

24.1. Rodzaje obróbki skrawaniem

Obróbka skrawaniem to metoda obróbki materiału polegająca na częściowym usuwaniu go za pomocą narzędzi skrawających i ściernych w celu nadania obrabianym elementom wymaganych wymiarów, kształtu i jakości powierzchni.

W procesie obróbki skrawaniem usuwa się z przedmiotu tzw. **naddatek obróbkowy**, czyli zbędną warstwę materiału (ryc. 24.1). Służą do tego narzędzia, których twardość jest większa od obrabianego elementu.



Ryc. 24.1. Obróbka skrawaniem

Rozróżnia się dwa podstawowe rodzaje obróbki skrawaniem. Są to:

- **obróbka wiórowa** – jest wykonywana narzędziem skrawającym o ściśle zdefiniowanej liczbie i kształcie ostrzy, odpadami tej obróbki są wióry,
- **obróbka ścierna** – jest realizowana za pomocą wielu ziaren ściernych o nieustalonej ściśle liczbie i kształcie ostrzy, odpadami tego rodzaju obróbki są w większości wióry niewidoczne nieuzbrojonym okiem i pył.

Czy wiesz, że...

Już w epoce kamienia stosowano materiały ściernie, cięto kamień i wiercono w nim otwory, jednak przez długi czas rozwijała się jedynie ręczna obróbka skrawaniem. Dopiero w XVIII wieku zostały skonstruowane pierwsze obrabiarki: wiertarka (napędzana silnikiem parowym), tokarka, a w XIX wieku – m.in. frezarka i szlifierka. W połowie XX wieku wprowadzono obrabiarki sterowane numerycznie. Obecnie narzędzia i maszyny do obróbki skrawaniem stosuje się powszechnie i coraz częściej są one sterowane komputerowo.

Do najważniejszych sposobów obróbki wiórowej należą m.in. toczenie, frezowanie, wiercenie z pogłębianiem, rozwiercanie, gwintowanie i nawiercanie nakielków, przeciąganie i przepychanie. Wymienione sposoby obróbki wymuszają różnorodność **narzędzi skrawających**, którymi są m.in. noże tokarskie, frezy, wiertła, piły. Ze względu na dokładność obróbki, a także na chropowatość powierzchni obrabianej, narzędzia te dzieli się na stosowane **do obróbki zgrubnej** (zdzieraki) oraz **do obróbki wykańczającej** (wykańczaki).

Obróbkę ścierną wykonuje się **narzędziami ściernymi**, np. szlifowanie, gładzenie i dogładzanie oscylacyjne, lub **luźnym ścierniwem** (ziarnami materiału ściernego określonej wielkości i o odpowiednich właściwościach skrawających), np. wygładzanie, docieranie, obróbkę ultradźwiękową, polerowanie ściernie.

Obróbka skrawaniem charakteryzuje się kilkoma parametrami technologicznymi. Są to:

