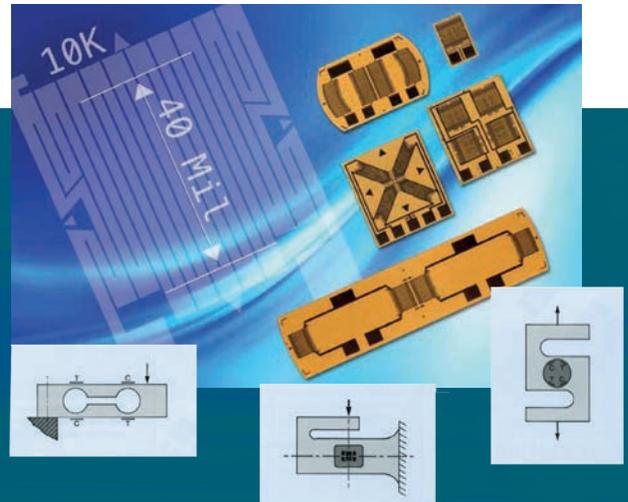


Estensimetri per l'analisi
sperimentale delle sollecitazioni

Formazione e certificazione
del personale in estensimetria



Estensimetri per trasduttori



Estensimetria & fotoelasticità



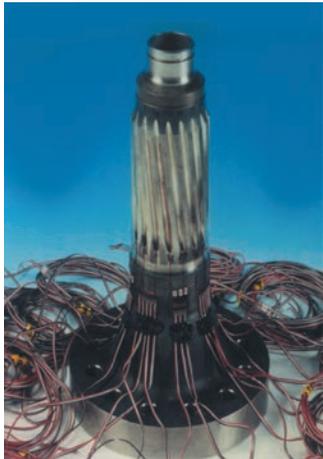
Strumentazione per estensimetria e fotoelasticità



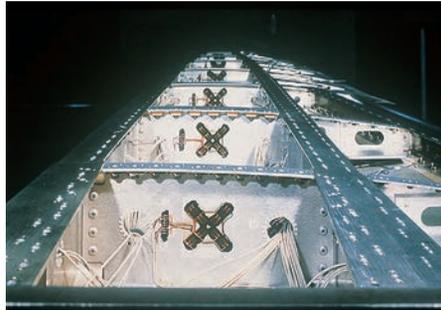
LUCHSINGER_{srl}
www.luchsinger.it



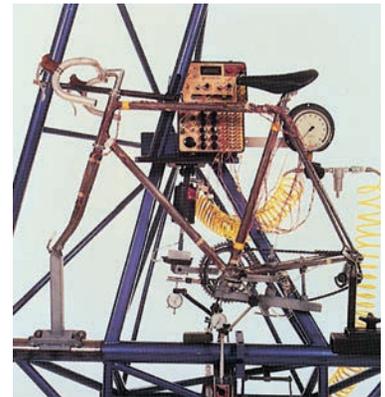
ESTENSIMETRIA



Prove di componenti meccanici



Prova strutturale di un'ala



Prova di carico su un telaio



Prove di fatica su una biella



Misura di gradienti di tensioni su una ruota in lega



Collaudo di valvole per certificazione di qualità

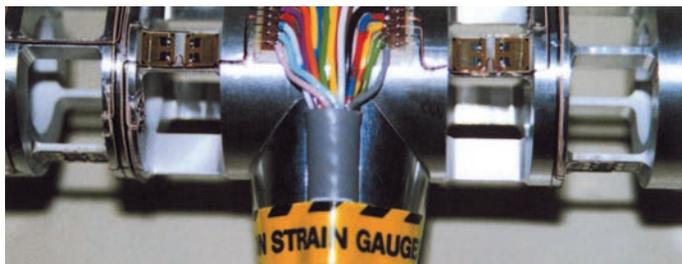


Prova di trazione su materiali compositi



Analisi strutturale di un ponte sospeso

Bilancia multi-componente per gallerie aero-dinamiche



Trasduttori e celle di carico



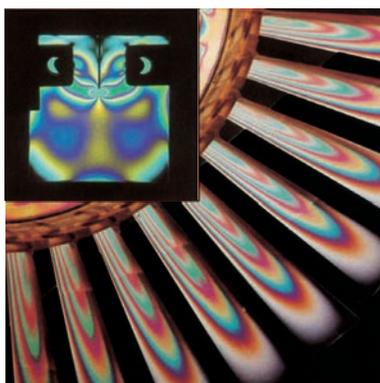
Sollecitazioni dinamiche su palette di turbina



FOTOELASTICITÀ



Rivestimento PhotoStress® di un carrello aereo



Modello bi-dimensionale di una turbina

Rivestimento di un femore umano

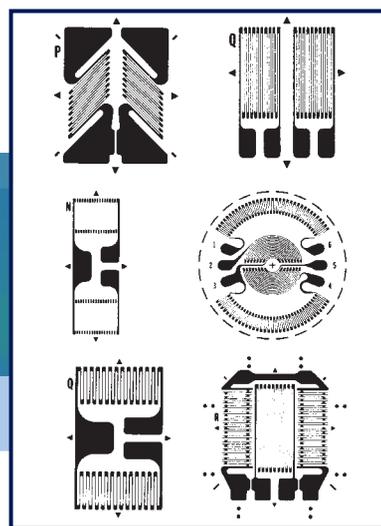
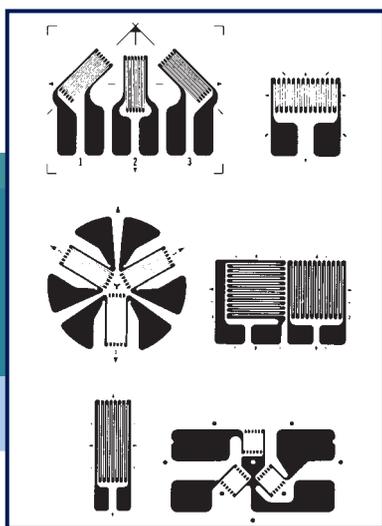


introduzione all'analisi sperimentale delle sollecitazioni

Il 40% delle rotture dei componenti meccanici sono attribuibili ad una geometria difettosa che provoca delle concentrazioni di sollecitazioni. Le leggi classiche della resistenza dei materiali possono risolvere solo i problemi su strutture semplici, in assenza di concentrazione di sollecitazioni, di reazioni di appoggio o d'incastro.

Nel caso di strutture complesse tridimensionali con sollecitazioni combinate, risulta impossibile, anche con i metodi moderni di calcolo con gli elementi finiti, conoscere lo stato di sollecitazione.

L'estensimetria e la fotoelasticità sono i metodi sperimentali in grado di fornire le informazioni necessarie agli ingegneri per progettare strutture e prodotti affidabili e sicuri. Le tecniche di analisi sperimentale delle sollecitazioni sono usate a diversi stadi della vita di un prodotto; dalla progettazione alla validazione del prototipo prima della produzione, dalle prove di sicurezza e sovraccarico fino alle prove per l'analisi di rotture in servizio.



Estensimetria

L'estensimetro consiste di una griglia di metallo laminato incollata su un supporto di materiale plastico.

Gli estensimetri sono disponibili in migliaia di configurazioni per adattarsi ad una vasta gamma di applicazioni.

Un estensimetro è più sottile di un francobollo e certi modelli hanno griglie non più larghe della capocchia di uno spillo. In pratica l'estensimetro è incollato sulla superficie di una struttura; quando viene sollecitato, le deformazioni sono trasmesse alla griglia causando una variazione di resistenza elettrica.

Questa variazione è proporzionale alla deformazione e può essere misurata con grande precisione. Tipicamente si possono misurare delle deformazioni con una risoluzione di un micrometro/metro, cioè di una parte su un milione.

Per determinare le sollecitazioni principali e le relative direzioni principali si usano estensimetri, denominati rosette, con 2 o 3 griglie su uno stesso supporto ma orientati in direzioni diverse.

La risposta dell'estensimetro è istantanea, ciò permette di individuare sia le deformazioni statiche che le deformazioni dinamiche con frequenze che possono arrivare a diverse migliaia di Hertz.

