

## 2. Rysunki konstrukcyjne części maszyn i urządzeń

- Dokumentacja konstrukcyjna
- Dokumentacja konstrukcyjna połączeń części maszyn
- Dokumentacja konstrukcyjna elementów układów napędowych

## 2.1

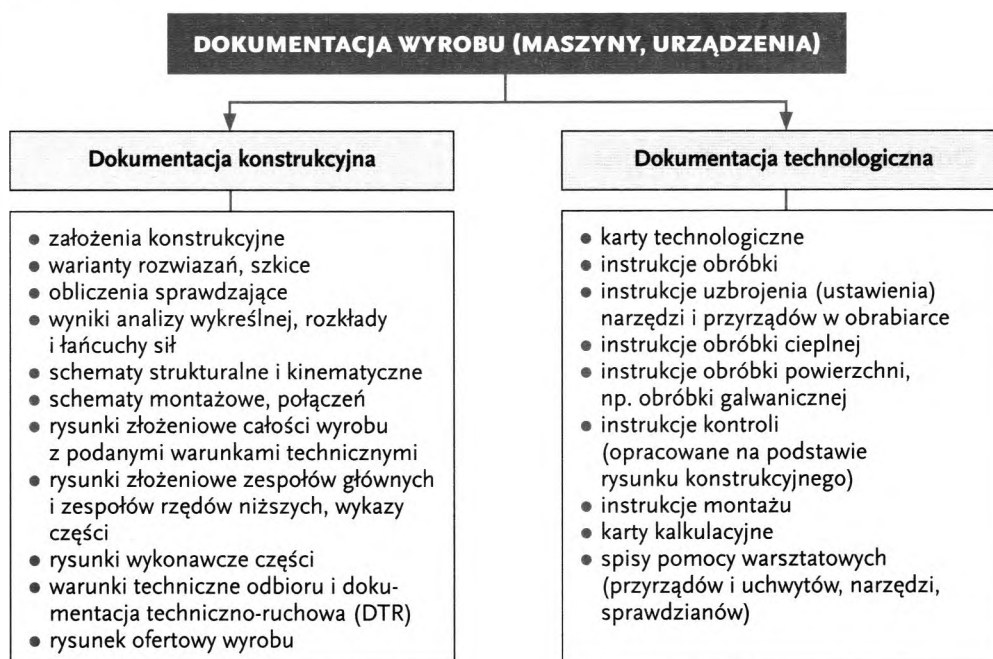
## Dokumentacja konstrukcyjna

## W TYM ROZDZIALE DOWIESZ SIĘ:

- co to jest dokumentacja konstrukcyjna wyrobu
- jakie rysunki wchodzi w skład dokumentacji konstrukcyjnej
- co to są znormalizowane elementy rysunku

Dokumentacja produktu jest zapisem całego procesu projektowo-konstrukcyjnego maszyn lub urządzeń. Na rysunku 2.1. zamieszczono całościowy schemat klasyfikacji dokumentacji produktu, który dzieli się na dwie główne grupy: dokumentację konstrukcyjną oraz dokumentację technologiczną wyrobu. W skład dokumentacji konstrukcyjnej wchodzi: opis koncepcyjny rozwiązania, obliczenia wytrzymałościowe, wyniki analiz, np. kinematycznych, oraz – przede wszystkim – różnego rodzaju rysunki opisujące geometryczną postać produktu.

Generalnie rozróżniamy dwie główne grupy rysunków: złożeniowe oraz wykonawcze, które stanowią trzon dokumentacji konstrukcyjnej wyrobu i które możemy klasyfikować w ogólnym ujęciu jako rysunki konstrukcyjne.



Rys. 2.1. Schemat ogólny dokumentacji produktu [4]

Rysunki konstrukcyjne tworzymy w oparciu o normatywy i zasady rysunku technicznego w zakresie rysunku maszynowego.

Zasadami tymi należy się posługiwać, tworząc rysunek konstrukcyjny części lub wyrobu, przy czym najważniejsze są:

- postać arkusza rysunkowego,
- odwzorowanie geometryczne,
- opis rysunku.

**Postać arkusza rysunkowego** można opisać jako formę organizacyjną rysunku, która jest określona przez:

- format arkusza,
- elementy graficzne arkusza,
- tabliczki rysunkowe i dokumentacyjne,
- podziałki.

