

1. Informacje ogólne

Tworzywa konstrukcyjne w istotny sposób różnią się od metali. Przede wszystkim cechują się 8-10 krotnie większą rozszerzalnością cieplną. Niektóre gatunki tworzyw są mało stabilne wymiarowo z uwagi na absorpcję wilgoci, degradację pod wpływem działania naprężeń, promieniowania UV czy oddziaływania temperatur. Zapewnienie wąskiego zakresu tolerancji, typowego dla metali, w dłuższym czasie pracy jest niemożliwe.

Często spotykaną praktyką jest zamiana elementów, oryginalnie metalowych, tworzywowymi w już istniejących konstrukcjach. W takich sytuacjach najczęściej dochodzi do próby narzucenia zakresów tolerancji typowych dla elementów metalowych komponentom wykonanym z tworzyw konstrukcyjnych. Jest to duży błąd, który może powodować daleko idące konsekwencje. Sytuacja ta dość często dotyczy również nowych konstrukcji, kiedy inżynierowie projektujący elementy tworzywowe uwzględniają zakresy tolerancji typowe dla metali.

Aby uniknąć kłopotów technicznych należy zwiększyć zakresy tolerancji. Przyjęcie znacznie szerszych pól tolerancji wymiarowej zapewni funkcjonalność i bezpieczną pracę części mechanicznych wykonanych z tworzyw. Dla komponentów skrawanych z plastików technicznych należy odstąpić od stosowania tolerancji wg ISO (IT) klas 01-9.

Jeżeli z różnych względów wymagany jest węższy zakres, należy w tej sprawie skontaktować się ze specjalistami z działu technicznego Firmy ZATORSKI. W takim przypadku każdorazowo zostaną uwzględnione specjalne gatunki tworzyw oraz technologie obróbki mechanicznej.

Z uwagi na fakt, iż nie ma ogólnych tolerancji wymiarowych przyjętych dla tworzyw konstrukcyjnych, sytuacja ta może prowadzić do nieporozumień i spraw spornych między klientem a dostawcą.

Firma ZATORSKI bazując na wieloletnim doświadczeniu w skrawaniu różnych gatunków tworzyw konstrukcyjnych w niniejszym opracowaniu prezentuje informacje mające na celu udzielenie pomocnych wskazówek konstruktorom i mechanikom przy określaniu prawidłowych zakresów tolerancji wymiarowych.

Uwzględnienie przedstawionych informacji przyczyni się do zminimalizowania ryzyka popełnienia kosztownych błędów konstrukcyjnych, wynikających ze szczególnych naturalnych właściwości tworzyw skrawalnych.

2. Tolerancje ogólne dotyczące tworzyw konstrukcyjnych

2.1 Tolerancje ogólne

Wartości tolerancji ogólnych odpowiadają poziomom zwyczajnej dokładności warsztatowej wg ISO 2768-1, klasa tolerancji "m"
W tym standardzie tolerancje zdefiniowane są w następujący sposób :

Tabela 1.

Odchyłki graniczne wymiarów liniowych, z wyjątkiem wymiarów krawędzi załamanych wg ISO 2768-1

wartości w milimetrach

Klasa tolerancji		Odchyłki graniczne dla przedziału wymiarów nominalnych							
Nazwa	Oznaczenie	0,5 ¹ - 3	> 3 - 6	> 6 - 30	> 30 - 120	> 120 - 400	> 400 - 1000	> 1000 - 2000	> 2000 - 4000
DOKŁADNA	f	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
ŚREDNIODOKŁADNA	m	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
ZGRUBNA	c	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
BARDZO ZGRUBNA	v	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

¹ W przypadku wymiarów nominalnych poniżej 0,5 mm, odchyłki graniczne powinny być oznaczone indywidualnie bezpośrednio za odpowiednim(i) wymiarem(ami) nominalnym(i).

Tabela 2.

Odchyłki graniczne wymiarów krawędzi załamanych – promienie zewnętrzne i szerokości ścięćwg ISO 2768-1

wartości w milimetrach

Klasa tolerancji		Odchyłki graniczne dla przedziału wymiarów nominalnych		
Nazwa	Oznaczenie	0,5 ¹ - 3	> 3 - 6	> 6
DOKŁADNA	f	±0,2	±0,5	±1
ŚREDNIODOKŁADNA	m			
ZGRUBNA	c	±0,4	±1	±2
BARDZO ZGRUBNA	v			

¹ W przypadku wymiarów nominalnych poniżej 0,5 mm, odchyłki graniczne powinny być oznaczone indywidualnie bezpośrednio za odpowiednim(i) wymiarem(ami) nominalnym(i).

