

ROZDZIAŁ III

Tolerancje i pasowania kątów

1. Informacje podstawowe

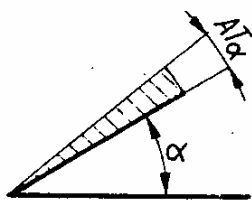
Kąty są ważnym elementem wymiarowym w budowie maszyn. Stanowią je głównie kliny i stożki.

Klin jest bryłą, w kształcie trójkąta prostokątnego o powierzchniach płaskich. Współpracuje z otworem o takim samym kształcie utworzonym najczęściej z dwóch przedmiotów. Może to być płaski rowek klinowy w wale i rowek skośny w otworze koła zębatego. Klin w tym wypadku służy do ustalenia położenia wzajemnego obu tych detali.

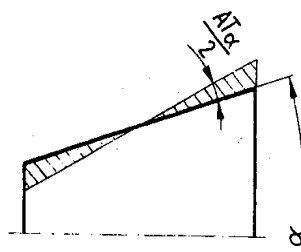
Stożek jest bryłą obrotową. Typowymi częściami maszyn w tym zakresie są kołki wbijane w otwór o tym samym kącie i połączenia zaciskowe stożkowe. Najczęściej spotykanym w tym względzie przykładem są łożyska toczne z otworem stożkowym.

Ponieważ kliny i stożki współpracują wzajemnie z elementami o charakterze otworu, to i one mają swój układ pasowań i tolerancji. Podobnie jak w wymiarach liniowych, tolerancją kąta jest różnica kątów granicznych górnego i dolnego, czyli pole zawarte pomiędzy nimi. Pasowanie zaś to konkretne położenie pola tolerancji w obrębie kąta nominalnego. Pole tolerancji kąta może być położone na zewnątrz $+AT$, do wnętrza $-AT$ lub w sposób mieszany $\pm AT/2$, wg rys. 1. Przy tym pole tolerancji stożka, podobnie jak w przypadku wałów, dzieli się symetrycznie na pół, czyli mamy tolerancję „na stronę”. Tolerowanie całego kąta rozwartego stożka nie ma sensu technicznego, gdyż mogłoby doprowadzać do wykonawstwa stożków niesymetrycznych. Oś rzeczywista nie pokrywałaby się z osią teoretyczną. Na tym podobieństwa z tolerancjami i pasowaniami wałków i otworów walcowych kończą się.

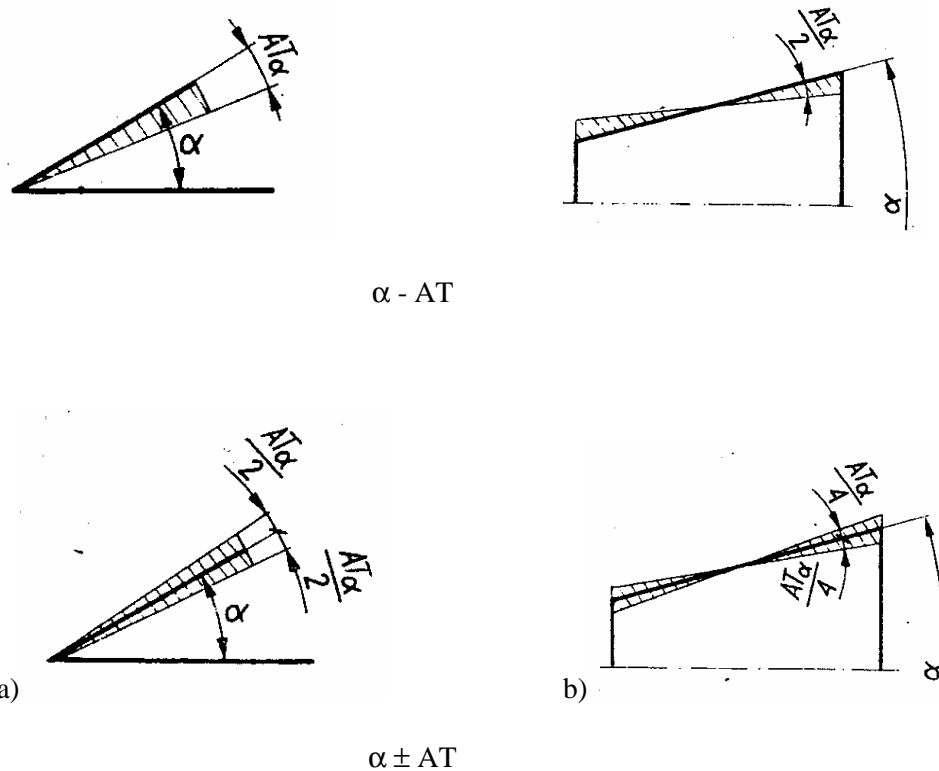
klin



stożek



$$\alpha + AT$$



Rys. 1. Położenie pól tolerancji AT względem kąta nominalnego

2. Układ tolerancji kątów

Podstawą analizy zagadnienia jest norma PN-77/M-02136 „Układ tolerancji kątów”.

