

Strumenti per
Analisi Dinamico
– Meccanica

MCR 702e MultiDrive



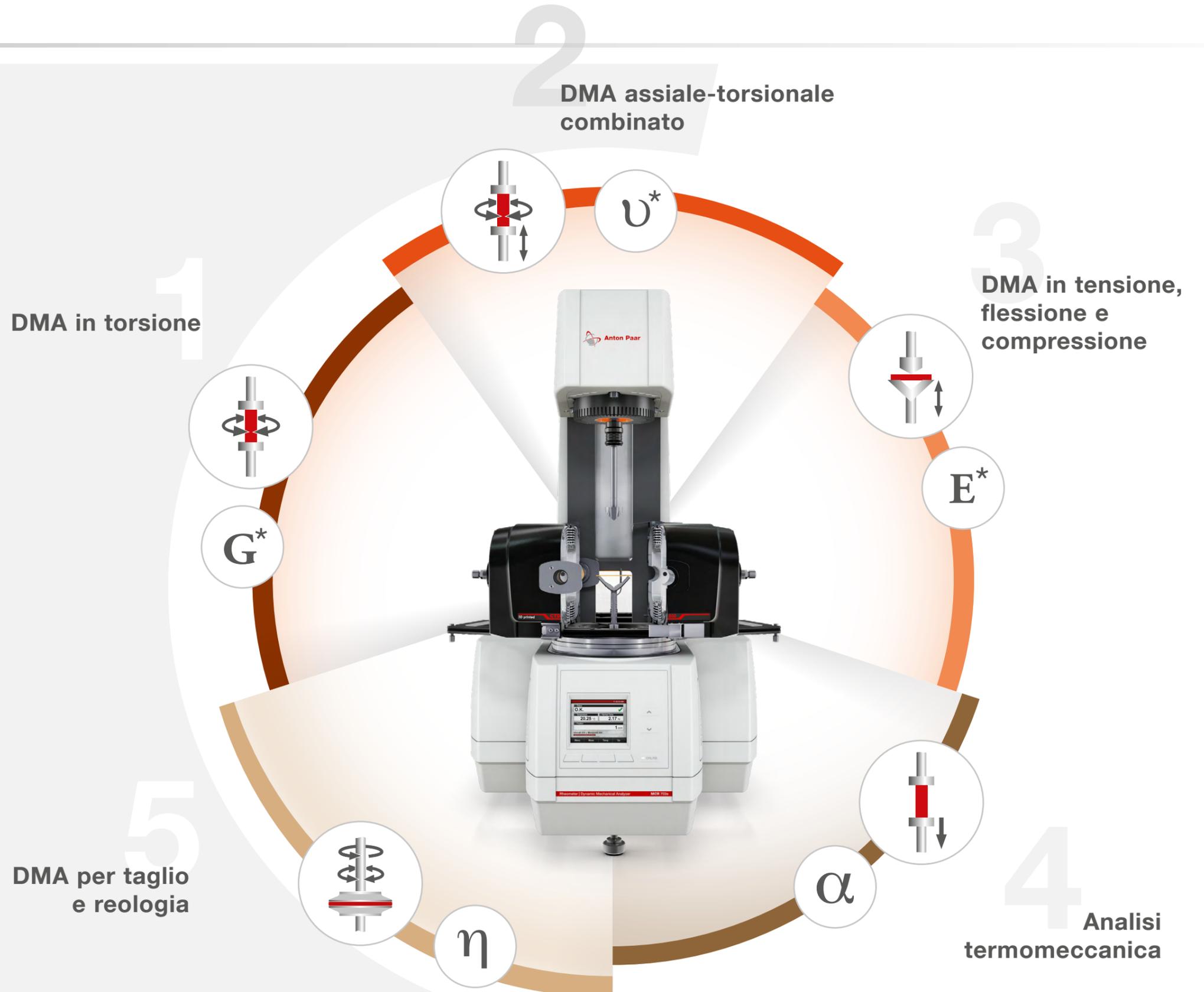
DMA e altro

La piattaforma per caratterizzazione dinamico-meccanica più versatile e potente al mondo

MCR 702e MultiDrive combina un motore lineare all'avanguardia con la rinomata tecnologia dei motori EC per reometri MCR. Questo ridefinisce i confini delle possibilità per le analisi dinamico-meccaniche (DMA) di campioni liquidi, morbidi e solidi. Il dispositivo consente di eseguire DMA in tensione, torsione, flessione e compressione, nonché caratterizzazioni reologiche e analisi termomeccaniche (TMA) con un unico strumento.

L'innovazione, tuttavia, non si ferma qui. MCR 702e MultiDrive consente di combinare DMA assiale-torsionale in un'unica definizione di test. Questa caratteristica unica facilita la caratterizzazione dei materiali anisotropi e la determinazione del rapporto di Poisson in un unico test.

Grazie a questa innovativa funzionalità 5-in-1, MCR 702e MultiDrive stabilisce un nuovo standard per gli analizzatori dinamico-meccanici e apre possibilità completamente nuove nella caratterizzazione dinamica e meccanica dei materiali.



Le modalità che lo rendono possibile

Grazie alla combinazione di motore EC superiore e azionamento lineare a magnete mobile inferiore, MCR 702e MultiDrive è il primo dispositivo al mondo per misurazioni dinamico-meccaniche in direzione torsionale e lineare, con modalità assiale-torsionale combinata, analisi termomeccaniche e un'ampia gamma di diverse misurazioni reologiche note dai reometri basati su cuscinetti ad aria. Anton Paar offre una completa flessibilità applicabile sia all'industria che alla ricerca. Con MCR 702e MultiDrive è possibile caratterizzare la più grande varietà di materiali, a stato solido e liquido, con il metodo desiderato per ottenere i risultati più affidabili e completi dalla caratterizzazione di interesse.