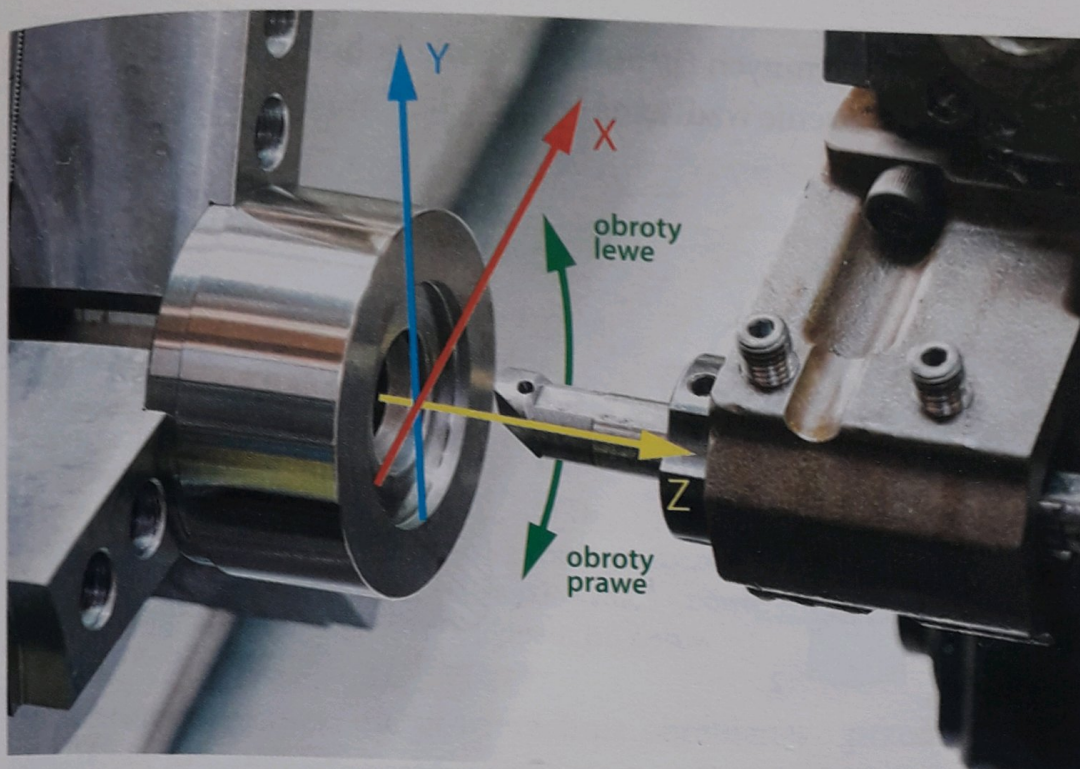
- **prędkość skrawania** – stosunek drogi do czasu, w którym narzędzie skrawające przesuwa się względem powierzchni obrabianego elementu w kierunku głównego ruchu roboczego (prędkość ta jest najczęściej mierzona w metrach na minutę),
- **głębokość skrawania** – głębokość warstwy materiału usuwanej podczas jednego przejścia narzędzia skrawającego (podawana w milimetrach),
- **posuw** – może być np. wzdłużny lub poprzeczny, w przypadku toczenia jest to przesunięcie narzędzia w czasie jednego obrotu.

Podobnie jak obróbka plastyczna, obróbka skrawaniem może być wykonywana ręcznie lub maszynowo. Obróbka ręczna uzupełnia obróbkę na odpowiednich maszynach roboczych. W pierwszej kolejności zostanie opisana stale unowocześniana obróbka maszynowa.

24.1.1. Toczenie

Toczenie to rodzaj wiórowej obróbki skrawaniem polegający na oddzieleniu od elementu obrabianego wykonującego ruch obrotowy warstwy materiału za pomocą noża tokarskiego.

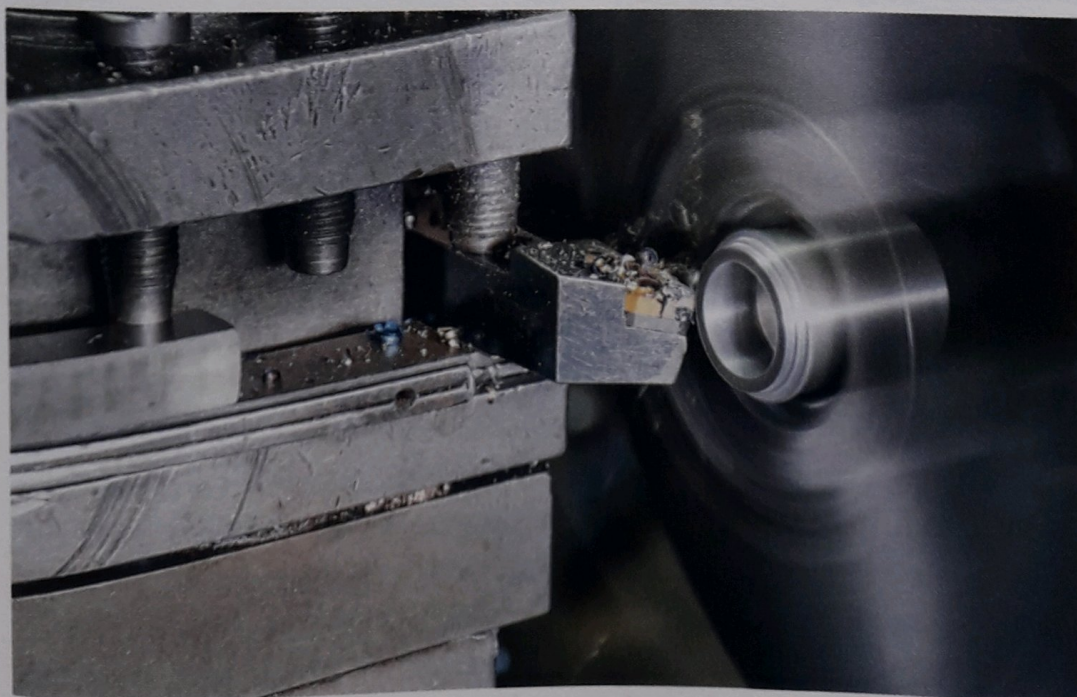
Ryc. 24.2 jest wizualizacją ruchu roboczego (obrotowego) obrabianego elementu i ruchu posuwowego (liniowego) narzędzi skrawających.