**Format arkusza** jest znormalizowany pod względem wymiarów nośnika, na którym zostanie wykonany rysunek (kartka, kalka, folia itp.). Podstawową grupę wymiarową stanowią formaty serii ISO-A wg PN-EN ISO 5457, których wymiary zestawiono w tabeli 2.1.

Tabela 2.1. Wymiary formatów rysunkowych w mm

Oznaczenie arkusza	Arkusz nieobcięty (U)		Arkusz obcięty (T)		Pole rysunkowe	
	$a_1$	$b_1$	$a_2$	$b_2$	$a_3$	$b_3$
A0	880	1230	841	1189	821	1159
A1	625	880	594	841	574	811
A2	450	625	420	594	400	564
A3	330	450	297	420	277	390
A4	240	330	210	297	180	277

Tolerancja wymiarów: arkusz U –  $\pm 2$ ; arkusz T – wg ISO 216; pole rysunkowe –  $\pm 05$

**Elementy graficzne arkusza** są graficzną organizacją przestrzeni rysunkowej. Zgodnie z PN zaliczamy do nich:

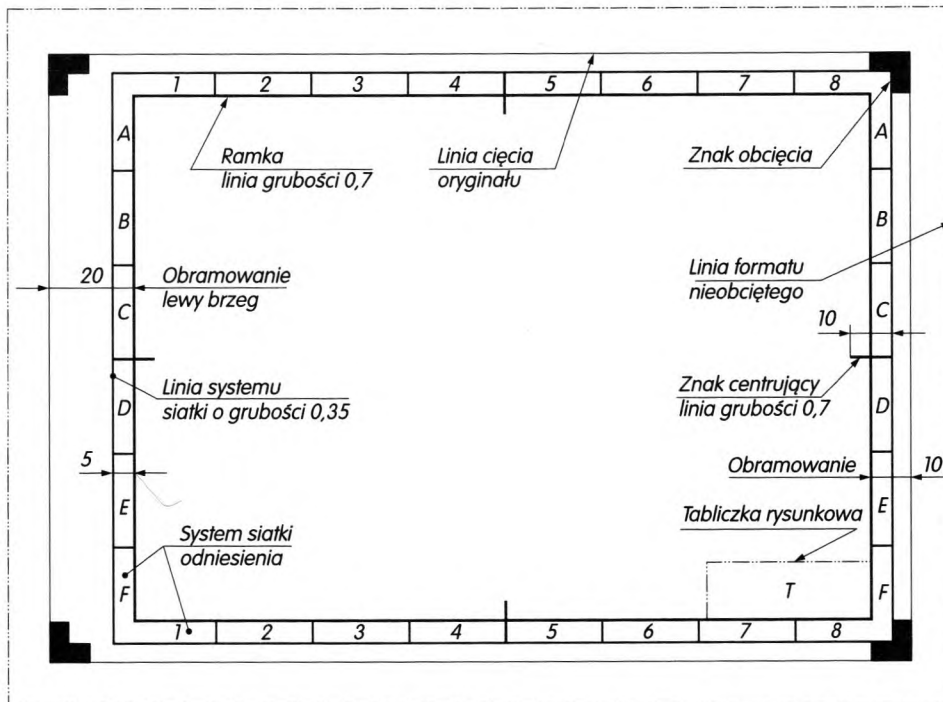
- obramowanie,
- ramkę,
- znaki centrujące,
- system siatki odniesienia,
- znaki obcięcia arkusza,
- tabliczkę rysunkową.

Elementy te są obowiązkowe na arkuszu rysunkowym, a ich rozmieszczenie musi być zgodne z pokazanym na rysunku 2.2 (patrz: s. 46).

**Tabliczki rysunkowe i dokumentacyjne** służą do notowania danych identyfikacyjnych, opisowych i administracyjnych. Są one zamieszczane w tabliczce tytułowej. W przypadku rysunków złożeniowych lub zestawieniowych nad tabliczką tytułową umieszcza się tabliczkę wykazu części, w której są podane najważniejsze informacje dotyczące składowych elementów złożenia.

**Podziałki** są znormalizowanym elementem rysunku (PN-EN ISO 5455) i pozwalają na zmniejszanie lub zwiększanie wymiarów odwzorowywanego elementu w celu zapewnienia

jak największej czytelności rysunku. Wartości podziałek opisują stosunek wymiarów zawartych na rysunku do wymiarów rzeczywistych przedmiotu. Znormalizowane wartości podziałek rysunkowych sklasyfikowano i podano w tabelicy 2.2.



