

Micro-factory용 Micro Actuator와 Micro Gripper

이 글은 Micro-factory에서 전 공정을 자동화하기 위해서 사용되는 반송시스템과 조립 장비에 사용되는 Micro Actuator와 Micro Gripper의 해외 개발동향에 대해서 간단하게 언급하고자 한다.

생산가공 시스템이 소형화하면 공간, 에너지, 환경 오염, 투자비용 등이 절감되는 효과를 가진다. 또한 21세기 들어서면서 대량생산 및 대량소비의 형태에서 벗어나 on demand product에 대응하는 새로운 생산시스템이 요구되고 있다. 이러한 패러다임과 제품이 소형화 고 집적화 됨에 따라서 이를 만족시키는 생산형태로 micro-factory에 대한 연구가 진행 중이다. 이러한 기술이 실현되면 micro-factory는 기존의 공장뿐 아니라 연구실, 설계실 더 나아가 백화점 같은 판매점이 바로 공장이 되는

형태로도 발전하여 유통이나 생산에 새로운 패러다임으로 등장할 것이다. 이러한 micro-factory는 NT, BT와 연결되어 새로운 시너지효과를 나타낼 것으로 예상된다. 또한 micro-factory는 생산의 유연성이 높아 model change에 대처나 새로운 생산체제로 변화가 쉽다. 이러한 micro-factory에 적용되는 장비 또한 소형화 되어야하며 이러한 장비의 핵심 요소부품인 액츄에이터(actuator)뿐만 아니고 서보시스템 자체도 소형화되어야 한다. 이러한 요구에 대응하기 위해서 기존에 많이 사용하는 서보

모터를 축소하는 노력과 함께 새로운 액츄에이터에 대한 연구가 진행 중이다. 또한 부품의 크기가 소형화되면서 부품의 강성이 작아져 잘못 다루면 파손되기 쉬워 이를 handling하기 위한 gripper에 대한 연구가 필요하게 되었다. micro 부품을 위한 gripper는 micro-factory뿐 아니고 BT 분야에서 세포를 handling할 때 사용하기도 한다.

Micro Actuator

기계가 동작하기 위해서는 에너지를 받아 힘이나 토크로 변환

시킬 수 있는 액츄에이터가 필요하다. 기존 기계에서는 전기적 에너지를 기계적 에너지로 변환하는 액츄에이터로 모터가 일반적으로 사용되었다. 그러나 기계가 소형화되면서 scaling effect의 영향으로 모터를 소형화하면 토크가 작아져 구동력이 약해진다. scaling effect란 단위길이가 작아져 역학적 물리량이 변화함으로써 나타나는 현상이다. 안내기

구도 역시 소형화하면 강성이 급격하게 작아져 가공기로 사용하기 어렵게 된다. 이러한 점을 보완하고자 소형 모터와 새로운 타입의 actuator와 구동시스템이 연구 중이다. 일본 치바대학에서는 NEDO 지원으로 실시된 '미니 생산시스템의 개발' 과제를 통해서 소형 주축모터를 개발하였고 그림 1은 개발된 소형 주축모터를 나타낸다. 모터의 길이는

100mm 이하이며 최대 10,000rpm까지 회전속도를 가지며 중공타입이다. 밀링 절삭 및 연속절삭에는 충분한 토크를 가지지만 절단작업에는 동력이 부족한 것으로 판단된다. 향후에는 동력을 2배 정도 높이는 연구가 추진될 것이다.

앞에서 언급한 것처럼 모터가 소형화되면 size effect에 의해서 충분한 토크를 가질 수 없다. 이를 기계적으로 보완하는 장치가 감속기이고, 이중에서 기어를 이용한 하모닉 드라이버가 비교적 큰 감속비를 가지며 Backlash 없이 동력을 전달할 수 있다. 그림 2는 2001년 독일 Mainz에서 개발한 Maxon 소형 모터용 micro 하모닉 드라이버를 나타낸다. 높은 신뢰성을 가지며 backlash가 없고 100,000rpm까지 사용이 가능하다. 직경은 6mm와 8mm 두 가지가 개발되었고 기어 비는 1:160, 1:500, 1:1,000 세 가지가 개발되었고 재질은 Nickel이다.