Ryc. 24.2. Ilustracja ruchu roboczego obrabianego elementu i ruchu posuwowego narzędzia w trakcie toczenia

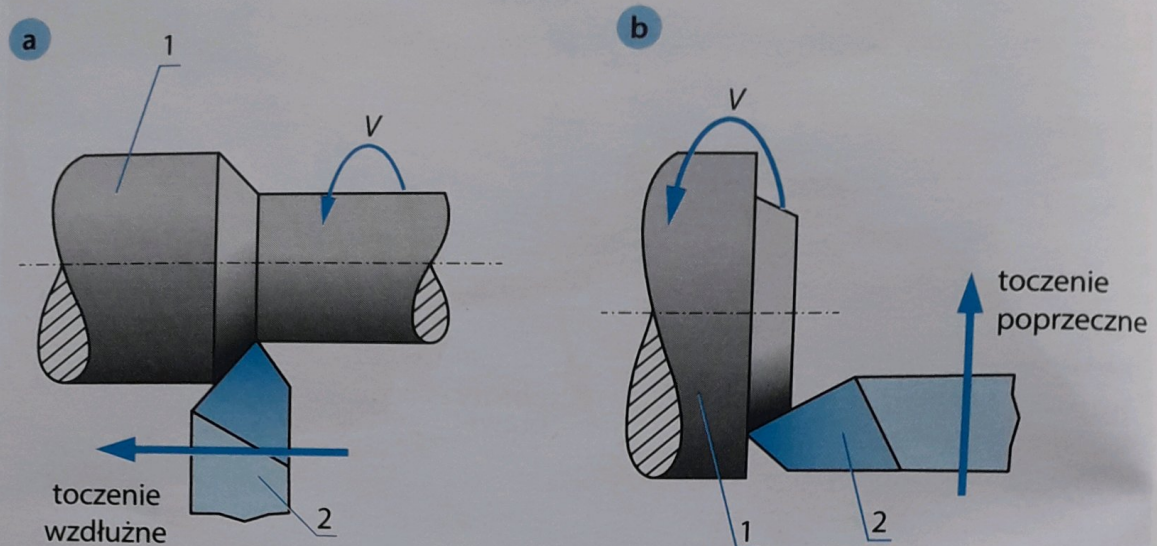
Rodzaje toczenia

W trakcie toczenia zamocowany w uchwycie przedmiot może mieć obrabiane powierzchnie zarówno zewnętrzne (ryc. 24.3), jak i wewnętrzne. Mogą to być powierzchnie prostoliniowe (walcowe lub stożkowe) lub krzywoliniowe (np. kuliste, elipsoidalne). Można też poddać toczeniu gwinty i ślimaki.



Ryc. 24.3. Usuwanie naddatku obróbkowego podczas toczenia

Zależnie od wzajemnych ruchów narzędzia i obrabianego przedmiotu rozróżnia się toczenie **wzdłużne** (ryc. 24.4a) i **poprzeczne** (ryc. 24.4b).



