

이동로봇용 영구자석바퀴 착탈장치 개발

이화조*(영남대학교 기계공학부), 주혜호*, 한승철**(영남대학교 대학원)

Development of Detachable System of Permanent Magnet Wheel for Mobile Robot

Hwa-cho Yi*(Yeungnam Univ.), Hae-ho Joo*, Seung-chul Han**(Graduate School Yeungnam Univ.)

ABSTRACT

It is necessary to work on a vertical plane of workpiece in order to produce a large structure like a ship. These works can be automated by using the robot with permanent magnet wheels. We developed the permanent magnet wheel which can be used by a mobile robot and easily detached. We enhanced an adhesive power by restricting the occurrence direction of magnetic flow. And we also developed a method which weakens adhesive magnetic force by changing magnetic flow with metal pins. We used the load cell and the gaussmeter to measure the characteristics of the adhesive force and magnetic force. We obtained the result that the adhesive power is reduced to 1/3 of normal state by using 4 inducing pins.

Key Words : Permanent Magnet(영구자석), Gaussmeter(자장측정기), Magnetic Field(자장), Detachable Device(착탈장치), Wall Climbing Mobile Robot(수직이동로봇)

1. 서론

대형 철 구조물에서는 상당부분을 수직이나 경사면이 차지하는데 이런 환경에서의 작업은 대부분 인력에 의존하는 현실이다. 조선소 및 대형 저장탱크 건설현장 등과 같은 경우 위험부담, 부가장비요구, 작업비용증가 등의 문제를 안고 있다. 이러한 문제를 해결하는 방법으로 수직벽면이동로봇이 개발되고 수직벽면에 부착할 수 있는 장치들이 개발되었다.

현재 가장 많이 이용되고 있는 방법은 흡착식이며 이것은 진공 펌프를 이용하는 부착방법으로 로봇에 장착된 흡착 판을 벽면에 부착하여 로봇을 고착하는 방법이다. Luk^{[4][18]} 등은 4지 관절형 "Nero Robot"을 개발하였는데 각 발과 몸통에 흡착 판을 장착하였다. Bahr^[5] 등은 흡입 컵의 설계와 Load Cell을 이용한 흡입 컵의 수평면과 수직면의 부착력을 측정하였고, Yano^[11]은 새로운 방식의 흡착 판을 개발하여 흡착효율과 전체장비의 하중 문제를 개선하였다. 또한 Nishi는^[6] 여러 가지 형태의 흡입 컵을 개발하였다. 이러한 방법은 다양한 재질의 벽면에 적용이 가능하고 장비무게에 비해서 강한

부착력과 부착력 제어를 쉽게 얻을 수 있다는 장점이 있는 반면에 흡착 판이 고착된 상태에서 빠른 이동이 어렵고 흡착 판의 부착을 위해 부가장비로 인한 무게의 증가와 그에 따른 복잡한 제어기가 요구되어 비용이 크게 증가하는 단점이 있다.

영구자석의 자력을 이용하여 부착하는 방법으로 Hirose^[2] 등은 "Disk Rover"라는 로봇을 개발하였다. 이 로봇은 자력 판을 기울여 벽면에 부착하고 그 판을 회전시켜 추진력을 얻어내는 방법을 이용했으며 부착벽면의 두께, Magnetic Disk의 여러 가지 형상을 모델로 제시하였다. Schempf^[11] 등은 무한궤도방식에 영구자석 칩을 설치 매장되지 않은 저장 탱크의 검사로봇을 개발하였다. 이러한 방식은 철제벽면에 만 적용이 국한된다는 단점이고 착탈이 용이하지 않는 단점이 있다. 하지만 비교적 부착을 간단한 장치로 구현이 가능하고 부가장비를 적게 요구하기 때문에 무게가 적게 나가는 장점을 얻을 수 있다.

본 연구의 목적은 수직철제벽면에서의 효과적인 이동과 착탈 문제를 해결하는 것이다. 바퀴중앙에 영구자석을 삽입하여 전체 바퀴가 자력을 발생시킨다. 바퀴를 특별한 형태로 설계하여 자력이 방사형

이 아닌 일정한 방향으로 자력이 집중하도록 하므로서 작은 용량의 자석으로도 강한 부착력을 얻을 수 있는 방법과 자력을 핀(pin)으로 유도하여 착탈을 용이하게 할 수 있음을 실험을 통하여 제시하였다.

