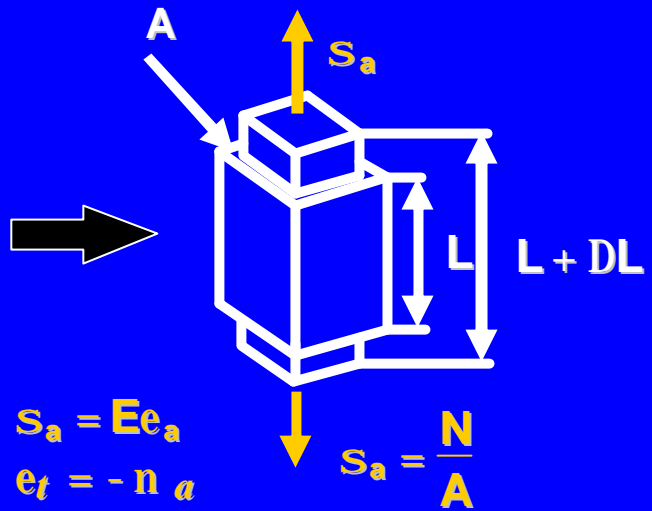
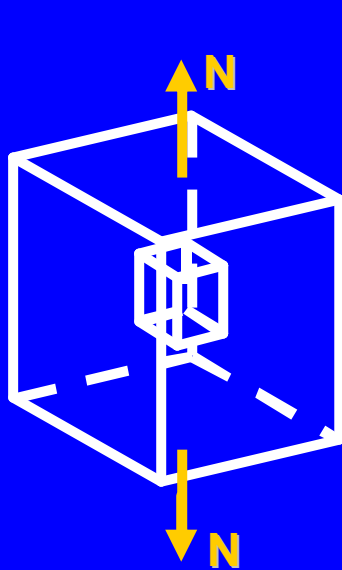


# MISURE DI DEFORMAZIONE

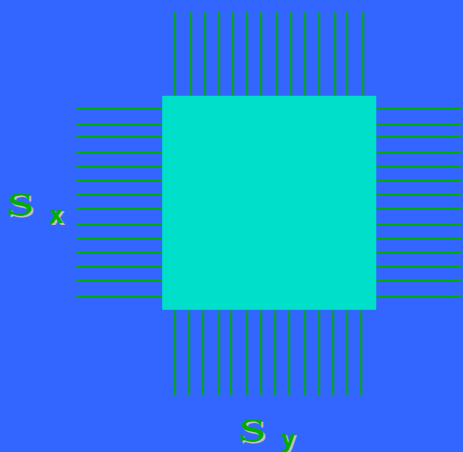
**E = modulo di elasticità**  
**acciaio: 210000 MPa (N/mm<sup>2</sup>)**

**n = coefficiente di Poisson**  
**acciaio: 0,3**

$$e = \frac{DL}{L}$$



$$S_z = 0$$



$$e_y = \frac{S_y}{E} - n \frac{S_x}{E}$$

$$e_x = \frac{S_x}{E} - n \frac{S_y}{E}$$

$$S_x = \frac{E(e_x + n e_y)}{1 - n^2}$$

$$S_y = \frac{E(e_y + n e_x)}{1 - n^2}$$

$$g_{xy} = \frac{1}{G} t_{xy}$$

$$G = \frac{E}{2(1+n)}$$

- ◆ unità di misura DL/L [mm/m] oppure [ppm]  
 (1mm = 10<sup>-6</sup> m)  
 (microepsilon, microstrain; non sono unità ISO)

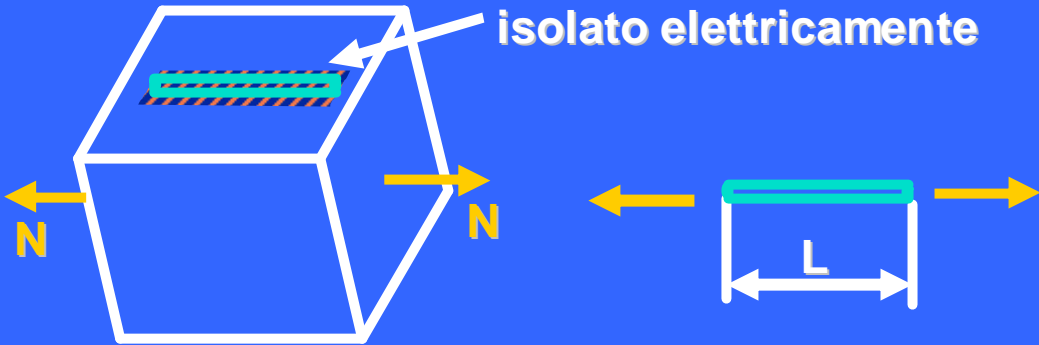
La misura di deformazione viene eseguita mediante dei trasduttori chiamati ESTENSIMETRI

Caratteristiche dell'estensimetro:

- la costante di taratura dell'estensimetro deve essere stabile e non variare nel tempo, per effetti termici od altri fattori ambientali;
- deve misurare la deformazione locale e non quella media (quindi lo spostamento relativo tra due punti molto vicini);