Na wstępie należy ustalić pojęcia podstawowe wg w/w normy:

- „kąt nominalny (α) – kąt względem, którego określa się położenie pola tolerancji kąta”,
- „kąty graniczne – kąty górny – największy (α_{\max}) i dolny – najmniejszy (α_{\min}), między którymi powinien być zawarty lub, którym może być równy kąt zaobserwowany”,
- „tolerancja kąta (AT) – różnica kątów granicznych: górnego i dolnego.”

W tym miejscu zaznacza się pierwsza istotna różnica między tolerancjami liniowymi a kątowymi. Rysunek 1 obrazuje tę różnicę. O ile w tolerancjach liniowych pole tolerancji leżało równoległe do linii zerowej, o tyle w tolerancjach kątowych niekoniecznie. Pola tolerancji kąta definiowane są następująco w zależności od sposobu ich wymiarowania:

- a) „w jednostkach kątowych (stopnie, minuty, sekundy kątowe, μrad)”,
- b) „długością odcinka prostej prostopadłej do ramienia kąta, przy czym odcinek ten leży naprzeciw kąta AT_{α} w odległości równej nominalnej długości (L_1) krótszego ramienia kąta (lub nominalnej długości tworzącej stożka) od wierzchołka kąta AT_{α} [mm]”.

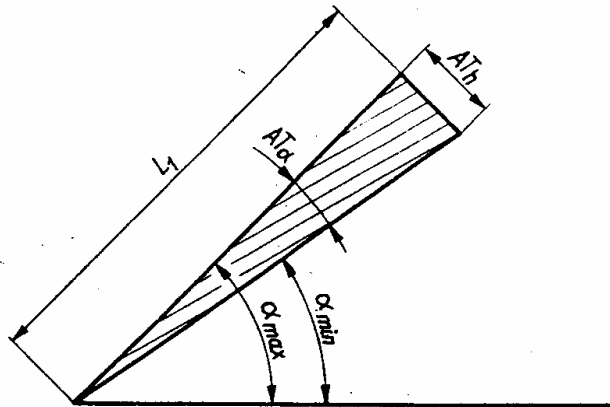
c) „różnicą średnic stożka AT_D wynikającą z kątów granicznych stożka – odniesioną do długości nominalnej (L) stożka [mm].”

Przedmiotowa norma wprowadza 17 klas dokładności wykonania kątów oznaczonych od 1 do 17. Przewiduje się też klasy dokładniejsze oznaczone 0 i 01. W poszczególnych klasach tolerowane są równoległe w/w parametry kąta, tj.:

AT_α – tolerancja kąta wyrażona w jednostkach kątowych, (μ rad, minuta, sekunda) – rys 2,

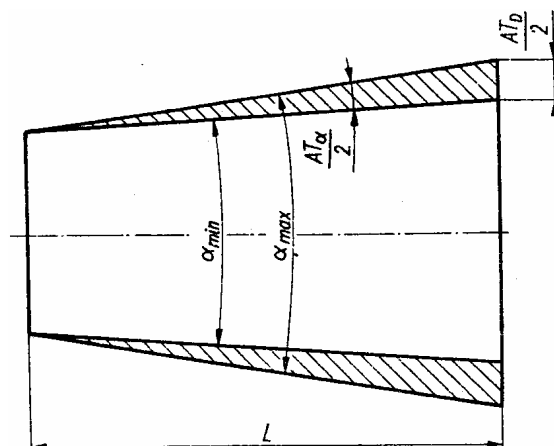
AT'_α – tolerancja zaokrąglona kąta wyrażona w stopniach, minutach, sekundach kątowych,

AT_h – tolerancja kąta wyrażona długością odcinka prostopadłej do ramienia kąta – rys.2.



Rys. 2. Tolerancja kątowa AT_α i długościowa AT_h klina

AT_D – tolerancja kąta stożka wyrażona różnicą średnic stożka (średnicowa) – rys.3.



Rys. 3. Tolerancja średnicowa AT_D i kątowa AT_α stożka

Poniżej podana jest przykładowo jedna część tabeli odchyłek kątowych, gdyż układ wg normy jest bardzo rozległy – tab.1. Zauważamy, że w miarę wzrostu długości nominalnej L , w danej klasie dokładności maleje tolerancja kątowa a rośnie średnicowa.