2. 자장에 의한 힘의 이용

자석의 자극의 세기는 그 부분에 다른 자석을 놓았을 때 양 자극 사이에 작용하는 흡입력 또는 반발력의 대소로 표시한다. 즉 2개의 자극의 세기를 각각 M_1 , M_2 라하고 자극 사이의 거리를 r 이라 하면 자극 사이에 작용하는 힘, 자력(F)은 다음의 관계식으로 표시된다.

$$F = \frac{M_1 M_2}{r^2} \quad (1)$$

이식에서 알 수 있는 것과 같이 자석의 자력은 거리(r)에 2승 비례하고 자극의 세기(M_1 , M_2)에 정비례한다. 또한 자석의 한 끝이 고무자율의 재료와 접할 경우 인력 즉 자력(F)은 다음과 같이 표현된다.

$$F = \frac{AB^2}{8\pi} \quad (2)$$

여기서 A 는 접촉면의 면적(cm^2)이고 B 는 자석의 유도자기(gauss)이다. 이식은 모든 Pole들이 두 표면에 놓여 있다고 가정한다. 실험적으로 인력은 두 물체 사이의 거리가 멀어질수록 급격히 감소되며 인력은 두 물체의 크기와 형태에 따라라도 변화한다.

자장의 힘을 이용한 간단한 예를 Fig.1에 나타냈다. 자석의 극성이 양면의 연결기동에 수직 방향(a)일 경우 자력선은 부착 면으로 흐르지 않는다. 하지만 수평방향(b)일 경우 자력선은 부착 면으로 흘러 강한 자력을 형성한다.

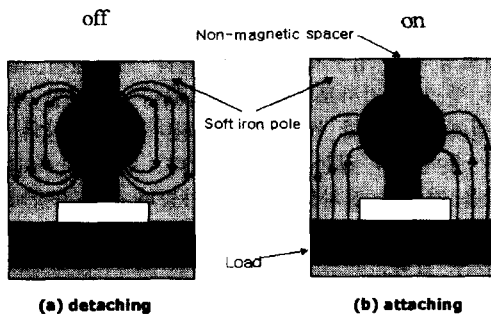


Fig.1 Permanent-magnet chuck

3. 자력선유도를 이용한 착탈방법

자석바퀴의 설계에서 가장 중요한 것은 바퀴의 형상과 자석의 효율적인 배치이다. 영구자석 바퀴의 착탈방법은 Fig.3과 같이 영구자석을 장착한 Wheel에 자력유도핀을 장착하지 않을 경우(b) 자력선은 양 방향의 면을 따라 부착 면에 강한 자력을 형성한다. 반면 자력유도 핀을 장착할 경우(a) 자력선을 유도핀으로 유도하여 부착 면으로 자력을 감소시켜 영구자석 바퀴의 이탈을 쉽게 한다. 영구자석 바퀴는 자석의 개수에 따른 자장의 분포, 자석의 크기에 따른 자장의 분포를 확인하기 위해 자석간의 간극을 일정하게 하고 자석의 배치는 유도 핀의 장착위치에 비해 하였다.

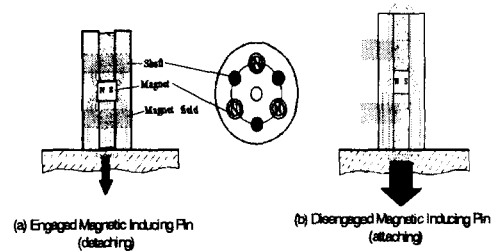
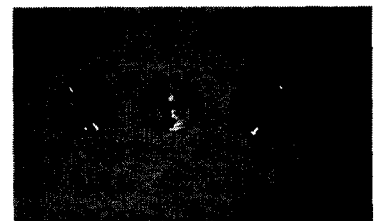


Fig.2 Magnetic force line inducing

Fig.4는 자력선 유도를 이용한 영구자석 바퀴의 설계도 및 제작된 영구자석바퀴이다.



a) Inducing Pin Operate b) Inducing Pin Dismember



c) Magnet wheel

Fig.3 Magnet wheel magnetic force line inducing system

4. 개발된 장치의 자력 측정실험

영구자석바퀴의 자력측정장치의 구성은 Fig.4와 같이 데이터 전송 및 모터제어용 컴퓨터 & DR-DAS12 Board(다림 시스템), 바퀴의 부착력측정 로드 셀(50kgf), 부착력 측정값을 파형으로 분석하는 오실로스코프(RS232Port), 자력측정용 가우스메타, 등으로 구성되며 실험은 2단계로 분류하여 실험을 실시하였다.

