

영구자석을 이용한 새로운 Suction Mechanism

서성근[†] · 이승희* · 박종현**

New Suction Mechanism Using Permanent Magnet

Sungkeun Seo, Seunghee Lee and Jonghyeon Park

Key Words : Vacuum Pump (진공펌프), Suction Cup (흡착컵), Permanent Magnet (영구자석)

Abstract

Suction transfer system with air suctioning is widely used and continuously developed in production automation. Air suctioning has some drawbacks in use. To generate vacuum in the suction cup with air suctioning, complex of mechanical component like as air compressor, air tube, air value is need, and it needs continuous air supply. And if the failure of the suction in a cup in the multi-suction cup system which is generally used occurs then the suction of all of the cup will be fail. To overcome these drawbacks, new suction mechanism which uses permanent magnet for the movement of the suction cup is proposed. The proposed mechanism activates each suction cup separately, so the air leakage of a cup is not critical. The proposed suction system was designed and fabricated in real world. With some experiments, the usability and performance of the suction mechanism was proved. The strong points of the proposed suction mechanism are simple structure, high energy efficiency, and discrete energy supply.

기호설명

W : 리프트 력(kgf), **P :** 진공 압력(mmHg)

V : 부피(cm³), **S :** 패드 면적(cm²)

t : 안전율 수평사용 : 1/2(2 배)

수직사용 : 1/4(4 배)

1. 서론

Suction system 을 이용한 이송장치는 생산 자동화 분야에 있어서 중요한 자리를 차지하고 있으며 특히 반도체와 같이 충격에 예민하거나 grip 이 어려운 제품들을 한 공정에서 다른 공정으로 이송할

경우 제품에 최소의 충격과 최소의 damage 를 주는 이유 때문에 많이 사용된다. 그리고, 로봇 분야에서 suction 을 이용한 이동에 대한 연구도 활발하게 진행 중이다 [3],[6].

Suction system 자체에 대해 현재까지 연구된 대부분의 내용은 air 를 이용한 suction 에서 효율과 성능에 대한 것이었다. 이러한 목적을 위해 많은 연구자들은 suction cup 의 모양, 형태, 재료에 대한 연구들을 진행 하였다[2]. 그러나, 이제까지의 연구나 suction system 의 실제 사용에 있어 suction 은 외부 air 공급이 에너지원이었다. 외부의 air 공급은 소음원이 되는 컴프레셔, 복잡하게 연결되는 에어튜브, 밸브등과 같은 많은 장치들이 필요하므로, 설치와 사용이 복잡한 단점이 있다. 일반적으로 suction 은 단수의 cup 을 사용하지 않고 복수의 cup 을 사용하게 되는데, 외부 air 를 이용한 대부분의 suction system 은 하나의 suction 실패가 있는 경우 air leakage 로 인해 전체의 실패로 이어진다. 이에 설계자들은 새는 공기의 양을 보상 받기 위해 다단 노즐 방식의 진공 발생기와 같은 대용량

[†] Hanyang University, Mechatronics Lab.
E-mail : ilchool96@hotmail.com
TEL : (02)2297-3786 FAX : (02)2297-3786

* Hanyang University, Mechatronics Lab.

** Hanyang University, Mechatronics Lab.

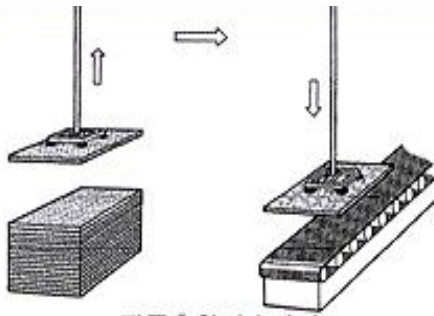


Fig. 1 Conveyor system by suction cup



Fig. 2 Pattern of suction cup

의 진공펌프를 선정하려고 한다. 하지만 개별적인 진공이 아님으로 여전히 실패의 요인이 남아있다. 이러한 단점들이 외부 air 공급을 이용한 suction system 이 극복해야 할 과제이다.

