

Podręcznik do kształcenia w zawodach
technik pojazdów samochodowych
mechanik pojazdów samochodowych



Podstawy budowy maszyn

Kwalifikacja MG.18/MOT.05

Wydawnictwa Komunikacji i Łączności

Autorzy:

Piotr Boś (rozdz. 1 oprócz 1.15; 4 oraz 8.8 do 8.14), Dorota Chodorowska (rozdz. 9),

Romuald Fejkiel (rozdz. 8.1 do 8.7), Sławomir Sitarz (rozdz. 1.15; 3; 5 oraz 6),

Zofia Wrzask (rozdz. 2 i 7)

Projekt okładki: Dariusz Litwiniec

Redaktor merytoryczny: mgr inż. Krzysztof Wiśniewski

Opracowanie językowe: mgr Barbara Głuch

Redaktor techniczny: mgr inż. Ewa Kęsicka

Korekta: Zespół

Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania oraz wpisany do wykazu podręczników przeznaczonych do kształcenia w zawodach na podstawie opinii rzeczoznawców: dr Gabrieli Olszowskiej, mgr inż. Janusza Górnego i mgr. Leszka Ludwikowskiego.

Typy szkół: **branżowa szkoła I stopnia i technikum.**

Zawody: **mechanik pojazdów samochodowych i technik pojazdów samochodowych.**

Kwalifikacja: **MG.18. Diagnostowanie i naprawa podzespołów i zespołów pojazdów samochodowych.**

Rok dopuszczenia: **2018.**

669.01÷669.2/.8÷621 (075)

Podręcznik poświęcony podstawom budowy maszyn. Opisano podstawy rysunku technicznego z uwzględnieniem komputerowego wspomaganie projektowania CAD, najważniejsze właściwości i przykłady zastosowania różnych rodzajów materiałów konstrukcyjnych, w tym także ochrony ich przed korozją, podstawowe zagadnienia dotyczące pomiarów warsztatowych oraz najistotniejsze pojęcia z zakresu tolerancji i pasowań. Przedstawiono też podstawy mechaniki technicznej i podstawy wytrzymałości materiałów, podstawowe wiadomości z zakresu technik wytwarzania oraz najistotniejsze informacje dotyczące części maszyn i zasad obliczania ich wytrzymałości. Omówiono również podstawy maszynoznawstwa, w tym m.in. klasyfikację maszyn, różne rodzaje energii, jej źródła i zasoby, odnawialne źródła energii, maszyny hydrauliczne, napędy hydrostatyczne i hydrokinetyczne, maszyny ciepłone, elektrownie jądrowe, sprężarki, napędy pneumatyczne i pneumatyczno-hydrauliczne, urządzenia chłodnicze, maszyny i środki transportowe oraz automatyzację transportu wewnętrznego. Na końcu każdego rozdziału zamieszczono pytania i ćwiczenia kontrolne, umożliwiające uczniowi samoocenę w zakresie opanowania materiału.

Odbiorcy: uczniowie kształcący się w zawodach technik pojazdów samochodowych i mechanik pojazdów samochodowych oraz uczestnicy kursów zawodowych w zakresie kwalifikacji MG.18. *Diagnostowanie i naprawa podzespołów i zespołów pojazdów samochodowych.*

ISBN 978-83-206-1996-6

© Copyright by Wydawnictwa Komunikacji i Łączności spółka z o.o., 2018, 2022

Utwór ani w całości, ani we fragmentach nie może być skanowany, kserowany, powielany bądź rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych, w tym również nie może być umieszczany ani rozpowszechniany w postaci cyfrowej zarówno w Internecie, jak i w sieciach lokalnych bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich.

Wydawnictwa Komunikacji i Łączności sp. z o.o.

ul. Armii Krajowej 8, 05-071 Sulejówek

tel. 22-849-27-51; 22-849-23-45; 691-347-412

e-mail wkl@wkl.com.pl

Księgarnia internetowa www.wkl.com.pl

Wydanie 1 (dodruk). Sulejówek 2022

Skład i łamanie: UNISYS

Druk i oprawa: Drukarnia TREND

Wstęp	9
1 Podstawy rysunku technicznego	11
1.1 Rysunek techniczny językiem ludzi techniki	11
1.1.1 Normalizacja rysunków technicznych	11
1.1.2 Rodzaje rysunków	12
1.2 Arkusze rysunkowe	13
1.3 Podziałyki	15
1.4 Linie rysunkowe	16
1.5 Pismo techniczne	21
1.6 Tabliczki rysunkowe	24
1.7 Rzutowanie prostokątne	27
1.8 Rzutowanie aksonometryczne	34
1.9 Widoki i przekroje	37
1.10 Wymiarowanie	48
1.10.1 Linie wymiarowe, znaki ich ograniczenia i liczby wymiarowe	49
1.10.2 Wymiarowanie średnic, łuków i promieni	52
1.10.3 Wymiarowanie kątów i elementów foremnych	55
1.10.4 Wymiarowanie ścięć, zakończeń wałków i przejść	58
1.10.5 Wymiarowanie powtarzających się elementów i zarysów krzywoliniowych	59
1.10.6 Ogólne zasady wymiarowania	61
1.11 Uproszczenia rysunkowe	66
1.11.1 Uproszczenia połączeń nierozłącznych	66
1.11.2 Uproszczenia połączeń rozłącznych	70
1.12 Rysunek wykonawczy	83
1.13 Rysunek złożeniowy	90
1.14 Rysunki schematyczne	95
1.15 Wspomaganie projektowania CAD	98
1.16 Sprawdzenie wiadomości	100
2 Materiały konstrukcyjne	101
2.1 Właściwości metali i ich stopów	101
2.2 Metale żelazne i ich stopy	106
2.2.1 Klasyfikacja i otrzymywanie stopów żelaza z węglem	106
2.2.2 Stale	107
2.2.3 Staliwa	115
2.2.4 Żeliwa	117
2.3 Metale nieżelazne i ich stopy	120
2.3.1 Klasyfikacja i ogólna charakterystyka stopów metali nieżelaznych	120
2.3.2 Aluminium i jego stopy	121
2.3.3 Miedź i jej stopy	124
2.3.4 Cynk i jego stopy	126
2.3.5 Magnez i jego stopy	127
2.3.6 Nikiel i jego stopy	128
2.3.7 Wolfram i jego stopy	129
2.3.8 Tytan i jego stopy	129

2.4	Obróbka cieplna	129
2.5	Obróbka cieplno-chemiczna	136
2.6	Materiały metalowe w pojazdach samochodowych	138
2.7	Materiały niemetalowe	141
2.7.1	Klasyfikacja i charakterystyka wybranych materiałów niemetalowych	141
2.7.2	Materiały niemetalowe w pojazdach samochodowych	147
2.8	Korozja i ochrona przed korozją	149
2.8.1	Korozja i jej rodzaje	149
2.8.2	Ochrona przed korozją	151
2.9	Sprawdzenie wiadomości	154
3	Pomiary warsztatowe	156
3.1	Rodzaje pomiarów warsztatowych. Błędy pomiarów	156
3.1.1	Metody pomiarowe	156
3.1.2	Błędy pomiarowe	157
3.1.3	Niepewność pomiaru	158
3.1.4	Zapis wyników pomiaru	160
3.2	Klasyfikacja narzędzi pomiarowych	161
3.3	Wzorce miary	161
3.4	Przyrządy pomiarowe	166
3.4.1	Przymiar kreskowy	166
3.4.2	Suwmiarka	166
3.4.3	Przyrządy mikrometryczne	169
3.4.4	Czujniki zegarowe	173
3.4.5	Kątomierz uniwersalny	174
3.4.6	Przyrządy pomiarowe z odczytem cyfrowym	175
3.4.7	Inne urządzenia pomiarowe używane do pomiarów związanych z pojazdami samochodowymi	177
3.5	Sprawdzenie wiadomości	178
4	Tolerancje i pasowania	180
4.1	Podstawowe pojęcia i określenia	180
4.2	Rodzaje tolerancji	182
4.3	Pasowania	185
4.4	Tolerowanie kształtu, kierunku, położenia i bicia	191
4.5	Geometryczna struktura powierzchni (GSP)	194
4.6	Sprawdzenie wiadomości	199
5	Podstawy mechaniki technicznej	201
5.1	Podstawowe wiadomości o siłach	201
5.1.1	Podział sił	202
5.1.2	Więzy i reakcje więzów	203
5.1.3	Uwalnianie ciała od więzów	205
5.1.4	Rozkładanie siły na dwie składowe	205
5.1.5	Rzuty sił na osie układu współrzędnych	206
5.2	Układy sił	208
5.3	Płaski oraz przestrzenny układ sił zbieżnych	208
5.3.1	Płaski układ sił zbieżnych	209
5.3.2	Wykreślny sposób składania sił zbieżnych w płaskim układzie sił	209
5.3.3	Analityczny sposób składania sił zbieżnych w płaskim układzie sił	210

5.3.4	Analityczny sposób składania sił zbieżnych w przestrzennym układzie sił	211
5.3.5	Warunki równowagi płaskiego układu sił zbieżnych	212
5.3.6	Analityczne warunki równowagi płaskiego układu sił zbieżnych. Wyznaczanie reakcji	212
5.3.7	Wykreślny warunek równowagi płaskiego układu sił zbieżnych	214
5.3.8	Warunki równowagi przestrzennego układu sił zbieżnych	215
5.4	Dowolny płaski układ sił	215
5.4.1	Wykreślnie składanie dowolnego płaskiego układu sił	215
5.4.2	Analityczne składanie dowolnego płaskiego układu sił	218
5.4.3	Analityczne warunki równowagi dowolnego płaskiego układu sił. Wyznaczanie reakcji	219
5.4.4	Wykreślnie warunki równowagi dowolnego płaskiego układu sił	220
5.5	Moment siły względem punktu i jego wyznaczanie	222
5.5.1	Moment główny układu sił	223
5.5.2	Para sił i jej właściwości	224
5.6	Środek ciężkości ciała	225
5.7	Tarcie	228
5.8	Klasyfikacja i ogólna charakterystyka ruchu ciała	232
5.8.1	Ruch prostoliniowy jednostajny	233
5.8.2	Ruch prostoliniowy zmienny	233
5.8.3	Ruch krzywoliniowy	235
5.8.4	Ruch jednostajny po okręgu	235
5.8.5	Ruch obrotowy jednostajny ciała sztywnego dookoła stałej osi	237
5.9	Zasady dynamiki	238
5.10	Drgania swobodne i wymuszone. Rezonans drgań	240
5.11	Sprawdzenie wiadomości	244
6	Podstawy wytrzymałości materiałów	246
6.1	Odształcenia i obciążenia	246
6.2	Naprężenia	248
6.3	Rozciąganie i ściskanie	249
6.3.1	Podstawowe pojęcia dotyczące rozciągania i ściskania. Prawo Hooke'a	249
6.3.2	Próba rozciągania	254
6.3.3	Próba ściskania	257
6.4	Naprężenia dopuszczalne	260
6.5	Naprężenia rzeczywiste	262
6.6	Naprężenia stykowe	263
6.7	Śpiętrzenie naprężeń	265
6.8	Naprężenia zastępcze w złożonym stanie naprężeń	266
6.9	Naprężenia jednoosiowe i dwukierunkowe	267
6.10	Naprężenia termiczne	268
6.11	Obliczanie elementów konstrukcyjnych narażonych na rozciąganie i ściskanie	269
6.12	Ścinanie	273
6.12.1	Czyste ścinanie	273
6.12.2	Ścinanie technologiczne	274
6.13	Obliczenia wytrzymałościowe na ścinanie	275
6.14	Zginanie	278
6.14.1	Podstawowe pojęcia związane ze zginaniem	278
6.14.2	Moment gnący i siła tnąca	279
6.14.3	Analityczny sposób wyznaczania momentów gnących i sił tnących w belce obciążonej siłami skupionymi	281

6.14.4	Wykreślny sposób wyznaczania momentów gnących w belce obciążonej siłami skupionymi	286
6.14.5	Analityczny sposób wyznaczania momentów gnących w belce z obciążeniem ciągłym	287
6.14.6	Naprężenia i odkształcenia przy zginaniu	292
6.14.7	Czyste zginanie	293
6.14.8	Wskaźnik wytrzymałości przekroju na zginanie	293
6.14.9	Obliczanie belek na zginanie	295
6.14.10	Linia ugięcia i strzałka ugięcia	297
6.15	Skręcanie	298
6.15.1	Wskaźnik wytrzymałości przekroju na skręcanie	299
6.15.2	Obliczanie elementów na skręcanie	300
6.15.3	Warunek sztywności pręta skręcanego	303
6.16	Wytrzymałość zmęczeniowa – obciążenia i naprężenia zmienne	303
6.17	Obliczanie elementów poddanych jednoczesnemu zginaniu i skręcaniu – wytrzymałość złożona	305
6.18	Sprawdzenie wiadomości	307
7	Techniki wytwarzania	309
7.1	Klasyfikacja technik wytwarzania	309
7.2	Odlewanie	310
7.2.1	Wiadomości wstępne	310
7.2.2	Klasyfikacja metod odlewania	311
7.2.3	Proces odlewania	311
7.2.4	Specjalne metody odlewania	314
7.3	Obróbka plastyczna	315
7.3.1	Klasyfikacja i rodzaje obróbki plastycznej	315
7.3.2	Kucie	317
7.3.3	Walcowanie	318
7.3.4	Tłoczenie	318
7.3.5	Ciągnięcie	319
7.4	Prace ślusarskie	319
7.5	Maszynowa obróbka skrawaniem	328
7.5.1	Rodzaje i charakterystyka	328
7.5.2	Obrabiarki skrawające	330
7.5.3	Narzędzia	334
7.6	Wykańczająca obróbka powierzchni	337
7.7	Maszyny i narzędzia do wytwarzania części pojazdów samochodowych	339
7.8	Montaż	340
7.8.1	Wiadomości wstępne	340
7.8.2	Dokumentacja technologiczna montażu	343
7.9	Przepisy bhp podczas wytwarzania części maszyn	345
7.10	Sprawdzenie wiadomości	346
8	Części maszyn	347
8.1	Klasyfikacja i charakterystyka części maszyn	347
8.2	Normalizacja części maszyn	348
8.3	Zasady konstruowania i obliczania wytrzymałości części maszyn	349
8.4	Połączenia nierozłączne	356
8.4.1	Podział połączeń nierozłącznych	356
8.4.2	Połączenia nitowe	357

