

ARES-G3™ 레오미터

학계와 산업 전반에 걸친 현대의 과학자, 연구자 및 제조업체들에게는 복합 유체와 재료에 대한 신뢰성 있는 특성 분석이 필수적입니다. Discovery™ ARES-G3™ 레오미터는 1970년대부터 이어온 TA Instruments의 정확하고 학술지 게재 수준의 데이터 유산을 계승함과 동시에, 신뢰할 수 있는 결과를 그 어느 때보다 쉽게 얻을 수 있도록 혁신적인 기능을 결합한 차세대 레오미터입니다.

최첨단 ARES-G3 레오미터는 더욱 광범위한 유변학적 측정 조건에서 최상의 데이터 품질을 제공합니다. 혁신적인 기술과 전용 하드웨어 설계 덕분에 지오메트리나 관성 보정 없이도, 실제 유체 역학적 거동에 가장 가까운 유변학적 측정값을 구현합니다.

고급 유변학

재료의 흐름과 변형을 연구하는 **유변학**은 두 가지 핵심 측정을 필요로 합니다. 바로 인가된 힘/변형(Force/Strain)과 이에 대한 샘플의 응답(Response)입니다. 모터와 힘 재조정 변환기(FRT) 모드에서 탁월한 기술력을 갖춘 ARES-G3 레오미터는 주요 유변학적 측정에서 향상된 정확도와 신뢰성을 제공합니다.

- 점도
- 점탄성
- 항복응력
- 전단 담화
- 틱소트로피
- 응력 완화
- 크리프 및 회복

ARES-G3레오미터는 업그레이드 가능한 플랫폼과 핵심 액세서리를 통해, 단순한 측정을 넘어 재료에 대한 완벽한 유변학적 통찰력을 제공합니다. 또한, 강력한 동적 기계 분석(DMA) 기능을 갖추어 추가 모터 없이도 굽힘(Bending), 인장(Tension), 압축(Compression) 테스트가 가능합니다. 이러한 고급 기능들은 재료 간의 새로운 상호작용을 발견하고 유체 거동을 규명할 수 있게 하며, 일반적인 점도계나 레오미터로는 도달할 수 없는 깊이 있는 통찰력을 제공합니다. 이 기능은 사용자가 재료 간의 새로운 상호작용을 발견하고 유체 거동을 밝혀내어 기본 점도계나 유변계보다 더 깊은 통찰력을 제공합니다.



ARES-G3 레오미터 기술

ARES-G3 레오미터 기술은 다음을 제공합니다:

- 더욱 광범위한 유변학적 측정 조건에서 최상의 데이터 품질 보장
- 지오메트리나 관성 보정 없이도 실제 유체 역학적 거동에 가장 가까운 측정값 구현
- 선구적인 모터/변환기 분리형(SMT) 기술을 기반으로 구현된 독보적인 정확성
- 최고 성능의 강제 대류 오븐(FCO)을 통해 고온 환경에서도 시료의 거동을 신뢰성 있게 측정
- 향상된 데이터 수집 속도와 기능, 이중 데이터 수집 시스템을 통해 더욱 풍부한 데이터와 통찰력을 손쉽게 확보
- 통합된 Fast Frequency Chirps(빠른 주파수 처프) 기술은 최적화된 윈도우 처프(OWCh)를 활용하여 점탄성 데이터를 포착하며, 이를 통해 QC 테스트 시간을 최대 80%까지 단축합니다.
- 보정 과정을 최소화하고, 누구나 즉시 사용할 수 있는 편의성과 빠른 분석 효율을 갖춘 현대적인 소프트웨어

독보적인 결과를 위한 고급 기능

55년 넘게 선도적인 연구용 레오미터로 인정받아 온 ARES™의 유산을 계승한 새로운 ARES-G3 레오미터는, 향상된 데이터 수집 기능과 통합된 고급 분석 툴을 통해 더욱 심도 있는 통찰력을 제공합니다.

