

Medición con la escala electrónica



Tabla de contenidos

MEDICIÓN CON LA ESCALA ELECTRÓNICA	2
1. Precisión de los instrumentos de medición con pantalla digital	2
3. Configuración de la medición	3
4. Temperatura	3
5. Humedad	5
6. Paralaje	6
7. Sensibilidad visual del comprobador	7

MEDICIÓN CON LA ESCALA ELECTRÓNICA (abreviatura: ES)

Los resultados de la medición pueden verse afectados por los más diversos factores. Por ello, y a fin de garantizar una medición precisa, por una parte deberán cumplirse ciertos requisitos técnicos, y por otra parte deberá disponerse de los conocimientos suficientes y las condiciones adecuadas para que los resultados obtenidos también se interpreten de forma correcta.

Factores que influyen:

- Propiedades físicas y precisión de la regla / dispositivo de medición
- Zona de medición (la imprecisión aumenta con el tamaño de la zona, como regla general no linealmente pero (en cierta medida) exponencialmente)
- Configuración de medición (planaridad del soporte de medición, errores de paralaje, principio del comparador de Abbe, etc...)
- Entorno térmico:
 - o Temperatura (temperatura ambiente, calor radiante procedente del sistema de iluminación, la temperatura corporal del operador al tocar, etc.)
 - o humedad (por ejemplo, en papel o láminas de plástico)
 - o grado / período de aclimatación
- Propiedades físicas de la pieza a comprobar (coeficientes de contracción y expansión, etc.)
- Definición del borde del objeto de medición
- Comprobador / usuario (conocimientos, experiencia y susceptibilidad (visual))

1. Precisión de los instrumentos de medición con pantalla digital

Con instrumentos de medición con pantallas digitales, cabe destacar que por norma general el valor mostrado no se corresponde con el resultado de medición real. Esto es porque, por un lado, se redondean los valores intermedios (significación más allá del último dígito mostrado), y por el otro, la pantalla no toma en cuenta cualquier imprecisión del instrumento o cualquier influencia causada por el personal operativo.

Como regla general, los fabricantes indican límites de tolerancia para la imprecisión del instrumento, dentro de los cuales debe encontrarse la desviación a partir de la medición real.

Ejemplo para un instrumento de medición electrónico con precisión garantizada de $\pm 0,05$ mm:

valor mostrado en la pantalla = 347,12 mm

la medición real puede ser cualquier valor entre 347,07 y 347,17 mm

La "precisión de repetición" y la "resolución" a menudo se confunden con la "precisión" de medición real de un instrumento. Sin embargo, los tres términos tienen significados completamente diferentes. La "precisión de repetición" indica cuán grande es la variación si la misma medición se mide varias veces. Por otra parte, la "resolución" es la exactitud de la pantalla y determina el sub-paso más pequeño que se muestra en la pantalla (p. ej. 0,01 mm en la ES; los valores intermedios se redondean).

2. Precisión de la ESCALA ELECTRÓNICA

Factores que influyen en la precisión instrumental de una regla (p. ej. ES):

- Construcción (geometría de la varilla, coordinación de las piezas, rango de medición, consideración de principios básicos metrológicos como el principio del comparador de Abbe, paralaje, etc.)
- Sistema óptico
- Sistema electrónico (como un elemento de trazado) (en la ES: $\pm 0,01$ mm)
- Precisión de la escala del condensador (elemento de impulso)

No existen dispositivos de medición absolutamente precisos. Incluso la ESCALA ELECTRÓNICA tiene deficiencias. Los márgenes de error de estas imprecisiones son, según el fabricante:

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

Esta información no debe entenderse como indicaciones de más / menos, sino que corresponden respectivamente a los "márgenes de error" totales. Por ejemplo en el modelo ES 800 todas las imprecisiones deben estar dentro de un margen de 0,04 mm máx. En la práctica esto significa para el ejemplo del modelo ES 800 que todas las desviaciones encontradas durante la prueba deben estar dentro de un rango

	de -0,04 mm	a 0,00 mm (caso extremo más bajo)
ó	de -0,03 mm	a +0,01 mm
ó	de -0,02 mm	a +0,02 mm
ó	de -0,01 mm	a +0,03 mm
ó	de 0,00 mm	a +0,04 mm (caso extremo más alto)

Para que el usuario sepa en qué rango de tolerancia funcionan sus instrumentos, cada ES viene con un certificado de prueba. Sin embargo al mismo tiempo hay que recordar que los valores de medición dados sólo muestran la tendencia y no pueden usarse como valores de corrección absolutos, ya que el cero absoluto se puede fijar arbitrariamente en la ES.

3. Configuración de la medición

Aparecerán imprecisiones de medición si la muestra de prueba y / o el dispositivo de prueba se curvan. Es necesaria una buena base para obtener resultados de medición precisos. Tanto si se trata de una tabla de estructura u otra placa de medición, no debe doblarse bajo ningún concepto. La planaridad afecta directamente el resultado.

