

Medição com a Electronic-Scale



Índice

MEDIÇÃO COM A ELECTRONIC-SCALE	2
1. Precisão dos instrumentos de medição com display digital	2
2. Precisão da ELECTRONIC-SCALE	2
3. Configuração da medição	3
4. Temperatura	3
5. Umidade	5
6. Paralaxe	6
7. Suscetibilidade visual do examinador	7

MEDIÇÃO COM A ELECTRONIC-SCALE (abrev.: ES)

Os resultados das medições podem ser afetados pelas mais diversas influências. Assim, para uma medição exata, é necessário, por um lado, cumprir determinados requisitos técnicos e, por outro, que existam competências suficientes em todos os contextos para que os resultados obtidos também possam ser corretamente interpretados.

Fatores de influência:

- Propriedades de precisão e físicas da régua/dispositivo de medição
- Área de medição: regra geral, a imprecisão aumenta com o tamanho da área e não linearmente mas, de certo modo, exponencialmente.
- Configuração da medição (planicidade do suporte de medição, erros de paralaxe, princípio comparador de Abbe, etc.)
- Ambiente térmico:
 - o Temperatura (temperatura ambiente, calor radiante da iluminação, temperatura corporal do operador durante o manuseamento, ...)
 - o umidade (por exemplo, em papel ou película plástica)
 - o período/grau de aclimação
- Propriedades físicas da peça a testar (coeficientes de contração e expansão, etc.)
- Definição do contorno do objeto a medir
- Examinador/usuário (competências, experiência e suscetibilidade [visual])

1. Precisão dos instrumentos de medição com display digital

Nos instrumentos de medição com displays digitais, deve ter-se em conta que, por regra, o valor indicado não corresponde ao resultado de medição real. Tal acontece porque, por um lado, os valores intermédios (significância para além do último dígito visualizado) são arredondados e, por outro, porque o display não considera a imprecisão do instrumento nem outras influências causadas pelo pessoal operador.

Normalmente, os fabricantes indicam limites de tolerância para a imprecisão do instrumento, dentro dos quais se deve encontrar o desvio da medição real.

Exemplo para um instrumento de medição eletrónico com precisão garantida de $\pm 0,05$ mm:

valor indicado no display = 347,12 mm

a medição real pode ter um valor entre 347,07 mm e 347,17 mm.

A "repetibilidade" e a "resolução" são frequentemente confundidas com a efetiva "precisão" de medição de um instrumento. No entanto, os três termos têm significados completamente diferentes. "Repetibilidade" indica a grandeza da variância se uma e a mesma dimensão é medida diversas vezes. "Resolução", por outro lado, é a fineza da visualização e indica o menor subincremento mostrado no display (por exemplo, 0,01 mm na ES; os valores intermédios são arredondados).

2. Precisão da ELECTRONIC-SCALE

Os fatores que influenciam a precisão instrumental de uma régua (p. ex., ES) são os seguintes:

- Construção (geometria da barra, coordenação de peças, intervalo de medição, consideração de princípios básicos de metrologia como o princípio comparador de Abbe, paralaxe, etc.)
- Sistema óptico
- Eletrónica (como elemento de traçagem) (na ES: $\pm 0,01$ mm)
- Precisão da escala capacitiva (elemento de impulso)

Não existem dispositivos de medição absolutamente precisos. Até a ELECTRONIC-SCALE tem deficiências. De acordo com o fabricante, as margens de erro destas imprecisões são as seguintes:

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

Estes dados não deverão ser entendidos como indicações positivas/negativas, mas sim correspondendo respectivamente às "margens de erro" totais. Por exemplo, na ES 800, todas as imprecisões devem se encontrar dentro de uma margem de 0,04 mm, no máximo. Na prática, isso significa, no caso da ES 800, que todos os desvios encontrados durante o teste devem estar compreendidos

	entre-0,04 mm	e 0,00 mm (caso extremo mais baixo)
ou	entre-0,03 mm	e+0,01 mm
ou	entre-0,02 mm	e+0,02 mm
ou	entre-0,01 mm	e+0,03 mm
ou	entre 0,00 mm	e+0,04 mm (caso extremo mais alto)

Para que o usuário saiba em que margem de tolerância funciona o instrumento, cada ES é fornecida com certificado de ensaio. Contudo, ao mesmo tempo deve ter-se em conta que os valores de medição dados apenas mostram a tendência e não podem ser usados como valores de correção absolutos, visto que o zero absoluto pode ser definido arbitrariamente na ES.

3. Configuração da medição

Ocorrem imprecisões na medição se a amostra de teste e/ou o dispositivo de ensaio sofrerem uma curvatura. É necessária uma boa base para conseguir resultados de medição precisos. Quer seja uma mesa de luz ou outra placa de medição, não pode curvar-se em caso algum. A planicidade afeta diretamente o resultado.

4. Temperatura

Na prática, o efeito da temperatura (bem como o da umidade, tratado no Parágrafo 5) quase nunca ou nunca é tido em conta. Assim, a capacidade de os diferentes materiais se expandirem consideravelmente em vários graus com as variações de temperatura origina interpretações erradas dos resultados de medição.

