

PROGRAMOWANIE OBRABIAREK CNC

toczenie

rea **MTS**

Programowanie obrabiarek CNC - toczenie

Konsultacja merytoryczna: mgr inż. Andrzej Brejnak

W podręczniku występują normy DIN. Większość z nich odpowiada normom ISO.

Odpowiedniki – Polskie Normy – oparte są na normach ISO, niektóre wręcz tłumaczone z języka angielskiego.

Poniżej podajemy wykaz numerów ważniejszych Polskich Norm z zakresu programowania obrabiarek CNC.

| | |
|---------------|---|
| PN-73/M-55256 | Obrabiarki do metali. Kodowanie funkcji przygotowawczych G i funkcji pomocniczych M dla obrabiarek sterowanych numerycznie. |
| PN-93/M-55251 | Maszyny sterowane numerycznie. Osie współrzędnych i zwroty ruchów. Nazwy i oznaczenia. |
| PN-84/M-55263 | Obrabiarki do metali. Tokarki sterowane numerycznie. Podstawowe parametry i wymiary przyłączeniowe. |
| PN-83/M-55264 | Obrabiarki do metali. Frezarki sterowane numerycznie. Podstawowe parametry i wymiary przyłączeniowe. |

Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania i wpisany do wykazu podręczników szkolnych przeznaczonych do kształcenia zawodowego do nauczania obróbki CNC na poziomie technikum i liceum zawodowego na podstawie recenzji rzeczoznawców: mgr. Wiesława Bobrka, mgr. inż. Jana Moosa, dr. inż. Stefana Tomaszka i prof. dr. hab. Stanisława Dubisza.

Nr dopuszczenia 32/99

© **MTS Mathematisch Technische Software-Entwicklung GmbH**

Kaiserin-Augusta-Allee 101

D-10553 Berlin

Telefon +49 / 30 / 349 960-0

Fax +49 / 30 / 349 960-25

<http://www.mts-cnc.com>

e-mail: mts@mts-cnc.com

© **Wydawnictwo REA s.j.**

00-844 Warszawa

ul. Grzybowska 77

Tel./fax: 620-28-71

<http://www.rea-sj.pl>

e-mail: rea@rea-sj.pl

ISBN 83-7141-208-8

Wszystkie prawa zastrzeżone.

Spis treści

| | |
|---|-----------|
| Wprowadzenie | 5 |
| 1. Podstawy geometryczne | 7 |
| 1.1 Układ współrzędnych | 7 |
| 1.2 Punkty odniesienia | 9 |
| 1.3 Wymiarowanie absolutne i przyrostowe | 11 |
| 1.4 Geometria narzędzia | 13 |
| 1.4.1 Zbiór wielkości korekcyjnych | 15 |
| 1.4.2 Kompensacja promienia narzędzia | 17 |
| 2. Wprowadzenie do programowania-NC | 19 |
| 2.1 Budowa bloku w programie-NC | 19 |
| 2.2 Funkcje modalne i funkcje ważne tylko w bloku | 20 |
| 2.3 Przedstawienie i zastosowanie adresów | 21 |
| 3. Funkcje pomocnicze | 22 |
| 3.1 Włączenie i wyłączenie obrotów wrzeciona | 22 |
| 3.2 Włączenie i wyłączenie cieczy chłodzącej | 22 |
| 3.3 Zatrzymanie programu | 22 |
| 3.4 Zakończenie programu | 23 |
| 3.5 Posuw | 23 |
| 3.6 Liczba obrotów wrzeciona | 23 |
| 3.7 Wymiana narzędzia | 23 |
| 4. Funkcje programowania według DIN 66025 | 25 |
| Sterowanie punktowe z szybkim przesuwem G00 | 27 |
| Interpolacja prostoliniowa z posuwem roboczym G01 | 29 |
| Interpolacja kołowa zgodna z ruchem wskazówek zegara G02 | 30 |
| Interpolacja kołowa przeciwna do ruchu wskazówek zegara G03 | 31 |
| Czasowy postój G04 | 32 |
| Zwolnienie G09 | 33 |
| Wywołanie podprogramu G22 | 35 |
| Powtórzenie części programu G23 | 36 |
| Bezwarunkowa funkcja skoku G24 | 37 |
| Przesuw do punktu wyjściowego obrabiarki G25 | 38 |
| Przesuw do punktu wymiany narzędzia G26 | 39 |
| Nacinanie gwintu G33 | 41 |
| Kompensacja promienia narzędzia: | |
| w lewo od konturu G41 / w prawo od konturu G42 | 43 |
| Odwołanie kompensacji promienia narzędzia G40 | 43 |
| Anulowanie przyrostowego przesunięcia punktu zerowego G53 | 44 |
| Ustalenie punktu zerowego w układzie absolutnym G54 | 45 |
| Przyrostowe przesunięcie punktu zerowego G59 | 47 |
| Wymiarowanie absolutne (od bazy) G90 | 48 |
| Wymiarowanie przyrostowe (inkrementalne) G91 | 49 |
| Graniczna prędkość obrotowa wrzeciona G92 | 50 |
| Stała prędkość skrawania G96 | 51 |
| Odwołanie stałej prędkości skrawania G97 | 52 |

| | |
|--|------------|
| 5. Cykle obróbki tokarskiej | 5 |
| Cykl nacinania gwintu G31 | 5 |
| Ograniczenie jałowej drogi narzędzia przy obróbce konturu w cyklu wielokrotnym G36 | 5 |
| Nadatek na obróbkę wykańczającą G57 | 6 |
| Cykl zgrubnego toczenia wzdłużnego G65 (kontur stożkowy) | 6 |
| Cykl zgrubnego planowania G66 (kontur stożkowy) | 6 |
| Cykl zgrubnego toczenia wzdłużnego- równoległego do osi G75 | 7 |
| Cykl zgrubnego planowania- równoległego do osi G76 | 7 |
| Cykl toczenia podcięć wykonanych według DIN 509 kształt E lub F – G78 | 7 |
| Podcięcie dla gwintu wykonane według DIN 76- G78 | 7 |
| Cykl toczenia rowka G79 | 8 |
| Cykl zgrubnego toczenia wzdłużnego dowolnego konturu G81 | 8 |
| Cykl zgrubnego planowania dowolnego konturu G82 | 8 |
| Cykl wielokrotny G83 | 8 |
| Cykl wiercenia głębokich otworów G84 | 8 |
| Cykl toczenia podcięć wykonanych według DIN 509 kształt E lub F – G85 | 9 |
| Podcięcie do gwintu wykonane według DIN 76 G85 | 9 |
| Cykl toczenia rowka G86 | 9 |
| Cykl toczenia promienia zaokrąglenia G87 | 9 |
| Cykl toczenia fazy G88 | 10 |
| 6. Programowanie ciągów konturowych | 102 |
| 6.1 Adresy dodatkowe | 106 |
| 6.1.1 Środki okręgów przy wymiarowaniu absolutnym | 107 |
| 6.1.2 Przejścia styczne | 108 |
| 6.1.3 Wybór rozwiązań | 110 |
| 6.1.3.1 Wybór rozwiązania – kryterium kąta | 111 |
| 6.1.3.2 Wybór rozwiązania – kryterium odcinka | 112 |
| 6.1.3.3 Wybór rozwiązania – kryterium łuku | 113 |
| 6.1.4 Zaokrąglenie dwóch elementów | 114 |
| 6.1.5 Faza między dwoma odcinkami | 116 |
| 6.2 Ciąg 2-punktowy: odcinek G71 | 118 |
| 6.3 Ciąg 2-punktowy: łuk kołowy G72/G73 | 120 |
| 6.4 Ciąg 3-punktowy: odcinek – odcinek G71/G71 | 124 |
| 6.5 Ciąg 3-punktowy: łuk kołowy – odcinek G72/G71 | 128 |
| 6.6 Ciąg 3-punktowy: odcinek – łuk kołowy G71/G72 | 132 |
| 6.7 Ciąg 3-punktowy: łuk kołowy – łuk kołowy G72/G71 | 139 |
| 6.8 Ciąg 4-punktowy ze stycznymi przejściami | 144 |
| 6.9 Otwarte ciągi konturowe | 150 |
| 6.10 Przyłączenie styczne | 155 |
| 7. Parametr | 158 |
| 8. Komentarze | 159 |
| Załącznik 1: Przegląd programowanych adresów | 160 |
| Zbiór zadań | 164 |
| Wykaz terminów | 203 |

Wprowadzenie

Szybki rozwój obrabiarek CNC w ostatnich 20 latach spowodował gwałtowny wzrost liczby kodów programowania. Obecnie na rynku obrabiarek CNC funkcjonuje ponad 100 różnych odmian sterowania NC i tyle samo języków (kodów) programowania. Komplikuje to bardzo przygotowanie fachowej kadry. Niekiedy w jednym zakładzie użytkowane są obrabiarki CNC o kilku rodzajach sterowania, dlatego konieczne jest kształcenie kadry w kodzie obojętnym względem rodzaju sterowania. Celowe więc stało się stworzenie języka programowania (kodu), który umożliwi łatwe opanowanie zasad programowania, a jednocześnie zawiera większość nowoczesnych rozwiązań ułatwiających programowanie CNC.

Niniejszy podręcznik do programowania tokarek CNC zawiera wszystkie funkcje programowania-NC proponowane w kodzie MTS. Do kodu tego, oprócz funkcji pochodzących z normy DIN 66025, należą również funkcje dotyczące obróbki za pomocą cykli oraz programowanie ciągów konturowych. Kod programowania MTS, oparty na normach ISO, jest obojętny względem rodzaju sterowania obrabiarek-CNC. Dlatego nadaje się najbardziej do kształcenia i szkolenia. Przygotowanie fachowca do obsługi konkretnego sterowania CNC wymaga wówczas zaledwie krótkiego przeszkolenia. Programy NC przygotowane w kodzie neutralnym można przy tym używając odpowiedniego postprocesora komputerowo przetłumaczyć na kod zastosowany w konkretnej obrabiarence CNC.

Treść podręcznika do programowania została podzielona na następujące części:

- Część pierwszą, gdzie przedstawiono i wyjaśniono wiadomości podstawowe potrzebne przy programowaniu-NC.
- Część drugą, gdzie w sposób dokładny opisano wszystkie funkcje-NC stosowane w kodzie MTS. Ze względu na lepszą czytelność podzielono je na poszczególne grupy.

Taka koncepcja podręcznika daje osobie, która jest nowicjuszem w tematyce programowania-NC, możliwość łatwego i systematycznego poznania tej tematyki. Równocześnie, poprzez przejrzyste i strukturalne przedstawienie wszystkich funkcji, podręcznik może być poradnikiem dla doświadczonych programistów-NC, przy znajdowaniu rozwiązań w trudnych przypadkach.

Celem podręcznika jest wprowadzenie i pomoc przy tzw. „ręcznym programowaniu”. W tym celu w każdej omawianej funkcji przedstawiono i objaśniono znaczenie wszystkich parametrów koniecznych i opcjonalnych. Dodatkowe rysunki przy każdej funkcji oraz przykładowe bloki programu ułatwiają zrozumienie zasad ich działania. Podręcznik może być także bardzo pomocny podczas pisania programów-NC ręcznie, w edytorze oraz przy programowaniu interaktywnym, bezpośrednio na ekranie obrabiarki lub symulatora.

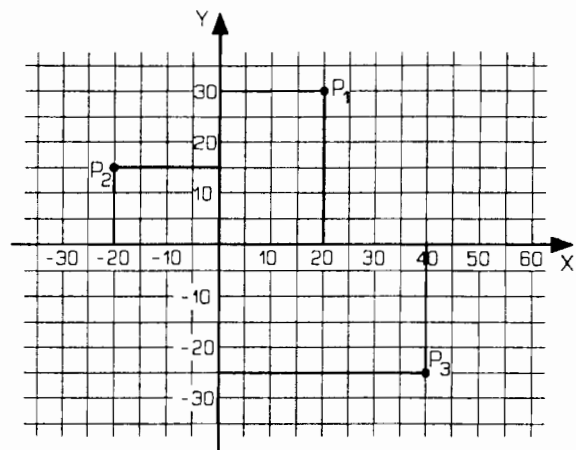
Oprócz tego podręcznik może być bardzo pomocny przy testowaniu i optymalizacji programów -NC i zrozumieniu związków między poszczególnymi funkcjami.

Przykład

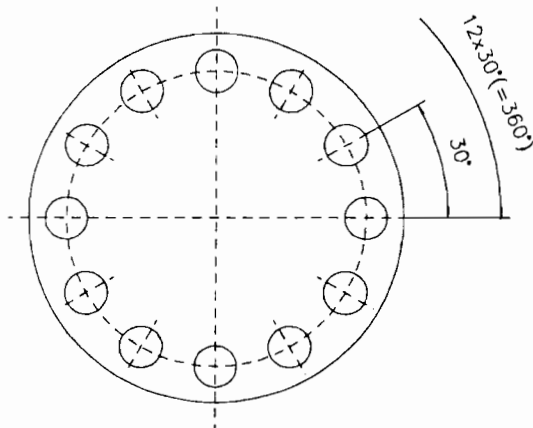
P1: $X=20$, $Y=30$

P2: $X=-20$, $Y=15$

P3: $X=40$, $Y=-25$

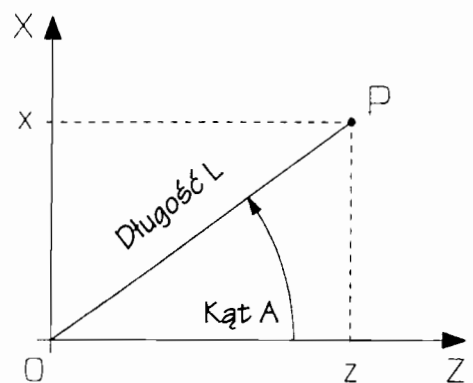


Rys. 1.1 Kartezjański układ współrzędnych



Podawanie kątów położenia otworów na kole podziałowym

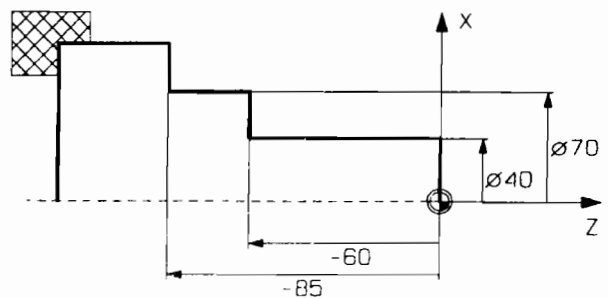
Rys. 1.2



Określenie położenia punktu przez długość L i kąt A

Rys. 1.3

Dwuosiowy układ współrzędnych przy programowaniu-NC Toczenie



Rys. 1.4

1. Podstawy geometryczne

Poniżej podane punkty objaśniają podstawowe wiadomości matematyczno-techniczne, potrzebne do programowania – NC.

1.1 Układ współrzędnych

W każdym programie-NC są podawane współrzędne odcinków i punktów, które opisują ruchy narzędzia. W celu prawidłowego wykonania tych ruchów, położenia poszczególnych punktów muszą być podawane dokładnie i muszą być właściwie interpretowane przez sterowanie. Warunkiem tego jest układ odniesienia, za pomocą którego może być zdefiniowane położenie dowolnego punktu. Rolę układu odniesienia przy programowaniu-NC spełnia układ współrzędnych.

Punkt zerowy układu współrzędnych

Układ współrzędnych składa się z dwóch wzajemnie prostopadłych osi, na których w odpowiedniej podziałce podawane są wartości liczbowe. Punkt przecięcia osi **jest punktem początkowym** lub **punktem zerowym** układu współrzędnych. Pozioma oś układu oznaczana jest zazwyczaj jako X, natomiast oś pionowa jako Y.

Przy programowaniu operacji toczenia stosowane są inne oznaczenia. Oś pozioma oznaczana jest jako Z, a oś pionowa jako X.

Taki płaski układ współrzędnych nasi nazwę kartezjańskiego.

W układzie współrzędnych położenie każdego punktu jest jednoznacznie określone przez jego wartości liczbowe (**współrzędne**) na osi X i Y.

Współrzędne

Punkt P1 ma następujące współrzędne:

Przykład:
(Rys 1.1)

$$X = 20 \text{ i } Y = 30$$

tzn. jego położenie na płaszczyźnie można określić odmierzając 20 jednostek od punktu zerowego układu w kierunku dodatnim na osi X i 30 jednostek w kierunku dodatnim na osi Y.

Odpowiednio punkty P2 i P3 posiadają następujące współrzędne:

$$P2: X=-20, Y=15 \quad P3: X=40, Y=-25$$

Biegunowy układ współrzędnych

Oprócz kartezjańskiego układu współrzędnych stosowany jest często układ biegunowy, szczególnie dla detali z wieloma wymiarami kątowymi.

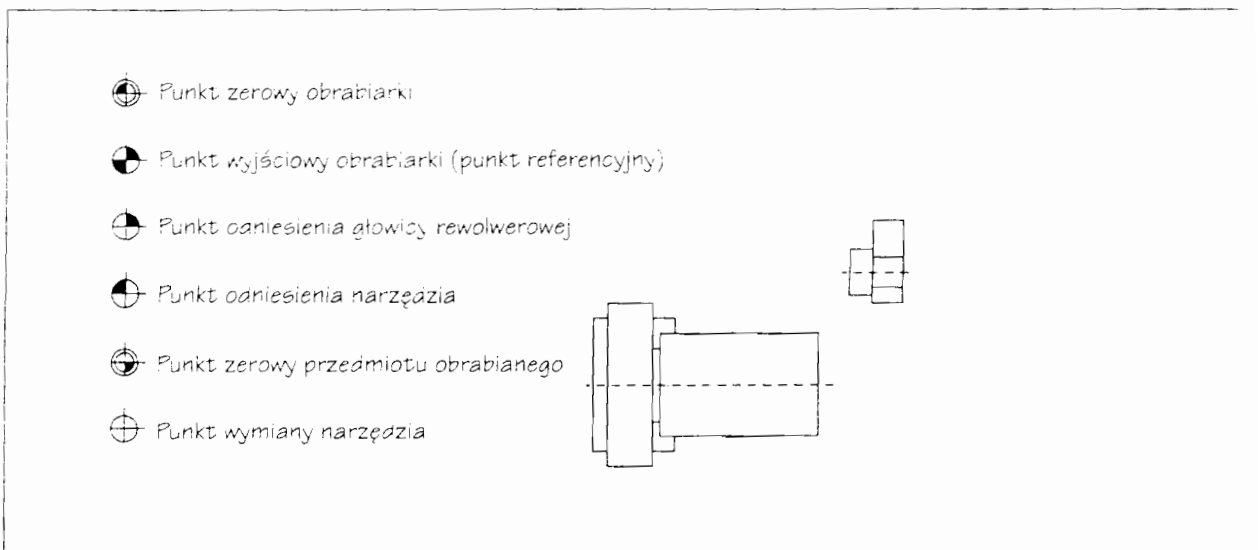
Przykład: Wymiarowanie otworów, których środki umieszczono na okręgu (Rys. 1.2)

Położenie punktów na płaszczyźnie w układzie biegunowym definiuje się przez podanie:

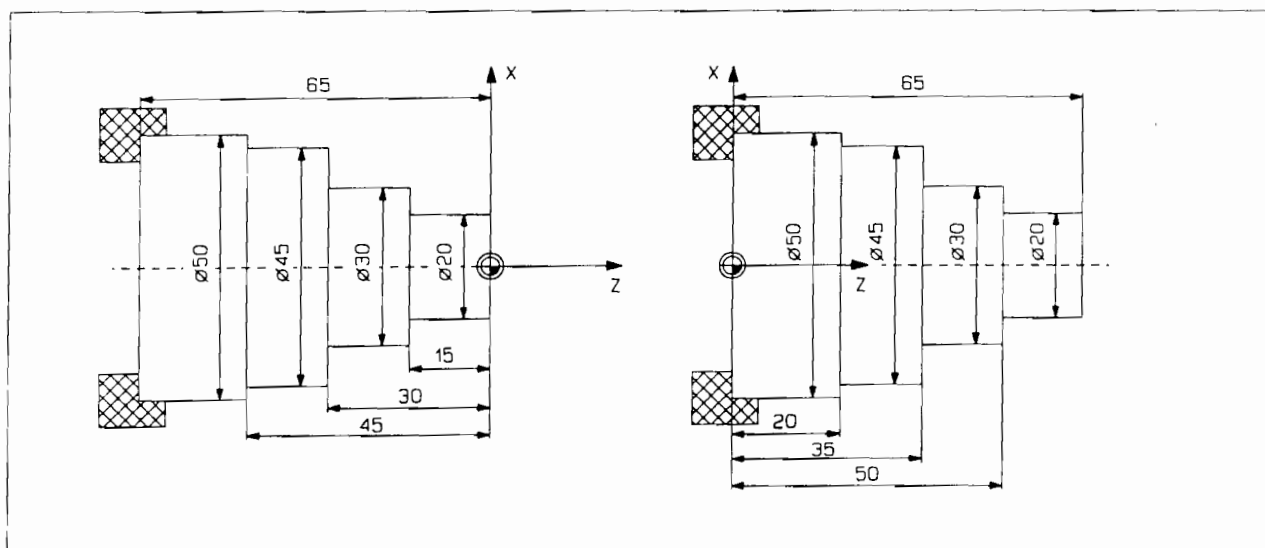
długości L i kąta A

Układ współrzędnych dla toczenia CNC

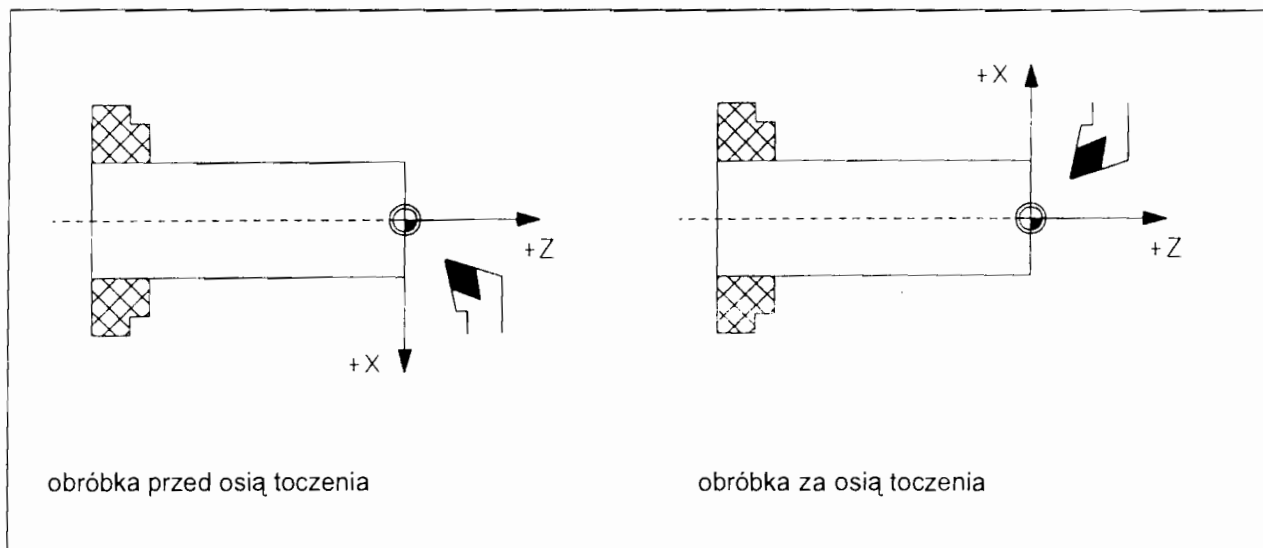
Przy programowaniu operacji toczenia stosowany jest dwuosiowy układ współrzędnych. W układzie tym na osi poziomej umieszczono współrzędną Z, natomiast (pół-) oś pionowa X dotyczy średnicy detalu (Rys. 1.4)



Rys. 1.5 Położenie i symbole punktów odniesienia na tokarce-CNC



Rys. 1.6 Wymiarowanie w zależności od położenia punktu zerowego przedmiotu obrabianego.



Rys. 1.7 Zależność między układem współrzędnych i pozycją narzędzia względem półwyrobu

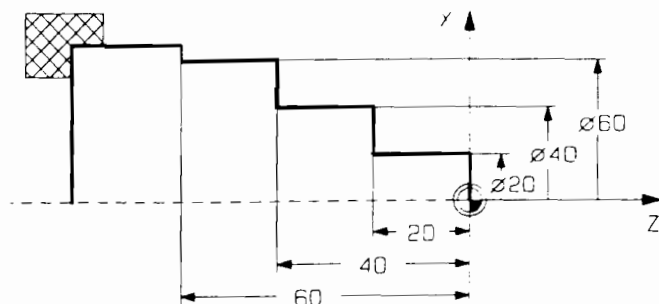
1.2 Punkty odniesienia

Ażeby współrzędne punktów określone w układzie współrzędnych mogły być przełożone przez układ sterowania obrabiarki na właściwe ruchy sań narzędziowych, każda obrabiarka posiada własny „układ współrzędnych” tzw. „układ odniesienia”. Do układu tego należą następujące punkty odniesienia (Rys. 1.5):

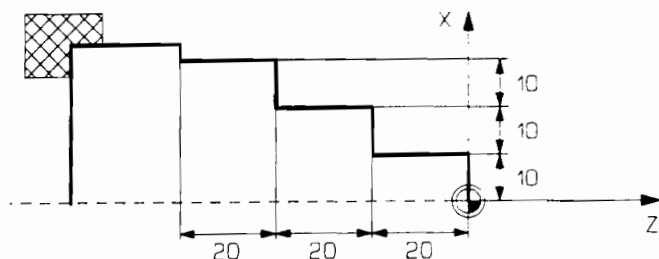
| | |
|--|--|
| Punkt zerowy obrabiarki | Punktem wyjściowym układu odniesienia jest punkt zerowy obrabiarki . Punkt ten ustalany jest przez producenta i nie podlega żadnym zmianom. |
| Punkt wyjściowy obrabiarki (baza) | Ponieważ punkt zerowy obrabiarki bardzo często leży poza jej obszarem roboczym, definiowany jest dodatkowy punkt wewnątrz tego obszaru nazywany punktem wyjściowym obrabiarki . Jego współrzędne są stałe i odniesione są do punktu zerowego obrabiarki. Po włączeniu obrabiarki wymagane jest aby sanie narzędziowe znalazły się w punkcie wyjściowym obrabiarki. Dzięki temu w każdym momencie obróbki, sterowanie sań narzędziowych posiada informacje o położeniu narzędzia i poprzez wewnętrzny system pomiarowy może dokonać jego sprawdzenia i modyfikacji. |
| Punkt odniesienia narzędzia | Dane dotyczące przesunięć sań narzędziowych są odniesione poprzez układ sterowania do punktu odniesienia narzędzia . Punkt ten znajduje się na powierzchni wymiany narzędzia głowicy rewolwerowej. W celu obliczenia położenia wierzchołka narzędzia przy obróbce, należy podać sterowaniu tzw. wielkości korekcyjne (korektory) dla każdego narzędzia. Wielkości te opisują odległości pomiędzy punktem odniesienia narzędzia i jego wierzchołkiem. Na podstawie wielkości korekcyjnych sterowanie oblicza drogę przy ruchu narzędzia (patrz też: rozdział 1.6 Geometria narzędzia – wielkości korekcyjne). |
| Punkt zerowy półwyrobu | Punkt zerowy półwyrobu jest odnoszony do punktu zerowego obrabiarki i może być umieszczony w dowolnym miejscu. Zalecane jest jednak, aby pokrywał się on z bazą wymiarową półwyrobu, przez co nie jest konieczne przeliczanie współrzędnych. |
| Wskazówka | Jeżeli punkt zerowy półwyrobu leży na jego prawym czole (Rys. 1.6), to współrzędne punktów w kierunku osi Z należy programować ze znakiem ujemnym. |
| Pozycja narzędzia | W zależności od stosowanej obrabiarki, sanie narzędziowe mogą znajdować się przed albo za osią półwyrobu. Proszę zwrócić uwagę na fakt, że w związku z tym zmienia się położenie osi X układu współrzędnych (Rys 1.7). |

Wymiarowanie absolutne:

Wszystkie wymiary odniesione są do jednego punktu, wymiarowego punktu odniesienia.

**Wymiarowanie przyrostowe :**

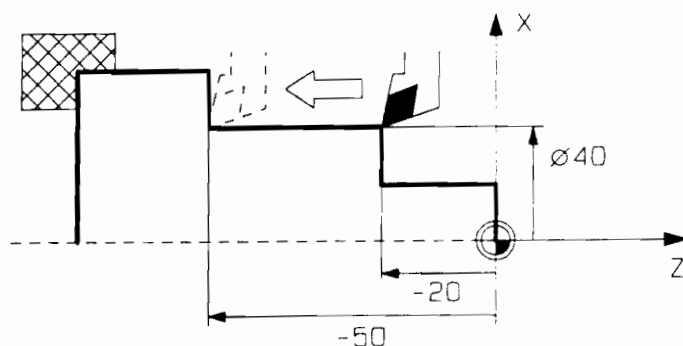
Wychodząc z punktu zerowego układu współrzędnych, położenie każdego punktu wymiarowane jest względem punktu poprzedniego



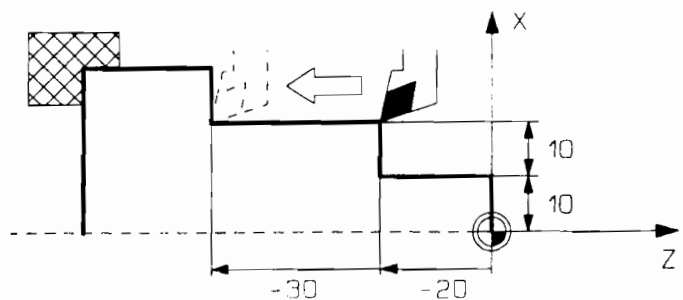
Rys. 1.8

Ruch narzędzia przy wymiarowaniu absolutnym:

Narzędzie przesuwa się do punktu $Z = -50$.

**Ruch narzędzia przy wymiarowaniu przyrostowym:**

Narzędzie przesuwa się o 30 jednostek w kierunku ujemnym osi Z.



Rys. 1.9

1.3 Wymiarowanie absolutne, wymiarowanie przyrostowe

Na rysunkach technicznych są stosowane dwa rodzaje wymiarowania (Rys. 1.8):

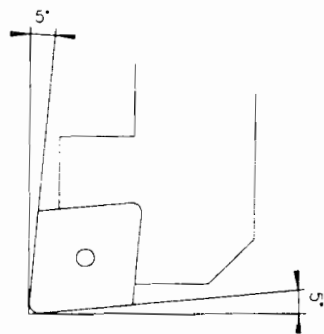
Wymiarowanie absolutne

Przy tym rodzaju wymiarowania, wszystkie wymiary odnoszą się do punktu początkowego układu współrzędnych tzw. pomiarowego punktu odniesienia.

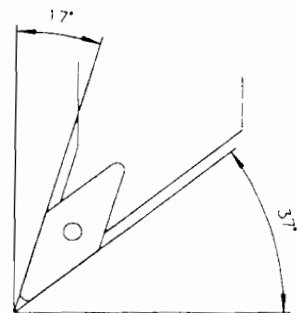
Wymiarowanie przyrostowe

W przeciwieństwie do wymiarowania absolutnego, podawane są tutaj odległości pomiędzy dwoma sąsiednimi punktami. Powstają tutaj, w odniesieniu do pomiarowego punktu odniesienia, tzw. wymiary przyrostowe, nazywane również **inkrementalnymi**.

W zależności od rodzaju wymiarowania stosowanego na rysunku, drogi narzędzia mogą być programowane również w sposób **absolutny** lub **przyrostowy** (Rys. 1.9).

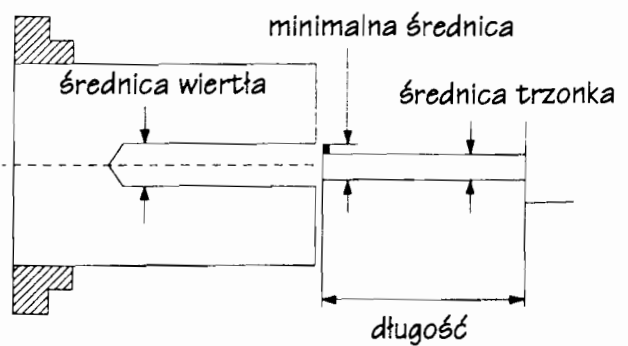
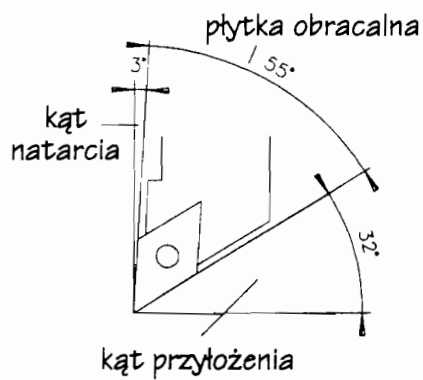


Nóż do planowania i toczenia wzdłużnego zgrubnego

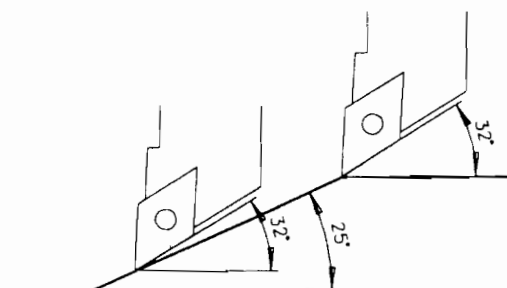


Nóż do toczenia wykańczającego

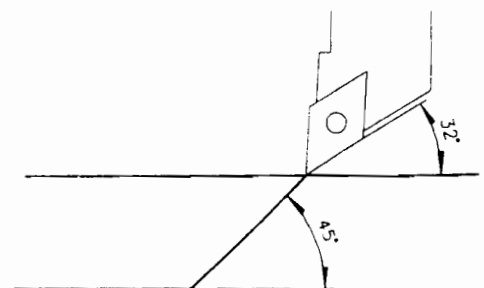
Rys. 1.10



Rys. 1.11



Pomocniczy kąt przystawienia jest większy niż kąt pochylenia konturu



Pomocniczy kąt przystawienia jest mniejszy niż kąt pochylenia konturu

Rys. 1.12

1.4 Geometria narzędzia

Możliwość zastosowania narzędzia przy toczeniu-CNC zależy od jego geometrii. Na przykład, nóż tokarski składany, z płytką wieloostrzową do toczenia zgrubnego posiada większy kąt wierzchołkowy niż nóż do toczenia wykańczającego (Rys. 1.10). Do najważniejszych parametrów charakteryzujących geometrię narzędzia należą:

- χ – kąt przystawienia
- ε – kąt wierzchołkowy płytki
 - długość i szerokość ostrza
 - promień wierzchołka ostrza.

Dla noży do wytaczania dochodzą do tego:

- długość i średnica trzonka wytaczaka
- minimalna średnica wytaczania.

Dla wiertel krętych istotne są:

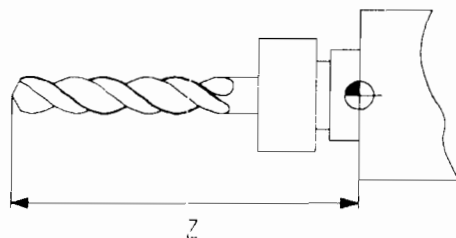
- średnica
- maksymalna głębokość wiercenia.

Pomocniczy kąt przystawienia

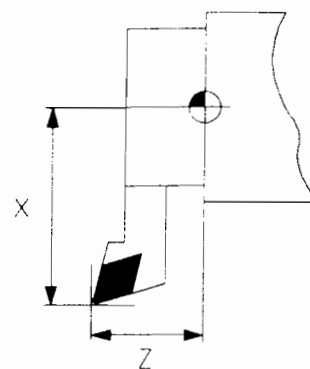
Pomocniczy kąt przystawienia ma duże znaczenie przy toczeniu konturów wgłębnych. Wielkość tego kąta określa maksymalny kąt pochylenia toczzonego konturu. Jeśli pomocniczy kąt przystawienia jest mniejszy od kąta pochylenia konturu, może dojść do kolizji pomiędzy częścią chwytową noża i półwyrobem.

Minimalna średnica wytaczania

Jest to minimalna średnica otworu wytaczanego, pozwalająca na wprowadzenie wytaczaka bez zetknięcia ostrza z powierzchnią wytaczanego otworu.



Wielkość korektora Z określona jako odległość między wierzchołkiem narzędzia i punktem odniesienia narzędzia, mierzona wzdłuż osi Z.



Korektory Z i X określone jako odległości między wierzchołkiem narzędzia i punktem odniesienia narzędzia w kierunku osi X i Z.

Rys. 1.13 Wielkości korekcyjne narzędzi.

Nóż zewnętrzny
prawy
kwadrant 4



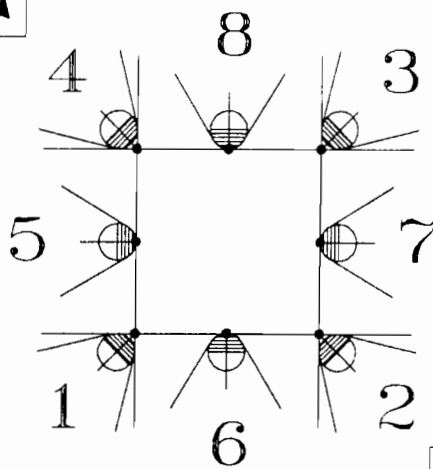
Nóż zewnętrzny
lewy
kwadrant 3



Wiertło
kwadrant 7



Nóż wytaczak
kwadrant 2



Rys. 1.14 Przyporządkowanie kwadrantów narzędzi na tokarce przy obróbce za osią toczenia

1.4.1 Zbiór wielkości korekcyjnych (korektory)

Stosowane przy toczeniu narzędzia bardzo różnią się pod względem geometrii i ich punkt wierzchołkowy ostrza leży w różnych miejscach w stosunku do punktu odniesienia narzędzia. Dlatego dla każdego narzędzia zapamiętano jego parametry geometryczne w zbiorze korektorów. Jeśli w uruchomionym programie-NC wykonywana jest funkcja wymiany narzędzia, to jednocześnie sterowanie otrzymuje pełne dane geometryczne z odpowiedniego miejsca zbioru. Dzięki temu, wielkości korekcyjne narzędzia oraz jego geometria mogą być uwzględnione przy obliczaniu dokładnej drogi narzędzia. W zbiorze, dla każdego narzędzia zapamiętane są następujące wielkości geometryczne:

- odległość X, między punktem odniesienia narzędzia i teoretycznym punktem wierzchołka ostrza narzędzia
- odległość Y, między punktem odniesienia narzędzia i teoretycznym punktem wierzchołka ostrza narzędzia
- promień wierzchołka ostrza narzędzia
- kwadrant pracy narzędzia

Korekcja wymiarów liniowych

Sterowanie przelicza wszystkie zaprogramowane współrzędne punktów względem punktu odniesienia narzędzia. Ponieważ położenia wierzchołków noży względem punktu odniesienia narzędzia różnią się od siebie, dlatego informacja o wymiarach X i Z musi być dostarczona sterowaniu (Rys. 1.13). Wymiary te są przechowywane w zbiorze wielkości korekcyjnych dla wszystkich stosowanych narzędzi. Dzięki uwzględnieniu wielkości korekcyjnych przy obliczeniach drogi wierzchołka noża, porusza się on po dokładnie zaprogramowanej drodze.

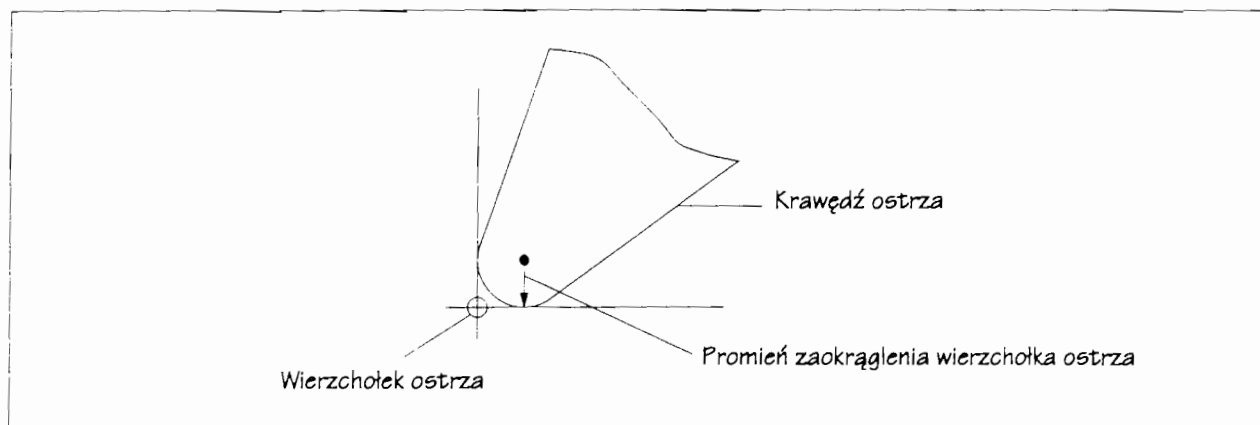
Promień zaokrąglenia wierzchołka ostrza

Wierzchołek ostrza noża ma promień zaokrąglenia od dziesiątych części milimetra do kilku milimetrów. Sterowanie oblicza przesunięcie narzędzia względem jego teoretycznego wierzchołka (Rys. 1.15).

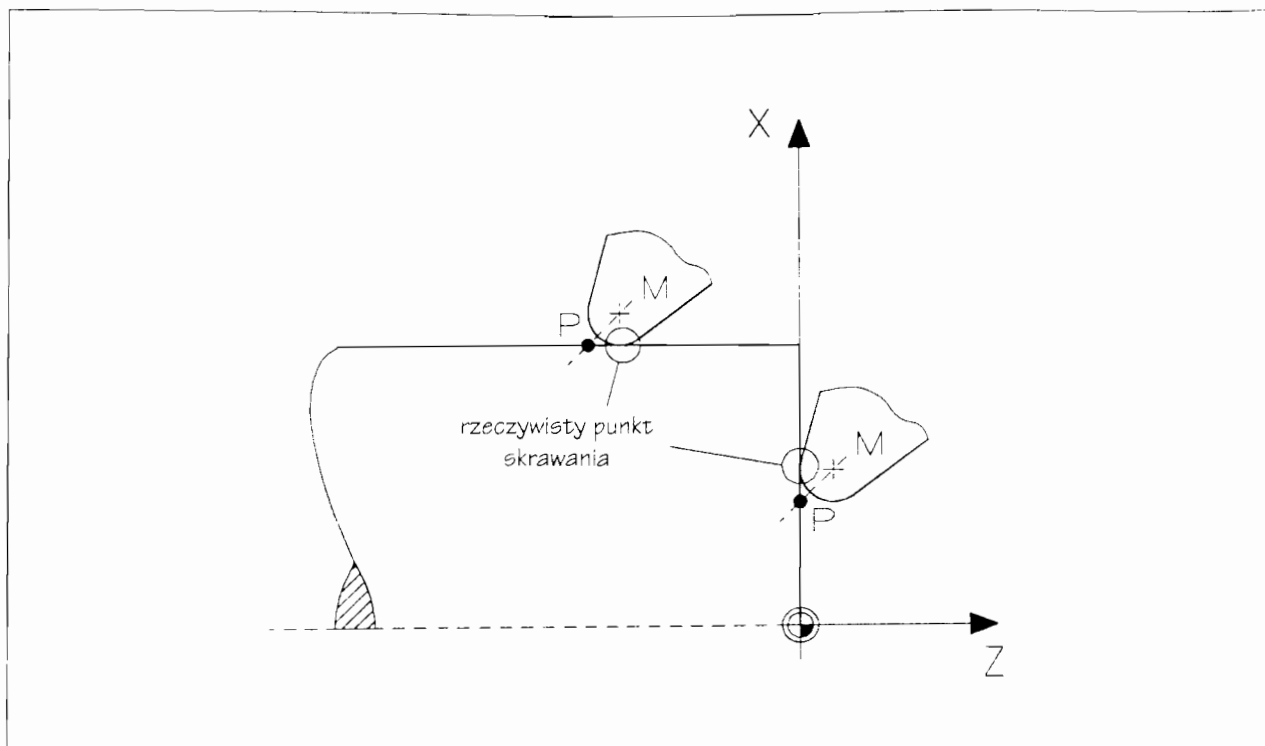
Promień wierzchołka i kwadrant pracy narzędzia są przy ustawianiu obrabiarki przesyłane do zbioru wielkości korekcyjnych i są później uwzględnione przy toczeniu konturu (kompensacja promienia ostrza).

Kwadrant pracy narzędzia

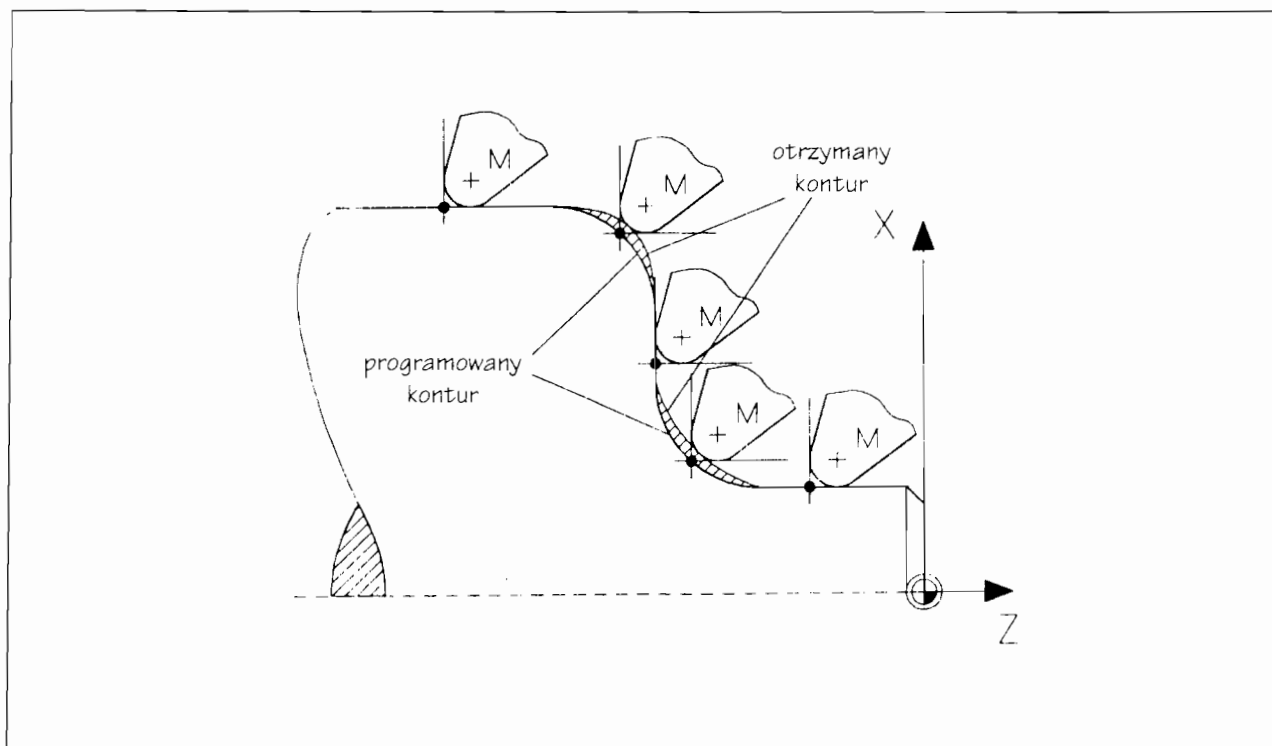
Kwadrant pracy wskazuje miejsce, gdzie leży teoretyczny wierzchołek ostrza w odniesieniu do środka promienia zaokrąglenia wierzchołka (Rys. 1.14 i 1.15).



Rys. 1.15 Promień wierzchołkowy ostrza każdego narzędzia znajduje się w zbiorze wielkości korekcyjnych



Rys. 1.16 Rzeczywisty punkt skrawający płytki w zależności od kierunku ruchu noża



Rys. 1.17 Wpływ promienia zaokrąglenia wierzchołka ostrza noża przy toczeniu konturów wypukłych i wklęsłych

1.4.2 Kompensacja promienia narzędzia (KPN)

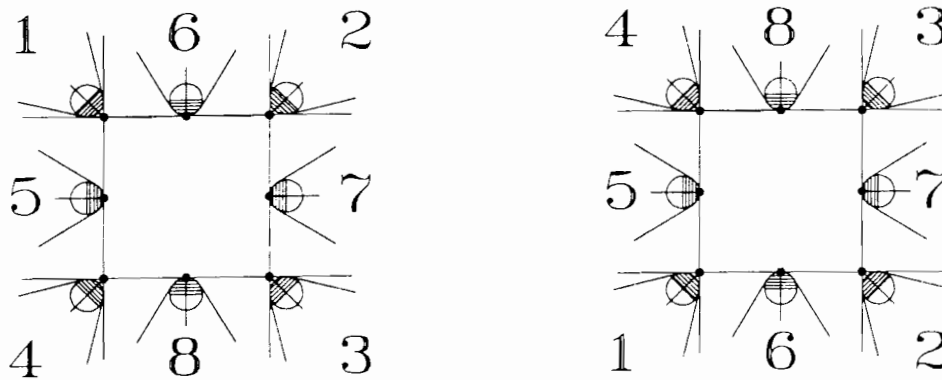
Jak można stwierdzić na podstawie rysunku 1.16, w czasie obróbki zmienia się rzeczywisty punkt skrawania płytki. Położenie tego punktu zależy od kierunku ruchu narzędzia.

Jak już wspomniano wcześniej, sterowanie przemieszcza teoretyczny wierzchołek narzędzia według zaprogramowanego konturu. Na skutek istnienia promienia narzędzia powstają przy ruchach narzędzia nie równoległych do osi X lub Z pewne błędy zarysu, w stosunku do konturu zaprogramowanego (Rys. 1.17).

Poprzez zastosowanie kompensacji promienia narzędzia, wyżej wspomniane błędy zarysu konturu mogą być automatycznie korygowane podczas obróbki. Sterowanie, w tym wypadku, po odczytaniu promienia narzędzia oraz kwadrantu jego pracy ze zbioru wielkości korekcyjnych, oblicza nową drogę wierzchołka noża zgodną z zaprogramowanym konturem.

Wskazówka

Proszę zwrócić uwagę na to, że kwadranty pracy narzędzia są różne dla położenia narzędzia przed i za osią toczenia (Rys. 1.18).



Rys. 1.18 Położenia kwadrantów narzędzi przy toczeniu przed i za osią toczenia

| | |
|----------|--|
| N | numer bloku |
| G | adres przygotowawczy |
| X | — współrzędne punktu docelowego |
| Z | |
| F | posuw (ang.: <u>f</u> eed) |
| S | prędkość obrotowa wrzeciona (ang.: <u>s</u> peed) |
| T | numer narzędzia / pozycja w głowicy rewolwerowej (ang.: <u>t</u> ool) |
| M | adres pomocniczy (np: włączenie/wyłączenie obrabiarki, ewentualnie chłodzenia) |

Rys 2.1 Kolejność występowania słów w bloku - NC

2. Wprowadzenie do programowania-NC

Przygotowywane programy-NC powinny mieć przejrzystą strukturę. Taka budowa programu ułatwia znajdowanie błędów w programie, nawet przez osoby, które nie brały udziału w jego przygotowaniu.

2.1 Budowa bloku w programie-NC

W odróżnieniu od tokarek konwencjonalnych, nowoczesne tokarki posiadają sterowanie-NC. Obróbka półwyrobu na takich tokarkach odbywa się w cyklu automatycznym pod warunkiem, że sterowanie realizuje **program-NC** napisany w języku dla niego zrozumiałym i opisującym poszczególne fazy obróbki.

Bloki

Każdy program NC składa się z wielu **bloków**, w których znajdują się funkcje wykonawcze. Bloki numerowane są na bieżąco w sposób rosnący. Numer bloku umieszczony jest na jego początku oraz składa się z adresu „N” i liczby trzycyfrowej.

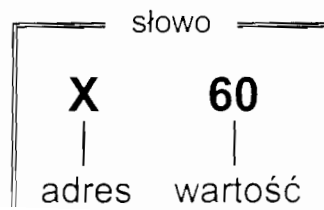
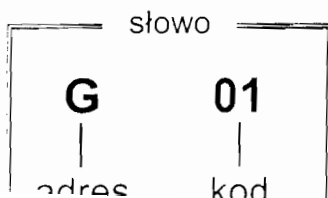
Słowa, adresy, wartości

Każdy blok programu-NC zawiera wiele **słów**. Słowo składa się z **adresu** (litera) i **wartości** albo **kodu** (liczba).

Przykład

| | | | |
|-------------|-------|-------|-------|
| N110 | G01 | X+60 | M03 |
| | | | |
| Numer bloku | słowo | słowo | słowo |

Liczba występująca w słowie może mieć znaczenie kodu, lub znaczenie wartości. Na przykład w słowie G01, 01 jest kodem przy adresie G, natomiast w słowie X+60, +60 jest konkretną wartością liczbową.



2.2 Funkcje modalne i funkcje ważne tylko w bloku

Funkcje modalne, są to funkcje, które obowiązują w obszarze wielu bloków lub w obszarze całego programu.

Ich działanie w programie może być albo odwołane, albo zmienione przez podanie funkcji o tym samym adresie. Przeciwnieństwem funkcji modalnych są funkcje ważne tylko w bloku, które obowiązują tylko w bloku gdzie się znajdują.

Funkcje modalne są to na przykład funkcje, za pomocą których definiuje się np: liczbę obrotów wrzeciona, posuw, kierunek obrotów wrzeciona, narzędzie przy jego wymianie. Ponieważ funkcje te pozostają nie zmienione w programie w obszarze wielu bloków, mogą być podawane tylko raz, na początku programu.

Przykład:

| | | | |
|------|-------|-------|-----|
| N115 | F0.07 | S1800 | M03 |
| N120 | G01 | Z-60 | |
| N125 | X+70 | | |
| N130 | Z-85 | | |

Objaśnienie
(Rys. 2.2)

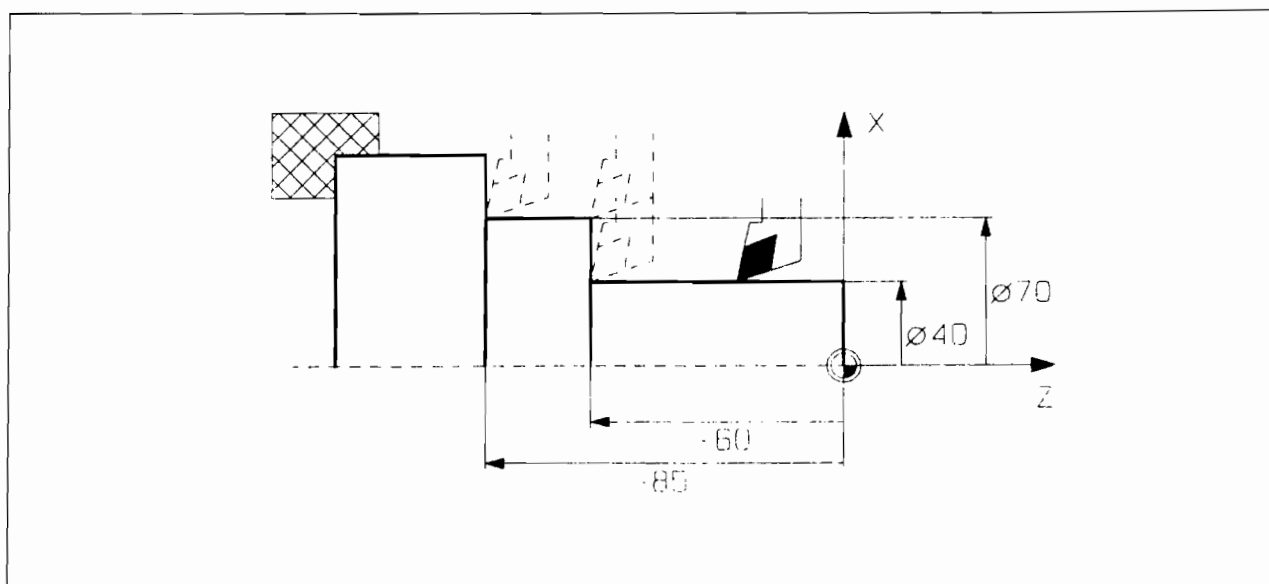
Numer bloku

N115 Zaprogramowany został posuw o wartości 0.07 mm/obrót, prędkość obrotowa wrzeciona równa 1800 obr/min przy wrzecionie obracającym się w prawo. Te dane technologiczne są ważne w następnych blokach programu.

N120 Narzędzie porusza się po linii prostej równoległej do osi Z (G01) ze swojej pozycji chwilowej do pozycji Z=-60

N125 Ponieważ funkcja G01 pozostaje nadal ważna, narzędzie porusza się po linii prostej, prostopadłej do osi Z, do pozycji X=70

N130 Narzędzie przesuwają się równoległe do osi Z do pozycji Z=-85



Rys. 2.2 Tor narzędzia dla funkcji G01 podczas obróbki zgrubnej.

2.3 Przedstawianie i zastosowanie adresów

W większości funkcji-NC stosowane są adresy. Adresy dzielą się na takie, które muszą być programowane zawsze i te, które są programowane na życzenie. Istnieją też adresy, które zasadniczo muszą być programowane razem i te które alternatywnie mogą być podawane w swoim sąsiedztwie.

Różnice pomiędzy adresami obligatoryjnymi, opcjonalnymi, alternatywnymi i związanymi ze sobą, charakteryzują następujące zasady:

Adresy w funkcjach-NC, które **muszą być podawane zawsze** („adresy obligatoryjne”), są podawane oddzielnie.

Przykład

G96 S...

Razem z funkcją G96 (stała prędkość skrawania) musi być podawany zawsze adres S z odpowiednią wartością liczbową.

„Adresy opcjonalne” są to adresy, które mogą, ale nie muszą koniecznie wystąpić w danej funkcji. W opisach funkcji adresy opcjonalne ujęto w nawiasy kwadratowe.

Przykład

G82 X... Z... K... [L...]

W przedstawionym bloku-NC, adresy X, Z i K muszą być podawane zawsze, natomiast adres L może być programowany na życzenie.

Adresy, które mogą być programowane alternatywnie oddzielone są od siebie ukośną kreską (slash).

Przykład

G75 X... Z... S.../D...

W bloku należy podać albo adres S lub adres D.

Adresy, które muszą być programowane zawsze razem, są w bloku umieszczane zawsze bezpośrednio obok siebie.

Przykład

G65 X... Z... S... Y... H... W...

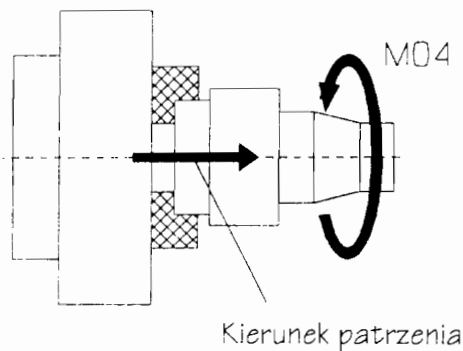
Kiedy programowany jest adres H, musi być także programowany adres W i odwrotnie.

3. Funkcje pomocnicze

Do funkcji pomocniczych stosowanych w blokach NC należą tzw. funkcje maszynowe (funkcje M) i funkcje technologiczne: przełączające posuw, obroty i powodujące wymianę narzędzi.

