

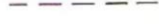






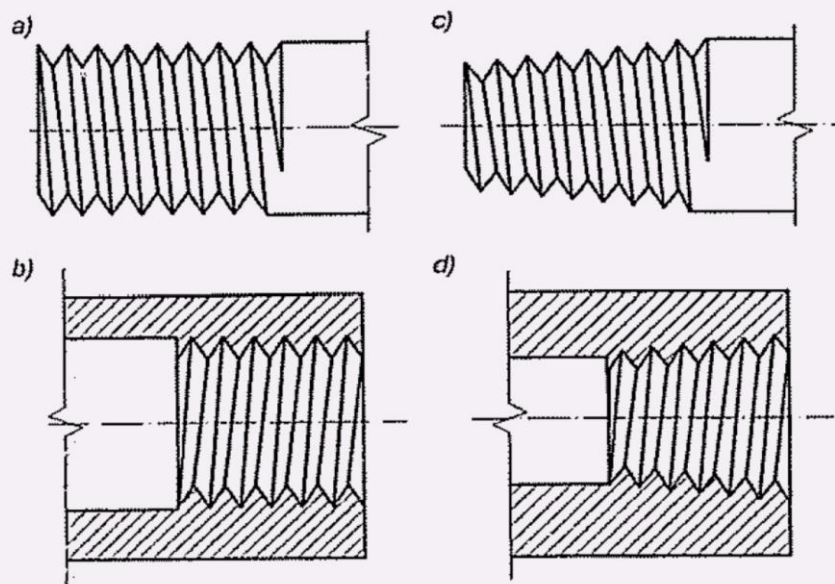
Grubość linii	Zastosowanie
Cienka	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Linie wymiarowe</li> <li>- Pomocnicze linie wymiarowe</li> <li>- Linie odniesienia</li> <li>- Linie kreskowane przekrojów</li> </ul>
Średnia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Widoczne zarysy widoków I przekrojów</li> <li>- Ślady płaszczyzn przekrojów</li> <li>- Zarysy kłędów przesuniętych</li> <li>- Obramowanie rysunku</li> </ul>
Gruba	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Połączenia klejone I lutowane</li> </ul>

## Typy linii

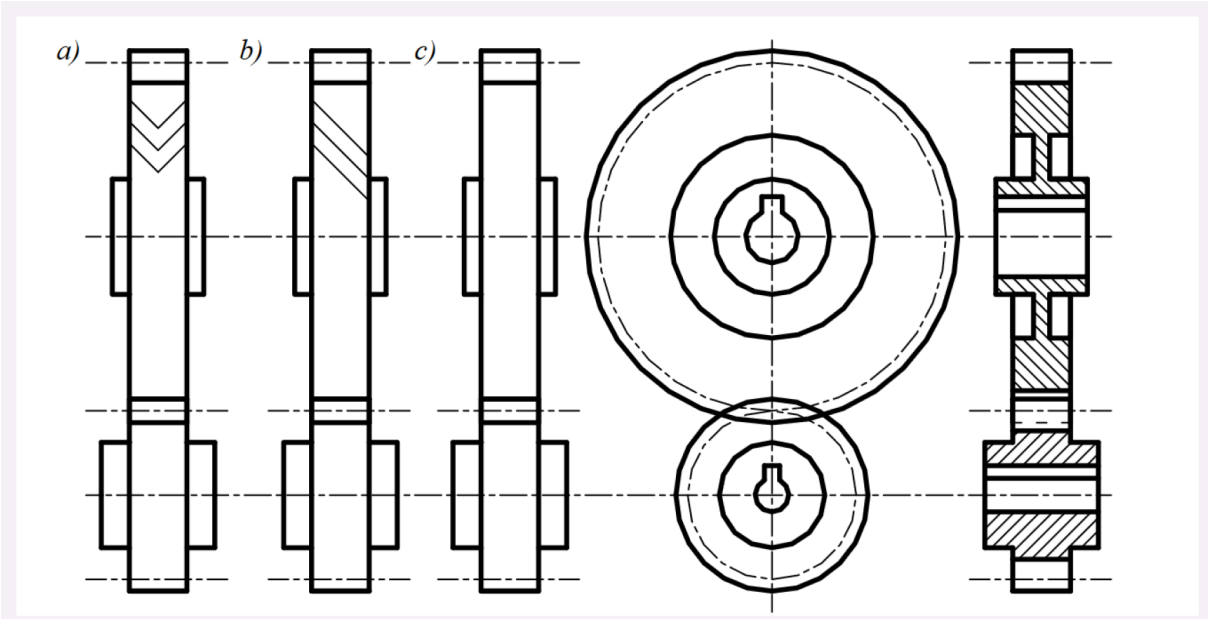
1	2	3	4	5
2	falista		cienka	<ul style="list-style-type: none"> <li>— urwania i przzerwania rzutów</li> <li>— linia oddzielająca widok od przekroju</li> </ul>
3	zygzakowa		cienka	— jak falista cienka
4	kreskowa		cienka	— niewidoczne zarysy przedmiotu
5	punktowa		cienka	<ul style="list-style-type: none"> <li>— osie symetrii</li> <li>— koła i linie podziałowe</li> </ul>
			gruba	— powierzchnie podlegające obróbce cieplnej, powleczenia
6	dwupunktowa		cienka	<ul style="list-style-type: none"> <li>— linie gięcia na rozwinięciach</li> <li>— skrajne położenia ruchomych części</li> </ul>
7	wielopunktowa		cienka	— ma zastosowanie w rysunku budowlanym i w kartografii

Znak	Objaśnienie
∅	Znak wymiarowy średnicy
R	Znak wymiarowy promienia krzywizny
SR	Znak wymiarowy promienia kuli
S∅	Znak wymiarowy średnicy kuli
□	Znak wymiarowy kwadratu
∩	Znak wymiarowy łuku (umieszczany and wartością miary)
6∠	Znak wymiarowy sześciokąta
C	Znak wymiarowy bierzości
M	Znak wymiarowy gwintu metrycznego

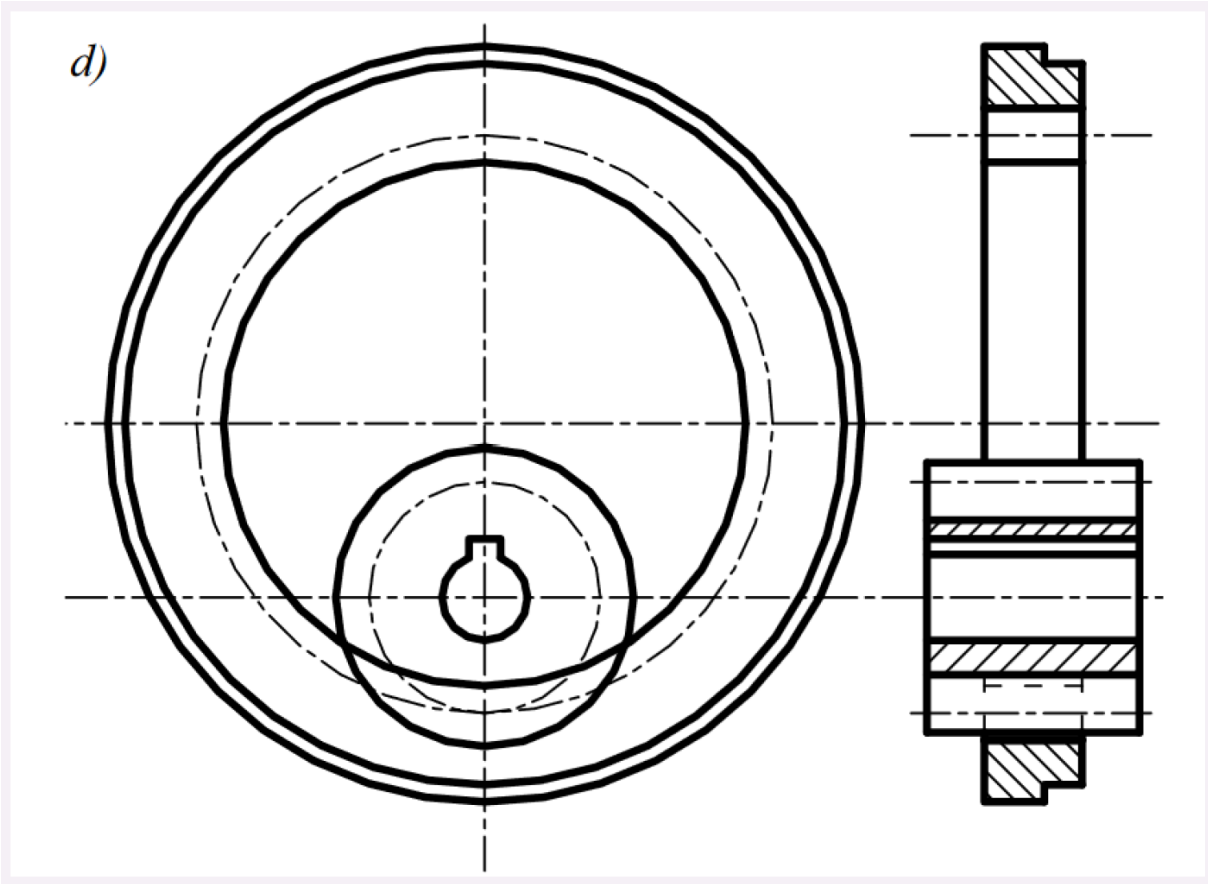
# Gwint



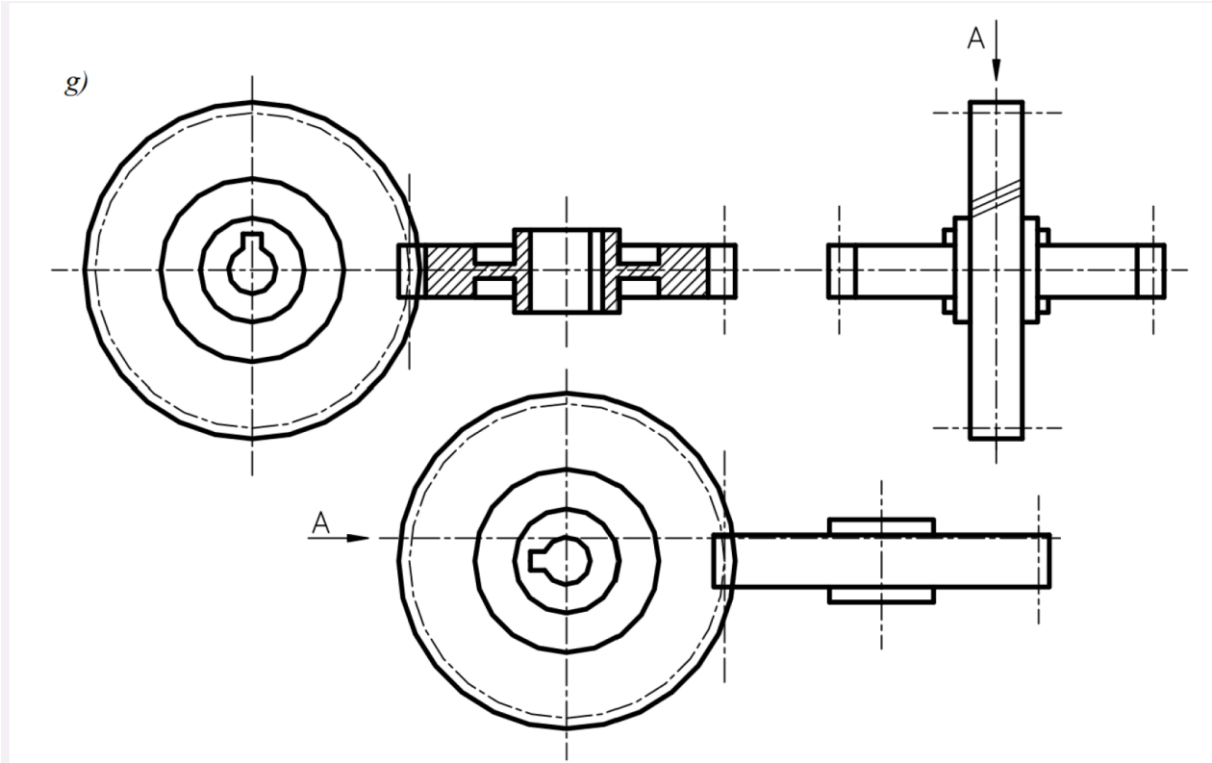
Przekładnia walcowa



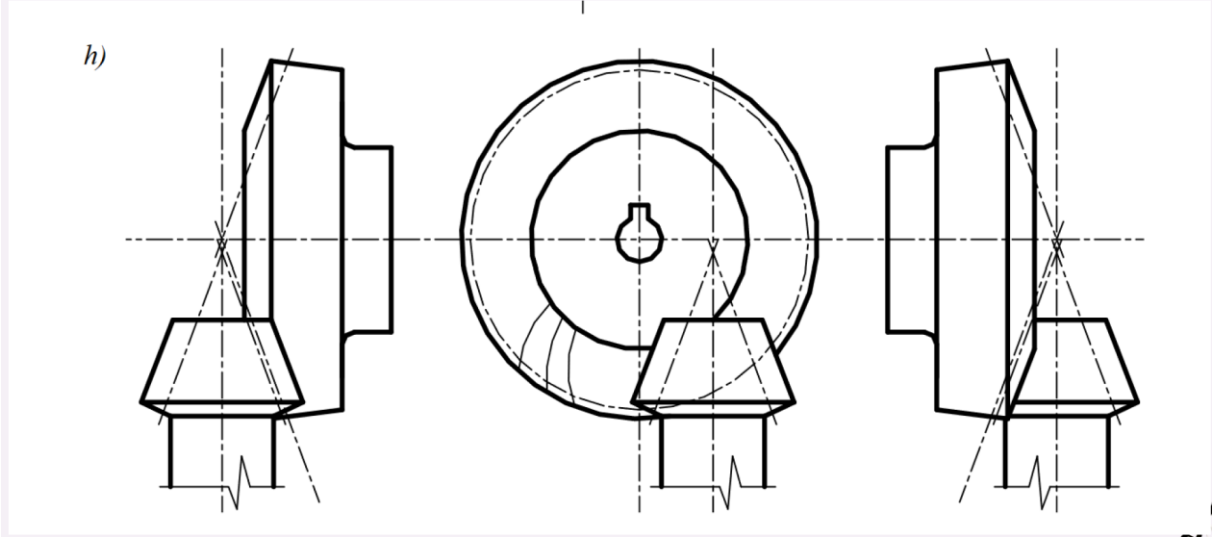
Przekładnia walcowa wewnętrzna



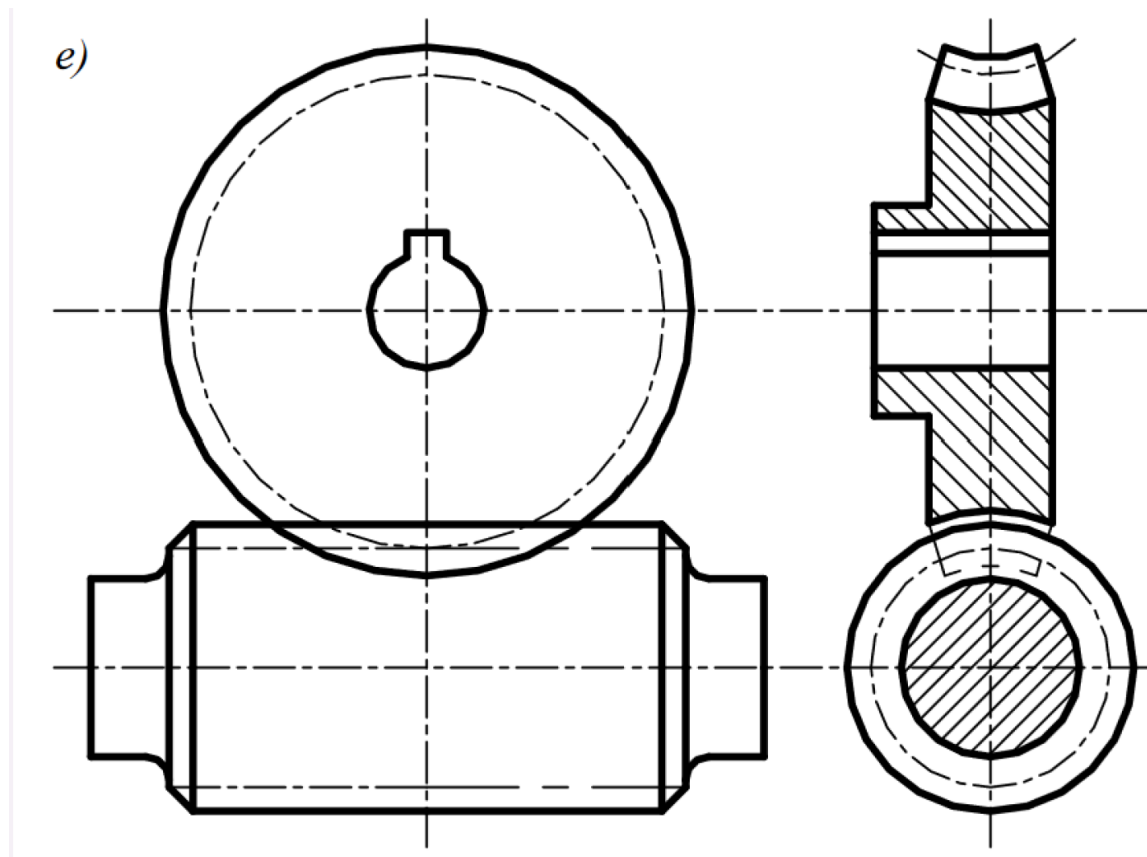
Przekładnia stożkowa



Przekładnia hipoidalna

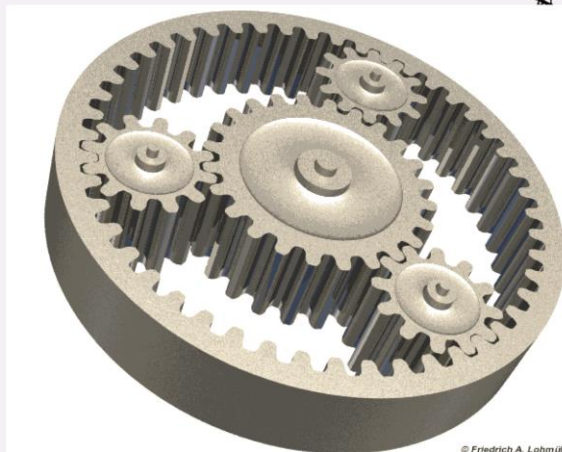


## Przekładnia ślimakowa



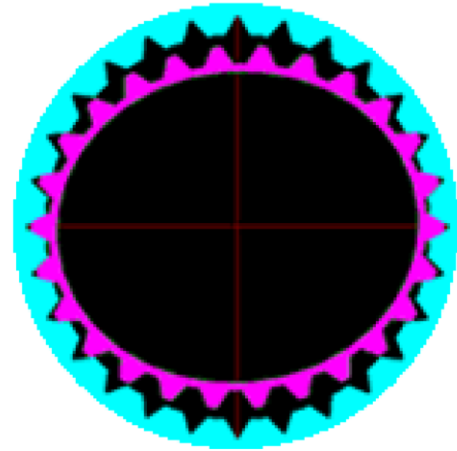
## Przekładnia planetarna

- Podobnie jak ślimakowa - używana kiedy potrzebne jest duże zmniejszenie szybkości – a co za tym idzie, duże zwiększenie momentu obrotowego.
- Ma większe przełożenia, lecz jest mniej odporna na siły z zewnątrz



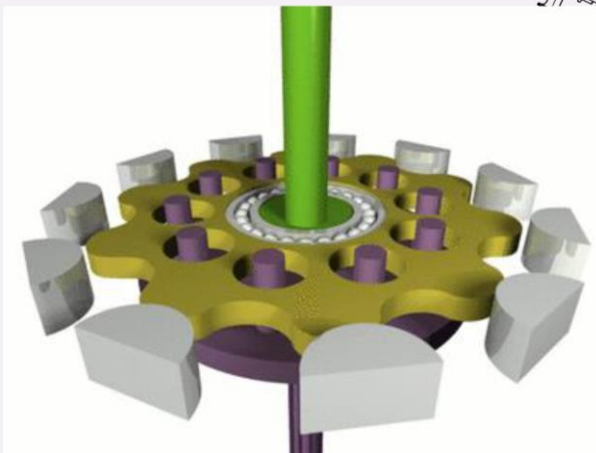
## Przekładnia falowa

- Lżejsza i bardziej kompaktowa niż przekładnia planetarna



## Przekładnia cykloidalna

- Duże przełożenia momentu obrotowego, z zastosowaniem małej ilości miejsc



# Połączenie łąpkowe

Głównie używane przy łączeniu blach

Polega na wprowadzeniu łąpek z jednego elementu do drugiego, a następnie odkształcenie ich

# Połączenie spawane

- Stosowane przy łączeniu metali
- Polega na miejscowym roztopieniu powierzchni stykowych z dodaniem/brakiem dodania spoiwa

# Połączenie zgrzewane

- Polega na nagrzeniu elementów łączonych do stanu plastycznego lub miejscowego stopienia i wywarcie na nie nacisku.

# Połączenie lutowane

- Polega na łączeniu elementów metalowych za pomocą spoiny wypełnionej metalem o temperaturze topnienia niższej niż metale łączonych elementów.
  - Spoina jest w postaci stopionej, element w postaci stałej.
- Najczęściej stosowane w elektronice

# Połączenie klejone

- Polega na sklejaniu ze sobą dwóch elementów za pomocą

## Połączenie nitowe

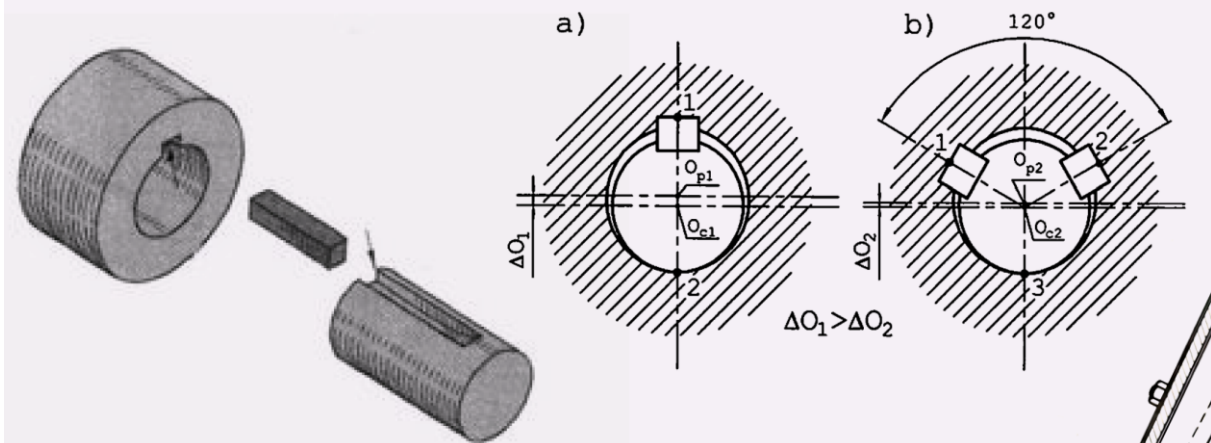
- Połączenie elementów za pomocą nitów, zwykle jako trzpienie walcowe z łbami.

## Połączenia rurowe

- Najczęściej stosowane w hydraulice, połączenia pozwalające na przepływ gazu lub płynu środkiem rury
- Rozróżnia się łączenia: gwintowe, kielichowe i kołnierzowe

## Połączenie wpustowe

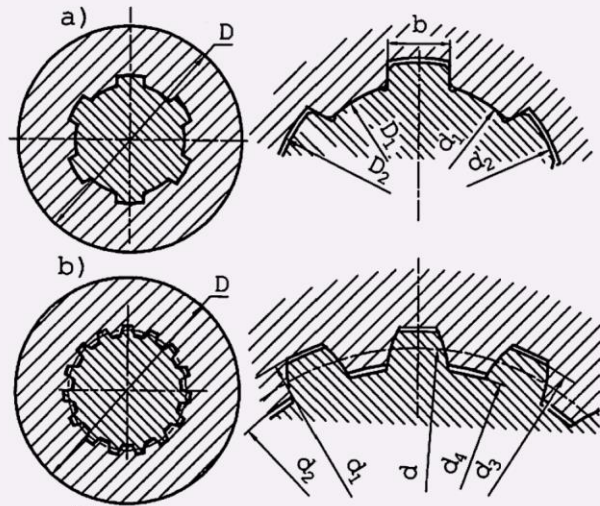
- Połączenie które wykorzystuje wpust, który definiuje położenie dwóch łączonych elementów między sobą





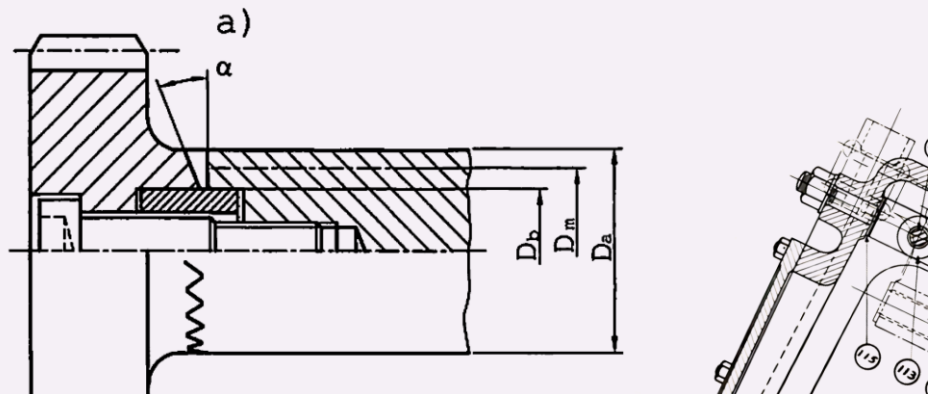
# Połączenia wielowypustowe

- Często stosowane jako połączenia ruchowe



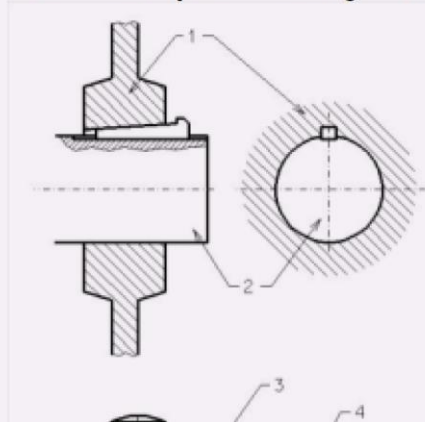
# Połączenia wieloząbkowe czołowe

- Najczęściej stosowane jako połączenia przenoszące moment obrotowy (przekładnie)



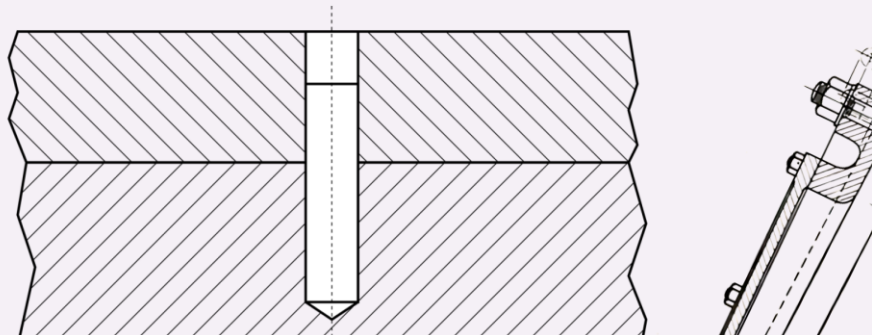
# Połączenie klinowe

- Połączenie dwóch elementów za pomocą klinu.
- Rozróżnia się połączenia:
  - Klinowe wzdużne
  - Klinowe poprzeczne



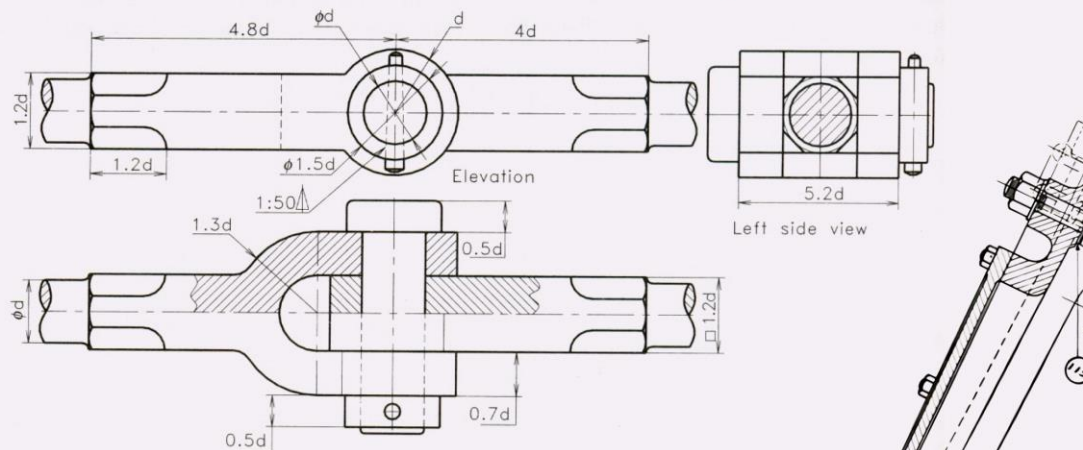
# Połączenie kołkowe

- Połączenie dwóch elementów za pomocą kołka. Z oboma elementami kołek jest połączony na wcisk.
- Najlepiej się sprawuje w przypadku sił ścinających i zginających.



# Połączenie sworzniowe

- Połączenie ruchome, jeden element jest połączony ze sworzniem na wcisk, zaś drugi ma z nim połączenie luźne.

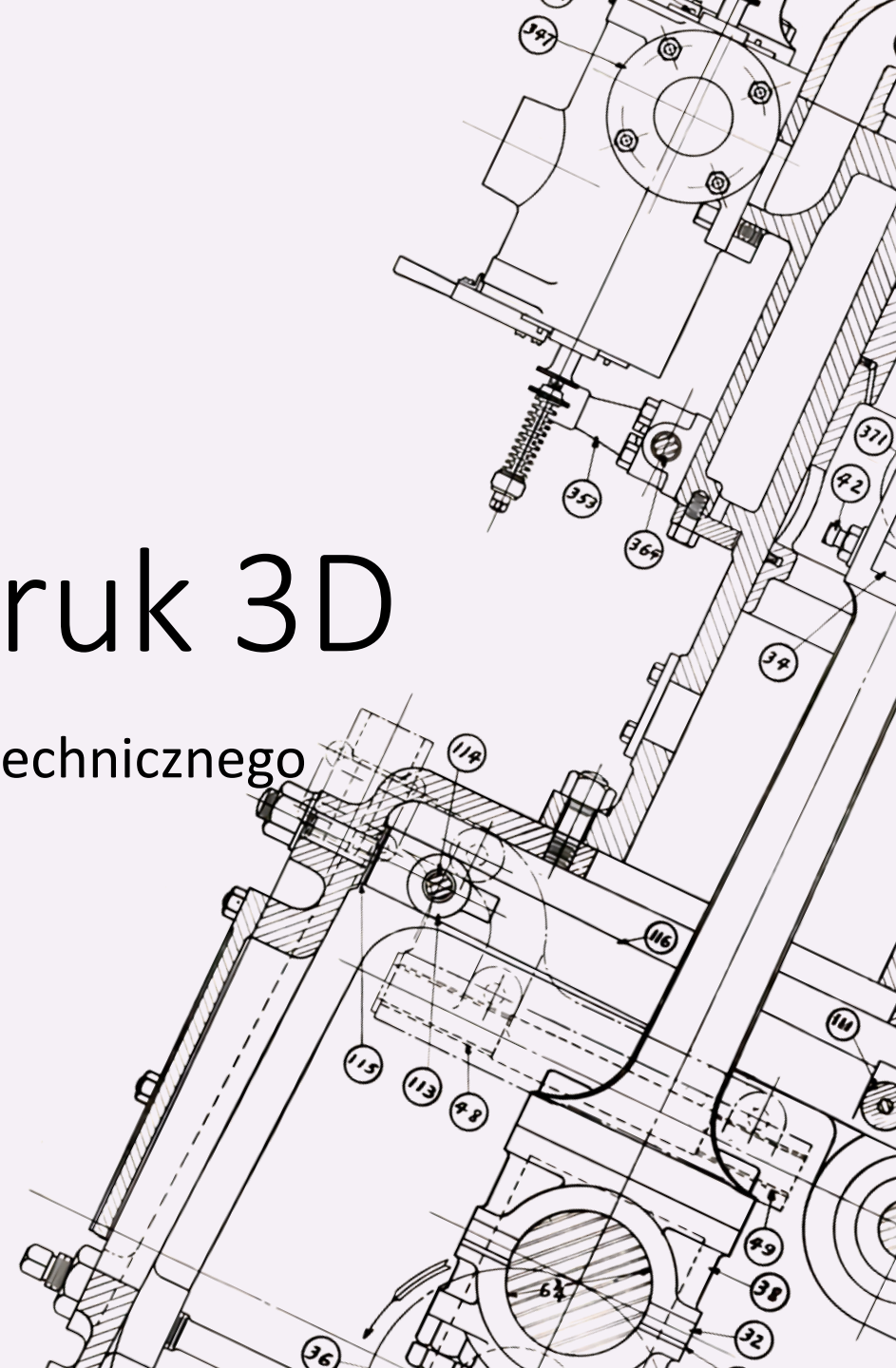


# Modelowanie I Druk 3D

Wykład 1: Wprowadzenie do rysunku technicznego

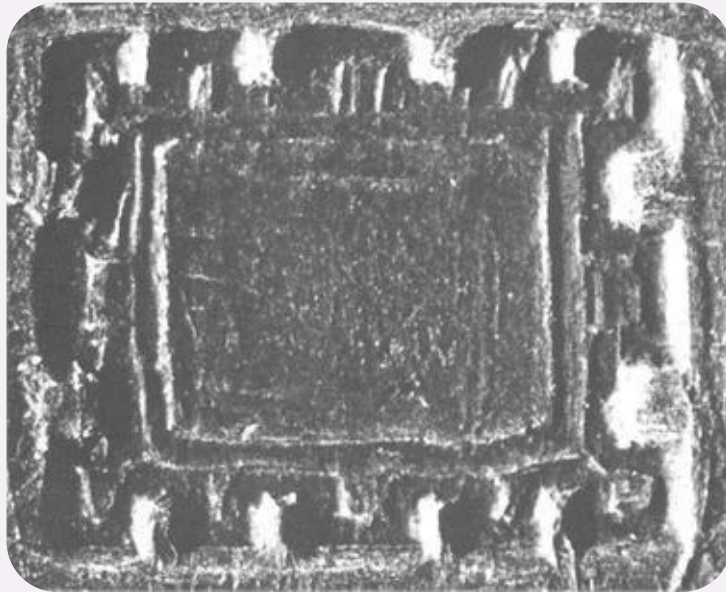


POLSKO-JAPOŃSKA  
AKADEMIA TECHNIK  
KOMPUTEROWYCH

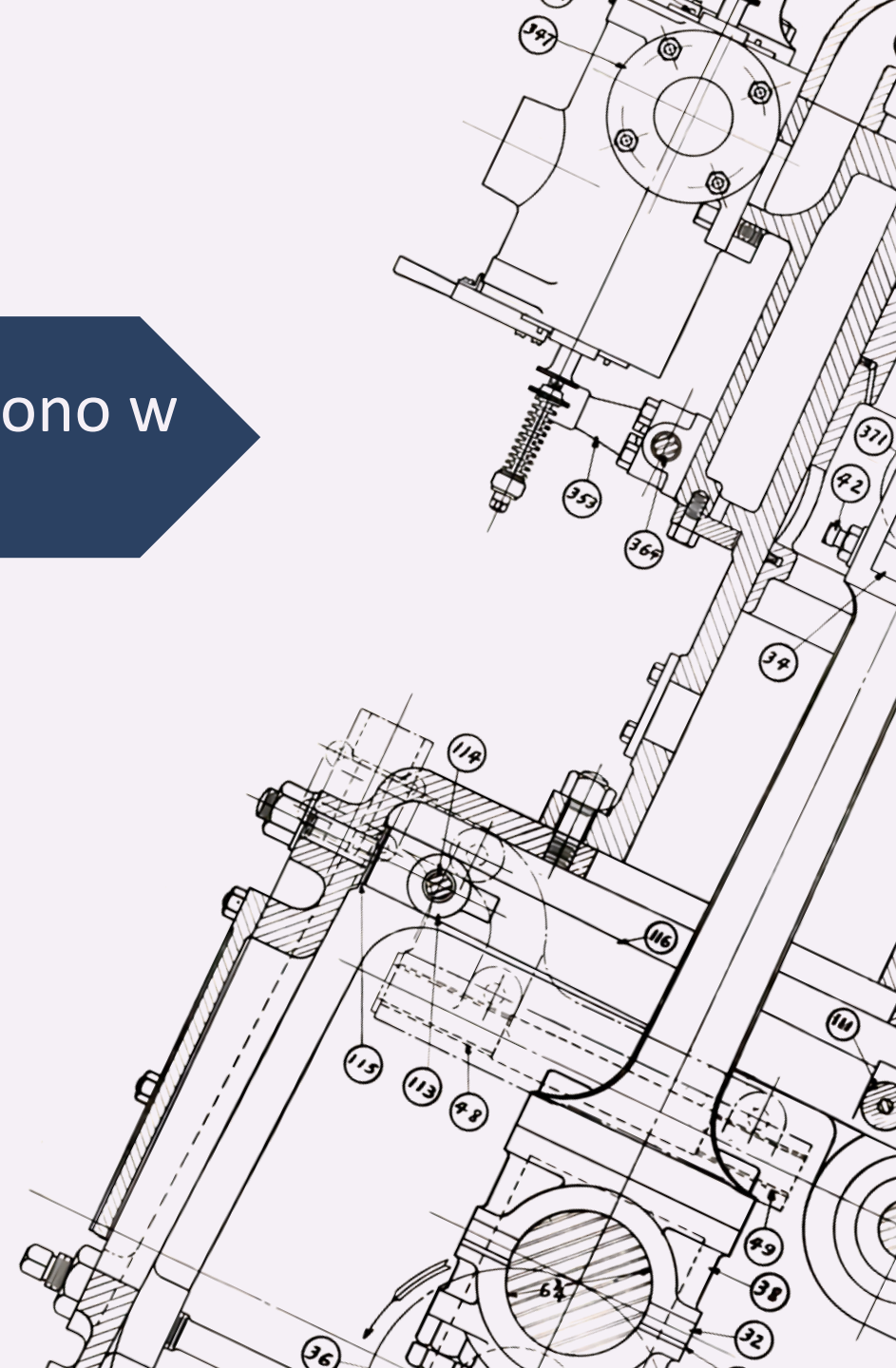


# Historia

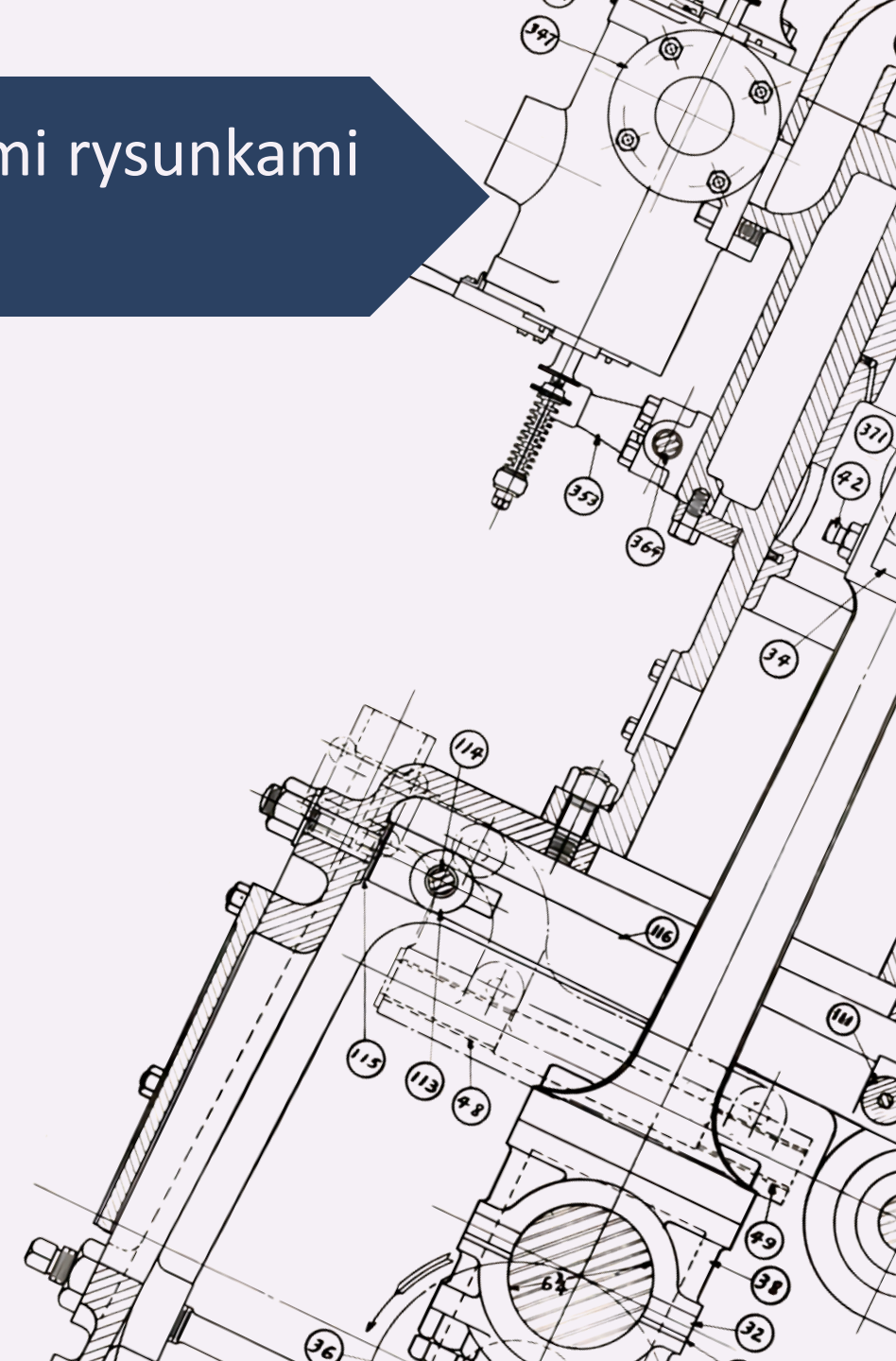
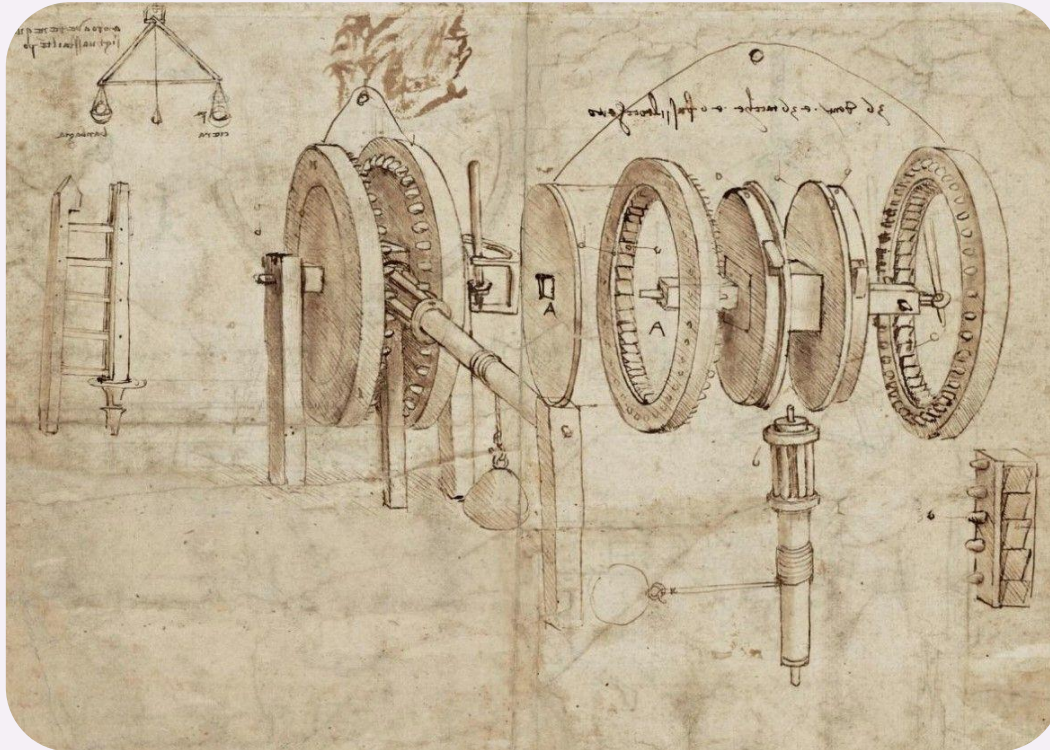
- Pierwsze załączki rysunku technicznego znaleziono w Starożytnym Egipcie



POLSKO-JAPOŃSKA  
AKADEMIA TECHNIK  
KOMPUTEROWYCH

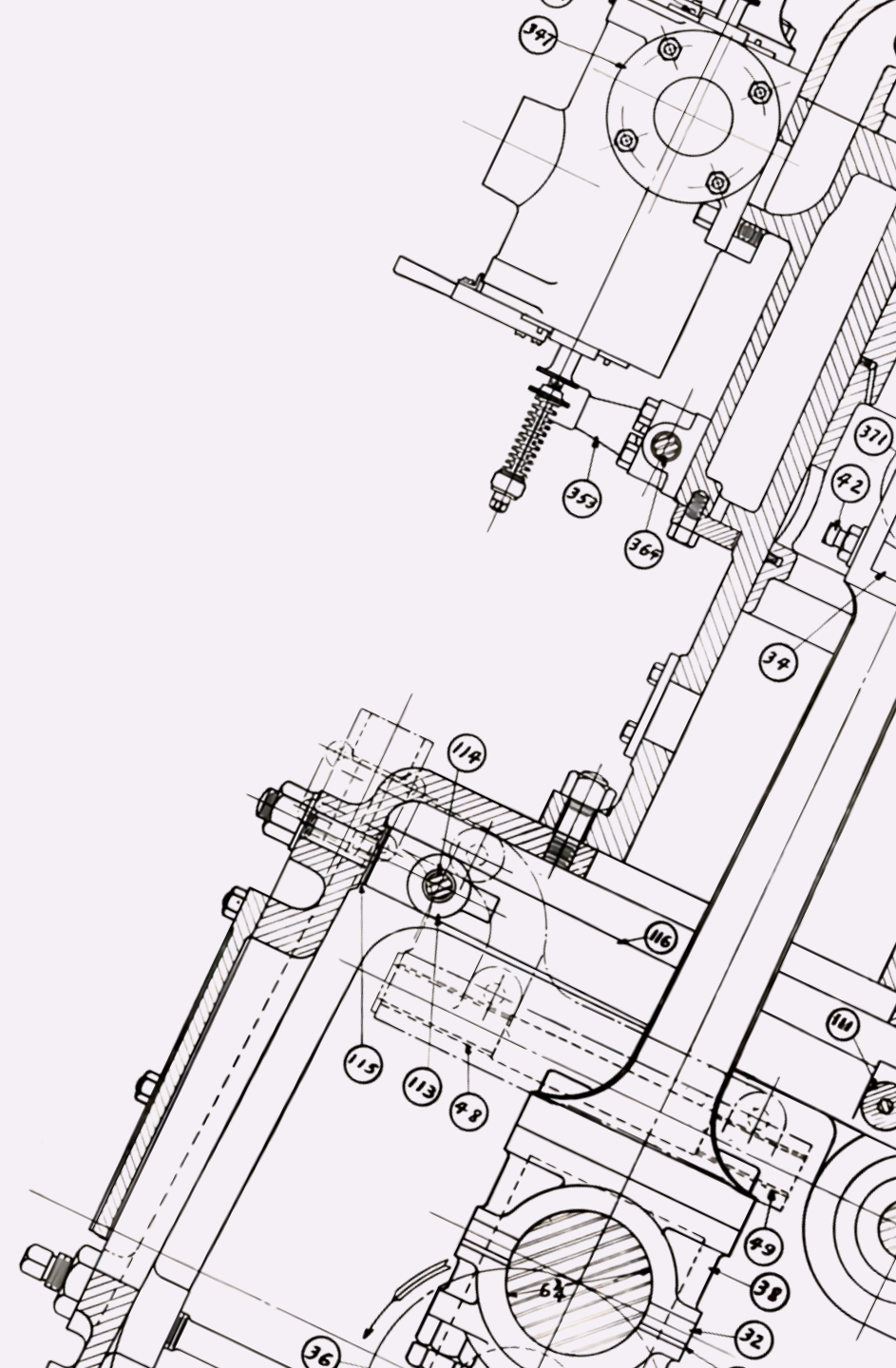


- Renesans skutkował bardziej skomplikowanymi rysunkami technicznymi, wraz z rozwojem mechaniki



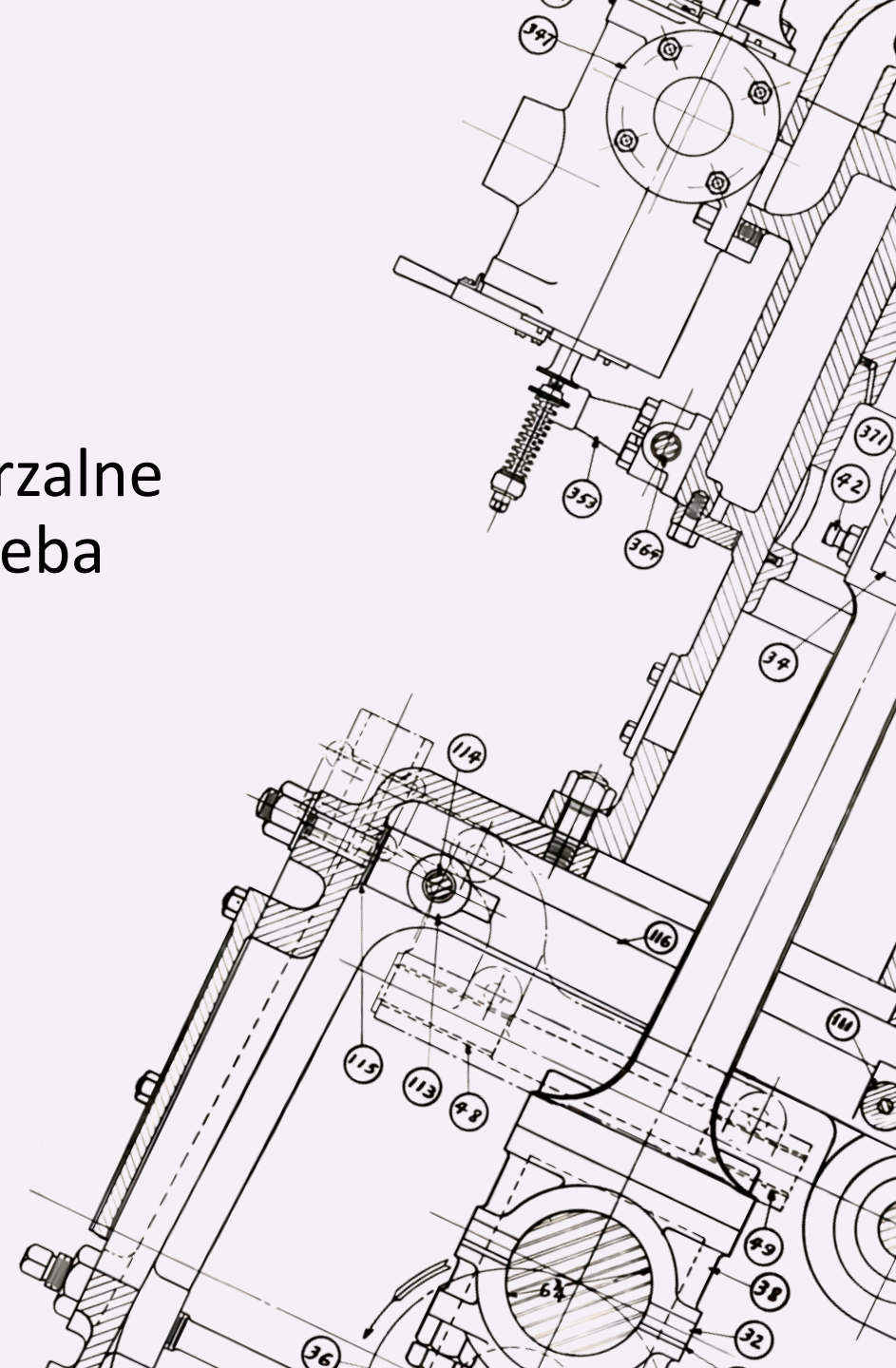
# Problemy

- Brak jednoznaczności
- Bardzo różna czytelność
- Potrzebne duże zdolności manualne



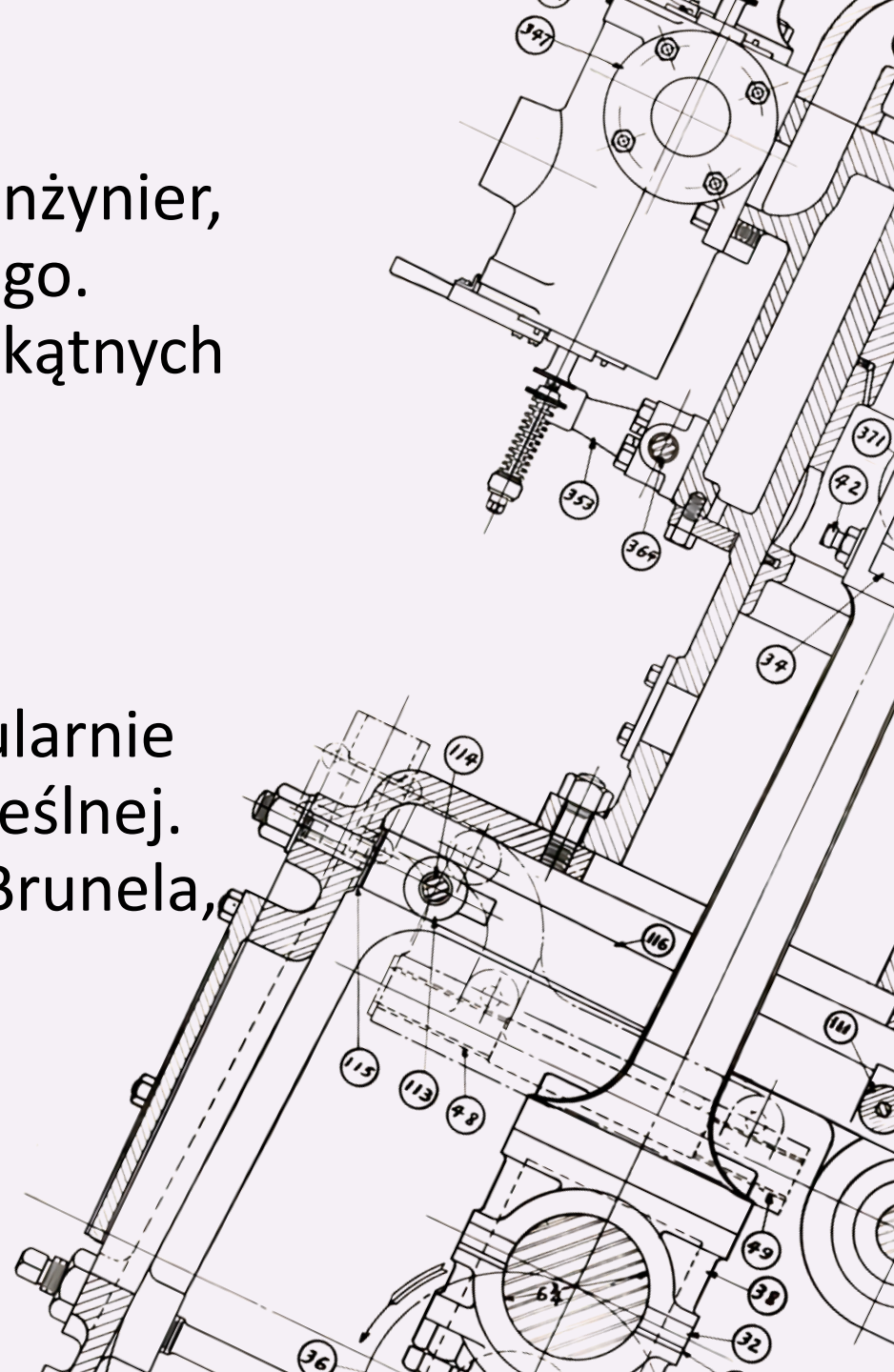
# Rewolucja przemysłowa

- Przez wzrastające zapotrzebowanie na powtarzalne elementy w przemyśle, wzrosła również potrzeba ujednoczenia zapisu ich konstrukcji.
- Zostaje wprowadzony nowoczesny sposób przedstawiania rysunków technicznych



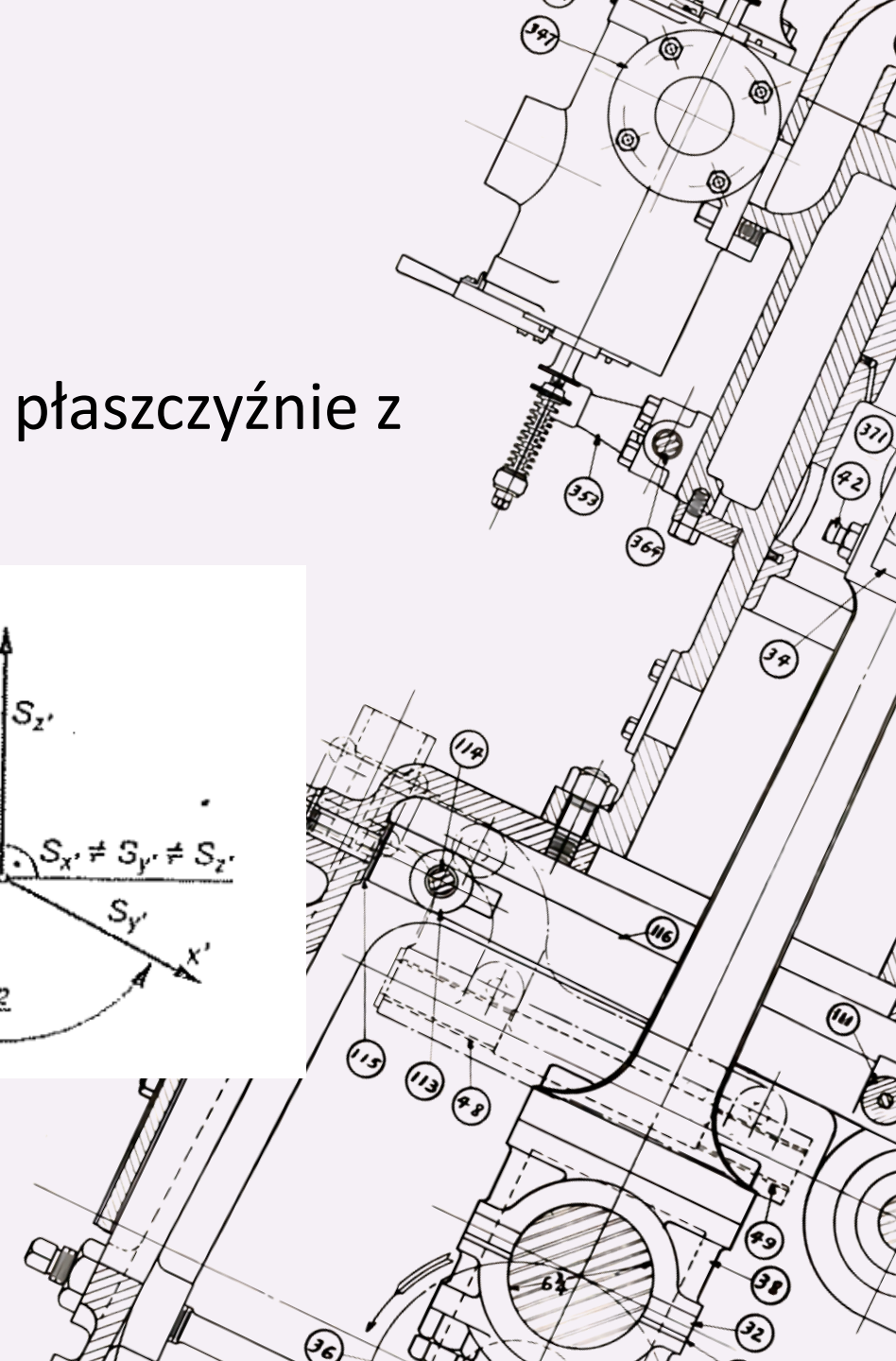
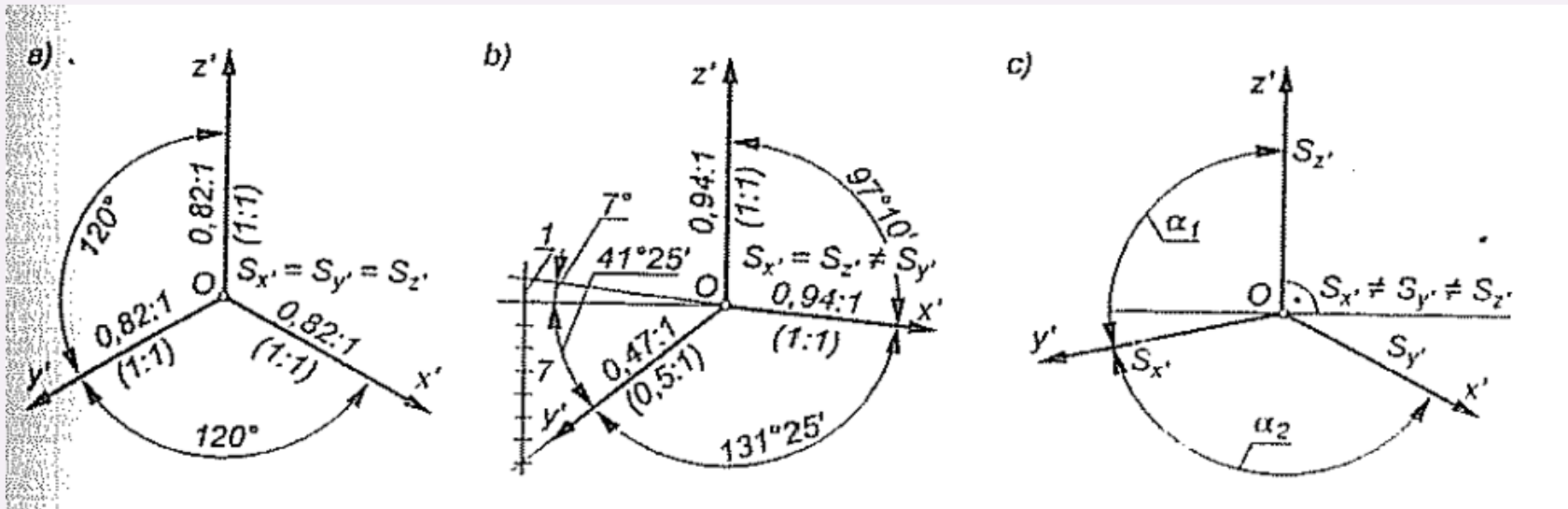


- Marc Isambard Brunel – Francuzko-Brytyjski inżynier, uważany za prekursora rysunku konstrukcyjnego. Jako jeden z pierwszych używał rzutów prostokątnych w swoich pracach.
- Gaspard Monge – Francuzki matematyk, popularnie przedstawiany jako wynalazca geometrii wykreślnej. Udoskonalił rzuty prostokątne używane przez Brunela, potocznie teraz zwanymi rzutami Monge’a.



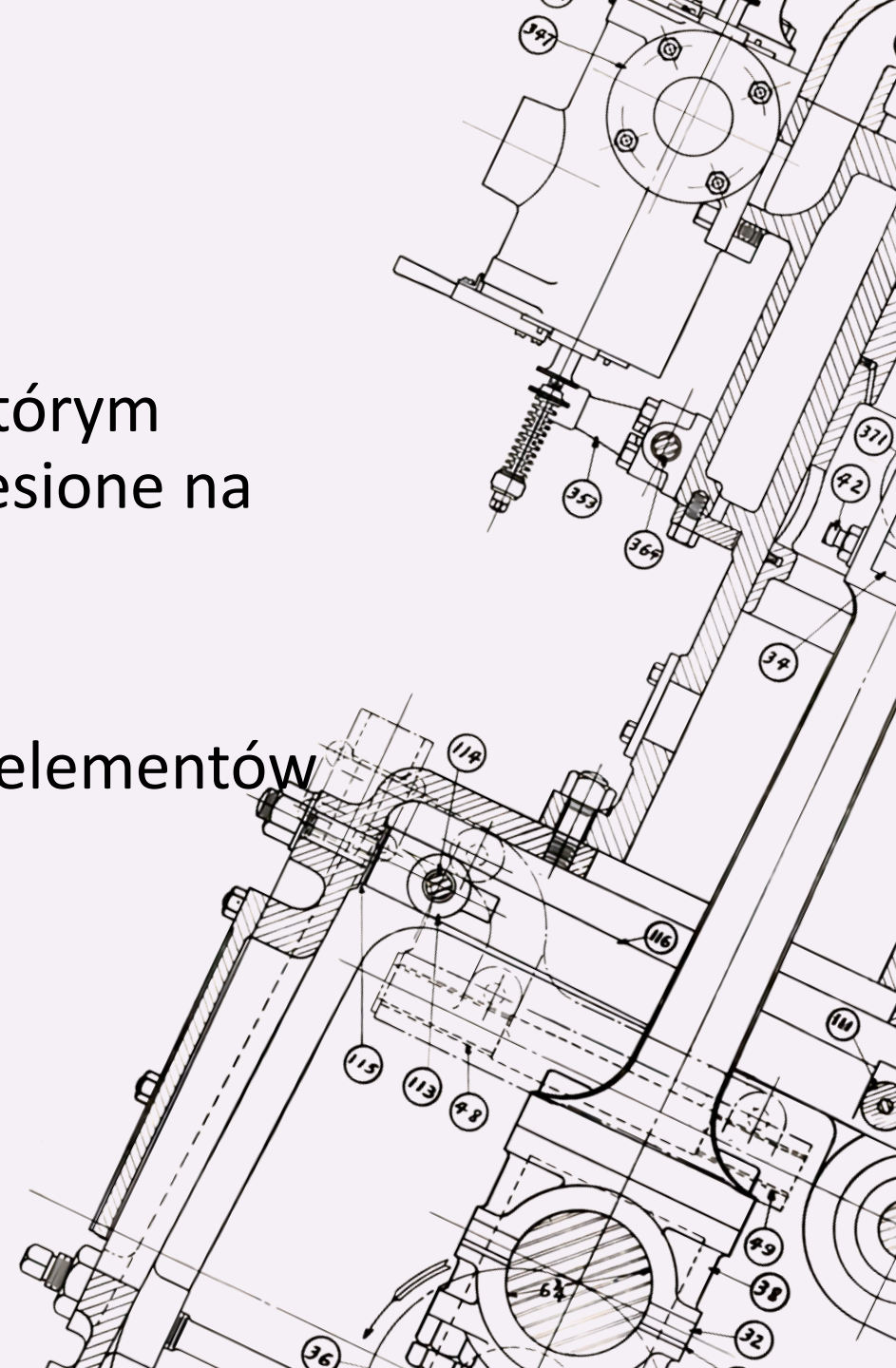
# Aksonometria

- Sposób odwzorowania bryły przestrzennej na płaszczyźnie z wykorzystaniem prostokątnego układu osi



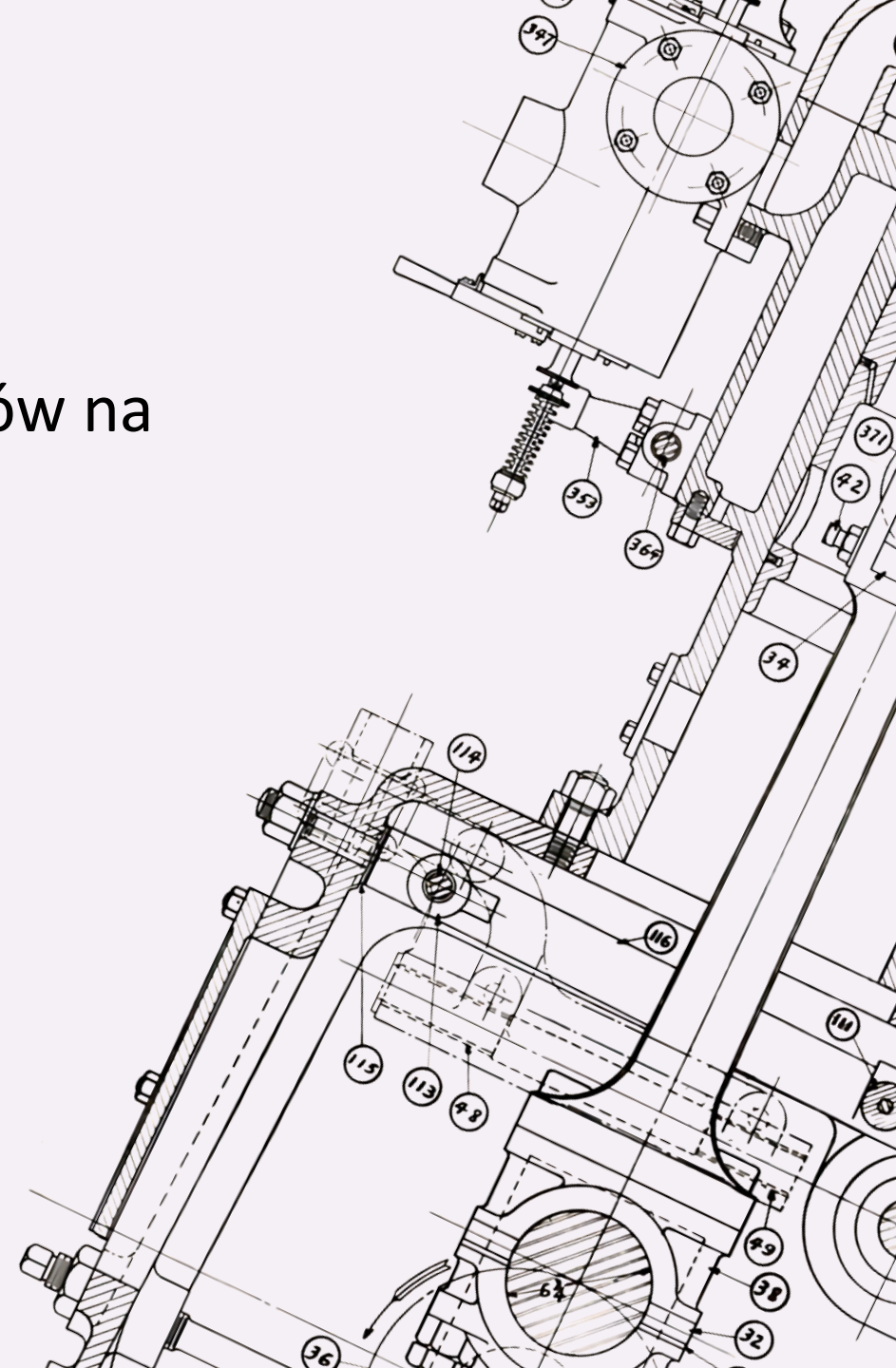
# Rzut Monge'a

- Jest to rodzaj **rutowania równoległego** , w którym pokazujemy spłaszczone widoki obiektu odniesione na płaszczyzny – **rzutnie**
- Jest podstawą nowoczesnego odwzorowania elementów przestrzennych na płaszczyźnie

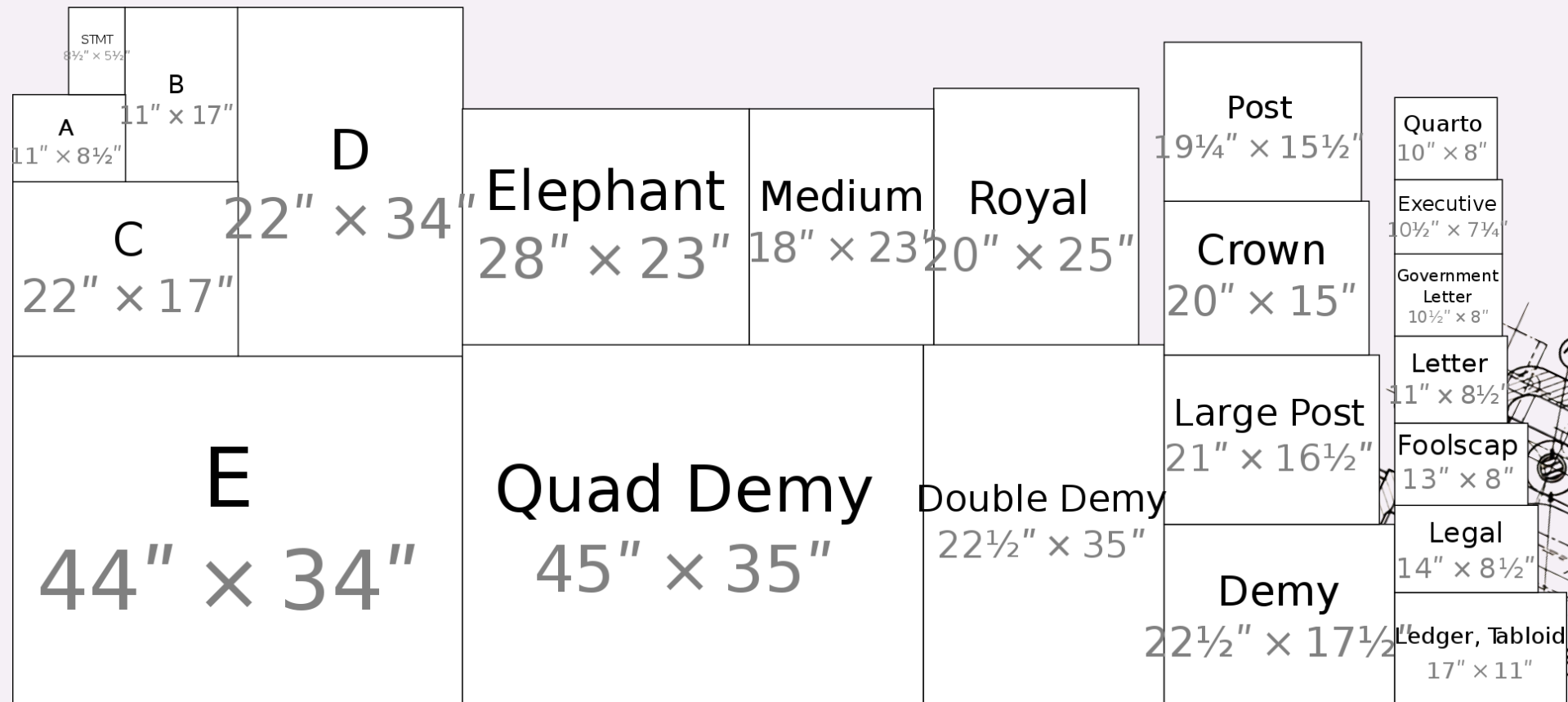


# Normalizacja

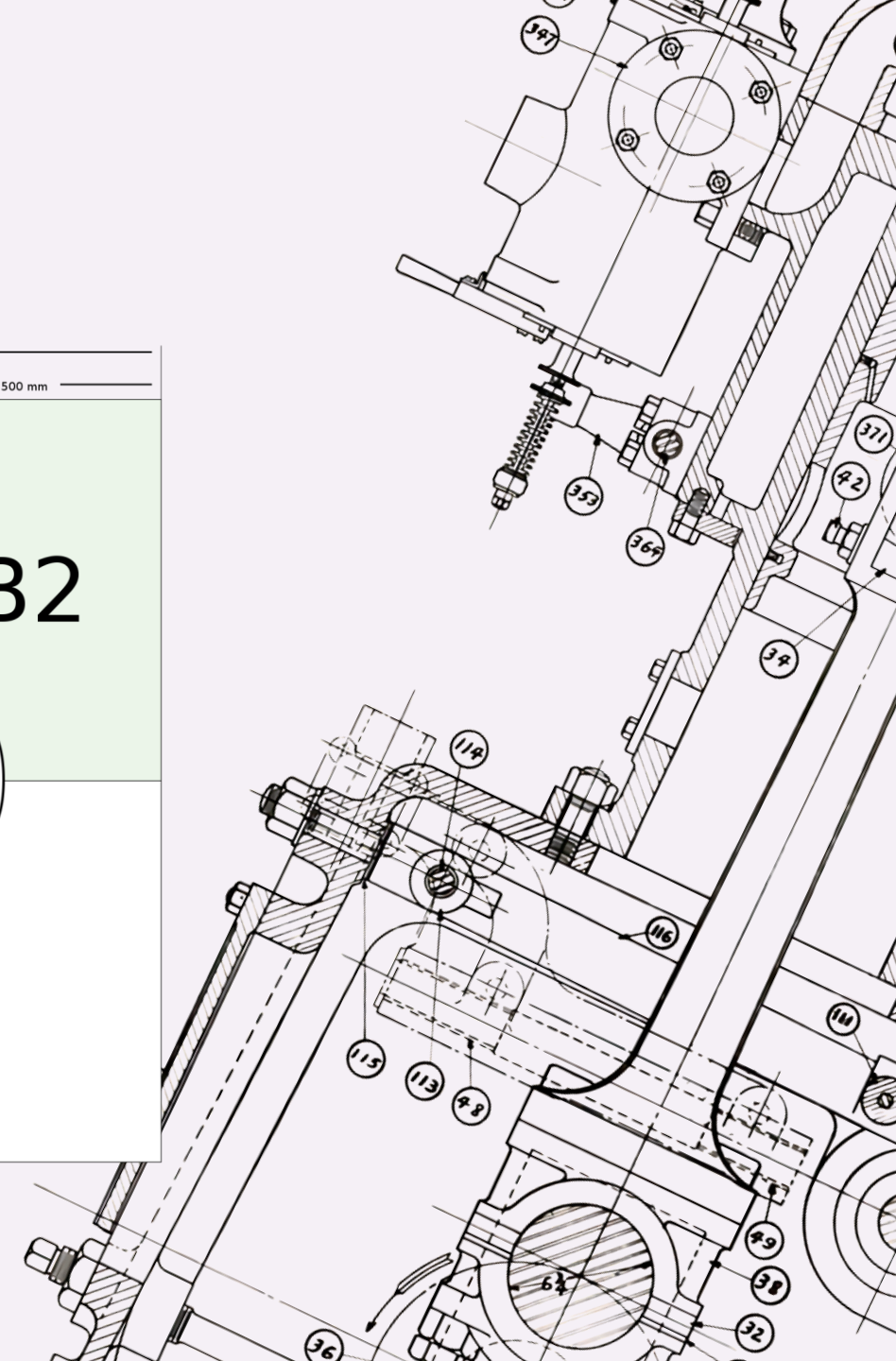
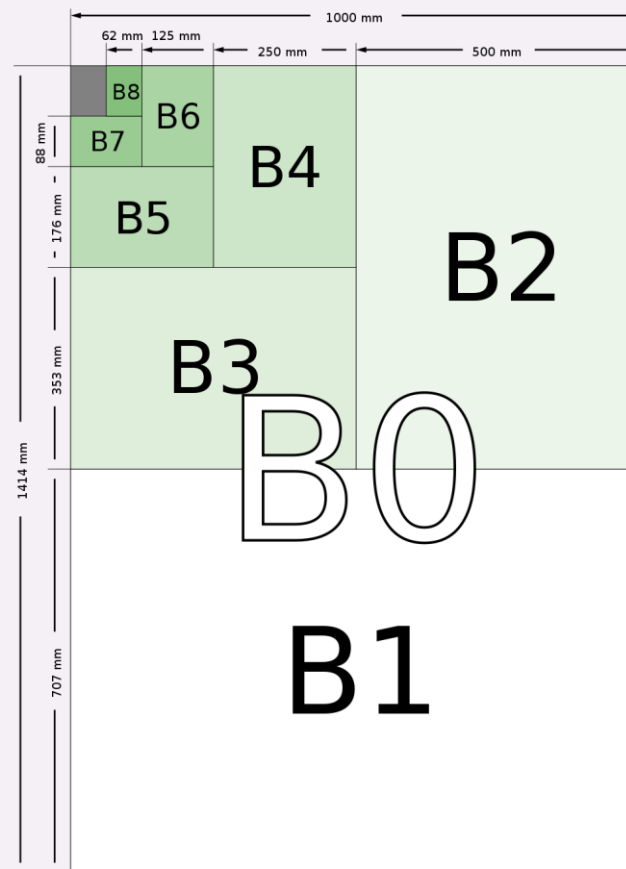
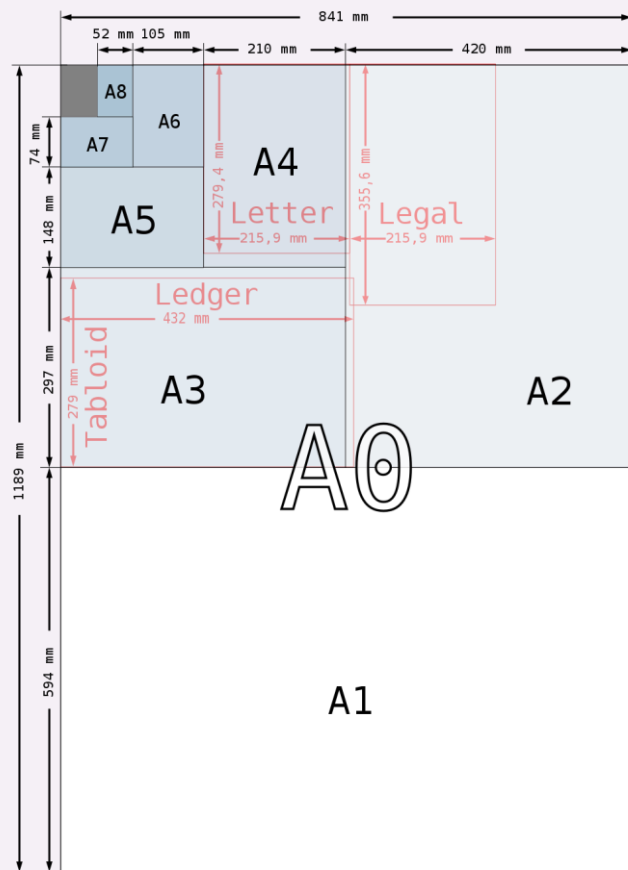
- Proces standaryzacji przedstawienia elementów na płaszczyźnie
- Prekursor: Eli Withney – szablony używane w konstrukcji broni
- Wprowadza jednolitość między rysunkami maszynowymi



# Formaty Papieru



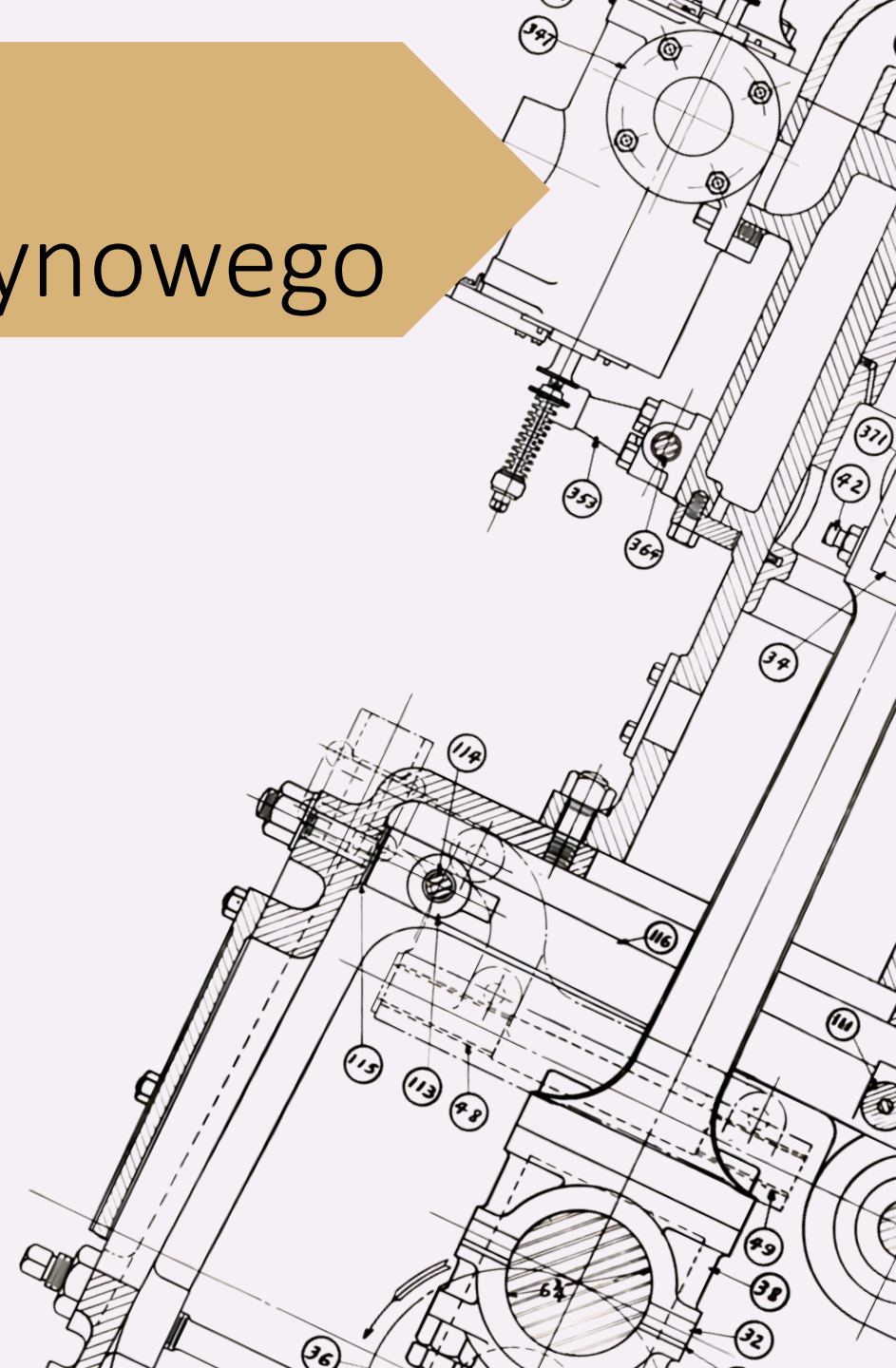
# Formaty Papieru



POLSKO-JAPOŃSKA  
AKADEMIA TECHNIK  
KOMPUTEROWYCH

# Podstawowe elementy rysunku maszynowego

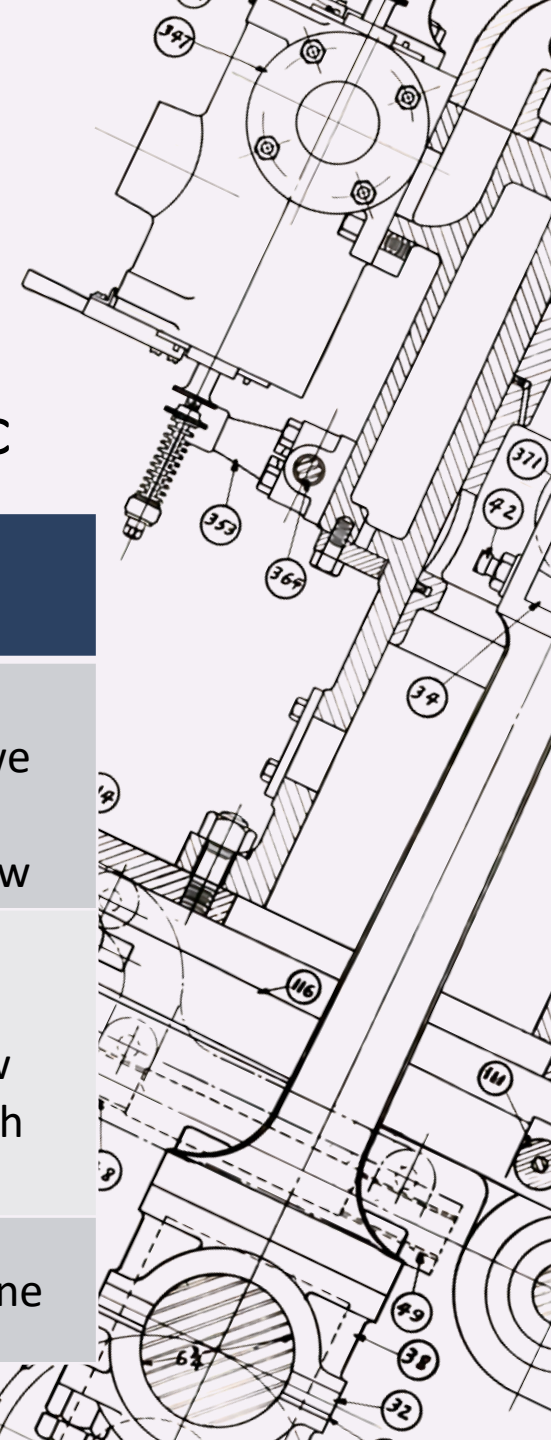
- Linie
- Podziałki
- Pismo techniczne



# Typy linii - Grubość

- Grubość linii ciągłej definiuje element do których może być zastosowana:

Grubość linii	Zastosowanie
Cienka	<ul style="list-style-type: none"><li>- Linie wymiarowe</li><li>- Pomocnicze linie wymiarowe</li><li>- Linie odniesienia</li><li>- Linie kreskowane przekrojów</li></ul>
Średnia	<ul style="list-style-type: none"><li>- Widoczne zarysy widoków I przekrojów</li><li>- Ślady płaszczyzn przekrojów</li><li>- Zarysy kłędów przesuniętych</li><li>- Obramowanie rysunku</li></ul>
Gruba	<ul style="list-style-type: none"><li>- Połączenia klejone I lutowane</li></ul>





# Grubości linii

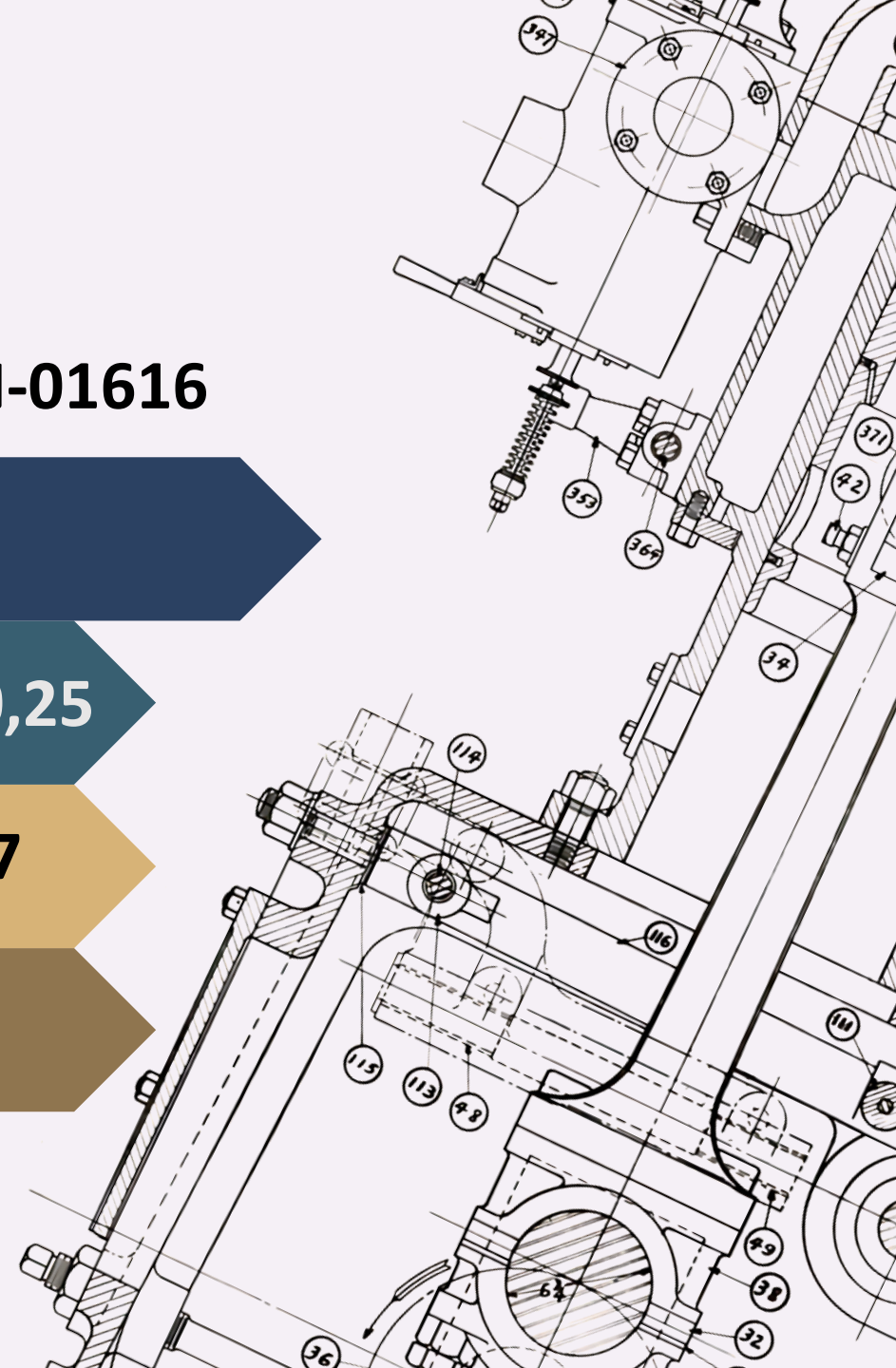
- Grubości linii są określone w normie **PN-82/N-01616**

- Dopuszczalne są zestawy linii:

- cienka: **0,13**; gruba: **0,18**; bardzo gruba: **0,25**

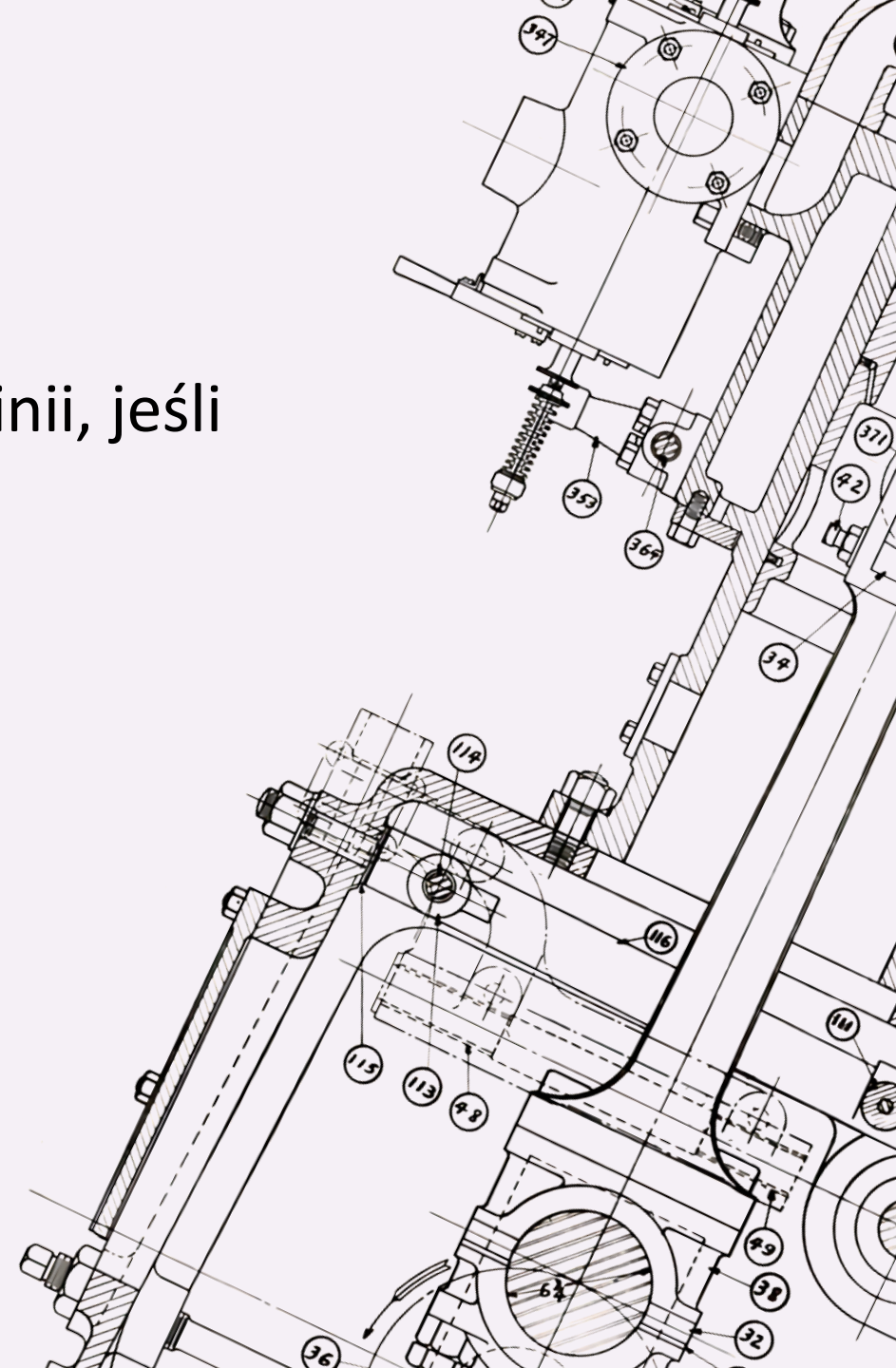
- cienka: **0,35**; gruba: **0,5**; bardzo gruba: **0,7**

- cienka: **1**; gruba: **1,4**; bardzo gruba: **2**










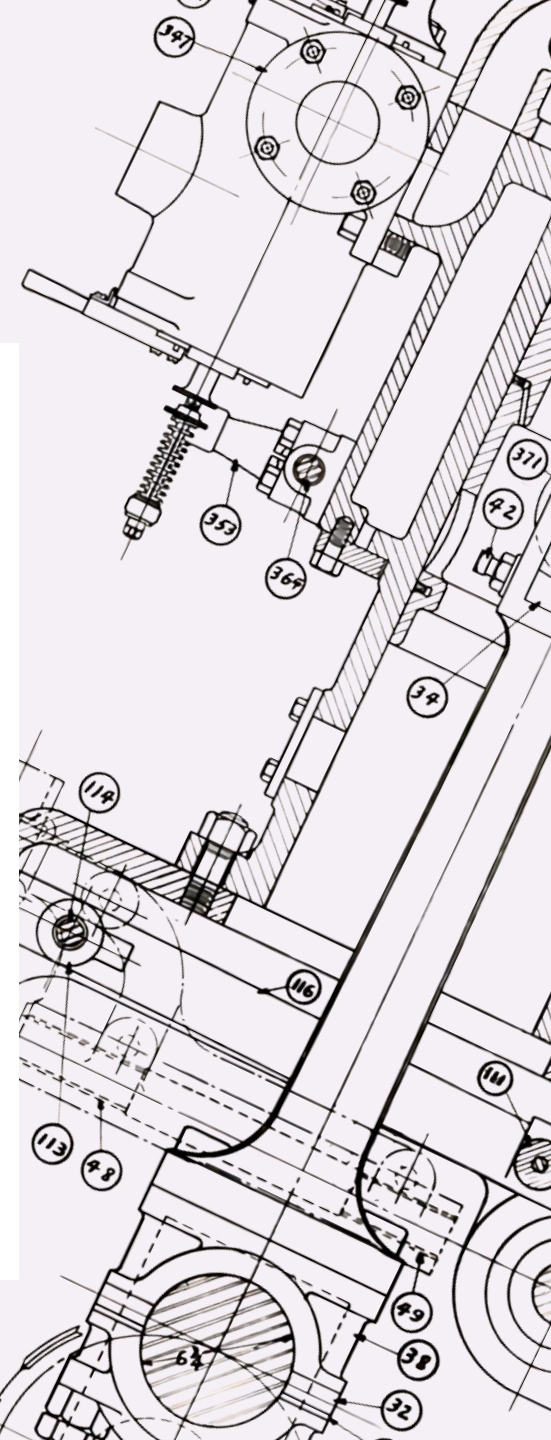
# Grubości linii cd.

- Możliwe jest również użycie innych grubości linii, jeśli pozostają one w stosunku do siebie:
  - 1:3:6
  - 1:2:4



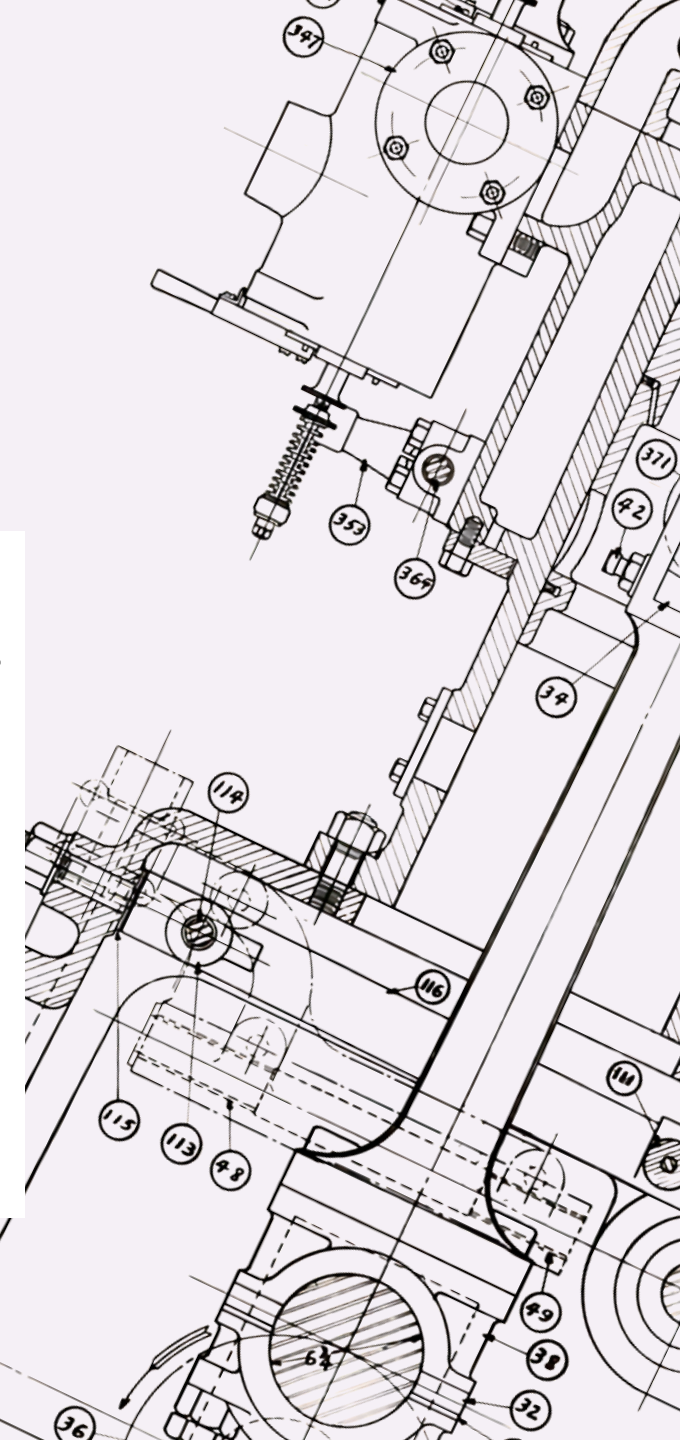
# Typy linii

1	2	3	4	5
2	falista		cienka	<ul style="list-style-type: none"> <li>— urwania i przerwania rzutów</li> <li>— linia oddzielająca widok od przekroju</li> </ul>
3	zygzakowa		cienka	— jak falista cienka
4	kreskowa		cienka	— niewidoczne zarysy przedmiotu
5	punktowa		cienka	<ul style="list-style-type: none"> <li>— osie symetrii</li> <li>— koła i linie podziałowe</li> </ul>
			gruba	— powierzchnie podlegające obróbce cieplnej, powleczenia
6	dwupunktowa		cienka	<ul style="list-style-type: none"> <li>— linie gięcia na rozwinięciach</li> <li>— skrajne położenia ruchomych części</li> </ul>
7	wielopunktowa		cienka	— ma zastosowanie w rysunku budowlanym i w kartografii



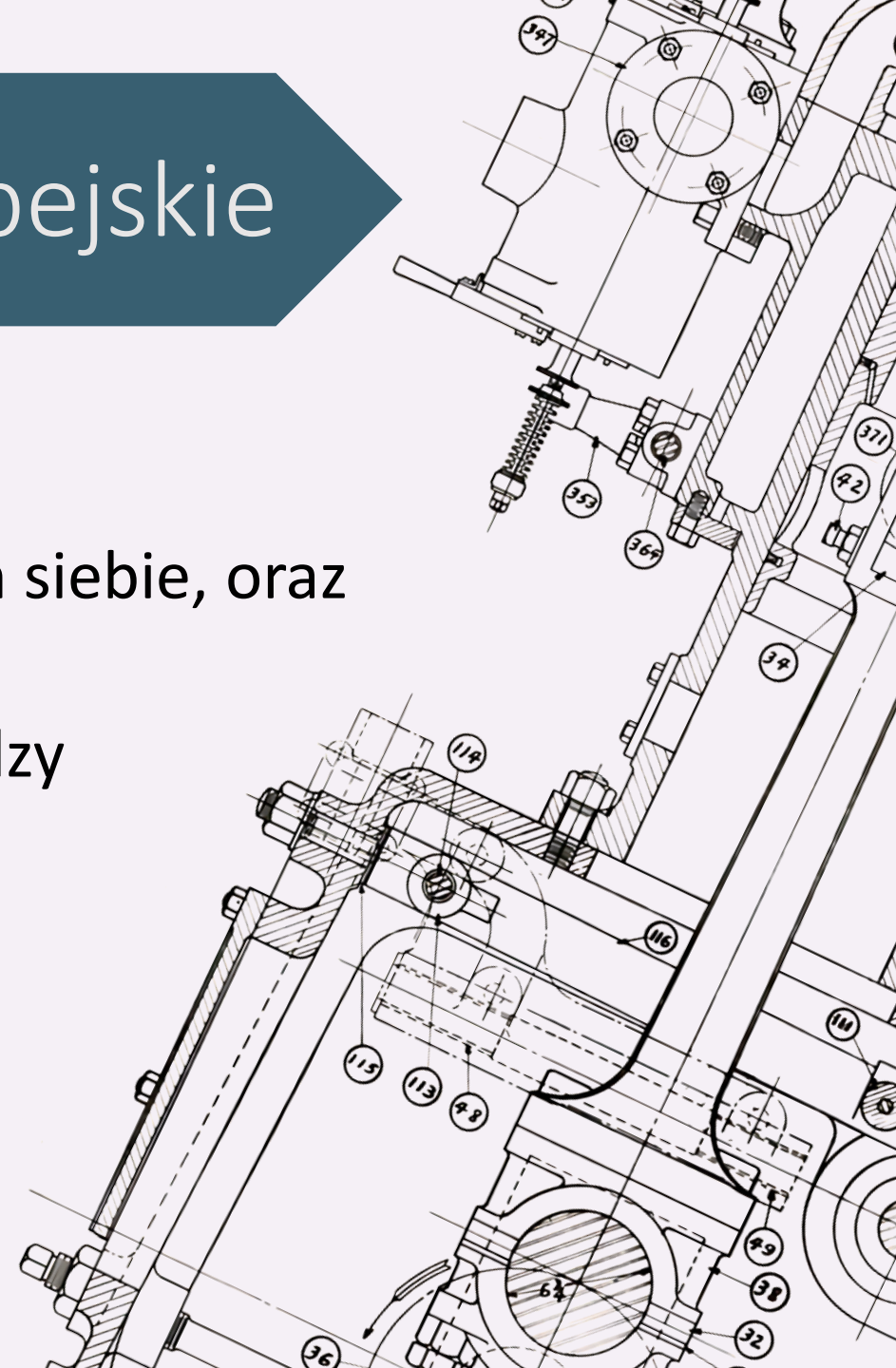
# Tabliczki rysunkowe

14		65				12	16	15	30	18	20
Numer kolejny		Nazwa części (zespołu)				Ilość sztuk	Materiał	Ciężar	Numer rys. lub normy	Uwagi	
Nr zmiany	Liczba zmian	Zamieścił		Powinno być		Podpis		Data			20
Konstruował	Rysował	Nazwisko		Data		Podpis		Nazwa przedmiotu		Ciężar	
Sprawił	Kontrola norm							Zastępuje rys. nr		Zastąpiony przez rys. nr	16
Zatwierdził								Nr rysunku		Arkusz liczba arkuszy	
Podziałka		INSTYTUT PODSTAW BUDOWY MASZYN									20

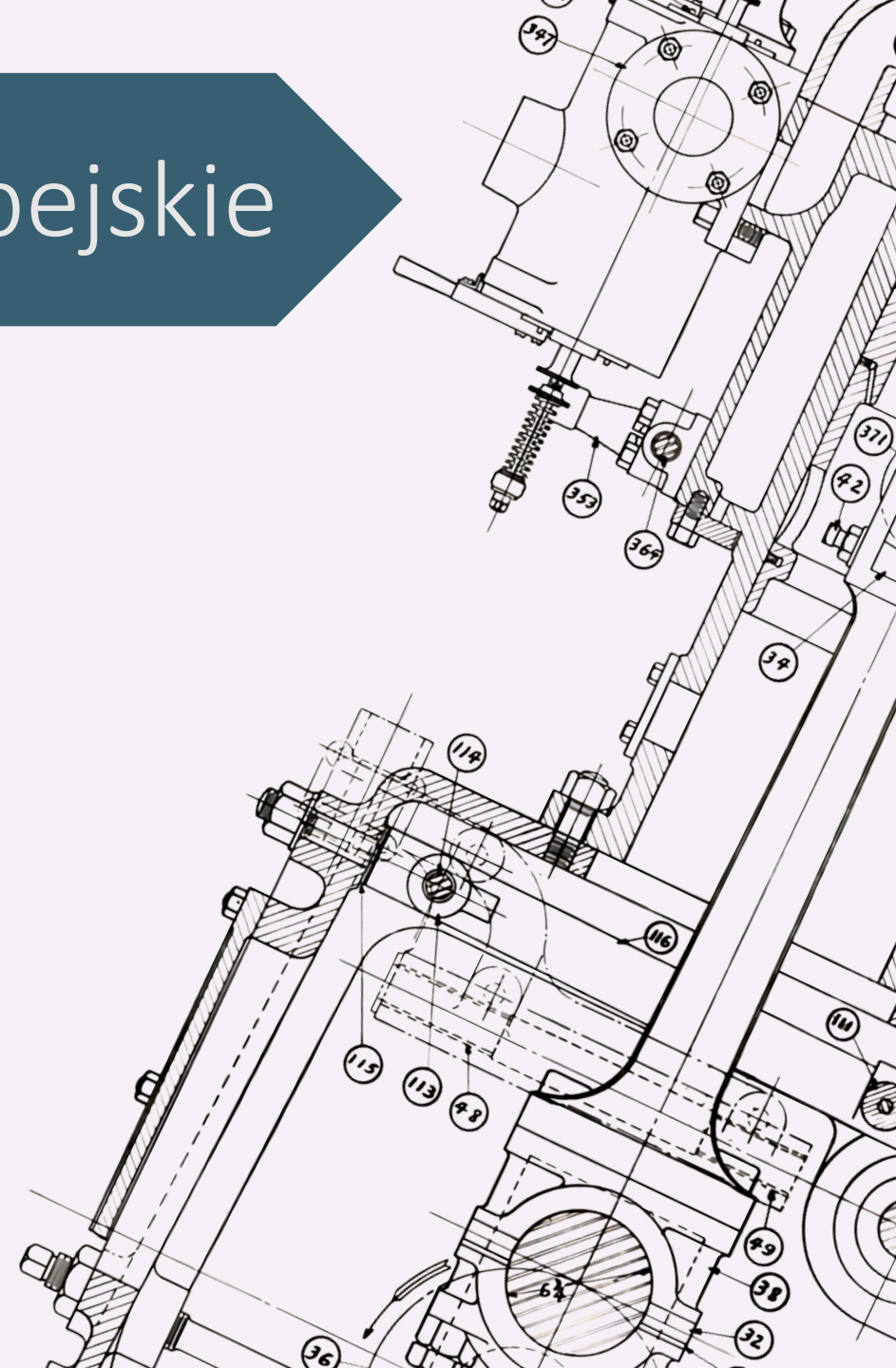
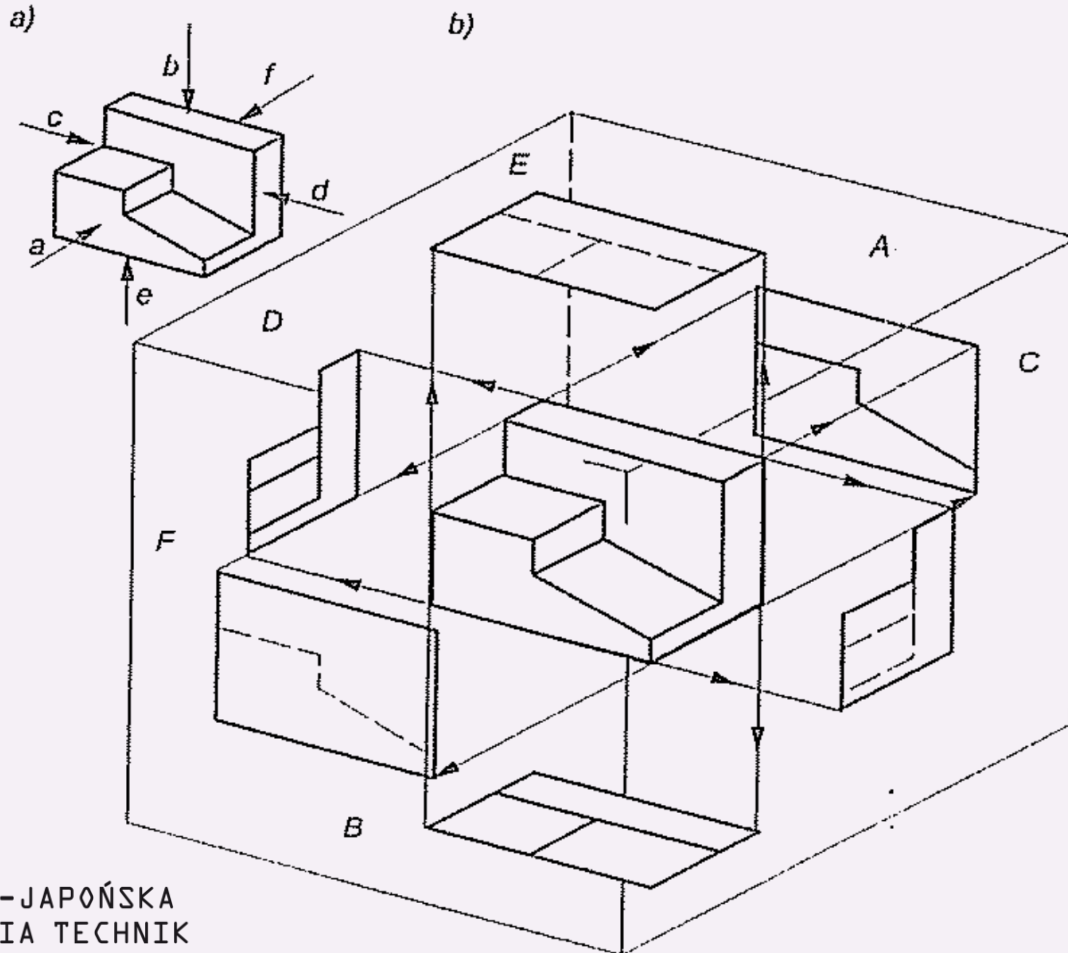


# Rzutowanie prostokątne Europejskie

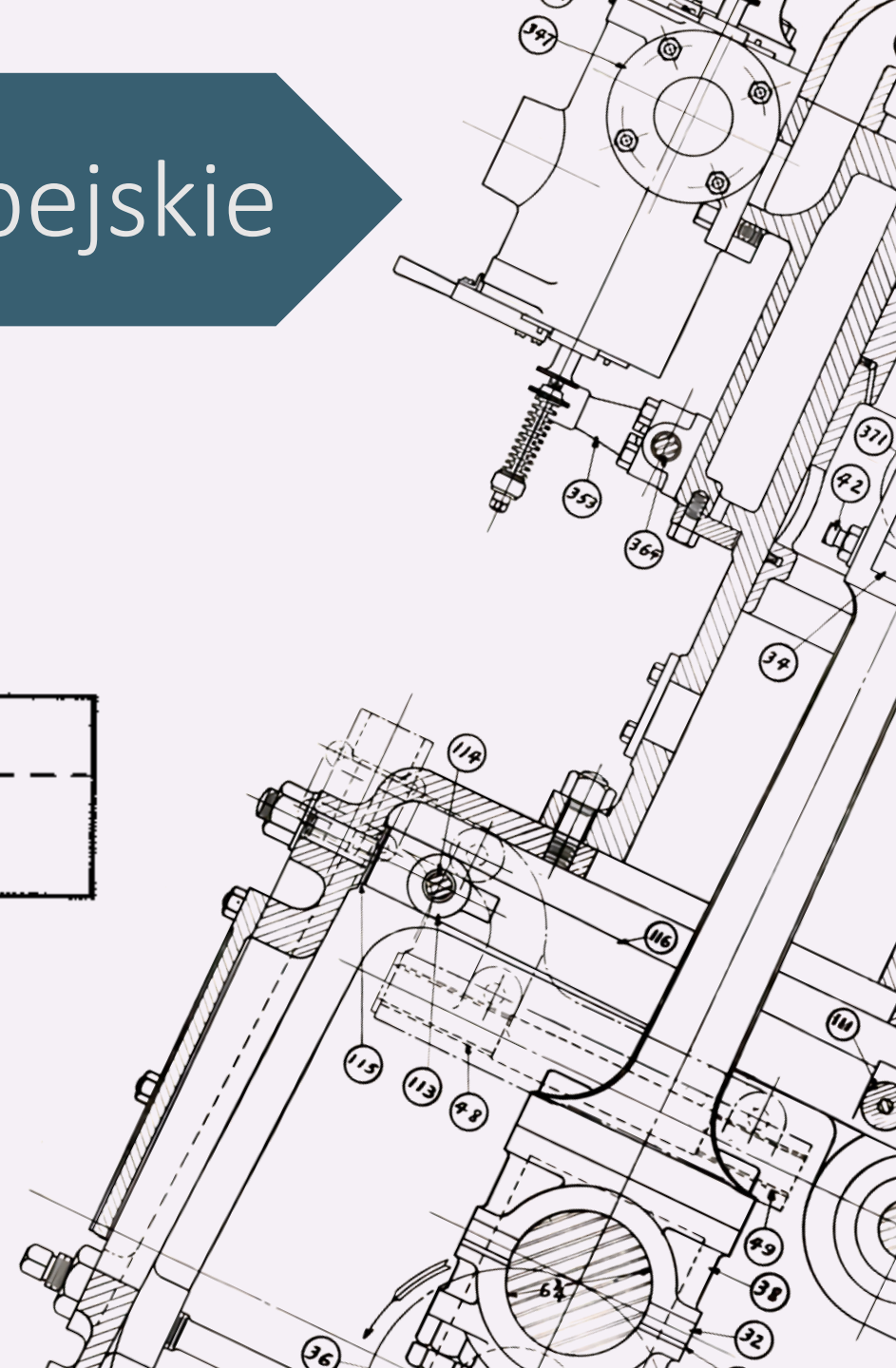
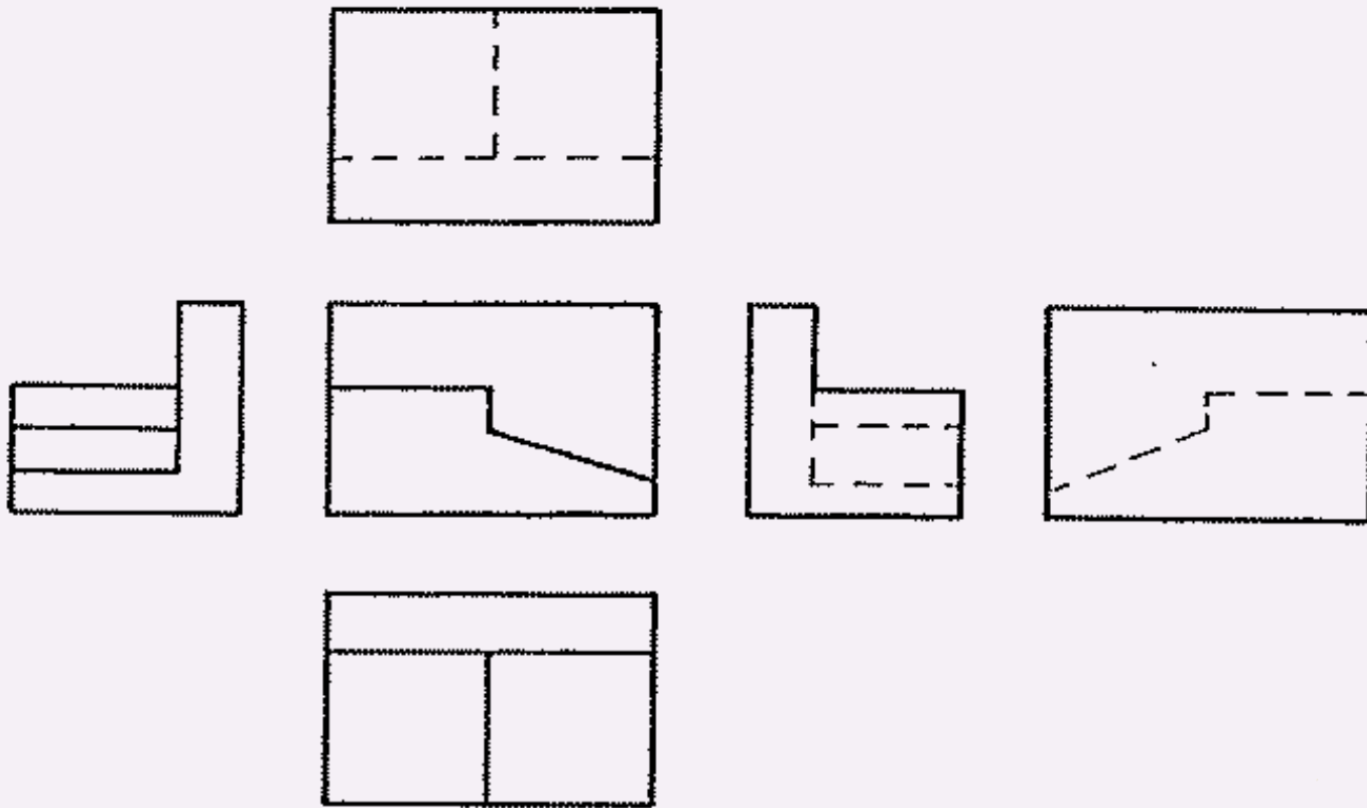
- Opracowane przez Gasparda Monge'a
- Zakłada linie rzutujące prostopadłe względem siebie, oraz prostopadłe w stosunku do rzutni
- Przedmiot odwzorowywany znajduje się między obserwatorem i rzutnią



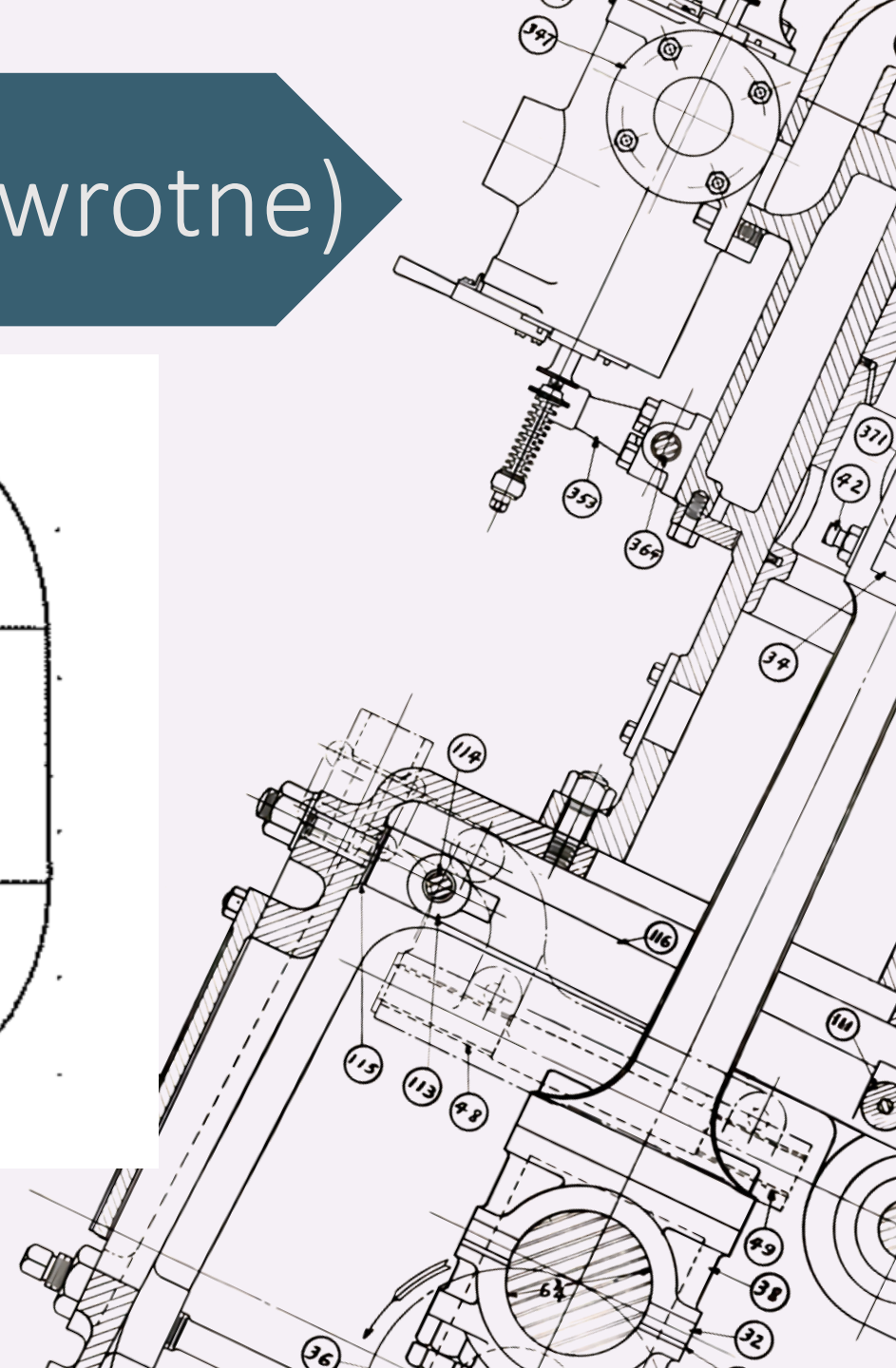
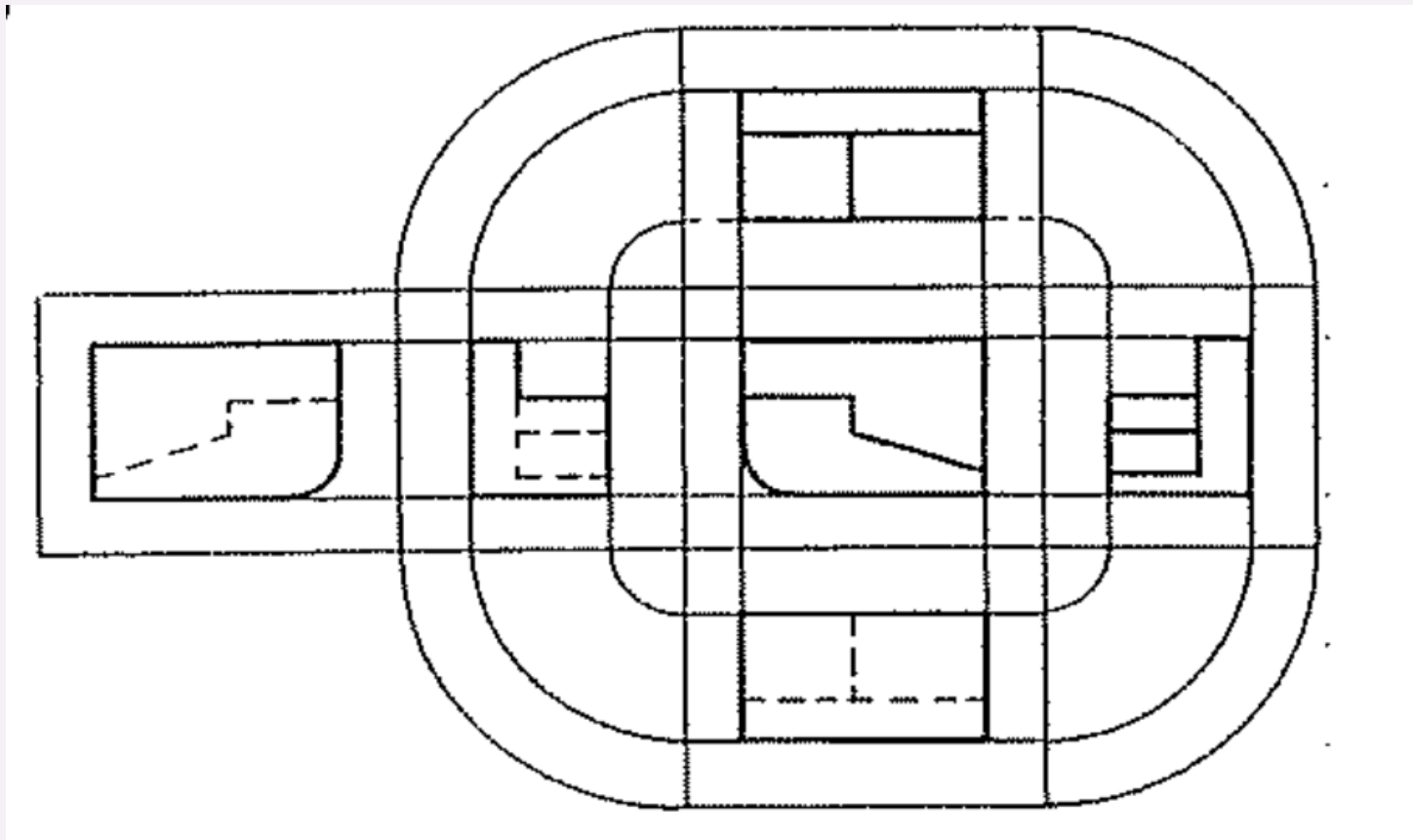
# Rzutowanie prostokątne Europejskie



# Rzutowanie prostokątne Europejskie



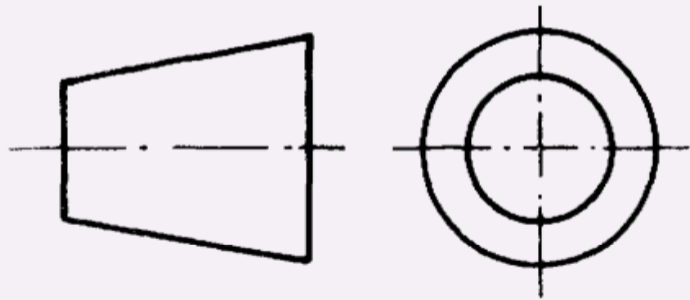
# Rzutowanie Amerykańskie (odwrotne)



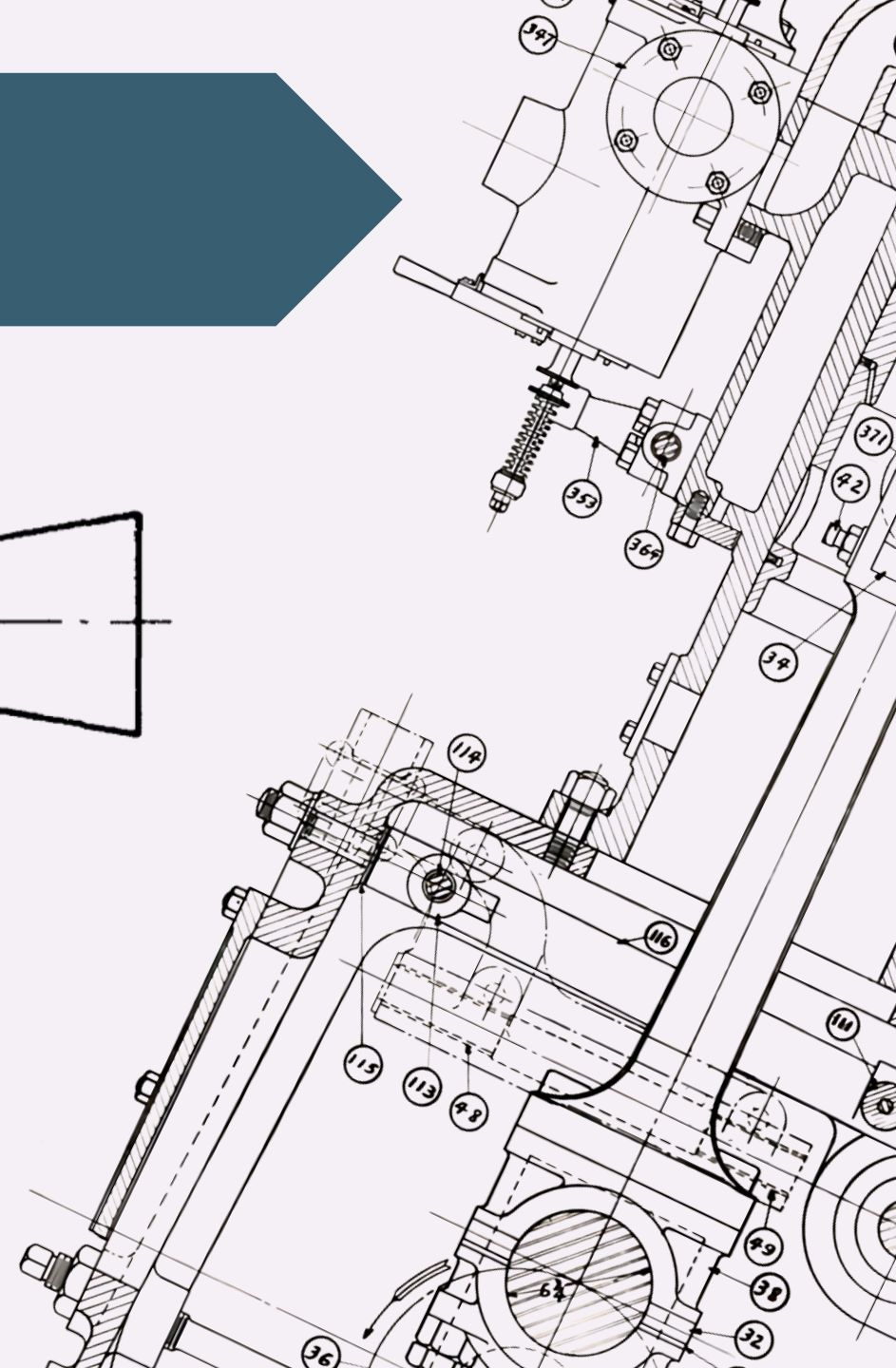
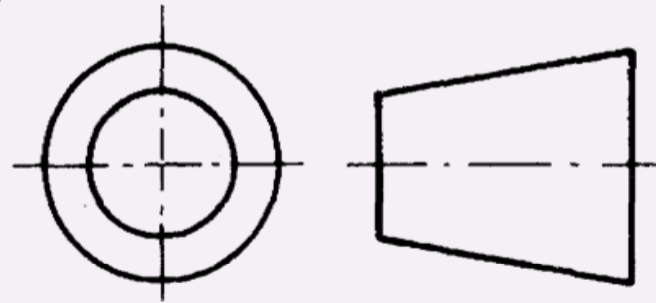


