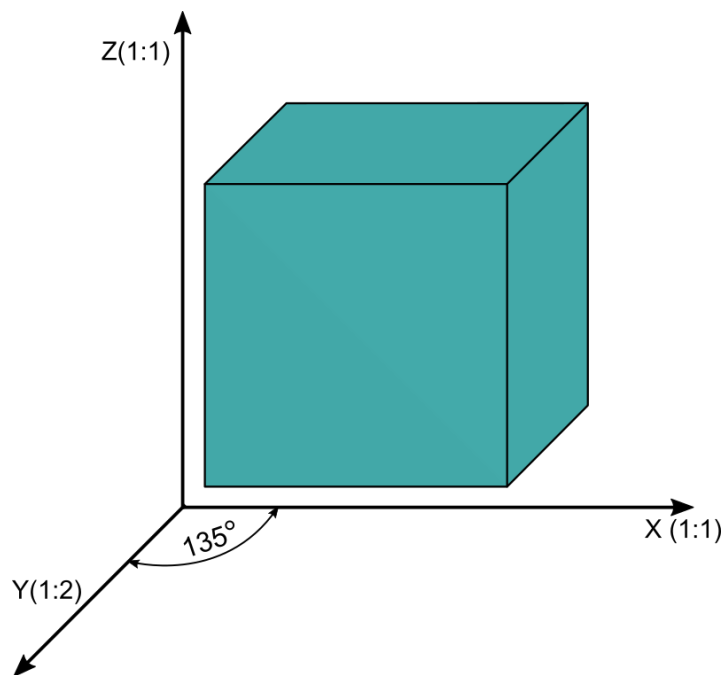




# RYSUNEK TECHNICZNY MASZYNOWY OD PODSTAW

Podstawy tworzenia rysunku technicznego maszynowego



Wydanie 1

# RYSUNEK TECHNICZNY MASZYNOWY OD PODSTAW

Autor, redakcja, ilustracje, skład:

Mateusz Wiliński

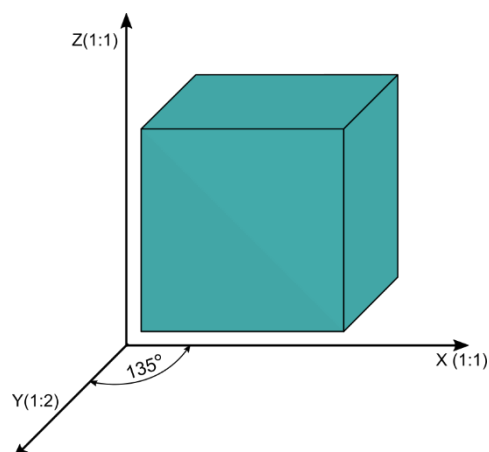
Wydanie 1

Kontakt:

PIKADEMIA Mateusz Wiliński

[www.pikademia.pl](http://www.pikademia.pl)

[pikademia@gmail.com](mailto:pikademia@gmail.com)



Publikacja Rysunek techniczny maszynowy od podstaw została wydana w systemie self-publishing pod znakiem PIKADEMIA.

Wszystkie prawa zastrzeżone

Aktualna wersja ebooka z plikami do pobrania:

[https://drive.google.com/drive/folders/15CVU\\_M7\\_mPW5tnMF6yNwO5UOFcp6DYCh?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/15CVU_M7_mPW5tnMF6yNwO5UOFcp6DYCh?usp=sharing)

Po więcej kursów i ebooków zapraszamy na <https://pikademia.pl/>

Legnica, 2021

Spis treści .....	3
Wprowadzenie .....	4
1. Formaty arkuszy rysunkowych .....	5
Obramowanie .....	6
Podziałka rysunkowa .....	6
2. Linie rysunkowe .....	7
3. Pismo techniczne .....	10
4. Wymiarowanie .....	11
Linie wymiarowe i pomocnicze linie wymiarowe .....	11
Strzałki wymiarowe .....	12
Liczby wymiarowe .....	12
Znaki wymiarowe .....	13
Podstawowe zasady wymiarowania .....	15
Tolerancja .....	16
Tabela wartości tolerancji klas IT wg PN-ISO 286 .....	17
Odchyłki otworów i wałków .....	18
Zbieżność i pochylenie .....	19
5. Widok 3D – aksonometria .....	20
6. Rzutowanie prostokątne .....	21
Podstawowe zasady rysowania przedmiotów w rzutach prostokątnych .....	22
7. Przekroje i kłady .....	24
Oznaczanie przekrojów .....	25
Przekroje częściowe .....	26
Przekroje złożone - przykłady .....	27
Kłady .....	28
Widoki i przekroje przedmiotów symetrycznych .....	29
Przerywanie i urywanie przedmiotów na rysunkach .....	30
Rysowanie przedmiotów o powtarzających się elementach .....	31
8. Gwinty .....	32
Typy przekrojów gwintów .....	32
Oznaczenia gwintów .....	33
9. Chropowatość powierzchni .....	35
10. Zadania .....	37
Narysuj przedmioty w 3 rzutach prostokątnych .....	37
Dorysuj brakujący rzut .....	40
Zwymiaruj rysunek na podstawie linii siatki oddalonych o 10 jednostek .....	41

Rysunek techniczny jest specjalnym rodzajem rysunku wykonywanego według ustalonych zasad i przepisów. Za pomocą zwięzłego i przejrzystego wyrażenia kształtów i wymiarów przedmiotu, rysunek techniczny dokładnie wskazuje jak ma wyglądać ten przedmiot po wykonaniu.

Występuje kilka odmian rysunku ze względu na dziedzinę zastosowania, np.:

- rysunek techniczny maszynowy
- rysunek budowlany
- rysunek elektryczny

Aby rysunek techniczny mógł spełniać rolę międzynarodowego języka wszystkich inżynierów i techników musi on być sporządzony według ściśle określonych zasad i przepisów. Zasady te z kolei muszą być stosowane i przestrzegane przez wszystkie kraje, które współpracują ze sobą w zakresie wymiany myśli naukowo - technicznej.

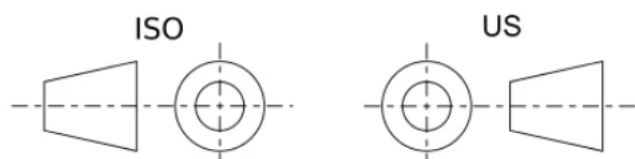
Przepisy takie, zwane Polskimi Normami opracowuje Polski Komitet Normalizacyjny (PKN), który haniebnie 😞 nie udostępnia ich za darmo.

W tym kursie będziemy poruszać metody i zasady, które są najczęściej spotykane w polskim / europejskim środowisku produkcyjnym.

W zależności od przeznaczenia wyróżnia się następujące rodzaje rysunków:

- rysunek złożeniowy – przedstawia wzajemne położenie, kształt i współpracę poszczególnych podzespołów zestawianych części
- rysunek zestawieniowy – rysunek złożeniowy wyrobu z naniesionymi informacjami i wymiarami niezbędnymi do wykonania poszczególnych detali wchodzących w skład przedstawianego wyrobu,
- rysunek wykonawczy – rysunek detalu zawierający wszystkie informacje niezbędne do jego wykonania,
- rysunek montażowy – rysunek przedstawiający poszczególne czynności i informacje związane z montażem urządzenia,
- rysunek instalacyjny – rysunek pokazujący rozmieszczenie poszczególnych elementów instalacji oraz sposób ich połączenia,
- rysunek operacyjny (zabiegowy) – rysunek detalu z naniesionymi danymi potrzebnymi do wykonania jednego zabiegu technologicznego.

W ramach tego kursu będziemy się skupiać na rysunkach wykonawczych pojedynczych części w standardzie ISO. Na rysunkach technicznych powinna znajdować się informacja odnośnie standardu (ISO lub Amerykańskiego), często za pomocą oznaczenia, jak poniżej:

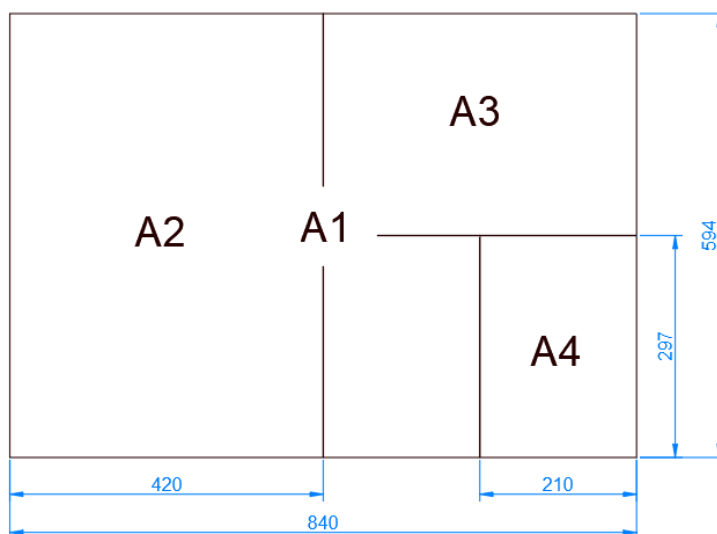


# 1. Formaty arkuszy rysunkowych

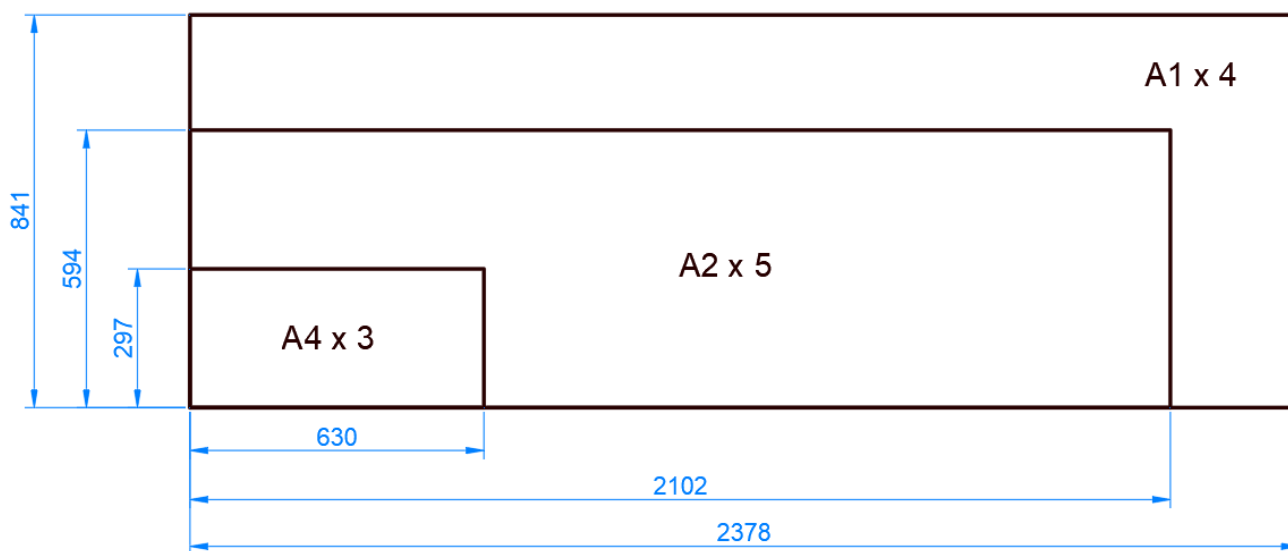


Podstawowym formatem arkusza do zapisu rysunku technicznego jest format A4 o wymiarach 297 x 210 mm. Większe formaty (A3, A2, A1, A0) są wielokrotnościami poprzedniego formatu wzdłuż krótszej krawędzi.

Format	Wymiary arkusza (mm)
A4	210 x 297
A3	297 x 420
A2	420 x 594
A1	594 x 841
A0	841 x 1189



Stosuje się również wielokrotności poszczególnych arkuszy wzdłuż krótszego boku, np.:



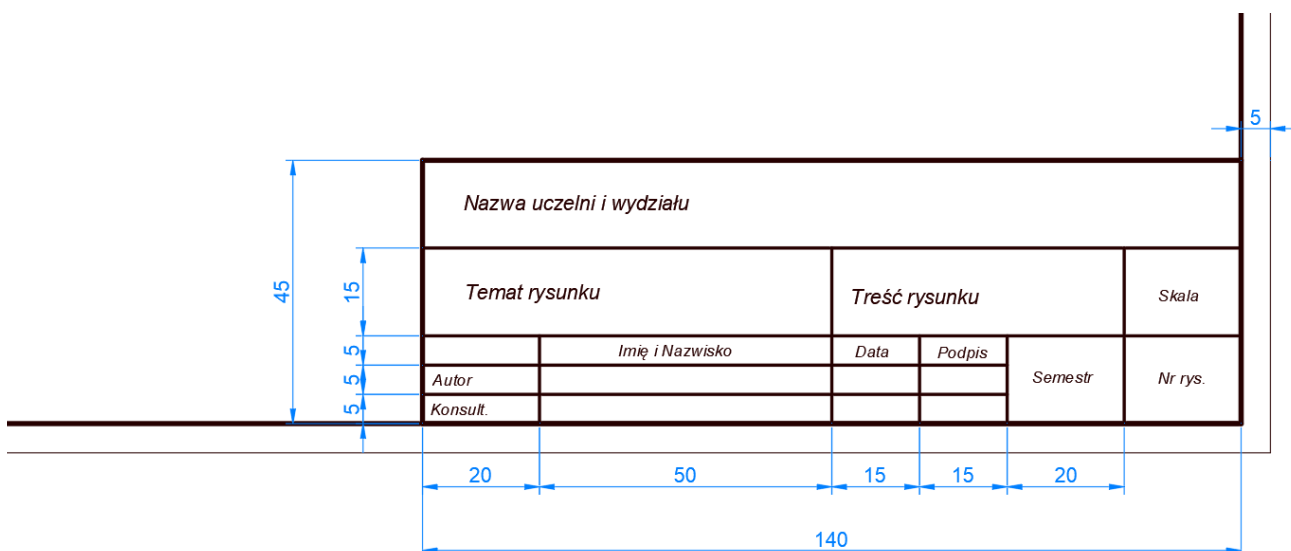
## Obramowanie

Na każdym rysunku technicznym należy wykonać obramowanie.

Ramka powinna być wykonana linią ciągłą grubą w odległości 5mm od krawędzi arkusza.

Informacje dodatkowe, objaśnienia, uwagi dotyczące rysunku zawiera się w tabliczce rysunkowej, którą umieszcza się w prawym dolnym rogu arkusza, tak, aby przylegała do linii obramowania.

Tabliczki mogą mieć różne wymiary i zależą one od ilości informacji, które powinny być w niej zawarte.



## Podziałka rysunkowa








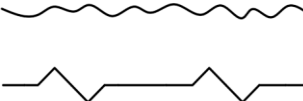
Podziałka rysunkowa jest to liczbowy stosunek wymiarów liniowych przedstawionych na rysunku do rzeczywistych wymiarów przedmiotu. W rysunku technicznym maszynowym stosuje się podziałki rysunkowe zgodne z normą PN-80/N-01610, tj.:

- zwiększające 50:1, 20:1, 10:1, 5:1, 2:1
- naturalną 1:1
- zmniejszające 1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:50, 1:100, 1:200, 1:500 itd.

Dopuszcza się stosowanie podziałek pośrednich oraz rozszerzenie skali przez podziałki będące wielokrotnością 10. W rysunku technicznym wyróżnia się podziałkę główną (wpisywaną do tabliczki rysunkowej) oraz podziałki pomocnicze pisane nad szczegółami przestawianymi w innej podziałce niż główna. Podziałkę dobiera się tak, aby wszystkie istotne elementy przedstawione na rysunku były czytelne.

W przypadku użycia na arkuszu więcej niż jednej podziałki, w tabliczce rysunkowej umieszcza się tylko podziałkę główną, a pozostałe podaje się w pobliżu numeru pozycji lub literowego oznaczenia szczegółu widoku lub przekroju. Należy również pamiętać, że w trakcie wymiarowania obiektów na rysunku zawsze podaje się ich wymiary rzeczywiste (domyślnie w milimetrach) niezależnie od użytej skali odwzorowania.

Do wykonywania rysunków technicznych maszynowych służą następujące rodzaje linii:

Rodzaj linii	Grubość	Widok	Zastosowanie
ciągła	b.gruba		<ul style="list-style-type: none"> <li>połączenia lutowane i klejone</li> </ul>
	gruba		<ul style="list-style-type: none"> <li>widoczne krawędzie przedmiotów w widokach i przekrojach</li> <li>zarysy kładów przesuniętych</li> <li>linie obramowania arkusza</li> <li>zewnętrzny zarys tabliczki rysunkowej</li> <li>krótkie kreski oznaczające końce śladów płaszczyzn przekrojów i miejsc ich załamania</li> <li>wierzchołki gwintów</li> </ul>
	cienka		<ul style="list-style-type: none"> <li>linie wymiarowe i pomocnicze linie wymiarowe, linie odniesienia, itp.</li> <li>kreskowanie przekrojów</li> <li>zarysy kładów miejscowych</li> <li>znaki chropowatości</li> <li>oznaczenia tolerancji</li> <li>osie symetrii dla wymiarów mniejszych niż 12 mm</li> <li>przekątne figur (kwadratów, prostokątów, itp.) mających oś symetrii</li> <li>linie przenikania w miejscach łagodnie zaokrąglonych przejść z jednej powierzchni w drugą</li> </ul>
kreskowa	cienka		<ul style="list-style-type: none"> <li>niewidoczne krawędzie i zarysy przedmiotów</li> </ul>
punktowa	gruba		<ul style="list-style-type: none"> <li>powierzchnie podlegające obróbce cieplnej lub powierzchniowej</li> </ul>
	cienka		<ul style="list-style-type: none"> <li>osie symetrii dla wymiarów <math>\geq 12\text{mm}</math></li> <li>ślady płaszczyzn symetrii</li> <li>linie podziałowe w kołach zębatych, ślimakach, gwintach, itd.</li> </ul>
dwupunktowa	cienka		<ul style="list-style-type: none"> <li>skrajne położenia części ruchomych</li> <li>zarys przedmiotów przyległych, dorysowanych dla celów orientacyjnych</li> <li>pierwotny / ostateczny kształt przedmiotu</li> <li>linie gięcia przedmiotów pokazanych w rozwinięciu</li> <li>linie osi ciężkości</li> </ul>
falista / zygzakowa	cienka		<ul style="list-style-type: none"> <li>linie urwania i przerwania przedmiotów</li> <li>linie ograniczające przekroje cząstkowe</li> </ul>

Zazwyczaj stosuje się grubości linii (cienka : gruba : bardzo gruba) w stosunku 1 : 2 : 3 lub 1 : 3 : 6.