3.1 Włączenie i wyłączenie obrotów wrzeciona

- M03** włączenie obrotów wrzeciona – kierunek: w prawo (zgodny z ruchem wskazówek zegara)
- M04** włączenie obrotów wrzeciona – kierunek: w lewo (przeciwny do ruchu wskazówek zegara)
- M05** wyłączenie obrotów wrzeciona



M04: Kierunek obrotów przeciwny do ruchu wskazówek zegara

Ocena kierunku obrotów wrzeciona następuje podczas obserwacji wzdłuż wrzeciona zgodnie z dodatnim kierunkiem osi Z.

3.2 Włączenie i wyłączenie cieczy chłodzącej

- M07** 1. Włączenie pompy z środkiem chłodzącym (chłodziwo w postaci cieczy)
- M08** 2. Włączenie pompy z środkiem chłodzącym (chłodziwo w postaci mgły)
- M09** Wyłączenie pompy z środkiem chłodzącym

3.3 Zatrzymanie programu

- M00** Po podaniu tej funkcji wykonanie programu zostaje zatrzymane np. w celu pomiaru detalu.

3.4 Zakończenie programu

- M30** Za pomocą tej funkcji kończy się program. Wrzeciono i pompa cieczy chłodzącej zostają wyłączone, a układ sterujący jest przygotowany do powtórzenia wykonania programu.
- M02** Po podaniu funkcji M02, tryb automatyczny pracy zostanie zakończony, bez możliwości powtórzenia wykonania programu.
- M99** Za pomocą tej funkcji zostanie zakończony podprogram. Sterowanie zostanie przełączone do segmentu, z którego podprogram był wywołany i wykonuje kolejny blok z tego segmentu.

3.5 Posuw

- F...** Posuw jest programowany w milimetrach na obrót (mm/obrót)

Przykład

F000.200

Posuw wynosi 0.2 milimetra na obrót.

3.6 Liczba obrotów wrzeciona

- S...** Liczba obrotów wrzeciona jest programowana w obrotach na minutę (obr/min).

Przykład

S1800

Liczba obrotów wrzeciona wynosi 1800 obrotów na minutę.

3.7 Wymiana narzędzia

- T...** Wymiana narzędzia następuje po podaniu funkcji z adresem T. Bezpośrednio po adresie T następuje kod składający się z czterech cyfr. Pierwsze dwie cyfry kodu dotyczą pozycji narzędzia w głowicy rewolwerowej, a dwie następne numeru narzędzia w zbiorze wielkości korekcyjnych.

Przykład

T0808

Po podaniu tej funkcji, do pracy przygotowane jest narzędzie o numerze 8 zgodnie z numeracją pozycji w głowicy rewolwerowej, któremu przyporządkowano wielkości korekcyjne dla tego numeru w zbiorze wielkości korekcyjnych.

Symulator-CNC posiada maksymalnie **16 pozycji w głowicy rewolwerowej i 99 miejsc zarezerwowanych w zbiorze wielkości korekcyjnych**. Inaczej niż podano to w przykładzie poprzednim można podawać dla określonego numeru narzędzia (np:12) inny numer w zbiorze wielkości korekcyjnych (np:36). Dla tego przykładu funkcja T ma następującą postać: **T1236**

Wskazówka

Kiedy podajemy w jednym bloku programu-NC kilka funkcji pomocniczych, razem z funkcją przygotowawczą G opisującą przemieszczenie narzędzia, należy pamiętać o kolejności ich wykonania na obrabiarce. Zgodnie z tabelą podaną poniżej, obowiązują następujące zasady:

Funkcje wykonywane przed funkcją G, dotyczącą przemieszczenia:

| | |
|----------------|--------------------------|
| M03/M04 | włączenie wrzeciona |
| M07/M08 | włączenie pompy |
| F | posuw |
| S | liczba obrotów wrzeciona |
| T | zmiana narzędzia |

Funkcje wykonywane po funkcji G dotyczącej przemieszczenia:

| | |
|------------|----------------------------------|
| M00 | zatrzymanie programu |
| M02 | zakończenie programu bez powrotu |
| M05 | wyłączenie wrzeciona |
| M09 | wyłączenie pompy |
| M30 | zakończenie programu z powrotem |
| M99 | zakończenie podprogramu |

W jednym bloku NC mogą znajdować się maksymalnie trzy funkcje pomocnicze z adresem M.

4. Funkcje programowania według DIN 66025 (wg PN-73/M-55256)

Przegląd wszystkich stosowanych funkcji

| | |
|------------|---|
| G00 | Sterowanie punktowe z szybkim przesuwem |
| G01 | Interpolacja prostoliniowa z posuwem roboczym |
| G02 | Interpolacja kołowa zgodna z ruchem wskazówek zegara |
| G03 | Interpolacja kołowa przeciwna do ruchu wskazówek zegara |
| G04 | Czasowy postój |
| G09 | Zwolnienie |
| G22 | Wywołanie podprogramu |
| G23 | Powtórzenie części programu |
| G24 | Bezwarunkowa funkcja skoku |
| G25 | Przesuw do punktu wyjściowego obrabiarki |
| G26 | Przesuw do punktu wymiany narzędzia |
| G33 | Nacinanie gwintu |
| G41 | Kompensacja promienia narzędzia w lewo od konturu |
| G42 | Kompensacja promienia narzędzia w prawo od konturu |
| G53 | Anulowanie przyrostowego przesunięcia punktu zerowego |
| G54 | Ustalenie punktu zerowego przedmiotu obrabianego – w układzie absolutnym |
| G59 | Przyrostowe przesunięcie punktu zerowego przedmiotu obrabianego |
| G90 | Wymiarowanie absolutne (do bazy) |
| G91 | Wymiarowanie przyrostowe (inkrementalne) |
| G92 | Graniczna prędkość obrotowa wrzeciona |
| G96 | Stała prędkość skrawania |
| G97 | Odwołanie stałej prędkości skrawania |

**Przykład programowania
w sposób absolutny:**

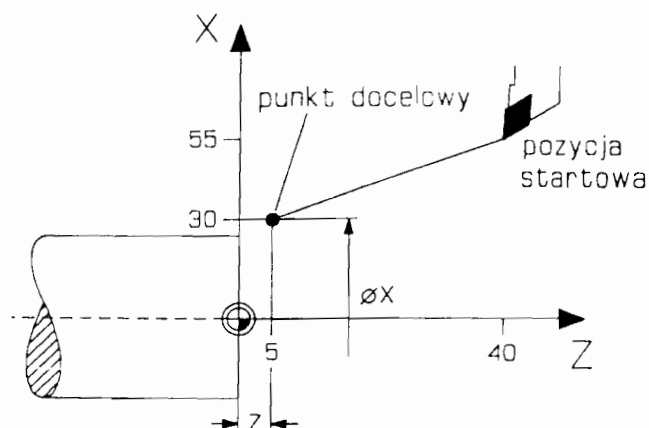
N... G90

N...



N...

N115 G00 X+30 Z+5



Rys. G00.1

Programowanie w sposób absolutny – narzędzie przesuwają się do punktu $X=30$ i $Z=5$.

W tym przypadku współrzędne X są przy programowaniu odnoszone do średnicy D .

**Przykład programowania
w sposób przyrostowy:**

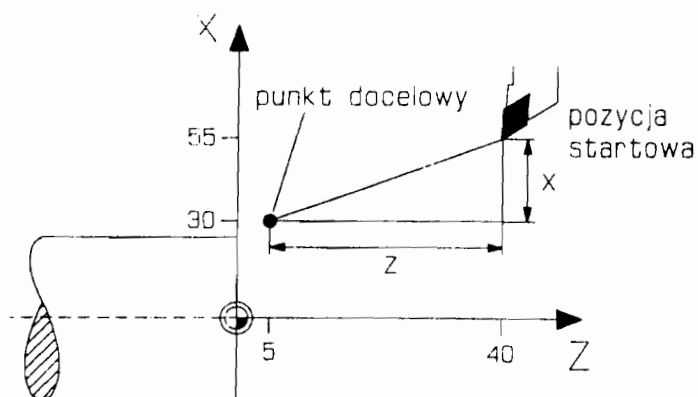
N... G91

N...



N...

N115 G00 X-12,5 Z-35



Rys. G00.2

Programowanie w sposób przyrostowy – narzędzie przesuwają się w kierunku X o wartość 12,5 i w kierunku Z o wartość -35.

Ażeby narzędzie przesunęło się do pozycji $X+30$, $Z+5$, we wcześniejszym bloku musi znajdować się w pozycji $X+55$, $Z+40$ (punkt startowy).

Współrzędne X są przy programowaniu odnoszone do promienia.

Sterowanie punktowe z szybkim przesuwem G00

| | |
|-------------------------------------|---|
| Funkcja | Narzędzie przesuwa się z możliwie największą prędkością do punktu o podanych współrzędnych X i Z. Współrzędne punktu docelowego mogą być podane w sposób absolutny (G90) lub w sposób przyrostowy (G91). |
| Blok-NC | G00 X... Z... [F...] [S...] [T...] [M...] |
| Adresy | X współrzędna X punktu docelowego Z współrzędna Z punktu docelowego |
| Adresy opcjonalne | F posuw w mm/obrót S prędkość obrotowa wrzeciona w obr/min T wymiana narzędzia M funkcja pomocnicza |
| Wskazówki przy programowaniu | <p>Jeśli w tym samym bloku, oprócz adresu G00, programowane są opcjonalne adresy dotyczące wymiany narzędzia (T), posuwu (F) i zmiany prędkości obrotowej wrzeciona (S), wtedy wykonywane są one przed sterowaniem punktowym szybkim przesuwem narzędzia.</p> <p>W bloku można podać maksymalnie trzy funkcje pomocnicze M, które będą wykonane zgodnie z kolejnością podaną w rozdziale 4 podręcznika.</p> |
| Wskazówka | <p>Przy programowaniu współrzędnych punktu docelowego w sposób absolutny (G90), współrzędna X odnoszona jest do średnicy półwyrobu.</p> <p>Przy programowaniu współrzędnych punktu docelowego w sposób przyrostowy (G91), współrzędna X odnoszona jest do promienia półwyrobu.</p> |

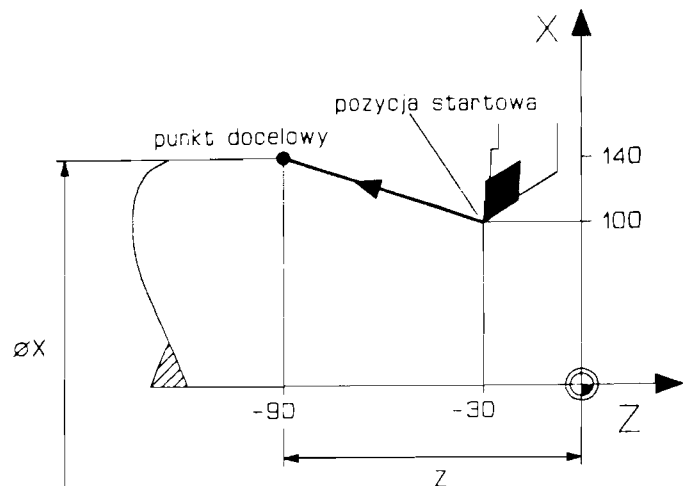
**Przykład programowania
w sposób absolutny:**

N... G90

N...

N...

N115 G01 X+140 Z-90



Rys. G01.1

Przy programowaniu w sposób absolutny – narzędzie przesuwa się **do punktu** $X=140, Z=-90$.

Współrzędna X odnoszona jest do średnicy.

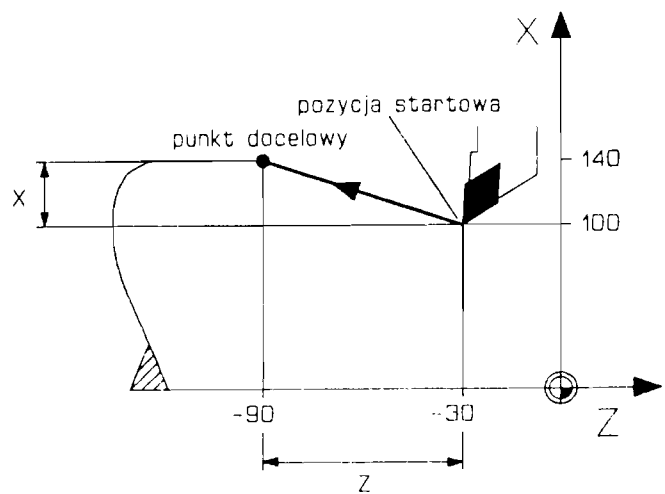
**Przykład programowania
w sposób przyrostowy:**

N... G91

N...

N...

N115 G01 X+20 Z-60



Rys. G01.2

Programowanie w sposób przyrostowy- narzędzie przesuwa się w kierunku X **o wartość 20** i w kierunku Z **o wartość -60**.

Ażeby narzędzie przesunęło się do punktu docelowego $X+140, Z=-90$, w poprzednim bloku musi się ono znajdować w pozycji $X+100, Z=-30$ (punkt startowy).

Współrzędna X odnoszona jest do promienia.

Interpolacja prostoliniowa z posuwem roboczym G01

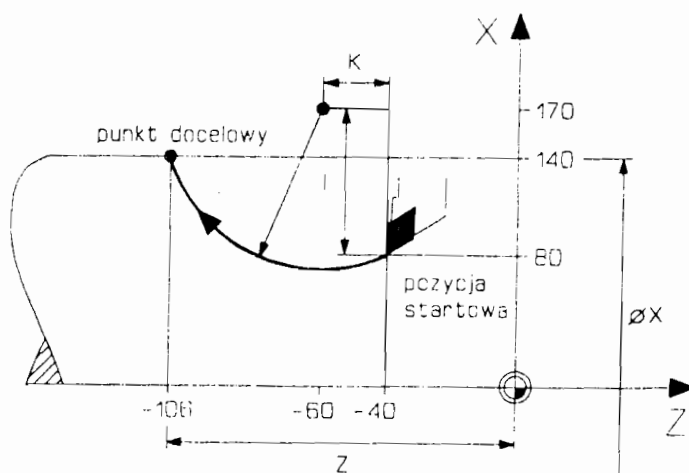
| | |
|-------------------------------------|--|
| Funkcja | Narzędzie przesuwa się z zaprogramowanym posuwem roboczym do punktu docelowego o podanych współrzędnych X i Z. Współrzędne punktu docelowego mogą być podane w sposób absolutny (G90), lub w sposób przyrostowy (G91). |
| Blok-NC | G01 X... Z... [F...] [S...] [T...] [M...] |
| Adresy | X współrzędna X punktu docelowego Z współrzędna Z punktu docelowego |
| Adresy opcjonalne | F posuw w mm/obrót S prędkość obrotowa wrzeciona w obr/min T wymiana narzędzia M funkcja pomocnicza |
| Wskazówki przy programowaniu | <p>Jeśli w tym samym bloku oprócz adresu G00 programowane są opcjonalne adresy dotyczące wymiany narzędzia (T), posuwu (F) i zmiany prędkości obrotowej wrzeciona (S), wtedy wykonywane są one przed przesunięciem narzędzia do punktu docelowego.</p> <p>W bloku można podać maksymalnie trzy funkcje pomocnicze M, które będą wykonane zgodnie z kolejnością podaną w rozdziale 4 podręcznika.</p> |
| Wskazówka | <p>Przy programowaniu współrzędnych punktu docelowego w sposób absolutny (G90), współrzędna X odnoszona jest do średnicy półwyrobu.</p> <p>Przy programowaniu współrzędnych punktu docelowego w sposób przyrostowy (G91), współrzędna X odnoszona jest do promienia półwyrobu.</p> |

Interpolacja kołowa zgodna z ruchem wskazówek zegara G02

| | |
|--------------------------|--|
| Funkcja | Narzędzie przesuwa się z zaprogramowanym posuwem roboczym po łuku koła. ze zwrotem zgodnym z ruchem wskazówek zegara. Punktem docelowym jest zdefiniowany punkt o podanych współrzędnych X i Z. |
| Blok-NC | G02 X... Z... I... K... [F...] [S...] [T...] [M...] |
| Adresy | <p>X współrzędna X punktu docelowego Przy wymiarowaniu absolutnym (G90), odniesiona do średnicy półwyrobu. Przy wymiarowaniu przyrostowym (G91), odniesiona do promienia półwyrobu.</p> <p>Z współrzędna Z punktu docelowego</p> <p>I Przyrostowo podany punkt środkowy koła wzdłuż osi X (odległość między punktem startowym narzędzia i środkiem koła w kierunku osi X, odniesiona do promienia)</p> <p>K Przyrostowo podany punkt środkowy koła wzdłuż osi Z (odległość między punktem startowym narzędzia i środkiem koła w kierunku osi Z, odniesiona do promienia)</p> |
| Adresy opcjonalne | <p>F posuw w mm/obrót</p> <p>S prędkość obrotowa wrzeciona w obr/min</p> <p>T wymiana narzędzia</p> <p>M funkcja pomocnicza</p> |

Przykład programowania:

N110 G01 X+80 Z-40
 N115 G02 X+140 Z-106 I+45 K-20



Wskazówki przy programowaniu

Współrzędne punktu docelowego X i Z mogą być programowane w sposób absolutny (G90) lub przyrostowy (G91). Niezależnie od tego współrzędne środka koła I i K standardowo podawane są w sposób przyrostowy względem punktu startowego, chyba że dokonano wcześniej zmiany w konfiguracji na wymiarowanie absolutne.

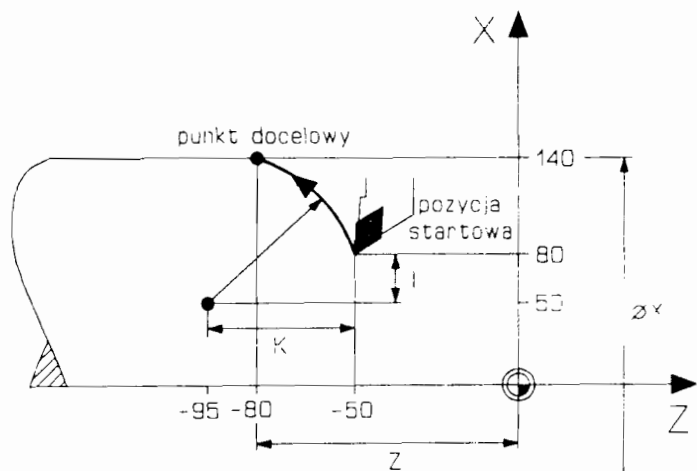
Jeśli w tym samym bloku, oprócz adresu G00, programowane są opcjonalne adresy dotyczące wymiany narzędzia (T), posuwu (F) i zmiany prędkości obrotowej wrzeciona (S), wtedy wykonywane są one przed przesunięciem narzędzia do punktu docelowego. W bloku można podać maksymalnie trzy funkcje pomocnicze M, które będą wykonane zgodnie z kolejnością podaną w rozdziale 4 podręcznika.

Interpolacja kołowa przeciwna do ruchu wskazówek zegara G03

| | |
|--------------------------|--|
| Funkcja | Narzędzie przesuwa się z zaprogramowanym posuwem roboczym po łuku koła, ze zwrotem przeciwnym do ruchu wskazówek zegara. Punktem docelowym jest zdefiniowany punkt o podanych współrzędnych X i Z. |
| Blok-NC | G03 X... Z... I... K... [F...] [S...] [T...] [M...] |
| Adresy | <p>X współrzędna X punktu docelowego Przy wymiarowaniu absolutnym (G90), odniesiona do średnicy półwyrobu. Przy wymiarowaniu przyrostowym (G91), odniesiona do promienia półwyrobu.</p> <p>Z współrzędna Z punktu docelowego</p> <p>I Przyrostowo podany punkt środkowy koła wzdłuż osi X (odległość między punktem startowym narzędzia i środkiem koła w kierunku osi X, odniesiona do promienia)</p> <p>K Przyrostowo podany punkt środkowy koła wzdłuż osi Z (odległość między punktem startowym narzędzia i środkiem koła w kierunku osi Z, odniesiona do promienia)</p> |
| Adresy opcjonalne | <p>F posuw w mm/obrót</p> <p>S prędkość obrotowa wrzeciona w obr/min</p> <p>T wymiana narzędzia</p> <p>M funkcja pomocnicza</p> |

Przykład programowania:

N110 G01 X+80 Z-50
N115 G03 X+140 Z-80 I-15 K-45

**Wskazówki przy programowaniu**

Współrzędne punktu docelowego X i Z mogą być programowane w sposób absolutny (G90) lub przyrostowy (G91). Niezależnie od tego, współrzędne środka koła I i K standardowo podawane są w sposób przyrostowy względem punktu startowego.

Jeśli w tym samym bloku, oprócz adresu G00, programowane są opcjonalne adresy dotyczące wymiany narzędzia (T), posuwu (F) i zmiany prędkości obrotowej wrzeciona (S), wtedy wykonywane są one przed przesunięciem narzędzia do punktu docelowego. W bloku można podać maksymalnie trzy funkcje pomocnicze M, które będą wykonane zgodnie z kolejnością podaną w rozdziale 4 podręcznika.

4. Funkcje programowania według DIN 66025

Czasowy postój G04

Funkcja Ruch narzędzia zostaje zatrzymany na określony czas.

Blok-NC **G04 X...**

Adresy X czas postoju narzędzia w sekundach

Przykład programowania:

N120 G04 X2

Wskazówki przy programowaniu

Długość czasu postoju obrabiarki podawana jest po adresie X i wyrażana jest w sekundach. Funkcja G04 musi znajdować się we własnym, oddzielnym bloku.

Zwolnienie G09

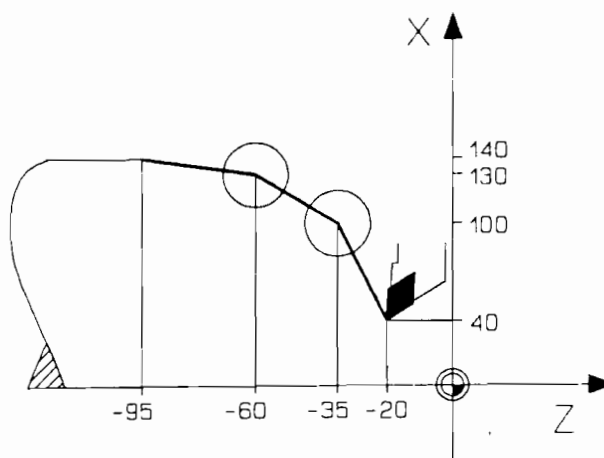
Funkcja Jeśli w bloku programu-NC zostanie umieszczona funkcja G09, spowoduje to zmniejszenie do zera prędkości posuwu w miejscach, gdzie kontur bieżący przechodzi na kontur kolejny.

Blok-NC X... Z... G09

Opis Program NC jest wykonywany na obrabiarce w sposób ciągły, tzn. bez przerywania posuwowego ruchu narzędzia. Wykonanie w ten sposób ostrego przejścia pomiędzy następującymi po sobie konturami może prowadzić do uszkodzenia tego miejsca. W celu uniknięcia błędów zarysu i zapewnienia dokładnego ruchu narzędzia według zaprogramowanych współrzędnych, celowe jest stosowanie funkcji G09.

Przykład programowania:

```
N110 G00 X+40 Z-20
N115 G01 X+100 Z-35 G09
N120 G01 X+130 Z-60 G09
N125 G01 X+140 Z-95
```



Wskazówki przy programowaniu

Funkcję G09 należy umieszczać na końcu bloku w programie-NC.

Przykład programowania:

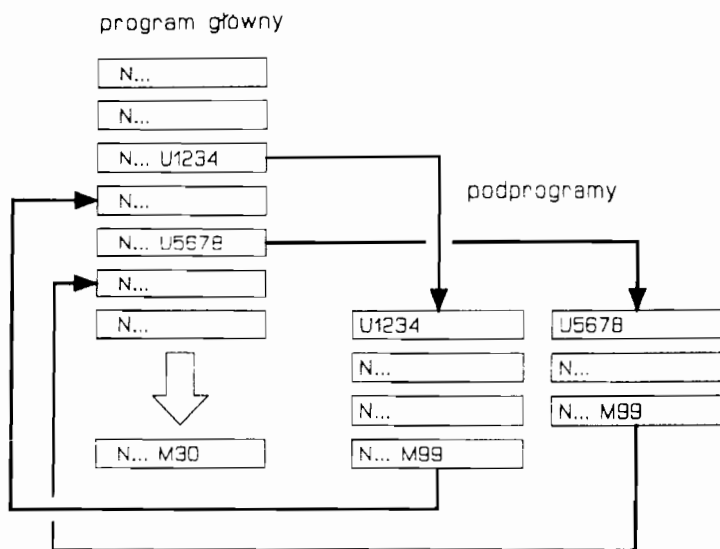
N... G22 U1234

N...



N...

N... G22 U5678



Rys. G22.1 Wywoływanie różnych podprogramów w jednym programie głównym.

Przykład programowania:

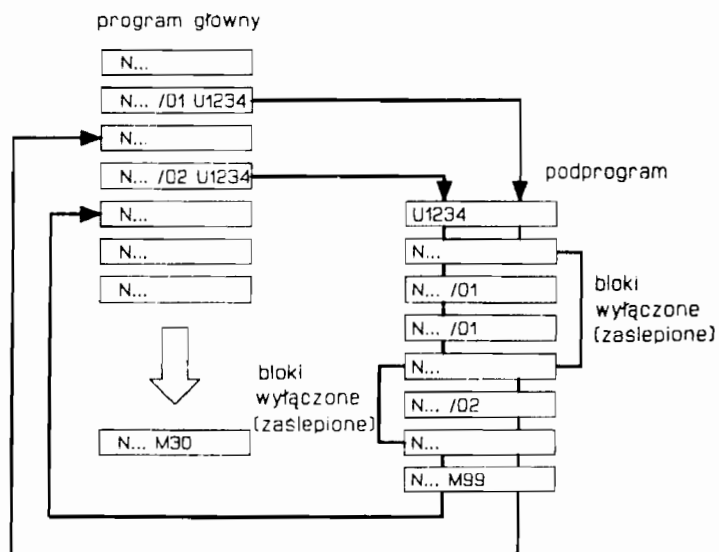
N... /01 G22 U1234

N...



N...

N... /02 G22 U1234



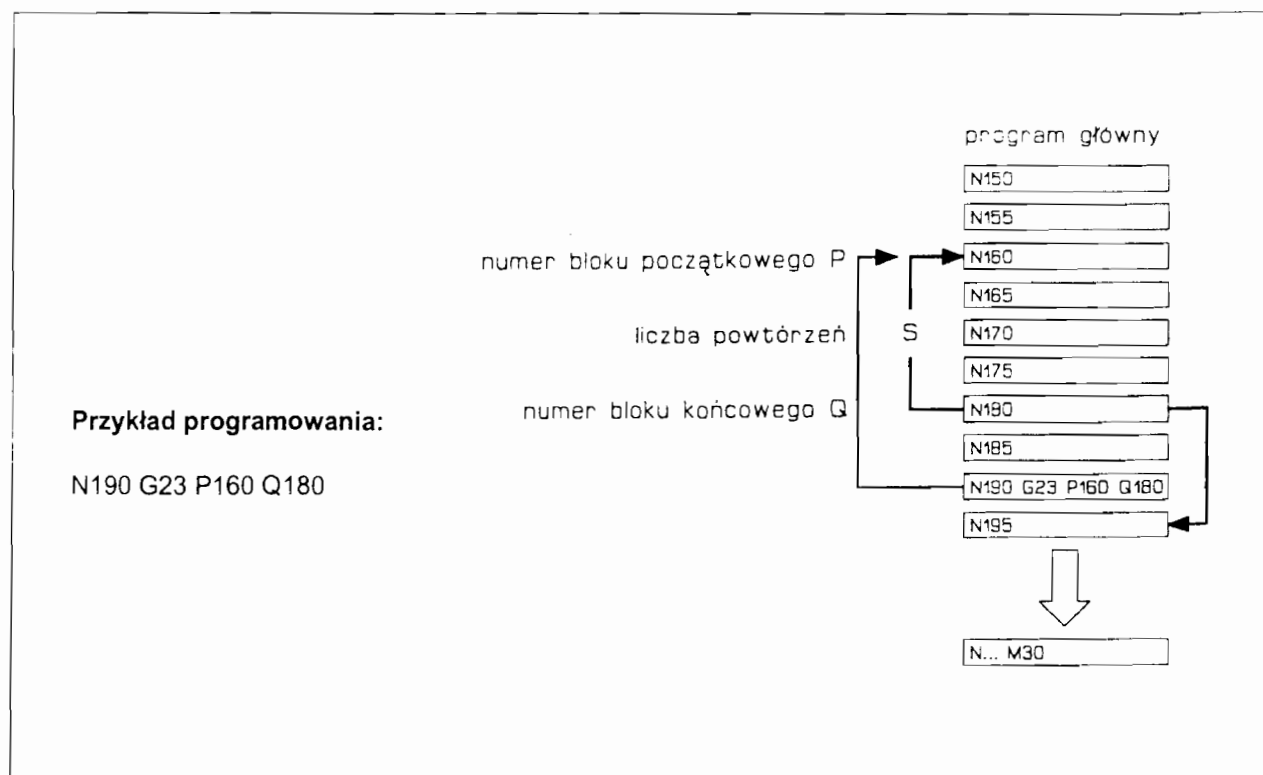
Rys. G22.2 Wielokrotne wywoływanie tego samego podprogramu w programie głównym, podczas którego wyznaczone bloki-NC nie będą wykonane (są zaslepione).

Wywołanie podprogramu G22

| | |
|---|--|
| Funkcja | Za pomocą funkcji G22 wywoływany jest podprogram o podanej nazwie, który następnie wykonywany jest przez sterowanie. Po jego zakończeniu sterownie wraca do segmentu głównego, dokładnie do bloku następnego po bloku, w którym występowała funkcja G22. |
| Blok-NC | G22 U... [P...] [Q...] [S...] [/...] |
| Adresy | U pod tym adresem podaje się nazwę podprogramu |
| Adresy opcjonalne | <p>P jest to numer bloku podprogramu, od którego wykonywany jest podprogram</p> <p>Q jest to numer bloku podprogramu, do którego wykonywany jest podprogram</p> <p>S liczba powtórzeń wykonania podprogramu</p> <p>/ znak wyłączenia (zaślepienia) przy wykonaniu: w podprogramie bloki opatrzone tym znakiem wraz z odpowiednim numerem są wyłączone (zaślepienie) podczas wykonania. Znak ten podawany jest przy wywołaniu podprogramu i składa się on z adresu '/' i następującej po nim wartości liczbowej.</p> |
| Opis | <p>Stosowanie podprogramu jest celowe wtedy, gdy pewne części programu muszą być wielokrotnie powtarzane, np. kontur jest obrabiany na początku zgrubnie, a potem wykańczająco. Bloki w programie opisujące geometrię konturu można za pomocą podprogramu podawać tylko jeden raz.</p> <p>Oprócz tego w podprogramie można wywołać następny podprogram. Maksymalnie można tworzyć struktury wywołania 8 podprogramów kolejno jeden w drugim.</p> |
| Znak wyłączenia przy wykonaniu (zaślepienie) | <p>Za pomocą adresu '/' można wskazać systemowi sterowania te bloki w podprogramie, które powinny być wyłączone przy jego wykonaniu tzn. zaślepienie. Przy wielokrotnym wywołaniu podprogramu można zaślepiać kolejne grupy bloków. Bloki zaślepienie przy pierwszym wywołaniu będą wykonywane przy następnym wywołaniu, w przypadku gdy podano inny kod cyfrowy dla bloków wyłączonych przy wykonaniu.</p> <p>Przykład – zgodnie z rys. 22.2 na stronie przeciwnej:</p> <ul style="list-style-type: none"> – przy pierwszym wywołaniu podprogramu (/01 U1234) bloki opatrzone słowem /01 są zaślepienie i wyłączone przy wykonaniu. – przy następnym wywołaniu podprogramu (/02 U1234) zaślepienie są bloki ze słowem /02. |
| Wskazówki przy programowaniu | <p>Adresy P, Q i S są adresami opcjonalnymi:</p> <ul style="list-style-type: none"> – jeśli nie zostaną zaprogramowane adresy P i Q, wtedy wykonywane są wszystkie bloki podprogramu. – jeśli nie zostanie podany adres S wtedy podprogram jest wykonywany tylko jeden raz. <p>Standardowo, na końcu podprogramu musi znajdować się funkcja G99, która zapewnia właściwy powrót do segmentu wywołania podprogramu. Warunek ten może być jednak zmieniony za pomocą programu konfiguracyjnego (patrz: program konfiguracyjny: podprogramy).</p> |

Powtórzenie części programu G23

| | |
|--------------------------|---|
| Funkcja | Za pomocą tej funkcji można powtórzyć część programu-NC. |
| Blok-NC | G23 P... Q... [S...] |
| Adresy | <p>P numer pierwszego bloku programu, od którego powinno być powtórzenie (włącznie).</p> <p>Q numer ostatniego bloku programu, do którego powinno być powtórzenie (włącznie).</p> |
| Adresy opcjonalne | S Liczba powtórzeń, pod tym adresem podaje się liczbę powtórzeń wyznaczonej części programu. |



Wskazówki przy programowaniu

Adresy P i Q muszą być programowane koniecznie. Jeśli nie zostanie podany adres S, wtedy część programu będzie wykonana tylko jeden raz.

Funkcji nie wolno stosować w podprogramie.

Funkcje, które obowiązują w pewnym zakresie programu aż do ich odwołania, pozostają w mocy po zastosowaniu funkcji G23.

Bezwarunkowa funkcja skoku G24

Funkcja Funkcja G24 wskazuje sterowaniu numer bloku, od którego program ma być kontynuowany. Numer ten podawany jest pod adresem P.

Blok-NC **G24 P...**

Adresy P Numer bloku, do którego ma nastąpić skok i od którego ma być kontynuowany program.

Wskazówki przy programowaniu **Przykład programowania:**

N110 G24 P185

Funkcji G24 **nie wolno stosować w podprogramie.**

Przesuw do punktu wyjściowego obrabiarki G25

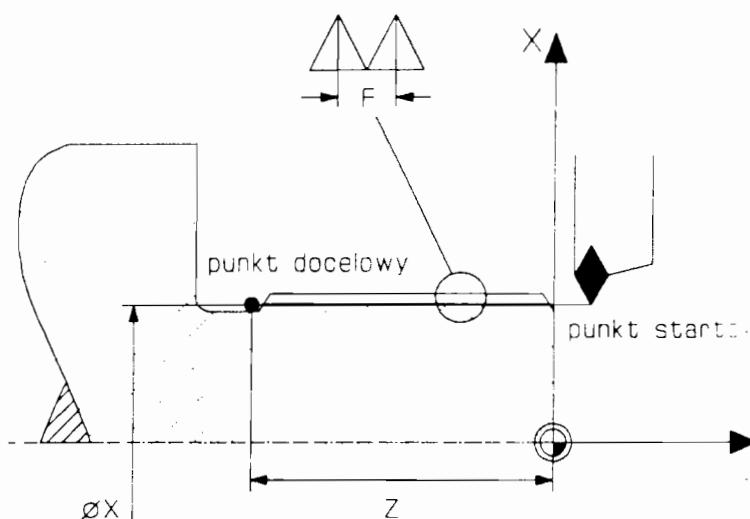
| | |
|-------------------------------------|---|
| Funkcja | Głowica rewolwerowa przemieszcza się szybkim przesuwem do punktu wyjściowego obrabiarki. |
| Blok-NC | G25 |
| Wskazówki przy programowaniu | <p>Nie ma potrzeby umieszczania współrzędnych punktu wyjściowego obrabiarki razem z funkcją G25, ponieważ jego położenie jest już ustalone.</p> <p>Głowica przesuwa się do punktu wyjściowego obrabiarki z szybkim przesuwem po linii prostej. Proszę zwracać uwagę na wyjściowe położenie głowicy rewolwerowej, by mogła ona bez kolizji wykonać zaprogramowane przemieszczenie.</p> |

Przesuw do punktu wymiany narzędzia G26

| | |
|-------------------------------------|---|
| Funkcja | Głowica rewolwerowa przemieszcza się szybkim przesuwem do punktu wymiany narzędzia. |
| Blok-NC | G26 |
| Opis | Jeśli podczas obróbki półwyrobu konieczna jest wymiana narzędzia, głowicę rewolwerową należy przesunąć do punktu znajdującego się w obszarze roboczym obrabiarki, który umożliwia jej swobodny obrót. Najlepszym stosownym do tego celu punktem, jest punkt wymiany narzędzia. Funkcja G26 umieszczona w bloku programu, powoduje szybki przesuw głowicy do tego punktu. |
| Wskazówki przy programowaniu | <p>Nie ma potrzeby umieszczania współrzędnych punktu wymiany narzędzia razem z funkcją G26, ponieważ jego położenie jest już ustalone.</p> <p>Głowica przesuwa się do punktu wymiany narzędzia z szybkim przesuwem po linii prostej. Należy zwracać uwagę na wyjściowe położenie głowicy rewolwerowej, by mogła ona bez kolizji wykonać zaprogramowane przemieszczenie.</p> |
| Wskazówka | Współrzędne punktu wymiany narzędzia są ustalane za pomocą programu konfiguracyjnego (patrz: program konfiguracyjny – Punkty odniesienia). |

Przykład programowania:

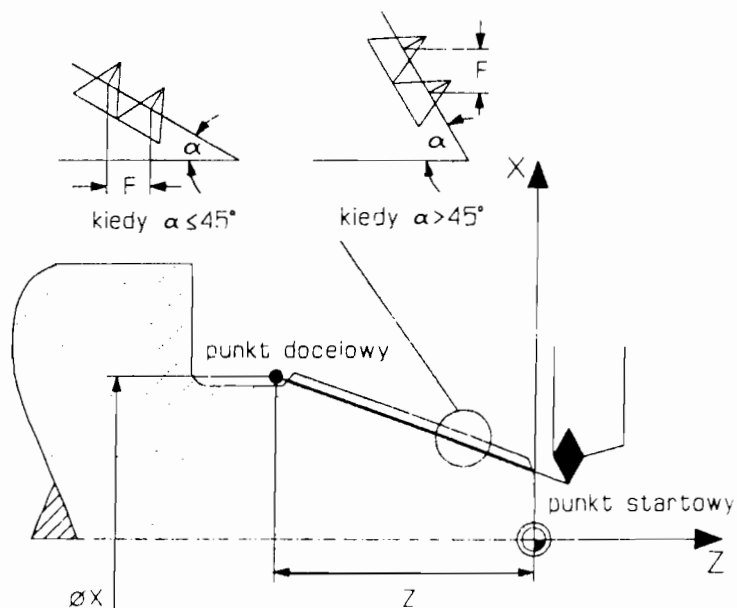
N110 G00 X+80 Z+10
N115 G33 X+80 Z-80 F2,5



Rys. G33.1 Gwint walcowy

Przykład programowania:

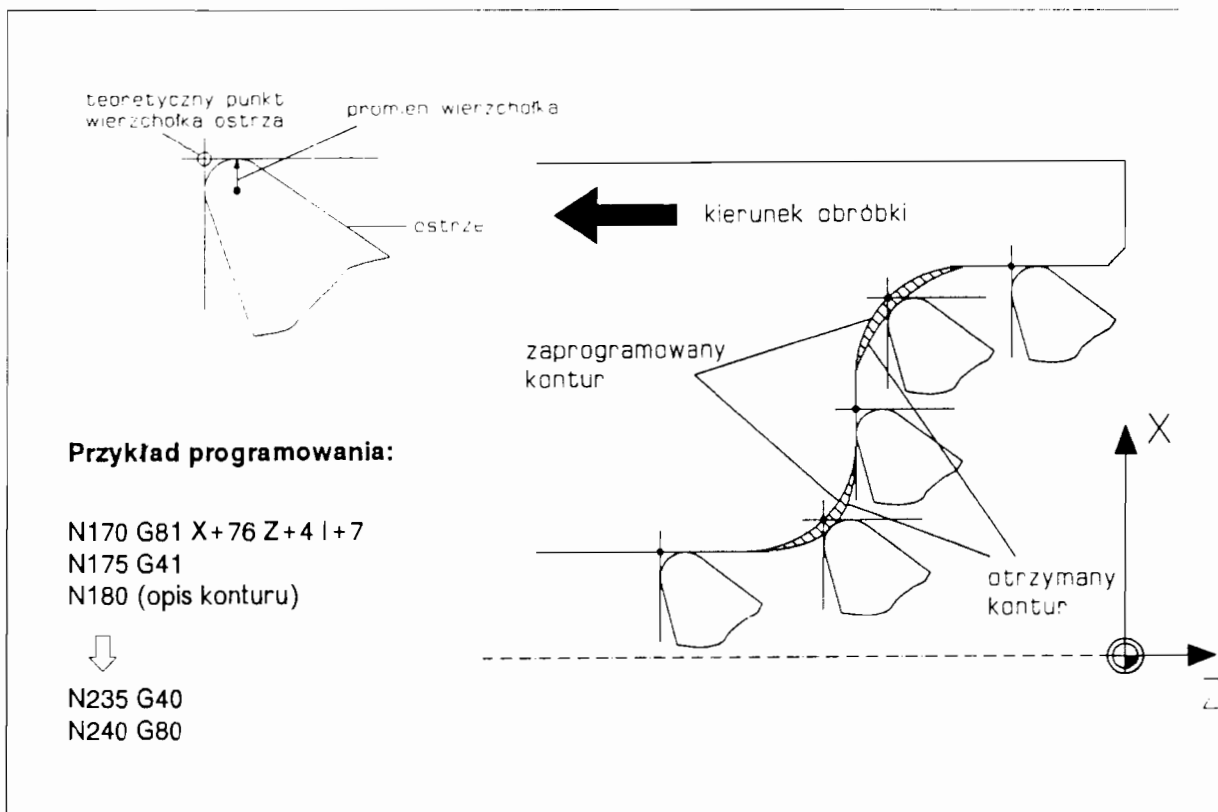
N110 G00 X+40 Z+10
N115 G33 X+100 Z-70 F3



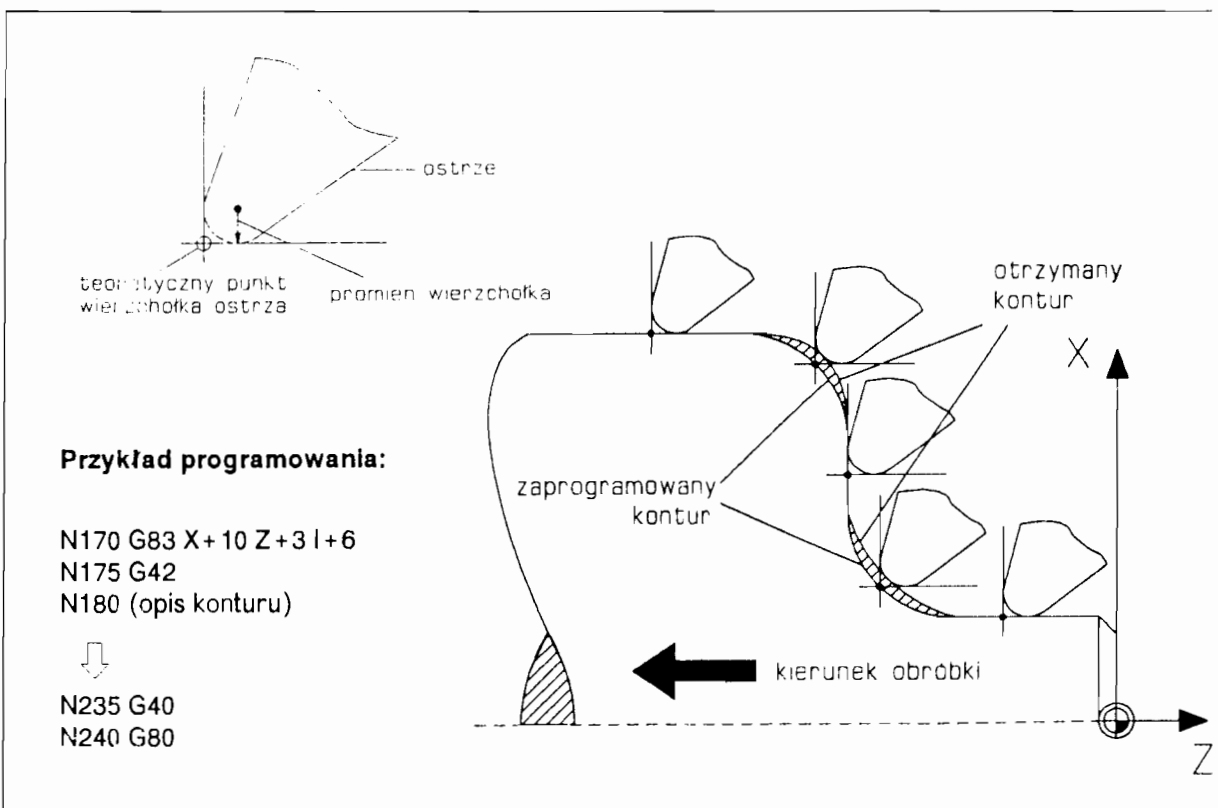
Rys. G33.2 Gwint stożkowy

Nacinanie gwintu G33

| | |
|-------------------------------------|--|
| Funkcja | Za pomocą tej funkcji można programować nacinanie gwintu. Przy wykonaniu tej funkcji zostają automatycznie zsynchronizowane: posuw i liczba obrotów wrzeciona w sposób zapewniający nacięcie gwintu o zaprogramowanym skoku. |
| Blok-NC | G33 X... Z... F... |
| Adresy | X współrzędna X punktu docelowego Z współrzędna Z punktu docelowego F skok gwintu |
| Opis | Położenie narzędzia po poprzednim bloku programu jest przyjmowane jako punkt startowy obróbki. Z tego powodu w poprzednim bloku programu, narzędzie musi zostać przesunięte do właściwego punktu. |
| Wskazówka | <p>W odróżnieniu od tego, przy funkcji obróbki gwintu w cyklu G31, zostają obliczone współrzędne punktu wyjściowego obróbki gwintu.</p> <p>Położenie punktu wyjściowego gwintu względem położenia zaprogramowanego funkcją G33 jako jego punktu końcowego, decyduje o tym czy będzie nacinany gwint walcowy czy stożkowy.</p> |
| Wskazówki przy programowaniu | <p>Przy nacinaniu gwintu walcowego i stożkowego o kącie pochylenia do 45 stopni włącznie, skok gwintu odniesiony jest do współrzędnej Z, natomiast dla gwintów płaskich i gwintów stożkowych o kącie powyżej 45 stopni, skok gwintu odniesiony jest do współrzędnej X.</p> <p>Alternatywnie można również programować skok gwintu F za pomocą adresów I oraz K wzdłuż osi X lub osi Z. Podać przy tym należy większą z tych wartości, ponieważ mniejsza jest obliczana przez sterowanie.</p> <p>Każde przejście noża przy nacinaniu gwintu musi być programowane indywidualnie. Również oddzielnie należy programować posuw wgłębny i ruch powrotny narzędzia.</p> |



Rys. G41 Kompensacja promienia narzędzia w lewo od konturu



Rys. G42 Kompensacja promienia narzędzia w prawo od konturu

Kompensacja promienia narzędzia:

w lewo od konturu G41 / w prawo od konturu G42

Funkcja

Droga narzędzia przy obróbce konturów dotyczy przesunięć teoretycznego punktu wierzchołka ostrza narzędzia i obliczana jest przez sterowanie. Przy takim ruchu narzędzia w kierunkach, które nie są równoległe do osi X i Z, powstają znaczne błędy zarysu (Rys. G41 i G42).

Błędów tym można zapobiec stosując kompensację promienia narzędzia (KPN), za pomocą której, po uwzględnieniu kwadrantu pracy i wartości promienia ostrza, można skorygować obliczaną drogę. W ten sposób można programować kontur o geometrii zgodnej z geometrią na rysunku, bez potrzeby wykonywania dodatkowych obliczeń.

Blok-NC

G41 **Kompensacja narzędzia w lewo od konturu**

G42 **Kompensacja narzędzia w prawo od konturu**

Wskazówki przy programowaniu

Przy stosowaniu w programie kompensacji narzędzia należy zwrócić uwagę na następujące reguły:

- wewnątrz bloku KPN nie można dokonywać żadnych zmian w położeniu początku układu współrzędnych (funkcje G53, G54, G59).
- po podaniu funkcji KPN można stosować obróbkę w cyklu: G78, G85, G87, G88.
- po włączeniu kompensacji nie można dokonywać wymiany narzędzi.
- promienie zaokrągleń wewnętrznych przejść konturu nie mogą być mniejsze od promienia narzędzia.
- Funkcje M05 i M09 są ignorowane wewnątrz bloku KPN.

Odwołanie kompensacji promienia narzędzia G40

Funkcja

Po podaniu funkcji G40 zostaje odwołana kompensacja promienia narzędzia wprowadzona wcześniej za pomocą funkcji G41 lub G42.

Blok-NC

G40

Wskazówki przy programowaniu

Funkcja G40 musi być podana samodzielnie w bloku.

Anulowanie przyrostowego przesunięcia punktu zerowego G

Funkcja

Po podaniu funkcji G53 zostaje odwołane przyrostowe przesunięcie początku współrzędnych (punkt zerowy półwyrobu), zadane wcześniej funkcją G tego momentu obowiązującym początkiem układu jest punkt zadany ostatnią funkcją G54, albo punkt uzyskany przez zaznaczenie rysy nożem.

Blok-NC

G53

Wskazówki przy programowaniu

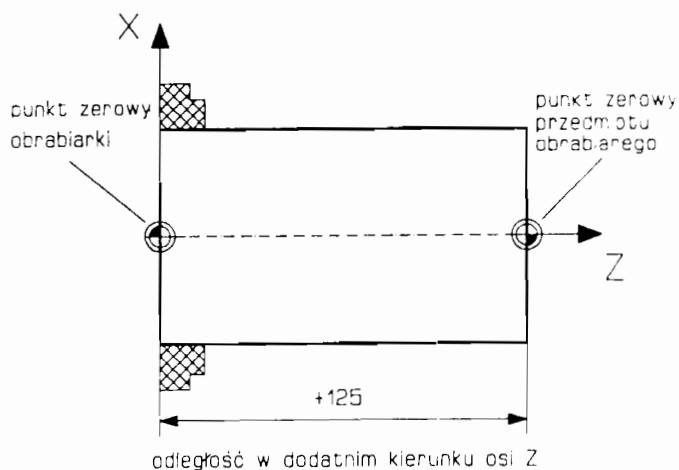
Funkcja G53 musi być podana samodzielnie w bloku.

Ustalenie punktu zerowego w układzie absolutnym G54

| | |
|----------------|--|
| Funkcja | Punkt zerowy przedmiotu obrabianego zostaje określony w sposób absolutny względem punktu zerowego obrabiarki. |
| Blok-NC | G54 X... Z... |
| Adresy | <p>X współrzędna X nowego punktu zerowego przedmiotu obrabianego podana w układzie absolutnym</p> <p>Z współrzędna Z nowego punktu zerowego przedmiotu obrabianego podana w układzie absolutnym</p> |
| Opis | <p>Jak już wspomniano poprzednio, podczas wykonywania programu sterowanie określa położenie każdego punktu względem wcześniej zdefiniowanego punktu odniesienia. Może to być punkt zerowy obrabiarki, lub punkt wyznaczony poprzez wstępne zaznaczenie rysy na półwyrobie. Tak uzyskany punkt odniesienia nie zgadza się zazwyczaj z bazą pomiarową półwyrobu, co wymaga później wielu dodatkowych obliczeń współrzędnych punktów. Aby tego uniknąć, wygodne jest posłużenie się funkcją G54, za pomocą której nowym punktem odniesienia staje się baza pomiarowa przedmiotu obrabianego. Przy toczeniu punkt ten umieszczony jest zazwyczaj w osi toczenia ($X=0$) na czole półwyrobu.</p> <p>Jeśli na początku programu, punkt zerowy układu odniesienia zostanie określony w wyżej opisanym punkcie, wszystkie współrzędne punktów opisujących powierzchnie obrabiane mogą być odczytane bezpośrednio z rysunku.</p> |

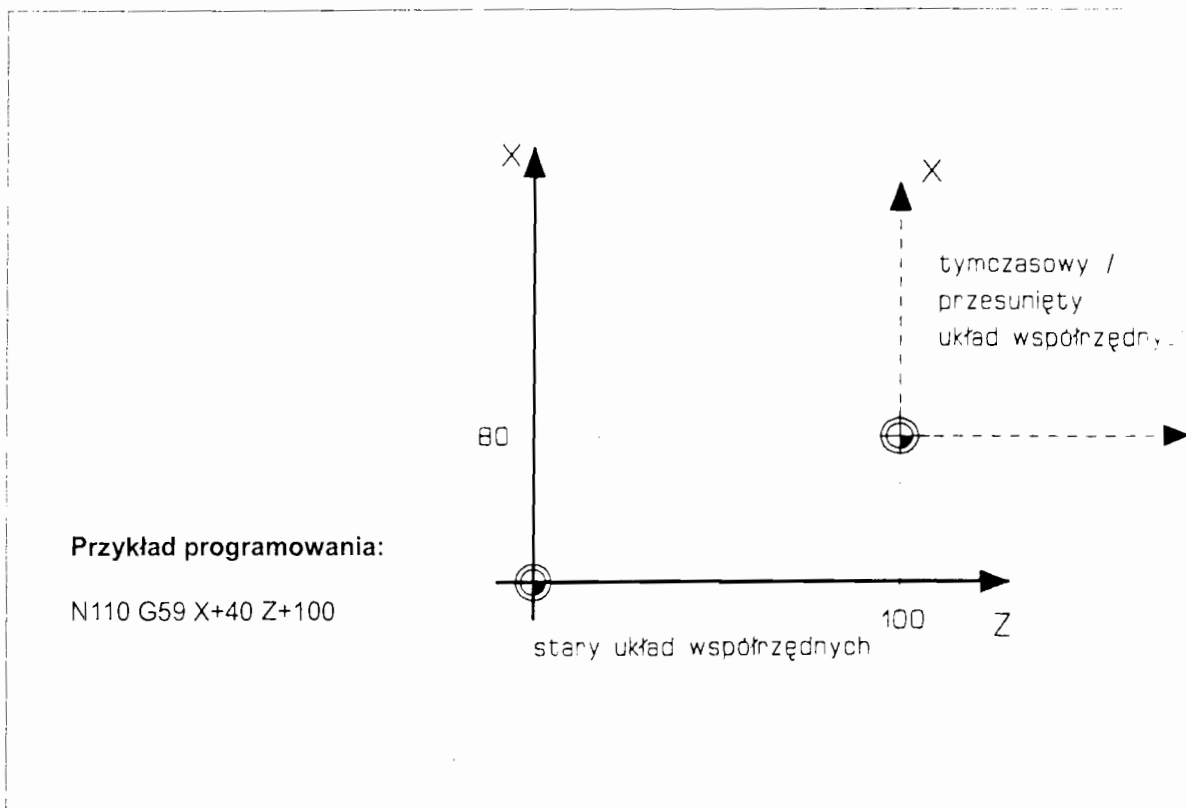
Przykład programowania:

N010 G54 X+0 Z+125

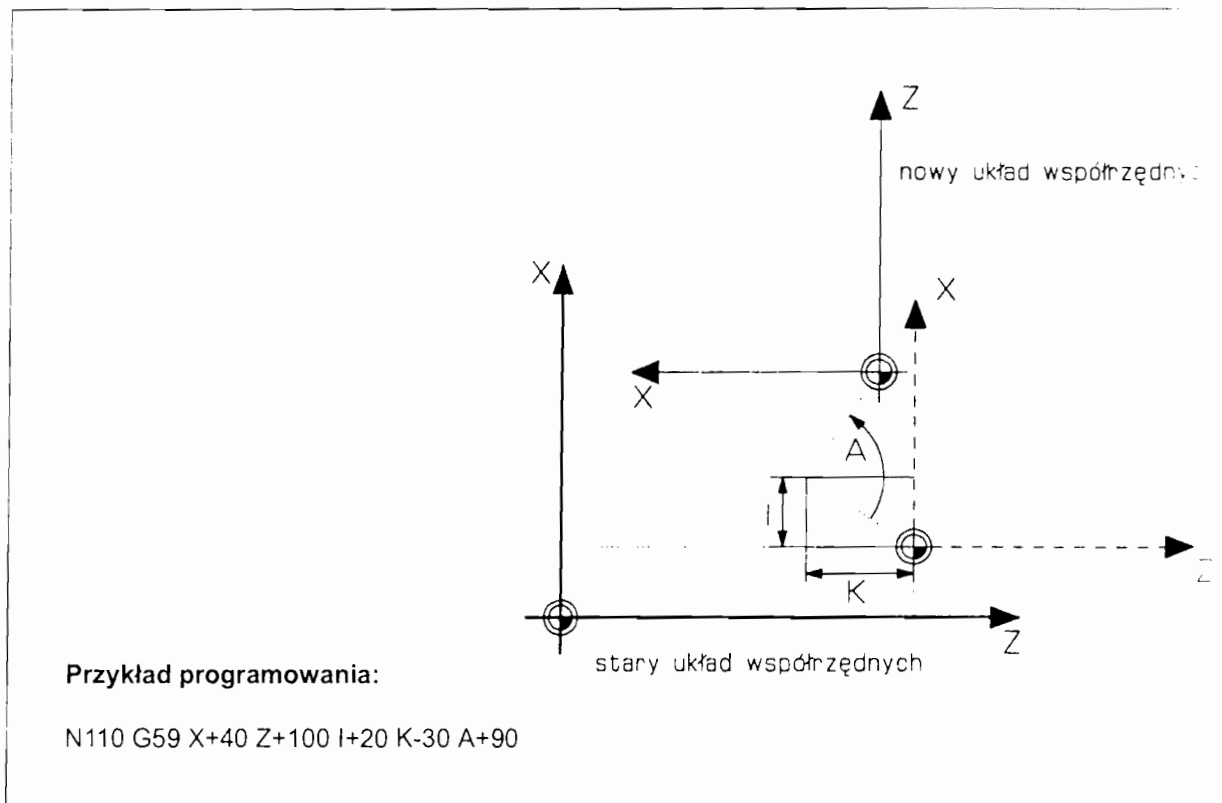


Wskazówki przy programowaniu

Podawane w funkcji współrzędne nowego punktu odniesienia względem punktu zerowego obrabiarki są określone zawsze w sposób absolutny, niezależnie od tego ile razy funkcja G54 pojawia się w programie.



Rys. G59.1 Układ współrzędnych będzie przesunięty do punktu X=40 i Z=100.

Rys. G59.2 W odniesieniu do punktu zerowego przesuniętego układu współrzędnych, nowy układ współrzędnych zostaje obrócony o kąt 90° wokół punktu o współrzędnych przyrostowych $I=20/K=30$.

