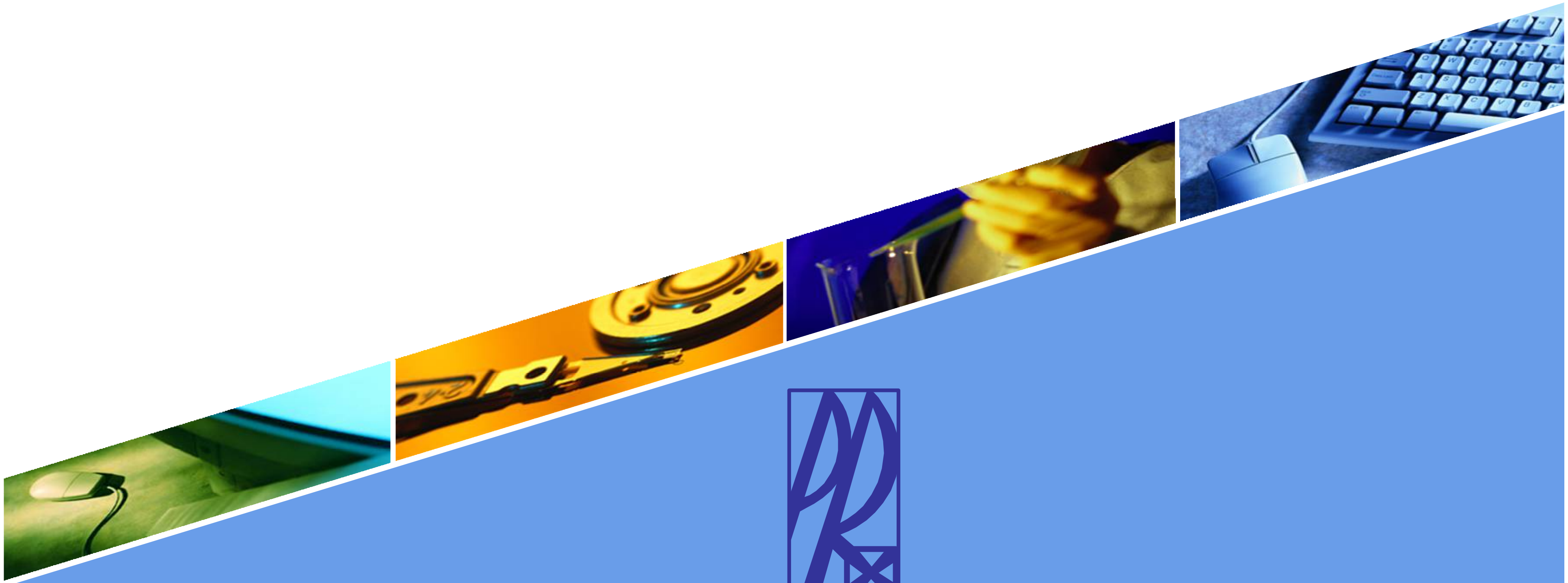
Metody montażu



KTMiIP

Metoda zamienności częściowej

Metoda zamienności częściowej lub niepełnej opiera się na założeniu, że równoczesne wystąpienie niekorzystnych granicznych wartości występuje rzadko w wieloczłonowych łańcuchach wymiarowych. Posługując się zasadami prawdopodobieństwa rozkładu wymiarów tolerancje ***T_i*** niektórych ogniw, wyznaczone z równania:

$$T_N < \sum_{i=1}^{m-1} T_i$$

rozszerzamy w taki sposób, aby liczba wadliwych zespołów nie przekroczyła pewnego ustalonego procentu, najczęściej 0.1 – 0.27%.

Metoda zamienności częściowej

Dla dowolnych rozkładów obszar zmienności sumy określa się za pomocą współczynnika zmienności według zależności:

$$k_N = 6\frac{\sigma_N}{T_N} \qquad k_{A_i} = 6\frac{\sigma_{A_i}}{T_{A_i}}$$

Tolerancja ogniwa zamykającego dla zamienności częściowej

$$k_N^2 T_N^2 = \sum_{(i)} k_{A_i}^2 T_{A_i}^2 + \sum_{(i)} k_{B_i}^2 T_{B_i}^2$$

$$k_N^2 T_N^2 = \sum_{(i)} \left(\frac{\delta N}{\delta A_i}\right)^2 k_{A_i}^2 T_{A_i}^2 + \sum_{(i)} \left(\frac{\delta N}{\delta B_i}\right)^2 k_{B_i}^2 T_{B_i}^2$$

Metoda zamienności częściowej

Wartości współczynników zmienności:

- **Rozkład normalny** $k = 1$
- **Rozkład Simpsona** $k = \sqrt{3}$
- **Rozkład równomierny** $k = \sqrt{\frac{3}{2}}$

Metoda jednakowej tolerancji (zamienność częściowa)

Dla łańcucha równoległego:

$$k_N^2 T_N^{\ 2} = \sum_{(i)} k_{A_i}^{\ 2} T_{A_i}^2 + \sum_{(i)} k_{B_i}^{\ 2} T_{B_i}^2$$

Dla łańcucha nierównoległego:

$$k_N^2 T_N^{\ 2} = \sum_{(i)} \left(\frac{\delta N}{\delta A_i} \right)^2 k_{A_i}^{\ 2} T_{A_i}^2 + \sum_{(i)} \left(\frac{\delta N}{\delta B_i} \right)^2 k_{B_i}^{\ 2} T_{B_i}^2$$

