

수직벽면 작업용 이동형 플랫폼 장치의 전자석 휠 개발

정원지(창원대학교 기계설계공학과), 김정현*(창원대학교 기계설계공학과),
김효곤(창원대학교 기계설계공학과 대학원), 김성현(창원대학교 기계설계공학과 대학원),
이승호(대우조선해양주식회사)

Development of Electromagnet wheel for Vertical wall-climbing Mobile Robot

J. H. Kim(Mecha. Design. Eng. Dept. CNU), W. J. Chung(Mecha. Design. Eng. Dept. CNU),
H.G. Kim(Mecha. Design. Eng. Dept. CNU), S.H. Kim(Mecha. Design. Eng. Dept. CNU),
S.H. Lee(Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Co., Ltd.)

ABSTRACT

Most works of the large vertical ceiling structures have been performed by human manually. These works require much more operation costs, labors and times, etc. Beside most people avoid this works because of it's characteristic such as danger, dirty and difficulty. So necessity of automation for these works has been rising.

This automation needs a wall climbing mobile vehicle because of the movement of platform on large workspace. In this study, we aim at develop the wheel which can be used for vertical wall-climbing mobile robot using electromagnet wheel. The wheel proposed can be available for several working processes on structures which consist magnetic substance.

Key Words : electromagnet wheel(전자석 휠), vertical wall-climbing mobile robot(수직 벽면 이동로봇), mobile vehicle(이동체), attaching force(부착력)

1. 서론

오늘날 기계 또는 기계 외의 많은 산업 분야에서 용접(鎔接, Welding)과 조립(組立, assembly)은 흔히 수행되고 있는 공정 중에 하나이다. 하지만 이러한 공정이 매우 열악한 환경 즉, 기울어진 면이나 벽면 등에서 이루어지는 경우가 많다. 예를 들어 고층 빌딩의 외벽 공사, 대형 선박이나 중력이 미치지 않는 우주 공간에서의 작업은 기존의 방식으로 적용하기 어렵다. 특히 선박에서의 용접작업은 생산 활동 중 40~60%를 차지하고 있지만, 열악한 작업환경과 3D 직종으로 분류되어 있다. 그리고 임금 수준도 상승 추세이기 때문에 로봇의 도입이 서둘러지고 있다. 그러나 현재 도입된 로봇들의 대부분은 선박의 외벽에 부착하여 이동할 수 없기 때문에 외벽 용접 작업은 사람이 고소차량을 이용하여

할 수밖에 없다.

현재 연구 중이거나 개발된 로봇은 영구자석을 이용하거나 공압을 이용한 압착식이다. 압착식인 경우 가반 중량의 한계와 함께 이동시 직선의 이동이 거의 불가능하며 이동 속도도 매우 느릴 뿐만 아니라 외벽이 매끄럽지 않을 경우 벽면을 탈 수 없다는 여러 가지 단점이 있다. 전자력을 이용할 경우 대상이 자성체라는 조건이 불지만, 용접이나 조립의 소재의 경우 대부분이 자성체로 이루어져 있기 때문에 많은 부분에 이용될 수 있으므로 연구 개발 가치가 높다. 또한 영구자석의 경우 탈부착에 단점이 있다. 본 논문은 이러한 영구자석의 단점을 보완하고 자력의 장점을 이용하기 위하여 전자석을 이용한 휠의 개발에 관한 것이다. 수직벽면이 아니라더라도 지면과 벽면과의 각도에 관계 없이, 부착면이 자력선의 형성이 용이한 환경(예, 철판)인 경우,