**ESTENSIMETRI A RESISTENZA ELETTRICA**

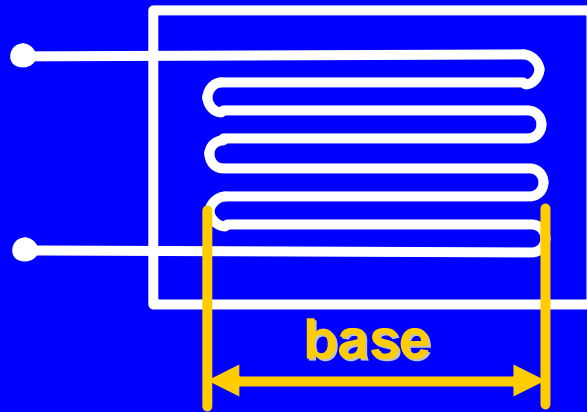
incollato e isolato elettricamente



The diagram illustrates the operation of a strain gauge. On the left, a 3D wireframe cube is shown with a strain gauge (represented by a red and black striped rectangle) attached to its top surface. Two yellow arrows labeled 'N' point outwards from the left and right faces of the cube, representing normal stress. On the right, a detailed view of the strain gauge is shown as a horizontal bar with a length 'L' indicated by a double-headed arrow. Two yellow arrows point outwards from the ends of the bar, representing the strain being measured.

$R = r \frac{L}{A}$

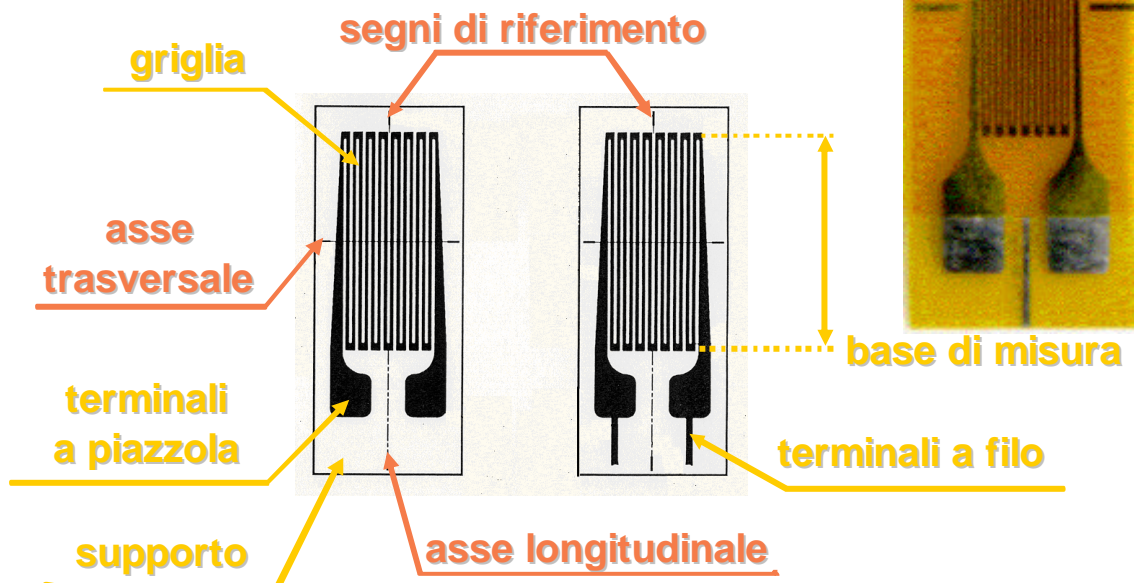
$r$ =resistività del materiale  
 $L$ =lunghezza del conduttore  
 $A$ =sezione del conduttore



## Valori tipici

◆ resistenza nominale:  $R = 120\ \Omega, 350\ \Omega$   
 tolleranza:  $\pm 1\%$

◆ base: 0,6-200 mm



# SENSIBILITÀ (gage factor):

$$k = \frac{DR/R}{DL/L} = \frac{DR/R}{e}$$



**k = fattore di taratura (progetto UNI)**

$$R = r \frac{L}{A} \quad \frac{d}{R} = \frac{dr}{r} + \frac{dL}{L} - \frac{d}{A}$$

$$k = \frac{DR/R}{DL/L} = 1 + 2 + \frac{D/r}{e}$$

$$n = - \frac{DA/2A}{DL/L}$$

$$k = \frac{DR/R}{DL/L} = 1 + 2 + \frac{Dr/r}{e}$$

1,6  
con n=0,3

## ◆ Valori tipici di k:

- **k » 2 per estensimetri a conduttore**  
**± 0.1-0.2%**
- **k » 100 per estensimetri a**  
**semiconduttore**

◆ In realtà:

$$\frac{DR}{R} = k_a e_a + k_t e_t + k_s g_a t$$

$k_s @ 0$



$S_t$  = sensibilità trasversale

$$S_t = \frac{k_t}{k_a} \quad \longrightarrow \quad \frac{DR}{R} = k_a (e_a + S_t e_t)$$

$S_t$  è funzione del rapporto  $e_t / e_a$

Valori tipici di  $S_t$ : 0,1 - 0,9 %

#### ESEMPIO

DATI: barretta in acciaio  $E = 210000 \text{ MPa}$ ,  $s_a = 100 \text{ MPa}$ , trazione monoassiale,