# Oznaczenia metod rzutowania porstokątnego

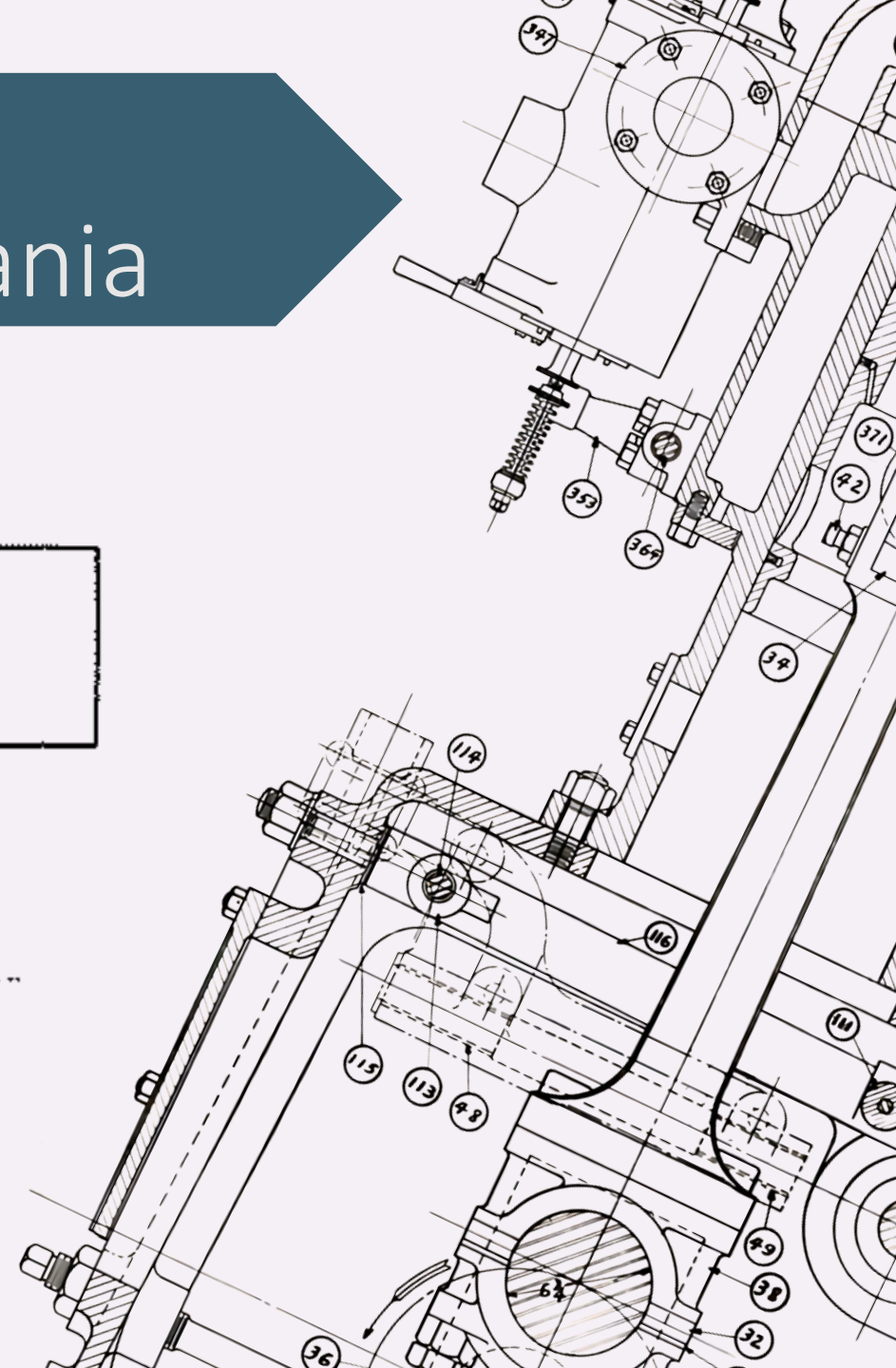
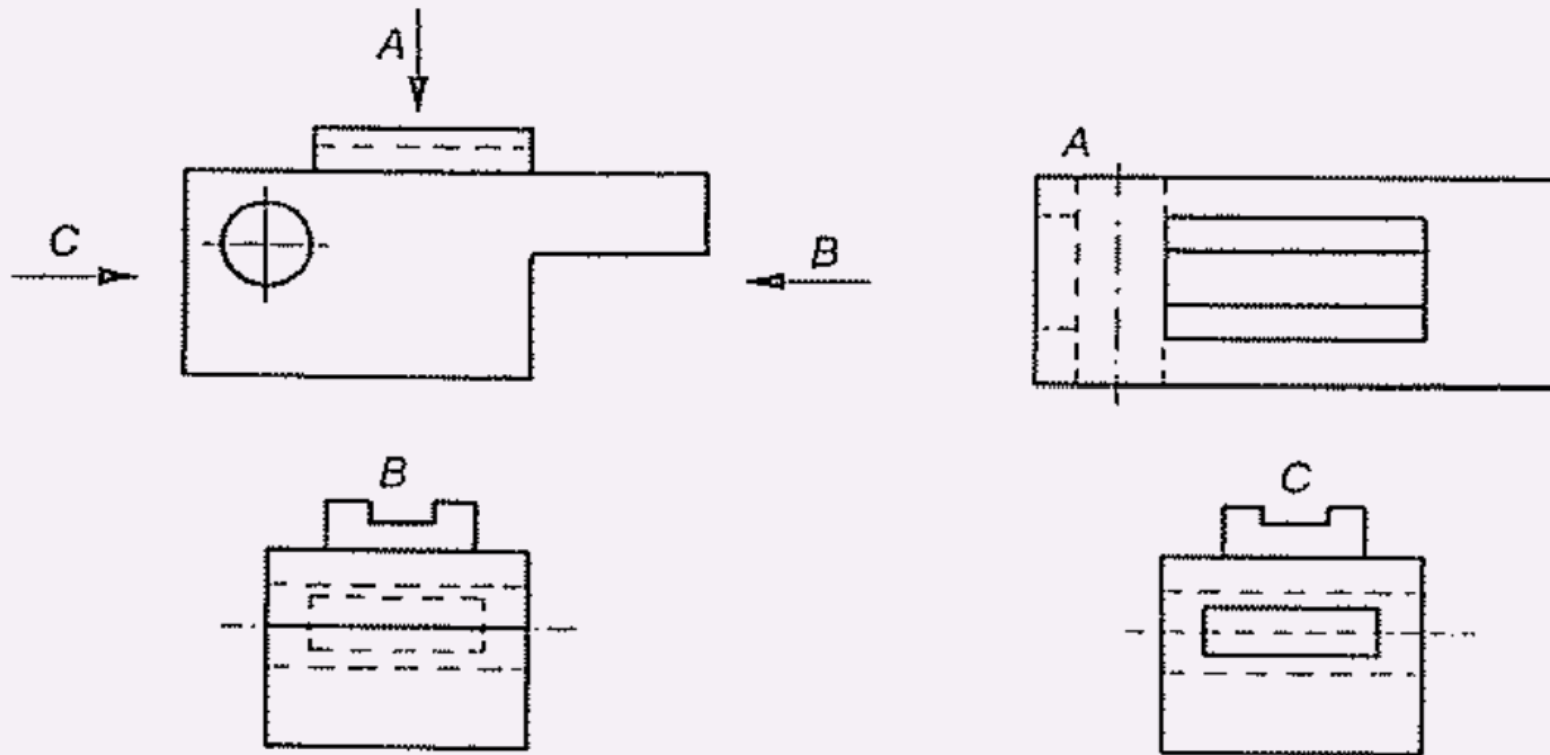
a



b

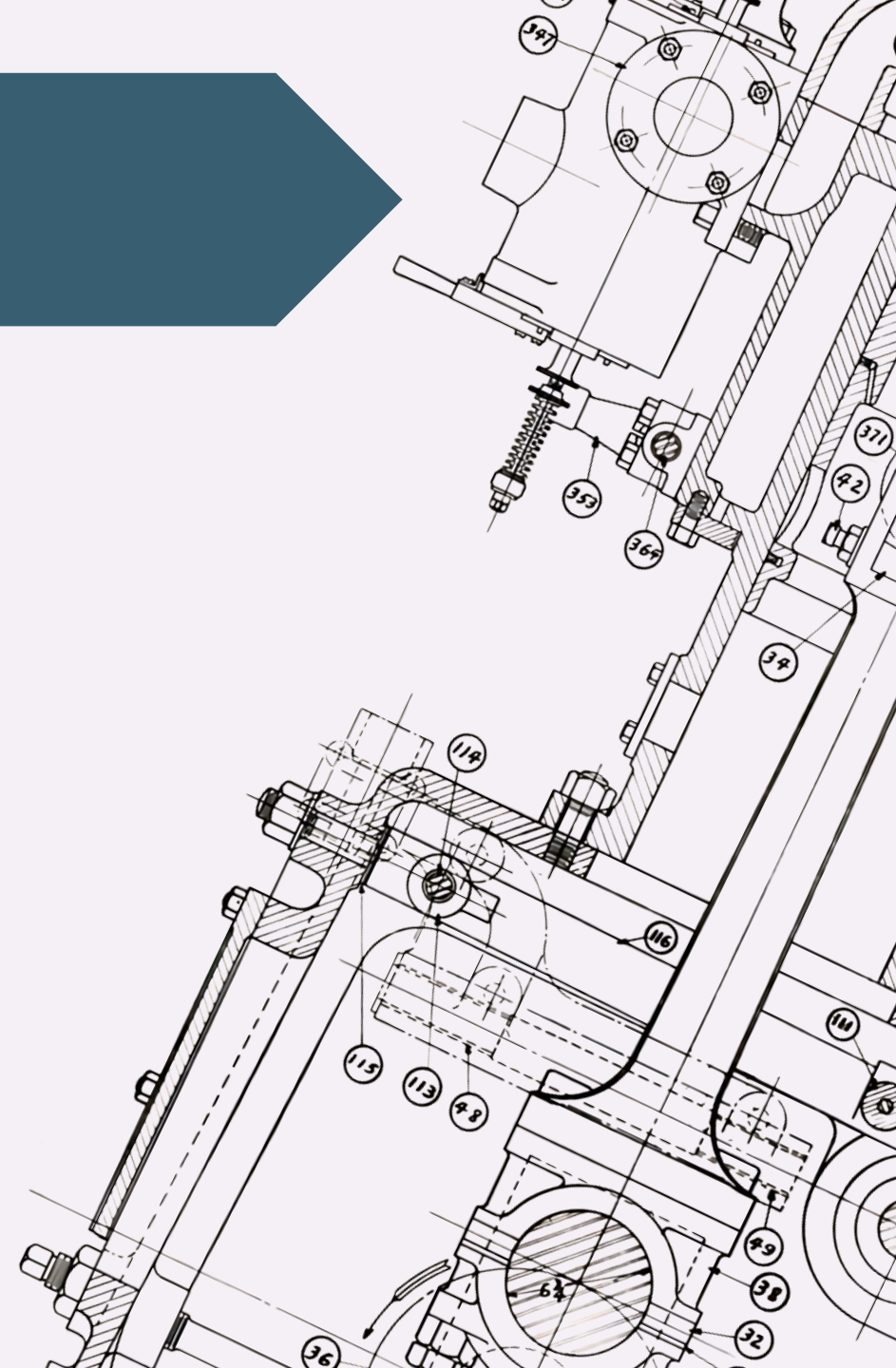


# Rzutowanie według strzałek określających kierunki rzutowania

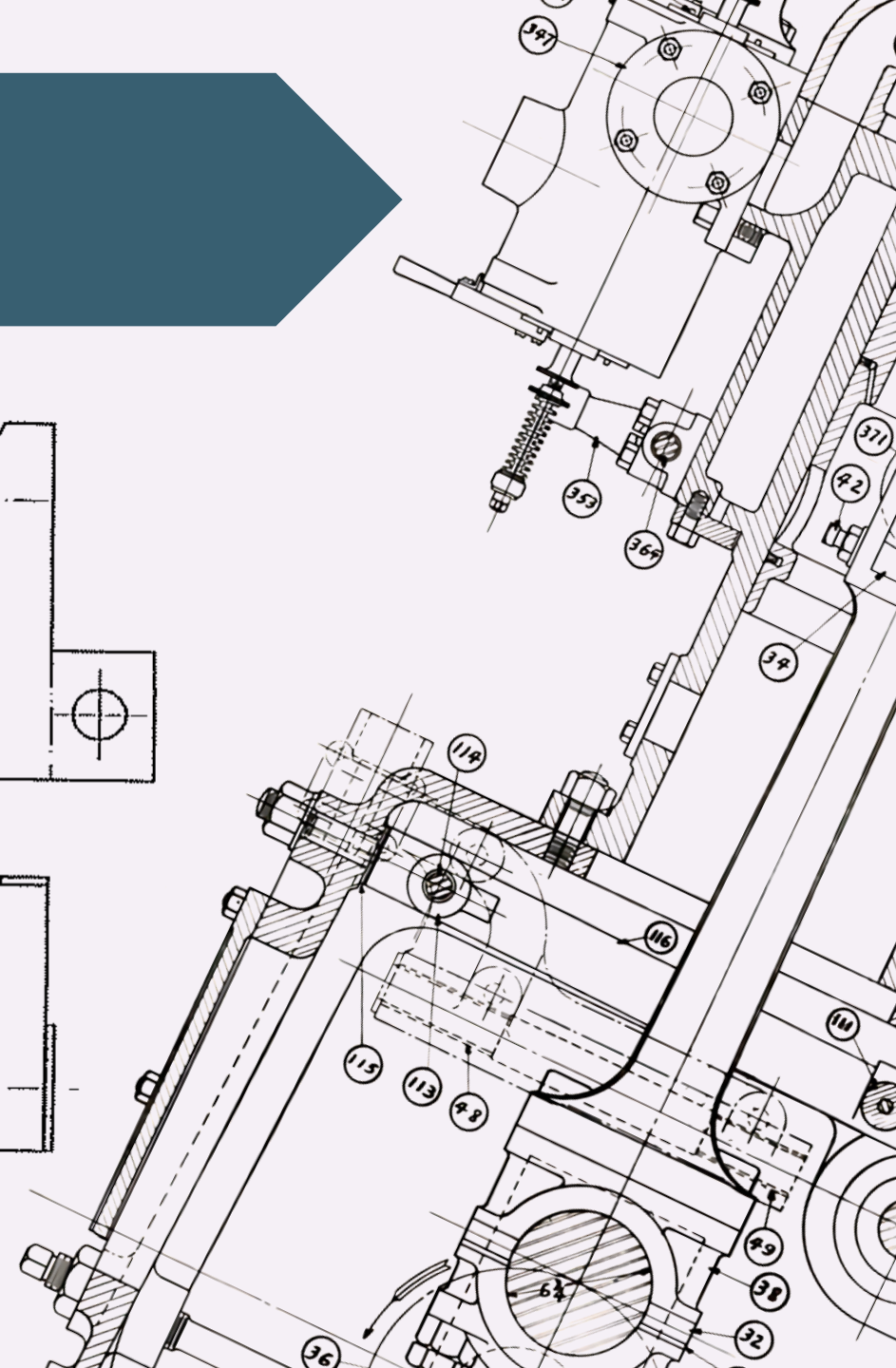
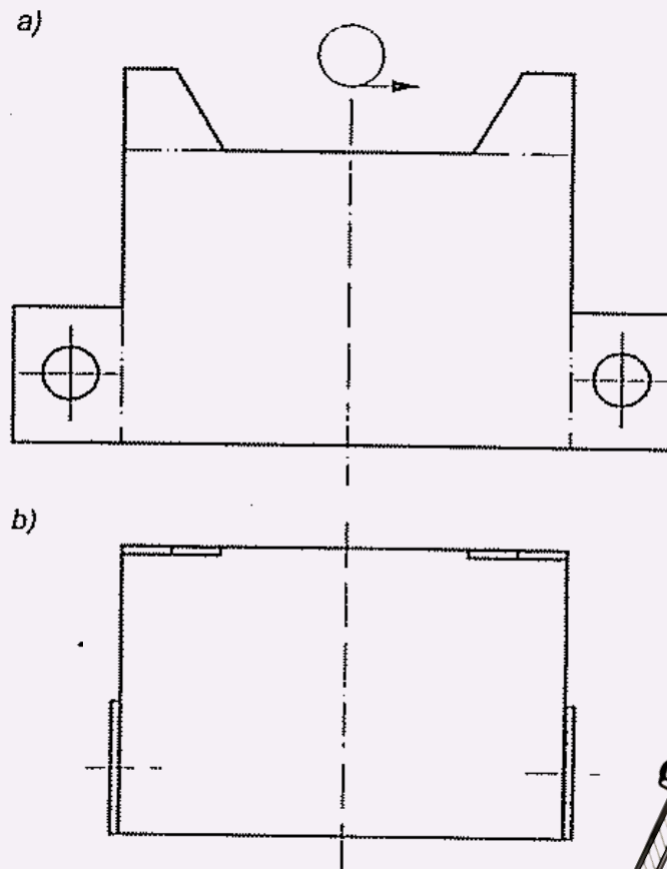
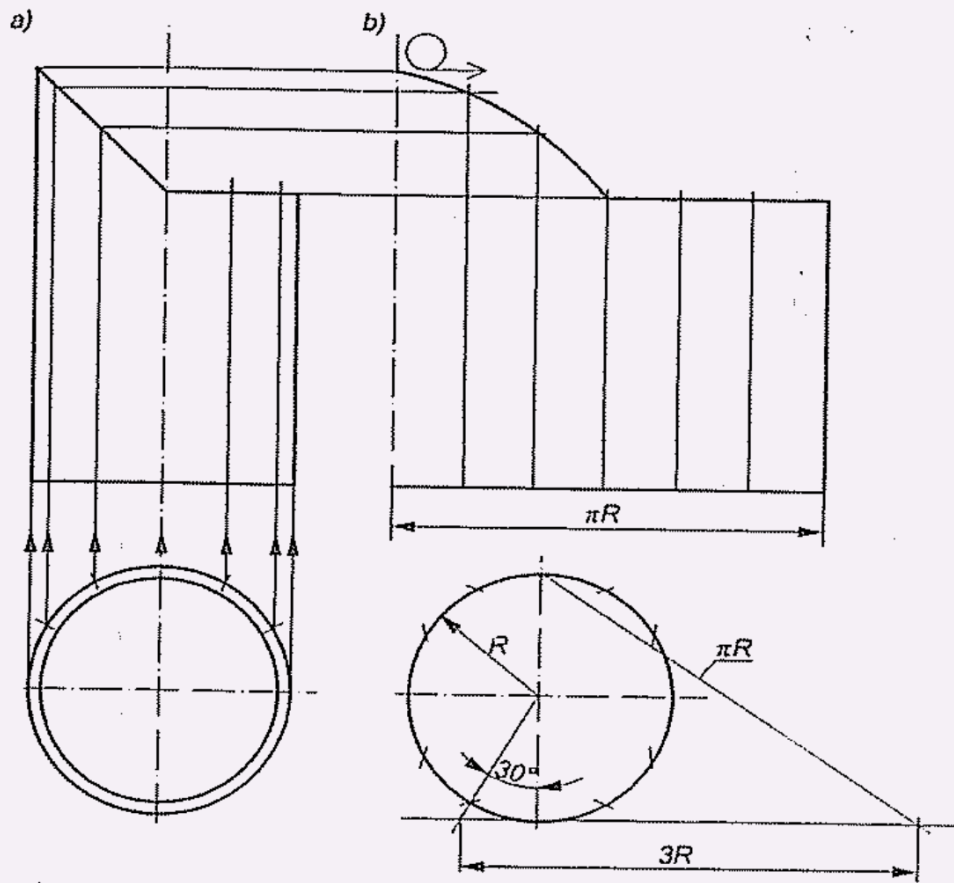


# Widoki specjalne

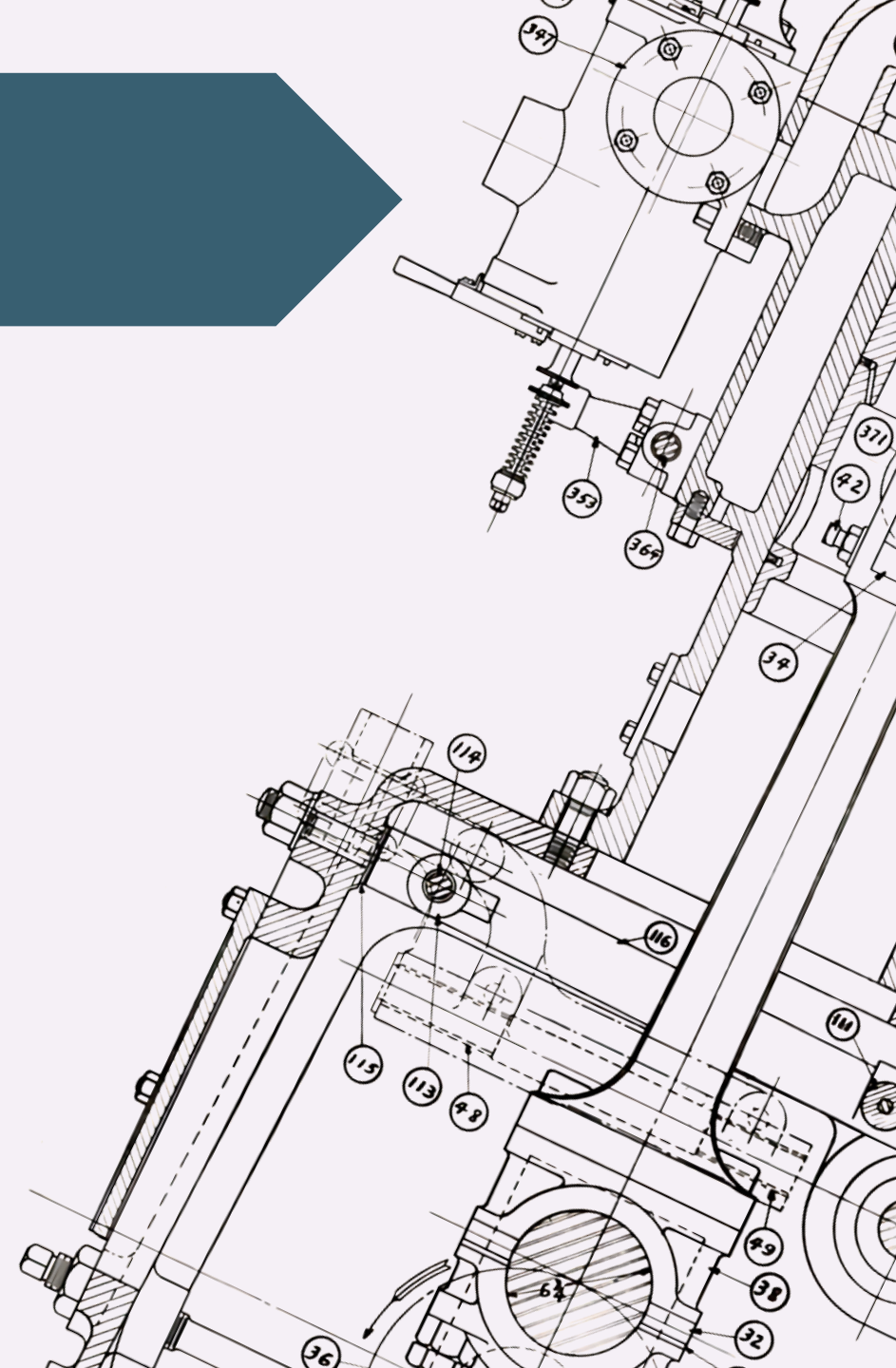
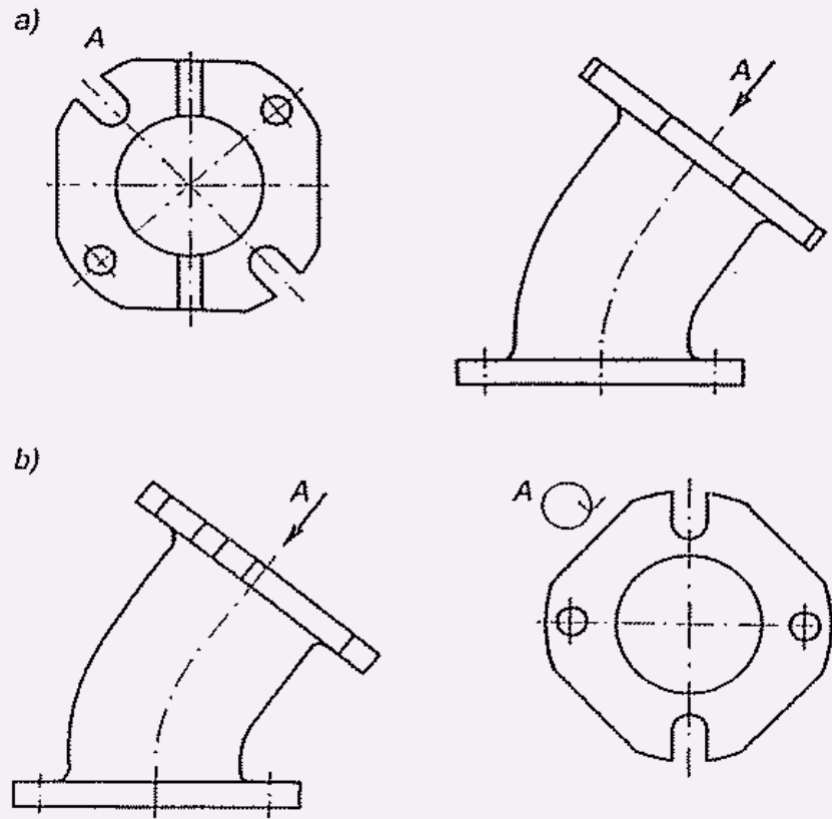
- Widok rozwinięty
- Widoki pomocnicze
- Widoki cząstkowe



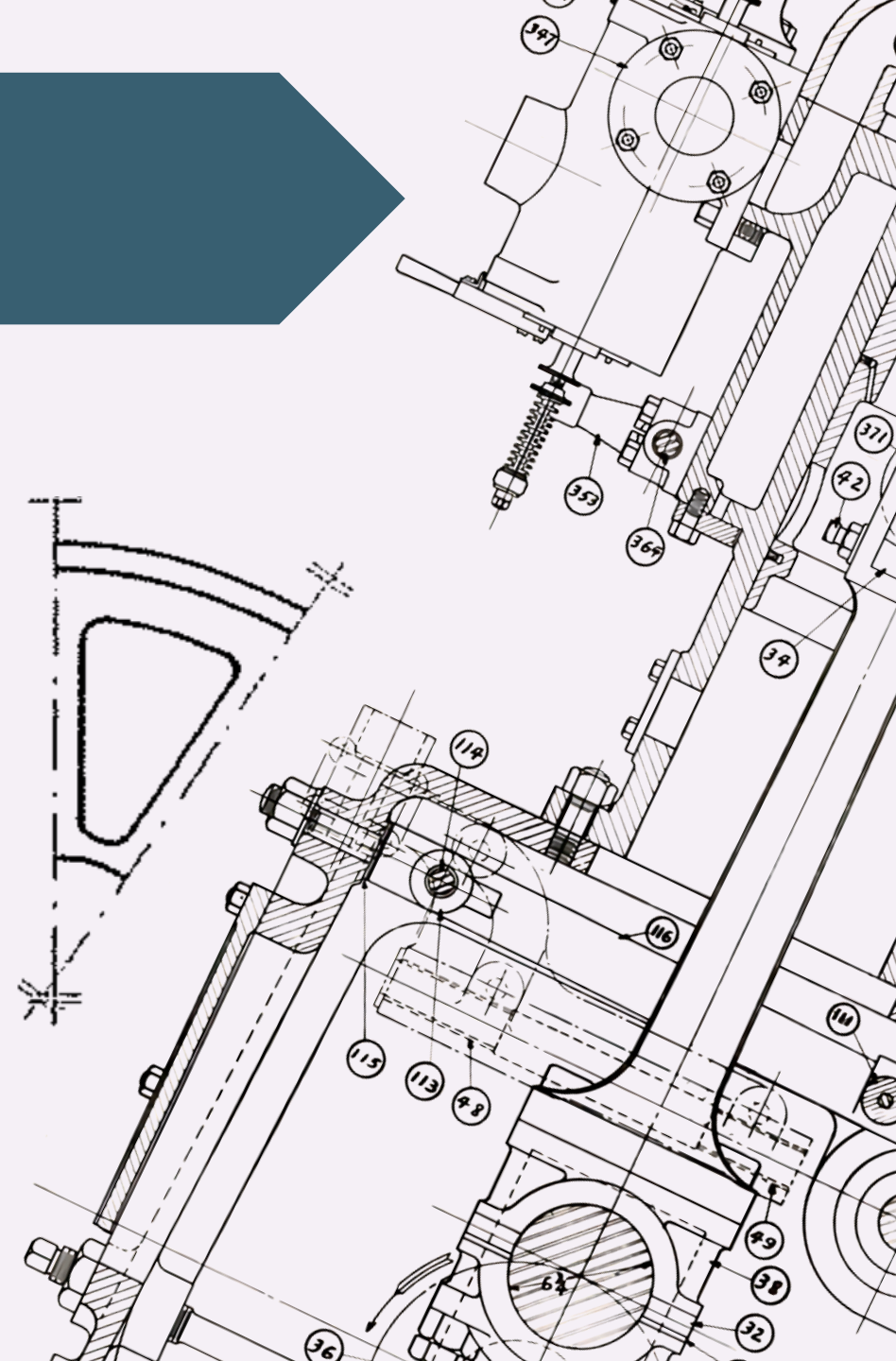
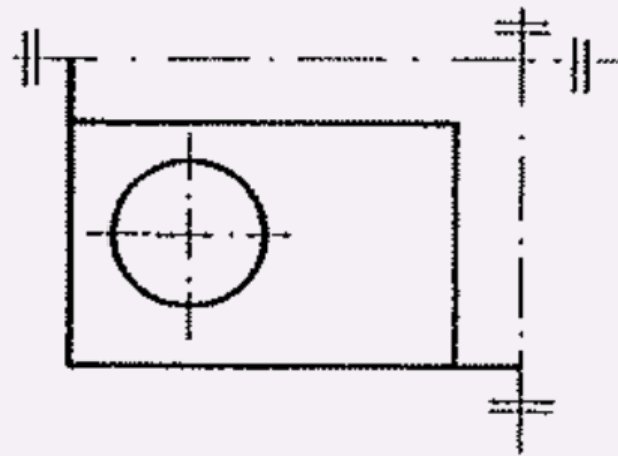
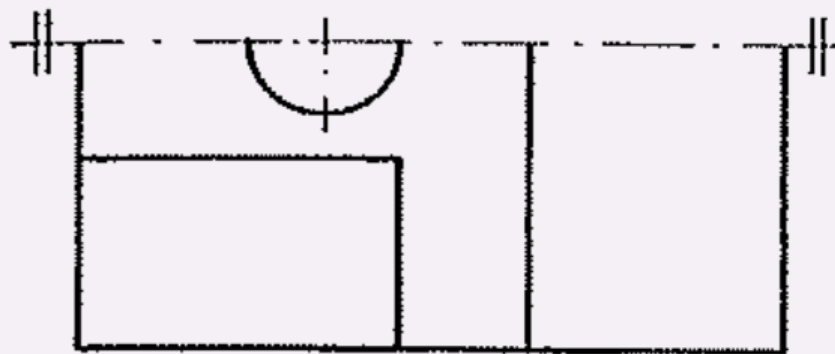
# Widok rozwinięty



# Widok pomocniczy

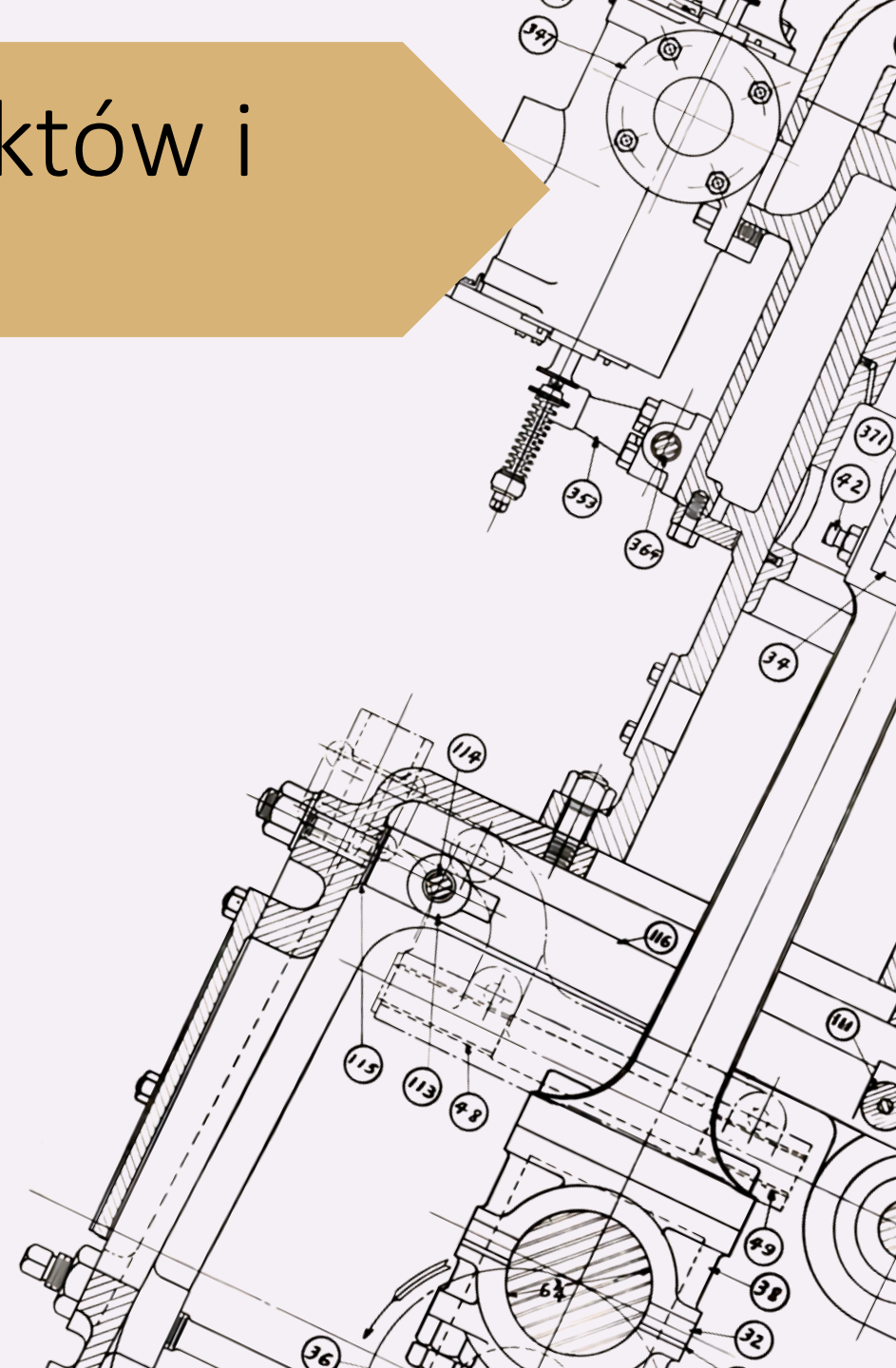


# Widok cząstkowy

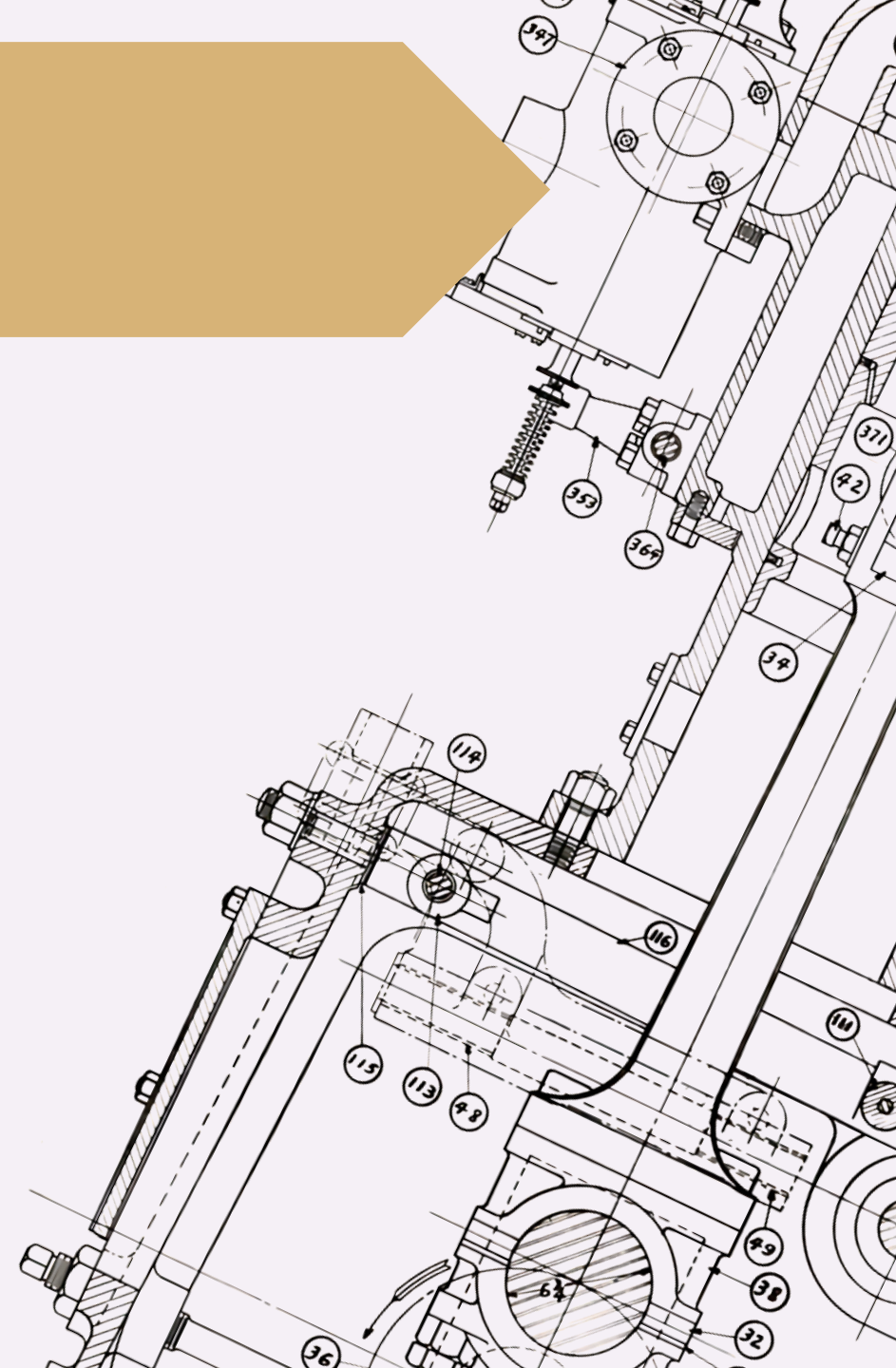
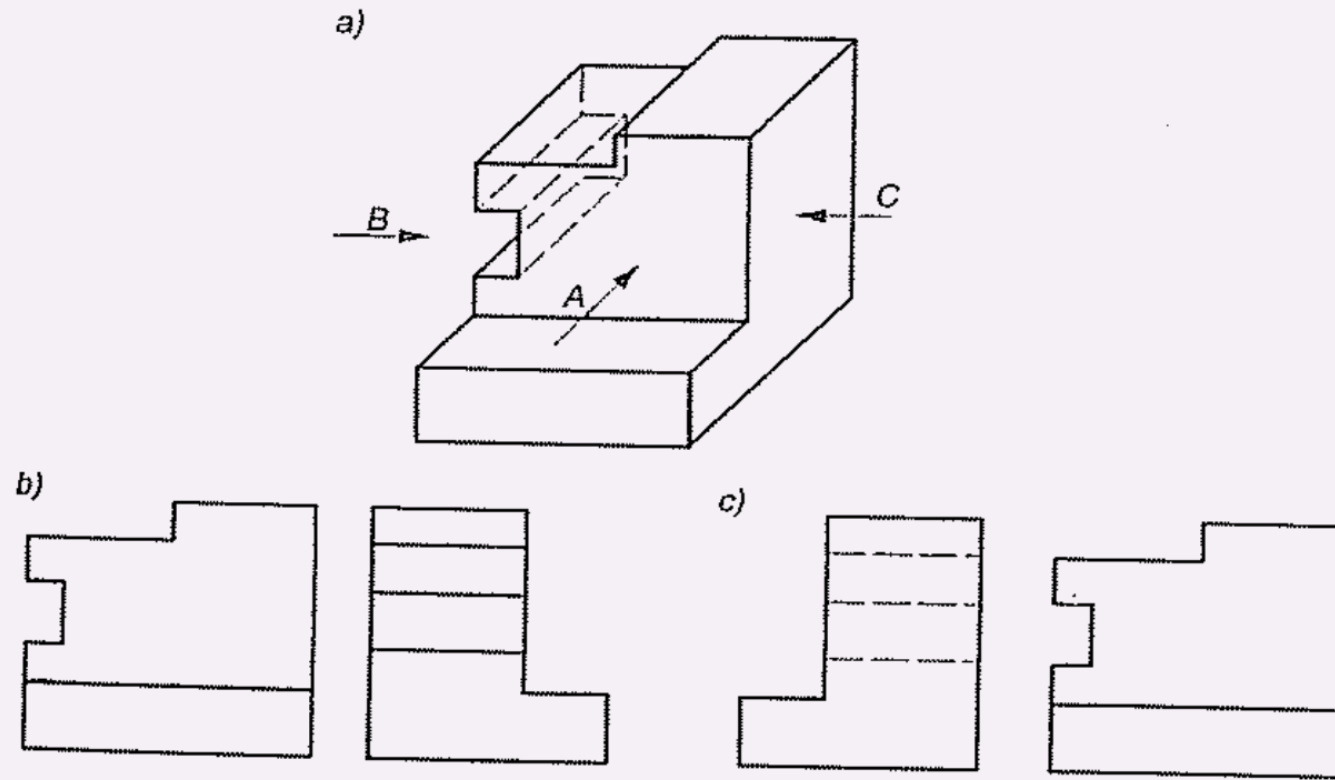


# Elementy przedstawiania obiektów i konstrukcji

- Zarys widoczny i niewidoczny
- Płaszczyzny symetrii i osie symetrii
- Płaszczyzny przekroju



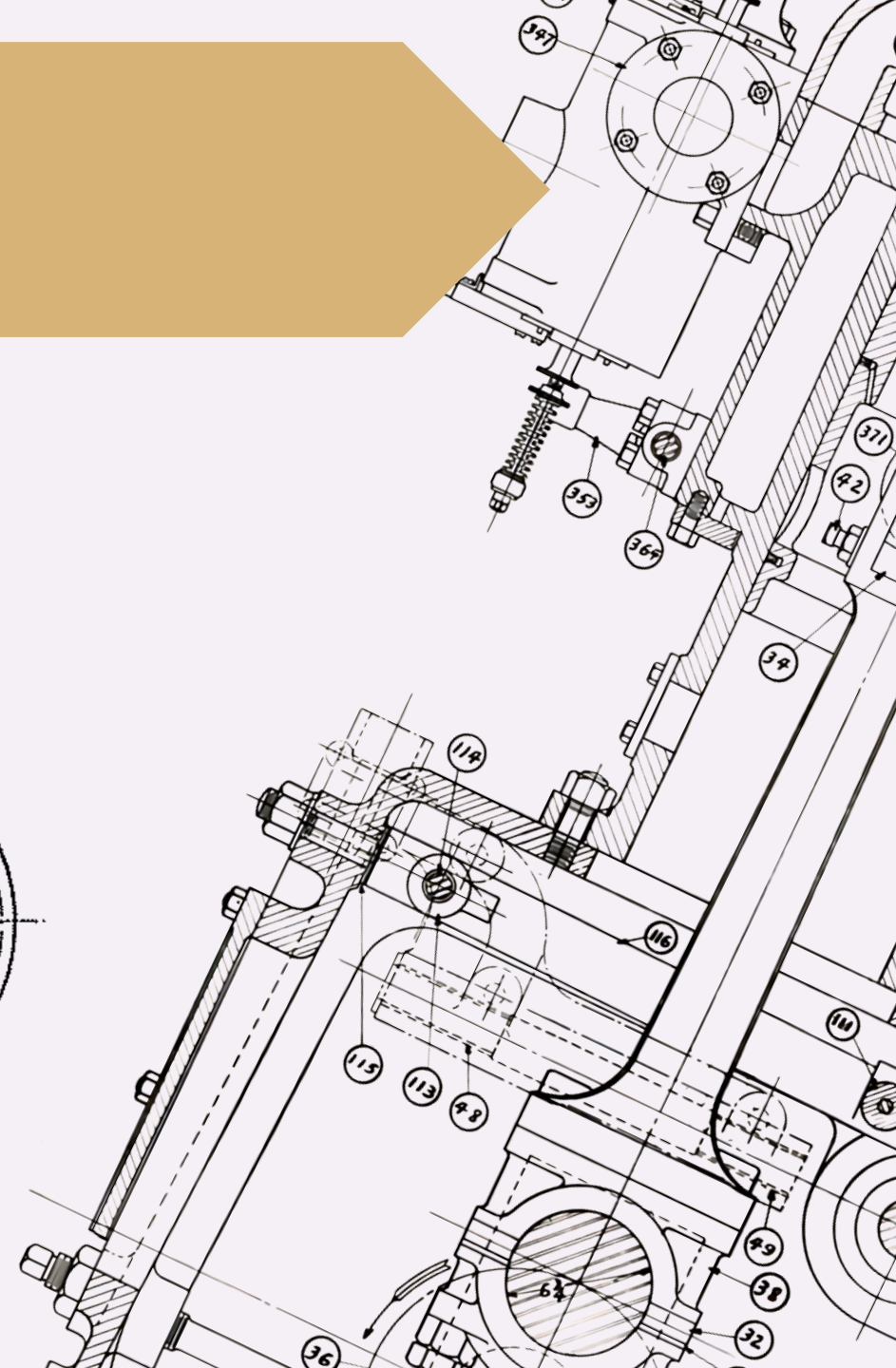
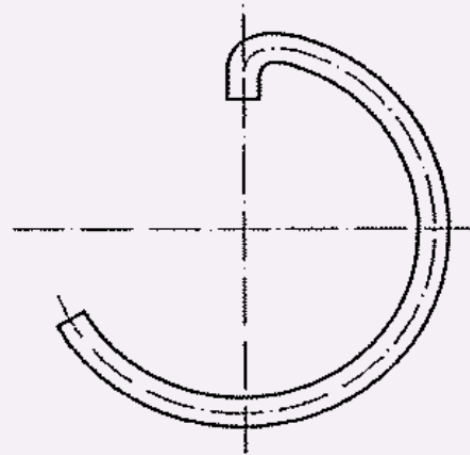
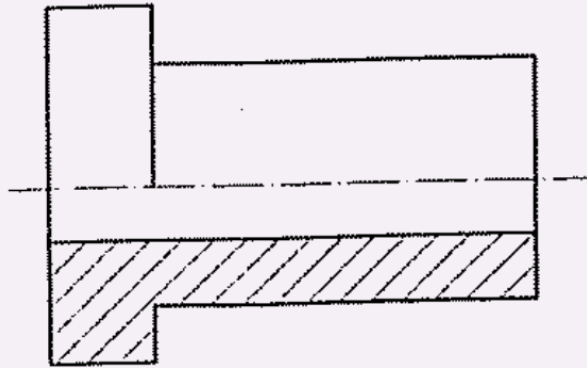
# Zarys widoczny i niewidoczny



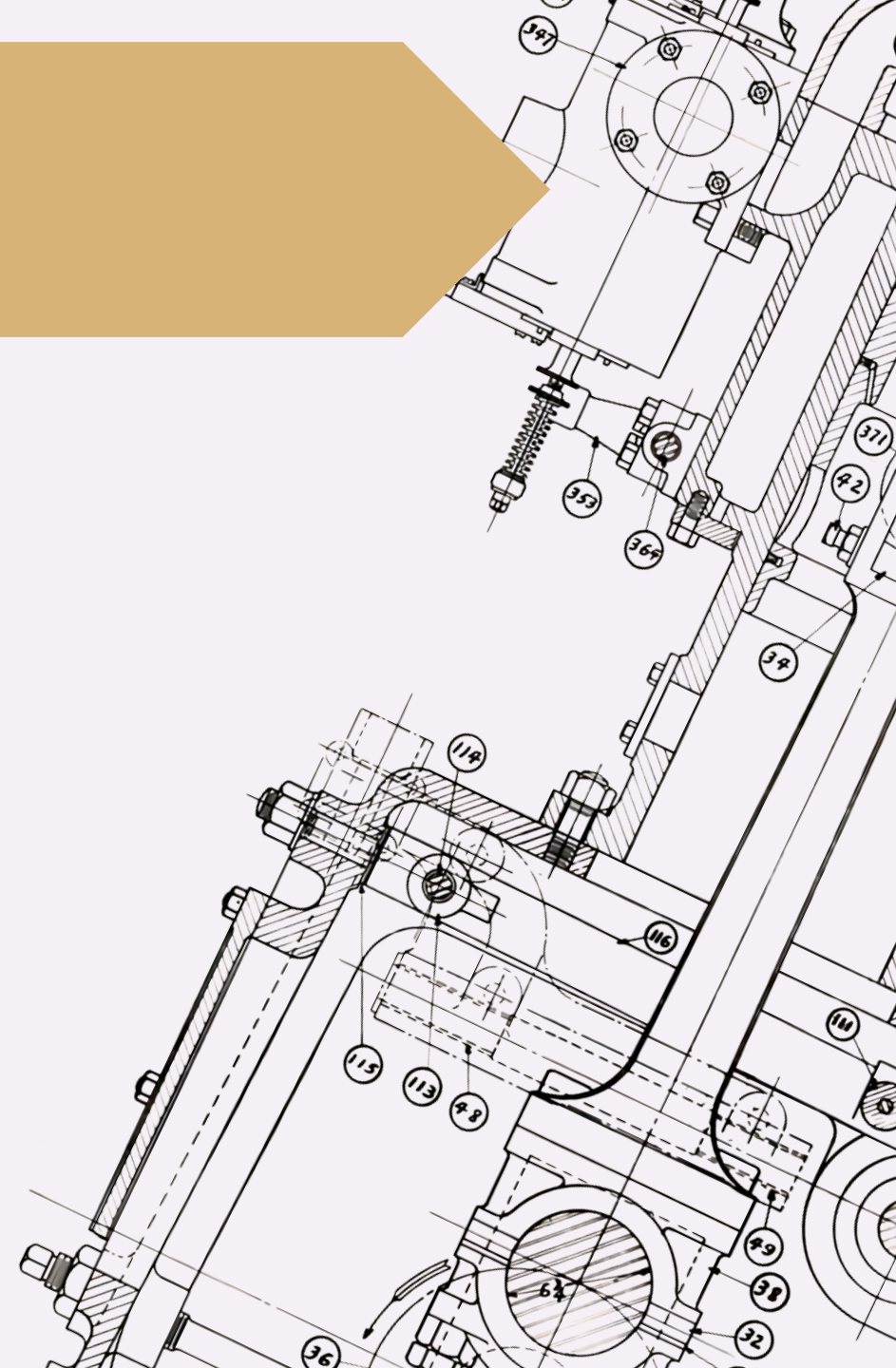
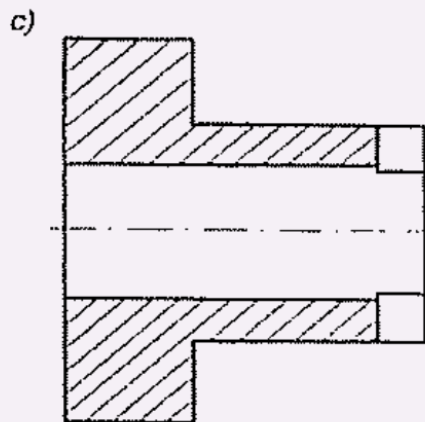
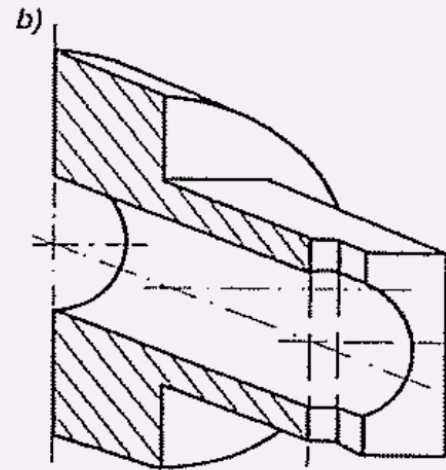
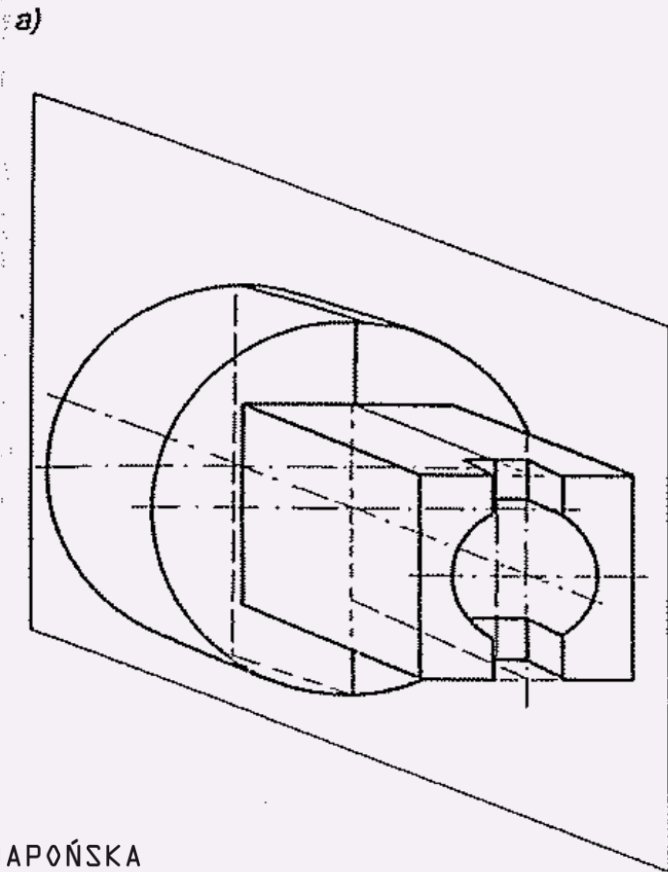


# Płaszczyzny i osie symetrii

- Oznaczane linią kropkowaną
- Definiują symetrię przedmiotu



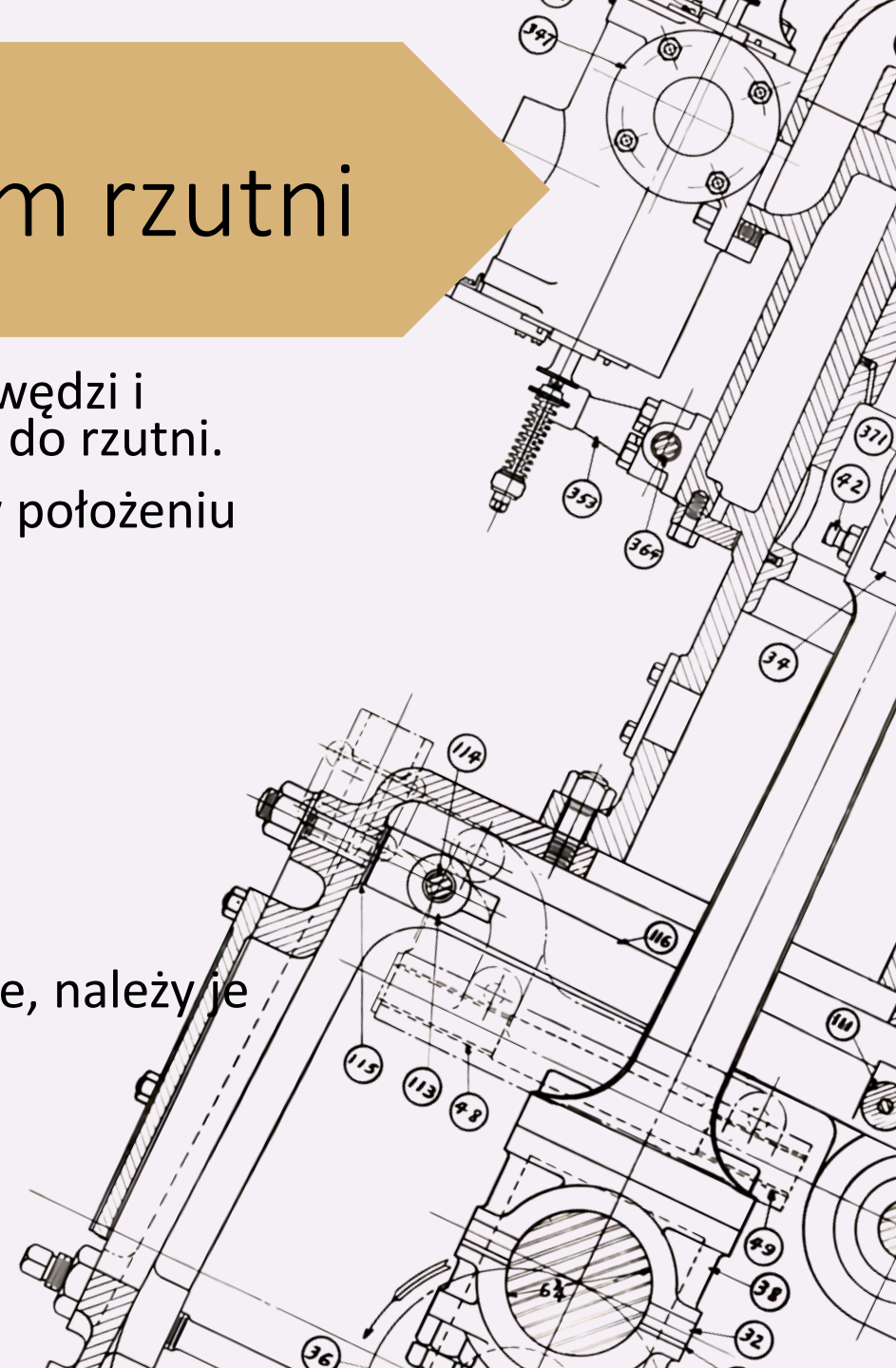
# Płaszczyzny przekroju



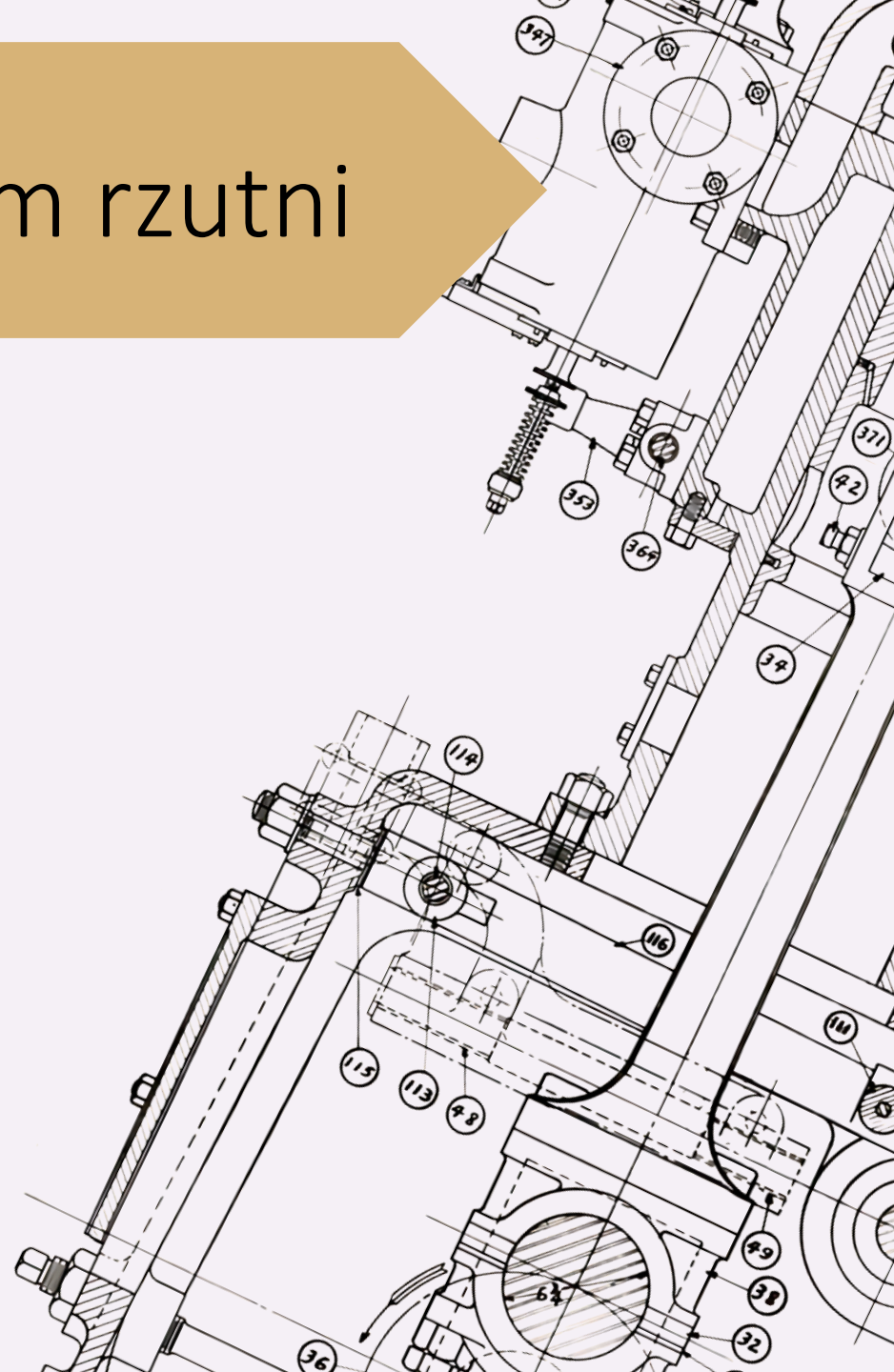
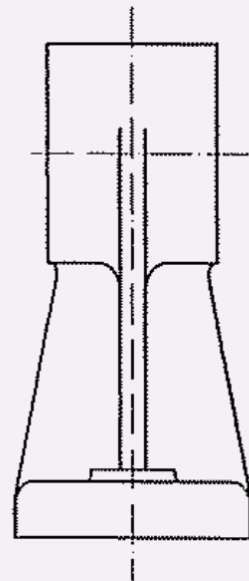
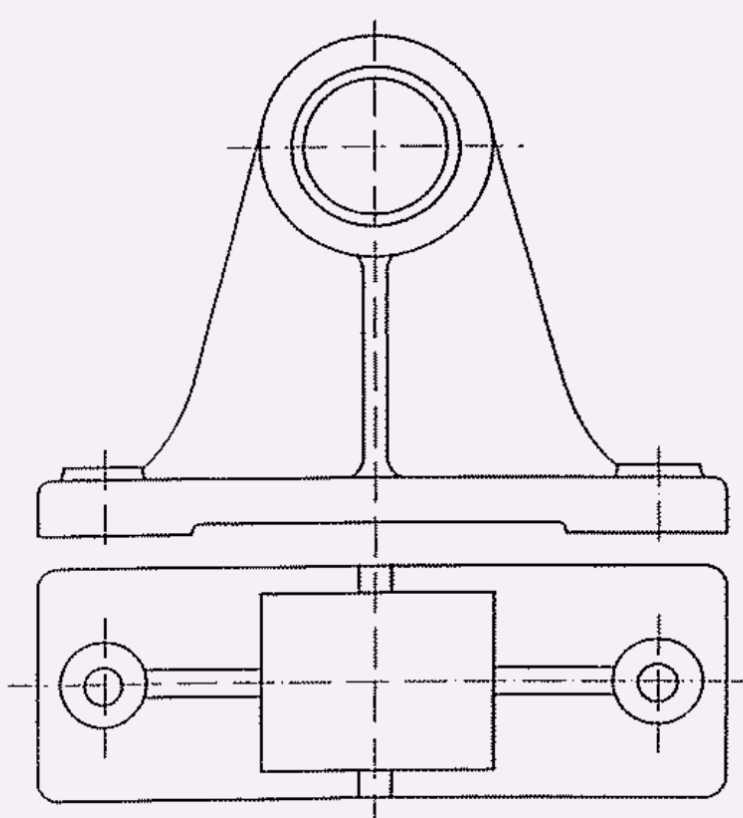
# Usytuowanie obiektu względem rzutni

- Obiekt należy przedstawiać aby jak najwięcej jego osi, krawędzi i płaszczyzn zajmowało położenie prostopadłe i równoległe do rzutni.
- Obiekt należy przedstawiać albo w położeniu pracy albo w położeniu obróbki\*

- \*jeśli położenie użytkowe nie jest ani pionowe ani poziome, należy je do tego położenia sprowadzić

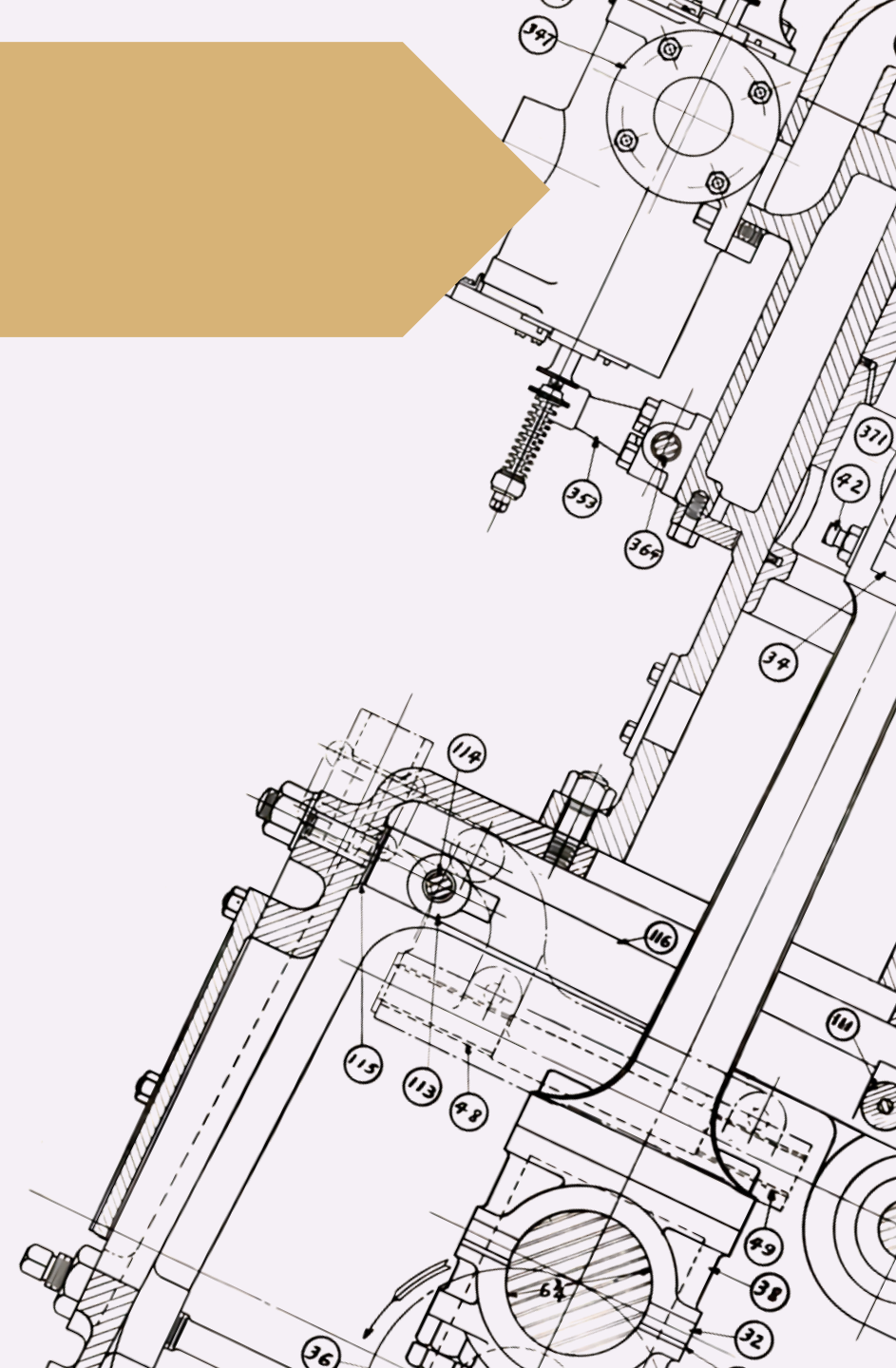


# Usytuowanie obiektu względem rzutni

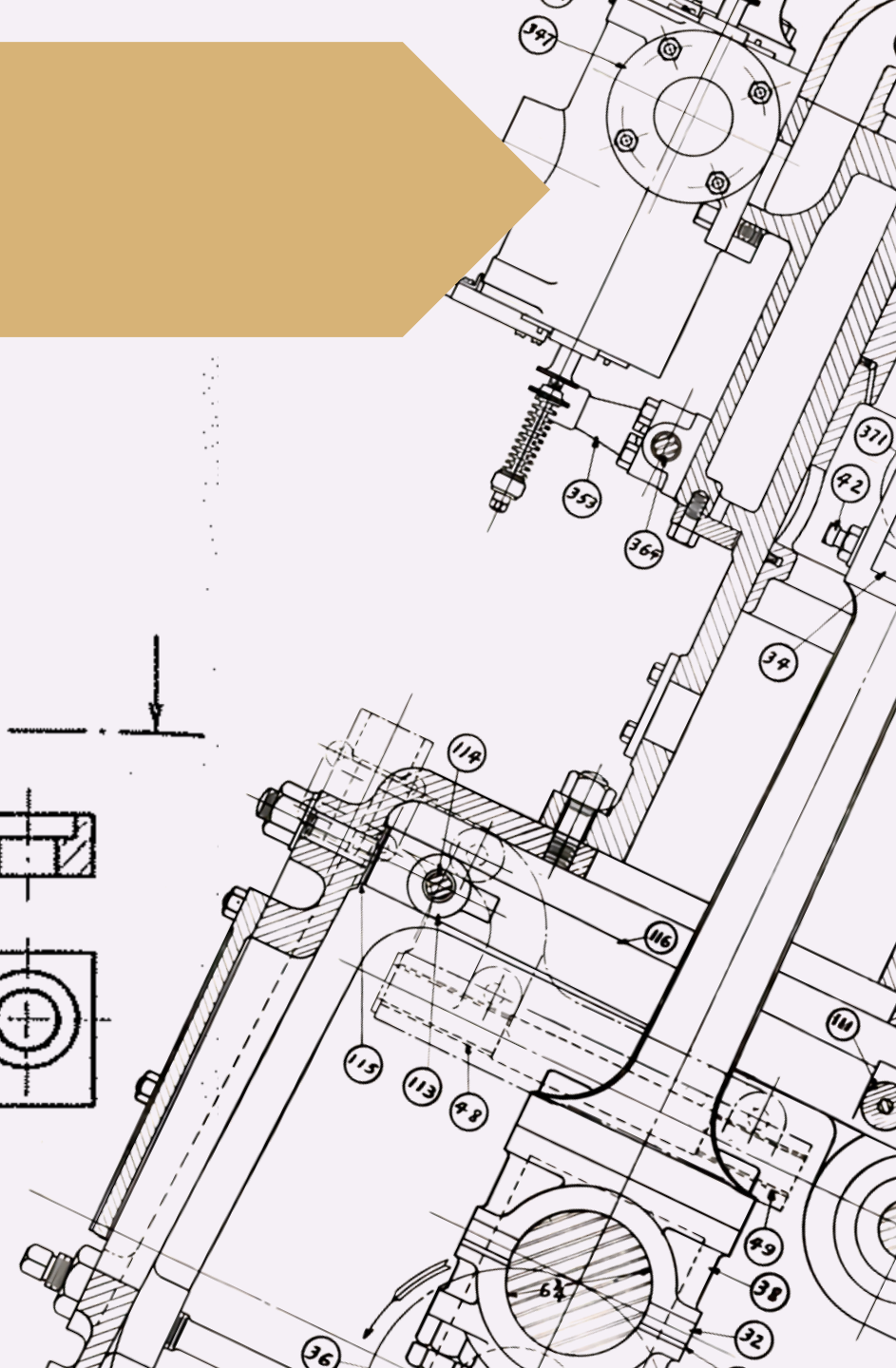
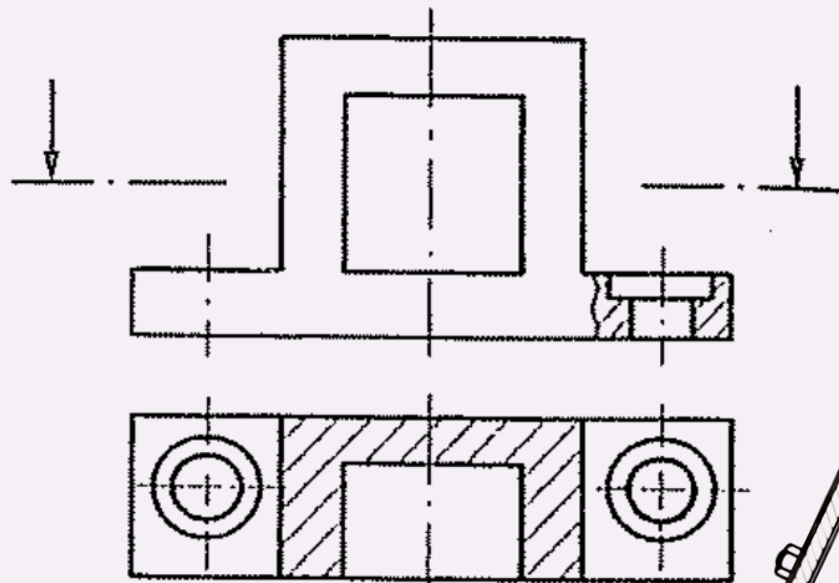
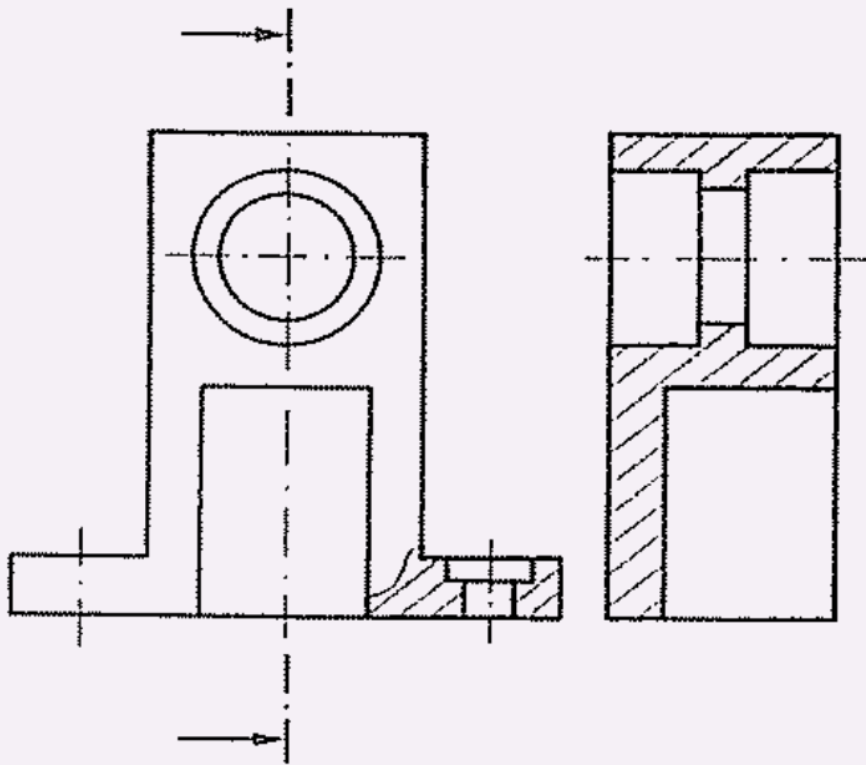


# Przekroje cd.

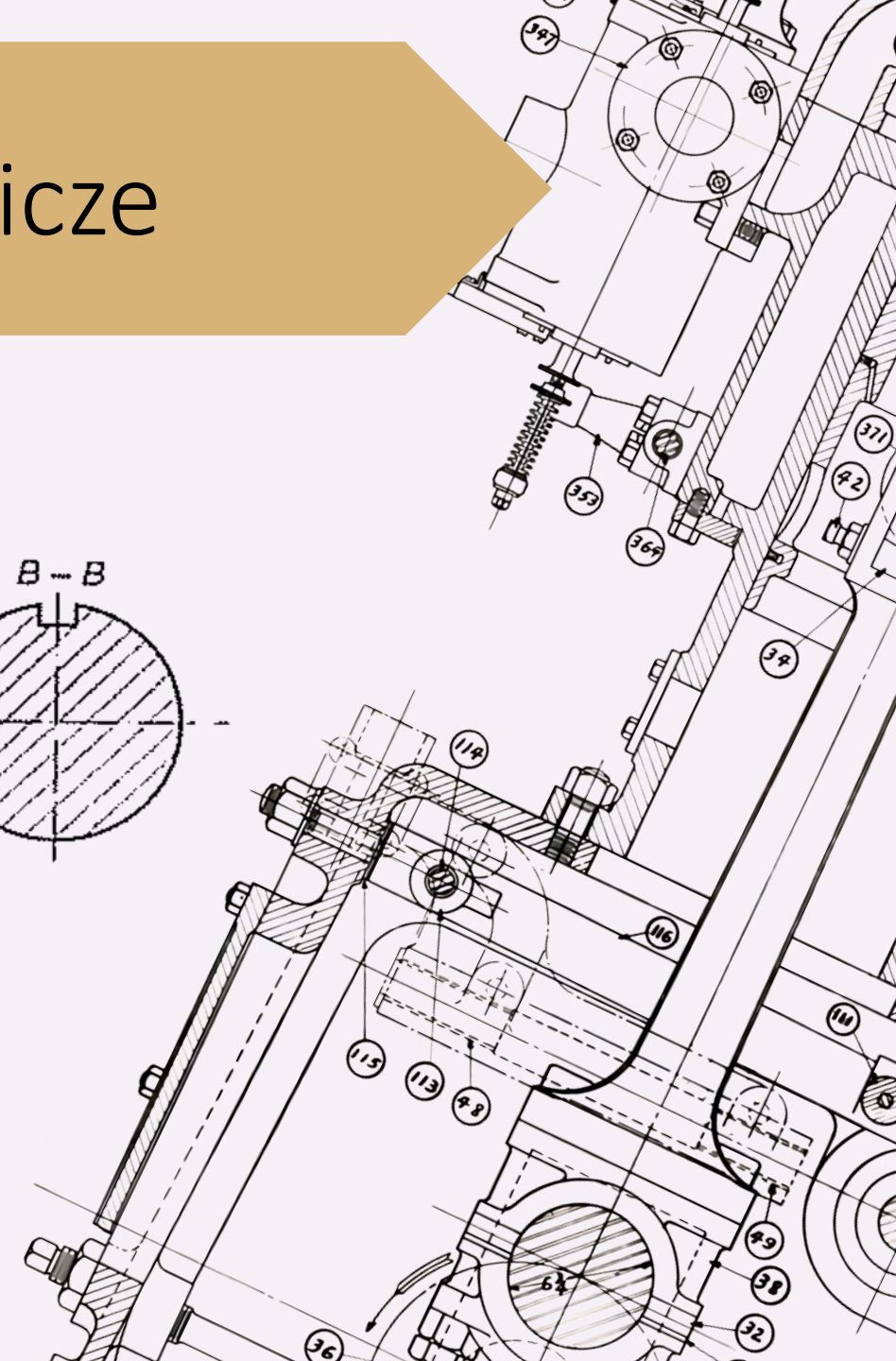
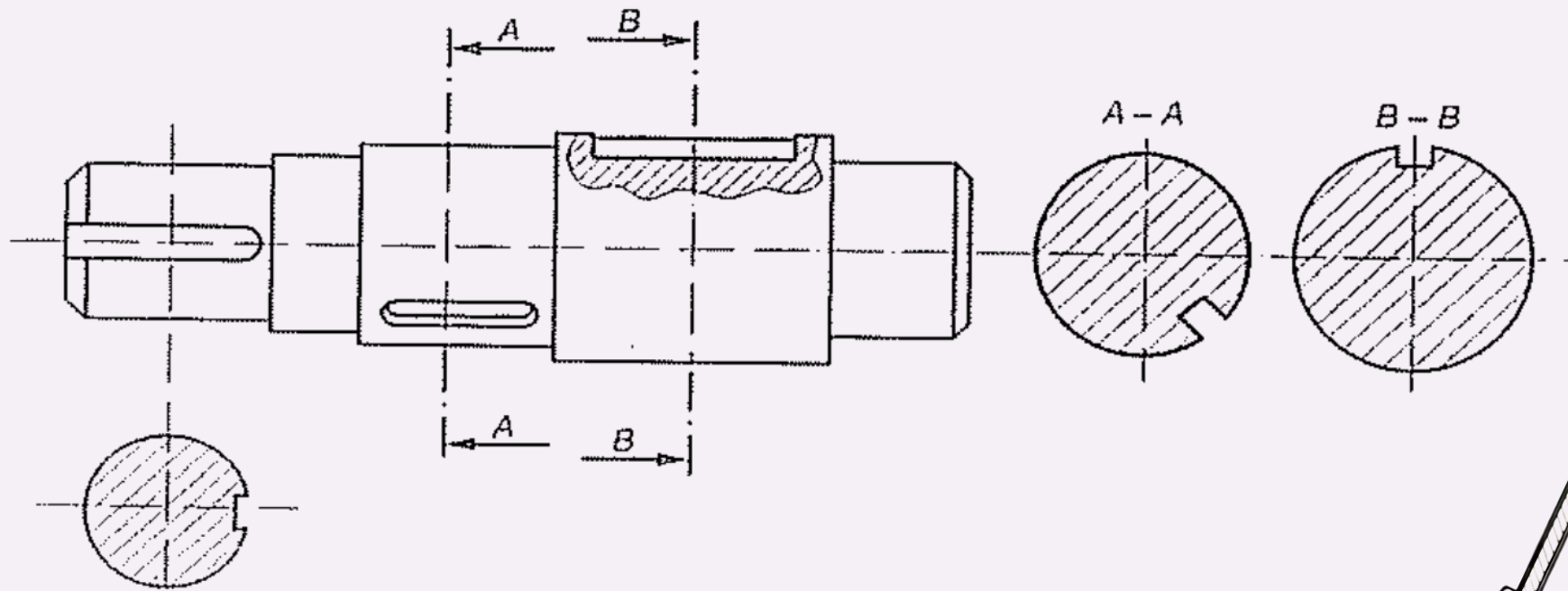
- Przekroje pionowe
- Przekroje poziome
- Przekroje cząstkowe (tzw. Wyrwania)
- Przekroje pomocnicze



# Przekroje pionowe i poziome

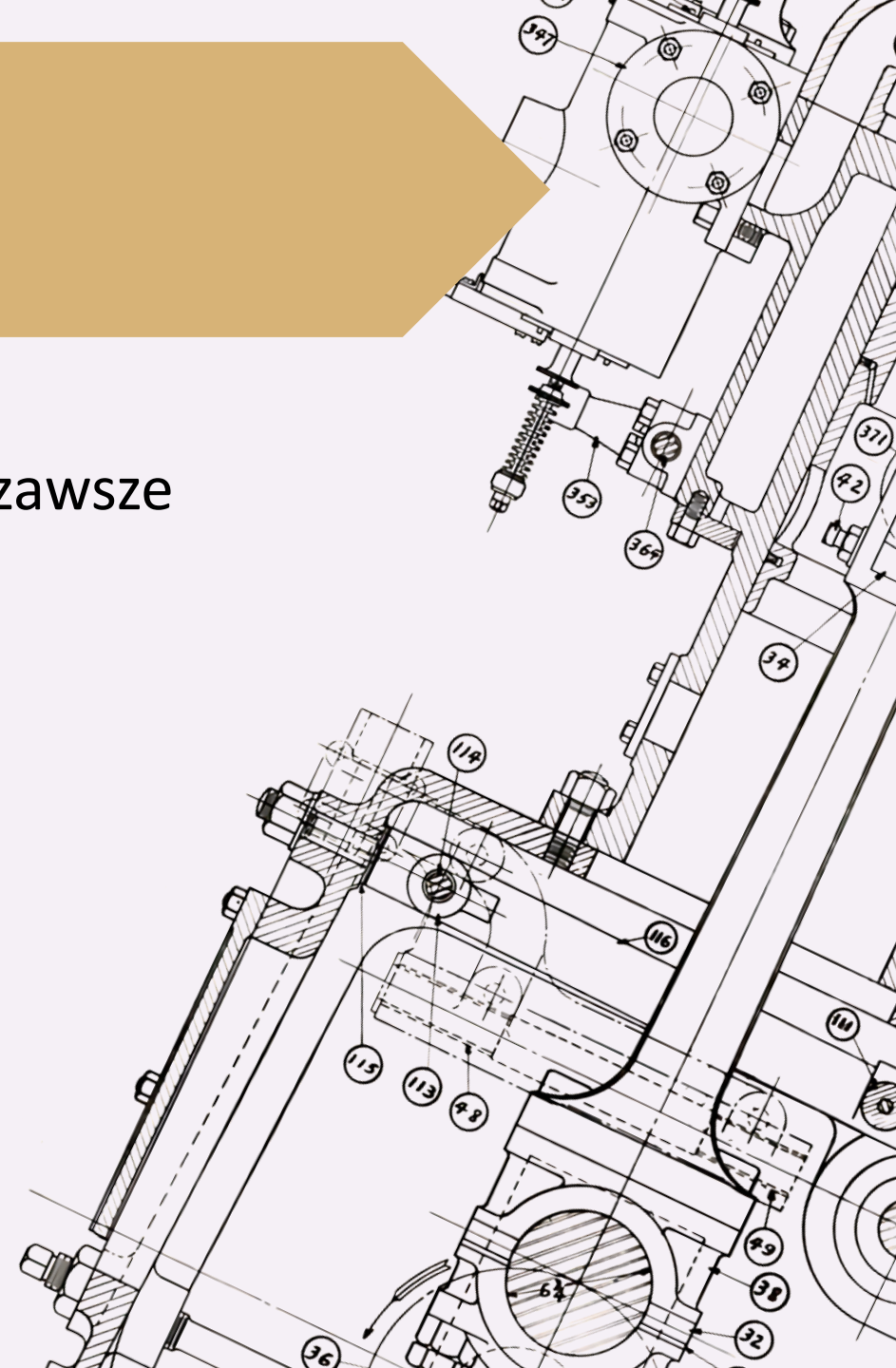


# Przekroje cząstkowe i pomocnicze



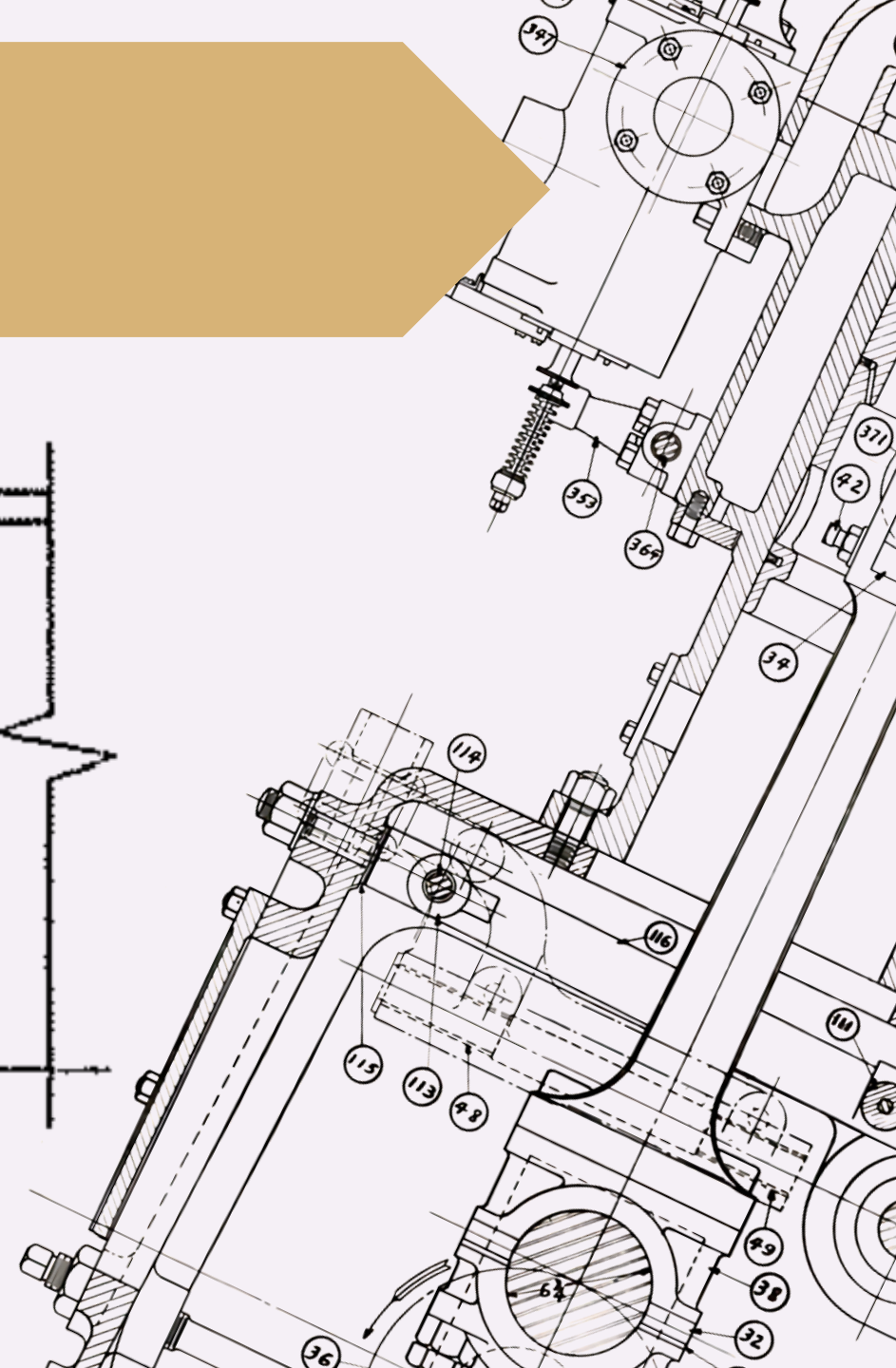
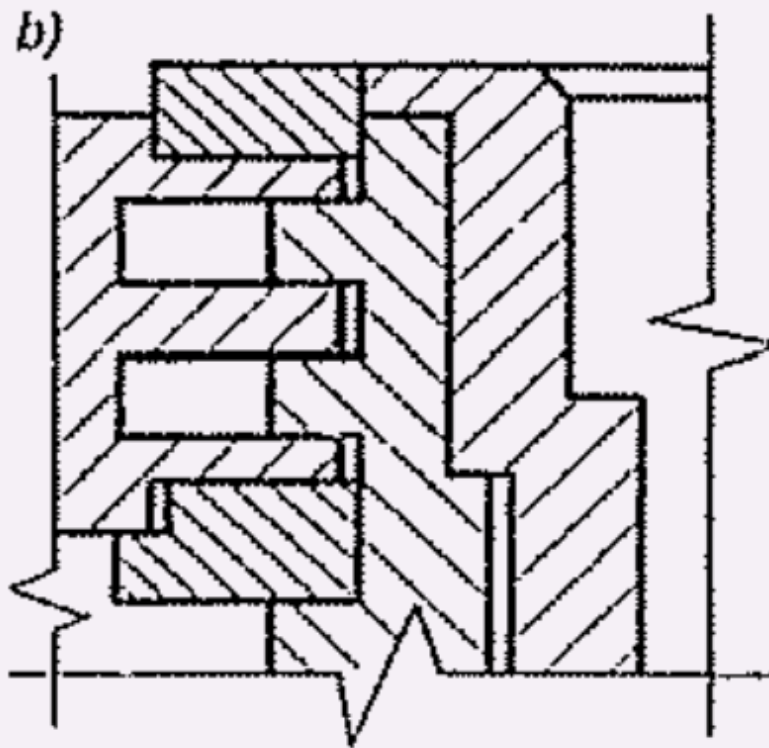
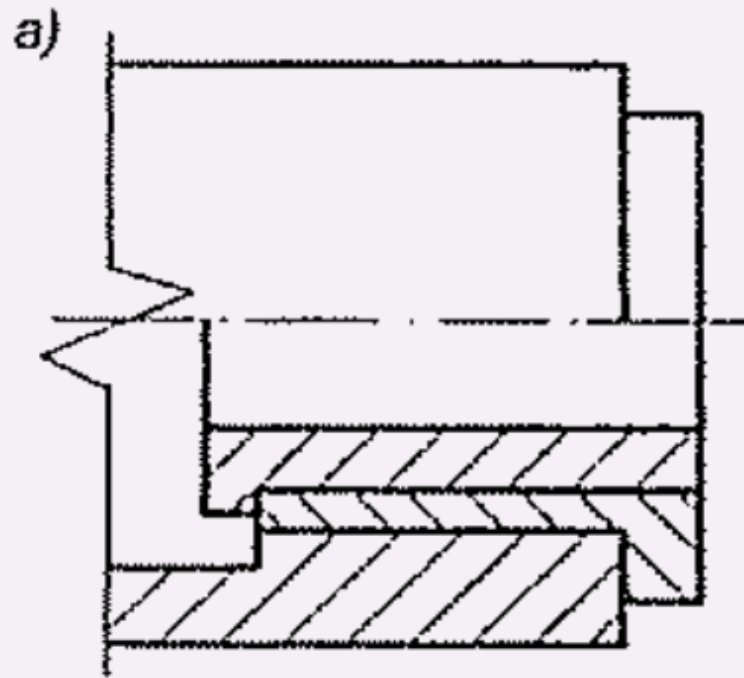
# Kreskowanie

- Pod kątem 45 stopni\*
- Podziałka kreskowania I kąt nachylenia musi być zawsze taki sam
- \*bądź 30 lub 60,
- w szczególnych przypadkach inny kąt


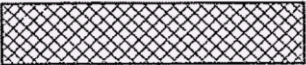


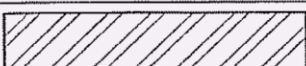
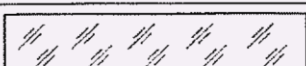
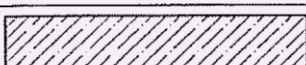
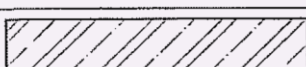
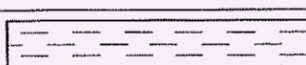
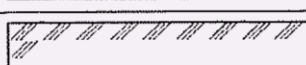


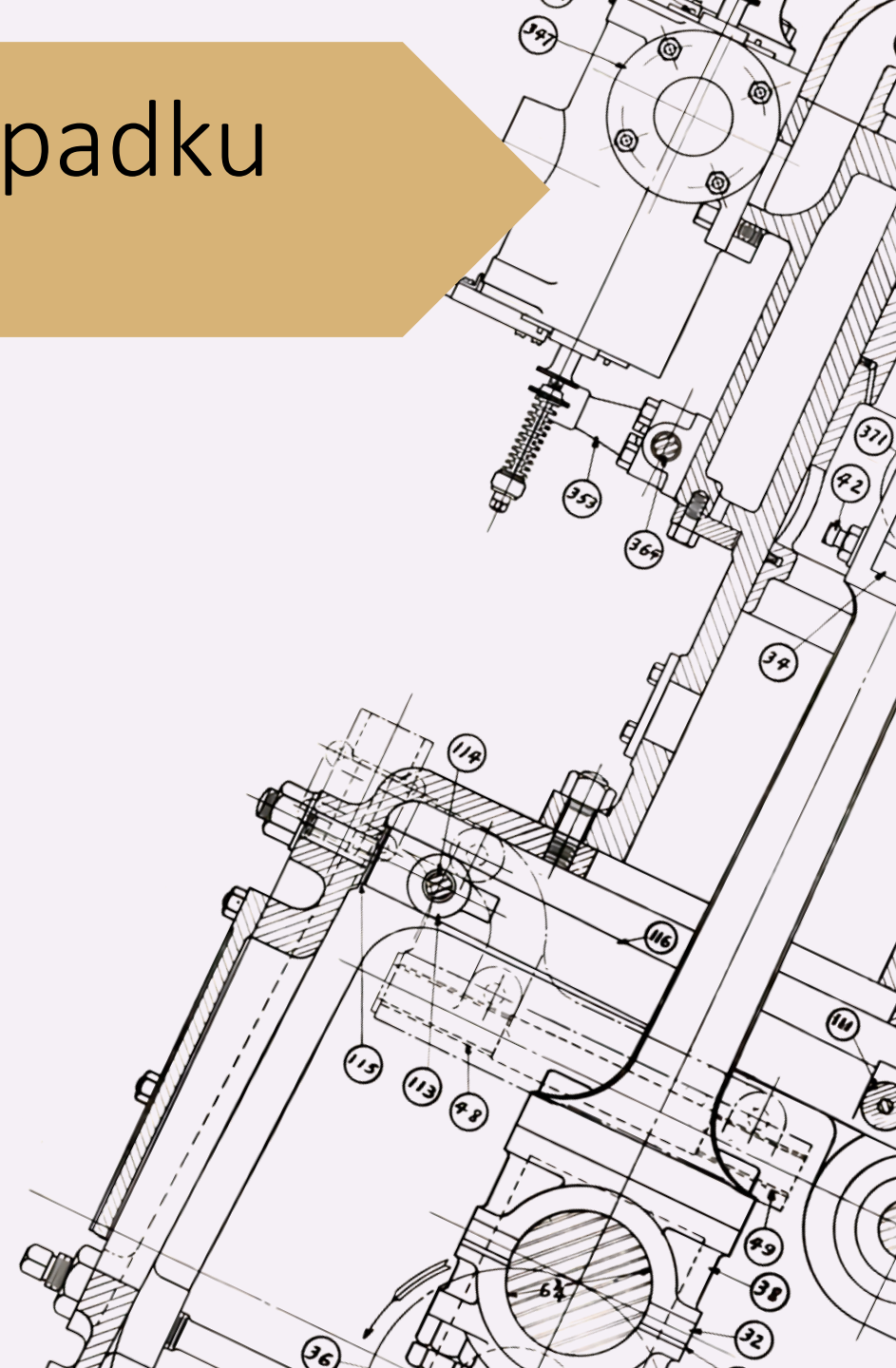


# Kreskowanie



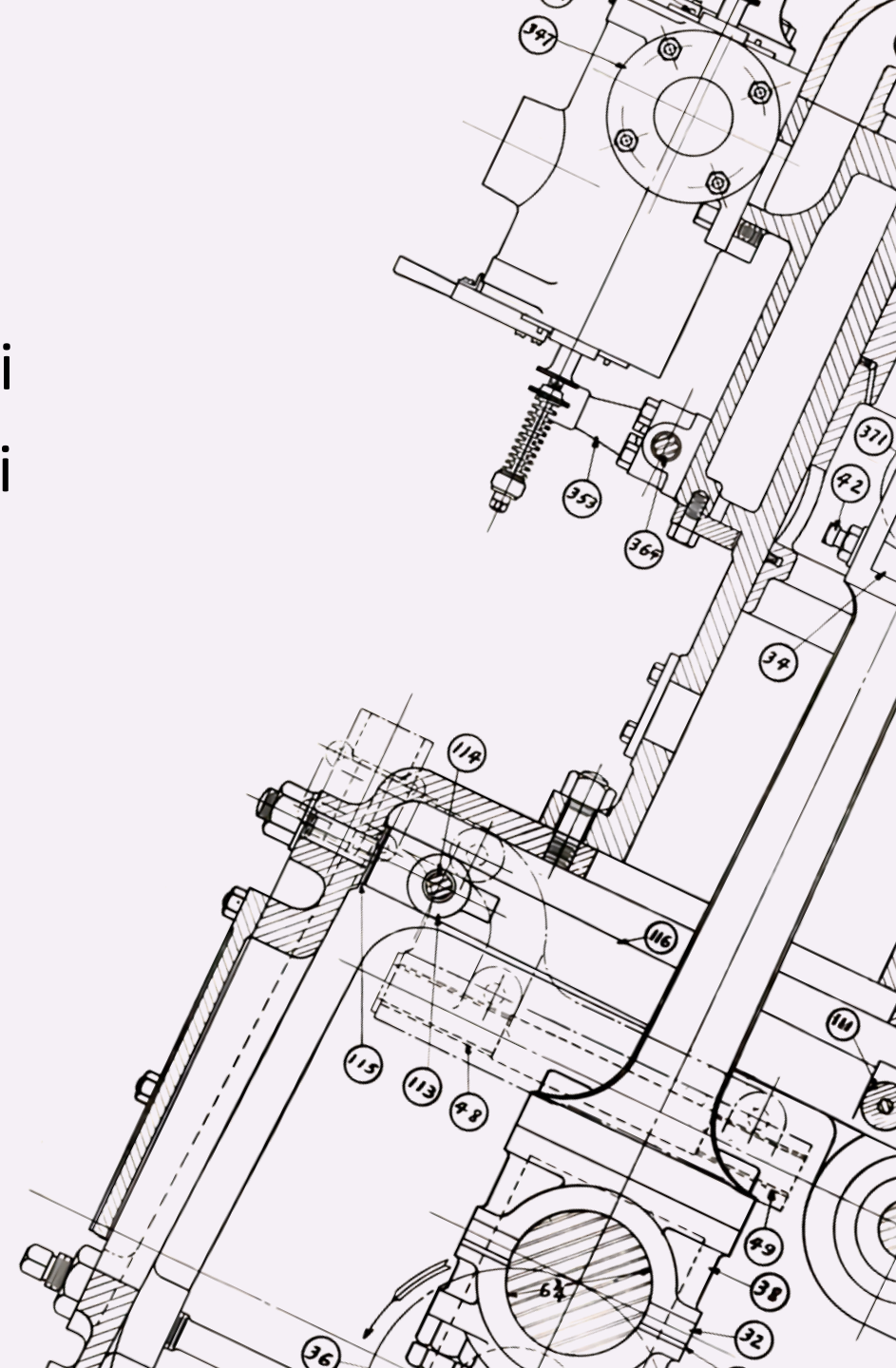
# Oznaczanie przekrojów w przypadku wielu materiałów

Lp.	Material	Oznaczenie graficzne
1	Różne metale	
2	Guma i masy plastyczne	
3	Drewno w przekroju wzdłużnym	
4	Drewno w przekroju poprzecznym	
5	Materiały ceramiczne	
6	Szkło	
7	Beton	
8	Beton zbrojony	
9	Płyny	
10	Grunt naturalny	



# Bibliografia

- Jerzy Bajkowski – Podstawy Zapisu Konstrukcji
- Krzysztof Paprocki – Zasady Zapisu Konstrukcji
- Igor Rydzanicz – Zapis Konstrukcji - Podstawy

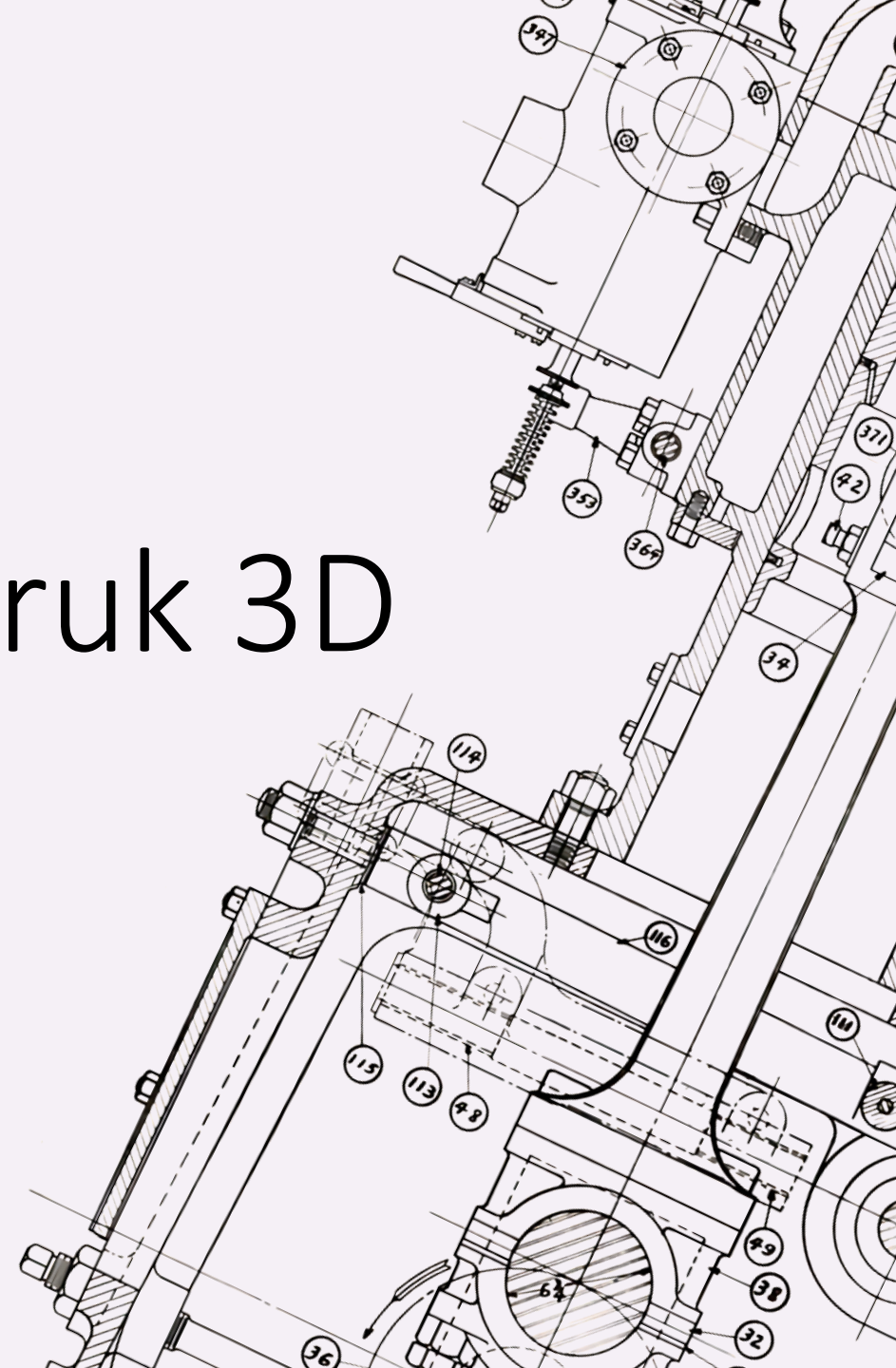


# Modelowanie I Druk 3D

## Wykład 2: Wymiarowanie

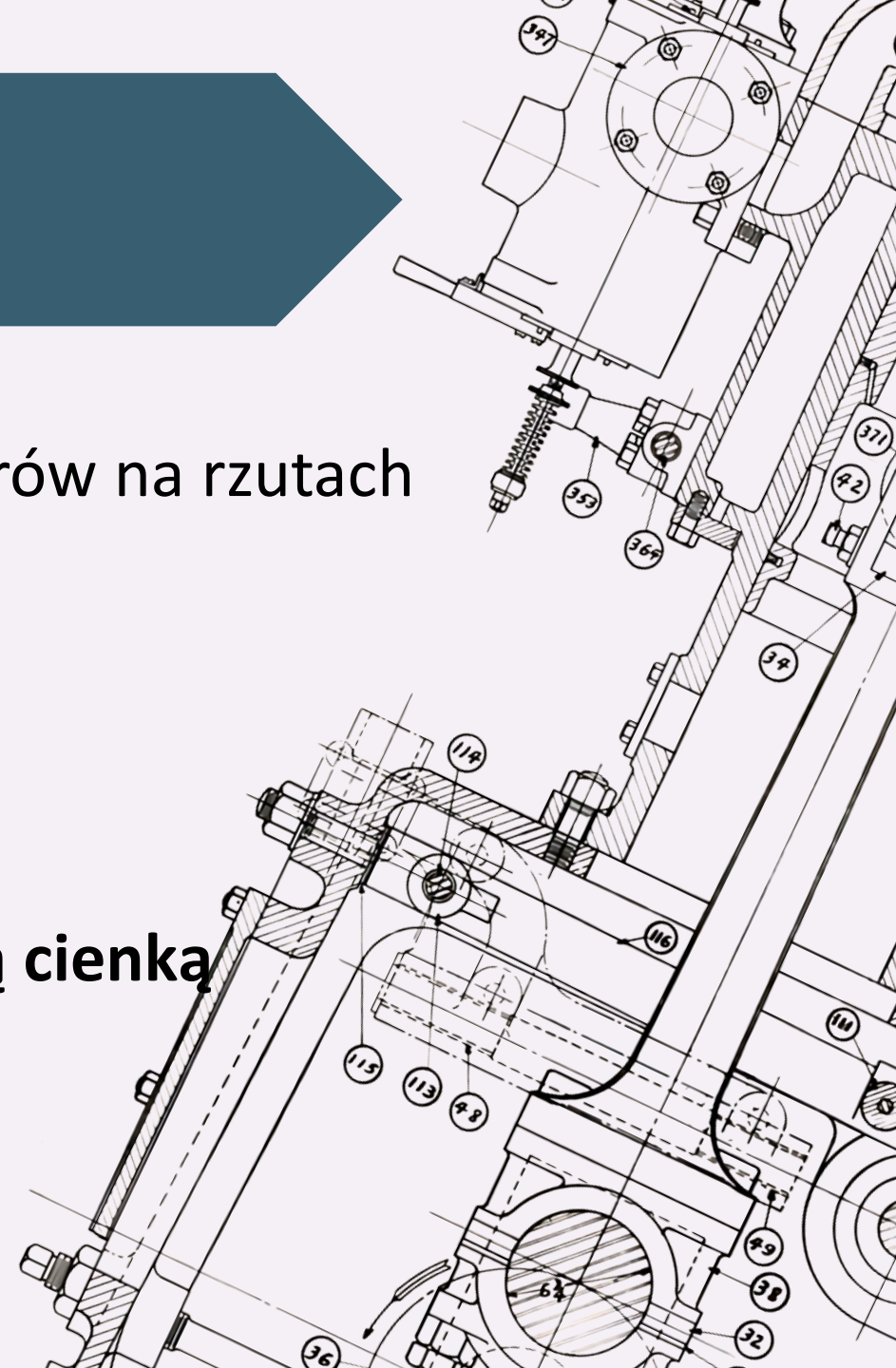


POLSKO-JAPOŃSKA  
AKADEMIA TECHNIK  
KOMPUTEROWYCH



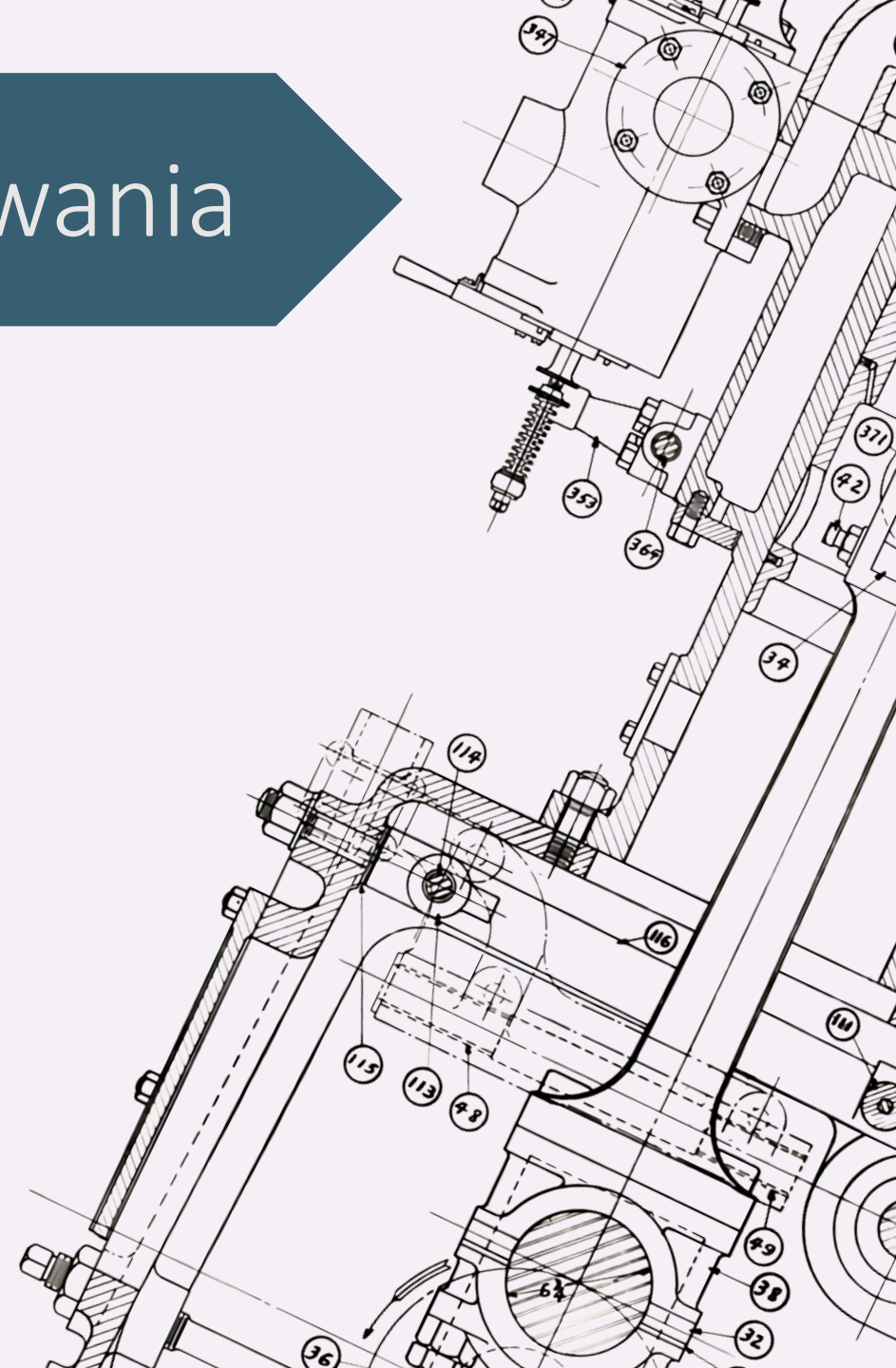
# Podstawowe informacje

- Wymiarowanie – proces umieszczania wymiarów na rzutach
- Zapisujemy wymiary **rzeczywiste**
- Zapis wymiarów ma zapewniać przejrzystość i prostotę odczytu
- **Wszystkie linie wymiarowania rysujemy linią cienką**



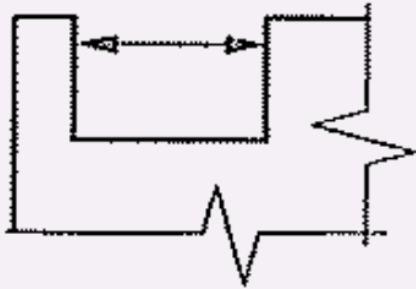
# Podstawowe pojęcia wymiarowania

- Linie wymiarowe (główne)
- Pomocnicze linie wymiarowe
- Znaki ograniczające linie wymiarowe
- Linie odniesienia i linie wskazujące
- Znaki oraz liczby wymiarowe

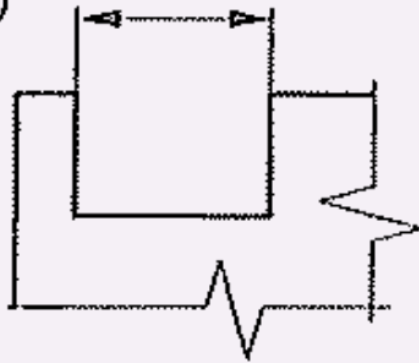


# Podstawowe pojęcia wymiarowania

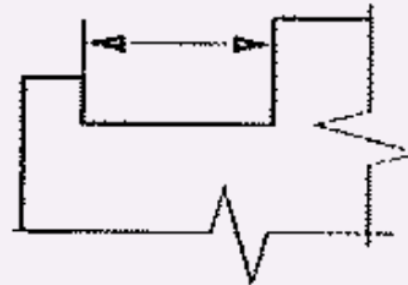
b)



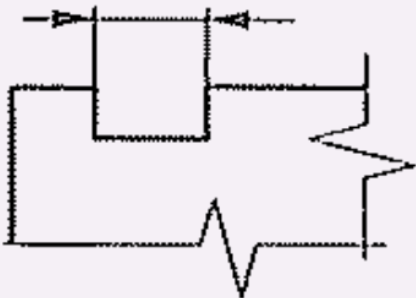
c)



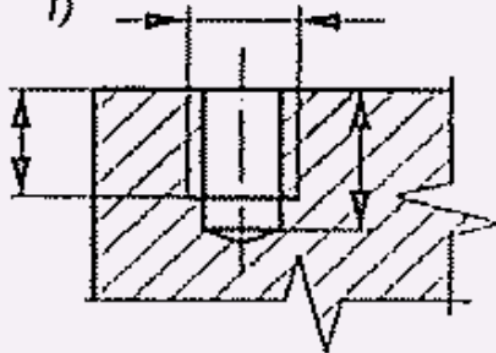
d)



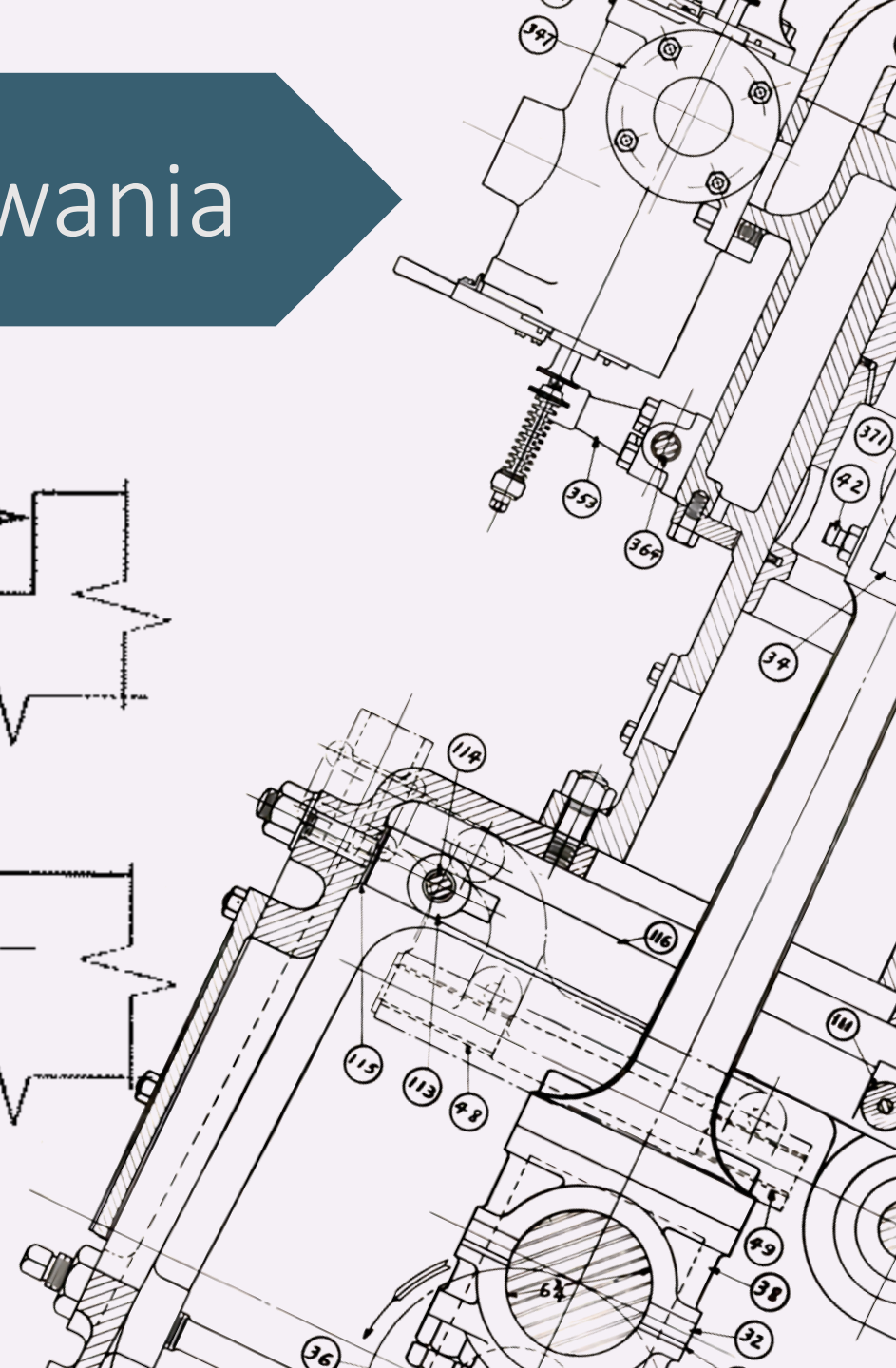
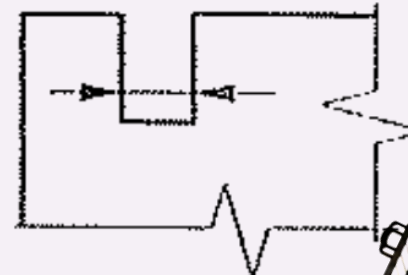
e)



f)

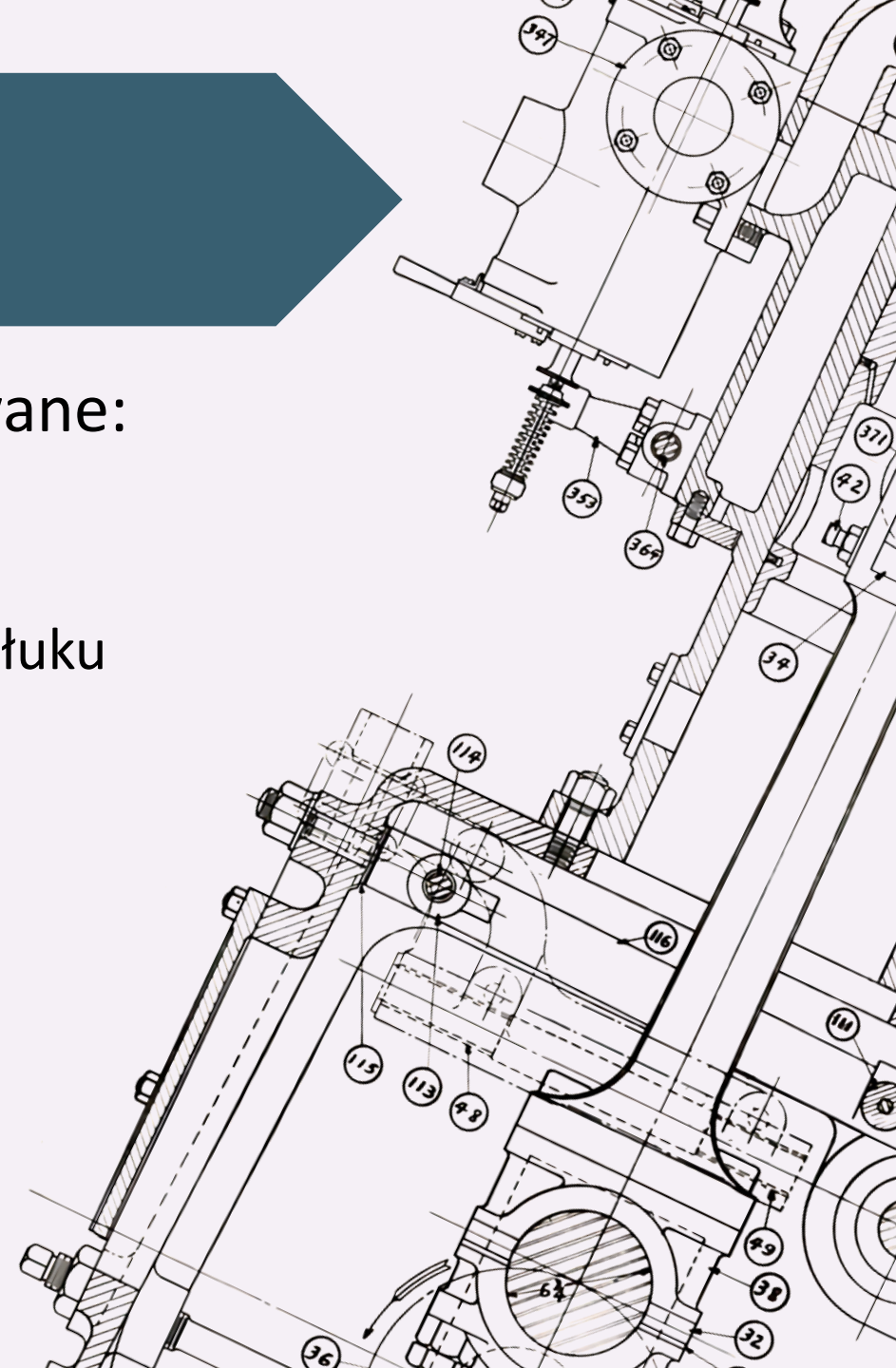


g)



# Linie wymiarowe

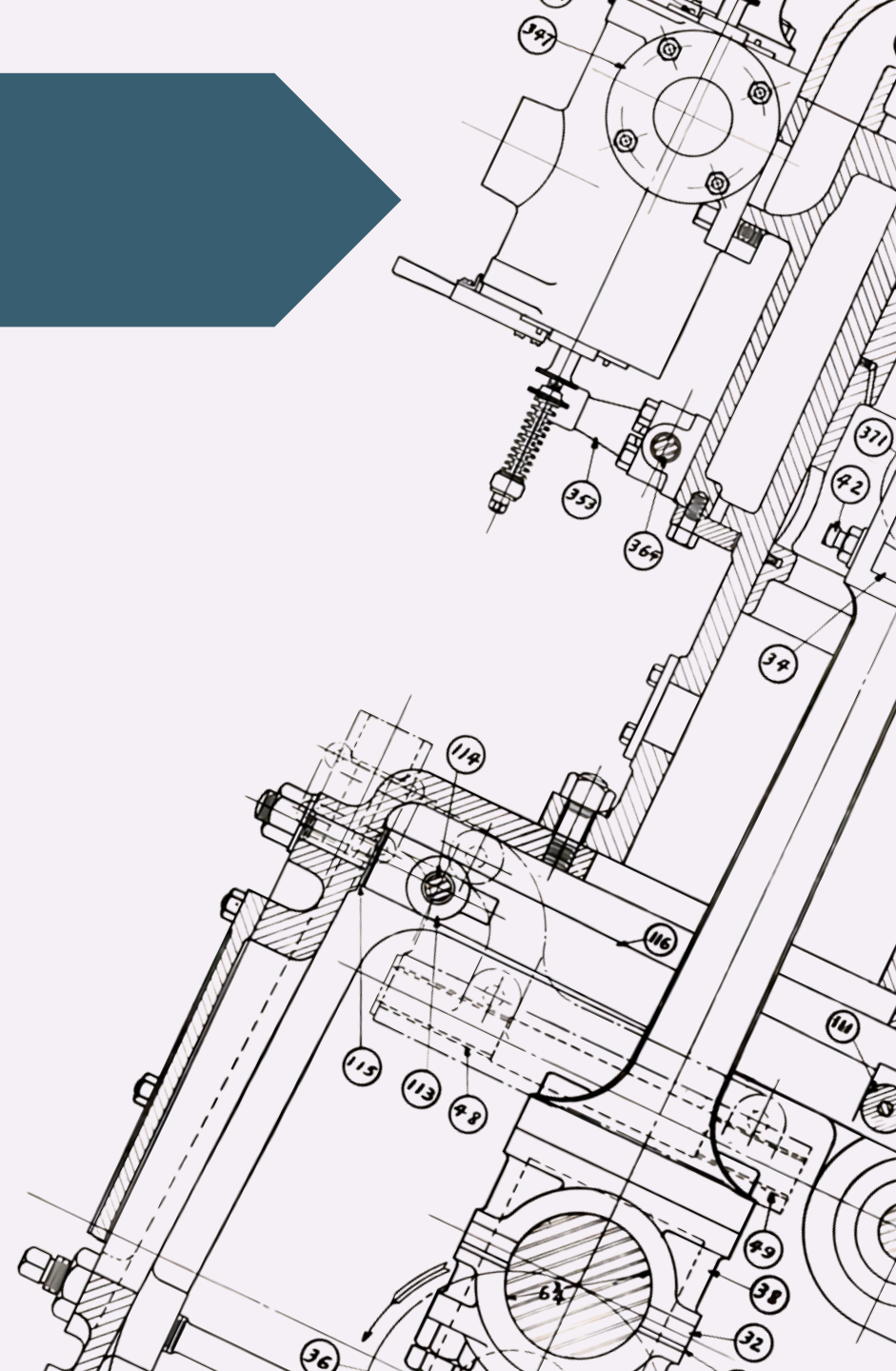
- Cienkie linie ciągłe które mogą być konstruowane:
  - Równoległe do wymiarowanego odcinka
  - Promieniowo
  - Współśrodkowo, w stosunku do wymiarowanego łuku
  - Jako łuk zatoczony z wierzchołką kąta



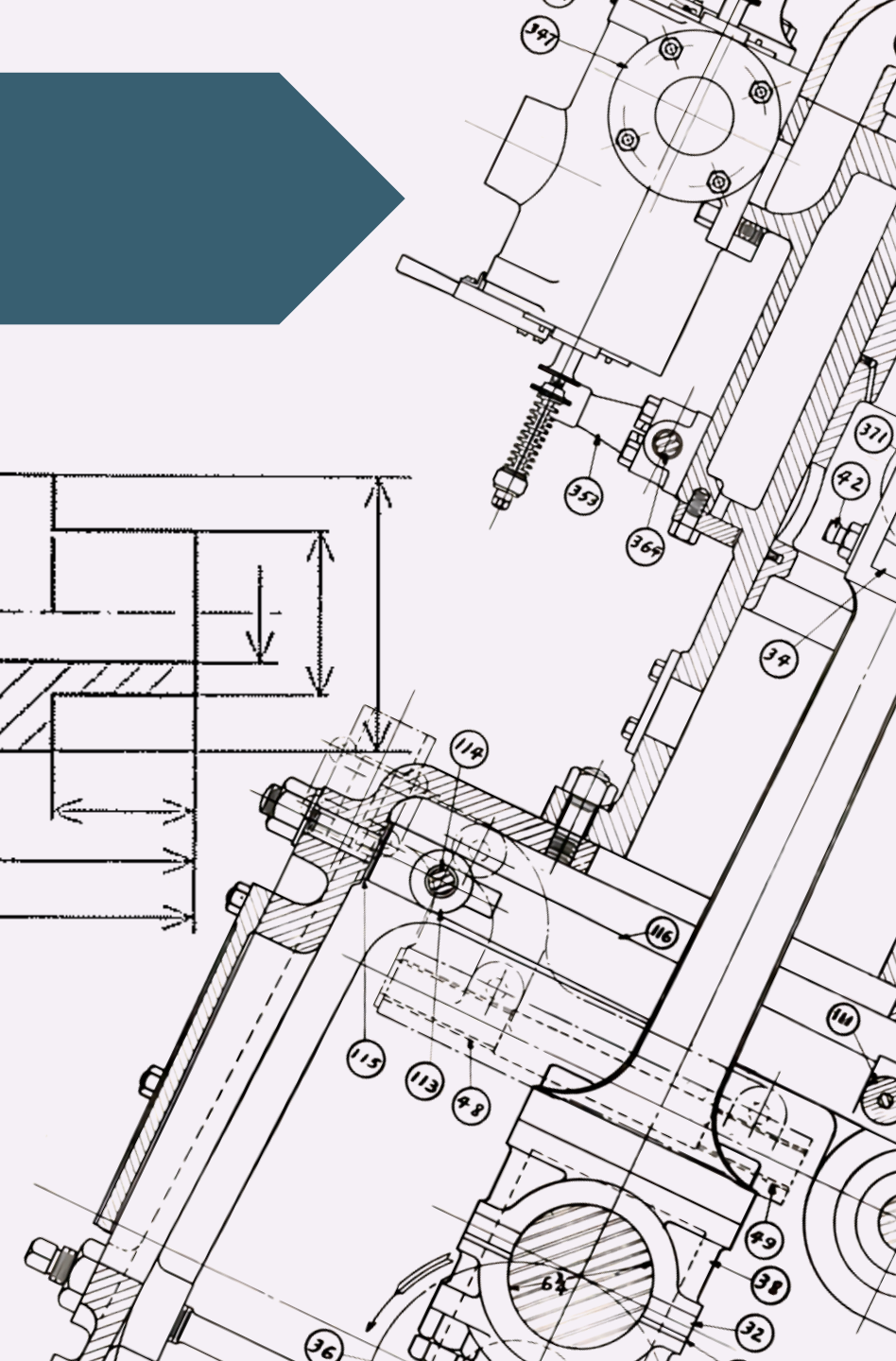
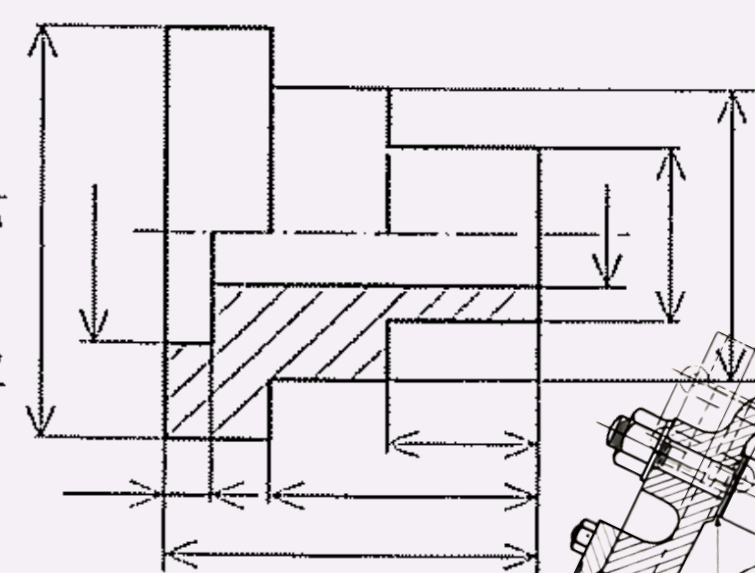
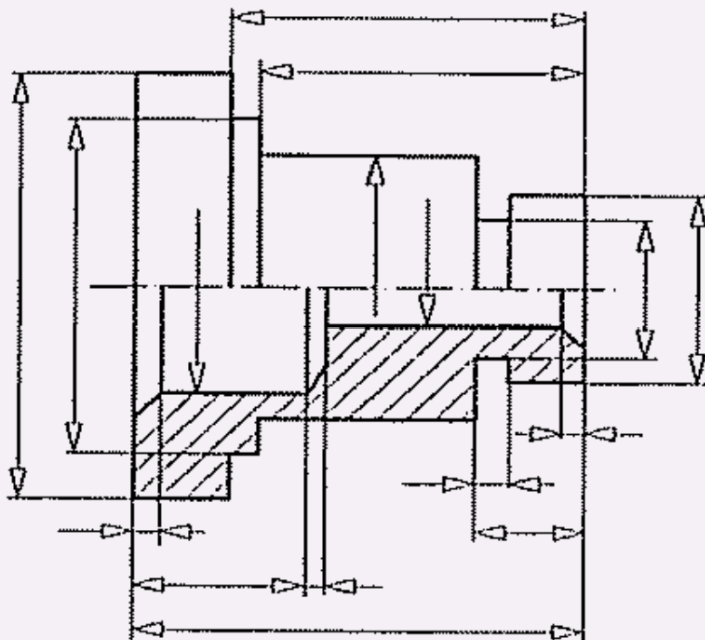
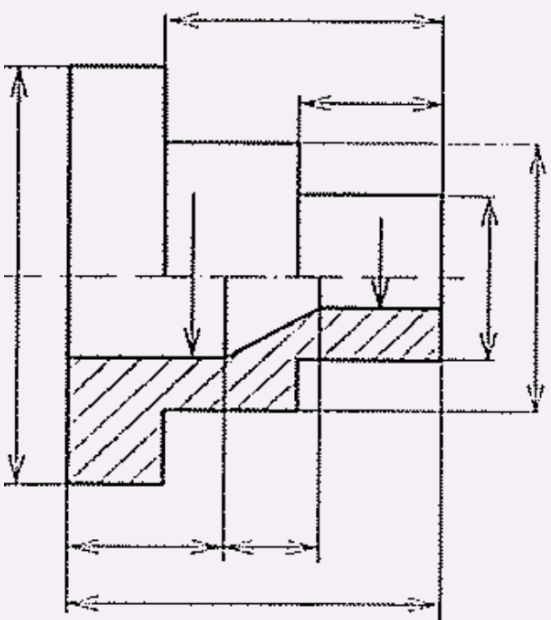


# Znaki ograniczające

- Elementy kończące linie wymiarowe
- Najczęściej przedstawiane jako grot
- Stosowane rodzaje grotów:
  - Zamknięte I zaczernione
  - Zamknięte I nie zaczernione
  - Otwarte
- **Na jednym rysunku stosuje się tylko jeden rodzaj grotów**

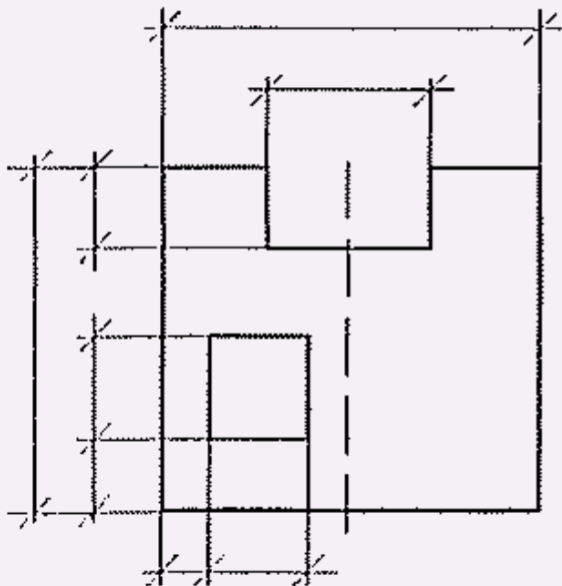


# Znaki ograniczające

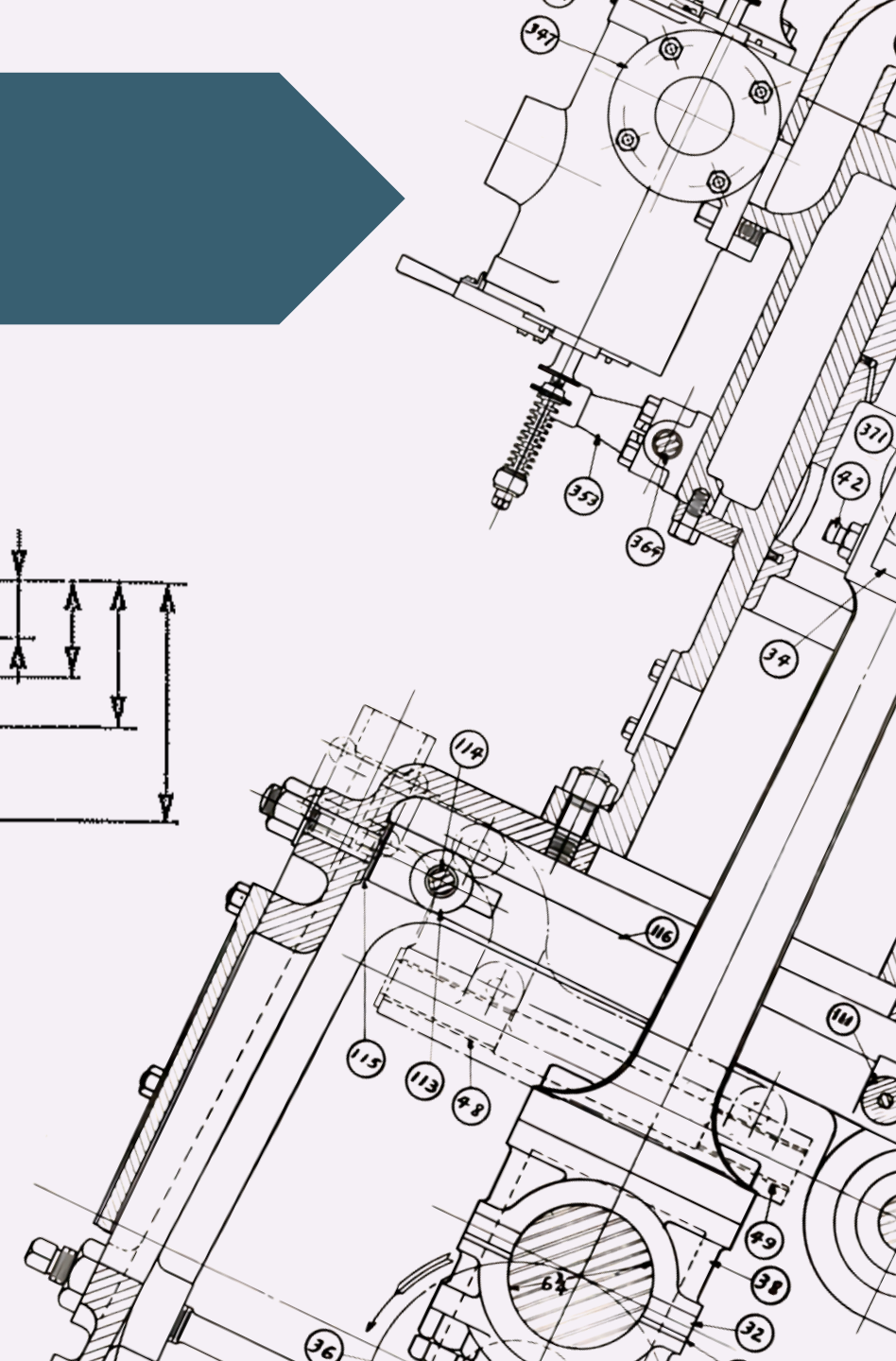
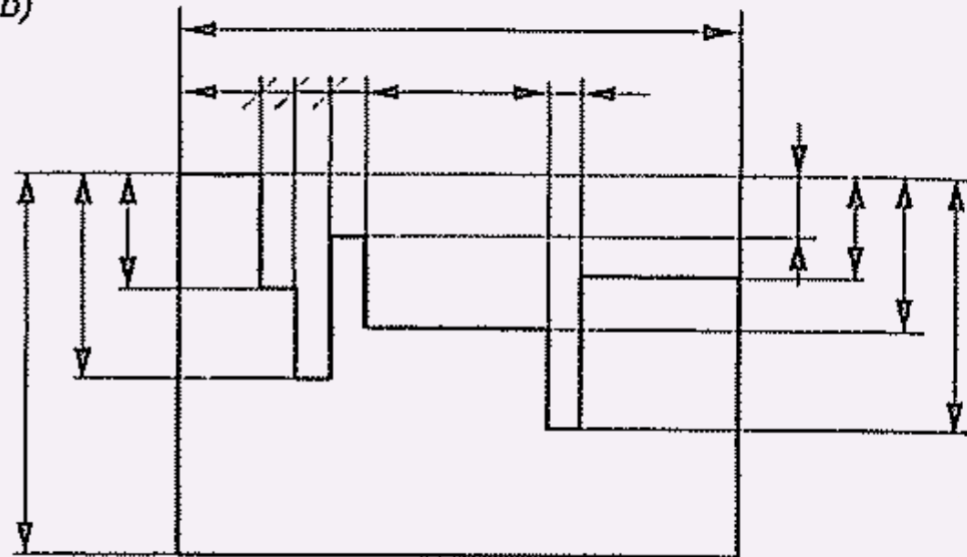


# Znaki ograniczające cd

a)

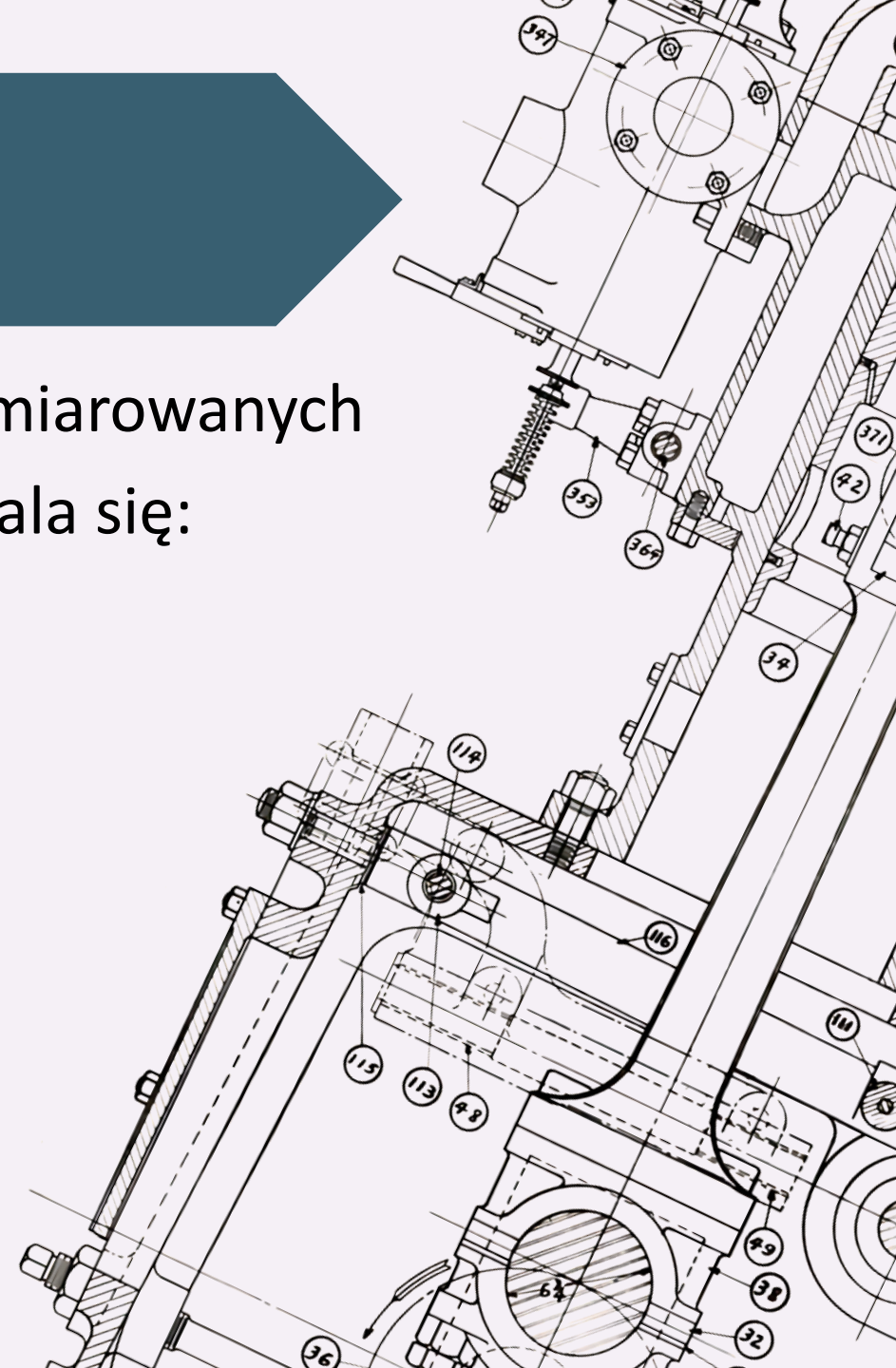


b)



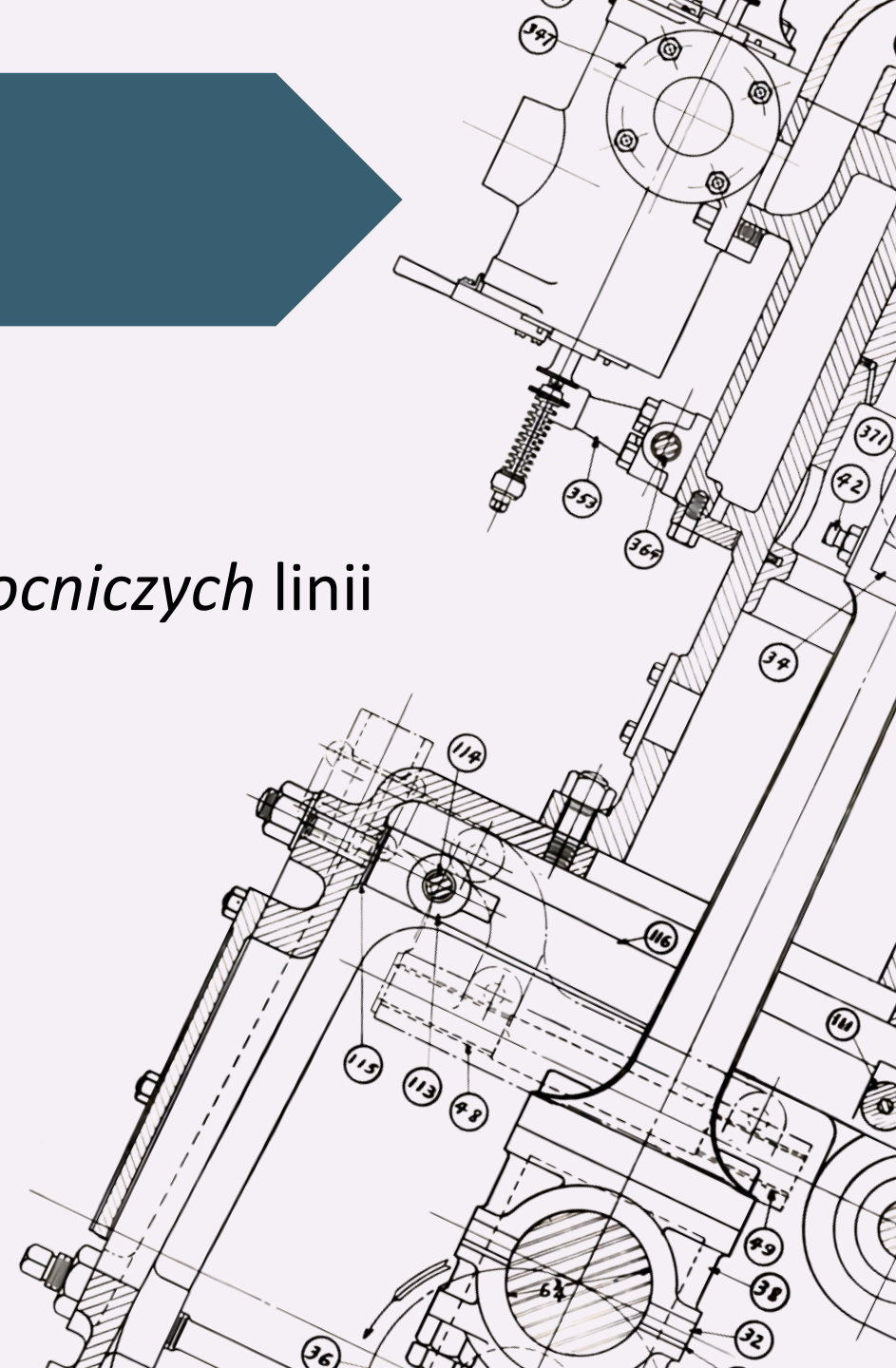
# Pomocnicze linie wymiarowe

- Linie ograniczające odległości elementów wymiarowanych
- Liniom pomocniczym wymiarowym nie pozwala się:
  - Przecinać się ze sobą
  - Przecinać się z innymi liniami wymiarowymi
  - Być przerywane



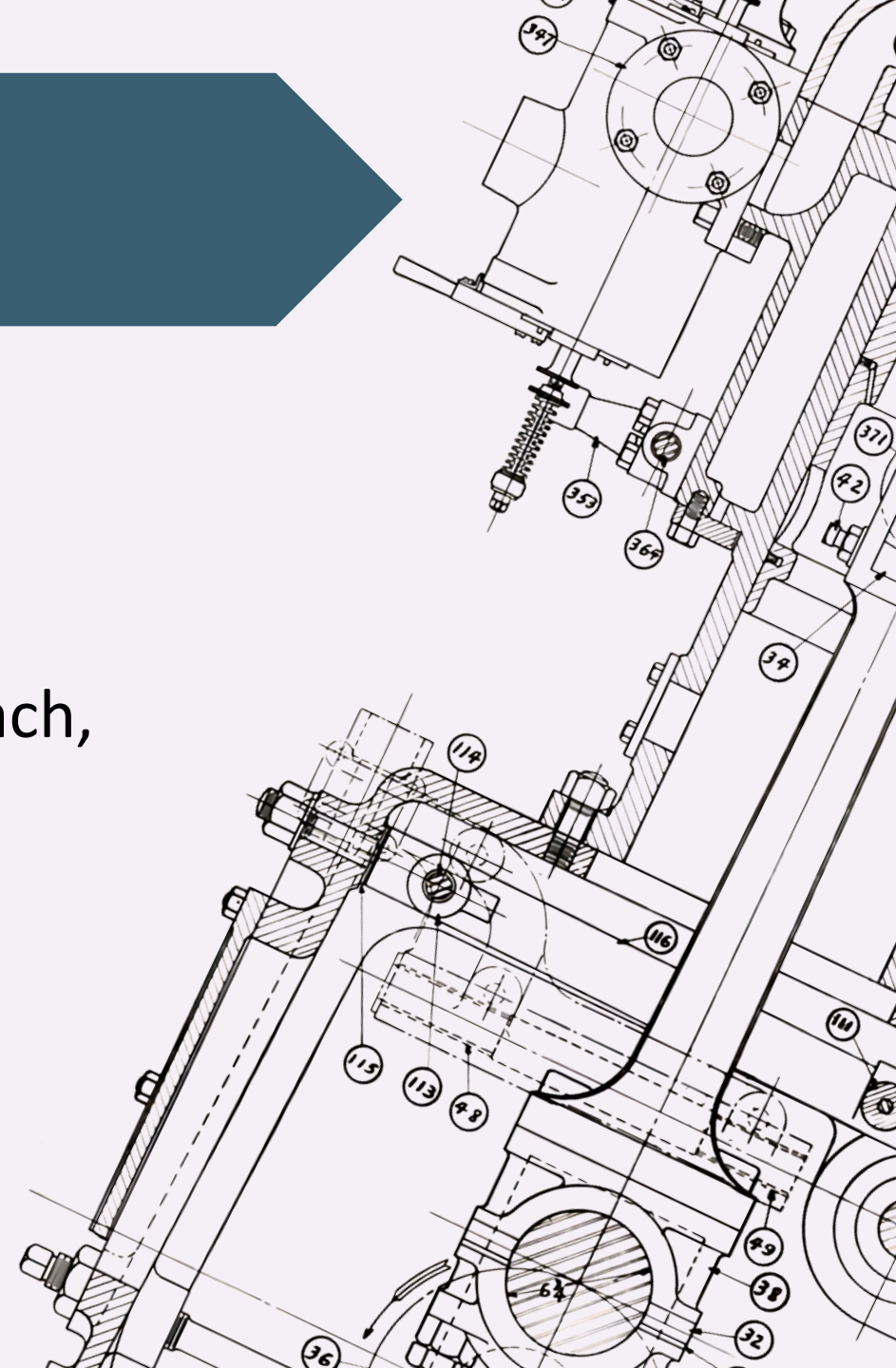
# Informacje dodatkowe

- Linii osi, płaszczyzn symetrii oraz części zarysu nie stosuje się jako części linii wymiarowych
- **Jednakże** można je stosować jako części *pomocniczych* linii wymiarowych



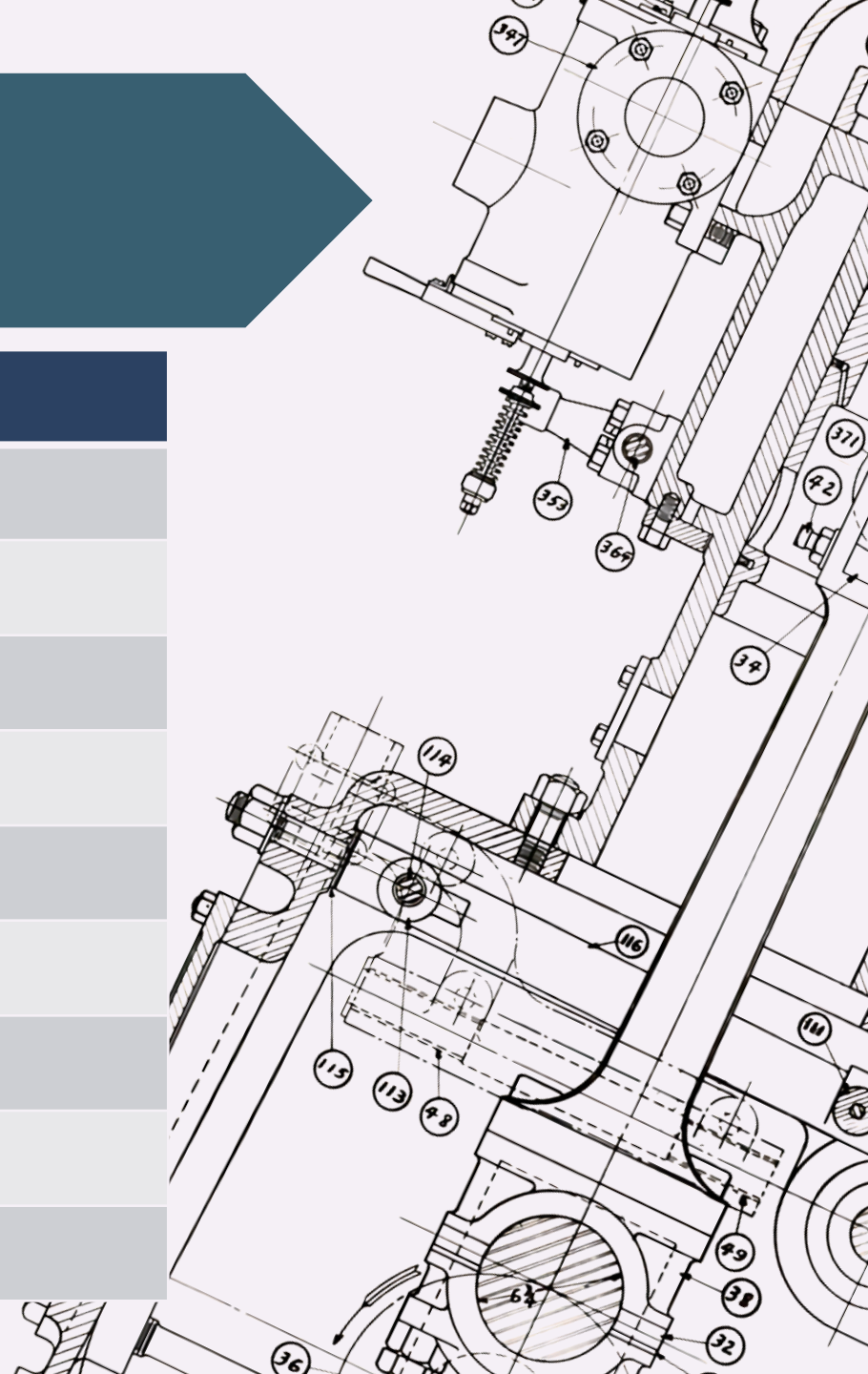
# Podstawowe jednostki miar

- W rysunku maszynowym – milimetr
- W rysunku budowlanym – centymetr
- W przypadku wymiarowania w tych wartościach, pomija się symbol miary
- Wymiary kątowe: stopnie, minuty, sekundy.