전자석 휠은 이동형 플랫폼장치의 휠로서 부착과 주행의 기능이 동시에 수행가능하다. 부착력 자체가 휠에 근원을 두고 있기 때문에 별도의 부착 장치를 둘 필요가 없으며, 수직 벽면과 선접촉을 유지하고 있기 때문에 접촉력이 집중 될 수 있는 구조로 응용하여 효율적인 자력형성이 될 수 있다. 구조는 전체 휠 형상의 연철재 중공 보빈(bobbin)에 코일을 감아 코일의 양쪽 끝단에 전류를 흘려 보내주는 기존의 전자석의 원리에 충실하였으며, 전자석이 휠로 적용될 때 가장 문제점인 전원공급 문제에 대한 해결책으로 브러쉬 모터의 전원공급장치인 브러쉬와 정류자의 접촉식 전원공급 방식을 응용하였으며, 이에 해당되는 전원 공급용 브러쉬와 슬립링을 이용하여 휠 외면에 원형의 전원 공급 장치를 두어 일정한 전원을 공급할 수 있다.

본 연구에서는 벽면에서의 부착과 주행을 동시에 수행할 수 있게 하는 전자석이 내장된 휠을 제공하고 휠을 벽면에서 용이하게 이탈할 수 있게 하며 미사용시에는 휠에 이물질이 달라붙지 않게 하는 휠을 개발하고자 한다. 또한 상황에 따라 휠의 자력을 임의로 조절할 수 있게 하는 것이다.

2. 전자석 휠의 설계

자력선을 유도 함에 있어서 자력선의 형성기준은 자속은 전류의 흐름과 같이 전기저항의 흐름이 용이한(전기저항이 낮은)쪽으로 집중이 된다. 이와 마찬가지로 자력선 역시 Fig. 1 과같이 자기 저항이 낮은 쪽으로 집중이 된다.

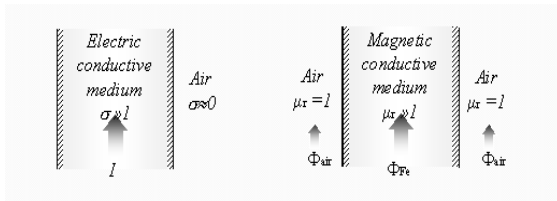


Fig 1. Concentration of line of magnetic force

이를 고려한 전자석 휠에서 구성 역시 자기 저항이 낮은 연철(휠 몸통부)을 따라 양방향으로 누설이 최소화 된 상태에서 자력선이 형성되며, 형성된 양방향 자력선 중에서 수직벽면에 접촉된 부분의 반대방향에서는 공극이 생겨 공기에 의한 저항이 크게되어 자력선이 형성되기 힘들게된다.

이에 반해 수직벽면의 접촉부가 투자율이 좋은 자력 성분임을 고려하면 접촉된 수직 벽면 자체가 자력선이 흐름이 생기는 길을 만들어 주는 결과를 가져와 상대적으로 자기저항이 낮게 되므로, Fig. 2

와 같이 양 방향의 자력선 중 수직벽면으로의 자력선이 집중이 된다.

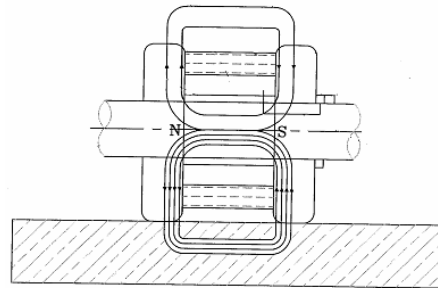


Fig. 2 Line of magnetic force

이와 더불어 휠 몸통부에 비자성물질로 패키징한 부분은 코어 부에 감겨진 권선을 보호하는 기능과 자력선 흐름을 몸통 외부 연철 부분으로 흐름이 용이하도록 자기저항을 주는 효과도 같이하게 된다.

