



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



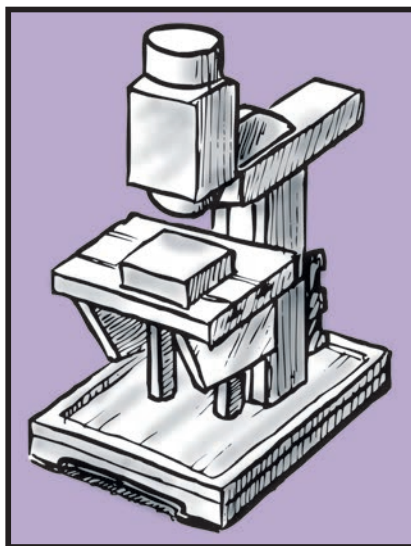
MINISTERSTWO
EDUKACJI
NARODOWEJ

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Priorytet III- Wysoka jakość systemu oświaty, Poddziałanie 3.3.2. Efektywny system kształcenia i doskonalenia nauczycieli

Zeszyt naukowy nr 7/2011



PRAKTYCZNE ZASTOSOWANIA INFORMATYKI W KSZTAŁCENIU ZAWODOWYM

Wybrał opracował:
Paweł Krawczak



Wyższa Szkoła Ekonomiczno-Humanistyczna
im. prof. Szczepana A. Pieniążka w Skierniewicach
Wydział Pedagogiczny

www.profesjonalnynauczyciel.pl



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



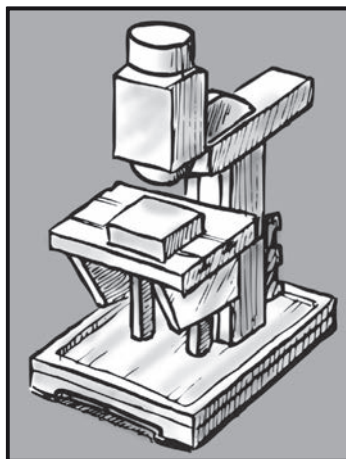
MINISTERSTWO
EDUKACJI
NARODOWEJ

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Priorytet III- Wysoka jakość systemu oświaty, Poddziałanie 3.3.2. Efektywny system kształcenia i doskonalenia nauczycieli

Zeszyt naukowy nr 7/2011



PRAKTYCZNE ZASTOSOWANIA INFORMATYKI W KSZTAŁCENIU ZAWODOWYM

Wybrał opracował:

Paweł Krawczak



Wyższa Szkoła Ekonomiczno-Humanistyczna
im. prof. Szczepana A. Pieniążka w Skierniewicach
Wydział Pedagogiczny

www.profesjonalnynauczyciel.pl

Praktyczne Zastosowania Informatyki w Kształceniu Zawodowym

Zeszyt naukowy 7

Paweł Krawczak

Projekt okładki, skład i łamanie: Gp Studio DTP i Drukarnia, gpdruk.pl

ISSN - 2082-8187

Materiały do przedmiotu Praktyczne Zastosowania
Informatyki w Kształceniu Zawodowym
dla studentów studiów podyplomowych
„Profesjonalny nauczyciel zawodu”.

© Copyright by Wyższa Szkoła Ekonomiczno-Humanistyczna, Skierniewice 2011



Wyższa Szkoła Ekonomiczno-Humanistyczna

im. prof. Szczepana A. Pieniążka w Skierniewicach

Wydział Pedagogiczny

ul. Mazowiecka 1B, 96-100 Skierniewice

Zeszyt naukowy nr 7/2011

PRAKTYCZNE ZASTOSOWANIA INFORMATYKI W KSZTAŁCENIU ZAWODOWYM

Wybrał i opracował:
Paweł Krawczak



SPIS TREŚCI

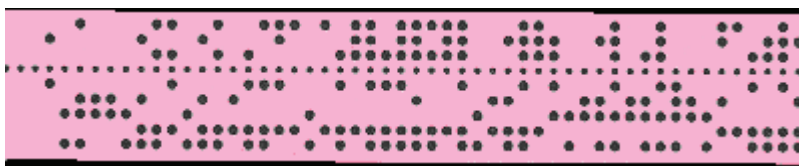
1. Obrabiarki sterowane numerycznie	5
2. Programowanie tokarek s. n. za pomocą interpolacji prostoliniowych i kołowych	22
3. Programowanie tokarek s. n. za pomocą cykli obróbkowych	33
4. Programowanie frezarek s. n. za pomocą interpolacji prostoliniowych i kołowych	40
5. Programowanie frezarek s. n. za pomocą cykli obróbkowych	51



1. OBRABIARKI STEROWANE NUMERYCZNIE

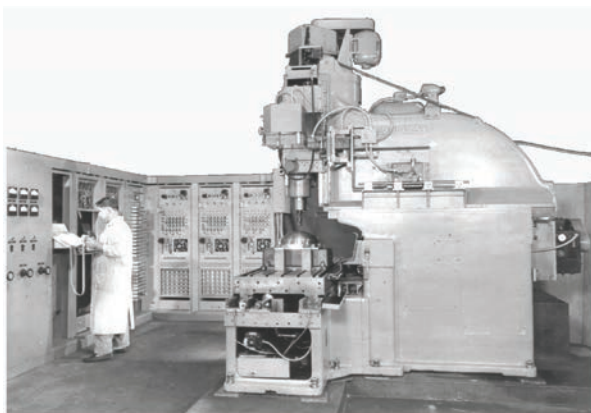
Obrabiarki sterowane numerycznie NC/CNC są podstawowymi elementami nowoczesnego parku maszynowego w różnych gałęziach przemysłu.

W klasycznej obrabiarce otrzymanie żądanego kształtu odbywa się przez ręczne ustawienie narzędzia względem przedmiotu oraz włączenie ruchu obrotowego i posuwowego maszyny. Operator obrabiarki musi wielokrotnie sprawdzać i ewentualnie korygować kształt i wymiary obrabianej części, tak aby, były one zgodne z warunkami podanymi na rysunku wykonawczym przedmiotu. Z tego też powodu powstał pomysł numerycznego programowania maszyn (NC - Numerical Control). Zasada działania była prosta, do zwykłej obrabiarki dodano silniki, którymi sterował specjalny moduł „numeryczny”, program (procedura obróbki) dostarczany był w postaci taśmy perforowanej (rys. 1). Sterowanie za pomocą taśm perforowanych nie było szybkie, ale szybsze i bardziej niezawodne niż ręczne sterowanie obrabiarką.



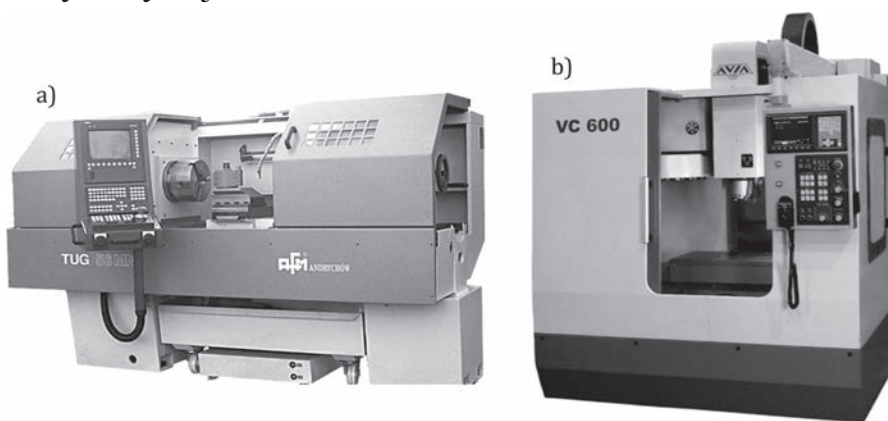
Rys. 1. Taśma perforowana do sterowania obrabiarką

Następnym krokiem w rozwoju obrabiarek NC było zastosowanie zapisu magnetycznego, podobnego jak na taśmach magnetofonowych. Użycie tego typu nośnika umożliwiło rozszerzenie ilości sterowanych modułów obrabiarki i większą elastyczność. Taśmy były wygodniejsze w użyciu oraz posiadały dużą pojemność, jednak miały poważną wadę - były bardzo podatne na zmiany pola elektromagnetycznego. Dzięki taśmom możliwe było dokładniejsze sterowanie silnikami obrabiarki, a tym samym wzrosła dokładność obróbki.



Rys. 2. Pierwsza obrabiarka ze sterowaniem numerycznym (NC)
Źródło: G. Nikiel, „Programowanie obrabiarek CNC na przykładzie układu sterowania SINUMERIC 810D/840D” - Bielsko Biala 2004

Jednak w między czasie komputery stawały się coraz powszechniejsze i zaczęto je również stosować w obrabiarkach - tym samym powstały obrabiarki CNC (Computer Numerical Control), co oznacza, że procesem roboczym obrabiarki steruje komputer. Obecnie układy sterowania obrabiarek CNC posiadają własne mikroprocesory i pamięci o dużej pojemności, do których wczytuje się programy pisane za pośrednictwem klawiatury pulpitu sterowniczego lub też gotowe programy z nośnika danych, a także przechowuje się programy wykonywanych już elementów.



Rys. 3. Obrabiarki sterowane numeryczne: a) tokarka TUG 50 firmy AFM Andrychów, b) pionowe centrum obróbkowe VC 600 firmy AVIA. **Źródło:** www.afm.com.pl, www.avia.pl.



Obrabiarki CNC stały się bardzo powszechne i stosowane są zarówno do produkcji seryjnej jak i do jednostkowej obróbki skomplikowanych kształtów, dzięki tej technologii możliwe jest bardzo precyzyjne odtworzenie modeli komputerowych w materiale. Z biegiem lat maszyny zaczęły realizować coraz więcej funkcji, np. frezowanie na tokarce, więc zaczęły powstawać maszyny uniwersalne zwane centrami obróbczymi. Nowoczesne centra obróbcze umożliwiają praktycznie kompleksową obróbkę części maszynowych. Coraz większe moce obliczeniowe oraz konkurencja sprawiła, że w obecnych maszynach CNC stosowane są bardzo wydajne komputery i przyjazne użytkownikowi sterowanie. Coraz częściej droga realizowana przez poszczególne narzędzia pokazywana jest na ekranie monitora jako model 3D, interfejs graficzny jest coraz bardziej przyjazny programiście.

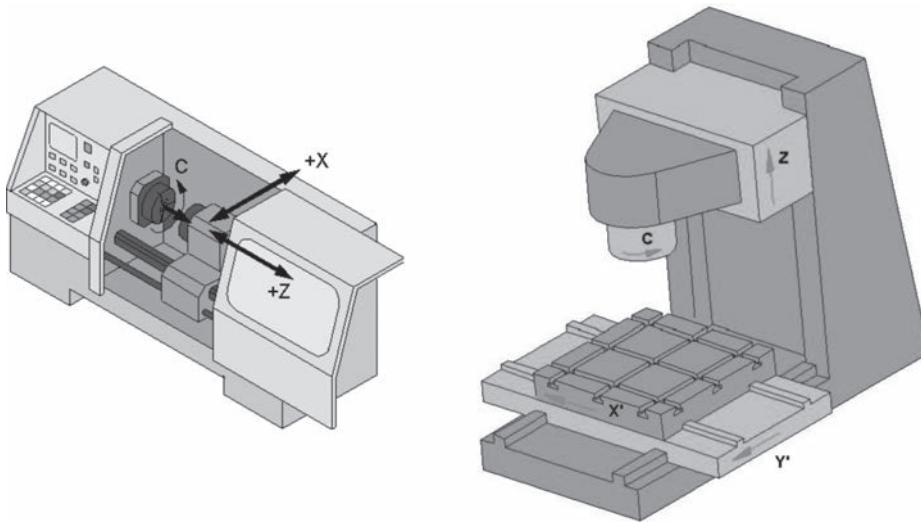
We współczesnym przemyśle na etapie technologicznego przygotowania produkcji jak i w trakcie przebiegu procesu technologicznego najważniejszym kryterium optymalizacyjnym jest czas, który w prostej linii łączy się z kosztami. Obrabiarka CNC względem obrabiarki konwencjonalnej umożliwiła podwyższenie dokładności, zwiększyła powtarzalność, zmniejszyła straty, skróciła czas przezbrojenia, a także koszty obsługi. Ważną zaletą obrabiarek CNC jest możliwość obróbki dużej liczby różnych przedmiotów. Dzięki zastosowaniu obrabiarek sterowanych numerycznie uzyskujemy:

- skrócenie czasu wykonania danego elementu,
- większą dokładność obróbki,
- większą wydajność w wyniku skrócenia czasów pomocniczych,
- większą elastyczność pracy, ze względu na łatwe dostosowanie się do nowych zadań produkcji.

Budowa obrabiarek wyposażonych w system sterowania CNC jest w głównych zarysach podobna do obrabiarek konwencjonalnych. Cechą wyróżniającą jest możliwość sterowania przez komputer zespołami odpowiedzialnymi za obróbkę toczeniem i frezowaniem.

Kierunki ruchu części obrabiarki z systemem sterowania CNC są określane przez system współrzędnych, odnoszący się do przedmiotu obrabianego i składający się z osi, leżących równolegle

do prostoliniowych ruchów głównych maszyny. Obrabiarki CNC dysponują co najmniej dwiema oznaczanymi jako X i Z (tokarki) lub trzema X, Y, Z (frezarki) sterowanymi osiami ruchów posuwowych (rys. 20).



Rys. 4. Układ i oznaczenie osi

Z osią sterowaną numerycznie związany jest zawsze oddzielny napęd (silnik, siłownik) jak i układ pomiarowy. Te cechy odróżniają obrabiarki CNC od innych rodzajów obrabiarek, gdzie napęd najczęściej jest scentralizowany. Inne cechy, charakterystyczne dla obrabiarek CNC, to:

- bezstopniowa regulacja prędkości obrotowej i posuwów;
- napęd przenoszony za pomocą śrub tocnych;
- eliminowanie prowadnic ślizgowych na rzecz tocnych;
- eliminowanie przekładni zębatych;
- kompaktowa konstrukcja o zamkniętej przestrzeni roboczej;
- konstrukcja modułowa o elastycznie dobieranej konfiguracji elementów składowych;
- automatyczny nadzór i diagnostyka;
- duża moc (jako suma mocy poszczególnych napędów);
- osiągnięcie znacznych wartości parametrów obróbki (np. duże prędkości obrotowe);



- obróbka równoległa z wykorzystaniem wielu wrzecion i/lub suportów narzędziowych;
- złożona kinematyka pracy (uchylne głowice narzędziowe, stoły obrotowo - uchylne, obróbka pięcioosiowa, obrabiarki o strukturze równoległej);
- magazyny narzędziowe z automatyczną wymianą narzędzi;
- automatyczny pomiar narzędzi;
- kodowanie narzędzi;
- automatyczna wymiana przedmiotu obrabianego;
- automatyczny pomiar przedmiotu obrabianego;
- automatyczne usuwanie wiórów.

Występowanie powyższych cech w konkretnej obrabiarce często zależy od tego, w jak dużym stopniu jest ona przystosowana do pracy autonomicznej (bez obsługi człowieka).

Niezbędne przy obróbce ruchy poszczególnych zespołów obrabiarki (stół, sanie narzędziowe) są obliczane, sterowane i kontrolowane przez wewnętrzny komputer. Dla każdego kierunku ruchu istnieje osobny system pomiarowy, wykrywający aktualne położenie zespołów i przekazujący je do kontroli wewnętrznemu komputerowi.

