

자성유체란 무엇인가

What is Ferrofluid?

자석에 반응하는 액체. 고체 자석도, 평범한 기름도 아닌 제3의 소재입니다. 나노미터 크기의 자성 입자를 오일에 흩어놓아 만든 이 액체는 자기장을 걸면 형태를 바꾸고, 자기장을 치우면 즉시 평범한 액체로 돌아옵니다. 반도체 진공장비의 밀봉재로 쓰이는 이유가 바로 이 성질에 있습니다.

약 10 nm

자성 입자 지름
머리카락 굵기의 1만분의 1

3가지

마그네타이트 · 계면활성제
· 베이스 액체

초상자성

자기장을 없애면
자성이 즉시 사라짐



MAGRON CO., LTD.

자성유체 · 피드스루 · 마그넷 전문 제조

자성유체(Ferrofluid)는 **자성을 띠는 액체**입니다. 검은 액체에 자석을 가까이 대면 액체 전체가 자석 쪽으로 끌려갑니다.

액체가 금속처럼 자석에 반응하는 이유는 간단합니다. 마그네타이트(자철석)나 산화철 같은 자성 물질을 아주 잘게 부수어 오일에 섞었기 때문입니다. 다만 그냥 섞으면 가루가 가라앉거나 서로 뭉쳐버립니다. 이를 막아 주는 것이 세 번째 재료인 계면활성제입니다.

01 나노 자성 미립자

마그네타이트

지름 약 **10 nm(100 Å)**의 자성 초미립자. 마그네타이트·산화철 계열을 씁니다. 이 정도로 작아야 액체 속에 떠 있을 수 있습니다.

02 SURFACTANT

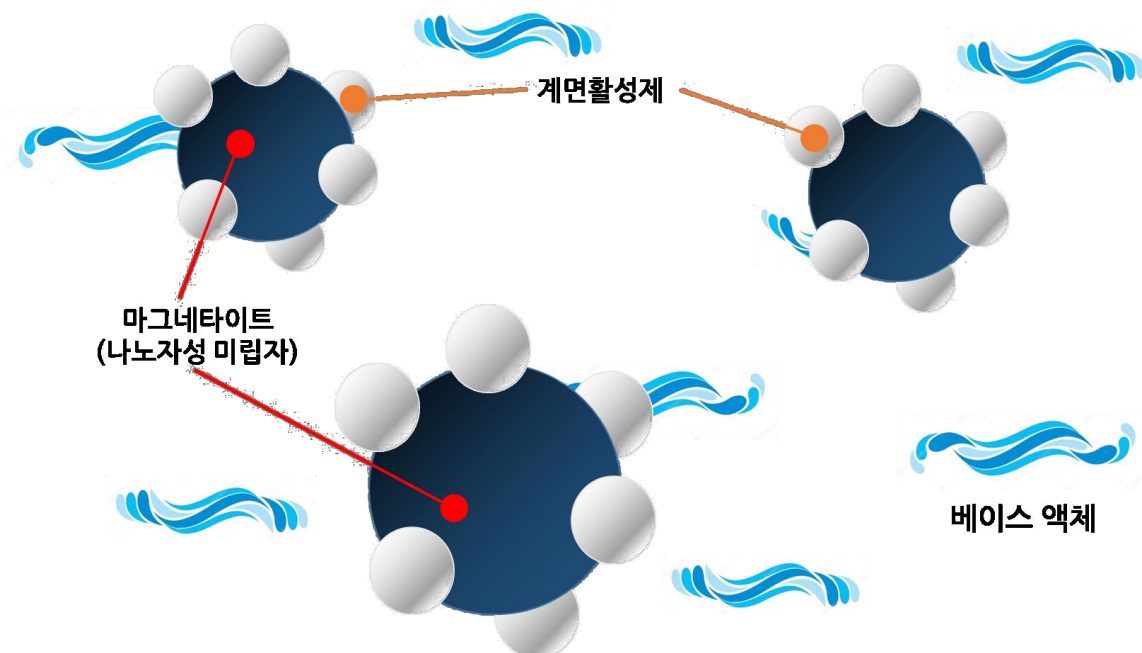
계면활성제

입자 표면에 흡착해 막을 만듭니다. 입자끼리 달라붙는 것을 막아 **안정된 콜로이드** 상태를 유지시킵니다.

03 CARRIER FLUID

베이스 액체

입자를 담는 바탕 액체. 사용 환경에 따라 **탄화수소계·실리콘계·불소계(PFPE)** 중에서 선택합니다.



자성유체의 기본 구조 — 계면활성제로 코팅된 마그네타이트 입자들이 베이스 액체 속에 고르게 분산되어 있습니다

10나노미터는 어느 정도인가? 사람 머리카락 굵기의 약 1만분의 1입니다. 이 정도로 작아야 가라앉히려는 중력보다 오일 분자들이 밀고 부딪히는 힘이 커져서, 입자가 액체 속에 계속 떠 있을 수 있습니다.