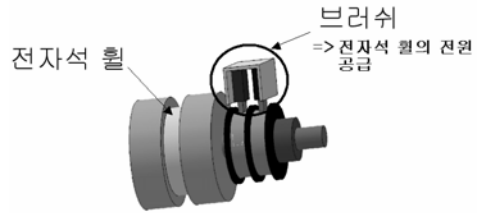


Fig. 3 3D modeling view of electromagnet wheel

Fig. 3 은 전자석 휠을 CATIA R5 를 이용하여 3D 모델링 한 것이다. 코일에 전류를 흘려 보내주기 위한 방법으로 슬립링은 모터의 브러쉬와 정류자의 효과를 대신하고 있다. 슬립링은 구동 속도가 6m/s 정도로 한정되어 있으나 수직벽면에서의 작업 속도에는 충분한 속도로 이 이상의 속도에서는 구동 가능한 고려 부분이 아니라 작업의 효율성 부분에서 다뤄져야하는 부분으로 단순한 구동이 아닌 이상에는 충분한 작업 속도도 보장할 수 있다. 슬립링과 내부 권선과의 연결은 연철의 코어 부근에서 Hole 을 만들어 전기적인 쇼트나 누설 전류가 발생하지 않도록 방전처리가 필요하다. 내부 권선은 슬레노이드처럼 연철로 이루어진 외형의 보빈(bobbin)에 감아주며, 내부의 보빈은 연철 성분으로 전류인가시 코어의 역할을 수행해 전자석은 전체가 강자성 물체가 되어 더욱 강한 자력을 갖게 된다. 여기서 고려해야되는 것은 원하는 전자력을 보장하기 위한 권선수와 허용 전류를 고려하여 권선을 선정하는것이다.

3. 제작 및 주행 실험

전자석 휠 제작을 위한 도면은 Fig. 4 같다.

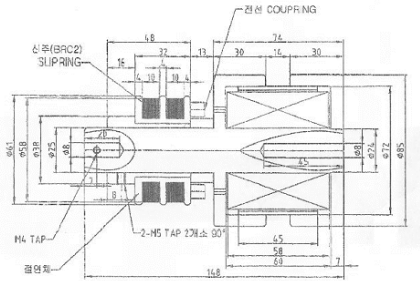


Fig. 4 2D drawing of electromagnet wheel

완성된 전자석 휠은 Fig. 4 와 같으며, 사양은 Table 1 과 같다.

구분	사양
입력전압	DC 220 V
입력전류	0.4 A
표면가우스	3400 gauss
유도가우스	1600 gauss

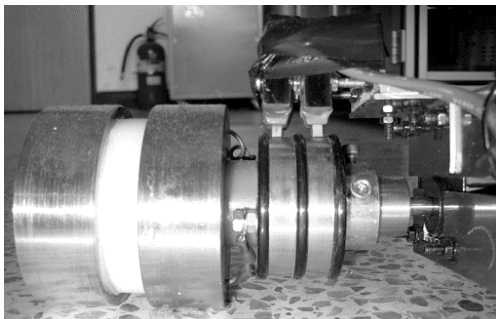


Fig. 5 Proto type of electromagnet wheel

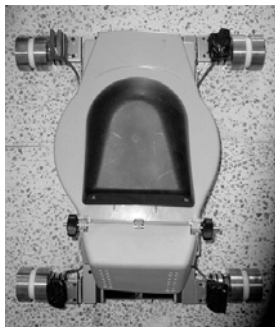


Fig. 6 Proto type of virtual wall-climbing mobile robot used electromagnet wheel

Fig. 6 은 전자석 휠을 부착한 이동 플랫폼의 proto type 의 모습이다. 각 전자석 휠에는 모터가 부착되어있고 내부에 교류전압을 직류로 바꿔주는 브릿지회로가 장착되어 있으며 조향은 좌우 모터 쌍의 역방향 회전으로 한다. 완성된 프로토타입으로 주행실험을 한 결과 예상했던 결과인 탈부착이 용의하고, 강한 자기력으로 철판에서 주행이 가능한 것이 입증 되었다. 그러나 주행실험으로 몇가지 문제점이 제기되었다. 전자석휠의 강력한 부착력으로, 휠의 슬립이 요구되는 좌우 모터쌍의 역방향 회전으로는 조향이 불가능하였다.

따라서 Fig. 7 과같이 조향시 휠의 궤적에 맞춰 각을 조정할 수 있는 조향장치가 필요하다.