Każda obrabiarka sterowana numerycznie pracuje w jej maszynowym systemie współrzędnych. Położenie układów współrzędnych jest określone przez punkty zerowe. W celu uproszczenia obsługi maszyny i programowania poza punktami zerowymi istnieją także inne punkty odniesienia:



M punkt zerowy obrabiarki



W punkt zerowy przedmiotu obrabianego



R punkt wyjściowy obrabiarki (punkt referencyjny)



E punkt odniesienia narzędzia



B punkt ustawienia narzędzia



A punkt uchwytu narzędzia



N punkt wymiany narzędzia

Punkt zerowy obrabiarki **M** jest punktem wyjścia odnoszącym się do maszynowego układu współrzędnych. Jego położenie jest niezmiennie i ustalane przez producenta obrabiarki. Z reguły, punkt zerowy obrabiarki znajduje się w obrabiarkach CNC w punkcie środkowym wrzeciona roboczego a we frezarkach pionowych CNC nad lewą krawędzią sań stołu.

Obrabiarka sterowana numerycznie z inkrementalnym (przyrostowym) układem pomiaru toru ruchu potrzebuje ponadto punktu wzorcowego, służącego jednocześnie do kontroli ruchów narzędzia i przedmiotu obrabianego. Jest to punkt wyjściowy obrabiarki, nazywany również punktem referencyjnym **R**. Jego położenie na każdej osi ruchu jest dokładnie ustalone poprzez wyłączniki krańcowe. Współrzędne punktu referencyjnego mają w odniesieniu do punktu zerowego obrabiarki zawsze tę samą wartość liczbową. Jest ona ustawiona na stałe w układzie sterowania CNC. Po włączeniu maszyny należy najpierw, dla wykalibrowania inkrementalnego układu pomiaru toru ruchu, najechać we wszystkich osiach na punkt referencyjny.

Punkt zerowy przedmiotu obrabianego **W** jest początkiem układu współrzędnych przedmiotu obrabianego. Jego położenie jest ustalane przez programistę według kryteriów praktycznych. Najbardziej korzystne jest ustalenie go w taki sposób, aby możliwe było bezpośrednie przejście do programowania danych wymiarowych z rysunku. W częściach toczonych punkt zerowy przedmiotu obrabianego należy ustawiać na środku prawego lub lewego boku części obrobionej, w zależności od tego, z której strony rozpoczyna się wymiarowanie. Przy częściach frezowanych jako punkt zerowy przedmiotu obrabianego wybiera się najczęściej zewnętrzny punkt narożny, w zależności od tego, który z punktów wierzchołkowych został wybrany jako punkt odniesienia podczas jego wymiarowania lub środek płyty.

Następnym istotnym punktem w przestrzeni roboczej obrabiarki jest punkt odniesienia narzędzia **E**. Punkt odniesienia narzędzia w obrabiarence CNC jest stałym punktem na jej saniach narzędziowych. We frezarkach CNC punkt odniesienia narzędzia **E** znajduje się na

przyrostowego (inkrementalnego) względem aktualnego położenia narzędzia. Do obsługi trybu absolutnego i przyrostowego wymiarowania przewidziano funkcje:

- **G90** - programowanie absolutne,
- **G91** - programowanie przyrostowe.

W programowaniu absolutnym wartość wymiaru odnosi się do aktualnego położenia punktu zerowego układu współrzędnych. W programowaniu przyrostowym wartość wymiaru odnosi się do aktualnego położenia narzędzia.

W rzeczywistości na każdej obrabiarce istnieje wiele różnych układów współrzędnych ale najważniejsze to:

- maszynowy układ współrzędnych,
- bazowy (podstawowy) układ współrzędnych,
- układ współrzędnych przedmiotu.

W układzie maszynowym są podane współrzędne punktu referencyjnego (**R**), punkty wymiany narzędzi, punkty wymiany palet itp.

Bazowy (podstawowy) układ współrzędnych to prostokątny, prawoskrętny układ współrzędnych, stanowiący podstawę do programowania. Jest odniesiony do przedmiotu zamocowanego na obrabiarce i jest związany z układem maszynowym. W najprostszym przypadku układ bazowy (tokarki, frezarki) jest tożsamy z układem maszynowym. W tym układzie są definiowane korektory narzędziowe, wyznaczana jest kompensacja promienia narzędzia, oraz wykonywane są wszystkie obliczenia toru ruchu narzędzia.

Układ współrzędnych przedmiotu jest związany z przedmiotem obrabianym, służący do programowania obróbki, zapisanej w postaci programu sterującego.

Układ CNC musi posiadać informacje o wzajemnych relacjach pomiędzy różnymi układami współrzędnych, aby proces obróbki zachodził w sposób prawidłowy. Przyjmując układ współrzędnych przedmiotu można to uczynić w sposób zupełnie dowolny (najczęściej odnoszący się do wymiarowania przedmiotu obrabianego) należy podać i wprowadzić do układu sterowania następujące wielkości:



- zmianę położenia punktu zerowego (**M** przesunięty na **W**) za pomocą np. funkcji **G54** – **przyrostowe przesunięcie punktu zerowego**,
- korektory długości narzędzia, wprowadzane z pulpitu układu sterowania do tabeli korektorów narzędziowych.

Czynności definiowania zmiany położenia punktu zerowego i korektorów narzędziowych mają podstawowe znaczenie dla poprawności przebiegu obróbki w trybie automatycznym (sterowanym programem) i należą do najważniejszych czynności przygotowawczych, poprzedzających pracę w trybie automatycznym. Dlatego często są wspomagane specjalnie do tego celu przeznaczonymi funkcjami układu sterowania CNC. Sposób wyznaczenia tych wartości w dużej mierze zależy od rodzaju obrabiarki, jej wyposażenia, dostępności specjalnych urządzeń do pomiaru i nastawiania narzędzi, rodzaju narzędzi itp. W układach sterowania na ogół są funkcje półautomatycznego wyznaczania tych wartości.

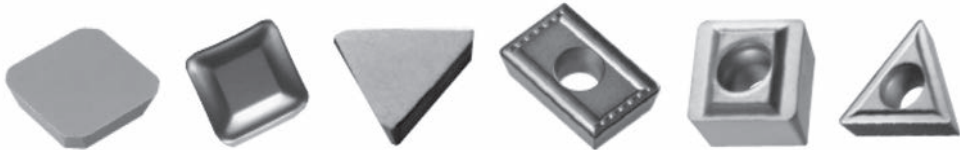
W przeciwieństwie do konwencjonalnych obrabiarek w obrabiarkach CNC są stosowane specjalne narzędzia, spełniające następujące kryteria:

- wyższa wydajność skrawania przy wysokiej trwałości,
- krótsze czasy wymiany i mocowania,
- wprowadzenie standardu narzędzia i jego racjonalizacja,
- poprawa możliwości zarządzania narzędziami.

W technice obrabiarek sterowanych numerycznie, ze względu na wysoką trwałość i łatwość wymiany, stosuje się narzędzia z płytkami wielostrzowymi (rys. 7, rys. 8). Płytki te posiadają kilka krawędzi skrawających. Dzięki temu istnieje możliwość obrócenia płytki po jej stępieniu. Płytki wielostrzowe wykonane są ze spieków twardych lub spieków ceramicznych. Podział płytek wielostrzowych przestawnych odbywa się według kryterium kształtu, kątów, krawędzi skrawającej, klasy tolerancji, jak również umocowania i podstawowych wymiarów.



Rys. 6. Przykład płytek wielostrzowych tokarskich

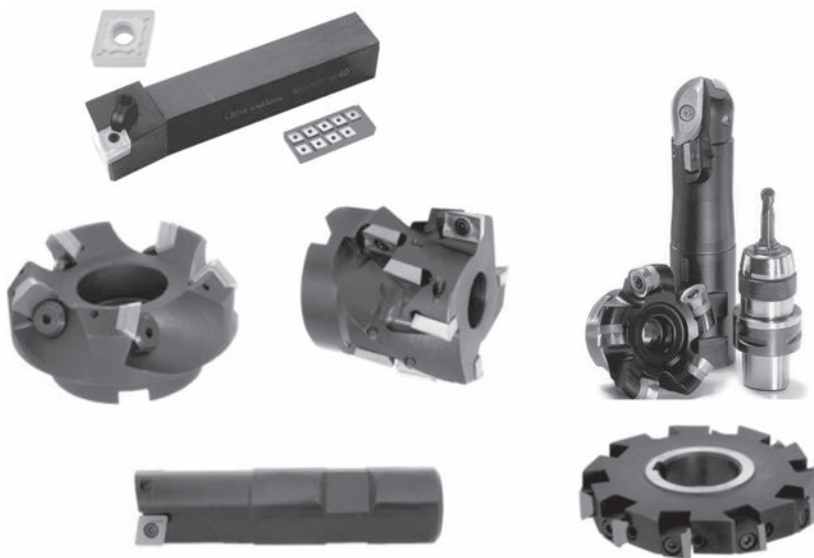


Rys. 7. Przykłady płytek wielostrzowych frezarskich



Rys. 8. Systemy mocowania płytek noży tokarskich.

Źródło: www.sandvik.com



Rys. 9. Narzędzia skrawające z płytkami wymiennymi

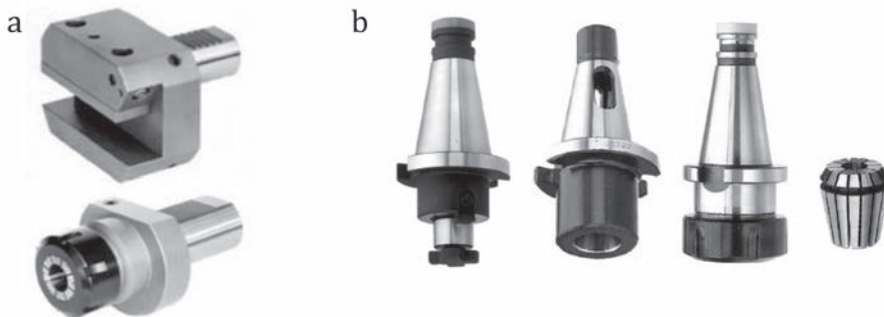
Źródło: www.sandvik.com, www.pafana.com.pl



O doborze narzędzia obróbkowego decyduje przedmiot obrabiany (jego kształt i materiał), rodzaj obróbki oraz typ obrabiarki. Dobór prawidłowego narzędzia sprowadza się do następującej procedury:

- określenie rodzaju obróbki,
- dobór zamocowania płytki,
- dobór płytki wieloostrzowej,
- dobór parametrów skrawania.

Oprawki do narzędzi tokarskich i frezarskich (rys. 10) są znormalizowane i określone przez normy. Przy narzędziach tokarskich stosuje się przede wszystkim oprawki z chwytem cylindrycznym z uzębieniem, natomiast przy narzędziach frezarskich oprawki narzędziowe z chwytem stożkowym.

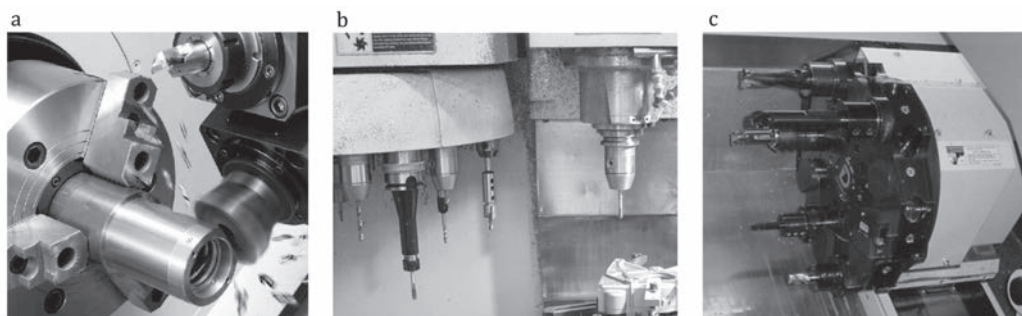


Rys. 10. Oprawki narzędziowe: a) tokarskie, b) frezarskie.

Źródło: www.somatec.pl

Obrabiarki sterowane numerycznie są wyposażone w automatyczne urządzenia do wymiany narzędzi (rys. 11). W zależności od typu i zastosowania urządzenia te mogą przyjmować różne ilości narzędzi i ustawiać wybrane przez program NC narzędzie w położeniu wyjściowym i roboczym. Najczęściej spotykanymi rodzajami tych urządzeń są:

- głowica rewolwerowa,
- magazyn narzędzi.



Rys. 11. Urządzenia do automatycznej wymiany narzędzi: a) głowica rewolwerowa z napędzanymi narzędziami, b) głowica rewolwerowa bębnowa, c) magazyn narzędzi

Głowica rewolwerowa jest stosowana przede wszystkim w tokarkach a magazyn narzędzi we frezarkach. Jeżeli w programie NC zostanie wywołane nowe narzędzie, głowica rewolwerowa obraca się aż do ustawieniażądanego narzędzia w położeniu roboczym. Taka automatyczna wymiana narzędzia trwa obecnie ułamki sekundy. Ekonomiczne uwarunkowania sprawiają, że często pożądana jest kompletna obróbka przedmiotu wykonywanego w jednym zamocowaniu. Jest to powodem wyposażania tokarek sterowanych numerycznie w ruchome napędzane narzędzia. Taką tokarką można wiercić, zgrubnie i dokładnie rozwiercać, frezować i nacinać gwinty.

Magazyny narzędzi są urządzeniami, z których narzędzia są pobierane, i do których, po każdej ich wymianie, są automatycznie odkładane. W przeciwieństwie do głowicy rewolwerowej magazyn narzędziowy ma tę zaletę, że można w nim zmieścić dużą liczbę narzędzi (w dużych centrach obróbkowych nawet ponad 100 narzędzi). Wymiana narzędzi przy użyciu magazynu narzędzi odbywa się za pomocą systemu chwytaków. Dwuramienny chwytak wymienia narzędzie po wywołaniu przez program NC wykonując następujące operacje:

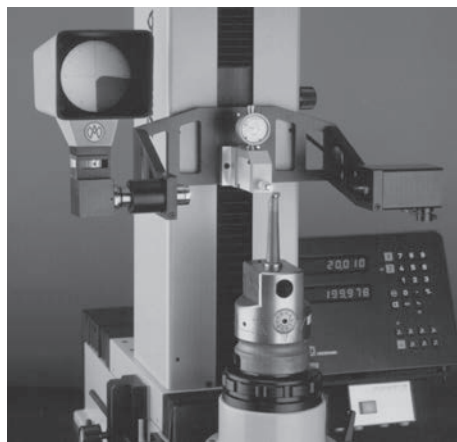
- pozycjonowanieżądanego narzędzia w magazynie w położeniu do wymiany,
- przesunięcie wrzeciona w pozycję do wymiany narzędzia,
- wychylenie chwytaka do poprzedniego narzędzia we wrzecionie



i nowego w magazynie,

- wyjęcie narzędzi z wrzeciona i magazynu oraz wychylenie chwytaka,
- wstawienie narzędzi do końcówki wrzeciona i do magazynu,
- wychylenie chwytaka do położenia spoczynkowego.

Przed umieszczeniem narzędzi obróbkowych w magazynach koniecznym jest sprawdzenie tak zwanych wartości korekcyjnych narzędzia i wpisanie ich do tabeli korekcji narzędzi układu sterowania numerycznego. Sposób wyznaczenia tych wartości w dużej mierze zależy od rodzaju obrabiarki, jej wyposażenia, dostępności specjalnych urządzeń do pomiaru i nastawiania narzędzi, rodzaju narzędzi itp. Pomiary ustawcze narzędzi mogą być dokonywane bezpośrednio na obrabiarce lub poza obrabiarką, z wykorzystaniem specjalnego stanowiska pomiarowo – ustawczego (rys. 12).