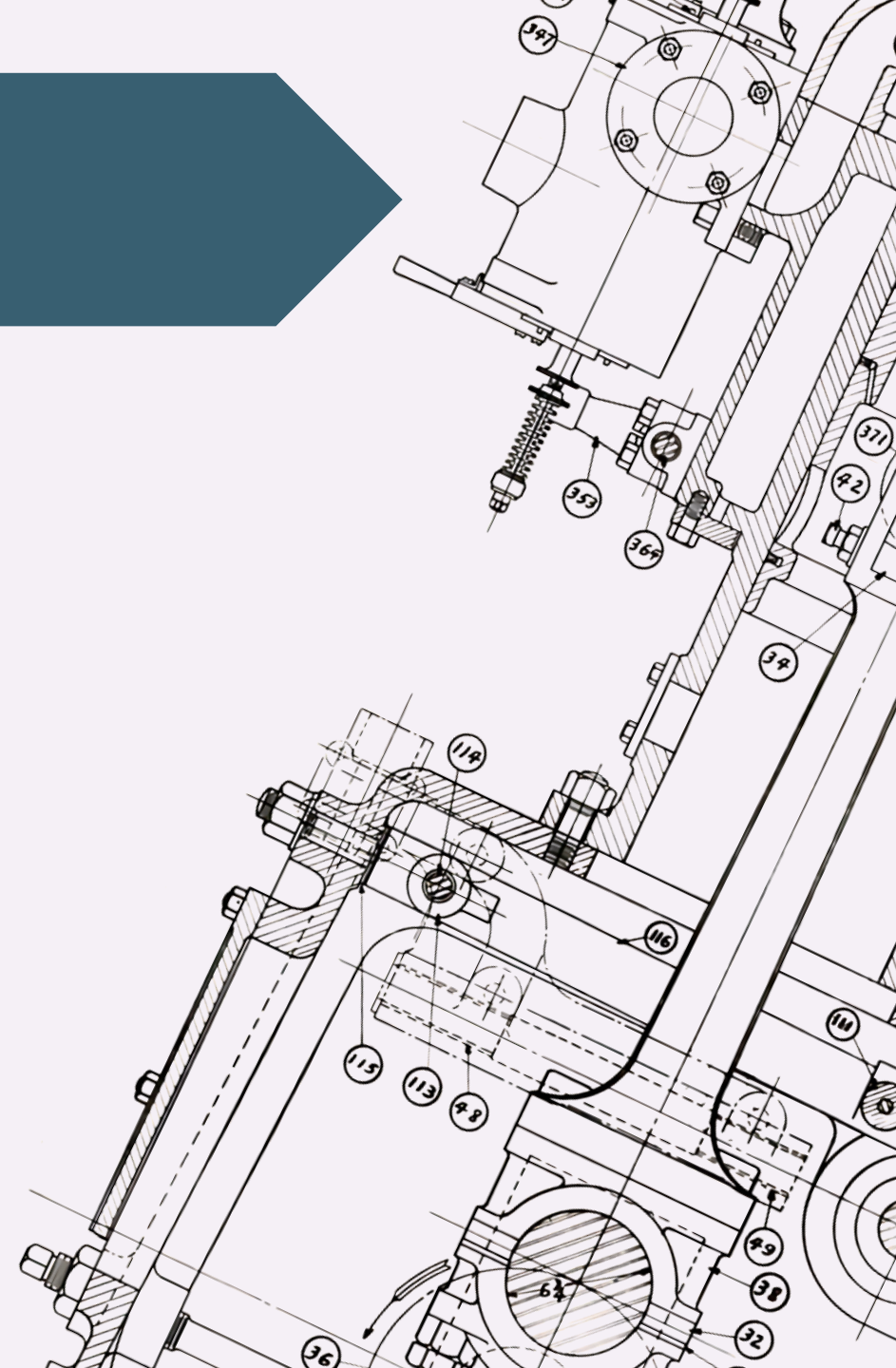
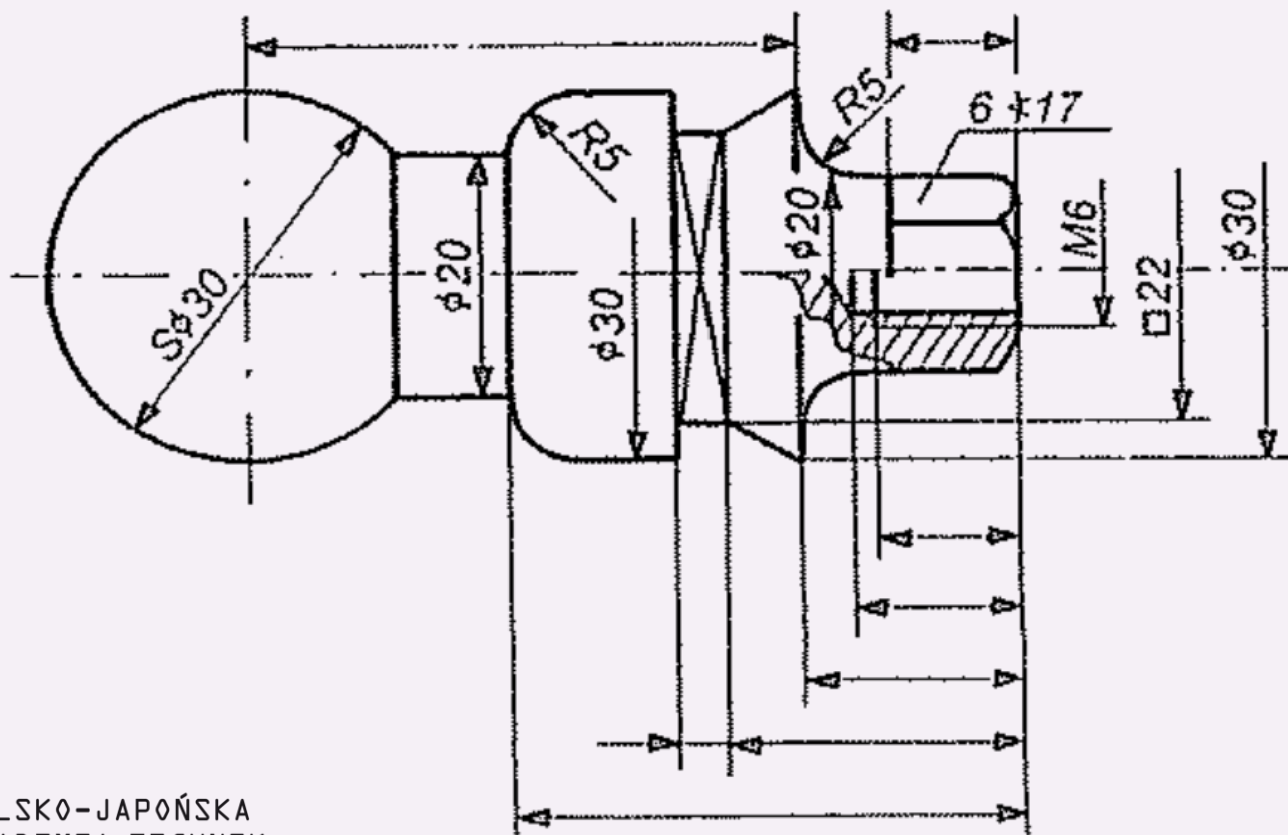


# Znaki i liczby wymiarowe

Znak	Objaśnienie
∅	Znak wymiarowy średnicy
R	Znak wymiarowy promienia krzywizny
SR	Znak wymiarowy promienia kuli
S∅	Znak wymiarowy średnicy kuli
□	Znak wymiarowy kwadratu
∩	Znak wymiarowy łuku (umieszczany and wartością miary)
6♣	Znak wymiarowy sześciokąta
C	Znak wymiarowy bierzności
M	Znak wymiarowy gwintu metrycznego



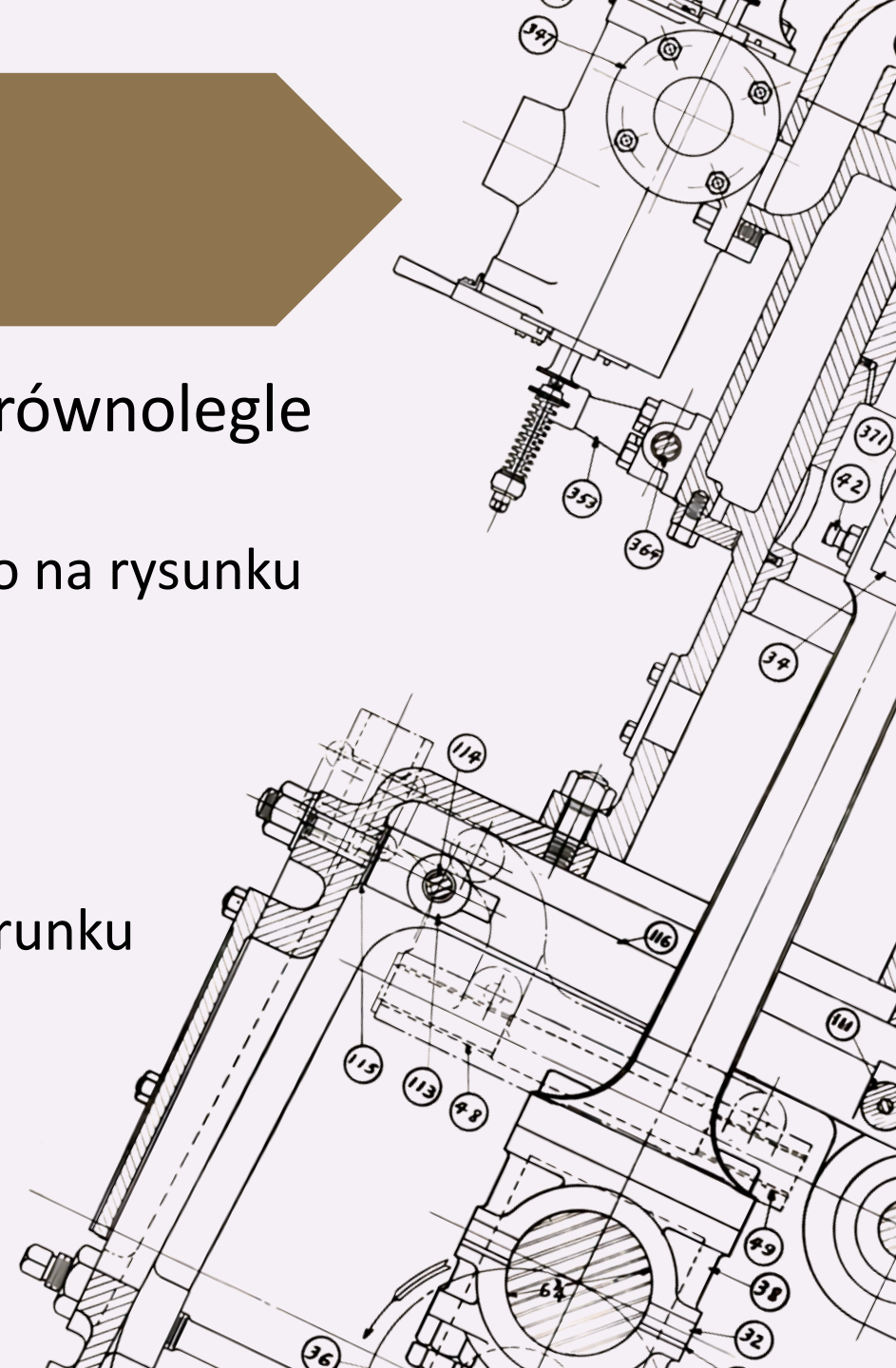
# Znaki i liczby wymiarowe



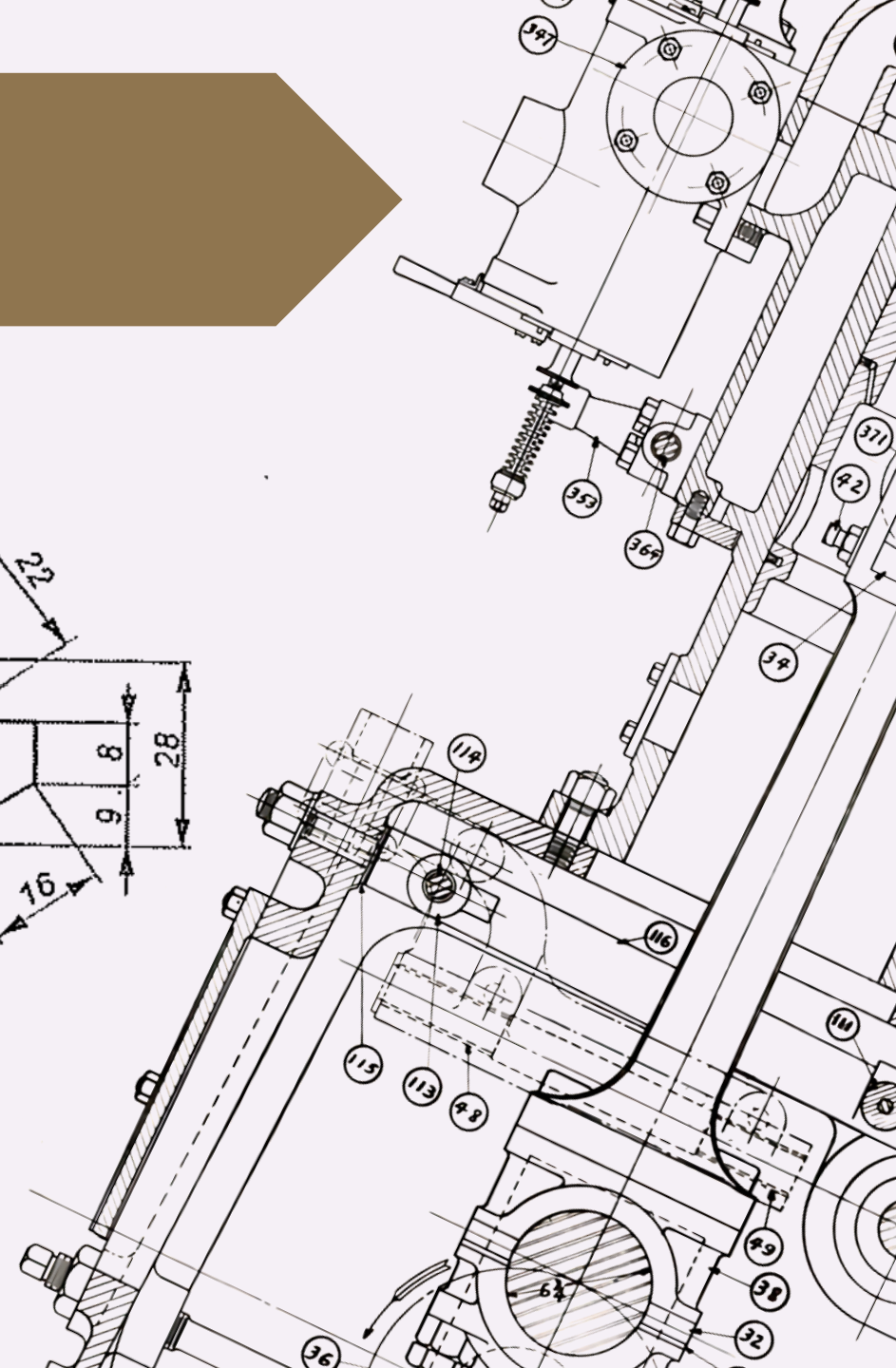
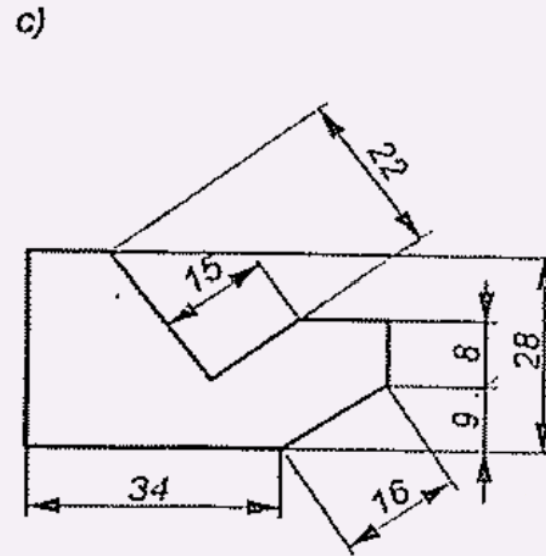
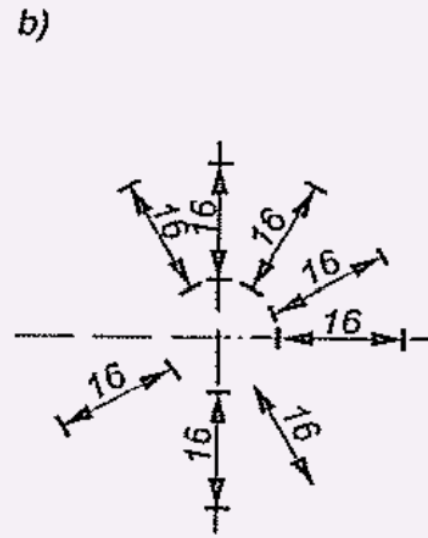
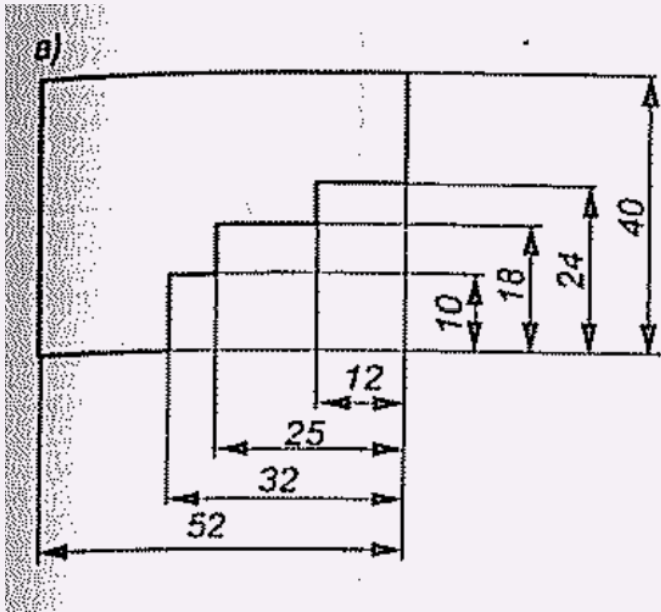


# Zasady umieszczania liczb wymiarowych

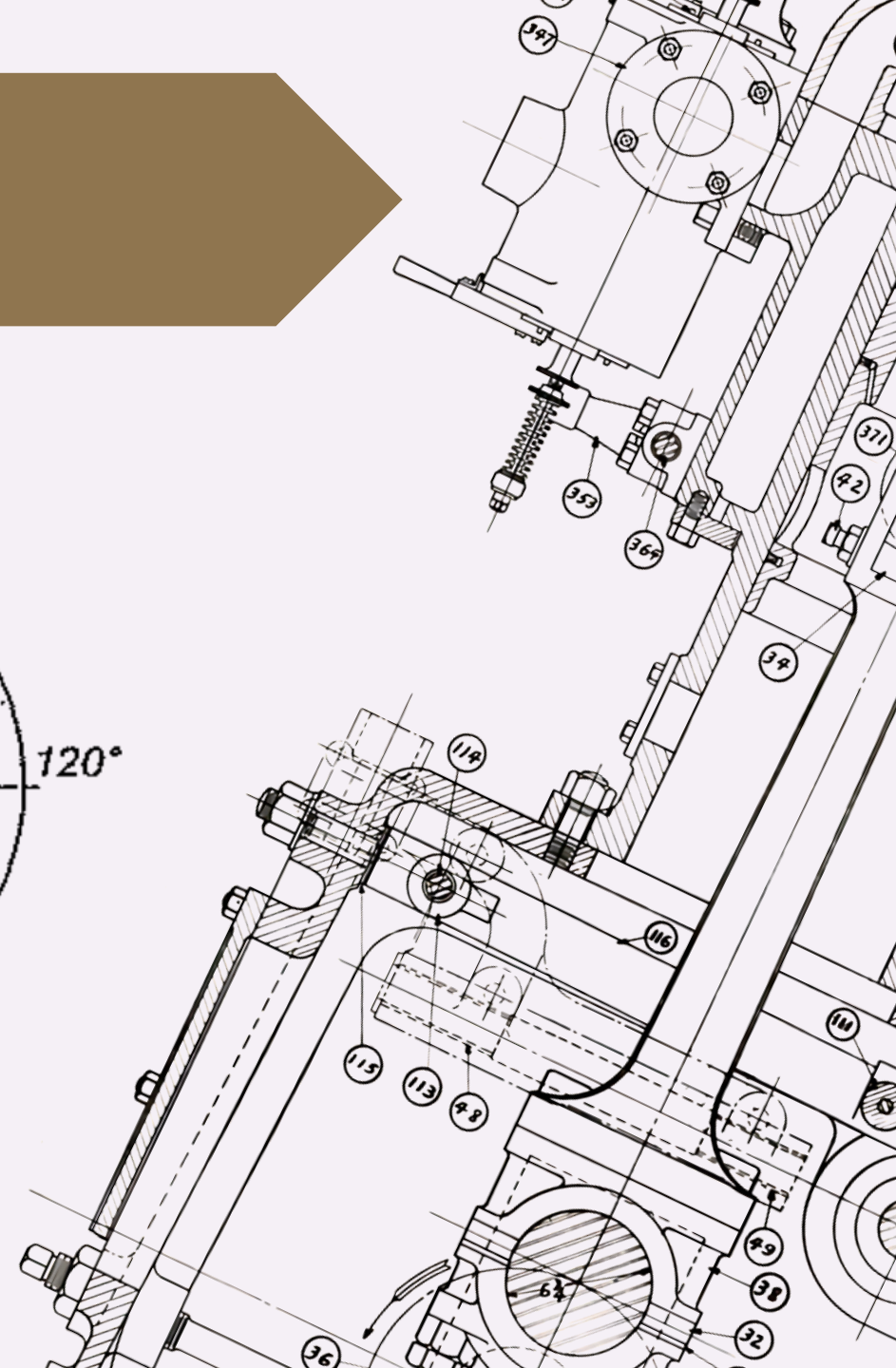
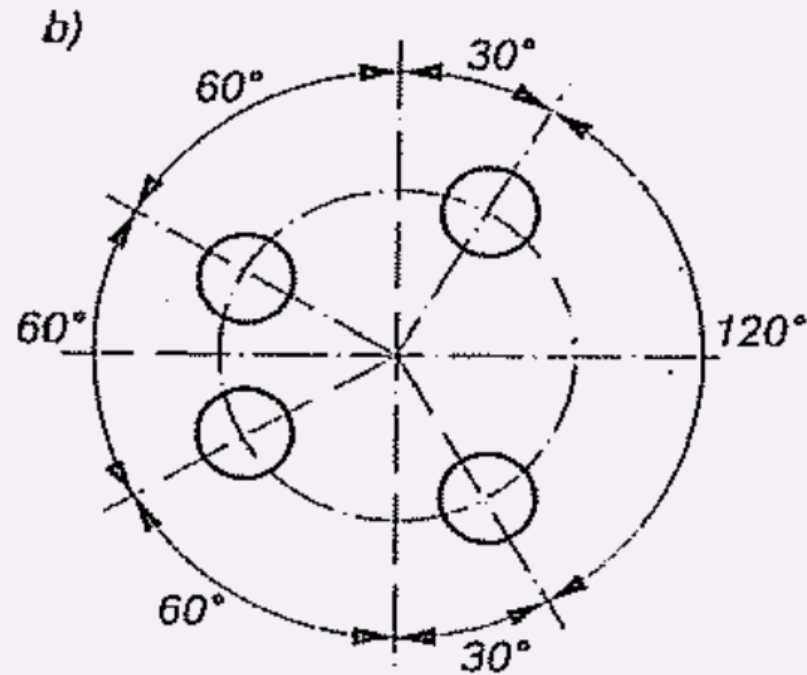
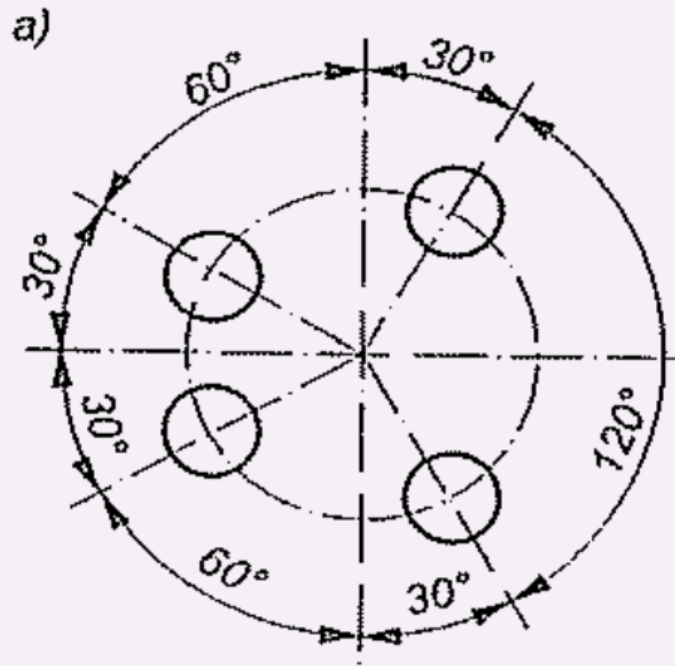
- Pierwsza metoda: zapisywanie liczb i znaków równoległe do linii wymiarowych.
  - Odczytywanie normalne z kierunkiem lewo-prawo na rysunku
  - Odczytywanie z przekręceniem głowy w lewo
- Druga metoda:
  - Odczytywanie wszystkich wymiarów patrząc w kierunku od dołu do góry rysunku



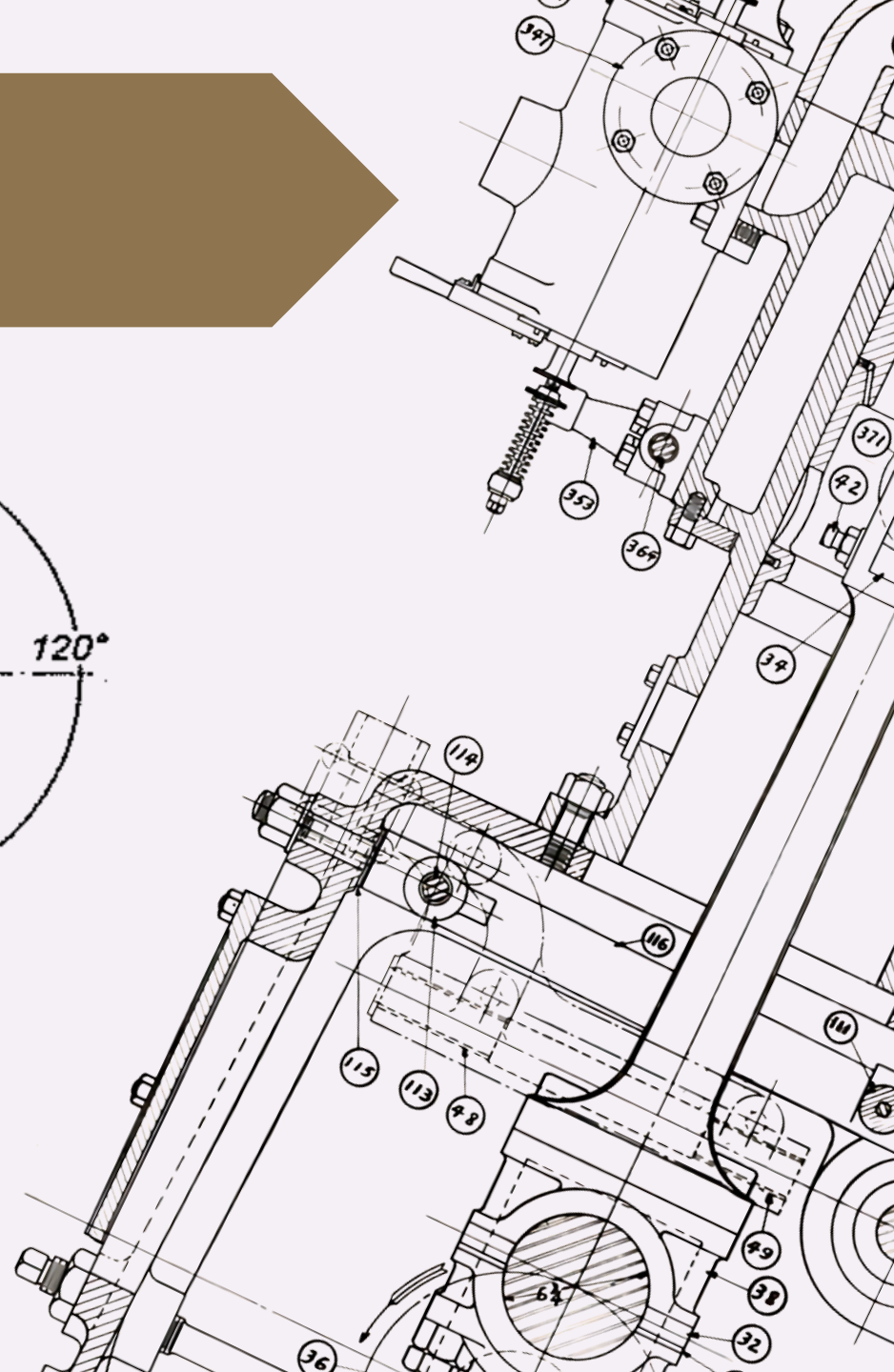
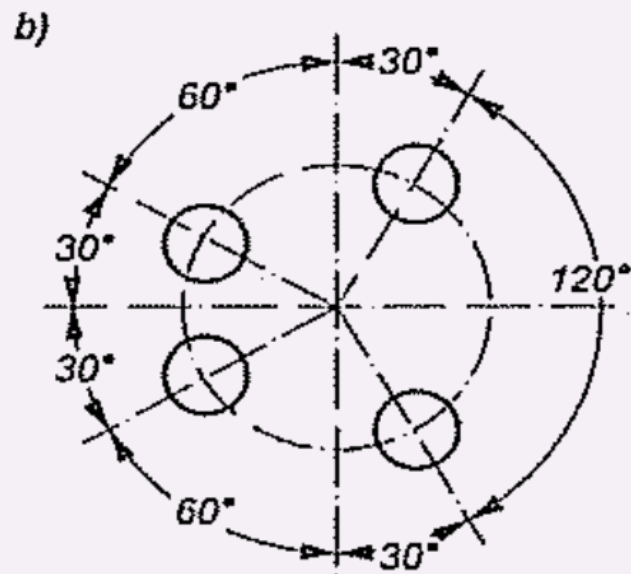
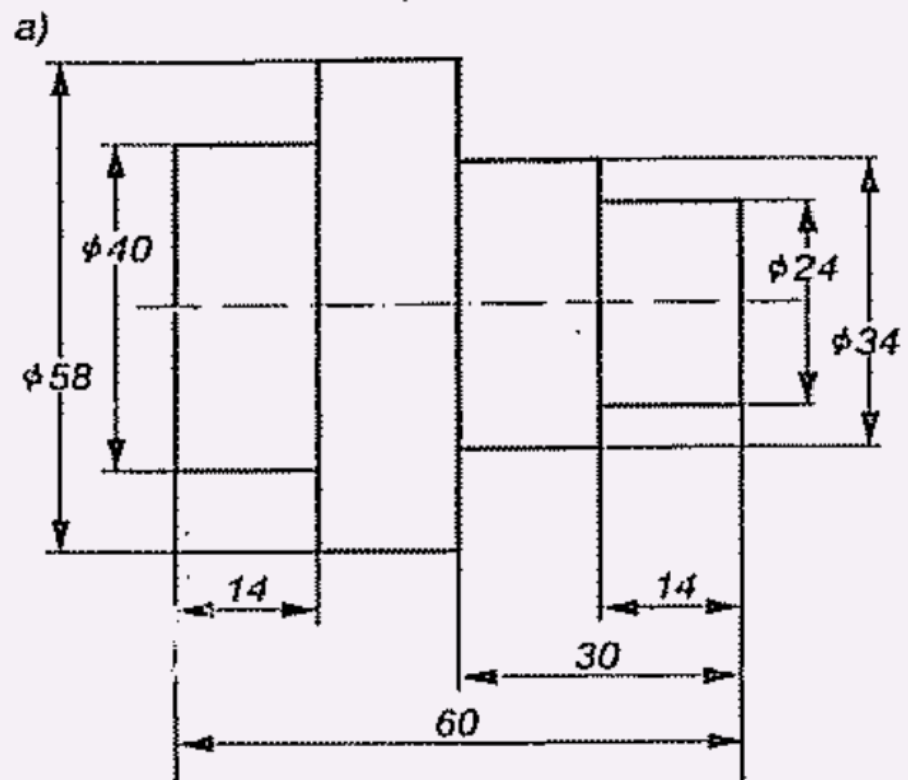
# Metoda pierwsza



# Metoda pierwsza

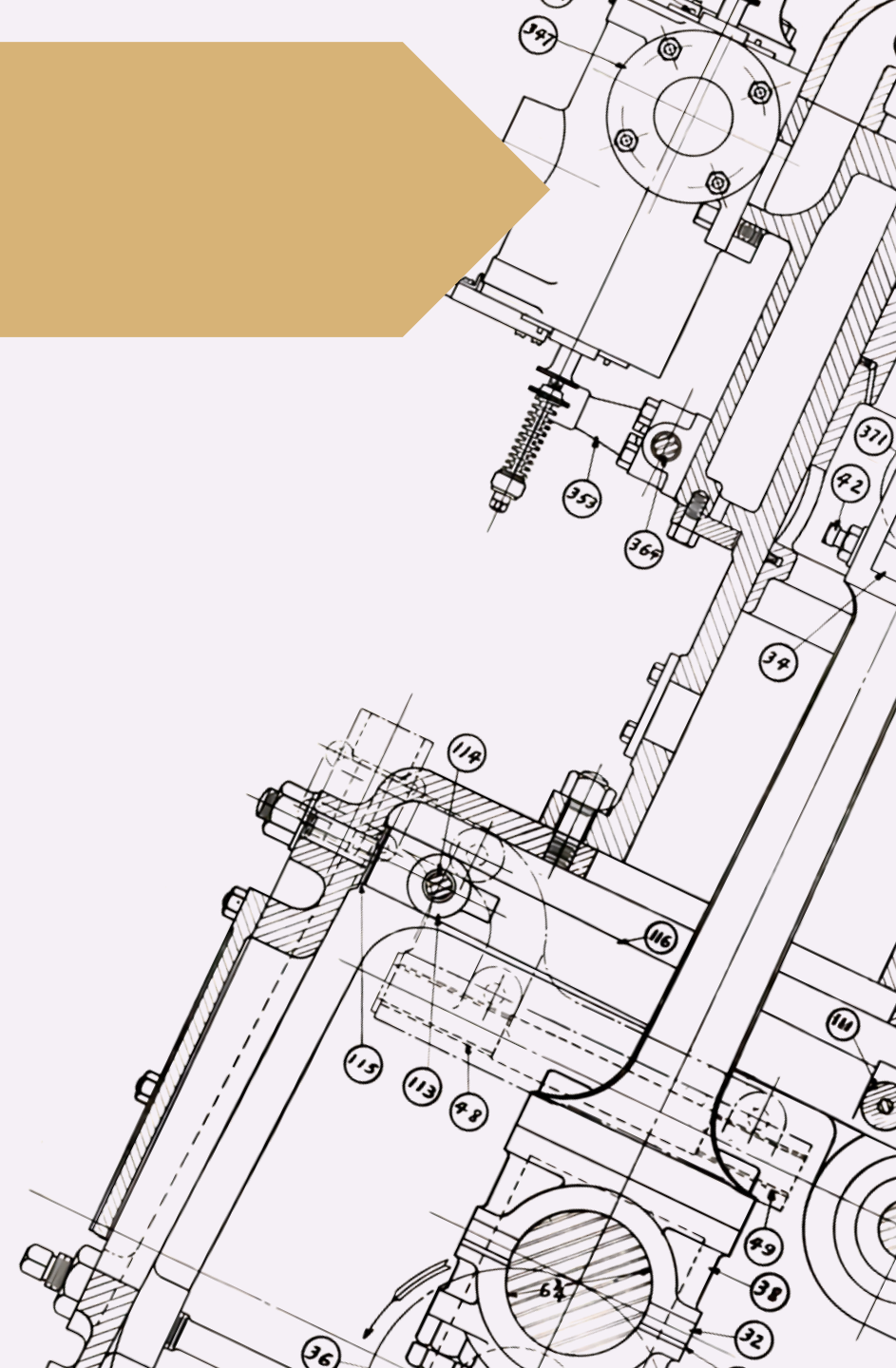


# Metoda druga

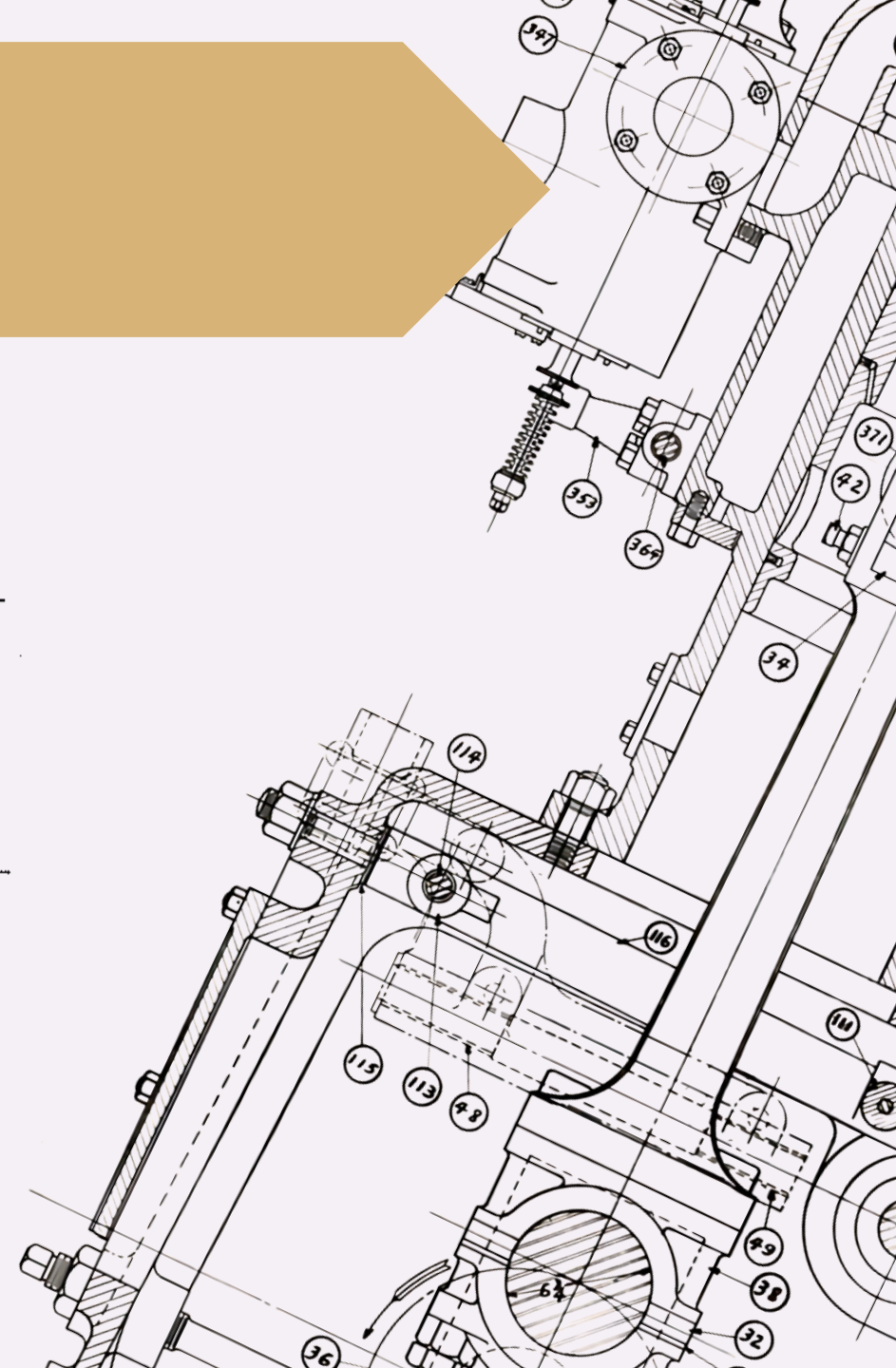
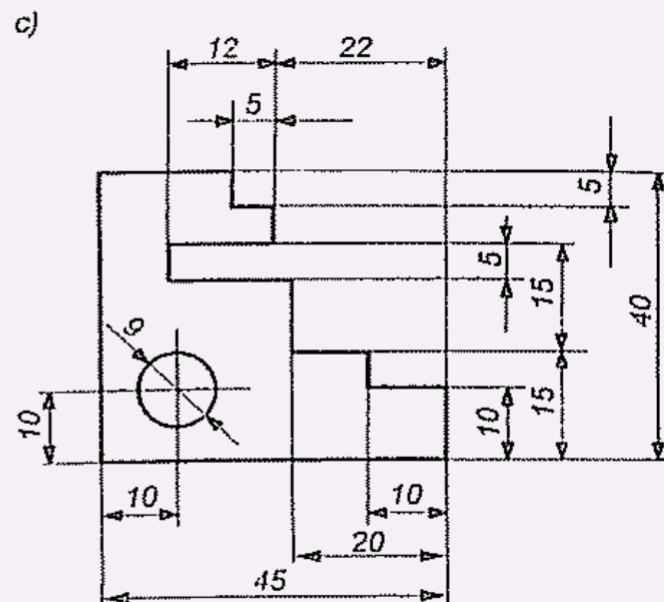
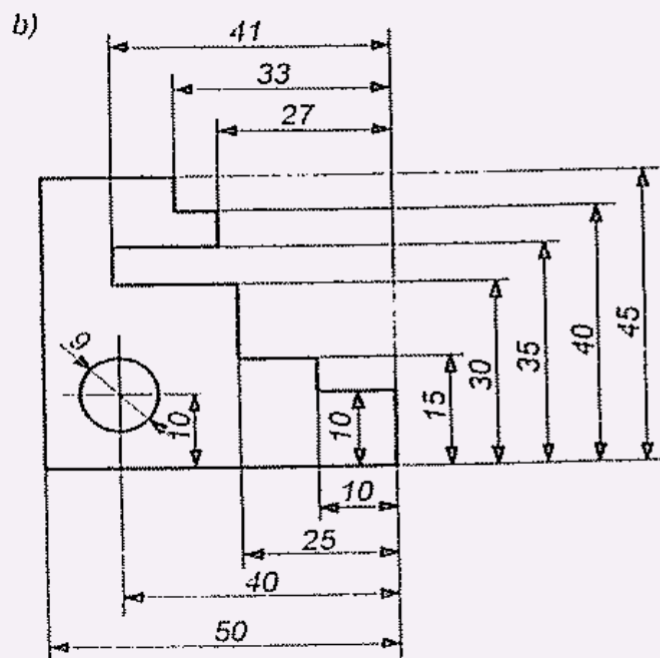


# Główne zasady oznaczania i rozmieszczania wymiarów

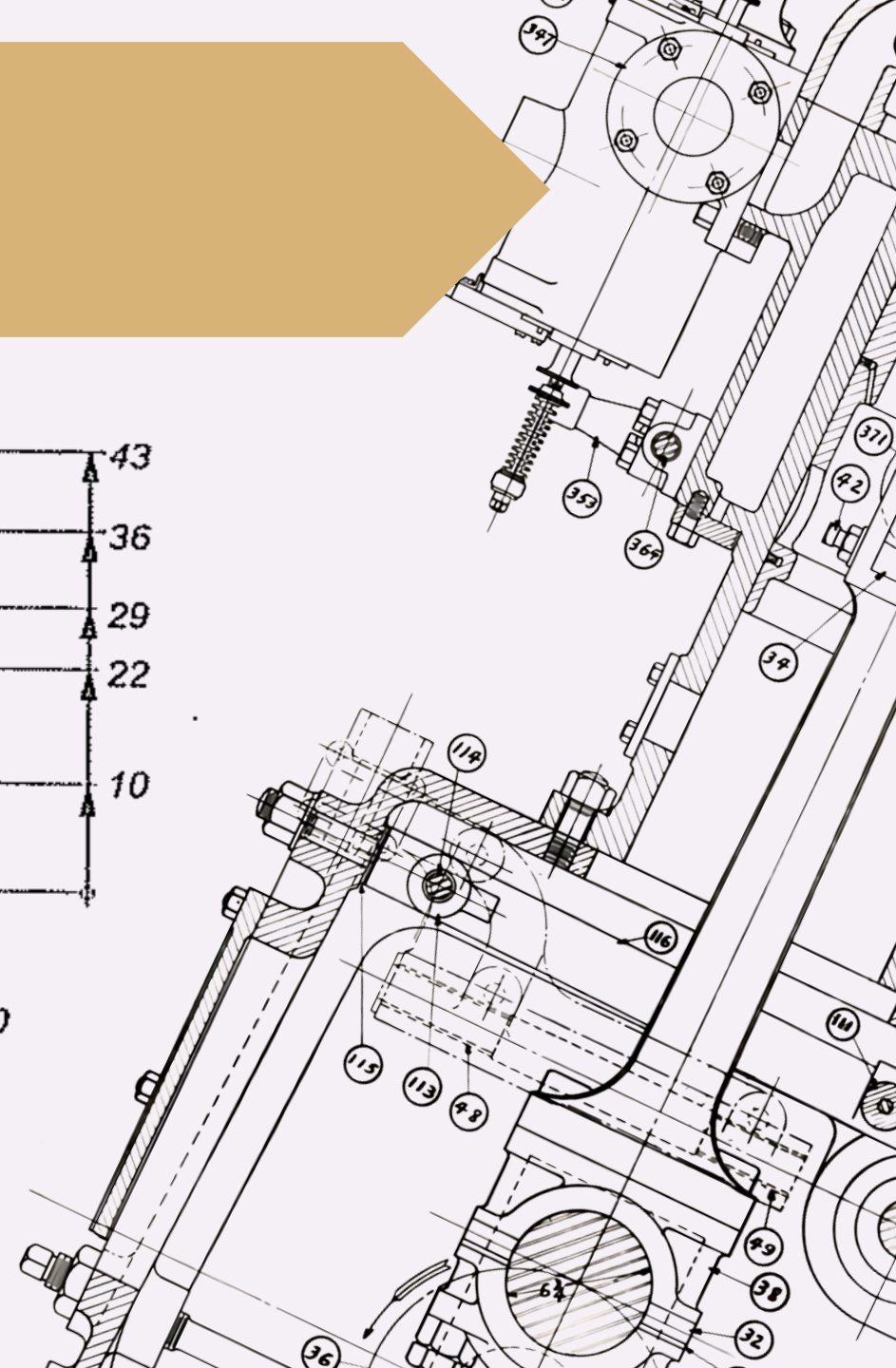
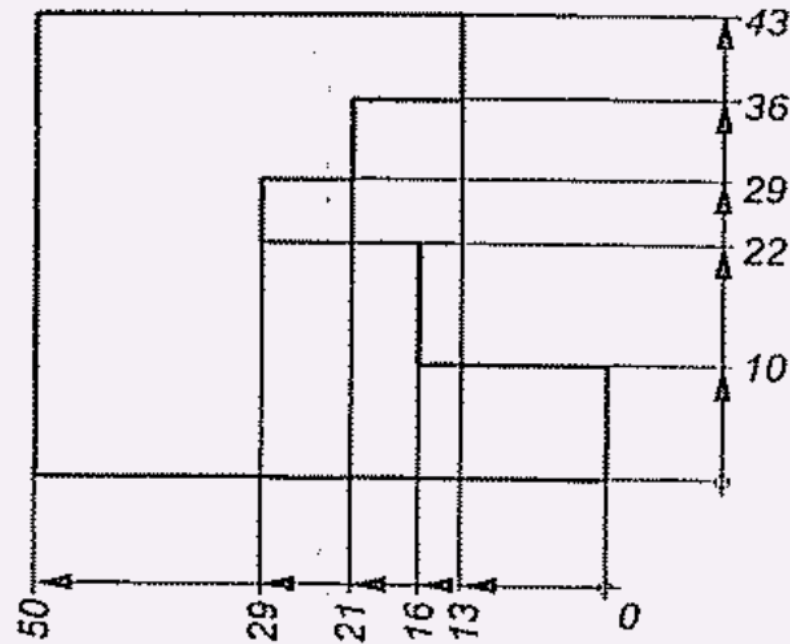
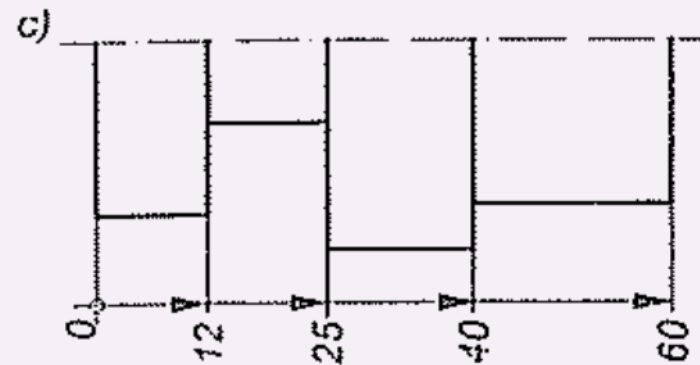
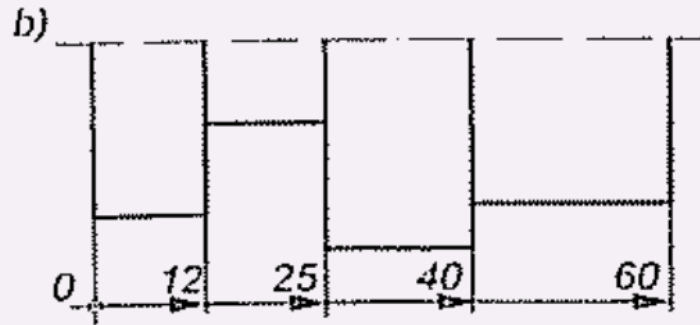
- Sposoby wymiarowania stosowane:
  - Równoległe
  - Równoległe narastające
  - Szeregowe
  - Mieszane
  - Współrzędnościowe



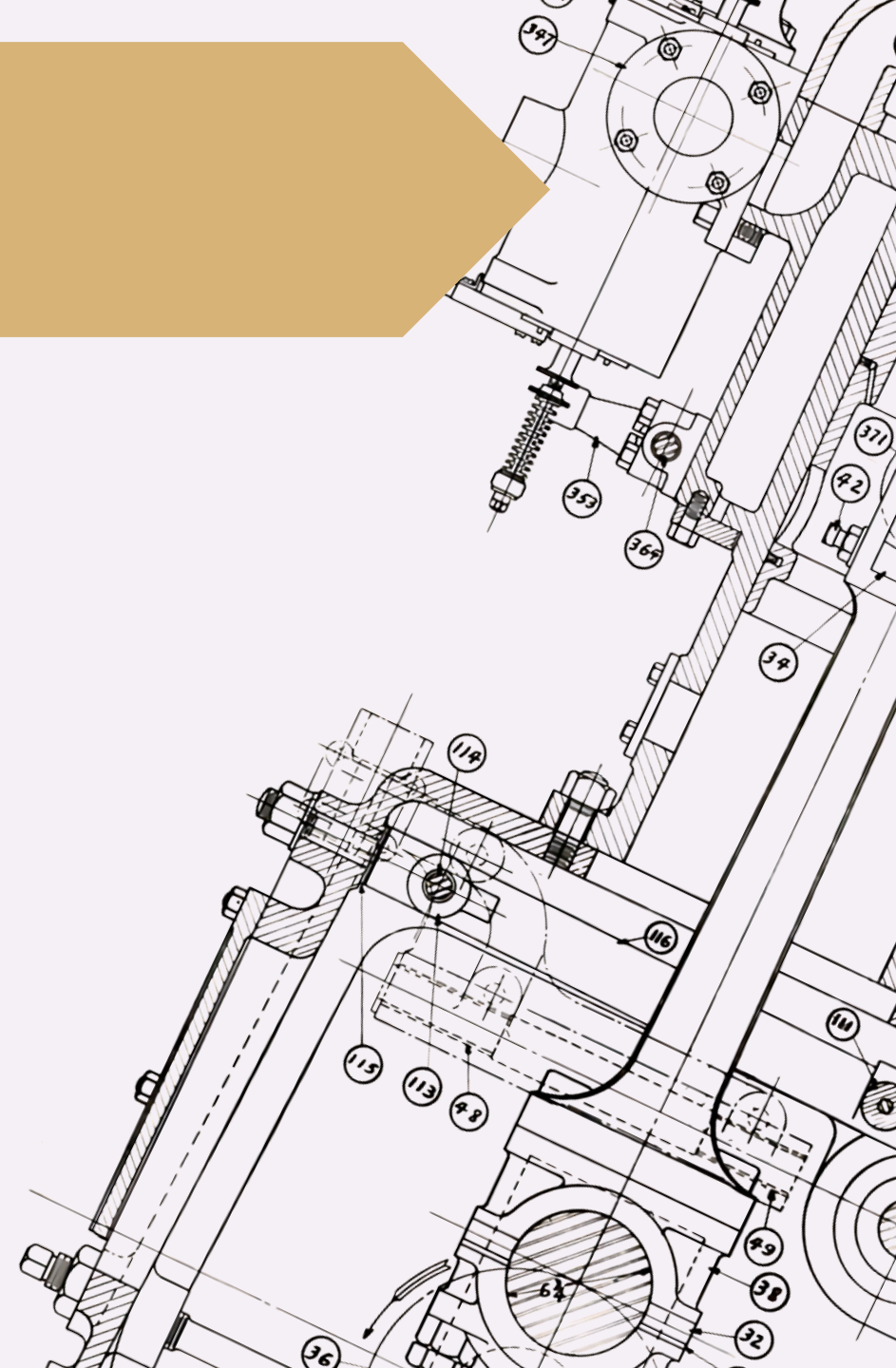
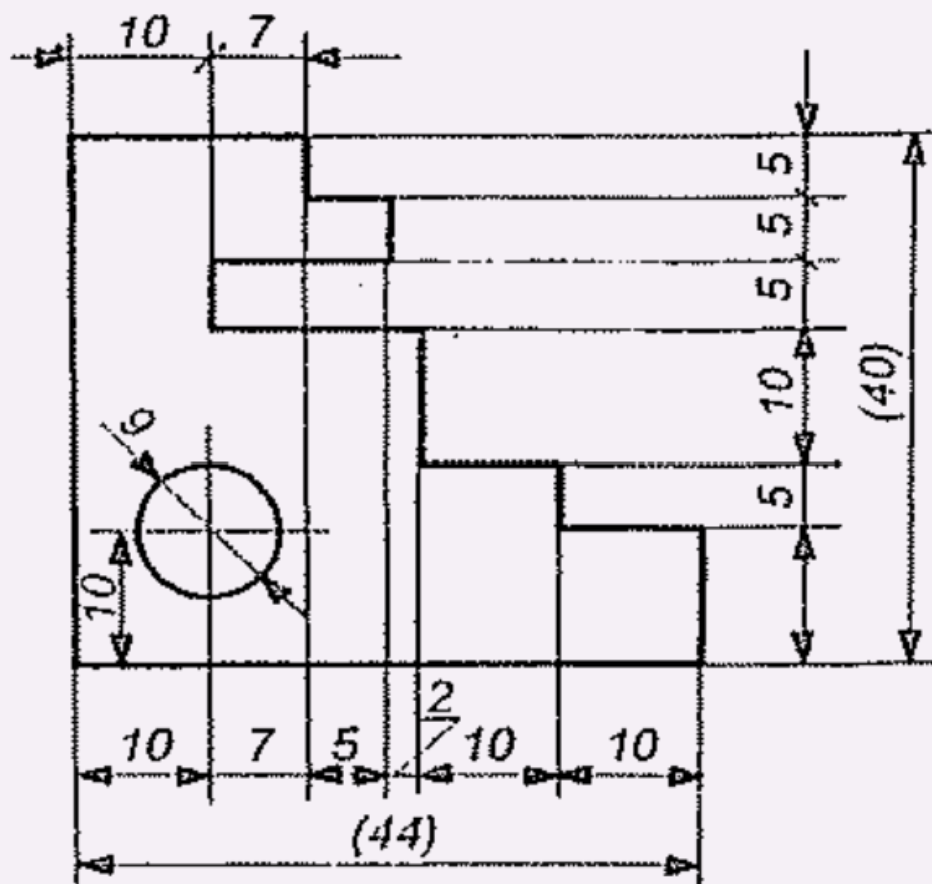
# Wymiarowanie równoległe



# Wymiarowanie równoległe narastające

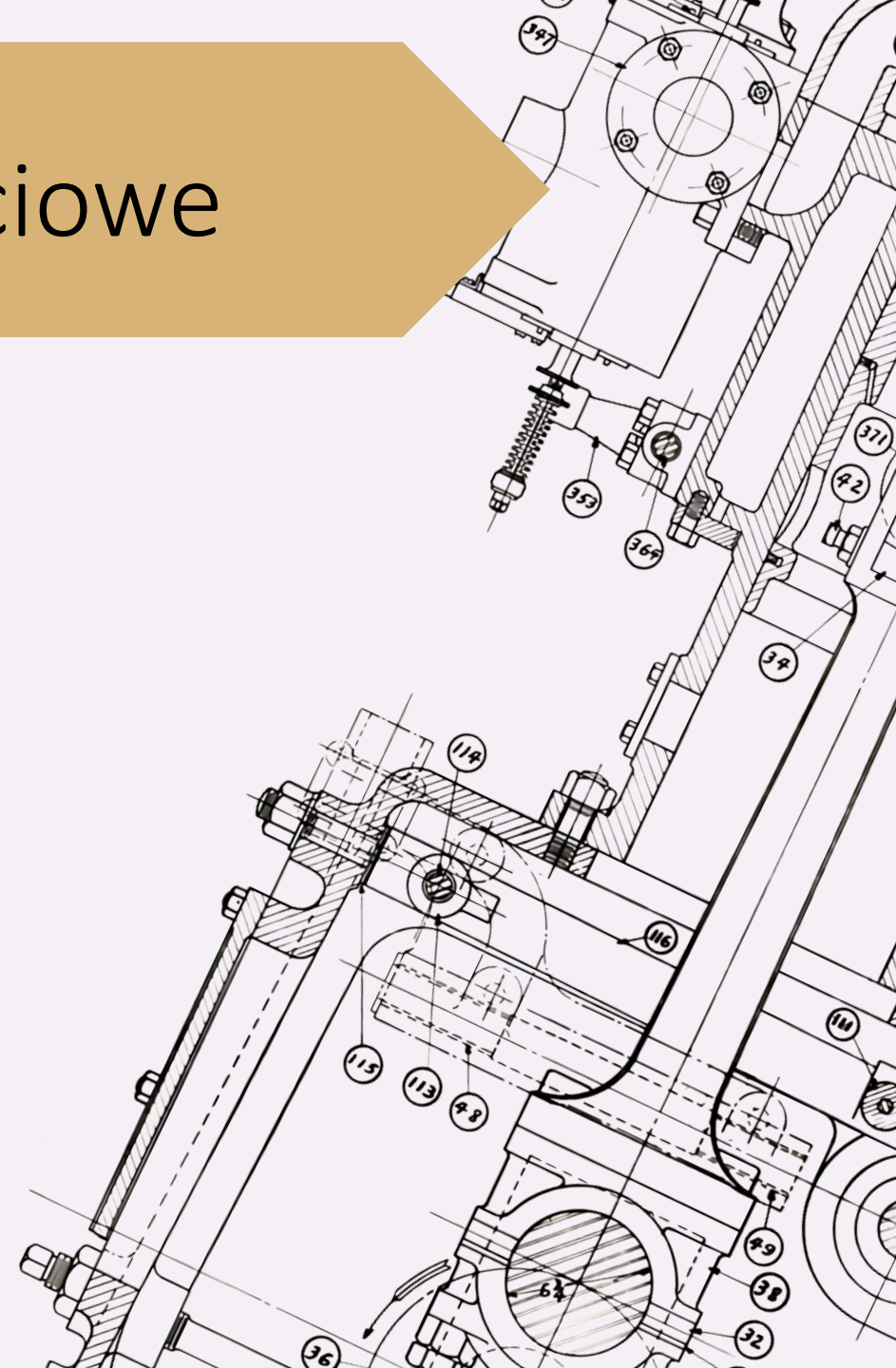
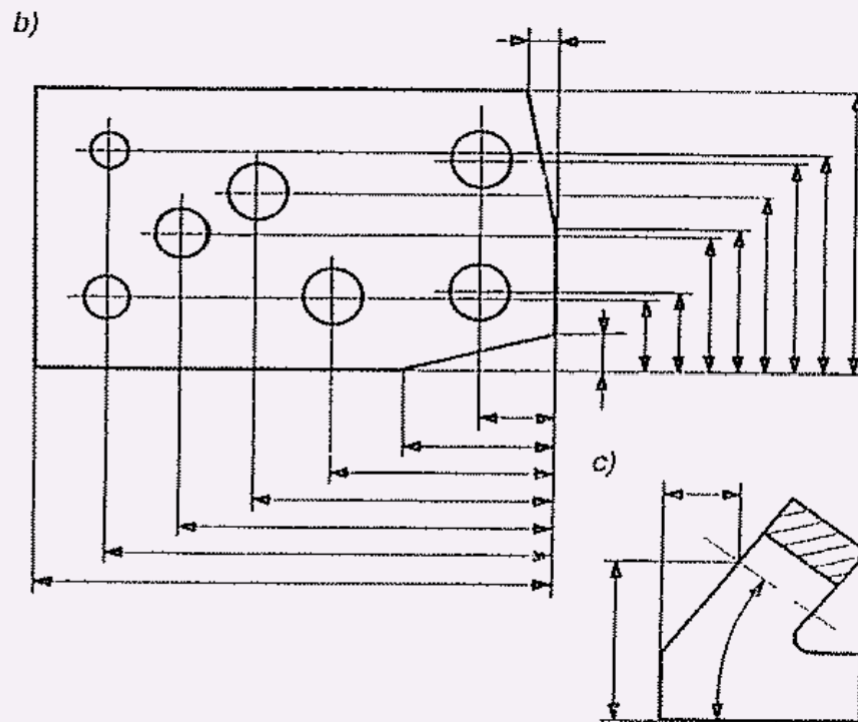
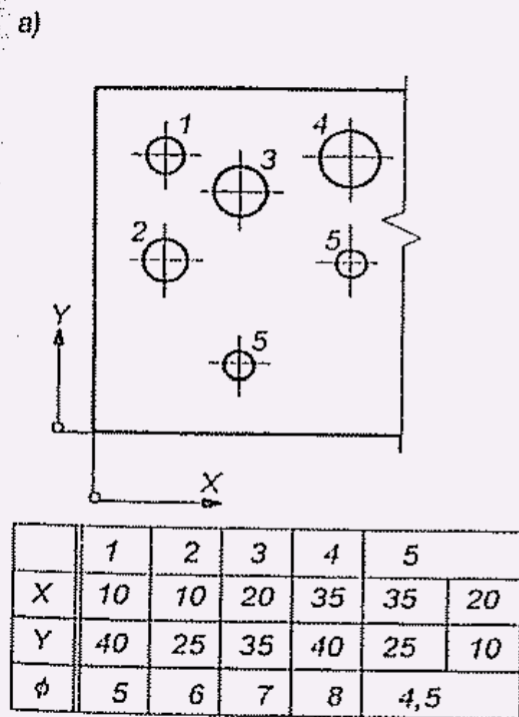


# Wymiarowanie szeregowo



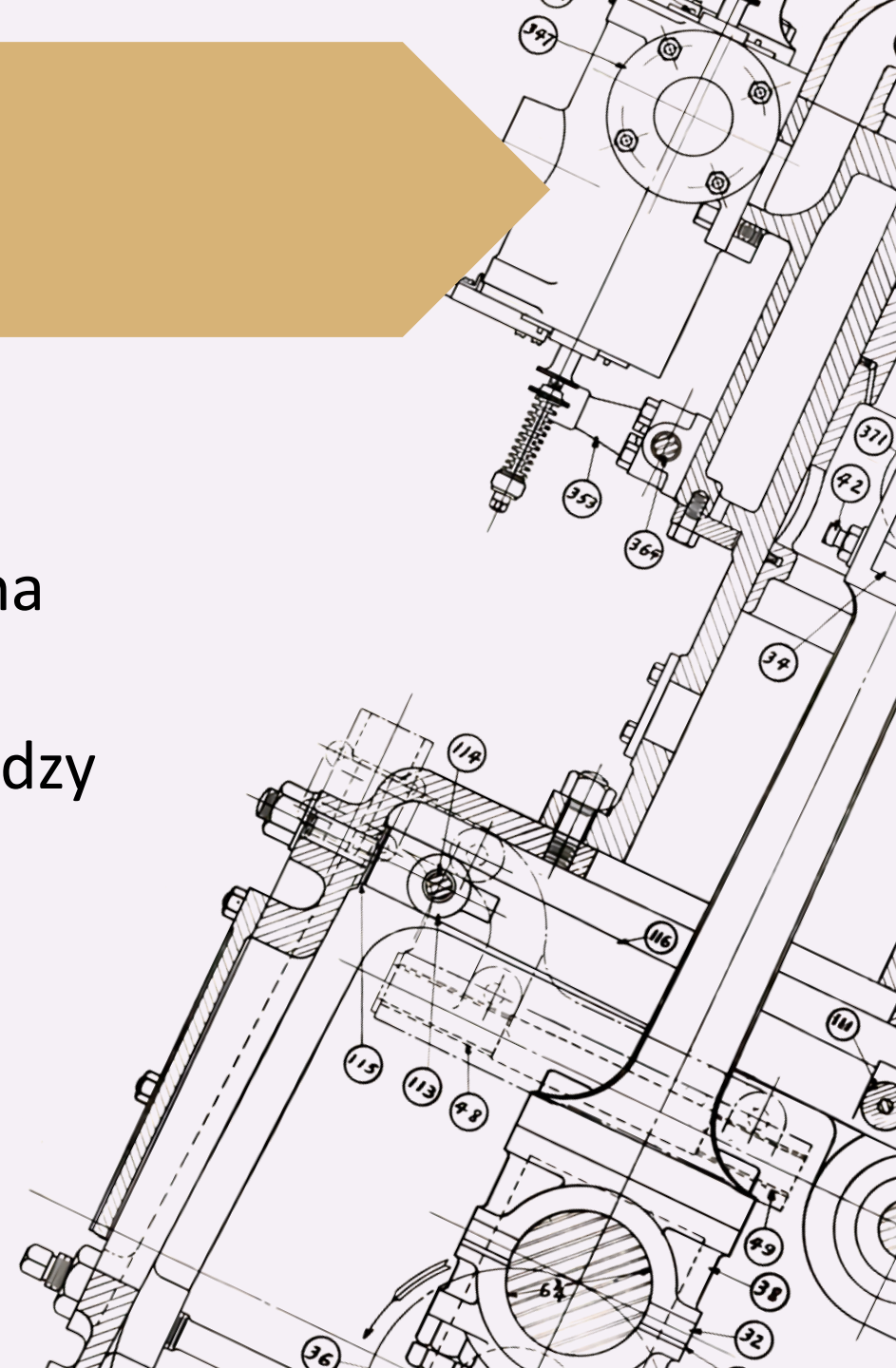


# Wymiarowanie współrzędnościowe



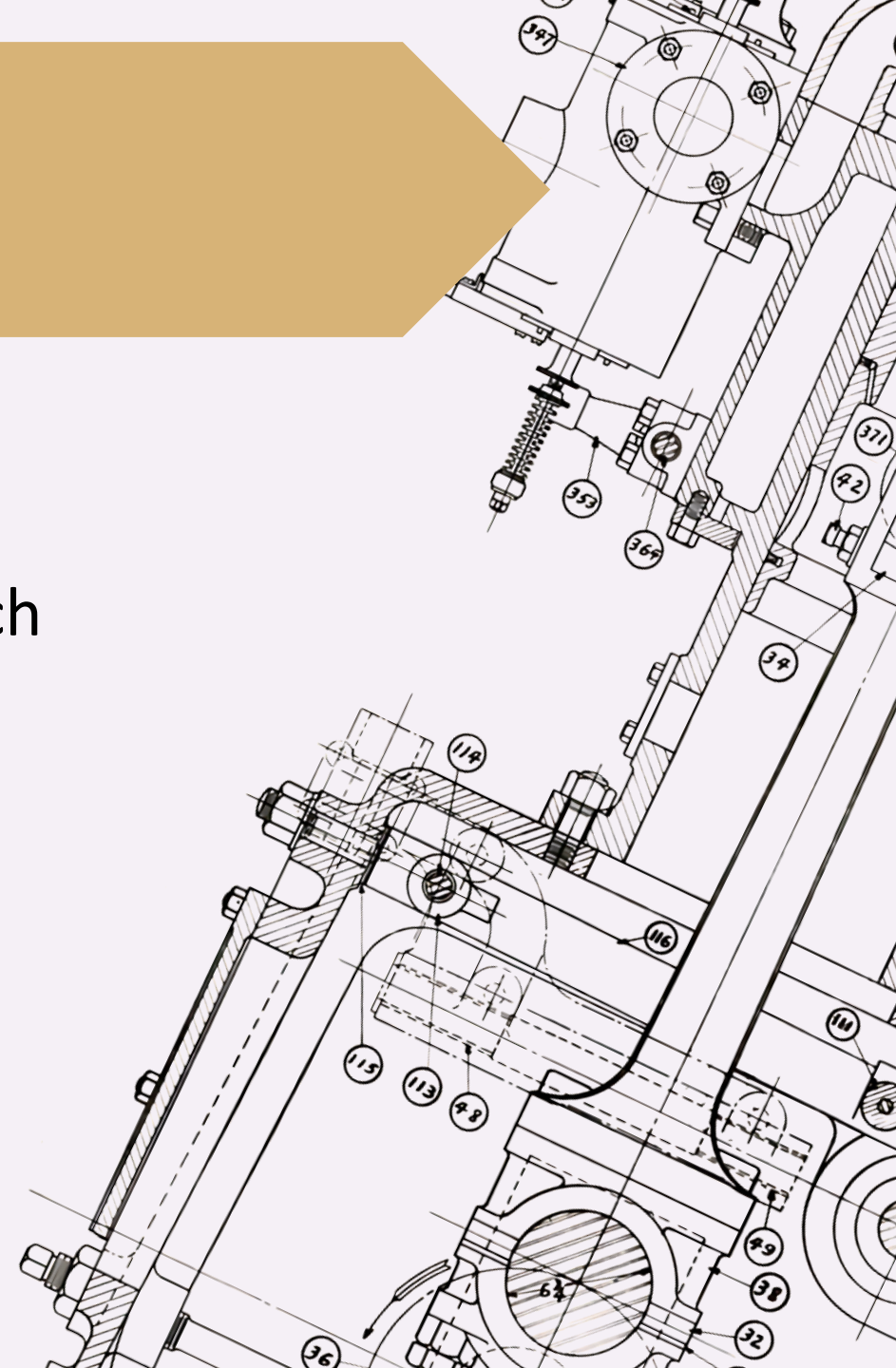
# Rozmieszczanie wymiarów

- Blżej rzutu powinny się znajdować wymiary o wartościach mniejszych
- Linia wymiarowa najbliższej przedmiotu powinna znajdować się 8-10mm od niego
- Następne linie wymiarowe powinny mieć między sobą odstępy 7-8 mm



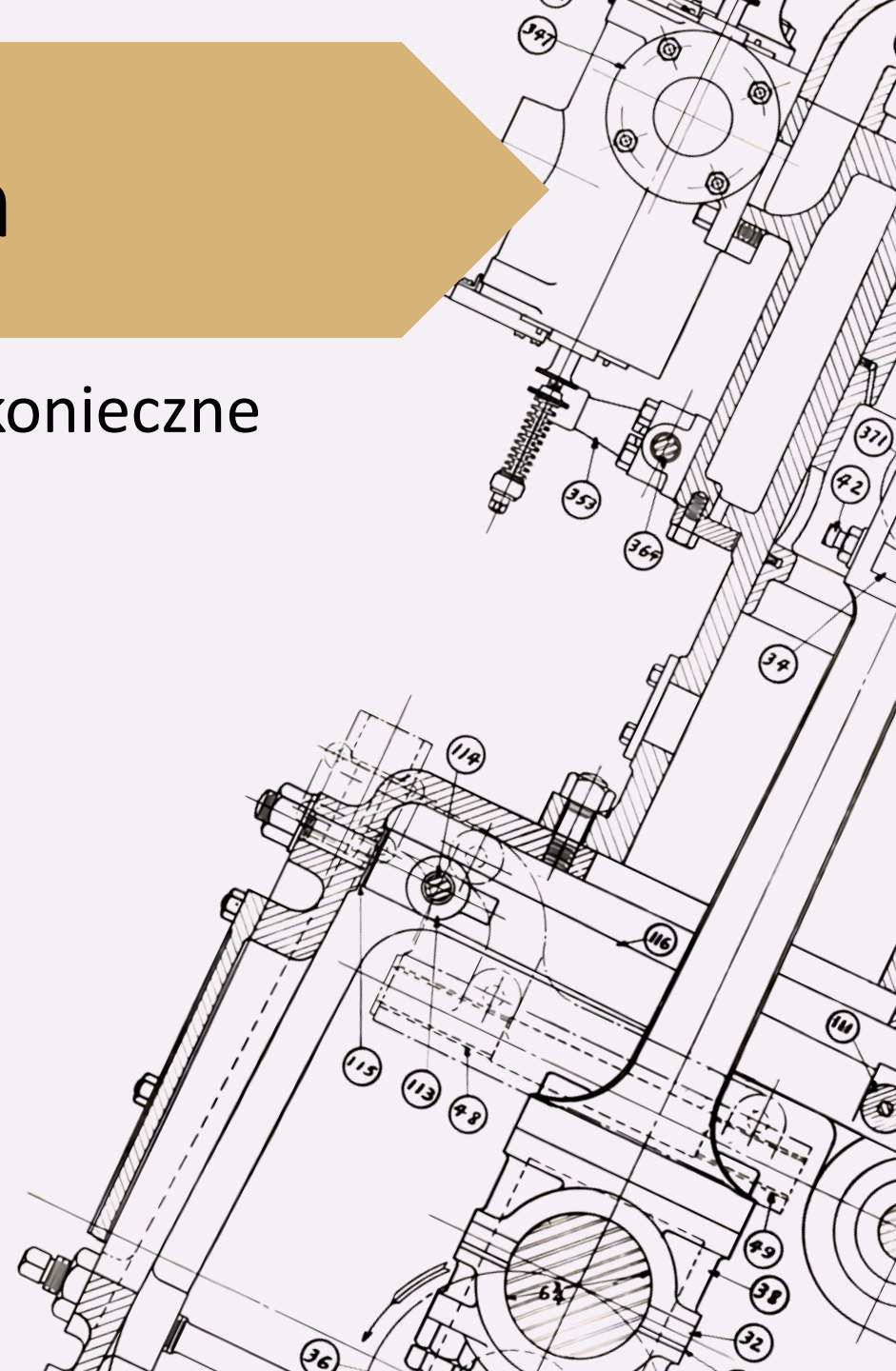
# Ogólne zasady wymiarowania

- Zasada wymiarów koniecznych
- Zasada niepowtarzania wymiarów
- Zasada niezamykania łańcuchów wymiarowych
- Zasada pomijania wymiarów oczywistych



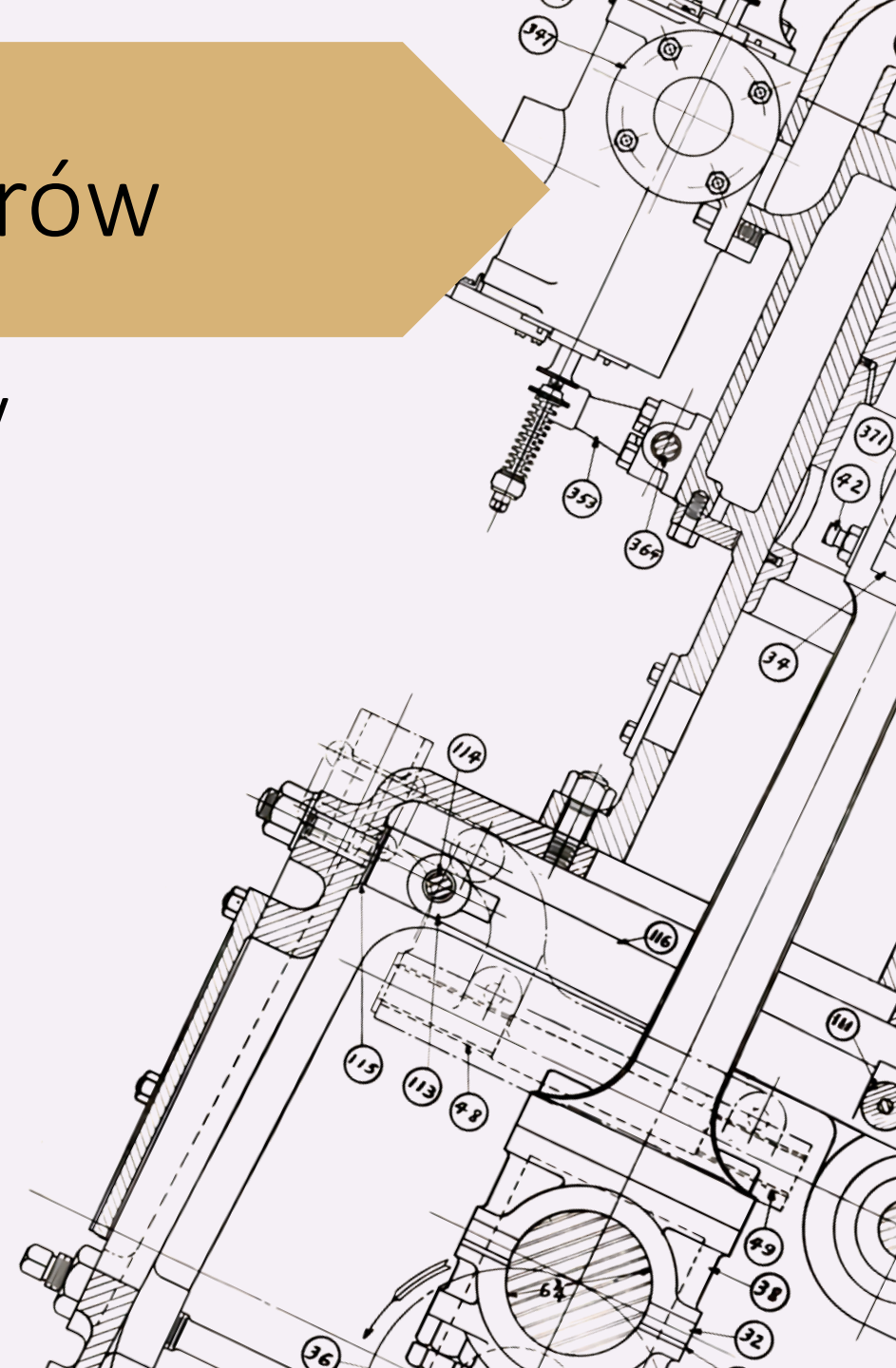
# Zasada wymiarów koniecznych

- Na rysunku powinny znajdować się wymiary konieczne do stworzenia przedmiotu – i tylko te.



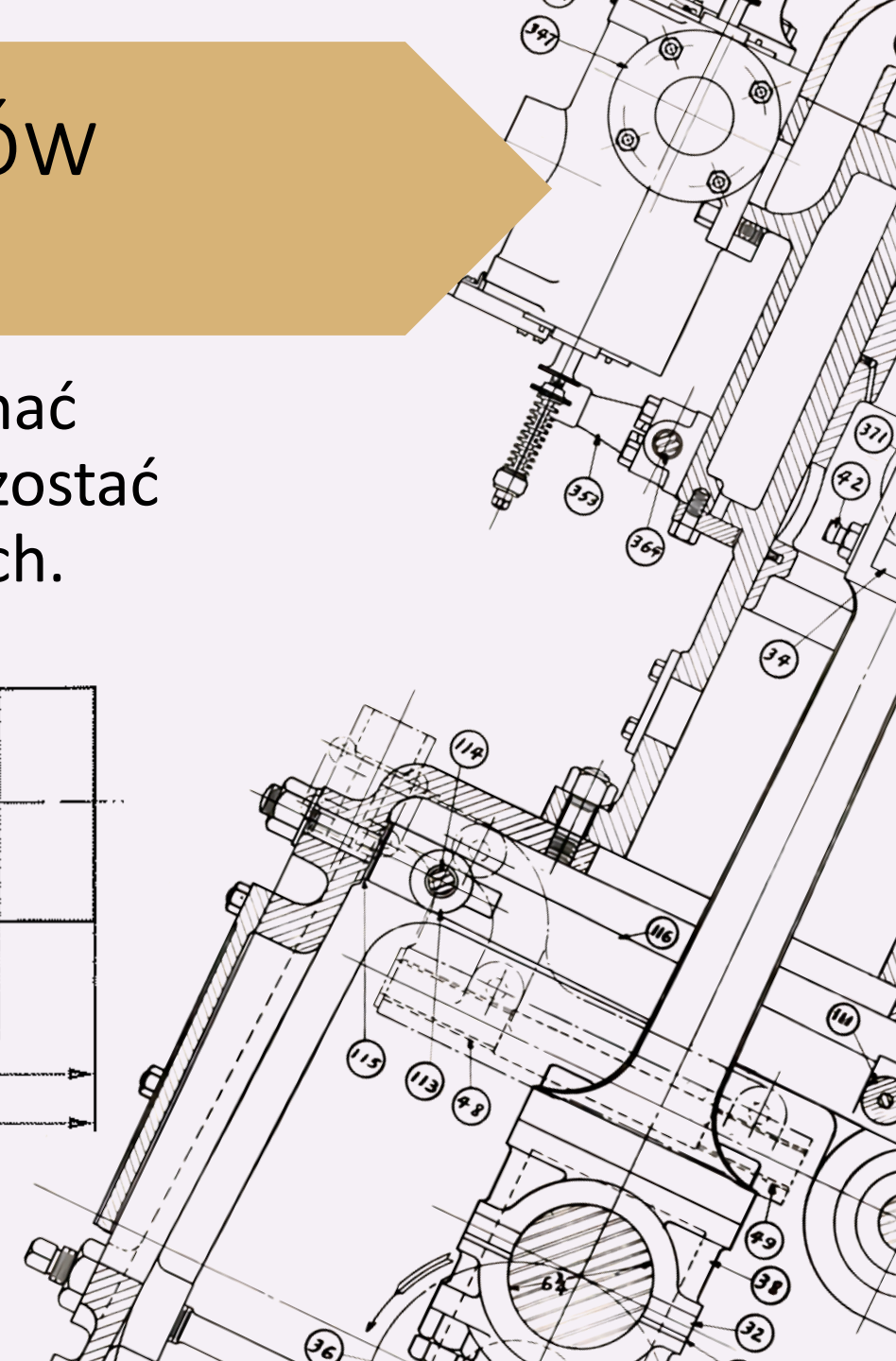
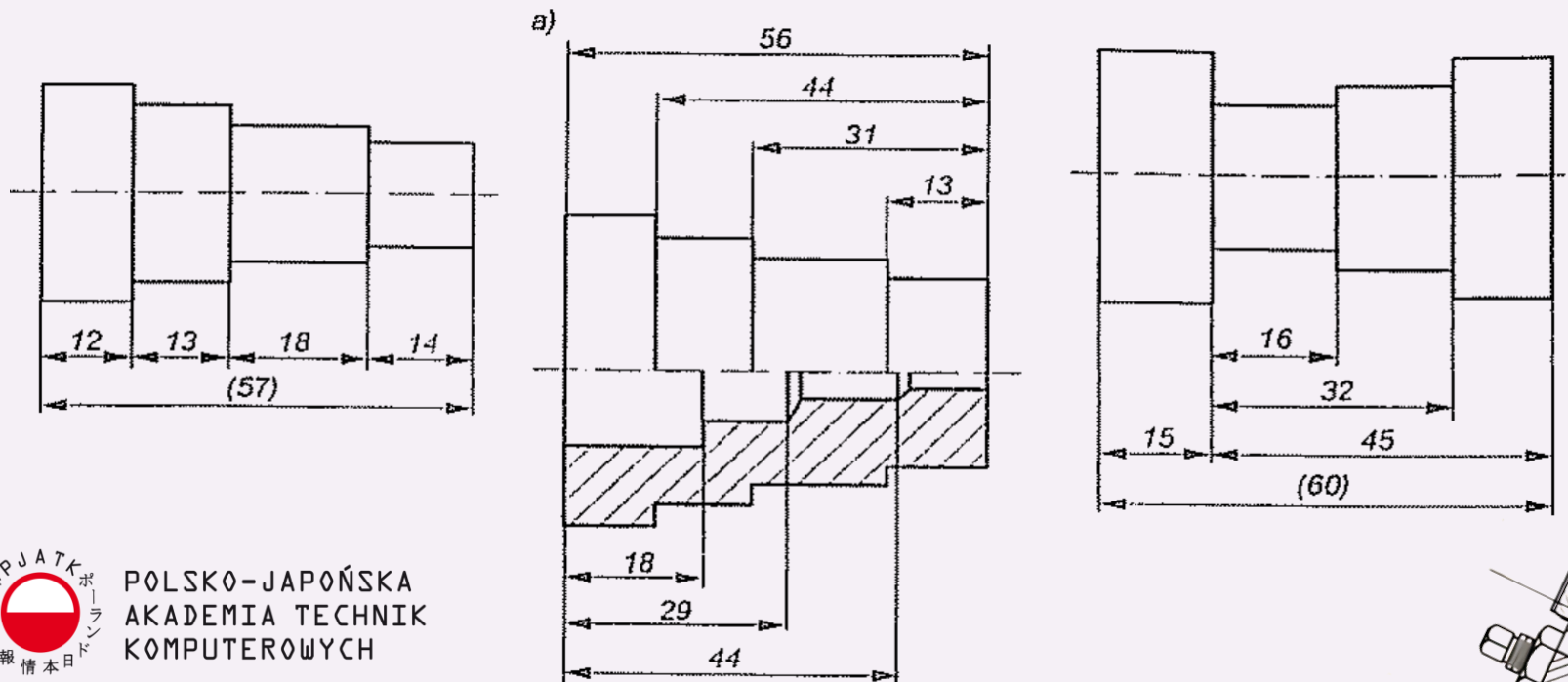
# Zasada niepowtarzania wymiarów

- Niezależnie od ilości rzutów, na rysunku miary elementów **nie mogą się powtarzać**.



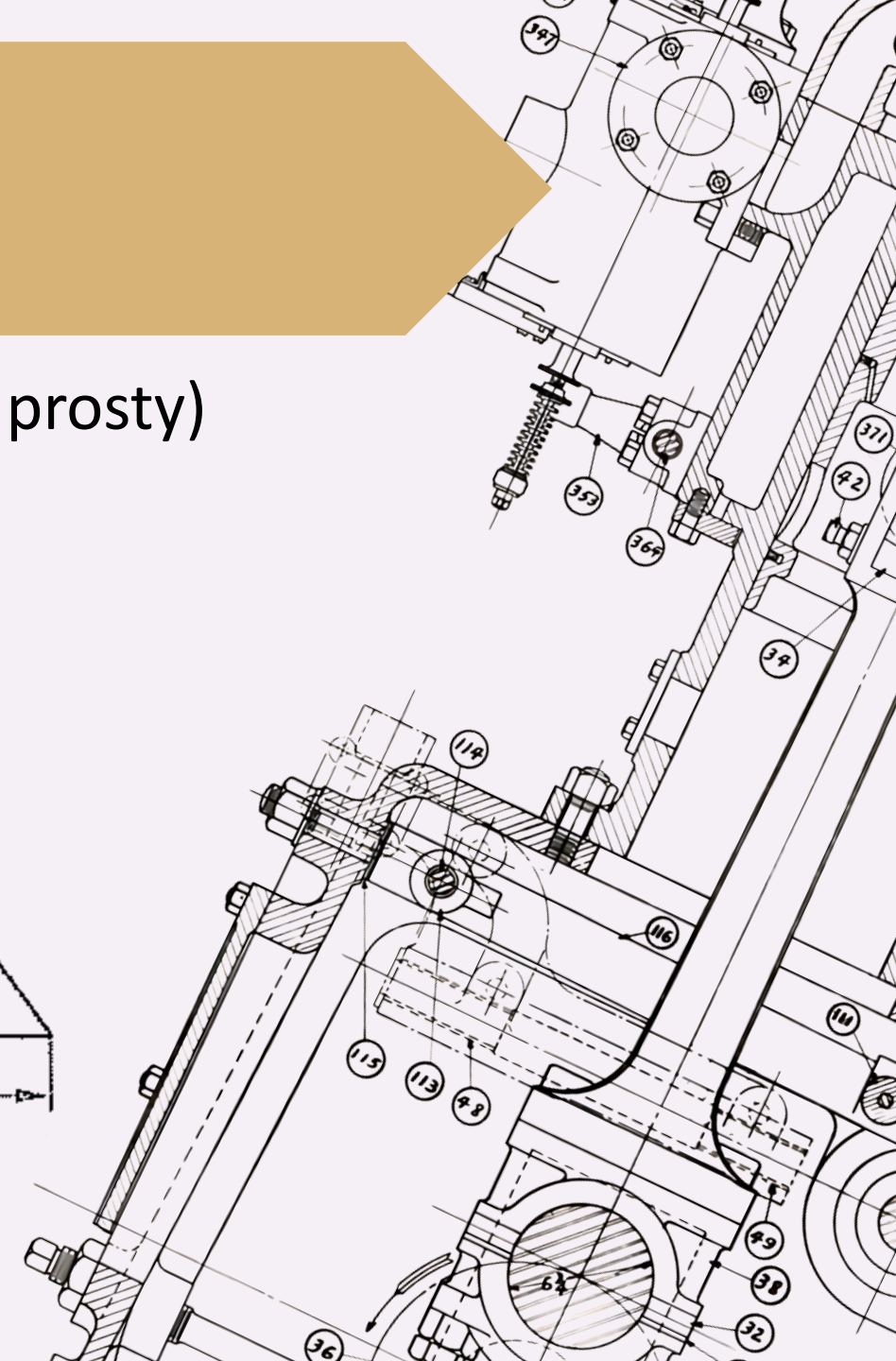
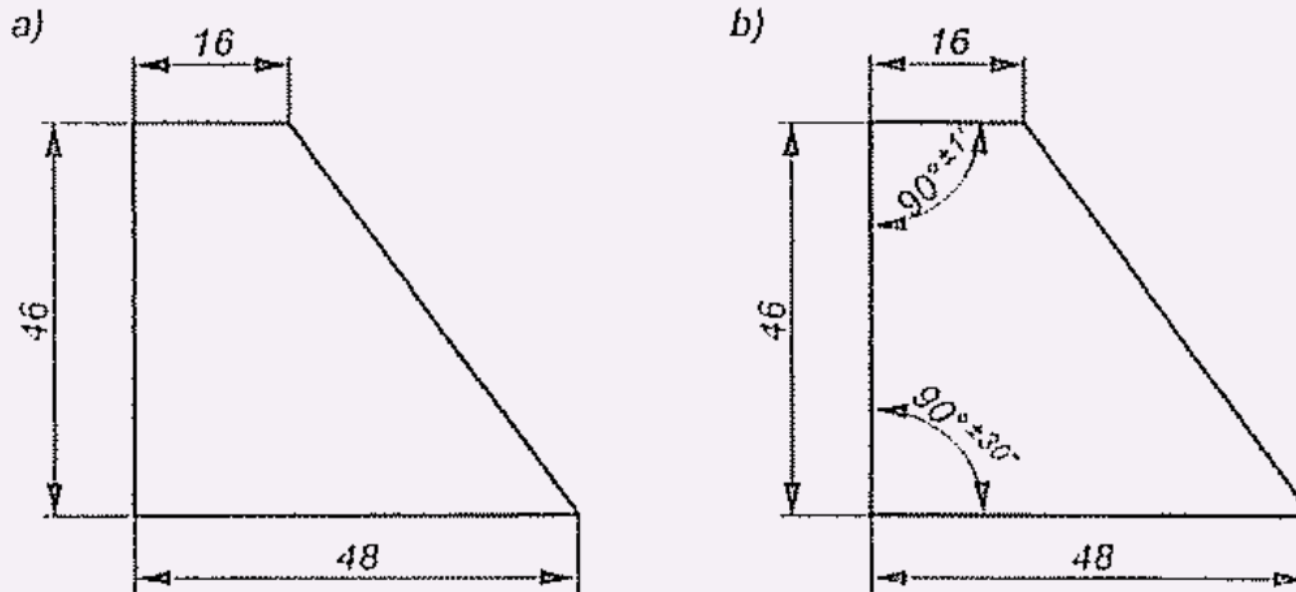
# Zasada niezamykania łańcuchów wymiarowych

- W zbiorze kolejnych wymiarów, należy utrzymać zasadę, że wymiar najmniej ważny powinien zostać wyliczony na bazie innych wymiarów podanych.



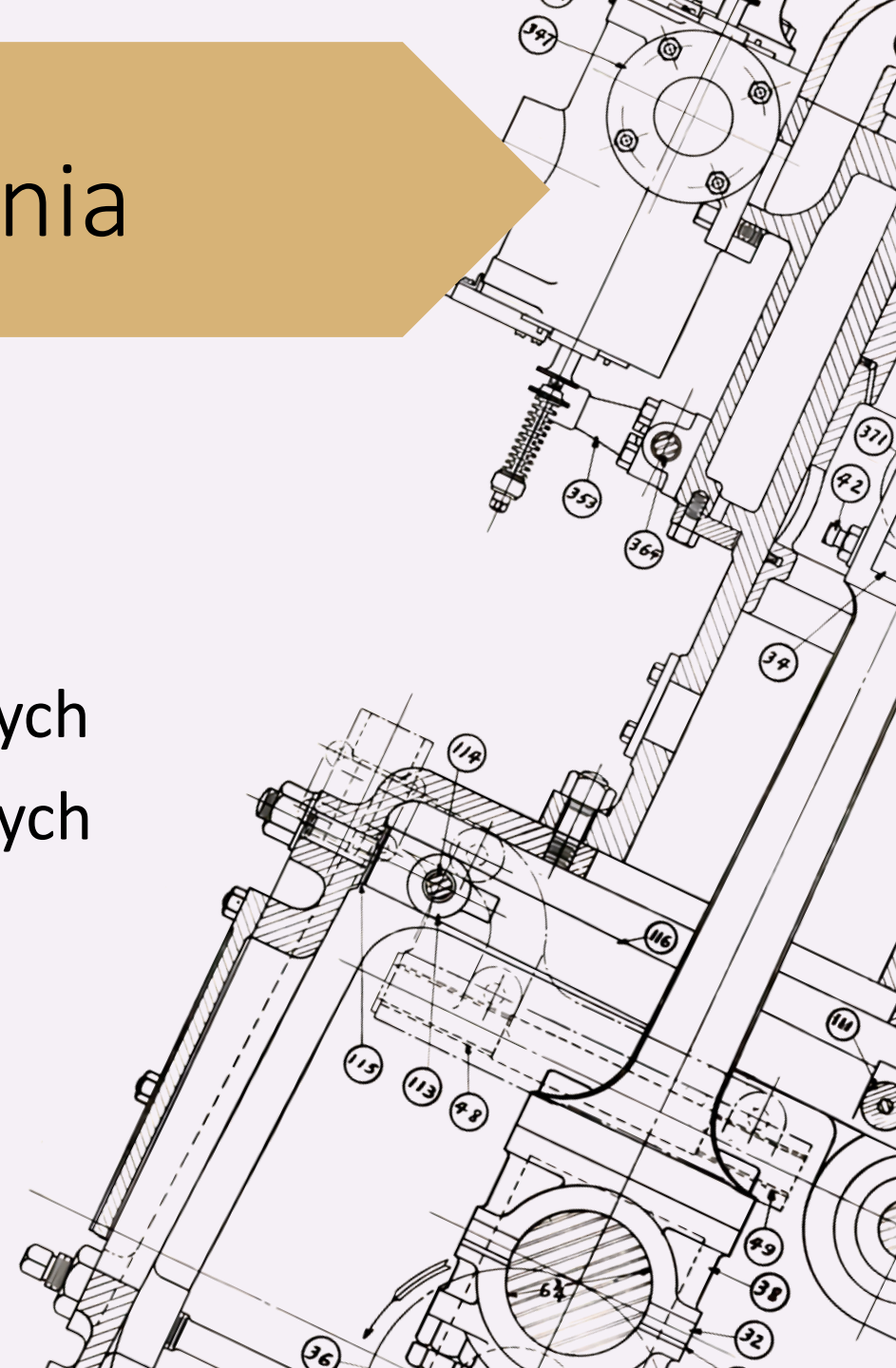
# Zasada pomijania wymiarów oczywistych

- W przypadku wymiarów oczywistych (np. kąt prosty) nie podajemy ich wymiarów.



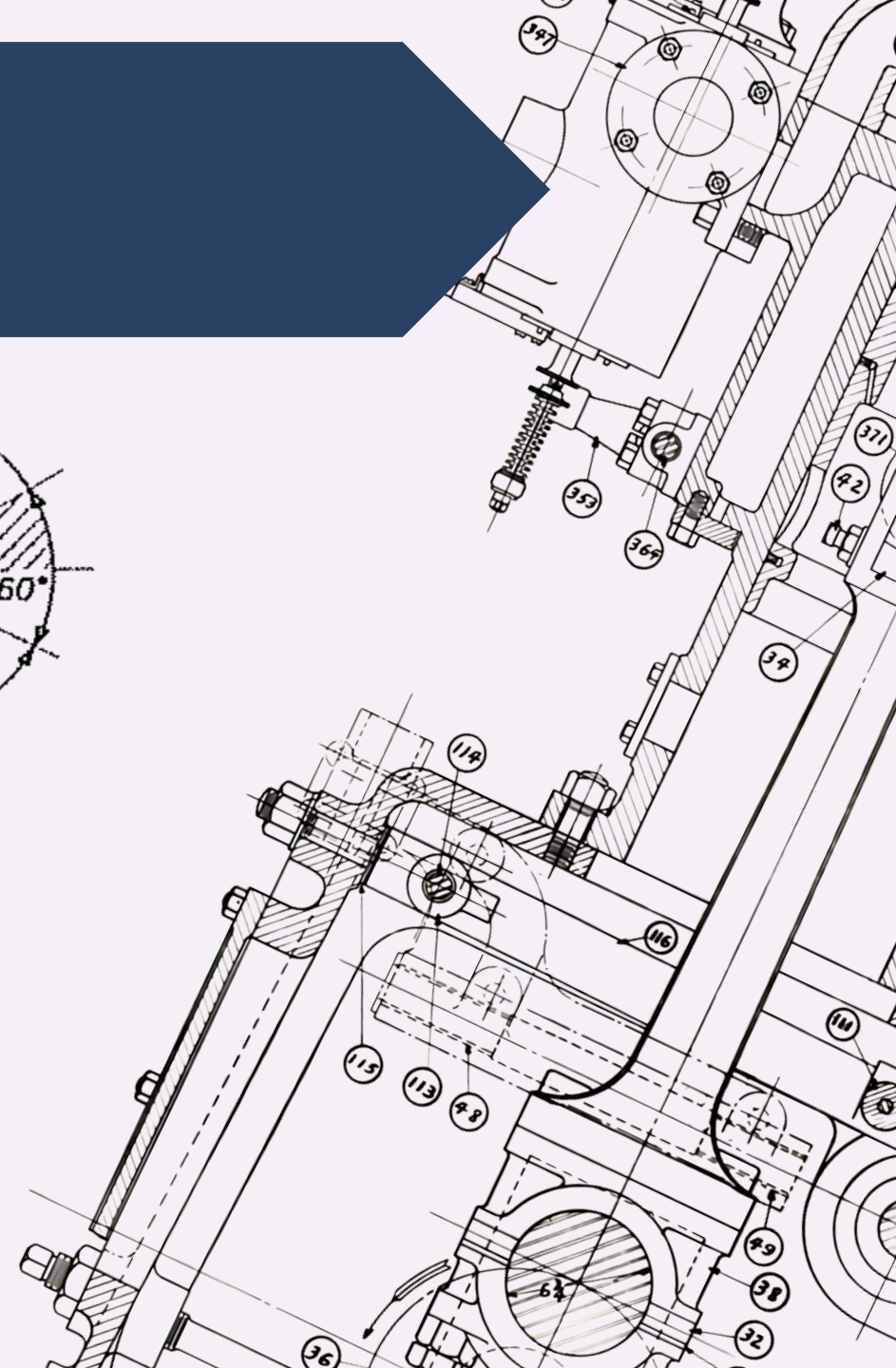
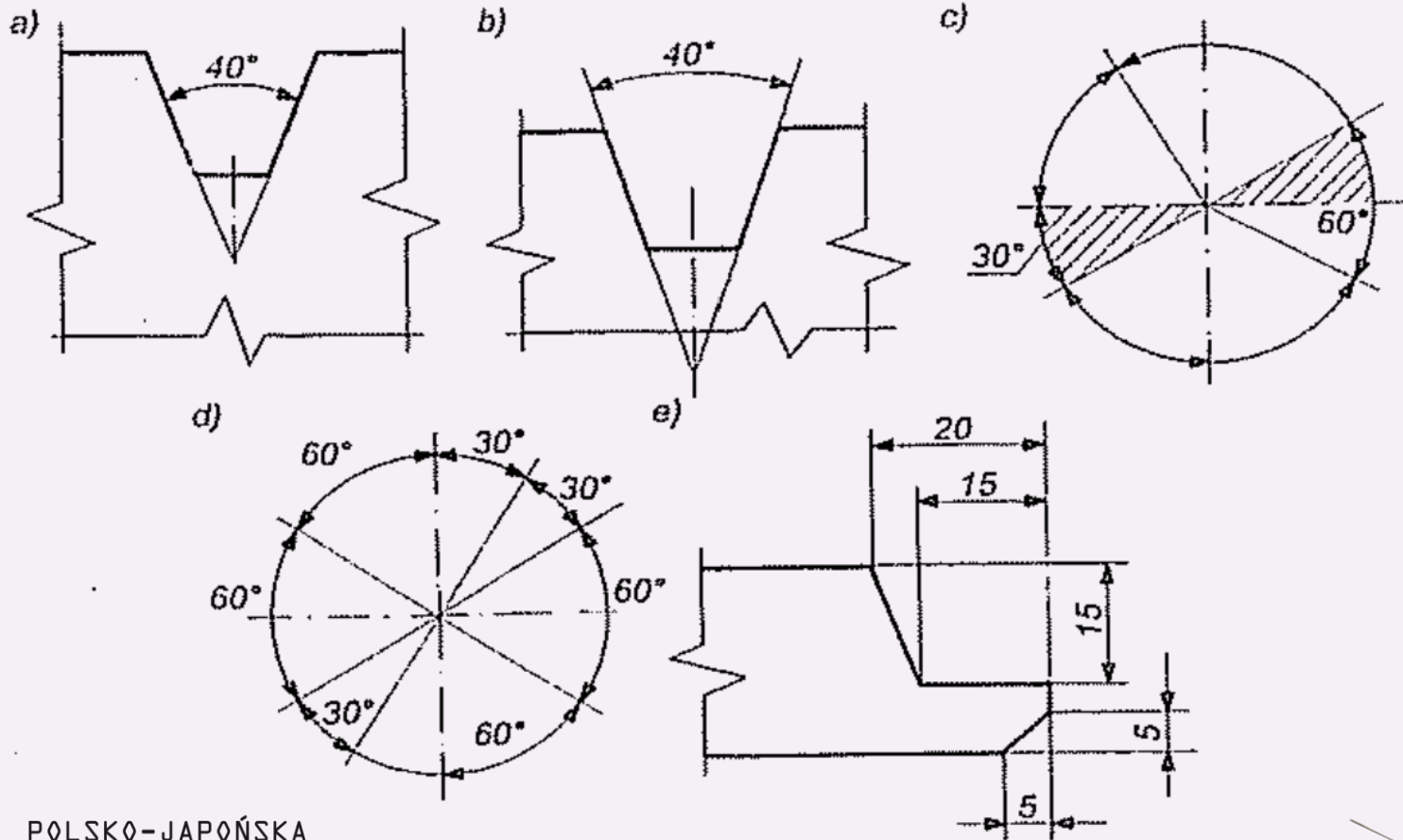
# Szczególne zasady wymiarowania

- Zasada jedynej podstawy wymiarowej
- Zasada wymiarów ważnych
- Zasada wymiarów konstrukcyjnych
- Zasada wymiarowania od podstaw obróbkowych
- Zasada wymiarowania od podstaw pomiarowych
- Zasada wspólnych podstaw wymiarowych
- Zasada wymiarowania według narzędzi
- Zasada wymiarowania powierzchni

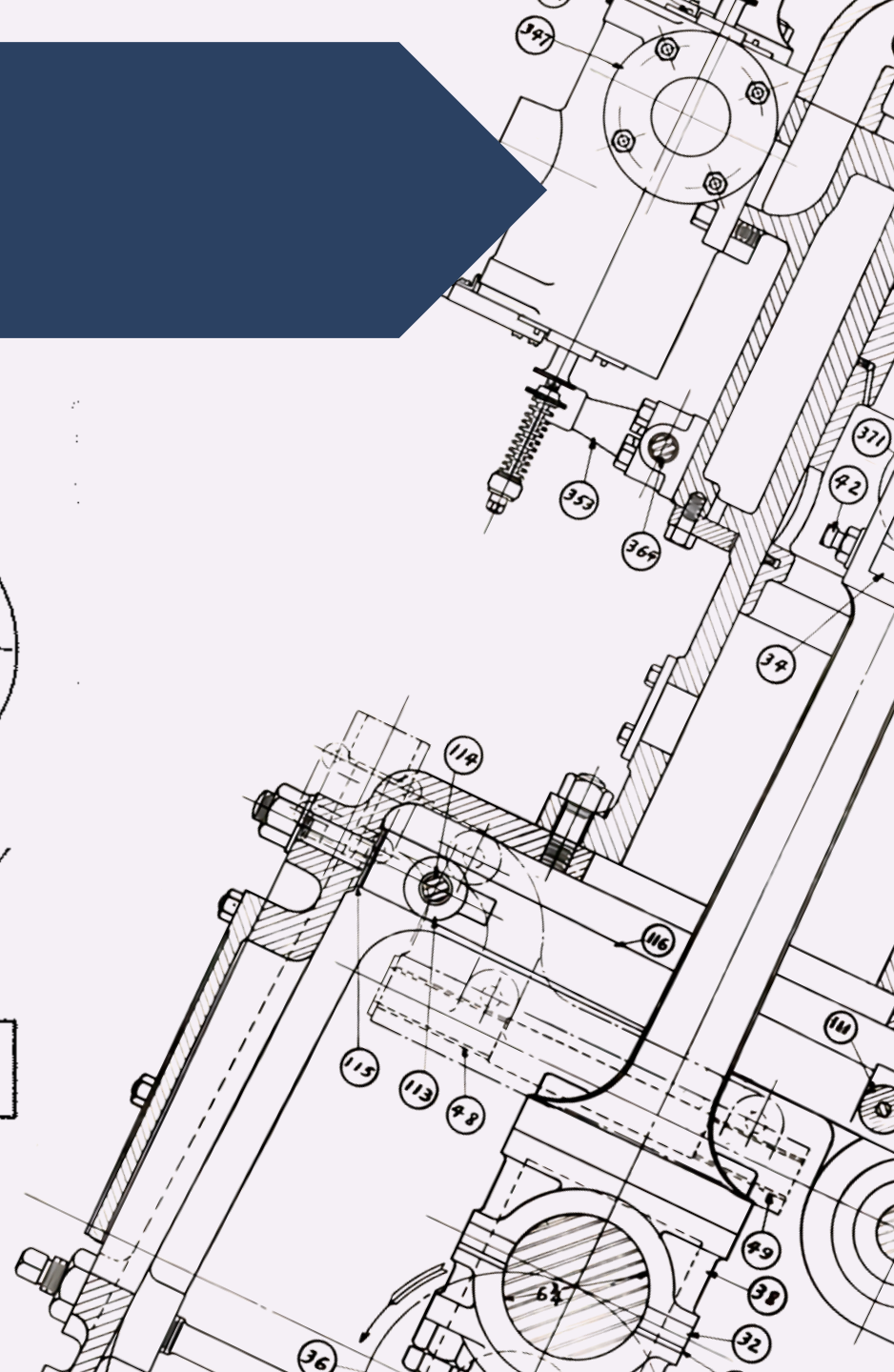
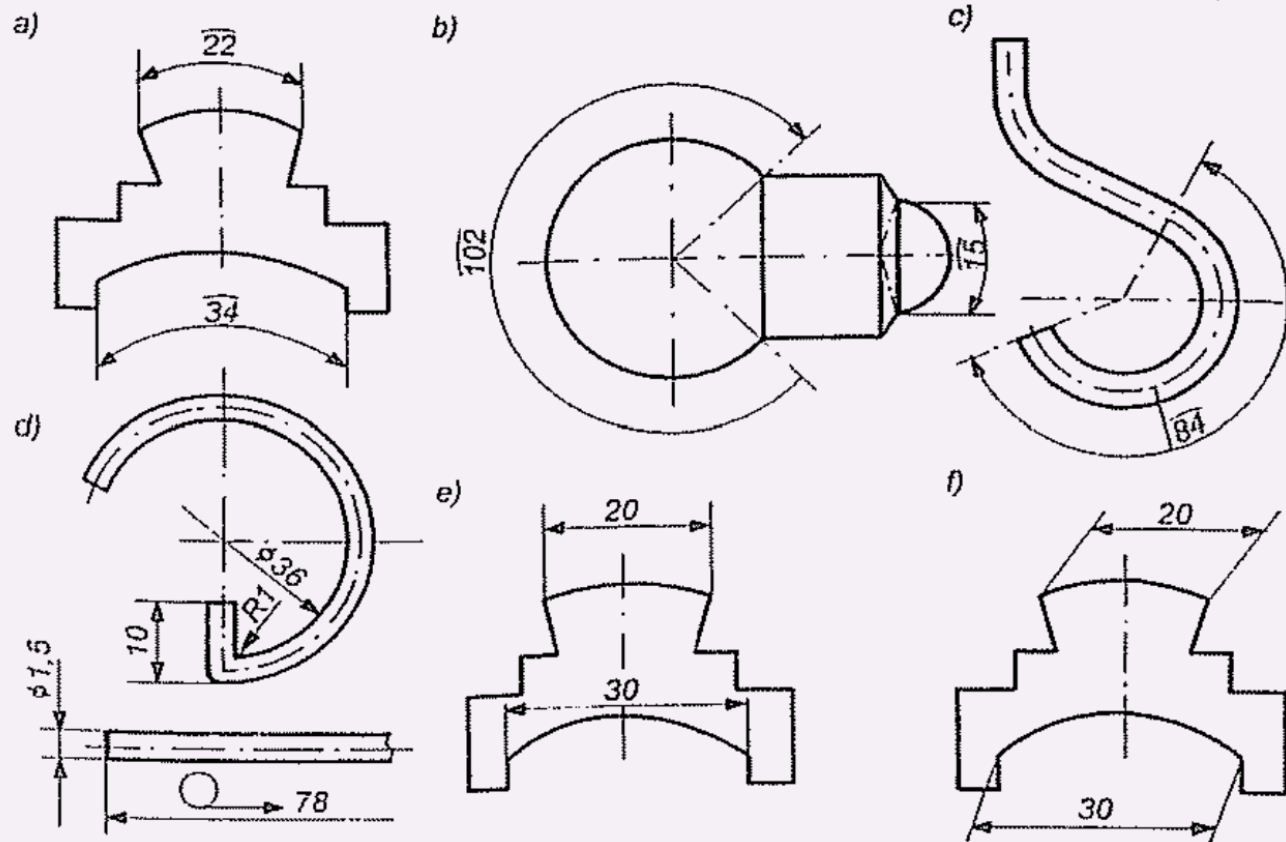




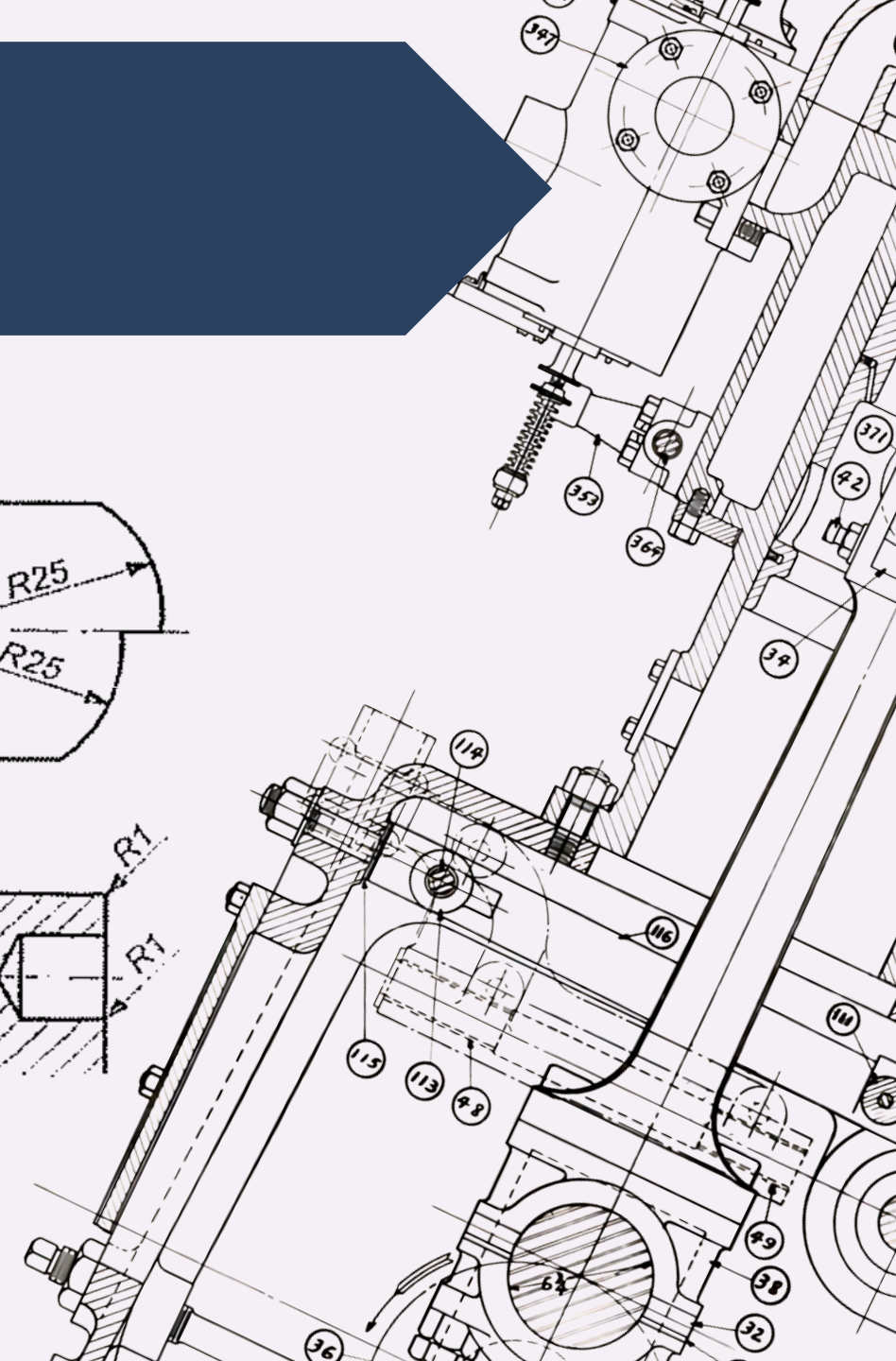
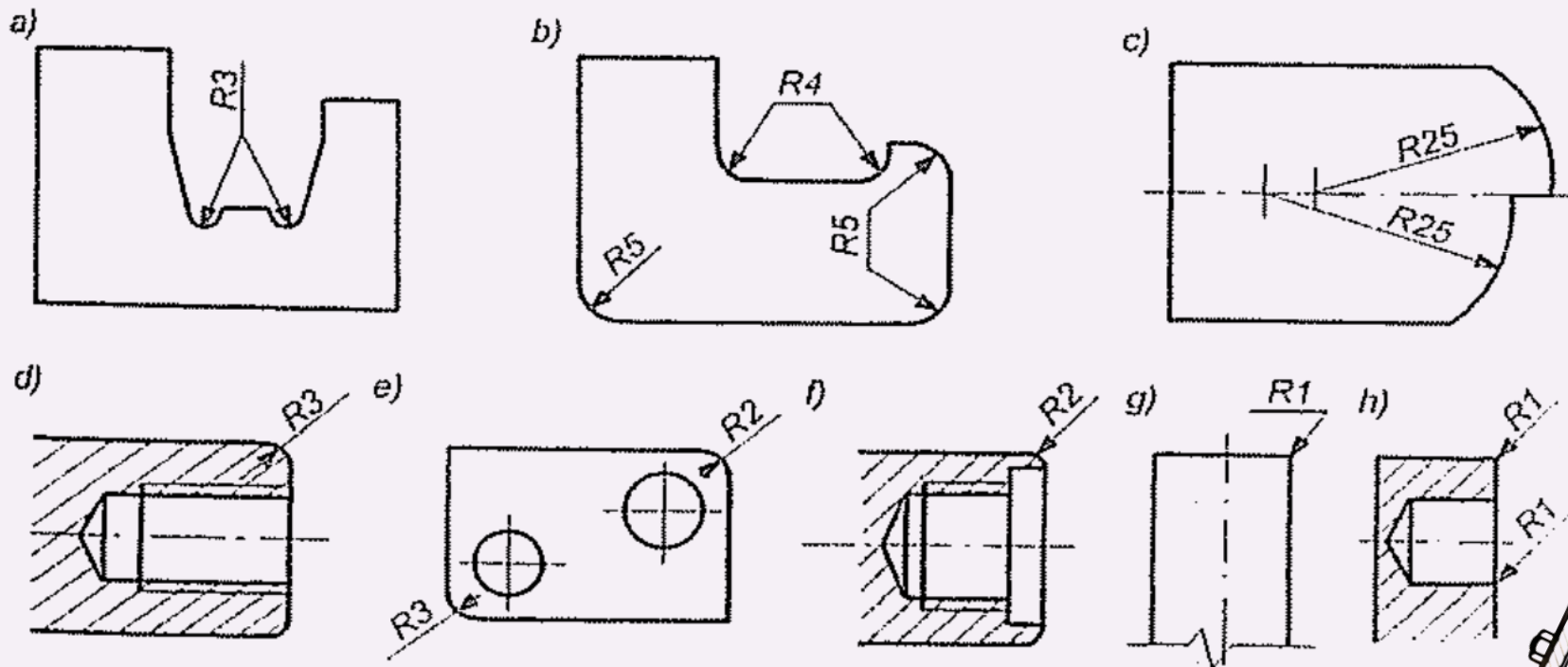
# Wymiarowanie powierzchni obrotowych



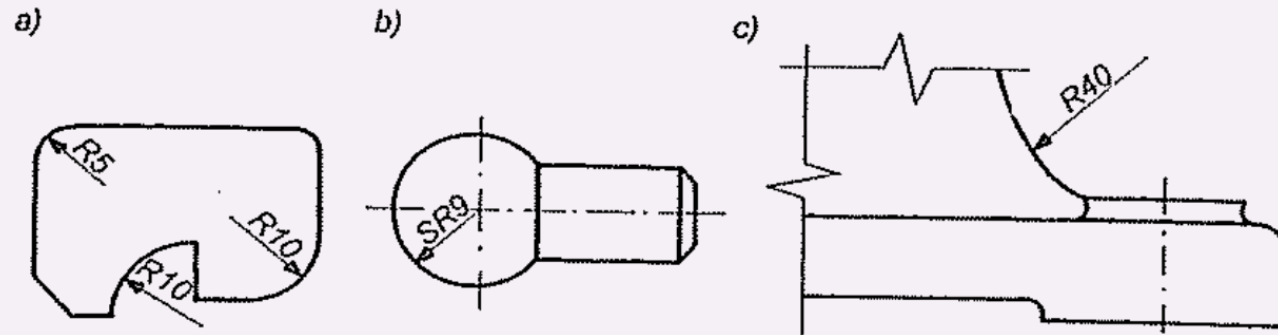
# Wymiarowanie powierzchni obrotowych



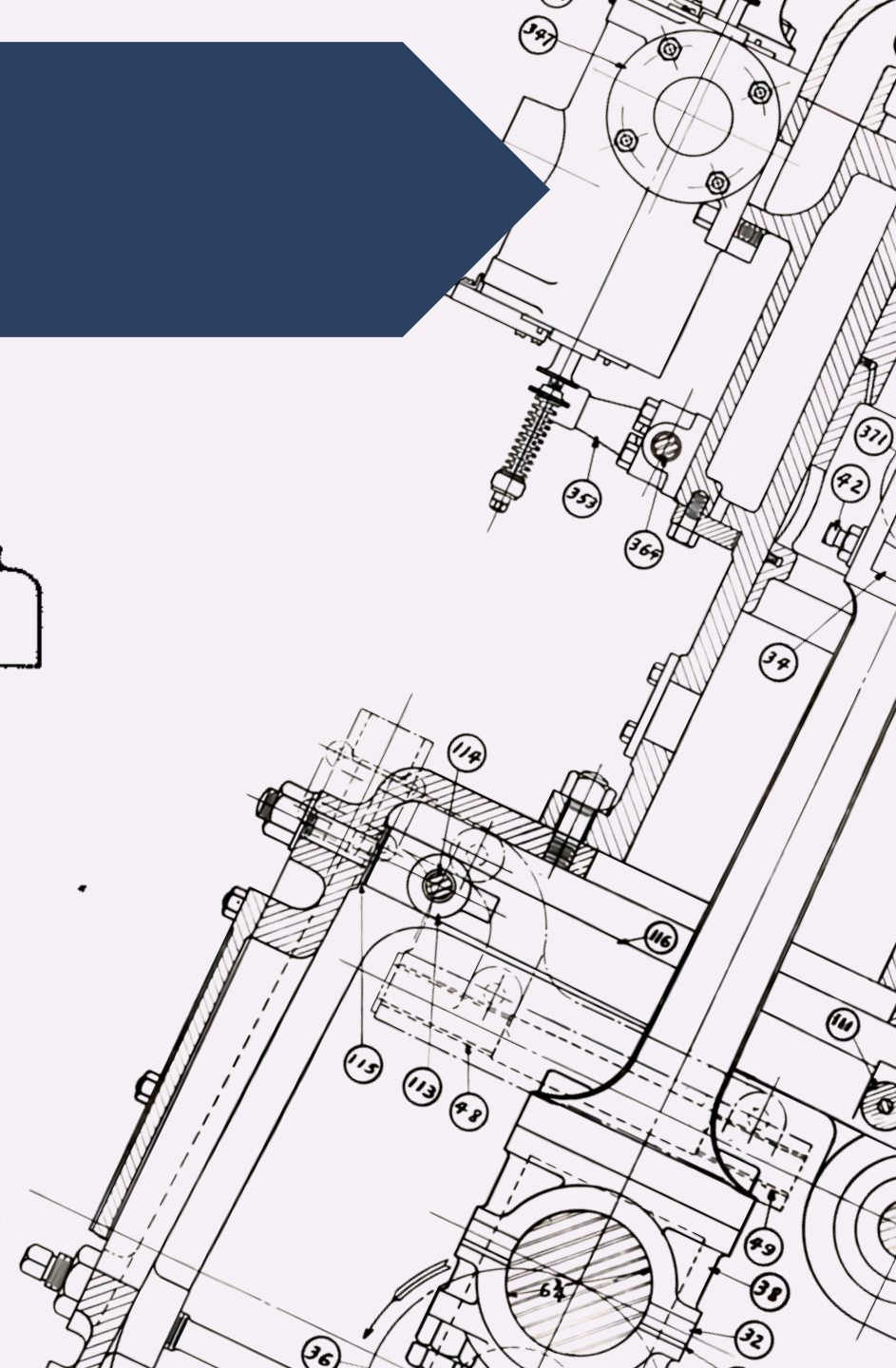
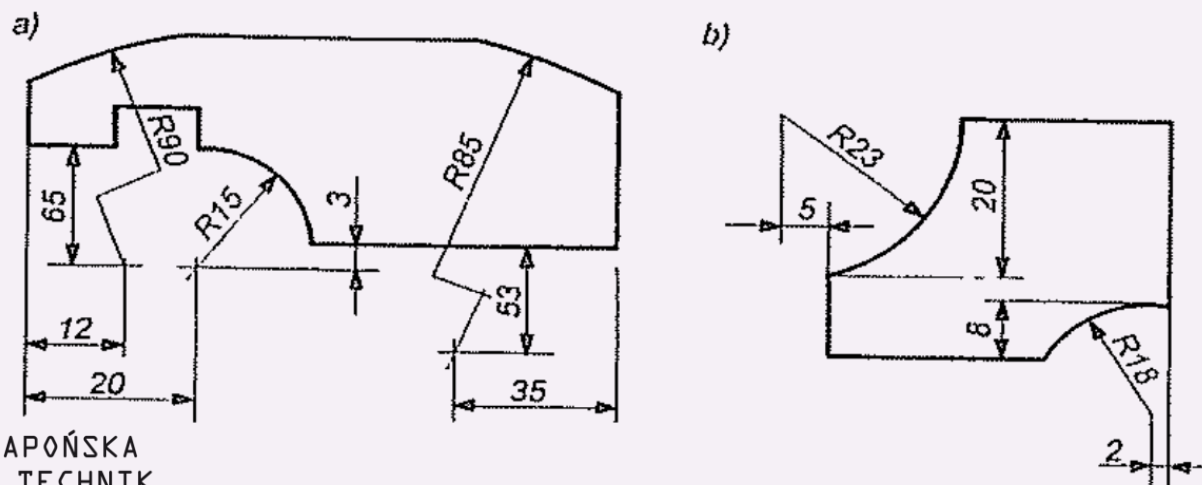
# Wymiarowanie powierzchni obrotowych