본 논문에서는 자동화에 사용되는 suction system 이 갖는 여러 가지 단점들을 극복하기 위해 영구자석을 이용한 새로운 방식의 suction mechanism 을 제안하였다. 기존의 외부에서 air 를 공급받는 방식의 단점인 복잡성과 공간의 문제를 해결하기 위해 제안된 방법은 전력을 에너지원으로 사용하며, air leakage 에 의한 suction 의 실패에 강인하도록 개별 cup 에 각각 suction 이 가능하도록 고안되었다. 제안된 새로운 suction system 의 장점은 air 를 이용한 경우에 비해 매우 간단한 구조로 구현이 가능하고, 흡착 후 지속적 에너지 공급이 필요하지 않으며, air 를 이용하는 경우에 비해 상대적으로 높은 효율을 갖는 다는 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 suction cup 의 구조와 그에 대한 이론적 배경 및 영구자석을 이용한 suction mechanism 에 대한 설명을 하였고, 3 장에서는 suction cup 의 선정 및 설계 후 완성된 suction system 에 대한 설명이 있다. 4 장에서는 실험과 그에 대한 결과를 5 장에서 결론을 맺는다.

2. New Suction Mechanism

본 논문에서 제시하는 새로운 방식의 suction

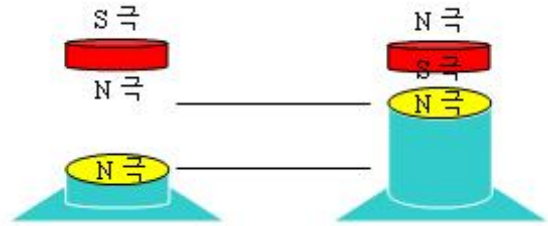


Fig. 3 Concept of permanent magnet method

mechanism 은 suction cup 내부에 진공을 생성시키는 방법을 1 unit 의 vacuum pump 에서 개별적인 vacuum pump 로 개선하였다. 예를 들어 Fig.1 과 같은 진공흡착 이송 라인에서 네 개의 suction cup 구조물에 1 unit 의 vacuum pump 를 사용하게 되면 이송물체와 네 개의 suction cup 과의 정확한 평형을 위한 위치 제어가 필요하다. 즉, 하나의 suction cup 내부의 진공이 파괴 되면 나머지 세 개의 suction cup 내부로 공기가 흘러 들어가게 되어 suction 에 실패하게 된다. 이와 같은 단점을 개선하기 위해 본 논문에서는 suction cup 내부에 진공을 개별적으로 발생시키도록 개별적 actuation 을 부여하였다.

본 논문에서 사용되는 내압과 힘의 관계식은 다음과 같다. Suction cup 내부의 압력 변화는 다음의 식을 따른다.

$$PV = P''V'' \quad (1)$$

또한, suction cup 사용유형에 따라 필요한 힘의 0 크기는 다음의 식으로 계산된다.

$$W = \frac{P}{760} \times S \times t \times (1.033) \quad (2)$$

Fig.2 는 suction cup 의 사용 유형에 대한 설명이다. 수평사용과 수직사용에서 필요한 힘은 식(2)에 있는 안전계수 t를 달리하여 계산한다.

각각의 Suction cup 내부에 개별적인 vacuum 을 생성시키기 위한 방법으로 영구자석의 척력과 인력의 원리를 응용하였다.(Fig.3). 그 원리는 다음과 같다. 구조물에 구속된 길이방향에서 자석이 척력의 위치가 되게 하여 suction cup 의 높이가 최소가 되도록 누르는 방향으로 힘을 가한다. 잠시 위치를 고정시킨 후 영구자석 극성을 순간적으로 전환하여 suction cup 을 최대 높이로 팽창시킨다. Suction cup 내부의 진공은 suction cup 내부 공기의 개폐를 위한 코어를 삽입하여 최소 높이에서 최대 높이로 변화할 때 진공이 발생되도록 하였다.

