

## B/III Metrologia

### Lekcja 55

#### Temat: Wiadomości ogólne o metrologii.

1. Metrologia - nauka zajmująca się pomiarami wielkości mierzalnych.
2. Wielkość mierzalna - wielkość, którą można określić nie tylko jakościowo, lecz również ilościowo, czyli zmierzyć.
3. Podział wielkości mierzalnych
  - a) podstawowe, np.: masa, czas,
  - b) pochodne, np.: prędkość, siła.
4. Wartość wielkości mierzalnej - iloczyn jej wartości liczbowej i jednostki miary, czyli np.  $m = 15 \text{ kg}$ .
5. Jednostka miary wielkości mierzalnej - umownie przyjęta wartość, której wartość liczbową jest równa 1.
6. Wielkości i jednostki miar układu SI:
  - a) podstawowe:
    - długość  $l$  [m],
    - masa  $m$  [kg],
    - czas  $t$  [s],
    - natężenie prądu elektrycznego  $I$  [A ],
    - temperatura  $T$  [K],
    - ilość materii  $n$  [mol],
    - światłość  $I_v$  [cd],
  - b) uzupełniające:
    - kąt płaski  $\alpha, \beta, \gamma$  [rad],
    - kąt bryłowy  $\omega$  [sr].
9. Najczęściej stosowane wielokrotności i podwielokrotności jednostek miar:
  - a) wielokrotności:
    - deka  $da$   $10^1$ ,
    - hekto  $h$   $10^2$ ,
    - kilo  $k$   $10^3$ ,
    - mega  $M$   $10^6$ ,
    - giga  $G$   $10^9$ ,
  - b) podwielokrotności:
    - decy  $d$   $10^{-1}$ ,
    - centy  $c$   $10^{-2}$ ,
    - mili  $m$   $10^{-3}$ ,
    - mikro  $\mu$   $10^{-6}$ ,
    - nano  $n$   $10^{-9}$ .

## 10. Przykłady

P1) Wartości pewnych wielkości fizycznych wynoszą 1000000 W, 20000 m, 300 l, 40 g, 0,0005 V, 0,000006 F. Zapisz je wykorzystując wielokrotności lub podwielokrotności jednostek miar.

**Dane:** wartości wielkości fizycznych

**Szukane:** inny zapis wartości - ?

### Rozwiązanie

$$1000000 \text{ W} = 1 \cdot 10^6 \text{ W} = 1 \text{ MW}$$

$$20000 \text{ m} = \dots$$

$$300 \text{ l} = \dots$$

$$40 \text{ g} = \dots$$

$$0,0005 \text{ V} = \dots$$

$$0,000006 \text{ F} = \dots$$

**Odp:** ...

## Tolerancje i pasowania otworów i wałków

### Lekcja 56

**Temat:** Wiadomości ogólne o wymiarach i odchyłkach w procesie produkcyjnym.

1. Wymiar nominalny N (D, d) - wymiar, względem którego określa się odchyłki graniczne lub odchyłkę zaobserwowaną, np. dla  $\phi 20^{+0,02}_{-0,01}$  N=20mm.
2. Odchyłka - różnica algebraiczna między danym wymiarem a odpowiadającym mu wymiarem nominalnym.
3. Etapy procesu wytwórczego oraz odpowiadające im wymiary i odchyłki:
  - a) pomysł, któremu odpowiada rysunek wykonawczy z wymiarami i odchyłkami granicznymi,
  - b) materialne urzeczywistnienie pomysłu, któremu odpowiadają wymiary i odchyłki rzeczywiste,
  - c) stwierdzenie zgodności drugiego etapu z pierwszym, któremu odpowiadają wymiary i odchyłki zaobserwowane.
4. Wymiary graniczne - wymiary, między którymi powinien być zawarty lub którym w skrajnym przypadku może być równy wymiar zaobserwowany.
5. Rodzaje wymiarów granicznych:
  - a) górny B ( $B_o; B_w$ ), czyli większy z dwóch wymiarów granicznych,
  - b) dolny A ( $A_o; A_w$ ), czyli mniejszy z dwóch wymiarów granicznych.
6. Odchyłki graniczne - odchyłki, między którymi powinna być zawarta lub którym w skrajnym przypadku może być równa odchyłka zaobserwowana.
7. Rodzaje odchyłek granicznych:

a) górna ES; es, czyli większa z dwóch odchyłek granicznych, której wartość obliczamy z wzorów:

$$ES = B_o - D \text{ [mm]},$$

$$es = B_w - d \text{ [mm]},$$

gdzie:  $B_o, B_w$  - wymiary graniczne górne, odpowiednio otworu i wałka, o wartości w mm,