8.4.3	Połączenia spawane	363
8.4.4	Połączenia zgrzewane i lutowane	370
8.4.5	Połączenia klejone	375
8.4.6	Połączenia wciskowe	377
8.4.7	Oznaczanie połączeń nierozłącznych na rysunkach technicznych	382
8.4.8	Połączenia nierozłączne w pojazdach samochodowych	386
8.5	Połączenia rozłączne	390
8.5.1	Podział połączeń rozłącznych	390
8.5.2	Połączenia wpustowe	390
8.5.3	Połączenia wielowypustowe	394
8.5.4	Połączenia wielokarbowe	397
8.5.5	Połączenia kołkowe i sworzniowe	398
8.5.6	Połączenia klinowe	405
8.5.7	Połączenia gwintowe	407
8.5.8	Oznaczanie połączeń rozłącznych na rysunkach technicznych	423
8.5.9	Połączenia rozłączne w pojazdach samochodowych	426
8.6	Połączenia i elementy podatne	431
8.6.1	Klasyfikacja i charakterystyka połączeń podatnych	431
8.6.2	Materiały stosowane na elementy podatne	433
8.6.3	Obliczanie sprężyn	433
8.6.4	Oznaczanie sprężyn na rysunkach technicznych	439
8.7	Osie i wały	440
8.7.1	Ogólna charakterystyka osi i wałów	440
8.7.2	Materiały stosowane na osie i wały	442
8.7.3	Obliczanie oraz konstruowanie osi i wałów	442
8.7.4	Oznaczanie osi i wałów na rysunkach technicznych	448
8.8	Łożyskowanie	449
8.8.1	Klasyfikacja łożysk	449
8.8.2	Materiały stosowane na łożyska	453
8.8.3	Obliczanie i dobór łożysk	454
8.8.4	Oznaczanie łożysk na rysunkach technicznych	458
8.9	Przekładnie zębate	460
8.9.1	Wiadomości wstępne	460
8.9.2	Klasyfikacja i charakterystyka przekładni zębatych	460
8.9.3	Materiały stosowane na koła zębate	462
8.9.4	Metody wytwarzania kół zębatych	462
8.9.5	Przekładnie walcowe o zębach prostych	464
8.9.6	Przekładnie walcowe o zębach skośnych i daszkowych	471
8.9.7	Przekładnie stożkowe	474
8.9.8	Przekładnie zębate śrubowe	477
8.9.9	Przekładnie ślimakowe	478
8.9.10	Przekładnie obiegowe i specjalne	482
8.9.11	Oznaczanie przekładni zębatych na rysunkach technicznych	485
8.9.12	Przekładnie zębate w pojazdach samochodowych	487
8.10	Przekładnie cierne	488
8.10.1	Klasyfikacja i charakterystyka przekładni ciernych	488
8.10.2	Zastosowanie przekładni ciernych	489
8.10.3	Oznaczanie przekładni ciernych na rysunkach technicznych	490
8.11	Przekładnie cięgnowe	490
8.11.1	Klasyfikacja i charakterystyka przekładni cięgnowych	490
8.11.2	Zastosowanie przekładni cięgnowych	492
8.11.3	Oznaczanie przekładni cięgnowych na rysunkach technicznych	495

8.12	Sprzęgła	498
8.12.1	Charakterystyka i rodzaje sprzęgieł	498
8.12.2	Dobór i obliczanie sprzęgieł	503
8.13	Hamulce	507
8.13.1	Charakterystyka i rodzaje hamulców	507
8.13.2	Dobór i obliczanie hamulców	509
8.14	Zastosowanie programów wspomagających projektowanie do obliczania i konstruowania części maszyn	510
8.15	Sprawdzenie wiadomości	513
9	Podstawy maszynoznawstwa	515
9.1	Klasyfikacja i ogólna charakterystyka maszyn	515
9.2	Energia, jej rodzaje i źródła	517
9.2.1	Rodzaje, znaczenie i zasoby energii	517
9.2.2	Odnawialne źródła energii	517
9.2.3	Ogniwa paliwowe	522
9.2.4	Biopaliwa	524
9.3	Maszyny hydrauliczne	524
9.3.1	Podstawy hydromechaniki	524
9.3.2	Klasyfikacja maszyn hydraulicznych	526
9.3.3	Silniki wodne i ich zastosowanie	529
9.3.4	Klasyfikacja pomp	532
9.3.5	Pompy wirowe i wyporowe	532
9.3.6	Charakterystyka napędów hydrostatycznych i hydrokinetycznych	535
9.3.7	Pompy i napędy hydrauliczne w pojazdach samochodowych	541
9.4	Maszyny cieplne	545
9.4.1	Podstawowe właściwości gazów	545
9.4.2	Pierwsza zasada termodynamiki	546
9.4.3	Przemiany gazów doskonałych	547
9.4.4	Druga zasada termodynamiki	550
9.4.5	Przemiany energetyczne w maszynach	552
9.4.6	Zasady wymiany ciepła	552
9.4.7	Turbiny parowe	554
9.4.8	Klasyfikacja silników spalinowych	555
9.4.9	Odrzutowe silniki przepływowe	560
9.4.10	Silniki raketowe	560
9.5	Elektrownie jądrowe	562
9.6	Sprężarki	563
9.6.1	Ogólna charakterystyka sprężarek	563
9.6.2	Klasyfikacja sprężarek	564
9.6.3	Sprężarki wyporowe i przepływowe	564
9.7	Napędy pneumatyczne i pneumatyczno-hydrauliczne	568
9.8	Urządzenia chłodnicze	573
9.9	Maszyny i środki transportowe	575
9.10	Automatyzacja transportu wewnętrznego	577
9.11	Przepisy bhp podczas obsługi maszyn i urządzeń	591
9.12	Sprawdzenie wiadomości	594
	Literatura	596
	Wykaz norm	597

Współczesne pojazdy samochodowe są tak skomplikowane, że bez dysponowania odpowiednim zasobem fachowej wiedzy i doświadczeniem oraz właściwym wyposażeniem nie można ich prawidłowo diagnozować, obsługiwać ani naprawiać. Do zrozumienia zasad budowy i działania poszczególnych zespołów i podzespołów pojazdów samochodowych niezbędna jest z kolei rzetelna wiedza z zakresu technicznych podstaw zawodu. Bez znajomości zasad rysunku technicznego, właściwości materiałów konstrukcyjnych, sposobu przeprowadzania pomiarów warsztatowych, zasad doboru tolerancji i pasowań, podstaw mechaniki technicznej, wytrzymałości materiałów i technik wytwarzania oraz części maszyn i maszynoznawstwa, czyli swobodnego technicznego abecadła, nie będzie możliwe wykonywanie przyszłych zadań zawodowych.

Niniejszy podręcznik jest przeznaczony dla uczniów kształcących się wg nowej podstawy programowej z 2017 roku w zawodach technika pojazdów samochodowych i mechanika pojazdów samochodowych oraz uczestników kursów zawodowych w zakresie kwalifikacji *MG.18. Diagnostowanie i naprawa podzespołów i zespołów pojazdów samochodowych*. Umożliwia on zdobycie niezbędnego minimum ogólnej wiedzy zawodowej w zakresie mechaniki, tworzącej techniczną podstawę do zgłębiania tajników specjalistycznej wiedzy samochodowej. Treść tego podręcznika umożliwia osiągnięcie umiejętności stanowiących podbudowę do kształcenia w ww. zawodach – w podstawie programowej grupa efektów kształcenia oznaczona kodem PKZ(MG.a), zgodnie z którymi uczeń ma:

- przestrzegać zasad sporządzania rysunku technicznego maszynowego;
- sporządzać szkice części maszyn;
- sporządzać rysunki techniczne z wykorzystaniem technik komputerowych;
- rozróżniać części maszyn i urządzeń;
- rozróżniać rodzaje połączeń;
- przestrzegać zasad tolerancji i pasowań;
- rozróżniać materiały konstrukcyjne i eksploatacyjne;
- rozróżniać środki transportu wewnętrznego;
- dobierać sposoby transportu i składowania materiałów;
- rozpoznawać rodzaje korozji oraz określać sposoby ochrony przed korozją;
- rozróżniać techniki i metody wytwarzania części maszyn i urządzeń;
- rozróżniać maszyny, urządzenia i narzędzia do obróbki ręcznej i maszynowej;
- rozróżniać przyrządy pomiarowe stosowane podczas obróbki ręcznej i maszynowej;
- wykonywać pomiary warsztatowe;
- rozróżniać metody kontroli jakości wykonanych prac;
- określać budowę oraz przestrzegać zasad działania maszyn i urządzeń;
- posługiwać się dokumentacją techniczną maszyn i urządzeń oraz przestrzegać norm dotyczących rysunku technicznego, części maszyn, materiałów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych;
- stosować programy komputerowe wspomagające wykonywanie zadań.

Dodatkowo, uczeń kształcący się w zawodzie technika pojazdów samochodowych – w podstawie programowej grupa efektów kształcenia oznaczona kodem PKZ(MG.b) – ma:

- stosować prawa i przestrzegać zasad mechaniki technicznej, elektrotechniki, elektroniki i automatyki;
- dobierać narzędzia i przyrządy pomiarowe do montażu i demontażu maszyn i urządzeń;
- wykonywać prace z zakresu obróbki ręcznej i maszynowej metali.

Zgodnie z podanym rozszerzeniem podstawy programowej o dodatkowe efekty kształcenia dla zawodu technika pojazdów samochodowych w niniejszym podręczniku treści nauczania wymagane od technika pojazdów samochodowych podano na cytrynowym tle.

Natomiast treści wspólne dla technika i mechanika pojazdów samochodowych (oraz uczestników kwalifikacyjnych kursów zawodowych) wydrukowano na białym tle.

W odniesieniu do mechanika pojazdów samochodowych teksty wydrukowane na cytrynowym tle mogą stanowić materiał rozszerzający, przeznaczony dla zdolnych uczniów branżowych szkół I stopnia pragnących pogłębić swą wiedzę fachową.

W podręczniku najważniejsze pojęcia wyróżniono w tekście pogrubioną czcionką. W treści zamieszczono wiele przykładów obliczeniowych, które pomagają w zrozumieniu opisywanych zagadnień. Na końcu każdego rozdziału podano pytania kontrolne i polecenia, a w wielu przypadkach także zadania i ćwiczenia do samodzielnego rozwiązania. Całość bogato zilustrowano, starając się akcentować wiedzę praktyczną oraz podając liczne przykłady z zakresu budowy pojazdów samochodowych.

Podstawy rysunku technicznego

W tym rozdziale dowiemy się:

- na czym polega normalizacja rysunków technicznych,
- jakie rodzaje rysunków technicznych wykorzystuje się w praktyce,
- jakich rozmiarów arkuszy rysunkowych się używa,
- jak stosować różne rodzaje linii rysunkowych,
- na czym polegają różnice między poszczególnymi rodzajami rzutowania,
- jak rysować przedmioty w rzutach prostokątnych i aksonometrycznych,
- jakie rodzaje widoków i przekrojów wykorzystuje się na rysunkach,
- jak wymiarować rysowane przedmioty,
- na czym polega komputerowe wspomaganie projektowania CAD,
- do czego służą programy CAE i CAM.

Rysunek techniczny językiem ludzi techniki

1.1

Rysunek techniczny jest podstawowym sposobem przekazu informacji dotyczących osiągnięć cywilizacyjnych człowieka w wielu dziedzinach techniki. Posługują się nim ludzie na całym świecie. Trudno byłoby znaleźć lepszą, dokładniejszą i bardziej zwięzłą metodę przekazu szczegółów z zakresu budowy, schematu czy zasady działania wybranego obiektu technicznego. Nie sposób nawet wyobrazić sobie, jak skomplikowany musiałby być opis zastępujący ten prosty obraz graficzny.

Początki współczesnego rysunku technicznego sięgają epoki rozwoju wielkiego przemysłu, czyli XVIII wieku. Obecnie, w czasach dynamicznego rozwoju techniki rysunek stał się tak powszechny, że znajomość zasad zapisu konstrukcji, szczególnie dla ludzi związanych z techniką, jest nieodzowna. W niniejszym rozdziale podano podstawowe zasady rysunku technicznego.

Normalizacja rysunków technicznych

1.1.1

Zasady i reguły stosowane do przekazu informacji zostały ujednoczone i ujęte w normy. W Polsce regulują je Polskie Normy (PN) opracowane przez Polski Komitet Normalizacyjny (PKN) współpracujący z Międzynarodową Organizacją Normalizacyjną (ISO).

Omawiane zasady muszą być stosowane i przestrzegane przez wszystkie kraje, bowiem wymusza je coraz powszechniejsza międzynarodowa współpraca w zakresie wymiany

POLSKI KOMITET NORMALIZACYJNY	POLSKA NORMA	PN-EN ISO 3098-0
	Dokumentacja techniczna wyrobu Pismo Część 0: Zasady ogólne	Zamiast: PN-80/N-01606
		ICS 01.100.01

Rys. 1.1 | Przykład tabeli umieszczonej na początku Polskiej Normy

myśli naukowo-technicznej, a także w procesach wytwarzania nowych konstrukcji. Brak tego rodzaju obowiązujących reguł, dotyczących umownych znaków, skrótów, sposobu przedstawienia przedmiotu na rysunku, określenia wymiarów i innych uproszczeń, prowadziłby do nieporozumień i zdecydowanie utrudniał, a nawet uniemożliwiał współdziałanie ludzi techniki na świecie.

Dlatego muszą być ustalone normy, czyli ogólnie przyjęte zasady, reguły, przepisy, wzory i sposoby postępowania w określonych dziedzinach. Tym zadaniem służy normalizacja, polegająca na opracowywaniu i wprowadzaniu w życie norm. W normach dotyczących rysunku technicznego są zawarte szczegółowe przepisy związane z wykonaniem rysunku, m.in. rozmiary arkuszy, rodzaje linii, sposób podawania wymiarów, opis rysunku itd.

Każda z norm ma określone numer i nazwę podane w tabeli (główce) na początku tego dokumentu (rys. 1.1).