Ryc. 24.4. Rodzaje toczenia: (a) wzdłużne, (b) poprzeczne
1 – przedmiot obrabiany, 2 – nóż tokarski

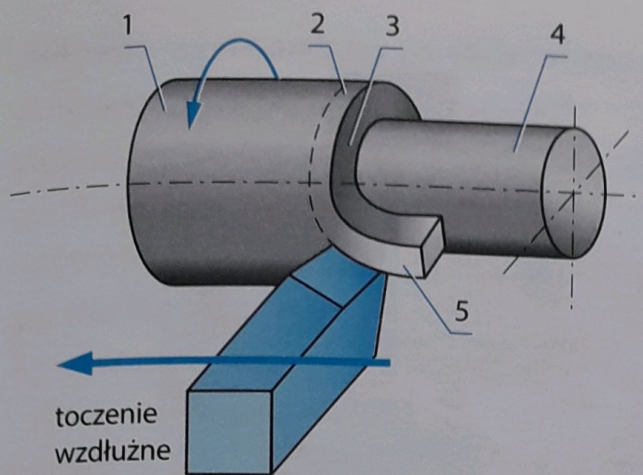
W celu wykonania określonego przedmiotu należy ustalić warunki skrawania. W pierwszej kolejności dobiera się nóż (noże), potem płyn chłodzący i jednocześnie smarujący, określa się liczbę przejść noża i głębokość skrawania, posuw, oblicza się składowe siły skrawania, szybkość skrawania i na koniec moc silników tokarki.

Noże tokarskie

Do obróbki powierzchni są używane noże tokarskie:

- **punktowe (ogólnego przeznaczenia)** – kształtują przedmiot w punkcie styku elementu z nożem, zwykle kształt obrabianej powierzchni nie zależy od kształtu i wielkości narzędzia,
- **kształtowe** – są przeznaczone do obróbki np. powierzchni krzywoliniowych, zarys krawędzi noża jest taki sam jak zarys obrabianego przedmiotu,
- **obwiedniowe** – kształt obrabianej powierzchni zależy od zarysu krawędzi noża oraz ustawienia przedmiotu względem narzędzia i ich ruchów.

Na ryc. 24.5 przedstawiono graficznie proces skrawania toczeniem na obrabiarce – tokarce. Materiał wyjściowy stanowi wałek zamocowany w szczękach uchwytu tokarskiego. Uchwyt wprawia wałek w ruch obrotowy, a dosunięty i zagłębiony w materiale nóż usuwa naddatek obróbkowy. Nóż jest przesuwany wzdłuż osi wałka zgodnie z kierunkiem wskazanym na rycinie.



Ryc. 24.5. Obróbka skrawaniem wałka za pomocą toczenia

1 – powierzchnia obrabiana, 2 – warstwa skrawana, 3 – powierzchnia skrawana, 4 – powierzchnia obrobiona, 5 – wiór (odpad), p – posuw

Po zakończeniu toczenia powierzchnia obrabianego przedmiotu ma określoną chropowatość. Można stosować obróbkę zgrubną, średnio dokładną, dokładną i bardzo dokładną. Do tych rodzajów obróbki są przypisane odpowiednie noże tokarskie.

Tokarki

Tokarka to urządzenie do obróbki skrawaniem służące głównie do toczenia, ale można też na tego rodzaju obrabiarkę wykonywać np. zabiegi wytaczania, wiercenia, rozwiercania i przecinania, a nawet – przy zastosowaniu dodatkowych przyrządów – zabiegi frezowania i szlifowania.

Rozróżnia się wiele rodzajów tokarek. Do najważniejszych zalicza się tokarki kłowe, tarczowe, karuzelowe, rewolwerowe, półautomatyczne i automatyczne (sterowane mechanicznie i – bardziej nowoczesne – sterowane numerycznie).

