



Analizzatore per analisi
dinamico-meccanica

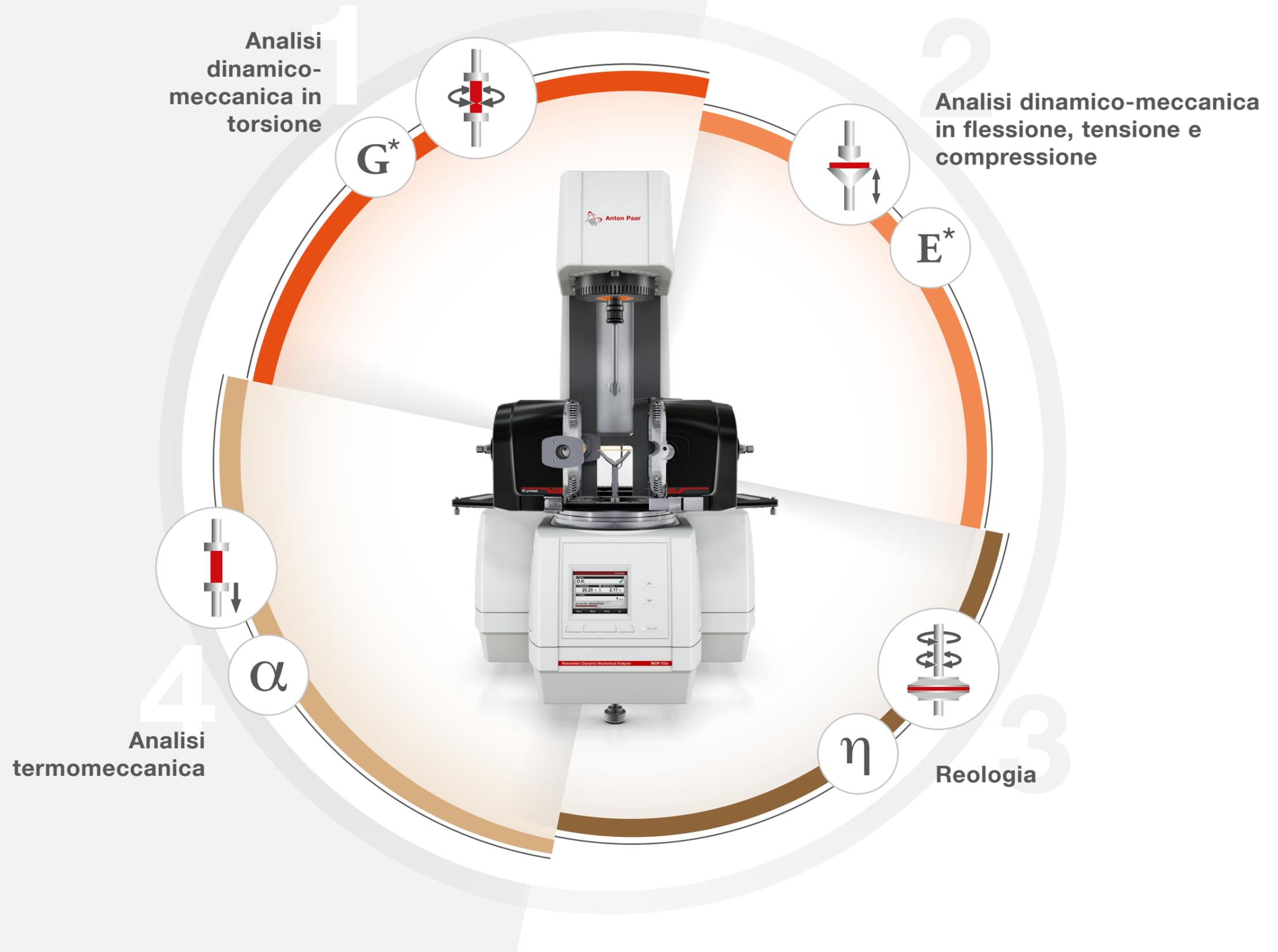
DMA e altro

La piattaforma per caratterizzazione dinamico-meccaniche più versatile al mondo

MCR 702e MultiDrive è la piattaforma più versatile e potente sul mercato per l'analisi dinamico-meccanica (DMA) di campioni liquidi, soffici e solidi. Il dispositivo combina un motore lineare completamente nuovo con la rinomata tecnologia dei motori EC per reometri MCR. Il motore lineare all'avanguardia permette di eseguire DMA in tensione, flessione e compressione, nonché l'analisi termomeccanica (TMA) con un solo strumento.