- 1 선구적인 **모터/변환기 분리형(SMT)** 기술은 광범위한 측정 조건에서 동급 최강의 데이터 정확도를 보장합니다.
- 2 데이터 보정을 최소화하여 실제 물성값을 구현하는 업계 유일의 **힘 재조정 변환기(FRT)**¹
- 3 **새로운 터치스크린**을 통해 기기 본체에서 직접 실험의 전 과정을 완벽하게 제어할 수 있습니다.
- 4 듀얼 건 히터(Dual gun heaters)를 탑재하여 반응이 **빠르고 정확한 질소 분위기를** 조성함으로써, 폴리머 용융물 및 복합재의 신뢰성 있는 테스트를 지원합니다.
- 5 **업데이트된 키패드**는 기기 헤드 이동이나 실험 시작과 같은 주요 조작을 더욱 직관적이고 편리하게 만들어 줍니다.
- 6 실시간 위상각(Phase angle) 측정치와 파형(Waveform) 데이터에 접근할 수 있어 **데이터의 신뢰성**을 보장합니다.
- 7 **고속 데이터 수집**과 완전 통합된¹ Fast Frequency Chirps (빠른 주파수 처프) 기술은 테스트 시간을 최대 80%까지 단축하여, 급격히 변화하는 재료의 분석을 가능하게 합니다.
- 8 **현대적이고 간소화된 TRIOS™ 익스프레스 소프트웨어**는 보정 절차를 최소화하고, 누구나 즉시 사용할 수 있는 탁월한 편의성을 제공합니다.
- 9 새로운 전자 제어 시스템은 **고속 데이터 수집 및 이중 데이터 수집** 기능을 구현하여, 데이터의 명확성과 신뢰성을 극대화합니다.

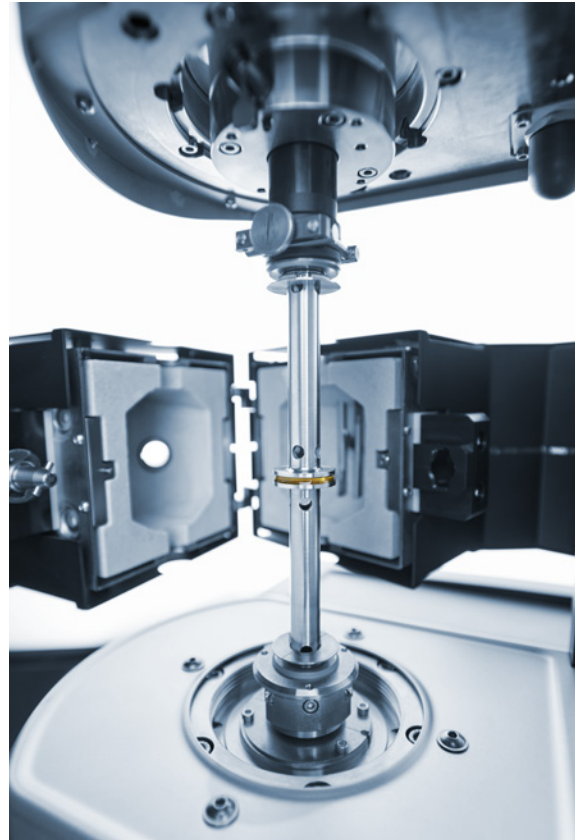


분리형 모터 및 변환기 (SMT) 기술

모터/변환기 분리형(SMT) 기술은 샘플 측정부에서 모터를 물리적으로 분리함으로써, 빈번한 보정의 번거로움을 줄이고 전반적인 데이터 품질을 혁신적으로 향상시킵니다. 시장에서 유일한 진정한 SMT 구조를 갖춘¹ ARES-G3 레오미터는, 타사 장비에서 보정 작업에 의해 가려질 수 있는 재료의 미세한 물성 변화까지 명확하게 찾아냅니다.

이러한 구성은 샘플의 기계적 이력을 독립적으로 제어할 수 있게 하여, 대진폭 진동 전단 (LAOS) 테스트와 같이 정밀한 변형 분석이 요구되는 응용 분야에 최적화되어 있습니다. SMT는 고주파 영역에서 연성 재료나 약한 구조를 가진 재료를 분석하는 데 탁월하며, 폴리머의 품질 관리 및 에멀전, 현탁액과 같은 복합 유체 연구에 매우 효과적입니다.

