

일정한 두께와 길이를 가진 강철판속에서의 자기마당분포연구

장경훈, 김정혁

일반적으로 높은 투자률을 가진 재료로 만들어진 통안에서는 정자기차폐효과에 의하여 바깥자기마당의 모든 자력선들이 통내부로만 지나감으로써 통안에서 자기마당의 세기는 령이거나 매우 약하다. 정자기차폐작용은 자력선이 한 매질로부터 다른 매질로 넘어갈 때 굴절되는 현상에 기초하고있다.[1]

$$\tan \alpha / \tan \beta = \mu_1 / \mu_2 \quad (1)$$

여기서 μ_1 과 μ_2 는 매질들의 투자률이고 α 와 β 는 자기마당선의 굴절각이다.

차폐효과는 통의 기하학적크기와 투자률에 관계되며 차폐통의 두께는 재료의 포화자속밀도에 의해 결정할수 있다. 그러나 선행연구자료들[2]에서는 정자기마당속에 금속원기둥이 놓여있는 간단한 경우에조차 두가지이상의 투자률을 가지는 복합재료구조에 대하여 자기마당평가를 정확히 진행하지 못하였다. 또한 원기둥의 기하학적크기에 따라 자기마당분포를 평가하는것은 매우 힘들며 그것에 대한 이론적해석은 거의 불가능하다. 이로부터 최근시기 유한요소법을 리용하여 여러가지 자기회로들을 정확히 해석하기 위한 연구들이 다양하게 진행되고있다.

우리는 유한요소법에 기초한 ANSYS해석프로그램의 2차원정자기마당해석도구를 리용하여 정자기마당속에 놓여있는 강철판과 물체의 두께와 길이에 따라 자기마당분포에 대한 해석을 진행하였다.

1. 초기경계조건설정

연구하는 계의 기하학적구조는 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는바와 같이 강철판은 일정한 두께와 길이를 가지며 정자기마당을 발생시키는 고리형선류는 강철판과 떨어져있다. 또한 강철판안에 상대적으로 높은 투자률을 가지는 재료로 만들어진 유한한 크기를 가지는 끝이 뾰족한 물체가 있다. 연구하는 계는 축대칭구조로서 축방향과 반경방향으로는 전류가 흐르지 않고 강철판의 주위로만 전류가 흐르므로 문제를 2차원적으로 취급할수 있으며 대칭성으로부터 1/2만을 연구한다. 요소형으로는 마디점이 8이고 DOF(자유도)가 4인 PLANE53을 선택하고 요소의 자유도(DOF)로서는 z방향의 자기벡토프로텐셜 AZ를, 요소의

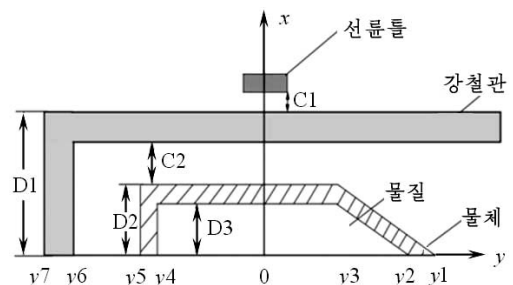


그림 1. 연구하는 계의 기하학적구조

속성은 모형의 대칭성을 고려하여 AXISYMMETRIC로 설정하였다. 또한 재료속성으로는 강철판과 물체의 외피재료의 상대투자률을 다같이 500, 공기층(공극)구역과 선류구역의 상대투자률은 1로 설정하였다. 집으로는 선류으로 흐르는 전류밀도를 주었다.

2차원자기마당해석에서는 z방향(xoy 면의 법선방향)의 전류밀도성분만이 유효하며 선류의 경우 전류는 일반적으로 모든 점에서 균일하다고 볼수 있으므로 전류밀도는 다음과 같이 계산할수 있다.

$$J_z = \frac{NI}{hb} \quad (2)$$

여기서 h 는 선류의 높이, b 는 선류의 너비, N 은 선류의 권회수, I 는 선류으로 흐르는 전류의 세기이다.

경계조건으로는 강철판안에서 자기마당이 강철판의 축방향으로 향하는것을 고려하여 $x=0$ 인 요소마디점들에서의 자기벡토포텐셜값을 0으로 설정하였다.

2. 계산결과 및 해석

ANSYS로 해석된 일정한 두께와 길이를 가지는 강철판에서의 자기마당분포는 그림 2와 같다.

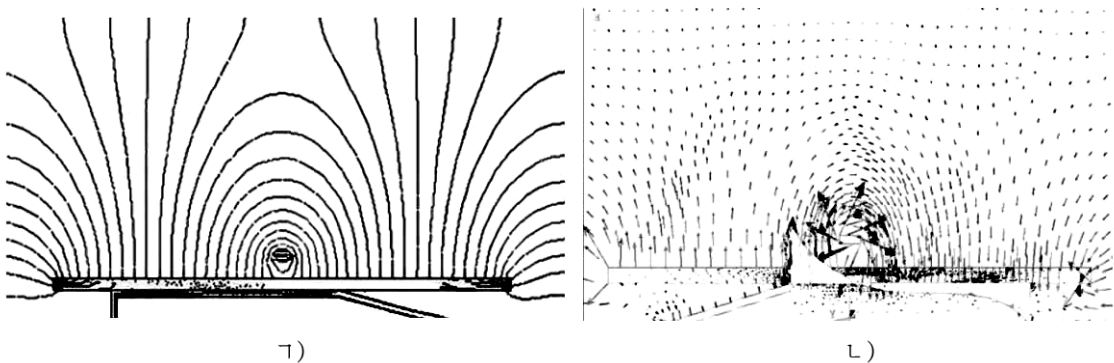


그림 2. 강철판에서 자기마당선분포(ㄱ))와 자기마당세기의 벡토르도형(ㄴ))