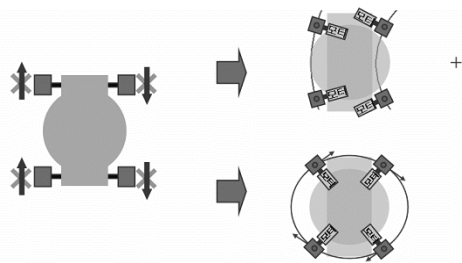


Fig. 7 Key map of steering system

또 다른 문제점은 굴곡이나 장애물이 있을 시 전자석 휠의 일부가 접촉면에 닿지 않기 때문에 부착력 감소 또는 모터 축이 휘는 것이다. 따라서 Fig. 8 과 같이 모터와 휠이 모듈 형식으로 움직임이 가능한 설계가 필요하다.

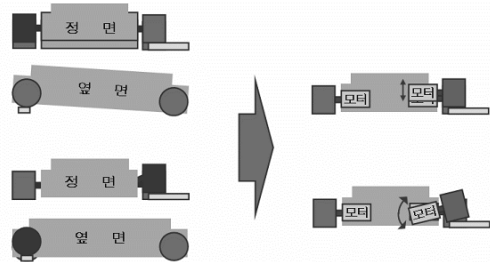


Fig. 8 Key map of motor and wheel module

4. 결론

이상에서 자성체로 구성된 경사면 및 수직벽에서 작업하는 벽면 이동 로봇의 개발에 있어서 이동 플랫폼의 지지 및 이동에 응용 가능한 전자석 휠에 대한 설계 및 프로토타입을 제작해 실험을 수행하였다.

종래의 영구자석 방식은 착탈이 어려워 철판에서 떼어내기가 힘들며 휠의 청소 역시 어려웠으나 전

자석 휠의 경우에는 전류 인가만 끊어 주게 되면 손쉽게 떼어 낼 수 있었으며, 휠에 부착된 이물질 제거도 용이하였다.

그리고 영구자석 휠은 제작시에도 영구자석의 자력이 항상 작용하는 상황에서 제작이 이루어 져야 하므로 제작에 어려움이 있다. 그리고 한번 결정된 영구자석 휠은 자속의 세기 조절이 힘들어 상황에 따른 혼용이 어려우나 전자석 휠은 전자기 영역에서 전자력을 결정하는 인자인 자력의 세기(Magnet Flux), 전류의 세기(Current) 등의 인자만 수정하면 어디든지 활용이 가능하다.

이와 같이 전자석휠을 이용한 proto type 의 경우 조향과 주행노면의 불균형으로 인해 발생하는 문제점이 있으나, 탈부착이 용이한 점과 전자석의 자기력 조정가능, 철판과의 부착 장치가 휠에 집적되어 있기 때문에 본체에 여유공간이 형성되는 장점이 있다.

후 기

본 연구는 한국 과학재단 지정 창원대학교 공작 기계기술연구센터(RRC)의 지원과 산업자원부의 출연금등으로 수행한 지역전략산업 석·박사 연구인력 양성사업 및 ㈜대우조선해양 지원으로 수행된 연구 결과입니다.

참고문헌

1. William H. Hayt Jr., John A. Buck, “전자기학”, 한국맥그로힐, 2001
2. 김정연구회, “전력전자”, 동일출판사, 2004.
3. 전종일, “서브 회로이론”, 한빛지적소유권센터, 2003.
4. Peter F.Ryff, “전기기기”, 청문각, 2004.
5. 한국 정밀공학회지 "영구 자석 휠을 이용한 벽면 이동 로봇의 설계시의 제약사항들에 대한 연구", 한승철외 2 명, 2004
6. 한국 정밀공학회지 "영구 자석 휠을 이용한 벽면 이동 로봇의 설계시의 설계지침", 한승철외 2 명, 2002
7. “A Study on Wall Surface Mobile Robot” Toshio FUKUDA 외 5 명 JSME International Jornal . 1995