MOTORE LINEARE

MOTORE ROTAZIONALE

MOTORE LINEARE E ROTAZIONALE
IN AZIONE



Le misurazioni combinate con il motore lineare e rotazionale, grazie all'utilizzo di robuste attrezzature circolari e rettangolari (SCF, SRF), consentono di determinare il modulo di Young complesso (E^*) e il modulo di taglio complesso (G^*) in funzione della temperatura, della frequenza, del tempo o dell'umidità in un unico esperimento. In questo modo, per la prima volta in assoluto, è possibile determinare il coefficiente di Poisson dei materiali isotropi in modo accurato e rapido utilizzando un singolo campione. Inoltre, nello studio dei materiali anisotropi come i materiali compositi, è possibile effettuare una rapida e più completa analisi delle proprietà del campione in funzione della direzione.

MOTORE LINEARE

MOTORE ROTAZIONALE

MOTORE LINEARE IN AZIONE



In questa modalità, il motore rotazionale viene portato in una posizione fissa, mentre il motore lineare viene utilizzato per controllare la forza o lo spostamento. In combinazione con diversi sistemi di misurazione, come la flessione su tre punti, il cantilever singolo e doppio, gli accessori per DMA in tensione o in compressione, questa modalità è adatta per eseguire analisi dinamico-meccaniche convenzionali nel modo più preciso possibile. Inoltre, la modalità permette di eseguire test di scorrimento e di recupero, misurazioni di sollecitazione o di deformazione costante e analisi termomeccaniche.

MOTORE LINEARE

MOTORE ROTAZIONALE

MOTORE ROTAZIONALE IN AZIONE



In questa modalità il motore lineare viene portato in una posizione fissa, mentre il motore rotazionale viene utilizzato per controllare la deformazione o lo sforzo di taglio. In combinazione con gli accessori disponibili come accessori solidi circolari e rettangolari (SCF, SRF) e le geometrie piatto-piatto o piatto-cono, questa opzione consente di eseguire analisi meccaniche dinamiche in torsione e misurazioni reologiche.

MOTORE ROTAZIONALE

LA MODALITÀ DI TEST A SINGOLO MOTORE



In questa modalità il motore lineare viene rimosso e il dispositivo di misurazione viene utilizzato come un reometro rotazionale convenzionale. Senza il motore lineare modulare, il dispositivo è pronto per essere attrezzato con sistemi di misurazione, dispositivi di controllo della temperatura e/o accessori applicativi specifici della serie MCR di Anton Paar per eseguire analisi reologiche standard e complesse sui vostri campioni. Invece dell'azionamento lineare, è possibile installare sotto un secondo azionamento rotazionale per eseguire misurazioni reologiche avanzate con tutte le modalità di test disponibili per i reometri.

Principali caratteristiche

Progettazione avanzata per la massima flessibilità in DMAe reometria

La combinazione unica del motore lineare e rotazionale in un singolo dispositivo di misurazione permette una vera analisi dinamico-meccanica sia in direzione lineare che torsionale, nonché misurazioni combinate assiali-torsionali e addirittura reologiche per ottenere il tipo di caratterizzazione particolare che meglio si adatta all'applicazione del vostro materiale.

Design unico del motore - la tecnologia dei cuscinetti ad aria

Grazie al suo design, i cuscinetti ad aria del motore, lineare o rotazionale, offrono una sensibilità straordinaria per le analisi dinamico-meccaniche e tutti i tipi di misurazioni reologiche con l'alta qualità della serie di reometri MCR.

Misurazioni precise della forza e un'ampia gamma di spostamenti

Grazie al design ottimizzato e alla selezione avanzata dei materiali del motore a magnete mobile, il motore lineare è caratterizzato da bassissima isteresi magnetica. Questo permette misurazioni altamente precise su un'ampia gamma di forze fino a 40 N per caratterizzare materiali morbidi e rigidi con la massima precisione e su un intervallo di spostamento di 9,4 mm che è un vantaggio, ad esempio, per le prove di trazione.

Determinazione dello spostamento con la massima risoluzione

Nel dispositivo di misurazione viene sfruttato un encoder ottico lineare per determinare lo spostamento. Questa tecnologia ottica permette misurazioni stabili della deformazione con risoluzioni nell'intervallo subnanometrico.

Sistemi di misurazione ottimizzati per risultati altamente riproducibili

Il design innovativo dei sistemi di misurazione - ottimizzato utilizzando la fluidodinamica computazionale (CFD) - garantisce gradienti di temperatura trascurabili all'interno del campione per risultati altamente accurati e affidabili. Ogni sistema di misurazione include un sensore di temperatura integrato vicino al campione bloccato per misurarne la temperatura effettiva con la massima riproducibilità su tutto l'intervallo di temperature.

Montaggio facile e configurazione automatica di tutti gli accessori

Con il passaggio tra sistemi di misurazione, l'attacco QuickConnect di comprovata efficacia offre una grande facilità d'uso poiché non è più necessario alcun meccanismo di avvitamento o di ulteriori procedure di allineamento. Toolmaster™ è un sistema completamente automatico e senza contatto per il riconoscimento e la configurazione di tutti i sistemi di misurazione disponibili. Questo permette di risparmiare tempo e di sostituire senza errori i sistemi di misurazione e gli accessori, senza più la necessità di dover inserire manualmente nel software la configurazione attualmente in uso o dati geometrici complessi.