Grubości linii zależą od złożoności, przeznaczenia i wielkości rysunku, najczęściej spotykanymi wartościami są:

0,25mm : 0,5mm : 1,0mm      lub      0,35mm : 0,7mm : 1,4mm

Odstępy między kreskami w liniach kreskowych, między kreskami i punktami w liniach punktowych oraz między punktami w liniach dwupunktowych zależą od grubości i powinny wynosić :

dla linii o grubości do 0,35 mm - 4-krotną grubość linii

dla linii grubszych niż 0,35 mm – co najmniej 2 mm

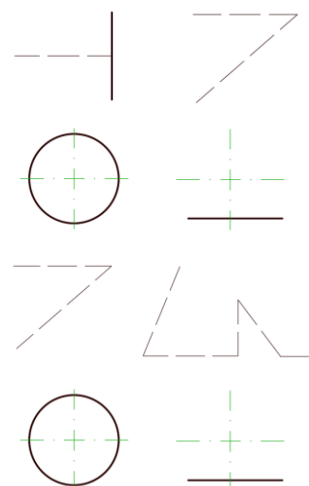
Wybrane zasady rysowania linii nieciągłych (m.in. kreskowych, punktowych):

- linie rozpoczyna się i kończy dłuższymi kreskami

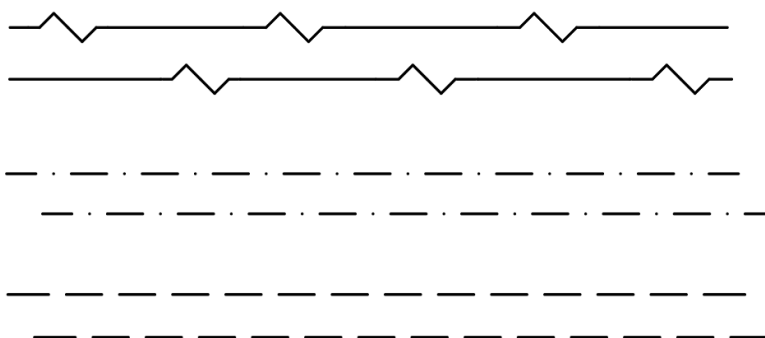
- linie przecina się (w środku dłuższych kresek) i łączy kreskami

- załamania oraz wygięcia wykonuje się kreskami

- osie nie powinny się kończyć na krawędziach zarysu, lecz powinny wystawać ok 2-3 mm poza krawędzie

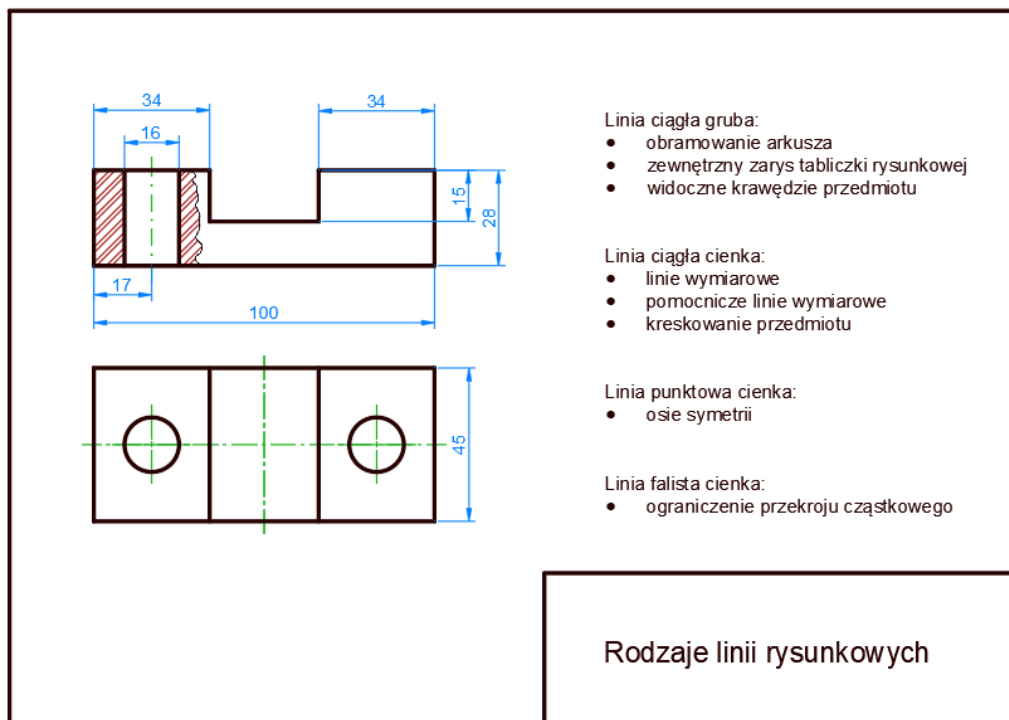


Linie równoległe nieciągłe należy tak rysować, aby przerwy między elementami linii były przesunięte względem siebie, np.



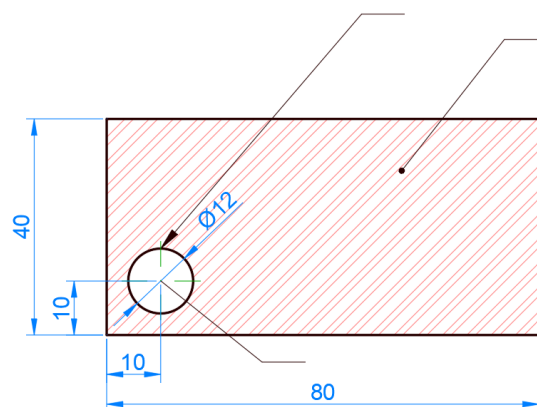


### Przykład z użyciem linii rysunkowych różnego typu



### Linie wskazujące

Linia wskazująca kończy się grotem, gdy kończy się ona na innych liniach zarysu lub krawędzi rysowanego obiektu. Zakończenie kropką (o średnicy równej 5 grubościom linii) stosuje się, gdy linia wskazująca kończy się wewnątrz zarysu przedmiotu. Linie wskazujące rysuje się bez żadnego zakończenia, gdy ta linia kończy się na innej linii.



### Kolejność pierwszeństwa linii różnego rodzaju

Kolejność pierwszeństwa linii stosujemy wtedy, gdy na rysunku pokrywają się częściowo dwie lub więcej linii różnego rodzaju lub o odmiennym przeznaczeniu.

1. Widoczne zarysy przedmiotów (linia ciągła gruba)
2. Niewidoczne zarysy i krawędzie (linia kreskowa cienka)
3. Ślad płaszczyzny przekroju (linia punktowa gruba)
4. Osie i ślady płaszczyzny symetrii (linia punktowa cienka)
5. Linia środka ciężkości (linia dwupunktowa cienka)
6. Linie pomocnicze (linia ciągła cienka)

Rysunek techniczny, oprócz linii, zawiera także opisy słowne i cyfrowe wykonane za pomocą znormalizowanego pisma technicznego. W tradycyjnym rysunku technicznym stosuje się pismo znormalizowane proste lub pochyłe, dla którego są określone wszystkie wielkości charakterystyczne w odniesieniu do grubości linii pisma. Grubość linii zastosowanego pisma zależy przede wszystkim od wielkości arkusza rysunkowego. Ponieważ rysunki techniczne wraz z opisami, tworzone są coraz częściej w specjalnych programach komputerowych CAD, kwestia pisma technicznego zostanie omówiona powierzchownie.

Wysokość pisma  $h$  jest to wysokość wielkich liter, podana w mm. Zgodnie z polską normą PN stosuje się następujące wartości tego parametru: 1,8; 2,5; 3,5; 5,0; 7,0; 10,0; 14,0; 20,0 mm. Zaleca się, aby na formatach A4 i A3 stosować wysokość pisma w napisach głównych 7,0 lub 5,0 mm, a w napisach pomocniczych i podrzędnych 5,0; 3,5, a nawet 2,5 mm.

W większości przypadków stosuje się pismo proste i pochyłe rodzaju A oraz B.

Wysokość  $h$  pisma A wynosi 14s, a dla małych liter (bez lasek w dół i w górę) 10s.

Wysokość  $h$  pisma B wynosi 10s, a dla małych liter (bez lasek w dół i w górę) 7s.

Odstępy między literami i cyframi powinny być równe 2s dla znaków, których linie są równoległe np. M N lub 1s dla znaków, których linie nie są równoległe, np.: VK lub 79.

Odstęp pomiędzy wyrazami lub liczbami powinien wynosić co najmniej 6s.

Minimalna podziałka wierszy (czyli wysokość wiersza) dla pisma A wynosi 22s, a dla pisma B 17s.

Pismo rodzaju A i B można stosować jako proste lub pochyłe, odchylone od pionu w prawą stronę, pod kątem  $15^\circ$ .

Różnicę pism rodzaju A i B dotyczą proporcji liter, ich kształt jest taki sam.

Używając programu komputerowego, należy wybierać rodzaj pisma jak najbardziej zbliżony do określonego rodzaju pisma A lub B.

#### Pismo rodzaju A

A A B C C D E E F G H I J K L L M N N O O P Q R S T  
U V W X Y Z Z a a b c c d e e f g h i j k l m n n  
o o p q r s t u v w x y z z 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0  
I III IV V VIII IX V

*A A B C C D E E F G H I J K L L M N N O O P Q R S T  
U V W X Y Z Z a a b c c d e e f g h i j k l m n n  
o o p q r s t u v w x y z z 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0  
I III IV V VIII IX V*

#### Pismo rodzaju B

A A B C C D E E F G H I J K L L M N N O O P Q R S T  
U V W X Y Z Z a a b c c d e e f g h i j k l m n n  
o o p q r s t u v w x y z z 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0  
I III IV V VIII IX V

*A A B C C D E E F G H I J K L L M N N O O P Q R S T  
U V W X Y Z Z a a b c c d e e f g h i j k l m n n  
o o p q r s t u v w x y z z 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0  
I III IV V VIII IX V*

Wymiarowanie jest to podawanie wymiarów przedmiotów na rysunkach technicznych za pomocą linii, liczb i znaków wymiarowych.

Wymiarowanie jest jedną z najważniejszych czynności związanych ze sporządzeniem rysunku technicznego. Umożliwia ono odczytanie rysunku i wykonanie przedmiotu zgodnie z wymaganiami konstruktora.

Rysunek techniczny będący podstawą wykonania przedmiotu, narysowany bez wymiarów albo z błędami i brakami w zakresie wymiarowania nie ma żadnej wartości.

### Linie wymiarowe i pomocnicze linie wymiarowe

Linie wymiarowe rysuje się linią ciągłą cienką równoległą do wymiarowanego odcinka w odległości co najmniej 10 mm, zakończone są grotami dotykającymi ostrzem krawędzi przedmiotu, pomocniczych linii wymiarowych lub osi symetrii.

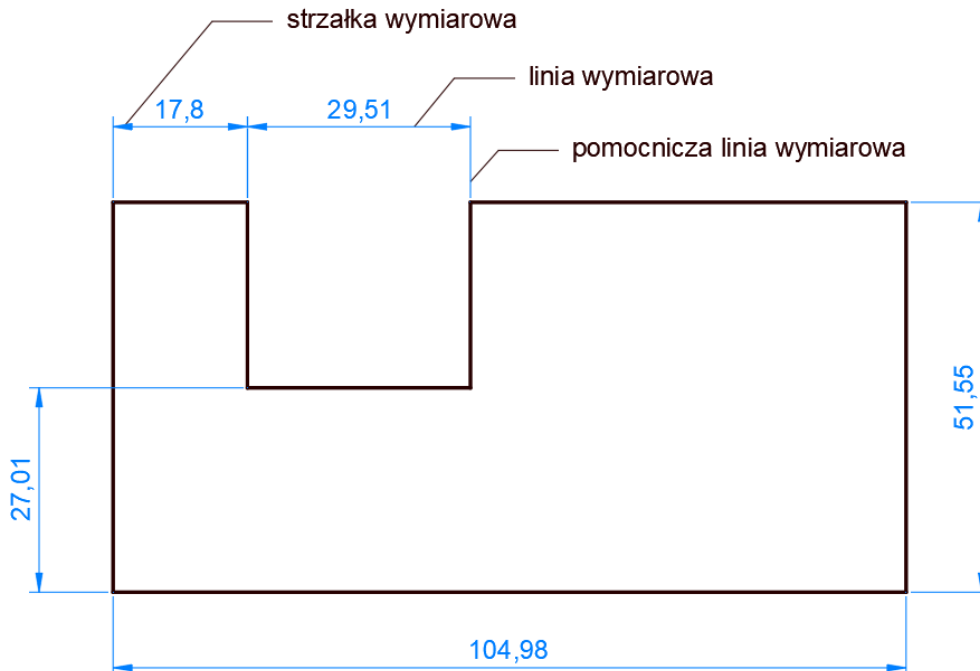
**Linie wymiarowe nie mogą się przecinać.**

Pomocnicze linie wymiarowe są to linie ciągłe cienkie, będące przedłużeniami linii rysunku. Rysuje się je prostopadle do mierzonego odcinka.

Pomocnicze linie wymiarowe mogą się przecinać.

Odstępy między sąsiednimi liniami wymiarowymi powinny być równe i nie mniejsze niż 7 mm.

Odległość między zarysem przedmiotu, a najbliższą linią wymiarową nie powinna być mniejsza niż 10 mm.



### Strzałki wymiarowe

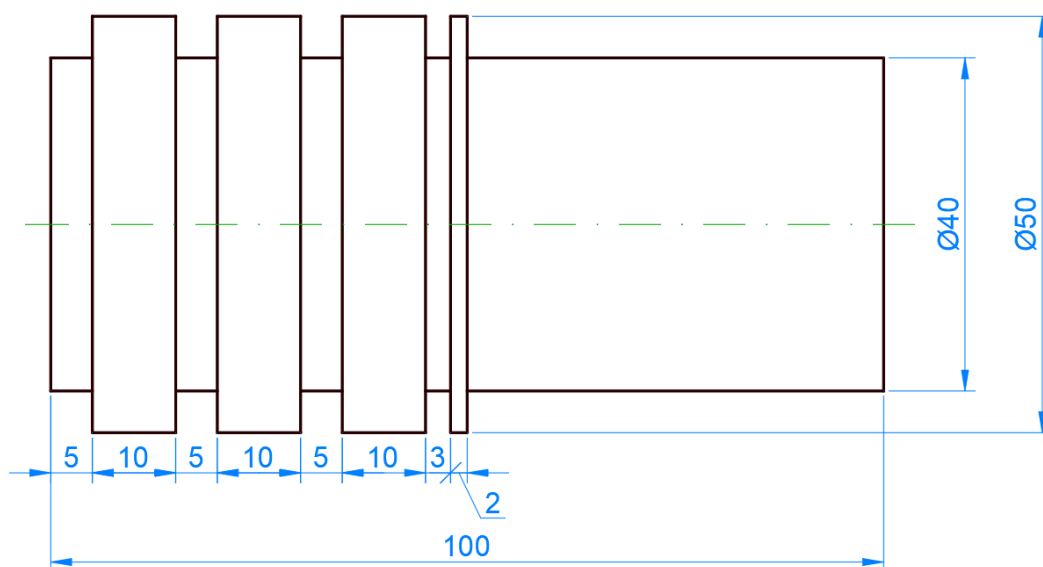
Długość grota powinna wynosić 6-8 grubości linii zarysu przedmiotu, lecz nie mniej niż 2,5 mm. Groty powinny być zaczernione.

Długość grotów powinna być jednakowa dla wszystkich wymiarów na rysunku.

Zasadniczo ostrza grotów powinny dotykać od wewnątrz linii, między którymi wymiar podajemy.

Przy podawaniu małych wymiarów groty można umieszczać na zewnątrz tych linii, na przedłużeniach linii wymiarowej.

Dopuszcza się zastępowanie grotów cienkimi kreskami o długości co najmniej 3,5 mm, nachylonymi pod kątem 45° do linii wymiarowej.



### Liczby wymiarowe

Na rysunkach technicznych maszynowych wymiary liniowe (długościowe) podaje się w milimetrach, przy czym oznaczenie "mm" pomija się.

Liczby wymiarowe pisze się nad liniami wymiarowymi w odległości 0,5 - 1,5 mm od nich, mniej więcej na środku.

Jeżeli linia wymiarowa jest krótka, to liczbę wymiarową można napisać nad jej przedłużeniem lub za pomocą dodatkowej linii odniesienia.

Na wszystkich rysunkach wykonanych na jednym arkuszu liczby wymiarowe powinny mieć jednakową wysokość, niezależnie od wielkości rzutów i wartości wymiarów.

Należy unikać umieszczania liczb wymiarowych na liniach zarysu przedmiotu, osiach i liniach kreskowania przekrojów. Jeżeli jest to konieczne, to trzeba w miejscach, gdzie mają być napisane liczby wymiarowe lub narysowane groty, przerwać linię rysunku.

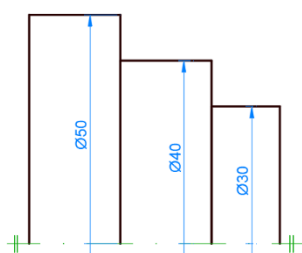
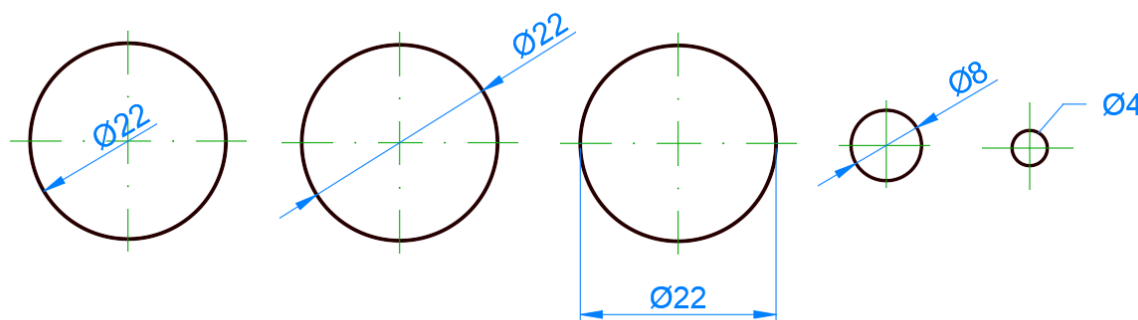
Wymiary powinny być tak rozmieszczone, żeby jak najwięcej z nich można było odczytać patrząc na rysunek od dołu lub od prawej strony.

W przypadku, gdy liczba wymiarowa nie odpowiada podziałce rysunkowej, to tę liczbę należy na rysunku podkreślić. Wymiary mające tylko znaczenie orientacyjne (np. wymiary zamykające łańcuch wymiarowy) pisze się w nawiasach. Wymiary nominalne, których na rysunkach nie toleruje się, ujmuje się w ramki prostokątne.

## Znaki wymiarowe

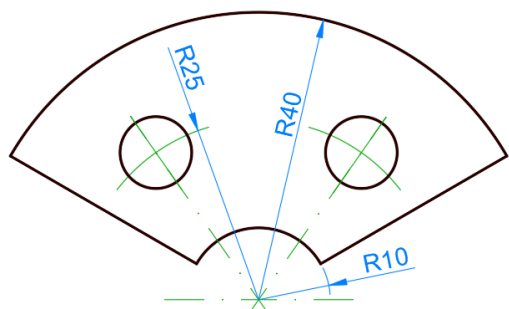
Znak wymiarowy	Opis znaku wymiarowego	Przykład
	długość łuku	
R	promień krzywizny, promień wymiarowy półokręgu	R20
∅	średnica krzywizny	∅30
O lub S	oznaczenie to łączy się z oznaczeniem średnicy $\phi$ lub promienia R i oznacza kulistość powierzchni	O $\phi$ 40, SR 20, S $\phi$ 40
□	długość boku kwadratu	□20
	oznaczenie pochylenia powierzchni	1:25
	oznaczenie zbieżności powierzchni	1:25
	oznaczenie długości rozwinięcia	170
x	grubość (długość) przedmiotu pokazanego w jednym rzucie	x10
	oznaczenie n kąta foremnego o parzystej liczbie boków, gdzie przed symbolem umieszcza się liczbę boków, a po odległość pomiędzy równoległymi bokami.	6x20
	oznaczenie obrócenia kąta widoku obiektu	45°

Do wymiarowania wielkości średnic i promieni krzywizn stosujemy specjalne znaki wymiarowe. Średnice wymiarujemy poprzedzając liczbę wymiarową znakiem  $\emptyset$  (fi).