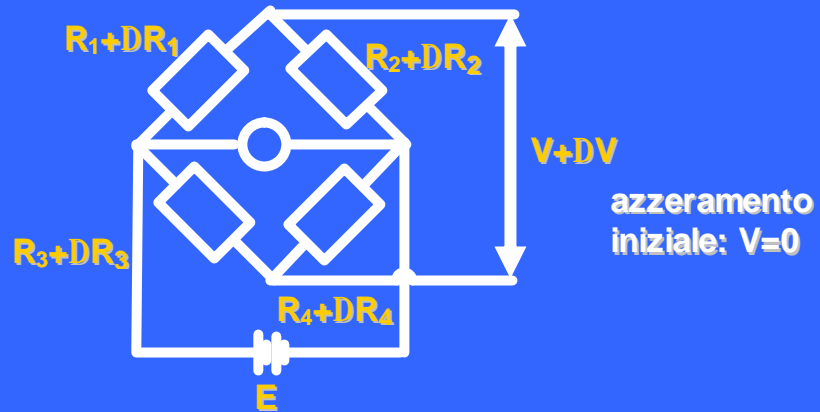
$R = 120 \text{ W}$

Fattore di taratura:  $k=2$ ; INCOGNITA: variazione di resistenza

$DR = 0.114 \text{ W}$

SI PONE IL PROBLEMA DI MISURARE DR.

# REGOLA DEL PONTE DI WHEATSTONE

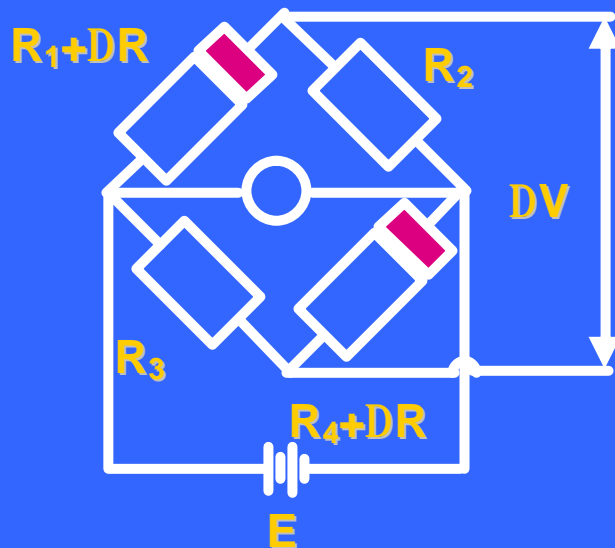


$$DV = \frac{E((R_1 + DR_1)(R_4 + DR_4) - (R_2 + DR_2)(R_3 + DR_3))}{(R_1 + DR_1 + R_2 + DR_2)(R_3 + DR_3 + R_4 + DR_4)} @$$

$$@ \frac{E}{4} \left( \frac{DR_1}{R_1} - \frac{DR_2}{R_2} - \frac{DR_3}{R_3} + \frac{DR_4}{R_4} \right)$$

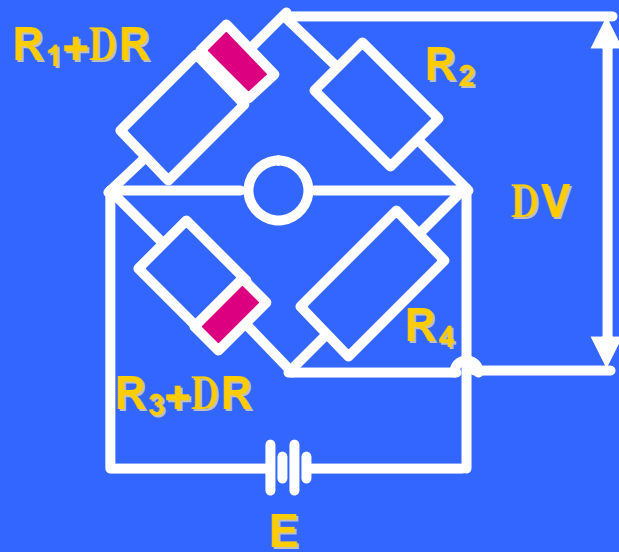
◆ Segnali uguali su lati opposti si sommano

$$DV = \frac{E}{4} \left( \frac{DR_1}{R_1} - \frac{DR_2}{R_2} - \frac{DR_3}{R_3} + \frac{DR_4}{R_4} \right)$$



◆ Segnali uguali su lati contigui si sottraggono

$$DV = 0$$



# Incollaggio di estensimetri elettrici a resistenza metallici.

## 1 INTRODUZIONE

Un estensimetro è uno strumento in grado di convertire un segnale in ingresso (una deformazione lineare), in un segnale di uscita di natura diversa (elettrica, acustica, ottica, etc). Gli estensimetri consentono di misurare gli spostamenti relativi fra due punti generici di una superficie di un corpo sottoposto a carichi statici o a carichi dinamici.