그림 2에서 보는바와 같이 자속은 대부분 공극에 비하여 높은 투자률을 가지는 강철판과 그속에 들어있는 물체의 외피층에 집중되어있다. 또한 공극의 자기저항은 강철판과 물체의 외피재료의 자기저항값에 비하여 매우 크기때문에 기자력의 대부분은 공극에 걸리며 결국 강철판과 물체의 외피내부에는 자기마당이 거의 없고 공극부분에만 자기마당이 존재하게 된다.

선류들의 중심위치에서 반경방향에 따르는 자기유도변화(그림 3)를 보면 물체안쪽공극(1구역)의 자기유도값들은 강철판(3구역)과 물체외피층(2구역) 그리고 강철판의 바깥쪽공극(4구역)의 자기유도값들에 비하여 매우 작다.

강철판안쪽공극들에서 자기유도값이 작은것은 강철판과 물체의 외피재료가 다같이 정자기차폐작용을 하기때문이다.

그림 3에서 표시되지 않았지만 강철관의 안벽과 물체의 외피층사이에 존재하는 좁은 공극에서의 자기유도값은 역시 바깥쪽구역의 공극에 비하여서는 작지만 물체안쪽공극에 비하여서는 크다.

선류에 흐르는 전류의 세기와 방향이 변하지 않는 조건에서 강철관의 두께와 길이에 따르는 반경방향에서의 자기유도변화는 그림 4와 같다.

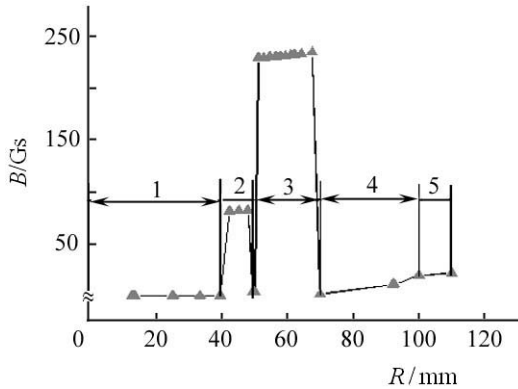


그림 3. 반경방향의 거리에 따르는 자기유도의 변화

1-물체안쪽공극, 2-물체의 외피층, 3-강철관, 4-강철관바깥쪽공극, 5-선류틀

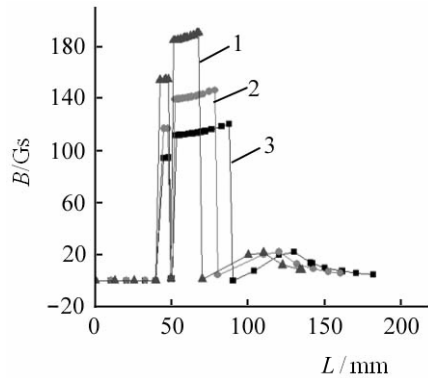


그림 4. 강철관의 길이에 따르는 자기유도변화

1-3은 두께가 각각 20, 30, 40mm인 경우

그림 4에서 보는바와 같이 강철관의 두께가 두터워질수록 강철관에서의 정자기차폐작용에 의하여 자기유도값들은 작아진다. 이것은 강철관의 두께가 두터울수록 대부분의 자력선들이 강철관안으로 흐른다는것을 보여준다. 또한 강철관과 그안에 들어있는 물체의 길이를 변화시키는데 따라 매 구역에서의 자기유도값들은 차이나지만 경향은 달라지지 않는다.

맺 는 말

1) 자기마당차폐층이 여러가지 재료로 이루어진 복잡한 기하학적구조를 이루는 대상에 대해서도 자기마당해석을 진행할수 있다.

2) 전류의 세기가 0.2A이고 전류밀도가 $4 \cdot 10^5 \text{ A/m}^2$ 인 선류틀을 강철관의 밖에 설치하였을 때 강철관에서의 자기유도변화를 평가하였다. 또한 목적한 B 값으로부터 설치위치를 결정할수 있다.

3) 선류틀의 중심위치에서 반경방향에 따르는 자기유도의 변화를 연구하면 강철관안에서 자기유도는 매우 작다. 또한 정자기차폐작용에 의한 자기마당세기감소를 보상하기 위한 대책이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 59, 5, 45, 주체102(2013).
- [2] 付文智; 农业机械学报, 36, 2, 100, 2005.

주체104(2015)년 5월 5일 원고접수

On the Magnetic Field Distribution in Steel Pipe with Limited Depth and Length

Jang Kyong Hun, Kim Jong Hyok

We evaluated the magnetic field distribution at steel pipe with limited depth and length using an analytical tool-ANSYS based on finite element method but it is difficult to explain theoretically and to measure experimently. We also evaluated magnetic field distribution in case with limited and pointed metal body which has high relative permeability shell in the steel pipe.

Key words: magnetic field, magnetic force line distribution, finite element method