소형 공작기계도 역시 기존의 공작기계의 구조를 현재는 그대로 유지하고 발전 중으로 주축을 제외하면 회전 모터는 회전력을 직선 운동으로 바꾸는 대표적인 볼 스크루 같은 기계장치가 반드시 필요하다. 소형화되면 볼 스크루는 제작 매우 어려워지고 제작이 되더라도 강성이 작아 공작기계 적용하기 어려워진다. 이러한 단점을 보완하기 위해 보이소

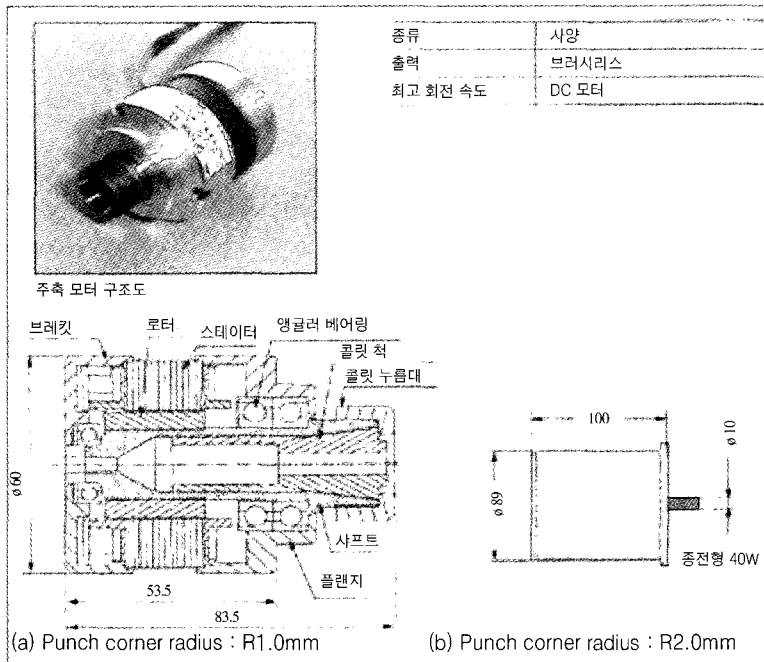


그림 1 일본에서 개발된 소형 주축용 모터 개발



그림 2 Micro 하모닉 드라이버

코일과 같은 직선운동이 가능한 연구가 진행 중으로 그림 3과 같다. 전체 크기는 180×180×300mm이고 행정은 각각 3축이 25mm이다.

초소형 공작기계에 개발사례로 자주 소개되는 1996년 개발된 NC micro 선반은 크기가 32×28×30mm, 중량은 98g으로서 100g이 되지 않는다. 여기에 사용된 Micro 슬라이더는 압전소자를 이용하여 클램프와 관성력을 이용하여 움직인다. 구동원리는 클램프용 액츄에이터에 의해서 고정되고 피드용 액츄에이터에 의해서 신장되고 다음은 클램프가 해제되고 수축된다. 이때 피드용 액츄에이터를 중심으로 질량비율로 움직이게 된다. 만약 두 질량이 같으면 피드용 actuator의 신장 길이의 1/2만이 이송된다. 반대로 움직일 경우에는 순서를 반대로 하면 된다.