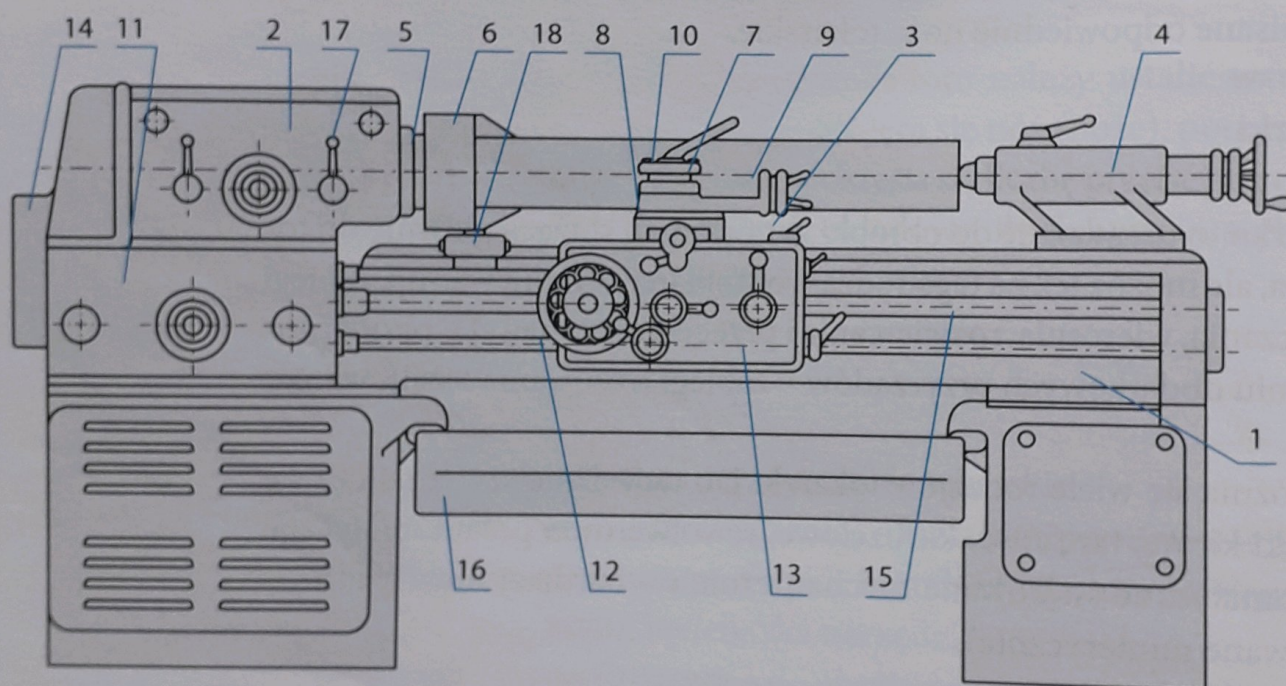
Podstawowym rodzajem tokarek jest **tokarka kłowa**, w której toczone przedmioty są zamocowane w kłach wrzeciona i konika (ryc. 24.6).

Głównymi podzespołami tokarki kłowej są: łożo (1), wrzeciennik (2), suport (3) i konik (4). We wrzecienniku jest osadzone wrzeciono (5), które nadaje obrabianemu przedmiotowi ruch obrotowy. Jeden koniec tego przedmiotu jest zamocowany w uchwycie szczękowym (6), a drugi – podparty kłami konika. Nóż tokarski zamocowany w imaku nożowym (7) przesuwany się razem z suportem po łożu. Posuw uzyskuje się za pośrednictwem skrzynki posuwów (11) za pomocą wałka pociągowego (12) i przekładni (13) w skrzynce suportowej. Śruba pociągowa (15) wymusza ruch posuwów poprzecznych.

a



b



Ryc. 24.6. Tokarka kłowa: (a) wygląd ogólny, (b) podzespoły tokarki

1 – łożo, 2 – wrzeciennik, 3 – suport, 4 – konik, 5 – wrzeciono, 6 – uchwyt szczękowy lub tarcza zabierakowa, 7 – imak nożowy, 8 – sanie poprzeczne, 9 – sanie narzędziowe, 10 – obrotnica, 11 – skrzynka posuwów, 12 – wałek pociągowy, 13 – przekładnia w skrzynce suportowej, 14 – przekładnia gitarowa, 15 – śruba pociągowa, 16 – wanna na wióry, 17 – odbocznka, 18 – zderzak

Rozróżnia się tokarki kłowe:

- **uniwersalne** – są wyposażone w wałek pociągowy i śrubę pociągową, wykonują wszystkie operacje tokarskie łącznie z gwintowaniem,
- **produkcyjne** – różnią się od uniwersalnych tym, że nie mają śruby pociągowej (do toczenia gwintów), są też od nich szybsze, wykonują wszystkie operacje tokarskie oprócz gwintowania,

- **stołowe** – są ustawiane na stole, służą do wykonywania drobnych, ale dokładnych operacji tokarskich,
- **ciężkie** – o maksymalnej średnicy toczenia do 4 m i rozstawie kłków do 20 m, przeznaczone do toczenia przedmiotów o dużej masie, umożliwiają toczenie zgrubne i wykańczające, gwintowanie, toczenie stożków i wytaczanie otworów, a po zastosowaniu dodatkowego oprzyrządowania – frezowanie, wiercenie i szlifowanie.