Rys. 2.2. Graficzna reprezentacja arkusza rysunkowego [2]

Tabela 2.2. Rodzaje i znormalizowane wartości podziałek rysunkowych

Rodzaj podziałki	Znormalizowane wartości podziałek rysunkowych						
zwiększające	2 : 1	5 : 1	10 : 1	20 : 1	50 : 1	100 : 1	itd.
naturalna	1:1						
zmniejszające	1 : 2	1 : 5	1 : 10	1 : 20	1 : 50	1 : 100	itd.

**Odwzorowanie geometryczne** to sposób zapisu geometrycznego odwzorowywanej części lub grupy elementów stanowiących zespół, produkt. Odwzorowanie geometryczne realizuje się w oparciu o zasady rzutowania elementów przestrzennych na płaszczyznę. W zasadzie w rysunku konstrukcyjnym posługujemy się rzutami równoległymi:

- prostokątnym,
- aksonometrycznym.

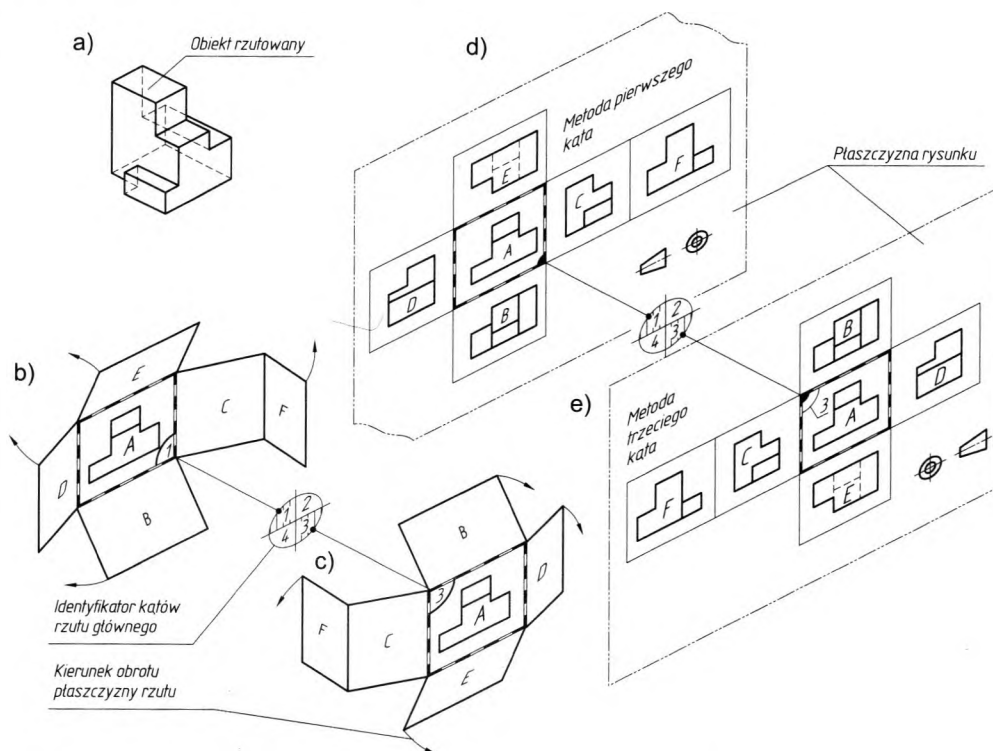
Rzut aksonometryczny ma zastosowanie w rysunkach ofertowych lub rysunkach zawartych w dokumentacji techniczno-ruchowej, tzw. DTR.

Rzutowanie prostokątne (PN-EN ISO 5456-1,2:2002) ma zastosowanie w rysunkach wykonawczych i złożeniowych i może być realizowane jako:

- rzutowanie metodą pierwszego kąta,

- rzutowanie metodą trzeciego kąta,
- rzutowanie identyfikowane strzałkami.

Zasady tworzenia rzutów w oparciu o przedstawione metody są szczegółowo opisane w książkach na temat rysunku technicznego. Generalnie polegają one na rzutowaniu elementów na wzajemnie prostopadłe rzutnie poprzez rzut prostokątny poszczególnych elementów zarysu przedmiotu (rys. 2.3).