Rys. 12. Urządzenia optyczne do pomiarów wartości korekcyjnych narzędzia poza obrabiarką

Obrabiarki sterowane numerycznie oraz stosowane na nich narzędzia w odróżnieniu od obrabiarek konwencjonalnych wymagają dokładnych półfabrykatów i surówek (np. wyroby hutnicze ciągnione). Zbyt duży rozrzut wymiarowy półfabrykatów w ramach danej serii może stanowić poważne zakłócenie prawidłowego przebiegu procesu obróbki, dlatego wymiary materiału wyjściowego powinny być utrzymywane w granicach tolerancji, w celu zapewnienia stałej

w przybliżeniu głębokości skrawania w pierwszym przejściu. Do obróbki półfabrykatów niedokładnych należy bardzo starannie dobierać parametry skrawania i ostrożnie projektować drogę pierwszego przejścia narzędzia. Projektowanie kolejności zabiegów i ich przebiegu odbywa się w oparciu o ogólne zasady przyjęte dla obróbki konwencjonalnej. Jedynie technologia dokładnych otworów różni się od technologii tych otworów wykonywanych na tokarkach konwencjonalnych. Na tokarkach CNC nie zaleca się stosowania rozwiertaków, ale noże wytaczaki lub wytaczadła z osadzonymi w nich wymiennymi płytkami.

Ogólne zasady ustalenia i zamocowania przedmiotu obrabianego na tokarkach CNC nie różnią się od zasad stosowanych na obrabiarkach konwencjonalnych. Dość jednak istotnym elementem dodatkowym jest niekiedy konieczność wykonania baz obróbkowych na przedmiocie przewidzianym do obróbki.

Większość przedmiotów toczonych wymaga obróbki z dwóch stron. Bardzo pomocnym rozwiązaniem dla tokarek jest tutaj stosowanie wrzeciona przechwytyjącego. Centra tokarskie są wyrazem dążenia do wykonywania dużej liczby zabiegów w jednej operacji i otrzymywania przedmiotu całkowicie obrobionego w ramach określonego stadium procesu technologicznego. Obrabiarki wyposażone w przechwytyjące wrzeciono i magazyn narzędziowy z dużą liczbą narzędzi (8÷16 narzędzi) pozwalają na wypełnienie prawie wszystkich zadań technologicznych i mogą być stosowane przy obróbce części technologicznie podobnych przy stałym uzbrojeniu obrabiarki.

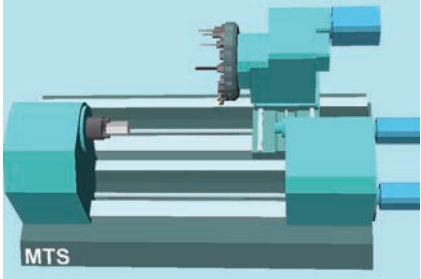
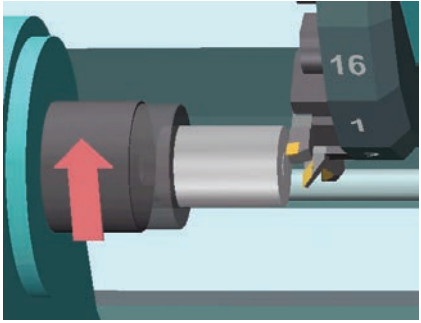
Przygotowanie procesu technologicznego dla obrabiarek sterowanych numerycznie odbywa się najczęściej w biurze technologicznym i jest zadaniem dla technologa – programisty. Jego wkład pracy jest niewątpliwie najważniejszy w łańcuchu czynności prowadzących do otrzymania przedmiotu zgodnie z założeniami konstrukcyjnymi. W porównaniu do operacji realizowanych na obrabiarkach konwencjonalnych uległ zmianie również rodzaj i zakres czynności wykonywanych przez pracownika obsługującego obrabiarkę. Pracownik przestał wykonywać czynności ręczne a stał się operatorem

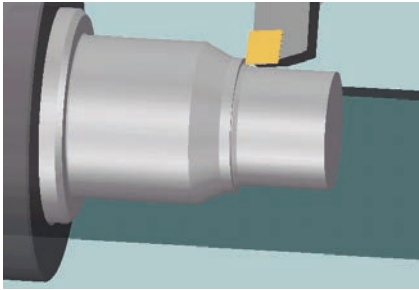
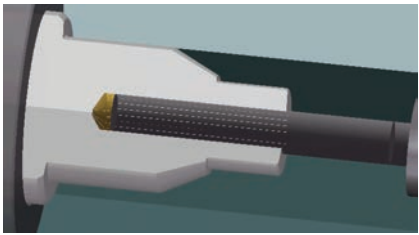
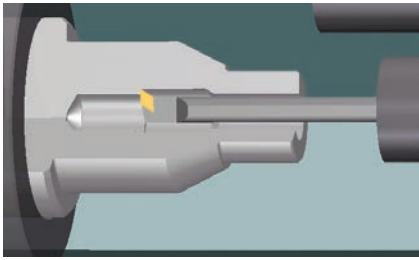
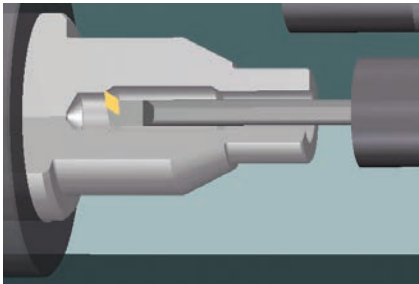
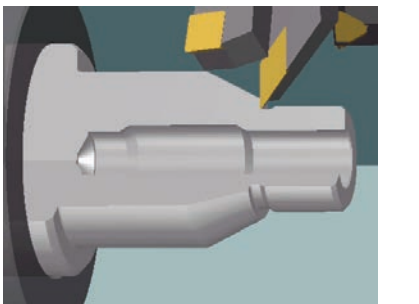


nadzorującym pracę obrabiarki. Techniczne przygotowanie obrabiarki CNC do obróbki nowej części sprowadza się do wczytania programu sterującego i ewentualnej wymiany oprzyrządowania technologicznego oraz wymiany lub uzupełnienia narzędzi.

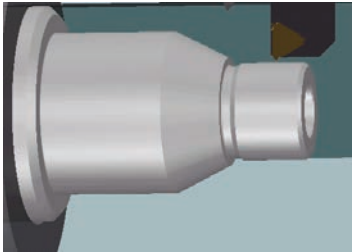
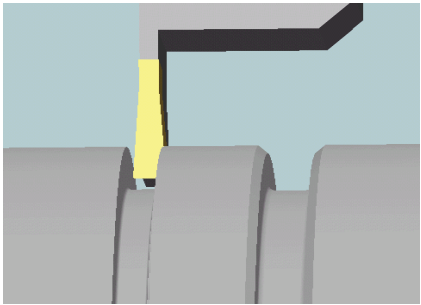
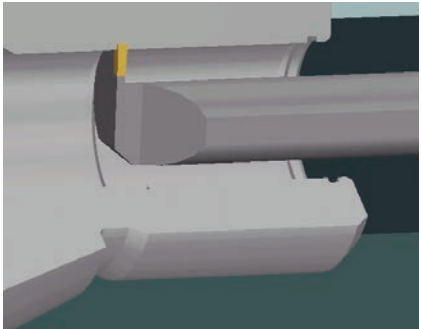
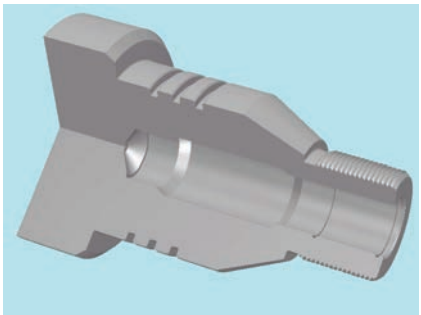
Technolog - programista na podstawie rysunku wykonawczego tworzy dokumentację technologiczną i program obróbki, używając do tego celu narzędzia, jakim jest komputer i programowanie CNC - CAD/CAM. Przykładem takiego oprogramowania jest program CAD/CAM niemieckiej firmy MTS. Przykładowy proces technologiczny dla wałka wykonany w tym programie przedstawiony został w tabeli 1.

Tabela 1. Przykładowy proces technologiczny dla obrabiarki sterowanej numerycznie

	Kolejność operacji	Typ narzędzia, pozycja głowicy rewolwerowej, parametry skrawania	Szkic obróbki
1 2 3	Określenie wymiarów i materiału przedmiotu obrabianego. Zamocowanie przedmiotu obrabianego. Określenie punktu zerowego przedmiotu obrabianego.	Walec D: 80 mm L: 122 mm Materiał: AlMg1 Uchwyt tokarski: KFD-HS 130 Szczęki stopniowe: HM-110_130-02.001 Głębokość zamocowania: 18.0 mm	
4	Planowanie powierzchni czołowej	NÓŻ TOKARSKI LEWOTNĄCY CL-SCLCL-2020/L/1208 ISO30 T0101 G96 S260 M04 G95 F0.250 M08	

5	Toczenie zgrubne wzdłużne konturu ze- wnętrznego	NÓŻ TOKARSKI LEWOTNĄCY CL-SCLCL-2020/L/1208 ISO30 T0101 G96 S260 M04 G95 F0.350 M08	
6	Wiercenie	WIERTŁO KRĘTE DR-18.00/130/R/HSS ISO30 T0606 G97 S1200 M03 G95 F0.220 M08	
7	Toczenie zgrubne wzdłużne konturu we- wnętrznego	WYTACZAK ZAOSIOWY BI-SCAAL-1010/L/0604 ISO30 T0808 G96 S220 M04 G95 F0.250 M08	
8	Obróbka wykańczająca konturu wewnętr- znego	WYTACZAK ZAOSIOWY BI-SCAAL-1010/L/0604 ISO30 T1010 G96 S300 M04 G95 F0.100 M08	
9	Obróbka wykańczająca konturu zewnętrznego	NÓŻ TOKARSKI LEWOTNĄCY CL-SVJCL-2020/L/1604 ISO30 T0202 G96 S360 M04 G95 F0.100 M08	



10	Nacinanie gwintu	<p>NÓŻ DO GWINTÓW ZE- WNĘTRZNYCH LEWOTNĄCY TL-LHTR-2020/R/60/1.50 ISO30 T0303 G97 S1000 M03 G95 F1.5 M08</p>	
11	3 x toczenie poprzecz- ne	<p>PRZECINAK ZAOSIOWY (nóż do rowków) ER-SGTFL-1212/L/01.8-0 ISO 30 T0404 G97 S1000 M04 G95 F0.150 M08</p>	
12	Podcięcie wewnętrzne	<p>NÓŻ WYTACZAK HAKOWY ZAOSIOWY (wytaczak do rowków za- osiowy) RI-GHILL-1013/L/01.10 ISO30 T1212 G97 S01000 M04 G95 F000.150 M08</p>	
		Gotowy wyrób	

2. PROGRAMOWANIE TOKAREK S.N. ZA POMOCĄ INTERPOLACJI PROSTOLINIOWYCH I KOŁOWYCH

Programy CNC można tworzyć na dwa sposoby:

- pisać ręcznie - co w przypadku wielu elementów wykonywanych w przemyśle jest najprostszą i często stosowaną metodą, zwłaszcza w małych firmach, których nie stać na bardzo drogie oprogramowanie typu CAD/CAM,
- generować automatycznie wykorzystując specjalistyczne programy CAD/CAM, np.: MTS, Master CAM itp.

Podczas programowania ręcznego programista formułuje program CNC bezpośrednio w formie zrozumiałej dla konkretnej obrabiarki i układu sterowania CNC z wykorzystaniem pulpitu sterowniczego obrabiarki (rys. 13). Każda czynność wykonywana przez obrabiarkę CNC jest programowana osobno. W zależności od wydajności układu sterowania CNC i geometrycznej złożoności przedmiotu obrabianego, konieczne jest przeprowadzanie niekiedy pracochłonnych obliczeń geometrycznych. Powstające w ich toku ewentualne błędy lub kolizje, np. z uchwytami mocującymi, nie mogą zostać automatycznie rozpoznane.

Do sprawdzania programu CNC służą zintegrowane z większością układów sterowania CNC moduły symulacji. Przy ich pomocy można przeprowadzić symulację przebiegu zaprogramowanego procesu obróbki.

Podczas programowania maszynowego programista jest wspierany przez system programowania. System ten przejmuje podatne na błędy podczas programowania ręcznego czynności rutynowe takie jak obliczanie współrzędnych i parametrów skrawania.

Najważniejsza różnica w stosunku do programowania ręcznego polega na tym, że nie polega ono na opisie - krok po kroku - kolejnych położeń narzędzia, a na opisie wyglądu przedmiotu obrabianego po obróbce. Dokładnie oddzielone od siebie są dane geometryczne i technologiczne.



Rys. 13. Pulpit sterowniczy frezarki MIKRON z układem sterowania numerycznego HEIDENHAIN z widoczną symulacją obróbki przedmiotu

Program sterujący jest ciągiem instrukcji kodujących ruchy narzędzi i przedmiotu obrabianego poprzez zapis współrzędnych, uzupełnionych instrukcjami pomocniczymi.

Zapis elementarnego ruchu (czynności) jest nazywany blokiem (czasem również zdaniem), przy czym blok może również zawierać inne zapisy, potrzebne do wykonania ruchu (np. wymiana narzędzia czy ustalenie parametrów obróbki). Program sterujący (zwany też programem głównym) jest zatem ciągiem bloków, najczęściej zapisywanych w edytorze w oddzielnych liniach. Blok programu składa się ze słów, które pozwalają na wywoływanie elementarnych funkcji układu sterowania, słowo z kolei składa się na ogół z dwóch elementów: adresu i wartości lub adresu i kodu. Adres należy rozumieć jako nazwę elementarnej funkcji układu sterowania, natomiast wartość jako argumenty tej funkcji.

Przykład bloku programu: G01 X 25,00

Słowo: G01 adres: G kod: 01 (oznaczenie interpolacji prostoliniowej)

Słowo: X 25,00 adres: X wartość: 25 (ruch we współrzędnej X o 25 mm.)

W latach 60 znormalizowano programowanie CNC i powstał język programowania zwany G - kodem, nazwa języka związana jest z funkcjami stosowanymi w programowaniu, ponieważ każda

komenda/funkcja drogi narzędzia rozpoczyna się od litery G np. G01 - interpolacja prostoliniowa. Producenci układów sterowania CNC mają duży stopień swobody podczas umieszczania w układach sterowania numerycznego własnych komend NC lub rozszerzeń, w rezultacie istnieje kilka różnych języków programowania różniących się między sobą zwykle oznaczeniem funkcji np. symbol interpolacji prostoliniowej w układzie sterowania numerycznego SINUMERIK to G1, natomiast w układzie HEIDENHAIN L.

W dalszej części materiału komendy programu dotyczyć będą znormalizowanego języka G - kodów.

Funkcje programowanie możemy podzielić na cztery grupy:

- funkcje przygotowawcze G,
- funkcje technologiczne S, F,
- funkcje narzędziowe T, D,
- funkcje pomocnicze (maszynowe) M.

Adres G to jeden z najważniejszych adresów). Choć funkcje przygotowawcze nie wywołują żadnych czynności obrabiarki to ich zadaniem jest interpretowanie znaczenia innych adresów. Np. sam zapis X10, odnoszący się do współrzędnej w osi X nie jest jednoznaczny, nie wiadomo dokładnie co powinien spowodować. Wynika to dopiero z użytych funkcji przygotowawczych np. G01 X10 interpolacja prostoliniowa do punktu o współrzędnych X10. Inne funkcje z grupy funkcji przygotowawczych to np.:

G90 – wymiarowanie w sposób absolutny,

G54 – przesunięcie punktu zerowego,

G96 – deklaracja stałej szybkości skrawania.