$D, d$  - wymiary nominalne, odpowiednio otworu i wałka, o wartości w mm,

b) dolna EI; ei, czyli mniejsza z dwóch odchyłek granicznych, której wartość obliczamy z wzorów:

$$EI = A_o - D \text{ [mm]},$$

$$ei = A_w - d \text{ [mm]},$$

gdzie:  $A_o, A_w$  - wymiary graniczne dolne, odpowiednio otworu i wałka, o wartości w mm,

$D, d$  - jak wyżej.

## 8. Przykłady

P1. Średnica otworu tulei wynosi  $\phi_o 25^{+0,4}_{-0,3}$ . Oblicz wartości wymiarów granicznych.

**Dane:**  $\phi_o 25^{+0,4}_{-0,3}$

**Szukane:**  $B_o = ?$

$A_o = ?$

$T_o = ?$

### Rozwiązanie

$$\phi_o 25^{+0,4}_{-0,3} \Rightarrow \begin{cases} D = 25 \text{ mm} \\ ES = +0,4 \text{ mm} \\ EI = -0,3 \text{ mm} \end{cases}$$

$$B_o = D + ES = \dots$$

$$A_o = D + EI = \dots$$

**Odp:...**

## Lekcja 57/58

### Temat: Tolerancje otworów i wałków.

#### 1. Wałki i otwory

a) określenie otworów - element opisany za pomocą wymiarów wewnętrznych,

b) określenie wałka - element opisany za pomocą wymiarów zewnętrznych,

c) oznaczenia otworów i wałków

O - otwór, W - wałek lub w indeksach odpowiednio o i w.

2. Tolerancja wymiarów - różnica algebraiczna między wymiarem granicznym górnym a wymiarem granicznym dolnym lub między odpowiednimi odchyłkami granicznymi.
3. Rodzaje tolerancji wymiarów:
  - a) długościowych T,
  - b) kątowych AT.
4. Tolerancja wymiarów długościowych, której wartość obliczmy z wzorów:
 
$$T = B - A \text{ [mm]},$$

$$T_o = B_o - A_o = D + ES - (D + EI) = D + ES - D - EI = ES - EI \text{ [mm]},$$

$$T_w = B_w - A_w = d + es - (d + ei) = d + es - d - ei = es - ei \text{ [mm]}.$$
5. Pole tolerancji wymiarów długościowych - obszar zawarty między liniami odpowiadającymi wymiarom lub odchyłkom granicznym.
6. Sposoby tolerowania wymiarów(zapisu):
  - a) symbolowe, np.  $\phi 30 \text{ n } 7$ ,
  - b) liczbowe, np.  $\phi 30 \begin{smallmatrix} +0,036 \\ +0,015 \end{smallmatrix}$ ,
  - c) mieszane, np.  $\phi 30 \text{ n } 7 \left( \begin{smallmatrix} +0,036 \\ +0,015 \end{smallmatrix} \right)$ .
7. Tolerowanie symbolowe
  - a) oznaczenia otworów i wałków
    - otworów - A, B, C ...,
    - wałków - a, b, c ...,
  - b) przykładowy zapis
 
$$\phi 35 \text{ P}6,$$
 gdzie: 35 - wymiar nominalny o wartości w mm,  
 P - rodzaj tolerancji otworu, czyli wartość odchyłki podstawowej,  
 6 - klasa tolerancji (dokładności wykonania) otworu, czyli wartość tolerancji.
8. Zasady tolerowania wymiarów
  - a) rodzaje zasad:
    - w głąb materiału,
    - na zewnątrz materiału,
  - b) zasada tolerowania w głąb materiału - polega na podaniu jako wymiaru nominalnego tego z wymiarów granicznych, który umożliwia skierowanie odchyłki w „bezpiecznym kierunku”, tj. w kierunku obróbki, czyli w głąb materiału.
9. Przykłady
 