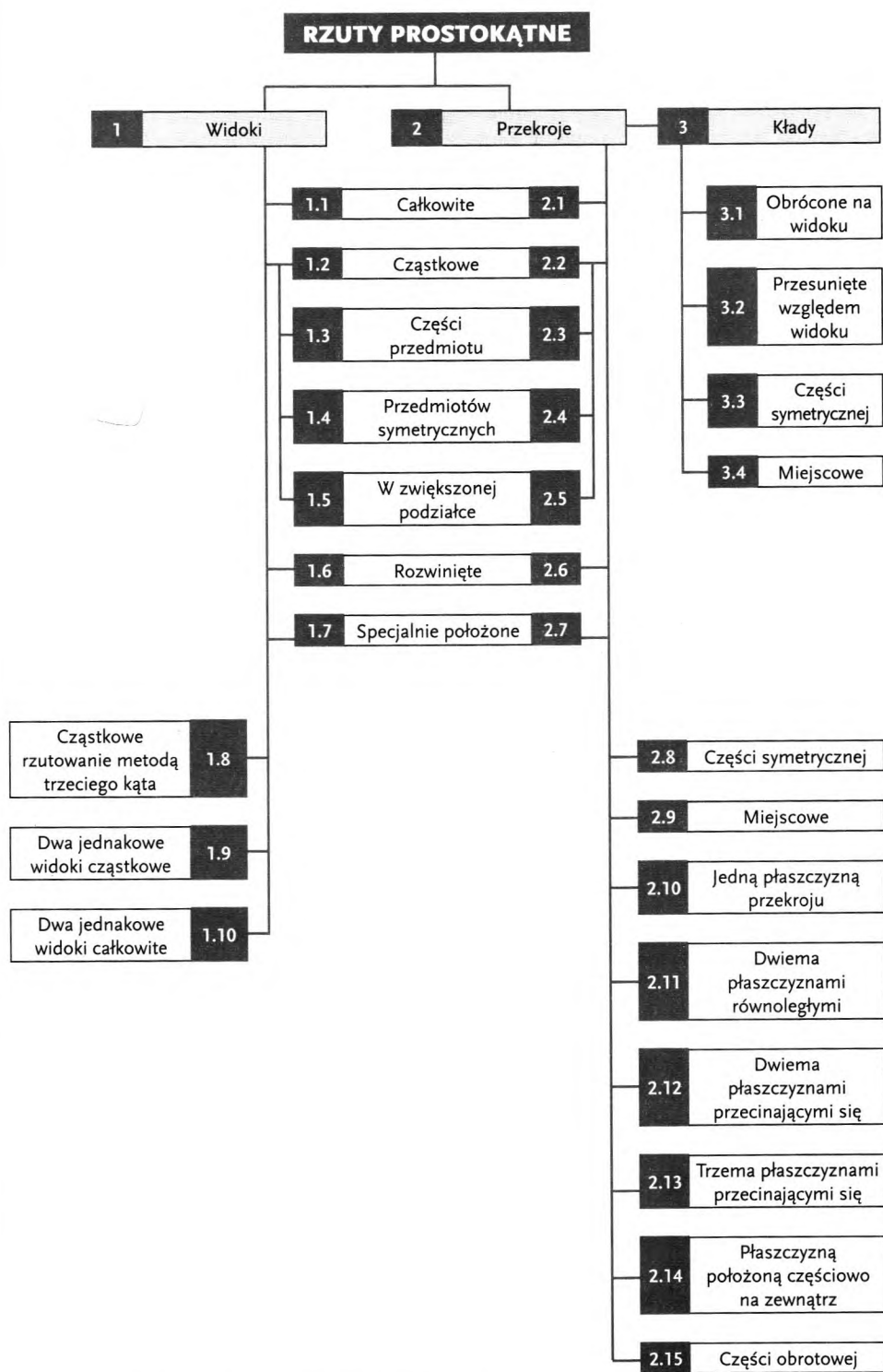
Rys. 2.3. Zasada rzutowania wg metody pierwszego i trzeciego kąta: a) obiekt rzutowania, b) i d) metoda pierwszego kąta, c) i e) metoda trzeciego kąta [2]

Zastosowanie rzutów prostokątnych w rysunku konstrukcyjnym realizuje się poprzez następujące elementy odwzorowywujące część lub zespół maszyny (PN-ISO 128:20006):

- **widoki** – za ich pomocą obrazuje się zewnętrzną widoczną część przedmiotu;
- **przekroje** – za ich pomocą można zobrazować elementy geometrii umieszczone wewnątrz przedmiotu;
- **kłady** – są specyficzną odmianą przekrojów i obrazują profil, zarys przedmiotu w określonej płaszczyźnie.

Ogólną klasyfikację widoków przekrojów i kładów wg PN-ISO 128:20006 zestawiono na rysunku 2.4 (patrz: s. 48).