4. Temperatura

El efecto de la temperatura (así como de la humedad, ver detalles en párrafo 5) en la práctica no se tiene en cuenta nunca o casi nunca. La característica que tienen ciertos materiales de expandirse varios grados en caso de alteraciones en la temperatura, puede llevar a interpretaciones erróneas de los resultados de la medición.

El siguiente ejemplo ilustra este problema:

Objeto de medición / muestra de prueba:	Película Mylar®
Instrumento de medición:	ES 1000 (fabricado en acero Cr/Ni)
Temperatura del objeto de medición:	30 °C (tabla de estructura)
Temperatura de la regla:	20 °C
Sección a medir:	1000 mm

La siguiente fórmula se aplica a la dilatación térmica:

$$\Delta L = L \times \alpha_K \times \Delta T$$

donde

- ΔL : alargamiento
- L : longitud
- α_K : coeficiente de dilatación térmica
- ΔT : diferencia de temperatura

El coeficiente de dilatación térmica α del poliéster es: $27 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Por lo tanto, la elongación resultante para la película (a 1.000 mm con una diferencia de temperatura de 10 °C) es la siguiente:

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

El error se reduce si la regla tiene la misma temperatura que la película (dilatación térmica del acero Cr/Ni: $11,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). El aumento de la longitud de la ES en nuestro ejemplo es:

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

Ya que una regla que es demasiado larga mide demasiado corto, el valor determinado anteriormente para la película de poliéster se corrige en 0,115 mm.

Por lo tanto, el error de medición resultante es: $0,27 \text{ mm} - 0,115 \text{ mm} = 0,155 \text{ mm}$.

Este ejemplo muestra claramente el efecto de la temperatura y lo importante que es conocer las temperaturas reales, pero también las propiedades físicas de la muestra de prueba y de los equipos de medición. Si la muestra de prueba y la regla se colocan sobre una tabla de estructura caliente, la película (muestra de prueba) rápidamente absorbe el calor, mientras que la absorción de calor de la regla de acero (equipo de medición) tarda un poco más. Por norma general, durante este tiempo de adaptación no se conocen las temperaturas exactas y no se sabe realmente hasta qué punto se han adaptado ya la muestra de prueba y el equipo de medición. ¡Durante este tiempo no es posible tomar mediciones exactas! (ver también  aclimatación)

Ejemplos numéricos de expansión en relación al material, la temperatura y la longitud:

a) Expansión del acero Cr/Ni

(coeficiente térmico de expansión $AK_T = 11,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)

Diferencia de temperatura	Longitud de medición / longitud de elongación (todas las medidas en 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) Expansión del cristal

(coeficiente térmico de expansión $AK_T = 9,0 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)

Diferencia de temperatura	Longitud de medición / longitud de elongación (todas las medidas en 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) Diferencia de expansión entre el cristal y el acero Cr/Ni

Diferencia de temperatura	Longitud de medición / longitud de elongación (todas las medidas en 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

Nota: Los coeficientes de expansión que se muestran son meros ejemplos y no son válidos para todos los tipos

5. Humedad

La humedad no causa ninguna alteración de longitud en la ESCALA ELECTRÓNICA. Sin embargo puede tener un efecto en el objeto de medición, como p. ej. en la muestra de prueba del ejemplo anterior (película de poliéster). La siguiente fórmula se aplica para la expansión a través de la absorción de humedad:

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

ΔL : alargamiento
 L : longitud
 AK_F : coeficiente de expansión por humedad
 ΔT : diferencia de temperatura

El coeficiente de expansión por humedad del poliéster es: $12 \times 10^{-6} / \%RF$ (humedad relativa).

Para la película, esto resulta en una alteración de la longitud (a 1.000 mm con una modificación de la RF del 10%):

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

Atención: la absorción y entrega de agua son procesos prolongados que, dependiendo de las propiedades del objeto, a menudo pueden tardar varios días.

■➡ Aclimatación:

Dado que la temperatura y la humedad influyen en gran medida en la precisión, es extremadamente importante dar al material de prueba y al equipo de medición tiempo suficiente para adaptarse a las condiciones predominantes. Si la aclimatación es totalmente completa, los efectos de la temperatura y la humedad (siempre que se conozcan los correspondientes coeficientes) pueden compensarse aritméticamente o calcularse para equilibrarse fácilmente aplicando las fórmulas anteriores. Sin embargo, si la aclimatación está en curso (p. ej. con la película plástica después de 24 ó 48 horas), entonces no se sabe exactamente cuánto ha progresado esto, o en qué medida la muestra de prueba todavía está siendo modificada. Por lo tanto, no será posible realizar la compensación aritmética ni una medición segura.

Ejemplos numéricos de desviación de medición de una película de poliéster en relación a la temperatura y la longitud, y la humedad relativa y la longitud:

A) Desviación de medición con cambio de temperatura: (coeficiente térmico de expansión $AK_T = 27 \times 10^{-6} / ^\circ C$)

Diferencia de temperatura	Longitud de medición / longitud de elongación (todas las medidas en 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) Desviación de medición con cambio de humedad: (coeficiente térmico de expansión $AK_F = 12 \times 10^{-6} / ^\circ C$)

Diferencia % RF	Longitud de medición / longitud de elongación (todas las medidas en 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

Nota: Los coeficientes de expansión que se muestran son meros ejemplos y no son válidos para todos los tipos

¿Lente de aumento o microscopio?