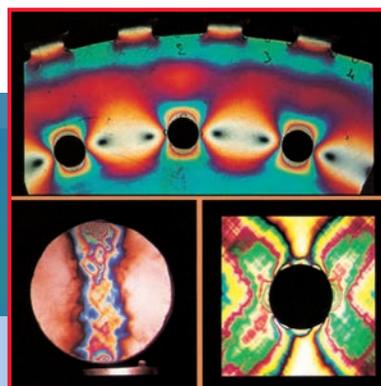
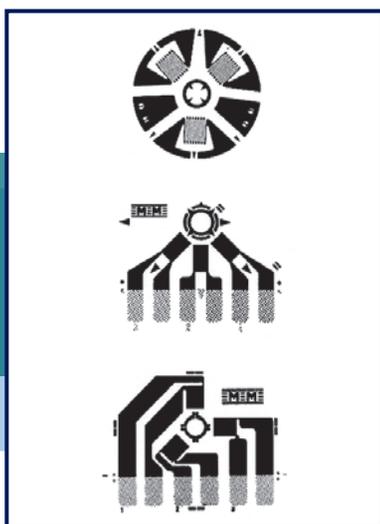
Trasduttori e pesatura

Gli estensimetri possono essere usati per misurare delle grandezze fisiche a partire dalla deformazione di un elemento meccanico, in maniera diretta o indiretta.

La grande precisione ottenibile dagli estensimetri consente, quando sono incollati su degli elementi meccanici sensibili, di fornire un segnale elettrico proporzionale ad una grandezza fisica quale il peso, la forza, la pressione, la coppia, l'accelerazione e di costituire così un trasduttore. I trasduttori sono oggi parte integrante dell'automazione e dei sistemi di controllo, la cui diffusione è aumentata per l'uso sempre più generalizzato dei computer.

I sistemi moderni di pesatura includono trasduttori, denominati celle di carico, che, grazie a delle meccaniche di alta precisione e agli ultimi sviluppi delle prestazioni degli estensimetri, soddisfano le norme internazionali più esigenti come la OIML.

Sia per l'analisi sperimentale delle sollecitazioni che per la realizzazione di trasduttori, è importante scegliere l'estensimetro appropriato in funzione ai requisiti quali la precisione, la durata di vita in fatica, il campo in temperatura e le condizioni ambientali.



Tensioni residue

Una causa predominante delle rotture strutturali dei pezzi meccanici è dovuta alle tensioni residue interne presenti prima della messa in servizio. Queste tensioni sono il risultato dei vari processi di fabbricazione come la solidificazione, la saldatura, i trattamenti termici, le lavorazioni meccaniche. La tecnica di misura di queste tensioni è descritta nella norma ASTM E837. Questo metodo si basa sull'installazione di una rosetta nel punto di misura e sulla realizzazione di un foro al centro della rosetta.

Questa operazione modifica lo stato di deformazione iniziale permettendo alle tensioni residue di redistribuirsi.

Le deformazioni misurate dalla rosetta consentono il calcolo delle tensioni. Il software H-DRILL aiuta lo sperimentatore nella elaborazione dei dati e nel calcolo delle tensioni residue. L'RS200 è lo strumento che permette di realizzare con grande precisione il foro al centro della rosetta specialmente disegnata per questo uso ed effettuare le misure secondo la normativa sopracitata senza introdurre tensioni di foratura.

Fotoelasticità

La fotoelasticità è una tecnica di visualizzazione del campo di deformazioni di una struttura: essa consente di individuare le zone di maggiore concentrazione e quindi rilevare i problemi di plasticizzazione, fatica o rottura.

Il principio di misura si basa sul fatto che, quando si osserva un materiale trasparente fotoelastico deformato tramite una luce polarizzata, appaiono delle frange colorate.

Esse consentono di stabilire l'entità, la direzione e la distribuzione delle deformazioni principali.

La fotoelasticità è usata in laboratorio su modelli bidimensionali e tridimensionali, però il metodo più diffuso e di maggior interesse per l'ingegnere consiste nel rivestire con uno strato di materiale fotoelastico i pezzi meccanici in esame. Questa tecnica, brevettata con il nome PhotoStress®, offre il vantaggio di visualizzare le deformazioni direttamente sul pezzo reale con carichi reali.

la più completa gamma di estensimetri e accessori

Micro-Measurements è un marchio storico nel campo della tecnologia di misura estensimetrica.

Fondata negli anni '60, mantiene da allora la sua posizione di leader fornendo estensimetri di precisione e relativi accessori, della massima qualità e con il miglior livello di supporto alla clientela.

Luchsinger distribuisce e supporta i prodotti Micro-Measurements in Italia sin dagli inizi, con l'impegno di diffondere la conoscenza dell'analisi sperimentale delle sollecitazioni e di aiutare il cliente ad ottenere misure precise e affidabili. A testimonianza che la qualità è uno dei suoi obiettivi, nel 1996 ha portato a termine il processo di certificazione della qualità, aggiornato negli anni seguenti sino all'attuale **EN ISO 9001:2015**.

Oltre alla distribuzione di sensori e strumenti di misura, Luchsinger organizza corsi sulla tecnica estensimetrica in conformità alla ISO 9712:2012. Dal 2011 è centro di esame autonomo accreditato per l'esecuzione degli esami di certificazione del personale addetto alle prove non distruttive di livello 1 e 2, nel metodo estensimetrico ST (Strain Testing).



Corsi ed esami di certificazione sull'estensimetria

Servizi ai clienti

In supporto alla commercializzazione di sensori e strumenti, offriamo i seguenti servizi:

- Assistenza e consulenza telefonica da parte di tecnici esperti
- Corsi ed esami di certificazione al metodo estensimetrico (anche presso aziende)
- Servizio di incollaggio su qualsiasi vostra esigenza di misura
- Riparazioni
- Noleggio strumenti



Guida interattiva su Internet

Il know-how contenuto negli articoli tecnici e nei cataloghi è liberamente accessibile al sito:
<http://www.vishaypg.com/micro-measurements/>

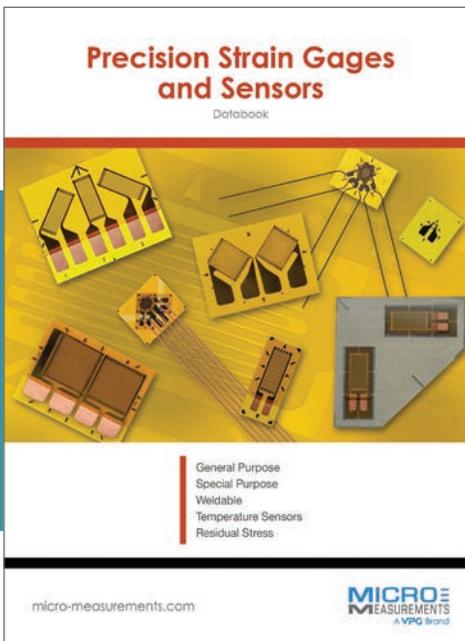


il catalogo master in estensimetria

Questa introduzione descrive solo una parte dei sensori, accessori e strumenti comunemente usati per le applicazioni estensimetriche. Per coloro che sono intensivamente impegnati in programmi di misura di sollecitazioni e deformazioni, consigliamo di richiedere il catalogo Precision Strain Gages and Sensors, che descrive tutti gli estensimetri standard e le configurazioni prodotte, il catalogo Strain Gage Accessories per gli accessori e il catalogo Strain Gage Instrumentation per la strumentazione.

Elenco di estensimetri

In questa pagina è riprodotto un esempio del catalogo che descrive la configurazione dell'estensimetro ed elenca tutte le serie e opzioni disponibili in quella configurazione.



125UN
Micro-Measurements MEME

General Purpose Strain Gages - Linear Pattern

GAGE PATTERN DATA

GAGE DESIGNATION	RESISTANCE (OHMS)	OPTIONS AVAILABLE
See Note 1		See Note 2
CEA-XX-125UN-120	120 ± 0.3%	P2
CEA-XX-125UN-350	350 ± 0.3%	P2

DESCRIPTION
General-purpose gage with narrow geometry. Exposed solder tab area 0.06 x 0.08 in (1.5 x 1.1 mm). See also 125UN pattern.

GAGE DIMENSIONS

Gage Length	Overall Length	Grid Width	Overall Width	Matrix Length	Matrix Width
0.125 ES	0.275	0.100	0.100	0.38	0.38
0.18 ES	0.50	0.150	0.150	0.57	0.57

GAGE SERIES DATA

Series	Description	Strain Range	Temperature Range
CEA	Universal general-purpose strain gages	±5%	-100° to +350° F

Note 1: Insert desired S-T-C number in spaces marked XX.
Note 2: Products with designations and options shown in bold are not RoHS compliant.