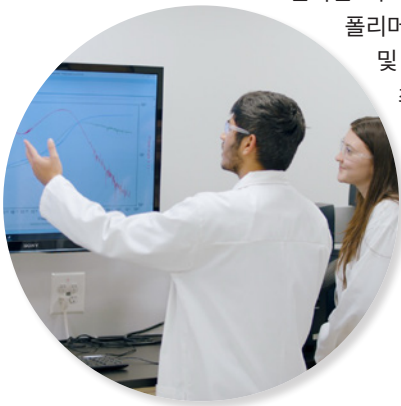
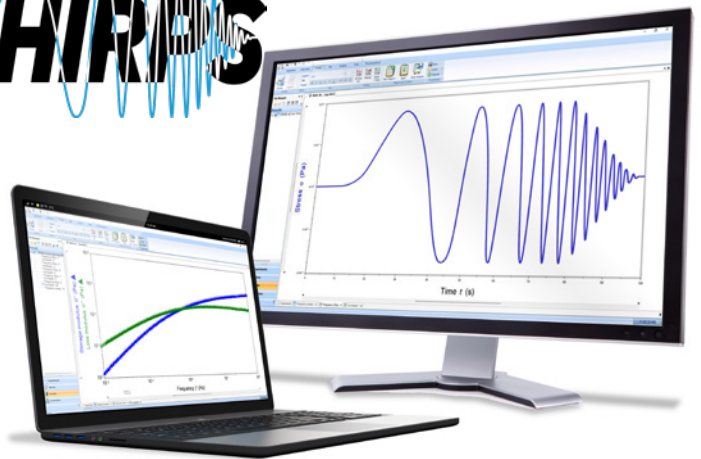
SMT의 핵심인 힘 재조정 변환기(FRT)는 측정 중 정지 상태를 유지합니다. 이는 경쟁사 장비와 달리, 모터 동역학의 간섭을 거의 받지 않거나 완전히 배제하여 샘플 고유의 응답만을 정확히 측정하도록 돕습니다. 정밀한 회전 운동을 구현하는 고용량 구동 모터와 결합된 SMT 기술은, 모터 구동으로 인한 아티팩트를 사실상 제거하여 왜곡 없는 순수 물성 측정을 보장합니다. 이를 통해 연구자들은 미세한 유변학적 거동까지 확신을 가지고 분석할 수 있습니다.



Fast Frequency Chirps(빠른 주파수 처프)

새로운 빠른 주파수 변조는 McKinley 외의 기술을 사용하여 개발되었습니다. 유변학 주파수 스위칭을 혁신하여 속도와 데이터 밀도를 극적으로 증가시킵니다.² 이러한 더 빠른 주파수 스위칭은 램프 시간 온도 중첩(TTS) 마스터 곡선을 가능하게 하여 실험 시간을 몇 시간/며칠에서 한 시간 미만으로 단축하면서 정확도나 해상도를 희생하지 않습니다. Fast Frequency Chirps 는 특히 저주파 영역에서 더욱 높은 데이터 밀도를 제공합니다.

기존의 단일 주파수 측정 방식은 경화나 화학 반응처럼 물성이 변하거나 불안정한 시스템을 분석하기에는 한계가 있었습니다. Fast Frequency Chirps 는 급격히 변화하는 시스템의 속도에 맞춰 신속한 주파수 소사를 수행하므로, 폴리머, 열경화성 수지, 복합재 및 기타 동적 재료 테스트에 최적화되어 있습니다.



Fast Frequency Chirps 기술은 TRIOS <1>소프트웨어에 완벽하게 통합되어 있으며, 방대한 양의 데이터를 단순화된 사용자 {2}>친화적 워크플로우로 처리합니다. 단순화된 테스트 설정 양식과 자동 데이터 분석 기능을 통해, 사용자가 원하는 형식으로 데이터를 손쉽게 관리할 수 있습니다. TTS 중첩 원리를 활용한 패스트 주파수 처프는 데이터 품질의 손실 없이도 방대한 데이터를 기반으로 한 신속한 분석 결과를 제공합니다.

고급 유변학 분석의 심층적 탐구

유변학적 측정은 재료의 실제 응용 환경에서의 거동을 예측할 수 있다는 점에서 그 가치가 매우 큼니다. 급격한 온도 변화부터 인가된 힘과 압력에 이르기까지, ARES-G3 레오미터는 수많은 조건을 효율적으로 모사하도록 설계되어, 연구자가 확신을 가지고 재료를 설계하고 테스트할 수 있도록 돕습니다.