Micro-factory용 소형 공작기계에서 현재 가장 많이 응용하고

있는 소자는 PZT라고 생각된다. PZT는 소형이고 높은 구동력을 가지는 장점을 가지지만 행정이 작은 단점을 가진다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 그림 4에서 설명한 micro 슬라이더 방식이나 잘 알려진 inchworm 방식 등이 연구되고 있다. 이와 함께 초음파 방식이 연구되고 있는데 독일의 PI사에서 제품을 개발하여 출시하였다. 그림 5는 모델 M-661, M-662를 나타내며 크기는 30×23×10mm이고, 행정은 20mm, 가속도는 최대 20g, 속도는 최대 500mm/s이며, 위치분해능은 50nm, 하중 능력은 5N이다. 또한 초음파 방식의 특성상 self-locking 기능을 가지고 있다. 그림 6은 주문형 micro actuator로 행정을 사용자의 임의대로 변경할 수 있는 특징을 가진다. 위치분해능은 100nm, 최고 속도는 800mm/s이고, 추력은 1N이고 무게는 10g에 불과하다.

Micro gripper

Micro gripper는 미세부품을 Handling 하기 위해서 과도한 힘이 부품에 전달되지 않도록 하여 부품이 파손되지 않도록 공압을 이용하거나 MEMS 분야에서 사용하는 새로운 형태의 액츄에이터를 이용하는 경우가 많다. 예를 들면 정전기력, 정자기력, 형상기억합금, 기능성 polymer, 무기질 압전재료 등과 같은 물리, 화학적 현상을 이용한 새로운 형