MCR 702e Space MultiDrive

La scelta perfetta quando è richiesto il massimo spazio di lavoro

La sua piastra di supporto esposta offre il massimo spazio di lavoro per una facile combinazione con tutti gli accessori MCR, specialmente per l'ampia varietà di applicazioni reologiche e con ulteriori configurazioni esterne ad esempio la microscopia confocale. La scatola elettronica esterna dello strumento permette la massima flessibilità nelle condizioni di installazione, per esempio la messa in servizio in un glove box.

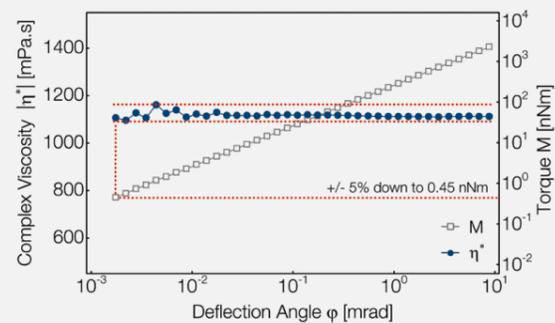


Tecnologia unica del motore - fondamentale per la massima precisione

MOTORE ROTAZIONALE

Basato su motore EC (motore sincrono a magnete permanente)

- Il rotore è equipaggiato con magneti permanenti ❶
- Le bobine producono poli magnetici nello statore
- Il flusso rotante della corrente d'ingresso nelle bobine produce un movimento sincrono senza attrito del rotore
- Supportato da cuscinetti ad aria assiali ❷ e radiali ❸ che permettono sia la caratterizzazione di campioni molto rigidi in modalità DMA che misurazioni reologiche a bassa coppia



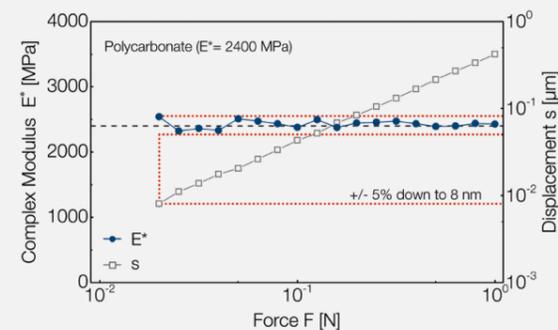
Vantaggi per la misurazione

- Relazione lineare tra la corrente dello statore e la coppia per misurazioni precise della coppia fino a 0,5 nNm (si veda la figura sopra)
- Alta stabilità termica senza produzione di calore e derive di segnale indotte dalla temperatura nel motore per coppie permanenti fino a 230 mNm
- Creazione istantanea di un campo magnetico per un rapido controllo della coppia