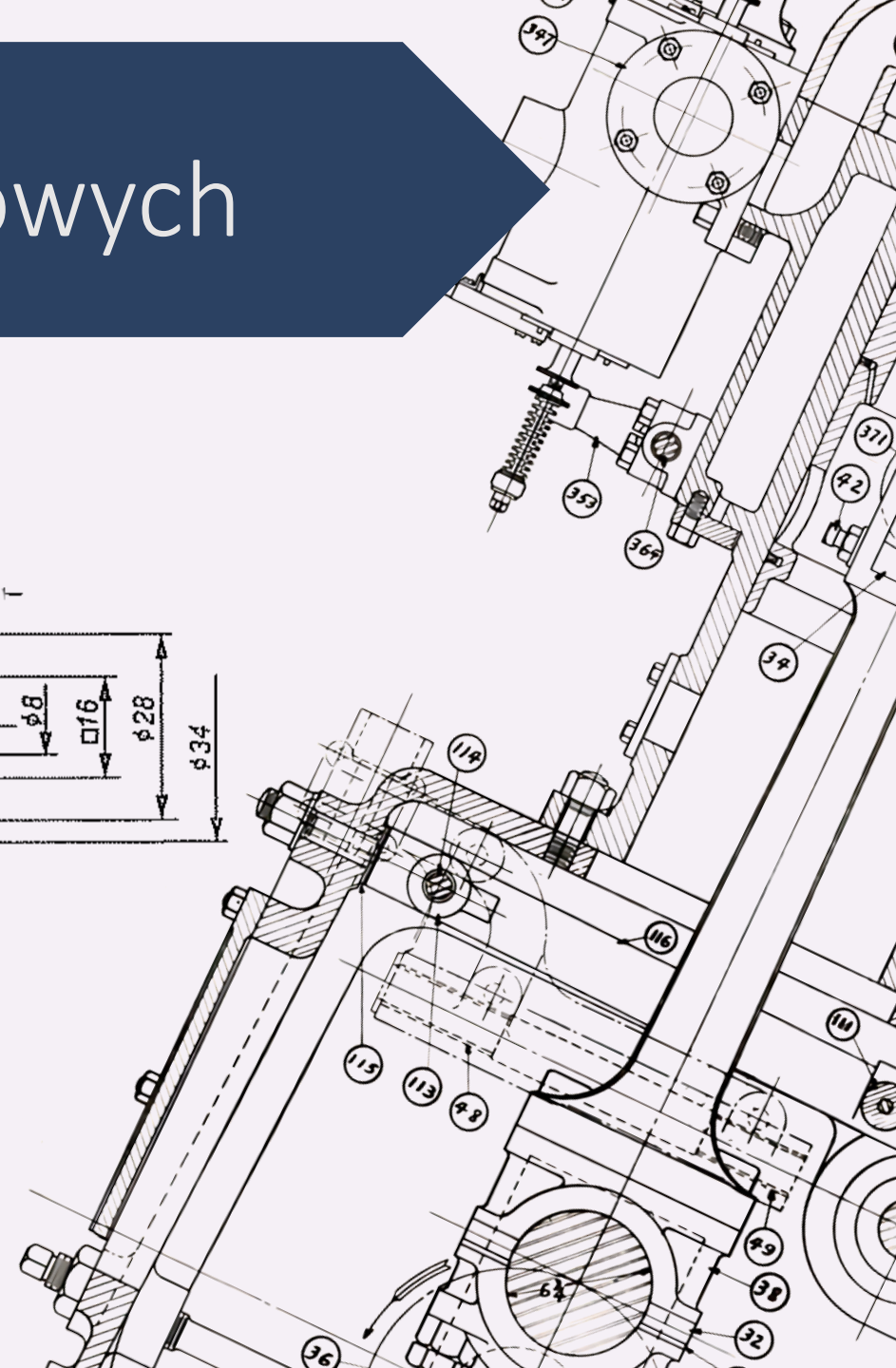
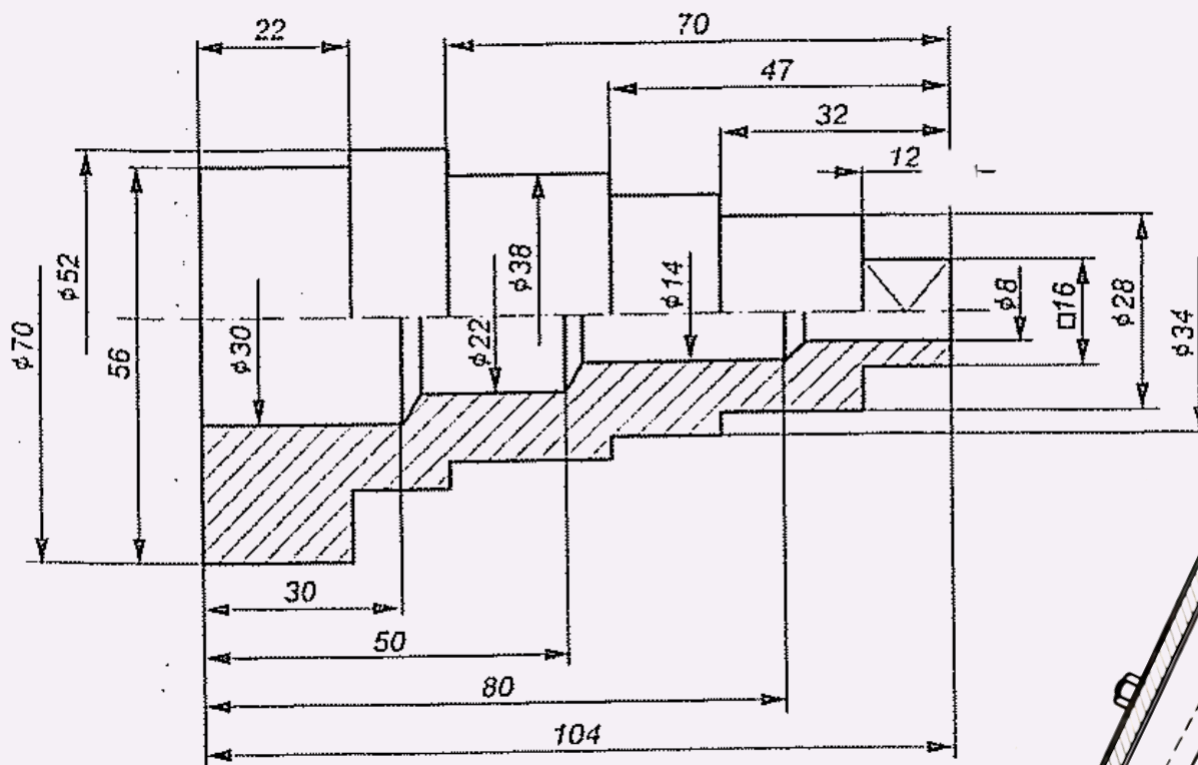
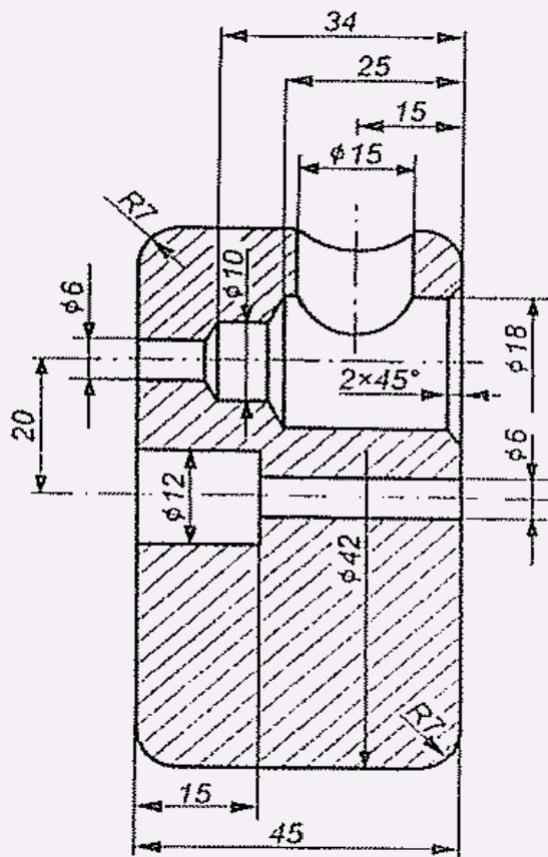
# Wymiarowanie powierzchni obrotowych



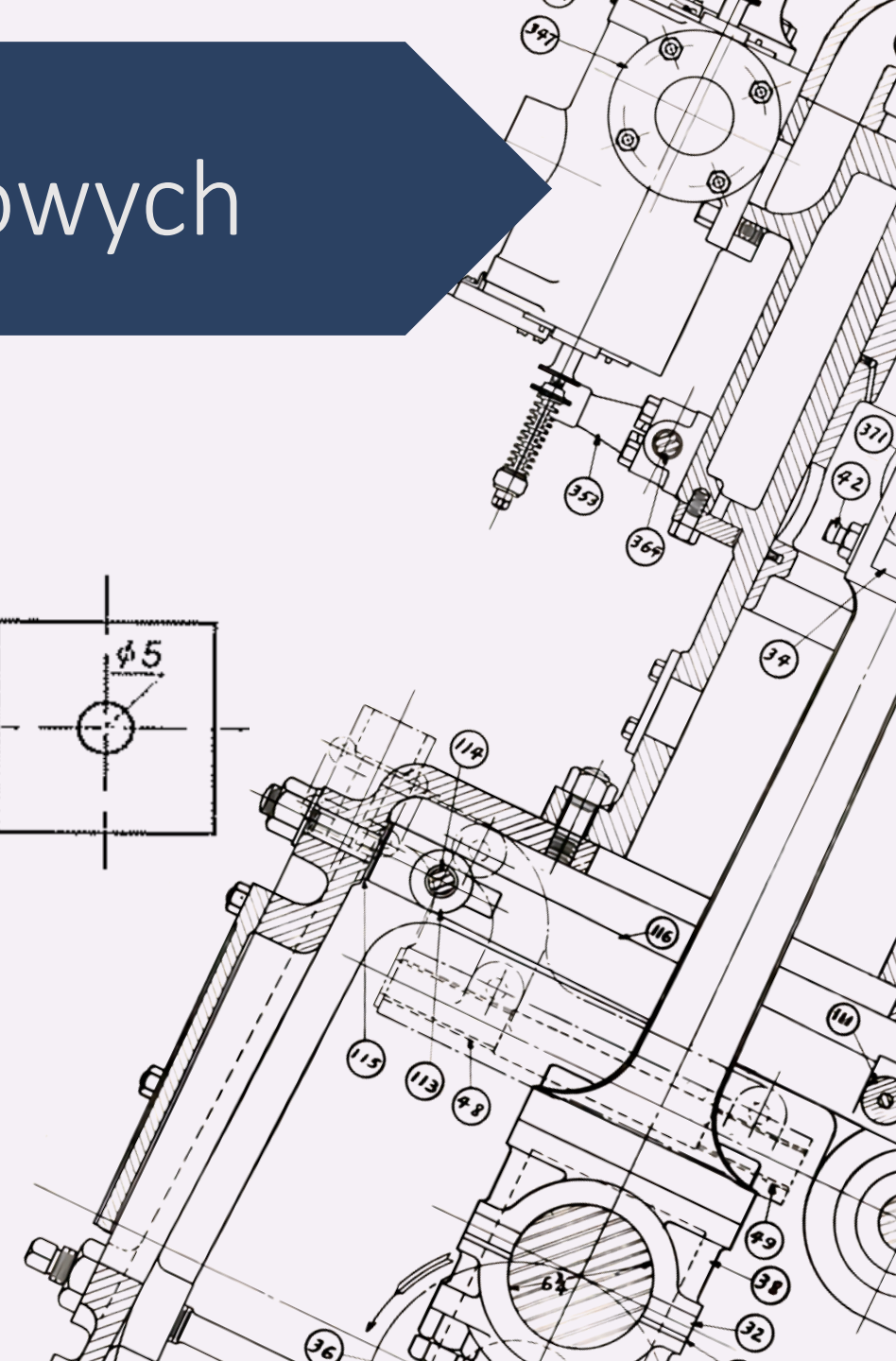
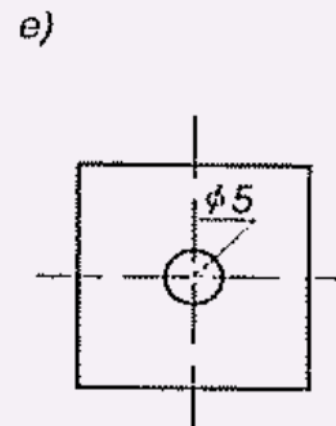
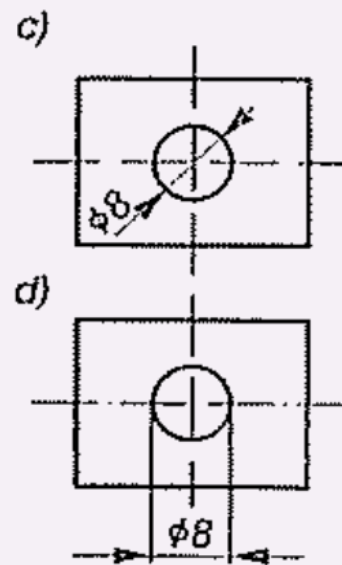
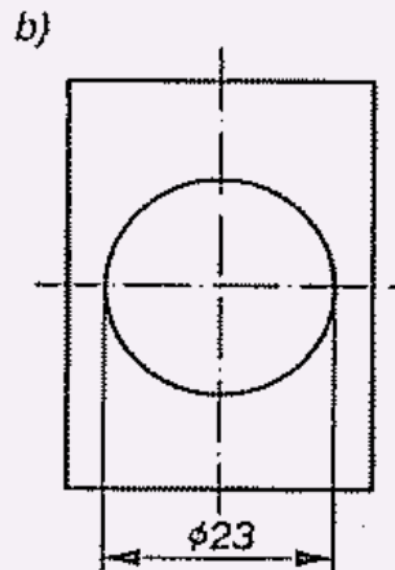
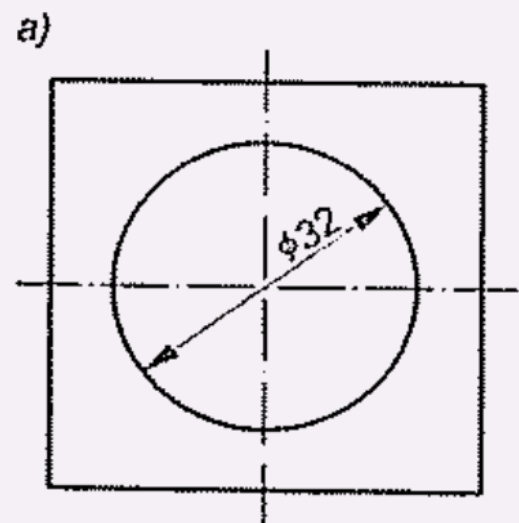
Rys. 6.46



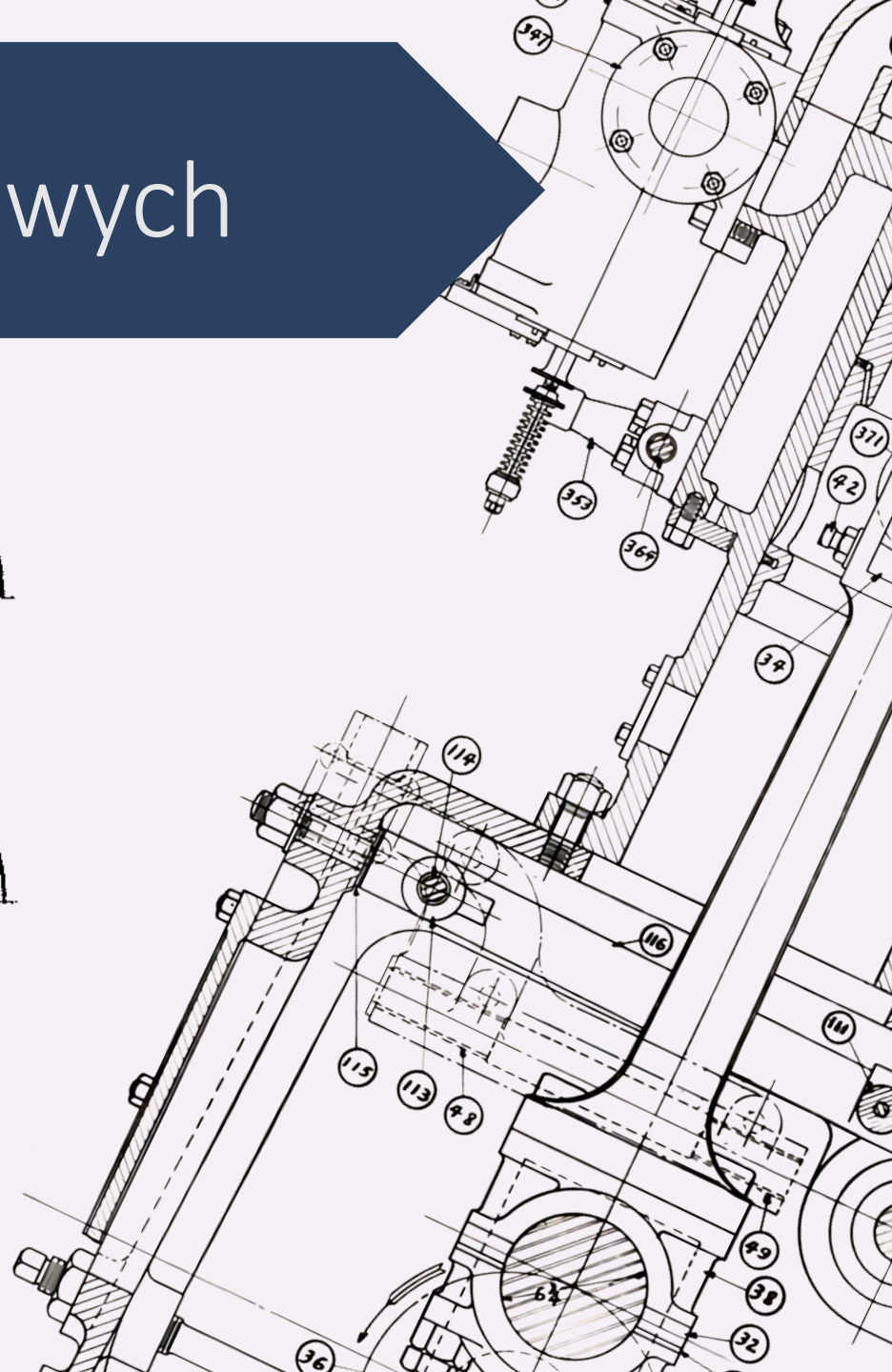
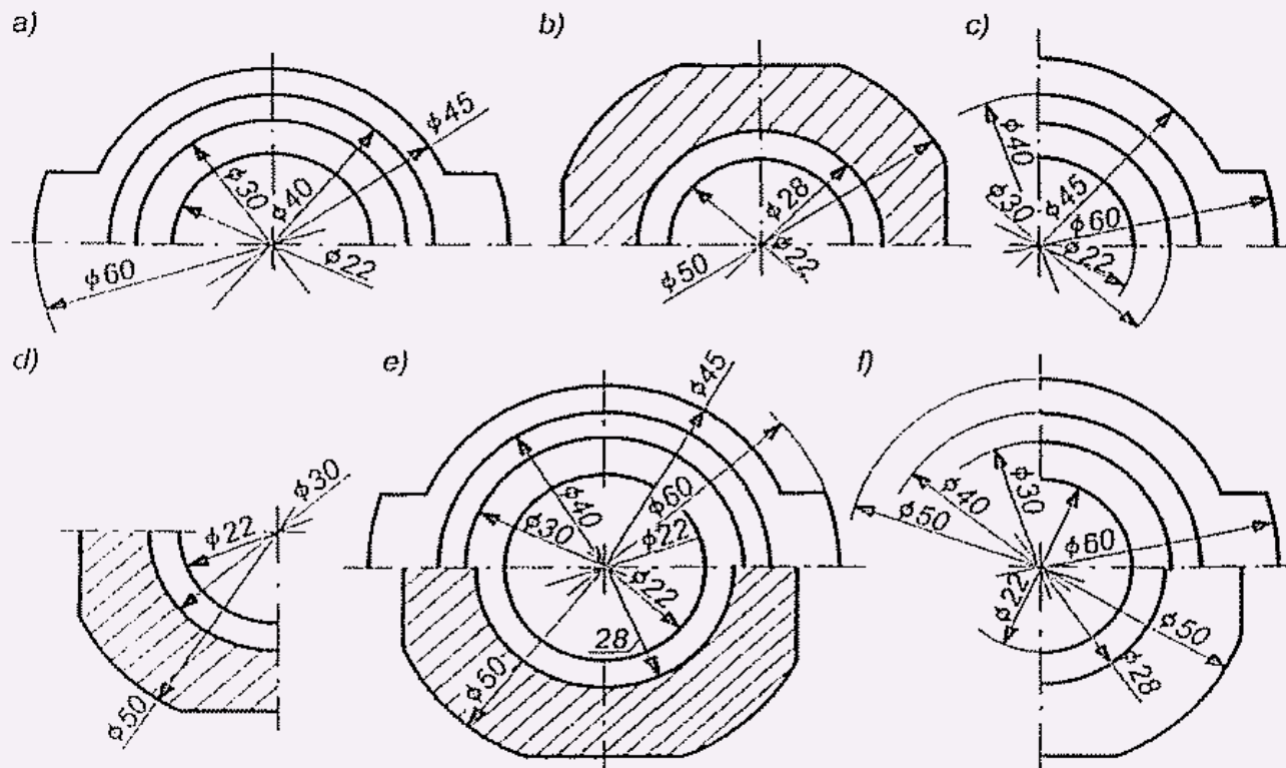
# Wymiarowanie walców obrotowych



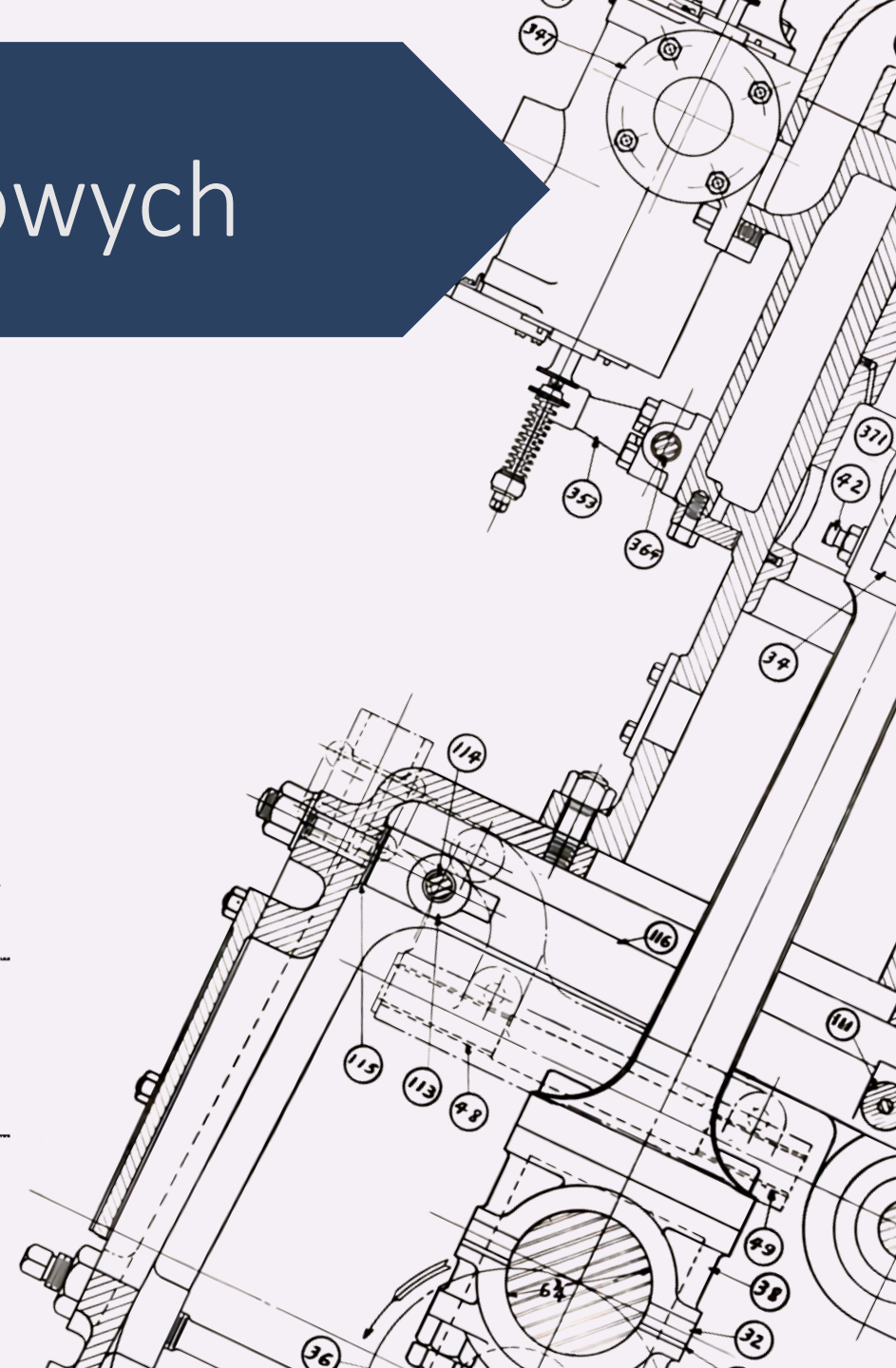
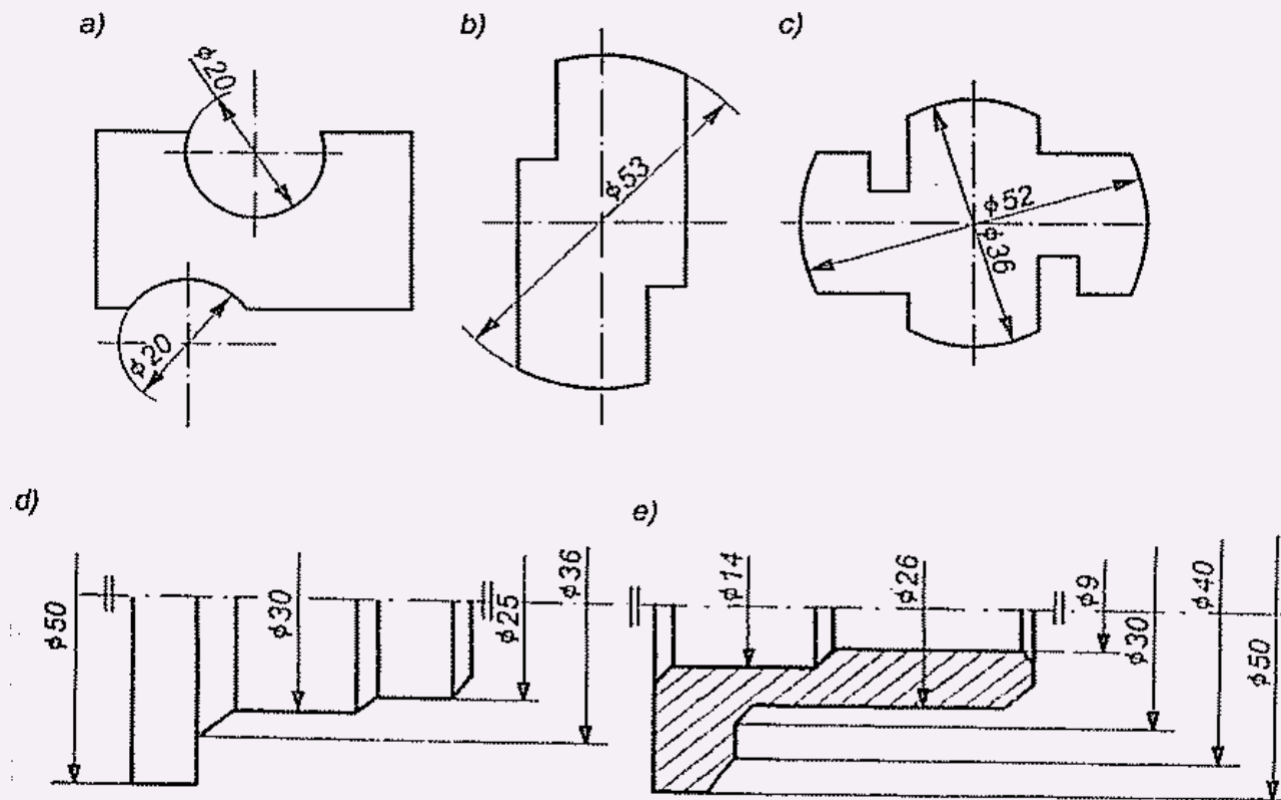
# Wymiarowanie walców obrotowych



# Wymiarowanie walców obrotowych



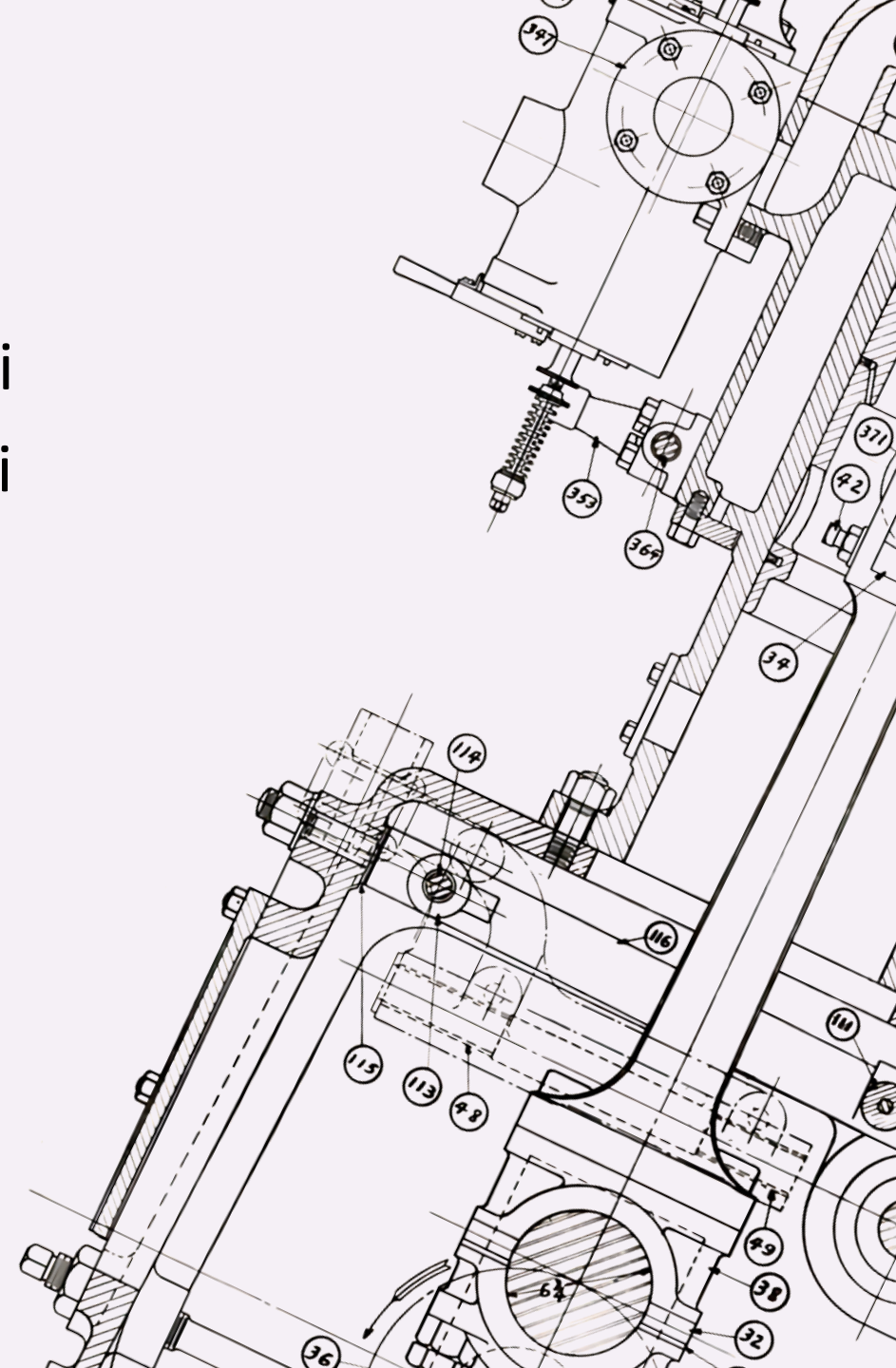
# Wymiarowanie walców obrotowych





# Bibliografia

- Jerzy Bajkowski – Podstawy Zapisu Konstrukcji
- Krzysztof Paprocki – Zasady Zapisu Konstrukcji
- Igor Rydzanicz – Zapis Konstrukcji - Podstawy

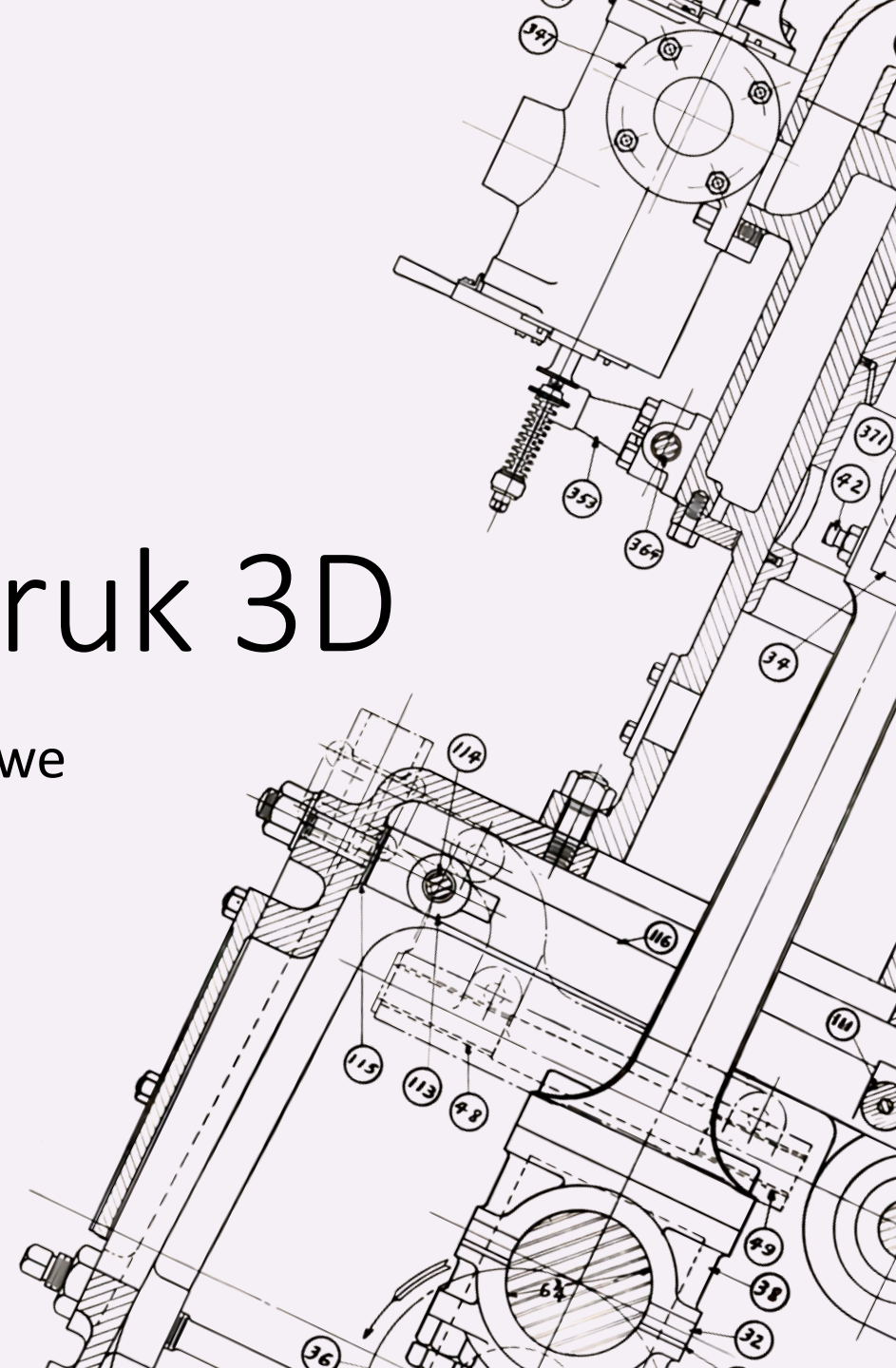


# Modelowanie I Druk 3D

## Wykład 3: Połączenia gwintowe



POLSKO-JAPOŃSKA  
AKADEMIA TECHNIK  
KOMPUTEROWYCH

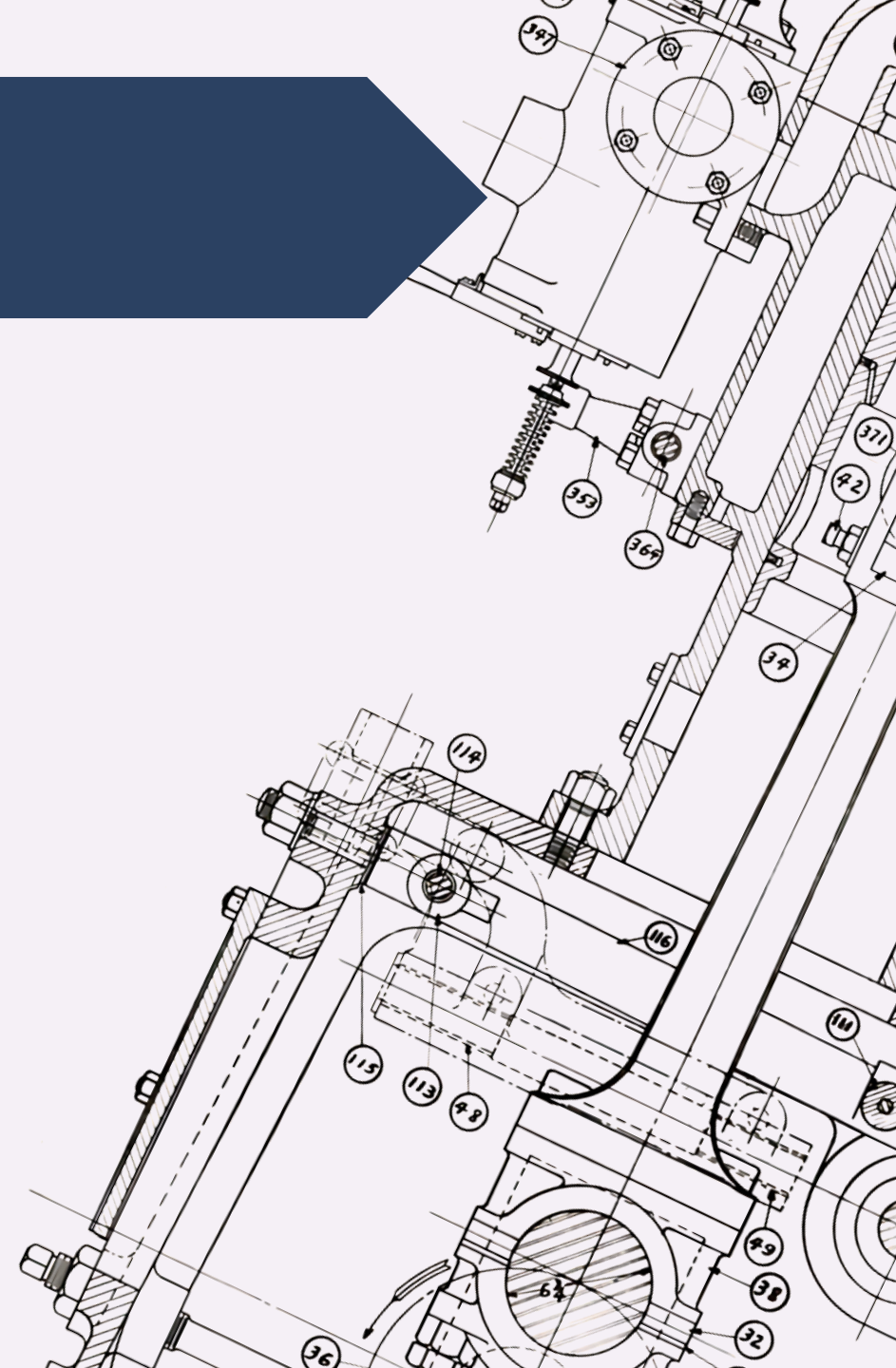
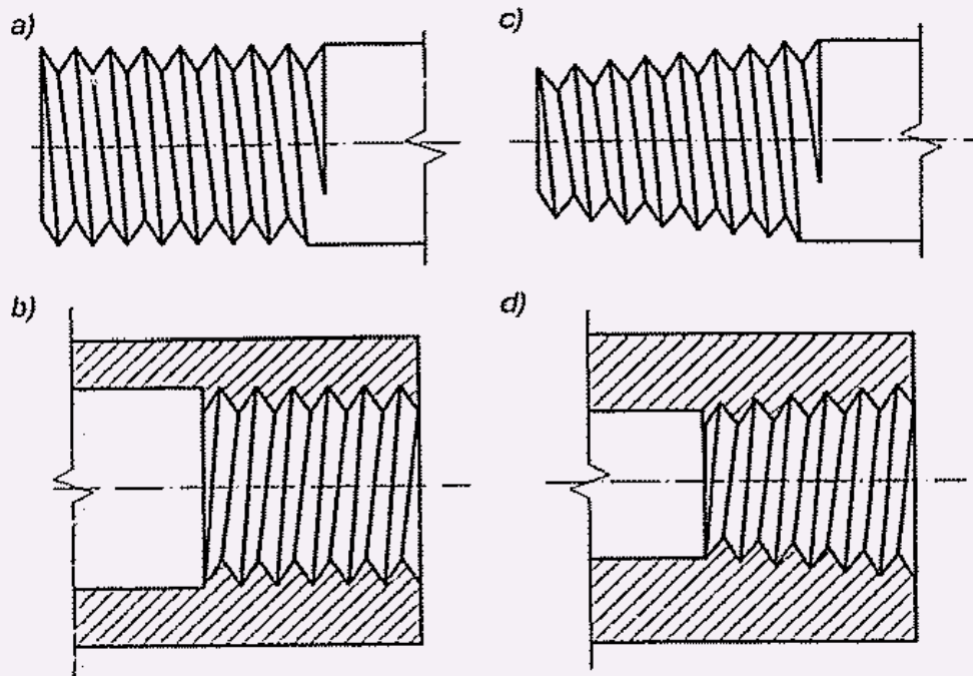


# Gwint

- Powstaje przez wycięcie bruzd (rowków) o określonym kształcie wzdłuż linii śrubowej.
- Obserwowane w płaszczyźnie przechodzącej przez oś gwintu tworzą zarys gwintu
- Gwinty różnią się m.in. względem zarysu gwintu

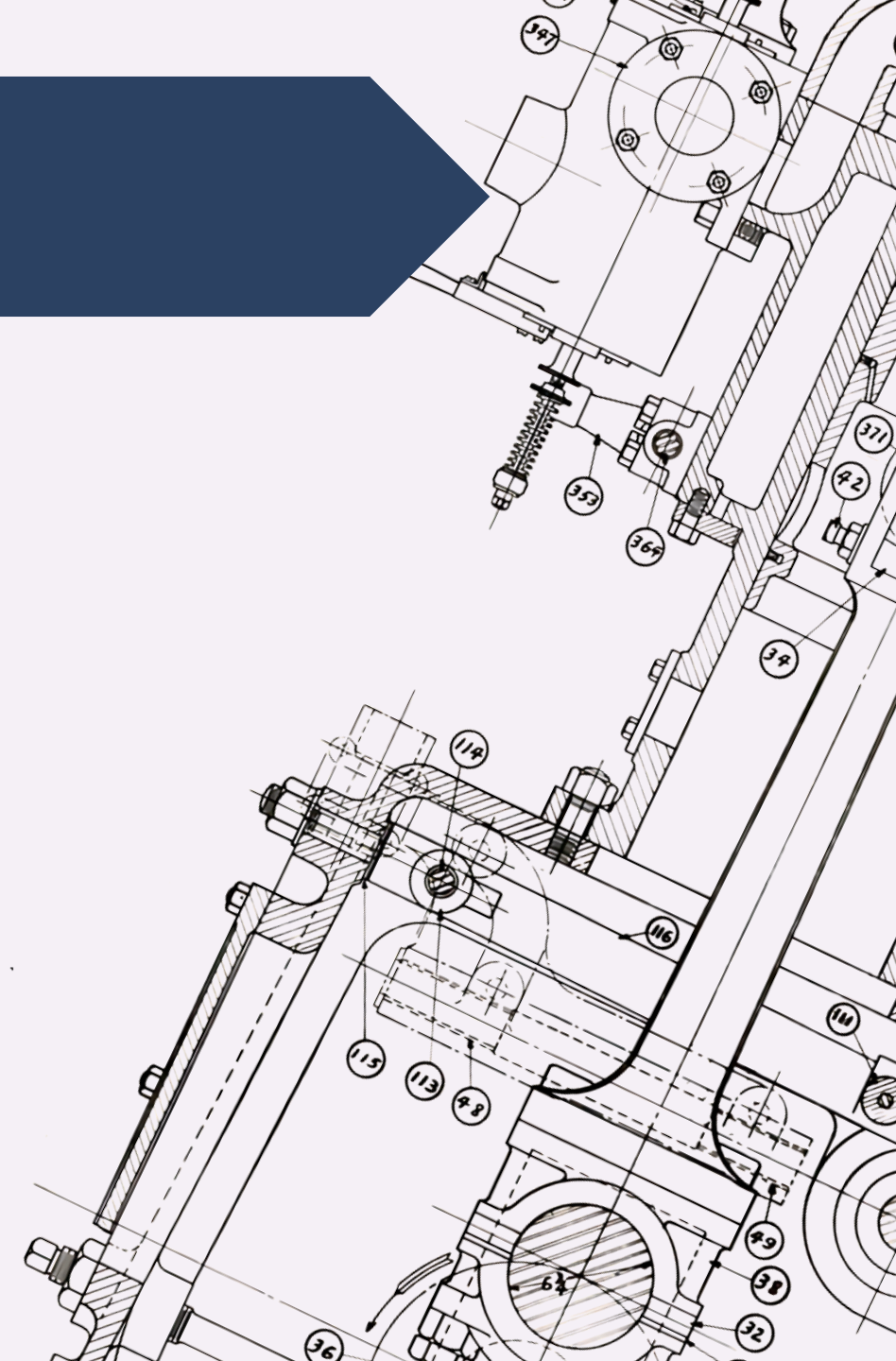
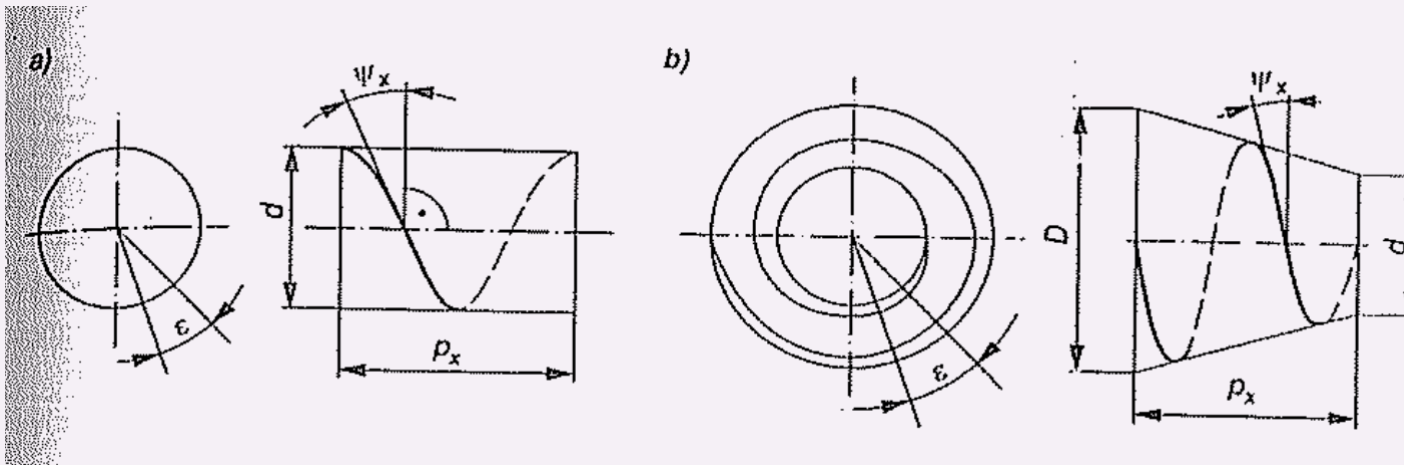


# Gwint



# Linia śrubowa

- Krzywa przestrzenna opisana na poboczniccy walca przez punkt poruszający się ruchem jednostajnym wzdłuż osi walca przy stałej prędkości obrotowej walca



# Matematyka ☹️

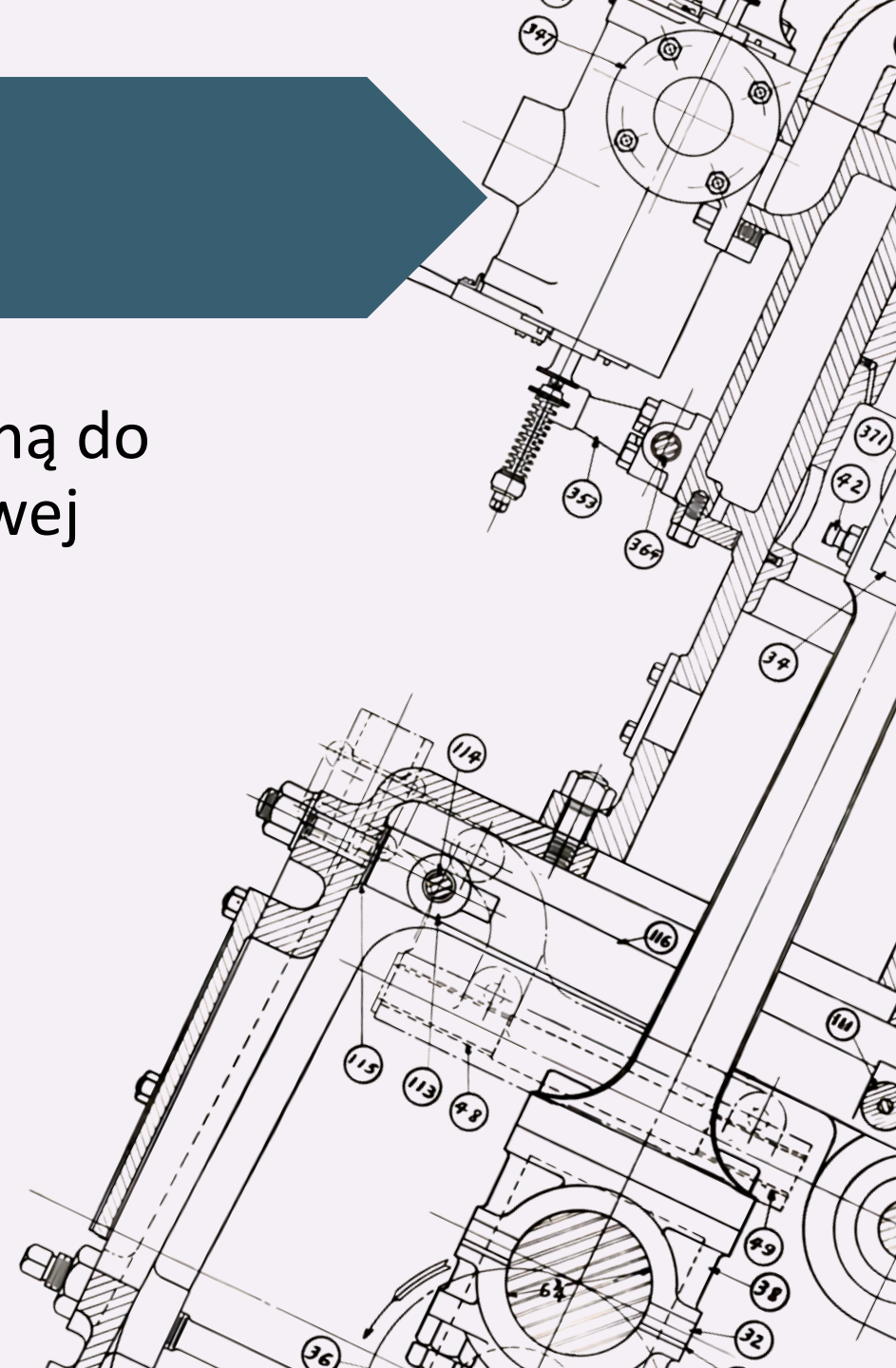
- Kąt wzniosu śruby – kąt zawarty między styczną do linii śrubowej a prostopadłą do osi linii śrubowej

$$\tan \psi_x = \frac{P_x}{\pi d_x}$$

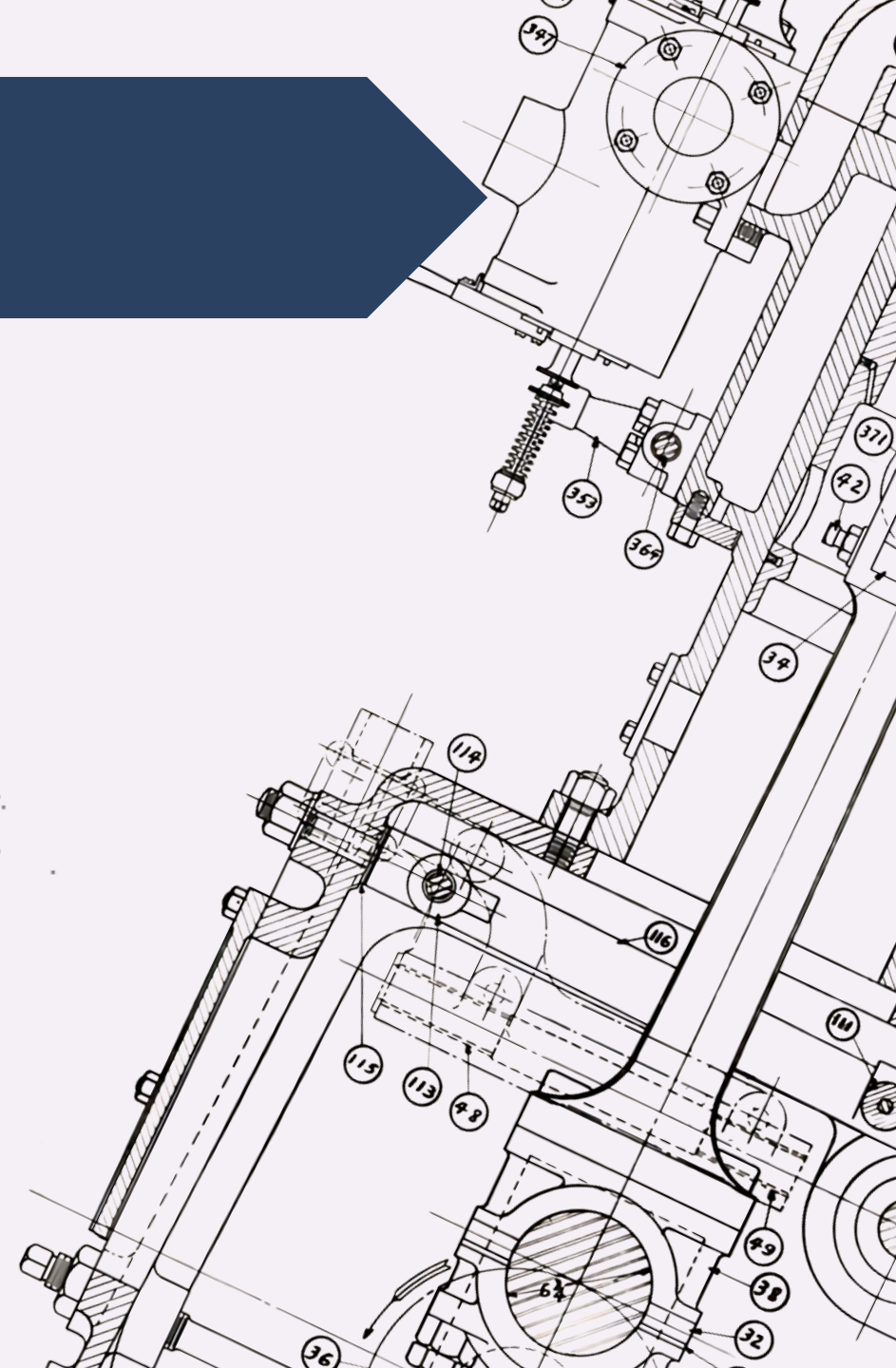
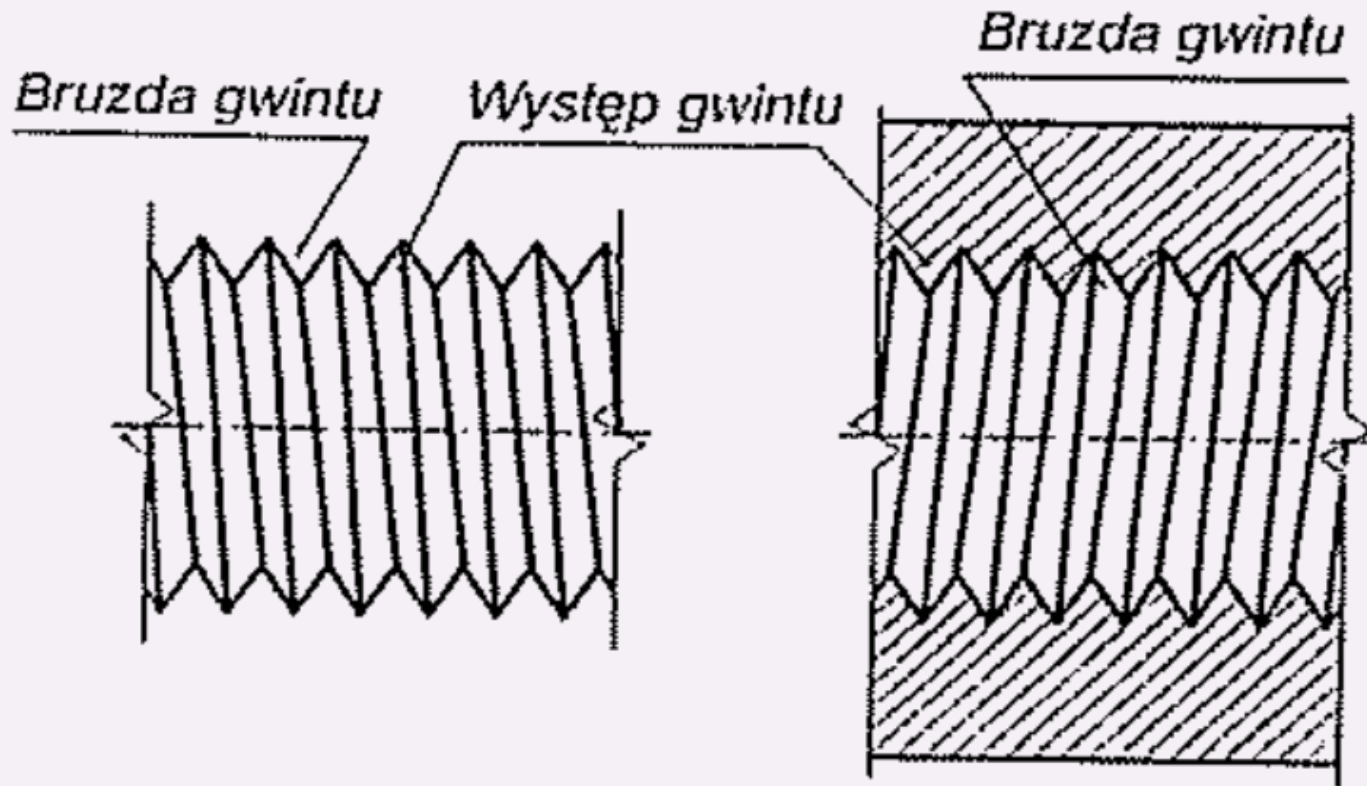
Gdzie:

$P_x$  - skok linii śrubowej

$d_x$  - nominalna szerokość gwintu

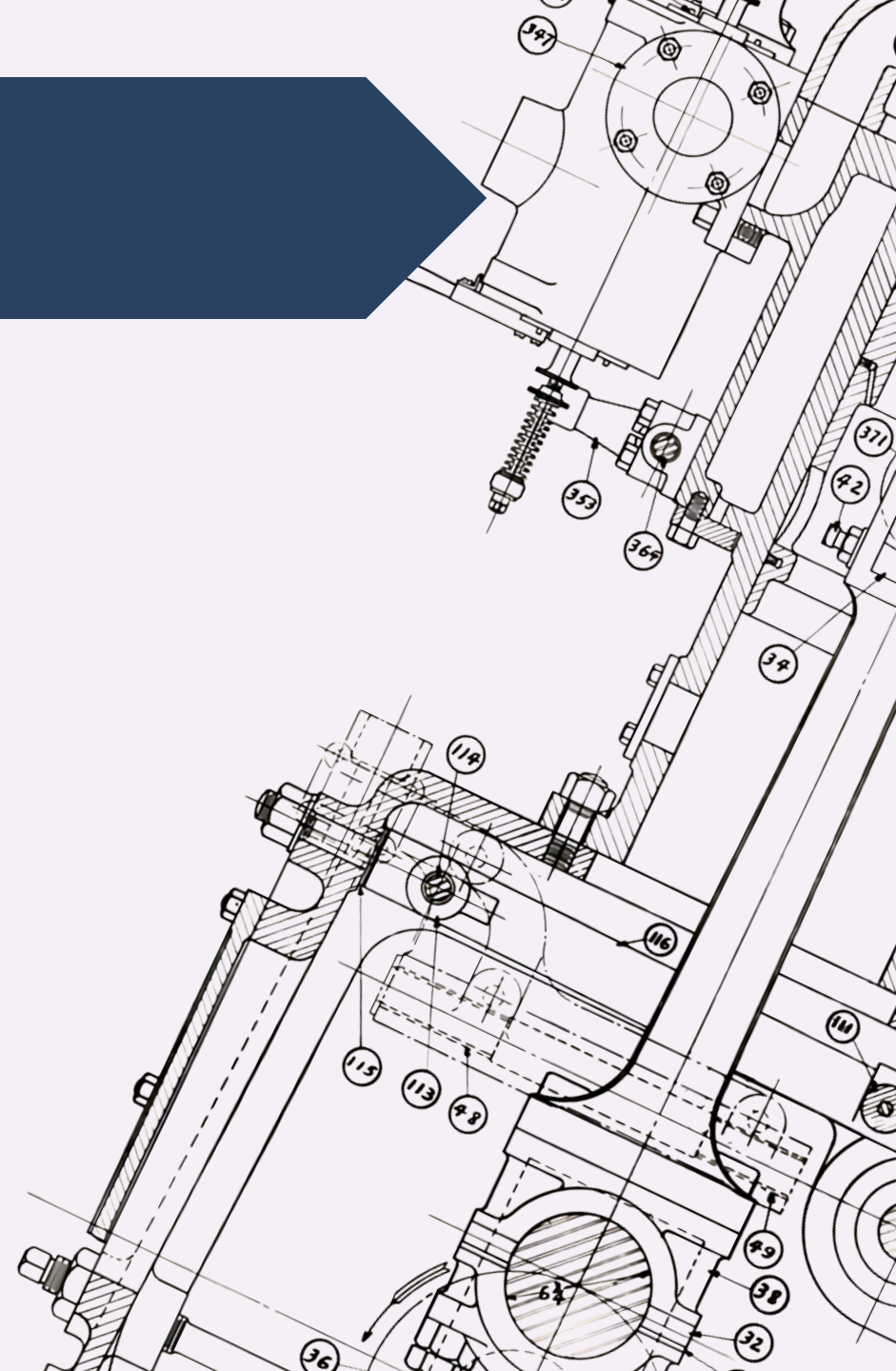
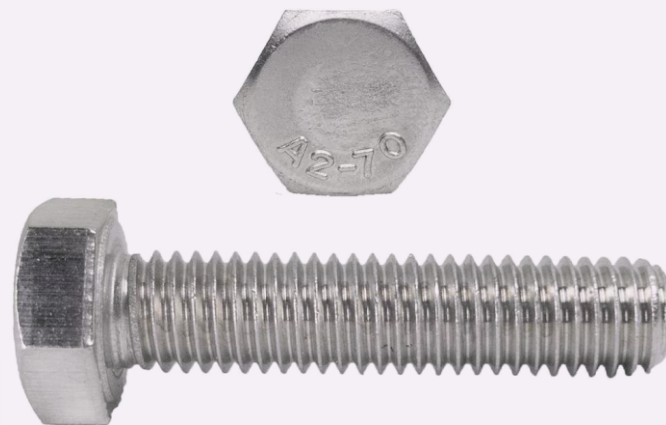
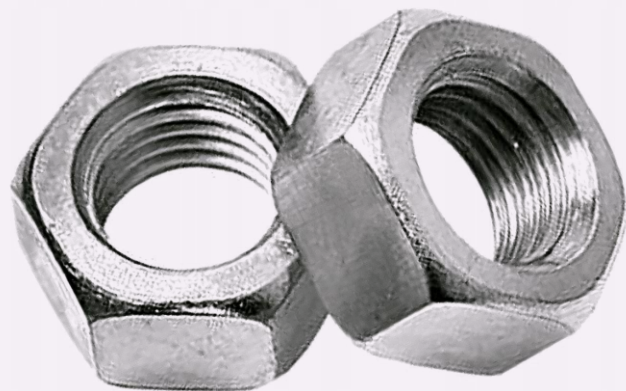


# Powierzchnia gwintu



# Łączniki gwintowe

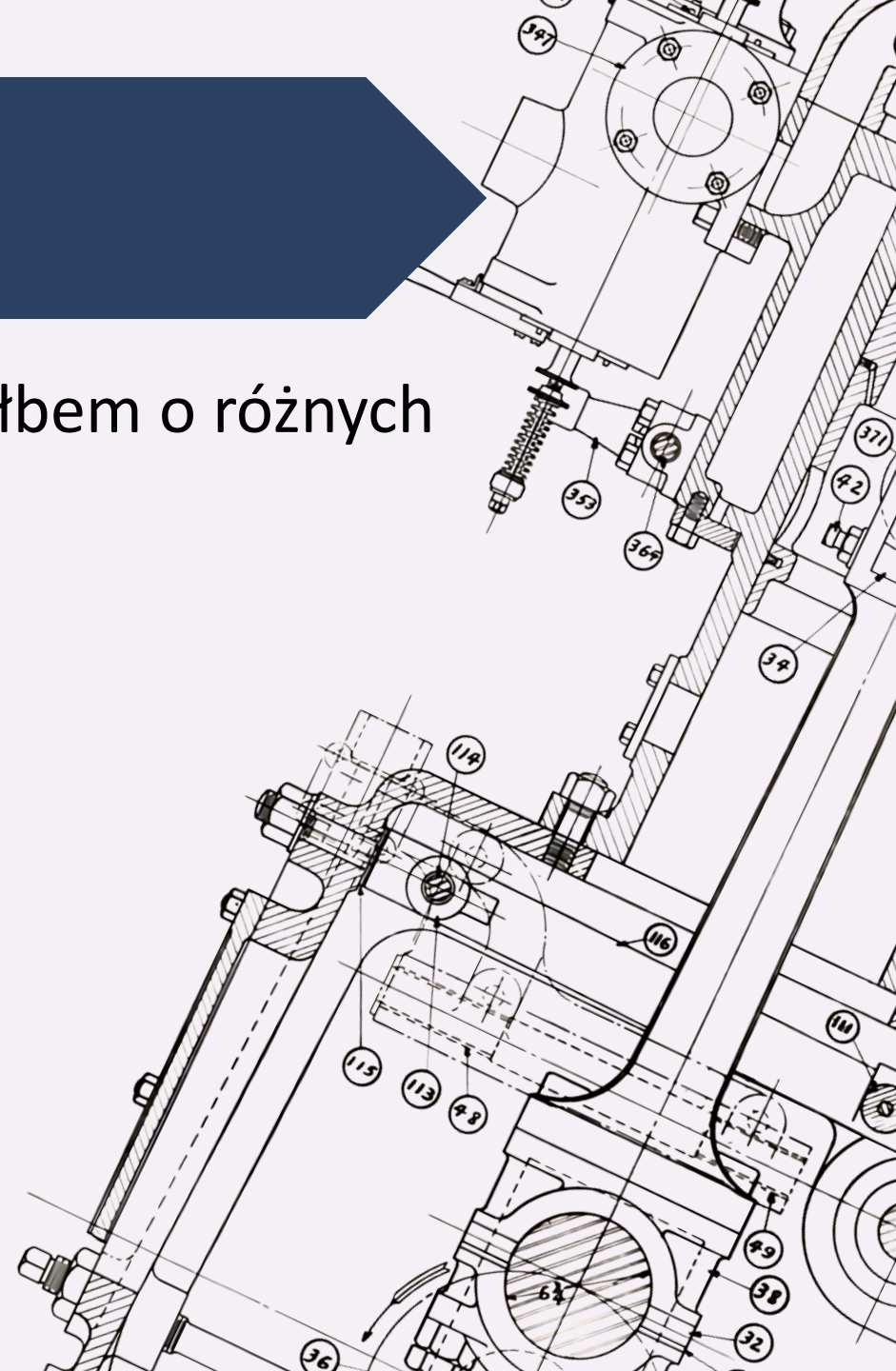
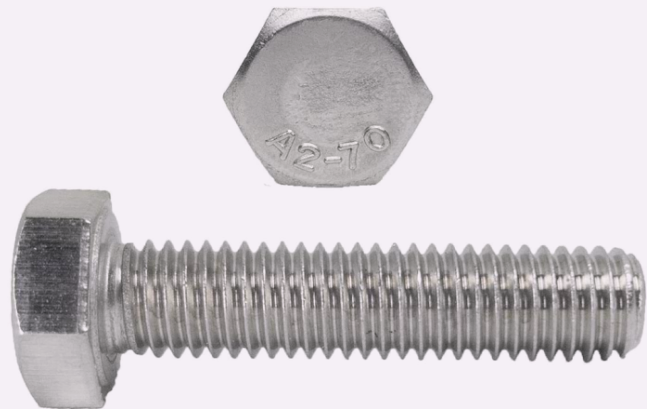
- Śruba
- Wkręt
- Nakrętka





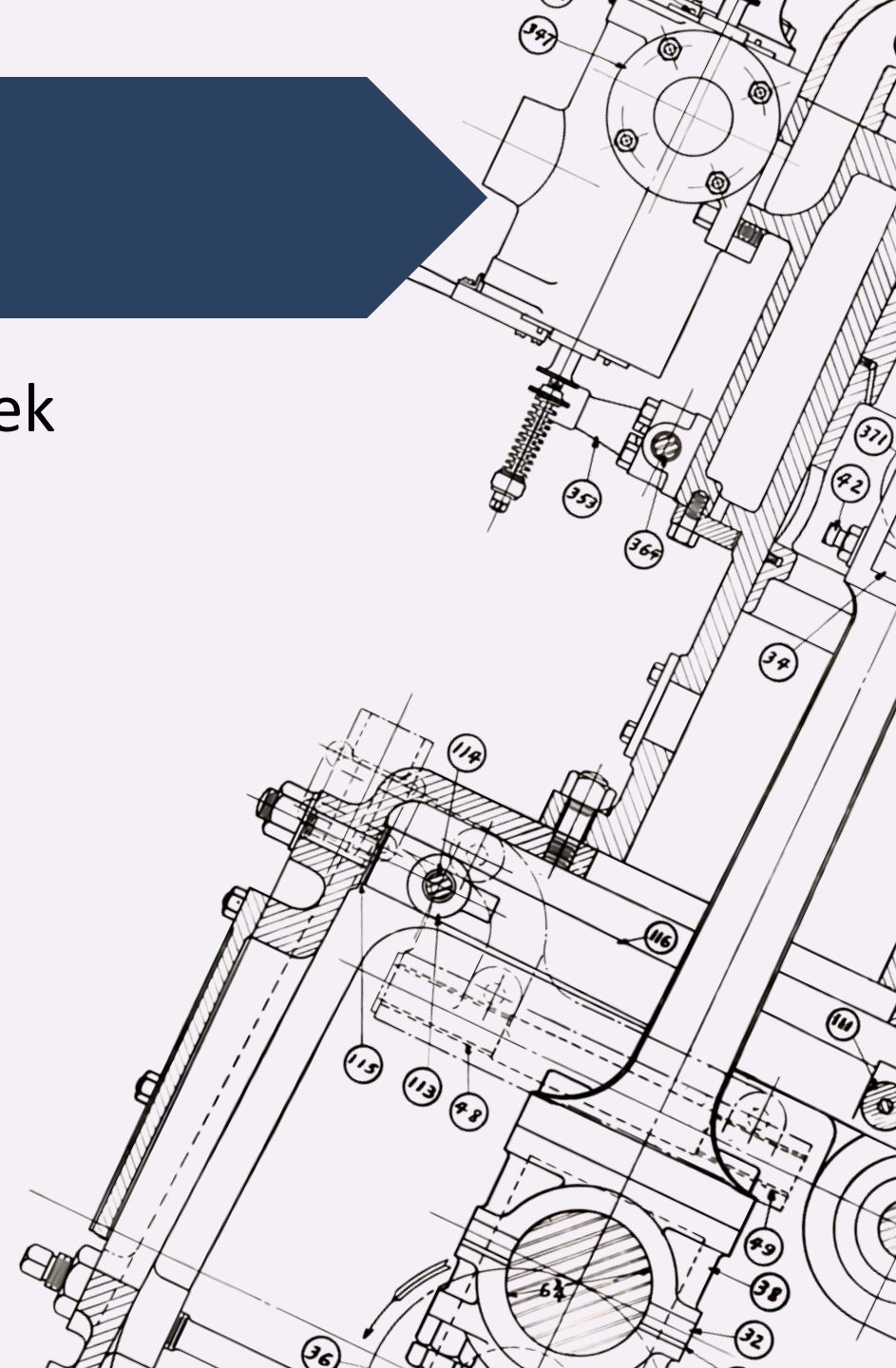
# Śruba

- Łącznik z gwintem zewnętrznym, zakończone łbem o różnych kształtach
- Dokręca się kluczami



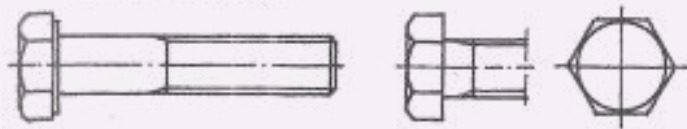
# Wkręt

- Jak wśrubie, jednak na łebku nacięty jest rowek
- Wkręca się wkrętakiem

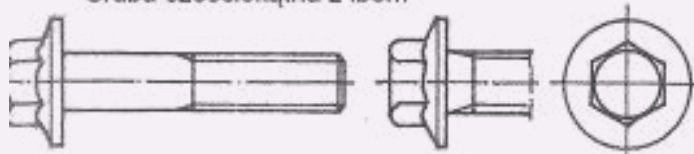


# Rodzaje wkrętów i śrub

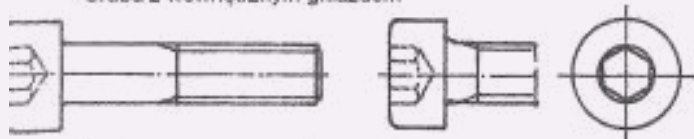
Śruba sześciokątna



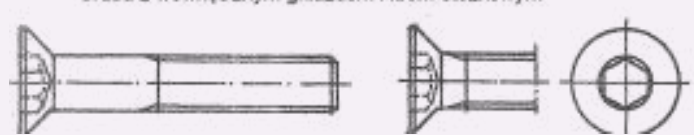
Śruba sześciokątna z łbem



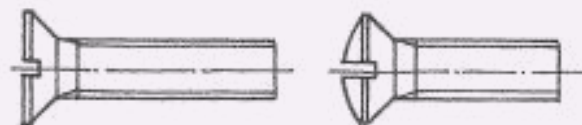
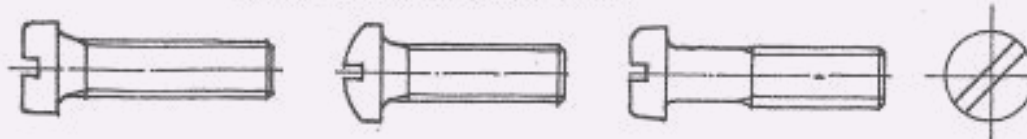
Śruba z wewnętrznym gniazdem



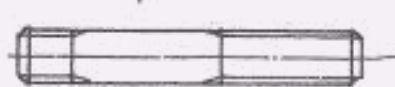
Śruba z wewnętrznym gniazdem i łbem stożkowym



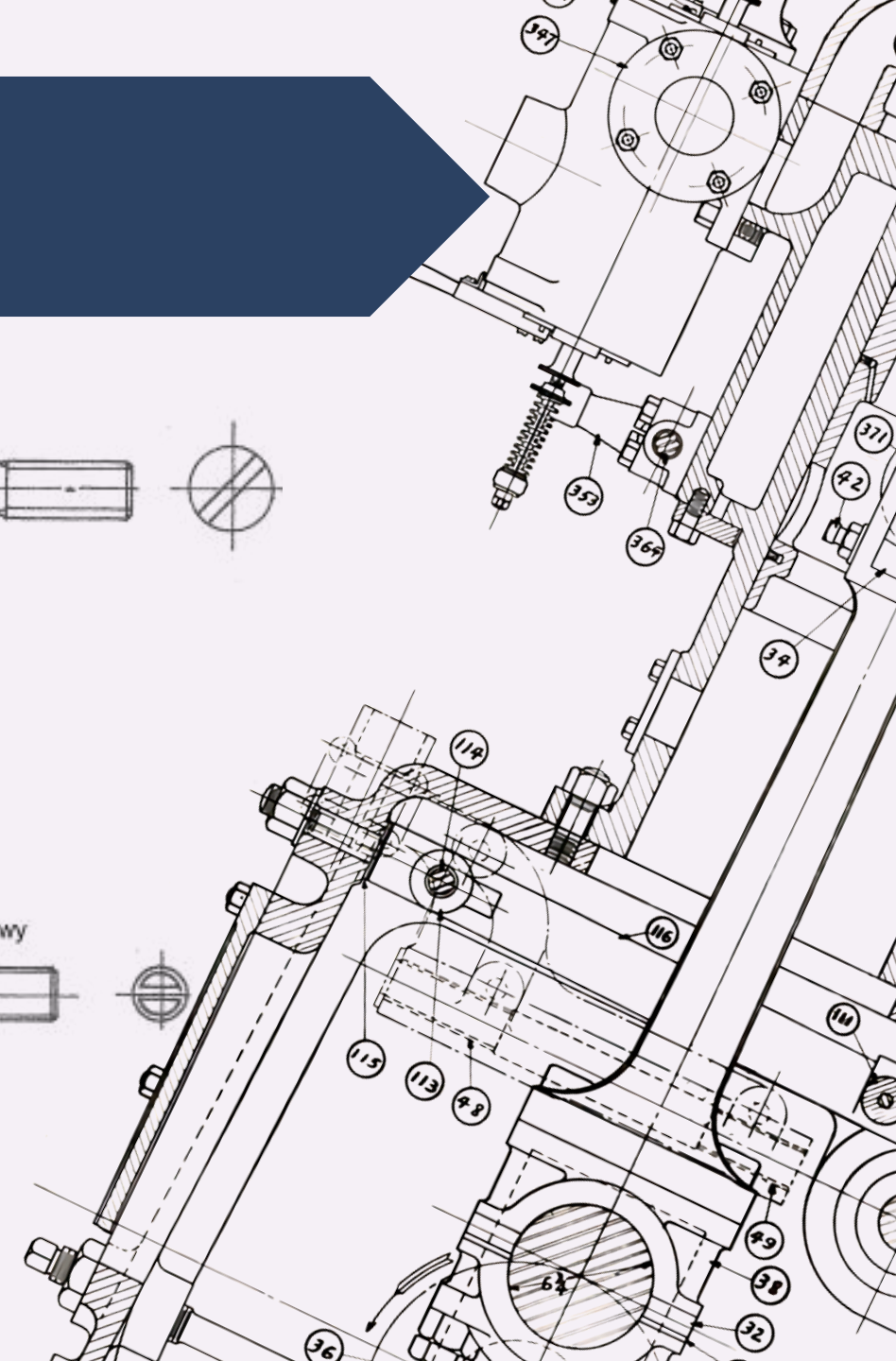
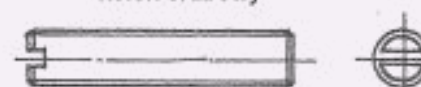
Wkręty na klucz płaski i krzyżakowy



szpilka śrubowa

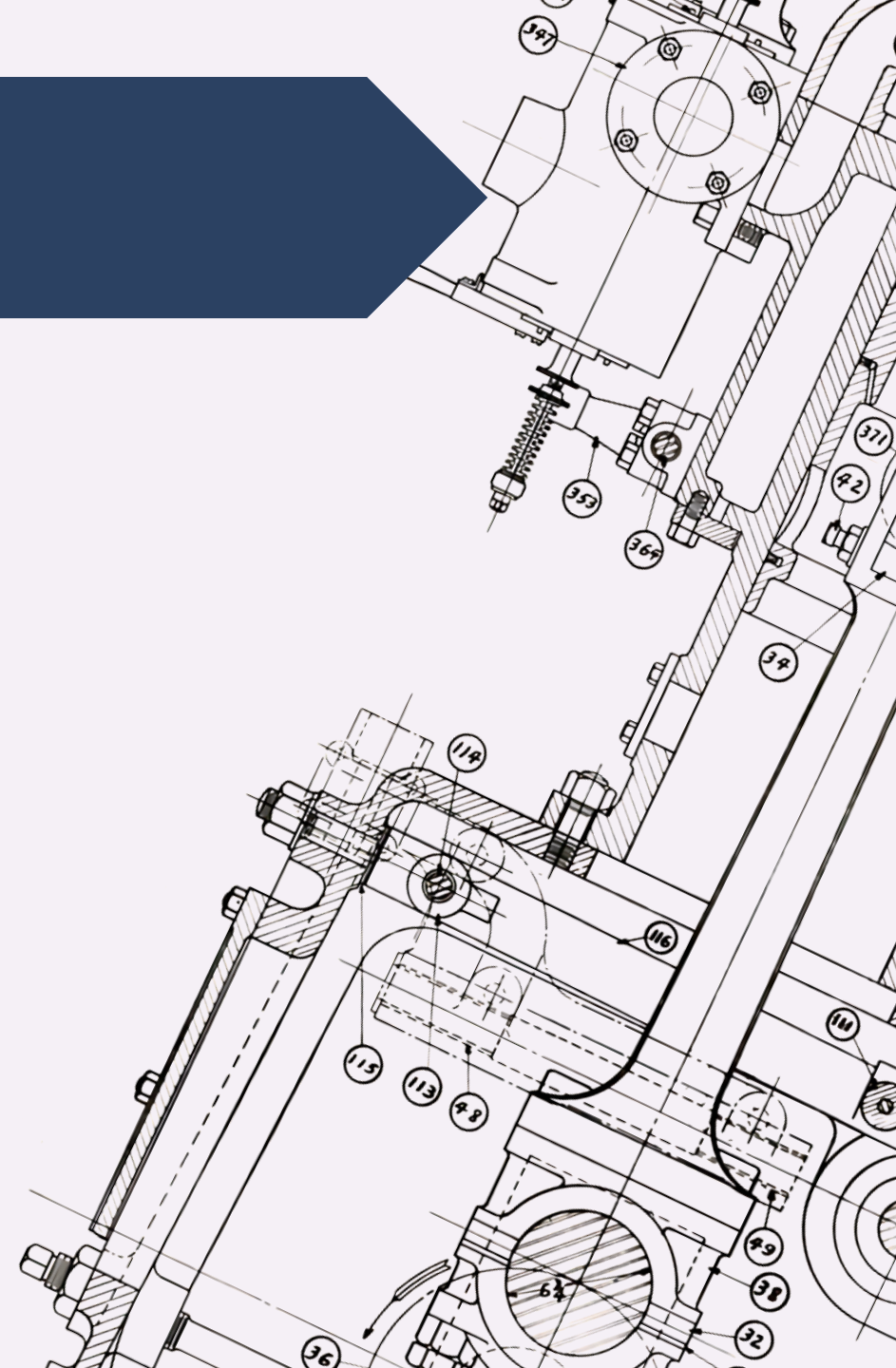


kołek śrubowy

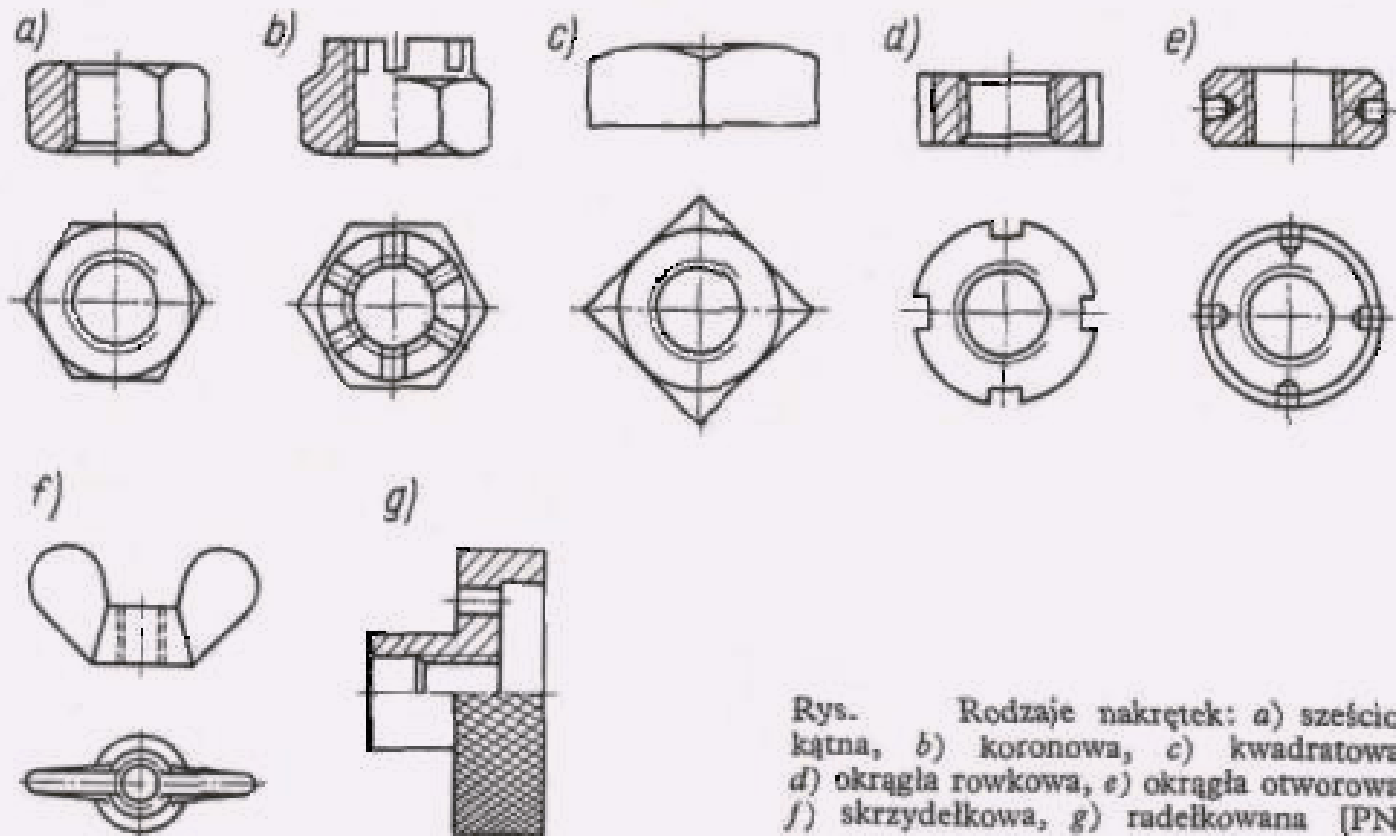


# Nakrętki

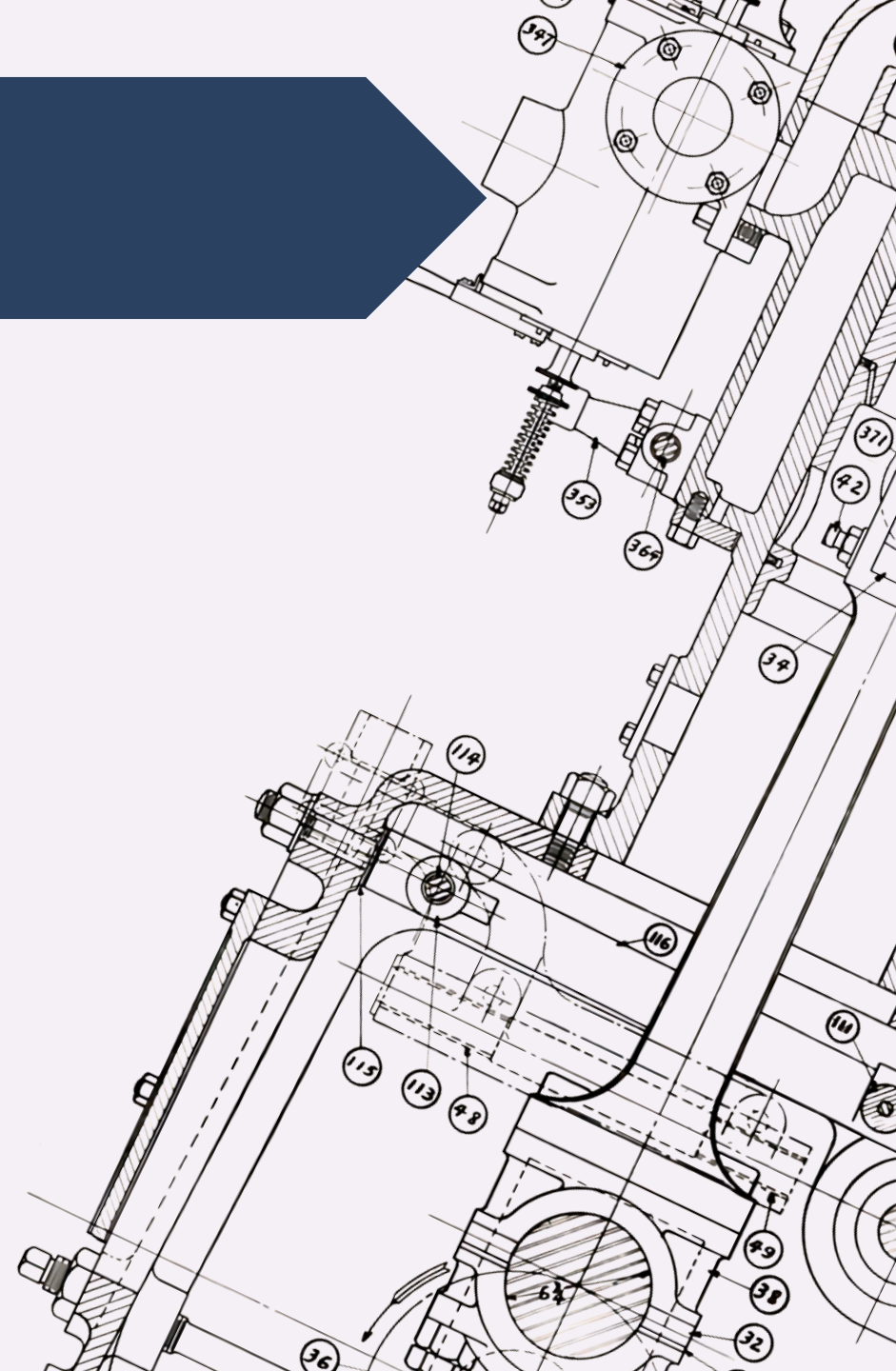
- Elementy z gwintami wewnętrznymi – współpracują ze śrubami i wkrętami
- Objęte normami PN-75/M-82144-82471



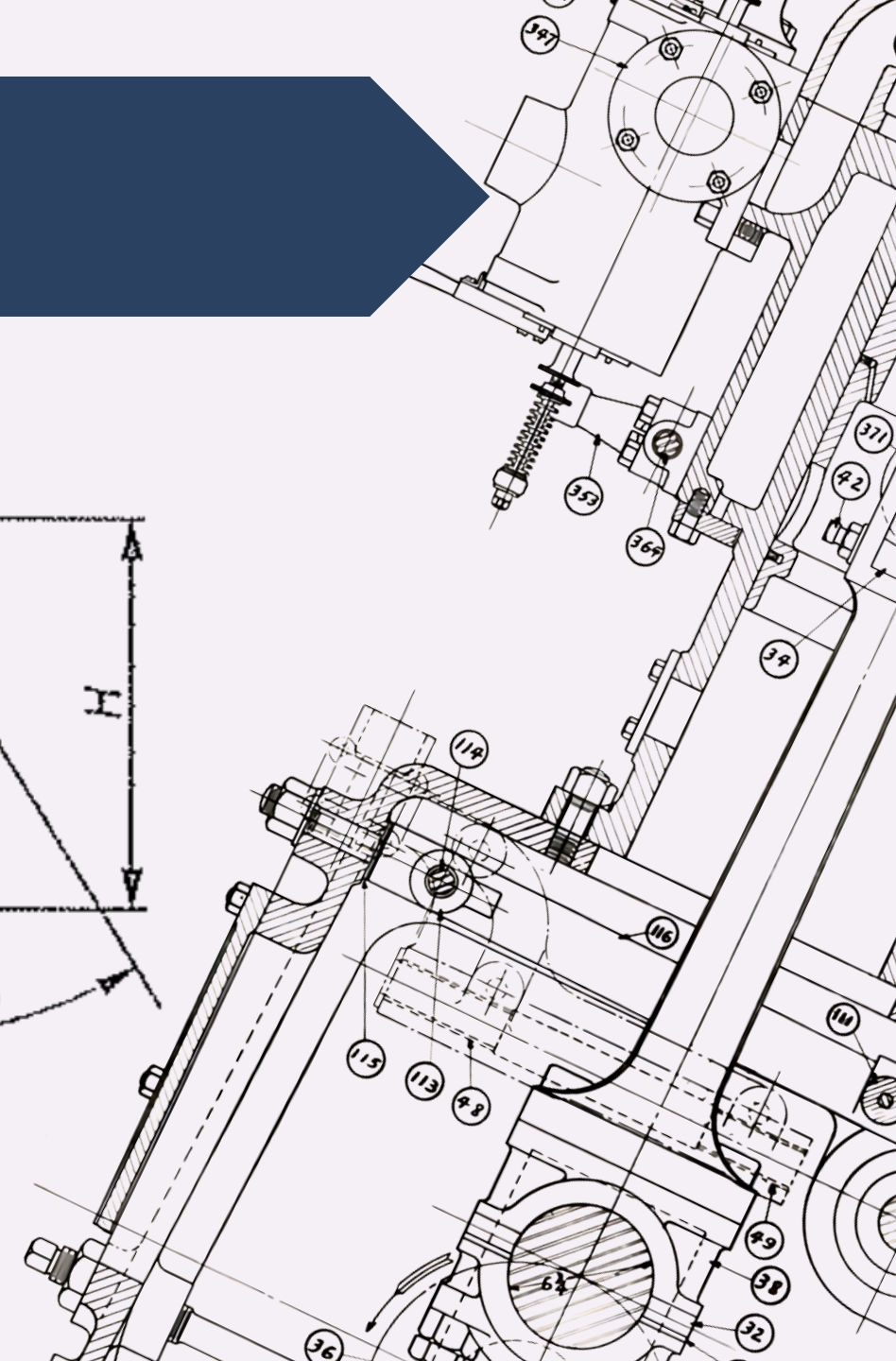
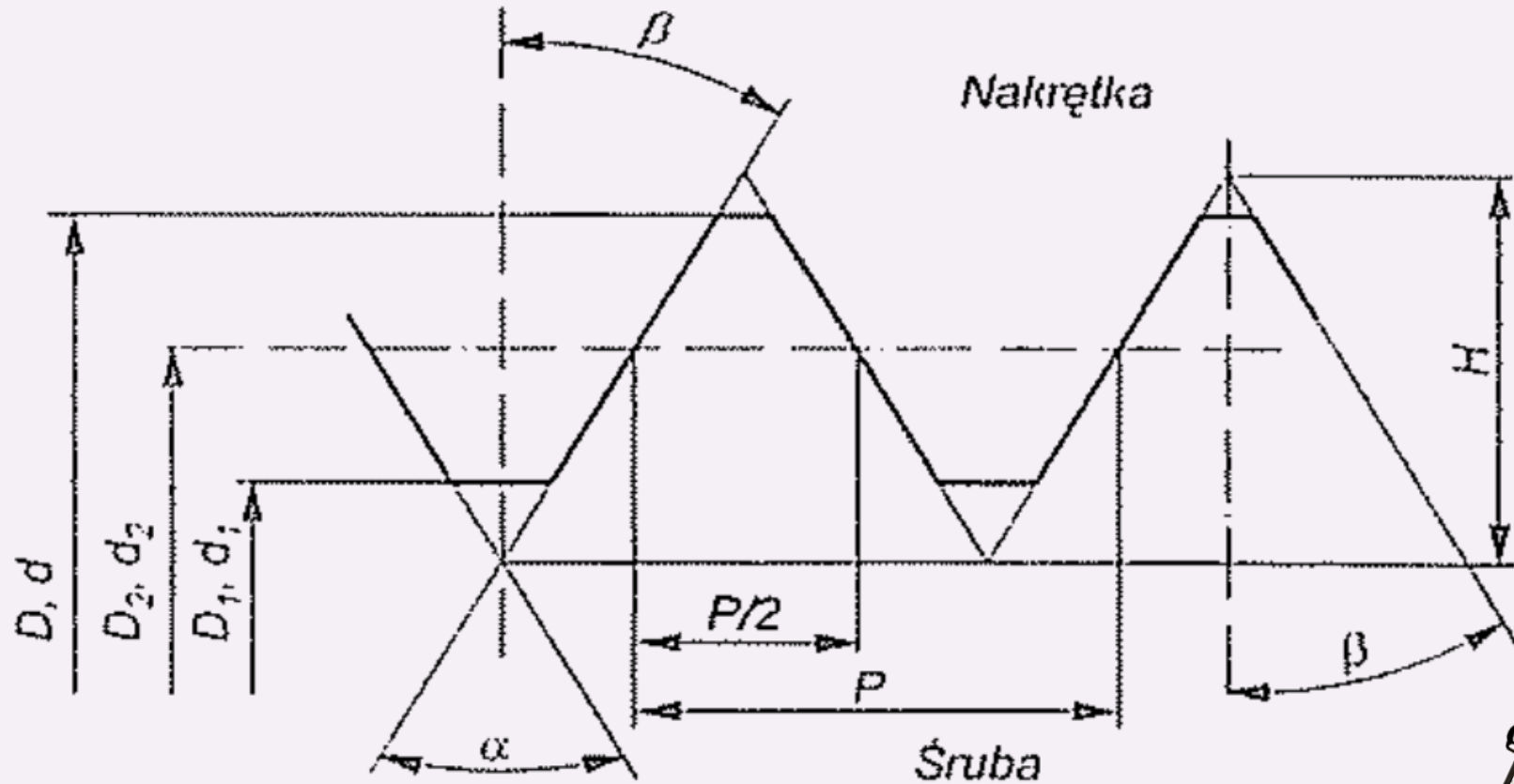
# Rodzaje nakrętek



Rys. Rodzaje nakrętek: a) sześciokątna, b) koronowa, c) kwadratowa, d) okrągła rowkowa, e) okrągła otworowa, f) skrzydełkowa, g) radełkowa [PN]

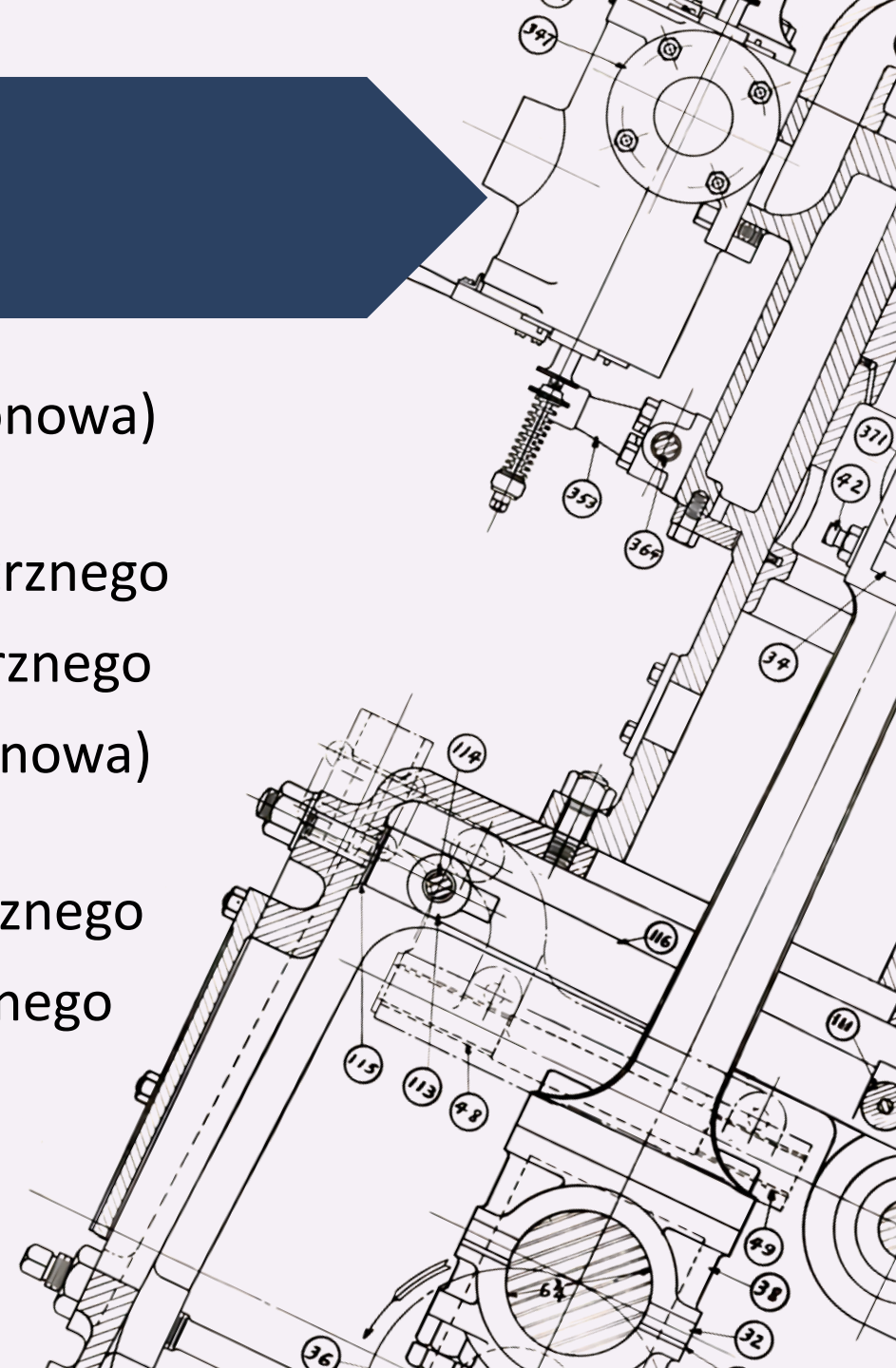


# Pojęcia podstawowe



# Łączniki gwintowe

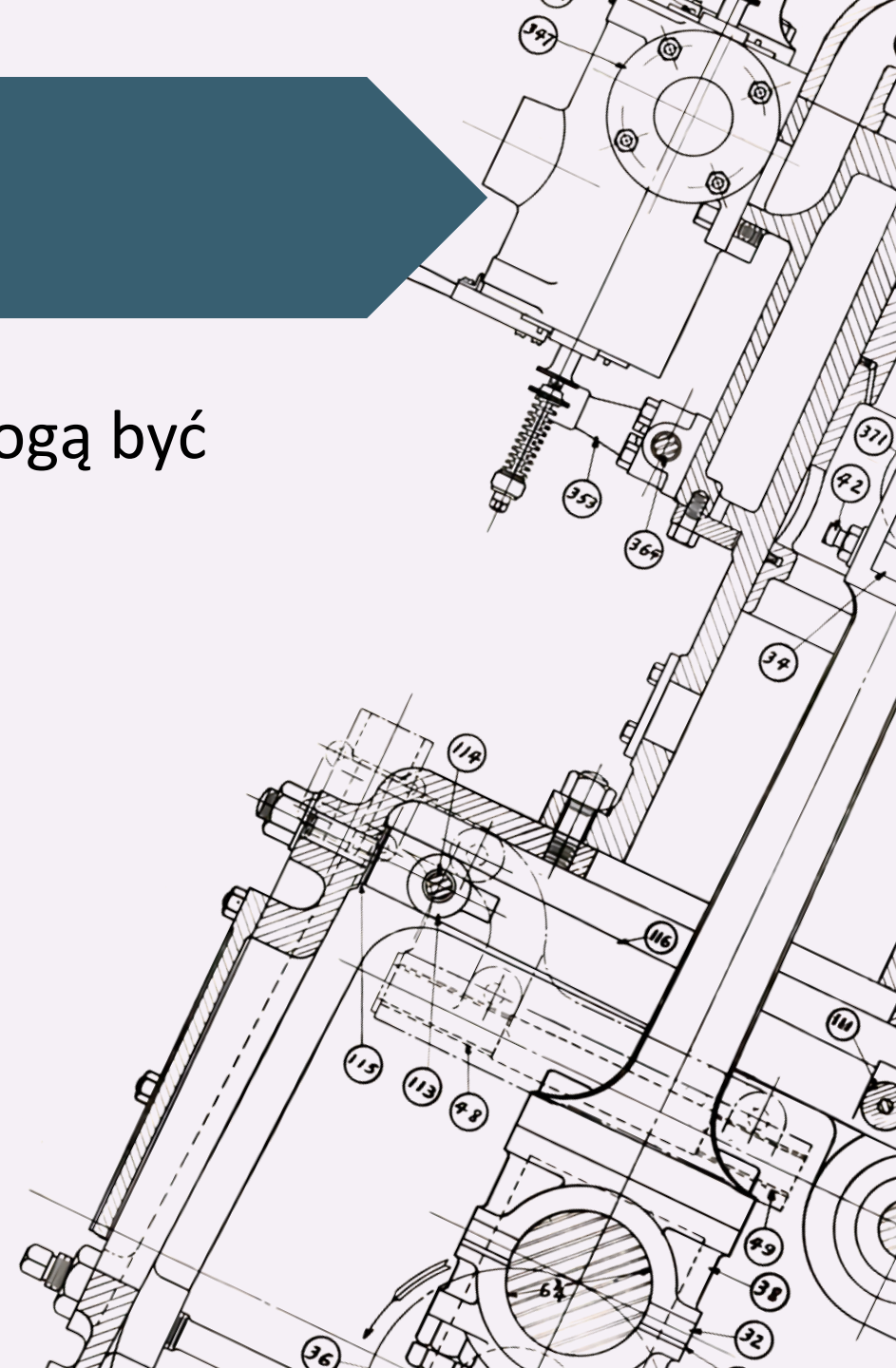
- $D$  – nominalna średnica zewnętrzna (średnica znamionowa) gwintu wewnętrznego
- $D_1$  – nominalna średnica wewnętrzna gwintu wewnętrznego
- $D_2$  – nominalna średnica podziałowa gwintu wewnętrznego
- $d$  – nominalna średnica zewnętrzna (średnica znamionowa) gwintu zewnętrznego
- $d_1$  – nominalna średnica wewnętrzna gwintu zewnętrznego
- $d_2$  – nominalna średnica podziałowa gwintu zewnętrznego
- $P$  – podziałka



# Matematyka ☹️

Wartości poszczególnych elementów gwintu mogą być obliczane na podstawie wzorów:

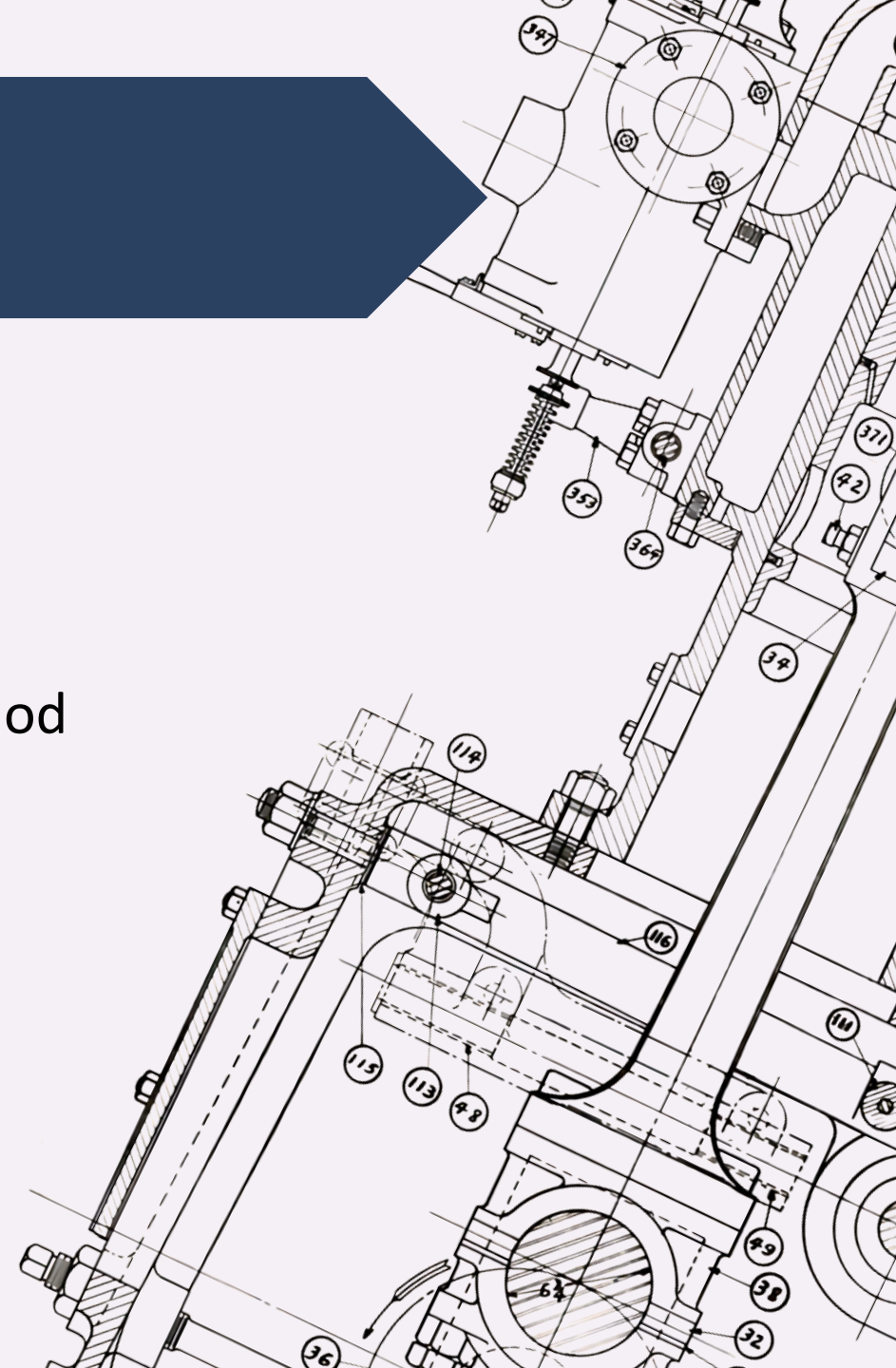
- $D_1 = D - 5.41P$
- $D_2 = D - 3.245P$
- $d_1 = d - 5.41P$
- $d_2 = d - 3.245P$





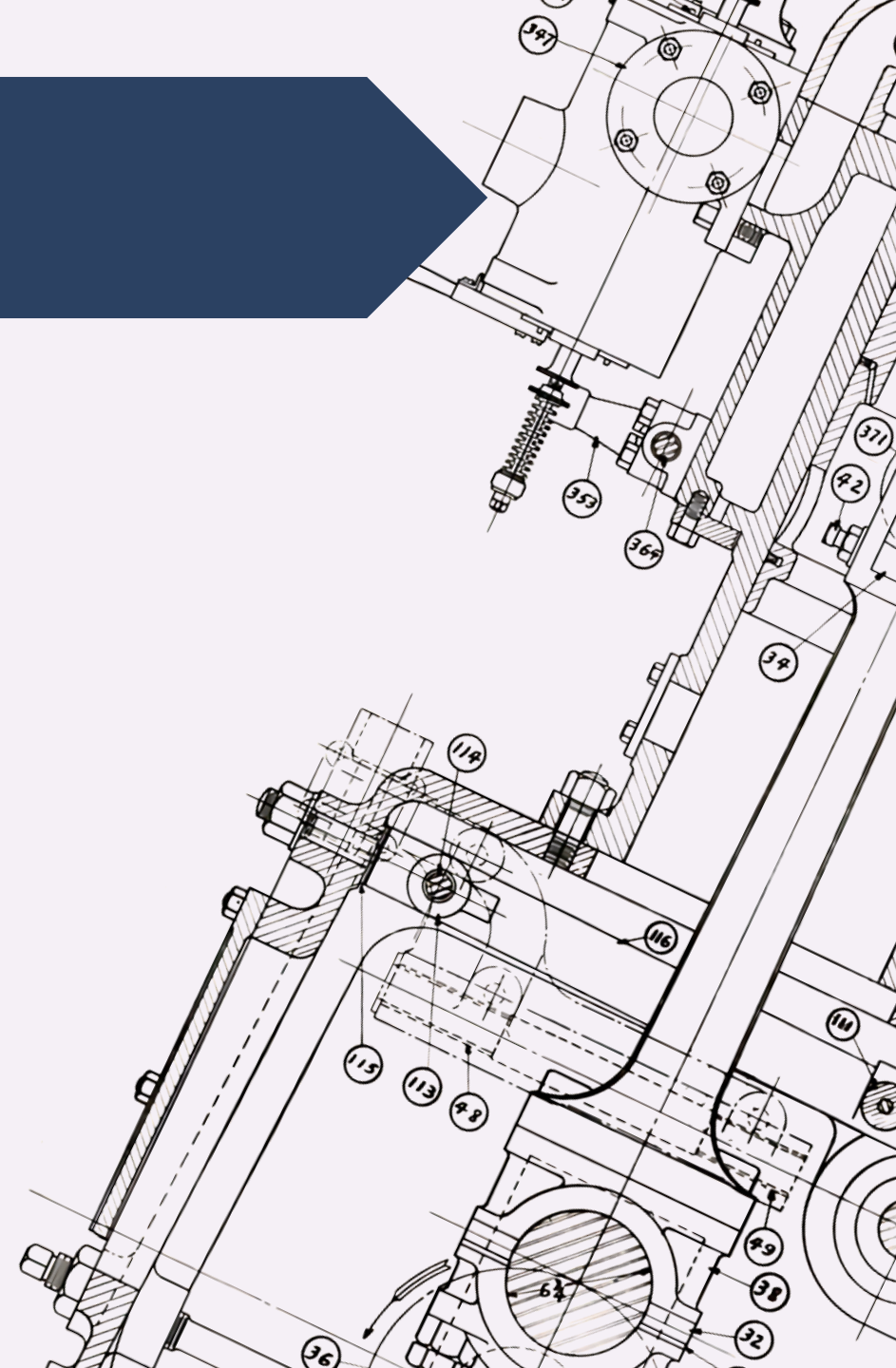
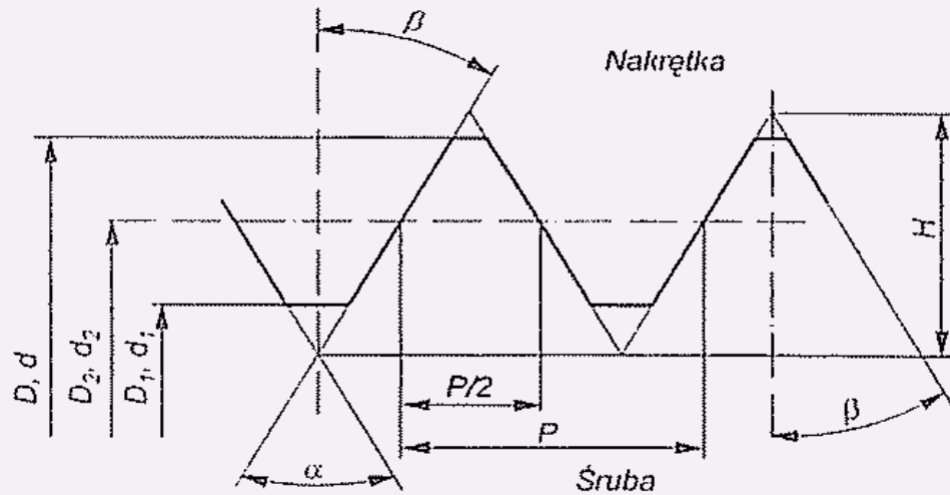
# Wymiary rzeczywiste

- Wymiary rzeczywiste gwintów różnią się od wymiarów nominalnych m.in.
  - o wartość promieni zmniejszających szerokość powierzchni roboczej gwintu oraz
  - o różnice wynikające z tolerancji gwintu (zależnej od przeznaczenia gwintu i przyjętej klasy gwintu)
  - niedokładności obróbki



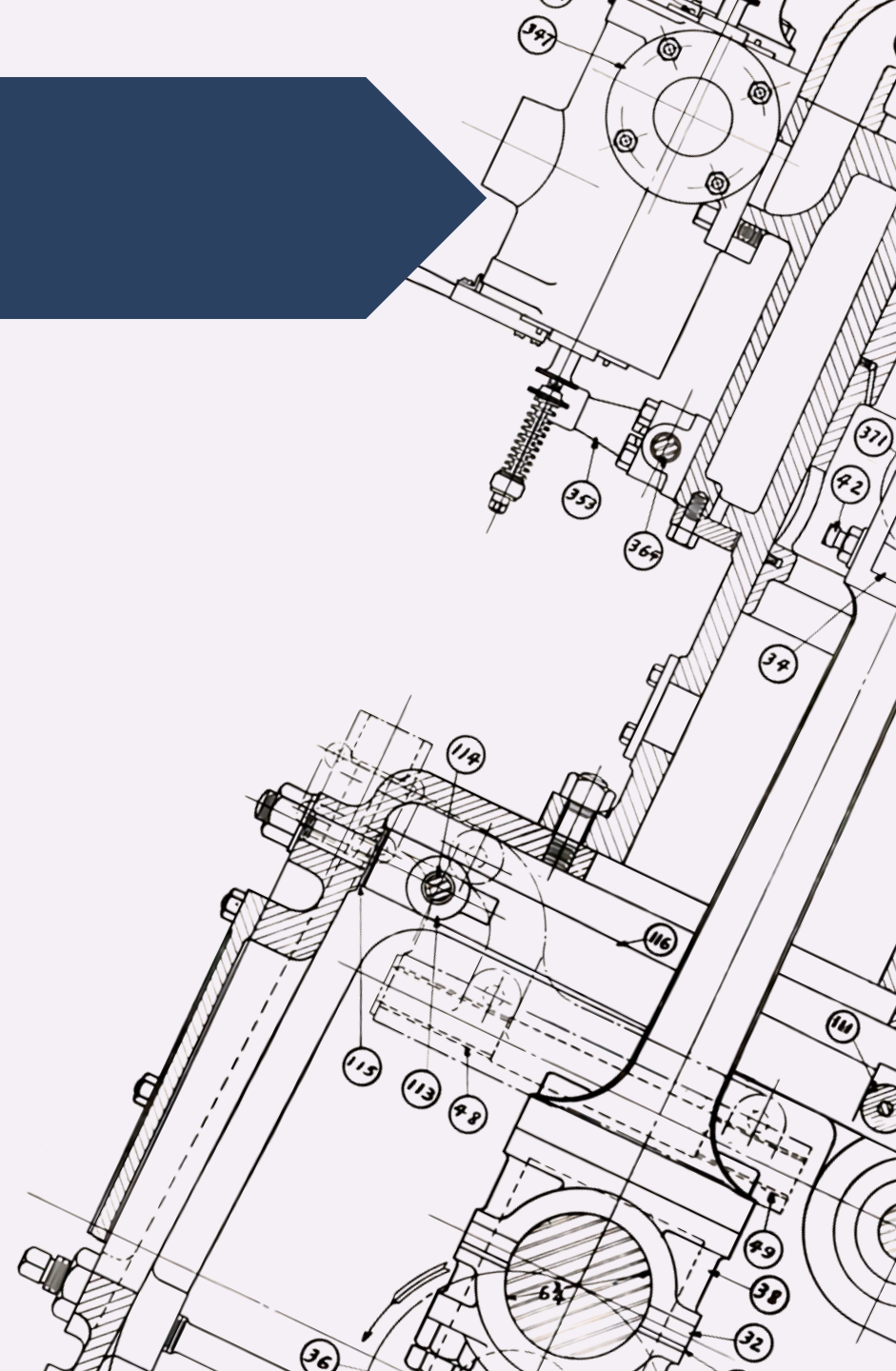
# Pojęcia uzupełniające

- Kąt gwintu -  $\alpha$
- Kąt boku gwintu -  $\beta$
- Wysokość trójkąta podstawowego -  $H$



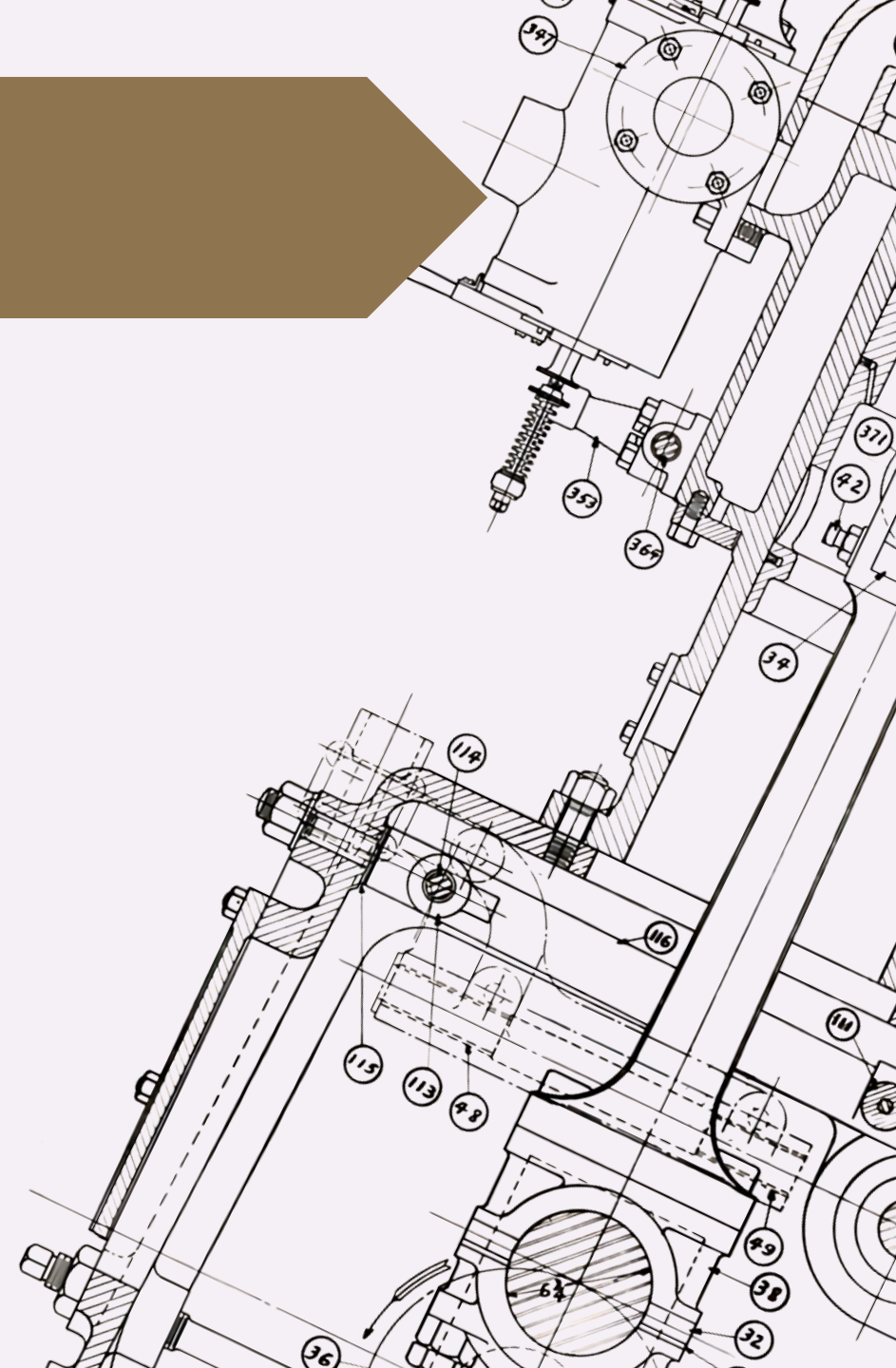
# Zakończenia śrub i wkrętów

- Powrzechnie stosowane zakończenie płaskie z fazką 45°, lub połączenie kuliste.
- Zakończenia śrub i wkrętów z gwintem metrycznym są ujęte w normie PN-73/M-82061



# Rodzaje gwintów

- Ze względu na kształt ich zarysów
  - Prostokątny
  - Trójkątny
  - Trapezowy symetryczny
  - Trapezowy niesymetryczny
  - Okrągły

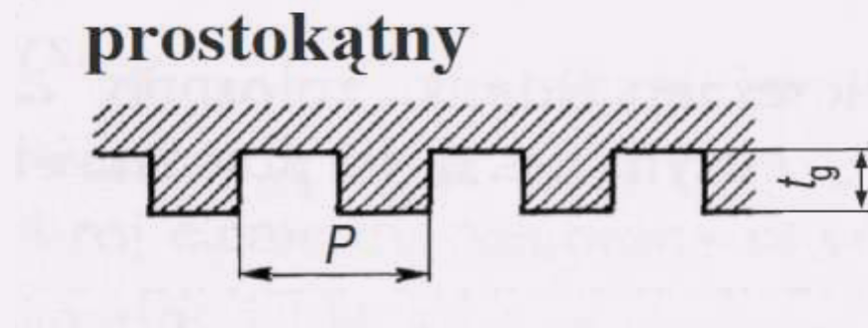


# Gwint prostokątny

Cechuje się:

Dużą sprawnością

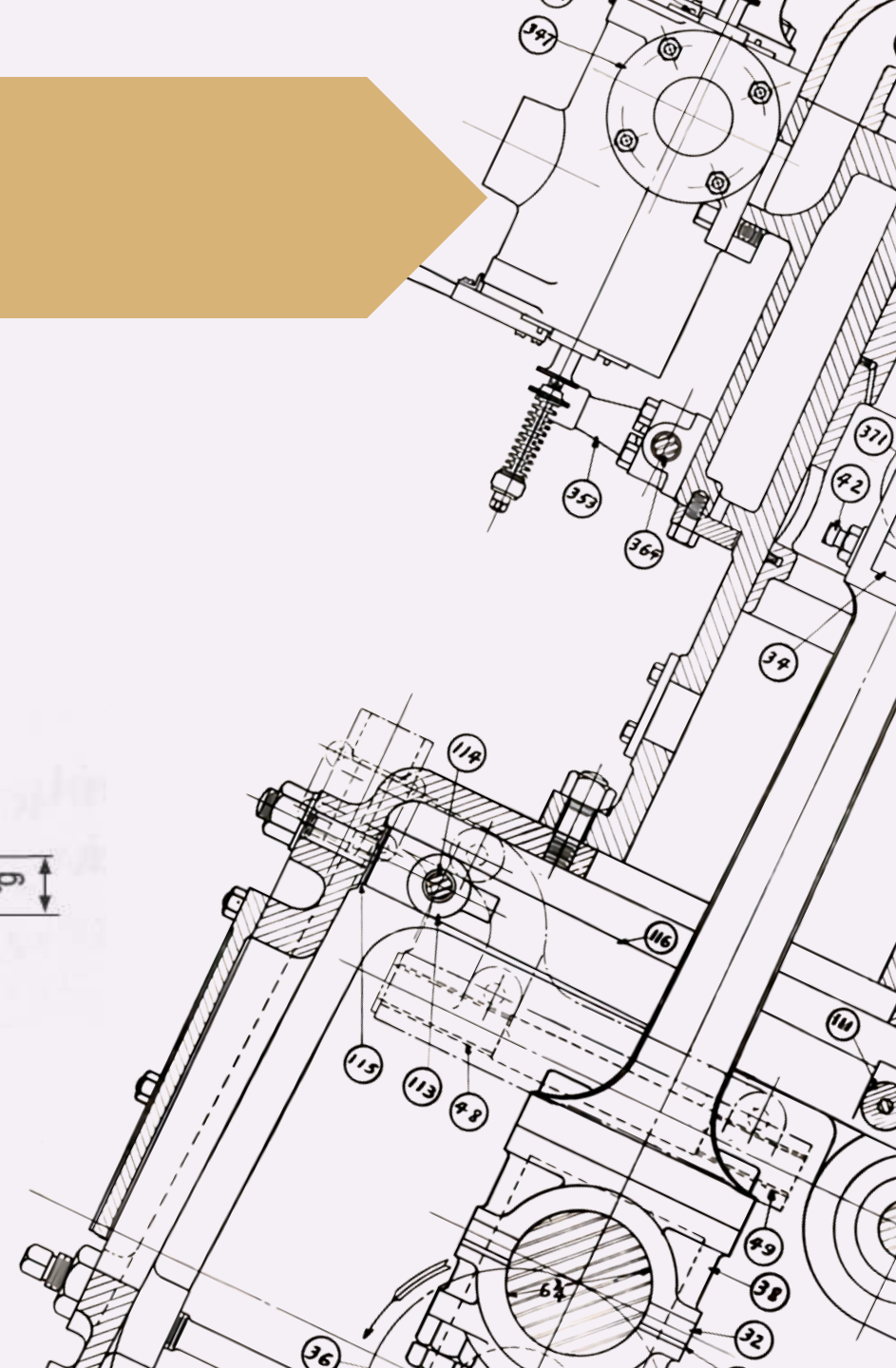
Małą wytrzymałością



Gwint nieznormalizowany – wycofane z użytku



POLSKO-JAPOŃSKA  
AKADEMIA TECHNIK  
KOMPUTEROWYCH



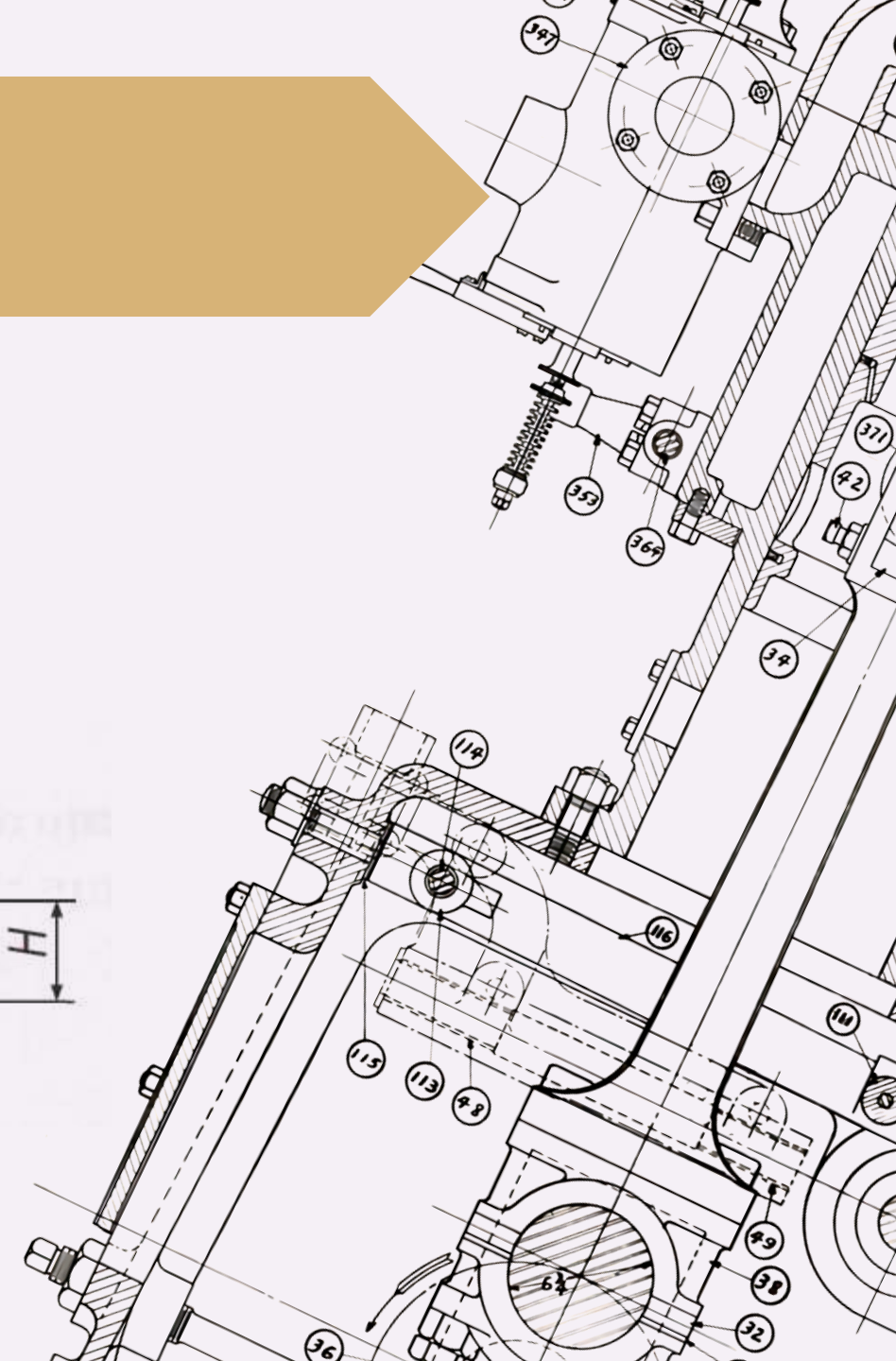
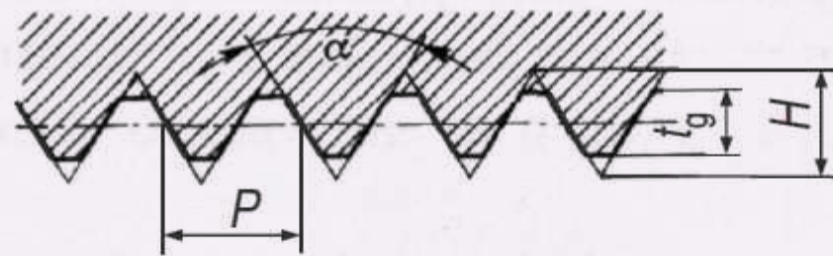
# Gwint trójkątny

Cechuje się:

Dużą wytrzymałością

Odpornością na luzowanie

trójkątny

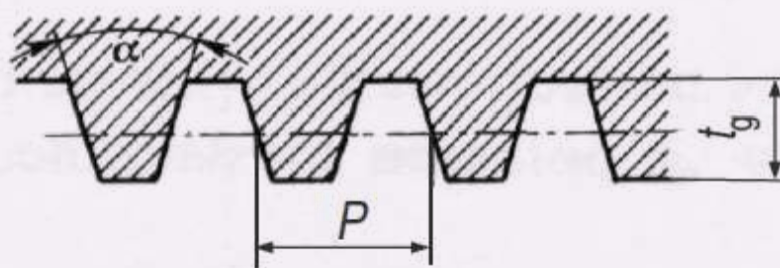


# Gwint trapezowy symetryczny

Cechuje się:

Bardzo dużą wytrzymałością

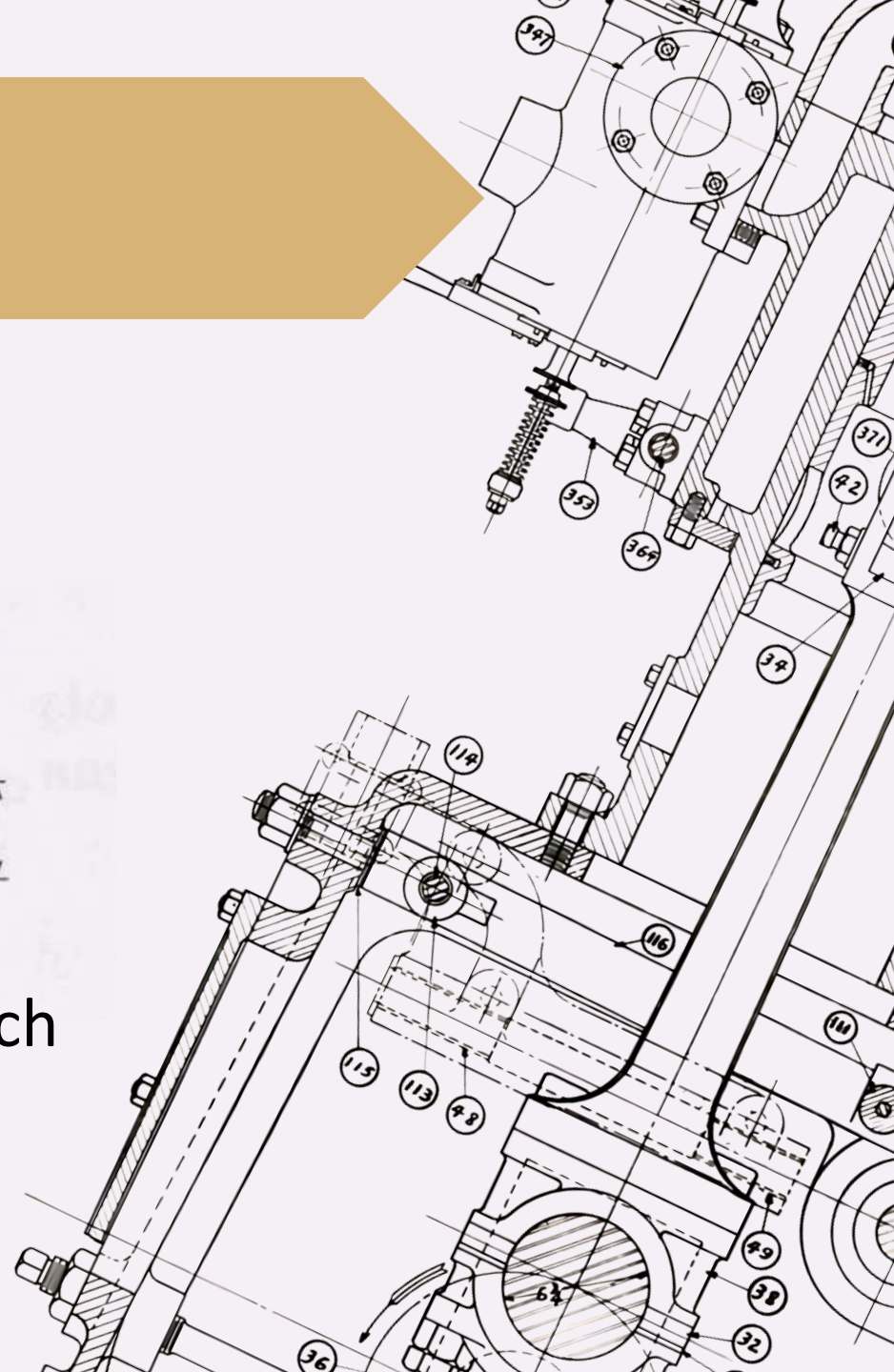
trapezowy symetryczny



Stosowany przy niskich prędkościach obrotowych



POLSKO-JAPOŃSKA  
AKADEMIA TECHNIK  
KOMPUTEROWYCH



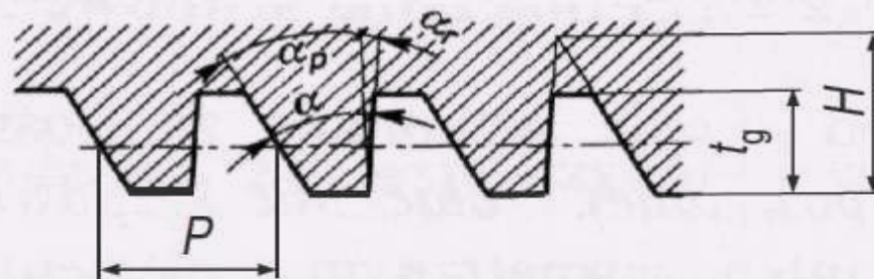
# Gwint trapezowy niesymetryczny

Cechuje się

Bardzo dużą wytrzymałością

Pracą tylko w jedną stronę

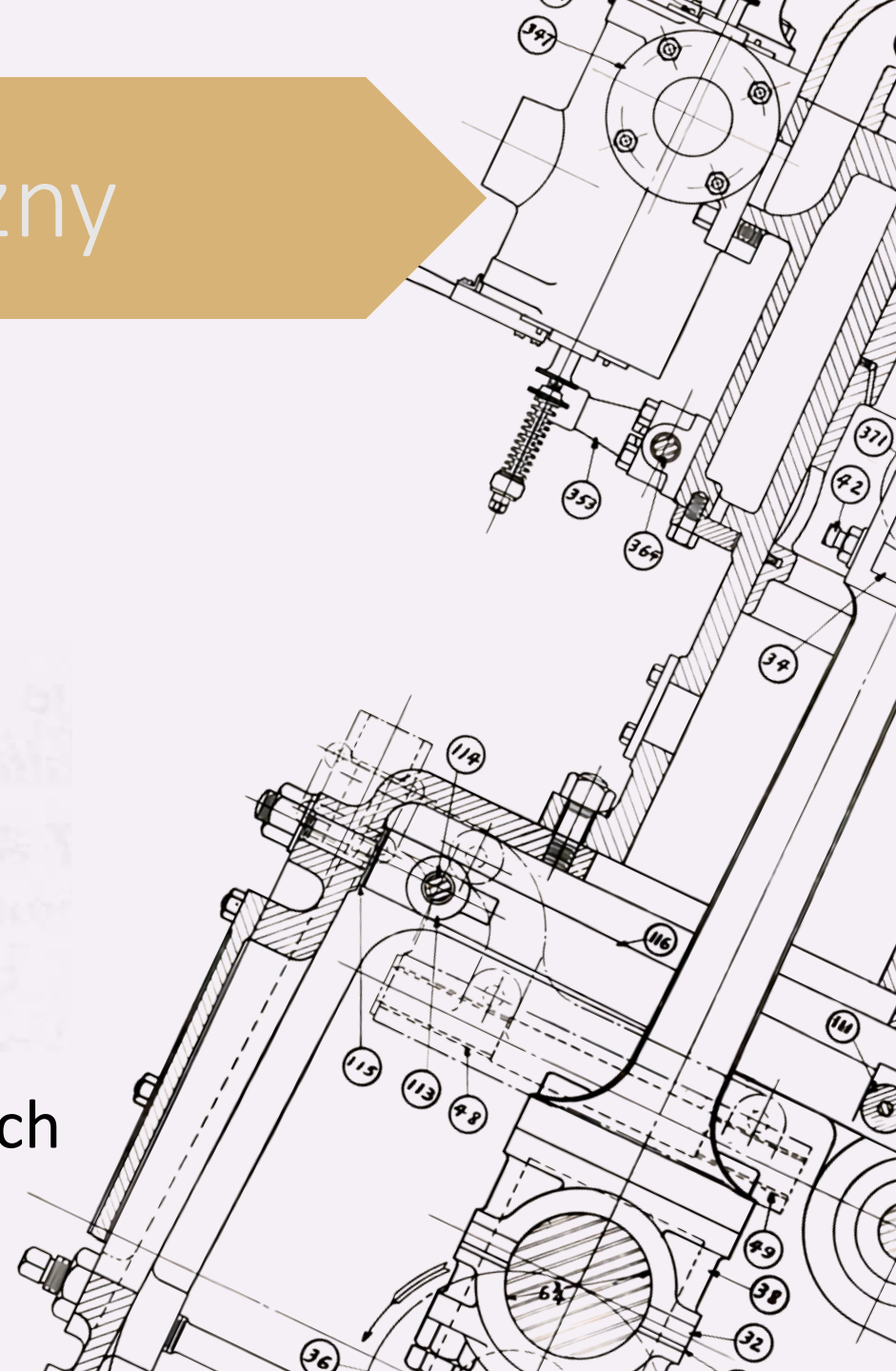
**trapezowy niesymetryczny**



Stosowany przy niskich prędkościach obrotowych



POLSKO-JAPOŃSKA  
AKADEMIA TECHNIK  
KOMPUTEROWYCH



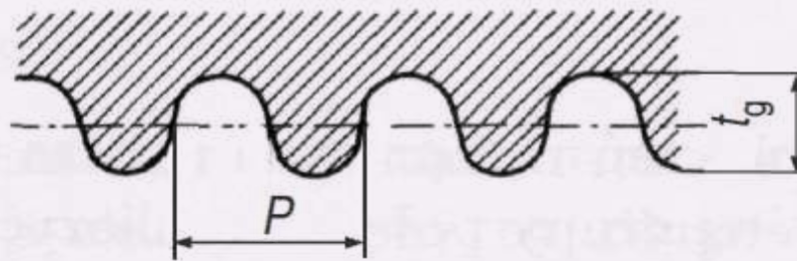


# Gwint okrągły

Cechuje się

Dużą wytrzymałość na obciążenia zmienne

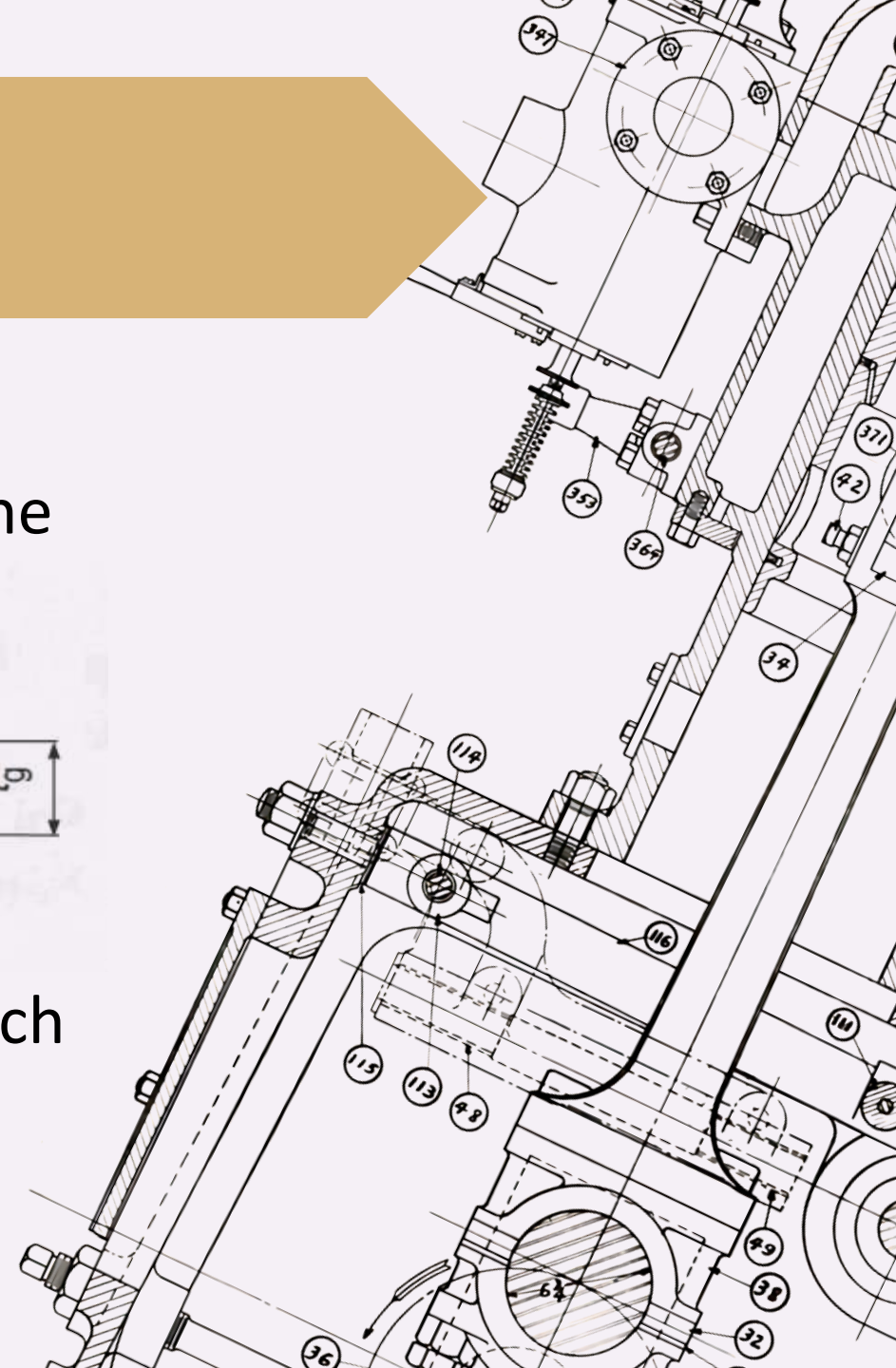
okrągły



Stosowane przy połączeniach często rozłączanych

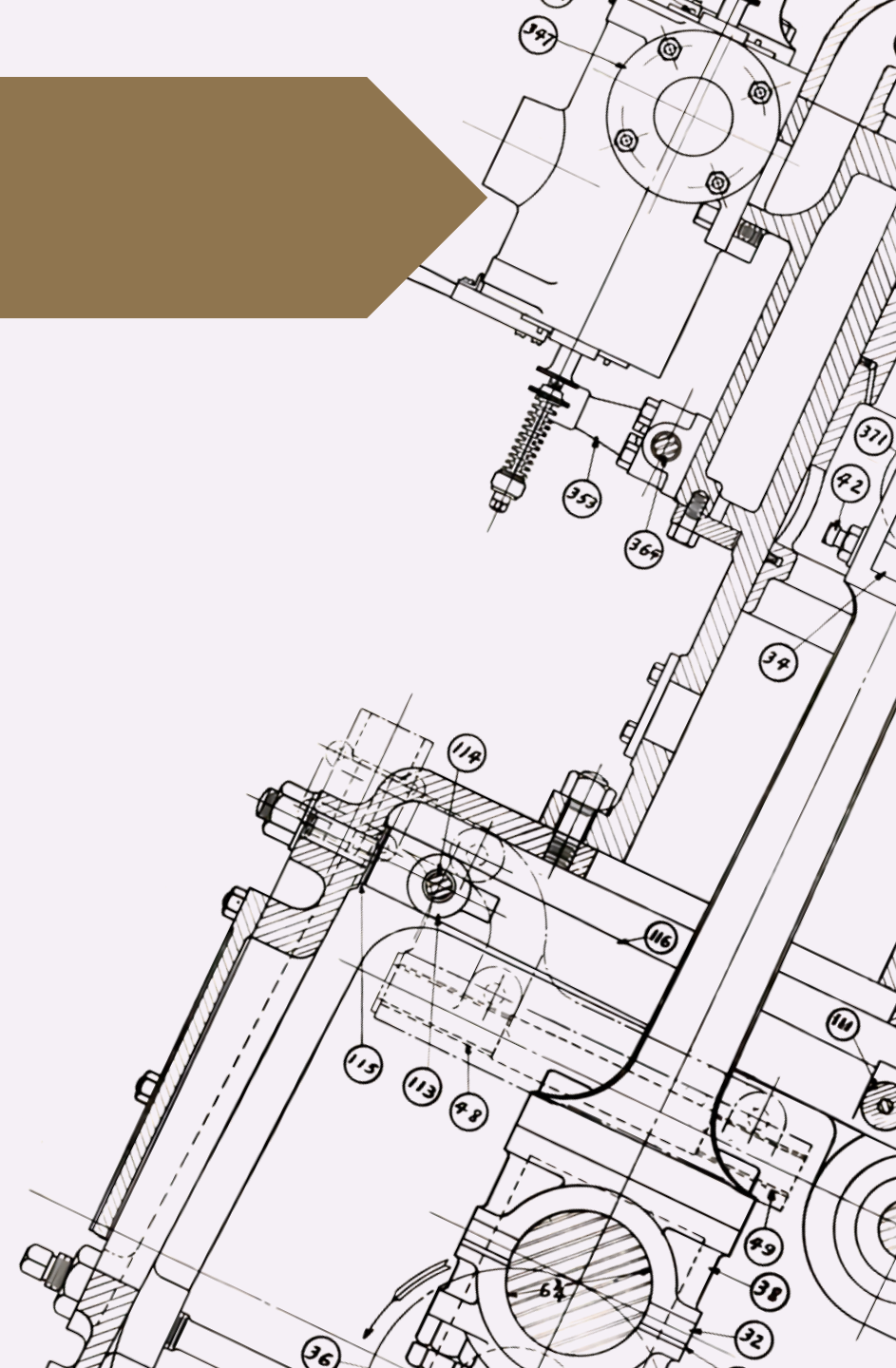
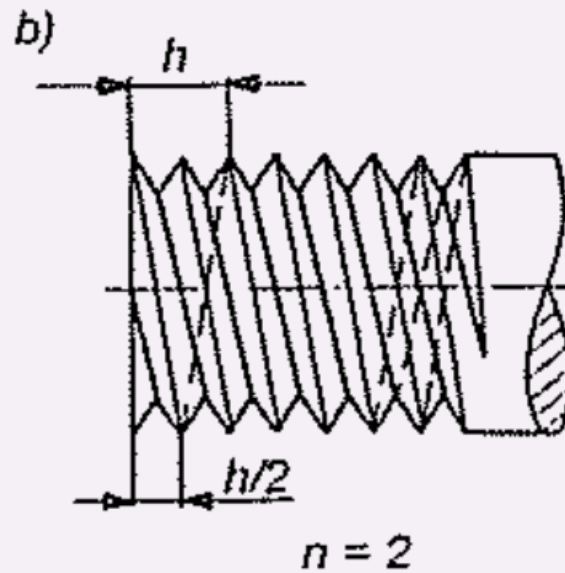
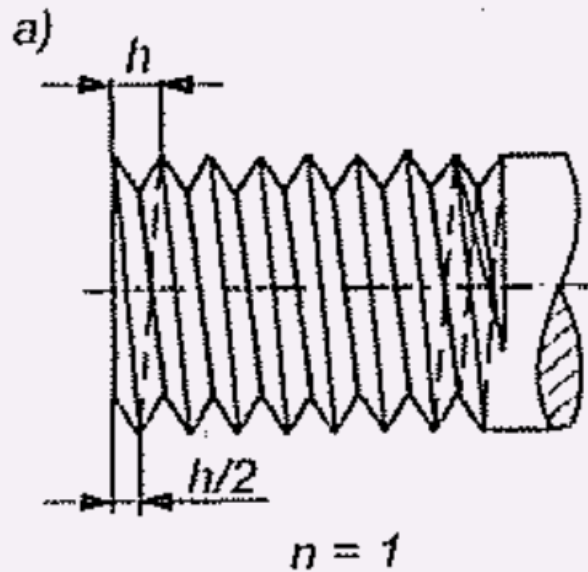


POLSKO-JAPOŃSKA  
AKADEMIA TECHNIK  
KOMPUTEROWYCH



# Rodzaje gwintów

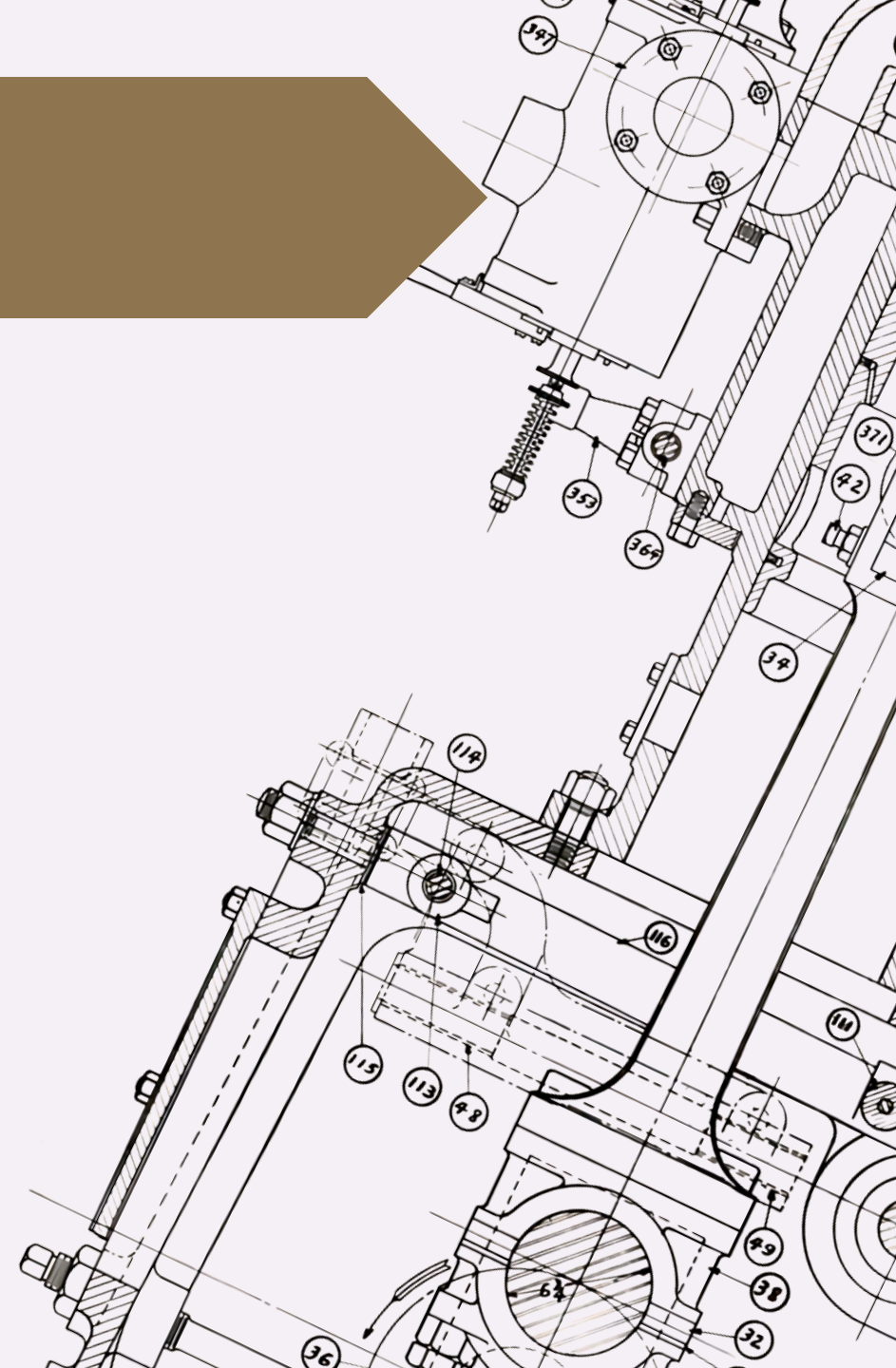
- Ze względu na krotność gwintu
  - Jednokrotne
  - Wielokrotne



# Rodzaje gwintów

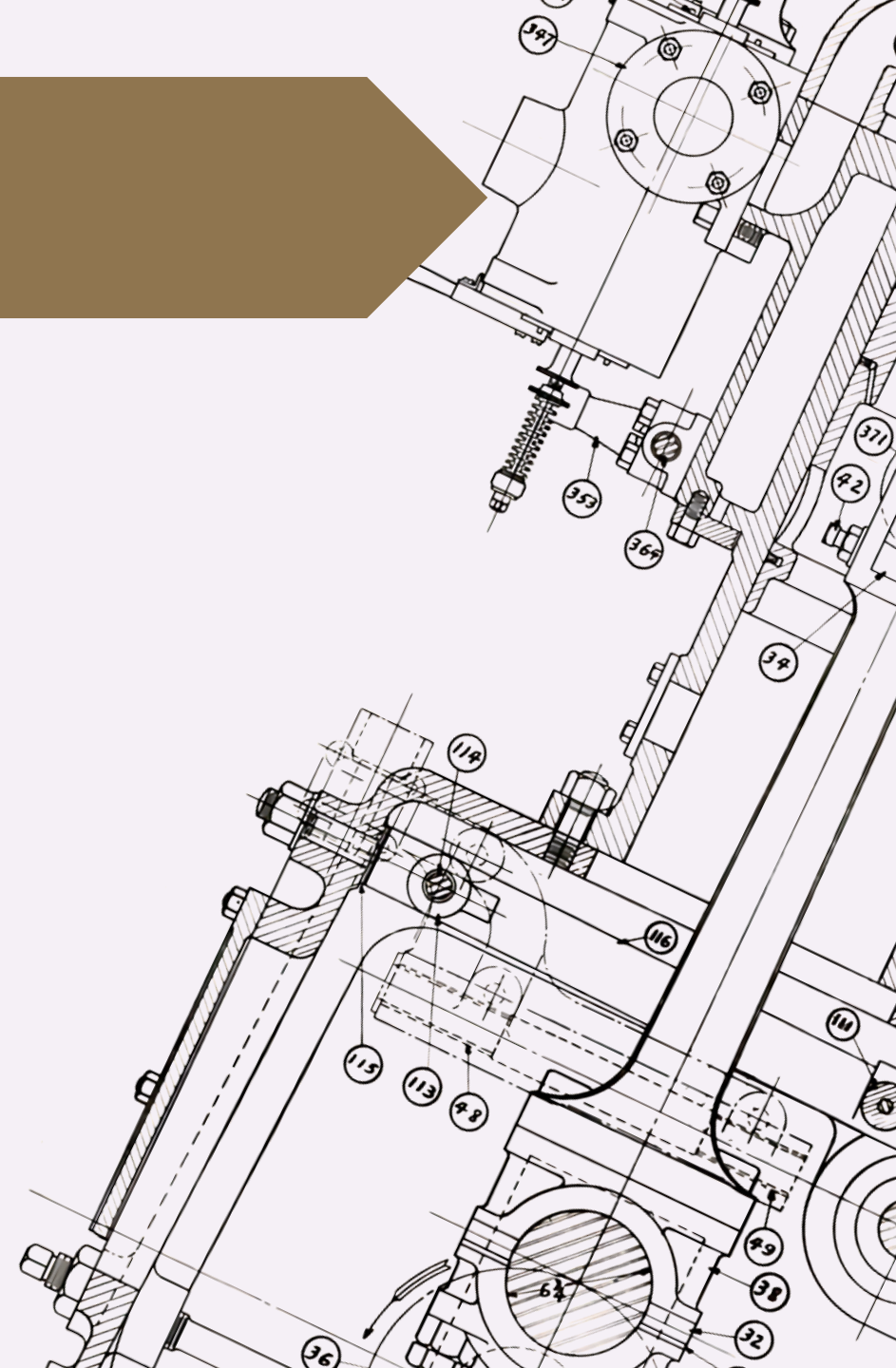
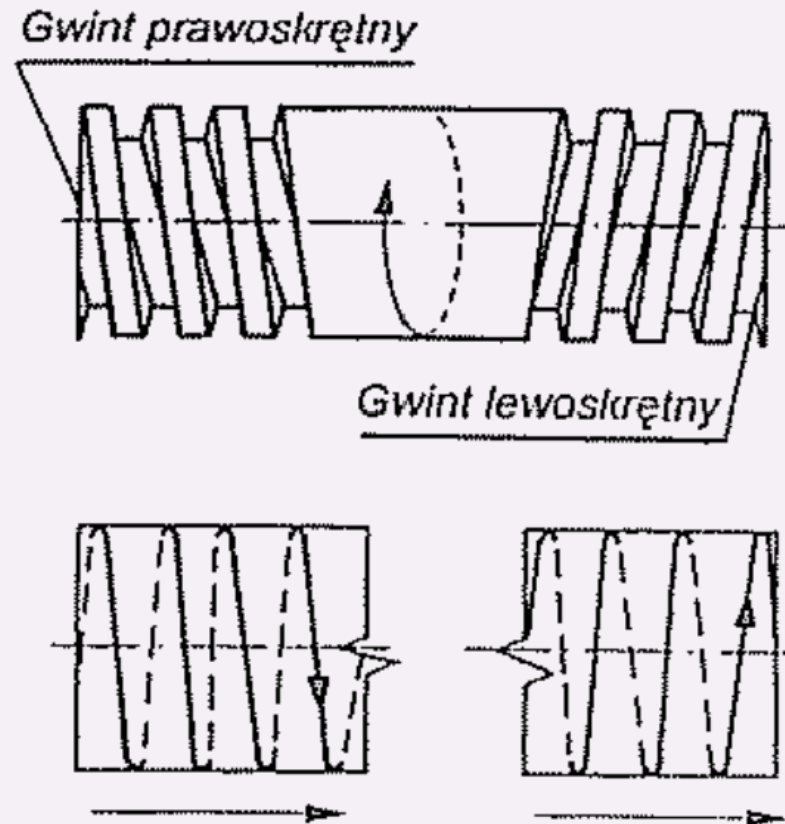
Gwint jednokrotny – stosowany w połączeniach spoczynkowych m.in. ze względu na ich samohamowalność

Gwint wielokrotny – stosowany w połączeniach ruchomych, w których wymagane jest duże przesunięcie przy jednym obrocie śruby, wysoka sprawność czy niesamohamowalność



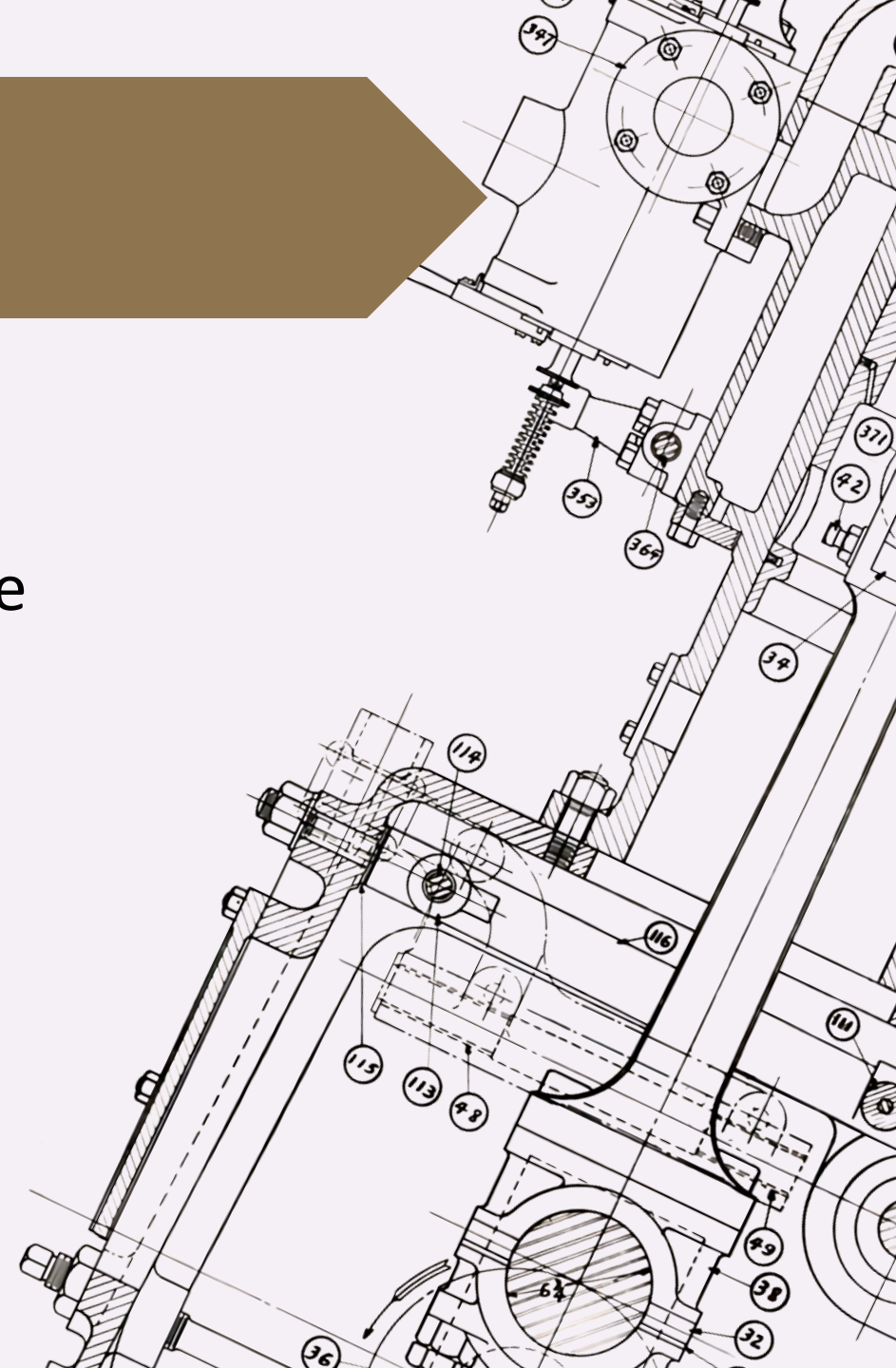
# Rodzaje gwintów

- Ze względu na zwrot linii śrubowej
  - Prawoskrętna
  - Lewoskrętna



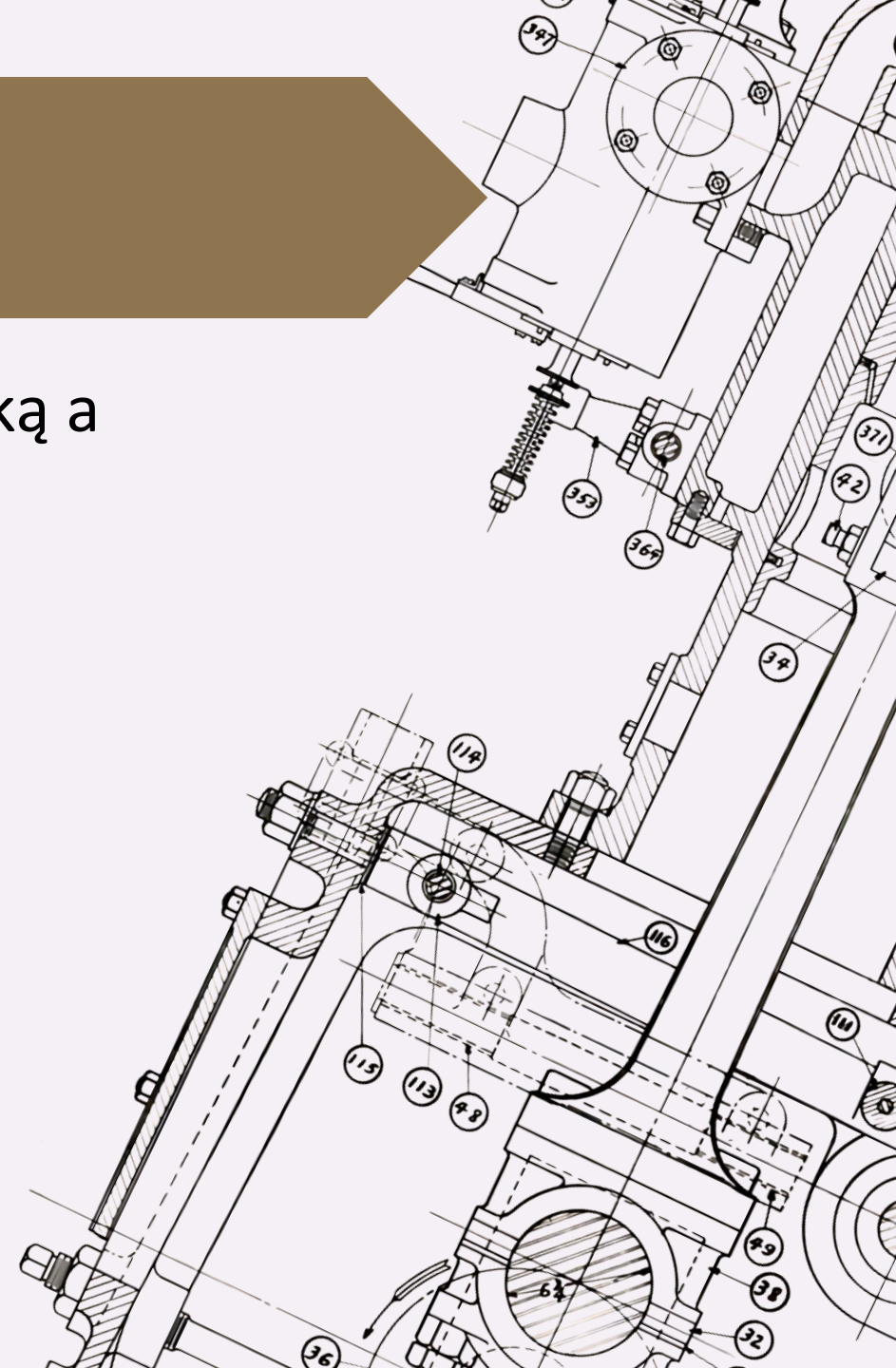
# Rodzaje gwintów

- Prawoskrętny – powszechnie używana
- Lewoskrętny – stosuje się w momencie gdy użycie gwintu prawego powoduje samoczynne luzowanie połączenia



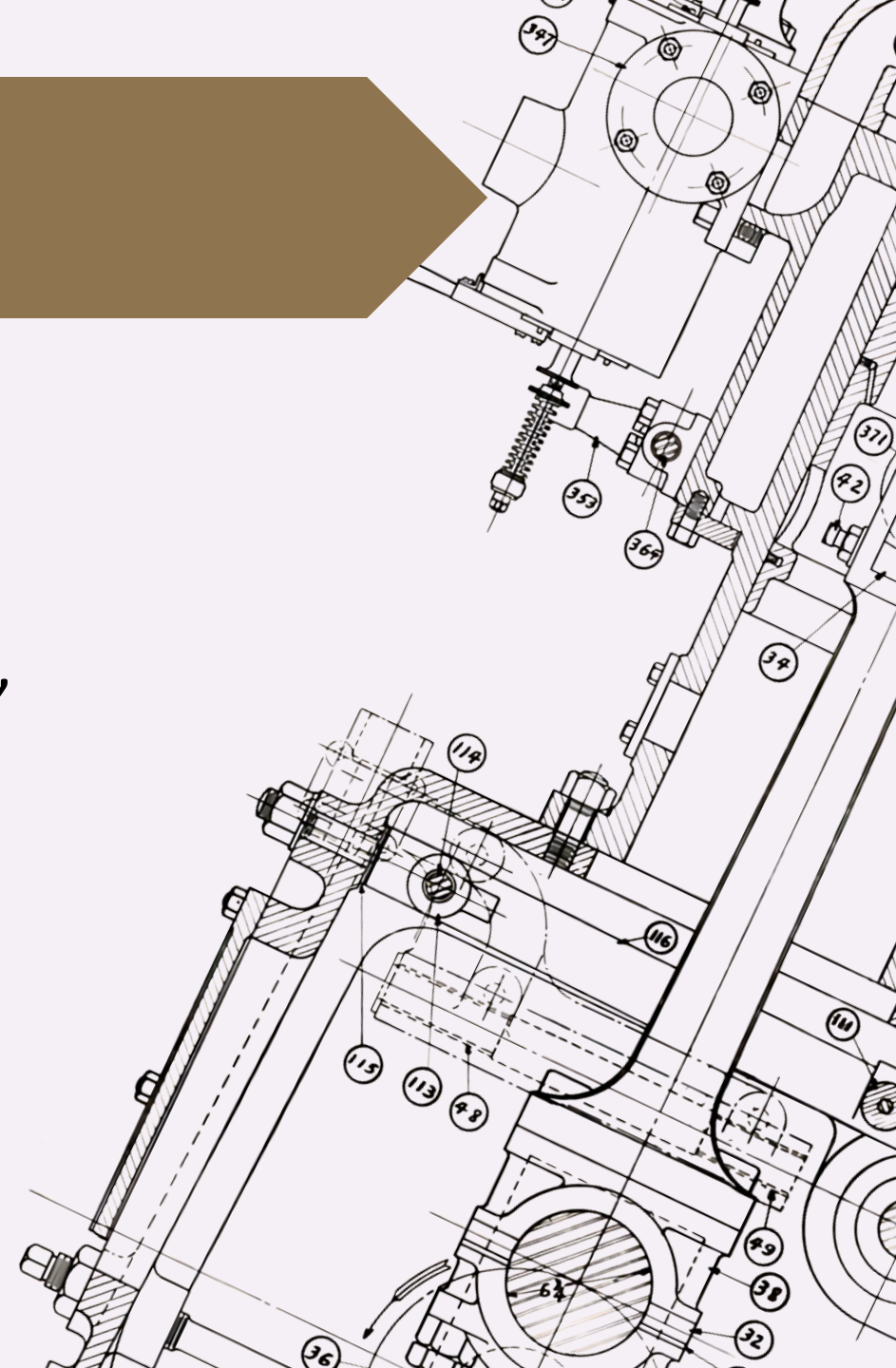
# Rodzaje gwintów

- Ze względu na ich skojarzenie między podziałką a średnicą gwintu śruby
  - Zwykłe
  - Drobnozwojne
  - Grubozwojne



# Rodzaje gwintów

- Zwykłe – występują w elementach niezbyt dokładnych, produkowanych seryjnie
- Grubozwojne – stosowane w zarysach trapezowych, w połączeniach spoczynkowych, często odkrecanych.
- Drobnozwojne – Mają mniejszą podziałkę niż gwinty zwykłe, stosowane w celu zwiększenia średnicy rdzenia śruby, charakteryzują się wysoką samohamownością.



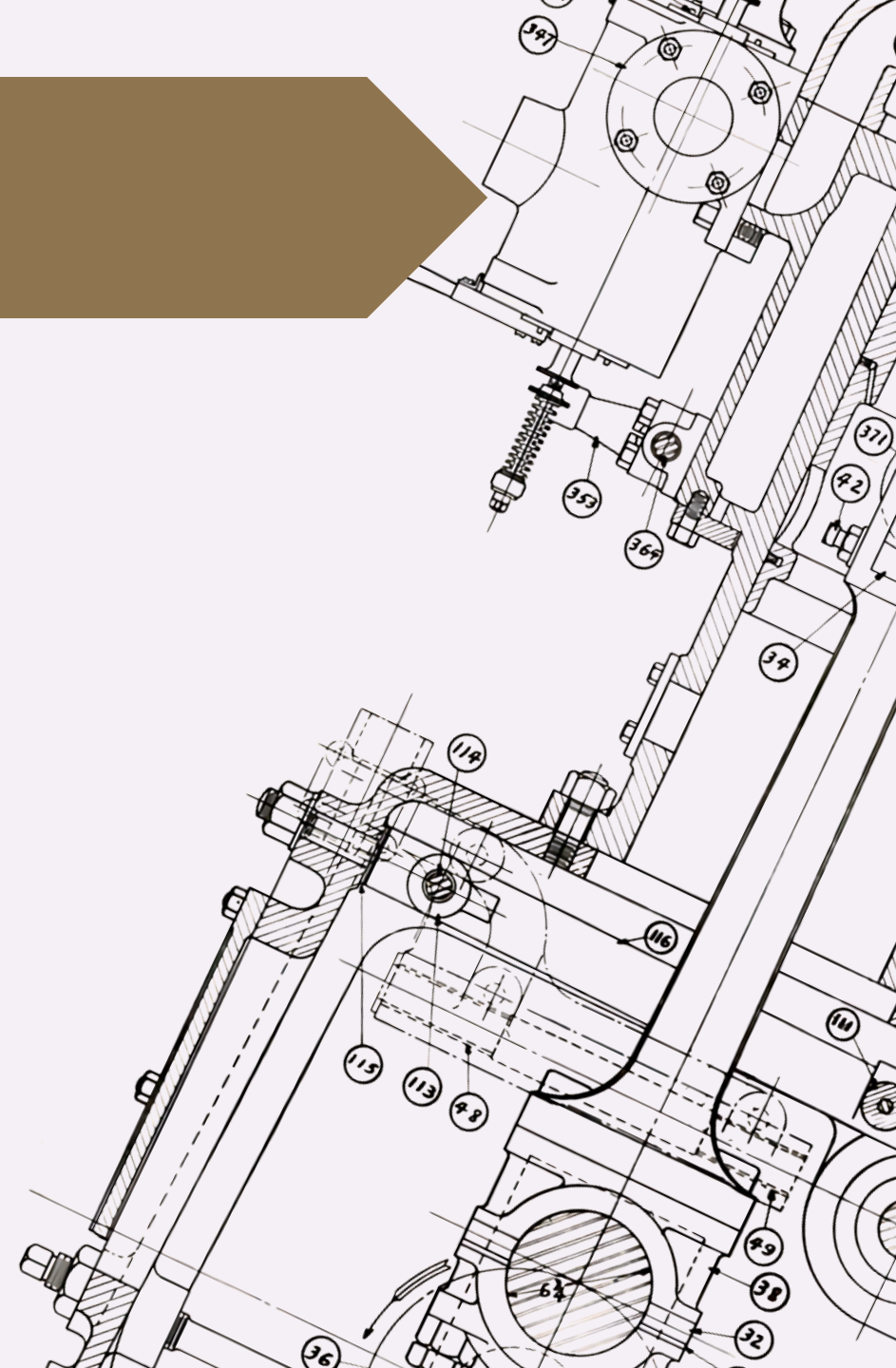
# Samochemowalność

Gwint jest samochemowalny  
wtedy kiedy zachodzi równanie:

$$\gamma = \rho$$

Gdzie:

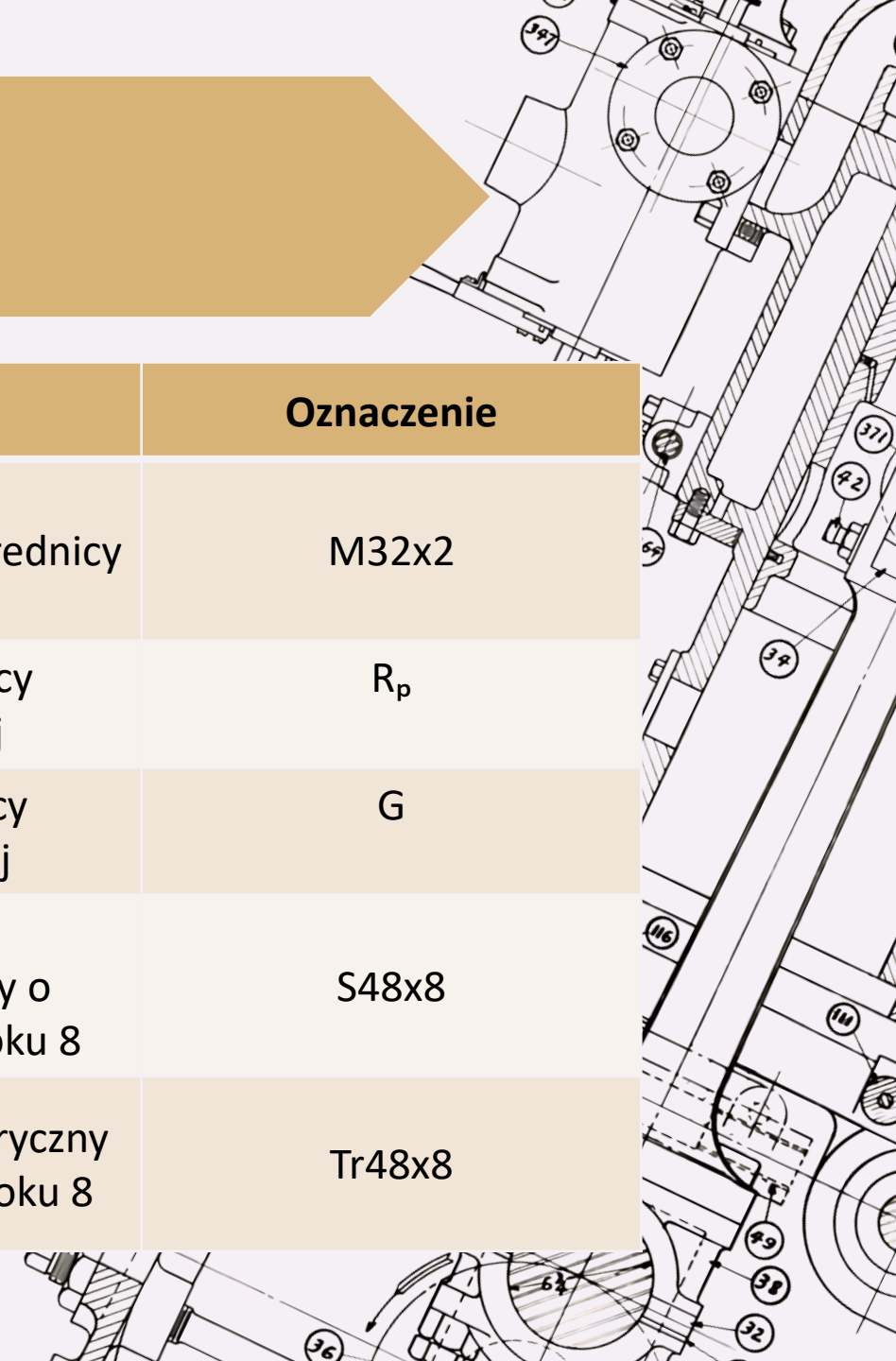
- $\gamma$  – Wznios gwintu
- $\rho$  – pozorny kąt tarcia



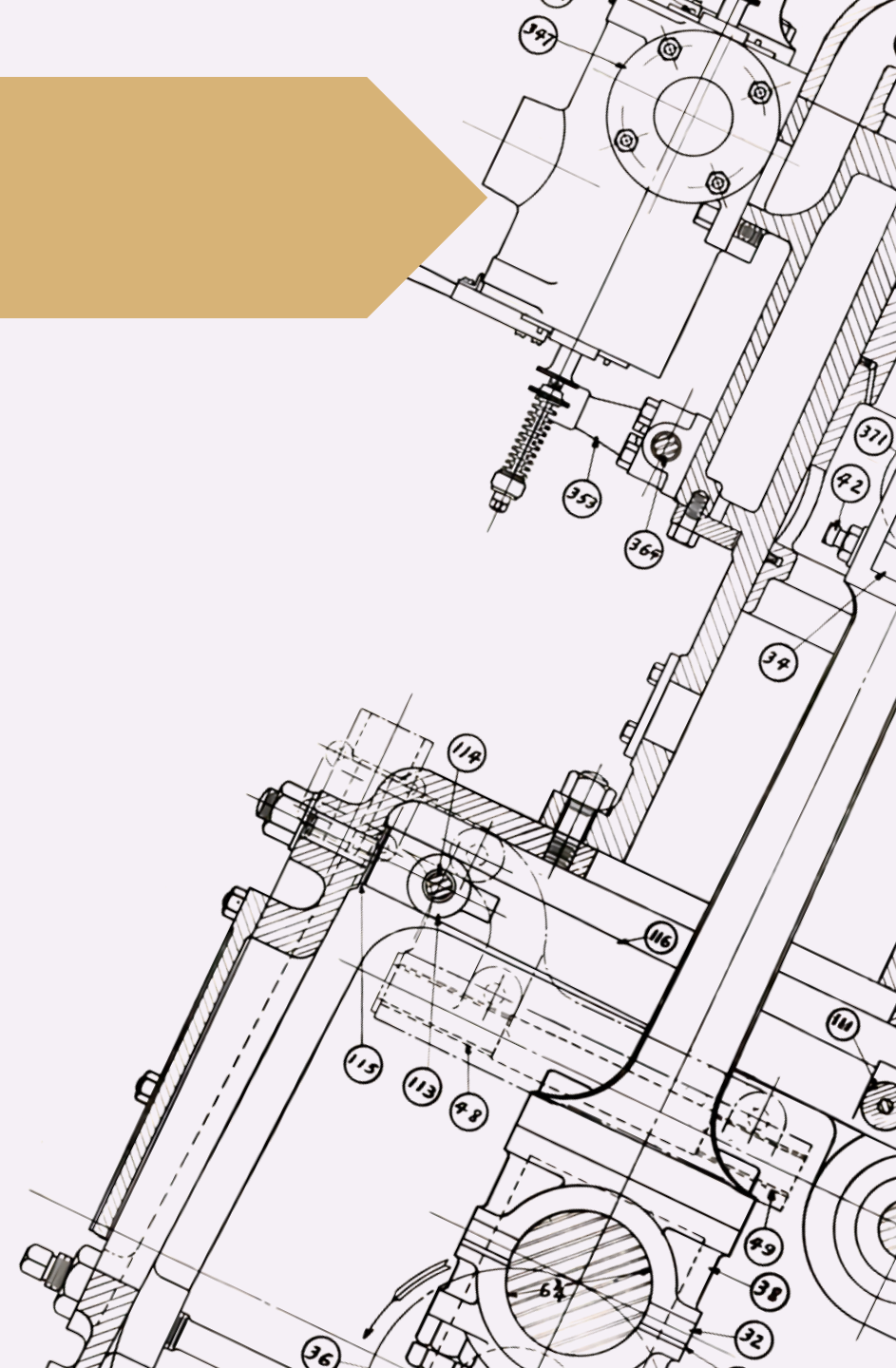
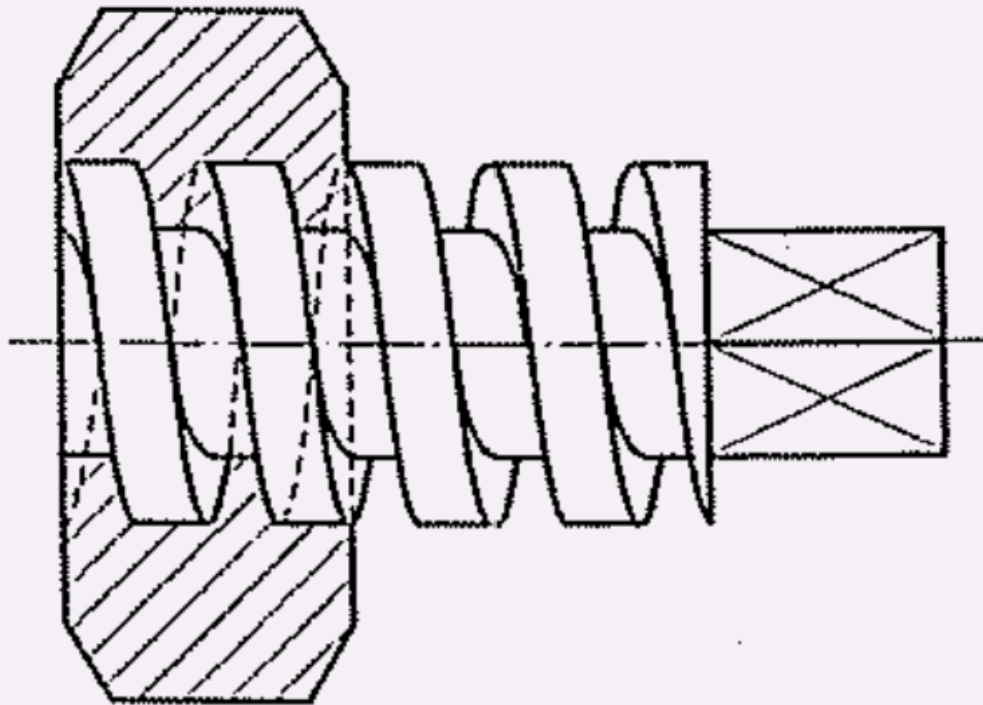


# Gwinty na rysunkach

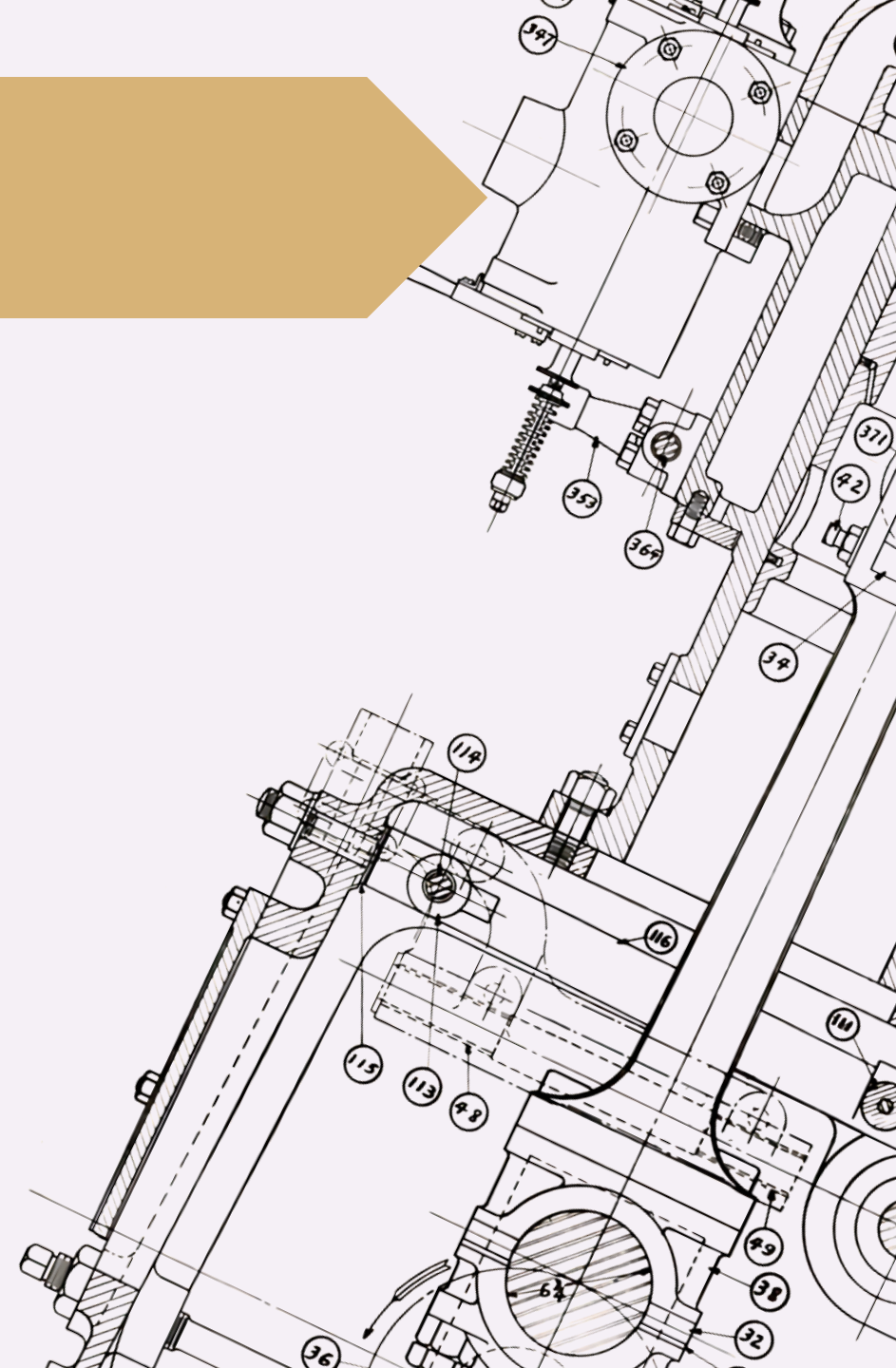
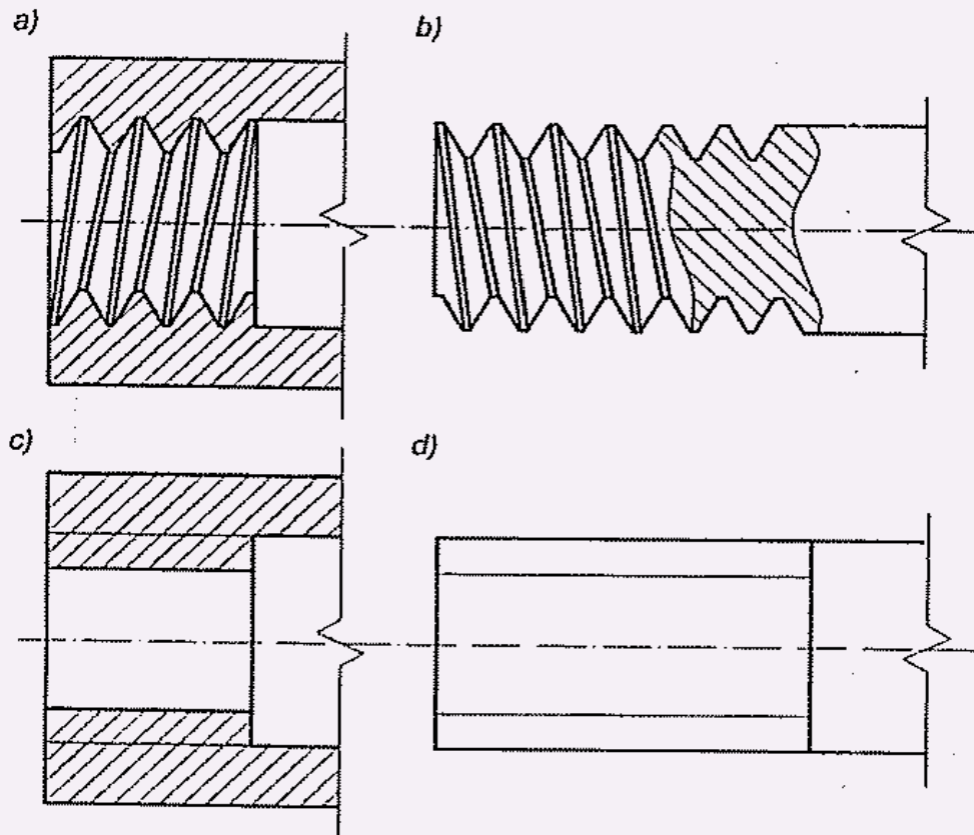
Nazwa	Symbol	Przykład	Oznaczenie
Metryczny zwykły	M	Metryczny drobnozwojny o średnicy 32 i skoku 2	M32x2
Rurowy walcowy	(zewn) $R_p$ (wewn) $G_p$	Rura o średnicy zewnętrznej	$R_p$
Rurowy stożkowy	(zewn) $R$ (wewn) $G$	Rura o średnicy wewnętrznej	$G$
Trapezowy niesymetryczny	S	Trapezowy niesymetryczny o średnicy 48 i skoku 8	S48x8
Trapezowy symetryczny	Tr	Trapezowy symetryczny o średnicy 48 i skoku 8	Tr48x8



# Gwinty na rysunkach

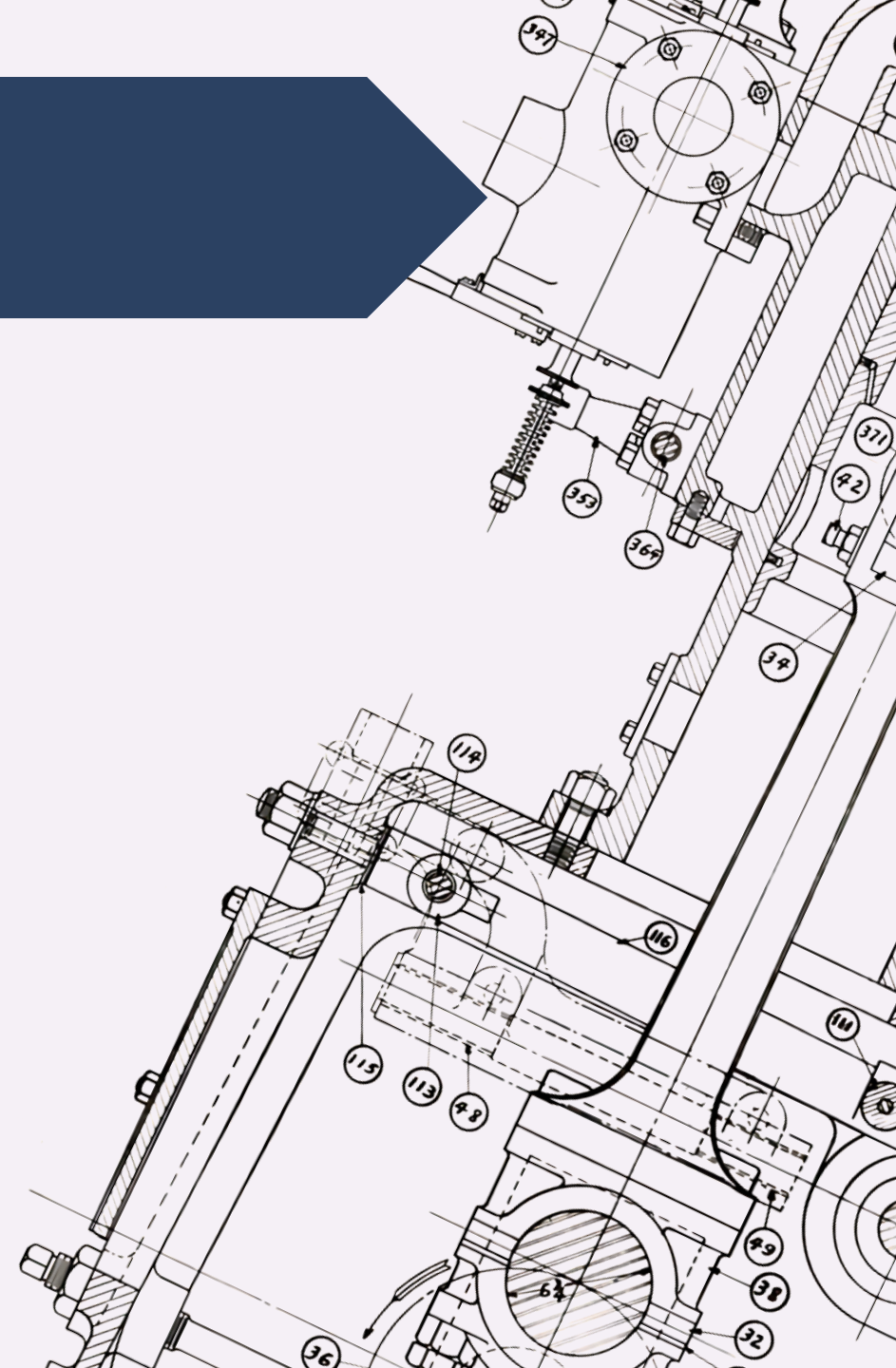


# Gwinty na rysunkach



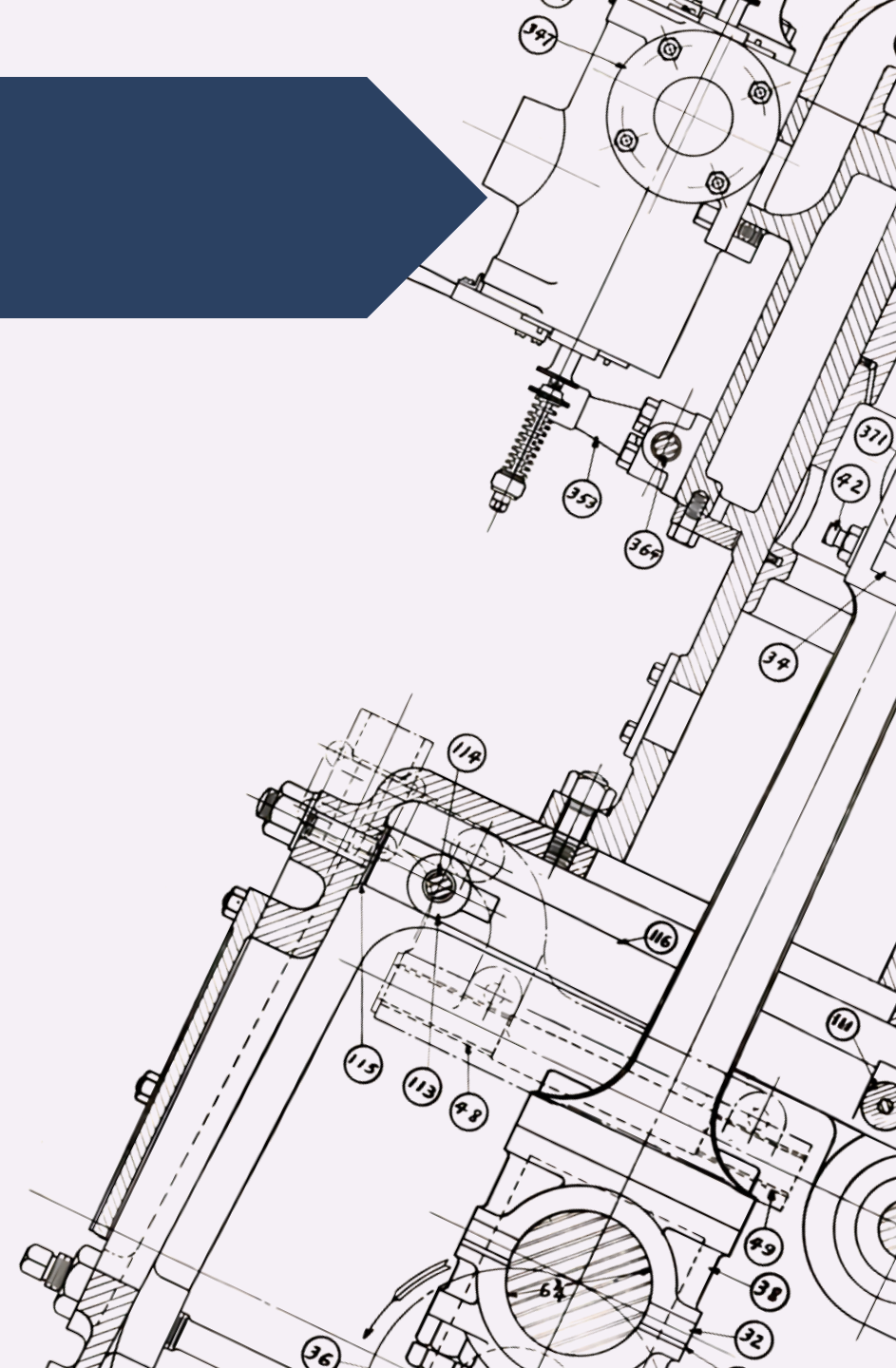
# Połączenia gwintowe

- Połączenia kształtowe stosowane w budowie maszyn
- Są spoczynkowe



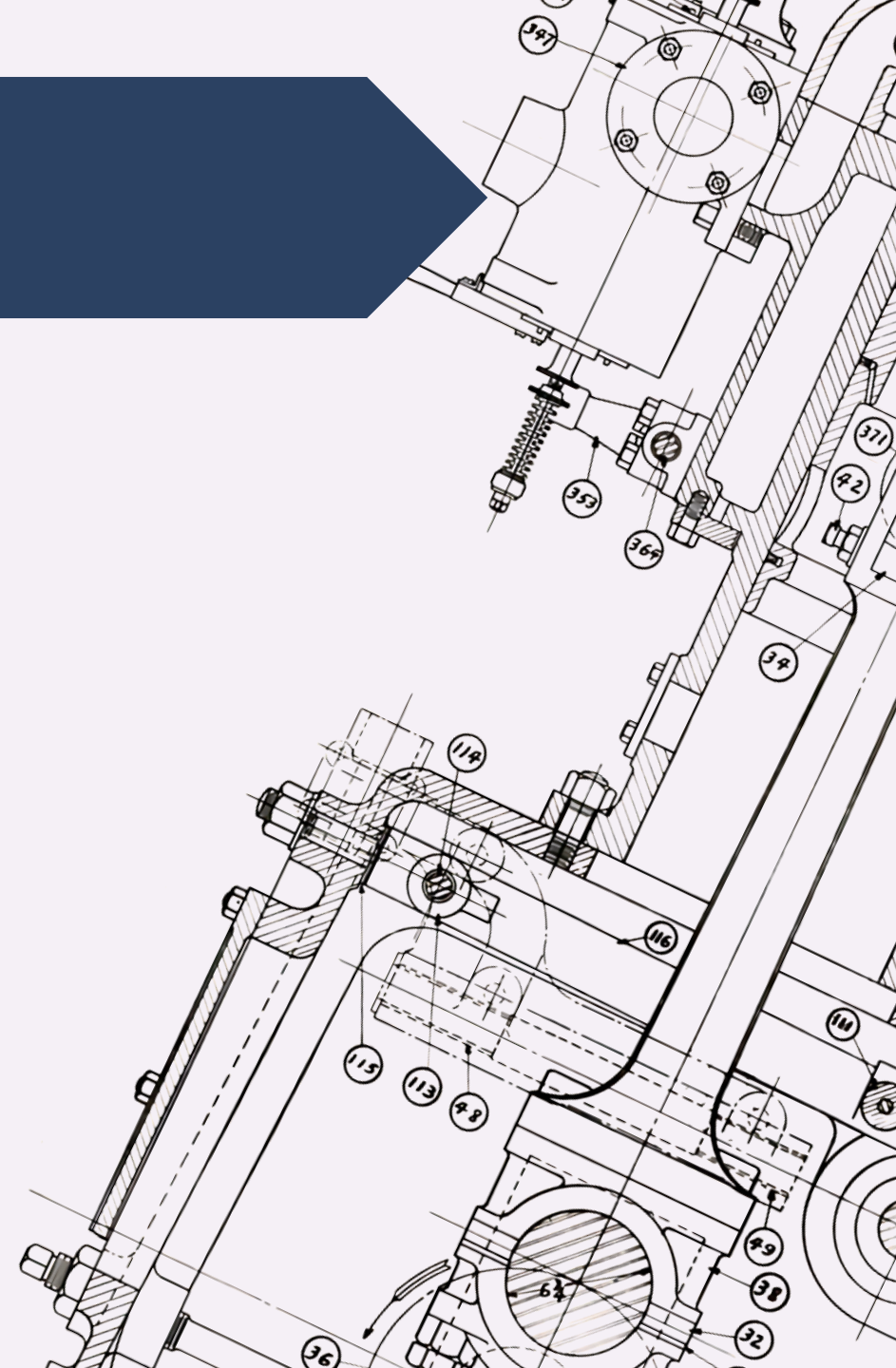
# Połączenia gwintowe

- Pośrednie – istnieje kolejny element łączący dwa inne elementy
- Bezpośrednie – gwint jest nacinany na łączonych elementach



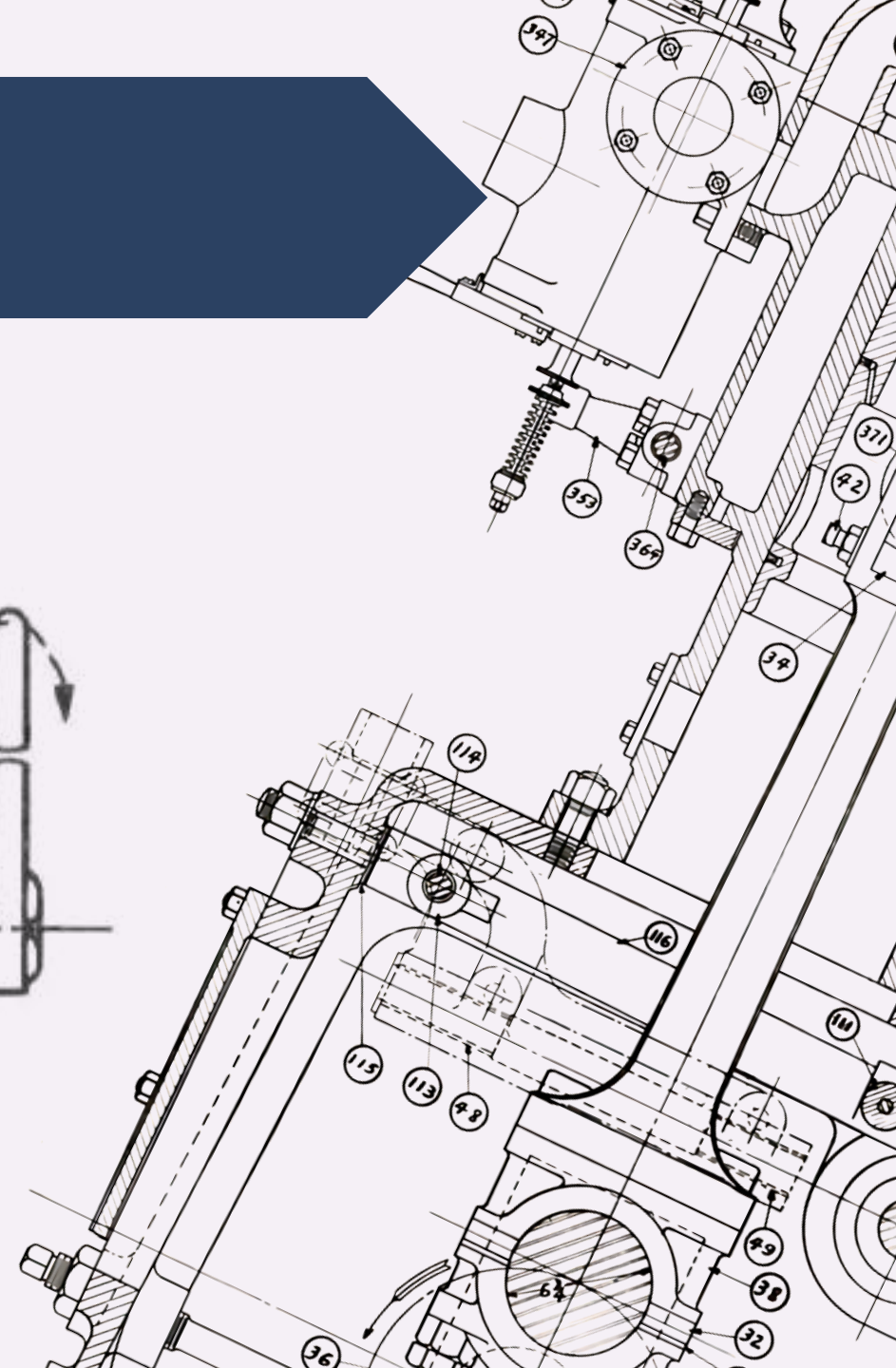
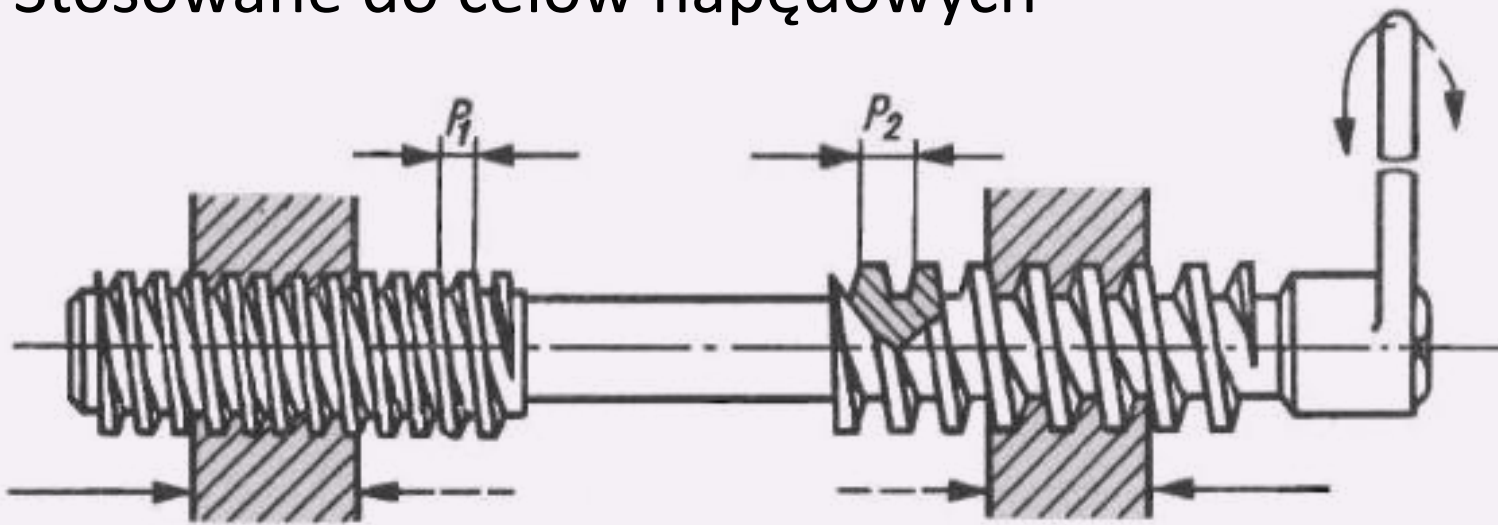
# Połączenia gwintowe

- Rozłączne – Możliwe do rozdzielenia i ponownego połączenia
- nierozłączne – Bez możliwości rozdzielenia i ponownego połączenia bez niszczenia elementów



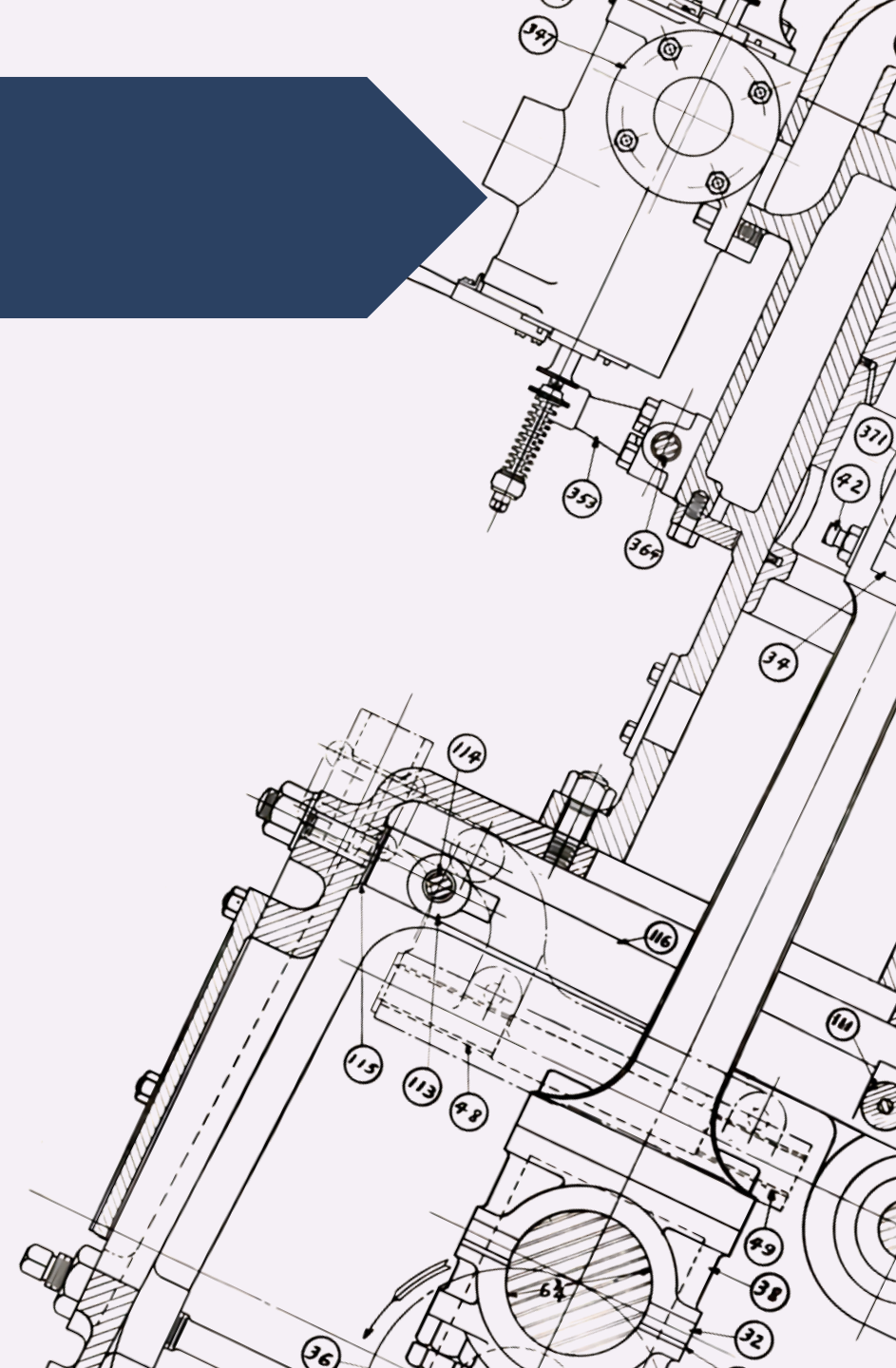
# Mechanizmy śrubowe

- Służą do zamiany ruchu obrotowego na postępowo-zwrotny
- Stosowane do celów napędowych



# Podkładki

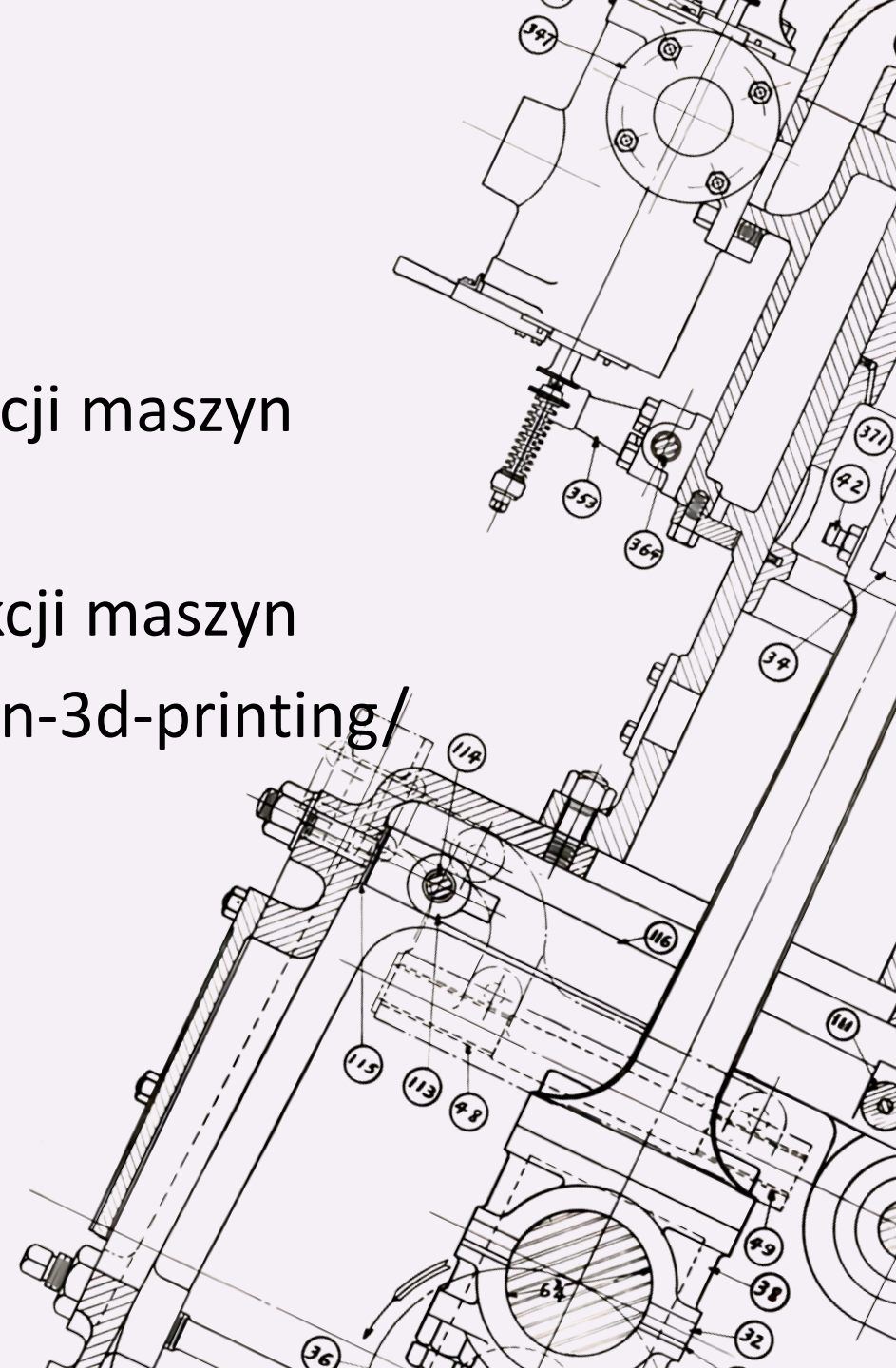
- Ważne uzupełnienie łączników gwintowych.
- Używana m.in:
  - Łączenie elementów kruchych
  - Średnica otworu większa od średnicy śruby
  - Dla zabezpieczenia śrub przed zginaniem (podkładki kuliste)
  - Dla zabezpieczenia przed odkręcaniem się (podkładki sprężyste)





# Bibliografia

- Antoni Skoć, Jacek Spałek, Podstawy konstrukcji maszyn
- Jerzy Bajkowski, Podstawy Zapisu Konstrukcji
- Piotr Boś, Sławomir Sitarz, Podstawy konstrukcji maszyn
- Article at: <https://xometry.eu/en/tolerances-in-3d-printing/>

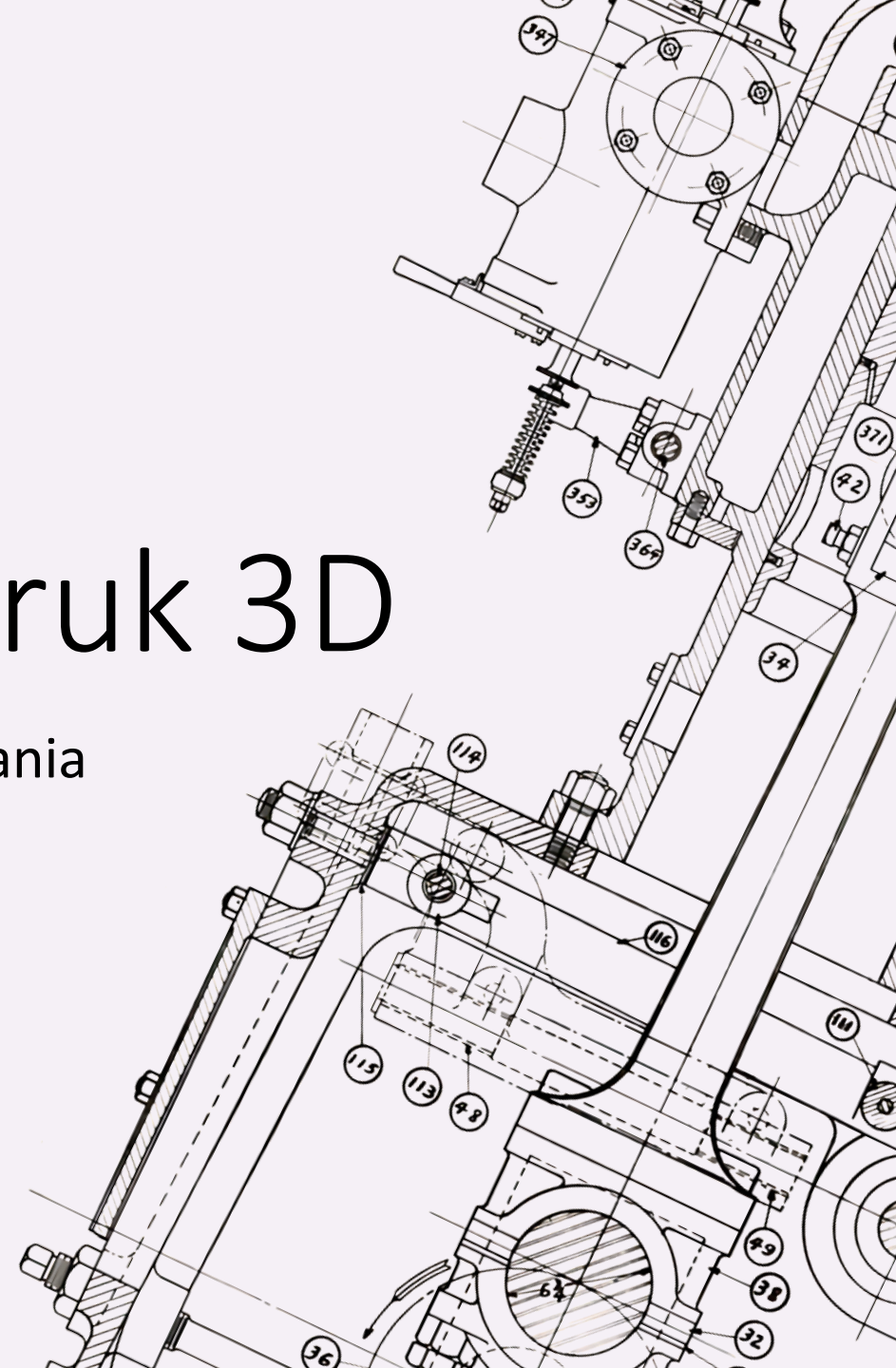


# Modelowanie I Druk 3D

## Wykład 6: Tolerancje i pasowania

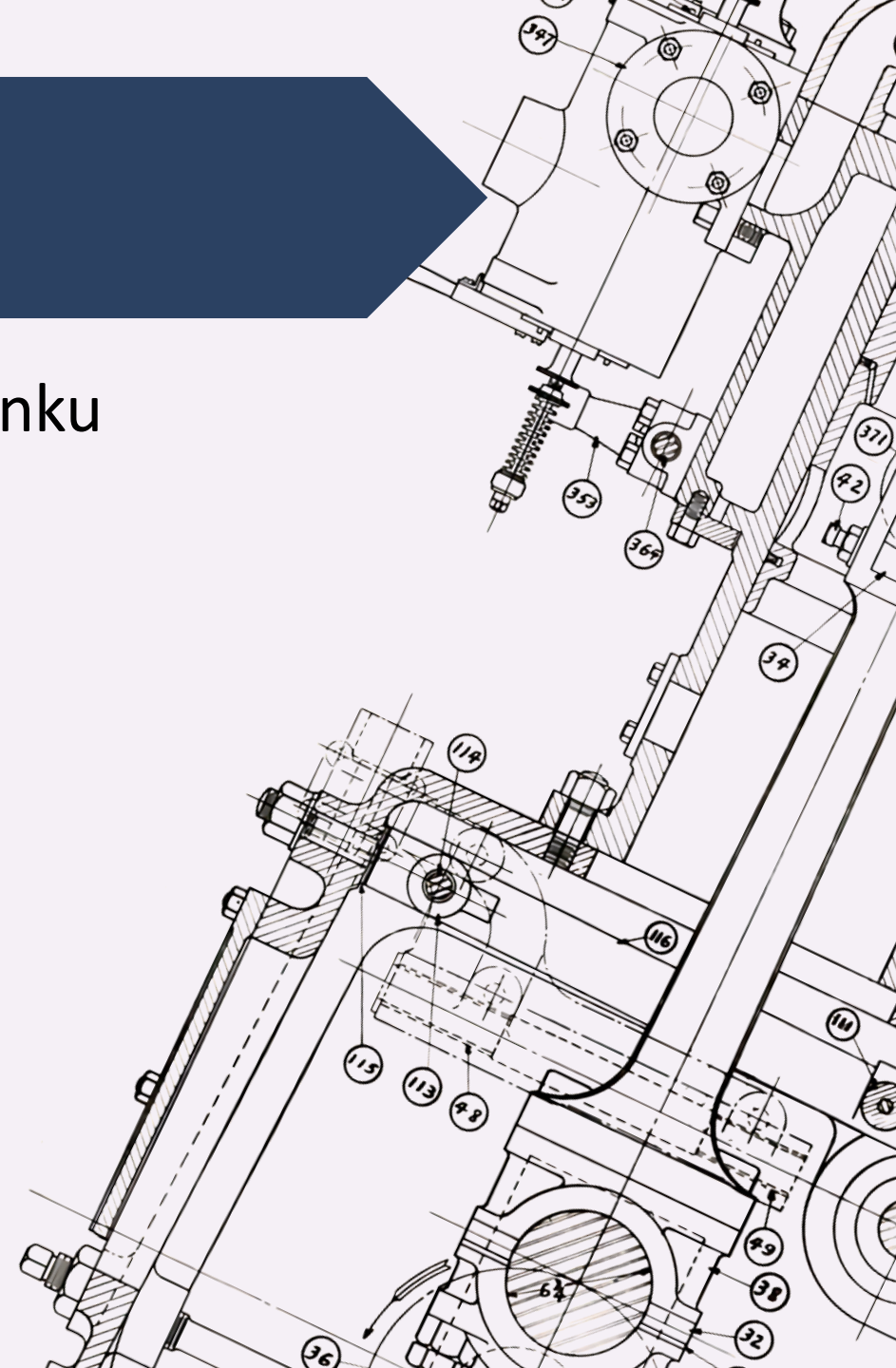


POLSKO-JAPOŃSKA  
AKADEMIA TECHNIK  
KOMPUTEROWYCH



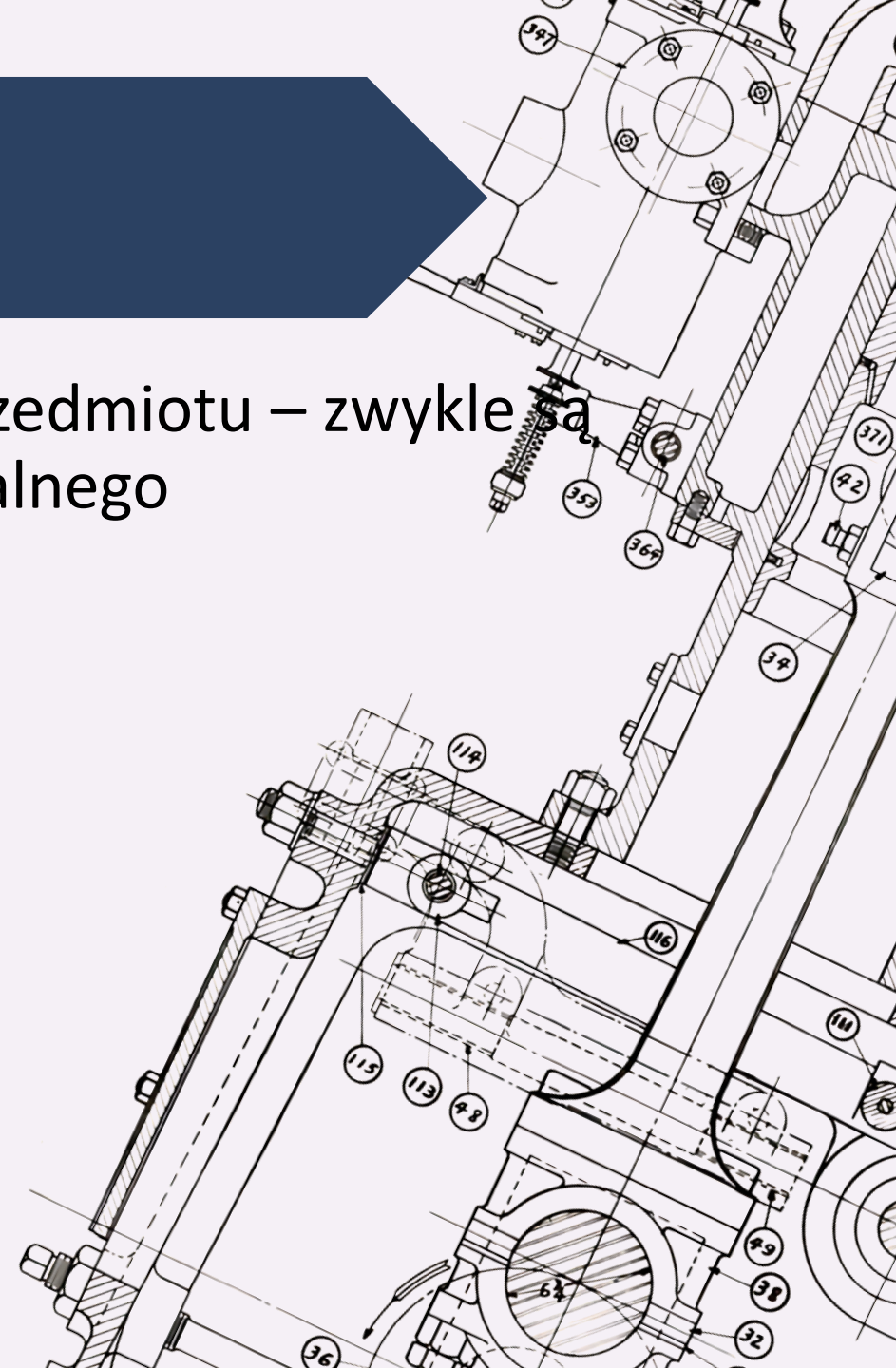
# Wymiary nominalne

- Jest to wymiar przedmiotu podawany na rysunku



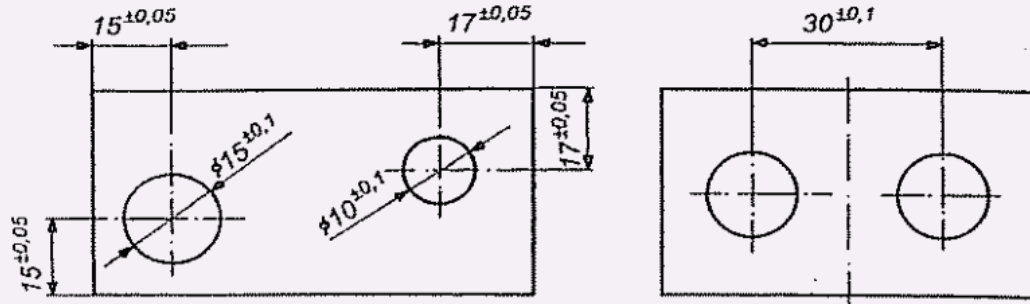
# Wymiary rzeczwiste

- Wymiary które uzyskujemy po stworzeniu przedmiotu – zwykle one mniejsze lub większe od wymiaru nominalnego

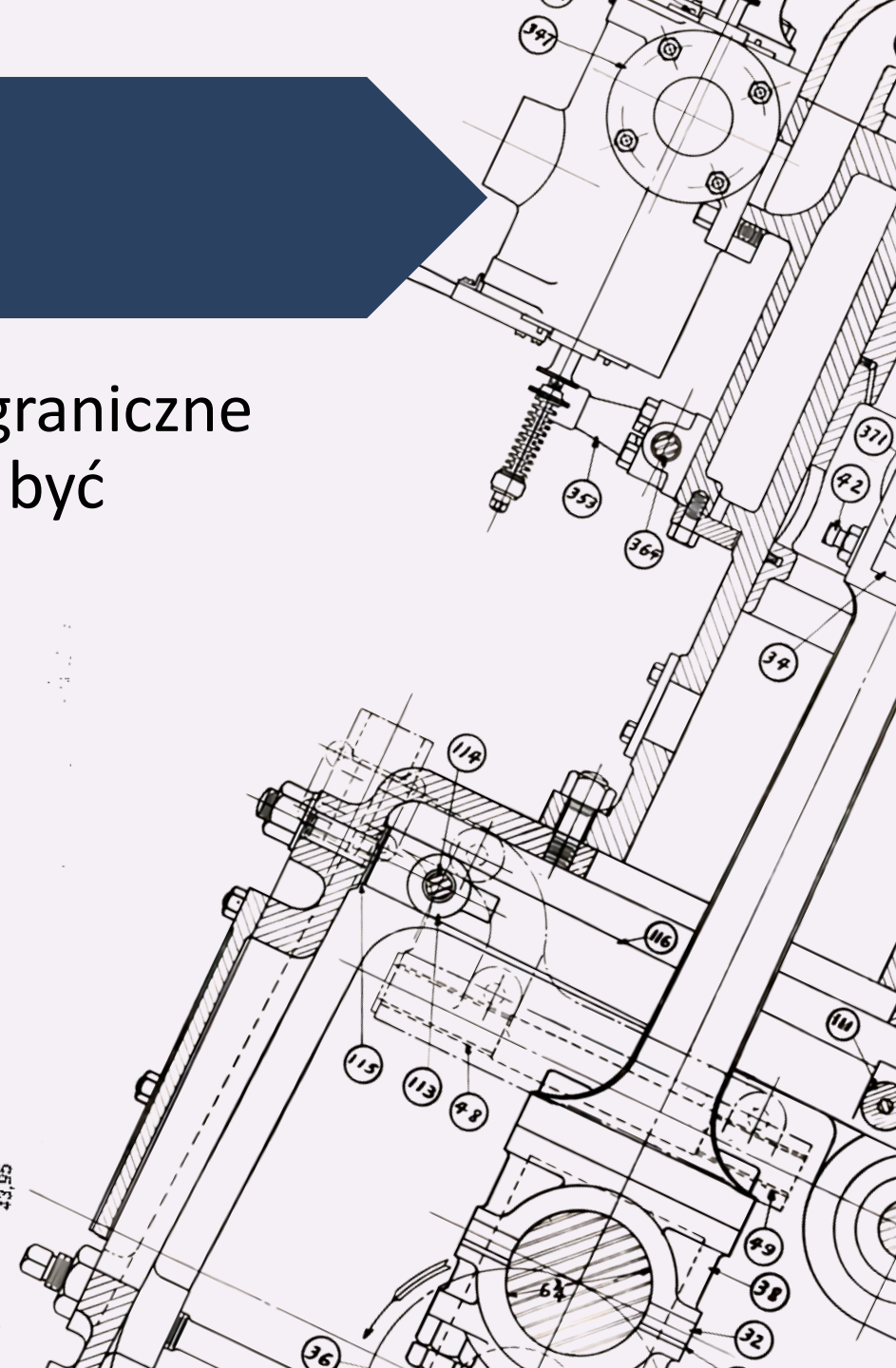
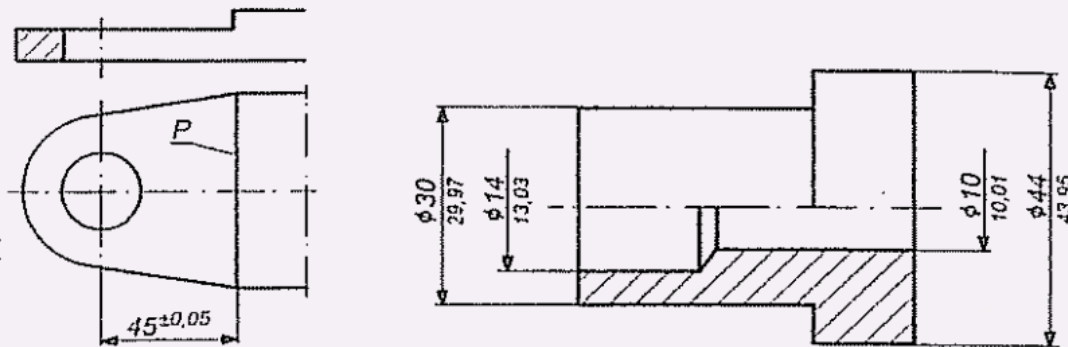


# Tolerowanie wymiarów

- Podanie dwóch wymiarów reprezentujących graniczne rozmiary tworzonego przedmiotu – jaki może być minimalnie i maksymalnie

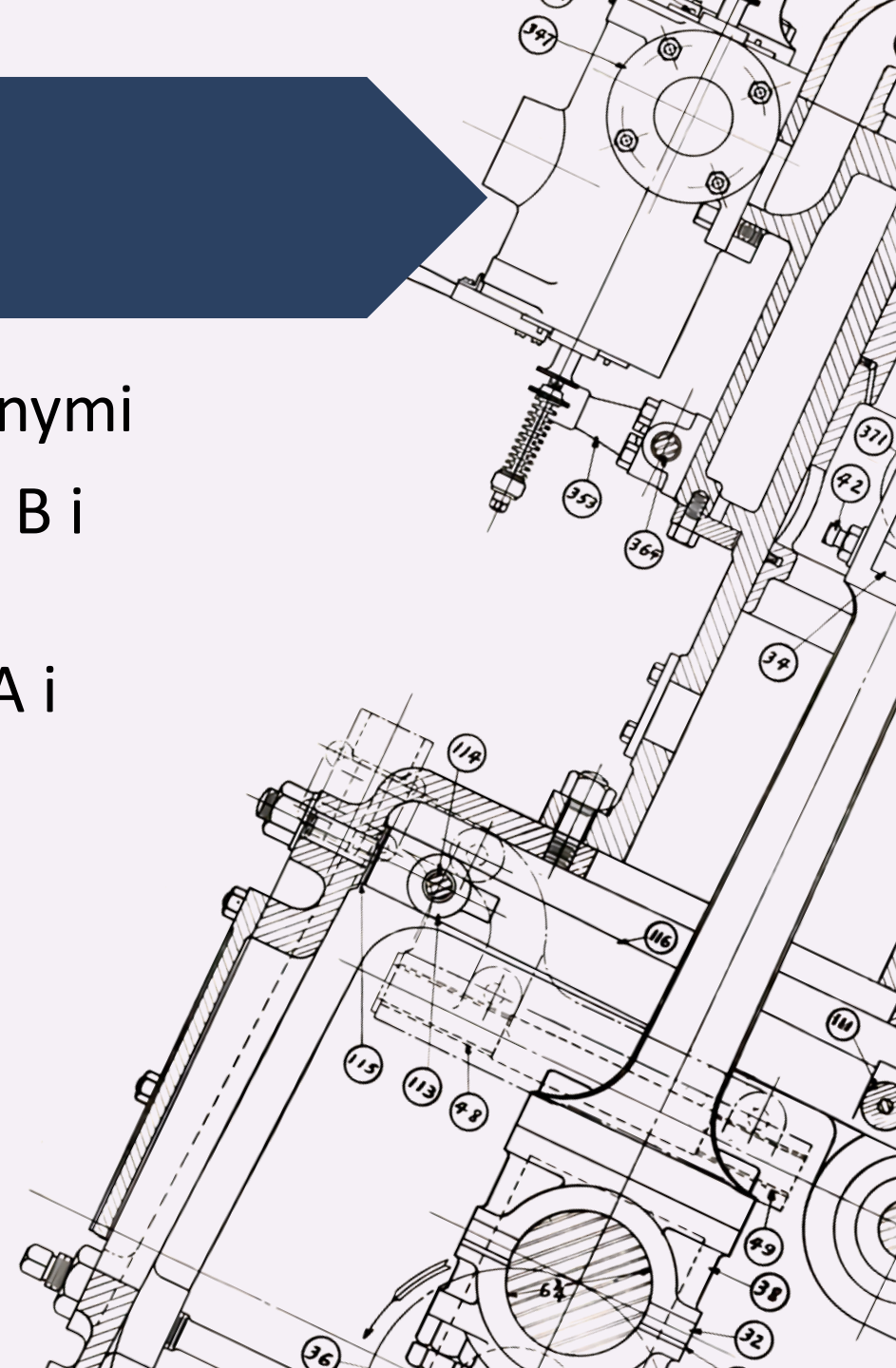


Rys. 8.10



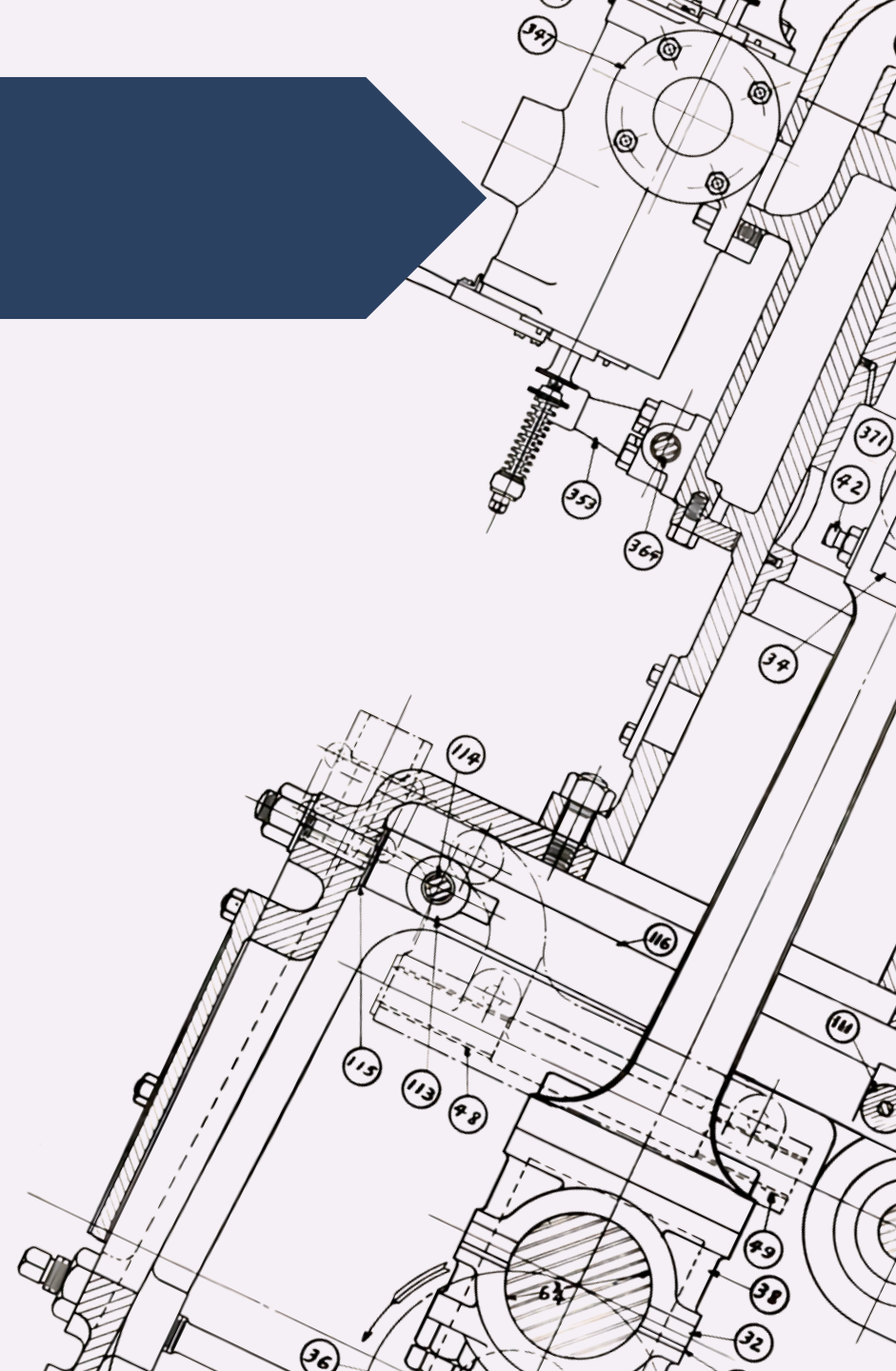
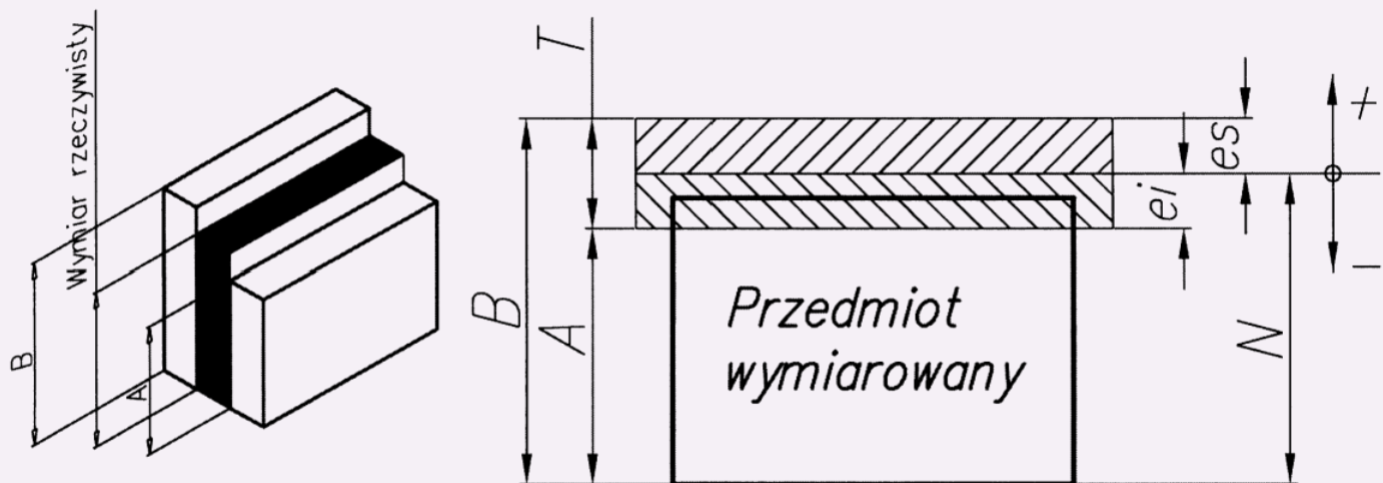
# Tolerancja i odchyłki

- Tolerancja - różnica między wymiarami granicznymi
- Odchyłka ES(lub es) różnica wymiaru górnego B i nominalnego N
- Odchyłka EI(lub ei) różnica wymiaru dolnego A i nominalnego N



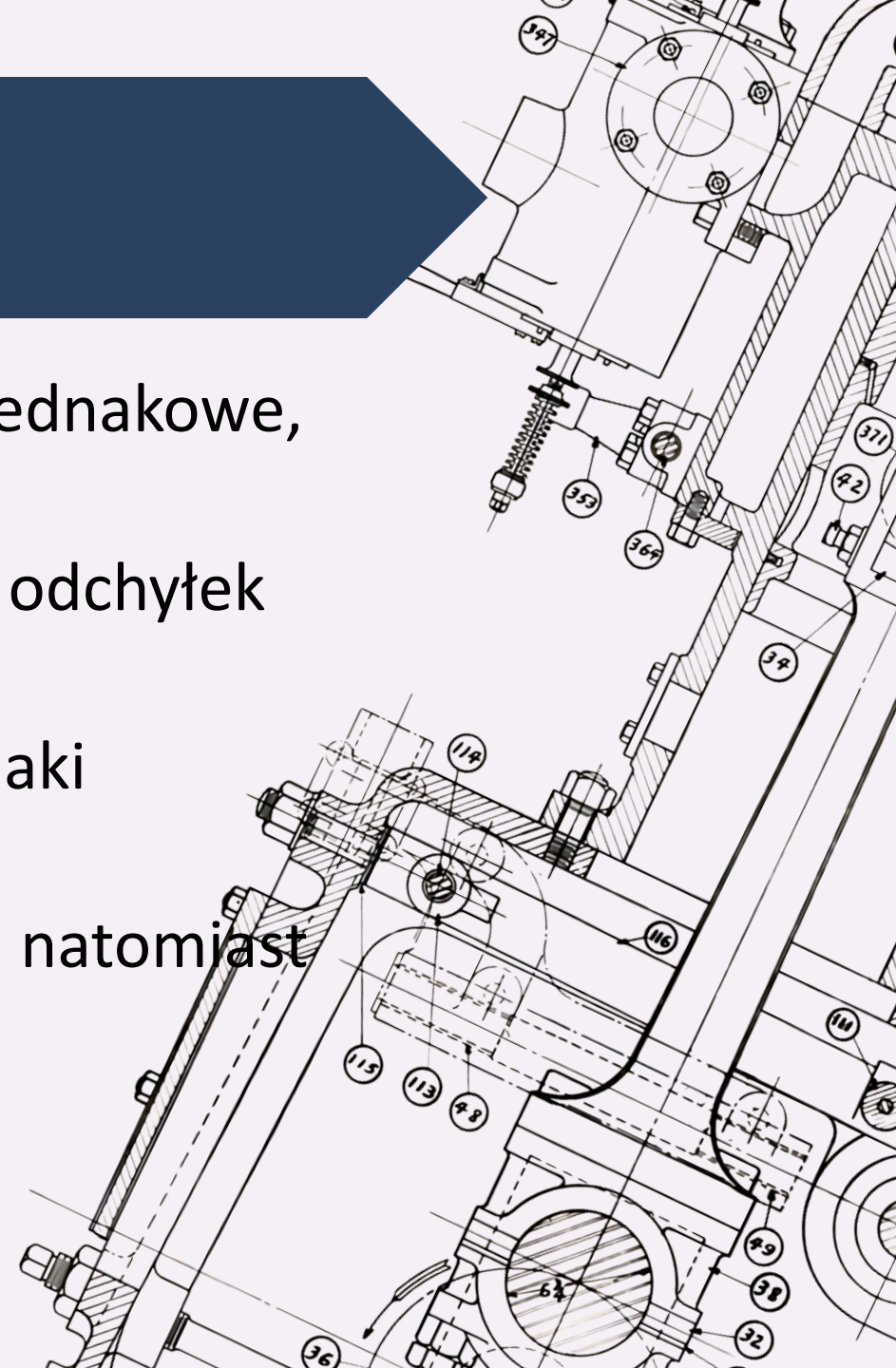
# Tolerancja i odchyłki

- Zachodzą związki:



# Rodzaje tolerancji

- Symetryczna – gdy odchyłki dolna i górna są jednakowe, a ich znaki są różne
- Asymetryczna jednograniczne – kiedy jedna z odchyłek jest równa 0.
- Asymetryczne dwustronne – gdy wartości i znaki odchyłek są różne
- Jednostronne – odchyłki mają różne wartości, natomiast ich znak jest jednakowy.





# Klasy dokładności

- Norma PN-EN 20286-2 przewiduje 20 klas dokładności: od IT1 do IT18 oraz klasy dokładności IT0, IT01 (ISO-286-1). Mają one następujące zastosowanie:
  - klasy IT0, IT01, IT1... IT5, jako najdokładniejsze, są stosowane dla narzędzi pomiarowych, urządzeń precyzyjnych itp.;
  - klasy IT6... IT11, jako średnio dokładne, są stosowane dla części maszyn;
  - klasy IT12... IT18 są najmniej dokładne.

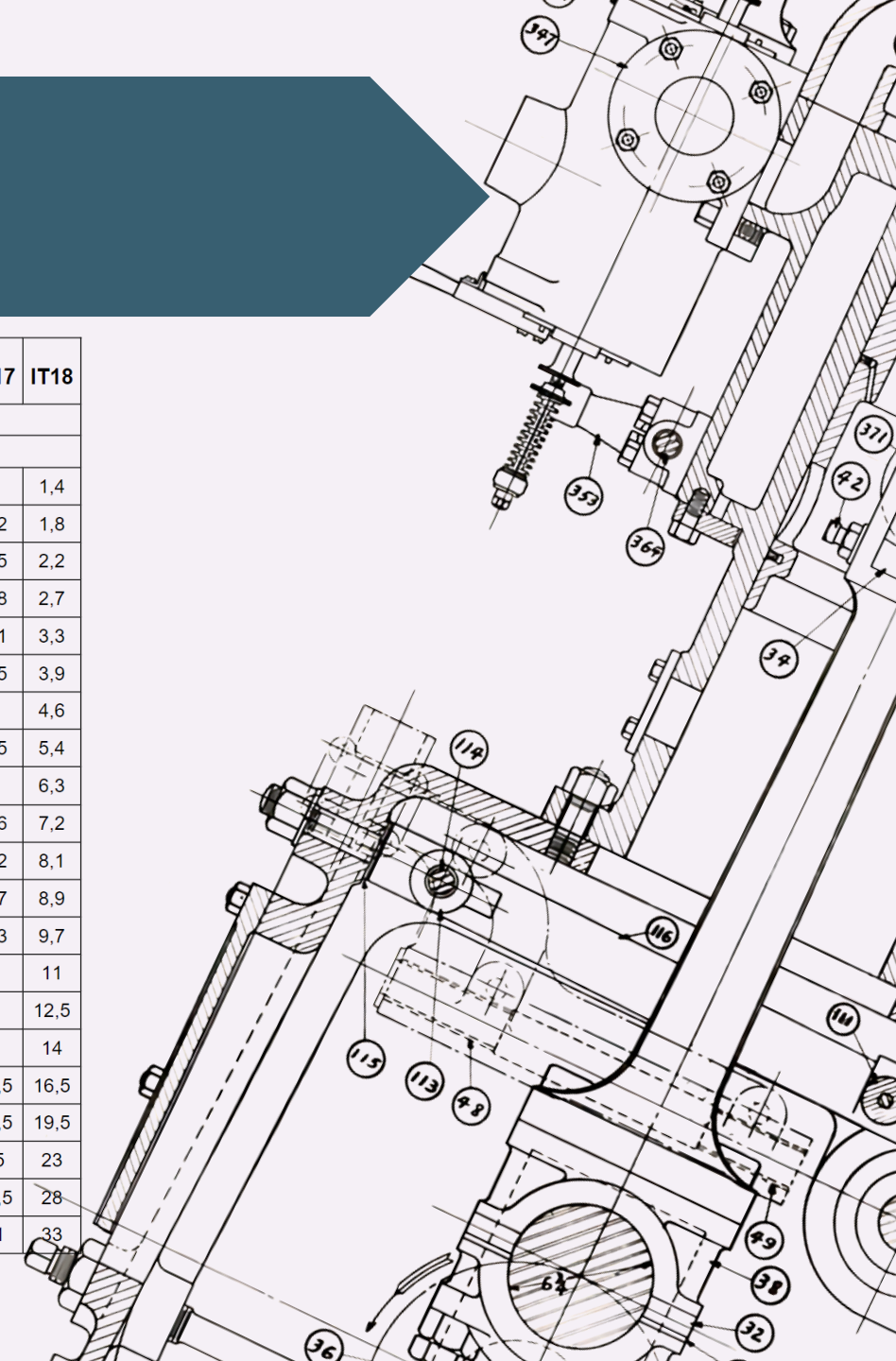


# Klasy dokładności

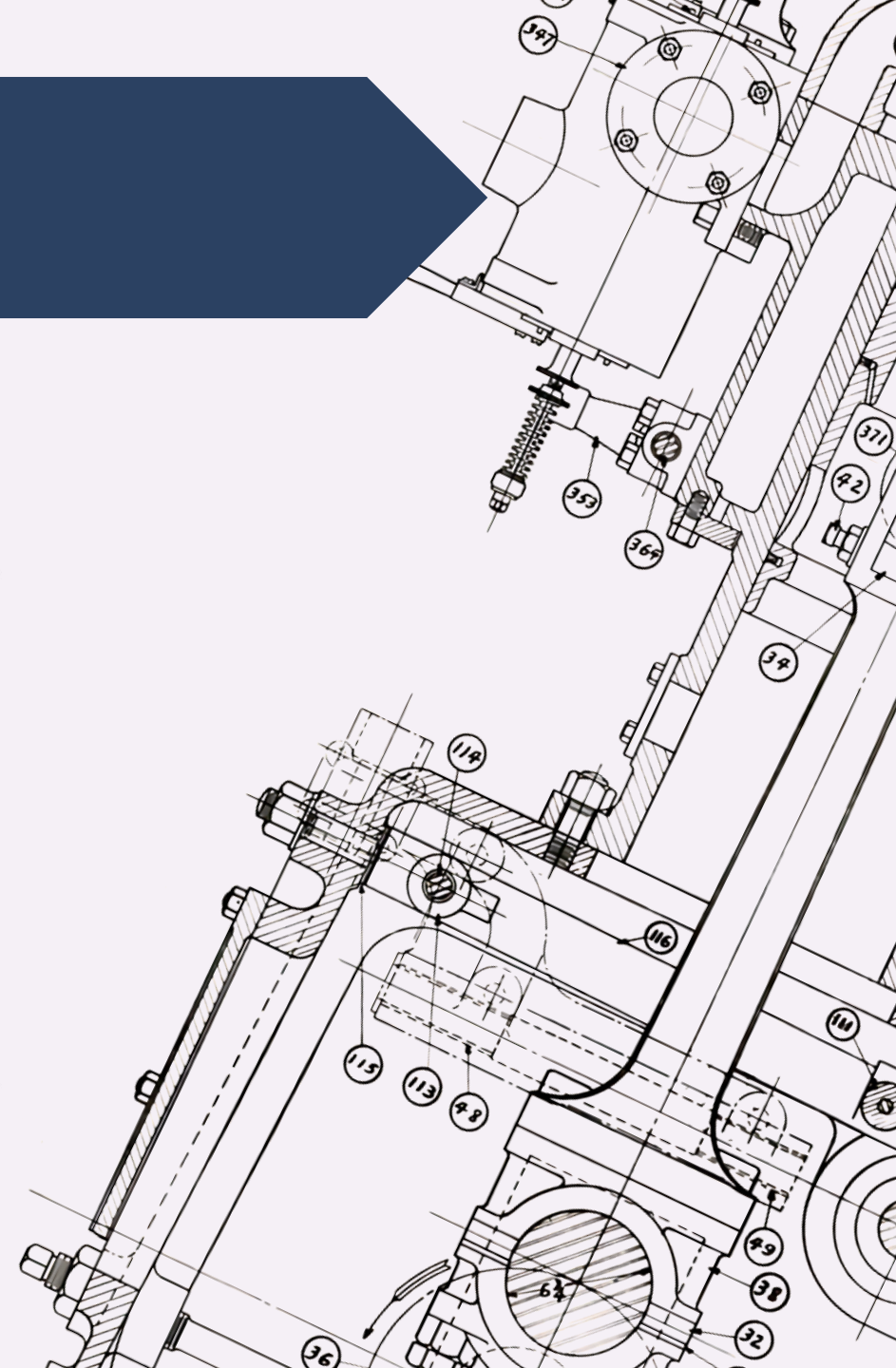
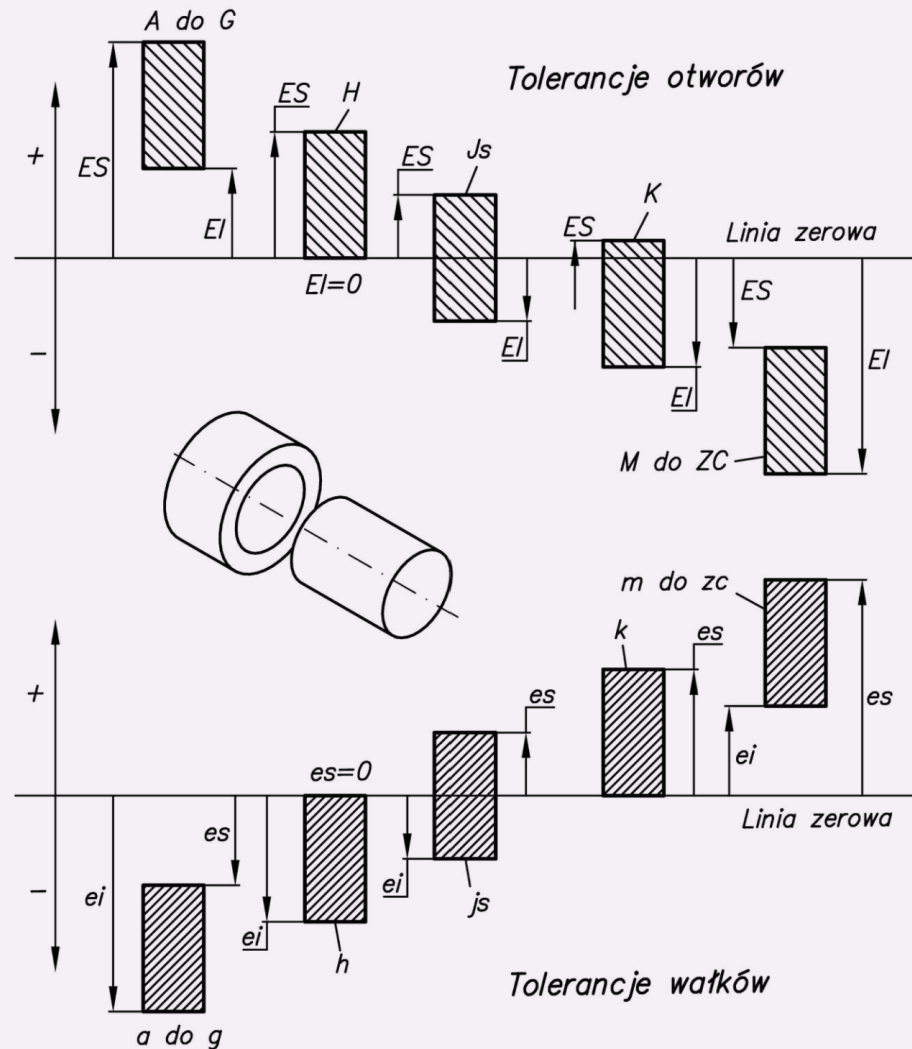
Wymiar nominalny mm		IT11	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18	
po- wyżej	do	Tolerancje T																	
		μm										mm							
-	3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
3	6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
6	10	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



POLSKO-JAPOŃSKA  
AKADEMIA TECHNIK  
KOMPUTEROWYCH

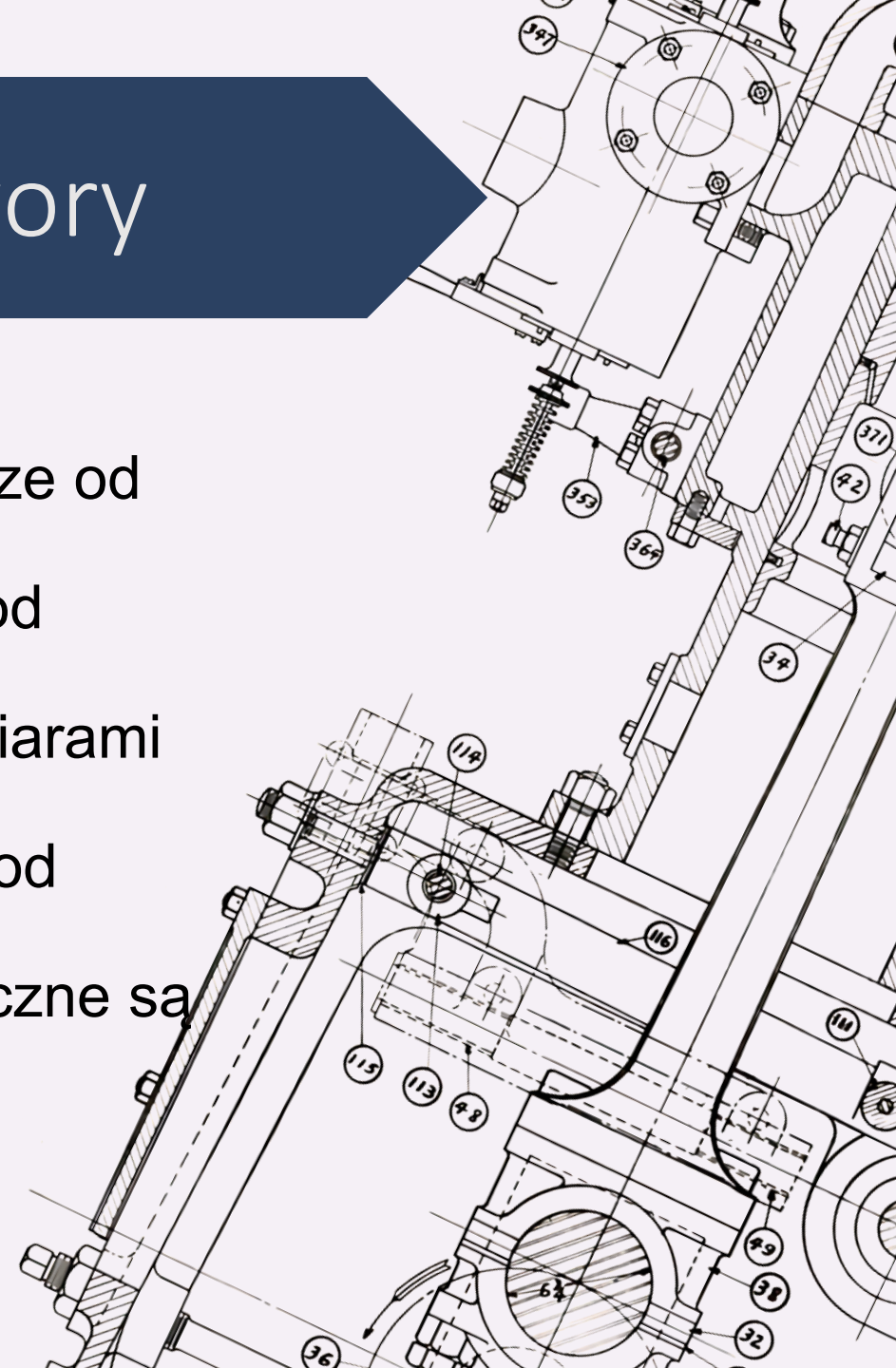


# Położenie pola tolerancji



# Położenie pola tolerancji - otwory

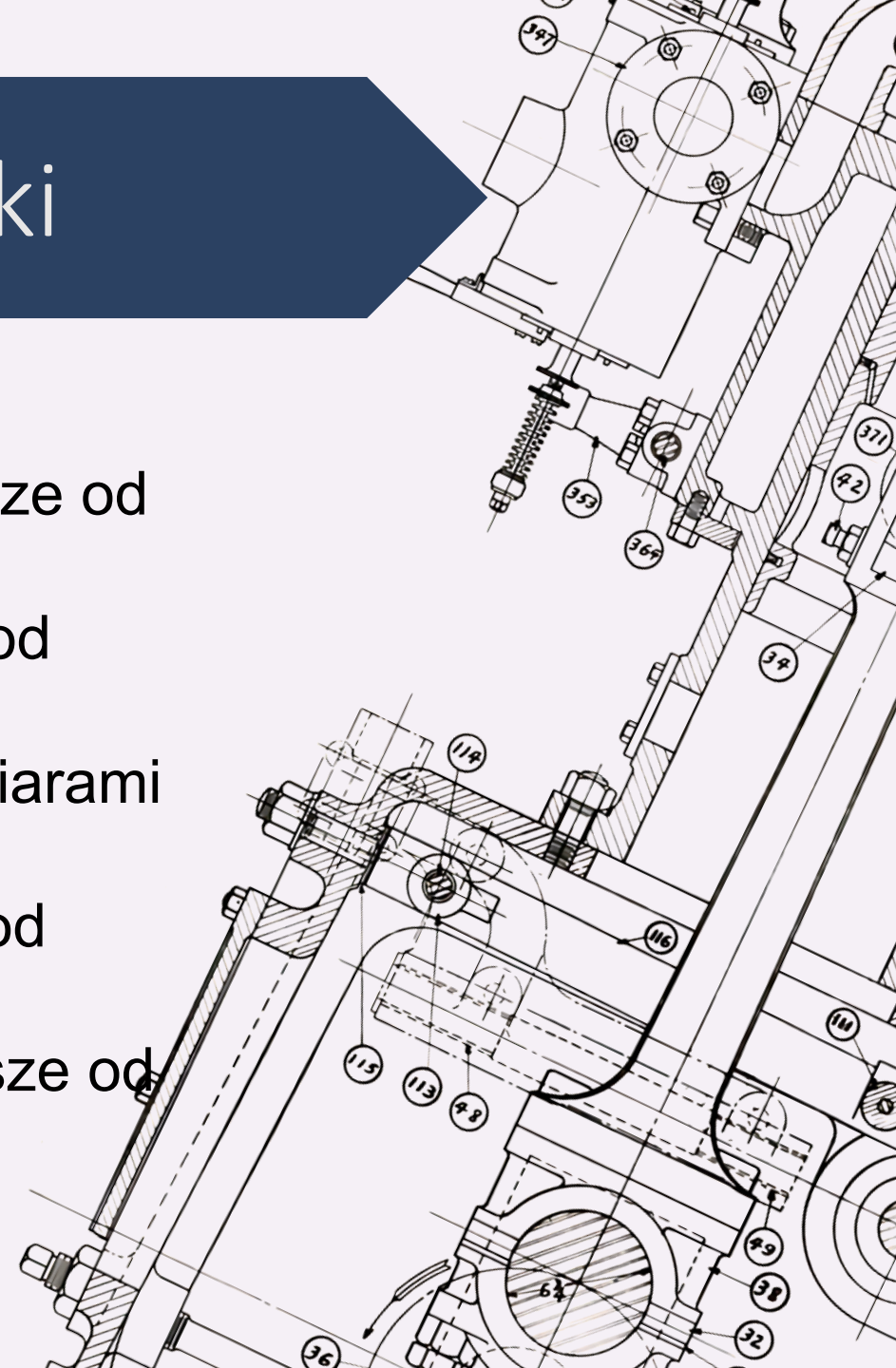
- Oznaczenia:
  - A do G, gdy oba wymiary graniczne są większe od nominalnego;
  - H, gdy wymiar graniczny górny jest większy od wymiaru nominalnego, a dolny jemu równy;
  - J, gdy wymiar nominalny leży pomiędzy wymiarami granicznymi dolnym i górnym;
  - K, gdy wymiar graniczny dolny jest mniejszy od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



# Położenie pola tolerancji - wałki

- Oznaczenia:

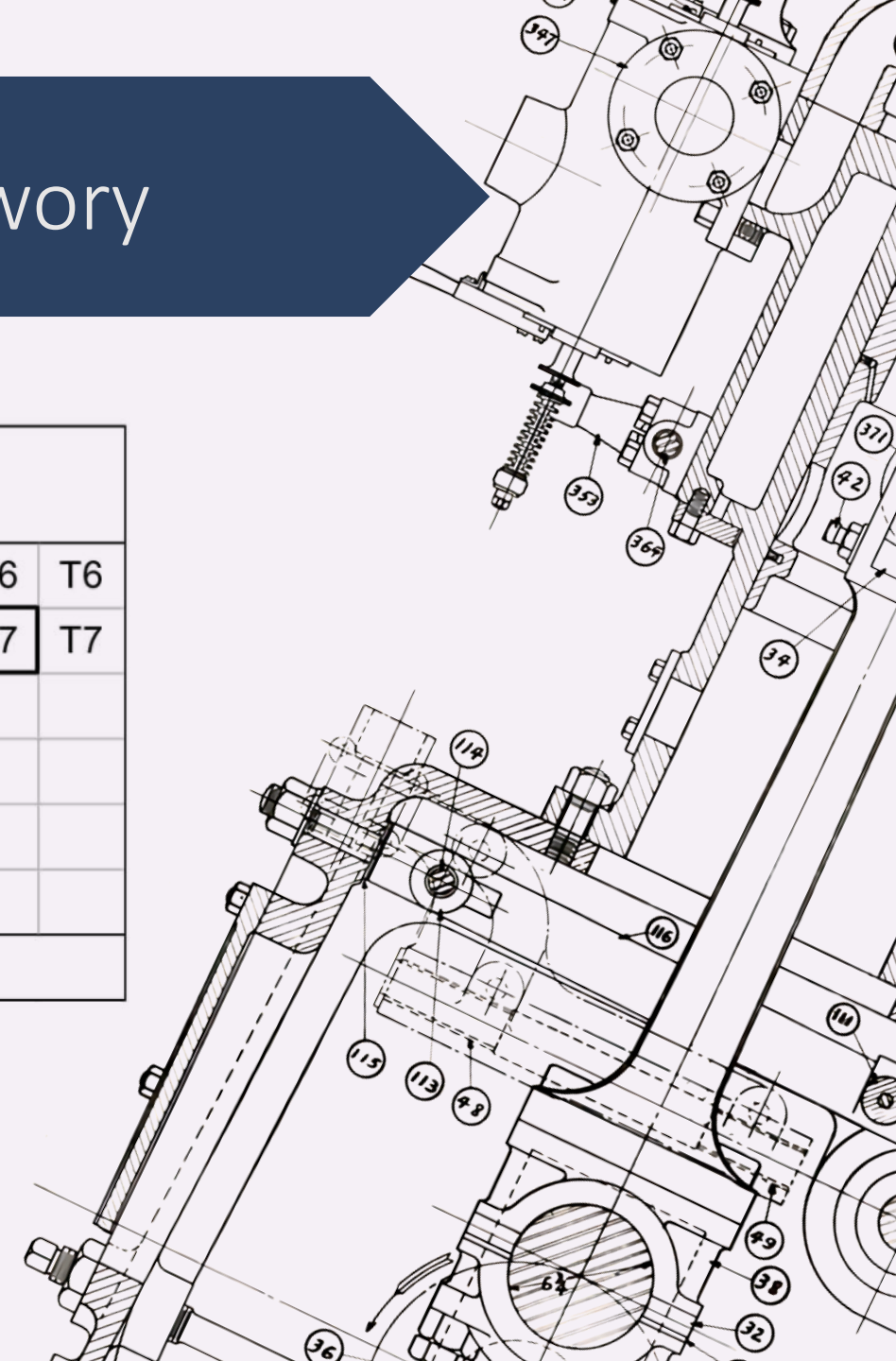
- a do g, gdy oba wymiary graniczne są mniejsze od nominalnego;
- h, gdy wymiar graniczny dolny jest mniejszy od wymiaru nominalnego, a górny jemu równy;
- j , gdy wymiar nominalny leży pomiędzy wymiarami granicznymi dolnym i górnym;
- k, gdy wymiar graniczny górny jest większy od wymiaru nominalnego,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



# Uprzywilejowane pola tolerancji - otwory

Klasa dokładności	Symbol tolerancji																
6								G6	H6	Js6	K6	M6	N6	P6	R6	S6	T6
7							F7	<b>G7</b>	<b>H7</b>	<b>Js7</b>	<b>K7</b>	<b>M7</b>	<b>N7</b>	<b>P7</b>	<b>R7</b>	<b>S7</b>	T7
8					E8	F8		H8	Js8	K8	M8	N8	P8	R8			
9				D9	E9	F9		H9									
10				D10	E10			H10									
11	A11	B11	C11	D11				h11									