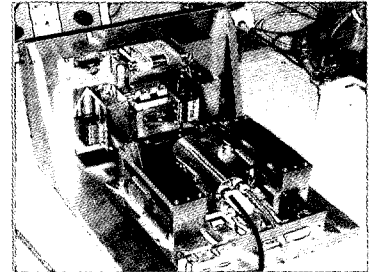


그림 3 보이스 코일을 이용한 3축 구동장치

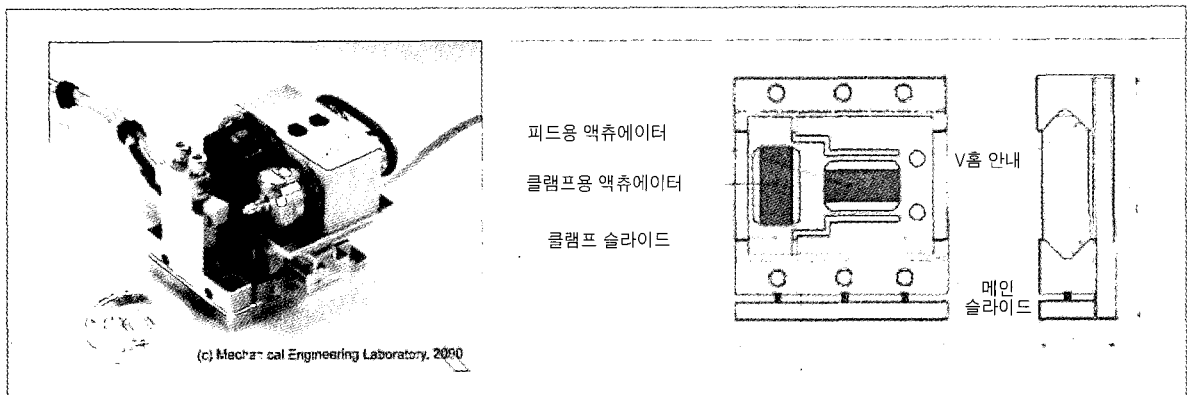


그림 4 NC Micro 선반과 이에 사용된 Micro 슬라이더

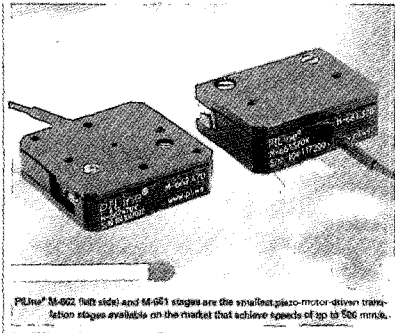
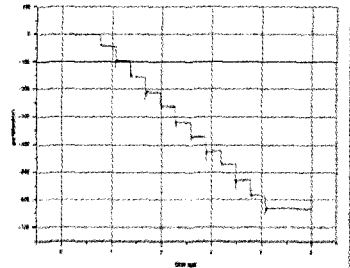
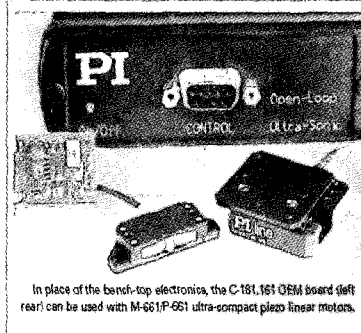


그림 5 독일 PI 사 Model M-661, M-662 특성



태의 액추에이터가 사용된다. 그림 7은 독일 Karlsruhe 대학에서 개발한 렌즈 gripper로 20nm의 절대 위치정밀도를 가지며, 힘 센서를 이용하여 렌즈에 무리한 힘이 가해지지 않도록 하고 있다.

그림 8은 미국 Carnegie Mellon 대학에서 개발한 2자유도 공압 gripper이다. 특징은 비전을 사용하여 150nm의 정밀도를 구현하고 있다.

그림 9는 독일에서 개발한 공압을 이용한 micro gripper와

이를 이용하여 반도체 BGA ball을 이용하여 test하는 장면이다. 무게는 2.7g, 크기는 41.5×6×6mm, gripping force는 공압에 따라서 0.1~1 N까지 조정 가능하며 수명이 길다.

그림 10은 Zyvex 사에서 개발한 열변형을 이용한 micro gripper로 10volt 정도의 전압을 가해주면 gripper가 열리고 전압을 0volt로 하면 gripper가 닫힌다. Gripper의 크기는 1.5×1mm, 두께는 약 50μm 정도이고, gripping force는 0.55mN 정도이다. 이를 이용하여 virtual simulation과 연동하는 user interface를 완성하였다.

그림 11은 스위스에서 개발한 역시 열변형을 이용한 micro gripper로 평판의 두께가 일정할 때 단면적에 따라서 저항값이 변화하고 이에 따라서 전압을 가했을 때 발생하는 열량이 달라 불균일한 온도 분포가 나타나 열변형이 나타난다. 두께는 약 200μm로 온도가 높은 부분을

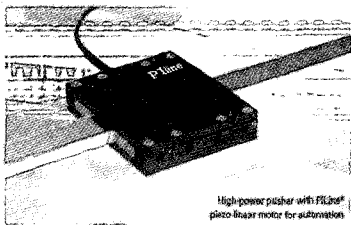


그림 6 독일 PI 사 주문형 Micro Actuator Model P-661

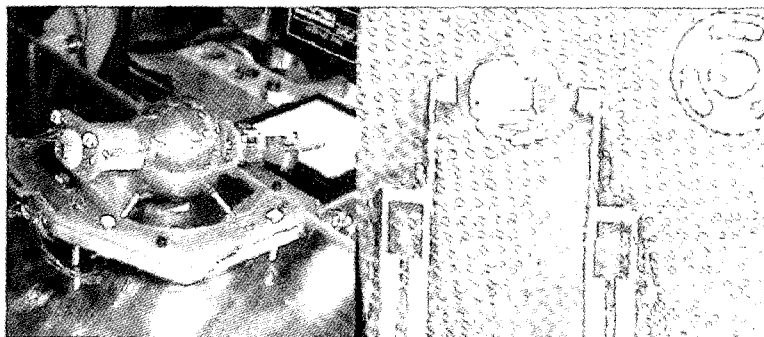
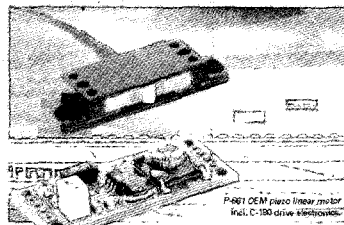


그림 7 독일 Karlsruhe 대학에서 개발한 광 부품 Gripper

500°C까지 오르고 낮은 부분은 100~200°C가 된다.