Inoltre, il motore EC consente misurazioni in direzione torsionale, note già dalla famosa serie di reometri MCR di Anton Paar. In questo modo è possibile l'esecuzione di DMA in torsione e di tutte le misurazioni al massimo livello di precisione.

Questa impareggiabile funzionalità 4-in-1 insieme al software multifunzionale RheoCompass™ fornisce possibilità completamente nuove per la caratterizzazione dinamico-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, 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 dalla caratterizzazione di interesse.

Scegliete la modalità di test che si adatta meglio a alle vostre esigenze

AZIONAMENTO LINEARE	AZIONAMENTO ROTAZIONALE
AZIONAMENTO LINEARE IN AZIONE	
	
<p>In questa modalità, l'azionamento rotazionale viene portato in una posizione fissa, mentre l'azionamento 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.</p>	

AZIONAMENTO LINEARE	AZIONAMENTO ROTAZIONALE
AZIONAMENTO ROTAZIONALE IN AZIONE	
	
<p>In questa modalità l'azionamento lineare viene portato in una posizione fissa, mentre l'azionamento 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.</p>	

AZIONAMENTO ROTAZIONALE
LA MODALITÀ DI TEST AD AZIONAMENTO SINGOLO

<p>In questa modalità l'azionamento 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.</p>

Principali caratteristiche

Progettazione avanzata per la massima flessibilità in DMAe reometria

La combinazione unica di azionamento lineare e rotazionale in un singolo dispositivo di misurazione permette una vera analisi dinamico-meccanica sia in direzione lineare che torsionale, nonché misurazioni 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 dell'azionamento, lineare o rotazionale, forniscono una sensibilità straordinaria per le analisi dinamico-meccaniche e tutti i tipi di misurazioni reologiche, note 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, l'azionamento 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

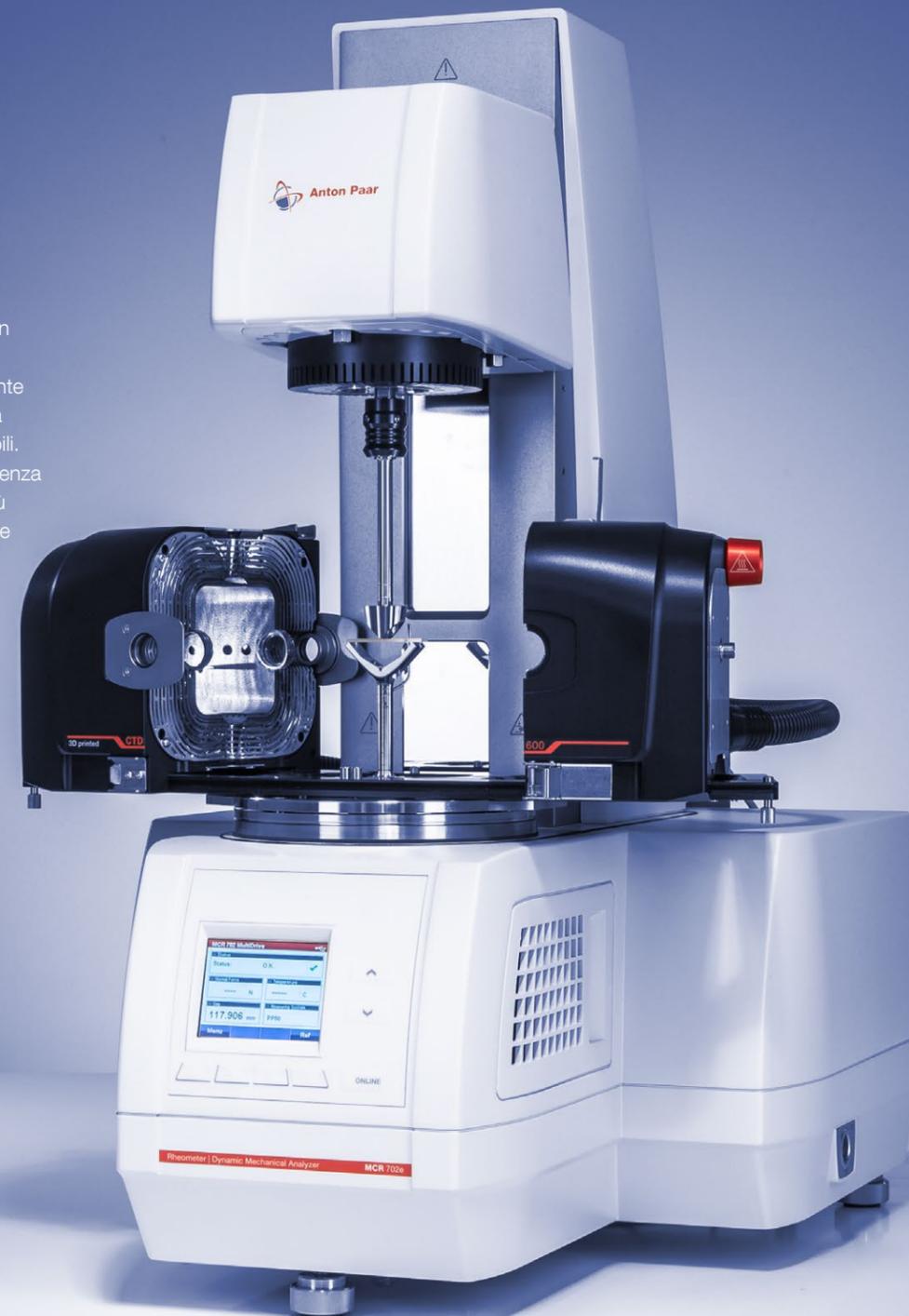
Nel dispositivo di misurazione viene sfruttato un encoder ottico lineare per determinare lo spostamento. Questa tecnologia ottica permette misurazioni stabili della deformazione con risoluzioni nell'intervallo subnanometrico.