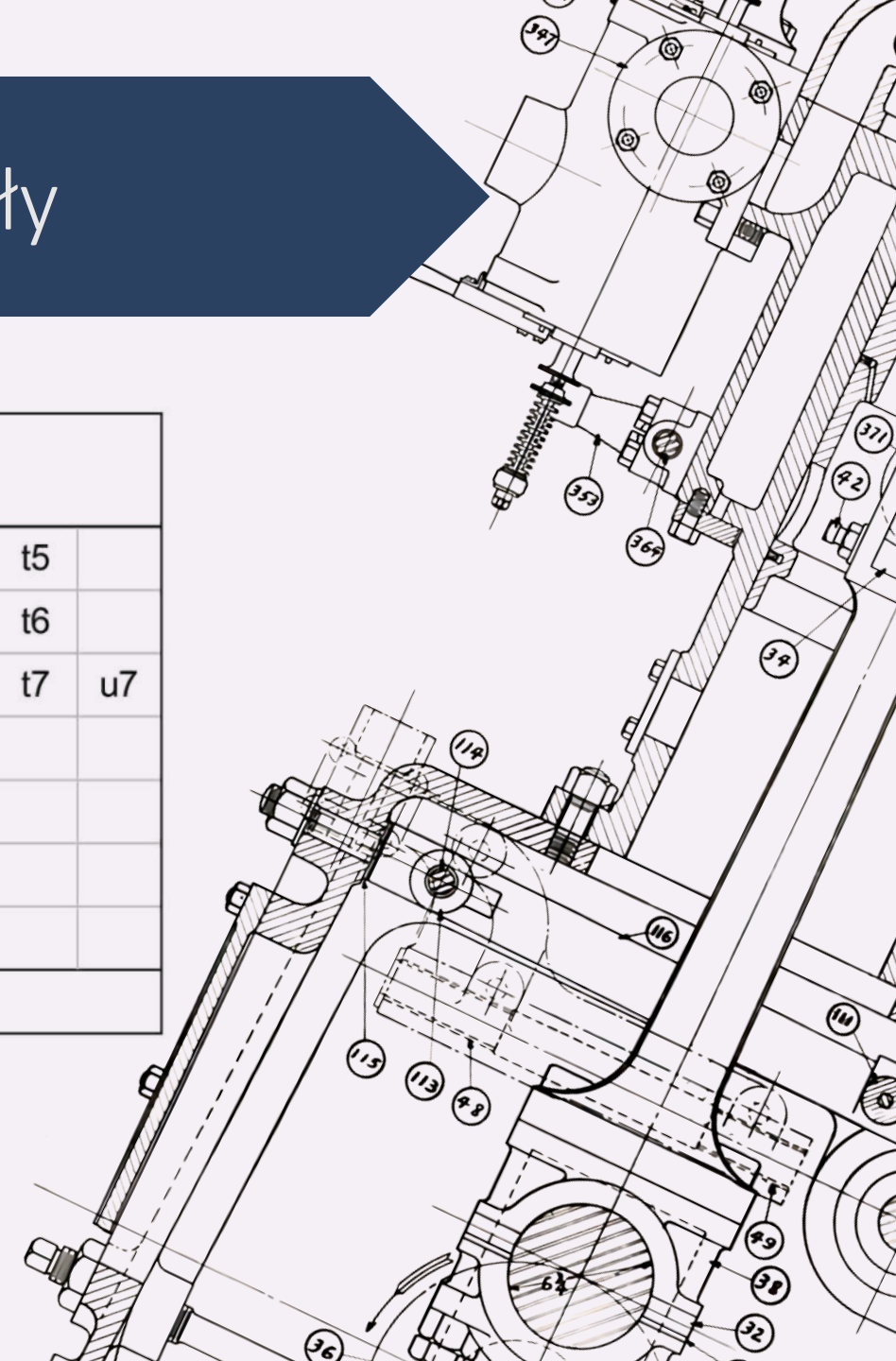
W pierwszej kolejności należy stosować tolerancje zawarte w ramkach



# Uprzywilejowane pola tolerancji - wały

Klasa dokładności	Symbol tolerancji																		
5										g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5	t5
6						f6				g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6
7					e7	f7				h7	js7	k7	m7	n7	p7	r7	s7	t7	u7
8				d8	e8	f8				h8									
9				d9	e9					h9									
10				d10															
11	a11	b11	c11							h11									

W pierwszej kolejności należy stosować tolerancje zawarte w ramkach



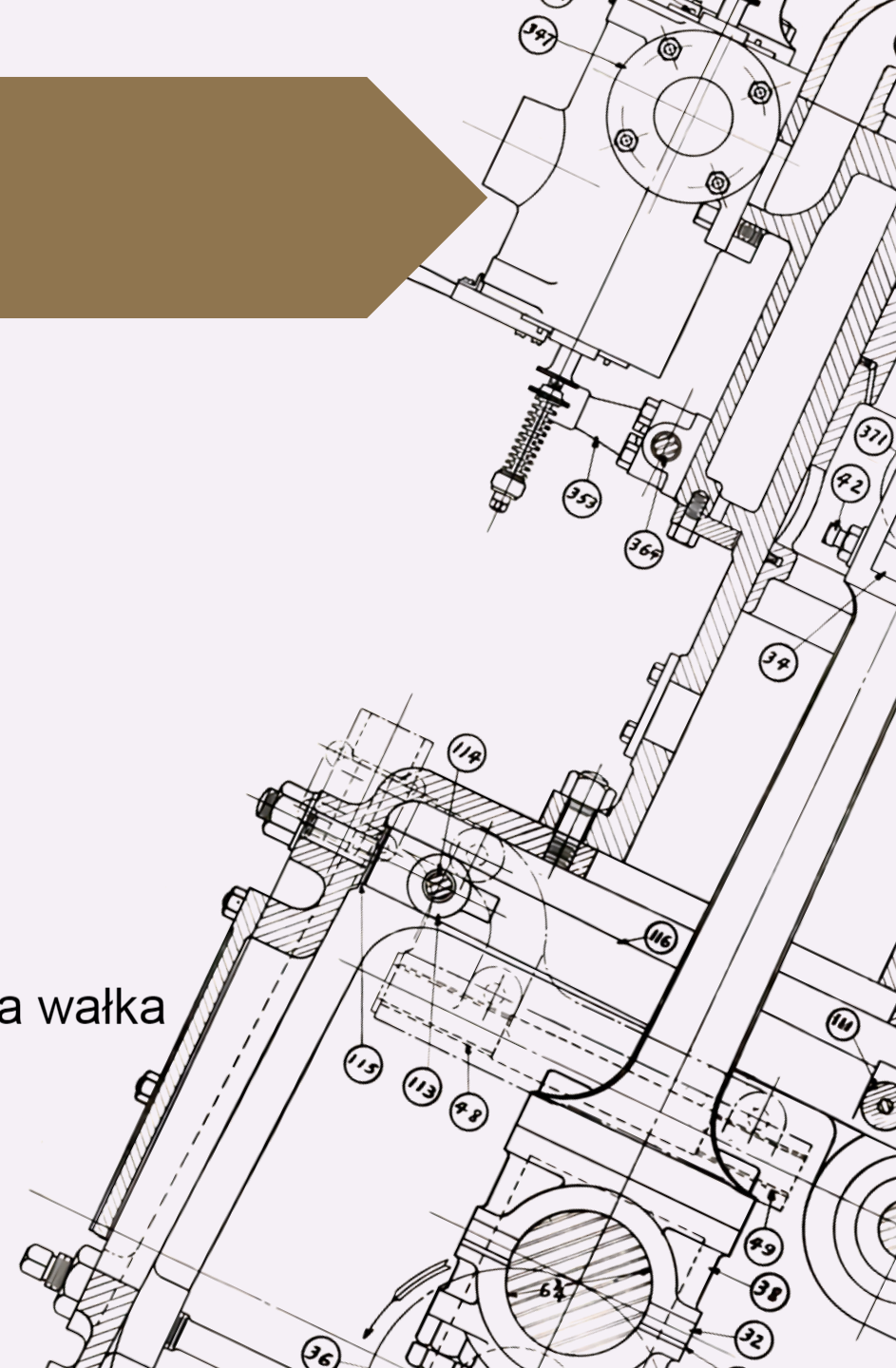
# Pasowanie

- Połączenie dwóch elementów o tym samym wymiarze nominalnym lecz o dwóch różnych odchyłkach

wymiar nominalny —→ **100H7 / f6**

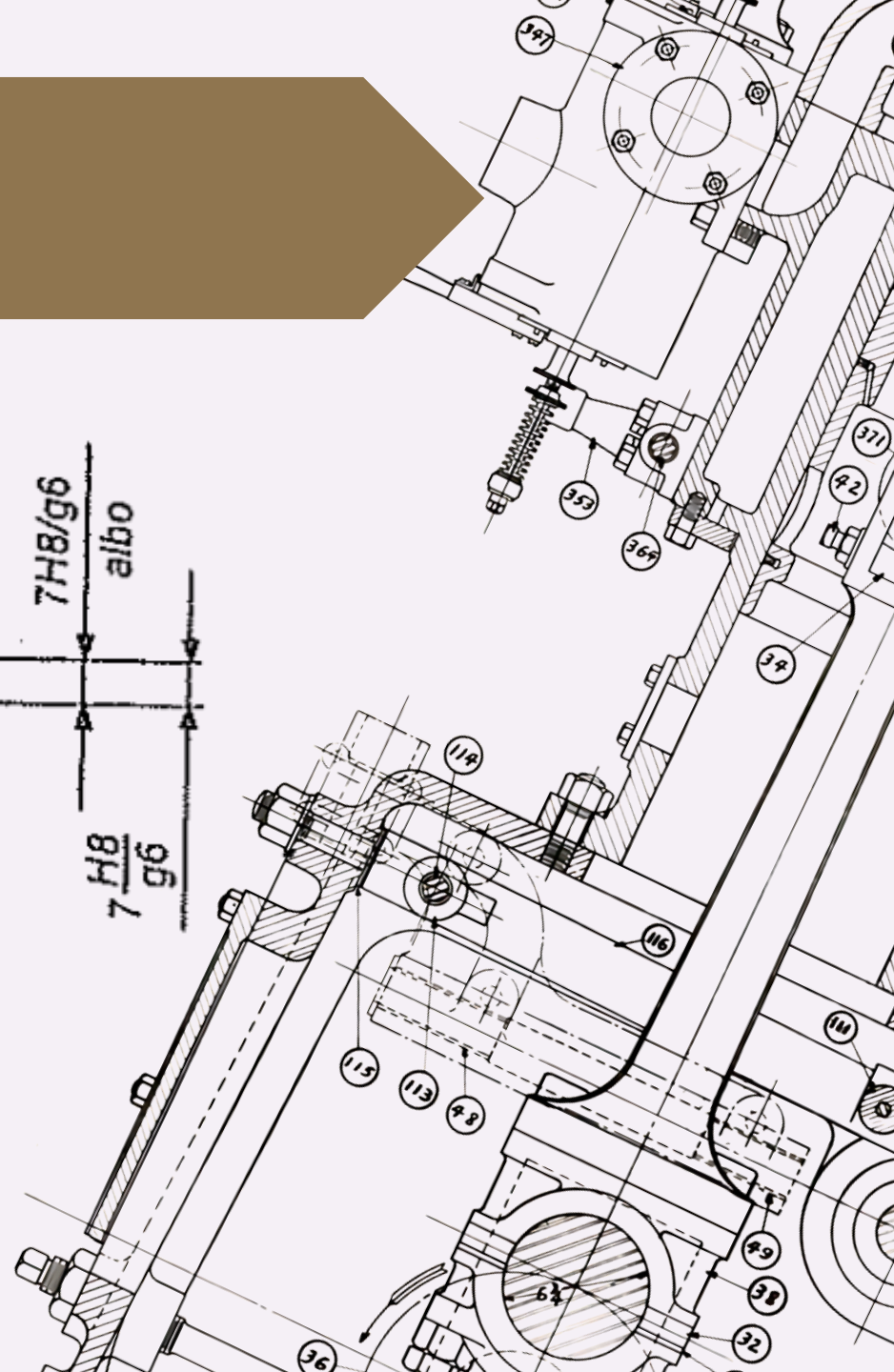
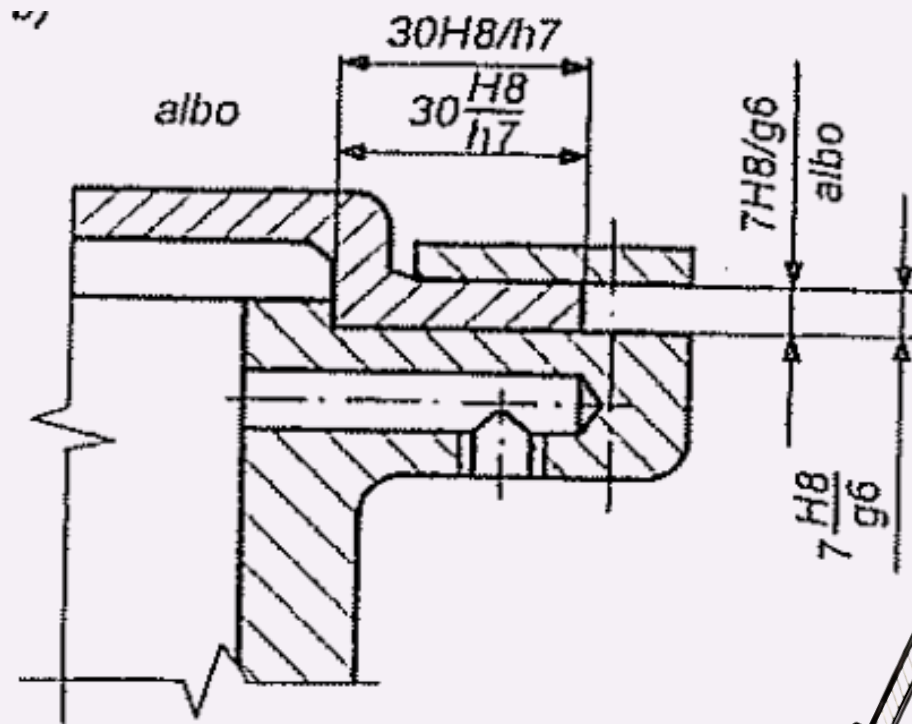
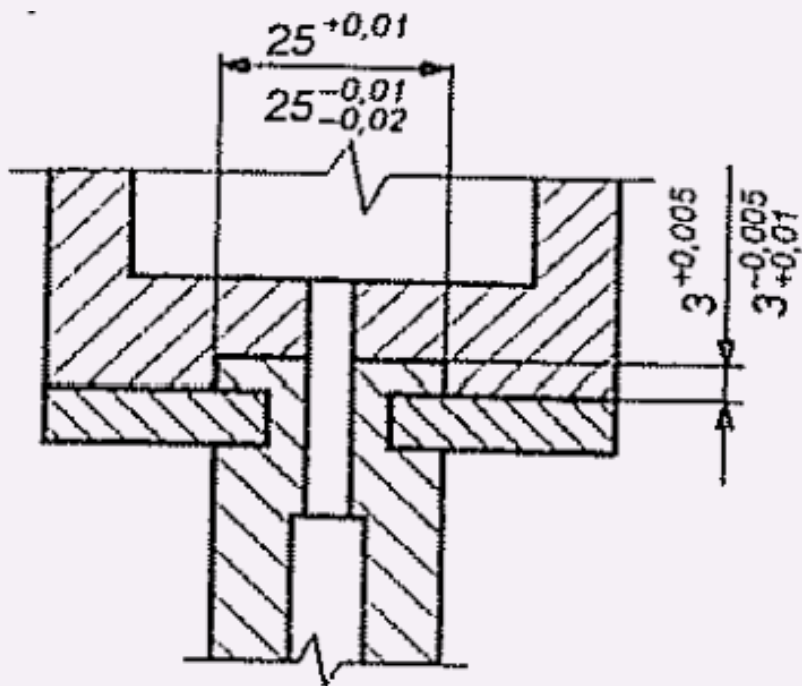
Tolerancja otworu

Tolerancja wałka



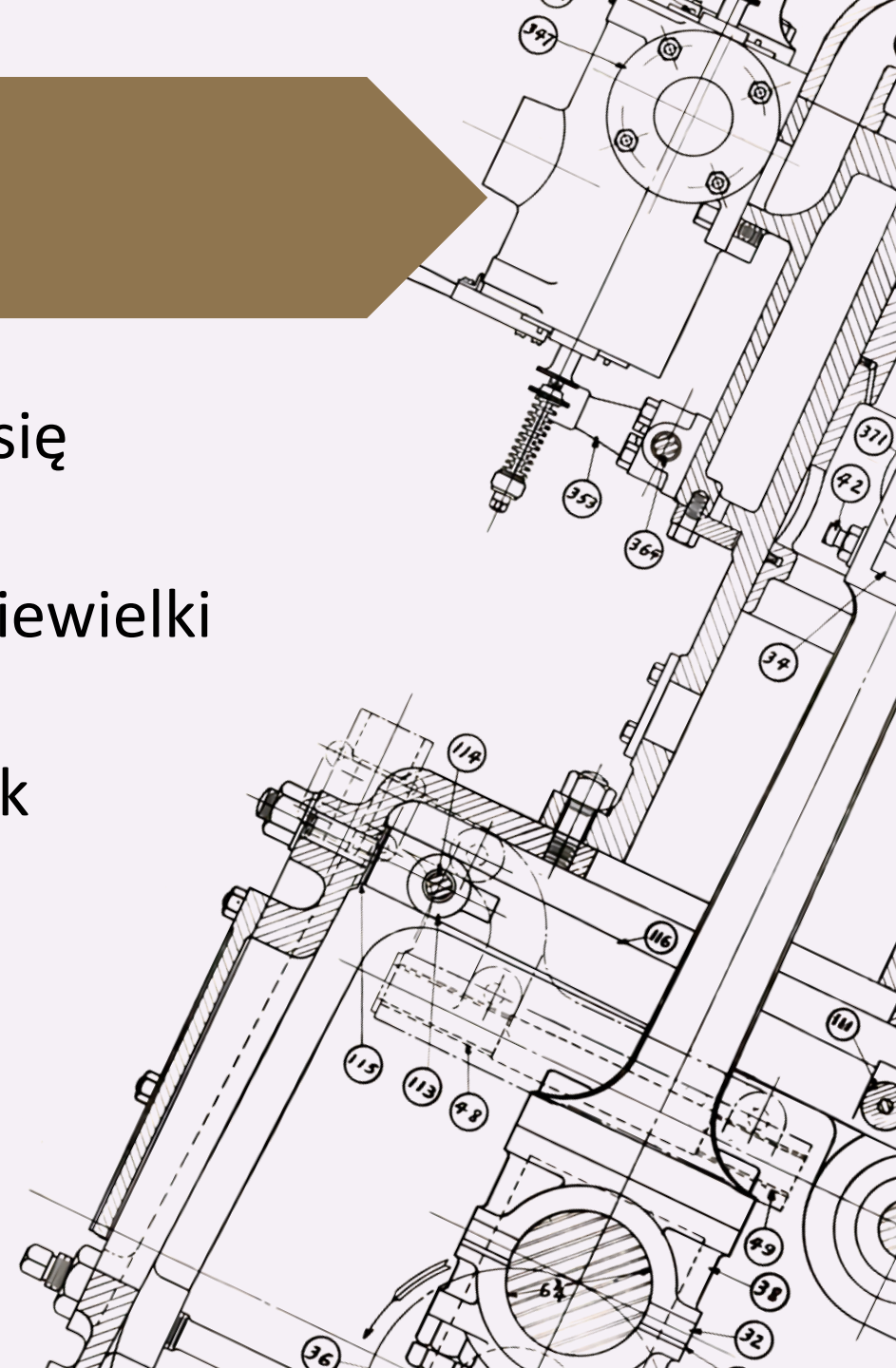


# Pasowanie



# Rodzaje pasowań

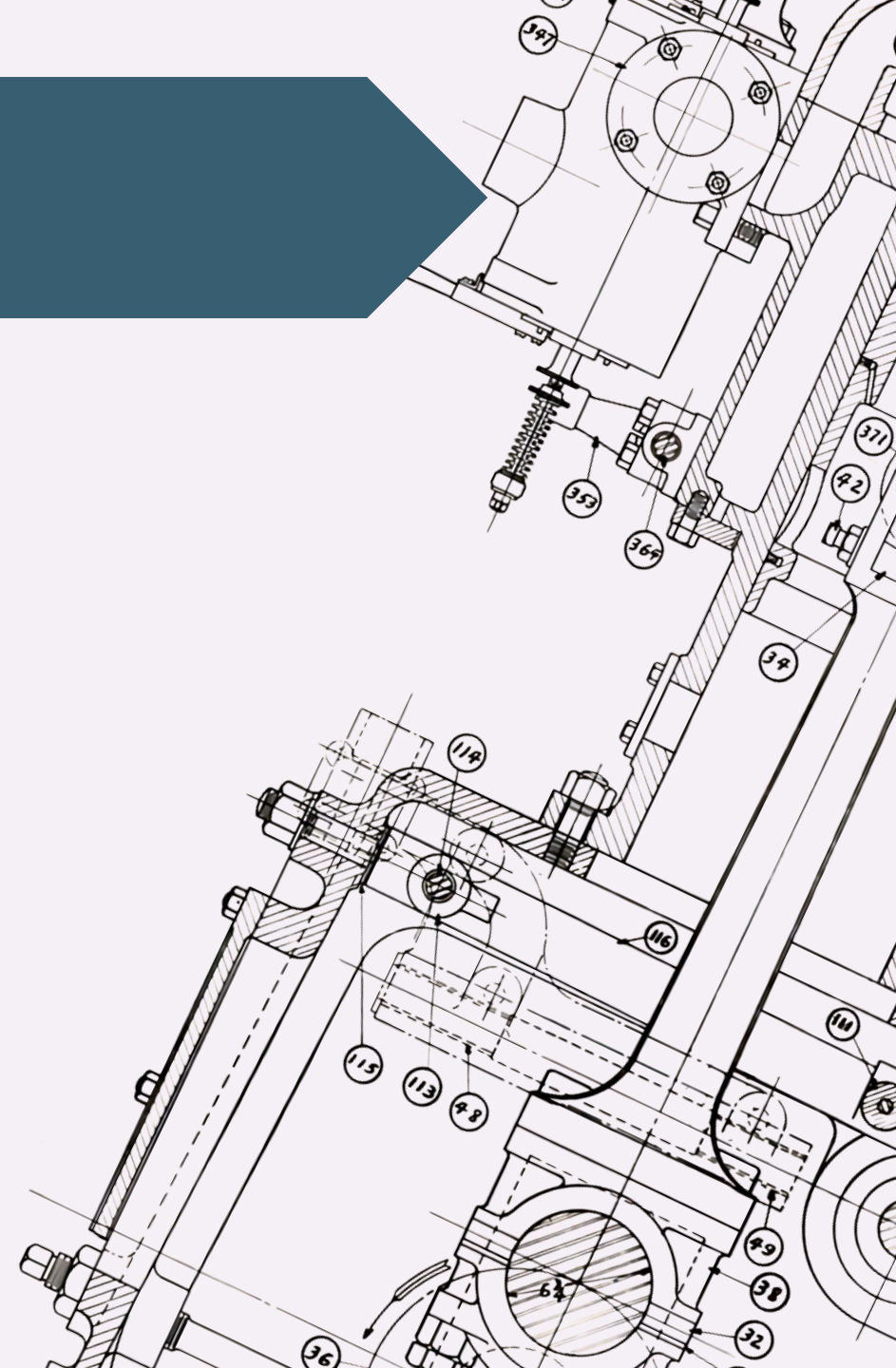
- Luźne (ruchome) – element pasowane mogą się względem siebie przemieszczać
- Mieszane – połączenie w którym występuje niewielki luz, lub niewielki wcisk (luz ujemny)
- Ciasne – połączenie w którym występuje wcisk (element są nieruchome względem siebie po połączeniu).



# Matematyka ☹️ - pasowania

$$L_{min} = A_o - B_w = EI - es$$
$$L_{max} = B_o - A_w = ES - ei$$

- Gdzie:
  - $A_o$  - wymiar dolny otworu,
  - $B_o$  - wymiar górny otworu,
  - $A_w$  - wymiar dolny wałka,
  - $B_w$  - wymiar górny wałka,



# Matematyka ☹️ - pasowania cd.

- Pasowanie luźne:

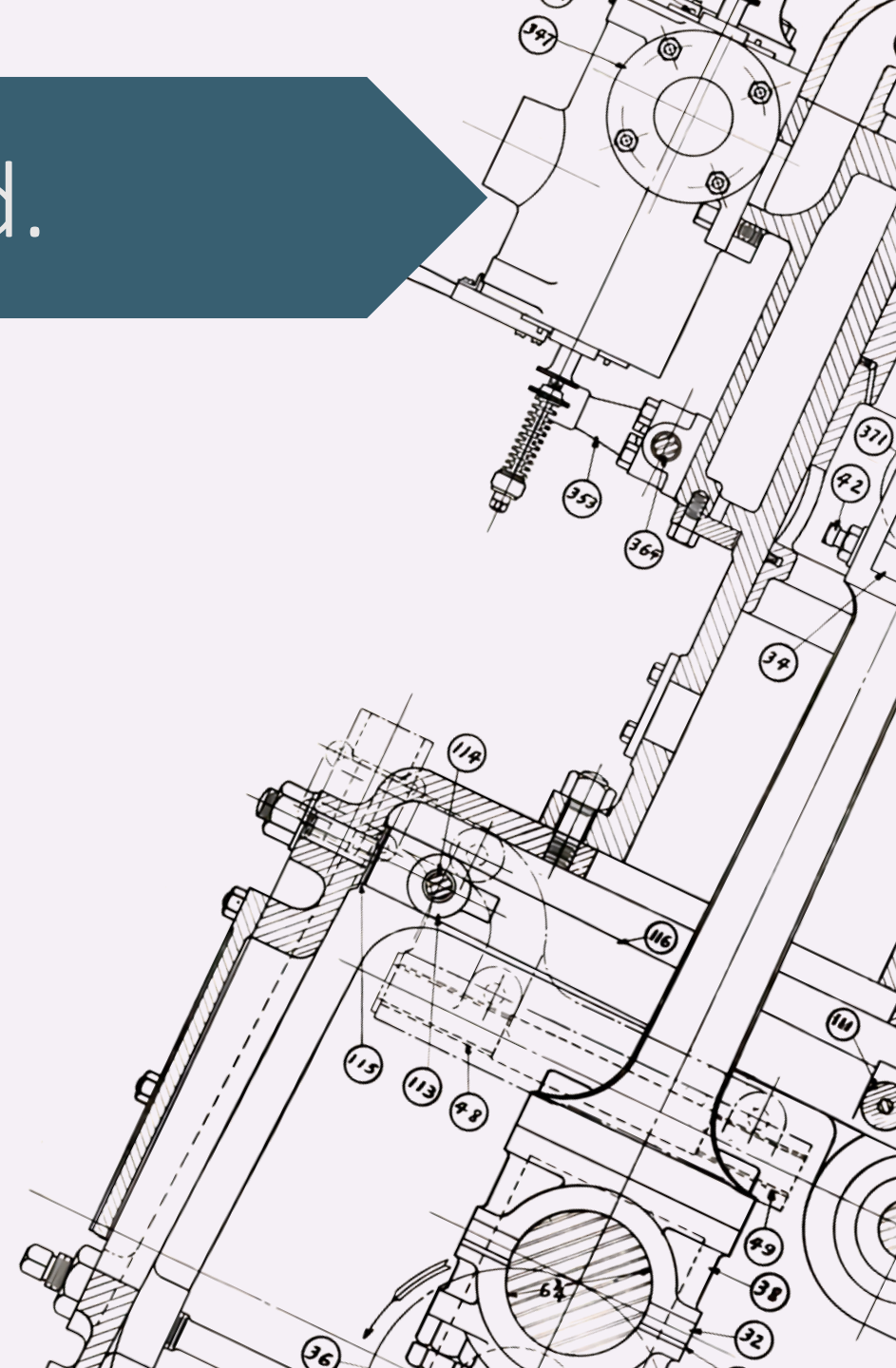
$$L_{min}, L_{max} > 0$$

- Pasowanie mieszane:

$$L_{min} < 0, L_{max} > 0$$

- Pasowanie ciasne:

$$L_{min}, L_{max} < 0$$



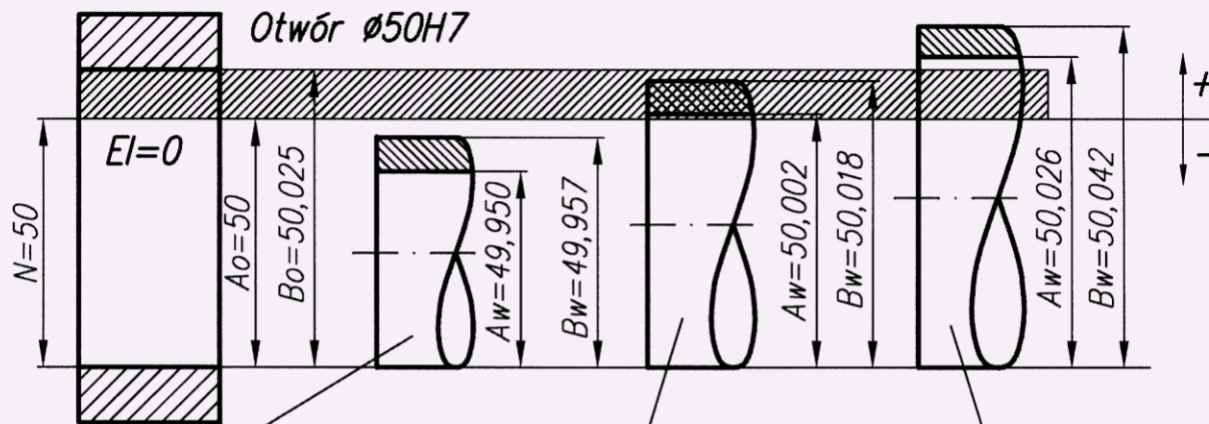
# Zasady pasowań

- **Zasada stałego otworu** –średnicę otworu toleruje się zawsze w głąb materiału,  $EI=0$  (tolerowanie asymetryczne), żądane pasowanie uzyskuje się poprzez dobranie odchyłek wałka. Przykłady:  $10H7/f6$ –pasowanie luźne,  $10H7/s7$ –pasowanie ciasne.



# Zasady pasowań

## • Zasada stałego otworu



Pasowanie  
luźne

$\phi 50H7/f7$

$L_{min}=+0,025$

$L_{max}=+0,075$

Pasowanie  
mieszane

$\phi 50H7/k6$

$L_{min}=-0,018$

$L_{max}=+0,023$

Pasowanie  
ciasne


$\phi 50H7/p6$

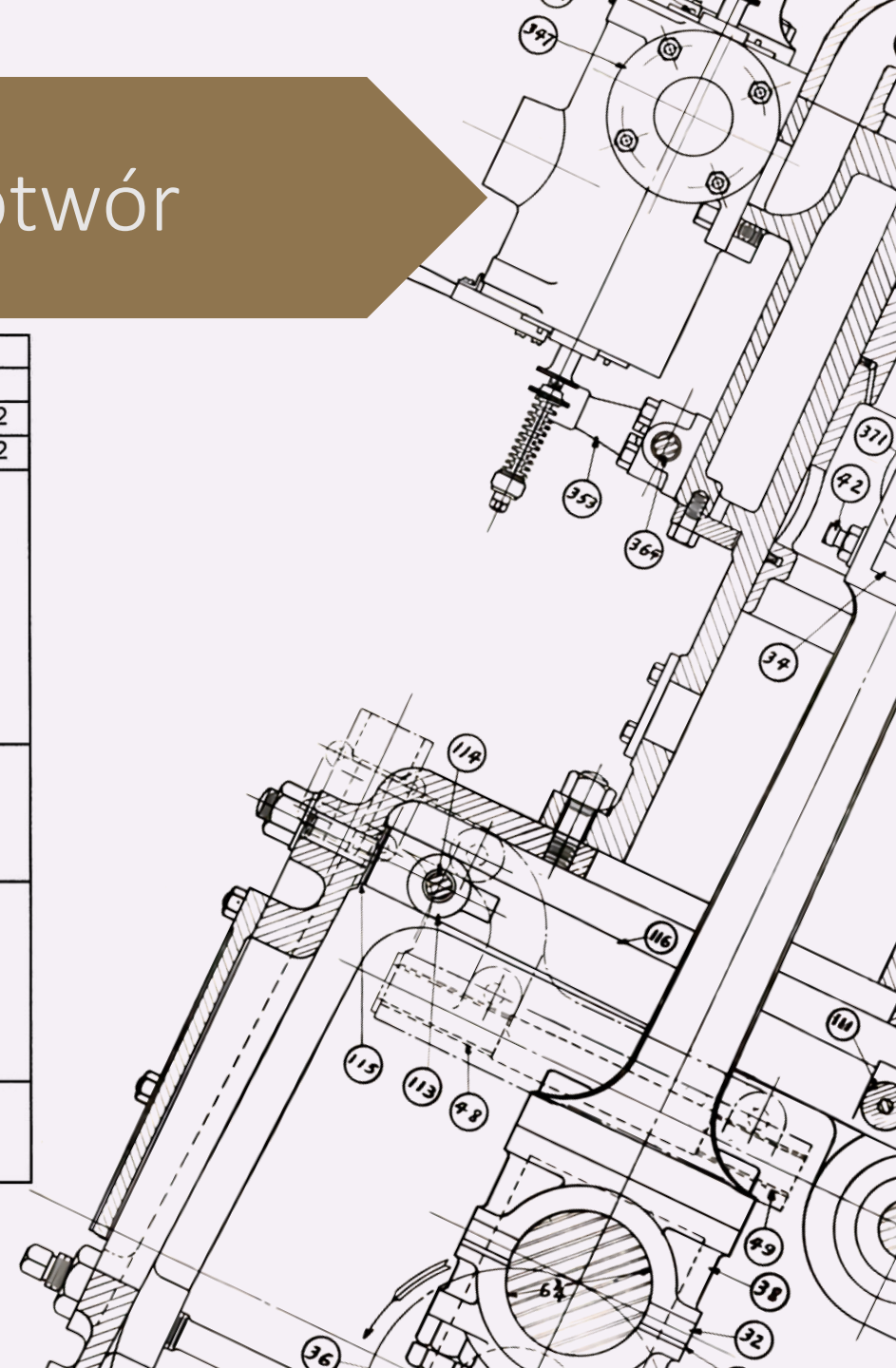
$L_{min}=-0,042$

$L_{max}=-0,001$

# Uprzywilejowane pasowania – stały otwór

Nazwa pasowania	Pole tolerancji otworu podstawowego							
	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
Luźne	H5/g6	H6/f6	H7/c8	H8/c8	H9/d9	H10/d10	H11/a11	H12/b12
	H5/h4	H6/g5	H7/d8	H8/d8	H9/e8	H10/h9	H11/b11	H12/h12
		H6/h5	H7/e8	H8/d9	H9/e9	H10/h10	H11/c11	
			H7/f7	H8/e8	H9/f8		H11/d11	
			H7/g6	H8/e9	H9/f9		H11/h11	
			H7/h6	H8/f8	H9/h8			
				H8/f9	H9/h9			
				H8/h7				
				H8/h8				
				H8/h9				
Mieszane	H5/js4	H6/js5	H7/js6	H8/js7				
	H5/k4	H6/k5	H7/k6	H8/k7				
	H5/m4	H6/m5	H7/m6	H8/m7				
	H5/n4	H6/n5	H7/n6	H8/n7				
Ciasne		H6/p5	H7/p6	H8/s7				
		H6/r5	H7/r6	H8/u8				
		H6/s5	H7/s6	H8/x8				
			H7/s7	H8/z8				
			H7/t6					
		H7/u7						

 - pasowania uprzywilejowane



# Zasady pasowań

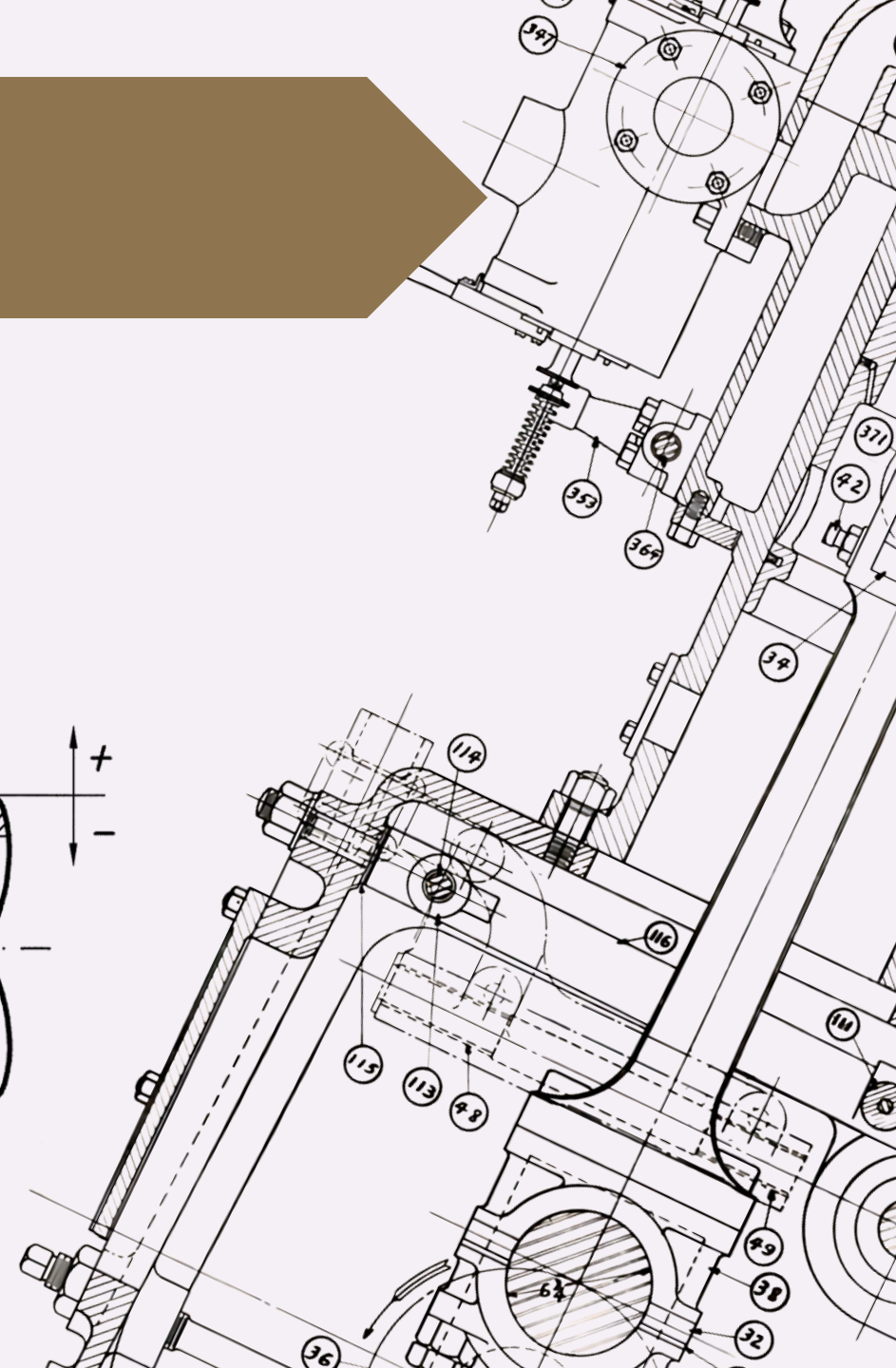
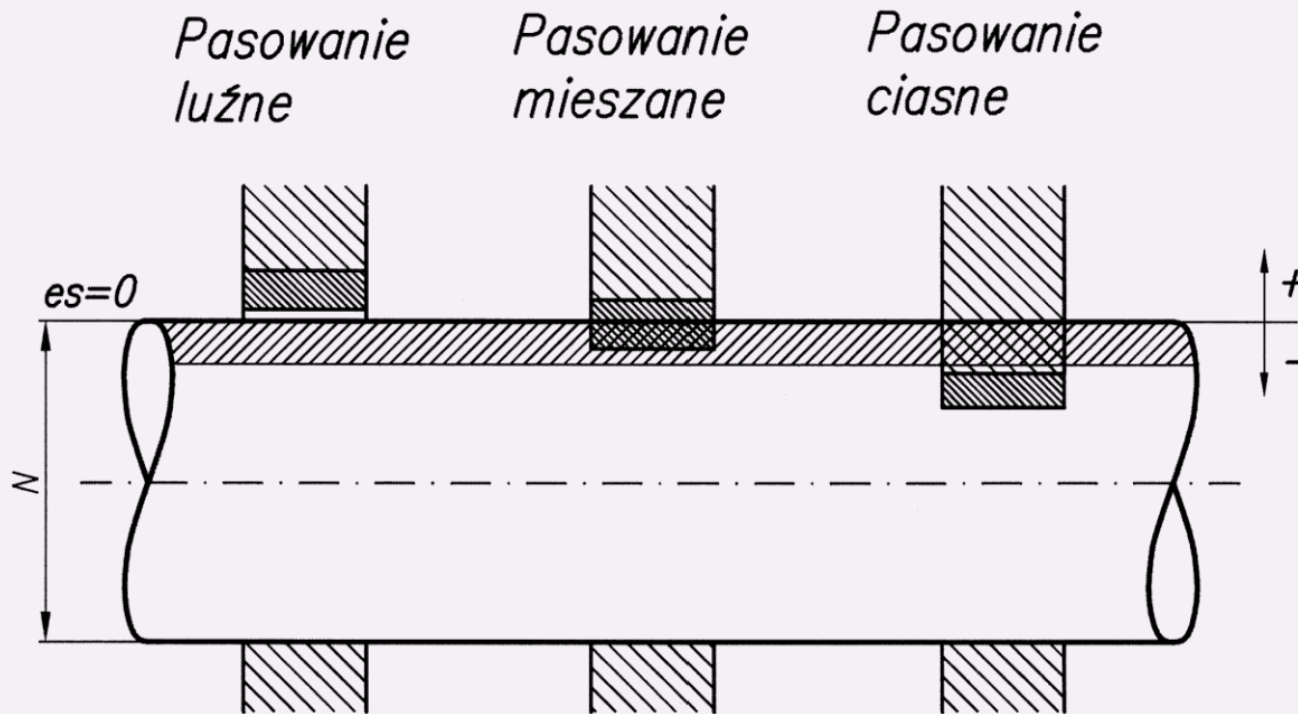
- **Zasada stałego wałka** –średnicę wałka toleruje się zawsze w głąb materiału,  $es=0$  (tolerowanie asymetryczne), żądane pasowanie uzyskuje się poprzez dobranie odchyłek otworu. Przykłady: 10F8/h6–pasowanie luźne, 10S7/h6–pasowanie ciasne.





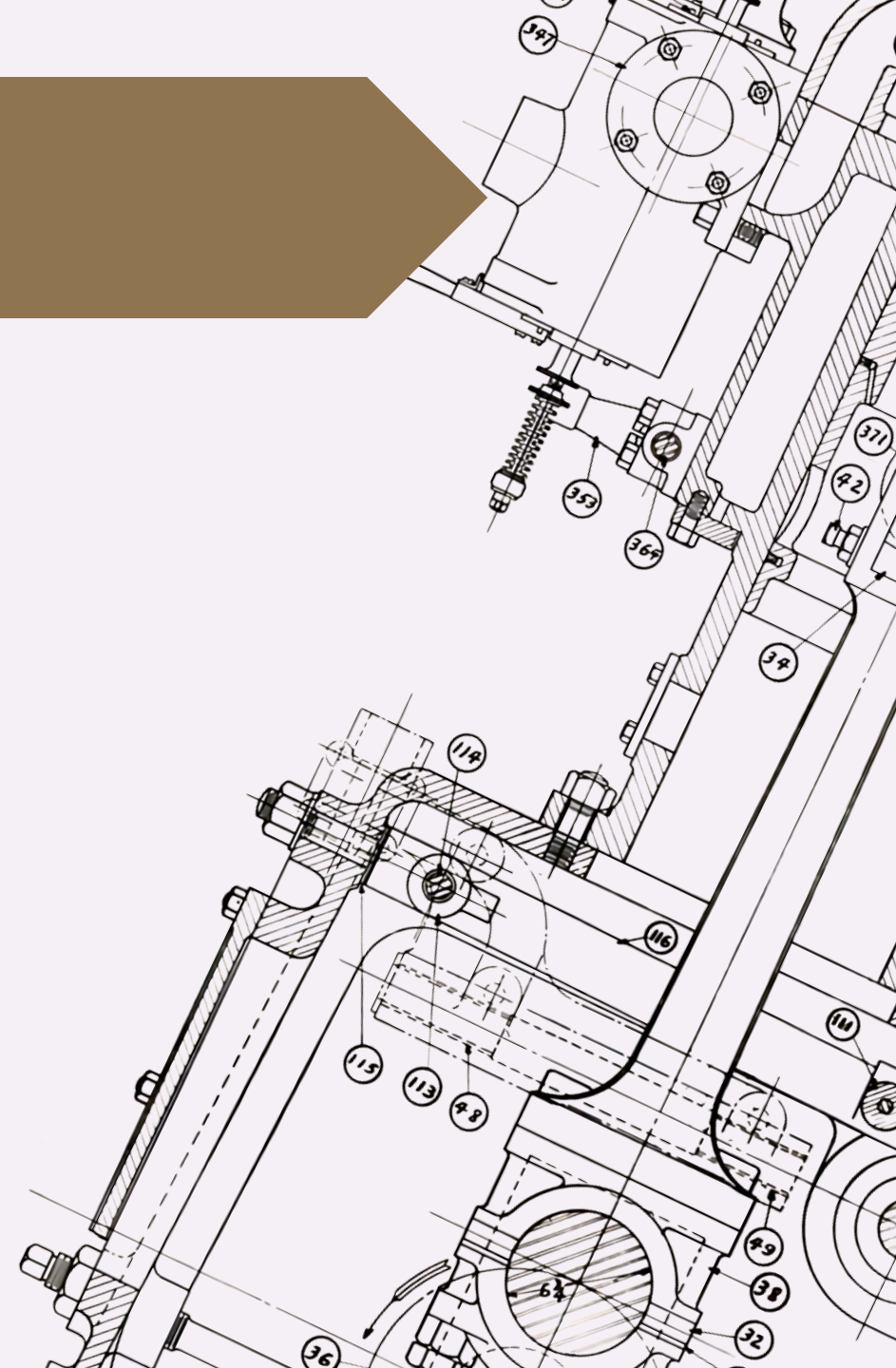
# Zasady pasowań

- Zasada stałego wałka




# Zasady pasowań cd

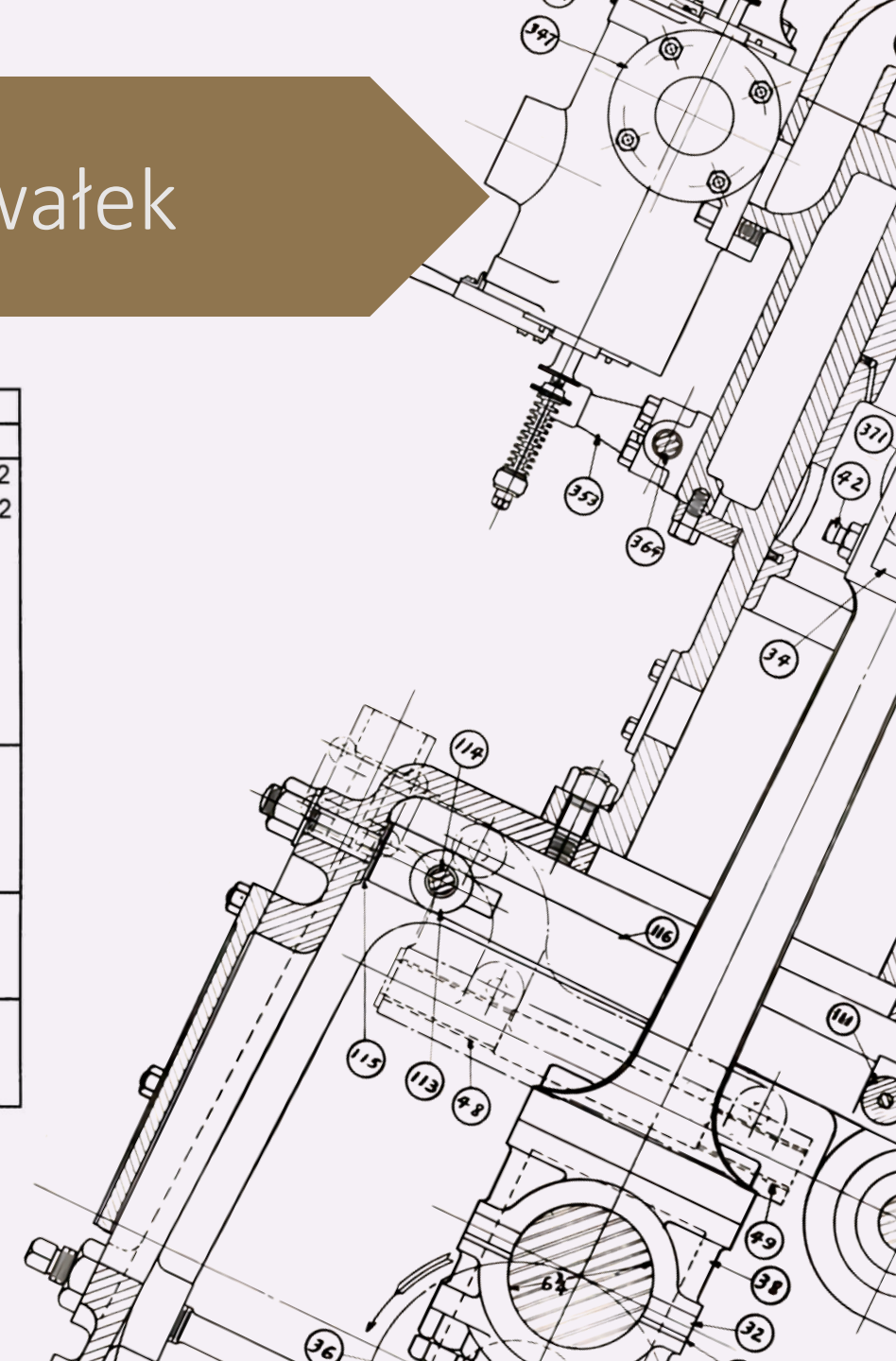
- Symbole tolerancji:
  - (A –H), (a –h) –dotyczą pasowań luźnych,
  - (J –N), (j –n) –dotyczą pasowań mieszanych,
  - (P –U), (p –u) –dotyczą pasowań ciasnych.



# Uprzywilejowane pasowania – stały watek

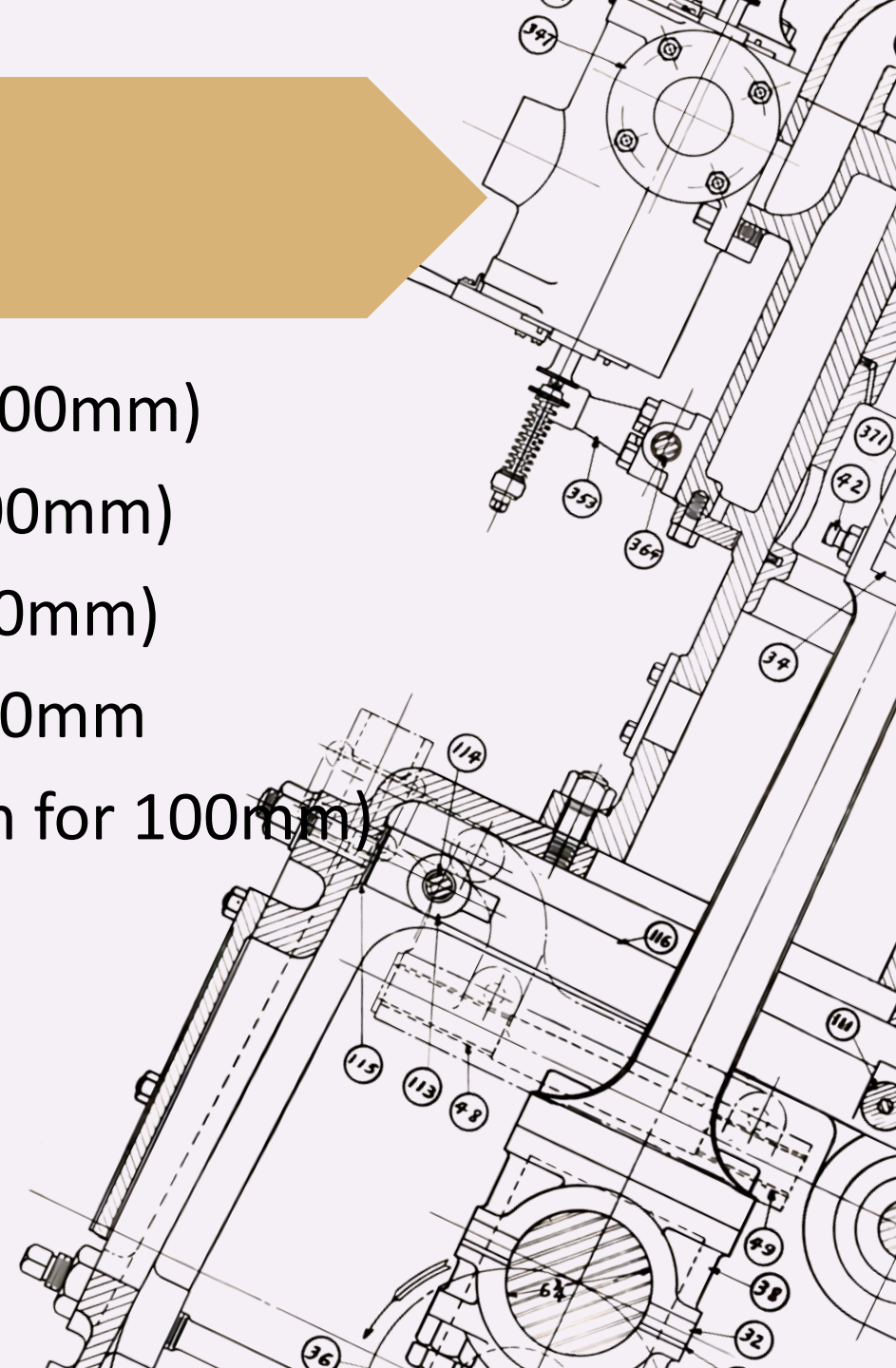
Nazwa pasowania	Pole tolerancji otworu podstawowego								
	h4	h5	h6	h7	h8	h9	h10	h11	h12
<b>Luźne</b>	G5/h4	F7/h5	D8/h6	D8/h7	D8/h8	D9/h9	D10/h10	A11/h11	B12/h12
	H5/h4	G6/h5	E8/h6	E8/h7	D9/h8	D10/h9	H10/h10	B11/h11	H12/h12
		H7/h5	F7/h6	F8/h7	E8/h8	E9/h9		C11/h11	
			F8/h6	H8/h7	E9/h8	F9/h9		D11/h11	
			G7/h6		F8/h8	H8/h9		H11/h11	
			H7/h6		F9/h8	H9/h9			
					H8/h8				
					H9/h8	H10/h9			
<b>Mieszane</b>	Js5/h4	Js6/h5	Js7/h6	Js8/h7					
	K5/h4	K6/h5	K7/h6	K8/h7					
	M5/h4	M6/h5	M7/h6	M8/h7					
	N5/h4	N6/h5	N7/h6	N8/h7					
<b>Ciasne</b>		P6/h5	P7/h6	U8/h7					
			R7/h6						
			S7/h6						

 - pasowania uprzywilejowane



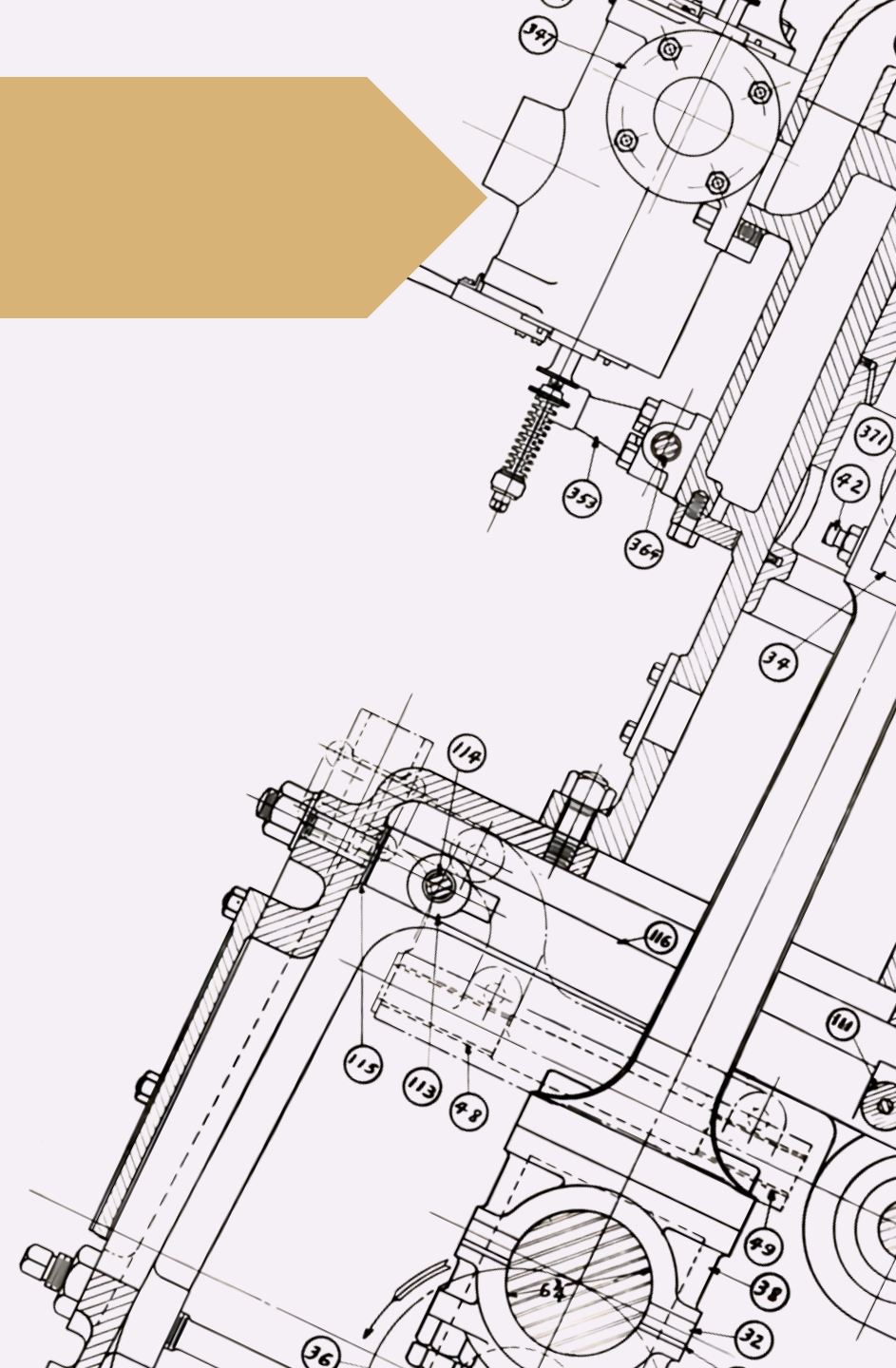
# A co z drukarkami?

- Tolerancja druku FDM:  $\pm 0.3\%$  ( $\pm 0.3$  mm for 100mm)
- Tolerancja Druku SLA:  $\pm 0.2\%$  ( $\pm 0.2$  mm for 100mm)
- Tolerancja druku SLS:  $\pm 0.3\%$  ( $\pm 0.3$  mm for 100mm)
- Tolerancja druku PolyJet:  $\pm 0.05$ - $0.1$ mm for 100mm
- Tolerancja druku DMLS:  $\pm 0.2\%$  ( $\pm 0.1$  –  $0.2$  mm for 100mm)



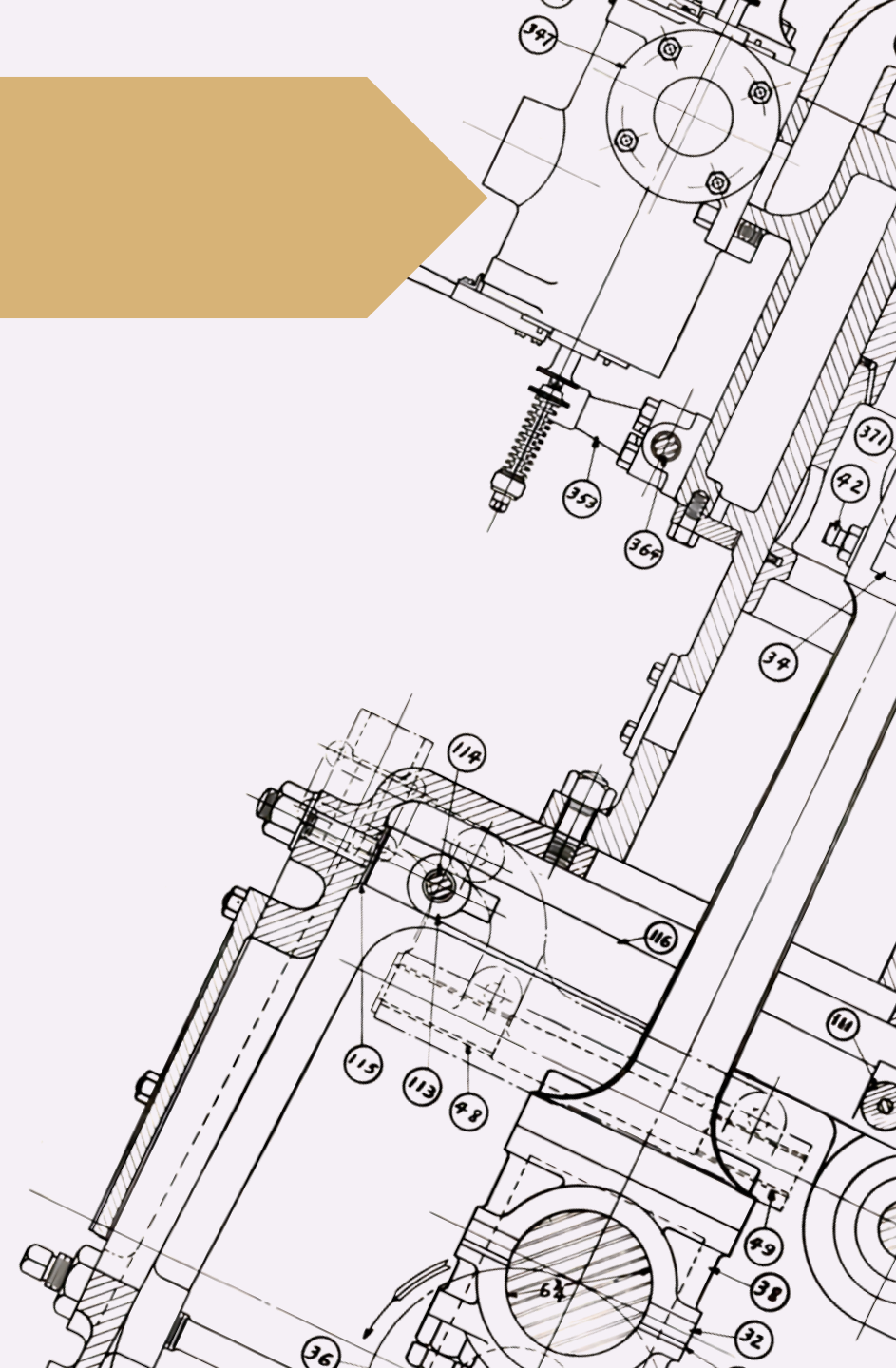
# Dlaczego takie tolerancje?

- Technologia
- Materiał i jego ilość
- Model
- Proces slicing
- Warunki zewnętrzne



# Druk FDM

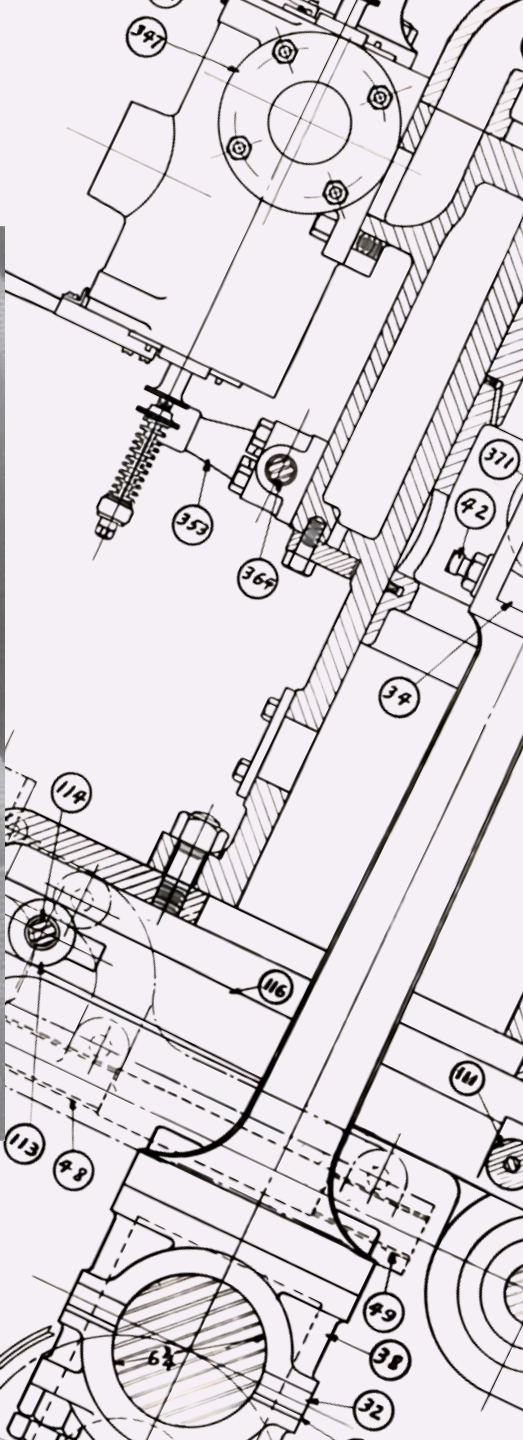
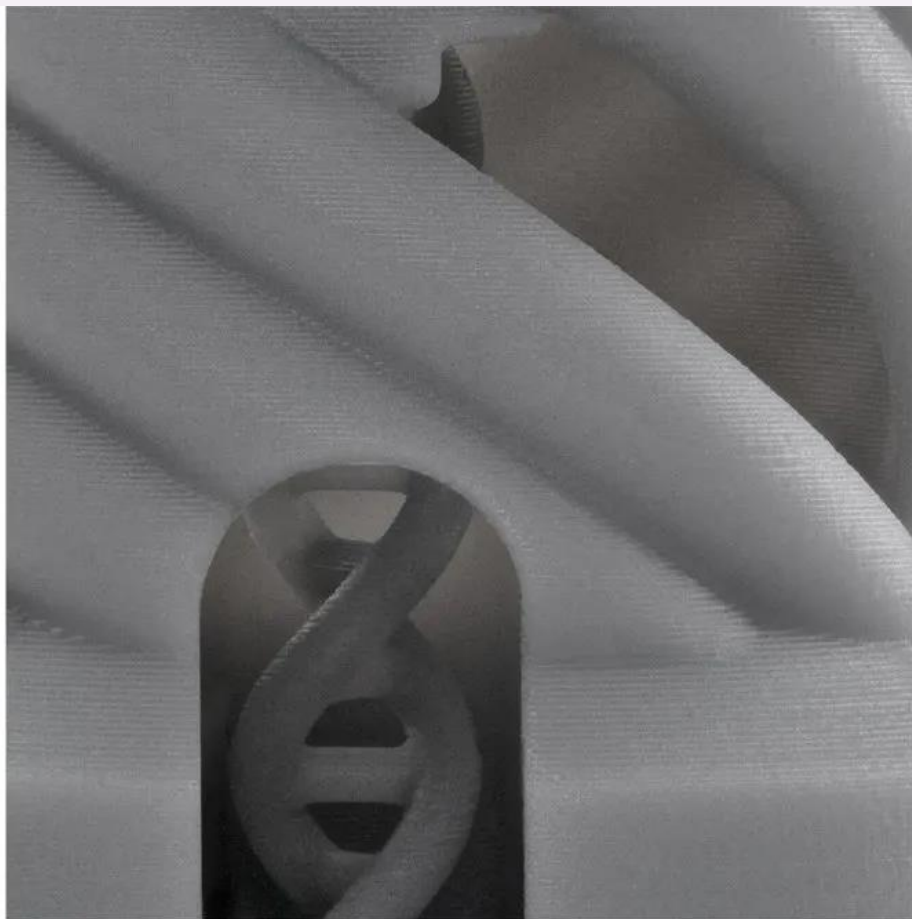
- Problemy zmniejszające dokładność:
  - Grawitacja
  - Mechanizmy
  - Dobór dyszy



# Więc co w końcu z drukiem?

- Jeśli nie można sprawdzić dla specyficznej drukarki: 0.5 mm
- W każdym innym przypadku warto wydrukować własny próbnik:



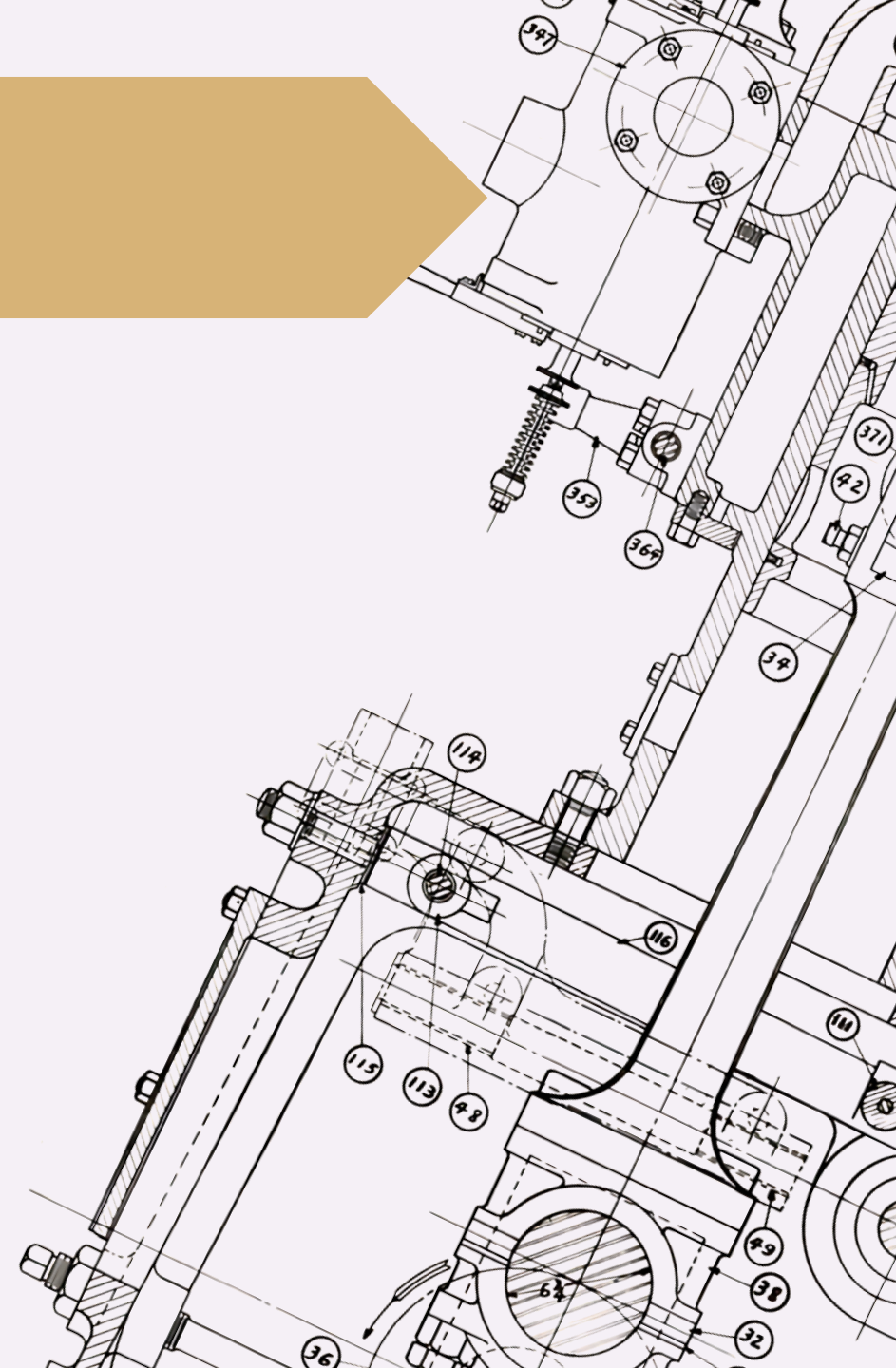


POLSKO-JAPOŃSKA  
AKADEMIA TECHNIK  
KOMPUTEROWYCH



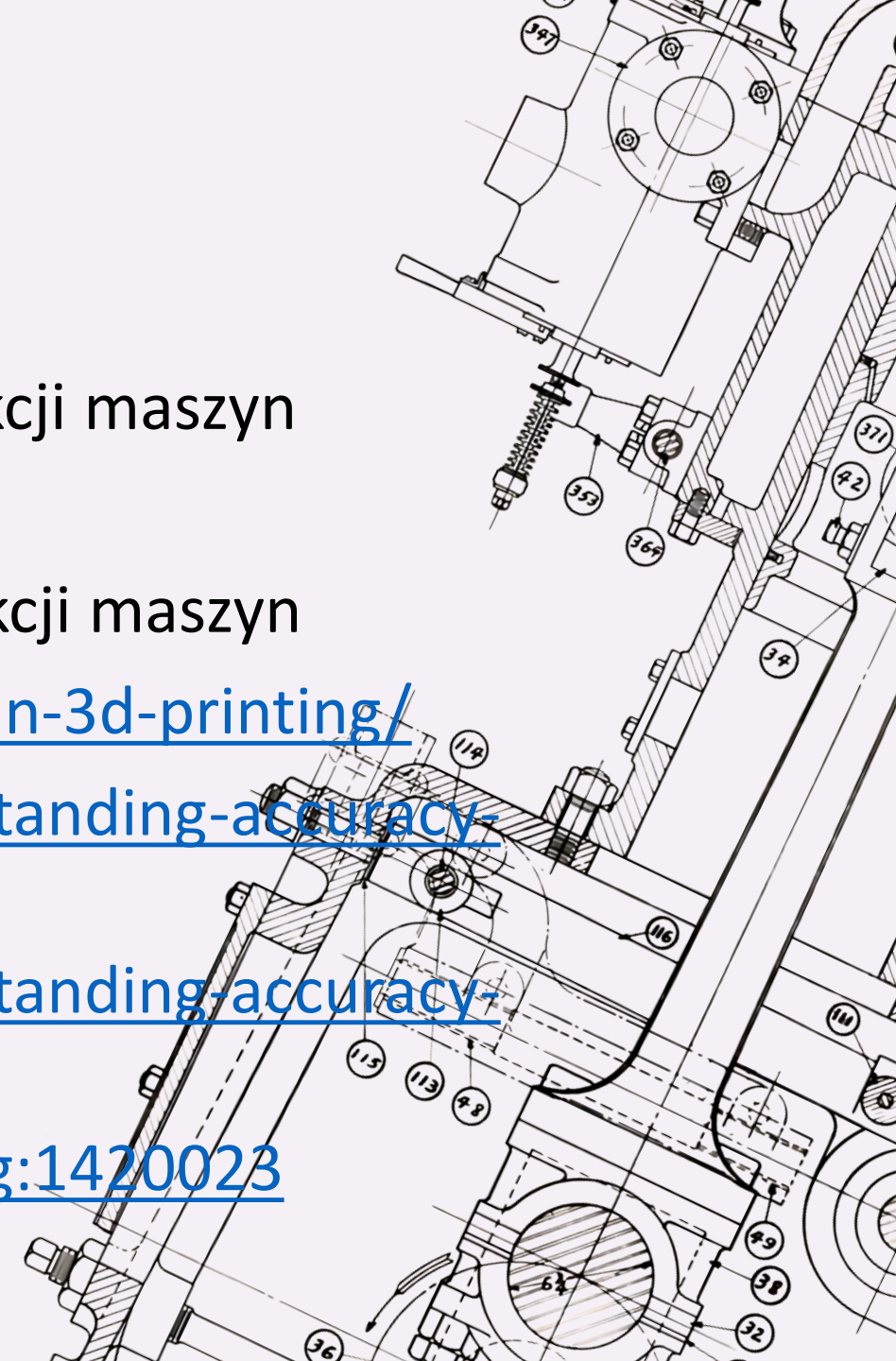
# Druk SLA

- Problemy zmniejszające dokładność:
  - Grawitacja
  - Rozdzielczość projektora naświetlającego



# Bibliografia

- Antoni Skoć, Jacek Spałek, Podstawy konstrukcji maszyn
- Jerzy Bajkowski, Podstawy Zapisu Konstrukcji
- Piotr Boś, Sławomir Sitarz, Podstawy konstrukcji maszyn
- Article at: <https://xometry.eu/en/tolerances-in-3d-printing/>
- Article at: <https://formlabs.com/blog/understanding-accuracy-precision-tolerance-in-3d-printing/>
- Article at: <https://formlabs.com/blog/understanding-accuracy-precision-tolerance-in-3d-printing/>
- Model at: <https://www.thingiverse.com/thing:1420023>

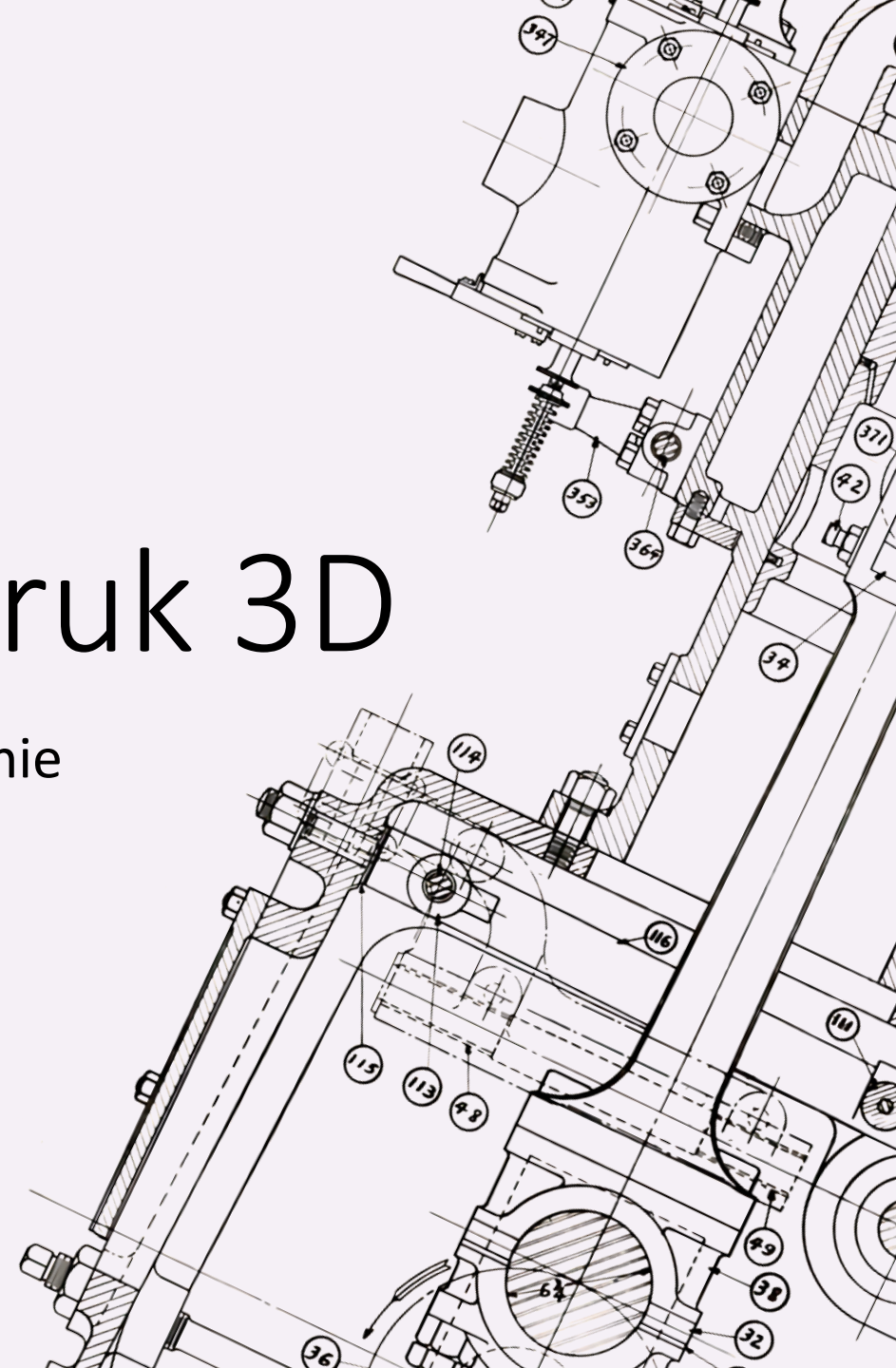


# Modelowanie I Druk 3D

## Wykład 6: Zębatki i przekładnie

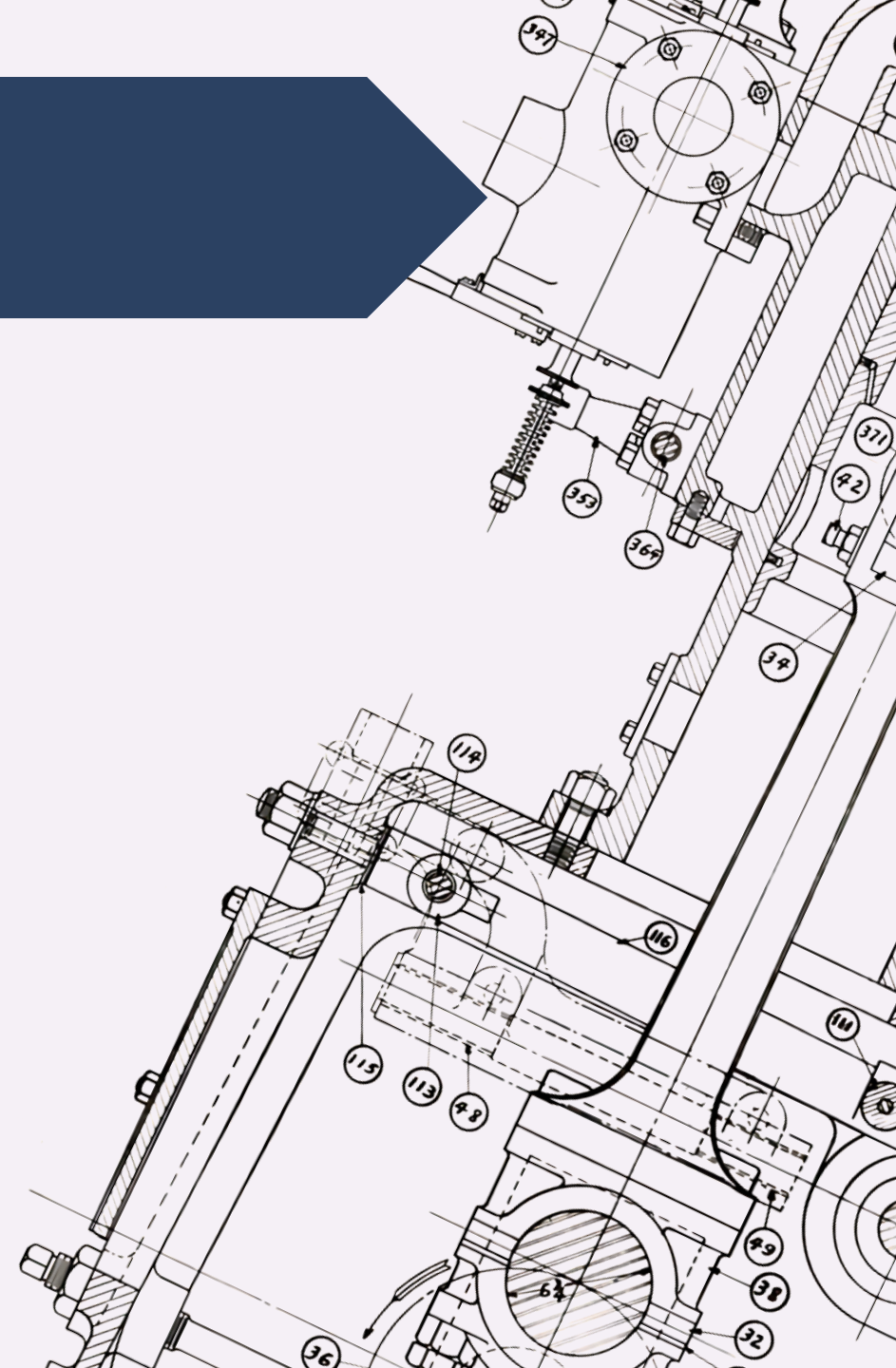


POLSKO-JAPOŃSKA  
AKADEMIA TECHNIK  
KOMPUTEROWYCH

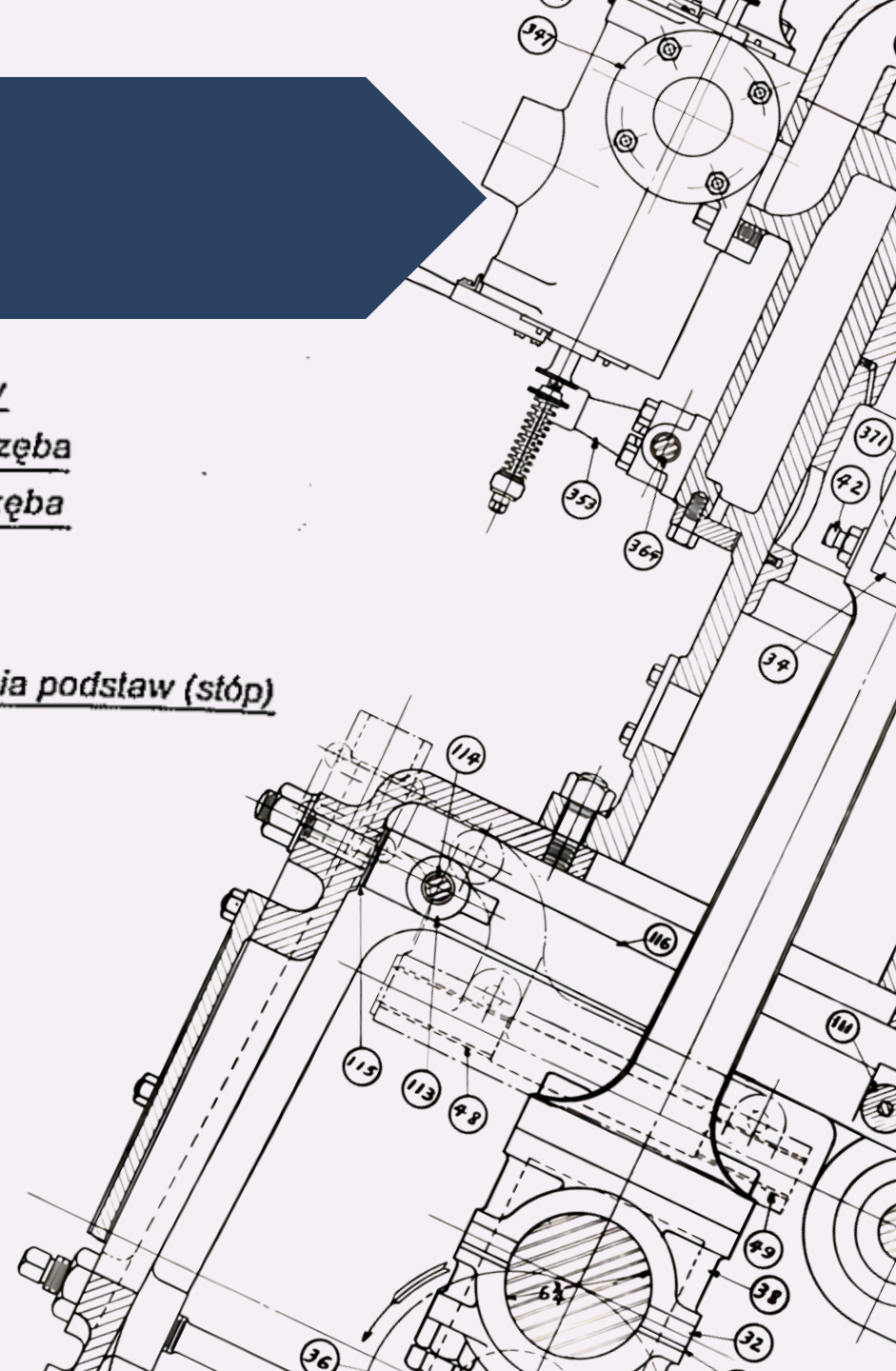
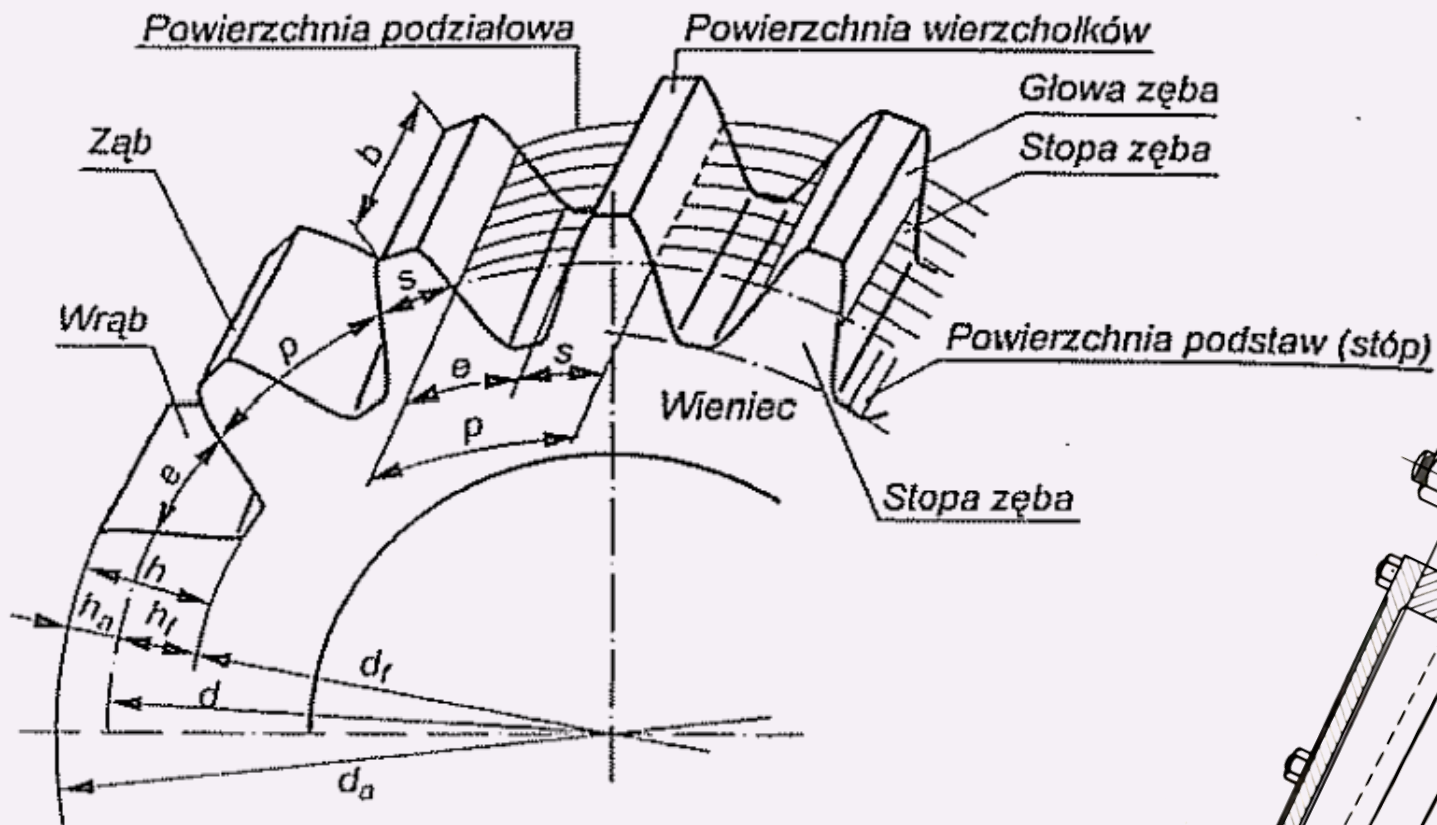


# Koło zębate

- Okrągły dysk wyposażony w regularne zęby rozmieszczone po całym obwodzie
- Podstawowy element przekładni

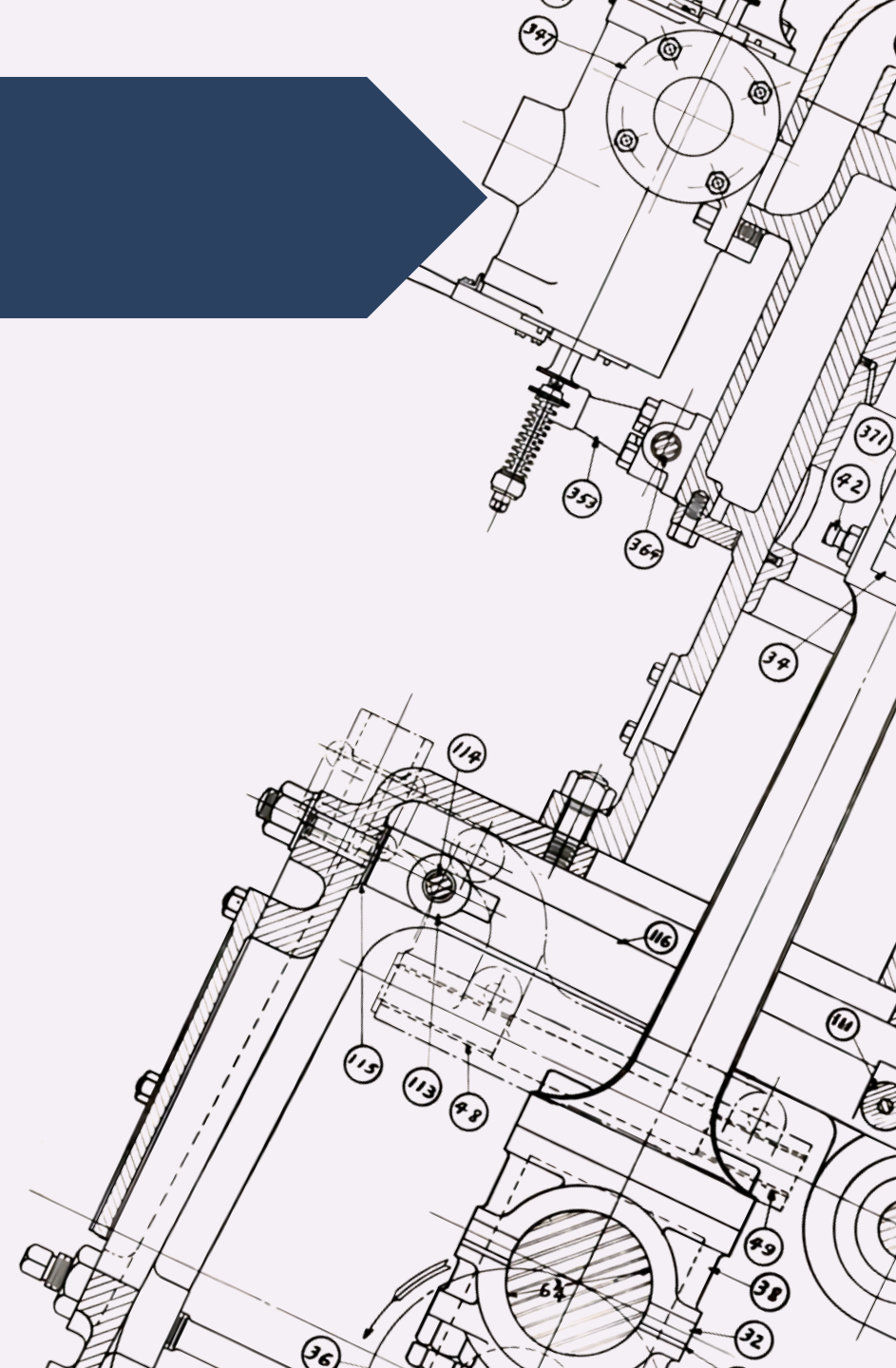


# Parametry koła zębatego



# Parametry koła zębatego

- $s$  – grubość zęba
- $p$  – nominalna podziałka koła zębatego
- $e$  – szerokość wrębu
- $h$  – wysokość zęba
- $h_a$  – wysokość głowy zęba
- $h_f$  – wysokość stopy zęba
- $d$  – średnica koła podziałowego
- $d_a$  – średnica koła wierzchołków
- $d_f$  – średnica koła podstaw (dna wrębów)



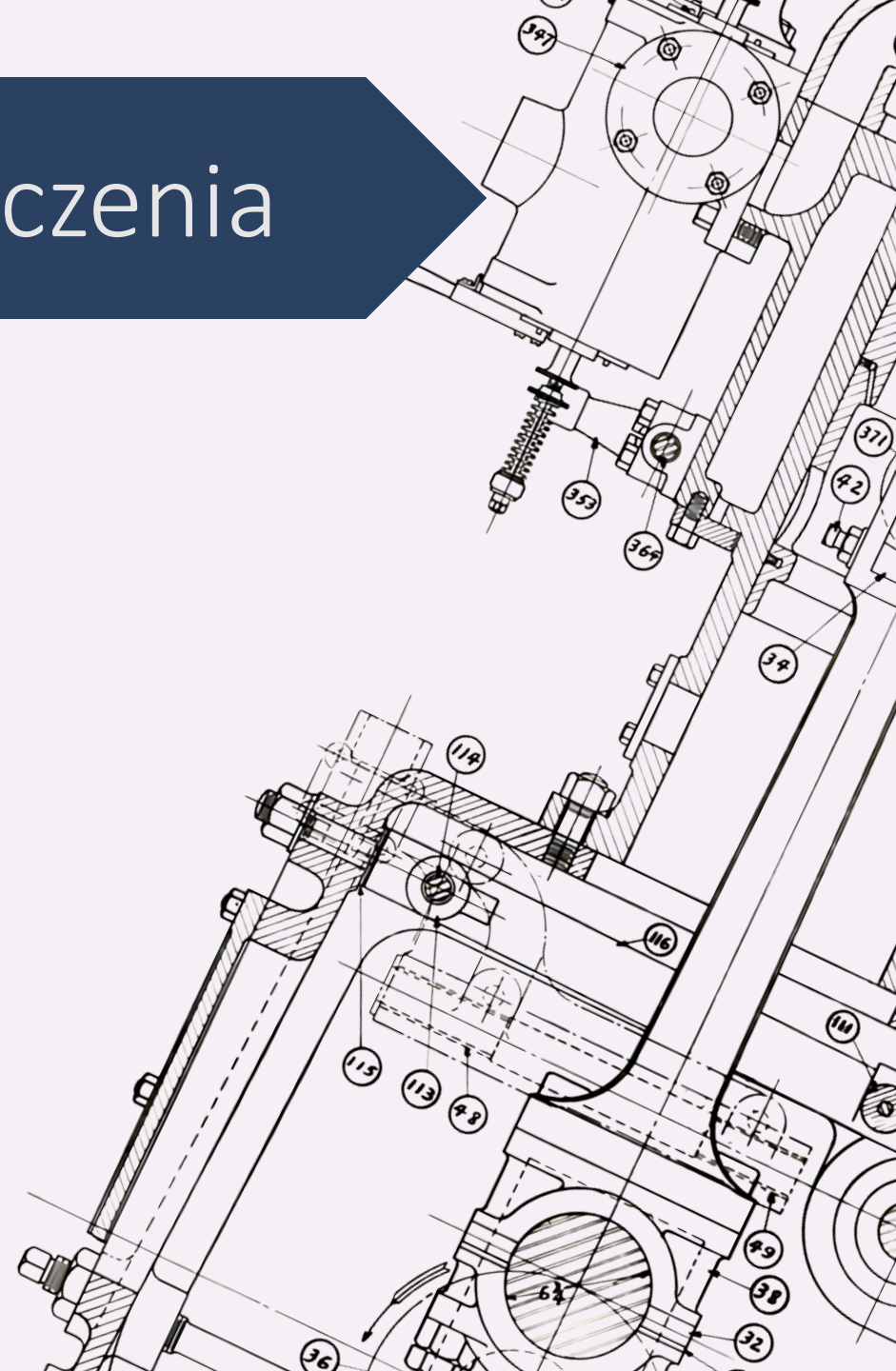
# Zależności koła zębatego - obliczenia

- $p = e + s$
- $\pi d = zp$
- $d = \frac{zp}{\pi}$
- $M = \frac{p}{\pi} = \frac{d}{z}$

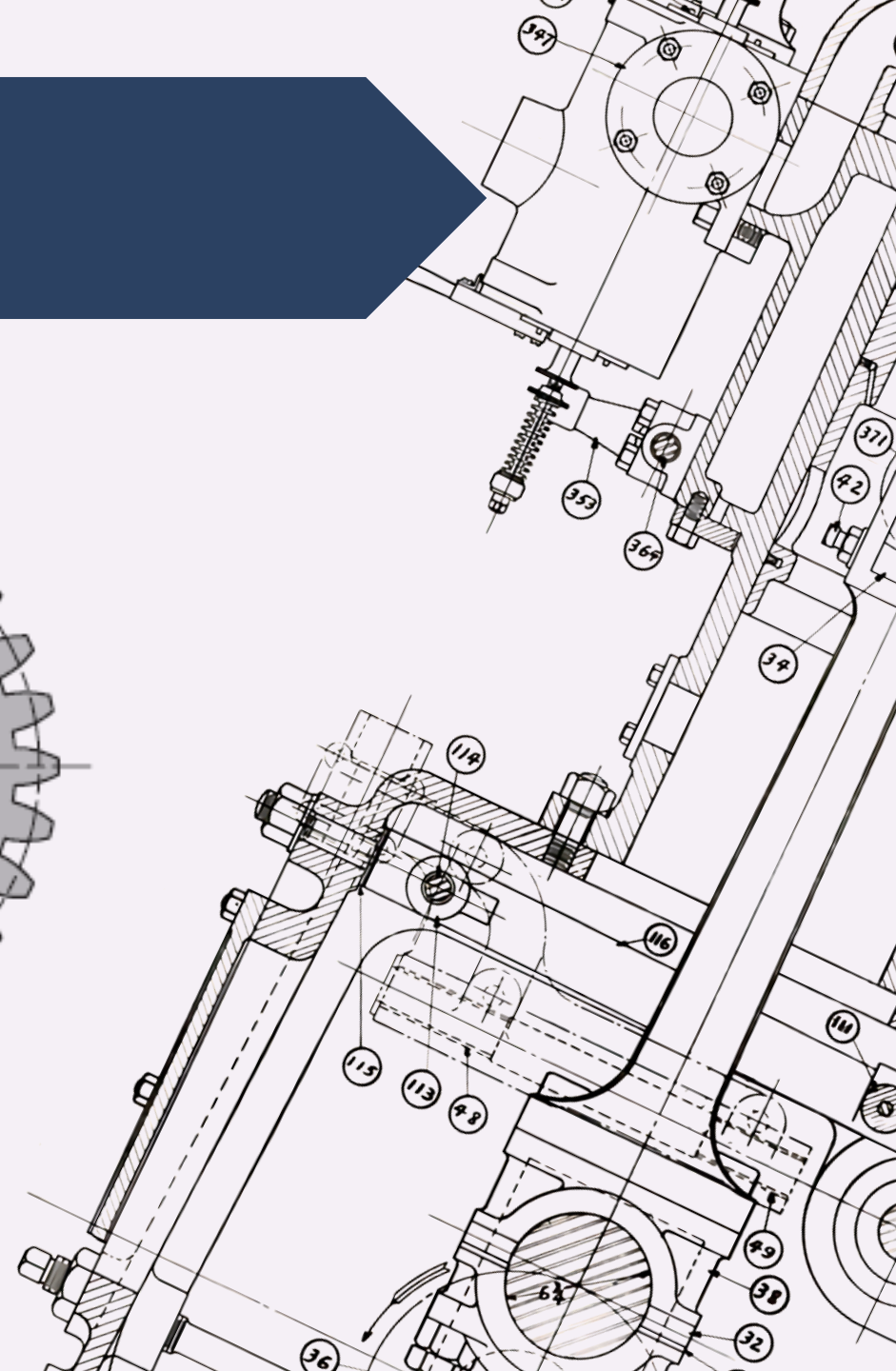
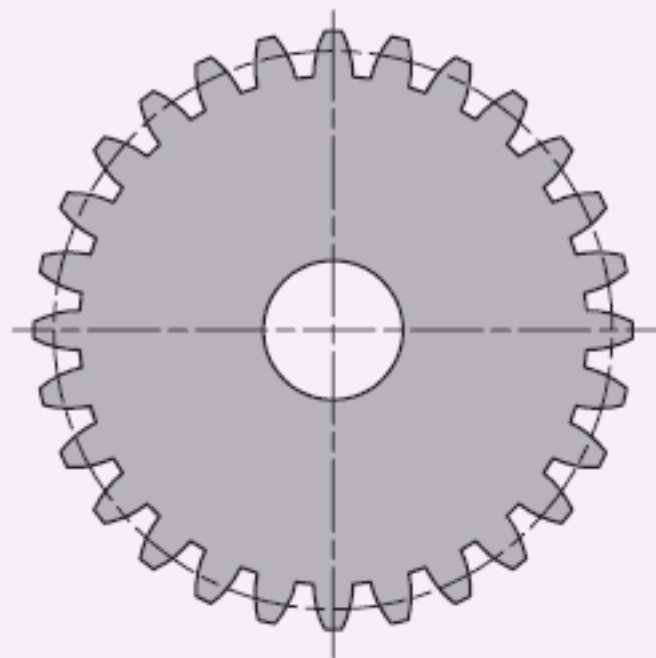
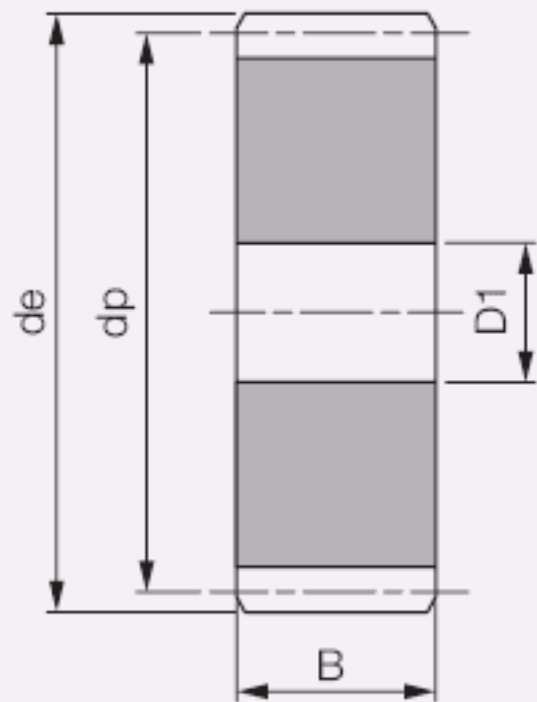
Gdzie:

M – moduł koła zębatego

z – ilość zębów koła zębatego

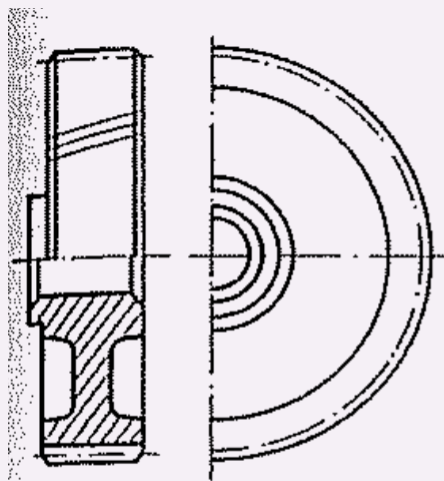


# Koło zębate – rysunek

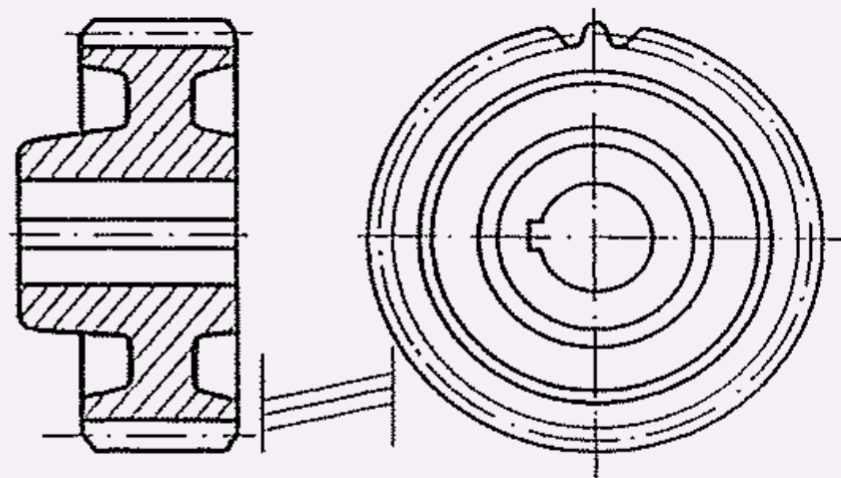




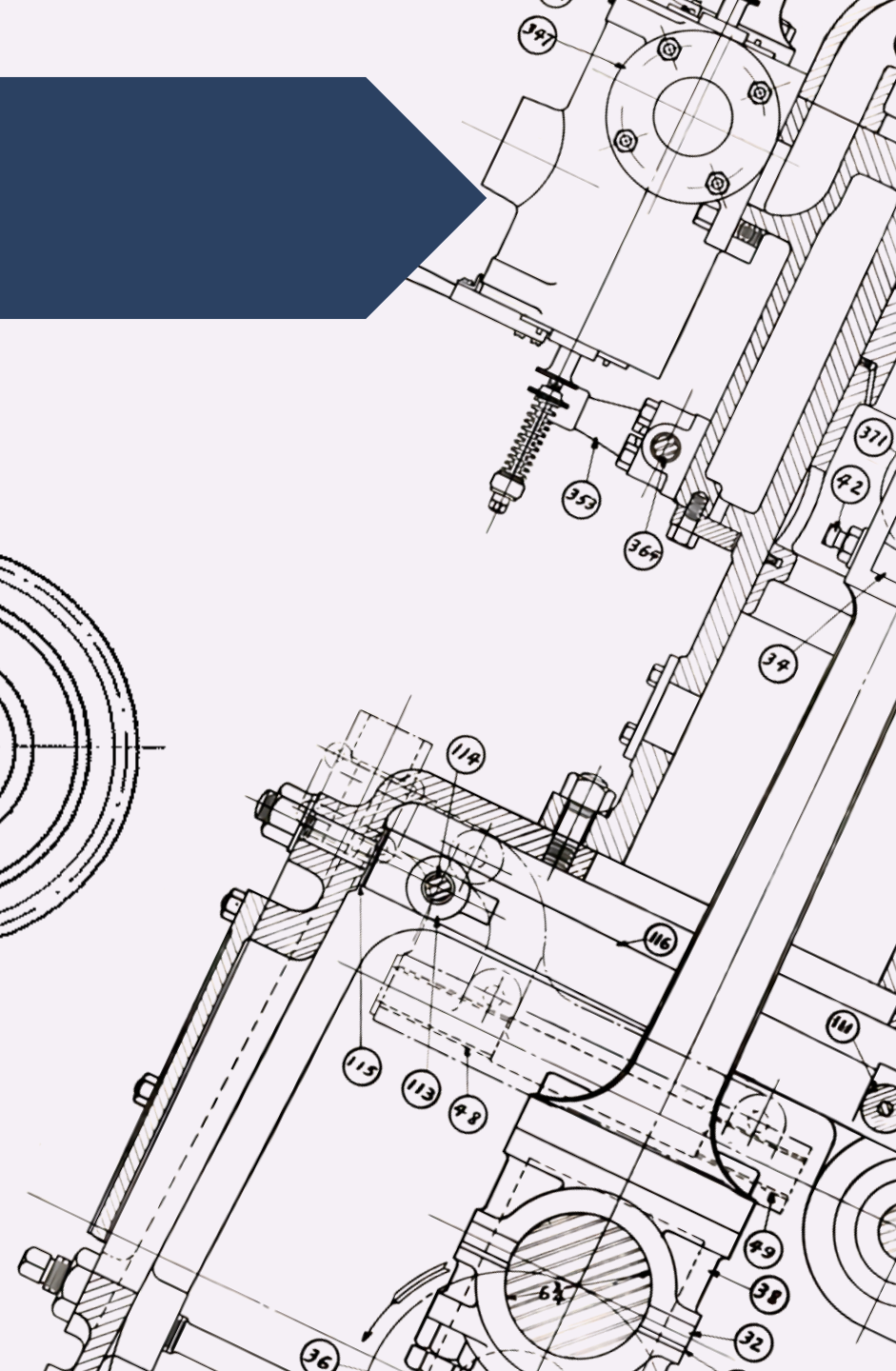
# Koło zębate – rysunek



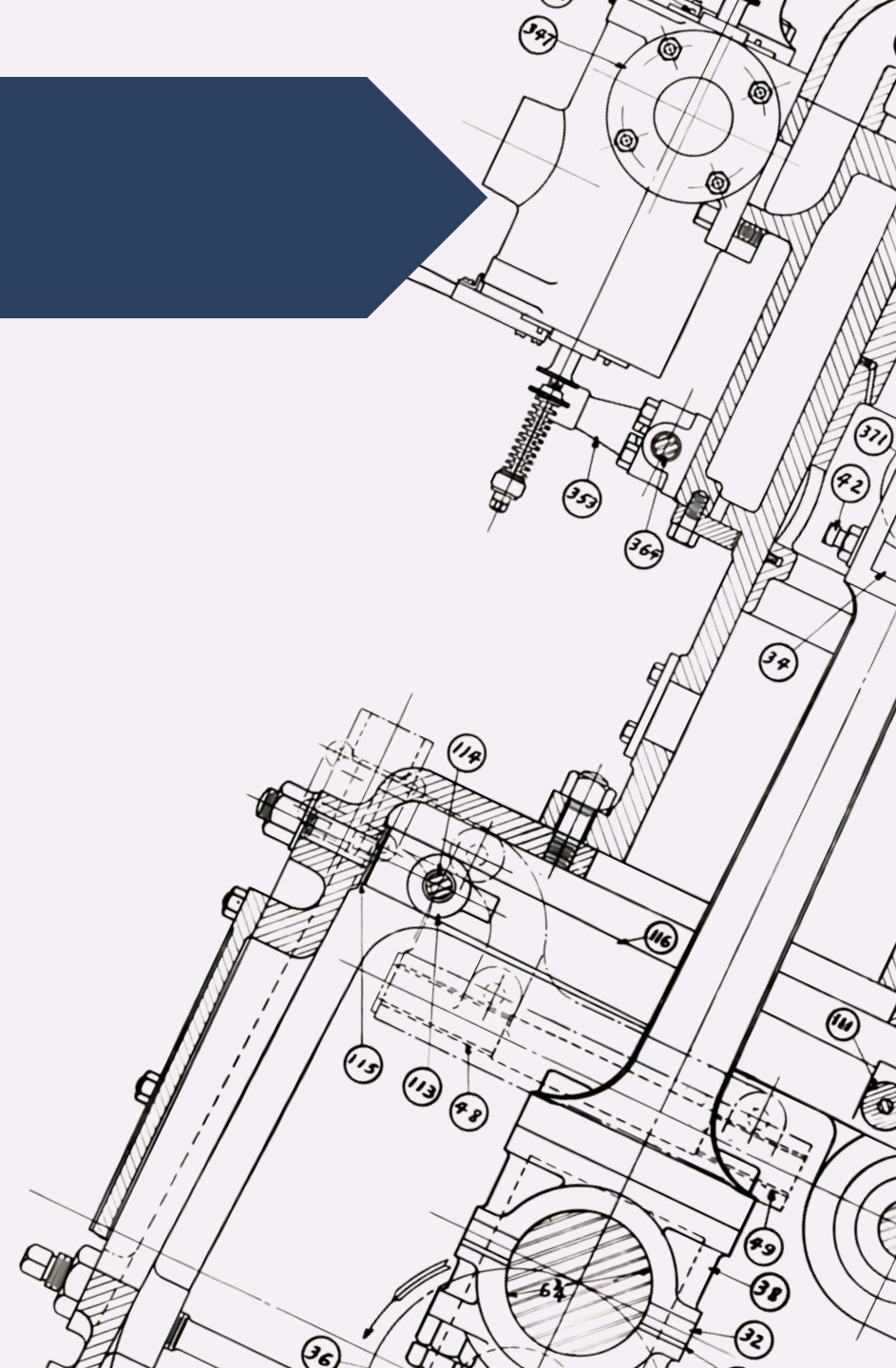
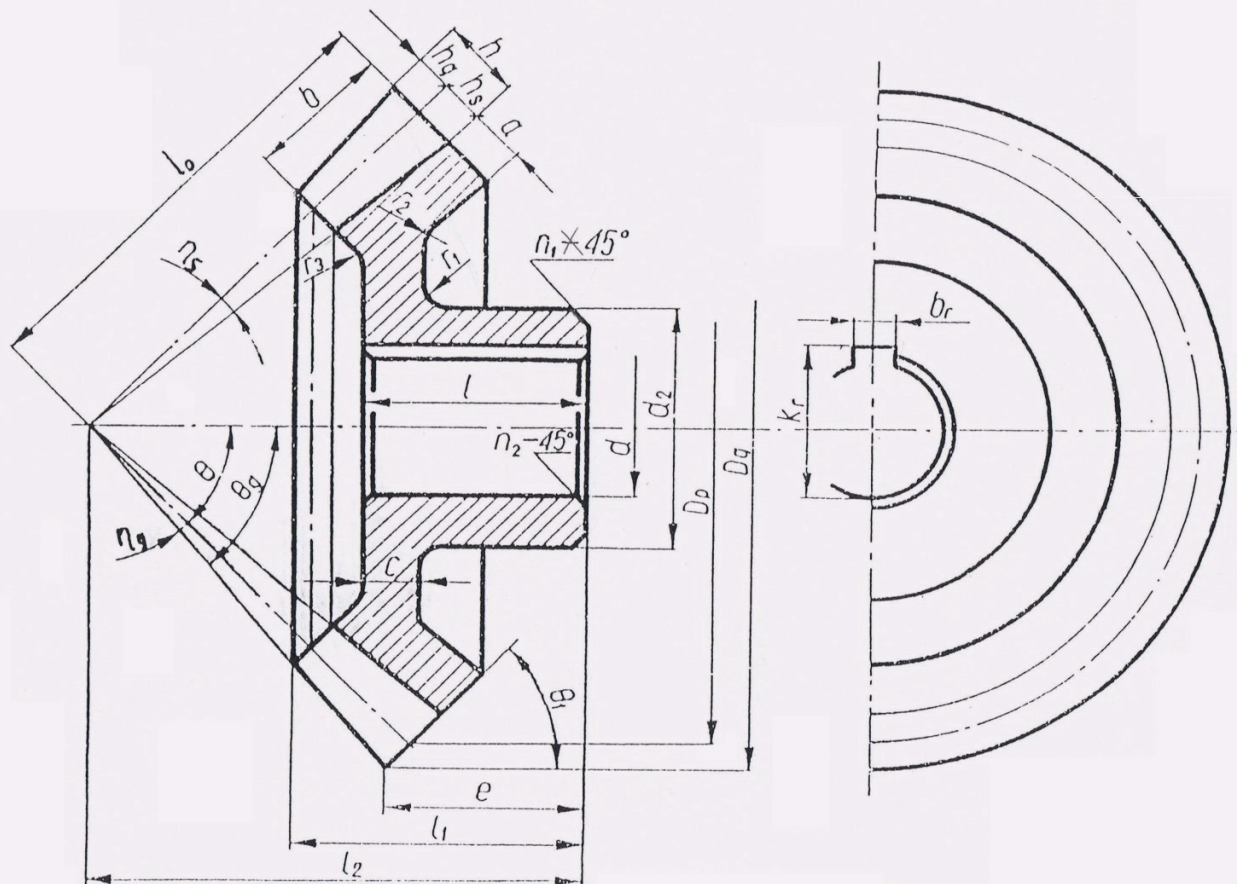
Rys. 12.2



Rys. 12.3



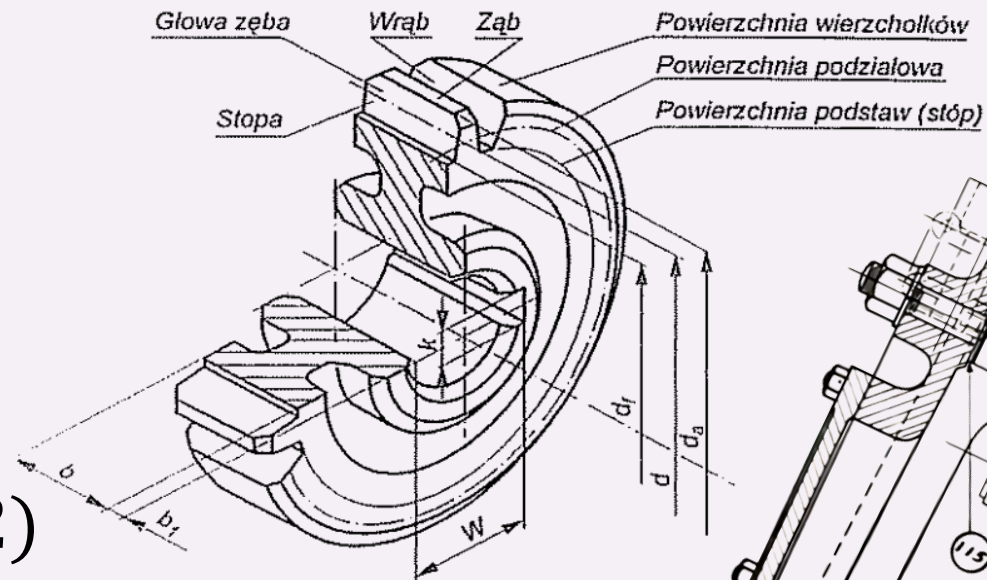
# Koło zębate – rysunek



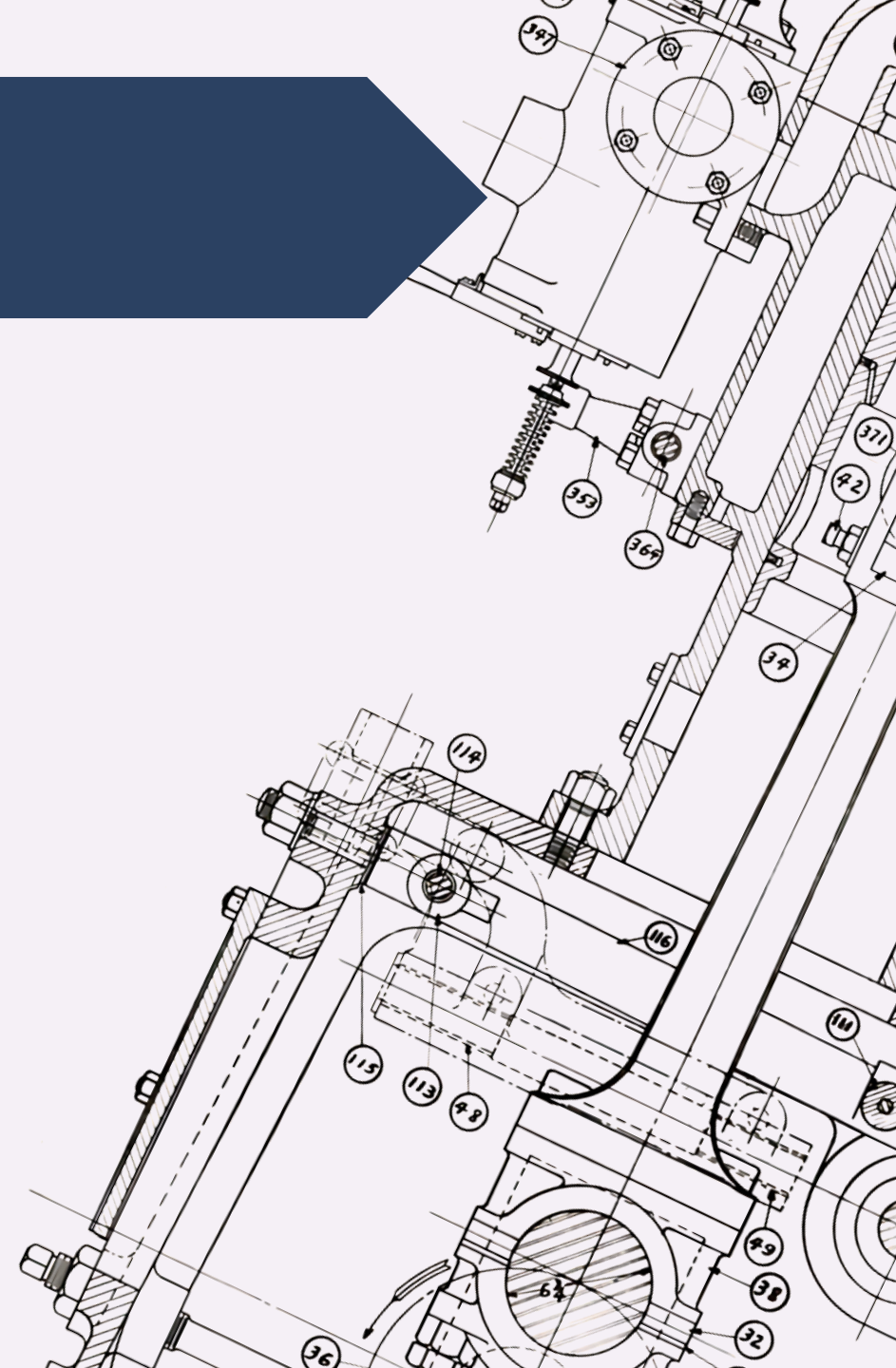
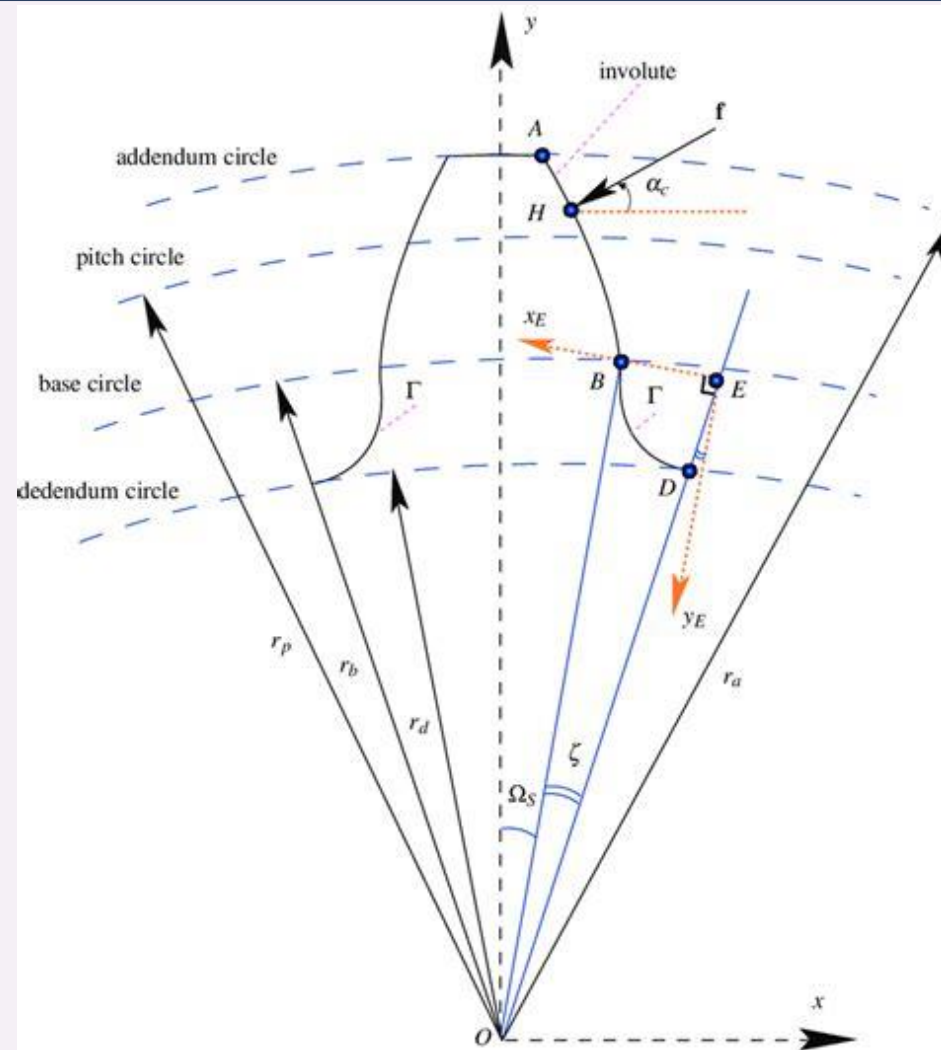
# Parametry koła zębatego cd

Przyjmując że luz wierzchołkowy wynosi  $c = 0.2m$  można w ten sposób określić wymiary koła zębatego walcowego, o zębach prostych niekorygowanych:

- $h = h_a + h_f = 2,2m$
- $h_a = m$
- $h_f = 1,2m$
- $d = zm$
- $d_a = d + 2h_a = m(z + 2)$
- $d_f = d + 2h_f = m(z - 2,4)$

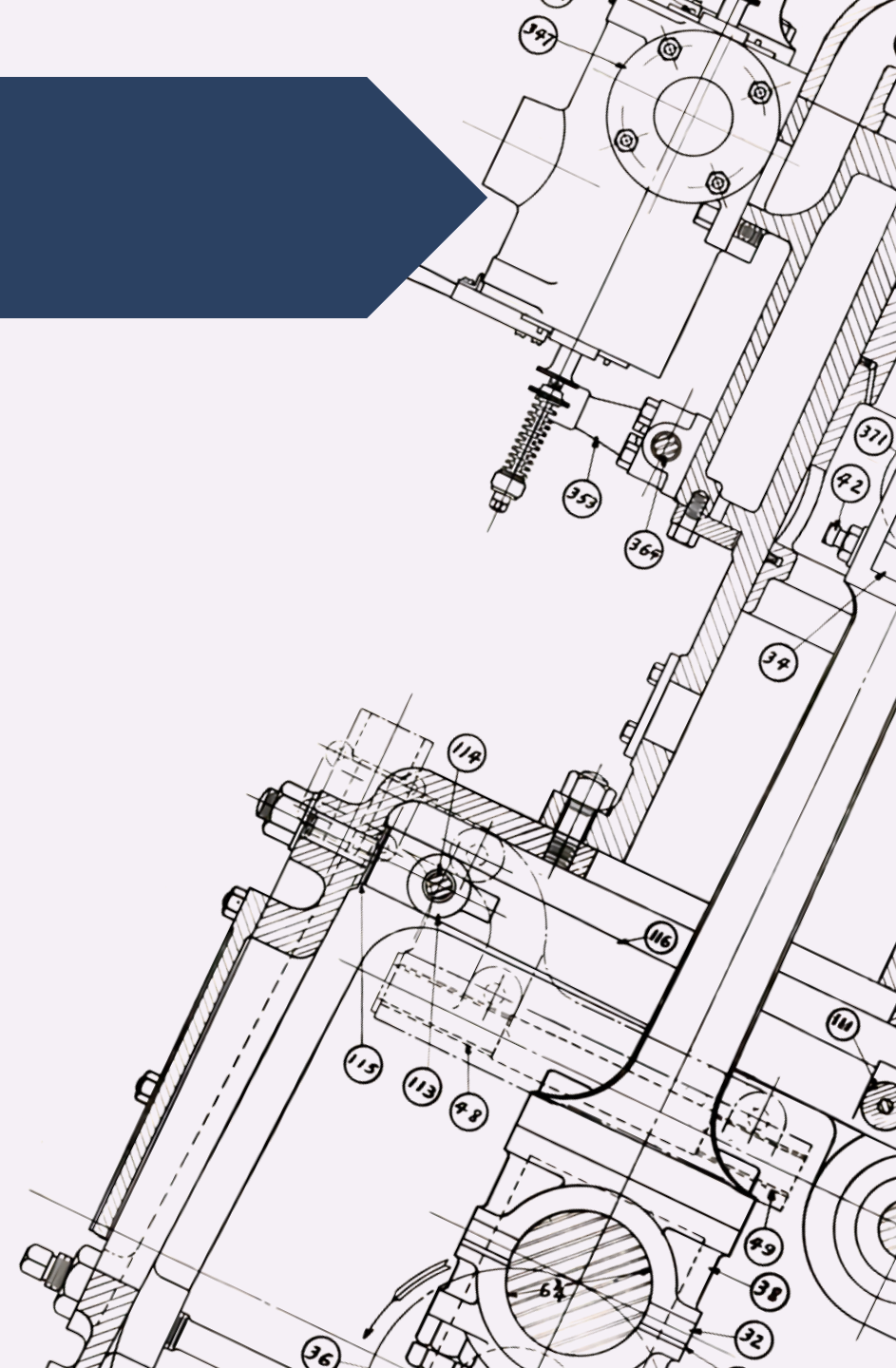


# Kształt zęba



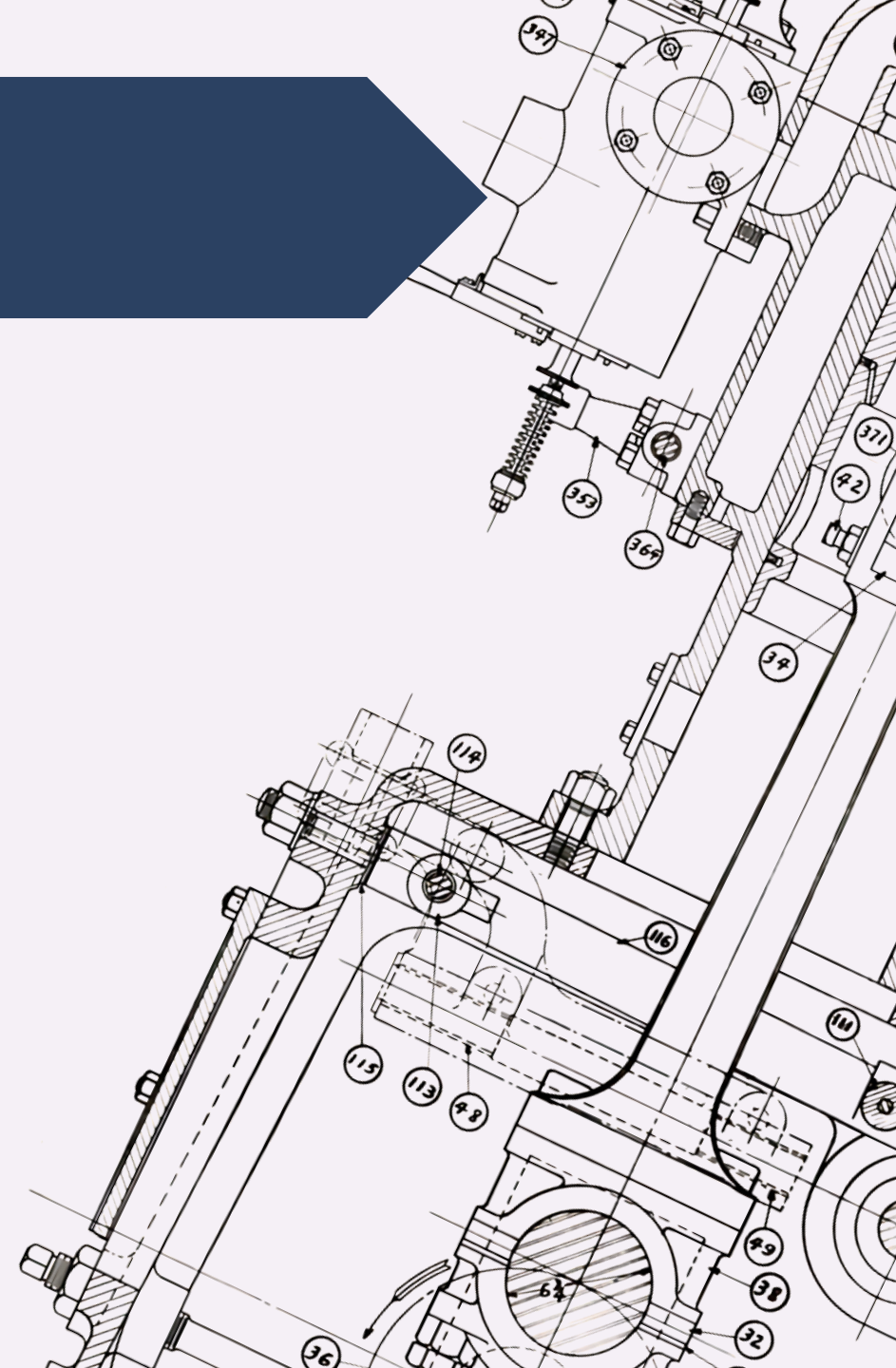
# Kształt zęba

- Liniowe
- Kołowe
- Ortocykloidy
- Epicykloidy
- Hipocykloidy
- Ewolwenta
- Kołowo-łukowe