G00 – szybki przesuw narzędzia,

G02 – interpolacja kołowa zgodna z kierunkiem ruchu zegara,

G03 – interpolacja kołowa przeciwna do kierunku ruchu zegara.

Podstawowe znaczenie adresu **S** odnosi się do programowania prędkości obrotowej wrzeciona. Nie ma on natomiast żadnego wpływu na tor ruchu narzędzia i nie jest wymagany przy jego programowaniu. Domyślny sposób określania prędkości odbywa się przez zadanie liczby obrotów wrzeciona głównego (narzędziowego lub przedmiotowego)



w jednostce czasu [obr/min] np. **S 3400**.

Adres **S** występuje również w innej postaci. Związany z kodem funkcji **G96** oznacza deklarację stałej szybkości skrawania np. **G96 S420**. Gdzie **G96** oznacza deklarację stałej szybkości skrawania, zaś **S420** – wartość stałej szybkości skrawania [m/min]. Jeżeli zostanie zadeklarowana wartość stałej szybkości skrawania należy pamiętać o tym, iż w kolejnym bloku programu należy ograniczyć wartość obrotów wrzeciona poprzez deklarację adresu **G92** wraz ze wskazaniem obrotów granicznych **S** np. **G92 S4320**.

Drugi z adresów technologicznych **F** w swoim podstawowym znaczeniu odnosi się do programowania prędkości posuwu. Posuw w znaczący sposób związany jest z kształtowaniem przedmiotu obrabianego i jest w związku z tym wymagany przy programowaniu toru narzędzia. W zależności od rodzaju obrabiarki posuw jest programowany w [mm/obr] np. **F 0.3** (tokarka) lub [mm/min] **F 150** (frezarka).

Adres **T** wywołuje zmianę położenia magazynu narzędziowego. Zadanie konkretnej wartości np. **T8** powoduje ustawienie się magazynu narzędziowego w ten sposób, że na jego aktywnej pozycji znajdzie się narzędzie umieszczone na ósmej pozycji głowicy rewolwerowej. W obrabiarkach typu tokarka magazyn narzędziowy (np. w postaci obrotowej głowicy rewolwerowej) jednocześnie pełni rolę imaka narzędziowego dla narzędzia w trakcie

obróbki, co oznacza, że po przywołaniu adresu **T** narzędzie o podanym numerze jest gotowe do obróbki. Adres **D** jest numerem tzw. wartości korekcyjnych narzędzia umieszczonych w tabeli korekcji narzędzi. Pełen blok wywołania narzędzia ma postać: **T8 D8** (układ sn. SINUMERIC) lub **T0808**.

Funkcje pomocnicze **M** czasami nazywane funkcjami maszynowymi, służą do obsługi specyficznych dla danej obrabiarki urządzeń. Do najczęściej stosowanych standardowych funkcji pomocniczych należą funkcje:

M03 – włączenie prawych obrotów wrzeciona,

M04 – włączenie lewych obrotów wrzeciona,



M05 – wyłączenie obrotów wrzeciona,

M30 (M2) – zakończenie wykonywania programu głównego,

M08 – włączenie pompy cieczy chłodzącej,

M09 - wyłączenie pompy cieczy chłodzącej.

Podstawowe ruchy narzędzia w przestrzeni obróbkowej programowane są za pomocą interpolacji prostoliniowych i kołowych. Rodzaj ruchu i tym samym rodzaj interpolacji koduje się następującymi funkcjami przygotowawczymi:

- G00 - szybki przesuw narzędzia,
- G01 - interpolacja prostoliniowa z posuwem roboczym,
- G02 - interpolacja kołowa w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara,
- G03 - interpolacja kołowa w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara.

Po zaprogramowaniu funkcji szybkiego przesuwu narzędzia - G00 narzędzie przesuwa się z maksymalną prędkością (właściwą dla danej maszyny ustaloną przez producenta) do punktu o zaprogramowanych współrzędnych X, Z, które mogą być podane we współrzędnych absolutnych (G90) lub przyrostowych (G91) (rys. 14).

G00 X... Z... [F...] [S...] [T...] [M...]

gdzie:

X,Z - współrzędne punktu docelowego; gdy narzędzie porusza się równoległe do jednej z osi to współrzędna punktu docelowego jest taka sama jak aktualna, więc nie trzeba jej podawać.

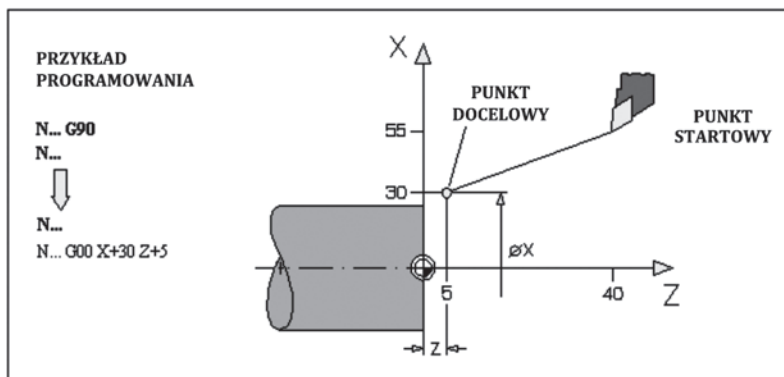
opcjonalnie :

F - posuw [mm/obr.],

S - liczba obrotów wrzeciona [obr/min.],

T - numer narzędzia,

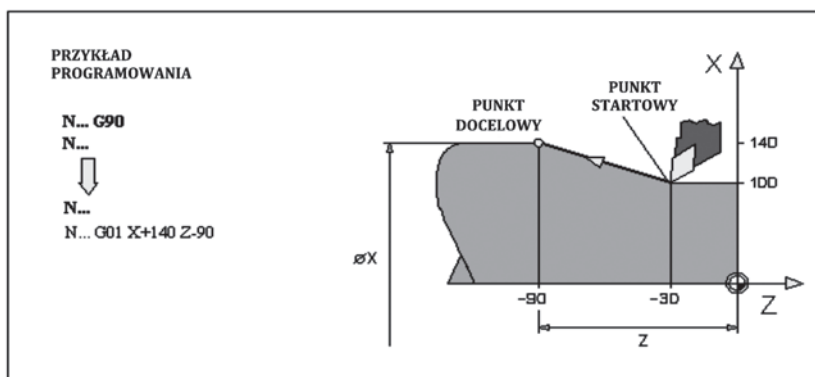
M - funkcja maszynowa.



Rys. 14. Szybki przesuw narzędzia G00 do punktu o współrzędnych X30 Z5. **Źródło:** MTS GmbH

Należy pamiętać, iż funkcja G00 służy do szybkiego przemieszczania narzędzia względem przedmiotu obrabianego przy ruchach jałowych, to znaczy takiego ruchu na skutek którego narzędzie nie będzie miało kontaktu z przedmiotem obrabianym.

Do wykonania ruchu roboczego narzędzia (zdjęcia warstwy materiału) po linii prostej wykorzystuje się interpolację prostoliniową z posuwem roboczym **G01** (rys. 15). Po zaprogramowaniu interpolacji prostoliniowej aktualnie wybrane narzędzie porusza się z zaprogramowaną prędkością posuwu pod adresem F (w mm/obr.) po linii prostej do punktu docelowego o zaprogramowanych współrzędnych X,Z. Współrzędne mogą być programowane w układzie absolutnym (G90) lub przyrostowym (G91).



Rys. 15. Interpolacja prostoliniowa z posuwem roboczym G01 do punktu o współrzędnych X140 Z-90. **Źródło:** MTS GmbH

G01 X... Z... [F...] [S...] [T...] [M...]

gdzie:

X,Z - współrzędne punktu docelowego; gdy narzędzie porusza się równoległe do jednej z osi to współrzędna punktu docelowego jest taka sama jak aktualna, więc nie trzeba jej podawać.

opcjonalnie:

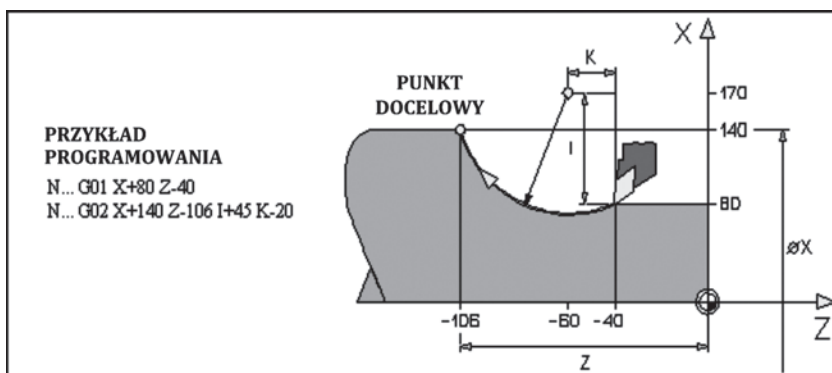
F - posuw [mm/obr.],

S - liczba obrotów wrzeciona [obr/min.],

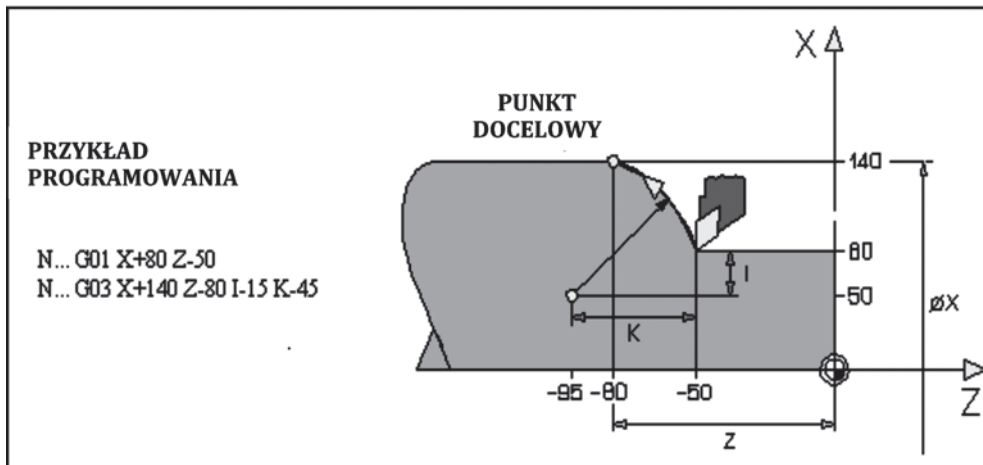
T - numer narzędzia,

M - funkcja maszynowa.

Do wykonania ruchu roboczego narzędzia (zdjęcia warstwy materiału) po łuku stosuje się interpolacje kołowe G02 oraz G03 (rys. 16 i 17). Po zaprogramowaniu interpolacji aktualnie wybrane narzędzie porusza się z zaprogramowaną prędkością posuwu [mm/obr.] po łuku zgodnie z kierunkiem ruchu wskazówek zegara G02 lub przeciwnie do kierunku ruchu wskazówek zegara G03 do punktu o zaprogramowanych współrzędnych X,Z. Podobnie jak w interpolacji prostoliniowej współrzędne mogą być programowane w układzie absolutnym (G90) lub w przyrostowym (G91). W przypadku interpolacji kołowych należy podać również odległość od punktu startowego narzędzia do środka okręgu (punktu zawieszenia promienia) w osi X i Z. Odległość ta programowana jest przyrostowo i określona parametrem I dla osi X oraz K dla osi Z.



Rys. 16. Interpolacja kołowa G02 do punktu o współrzędnych X140 Z-106 **Źródło:** MTS GmbH



Rys. 17. Interpolacja kołowa G02 do punktu o współrzędnych X140 Z-106. **Źródło:** MTS GmbH

G02 X... Z... I... K...[F...] [S...] [T...] [M...]

G03 X... Z... I... K...[F...] [S...] [T...] [M...]

gdzie:

X,Z - współrzędne punktu docelowego,

I - odległość od punktu startowego do środka okręgu (punktu zawieszenia promienia) w kierunku osi X,

K - odległość od punktu startowego do środka okręgu (punktu zawieszenia promienia) w kierunku osi Z.

opcjonalnie:

F - posuw [mm/obr.],

S - liczba obrotów wrzeciona [obr/min.],

T - numer narzędzia,

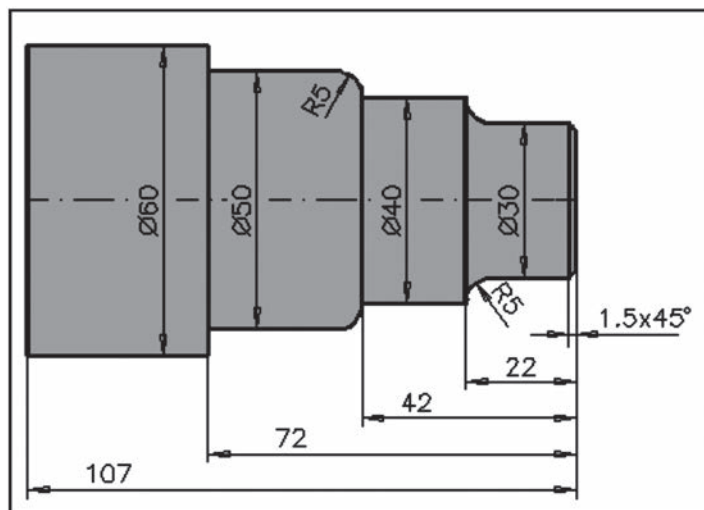
M - funkcja maszynowa.

Tworząc program obróbkowy należy pamiętać, aby na początku programu zadeklarować sposób wymiarowania (absolutny G90 lub przyrostowy G91). Kolejnym krokiem jest określenie przesunięcia punktu zerowego (G54) z parametrem Z, który jest odległością pomiędzy punktem zerowym obrabiarki a ustalonym punktem zerowym przedmiotu obrabianego. W kolejnych liniijkach programu określamy wybór narzędzia (T....) i parametry skrawania (G96 S....., F.....), można również wstawić funkcje maszynowe np. włączenie obrotów wrzeciona

(M04) lub włączenie chłodziwa (M08). Jeżeli stosujemy stałą szybkość skrawania powinniśmy pamiętać o ograniczeniu obrotów wrzeciona (G92 S.....).

Po wstawieniu bloków technologicznych można zaprogramować ruch szybki narzędzia w pobliże przedmiotu obrabianego (G00) a następnie zaprogramować obróbkę przedmiotu za pomocą interpolacji prostoliniowej (G01) i kołowych (G02,G03) zgodnie z kształtem przedmiotu obrabianego. Należy pamiętać o tym, że jeżeli programujemy obróbkę konturu za pomocą interpolacji prostoliniowych i kołowych (bez cykli obróbkowych) przy dużych naddatkach obróbkowych należy programować obróbkę w kilku przejściach.

Poniżej przedstawiony został przykład programu obróbkowego dla części maszynowej przedstawionej na rysunku wykonany za pomocą interpolacji prostoliniowej i kołowej. Ponieważ głębokość warstwy skrawanej wynosi 10 mm ($\text{Ø}60 - \text{Ø}50 = 10$) obróbka została podzielona na dwa przejścia po 5 mm (głębokość warstwy skrawanej 2,5 mm na stronę).