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.

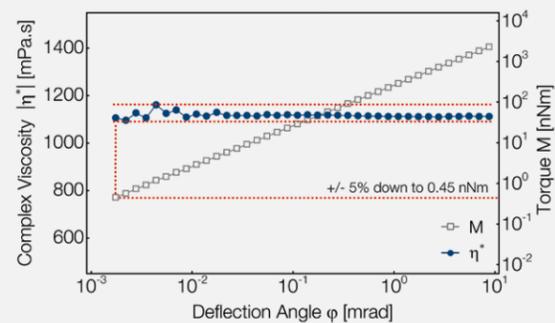


Tecnologia unica del motore - fondamentale per la massima precisione

AZIONAMENTO 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 altamente rigidi in modalità DMA che misurazioni reologiche a bassa coppia



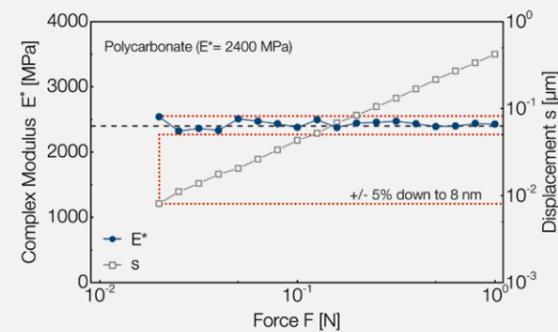
Vantaggi per la misurazione

- 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

AZIONAMENTO 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 di 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

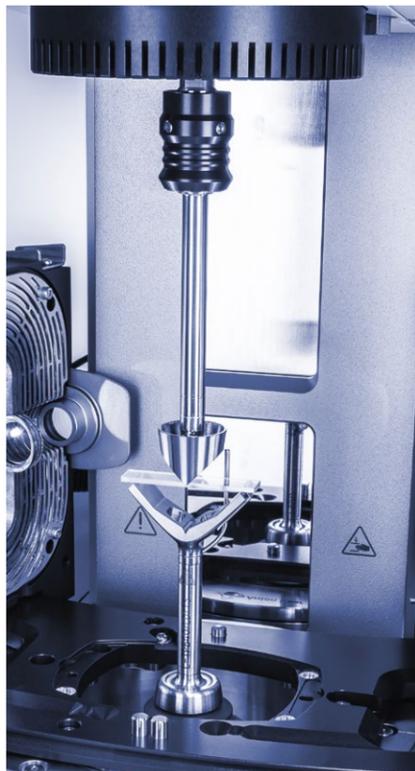


Vantaggi per la misurazione

- 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)