	Perbunan	Polyurethane	silicone	viton
Very high stress	-	*	*	-
foodstuffs	-	-	*	-
Oily workpieces	*	*	-	*
High ambient temperatures	-	-	*	*
low ambient temperatures	-	*	*	-
Smooth surface(glass)	*	*	-	*
Rough surface (wood, stone)	-	*	-	-
Antistatic	-	-	-	-
Minimal marking	-	*	*	-

Table 1 Classification by material

이와 같이 개별적인 vacuum pump 를 생성하기 위하여 본 논문에서는 영구자석을 이용하였다. 개별적인 suction mechanism 의 원리는 오징어(cuttle fish)와 같은 두족류의 흡반과 해충의 흡반에서 응용하였다[1]. 이 방법에 의하면 다수의 suction cup 내부에 각각 개별적인 진공을 생성하게 되므로 소수 suction cup 의 진공실패가 전체 suction system 의 진공을 파괴하는 현상을 방지한다.

3. Suction Cup

3.1 Suction Cup 의 선정

Suction cup 재질의 선택은 이송물체의 재질과 표면의 성질, 그리고 사용 환경을 고려하여야 한다. 일반적인 생산 자동화 공정은 높은 온도와 같은 특별한 환경이 아니다. 본 논문에서는 suction cup 이 여러 환경에서 사용될 수 있도록 거친 표면이나 부드러운 표면 모두 사용할 수 있는 polyurethane 을 선택하였다. 그 선택의 기준은 Table 1 에서 확인 할 수 있다[2].

Suction cup 은 일반적으로 cup 의 모양에 따라 round, bellows 그리고 oval 의 세 가지로 분류되어진다. 본 논문에서는 체적 변화율이 크고 내압성과 스프링 특성이 우수한 Bellows 형태를 선택하였다. 또한 bellows 형태는 기밀성, 내연성, 내식성, 굴곡성이 우수하여 물체와 부착시에 최소의 데미지를 제공하는 장점이 있다. Suction cup 의 크기는 cup 의 개수와 발생하는 힘에 대해 종속되므



Fig. 4 FESTO BU10

로 가공과 실험의 편의성을 위해 접촉면의 지름이 10 mm 인 FESTO BU10 (Fig.4)을 선택하였다.

3.2 Suction Cup 선정에 따른 분석

FESTO BU10 의 suction cup 내부에 생성되는 압력을 살펴보자. FESTO BU10 는 내부 부피가 0.38cm³이며, 자석의 척력에 의해 최소의 높이가 되었을 때 부피는 0.02cm³, 자석의 인력에 의해 최대의 높이가 되었을 때 부피는 0.5cm³ 가 된다. 따라서, 식(1)에서 최대 높이가 되었을 때 suction cup 내부의 압력을 알 수 있다. 이 계산식에서 외부의 기압은 1 기압으로 하였다. 그 결과식은 다음과 같다.

$$1 \times 0.02 = P' \times 0.5$$

$$\rightarrow P' = 0.04 \text{ atm} = 30.4 \text{ mmHg}$$

따라서, 각각의 Suction Cup 내부에는 30.4mmHg의 압력이 발생하게 된다. 산업 현장에서 말하는 진공 (vacuum)이란 개념은 대기압보다 낮은 상태의 압력을 유지하고 있는 인위적인 공간을 의미하므로 대기압 760mmHg 보다 낮은 30.4mmHg 은 진공 상태라 말할 수 있다. 또한, suction cup 이 30.4mmHg 상태에서 생성시키는 힘의 크기는 식 (2)를 통해 유도 한다.

$$W = \frac{P}{760} \times S \times t \times (1.033)$$

$$= \frac{0.04 \times 760}{760} \times (\pi \times 0.5^2) \times 0.5 \times (1.033)$$

$$= 16.2 \text{ gf}$$

6 개의 suction cup 을 이용하여 수평사용(Fig.2)에 적용할 경우(안전계수 0.5) 이론적으로 다음과 같은 힘을 낼 수 있다.