Rys. 18. Szkic części maszynowej do przykładowego programu

N... **G90** - wymiarowanie absolutne,

N... **G54 Z.....** - przesunięcie punktu zerowego,

N... **T0101 G96 S280 F0.3 M04** - wiersz technologiczny: wybór



narzędzia, stała prędkość skrawania 280 m/min, wartość posuwu, kierunek obrotów w lewo,

*N... **G92 S3500** - ograniczenie prędkości obrotowej wrzeciona do 3500 obr/min,*

*N... **G00 X62 Z1** - dojazd narzędzia do przedmiotu obrabianego 1mm przed czołem (ruch szybki),*

*N... **G00 X55** - ustawienie narzędzie na średnicę 55 mm do zdjęcia pierwszej warstwy materiału (głębokość warstwy skrawanej 2,5 mm),*

*N... **G01 Z-72** - ruch roboczy w osi Z na długość 72 mm,*

*N... **G01 X62** - wycofanie narzędzia na średnicę 62 mm (powyżej przedmiotu obrabianego),*

*N... **G00 Z1** - szybki przesuw narzędzia przed czoło przedmiotu obrabianego (1 mm),*

*N... **G00 X50** - ustawienie narzędzie na średnicę 50 mm do obróbki średnicy „na gotowo“,*

*N... **G01 Z -72** - ruch roboczy w osi Z na długość 72 mm,*

*N... **G00 Z1** - szybki przesuw narzędzia przed czoło przedmiotu obrabianego (1 mm),*

*N... **G00 X45** - ustawienie narzędzie na średnicę 45 mm,*

*N... **G01 Z -42** - ruch roboczy w osi Z na długość 42 mm,*

*N... **G01 X52** - wycofanie narzędzia na średnicę 52 mm,*

*N... **G00 Z1** - szybki przesuw narzędzia przed czoło przedmiotu obrabianego (1 mm),*

*N... **G00 X40** - ustawienie narzędzie na średnicę 40 mm do obróbki średnicy „na gotowo“,*

*N... **G01 Z -42** - ruch roboczy w osi Z na długość 42 mm,*

*N... **G03 X50 Z-47 I0 K-5** - interpolacja kołowa przeciwna do kierunku ruchu wskazówek zegara,*

*N... **G00 Z1** - szybki przesuw narzędzia przed czoło przedmiotu obrabianego (1 mm),*

*N... **G00 X35** - ustawienie narzędzie na średnicę 35 mm,*

*N... **G01 Z -17** - ruch roboczy w osi Z na długość 17 mm (22 – promień $R5 = 17$),*

*N... **G01 X42** - wycofanie narzędzia na średnicę 42 mm,*



N... **G00 Z1** - szybki przesuw narzędzia przed czoło przedmiotu obrabianego (1 mm),

N... **G00 X27** - ustawienie narzędzie do wykonania fazy (30 – dwie fazy po 1,5 = 27),

N... **G01 Z0** - ruch roboczy do punktu Z0,

N... **G01 X30 Z-1,5** - wykonanie fazy,

N... **G01 Z -17** - ruch roboczy w osi Z na długość 17 mm,

N... **G02 X40 Z-22 I5 K0** - interpolacja kołowa przeciwna do kierunku ruchu wskazówek zegara,

N... **G00 X100 Z 100** - odjazd narzędzia od przedmiotu,

N...**M30** - zakończenie programu.



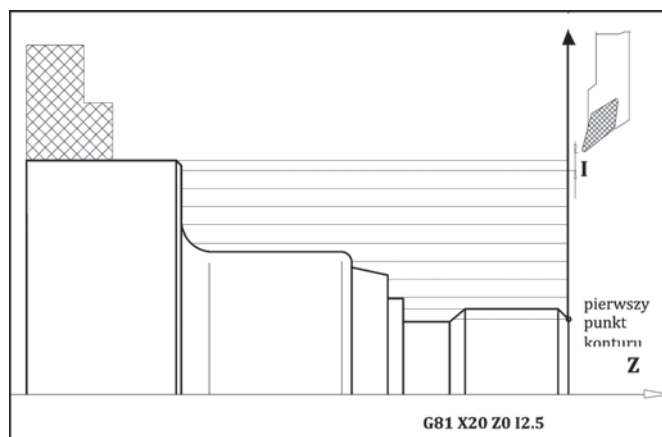
3. PROGRAMOWANIE TOKAREK S.N. ZA POMOCĄ CYKLI OBRÓBKOWYCH

Tworzenie programu dla obróbki przedmiotów z dużymi nadatkami obróbkowymi wymaga napisania wielu linijek programu ze względu na konieczność stosowania kilku lub kilkunastu przejść obróbkowych. Aby ułatwić tworzenie takich programów opracowano cykle obróbkowe, które redukują ilość pisanych wierszy programu jednocześnie umożliwiając obróbkę przy wielu przejściach.

Stałe cykle obróbkowe wykorzystuje się do budowy złożonych programów sterujących. Zastosowanie cykli obróbkowych przyspiesza opracowanie operacji technologicznych dla przedmiotów o złożonej geometrii, wymagających obróbki kanałków, otworów czy gwintów.

Cykle obróbkowe określają sekwencję ruchów szybkich roboczych oraz skoordynowanych z nimi czynności maszyny niezbędnych do przeprowadzenia złożonych operacji technologicznych, takich jak: toczenie złożonych konturów, toczenie rowków, gwintowanie, wiercenie otworów itp. Producenci układów sterowań opracowali wiele różnych cykli obróbkowych ułatwiających programowanie maszyn, w dalszej części materiału nauczania zostaną przedstawione wybrane cykle stałe według standardu ISO.

Stosunkowo proste i dokładne zaprogramowanie i wykonanie całego elementu zapewnia cykl **G81** – cykl toczenia wzdłużnego dowolnego konturu. Po opisaniu konturu cała objętość materiału do obróbki jest automatycznie dzielona na warstwy o zaprogramowanej szerokości warstwy skrawanej (pod adresem I) z możliwością optymalizacji przejść skrawających.



Rys. 19. Cykl wzdłużnego toczenia dowolnego konturu G81

G81 X...Z...I... [H..W..] [C..V..] [L..]

gdzie:

X, Z - współrzędne punktu początkowego konturu,

I - głębokość skrawania na jedno przejście,

H, W - łamanie wióra, H - odcinek drogi w osi X po którym chwilowo zostanie wyłączony posuw, W - odcinek ruchu powrotnego narzędzia,

C - degresja głębokości skrawania - wartość, o jaką zmniejszana jest każdorazowo głębokość skrawania; jeżeli zostanie zaprogramowany adres C, muszą być programowane adresy L i V,

V - minimalna głębokość skrawania,

L - optymalizacja ostatniego wióra, wartość wyrażona w % wartości D, o którą można powiększyć głębokość ostatniego przejścia narzędzia.

Po zaprogramowaniu cyklu G81, wskazaniu pierwszego punktu konturu (X..... Z.....) i zaprogramowaniu szerokości warstwy skrawanej (I.....), określeniu kompensacji promienia narzędzia (G41 lub G42) w kolejnych blokach programu należy opisać kontur przedmiotu obrabianego za pomocą interpolacji prostoliniowej i kołowych. Po opisaniu konturu należy odwołać kompensację promienia ostrza narzędzia (G40) i wywołać cykl funkcją G80.

Przykładowa struktura programu z użyciem cyklu G81:



G81 X... Z... I... - obróbka w cyklu

G42 - włączenie kompensacji promienia ostrza narzędzia

.....

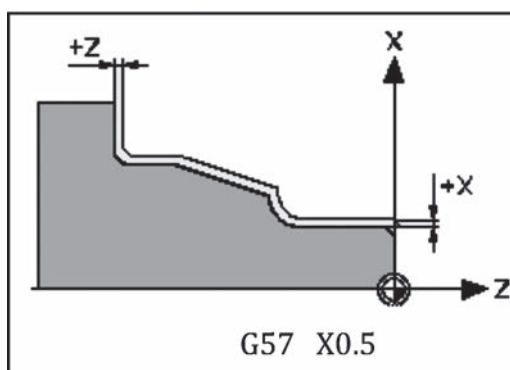
..... opis konturu za pomocą funkcji G01, G02, G03

.....

G40 - odwołanie kompensacji

G80 - wywołanie obróbki w cyklu

Przed obróbką w cyklu G81 można zadeklarować naddatek na obróbkę wykańczającą za pomocą funkcji G57 podając naddatek przewidziany na obróbkę wykańczającą.



Rys. 20. Naddatek na obróbkę wykańczającą. **Źródło:** MTS GmbH

G57 X..... Z.....

gdzie:

X - naddatek na obróbkę wykańczającą w osi X, odniesiony do średnicy, znak + przy obróbce powierzchni zewnętrznych, znak – przy obróbce powierzchni wewnętrznych,

Z - naddatek na obróbkę wykańczającą w osi Z.

gdzie:

P – numer pierwszego bloku programu do powtórzenia,

Q – numer ostatniego bloku programu do powtórzenia

Przykładowa struktura programu z deklaracją naddatku i obróbką wykańczającą:

N065 G57 X0,5 Z0,2 – deklaracja naddatku na obróbkę wykańczającą

N070 G81 X... Z... I... - obróbka w cyklu

N075 G42 - włączenie kompensacji promienia ostrza narzędzia

N0..

N0.., opis konturu za pomocą funkcji G01, G02, G03

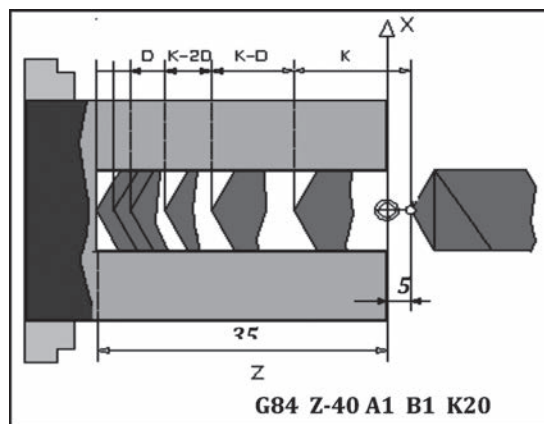
N0.., ś

N105 G40 - odwołanie kompensacji

N110 G80 - wywołanie obróbki w cyklu ewentualna zamiana narzędzia parametrów skrawania dla obróbki wykańczającej

N115 G23 P75 Q 105 – obróbka wykańczająca konturu od bloku nr 75 do bloku nr 105

Podczas wiercenia otworów należy pamiętać o wcześniejszym wykonaniu nakiełka dla wprowadzenia wiertła. Dobierając właściwe narzędzie najwygodniej wykonać nakiełek za pomocą funkcji G01. Po wykonaniu nakiełka, wiercenie otworu można zaprogramować cyklem wiercenia **G84**.



Rys. 21. Cykl wiercenia głębokich otworów. **Źródło:** MTS GmbH

G84 Z... A... B... D... K...

gdzie:

Z - współrzędna Z punktu końcowego otworu,

A - czas w sekundach na ruch powrotny wiertła w celu usunięcia wiórów,

B - czas w sekundach zatrzymania ruchu w głębszym wiertła w celu złamania wióra,

D - degresja, wartość o jaką zostaje zmniejszona głębokość po



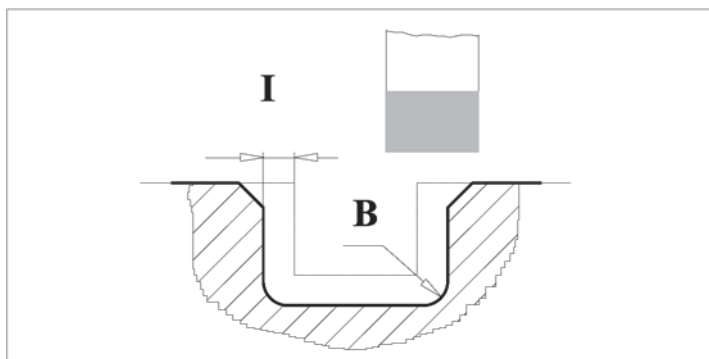
każdym cyklu,

K - głębokość wiercenia podczas pierwszego cyklu.

Bardzo ważny jest dobór parametrów D i K do wykonania wiercenia. Za pomocą tych parametrów określamy poszczególne głębokości wiercenia jak również liczbę zagłębień wiertła w materiał. W przykładzie podano głębokość otworu 40 mm, narzędzie znajduje się w odległości 5 mm od przedmiotu. Do obliczenia parametrów D i K sumujemy obie odległości, suma jest równa 45 mm. Dobrano parametr $D = 20$ mm oraz parametr $K = 5$ mm.

Narzędzie zagłębi się w materiał po raz pierwszy na głębokość 20 mm, wysunie się na zewnątrz i zagłębi ponownie na głębokość 15 mm ($D - K$), w sumie w obu przejściach zostało wywiercone 35 mm, kolejne zagłębienie to 10 mm, ($D - 2K$), w sumie w trzech przejściach zostało wywiercone 45 mm.

Cykl toczenia rowka G86 umożliwia toczenie rowków prostokątnych lub z fazami na zewnątrz i zaokrągleniami wewnątrz rowka w zależności od zaprogramowanych parametrów cyklu.



Rys. 22. Cykl toczenia rowka G86

G86 X... Z... K... [B..] [I..]

gdzie:

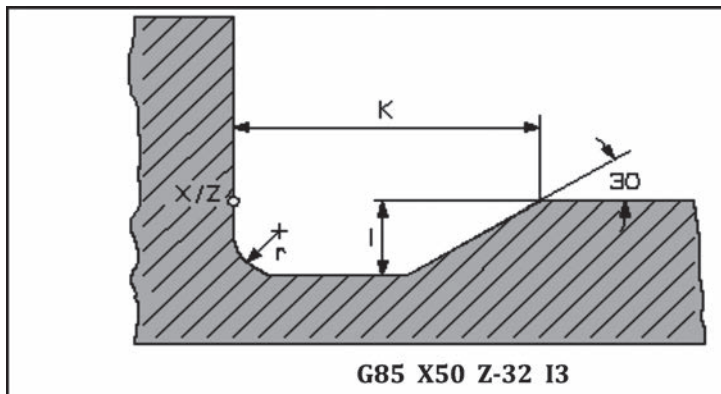
X, Z - jeżeli K ze znakiem +, są to współrzędne lewego punktu narożnego na dnie rowka, jeżeli K ze znakiem -, są to współrzędne prawego punktu narożnego na dnie rowka,

K - szerokość rowka,

B - promień zaokrąglenia na dnie rowka,

I - naddatek na obróbkę wykańczającą (odniesiony do średnicy), programowany zawsze, jeżeli zostanie zaprogramowany parametr B.

Nacinając gwint na tokarce należy pamiętać o wykonaniu podcięcia technologicznego. Może to być podcięcie w postaci rowka lub znormalizowane podcięcie technologiczne. Znormalizowane podcięcie technologiczne wykonuje się za pomocą cyklu G85 - podcięcie technologiczne pod gwint.



Rys. 23. Cykl podcięcia pod gwint G85. **Źródło:** MTS GmbH

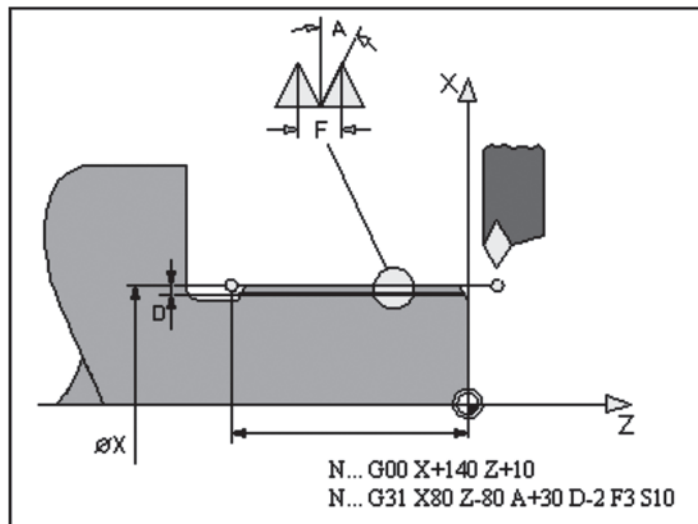
G85 X... Z... I... K...

gdzie:

- X, Z - współrzędne końca wykonania podcięcia,
- I - głębokość podcięcia odniesiona do promienia,
- K - długość podcięcia.