La direzione della misura è data dalla congiungente dei due punti di estremità di un generico estensimetro, e la distanza tra questi è fissata dal costruttore, tale lunghezza viene comunemente denominata “base” dell’estensimetro; nel caso di estensimetri elettrici a resistenza la base coincide con la griglia

La lunghezza della base è un parametro molto importante, perché, soprattutto nelle zone in cui vi sono concentrazioni di tensioni, è necessario effettuare misure di carattere locale. Si rende cioè necessario l’impiego di estensimetri la cui base sia molto piccola.

Ciò può comportare l’utilizzo di trasduttori più raffinati e impianti di amplificazione idonei di capacità elevata per ottenere una sufficiente sensibilità dello strumento.

Gli estensimetri si classificano in: *acustici*, *elettrici*, *fotoelastici*, *meccanici*, *pneumatici*, *ottici*.

Gli estensimetri elettrici si suddividono in estensimetri *a resistenza*, *capacitivi* e *induttivi*, quelli a resistenza in *metallici* e *a semiconduttore*.

Vengono utilizzati più frequentemente gli estensimetri elettrici a resistenza metallici data la loro praticità, economicità. e precisione; essi richiedono però l’utilizzo di condizionatori di segnale relativamente più costosi e richiedono un incollaggio accurato nella zona di misura da eseguire secondo procedure standardizzate.

L’estensimetro generalmente è uno strumento di misura monoassiale, registra cioè le deformazioni dovute ad una tensione monoassiale.

Quando però un corpo viene caricato, esso risulta sottoposto a diverse azioni semplici (sforzo assiale, flessione semplice e torsione), che lo deformano in varie direzioni.

In questo caso occorre avvalersi non più di un solo estensimetro, ma di un gruppo di questi in modo da ottenere tutte le informazioni relative alle varie direzioni sollecitate.

Un sistema alternativo all’utilizzo di gruppi di estensimetri, consiste nell’applicazione delle rosette estensimetriche che sono costituite da più estensimetri montati sullo stesso supporto, secondo diverse configurazioni.

Caratteristica degli estensimetri elettrici a resistenza è quella di fornire in uscita segnali di piccola entità, dell’ordine del  $\mu\Omega$ . Il segnale deve quindi essere amplificato mediante collegamento con il circuito a ponte di Wheatstone.

## 2 POSIZIONAMENTO ESTENSIMETRI



Vengono presentate le disposizioni tipiche degli estensimetri sull'elemento elastico in funzione del tipo di sollecitazione applicata.

## 2.1 Sforzo assiale (Trazione e compressione)

Il campione sottoposto ad una forza assiale  $N$  produce sulla superficie  $A$  una sollecitazione  $\mathbf{s}=N/A$  a cui è associata una deformazione  $\mathbf{e}_a=N/EA$  nella direzione di  $N$ , ed una deformazione trasversale  $\mathbf{e}_t=-\mathbf{n}\mathbf{e}_a=-\mathbf{n}N/EA$  nella direzione normale a  $N$ , negativa.

Sono applicati 4 estensimetri, 2 assiali e 2 trasversali, su due facce opposte del provino.

Questi vengono collegati con il ponte completo per eliminare gli effetti dell'eventuale presenza del momento flettente, per compensare gli effetti della temperatura e per fornire il segnale massimo.

Altro collegamento è quello di mezzo ponte, che consente di compensare gli effetti della temperatura, ma non di eliminare gli eventuali contributi dovuti al momento flettente. Pertanto la deformazione rilevata risulta essere la somma di quella di trazione e di quella dovuta al momento flettente.

## 2.2 Flessione

La deformazione dovuta alla flessione prodotta dalla forza  $N$  agente a distanza  $L$ , dalla sezione di misura è:

$$\mathbf{e} = \frac{\mathbf{s}}{E} = \frac{N \cdot L}{W \cdot E}$$

dove  $W$  è il modulo di resistenza a flessione della trave ( $J \cdot 2/h$ )  $\mathbf{e}$  è il valore dell'allungamento medio a distanza  $L$  da  $X-X$ ; esso è positivo sulla faccia superiore e negativo su quella inferiore.

Anche in questo caso si possono utilizzare 4 estensimetri secondo la configurazione di ponte completo.

Si possono utilizzare anche 2 soli estensimetri collegati a  $1/2$  ponte secondo la configurazione.

Con il ponte completo e con il mezzo ponte si ottiene la cancellazione degli effetti della temperatura, nonché la cancellazione di eventuali effetti dovuti alla presenza di forze di compressione o di trazione.

Col collegamento a quarto di ponte non si ha nessuna cancellazione, cioè le deformazioni che si rilevano sono la somma sia del contributo flettente che di quello dello sforzo assiale.

## 2.3 Torsione

Le deformazioni massime sono rilevabili applicando gli estensimetri a  $45^\circ$  rispetto all'asse della sollecitazione ed a  $90^\circ$  tra di essi.

Gli estensimetri 3 e 4 si trovano a mezzo passo sull'elica dei primi due, dunque dalla parte opposta dell'albero.

Gli estensimetri 1 e 3 si allungano, mentre quelli 2 e 4 si accorciano, cioè il 1 e il 3 misurano una trazione mentre il 2 e il 4 misurano una compressione.