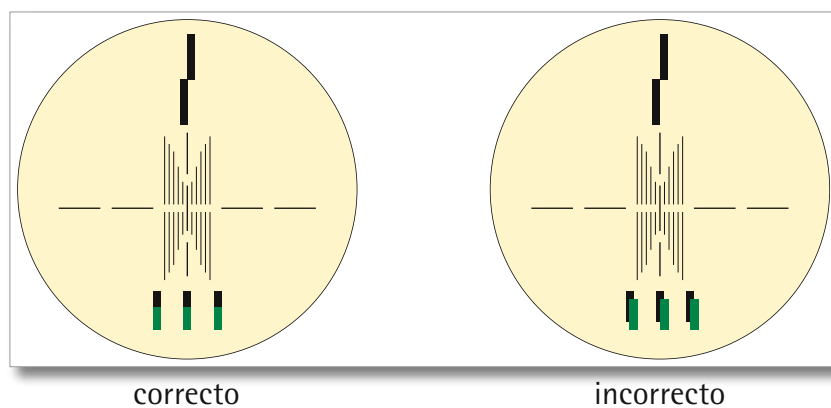
Con la ESCALA ELECTRÓNICA pueden seleccionarse diferentes elementos ópticos como ayuda en la localización de las líneas de medición. Por una parte, una lente de aumento de 10x, y por otra un microscopio adaptado específicamente para este uso con un aumento de 25x ó 50x.

La lente de precisión utilizada en el modelo estándar tiene las ventajas de un mayor campo de visión y una pantalla de imagen correcta lateralmente. Desafortunadamente tiene el gran inconveniente del llamado paralaje.

6. Paralaje

Si hay un espacio entre las líneas en la placa reticulada del equipo de medición y las líneas del objeto de medición, se producirá un error de medición si la vista sobre la lente de aumento no es exactamente vertical.

El error de medición aumenta con la distancia entre la marca de medición en la placa reticulada y la línea que



se medirá en el material de prueba y con la desviación angular del eje de visualización respecto a la vertical.

La «comprobación de paralaje» de la ESCALA ELECTRÓNICA permite al usuario comprobar el ángulo de visión.

La persona que está mirando las marcas de medición lo hace verticalmente sólo cuando los campos que están uno encima de otro es-

tán correctamente alineados. Cuando se usa correctamente, la imagen de la sofisticada placa reticulada de la ES ayuda a mantener reducida la variabilidad de la interpretación individual y a reducir al mínimo la incertidumbre y la variación de los resultados de medición entre diferentes comprobadores.

En sistemas ópticos con varias lentes, como un microscopio, el eje óptico lo da el sistema de lentes. Es por ello que no es posible mirar torcido por la lente (como ocurre con la lente de aumento) y no se producen errores de paralaje. Esto, junto con un mayor aumento, son las principales ventajas del microscopio. Las desventajas de un microscopio son el campo de visión más pequeño y la inversión de la imagen visualizada. Lo que aparece en la parte superior está en la parte inferior; lo que aparece a la izquierda está a la derecha. Cuando se trabaja con un microscopio, al principio es un poco confuso. Sin embargo, por norma general el usuario se acostumbra rápidamente.

7. Sensibilidad visual del comprobador

¡Con la práctica se llega a la perfección! – Mediante el trabajo repetido o regular, el ojo se va entrenando y la sensibilidad visual del comprobador va mejorando. El usuario aprende a leer la imagen más rápido y mejor y a interpretarla con más seguridad.

Factores que influyen en los resultados de medición

Factores influyentes a nivel general:

- Propiedades físicas y precisión de la regla / dispositivo de medición
- Zona de medición (la imprecisión aumenta con el tamaño de la zona, como regla general no linealmente pero (en cierta medida) exponencialmente)
- Configuración de medición (planaridad del soporte de medición, errores de paralaje, principio del comparador de Abbe, etc...)
- Entorno térmico:
 - o Temperatura (temperatura ambiente, calor radiante procedente del sistema de iluminación, la temperatura corporal del operador al tocar, etc.)
 - o humedad (por ejemplo, en papel o láminas de plástico)
 - o grado / período de aclimatación
- Propiedades físicas de la pieza a comprobar (coeficientes de contracción y expansión, etc.)
- Definición del borde del objeto de medición
- Comprobador / usuario (conocimientos, experiencia y susceptibilidad (visual))

Factores que afectan la precisión de una ESCALA ELECTRÓNICA o regla similar:

- Construcción (geometría de la varilla, precisión de fabricación, coordinación de las piezas, propiedades físicas de los materiales utilizados, rango de medición, consideración de principios básicos metrológicos como el principio del comparador de Abbe, paralaje, etc.)
- Sistema óptico
- Sistema electrónico (como elemento de trazado) (en la ES: $\pm 0,01$ mm)
- Precisión de la escala del condensador (elemento de impulso)