Dobierając parametry I oraz K należy pamiętać o zależności: K musi być, co najmniej 2,34 razy większe od I, np. jeżeli dobierzemy parametr I równy 3 mm to parametr K powinien wynosić co najmniej 7,02 mm.

Wykonanie gwintu ułatwi cykl **G31** pozwalający naciąć gwint w wielu przejściach obróbkowych dla gwintu o dowolnej średnicy i kącie pochylenia do 45°.



Rys. 24. Cykl nacinania gwintu G31. **Źródło:** MTS GmbH

G31 X... Z... D... F... S../J.. [A..] [Q..] [I./E..]

gdzie:

X,Z - współrzędne teoretycznego punktu końcowego gwintu,

D - głębokość gwintu odniesiona do średnicy (dobierana z tablic w zależności od skoku gwintu),

F - skok gwintu w kierunku osi Z,

S - liczba przejść narzędzia,

J - posuw wstępny w kierunku osi X na jedno przejście narzędzia,

K - posuw wstępny w kierunku osi Z na jedno przejście narzędzia,

A - kąt pochylenia powierzchni gwintu względem osi X (0-60 stopni),

Q - stopniowanie ostatniego posuwu, np. dla Q=4 ostatnie przejście zostanie podzielone w stosunku 1/2, 1/4, 1/8, 1/8,

I - różnica promieni między teoretycznym punktem początkowym i końcowym gwintu,

E - kąt gwintu w stosunku do osi Z (nie może być większe od 45°).



4. PROGRAMOWANIE FREZAREK S.N. ZA POMOCĄ INTERPOLACJI PROSTOLINIOWYCH I KOŁOWYCH

Większość funkcji pomocniczych, technologicznych i narzędziowych występujących w programowaniu tokarek wykorzystywana jest również do programowania frezarek i ich znaczenie jest dokładnie takie samo. Są to między innymi funkcje:

G90 – wymiarowanie w sposób absolutny,

G91 – wymiarowanie w sposób przyrostowy,

G54 – przesunięcie punktu zerowego (osie X, Y, Z),

M03 – włączenie prawych obrotów wrzeciona,

M04 – włączenie lewych obrotów wrzeciona,

M05 – wyłączenie obrotów wrzeciona,

M30 (M2) – zakończenie wykonywania programu głównego,

M08 – włączenie pompy cieczy chłodzącej,

M09 – wyłączenie pompy cieczy chłodzącej,

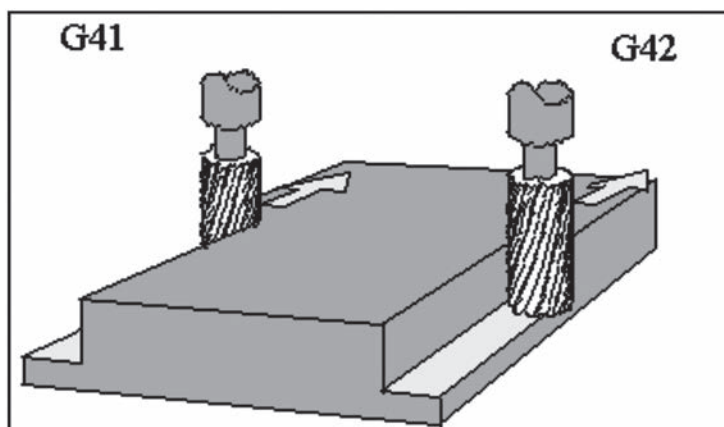
S – programowanie prędkości obrotowej wrzeciona, np. S 800 [obr/min],

F – programowania prędkości posuwu, np. F 120 [mm/min].

T – zmiana położenia magazynu narzędziowego, np. T1212.

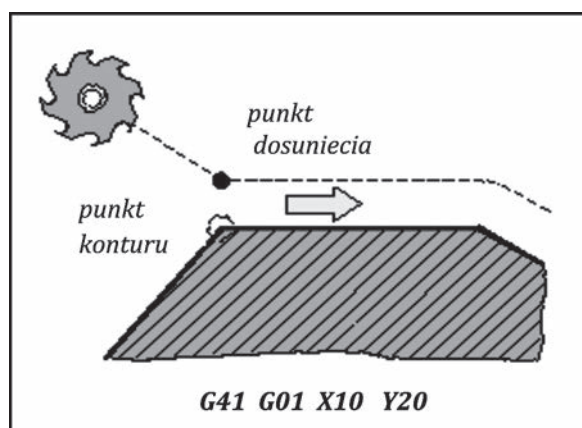
W przypadku frezowania konturów należy pamiętać o uwzględnieniu podczas programowania promienia ostrza narzędzia (programujemy przesunięcia osi narzędzia).

Aby uniknąć obliczania toru ruchu narzędzia z uwzględnieniem jego średnicy stosowana jest kompensacja promienia ostrza narzędzia. Jeżeli narzędzie wykonuje obróbkę zgodniez kierunkiem ruchu wskazówek zegara stosowana jest kompensacja **G41** w lewo od konturu, jeśli przeciwnie - **G42** w prawo od konturu.



Rys. 25. Kompensacja promienia ostrza narzędzia G41, G42
Źródło: MTS GmbH

Z kompensacją promienia ostrza narzędzia związane są warunki najazdu i odjazdu narzędzia od obrabianego konturu. Warunki te ściśle określają tor ruchu narzędzia po jakim powinno ono dojechać i odjechać od konturu przedmiotu obrabianego. Jeżeli po zaprogramowaniu kompensacji G41 lub G42 podamy bezpośrednio interpolację prostoliniową G01 wraz ze współrzędnymi XYZ punktu docelowego to narzędzie przemieści się wprost (najkrótszą drogą) do pierwszego punktu konturu.



Rys. 26. Bezpośredni dojazd narzędzia. **Źródło:** MTS GmbH

Jeżeli po zaprogramowaniu kompensacji narzędzie powinno dojechać do pierwszego punktu konturu przedmiotu obrabianego po torze

równoległym należy zaprogramować dojazd równoległy oznaczony funkcją G45. Układ sterowania obliczy punkt dosunięcia odległy o wartość A od pierwszego punktu konturu, dojedzie do niego a następnie po torze równoległym dosunie się do pierwszego punktu konturu o zaprogramowanych współrzędnych X i Y.

G41 G45 A.... G01 X... Y...

gdzie:

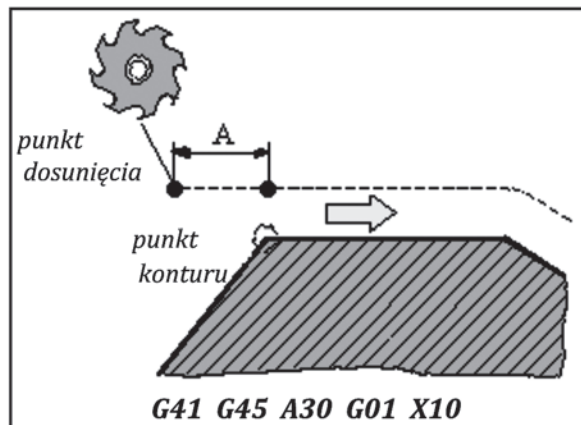
G41 - kompensacja promienia ostrza narzędzia w lewo od konturu,

G45 - warunek najazdu po torze równoległym,

A... - długość toru równoległego po którym dojedzie narzędzie do pierwszego punktu,

G01 – interpolacja prostoliniowa,

X, Y – współrzędne pierwszego punktu konturu.



Rys. 27. Dojazd równoległy do konturu G45. **Źródło:** MTS GmbH

Jeżeli po zaprogramowaniu kompensacji narzędzie powinno dojechać do pierwszego punktu konturu przedmiotu obrabianego po półokręgu dojazd programujemy za pomocą adresu G46. Układ sterowania obliczy punkt dosunięcia, a następnie przemieści się do pierwszego punktu konturu stycznie po półokręgu o średnicy zaprogramowanej za pomocą parametru A.



G41 G46 A.... G01 X... Y...

gdzie:

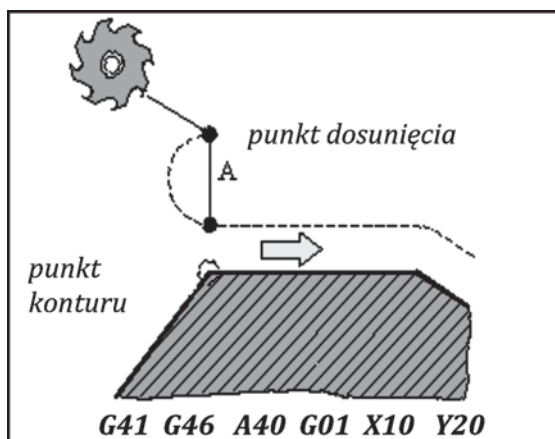
G41 - kompensacja promienia ostrza narzędzia w lewo od konturu,

G46 - warunek najazdu po półokręgu,

A... - średnica półokręgu po którym dojedzie narzędzie do pierwszego punktu,

G01 – interpolacja prostoliniowa,

X, Y – współrzędne pierwszego punktu konturu.



Rys. 28. Dojazd do konturu po półokręgu G46. **Źródło:** MTS GmbH

Jeżeli po zaprogramowaniu kompensacji narzędzie powinno dojechać do pierwszego punktu konturu przedmiotu obrabianego po ćwierćokręgu dojazd programujemy za pomocą adresu G47. Układ sterowania obliczy punkt dosunięcia, a następnie przemieści się do pierwszego punktu konturu stycznie po ćwierćokręgu o promieniu zaprogramowanym za pomocą parametru A.

G41 G47 A.... G01 X... Y...

gdzie:

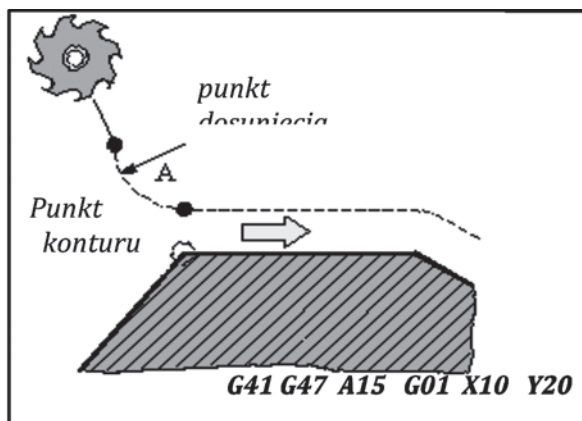
G41 - kompensacja promienia ostrza narzędzia w lewo od konturu,

G47 - warunek najazdu po ćwierćokręgu,

A... - promień ćwierćokręgu po którym dojedzie narzędzie do pierwszego punktu,

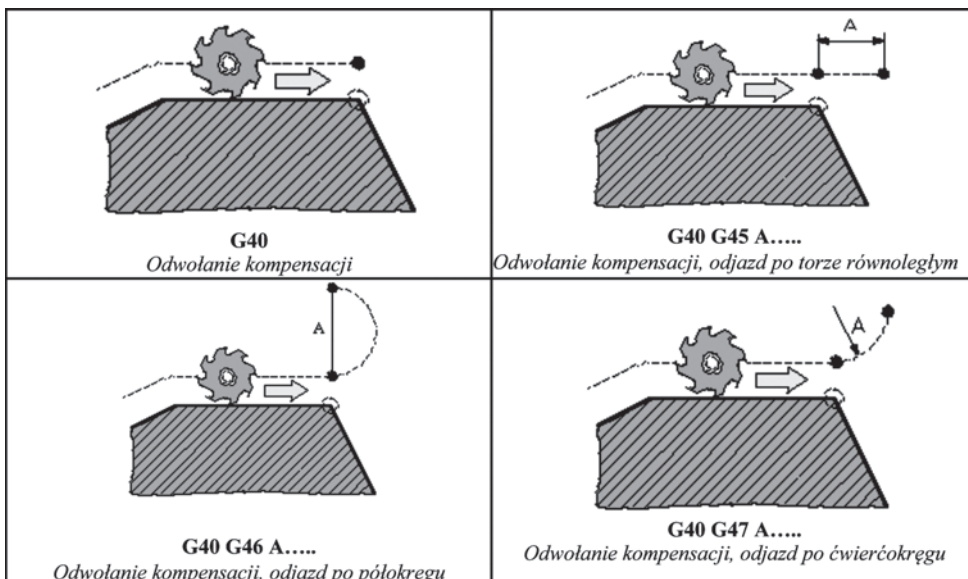
G01 – interpolacja prostoliniowa,

X, Y – współrzędne pierwszego punktu konturu.



Rys. 29. Dojazd do konturu po ćwierćokregu G47. **Źródło:** MTS GmbH

Po wykonaniu obróbki konturu kompensacją promienia ostrza narzędzia (G41 lub G42) odwołuje się za pomocą funkcji G40. Wraz z odwołaniem kompensacji można ustalić sposób w jaki narzędzie odjedzie od obrabianego konturu. Istnieje możliwość programowania takich samych warunków odjazdu po odwołaniu kompensacji jakie zostały omówione powyżej przy włączeniu kompensacji.



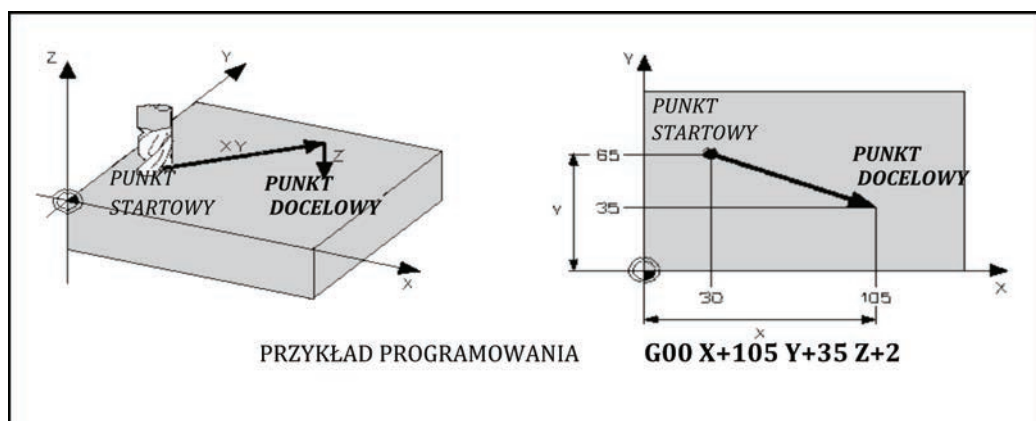
Rys. 30. Warunki odjazdu po wyłączeniu kompensacji.

Źródło: MTS GmbH



Podstawowe ruchy freza w przestrzeni obróbkowej programowane są za pomocą interpolacji prostoliniowych i kołowych. Zasada programowania jest podobna do programowania tokarek. Rodzaj ruchu i tym samym rodzaj interpolacji koduje się następującymi funkcjami przygotowawczymi:

- G00 - szybki przesuw narzędzia,
- G01 - interpolacja prostoliniowa z posuwem roboczym,
- G02 - interpolacja kołowa w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara,
- G03 - interpolacja kołowa w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara.



Rys. 31. Szybki przesuw narzędzia G00 do punktu o współrzędnych X+105 Y+35 Z+2, programowany we współrzędnych absolutnych.

