

9. Rysunki wykonawcze i złożeniowe

9.1. Rysunki wykonawcze – wskazówki ogólne

Rysunek wykonawczy jest rysunkiem części lub elementu, na podstawie którego ma być wykonana część maszynowa. Może to być rysunek półwyrobu (np. odkuwki, odlewy) lub też rysunek części gotowej.

Zazwyczaj rysunki wykonawcze sporządza się w podziałce 1:1. Czasami jednak w celu uniknięcia rysowania jednej części na wielu arkuszach, dopuszcza się wykonanie rysunku wykonawczego w skali 1:2 lub 1:5. Bardziej skomplikowane i zawiłe kształty rysowanych elementów, drobne fragmenty ich budowy można przedstawiać w dodatkowych rzutach i przekrojach cząstkowych, rysowanych zazwyczaj w powiększeniu. Norma Polska dopuszcza jednak narysowanie rzutów jednej części maszynowej na kilku arkuszach rysunkowych, jeżeli rzuty te zostaną odpowiednio oznaczone (rozdz. 2).

Wykonując rysunek wykonawczy bardzo małej części w powiększeniu, można narysować ten przedmiot w skali 1:1, wykorzystując do tego celu linię cienką i umieścić go w lewym dolnym rogu. Ułatwia to orientację co do rzeczywistej wielkości rysowanego elementu.

Rysunek wykonawczy powinien:

- przedstawiać część maszynową w liczbie rzutów niezbędnej do jednoznacznego określenia jej kształtu,
- zawierać wszystkie konieczne wymiary wraz z ewentualnymi tolerancjami,
- zawierać odchyłki kształtu i położenia (o ile są one wymagane),
- zawierać oznaczenia chropowatości powierzchni wraz z oznaczeniami żądanej kierunkowości struktury powierzchni i falistości w przypadku, gdy jest to niezbędne i może wpływać na zachowanie się elementu konstrukcyjnego (części maszynowej) w czasie eksploatacji,
- zawierać wymagania dotyczące obróbki cieplnej, wykańczającej (o ile jest to wymagane należy podać także twardość rysowanej części maszynowej według HB lub HRC).

Przykładowe rysunki wykonawcze części maszynowych prezentują rysunki 9.1 i 9.2.

Wskazówki dotyczące przedstawiania części maszyn w postaci rzutów, widoków, przekrojów, półwidoków, półprzekrojów itp. zostały omówione w rozdziale 2 i 3. Wymiarowanie na rysunkach wykonawczych powinno być zgodne z Polską Normą. Podstawowe zasady wymiarowania, których należy przestrzegać wykonując rysunki wykonawcze, zaprezentowano w rozdziale 4. Przykładowe rysunki wykonawcze wałów, osi, kół zębatych, elementów spawanych zaprezentowano odpowiednio w rozdziałach 6, 7 i 8.

Obok rysowania wałów i kół zębatych, w czasie projektowania reduktorów często sporządza się także rysunki wykonawcze kadłubów lub pokryw, które powszechnie określa się mianem **korpusów**. Mogą to być płyty, pokrywy, głowice, skrzynie, bloki itp. Elementy te zazwyczaj są odlewami, chociaż mogą być odkuwkami lub konstrukcjami spawanymi. Sporządzanie rysunków wykonawczych części klasy korpus opiera się na zasadach zaprezentowanych w poprzednich rozdziałach (rozdz. 3 i 4). Najważniejszą cechą tych części maszynowych jest ogromne zróżnicowanie kształtów geometrycznych, które należy wiernie odzwierciedlić na rysunku wykonawczym. Z reguły w korpusach występują liczne otwory, ścianki, występy, wgłębienia, nadlewy itp., których zasady rysowania omówiono w poprzednich rozdziałach.

Opracowując rysunek wykonawczy części klasy korpus, należy:

- ✓ dokładnie określić kształt zewnętrzny i wewnętrzny rysowanego elementu,
- ✓ zauważyć i określić ewentualne osie symetrii głównej i symetrii lokalnej,
- ✓ ustalić położenie dogodnie do wykonywania głównych operacji obróbkowych,
- ✓ określić liczbę i rodzaje rzutów, widoków i przekrojów,
- ✓ dokonać wyboru położenia przedmiotu w rzucie głównym,
- ✓ zarysy wewnętrzne odzwierciedlić w przekrojach (ewentualnie półprzekrojach),
- ✓ unikać powtórnego odwzorowywania takich samych zarysów wewnętrznych i zewnętrznych,
- ✓ w przypadku drobnych elementów i szczegółów wykorzystywać kłady miejscowe i przekroje cząstkowe, które można rysować w powiększeniu, co zwiększa czytelność rysunku,
- ✓ obrać trzy bazy wymiarowe (obróbkowe), ze względu na fakt, że część klasy korpus jest elementem przestrzennym (trójwymiarowym),

- ✓ główne kształty części opisywać wymiarami prowadzonymi od baz wymiarowych (ewentualnie obróbkowych),
- ✓ obrać za bazy wymiarowe duże obrabiane powierzchnie, płaszczyzny lub osie i płaszczyzny symetrii,
- ✓ zwymiarować rysunek w taki sposób, aby on był czytelny i nie zamazywał informacji o tolerancjach wymiarów, tolerancjach kształtu i położenia oraz chropowatości.