Przyrostowe przesunięcie punktu zerowego G59

| | |
|-------------------------------------|--|
| Funkcja | Za pomocą funkcji G59 punkt zerowy układu odniesienia (punkt zerowy przedmiotu obrabianego), może zostać przesunięty i obrócony. |
| Blok-NC | G59 X... Z... I... K... A... |
| Adresy | <p>X wartość, o którą jest przesuwany chwilowy początek układu współrzędnych, wzdłuż osi X.</p> <p>Z wartość, o którą jest przesuwany chwilowy początek układu współrzędnych, wzdłuż osi Z.</p> <p>I współrzędna punktu obrotu układu współrzędnych w kierunku osi X, przyrostowo określona względem wcześniej przesuniętego chwilowego początku układu.</p> <p>K współrzędna punktu obrotu układu współrzędnych w kierunku osi Z, przyrostowo określona względem wcześniej przesuniętego chwilowego początku układu.</p> <p>A kąt obrotu, określony przyrostowo.</p> |
| Opis | <p>Przy programowaniu trudniejszych konturów można wielokrotnie ułatwić sobie pracę, jeśli zdefiniuje się nowy początek układu odniesienia (punkt zerowy przedmiotu obrabianego), różny od układu odniesienia podanego na początku. Za pomocą funkcji G59 można w sposób dowolny przesuwać i obracać układ współrzędnych. Jeśli układ współrzędnych ma zostać tylko przesunięty, to za pomocą współrzędnych X i Z podajemy nowe położenia jego początku. Pozostałe adresy takie jak I, K oraz A nie muszą być umieszczane w funkcji (Rys.G59.1). Jeśli jednak układ współrzędnych ma zostać dodatkowo obrócony, należy dodatkowo zaprogramować w sposób przyrostowy współrzędne I i K punktu, wokół którego nastąpi obrót oraz podać kąt obrotu A. Wartości współrzędnych I i K są przyrostowo odnoszone w stosunku do nowego przesuniętego początku układu (Rys.59.2). Jeżeli układ ma zostać obrócony względem swego początku, w funkcji umieszcza się tylko wartość kąta A.</p> |
| Wskazówki przy programowaniu | <p>Punktem wyjściowym układu współrzędnych, przy przesunięciu układu funkcją G59, jest zawsze aktualny początek dotychczasowego układu.</p> <p>Proszę zwracać uwagę na to, że kąt obrotu układu zaprogramowany wcześniej pozostaje nadal aktualny jeśli w dalszym ciągu programu użyjemy powtórnie funkcji G59.</p> |

Wymiarowanie absolutne (od bazy) G90

Funkcja

Jeśli w programie zostanie użyta funkcja G90, to od tego momentu wszystkie współrzędne punktów będą odnoszone do punktu zerowego przedmiotu obrabianego. Niezależnie od chwilowego położenia narzędzia, punkt docelowy narzędzia będzie podawany zawsze względem punktu zerowego.

Blok-NC

G90

Przykład programowania:

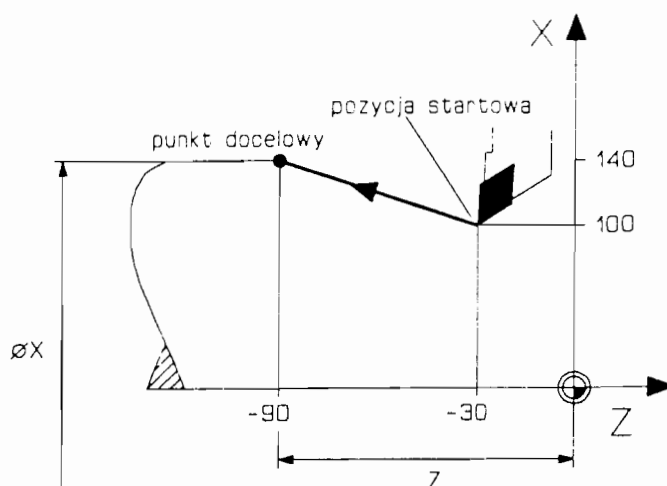
N... G90

N...



N...

N115 G01 X+140 Z-90



Wskazówki przy programowaniu

Przy absolutnym podawaniu współrzędnych, współrzędna X odnoszona jest do średnicy detalu obrabianego przedmiotu.

Podawanie współrzędnych w układzie absolutnym jest obowiązujące do momentu wywołania funkcją G91 (włączenia funkcji wymiarowania przyrostowego).

Wymiarowanie przyrostowe (inkrementalne) G91

Funkcja

Przy przyrostowej metodzie podawania współrzędnych nazywanej również inkrementalną, punkt docelowy narzędzia programowany jest względem jego poprzedniego położenia. Określa się zatem o jakie wartości wzdłuż osi X i Z od punktu aktualnego narzędzia należy przesunąć ostrze, ażeby osiągnąć punkt docelowy.

Blok-NC

G91

Przykład programowania:

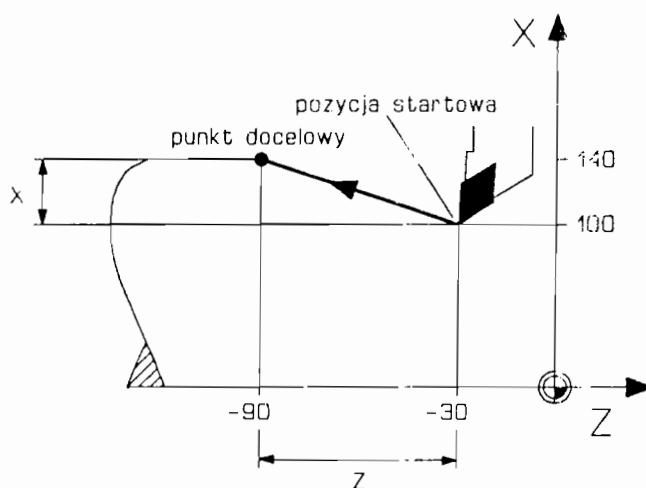
N... G91

N...



N...

N115 G01 X+20 Z-60



Wskazówki przy programowaniu

Przy wymiarowaniu przyrostowym, współrzędna X odnoszona jest do promienia półwyrobu.

Podawanie współrzędnych w układzie przyrostowym jest obowiązujące do jego odwołania funkcją G90 (włączenia funkcji wymiarowania absolutnego).

Graniczna prędkość obrotowa wrzeciona G92

| | |
|-------------------------------------|--|
| Funkcja | Jeśli przy operacji planowania czoła średnica detalu zbliża się do zera, to, przy programowanej uprzednio stałej prędkości skrawania, wrzeciono obrabiarki osiągnie swoją maksymalną prędkość obrotową. Tak wysokie obroty wrzeciona mogą powodować wyrwanie półwyrobu z uchwytu. Aby tego uniknąć, należy zawsze funkcji G96 (stała prędkość skrawania) umieszczać funkcję G92, dotyczącą granicznej prędkości obrotowej wrzeciona. |
| Blok-NC | G92 S... |
| Adresy | S – maksymalna prędkość obrotowa wrzeciona w obr/min Przykład programowania: N110 G92 S1500 |
| Wskazówki przy programowaniu | Graniczna prędkość obrotowa wrzeciona określona jest za pomocą funkcji S i przyjmowana jest przez sterowanie pod warunkiem, że uprzednio zażądano robki ze stałą prędkością skrawania (funkcja G96). |

Stała prędkość skrawania G96

| | |
|-------------------------------------|---|
| Funkcja | Za pomocą tej funkcji zaprogramowana jest stała prędkość skrawania. |
| Blok-NC | G96 S... [F...] [T...] [M...] |
| Adresy | S prędkość skrawania w m/min |
| Adresy opcjonalne | F posuw w mm/obrót T wymiana narzędzia M funkcja pomocnicza |
| Opis | <p>Prędkość skrawania przy toczeniu jest funkcją prędkości obrotowej wrzeciona i aktualnej średnicy toczenia, mierzonej wzdłuż osi X. W celu zachowania stałej prędkości obrotowej przy obróbce, iloczyn prędkości obrotowej wrzeciona oraz współrzędnej X ostrza narzędzia musi być ciągle kontrolowany przez sterowanie i musi pozostać stały. Im mniejsza jest wartość współrzędnej X, tym większa musi być prędkość obrotowa wrzeciona.</p> <p>Przykład programowania:</p> <p>N125 G96 S210</p> |
| Wskazówki przy programowaniu | <p>Przy toczeniu detali o małych średnicach należy upewnić się, czy obroty detalu nie przekroczą maksymalnej prędkości obrotowej dla stosowanego mocowania. Jeśli istnieje takie niebezpieczeństwo, najlepiej zastosować funkcję G92 określającą graniczną prędkość obrotową wrzeciona.</p> <p>Adresy F, T i M muszą być programowane w bloku, jeśli nie zostały już podane poprzednio.</p> <p>Stała prędkość skrawania wprowadzona za pomocą funkcji G96 pozostanie obowiązywać do momentu jej odwołania funkcją G97 lub przez podanie nowej stałej prędkości skrawania.</p> |

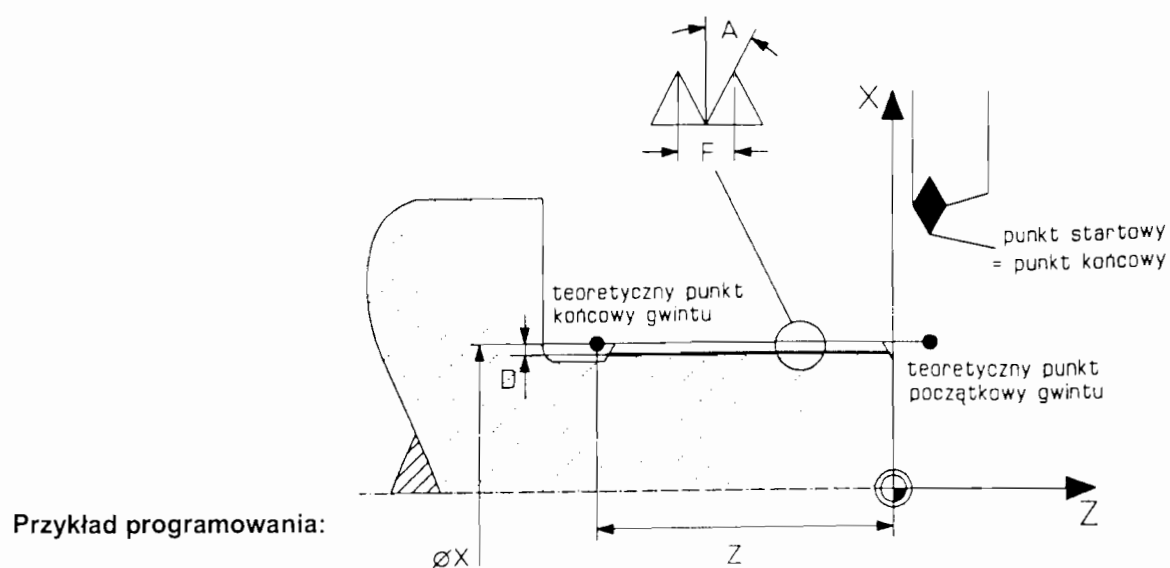
Odwołanie stałej prędkości skrawania G97

| | |
|-------------------------------------|--|
| Funkcja | Za pomocą funkcji G97 odwoływana jest stała prędkość skrawania wprowadzono wcześniej za pomocą funkcji G96. |
| Blok-NC | G97 [S...] |
| Adresy opcjonalne | S – liczba obrotów wrzeciona w obr/min |
| Wskazówki przy programowaniu | <p>Jeśli w funkcji G97 nie zostanie podana liczba obrotów wrzeciona pod adresem S, to aktualną prędkością obrotową pozostanie prędkość, ostatnio obliczona przez sterowanie.</p> <p>Zaprogramowana pod adresem G92 maksymalna liczba obrotów wrzeciona zostaje aktualna dla nowego wywołania stałej prędkości skrawania funkcją G97.</p> |

5. Cykle obróbki tokarskiej

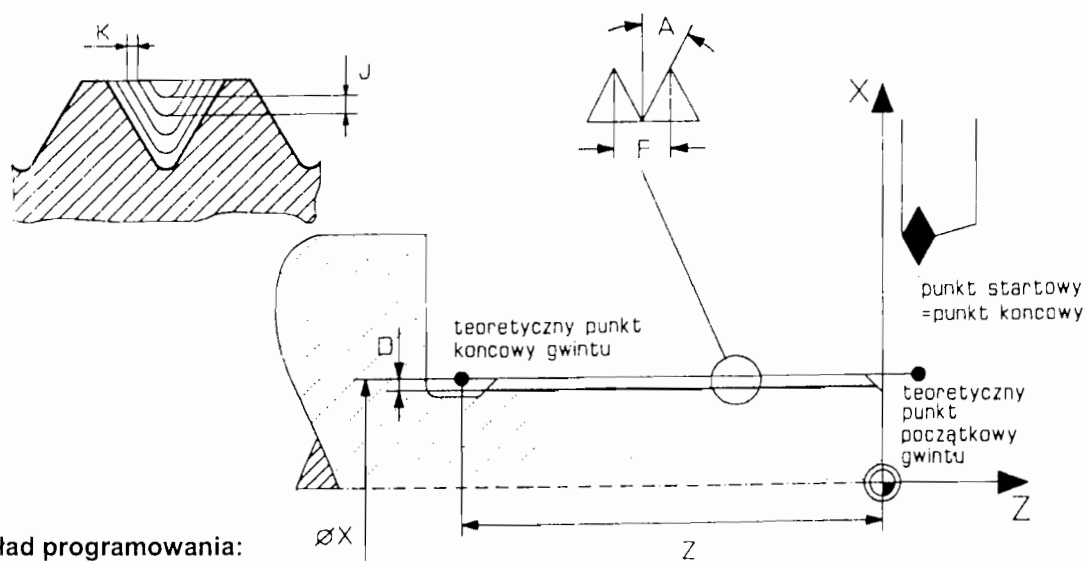
Przegląd wszystkich stosowanych cykli obróbki tokarskiej

| | |
|-----|---|
| G31 | Cykl nacinania gwintu |
| G36 | Ograniczenie jałowej drogi narzędzia w cyklu wielokrotnym |
| G57 | Naddatek na obróbkę wykańczającą |
| G65 | Cykl wzdłużnego toczenia zgrubnego (kontur stożkowy) |
| G66 | Cykl planowania zgrubnego (kontur stożkowy) |
| G75 | Cykl wzdłużnego toczenia zgrubnego – równoległego do osi |
| G76 | Cykl zgrubnego planowania- równoległego do osi |
| G78 | Cykl toczenia podcięć wykonanych według DIN 509 kształt E i F Podcięcie dla gwintu według DIN 76 |
| G79 | Cykl toczenia rowka |
| G81 | Cykl wzdłużnego toczenia zgrubnego dowolnego konturu |
| G82 | Cykl zgrubnego planowania dowolnego konturu |
| G83 | Cykl wielokrotny |
| G84 | Cykl wiercenia głębokich otworów |
| G85 | Cykl toczenia podcięć wykonanych według DIN 509 kształt E i F Podcięcie dla gwintu według DIN 76 |
| G86 | Cykl toczenia rowka |
| G87 | Cykl toczenia promienia zaokrąglenia |
| G88 | Cykl toczenia fazy |
| G31 | Cykl nacinania gwintu |



N110 G00 X+140 Z+10
N115 G31 X+80 Z-80 A+30 D-2 F3 S6

Rys. G31.1 Gwint wzdłużny – współrzędna Z punktu startowego jest równa współrzędnej Z teoretycznego punktu początkowego gwintu.

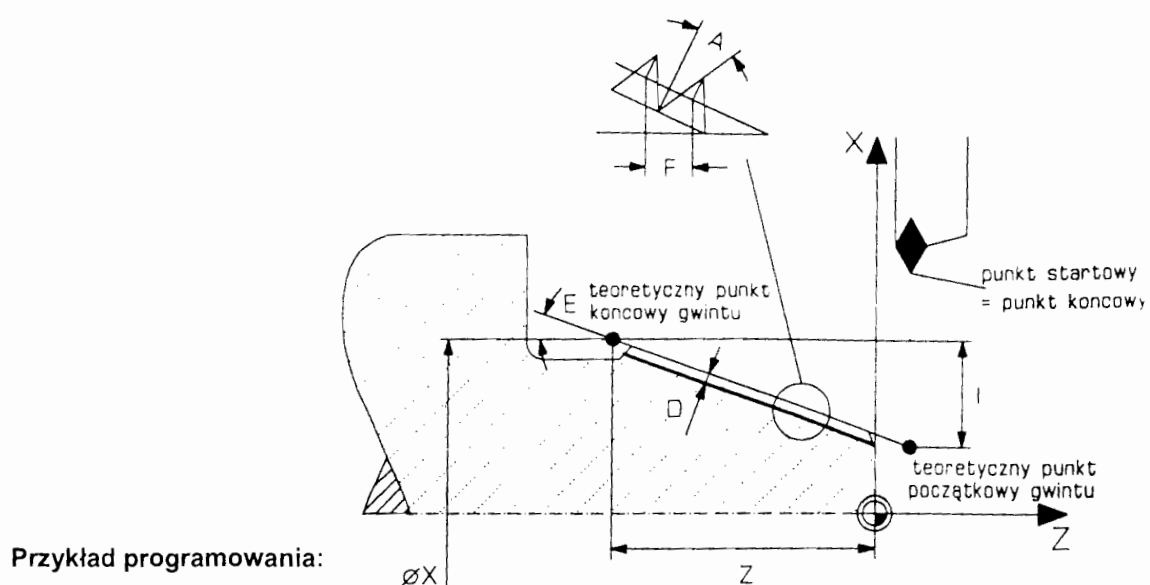


N110 G00 X+25 Z+3
N115 G31 X+20 Z-37 D+1.534 F2.5 J+0.3

Rys. G31.2 Gwint wzdłużny – programowany za pomocą adresów J i K (pusz w głębinę na przejście w kierunku osi X i Z).

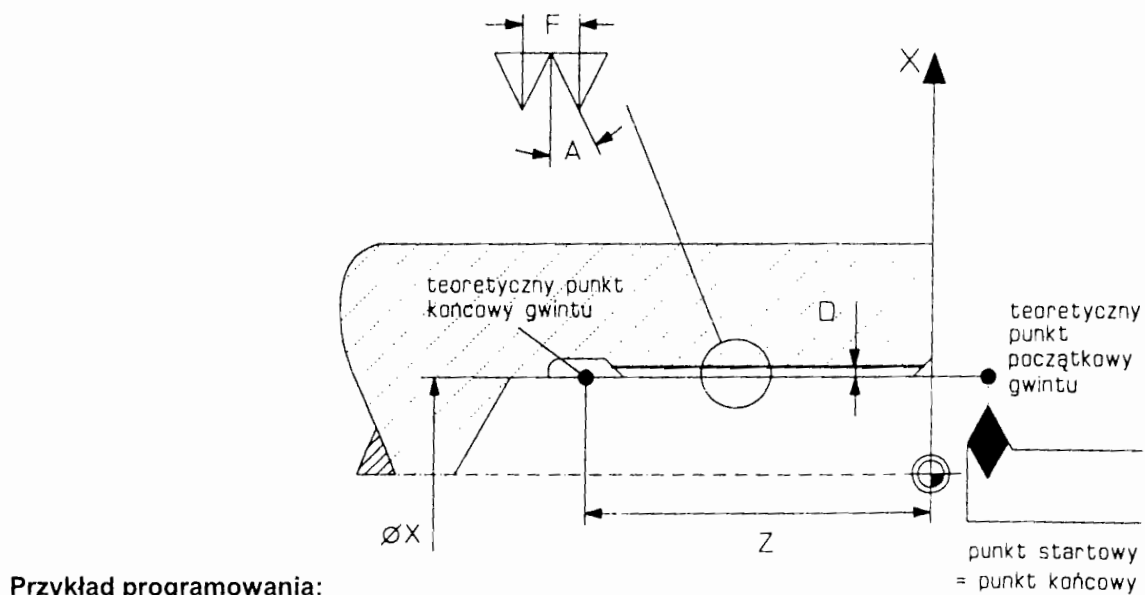
Cykl nacinania gwintu G31

| | |
|--------------------------|--|
| Funkcja | Za pomocą cyklu G31 można programować nacinanie gwintów walcowych lub stożkowych o maksymalnym kącie pochylenia 45 stopni i ze stałym skokiem. Cykl obróbki gwintu można stosować zarówno dla gwintów zewnętrznych jak i dla wewnętrznych. |
| Blok-NC | G31 X... Z... D... F... S.../J... [A...] [Q...] [I.../E...] |
| albo | G31 X... Z... D... F... K... A... [Q...] [I.../E...] |
| Adresy | <p>X współrzędna X teoretycznego punktu końcowego gwintu</p> <ul style="list-style-type: none"> – przy gwincie zewnętrznym średnica zewnętrzna gwintu – przy gwincie wewnętrznym średnica rdzenia gwintu <p>Z współrzędna Z teoretycznego punktu końcowego gwintu</p> <p>D głębokość gwintu odniesiona do promienia</p> <p>F skok gwintu w kierunku osi Z</p> <p>S liczba przeprowadzanych nacięć (przebieg narzędzia)</p> <p>J posuw wstępny w kierunku osi X na jedno przejście narzędzia (odniesiony do promienia)</p> <p>K posuw wstępny w kierunku osi Z na jedno przejście narzędzia</p> <p>Kiedy programowany jest adres K należy również podać kąt pochylenia powierzchni bocznej gwintu większy niż zero.</p> |
| Adresy opcjonalne | <p>A Kąt pochylenia powierzchni bocznej gwintu względem osi X, pod którym następuje wgłębianie narzędzia. Kąt A musi mieć wartość między 0 i 60 stopni.</p> <p>Q Stopniowanie ostatniego posuwu wstępnego. Wartość Q może być dowolną liczbą dodatnią.</p> <p>Jeśli programuje się adres Q, wtedy posuw wstępny ostatniego przejścia przy nacinaniu dzielony jest na 4 przejścia obróbkowe. Kolejno wartości posuwów wstępnych dla tych przejść wynoszą: 1/2, 1/4, 1/8, 1/8 ostatniej głębokości skrawania.</p> <p>I Różnica promieni pomiędzy teoretycznym punktem początkowym gwintu i teoretycznym punktem końcowym:</p> <ul style="list-style-type: none"> – dla gwintu zewnętrznego ze znakiem dodatnim – dla gwintu wewnętrznego ze znakiem ujemnym <p>E Kąt gwintu w stosunku do osi Z w jego punkcie końcowym. Absolutna wartość tego kąta nie może być większa niż 45 stopni.</p> |
| Opis | <p>Bardzo ważne przy wykonaniu gwintu za pomocą cyklu G31 jest położenie teoretycznych punktów początku i końca gwintu. Określają one rdzeń gwintu. Gdy punkt końcowy gwintu wyznaczony jest za pomocą współrzędnych X i Z, to punkt początkowy określamy podając następujące adresy:</p> <ul style="list-style-type: none"> – współrzędna X punktu początkowego obliczana jest na podstawie adresów I lub E. Jeśli te adresy nie znajdują się w funkcji, sterowanie przyjmie współrzędną X punktu początkowego gwintu równą współrzędnej X jego punktu końcowego (nacinanie gwintu walcowego). – współrzędna Z punktu początkowego gwintu jest zawsze równa współrzędnej Z dla punktu końcowego. |



N110 G00 X+140 Z+10
 N115 G31 X+100 Z-75 D+1.34 F3 S4 E+30

Rys. G31.3 Gwint stożkowy – kąt pochylenia gwintu może być programowany za pomocą adresu E (kąt gwintu względem osi Z) lub adresu I (różnica promieni pomiędzy teoretycznym punktem początku i końca gwintu).



N110 G00 X+140 Z+10
 N115 G31 X+100 Z-75 A+30 D-2 F3 S4

Rys. G31.4 Gwint wewnętrzny- współrzędna X punktu startowego narzędzia musi być mniejsza niż ta współrzędna dla punktu początkowego gwintu.

Przed wywołaniem cyklu G31 narzędzie musi przesunąć się do **punktu startowego** o określonych współrzędnych X i Z. Na podstawie położenia tego punktu w stosunku do końcowego punktu gwintu programowanego w funkcji (jego współrzędnej X), sterowanie odróżnia obróbkę gwintu wewnętrznego i zewnętrznego:

- Jeśli współrzędna X punktu startowego jest **mniejsza** niż współrzędna X teoretycznego punktu końcowego gwintu, wtedy nacinany będzie **gwint wewnętrzny** (Rys. 31.4).
- Jeśli współrzędna ta będzie **większa**, wtedy nacinany będzie **gwint zewnętrzny** (Rys.31.1).

Jeżeli w funkcji nie podano liczby przejść narzędzia S, wtedy liczba ta jest obliczona przez sterowanie na podstawie innych adresów (D i J). Po każdym przejściu obróbkowym narzędzie wraca szybkim przesuwem do współrzędnej Z punktu startowego. Po wykonaniu cyklu narzędzie przesuwa się znowu do punktu startowego.

Wskazówki przy programowaniu

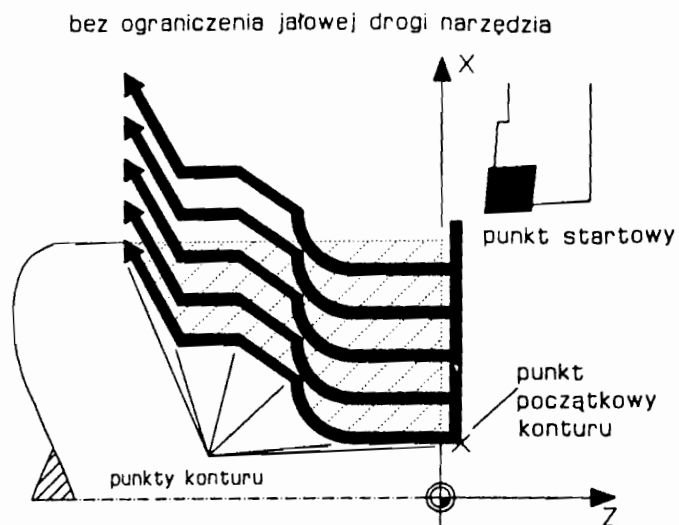
Ponieważ współrzędna Z punktu startowego, jest równa współrzędnej Z teoretycznego punktu początkowego, punkt startowy należy umieszczać w dostatecznej dużej odległości od półwyrobu, ażeby narzędzie miało czas osiągnąć właściwą prędkość wypadkową (obroty x posuw), przed wejściem do obróbki.

Równocześnie musi być uwzględniony czas zatrzymania napędu posuwu, przy programowaniu teoretycznego punktu końcowego gwintu.

Liczba przejść przy nacinaniu gwintu musi być większa niż 1.

Przykład programowania:

N110 G83 X+40 Z+1.5 I+4

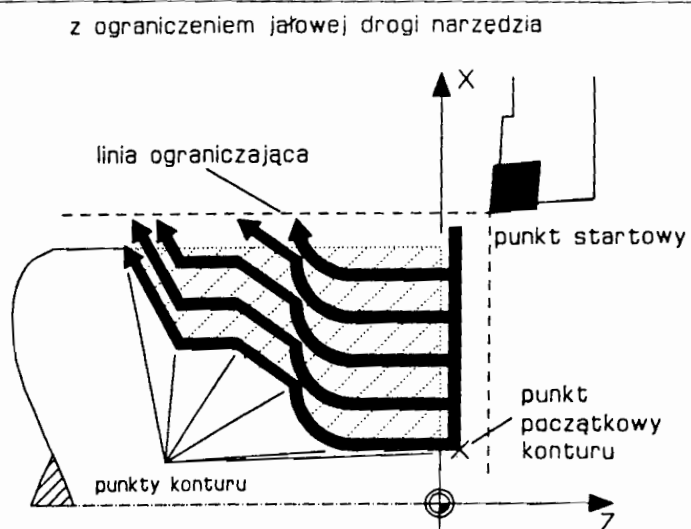


Rys. G36.1

Przykład:

N110 G83 X+40 Z+1.5 I+3.5

N115 G36

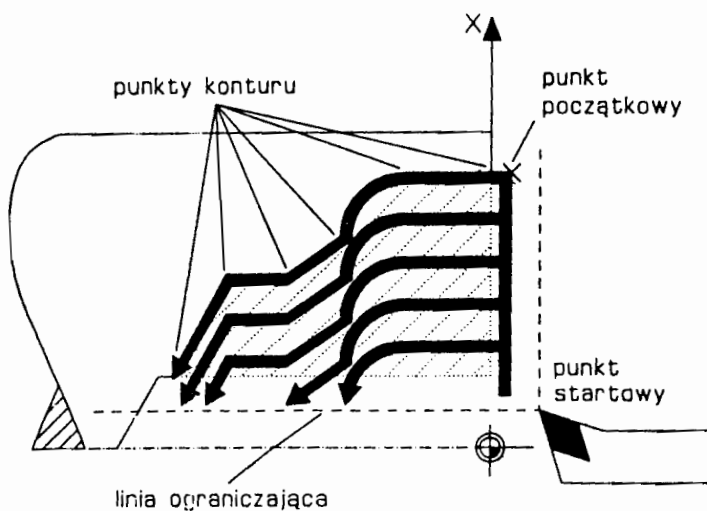


Rys. G36.2

Przykład:

N110 G83 X+45 Z+0.5 I+3.2

N115 G36



Rys. G36.3

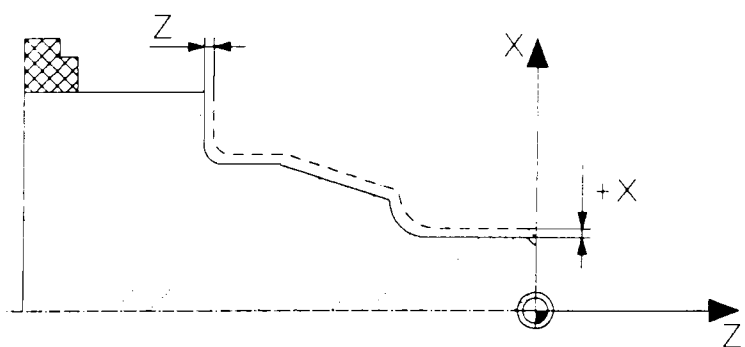
Ograniczenie jałowej drogi narzędzia przy obróbce konturu w cyklu wielokrotnym **G36**

| | |
|------------------------------|---|
| Funkcja | Za pomocą funkcji G36 można ograniczyć jałową drogę narzędzia przy obróbce konturu w cyklu wielokrotnym (patrz funkcja G83). |
| Blok-NC | G36 |
| Opis | <p>Przy obróbce konturu w cyklu wielokrotnym (funkcja G83), w zależności od zadanej głębokości skrawania na przejście, wykonywana jest określona liczba przejść skrawających wzdłuż konturu. Jak można stwierdzić na podstawie Rys. G36.1, narzędzie podczas obróbki znajduje się często poza półwyrobem, wykonując ruch jałowy. Za pomocą funkcji G36 zostaje wskazany obszar, którego narzędzie nie może przekroczyć przy obróbce. Po zadaniu tego obszaru znacznie zmniejsza się czas obróbki, przez wyeliminowanie zbytecznych ruchów jałowych narzędzia (Rys. 36.2).</p> <p>Funkcja ta ma szczególne znaczenie przy obróbce konturów wewnętrznych, gdzie podczas jałowego ruchu narzędzia może dojść do kolizji narzędzia z półwyrobem, z powodu bardzo małego obszaru swobodnego (Rys. G36.3).</p> <p>Obszar jałowego ruchu narzędzia ograniczony funkcją G36 ustalany jest na podstawie położenia wierzchołka narzędzia na początku cyklu.</p> <p>Oznacza to, że w zależności od zaprogramowanego punktu początkowego konturu, ograniczony obszar pracy narzędzia będzie wyznaczany w następujący sposób:</p> <ul style="list-style-type: none"> – jeśli punkt startowy narzędzia znajduje się „ponad” punktem początku konturu, wtedy narzędzie nie porusza się powyżej współrzędnej X punktu startowego. – jeśli punkt startowy narzędzia znajduje się „poniżej” punktu początkowego konturu, wtedy narzędzie nie porusza się poniżej współrzędnej X punktu startowego. |
| Wskazówki przy programowaniu | <p>Funkcja G36 musi być podawana bezpośrednio po bloku, w którym występuje wywołanie obróbki konturu w cyklu wielokrotnym, przez funkcję G83.</p> <p>Jeżeli przed wywołaniem cyklu obróbki konturu jest programowany naddatek na obróbkę wykańczającą, wtedy należy to uwzględnić przy wyznaczaniu pozycji narzędzia.</p> |

obróbka zewnętrzna

Przykład:

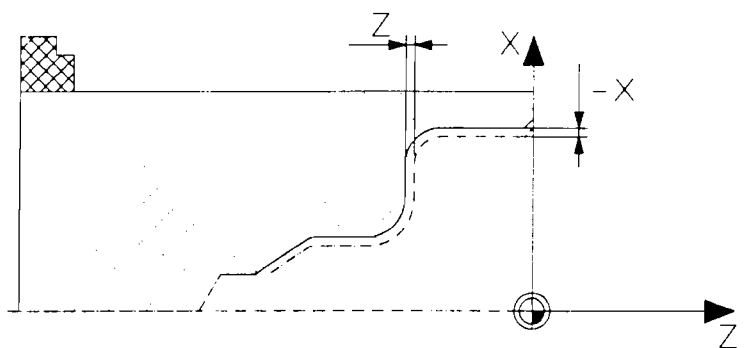
N150 G57 X+1.2 Z+0.2



obróbka wewnętrzna

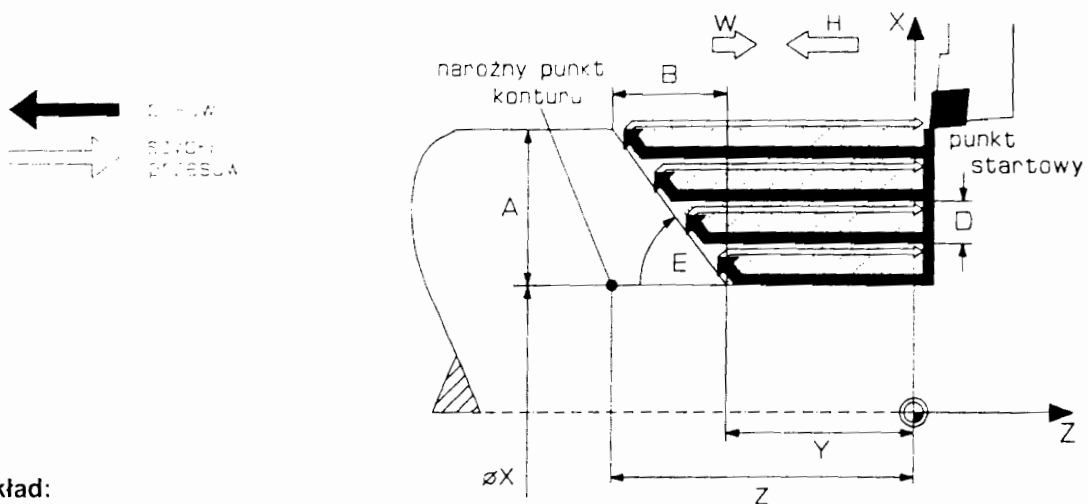
Przykład:

N150 G57 X-1.2 Z+0.2



Naddatek na obróbkę wykańczającą G57

| | |
|-------------------------------------|---|
| Funkcja | Za pomocą funkcji G57 można dla cykli związanych z obróbką zgrubną konturu (G81, G82, G83) programować naddatek przewidziany na obróbkę wykańczającą. |
| Blok-NC | G57 X... Z... |
| Adresy | <p>X naddatek na obróbkę wykańczającą w kierunku osi X, odniesiony do średnicy</p> <ul style="list-style-type: none">– znak dodatni przy obróbce powierzchni zewnętrznych– znak ujemny przy obróbce powierzchni wewnętrznych <p>Z naddatek na obróbkę wykańczającą w kierunku osi Z</p> |
| Wskazówki przy programowaniu | Zarys konturu musi być opisany zarówno dla toczenia zgrubnego jak i wykańczającego. Najlepiej w tym celu stosować opis konturu w podprogramie, który wywołany jest dwukrotnie dla powyższych obróbek. Jeśli nie stosujemy podprogramu, wykonanie obróbki można także uprościć stosując funkcję G23, dotyczącą powtórzenia kilku bloków segmentu głównego programu, w których zaprogramowany był kontur. |

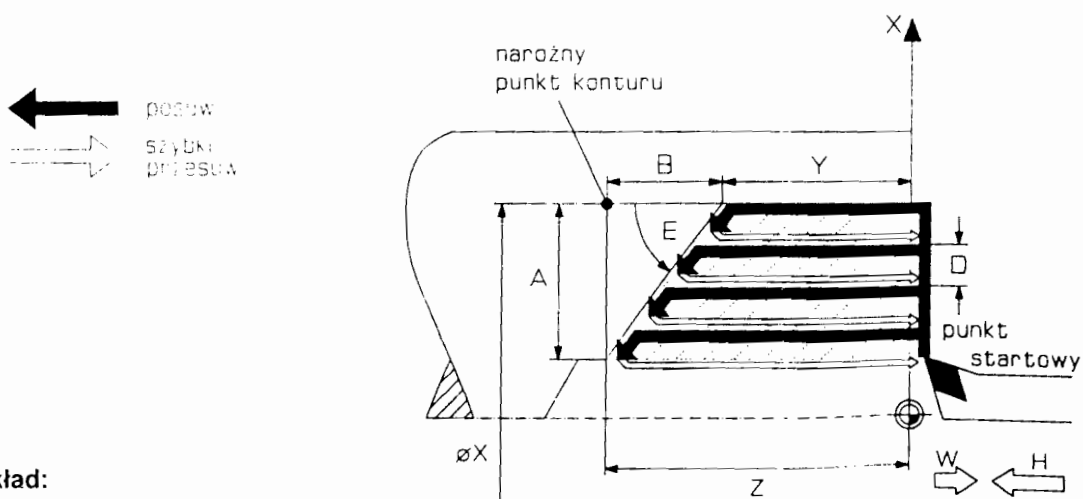


Przykład:

N125 G00 X+102 Z+3

N130 G65 X+100 Z-52.5 D+4 Y-62.5

Rys. G65.1 Przy obróbce zewnętrznej współrzędna X punktu startowego narzędzia musi być równa współrzędnej X punktu końcowego stożka.



Przykład:

N165 G00 X+18 Z+3

N170 G65 X+75 Z-52.5 S8 E-54

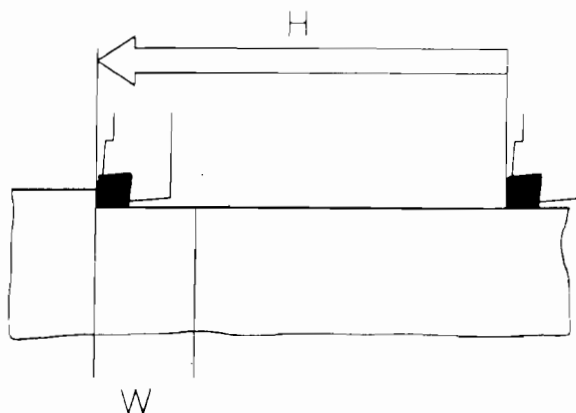
Rys. G65.2 Przy obróbce wewnętrznej współrzędna X punktu startowego narzędzia musi być mniejsza niż średnica wytoczonego wstępnie konturu wewnętrznego.

Cykl zgrubnego toczenia wzdłużnego G65 (kontur stożkowy)

| | | |
|-------------------------------------|---|--|
| Funkcja | Za pomocą cyklu G65 można programować cykl wzdłużnego toczenia zgrubnego, również dla konturu przechodzącego z kształtu walcowego w stożkowy. Cykl stosowany jest dla powierzchni zewnętrznych i wewnętrznych. | |
| Blok-NC | G65 | X... Z... S.../D... Y.../E.../A...B... [I...] [K...] [H...W...] [C...V...] [L...] |
| Adresy | X, Z | Ponieważ obróbka w cyklu G65 bazuje w zasadzie na konturze, który przechodzi dalej pod kątem prostym do osi Z, współrzędne X i Z leżą na końcu tego konturu. |
| | S | Liczba przeprowadzanych przejść skrawających narzędzia. Jeśli programowany jest ten adres, to głębokość skrawania na przejście określana jest przez sterowanie. W przypadku braku adresu S należy podawać adres alternatywny D. |
| | D | Po każdym przejściu narzędzie przesuwają się w głąb materiału o wartość D, odnoszoną do promienia. Przy obróbce w cyklu, zaprogramowana wartość adresu D może ulec zmianie w zależności od stosowanych adresów opcjonalnych C, V i L (patrz opis adresów C, V, L). Alternatywny do adresu D jest adres S (liczba przejść). |
| | Y | Punkt konturu: Wartość podana pod adresem Y określa współrzędną Z początku stożka. |
| | E | Kąt wzniosu stożka względem osi Z (Rys. G65.1). Proszę zwrócić uwagę na to, że kąt ten przy obróbce wewnętrznej musi być programowany ze znakiem ujemnym (Rys. G65.2). |
| | A, B | Wznios stożka można również programować za pomocą stosunku odcinków A i B. Odcinek w kierunku osi X oznaczony jest jako A i jest odnoszony do promienia, natomiast odcinek w kierunku osi Z oznaczany jest jako B. Wznios stożka obliczany jest według wzoru: $\text{tg}(A/B)=E$. |
| Opis | <p>W przeciwieństwie do cyklu toczenia wzdłużnego G75 z konturem końcowym zawsze prostopadłym do osi Z, droga narzędzia w cyklu G65 w końcowej fazie, przebiega od zdefiniowanego punktu pod pewnym kątem do punktu końcowego konturu. W ten sposób powstaje kontur stożkowy. Punkt początkowy stożkowej części konturu może być programowany:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. – bezpośrednio przez podanie adresu Y, 2. – przez podanie kąta wzniosu stożka E albo 3. – przez podanie stosunku obu odcinków A i B | |
| Wskazówki przy programowaniu | Ponieważ dla sterowania współrzędna X dla punktu końcowego stożka jest równa współrzędnej X punktu startowego obróbki, narzędzie przed obróbką w cyklu G65 musi znajdować się w punkcie startowym o tej właśnie współrzędnej. | |

Wyłączenie posuwu w celu złamania wióra

W celu złamania wióra wyłączony zostaje chwilowo posuw w trakcie wykonywania cyklu. Pod adresem H podawany jest odcinek w kierunku osi Z, po którego przejściu narzędzie zatrzymuje się. Natomiast pod adresem W programowany jest odcinek ruchu powrotnego narzędzia.

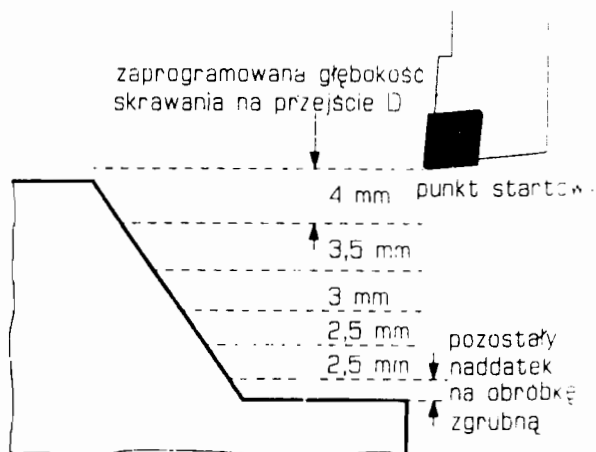


Rys. G65.3

Degresja głębokości skrawania i minimalna głębokość na przejście

Przykład: $C=0.5\text{ mm}$
 $V=2.5\text{ mm}$

W przedstawionym przykładzie zaprogramowano głębokość skrawania na przejście $D=4\text{ mm}$. Po każdym przejściu narzędzia głębokość ta redukowana jest o wartość $C=0.5\text{ mm}$. Pod adresem V podawana jest minimalna głębokość skrawania równa 2.5 mm , która staje się obowiązująca dla przejść o głębokościach obliczonych z regresji i mniejszych od 2.5 mm .



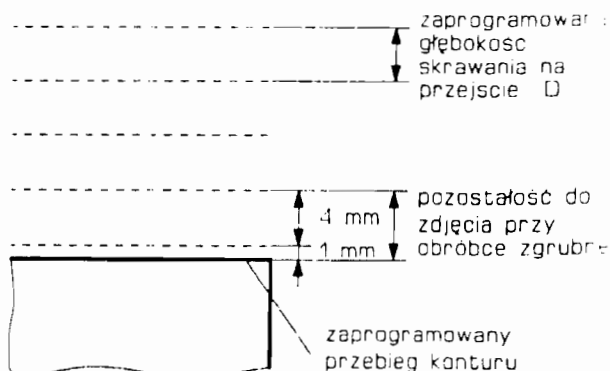
Rys. G65.4

Optymalizacja ostatniego wióra

Przykład: $D=4\text{ mm}$
 $L=50$

Przy zaprogramowanej głębokości skrawania na przejście $D=4\text{ mm}$, pozostaje do zdjęcia 5 mm na dwa ostatnie przejścia.

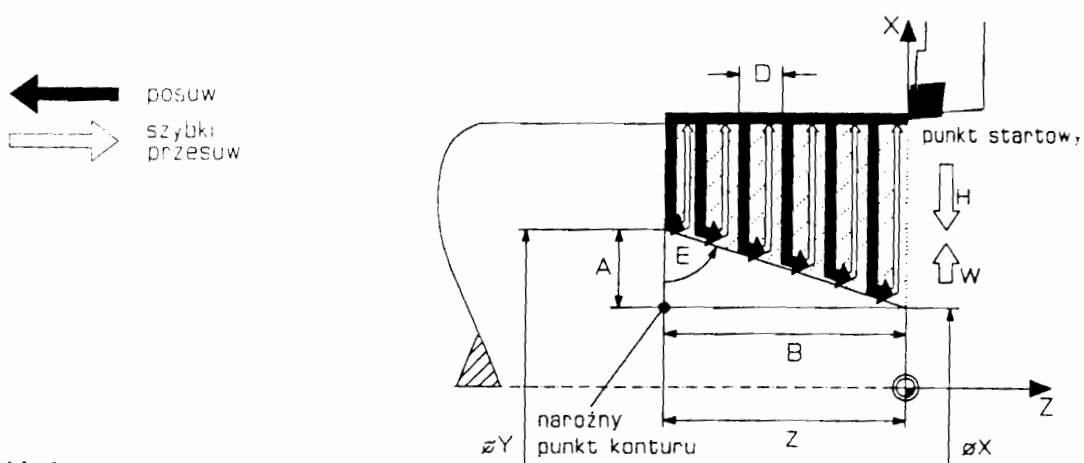
W takim przypadku byłyby przy obróbce użyte dwa przejścia. Poprzez zastosowanie adresu $L=50$ (tzn. 50%), ostatni wiór może zostać powiększony maksymalnie do 6 mm , a przez to wykonane zostanie tylko jedno przejście.



Rys. G65.5

Następujące adresy mogą być programowane opcjonalnie.

| | |
|--------------------------|--|
| Adresy opcjonalne | I,K Naddatki na obróbkę wykańczającą w kierunku osi X (odniesiony do promienia) i osi Z |
| | H,W Łamanie wióra (Rys. G65.3). Za pomocą adresu H podawany jest odcinek w kierunku osi Z, po którym zostanie chwilowo wyłączony posuw wzdłużny w celu złamania wióra. Pod adresem W programowany jest odcinek ruchu powrotnego narzędzia. Adresy H i W muszą być zawsze programowane razem. |
| | C Degresja głębokości skrawania (Rys. G65.4). Pod adresem C programowana jest wartość, o którą zmniejszana jest głębokość skrawania z przejścia na przejście. Kiedy programowany jest adres C muszą być również programowane adresy D i V. |
| | V Minimalna głębokość skrawania (Rys. G65.4). Za pomocą adresu V programuje się minimalną głębokość skrawania. Zadana za pomocą adresu D głębokość skrawania jest zmniejszana przy degresji C do minimalnej wartości V. Kiedy programowany jest adres V, muszą być również programowane adresy D i C. |
| | L Optymalizacja ostatniego wióra (Rys. G65.5). Pod adresem L jest programowana część głębokości skrawania D. Wartość L wyrażona jest w procentach (od 1 do 100). Sterowanie oblicza powiększoną głębokość skrawania poprzez dodanie do wartości D jej części procentowej L. Jeśli tak obliczona wartość jest większa od sumy dwóch ostatnich głębokości skrawania, wtedy można zaoszczędzić jedno przejście, skrawając z tak obliczoną nową głębokością. |

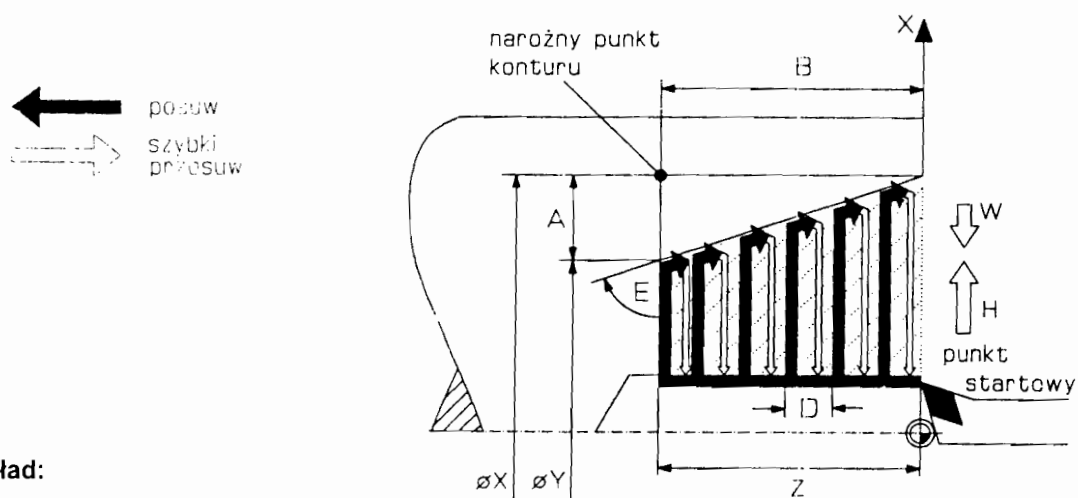


Przykład:

N125 G00 X+15 Z+3

N130 G66 X+30 Z-50 D+6 Y+60

Rys. G66.1 Przy obróbce zewnętrznej – współrzędna X punktu startowego narzędzia musi być większa od średnicy toczzonego wstępnie konturu zewnętrznego.



Przykład:

N125 G00 X+102 Z+3

N130 G66 X+100 Z-52.5 D+4 Y+62.5

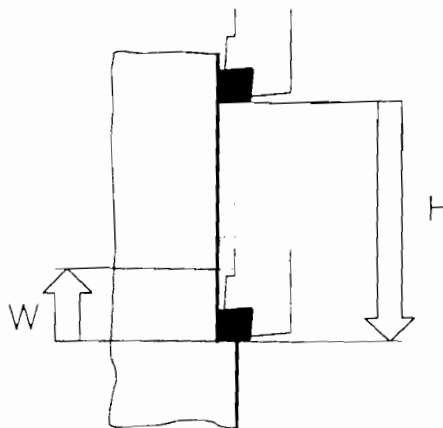
Rys. G66.2 Przy obróbce wewnętrznej – współrzędna X punktu startowego narzędzia musi być mniejsza niż średnica wytoczonego wstępnie konturu wewnętrznego.

Cykl zgrubnego planowania G66 (kontur stożkowy)

| | | |
|-------------------------------------|---|--|
| Funkcja | Za pomocą cyklu G66 można programować cykl poprzecznego toczenia zgrubnego (planowania), również dla konturu przechodzącego z kształtu walcowego w stożkowy. Funkcja stosowana jest dla powierzchni zewnętrznych i wewnętrznych. | |
| Blok-NC | G66 | X... Z... S.../D... Y.../E.../A...B... [I...] [K...] [H...W...] [C...V...] [L...] |
| Adresy | X, Z | Ponieważ obróbka w cyklu G66 bazuje w zasadzie na konturze, który przechodzi dalej pod kątem prostym do osi Z, współrzędne X i Z leżą na końcu tego konturu. |
| | S | Liczba przeprowadzanych przejść skrawających narzędzia. Jeśli programowany jest ten adres to głębokość skrawania na przejście określana jest przez sterowanie. W przypadku braku adresu S należy podawać adres alternatywny D. |
| | D | Po każdym przejściu narzędzie przesuwają się w głąb materiału o wartość D, odnoszoną do osi Z. Przy obróbce w cyklu, zaprogramowana wartość adresu D może ulec zmianie w zależności od stosowanych adresów opcjonalnych C, V i L (patrz opis adresów C, V, L). Alternatywny do adresu D jest adres S (liczba przejść). |
| | Y | Punkt konturu. Wartość podawana pod adresem Y określa współrzędną X początku stożka. |
| | E | Kąt wzniosu stożka względem osi X (Rys. G66.1). Proszę zwrócić uwagę na to, że kąt ten przy obróbce wewnętrznej musi być programowany ze znakiem ujemnym (Rys. G66.2). |
| | A, B | Wznios stożka można również programować za pomocą stosunku odcinków A i B. Odcinek w kierunku osi X oznaczony jest jako A i jest odnoszony do promienia, natomiast odcinek w kierunku osi Z oznaczany jest jako B. Wznios stożka obliczany jest według wzoru: $\text{tg}(A/B)=E$. |
| Opis | <p>W przeciwieństwie do cyklu planowania zgrubnego G76 z konturem końcowym zawsze prostopadłym do osi Z, droga narzędzia w cyklu G66, w końcowej fazie, przebiega od zdefiniowanego punktu pod pewnym kątem do punktu końcowego konturu. W ten sposób powstaje kontur stożkowy. Punkt początkowy stożkowej części konturu może być programowany:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. – bezpośrednio przez podanie adresu Y, 2. – przez podanie kąta wzniosu stożka E albo 3. – przez podanie stosunku obu odcinków A i B | |
| Wskazówki przy programowaniu | Ponieważ dla układu sterowania współrzędna Z dla punktu końcowego stożka jest równa współrzędnej Z punktu startowego obróbki, narzędzie przed obróbką w cyklu G66 musi znajdować się w punkcie startowym o tej właśnie współrzędnej. | |

Wyłączenie posuwu w celu złamania wióra

W celu złamania wióra wyłączony zostaje chwilowo posuw w trakcie wykonywania cyklu. Pod adresem H podawany jest odcinek w kierunku osi X, po którego przejściu narzędzie zatrzymuje się. Natomiast pod adresem W programowany jest odcinek ruchu powrotnego narzędzia.

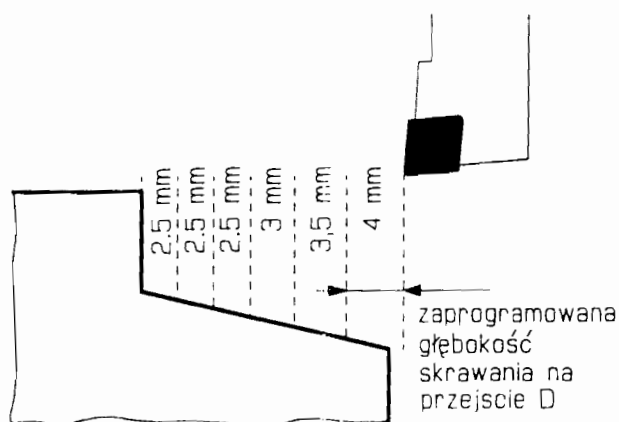


Rys. G66.3

Degresja głębokości skrawania i minimalna głębokość na przejście

Przykład: $C = 0,5 \text{ mm}$
 $V = 2,5 \text{ mm}$

W przedstawionym przykładzie zaprogramowano głębokość skrawania na przejście $D = 4 \text{ mm}$. Po każdym przejściu narzędzia głębokość ta redukowana jest o wartość $C = 0,5 \text{ mm}$. Pod adresem V podawana jest minimalna głębokość skrawania równa $2,5 \text{ mm}$, która staje się obowiązująca dla przejść o głębokościach obliczonych z regresji i mniejszych od $2,5 \text{ mm}$.

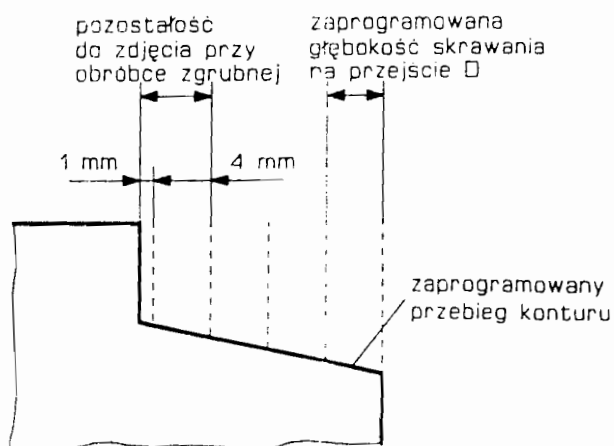


Rys. G66.4

Optymalizacja ostatniego wióra

Przykład: $D = 4 \text{ mm}$
 $L = 50$

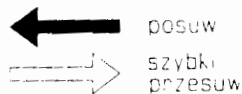
Przy zaprogramowanej głębokości skrawania na przejście $D = 4 \text{ mm}$, pozostaje na dwa ostatnie przejścia do zdjęcia 5 mm . W takim przypadku byłyby przy obróbce użyte dwa przejścia. Poprzez zastosowanie adresu $L = 50$ (tzn. 50%), ostatni wiór może zostać powiększony maksymalnie do 6 mm , a przez to wykonane zostanie tylko jedno przejście.



Rys. G66.5

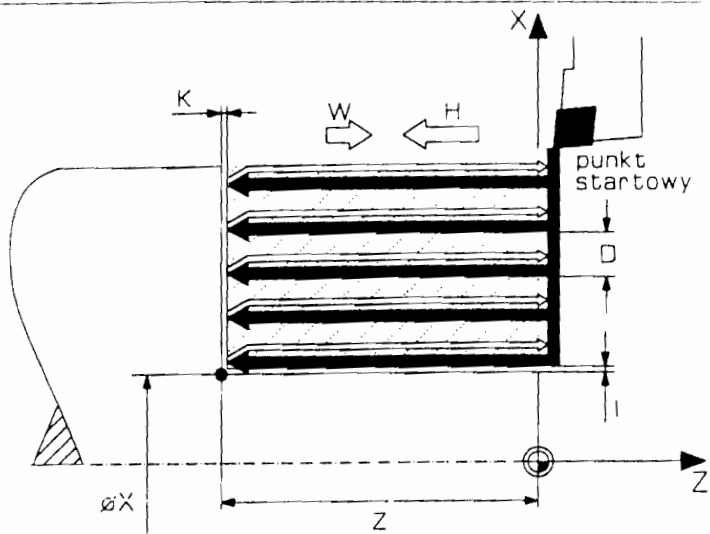
Następujące adresy mogą być programowane opcjonalnie:

| | | |
|--------------------------|-----|---|
| Adresy opcjonalne | I,K | Naddatki na obróbkę wykańczającą w kierunku osi X (odniesiony do promienia) i osi Z. |
| | H,W | Łamanie wióra (Rys. G66.3). Za pomocą adresu H podawany jest odcinek w kierunku osi X, po którym zostanie chwilowo wyłączony posuw poprzeczny w celu złamania wióra. Pod adresem W programowany jest odcinek ruchu powrotnego narzędzia. Adresy H i W muszą być zawsze programowane razem. |
| | C | Degresja głębokości skrawania (Rys. G66.4). Pod adresem C programowana jest wartość, o którą zmniejszana jest głębokość skrawania z przejścia na przejście. Kiedy programowany jest adres C, muszą być również programowane adresy D i V. |
| | V | Minimalna głębokość skrawania (Rys. G65.4). Za pomocą adresu V programuje się minimalną głębokość skrawania. Zadana za pomocą adresu D głębokość skrawania jest zmniejszana przy degresji C do minimalnej wartości V. Kiedy programowany jest adres V, muszą być również programowane adresy D i C. |
| | L | Optymalizacja ostatniego wióra (Rys. G66.5). Pod adresem L jest programowana część głębokości skrawania D. Wartość L wyrażona jest w procentach (od 1 do 100). Sterowanie oblicza powiększoną głębokość skrawania poprzez dodanie do wartości D jej części procentowej L. Jeśli tak obliczona wartość jest większa od sumy dwóch ostatnich głębokości skrawania, wtedy można zaoszczędzić jedno przejście, skrawając z tak obliczoną nową głębokością. |



Przykład:

N145 G00 X+105 Z+3
N150 G75 X+30 Z-55 I+1 K+0.5
D+6 H+25 W+1

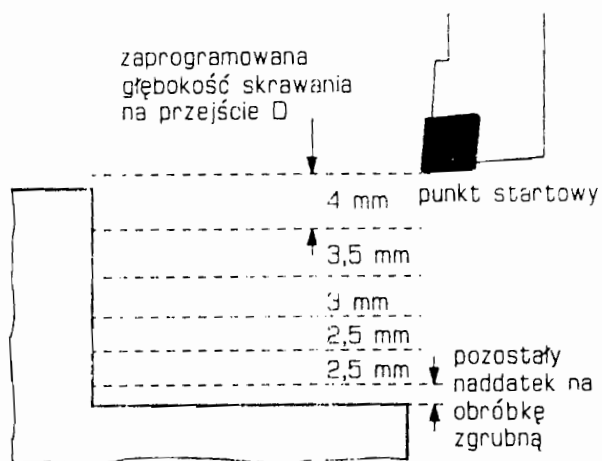


Rys. G75.1

Degresja głębokości skrawania i minimalna głębokość na przejście

Przykład: C = 0,5 mm
V = 2,5 mm

W przedstawionym przykładzie zaprogramowano głębokość skrawania na przejście D= 4 mm. Po każdym przejściu narzędzia głębokość ta redukowana jest o wartość C= 0.5 mm. Pod adresem V podawana jest minimalna głębokość skrawania równa 2.5 mm, która staje się obowiązująca dla przejść o głębokościach obliczonych z regresji i mniejszych od 2.5 mm.