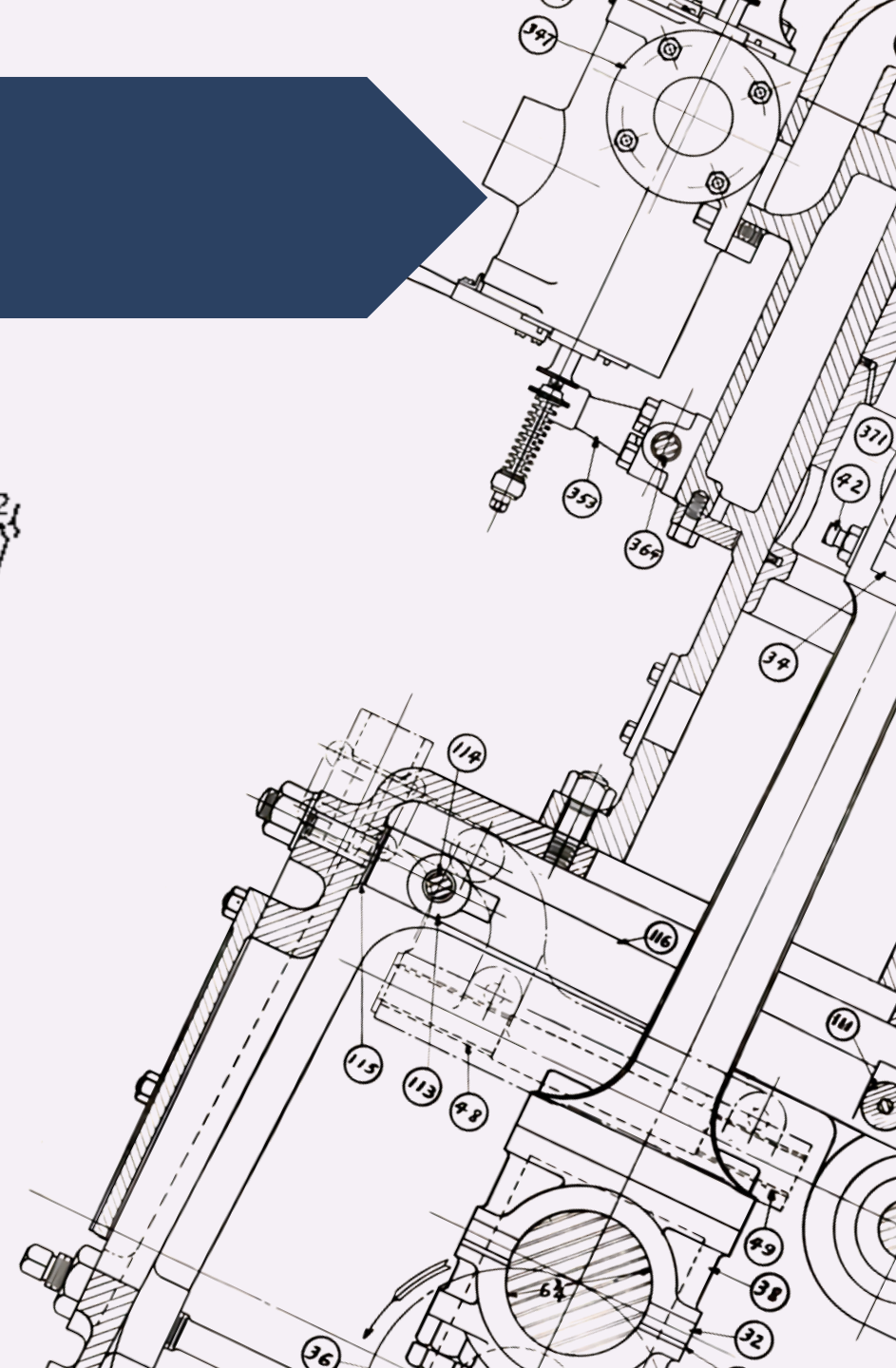
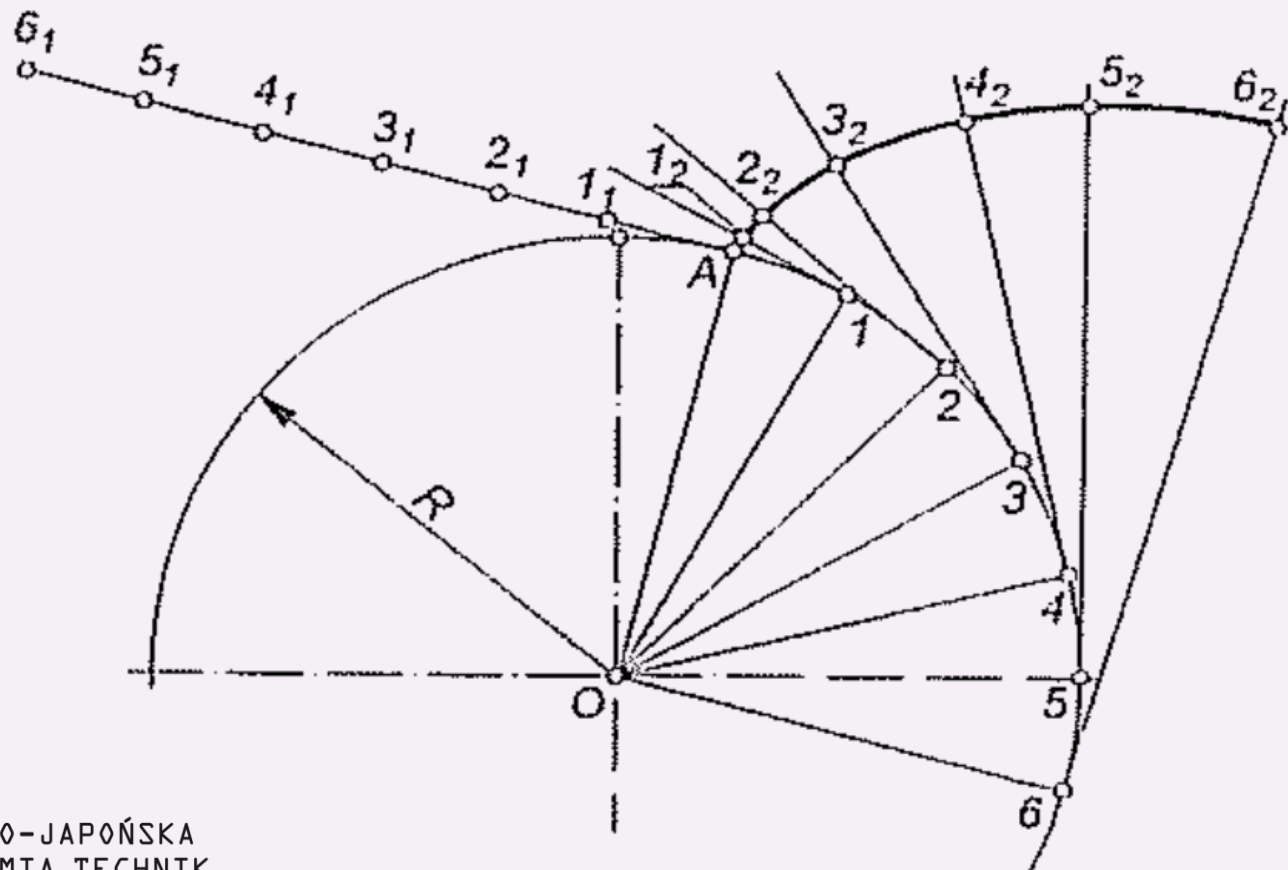


# Cykloidy

- Stosowane tylko w bardzo precyzyjnych urządzeniach np. Zegary
  - Wady:
    - Skomplikowana i droga produkcja
    - Możliwość działania tylko w parach
    - Drogi montaż
  - Zalety:
    - Równomierne zużycie zębów (utrzymuje stałe przełożenie)
    - Możliwość stosowania dużych przełożeń



# Ewolwenta



# Ewolwenta

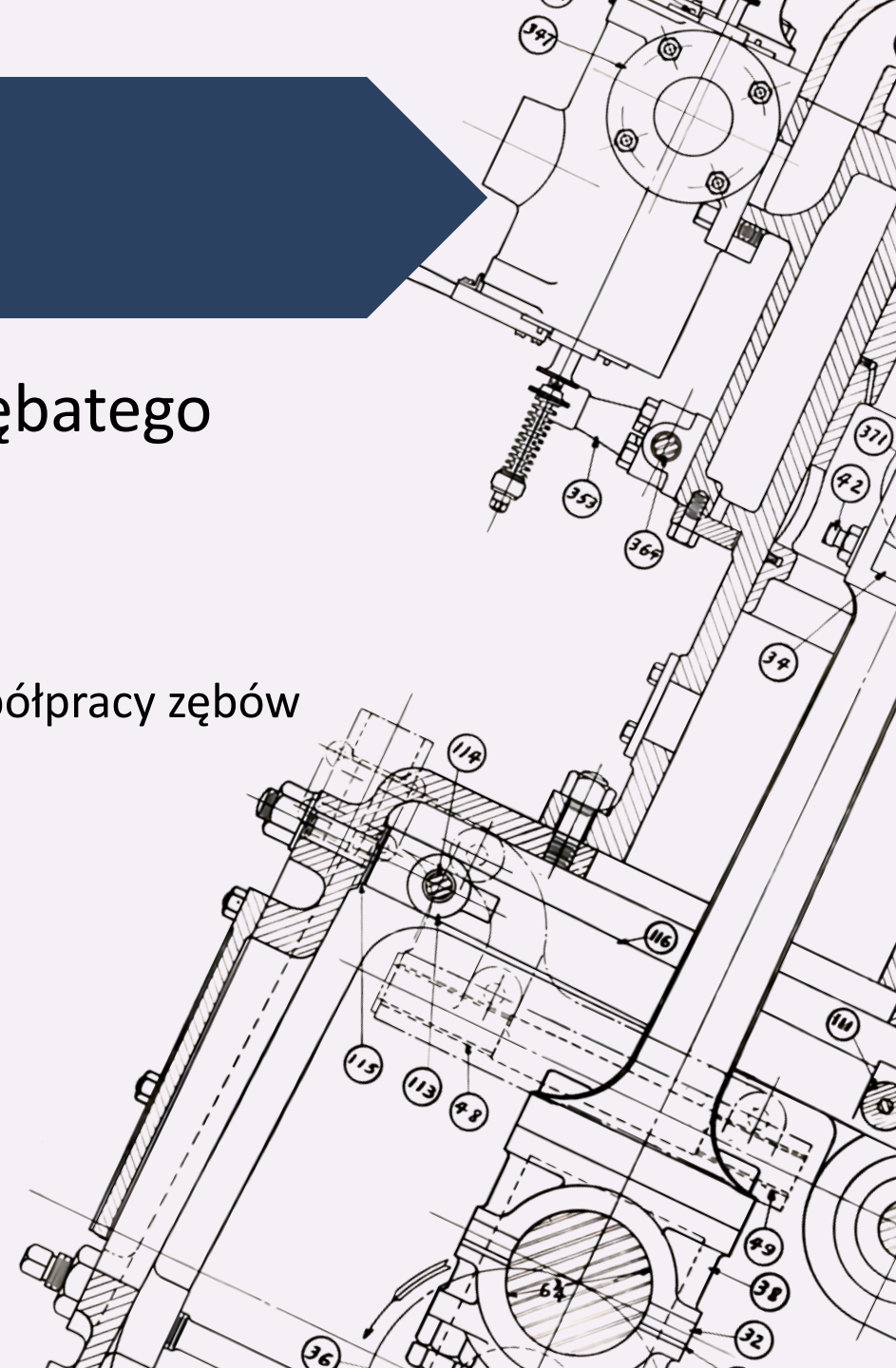
- Obecnie podstawowo stosowany zarys koła zębatego

- Zalety:

- Zarys sprzężony
    - Łatwy do wykonania (\$\$\$!)
    - Siła międzyzęba zachowuje stały kierunek w czasie współpracy zębów
    - **Uniwersalne!!!**

- Wady:

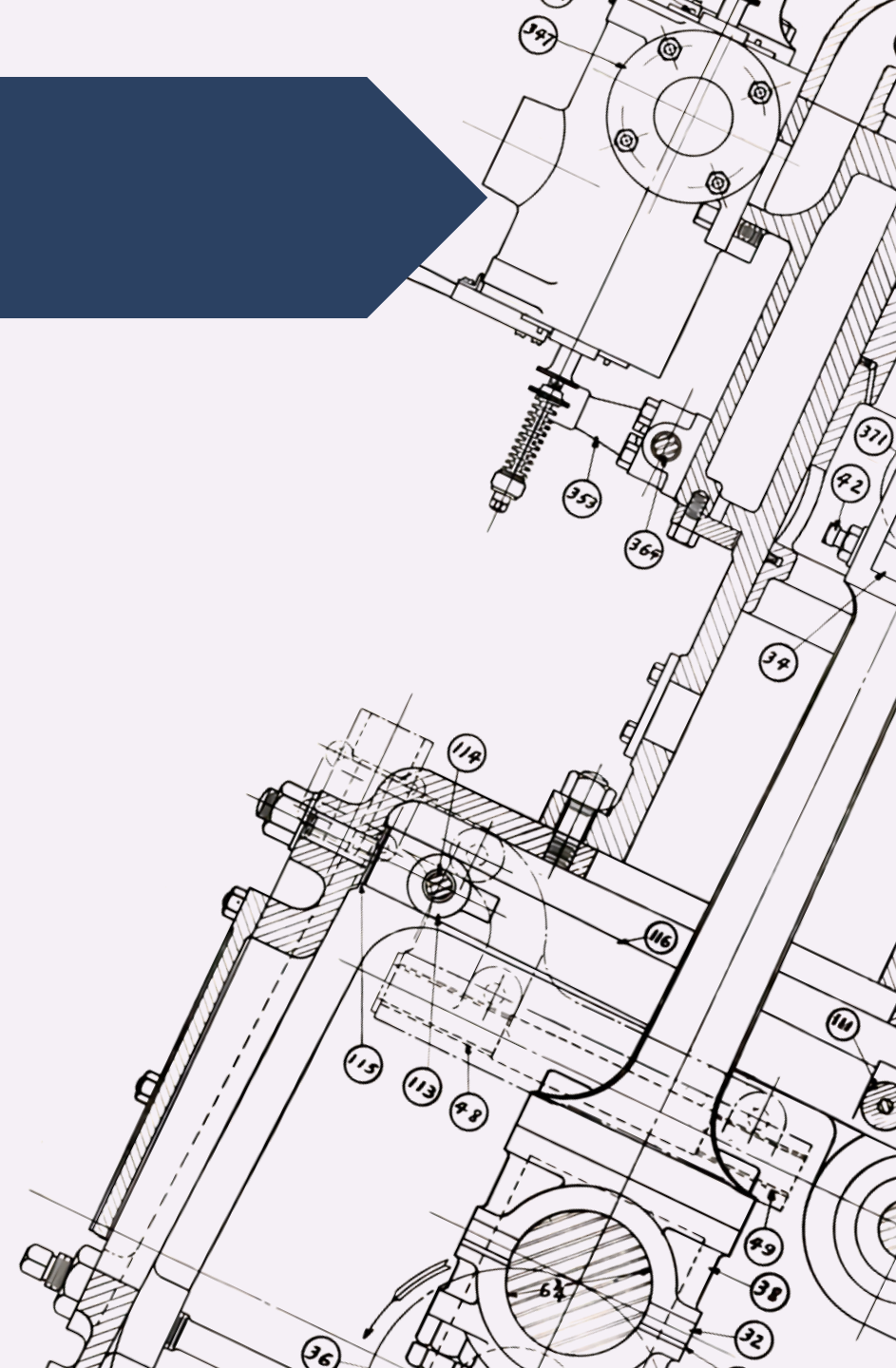
- Mała powierzchnia styku
    - Duże prędkości poślizgów przy zazębieniu i wyzębieniu



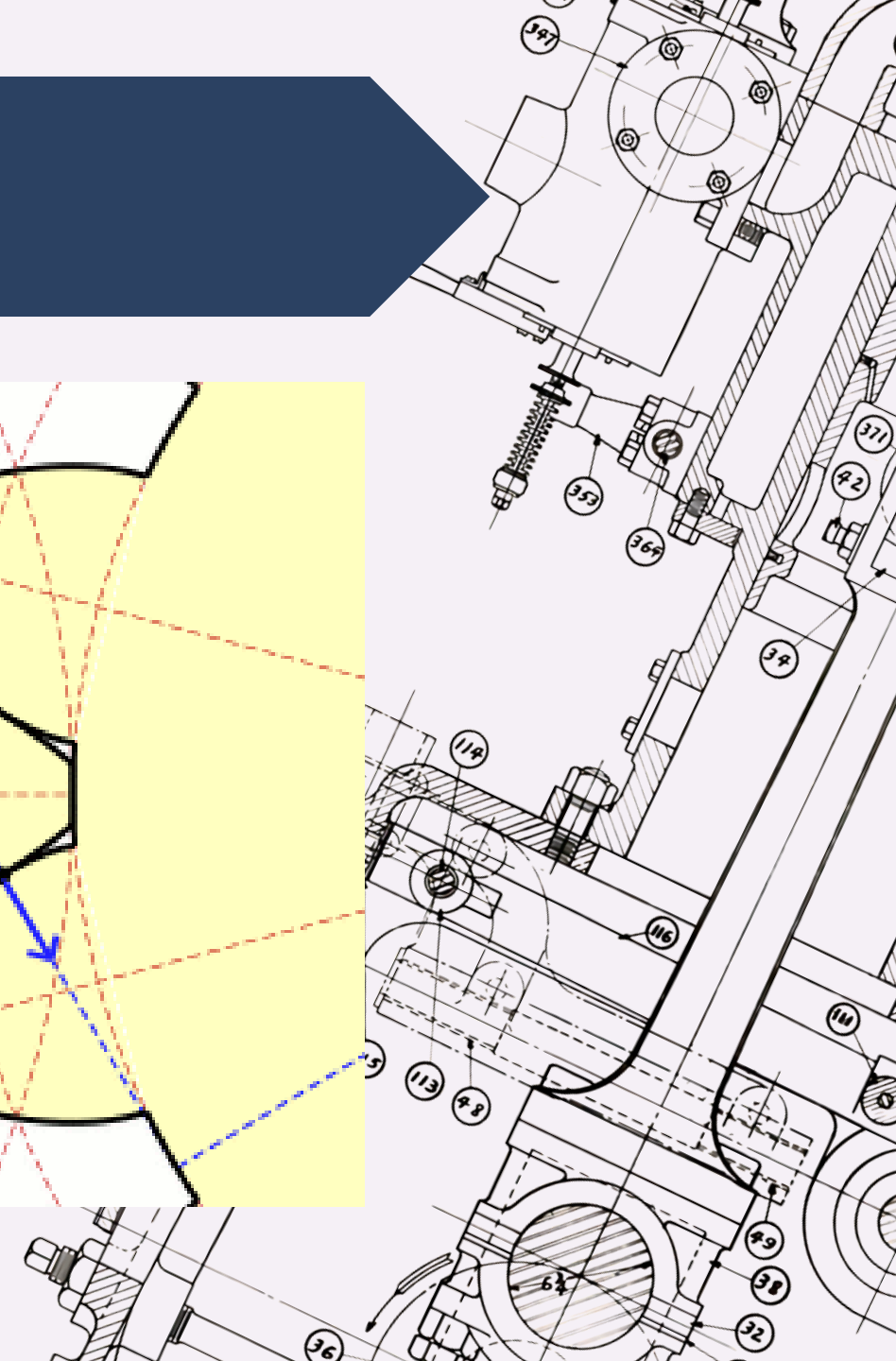
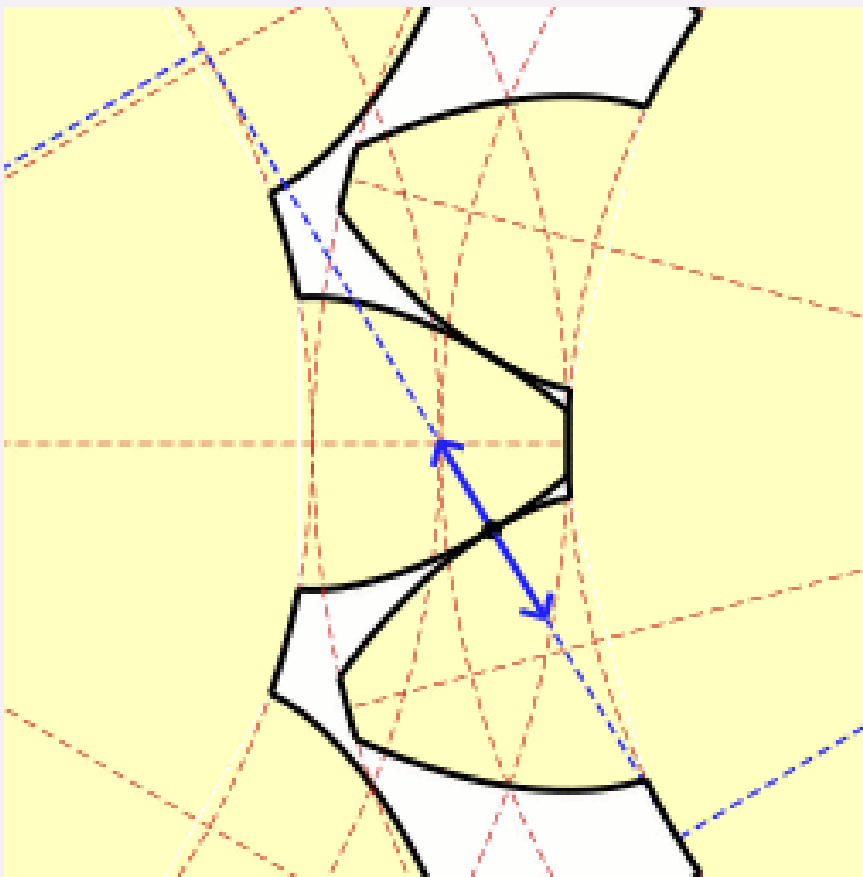


# Kołowo-łukowe

- Zalety:
  - Niskie naciski między zębami
  - Zwiększona sprawność
- Wady:
  - Brak uniwersalności (\$\$\$)
  - Działanie tylko w parach



# Mechanizm zazębienia



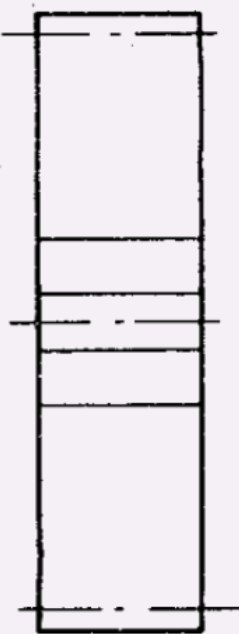
# Przekładnie zębate

- Element przekładający moment obrotowy oraz prędkość obrotu na inną część maszyny.
- Przekładnie mogą być podzielone na wiele typów ze względu na:
  - Kształt przekroju zęba
  - Kształt i ułożenie zębátky

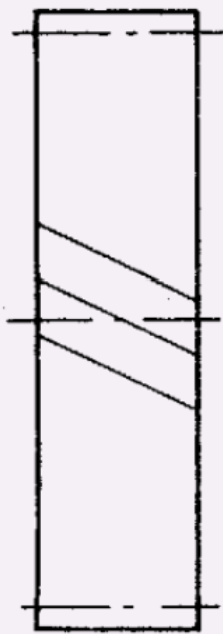


# Kształt zębów

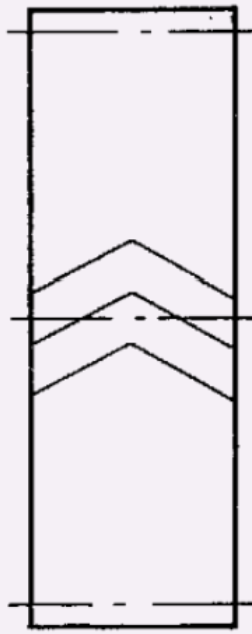
a)



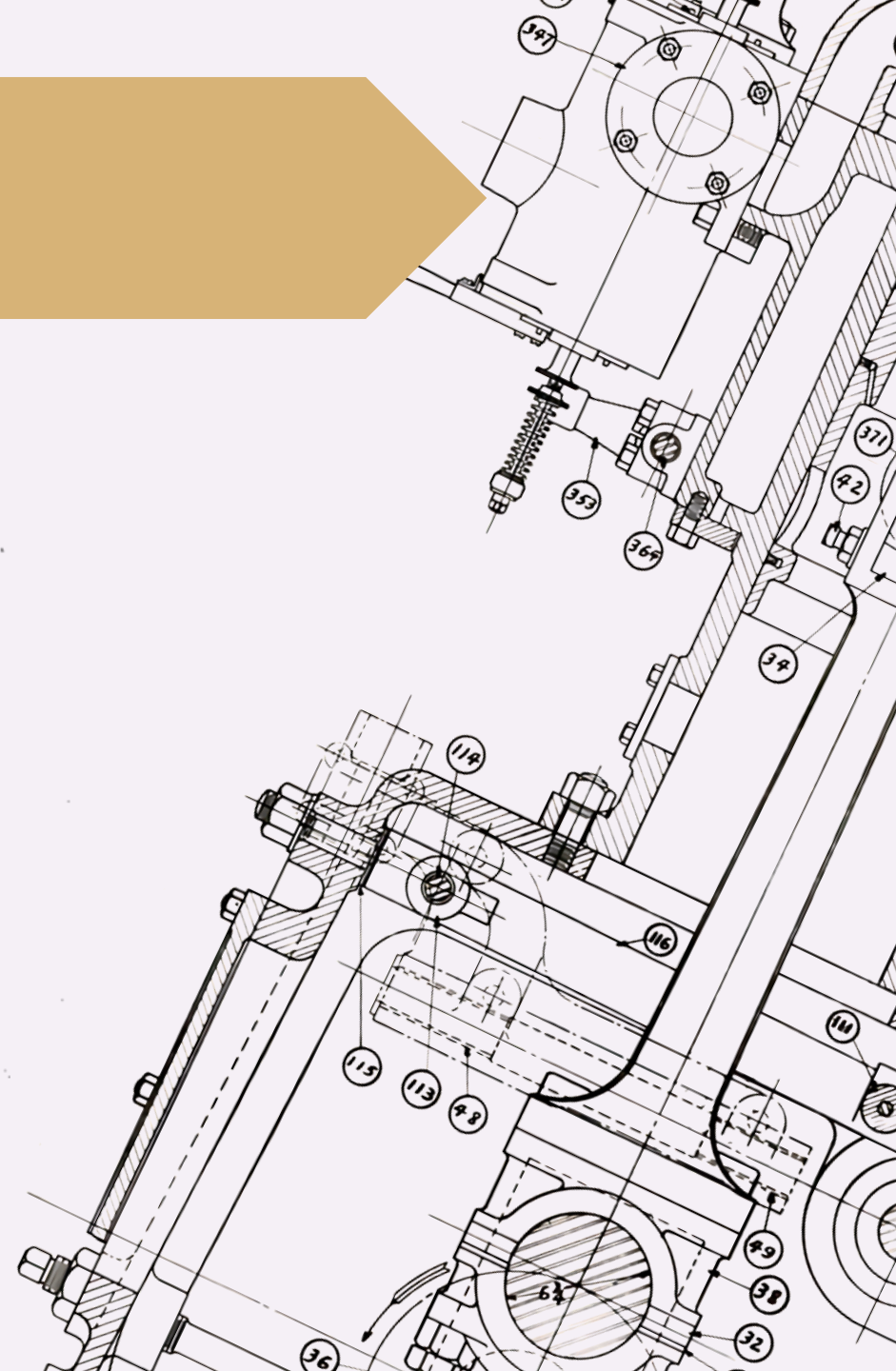
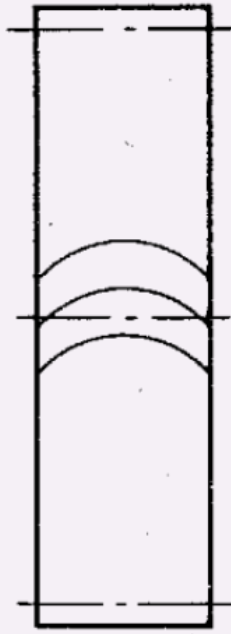
b)



c)

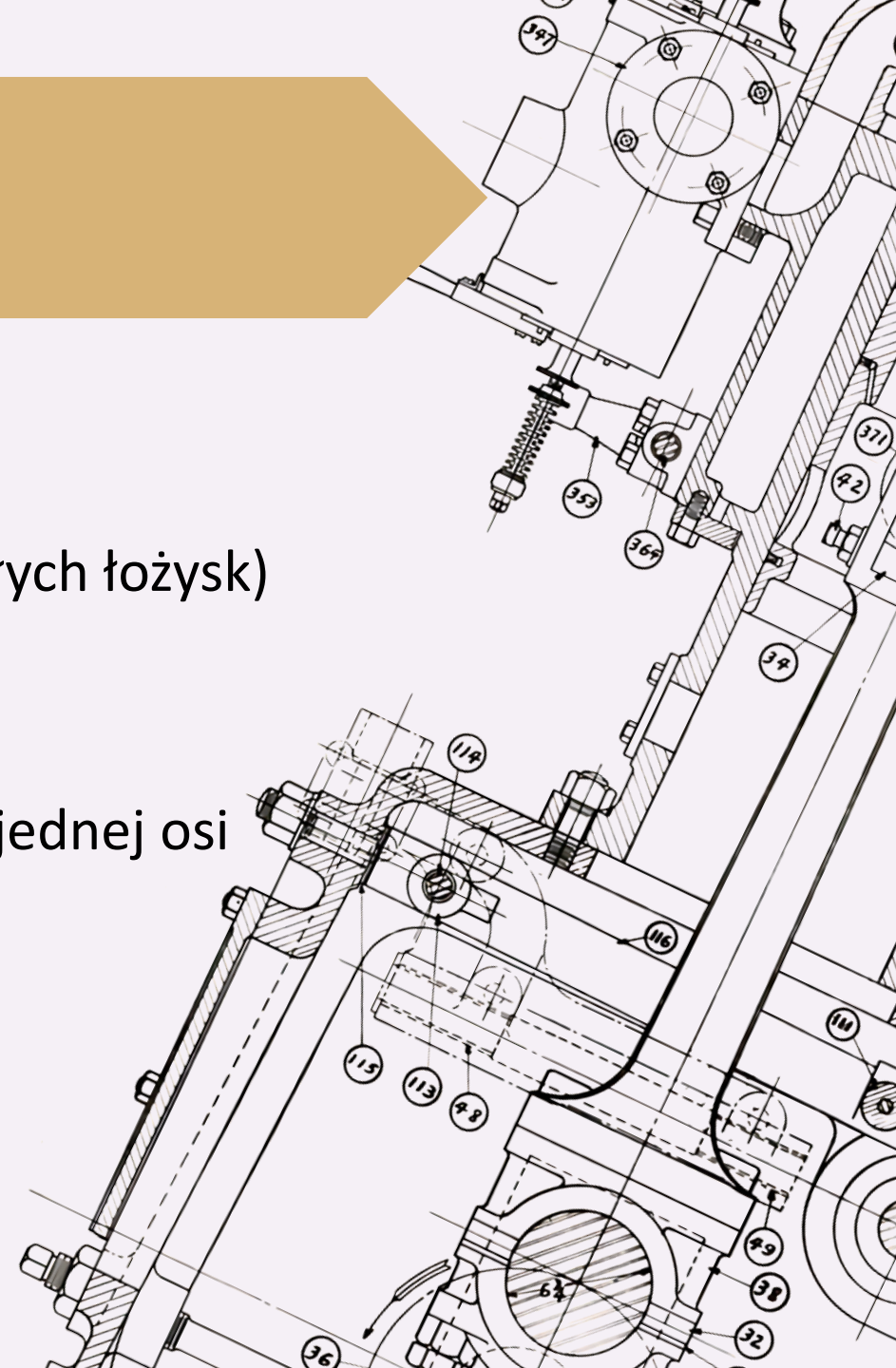


d)



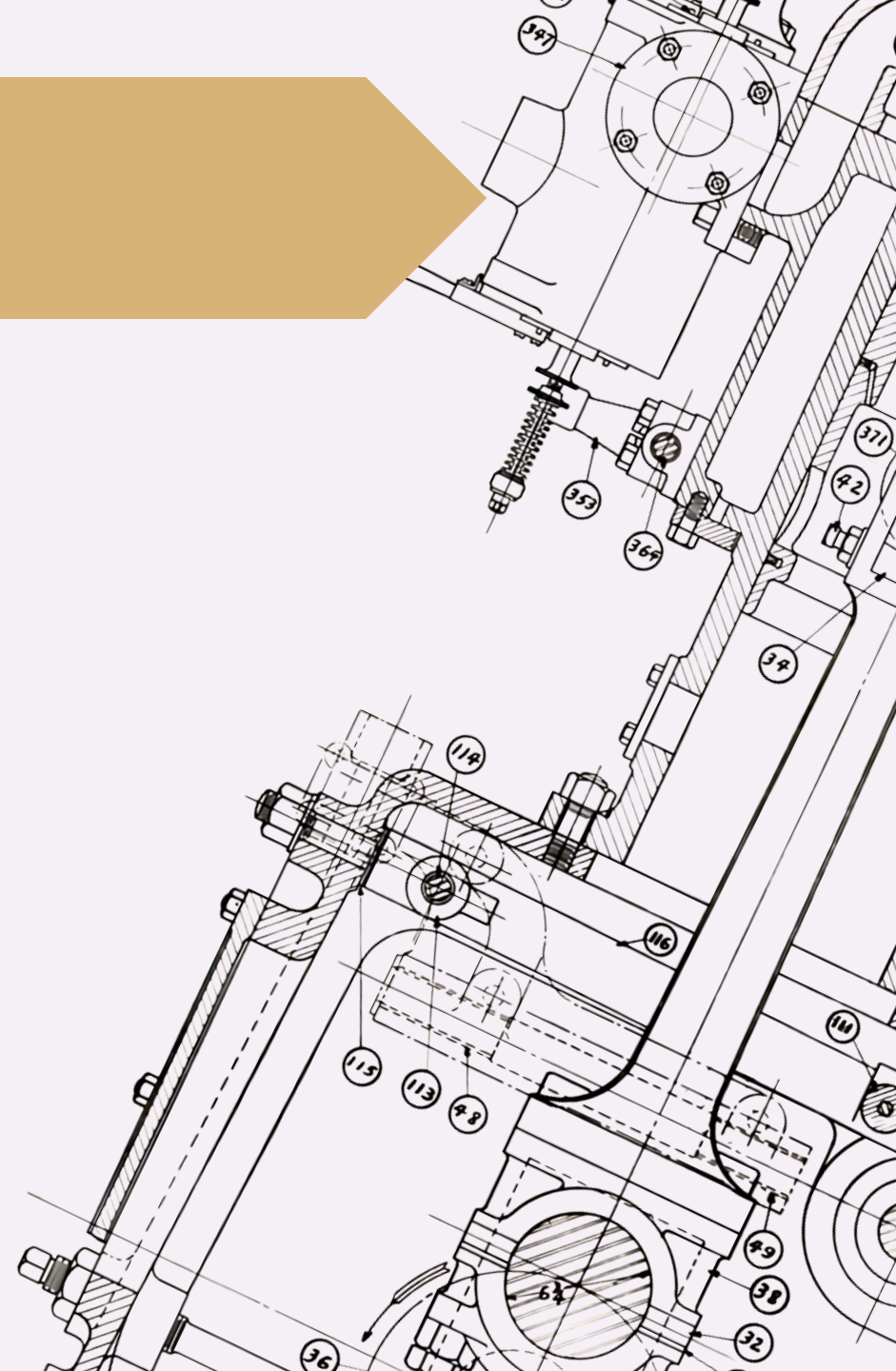
# Zęby proste

- Zalety:
  - Proste w obróbce (\$\$\$)
  - Brak działania sił na osie (możnaż za pomocą zwykłych łożysk)
- Wady:
  - Głośnie przy większych prędkościach obrotowych
  - Pozwalają tylko na przełożenie obrotu względem jednej osi



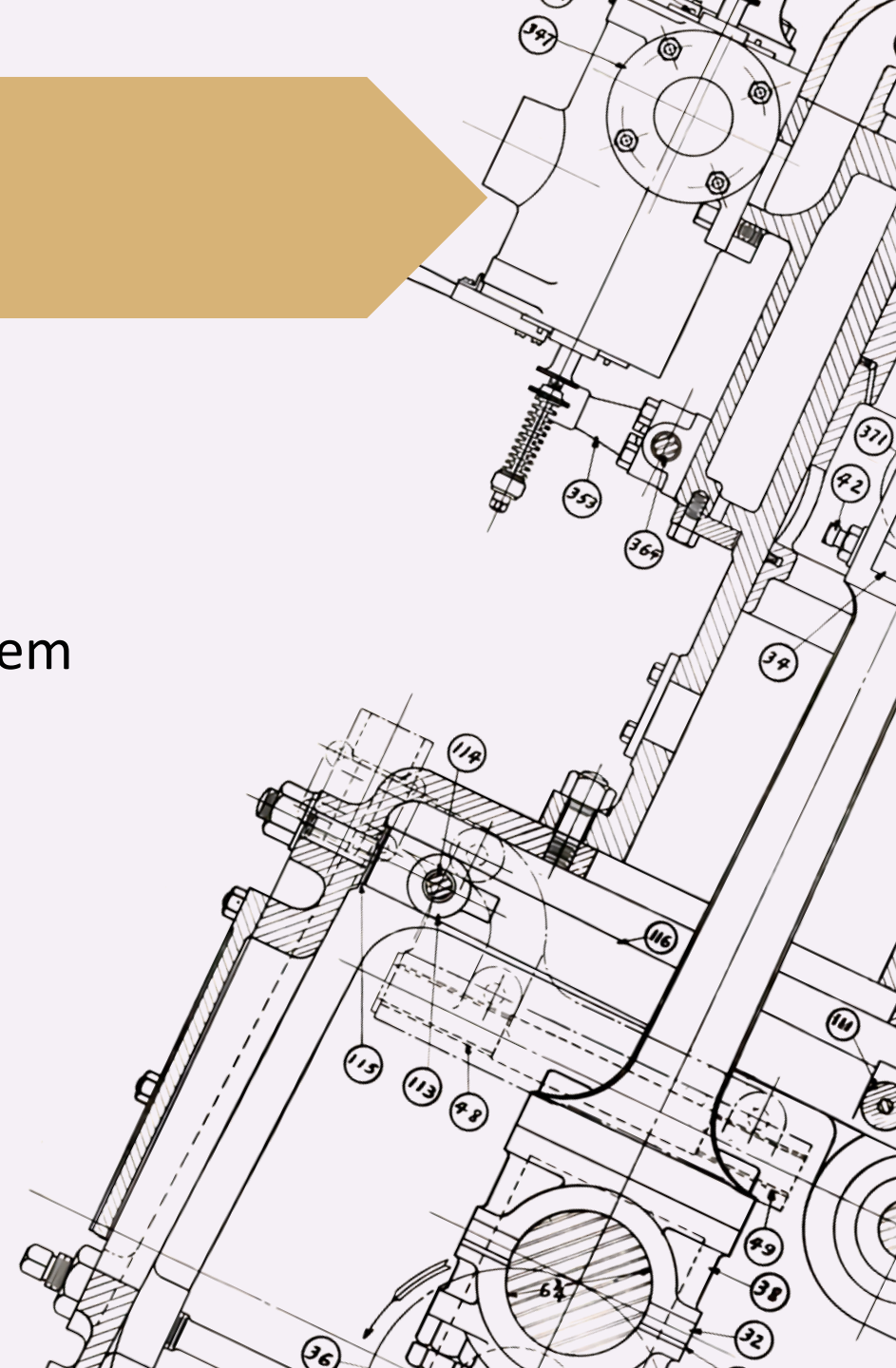
# Zęby skośne (śrubowe)

- Zalety:
  - Cichsze niż zęby proste
- Wady:
  - Trudniejsze w obróbce
  - Działają większe siły osiowe (potrzeba wykorzystania łożysk oporowych/osiowo promieniowych)



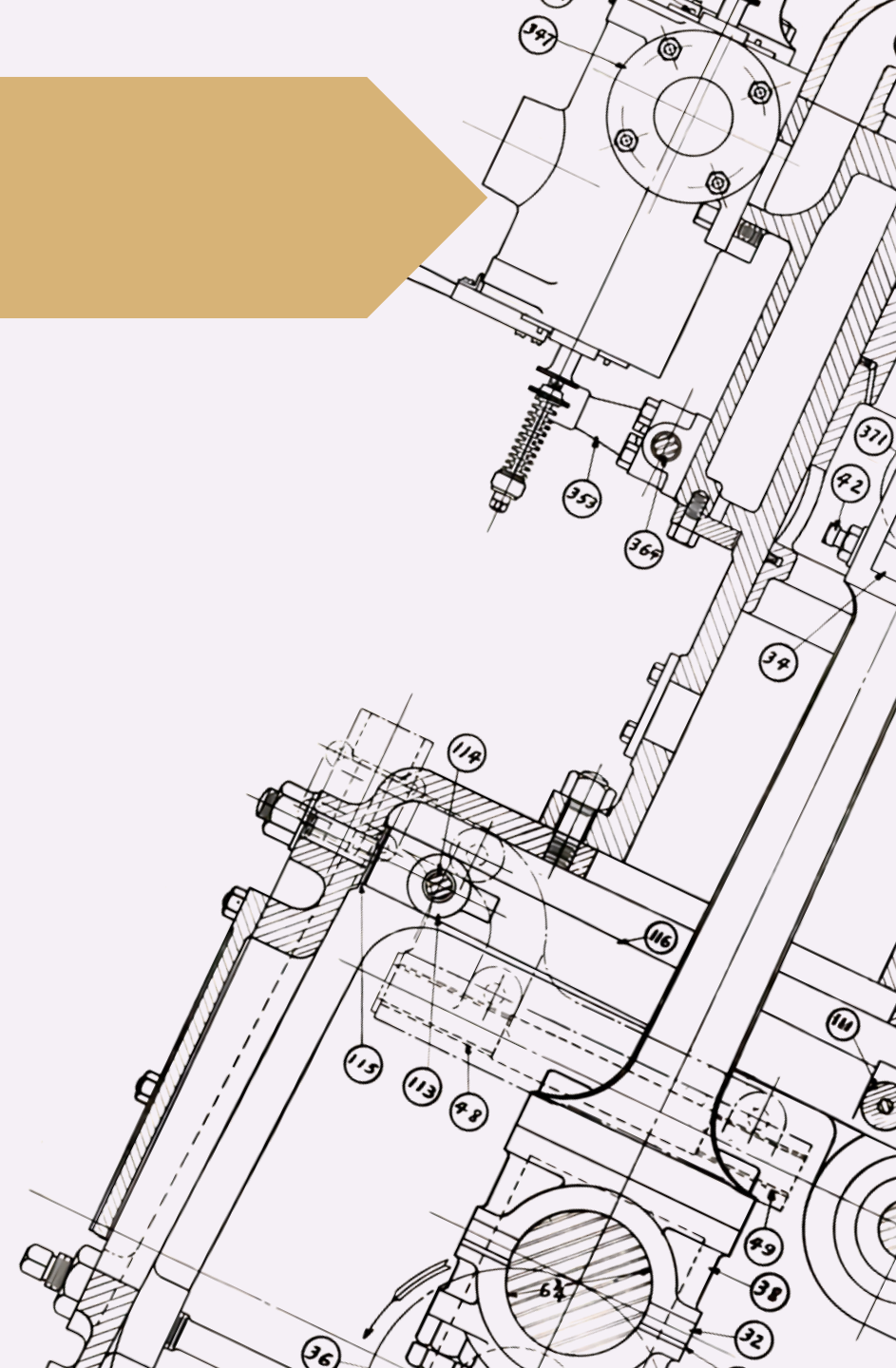
# Zęby łukowe

- Zalety:
  - Jak zęby skośne
  - Większa wytrzymałość na ścieranie
  - Pozwalają na łączenie zębatek pod dowolnym kątem
- Wady:
  - Trudniejsze w obróbce



# Zęby daszkowe

- Wady
  - Ciężkie do produkcji
  - Grubsze koła zębate
- Zalety
  - Łączą zalety kół prostych i skośnych aka.
    - Cichsze i bardziej wytrzymałe
    - Można montować za pomocą zwykłych łożysk





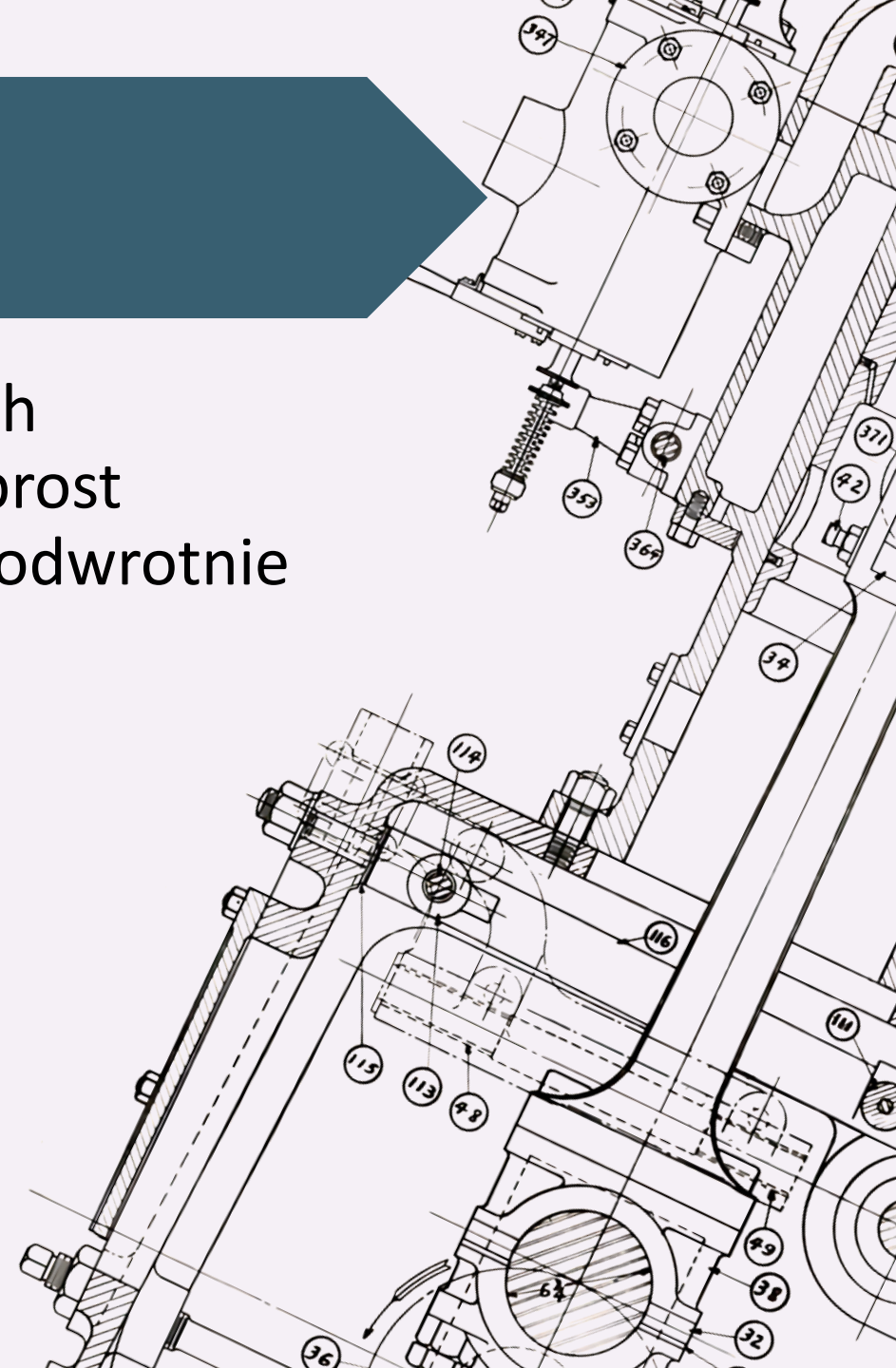
# Krótkie przypomnienie

- Zmiany energii niemechanicznej na mechaniczną następuje w silnikach.
- Jedym ze sposobów odebrania z silnika takiej energii to wał obracający się z prędkością  $\omega$  oraz przekazujący moment obrotowy  $T$ .



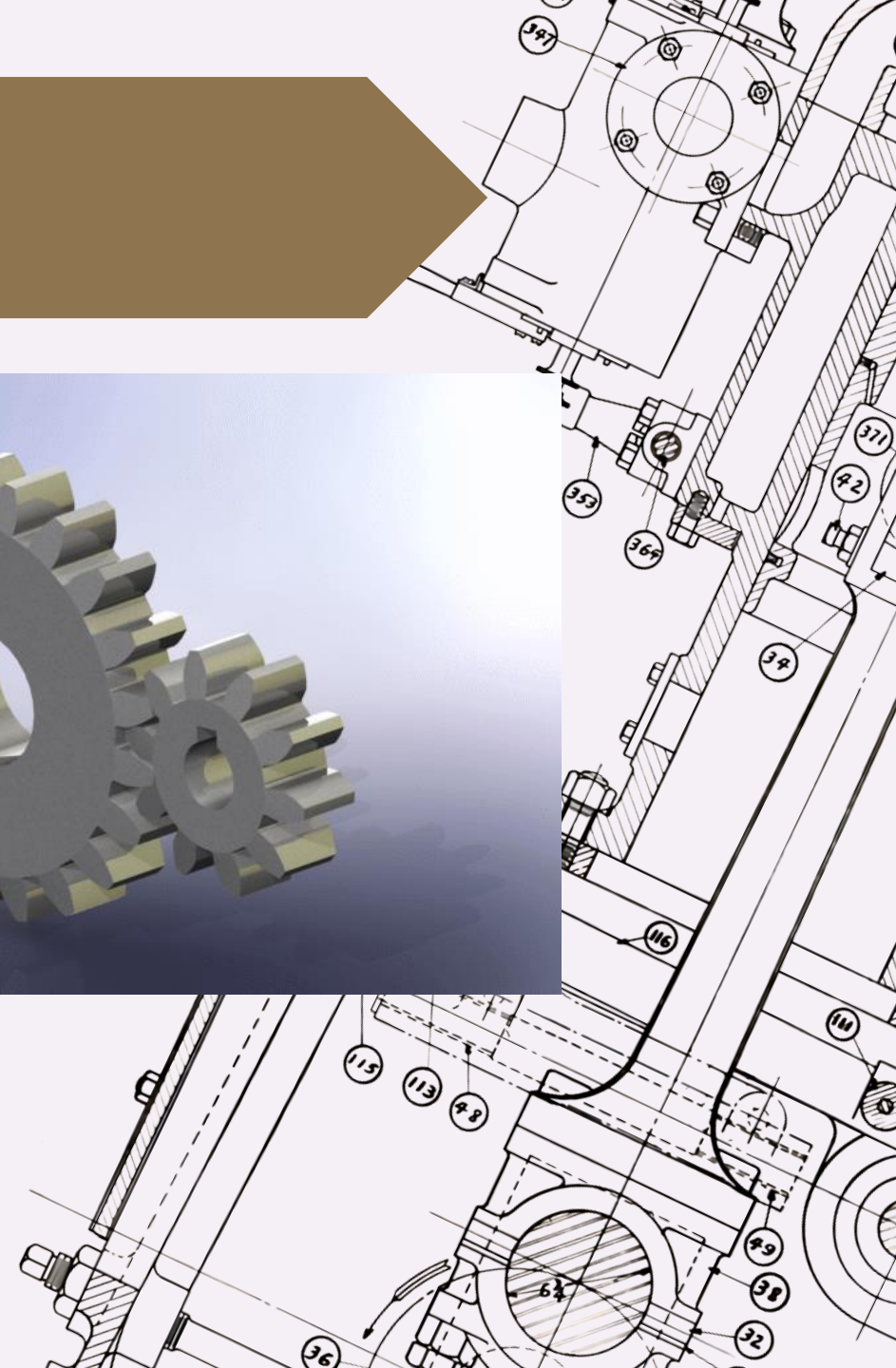
# Przełożenia

- Zależnie od proporcji zębów w kołach zębatych składających się na przekładnię, następuje wprost proporcjonalne przełożenie momentu pędu i odwrotnie proporcjonalne przełożenie szybkości.

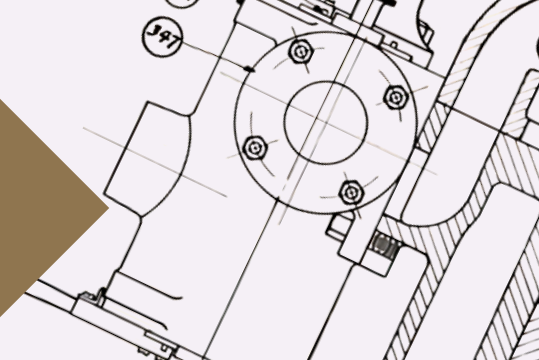
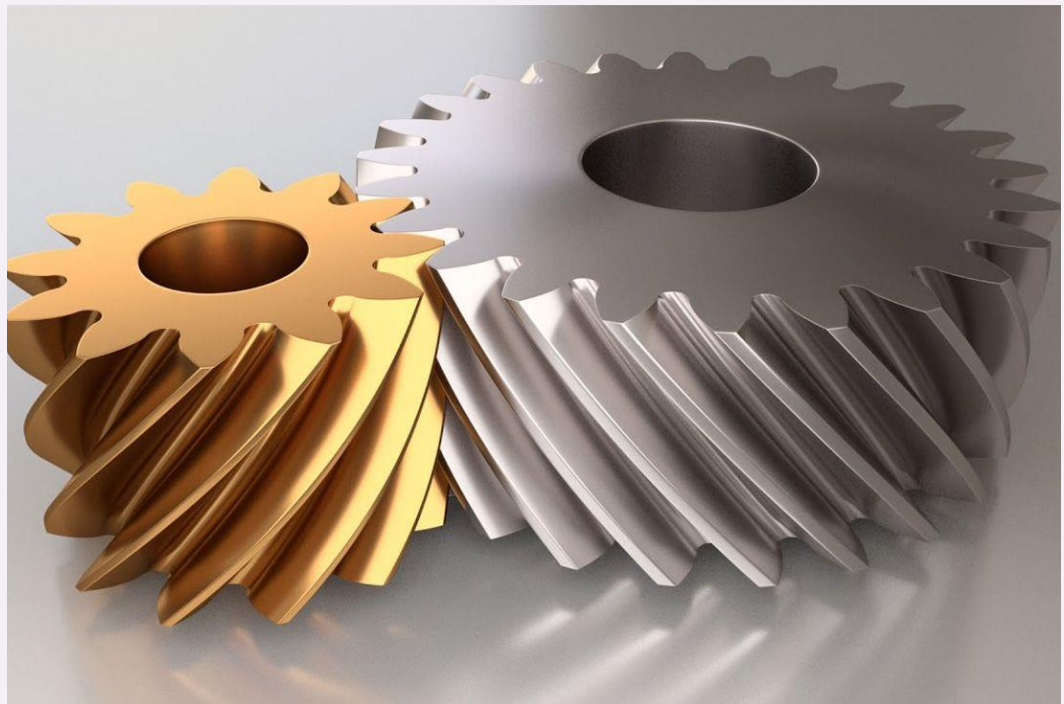


# Przekładnia walcowa

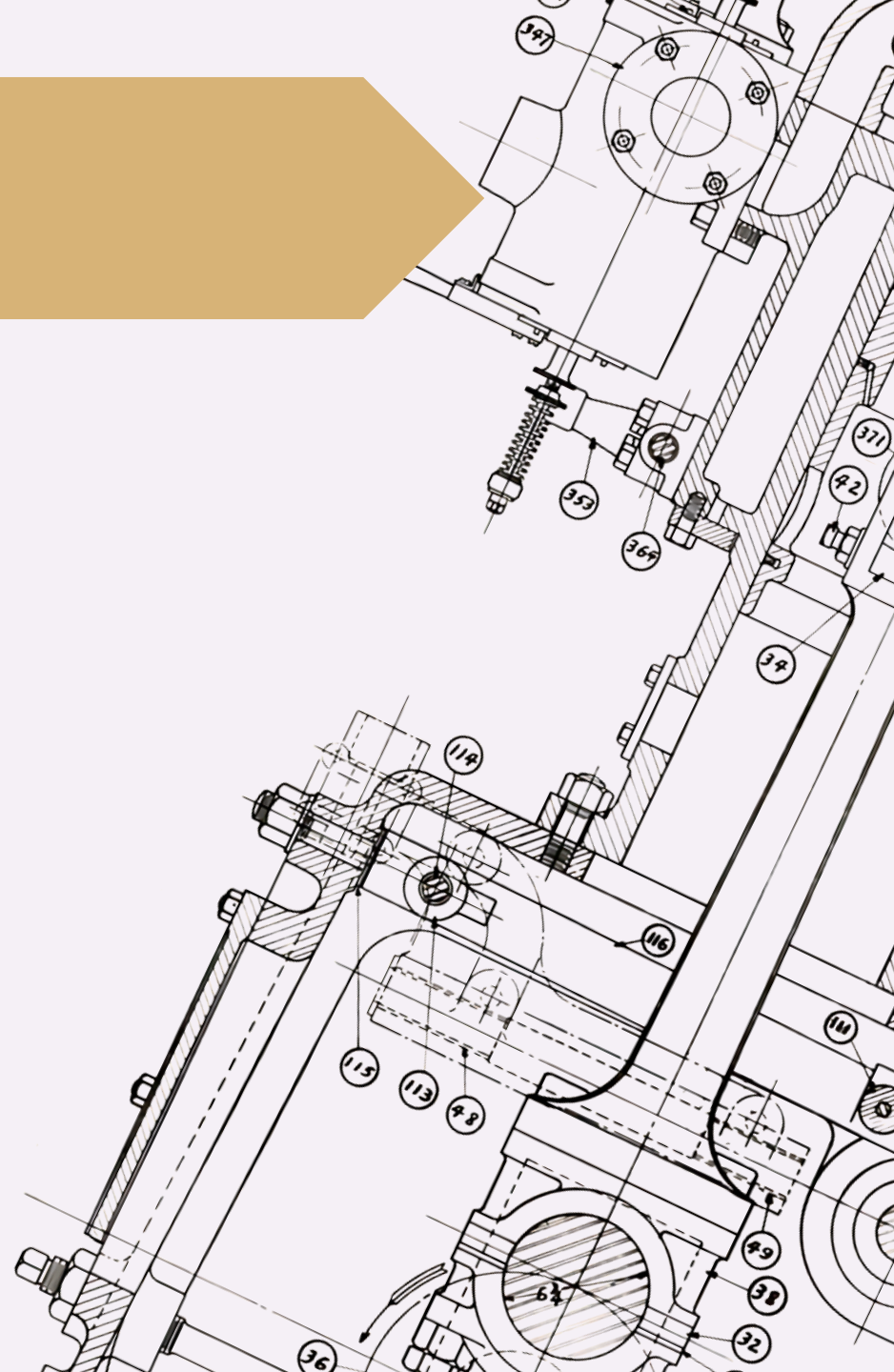
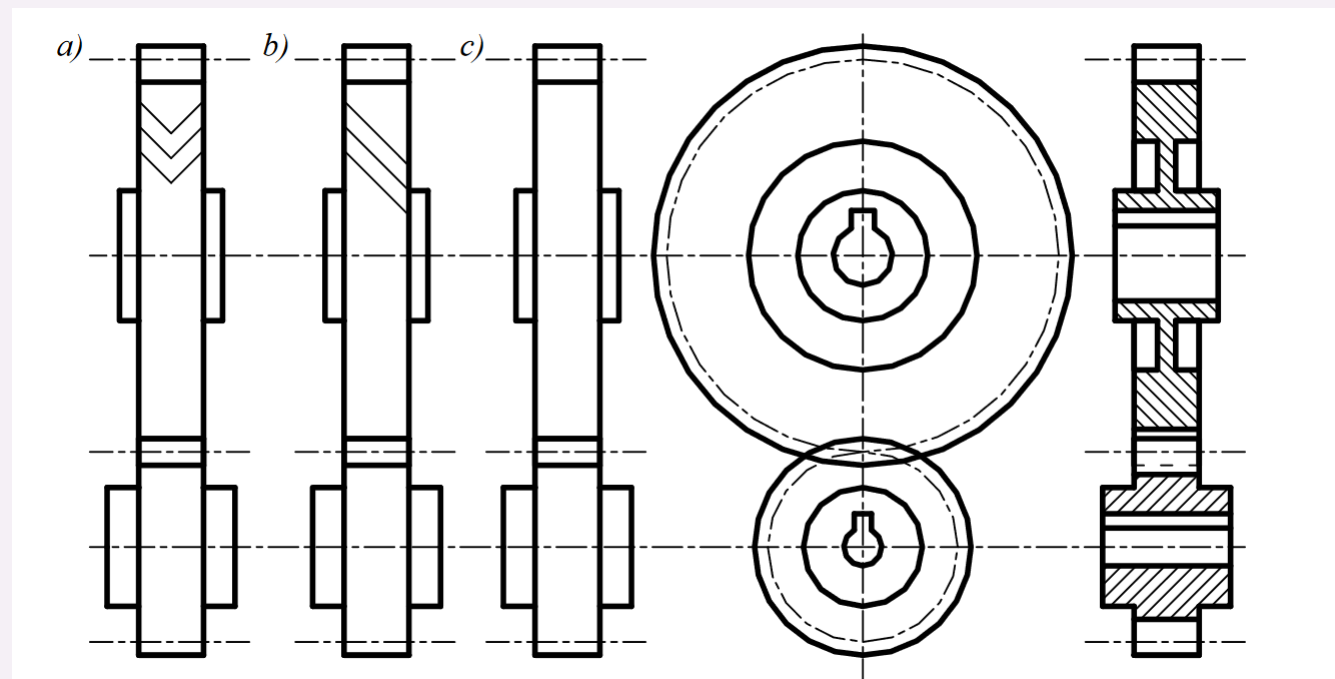
- Służąca do przekładania siły i obrotu na równoległe wały



# Przekładnia walcowa

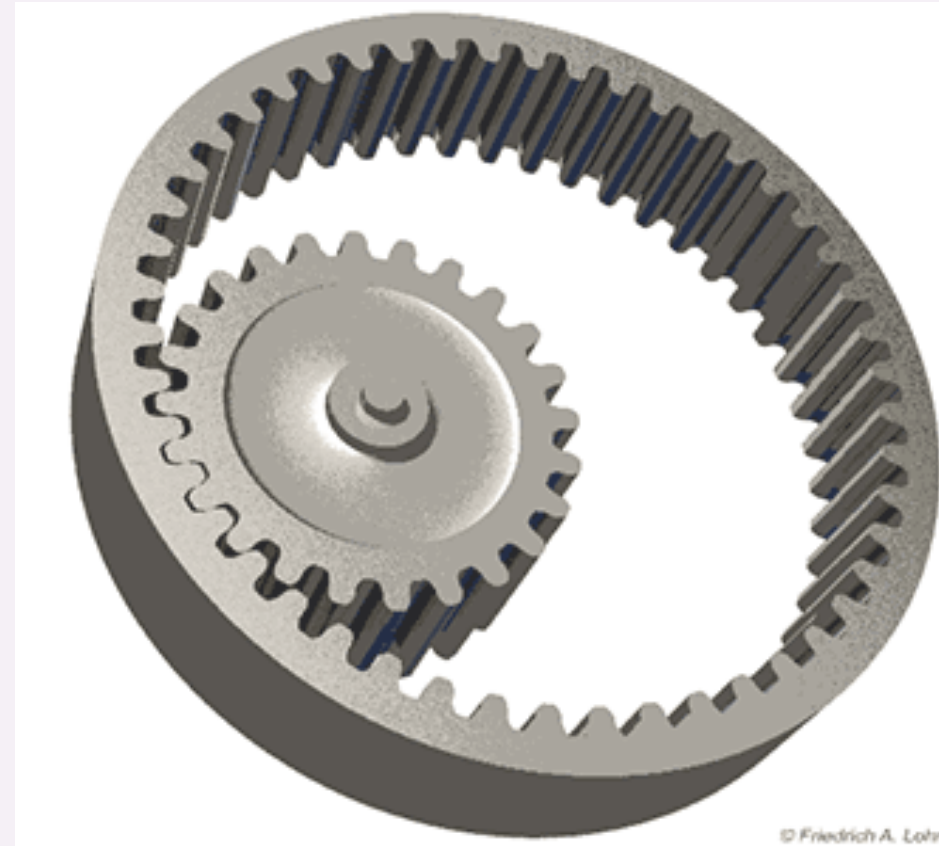


# Na rysunkach



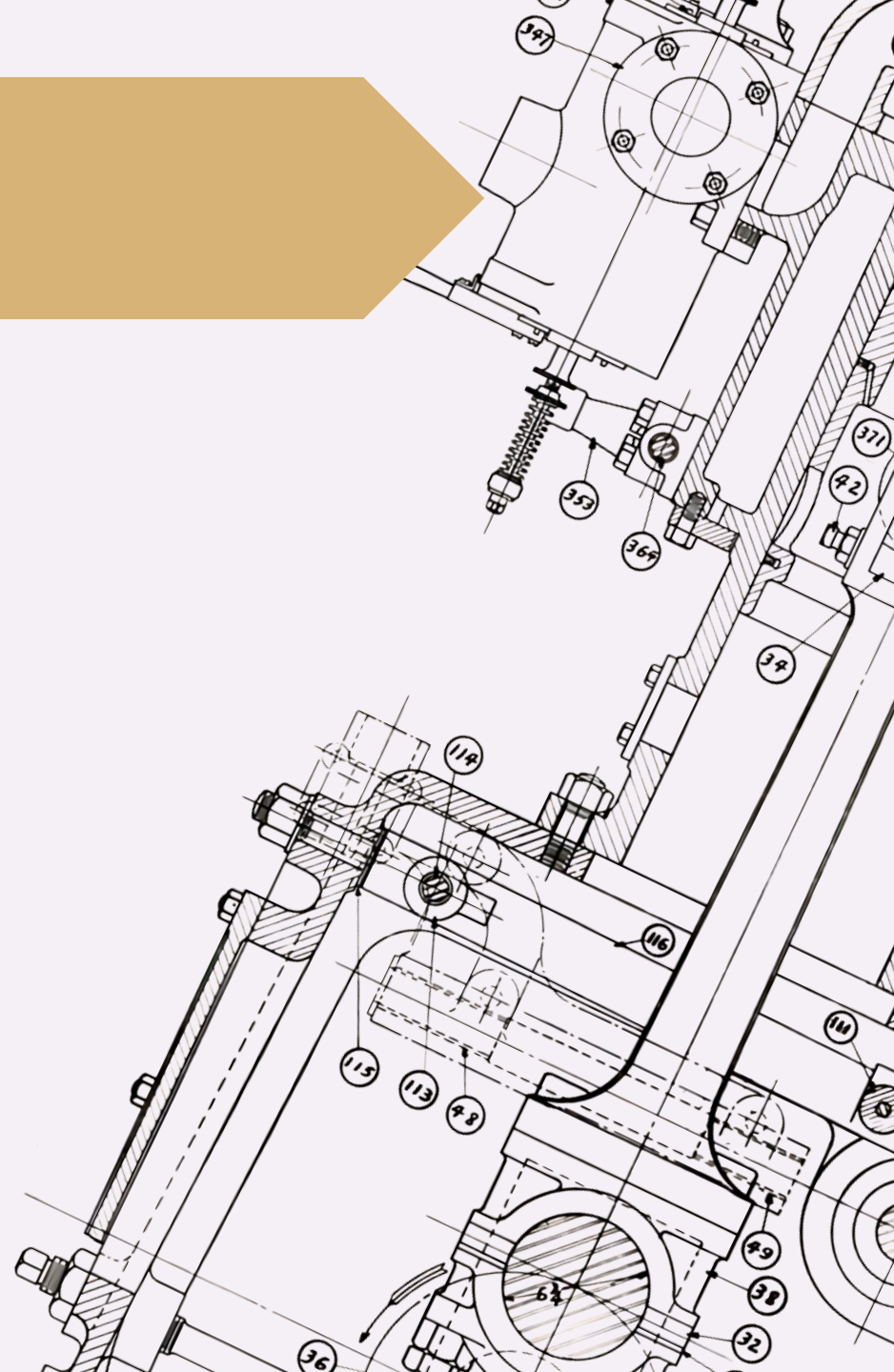
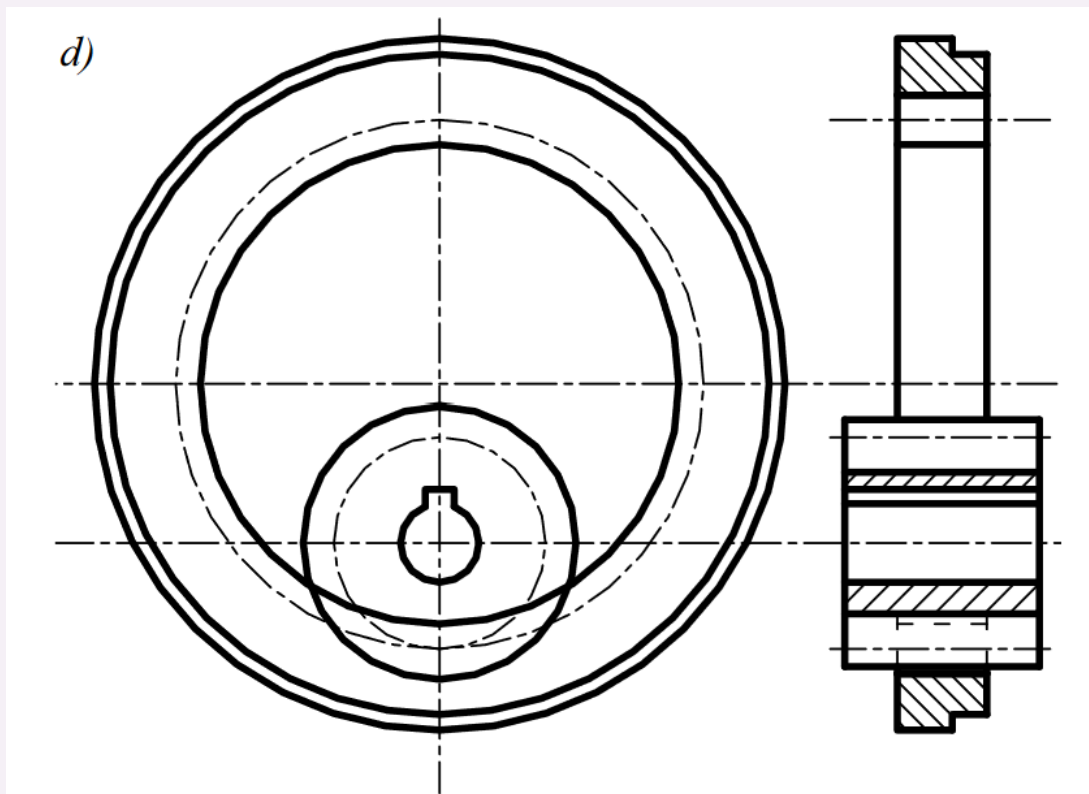
# Przekładnia walcowa wewnętrzna

- Gdy jest potrzeba aby wały po obu stronach przekładni miały ten sam zwrot, stosuje się przekładnię walcową wewnętrzną (lub przekładnię walcowe pośrednie)



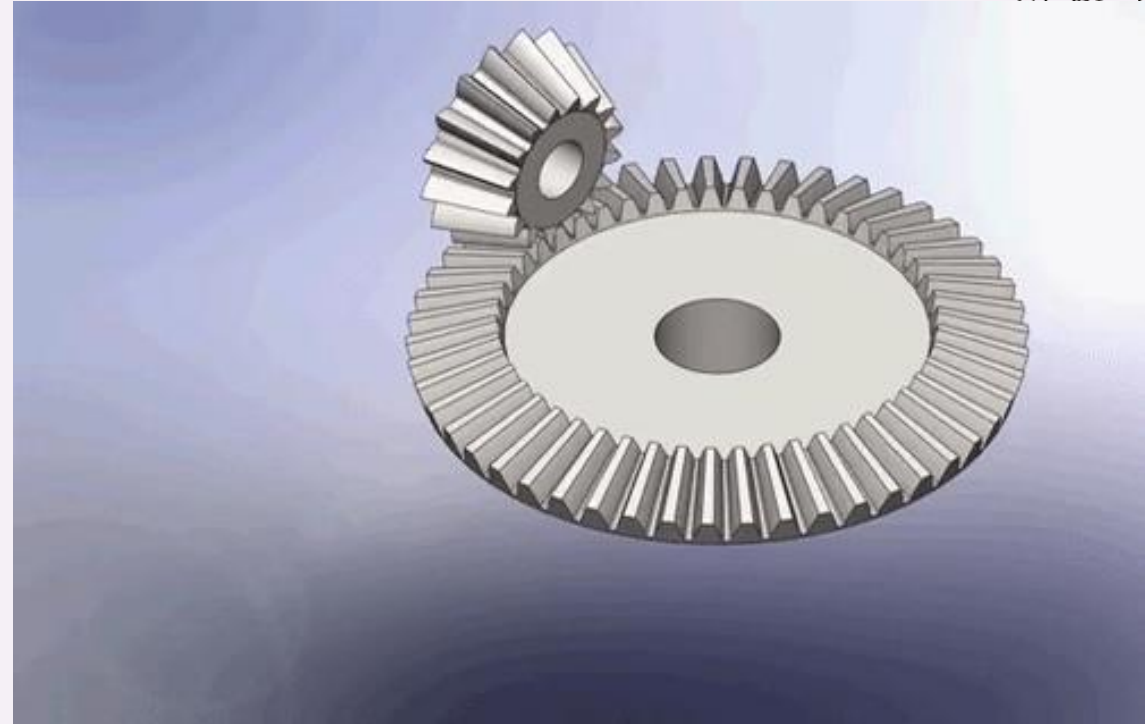
© Friedrich A. Lohmüller

# Na rysunkach



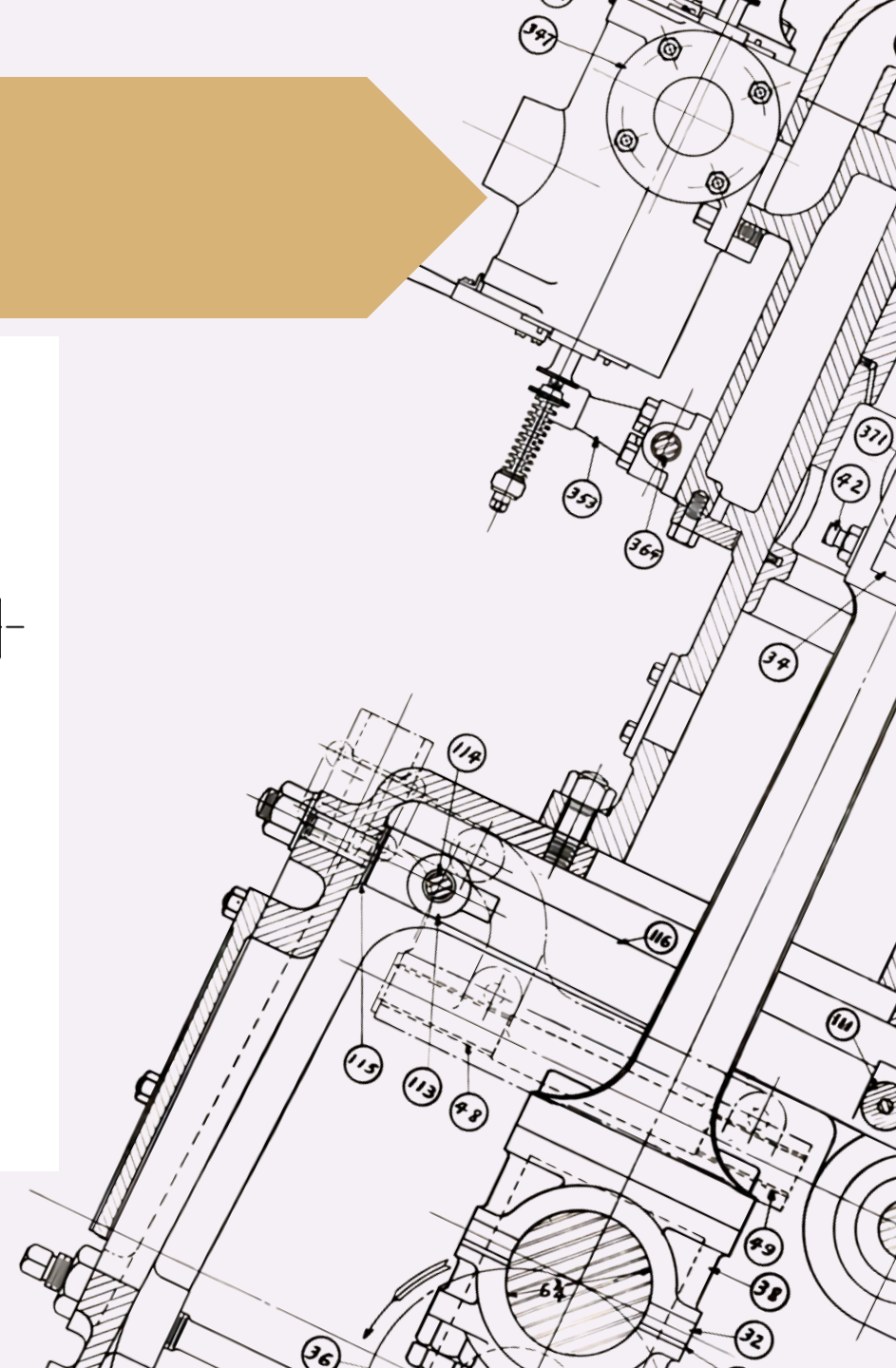
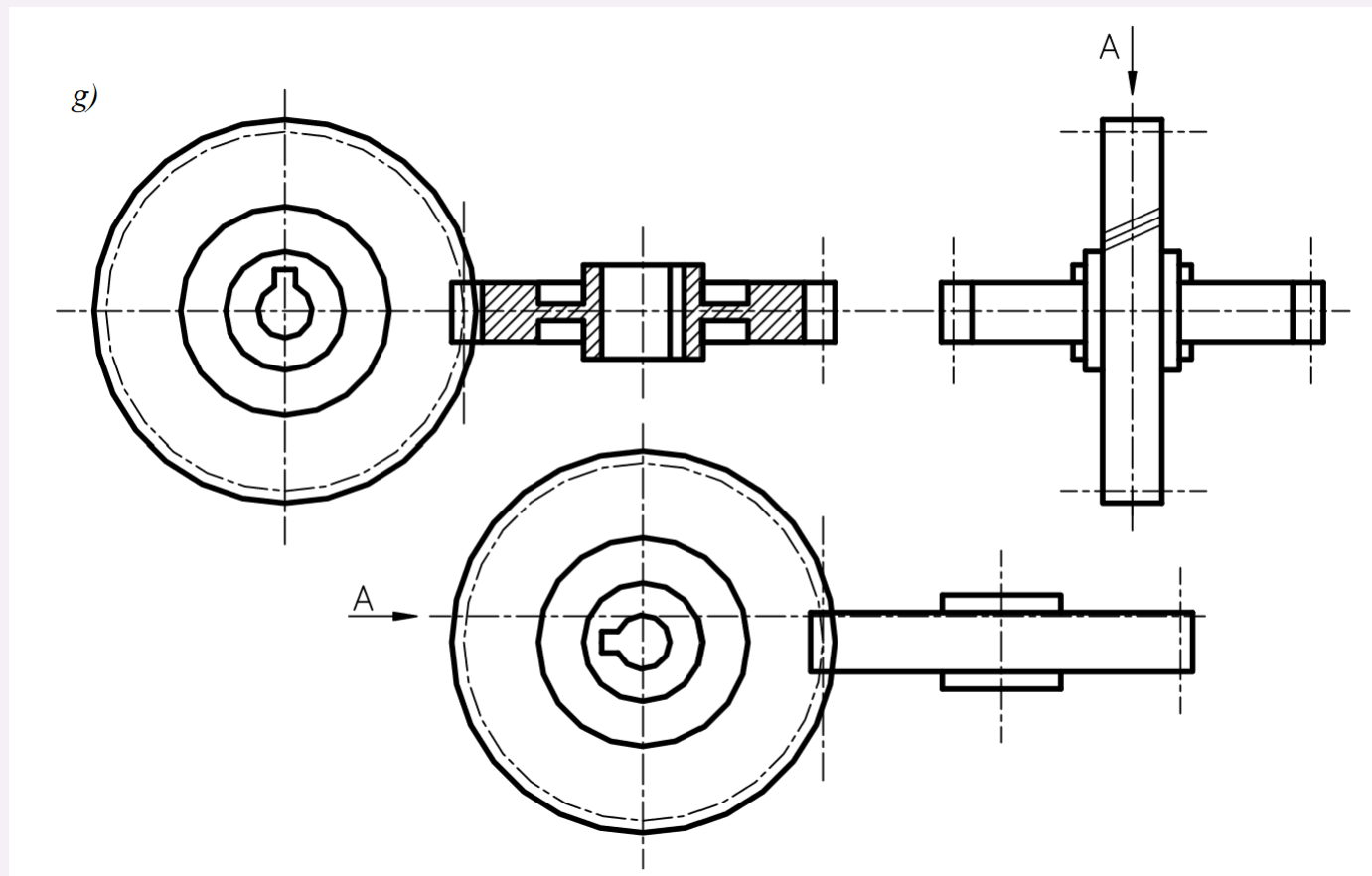
# Przekładnia stożkowa

- Służąca do przekładania siły i momentu obrotowego pod kątem (najczęściej 90 stopni)
- W zależności od kształtu linii zęba wyróżnia się przekładnie stożkowe:
  - Proste
  - Śrubowe



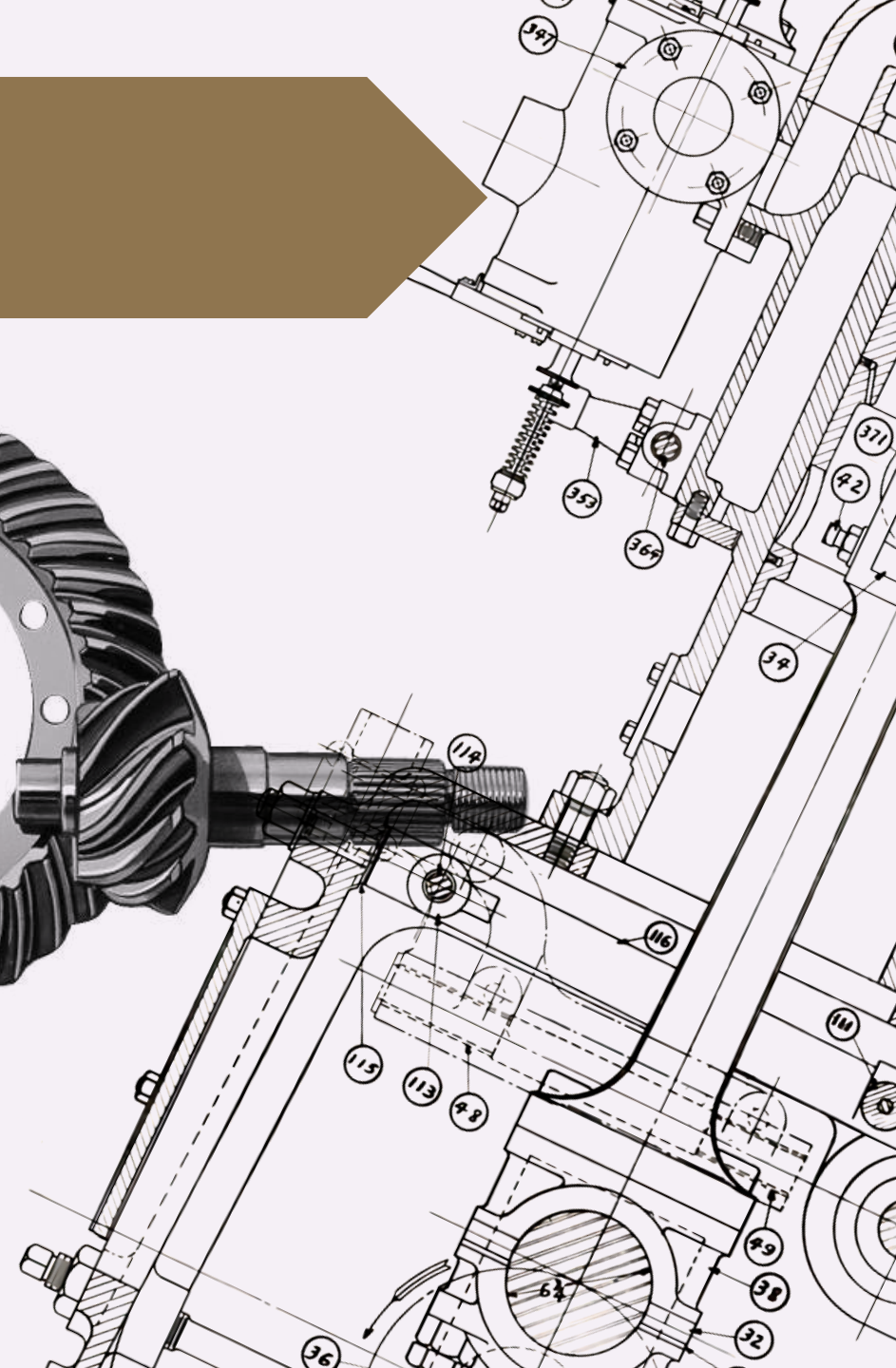
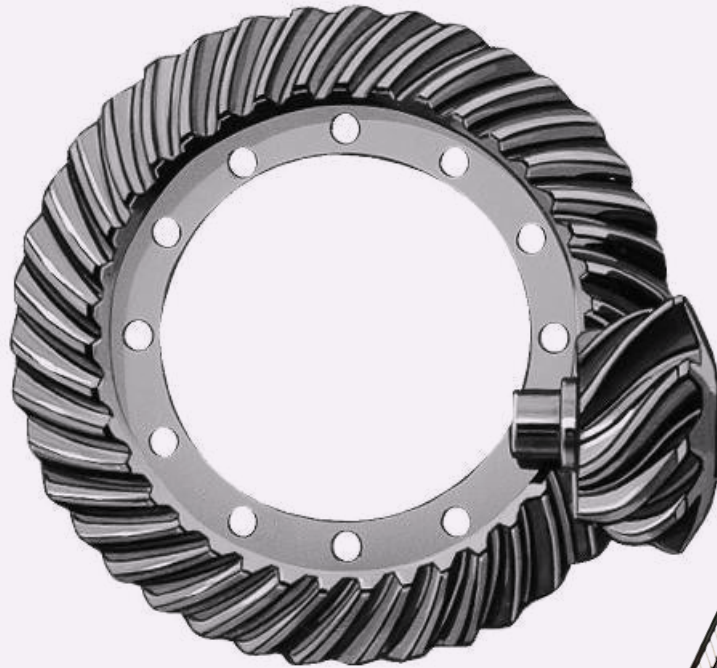


# Na rysunkach

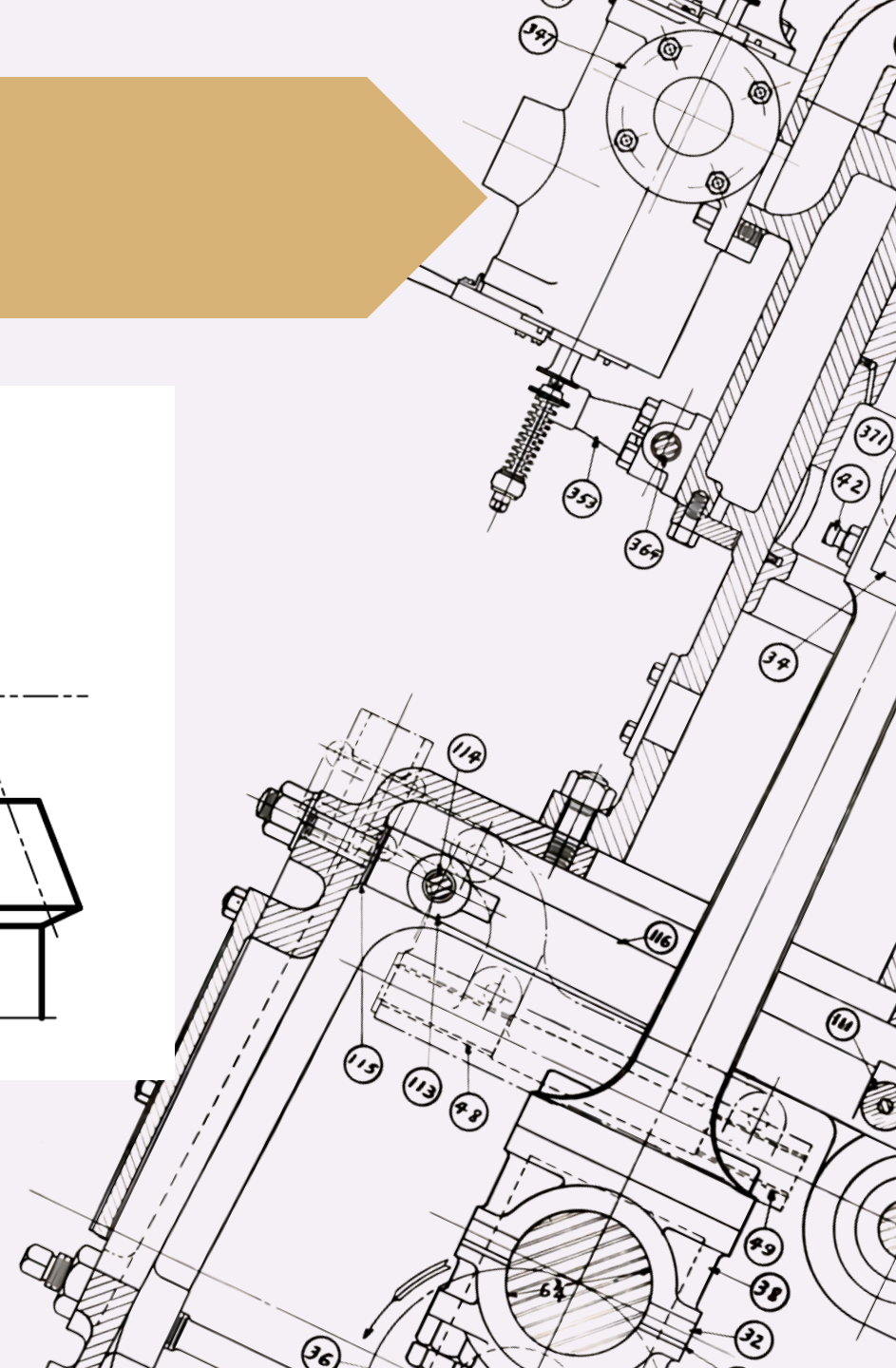
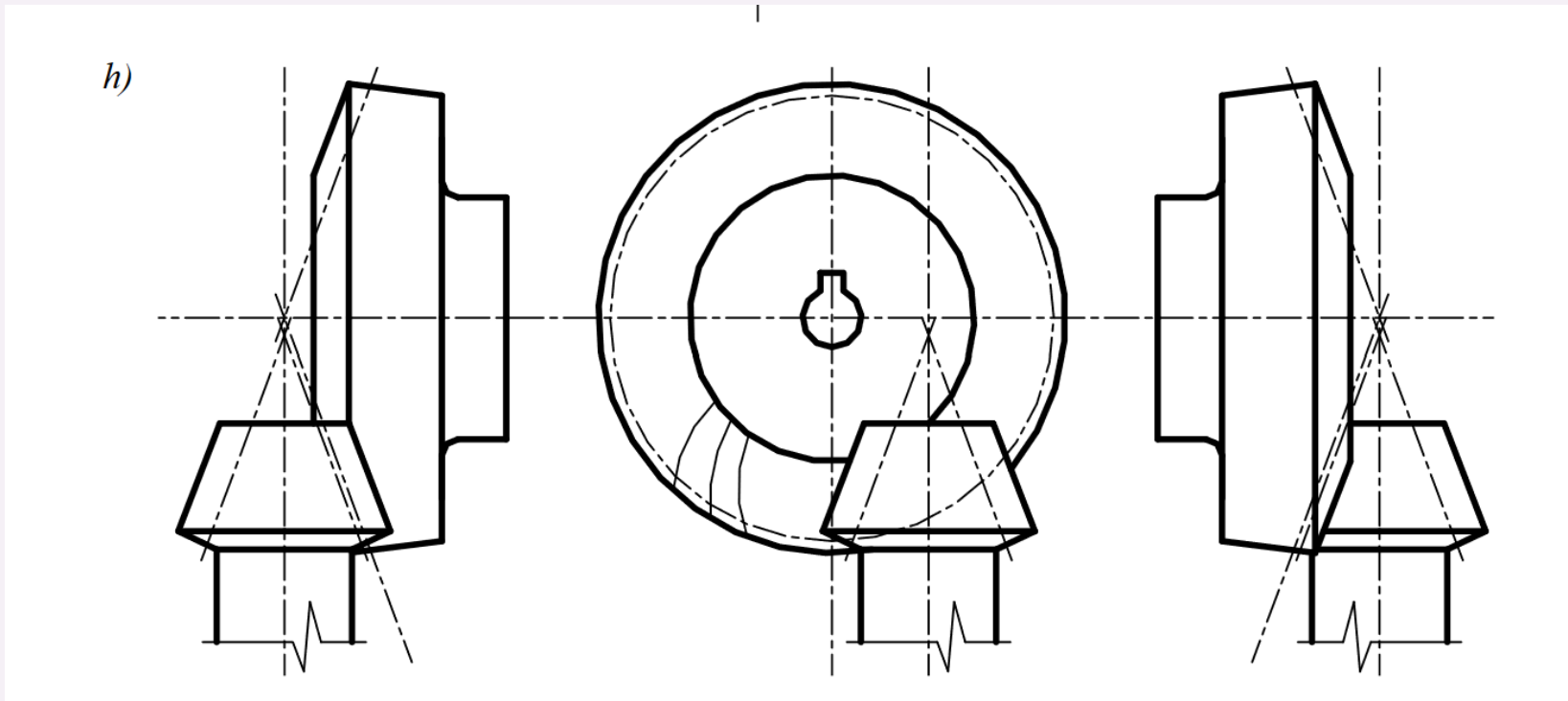


# Przekładnia hipoidalna

- Podobna do stożkowej, jednak jej osie zębatek nie znajdują się na jednej płaszczyźnie
- Dzięki zwiększeniu kąta zębów na mniejszym kole, przekładnia umożliwia nam przełożenie większych sił.

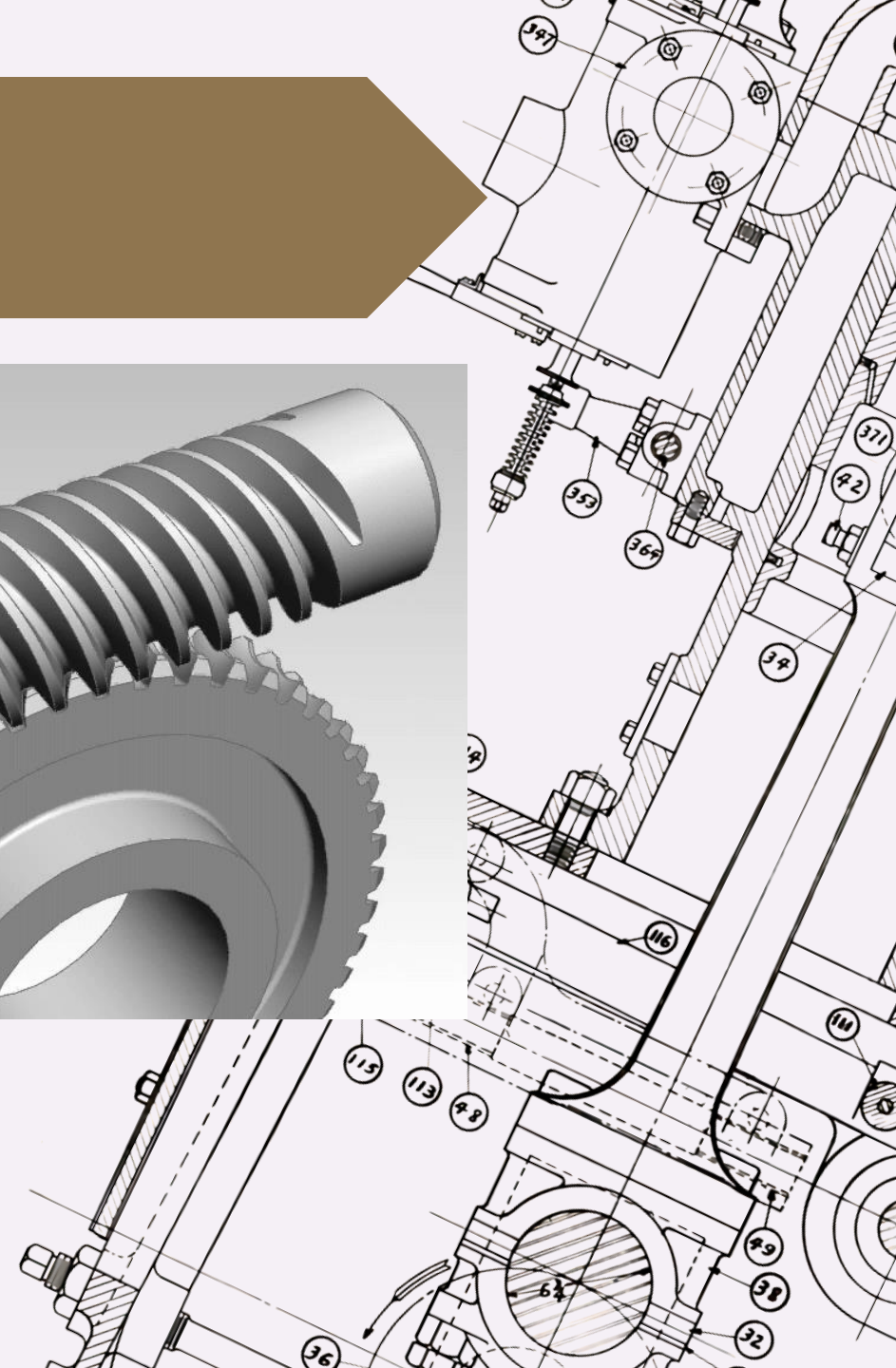
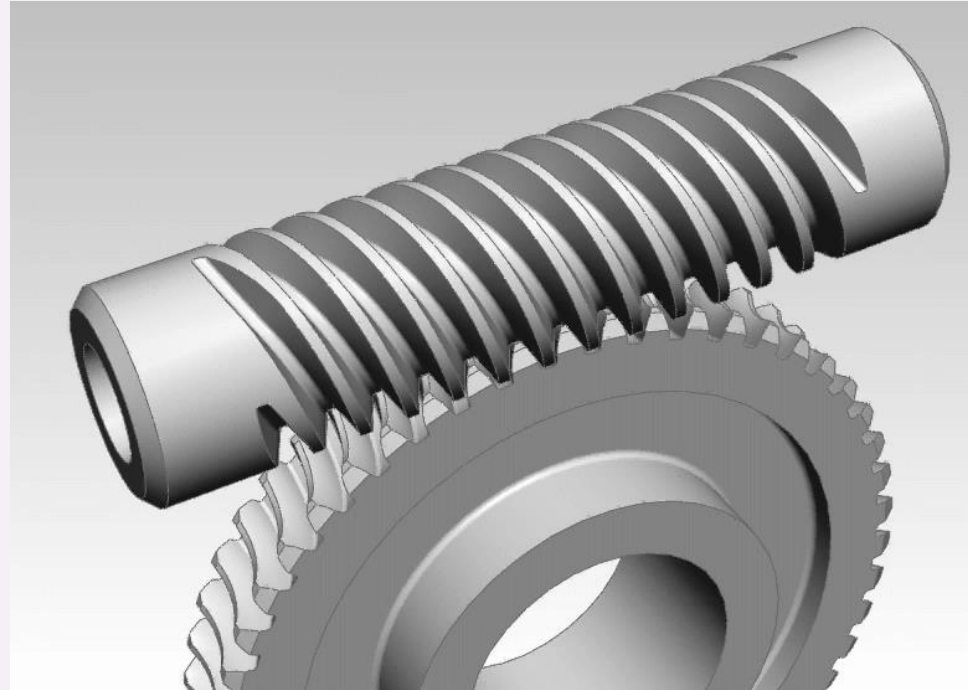


# Na rysunkach

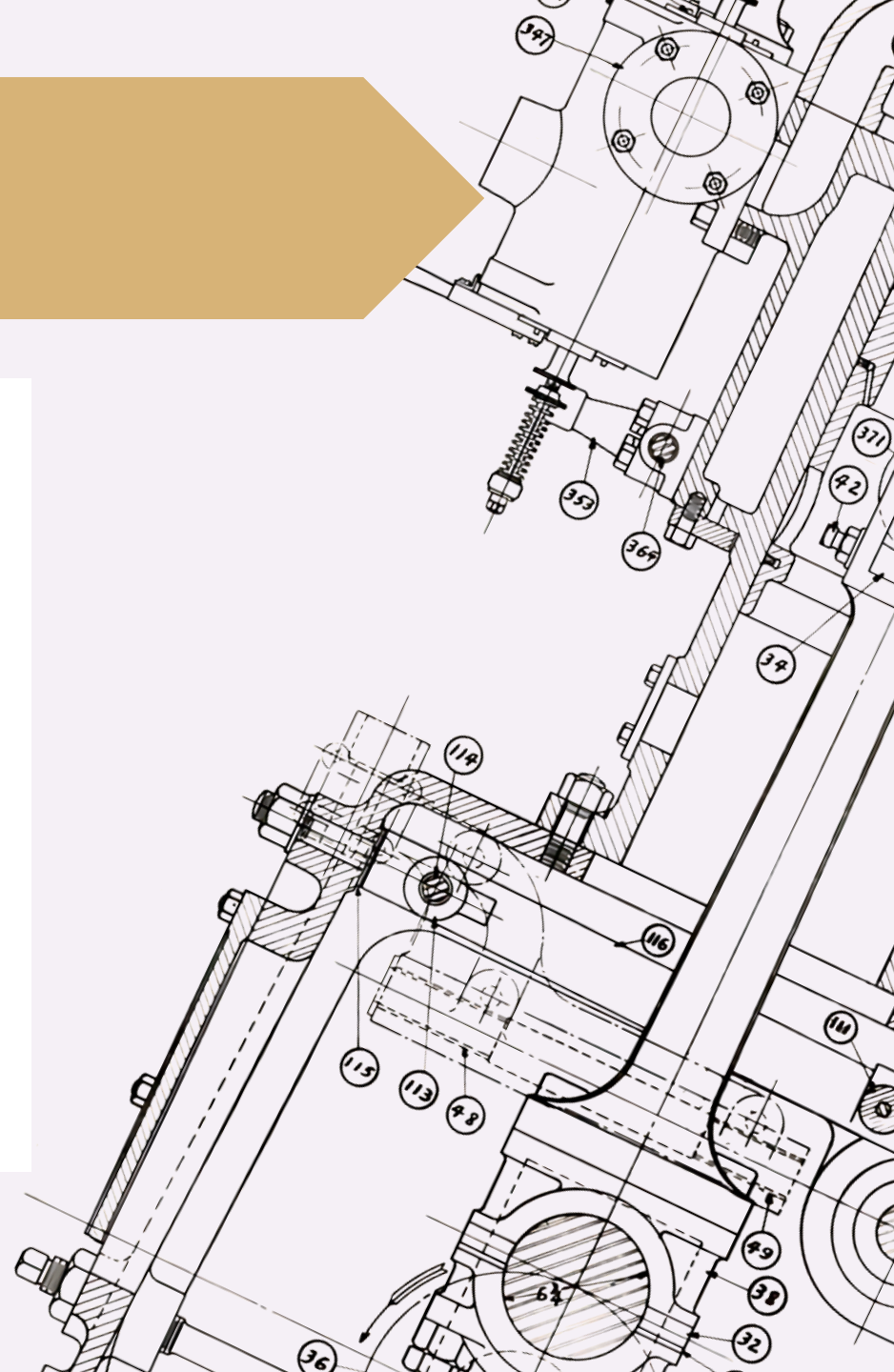
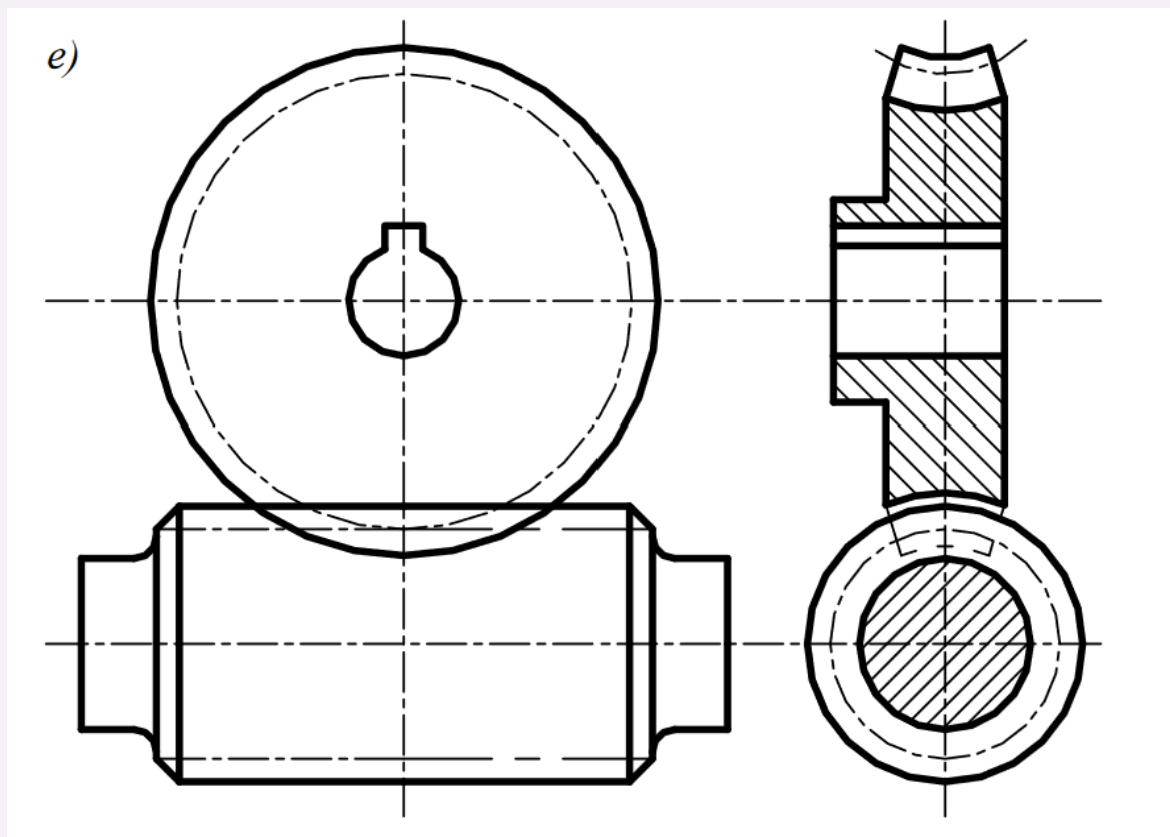


# Przekładnia ślimakowa

- Używana kiedy potrzebne jest duże zmniejszenie szybkości – a co za tym idzie, duże zwiększenie momentu obrotowego

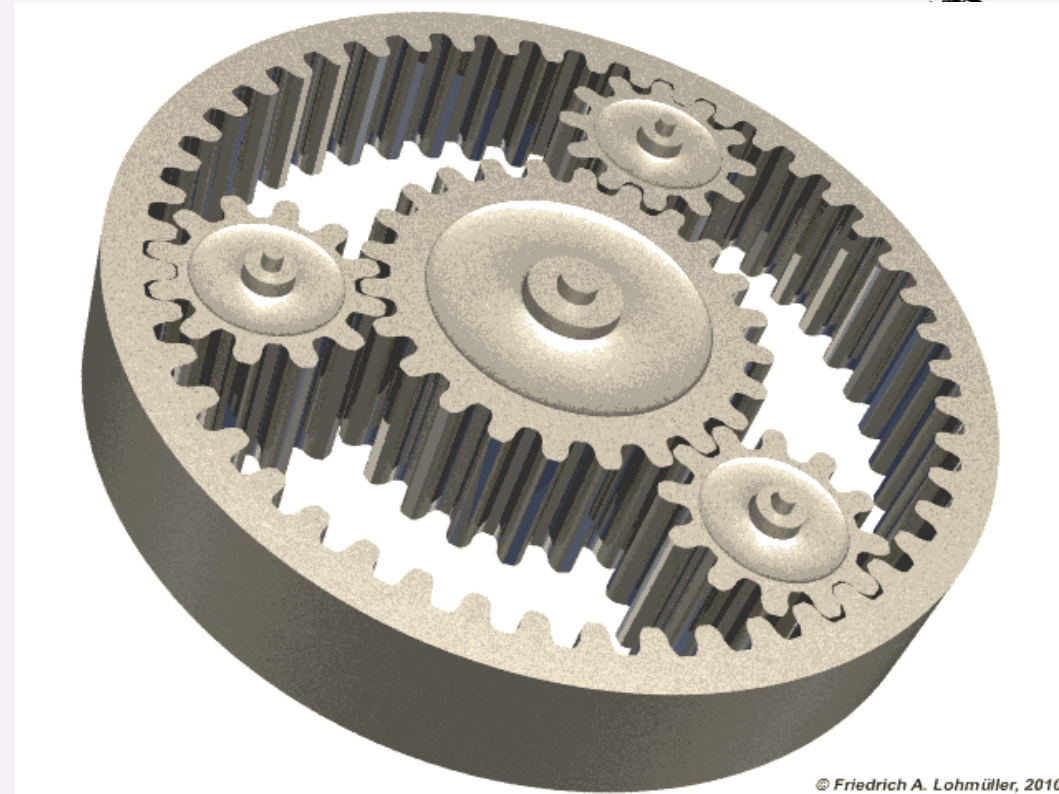


# Na rysunkach



# Przekładnia planetarna

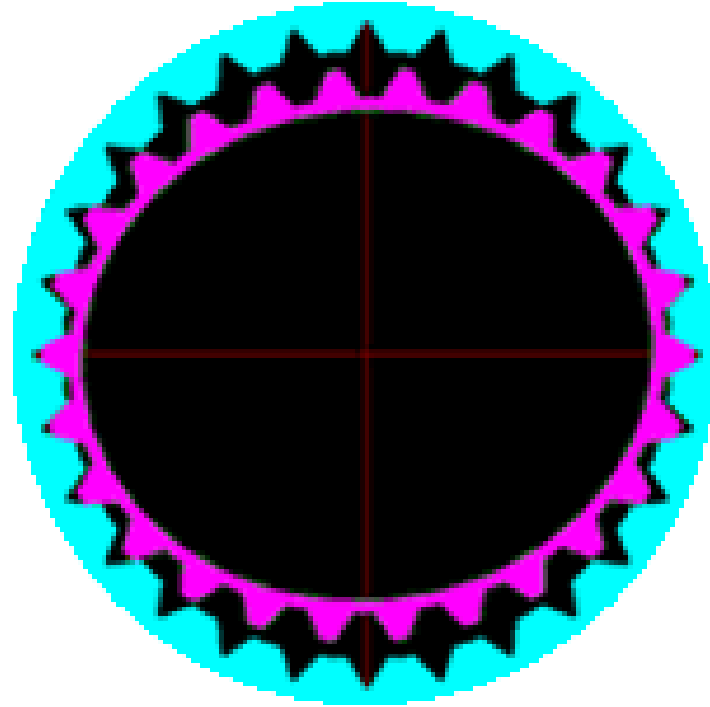
- Podobnie jak ślimakowa - używana kiedy potrzebne jest duże zmniejszenie szybkości – a co za tym idzie, duże zwiększenie momentu obrotowego.
- Ma większe przełożenia, lecz jest mniej odporna na siły z zewnątrz



© Friedrich A. Lohmüller, 2010

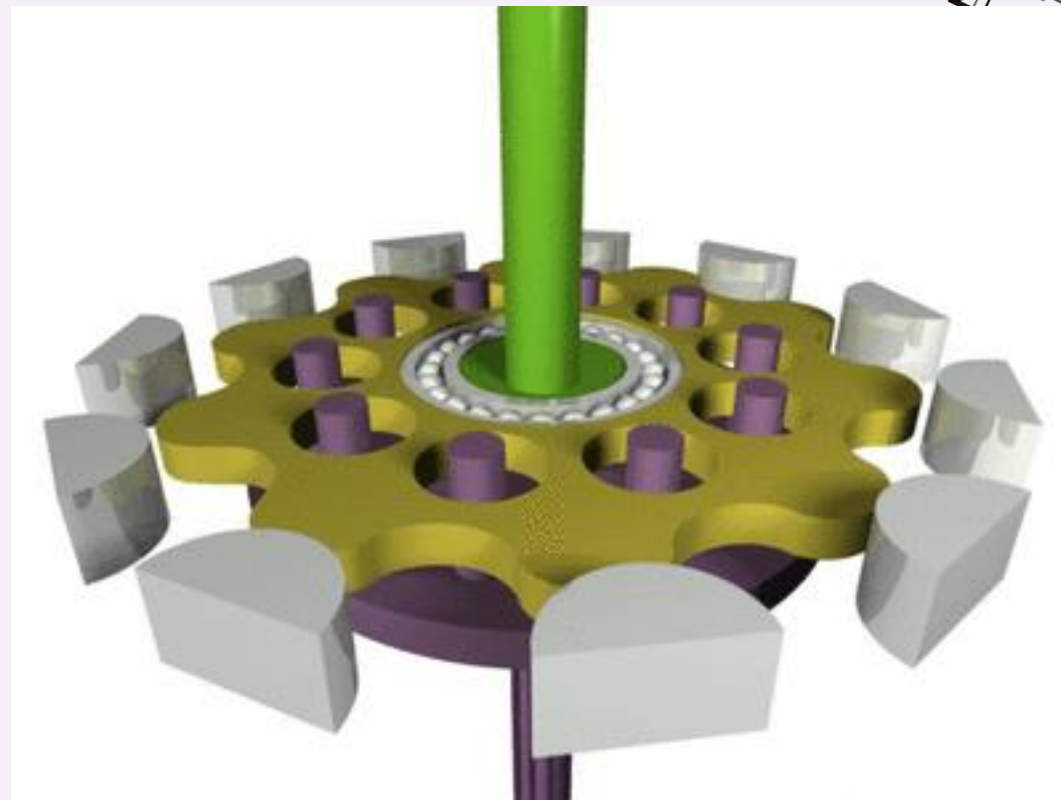
# Przekładnia falowa

- Lżejsza i bardziej kompaktowa niż przekładnia planetarna



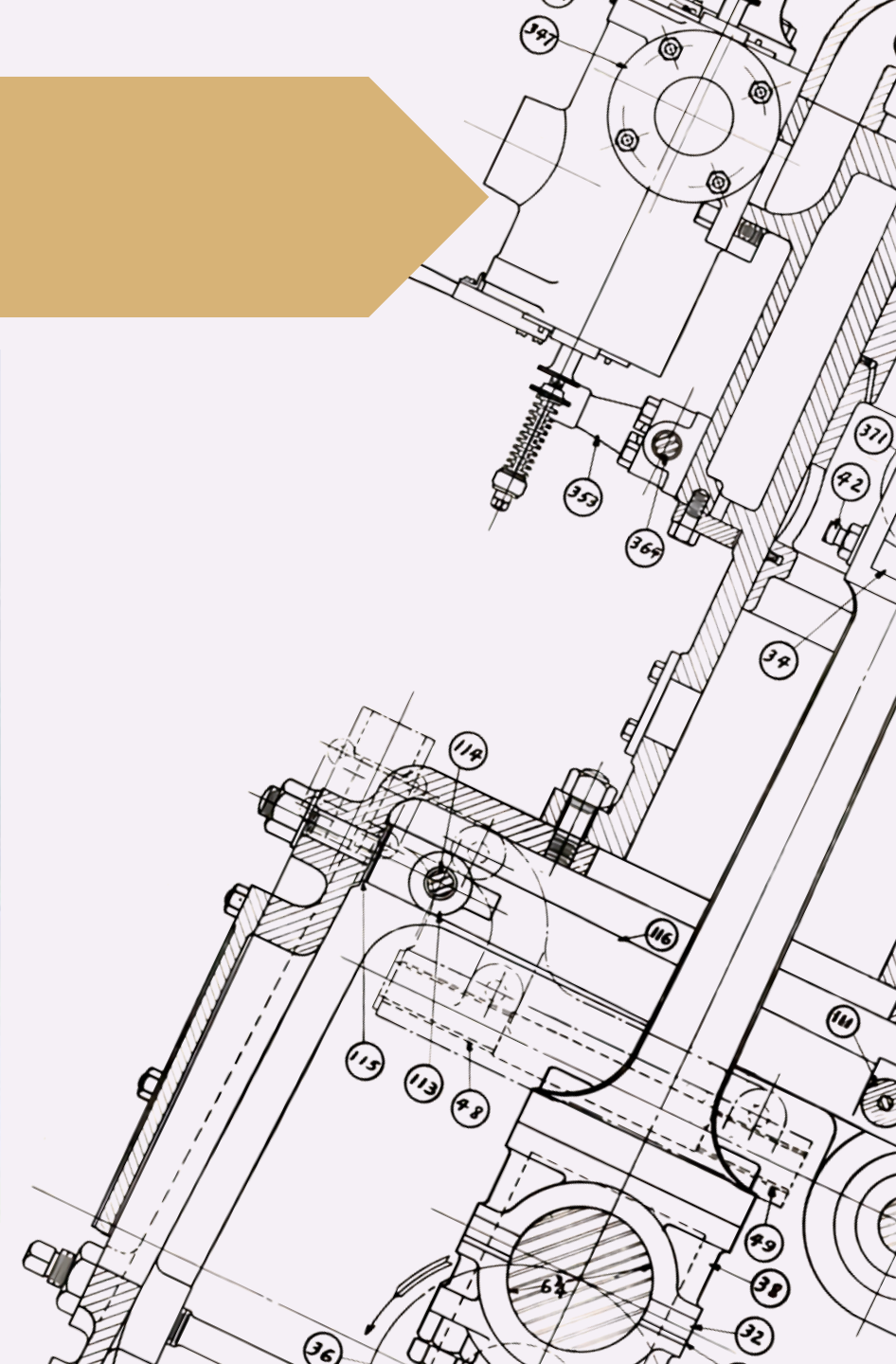
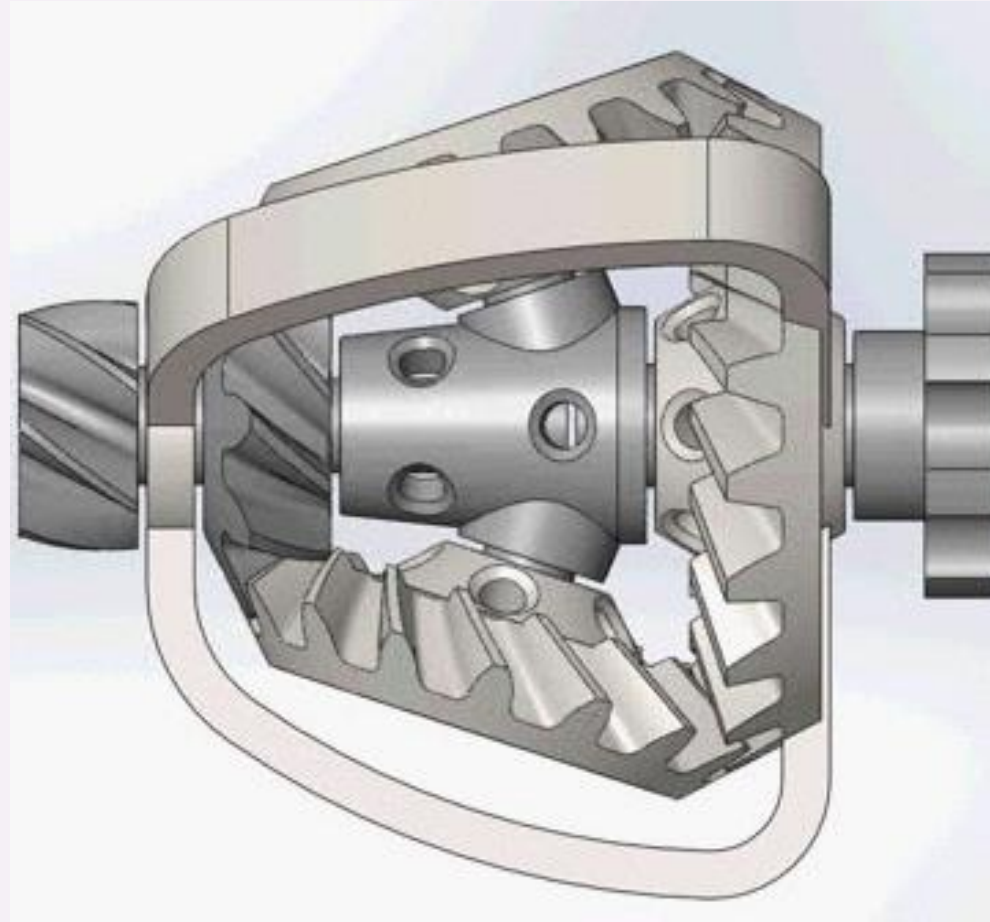
# Przekładnia cykloidalna

- Duże przełożenia momentu obrotowego, z zastosowaniem małej ilości miejsca

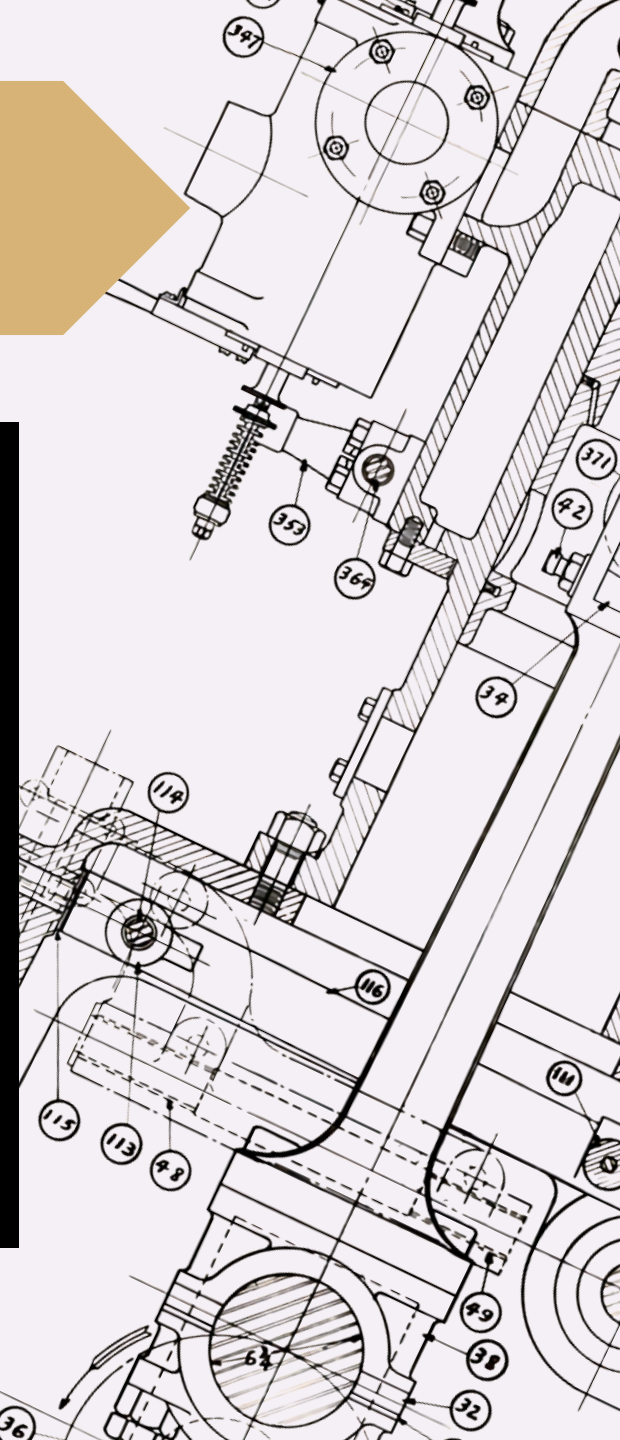




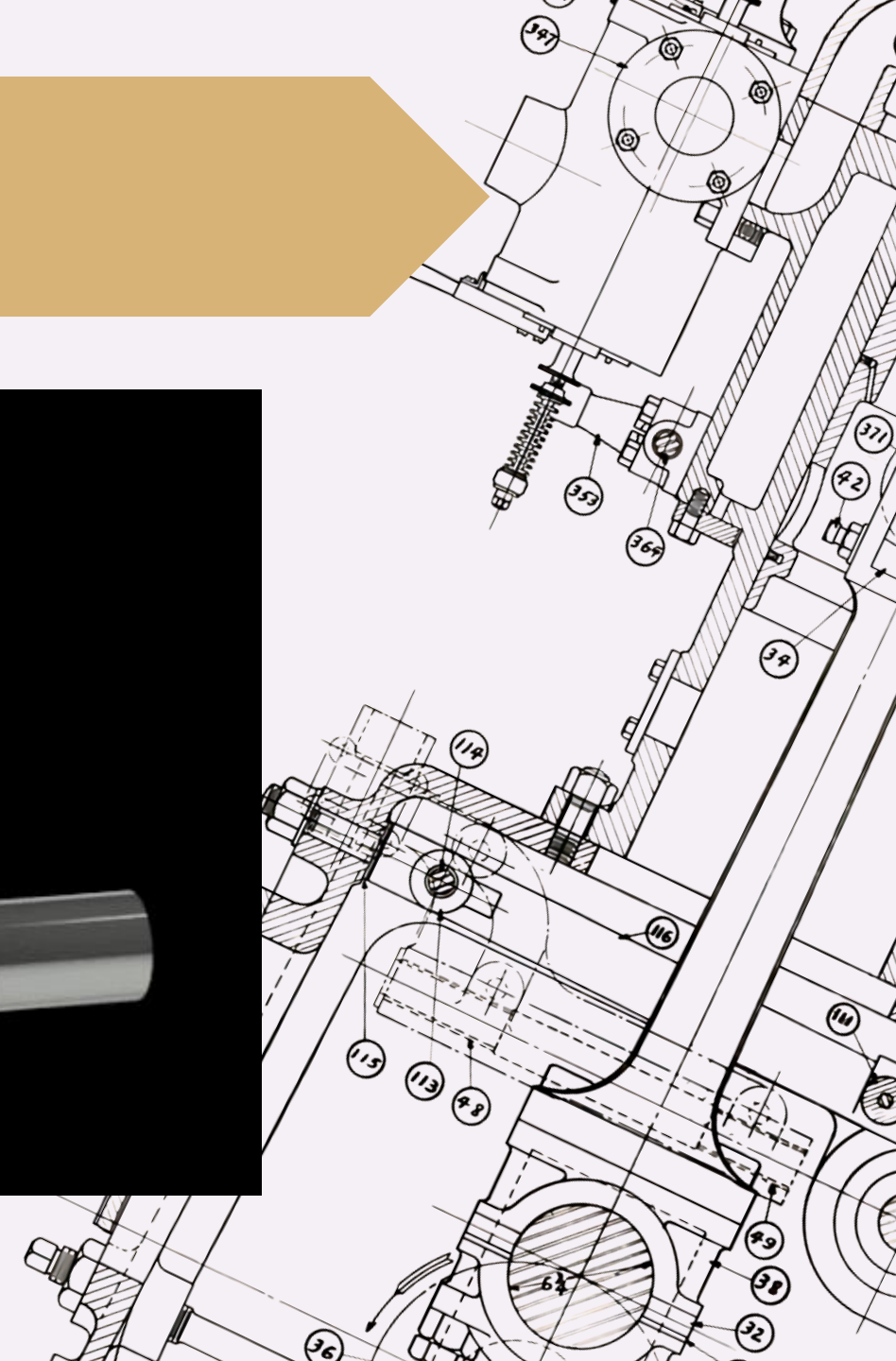
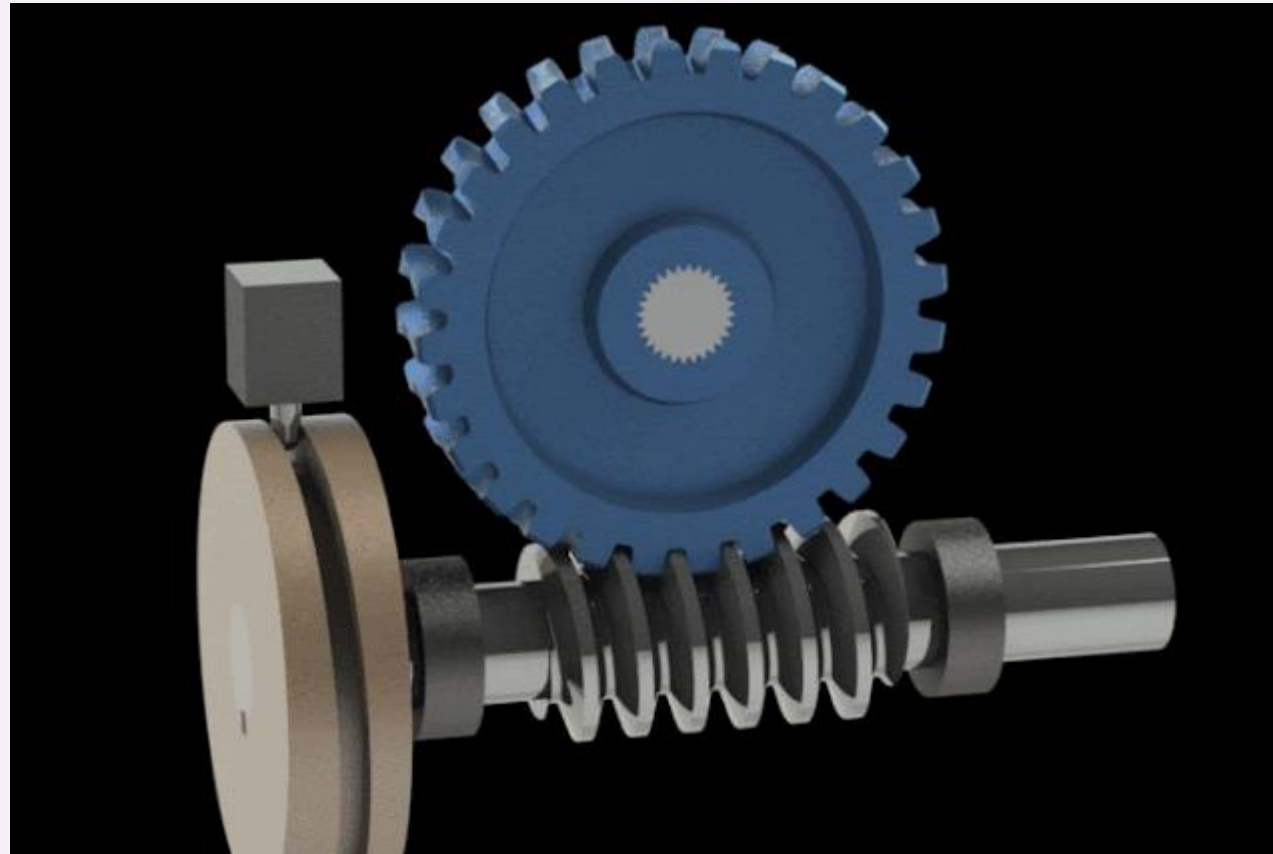
# Inne ciekawe przekładnie



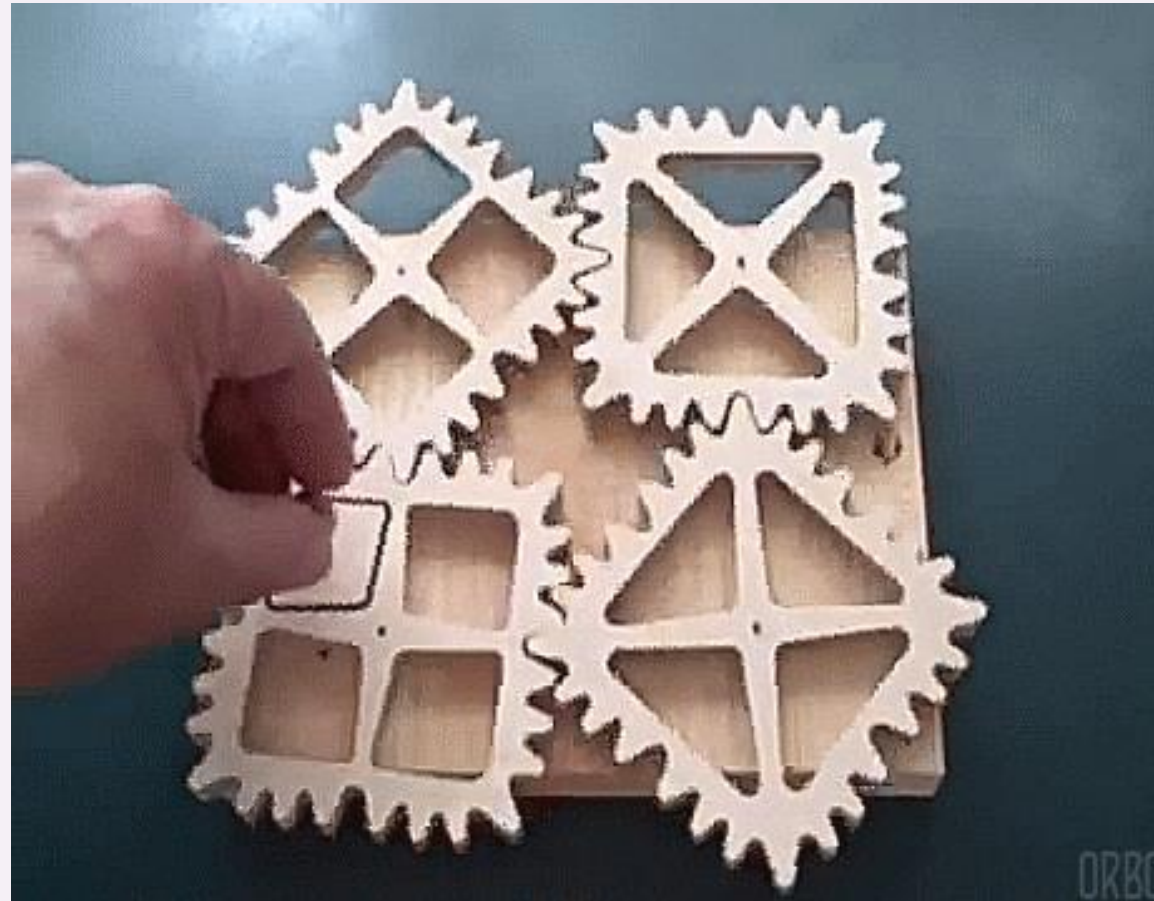
# Inne ciekawe przekładnie



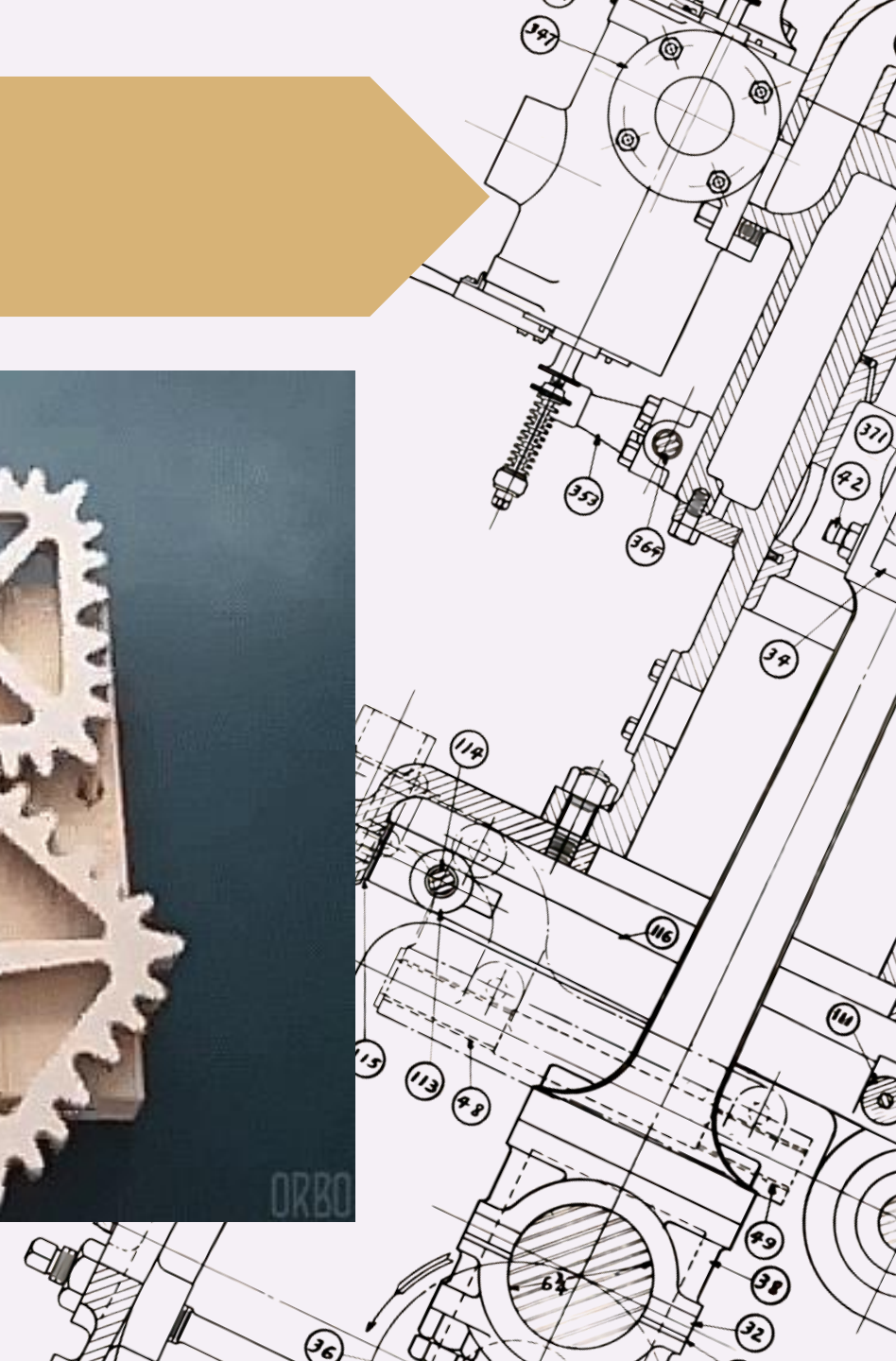
# Inne ciekawe przekładnie



# Inne ciekawe przekładnie



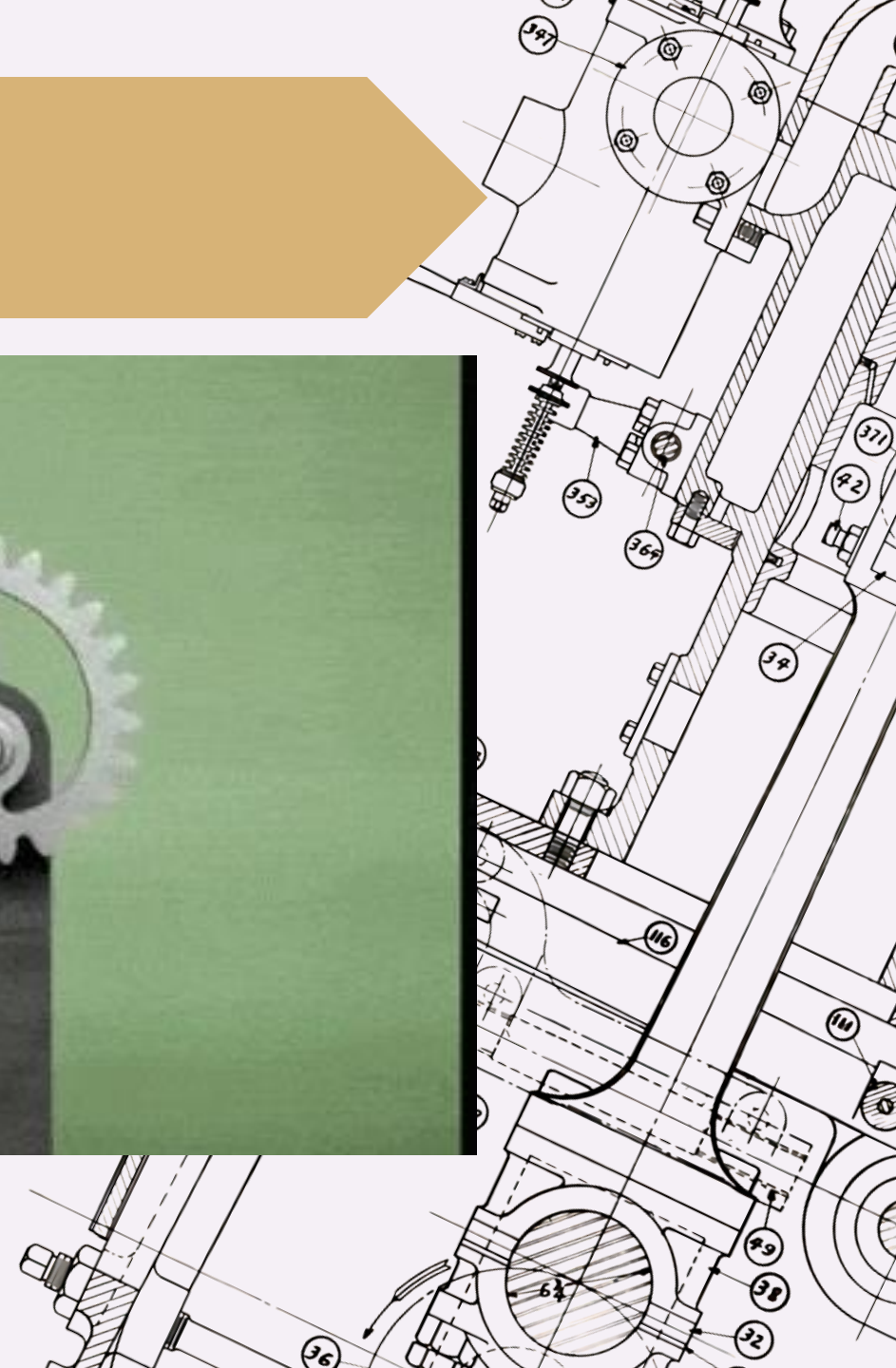
POLSKO-JAPOŃSKA  
AKADEMIA TECHNIK  
KOMPUTEROWYCH



# Inne ciekawe przekładnie

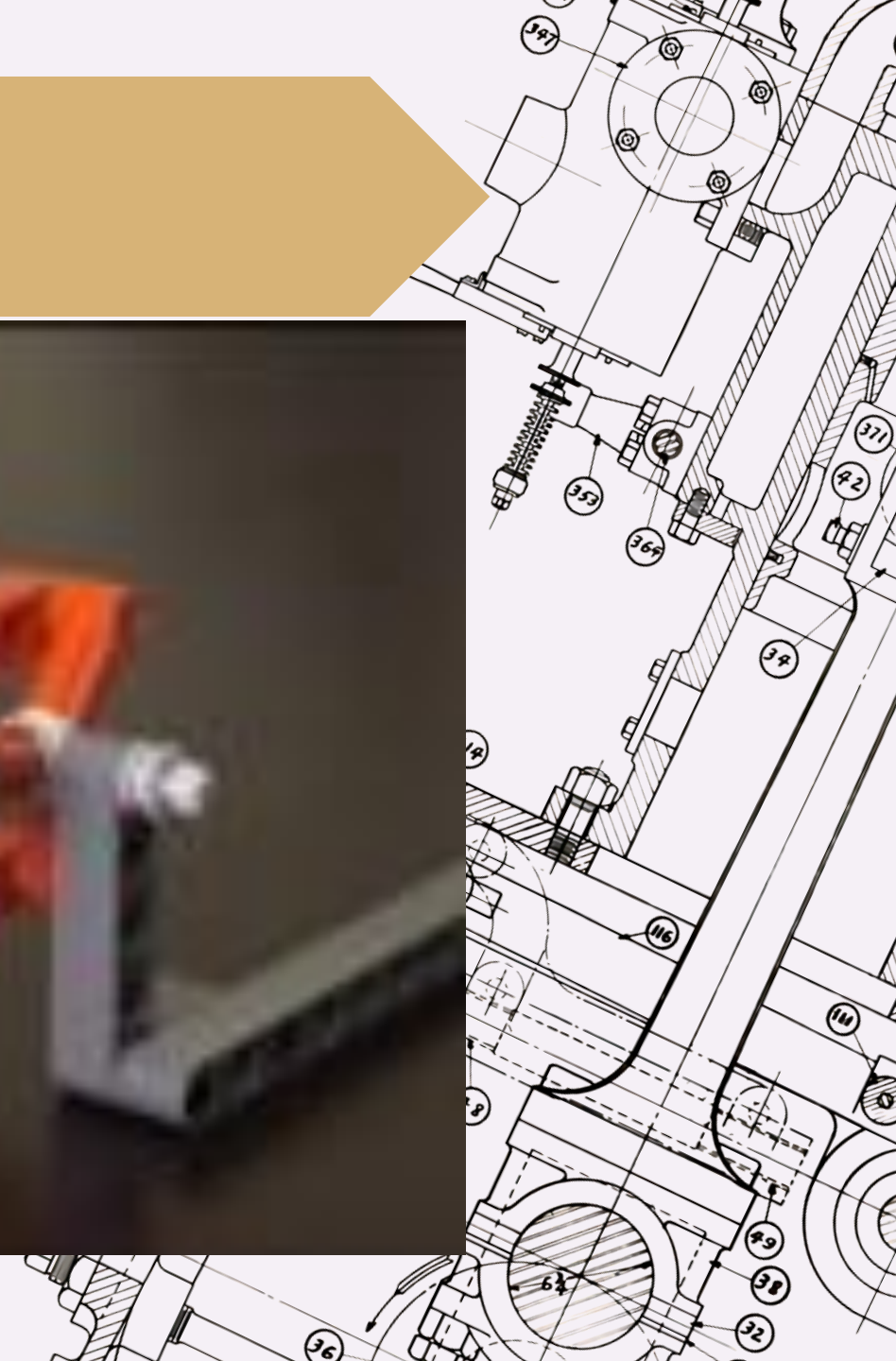


POLSKO-JAPOŃSKA  
AKADEMIA TECHNIK  
KOMPUTEROWYCH



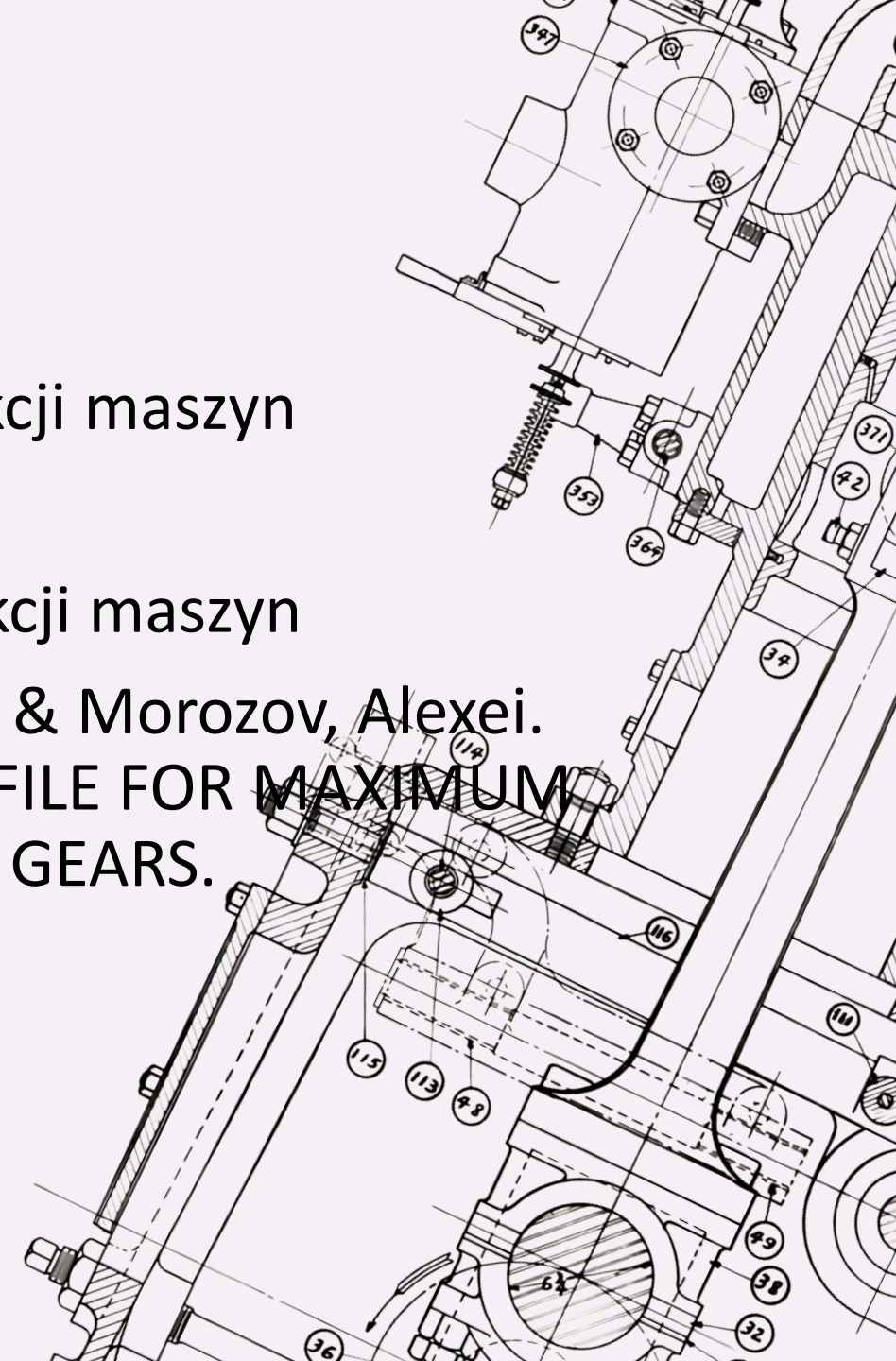
# Lego

## 1. Schmidt coupling



# Bibliografia

- Antoni Skoć, Jacek Spałek, Podstawy konstrukcji maszyn
- Jerzy Bajkowski, Podstawy Zapisu Konstrukcji
- Piotr Boś, Sławomir Sitarz, Podstawy konstrukcji maszyn
- Shaker, Mathew & Zou, Ting & Angeles, Jorge & Morozov, Alexei. (2015). OPTIMIZATION OF TOOTH-ROOT PROFILE FOR MAXIMUM LOAD-CARRYING CAPACITY: SPUR AND BEVEL GEARS.