W celu poprawnego odwzorowania geometrii przedmiotu za pomocą widoków, przekrojów lub kładów musimy stosować określone rodzaje linii rysunkowych. W zależności od rodzaju linii rysunkowe poza odwzorowaniem geometrycznym przedmiotu niosą dodatkowe informacje, takie jak widoczność krawędzi w danym rzucie, symetria przedmiotu, miejsce dodatkowej obróbki itp. Z tego powodu, aby rysunki, które sporządzamy, były poprawne,



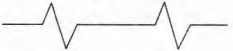








Rys. 2.4. Ogólna klasyfikacja widoków, przekrojów i kładów wg PN-ISO128:20006 [2]



musimy stosować określone rodzaje linii rysunkowych. Rodzaje linii rysunkowych różniamy na podstawie ich odwzorowania (przedstawienia, budowy) oraz grubości. Podstawowe rodzaje linii rysunkowych, które wykorzystujemy w rysunkach konstrukcyjnych, zestawiliśmy na podstawie normy PN-EN ISO 128-20 w tabeli 2.3.

Tabela 2.3. Podstawowe rodzaje linii rysunkowych

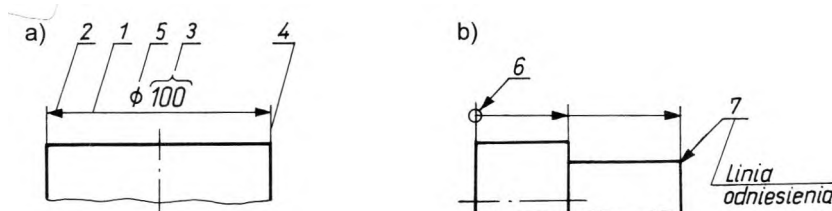
Linia: rodzaj, odmiana, wygląd	Podstawowe zastosowanie
Linia ciągła cienka 	1) linie wymiarowe 2) pomocnicze linie wymiarowe 3) linie wskazujące i odniesienia 4) kreskowanie 5) wyobrażalne linie przenikania 6) zarys kładów miejscowych 7) krótkie linie środkowe 8) dno bruzdy gwintu 9) przekątne do oznaczania powierzchni płaskich 10) linie rzutowania 11) linie siatki
Linia ciągła cienka odręczna  Linia ciągła cienka zygzakowa 	12) zakończenie cząstkowego lub przerywanego widoku, przekroju, kładu głównie przy kreśleniu odręcznym 13) jak 12 – głównie przy kreśleniu ploterem
Linia ciągła gruba 	1) widoczne krawędzie i zarysy 2) wierzchołki gwintu 3) granica długości gwintu pełnego
Linia kreskowa cienka 	1) krawędzie niewidoczne 2) zarysy niewidoczne
Linia kreskowa gruba 	oznaczenie dopuszczalnych obszarów obróbki powierzchniowej, np. obróbki cieplnej
Linia cienka z długą kreską i kropką 	1) linie symetrii 2) okrąg podziałowy otworów 3) okrąg podziałowy kół zębatach
Linia gruba z długą kreską i kropką 	oznaczenie wymaganych obszarów obróbki powierzchniowej, np. obróbki cieplno-chemicznej
Linia cienka z długą kreską i dwiema kropkami 	1) skrajne położenia części ruchomych 2) zarysy pierwotne – przed kształtowaniem

**Opis rysunku** to dodatkowe informacje o odwzorowanym elemencie lub zespole maszyny zamieszczone na rysunku, mające na celu uszczegółowienie i uzupełnienie informacji geometrycznych w postaci:

- wymiarów geometrycznych przedmiotów,
- tolerancji wymiarów,
- znaków specjalnych,
- pól tekstowych,
- linii odniesienia.

**Wymiar geometryczny** jest najczęściej liniowy lub kątowy; informuje on o wielkości poszczególnych elementów przedmiotu w określonej skali metrycznej (np. milimetry, centymetry itp.). Wymiarowanie, czyli opis określonych wymiarów na widokach, przekrojach i kładach, jest znormalizowane. Wymaga to od autora rysunku znajomości i przestrzegania podstawowych zasad wymiarowania w celu zapewnienia jednoznacznej interpretacji informacji zawartej na rysunku. Budowa wymiaru rysunkowego (rys. 2.5) w podstawowej odmianie składa się z:

- głównej linii wymiarowej,
- pomocniczych linii wymiarowych,
- pola tekstowego – zawierającego wartość liczbową wymiaru oraz znaki specjalne (tab. 2.4).