Metoda jednakowej klasy dokładności

Równanie na tolerancję wymiaru wypadkowego dla łańcucha równoległego:

$$k_N^2 T_N^2 = 0.45^2 a^2 \left(\sum_{(i)} \sqrt[3]{A_i^{\,2} k_{A_i}^2} + \sum_{(i)} \sqrt[3]{B_i^{\,2} k_{B_i}^2} \right)$$

Równanie na tolerancję wymiaru wypadkowego dla łańcucha nierównoległego:

$$k_N^2 T_N^2 = 0.45^2 a^2 \left(\sum_{(i)} \left(\frac{\delta N}{\delta A_i} \right)^2 \sqrt[3]{A_i^{\,2} k_{A_i}^2} + \sum_{(i)} \left(\frac{\delta N}{\delta B_i} \right)^2 \sqrt[3]{B_i^{\,2} k_{B_i}^2} \right)$$

Metoda jednakowego wpływu

dla łańcucha równoległego:

$$k_N^2 T_N^2 = \sum_{(i)} k_{A_i}^2 T_{A_i}^2 + \sum_{(i)} k_{B_i}^2 T_{B_i}^2 = \sum_{(i)} m_i^2$$

dla łańcucha nierównoległego:

$$k_N^2 T_N^2 = \sum_{(i)} \left(\frac{\delta N}{\delta A_i} \right)^2 k_{A_i}^2 T_{A_i}^2 + \sum_{(i)} \left(\frac{\delta N}{\delta B_i} \right)^2 k_{B_i}^2 T_{B_i}^2 = \sum_{(i)} m_i^2$$

Metoda minimum kosztów

Obliczanie tolerancji ogniw składowych wykonujemy obliczając tzw. ekstremum warunkowe funkcji Lagrange`a

$$L_N = \sum_{(i)} K_{A_i} + \sum_{(i)} K_{B_i} + \lambda \left(\sum_{(i)} k_{A_i}^2 T_{A_i}^2 + \sum_{(i)} k_{B_i}^2 T_{B_i}^2 - T_N^2 \right)$$

$$L_N = \sum_{(i)} K_{A_i} + \sum_{(i)} K_{B_i} + \lambda \left(\sum_{(i)} \left(\frac{\delta N}{\delta A_i} \right)^2 k_{A_i}^2 T_{A_i}^2 + \sum_{(i)} \left(\frac{\delta N}{\delta B_i} \right)^2 k_{B_i}^2 T_{B_i}^2 - T_N^2 \right)$$

Metoda zamienności częściowej

Aby obliczyć prawdopodobną tolerancję sumy **T_N** wg metody zamienności częściowej, posługujemy się równaniem

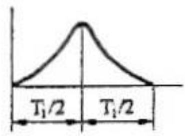
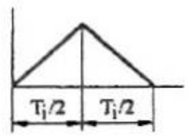
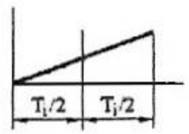
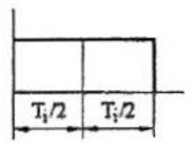
$$T_N = t\sqrt{\sum_{i=1}^{m-1}\left(c_i T_{A_i}\right)^2}$$

gdzie: ***t*** – współczynnik ryzyka, ***c_i*** – współczynnik rozproszenia

Tabela 22.1. Współczynnik ryzyka *t* w zależności od liczby braków [74]

Współczynnik ryzyka *t*	Udział odpadów %
3,89	0,01
3,29	0,1
3,0	0,27
2,58	1,0
2,0	4,55
1,65	10,0

Metoda zamienności częściowej

Krzywa rozkładu	Wykres	c_i
Rozkład Gaussa		0.333
Rozkład Simpsona		0.408
Rozkład równomiernie rosnący		0.477
Prawo prawdopodobieństwa równomiernego rozkładu		0.577

Metoda zamienności częściowej

Zalety:

- **możliwość rozszerzenia tolerancji obróbkowych do ekonomicznych** *co daje zysk, który powinien być jednak większy od nakładów na poprawę niewielkiej liczby wadliwych wyrobów (i ewentualnie usuwanie usterek UM i narzędzi montażowych).*

Wady:

- **okresowe naruszenie stabilności procesu montażu przejawiające się pojawieniem braków,**
- **występowanie awarii narzędzi i organów roboczych,**
- **konieczność stosowania urządzeń i przyrządów nadzorujących** *(kontrolne, sortujące, blokujące, kompletujące).*