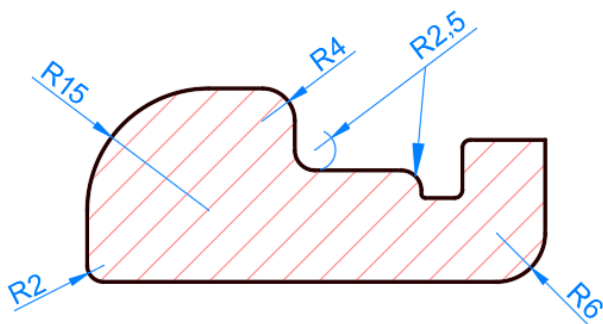


Jeżeli przedmiot jest narysowany w postaci półwidoku na płaszczyźnie równoległej do osi przedmiotu, to linie wymiarowe prowadzi się po jednej stronie osi, przecinając je o 8-10 mm za oś.

Jeżeli jedna z powierzchni tworzących wymiar nie jest widoczna to wymiary średnic umieszcza się po jednej stronie osi.



W przypadku wymiarowania promieni łuków, linię wymiarową prowadzi się od środka łuku i zakańcza grotem tylko od strony łuku, a liczbę wymiarową poprzedza się zawsze symbolem R.



Pojedyncze małe promienie zaokrągleń można wymiarować jak na rysunku poniżej.

Kilka krawędzi zaokrągleń o tym samym promieniu zaokrąglenia można wymiarować podając jedną liczbę wymiarową.

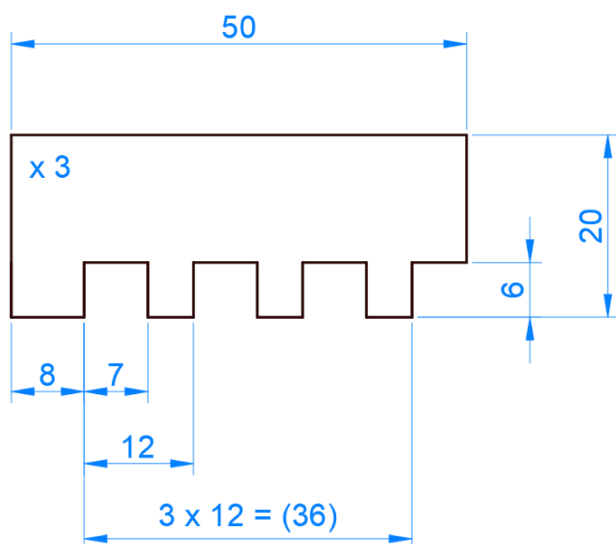
Wymiary średnic i promieni powierzchni sferycznych poprzedza się symbolem S, np. SØ 25. Linię wymiarową prowadzi się od środka łuku i zakańcza się grotem tylko od strony łuku.

Linie wymiarowe dwóch różnych promieni nie powinny leżeć na jednej prostej.

Grubość płaskich przedmiotów o nieskomplikowanych kształtach zaznaczamy poprzedzając liczbę wymiarową znakiem x.

### Podstawowe zasady wymiarowania

- **Należy wstawić wszystkie wymiary konieczne**  
Zawsze podajemy wymiary gabarytowe (zewnętrzne). Wymiary mniejsze rysujemy bliżej rzutu przedmiotu.  
Zawsze podajemy tylko tyle i takich wymiarów które są niezbędne do jednoznacznego określenia wymiarowego przedmiotu.
- **Nie należy powtarzać wymiarów**  
Wymiarów nie należy nigdy powtarzać ani na tym samym rzucie, ani na różnych rzutach tego samego przedmiotu.  
Każdy wymiar powinien być podany na rysunku tylko raz i to w miejscu, w którym jest on najbardziej zrozumiały, łatwy do odszukania i potrzebny ze względu na przebieg obróbki.
- **Nie należy zamykać łańcuchów wymiarowych**  
Łańcuchy wymiarowe stanowią szereg kolejnych wymiarów równoległych lub dowolnie skierowanych. Łańcuchy wymiarowe powinny więc pozostać otwarte, przy czym pomija się wymiar najmniej ważny.
- **Należy pomijać wymiary oczywiste**  
Pomijanie wymiarów oczywistych dotyczy przede wszystkim wymiarów kątowych, wynoszących  $0^\circ$  lub  $90^\circ$ , tj. odnoszących się do linii wzajemnie równoległych lub prostopadłych.
- Wymiary powinny być umieszczane na tych rzutach, na których wymiarowane elementy przedmiotu widać najwyraźniej.
- Należy unikać wymiarowania niewidocznych zarysów i powierzchni przedmiotu (narysowanych liniami kreskowymi), nawet kosztem dorysowania dodatkowego rzutu.
- Jeżeli przedmiot posiada w kierunku prostopadłym do rzutu tylko jeden wymiar (zwykle grubość), to można nie rysować rzutu, lecz podać ten wymiar wewnątrz zarysu przedmiotu bądź nad linią odniesienia, poprzedzając go znakiem mnożenia.
- Wymiary powtarzalne można odpowiednio zgrupować, aby ich nie powtarzać.



Wymiarowanie w układzie równoległym polega na podawaniu wszystkich wymiarów od jednej powierzchni lub linii. W tej metodzie dokładność każdego wymiaru zależy tylko od dokładności samej obróbki, a nie zależy od dokładności innych wymiarów przedmiotu.

Wymiarowanie w układzie szeregowym polega na wpisywaniu wymiarów jeden za drugim. W tej metodzie dokładność każdego wymiaru zależy od położenia sąsiednich elementów.

Stosuje się również wymiarowanie od bazy konstrukcyjnej w przypadku, gdy ma to wpływ na działanie wymiarowanej części w zespole do którego należy. Wymiary te mają wpływ na położenie części w zespole, na wymagane luzy i wciski, itp.

### Tolerancja

**Tolerancja wymiaru** – określa zakres w jakim musi się mieścić wymiar rzeczywisty.

Wymiary pokazywane na rysunku technicznym są wymiarami nominalnymi, pożądanymi przez konstruktora. Ze względu na nieuniknione niedokładności wykonawcze wymiary rzeczywiste odbiegają od nominalnych.

Pole tolerancji – obszar zawarty między wymiarami granicznymi, czyli pomiędzy najmniejszym i największym możliwym wymiarem. Pole tolerancji oznacza się poprzez podanie wymiaru nominalnego, za którym zawiera się odchyłki, górną - w postaci indeksu górnego i dolną – w postaci indeksu dolnego, np.:

$$25^{+0,02}_{-0,05}$$

Jeżeli odchyłka wynosi zero, nie pisze się znaku, np.:  $\Phi 10_0^{+0,05}$

Jeżeli odchyłki różnią się tylko znakiem, mogą być zapisane bez użycia indeksów, np.:  $5 \pm 0,02$

**Klasy tolerancji** wymiarowej to określenie pozwalające stwierdzić, w jakich granicach wymiarowych ma być wykonany dany detal. Aby była możliwa współpraca między konstruktorami a technologami, wprowadzono klasy dokładności, w jakich wykonuje się poszczególne elementy-wymiary. Polska Norma przewiduje 20 klas dokładności (IT01 jest najdokładniejsza, podczas gdy IT18 jest najmniej dokładna).

Dzięki nim konstruktor nie musi przekazywać za każdym razem informacji technologowi o tym, z jaką dokładnością są wykonywane części, które nie posiadają tolerancji lub w jakiej dokładności wykonać tolerowane wymiary. Gdy wymiar nie posiada określonej tolerancji, wtedy przyjmuje się, że jest to tolerancja warsztatowa, czyli w zakresie IT14.

Klasa tolerancji IT określa nam pole tolerancji, czyli różnicę między dolnym granicznym wymiarem oraz górnym w jakiej ma być wykonany wymiar.

Na przykład otwór  $\varnothing 8\text{mm}$  w tolerancji IT14 oznacza, że wymiar będzie miał tolerancję wymiarową 0,36 mm.

Poza tolerancją wymiaru, stosuje się również tolerancje prostoliniowości, kształtu, płaskości, itp. Np. zapis – 0,03 / 300 oznacza, że odchyłka prostoliniowości rzeczywistej tworzącej walca nie może przekroczyć 0,03 mm na długości 300mm w dowolnym miejscu całej długości walca.

Tolerancję można podawać również za pomocą znormalizowanego symbolu rodzaju tolerancji i klasy dokładności, np.: H7 dla otworów o klasie tolerancji 7 lub h9 dla wałków o klasie tolerancji 9. W zależności od normy (czyli litery podanej przy tolerancji) czasami otwory będą mogły być identyczne lub mniejsze, większe lub zarówno mniejsze jak i większe (zobacz tabela Odchyłki otworów i wałków).

Przykład otworu o średnicy 20mm i tolerancji H7 można zapisać jako:  $\Phi 20\text{H7}$ . W takim przypadku, sprawdzając tabele tolerancji, wiadomo, że odchyłka wymiaru wynosi 0,021mm.

W tabeli podane są dane  $E_s$  i  $E_i$ , z czego:

$$E_s = B - N$$

$$E_i = A - N$$

A – wymiar graniczny dolny

B – wymiar graniczny górny

N – wymiar nominalny



Tabela wartości tolerancji klas IT wg PN-ISO 286

Wymiar nominalny mm		IT11		IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
po- wyżej	do	Tolerancje T																	
		$\mu\text{m}$										mm							
-	3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
3	6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
6	10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
10	18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
18	30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
30	50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
80	120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
120	180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
180	250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
500	630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
630	800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
800	1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1000	1250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
1250	1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1600	2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2000	2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	1	17,5	28
2500	3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	3,5	21	33

Dla otworów:

- tolerancje od **A** do **G**, gdy oba wymiary graniczne są większe od nominalnego
- tolerancja **H**, gdy wymiar graniczny górny jest większy od wymiaru nominalnego, a dolny jemu równy
- tolerancja **J**, gdy wymiar nominalny leży pomiędzy wymiarami granicznymi dolnym i górnym
- tolerancja **K**, gdy wymiar graniczny dolny jest mniejszy od wymiaru nominalnego, a górny jemu równy
- tolerancje od **L** do **Z**, gdy oba wymiary graniczne są mniejsze od nominalnego.

Dla wałków:

- tolerancje od **a** do **g**, gdy oba wymiary graniczne są mniejsze od nominalnego
- tolerancja **h**, gdy wymiar graniczny dolny jest mniejszy od wymiaru nominalnego, a górny jemu równy
- tolerancja **j**, gdy wymiar nominalny leży pomiędzy wymiarami granicznymi dolnym i górnym
- tolerancja **k**, gdy wymiar graniczny górny jest większy od wymiaru nominalnego, a dolny jemu równy
- tolerancje od **l** do **z**, gdy oba wymiary graniczne są większe od nominalnego

## Odchyłki otworów i wałków

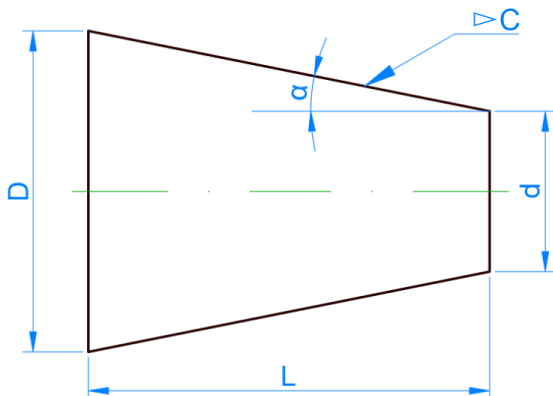
ODCHYLEKI OTWORÓW																																
Wymiar nominalny mm		Odchł. μm	H6	G6	J6	K6	M6	N6	H7	G7	J7	K7	N7	R7	S7	H8	E8	F8	J8	K8	U8	H9	D9	F9	H10	D10	H11	A11	B11	D11	H12	B12
ponad	do		Wartość odchyłek w mikrometrach μm																													
0	3	ES EI	+6 0	+8 +2	+2 -4	0 -6	-2 -8	-4 -10	+10 0	+12 +2	+4 -6	0 -10	-4 -14	-10 -20	-14 -24	+14 0	+28 +6	+20 -8	0 -14	-18 -32	0 +20	+25 +6	+45 +31	+40 +48	+60 +78	+60 +78	+60 +78	+330 +345	+200 +215	+80 +105	+100 +120	+240 +260
3	6	ES EI	+8 0	+12 +4	+5 -3	+2 -6	-1 -9	-5 -13	+12 0	+16 +4	+6 -6	+3 -9	-4 -16	-11 -23	-15 -27	+18 0	+38 +20	+28 +10	+5 -13	-23 -41	+30 0	+60 +30	+40 +10	+48 +30	+78 +30	+78 +30	+78 +30	+345 +370	+215 +240	+105 +130	+120 +140	+260 +280
6	10	ES EI	+9 0	+14 +5	+5 -4	+2 -7	-3 -12	-7 -16	+15 0	+20 +5	+8 -7	+5 -10	-4 -19	-13 -28	-17 -32	+22 0	+47 +25	+35 +13	+12 -10	+6 -16	-28 -50	+36 0	+76 +40	+49 +13	+58 +40	+98 +40	+98 +40	+370 +280	+240 +150	+130 +40	+150 0	+300 +150
10	14	ES EI	+11 0	+17 +6	+6 -5	+2 -9	-4 -15	-9 -20	+13 0	+24 +6	+10 -8	+6 -12	-5 -23	-16 -34	-21 -39	+27 0	+59 +32	+43 +16	+8 -12	-33 -60	+43 0	+93 +50	+59 +16	+70 +10	+120 +50	+120 +50	+120 +50	+400 +290	+260 +150	+160 +50	+180 0	+330 +150
14	18	ES EI	+11 0	+17 +6	+6 -5	+2 -9	-4 -15	-9 -20	+13 0	+24 +6	+10 -8	+6 -12	-5 -23	-16 -34	-21 -39	+27 0	+59 +32	+43 +16	+8 -12	-33 -60	+43 0	+93 +50	+59 +16	+70 +10	+120 +50	+120 +50	+120 +50	+400 +290	+260 +150	+160 +50	+180 0	+330 +150
18	24	ES EI	+13 0	+20 +7	+8 -5	+2 -11	-4 -17	-11 -24	+21 0	+28 +7	+12 -9	+6 -15	-7 -28	-20 -41	-27 -48	+33 0	+73 +40	+53 +20	+10 -13	-41 -74	+52 0	+117 +65	+72 +20	+84 +10	+149 +65	+149 +65	+149 +65	+430 +300	+290 +160	+195 +65	+210 0	+370 +160
24	30	ES EI	+13 0	+20 +7	+8 -5	+2 -11	-4 -17	-11 -24	+21 0	+28 +7	+12 -9	+6 -15	-7 -28	-20 -41	-27 -48	+33 0	+73 +40	+53 +20	+10 -13	-48 -81	+52 0	+117 +65	+72 +20	+84 +10	+149 +65	+149 +65	+149 +65	+430 +300	+290 +160	+195 +65	+210 0	+370 +160
30	40	ES EI	+16 0	+25 +9	+10 -6	+3 -13	-4 -20	-12 -28	+25 0	+34 +9	+14 -11	+7 -18	-8 -33	-25 -50	-34 -59	+39 0	+89 +50	+64 +25	+24 -15	+12 -27	-60 -99	+62 0	+142 +80	+87 +25	+100 +80	+180 +80	+180 +80	+430 +310	+290 +170	+240 +80	+250 0	+420 +170
40	50	ES EI	+16 0	+25 +9	+10 -6	+3 -13	-4 -20	-12 -28	+25 0	+34 +9	+14 -11	+7 -18	-8 -33	-25 -50	-34 -59	+39 0	+89 +50	+64 +25	+24 -15	+12 -27	-60 -99	+62 0	+142 +80	+87 +25	+100 +80	+180 +80	+180 +80	+430 +310	+290 +170	+240 +80	+250 0	+430 +180
50	65	ES EI	+19 0	+29 +10	+13 -6	+5 -15	-4 -24	-14 -33	+30 0	+40 +10	+18 -12	+9 -21	-9 -39	-30 -62	-42 -78	+46 0	+106 +60	+76 +30	+28 -18	+14 -32	-87 -133	+74 0	+174 +100	+104 +30	+120 +100	+220 +100	+220 +100	+530 +340	+380 +190	+290 +100	+300 0	+490 +190
65	80	ES EI	+19 0	+29 +10	+13 -6	+5 -15	-4 -24	-14 -33	+30 0	+40 +10	+18 -12	+9 -21	-9 -39	-32 -62	-48 -78	+46 0	+106 +60	+76 +30	+28 -18	+14 -32	-102 -148	+74 0	+174 +100	+104 +30	+120 +100	+220 +100	+220 +100	+530 +360	+390 +200	+300 +100	+500 +200	+500 +200
80	100	ES EI	+22 0	+34 +12	+16 -6	+4 -18	-6 -28	-16 -38	+35 0	+47 +12	+22 -13	+10 -25	-10 -45	-38 -73	-58 -93	+54 0	+126 +72	+90 +36	+34 -20	+16 -38	-144 -178	+87 0	+207 +120	+123 +36	+140 +120	+260 +120	+260 +120	+600 +380	+440 +220	+340 +120	+350 0	+570 +220
100	120	ES EI	+22 0	+34 +12	+16 -6	+4 -18	-6 -28	-16 -38	+35 0	+47 +12	+22 -13	+10 -25	-10 -45	-38 -76	-66 -101	+54 0	+126 +90	+90 +36	+34 -20	+16 -38	-144 -198	+87 0	+207 +120	+123 +36	+140 +120	+260 +120	+260 +120	+630 +410	+460 +240	+340 +120	+350 0	+590 +240
120	140	ES EI	+25 0	+39 +14	+18 -7	+4 -21	-8 -33	-20 -45	+54 0	+64 +14	+26 -14	+12 -28	-12 -52	-48 -88	-77 -117	+63 0	+148 +85	+106 +43	+41 -22	+20 -43	-170 -233	+100 0	+245 +145	+143 +43	+160 +145	+305 +145	+305 +145	+710 +460	+510 +260	+395 +145	+400 0	+660 +260
140	160	ES EI	+25 0	+39 +14	+18 -7	+4 -21	-8 -33	-20 -45	+54 0	+64 +14	+26 -14	+12 -28	-12 -52	-48 -90	-85 -125	+63 0	+148 +85	+106 +43	+41 -22	+20 -43	-170 -253	+100 0	+245 +145	+143 +43	+160 +145	+305 +145	+305 +145	+710 +520	+510 +260	+395 +145	+400 0	+680 +260
160	180	ES EI	+25 0	+39 +14	+18 -7	+4 -21	-8 -33	-20 -45	+54 0	+64 +14	+26 -14	+12 -28	-12 -52	-48 -93	-93 -133	+63 0	+148 +85	+106 +43	+41 -22	+20 -43	-170 -273	+100 0	+245 +145	+143 +43	+160 +145	+305 +145	+305 +145	+710 +520	+510 +260	+395 +145	+400 0	+710 +310
180	200	ES EI	+29 0	+44 +15	+22 -7	+5 -24	-8 -33	-22 -51	+46 0	+61 +15	+30 -16	+13 -33	-14 -60	-60 -106	-105 -151	+72 0	+172 +100	+122 +50	+47 -25	+22 -30	-236 -308	+115 0	+285 +170	+165 +100	+185 +170	+335 +170	+335 +170	+950 +630	+630 +170	+460 +170	+460 0	+800 +340
200	225	ES EI	+29 0	+44 +15	+22 -7	+5 -24	-8 -33	-22 -51	+46 0	+61 +15	+30 -16	+13 -33	-14 -60	-60 -109	-113 -159	+72 0	+172 +100	+122 +50	+47 -25	+22 -30	-258 -330	+115 0	+285 +170	+165 +100	+185 +170	+335 +170	+335 +170	+950 +670	+670 +170	+460 +170	+460 0	+840 +380
225	250	ES EI	+29 0	+44 +15	+22 -7	+5 -24	-8 -33	-22 -51	+46 0	+61 +15	+30 -16	+13 -33	-14 -60	-60 -113	-123 -169	+72 0	+172 +100	+122 +50	+47 -25	+22 -30	-284 -356	+115 0	+285 +170	+165 +100	+185 +170	+335 +170	+335 +170	+950 +820	+710 +420	+460 +170	+460 0	+880 +420

