

Pomiar za pomocą Electronic-Scale



Spis treści

<i>POMIAR ZA POMOCĄ ELECTRONIC SCALE</i>	2
<i>1. Dokładność przyrządów pomiarowych ze wskaźnikiem cyfrowym</i>	2
<i>2. Dokładność pomiaru ELECTRONIC SCALE</i>	2
<i>3. Powierzchnia pomiaru</i>	3
<i>4. Temperatura</i>	3
<i>5. Wilgotność</i>	5
<i>6. Paralaksa</i>	6
<i>7. Wzrokowa wrażliwość operatora</i>	7

POMIAR ZA POMOCĄ ELECTRONIC SCALE (w skrócie: ES)

Na wyniki pomiaru może mieć wpływ wiele czynników. Z tego powodu, w celu przeprowadzenia prawidłowego pomiaru, z jednej strony muszą być spełnione pewne warunki techniczne, a z drugiej strony trzeba mieć wiedzę w zakresie różnych zależności, by móc prawidłowo zinterpretować otrzymane wyniki.

Decydujące czynniki:

- Precyzja i właściwości fizyczne podziałki / przyrządu pomiarowego
- Zakres pomiaru (nieokładność wzrasta wraz z powiększaniem się obszaru, zwykle nie w sposób liniowy, tylko (lekką) wykładniczy)
- Przebieg pomiaru (płaskość powierzchni pomiaru, błąd paralaksy, postulat Abbego itp.)
- Klimat:
 - o Temperatura (temperatura pomieszczenia, ciepło promieniowania oświetlenia, temperatura ciała operatora przy dotyku, ...)
 - o Wilgotność (np. papieru lub folii plastikowych)
 - o Czas / stopień aklimatyzacji
- Właściwości fizyczne badanego elementu (współczynniki rozszerzalności itp.)
- Ostrość krawędzi badanego obiektu
- Badający / użytkownik (wiedza, doświadczenie i (wrażliwość wzrokowa)

1. Dokładność przyrządów pomiarowych ze wskaźnikiem cyfrowym

W przyrządach pomiarowych ze wskaźnikiem cyfrowym należy pamiętać o tym, że przeważnie wyświetlana wartość nie odpowiada faktycznemu rezultatowi pomiaru. Z jednej strony bowiem przyrząd zaokrągla wartości pośrednie (miejsca za ostatnią wyświetlaną cyfrą), z drugiej strony wskaźnik nie uwzględnia ani niedokładności przyrządu, ani czynników oddziałujących ze strony osoby przeprowadzającej pomiar itp.

Producent przyrządu przeważnie podaje wartości tolerancji związane z niedokładnością, w zakresie których może mieścić się odchyłka od rzeczywistego wymiaru.

Przykład elektronicznego przyrządu pomiarowego z gwarantowaną dokładnością ± 0.05 mm:

wartość wyświetlana na wyświetlaczu = 347.12 mm

rzeczywisty wymiar może stanowić wartość między 347.07 mm a 347.17 mm.

„Powtarzalność” i „rozdzielczość”, często są mylone z „dokładnością” pomiaru urządzenia. Te trzy pojęcia mają jednak całkowicie różne znaczenia. „Powtarzalność” wyraża miarę rozproszenia przy wielokrotnym wykonywaniu pomiaru tego samego wymiaru. „Rozdzielczość” z kolei stanowi miarę precyzji wskazania, wzgl. wyraża najmniejszą podziałkę wskazania (np. 0,01 mm w ES; wartości pośrednie są zaokrąglane).

2. Dokładność pomiaru ELECTRONIC SCALE

Czynniki mające wpływ na dokładność podziałki (np. ES) przyrządu:

- Konstrukcja (geometria drążka, spasowanie części, zakres pomiaru, uwzględnienie podstawowych zasad techniki pomiaru, takich jak np. postulat Abbego, paralaksa itp.)
- Układ optyczny
- Elektronika (jako element analizujący) (w ES: ± 0.01 mm)
- Dokładność podziałki kondensatora (element wysyłający impulsy)

Nie ma idealnie dokładnych przyrządów pomiarowych. Także ELECTRONIC SCALE ma niedoskonałości. Błędy mieszczą się w zakresach podawanych przez producenta:

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

Danych tych nie należy rozumieć jako wartości plus/minus, tylko jako łączny „zakres błędu”. W ES 800 przykładowo wszystkie niedokładności muszą się mieścić w zakresie maks. 0.04 mm. W praktyce oznacza to w przypadku ES 800, że wszystkie odchyłki stwierdzone podczas badania muszą mieścić się w jednym zakresie

	od	-0.04 mm	do	0.00 mm (dolna skrajność)
lub	od	-0.03 mm	do	+0.01 mm
lub	od	-0.02 mm	do	+0.02 mm
lub	od	-0.01 mm	do	+0.03 mm
lub	od	0.00 mm	do	+0.04 mm (górną skrajność)

Do każdego przyrządu ES dołączony jest protokół pomiarowy po to, by użytkownik wiedział, jaki jest zakres tolerancji pracy jego przyrządu. Należy przy tym jednakże pamiętać, że podane wartości pokazują jedynie tendencję i nie mają być używane jako ostateczne wartości korekty, gdyż w wypadku przyrządów ES punkt zerowy można ustawiać w dowolnym miejscu.

3. Powierzchnia pomiaru

Wygięcie badanego przedmiotu i/lub przyrządu pomiarowego powoduje przekłamanie w pomiarach. W celu zapewnienia precyzyjnych rezultatów pomiaru, należy zadbać o odpowiednio równą powierzchnię. Czy stolik podświetlany, czy inna płytka pomiarowa, elementy te nie mogą się wyginać! Płaskość wpływa bezpośrednio na wynik pomiaru.

4. Temperatura

Wpływ temperatury (jak również „wilgoci”, zobacz punkt 5) w praktyce jest często pomijany, albo traktowany jako drugorzędny czynnik. Fakt, że różne materiały wykazują różne właściwości rozciągające przy zmianach temperatur, powoduje błędne interpretowanie wyników pomiaru.

Problematykę może przybliżyć następujący przykład:

Obiekt pomiaru/badany przedmiot:	warstwa poliestru
Przyrząd pomiarowy:	ES 1000 (stal Cr/Ni)
Temperatura obiektu pomiaru:	30 °C (na stoliku podświetlanym!)
Temperatura podziałki:	20 °C
Odcinek pomiaru:	1000 mm

Wzór na rozszerzalność cieplną ma następującą postać:

$$\Delta L = L \times AK_T \times \Delta T$$

gdzie

- ΔL : zmiana długości
- L: długość
- AK_T : współczynnik rozszerzalności cieplnej α
- ΔT : różnica temperatur

Współczynnik rozszerzalności cieplnej α poliestru wynosi: $27 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Warstwa zmienia swoją długość w następujący sposób (na długości 1000 mm przy różnicy temp. 10°C):

$$\Delta L = L \times AK_T \times \Delta T = 1000 \text{ mm} \times 27 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \times 10^\circ\text{C} = 0.27 \text{ mm}$$

Błąd zmniejsza się, gdy podziałka będzie miała również temperaturę warstwy (rozszerzalność cieplna stali Cr/Ni: $11.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). Wydłużalność przyrządu ES wynosi w tym przykładzie:

$$\Delta L = L \times AK_T \times \Delta T = 1000 \text{ mm} \times 11.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \times 10^\circ\text{C} = 0.115 \text{ mm}$$

Ze względu na to, że zbyt długa podziałka pomniejsza wymiar, ustaloną wyżej wartość w wypadku warstwy poliestru weryfikuje się o 0.115 mm.

Błąd pomiaru wynosi więc: $0.27 \text{ mm} - 0.115 \text{ mm} = 0.155 \text{ mm}$.

Niniejszy przykład wyraźnie pokazuje wpływ temperatury, a także decydujące znaczenie znajomości faktycznych temperatur i właściwości fizycznych badanego przedmiotu oraz przyrządu pomiarowego. - Gdy badany przedmiot i podziałkę położy się na gorącym stoliku podświetlanym, folia (badany przedmiot) przyjmie ciepło szybko, podczas gdy stalowa podziałka (przyrząd pomiarowy) będzie przyjmowała to ciepło wolniej. W tym czasie dostosowywania temperatur zwykle nie zna się dokładnych temperatur i nie wiadomo, czy badany przedmiot i przyrząd pomiarowy już się dostosowały. W tym czasie nie ma możliwości dokonania precyzyjnych pomiarów! (zobacz również  *aklimatyzacja*).