1.1.2 Rodzaje rysunków

W zależności od przeznaczenia istnieje wiele rodzajów i odmian znormalizowanego rysunku technicznego. W niniejszym rozdziale zostaną opisane tylko najważniejsze z nich, najczęściej spotykane w praktyce warsztatowej.

Rysunek wykonawczy jest to rysunek wiernie odwzorowujący kształt i wymiary przedmiotu. Zawiera wszystkie nieodzowne informacje dotyczące wytworzenia przedmiotu, a więc odpowiednie rzuty, przekroje, wymiary, dokładności wykonania wymiarów i powierzchni, tolerancje kształtu i położenia, informacje dotyczące rodzaju materiału, jego masy, obróbki cieplnej. Jest opatrzony tabelką z numerem rysunku zgodnym z numerem części na rysunku zestawieniowym oraz wielkością podziałki. Stanowi podstawę do wykonania detalu w procesie produkcyjnym oraz, ewentualnie, późniejszego odtworzenia elementu, jeżeli oryginał uległby zniszczeniu.

Rysunek złożeniowy to obraz całości urządzenia, maszyny lub zespołu z wyszczególnieniem wszystkich elementów wchodzących w jego skład. Są na nim tylko wymiary podstawowe, najczęściej gabarytowe. Może mieścić się na jednym bądź wielu arkuszach i przedstawiać widoki, przekroje oraz detale. Wykaz części musi być czytelny i zawie-

rać informacje o numerach rysunków wykonawczych, a przy opisie typowego elementu odsyłać do odpowiedniej normy bądź katalogu. Na jego podstawie można poznać sposób łączenia i działania całego zespołu.

Rysunek szczegółu przedstawia najczęściej w powiększeniu jakiś element konstrukcji i zawiera specyficzne informacje dotyczące kształtu oraz konstrukcji albo montażu i połączeń.

Rysunek połączenia zawiera informacje niezbędne do złożenia i dopasowania dwóch części, odnoszące się np. do ich wymiarów, ewentualnych ograniczeń kształtu oraz wymagań dotyczących eksploatacji i prób.

Wykaz części przedstawia kompletną listę pozycji tworzących zespół (albo podzespół) lub poszczególnych części przedstawionych na rysunku.

Rysunek części prezentuje pojedynczą część (której nie można rozłożyć na mniejsze części) i zawiera wszystkie informacje opisujące tę część.

Rysunek podzespołu jest rodzajem rysunku złożeniowego przedstawiającym tylko ograniczoną liczbę grup części.

Rysunek odmian wykonania przedstawia części o podobnym kształcie, ale o odmiennych parametrach.

Rysunek schematyczny to rysunek obrazujący zasadę działania urządzenia przedstawionego w dużym uproszczeniu. Zamiast widoków elementów są stosowane symbole graficzne. Najczęściej spotykane rysunki tego rodzaju to schematy kinematyczne, elektryczne i elektroniczne oraz blokowe.

Szkic jest to rysunek wykonany odręcznie, bez konieczności zachowania podziałki, lecz z uwzględnieniem proporcji przedmiotu.

Arkusze rysunkowe

1.2

W rysunku technicznym maszynowym stosuje się podstawowe (standardowe) – od A4 do A0 (tabl. 1-1) – oraz pochodne (czyli krotność podstawowych) formaty arkuszy.

W wymiarach formatów podstawowych obowiązują poniższe zależności:

- pole powierzchni formatu A0 wynosi 1 m^2 ,
- stosunek długości boków formatów podstawowych wynosi $\sqrt{2}$,

Tabl. 1-1 Podstawowe formaty arkuszy rysunkowych

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

Tabl. 1-2 Pochodne formaty arkuszy rysunkowych

Krotność formatu	Wymiary (wysokość x szerokość w mm)				
	A0	A1	A2	A3	A4
2	1189 × 1682				
3	1189 × 2523	841 × 1783	594 × 1261	420 × 891	297 × 630
4		841 × 2378	594 × 1682	420 × 1189	297 × 841
5			594 × 2102	420 × 1486	297 × 1051
6				420 × 1783	297 × 1261
7				420 × 2080	297 × 1471

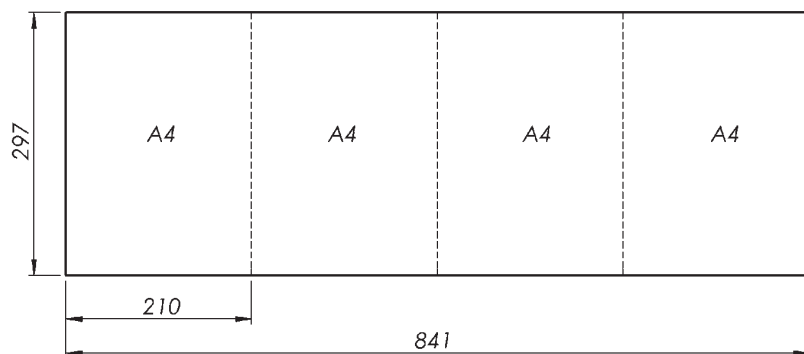
- format o jeden stopień wyższy ma dwukrotnie mniejsze pole powierzchni od formatu niższego (np. A4 jest powierzchniowo dwukrotnie mniejszy niż A3).

Wielkość arkusza rysunkowego dobiera się stosownie do wielkości przedmiotu. W niektórych przypadkach potrzebne są formaty o innych proporcjach. Powstają one jako złożenie kilku jednakowych formatów podstawowych. Przykłady złożenia formatów podstawowych – czyli formatów pochodnych – podano w tabelicy 1-2.

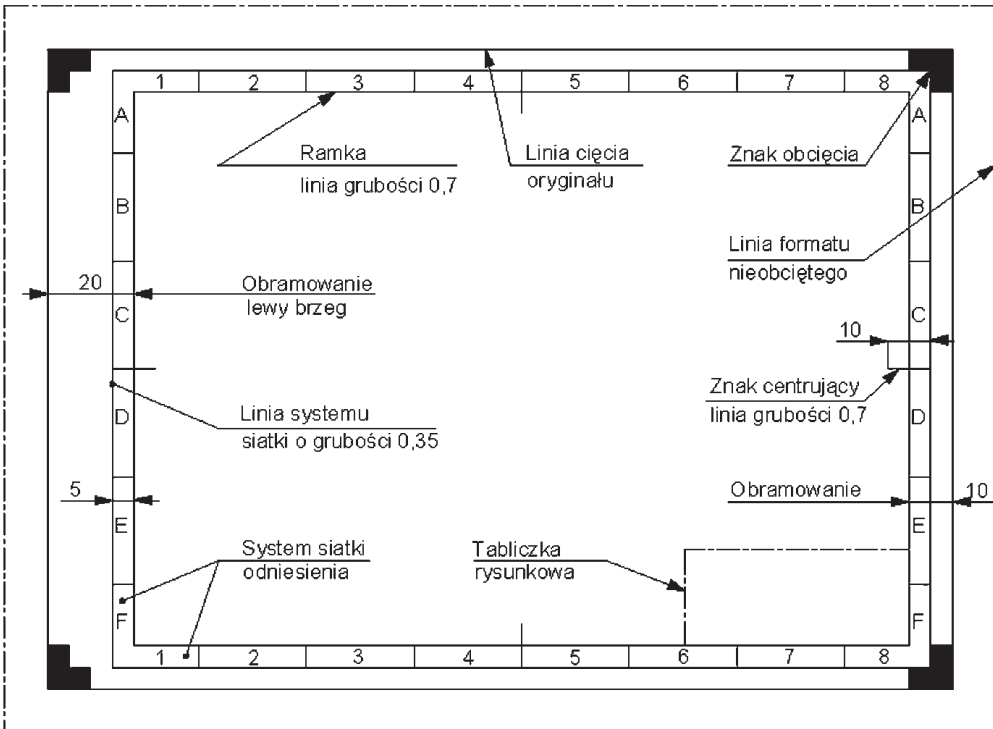
Na rysunku 1.2 pokazano przykład złożenia czterech arkuszy formatu A4 w poziomie w celu umożliwienia narysowania długiego, nietypowego przedmiotu.

Dzięki ujednoczeniu wymiarów arkuszy łatwiejsze staje się przechowywanie rysunków, bowiem w wyniku powielenia formatu A4 dokumentacja techniczna zachowuje standardowe rozmiary. Przez odpowiednie składanie i określony opis rysunku można uzyskać możliwość szybkiego dotarcia do potrzebnej informacji.

Każdy arkusz powinien być zaopatrzony w tabliczkę rysunkową, która zgodnie z wymaganiami normalizacyjnymi ma być usytuowana w prawym dolnym rogu arkusza rysunkowego. Dzięki niej łatwiej jest odnaleźć interesujący nas element. Najważniejsze informacje zawarte w tabliczce rysunkowej to: nazwa rysunku lub detalu, nazwa lub znak zakładu, rodzaj materiału, masa, numer rysunku oraz podziałka. W celu łatwiejszego zlokalizowania poszczególnych detali stosuje się system siatki odniesienia (czyli podział pola rysunkowego na strefy) podobny do stosowanego na mapach kartograficznych (rys. 1.3).



Rys. 1.2 Poziome złożenie czterech arkuszy formatu A4 (wymiary w mm)



Rys. 1.3 Elementy graficzne arkusza rysunkowego (wymiary w mm)

Zgodnie z PN poszczególne formaty rysunkowe zawierają różne ilości znaków w siatce odniesienia według zasady podziału na pola o długości 50 mm od góry ku dołowi oraz od strony lewej do prawej. Współrzędne poszczególnych stref należy oznaczać w kierunku pionowym kolejnymi literami alfabetu, a w kierunku poziomym liczbami arabskimi. Na formacie A4 litery i cyfry powinny być umieszczone tylko u góry i na prawym boku obramowania. Wysokość liter i cyfr powinna wynosić 3,5 mm.

Podziałki


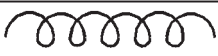


1.3

Podziałka stanowi stosunek wielkości liniowych przedstawionych na rysunku do odpowiadających im rzeczywistych wielkości liniowych. Podziałkę podaje się zawsze w tabliczce rysunkowej. Podziałki rysunkowe znormalizowano (wartości podziałek podano w tablicy 1-3).

W razie potrzeby zalecany szereg podziałek można rozszerzyć, mnożąc przez całkowite wielokrotności liczby 10 w obie strony. Podziałkę należy dobierać tak, aby przedstawiony rysunek obiektu był czytelny. Jeśli na rysunku przedstawia się przedmiot w dużym powiększeniu, zaleca się do niego dołączyć rzut tego przedmiotu w podziałce naturalnej, który może być uproszczony i obrazować tylko zarys przedmiotu.

z podanych rodzajów linii może być stosowany w czterech odmianach graficznych: falistej, spiralnej, zygzakowej i odręcznej (przykłady odmian graficznych linii ciągłej podano w tablicy 1-5).

Tabl. 1-5 | Odmiany graficzne linii ciągłej

<i>Falista</i>	<i>Spiralna</i>	<i>Zygzakowa</i>	<i>Odręczna</i>
			

Rozróżnia się trzy grubości linii, które mogą być stosowane równocześnie do wykonania jednego rysunku. Są nimi:

- linia gruba, o grubości g ,
- linia cienka, o grubości $0,5g$,
- linia bardzo gruba, o grubości $2g$.

Najczęściej spotykane grubości linii używane do kreślenia rysunków są następujące: 0,13; 0,18; 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1,0; 1,4; 2,0 mm. Wartości są nieprzypadkowe i wynikają z szeregu geometrycznego, w którym stały jest iloraz $1: \sqrt{2}$. Spośród nich można odpowiednio dobrać grupy zestopniowanych grubości linii do kreślenia danego rysunku (tabl. 1-6).

Tabl. 1-6 | Przykłady zestopniowania grubości linii rysunkowych

Rodzaj linii	Grupy zestopniowanych grubości linii w mm			
Linia cienka	0,18	0,25	0,35	0,5
Linia gruba	0,35	0,5	0,7	1,0
Linia bardzo gruba	0,7	1,0	1,4	2,0

Uwaga: czcionką półgrubą wyróżniono grubości zalecane.

Wybór odpowiedniej grupy zastosowanych grubości linii zależy od wielkości rysunku, wielkości przedmiotu, zagęszczenia linii i przeznaczenia rysunku. Najczęściej wykorzystuje się jedną z dwóch zalecanych grup, w której linia cienka ma grubość 0,35 mm, a linia gruba 0,7 mm.

W rysunku technicznym maszynowym stosuje się następujące rodzaje linii:

- ciągłą,
- kreskową,
- z długą kreską i kropką,
- z długą kreską i dwiema kropkami.

W zależności od przeznaczenia wykorzystuje się dwie odmiany grubości linii – cienkie i grube.

Poszczególne elementy linii, np. kropki, kreski, przerwy, powinny mieć odpowiednią długość – wytyczne podano w tablicy 1-7.

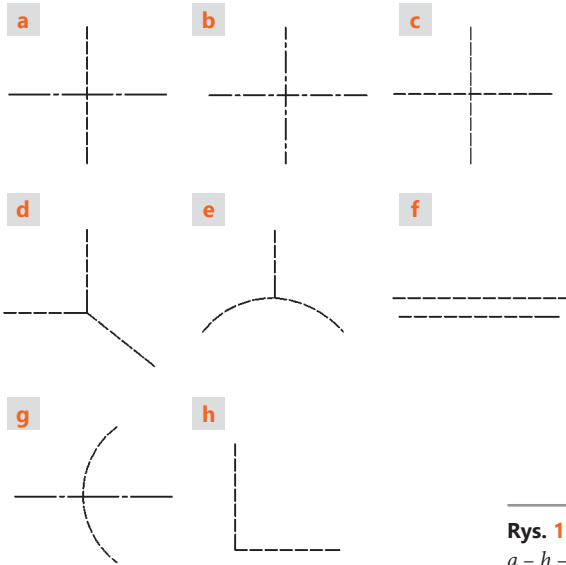
Tabl. 1-7 Parametry dotyczące elementów linii

Element linii	Kropki	Przerwy	Kreski krótkie	Kreski	Kreski długie	Odstępy
Długość elementu	0,5g	3g	6g	12g	24g	18g
g – grubość linii wg szeregu: 0,13; 0,18; 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1,0; 1,4; 2,0 mm						

Typowe zastosowania poszczególnych rodzajów linii w rysunku technicznym maszynowym przedstawiono w tablicy 1-8.