Document Number: 11224 For technical questions, contact: micro-measurements@micro-measurements.com www.micro-measurements.com
Revision: 09-Jan-10

125UT
Micro-Measurements MEME

General Purpose Strain Gages - Tee Rosette

GAGE PATTERN DATA

GAGE DESIGNATION	RESISTANCE (OHMS)	OPTIONS AVAILABLE
See Note 1		See Note 2
CEA-XX-125UT-120	120 ± 0.4%	P2
CEA-XX-125UT-350	350 ± 0.4%	P2

DESCRIPTION
Tee rosette 90° for general-purpose use. Exposed solder tab area 0.15 x 0.07 in (2.3 x 1.8 mm).

GAGE DIMENSIONS

Gage Length	Overall Length	Grid Width	Overall Width	Matrix Length	Matrix Width
0.125 ES	0.300 CP	0.165 ES	0.300 CP	0.42	0.45
0.18 ES	0.25 CP	0.18 ES	0.27 CP	0.57	0.60

GAGE SERIES DATA

Series	Description	Strain Range	Temperature Range
CEA	Universal general-purpose strain gages	±5%	-100° to +350° F (-70° to +175° C)

Note 1: Insert desired S-T-C number in spaces marked XX.
Note 2: Products with designations and options shown in bold are not RoHS compliant.

Document Number: 11220 For technical questions, contact: micro-measurements@micro-measurements.com www.micro-measurements.com
Revision: 09-Jan-10

125UR
Micro-Measurements MEME

General Purpose Strain Gages - Rectangular Rosette

GAGE PATTERN DATA

GAGE DESIGNATION	RESISTANCE (OHMS)	OPTIONS AVAILABLE
See Note 1		See Note 2
CEA-XX-125UR-120	120 ± 0.4%	P2
CEA-XX-125UR-350	350 ± 0.4%	P2

DESCRIPTION
General-purpose 45° single-plane rosette. Compact geometry. Exposed solder tab area 0.08 x 0.26 in (2.0 x 1.5 mm).

GAGE DIMENSIONS

Gage Length	Overall Length	Grid Width	Overall Width	Matrix Length	Matrix Width
0.125 ES	0.300 CP	0.165 ES	0.300 CP	0.42	0.45
0.18 ES	0.50 CP	0.18 ES	0.50 CP	0.57	0.60

GAGE SERIES DATA

Series	Description	Strain Range	Temperature Range
CEA	Universal general-purpose strain gages	±5%	-100° to +350° F (-70° to +175° C)

Note 1: Insert desired S-T-C number in spaces marked XX.
Note 2: Products with designations and options shown in bold are not RoHS compliant.

Document Number: 11225 For technical questions, contact: micro-measurements@micro-measurements.com www.micro-measurements.com
Revision: 02-Feb-10

designazione e selezione dell'estensimetro

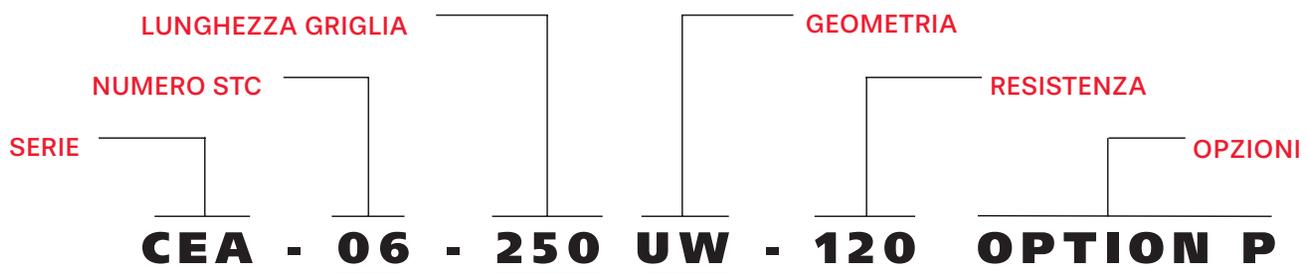
Micro-Measurements offre una grande scelta di estensimetri in grado di soddisfare le più svariate esigenze di misura. Malgrado il vasto numero di variabili, il processo di selezione può essere ridotto a pochi passi.

I parametri da selezionare sono in sequenza:

1. la lunghezza della griglia
2. geometria della griglia e dei terminali
3. la serie (combinazione supporto-lega)
4. l'opzione
5. la resistenza in Ohm
6. il numero STC



Per facilitare la scelta dell'estensimetro, è stato sviluppato un sistema di designazione che tiene conto di tutte le configurazioni possibili. Il diagramma seguente spiega il codice di designazione dell'estensimetro.



Lunghezza della griglia

La lunghezza di un estensimetro è la lunghezza attiva o sensibile della griglia. Per soddisfare le svariate esigenze di misura, Micro-Measurements offre lunghezze a partire da 0,2 mm fino a 100 mm. La lunghezza è espressa in millesimi di pollice (Mils) che equivale a 0,0254 mm.

La lunghezza dell'estensimetro è un fattore importante per la determinazione della prestazione dell'estensimetro.

Serie

La selezione dell'estensimetro deve essere effettuata tra diversi sistemi lega-supporto, dette serie, che definiscono una combinazione specifica di lega metallica della griglia e supporto plastico. Per facilitare la scelta della serie, i dati sono presentati in forma condensata in una tabella nella pagina accanto; questa tabella fornisce varie prestazioni quali temperature di funzionamento, campo di deformazione, vita a fatica in funzione al livello di deformazione.

Numero STC

È il coefficiente di espansione termica in ppm/°F del materiale su cui viene incollato l'estensimetro.

I numeri STC più comuni e disponibili a stock sono:

- 06 per l'acciaio
- 13 per l'alluminio

Sono disponibili altri numeri STC su richiesta.

Geometria

La geometria dell'estensimetro si riferisce alla forma della griglia, al numero e direzione delle griglie, alla configurazione dei terminali e altre caratteristiche costruttive. Sono disponibili geometrie a singola griglia mono-direzionali e rosette a 2 o 3 elementi. Le rosette sono denominate:

- a T, 2 elementi a 90°
- Chevron, 2 elementi a 45° rispetto all'asse centrale
- Delta, 3 elementi a 45°
- Rettangolari, 3 elementi a 45°

Resistenza

Gli estensimetri sono normalmente usati con resistenza 120 o 350 ohm. Per la maggioranza delle applicazioni si usa 120 ohm; gli estensimetri a 350 ohm sono preferibili per ridurre la generazione di calore, diminuire l'effetto dei cavi o migliorare il rapporto segnale-a-rumore, ma sono più costosi. Per applicazioni di trasduttori o per uso su compositi sono disponibili estensimetri con resistenze più elevate, fino a 5000 ohm.

Opzioni

Le seguenti opzioni si applicano alla serie EA generalmente:

- W:** incapsulamento polimide con filo
- E:** incapsulamento polimide con terminale a saldare esposto
- SE:** incapsulamento polimide con terminale a saldare esposto e pre-saldato
- L:** fili flessibili in rame pre-saldati
- LE:** fili pre-saldati con incapsulamento
- P:** cavi pre-saldati di lunghezza 3 m e incapsulamento (solo serie EA e N2A)
- P2:** cavi pre-saldati di lunghezza 3 m (solo serie CEA)

Per un aiuto nella selezione corretta dell'estensimetro Vi consigliamo di leggere la nota tecnica TN-505 "Strain Gage Selection" scaricabile dal sito <http://www.vishaypg.com/micro-measurements/stress-analysis-strain-gages/technotes-list/>