Rys. 2.5. Budowa wymiaru rysunkowego [2]

1 – linia wymiarowa, 2 – znak ograniczenia linii wymiarowej, 3 – liczba wymiarowa, 4 – pomocnicza linia wymiarowa, 5 – znak wymiarowy, 6 – oznaczenie początku linii wymiarowej, 7 – linia odniesienia

Zasady wymiarowania są przypisane do określonej postaci odwzorowania elementu i uwzględniają m.in. takie elementy, jak:

- geometria zarysu – linia, okrąg, łuk, krzywa, ścięcie, zaokrąglenie,
- rodzaje widoków, przekrojów i kładów,
- rozmieszczenie wzajemne poszczególnych elementów geometrii,
- rodzaj rysunku – złożeniowy, wykonawczy, zestawieniowy.

Zależą przy tym od wielu różnych czynników. Dlatego znajomość zasad wymiarowania jest jednym z najważniejszych i najtrudniejszych zagadnień do przyswojenia w zakresie rysunku maszynowego. Szczegółowe informacje dotyczące ogólnych zasad wymiarowania są zapisane w podręcznikach do nauki rysunku technicznego. W tym rozdziale podamy zasady wymiarowania ukierunkowane na określone klasy elementów maszyn i urządzeń.

Tabela 2.4. Specjalne znaki wymiarowe

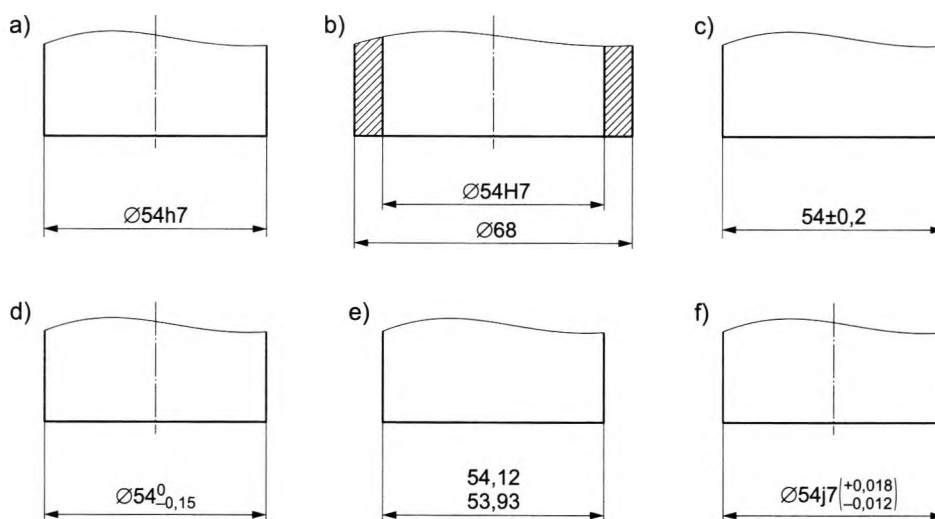
Lp.	Znak	Nazwa znaku	Przykład zapisu	Znak wymiarowy stosuje się
1	Ø	średnica	Ø 100	zawsze przy wymiarowaniu* elementów okrągłych, kołowych
2	R	promień	R50	zawsze przy wymiarowaniu promieni łuków
3	□	kwadrat	□ 40	zawsze przy wymiarowaniu* elementów kwadratowych
4	∠	kąt w nazwie n – kąt	6 ∠ 17	zawsze przy wymiarowaniu wielokątów foremnych o parzystej liczbie boków, oprócz kwadratu



Lp.	Znak	Nazwa znaku	Przykład zapisu	Znak wymiarowy stosuje się
5	SR	promień kuli	SR50	zawsze przy wymiarowaniu powierzchni kulistych (pełnych lub ich części)
6	SØ	średnica kuli	SØ 50	przy wymiarowaniu średnicy kuli
7	×	grubość (długość) przedmiotu przedstawionego w jednym rzucie	× 5	przy wymiarowaniu przedmiotów, których główny kształt można odwzorować w jednym rzucie
8	∠	pochylenie powierzchni	∠1:100	przy wymiarowaniu powierzchni pochylonych, zwłaszcza pod małym kątem
9	Q <sub>↗</sub>	długość rozwinięcia	Q <sub>↗</sub> 300	przy wymiarowaniu przedmiotów wygiętych po wyprostowaniu lub w rozwinięciu
10	—	długość łuku	$\widehat{100}$	przy wymiarowaniu długości łuku (nie mylić z cięciwą ani promieniem)
11		zbieżność stożka		przy wymiarowaniu stożków lub powierzchni stożkowych