O exemplo seguinte ilustra este problema:

Objeto a medir/amostra de teste:	Película Mylar®
Instrumento de medição:	ES 1000 (em aço Cr/Ni)
Temperatura do objeto a medir:	30 °C (mesa de luz!)
Temperatura da régua:	20 °C
Secção a medir:	1000 mm

Aplica-se a fórmula seguinte à expansão térmica:

$$\Delta L = L \times \alpha \times \Delta T$$

sendo que

- ΔL : alongamento
- L: comprimento
- α : coeficiente de expansão térmica
- ΔT : diferença de temperatura

O coeficiente de expansão térmica α de poliéster é: $27 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Portanto, resulta o alongamento seguinte da película (em 1.000 mm com uma diferença de temperatura de 10 °C):

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

O erro diminui, se a régua estiver à mesma temperatura que a película (expansão térmica do aço Cr/Ni: $11.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). O aumento de comprimento na ES em nosso exemplo é o seguinte:

$$\Delta L = L \times AK_T \times \Delta T = 1000 \text{ mm} \times 11.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \times 10 ^\circ\text{C} = 0,115 \text{ mm}$$

Dado que uma régua comprida de mais mede pior, o valor determinado acima para a película de poliéster é corrigido em 0,115 mm.

O erro de medição resultante é, por isso: $0,27 \text{ mm} - 0,115 \text{ mm} = 0,155 \text{ mm}$.

Este exemplo mostra claramente o efeito da temperatura e como é importante conhecer as temperaturas reais, assim como as propriedades físicas da amostra de teste e do equipamento de medição. Se a amostra de teste e a régua forem colocadas sobre uma mesa de luz quente, então a película (amostra de teste) absorve rapidamente o calor, ao passo que a absorção de calor pela régua de aço (equipamento de medição) demora mais algum tempo. Por norma, durante este tempo de adaptação, não se conhecem as temperaturas exatas e não se sabe realmente até que ponto a amostra de teste e o equipamento de medição já se adaptaram. Não são possíveis medições precisas neste período! (ver também  *Aclimação*)

Exemplos numéricos da expansão em função do material, temperatura e comprimento:

a) Expansão do aço Cr/Ni:

(coeficiente de expansão térmica $AK_T = 11.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)

Diferença de temperatura	Comprimento de medição / comprimento de alongamento (todas as medições em 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) Expansão do vidro:

(coeficiente de expansão térmica $AK_T = 9.0 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)

Diferença de temperatura	Comprimento de medição / comprimento de alongamento (todas as medições em 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) Diferencial de expansão entre aço Cr/Ni e vidro

Diferença de temperatura	Comprimento de medição / comprimento de alongamento (todas as medições em 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

N.B.: os coeficientes de expansão indicados são meros exemplos e não se aplicam a todos os tipos!

5. Umidade

A umidade não provoca alterações de comprimento na ELECTRONIC-SCALE. Contudo, pode afetar o objeto a medir como, por exemplo, na amostra de teste do exemplo anterior (película de poliéster).

A fórmula seguinte é aplicável à expansão por absorção de umidade:

$$\Delta L = L \times AK_F \times \Delta T$$

sendo que

- ΔL : alongamento
- L : comprimento
- AK_F : coeficiente de expansão por umidade
- ΔT : diferença de temperatura

O coeficiente de expansão por umidade para o poliéster é: $12 \times 10^{-6} / \%RH$ (umidade relativa).

Daqui resulta uma alteração do comprimento da película (em 1.000 mm com uma alteração de 10% da RH):

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

Atenção: a absorção e a expulsão de água são processos morosos que dependem das propriedades do objeto e muitas vezes podem levar vários dias!

■▶ Aclimação:

Dada a grande influência que a temperatura e a umidade exercem na precisão, é extremamente importante dar tempo suficiente ao material de teste e ao equipamento de medição para se adaptarem às condições existentes. Estando perfeitamente concluída a aclimação, os efeitos da temperatura e umidade (desde que sejam conhecidos os respectivos coeficientes) podem ser compensados ou deduzidos aritmeticamente de forma relativamente fácil através das fórmulas acima. Se, no entanto, a aclimação ainda está em curso (por exemplo, no caso da película plástica, somente após 24 ou 48 horas), não se sabe exatamente quanto avançou nem até que ponto a amostra de teste ainda está sendo modificada. Consequentemente, a compensação aritmética ou a medição segura não são possíveis.

Exemplos numéricos do desvio de medição de uma película de poliéster em função da temperatura e do comprimento ou em função da umidade relativa e do comprimento:

A) Desvio de medição com alteração da temperatura: (coeficiente de expansão térmica $AK_T = 27 \times 10^{-6} / ^\circ C$)

Diferença de temperatura	Comprimento de medição / comprimento de alongamento (todas as medições em 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

A) Desvio de medição com alteração da umidade:

(coeficiente de expansão térmica $AK_T = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)

Diferença % RH	Comprimento de medição / comprimento de alongamento (todas as medições em 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

N.B.: os coeficientes de expansão indicados são meros exemplos e não se aplicam a todos os tipos!