Serie	Descrizione	Campo di temperatura	Campo di deformazione	Vita a fatica	
				livello di deformazione ρ	numero di cicli
EA	Lega costantana con supporto polimide. Misure generiche statiche e dinamiche.	Normale: -75 a 175°C Breve: -195 a 250°C	+/- 3% (lunghezza < 3,2mm) +/- 5% (lunghezza > 3,2mm)	+/- 1.800 +/- 1.500 +/- 1.200	10 ⁵ 10 ⁶ 10 ⁸
CEA	Estensimetro ad uso universale. Lega costantana completamente incapsulata in polimide con piazzole grandi in rame. Misure generiche statiche e dinamiche.	Normale: -75 a 175°C Rosette sovrapposte: massimo 65°C	+/- 3% (lunghezza < 3,2mm) +/- 5% (lunghezza > 3,2mm)	+/- 1.500 +/- 1.500	10 ⁵ 10 ⁶
WA	Lega constantana incapsulata con fili ad alta resistenza. Utilizzabile su un campo di temperatura più grande e in un ambiente più estremo che la serie EA.	Normale: -75 a 205°C Breve: -195 a 260°C	+/- 2%	+/- 2.000 +/- 1.800 +/- 1.500	10 ⁵ 10 ⁶ 10 ⁷
EP	Lega constantana trattata con supporto polimide ad alto allungamento. Usato per grandi deformazioni.	-75 a 205°C	+/- 10% (lunghezza < 3,2mm) +/- 20% (lunghezza > 3,2mm)	+/- 1.000	10 ⁴ (deriva dallo zero)
ED	Lega isoelastica con supporto polimide. Elevato fattore di taratura ed estesa vita a fatica. Eccellente per misure dinamiche. Non usato per misure statiche a causa della sensibilità termica.	Dinamico: -195 a 205°C	+/- 2% Non lineare a deformazioni > 0,5%	+/- 2.500 +/- 2.200	10 ⁶ 10 ⁷
WD	Lega isoelastica incapsulata con fili ad alta resistenza. Usato per misure dinamiche in ambienti ostili.	Dinamico: -195 a 260°C	+/- 1,5% Non lineare a deformazioni > 0,5%	+/- 3.000 +/- 2.500 +/- 2.200	10 ⁵ 10 ⁷ 10 ⁸
WK	Lega Karma incapsulata con fili ad alta resistenza. Questa serie ha il più ampio campo di temperatura e la più grande resistenza ambientale.	Normale: -269 a 290°C Breve: -269 a 400°C	+/- 1,5%	+/- 2.200 +/- 2.000	10 ⁶ 10 ⁷
L2A	Estensimetri per uso generale in analisi sperimentale delle sollecitazioni. Forniti di fili presaldati.	-75°C a 120°C	+/- 3%	+/- 1.700 +/- 1.500	10 ⁵ 10 ⁶
C2A	Estensimetri per uso generale in analisi sperimentale delle sollecitazioni. Forniti pre-cablati per collegamento diretto alla strumentazione.	-80°C a 80°C	+/- 3%	+/- 1.700 +/- 1.500	10 ⁵ 10 ⁶
N2A	Lega constantana con supporto ultrafine, laminato in polimide. Raccomandato per uso in trasduttori a causa del basso e ripetibile scorrimento.	Normale: -75 a 95°C	+/- 3%	+/- 1.700 +/- 1.500	10 ⁶ 10 ⁷
J2A	Lega constantana con supporto e incapsulamento in polimide, raccomandata per uso trasduttori, compensazione per effetto dello scorrimento.	Normale: -75 a 95°C	+/- 3%	+/- 1.700 +/- 1.700	10 ⁶ 10 ⁷

lista estensimetri CEA SuperStock



Gli estensimetri della serie CEA sono i più usati per l'analisi sperimentale delle sollecitazioni e sono da considerare la prima scelta per la loro facilità d'installazione. Questi estensimetri sono incapsulati e hanno comodi terminali in rame che consentono la saldatura diretta dei cavi che vanno alla strumentazione.

Alcuni tipi sono disponibili con l'opzione P2, cioè con cavo di 3 m pre-saldato ai terminali.

Gli estensimetri della serie CEA sono disponibili a stock per immediata consegna.

- **CEA-XX-062UW-120**
- **CEA-XX-062UW-350**
- Estensimetro piccolo per uso generico con piazzole larghe. Disponibile con opzione P2.

LR	AR	LT	AT	DT	DS
1,57	3,05	5,59	3,05	1,8x1,0	7,9x4,8



CEA-XX-015UW-120

Estensimetro miniatura con terminali ampi, ideale per applicazioni con forti concentrazioni di sollecitazioni.

LR	AR	LT	AT	DT	DS
0,38	0,51	3,56	2,67	1,5x1,0	6,1x4,6



1x



2x

CEA-XX-062UV-350

Rosetta "chevron" a 2 elementi 90°. Per misure di coppia. Disponibile con opzione P2.

LR	AR	LT	AT	DT	DS
1,57CE	1,60CE	8,38TR	4,06TR	1,0x1,8	10,7x5,8



CEA-XX-032UW-120

Estensimetro corto con terminali ampi, ideale per applicazioni con forti concentrazioni di sollecitazioni. Disponibile con opzione P2.

LR	AR	LT	AT	DT	DS
0,81	1,52	4,57	3,05	1,8x1,0	6,9x4,8



1x



2x

CEA-XX-125UN-120 CEA-XX-125UN-350

Estensimetro per uso generico. Disponibile con opzione P2.

LR	AR	LT	AT	DT	DS
3,18	2,54	6,99	3,05	1,5x1,1	9,7x4,8



CEA-XX-062UR-120 CEA-XX-062UR-350

Rosetta a 3 elementi 45°. Disponibile con opzione P2.

LR	AR	LT	AT	DT	DS
1,57CE	1,57CE	5,64TR	10,67TR	1,8x1,0	8,1x12,2



CEA-XX-125UW-120 CEA-XX-125UW-350

L'estensimetro serie CEA più usato in assoluto per uso generico. Disponibile con opzione P2.

LR	AR	LT	AT	DT	DS
3,18	4,57	8,26	4,57	2,5x1,8	10,7x6,9



CEA-XX-062UT-120 CEA-XX-062UT-350

Rosetta a 2 elementi 90°. Disponibile con opzione P2.

LR	AR	LT	AT	DT	DS
1,57CE	2,03CE	5,21TR	5,72TR	1,8x1,0	7,9x7,9



CEA-XX-125UT-120 CEA-XX-125UT-350

Rosetta a 2 elementi 90° per uso generico. Disponibile con opzione P2.

LR	AR	LT	AT	DT	DS
3,18CE	4,19CE	8,26TR	9,27TR	2,5x1,8	10,7x11,4



CEA-XX-125UY-120
CEA-XX-125UY-350

Rosetta a 3 elementi 60° per uso generico.

LR	AR	LT	AT	DT	DS
3,18CE	1,57CE	9,53TR	9,53TR	-	12,7x11,2



CEA-XX-250UY-120
CEA-XX-250UY-350

Rosetta a 3 elementi 60°.

LR	AR	LT	AT	DT	DS
6,35CE	3,18CE	19,05TR	19,05TR	-	25,1x21,6



CEA-XX-125UR-120
CEA-XX-125UR-350

Rosetta a 3 elementi 45° per uso generico.
Disponibile con opzione P2.

LR	AR	LT	AT	DT	DS
3,18CE	1,52CE	7,62TR	14,22TR	2,0x1,5	10,7x15,7



CEA-XX-250UR-120
CEA-XX-250UR-350

Rosetta a 3 elementi 45°.
Disponibile con opzione P2.

LR	AR	LT	AT	DT	DS
6,35CE	3,05CE	12,70TR	19,30TR	3,3x2,0	16,5x20,3



CEA-XX-250UN-120
CEA-XX-250UN-350

Estensimetro stretto per uso generico.
Disponibile con opzione P2.

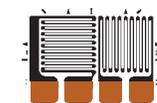
LR	AR	LT	AT	DT	DS
6,35	3,05	10,54	3,05	2,0x1,1	13,2x5,6



CEA-XX-250UT-120
CEA-XX-250UT-350

Rosetta a 2 elementi 90°.
Disponibile con opzione P2.

LR	AR	LT	AT	DT	DS
6,35CE	7,37CE	11,43TR	16,51TR	3,3x2,5	14,0x18,8



CEA-XX-250UW-120
CEA-XX-250UW-350

Griglia e piazzola più larga del 250UN.
Disponibile con opzione P2.

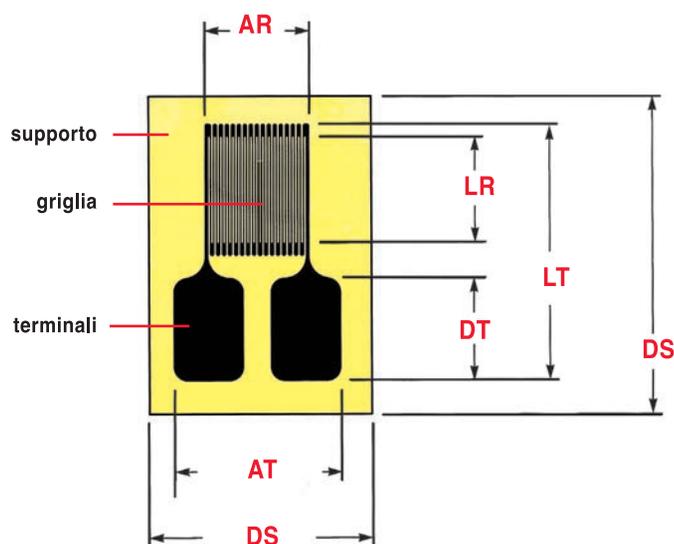
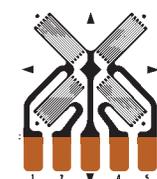
LR	AR	LT	AT	DT	DS
6,35	4,57	11,43	4,57	2,5x1,8	14,0x6,9



CEA-XX-250US-120
CEA-XX-250US-350

Ponte completo per la misura della coppia,
4 griglie a 45° dall'asse di misura.