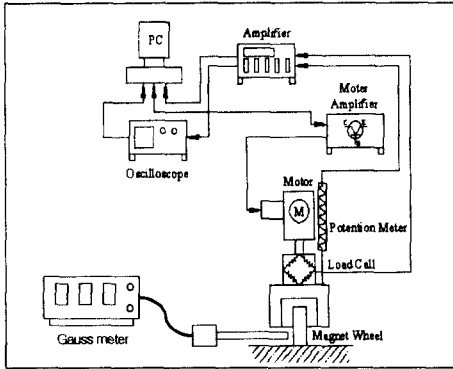


Fig.4 Experimental Setup for the Measuring of Attaching Force

4.1 Gauss meter를 이용한 자력변화 측정

Table 1과 같이 제작된 영구자석 바퀴의 자력 변화량을 가우스메타를 이용하여 측정하였다. 영구자석은 3가지종류의 영구자석 바퀴를 선택하였으며 바퀴의 재질은 연철을 사용하였다.

Table 1 Permanent-magnet size wheel

Type of Magnet	Magnet(1)	Magnet(2)	Magnet(3)
Size of Magnet (mm)	Ø10 (4EA)	Ø20 (1EA)	Ø20 (3EA)
Size of Wheel (mm)	D40×10 (2EA)	D40×10 (2EA)	D50×10 (2EA)
Thickness of Magnet	5mm	10mm	10mm
Thickness of Wheel	25mm	30mm	30mm
Ø(mm) & count of axis	ø 9, 4EA	ø 9, 4EA	ø 11, 3EA

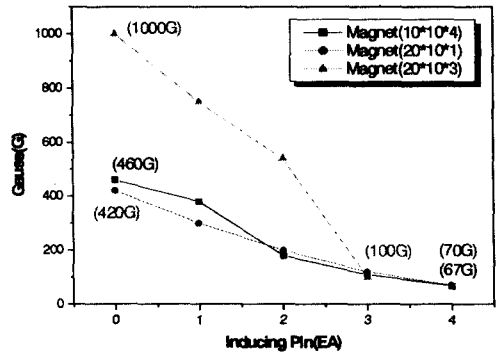


Fig.5 Variation of the Attaching Force(Measured by a Gauss Meter)

같은 조건에서의 실험결과 Fig.5와 같이 자석의 수와 배열위치에 따라 자력의 변화량이 다르게 나타났다. 유도핀의 설치 수에 의한 자력변화가 크게 나타났다으며 자석의 크기와 개수에 의해 자력변화의 차이가 크게 측정되었다.

4.2 Load Cell을 이용한 부착력 측정

Fig.6은 자석(D10mm× T5mm) 4개를 장착한 자석바퀴의 부착력 실험을 하였다. 자석바퀴에 자력유도핀을 장착하지 않았을 때의 최대 부착력은 7.35kgf를 나타내며 자력 유도핀을 4개로 증가 할 경우 1.30kgf의 부착력의 변화를 나타내었다.

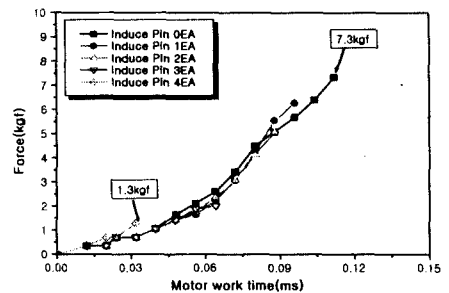


Fig.6 Attaching Force of the Magnet Wheel
(Wheel Diameter : 40mm, Thickness of Magnet : 5mm, 4 Magnets)

Fig.7은 자석(D20mm× T10mm) 1개를 장착한 자석바퀴의 부착력 실험을 하였다. 자석바퀴에 자력유도핀을 장착하지 않았을 때의 최대 부착력은 7.71kgf를 나타내며 자력유도 핀을 4개로 증가 할 경우 1.30kgf의 부착력 감소를 나타내었다.