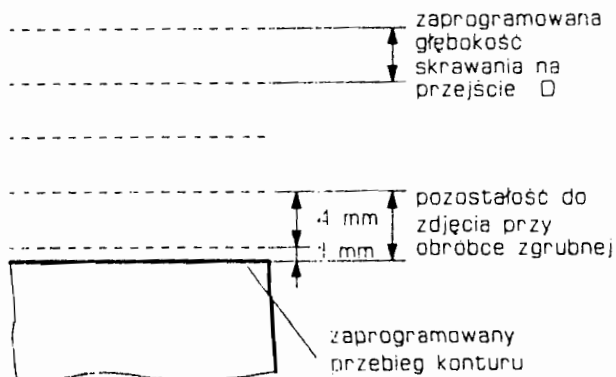


Rys. G75.2

Optymalizacja ostatniego wióra

Przykład: D = 4 mm
L = 50

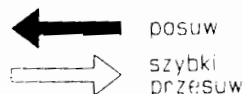
Przy zaprogramowanej głębokości skrawania na przejście D= 4 mm, na dwa ostatnie przejścia pozostaje do zdjęcia 5 mm. W takim przypadku byłyby przy obróbce użyte dwa przejścia. Poprzez zastosowanie adresu L= 50 (tzn. 50%), grubość ostatniego wióra może zostać powiększona maksymalnie do 6 mm, a przez to wykonane zostanie tylko jedno przejście.



Rys. G75.3

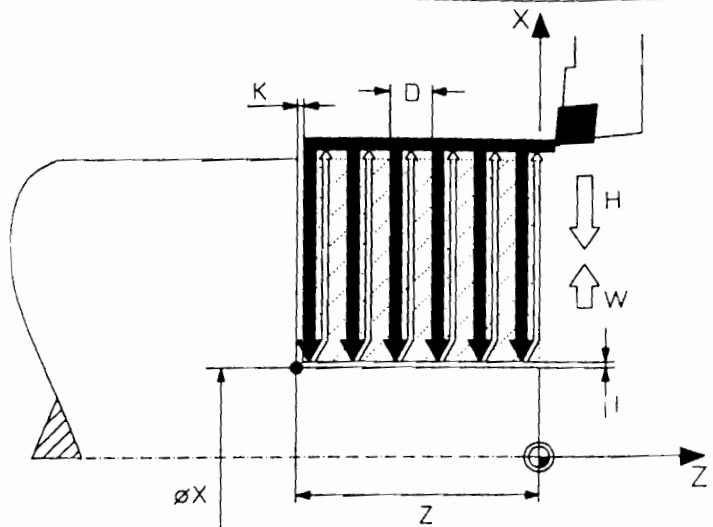
Cykl zgrubnego toczenia wzdłużnego – równoległego do osi G75

| | | |
|-------------------------------------|---|---|
| Funkcja | Za pomocą cyklu G75 można programować cykl zgrubnego toczenia wzdłużnego dla konturów wzajemnie do siebie prostopadłych. Funkcję można stosować dla powierzchni zewnętrznych i wewnętrznych. | |
| Blok-NC | G75 | X... Z... S.../D... [I...] [K...] [H...W...] [C...V...] [L...] |
| Adresy | X, Z | Współrzędne punktu końcowego. |
| | S | Liczba przeprowadzanych przejść skrawających narzędzia. W przypadku braku adresu S należy podawać adres alternatywny D. |
| | D | Po każdym przejściu narzędzie przesuwa się w głąb materiału o wartość D, odnoszoną do osi X. Przy obróbce w cyklu, zaprogramowana wartość adresu D może ulec zmianie w zależności od stosowanych adresów opcjonalnych C, V i L (patrz opis adresów C, V, L). Alternatywny do adresu D jest adres S (liczba przejść). |
| Adresy opcjonalne | I, K | Naddatki na obróbkę wykańczającą w kierunku osi X (odniesiony do promienia) i osi Z |
| | H, W | Łamanie wióra (patrz cykl G65). Za pomocą adresu H podawany jest odcinek w kierunku osi Z, w którym zostanie chwilowo wyłączony posuw wzdłużny w celu złamania wióra. Pod adresem W programowany jest odcinek ruchu powrotnego narzędzia. Adresy H i W muszą być zawsze programowane razem. |
| | C | Degresja głębokości skrawania (Rys. G75.2). Pod adresem C programowana jest wartość, o którą zmniejszana jest głębokość skrawania D z przejścia na przejście. Kiedy programowany jest adres C muszą być również programowane adresy D i V. |
| | V | Minimalna głębokość skrawania (Rys. G75.2). Za pomocą adresu V programuje się minimalną głębokość skrawania. Zadana za pomocą adresu D głębokość skrawania jest zmniejszana przy degresji C do minimalnej wartości V. Kiedy programowany jest adres V, muszą być również programowane adresy D i C. |
| | L | Optymalizacja ostatniego wióra (Rys. G75.3). Pod adresem L jest programowana część głębokości skrawania D. Wartość L wyrażona jest w procentach (od 1 do 100). Sterowanie oblicza powiększoną głębokość skrawania poprzez dodanie do wartości D jej części procentowej L. Jeśli tak obliczona wartość jest większa od sumy dwóch ostatnich głębokości skrawania, wtedy można zaoszczędzić jedno przejście obróbkowe, skrawając z tak obliczoną nową głębokością. |
| Opis | Startowy punkt obróbki znajduje się w miejscu aktualnej pozycji narzędzia przed podaniem funkcji wykonania cyklu G75. Przy uwzględnieniu naddatków na toczenie wykańczające I i K, zostają obrobione toczeniem dwa wzajemnie do siebie prostopadłe kontury. Liczba potrzebnych przejść zostaje ustalona albo za pomocą adresu S, lub obliczona zostanie przez sterowanie na podstawie adresu D i ewentualnie stosowanych adresów opcjonalnych C, V i L. | |
| Wskazówki przy programowaniu | Posuw i prędkość skrawania muszą zostać podane w jednym z poprzednich bloków programu. Ponieważ po podaniu funkcji G75 pierwsza głębokość skrawania odniesiona jest do aktualnego położenia narzędzia, przed wywołaniem cyklu narzędzie musi znajdować się powyżej zewnętrznej średnicy półwyrobu w kierunku osi X (obróbka zewnętrzna), lub poniżej średnicy wewnętrznej półwyrobu (obróbka wewnętrzna). | |



Przykład:

N145 G00 X+105 Z+3
N150 G76 X+30 Z-40 I+1 K+0.5
D+4 H+15 W+1

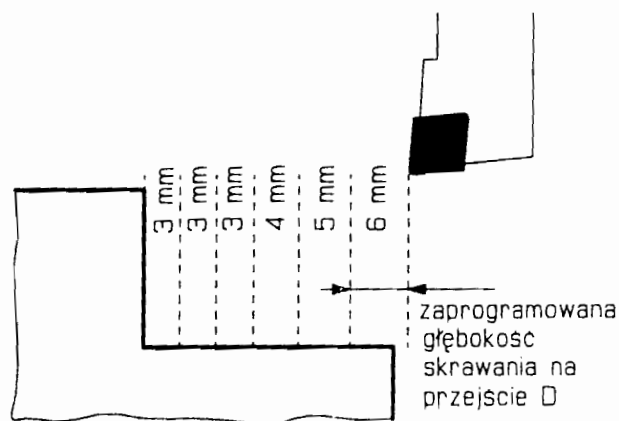


Rys. G76.1

Degresja głębokości skrawania i minimalna głębokość na przejście

Przykład: $C = 1 \text{ mm}$
 $V = 3 \text{ mm}$

W przedstawionym przykładzie zaprogramowana głębokość skrawania na przejście $D = 6 \text{ mm}$. Po każdym przejściu narzędzia głębokość redukowana jest o wartość $C = 1.0 \text{ mm}$. Pod adresem V podawana jest minimalna głębokość skrawania równa 3.0 mm , która staje się obowiązująca dla przejść o głębokościach obliczonych z regresji i mniejszych od 3.0 mm .

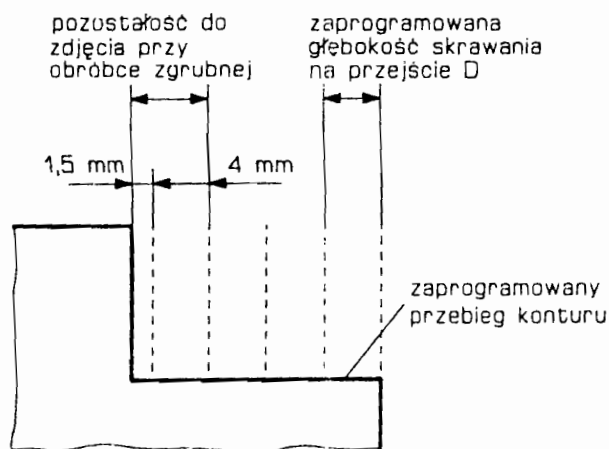


Rys. G76.2

Optymalizacja ostatniego wióra

Przykład: $D = 4 \text{ mm}$
 $L = 50$

Przy zaprogramowanej głębokości skrawania na przejście $D = 4 \text{ mm}$, na dwa ostatnie przejścia pozostaje do zdjęcia 5.5 mm . W takim przypadku byłyby przy obróbce użyte dwa przejścia. Poprzez zastosowanie adresu $L = 50\%$, grubość ostatniego wióra może zostać powiększona maksymalnie do 6 mm , a przez to wykonane zostanie tylko jedno przejście.



Rys. G76.3

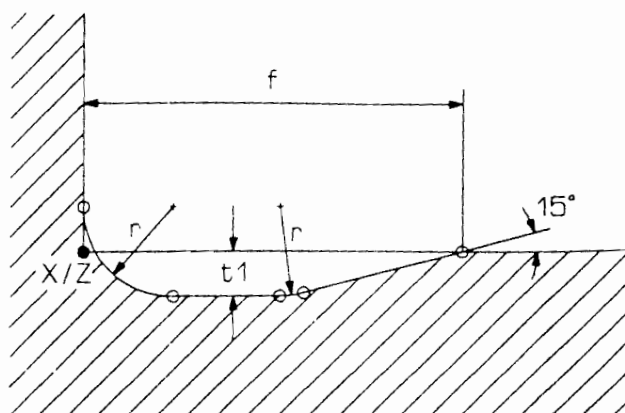
Cykl zgrubnego planowania – równoległego do osi G76

| | | |
|-------------------------------------|---|---|
| Funkcja | Za pomocą cyklu G76 można programować cykl zgrubnego toczenia poprzecznego (planowania), dla konturów wzajemnie do siebie prostopadłych. Funkcję można stosować dla powierzchni zewnętrznych i wewnętrznych. | |
| Blok-NC | G76 | X... Z... S.../D... [I...] [K...] [H...W...] [C...V...] [L...] |
| Adresy | X, Z | Współrzędne punktu końcowego. |
| | S | Liczba przejść skrawających narzędzia. W przypadku braku adresu S należy podawać adres alternatywny D. |
| | D | Po każdym przejściu, narzędzie przesuwają się w głąb materiału o wartość D, odnoszoną do osi Z. Przy obróbce w cyklu, zaprogramowana wartość adresu D może ulec zmianie w zależności od stosowanych adresów opcjonalnych C, V i L (patrz opis adresów C, V, L). Alternatywny do adresu D jest adres S (liczba przejść). |
| Adresy opcjonalne | I, K | Naddatki na obróbkę wykańczającą w kierunku osi X (odniesiony do promienia) i osi Z. |
| | H, W | Łamanie wióra (patrz cykl G66). Za pomocą adresu H podawany jest odcinek w kierunku osi X, po którym zostanie chwilowo wyłączony posuw w celu złamania wióra. Pod adresem W programowany jest odcinek ruchu powrotnego narzędzia. Adresy H i W muszą być zawsze programowane razem. |
| | C | Degresja głębokości skrawania (Rys. G76.2). Pod adresem C programowana jest wartość, o którą zmniejszana jest głębokość skrawania D z przejścia na przejście. Kiedy programowany jest adres C, muszą być również programowane adresy D i V. |
| | V | Minimalna głębokość skrawania (Rys. G76.2). Za pomocą adresu V programuje się minimalną głębokość skrawania. Zadaną za pomocą adresu D głębokość skrawania jest zmniejszana przy degresji C do minimalnej wartości V. Kiedy programowany jest adres V, muszą być również programowane adresy D i C. |
| | L | Optymalizacja ostatniego wióra (Rys. G75.3). Pod adresem L jest programowana część głębokości skrawania D. Wartość L wyrażona jest w procentach (od 1 do 100). Sterowanie oblicza powiększoną głębokość skrawania poprzez dodanie do wartości D jej części procentowej L. Jeśli tak obliczona wartość jest większa od sumy dwóch ostatnich głębokości skrawania, wtedy można zaoszczędzić jedno przejście, skrawając z tak obliczoną nową głębokością. |
| Opis | Startowy punkt obróbki znajduje się w miejscu aktualnej pozycji narzędzia przed podaniem funkcji wykonania cyklu G75. Przy uwzględnieniu naddatków na toczenie wykańczające I i K, zostają obrobione toczeniem dwa wzajemnie do siebie prostopadłe kontury. Liczba potrzebnych przejść zostaje ustalona albo za pomocą adresu S, lub obliczana jest przez sterowanie na podstawie adresu D i ewentualnie stosowanych adresów opcjonalnych C, V i L. | |
| Wskazówki przy programowaniu | Posuw i prędkość skrawania muszą zostać podane w jednym z poprzednich bloków programu. Ponieważ po podaniu funkcji G76 pierwsza głębokość skrawania odniesiona jest do aktualnego położenia narzędzia, przed wywołaniem cyklu narzędzie musi znajdować się powyżej zewnętrznej średnicy detalu w kierunku osi X (obróbka zewnętrzna), lub poniżej średnicy wewnętrznej detalu (obróbka wewnętrzna). | |

Podcięcie kształt E

Przykład:

N110 G78 X+40 Z-40 L+01 P306

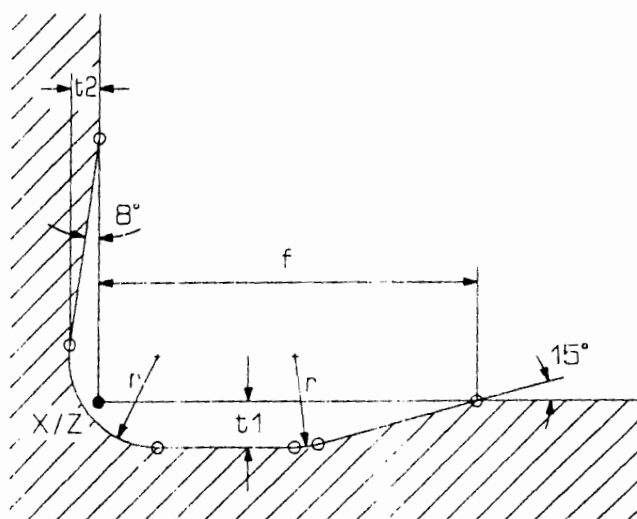


Rys. G78.1

Podcięcie kształt F

Przykład:

N170 G78 X+40 Z-40 L+02 P306



Rys. G78.2

Cykl toczenia podcięć wykonanych według DIN 509

kształt E lub F – G78

Funkcja Za pomocą cyklu G78 można programować cykle toczenia podcięć o zarysach zgodnych z DIN 509 (kształt E lub F) oraz podcięć do gwintów według DIN 76. Sterowanie rozpoznaje, na podstawie podanych adresów, jaki rodzaj podcięcia ma być obrabiany.

Podcięcia o kształcie E i F różnią się w swojej geometrii parametrem t2 (Rys. G78.1, G78.2). Wymiary podcięć mogą być programowane swobodnie na podstawie wybranej kombinacji podanej w tabeli.

Odnośnik Przy obróbce za pomocą cyklu G85, wybór wykonywanego podcięcia dokonywany jest w zależności od średnicy detalu.

Blok-NC **G78 X... Z... L... P... [D...] [I...]**

Adresy X Współrzędna X punktu narożnego konturu, gdzie ma zostać wykonane podcięcie.

Z Współrzędna Z punktu narożnego konturu, gdzie ma zostać wykonane podcięcie.

L Parametr L określa kształt podcięcia według DIN:

L01: podcięcie według DIN 509 kształt E

L02: podcięcie według DIN 509 kształt F.

P Za pomocą adresu P określana jest geometria podcięcia, zgodnie z zamieszczoną tabelą. W tabeli tej f – opisuje długość podcięcia, r – promień, t1 – głębokość i t2 – głębokość dla podcięcia o kształcie F.

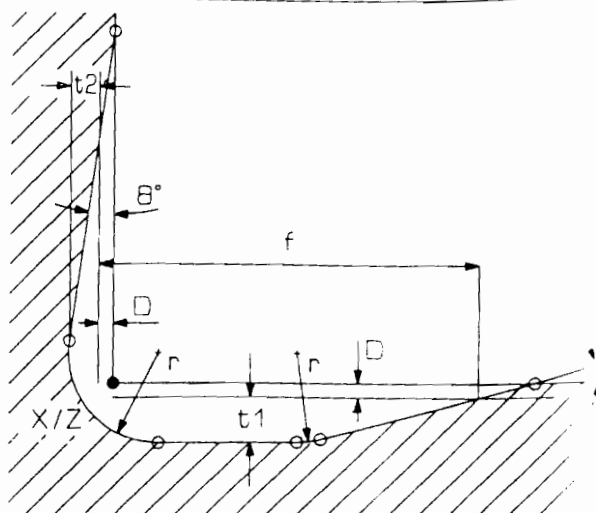
| | f | r | t1 | t2 (tylko kształt F) |
|------|-----|-----|-----|----------------------|
| P101 | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| P102 | 1,0 | 0,2 | 0,1 | 0,1 |
| P204 | 2,0 | 0,4 | 0,2 | 0,1 |
| P206 | 2,0 | 0,6 | 0,2 | 0,1 |
| P306 | 2,5 | 0,6 | 0,3 | 0,2 |
| P410 | 4,0 | 1,0 | 0,4 | 0,3 |
| P210 | 2,5 | 1,0 | 0,2 | 0,1 |
| P316 | 4,0 | 1,6 | 0,3 | 0,2 |
| P425 | 5,0 | 2,5 | 0,4 | 0,3 |
| P540 | 7,0 | 4,0 | 0,5 | 0,3 |

Podcięcie o określonej geometrii programowane jest w ten sposób, że po podaniu adresu P następuje po nim trzycyfrowy symbol podcięcia, zgodnie z tabelą.

Podcięcie kształt F
z dodatkiem obróbkowym D

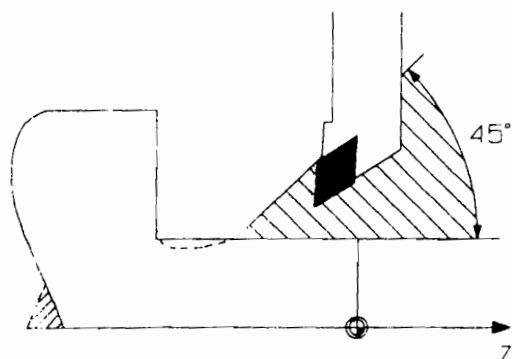
Przykład:

N110 G78 X+40 Z-40 L+02 P306 D+0.2



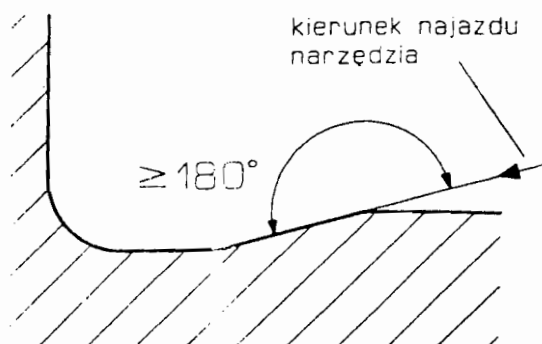
Rys. G78.3 Podcięcie zostanie przesunięte o odcinek D w kierunku osi X i Z.

Przy wywołaniu cyklu, narzędzie musi znajdować się wewnątrz kąta 45 stopni do dołączonego konturu.



Rys. G78.4 Położenie narzędzia przy wywołaniu cyklu toczenia podcięcia.

Jeżeli obróbka podcięcia programowana jest przy włączonej KPN, wtedy kąt najazdu narzędzia w stosunku do pierwszego ścięcia nie może być mniejszy niż 180° .



Rys. G78.5 Kąt najazdu narzędzia przy włączonej kompensacji promienia narzędzia (KPN).

Adresy opcjonalne

- D Dodatek obróbkowy.
Kontury przejść podcięcia zostaną przesunięte wzdłuż osi X i Z w głąb materiału o wartość D (Rys. 78.3).
- I Naddatek na szlifowanie.
Naddatek ten musi zostać uwzględniony przy programowaniu punktu startowego obróbki.

Wskazówki przy programowaniu

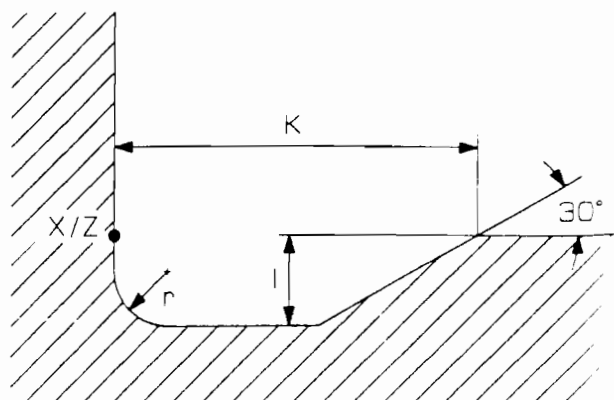
W celu zapewnienia dokładnego kształtu zarysu podcięcia obrabianego cyklem G78, należy bardzo dokładnie zaprogramować punkt startowy. (Rys. 78.4 i 78.5). Ponadto zalecane jest, ze względu na małe wymiary podcięć, zastosowanie przy obróbce kompensacji promienia narzędzia.

Sterowanie rozpoznaje czy przeprowadzić obróbkę podcięcia zewnętrznego, lub wewnętrznego, na podstawie kwadrantu pracy stosowanego narzędzia.

Podcięcie do gwintu wg DIN 76

Przykład:

N170 G78 X+40 Z-40 I+2 K+8



Rys. G78.6

Podcięcie dla gwintu wykonane według DIN 76 – G78

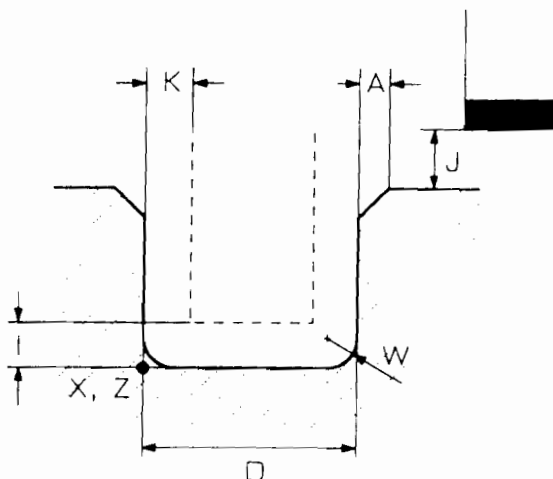
| | |
|-------------------------------------|--|
| Funkcja | Jeśli w cyklu G78 programowe są adresy X, Z, I oraz K, wtedy można wykonać w cyklu podcięcie dla gwintu. |
| Blok-NC | G78 X... Z... I... K... |
| Adresy | <p>X Współrzędna X punktu narożnego konturu, gdzie ma zostać wykonane podcięcie.</p> <p>Z Współrzędna Z punktu narożnego konturu, gdzie ma zostać wykonane podcięcie.</p> <p>I Głębokość podcięcia odniesiona do promienia.</p> <p>K Długość podcięcia. Wartość ta musi być zawsze dodatnia.</p> |
| Wskazówki przy programowaniu | <p>Proszę zwrócić uwagę na to, że na podstawie geometrii podcięcia długość K musi być przynajmniej 2.34 razy większa od głębokości I.</p> <p>Promień r jest obliczany poprzez sterowanie na podstawie programowanej głębokości podcięcia I. Jego wartość wynosi 0.6 głębokości podcięcia.</p> |
| Oдноśnik | Cykl G78 zastosowany z adresami X, Z i K pokrywa się całkowicie z cyklem toczenia podcięcia dla gwintu G85, który wykorzystuje adresy X, Z, I i K. |

Przykład:

N145 G00 X+42 Z-7

N150 G79 X+34 Z-20 A+1 W+1

I+3 K+1.5 D+7 J+2



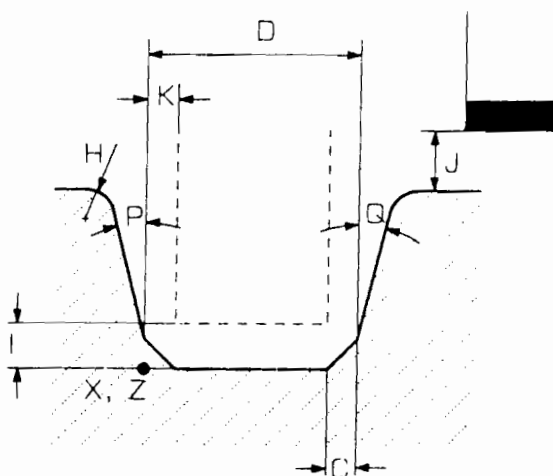
Rys. G79.1 Cykl toczenia rowka z fazą na górze i zaokrągleniem w jego dolnej części.

Przykład:

N145 G00 X+42 Z-7

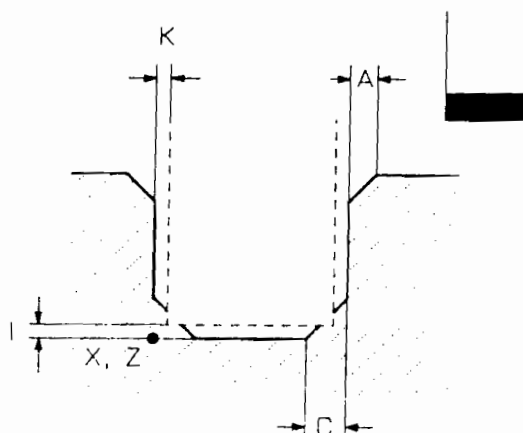
N150 G79 X+34 Z-20 H+1 C+1 I+3

K+1 D+7 J+2 P130 Q130



Rys. G79.2 Rowek z pochylonymi ściankami bocznymi.

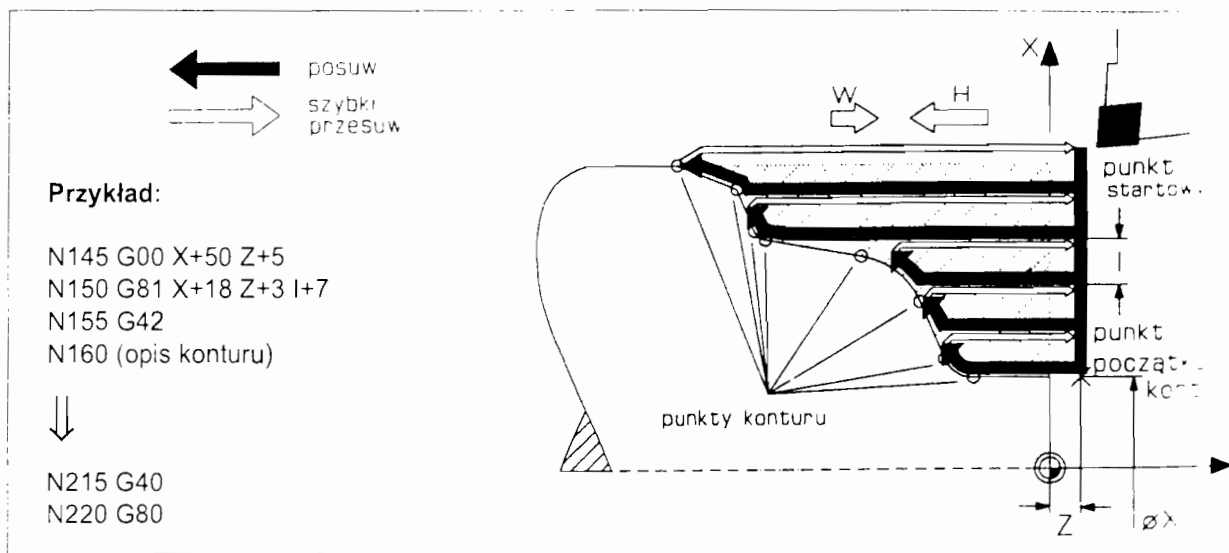
W pierwszym przejściu zostanie wykonany rowek o kształcie zaznaczonym linią przerywaną. Ze względu na za mały wymiar K, kontur fazy wykonany w drugim przejściu pozostanie uszkodzony.



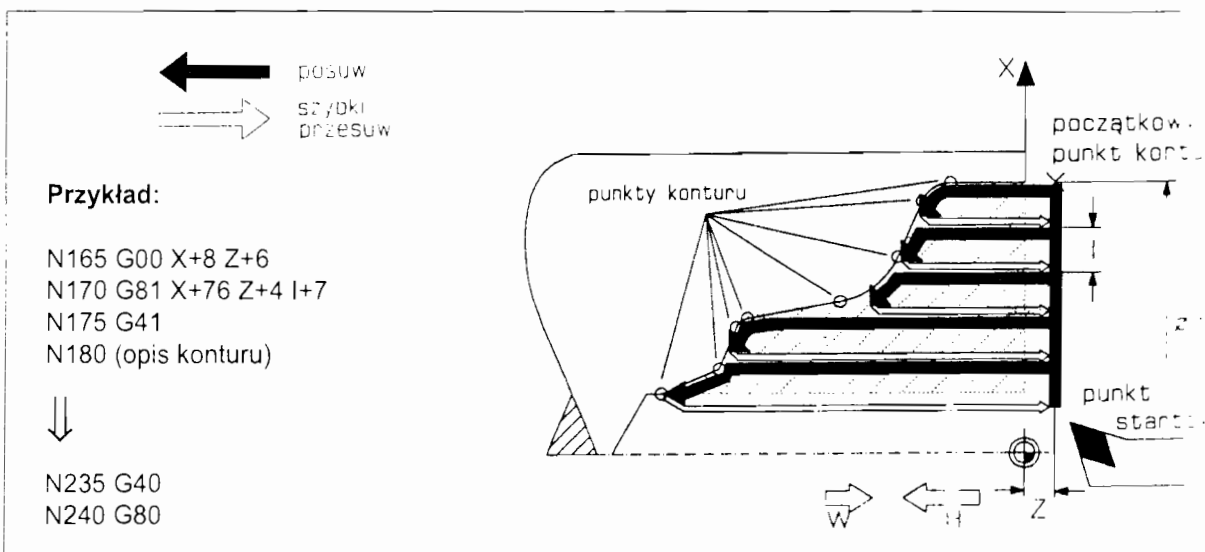
Rys. G79.3 Następstwa błędnie zaprogramowanych naddatków.

Cykl toczenia rowka G79

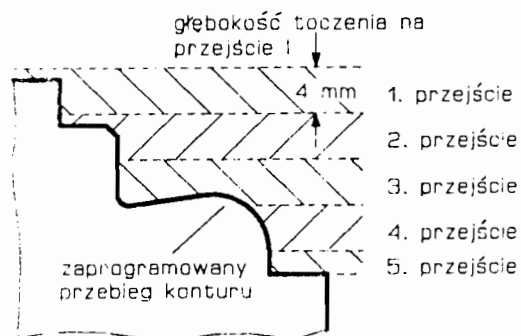
| | | |
|-------------------------------------|---|--|
| Funkcja | Za pomocą funkcji G79 można programować cykle toczenia rowków z fazami lub zaokrągleniami, albo z pochylonymi powierzchniami bocznymi. Adresy X oraz Y muszą być zawsze programowane. Pozostałe adresy są opcjonalne. | |
| Blok-NC | G79 | X... Z... [A.../H...] [C.../W...] [I...] [K...] [D...] [J...] [P...] [Q...] |
| Adresy | X, Z | Kiedy $D > 0$: współrzędne lewego punktu narożnego rowka Kiedy $D < 0$: współrzędne prawego punktu narożnego rowka Kiedy adres D nie jest programowany, wtedy szerokość rowka równa jest szerokości stosowanego narzędzia. |
| Adresy opcjonalne | A | Faza w górnym narożu rowka, długość odniesiona do osi Z. |
| | H | Promień zaokrąglenia w górnym narożu rowka. |
| | C | Faza w dolnym narożu rowka, długość odniesiona do osi Z. |
| | W | Promień zaokrąglenia w dolnym narożu rowka. |
| | I | Naddatek wzdłuż osi X, odniesiony do średnicy. |
| | K | Naddatek wzdłuż osi Z. |
| | D | Szerokość rowka: Dla D+ rowek jest na prawo od punktu narożnego X, Z Dla D- rowek jest na lewo od punktu narożnego X, Z |
| | J | Odległość bezpieczeństwa między narzędziem i detalem przed początkiem cyklu, programowana w odniesieniu do średnicy. |
| | P | Kąt pochylenia ścianki rowka względem dodatniego kierunku osi X w punkcie narożnym rowka (X, Z), mierzony w dziesiątych częściach stopnia, w zakresie od 0 do 45 stopni. |
| | Q | Kąt pochylenia ścianki rowka względem dodatniego kierunku osi X w punkcie narożnym rowka przeciwnym do punktu (X,Z), mierzony w dziesiątych częściach stopnia, w zakresie od 0 do 45 stopni. |
| Opis | Wychodząc z punktu startowego, w pierwszym przejściu obrobiony zostanie rowek prostokątny, zgodnie z zaprogramowanymi naddatkami I i K (linia przerywana na rysunku). W drugim przejściu zostaną obrobione fazy, promienie zaokrąglenia oraz powierzchnie boczne, jak również cały rowek. | |
| Wskazówki przy programowaniu | Jeśli zaprogramowany zostanie jeden z następujących adresów: A, H, C, W, P albo Q, wtedy programowane muszą być także naddatki I i K. Wartość naddatków nie może być mniejsza od długości fazy, ewentualnie promienia zaokrąglenia, bo może to spowodować uszkodzenia konturu (Rys.79.3). | |



Rys. G81.1

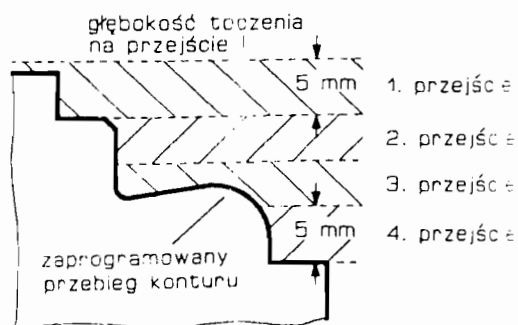


Rys. G81.2



Obróbka bez optymalizacji ostatniego wióra

Rys. G81.3

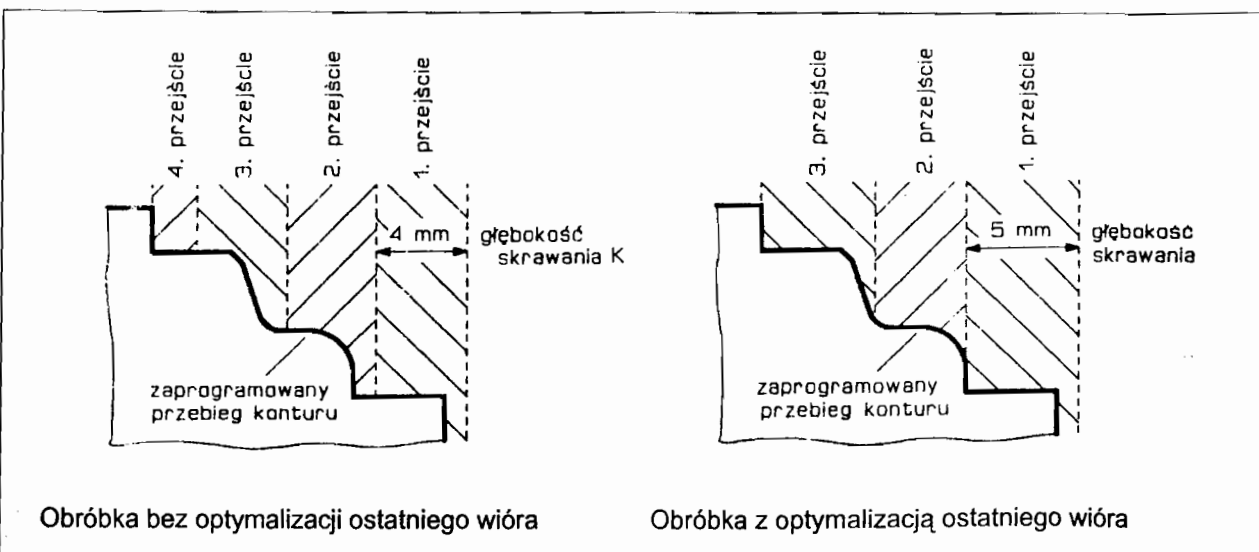
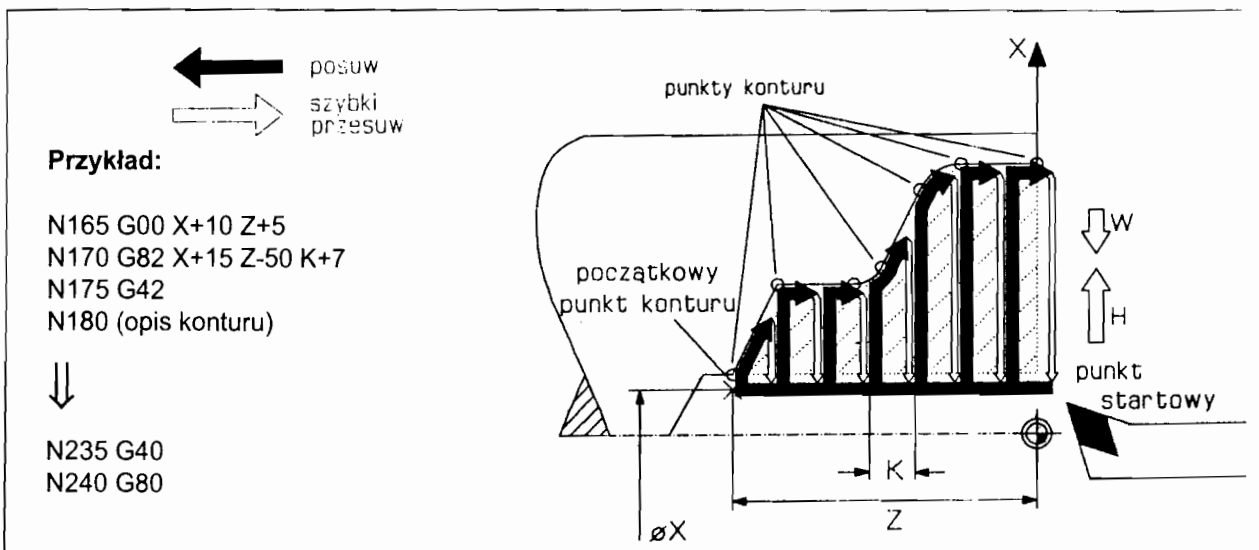
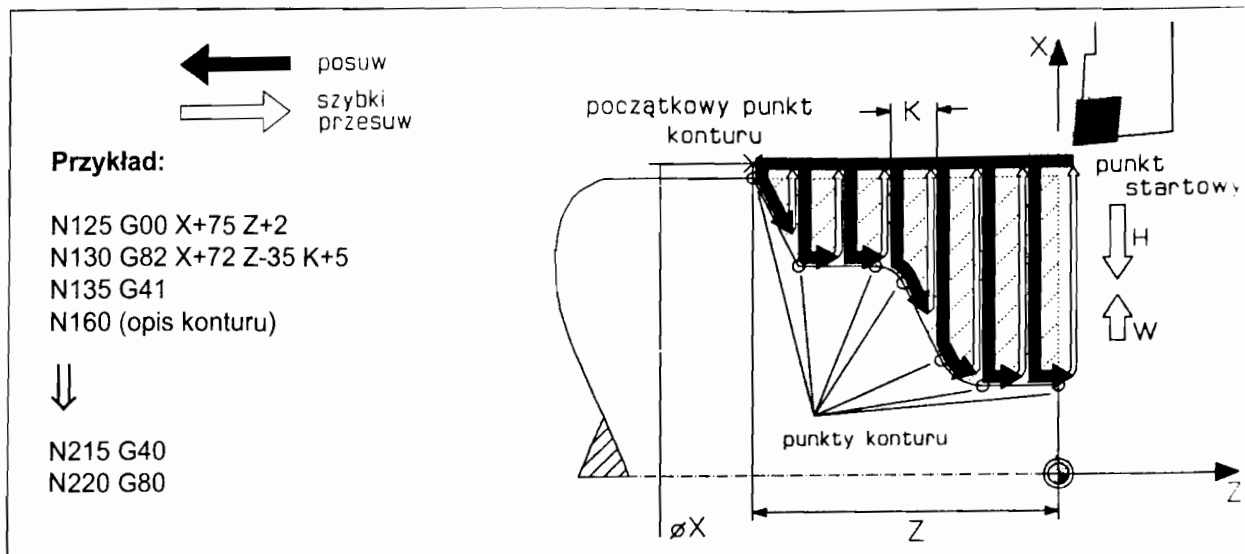


Obróbka z optymalizacją ostatniego wióra

Rys. G81.4

Cykl zgrubnego toczenia wzdłużnego dowolnego konturu G81

| | | |
|-------------------------------------|--|---|
| Funkcja | Za pomocą cyklu G81 można programować cykl wzdłużnego toczenia zgrubnego dowolnego konturu. Funkcję można stosować dla powierzchni zewnętrznych i wewnętrznych. | |
| Blok-NC | G81 | X... Z... I... [H...W...] [C...V...] [L...] |
| Adresy | X | Współrzędna X punktu początkowego konturu, odniesiona do średnicy. |
| | Z | Współrzędna Z punktu początkowego konturu. |
| | I | Głębokość toczenia na przejście narzędzia, mierzona w kierunku osi X, odniesiona do promienia. Przy obróbce w cyklu, zaprogramowana wartość adresu I może ulec zmianie, w zależności od stosowanych adresów opcjonalnych C, V i L (patrz opis adresów C, V, L). |
| Adresy opcjonalne | H, W | Łamanie wióra (patrz cykl G65). Za pomocą adresu H podawany jest odcinek w kierunku osi Z, w którym zostanie chwilowo wyłączony posuw wzdłużny w celu złamania wióra. Pod adresem W programowany jest odcinek ruchu powrotnego narzędzia. Adresy H i W muszą być zawsze programowane razem. |
| | C | Degresja głębokości skrawania (Rys. G75.2). Pod adresem C programowana jest wartość, o którą zmniejszana jest głębokość skrawania I z przejścia na przejście. Kiedy programowany jest adres C musi być również programowany adres V. |
| | V | Minimalna głębokość skrawania (Rys. G75.2). Za pomocą adresu V programuje się minimalną głębokość skrawania. Zadana za pomocą adresu I głębokość skrawania jest zmniejszana przy degresji C do minimalnej wartości V. Kiedy programowany jest adres V, musi być również programowany adres C. |
| | L | Optymalizacja wióra. Pod adresem L jest programowana część głębokości skrawania I. Wartość L wyrażona jest w procentach (od 1 do 100). Sterowanie oblicza powiększoną głębokość skrawania poprzez dodanie do wartości I jej części procentowej L. Jeśli tak obliczona wartość odpowiada położeniom części konturu równoległym do osi Z, wtedy można zaoszczędzić jedno przejście skrawając z tak obliczonymi nowymi głębokościami. |
| Opis | <p>Przykład (Rys. G81.3):</p> <p>W celu obrobienia konturu pokazanego na rysunku dla wybranej głębokości skrawania, należy wykonać pięć przejść narzędzia. Jeśli wybrano wartość $L = 30\%$, wtedy głębokość skrawania w pierwszym i czwartym przejściu zostanie zwiększona do 5 mm, co zaoszczędzi jedno przejście robocze.</p> | |
| Wskazówki przy programowaniu | <p>W bloku-NC zawierającym funkcję wykonania cyklu jest programowany punkt początkowy konturu. Następne bloki programu dotyczą opisu obrabianego konturu. Funkcja G80 kończy opis konturu i uruchamia obróbkę w cyklu.</p> <p>Jeśli podczas obróbki ma zostać uwzględniona kompensacja promienia narzędzia, wtedy funkcja G41 lub G42 musi znajdować się w programie bezpośrednio po wywołaniu cyklu G81, ale przed definicją konturu. Odwołanie kompensacji funkcją G40 następuje przed podaniem funkcji G80.</p> <p>Przed wywołaniem cyklu, można programować naddatek na toczenie wykańczające funkcją G57.</p> | |



Cykl zgrubnego planowania dowolnego konturu G82

| | | |
|-------------------------------------|---|---|
| Funkcja | Za pomocą cyklu G82 można programować cykl zgrubnego planowania dowolnego konturu (równoległe do osi X). Funkcję można stosować dla powierzchni zewnętrznych i wewnętrznych. | |
| Blok-NC | G82 | X... Z... K... [H...W...] [C...V...] [L...] |
| Adresy | X Z K | <p>Współrzędna X punktu początkowego konturu, odniesiona do średnicy.</p> <p>Współrzędna Z punktu początkowego konturu.</p> <p>Głębokość toczenia na przejście narzędzia, mierzona w kierunku osi Z. Przy obróbce w cyklu, zaprogramowana wartość adresu K może ulec zmianie w zależności od stosowanych adresów opcjonalnych C, V i L (patrz opis adresów C, V, L).</p> |
| Adresy opcjonalne | H, W C V L | <p>Łamanie wióra (patrz cykl G66). Za pomocą adresu H podawany jest odcinek w kierunku osi X, w którym zostanie chwilowo wyłączony posuw w celu złamania wióra. Pod adresem W programowany jest odcinek ruchu powrotnego narzędzia. Adresy H i W muszą być zawsze programowane razem.</p> <p>Degresja głębokości skrawania (patrz cykl G76). Pod adresem C programowana jest wartość, o którą zmniejszana jest głębokość skrawania K z przejścia na przejście. Kiedy programowany jest adres C, musi być również programowany adres V.</p> <p>Minimalna głębokość skrawania (cykl G76) Za pomocą adresu V programuje się minimalną głębokość skrawania. Zadana za pomocą adresu K głębokość skrawania jest zmniejszana przy degresji C do minimalnej wartości V. Kiedy programowany jest adres V, musi być również programowany adres C.</p> <p>Optymalizacja wióra. Pod adresem L jest programowana część głębokości skrawania K. Wartość L wyrażona jest w procentach (od 1 do 100). Sterowanie oblicza powiększoną głębokość skrawania poprzez dodanie do wartości K jej części procentowej L. Jeśli tak obliczona wartość odpowiada położeniom części konturu równoległym do osi X, wtedy można zaoszczędzić jedno przejście skrawając z tak obliczonymi nowymi głębokościami.</p> <p>Przykład (Rys. G82.3): W celu obrobienia konturu pokazanego na rysunku, dla wybranej głębokości skrawania 4 mm, należy wykonać cztery przejścia narzędzia. Jeśli wybrano wartość L=30 %, wtedy głębokość skrawania w pierwszym i trzecim przejściu zostanie zwiększona do 5 mm, co zaoszczędzi jedno przejście robocze.</p> |
| Opis | W bloku NC zawierającym funkcję wykonania cyklu jest programowany punkt początkowy konturu. Następne bloki programu dotyczą opisu obrabianego konturu. Funkcja G80 kończy opis konturu i uruchamia obróbkę w cyklu. | |
| Wskazówki przy programowaniu | <p>Jeśli podczas obróbki ma zostać uwzględniona kompensacja promienia narzędzia, wtedy funkcja G41 lub G42 musi znajdować się w programie bezpośrednio po wywołaniu cyklu G82, ale przed definicją konturu. Odwołanie kompensacji funkcją G40 następuje przed podaniem funkcji G80.</p> <p>Przed wywołaniem cyklu, można programować naddatek na toczenie wykańczające funkcją G57.</p> | |

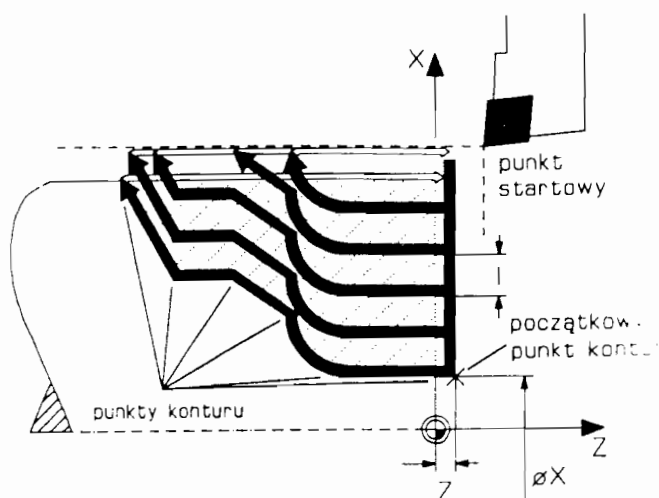
 posuw
 szybki przesuw

Przykład:



N165 G00 X+55 Z+8
 N170 G83 X+10 Z+3 I+6
 N175 G36
 N180 G42
 N185 (opis konturu)



N235 G40
 N240 G80



Rys. G83.1 Cykl wielokrotny przy obróbce zewnętrznej, z ograniczoną za pomocą funkcji G36 jako drogą narzędzia.

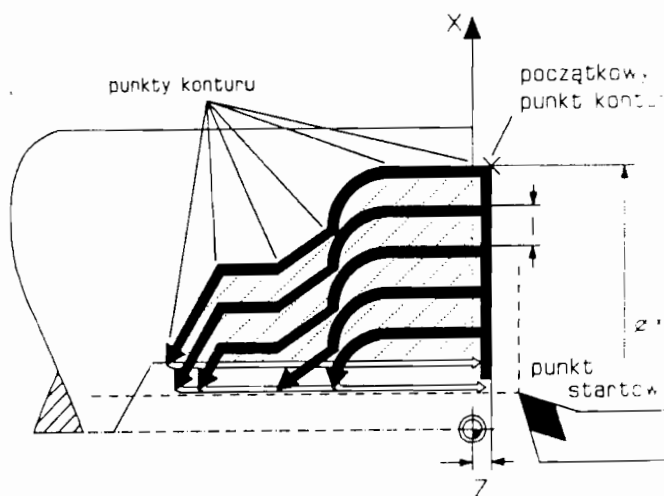
 posuw
 szybki przesuw

Przykład:

N165 G00 X+8 Z+9
 N170 G83 X+48 Z+4 I+6
 N175 G36
 N180 G41
 N185 (opis konturu)



N245 G40
 N250 G80

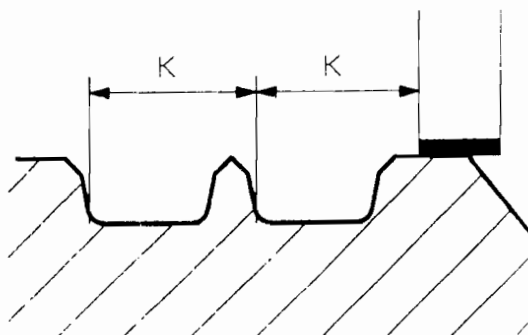


Rys. G83.2 Cykl wielokrotny przy obróbce wewnętrznej, z ograniczoną za pomocą funkcji G36 jako drogą narzędzia.

Rowki o stałej odległości od siebie

Przykład:

N295 G00 X+052.100 Z-043.600
 N300 G83 X+052.100 Z-063.600 K+010
 N305 G79 X+047 Z-063.600 I+001 K+001 A+001 W+001 P110 Q110
 N310 G80



Rys. G83.3 Cykl toczenia rowka G79 włączony wewnątrz cyklu wielokrotnego G83.