MOTORE LINEARE

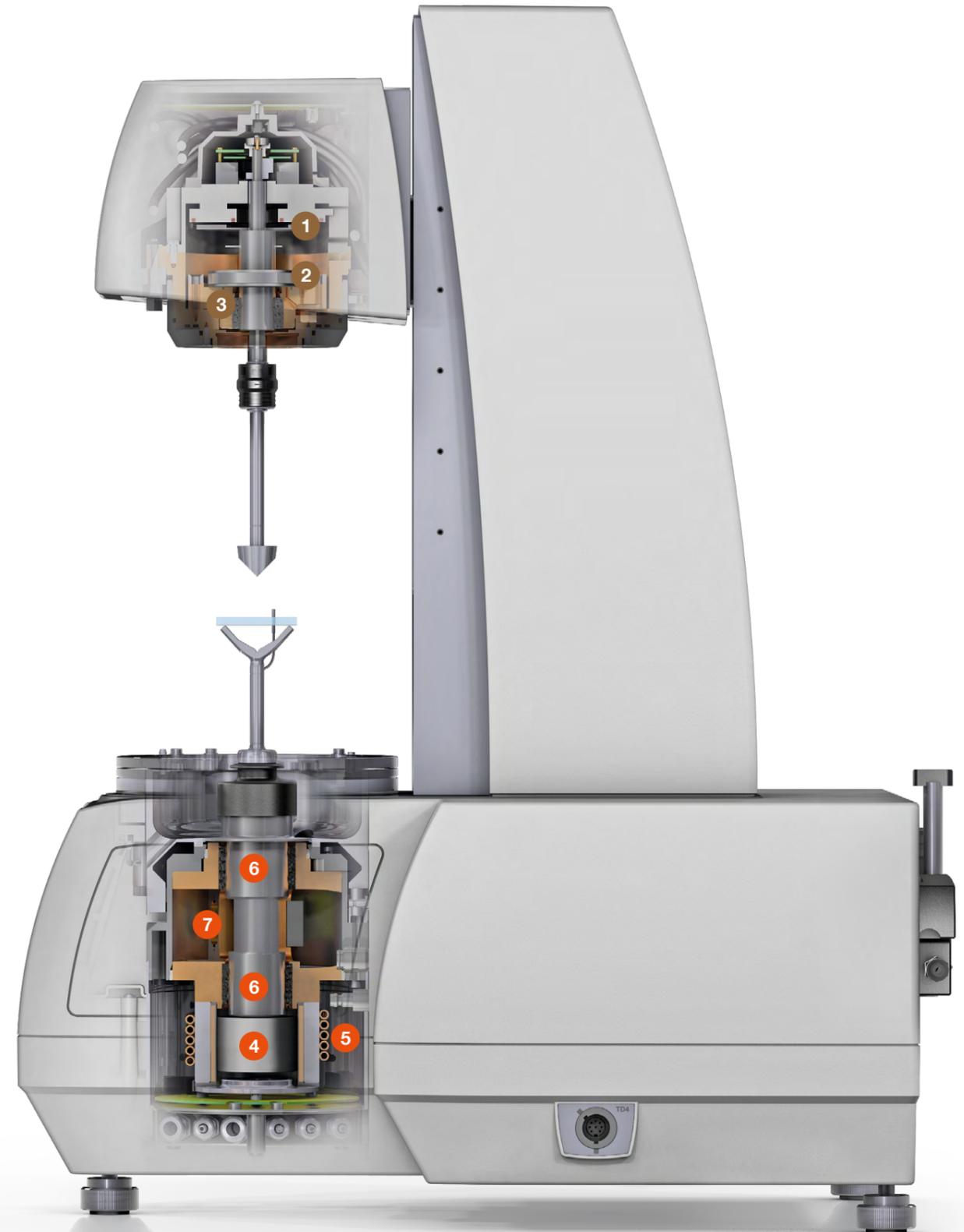
Basato su un motore a magnete mobile

- Albero di trasmissione leggero dotato di magnete permanente ❹
- Le bobine dello statore ❺ inducono un campo magnetico e influenzano il movimento assiale dell'albero motore
- Grazie all'esclusiva tecnologia a campo magnetico, gli spostamenti possono essere realizzati con correnti minime e misurati con un encoder ottico
- Supportato da cuscinetti ad aria radiali ❻ e torsionali ❼ che permettono misurazioni a bassa forza con DMA in tensione, flessione e compressione nonché in torsione con materiali altamente rigidi

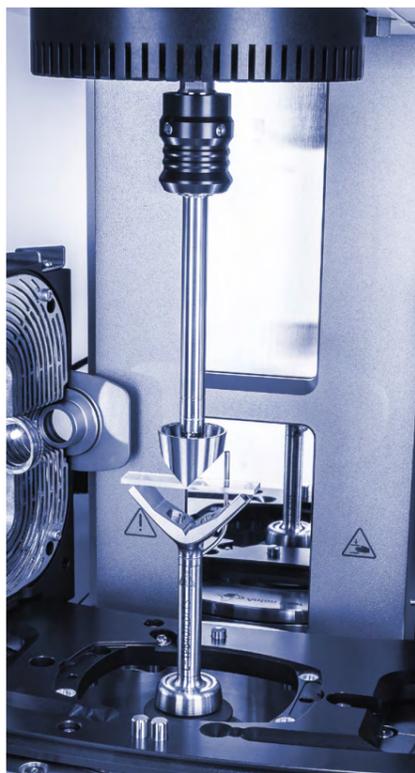


Vantaggi per la misurazione

- La tecnologia del campo magnetico garantisce misurazioni della forza con un eccellente rapporto segnale-rumore, fino a 0,5 mN
- La progettazione del motore fornisce una perfetta gestione termica ed elimina le derive del segnale indotte dalla temperatura, anche con carichi elevati fino a 40 N e tempi lunghi di misurazione
- La combinazione di encoder ottico e azionamento lineare più preciso si traduce in un eccezionale intervallo di spostamenti, da 9,4 mm fino a 10 nm (si veda la figura sopra)

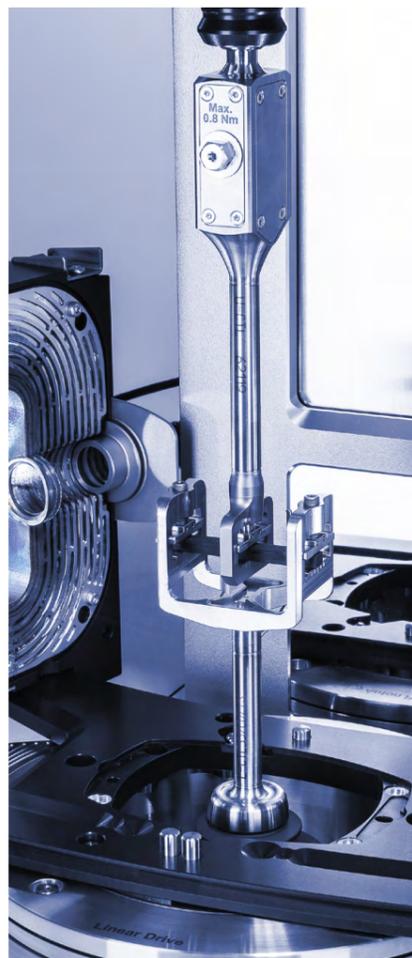


Sistemi di misurazione



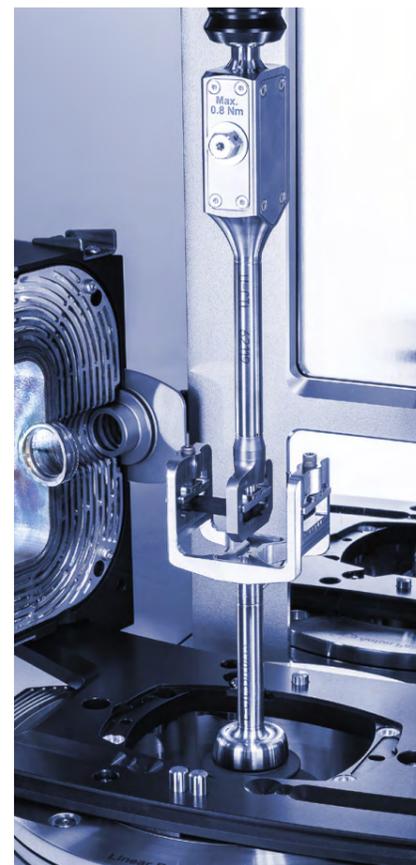
SISTEMA DI FLESSIONE SU TRE PUNTI

Il campione è posizionato su due supporti mobili su entrambe le estremità, mentre un albero statico è posto nel punto centrale del campione. Eventuali errori di misurazione dovuti ai serraggi sono ridotti al minimo in quanto per il campione non è necessario alcun clampaggio supplementare. Il sistema di misurazione è adatto alla caratterizzazione di materiali rigidi come compositi e termoplastici al di sotto della loro T_g , termoindurenti, ma anche metalli e ceramiche.