병렬형 메커니즘은 구조적으로 직렬형보다 강인한 구조와 우수한 정밀도를 가지며 구조의 크기를 작게 하면서도 높은 자유도를 얻을 수 있어 3차원 운동이 가능하다. 병렬형 메커니즘은 일본 기계기술연구소에서 개발한 방법과 독일의 Kloc Ke Nanotechnik에서 개발한 메커니즘이 있다. 그림 12는 일본 기계기술연구소에서 개발한 3자유도 micro gripper를 나타낸 것으로 압전 PZT actuator를 이용하여 인간의 손동작에 의한 젓가락 운동을 모사하여 직경 5 μ m 광학부품의 조립에 사용하였다.

그림 13은 형상기억합금을 이용한 micro gripper로 초기 상태는 두 개의 평판에 의해서 micro gripper의 간격이 유지되다가 전기를 가해서 발열이 되면서 형상기억합금이 수축하면서 gripping이 된다. gripping force는 전류에 선형적으로 변형하여 300mA 전류가 흐르면 약 120gf의 gripping force가 발

생한다.

그림 14는 flexible micro

gripper로 선형운동을 flexure에 의해서 gripping 운동으로

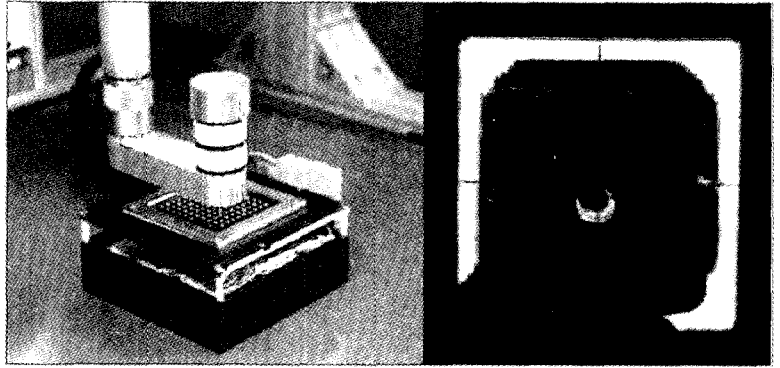


그림 8 미국 Camegie Mellon 2자유도 Gripper

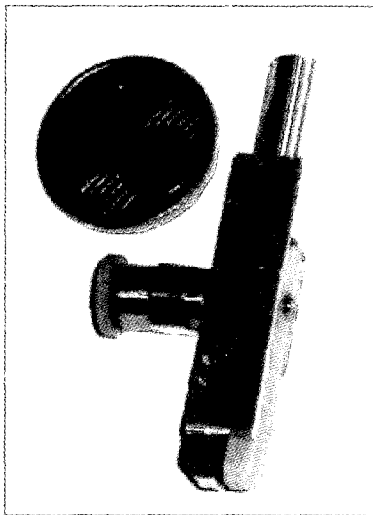


그림 9 독일에서 개발한 공압을 이용한 Micro Gripper

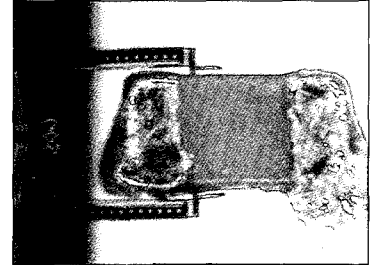
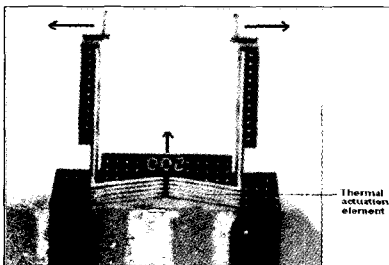


그림 10 MEMS 기술을 이용한 열변형 Micro Gripper

변환하게 된다. gripping force 는 제작된 Flexure의 스프링 복

원력에 의해서 결정되는 구조로 선형운동장치의 과도한 힘이 부

품에 전달되지 않는다. 제작된 micro gripper의 크기는 15×6×2mm이다.