Tabela 1. Wartości liczbowe tolerancji kątowych

Długości nominalne L i L_1		Klasy dokładności											
		7				8			9				
		AT_α		AT'_α		AT_h, AT_D		AT_α	AT'_α	AT_h, AT_D	AT_α		AT'_α
ponad	do	μrad	minuty, sekundy		μm	μrad	minuty, sekundy		μm	μrad	minuty, sekundy		μm
mm	mm												
-	10	800	2' 45"	2' 30"	... 8	1250	4' 18"	4'	... 12,5	2000	6' 52"	6'	... 20
10	16	630	2' 10"	2'	6,3 ... 10	1000	3' 26"	3'	10... 16	1600	5' 30"	5'	16 ... 25
16	25	500	1' 43"	1' 40"	8 ... 12,5	800	2' 45"	2' 30"	12,5...20	1250	4' 18"	4'	20 ... 32
25	40	400	1' 22"	1' 20"	10 ... 16	630	2' 10"	2'	16 ... 25	1000	3' 26"	3'	25 ... 40
40	63	315	1' 05"	1'	12,5... 20	500	1' 43"	1' 40"	20 ... 32	800	2' 45"	2' 30"	32 ... 50
63	100	250	52"	50"	16 ... 25	400	1' 22"	1' 20"	25 ... 40	630	2' 10"	2'	40 ... 63
100	160	200	41"	40"	20 ... 32	315	1' 05"	1'	32 ... 50	500	1' 43"	1' 40"	50 ... 80
160	250	160	33"	32"	25 ... 40	250	52"	50"	40 ... 63	400	1' 22"	1' 20"	63 ... 100
250	400	125	26"	26"	32 ... 50	200	41"	40"	50 ... 80	315	1' 05"	1'	80 ... 125
400	630	100	21"	20"	40 ... 63	160	33"	32"	63 ... 100	250	52"	50"	100 ... 160
630	1000	80	16"	16"	50 ... 80	125	26"	26"	80 ... 125	200	41"	40"	125 ... 200
1000	1600	63	13"	13"	63 ... 100	100	21"	21"	100 ... 160	160	33"	32"	160 ... 250
1600	2500	50	10"	10"	80 ... 125	80	16"	16"	125 ... 200	125	26"	26"	200 ... 320

Pojęciami związanymi są:

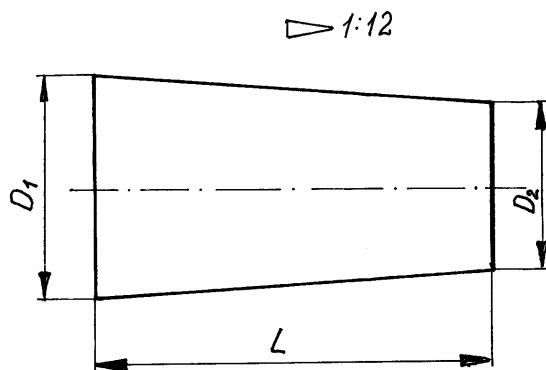
α – kąt nominalny,

C – zbieżność stożka,

L – długość nominalna stożka,

L_1 – długość nominalna krótszego ramienia kąta lub tworzącej stożka.

W tym miejscu należy wyjaśnić pojęcie zbieżności stożka. Jest to różnica średnic zaobserwowana na pewnej ściśle określonej długości stożka.

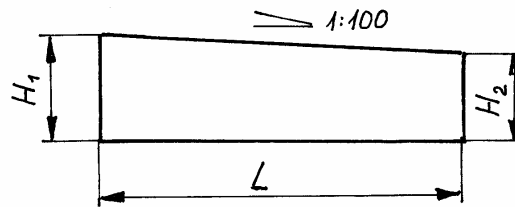


Rys. 4. Zbieżność stożka

Zbieżność można przedstawić wzorem:

$$C = (D_1 - D_2) / L \quad [\text{mm}/100\text{mm}]$$

Analogicznie podobne pojęcie występuje dla klinów, nazywa się pochyleniem i jest różnicą wysokości klina na ściśle określonym odcinku:



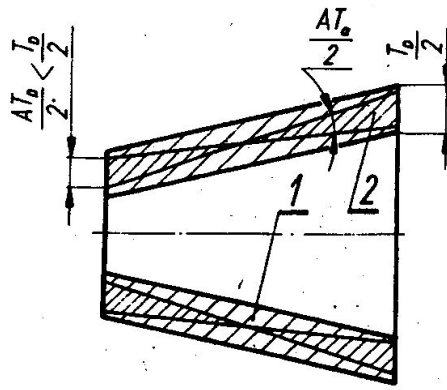
Rys. 5. Pochylenie klina

$$\text{Wzór: } S = (H_1 - H_2) / L \quad [\text{mm}/100\text{mm}]$$

Zwyczajowo przyjętą jednostką miary zbieżności i pochylenia jest $[\text{mm}/100\text{mm}]$, co oznacza określony w $[\text{mm}]$ przyrost lub ubytek średnicy stożka (wysokości klina) na dystansie 100mm . Zwyczajowo przyjęto wymiar $L = 100\text{mm}$ dla wygody porównywania parametrów różnych stożków lub klinów. Dlatego, nawet gdy przedmiotem pomiaru jest długość L różna od 100mm , to wynik należy przeliczyć na tę wartość. Łatwo się domyśleć, że pochylenie jest jednocześnie wartością tangensa kąta klina. Dla pochylenia $1:100$ jest to kąt $\alpha = 30,448'$, dla zbieżności stożka przedmiotem przeliczenia będzie kąt 2α .