Przykładowe liczby rozszerzalności w zależności od materiału, temperatury i długości:

a) Rozszerzalność stali Cr/Ni

(Współczynnik rozszerzalności $AK_T = 11.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)

Różnica temperatur	Dł. pomiaru / wydłużalność (wszystkie wymiary w 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) Rozszerzalność szkła

(Współczynnik rozszerzalności $AK_T = 9.0 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)

Różnica temperatur	Dł. pomiaru / wydłużalność (wszystkie wymiary w 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) Różnica w rozszerzalności stali Cr/Ni i szkła

Różnica temperatur	Dł. pomiaru / wydłużalność (wszystkie wymiary w 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

Uwaga: Podane współczynniki rozszerzalności są jedynie przykładami i nie odnoszą się do wszystkich gatunków!

5. Wilgotność

Wilgotność w ELECTRONIC SCALE nie wywołuje zmian długości. Może mieć jednakże wpływ na obiekt pomiaru, jak np. w wypadku badanego przedmiotu z powyższego przykładu (warstwa poliestru).

Wzór na rozszerzalność z powodu nabieranej wilgotności ma następującą postać:

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

gdzie

- ΔL : zmiana długości
- L: długość
- AK_F : współczynnik rozszerzalności przy wzroście wilgotności
- ΔT : różnica temperatur

Współczynnik rozszerzalności przy wzroście wilgotności wynosi w wypadku poliestru: $12 \times 10^{-6} / \%WW$ (wilgotność względna).

W wypadku warstwy rozszerzalność wynosi (na dł. 1000 mm przy zmianie o 10%WW):

$$\Delta L = L \times AK_F \times \Delta T = 1000 \text{ mm} \times 12 \times 10^{-6} / \%WW \times 10 \%WW = 0.12 \text{ mm}$$

Uwaga: Przyjmowanie i oddawanie wody może, w zależności od właściwości obiektu, trwać dłuższy czas, często nawet kilka dni!

▣➡ Aklimatyzacja:

Ze względu na fakt, że temperatura i wilgotność mają tak duży wpływ na dokładność pomiaru, olbrzymie znaczenie ma zapewnienie odpowiednio długiego czasu na dostosowanie się badanego przedmiotu i przyrządu pomiarowego do panujących warunków. Po zakończeniu procesu aklimatyzacji, można stosunkowo łatwo skorygować, wzgl. wyliczyć wpływ temperatury i wilgotności (w wypadku znajomości odpowiednich współczynników), wykorzystując w tym celu powyższe wzory. Gdy aklimatyzacja będzie nadal w toku (np. w wypadku plastikowej folii po upływie 24 lub 48 godzin), nie wiadomo dokładnie, kiedy się zakończy, wzgl. w jakim stopniu ulegnie jeszcze zmianie badany przedmiot. Tym samym nie ma możliwości przeprowadzenia obliczeniowej korekty wzgl. prawidłowego pomiaru.

Przykłady liczbowe odchyłki pomiaru folii poliestrowej w zależności od temperatury i długości wzgl. wilgotności względnej:

A) Odchyłka wymiaru przy zmianie temperatury (Współczynnik rozszerzalności $AK_T = 27 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)

Różnica temperatur	Dł. pomiaru / wydłużalność (wszystkie wymiary w 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

Różnica % WW	Dł. pomiaru / wydłużalność (wszystkie wymiary w 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

Uwaga: Podane współczynniki rozszerzalności są jedynie przykładami i nie odnoszą się do wszystkich gatunków!

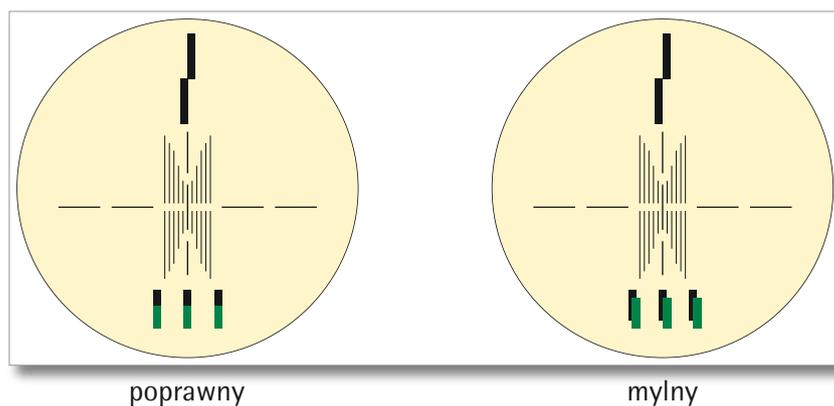
Lupa czy mikroskop?