Tabl. 1-8 Zastosowanie poszczególnych linii w rysunku technicznym maszynowym

Nr linii	Rodzaj i odmiana linii	Podstawowe zastosowanie
01.1	Ciągła cienka	1. Linie wymiarowe 2. Pomocnicze linie wymiarowe 3. Linie wskazujące i odniesienia 4. Kreskowanie przekrojów 5. Linie przenikania 6. Zarysy kładów miejscowych 7. Dna bruzd gwintów 8. Przekątne do oznaczania powierzchni płaskich 9. Linie rzutowania 10. Linie siatki
	Ciągła cienka odręczna	11. Zakończenie cząstkowego lub przerywanego widoku, przekroju, kładu – głównie przy kreśleniu odręcznym
	Ciągła cienka zygzakowa	12. Zakończenie cząstkowego lub przerywanego widoku, przekroju, kładu – głównie przy kreśleniu ploterem
01.2	Ciągła gruba	1. Widoczne krawędzie i zarysy przedmiotów 2. Wierzchołki gwintów 3. Granica długości gwintu pełnego
02.1	Kreskowa cienka	1. Niewidoczne krawędzie przedmiotów 2. Niewidoczne zarysy
02.2	Kreskowa gruba	Oznaczenia dopuszczalnych obszarów obróbki powierzchniowej, np. obróbki cieplnej
04.1	Cienka z długą kreską i kropką	1. Linie symetrii 2. Okręgi podziałowe otworów 3. Okręgi podziałowe kół zębatych
04.2	Gruba z długą kreską i kropką	Oznaczenia wymaganych obszarów obróbki powierzchniowej, np. obróbki cieplnej
05.1	Cienka z długą kreską i dwiema kropkami	1. Skrajne położenia części ruchomych 2. Zarysy pierwotne części – przed kształtowaniem



Rys. 1.4 Zasady rysowania linii nieciągłych
a – h – przykłady zastosowania

Wszystkie **linie nieciągłe** należy rysować według następujących zasad:

- wymiary i odległości między poszczególnymi elementami linii powinny być jednakowe;
- linie należy zaczynać i kończyć kreskami (jeżeli występują);
- linie należy rysować tak, aby stykały się i przecinały na kreskach, a jeżeli nie ma kresiek – na kropkach;
- odstępy między liniami równoległymi nie powinny być mniejsze niż 0,7 mm, a linie te powinny być przesunięte względem siebie.

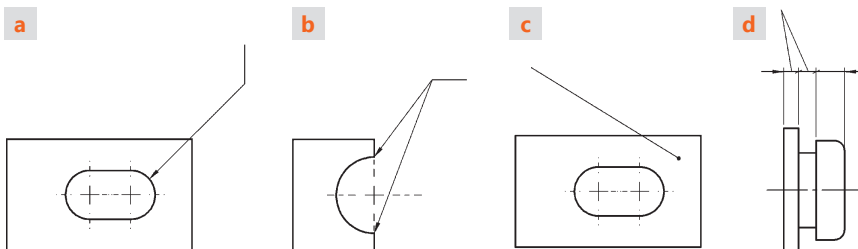
Kilka przykładów ilustrujących zasady rysowania linii nieciągłych pokazano na rysunku 1.4.

Linie wskazujące i odniesienia (rys. 1.5a) służą do jednoznacznego powiązania dodatkowych informacji technicznych z graficznym obrazem przedstawionym na rysunku.

Linie wskazujące należy rysować:

- jako ciągłe cienkie,
- pod kątem większym niż 15° do innych linii przedstawionego elementu graficznego,
- zakończone grotem, kropką lub bez zakończenia.

Zakończenie grotem stosuje się, gdy linia wskazująca kończy się na innych liniach zarysu lub krawędzi rysowanego obiektu (rys. 1.5b).



Rys. 1.5 Linie wskazujące i odniesienia (a) oraz przykłady zastosowania linii wskazujących (b–d)

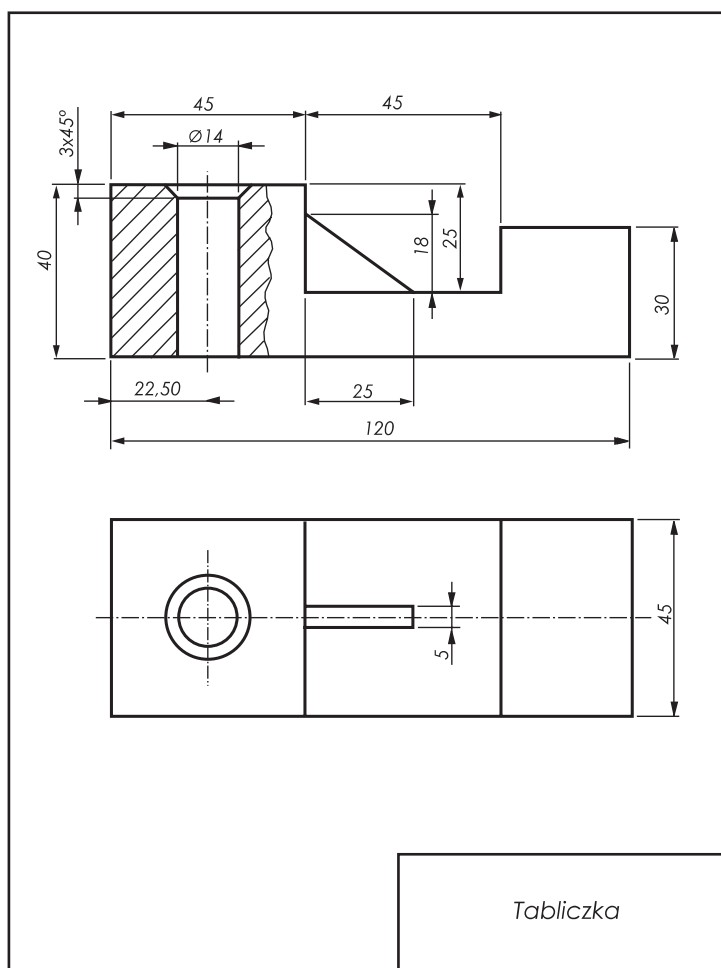
Zakończenie kropką (o średnicy równej 5 grubości linii) stosuje się, gdy linia wskazująca kończy się wewnątrz zarysu przedmiotu (rys. 1.5c).

Linie wskazującą rysuje się bez żadnego zakończenia, gdy ta linia kończy się na innej linii (rys. 1.5d).

Linia odniesienia może być dodana do każdej linii wskazującej. Należy ją rysować jako ciągłą cienką w jednym z kierunków czytania rysunku (poziomo lub pionowo). Długość linii odniesienia zależy od długości umieszczonej nad nią informacji.

Na rysunku 1.6 zastosowano różne rodzaje linii zgodnie z ich przeznaczeniem.

1. Linia ciągłą grubą narysowano: zewnętrzny zarys przedmiotu oraz wszystkie widoczne krawędzie, a także obramowanie arkusza i zewnętrzny zarys tabliczki rysunkowej.
2. Linia ciągłą cienką – wszystkie linie wymiarowe główne i pomocnicze oraz kreskowanie przekroju.
3. Linia ciągłą cienką odrębną narysowano ograniczenie przekroju cząstkowego.
4. Linia cienka z długą kreską i kropką została zastosowana do osi symetrii.



Rys. 1.6 | Przykład zastosowania różnych linii rysunkowych

Pismo techniczne

1.5

Rysunek techniczny, oprócz linii, zawiera także opisy słowne i cyfrowe wykonane za pomocą znormalizowanego pisma technicznego. W tradycyjnym rysunku technicznym stosuje się pismo znormalizowane proste lub pochyłe, dla którego są określone wszystkie wielkości charakterystyczne w odniesieniu do grubości linii pisma. Grubość linii zastosowanego pisma zależy przede wszystkim od wielkości arkusza rysunkowego. Rodzaje, zasady konstrukcji pisma, wzory liter, cyfr i znaków określono w odpowiednich normach.

Wysokość pisma h jest to wysokość wielkich liter, podana w mm. Zgodnie z PN stosuje się następujące wartości tego parametru: 1,8; 2,5; 3,5; 5,0; 7,0; 10,0; 14,0; 20,0 mm. Zaleca się, aby na formatach A4 i A3 stosować wysokość pisma w napisach głównych 7,0 lub 5,0 mm, a w napisach pomocniczych i podrzędnych 5,0; 3,5, a nawet 2,5 mm. W większości przypadków stosuje się pismo proste i pochyłe rodzaju A oraz B. Grubość linii pisma dla rodzaju A wynosi $d_A = h/14$, a dla rodzaju B $d_B = h/10$. Wielkości oraz wymiary charakterystyczne pisma rodzaju A zamieszczono w tablicy 1-9, natomiast pisma rodzaju B – w tablicy 1-10. Litery pisma rodzaju A są bardziej smukłe od liter pisma rodzaju B.

Pisma rodzaju A i B można stosować jako proste lub pochyłe, odchylone od pionu w prawą stronę, pod kątem 15° (patrz rys. 1.8a, b). Pochylenie liter tekstu stwarza wrażenie poruszania się ich w prawą stronę, co ułatwia i przyspiesza czytanie.

Tabl. 1-9 Wielkości charakterystyczne pisma rodzaju A

Wielkości charakterystyczne (rys. 1.7)				Wymiary, mm						
Nazwa	Oznaczenie									
Wysokość pisma (wysokość wielkich liter oraz cyfr)	h	$(14/14)h$	$14d$	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
Wysokość małych liter	c	$(10/14)h$	$10d$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Odstęp między literami i cyframi	$a^{1)}$	$(2/10)h$	$2d$	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8
Minimalna podziałka wierszy (wysokość siatki pomocniczej)	b	$(22/14)h$	$22d$	4,0	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0	31,0
Minimalny odstęp między wyrazami i liczbami	$e^{2)}$	$(6/14)h$	$6d$	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4
Grubość linii pisma	d	$(1/14)h$	–	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4

¹⁾ Odstęp a między dwiema literami i cyframi, których sąsiednie linie nie są do siebie równoległe (np. KA, LV, H7), może być zmniejszony o połowę, tj. równy grubości d linii cyfr i liter.

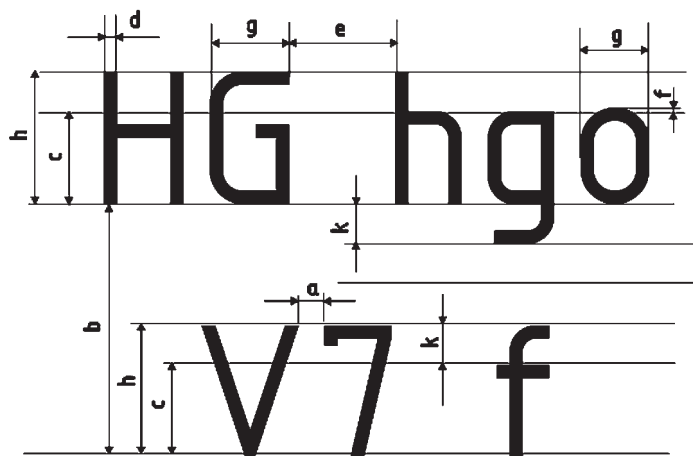
²⁾ Dla wyrazów rozdzielonych znakiem interpunkcji minimalny odstęp e jest odległością między znakiem interpunkcji a następnym wyrazem.

Tabl. 1-10 Wielkości charakterystyczne pisma rodzaju B

Wielkości charakterystyczne (rys. 1.7)				Wymiary, mm							
Nazwa	Oznaczenie										
Wysokość pisma (wysokość wielkich liter oraz cyfr)	h	$(10/10)h$	$10d$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
Wysokość małych liter	c	$(7/10)h$	$7d$	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Odstęp między literami i cyframi	$a^{1)}$	$(2/10)h$	$2d$	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0
Minimalna podziałka wierszy (wysokość siatki pomocniczej)	b	$(17/10)h$	$17d$	3,1	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34,0
Minimalny odstęp między wyrazami i liczbami	$e^{2)}$	$(6/10)h$	$6d$	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12,0
Grubość linii pisma	d	$(1/10)h$	–	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0

¹⁾ Odstęp a między dwiema literami i cyframi, których sąsiednie linie nie są do siebie równoległe (np. KA, LV, H7), może być zmniejszony o połowę, tj. równy grubości d linii cyfr i liter.

²⁾ Dla wyrazów rozdzielonych znakiem interpunkcji minimalny odstęp e jest odległością między znakiem interpunkcji a następnym wyrazem.



Rys. 1.7 Wielkości charakterystyczne pisma technicznego

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

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

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

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

Rys. 1.8 | Kształty liter pisma technicznego prostego i pochylego
 a – pismo rodzaju A, b – pismo rodzaju B

Jak wynika z rysunku, różnice pism rodzaju A i B dotyczą tylko proporcji liter. Litery rodzaju B przy tej samej wysokości są szersze. Kształt jest dokładnie taki sam. Konstrukcję pisma stosowanego w dokumentacji technicznej wykonywanej ze wspomaganiami komputerowym (CAD) również znormalizowano. Wymagania, wymiary oraz budowa każdej litery i znaku są jednak znacznie bardziej skomplikowane. Każdy znak jest określany za pomocą umownej siatki oddalanej od następnej w określony sposób. Ogólnie pismo CAD jest kształtem bardzo zbliżone do pisma stosowanego w procesie ręcznego opisu dokumentacji. Pismo rodzaju CA odpowiada pismu rodzaju A, natomiast pismo rodzaju CB odpowiada pismu rodzaju B. W opisach ręcznych i komputerowych pismo rodzajów B i CB jest uprzywilejowane.

Niestety, obecnie stosowane programy do grafiki komputerowej nie zawsze są dostosowane do wymogów PN. Dlatego, używając programu komputerowego, należy wybierać rodzaj pisma jak najbardziej zbliżony do wymaganego, opisanego w niniejszym rozdziale, by rysunek był czytelny.