ODCHYLEKI WAŁKÓW																																
Wymiar nominalny mm		Odchł. $\mu\text{m}$	h5	g5	k5	m5	h6	g6	j6	k6	n6	p6	r6	h7	f7	j7	k7	n7	s7	u7	h8	e8	u8	h9	d9	f9	h10	d10	h11	a11	b11	d11
ponad	do		Wartości odchyłek w mikrometrach $\mu\text{m}$																													
0	3	es ei	0 -4	-2 -6	+4 0	-6 +2	0 -6	-2 -8	+4 -2	+6 0	+10 +4	+12 +6	+16 +10	-10 -10	-6 -4	+6 +4	+10 +14	+24 +18	+8 +14	+28 +24	0 -14	-14 -28	+32 +28	0 -25	-20 -45	-6 -31	0 -40	-20 -60	0 -60	-270 -330	-140 -200	-20 -80
3	6	es ei	0 -5	-4 -9	+6 +1	+9 +4	0 -8	-12 -2	+6 +1	+16 +8	+20 +12	+23 +15	-10 -12	-22 -4	+1 +8	+13 +19	+20 +23	+31 +28	+35 +23	-18 -38	+41 +23	0 -30	+40 +23	-10 -30	-40 -48	-78 -75	-345 -215	-105 -105	-270 -345	-200 -215	-30 -105	
6	10	es ei	0 -8	-5 -11	+7 +1	+12 +6	0 -9	-14 -2	+7 +2	+10 +10	+18 +15	+24 +19	+28 +19	-13 -15	+10 -5	+16 +10	+25 +23	+38 +28	+43 +31	+23 +28	-25 -22	+50 +47	0 -36	-40 -76	-13 -49	-40 -58	-40 -98	-130 -90	-280 -370	-150 -240	-40 -130	
10	14	es ei	0 -8	-6 -14	+9 +7	+15 +1	0 -11	+8 -3	+12 +1	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+34 +23	-16 -18	+12 +6	+19 +12	+30 +24	+46 +36	+51 +41	+31 +28	-32 -39	+60 +43	0 -50	-16 -36	-16 -49	-16 -58	-16 -98	-50 -90	-290 -400	-150 -260	-50 -160	
14	18	es ei	0 -8	-6 -14	+9 +1	+15 +7	0 -11	+8 -3	+12 +1	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+34 +23	-16 -18	+12 +6	+19 +12	+30 +24	+46 +36	+51 +41	+31 +28	-32 -39	+60 +43	0 -50	-16 -36	-16 -49	-16 -58	-16 -98	-50 -90	-290 -400	-150 -260	-50 -160	
18	24	es ei	0 -9	-7 -16	+11 +2	+17 +8	0 -13	-20 -4	+9 +2	+15 +15	+28 +22	+35 +28	+41 +28	-20 -21	+13 +8	+23 +15	+36 +35	+56 +41	+63 +41	+33 +33	-73 -73	+41 +41	-52 -52	-117 -117	-72 -72	-84 -149	-130 -130	-430 -430	-290 -290	-195 -195	-195 -195	
24	30	es ei	0 -9	-7 -16	+11 +2	+17 +8	0 -13	-20 -4	+9 +2	+15 +15	+28 +22	+35 +28	+41 +28	-20 -21	+13 +8	+23 +15	+36 +35	+56 +41	+63 +41	+33 +33	-73 -73	+41 +41	-52 -52	-117 -117	-72 -72	-84 -149	-130 -130	-430 -430	-290 -290	-195 -195	-195 -195	
30	40	es ei	0 -11	-9 -20	+13 +2	+20 +9	0 -16	+11 -5	+18 +17	+33 +26	+42 +34	+50 +34	+50 +34	-25 -10	+15 +2	+27 +17	+42 +43	+68 +60	+85 +69	+30 +30	-99 -89	0 -60	-25 -89	0 -60	-80 -142	-25 -87	-80 -142	-80 -142	-310 -470	-170 -330	-80 -240	
40	50	es ei	0 -11	-9 -20	+13 +2	+20 +9	0 -16	+11 -5	+18 +17	+33 +26	+42 +34	+50 +34	+50 +34	-25 -10	+15 +2	+27 +17	+42 +43	+68 +60	+85 +69	+30 +30	-99 -89	0 -60	-25 -89	0 -60	-80 -142	-25 -87	-80 -142	-80 -142	-310 -470	-170 -330	-80 -240	
50	65	es ei	0 -13	-10 -23	+15 +2	+24 +11	0 -19	-10 -7	+12 +2	+21 +20	+39 +32	+51 +41	+60 +30	-30 -12	+18 +2	+32 +20	+50 +33	+89 +53	+132 +87	+102 +46	+132 +106	+132 +106	0 -60	+133 +87	-100 -74	-100 -74	-100 -74	-100 -74	-100 -74	-100 -74	-100 -74	-100 -74
65	80	es ei	0 -13	-10 -23	+15 +2	+24 +11	0 -19	-10 -7	+12 +2	+21 +20	+39 +32	+51 +41	+60 +30	-30 -12	+18 +2	+32 +20	+50 +33	+89 +53	+132 +87	+102 +46	+132 +106	+132 +106	0 -60	+133 +87	-100 -74	-100 -74	-100 -74	-100 -74	-100 -74	-100 -74	-100 -74	-100 -74
80	100	es ei	0 -15	-12 -27	+18 +3	+28 +13	0 -22	-12 -34	+13 +9	+25 +3	+45 +23	+59 +37	+73 +51	-36 -35	+38 -71	+58 -15	+106 +3	+159 +23	+159 +71	+159 +124	+159 +54	0 -72	+138 +124	-120 -87	-120 -207	-120 -123	-120 -140	-120 -260	-120 -220	-120 -600	-120 -440	-120 -340
100	120	es ei	0 -15	-12 -27	+18 +3	+28 +13	0 -22	-12 -34	+13 +9	+25 +3	+45 +23	+59 +37	+76 +54	-36 -35	+38 -15	+58 +3	+114 +23	+172 +79	+172 +144	+172 +54	0 -72	+138 +124	-120 -87	-120 -207	-120 -123	-120 -140	-120 -260	-120 -220	-120 -600	-120 -440	-120 -340	
120	140	es ei	0 -18	-14 -32	+21 +3	+33 +15	0 -25	-14 -39	+14 +11	+28 +3	+52 +27	+68 +43	+88 +63	-43 -40	+22 -18	+43 +3	+67 +27	+132 +92	+210 +170	+210 +63	0 -148	+253 +170	-145 -100	-145 -245	-145 -143	-145 -160	-145 -305	-145 -250	-145 -710	-145 -510	-145 -395	
140	160	es ei	0 -18	-14 -32	+21 +3	+33 +15	0 -25	-14 -39	+14 +11	+28 +3	+52 +27	+68 +43	+90 +65	-43 -40	+22 -18	+43 +3	+67 +27	+140 +100	+230 +190	+230 +63	0 -148	+253 +190	-145 -100	-145 -245	-145 -143	-145 -160	-145 -305	-145 -250	-145 -770	-145 -530	-145 -395	
160	180	es ei	0 -18	-14 -32	+21 +3	+33 +15	0 -25	-14 -39	+14 +11	+28 +3	+52 +27	+68 +43	+93 +68	-43 -40	+22 -18	+43 +3	+67 +27	+148 +108	+250 +210	+250 +63	0 -145	+253 +210	-145 -100	-145 -245	-145 -143	-145 -160	-145 -305	-145 -250	-145 -830	-145 -580	-145 -350	
180	200	es ei	0 -20	-15 -35	+24 +4	+37 +17	0 -29	-15 -44	+16 +13	+33 +31	+60 +50	+79 +50	+106 +77	-50 -46	+25 +19	+50 +31	+77 +122	+168 +236	+282 +230	+282 +72	0 -100	-308 -226	-170 -115	-170 -285	-170 -165	-170 -185	-170 -355	-170 -290	-170 -950	-170 -630	-170 -460	
200	225	es ei	0 -20	-15 -35	+24 +4	+37 +17	0 -29	-15 -44	+16 +13	+33 +31	+60 +50	+79 +50	+109 +80	-50 -46	+25 +19	+50 +31	+77 +130	+176 +258	+304 +258	+304 +72	0 -100	-330 -258	-170 -115	-170 -285	-170 -165	-170 -185	-170 -355	-170 -290	-170 -1030	-170 -670	-170 -460	
225	250	es ei	0 -20	-15 -35	+24 +4	+37 +17	0 -29	-15 -44	+16 +13	+33 +31	+60 +50	+79 +50	+113 +84	-50 -46	+25 +19	+50 +31	+77 +140	+186 +284	+330 +284	+330 +72	0 -100	-356 -284	-170 -115	-170 -285	-170 -165	-170 -185	-170 -355	-170 -290	-170 -1110	-170 -710	-170 -460	



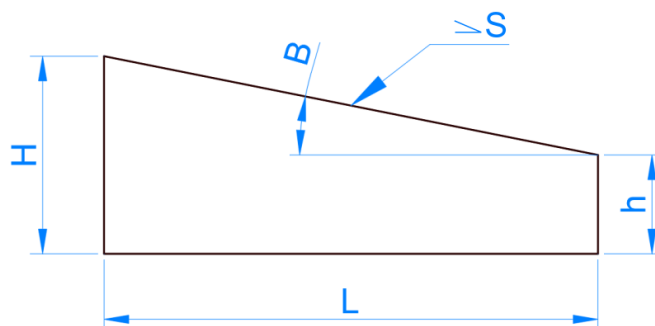
## Zbieżność i pochylenie

◁ Zbieżność stożków i klinów dwustronnych (C)

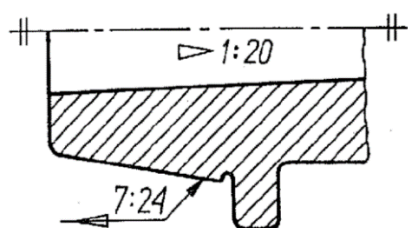


$$\triangle C = \frac{D-d}{L} = 2tg\alpha$$

◁ Pochylenie klinów jednostronnych (S)



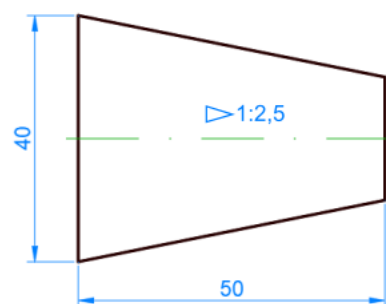
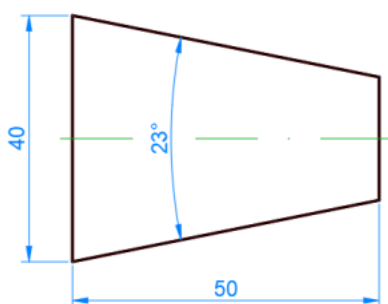
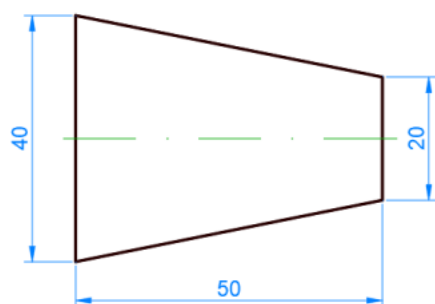
$$\triangle S = \frac{H-h}{L} = tg\beta$$



Wartości zbieżności i pochylenia można podawać w postaci ilorazu (1:10), w procentach (10%) lub w promilach (100‰).

Znak zbieżności umieszcza się nad linią odniesienia doprowadzoną do powierzchni zbieżnej lub przy osi. Znak zbieżności(i pochylenia) powinien być umieszczony ostrzem w kierunku zbieżności.

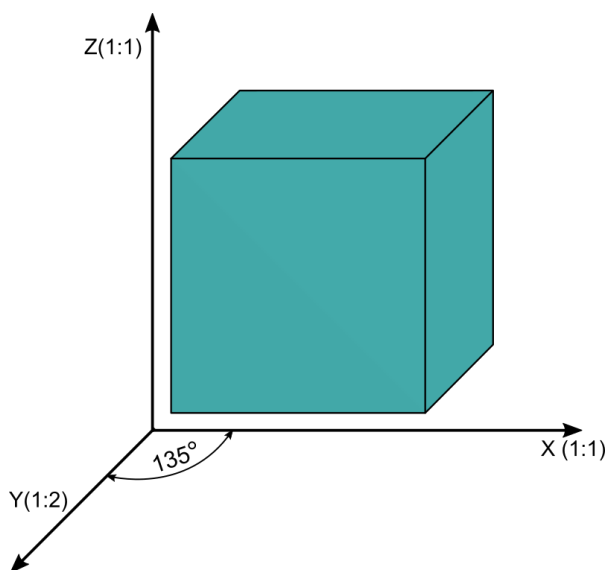
## Przykłady wymiarowania stożków



Do przedstawienia kształtów przedmiotów w sposób poglądowy (perspektywiczny), w jednym rzucie, służą w rysunku technicznym rzuty aksonometryczne. Wyróżniamy następujące rodzaje rzutów aksonometrycznych:

- dimetria ukośna
- dimetria prostokątna
- izometria prostokątna

### Dimetria ukośna



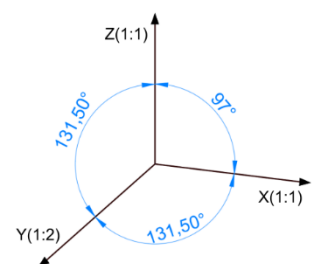
Odwzorowując przedmiot w jednym rzucie musimy przedstawić jego trzy podstawowe wymiary - wysokość, szerokość i głębokość (rysunek obrazuje odpowiednio trzy osie).

Krawędzie przedmiotu równoległe do osi Z (wysokości) i X (szerokości) rysujemy bez skróceń, czyli w rzeczywistych wymiarach. Natomiast krawędzie równoległe do osi Y (głębokości) skracamy o połowę i rysujemy je nachylone pod kątem  $45^\circ$  do pozostałych osi (poziomej i pionowej).

### Dimetria prostokątna

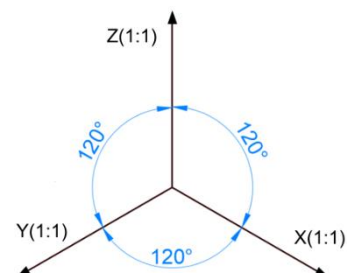
Rzut prostokątny dwuwymiarowy wykonuje się w układzie osi współrzędnych X,Y,Z, które tworzą ze sobą kąty: ZX –  $97^\circ$ , YX –  $131^\circ 30'$ , YZ –  $131^\circ 30'$ .

Wymiary równoległe do osi Y, skracają się o połowę.



### Izometria prostokątna

Rzut prostokątny jednowymiarowy wykonuje się w układzie osi współrzędnych X,Y,Z, które tworzą ze sobą kąty  $120^\circ$ .



Rzutowanie prostokątne polega na wykonaniu obrazów (rzutów) przedmiotu na wzajemnie prostopadłe płaszczyzny i przeprowadza się je we wnętrzu wyobraźnego prostopadłościanu rzutni. Przeważnie wystarczy przedstawienie bryły w trzech ujęciach (1 - z przodu, 2 - z góry i 3 - z boku), ale w niektórych przypadkach zachodzi potrzeba wykonania 6 rzutów (z każdej strony bryły).

W użyciu najczęściej spotkamy metody rzutowania prostokątnego:

- pierwszego kąta (metoda europejska)
- trzeciego kąta (metoda amerykańska)

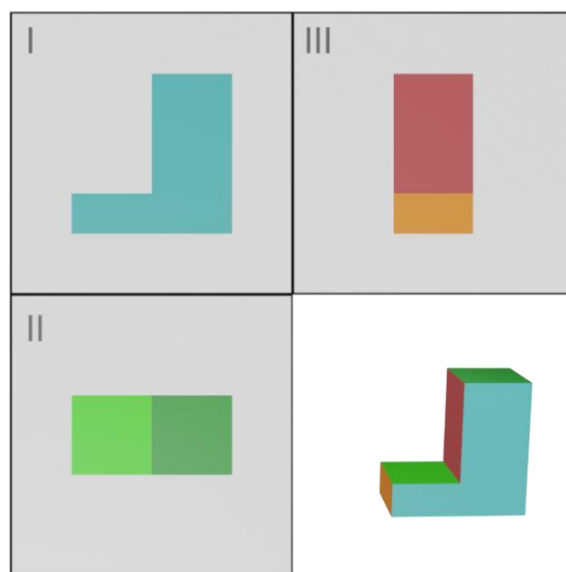
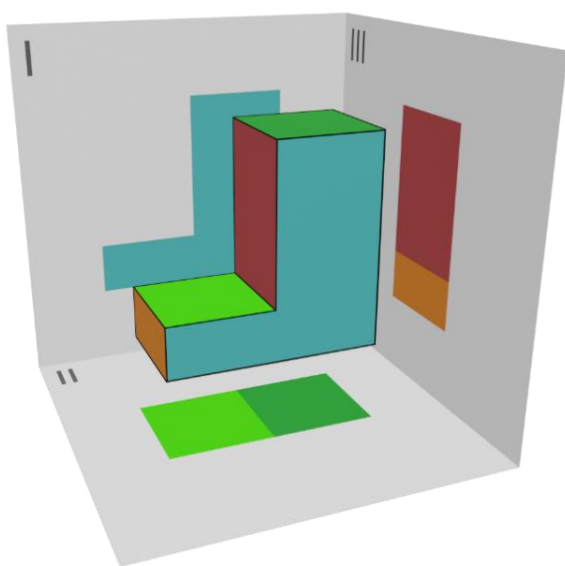
W ramach tego kursu skupimy się na metodzie pierwszego kąta.