자성 가루를 기름에 넣으면 보통은 뭉쳐서 가라앉습니다. 자성유체가 오랜 시간이 지나도 균일한 액체 상태를 유지하는 데에는 두 가지 힘이 함께 작용합니다.

FORCE 01

브라운 운동

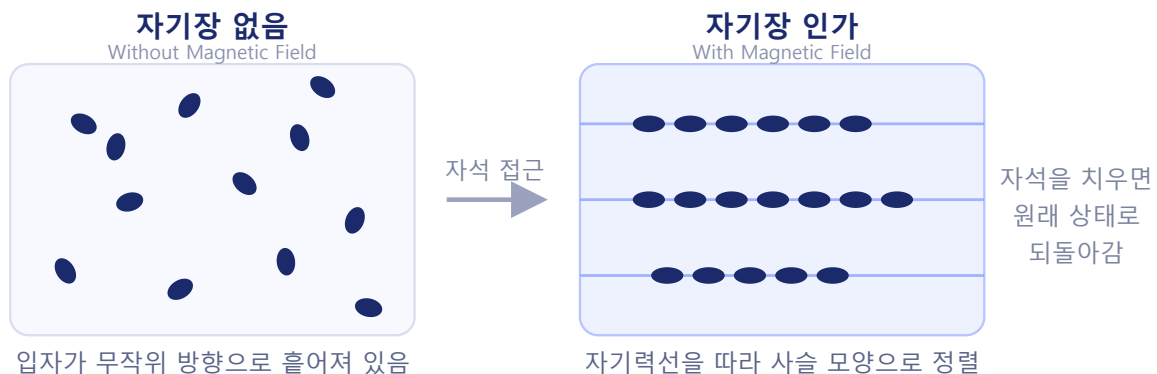
오일 분자들이 끊임없이 자성 입자를 사방에서 두들깁니다. 입자가 10nm급으로 작기 때문에 이 충돌만으로도 계속 떠다니게 됩니다.

FORCE 02

입자 간 반발력

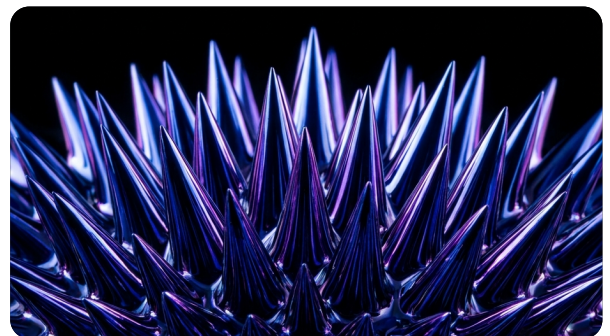
계면활성제로 코팅된 입자 표면끼리는 서로 밀어냅니다. 가까워져도 달라붙지 못하므로 응집이 일어나지 않습니다.

이 두 힘의 균형 덕분에 자성유체의 분산 안정성은 **무중력 상태에서도, 강한 자기장 안에서도 깨지지 않습니다**. 자기장을 걸면 입자가 자기력선을 따라 정렬하지만, 자기장을 치우면 다시 무작위로 흩어져 원래의 균일한 액체로 돌아갑니다.



가시 모양은 왜 생기나

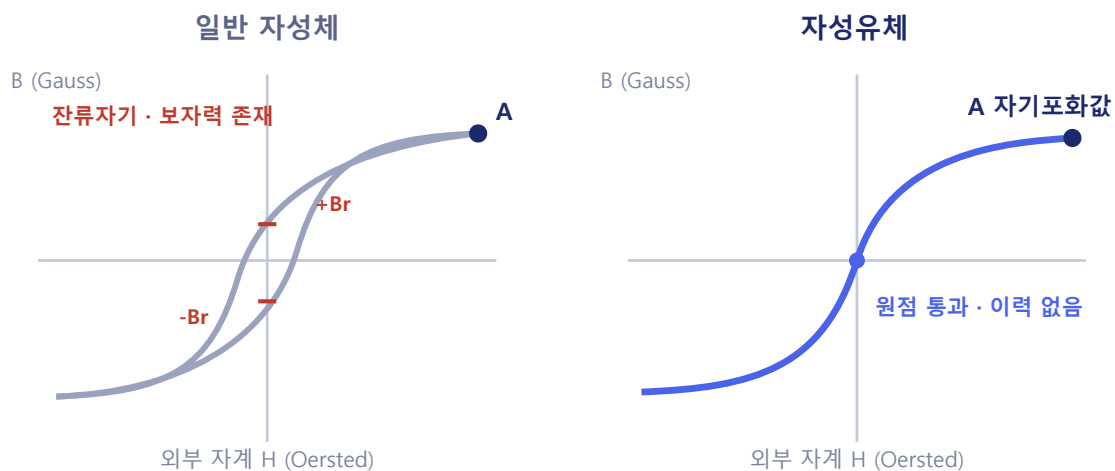
자석 위에 자성유체를 올리면 표면이 뾰족한 가시(spike) 형태로 솟아오릅니다. 자기력은 액체를 자기력선 방향으로 끌어올리려 하고, 표면장력과 중력은 표면을 평평하게 되돌리려 합니다. 두 힘이 맞서다가 에너지가 가장 낮은 형태로 자리 잡은 결과가 이 규칙적인 뿔 배열입니다. **노멀 필드 인스터빌리티(normal-field instability)**라고 부르며, 자성유체가 자기장에 실제로 반응하고 있음을 눈으로 보여주는 대표적인 현상입니다.