Kolejnym rodzajem tokarek jest **tokarka tarczowa** (ryc. 24.7a). Ma ona dużą tarczę uchwytową osadzoną na wrzecionie o osi poziomej. Jest przeznaczona do obróbki przedmiotów płaskich o dużej średnicy.

Tokarka karuzelowa (ryc. 24.7b), w przeciwieństwie do tokarki tarczowej, ma poziomą tarczę (stół obrotowy) osadzoną na wrzecionie o osi pionowej. Również służy do obróbki przedmiotów o dużej średnicy i względnie małej wysokości, ale mogą to być elementy bardzo ciężkie (do 200 t). Zamocowanie przedmiotu na takiej tokarce jest łatwiejsze i bezpieczniejsze niż na tokarce tarczowej, a obróbka – dokładniejsza.

Tokarka rewolwerowa (ryc. 24.7c), nazywana też **rewolwerówką**, jest wyposażona w głowicę rewolwerową, na której są umieszczone różne narzędzia (np. noże, gwintowniki) w kolejności ich użycia podczas obróbki. Przesunięcie głowicy, a jednocześnie zmiana narzędzia obrabiającego następuje automatycznie. Tokarki rewolwerowe są przeznaczone do zgrubnej i dokładnej obróbki przedmiotów o złożonych kształtach.

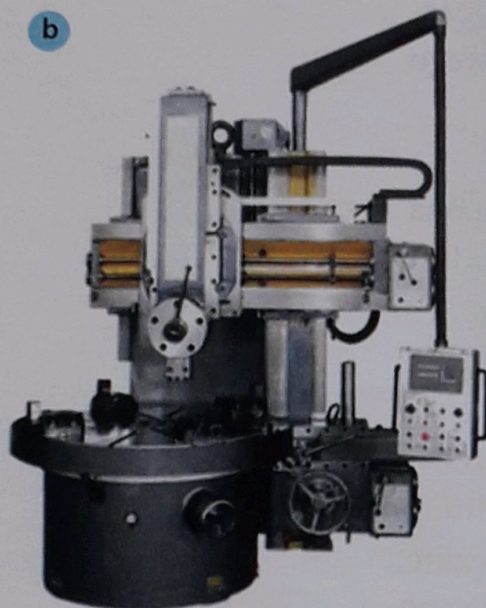
Tokarka półautomatyczna, nazywana też **półautomatem tokarskim** (ryc. 24.7d), to obrabiarka, która samoczynnie wykonuje obróbkę danego przedmiotu. Po zakończeniu pracy zatrzymuje się i człowiek obsługujący to urządzenie ma za zadanie zdjąć obrobiony element konstrukcyjny, zamocować w uchwycie nowy i uruchomić kolejny cykl obróbki.

Tokarka automatyczna, nazywana też **automatem tokarskim** (ryc. 24.7e), to obrabiarka, która po odpowiednim ustawieniu mechanizmu sterującego nieprzerwanie powtarza cały cykl obróbki przedmiotu wraz z odmocowaniem obrobionego i zamocowaniem kolejnego elementu. Po wyczerpaniu zapasu materiału tokarka zatrzymuje się, a obsługujący ją człowiek uzupełnia go i ponownie uruchamia maszynę. W tokarce automatycznej cykl toczenia następuje dzięki mechanicznemu układowi sterowania. Coraz częściej jednak są stosowane tokarki ze sterowaniem numerycznym (NC), zwłaszcza komputerowym (CNC), o których będzie mowa w dalszej części rozdziału.