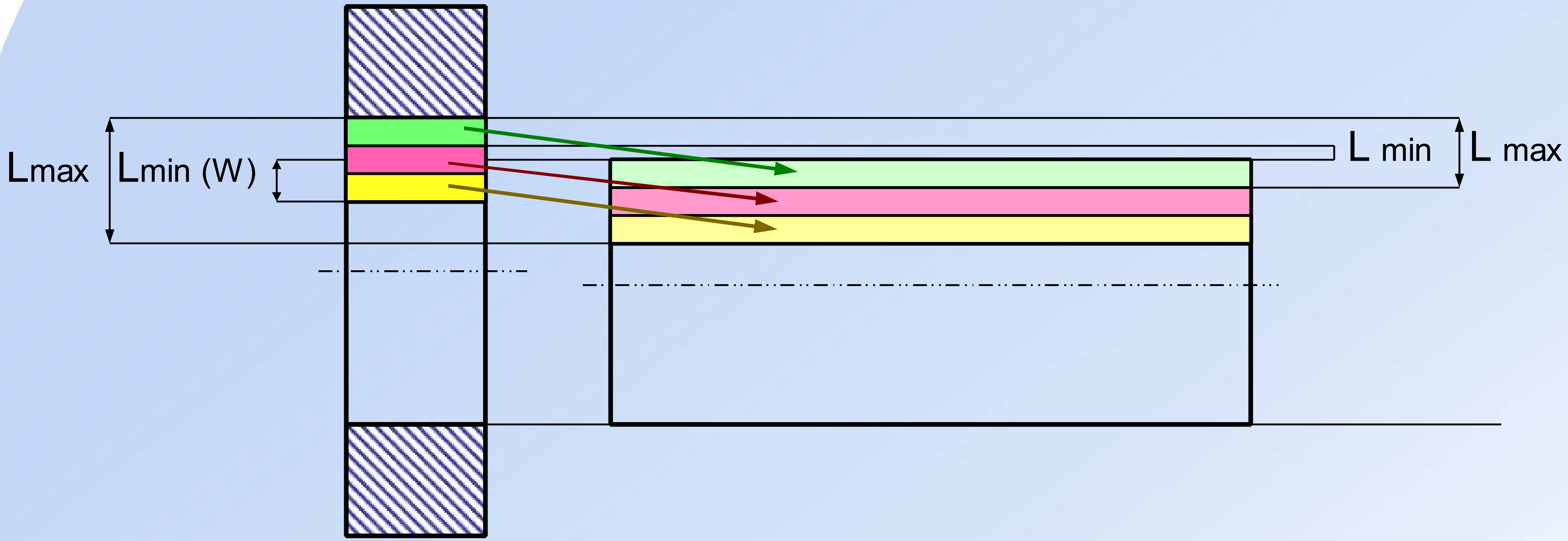
Metoda selekcyjna

Metoda selekcyjna **polega na tym, że przed rozpoczęciem właściwego montażu cała partia części maszyn lub innych jednostek montażowych) zostaje zmierzona następnie podzielona na grupy w ten sposób, że w każdej z nich są jednostki, których wymiary graniczne zawierają część pola tolerancji wykonania.**

Jeżeli całą partię jednostek montowanych, dla których ogniwo zamykające łańcucha wymiarowego jest równe T_z podzielimy na n grup, to tolerancja ogniwa zamykającego w danej grupie T_{gr} będzie wynosić:

$$T_{gr} = \frac{T_z}{n}$$

Metoda selekcyjna – przy jednakowych tolerancjach jednostek



$$L_{max} - L_{min} = T_p = T_w + T_o$$

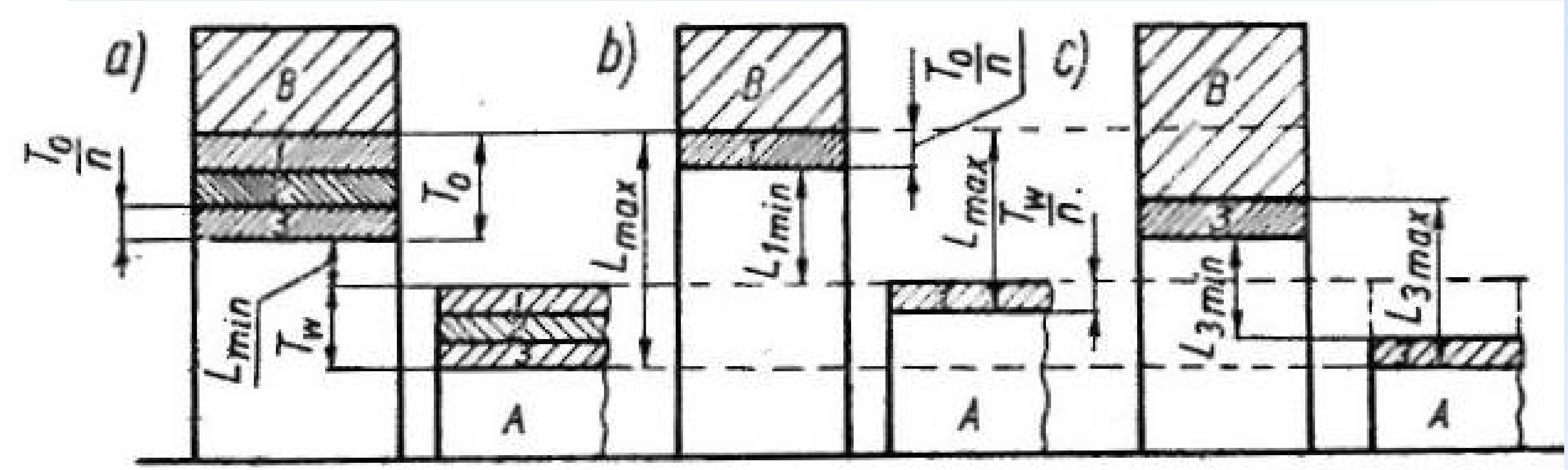
Metoda selekcyjna

Metoda selekcyjna

Przy kojarzeniu wałka z otworem z zastosowaniem selekcji wymiarów uzyskujemy mniejszą tolerancję grupową zarówno w pasowaniu ciasnym, luźnym jak i mieszanym. We wszystkich trzech pasowaniach można wyróżnić dwa ogólne przypadki dotyczące tolerancji wykonywanej partii otworów i wałków a mianowicie:

- gdy tolerancja otworu *To* i tolerancja wałka *Tw* są sobie równe, czyli $To = Tw$
- gdy tolerancja otworu *To* i tolerancja walka *Tw* w wykonywanych partiach nie są sobie równe, czyli $To \neq Tw$

Metoda selekcyjna – przy jednakowych tolerancjach jednostek



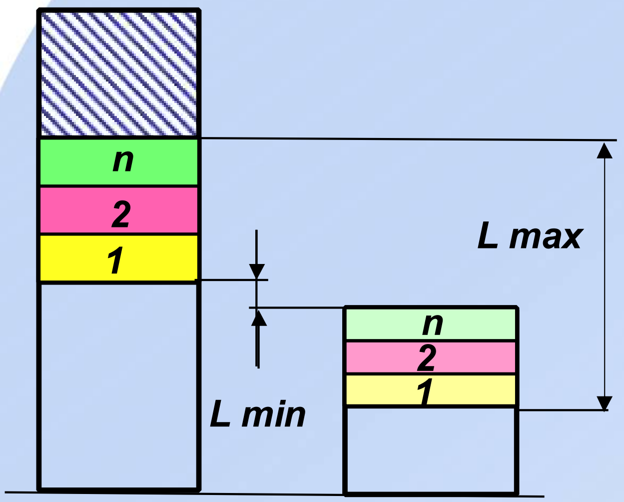
Rys. 1. Schemat montażu selekcyjnego w przypadku, gdy To = Tw

$$L_{k\,min} = L_{min} + \frac{T_p}{n} = const$$

$$T_{pk} = L_{k\,max} - L_{k\,min} = \frac{T_p}{n}$$

$$L_{k\,max} = L_{min} + \frac{2T_p}{n}$$

Metoda selekcyjna – *To >Tw*



W pasowaniu luźnym graniczne luzy w poszczególnych grupach selekcyjnych będą wynosić:

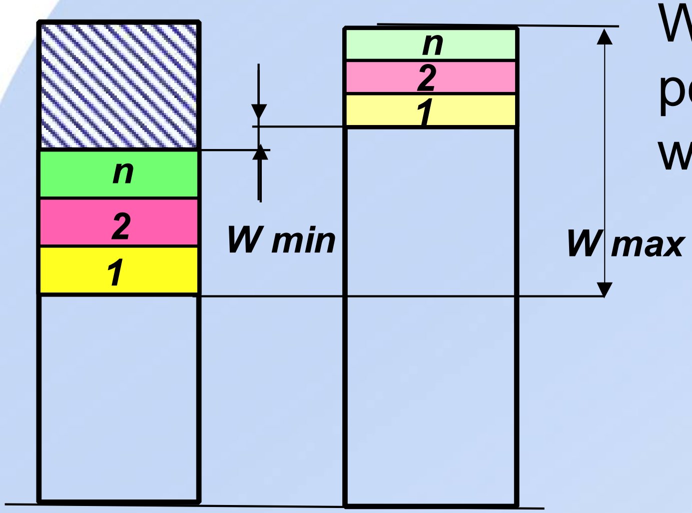
$$L_{i\min} = L_{\min} + (i-1)\frac{T_o}{n} + (n-i)\frac{T_w}{n}$$

$$L_{i\max} = L_{\min} + i\frac{T_o}{n} + (n-i+1)\frac{T_w}{n}$$

Luzy graniczne w tym przypadku są wielkościami zmiennymi zależnie od numeru grupy selekcyjnej:

- **przy kojarzeniu wałków i otworów, gdy To > Tw, im dalej położona grupa selekcyjna tym większe są luzy**
- **tolerancja pasowania w poszczególnych grupach jest stała**

Metoda selekcyjna – *To >Tw*



W pasowaniu ciasnym graniczne luzy w poszczególnych grupach selekcyjnych będą wynosić:

$$W_{i\min} = (i-1)\frac{T_o}{n} - ei - i\frac{T_w}{n}$$

$$W_{i\max} = i\frac{T_o}{n} - ei - (i-1)\frac{T_w}{n}$$

Wciski graniczne w tym przypadku są wielkościami zmiennymi zależnie od numeru grupy selekcyjnej:

- **przy kojarzeniu wałków i otworów, gdy To > Tw, im dalej położona grupa selekcyjna tym większe wciski maleją**
- **tolerancja pasowania w poszczególnych grupach jest stała**

Metoda selekcyjna – *To >Tw*

Przykład:

W pasowaniu luźnym Φ 50H7/h6 dokonano selekcji w 3 grupach. Obliczyć nowe rozszerzone tolerancje i odchyłki dla obu kojarzonych części spełniając warunek, że luz maksymalny po selekcji jest równy luzowi maksymalnemu wynikającemu z pasowania.