1.6 Tabliczki rysunkowe

Każdy arkusz rysunkowy powinien zawierać w prawym dolnym rogu tabliczkę rysunkową, usytuowaną stycznie do linii obramowania. Na formacie arkusza A4 należy ją umieścić wzdłuż krótszego boku, a na innych formatach wzdłuż boku dłuższego. Długość tabliczki rysunkowej, bez względu na wielkość arkusza, powinna wynosić 180 mm.

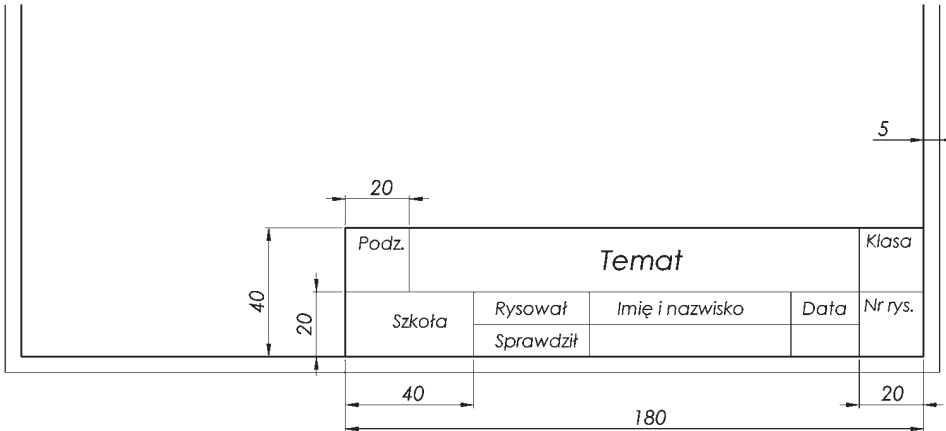
Istnieje wiele rodzajów i odmian tabliczek rysunkowych różniących się między sobą kształtem i wielkością, liczbą oraz rozmieszczeniem zawartych w nich informacji. Różnice te wynikają ze specyfiki różnych branż i dziedzin techniki. Nie jest możliwe stworzenie jednej, uniwersalnej tabliczki rysunkowej. Można jedynie określić podstawowe wytyczne dotyczące przeciętnych wielkości umieszczonych wewnątrz typowej tabliczki. Wzór podstawowej tabliczki rysunkowej opracowanej na potrzeby szkolne przedstawiono na rysunku 1.9.

Tabliczka pokazana na rysunku 1.9 może być używana w rysunkach ćwiczebnych, jak również w rysunku wykonawczym. Można ją stosować na wszystkich formatach rysunkowych. Przykład umieszczenia tabliczki na formacie A3 zobrazowano na rysunku 1.10.

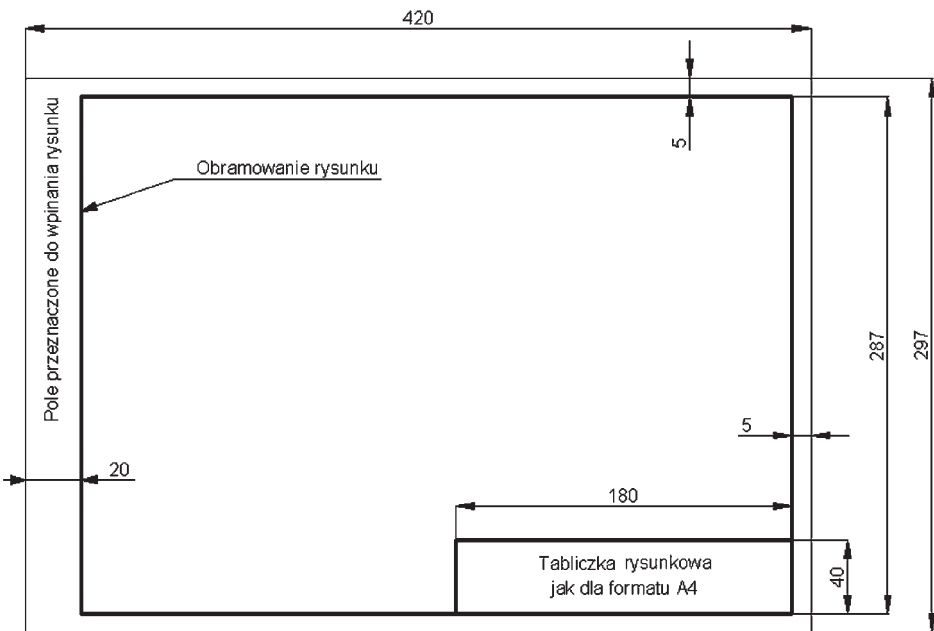
Tabliczka na rysunku złożeniowym jest podobna do pokazanej na rysunku 1.10, ale dodatkowo zawiera wykaz części z numerem pozycji, liczbą sztuk, nazwami części oraz numerem rysunku lub normy dla każdej części. Podawanie na rysunku złożeniowym materiału i masy części nie jest konieczne. Ważne jest natomiast, aby kolejność części umieszczonych w wykazie ustalać od większych gabarytowo do mniejszych, z pierwszeństwem dla elementów wykonywanych przez zakład. W następnej kolejności umieszcza się części ogólnie dostępne w handlu. Pierwszą pozycję zapisuje się bezpośrednio nad tabliczką podstawową, a następne w kolejności rosnącej do góry. Dzięki temu istnieje możliwość dopisania kolejnych części w wykazie, bez zamykania możliwości uzupełnienia ewentualnych braków. Jeśli wykaz części jest bardzo rozwinięty i tabliczka jest wyższa niż wysokość strony, to można ją kontynuować w następnej kolumnie po lewej stronie, stycznie do pierwszej kolumny, zaczynając od dołu arkusza.

Przykłady tego rodzaju tabliczek przedstawiono na rysunkach 1.11 i 1.12. Tabliczkę rysunku złożeniowego (patrz rys. 1.11*b* i *c*) należy wypełniać w sposób następujący:

- w kolumnie „*Nr poz.*” (numer pozycji) wpisuje się kolejne numery, którymi części lub zespoły są oznaczone na rysunku, przy czym numeracja części w wykazie powinna biec od dołu ku górze;
- w kolumnie „*Nazwa*” wpisuje się nazwę detalu lub zespołu. Jeśli część lub zespół są znormalizowane, to wpisuje się ich oznaczenie z odpowiedniej normy przedmiotowej;
- w kolumnie „*Liczba*” wpisuje się liczbę sztuk jednakowych części lub zespołów wchodzących w skład narysowanego przedmiotu;



Rys. 1.9 Wzór podstawowej tabliczki rysunkowej (wymiary w mm)



Rys. 1.10 Tabliczka rysunkowa na formacie A3 (wymiary w mm)

- w kolumnie „Oznaczenie” wpisuje się numer rysunku części lub zespołu albo numer części znormalizowanej;
- w kolumnie „Materiał” wpisuje się oznaczenie materiału lub numer normy, według której element został wykonany;
- w kolumnie „Uwagi” wpisuje się dane uzupełniające.

a

	Nazwisko	Data	Podpis	Prawny właściciel
Kierownik tech.				
Wykonał				
Zatwierdził				
Liczba arkuszy	Tytuł, tytuł dodatkowy			Numer identyfikacyjny
Podz.				Uwagi

b

Nr poz.	Nazwa			Liczba	Oznaczenie	Mater.	Uwagi
	Nazwisko	Data	Podpis				
Wykonał							
Zatwierdził				Nr zmiany	Treść zmiany	Podpis	
Podz.	Tytuł			Nr rysunku		Ark.	
180							

c

Nr poz.	Nazwa			Liczba	Oznaczenie	Mater.	Uwagi
10	85			10	35	20	
180							

Rys. 1.11 Przykłady uproszczonych tabliczek rysunkowych

a – przykładowa tabliczka rysunku wykonawczego,

b – przykładowa tabliczka rysunku złożeniowego,

c – część tabliczki rysunku złożeniowego nadpisywana nad tabliczką podstawową

a

7							
6							
5							
4							
3							
2							
1							
Nr poz.	Tytuł			Liczba	Materiał	Oznaczenie	Uwagi
Podziałka	Kierownik tech.				Ciężar	Zastępuje	Data zas.
Prawny właściciel	Wykonał			Wykonano do:		Symbol	Numer
	Zatw.						

b

Nr poz.	Tytuł			Liczba	Ciężar	Nr rysunku, części	Uwagi
					Materiał	Zastępuje	Data zas.
Podziałka	Kierownik tech.			Wykonano do:		Symbol	Numer
Prawny właściciel	Wykonał						
	Zatw.						
← 180 →							

Rys. 1.12 | Wzory tabliczek (a, b) stosowanych w przemyśle

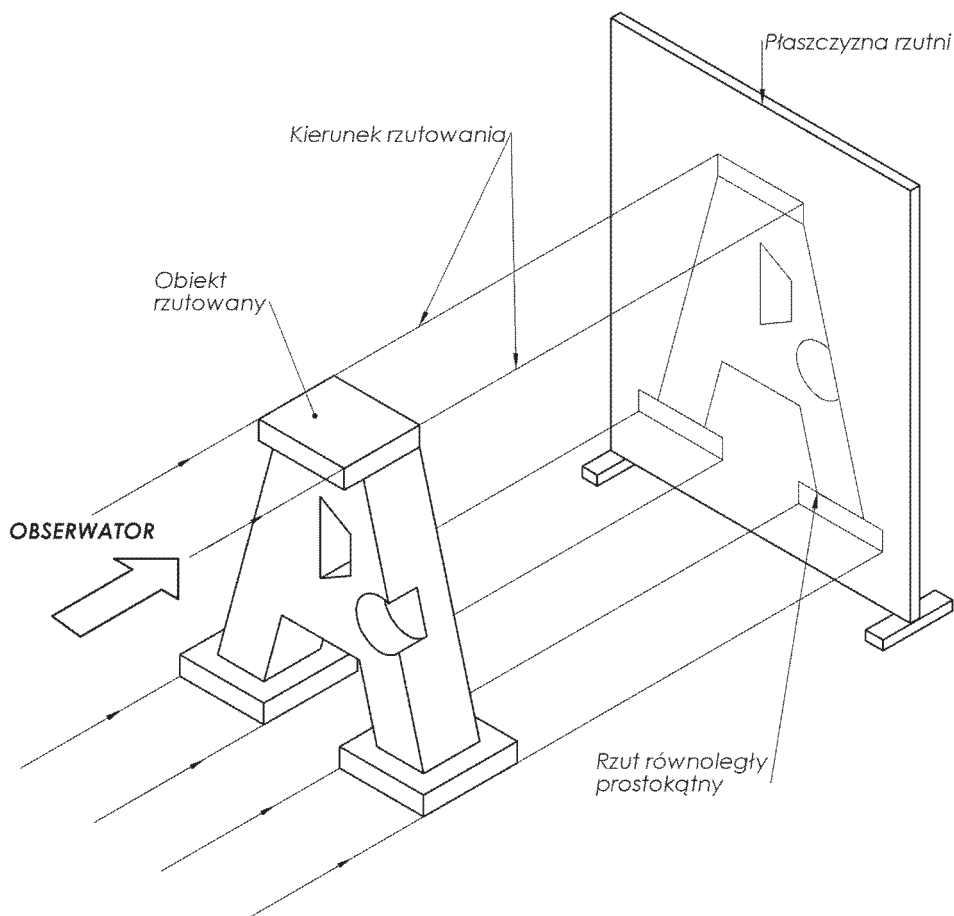
Rzutowanie prostokątne

1.7

Dokumentacja techniczno-ruchowa, w formie rysunków technicznych na arkuszu papieru lub kalki, wymaga niejednokrotnie jednoznacznego odwzorowania kształtu przedmiotu przestrzennego na płaszczyźnie. To zadanie może zostać spełnione dzięki przyjętym metodom geometrycznego przekształcania, zwanym rzutowaniem prostokątnym i aksonometrycznym.

Rzutowanie prostokątne polega na wykonaniu obrazów (rzutów) przedmiotu na wzajemnie prostopadłe płaszczyzny, w kierunkach rzutowania prostopadłych do rzutni. Rzutowanie prostokątne jest najbardziej rozpowszechnioną formą graficznego zapisu konstrukcji. Według zaleceń norm w rysunku technicznym można stosować następujące metody przedstawiania obiektów:

- pierwszego kąta (dawniej tzw. metoda europejska),
- trzeciego kąta (dawniej tzw. metoda amerykańska),
- rzutowania identyfikowanego strzałkami,
- z lustrzanym odbiciem.



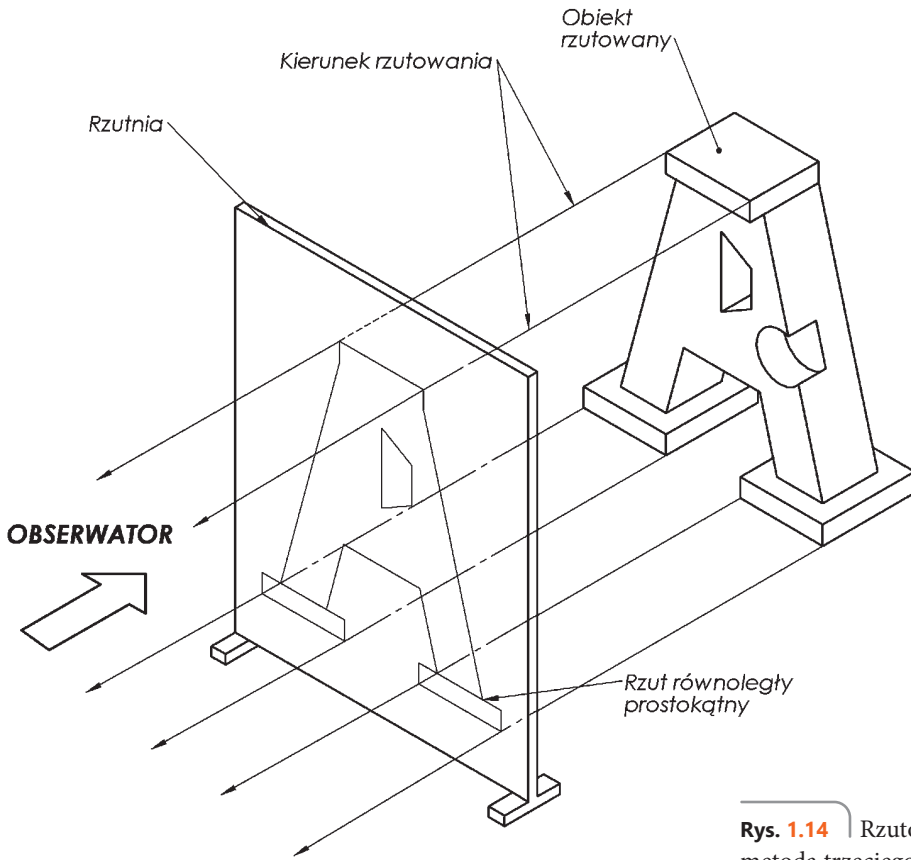
Rys. 1.13 Rzutowanie metodą pierwszego kąta

Rzutowanie metodą pierwszego kąta polega na wyznaczaniu rzutów prostokątnych przedmiotu we wzajemnie prostopadłych rzutniach przy założeniu, że obiekt rzutowany znajduje się pomiędzy obserwatorem i rzutnią. Otrzymany rzut wygląda tak samo jak zdjęcie obiektu „od przodu” (rys. 1.13).