\* znak średnicy i kwadratu można pominąć, jeżeli kształt jest wyraźnie widoczny

**Tolerowanie wymiarów** to uzupełnienie informacji dotyczące wartości liczbowej wymiaru (wartość nominalna) poprzez określenie dopuszczalnego przedziału rzeczywistej wartości wymiaru uwzględniającego np. technologię wykonania i montażu, który będzie uznany za poprawny względem wymiaru nominalnego. Przedział wartości wymiarów dopuszczalnych określa się za pomocą wymiarów granicznych, odchyłki dolnej i górnej lub określenia pola tolerancji i klasy dokładności wykonania (rys. 2.6).



Rys. 2.6. Przykłady podawania tolerancji wymiarowej za pomocą: symbolu literowo cyfrowego dla wymiaru a) zewnętrznego, b) wewnętrznego wartości liczbowej odchyłek c) symetrycznych, d) górnej i dolnej, e) wymiarów granicznych, f) oznaczenia mieszanego

**Znaki specjalne** to znaki wstawiane w określonym miejscu rysunku zawierające dodatkowe ważne informacje, funkcjonujące oprócz znaków specjalnych, które można umieszczać przed wartością liczbową wymiaru. Do najważniejszych należą znak oznaczenia geometrycznej struktury powierzchni (GSP) oraz znak oznaczenia tolerancji kształtu i położenia, umieszczane na rysunkach wykonawczych. Dodatkowo stosuje się inne znaki dotyczące np. elementów danej konstrukcji, tj. nakielki, wielowypusty lub oznaczenia spoin w połączeniach spawanych.

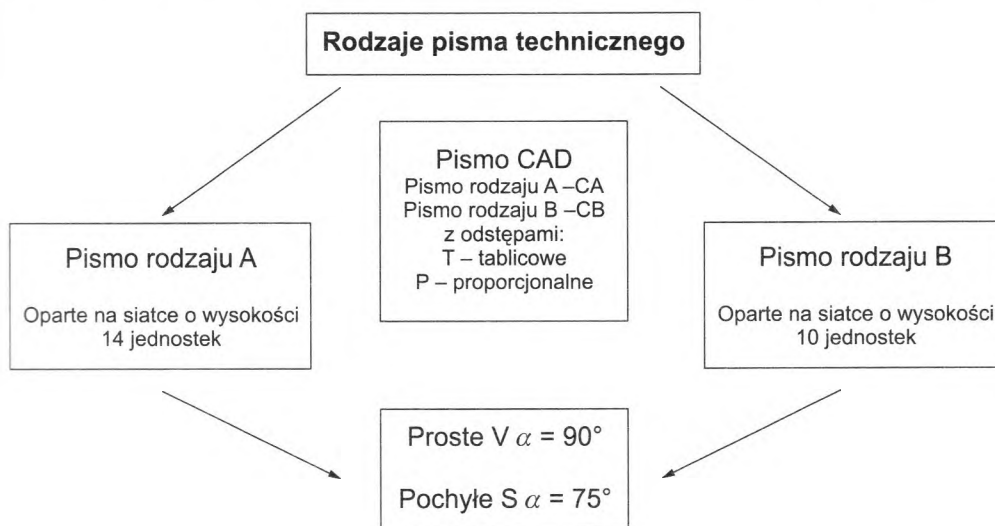
**Pola tekstowe** to tekst umieszczany w różnej formie w określonych miejscach rysunku lub przy linii odniesienia. Zawierają one informacje istotne dla rysunku i dopełniają treść graficzną odwzorowania. Jednym z przykładów takiego pola jest pole *uwagi do rysunku*, które umieszczamy w pobliżu tabliczki rysunkowej. Może ono podawać takie informacje, jak:

- rodzaj półfabrykatu,
- materiał,
- informacja o rodzaju obróbki cieplnej lub cieplno-chemicznej z podaniem docelowych właściwości materiału,
- informacje o ogólnym sposobie wykończenia elementu, np. *ostre krawędzie stępić*,
- zbiorcza informacja o wymiarach występujących wielokrotnie, dotyczących tego samego rodzaju geometrii, np. *niezwymiarowane fazy  $2 \times 45^\circ$* ,
- zbiorcza informacja o tolerowaniu wymiarów,
- informacja o sposobie montażu,
- informacja o kolejności wykonywania elementów detalu.