Jak widać z powyższego, możliwości tolerowania stożków jest wiele. Można jednak podzielić je na dwie grupy, tj. tolerowanie kątowe i tolerowanie liniowe. W pierwszym chodzi o ustalenie odchyłki od wyznaczonego kąta, a w drugim o określenie pola, w którym muszą znaleźć się wszystkie możliwe odstępstwa tolerowanego kąta. Rysunek 1b. i 6 przedstawiają stożek, a więc pola tolerancji występują połówkowo, oznaczenia są zgodne z w/w i podzielone na dwa. Na rysunku widać, że odchyłka kątowna nie wykorzystuje w pełni tolerancji średnicowej. Jednocześnie zauważamy, że odchyłka kątowna biegnie w plus lub w minus w stosunku do jego wartości nominalnej.

Widzimy tu istotę różnicy między obydwojema rodzajami tolerowania. W tolerowaniu średnicowym, często też nazywanym objętościowym możliwą, jest zmiana znaku odchyłki kąta w obu kierunkach, tak jednak, aby kąt zmieścił się w polu tolerancji liniowej. Tolerowanie kątowe może być symetryczne, ale równie dobrze można narzucić je jako jednokierunkowe w głąb lub na zewnątrz kąta, czyli tak jakby wybrać jedną z przedstawionych odchyłek kątowych $+AT\alpha$ lub $-AT\alpha$. Oznacza to wtedy kąt równy lub większy albo równy lub mniejszy od nominalnego. Powyższe zasady dotyczą również klinów.



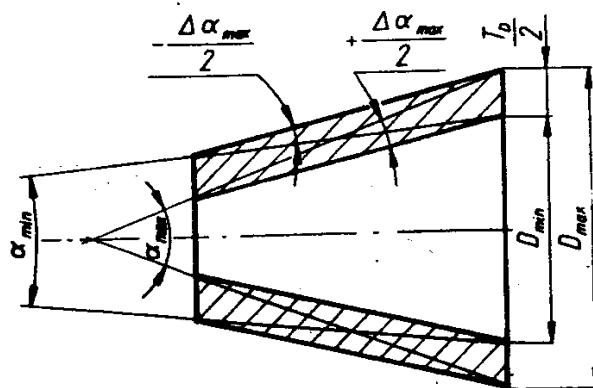
Rys. 6. Pole tolerancji stożka: 1) tolerancja średnicowa; 2) tolerancja kątowa

Na wstępie zaznaczono, że kliny i stożki współpracują z powierzchniami, które można nazwać analogicznie do pasowań liniowych, otworami. Z charakteru pracy części typu klin i stożek wynika, że najważniejsze jest dobre doleganie obu współpracujących powierzchni na całej długości. Aby to zapewnić, niezbędne jest właściwe dopasowanie kątowe. Miarą tego dopasowania bywa też tzw. „procent pokrycia” powierzchni styku. W tym miejscu pojawia się jeszcze inny element pasowania stożka (rzadziej, ale również klina), jakim jest błąd kształtu (owal, graniastość). Wielkość pokrycia w pasowaniu wiąże się z nośnością połączenia.

Norma PN-83/M-02122 „Stożki i złącza stożkowe. Układ tolerancji stożków.” Podaje dwa sposoby tolerowania stożków.

Metoda 1 polega na łącznym określeniu wszystkich rodzajów tolerancji stożka, przez tolerancję T_D średnicy stożka, a metoda 2 to oddzielne tolerowanie każdego parametru.

Najprostsza, z konstrukcyjnego punktu widzenia, jest metoda 1, ale, jak nie trudno zauważyć, w miarę wydłużania się stożka, odchyłka tolerancji kątowej szybko maleje. Oznacza to znaczne trudności w jej dotrzymaniu. Jednocześnie przy stożkach krótkich możliwa jest duża rozbieżność kątów – rys. 7. O tym, którą metodę należy zastosować, muszą zdecydować względy nie tylko konstrukcyjne, ale również technologiczne.



Rys. 7. Pole tolerancji stożka wykorzystane całkowicie na odchyłki kąta

Rysunek nr 7 wyraźnie pokazuje skutki, jakie niesie za sobą tolerowanie metodą 1, widzimy różnicę między możliwym kątem maksymalnym a minimalnym.

Metoda 2 tolerowania stożka – parametry tolerowania:

- a) T_{Ds} – średnicy stożka w określonej płaszczyźnie
- b) AT – kąta stożka
- c) T_{FR} – okrągłości zarysu przekroju poprzecznego
- d) T_{FL} – prostoliniowości tworzącej stożka

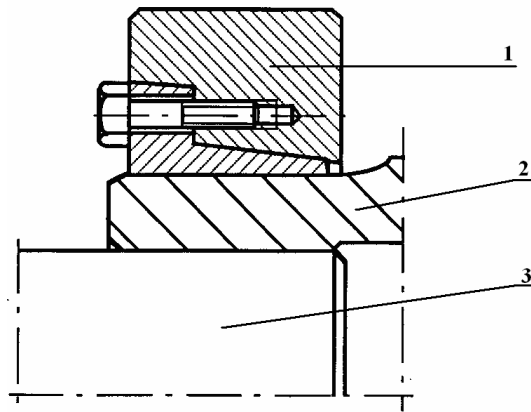
Metoda ta pozwala na osobne potraktowanie każdego parametru.

