

Misurare con la scala elettronica



Sommario

<i>MISURARE CON LA ELECTRONIC SCALE (abbr: ES)</i>	2
<i>1. Precisione degli strumenti di misura con display digitale</i>	2
<i>2. Precisione della ELECTRONIC SCALE</i>	2
<i>3. Impostazioni della misurazione</i>	3
<i>4. Temperatura</i>	3
<i>5. Umidità</i>	5
<i>6. Parallasse</i>	6
<i>7. Sensibilità visiva del tester</i>	7

MISURARE CON LA ELECTRONIC SCALE (abbr: ES)

I risultati delle misurazioni possono essere influenzati dai più svariati influssi. Quindi, per poter effettuare una misurazione accurata, occorre soddisfare da un lato alcuni requisiti tecnici e, dall'altro, è richiesto un certo grado di competenza in tutti i contesti in modo tale da poter interpretare correttamente i risultati ottenuti.

Fattori d'influenza:

- precisione e proprietà fisiche del regolo/dispositivo di misura
- area di misurazione (l'imprecisione aumenta con le dimensioni dell'area, di norma non linearmente ma (abbastanza) esponenzialmente)
- impostazioni della misurazione (planarità del supporto di misurazione, errori di parallasse, principio del comparatore di Abbe, ecc.)
- ambiente termico:
 - o temperatura (temperatura ambiente, calore radiante dall'illuminazione, temperatura corporea dell'operatore quando manipola, ...)
 - o umidità (per es. in carta o in pellicola di plastica)
 - o periodo/grado di acclimatazione
- proprietà fisiche della parte da testare (coefficienti di contrazione e di espansione, ecc.)
- nitidezza dei margini dell'oggetto da misurare
- tester/utente (competenze, esperienza e sensibilità (visiva))

1. Precisione degli strumenti di misura con display digitale

Di norma, il valore della misurazione effettuata con strumenti di misura con display digitale non corrisponde al risultato di misurazione reale. Ciò è dovuto da un lato al fatto che i valori obiettivo (che hanno significato oltre l'ultima cifra visualizzata) vengono arrotondati e dall'altro che il display non considera né l'imprecisione dello strumento e neppure le eventuali influenze causate dal personale operativo.

Come regola generale, i produttori indicano limiti di tolleranza per l'imprecisione degli strumenti, entro cui deve rientrare la deviazione dalla misura reale.

Esempio di uno strumento di misura elettronico con grado di precisione garantita pari a $\pm 0,05$ mm:

valore visualizzato sul display = 347,12 mm

la misurazione effettiva può essere un valore qualsiasi compreso fra 347,07 mm e 347,17 mm.

"L'accuratezza di ripetizione" e la "risoluzione" sono spesso confusi con la reale "precisione" di misurazione di uno strumento. Tuttavia, i tre termini hanno significati completamente diversi. "Accuratezza di ripetizione" indica il grado di variazione quando la stessa misurazione viene effettuata più volte. "Risoluzione" d'altra parte è la precisione del display e indica lo step più piccolo visualizzato sul display (ad es. 0,01 mm sulla ES; i valori obiettivo sono arrotondati).

2. Precisione della ELECTRONIC SCALE

Di norma, i fattori che influenzano la precisione degli strumenti (per esempio la ES) sono:

- fattore costruttivo (geometria della barra, coordinamento delle parti, campo di misura, considerazione dei principi fondamentali metrologici, quali il principio del comparatore di Abbe, il parallasse, ecc.)
- Sistema ottico
- fattore elettronico (come elemento tracciante) (nel ES: $\pm 0,01$ mm)
- Precisione della scala del condensatore (elemento di impulso)

Non esistono dispositivi di misurazione assolutamente precisi. Anche la ELECTRONIC SCALE presenta delle carenze. Secondo il produttore, i margini di errore di queste imprecisioni sono:

ES 180	:	0,03 mm
ES 300	:	0,03 mm
ES 500	:	0,03 mm
ES 800	:	0,04 mm
ES 1000	:	0,05 mm
ES 1300	:	0,08 mm
ES 1500	:	0,10 mm