Nei collegamenti a mezzo ponte e a ponte completo si misurano le sole deformazioni alla torsione, in quanto vengono eliminati i contributi di tutte le altre sollecitazioni (sforzo assiale e flessione) e della temperatura; ciò non avviene per il quarto di ponte, ed è per questo che nelle misure di torsione tale collegamento è impiegato raramente.

### 3 PROCEDURA GENERALE D'INCOLLAGGIO

Il buon incollaggio di un estensimetro è fondamentale per l'attendibilità dei dati misurati, occorre dunque seguire sempre la procedura consigliata, utilizzando gli elementi del kit di incollaggio.

Per prima cosa si descrivono i vari tipi di collanti e si discute l'adesione.

Le colle possono essere composti (resine) che hanno la medesima origine chimica delle basi. Buona parte di esse sono liquide e, una volta applicate, solidificano per polimerizzazione, cioè per unione di più molecole della stessa specie chimica che formano una macromolecola.

La polimerizzazione si verifica in certe condizioni di temperatura e di pressione a partire da una causa esterna (catalizzatore, umidità, ecc.).

Terminato il processo, il liquido risulta trasformato in un'unica massa solida che, per quanto detto ha legami molecolari con la base e legami di tipo meccanico con il materiale sottostante e sovrastante.

Un collante farà sicuramente presa se è posto in presenza del solo metallo, da ciò deriva l'importanza della pulizia della superficie, che deve essere eseguita con idonei solventi e successivo trattamento con carta abrasiva fine.

La pulizia e lo sgrassamento deve essere effettuato evitando che tra l'istante in cui si ritiene che la superficie sia preparata e l'istante nel quale viene applicato l'estensimetro, non passi troppo tempo (3-4'), perché la superficie può ossidarsi o sporcarsi di polvere.

La durata delle colle prima dell'utilizzo è limitata nel tempo, mediamente varia da 12 a 18 mesi, ma può essere superiore in dipendenza della temperatura di conservazione.

Un collante di comune impiego per estensimetri a temperatura ambiente è il *cianoacrilato* che può polimerizzare pressoché istantaneamente.

Il suo pregio è la velocità di presa, un suo difetto è la scarsa affidabilità a lungo termine; il suo impiego può avvenire tra  $-20$  e  $+80^{\circ}C$ .

Un incollaggio è completo dopo 24 ore, anche se le misure possono essere effettuate già dopo 15 minuti.

Il cianoacrilato ha affinità per la maggior parte dei supporti degli estensimetri, eccetto che per l'incollaggio su materiali porosi (legno). In tali casi possono essere utilizzati anche cianoacrilati specifici.

I collanti che hanno più vasta applicazione nelle tecniche estensimetriche sono quelli a due componenti (epossidici) perché più affidabili nel tempo. Essi consistono di:

- a) la resina pura mescolata con altri materiali d'apporto che determinano le caratteristiche meccaniche dell'adesivo;
- b) un componente catalizzatore.

Quando i due componenti vengono mescolati in idonee proporzioni inizia la reazione di polimerizzazione.

Alcuni adesivi epossidici sono ad un unico componente, nel senso che sono già premescolati e distribuiti in un'unica confezione.

Il collante epossidico è adatto nel campo da  $-270$  a  $+100^{\circ}C$ .

Esistono anche colle miste epossidico-fenoliche che hanno la caratteristica di essere molto fluide e quindi di avere eccellenti capacità di ricoprimento; possono essere utilizzate entro un campo di temperature che va da  $-270$  a  $+320^{\circ}C$  e la polimerizzazione di queste colle richiede un ciclo termico di circa 1 ora a  $140^{\circ}C$ .

Per le alte temperature vengono utilizzate colle ceramiche (cementi) che per la polimerizzazione richiedono un ciclo termico di 15 minuti a  $+175^{\circ}\text{C}$  e 60 minuti a  $315^{\circ}\text{C}$ ; la temperatura di esercizio di questi cementi è assai estesa, da  $-200$  a  $+800^{\circ}\text{C}$ .

Si illustrano di seguito due procedure standard per ottenere un buon incollaggio con colle cianoacrilate ad epossidiche adatte a temperatura ambiente e a temperature più elevate ( $-270 \div +375^{\circ}\text{C}$ ).

### **3.1 Procedura d'incollaggio per misure a temperatura ambiente**

#### *Punto 1*

Pulire bene l'area dove viene incollato l'estensimetro con un solvente Chlorothene oppure Freon. Il primo prodotto è da preferirsi, ma alcuni materiali come il titanio e le plastiche reagiscono con solventi clorinati. In questi casi usare il Freon.

Tutti gli sgrassaggi devono essere fatti con solventi non contaminati: si preferisca usare prodotti in contenitori aerosol.

#### *Punto 2*

Trattare a secco con carta abrasiva al carburo di silicio, grana 220 o 320, la superficie (fig. 2a). Quindi trattare con carta a grana 400. Asciugare poi con garza. Ripetere questa operazione e asciugare passando lentamente con garza. Con una matita dura o con una lametta, tracciare (senza incidere) in corrispondenza della superficie di contatto con l'estensimetro le linee per il suo posizionamento. Riapplicare il solvente e pulire con stecchetti di cotone. Non lasciare asciugare alcuna sostanza sulla superficie poiché questa lascia uno strato di contaminazione e riduce la qualità dell'incollaggio.