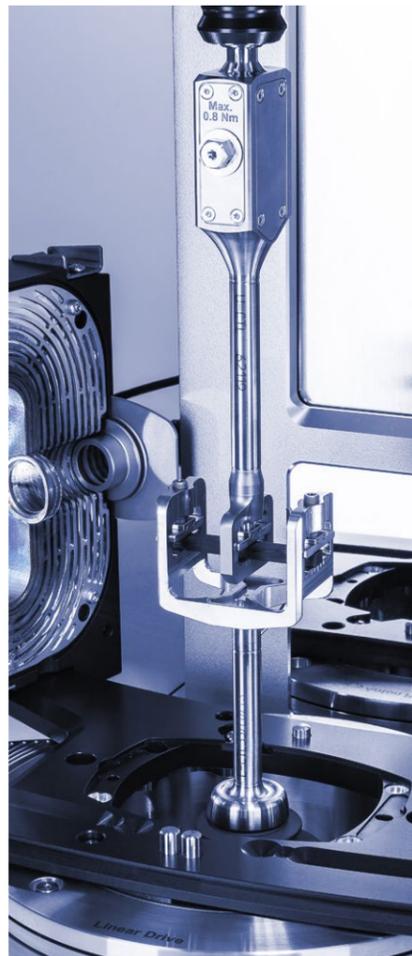


Sistemi di misura



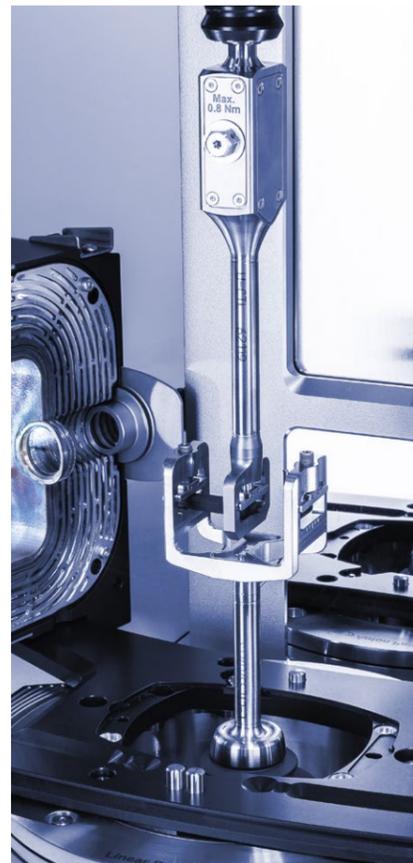
SISTEMA DI FLESSIONE SU TRE PUNTI

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 , termoidurenti, ma anche metalli e ceramiche.



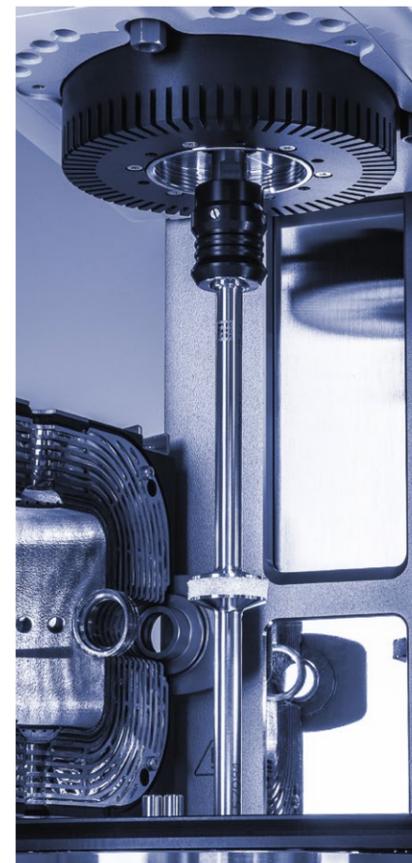
DOPPIO CANTILEVER

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.