Queste informazioni non devono essere intese come indicazioni approssimative, ma corrispondono rispettivamente ai "margini di errore" totali. Per esempio nella ES 800 tutte le imprecisioni devono rientrare in un margine di 0,04 mm al massimo. In pratica, nell'esempio della ES 800, ciò significa che tutte le deviazioni riscontrate durante il test devono rientrare in una gamma

- o compresa fra -0,04 mm e 0,00 mm (caso del valore estremo inferiore)
- o compresa fra -0,03 mm e +0,01 mm
- o compresa fra -0,02 mm e +0,02 mm
- o compresa fra -0,01 mm e +0,03 mm
- o compresa fra 0,00 mm e +0,04 mm (caso del valore estremo superiore)

Affinché l'utente sappia qual è la gamma di tolleranza degli strumenti che utilizza, ogni ES viene fornita con un certificato di prova. Tuttavia allo stesso tempo va ricordato che i valori di misura indicati mostrano solo la tendenza e non possono essere utilizzati come valori di correzione assoluta, dal momento che lo zero assoluto può essere impostato arbitrariamente sulla ES.

3. Impostazioni della misurazione

Le imprecisioni di misura si presentano qualora il campione da testare e/o il dispositivo di misura si incurvano. Una buona base è necessaria per ottenere risultati di misurazione precisi. Né la tavola di allestimento o la piastra di misurazione devono incurvarsi! La planarità influisce direttamente sul risultato.

4. Temperatura

L'effetto esercitato dalla temperatura (oltre a quello esercitato dall'umidità" affrontato al paragrafo 5) in pratica non viene mai considerato, o solo in casi rari. La prerogativa di diversi materiali di dilatarsi considerevolmente a vari gradi col variare della temperatura comporta errori di interpretazione dei risultati di misurazione.

L'esempio seguente illustrerà questo problema:

Oggetto di misurazione/campione del test:	Pellicola in Mylar [®]
Strumento di misura:	ES 1000 (in acciaio Cr/Ni)
Temperatura dell'oggetto da misurare:	30 ° C (tavola di allestimento!)
Temperatura del regolo:	20 ° C
Sezione da misurare:	1000 mm

Si applica la seguente formula della dilatazione termica:

$$\Delta L = L \times AK_T \times \Delta T \quad \text{dove}$$

- ΔL : allungamento
- L: lunghezza
- AK_T : coefficiente di dilatazione termica α
- ΔT : differenza di temperatura

Il coefficiente di dilatazione termica α del poliestere è: $27 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

[Torna al Sommario](#)

Pertanto ne risulterà il seguente allungamento della pellicola (a 1,000 mm con differenza di temperatura di 10 °C):

$$\Delta L = L \times AK_T \times \Delta T = 1000 \text{ mm} \times 27 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \times 10^\circ\text{C} = 0,27 \text{ mm}$$

L'errore è ridotto se il regolo ha la stessa temperatura della pellicola (dilatazione termica dell'acciaio Cr/Ni: $11,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). L'aumento della lunghezza della ES nel nostro esempio è:

$$\Delta L = L \times AK_T \times \Delta T = 1000 \text{ mm} \times 11,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \times 10^\circ\text{C} = 0,115 \text{ mm}$$

Poiché un regolo troppo lungo rileva misure troppo corte, il valore della pellicola in poliestere determinato precedentemente è corretto di 0,115 mm.

L'errore di misura che ne risulta è quindi: $0,27 \text{ mm} - 0,115 \text{ mm} = 0,155 \text{ mm}$.