Tabela 3.

Odchyłki graniczne wymiarów kątowych wg ISO 2768-1

Tolerancje ogólne wyrażone w jednostkach kąta ograniczają tylko kierunek ogólny linii, w tym również linii stanowiących elementy powierzchni, natomiast nie ograniczają odchyłek ich kształtu.

Kierunek ogólny linii stanowiącej element powierzchni rzeczywistej wyznacza linia przylegająca o geometrycznie idealnym kształcie. Największa odległość między linią przylegającą i linią rzeczywistą powinna być najmniejsza z możliwych.

Klasa tolerancji		Odchyłki graniczne dla przedziału długości krótszego ramienia kąta, w milimetrach				
Nazwa	Oznaczenie	≤ 10	> 10 - 50	> 50 - 120	> 120 - 400	> 400
DOKŁADNA	f	±1°	±0°30'	±0°20'	±0°10'	±0°5'
ŚREDNIODOKŁADNA	m					
ZGRUBNA	c	±1°30'	±1°	±0°30'	±0°15'	±0°10'
BARDZO ZGRUBNA	v	±3°	±2°	±1°	±0°30'	±0°20'

2.2 Tolerancje ogólne geometryczne elementów wyodrębnionych

Wartości tolerancji ogólnych geometrycznych odpowiadają poziomom zwyczajnej dokładności warsztatowej wg ISO 2768-2, klasa tolerancji "K"

2.2.1 Prostoliniowość i płaskość wg ISO 2768-2

Tabela 4

Tolerancje ogólne prostoliniowości i płaskości przedstawione zostały w tabeli nr 4. Tolerancje należy stosować w przypadku prostoliniowości – zależnie od długości odpowiedniej linii, natomiast w przypadku płaskości – zależnie od długości dłuższego boku powierzchni lub średnicy powierzchni ograniczonej okręgiem.

wartości w milimetrach

Klasa tolerancji	Tolerancje prostoliniowości i płaskości dla przedziałów długości nominalnych					
	≤ 10	> 10 - 30	> 30 - 100	> 100 - 300	> 300 - 1000	> 1000 - 3000
H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
K	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6

2.2.2 Okrągłość wg ISO 2768-2

Tabela 5

Tolerancja ogólna okrągłości jest równa wartości liczbowej tolerancji średnicy, jednak w żadnym przypadku nie powinna być większa od odpowiedniej wartości tolerancji bicia promieniowego według tabeli nr 5

wartości w milimetrach

Klasa tolerancji	Tolerancja bicia
H	0,1
K	0,2
L	0,5

Ogólna tolerancja dla bicia promieniowego, osiowego i dowolnej powierzchni obrotowej w klasie "K" wynosi 0.2 mm

2.3 Tolerancje elementów relatywnych

2.3.1 Równoległość wg ISO 2768-2

Tolerancja ogólna równoległości jest równa największej wartości liczbowej spośród tolerancji wymiaru lub płaskości/prostoliniowości. Za bazę należy przyjmować dłuższy z dwóch rozpatrywanych elementów; jeżeli elementy te mają jednakowe długości nominalne, każdy z nich może być przyjęty za bazę.

2.3.2 Prostopadłość wg ISO 2768-2

Tabela 6

Za bazę należy przyjmować dłuższy z dwóch elementów tworzących kąt prosty; jeżeli elementy te mają jednakowe długości nominalne, każdy z nich może być przyjęty za bazę.

wartości w milimetrach

Klasa tolerancji	Tolerancje prostopadłości dla przedziałów długości nominalnych krótszego ramienia kąta prostego			
	≤ 100	> 100 - 300	> 300 - 1000	> 1000 - 3000
H	0,2	0,3	0,4	0,5
K	0,4	0,6	0,8	1
L	0,6	1	1,5	2

2.3.3 Symetria wg ISO 2768-2

Tolerancje ogólne symetrii mają zastosowanie, jeżeli:

- co najmniej jeden z dwóch elementów ma płaszczyznę symetrii, lub
- osie dwóch elementów są wzajemnie prostopadłe

Tabela 7

wartości w milimetrach

Klasa tolerancji	Tolerancje symetrii dla przedziałów długości nominalnych			
	≤ 100	> 100 - 300	> 300 - 1000	> 1000 - 3000
H	0,5			
K	0,6		0,8	1
L	0,6	1	1,5	2

3. Pasowania

Zgodnie z powyższymi zapisami nie ma możliwości zastosowania w konstrukcjach opartych na tworzywach zakresów tolerancji typowych dla metali. Klasy tolerancji IT 01-9 nie znajdują tutaj zastosowania.

Ponadto, aby uzyskać odpowiednią klasę tolerancji należy przy wyborze tworzywa uwzględnić sposób przetwórstwa przemysłowego i gatunek stosowanego materiału.

3.1 Tworzywa konstrukcyjne można podzielić na dwie podstawowe kategorie uwzględniające stabilność wymiarową

Tabela 8

Kategoria wymiarowa	Tworzywa	Komentarz
A	POM, PET, PTFE+szkło, PTFE+brąz, PTFE+węgiel, PVDF, PC, PVC-U, PP-H, PMMA, PEEK, PS, PPS, PSU, PEI, PAI, PI	Tworzywa termoplastyczne z lub bez wypełnień (z niską absorpcją wilgoci)
B	PE-HD, PE-HMW, PE-UHMW, PTFE, PA6, PA6-G, PA4.6, PA6.6, PA12	Miękkie tworzywa termoplastyczne oraz poliamidy absorbujące wilgoć

3.1.2 Klasyfikacja tolerancji dla części toczonej z tworzyw konstrukcyjnych

Kategoria wymiarowa:

- A IT 10-11
- B IT 11-12

Tabela 9

Tolerancje wg ISO 286 podane w μm

Rozmiar nominalny w mm	Tolerancja wg ISO (IT)		
	10	11	12
$\leq 1-3$	40	60	
$> 3-6$	48	75	
$> 6-10$	58	80	
$> 10-18$	70	110	
$> 18-30$	84	130	
$> 30-50$	100	160	
$> 50-80$	120	190	
$> 80-120$	140	220	
$> 120-180$	160	250	
$> 180-250$		290	460
$> 250-315$		320	520
$> 315-400$		350	570
$> 400-500$		400	630

3.1.3 Klasyfikacja tolerancji dla części frezowanych z tworzyw konstrukcyjnych

Kategoria wymiarowa:

- A IT 10-12
- B IT 11-13

Tabela 10

Tolerancje wg ISO 286 podane w μm

Rozmiar nominalny w mm	Tolerancja wg ISO (IT)		
	11	12	13
$\leq 1 - 3$	60	100	
$> 3 - 6$	75	120	
$> 6 - 10$	90	150	
$> 10 - 18$	110	180	
$> 18 - 30$	130	210	
$> 30 - 50$	160	250	
$> 50 - 80$	190	300	
$> 80 - 120$	220	350	
$> 120 - 180$	250	400	630
$> 180 - 250$		450	720
$> 250 - 315$		520	810
$> 315 - 400$		570	890
$> 400 - 500$		630	970

3.2 Jakość powierzchni

W czasie obróbki powierzchni tworzyw konstrukcyjnych można uzyskać różne jakości. Zależą one od zastosowanej technologii i rodzaju materiału. W tabeli 11 zawarte są możliwe do uzyskania stopnie chropowatości powierzchni bez wykonywania dodatkowych czynności mechanicznych.

Tabela 11

możliwe do uzyskania jakości powierzchni

Rodzaj obróbki	max osiągalny stopień chropowatości	średnia wartość chropowatości R_a (μm)	średnia wysokość chropowatości R_z (μm)
FREZOWANIE	N7	1,6	8
TOCZENIE	N7	1,6	8
PLANOWANIE	N8	3,2	12,5
CIĘCIE	N8	3,2	16

Istnieje możliwość uzyskania wyższych klas chropowatości powierzchni od tych ujętych w tabeli 11. Niektóre tworzywa konstrukcyjne można poddać dalszym procesom obróbki wykańczającej oraz szlifowaniu. W celu ustalenia szczegółów prosimy o kontakt z działem technicznym Firmy ZATORSKI.