Przykładowy rysunek wykonawczy części klasy korpus zaprezentowano na rysunku 9.3.

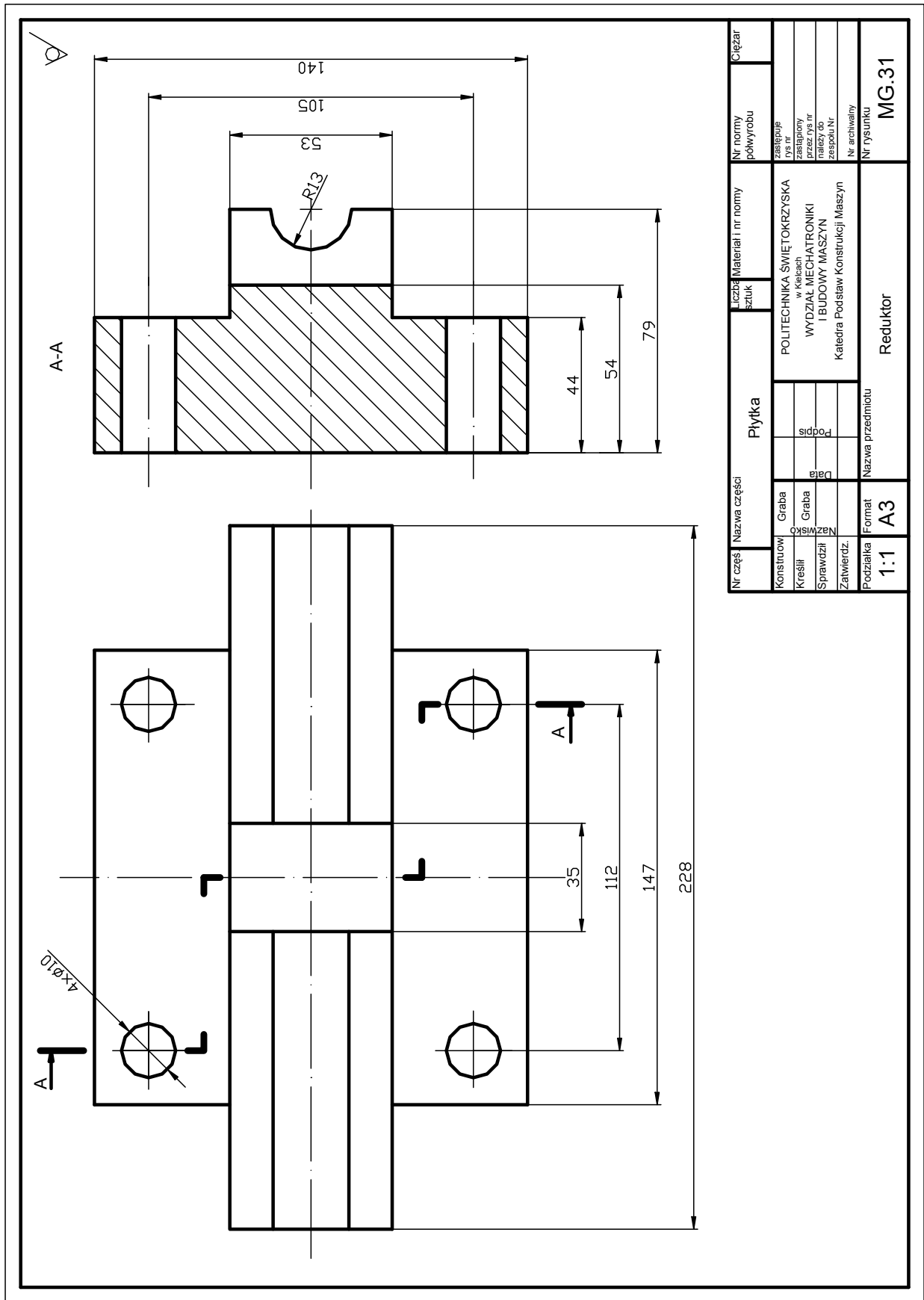
Wykonując rysunki wykonawcze należy pamiętać o podaniu wszelkich informacji dodatkowych, jeżeli tylko są one wymagane. Mogą to być informacje o przygotowaniu do obróbki zgrubnej lub obróbki wykańczającej. Jeżeli rysowana część ma być obrabiana wspólnie z innym elementem, to informację taką należy umieścić na rysunkach wykonawczych obu elementów.

Sporządzając rysunki wykonawcze kilku takich samych części, różniących się wymiarami, można wykonać jeden rysunek wykonawczy, który będzie sparametryzowany (oznacza to symbole i litery zamiast liczb wymiarowych). Wówczas odpowiednie wymiary należy zamieścić w dodatkowej tabelce, narysowanej obok rysunku lub na oddzielnym i odpowiednio oznaczonym arkuszu (zazwyczaj formatu A4).