Źródło: MTS GmbH

G00 X... Y... Z... [F...] [S...] [T...] [M...]

gdzie:

X, Y, Z - współrzędne punktu docelowego

opcjonalnie :

F - posuw [mm/min.],

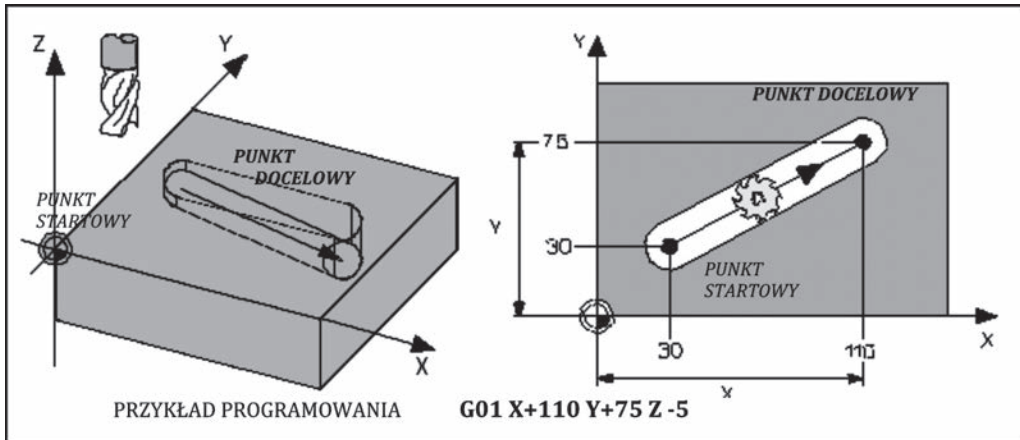
S - liczba obrotów wrzeciona [obr/min.],

T - numer narzędzia,

M - funkcja maszynowa.

Dow wykonania ruchu roboczego narzędzia (zdjęcia warstwy materiału)

po linii prostej wykorzystuje się interpolację prostoliniową z posuwem roboczym G01. Po zaprogramowaniu interpolacji prostoliniowej aktualnie wybrane narzędzie porusza się z zaprogramowaną prędkością posuwu pod adresem F (w mm/min.) po linii prostej do punktu docelowego o zaprogramowanych współrzędnych X, Y, Z. Współrzędne mogą być programowane w układzie absolutnym (G90) lub przyrostowym (G91).



Rys. 32. Interpolacja prostoliniowa z posuwem roboczym G01 do punktu o współrzędnych X110 Y75 Z-5. **Źródło:** MTS GmbH

G01 X... Y... Z... [F...] [S...] [T...] [M...]

gdzie:

X, Y, Z - współrzędne punktu docelowego; gdy narzędzie porusza się równoległe do jednej z osi to współrzędna punktu docelowego jest taka sama jak aktualna, więc nie trzeba jej podawać.

opcjonalnie:

F - posuw [mm/min.],

S - liczba obrotów wrzeciona [obr/min.],

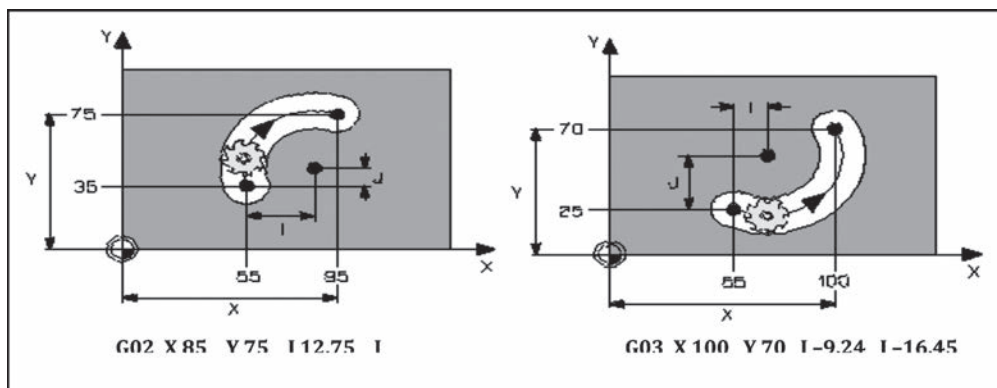
T - numer narzędzia,

M - funkcja maszynowa.

Do wykonania ruchu roboczego narzędzia (zdjęcia warstwy materiału) po łuku stosuje się interpolacje kołowe G02 oraz G03. Po zaprogramowaniu interpolacji aktualnie wybrane narzędzie porusza się z zaprogramowaną prędkością posuwu [mm/min.] po łuku zgodnie



z kierunkiem ruchu wskazówek zegara G02 lub przeciwnie do kierunku ruchu wskazówek zegara G03 do punktu o zaprogramowanych współrzędnych X, Y. Podobnie jak w interpolacji prostoliniowej współrzędne mogą być programowane w układzie absolutnym (G90) lub w przyrostowym (G91). W przypadku interpolacji kołowych należy podać również odległość od punktu startowego narzędzia do środka okręgu (punktu zawieszenia promienia) w osi X i Y. Odległość ta programowana jest przyrostowo i określona parametrem I dla osi X oraz J dla osi Y.



Rys. 33. Przykład programowania interpolacji kołowej G02 oraz G03.

Źródło: MTS GmbH

G02 X... Y... I... J... [F...] [S...] [T...] [M...]

G03 X... Y... I... J... [F...] [S...] [T...] [M...]

gdzie:

X,Y - współrzędne punktu docelowego,

I - odległość od punktu startowego do środka okręgu (punktu zawieszenia promienia) w kierunku osi X,

J - odległość od punktu startowego do środka okręgu (punktu zawieszenia promienia) w kierunku osi Y.

opcjonalnie:

F - posuw [mm/min.],

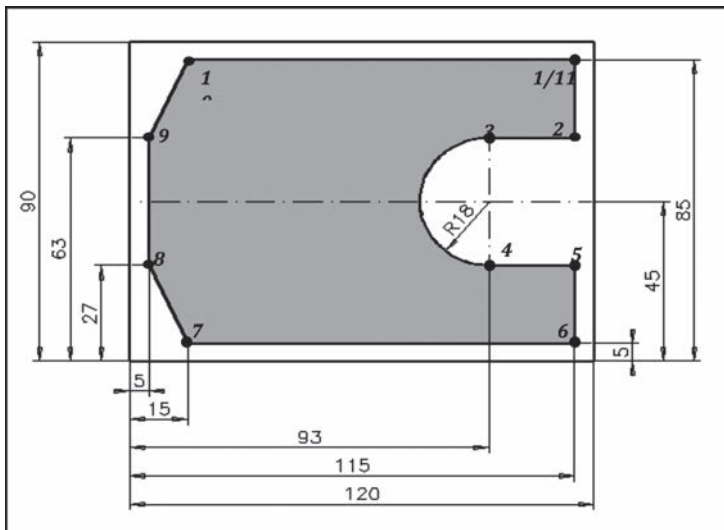
S - liczba obrotów wrzeciona [obr/min.],

T - numer narzędzia,

M - funkcja maszynowa.

Tworząc program obróbkowy należy pamiętać, aby na początku programu zadeklarować sposób wymiarowania (absolutny G90 lub przyrostowy G91). Kolejnym krokiem jest określenie przesunięcia punktu zerowego (G54) z parametrem XYZ, który jest odległością pomiędzy punktem zerowym obrabiarki a ustalonym punktem zerowym przedmiotu obrabianego w osiach XYZ. W kolejnych liniijkach programu określamy wybór narzędzia (T...) i parametry skrawania (S....., F.....), można również wstawić funkcje maszynowe np. włączenie obrotów wrzeciona (M03) lub włączenie chłodziwa (M08). Po wstawieniu bloków technologicznych można zaprogramować ruch szybki narzędzia w pobliże przedmiotu obrabianego (G00) a następnie zaprogramować obróbkę przedmiotu za pomocą interpolacji prostoliniowej (G01) i kołowych (G02, G03) zgodnie z kształtem przedmiotu obrabianego. Należy pamiętać o tym, iż przed dojazdem do kontury należy włączyć kompensację promienia ostrza narzędzia (G41 lub G42) oraz wskazać warunki najazdu (G45, G46 lub G47). Po opisanu konturu należy odwołać kompensację promienia ostrza wraz z określeniem sposobu odjazdu narzędzia od konturu po wyłączeniu kompensacji.

Poniżej przedstawiony został przykład programu obróbkowego dla części maszynowej przedstawionej na rysunku wykonany za pomocą interpolacji prostoliniowej i kołowej. Głębokość frezowania wynosi 5 mm. Średnica narzędzi jest równa 20 mm. Początek obróbki w punkcie X 115 Y 85.



Rys. 34. Szkic części maszynowej do przykładowego programu

N... **G90** - wymiarowanie absolutne,

N... **G54 X... Y..... Z.....** - przesunięcie punktu zerowego,

N... **T0101 S900 F130 M03** - wiersz technologiczny: wybór narzędzia, prędkość obrotowa narzędzia 900 ob./min, wartość posuwu 130 mm/min, kierunek obrotów w prawo,

N... **G00 X120 Y110** - dojazd narzędzia do przedmiotu obrabianego (ruch szybki),

N... **G00 Z10** - szybki dojazd do przedmiotu (10 mm nad przedmiotem obrabianym)

N... **G01 Z-5** - ruch roboczy w osi Z na głębokość 5 mm,

N... **G41 G45 A30 G01 X115 Y85** – włączenie kompensacji promienia ostrza narzędzia (G41), dojazd po torze równoległym (G45) o długości 30 mm (A30) do pierwszego punktu konturu o współrzędnych X 115 Y 85 (pkt. 1),

N... **G01 Y63** – interpolacja prostoliniowa do punktu o współrzędnych X115 Y 63 (pkt. 2),

N... **G01 X93** - interpolacja prostoliniowa do punktu o współrzędnych X93 Y 63 (pkt. 3),

N... **G03 X93 Y27 I0 J-18** - interpolacja kołowa do punktu o współrzędnych X93 Y 27 (pkt. 4),

N... **G01 X115** - interpolacja prostoliniowa do punktu o współrzędnych



X115 Y 27 (pkt. 5),

N... G01 Y5 - interpolacja prostoliniowa do punktu o współrzędnych X115 Y5 (pkt. 6),

N... G01 X15 – interpolacja prostoliniowa do punktu o współrzędnych X15 Y 5 (pkt. 7),

N... G01 X5 Y27 -interpolacja prostoliniowa do punktu o współrzędnych X5 Y27 (pkt. 8),

N... G01 Y63 - interpolacja prostoliniowa do punktu o współrzędnych X5 Y63 (pkt. 9),

N... G01 X15 Y85 - interpolacja prostoliniowa do punktu o współrzędnych X15 Y85 (pkt. 10),

N... G01 X115 - interpolacja prostoliniowa do punktu o współrzędnych X115 Y85 (pkt. 11),

N... G40 G45 A30 - odwołanie kompensacji (G40), odjazd po torze równoległym (G45) 30 mm od konturu.

N... G00 Z 100 - szybki przesuw 100 mm nad materiał obrabiany,

N...G26 - odjazd do punktu wymiany narzędzia,

N...M30 - zakończenie programu.



5. PROGRAMOWANIE FREZAREK S. N. ZA POMOCĄ CYKLI OBRÓBKOWYCH

Zastosowanie cykli obróbkowych przyspiesza opracowanie operacji technologicznych dla frezowanych przedmiotów o złożonej geometrii, wymagających obróbki rowków, zagłębień, otworów czy gwintów. Wśród cykli obróbkowych stosowanych w obróbce frezowaniem najczęściej stosuje się cykle wiercenia, frezowania prostokątnego i okrągłego zagłębienia, gwintowania.

Cyklem obróbkowym niezbędnym do wykonywania otworów jest cykl wiercenia głębokich otworów opisany za pomocą adresu G83. Obróbka otworu za pomocą tego cyklu polega na zaprogramowaniu wielokrotnego zagłębiania narzędzia w materiał obrabiany przy jednoczesnym zmniejszaniu głębokości wiercenia. Bardzo ważny jest dobór parametrów D i K do wykonania wiercenia. Za pomocą tych parametrów określamy poszczególne głębokości wiercenia jak również liczbę zagłębień wiertła w materiał.

G83 Z... A... B... D... K...

gdzie:

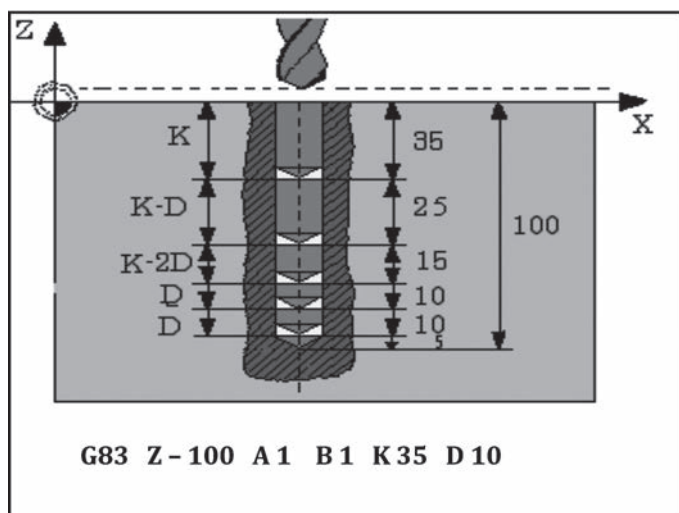
Z - współrzędna Z punktu końcowego otworu,

A - czas w sekundach na ruch powrotny wiertła w celu usunięcia wiórów,

B - czas w sekundach zatrzymania ruchu wgłębnego wiertła w celu złamania wióra,

D - degresja, wartość o jaką zostaje zmniejszona głębokość po każdym cyklu,

K - głębokość wiercenia podczas pierwszego cyklu.



Rys. 35. Cykl wiercenia otworów. **Źródło:** MTS GmbH

Aby wykonać zdefiniowany uprzednio cykl wiercenia należy go wywołać za pomocą adresu G79 - wywołanie cyklu w punkcie (wykonanie jednego cyklu w ściśle określonym miejscu) podając współrzędne X i Y środka otworu. Należy również pamiętać o uprzednim ustawieniu narzędzia w bezpiecznej odległości w osi Z nad powierzchnią płytki.

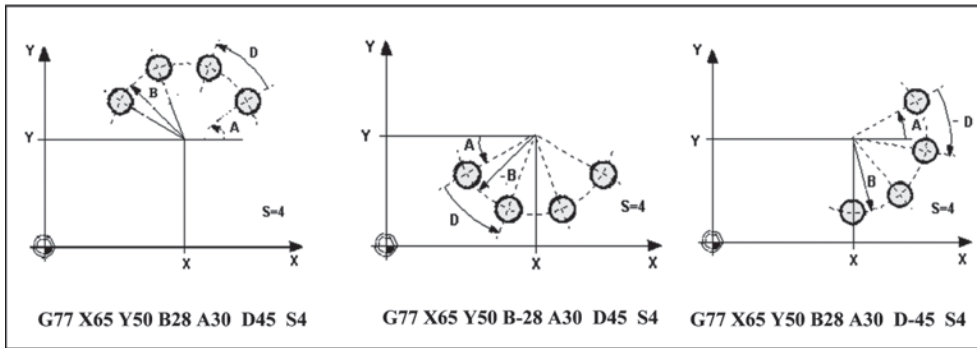
G79 X... Y... [Z...]

gdzie:

X, Y - współrzędne środka kieszeni,

Z - współrzędna Z podawana opcjonalnie w przypadku, kiedy narzędzie nie zostało ustawione bezpośrednio nad przedmiotem obrabianym (w płaszczyźnie bezpieczeństwa).