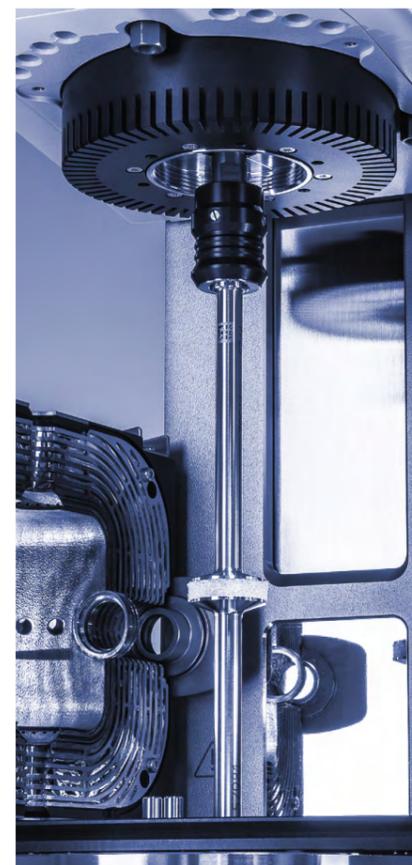
DOPPIO CANTILEVER

In questo sistema di misurazione il campione è fissato tra due morsetti alle due estremità e un morsetto centrale nel punto centrale del campione. Grazie al bloccaggio, il sistema di misurazione è adatto anche per materiali con bassa rigidità che altrimenti potrebbero presentare cedimenti.



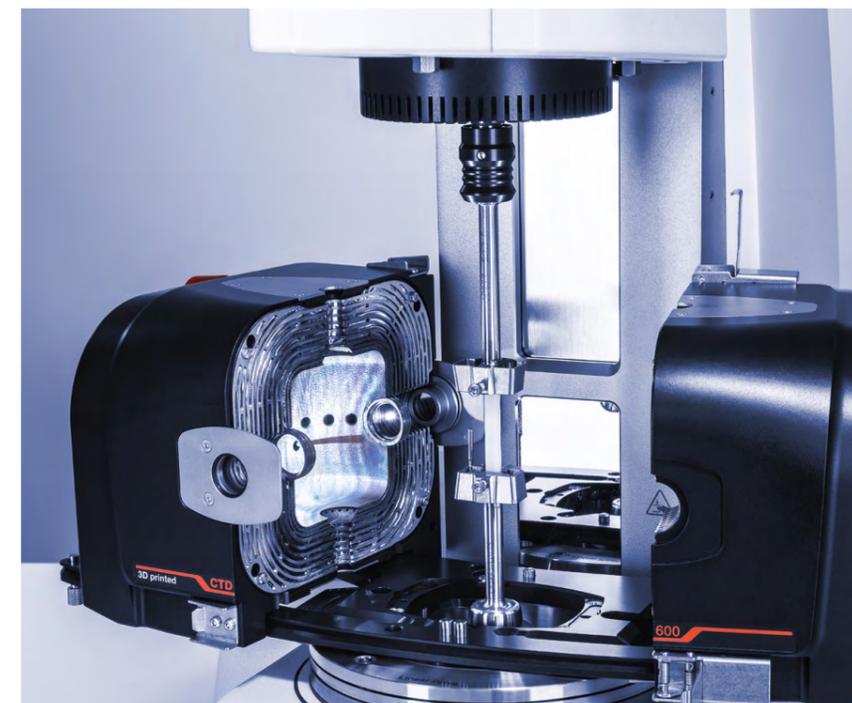
CANTILEVER SINGOLO

Il campione è fissato in questo sistema di misurazione tra il morsetto centrale e un solo morsetto all'estremità. Questo sistema può essere usato per campioni di lunghezza inferiore. Analogamente al doppio cantilever, questo sistema di misurazione permette di caratterizzare i materiali che potrebbero mostrare cedimenti. Alcuni esempi includono i materiali termoplastici e gli elastomeri.



SISTEMI DI COMPRESIONE

Per DMA in compressione sono disponibili sistemi di misurazione convenzionali piatto-piatto. Il campione viene posizionato tra il sistema di misurazione superiore e quello inferiore e sottoposto a un carico monoassiale. Questa modalità di deformazione è particolarmente utile per la caratterizzazione di schiume, elastomeri e altri solidi morbidi come sistemi alimentari e gel.



AFFERRAGGI RETTANGOLARI E CIRCOLARI

In questo sistema di misurazione il campione viene posizionato verticalmente, fissato all'apparecchio superiore e inferiore e deformato in modo monoassiale. Il design speciale di questi sistemi consente la misurazione di campioni di spessore e diametri diversi esattamente allineati con l'asse del sistema di misurazione. In questo modo è possibile ottenere risultati riproducibili per film, fibre e barre.

Gli stessi sistemi di misurazione possono essere utilizzati in combinazione con il motore rotazionale per consentire l'analisi dinamico-meccanica in torsione complementare al DMA in tensione con l'azionamento lineare. Di conseguenza, per la prima volta in assoluto, è possibile misurare il modulo di Young e il modulo di taglio dello stesso campione all'interno di una singola definizione di prova senza sostituire il campione, i sistemi di misurazione o qualsiasi altro accessorio. Questo consente una facile determinazione delle proprietà del materiale precedentemente non determinabili con il DMA, quali il rapporto di Poisson, la caratterizzazione dipendente dalla direzione di materiali anisotropi o semplicemente la determinazione completa del comportamento del materiale senza la necessità di convertire i dati da DMA in tensione a DMA in torsione e viceversa.