LR	AR	LT	AT	DT	DS
6,35CE	3,05CE	20,83TR	17,78TR	4,1x2,5	24,4x20,3



Dimensioni in mm.

- LR = lunghezza griglia
- AR = larghezza griglia
- LT = lunghezza totale
- TR = totale rosetta
- AT = larghezza totale
- DT = dimensioni terminali
- DS = dimensioni supporto
- CE = per elemento

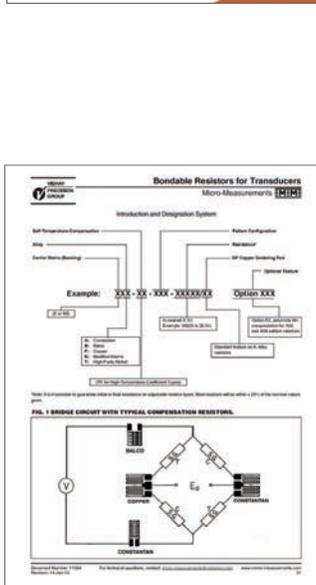
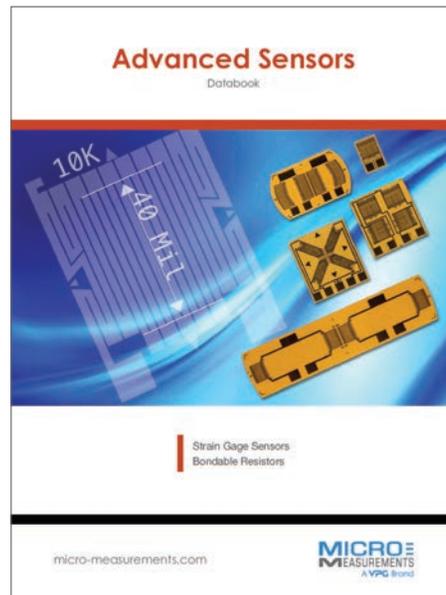
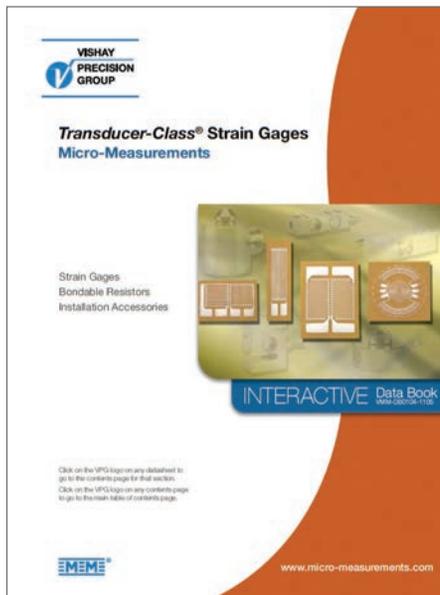
estensimetri per trasduttori

Gli estensimetri Transducer-Class® e Advanced Sensors sono un gruppo selezionato di configurazioni standard e speciali realizzati specificatamente per applicazioni OEM su trasduttori. L'obiettivo è fornire estensimetri con prestazioni ottimali a basso costo per produzioni in grandi quantità.

Le caratteristiche esclusive degli estensimetri Transducer-Class, sono:

- tolleranza ottimale dello spessore del supporto, importante per ottimizzare la ripetibilità tra le applicazioni.
- dimensioni precise del supporto. Le dimensioni indicate hanno una tolleranza di +/-0,13 mm su ogni lato, ciò che consente in molte applicazioni di usare la matrice dell'estensimetro per l'allineamento.
- vasta scelta di compensazioni dello scorrimento (creep).
- speciali accorgimenti della geometria per garantire la riproducibilità da estensimetro a estensimetro.

Richiedi i cataloghi Transducer-Class® e Advanced Sensors per un elenco completo di tutti gli estensimetri disponibili.



Linear Patterns - Dual Grid

Transducer-Class® Strain Gages

GAGE PATTERN	GRID PITCH	GRID SIZE	RES. VALUE	RES. TOLERANCE	RES. COEFF. TEMP. COEFF.
10K	100 MIL	100 MIL	1000 OHMS	±1%	±0.005%/°C
10K	100 MIL	100 MIL	1000 OHMS	±1%	±0.005%/°C
10K	100 MIL	100 MIL	1000 OHMS	±1%	±0.005%/°C
10K	100 MIL	100 MIL	1000 OHMS	±1%	±0.005%/°C

Linear Patterns - Single Grid

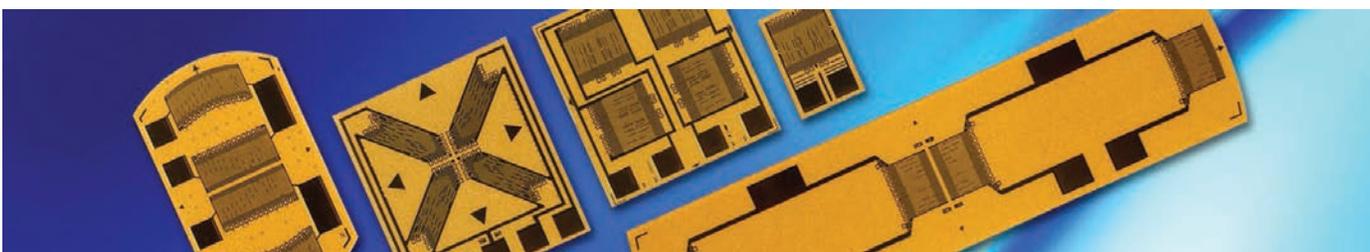
Advanced Sensors

GAGE PATTERN	GRID PITCH	GRID SIZE	RES. VALUE	RES. TOLERANCE	RES. COEFF. TEMP. COEFF.
10K	100 MIL	100 MIL	1000 OHMS	±1%	±0.005%/°C
10K	100 MIL	100 MIL	1000 OHMS	±1%	±0.005%/°C
10K	100 MIL	100 MIL	1000 OHMS	±1%	±0.005%/°C
10K	100 MIL	100 MIL	1000 OHMS	±1%	±0.005%/°C

Advanced Sensors

Gage Series

RES. VALUE	RES. TOLERANCE	RES. COEFF. TEMP. COEFF.	GRID PITCH	GRID SIZE	RES. COEFF. TEMP. COEFF.
1000 OHMS	±1%	±0.005%/°C	100 MIL	100 MIL	±0.005%/°C
1000 OHMS	±1%	±0.005%/°C	100 MIL	100 MIL	±0.005%/°C
1000 OHMS	±1%	±0.005%/°C	100 MIL	100 MIL	±0.005%/°C
1000 OHMS	±1%	±0.005%/°C	100 MIL	100 MIL	±0.005%/°C



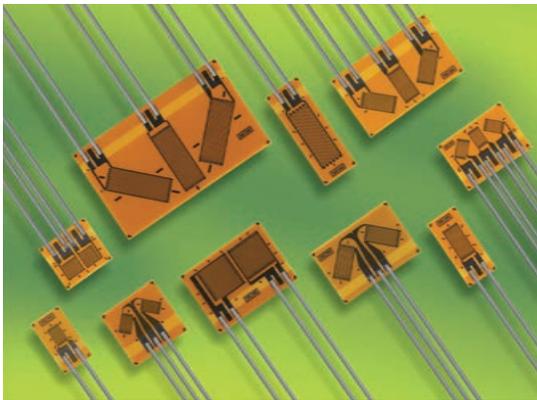
estensimetri e sensori speciali

Oltre a fornire estensimetri, Micro-Measurements offre una varietà di sensori per funzioni speciali in analisi sperimentale delle sollecitazioni. Lo spazio in questo catalogo è sufficiente solo per una breve introduzione; per ulteriori informazioni richiedete il catalogo.