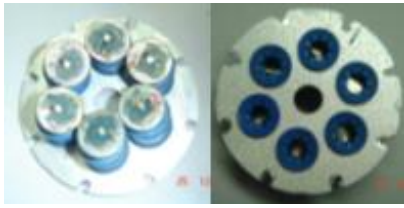


Fig. 5 Suction cup on the bottom



Fig. 6 Body and permanent magnet



Fig. 7 structure

$$W \times n = 16.2 \text{ gf} \times 6 = 97.2 \text{ gf}$$

만약 안전계수 0.5 를 고려하지 않는다면 194.4 gf 의 힘을 낼 수 있게 된다.

3.3 Mechanism Design

FESTO BU10 suction cup 은 높이 16mm, 지름 $\phi 10$ 의 크기와 bellows 형태를 가진다. 영구 자석의 척력에 의해 최소 높이는 12mm, 인력에 의해 최대 높이는 17mm 까지 수축 팽창이 된다. 50g 의 이송물체일 경우 두 개의 suction cup 에서 진공이 실패한다고 가정하고 Fig.5 와 같이 여분의 suction cup 2 개를 더하여 6 개의 suction cup 을 구조물 바닥에 부착하였다. 또한 자석의 원리를 응용하기 위하여 각각의 suction cup 머리 부분에 영구 자석을 부착하였으며, 자석 사이에 척력이 발생하는 동안 suction cup 이 넘어지지 않도록 Body 구조물에 가이드를 설치 하였다(Fig.6). 여기서 영구 자석을 부착할 때 주의할 점은 Fig.5, Fig.6 에서 보듯이 60° 간격으로 번갈아 부착해야 하는 것이다. 이 형상은 Fig.7 에서와 같이 윗부분의 영구 자석을 60° 씩 회전시키면 구조물 내부 suction cup 에 부착된 영구 자석과 척력, 인력이 번갈아 가며 발생하게 된다. 이로 인해 번갈아 가면서 각각의 suction cup 에서 개별적으로 진공과

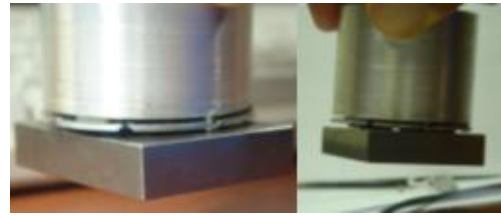
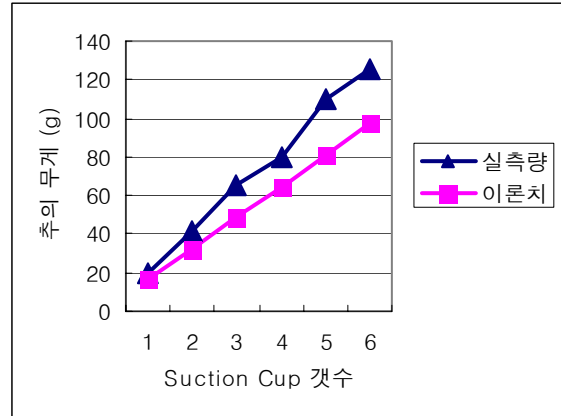


Fig. 8 Conveying product



Graph 1 Force by the number of suction cups

플럼이 생성되게 된다.

4. 실험

Torque 1.5 ~ 2kgf 의 힘으로 구조물 윗부분의 영구 자석을 60° 씩 회전시켜 구조물 내부에서 척력이 발생하게 한다(Fig.7). 60° 회전시켰을 때 척력이 발생하는 위치에서 이송물체의 표면에 접촉시킨다. 이때 suction cup 의 높이는 최소가 된다. 다시 60° 회전시켜 구조물 내부에서 자석 사이에 인력을 발생시킨다. 이때 suction cup 은 최대의 높이가 되며 진공을 형성하게 된다. 즉 6 개의 suction cup 내부에서 개별적으로 진공을 형성하게 되는 것이다.