O ile wpływ wartości odchyłki kąta na warunki współpracy połączenia kąтового są oczywiste, o tyle rodzi się pytanie o wpływ średnicy stożka (wysokości klina) na właściwości ich pracy. Chodzi głównie o to, jak głęboko wejdzie w połączenie klin lub stożek. Im ich wymiar jest mniejszy, tym głębiej można je wsunąć. Chociaż parametr ten nie jest tak precyzyjnie projektowany jak tolerancje liniowe, to ma duże znaczenie w montażu części kątowych. Będzie o tym mowa przy pomiarach kątów.

W/w norma określa też kategorie pasowań wzajemnych stożków wewnętrznego i zewnętrznego. Podobnie jak w pasowaniach liniowych są tu trzy rodzaje: luźne, ciasne, mieszane. Różnica polega na tym, że w połączeniu stożkowym możliwe jest uzyskanie dowolnego rodzaju pasowania z tych samych elementów. Po prostu luz lub zacisk zależy od tego jak głęboko zostanie stożek zewnętrzny wciśnięty w otwór stożkowy. To samo dotyczy klinów. Norma podaje sposoby ustalenia tych pasowań. Są to:

A – „ustalone przy zetknięciu się elementów konstrukcyjnych kojarzonych stożków”.

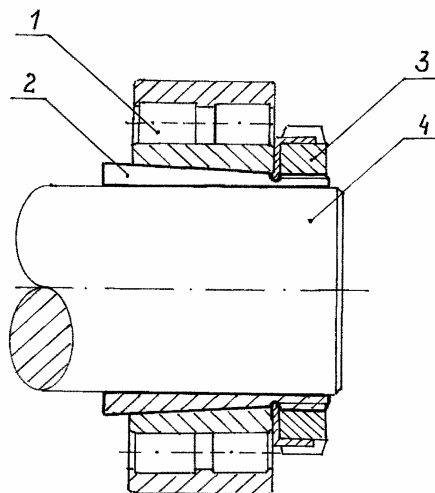
We wszystkich rodzajach kojarzenia stożków punktem wyjścia jest złożenie ich „na styk”, można powiedzieć pasowanie obrotowe ciasne lub suwliwe. Od tego miejsca można stożki rozsunąć, przez co uzyskamy luz, lub wcisnąć i otrzymamy pasowanie ciasne. W/w sposób ustalania oznacza, że jeden ze stożków posiada np. kołnierz oporowy, który określa dokładnie wzajemne położenie obu części, obojętnie luźne czy ciasne. Praktykuje się to w stożkach zaciskowych ustalających położenie, np. piasty 2 na wale 3 wg rys. 8. Dosunięcie stożka zewnętrznego do kołnierza stożka wewnętrznego gwarantuje uzyskanie pożądanego zacisku, oczywiście przy spełnieniu właściwych odchyłek średnicowych wszystkich elementów: wału, piasty i pierścieni zaciskowych 1. Według tej zasady montuje się pierścienie zaciskowe typu Stüve, rys. 8.



Rys. 8. Pierścień Stüve zaciskający piastę na wale

B – „ustalone przy określonej odległości bazowej Z_{pf} złącza”.

Sposób ten niewiele różni się od poprzedniego. Zamiast ograniczników konstrukcyjnych musimy przesuw wzajemny zrealizować na podstawie pomiarów. Typowym przykładem są tu łożyska toczne osadzone na wale 4 poprzez tuleję wciąganą 2 rys. 9 (lub też wciskaną). Przesuw wzdłużny łożyska 1, podany przez producenta realizowany jest za pomocą pomiarów, lub często przez liczenie obrotów nakrętki 3 na gwincie tulei 2. Oczywiście liczony od momentu suwliwego osadzenia tulei w łożysku.

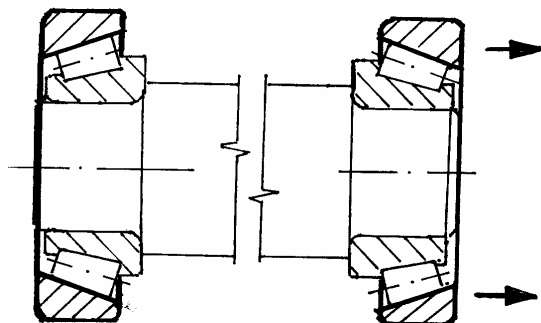


Rys. 9. Łożysko na tulei stożkowej wciąganej

Ustalanie pasowań sposobem A i B wymaga tolerowania metodą 1. Wynika to stąd, że wszystkie odchyłki muszą być tej samej klasy, co gwarantuje ich łączne potraktowanie. Sposób A i B nadaje się do realizacji pasowań luźnych, ciasnych i mieszanych. Tolerowanie łączne jest gwarantem uzyskania oczekiwanych pasowań przy pomocy w/w sposobów ustalania.