VANTAGGI PER VOI

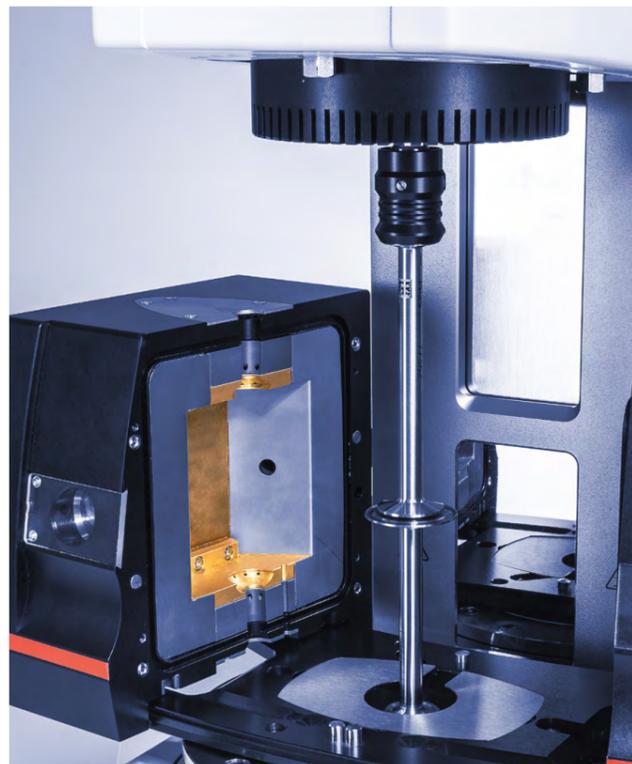
- ✓ Il sensore di temperatura integrato rileva la temperatura del campione con la massima riproducibilità
- ✓ Il design ottimizzato da CFD garantisce i gradienti di temperatura più bassi possibili all'interno del campione
- ✓ La robusta geometria assicura la caratterizzazione di campioni rigidi senza problemi di conformità

VANTAGGI PER VOI

- ✓ La funzionalità QuickConnect offre sostituzioni rapide e senza viti del sistema di misurazione in pochi secondi
- ✓ La funzionalità Toolmaster™ è il sistema automatico per il riconoscimento e la configurazione manuale nel software
- ✓ Le funzioni ZeroGap/ZeroAngle automatiche garantiscono un posizionamento riproducibile del sistema di misurazione senza complesse procedure di allineamento

Accessori per controllare la temperatura e l'umidità

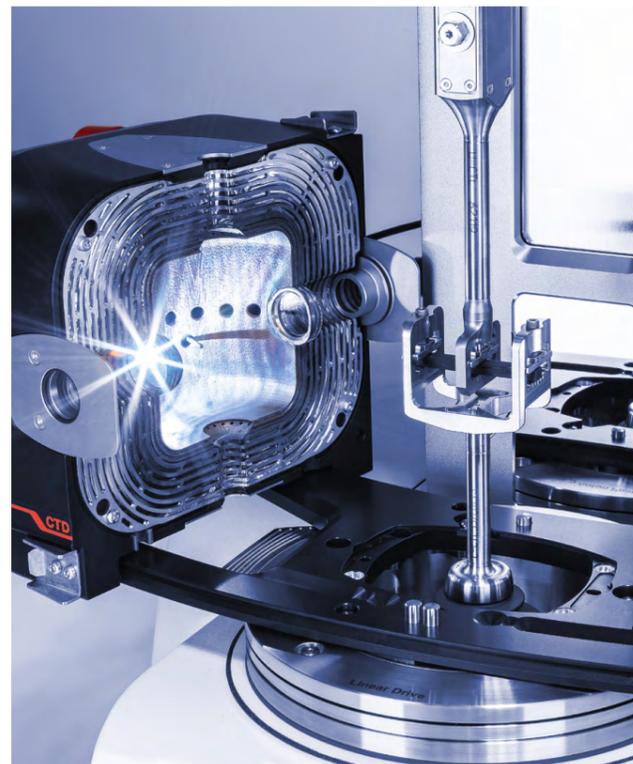
Anton Paar offre un'ampia gamma di dispositivi di regolazione delle temperature di convezione (CTD) su misura basate su esigenze specifiche di DMA e reologia. I dispositivi di regolazione della temperatura coprono una gamma di temperature da -160°C a $+1.000^{\circ}\text{C}$ e possono essere utilizzati con aria o gas inerte. Tutti i sistemi sono facilmente intercambiabili e assicurano un controllo accurato della temperatura su tutto l'intervallo possibile.