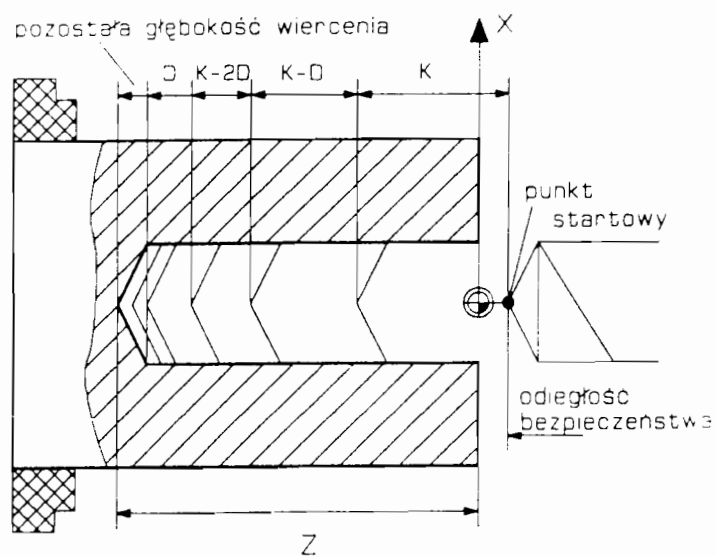
Cykl wielokrotny G83

| | |
|-------------------------------------|---|
| Funkcja | Cykl G83 służy głównie do zgrubnego toczenia konturów zewnętrznych, lub wewnętrznych o zadanej geometrii. Podczas obróbki w tym cyklu, narzędzie przesuwają się równolegle do zadanego konturu. Możliwe jest również umieszczenie funkcji wywołującej inne cykle pomiędzy funkcją G83 i funkcją G80 odwołującą cykl, zamiast funkcji opisujących geometrię konturu. Dzięki tej możliwości, programować można obróbkę kilku rowków na powierzchni detalu, umieszczonych w równej od siebie odległości. Liczba wykonanych rowków będzie zależała od podanego w funkcji G83 naddatku K na przejście w kierunku osi Z. |
| Blok-NC | G83 X... Z... I... K... |
| Adresy | <p>X Współrzędna X punktu początkowego konturu, odniesiona do średnicy.</p> <p>Z Współrzędna Z punktu początkowego konturu.</p> <p>I Głębokość toczenia na przejście narzędzia, mierzona w kierunku osi X, odniesiona do promienia.</p> <p>K Głębokość toczenia na przejście narzędzia, mierzona w kierunku osi Z.</p> |
| Opis | <p>Rozpoczynając od aktualnego położenia narzędzia tzn. punktu startowego, zdejmowany jest naddatek w kolejnych cyklach, aż do osiągnięcia punktu początkowego konturu o zaprogramowanych współrzędnych X i Z. Za pomocą zaprogramowanych adresów I i K programowane są głębokości toczenia na przejście w kierunku osi X i Z. Podczas obróbki sterowanie wybiera tę głębokość toczenia, która zapewni mniejszą liczbę przejść.</p> <p>Po funkcji G83 są podawane bloki dotyczące opisu konturu albo bloki wywołujące inne cykle. Funkcja G80 kończy opis konturu i uruchamia obróbkę w cyklu.</p> |
| Przykład | <p>Cykle toczenia rowków równo od siebie odległych (patrz program demo %229)</p> <pre> N295 G00 X+052.100 Z-043.600 N300 G83 X+052.100 Z-063.600 K+010 N305 G79 X+047 Z-063.600 I+001 K+001 A+001 W+001 P110 Q110 N310 G80 </pre> <p>Rozpoczynając od zaprogramowanego punktu początkowego, zostaje przyjęta głębokość toczenia w kierunku osi Z na przejście, o wartości K=10 (blok N300). Ponieważ dla każdej głębokości toczenia w kierunku osi Z zostanie wykonany jeden rowek, powstaną więc dwa rowki odległe od siebie o 10 mm (Rys. G83.3).</p> |
| Wskazówki przy programowaniu | <p>Ponieważ podczas obróbki w cyklu narzędzie przesuwają się wzdłuż konturu tyle razy, jak zostanie to obliczone przez sterownię na podstawie adresów I i K, wskazane jest – szczególnie przy obróbce konturów wewnętrznych – ograniczyć drogę jałową narzędzia funkcją G36 (Rys. 83.2). Przy obróbce konturów zewnętrznych poprzez zastosowanie funkcji G36 można również skrócić znacznie czas obróbki. Jeśli stosowana jest funkcja G36 to należy ją umieszczać po bloku z funkcją wywołującą cykl G83.</p> <p>Jeśli podczas obróbki ma zostać uwzględniona kompensacja promienia narzędzia, wtedy funkcja G41 lub G42 musi znajdować się w programie bezpośrednio po wywołaniu cyklu G83 ale przed definicją konturu. Odwołanie kompensacji funkcją G40 następuje przed podaniem funkcji G80.</p> |

Przykład:

N135 G01 X+0 Z+10

N140 G84 Z-130 A+0.5 B+1 D+15 K+50



Rys. G84.1

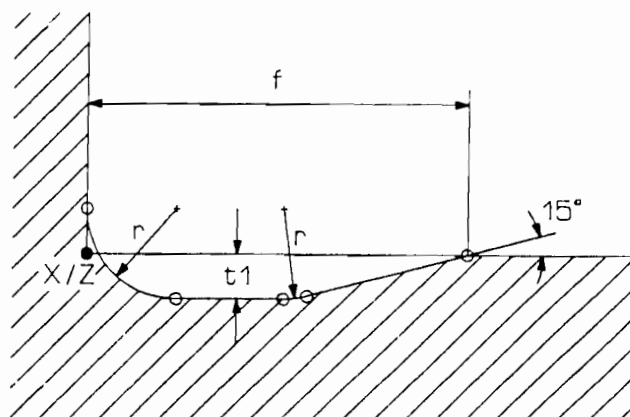
Cykl wiercenia głębokich otworów G84

| | |
|-------------------------------------|--|
| Funkcja | Cykl G84 służy do wiercenia otworu w kilku cyklach obróbkowych. |
| Blok-NC | G84 Z... A... B... D... K... |
| Adresy | <p>Z Współrzędna Z punktu końcowego otworu.</p> <p>A Czas w sekundach przewidziany na ruch powrotny wiertła, w celu usunięcia wiórów.</p> <p>B Czas w sekundach zatrzymania ruchu wglębnego wiertła, w celu złamania wióra.</p> <p>D Degresja: Po każdym cyklu ruchu wglębnego wiertła zmniejszana zostaje bieżąca głębokość wiercenia o wartość D. Bieżąca głębokość wiercenia nie może być mniejsza niż degresja D.</p> <p>K Głębokość wiercenia podczas wykonania pierwszego cyklu.</p> |
| Opis | <p>Funkcja G84 opisuje operację głębokiego wiercenia w cyklu.</p> <p>Przykład (Rys. G84.1): Całkowita głębokość wiercenia programowana jest za pomocą adresu Z (w przykładzie Z = 130 mm). Głębokość wiercenia przy pierwszym cyklu wynosi K=50 mm. Dla kolejnego cyklu głębokość wiercenia K jest zmniejszona o wartość degresji D=15 mm. Minimalna głębokość wiercenia nie może być jednak mniejsza niż D. W celu złamania wióra po każdym cyklu, zatrzymany jest ruch posuwu wglębnego wiertła na okres B sekund. Po tej przerwie narzędzie wykonuje ruch powrotny w czasie A sekund w celu usunięcia wióra. Głębokość wiercenia dwóch ostatnich cykli zostaje zredukowana przez sterowanie do połowy głębokości pozostałej do wiercenia, co w przykładzie wynosi po 5 mm.</p> |
| Wskazówki przy programowaniu | Posuw oraz prędkość obrotowa wiertła muszą być zaprogramowane w jednym z poprzednich bloków programu. |

Podcięcie kształt E

Przykład:

N210 G85 X+40 Z-40

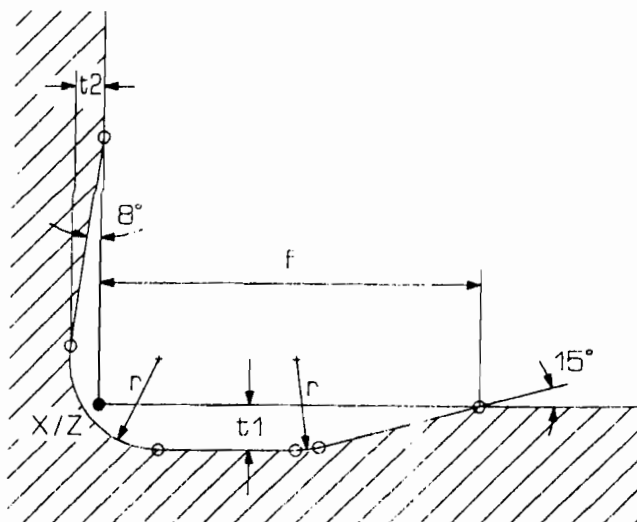


Rys. G85.1

Podcięcie kształt F

Przykład:

N270 G85 X+40 Z-40 K+0



Rys. G85.2

Cykl toczenia podcięć wykonanych według DIN 509**kształt E lub F – G85**

| | |
|--------------------------|--|
| Funkcja | <p>Za pomocą cyklu G85 można programować cykle toczenia podcięć o zarysach zgodnych z DIN 509 (kształt E lub F) oraz podcięć do gwintów według DIN 76. Sterowanie rozpoznaje na podstawie podanych adresów, jaki rodzaj podcięcia ma być obrabiany.</p> <p>Podcięcia o kształcie E i F różnią się w swojej geometrii parametrem t2 (Rys. G85.1, G85.2). Wymiary podcięcia takie jak: długość, głębokość, promień zaokrągleń oraz dodatki obróbkowe programowane są w zależności od średnicy detalu (patrz tabela). Podcięcie umieszczone jest w punkcie narożnym konturu o zaprogramowanych współrzędnych X i Z.</p> |
| Oдноśnik | Przy obróbce za pomocą cyklu G78, wymiary podcięcia mogą być programowane dowolnie za pomocą odpowiednich adresów. |
| Blok-NC | G85 X... Z... [K...] [D...] [I...] |
| Adresy | <p>X Współrzędna X punktu narożnego konturu, gdzie ma zostać wykonane podcięcie.</p> <p>Z Współrzędna Z punktu narożnego konturu, gdzie ma zostać wykonane podcięcie.</p> |
| Adresy opcjonalne | <p>K Parametr podcięcia</p> <p>Sterowanie rozpoznaje na podstawie adresu K, jaki rodzaj podcięcia ma być wykonany:</p> <p>jeśli adresu K brak: podcięcie DIN kształt E</p> <p>jeśli K=0: podcięcie DIN kształt F</p> <p>jeśli K>0: podcięcie do gwintu DIN 76</p> |
| Opis | Geometria podcięcia zostaje wybrana w zależności od średnicy detalu w punkcie narożnym o współrzędnych X i Z: |

| średn. X | f | r | t1 | t2 (dla F) |
|-------------|-----|-----|------|------------|
| do 18 mm | 2 | 0,6 | 0,25 | 0,1 |
| 18 do 80 mm | 2,5 | 0,6 | 0,35 | 0,2 |
| ponad 80 mm | 4 | 1 | 0,45 | 0,3 |

f długość

r promień

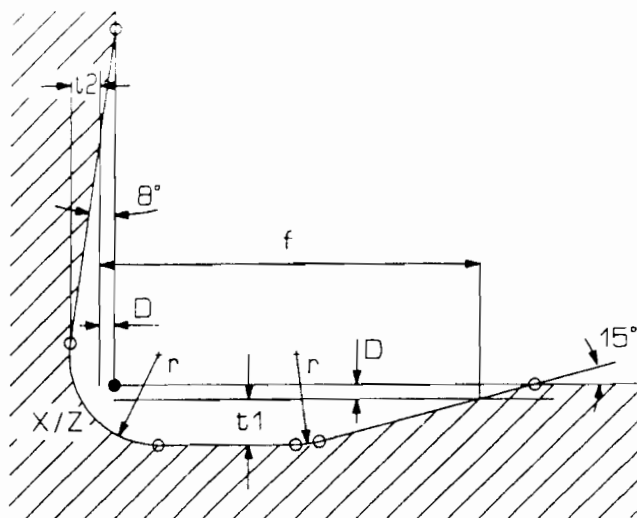
t1 głębokość

t2 dodatek obróbkowy (tylko dla kształtu F)

Podcięcie kształt F
z dodatkiem D

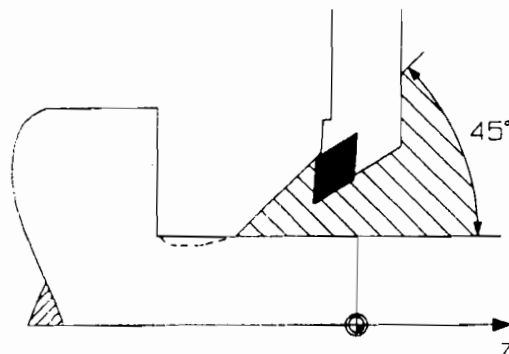
Przykład:

N210 G85 X+40 Z-40 D+0.2 K+0



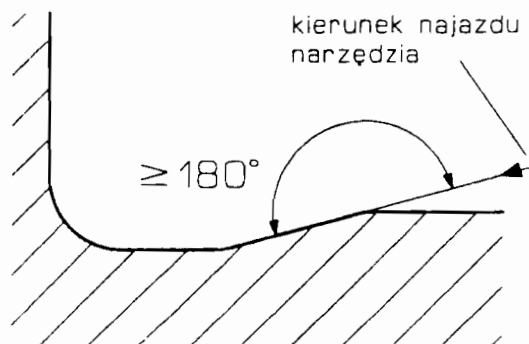
Rys. G85.3 Podcięcie zostanie przesunięte o wymiar D w kierunku osi X i Z.

Przy wywołaniu cyklu narzędzie musi znajdować się wewnątrz kąta 45 stopni, względem pierwszego elementu konturu podcięcia.



Rys. G85.4 Położenie narzędzia przywołaniu cyklu toczenia podcięcia.

Jeżeli podcięcie programowane jest z włączoną KPN, wtedy kąt najazdu narzędzia w stosunku do pierwszego elementu konturu podcięcia musi wynosić przynajmniej 180° .



Rys. G85.5 Kąt najazdu narzędzia przy włączonej kompensacji promienia narzędzia (KPN).

Adresy opcjonalne

- D Dodatek obrobkowy.
Kontury przejść podcięcia zostaną przesunięte wzdłuż osi X i Z w głąb materiału o wartość D (Rys. 85.3)
- I Naddatek na szlifowanie.
Naddatek ten musi zostać uwzględniony przy programowaniu punktu startowego obróbki.

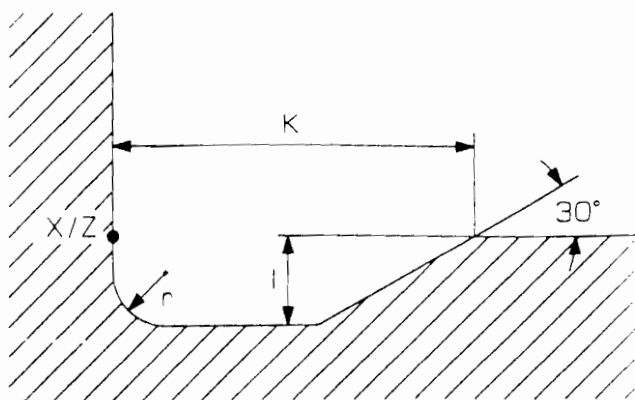
Wskazówki przy programowaniu

W celu zapewnienia dokładnego kształtu zarysu podcięcia obrabianego w cyklu G85, należy bardzo dokładnie zaprogramować punkt startowy (Rys. 85.4 i 85.5). Ponadto zalecane jest ze względu na małe wymiary podcięć, zastosowanie przy obróbce kompensacji promienia narzędzia.

Podcięcie do gwintu
wg. DIN 76

Przykład:

N270 G85 X+40 Z-40 I+2 K+8



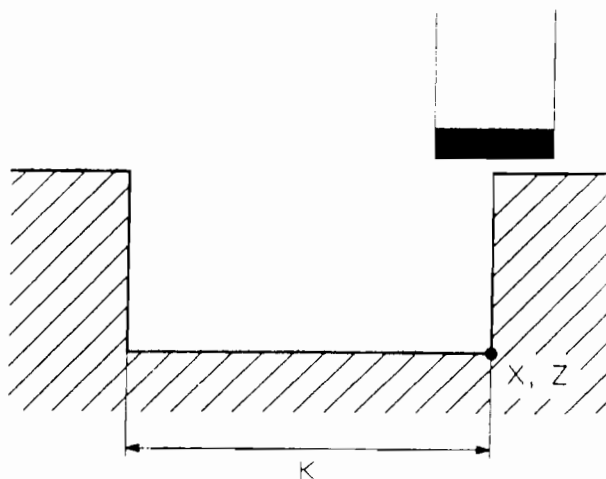
Rys. G85.6

Podcięcie do gwintu wykonane według DIN 76

| | |
|-------------------------------------|--|
| Funkcja | Jeśli w cyklu G85 programowe są adresy X, Z, I oraz K, wtedy można wykonać w cyklu podcięcie do gwintu według DIN 76. |
| Blok-NC | G85 X... Z... I... K... |
| Adresy | <p>X Współrzędna X punktu narożnego konturu, gdzie ma zostać wykonane podcięcie.</p> <p>Z Współrzędna Z punktu narożnego konturu, gdzie ma zostać wykonane podcięcie.</p> <p>I Głębokość podcięcia odniesiona do promienia.</p> <p>K Długość podcięcia. Wartość ta musi być zawsze dodatnia.</p> |
| Wskazówki przy programowaniu | <p>Proszę zwrócić uwagę na to, że na podstawie geometrii podcięcia, długość K musi być przynajmniej 2.34 raza większa od głębokości I.</p> <p>Promień r, jest obliczany poprzez sterowanie na podstawie programowanej głębokości podcięcia I. Jego wartość wynosi 0.6 głębokości podcięcia.</p> |
| Oдноśnik | Cykl G85 zastosowany z adresami X, Z i K pokrywa się z cyklem toczenia podcięcia dla gwintu G78, który wykorzystuje adresy X, Z, I i K. |

Przykład:

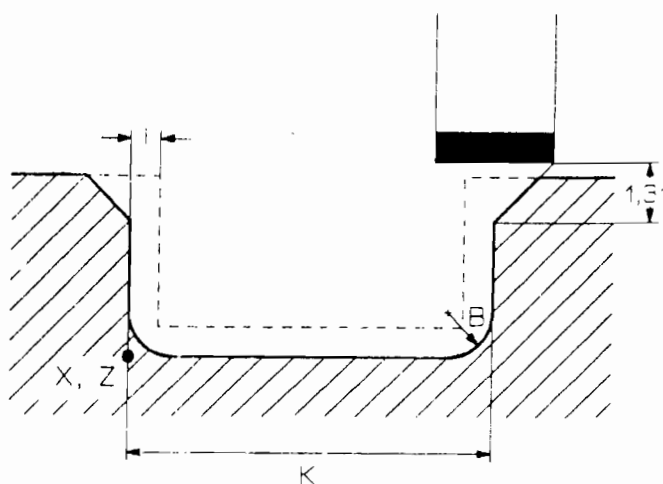
N250 G86 X+32 Z-20 K-8



Rys. G86.1 Cykl toczenia rowka G86 bez nadatku na obróbkę wykańczającą. Rowek na lewo zaprogramowanego punktu narożnego (K ze znakiem ujemnym).

Przykład:

N195 G86 X+32 Z-20 B+1 I+0.7 K+8



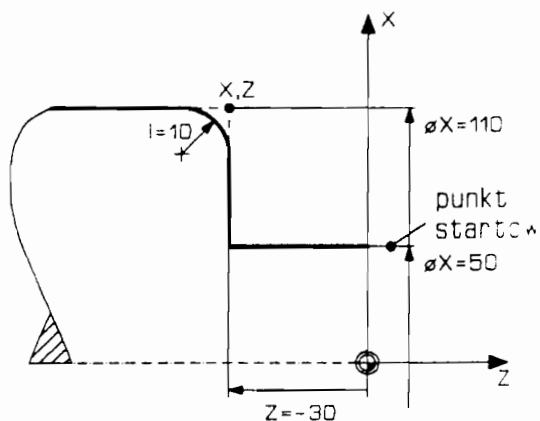
Rys. G86.2 Cykl toczenia rowka z nadatkiem na obróbkę wykańczającą i promieniem zaokrąglenia w dolnej części. Faza w górnej części rowka powstaje w zależności od położenia narzędzia względem zaprogramowanego punktu narożnego rowka.

Cykl toczenia rowka G86

| | | |
|-------------------------------------|---|---|
| Funkcja | Za pomocą cyklu G86 można programować cykle toczenia rowków z fazami w górnej części i zaokrągleniami ich dolnej części. | |
| Blok-NC | G86 | X... Z... K... [B...] [I...] |
| Adresy | X, Z | <p>Kiedy $K > 0$: współrzędne lewego punktu narożnego rowka</p> <p>Kiedy $K < 0$: współrzędne prawego punktu narożnego rowka</p> |
| | K | <p>Szerokość rowka: Dla $K+$ rowek jest na prawo od punktu narożnego X, Z Dla $K-$ rowek jest na lewo od punktu narożnego X, Z</p> <p>Kiedy adres K nie jest programowany, wtedy szerokość rowka równa jest szerokości stosowanego narzędzia.</p> |
| Adresy opcjonalne | B | Promień zaokrąglenia w dolnym narożu rowka. Jeśli programowany jest adres B, to podać należy również adres I, dotyczący nadatku na obróbkę wykańczającą. |
| | I | Naddatek na toczenie wykańczające, odniesiony do średnicy. |
| Opis | <p>Rozpoczynając od punktu startowego, w pierwszym przejściu obrobiony zostanie rowek prostokątny, zgodnie z zaprogramowanym nadatkiem I na obróbkę wykańczającą (linia przerywana na rysunku). W drugim przejściu zostaną obrobione fazy, promienie zaokrągleń oraz powierzchnie boczne, jak również cały rowek. Tylko przy zaprogramowanym adresie I, narzędzie porusza się w pobliżu górnych naroży pod kątem 45 stopni na drodze 1.3 mm. Jeżeli równocześnie odległość pomiędzy narzędziem i detalem jest mniejsza niż 1.3 mm, wtedy powstaje faza na górnych narożach rowka.</p> | |
| Wskazówki przy programowaniu | Wartość absolutna podawana pod adresem K musi być większa, lub równa aktualnej szerokości stosowanego narzędzia. | |
| Oдноśnik | Cykl obróbki rowka G86 różni się pod względem stosowanych adresów i geometrii od cyklu G79. | |

Przykład:

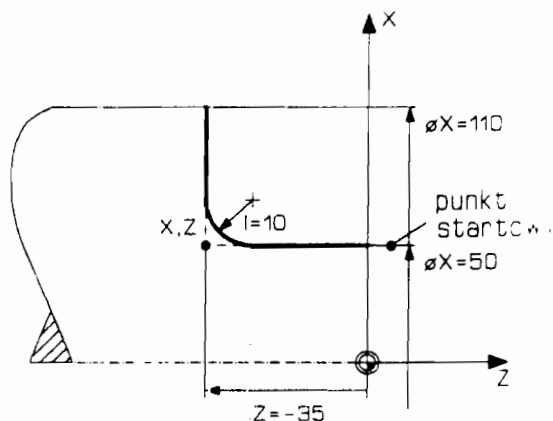
N165 G00 X+50 Z+5
 N170 G42
 N175 G01 Z-30
 N180 G87 X+110 Z-30 I+10
 N185 G01 Z-80
 N190 G40



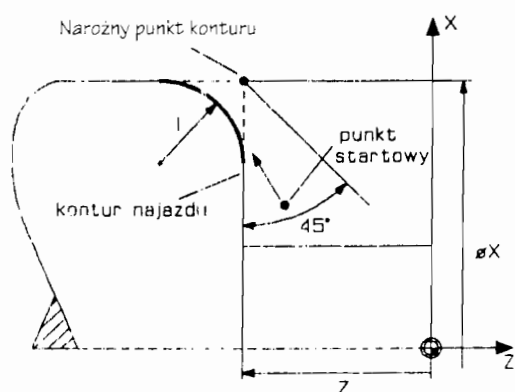
Rys. G87.1 Zewnętrzny promień zaokrąglenia obrabiany razem z ograniczającymi go elementami konturu.

Przykład:

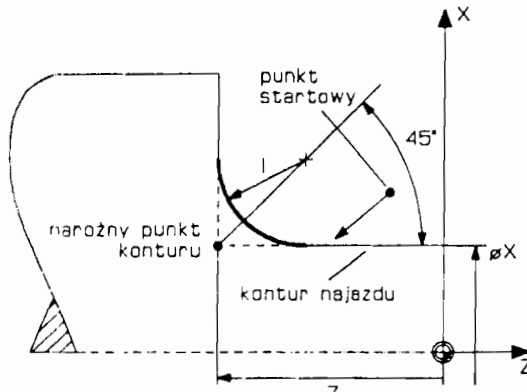
N165 G00 X+50 Z+5
 N170 G42
 N175 G87 X+50 Z-35 I+10
 N180 G01 X+110
 N190 G40



Rys. G87.2 Wewnętrzny promień zaokrąglenia obrabiany razem z ograniczającymi go elementami konturu.



Punkt startowy leży wewnątrz kąta 45 stopni do konturu najazdu.



Obszar najazdu przy zaokrągleniu wewnętrznym

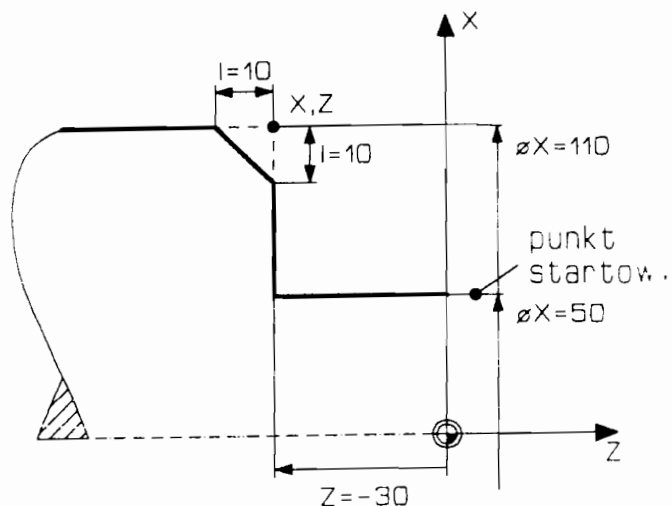
Rys. G87.3 Położenie punktu startowego narzędzia w przypadku, gdy obrabiany jest tylko promień przejścia.

Cykl toczenia promienia zaokrąglenia G87

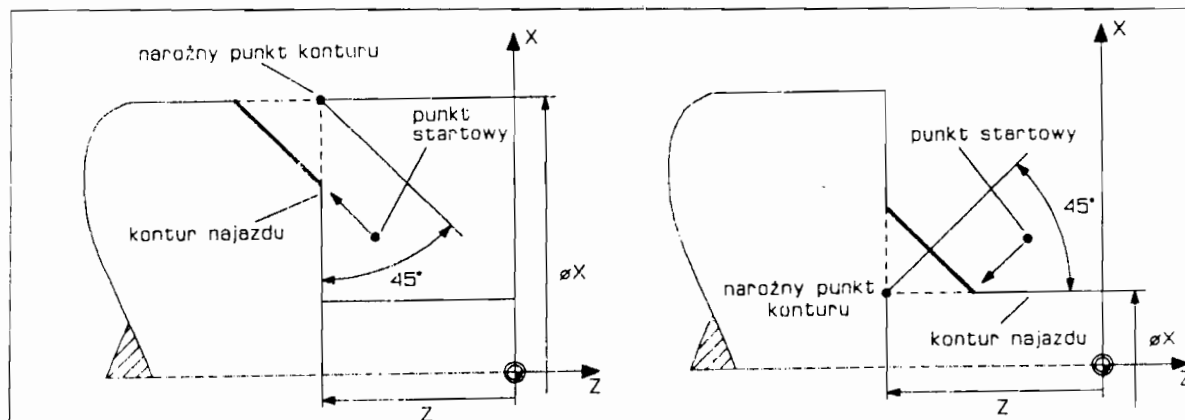
| | | |
|-------------------------------------|---|--|
| Funkcja | Za pomocą cyklu G87 można programować cykle toczenia promieni zaokrąglenia na zewnętrznych i na wewnętrznych narożach konturu, w miejscach, które są równoległe do osi. Promień zaokrąglenia może być toczone oddzielnie w cyklu G87, lub może być obrabiany razem z sąsiednimi elementami konturu. | |
| Blok-NC | G87 | X... Z... I... |
| Adresy | X, Z | Współrzędne punktu narożnego, w którym ma być toczone promień. Sterowanie interpretuje położenie promienia zaokrąglenia, zgodnie z aktualnym położeniem narzędzia i jego kwadrantem pracy. |
| | I | Promień zaokrąglenia. |
| Wskazówki przy programowaniu | <p>Jeżeli cykl G87 jest programowany wewnątrz opisu geometrii elementów konturu, wtedy będą obrobione poszczególne części konturu, począwszy od punktu startowego. Jeżeli element konturu przed zaokrągleniem jest równoległy do osi X lub Z, to nie ma potrzeby go programować, ponieważ jego punkt narożny zostanie podany przy wywołaniu cyklu G87 pod adresami X i Z (Rys 87.1 i 87.2).</p> <p>W przypadku kiedy obrabiany ma być tylko promień przejścia, należy zwrócić uwagę na położenie narzędzia. Sterowanie określa 'kierunek' promienia na podstawie konturu najazdu. Jako kontur najazdu rozumiany jest równoległy do osi element konturu, który jest położony pod kątem mniejszym niż 45 stopni od linii łączącej punkt startowy narzędzia i punkt narożny konturu. Przed wywołaniem cyklu G87 narzędzie musi znajdować się wewnątrz obszaru najazdu, tzn. obszaru ograniczonego wyżej opisanymi liniami (Rys. G87.3).</p> <p>Cykl G87 X.. Z.. I.. można zastąpić funkcjami programowania ciągów konturowych, o następującej postaci ogólnej:</p> <p>G01 X.. Z.. C+ albo G71 X.. Z.. C+</p> | |

Przykład:

N165 G00 X+50 Z+5
 N170 G42
 N175 G01 Z-30
 N180 G88 X+110 Z-30 I+10
 N185 G01 Z-80
 N190 G40



Rys. G88.1 Faza obrabiana jest razem z ograniczającymi ją elementami konturu.



Kontur najazdu jest w tym przypadku równoległy do osi X. Obszar najazdu leży wewnątrz kąta 45 stopni do osi X.

Kontur najazdu jest równoległy do osi Z. Punkt startowy leży wewnątrz obszaru najazdu.

Rys. G88.2 Położenie punktu startowego narzędzia podczas obróbki fazy zewnętrznej i wewnętrznej w przypadku, gdy obrabiana jest tylko faza.

Cykl toczenia fazy G88

| | | |
|----------------|--|---|
| Funkcja | Za pomocą cyklu G88 można programować cykle toczenia faz na zewnętrznych i na wewnętrznych narożach konturu, w miejscach które są równoległe do osi. Fazy mogą być toczone oddzielnie w cyklu G88, lub można je obrabiać razem z sąsiednimi elementami konturu. | |
| Blok-NC | G88 | X... Z... I... |
| Adresy | X, Z | Współrzędne punktu narożnego, w którym ma być toczone faza. Sterowanie interpretuje położenie fazy, zgodnie z aktualnym położeniem narzędzia i jego kwadrantem pracy, wobec punktu o współrzędnych X i Z. |
| | I | Długość fazy. |
| Opis | <p>Jeżeli cykl G88 jest programowany wewnątrz opisu geometrii elementów konturu, wtedy będą obrabiane poszczególne części konturu, poczynwszy od punktu startowego. Jeżeli element konturu przed wykonaniem fazy jest równoległy do osi X lub Z, to nie ma potrzeby go programować, ponieważ jego punkt narożny zostanie podany przy wywołaniu cyklu G88 pod adresami X i Z (Rys 88.1).</p> <p>W przypadku, kiedy obrabiona ma być tylko faza przejścia, należy zwrócić uwagę na położenie narzędzia. Sterowanie określa 'położenie' fazy na podstawie konturu najazdu. Jako kontur najazdu rozumiany jest równoległy do osi element konturu, który jest położony pod kątem mniejszym niż 45 stopni od linii łączącej punkt startowy narzędzia i punkt narożny konturu. Przed wywołaniem cyklu G88 narzędzie musi znajdować się wewnątrz obszaru najazdu, tzn. obszaru ograniczonego wyżej opisanymi liniami (Rys. G88.2).</p> <p>Cykl G88 X.. Z.. I.. można zastąpić funkcjami programowania ciągów konturowych, o następującej postaci ogólnej:</p> <p>G01 X.. Z.. C- albo G71 X.. Z.. C-</p> | |

6. Programowanie ciągów konturowych

Wymiarowanie połwyrobu, który ma być obrabiany na obrabiarce CNC musi zawierać wszystkie wymagane przez DIN 66025 współrzędne punktów końcowych odcinków lub łuków kołowych (także ich środków). Ponieważ rysunki techniczne detali często nie są pod tym względem zwymiarowane wystarczająco, wymagane jest prowadzenie wielu skomplikowanych obliczeń współrzędnych podczas projektowania programu. Technika programowania, która znacznie upraszcza rozwiązanie tego typu przypadków nosi nazwę: programowanie ciągów konturowych.

Pod pojęciem ciągu konturowego rozumiany jest skierowany łańcuch elementów, takich jak odcinki i łuki kół, które opisują pewien kontur detalu. Oprócz już wyżej wymienianych danych takich jak współrzędne początków i końców elementów, czy też współrzędne środków łuków, przy ciągach konturowych podawane są: kąty, długości, warunki przejść stycznych, zaokrąglenia, fazy. Dane te pozwalają określić jednoznacznie geometrię ciągu konturowego, bez potrzeby prowadzenia dodatkowych obliczeń. Punkty przejściowe pomiędzy poszczególnymi elementami ciągu, oraz punkty końcowe elementów ciągu konturowego mogą być obliczane przez sterowanie. Przy tych obliczeniach wymiary geometryczne podane na podstawie rysunku są wystarczające do projektowania konturu.

Warunki przemieszczania narzędzia przy programowaniu ciągów konturowych

- G71 interpolacja prostoliniowa (odpowiada G01)
- G72 interpolacja kołowa: zwrot zgodny z ruchem wskazówek zegara (odpowiada G02)
- G73 interpolacja kołowa: zwrot przeciwny do ruchu wskazówek zegara (odpowiada G03)

Wskazówka

Adresy w funkcjach G71, G72 i G73 są ważne jedynie w określonym bloku, tzn. także te same adresy muszą zostać zaprogramowane w następnym bloku. W celu złożenia skomplikowanego ciągu konturowego z wielu elementów i w celu utworzenia pewnej struktury wymiarów opisujących jego geometrię, stosowane są następujące definicje **ciągów wielopunktowych**:

Definicja

Pod pojęciem ciągu N-punktowego rozumiany jest ciąg składający się z N-1 elementów. Ma on początek w znanym punkcie początkowym P_0 , a koniec w punkcie końcowym P_{N-1} , którego współrzędne są dane albo obliczane przez sterownik z danych ciągu N-punktowego.

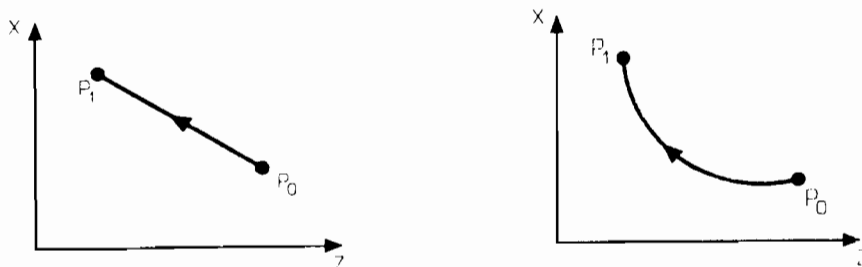
Dane wymiarowe ostatniego elementu muszą być znane w celu obliczenia współrzędnych punktu końcowego elementu poprzedniego. Wychodząc ze znanego punktu początkowego P_0 , ciąg N-punktowy jest w pełni możliwy do obliczenia. Dowolny kontur może składać się z wielu połączonych ze sobą ciągów N-punktowych.

Do najczęściej spotykanych ciągów wielopunktowych należą:

- ciąg 2-punktowy składający się z 1 elementu
- ciąg 3-punktowy składający się z 2 elementów
- ciąg 4-punktowy składający się z 3 elementów

Ciąg 2-punktowy (N=2)

Ciągi 2-punktowe składają się z jednego elementu, którym może być **odcinek** lub **łuk kołowy**. Wychodząc ze znanego punktu początkowego P_0 można obliczyć położenie punktu końcowego P_1 .

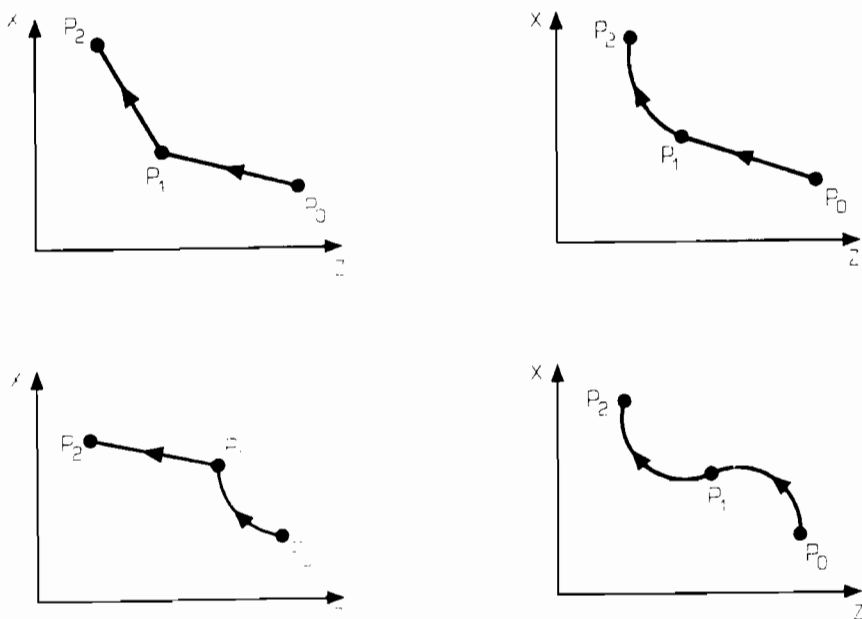


Rys. 6.1 Ciągi 2-punktowe

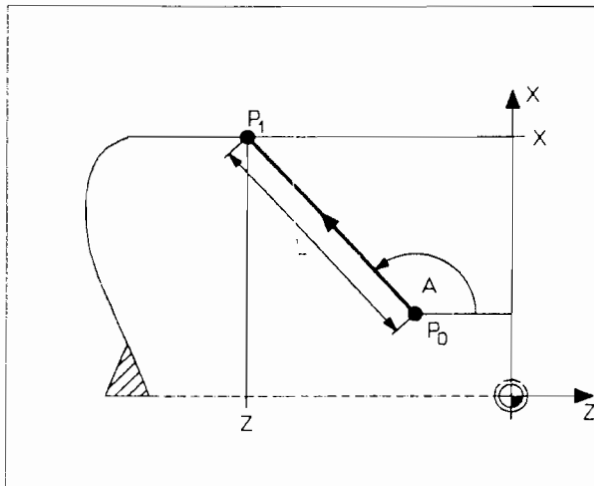
Ciąg 3-punktowy (N=3)

Ciągi 3-punktowe składają się z 2 elementów. W praktyce spotykamy ich następujące kombinacje:

1. odcinek – odcinek
2. odcinek – łuk kołowy
3. łuk kołowy – odcinek
4. łuk kołowy – łuk kołowy



Rys. 6.2 Ciągi 3-punktowe

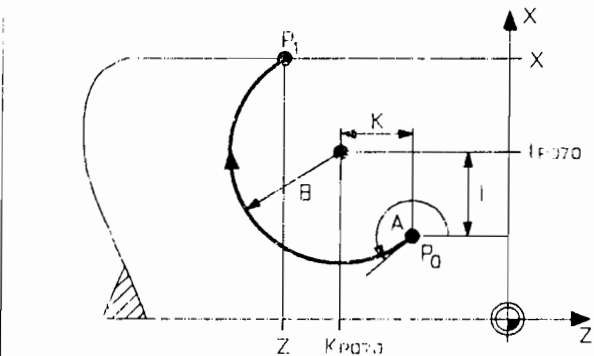


Odcinek G71

- | | |
|-----|---|
| X/Z | Współrzędne punktu końcowego w kierunku osi X i Z |
| A | Kąt pochylenia odcinka do dodatniego kierunku osi Z |
| L | Długość odcinka |

Rys. 6.3

Odcinek jest określany za pomocą dwóch z przedstawionych wcześniej adresów. Rozwiązanie to może nie być jednoznaczne. Przykład (Rys. 6.3): podane zostają dla odcinka: współrzędna Z punktu końcowego i długość odcinka L. Okrąg o promieniu L zakreślony z środka P_0 przecina prostą Z do osi Z w punkcie P_1 oraz w drugim punkcie położonym poniżej osi Z. Jeśli odległość między prostą Z i punktem P_0 jest równa L, wtedy mamy jeden punkt styczności, co daje jedno rozwiązanie. Przy odległości większej niż L, nie ma żadnych rozwiązań. Podsumowując, zadanie posiada dwa, jedno, lub zero rozwiązań.



Łuk kołowy G72 lub G73

- | | |
|-----|---|
| X/Z | Współrzędne punktu końcowego w kierunku osi X i Z |
| I/K | Współrzędne punktu środkowego łuku w kierunku osi X i osi Z (przyrostowo) |
| A | Kąt pochylenia początku łuku do dodatniego kierunku osi Z |
| B | Promień łuku kołowego |

Rys. 6.4

Do określenia łuku kołowego wymagane są trzy z pokazanych wyżej adresów. Również tutaj zadanie może mieć dwa, jedno lub zero rozwiązań.

Wskazówki przy programowaniu

Ponieważ współrzędne X i Z nie muszą być programowane koniecznie, **wartości pod tymi adresami nie obowiązują w następnych blokach dotyczących ciągów konturowych**, tzn. te same wartości muszą być programowane dla następnego elementu konturu.

Do obliczenia elementu konturu przez sterowanie, przyjmowane są podane wartości znajdujące się w bloku-NC. Jeśli dane te nie są wystarczające, wtedy sterowanie przyjmuje do obliczeń warunki przejścia do elementu poprzedniego, lub następnego konturu.

Przykład

Jako przykład można rozważyć ciąg 3-punktowy składający się z dwóch elementów. Podane są dla niego następujące adresy:

1. odcinek
Współrzędna X punktu końcowego
2. odcinek
Współrzędne X i Z punktu końcowego
Kąt A między odcinkiem i dodatnim kierunkiem osi Z

Blok-NC

G71 X...

G71 X... Z... A...

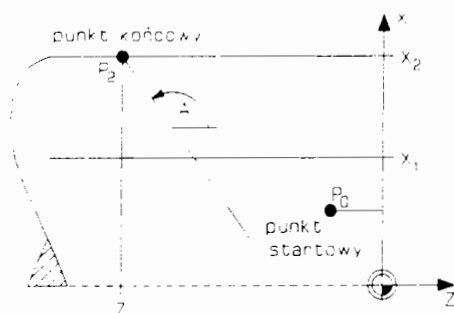
Chociaż pierwszy odcinek nie jest w pełni określony, sterowanie oblicza ciąg konturowy:

Rysunek 6.5:

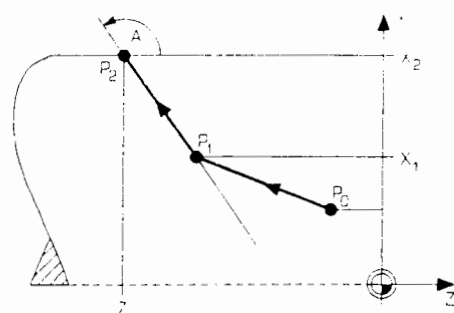
- punkt początkowy P_0 ciągu konturowego ustalony jest przez aktualną pozycję narzędzia
- punkt końcowy P_1 pierwszego odcinka leży na równoległej X_1 do osi Z
- punkt końcowy P_2 i położenie drugiego odcinka określone są przez kąt A i współrzędne X i Z.

Rysunek 6.6:

- ponieważ drugi odcinek konturu i równoległa X_1 przecinają się w punkcie P_1 , ciąg konturowy jest ustalony jednoznacznie.



Rys. 6.5



Rys. 6.6

- jeżeli $A=0$ lub $A=180$, nie ma żadnego rozwiązania
- jeżeli $X_1=X_2$:
kiedy $A=0$ lub $A=180$, wtedy istnieje nieograniczenie wiele rozwiązań
kiedy $A \neq 0$ i $A \neq 180$, nie ma żadnych rozwiązań

6.1 Adresy dodatkowe

Obok podanych w punkcie 6. adresów opisujących geometrię konturu, adresy P i C, za pomocą których można jeszcze łatwiej pogramować.

Za pomocą adresów P i C można dokonać:

- wyboru między dwoma rozwiązaniami,
- zaokrąglać i wstawiać fazy pomiędzy dwoma następującymi po sobie odcinkami konturu bez dodatkowych obliczeń
- przeprowadzić automatyczne obliczenia stycznych przejść do okręgu koła.

Poniższa tabela zawiera przegląd i objaśnienie adresów dodatkowych.

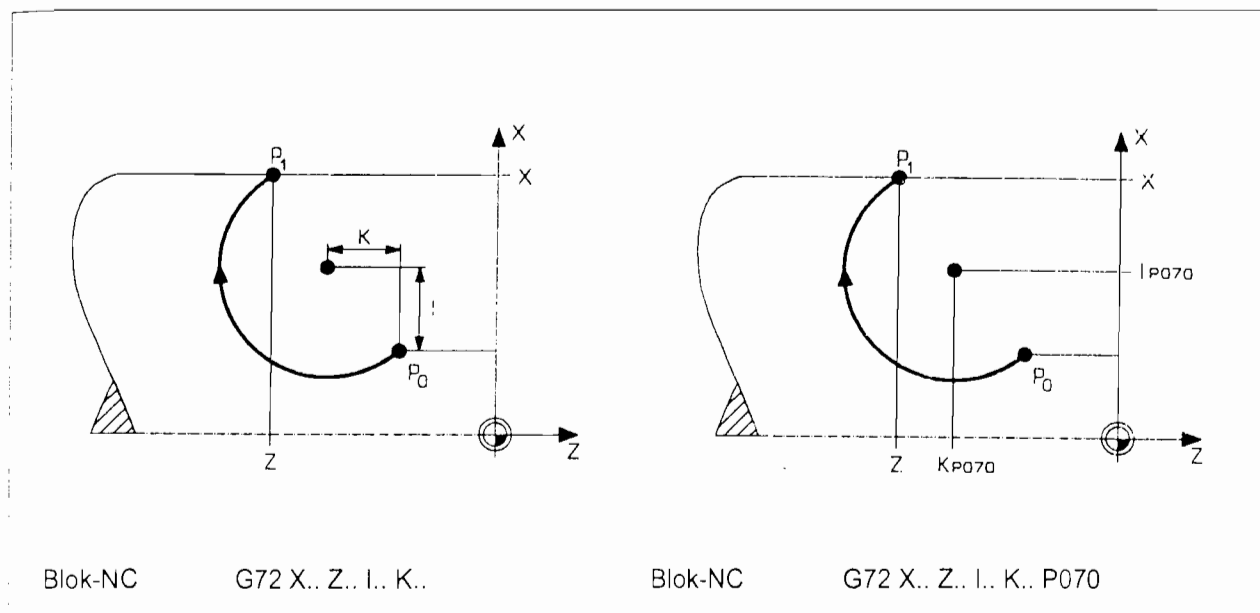
| Adresy | Funkcje |
|-----------|--|
| P070 | Współrzędne środka koła (absolutne) |
| P000 | Element konturu dołączony stycznie do elementu poprzedniego. |
| P001/P002 | Wybór alternatywny przy dwóch rozwiązaniach |
| C+ | Zaokrąglenie pomiędzy dwoma elementami |
| P011/P012 | Wybór alternatywny przy C+ |
| C- | Faza pomiędzy dwoma odcinkami |

6.1.1 Środki okręgów przy wymiarowaniu absolutnym

Współrzędne środka okręgu można programować: przyrostowo za pomocą adresów I i K w stosunku do punktu początkowego łuku P_0 , lub absolutnie (Rys.6.7). Sterowni symulatora jest skonfigurowane standardowo na programowanie przyrostowe środka okręgu.

Jeśli współrzędne środka okręgu podawane są w sposób absolutny, należy dodać słowo P070 w bloku, w którym programowany jest łuk.

Absolutne programowanie środka okręgu jest wymagane dla ciągów wielopunktowych, ponieważ punkt początkowy łuku kołowego nie jest znany, poza pierwszym elementem łukowym i musi być obliczany przez sterowanie.



Rys. 6.7

Wskazówki przy programowaniu

Po podaniu adresu P070, wartości adresów I i K podawane są w sposób absolutny.

Adres P070 obowiązuje tylko w bloku, w którym występuje, dlatego w innych blokach musi być również podawany.

Jeżeli w następnych przypadkach podawane są przyrostowo współrzędne środków okręgów I i K dla ciągów 3- lub 4-punktowych, odnoszone są one do punktu początkowego P_0 tych ciągów.

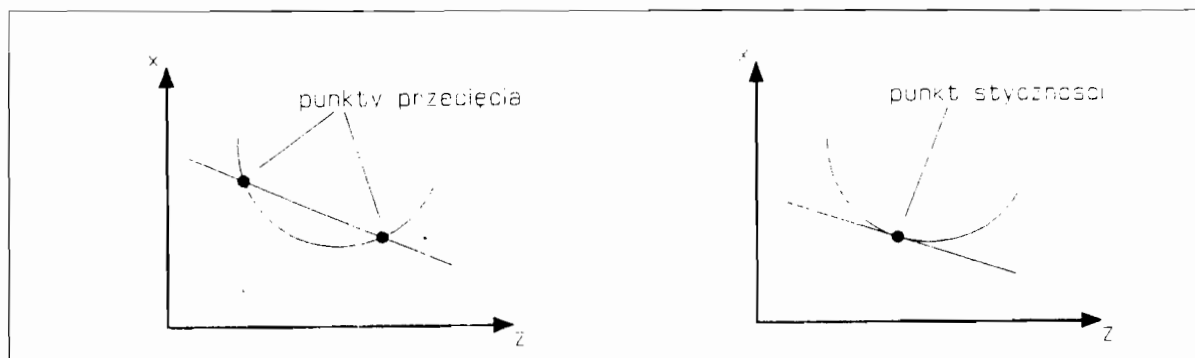
Jeśli w konfiguracji symulatora występuje programowanie łuków w sposób absolutny, wtedy nie ma potrzeby w blokach programu używać adresu P070.

6.1.2 Przejścia styczne

Do określenia położenia odcinka potrzebne są zazwyczaj dwa adresy, a trzy adresy określają łuk kołowy. Jeśli jednak, któryś z tych elementów przechodzi stycznie do elementu poprzedniego konturu, można zmniejszyć o jeden liczbę adresów definiujących go. Geometryczne właściwości stycznego przejścia między dwoma elementami, są wykorzystywane przez sterowanie do określenia następujących elementów.

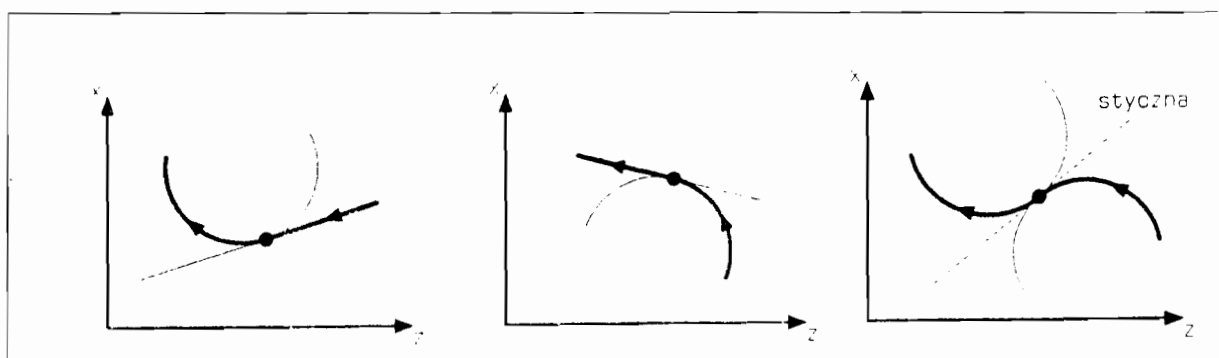
Opis

Jeśli na przykład przecinają się ze sobą odcinek i łuk kołowy, wtedy powstają punkty przecięcia. Dla stycznego przejścia tych dwóch elementów istnieje tylko jeden punkt styczności (Rys. 6.8).



Rys. 6.8

Styczne przejścia są możliwe nie tylko dla par elementów: odcinek i łuk, lecz także dla dwóch łuków (Rys. 6.9).

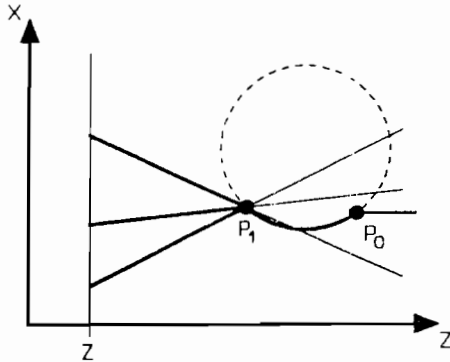


Rys 6.9

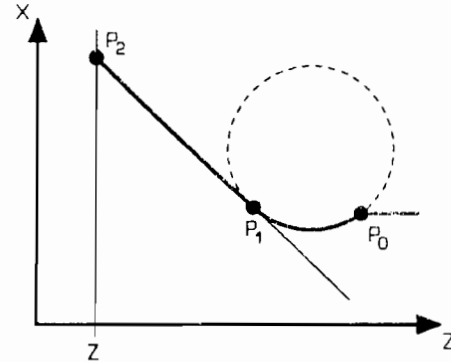
Przykład

W ciągu konturowym za łukiem kołowym o punkcie początkowym P_0 i końcowym P_1 (Rys. 6.10 i 6.11), programowany jest odcinek o współrzędnej punktu końcowego Z . Punkt początkowy odcinka określony jest przez punkt końcowy łuku P_1 .

- Jeżeli dla odcinka podana jest tylko współrzędna Z , wtedy nie można określić jego punktu końcowego (Rys. 6.10) i istnieje nieograniczenie wiele rozwiązań.
- Jeżeli odcinek dołączony jest stycznie do łuku, to można łatwo ustalić kierunek stycznej poprzez jej kąt w punkcie P_1 . Punkt końcowy powstającego odcinka przypada w punkcie przecięcia stycznej z prostą o współrzędnej Z .



Rys. 6.10



Rys. 6.11

Przejście styczne między dwoma elementami konturu programowane jest za pomocą adresu **P000**. Adres ten należy podać w bloku opisującym element styczny do poprzedniego elementu.

Wskazówki przy programowaniu

We wszystkich ciągach konturowych gdzie występuje przejście styczne można zastąpić programowanie kąta początkowego A (kąt pochylenia odcinka, lub kąt pochylenia stycznej w punkcie początkowym P_0 w kierunku łuku kołowego) adresem **P000** przejścia stycznego.

6.1.3 Wybór rozwiązań

Podczas programowania ciągów konturowych mogą, na podstawie podanych opisujących przebiegi konturów, wystąpić dwa rozwiązania matematyczne (Rys. 6.12). W takim przypadku sterowanie musi otrzymać informację, które przyjąć do wykonania. Alternatywne rozwiązania różnią się według następujących kryteriów:

Kryterium kąta:

- mniejszy lub większy kąt

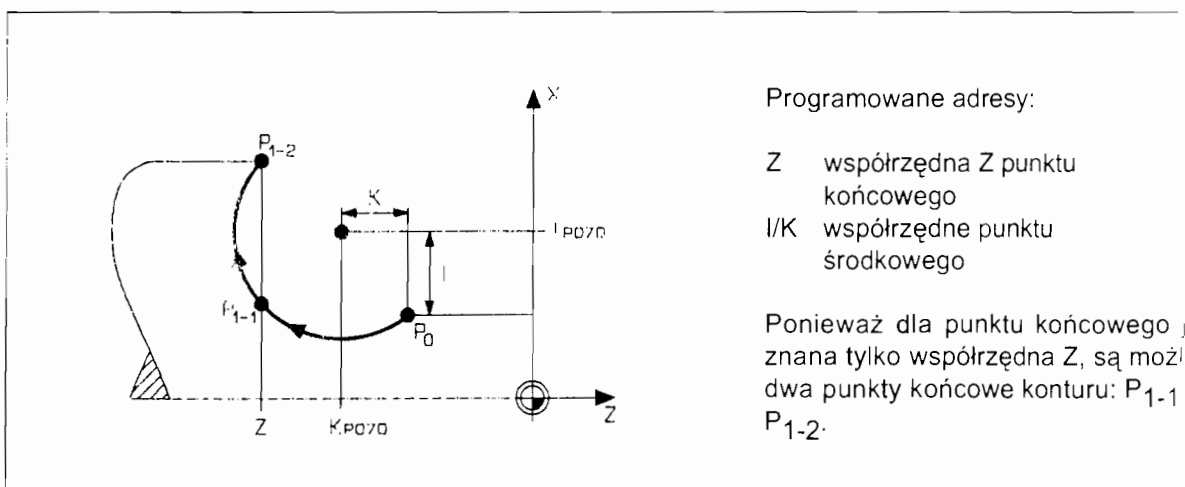
Kryterium długości:

- krótszy lub dłuższy odcinek (kryterium odcinka)
- krótszy lub dłuższy łuk (kryterium łuku)

Dla pierwszego rozwiązania programowany jest adres **P001**, a dla drugiego **P002**.

Wskazówka

Jeżeli dwa rozwiązania alternatywne różnią się zarówno kątami jak i długościami odcinków, należy jako kryterium zawsze zastosować kryterium kąta.



Rys. 6.12 Przykład zastosowania kryterium łuku

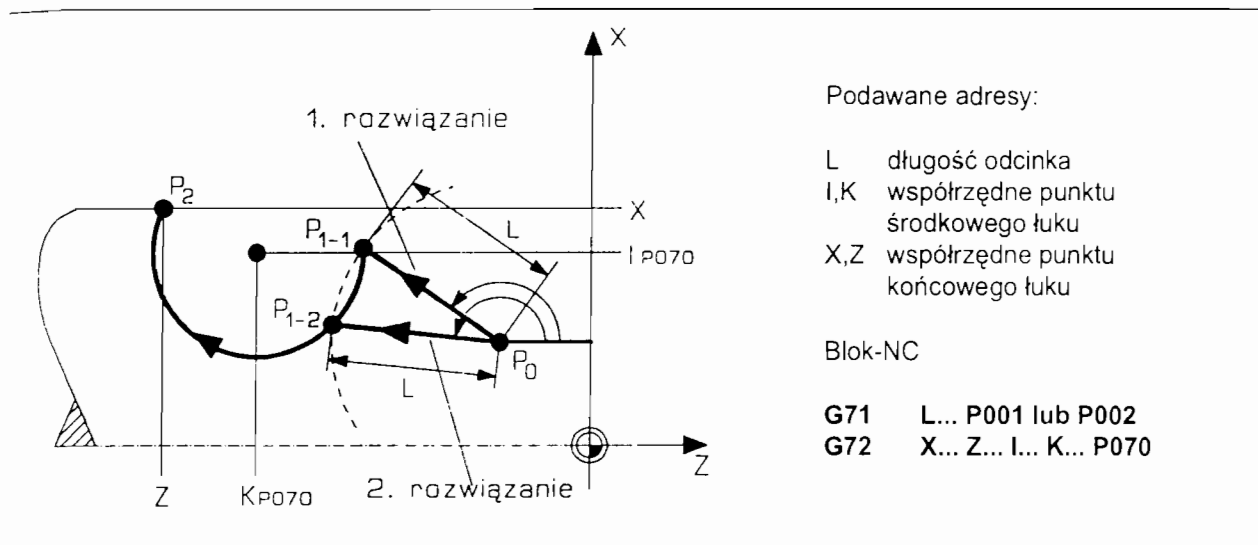
Wskazówki przy programowaniu

Jeżeli nie zostanie podane za pomocą adresu P001 lub P002 żadne z dwóch rozwiązań alternatywnych, wtedy sterownie przyjmuje jako obowiązujące pierwsze rozwiązanie P001.

Dla stosowanego rozwiązania P001, wskazane jest podanie w bloku adresu P0 informującego o istnieniu dwóch rozwiązań dla stosowanej kombinacji adresów.

6.1.3.1 Wybór rozwiązania – kryterium kąta

Jako **przykład** ilustrujący wybór rozwiązań alternatywnych dla kryterium kąta przyjęto ciąg 3-punktowy, który składa się z odcinka i łuku kołowego.



Rys. 6.13 Wybór rozwiązań według kryterium kąta

Opis

- Punkt końcowy odcinka leży na kole o promieniu L
- Położenie łuku kołowego określone jest przez jego punkt środkowy (I i K) we współrzędnych absolutnych oraz jego punkt końcowy X i Z.

Przy tak przyjętych założeniach, możliwe są w przykładzie następujące przypadki rozwiązań:

| Rozwiązania | w zależności od długości L |
|-------------|--|
| brak | jeżeli L ma wartość za małą lub za dużą, wtedy punkt końcowy odcinka nie leży na łuku kołowym > brak rozwiązań prowadzi do meldunku o błędzie przy symulacji |
| jedno | jeżeli L jest równe odległości punktu początkowego P_0 , wtedy istnieje jeden punkt styczny > jedno rozwiązanie |
| dwa | przy dużej długości L istnieją dwa punkty przecięcia P_{1-1} i P_{1-2} > dwa rozwiązania |

Wybór rozwiązania według kryterium kąta

Dwa rozwiązania różnią się od siebie kątem do dodatniego kierunku osi Z (**Kryterium kąta**):

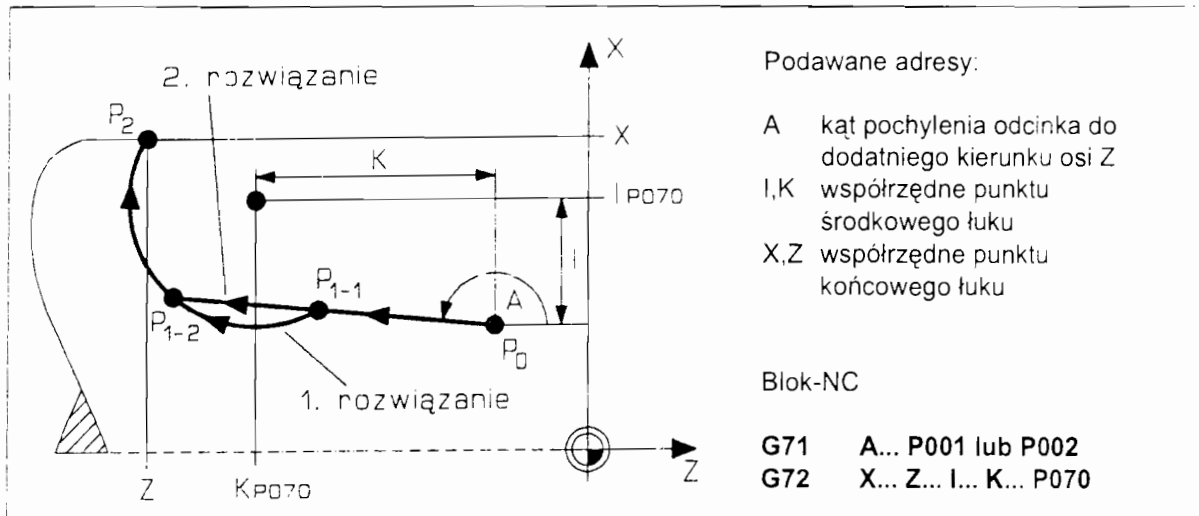
- pierwsze rozwiązanie (**mniejszy kąt do osi Z**) programowany jest adres **P001**.
Przebieg konturu: $P_0 \rightarrow P_{1-1} \rightarrow P_2$
- drugie rozwiązanie (**większy kąt do osi Z**) programowany jest adres **P001**.
Przebieg konturu: $P_0 \rightarrow P_{1-2} \rightarrow P_2$

Wskazówki przy programowaniu

Wybór alternatywny P001 i P002 musi być programowany w bloku NC, w którym programowany jest odcinek.

6.1.3.2 Wybór rozwiązania – kryterium odcinka

Jako **przykład** ilustrujący wybór rozwiązań alternatywnych dla kryterium odcinka przyjęto ciąg 3-punktowy, który składa się z odcinka i łuku kołowego.