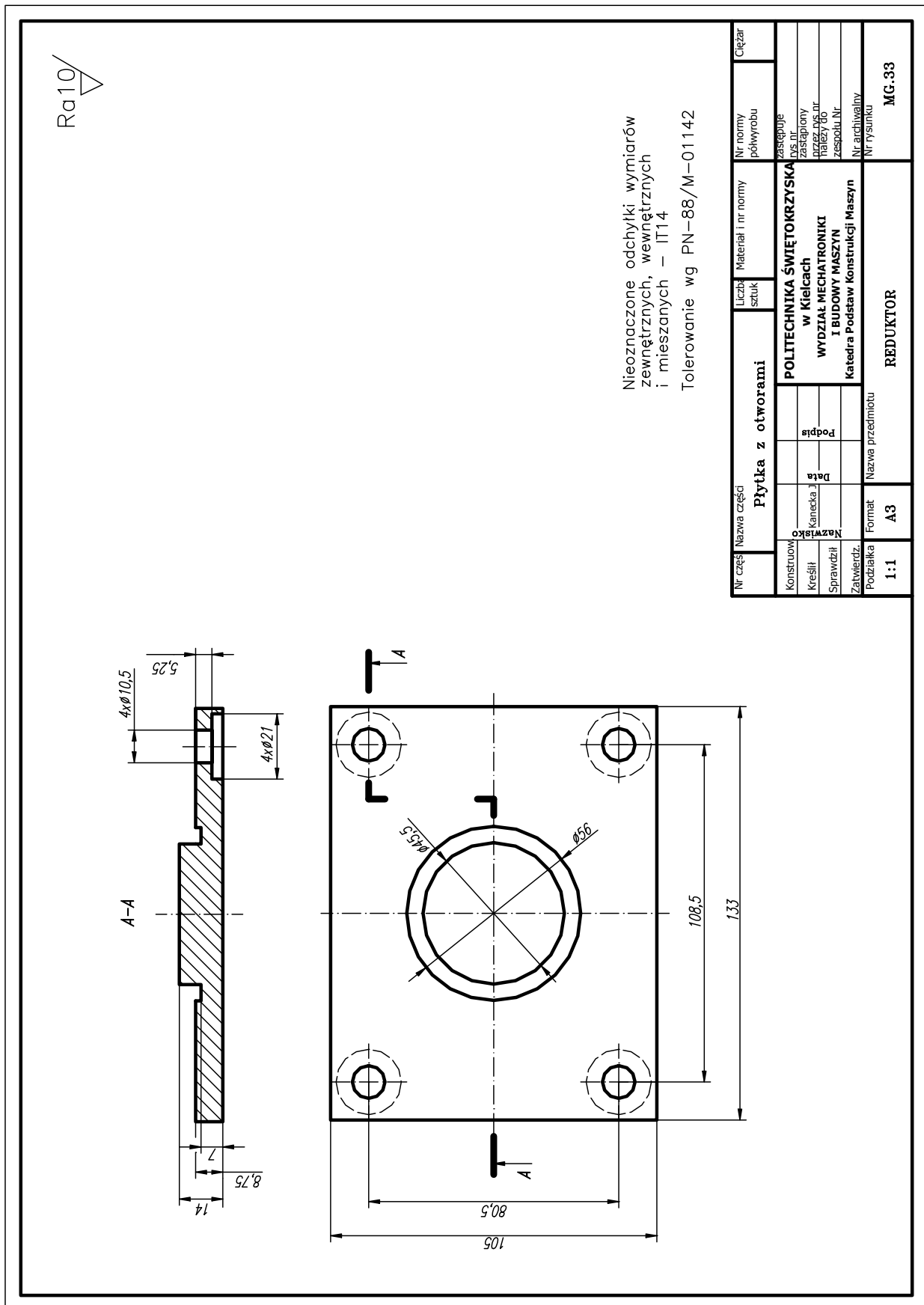
Rysunki wykonawcze części znormalizowanych (śrub, nakrętek, kołków) oraz znormalizowanych sprawdzianów, narzędzi i przyrządów sporządza się jako **rysunki bezwymiarowe**, które potocznie określa się mianem „rysunków ślepych”. Można jedynie na rysunku takim podać numer normy, która reguluje wymiary, kształt i zasady rysowania takich części. Wymiary części znormalizowanych odczytuje się zazwyczaj ze specjalnie przygotowanych do tego tablic, po czym można je wpisać dopiero na odbitki, aby uniknąć sporządzania wielu takich samych rysunków. Rysunki bezwymiarowe nie są sporządzone w żadnej podziałce, co należy zaznaczyć odpowiednim komentarzem. Należy jednak pamiętać o zachowaniu odpowiednich proporcji wymiarowych, aby rysunek był czytelny i łatwy do analizy.

Sporządzając rysunki wykonawcze części wykonanych z blachy można narysować jeden rzut na płaszczyznę, który odzwierciedla wszelkie kształty elementu, podając na odnośniku w odpowiedni sposób wymiar grubości, poprzedzony znakiem mnożenia.