그림 15는 핀란드 Tampere 대학에서 개발한 micro 부품 이송장치와 vision을 장착한 micro gripper이다. 부품이 micro화 하면서 중력보다는 표면장력, 분자력 등에 의해서 부품이송이 표면에 붙어서 이송이나 gripping이 어렵게 된다. 이러한 점을 해결하고자 다공질 재질과 공압을 이용하여 마이크로 부품의 반송을 원활히 수행한다. 또한 micro 부품인 경우 팔레트나 트레이를 사용하기 어려운 문제가 있다. 이를 이용하기 위해서 vision을 이용하여 부품의 위치를 파악하여 gripping하는 방안

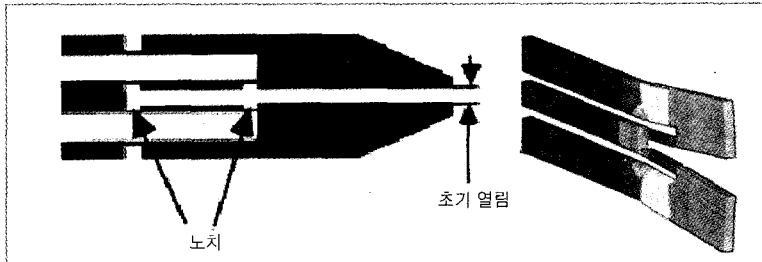


그림 11 열변형을 이용한 Micro Gripper

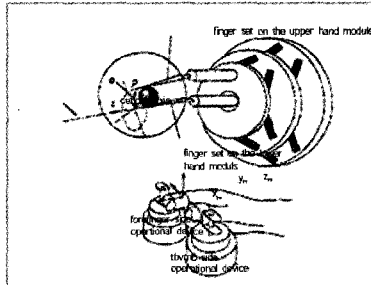
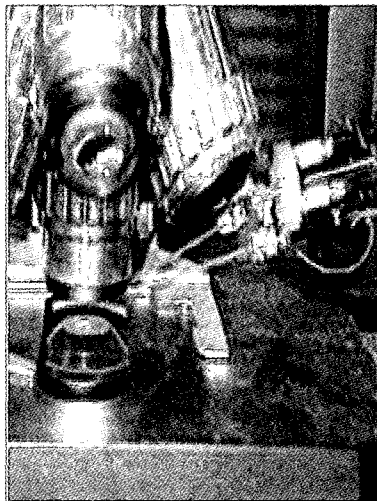


그림 12 일본 기계기술연구소 병렬형 3자유도 Micro Gripper

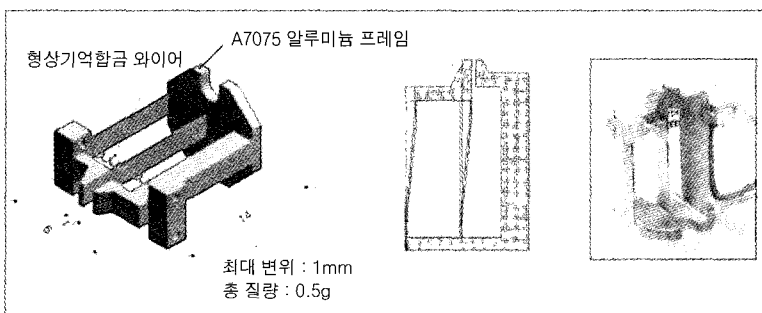
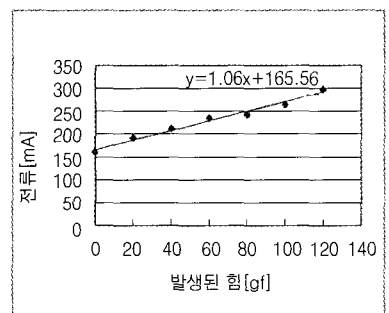


그림 13 형상기억합금을 이용한 Micro Gripper



이 tampere 대학에서 연구되었다.