Rys. 6.14 Wybór rozwiązań alternatywnych według kryterium odcinka

Opis

- Punkt końcowy odcinka leży na półprostej wychodzącej z punktu początkowego P_0 i skierowanej pod kątem A do dodatniej osi Z.
 - Położenie łuku kołowego określone jest przez jego punkt środkowy (I, K) i współrzędnych absolutnych oraz punkt końcowy X i Z.
- Przy tak przyjętych założeniach, możliwe są w przykładzie następujące przypadki rozwiązań:

| Rozwiązania | w zależności od kąta A |
|-------------|--|
| brak | ze względu na kąt A nie ma żadnego punktu styczności ani punktu przecięcia => brak rozwiązań prowadzi do meldunku o błędzie przy symulacji |
| jedno | ze względu na kąt A istnieje dokładnie jeden punkt styczności => jedno rozwiązanie |
| dwa | ze względu na kąt A , półprosta roz przecina łuk kołowy w punktach P_{1-1} i P_{1-2} => dwa rozwiązania |

Wybór rozwiązania według kryterium odcinka

Dwa rozwiązania różnią się od siebie długością odcinka (**Kryterium odcinka**) – pierwsze rozwiązanie (**krótszy odcinek**) programowany jest adres **P001**.
Przebieg konturu: $P_0 \rightarrow P_{1-1} \rightarrow P_2$

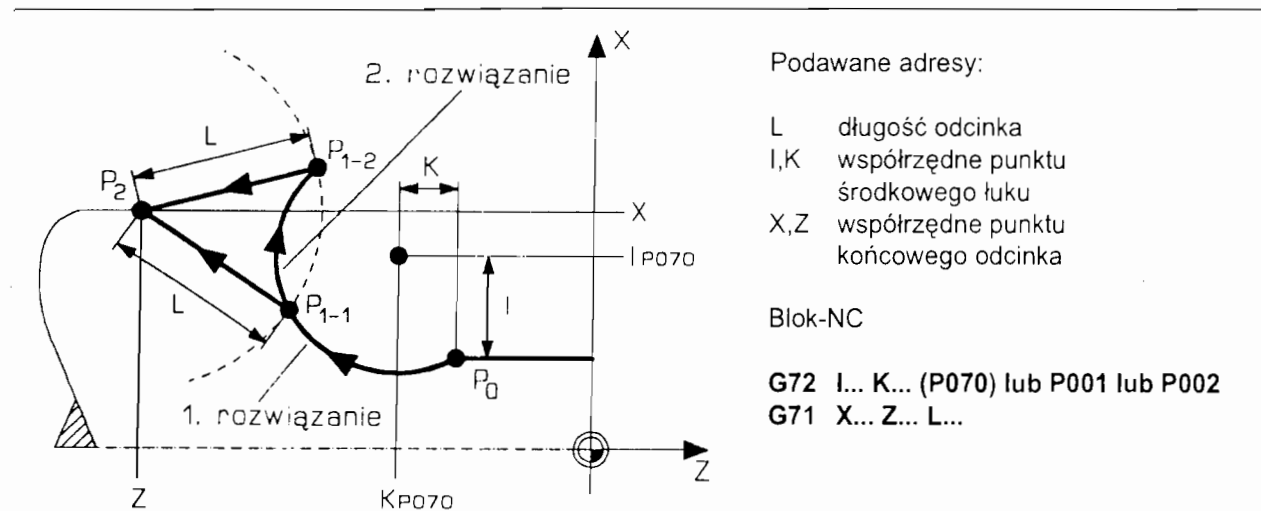
– drugie rozwiązanie (**dłuższy odcinek**) programowany jest adres **P002**.
Przebieg konturu: $P_0 \rightarrow P_{1-2} \rightarrow P_2$

Wskazówki przy programowaniu

Wybór alternatywny P001 i P002 musi być programowany w bloku-NC, w którym programowany jest odcinek.

6.1.3.3 Wybór rozwiązania – kryterium łuku

Jako **przykład** ilustrujący wybór rozwiązań alternatywnych dla kryterium łuku przyjęto ciąg 3-punktowy, który składa się z łuku kołowego i odcinka.



Rys. 6.15 Wybór rozwiązań według kryterium łuku

Opis

- Położenie łuku oraz jego środka są ustalone przez współrzędne środka I i K i punkt początkowy P0.
 - Punkt końcowy konturu określony jest przez współrzędne X i Z.
 - Punkt początkowy odcinka leży na kole o promieniu L.
- Przy tak przyjętych założeniach, możliwe są w przykładzie następujące przypadki rozwiązań:

| Rozwiązania | w zależności od długości L |
|-------------|---|
| brak | jeżeli L ma wartość za małą lub za dużą, wtedy punkt końcowy odcinka nie leży na łuku kołowym => brak rozwiązań prowadzi do meldunku o błędzie przy symulacji |
| jedno | na podstawie długości L istnieje jeden punkt styczny => jedno rozwiązanie |
| dwa | przy dużej długości L istnieją dwa punkty przecięcia P ₁₋₁ i P ₁₋₂ => dwa rozwiązania |

Wybór rozwiązania według kryterium łuku

Dwie możliwości rozwiązań różnią się długością łuku (**kryterium łuku**):

- pierwsze rozwiązanie (**krótszy łuk**) programowany jest adres **P001**.

Przebieg konturu: **P0 -> P₁₋₁ -> P2**

- drugie rozwiązanie (dłuższy łuk) programowany jest adres **P002**.

Przebieg konturu: **P0 -> P₁₋₂ -> P2**

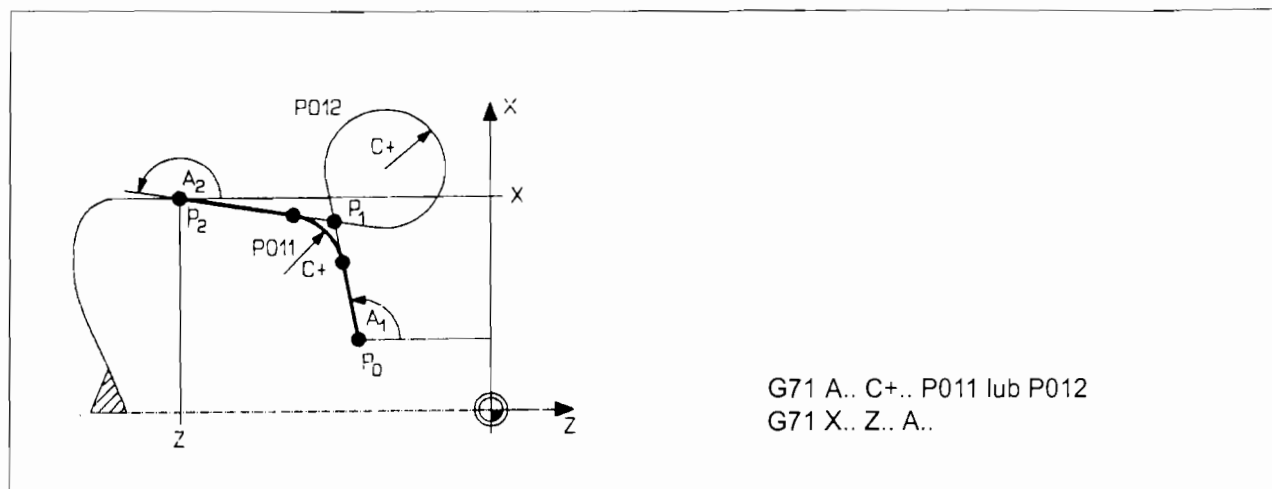
Wskazówki przy programowaniu

Wybór alternatywny P001 i P002 musi być programowany w bloku-NC, w którym programowany jest łuk.

6.1.4 Zaokrąglenie dwóch elementów

Zaokrąglenie przejścia między dwoma elementami programować można za pomocą adresu C+. Wartość podawana za tym adresem jest promieniem zaokrąglenia.

Elementy konturu takie jak odcinek i łuk można zaokrąślać w dowolnej kombinacji, pod warunkiem jednak, że się przecinają lub stykają. Jeśli dla łuku zaokrąglenia istnieją dwa rozwiązania (Rys. 6.16), wtedy zgodnie z kryterium łuku dla adresu P011 przyjmowany jest krótszy, natomiast dla adresu P012 dłuższy łuk.



Rys 6.16 Przykład do zaokrąglenia dwóch odcinków

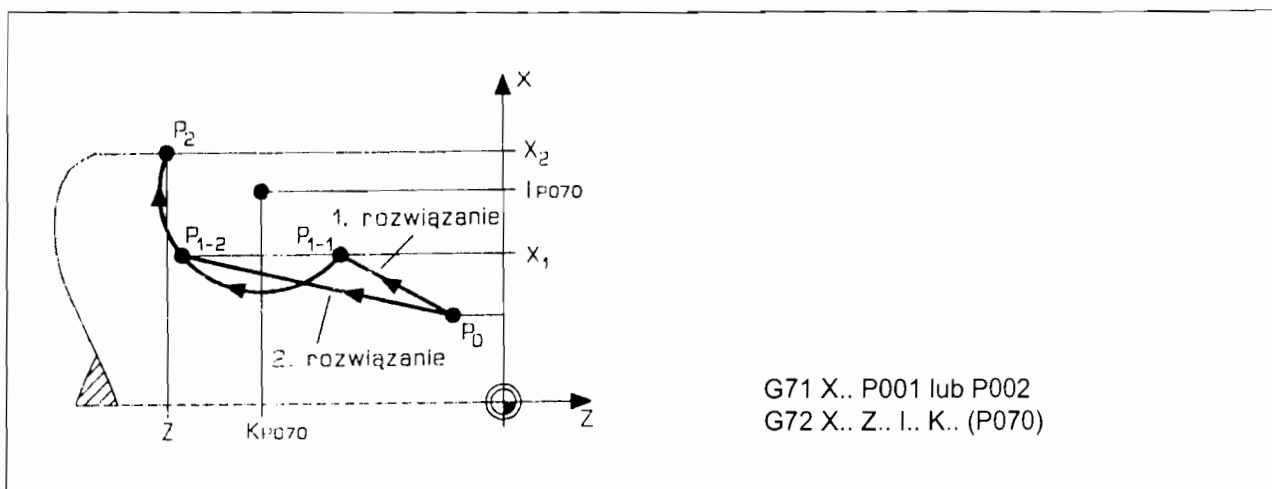
Wybór rozwiązania według kryterium kąta

Jeśli nie podano żadnego rozwiązania alternatywnego (P011 lub P012), wtedy sterowanie wykonuje zaokrąglenie po krótszym łuku według P011.

Jeżeli dla przebiegu obu elementów konturu istnieją już dwa rozwiązania, to dodatkowe zaokrąglenie prowadzi do czterech rozwiązań.

Przykład

Ciąg 3-punktowy składający się z odcinka i łuku posiada dwa rozwiązania na podstawie programowanych adresów (Rys. 6.17: P₁₋₁ i P₁₋₂).



Rys. 6.17 Ciąg konturowy składający się z odcinka i łuku posiadający dwa rozwiązania

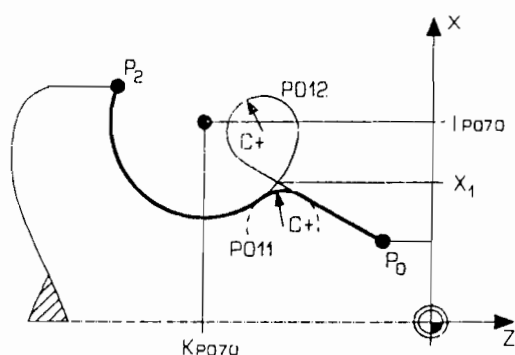
W przedstawionym przykładzie przebieg konturu ustalony jest na podstawie kryterium kąta:

odcinek pochylony pod mniejszym kątem do dodatniego kierunku osi Z programowany jest za pomocą adresu P001 a pod większym kątem za pomocą adresu P002.

Jeśli oprócz tego programowany jest promień zaokrąglenia C+, wtedy każda z alternatyw rozwiązań posiada dwa rozwiązania, w zależności od łuku zaokrąglenia (Rys. 6.18).

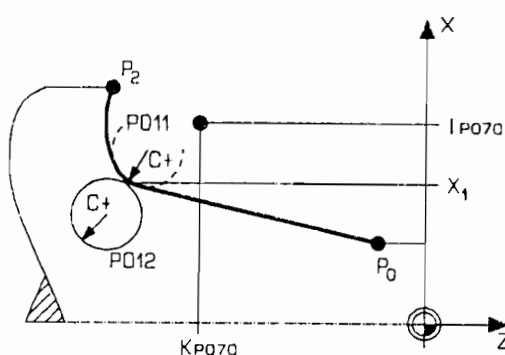
Zgodnie z kryterium łuku programowane jest dodatkowo wymagane zaokrąglenie, za pomocą adresu P011 (krótszy łuk) lub adresu P012 (dłuższy łuk). Adresy te powinny wystąpić w tym samym bloku, w którym opisano przebieg konturu.

Możliwości zaokrągleń dla pierwszego rozwiązania alternatywnego konturu P001



G71 X.. P001 C+ P011 lub P012
G72 X.. Z.. I.. K.. (P070)

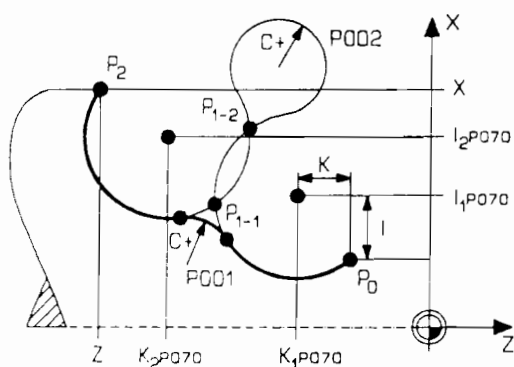
Możliwości zaokrągleń dla drugiego rozwiązania alternatywnego konturu P002



G71 X.. P002 C+ P011 lub P012
G72 X.. Z.. I.. K.. (P070)

Rys. 6.18 Wybór jednego z istniejących czterech rozwiązań

Jeżeli na podstawie wielkości promienia zaokrąglenia istnieje dla wszystkich rozwiązań alternatywnych konturu tylko jeden możliwy promień zaokrąglenia, wtedy programowanie adresów P011 i P012 jest zbędne (Rys. 6.19).

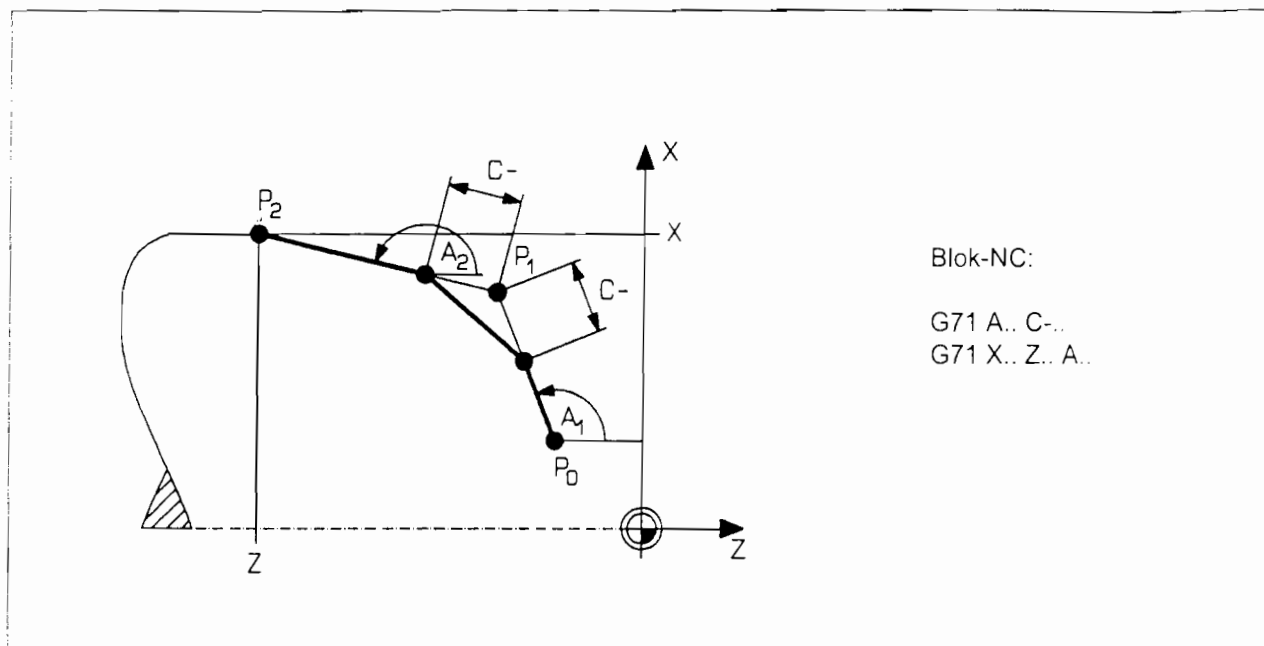


G72 I.. K.. C+.. (P070) P011 lub P012
G72 X.. Z.. I.. K..

Rys. 6.19 Przykład zaokrąglenia dwóch łuków z istniejącym tylko jednym rozwiązaniem, ze względu na promień zaokrąglenia.

6.1.5 Faza między dwoma odcinkami

Za pomocą adresu C- można programować symetryczną fazę między sąsiadującymi ze sobą odcinkami. Sterowanie oblicza przy tym samo przebieg konturu, zgodnie z długością fazy programowanej za pomocą adresu C- (Rys. 6.20).

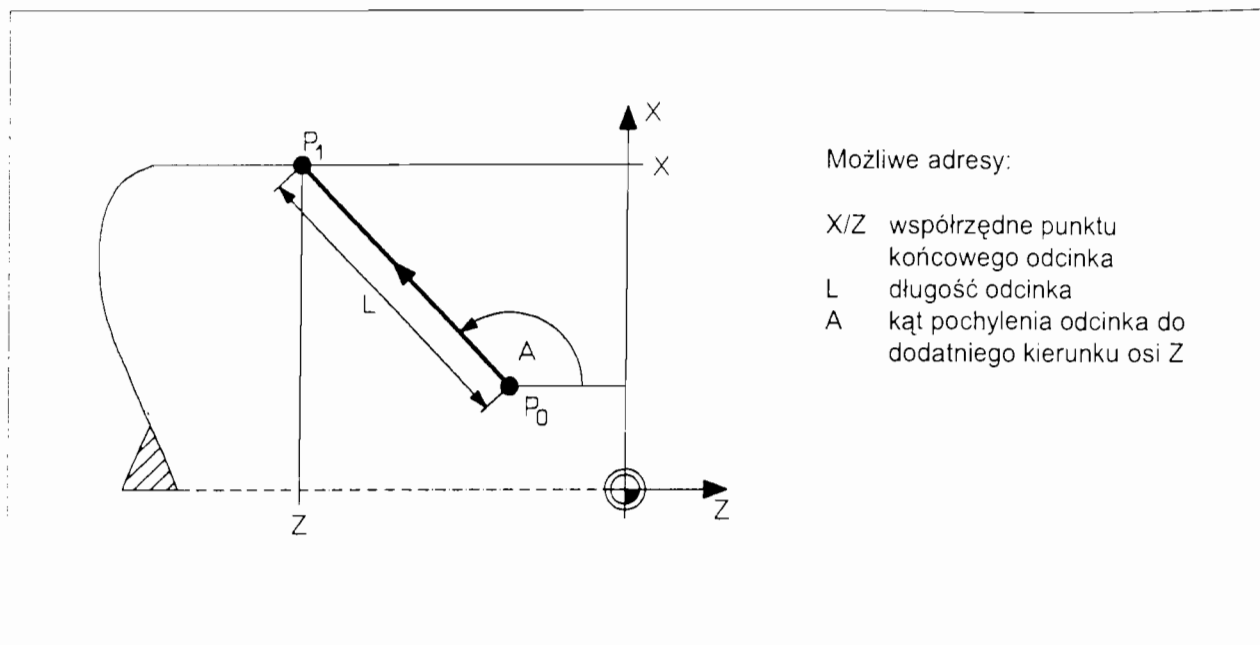


Rys. 6.20

6.2 Ciąg 2-punktowy: odcinek G71

Wychodząc ze znanego punktu początkowego P_0 , można programować odcinek jako ciąg konturowy za pomocą dwóch z podanych niżej adresów:

- X współrzędna X punktu końcowego
- Z współrzędna Z punktu końcowego
- L długość odcinka
- A kąt pochylenia odcinka do dodatniego kierunku osi Z



Rys. 6.2.1 Odcinek jako ciąg 2-punktowy

Liczba rozwiązań

Rozwiązanie nie jest zawsze jednoznaczne w zależności od programowanych adresów. Może się zdarzyć, że po podaniu długości, lub kąta równoległego do osi, nie ma żadnych rozwiązań, albo są dwa rozwiązania (patrz także na adresy przy programowaniu ciągów konturowych). Jeśli brak rozwiązania, symulator melduje o błędzie.

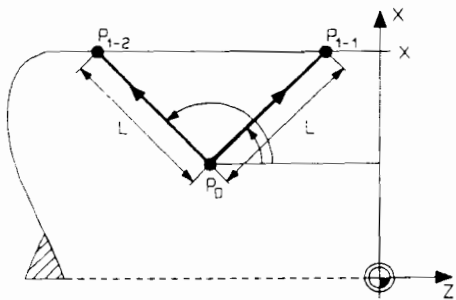
Wskazówki przy programowaniu

Jeżeli po podaniu długości L otrzymywane są dwa rozwiązania (patrz tabela), wtedy kontur określany jest poprzez kryterium kąta. Dla adresu P001 przyjmowany jest mniejszy kąt, a dla P002 większy kąt.

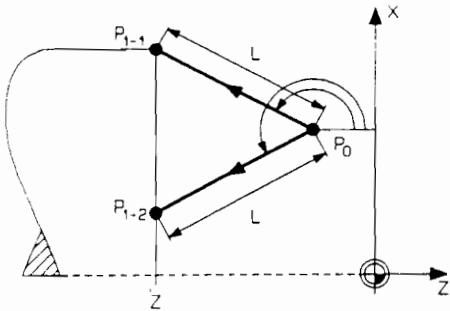
Przegląd stosowanych ciągów 2-punktowych:

| Odcinek | | | Wybór rozwiązania |
|---------|---|---|-------------------|
| G71 | X | Z | |
| G71 | X | L | Kryterium kąta |
| G71 | X | A | |
| G71 | Z | L | Kryterium kąta |
| G71 | Z | A | |
| G71 | L | A | |

Przykłady dla ciągów konturowych z wieloma rozwiązaniami



G71 X.. L.. P001 lub P002



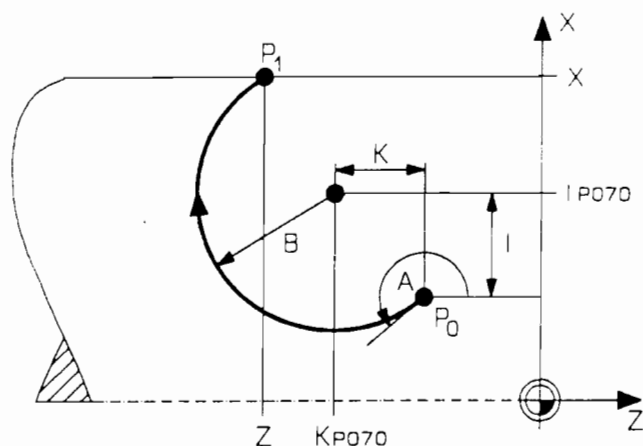
G71 Z.. L.. P001 lub P002

Wybór rozwiązania alternatywnego na podstawie kryterium kąta:
P₁₋₁ (mniejszy kąt) programowanie z adresem P001 i P₁₋₂ (większy kąt) programowanie z adresem P002

6.3 Ciąg 2-punktowy: łuk kołowy G72/G73

Wychodząc ze znanego punktu początkowego P_0 , można programować łuk jako ciąg 2-punktowy za pomocą trzech z podanych niżej adresów:

- X współrzędna X punktu końcowego
- Z współrzędna Z punktu końcowego
- I współrzędna X punktu środkowego koła
- K współrzędna Z punktu środkowego koła
- A kąt pochylenia stycznej kierunkowej łuku w punkcie P_0 względem dodatniego kierunku osi Z
- B promień łuku kołowego



Możliwe adresy:

- X/Z współrzędne punktu końcowego łuku kołowego
- I/K współrzędne punktu środkowego łuku kołowego
- A kąt pochylenia stycznej kierunkowej łuku w punkcie początkowym P_0 względem osi Z
- B promień łuku kołowego

Rys. 6.3.1 Łuk kołowy jako ciąg 2-punktowy

Liczba rozwiązań

Rozwiązanie nie jest zawsze jednoznaczne w zależności od programowanych adresów. Może się zdarzyć, że po podaniu pewnych kombinacji adresów nie ma żadnych rozwiązań, albo są dwa rozwiązania (patrz także na adresy przy programowaniu ciągów konturowych). W przypadku dwóch rozwiązań proszę przyjąć rozwiązanie na podstawie tabeli.

Wskazówki przy programowaniu

Jeżeli współrzędne punktu środkowego koła podawane są w sposób absolutny wtedy w bloku-NC powinien być podawany adres P070.

Ażeby uniknąć powtórzeń, rozpatrywane będą tylko ciągi konturowe dla łuków kołowych skierowanych zgodnie z ruchem wskazówek zegara (G72). Oczywiście przykłady te mogą być pomocne dla łuków kołowych, skierowanych przeciwnie do ruchu wskazówek zegara (G73).

Przegląd stosowanych ciągów 2-punktowych:

| Łuk kołowy (3 adresy) | | | | Wybór rozwiązania |
|-----------------------|---|---|---|-------------------|
| G72/G73 | X | Z | I | |
| G72/G73 | X | Z | K | |
| G72/G73 | X | Z | A | |
| G72/G73 | X | I | K | Kryterium łuku |
| G72/G73 | Z | I | K | Kryterium łuku |
| G72/G73 | X | I | A | Kryterium łuku |
| G72/G73 | X | K | A | Kryterium łuku |
| G72/G73 | Z | I | A | Kryterium łuku |
| G72/G73 | Z | K | A | Kryterium łuku |
| G72/G73 | X | A | B | Kryterium łuku |
| G72/G73 | Z | A | B | Kryterium łuku |
| G72/G73 | X | Z | B | Kryterium łuku |

Łuk kołowy wychodzący stycznie w kierunku osi współrzędnych

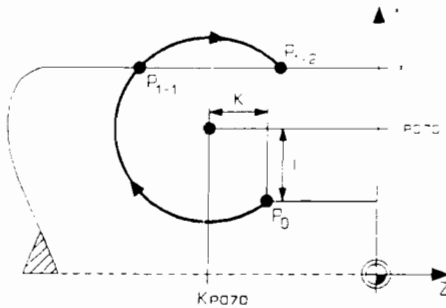
Jak opisano już wyżej, przy programowaniu łuku kołowego jako ciągu 2-punktowego potrzebne są trzy adresy. Jeżeli jednak koniec łuku kołowego przebiega, na przykład, stycznie do kierunku osi Z, wtedy znany jest jego kąt końcowy. Przy znanym oprócz tego promieniu i współrzędnej X punktu końcowego, sterowanie obliczy bez trudu jego współrzędną Z.

Liczba rozwiązań

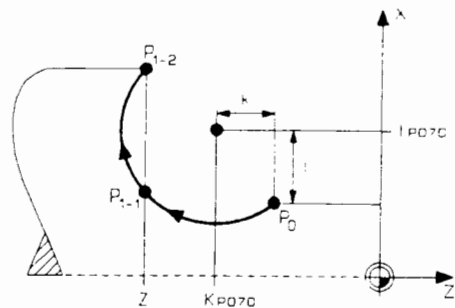
W zależności od promienia i programowanych współrzędnych punktu końcowego zadanie może mieć zero, jedno lub dwa rozwiązania.

| Łuk kołowy (2 adresy) | | | Wybór rozwiązania |
|-----------------------|---|---|-------------------|
| G72/G73 | X | B | Kryterium kąta |
| G72/G73 | Z | B | Kryterium kąta |

Przykłady ciągów konturowych z wieloma rozwiązaniami

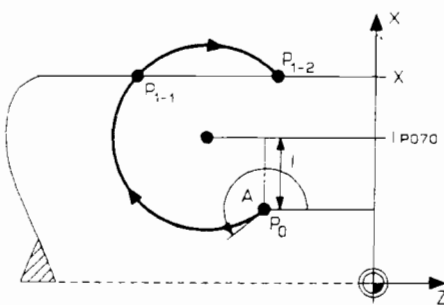


G72 X.. I.. K.. (P070) P001 lub P002

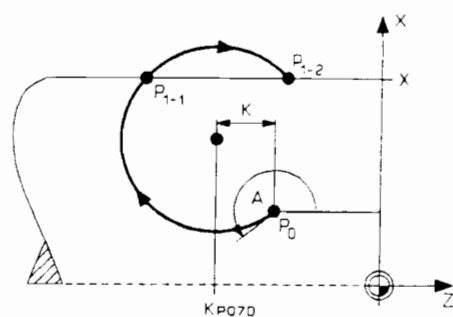


G72 Z.. I.. K.. (P070) P001 lub P002

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium łuku: P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

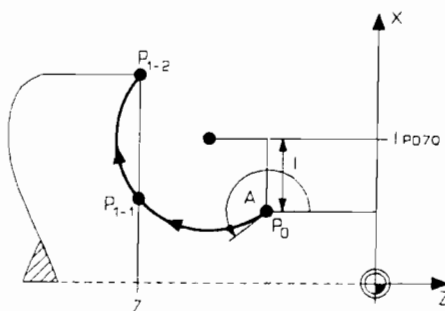


G72 X.. I.. A.. (P070) P001 lub P002

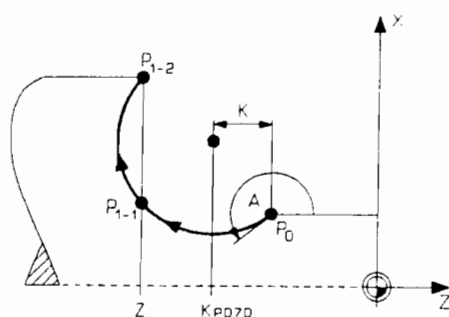


G72 X.. K.. A.. P001 lub P002

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium łuku: P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

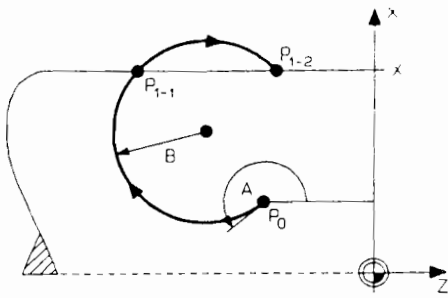


G72 Z.. I.. A.. (P070) P001 lub P002

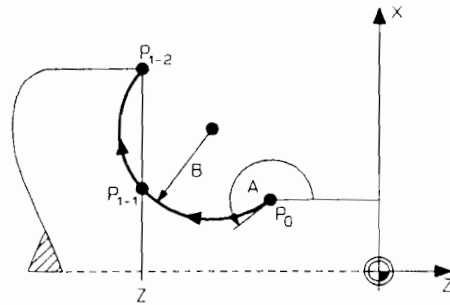


G72 Z.. K.. A.. (P070) P001 lub P002

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium łuku: P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

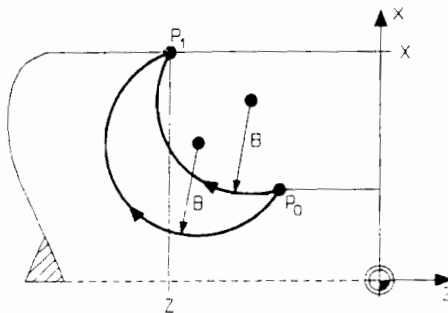


G72 X.. A.. B.. P001 lub P002



G72 Z.. A.. B.. P001 lub P002

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium łuku: P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

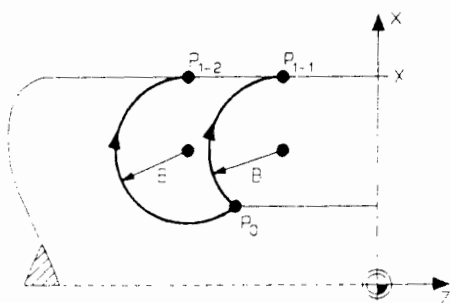


G72 X.. Z.. B.. P001 lub P002

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium łuku:
 P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002.

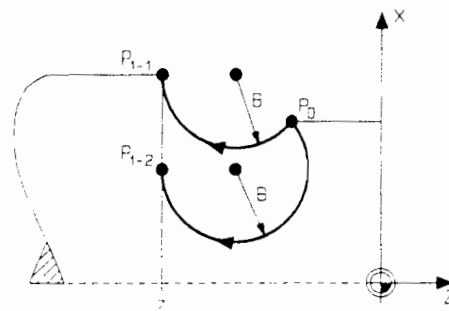
Przykład dla łuku kołowego wychodzącego stycznie w kierunku osi.

wychodząc stycznie z kierunku osi Z



G72 X.. B.. P001 lub P002

wychodząc stycznie z kierunku osi X

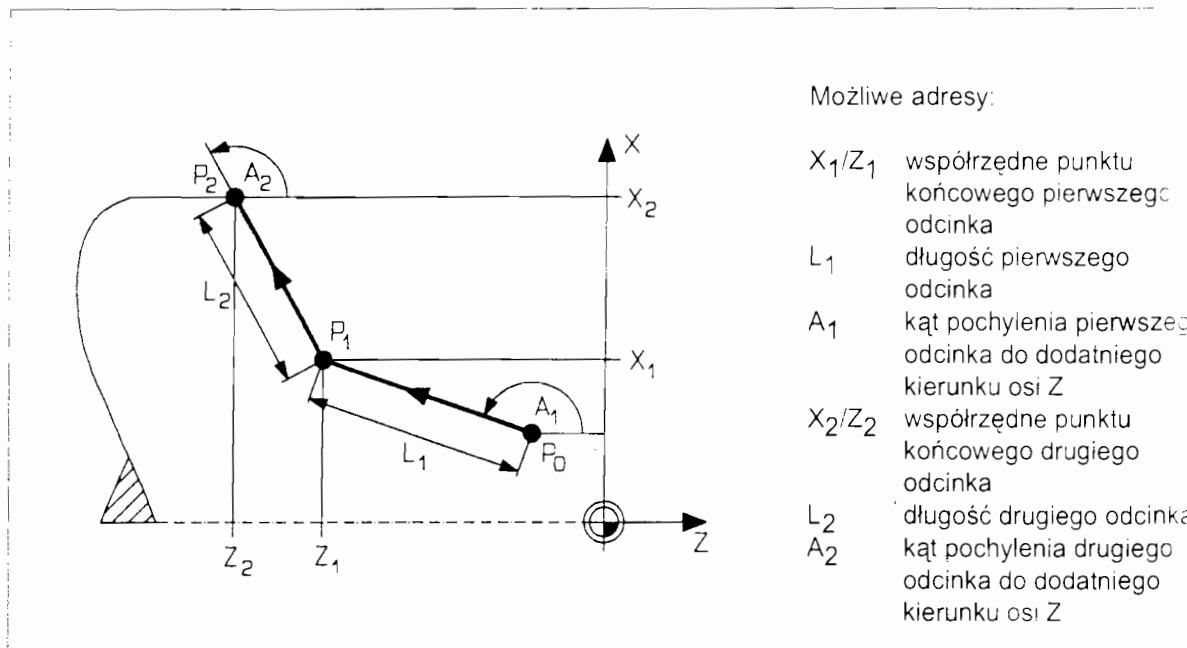


G72 Z.. B.. P001 lub P002

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium łuku:
 P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

6.4 Ciąg 3-punktowy: odcinek – odcinek G71G71

Wychodząc ze znanego punktu początkowego P_0 , można programować: stępujące po sobie odcinki jako ciąg 3-punktowy. Przy czym, zgodnie z ciągiem 3-punktowym, pierwszy odcinek nie jest jeszcze określony. Punkt końca tego odcinka jest określony dopiero w następnym bloku-NC, dotyczącym drugiego odcinka. W sumie, w obu blokach programu, należy podać cztery adresy:



Rys. 6.4.1 Ciąg 3-punktowy składający się z dwóch odcinków.

Liczba rozwiązań

Rozwiązanie nie jest zawsze jednoznaczne, w zależności od programowania adresów. Może się zdarzyć, że po podaniu pewnych kombinacji adresów nie ma żadnych rozwiązań, albo są dwa rozwiązania (patrz także na adresy przy programowaniu ciągów konturowych). W przypadku dwóch rozwiązań proszę przyjąć rozwiązanie na podstawie tabeli wg. „kryterium kąta”. Rozwiązania te zostały objaśnione na rysunkach.

Wskazówki przy programowaniu

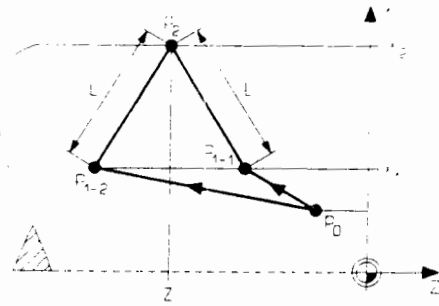
Jeżeli na podstawie programowanych adresów zadanie ma dwa rozwiązania, to zostały podane adresy P001 lub P002 do wyboru, wtedy sterowanie wybiera automatycznie pierwsze rozwiązanie tzn. P001.

Jeśli pierwszy blok-NC zawiera dwa adresy, to ciąg 3-punktowy zmienia się w ciąg 2-punktowy.

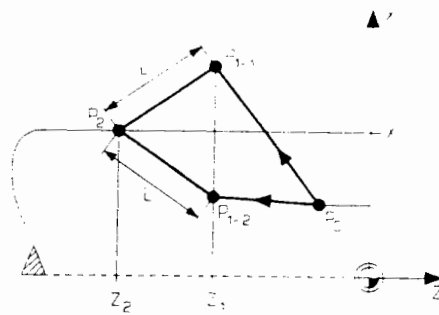
Przegląd stosowanych ciągów 3-punktowych:

| Odcinek – odcinek | | | | | Wybór rozwiązania |
|-------------------|---|---|---|---|-------------------|
| G71 | X | | | | |
| G71 | X | Z | A | | |
| G71 | X | | | | |
| G71 | Z | L | A | | |
| G71 | Z | | | | |
| G71 | X | Z | A | | |
| G71 | X | | | | Kryterium kąta |
| G71 | X | Z | L | | |
| G71 | Z | | | | Kryterium kąta |
| G71 | X | Z | L | | |
| G71 | Z | | | | |
| G71 | X | L | A | | |
| G71 | L | | | | Kryterium kąta |
| G71 | X | Z | L | | |
| G71 | L | | | | Kryterium kąta |
| G71 | X | Z | A | | |
| G71 | L | | | | Kryterium kąta |
| G71 | X | L | A | | |
| G71 | L | | | | Kryterium kąta |
| G71 | Z | L | A | | |
| G71 | A | | | | Kryterium odcinka |
| G71 | X | Z | L | | |
| G71 | A | | | | |
| G71 | X | Z | A | | |
| G71 | A | | | | |
| G71 | X | L | A | | |
| G71 | A | | | | |
| G71 | Z | L | A | | |
| G71 | X | Z | L | A | |

Przykłady ciągów konturowych z wieloma rozwiązaniami

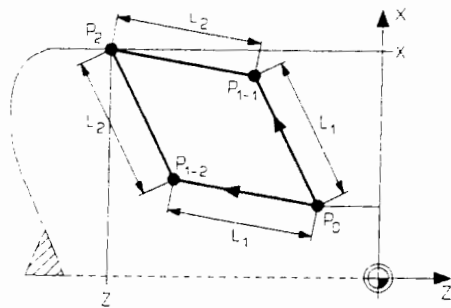


G71 X.. P001 lub P002
G71 X.. Z.. L..

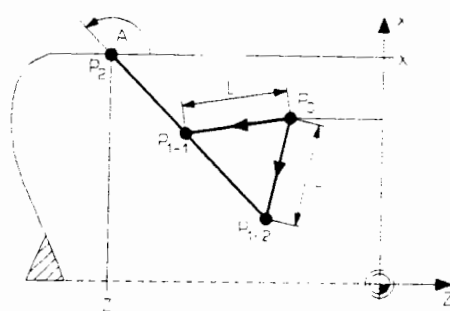


G71 Z.. P001 lub P002
G71 X.. Z.. L..

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium kąta: P_{1-1} (mniejszy kąt) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (większy kąt) programowanie z adresem P002

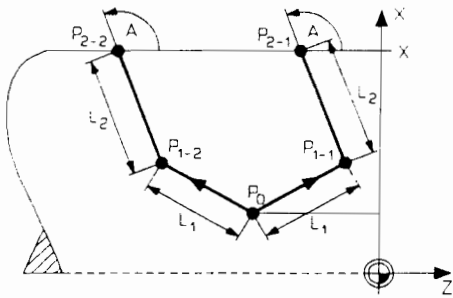


G71 L.. P001 lub P002
G71 X.. Z.. L..

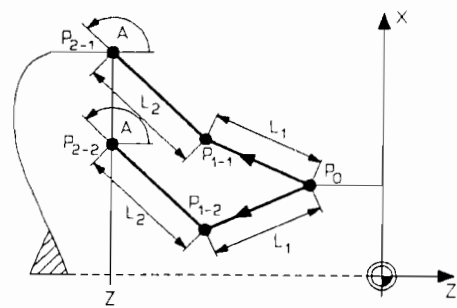


G71 L.. P001 lub P002
G71 X.. Z.. A..

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium kąta: P_{1-1} (mniejszy kąt) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (większy kąt) programowanie z adresem P002

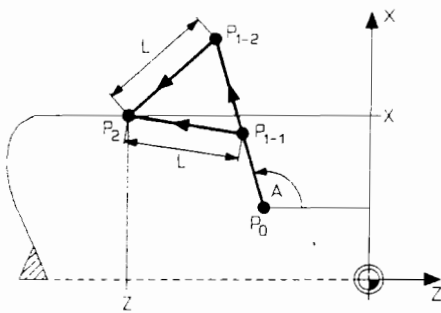


G71 L.. P001 lub P002
G71 X.. L.. A..



G71 L.. P001 lub P002
G71 Z.. L.. A..

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium kąta: P_{1-1} (mniejszy kąt) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (większy kąt) programowanie z adresem P002



Blok-NC:
G71 A.. P001 lub P002
G71 X.. Z.. L..

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium odcinka: P_{1-1} (krótszy odcinek) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy odcinek) programowanie z adresem P002

6.5 Ciąg 3-punktowy: łuk kołowy – odcinek G72/G71

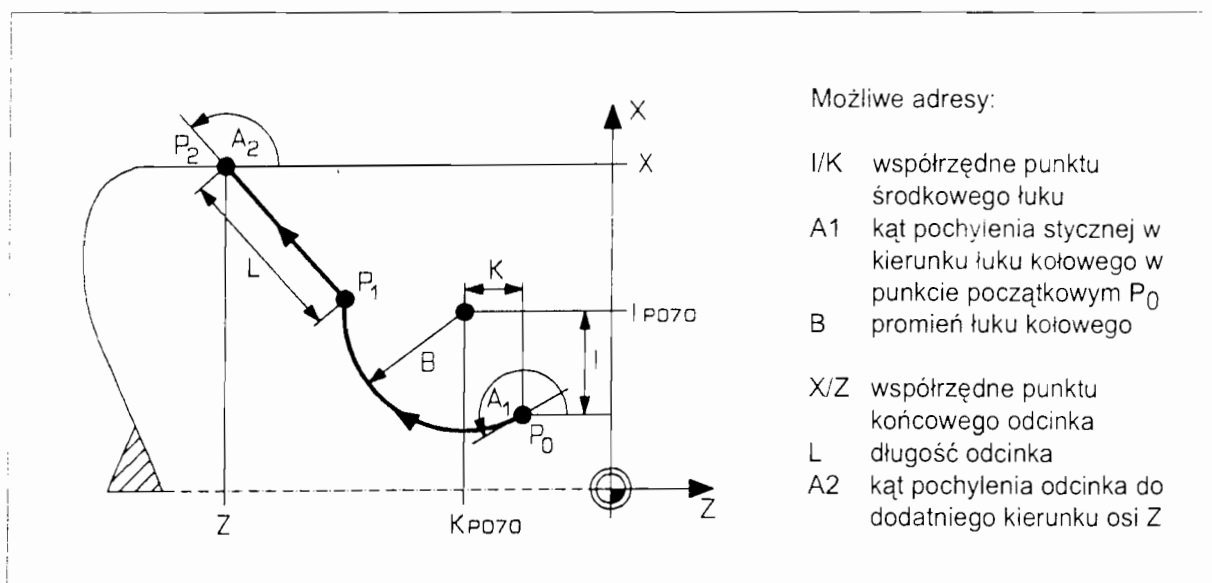
Wychodząc ze znanego punktu początkowego P_0 można programować łuk kołowy następujący po odcinku, jako ciąg 3-punktowy. Zgodnie z definicją tego łuku kołowy jest jeszcze na początku nieokreślony. Przebieg konturu zostaje w pełniznaczony poprzez podanie parametrów odcinka w drugim bloku NC.

Alternatywne adresy

Pierwszym elementem konturu jest łuk kołowy. Wychodzi on ze znanego punktu początkowego P_0 , a jego punkt środkowy i promień mogą być określone alternatywnie za pomocą następujących czterech adresów:

- I, K współrzędne punktu środkowego łuku
- A, I kąt początkowy i punkt środkowy w kierunku X
- A, K kąt początkowy i punkt środkowy w kierunku Z
- A, B kąt początkowy i promień

W dalszym ciągu, ze względu na przejrzystość, przedstawione zostaną tylko łuki kołowe o współrzędnych środka I i K.



Rys 6.5.1 Ciąg 3-punktowy składający się z łuku kołowego i odcinka

Ciąg 3-punktowy składający się z łuku kołowego i odcinka jest możliwy do określenia, kiedy dla obu elementów konturu w sumie zostanie zaprogramowanych pięć z podanych wyżej adresów. Jeżeli zostaną zaprogramowane tylko cztery adresy, wtedy dodatkowym adresem jest warunek przejścia stycznego między dwoma elementami.

Liczba rozwiązań

W zależności od programowanych adresów rozwiązanie nie jest zawsze jednoznaczne (patrz także na adresy przy programowaniu ciągów konturowych). Może się zdarzyć, że po podaniu pewnych kombinacji adresów jest zero, jedno lub dwa rozwiązania.

Wskazówki przy programowaniu

Dla ciągów konturowych, które mają dwa rozwiązania, właściwy kontur programowany jest zgodnie z kryterium łuku poprzez podanie adresu **P001** (krótszy łuk) lub **P002** (dłuższy łuk).

Jeżeli współrzędne punktu środkowego okręgu podawane są w sposób absolutny wtedy w tym samym bloku NC powinien być podawany również adres P070.

Przegląd stosowanych ciągów 3-punktowych:

| Łuk kołowy – odcinek (5 adresów) | | | | Wybór rozwiązania |
|----------------------------------|--------|--------|---|-------------------|
| G72/G73 G71 | I X | K Z | A | Kryterium łuku |
| G72/G73 G71 | I X | K Z | L | Kryterium łuku |
| G72/G73 G71 | I X | K L | A | Kryterium łuku |
| G72/G73 G71 | I Z | K L | A | Kryterium łuku |

Ze stycznym przejściem do odcinka**Wskazówki przy programowaniu**

Jeśli drugi element ciągu 3-punktowego określony jest liczbą adresów mniejszą o jeden od liczby wymaganej w ogólnym przypadku, to przyjmuje się, że zachodzi styczne przejście między dwoma elementami.

Dla następujących ciągów konturów, warunek stycznego przejścia można programować dodatkowo za pomocą adresu P000 podanego w drugim bloku.

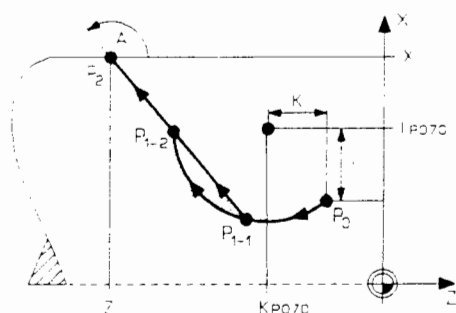
| Łuk kołowy – odcinek (4 adresy) | | | | Wybór rozwiązania |
|---------------------------------|--------|--------|----------|-------------------|
| G72/G73 G71 | I X | K Z | [P000] | |
| G72/G73 G71 | I X | K A | [P000] | |
| G72/G73 G71 | I X | K L | [P000] | Kryterium łuku |
| G72/G73 G71 | I Z | K A | [P000] | |
| G72/G73 G71 | I Z | K L | [P000] | Kryterium łuku |
| G72/G73 G71 | I L | K A | [P000] | |
| G72/G73 G71 | B X | Z | A [P000] | Kryterium łuku |

Proszę zwrócić uwagę na to, że we wszystkich przypadkach środek łuku kołowego (pierwszy element) może być programowany alternatywnie przez adresy I K, A I, A K albo A B.

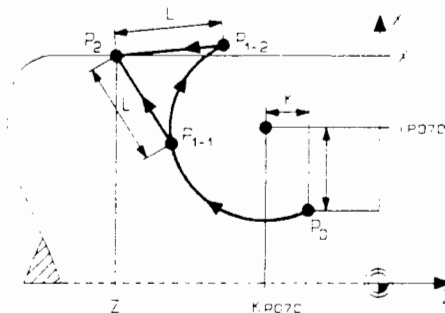
Przykłady dla ciągów konturów z wieloma rozwiązaniami

Wskazówka

Aby uniknąć powtórzeń, rozpatrywane będą tylko ciągi konturowe dla łuków skierowanych zgodnie z ruchem wskazówek zegara (G72). Oczywiście takie mogą być pomocne dla łuków kołowych skierowanych przeciwnie do wskazówek zegara (G73)

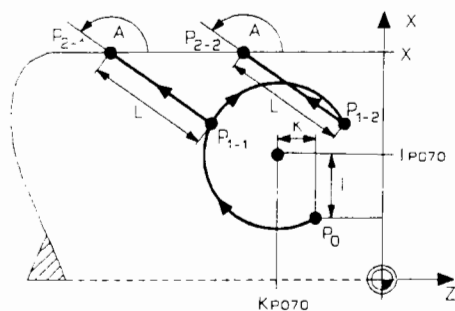


G72 I.. K.. (P070) P001 lub P002
G71 X.. Z.. A..

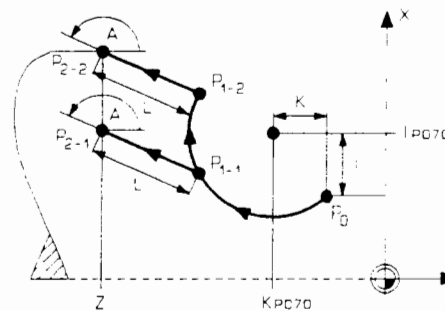


G72 I.. K.. (P070) P001 lub P002
G71 X.. Z.. L..

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium łuku: P₁₋₁ (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P₁₋₂ (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002



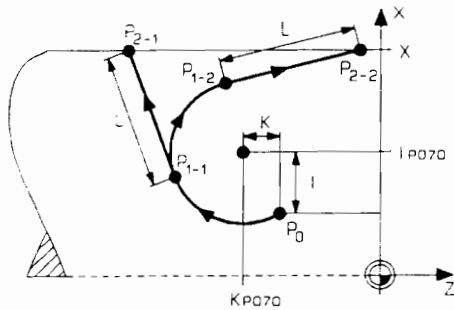
G72 I.. K.. (P070) P001 lub P002
G71 X.. L.. A..



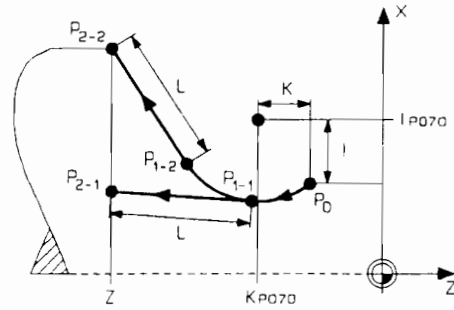
G72 I.. K.. (P070) P001 lub P002
G71 Z.. L.. A..

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium łuku: P₁₋₁ (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P₁₋₂ (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

Przykłady stycznego przejścia do odcinka

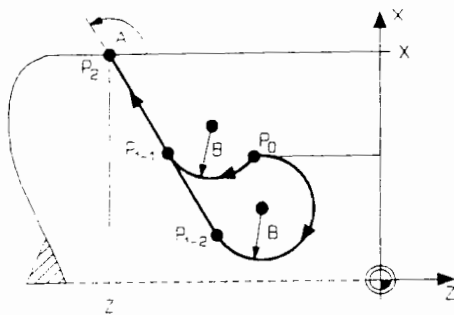


G72 I.. K.. (P070) P001 lub P002
G71 X.. L.. [P000]



G72 I.. K.. (P070) P001 lub P002
G71 Z.. L.. [P000]

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium łuku: P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

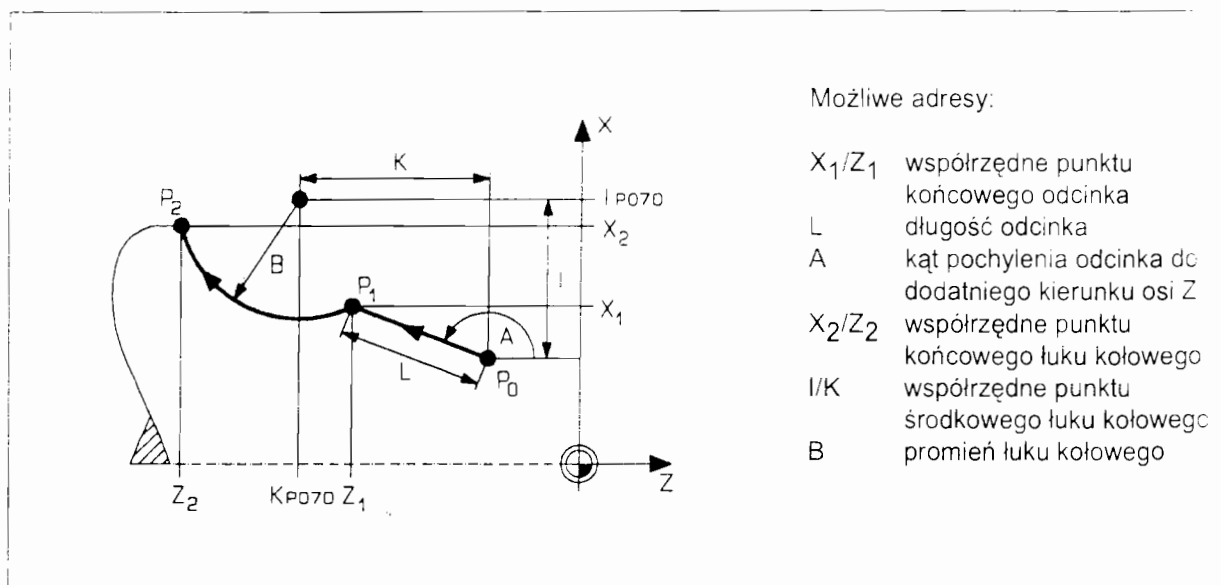


G72 B.. P001 lub P002
G71 X.. Z.. A.. [P000]

Wybór rozwiązania na podstawie kryterium łuku:
 P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

6.6 Ciąg 3-punktowy: odcinek – łuk kołowy G71/G72

Wychodząc ze znanego punktu początkowego P_0 można programować składający się z odcinka i łuku kołowego jako ciąg 3-punktowy. Zgodnie z definicją tego ciągu odcinek jeszcze jest na początku nieokreślony. Przebieg konturu zostanie w pełni wyznaczony poprzez podanie parametrów łuku kołowego w drugim bloku NC.



Rys 6.6.1 Ciąg 3-punktowy składający się z odcinka i łuku kołowego

Liczba rozwiązań

W zależności od programowanych adresów, rozwiązanie nie jest zawsze jednoznaczne (patrz także na adresy przy programowaniu ciągów konturowych). Może się zdarzyć, że po podaniu pewnych kombinacji adresów jest zero, jedno, dwa, trzy lub cztery rozwiązania.

Wskazówki przy programowaniu

Dla ciągów konturowych posiadających więcej rozwiązań, wybrany przebieg konturu określony jest przez podanie adresu **P001** lub **P002**.

Ciąg 3-punktowy składający się z odcinka i łuku kołowego jest możliwy do określenia, kiedy dla obu elementów konturu w sumie zostanie zaprogramowanych **pięć** z podanych wyżej adresów. Przy czym odcinek może być programowany **maksymalnie za pomocą jednego adresu**. Jeżeli nie jest to spełnione, wtedy odcinek stanowi już ciąg 2-punktowy.

Jeżeli podczas programowania przebiegu konturu zostanie podane mniej niż pięć adresów, muszą być spełnione dodatkowe warunki geometryczne dla konturu, podane w tabeli.

| Liczba programowalnych adresów | dodatkowe warunki dla przebiegu konturu |
|--------------------------------|--|
| 4 => | 1. przejście styczne |
| 3 => | 1. przejście styczne i 2. wyjście równoległe do osi współrzędnych |

Jeżeli współrzędne punktu środkowego koła podawane są w sposób absolutny, wtedy w tym samym bloku NC powinien być podawany adres P070.

Ażeby uniknąć powtórzeń, rozpatrywane będą tylko ciągi konturowe dla łuków kołowych skierowanych zgodnie z ruchem wskazówek zegara (G72). Oczywiście, przykłady te mogą być pomocne dla łuków kołowych skierowanych przeciwnie do ruchu wskazówek zegara (G73).

Przegląd stosowanych ciągów 3-punktowych:

| Odcinek – łuk kołowy (5 adresów) | | | | | Wybór rozwiązania |
|----------------------------------|---|---|---|---|-------------------------------------|
| G71 | X | | | | Kryterium odcinka |
| G72/G73 | X | Z | I | K | |
| G71 | Z | | | | Kryterium odcinka |
| G72/G73 | X | Z | I | K | |
| G71 | X | | | | Kryterium odcinka Kryterium łuku |
| G72/G73 | X | I | K | B | |
| G71 | X | | | | Kryterium odcinka Kryterium łuku |
| G72/G73 | Z | I | K | B | |
| G71 | Z | | | | Kryterium odcinka Kryterium łuku |
| G72/G73 | X | I | K | B | |
| G71 | Z | | | | Kryterium odcinka Kryterium łuku |
| G72/G73 | Z | I | K | B | |
| G71 | L | | | | Kryterium kąta |
| G72/G73 | X | Z | I | K | |
| G71 | L | | | | Kryterium kąta Kryterium łuku |
| G72/G73 | X | I | K | B | |
| G71 | L | | | | Kryterium kąta Kryterium łuku |
| G72/G73 | Z | I | K | B | |
| G71 | A | | | | Kryterium odcinka |
| G72/G73 | X | Z | I | K | |
| G71 | A | | | | Kryterium odcinka Kryterium łuku |
| G72/G73 | X | I | K | B | |
| G71 | A | | | | Kryterium odcinka Kryterium łuku |
| G72/G73 | Z | I | K | B | |

Ze stycznym przejściem z odcinka w łuk kołowy**Wskazówki przy programowaniu**

Jeśli drugi element ciągu 3-punktowego określony jest liczbą adresów mniejszą od jednej od liczby wymaganej w ogólnym przypadku, to przyjmuje się, że za styczne przejście między dwoma elementami.