CTD 180 HR

Controllo della temperatura tramite Peltier con convezione

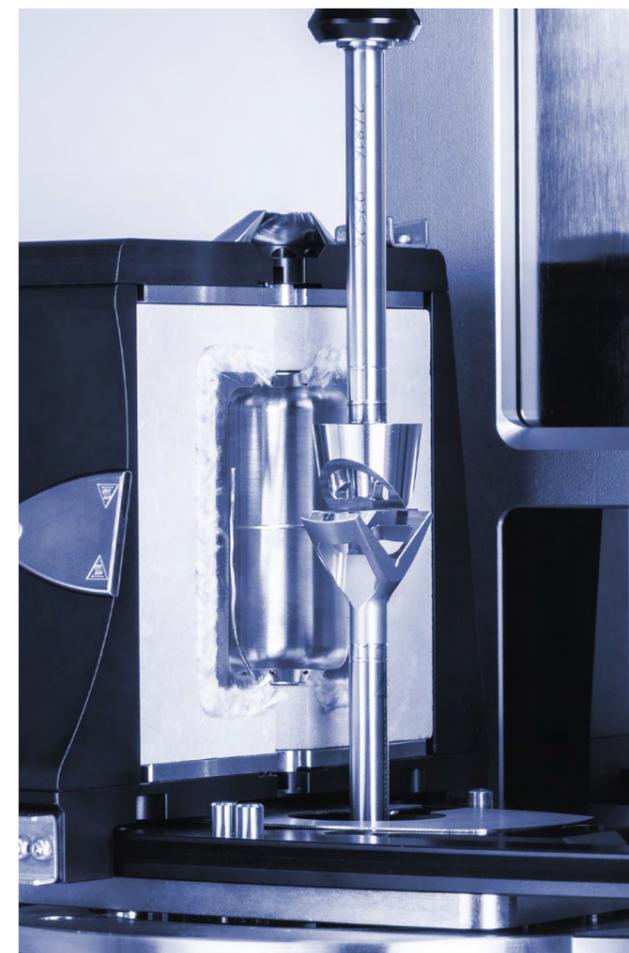
- Range di temperatura: da -20°C a $+180^{\circ}\text{C}$
- Adatto al raffreddamento, senza più la necessità di aggiungere opzioni apposite come un refrigeratore di gas o azoto liquido
- Scelta idonea alla caratterizzazione dell'impatto dell'umidità relativa su polimeri, alimenti e prodotti farmaceutici



CTD 600 MDR

Controllo della temperatura più preciso e all'avanguardia, basato sulla combinazione di convezione e irraggiamento

- Range di temperatura: da -160°C a $+600^{\circ}\text{C}$
- Innovativa tecnologia di produzione per stampa 3D in metallo con controllo preciso e stabile della temperatura, anche a temperature minime e massime
- Opzione telecamera digitale disponibile per identificare effetti di misurazione come cedimenti, slittamenti, rotture o transizioni di fase otticamente visibili



CTD 1000 MDR

Controllo potente della temperatura a convezione per un ampio range di temperature

- Range di temperatura da -150°C a $+1.000^{\circ}\text{C}$
- Idoneo alla caratterizzazione di metalli e leghe, vetro e ceramica



OPZIONI PER BASSA TEMPERATURA

Opzione 1: EVU 20 per temperature fino a -160°C

- Controlla l'evaporazione dell'azoto liquido e un flusso continuo di azoto nel CTD 600 MDR o nel CTD 1000 MDR
- L'alimentazione del gas passa automaticamente all'aria o al gas inerte per coprire l'intero range di temperature del CTD 600 MDR

Opzione 2: unità di raffreddamento a gas per CTD 600 MDR e temperature fino a -90°C

- Utilizza gas compresso (aria o gas inerte)
- Scelta perfetta quando l'uso dell'azoto liquido è proibito dalle norme di sicurezza interne.

OPZIONE UMIDITÀ CONTROLLATA PER CTD 180 HR

- Il generatore di umidità esterno controlla l'umidità relativa dal 5% al 95% a seconda della temperatura effettiva
- Per uso nello studio dell'impatto sull'essiccazione, l'ammorbidente, ma anche l'indurimento dei materiali

VANTAGGI PER VOI

- ✓ Controllo della temperatura con flusso di gas omogeneo all'interno del sistema e quindi massima accuratezza
- ✓ Misurazioni di lunga durata anche a temperature massime
- ✓ Ridotto consumo di gas (inerte) per costi operativi minori e misurazioni precise anche a basse coppie

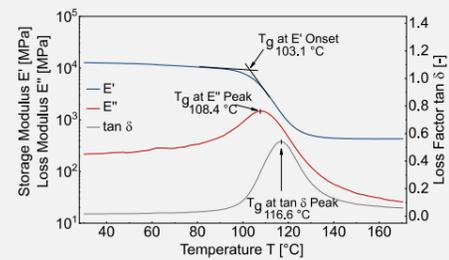
COMPATIBILE CON TUTTI GLI ACCESSORI MCR

Rimuovendo l'azionamento lineare, MCR 702e MultiDrive può essere utilizzato come reometro CMT (trasduttore a motore combinato). La configurazione è compatibile con qualsiasi dispositivo di temperatura e accessorio specifico per l'applicazione utilizzabile, con numerose opzioni tra cui scegliere. Anton Paar fornisce inoltre prodotti personalizzati per applicazioni specifiche, come sistemi per DMA su solidi immersi in liquidi, alberi combinabili con qualsiasi geometria monouso o personalizzata, e persino tasche per materiali per il test di campioni in polvere con i tipici sistemi di misurazione DMA in modalità di flessione o sandwich per taglio per la caratterizzazione di materiali viscoelastici con DMA in direzione di taglio assiale. Per una panoramica completa, consultate il sito web di Anton Paar.

MCR 702e MultiDrive – La piattaforma per caratterizzazione dinamico-meccaniche più versatile al mondo

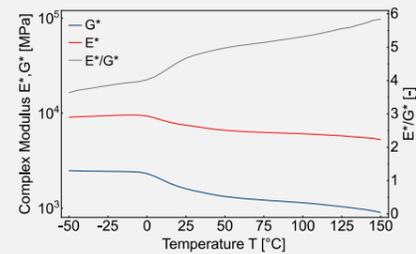
Specifiche

Grazie alla sua funzionalità 5-in-1, MCR 702e MultiDrive offre la gamma più completa di modalità di test disponibili per la caratterizzazione dinamico-meccanica. Le seguenti quattro misurazioni descrivono applicazioni fondamentali nell'industria dei polimeri per la caratterizzazione e l'ottimizzazione di compositi tipici. Con l'utilizzo di MCR 702e MultiDrive queste misurazioni possono essere eseguite con un unico dispositivo dalla qualità eccezionale.