Questo esempio dimostra chiaramente l'effetto esercitato dalla temperatura e quanto sia importante conoscere le temperature effettive, ma anche le proprietà fisiche del campione in esame e delle apparecchiature di misura. Se il campione e il regolo sono disposti su una tavola di allestimento calda, la pellicola (campione in esame) assorbe rapidamente il calore, mentre il regolo in acciaio (l'apparecchiatura di misurazione) ci metterà più tempo ad assorbirlo. Durante questo periodo di adattamento è normale non conoscere le temperature e non sapere con che velocità il campione e la strumentazione di misura si siano già adattati. Non è assolutamente possibile effettuare misurazioni di precisione in questo lasso di tempo! (vedere anche  *acclimatazione*)

Esempi numerici di espansione in relazione al materiale, alla temperatura e alla lunghezza:

a) espansione dell'acciaio Cr/Ni: (coefficiente di dilatazione termica $AK_T = 11,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)

Differenza di temperatura	Lunghezza di misura / lunghezza di allungamento (tutte le misure in mm)					
	100	200	300	400	500	1000
1 °C	0,00115	0,00230	0,00345	0,00460	0,00575	0,01150
2 °C	0,00230	0,00460	0,00690	0,00920	0,01150	0,02300
3 °C	0,00345	0,00690	0,01380	0,01840	0,02300	0,03450
4 °C	0,00460	0,00920	0,01380	0,01840	0,02300	0,04600
5 °C	0,00575	0,01150	0,01725	0,02300	0,02875	0,05750

b) espansione del vetro: (coefficiente di dilatazione termica $AK_T = 9,0 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)

Differenza di temperatura	Lunghezza di misura / lunghezza di allungamento (tutte le misure in mm)					
	100	200	300	400	500	1000
1 °C	0,00090	0,00180	0,00270	0,00360	0,00450	0,00900
2 °C	0,00180	0,00360	0,00540	0,00720	0,00900	0,01800
3 °C	0,00270	0,00540	0,00810	0,01080	0,01350	0,02700
4 °C	0,00360	0,00720	0,01080	0,01440	0,01800	0,03600
5 °C	0,00450	0,00900	0,01350	0,01800	0,02250	0,04500

c) differenza di espansione tra vetro e acciaio al Cr/Ni

Differenza di temperatura	Lunghezza di misura / lunghezza di allungamento (tutte le misure in mm)					
	100	200	300	400	500	1000
1 °C	0,00025	0,00050	0,00075	0,00100	0,00125	0,00250
2 °C	0,00050	0,00100	0,00150	0,00200	0,00250	0,00500
3 °C	0,00075	0,00150	0,00225	0,00300	0,00375	0,00750
4 °C	0,00100	0,00200	0,00300	0,00400	0,00500	0,01000
5 °C	0,00125	0,00250	0,00375	0,00500	0,00625	0,01250

NB: i coefficienti di dilatazione indicati sono solo degli esempi e non sono applicabili a tutte le tipologie!

5. Umidità

L'umidità non comporta alcuna alterazione di lunghezza nella ELECTRONIC SCALE. Essa, tuttavia, può avere effetto sull'oggetto da misurare come, per esempio, sul campione dell'esempio precedente (pellicola in poliestere).

Per quanto concerne la dilatazione dovuta all'assorbimento dell'umidità si applica la seguente formula:

$$\Delta L = L \times AK_F \times \Delta T \quad \text{dove}$$

ΔL : allungamento
L: lunghezza
 AK_F : coefficiente di dilatazione per umidità
 ΔT : differenza di temperatura

Il coefficiente di dilatazione dell'umidità per il poliestere è: $12 \times 10^{-6} / \%RF$ (umidità relativa).

La pellicola risulta aver subito un'alterazione della lunghezza (a 1.000 mm con una modifica del 10% RF):

$$\Delta L = L \times AK_F \times \Delta T = 1000 \text{ mm} \times 12 \times 10^{-6} / \%RF \times 10 \%RF = 0,12 \text{ mm}$$

Attenzione: l'assorbimento e il rilascio di acqua sono processi che si protraggono nel tempo, a seconda delle proprietà dell'oggetto, e che possono impiegare anche diversi giorni!

■ Acclimatazione:

Dal momento che la temperatura e l'umidità esercitano un'influenza decisiva sulla precisione, è estremamente importante concedere il tempo di adattamento necessario alle condizioni prevalenti sia al materiale da testare che all'equipaggiamento di misurazione. Se l'acclimatazione è completata, gli effetti esercitati dalla temperatura e dall'umidità (purché i corrispondenti coefficienti siano noti) possono essere aritmeticamente compensati o calcolati in modo relativamente semplice con le formule riportate in precedenza. Tuttavia, se l'acclimatazione è ancora in corso (ad es. con pellicola in plastica dopo solo 24 - 48 ore), non si sa con certezza quanto questo processo sia progredito e neppure fino a che punto si modificherà ancora il campione da testare. Per cui non è possibile provvedere ad una compensazione aritmetica o a una misurazione precisa e sicura.