Rzutowanie metodą trzeciego kąta różni się tym, że rzutnia znajduje się pomiędzy obserwatorem a przedmiotem obserwowanym, co skutkuje przestawieniem niektórych rzutów w stosunku do metody pierwszego kąta. Otrzymany rzut przypomina zdjęcie obiektu „od tyłu” (rys. 1.14).

Rzutowanie prostokątne przeprowadza się we wnętrzu wyobraźnego prostopadłościannu rzutni. Jak będą wyglądały i jaki będzie układ rzutni według poszczególnych metod, pokazano na rysunku 1.15.

Rozwinięty układ rzutni według metody pierwszego kąta oraz trzeciego kąta przedstawiono na rysunkach 1.16 i 1.17. Jak widać po rozwinięciu, metody te różnią się jedynie zmianą położenia rzutów C i D oraz B i E.



Rys. 1.14 Rzutowanie metodą trzeciego kąta

W Polsce stosuje się głównie metodę pierwszego kąta, jednak w wyniku rozszerzającej się międzynarodowej współpracy można również spotkać dokumentację techniczną wykonaną tą drugą metodą.

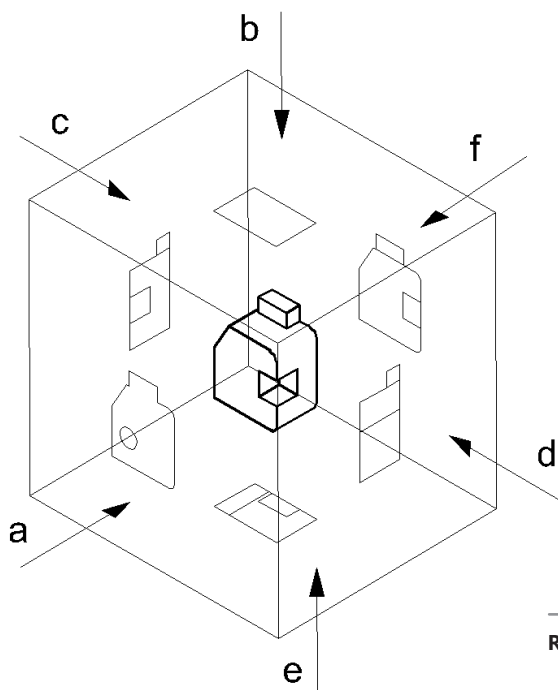
Na rysunku 1.18 zilustrowano przykłady rzutowania prostokątnego metodą pierwszego kąta, w układzie trzech podstawowych rzutni. Liniami kreskowymi zaznaczono promienie rzutujące, którymi łączymy rzuty tych samych punktów.

Zwykle w ten sam sposób, ale już bez linii pomocniczych, odwzorowuje się obraz przedmiotu przestrzennego na płaszczyźnie. Na rysunku 1.19 zamieszczono dodatkowo rysunek aksonometryczny przedmiotu (w prawej dolnej części arkusza), aby ułatwić odczytanie jego kształtu przestrzennego z rysunku na płaszczyźnie.

Należy zwrócić uwagę na zgodność usytuowania rzutów względem siebie. W przypadku obiektów przedstawianych jednoznacznie w dwóch rzutach prostokątnych można dość łatwo wykreślić ich trzeci rzut.

Podstawowe zasady rysowania przedmiotów w rzutach prostokątnych

1. Liczba rzutów obiektu powinna być minimalna, wystarczająca do jednoznacznego zobrazowania kształtów tego obiektu i jego zwymiarowania. Najczęściej są to dwa lub trzy rzuty. Czasem zdarza się, że po zaznaczeniu w sposób umowny głębokości przed-



Rys. 1.15 Wyobraźalny sześcian rzutów

miotu wystarcza jeden rzut. Należy pamiętać, że rzut główny (najbardziej reprezentatywny dla obiektu) musi występować zawsze.

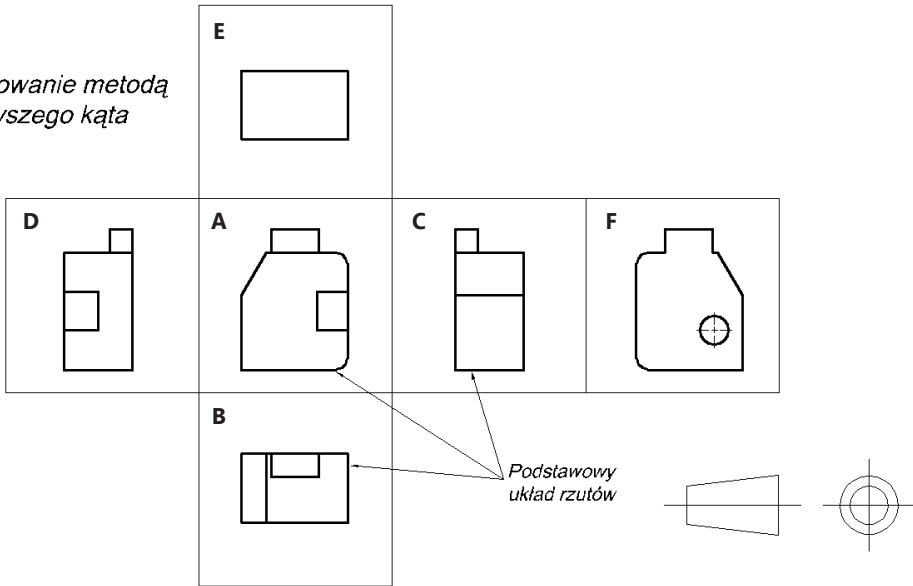
2. Przedmiot powinien być ustawiony wewnątrz wyobraźnego prostopadłościanu rzutni w taki sposób, aby większość jego powierzchni płaskich i osi była równoległa lub prostopadła do rzutni w celu ułatwienia rysowania i wymiarowania.
3. Rzut główny (jeżeli jest to możliwe) powinien przedstawiać przedmiot w położeniu użytkowym, widzianym od strony najbardziej charakterystycznej i w położeniu pracy. Jeżeli przedmiot w czasie pracy zmienia swoje położenie, to można narysować go pionowo lub poziomo.
4. Usytuowanie rzutów względem siebie powinno być zgodne z rozwinięciem prostopadłościanu rzutni, wg określonej metody rzutowania.

Przy podejmowaniu decyzji dotyczącej liczby rzutów oraz usytuowania przedmiotu należy pamiętać o tych zasadach, choć niekiedy nie można ich ściśle zrealizować. Dopuszczalne są pewne odstępstwa. Najważniejszą rzeczą jest czytelność i jednoznaczność rysunku.

Czasem zdarza się, że określone rzuty nie mieszczą się na jednym arkuszu rysunkowym. Wtedy użyjemy większej liczby arkuszy z odpowiednimi oznaczeniami. Dopuszcza się dowolne rozmieszczenie rzutów w razie trudności uzyskania układu wynikającego z rozwinięcia prostopadłościanu rzutni.

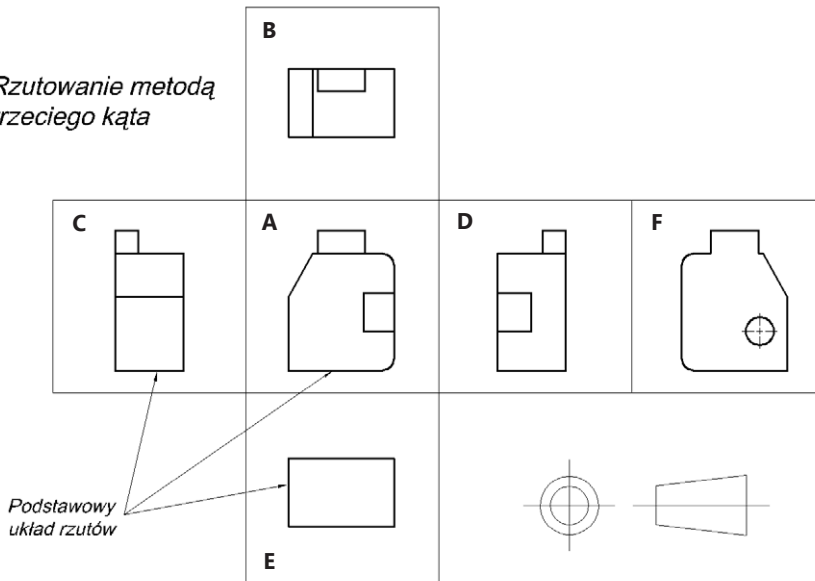
Rzutowanie identyfikowane strzałkami to kolejna metoda rzutowania. Rzuty można rozmieszczać dowolnie na jednym arkuszu lub na wielu arkuszach rysunkowych, stosując odpowiednie oznaczenia (rys. 1.20). W przypadku rozmieszczenia rzutów zgodnie z rozwinięciem prostopadłościanu rzutni nie są potrzebne dodatkowe oznaczenia rzutów.

Rzutowanie metodą
pierwszego kąta

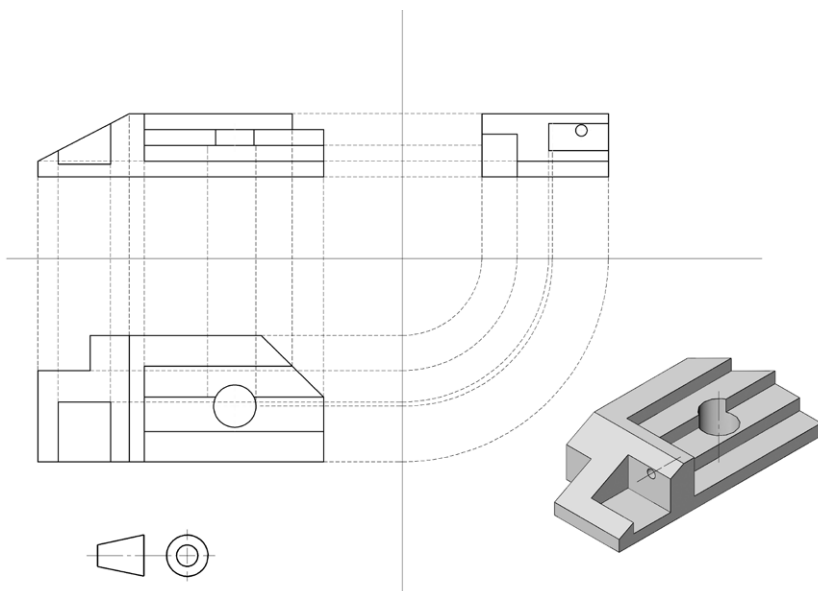


Rys. 1.16 Układ rzutów obiektu przestrzennego według metody pierwszego kąta

Rzutowanie metodą
trzeciego kąta



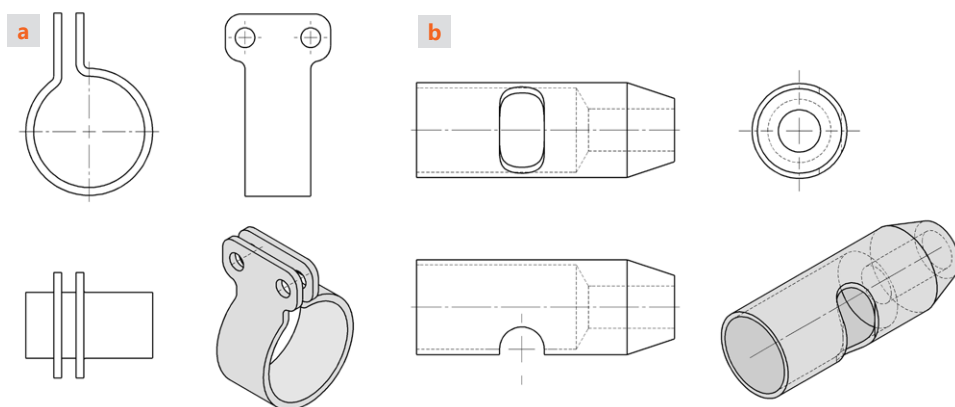
Rys. 1.17 Układ rzutów obiektu przestrzennego według metody trzeciego kąta



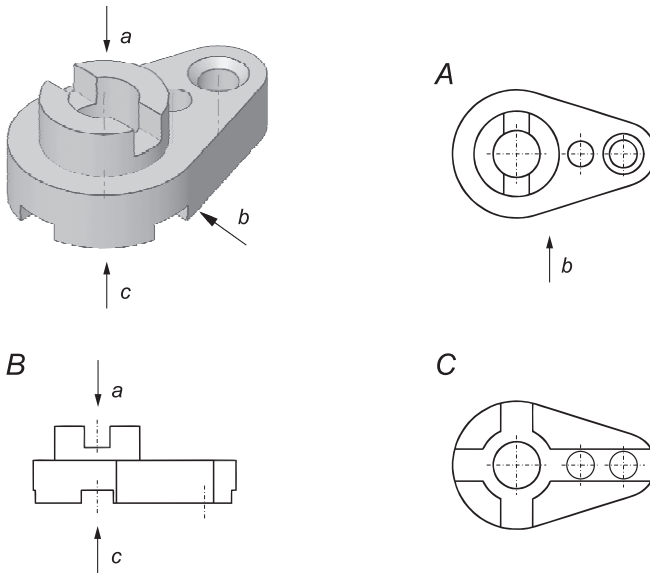
Rys. 1.18 Przykład rzutowania prostokątnego z widocznymi osiami układu współrzędnych i promieniami rzutującymi