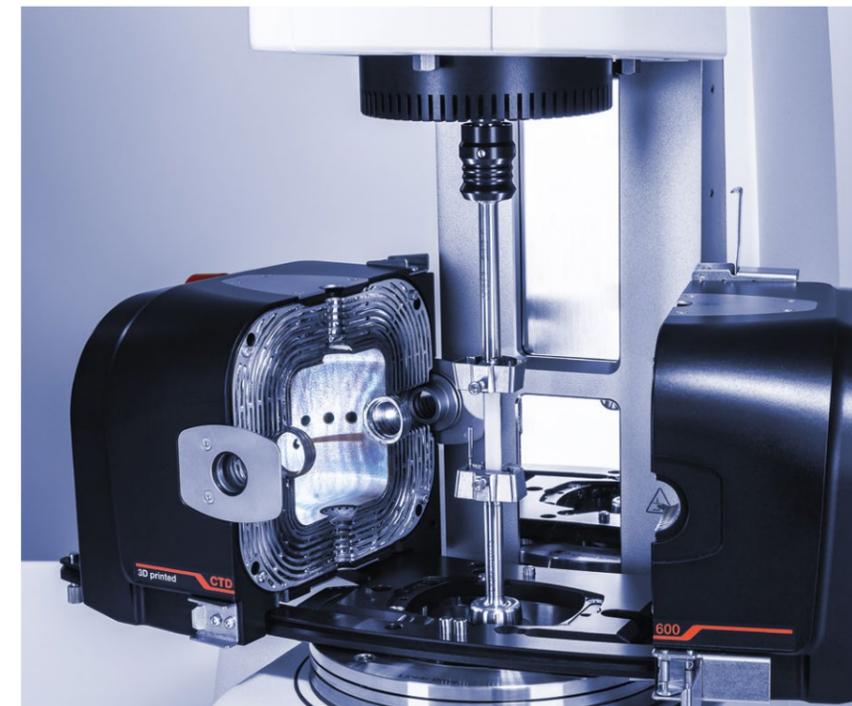
CANTILEVER SINGOLO

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. In modo simile al doppio cantilever, questo sistema di misurazione permette di caratterizzare i materiali che potrebbero mostrare cedimenti. Alcuni esempi sono 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.



SOLID RECTANGULAR FIXTURE IN TENSIONE E TORSIONE

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 questo sistema consente la misurazione di campioni di spessore diverso esattamente allineati con l'asse del sistema di misurazione. In questo modo si possono ottenere risultati riproducibili per film, fibre e barre solide sottili. Oltre all'analisi dinamico-meccanica, il sistema di misurazione è adatto anche a misurazioni della dilatazione termica delle barre solide.

Lo stesso sistema di misurazione può essere utilizzato 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. In questo modo è possibile determinare il comportamento completo 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 permette di rilevare 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
- ✓ 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

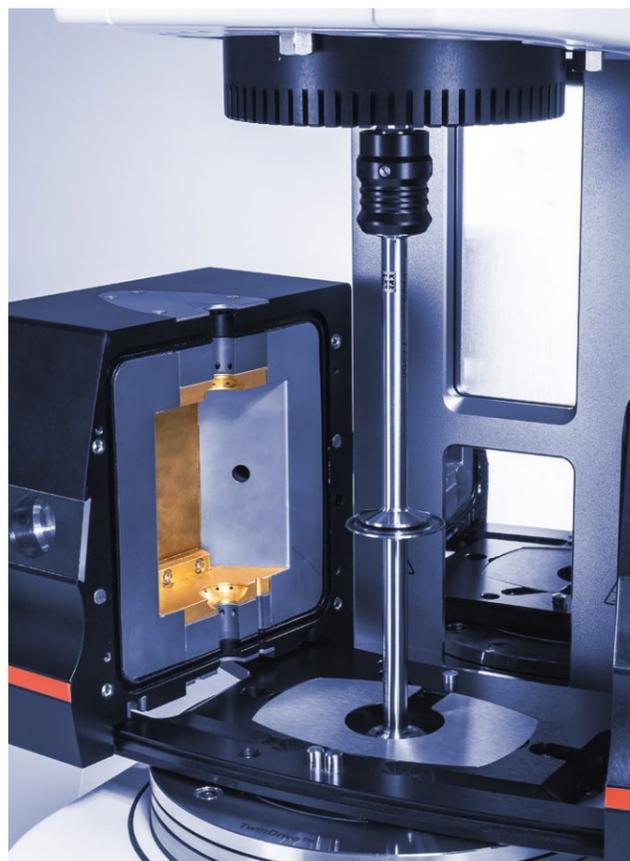
Accessori per applicare la temperatura e l'umidità

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 600 °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.