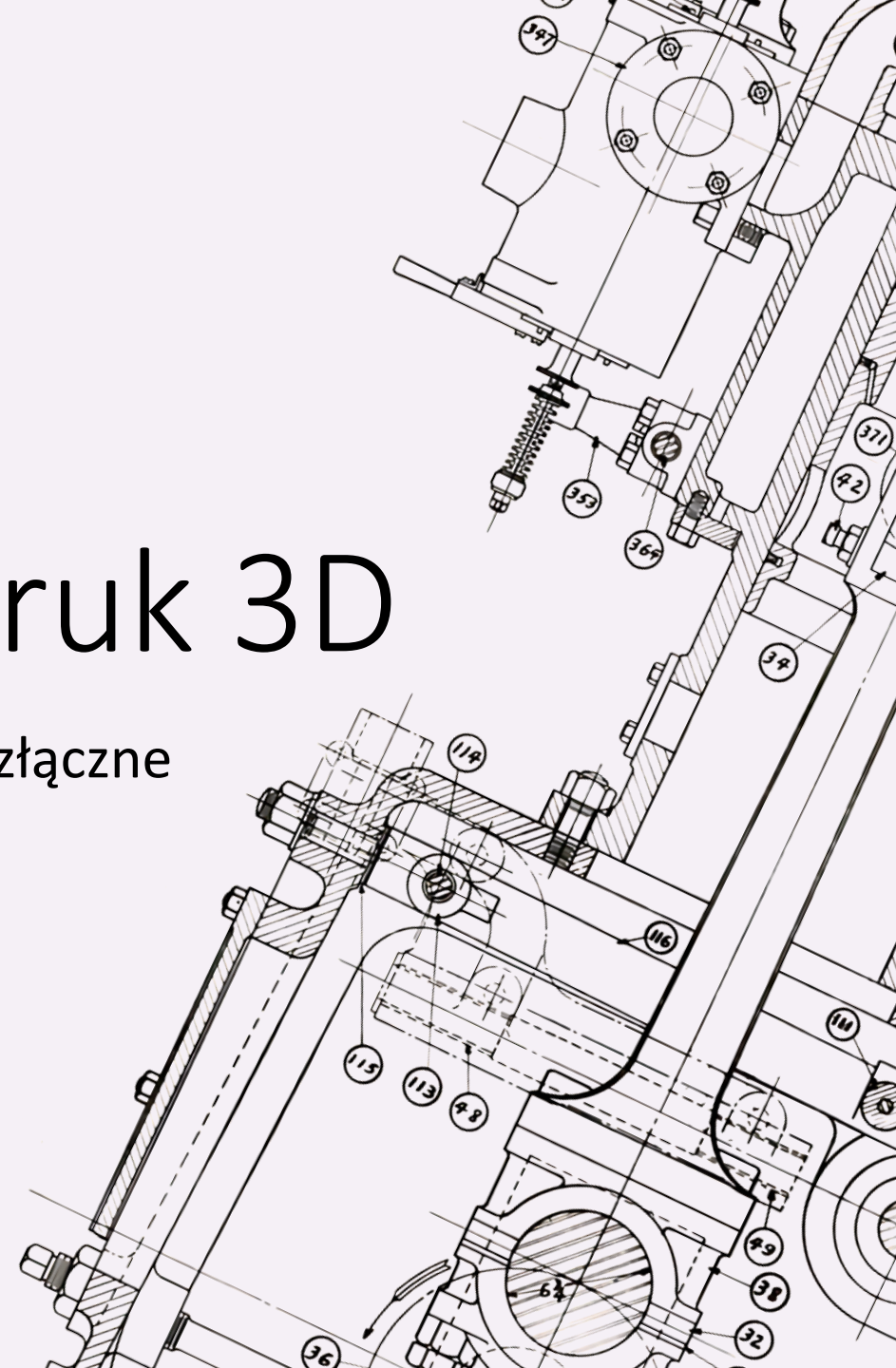


# Modelowanie I Druk 3D

## Wykład 7: Połączenia złączne i rozłączne



POLSKO-JAPOŃSKA  
AKADEMIA TECHNIK  
KOMPUTEROWYCH



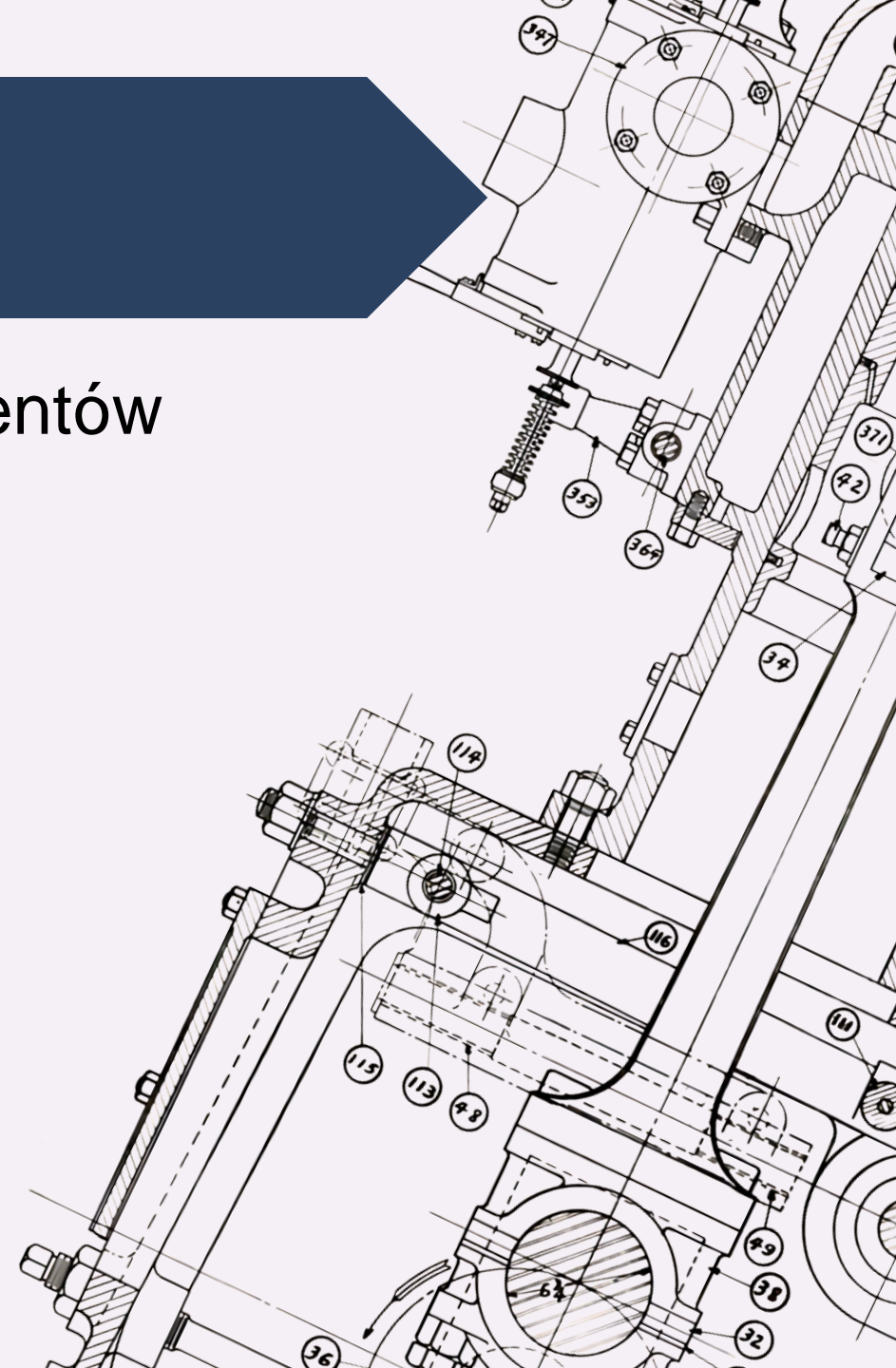


# Połączenia części maszyn

- Jest to jedna z podstawowych grup elementów maszyn.

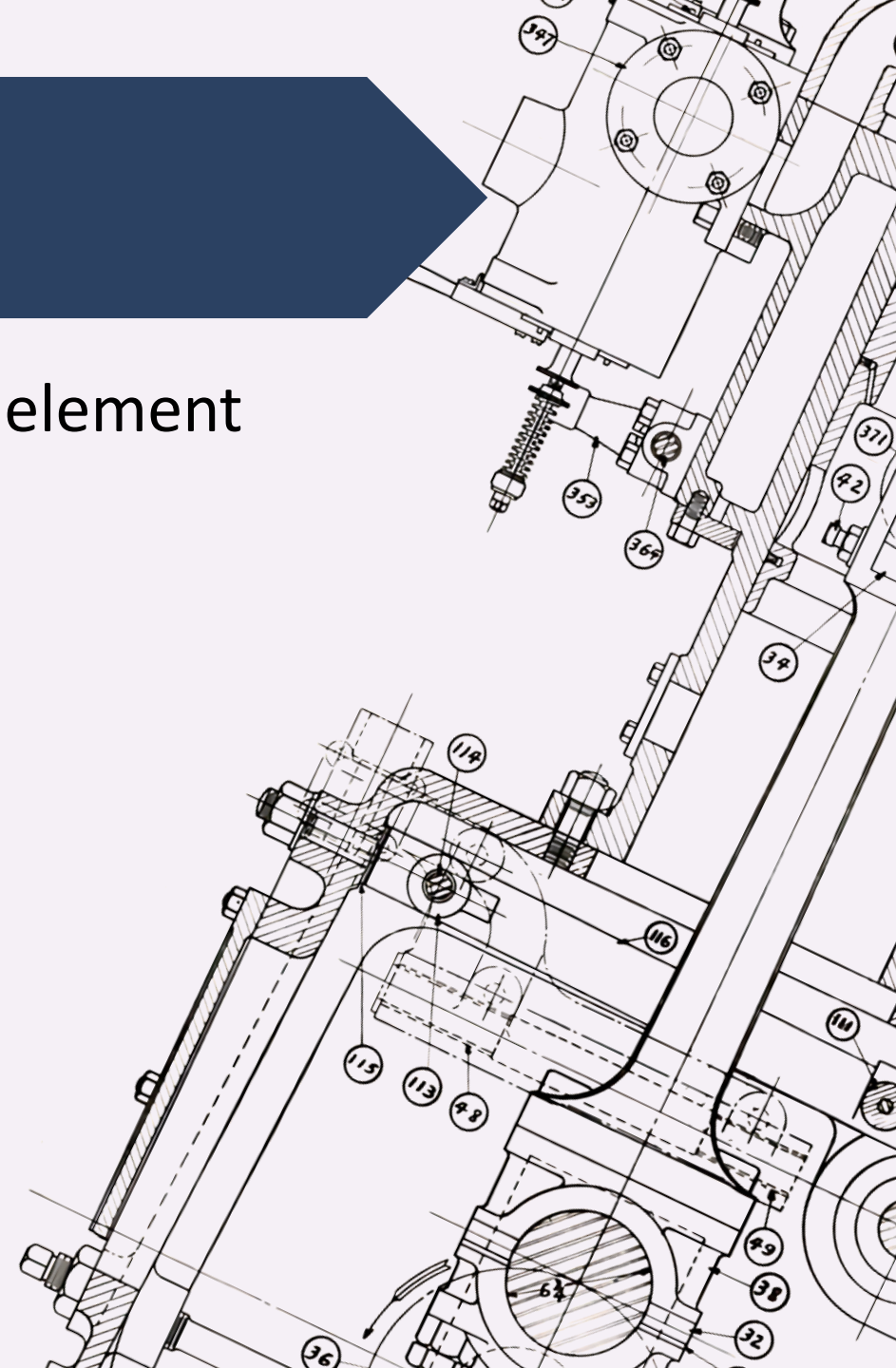
Połączenia części maszyn dzieli się na:

- Bezpośrednie
- Pośrednie
- Nerozłączne
- Rozłączne
- Ruchowe
- Spoczynkowe



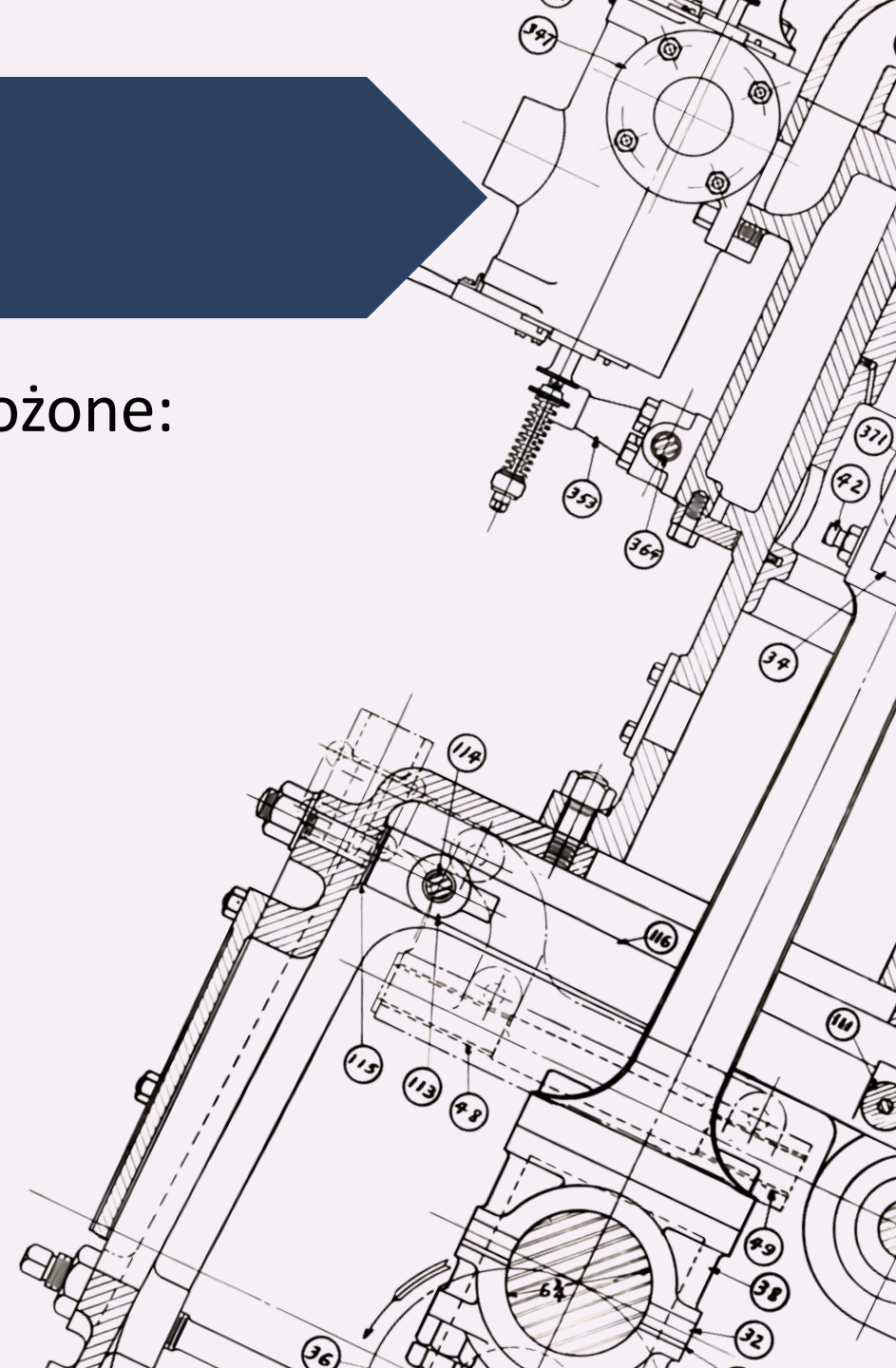
# Połączenia pośrednie

- Połączeni w których zastosowano dodatkowe element łączące np. Śruby, nity, zawlecзки itp.



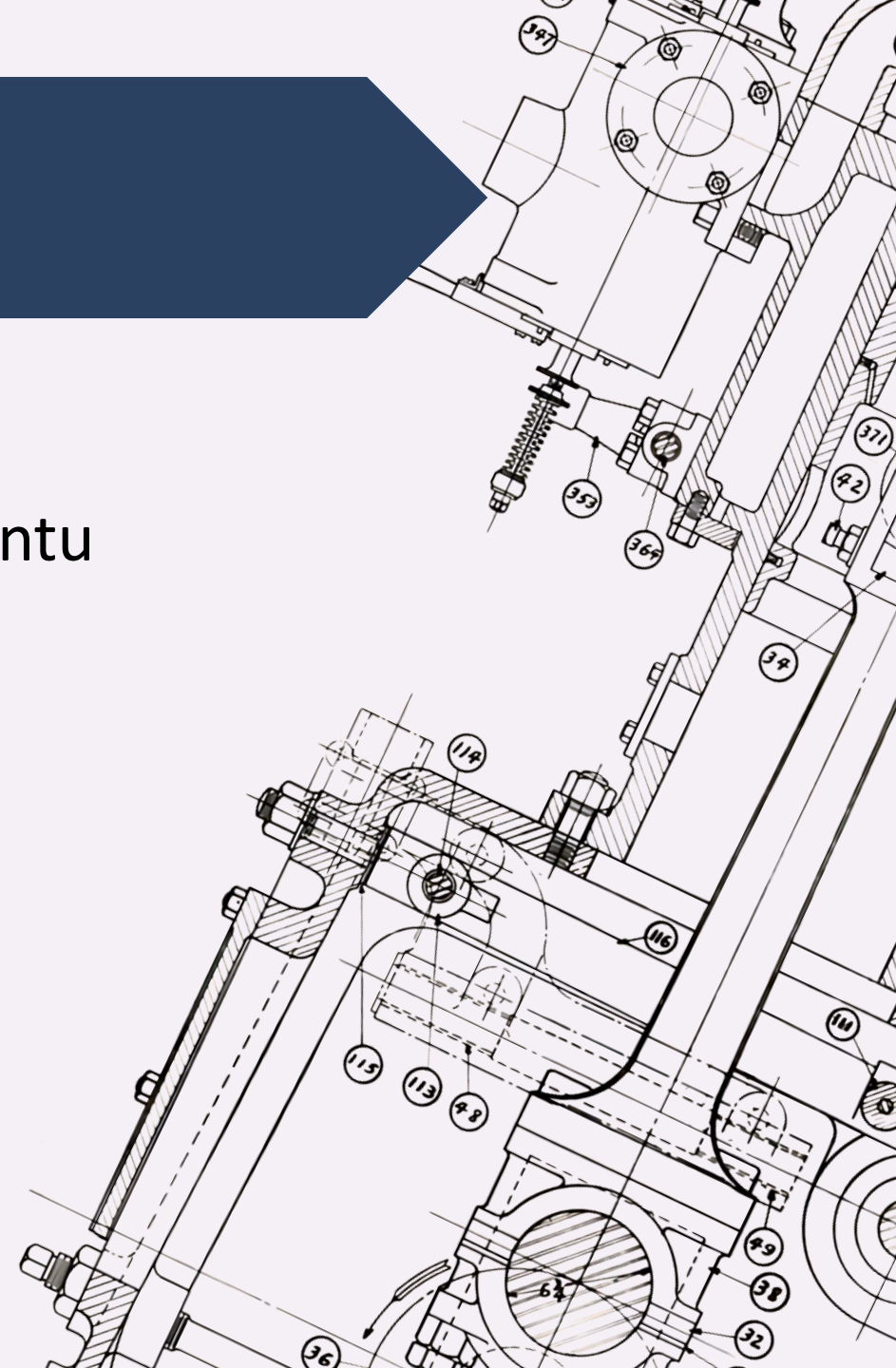
# Połączenia nierozłączne

- Połączenie które nie może być ponownie rozłożone:
  - Połączenie łąpkowe
  - Połączenie spawane
  - Połączenie zgrzewane
  - Połączenie lutowane
  - Połączenie klejone
  - **Połączenie nitowe**



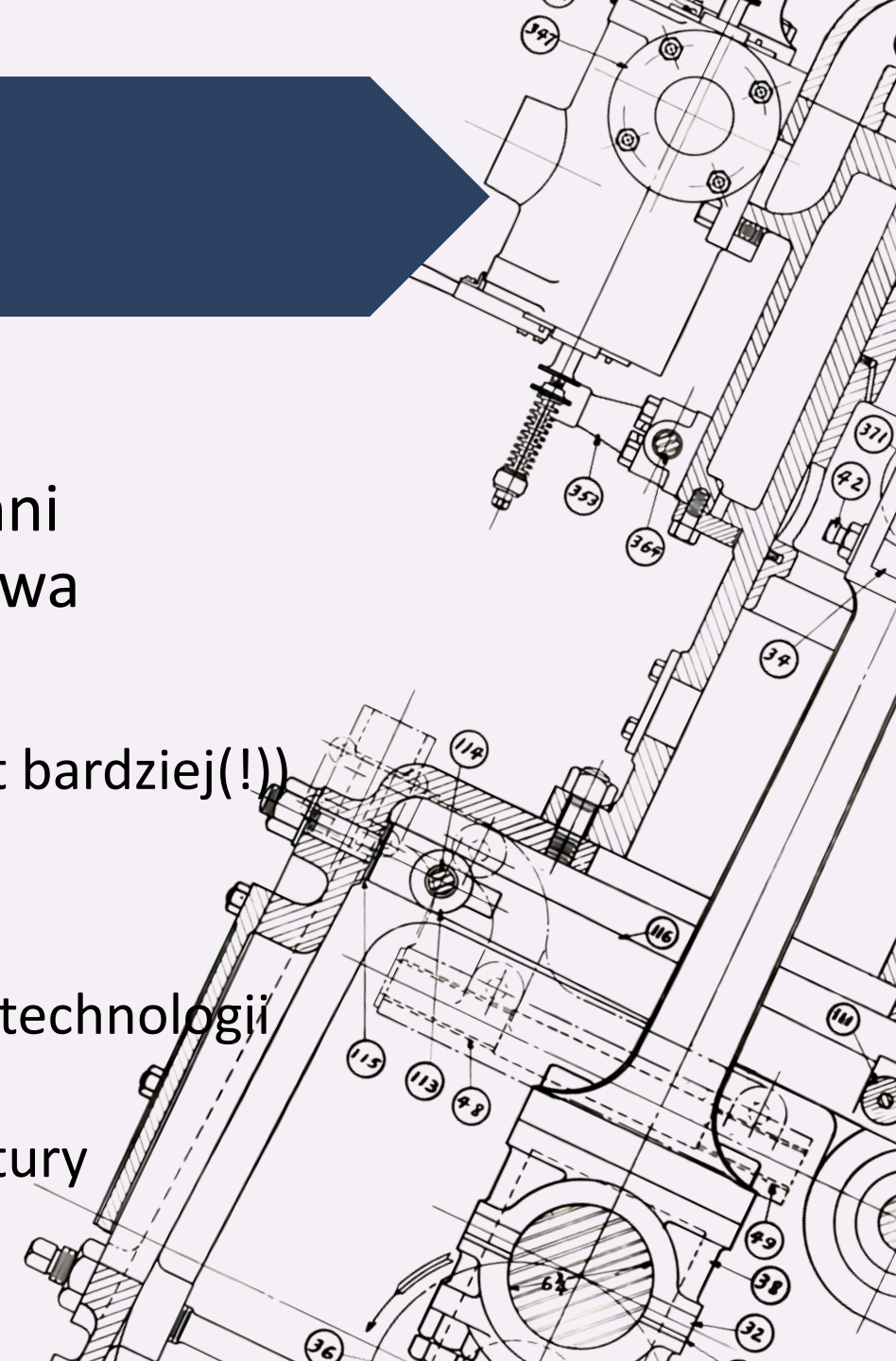
# Połączenie łąpkowe

- Głównie używane przy łączeniu blach
- Polega na wprowadzeniu łąpek z jednego elementu do drugiego, a następnie odkształcenie ich
- Zalety:
  - Proste w wykonaniu
  - Możliwość sprawdzenia pasowania przez nieodkształcone łąpki
- Wady
  - Nie może przenosić większych obciążeń



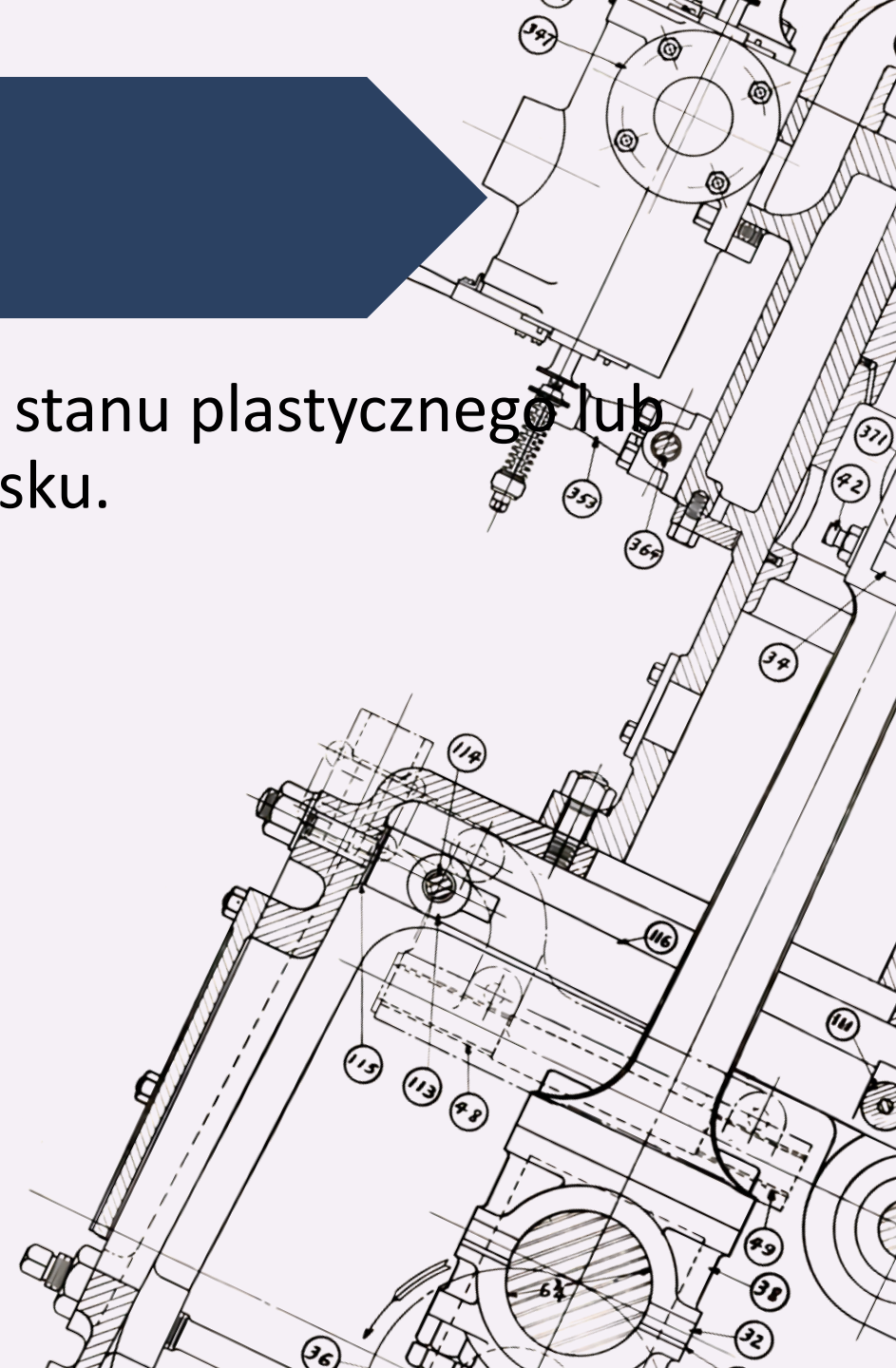
# Połączenie spawane

- Stosowane przy łączeniu metali
- Polega na miejscowym roztopieniu powierzchni stykowych z dodaniem/brakiem dodania spoiwa
- Zalety:
  - Jest w stanie stworzyć łączenie równie (lub nawet bardziej(!)) wytrzymałe
- Wady:
  - Dużo zależy od umiejętności spawacza/wybranej technologii spawalniczej/materiału spoiwa
  - Materiał może się odkształcić z powodu temperatury



# Połączenie zgrzewane

- Polega na nagraniu elementów łączonych do stanu plastycznego lub miejscowego stopienia i wywarcie na nie nacisku.
- Najczęściej stosowane:
  - Zgrzewanie oporowe
  - Zgrzewanie tarciove
- Zalety:
- Wady:



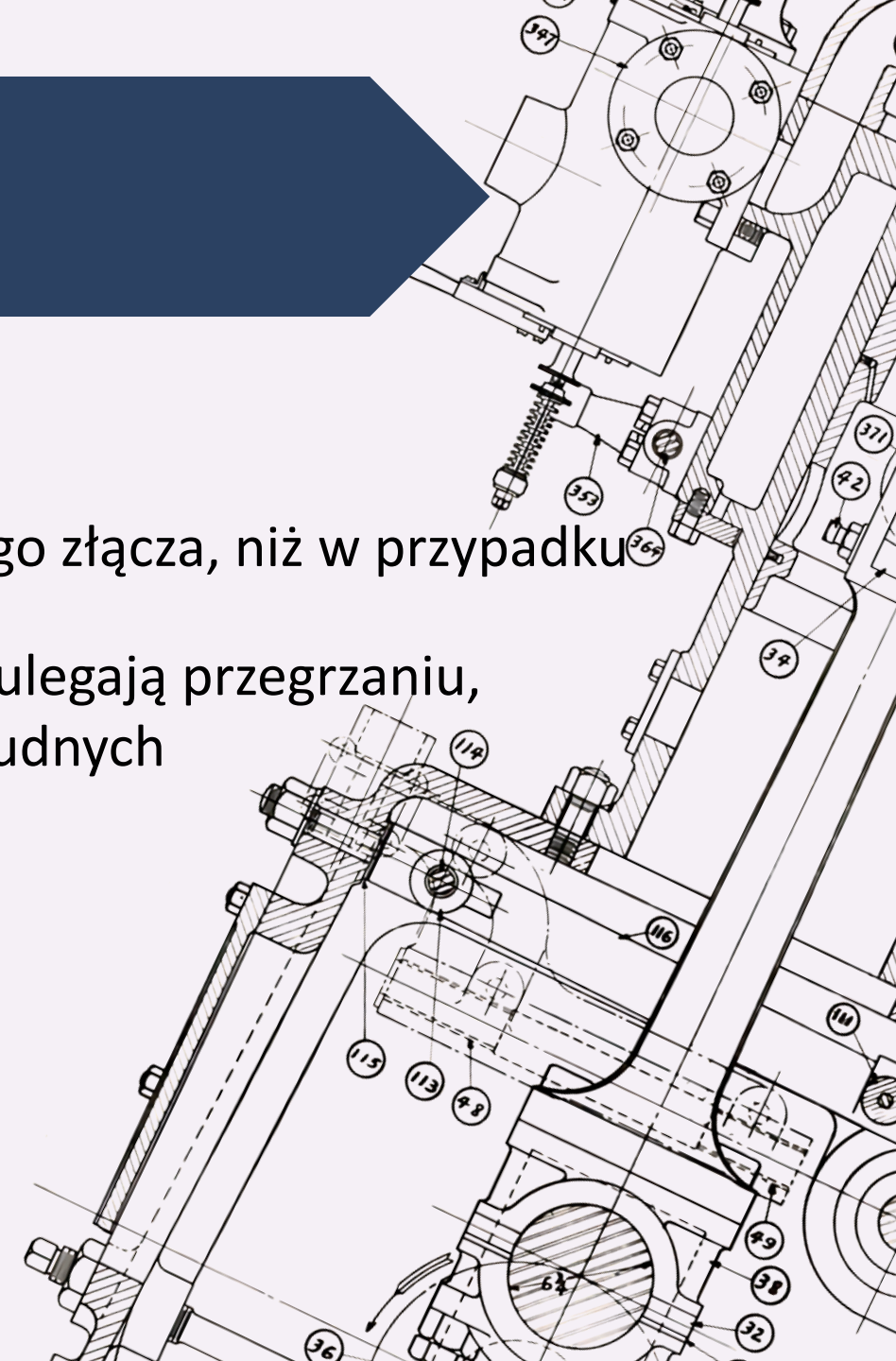
# Połączenie zgrzewane

- Zalety:

- nieduża wartość wydatkowanego ciepła,
- mniejsza zmienność struktury materiału rodzimego złącza, niż w przypadku spoiny,
- rzadkość występowania sytuacji, kiedy materiały ulegają przegrzaniu,
- rozgrzany styk umożliwia złączenie elementów trudnych do zespawania,
- mniejsza pracochłonność procesu

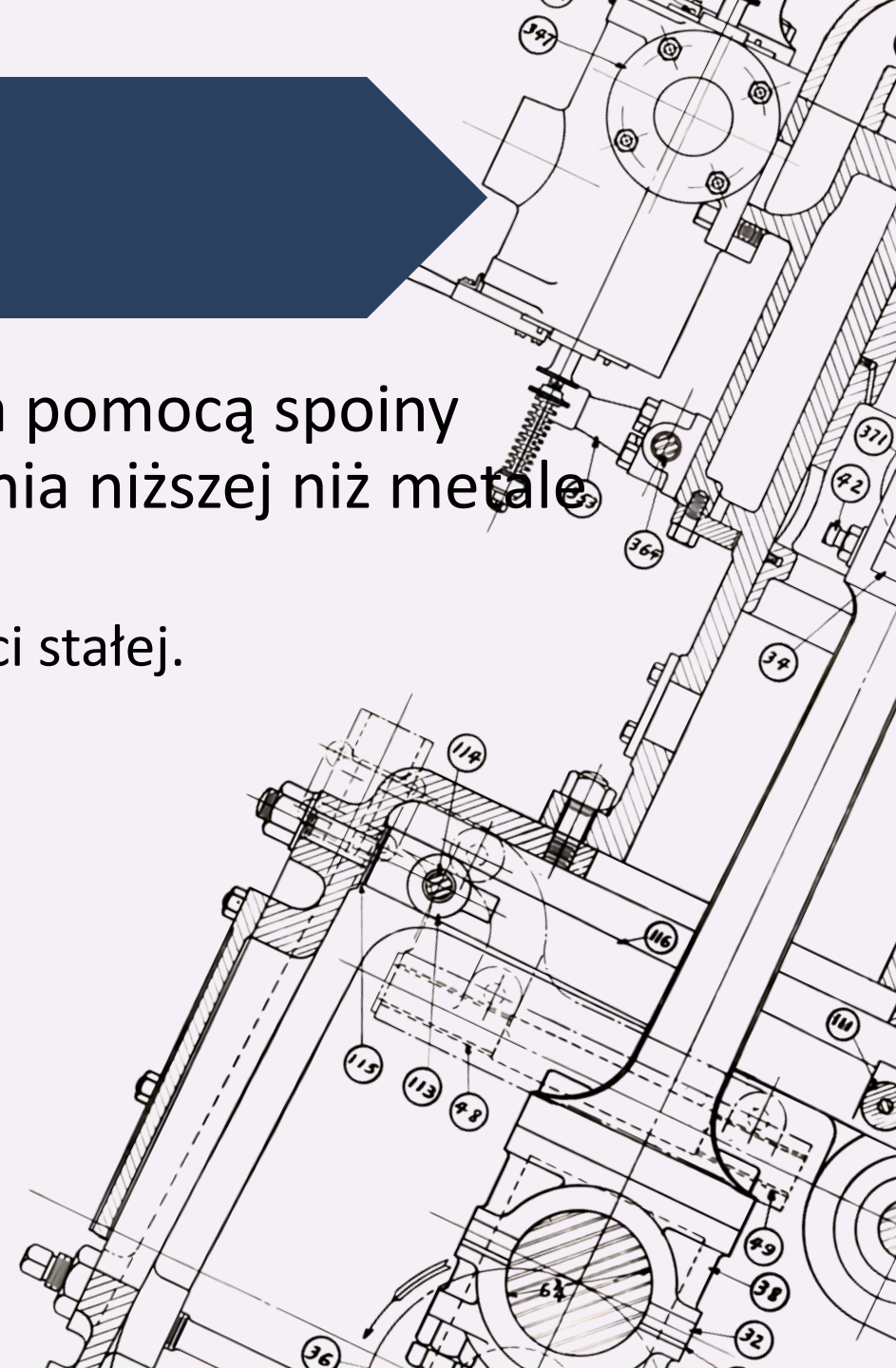
- Wady:

- \$\$\$
- potrzeba sprzętu o dużej mocy



# Połączenie lutowane

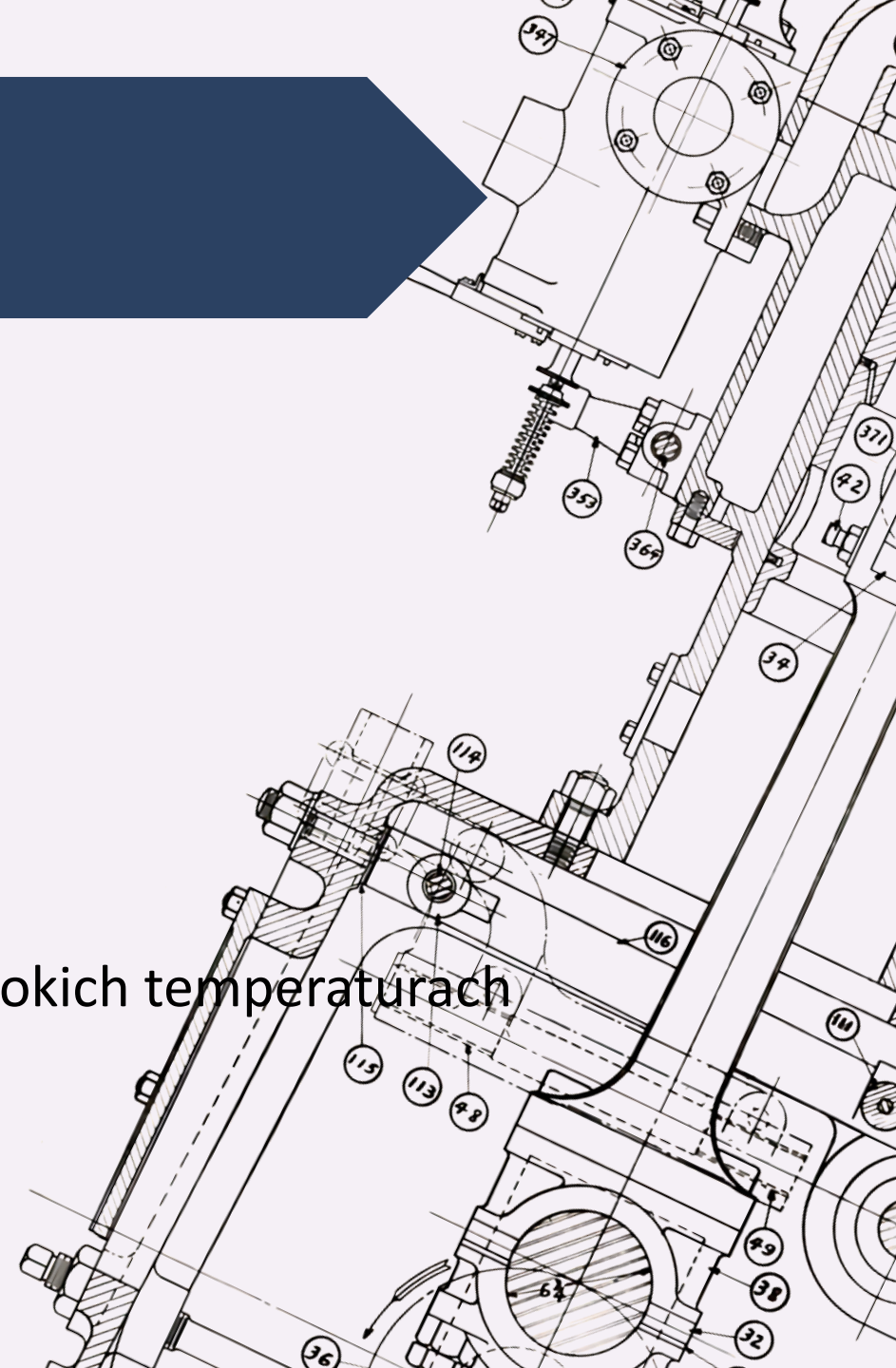
- Polega na łączeniu elementów metalowych za pomocą spoiny wypełnionej metalem o temperaturze topnienia niższej niż metale łączonych elementów.
  - Spoina jest w postaci stopionej, element w postaci stałej.
- Najczęściej stosowane w elektronice





# Połączenie lutowane

- Zalety:
  - Można działać w niskich temperaturach
  - Tylko spoiwo topnieje
  - Jest szybsze niż spawanie/nitowanie
  - Małe wykorzystanie energii
- Wady:
  - Mało wytrzymałe
  - Nie można stosować jeśli połączenie działa w wysokich temperaturach
  - Nie można łączyć tak ciężkich obiektów

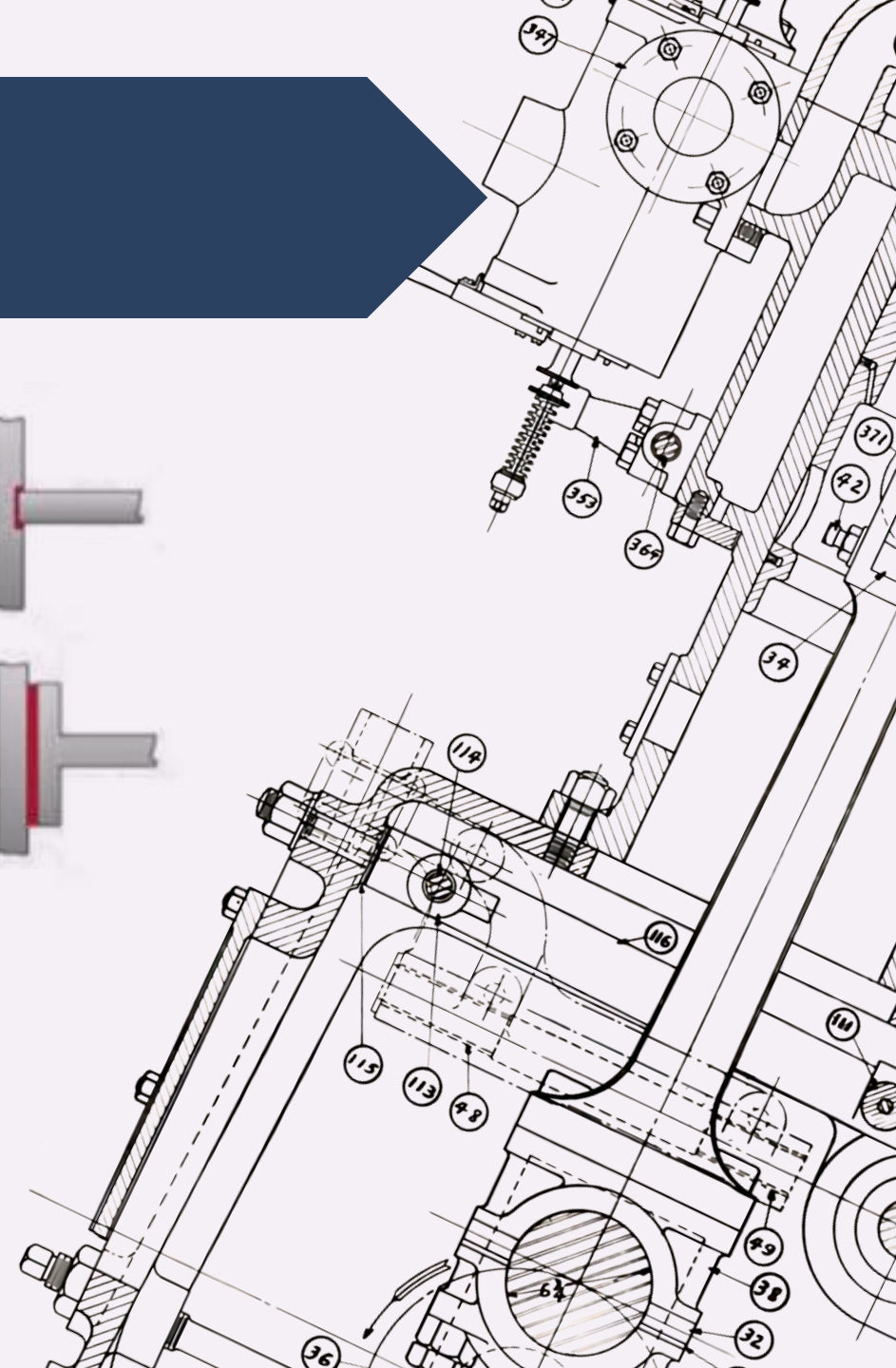
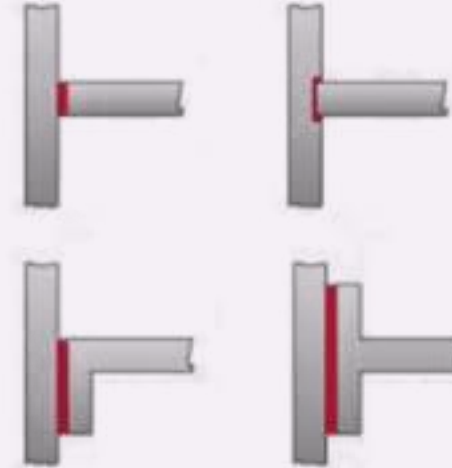
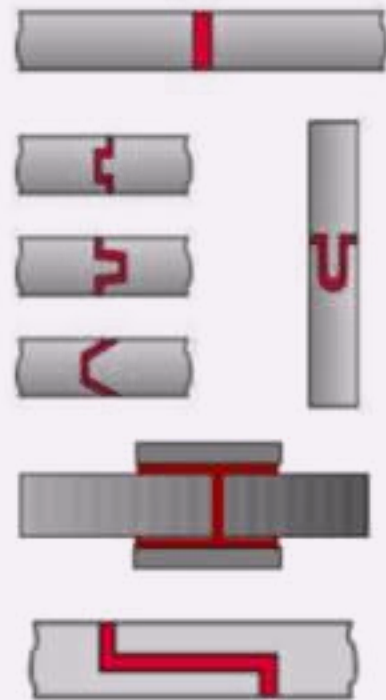
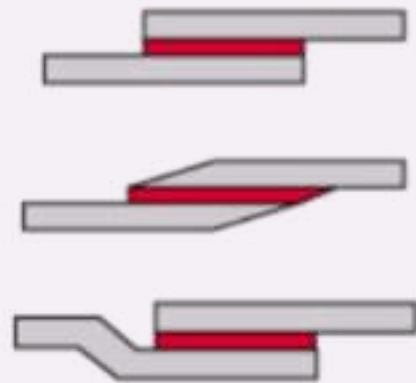


# Połączenie klejone

- Polega na sklejaniu ze sobą dwóch elementów za pomocą
- Zalety:
  - Możliwość łączenia elementów o różnych właściwościach i budowie
  - Proces niskotemperaturowy
  - Łączenie połączone z uszczelnieniem
  - Niski koszt
- Wady:
  - Ograniczona wytrzymałość temperaturowa
  - Potrzebna duża precyzja w łączeniu elementów
  - W niektórych przypadkach długi czas utwardzania

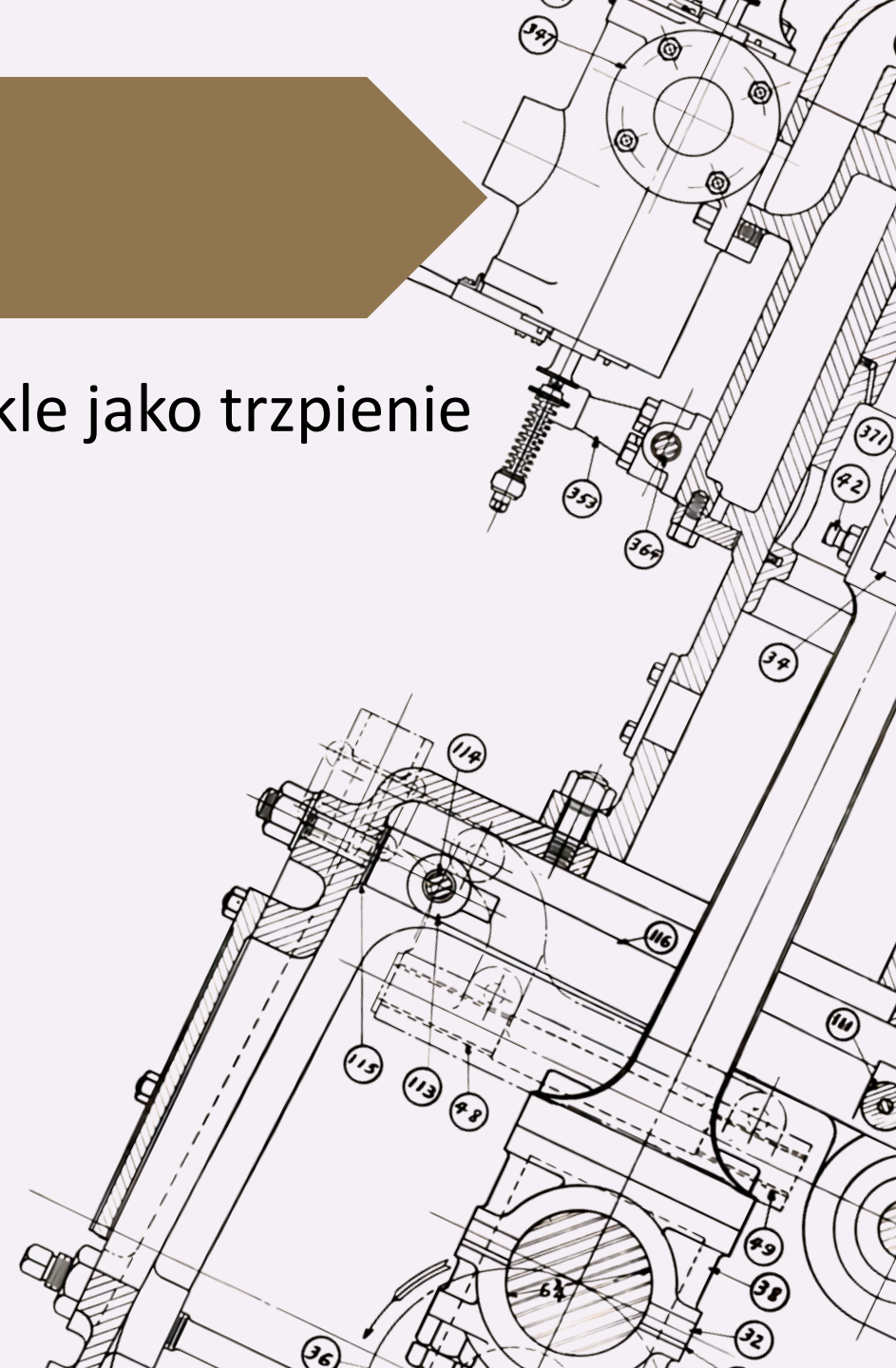


# Połączenie klejone

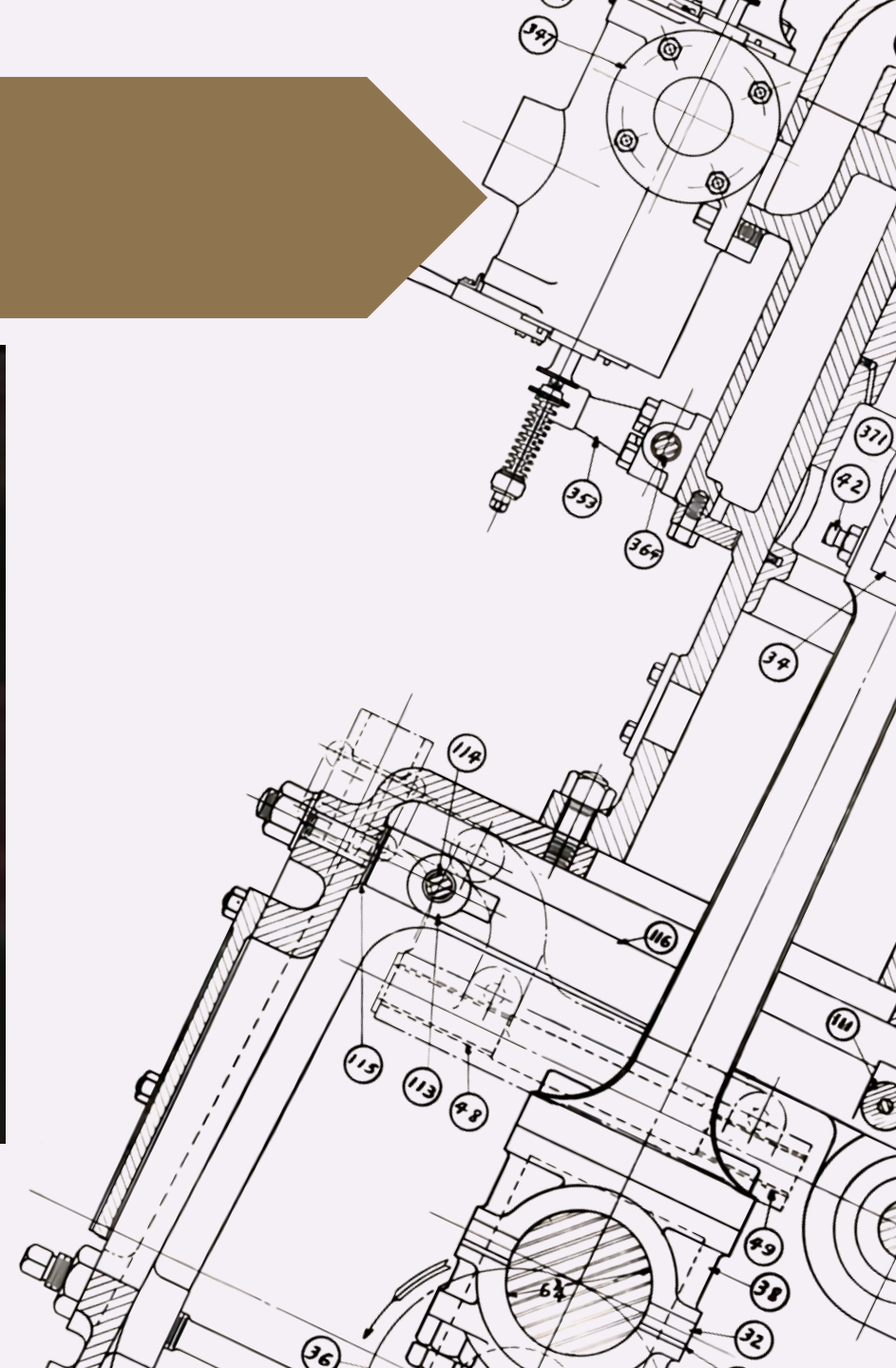


# Połączenie nitowe

- Połączenie elementów za pomocą nitów, zwykle jako trzpienie walcowe z łbami.
- Zalety:
  - Niedroga metoda łączeń
  - Duża elastyczność możliwych nitów
  - Łatwość utrzymania nitów
- Wady:
  - Wyższa waga gotowego produktu
  - Estetyka (a raczej jej brak)

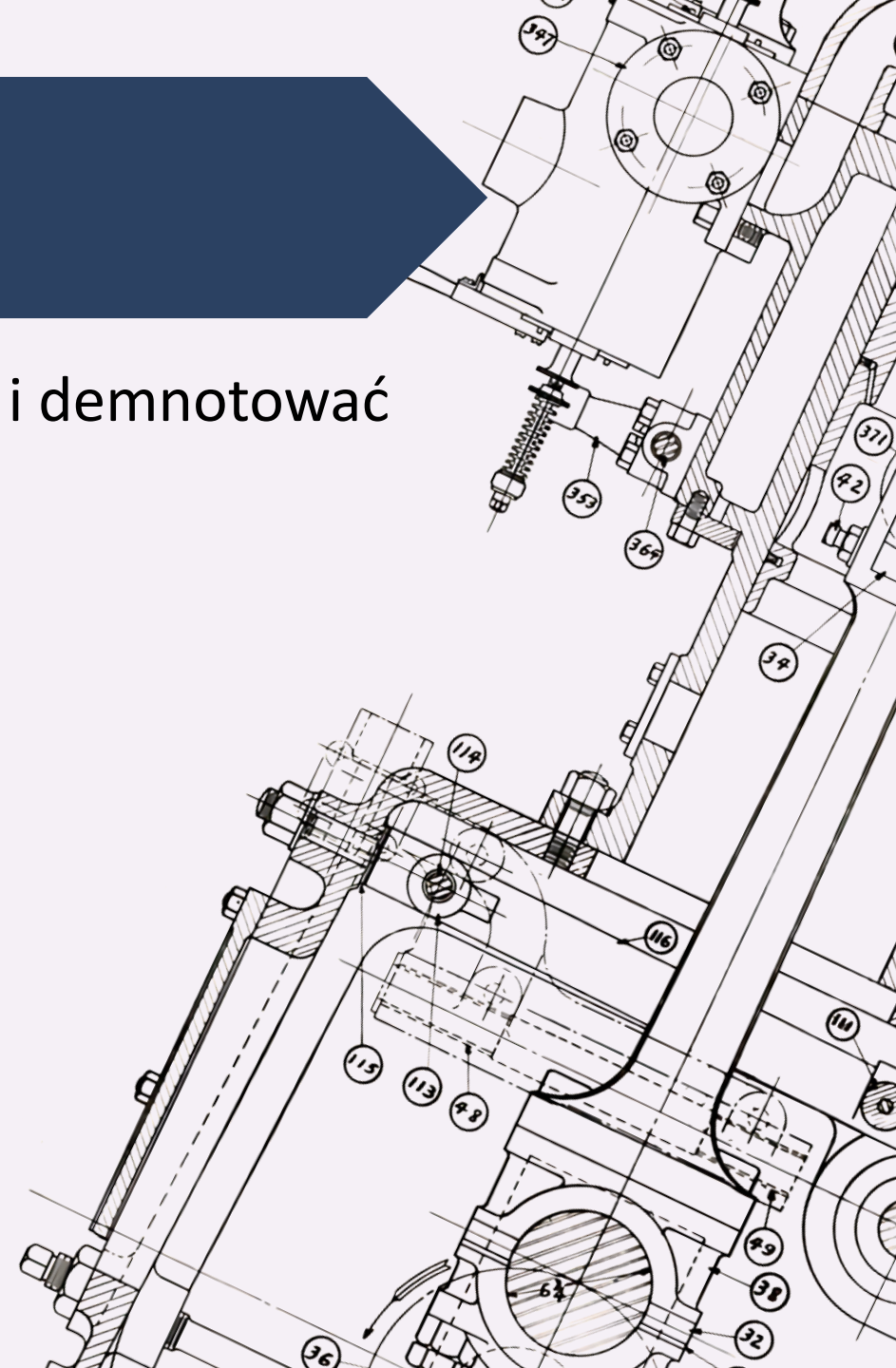


# Połączenie nitowe



# Połączenia rozłączne

- Połączenie, które można wielokrotnie montować i demontować
  - Połączenie gwintowe (wykład 5)
  - Połączenie rurowe
  - Połączenie wielokątne
  - Połączenie wielowypustowe
  - Połączenie wieloząbkowe czółowe
  - Połączenie śrubowe (wykład 5)
  - Połączenie klinowe
  - Połączenie kołkowe
  - Połączenie sworzniowe
  - Połączenie wpustowe
  - Połączenie wciskowe



# Połączenia rurowe

- Najczęściej stosowane w hydraulice, połączenia pozwalające na przepływ gazu lub płynu środkiem rury
- Rozróżnia się łączenia: gwintowe, kielichowe i kołnierzowe
- Zalety:
  - Możliwość stosowania w instalacjach wodnych
  - Duża szczelność
- Wady:
  - Zależy od wyboru łączenia

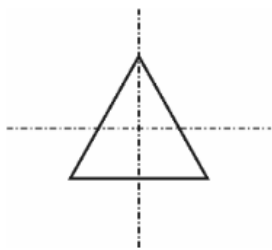


# Połączenia wielokątne

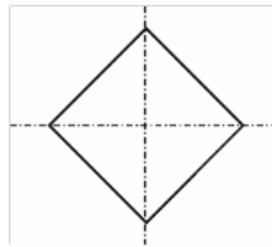
- Jedno z połączeń kształtowych, powstaje poprzez współpracę kształtu czopu i otworu w piaście

## Rodzaje kształtu połączeń

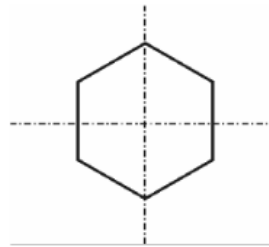
Trójkątne



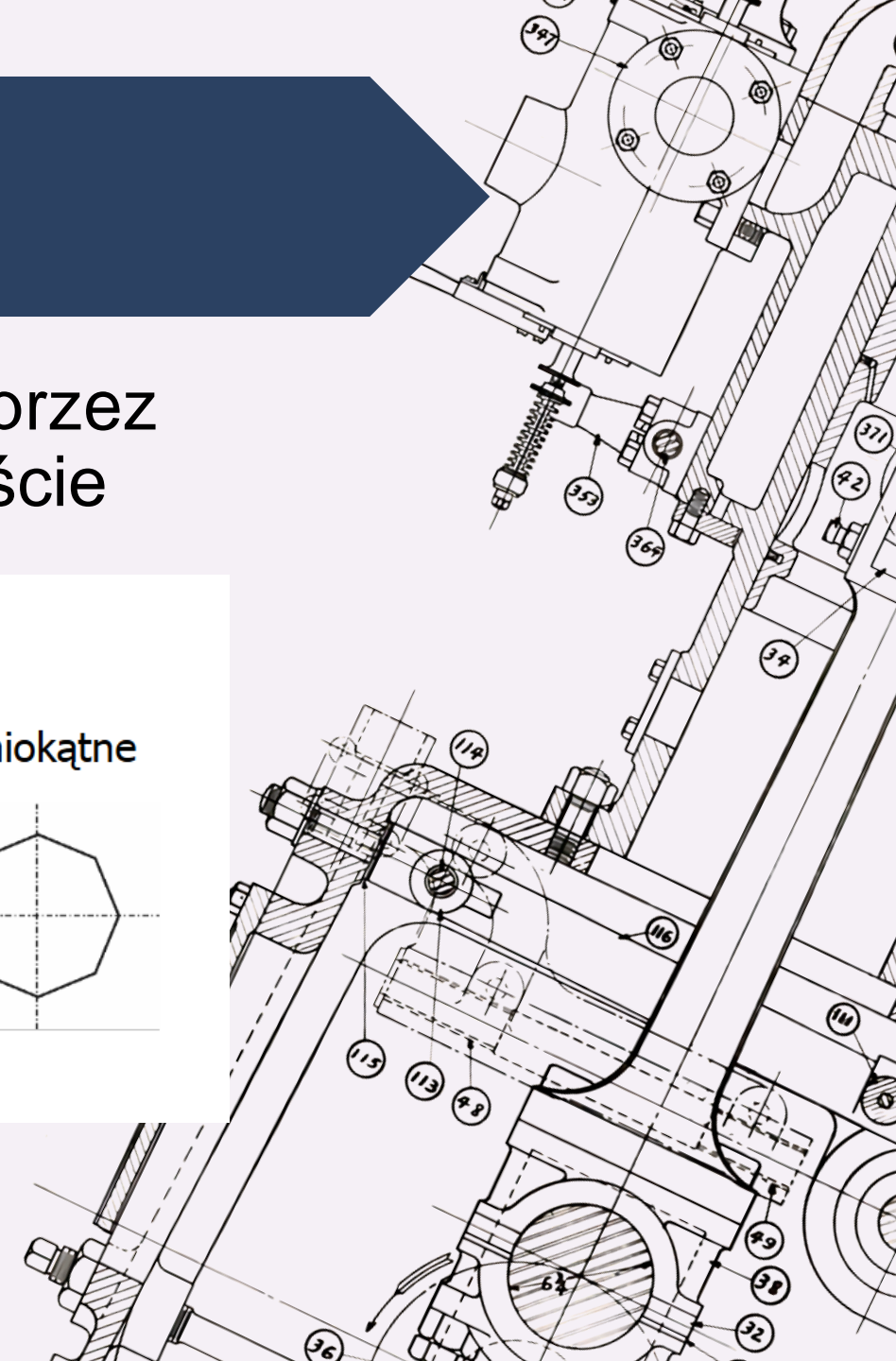
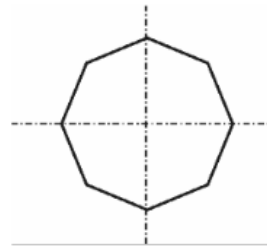
Czworokątne



Sześciokątne



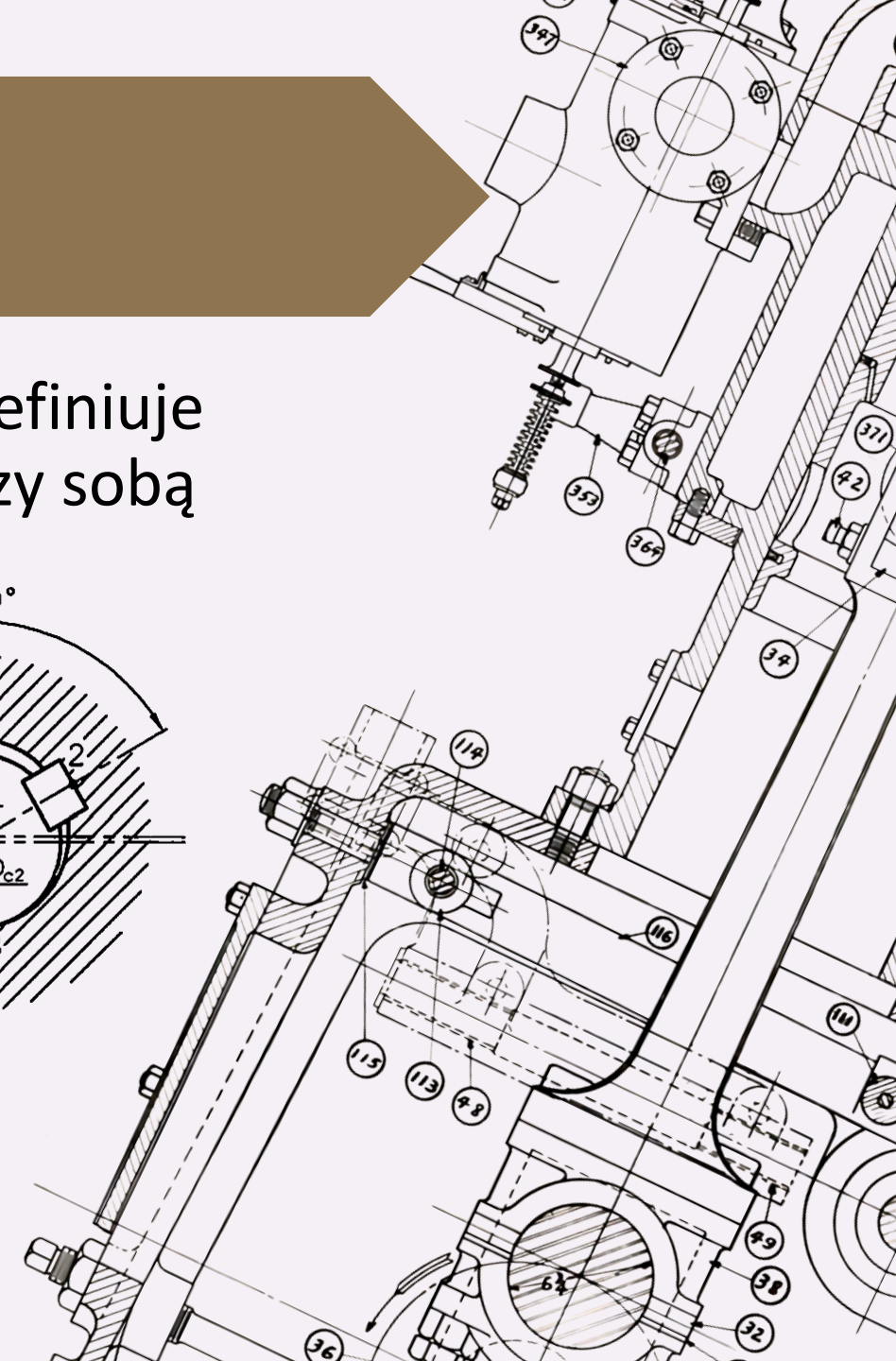
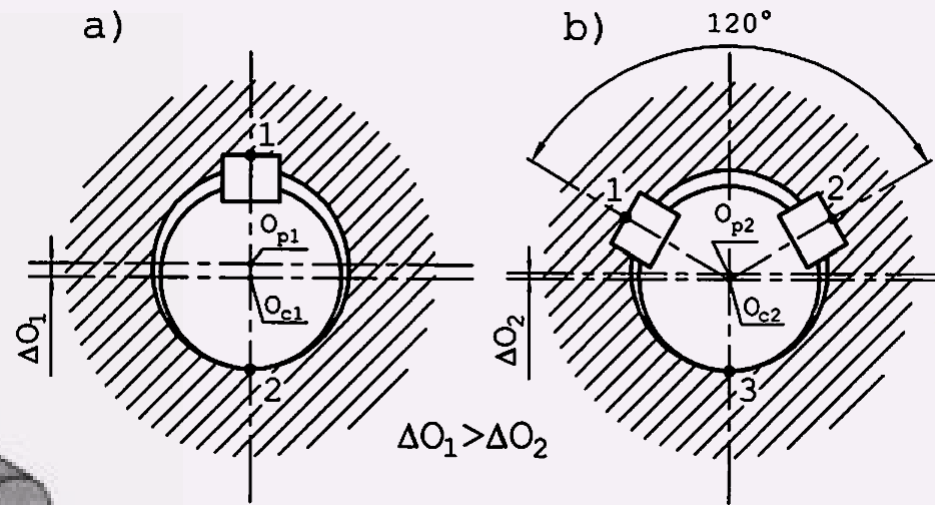
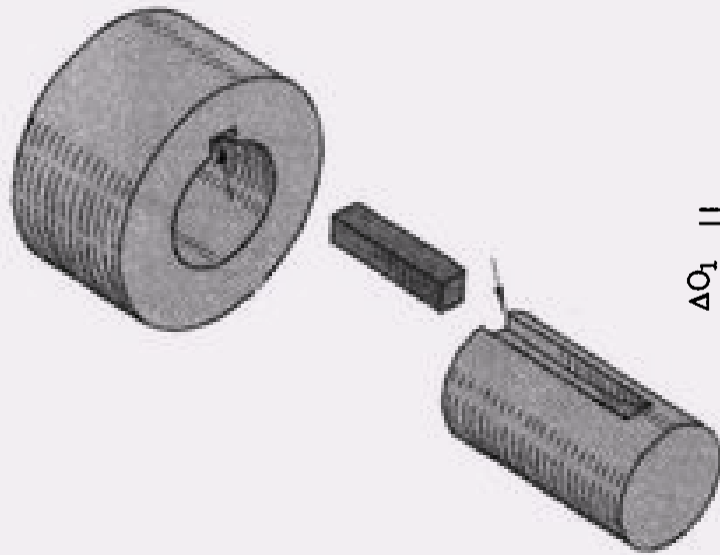
Ośmiokątne





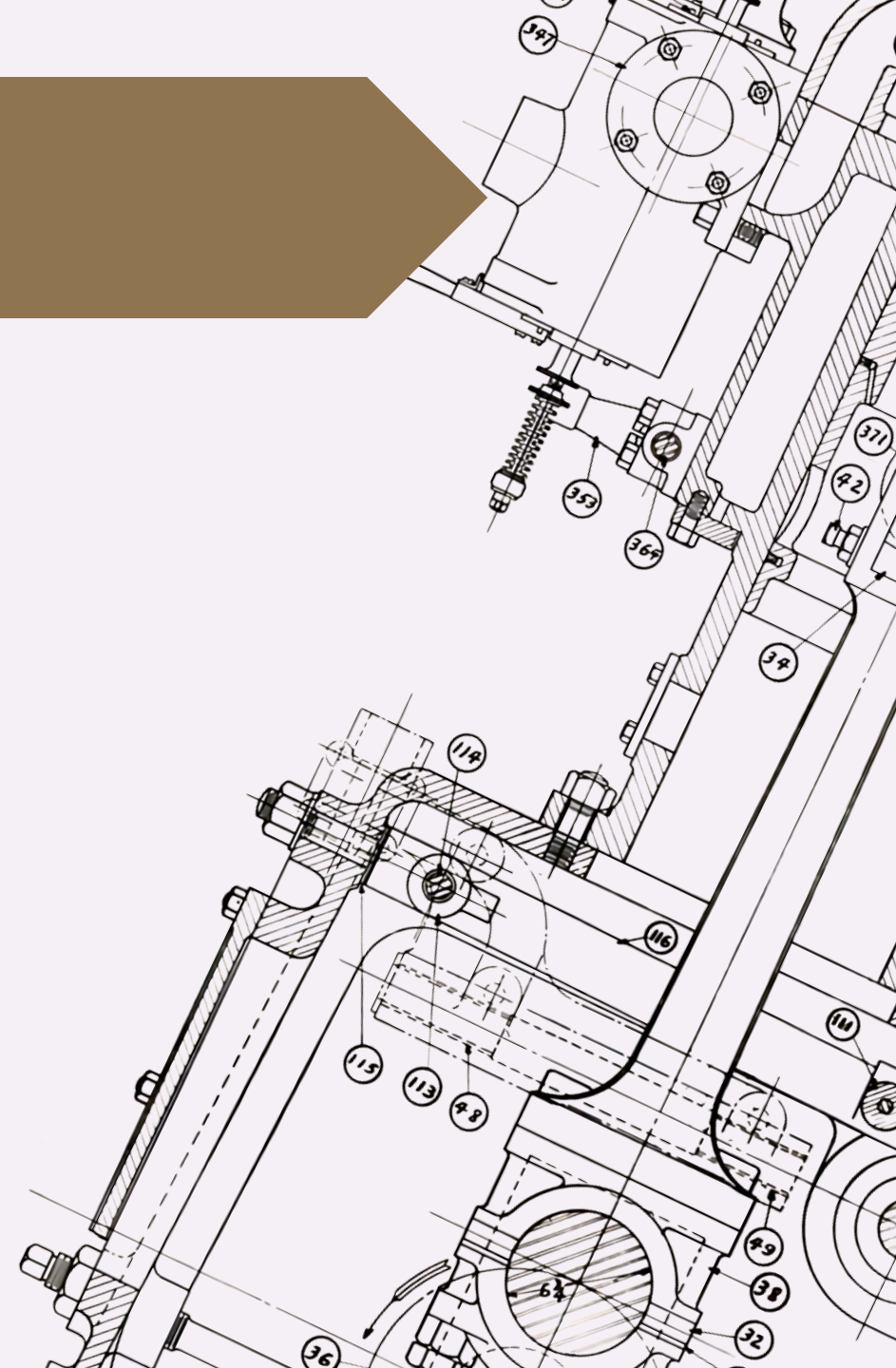
# Połączenie wpustowe

- Połączenie które wykorzystuje wpust, który definiuje położenie dwóch łączonych elementów między sobą



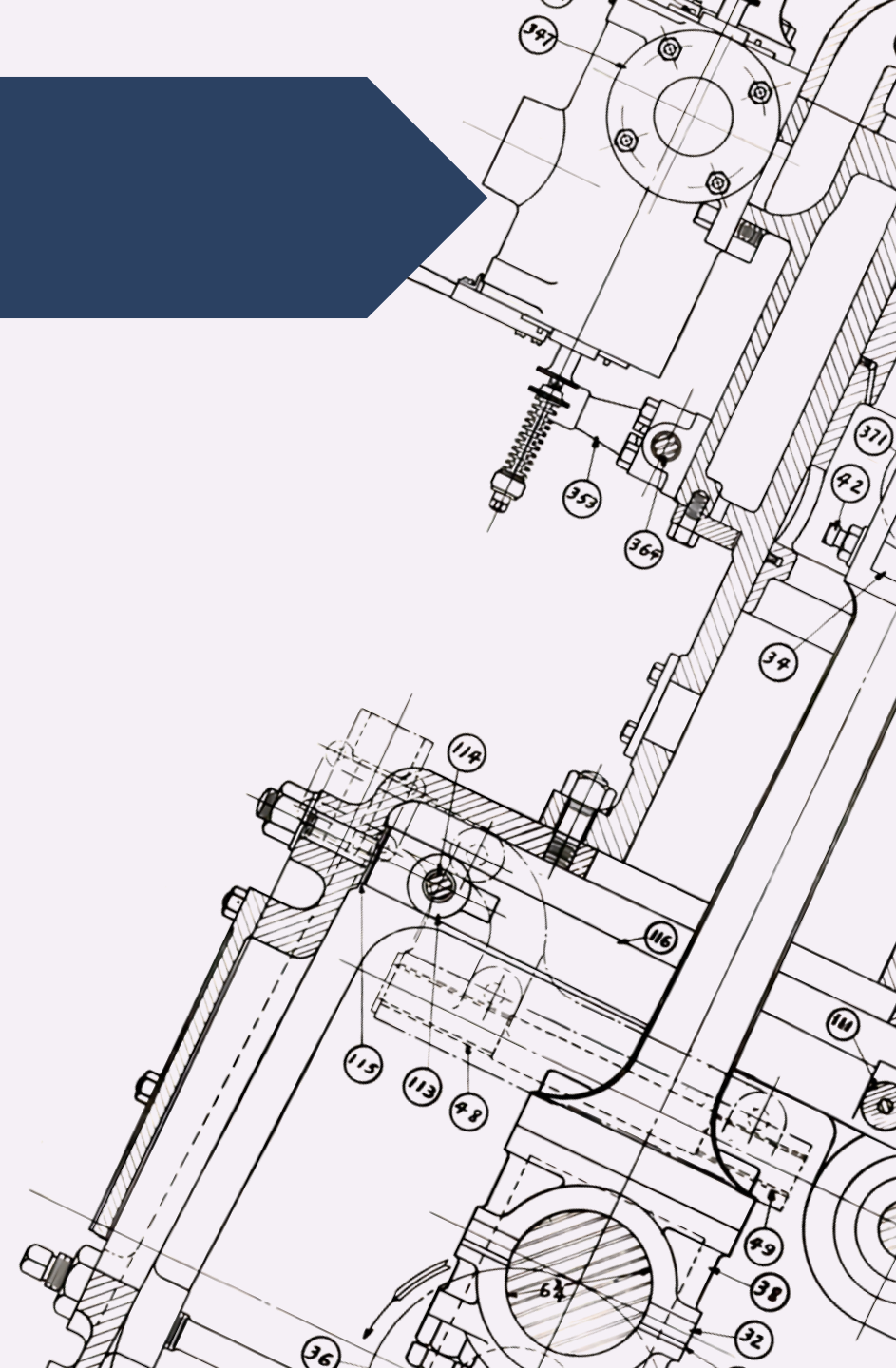
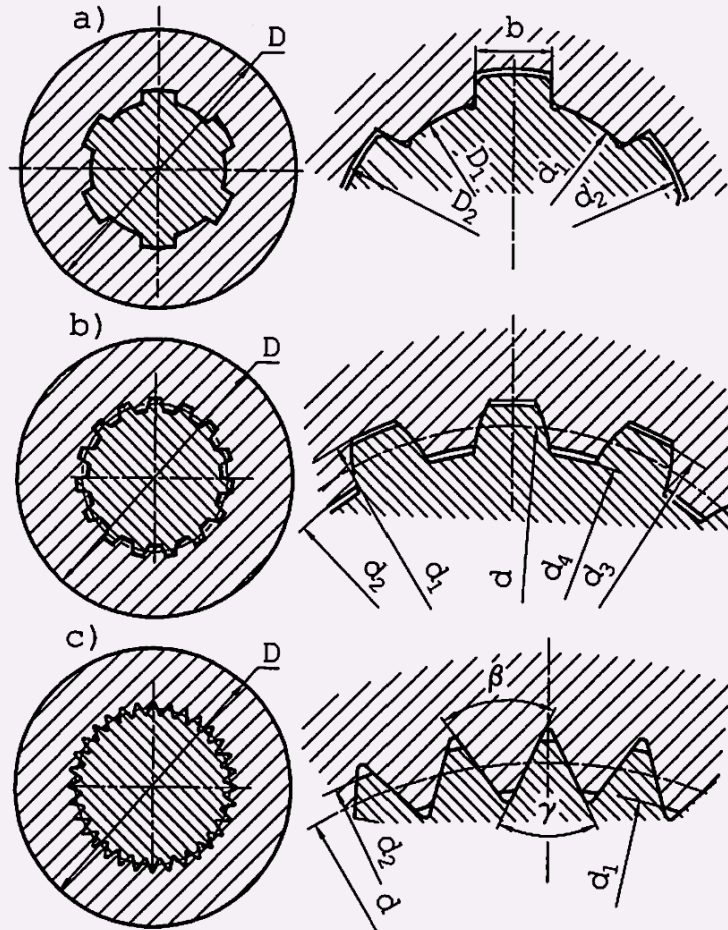
# Połączenie wpustowe

- Zalety:
  - Prosta konstrukcja
  - Niskie koszty wytwarzania
  - Łatwy montaż i demontaż
- Wady:
  - Rowek na wpust osłabia wał
  - Brak dobrego osiowania



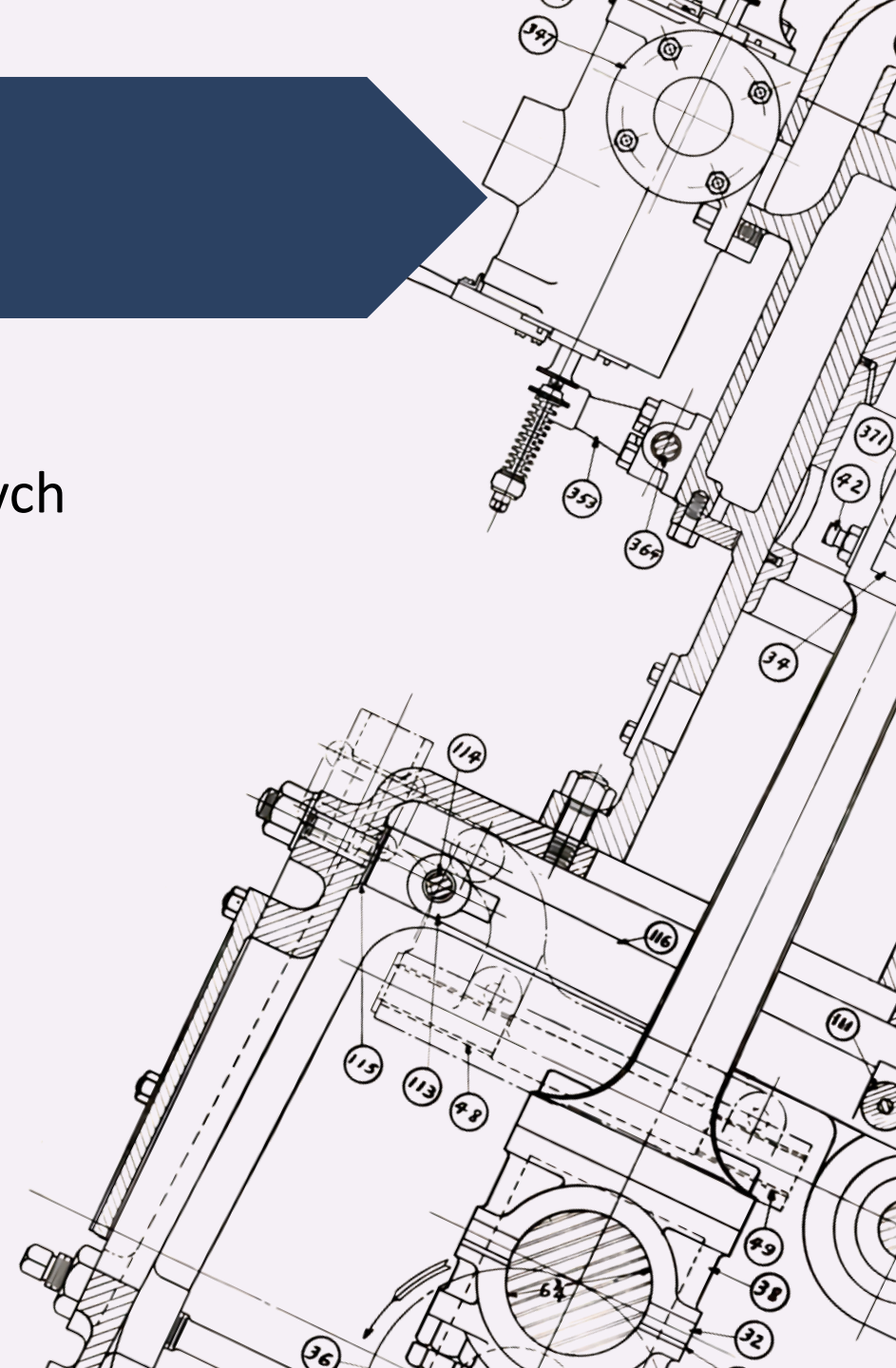
# Połączenia wielowypustowe

- Często stosowane jako połączenia ruchowe



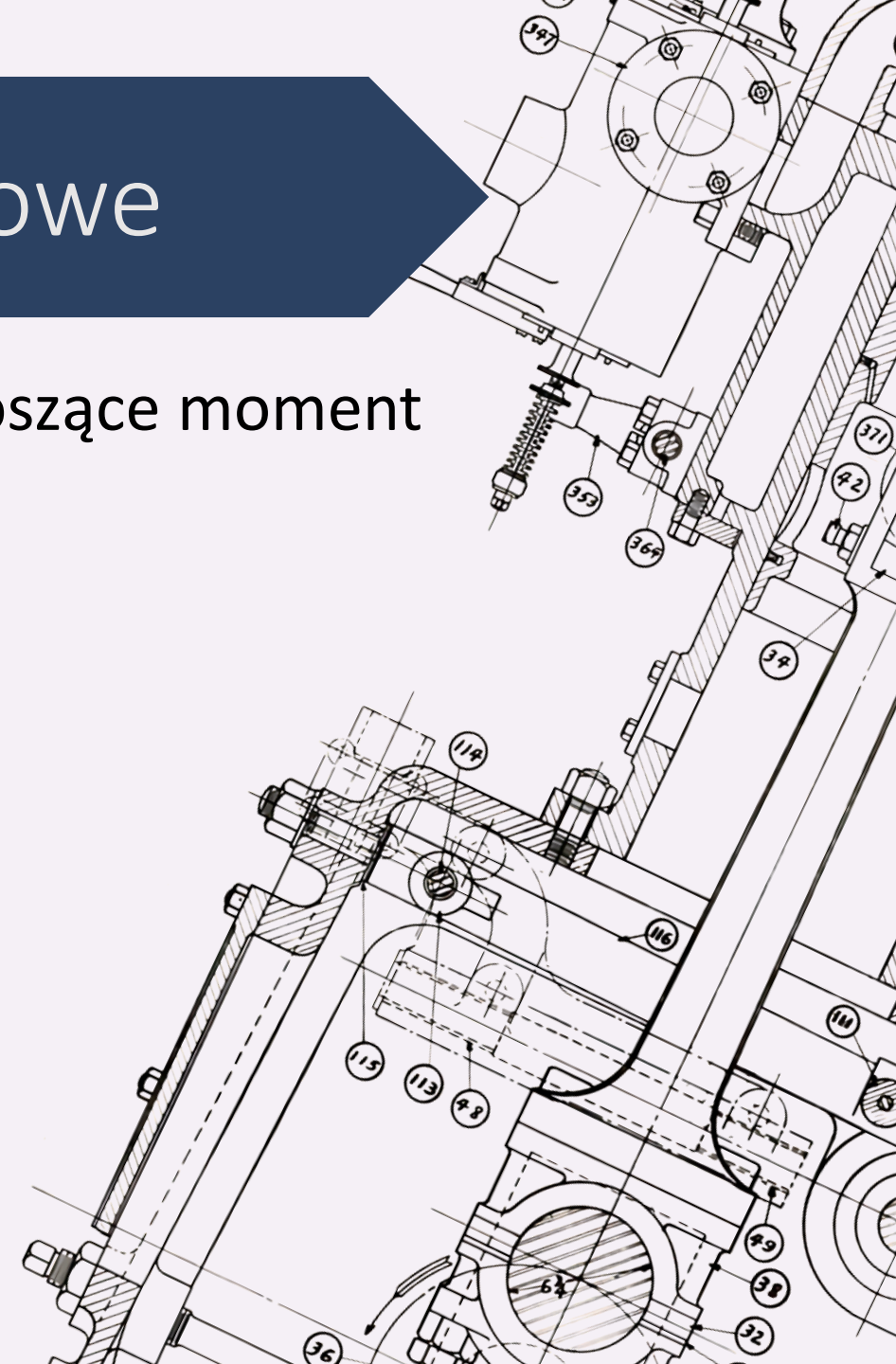
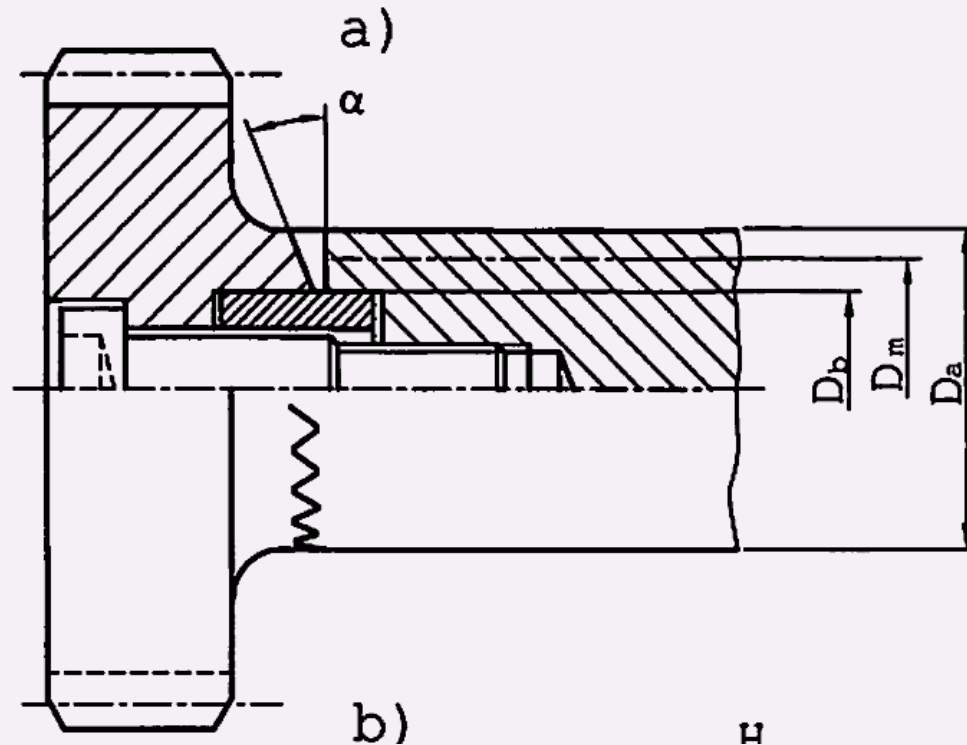
# Połączenia wielowypustowe

- Zalety:
  - Większa wytrzymałość przy obciążeniach zmiennych
  - Równomierny nacisk na wypustki
  - Łatwiejszy montaż i demontaż
  - Lepsze osiowanie
- Wady:
  - \$\$\$

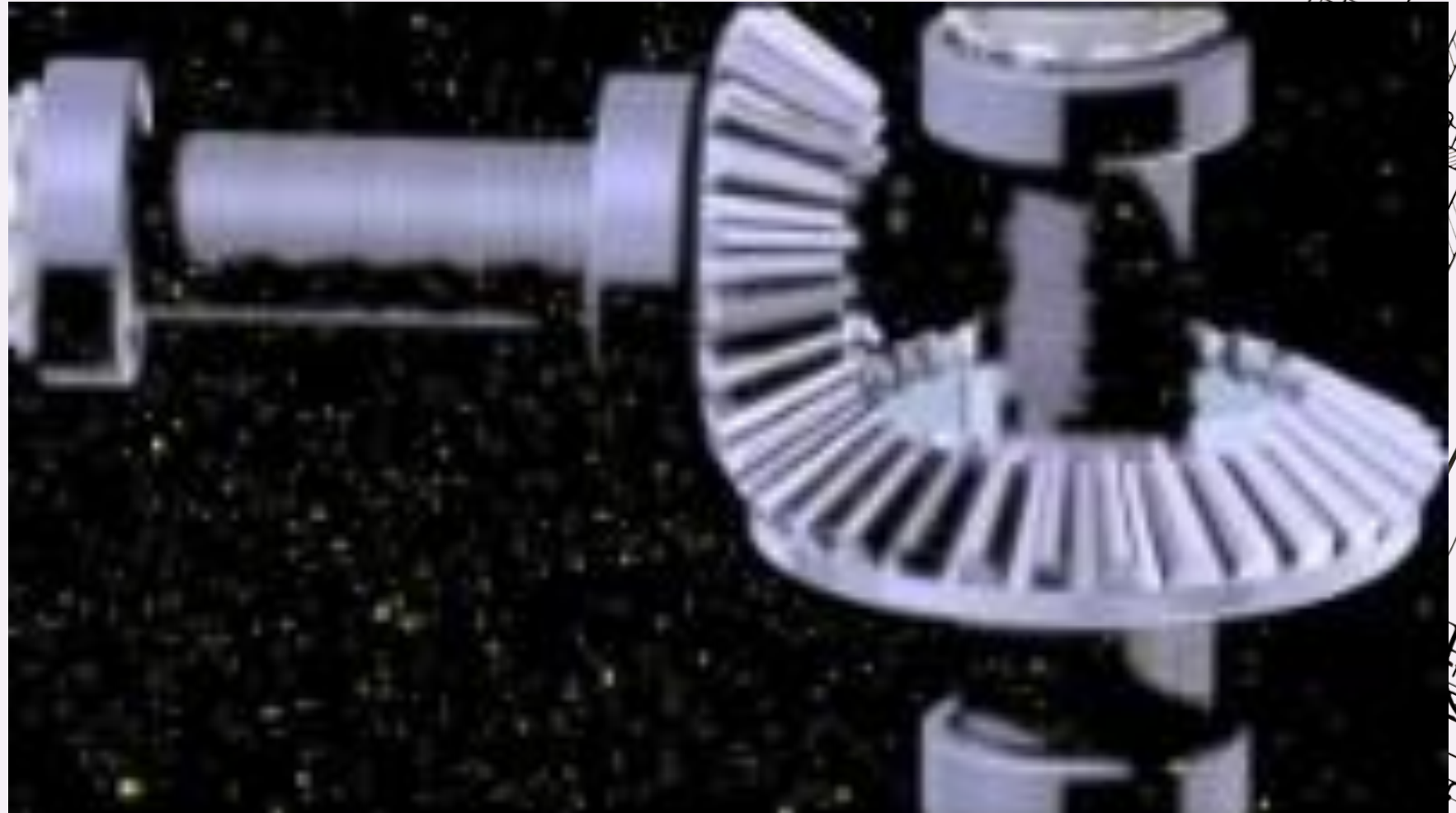


# Połączenia wieloząbkowe czotowe

- Najczęściej stosowane jako połączenia przenoszące moment obrotowy (przekładnie)



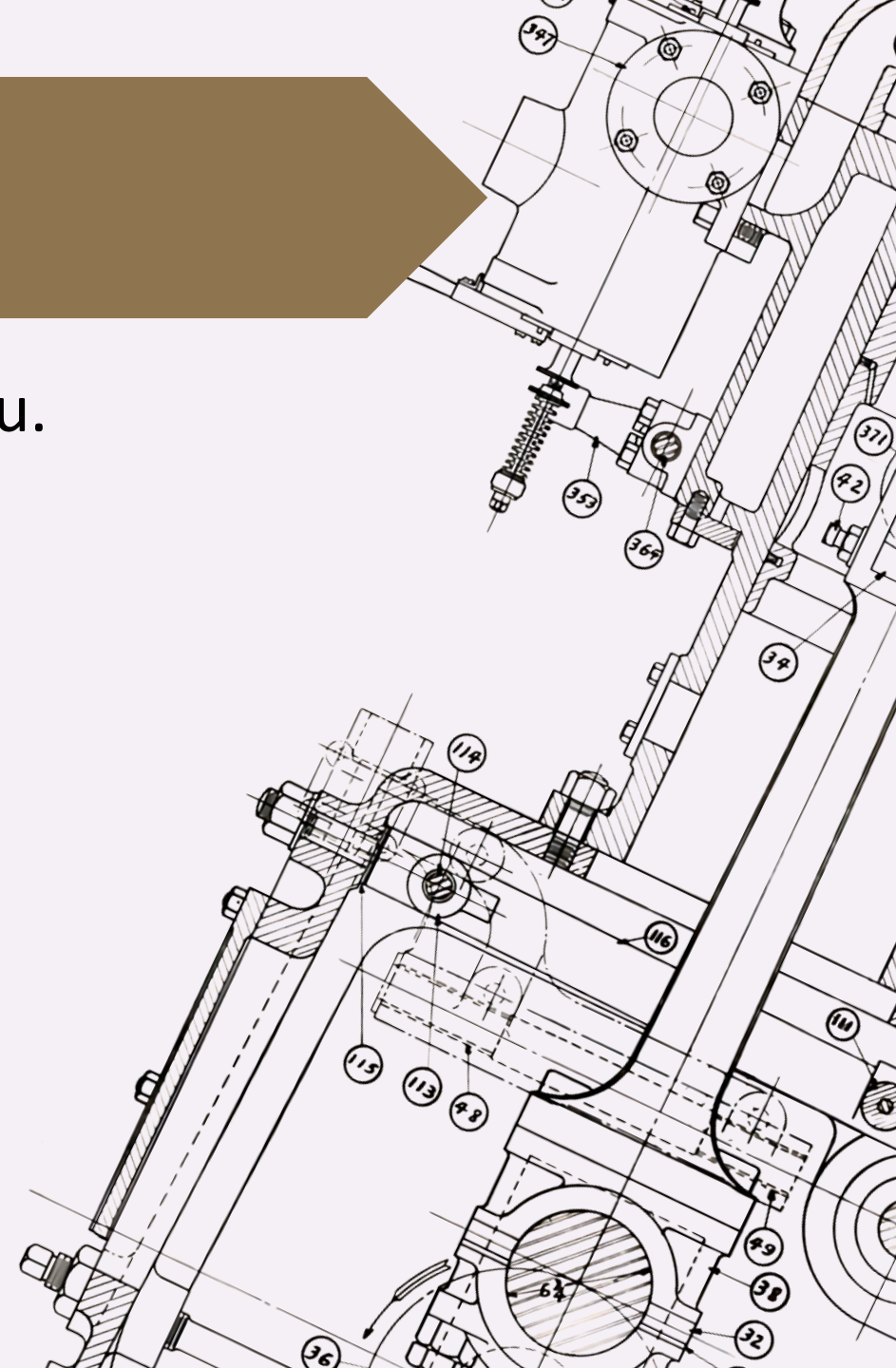
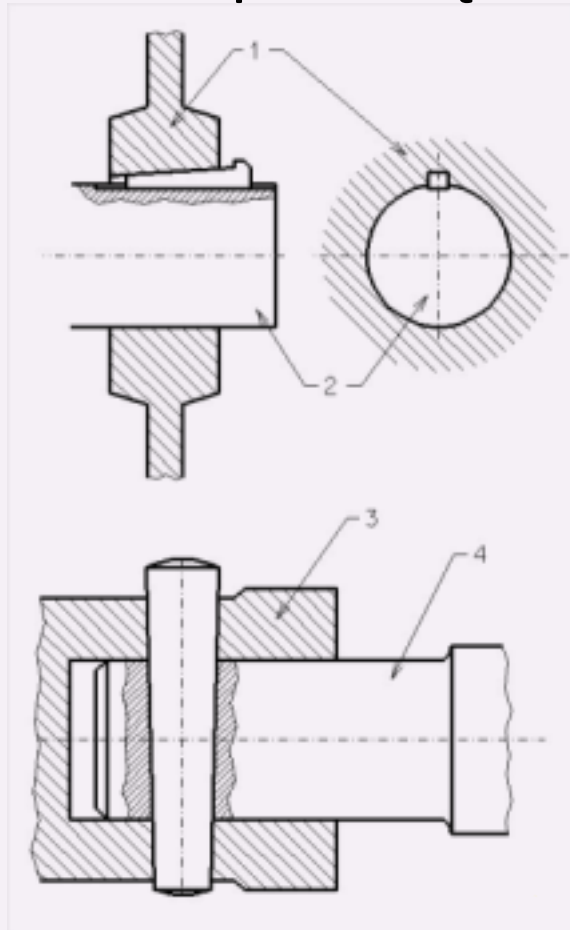
# Połączenia wieloząbkowe czółtowe



POLSKO-JAPANESE  
AKADEMIA TECHNIK  
KOMPUTEROWYCH

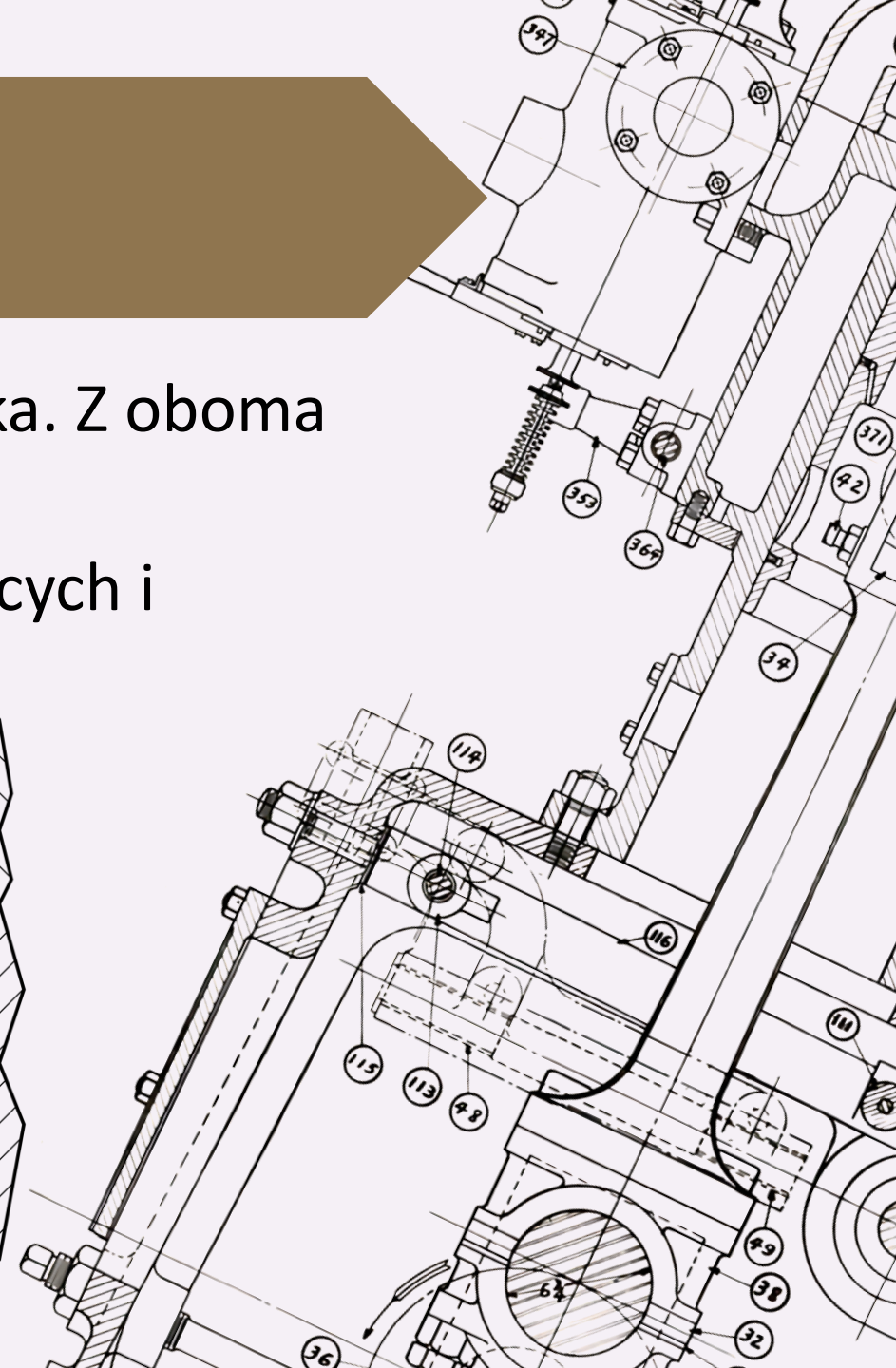
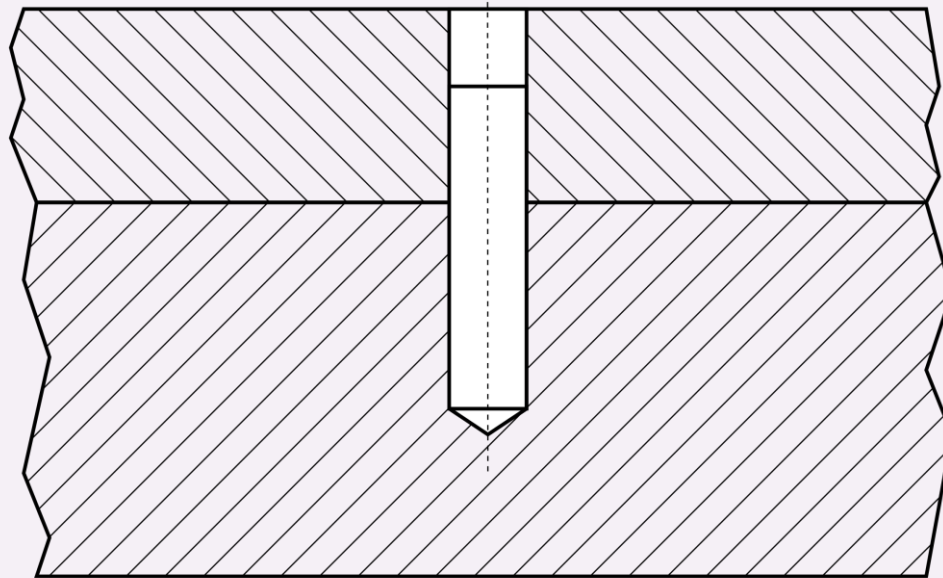
# Połączenie klinowe

- Połączenie dwóch elementów za pomocą klinu.
- Rozróżnia się połączenia:
  - Klinowe wzdużne
  - Klinowe poprzeczne



# Połączenie kołkowe

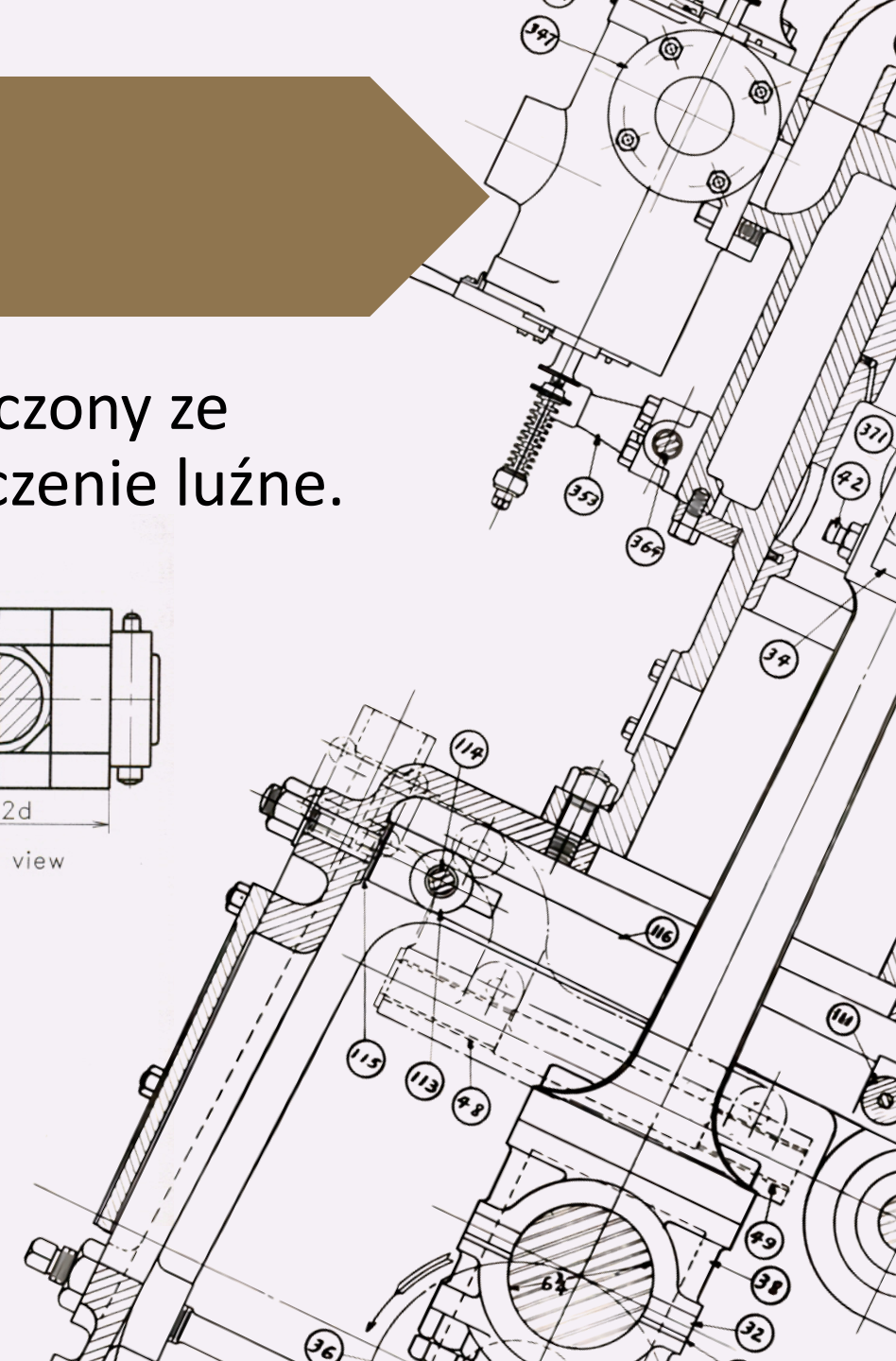
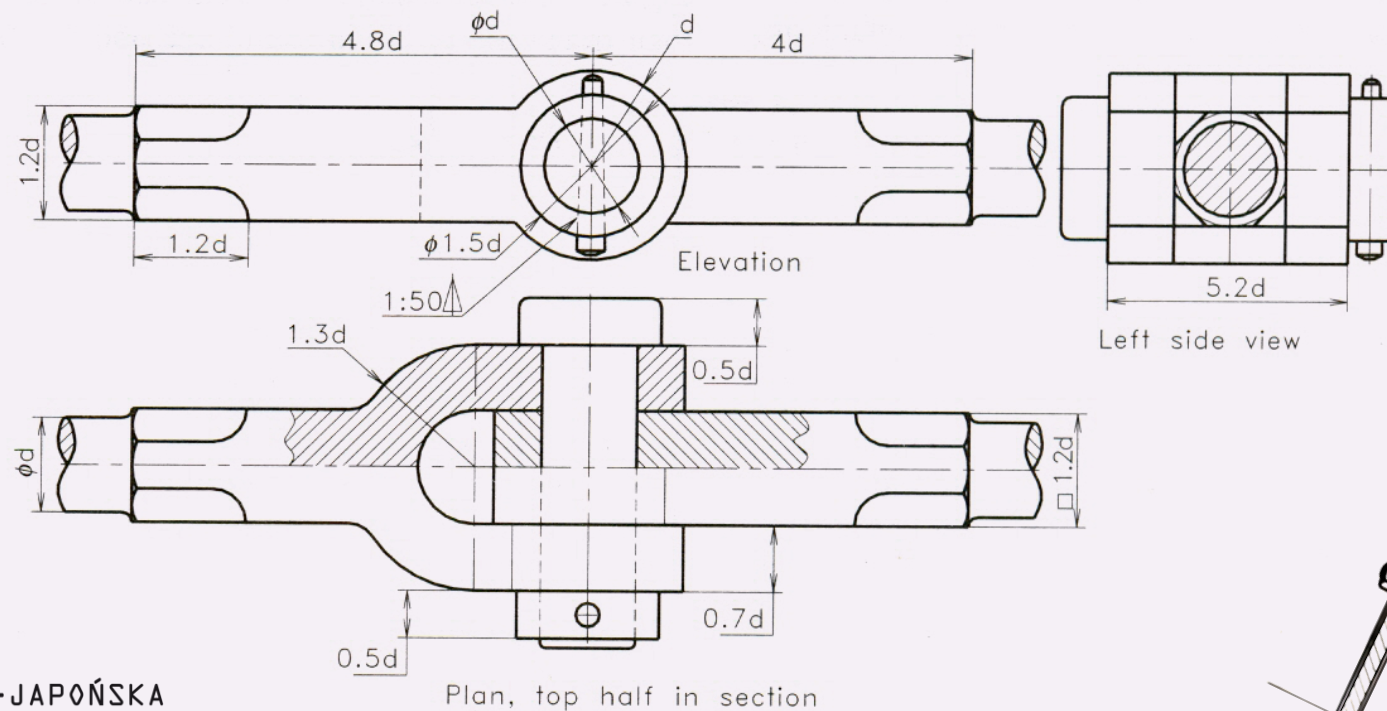
- Połączenie dwóch elementów za pomocą kołka. Z oboma elementami kołek jest połączony na wcisk.
- Najlepiej się sprawuje w przypadku sił ścinających i zginających.



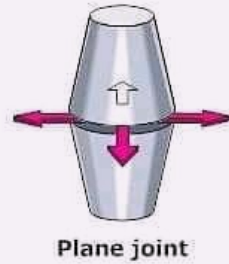


# Połączenie sworzniowe

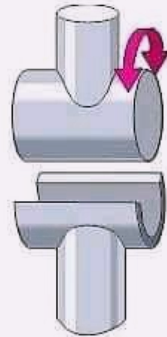
- Połączenie ruchome, jeden element jest połączony ze sworzniem na wcisk, zaś drugi ma z nim połączenie luźne.



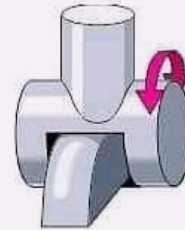
# Polączenie sworzniowe



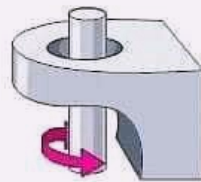
Plane joint



Hinge joint



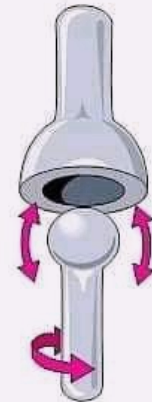
Saddle joint



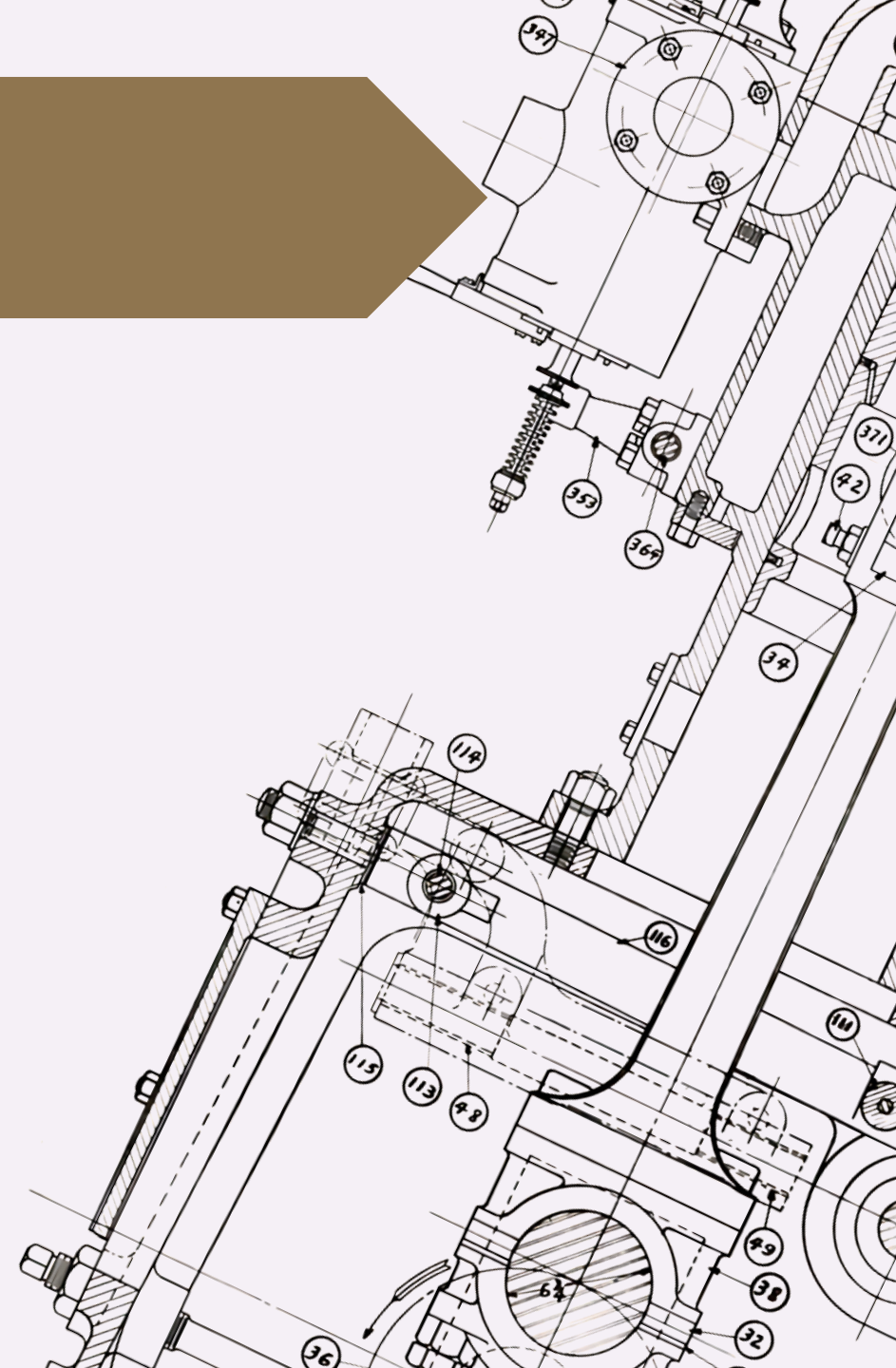
Pivot joint



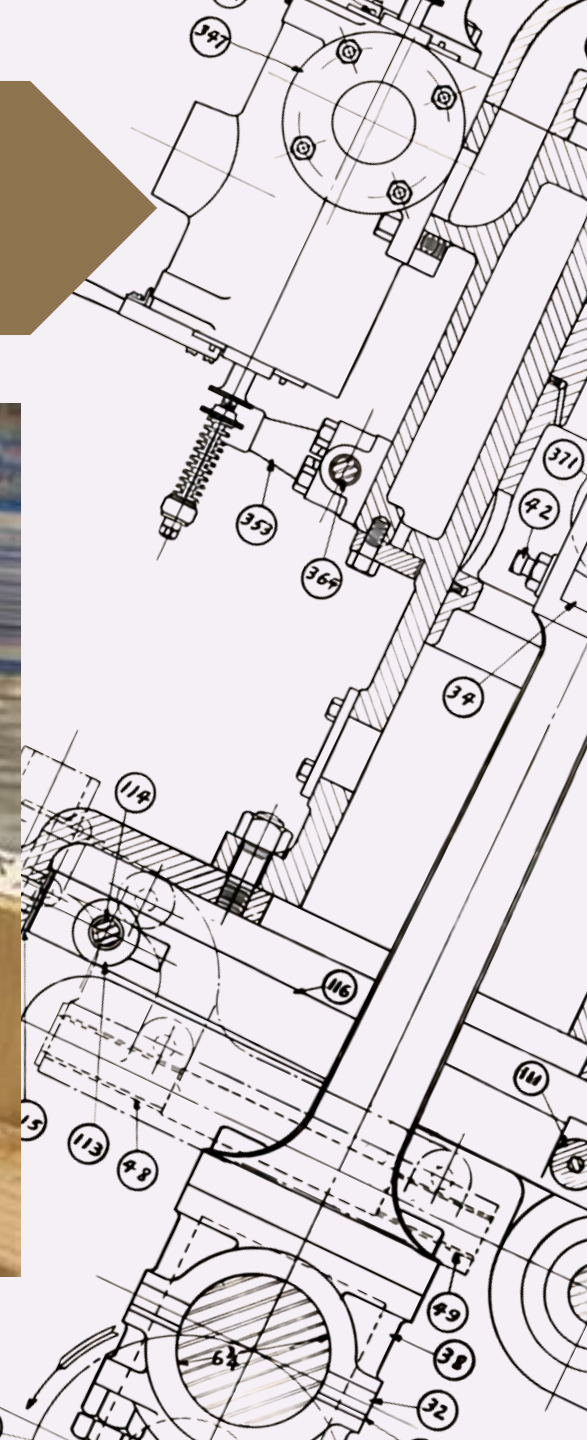
Condyloid joint



Ball and socket joint



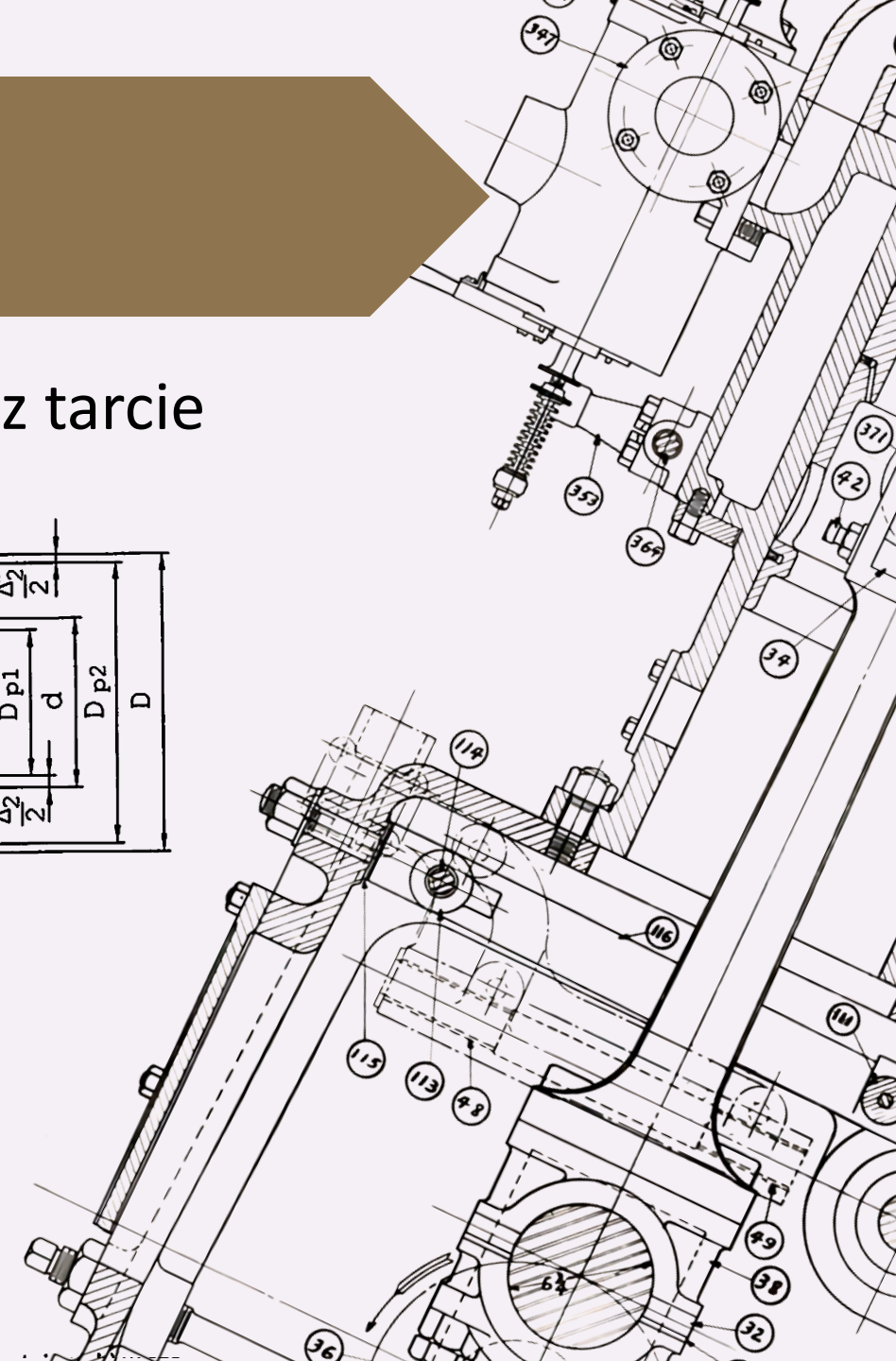
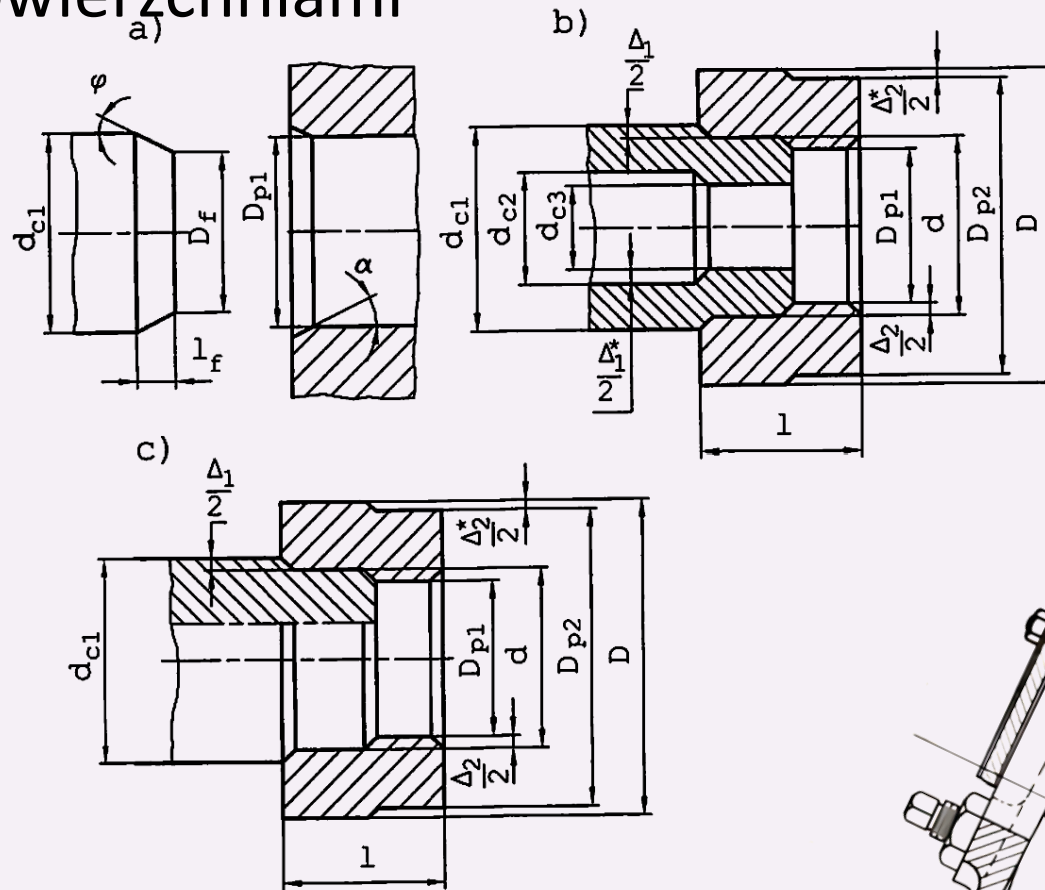
# Polączenie sworzniowe



POLSKO-JAPOŃSKA  
AKADEMIA TECHNIK  
KOMPUTEROWYCH

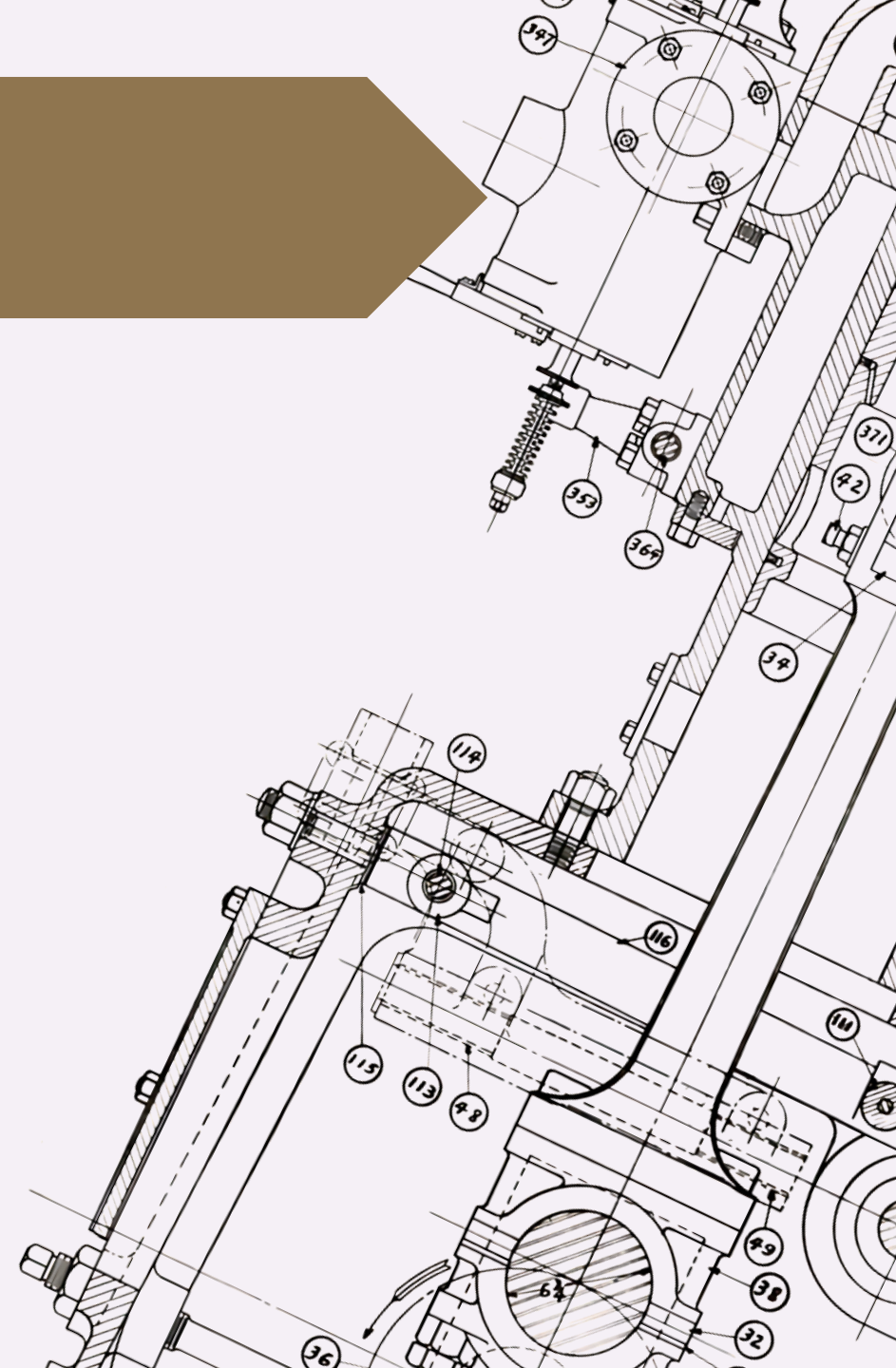
# Połączenie wciskowe

- Unieruchomienie części zapewnione jest przez tarcie pomiędzy ich powierzchniami



# Połączenie wciskowe

- Zalety:
  - Prosty sposób wykonania
  - Możliwość stosowana dużych obciążeń złącz
  - Dobre i łatwe osiowanie
  - Możliwość łączenia różnych materiałów
- Wady:
  - Duże naprężenia na elementach łączonych
  - Zmiana wcisku przy zmianie temperatury
  - Zależność wcisku od tolerancji
  - Trudny montaż i demontaż
  - Odształcenia powierzchni styku
  - Osłabienie wytrzymałości zmęczeniowej połączenia



# Ciekawe połączenia



POLSKO-JAPANEZKA  
AKADEMIA TECHNIK  
I NAUK  
KOMPUTEROWYCH

# Bibliografia

- Antoni Skoć, Jacek Spałek, Podstawy konstrukcji maszyn
- Jerzy Bajkowski, Podstawy Zapisu Konstrukcji
- Piotr Boś, Sławomir Sitarz, Podstawy konstrukcji maszyn
- Article at: <https://melkib.com/pl/n/Jak-zaprojektowac-polaczenie-klejowe-Zalety-i-wady-klejenia%2C-klasyfikacja-polaczen/2>