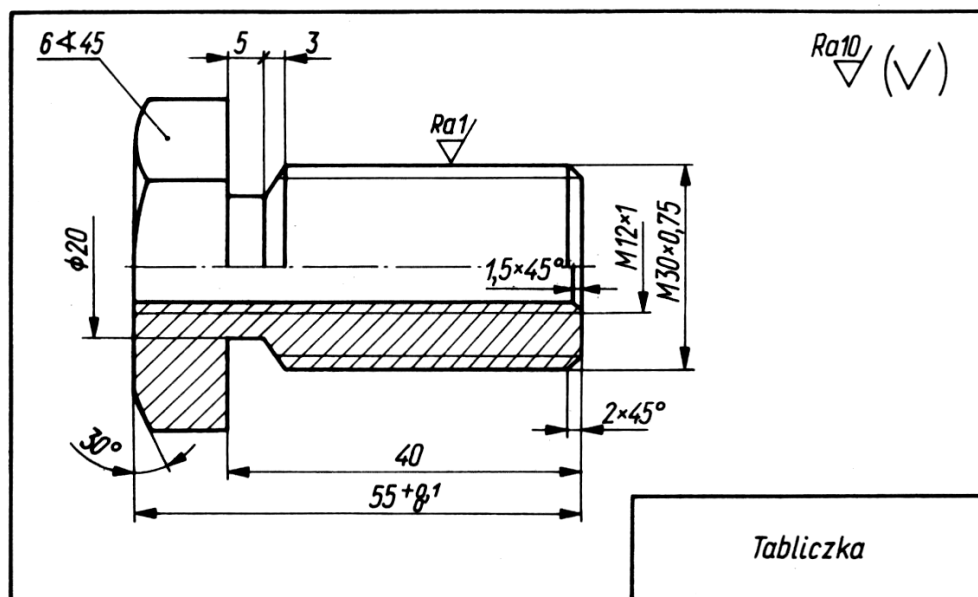
Rysunki wykonawcze części gwintowych opiera się na zasadach przedstawionych w rozdziale 5. Zazwyczaj w budowie maszyn stosuje się znormalizowane elementy gwintowe, które dobiera się na podstawie Polskich Norm lub przedstawia się w formie „rysunków ślepych”. W przypadku, gdy należy narysować element gwintowy, który nie jest znormalizowany, stosuje się wszelkie omówione powyżej zasady rysunku technicznego, pamiętając o podaniu chropowatości powierzchni i (o ile jest to wymagane) o podaniu tolerancji wymiarów i tolerancji kształtu i położenia. Przykład rysunku wykonawczego nieznormalizowanej części maszynowej z gwintem zaprezentowano na rysunku 9.4.



Rys. 9.1. Rysunek wykonawczy części maszynowej.



Rys. 9.2. Rysunek wykonawczy części maszynowej.



Rys. 9.4. Rysunek wykonawczy maszynowej z gwintem [7].

9.2. Rysunki złożeniowe – wiadomości ogólne

Rysunek złożeniowy może dotyczyć całego wyrobu, maszyny, urządzenia lub jednego z zespołów należących do wyrobu (**rysunek zespołu**) lub jednego z podzespołów (**rysunek podzespołu**). Spotykane w projektowaniu rysunki złożeniowe są mniej lub bardziej szczegółowe, co uzależnione jest od wielkości wyrobu, ilości części składowych, podziałki rysunku itp.

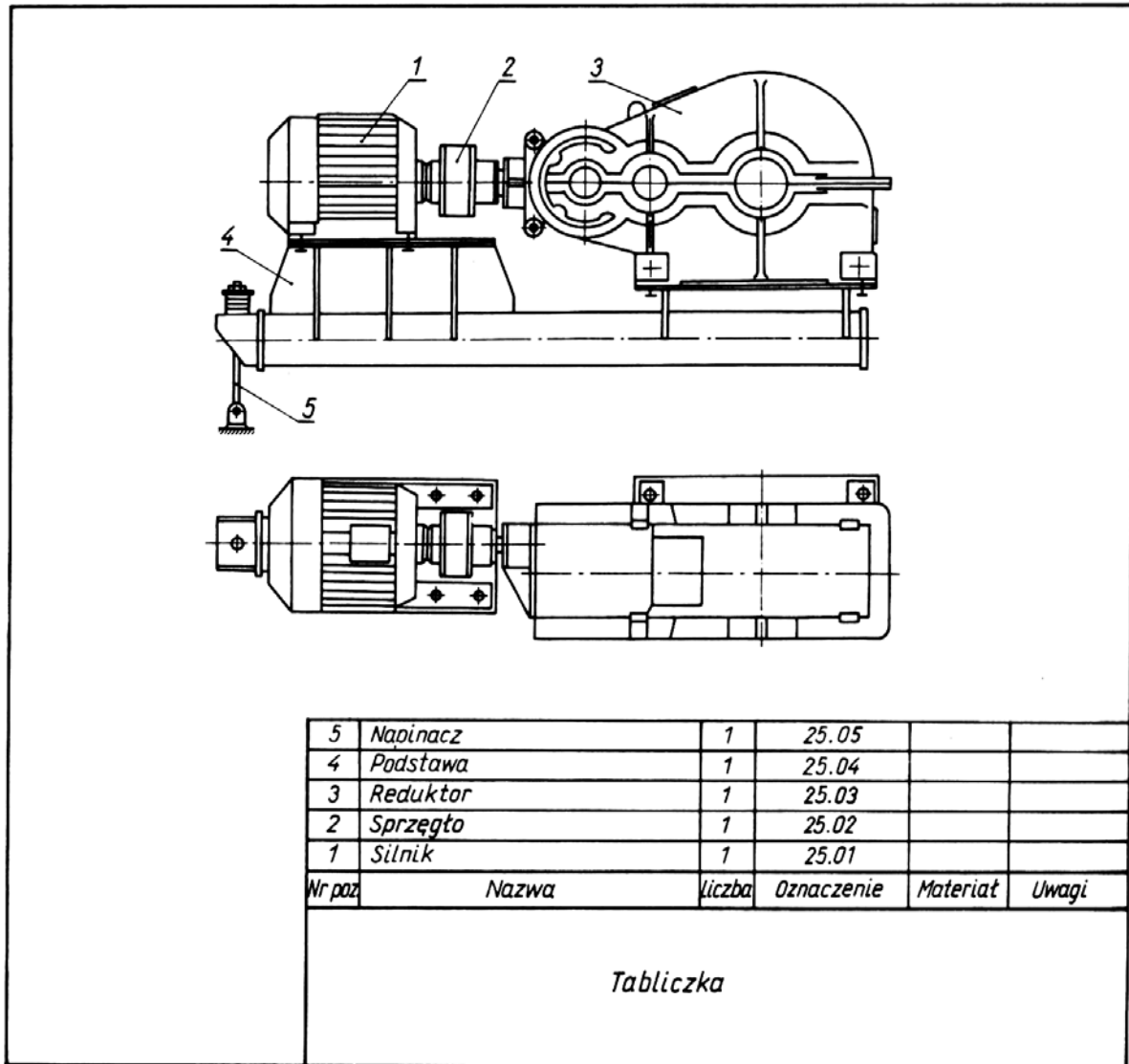
Wyroby o dużych gabarytach i o skomplikowanej budowie (np. maszyny robocze, samochody, ciągniki) na rysunkach złożeniowych przedstawiane są w postaci głównych zespołów odpowiednio usytuowanych wraz z ogólnym wyglądem wyrobu. Szczegóły budowy przedstawia się natomiast na rysunkach kolejnych zespołów (rzędu pierwszego, drugiego itd.) i podzespołów.