Pole tekstowe, a także wszystkie oznaczenia literowe i liczbowe wprowadzane do rysunku należy zapisać pismem technicznym, które jest określone normami: PN-EN ISO 3098-0, PN-EN ISO 3098-2 oraz PN-EN ISO 3098-5. Normy te odnoszą się do:

- pisma odręcznego,
- pisanie za pomocą szablonów,
- pisma wprowadzanego za pomocą programów komputerowych.

Podstawowymi odmianami pisma są: pismo typu A, typu B oraz typu CAD (rys. 2.7). Wszystkie mogą występować w odmianie prostej i pochylej. Szczegółowy opis wielkości



Rys. 2.7. Podstawowe rodzaje pisma technicznego

pisma oraz wyglądu znajdziecie w przytoczonych normach lub w podręcznikach do rysunku technicznego.

**Linia odniesienia** to specjalne oznaczenie łączące elementy wymiarowania oraz pola tekstowego. Linie odniesienia umieszcza się:

- na rysunkach złożeniowych – przypisując nr porządkowy określonej części, powiązany z tabliczką wykazu elementów złożenia;
- na rysunkach wykonawczych – w celu opisanie dodatkową wymaganą informacją wybranego elementu rysunku, np. spoiny, wielowypustów, nakiełków itp.

### 2.1.1. Rysunki złożeniowe

Rysunki złożeniowe są graficzną i opisową formą odwzorowania całego wyrobu. W zależności od złożoności produktu (maszyny, urządzenia, mechanizmu itp.) na rysunku złożeniowym poszczególne elementy odwzorowujemy:

- w sposób uproszczony (schematycznie) lub poprzez przybliżony zarys zewnętrzny głównych zespołów składowych wyrobu w przypadku skomplikowanych konstrukcji składających się z kilkuset i więcej części (rys. 2.8a – patrz s. 54);
- w sposób dokładny umożliwiający identyfikację i odczyt kształtu poszczególnych części złożenia w przypadku prostych konstrukcji składających się z kilku lub kilkunastu części (rys. 2.8b – patrz s. 54).

Sposób odwzorowania produktu jest uzależniony od jego postaci geometrycznej oraz stopnia złożoności (liczby części składowych oraz ich wielkości). Często dokumentacja konstrukcyjna wyrobu w zakresie rysunków złożeniowych składa się z kilku lub nawet kilkunastu arkuszy rysunkowych. Arkusz główny zawiera uproszczone lub schematyczne odwzorowanie produktu z wyszczególnionymi zespołami głównymi. Na kolejnych arkuszach rozrysowuje się zespoły główne z odwzorowaniem zespołów i podzespołów kolejnego poziomu strukturalnego produktu. Postępuje się tak, kolejno schodząc na niższe poziomy strukturalne aż do poziomów, na których można przedstawić w sposób czytelny składowe części oraz elementy zespołów i podzespołów. Czytelne przedstawienie powinno:

- umożliwić odczyt kształtu poszczególnych części złożenia oraz sposobu działania;
- być wykonane za pomocą rzutu głównego; inne rzuty powinny tylko uzupełniać informację rzutu głównego; złożenie powinno być odwzorowane w położeniu użytkowym;
- umożliwiać identyfikację sposobu montażu, wzajemnego usytuowania i rodzajów połączeń pomiędzy elementami;
- pozwalać na umieszczenie wszystkich części składowych danego poziomu strukturalnego wyrobu;
- umożliwiać wyszczególnienie i oznaczenie wszystkich części złożenia.

Na rysunkach złożeniowych nie należy zamieszczać:

- wymiarów szczegółowych poszczególnych elementów; wymiary na rysunku złożeniowym należy ograniczać, a umieszczać tylko istotne dla całości złożenia, np. wynikające z gabarytów wyrobu, lub wymiary graniczne dla określonego zakresu ruchu wynikającego z funkcjonalności produktu;
- szczegółów geometrii poszczególnych części typu ścięcia krawędzi, zaokrąglenia, wycięcia zmniejszające masę itp.;
- dodatkowych widoków i przekrojów pomocniczych nieistotnych dla odwzorowania złożenia, a zawierających jedynie szczegóły geometryczne elementów.

Oprócz odwzorowania geometrycznego elementów musimy wprowadzić oznaczenie wszystkich części składowych złożenia poprzez oznaczenie cyframi arabskimi