환경 제어 시스템

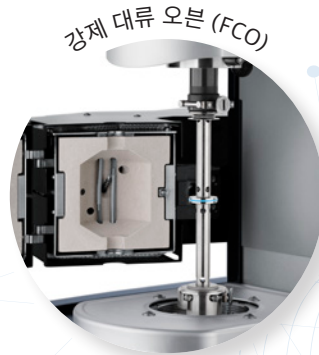
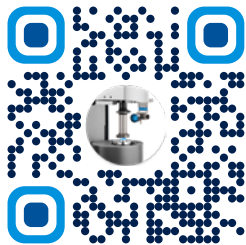
{1>반응 속도가 빠른 강제 대류 오븐(FCO)은 샘플 플레이트의 온도를 직접 측정하여 -150°C에서 600°C까지 목표 온도에 정밀하고 신속하게 도달하며, 이를 통해 대기 시간을 최소화합니다. 고급 펠티어 시스템(APS)은 -10°C에서 150°C 범위의 유체 분석에 최적화된 액세서리로, 평행 플레이트, 콘 앤 플레이트, 동심 원통 테스트를 모두 지원합니다. 두 액세서리 모두 플러그 앤 플레이 방식의 SmartSwap™ 기술을 통해 누구나 쉽고 간편하게 설치할 수 있습니다.

안전한 DMA 기능 - 고체의 유변학적 특성 분석

ARES-G3 레오미터는 독보적인 FRT 기술을 바탕으로 추가 모터 없이도 굽힘(Bending), 인장(Tension), 압축(Compression) 테스트를 포함한 완벽한 DMA 기능을 제공합니다. 고감도 FRT를 통해 제어된 변형(Strain)의 사인파 진동으로 축 방향 변형을 인가함으로써, 고체 재료 테스트의 새로운 가능성을 열어줍니다.

분석 역량 강화를 위한 전용 액세서리

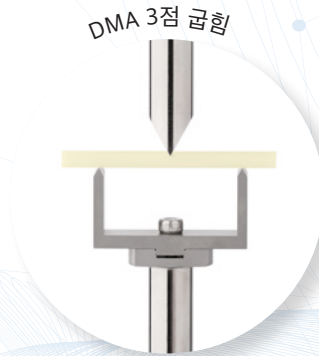
ARES-G3 레오미터의 광범위한 액세서리 라인업은 장비의 분석 범위를 획기적으로 확장합니다. 이를 통해 재료에 대한 심도 있는 이해가 가능하며, 변화하는 연구 환경에서도 장비의 활용 가치를 지속적으로 보장합니다. 모든 액세서리는 플러그 앤 플레이 방식의 SmartSwap 기술을 통해 터치스크린에서 간편하게 설치할 수 있어, 숙련도와 상관없이 누구나 쉽고 빠르게 교체할 수 있습니다.



강제 대류 오븐 (FCO)



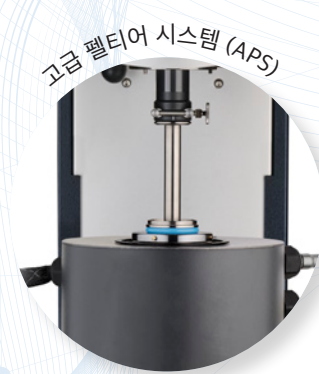
DMA 인장



DMA 3점 굽힘



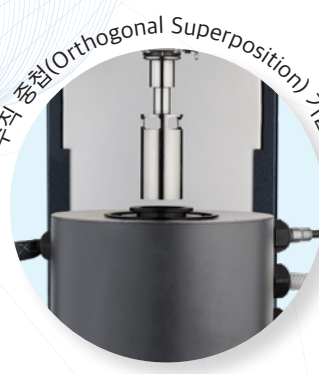
신장 점도 장치 (EVF)



고급 펠티어 시스템 (APS)



고감도 압력 셀(HSPC)



수직 중첩(Orthogonal Superposition) 기술



마찰 유변학액세서리

연구 준비 분석을 위한 소프트웨어 및 하드웨어

TRIOS 소프트웨어의 새로운 익스프레스(Express) 모드는 분석 절차를 간소화하고 사용자 맞춤형 설정을 지원합니다. 숙련된 사용자는 데이터 수집 속도와 모터 거동 등 세부 파라미터를 정밀하게 제어할 수 있는 반면, 초보 사용자는 사전 설정된 익스프레스 양식을 활용해 즉시 실험에 착수할 수 있는 탁월한 편의성을 제공합니다.