P1) Dane są zapisy wymiarów tolerowanych:  $\phi_o 40 \begin{smallmatrix} +0,3 \\ +0,1 \end{smallmatrix}$ ,  $\phi 45 \text{ a}8$ ,  $\phi_w 50 \begin{smallmatrix} +0,6 \\ -0,3 \end{smallmatrix}$ ,  $\phi 55 \text{ B}11$ .

Wskaż, które z nich odnoszą się do wałków oraz określ sposób tolerowania.

**Dane:** zapisy wymiarów tolerowanych

**Szukane:** wymiary tolerowane odnoszące się do wałków - ?

### Rozwiązanie

$\phi 45 \text{ a}8$  - tolerowanie symbolowe,

$\phi_w 50^{+0,6}_{-0,3}$  - tolerowanie liczbowe.

**Odp:** ...

**P2.** Średnica otworu wynosi  $\phi_o 60^{+0,3}_{-0,1}$ . Oblicz wartości wymiarów granicznych i tolerancji oraz narysuj odpowiadające im pole.

**Dane:**  $\phi_o 60^{+0,3}_{-0,1}$ .

**Szukane:**  $B_o = ?$

$A_o = ?$

$T_o = ?$

pole tolerancji -?

### Rozwiązanie

$$\phi_o 60^{+0,3}_{-0,1} \Rightarrow \begin{cases} D = 60 \text{ mm} \\ ES = +0,3 \text{ mm} \\ EI = -0,1 \text{ mm} \end{cases}$$

$$B_o = D + ES = \dots$$

$$A_o = D + EI = \dots$$

$$T_o = ES - EI = \dots$$

**rysunek - zostawić ½ str wolnej**

**Odp:...**

## Lekcja 59

**Temat: Pasowanie wałków i otworów.**

1. Pasowanie - rodzaj współpracy dwóch połączonych elementów typu wałek i otwór o jednakowych wymiarach nominalnych i różnych odchyłkach.
2. Podział pasowań:
  - a) luźne, w których zawsze występuje luz, a połączone elementy mogą przemieszczać się względem siebie,
  - b) ciasne, w których zawsze występuje wcisk, a połączone elementy nie mogą przemieszczać się względem siebie,
  - c) mieszane, w których może występować niewielki luz lub niewielki wcisk.
3. Wielkości charakterystyczne pasowań wałków i otworów
  - a) rodzaje wielkości charakterystycznych:
    - luzy, np.: graniczne, rzeczywiste, zaobserwowane, średnie,

- wciski, np.: graniczne, rzeczywiste, zaobserwowane, średnie,
- tolerancja pasowania,

b) luzy graniczne

- określenie luzów - luzy, między którymi powinien być zawarty lub którym może być równy luz zaobserwowany,

- rodzaje luzów:

- najmniejszy (minimalny)  $S_{\min}$ ,
- największy (maksymalny)  $S_{\max}$ ,

- wartości luzów

$$S_{\max} = B_o - A_w = ES - ei \text{ [mm]},$$

$$S_{\min} = A_o - B_w = EI - es \text{ [mm]},$$

gdzie:  $B_o, A_o, B_w, A_w$  - wymiary graniczne o wartości w mm,

$ES, EI, es, ei$  - odchyłki graniczne o wartości w mm,

c) wciski graniczne

- określenie wcisków - wciski, między którymi powinien być zawarty lub którym może być równy wcisk zaobserwowany,

- rodzaje wcisków:

- największy (maksymalny)  $N_{\max}$ ,
- najmniejszy (minimalny)  $N_{\min}$ ,

- wartości wcisków

$$N_{\max} = -(A_o - B_w) = -(EI - es) \text{ [mm]},$$

$$N_{\min} = -(B_o - A_w) = -(ES - ei) \text{ [mm]},$$

gdzie:  $ES, EI, es, ei, B_o, A_o, B_w, A_w$  - jak wyżej,

d) tolerancja pasowania

- określenie tolerancji - jest miarą dokładności pasowania utworzonego przez dane elementy,

- wartość tolerancji

$$T_p = T_o + T_w \text{ [mm]},$$

gdzie:  $T_o$  - tolerancja otworu o wartości w mm,

$T_w$  - tolerancja wałka o wartości w mm.