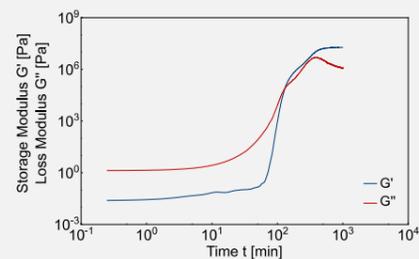
1. DMA in flessione

Per la determinazione delle proprietà viscoelastiche dei polimeri rinforzati con fibre di carbonio (CFRP), spesso viene eseguito un DMA in flessione. La figura illustra tre metodi comunemente usati per misurare la Tg (Inizio G', Picco di G'', e Picco di tan δ). Questo può essere utilizzato per determinare la temperatura di esercizio adatta e le effettive proprietà meccaniche del materiale durante il suo utilizzo.



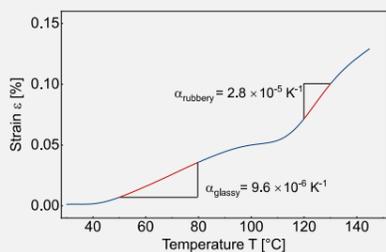
2. DMA in modalità combinata assiale-torsionale

A causa della loro anisotropia, i compositi polimerici possono mostrare proprietà viscoelastiche che dipendono fortemente dalla modalità di deformazione. L'esempio illustra i risultati in funzione della temperatura per DMA in torsione e DMA in tensione di un CFRP. Il rapporto variabile tra E' e G* indica che le proprietà meccaniche del CFRP sono influenzate in misura diversa dalla temperatura, a seconda della direzione del carico.



3. Reologia

Le resine epossidiche sono spesso usate come matrice polimerica di CFRP. Le sue proprietà meccaniche cambiano durante la reazione di reticolazione. Eseguendo una scansione temporale isoterma oscillatoria, è possibile misurare facilmente l'inizio e la velocità della reticolazione, il punto di cross-over di G' e G'' e le proprietà meccaniche finali. Quindi, il comportamento dei sistemi di resina può essere controllato e migliorato per garantire una qualità superiore dei componenti.



4. Analisi termomeccanica

È importante avere una conoscenza del comportamento di espansione termica per la progettazione e la simulazione dei componenti. È possibile osservare una discontinuità del cambiamento dimensionale a partire da circa 100°C, che si correla bene con la temperatura di transizione vetrosa determinata dai test DMA. I risultati mostrano che il coefficiente di espansione termica (CTE) presenta valori diversi nello stato elastico della gomma rispetto allo stato vetroso.

	Unità	Specifiche
Azionamento lineare per DMA in tensione, flessione e compressione		
Forza massima	N	40
Forza minima	N	0,0005
Spostamento massimo	µm	9.400 ⁽¹⁾
Spostamento minimo	µm	0,01
Frequenza massima	Hz	100
Frequenza minima	Hz	0,001

Drive rotazionale per DMA in torsione e reologia		
Coppia massima	mNm	230
Coppia minima, rotazione	nNm	1
Coppia minima, oscillazione	nNm	0,5
Deflessione angolare massima (valore impostato)	µrad	∞
Deflessione angolare minima (valore impostato)	µrad	0,05
Velocità angolare massima	rad/s	314
Velocità angolare minima	rad/s	0 ⁽²⁾
Frequenza angolare massima	rad/s	628 ⁽³⁾
Frequenza angolare minima ⁽⁴⁾	rad/s	10 ⁻⁷ ⁽⁵⁾
Intervallo forza normale	N	da -50 a +50

Controllo temperatura		
Intervallo massimo di temperatura	°C	da -160 a +1.000 ⁽⁶⁾
Velocità di riscaldamento massima	K/min	60 ⁽⁶⁾
Velocità di raffreddamento massima	K/min	30 ⁽⁶⁾

Per ulteriori informazioni quali funzionalità generali, sistemi di misura, accessori e specifiche quando si utilizzano solo motori rotazionali, consultare l'opuscolo MCR Evolution.

Caratteristiche principali	
DMA in tensione, flessione e compressione	✓
DMA in torsione	✓
DMA in modalità combinata assiale-torsionale	✓
Analisi termomeccanica	✓
Toolmaster™, sistema di misurazione	✓
Toolmaster™, cella di misurazione	✓
QuickConnect per sistemi di misurazione, senza viti	✓
T-Ready™	✓
Opzione bassa temperatura, unità di evaporazione dell'azoto	○
Opzione bassa temperatura, refrigeratore a gas	○
Opzione umidità controllata	○

✓ incluso | ○ opzionale

¹ In oscillazione spostamento massimo di ± 4.500 µm.

² In modalità di sforzo di taglio controllato (CSS). In modalità di sforzo di taglio controllato (CSR), a seconda della durata del punto di misurazione e della velocità di campionamento.

³ Frequenze più elevate sono possibili usando la funzionalità multiwave (942 rad/s (150 Hz) o superiori, a seconda del sistema di misurazione e del campione)

⁴ Frequenze impostate inferiori a 10⁻⁴ rad/s non sono di rilevanza pratica a causa della durata del punto di misurazione maggiore di 1 giorno

⁵ Valore teorico (durata per ciclo = 2 anni)

⁶ I limiti dipendono dal dispositivo di temperatura a convezione utilizzato e dai sistemi di misurazione. Opzione personalizzata per basse temperature fino a -170°C disponibile su richiesta.

© 2024 Anton Paar GmbH | Tutti i diritti sono riservati.
Le specifiche di questo documento sono soggette a cambiamenti senza previo avviso.
D84IP001IT-D