#### *Punto 2a*

Tracciare con una lametta le linee di riferimento per il successivo posizionamento dell'estensimetro.

#### *Punto 3*

Prima del posizionamento dell'estensimetro applicare un buon quantitativo di solvente e strofinare con uno stecchetto di cotone. Con una sola passata asciugare la superficie con una garza sterile. Non strofinare avanti e indietro, in quanto questo procedimento può ricontaminare la superficie.

#### *Punto 4*

Togliere l'estensimetro dalla bustina con una pinzetta pulita e depositarlo, con la superficie da incollare verso il basso, sulla superficie dell'elemento elastico (l'estensimetro fornito dalla casa costruttrice è pulito). Se si usano basette posizionarle presso l'estensimetro lasciando circa 10mm, fra supporto e basetta. Appoggiare una striscia di 100mm di nastro adesivo sopra la basetta e l'estensimetro. Sollevare con cura il nastro adesivo come indicato nella figura 4.

#### *Punto 5*

Posizionare l'insieme estensimetro e nastro adesivo, in modo tale da allineare i segni di riferimento dell'estensimetro con quelli tracciati sul provino (figura 5). Se l'allineamento non fosse ben eseguito, risollevarlo il nastro fino a liberare il provino. Procedere successivamente ad un nuovo allineamento senza tendere troppo il nastro adesivo per evitare possibili deformazioni elasto-plastiche che potrebbero riportare l'estensimetro fuori posizione durante l'incollaggio.

#### *Punto 6*

Sollevarlo il nastro adesivo come in figura 6a. Continuare a sollevarlo fino a circa 5mm dall'estensimetro. Rivoltare l'estremità libera e fissarla sul provino come in figura 6b in modo che l'estensimetro e la bassetta appaiano piatti con la superficie da incollare esposta verso l'alto. Tenere riparato l'estensimetro dalla polvere coprendo il tutto con una campana di vetro o lavorando in una camera bianca di classe migliore o uguale a 100.000 (100.000 particelle per piede cubo).

#### *Punto 7*

Applicare un piccolo strato di catalizzatore sulla superficie da incollare dell'estensimetro e della bassetta. L'adesivo polimerizza anche senza catalizzatore, ma più lentamente. Estrarre il pennellino dalla bottiglietta del catalizzatore e strofinarlo contro il bordo del vetro per eliminare il quantitativo in eccesso. Lasciare asciugare il catalizzatore per almeno un minuto.

#### *Punto 8*

Sollevarlo il nastro adesivo che era stato rivoltato e mantenendolo nella stessa posizione, applicare 1 goccia di cianoacrilato alla giunzione fra nastro e provino (figura 8). Quando avrà luogo la polimerizzazione, al momento del contatto tra estensimetro e provino, non si devono formare irregolarità.

#### *Punto 9*

Ruotare di circa 30° il nastro adesivo in modo che l'estensimetro si trovi sopra l'area dove deve essere installato. Tenendo con una mano il nastro, lentamente ma con fermezza, passare sopra l'insieme nastro-estensimetro con una garza (figura 9) portando l'estensimetro sopra i segni di allineamento del provino. Applicare una forte pressione con le dita (almeno 30N) quando si passa sopra con la garza. Il migliore incollaggio si ottiene quando lo strato di collante è molto sottile.

#### *Punto 10*

Subito dopo essere passati con la garza continuare ad applicare una pressione con un dito (pollice) sopra l'estensimetro e la bassetta, per la durata di 1 minuto circa. Se fosse necessario incollare un estensimetro di grandi dimensioni, applicare la pressione mediante un oggetto

opportunamente sagomato. Il tempo di applicazione in questo caso deve essere più lungo (2 minuti), in quanto viene a mancare il calore che il dito cede al collante, il quale accelera la polimerizzazione.

### *Punto 11*

Estensimetro e basetta sono ora incollati. Per togliere il nastro adesivo tirarlo indietro sopra se stesso, liberando lentamente la superficie (figura 11). Questo permette di evitare il sollevamento della griglia metallica e di danneggiare l'installazione. Non è necessario togliere immediatamente il nastro, anzi è bene lasciarlo come protezione fino all'effettuazione del collegamento elettrico.

### *Punto 12*

Utilizzare lo stagno e i fili di collegamento per eseguire la stagnatura, dopo aver coperto con nastro crespato tutte le parti scoperte della griglia per evitare possibili danni. Mediante l'ausilio di un multimetro, verificare che il valore della resistenza ai capi del circuito sia compatibile con il valore nominale dato dal costruttore e con l'eventuale valore misurato prima dell'incollaggio (ve di figura 13). Infine applicare il protettivo all'estensimetro.

NOTA: nel caso venga utilizzata colla bicomponente epossidica X-60 della Hottinger, i punti 7 e 8 devono essere così modificati:

*Punto 7(bicom):* versare mezzo misurino di polvere nell'apposito bicchierino ed aggiungere 6 gocce di catalizzatore. Mescolare quindi con un bacchettino in legno.