OPZIONE UMIDITÀ CONTROLLATA PER CTD 180 HR

- Collegato opzionalmente a CTD 180 HR che permette di effettuare test con sistemi di misurazione per DMA e reologia
- 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'ammorbidimento, ma anche l'indurimento dei materiali



CTD 180 HR

- Controllo della temperatura tramite convezione Peltier
- Range di temperatura: da -20 °C a 180 °C
 - Adatto al raffreddamento, senza più la necessità di aggiungere opzioni apposite come un refrigeratore di gas o azoto liquido



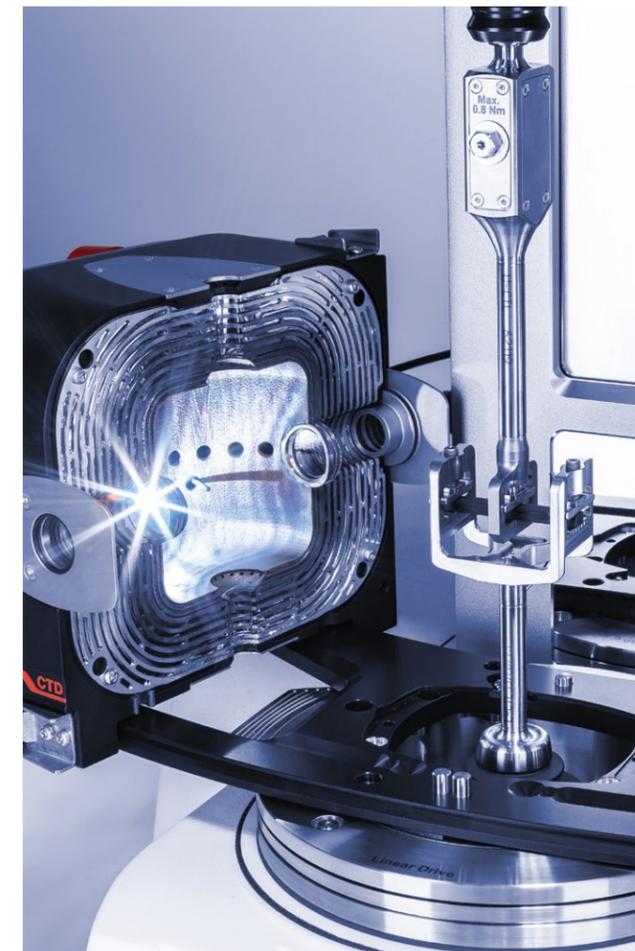
OPZIONI A BASSA TEMPERATURA PER CTD 600 MDR

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
- Il consumo di azoto è ottimizzato a seconda della temperatura richiesta, riducendo i costi operativi.
- L'alimentazione del gas passa automaticamente all'aria o al gas inerte (ad esempio azoto) al di sopra della temperatura ambiente per coprire l'intera gamma di temperature di CTD 600 MDR

Opzione 2: unità di refrigerazione a gas personalizzata per temperature fino a -90 °C

- Utilizza **gas compresso (aria o gas inerte)**
- Riduzione al minimo di consumo energetico, rumore ed emissioni di calore grazie alla commutazione automatica e continua da gas raffreddato a gas caldo, a seconda della temperatura
- Scelta perfetta quando l'uso dell'azoto liquido è proibito dalle norme di sicurezza interne.



CTD 600 MDR

Controllo temperatura all'avanguardia basato sulla convezione e sull'irraggiamento combinati

- Intervallo di temperatura: da -160 °C a 600 °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

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

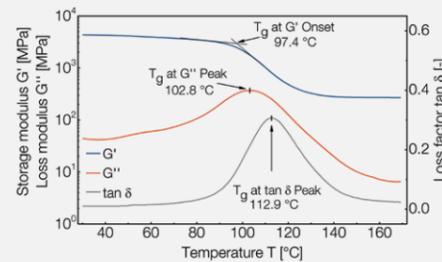
COMPATIBILE CON TUTTI GLI ACCESSORI MCR

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 prodotti personalizzati per applicazioni specifiche, come sistemi per DMA su solidi immersi in liquidi, alberi combinabili con qualsiasi geometria monouso o personalizzata, e persino soluzioni per la caratterizzazione di materiali a temperature fino a 1000 °C. Per una panoramica completa, consultate il sito web di Anton Paar.