C – „ustalone po określonym przemieszczeniu osiowym E_a względem położenia początkowego”.

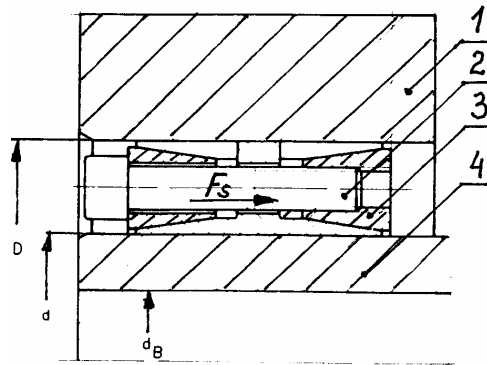
Sposób ten związany jest z tolerowaniem metodą 2. Tolerowanie jak i ustalanie są mniej precyzyjne z geometrycznego punktu widzenia. Stosuje się je najczęściej dla uzyskania określonego luzu w połączeniu. Przykładem może być montaż łożysk stożkowych sparowanych na jednym wale rys. 10. Chodzi oczywiście o łożyska z bieżnią stożkową do przenoszenia obciążeń poprzecznych i wzdłużnych. Ich montaż polega na zaciśnięciu aż do całkowitego skasowania luzu wzdłużnego (położenie bazowe), a następnie odsunięciu osiowym pierścienia zewnętrznego (zaznaczonego na rysunku grubszą linią) aż do uzyskania wymaganego normą luzu wzdłużnego i poprzecznego zarazem. Inne parametry tego luznego połączenia stożkowego bieżni zewnętrznej, wewnętrznej i elementów tocznych nie mają w montażu znaczenia, gdyż są ustalone fabrycznie. Zwraca uwagę fakt, że wystarczy odsunąć jeden pierścień, aby uzyskać luz na obu łożyskach.



Rys. 10. Para łożysk stożkowych osadzonych na wale

D – „ustalone po przemieszczeniu osiowym względem położenia początkowego, spowodowanym określoną siłą osiową F_s ”.

Ten sposób również związany jest z tolerowaniem metodą 2. W tym przypadku duża dokładność geometryczna nie ma istotnego znaczenia, gdyż celem tego pasowania jest uzyskanie określonej siły rozprężającej stożek. Siła wzdłużna przekłada się wg funkcji trygonometrycznej na siłę poprzeczną potrzebną do ustalenia położenia piasty 1 na wale 4. Przykładem zastosowania tego sposobu są pierścienie zaciskowe typu ringfeder – rys. 11. Odpowiednią siłą wzdłużną F_s uzyskuje się poprzez dokręcanie wysokowytrzymałych śrub 2 stożka wewnętrznego 3 kluczem dynamometrycznym. Demontaż tych połączeń pokazuje, że spełniają swoją funkcję nawet, gdy styk obu stożków jest tylko w granicach 50% ich powierzchni.



Rys. 11. Pierścień zaciskowy typu ringfeder

W podsumowaniu można stwierdzić, że rodzaj rzeczywistego pasowania dwóch stożków (klina) w dużej mierze zależy od montażu. Obliczanie teoretycznych zacisków i luzów można przeprowadzić wg wzorów znajdujących się w normie PN-83/M-02122. Jednak w praktyce warsztatowej warto wyjść z pojęcia zbieżności dla stożków i pochylenia dla klinów. W ten sposób otrzymamy wzory na długość przesunięcia osiowego niezbędną dla uzyskania pożądanego zacisku lub luzu:

$$L = (D_1 - D_2) / C \rightarrow \text{dla stożków,}$$

$$L = (H_1 - H_2) / S \rightarrow \text{dla klinów,}$$

gdzie $(D_1 - D_2)$ i $(H_1 - H_2)$ stanowią wartość oczekiwanego luzu lub zacisku uzyskanego na drodze przesunięcia o długość L .

Oczywiście punktem wyjścia dla tych przesunięć jest zawsze położenie bazowe.

Norma wyróżnia cztery położenia pól tolerancji dla otworu stożkowego, tj.: H, Js, K, N oraz 16 dla stożka wewnętrznego, od litery d do z. Ma to pierwszorzędne znaczenie tylko dla metody 1 tolerowania stożków. Podobnie jak ma to miejsce w wymiarach liniowych, tak i tu zalecana jest zasada stałego otworu, a więc dopasowanie stożka wewnętrznego do zewnętrznego. W tym przypadku ma to podobne uzasadnienie techniczne. Otwór stożkowy to najczęściej element drogi i trudny do demontażu. Przykładem może być łożysko na tulei stożkowej. Tuleja stanowi około 10% ceny łożyska i najczęściej łatwo ją usunąć z węzła łożyskowego. Wobec tego oczywiste jest, że trzeba dopasować tuleję do łożyska, a nie odwrotnie. Jeszcze lepszą ilustracją celowości stosowania zasady stałego otworu jest kołkowanie korpusów. Zabieg ten niezbędny w procesie montażu korpusów połówkowych polega na wywierceniu w obu połowach korpusu najczęściej dwóch otworów stożkowych, w których osadza się stożkowe kołki ustalające. Kołki często ulegają deformacjom i trzeba je wymienić. Cena kołka w tym przypadku to mniej niż 1% wartości korpusu.