*Punto 8(bicom):* sollevare il nastro adesivo e con il bacchettino in legno, nella colla, toccando la giunzione fra nastro adesivo e provino.

## 4 APPARATO SPERIMENTALE

L'elemento elastico della prova è una barretta a forma di parallelepipedo (150x25x3 mm) di ottone, che verrà poi sottoposta, ad una prova di flessione. Si sarà quindi costruito un dinamometro

Per effettuare dunque le misure delle deformazioni si utilizzano 2 estensimetri elettrici, che risultano adatti a prove di tipo statico; la griglia di questi è di costantana (una lega di zinco al 69 % e di rame), che risulta autocompensata rispetto alle dilatazioni termiche dell'acciaio in un campo di temperatura tra 0 e 30°C, e ha una sensibilità trasversale trascurabile.

Gli estensimetri verranno incollati simmetricamente, sulle due superfici più grandi (vedi figura), in modo tale che la distanza L, sia la più grande possibile tenendo conto dei possibili effetti di bordo, in quanto la sezione più sollecitata è quella più vicina all'incastro. L'incastro della barretta verrà realizzato tramite il bloccaggio in morsa.

Si utilizzano due estensimetri, collegati a mezzo ponte di Wheatstone, per compensare i contributi della temperatura e per amplificare il segnale in uscita di un fattore 2.

L'utilizzo del solo multimetro (adoperato come Ohmetro) infatti non consente di valutare, se non grossolanamente, le variazioni di R, che possono essere dell'ordine del  $\mu\Omega$ .

Il collegamento degli estensimetri deve avvenire sui lati adiacenti del ponte, cosicché le rispettive resistenze si sommano con conseguente raddoppio del segnale di misura.

Il materiale a disposizione è:

- 2 estensimetri tipo EA 06 250- BG 120 della Micro-Measurements dove:

E=caratteristica del supporto (resina poliammidica)

A=lega del sensore (costantana)

06=autocompensazione del sensore, il numero rappresenta il coefficiente di espansione termica in ppm/°F del materiale sul quale l'estensimetro viene impiegato

250=lunghezza attiva dell'estensimetro in millesimi di pollice 0( = 6,35 mm)

BG=geometria della griglia definita da

catalogo

120=resistenza nominale in Ohm

Il certificato di collaudo fornisce i seguenti valori dei parametri:

- Resistenza nominale :  $R= 120\Omega \pm 0,15\%$
- Fattore di taratura :  $K= 2,03 \pm 0,5\%$  a  $23,9\text{ }^\circ\text{C}$
- Fattore di sensibilità trasversale :  $K_t= 0,2\%$

Il kit d'incollaggio consiste di:

- n.1 basetta

La basetta è costituita da un supporto dello stesso materiale di quello dell'estensimetro, su cui sono situati tre terminali.

Questa viene incollata con uno degli estensimetri, e nella vicinanza dello stesso e serve per effettuare il collegamento con lo strumento di misura.

- filo di rame

Per il collegamento estensimetro-basetta si è impiegato un filo di rame (134 AUP della Micro-Measurement). La guaina deve essere asportata alle estremità prima della stagnatura. Si può utilizzare una lametta o la si può bruciare con un fiammifero.

Per il collegamento basetta-centralina estensimetrica è stato utilizzato un cavo a 3 fili con calza esterna, per ottenere un più efficace isolamento.

- kit di pulitura

- bomboletta spray di Chlorothene;
- flacone di Conditioner A;
- flacone di Neutralizer;
- carta abrasiva (400);
- garze di cotone;
- nastro adesivo a bassa adesività;
- carta adesiva;
- stecchetti di cotone;

- kit d'incollaggio a)

- flacone di colla epossidica Hottinger H-60 in polvere (dose consigliata: ½ misurino di polvere con 6 gocce di catalizzatore);
- flacone di catalizzatore;
- misurino

- vaschetta
- alcuni banchettini in legno
- kit d'incollaggio b)
  - flacone di colla cianoacrilica Mbond 200
  - flacone di catalizzatore
- kit di stagnatura
  - stagnatore con regolazione della temperatura della punta (utilizzata temperatura di circa 180°C)
  - filo di stagno contenente pasta deossidante
- strumenti di laboratorio
  - tester
  - calibro a regolazione fine
  - matita 4H e lamette
  - pinzette
  - lente d'ingrandimento (10X) (facoltativa).