Rzutowanie identyfikowane strzałkami (rys. 1.21a) musi spełniać następujące warunki:

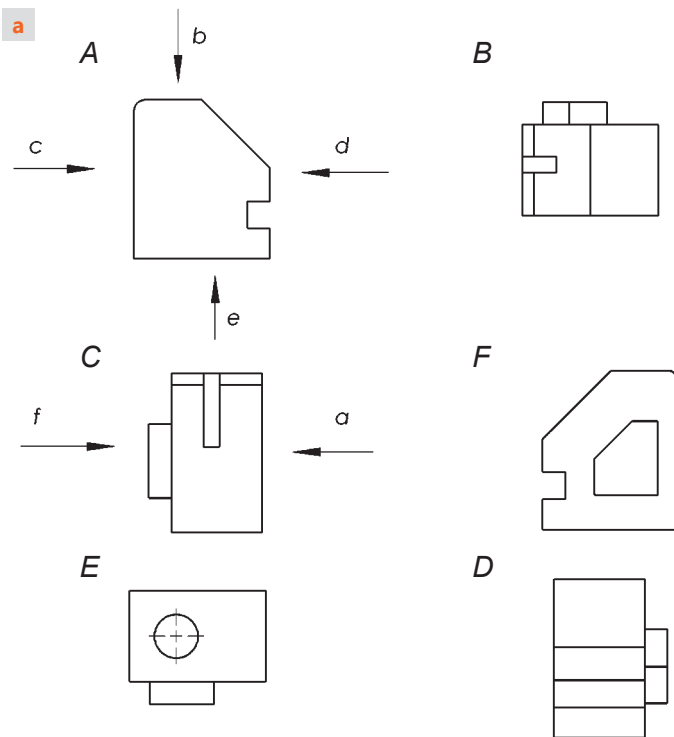
- rzuty można umieszczać dowolnie na płaszczyźnie rysunku,
- oprócz rzutu głównego wszystkie rzuty powinny być oznaczone wielkimi literami alfabetu umieszczonymi nad rzutem po lewej stronie,
- należy umieszczać strzałki pokazujące kierunek rzutowania,
- symbole identyfikujące kierunek patrzenia należy oznaczać strzałką i małą literą alfabetu leżącą nad strzałką lub po jej prawej stronie.



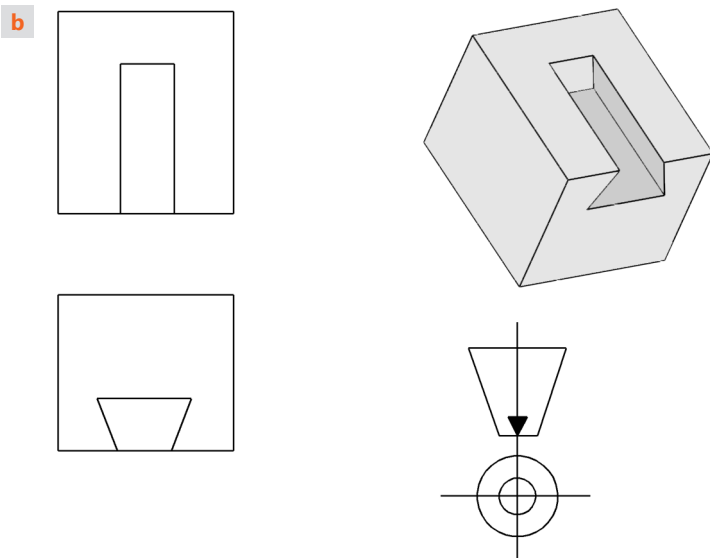
Rys. 1.19 Przykłady rysowania przedmiotów przestrzennych (patrz rysunek aksonometryczny) w rzutach prostokątnych: *a* – obejma, *b* – tuleja



Rys. 1.20 Sposób rozmieszczenia i oznaczenia dowolnych rzutów strzałkami



Rys. 1.21a Przykłady rzutowania prostokątnego identyfikowanego strzałkami



Rys. 1.21b | Przykłady rzutowania prostokątnego z lustrzanym odbiciem

W tej metodzie nie występuje żaden dodatkowy symbol graficzny.

Rzutowanie z lustrzanym odbiciem to ostatni sposób rzutowania prostokątnego. Zgodnie z PN rzut przedmiotu jest reprodukcją obrazu w lustrze umieszczonym równoległe do płaszczyzn poziomych tego przedmiotu. Przykład takiego rzutowania oraz symbol graficzny, który je identyfikuje, podano na rysunku 1.21b.

Symbole graficzne identyfikujące metody rzutowania mają postać dwóch rzutów stożka ściętego usytuowanych względem siebie zgodnie z zastosowaną na rysunku metodą rzutowania. Powinny mieć one właściwe wymiary i zachowane odpowiednie proporcje – podano je w tabelicy 1-11.

Tabl. 1-11 | Wymiary symboli graficznych identyfikujących metody rzutowania

Wielkość	Wartość w mm					
	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
Wysokość pisma oraz mniejsza średnica stożka	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
Długość i większa średnica stożka	7,0	10,0	14,0	20,0	28,0	40,0
Grubość linii pisma oraz grubość linii symbolu	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0

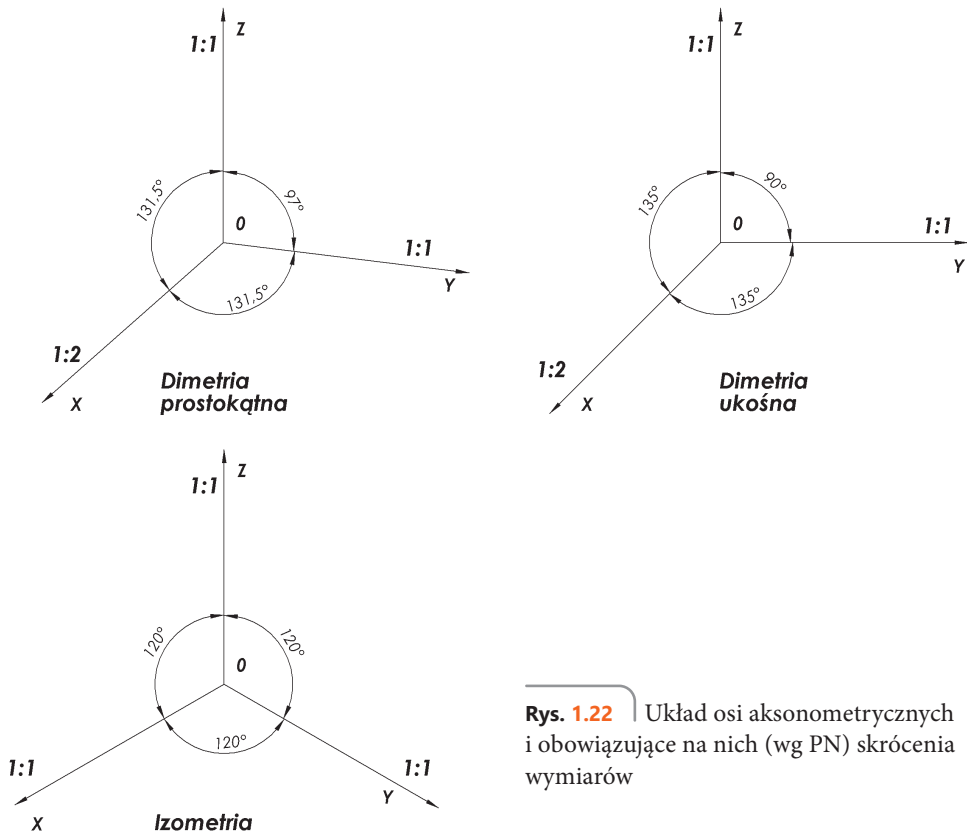
1.8 Rzutowanie aksonometryczne

Rzuty aksonometryczne, służące do poglądowego przedstawiania przedmiotu, są czytelne i przejrzyste, ale bardzo pracochłonne. W metodzie aksonometrycznej rzutnią jest płaszczyzna dowolnie ustawiona względem trzech osi x , y , z układu prostokątnego o początku w punkcie O . Przedmiot umieszcza się w układzie prostokątnym w ten sposób, aby jego krawędzie, osie i płaszczyzny były w sposób szczególny ustawione w stosunku do osi układu (równoległe lub prostopadłe).

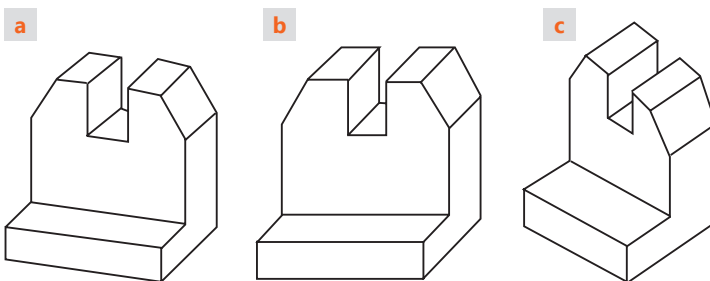
Większość wymiarów pozostaje niezmieniona. Niektóre zaś ulegają skróceniu o połowę. Z uwagi na zachowanie lub zmianę wymiarów przedmiotu wyróżnia się aksonometrię jednowymiarową (izometrię) i dwuwymiarową (dimetrię). Izometria zachowuje wymiary wzdłuż każdej osi, a w dimetrii wymiary wzdłuż osi x ulegają skróceniu o połowę.

Zasady rzutowania aksonometrycznego według obowiązującej normy pokazano na rysunku 1.22.

Przykładowy przedmiot narysowany za pomocą trzech różnych rodzajów aksonometrii przedstawiono na rysunku 1.23.



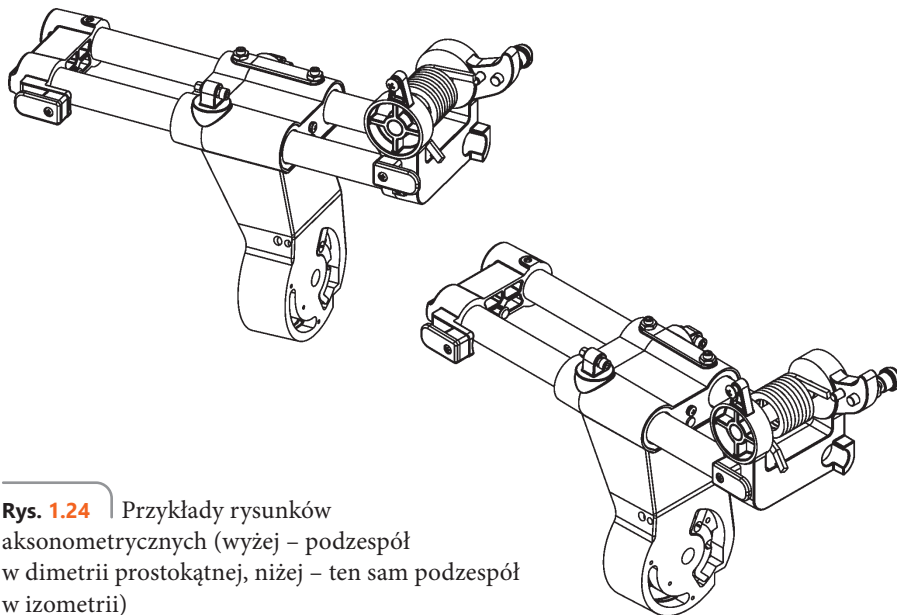
Rys. 1.22 Układ osi aksonometrycznych i obowiązujące na nich (wg PN) skrócenia wymiarów



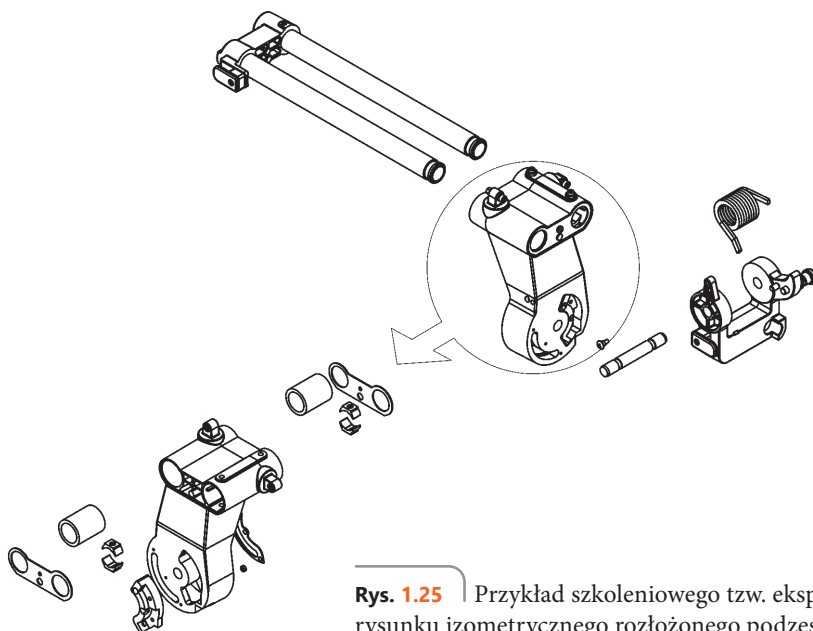
Rys. 1.23 Porównanie rzutów aksonometrycznych tego samego przedmiotu
a – dimetria prostokątna, b – dimetria ukośna, c – izometria

Rzutowanie prostokątne wymaga rozwiniętej wyobraźni przestrzennej. Nie dla wszystkich jest to jednakowo zrozumiałe. Umieszczenie, dodatkowo, na rysunku rzutu aksonometrycznego (rys. 1.24) pomaga we właściwym odczytaniu obrazu.

Ponadto można rozdzielić elementy zespołu, a poprzez to przedstawić sposób montażu poszczególnych detali oraz ich wygląd i liczbę. Pomocna jest w tym odmiana rysunku aksonometrycznego – tzw. rysunek eksplodujący (rys. 1.25).