Podobnie jak to ma miejsce w wymiarach liniowych, tak i tu mamy normę regulującą odchyłki kątowe niestolerowane indywidualnie. Jest to PN-91/M-02168/01 „Tolerancje ogólne. Tolerancje wymiarów

liniowych i kątowych bez tolerancji indywidualnych”, czyli ta sama, co dla wymiarów liniowych. Norma ta również dla kątów wyróżnia cztery klasy dokładności. Są to:

- 1) f – dokładna,
- 2) m – średniodokładna,
- 3) c – zgrubna,
- 4) v – bardzo zgrubna.

Tabela nr 2 podaje wartości liczbowe tych tolerancji.

Tabela 2. Odchyłki graniczne wymiarów kątowych

Klasa tolerancji		Przedział wymiarów nominalnych długości krótszego ramienia kąta, mm				
		do 10	powyżej 10 do 50	powyżej 50 do 120	powyżej 120 do 400	powyżej 400
Oznaczenie	Nazwa	Odchyłki graniczne				
f	dokładna	$\pm 1^\circ$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 20'$	$\pm 0^\circ 10'$	$\pm 0^\circ 5'$
m	średniodokładna					
c	zgrubna	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 15'$	$\pm 0^\circ 10'$
v	bardzo zgrubna	$\pm 3^\circ$	$\pm 2^\circ$	$\pm 1^\circ$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 20'$

Gdy na rysunku widnieje większa ilość kątów niestolerowanych indywidualnie, wystarczy określić je wspólnie poprzez podanie klasy i numeru tej normy.

Podobnie i stożki mają normę na kąty uprzywilejowane. Jest to norma PN-EN ISO 1119 „Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Szeregi kątów i zbieżności stożków”. Podobna jest też motywacja powstania tej normy. Autorzy piszą „W celu zredukowania liczby narzędzi, sprawdzianów i przyrządów pomiarowych niezbędnych do produkcji elementów stożkowych, należy stosować szeregi 1 i 2 z tablicy 1 w podanej kolejności”. Norma ta dodatkowo przelicza zbieżności na stopnie i radiany, podając najważniejsze zastosowania niektórych kątów. Oto niektóre z nich:

- 1) zbieżność 7:24, kąt $16,594\ 290\ 08^\circ$ – wrzeciona obrabiarek niesamozakleszczające się,
- 2) zbieżność 1:4, kąt $14,250\ 032\ 70^\circ$ – stożek narzędziowy niesamozakleszczający się,
- 3) zbieżność 1:5, kąt $11,421\ 186\ 27^\circ$ – stożek narzędziowy niesamozakleszczający się,
- 4) zbieżność 1:12, kąt $4,771\ 888\ 06^\circ$ – łożyska z otworem stożkowym do tulei,
- 5) zbieżność 1:19,212, kąt $2,981\ 618\ 20^\circ$ – stożek narzędziowy samozakleszczający się Morse’a nr 0,
- 6) zbieżność 1:20, kąt $2,864\ 192\ 37^\circ$ – stożek narzędziowy samozakleszczający się metryczny,
- 7) zbieżność 1:30, kąt $1,909\ 682\ 51^\circ$ – łożyska z otworem stożkowym,
- 8) zbieżność 1:50, kąt $1,145\ 877\ 40^\circ$ – kołki.

Kolejnym elementem kątowym występującym w budowie maszyn są pryzmy. Pryzmy mogą występować samodzielnie lub w parach współpracujących. Opisuje je norma PN-ISO 2538 „Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Szeregi kątów i pochyleń pryzm”. Norma ta również podaje szereg kątów uprzywilejowanych z przeliczeniem na pochylenia. Tolerancje pryzm zależą oczywiście od ich zastosowania. Oto niektóre z nich:

- 1) kąt 120° – podstawka pryzmatyczna,
- 2) kąt 108° – podstawka pryzmatyczna,
- 3) kąt 72° – podstawka pryzmatyczna,
- 4) kąt 60° – prowadnice pryzmatyczne,
- 5) kąt 50° – jaskółczy ogon,
- 6) pochylenie 1:100 – kliny

Sposób zapisu tolerancji wymiarów liniowych i kątowych podaje norma PN-ISO 406 „Rysunek techniczny. Tolerancje wymiarów liniowych i kątowych”. Czytamy w niej: „Odchyłki powinny być wyrażone w tych samych jednostkach co wymiar nominalny. Jeżeli mają być podane dwie odchyłki związane z tym samym wymiarem, to obydwie należy wyrazić za pomocą tej samej liczby miejsc po przecinku z wyjątkiem przypadku, gdy jedna z odchyłek jest równa zero”. Przykład: $15,5^\circ \pm 0,25^\circ$, a gdy odchyłka dolna jest równa zero, to mamy $15,5^\circ + 0,25^\circ$.