맺음말

제품이 소형화되면서 micro-factory의 장점은 여러 분야에서 언급되고 있으며 정보통신, 의료, 항공, 군사, 가전분야 등에서 폭 넓게 응용될 것으로 예상하고 있다. Micro-factory를 구성하는 소형 공작기계, 조립기계, 반송시스템에 사용되는 액추에이터나, gripper는 size effect로 새로운 방식이 요구되고 있으나 현재 국내는 이러한 요소기술에 대한 연구가 부족한 상태다. 물론 system integration 기술도 중요한 요소이나 기초기술에 대한 연구가 시급하다.

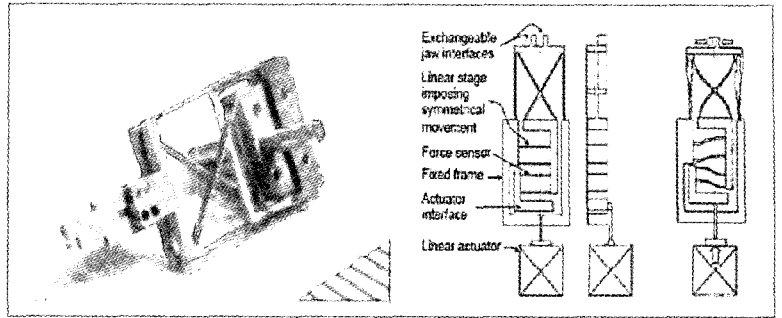


그림 14 스프링 구조의 마이크로 그리퍼

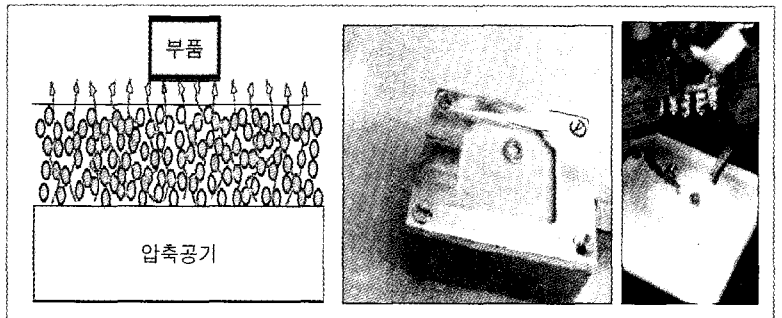


그림 15 Micro 부품 이송장치와 Vision을 장착한 Micro Gripper

기계용어해설

알루미늄 청동(Aluminium Bronze)

특수 화학기기, 선박, 항공기, 자동차, 차량부품에만 쓰이는, 구리를 주성분으로 알루미늄을 섞은 합금.

에어로슬라이드(Aeroslide)

직포 또는 다공질 판을 깔 이중바닥의 경사진 밀폐통 바닥에 압축공기를 불어내어, 분체를 유동시켜 운반하는 공기 필름 컨베이어.

활성화 반응증착법(Activated Reactive Evaporation)

증착금속과의 반응 중에 방전촉진작용으로 천이금속의 탄화물, 질화물, 산화물 등을 증착하는 방법.

흡착(Adsorption)

기체 또는 액체 속의 물질이 그 상과 접하는 다른 상과의 경계에서 상의 내부와 다른 농도를 유지하며 평형을 이루는 현상.