Rys. 1.24 Przykłady rysunków aksonometrycznych (wyżej – podzespół w dimetrii prostokątnej, niżej – ten sam podzespół w izometrii)



Rys. 1.25 Przykład szkoleniowego tzw. eksplodującego rysunku izometrycznego rozłożonego podzespołu

Typowym przykładem jego zastosowania są katalogi części zamiennych w przemyśle motoryzacyjnym. Bez tych rysunków trudno byłoby wyobrazić sobie, z ilu i jakich elementów składa się cały zespół.

Widoki i przekroje

1.9

W praktyce stosuje się wiele sposobów odwzorowywania kształtu przedmiotów za pomocą rzutowania prostokątnego, z których każdy ma własne określenie. Kształt widziany z zewnątrz nazywa się **widokiem**. Wewnętrzną budowę przedmiotu można wiernie odwzorować za pomocą **przekroju**. Szczególnym rodzajem przekroju, oddającym zarys przedmiotu tylko w jednej płaszczyźnie, jest **kład**.

Na rysunkach technicznych stosuje się następujące rodzaje widoków.

Widoki całkowite obrazują cały widoczny przedmiot (patrz rys. 1.35).

Widoki cząstkowe przedstawiają tylko fragment przedmiotu. Mogą być stosowane jako:

- **widoki cząstkowe części przedmiotu**, pokazujące tylko wybrany fragment elementu (miejsce urwania na tych widokach ogranicza się linią ciągłą cienką odręcną lub zygzakową);
- **widoki cząstkowe przedmiotów symetrycznych**, wykorzystywane do odwzorowania dużych symetrycznych obiektów, przedstawiające tylko ich połowę lub jedną czwartą (tego rodzaju widoki oznacza się na linii symetrii dwiema krótkimi równoległymi kreskami, prostopadłymi do osi symetrii elementu, umieszczonymi po obu stronach elementu, a jeśli symetria dotyczy dwóch osi lub płaszczyzn, identyfikatory w postaci dwóch równoległych kresek należy rysować na obu osiach lub płaszczyznach);
- **widoki cząstkowe w zwiększonej podziałce**, będące rzutami przedstawiającymi drobne szczegóły przedmiotu, których nie można dokładnie zmierzyć na rysunku w przyjętej podziałce (szczegóły te otacza się linią ciągłą cienką i identyfikuje za pomocą wielkiej litery, a nad dodatkowym rzutem w zwiększonej podziałce za literą identyfikującą wpisuje się w nawiasach okrągłych zastosowaną podziałkę);
- **widoki cząstkowe rzutowane metodą trzeciego kąta**, wykorzystywane do przedstawiania szczegółów przedmiotu tylko wówczas, gdy nie ma obawy o niewłaściwą interpretację rysunku (widoki szczegółów rysuje się linią ciągłą grubą i łączy się je z widokiem podstawowym linią cienką z długą kreską i kropką);
- **dwa jednakowe widoki cząstkowe**, które rysuje się jako jeden rzut, a identyfikuje dzięki umieszczeniu odpowiednich strzałek oraz wielkich liter i cyfr (np. A1, A2), gdy symetryczny przedmiot po lewej i prawej stronie ma te same szczegóły konstrukcyjne.

Dwa jednakowe widoki całkowite rysuje się jako jeden rzut, a identyfikuje dzięki umieszczeniu odpowiednich strzałek oraz wielkich liter i cyfr (np. A1, A2), gdy symetryczny przedmiot po lewej i prawej stronie ma te same szczegóły konstrukcyjne.

Widoki rozwinięte są rzutami przedmiotu wygiętego (np. z blachy) przedstawionego przed wygięciem.

Widoki specjalnie położone, leżące w płaszczyźnie nierównoległej do rzutni, są rzutowane zgodnie z kierunkiem rzutowania oznaczonym strzałką identyfikującą z wielką literą powtórzoną nad widokiem. Mogą one zajmować również położenie przesunięte i obrócone – wówczas w oznaczeniu nad widokiem podaje się kolejno: wielką literę identyfikującą widok, strzałkę o zarysie łuku określającą kierunek obrotu widoku oraz kąt obrotu widoku w stopniach.

Wewnętrzną budowę elementów można przedstawić, wykorzystując:

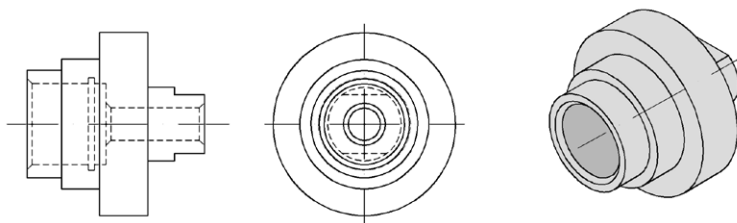
- linie kreskowe cienkie odwzorowujące proste zarysy wewnętrzne przedmiotu wrysowane w widok całkowity, gdy nie zmniejszy to czytelności rysunku (rys. 1.26),
- metodę przekroju (rys. 1.27).

Przekroje mają na celu pokazanie elementów wewnętrznych przedmiotu, zasłoniętych przez inne elementy. Za pomocą przekroju można ukazać detale wnętrza.

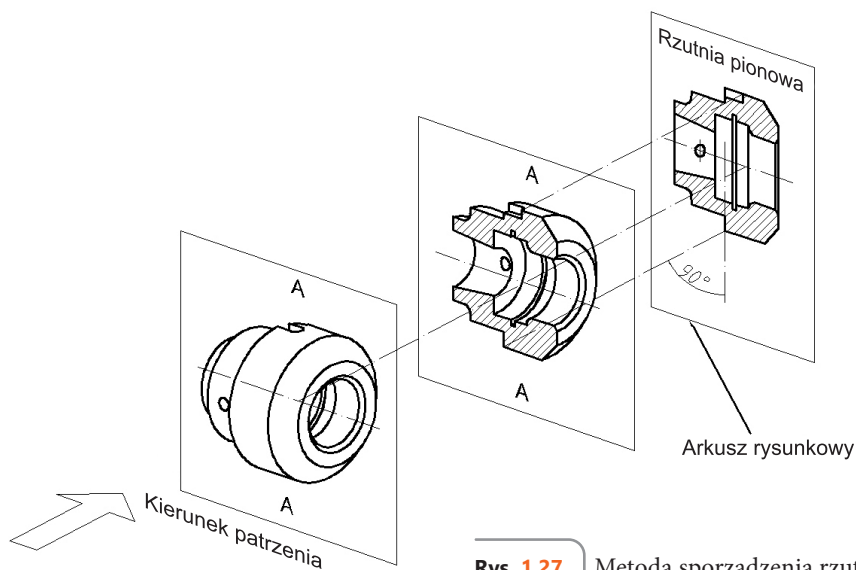
Sporządzenie rzutu przekroju wykonuje się poprzez (patrz rys. 1.27):

- przecięcie przedmiotu wyobraźną płaszczyzną przekroju;
- odrzucenie części przedmiotu znajdującego się między obserwatorem a płaszczyzną przekroju;
- narysowanie otrzymanego kształtu oraz widoku pozostałej części przedmiotu na rzutni równoległej do płaszczyzny przekroju.

Pole powstałego przekroju powinno być zakreskowane stosownie do rodzaju materiału, z którego wykonano element. Podziałka kreskowania może wynosić od 1 do 5 mm, proporcjonalnie do wielkości przedmiotu. Linie kreskowania muszą być względem siebie równoległe i nachylone pod kątem 45° (w lewo lub w prawo) do charakterystycznych krawędzi przedmiotu, jego osi symetrii lub obramowania rysunku (patrz rys. 1.28a). Linie kreskowania nie powinny być prowadzone równoległe do żadnych innych linii rysunkowych,



Rys. 1.26 Pokazanie budowy wnętrza przedmiotu za pomocą linii kreskowych

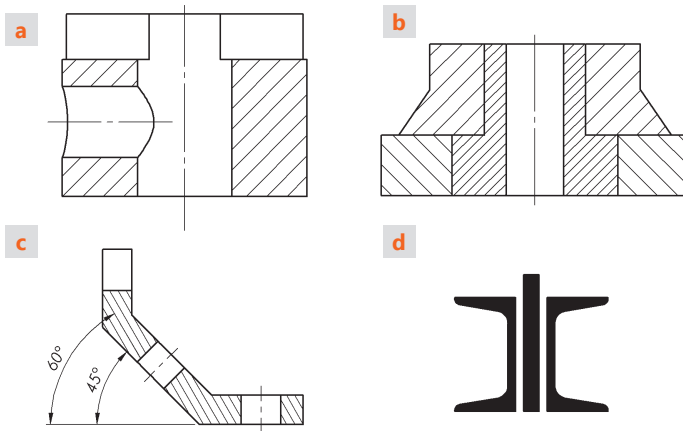


Rys. 1.27 Metoda sporządzenia rzutu przekroju

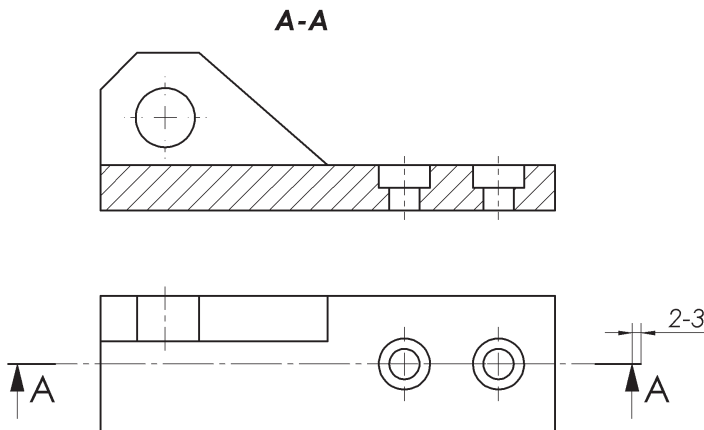
a w szczególności do zarysów przedmiotów lub ich osi symetrii. W tych przypadkach kąt nachylenia linii kreskowania należy zmienić, najczęściej na 30° lub 60° (rys. 1.28c) albo na inny. Wszystkie przekroje tego samego przedmiotu, niezależnie od ich położenia na arkuszu, kreskuje się w tym samym kierunku i z tymi samymi odstępami linii kreskowania. Sposób kreskowania powinien jednoznacznie rozróżniać detale połączone ze sobą (rys. 1.28b). Małe elementy można zamalowywać z uwagi na trudność ich zakreskowania (rys. 1.28d).

Pełne oznaczenie przekroju (patrz rys. 1.29) składa się z:

- linii grubej z długą kreską i kropką umieszczonej tylko na końcach linii przekroju, określającej położenie płaszczyzny przekroju (linia ta może przecinać zarysy przedmiotu); gdy płaszczyzna przekroju zmienia kierunek, każde miejsce zmiany kierunku należy pogrubić; gdy płaszczyzna przekroju wielokrotnie zmienia kierunek, w celu zwiększenia czytelności rysunku, dodatkowo można zaznaczyć całą długość linii przekroju linią cienką z długą kreską i kropką;



Rys. 1.28 Przykłady kreskowania przekrojów przedmiotów



Rys. 1.29 Sposób oznaczenia przekroju

- strzałek identyfikujących, wskazujących kierunek rzutowania, umieszczonych na końcach linii przekroju;
- oznaczeń literowych złożonych z dwóch takich samych wielkich liter pisanych z obu stron na końcach linii przekroju i powtórzonych nad przekrojem.

Elementy leżące w płaszczyźnie przekroju można pokazać, stosując opisane poniżej rodzaje przekrojów.

Przekroje całkowite są rzutami przedstawiającymi całe przedmioty od wewnątrz (rys. 1.30a).

Przekroje częściowe obrazują tylko fragmenty przedmiotów. Mogą występować jako przekroje częściowe:

- **części przedmiotu** (rys. 1.30b);
- **przedmiotów symetrycznych** (patrz rys. 1.34b), identyfikowane na osiach symetrii tak samo jak dla widoków symetrycznych;
- **w zwiększonej podziałce**, przedstawiane, stosowane i identyfikowane podobnie jak widoki w zwiększonej podziałce (patrz rys. 1.33).

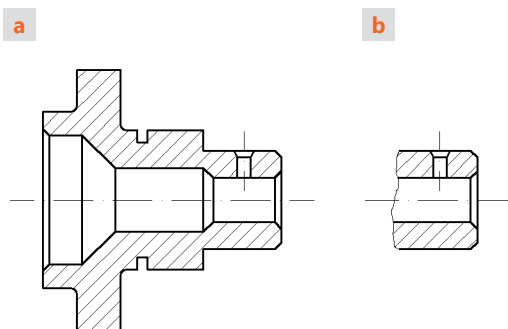
Przekroje rozwinięte służą do przedstawienia wewnętrznych zarysów przedmiotów wygiętych i są rysowane w stanie wyprostowanym (rozwiniętym). Rzut takiego przekroju oznacza się znakiem rozwinięcia (patrz rys. 1.38).

Przekroje specjalnie położone leżą w płaszczyźnie nierównoległej do rzutni (patrz rys. 1.31). Są przedstawiane, stosowane i identyfikowane tak samo jak widoki specjalnie położone.

Przekroje części symetrycznych są wykorzystywane do przedstawiania części symetrycznych co najmniej względem jednej osi lub płaszczyzny symetrii. Po jednej stronie osi lub płaszczyzny symetrii przedmiot przedstawia się w przekroju, a po drugiej – w widoku (patrz rys. 1.34a). Warunkiem prawidłowego zastosowania takiego sposobu przedstawienia jest widoczność linii symetrii na całej długości przedmiotu jako granicy między widokiem i przekrojem.

Przekroje części obrotowych o regularnie rozmieszczonych szczegółach konstrukcyjnych (np. otworach), które nie leżą w płaszczyźnie przekroju, należy sprowadzać do płaszczyzny przekroju, jeżeli nie utrudni to odczytania rysunku. Przekroje takie nie muszą być oznaczane.

Przekroje miejscowe są rysowane na tle widoków przedmiotów w miejscach, w których występują szczegóły budowy wewnętrznej (patrz rys. 1.32). Ogranicza się je linią



Rys. 1.30 Przekrój całkowity (a) i częściowy części przedmiotu (b)