Dla następujących ciągów konturowych warunk stycznego przejścia można programować za pomocą adresu P000 w drugim bloku opisującym kontur.

| Odcinek – łuk kołowy (4 adresy) | | | | | | Wybór rozwiązania |
|---------------------------------|---|---|---|--------|--------|-------------------|
| G71 | A | | | | | kryterium łuku |
| G72/G73 | X | Z | B | [P000] | | |
| G71 | | | | | | |
| G72/G73 | X | Z | I | K | [P000] | |
| G71 | | | | | | kryterium łuku |
| G72/G73 | X | I | K | B | [P000] | |
| G71 | | | | | | kryterium łuku |
| G72/G73 | Z | I | K | B | [P000] | |

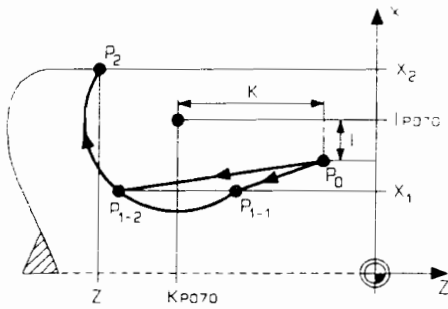
Z wyjściem równoległym do osi

| Odcinek – łuk kołowy (3 adresy) | | | | | | Wybór rozwiązania |
|---------------------------------|---|---|--------|--|--|----------------------------------|
| G71 | A | | | | | Kryterium łuku Kryterium łuku |
| G72/G73 | X | B | [P000] | | | |
| G71 | A | | | | | Kryterium łuku Kryterium łuku |
| G72/G73 | Z | B | [P000] | | | |

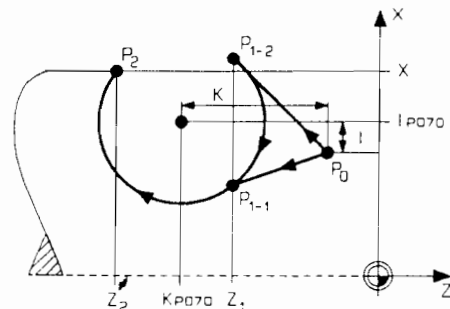
Wskazówka

Jeżeli rozwiązania alternatywne różnią się kątami jak i długościami odcinków, należy dokonywać wyboru zawsze na podstawie kryterium kąta.

Przykłady ciągów konturowych z wieloma rozwiązaniami

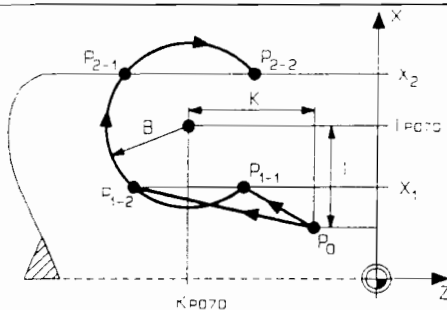


G71 X.. P001 lub P002
G72 X.. Z.. I.. K.. (P070)

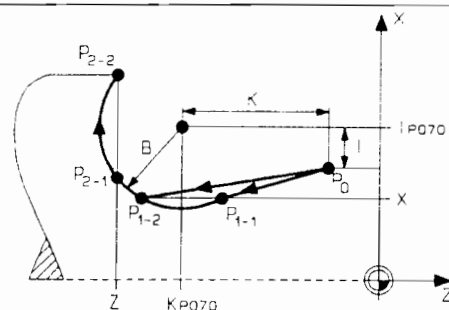


G71 Z.. P001 lub P002
G72 X.. Z.. I.. K.. (P070)

Wybór alternatywny na podstawie kryterium kąta: P_{1-1} (mniejszy kąt) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (większy kąt) programowanie z adresem P002



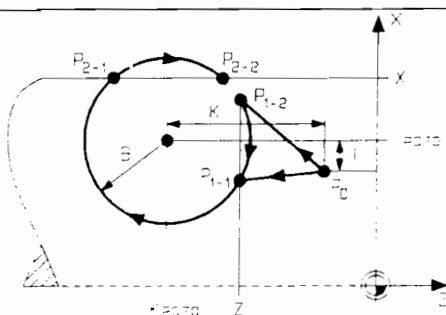
G71 X.. P001 lub P002
G72 X.. I.. K.. B.. (P070) P001 lub P002



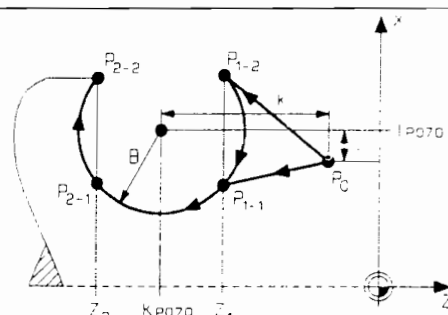
G71 X.. P001 lub P002
G72 Z.. I.. K.. B.. (P070) P001 lub P002

W pierwszym bloku G71 wybór alternatywny na podstawie kryterium kąta: P_{1-1} (mniejszy kąt) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (większy kąt) programowanie z adresem P002

W drugim bloku G72 wybór alternatywny na podstawie kryterium łuku: P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002



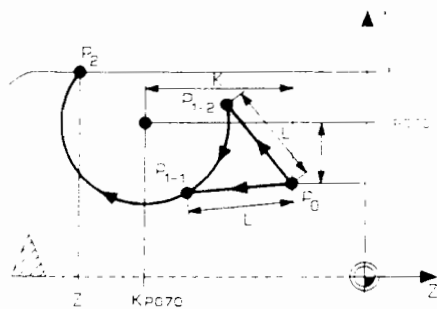
G71 Z.. P001 lub P002
G72 X.. I.. K.. B.. (P070) P001 lub P002



G71 Z.. P001 lub P002
G72 Z.. I.. K.. B.. (P070) P001 lub P002

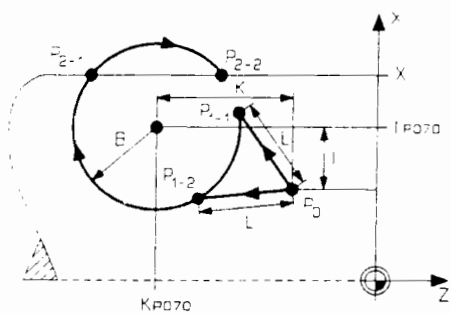
W pierwszym bloku G71 wybór alternatywny na podstawie kryterium kąta: P_{1-1} (mniejszy kąt) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (większy kąt) programowanie z adresem P002

W drugim bloku G72 wybór alternatywny na podstawie kryterium łuku: P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

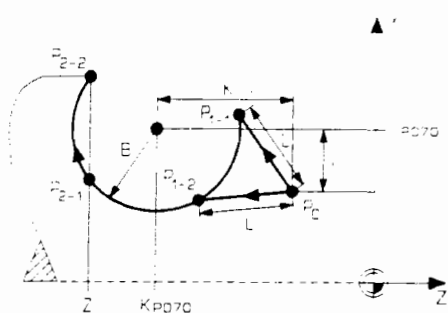


G71 L.. P001 lub P002
G72 X.. Z.. I.. K.. (P070)

Wybór alternatywny na podstawie kryterium kąta: P_{1-1} (mniejszy kąt) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (większy kąt) programowanie z adresem P002



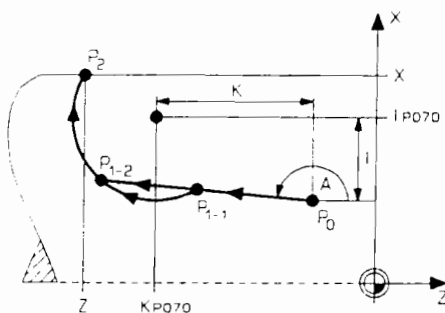
G71 L.. P001 lub P002
G72 X.. I.. K.. B.. (P070) P001 lub P002



G71 L.. P001 lub P002
G72 Z.. I.. K.. B.. (P070) P001 lub P002

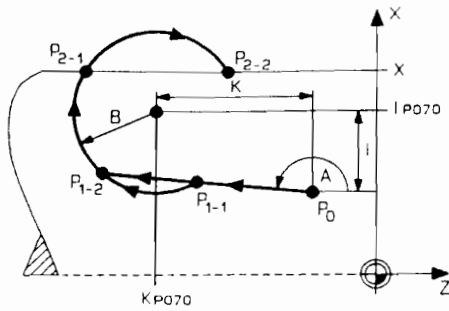
W pierwszym bloku G71 wybór alternatywny na podstawie kryterium kąta: P_{1-1} (mniejszy kąt) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (większy kąt) programowanie z adresem P002

W drugim bloku G72 wybór alternatywny na podstawie kryterium łuku: P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

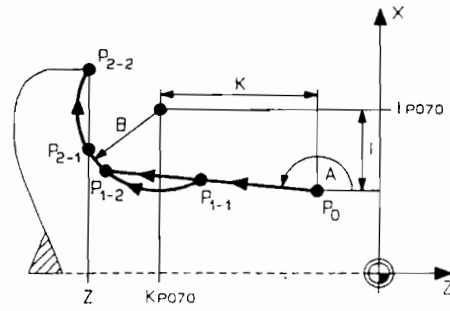


G71 A.. P001 lub P002
G72 X.. Z.. I.. K.. (P070)

Wybór alternatywny na podstawie kryterium odcinka: P_{1-1} (krótszy odcinek) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy odcinek) programowanie z adresem P002



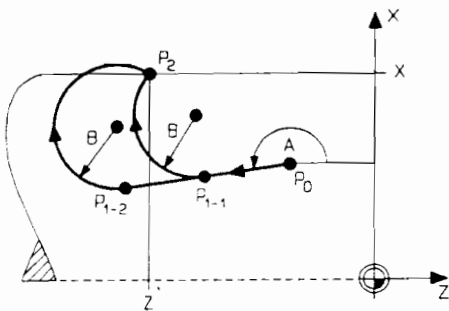
G71 A.. P001 lub P002
G72 X.. I.. K.. B.. (P070) P001 lub P002



G71 A.. P001 lub P002
G72 Z.. I.. K.. B.. (P070) P001 lub P002

W pierwszym bloku G71 wybór alternatywny na podstawie kryterium odcinka: P_{1-1} (krótszy odcinek) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy odcinek) programowanie z adresem P002. W drugim bloku G72 wybór alternatywny na podstawie kryterium łuku: P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

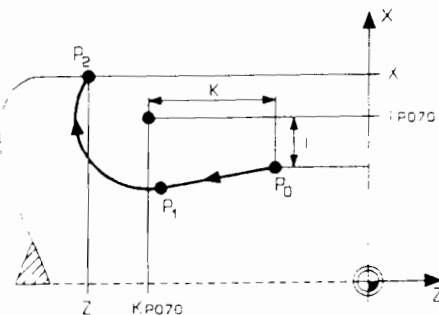
Ze stycznym przejściem



G71 A.. P001 lub P002
G72 X.. Z.. B.. [P000]

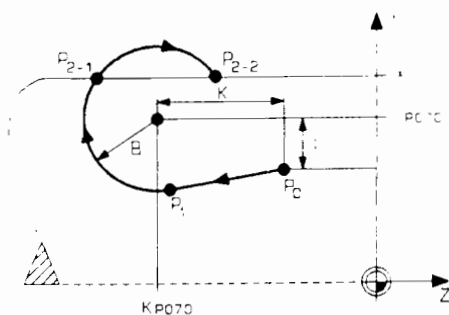
Wybór alternatywny na podstawie kryterium łuku:
 P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001
i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

Warunek:
Odcinek przechodzi stycznie w łuk kołowy

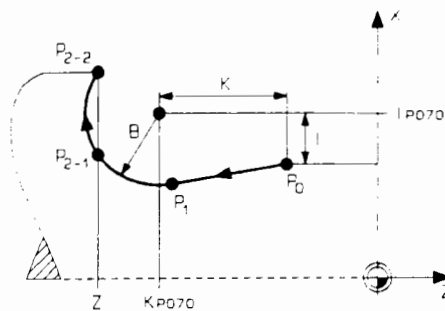


G71
G72 X.. Z.. I.. K.. (P070) [P000]

Warunek:
Odcinek przechodzi stycznie w łuk kołowy



G71
G72 X.. I.. K.. B.. (P070) [P000]
P001 lub P002

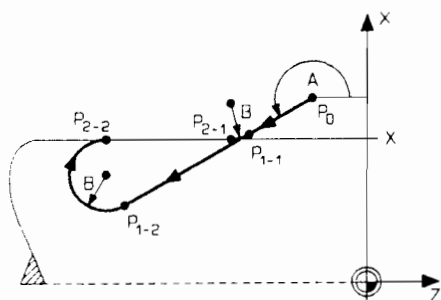


G71
G72 Z.. I.. K.. B.. (P070) [P000]
P001 lub P002

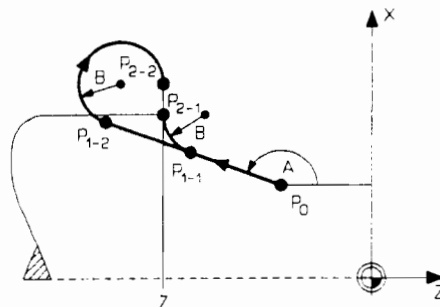
Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium łuku: P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

Warunek: Odcinek przechodzi stycznie w łuk kołowy

Ze stycznym przejściem i wyjściem równoległym do osi



G71 A.. P001 lub P002
G72 X.. B.. [P000]



G71 A.. P001 lub P002
G72 Z.. B.. [P000]

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium łuku: P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

Warunek: 1. Odcinek przechodzi stycznie w łuk kołowy
2. Łuk kołowy wychodzi równoległe do osi Z

6.7 Ciąg 3-punktowy: łuk kołowy- łuk kołowy G72/G71

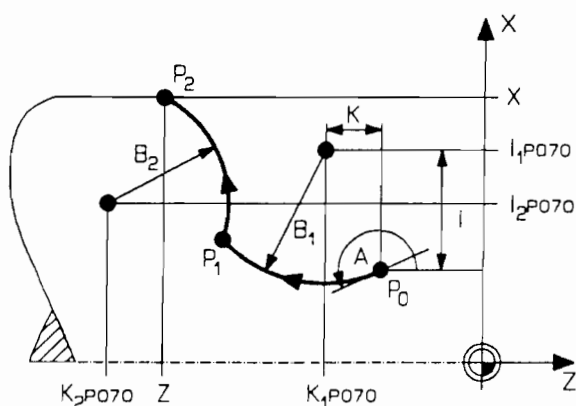
Wychodząc ze znanego punktu początkowego P_0 można programować dwa łuki kołowe jako ciąg 3-punktowy. Zgodnie z definicją tego ciągu, pierwszy łuk kołowy jest jeszcze na początku nieokreślony. Przebieg konturu zostaje w pełni wyznaczony poprzez podanie parametrów drugiego łuku kołowego w drugim bloku NC.

Alternatywne adresy

Pierwszym elementem konturu jest łuk kołowy. Wychodzi on ze znanego punktu początkowego P_0 , a jego punkt środkowy i promień mogą być określone **alternatywnie** za pomocą czterech następujących adresów:

- I, K** współrzędne punktu środkowego łuku
- A, I** kąt początkowy i punkt środkowy w kierunku X
- A, K** kąt początkowy i punkt środkowy w kierunku Z
- A, B** kąt początkowy i promień

W dalszym ciągu ze względu na przejrzystość, przedstawione zostaną tylko łuki kołowe o współrzędnych środka I i K.

**Możliwe adresy:**

- I/K** współrzędne punktu środkowego pierwszego łuku kołowego
- A** kąt pochylenia stycznej w kierunku łuku w punkcie początkowym P_0 .
- B1** promień pierwszego łuku kołowego
- I/K** współrzędne punktu środkowego drugiego łuku kołowego
- B2** promień drugiego łuku kołowego
- X/Z** współrzędne punktu końcowego drugiego łuku

Liczba rozwiązań

W zależności od programowanych adresów rozwiązanie nie jest zawsze jednoznaczne (patrz także na adresy przy programowaniu ciągów konturowych). Może się zdarzyć, że po podaniu pewnych kombinacji adresów jest zero, jedno, dwa, trzy lub cztery rozwiązania.

Wskazówki przy programowaniu

Dla ciągów konturowych, które mają więcej rozwiązań, właściwy kontur programowany jest zgodnie z kryterium łuku poprzez podanie adresu **P001** (mniejszy łuk) lub **P002** (większy łuk).

Jeżeli współrzędne punktu środkowego koła podawane są w sposób absolutny, wtedy w tym właśnie bloku-NC powinien być podawany adres P070.

Ciąg 3-punktowy składający się z dwóch łuków kołowych jest możliwy do określenia, kiedy dla obu elementów konturu w sumie zostanie zaprogramowanych sześć z podanych wyżej adresów. Jeżeli zostanie zaprogramowane mniej adresów, a także dodatkowe warunki przebiegu konturu zostaną przyjęte z następującej tabeli

| Liczba programowanych adresów | Dodatkowe warunki przy programowaniu |
|-------------------------------|--|
| 5 > | 1. styczne przejście |
| 4 > | 1. styczne przejście i 2. wyjście równoległe do osi |
| 3 > | 1. styczny początek, 2. styczne przejście i 3. wyjście równoległe do osi |

Przegląd stosowanych ciągów 3-punktowych

| Łuk kołowy – łuk kołowy (6 adresów) | | | | | Wybór rozwiązania |
|-------------------------------------|---|---|---|---|----------------------------------|
| G72/G73 | I | K | | | kryterium łuku |
| G72/G73 | X | Z | I | K | |
| G72/G73 | I | K | | | kryterium łuku kryterium łuku |
| G72/G73 | X | I | K | B | |
| G72/G73 | I | K | | | kryterium łuku kryterium łuku |
| G72/G73 | Z | I | K | B | |

Ze stycznym przejściem

Wskazówki przy programowaniu

Jeśli drugi element ciągu 3-punktowego określony jest liczbą adresów mniejszą o jeden od liczby wymaganej w ogólnym przypadku, to przyjmuje się, że ma miejsce styczne przejście pomiędzy dwoma elementami ciągu.

Przy następujących ciągach konturowych można programować warunek stycznego przejścia za pomocą adresu P000 umieszczonego w drugim bloku programu opisującym kontur.

| Łuk kołowy – łuk kołowy (5 adresów) | | | | | Wybór rozwiązania |
|-------------------------------------|---|---|---|--------|-------------------|
| G72/G73 | I | K | | | kryterium łuku |
| G72/G73 | X | Z | B | [P000] | |

Ze stycznym przejściem i równoległym do osi wyjściem

| Łuk kołowy – łuk kołowy (4 adresy) | | | | | Wybór rozwiązania |
|------------------------------------|---|---|--|--------|-------------------|
| G72/G73 | I | K | | | kryterium łuku |
| G72/G73 | X | B | | [P000] | |
| G72/G73 | I | K | | | kryterium łuku |
| G72/G73 | Z | B | | [P000] | |

Ze stycznym przejściem oraz początkiem i wyjściem równoległe do osi współrzędnych

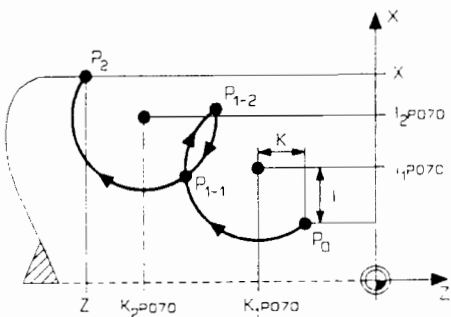
| Łuk kołowy – łuk kołowy (3 adresy) | | | | Wybór rozwiązania |
|------------------------------------|----------|----------|--------|-------------------|
| G72/G73 | B | | | kryterium łuku |
| G72/G73 | X | B | [P000] | |
| G72/G73 | B | | | kryterium łuku |
| G72/G73 | Z | B | [P000] | |

Proszę zwrócić uwagę na to, że pierwszy łuk kołowy jako element konturu może być we wszystkich przykładach programowany również alternatywnie (zamiast współrzędnych środka koła I i K) za pomocą adresów A I, A K, lub A B.

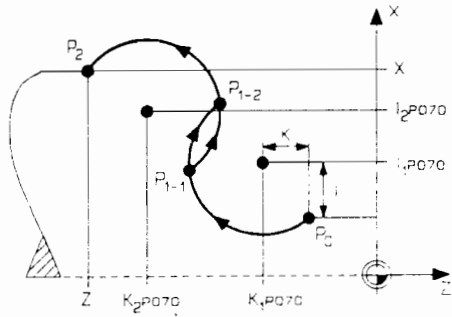
Przykłady ciągów konturowych z wieloma rozwiązaniami

Wskazówka

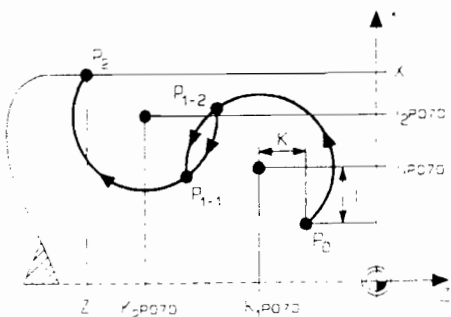
Ażeby uniknąć powtórzeń, rozpatrywane będą tylko ciągi konturowe dla łuków kołowych skierowanych zgodnie z ruchem wskazówek zegara (G72). Oczywiście, przykłady te mogą być pomocne dla łuków kołowych skierowanych przeciwnie do ruchu wskazówek zegara (G73).
Tylko dla pierwszego przykładu pokazano raz wszystkie kombinacje z adresem G72 i adresem G73.



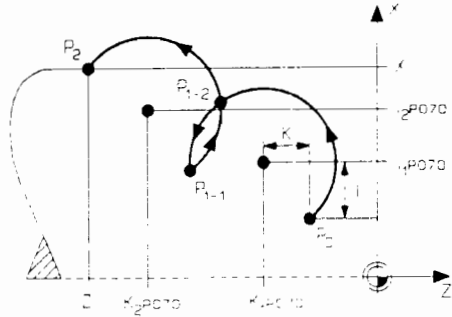
G72 I.. K.. (P070) P001 lub P002
G72 X.. Z.. I.. K.. (P070)



G72 I.. K.. (P070) P001 lub P002
G73 X.. Z.. I.. K.. (P070)

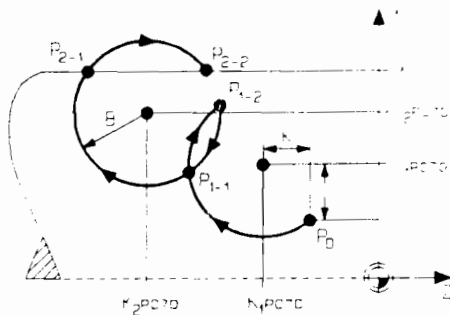


G73 I.. K.. (P070) P001 lub P002
G72 X.. Z.. I.. K.. (P070)



G73 I.. K.. (P070) P001 lub P002
G73 X.. Z.. I.. K.. (P070)

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium łuku: P₁₋₁ (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P₁₋₂ (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

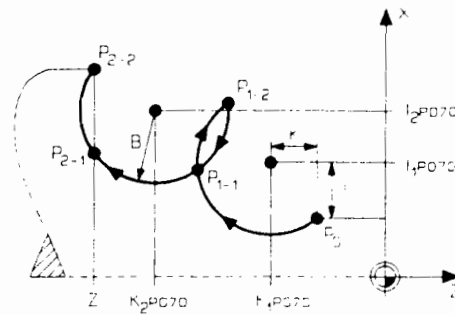


G72 I.. K.. (P070) P001 lub P002
G72 X.. I.. K.. B.. [P070] P001 lub P002

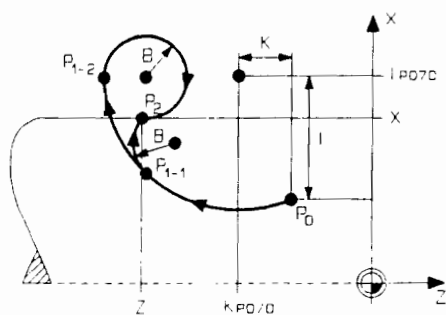
Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium łuku.

1. Łuk kołowy: P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

2. Łuk kołowy: P_{2-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{2-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002



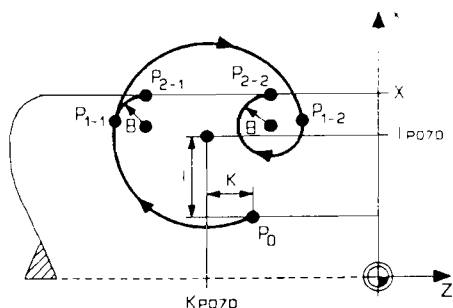
G72 I.. K.. (P070) P001 lub P002
G72 Z.. I.. K.. B.. [P070] P001 lub P002



G72 I.. K.. (P070) P001 lub P002
G72 X.. Z.. B.. [P000]

Wybór alternatywny na podstawie kryterium łuku:
 P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001
i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

Warunek:
Przejście między łukami jest styczne

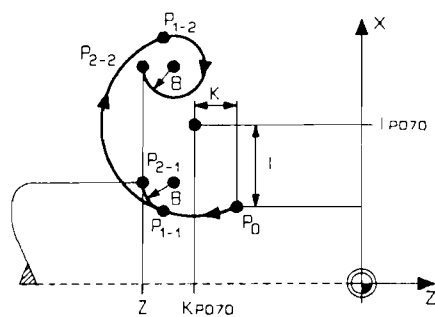


G72 I.. K.. (P070) P001 lub P002
G72 X.. B.. [P000]

Warunki:

1. Przejście między łukami jest styczne
2. Drugi łuk wychodzi równoległe do osi Z

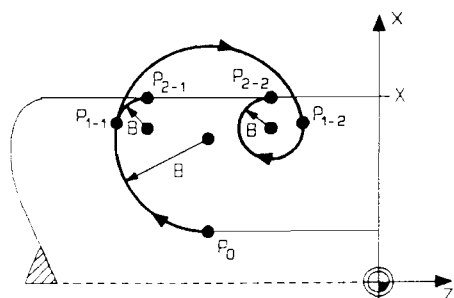
Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium łuku: P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002



G72 I.. K.. (P070) P001 lub P002
G72 Z.. B.. [P000]

Warunki:

1. Przejście między łukami jest styczne
2. Drugi łuk przebiega równoległe do osi X

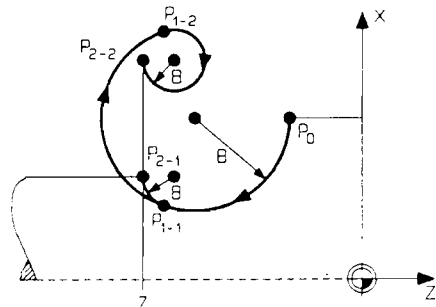


G72 B.. P001 lub P002
G72 X.. B.. [P000]

Warunki:

1. Pierwszy łuk zaczyna się stycznie do osi Z
2. Przejście między łukami jest styczne
3. Drugi łuk wychodzi równoległe do osi Z

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium łuku: P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002



G72 B.. P001 lub P002
G72 Z.. B.. [P000]

Warunki:

1. Pierwszy łuk zaczyna się stycznie do osi X
2. Przejście między łukami jest styczne
3. Drugi łuk wychodzi równoległe do osi X

6.8 Ciąg 4-punktowy ze stycznymi przejściami

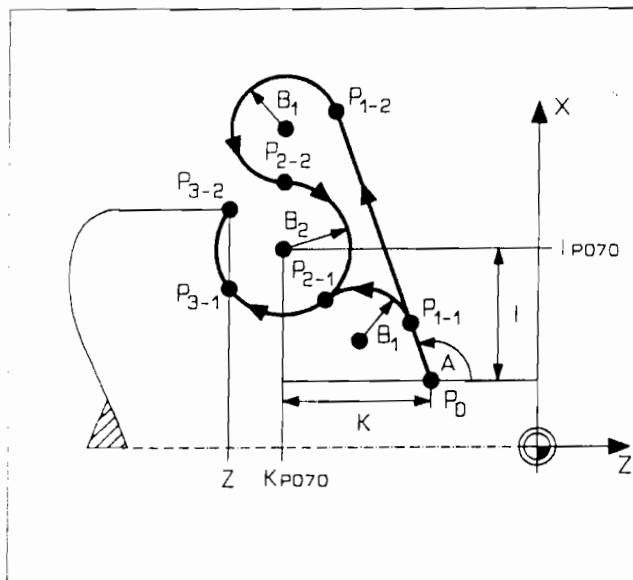
Wychodząc ze znanego punktu początkowego P_0 można programować trój-
menty (odcinki lub łuki w dowolnej kolejności) jako ciąg 4-punktowy. Zgodnie z
nietaj tego ciągu pierwsze dwa jego elementy są jeszcze na początku nieokre-
Przebieg konturu zostaje w pełni wyznaczony dopiero poprzez podanie param-
trzeciego elementu.

Alternatywne adresy

Pierwszym elementem konturu może być łuk kołowy. Wychodzi on ze znanego
punktu początkowego P_0 a jego punkt środkowy i promień mogą być określo-
ternatywnie za pomocą czterech następujących adresów:

- | | |
|------|--|
| I, K | współrzędne punktu środkowego łuku |
| A, I | kąt początkowy i punkt środkowy w kierunku X |
| A, K | kąt początkowy i punkt środkowy w kierunku Z |
| A, B | kąt początkowy i promień |

W dalszym ciągu, ze względu na przejrzystość, przedstawione zostaną tylko łuki
kołowe o współrzędnych środka I i K.



Przykłady adresów:

- | | |
|----------------|---|
| A | kąt pochylenia odcinka do dodatniego kierunku osi Z |
| B ₁ | promień pierwszego łuku kołowego |
| I/K | współrzędne punktu środkowego drugiego łuku |
| B ₂ | promień drugiego łuku |
| Z | współrzędna punktu końcowego drugiego łuku |

Przykład: Odcinek – łuk kołowy – łuk kołowy

Liczba rozwiązań

W zależności od programowanych adresów rozwiązanie nie jest zawsze jedno-
znaczne (patrz także na adresy przy programowaniu ciągów konturowych). Może
się zdarzyć, że po podaniu pewnych kombinacji adresów jest zero, jedno, dwa, trz,
lub cztery rozwiązania.

Wskazówki przy programowaniu

Dla ciągów konturowych, które mają więcej rozwiązań, właściwy kontur programo-
wany jest zgodnie z kryterium łuku poprzez podanie adresu **P001** (mniejszy łuk) lub
P002 (większy łuk).

Jeżeli współrzędne punktu środkowego koła podawane są w sposób absolutny,
wtedy w tym właśnie bloku-NC powinien być podawany adres P070.

W ciągach 4-punktowych mogą być programowane dodatkowo warunki przejść
stycznych za pomocą adresu P000.

Przegląd stosowanych ciągów 4-punktowych ze stycznymi przejściami

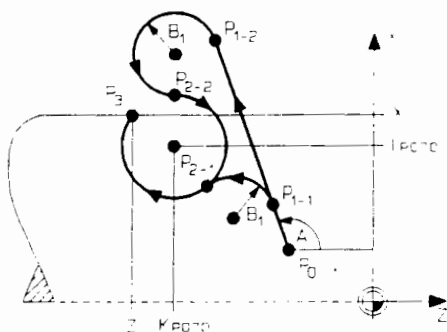
| | | | | | | Wybór rozwiązań |
|---------|--------|--------|---|--------|--------|-----------------|
| G71 | A | | | | | kryterium łuku |
| G72/G73 | B | [P000] | | | | |
| G72/G73 | X | Z | I | K | [P000] | |
| G71 | A | | | | | kryterium łuku |
| G72/G73 | B | [P000] | | | | kryterium łuku |
| G72/G73 | X | I | K | B | [P000] | |
| G71 | A | | | | | kryterium łuku |
| G72/G73 | B | [P000] | | | | kryterium łuku |
| G72/G73 | Z | I | K | B | [P000] | |
| G72/G73 | I | K | | | | |
| G71 | [P000] | | | | | |
| G72/G73 | X | Z | I | K | [P000] | |
| G72/G73 | I | K | | | | kryterium łuku |
| G71 | [P000] | | | | | |
| G72/G73 | X | I | K | B | [P000] | |
| G72/G73 | I | K | | | | kryterium łuku |
| G71 | [P000] | | | | | |
| G72/G73 | Z | I | K | B | [P000] | |
| G72/G73 | I | K | | | | kryterium łuku |
| G72/G73 | B | [P000] | | | | |
| G72/G73 | X | Z | I | K | [P000] | |
| G72/G73 | I | K | | | | kryterium łuku |
| G72/G73 | B | [P000] | | | | |
| G72/G73 | X | I | K | B | [P000] | |
| G72/G73 | I | K | | | | kryterium łuku |
| G72/G73 | B | [P000] | | | | |
| G72/G73 | Z | I | K | B | [P000] | |
| G72/G73 | I | K | | | | kryterium łuku |
| G72/G73 | B | [P000] | | | | |
| G71 | X | Z | A | [P000] | | |

Proszę zwrócić uwagę na to, że pierwszy łuk kołowy jako element konturu może być we wszystkich przykładach programowany również alternatywnie (zamiast współrzędnych środka koła I i J) za pomocą adresów A I, A J, lub A B.

Wskazówka

Ażeby uniknąć powtórzeń, przedstawione zostaną tylko przykłady graficzne dla ciągów konturów łuków kołowych skierowanych zgodnie z ruchem wskazówek zegara (G72). Oczywiście, przykłady te mogą być pomocne dla łuków kołowych skierowanych przeciwnie (G73) do ruchu wskazówek zegara.

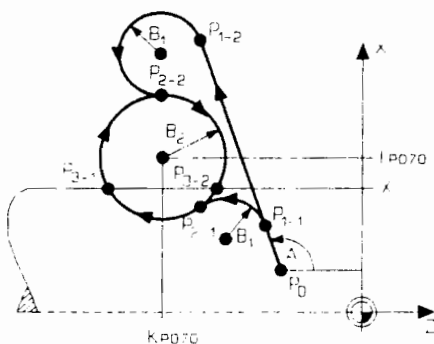
Przykłady dla ciągów konturów z wieloma rozwiązaniami i stycznymi przejściami



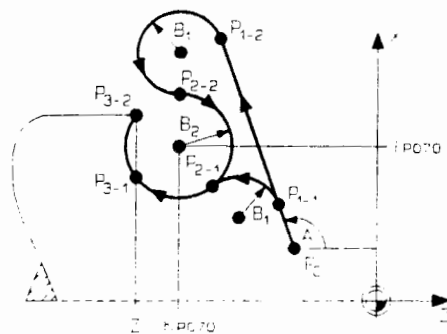
G71 A.. P001 lub P002
G73 B.. [P000]
G72 X.. Z.. I.. K.. [P000] (P070)

Wybór alternatywny na podstawie kryterium łuku:
P₁₋₁ (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P₁₋₂ (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

Warunek:
Elementy przechodzą stycznie względem siebie



G71 A.. P001 lub P002
G73 B.. [P000]
G72 X.. I.. K.. B.. [P000] (P070)
P001 lub P002



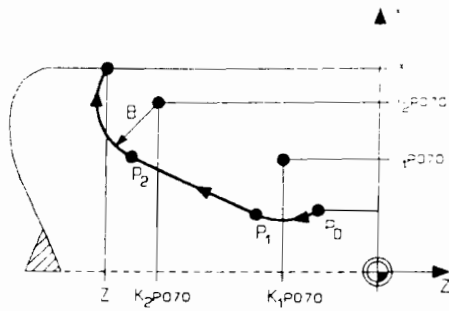
G71 A.. P001 lub P002
G73 B.. [P000]
G72 Z.. I.. K.. B.. [P000] (P070)
P001 lub P002

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium łuku:

1. Łuk kołowy: P₁₋₁ (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P₁₋₂ (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

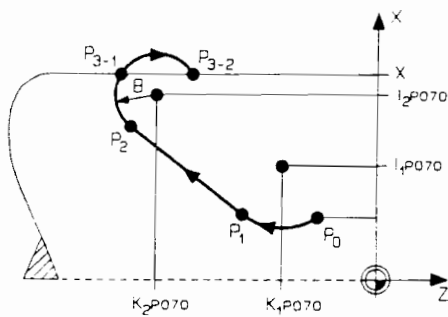
2. Łuk kołowy: P₃₋₁ (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P₃₋₂ (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

Warunek: Elementy przechodzą stycznie względem siebie.

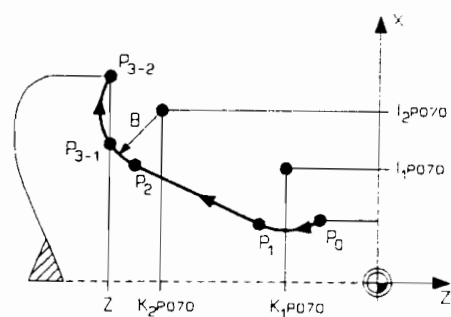


Warunek:
Elementy przechodzą stycznie względem siebie

G72 I.. K.. (P070)
G71 [P000]
G72 X.. Z.. I.. K.. [P000] (P070)



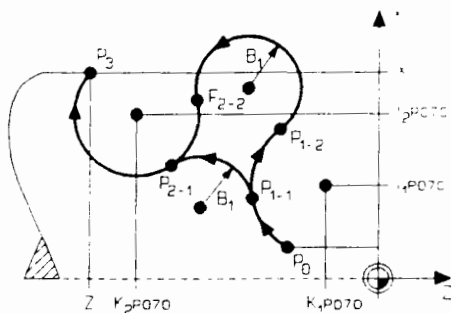
G72 I.. K.. (P070)
G71 [P000]
G72 X.. I.. K.. B.. [P000] (P070)
P001 lub P002



G72 I.. K.. (P070)
G71 [P000]
G72 Z.. I.. K.. B.. [P000] (P070)
P001 lub P002

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium łuku:
2. Łuk kołowy: P₃₋₁ (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P₃₋₂ (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

Warunek: Elementy przechodzą stycznie względem siebie.



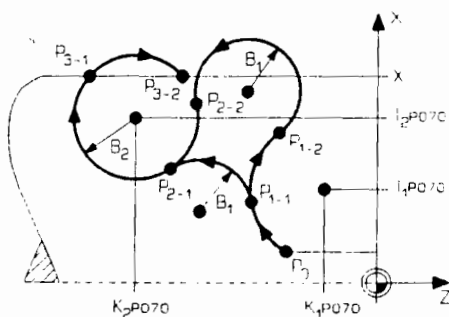
G72 I.. K.. (P070) P001 lub P002
 G73 B.. [P000]
 G72 X.. Z.. I.. K.. [P000] (P070)

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium łuku:

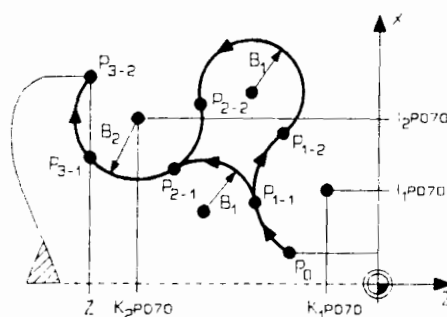
2. Łuk kołowy: P₃₋₁ (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P₃₋₂ (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

Warunek:

Elementy przechodzą stycznie względem siebie.



G72 I.. K.. (P070) P001 lub P002
 G73 B.. [P000]
 G72 X.. I.. K.. B.. [P000] (P070)
 P001 lub P002



G72 I.. K.. (P070) P001 lub P002
 G73 B.. [P000]
 G72 Z.. I.. K.. B.. [P000] (P070)
 P001 lub P002

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium łuku:

2. Łuk kołowy: P₁₋₁ (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P₁₋₂ (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

3. Łuk kołowy: P₃₋₁ (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P₃₋₂ (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

Warunek: Elementy przechodzą stycznie względem siebie.

6.9 Otwarte ciągi konturowe

Jeżeli ciągi konturowe składające się z wielu dowolnych elementów chcemy przedstawić jako ciągi wielopunktowe, składać się one będą z wielkiej liczby odcinków i łuków, a tym samym z wielu adresów. Rozważono dotychczas ze względów technicznych tylko ciągi 4-punktowe z przejściami stycznymi.

Jeśli chcemy opisać dowolnie długi kontur, można to zrobić za pomocą **konturów otwartych i warunków stycznych przyłączeń**.

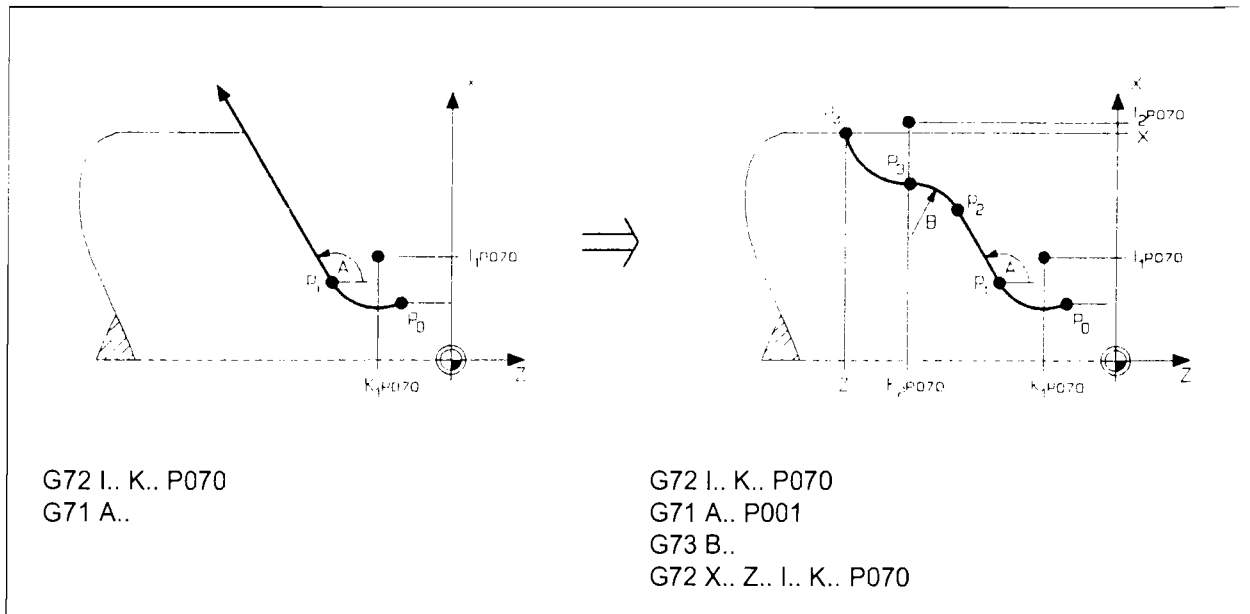
Definicja

Otwarty ciąg konturowy określany jest jako ciąg wielopunktowy, w którym znany jest geometryczne położenie jego wszystkich elementów. Punkt końcowy ostatniego elementu konturu jest jednak nieokreślony.

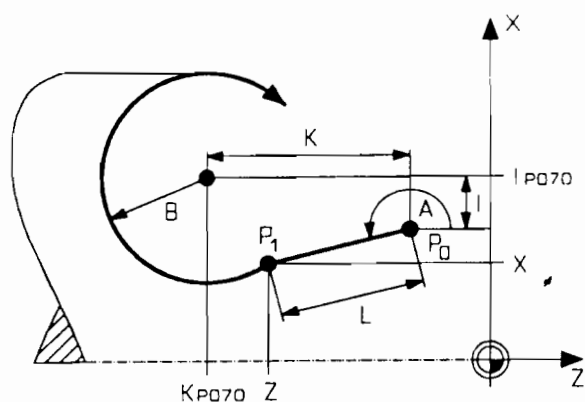
Ostatnim elementem ciągu otwartego może być albo półprosta albo pełna prosta. Końcowy punkt tego elementu zostanie określony dopiero poprzez element następny i obliczone przez sterowanie. Ten obliczony punkt końcowy otwartego ciągu może służyć jako początek nowego ciągu wielopunktowego. Ostatni element ciągu otwartego będzie pierwszym elementem nowego ciągu wielopunktowego.

Przykład

- podany został ciąg otwarty ze stycznymi przejściami, składający się z łuku kołowego i odcinka. Punkt końcowy odcinka jest nieokreślony (Rys. 6.9.1).
- Następują po sobie: łuk kołowy (G73) o znanym promieniu i łuk kołowy (G72) o znanym punkcie końcowym i środkowym. Na podstawie znanego punktu początkowego P_1 odcinka i dwóch łuków, otrzymywany jest ciąg 4-punktowy ze stycznymi przejściami (Rys. 6.9.2).



W przedstawionym przykładzie byłaby możliwa również kontynuacja otwartego ciągu konturowego za pomocą bloku w programie:
G72 I.. K.. B..



Możliwe adresy:

- X/Z współrzędne punktu końcowego odcinka
- L długość odcinka
- A kąt pochylenia odcinka względem dodatniego kierunku osi Z
- I/K współrzędne punktu środkowego łuku kołowego
- B promień łuku kołowego

Liczba rozwiązań

W zależności od programowanych adresów rozwiązanie nie jest zawsze jednoznaczne (patrz także na adresy przy programowaniu ciągów konturowych). Może się zdarzyć, że po podaniu pewnych kombinacji adresów jest zero, jedno, dwa, trzy lub cztery rozwiązania.

Alternatywne adresy

Pierwszym elementem konturu może być łuk kołowy. Wychodzi on ze znanego punktu początkowego P_0 , a jego punkt środkowy i promień mogą być określone **alternatywnie** za pomocą czterech następujących adresów:

- I, K współrzędne punktu środkowego łuku
- A, I kąt początkowy i punkt środkowy w kierunku X
- A, K kąt początkowy i punkt środkowy w kierunku Z
- A, B kąt początkowy i promień

W dalszym ciągu, ze względu na przejrzystość, przedstawione zostaną tylko łuki kołowe o współrzędnych środka I i K.

Wskazówki przy programowaniu

Dla ciągów konturów, które mają dwa rozwiązania, właściwy kontur programowany jest zgodnie z kryterium łuku poprzez podanie adresu **P001** (krótszy łuk) lub **P002** (dłuższy łuk). Jeżeli żaden z podanych rozkazów nie wystąpi, wtedy sterowni przyjmie automatycznie pierwsze rozwiązanie tzn. P001.

Jeżeli współrzędne punktu środkowego koła podawane są w sposób absolutny, wtedy w tym właśnie bloku NC powinien być podawany adres P070.

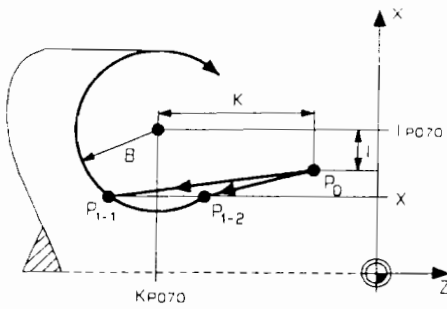
Ażeby uniknąć powtórzeń, przedstawione zostaną tylko przykłady graficzne dla ciągów konturów łuków kołowych skierowanych zgodnie z ruchem wskazówek zegara (G72). Oczywiście przykłady te mogą być pomocne dla łuków kołowych skierowanych przeciwnie (G73) do ruchu wskazówek zegara.

Przegląd stosowanych otwartych ciągów konturowych:

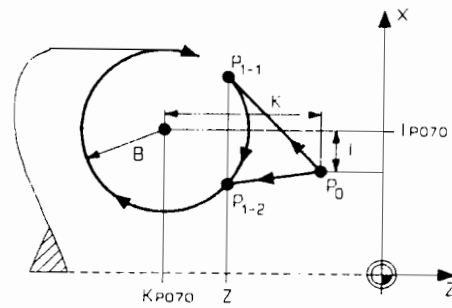
| składające się z jednego elementu | | | | Wybór rozwiązania warunki geometryczne |
|-----------------------------------|-------------|------------|-----------|---|
| G71 | A | | | |
| G72/G73 | I | K | | |
| składające się z dwóch elementów | | | | Wybór rozwiązania warunki geometryczne |
| G72/G73 G71 | I A | K | | stycznie do odcinka |
| G71 G72/G73 | X I | K | B | kryterium odcięcia |
| G71 G72/G73 | Z I | K | B | kryterium odcięcia |
| G71 G72/G73 | A I | K | B | kryterium odcięcia |
| G71 G72/G73 | L I | K | B | kryterium kąta |
| G71 G72/G73 | I | K | B | stycznie do łuku |
| G72/G73 G72/G73 | I I | K K | B | kryterium łuku |
| składające się z trzech elementów | | | | Wybór rozwiązania warunki geometryczne |
| G72/G73 G71 G72/G73 | I I | K K | B | stycznie do odcinka stycznie do łuku |
| G72/G73 G72/G73 G72/G73 | I B I | K K | B | kryterium łuku styczne przejście |
| G71 G72/G73 G72/G73 | A B I | K | B | kryterium łuku styczne przejście |

Proszę zwrócić uwagę na to, że punkt środkowy łuku kołowego jako pierwsze elementu programowany jest za pomocą adresów I i K. Można zamiast tych adresów użyć adresów alternatywnych: A I, A K albo A B.

Przykłady ciągów konturowych z wieloma rozwiązaniami

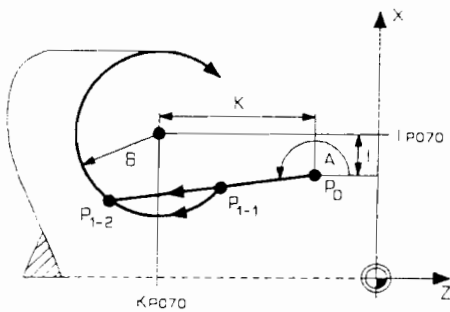


G71 X.. P001 lub P002
G72 I.. K.. B.. (P070)



G71 Z.. P001 lub P002
G72 I.. K.. B.. (P070)

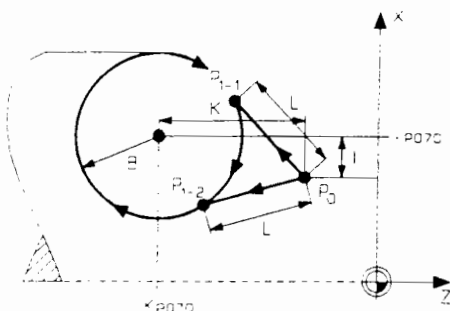
Wybór rozwiązań alternatywnych według kryterium kąta: P_{1-1} (mniejszy kąt) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (większy kąt) programowanie z adresem P002



G71 A.. P001 lub P002
G72 I.. K.. B.. (P070)

Wybór rozwiązań alternatywnych według kryterium odcinka:

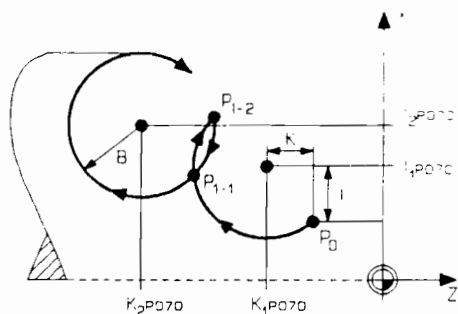
P_{1-1} (krótszy odcinek) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy odcinek) programowanie z adresem P002



G71 L.. P001 lub P002
G72 I.. K.. B.. (P070)

Wybór rozwiązań alternatywnych według kryterium kąta:

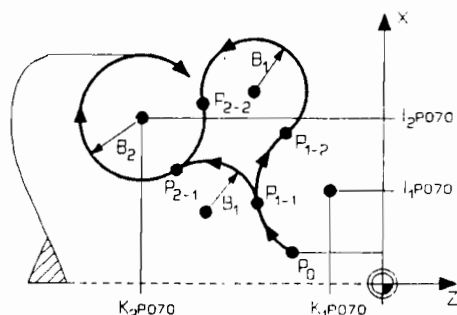
P_{1-1} (mniejszy kąt) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (większy kąt) programowanie z adresem P002



G72 I.. K.. (P070) P001 lub P002
G72 I.. K.. B.. (P070)

Wybór rozwiązań alternatywnych według kryterium łuku:

P₁₋₁ (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P₁₋₂ (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002



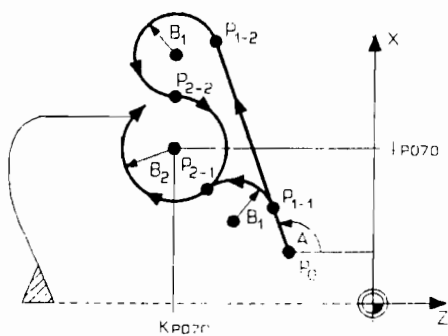
G72 I.. K.. (P070) P001 lub P002
G73 B..
G72 I.. K.. B.. (P070)

Wybór rozwiązań alternatywnych według kryterium łuku:

P₁₋₁ (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P₁₋₂ (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

Warunki:

Elementy konturu przechodzą stycznie względem siebie.



G71 A.. P001 lub P002
G73 B..
G72 I.. K.. B.. (P070)

Wybór rozwiązań alternatywnych według kryterium łuku:

P₁₋₁ (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P₁₋₂ (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

Warunki:

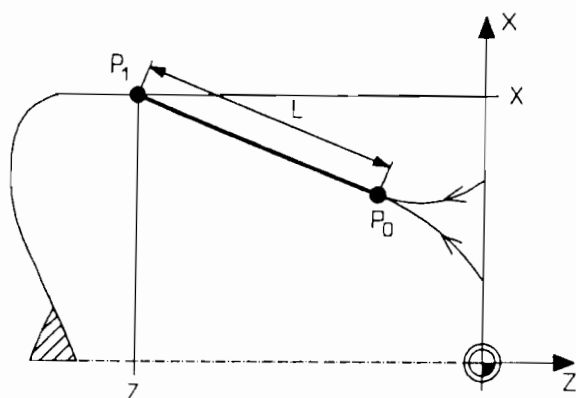
Elementy konturu przechodzą stycznie względem siebie.

6.10 Przyłączenie styczne

Do programowania odcinka trzeba podać zazwyczaj dwa adresy, natomiast dla łuku kołowego trzy adresy (patrz- Ciągi 2-punktowe: punkt 6.2 i 6.3). Przyjmując warunek, że element konturu przyłączony jest stycznie do elementu poprzedniego, można opisać jednoznacznie odcinek za pomocą jednego adresu, a łuk kołowy za pomocą dwóch adresów.

rośnik

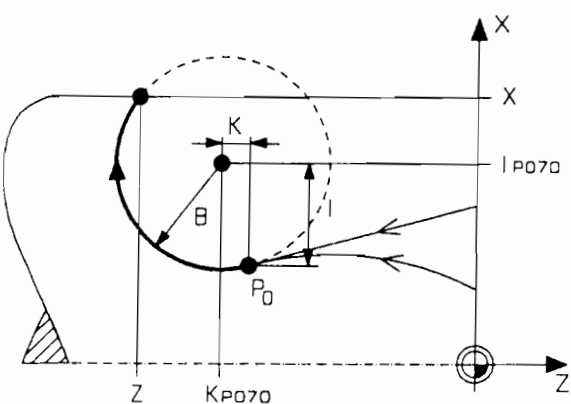
Dokładne objaśnienie dotyczące przejść stycznych między elementami konturu znajdują się w punkcie 6.1.2 – Przejścia styczne.



Możliwe adresy:

Odcinek:

X/Z współrzędne punktu
końcowego odcinka
K długość odcinka



Łuk kołowy:

X/Z współrzędne punktu
końcowego łuku kołowego
I/K współrzędne punktu
środkowego łuku kołowego
B promień łuku

Jeżeli pomiędzy dwoma elementami kontu należy zaprogramować przejście styczne, w drugim bloku należy podać adres **P000**.

Wskazówki przy
programowaniu

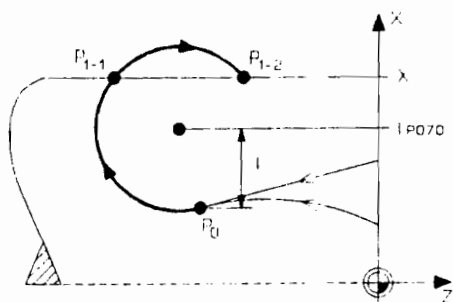
Jeżeli współrzędne środka łuku kołowego podawane są w sposób absolutny, to w tym samym bloku należy podać adres P070.

Ażeby uniknąć powtórzeń, przedstawione zostaną tylko przykłady graficzne dla ciągów konturów łuków kołowych skierowanych zgodnie z ruchem wskazówek zegara (G72). Oczywiście, przykłady te mogą być pomocne dla łuków kołowych skierowanych przeciwnie (G73) do ruchu wskazówek zegara.

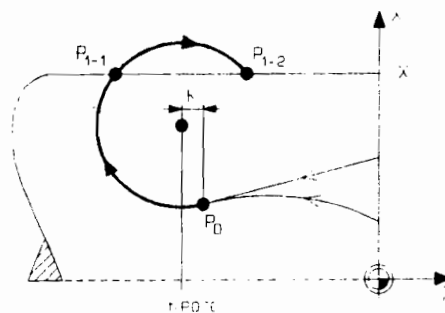
Przykłady ciągów konturowych ze stycznym dołączeniem

| | | | | Wybór rozwiązania |
|---------|---|------|------|-------------------|
| G71 | X | P000 | | |
| G71 | Z | P000 | | |
| G71 | L | P000 | | |
| G72/G73 | X | Z | P000 | |
| G72/G73 | X | I | P000 | kryterium łuku |
| G72/G73 | X | K | P000 | kryterium łuku |
| G72/G73 | Z | I | P000 | kryterium łuku |
| G72/G73 | Z | K | P000 | kryterium łuku |
| G72/G73 | X | B | P000 | kryterium łuku |
| G72/G73 | Z | B | P000 | kryterium łuku |

Przykłady ciągów konturowych z wieloma rozwiązaniami

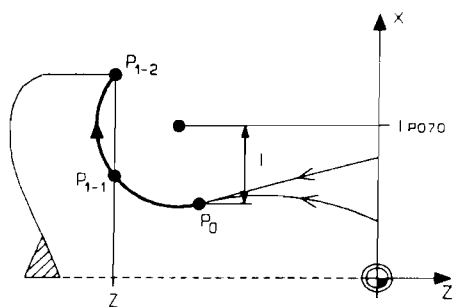


G72 X.. I.. P000 (P070) P001 lub P002

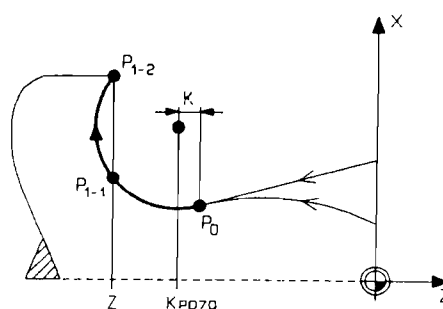


G72 X.. K.. P000 (P070) P001 lub P002

Wybór rozwiązań alternatywnych według kryterium łuku: P₁₋₁ (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P₁₋₂ (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

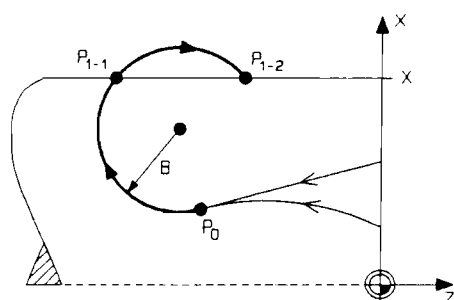


G72 Z.. I.. P000 (P070) P001 lub P002

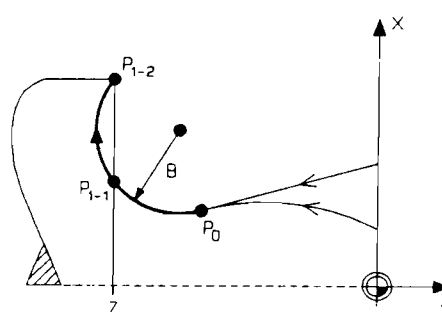


G72 Z.. K.. P000 (P070) P001 lub P002

Wybór rozwiązań alternatywnych według kryterium łuku: P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002



G72 X.. B.. P000 P001 lub P002



G72 Z.. B.. P000 P001 lub P002

Wybór rozwiązań alternatywnych według kryterium łuku: P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

7. Parametr

Parametr jest programowany najczęściej za pomocą adresu R. W sumie użytkownik ma do dyspozycji możliwość programowania 100 parametrów z numerami rejestrów od "R00" do "R100".