자기장을 걸면 자석이 되고, 치우면 즉시 자성이 사라집니다.

자성유체의 가장 중요한 성질입니다. 일반 자석은 한 번 자화되면 외부 자기장을 없애도 자성이 남습니다 (잔류자기). 자성유체는 그렇지 않습니다. 자기장이 0이면 자성도 0인, 그저 평범한 액체로 돌아갑니다. 이런 성질을 초상자성(超常磁性, Superparamagnetism)이라 부릅니다.

상태	자성유체의 거동
자기장 0	자성 없음. 일반 액체와 동일하게 거동합니다.
자기장 인가	입자가 자기력선을 따라 정렬하며 자화됩니다. 자기장을 계속 키우면 더 이상 세지지 않는 한계에 도달하는데, 이 값을 자기포화값이라고 합니다.
자기장 제거	자성이 즉시 소멸합니다. 잔류자기(Br)와 보자력(Hc)이 없어 히스테리시스 가 나타나지 않습니다.



자성화 곡선(B-H 곡선) 비교 — 일반 자성체는 넓은 히스테리시스 루프를 그리지만, 자성유체는 원점을 지나는 하나의 S자 곡선을 그립니다

이 성질이 왜 중요한가. 잔류자기가 없다는 것은 몇 번을 반복해도 처음과 같은 상태로 돌아온다는 뜻입니다. 회전축을 밀봉하는 실(seal)로 쓸 때, 장비가 오래 돌아가도 자성유체의 특성이 변하지 않고 늘 같은 자리에 같은 형태의 액체 O링을 다시 만들어 냅니다. 닳아서 마모되는 부품이 없으니 수명도 길어집니다.

자성유체는 자기장으로 위치를 붙잡아 둘 수 있는 유일한 액체입니다. 이 점을 이용해 회전하는 축과 진공 챔버 사이의 틈을 액체로 막습니다. 고체 실(seal)과 달리 닿아서 닳는 부분이 없어 마찰이 없고 수명이 깁니다.

MAIN**진공 피드스루 셀**

자석과 폴피스가 만든 자기장이 자성유체를 축 둘레에 액체 O링 형태로 붙잡아 고진공을 유지합니다. 링을 여러 겹 쓰면 견디는 압력도 그만큼 커집니다.

CONSUMER**낚시 릴 방수**

릴 내부 자석 사이에 주입하면 회전 중에도 유지되는 방수막을 만들어 바닷물 침투와 부식을 막습니다.

EDUCATION**디스플레이 키트**

자성유체의 가시 현상을 직접 눈으로 관찰할 수 있는 전시·교육용 세트입니다.

적용 산업

산업	세부 적용
반도체	CVD · 스퍼터링 장비, 이온 임플란터, 식각(에칭) 장비, 진공 이송 로봇, 이온빔 장비
디스플레이	LED · OLED 제조 장비, 필름 패널, 진공 척, 아노드 엑스레이 발생장치
에너지	태양광 패널, 신에너지 배터리, 핵융합
제조 일반	단결정 성장로, 진공로, 교반 조립체
항공우주 · 의료	항공우주, 원자력, 의료 영상장비(CT 등)

MAGRON은 용도에 맞춰 베이스 액체를 다르게 씁니다. 부식성 가스가 흐르는 반도체 공정에는 화학적으로 안정한 **PFPE(불소계)** 제품군을, 불활성 환경에는 **실리콘계 · 탄화수소계** 제품군을 적용합니다. 요구 사양에 맞춘 주문 제작도 가능합니다.

**MAGRON CO., LTD.**

(15588) 경기도 안산시 상록구 해안로 705, 경기테크노파크 3동 403호

TEL 031-500-4633 · FAX 031-500-4631 · magron@magron.co.kr

www.magron.co.kr · www.ferrofluidmagron.com

원하시는 사양대로 주문 제작이 가능합니다. 당사는 지속적으로 새로운 제품을 개발·출시하고 있습니다.