새로운 터치스크린은 PC 제어의 필요성을 없애 워크플로를 간소화합니다. 터치스크린을 통해 기기를 완벽하게 제어할 수 있어, 사용자는 장비 바로 앞에서 샘플 로딩, 온도 설정, 테스트 준비, 지오메트리 교체 및 샘플 제거까지 모든 작업을 수행할 수 있습니다.

고급 테스트 모드 및 분석

고성능 하드웨어와 SMT(모터/변환기 분리형) 설계 덕분에, ARES-G3 레오미터는 고난도 분석 모드에 가장 적합한 장비로 평가받습니다. 응답 속도가 매우 빠른 모터는 복잡하거나 사용자 정의된 변형 프로파일(Deformation profiles)을 적용하는 데 최적화되어 있으며, 표준 템플릿을 넘어서 정교한 제어력을 제공합니다. 힘 재조정 변환기(FRT)는 보정이 거의 필요 없는 순수 물성 데이터를 제공하여, 실제 재료의 거동을 명확히 규명하고 분석 결과에 대한 궁극적인 신뢰를 부여합니다.

대진폭 진동 전단(LAOS)

ARES-G3 레오미터는 고속 데이터 수집 및 디지털 신호 처리(DSP) 능력을 바탕으로, 대진폭 진동 전단(LAOS) 테스트를 수행하기 위한 최적의 플랫폼입니다. ARES-G2 대비 2배 향상된 최대 24,000 Hz의 샘플링 속도를 통해, 재료의 급격한 물성 변화를 포함한 복잡한 거동을 정밀하게 특성화합니다. 이러한 고해상도 데이터는 화장품 크림을 피부에 바르거나 일반적인 제조 공정에서 발생하는 고전단 환경에서의 미세 구조 변화를 정량화할 수 있게 해줍니다. 향상된 데이터 명확성과 고도화된 수치 해석을 통해, 사용자는 새로운 발견의 토대가 되는 깊이 있는 통찰력을 얻을 수 있습니다.

임의 파형 테스트

재료에 대한 궁극적인 제어로 연구를 다음 단계로 끌어올리세요. 임의 파형 테스트는 기존 유변학의 한계를 넘어 대부분의 사용자 정의 파형을 지원합니다. TRIOS 소프트웨어는 시간 기반의 변형 및 응력 데이터를 캡처하고, 이를 푸리에 변환을 통해 처리함으로써 점탄성 특성에 대한 완벽한 분석을 제공합니다. 사용자는 사각파, 펄스 등 다양한 커스텀 조건에서 분석을 수행하거나, 새로운 유변학적 측정법을 직접 개발할 수 있습니다.

수직 중첩(OSP)

진동 테스트와 회전 전단 테스트 사이에서 고민할 필요가 없습니다. OSP를 사용하면 실제 유동 중인 유체의 구조적 변화를 동시에 파악할 수 있습니다. ARES-G3 레오미터만의 독창적인 모터/변환기 분리형(SMT) 구조는 모터가 회전 전단을 인가하는 동시에 변환기가 진동을 발생시킵니다. 이를 통해 한 차원 높은 제어 유동 유변학 측정이 가능합니다. OSP를 통해 유동 중 재료의 구조적 변화를 실시간으로 관찰하고, 이를 바탕으로 실제 가공, 펄핑 및 도포 공정에서의 거동을 정확히 예측할 수 있습니다.

이중 데이터 수집

데이터 투명성에 대한 TA의 원칙을 바탕으로, ARES-G3 레오미터는 단일 테스트 내에서 상관 데이터와 과도 데이터를 동시에 수집합니다. 이중 데이터 수집을 통해 복잡한 거동에 대한 완벽한 이해가 가능하며, 상관 데이터에 반영된 원시 신호의 세부 내용을 정확히 파악할 수 있습니다. 이 모드는 복잡한 유체의 비선형 및 이방성 거동을 분석하는 데 최적화되어 있습니다. 포괄적인 데이터 수집 및 분석은 결과의 정확성과 신뢰성을 제공합니다.