Raz zdefiniowany cykl obróbkowy może być wywoływany wielokrotnie w różnych miejscach na przedmiocie obrabianym za pomocą funkcji G79. Istnieje również możliwość wywołania cyklu obróbkowego na okręgu G77 i na linii prostej G78.

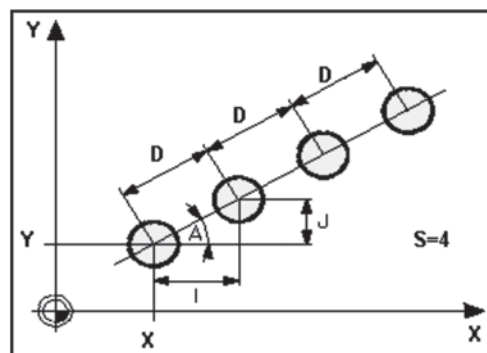


Rys. 36. Wywołanie cyklu na okręgu G77. **Źródło:** MTS GmbH

G77 X... Y... [Z...] B... A... D... S...

gdzie:

- X, Y - współrzędne środka okręgu, na którym rozłożone są poszczególne wykonania cyklu,
- Z - współrzędna Z podawana opcjonalnie w przypadku, kiedy narzędzie nie zostało ustawione bezpośrednio nad przedmiotem obrabianym (w płaszczyźnie bezpieczeństwa),
- B - promień okręgu, na którym rozłożone są poszczególne wykonania cyklu,
- A - kąt pomiędzy dodatnią osią X a pierwszym wykonaniem (parametr B ze znakiem +) lub kąt pomiędzy ujemną osią X a pierwszym wykonaniem (B ze znakiem -),
- D - kąt pomiędzy pojedynczymi wykonaniami,
- S - liczba wykonań.

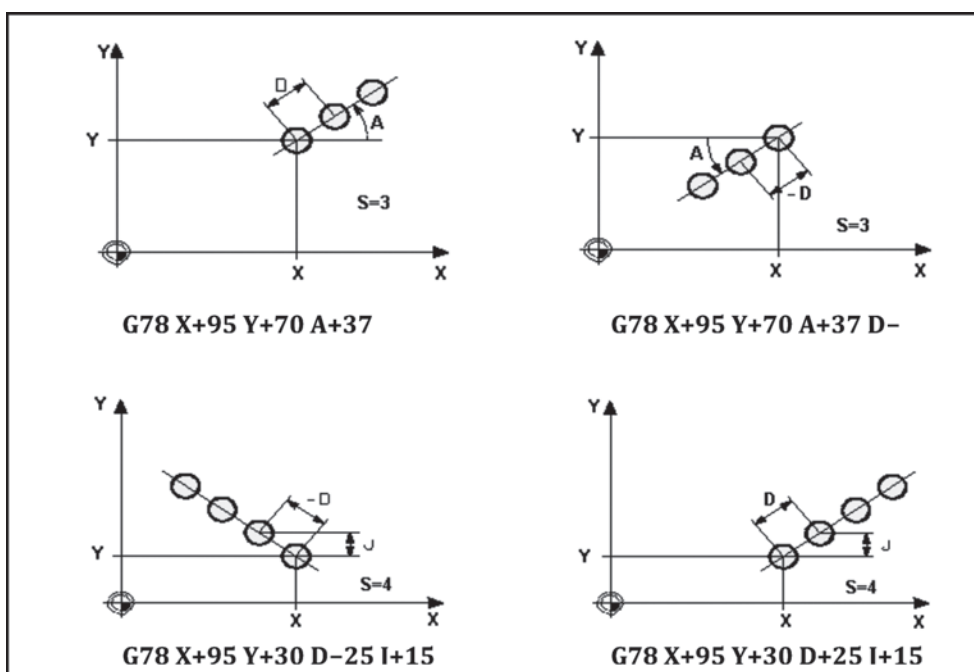


Rys. 37. Wywołanie cyklu na prostej G78. **Źródło:** MTS GmbH

G78 X... Y... [Z...] A... D... [I...] [J...] S...

gdzie:

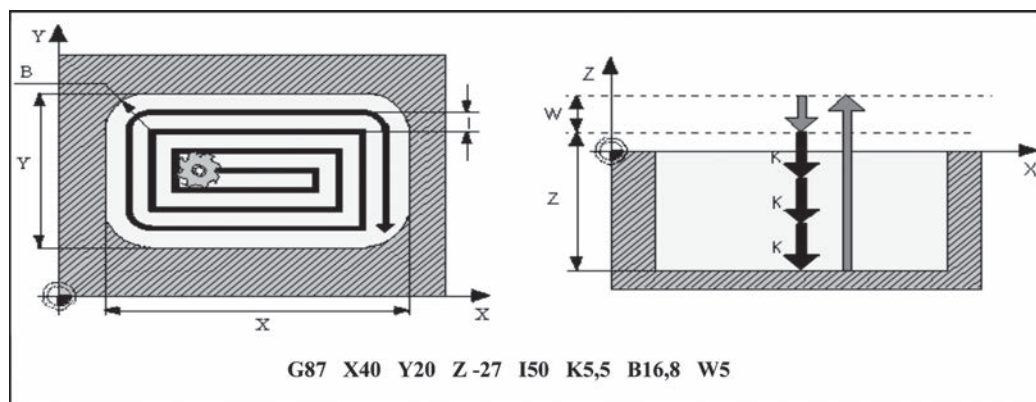
- X, Y - współrzędne pierwszego wykonania cyklu,
- Z - współrzędna Z podawana opcjonalnie w przypadku, kiedy narzędzie zostało ustawione bezpośrednio nad przedmiotem obrabianym (w płaszczyźnie bezpieczeństwa),
- B - promień okręgu, na którym rozłożone są poszczególne wykonania cyklu,
- A - kąt pomiędzy dodatnią osią X a prostą na której rozłożone są poszczególne wykonania,
- D - odległość pomiędzy pojedynczymi wykonaniami,
- I, J - przyrostowo podane przesunięcia w osi X (parametr I) i osi Y (parametr J), parametry I oraz J mogą wystąpić wymiennie z parametrami A oraz D,
- S - liczba wykonań.



Rys. 38. Wywołanie cyklu na prostej - różne warianty programowania adresów w cyklu. **Źródło:** MTS GmbH



Przy pomocy cyklu G87 można frezować prostokątne zagłębienia o dowolnych wymiarach i dowolnym (nie mniejszym niż promień narzędzia) promieniu zaokrąglenia naroża.



Rys. 39. Cykl frezowania prostokątnego zagłębienia. **Źródło:** MTS GmbH

G87 X... Y... Z... I... K... [B..] [W..]

gdzie:

X - długość kieszeni w osi X,

Y - długość kieszeni w osi Y,

Z - całkowita głębokość frezowania w kierunku osi Z (wymiar mierzony od aktualnej pozycji narzędzia z uwzględnieniem płaszczyzny bezpieczeństwa),

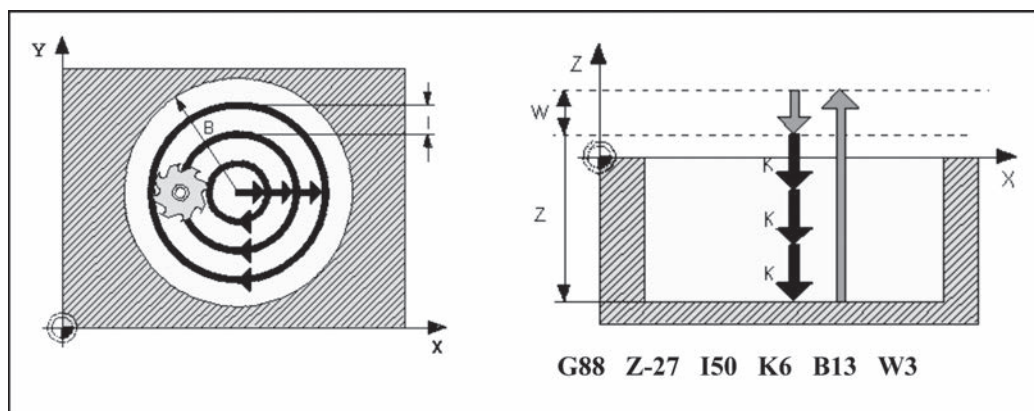
I - dosunięcie freza podczas obróbki w płaszczyźnie X-Y (w procentach średnicy freza),

K - głębokość frezowania za każdym przejściem narzędzia,

B - promień zaokrąglenia naroży kieszeni,

W - odległość płaszczyzny wycofania narzędzia od płaszczyzny bezpieczeństwa.

Wykorzystując cykl G88 można frezować okrągłe zagłębienia o dowolnej średnicy i głębokości w kilku stopniowych przejściach narzędzia.



Rys. 40. Cykl frezowania okrągłego zagłębienia. **Źródło:** MTS GmbH

G88 Z... I... K... B... [W...]

gdzie:

Z - całkowita głębokość frezowania w kierunku osi Z (wymiar mierzony od aktualnej pozycji narzędzia z uwzględnieniem płaszczyzny bezpieczeństwa),

I - dosunięcie freza podczas obróbki w płaszczyźnie X-Y (w procentach średnicy freza),

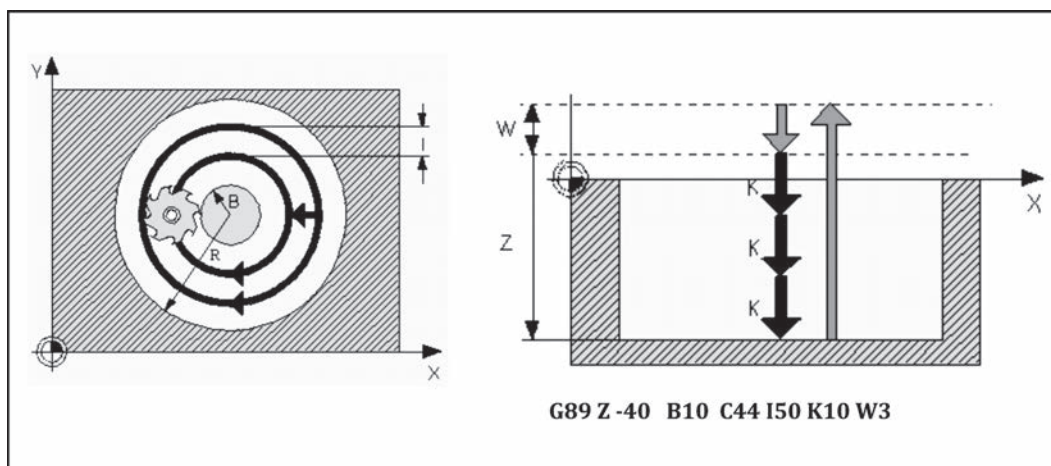
K - głębokość frezowania za każdym przejściem narzędzia,

B - promień kieszeni,

W - odległość płaszczyzny wycofania narzędzia od płaszczyzny bezpieczeństwa.

Zdefiniowanie cyklu frezowania kieszeni okrągłej lub prostokątnej definiuje tylko jej kształt i sposób frezowania nie powoduje jednak ich wykonania. Aby wykonać frezowanie cyklu należy zdefiniowany uprzednio cykl wywołać za pomocą funkcji G77, G78 lub G79.

W wielu układach sterowania numerycznego istnieje możliwość frezowania okrągłego zagłębienia z wyspą (czopem). Funkcja, która definiuje ten cykl określona jest kodem G89 - cykl frezowania czopów.



Rys. 41. Cykl frezowania czopów. **Źródło:** MTS GmbH

G89 Z... B... C... I... K... [W...]

gdzie:

Z - całkowita głębokość frezowania w kierunku osi Z (wymiar mierzony od aktualnej pozycji narzędzia z uwzględnieniem płaszczyzny bezpieczeństwa),

B - promień czopa,

C - promień kieszeni,

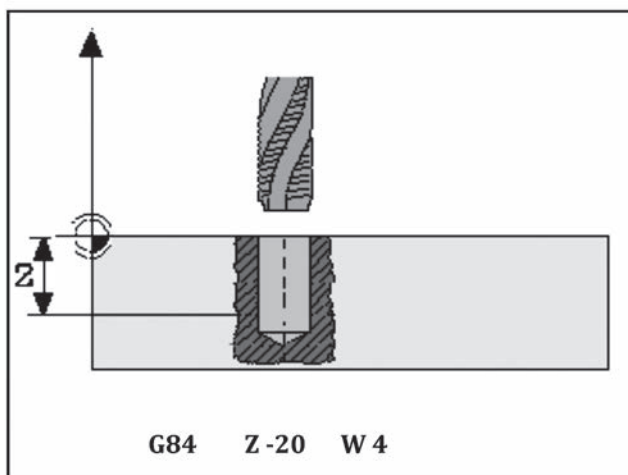
I - dosunięcie freza podczas obróbki w płaszczyźnie X-Y (w procentach średnicy freza),

K - głębokość frezowania za każdym przejściem narzędzia,

W - odległość płaszczyzny wycofania narzędzia od płaszczyzny bezpieczeństwa.

Aby wykonać frezowanie czopa należy zdefiniowany uprzednio cykl wywołać za pomocą funkcji G77, G78 lub G79.

Gwinty w wykonanych uprzednio otworach wykonuje się przy pomocy funkcji G84 – cykl gwintowania otworu.



Rys. 42. Cykl gwintowania. **Źródło:** MTS GmbH

G84 Z... [W...]

gdzie:

Z - całkowita głębokość gwintowania w kierunku osi Z (wymiar mierzony od aktualnej pozycji narzędzia z uwzględnieniem płaszczyzny bezpieczeństwa),

W - odległość płaszczyzny wycofania narzędzia od płaszczyzny bezpieczeństwa.

Programując cykl gwintowania należy pamiętać o prawidłowym doborze obrotów wrzeciona oraz posuwu w zależności od skoku gwintu. Można je dobrać korzystając z zależności:

$$F = S \cdot p$$

gdzie:

F – posuw [mm/min]

S – obroty wrzeciona [obr/min]

p – skok gwintu [mm]

Po zaprogramowaniu i wywołaniu cyklu za pomocą funkcji G77, G78 i G79 gwintownik zagłębia się w otwór z zaprogramowanym posuwem i prędkością obrotową wrzeciona (w prawo). Po osiągnięciu zaprogramowanej głębokości gwintowania następuje automatyczna zmiana obrotów wrzeciona (w lewo) i wykręcenie gwintownika poza gwintowany otwór.



A series of horizontal dashed lines spanning the width of the page, providing a template for handwritten notes.



A series of horizontal dashed lines for writing notes.



A series of horizontal dashed lines for writing notes.



A series of horizontal dashed lines spanning the width of the page, intended for taking notes.



A series of horizontal dashed lines for writing notes.



A series of horizontal dashed lines spanning the width of the page, intended for taking notes.



A series of horizontal dashed lines spanning the width of the page, providing a template for handwritten notes.



A series of horizontal dashed lines for writing notes.



A series of horizontal dashed lines spanning the width of the page, providing a template for handwritten notes.



A series of horizontal dashed lines for writing notes.



A series of horizontal dashed lines spanning the width of the page, intended for writing notes.



A series of horizontal dashed lines spanning the width of the page, intended for taking notes.



A series of horizontal dashed lines spanning the width of the page, intended for writing notes.



A series of horizontal dashed lines spanning the width of the page, intended for taking notes.



A series of horizontal dashed lines for writing notes.



A series of horizontal dashed lines for writing notes.



A series of horizontal dashed lines for writing notes.



Wyższa Szkoła Ekonomiczno-Humanistyczna
im. prof. Szczepana A. Pieniążka w Skierniewicach
Wydział Pedagogiczny, ul. Mazowiecka 1B; 96-100 Skierniewice
www.profesjonalnynauczyciel.pl

ISSN - 2082-8187