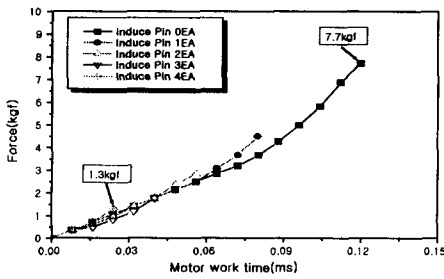


Fig.7 Attaching Force of the Magnet Wheel
(Wheel Diameter : 40mm, Thickness of Magnet : 10mm,
1 Magnets)

Fig.8은 자석(D20mm× T10mm) 3개를 장착한 자석바퀴의 부착력 실험을 하였다. 자석바퀴에 자력유도 핀을 장착하지 않았을 때의 최대 부착력은 28.83kgf를 나타내며 자력유도 핀을 3개로 증가 할 경우 10.50kgf의 부착력의 감소를 나타내었다.

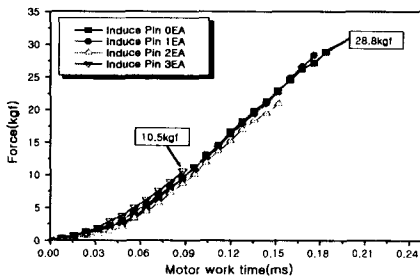


Fig.8 Attaching Force of the Magnet Wheel
(Wheel Diameter : 50mm, Thickness of Magnet : 10mm, 3 Magnets)

위의 실험을 통하여 영구자석을 이용한 바퀴는 강한 부착력과 자력을 유도함으로써 바퀴의 착탈이 용이함을 볼 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 자석의 배치, 자석의 크기 및 개수에 따라 자력유도핀을 이용하여 부착력이 감소됨을 확인하였다.

영구자석을 이용한 이동로봇의 바퀴를 개발함으로써 기존의 수직 벽면 로봇에 사용되고 있는 공기 흡착식에 비해 구조가 간단하고 착탈이 용이하므로 철 벽면에서의 작업의 효율성과 산업현장의 안전부분에 크게 이바지 할 것이다. 또한 영구자석바퀴를 이동로봇에 장착할 경우 이동속도가 기존의 장치에

비해 많이 개선 될 것이다.

영구자석 바퀴를 이용하는 경우 작업환경이 철제 벽면으로만 제한되는 단점이 있으나, 특성화된 분야에만 적용을 목적으로 개발이 이루어진다면 많은 인력과 산업현장에 크게 이바지 할 것이다.

참고문헌

1. H. Schempf, B. Chemel and N. Everett, 1995, "Neptune : Above-Ground Storage Tank Inspection Robot System", IEEE Robotics and Automation Society Magazine, pp.9-15.
2. S. Hirose and H. Tsutsumitake, 1992, "Disk Rover : A wall-climbing Robot using Permanent Magnet Disks." Proceedings of the 1992 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and System, July 7-10, pp.2074 -2079.
3. Jae. C. Lee, Yu. R. Choi, and Jae. H. Kim, 1996, "Positioning of a Mobile Robot for Reactor Vessel Inspection" The Fourth International Conference on Control. Automation, Robotics and Vision, Volume 2 of 3, pp. 878-882.
4. B. L. Luk, A. A. Collie and T. White, 1991, "Nero : A Teleoperated wall-climbing vehicle for Inspection of Nuclear Reactor Pressure vessel," proceedings of the 1991 IEEE International Conference on Robotics and Automation pp.2342-2347.
5. B. Bahr, Y. Li and M. Najafi, 1996, "Design and Suction CPU Analysis of a Wall Climbing Robot," Computer Elect. Engng, Vol 22, No 3, pp. 193-209.
6. Wang yan, Liu Shuliang, 1999, "Development & Application of Wall-Climbing Robots" Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Robotics & automation Detroit Michigan, May, pp.1207-1212.
7. A. NISHI, 1996, "Development of wall-climbing Robots" Computers Elect. Engng, Vol 22. No 2 pp.123-149.
8. B. L. Luk, A. A. Collie, J. Billingsley, 1991, "ROBUG II : An Intelligent Wall Climbing Robot," Proceedings of the 1991 IEEE International Conference on Robotics and Automation Sacramento, California-April pp. 2342-2346.