Położenie i wielkości tolerancji

$$\Phi 50H7 = \Phi 50^{+0.030}$$

$$\Phi 50h6 = \Phi 50_{-0.019}$$

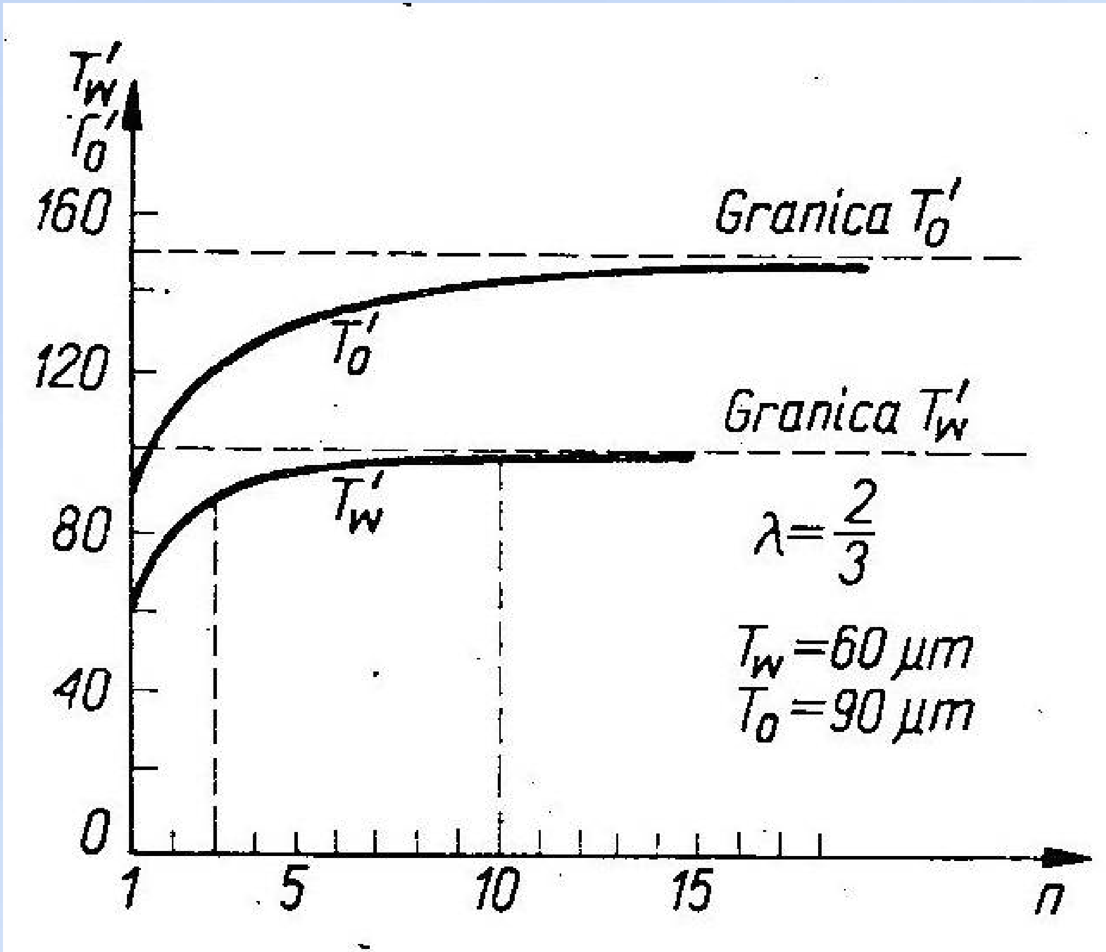
Wpływ ilości grup selekcyjnych na dokładność pasowania

Przykład

Dane: połączenie suwliwe (H/h), T_o = 90μm, T_w = 60 μm, L_{min} = 0, L_{max} = 90 + 60 = 150 μm

Liczba grup	$\frac{T_o'}{T_w'} = \frac{T_o}{T_w}$	Wartość tolerancji μm		Zwiększenie tolerancji %
		To`	Tw`	
3	1.5	123	82	37
10		141	94	57
100		149	99.5	66

Cechy charakterystyczne montażu selekcyjnego



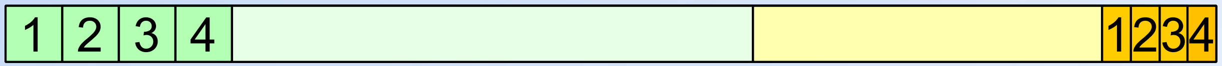
Metoda selekcyjna – wymiary długościowe

W przypadku montażu selekcyjnego, gdy dwa wymiary długościowe sumują się:

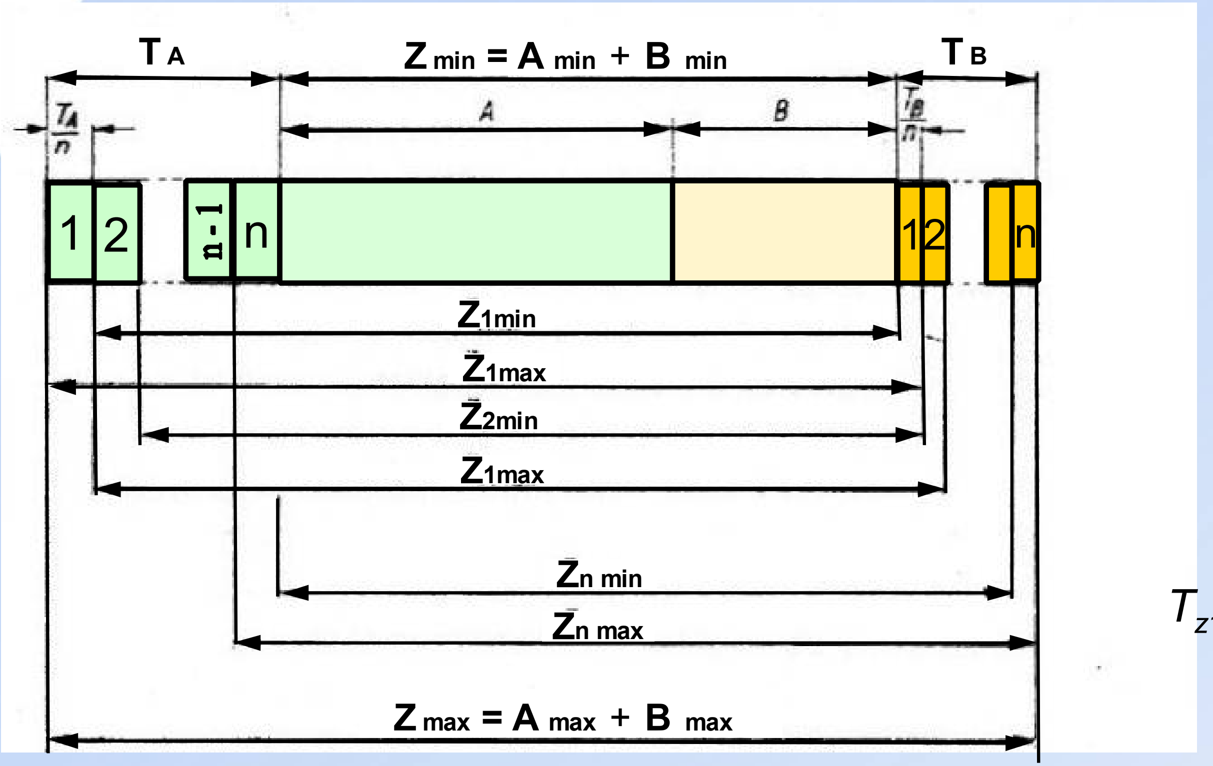
- **wymiary grupowe obu jednostek segreguje się tak, aby w pierwszej grupie znalazły się jednostki o największym wymiarze *A* i o najmniejszym wymiarze *B*** (*w grupie ostatniej n – tej znajdują się jednostki o najmniejszym wymiarze A i największym wymiarze B)*

- **jednostki o największych wymiarach *A* łączy się z jednostkami o najmniejszych wymiarach *B*, następnie jednostki z największymi wymiarami z pozostałych wymiarów *A* z jednostkami o najmniejszych wymiarach z pozostałych wymiarów *B*.**

Metoda selekcyjna – wymiary długościowe



Metoda selekcyjna – wymiary długościowe



Rys.3. Schemat montażu selekcyjnego zespołu składającego się z jednostek o wymiarach długościowych – wymiary sumują się.

$$Z_{1max} = A + B + T_A + \frac{T_B}{n}$$

$$Z_{1min} = A + B + (n-1)\frac{T_A}{n}$$

Tolerancja wymiarów zamykających w grupach selekcyjnych

$$T_{z1} = T_{zk} = Z_{1max} - Z_{1min} = \frac{T_A + T_B}{n}$$

Zmniejszenie tolerancji dzięki selekcji

$$\Delta = 2\frac{n-1}{n}T_B$$

Metoda selekcyjna – wymiary długościowe

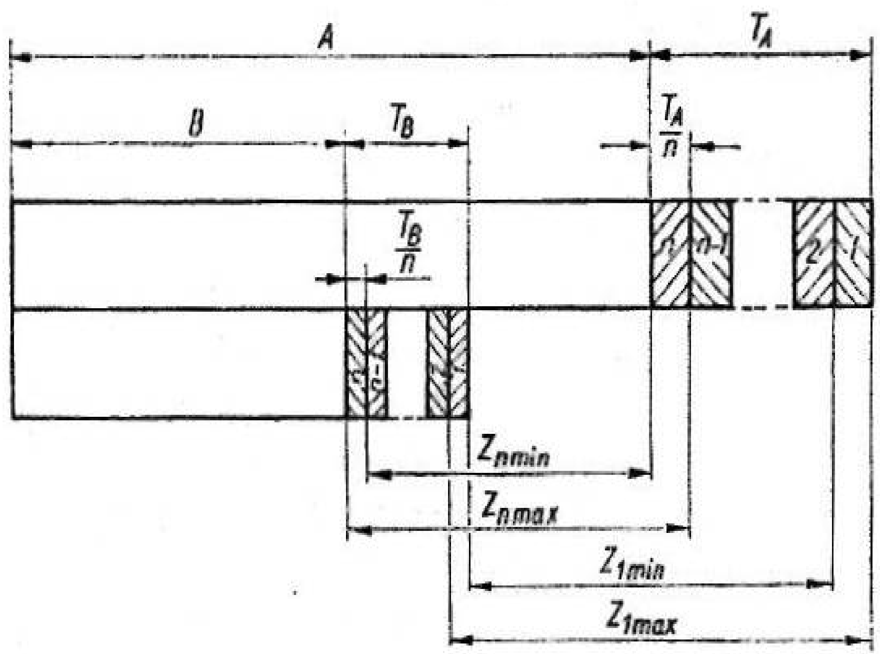
Cechy charakterystyczne montażu selekcyjnego, gdy dwa wymiary długościowe sumują się:

- **tolerancja wymiaru wypadkowego Tz w każdej grupie selekcyjnej jest jednakowa, natomiast wymiar jest różny**
- **jeżeli $T_A > T_B$ wymiar w pierwszej grupie Z_1 jest największy, a w ostatniej Z_n najmniejszy**
- **jeżeli $T_A < T_B$ wymiar w pierwszej grupie Z_1 jest najmniejszy, a w ostatniej Z_n największy**
- **w miarę zwiększania liczby *n* grup selekcyjnych tolerancja wymiaru wypadkowego ulega zmniejszeniu o wartość Δ mniejszej tolerancji**

Metoda selekcyjna – wymiary długościowe

W przypadku, gdy ogniwo zamykające łańcucha wymiarowego jest różnicą dwóch ogniw tj. przypadku odejmowania dwóch wymiarów długościowych jednostki montażowe dobiera się w ten sposób, aby od wymiarów największych jednego ogniwa można było odejmować wymiary największe drugiego ogniwa.

Metoda selekcyjna – wymiary długościowe



Rys.4. Schemat montażu selekcyjnego zespołu składającego się z jednostek o wymiarach długościowych – wymiar ogniwa jest różnicą dwóch pozostałych ogniw

$$Z_{1max} = A - B + T_A - \frac{n-1}{n} T_B$$

$$Z_{1min} = A - B - T_B + \frac{n-1}{n} T_A$$

Tolerancja wymiarów zamykających w grupach selekcyjnych

$$T_{z1} = T_{zk} = Z_{1max} - Z_{1min} = \frac{T_A + T_B}{n}$$

Zmniejszenie tolerancji dzięki selekcji

$$\Delta = 2\frac{n-1}{n} T_B$$

Metoda selekcyjna – wymiary długościowe

W przypadku, kiedy łańcuch wymiarowy składa się z więcej niż trzech ogniw mogą zachodzić dwa różne układy:

1. ***Poszczególne ognia są o jednakowych znakach – zwiększające lub zmniejszające wymiar wypadkowy:***

$$A + B + C + D + E = Z$$

Zagadnienie rozwiązuje się poprzez wzajemne przestawianie ogniw , dążąc do tego, aby różnica między tolerancjami wypadkowymi nowo utworzonych łańcuchów była jak najmniejsza, co sprowadza zagadnienie do łańcucha o dwóch ogniwach:

$$(A + D) + (B + C + E) = Z$$

2. Poszczególne ognia mają znaki różne (dodatnie i ujemne):

Łańcuch taki dzieli się na dwa łańcuchy, przy czym w jednym grupuje się wszystkie ogniwa dodatnie, a w drugim ujemne. W ten sposób wieloogniwowy łańcuch wymiarowy przyjmuje postać:

(A + B + C+ ....) – (K + L+ M.........) = Z

Metoda selekcyjna – wymiary długościowe

W celu uzyskania jednorodności połączeń należy dążyć do jednakowych tolerancji podzielonej sumy wymiarów składowych. W rozpatrywanym przypadku suma tolerancji ogniw składowych obu składników sumy przedstawionego łańcucha wymiarowego powinna być jednakowa, czyli

$$T_A + T_D = T_B + T_C + T_D$$

W łańcuchach wymiarowych nierównoległych często nie jesteśmy w stanie zapisać podziału analitycznie. W tym przypadku należy równanie łańcucha należy zapisać w sposób umowy jako sumę lub różnicę dwóch części składowych

N = I + II lub *N = I - II*

Metoda selekcyjna – wymiary długościowe

Podział ten może może być dokonany i zapiany w następujący sposób:

$$I = f(A_1, A_2, A_4) \qquad II = f(A_3, A_5, A_6)$$

Pamiętając o stałości tolerancji grupowej wiemy, że musi być spełniony warunek równości tolerancji $T_I = T_{II}$. W rozpatrywanym przykładzie tolerancje stron będą równe

$$T_I = \left|\frac{\partial N}{\partial A_1}\right| T_{A_1} + \left|\frac{\partial N}{\partial A_2}\right| T_{A_2} + \left|\frac{\partial N}{\partial A_4}\right| T_{A_4}$$

$$T_{II} = \left|\frac{\partial N}{\partial A_3}\right| T_{A_3} + \left|\frac{\partial N}{\partial A_5}\right| T_{A_5} + \left|\frac{\partial N}{\partial A_6}\right| T_{A_6}$$

Warunek ten dla dowolnego łańcucha wymiarowego o ogniwach nierównoległych, którego równanie wymiarów jest nieliniowe, możemy zapisać w sposób ogólny

$$\sum_{i=1}^{p} \left|\frac{\partial N}{\partial A_i}\right| T_{A_i} = \sum_{p+1}^{m-1} \left|\frac{\partial N}{\partial A_i}\right| T_{A_i}$$

Jeżeli warunek ten będzie spełniony, to tolerancje w grupach selekcyjnych będą stałe