4. Sposoby zapisu pasowań:

- a) symbolowy,
- b) liczbowy,
- c) mieszany.

5. Pasowanie symbolowe

a) przykładowy zapis

$\varnothing 65 H11/d9$ ,

gdzie: 65 - wspólny wymiar nominalny,

H - symbol rodzaju tolerancji otworu,

11 - klasa dokładności tolerancji (dokładności wykonania) otworu,

/ - ukośna lub pozioma kreska,

d - symbol rodzaju tolerancji wałka,

9 - klasa dokładności tolerancji (dokładności wykonania) wałka,

- b) uwaga - na rysunkach technicznych zapisy pasowań powinny być zgodne z Polską

Normą PN-EN28286-1.

## 6. Zasady pasowań

a) rodzaje zasad:

- zasada stałego otworu - tworzenie pasowań przez połączenie otworu podstawowego, którego średnicę toleruje się zawsze w głąb materiału ( $EI = 0$  mm), z wałkami o różnie położonych polach tolerancji,
- zasada stałego wałka - tworzenie pasowań przez połączenie wałka podstawowego, którego średnicę toleruje się zawsze w głąb materiału ( $es = 0$  mm), z otworami o różnie położonych polach tolerancji,

b) uwaga - zaleca się stosować pasowania na zasadzie stałego otworu.

## 7. Przykłady

P1. Średnice otworu tulei i wałka wynoszą odpowiednio  $\phi_o 70 \begin{smallmatrix} +0,30 \\ +0,20 \end{smallmatrix}$  i  $\phi_w 70 \begin{smallmatrix} +0,15 \\ +0,10 \end{smallmatrix}$ . Określ rodzaj pasowania między tymi częściami oraz oblicz tolerancję pasowania.

**Dane:**  $\phi_o 70 \begin{smallmatrix} +0,30 \\ +0,20 \end{smallmatrix}$   
 $\phi_w 70 \begin{smallmatrix} +0,15 \\ +0,10 \end{smallmatrix}$

**Szukane:** rodzaj pasowania -?

### Rozwiązanie

$$\phi_o 70 \begin{smallmatrix} +0,30 \\ +0,20 \end{smallmatrix} \Rightarrow \begin{cases} D = 75\text{mm} \\ ES = 0,30\text{mm} \\ EI = 0,15\text{mm} \end{cases}$$

$\Rightarrow D = d$ , czyli możemy określić rodzaj pasowania

$$\phi_w 70 \begin{smallmatrix} +0,15 \\ +0,10 \end{smallmatrix} \Rightarrow \begin{cases} d = 75\text{mm} \\ es = 0,15\text{mm} \\ ei = 0,10\text{mm} \end{cases}$$

$$\begin{cases} ES = +0,30\text{mm} \\ EI = +0,20\text{mm} \end{cases} - (\text{odejmujemy po przekątnej}) \Rightarrow \begin{cases} es = 0,15\text{mm} \Rightarrow \begin{cases} \geq 0 \Rightarrow S_{\min} \\ < 0 \Rightarrow N_{\max} \end{cases} \\ ei = 0,10\text{mm} \Rightarrow \begin{cases} > 0 \Rightarrow S_{\max} \\ \leq 0 \Rightarrow N_{\min} \end{cases} \end{cases}$$

$$ES - ei =$$

$$EI - es =$$

rodzaj pasowania - pasowanie ...

$$T_o = ES - EI =$$

$$T_w = es - ei =$$

$$T_p = T_o + T_w =$$

**Odp: ...**

## Lekcja 60

**Temat:** Podsumowanie przerobionego materiału - tolerancje i pasowania wałków i otworów.