Esempi numerici di deviazione della misurazione di una pellicola in poliestere in relazione a temperatura e lunghezza e anche a umidità relativa e lunghezza:

A) deviazione di misurazione con variazione di temperatura: (coefficiente di dilatazione termica $AK_T = 27 \times 10^{-6} / ^\circ C$)

Differenza di temperatura	Lunghezza di misura / lunghezza di allungamento (tutte le misure in mm)					
	100	200	300	400	500	1000
1 °C	0,0027	0,0054	0,0081	0,0108	0,0135	0,0270
2 °C	0,0054	0,0108	0,0162	0,0216	0,0270	0,0540
3 °C	0,0081	0,0162	0,0243	0,0324	0,0405	0,0810
4 °C	0,0108	0,0216	0,0324	0,0432	0,0540	0,1080
5 °C	0,0135	0,0270	0,0405	0,0540	0,0675	0,1350
6 °C	0,0132	0,0324	0,0486	0,0648	0,0810	0,1620
7 °C	0,0189	0,0378	0,0567	0,0756	0,0945	0,1890
8 °C	0,0216	0,0432	0,0648	0,0864	0,1080	0,2160
9 °C	0,0243	0,0486	0,0729	0,0972	0,1215	0,2430
10 °C	0,0270	0,0540	0,0810	0,1080	0,1350	0,2700

B) deviazione di misurazione con variazione di umidità:(coefficiente di dilatazione termica $AK_F = 12 \times 10^{-6} / ^\circ C$)

Differenza % RF	Lunghezza di misura / lunghezza di allungamento (tutte le misure in mm)					
	100	200	300	400	500	1000
1 °C	0,0012	0,0024	0,0036	0,0048	0,0060	0,0120
2 °C	0,0024	0,0048	0,0072	0,0096	0,0120	0,0240
3 °C	0,0036	0,0072	0,0108	0,0144	0,0180	0,0360
4 °C	0,0048	0,0096	0,0144	0,0192	0,0240	0,0480
5 °C	0,0060	0,0120	0,0180	0,0240	0,0300	0,0600
6 °C	0,0072	0,0144	0,0216	0,0288	0,0360	0,0720
7 °C	0,0084	0,0168	0,0252	0,0336	0,0420	0,0840
8 °C	0,0096	0,0192	0,0288	0,0384	0,0480	0,0960
9 °C	0,0108	0,0216	0,0324	0,0432	0,0540	0,1080
10 °C	0,0120	0,0240	0,0360	0,0480	0,0600	0,1200

NB: i coefficienti di dilatazione indicati sono solo degli esempi e non sono applicabili a tutte le tipologie!

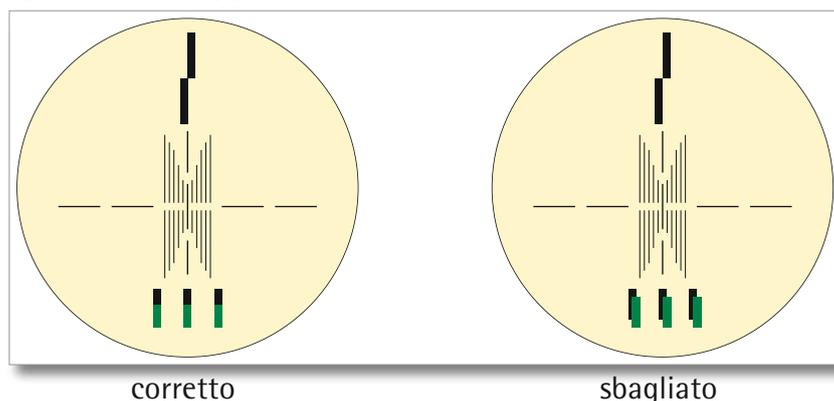
Lente di ingrandimento o microscopio?