Rysunki złożeniowe można uzupełnić dodatkowo rysunkami schematycznymi napędów, instalacji, układów, co często zwiększa czytelność i ułatwia zrozumienie zasad działania rysowanego urządzenia. Można również dołączyć do nich rysunki montażowe czy też fundamentowe, co niekiedy okazuje się niezwykle pomocne w czasie eksploatacji urządzenia.

Najczęściej sporządzanymi rysunkami złożeniowymi są rysunki imadła, zaworów, pomp, silników, reduktorów, podnośników, zbiorników ciśnieniowych i sprzęgieł. Ten zakres rysunków jest ściśle związany z wykładem Podstaw Konstrukcji Maszyn, prowadzonym na wyższych uczelniach technicznych. Rzadziej wykonuje się rysunki obrabiarek czy samochodów.

Wśród rysunków złożeniowych wyróżnić można:

- ✓ **rysunki złożeniowe o skomplikowanej budowie**, czyli o wyższym poziomie strukturalnym, przedstawiające wzajemne usytuowanie zespołów danego wyrobu wraz z ich kształtem (rys. 9.5),
- ✓ **rysunki zestawu elementów**, prezentujące wyroby złożone z małej liczby części; rysunki te przedstawiają wszystkie poszczególne części, ich wymiary, wyróżnienia identyfikacyjne i informacje, dotyczące wykonania poszczególnych elementów (rys. 9.7),
- ✓ **rysunki złożeniowe ogólne**, przedstawiające wyroby o przeciętnym stopniu złożoności i komplikacji; rysunki te obrazują urządzenia w całości i zawierają wszystkie zespoły i części w takiej podziałce, aby można było je graficznie przedstawić i odczytać,
- ✓ **rysunki podzespołu**, będące rysunkami o niższym poziomie strukturalnym, przedstawiającymi ograniczoną liczbę części; rysunki te wynikają z podziału skomplikowanych zespołów (samochodu, obrabiarki, dźwigu, itp.) na mniejsze podzespoły.



Rys. 9.5. Rysunek złozeniowy wyrobu maszynowego o wyższym poziomie strukturalnym na przykładzie napędu przenośnika [7].