Rzut prostokątny powstaje w następujący sposób:

- przedmiot ustawiamy równolegle do rzutni, tak aby znalazł się pomiędzy obserwatorem a rzutnią,
- patrzymy na przedmiot prostopadłe do płaszczyzny rzutni,
- z każdego widocznego punktu prowadzimy linię prostopadłą do rzutni,
- punkty przecięcia tych linii z rzutnią łączymy odpowiednimi odcinkami otrzymując rzut prostokątny tego przedmiotu na daną rzutnię.

Jeśli wyobrazimy sobie prostopadłościan, którego ściany są rzutniami i wyznaczymy na tych rzutniach rzuty prostokątne przedmiotu według zasady pierwszego kąta, to po rozwinięciu ścian prostopadłościanu w sposób pokazany na rysunku otrzymamy układ rzutów tego przedmiotu.

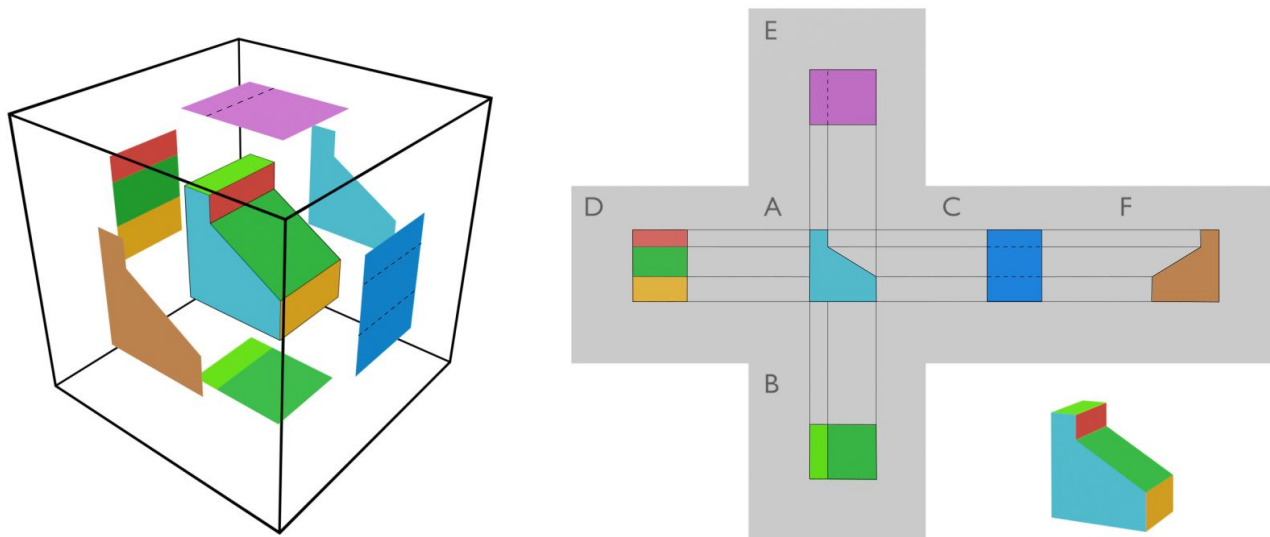
W tym przykładzie wykonano 3 główne rzuty (I z przodu, II z góry, III z lewej strony). Rzuty zazwyczaj nazywa się wielkimi literami alfabetu A, B, C, D, E, F, ale można również spotkać oznaczenia za pomocą cyfr rzymskich, tak jak w przykładzie poniżej.



### Podstawowe zasady rysowania przedmiotów w rzutach prostokątnych

1. Liczba rzutów obiektu powinna być minimalna, wystarczająca do jednoznacznego zobrazowania kształtów tego obiektu i jego zwymiarowania. Najczęściej są to dwa lub trzy rzuty. Czasem zdarza się, że po zaznaczeniu w sposób umowny głębokości przedmiotu, wystarcza tylko jeden rzut.
2. Przedmiot powinien być ustawiony wewnątrz wyobrażalnego prostopadłościanu rzutni w taki sposób, aby większość jego powierzchni płaskich i osi była równoległa lub prostopadła do rzutni w celu ułatwienia rysowania i wymiarowania.
3. Rzut główny (widok z przodu) powinien przedstawiać możliwie najwięcej informacji o kształcie przedmiotu, z uwzględnieniem na przykład położenia pracy, obróbki lub montażu. Położenie pozostałych rzutów w stosunku do rzutu głównego zależy od metody rzutowania. Usytuowanie rzutów względem siebie powinno być zgodne z rozwinięciem prostopadłościanu rzutni, wg określonej metody rzutowania.
4. Rzut może zawierać widok, kład lub przekrój.

**Najważniejszą rzeczą jest czytelność i jednoznaczność rysunku.**



**A** - rzut z przodu (główny)

**B** - rzut z góry

**C** - rzut boczny prawy

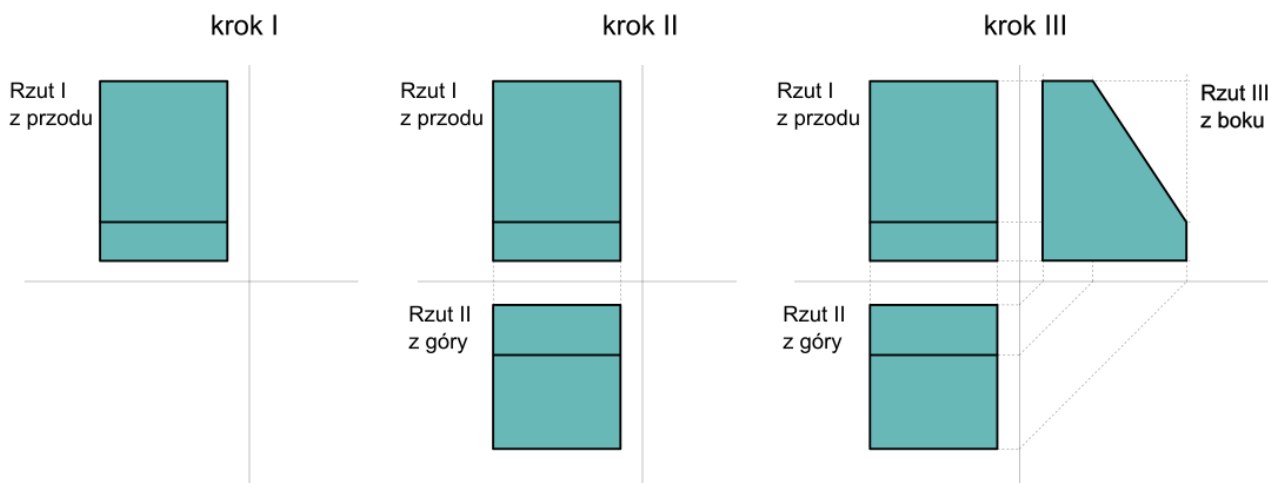
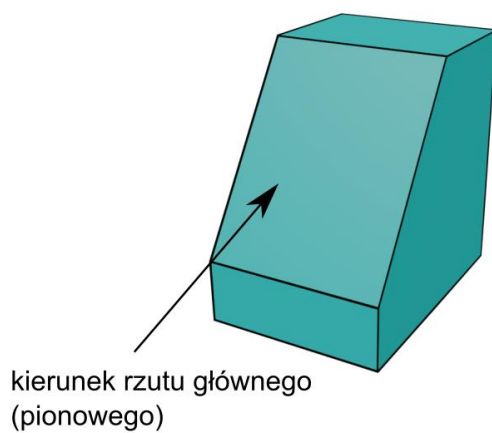
**D** - rzut boczny lewy

**E** - rzut z dołu

**F** - rzut z tyłu

Ucząc się rysowania rzutów prostokątnych, można dorysowywać linie pomocnicze, które pomagają zachować odpowiednie wymiary i położenie punktów.

Przykład rysowania głównych rzutów prostokątnych na podstawie widoku bryły w rzucie aksonometrycznym



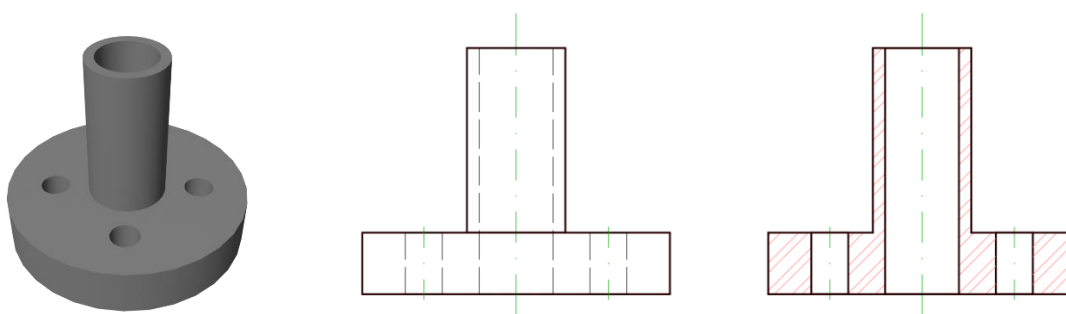
Bardzo często przedmioty, które przedstawiamy na rysunkach technicznych mają wiele szczegółów znajdujących się wewnątrz. Narysowanie rzutów prostokątnych takiego przedmiotu nie zapewni pokazania tych elementów, gdyż będą one zasłonięte ściankami przedmiotu. Aby przedstawić wewnętrzne zarysy przedmiotu w sposób bardziej przejrzysty i dokładnie je zwymiarować stosujemy **przekroje rysunkowe**.

Przekrój prosty powstaje przez przecięcie przedmiotu wyobrażalną płaszczyzną przekroju i odrzucenie tej części przedmiotu, która znajduje się przed płaszczyzną przekroju.

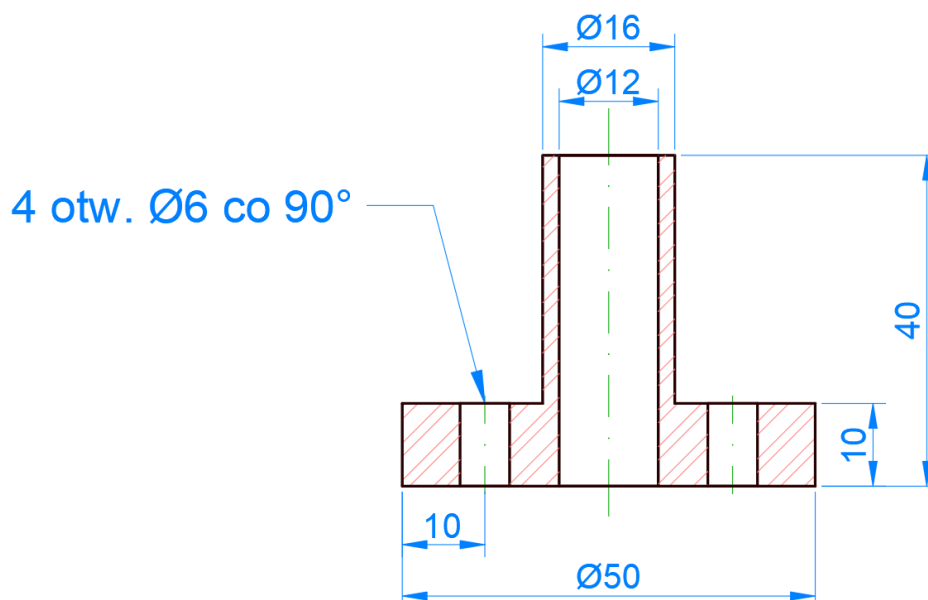
Przekrój złożony powstaje przez przecięcie przedmiotu co najmniej dwiema płaszczyznami (np. przekrój łamany, stopniowy, rozwinięty).

### Przykład

Rysunek tulejki w rzucie aksonometrycznym, prostokątnym oraz w przekroju.



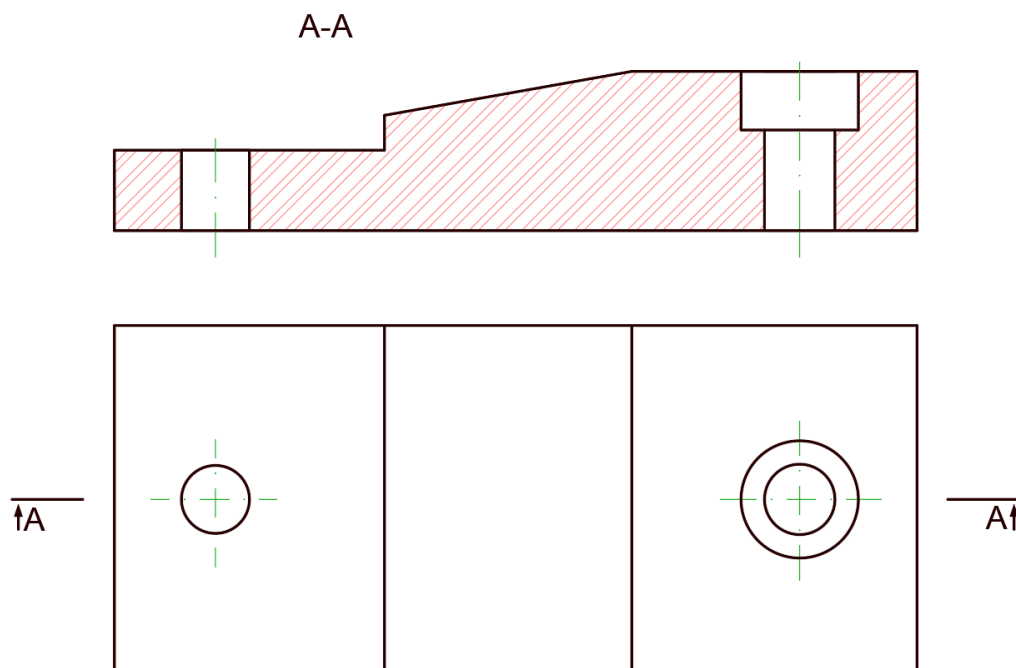
Przykład wymiarowania do analizy





### Oznaczanie przekrojów

Położenie płaszczyzny przekroju zaznacza się na prostopadłym do niej rzucie dwiema krótkimi, grubymi kreskami, nie przecinającymi zewnętrznego zarysu przedmiotu, oraz strzałkami wskazującymi kierunek rzutowania przekroju. Strzałki umieszczamy w odległości 2 - 3 mm od zewnętrznych końców grubych kresek. Płaszczyznę przekroju oznacza się dwiema jednakowymi wielkimi literami, które pisze się obok strzałek, a nad rzutem przekroju powtarza się te litery, rozdzielając je poziomą kreską.



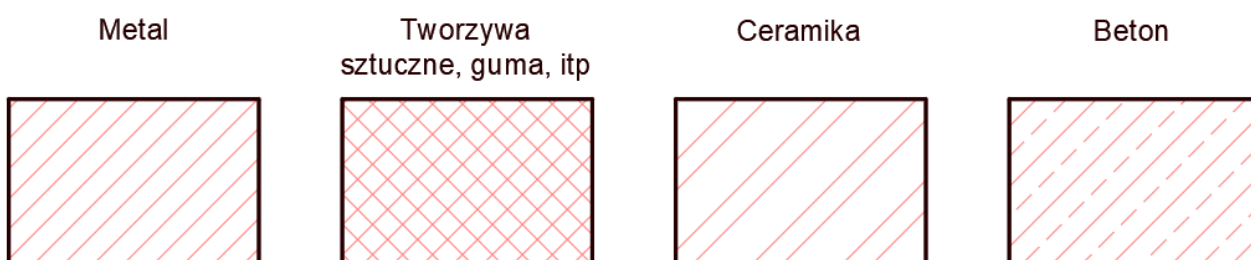
Jeżeli na rysunku jest więcej niż jeden przekrój, to oznacza się je kolejnymi wielkimi literami alfabetu.

Jednakowe przekroje tego samego przedmiotu oznacza się jednakowymi literami i rysuje się tylko jeden z nich.

Miejsce w którym dokonano przekroju oznaczamy równoległymi liniami ciągłymi cienkimi rysowanymi pod kątem  $45^\circ$  lub  $30^\circ$ , jeżeli pochylenie przedmiotu to uzasadnia. W przypadku bardzo cienkich powierzchni, zamiast kreskować można je zaczernić.

Na rysunkach złożeniowych kreskowanie przekrojów stykających się ze sobą części powinno się różnić kierunkiem i podziałką, a gdy to nie jest możliwe, tylko podziałką.

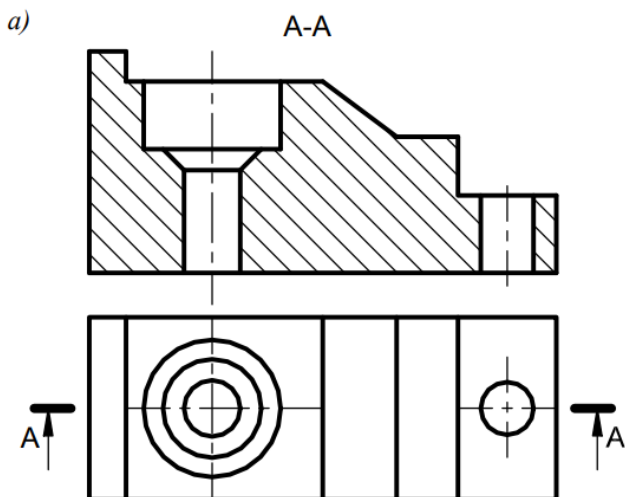
Przykłady kreskowania różnych materiałów:



Jeżeli przekrój znajduje się na tym samym arkuszu co rzut, na którym oznaczono położenie płaszczyzny przekroju i narysowany jest zgodnie z metodą europejską to można:

- pominąć literowe oznaczenie przekroju
- pominąć strzałki
- pominąć oznaczenie przekroju jeżeli z rysunku wyraźnie widać gdzie został wykonany

### Przykład przekroju prostego

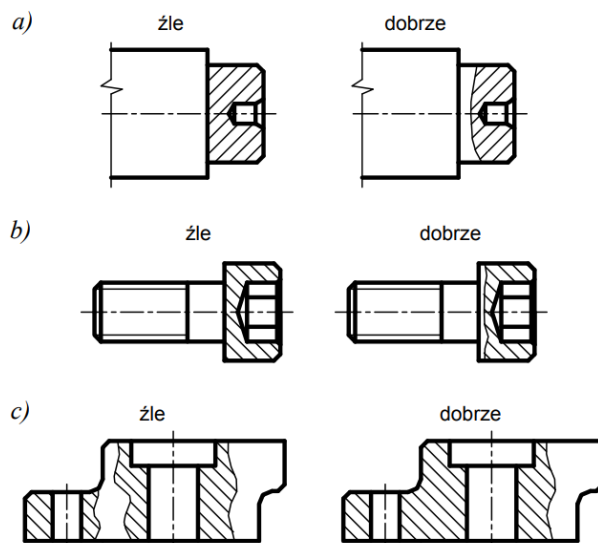


### Przekroje częściowe

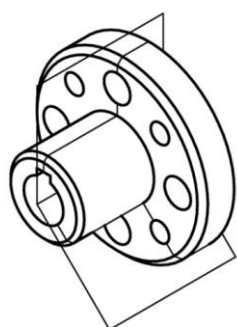
Przekroje częściowe rysuje się jako przekroje miejscowe, które określa się mianem wyrwań. Rysuje się je na widokach przedmiotów i ogranicza linią falistą lub zygzakową.