3. Przykłady i zadania

Przykład 1

Tuleja stożkowa ma zbieżność 1:12 (typowa w łożyskach tocznych). O ile trzeba ją wcisnąć w otwór łożyska, aby uzyskać zacisk 0,05 mm?

1. Zbieżność 1:12 oznacza, że na długości $L = 12$ mm następuje zmiana (wzrost lub spadek średnicy) o 1 mm.
2. Żądany zacisk 0,05 mm stanowi: $1 : 0,05 = 20$, $1/20$ część jednego milimetra.
3. To również $L/20 = 12 / 20 = 0,6$ mm

Wciśnięcie tulei o $L_1 = 0,6$ mm spowoduje zacisk 0,05 mm.

Przykład 2

W połączeniu klinowym wymieniono zużyty klin o pochyleniu $S = 1:100$. Nowy klin o tej samej zbieżności jest wyższy od poprzedniego o 0,1 mm. O ile skróci się połączenie klina z piastą?

1. Pochylenie 1:100 oznacza, że na długości $L = 100$ mm wysokość klina H zmienia się (rośnie lub maleje) o 1 mm.

2. Podniesienie wysokości klina o $h = 0,1$ mm przy niezmiennym pochyleniu można zapisać:

$$S = h / L_1 = (1:100) \text{ to } L_1 = h / P = 0,1 / (1:100) = 10 \text{ mm}$$

Nowy klin wejdzie o 10 mm płyciej w łączoną piastę.

W/w przykłady pokazują jak w realnych przecież sytuacjach niewielkie zmiany wymiarowe stożków i klinów powodują istotne skutki techniczne. Co by się stało gdyby w przykładzie 2 połączenie oryginalne miało długość 10 mm? Zwraca też uwagę fakt, że w przykładach nie ma mowy o wymiarach nominalnych stożka i klina. W analizach kątowych nominalna średnica stożka lub wysokość klina nie mają znaczenia.

Zadanie 1

W połączeniu kołkowym o zbieżności typowej 1:50 znajdują się 3 przelotowe otwory stożkowe. Wykonano je rozwiertakiem z różnicą średnic o 0,1 i 0,2 mm względem pierwszego. Kołki wykonano bardzo dokładnie, różnica średnic jest pomijalnie mała.

Jak zmienna będzie wysokość wystawiania kołków względem pierwszego połączenia?

Zadanie 2

Połączenie stożkowe o długości 100 mm wykonano w klasie tolerancji ogólnej wg PN-91/M-02168/01 dokładnej f – odchyłka graniczna to $\pm 0^\circ 20'$. Obliczyć stopień pokrycia połączenia dla skrajnie niekorzystnego układu odchyłek. Zacisk wynosi 0,05 mm.

Zadanie 3

Dokonano pomiaru kąta klina metodą pośrednią, tj. zmierzono jego parametry liniowe. Otrzymano następujące wyniki:

$$H_1 = 25 \pm 0,02 \text{ mm}; H_2 = 20 \pm 0,02 \text{ mm}; L = 100 \pm 0,1 \text{ mm}.$$

Jakie są możliwe skrajne kąty klina?

Zadanie 4

Takie same dane jak w zadaniu 3. uzyskano w pomiarach stożka (zamiast H jest D). Jakie są możliwe skrajne kąty stożka?

Spis norm

Norma PN-EN ISO 1119 „Specyfikacja geometrii wyrobów (GPS). Szeregi kątów i zbieżności stożków”.

Norma PN-EN ISO 2538 „Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Szeregi Kątów i pochyłeń pryzm”.

PN-ISO 406 „Rysunek techniczny. Tolerancje wymiarów liniowych i kątowych”.

Norma PN-83/M-02122 „Stożki i złącza stożkowe. Układ tolerancji stożków”.

Norma PN-77/M-02136 „Układ tolerancji kątów” .

Norma PN-91/M-02168/01 „Tolerancje ogólne. Tolerancje wymiarów liniowych i kątowych bez tolerancji indywidualnych”.

Spis tabel

Tab. 1. Wartości liczbowe tolerancji kątowych.....76

Tab. 2. Odchyłki graniczne wymiarów kątowych83

Spis rysunków

Rys. 1. Położenie pól tolerancji AT względem kąta nominalnego.....73-74

Rys. 2. Tolerancja kątowa AT_{α} i długościowa AT_h klina.....75

Rys. 3. Tolerancja średnicowa AT_D i kątowa AT_{α} stożka.....75

Rys. 4. Zbieżność stożka.....76

Rys. 5. Pochylenie klina.....77

Rys. 6. Pole tolerancji stożka.....78

Rys. 7. Pole tolerancji stożka wykorzystane całkowicie na odchyłki kąta.....78

Rys. 8. Pierścień Stüve zaciskający piastę na wale80

Rys. 9. Łożysko na tulei stożkowej wciąganej.....80

Rys. 10. Para łożysk stożkowych osadzonych na wale.....81

Rys. 11. Pierścień zaciskowy typu ringfeder.....82