## 5 DESCRIZIONE DELLA PROCEDURA SEGUITA

- 1) Dopo aver individuato la zona della barretta che andrà fissata in morsa, si individua la zona d'incollaggio, e si tracciano con la matita o con la lametta i riferimenti sia per gli estensimetri che per la basetta.
- 2) Si procede quindi alla pulizia di una delle superfici e all'incollaggio sulla stessa di un estensimetro e della basetta, utilizzando i prodotti a disposizione e seguendo la procedura già descritta nel capitolo.
- 3) Dopo aver tolto il nastro adesivo si procede ad una prima verifica della resistenza mediante tester. Solo se tale verifica da risultato positivo si procede oltre, altrimenti si deve ripetere tutta l'operazione di pulitura e di incollaggio.
- 4) A questo punto si protegge l'estensimetro con carta adesiva e si pone verso l'alto la seconda superficie d'incollaggio.
- 5) Si passa ora alla pulizia di questa e all'incollaggio del secondo estensimetro ripetendo i passi 1), 2), 3). Durante queste operazioni è importante che il primo estensimetro non venga danneggiato.
- 6) A questo punto (anche mediante l'utilizzo della lente d'ingrandimento) si effettua una ispezione visiva dell'incollaggio.
- 7) Come ultima fase occorre stagnare i fili di collegamento alla centralina estensimetrica. Preso il filo 134 AUP, lo si taglia in diversi spezzoni di lunghezza opportuna e si effettuano i collegamenti elettrici (attraverso piccoli punti di saldatura) tra estensimetri e basetta come nella figura 19.  
Successivamente si taglia uno spezzone di 50 cm del cavo con calza protettiva e si procede a spelare i tre fili alle estremità.  
Per finire si saldano i fili di un'estremità come nella figura e si collegano gli altri tre terminali alla centralina estensimetrica nella configurazione di mezzo ponte.

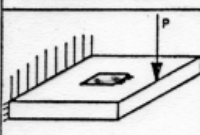
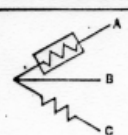
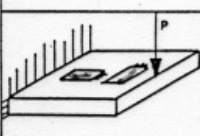
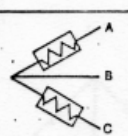
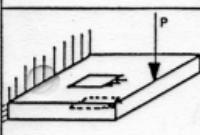
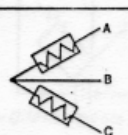
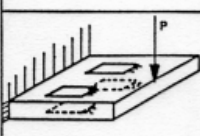
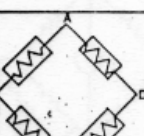
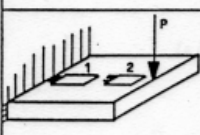
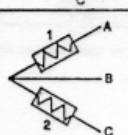
Ultima fase è quella del fissaggio morsa della barretta, in modo tale che il dinamometro risulti pronto alla prova di flessione

## **DISPOSIZIONE DI ESTENSIMETRI IN PROVE A TRAZIONE, COMPRESSIONE E FLESSIONE**

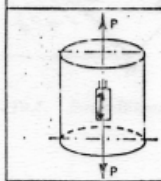
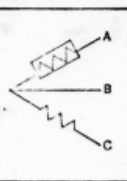
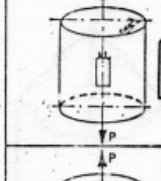
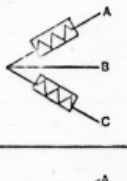
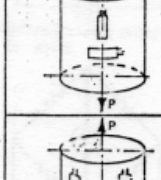
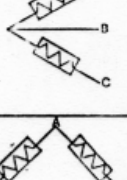
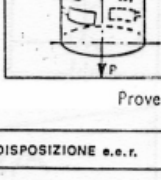

Sono riportati i corrispondenti circuiti di misura ed il segnale misurato. ( $\epsilon_a$  = assiale,  $\epsilon_f$  = flessione,  $\epsilon_{\Delta t}$  = termico,  $\epsilon_t$  = trasversale)



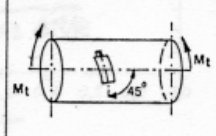
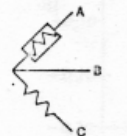
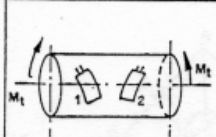
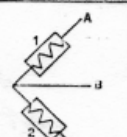
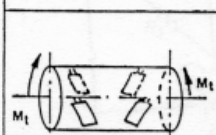
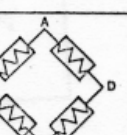
disposizione di estensimetri e.r. per prove di flessione

DISPOSIZIONE e.e.r.	CIRCUITO DI MISURA	SEGNALE DI MISURA
		$\epsilon_f \pm \epsilon_{\Delta t}$
		$\epsilon_f + \epsilon_t =$ $= \epsilon_f(1 + \nu)$
		$2\epsilon_f$
		$4\epsilon_f$
		$\epsilon_{f1} - \epsilon_{f2}$

Prove di trazione o compressione.

DISPOSIZIONE e.e.r.	CIRCUITO DI MISURA	SEGNALE DI MISURA
		$\epsilon_a \pm \epsilon_f \pm \epsilon_{\Delta t}$
		$\epsilon_a \pm \epsilon_f$
		$\epsilon_a + \epsilon_f \pm \epsilon_f =$ $= \epsilon_a(1 + \nu) \pm \epsilon_f$
		$2\epsilon_a + 2\epsilon_f =$ $= 2\epsilon_a(1 + \nu)$

Prove di torsione

DISPOSIZIONE e.e.r.	CIRCUITO DI MISURA	SEGNALE DI MISURA
		$\epsilon_T \pm \epsilon_f \pm \epsilon_a \pm \epsilon_{\Delta t}$
		$2\epsilon_T \pm (\epsilon_{f1} - \epsilon_{f2})$
		$4\epsilon_T$