Przy rysowaniu przekrojów częściowych należy pamiętać o zasadach:

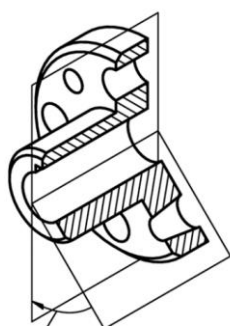
- linia ograniczająca przekrój nie powinna nigdy pokrywać się z linią przedmiotu
- kilka drobnych, blisko siebie położonych przekrojów częściowych lepiej jest łączyć w jeden większy
- przekrój częściowy powinien obejmować tylko taki obszar jaki jest potrzebny do pokazaniażądanego szczegółu budowy przedmiotu



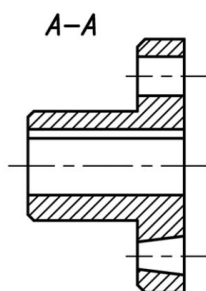
## Przekroje złożone - przykłady



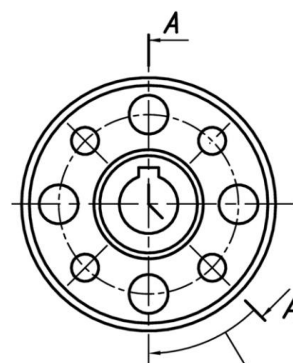
Przekrój łamany



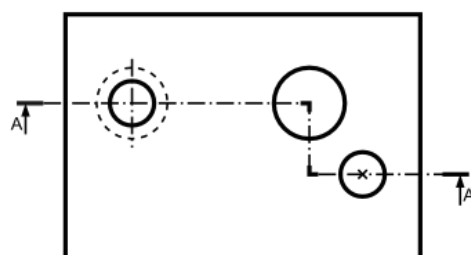
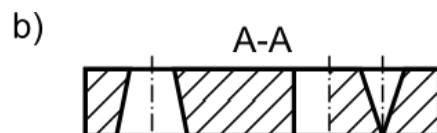
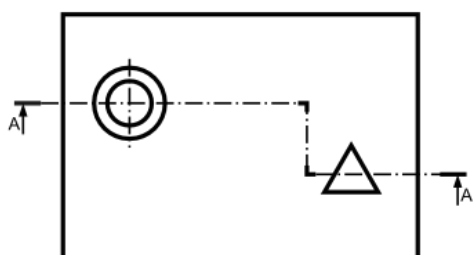
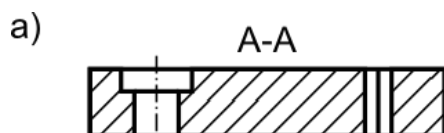
Obrót części przekroju



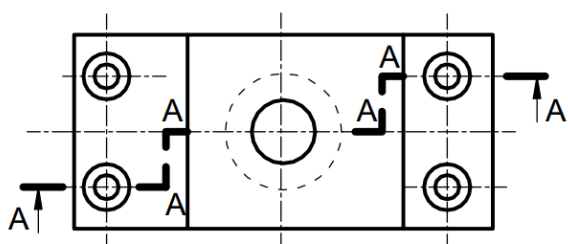
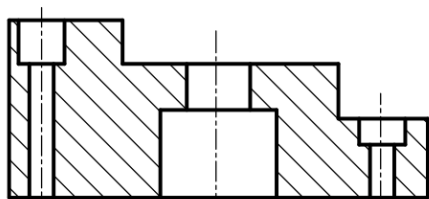
Rzut przekroju łamanego



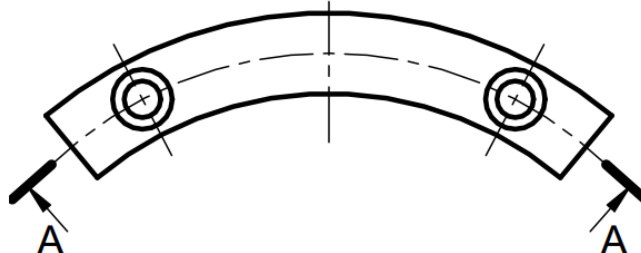
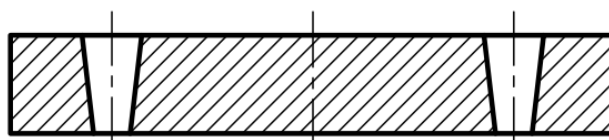
Obrót przekroju do płaszczyzny pionowej



A-A



A-A

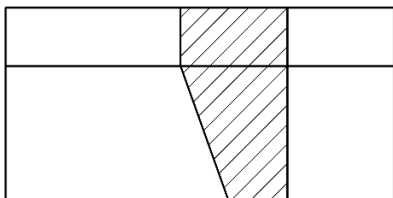


### Kłady

Kład to sposób przedstawienia na rysunku technicznym szczegółów przekroju lub widoku.

Kład przekroju to zarys figury płaskiej będącej przekrojem odwzorowanego przedmiotu, obrócony o  $90^\circ$  (zgodnie z ruchem wskazówek zegara).

Istnieją dwa typy kładów: miejscowe i przesunięte.



**Kłady miejscowe** (jak sama nazwa wskazuje) są umieszczane w miejscu ich występowania na widoku obiektu, a linie krawędzi w takim przypadku są rysowane liniami cienkimi.

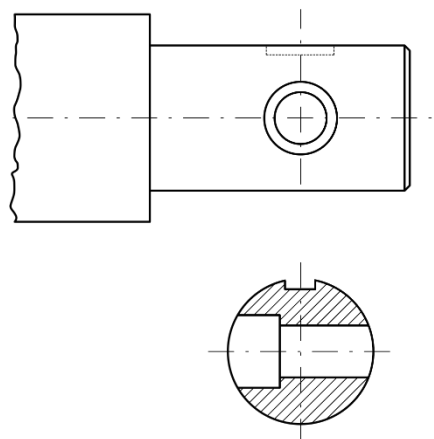
**Kłady przesunięte** rysowane są obok rzutu obiektu a jego zarys jest rysowany liniami grubymi.

Jeśli płaszczyzna przekroju przecina oś otworu (walcowego lub stożkowego), kład uzupełnia się widokiem krawędzi otworów leżących za płaszczyzną.

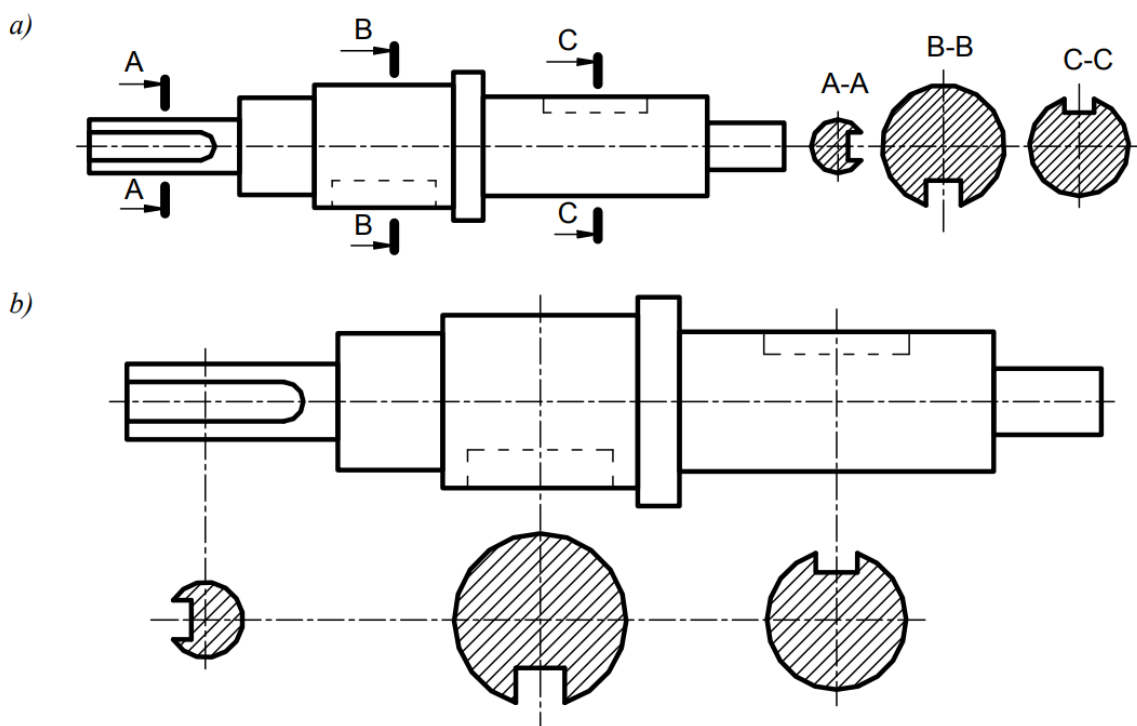
Nie rysuje się kładów składających się z dwóch odrębnych części.

W odróżnieniu od widoku, w kładzie nie pokazuje się zarysów przedmiotu znajdujących się poza płaszczyzną przekroju.

Kłady dość często wykorzystuje się w rysowaniu osi i wałów w celu pokazania rozmieszczenia i kształtów wpustów.



### Przykład kilku kładów na jednym rysunku

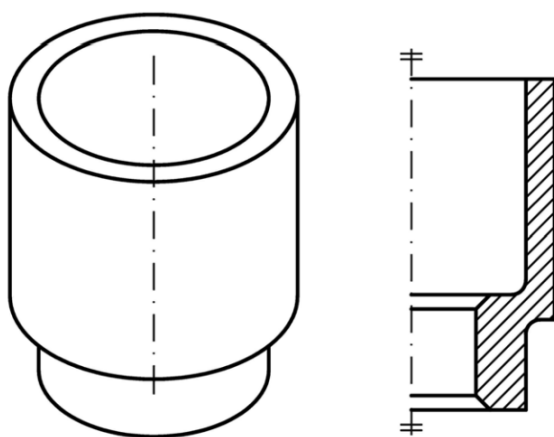


### Widoki i przekroje przedmiotów symetrycznych

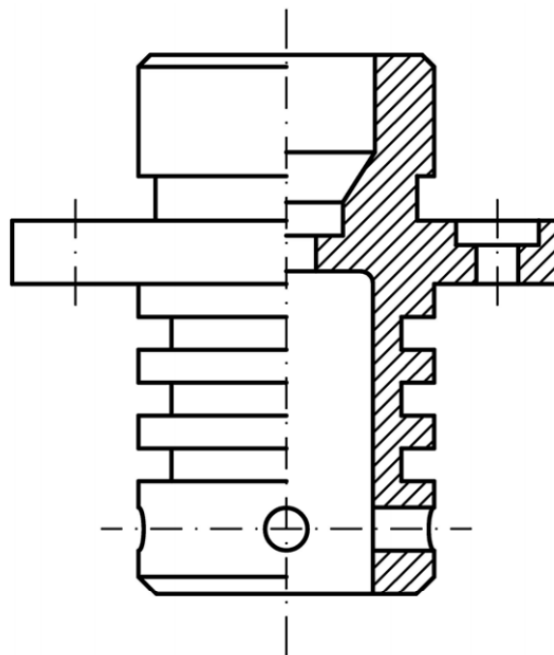
Symetrię przedmiotu lub jego fragmentu względem osi lub płaszczyzny zaznacza się poprzez narysowanie linią punktową cienką osi symetrii równoległej do płaszczyzny symetrii lub śladu płaszczyzny symetrii prostopadłej do płaszczyzny rysunku. Przy rysowaniu przedmiotów o budowie symetrycznej dzięki zaznaczeniu symetrii przedmiotu można pomijać części rzutów lub przekrojów. Sposoby przedstawiania przedmiotów o budowie symetrycznej:

- półwidok
- półprzekrój
- półwidok-półprzekrój
- ćwierćwidok
- ćwierćprzekrój

Przedmiot symetryczny typu tuleja i jego półprzekrój



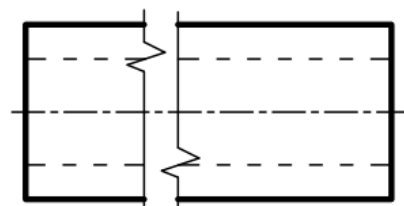
Półwidok-półprzekrój przedmiotu



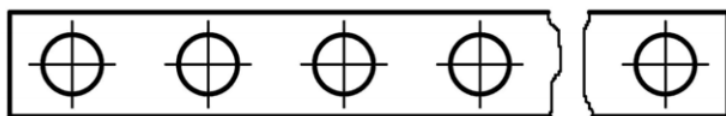
Na półwidokach-półprzekrojach przekrojem powinna być dolna lub prawa część rzutu. Dodatkowo symetrię przedmiotu na półwidokach, półprzekrojach, ćwierćwidokach i ćwierćprzekrojach zaznacza się przez przekreślenie każdego z końców osi symetrii dwiema prostopadłymi do niej cienkimi kreskami o długości co najmniej 3,5 mm.

### Przerywanie i urywanie przedmiotów na rysunkach

Rzuty przedmiotów długich można skracać opuszczając ich część środkową, jeśli nie nasuwa to wątpliwości co do ich kształtu. W miejscu przerywania obie części rzutu ogranicza się linią falistą lub zygzakową.

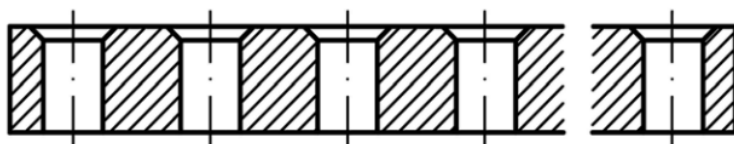


### Przerywanie widoku

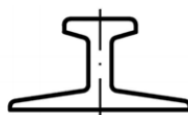


Można również, zamiast części środkowej, pominąć na rysunku końcową część rysowanego przedmiotu o niezmiennym zarysie w przekroju poprzecznym, ograniczając miejsce urwania widoku oraz widoku z przekrojem linią falistą lub zygzakową. W przypadku przekroju miejsce urwania ogranicza się tylko liniami kreskowania.

### Przerywanie przekroju

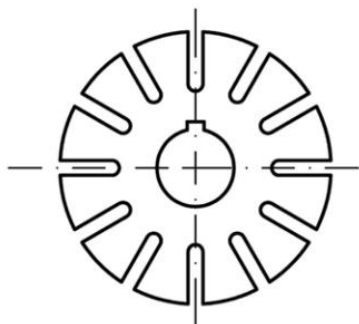


### Urywanie widoku

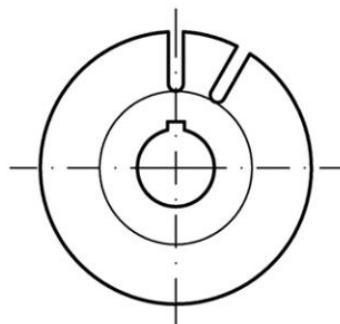


Rysowanie przedmiotów o powtarzających się elementach

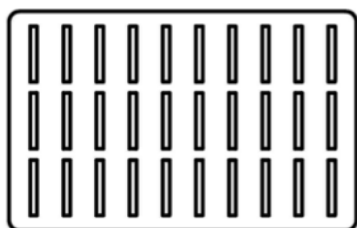
*Przed uproszczeniem*



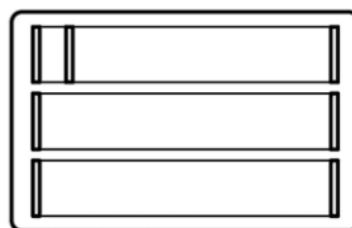
*Po uproszczeniu*



*Przed uproszczeniem*

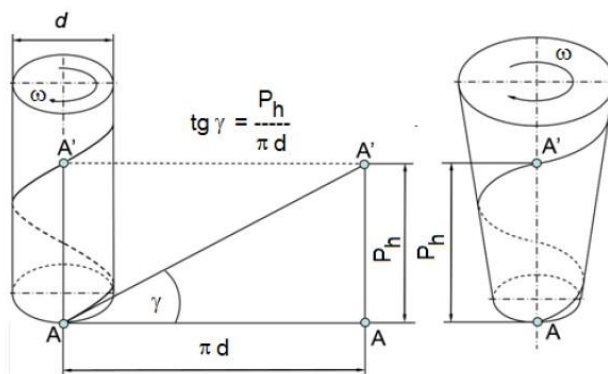


*Po uproszczeniu*



Gwint – bryła, powstająca przez wycięcie bruzd (rowków) o określonym kształcie wzdłuż linii śrubowej. Powstałe występy oraz bruzdy, obserwowane w płaszczyźnie przechodzącej przez oś gwintu, tworzą zarys gwintu.

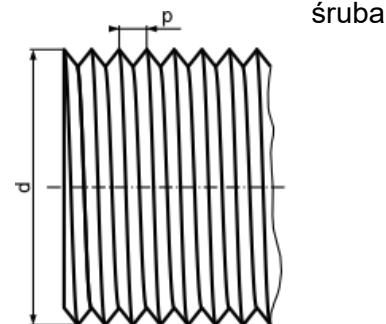
Linia śrubowa jest to krzywa przestrzenna, opisana na poboczniccy walca lub stożka przez punkt poruszający się ruchem jednostajnym wzdłuż tworzącej walca lub stożka przy stałej prędkości obrotowej walca lub stożka.



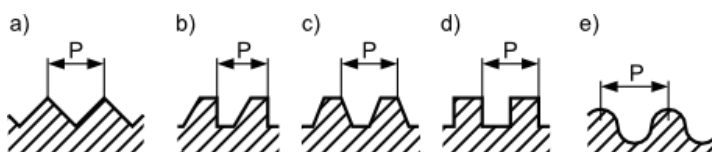
Rozróżniamy linię śrubową prawą i lewą. Linia śrubowa jest nazywana:

- prawą – gdy linia, na którą patrzymy wzdłuż osi linii śrubowej oddala się od nas w wyniku obrotu zgodnego z obrotem wskazówek zegara,
- lewą – gdy linia na którą patrzymy wzdłuż osi linii śrubowej oddala się od nas w wyniku obrotu przeciwnego do ruchu wskazówek zegara.

Parametr **p** jest **skokiem linii śrubowej**, a linie zarysu gwintów biegają po liniach śrubowych. Skok **p** linii śrubowej gwintu ma wpływ na to, jakiemu przemieszczeniu będzie ulegała obrócona w nagwintowanym otworze o **360°**. Poza skokiem kolejnym ważnym parametrem jest średnica zewnętrzna **d** gwintu. Istnieje jeszcze średnica wewnętrzna **d<sub>i</sub>** i związana z nią głębokość **g** gwintu.



### Typy przekrojów gwintów



Podstawowe rodzaje zarysów gwintów:

**a)** trójkątny **b)** trapezowy niesymetryczny **c)** trapezowy symetryczny **d)** prostokątny **e)** okrągły  
Litera **p** oznacza skok gwintu.