Estensimetri con fili

La nuova serie L2A riduce il livello di abilità necessario a realizzare installazioni affidabili. La presenza di fili pre-saldati ai terminali consente installazioni più veloci e più facili.

La serie L2A è disponibile in tutte le configurazioni più importanti: lineari, rosetta a T e rettangolare, rosetta per torsione, lunghezze griglia da 1,52 a 6,35 mm, valori di resistenza da 120 a 350 ohm, compensato in temperatura per acciaio o alluminio. La qualità Micro-Measurements è garantita dall'uso di materiali di elevate prestazioni: supporto polimide laminato molto sottile, griglie incapsulate, fili da 30 mm in rame placcato nickel.



Estensimetri cablati

La serie C2A comprende estensimetri incapsulati con cavo pre-saldato a 3 conduttori in isolamento vinile aventi una lunghezza standard di 3 m. Altre lunghezze sono disponibili su richiesta.

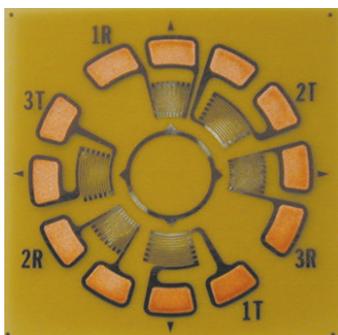
La transizione dall'estensimetro al cavo è realizzata con 25 mm di filo 34-AWG isolato. Sono disponibili numerose configurazioni lineari, al taglio, rosette a T e rettangolari, con dimensioni di griglia da 1,5 a 6,35 mm.

- Cavi pre-installati per installazioni più veloci e facili
- Configurazioni lineari, al taglio, rosette, con incapsulamento polimide
- Estensimetro alternativo per prove fino a 80°C
- Campo di misura deformazioni da +/- 3%
- Resistenza a fatica 1.000.000 cicli a +/- 1.500 microdeformazioni.



Rosette estensimetriche per tensioni residue

Il metodo più usato per la determinazione delle tensioni residue nel materiale è il metodo ASTM E387 del foro cieco. Mediante un'attrezzatura di precisione per la foratura, come il mod. RS-200, viene realizzato un foro cieco al centro di una rosetta estensimetrica speciale incollata sulla struttura in esame. A partire dalle deformazioni lette con una centralina estensimetrica, come il mod. P3, si possono calcolare con il software H-DRILL le tensioni residue rilasciate. Per ulteriori informazioni richiedete il Bollettino TN-503.



Estensimetri annegabili

Gli estensimetri annegabili della serie EGP misurano le deformazioni meccaniche nelle strutture in calcestruzzo.

La griglia sensibile ha una lunghezza attiva di 100 mm per mediare le deformazioni nei materiali con aggregati.

La griglia di misura è annegata in un materiale polimerico che protegge dal danneggiamento meccanico durante la messa in opera del calcestruzzo, dall'umidità, dalla corrosione e minimizza il rinforzo della struttura.

La griglia è auto-compensata in temperatura ed è fornita con cavo integrale di lunghezza 3 m.

Il collegamento a 3 conduttori aiuta a ridurre l'influenza della temperatura sui cavi.



estensimetri e sensori speciali

Sensori di temperatura

I sensori di temperatura TG con griglia in nickel puro sono consigliati per misure da -195°C a $+260^{\circ}\text{C}$.

Per applicazioni a temperature criogeniche, 2 leghe - nickel e manganina - sono combinate per formare il sensore CTLS-2B.

La costruzione doppia di questo sensore risulta in una variazione lineare della resistenza elettrica da -269 a $+40^{\circ}\text{C}$.

Sono disponibili infine dei circuiti di adattamento LST per il collegamento a 1/2 ponte dei sensori di temperatura alle centraline estensimetriche.

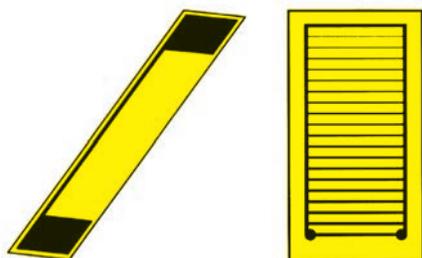


Sensori per cricche

I sensori di cricche della serie CD rilevano in modo economico la presenza di cricche oppure indicano quando la cricca ha raggiunto un determinato punto della struttura.

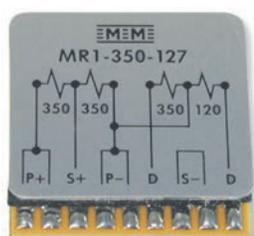
I sensori di cricca sono disponibili in varie lunghezze da 10 a 50 mm.

I sensori di avanzamento cricche misurano la velocità di propagazione su brevi distanze. Questi sensori sono usati vicino a intagli o spigoli o altre discontinuità della struttura.



Moduli di completamento ponte

I Moduli di Completamento Ponte servono a completare il circuito a ponte nei pressi dell'estensimetro incollato. Questi moduli forniscono un sistema simmetrico e bilanciato tra l'estensimetro e la strumentazione, che riduce il rumore indotto nei cavi dall'ambiente. In presenza di interruttori, contatti striscianti o commutatori tra estensimetri e strumentazione di misura o quando i cavi sono spesso scollegati, la precisione è migliorata dal completamento del ponte nei pressi del punto di misura.



Estensimetri saldabili

Questi sensori sono estensimetri incollati su una striscia metallica che viene saldata a punti sulla struttura di prova.

L'installazione è semplice e non richiede la pulizia della superficie, né incollaggio, eliminando i problemi di trattamento termico su strutture massicce.

Essi sono anche ideali per programmi di prova in laboratorio che richiedono prove ad alta temperatura e tempo minimo d'installazione. Descrizione sensori:

- Estensimetro saldabile serie CEA.

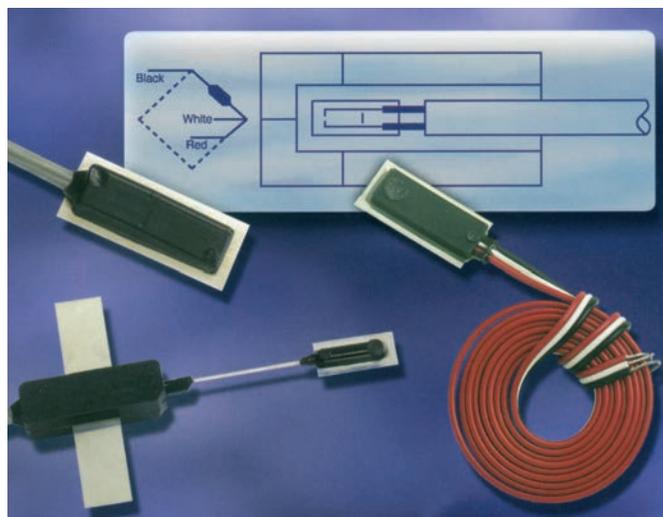
La griglia in lega costantana è completamente incapsulata nella polimide. Molto flessibile, in molti casi può essere adattato a raggi di curvatura di soli 13 mm. I terminali ricoperti da rame sono robusti e adatti alla saldatura diretta dei cavi.

- Estensimetro saldabile serie LWK.

La griglia in lega Karma è completamente incapsulata in una resina epossidica rinforzata in fibra di vetro. Il cavo integrale consiste di 3 cavi in Teflon trattato di lunghezza 250 mm. Il raggio di installazione è limitato al minimo di 50 mm nella direzione dell'asse della griglia.

- Estensimetri saldabili e sigillati serie LEA.