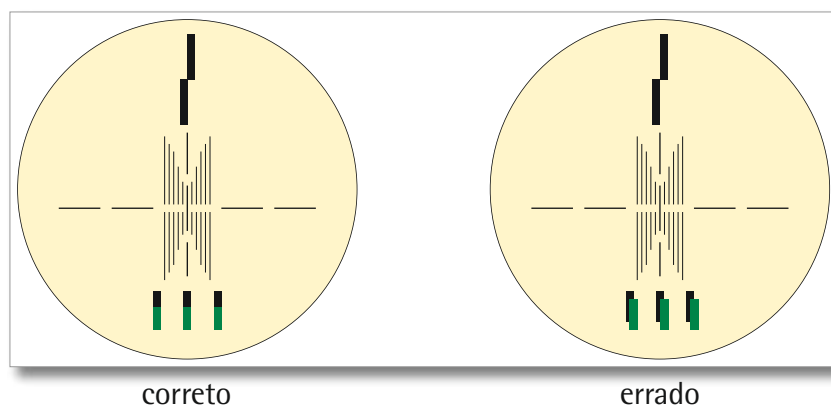
Lupa ou microscópio?

Na ELECTRONIC-SCALE estão disponíveis para escolha vários auxiliares ópticos de localização das linhas de medição. Por um lado, uma lente de ampliação de 10x e, por outro, um microscópio com ampliação de 25x ou 50x, maquinado em especial para esta aplicação.

A lente de precisão usada no modelo de base oferece a vantagem de um maior campo de visão e representação lateral correta da imagem. Lamentavelmente, também tem o grande inconveniente da chamada paralaxe.

6. Paralaxe

Existindo um desfasamento entre as linhas na placa do retículo do equipamento de medição e as linhas no objeto a medir, ocorrerá um erro de medição se a observação através da lupa não for feita exatamente na vertical.



O erro de medição aumenta com a distância entre a marca de medição na placa de retículo e a linha a medir no material de teste e com o desvio angular da vertical no eixo de visualização.

A "Verificação de paralaxe" da ELECTRONIC-SCALE permite ao usuário verificar o ângulo de visualização.

O observador estará a olhar verticalmente para as marcas de medição apenas quando os campos acima uns dos outros estiverem perfeitamente alinhados. Quando usada corretamente, a sofisticada imagem da placa de retículo da ES ajuda, deste modo, a manter baixa a margem de interpretação individual, assim como a reduzir ao mínimo a incerteza de medição e a variância de resultados de medição dos diferentes examinadores.

Em sistemas ópticos com várias lentes, como o microscópio, o eixo óptico é dado pelo sistema de lentes. Por isso, não é possível olhar diagonalmente pela óptica como numa lupa, não ocorrendo erros de paralaxe. Esta é, juntamente com a maior ampliação, a vantagem principal de um microscópio. Os inconvenientes de um microscópio residem no campo de visão mais pequeno e na inversão da imagem visualizada. O que aparece em cima está em baixo; o que se vê à esquerda está à direita. No início, o trabalho com o microscópio causa alguma confusão. No entanto, em geral, o usuário habitua-se a ele rapidamente.

7. Suscetibilidade visual do examinador

A prática leva à perfeição! – Através da repetição ou regularidade do trabalho, o olho fica mais treinado e a suscetibilidade visual do examinador aumenta. O usuário aprende a ler a imagem melhor e mais rápido e a interpretá-la com mais segurança.

Fatores que influenciam os resultados de medição

Fatores de influência gerais:

- Propriedades de precisão e físicas da régua/dispositivo de medição
- Área de medição: regra geral, a imprecisão aumenta com o tamanho da área e não linearmente mas, de certo modo, exponencialmente.
- Configuração da medição (planicidade do suporte de medição, erros de paralaxe, princípio comparador de Abbe, etc.)
- Ambiente térmico:
 - o Temperatura (temperatura ambiente, calor radiante da iluminação, temperatura corpora do operador durante o manuseamento, ...)
 - o umidade (por exemplo, em papel ou película plástica)
 - o período/grau de aclimação
- Propriedades físicas da peça a testar (coeficientes de contração e expansão, etc.)
- Definição do contorno do objeto a medir
- Examinador/usuário (competências, experiência e suscetibilidade [visual])

Fatores que afetam a precisão de uma ELECTRONIC-SCALE ou régua semelhante:

- Construção (geometria da barra, precisão de fabricação, coordenação de peças, propriedades físicas dos materiais usados, intervalo de medição, consideração de princípios básicos de metrologia como o princípio princípio comparador de Abbe, paralaxe etc.)
- Sistema óptico
- Eletrônica (como elemento de traçagem) (na ES: $\pm 0,01$ mm)
- Precisão da escala capacitiva (elemento de impulso)