## Oznaczenia gwintów

Oznaczenie gwintu zawiera:

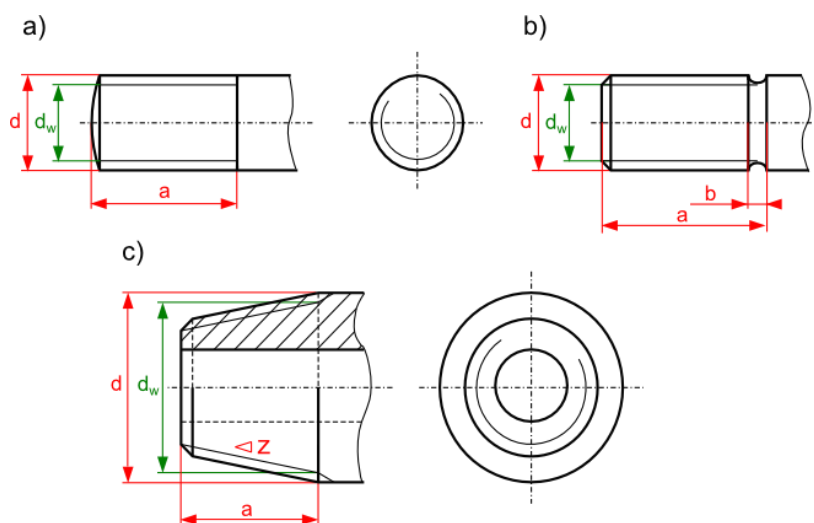
- rodzaj gwintu (M – metryczny, R – rurowy, itp.)
- średnicę zewnętrzną gwintu
- skok gwintu dla gwintu drobnozwojowego
- tolerancję

Przykłady oznaczeń:

- M10 gwint metryczny trójkątny zwykły o średnicy  $d=10$  mm
- M10×0,5 gwint metryczny trójkątny drobnozwojny o skoku  $p=0,5$  mm i średnicy  $d=10$  mm
- 1/2"×1/16" gwint calowy drobnozwojny o średnicy 1/2 cala i skoku 1/16"
- 3/4" gwint rurowy o średnicy 3/4 cala
- Tr30×5 gwint metryczny trapezowy symetryczny o średnicy  $d=30$  mm i skoku  $p=5$  mm
- Rc 1" gwint rurowy stożkowy o średnicy 1 cala
- Rd 60×1/4" gwint okrągły o średnicy  $d=60$  mm i skoku  $p=1/4$ "

Rysunkowe uproszczenia gwintów

- $d$  - średnica zewnętrznego zarysu gwintu (w przypadku gwintu stożkowego maksymalna zewnętrzna średnica);
- $d_w$  - przybliżona średnica wewnętrznego zarysu gwintu (w przypadku gwintu stożkowego maksymalna wewnętrzna średnica);
- $a$  - długość gwintu;
- $b$  - szerokość podtoczenia.;
- $z$  - zbieżność zewnętrznej powierzchni stożka gwintu.



Połączenia gwintowe są połączeniami rozłącznymi, realizowanymi przez gwint zewnętrzny i wewnętrzny.

Gwinty zwykle stosowane są najczęściej w elementach niezbyt dokładnych, produkowanych seryjnie lub masowo. Podziałka gwintów drobnych jest mniejsza od podziałki gwintów zwykłych o tej samej średnicy. Z uwagi na mniejszą głębokość gwintu są one stosowane w celu zwiększenia średnicy rdzenia śruby; są nacinane na tulejach, rurach itd. Cechuje je także wysoka samohamowność (mały kąt  $\gamma$ ), zabezpieczająca połączenie przed luzowaniem.

Gwinty grube stosuje się w zarysach trapezowych przy  $d \geq 22$  mm, głównie w połączeniach spoczynkowych często odkręcanych.

Najczęściej stosuje się gwinty prawe. Gwinty lewe stosuje się, np., w niektórych elementach obrabiarek gdy użycie gwintu prawego powoduje samoczynne luzowanie połączenia, bądź jako jeden z gwintów tzw. nakrętki rzymskiej itp.

Gwinty jednokrotne stosuje się głównie we wszystkich połączeniach spoczynkowych, m.in. ze względu na ich samohamowność, zabezpieczenie przed luzowaniem, łatwiejsze i tańsze wykonanie itd.

W gwintach wielokrotnych występuje kilka początków (wejść) poszczególnych zwojów gwintu. Zwoje są równoległe do siebie, a ich początki są rozstawione symetrycznie na obwodzie walca lub stożka (np. w gwincie 3krotnym co  $120^\circ$ ). Dla gwintów wielokrotnych określa się skok gwintu  $P_h$ , równy podziałce danej linii śrubowej, oraz podziałkę gwintu  $P$ , tzn. odległość między jednakowymi punktami sąsiednich zwojów, mierzoną równoległe do osi gwintu. Gwinty wielokrotne są stosowane w połączeniach ruchowych, gdzie wymagane jest duże przesunięcie przy jednym obrocie śruby, duża sprawność, niesamohamowność itp.

Gwint metryczny jest podstawowym znormalizowanym gwintem złącznym. Do jego zalet należy duża wytrzymałość ze względu na duży kąt gwintu. Natomiast wadami gwintu są niedokładne osiowanie oraz niska sprawność.

Gwint trapezowy symetryczny ma środkowanie na, powierzchniach bocznych, a kąt zarysu  $\alpha=30^\circ$ . Gwint trapezowy symetryczny jest stosowany w mechanizmach silnie obciążonych, pracujących rzadziej i przy małej prędkości (śruby dźwigników śrubowych i wrzecion zaworów), jak również w śrubach przenoszących duże obciążenie w obu kierunkach (śruby pociągowe tokarek). Zaletą takiego gwintu jest możliwość kompensacji luzów wzdłużnych (powstałych wskutek zużycia gwintu) za pomocą regulowanej nakrętki rozciętej.

Gwint trapezowy niesymetryczny ma środkowanie na zewnętrznej powierzchni śruby, a kąt powierzchni roboczej  $\alpha_r=3^\circ$ . Dzięki takiemu małemu kątowi sprawność gwintu jest duża (przy odpowiednim kierunku ruchu). Jeszcze mniejszy kąt byłby niekorzystny ze względów technologicznych. Kąt powierzchni pomocniczej jest  $\alpha_p=30^\circ$ . Gwint niesymetryczny cechuje duży promień zaokrąglenia dna wrębu zarysu, co znacznie zmniejsza spiętrzenie naprężeń.

Gwint trapezowy niesymetryczny jest stosowany przy jednostronnym działaniu dużych sił, przy dużej prędkości, gdy wymagana jest duża sprawność i wytrzymałość zmęczeniowa (śruby w połączeniach ruchowych pras śrubowych, zaciskowych urządzeń walców, haków, dźwigów itp.).

Gwint prostokątny - jest stosowany w połączeniach ruchowych. Cechuje się największą sprawnością, ale i najmniejszą wytrzymałością. Gwinty te nie zostały znormalizowane. Podziałkę  $P$  i średnicę nominalną  $d$  wyznacza się na podstawie normy gwintów trapezowych symetrycznych.

Gwint okrągły – posiada zaokrąglony zarys przez co charakteryzuje się dużą wytrzymałością zmęczeniową i statyczną. Jest stosowany w połączeniach spoczynkowych często rozłączanych oraz narażonych na zanieczyszczenia i korozję, m.in. w złączach wagonowych, hakach żurawi, przewodach pożarniczych, elektrotechnice.

Wykonanie różnych części maszyn wymaga często uzyskiwania płaszczyzn spełniających określone normy chropowatości powierzchni. Im wyższa klasa chropowatości powierzchni tym droższa obróbka w związku z czym zawsze należy optymalizować parametr wskazujący tę właściwość powierzchni obrabianego obiektu. W danym obiekcie obrabianym często może występować kilka różnych wartości chropowatości, które są zależne od tego w jakich warunkach dana powierzchnia będzie pracowała lub też względy estetyczne danej powierzchni (połysk lub zmatowienie).

Istnieją dwa podstawowe parametry chropowatości powierzchni. Pierwszym z nich jest parametr **Ra**, który jest średnią arytmetyczną odchylenia od linii średniej, mierzony za pomocą specjalistycznego urządzenia mierzącego z bardzo dużą dokładnością odchyłki położenia końcówki pomiarowej na z góry określonym przez polskie normy odcinku. Parametr Ra jest spotykany znacznie częściej na rysunkach technicznych niż Rz.

$$Ra = \sum \frac{|y_n|}{n}$$

Drugim parametrem opisującym chropowość powierzchni jest parametr **Rz**, którego sposób obliczania jest znacznie prostszy niż poprzedniego parametru. Wynika to z faktu, że w celu jego obliczenia należy znaleźć pięć największych wzniesień W oraz pięć największych dołków D odnotowanych na danym odcinku pomiarowym. Często spotykany w Niemczech. Pomiędzy Ra i Rz istnieje zależność:  $Rz \approx 4 * Ra$

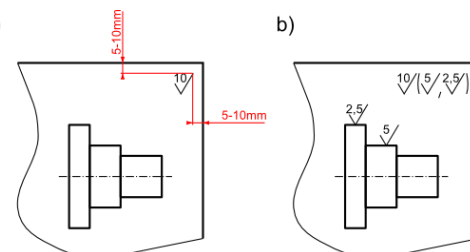
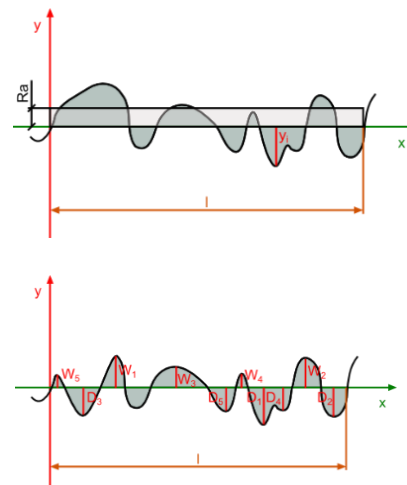
$$Rz = \frac{W1 + W2 + W3 + W4 + W5}{5} + \frac{D1 + D2 + D3 + D4 + D5}{5}$$

Aby inżynierowie mogli się porozumieć w kwestii jakości wykonywanych elementów, w rysunku technicznym wprowadzono zunifikowane znaki, które określają wielkość dopuszczalnej chropowatości powierzchni oraz sposób obróbki.

Oznaczenie na rysunku, jakości powierzchni wg. normy PN-EN ISO 1302:2004). Wszystkie wartości podawane są w  $\mu m$  ( $10^{-6}m$ )

Oznaczenia chropowatości powierzchni można umieścić na rysunku w dwojaki sposób:

- na rzutach - umieszczając odpowiednie oznaczenie na danej płaszczyźnie, której ono dotyczy lub za pośrednictwem linii odniesienia;
- jako oznaczenia zbiorcze umieszczone w prawym górnym rogu arkusza w odległości od 5 do 10 [mm].



	Symbol podstawowy		Symbol oznaczający nie dopuszczenie do usunięcia materiału
	Symbol oznaczający usunięcie materiału		Symbol dotyczy wszystkich powierzchni

W zależności od typu obróbki, jaki wybierzemy możemy uzyskać różną jakość powierzchni. Dobrze jest wiedzieć, jaką maksymalnie jakościowo powierzchnię możemy uzyskać wg. poszczególnych metod obróbki.

Istnieje 14 klas chropowości powierzchni, gdzie im wyższy numer tym mniejsza jej chropowość.

Klasa chropowości	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	Rodzaj obróbki
1	80	320	zgrubna obróbka skrawaniem
2	40	160	zgrubna obróbka skrawaniem
3	20	80	dokładna obróbka skrawaniem
4	10	40	dokładna obróbka skrawaniem
5	5	20	wykończeniowa obróbka skrawaniem
6	2,5	10	wykończeniowa obróbka skrawaniem
7	1,25	6,3	szlifowanie zgrubne
8	0,63	3,2	szlifowanie dokładne
9	0,32	1,6	szlifowanie wykończeniowe
10	0,16	0,8	docieranie
11	0,08	0,4	docieranie pastą diamentową
12	0,04	0,2	honowanie
13	0,02	0,1	polerowanie
14	0,01	0,05	polerowanie

Przykłady podstawowych oznaczeń znaków chropowości:

- przykład oznaczenia chropowości Ra=0,32  $\mu\text{m}$ , która powinna zostać uzyskana poprzez zdjęcie warstwy zewnętrznej materiału.

- przykład oznaczenia chropowości Ra=5  $\mu\text{m}$ , która powinna zostać uzyskana bez zdejmowania warstwy zewnętrznej materiału.

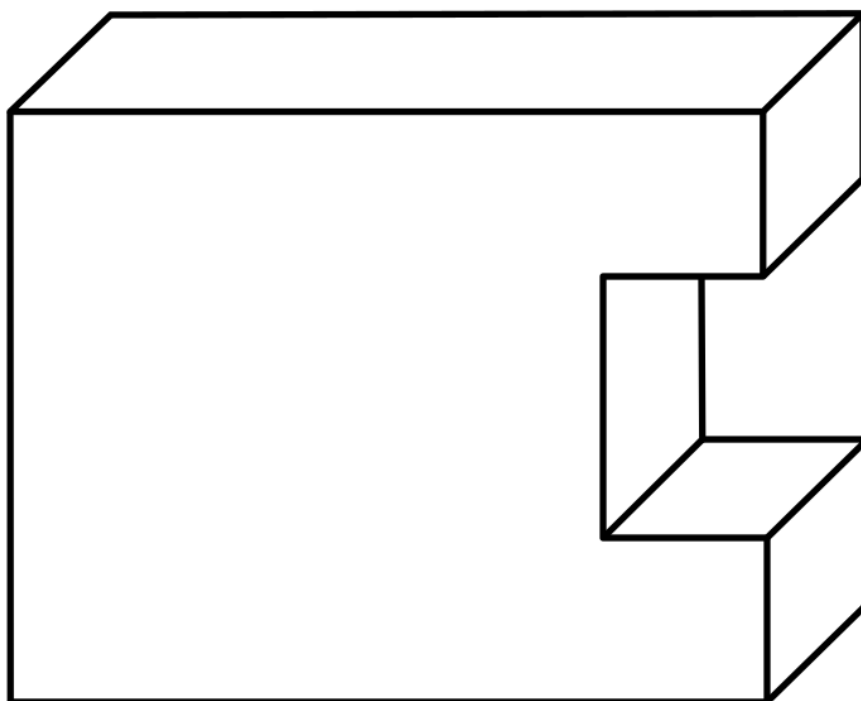
- przykład oznaczenia chropowości pozostawionej bez zmian.

- przykład oznaczenia chropowości Ra=10  $\mu\text{m}$ , która może zostać uzyskana poprzez zdjęcie lub bez zdjęcia zewnętrznej warstwy materiału.

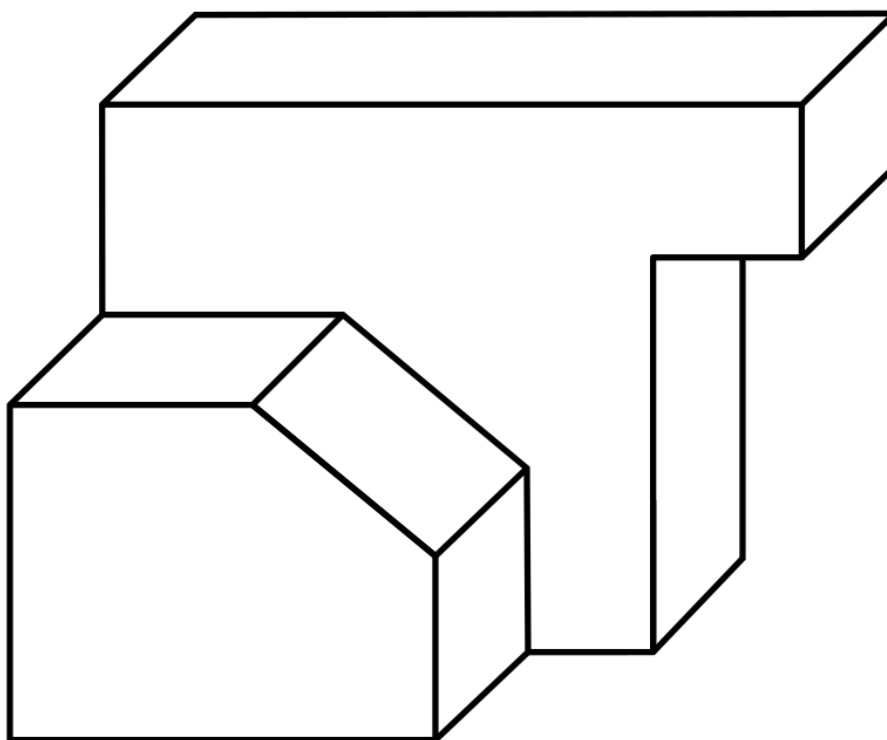
- przykład oznaczenia zbiorczego, informujący o tym, że na rysunku użyto dodatkowych oznaczeń chropowości (oprócz tych, które zostały podane).