W przyrządzie ELECTRONIC SCALE można wybierać spośród różnych optycznych środków pomocniczych do namierzania linii kontrolnych. Może być to zarówno lupa z 10-krotnym powiększeniem, jak i opracowany specjalnie do tego celu mikroskop z powiększeniem 25-krotnym lub 50-krotnym.

Zaletami dostępnej w wyposażeniu standardowym lupy precyzyjnej jest duże pole widoku i dobra widoczność boczna. Nieestety dużą wadą jest tak zwana paralaksa.

6. Paralaksa

Gdy między liniami na płytce kreskowej przyrządu pomiarowego a liniami na obiekcie pomiaru znajduje się wolna przestrzeń, dochodzi do błędu pomiaru, gdy patrzenie przez lupę nie będzie skierowane dokładnie w pionie.



Błąd w pomiarze powiększa się wraz z odstępem między znakiem pomiaru na płytce kreskowej a mierzoną linią na badanym przedmiocie i odchyłką kąta osi obserwacji w stosunku do pionu.

„Kontrola paralaksy” w przyrządzie ELECTRONIC SCALE daje użytkownikowi możliwość kontrolowania kąta obserwacji.

Tylko gdy leżące na sobie pola będą wyrównane względem siebie, operator patrzy pionowo na znaki pomiaru. Przemyślany układ płytek kreskowych w ES pomaga tym samym przy prawidłowym użytkowaniu utrzymywać jak najniższy indywidualnej interpretacji oraz ograniczyć do minimum niepewność pomiaru oraz rozrzut wyników wśród kilku operatorów.

W układach optycznych z wieloma soczewkami, jak np. w mikroskopie, układ optyczny tworzy układ soczewek. Dzięki temu patrzenie przez układ optyczny nie może się odbywać pod skosem, jak w wypadku lupy i nie występuje błąd paralaksy! Oprócz większego powiększenia jest to najważniejsza zaleta mikroskopu. Do wad mikroskopu należy mniejsze pole widzenia i odwrócenie obrazu. To co widać u góry, jest na dole; to co widać po lewej stronie, jest po prawej. Na początku pracy z mikroskopem może to sprawiać kłopoty. Stosunkowo szybko można się do tego przyzwycząć.

7. Wzrokowa wrażliwość operatora

Ćwiczenie czyni mistrzem! – Regularnie powtarzana praca stanowi trening dla oka i poprawia wzrokową wrażliwość operatora. Operator uczy się szybciej i dokładniej odczytywać obraz, a także niezawodnie go interpretować.

Czynniki wpływające na wynik pomiaru

Zasadnicze decydujące czynniki:

- Precyzja i właściwości fizyczne podziałki / przyrządu pomiarowego
- Zakres pomiaru (niedokładność wzrasta wraz z powiększaniem się obszaru, zwykle nie w sposób liniowy, tylko (lekką) wykładniczy)
- Przebieg pomiaru (płaskość powierzchni pomiaru, błąd paralaksy, postulat Abbego itp.)
- Klimat:
 - o Temperatura (temperatura pomieszczenia, ciepło promieniowania oświetlenia, temperatura ciała operatora przy dotyku, ...)
 - o Wilgotność (np. papieru lub folii plastikowych)
 - o Czas / stopień aklimatyzacji
- Właściwości fizyczne badanego elementu (współczynniki rozszerzalności itp.)
- Ostrość krawędzi badanego obiektu
- Badający / użytkownik (wiedza, doświadczenie i (wrażliwość wzrokowa)

Czynniki mające wpływ na dokładność przyrządu ELECTRONIC SCALE lub podobnej podziałki:

- Konstrukcja (geometria drążka, spasowanie części, zakres pomiaru, uwzględnienie podstawowych zasad techniki pomiaru, takich jak np. postulat Abbego, paralaksa itp.)
- Układ optyczny
- Elektronika (jako element analizujący) (w ES: ± 0.01 mm)
- Dokładność podziałki kondensatora (element wysyłający impulsy)