Metoda selekcyjna – wymiary długościowe

Przy ustalaniu liczby grup selekcyjnych ***n*** należy zwrócić uwagę, aby tolerancja w grupie selekcyjnej nie była większa niż obliczona z wartości tolerancji dla zamienności całkowitej

$$T_N \leq \frac{T_N'}{n} \rightarrow n = \frac{T_N'}{T_N}$$

$T`_N$ – rzeczywista tolerancja wymiaru zamykającego

T_N – wymagana odchyłka wymiaru zamykającego w grupie selekcyjnej

W przypadku dodawania wymiary grupowe pierwszego elementu sumy *I* (pierwszej połowy łańcucha) szeregujemy w postępie malejącym, a drugiego elementu *II* sumy (drugiej połowy łańcucha) w postępie wzrastającym. Kojarzymy zatem elementy według równań:

$$N = I_{max} + II_{min} = const.$$

Metoda selekcyjna – wymiary długościowe

Zakładając, że selekcję przeprowadzamy w n grupach selekcyjnych tzn.

$$T_N = \frac{T'_N}{n} \quad oraz \qquad T_{Ai} = \frac{T'_{Ai}}{n}$$

Uszeregowanie wymiarów maksymalnych A_{imax} w łańcuchu wymiarowym wieloogniwowym przy dodawaniu przeprowadzamy według wzoru

$$A_{imax} = Ai_{a1i+(n-i)T_{Ai}}^{a2i-(i-1)T_{Ai}}$$

Natomiast uszeregowanie wymiarów minimalnych A_{imin} przeprowadzamy według wzoru

$$A_{imax} = Ai_{a1i+(i-1)T_{Ai}}^{a2i-(n-i)T_{Ai}}$$

Metoda selekcyjna

Zastosowanie zamienności selekcyjnej jest korzystne, gdy:

- **Produkcja jest seryjna lub masowa**
- **Tolerancje kojarzonych elementów są sobie równe**
- **Liczba grup selekcyjnych wymagana do ustalenia ekonomicznej tolerancji wykonania jest stosunkowo mała**

Metoda selekcyjna

Do najważniejszych wad metody selekcyjnej należy zaliczyć:

- **Konieczność przeprowadzania dokładnych pomiarów każdej części przy podziale na grupy selekcyjne**
- **Utrudniony montaż i magazynowanie, gdy liczba części w odpowiadających sobie grupach nie jest jednakowa**
- **Utrudniona organizacja montażu, gdy ta sama część występuje jednocześnie jako ogniwo wspólne w dwóch łańcuchach wymiarowych**
- **Konieczność ciasnego tolerowania kształtu i wykonywania powierzchni o dużej gładkości**

Metoda selekcyjna

Dla łańcucha wymiarowego określonego równaniem

$$A^{+0,4}_{+0,2} + B^{+0,2}_{-0,2} + C_{-0,4} - D^{+0,4} - E^{+0,1}_{+0,1} = N^{n2}_{n1}$$

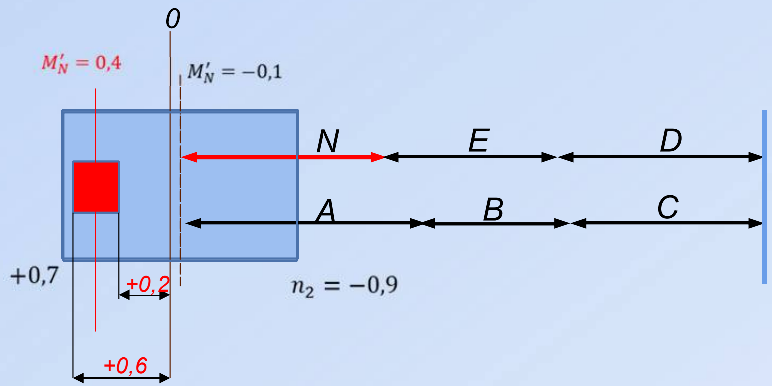
Obliczyć liczbę grup selekcyjnych oraz wymiary graniczne wszystkich ogniw składowych w poszczególnych grupach selekcyjnych, jeżeli żądane odchyłki wymiaru wypadkowego wynoszą:

$$n_1 = +0,2$$

$$n_2 = +0,6$$

Odchyłki i tolerancje wykonawcze

$$n_2' = 0{,}4 + 0{,}2 + 0 - 0 - (-0{,}1) = 0{,}7mm$$
$$n_1' = 0{,}2 - 0{,}2 - 0{,}4 - 0{,}4 - 0{,}1 = -0{,}9mm$$
$$T_N' = 0{,}7 - (-0{,}9) = 1{,}6mm$$



Metoda selekcyjna

$$A^{+0,4}_{+0,2} + B^{+0,2}_{-0,2} + C_{-0,4} - D^{+0,4} - E^{-0,4}_{-0,6} = N^{+1,2}_{-0,4}$$

Numer grupy selekcyjnej	$A^{+0,4}_{+0,2}$ max	$B^{+0,2}_{-0,2}$ max	$E^{-0,4}_{-0,6}$ min	$D^{+0,4}$ max	$C_{-0,4}$ min	N^{n2}_{n1}
	T_A =0,05	T_B =0,1	T_E =0,05	T_D =0,1	T_C =0,1	T_N =0,4
1	+0,40 +0,35	+0,20 +0,10	-0,55 -0,60	+0,40 +0,30	-0,30 -0,40	+0,60 +0,20
2	+0,35 +0,30	+0,10 0	-0,50 -0,55	+0,30 +0,20	-0,20 -0,30	+0,60 +0,20
3	+0,30 +0,25	0 -0,10	-0,45 -0,50	+0,20 +0,10	-0,10 -0,20	+0,60 +0,20
4	+0,25 +0,20	-0,10 -0,20	-0,40 -0,45	+0,10 0	0 -0,10	+0,60 +0,20