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

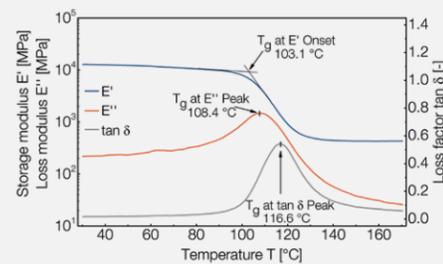
Specifiche

Grazie alla sua funzionalità 4-in-1, MCR 702e MultiDrive offre la gamma più completa di modalità di test disponibili per la caratterizzazione dinamico-meccanica. Come esempi, le seguenti quattro misurazioni descrivono applicazioni fondamentali nell'industria dei polimeri per caratterizzare e ottimizzare i compositi tipici. Utilizzando MCR 702e MultiDrive queste misurazioni possono essere eseguite con un unico dispositivo dalla qualità eccezionale.



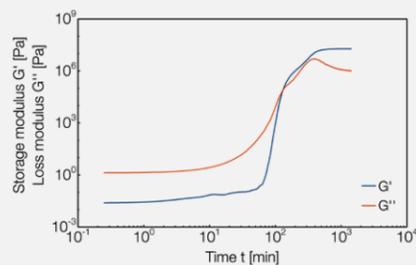
1. Analisi dinamico-meccanica in torsione

Solitamente i valori assoluti dei moduli sono utili per determinare le proprietà viscoelastiche e la temperatura massima di servizio dei polimeri rinforzati con fibre di carbonio (CFRP). Questo esempio mostra i risultati di DMA in torsione eseguito con l'azionamento rotazionale del dispositivo di misurazione. La figura illustra tre metodi comunemente usati per misurare la Tg (Inizio G', Picco di G'', e Picco di tan δ).



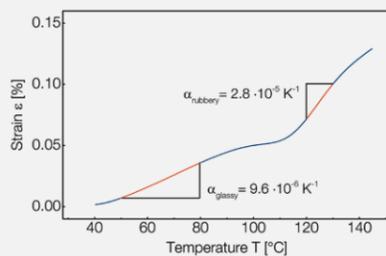
2. Analisi dinamico-meccanica in flessione

Questo esempio mostra i risultati di DMA nella flessione di CFRP. Confrontando i risultati tra DMA in torsione e DMA in flessione, è possibile riscontrare che le proprietà viscoelastiche dei compositi polimerici dipendono fortemente dalla modalità di deformazione. Sulla base del comportamento anisotropo del materiale, le temperature di transizione vetrosa mostrano valori diversi tra DMA in flessione e in torsione.



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	9400 ⁽¹⁾
Spostamento minimo	μm	0,01
Frequenza massima	Hz	100
Frequenza minima	Hz	0,001
Temperatura massima	°C	600 (950) ⁽²⁾
Temperatura minima	°C	-160 ⁽³⁾
Velocità di riscaldamento massima	K/min	35 ⁽²⁾
Velocità di raffreddamento massima	K/min	30 ⁽³⁾

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 ⁽⁴⁾
Frequenza angolare massima	rad/s	628 ⁽⁵⁾
Frequenza angolare minima ⁽⁶⁾	rad/s	10 ⁻⁷ ⁽⁷⁾
Intervallo forza normale	N	da -50 a + 50
Intervallo massimo di temperatura	°C	da -160 a +1000

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	✓
Reologia	✓
Analisi termomeccanica	✓
Toolmaster™, sistema di misura	✓
Toolmaster™, cella di misura	✓
QuickConnect per sistemi di misura, senza viti	✓
T-Ready™	✓
Opzione bassa temperatura, unità di evaporazione dell'azoto	○
Opzione di bassa temperatura, refrigeratore a gas personalizzato	○
Opzione umidità controllata	○

✓ incluso | ○ opzionale

¹ In oscillazione spostamento massimo di $\pm 4500 \mu\text{m}$.

² In combinazione con CTD 600 MDR. I sistemi di misurazione standard possono essere utilizzati fino a 350 °C. Su richiesta sono disponibili sistemi di misurazione per test fino a 600 °C. In combinazione con CTD 1000 sono disponibili su richiesta soluzioni personalizzate fino a 950 °C.

³ In combinazione con CTD 600 MDR e l'opzione basse temperature.

⁴ 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.

⁵ 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)

⁶ Frequenze impostate inferiori a 10⁻⁴ rad/s non sono di rilevanza pratica a causa della durata del punto di misura maggiore di 1 giorno

⁷ Valore teorico (durata per ciclo = 2 anni)

© 2021 Anton Paar GmbH | Tutti i diritti sono riservati.
Le specifiche di questo documento sono soggette a cambiamenti senza previo avviso.
D841P00.1IT-C

www.anton-paar.com