Narysuj przedmioty w 3 rzutach prostokątnych

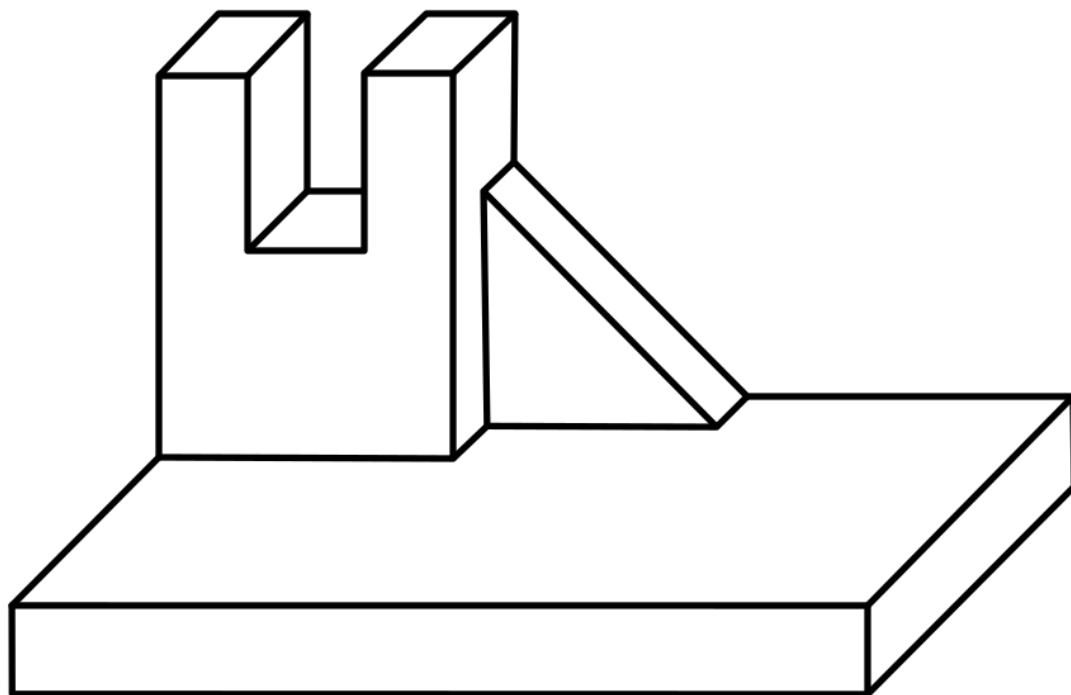
Rys. 1



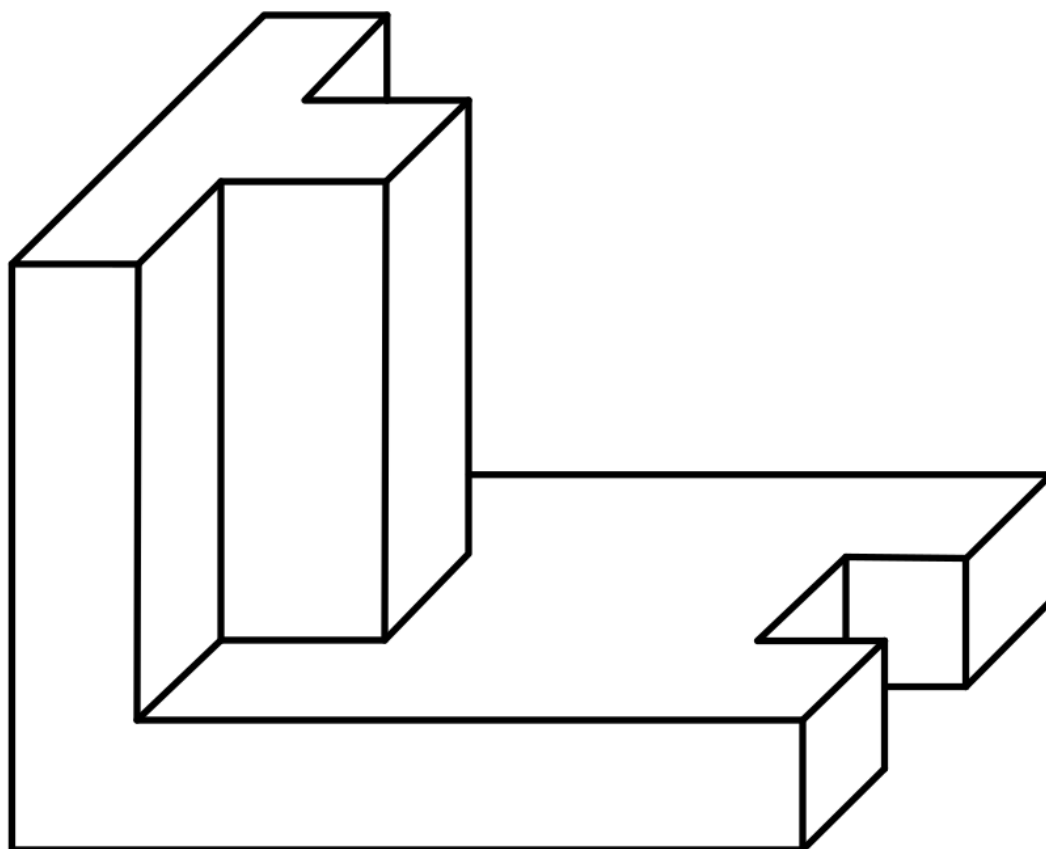
Rys. 2



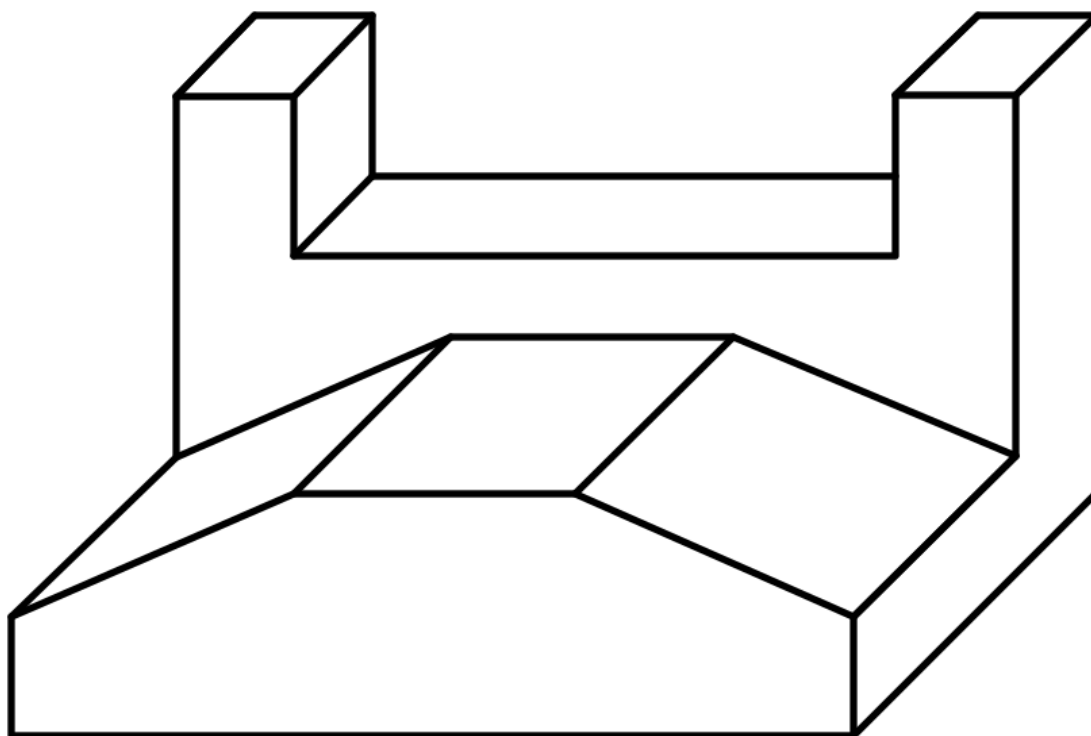
Rys. 3



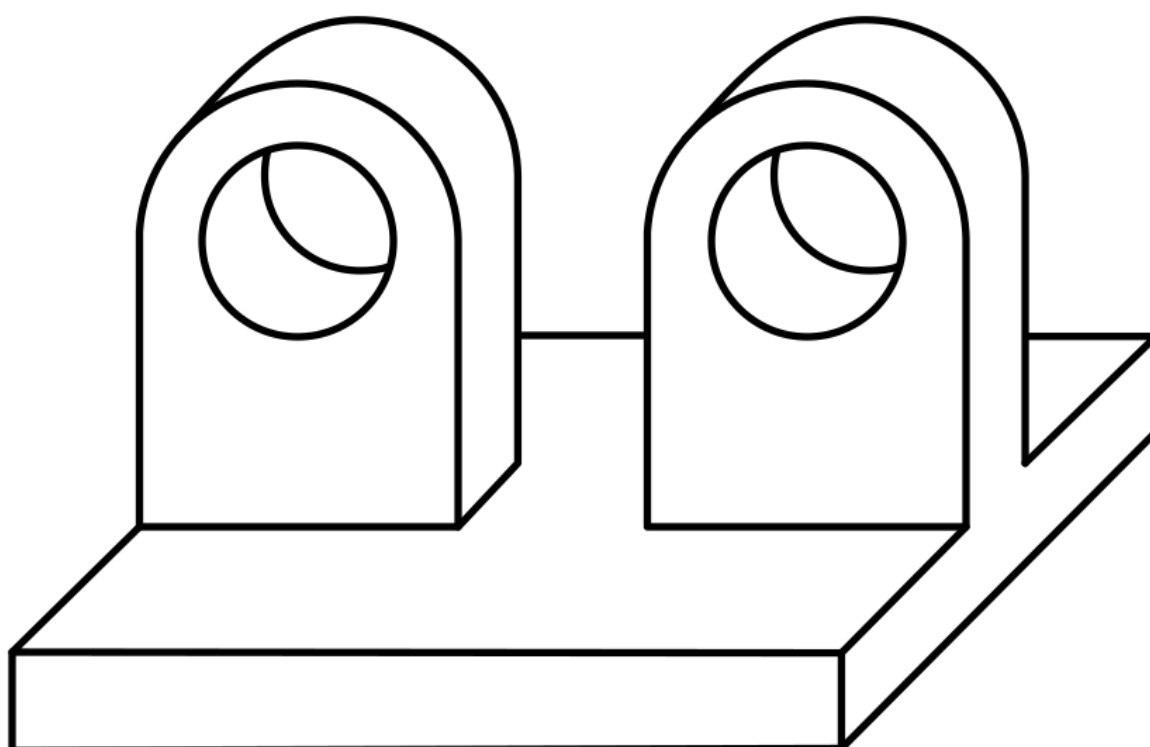
Rys. 4



Rys. 5

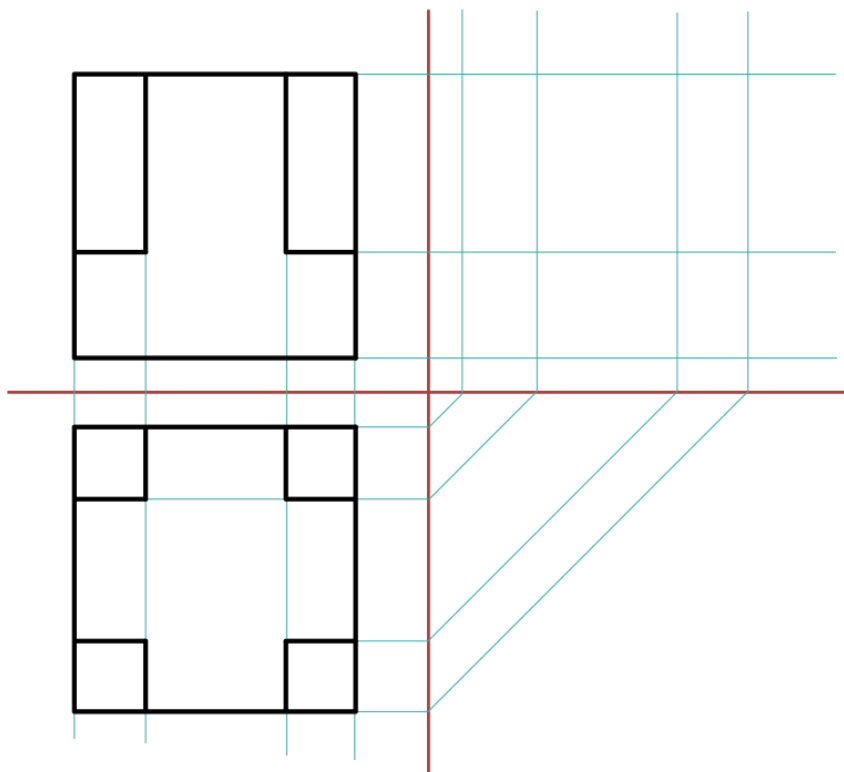


Rys. 6

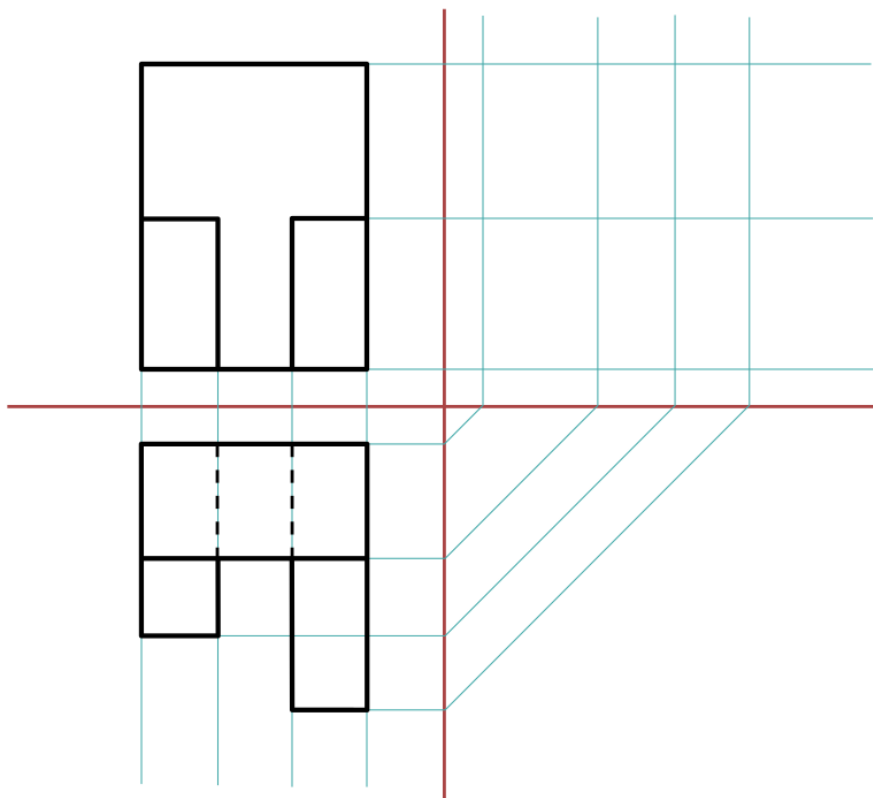


Dorysuj brakujący rzut

Rys. 1



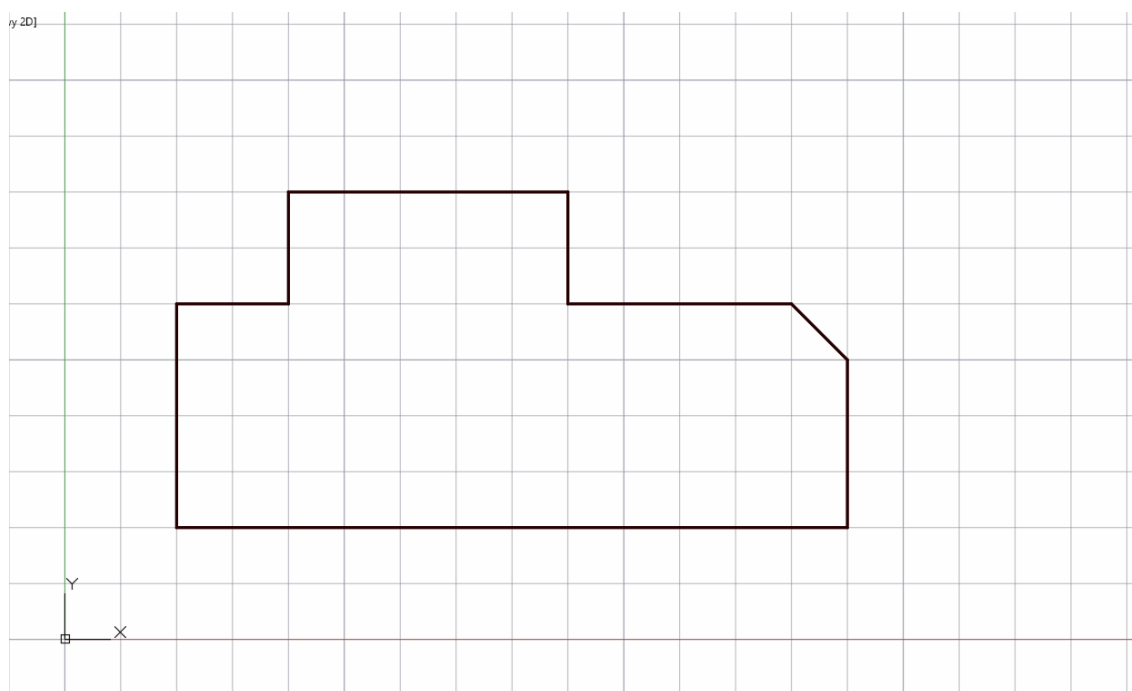
Rys. 2



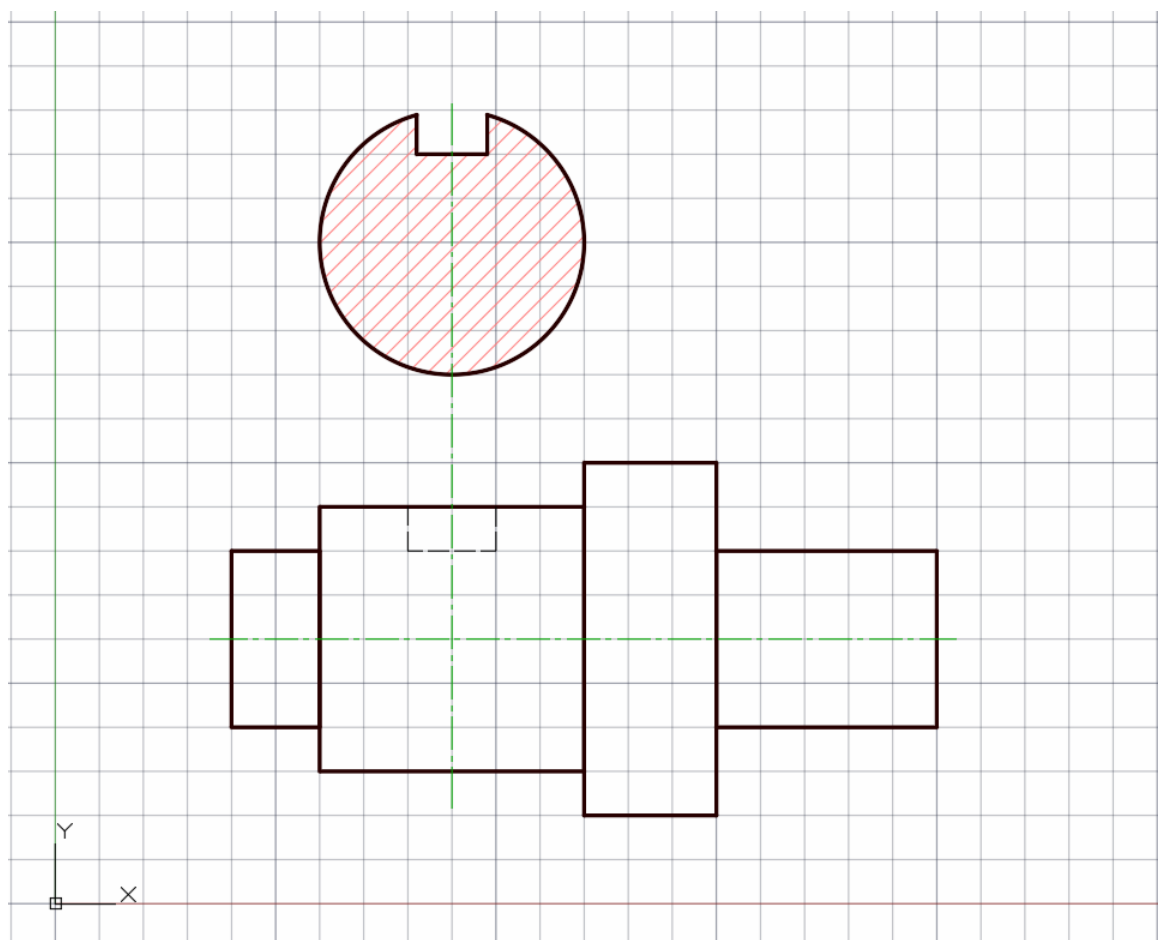


Zwymiaruj rysunek na podstawie linii siatki oddalonych o 10 jednostek

Rys. 1 Grubość przedmiotu wynosi 24mm



Rys. 2



Rys. 3