La ELECTRONIC SCALE mette a disposizione diversi sussidi ottici per localizzare le linee di misura. Da un lato una lente con un ingrandimento 10x e dall'altro un microscopio specificamente studiato per questo scopo e con un ingrandimento pari a 25x o 50x.

La lente di precisione utilizzata nel modello standard ha il vantaggio di offrire un maggior campo visivo e, lateralmente, di correggere la visualizzazione delle immagini. Purtroppo presenta il grande svantaggio del cosiddetto parallasse.

6. Parallasse

Se c'è un divario tra le linee sulla piastra reticolata delle apparecchiature di misura e le righe dell'oggetto da misurare, potrà insorgere un errore di misurazione qualora la visione nella lente d'ingrandimento non è perfettamente verticale.



L'errore di misurazione aumenta con la distanza tra il contrassegno di misura sulla piastra reticolata e la linea da misurare sul materiale di prova e con la deviazione angolare dell'asse di osservazione dalla verticale.

Il "controllo del parallasse" della ELECTRONIC SCALE dà all'utente la possibilità di controllare l'angolo di visione.

Solo quando i campi disposti l'uno sull'altro sono allineati in modo ottimale lo spettatore guarda verticalmente i contrassegni di misurazione. Se usato correttamente, l'immagine alterata della piastra reticolata della ES è di supporto nel mantenere basso il livello dell'interpretazione individuale e a ridurre al minimo l'incertezza di misura e la varianza dei risultati di misurazione dei diversi tester.

In sistemi ottici con molte lenti, quali i microscopi, l'asse ottico è determinato dal sistema di lenti. Quindi il sistema ottico non può essere osservato di traverso come con una lente di ingrandimento e non si verifica nessun errore di parallasse. Insieme al maggior grado di ingrandimento, questo è il principale vantaggio di un microscopio. Gli svantaggi di un microscopio sono il campo visivo ridotto e l'inversione dell'immagine visualizzata. Ciò che appare nella parte superiore si trova in basso e ciò che si vede a sinistra si trova a destra. Quando si lavora con un microscopio all'inizio questa condizione provoca un po' di confusione. Tuttavia l'utente, di norma, ci si abitua rapidamente.

7. Sensibilità visiva del tester

La pratica rende perfetti! - Continuando a lavorare regolarmente, l'occhio diventa più addestrato la sensibilità visiva di colui che conduce i test migliora. L'utente impara a leggere l'immagine meglio e più velocemente e a interpretare con maggior sicurezza.

Fattori che influenzano i risultati della misurazione

Fattori d'influenza generici:

- precisione e proprietà fisiche del regolo/dispositivo di misura
- area di misurazione (l'imprecisione aumenta con l'aumentare delle dimensioni dell'area, di norma non linearmente ma (abbastanza) esponenzialmente).
- impostazioni della misurazione (planarità del supporto di misurazione, errori di parallasse, principio del comparatore di Abbe, ecc.)
- Caratteristiche termiche dell'ambiente:
 - o temperatura (temperatura ambiente, calore radiante dall'illuminazione, temperatura corporea dell'operatore quando manipola, ...)
 - o umidità (per es. in carta o in pellicola di plastica)
 - o periodo/grado di acclimatazione
- proprietà fisiche della parte da testare (coefficienti di contrazione e di espansione, ecc.)
- nitidezza dei margini dell'oggetto da misurare
- tester/utente (competenze, esperienza e sensibilità (visiva))

Fattori che influenzano la precisione di una ELECTRONIC SCALE o di un regolo similare:

- fattore di costruzione (geometria dell'asta, precisione di produzione, coordinamento delle parti, proprietà fisiche dei materiali utilizzati, gamma di misura, considerazione dei principi metrologici di base, ad esempio il principio del comparatore di Abbe, il parallasse, ecc.)
- sistema ottico
- fattore elettronico (come elemento tracciante) (nella ES: +/- 0,01 mm)
- Precisione della scala del condensatore (elemento di impulso)