궁극적인 업그레이드 유연성

ARES-G3 레오미터는 독보적인 모듈식 설계를 통해 유연성의 기준을 새롭게 정의하며, 연구자의 요구 변화에 맞춘 최상의 업그레이드 확장성을 제공합니다.

ARES-G3 레오미터 기본 모델은 생산성 극대화를 위해 간소화되었으며, 배치 간 데이터의 신뢰성을 완벽하게 보장합니다. 루틴한 측정이 신속하게 이루어지며, 현장에서 검증된 강제 대류 오븐(FCO)은 강력하고 안정적인 테스트 환경을 제공합니다.

선택적 업그레이드 포함:

- **완전 통합된 Fast Frequency Chirps(빠른 주파수 처프):** 워크플로우는 폴리머 용융물 QC 테스트 속도를 최대 80% 향상시키며, 더욱 포괄적인 데이터를 수집하여 마스터 커브 생성 시간을 8시간에서 1시간으로 단축합니다.
- **동적 기계 분석(DMA):** 추가 모터 없이도 고체 시료의 굽힘(Bending), 인장(Tension), 압축(Compression) 테스트를 지원합니다.
- **수직 중첩:** 정교하게 제어된 유동 조건 하에서 점탄성을 측정하고 해석이 용이한 결과 데이터를 제공합니다.
- **이중 데이터 수집:** 단일 테스트에서 과도(Transient) 및 상관(Correlated) 데이터를 동시에 신뢰성 있게 기록하여 더욱 심도 있는 통찰력을 제공합니다.
- **향상된 임의 파형 기능:** 최첨단 유변학 연구 및 복합 재료 분석에 최적화된 설계입니다.
- **고속 데이터 수집:** 재료의 급격한 상전이(Transition)를 놓치지 않고 실제 응력 반응을 정확하게 포착합니다.

ARES-G3 레오미터는 단순한 장비 그 이상입니다. 연구 및 품질 관리의 요구사항에 맞춰 함께 진화할 수 있도록 설계된 통합 플랫폼입니다.

독보적인 서비스 및 지원

1970년대부터 시작된 유변학 혁신의 전통을 바탕으로, TA Instruments는 고객의 연구 성과를 뒷받침하기 위한 타의 추종을 불허하는 전문 지식을 제공합니다. ARES 시스템을 수십 년간 다뤄온 숙련된 서비스 엔지니어부터 전문 응용 과학자까지, 우리 팀은 깊이 있는 과학적 통찰과 실무 경험을 결합하여 사용자가 기기의 성능을 극대화할 수 있도록 지원합니다. 이러한 우수성의 전통은 신속하고 전문적이며, 오직 고객의 실험 성공에 집중하는 독보적인 지원 체계로 이어집니다.

힘/토크 재조정 변환기 (샘플 응력 측정부)

진동에서 최소 변환기 토크	0.02 $\mu\text{N}\cdot\text{m}$
정상 유동(Steady Shear) 시 최소 변환기 토크	0.1 $\mu\text{N}\cdot\text{m}$
변환기 토크 해상도	1 nN.m
변환기 법선/축 방향 힘 범위	0.001 에서 20 N

구동 모터 (샘플 변형 인가부)

최대 모터 토크	800 mN.m
변형(Strain) 해상도	0.04 μrad
분진동 시 각변위	1 μrad
각속도 범위	1×10^{-6} rad/s 에서 300 rad/s 까지
각주파수 범위	1×10^{-7} rad/s 에서 628 rad/s 까지
속도의 단계 변화	5 ms
변형의 단계 변화	10 ms

온도 시스템

강제 대류 오븐, FCO	-150 °C ~ 600 °C
고급 펠티어 시스템, APS	-10 °C ~ 150 °C



¹ 발행 시점 기준.

² G. McKinley 외, 최적 윈도우 처프(OWCh)를 이용한 연성 재료의 시간 분해 기계적 분광법, Physical Review Applied 8, 041042 (2018).