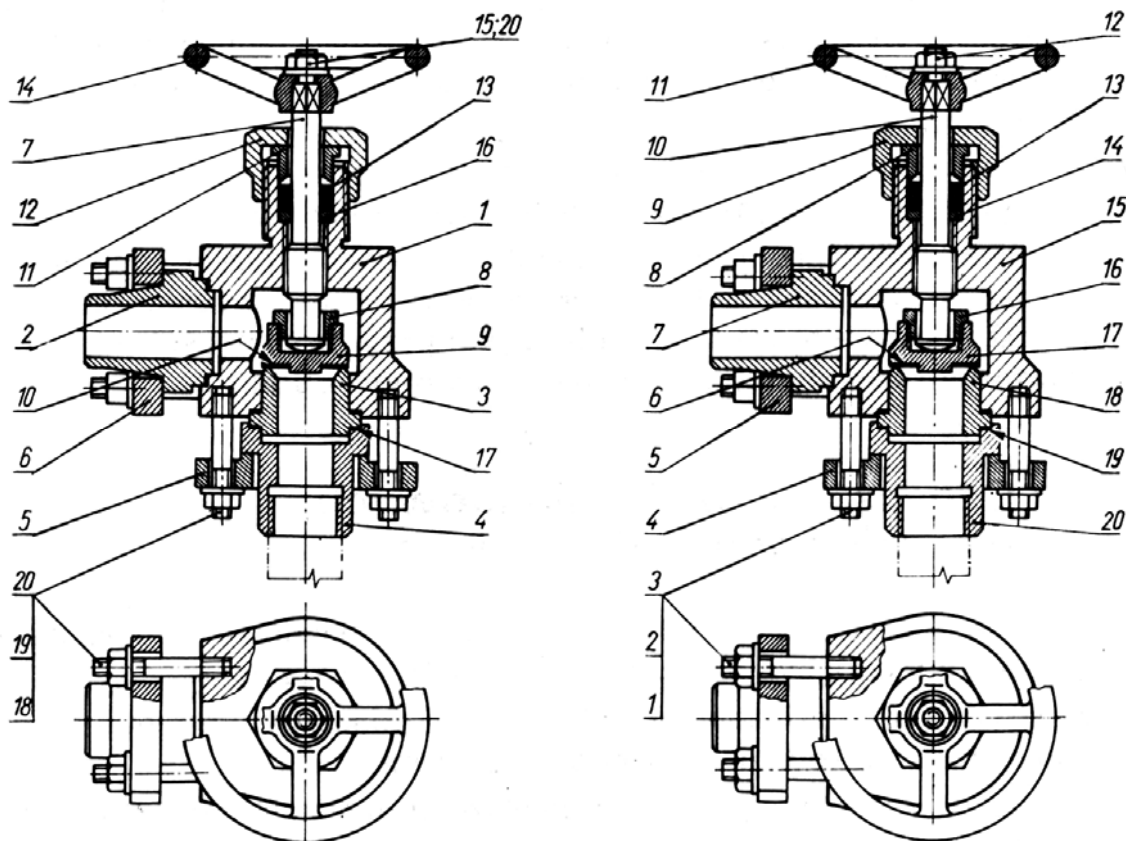
Rysunek złozeniowy zespołu maszynowego lub wyrobu o względnie prostej budowie powinien spełniać następujące *cechy*:

- przedstawiać w rzucie głównym wyrób lub urządzenie w położeniu użytkowym,
- w rzucie głównym odzwierciedlać przede wszystkim budowę całego wyrobu – pozostałe rzuty traktowane są jako pomocnicze i uzupełniają informacje na temat budowy wyrobu,
- przedstawiać wszystkie części tworzące wyrób, ich wzajemne położenie, zastosowane połączenia itp.,
- zawierać wykaz części, które powinny być oznaczone zgodnie z tym wykazem,
- umożliwiać odczytanie budowy i zasady działania wyrobu lub urządzenia.

Na rysunkach złozeniowych nie podaje się wymiarów szczegółowych poszczególnych części lub całego wyrobu. Można podać jedynie wymiary gabarytowe, które są charakterystyczne dla całego wyrobu bądź danego podzespołu. Wykonując rysunek złozeniowy nie odzwierciedla się szczegółów konstrukcyjnych poszczególnych części składających się na wyrób. Nie rysuje się zatem ściąg, zaokrągleń, podtoczeń, podcięć, nakielków, otworów zmniejszających ciężar itp. Nie można również rysować dodatkowych rzutów, widoków i przekrojów, które miałyby odzwierciedlać charakterystyczne kształty lub jakieś szczegóły konstrukcyjne. Rzuty te mogą znaleźć zastosowanie przy wykonywaniu rysunków wykonawczych kolejnych części składających się na wyrób lub urządzenie.

Liczbę rzutów (względnie widoków i przekrojów) na rysunku złożeniowym ogranicza się do minimum, w celu zachowania podstawowych cech rysunku złożeniowego – przedstawienia wszystkich części przy możliwości odczytania budowy i zasady działania narysowanego wyrobu lub urządzenia.

Zgodnie z Polską Normą PN-80/N-01609 części składowe wyrobu na rysunkach złożeniowych muszą być oznaczone (rys. 9.6), przy czym należy pamiętać, że oznacza się je numerami pozycji, numerami rysunków lub w inny sposób. Ważne jest, aby numeracja była zgodna z wykazem części, umieszczanym nad tabliczką rysunkową lub na oddzielnym arkuszu.



Rys. 9.6. Oznaczenie części składowych na rysunkach złożeniowych na przykładzie zaworu: a) numeracja dowolna – od elementu największego do najmniejszego; b) numeracja według określonej reguły wg PN-80/N-01609 [7, 23].

Oznaczenia umieszcza się poza zakresem prezentowanego wyrobu nad półką linii odniesienia rysowanej linią cienką, która ma być równoległa do tabliczki rysunkowej. Wskazane jest, aby oznaczenia wraz z półkami grupować w wierszach lub kolumnach. Każde oznaczenie należy umieścić tylko jeden raz. Wyjątki można stosować do dwóch takich samych części składowych, o ile nie zaciemni to rysunku i stanie się pomocne przy jego czytaniu.

Prowadzone do półek linii odniesienia kreśli się linią cienką, którą doprowadza się do widoku, przekroju lub rzutu części składowej i zakańcza się ją kropką. Unikać należy przecinania się linii odniesienia oraz ich wielokrotnego załamania. Linię odniesienia można załamać tylko jeden raz. Kreśląc linii odniesienia należy zwrócić uwagę na fakt, aby przecinały one (o ile jest to możliwe) jak najmniej innych części, do których się nie odnoszą. Norma Polska dopuszcza stosowanie jednej linii odniesienia dla kilku części złącznych występujących w połączeniu. Przykładem może tu być połączenie śruba – podkładka – nakrętka.