Suction cup 의 개수에 따른 실험적 힘의 크기는 이론적으로 구해진 값 보다 조금 큰 값을 나타낸다. 그 이유는 식 (2) 의 계산에서 suction cup 수평 사용시 고려한 안전계수 0.5 때문이다. 따라서 안전계수를 고려하지 않았을 때의 이론적인 힘보다는 적은 무게를 들지만 적절한 안전계수를 통하여 이송물체를 안전하게 이송시킬 수 있는 힘을 낼 수 있다. 또한, 소음이 없으며 복잡한 공기 튜브의 영킴이 없으므로 매우 간단한 구조의 이송 시스템을 꾸밀 수 있었다.

5. 결 론

오징어와 같은 두족류의 흡반에서와 같이 개별적인 vacuum pump 를 제공하기 위하여 본 논문에서는 영구 자석을 응용하였다. 6 개 suction cup 내부에 각각 진공을 부여 함으로서 소수 suction cup 의 진공실패로 인해 전체 시스템 진공실패가 발생하는 것을 방지하였다. 또한, 에어 컴프레셔를 이용하여 suction cup 내부에 진공을 발생시켰던 system 과 다르게 영구 자석만으로 진공을 발생시킴으로서 컴프레셔로 인한 소음을 감소 시켰다. 그로 인해 복잡한 공기 튜브는 사라지고 보다 간단한 구조를 제공하게 되었다. 이를 이용하면 산업현장의 자동화 부문에서 보다 간단한 구조를 가지면서 저소음 system 을 설계 할 수 있을 것이다.

후 기

Air Compressor 를 이용한 기존의 Suction System 은 부가적인 장치에 의한 소음과 공기 튜브의 복잡한 얽힘이 존재한다. 또한, 개별적인 진공이 이루어지지 않으므로 여러 개의 suction cup 이 모두 성공해야 하는 제어적인 문제가 있다. 이에 적은 소음과 보다 간단한 구조로서 개별적인 진공을 생성시키고자 하였다. 영구 자석을 응용하기에 앞서 전자석을 이용해 보았으나 전자석 힘에 비해 부피가 너무 크다는 단점이 있었다. 처음 생각한 척력과 인력을 응용하기 위해 전자석에서 영구 자석으로 방향 전환 하였으며 순간적인 극성 변환을 위해 N, S 을 교차 설치하는 방법을 사용하였다. 어려운 점이 있었다면, suction cup 의 머리 부분에 영구 자석을 고정하는 것과 cup 내부에 진공을 형성시키기 위한 막을 형성하는 것 이었다. 실험에 의해 이론 값보다 조금 많은 무게를 들 수 있는 결과가 나왔다. 이렇듯 소음과 구조, 그리고 개별적 진공의 장점을 잘 살리면 로봇의 발, 손 등에 응용할 수 있으며 생산자동화 이송 장치에 유용하게 사용할 수 있을 것이다.

참고문헌

- (1) Holland, Celia.Kennedy, Malcolm W. ,2002, "The geohelminths:aascaris, trichyris, and hookworm",Vol.2, pp. 86~89
- (2) FESTO, 2003, "Products 2002/2003", Vol.1, pp. 2.4-53~58
- (3) T.Yano, T.Suwa, K.Sakurada, M.Murakami, 1996, "Development of a Wall Climbing Robot II with

Scanning Type Suction Cups", Proceedings of the 2nd ECPD International Conference on Advanced Robotics, Intelligent Automation and Active System, pp.368~373.

- (4) T.Yano, S.Numao, Y.Kitamura,, 1998 , "Development of a Self-contained Wall Climbing Robot with Scanning Type Suction Cups", Proceedings of the 1988 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and System,Victoria.B.B.,Canada pp249~254
- (5) K.Ikeda, T.Yano, 1991, "Fundamental Study of a Scanning-type Suction Cups", Advanced Robotics, Vol.5, No.3, pp309~230
- (6) Lal Tummala, Ranjan Mukherjee, Ning Xi, Dean Aslam, Hans Dulimarta, Jizhong Xiao, Mark Minor, Jizhong Xiao, Mark Minor and Grish Dangi, 2002, "Climbing The Walls", IEEE Robotics & Automation Magazine, pp10~19