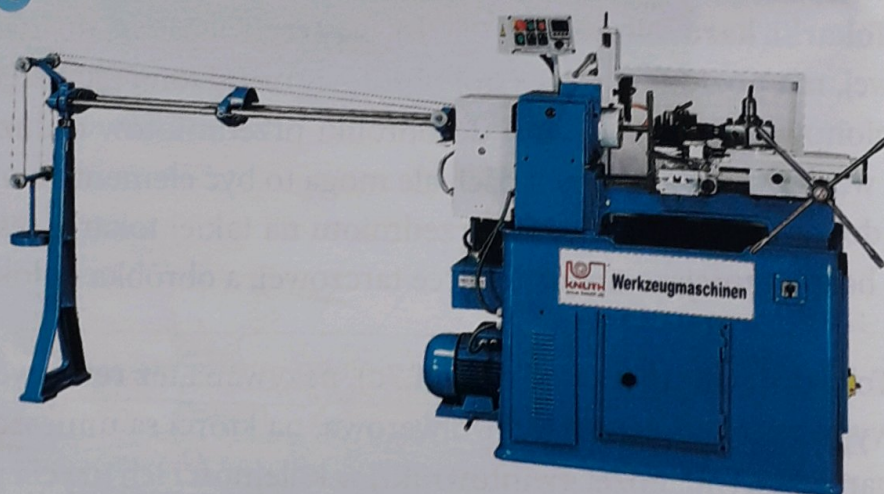
a



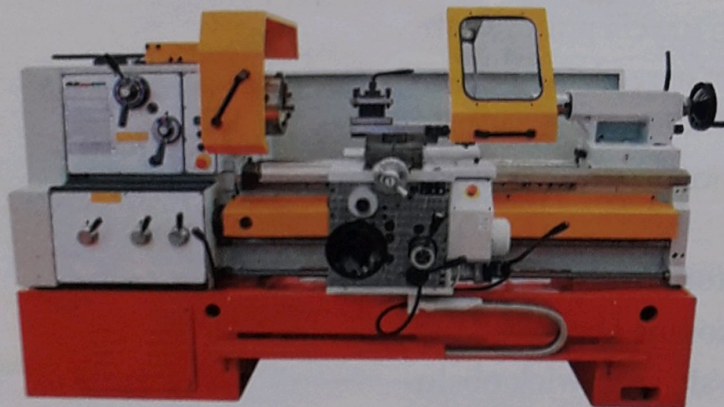
b



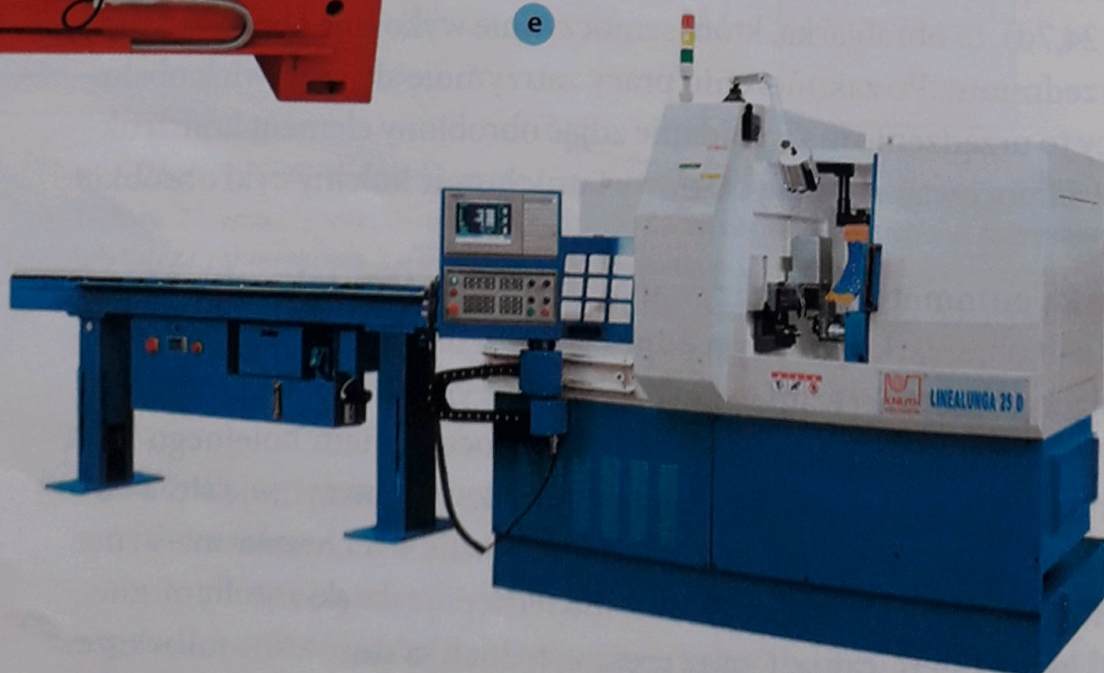
c



d



e



Ryc. 24.7. Rodzaje tokarek: (a) tarczowa, (b) karuzelowa, (c) rewolwerowa, (d) półautomat tokarski, (e) automat tokarski