Estensimetri della serie EA incollati a caldo su una piastrina di acciaio inossidabile e totalmente protetti da umidità tramite incapsulamento. La versione R può lavorare immersa in acqua a 30 bar.



accessori

Gli estensimetri Micro-Measurements sono prodotti in condizioni controllate per garantirne la massima qualità e precisione. Tuttavia qualità e precisione nelle misure di deformazione possono essere raggiunte solo alla condizione che l'estensimetro sia correttamente installato. Sono 3 i fattori che influiscono in ogni installazione di estensimetri:

1. l'estensimetro
2. gli utensili, materiali e accessori
3. le tecniche d'installazione

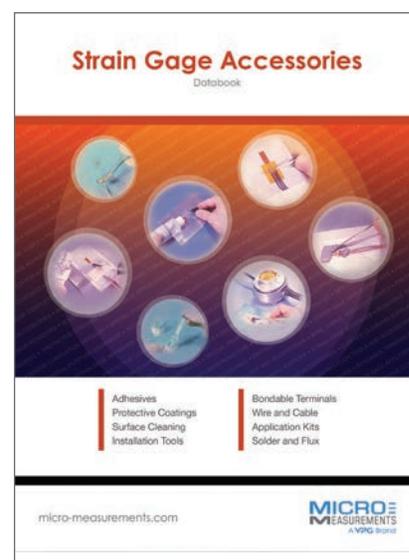
L'esperienza ci ha appreso che accettare un compromesso di uno qualunque di questi 3 fattori può compromettere la qualità dell'installazione e la precisione delle misure. La ben nota formula per fare installazioni estensimetriche affidabili è semplice:

1. scegliere estensimetri di elevata qualità
2. scegliere accessori che sono stati provati in laboratorio e nel campo per garantirne la compatibilità con gli estensimetri
3. seguire le procedure d'installazione consigliate dal produttore di estensimetri e accessori

Nella pagina seguente sono elencati gli accessori della famiglia M-LINE. Per ogni fase importante dell'installazione estensimetrica sono indicati gli appropriati accessori, utensili e materiali, a partire dalla preparazione della superficie fino all'applicazione del protettivo sull'estensimetro cablato.

Tutti gli accessori elencati, sia prodotti direttamente da Micro-Measurements che da fornitori qualificati, sono della massima qualità e sono corredati, su richiesta, delle schede tecniche di sicurezza in italiano.

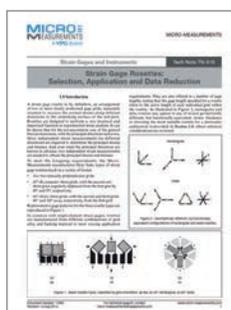
Per una descrizione dettagliata degli accessori richiedete il catalogo, che in 40 pagine descrive la linea completa di accessori e le strumentazioni correlate.



Kit per applicazione

Per la convenienza del cliente, sono stati predisposti dei kit in apposite valigette che contengono tutti gli accessori:

- Kit GAK-2 contiene una selezione di accessori M-Line per realizzare installazioni di estensimetri con colle M-Bond 200, AE-10, AE-15 o 610.
- Master Kit MAK-1 il kit più completo e ricco in accessori consente di realizzare una vasta gamma di installazioni sia per uso in laboratorio che per uso nel campo.
- Education Kit è dedicato a coloro che si avvicinano al metodo estensimetrico e contiene tutto il necessario per eseguire l'incollaggio di un estensimetro e l'analisi dei dati provenienti da esso.



Didattica e istruzione

Una corretta tecnica è l'ingrediente essenziale per un'installazione che garantisca misure affidabili e precise. Micro-Measurements mette a disposizione sul suo sito web

<http://www.vishaypg.com/micro-measurements/stress-analysis-strain-gages/knowledge-base-list/>

una ricca libreria di articoli tecnici, consigli pratici e calcolatori.

- Tech-Notes: argomenti specifici legati all'estensimetria
- Tech-Tips: consigli pratici d'installazione per casi particolari
- Calcolatori: equazioni matematiche attinenti all'estensimetria con calcolo in tempo reale

6 semplici punti per realizzare con successo installazioni estensimetriche

1 Preparazione della superficie



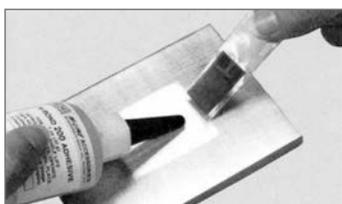
- **CSM3A**
sgrassante: elimina olio e lubrificante. Non infiammabile.
- **Conditioner A**
Una debole soluzione di acido fosforico. Pulisce chimicamente e accelera la pulizia.
- **Neutralizer 5A**
Una soluzione a base di ammoniaca. Neutralizza le reazioni chimiche indotte dal Conditioner A.
- **Carta abrasiva**
Al carburo di silicio.

2 Scelta dell'adesivo



- **M-Bond 200**
L'adesivo più usato e più facile da usare. A base di cianoacrilato. Incollaggio rapido a temperatura ambiente.
- **M-Bond AE-10**
Adesivo per uso generico. Resistente all'umidità e agli attacchi chimici. Incollaggio a temperatura ambiente.
- **M-Bond AE-15**
Similare all'AE-10. Consigliato per applicazioni più critiche, incluse l'estensimetrazione dei trasduttori. Incollaggio a caldo.
- **M-Bond 610**
Usato per applicazioni con ampia gamma di temperature. Molto usato per i trasduttori. Incollaggio a caldo.
- **M-Bond 600**
Similare al 610, ma reagisce più rapidamente. Può essere incollato a temperature più basse.

3 Manipolazione e incollaggio



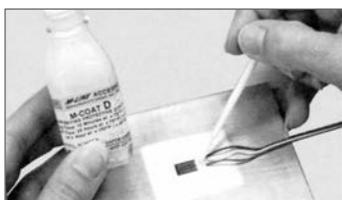
- Nastro Cellophane
- Nastro Mylar
- Pinze di serraggio
- Film Teflon
- Gomma silicone
- Utensili per l'applicazione

4 Cablaggio



- Basette per saldare
- Cavi e fili
- Saldatura
- Saldatore
- Utensili per cablaggio

5 Rivestimenti protettivi



- M-Coat A Poliuretano
- M-Coat B Gomma nitrile
- M-Coat C Gomma silicone
- M-Coat D Acrilico
- M-Coat F Gomma neoprene e butile

6 Controllo dell'installazione



- Tester GIT 1300 per:
- Lettura della resistenza d'isolamento (20.000 Mohm a 15 VDC)
 - Misura della deviazione della resistenza dell'estensimetro installato
 - Verifica del circuito completo inclusi i cavi



strumentazione per estensimetria

La famiglia StrainSmart® - i sistemi multicanale

I sistemi digitali StrainSmart® sono usati in estensimetria per misure statiche e/o dinamiche. Accettano non solo ingressi estensimetrici, ma anche ingressi ad alto livello in tensione e corrente, LVDT, termocoppie e segnali piezoelettrici. Il software StrainSmart®, unico per tutte le piattaforme hardware, mette a disposizione numerose funzioni dedicate all'analisi sperimentale delle sollecitazioni, come per esempio:

- compensazione per temperatura e lunghezza dei cavi
- correzioni per sensibilità trasversale e non linearità del ponte
- bilanciamento e calibrazione shunt automatica dei canali
- elaborazione rosette reattangolari, a T e Delta
- conversione delle deformazioni principali in sollecitazioni
- calcolo della sollecitazione equivalente per diversi criteri di rottura
- banca dati per estensimetri e sensori.



Software StrainSmart®
Micro-Measurements

System 7000 StrainSmart®, sistema di acquisizione dati multicanale

Sistema di acquisizione dati ad alta densità di canali per prove statiche e dinamiche. Sono disponibili scanner a 4 o 16 alloggiamenti per schede a 8 ingressi dedicati ad una tipologia di sensore, per un massimo di 128 canali per uno scanner in rack da 19". I canali estensimetrici accettano configurazioni a quarto, mezzo e ponte intero, con completamento ponte per 120, 350 e 1000 ohm. Più scanner possono essere interconnessi e sincronizzati con distanze fino a 100 m tramite interfaccia Ethernet per formare un sistema con un numero virtualmente illimitato di canali.

- sensori: estensimetri, trasduttori estensimetrici, termocoppie, ingressi in tensione, LVDT
- campionamento simultaneo a 24 bit, precisione 0,05%
- velocità di scansione fino a 2048 acquisizioni/sec/canale
- filtraggio analogico antialiasing e digitale (FIR) selezionabile
- scheda riferibile e rimovibile per calibrazione (opzione)
- interfaccia Ethernet



System 7000

System 8000 StrainSmart®, sistema di acquisizione dati universale

Sistema di acquisizione dati con ingressi universali per prove statiche e dinamiche. La configurazione base comprende un'unità scanner con 8 canali di acquisizione, espandibile fino a 16 scanner per un massimo di 128 canali. Ogni ingresso è universale in quanto può essere configurato via software per accettare varie tipologie di sensori. I canali estensimetrici accettano configurazioni a quarto, mezzo e ponte intero, con completamento ponte per 120, 350 e 1000 ohm. Ogni scanner è dotato d'interfaccia Ethernet per comunicare con il PC e di una uscita relè. Grazie al filtraggio digitale e al processore di segnale a 24 bit, il sistema offre un'eccellente reiezione del rumore, stabilità e precisioni molto elevate.

