차폐 및 경감을 위해 용접전극으로부터 30cm이격된 위치에 투자율 3000의 강자성체를 위치시키고 harmonic 해석을 통한 자속 밀도를 시뮬레이션 하였다.

4.2 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 한 결과는 Fig.6과 같다. 용접전극으로부터 30cm 이격된 위치에 있는 강자성체에서 가장 높은 약 0.25T(1T=10000G에 의해) 즉 약 2500G가 발생했고, 강자성체 뒤쪽 부분인 용접 전극으로부터 약 34cm 이격된 위치에서는 0.000499T 즉 4.99G가 발생했다.

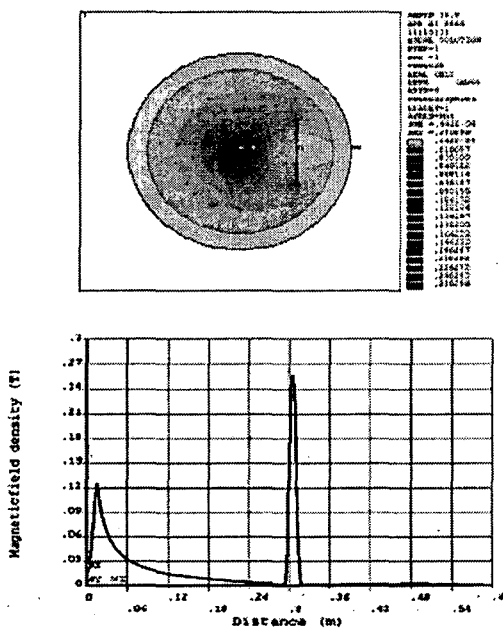


Fig.6 Simulation result

Fig.2와 비교해 볼 때, 작업자가 위치할 용접전극으로부터 34cm 이상 이격된 곳에서 강자성체에 의해 약 59G에서 약 5G로 11배 이상의 차폐된 자기장이 분포함을 알 수 있다. 시뮬레이션을 통하여 용접 시 발생하는 자기장은 차폐재를 사용함으로써 차단 및 경감시킬 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 시뮬레이션을 통하여 스폿 용접 공정에서의 10kA 60Hz 용접 전류에서 발생하는 전자기장의 발생 메카니즘을 구현하여 용접 전극으로부터 발생하는 전자기장의 거리에 따른 경향성을 확인하였고, 주파수대역에 따른 전자기장을 실험을 통하여 계측하였다. 실험은 일반적인 작업자의 위치인 용접전극으로부터 30cm 이격된 위치에서 실시하여, 직업인 기준 전자파 인체보호기준을 근거로 결과를 비교분석하였다. 실험결과 0~800Hz 주파수대역에서는 임계값 4166mG에 비해 적은 값인 337mG가 계측된 데 반하여 800Hz~3000Hz 주파수 대역에서는 임계값 307mG와 비교하여 5배정도 큰 값인 1524mG가 계측되었다. 이는 용접 시 발생하는 자기장이 인체에 영향을 미칠 수 있는 가능성에 대하여 재고해야함을 시사한다. 이에 전자기장 차폐 시뮬레이션을 통하여 스폿 용접 공정에서 발생하는 자기장의 효과적인 차폐가 가능함을 보였다. 추후에 용접공정에서의 자기장 차폐에 대한 보강실험이 뒤따라야 한다. 주기적이고 지속적인 자기장 노출에 따른 인체 유해성에 대한 연구논문들이 발표되고 있는 시점에서 용접공정에서 발생하는 전자기장의 위험성에 대한 지속적인 연구가 뒤따라야 한다.

참고문헌

1. William H.Hayt, Jr.John A.Buck : Engineering Electromagnetics (6th Edition) McGRAW HILL BOOK Co. 2002
2. Mohammad Nadeem, Yngve Hamnerius, Kjell Hansson Mild, and Mikael Persson : Magnetic Field From Spot Welding Equipment-Is the basic Restriction Exceeded? : Bioelectromagnetics 25 : 278 - 284 (2004)
3. WHO : <http://www.who.int/peh-erf/en/>