Ważna jest także wysokość oznaczeń, którymi zazwyczaj są kolejne liczby naturalne (1, 2, 3, ...). Wielkość pisma oznaczeń powinna być o jeden wymiar pisma większa od wysokości liczb wymiarowych przyjętych i wykorzystywanych na rysunku złożeniowym.

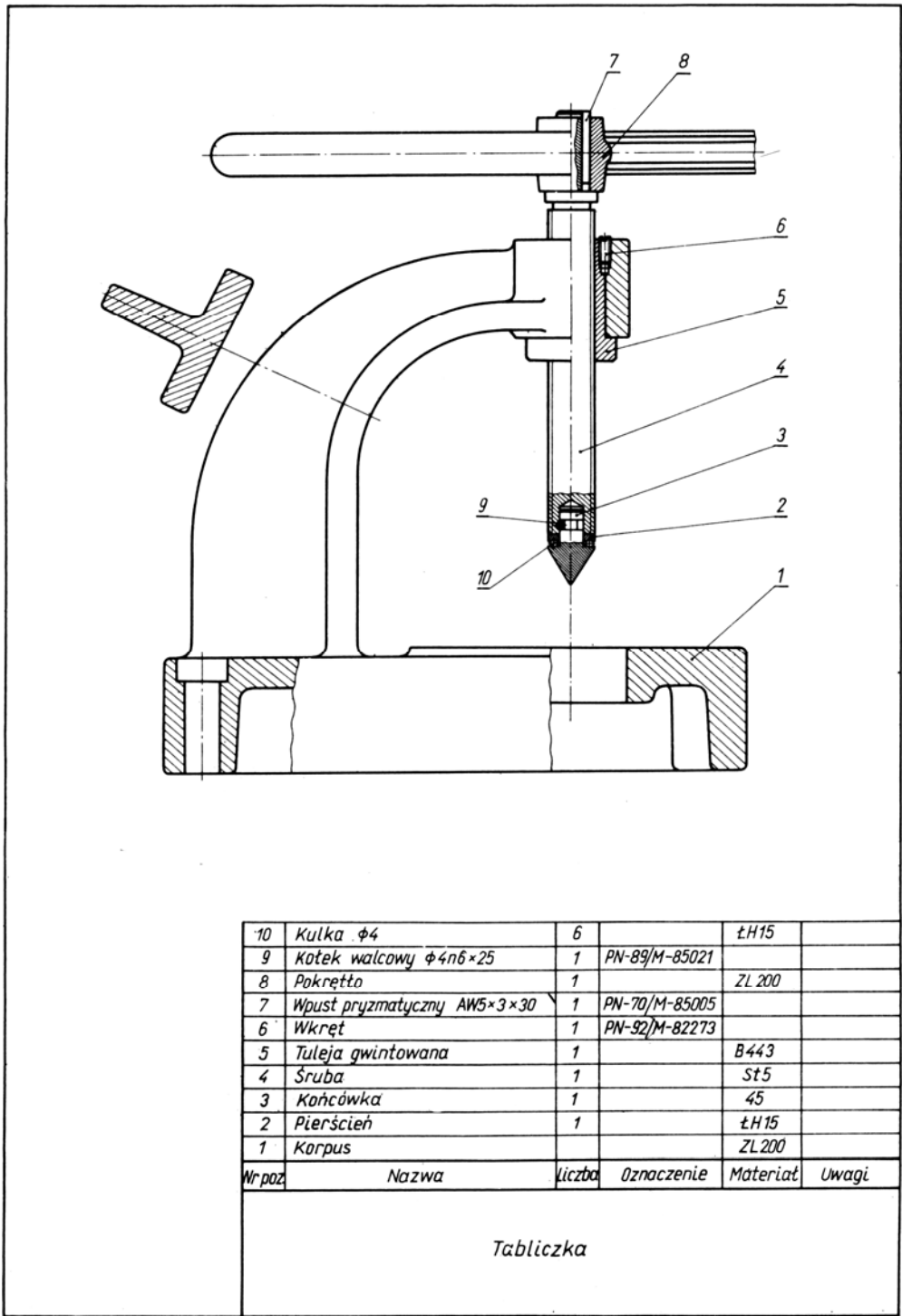
Wykaz części na rysunku złożeniowym, zgodnie z Polską Normą PN-85/M-01121, powinien mieć formę tablicy, w której linie obramowania i pionowe linie, oddzielające poszczególne kolumny, są liniami ciągłymi grubymi. Wykaz umieszcza się bezpośrednio nad podstawową tabliczką rysunkową lub sporządza się go na oddzielnych arkuszach formatu A4.

Wykaz części rozpoczyna się nagłówkiem (rys. 9.7 i 9.8). Kolejne jego kolumny powinny zawierać następujące **informacje o części składowej wyrobu** prezentowanego na rysunku złożeniowym:

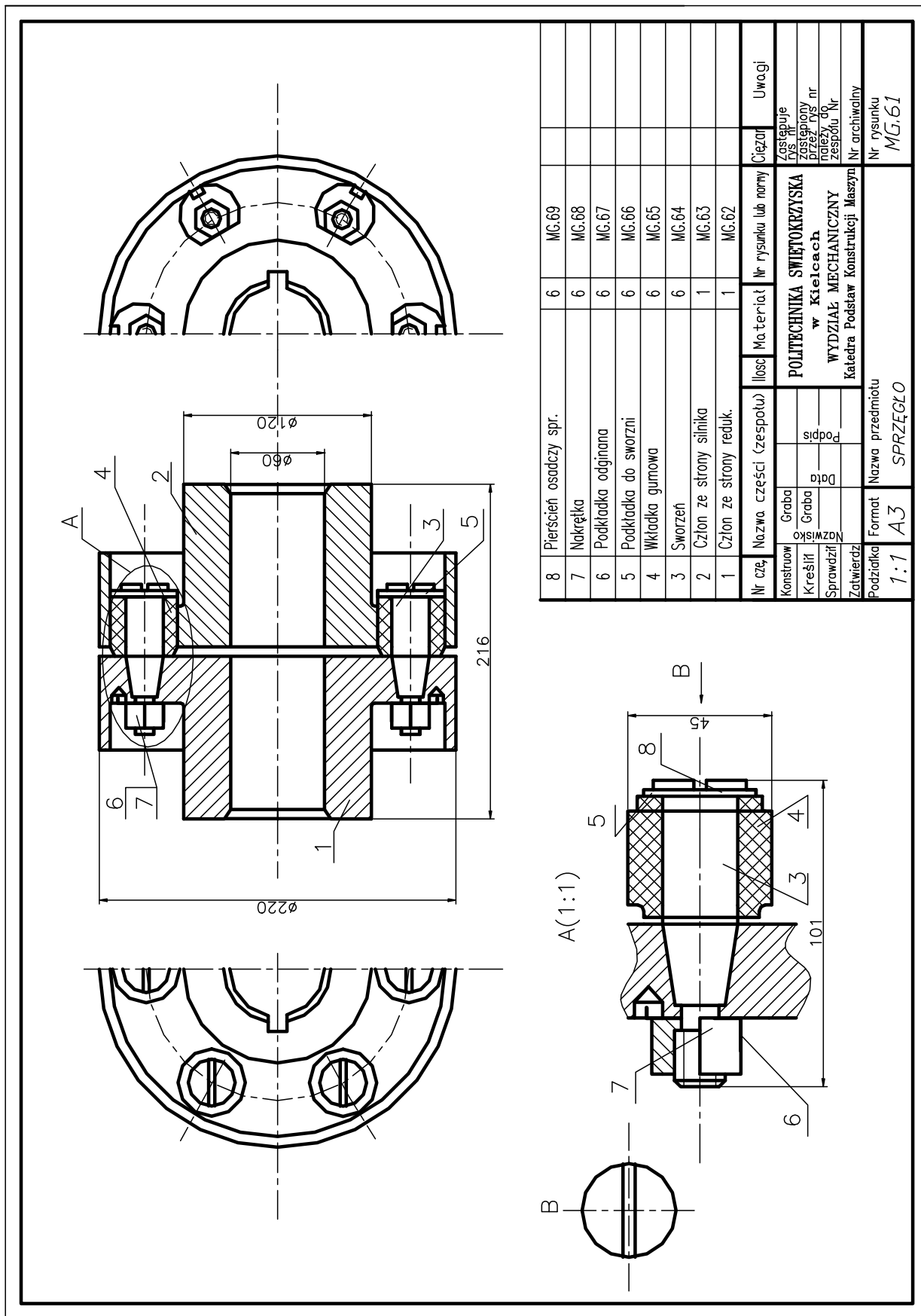
- ✓ **Nr pozycji** lub **Nr części**, czyli numer części lub zespołu, jakim są one oznaczone na rysunku złożeniowym,
- ✓ **Nazwę części** lub **Nazwę zespołu**, a w przypadku przedmiotów i elementów znormalizowanych ich oznaczenie według normy podmiotowej,
- ✓ **Liczbę sztuk** lub **Liczbę zespołów** niezbędnych do zmontowania jednego przedmiotu (wyrobu) prezentowanego na rysunku złożeniowym,
- ✓ **Oznaczenie** lub **Nr rysunku** lub **Nr normy**, czyli dane identyfikujące daną część składową wyrobu,
- ✓ **Materiał**, czyli wyszczególnienie gatunku i rodzaju materiału według odpowiednich norm,
- ✓ **Ciężar**, czyli masę części składowej,
- ✓ **Uwagi**, czyli miejsce na informacje dodatkowe.

Wykaz uzupełnia się w kierunku od tabliczki rysunkowej ku górze arkusza, o ile jest on umieszczony bezpośrednio na rysunku złożeniowym nad podstawową tabliczką rysunkową. W przypadku, gdy znajduje się on na oddzielnym arkuszu, wypełnia się go zaczynając od nagłówka umieszczonego u góry arkusza w kierunku podstawowej tabliczki rysunkowej, która powinna znaleźć się na arkuszu dodatkowym (tak jak na każdym rysunku technicznym), a w której w polu **Nazwa przedmiotu** należy wpisać **Wykaz części do rysunku nr ...**

Rysunki 9.5, 9.7 i 9.8 prezentują przykładowe rysunki złożeniowe o jednym typie wykazu części. Natomiast rysunki 9.9 – 9.11 prezentują przykładowe rysunki złożeniowe z podstawową tabliczką rysunkową i wykazem części, które są stosowane w projektowaniu w Katedrze Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej.



Rys. 9.8. Rysunek złozeniowy prasy śrubowej [7].



Rys. 9.10. Rysunek złożeniowy sprzęgła tarczowego sworzniowego.