- sensori: estensimetri, trasduttori estensimetrici, ingressi in tensione, termocoppie
- velocità scansione da 10 a 1000 acquisizioni/sec/canale
- processore di segnale 24 bit con filtri digitali FIR
- scheda riferibile e rimovibile per calibrazione (opzione)
- interfaccia Ethernet



System 8000

System 9000 StrainSmart®, sistema di acquisizione dati dinamico

Sistema di acquisizione dati per prove dinamiche. Il sistema base comprende uno scanner a 12 canali estensimetrici espandibile, con ulteriori 4 alloggiamenti, per un totale di 16 canali per scanner, fino ad un massimo di 48 canali. I canali estensimetrici accettano configurazioni a quarto, mezzo e ponte intero, con completamento ponte per 120, 350 e 1000 ohm. Grazie al filtraggio digitale il sistema offre un'eccellente reiezione del rumore, stabilità e precisioni molto elevate.

- sensori: estensimetri, trasduttori estensimetrici, tensione, termocoppie, trasduttori piezoelettrici
- campionamento: da 5.000 a 50.000 campioni al secondo
- uscite analogiche (opzione) e ingresso/uscita digitale
- processore di segnale 24 bit con filtri digitali FIR
- interfaccia Ethernet



System 9000

strumentazione per estensimetria

Acquisitore dati D4

Il modello D4 è un condizionatore e acquisitore dati portatile in grado di acquisire fino a 4 ingressi estensimetrici. Lo strumento è controllato via PC tramite interfaccia USB grazie al software incluso in dotazione. Fino a 6 unità possono essere controllate per un totale di 24 ingressi.

- 4 ingressi estensimetrici
- risoluzione 24 bit, precisione 0,1%
- accetta quarto, mezzo e ponte intero
- completamento ponte per 120/350/1000 ohm
- azzeramento e calibrazione automatici
- velocità campionamento 8 Hz
- filtraggio digitale, elevata reiezione rumore
- interfaccia USB e software di acquisizione dati
- alimentazione via USB



Acquisitore D4

Indicatore di deformazione P3

Il modello P3 è uno strumento versatile, portatile in grado di visualizzare e registrare fino a 4 ingressi estensimetrici simultanei. Può essere usato in modalità stand-alone grazie al suo generoso display LCD e all'uscita analogica oppure con PC grazie all'interfaccia USB e al software incluso in dotazione.

- 4 ingressi estensimetrici
- risoluzione 24 bit, precisione 0,1%
- accetta quarto, mezzo e ponte intero
- completamento ponte per 120/350/1000 ohm
- azzeramento e calibrazione automatici
- velocità campionamento 2 Hz
- display LCD e uscita analogica
- interfaccia USB e software di acquisizione dati
- alloggiamento per scheda di memoria SD (inclusa 16MB)
- alimentazione a batterie, via USB o 6-15 Vdc



Indicatore P3

Saldatrice portatile per estensimetri 700

Saldatrice portatile a punti per l'installazione di estensimetri saldabili, sensori di temperatura, termocoppie e metalli sottili. La potenza di saldatura è regolabile in continuo da 3 a 50 joules



Saldatrice 700

Calibratore estensimetrico 1550A

Il calibratore 1550A consente allo sperimentatore di verificare e validare la catena di misura simulando una variazione riferibile sul ponte di Wheatstone. Uno strumento indispensabile per quelle aziende che operano in regime di qualità.

- precisione 0,025% riferibile NIST
- simula quarto, mezzo e ponte intero a 120 e 350 ohm
- simula deformazioni fino a +/- 99900 ue con incrementi di 100 ue
- simula trasduttori estensimetrici fino a +/- 49,95 mV/V



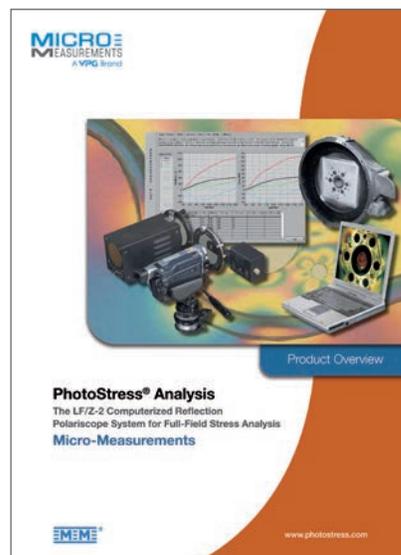
Calibratore 1550A

fotoelasticità

Analisi fotoelastica PhotoStress®

Photostress® consiste nell'applicare un rivestimento con proprietà fotoelastiche sul componente meccanico per visualizzare direttamente le deformazioni sul pezzo reale sotto forma di frange colorate.

- sistema preciso, economico e portatile per l'analisi sperimentale delle sollecitazioni di qualunque punto della struttura, indipendentemente dalla complessità della geometria o dal materiale
- può essere usato in laboratorio o nel campo
- fornisce lettura diretta di deformazioni sui componenti reali per carichi statici e dinamici, non richiede modellazione
- osservazione e misura di sollecitazioni durante l'assemblaggio di parti reali
- rilevamento di snervamento, le deformazioni plastiche restano dopo la rimozione del carico
- rilevamento di tensioni interne o residue.



Polariscopio Photostress Plus®

Il metodo fotoelastico di osservazione e analisi delle deformazioni con ripresa video tramite telecamera digitale.

- compensatore digitale che acquisisce il ritardo ottico
- software PSCalc® per il calcolo diretto delle deformazioni e sollecitazioni principali.



Rivestimenti e materiali fotoelastici

Sono disponibili in una varietà di forme e di sensibilità per poter essere applicati a qualunque tipo di materiale.



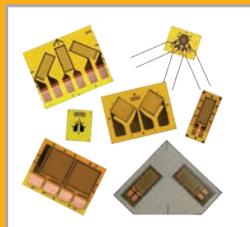
Kit di applicazione

Sono disponibili comode valigie con tutti i prodotti necessari alla preparazione e all'applicazione dei rivestimenti fotoelastici PhotoStress® alle superfici da analizzare.



Sollecitazioni

- Estensimetri (Strain-gage)
- Fotoelasticità
- Correlazione digitale
- Sistemi per prove a fatica
- Tensioni residue
- Sistemi di acquisizione dati



Pressione

- Sensori tattili
- Trasduttori piezoelettrici
- Trasduttori relativi e assoluti
- Trasduttori differenziali aria/liquido
- Trasduttori per il vuoto
- Sensori barometrici
- Sensori a thin-film

Spostamento

- Sensori laser a triangolazione
- Sensori ottici confocali
- Sensori a filo
- Sensori a correnti parassite
- Sensori capacitivi
- Inclinometri

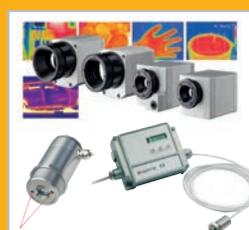


Forza & Coppia

- Celle di carico
- Torsiometri
- Sensori automotive
- Dinamometri

Dimensioni

- Sensori di profilo 2D/3D
- Laser Scanner
- Micrometri ottici
- Sistemi a scansione
- Velocità e lunghezze
- Misure di fori



Temperatura

- Termocamere a infrarossi
- Termometri portatili a infrarossi
- Sensori a infrarossi
- LineScanner a infrarossi
- Video-pirometri

Vibroacustica

- Accelerometri
- Martelli strumentati
- Microfoni
- Registratori di vibrazioni
- Accelerometri wireless

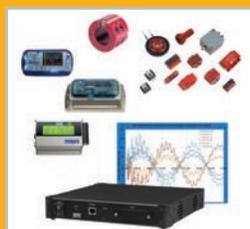


Colore

- Sensori di colore con fibre ottiche
- Sensori di colore con lente fissa
- Sistemi di test per LED
- Spettrofotometri

Acquisizione dati

- Datalogger miniatura
- Sistemi per estensimetria
- Reti wireless
- Analizzatori di vibrazioni
- Telemetria e contatti striscianti



Fibre Ottiche

- Estensimetri
- Sensori di pressione
- Sensori di temperatura
- Sensori di spostamento

Fluidodinamica

- Sistemi laser LDV/PDPA
- Sistemi visualizzazione PIV/PLIF
- Velocimetro PIV volumetrico
- Anemometri a filo caldo



Ambiente

- Contatori di particelle fini
- Monitor PM10 - PM2,5 - PM1
- Spettrometri dimensionali
- Impattori multistadio
- Flussometri