Przyporządkowanie wartości parametru

Do przyporządkowania wartości wybranemu parametrowi należy podać adres i ustalony numer w rejestrze. Znak przyporządkowania (zazwyczaj "="), nie jest automatycznie przez edytor. Na końcu należy podać wybraną wartość, która ma zostać przyporządkowana parametrowi o określonym numerze.

Przykład

N120 R20= +100.000

Adresy parametrów oraz znaki przyporządkowania można określić w konfiguracji. Zmiana taka może być przeprowadzona, jeżeli dysponujemy plikiem formatowym, w którym są podane odpowiednie informacje dotyczące parametru. Można tego celu użyć również edytora NC i formatu swobodnego.

W formacie swobodnym istnieje możliwość przyporządkowania wybranemu parametrowi całego bloku (np: N20 R200 = G0 X100).

Poza tym, w formacie swobodnym można używać do 32000 rejestrów dla parametrów.

Wskazówka

Przyporządkowanie wartości parametrowi musi znajdować się w oddzielnym bloku lub na końcu innego bloku.

Programowanie z parametrem

W celu umieszczenia parametru w bloku NC, należy w odpowiednim miejscu w bloku, po literze R, podać numer parametru.

Przykład

N120 R20= +100.000



N210 G00 XR20

Na podstawie przyporządkowania w bloku 120, narzędzie przesuwa się o wartość 100 w kierunku osi X (blok 210).

Jeżeli parametrowi zostanie przyporządkowana funkcja **w formacie swobodnym** wtedy funkcję tę można wywołać bez potrzeby umieszczania jakiegokolwiek adresu, a tylko poprzez podanie numeru parametru.

Przykład

N20 R200= G0 X100



N140 R200

Narzędzie przesuwa się szybko do położenia X 100.

Odnośnik

Objaśnienie dotyczące użycia formatu swobodnego dla parametru znajduje się w podręczniku do Symulatora CNC Toczenie.

8. Komentarze

W celu zapewnienia przejrzystości programu, ważnej zwłaszcza przy jego korekcie, istnieje możliwość wprowadzenia komentarzy przed poszczególnymi blokami NC albo przed całymi częściami programu. W celu umieszczenia komentarza w programie, należy jego tekst poprzedzić znakiem "(" (nawias okrągły).

Przykład

**N110 G00 X+095.000 Z+003.000 (szybki przesuw
N115 (Cykl wielokrotny**

Wskazówka

Standardowo stosowany znak przy komentarzu może zostać zmieniony w konfiguracji. Zmiana taka może zostać dokonana tylko wtedy, kiedy istnieje odpowiedni plik formatowany, w którym zmiany takie są dokonywane.

Załącznik 1: Przegląd programowanych adresów

Wskazówka

Podane wartości – o ile nie jest wpisana inna jednostka – podawane są w mm

| Adres | Wartość / Zakres | Funkcja / Znaczenie |
|-------|--|---|
| % | 000001 do 999999 | identyfikacja programu głównego |
| A | 000 do 360 000.000 do 999.999 | <ul style="list-style-type: none"> – Kąt podany w stopniach przy ciągu konturowym G71 – Kąt zarysu gwintu przy cyklu nacinania gwintu G31 – Czas powrotu wiertła w sek. w celu usunięcia wióra przy cyklu G84 – Absolutna długość odcinka wzdłuż X, przy obliczeniu wzniosu stożka dla cykli G65 i G66 ze stożkowym konturem. |
| B | 000.000 do 999.999 | <ul style="list-style-type: none"> – Promień przy ciągach konturowych G72, G73 – Promień zaokrąglenia przy cyklu toczenia rowka G86 – Absolutna długość odcinka wzdłuż Z; przy obliczeniu wzniosu stożka dla cykli G65 i G66 ze stożkowym konturem. |
| C | – 999.999 do + 999.999 000.000 do 999.999 | <ul style="list-style-type: none"> – Faza (C-) ewent. zaokrąglenie (C+) ciągów konturowych G71 G72 i G73 – Faza w dolnej części rowka przy cyklu G79 – Degresja głębokości skrawania przy cyklach G65 G66, G75, G76, G81 i G82 |
| D | 000.000 do 999.999 – 999.999 do + 999.999 | <ul style="list-style-type: none"> – Głębokość skrawania przy cyklach G65, G66, G75 i G76 – Degresja dla cyklu wiercenia G84 – Dodatek obróbkowy przy cyklu G78 i G85 – Szerokość rowka przy cyklu G79 |
| E | 000.000 do 360.000 – 360.000 do + 360.000 | <ul style="list-style-type: none"> – Kąt gwintu w jego końcowym punkcie względem osi Z przy cyklu G31 – Kąt wzniosu stożka przy cyklu toczenia zgrubnego G65 i G66 |
| F | 000.001 do 050.000 | <ul style="list-style-type: none"> – Posuw w mm/obrót – Skok gwintu przy cyklach G31 i G33 |
| G | 00 do 99 | – Funkcje przygotowawcze |
| H | 000.000 do 999.999 | <ul style="list-style-type: none"> – Cykle toczenia zgrubnego G65, G66, G75 i G76: droga wyłączenia posuwu w kierunku posuwu, w celu złamania wióra – Promień zaokrąglenia w górnej części rowka przy cyklu G79 |
| I | – 999.999 do + 999.999 | <ul style="list-style-type: none"> – Współrzędna punktu środkowego przy funkcji G02 i G03, jak i przy ciągach konturowych G72 i G73 – Różnica promieni pomiędzy teoretycznym punktem początkowym gwintu i jego punktem końcowym przy cyklu nacinania gwintu G31 |

| Adres | Wartość / Zakres | Funkcja / Znaczenie |
|-------|--------------------------|--|
| I | – 999.999 do + 999.999 | <ul style="list-style-type: none"> – Głębokość skrawania w kierunku X przy cyklach toczenia zgrubnego i planowania G65, G66, G75, G76 i G81 jak i przy cyklu wielokrotnym G83 – Naddatek na szlifowanie przy cyklu G78 i G85 wg. DIN 509 kształt E i F – Głębokość podcięcia przy cyklu G78 i G85 wg. DIN 76 – Naddatek wzdłuż osi X przy cyklu toczenia podcięcia G79 i G86 |
| | 000.000 do 999.999 | <ul style="list-style-type: none"> – Promień zaokrąglenia przy cyklu G87 – Długość fazy przy cyklu G88 |
| J | – 999.999 do + 999.999 | <ul style="list-style-type: none"> – Głębokość na przejście mierzona w kierunku X przy nacinaniu gwintu G31 |
| | 000.000 do 999.999 | <ul style="list-style-type: none"> – Odległość bezpieczeństwa pomiędzy narzędziem i półwyrobem przy cyklu G79 |
| K | – 999.999 do + 999.999 | <ul style="list-style-type: none"> – Współrzędna środka koła w kierunku Z przy funkcji G02 i G03, jak i przy ciągach konturowych G72 i G73 – Naddatek na przejście w kierunku osi Z przy cyklu nacinania gwintu G31 – Głębokość skrawania w kierunku osi Z przy cyklach toczenia zgrubnego i planowania G65, G66, G75, G76 i G82 jak i przy cyklu wielokrotnym G83 |
| | 000.000 do 999.999 | <ul style="list-style-type: none"> – Długość podcięcia przy cyklu toczenia podcięć G78 i G85 wg. DIN 76 – Naddatek w kierunku Z przy cyklu G79 – Szerokość podcięcia przy cyklu toczenia podcięcia G86 – Pierwsza głębokość wiercenia przy cyklu wiercenia otworów G84 |
| L | 0 do 100 | <ul style="list-style-type: none"> – Optymalizacja ostatniego wióra przy cyklach G65, G66, G75, G76, G81 i G82 |
| | 01 lub 02 | <ul style="list-style-type: none"> – Parametr DIN przy cyklu G78 wg. DIN 509 kształt E i F |
| | 000.000 do 999.999 | <ul style="list-style-type: none"> – Długość odcinka przy ciągu konturowym G71 |
| M | 00 do 99 | <ul style="list-style-type: none"> – Funkcje pomocnicze |
| N | 001 do 999 | <ul style="list-style-type: none"> – Numer bloku-NC |
| P | 000 do 999 | <ul style="list-style-type: none"> – Numer początkowego bloku przy wywołaniu podprogramu G22 – Numer początkowego bloku przy powtórzeniu programu G23 – Numer bloku przy funkcji skoku G24 |
| | 000 do 450 | <ul style="list-style-type: none"> – Kąt pochylenia ścianki bocznej rowka względem osi X przy cyklu toczenia rowków G79 wyrażony w dziesiątych częściach stopnia |
| | P001, P002 P011, P012 | <ul style="list-style-type: none"> – Wybór alternatywny przy ciągach konturowych. – Wybór alternatywny przy zaokrągleniach C+ wewnątrz ciągów konturowych |

| Adres | Wartość / Zakres | Funkcja / Znaczenie |
|-------|---|--|
| P | P070 101, 102, 204, 206, 306, 410, 210, 316, 425, 540 | <ul style="list-style-type: none"> – Współrzędne absolutne punktu środkowego przy ciągach konturowych G72 i G73 – określenie wymiarów przy cyklu toczenia podcięcia – cykl G78 wg. DIN 509 kształt E i F |
| Q | 000 do 999 000 do 450 | <ul style="list-style-type: none"> – Numer końcowego bloku przy wywołaniu podprogramu G22 – Numer końcowego bloku przy powtórzeniu części programu G23 – Podział ostatniej głębokości skrawania przy cyklu toczenia gwintu G31 – Kąt pochylenia ścianki rowka po przeciwnej stronie względem naroża rowka, przy cyklu toczenia rowków G79 wyrażony w dziesiątych częściach stopnia |
| R | 00 do 99 | <ul style="list-style-type: none"> – Adres przy przyporządkowaniu parametru |
| S | 001 do 999 0001 do 9999 | <ul style="list-style-type: none"> – Liczba wykonywanych przejść przy cyklu toczenia gwintu G31 – Liczba wykonywanych przejść przy cyklach toczenia zgrubnego G65, G66, G75 i G76 – Liczba powtórzeń przy wywołaniu podprogramu G22 i powtarzaniu części programu G23 – Liczba obrotów wrzeciona w obr/min – Stała prędkość skrawania w m/min |
| T | 0101 do 1699 | <ul style="list-style-type: none"> – Pierwsze dwie cyfry (01 – 16) określają pozycję w rewolwerze przy wymianie narzędzia – Dwie ostatnie cyfry podają numer w zbiorze wartości korekcyjnych (01 – 99). |
| U | 000000 do 999999 | <ul style="list-style-type: none"> – Podprogramy przy G22 |
| V | 000.000 do 999.999 | <ul style="list-style-type: none"> – Minimalna głębokość skrawania przy cyklach G65, G66, G75, G76, G81 i G82 |
| W | 000.000 do 999.999 | <ul style="list-style-type: none"> – Cykle G65, G66, G75, G76, G81 i G82: długość drogi powrotnej narzędzia w celu złamania wióra – Promień zaokrąglenia dolnej części rowka przy cyklu toczenia rowka G79 |
| X | – 999.999 do + 999.999 000.000 do 999.999 | <ul style="list-style-type: none"> – Współrzędna w kierunku X – Naddatek na obróbkę wykańczającą w kierunku osi X przy funkcji G57 – Czas postoju w sekundach przy funkcji G04 |
| Y | – 999.999 do + 999.999 | <ul style="list-style-type: none"> – Pomocniczy punkt konturu przy cyklu toczenia zgrubnego G65 i G66 |
| Z | – 999.999 do + 999.999 | <ul style="list-style-type: none"> – Współrzędna w kierunku osi Z – Naddatek na obróbkę wykańczającą w kierunku osi Z przy funkcji G57 |

Zbiór zadań

Do prowadzących zajęcia

Jesteście Państwo instruktorami, nauczycielami, pełnicie inne funkcje w szkoleniu i doskonaleniu zakładowym, pozazakładowym lub szkolnym. Proponowany zbiór zadań powinien pomóc w działalności szkoleniowej i ułatwić przygotowanie się do zajęć. Możliwe jest elastyczne stosowanie tego zbioru. Państwo powinni, jako pedagodzy, dowolnie rozsądzić, które zadania chcecie zastosować w danym czasie, w którym wariantcie rozwiązania, do pracy w grupie lub indywidualnej. Wszystkie przykłady przedmiotów obrabianych – nawet najprostsze – są wzięte z rzeczywistej produkcji.

Dla przejrzystości, przy każdym zadaniu podane są cele kształcenia oraz tabelaryczny układ zadań dla toczenia. Dzięki temu istnieje możliwość szybkiego wyboru najbardziej korzystnego zadania. Kartki z zadaniami i rysunki są tak zestawione, że można je bezpośrednio rozdawać uczniom. Jeśli istnieje potrzeba możecie Państwo łatwo wprowadzić odpowiednie, indywidualne zmiany lub uzupełnienia i przez to dowolnie modyfikować treści kształcenia.

Mamy nadzieję, że przedłożony materiał da Państwu wiele nowych impulsów w szkoleniu i zmniejszy trud w przygotowywaniu zajęć.

Do uczniów

Oddajemy Wam do rąk zbiór zadań, który w połączeniu z książką „Podręcznik do programowania obrabiarek CNC – toczenie” – da możliwość, poprzez ćwiczenia, pogłębienia i ugruntowania Waszych wiadomości.

Ćwiczenie czyni mistrza! Zakładając gotowość do uczenia się – systematyczne przerabianie zadań ze zbioru będzie dla Was pomocne w osiągnięciu tego celu. W niniejszym zbiorze znajdziecie – dostosowane do Waszych indywidualnych umiejętności, łatwe i prawidłowe wprowadzenie w dalsze tajniki techniki CNC, niezależnie od wcześniej stosowanego oprogramowania.

Zbiór zawiera 14 zadań z toczenia. Stanowią one każdorazowo pewien kompleks zadań częściowych. Każdy kompleks składa się z zadania podstawowego, które trzeba rozwiązać jako pierwsze. Dalsze części zadania względnie ćwiczenia będą zachęcać, aby wychodząc z Waszego rozwiązania przerobić inne warianty, względnie znaleźć bardziej 'eleganckie' rozwiązanie.

Będziecie mogli szybko stwierdzić, jak trudne jest znalezienie „optymalnego” rozwiązania problemu. Nie ma tu określonej, wyrażnie najlepszej drogi. W poszczególnych przypadkach najkorzystniejsze postępowanie zależy nie tylko od technicznych i organizacyjnych warunków i ogólnego spektrum wytwarzania w CNC, ale także od Waszych osobistych upodobań do tego lub innego sposobu programowania.

Zbiór zadań jest przewidziany do różnorodnego zastosowania. Początkujący powinni zaczynać od prostych zadań z toczenia i tylko wtedy pomijać zadania lub ich części, gdy są pewni, że nie jest konieczne ich powtórzenie. Jeśli należycie do użytkowników już wstępnie przeszkolonych, polecamy Wam do przerobienia przede wszystkim zadania od T8 do T14.

Życzymy Wam spędzenia przyjemnych chwil i szybkich postępów przy korzystaniu z tego opracowania.

Spis treści

Treści dla toczenia (zestawienie tabelaryczne)

Zadania i rysunki techniczne

T1 Rura
T2 Trzpień
T3 Sworzeń osi
T4 Sworzeń stopniowy
T5 Sworzeń wydrążony
T6 Oś tłoczniaka
T7 Wał gwintowany
T8 Tuleja zabezpieczająca
T9 Koło pasowe
T10 Tuleja
T11 Wał
T12 Tuleja stożkowa
T13 Tulejka stożkowa
T14 Tuleja gwintowana

Formularze (materiały do kopiowania)

- Plan obróbki
- Karta przygotowawcza
- Arkusz programowania

Zadanie T1

Pokazana na rysunku część w kształcie rury z C15 (DIN), ma być wykonana na tokarce CNC w większej liczbie sztuk ze sztangą o średnicy wewnętrznej 20mm. Przygotujcie Państwo propozycję obróbki na kartce papieru, lub przy pomocy symulatora CNC.

Należy ustalić punkt zerowy przedmiotu obrabianego i kolejność obróbki, wybrać narzędzia, uchwyty i dane technologiczne. Opracowany program NC można wprowadzić do symulatora CNC w celu przetestowania go i skorygowania. Do testowania należy zamocować rurę o średnicy zewnętrznej 38mm i długości 124mm.

Wskazówki ogólne

Przecinanie powinno następować tylko do średnicy 20.5mm.

Cele kształcenia

Uczący się będzie w stanie ustalić punkt zerowy przedmiotu obrabianego i kolejność obróbki, wybrać narzędzia, uchwyty i dane technologiczne, napisać prosty program NC a przy zastosowaniu symulatora CNC także wykonać proste czynności takie jak:

- uruchamianie programu symulatora, wybór trybu pracy, przesuw do punktu wyjściowego obrabiarki, przygotowanie i zerowanie narzędzi.
- przygotowanie surowki i jej zamocowania,
- wprowadzanie prostych programów NC oraz ich
- testowanie i korygowanie.

Poszczególne elementy ćwiczenia

Przygotowanie półwyrobu do „obróbki w symulatorze”, wybór i przygotowanie narzędzi i uchwytu do przecinania, zmiana trybu pracy.

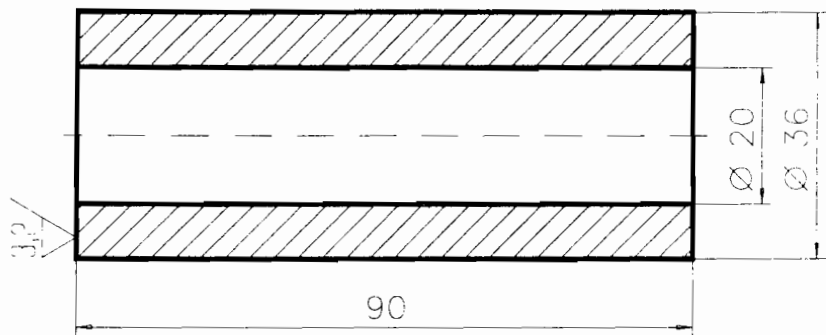
Dalsze części ćwiczenia do wykonania na symulatorze CNC – MTS

1. Przygotujcie Państwo jeden po drugim noże przecinaki o numerach 538, 539 i 540, wyzerujcie je, a do rozwiązania zadania wybierzcie najpierw nr 537.
2. Wypróbujcie Państwo wszystkie będące do dyspozycji zamocowania i rozstrzygnijcie, które rozwiązanie jest najwłaściwsze.
3. Wykonajcie Państwo trzy tuleje po wprowadzeniu Waszego programu.
4. Wykonajcie Państwo także dalsze tuleje przy użyciu innych narzędzi (przygotowanych w p.1).

Wskazówka: można zmieniać program NC lub ustawienie narzędzi w głowicy rewolwerowej.

Użytkownik ma prawo zastrzeżenia
sobie wszystkie prawa

| wymiar | odczynek |
|--------|----------|
| | |
| | |



| | | | | | |
|---------------------|-------|---------------------|-------------------|----------------------------|---------------|
| Wykonano w N.A.A. 1 | | Przebieg 01 | | Podziałka 1:1 | |
| Wersja 1.0 | | SC 2/50 m | | Rura DN2448 02. 16x124x20 | |
| Nazwa i opis | | WYK SPR ZATW. | Przebieg 10.02 | Nacisk Sproś | 1.02 |
| | | | | | |
| | | MTS | | Nazwa programu N.A.A. 1.02 | Ark. 1 z 1 |
| Zatw. | Zatw. | Przebieg | Nazwa | | |

Zadanie T2

Pokazany na rysunku trzpień z ST50-2 (DIN), surówka o wymiarach 60 x 93mm, splanowany i nawiercony, ma być wykonany na tokarce CNC w większej liczbie sztuk. Przygotujcie Państwo propozycję obróbki na kartce papieru lub przy pomocy symulatora CNC w celu jej przetestowania i skorygowania.

Należy ustalić punkt zerowy przedmiotu obrabianego i kolejność obróbki oraz sporządzić arkusz przygotowawczy do programu NC. Przy programowaniu będzie użyty tryb interaktywny. Obróbka powinna być wykonana bez użycia cykli obróbkowych: przejście po przejściu. W drugim wariancie wszystkie zewnętrzne krawędzie załamać fazą 2mm pod kątem 45°.

Wskazówki ogólne

Dalsze części ćwiczenia powinny być koniecznie przerobione, gdyż dla uczących się będzie wówczas porównywalna korzyść wynikająca z zastosowania cykli programu.

Cele kształcenia

Uczący się będzie w stanie przygotować program NC bez zastosowania cykli obróbkowych oraz uzyskać więcej pewności przy przygotowaniu i użytkowaniu programu symulacyjnego, np. przy zmianie trybów pracy. Nauczy się programowania interaktywnego z korzyściami wynikającymi z poznawania pośrednich wyników.

Poszczególne elementy ćwiczenia

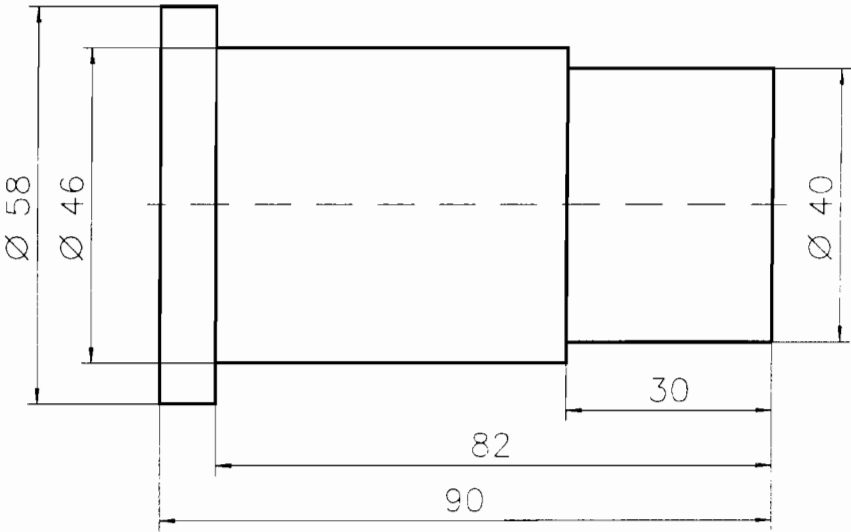
Programowanie interaktywne, cykle obróbkowe G88, G75 (alternatywnie G81, G80) i G57, zamocowanie przedmiotu obrabianego i obustronna obróbka, korzystanie z ekranów pomocniczych.

Dalsze części ćwiczenia do wykonania na symulatorze CNC – MTS



1. Zaprogramujcie Państwo obróbkę trzech faz zewnętrznych na nowo, przy pomocy będącego do dyspozycji w symulatorze cyklu obróbki G88. Określcie Państwo czas obróbki i porównajcie z pierwszym wariantem.
2. Do programowania i obróbki stopniowych konturów zewnętrznych jest do użycia cykl wielokrotny G83. Zauważcie Państwo wywoławczy rozkaz G80 (koniec konturu = start cyklu) i zaprogramujcie odpowiedni naddatek na obróbkę wykańczającą przez G57. Zastosujcie Państwo do toczenia wykańczającego powtórzenie części programu G23. Określcie Państwo czas obróbki, porównajcie wynik w obu przeprowadzonych wariantach i uzasadnijcie go.

Dla tych materiałów zastrzegamy
sobie wszystkie prawa

| wymiar | odchyłka |
|--------|----------|
| | |
| | |



√ Rz 6,3

| | | | | | | | | | |
|--|--|--------|--|---|--------|---|--|--|--|
| Wykonane w INCAD Wersja: 3.1 Nazwa pliku: BOLZEN.edu | | | | Tolerancja og ISO 2768-m | |  | | Podziałka 1:1 Rd-DIN1013-St50-2-60x93 | |
| | | | | 1992 | Data | Nazwisko | | Trzpień | |
| | | | | wyk. | 15.07. | Schmidt | | | |
| | | | | spr. | | | | | |
| | | | | zatw. | | | | | |
| | | | |  | | Numer programu NC | | Ark. 1 | |
| | | | | | | %1D2-1/4 %2D2 1/3 | | z 1 | |
| zest. | | zmiana | | data | | nazw. | | | |

Zadanie T3

Pokazany na rysunku sworzeń osi z ST44-2 (DIN), surówka o wymiarach 90 x 78mm, ma być wytwarzany na tokarce CNC. Przygotujcie Państwo propozycję obróbki na kartce papieru lub przy pomocy symulatora CNC w celu jej przetestowania i skorygowania.

Należy zaprojektować plan operacyjny i arkusz przygotowawczy.

Cykl toczenia zgrubnego G75 jest zastosowany dla obu stron. W drugim wariancie należy zaokrąglić krawędzie na średnicy 70mm promieniem 2mm i wykonać fazy 2mm na średnicy 90mm. Do dyspozycji są odpowiednie cykle.

Wskazówki ogólne

Propozycja: uczący się powinni to zadanie rozwiązać całkowicie samodzielnie pojedynczo lub w zespołach i zapamiętać cały przebieg czynności. Nowe cykle obróbkowe powinny być przerobione bez pomocy instruktora.

Cele kształcenia

Uczący się będzie w stanie zastosować cykl toczenia zgrubnego i odpowiednie cykle do wykonania fazy i zaokrąglenia. Uzyska więcej pewności przy przygotowaniu i użytkowaniu programu symulacyjnego, w zmianie trybów pracy i rozpoznawaniu ich podstawowego znaczenia. Powtarza zastosowanie zależności między liczbą obrotów i prędkością skrawania i potrafi uzasadnić konieczność zastosowania ograniczenia liczby obrotów przy stałej prędkości skrawania.

Poszczególne elementy ćwiczenia

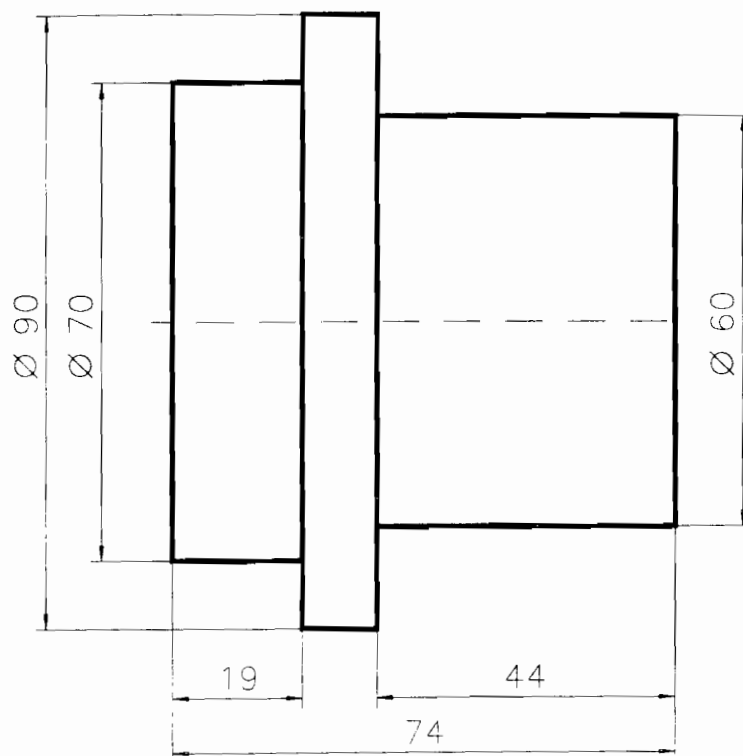
Cykle obróbkowe G75, G87, G88 oraz przesunięcie punktu zerowego, stała szybkość skrawania / ograniczenie liczby obrotów.

Dalsze części ćwiczenia do wykonania na symulatorze CNC – MTS

1. Wykonajcie Państwo najpierw stronę 70 x 19. Porównajcie surówkę z częścią obrobioną dla obu wykonń.
2. Dlaczego należy wystrzegać się stałej prędkości skrawania przy planowaniu?
3. Jak duża powinna być liczba obrotów przy stałej prędkości skrawania $v_c=180\text{m/min}$ dla średnicy 60mm, 20mm, 1mm, i 0.1mm?
4. Wykorzystajcie Państwo dla części programu, które będą użyte wielokrotnie, instrukcję G23 (powtórzenie części programu).
5. Opiszcie Państwo Wasze postępowanie przy rozwiązaniu zadania w prawidłowej kolejności działań, żeby później ten podstawowy plan wykonania służył dla lepszego zapamiętania.

Wszystkie prawa zastrzeżone

| wymiar | odchyłka |
|--------|----------|
| | |
| | |



$\sqrt{Rz\ 3,2}$

| | | | | | |
|---------------------------|--|---------------|--|-------------------------|--|
| Wykonane w INCAD | | Tolerancja og | | Podziałka 1:1 | |
| Wersja: 3.1 | | ISO 2/68-m | | Hd-DIN1013-St44-2-90x78 | |
| Nazwa pliku: ACHSBCLN.edu | | 1992 Data | | Nazwisko | |
| | | wyk 19.07. | | Schmidt | |
| | | spr | | | |
| | | zatw | | | |
| | | MTS | | Numer programu NC | |
| | | | | %103-1/2 %203-1/2 | |
| zest. | | zmiana | | data | |
| nazw | | | | Arx. 1 | |
| | | | | 21 | |

Zadanie T4

Pokazany na rysunku sworzeń stopniowy z ST37-3 (DIN), surówka o wymiarach 9 x 78mm, ma być wytwarzany na tokarce CNC. Przygotujcie Państwo propozycję obróbki na kartce papieru lub przy pomocy symulatora CNC.

Na symulatorze należy programować w trybie interaktywnym. Użyjcie Państwo jednego z cykli toczenia zgrubnego G81 lub G83. Pracować należy z użyciem powtórzenia części programu. Zaprojektujcie Państwo przede wszystkim plan obróbki i arkusz przygotowawczy.

Wskazówki ogólne

Tu proponuje się, ze względów dydaktycznych, do przygotowania lub po przygotowaniu programu, wykorzystanie filmów dydaktycznych (CNC-Qualifizierung) części 5 i 6.

Cele kształcenia

Uczący się będzie w stanie samodzielnie zastosować cykle obróbkowe dla elementów geometrycznych (tu: podcięcia) oraz zastosować powtórzenia części programu.

Poszczególne elementy ćwiczenia

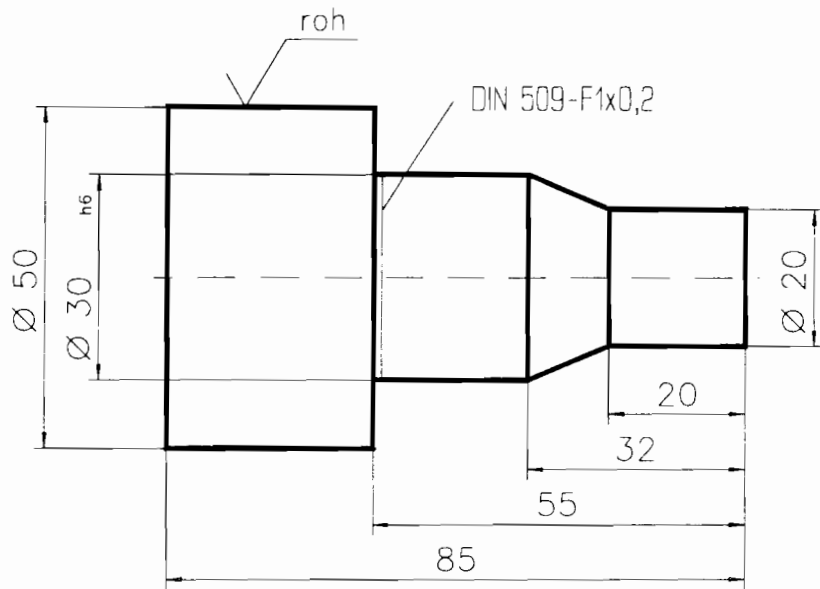
Cykle obróbkowe G75, G87, G88 oraz przesunięcie punktu zerowego, stała szybkość skrawania / ograniczenie liczby obrotów.

Dalsze części ćwiczenia do wykonania na symulatorze CNC – MTS

1. Wykonajcie Państwo najpierw stronę 70 x 19. Porównajcie surówkę z częścią obrobioną dla obu wykonń.
2. Dlaczego należy wystrzegać się stałej prędkości skrawania przy planowaniu?
3. Jak duża powinna być liczba obrotów przy stałej prędkości skrawania $v_c=180\text{m/min}$ dla średnicy 60mm, 20mm, 1mm, i 0.1mm?
4. Wykorzystajcie Państwo dla części programu, które będą użyte wielokrotnie, instrukcję G23 (powtórzenie części programu).
5. Opiszcie Państwo Wasze postępowanie przy rozwiązaniu zadania w prawidłowej kolejności działań, żeby później ten podstawowy plan wykonania służył dla lepszego zapamiętania.

Ulica tych materiałów zastrzegamy
sobie wszystkie prawa

| wymiar | odchyłka |
|--------|---|
| 30 h6 | $\begin{matrix} 0 \\ -0,013 \end{matrix}$ |
| | |



$\sqrt{Rz 16}$ [\sqrt{roh}]

| | | | | | | | |
|--|--|-----------------------------|--|--|--|--|--|
| Wykonane w :NCAID Wersja 3.1 Nazwa pliku: STUFENBN.edu | | Tolerancja og ISO 2768 m | | | | Podziałka 1:1 Rd-DIN1013-St37-3-50x87 | |
| | | 1992 wyk spr zatw | | Data 16.07 Nazwisko Schmidt | | Sworzeń stopniowy | |
| | | | | Numer programu NC %1D4-1/5 %2D4-1/2 | | | |
| zest | | zmiana | | data | | nazw | |

Zadanie T5

Pokazany na rysunku wydrążony sworzeń, materiał Ck15, wymiary surówki 70x93mm, jest wytwarzany w średniej ilości sztuk na tokarce CNC. Należy przygotować plan obróbki i kartę przygotowawczą. Przygotujcie Państwo propozycję obróbki na kartce papieru lub przy pomocy symulatora CNC w celu jej przetestowania i skorygowania.

W programie powinien być zastosowany cykl toczenia po prostokacie G76, cykl wykonania zaokrąglenia jak też fazy. Przy skrawaniu główki sworznia należy przesunąć punkt zerowy.

Wskazówki ogólne

Geometria przedmiotu obrabianego, pomimo jej prostoty, daje powód do rzeczowej dyskusji na temat możliwej kolejności obróbki, parametrów skrawania i zamocowania.

Cele kształcenia

Uczący się będzie w stanie zastosować cykl toczenia po prostokacie oraz samodzielnie programować w trybie interaktywnym symulatora, pozna także wady i ograniczenia tego trybu (np. wstawianie podprogramów lub kompensacji promienia narzędzia). Może samodzielnie wstawić do programu cykl głębokiego wiercenia i inne cykle obróbkowe jak też zastosować technikę podprogramów.

Szczególne elementy ćwiczenia

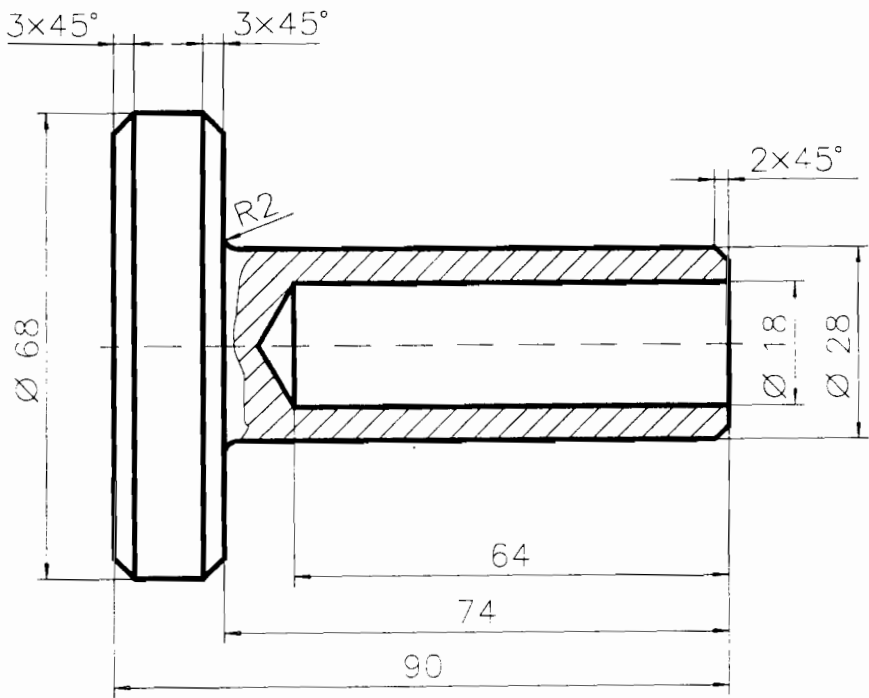
Cykle obróbkowe G75, G76, G84, G87, G88, technika podprogramów.

Dalsze części ćwiczenia do wykonania na symulatorze CNC – MTS

1. Dla obydwu powierzchni planowanych mogą być opracowane podprogramy.
2. Do nakielkowania i głębokiego wiercenia może być również zastosowany podprogram, który zawiera wszystkie konieczne wymiany narzędzi, ruchy najazdu i wycofania itp.
3. Obydwa podprogramy mogą być połączone i przetestowane.
4. Podprogram dla drugiej powierzchni planowanej może być połączony z toczeniem wzdłużnym i fazą w jeden podprogram, do symulacji i koniecznych korekt.

Wszystkie prawa zastrzeżone

| wymiar | odchyłka |
|--------|----------|
| | |
| | |



$\sqrt{Rz\ 25}$

| | | | | | | |
|---|--------|------|-----------------------------|--------|---|-------------------|
| Wykonane w INCAD Wersja 3.1 Nazwa pliku: HOHLBOHN.edu | | | Tolerancja wg ISO 2768-m | | Podziałka 1:1 Rd-DIN668-Ck15-70x93 | |
| | | | 1992 | Data | Nazwisko | Sworzeń wydrażony |
| | | | wyk | 16.07. | Schmidt | |
| | | | spz | | | |
| | | | zatw. | | | |
| | | | MTS | | Numer programu NC %105-1/3 %205-1/2 | Ark. 1 z 1 |
| zest. | zmiana | data | nazw | | | |

Zadanie T6

Przedstawiona na rysunku oś wykonana z 35 S 20, wymiary surówki 75x92mm, jest produkowana na tokarce CNC. Przygotujcie Państwo propozycję obróbki na kartce papieru lub przy pomocy symulatora CNC w celu jej przetestowania i skorygowania wg opracowanego planu obróbki i karty przygotowawczej.

Należy zastosować cykl toczenia zgrubnego równoległy do konturu z ograniczeniem dróg przejazdu jak też – ewentualnie – podprogramy.

Wskazówki ogólne

Zadanie jest odpowiednie do uzupełniającej pracy partnerskiej dla dwóch jednakowo zaawansowanych uczniów (każdy obrabia jedną stronę).

Cele kształcenia

Uczący się będzie w stanie samodzielnie zastosować cykl toczenia zgrubnego równoległy do konturu z ograniczeniem dróg przejazdu oraz pracować w trybie interaktywnym – poznając również jego wady i ograniczenia. Potrafi samodzielnie optymalizować program przez wstawianie cykli obróbkowych i podprogramów. Potrafi słownie opisać zakres zastosowania poszczególnych funkcji. Potrafi także przedstawić drogi przejazdu narzędzia, jako zredukowany, choć mało przejrzysty wariant symulacji i opisać słownie jego zastosowanie.

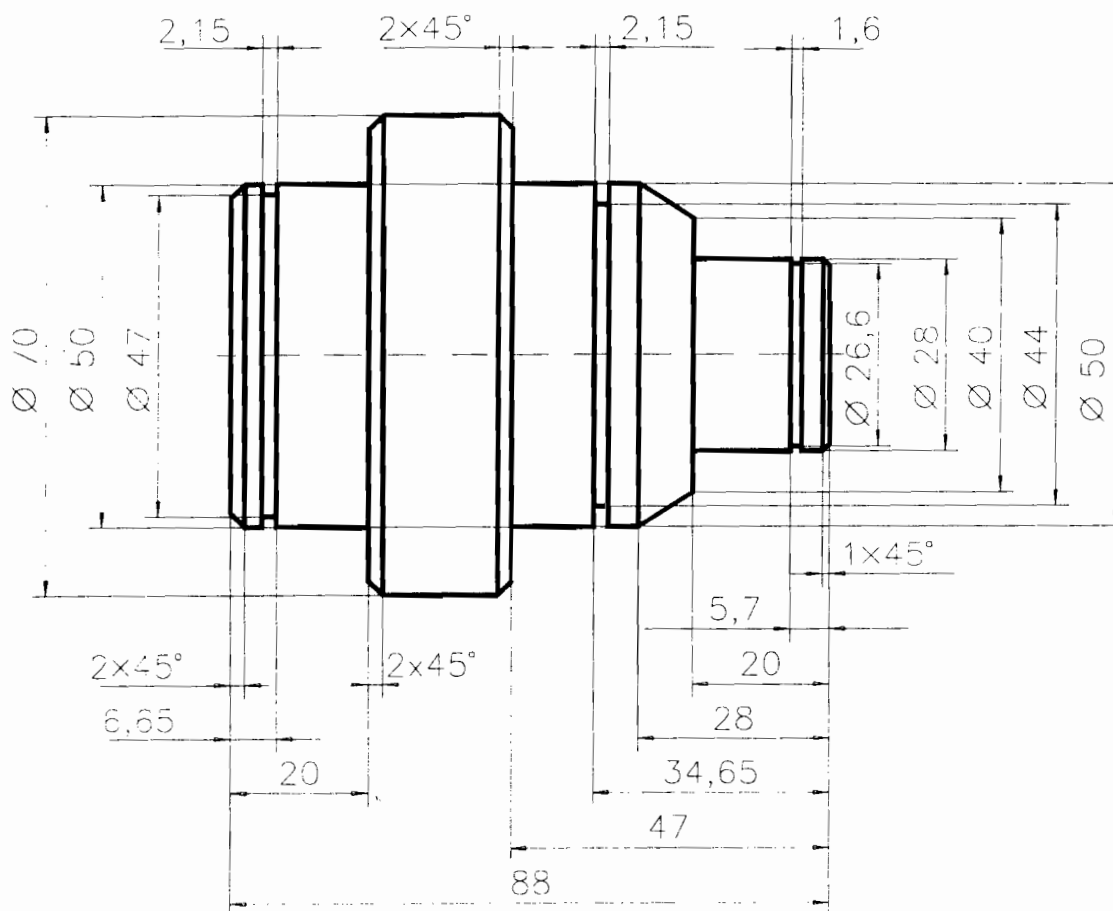
Szczególne elementy ćwiczenia

Cykl toczenia zgrubnego wzdłużnego G83 z nadatkami na obróbkę wykańczającą G57, mierzenie i kompensacja promienia narzędzia G40/G42, cykl toczenia fazy G88, cykl toczenia rowków G86, jak też technika podprogramów.

Dalsze części ćwiczenia do wykonania na symulatorze CNC – MTS

1. Proszę polecić pokazanie dróg przejazdu narzędzia:
 - a) dla całej obróbki
 - b) dla jednego przejścia
2. Po obydwu stronach przedmiotu występują podcięcia, dla których można wypróbować technikę podprogramów.
3. Proszę opisać w kilku słowach korzyści i ujemne strony zastosowania techniki podprogramów. Przy których zastosowaniach technika podprogramów jest szczególnie potrzebna? Jakie inne formy wielokrotnego użycia części programu są Wam znane?
4. Co należy zmienić w programie, gdy chcemy istniejącą fazę na krawędzi zastąpić zaokrągleniem R2?
5. Proszę wykonać z cykli toczenia zgrubnego z ograniczonymi drogami przejazdu – jeden cykl toczenia zgrubnego (toczenie wzdłużne i planowanie) i rozważyć, pod względem korzyści technologicznych i gospodarczych, które rozwiązanie jest korzystniejsze (proszę zwrócić uwagę na różnice w czasach obróbki!).

Dla tych materiałów zastrzegamy
sobie wszystkie prawa



✓/w 32

| | | | | | |
|--------------------------|--|----------------|--|------------------------|--|
| Wykonano w INCAD | | Tolerancja og. | | Podziałka 1:1 | |
| Wersja 3.1 | | ISO 2768-m | | Hd-DIN1013 30S20 70x90 | |
| Nazwa pliku: BACHSEN.edu | | 1992 Data | | Nazwisko | |
| | | wyk 16.07 | | Schmidt | |
| | | spr | | | |
| | | zatw | | | |
| | | MTS | | Numer programu: 160 | |
| | | | | 0%100 1/2 0%200 1/2 | |
| Zmiana | | data | | nazw | |
| | | | | Ark. 1 | |
| | | | | 21 | |

Zadanie T8

Przedstawiona na rysunku tuleja zabezpieczająca wykonana z CuSn4, wymiary surówki 110x70mm, średnica wewnętrzna 65mm, jest wykonana na tokarce CNC. Kolejność obróbki i dane skrawania są do samodzielnego zaplanowania, względnie do wyboru. Część powinna być, jeśli jest to możliwe, przygotowana na stanowisku symulacyjnym z możliwością mierzenia i sprawdzania, aby program i plan obróbki zoptymalizować i w razie potrzeby zaproponować więcej wariantów przez zastosowanie techniki parametrów.

Wskazówki ogólne

Obok obustronnej obróbki zewnętrznej i wewnętrznej występuje tu obróbka rowka na powierzchni czołowej, która stanowi szczególne utrudnienie dla uczących się.

Cele kształcenia

Uczący się będzie w stanie zaprogramować rowek na powierzchni czołowej i na tym przykładzie wykazać różnice pomiędzy wytwarzaniem na obrabiarkach konwencjonalnych i obrabiarkach CNC. Przy rozwiązaniu zadania potrafi użyć szczególnych możliwości techniki CNC (optymalizacji dróg ruchu, pomiaru w każdym stadium programowania). Potrafi wskazać korzyści wynikające z programowania parametrycznego przy wariantowym wykonaniu obróbki i może go zastosować w prostym przykładzie.

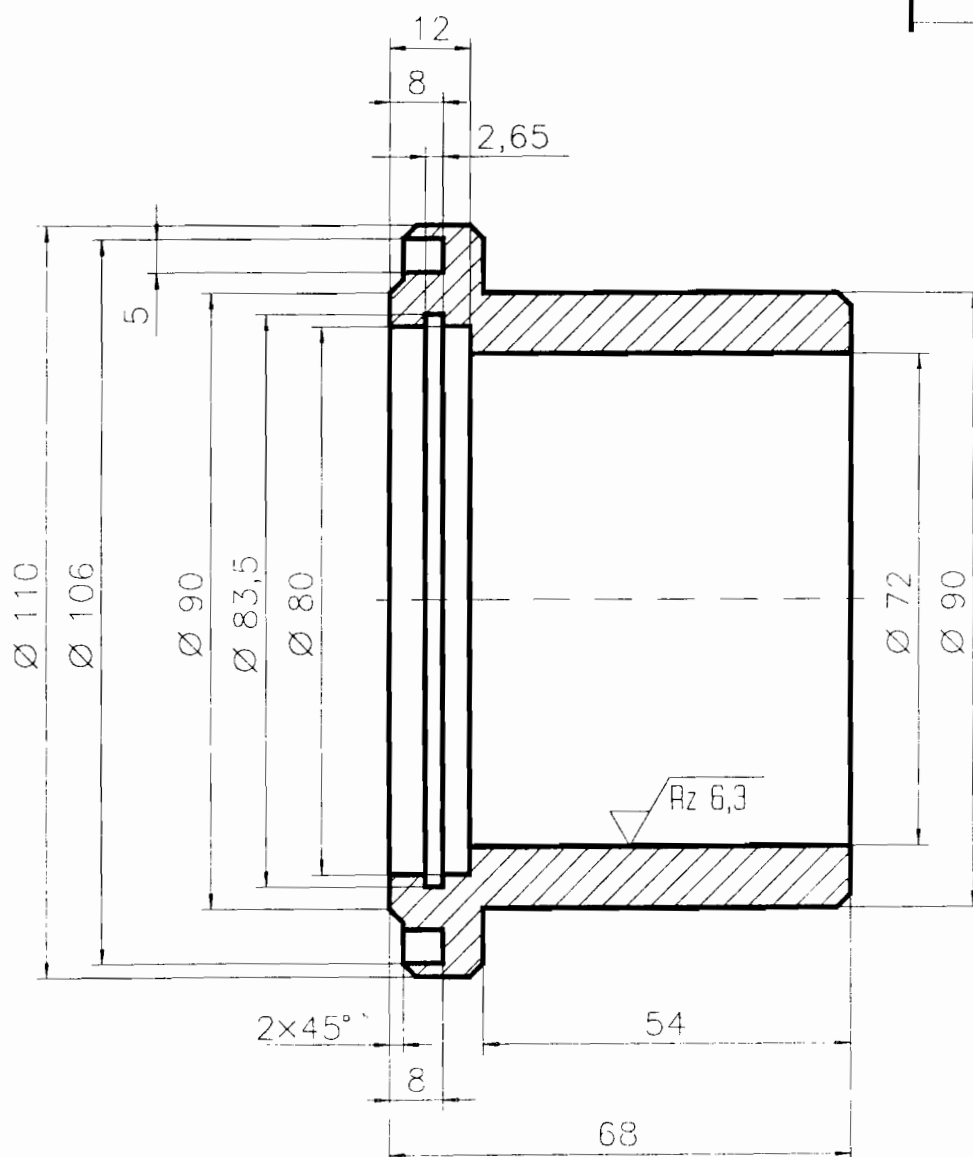
Szczególne elementy ćwiczenia

Wybór odpowiedniego zamocowania, wybór cykli obróbkowych do toczenia wzdłużnego, przymocowanie z wyborem mocowania, ustawienie punktu zerowego, programowanie parametryczne.

Dalsze części ćwiczenia do wykonania na symulatorze CNC – MTS

1. Proszę zaprogramować obróbkę konturu wewnętrznego przy pomocy cyklu toczenia wzdłużnego po prostokącie G75 i porównać to rozwiązanie z wybranym wcześniej.
2. Proszę zastosować w obydwu programach odpowiednie 'główki programów' (pierwszych kilka boków NC) z ważniejszymi danymi, możliwe również do późniejszego wykorzystania. Powinny one zawierać następujące informacje: oznaczenie przedmiotu obrabianego, materiał, wymiary surówki, narzędzia i zamocowania z odpowiednim oznaczeniem.
3. Proszę zaokrąglić wszystkie krawędzie zewnętrzne – poza podcięciem – promieniem R2. Do tego celu użycie Państwo cyklu G8; proszę rozważyć także inne możliwości rozwiązania.
4. Do wykonania podcięcia proszę zastosować parametryzowany podprogram.
5. Proszę sparametryzować założone dane technologiczne i przetestować różne ich warianty.
6. Proszę pomierzyć gotowy przedmiot obrobiony i ewentualnie skorygować program. Proszę zoptymalizować program tak, aby był on odpowiedni do produkcji wielkoseryjnej.

Ula tych materiałów zasługujemy
sobie wszystkie prawa



Wszystkie niewymiarowane fazy = $2 \times 45^\circ$

Wykonano w INCAD
Wersja 3.1
Nazwa pliku: SiedziusNadu

Tolerancja og
ISO 2768-m



Podziałka 1:1

Rohr - DIN1754 - CuSn4 - 110x20x71

1992
wyk.
spr.
zatw.

Data
20.07.

Nazwisko
Schmidt

Tuleja zabezpieczająca

MTS

Numer programu NC
%a108 - 1/4 %a208 - 1/2

Ark. 1
z 1

został zmiana data nazw

Zadanie T9

Przedstawione na rysunku koło pasowe wykonane ze stali St37-2, wymiary surówki 120x48mm, jest wytwarzane z wymaganą dokładnością na tokarce CNC. Przygotujcie Państwo propozycję obróbki na kartce papieru lub przy pomocy symulatora CNC w celu jej przetestowania i skorygowania wg opracowanego planu obróbki i karty przygotowawczej.

Programowanie na symulatorze powinno przebiegać według wyboru w trybie interaktywnym lub w edytorze w czterech wariantach:

- a) podprogram dla jednego rowka klinowego w wymiarach absolutnych i przyrostowe przesunięcie punktu zerowego dla następnego
- b) podprogram dla rowka klinowego w wymiarach przyrostowych i dwukrotne wywołanie go w programie głównym w różnych miejscach przez powtórzenie części programu
- c) programowanie pierwszego rowka klinowego w programie głównym, następnie przesunięcie punktu zerowego i wprowadzenie drugiego rowka przez powtórzenie bloków programu, względnie części programu.
- d) programowanie rowka klinowego przy pomocy cyklu podcięć.

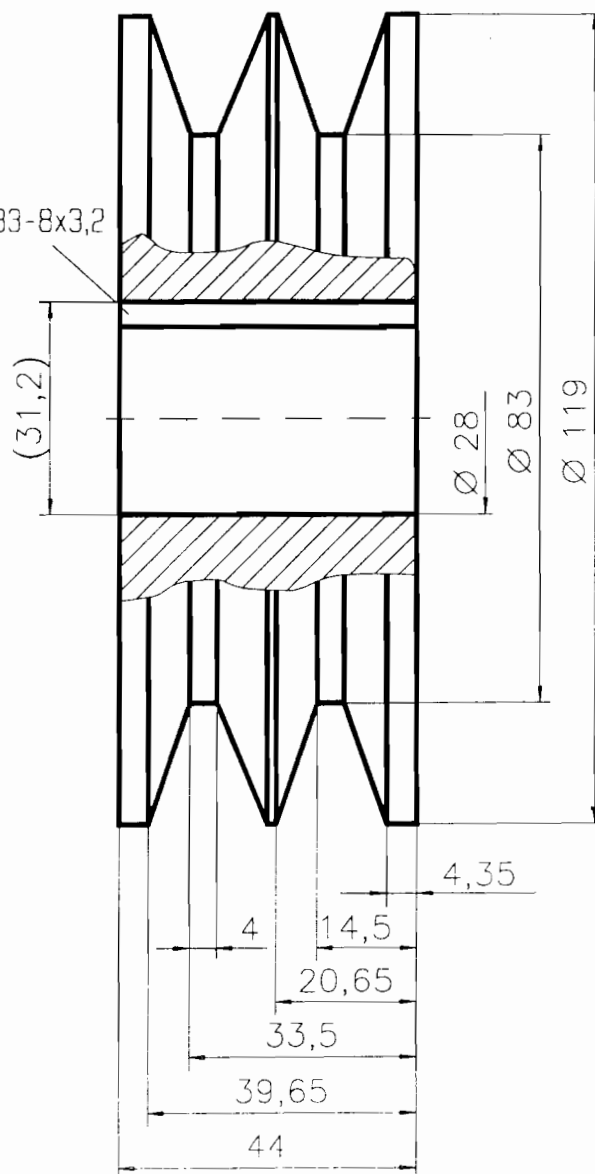
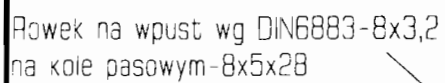
Wskazówki ogólne To zadanie łączy relatywnie proste zadanie programowania (jak daleko wymaga tego kontur) ze skomplikowanym planowaniem obróbki, komponowaniem programu i możliwościami mocowania.

Cele kształcenia Uczący się będzie w stanie rozwiązać zadania coraz trudniejsze i bardziej skomplikowane. Potrafi przy tym, uwzględniając warunki geometryczne, dokonać uzasadnionego wyboru najbardziej korzystnego wariantu programowania.

Szczególne elementy ćwiczenia Wytwarzanie podprogramów, zapamiętywanie, wywoływanie i przesuwanie punktu zerowego, powtarzanie bloków, warianty programowania.

- Dalsze części ćwiczenia do wykonania na symulatorze CNC – MTS**
- 1. Proszę wytworzyć podprogram dla nawiercania i wiercenia wstępnego wiertłem o średnicy 15mm dla otworu 28mm i zaprogramować to z parametrami.
 - 2. Proszę zaplanować w podprogramie przyrostowym (wariant B) wykonanie rowka klinowego z parametrami i wypróbować to dla różnych wariantów wymiarowych. Należy zawsze pamiętać o wyczerpujących komentarzach.
 - 3. Proszę uzasadnić w kilku słowach, który z czterech wariantów programowania jest w tym przypadku optymalny. Przy jakich założeniach można wybrać inne rozwiązanie i które?
 - 4. Proszę wypróbować różne możliwości zamocowania i wyszukać najkorzystniejszy wariant.

| wymiar | odchyłka |
|--------|----------|
| | |
| | |

 $\sqrt{147,6,3}$

| | | | | | |
|--------------------------|--|---------------|--|--------------------------|--|
| Wykonane w INCAD | | Tolerancja og | | Podziałka 1:1 | |
| Wersja: 3.1 | | SO 2/66 m | | Rd-DIN1013-St37-2-120x50 | |
| Nazwa p.k.: KEH-BIEN.edu | | 1992 | | Data | |
| | | wyk. | | 17.07 | |
| | | spr | | Nazwisko | |
| | | zatw | | Schmidt | |
| | | | | Koło pasowe | |
| | | MTS | | Numer programu NC | |
| | | | | %109-1/5 %209-1 | |
| zest. | | zmiana | | data | |
| nazw | | | | Ark. 1 | |
| | | | | 21 | |

Zadanie T10

Przedstawiona na rysunku tuleja wykonana z 9S20, wymiary surówki 75x100mm, jest wytwarzana na tokarce CNC. Toczenie zgrubne powinno być w jak największej części wykonane przez sterowanie ręczne lub przez wytworzenie odpowiednich bloków NC w trybie TEACH-IN. Wytwarzanie tulei, łącznie z wykonaniem wszystkich koniecznych dokumentów do obróbki obydwu stron, jest przygotowane na symulatorze CNC do testowania i korygowania. Wprowadzone w trybie TEACH-IN nastawienia, głębokości skrawania i posuwy mogą być w trybie interaktywnym lub w edytorze zoptymalizowane (należy polecić krokowe pokazywanie dróg przejazdu). Kontur zewnętrzny dla obróbki wykańczającej można zaprogramować przez użycie interpolacji kołowej G02/G03 lub alternatywnie przez definiowanie promieni przejściowych lub w trybie WOP (programowanie zorientowane warsztatowo ze wsparciem graficznym przy definiowaniu geometrii).

Wskazówki ogólne

Należy udostępnić uczniom oryginalne podręczniki i instrukcje programowania rzeczywistych obrabiarek, ewentualnie poszczególne przejścia programowe należy przetłumaczyć samodzielnie. Punkt 3. 'dalszych ćwiczeń' wymaga wcześniejszego przygotowania lub opieki personelu uczącego (wprowadzenie powinno być przedstawione całej grupie i wspólnie przedyskutowane).

Cele kształcenia

Uczący się będzie w stanie opisać kołowe drogi narzędzia według ISO i programować je różnymi metodami. Potrafi także wykorzystać wspieranie programowania przez TEACH-IN i WOP. Przy wykonywaniu zadań dodatkowych uczniowie poznają różnice pomiędzy rzeczywistymi sterowaniami CNC, jak też funkcjonowanie i konieczność stosowania postprocesorów.

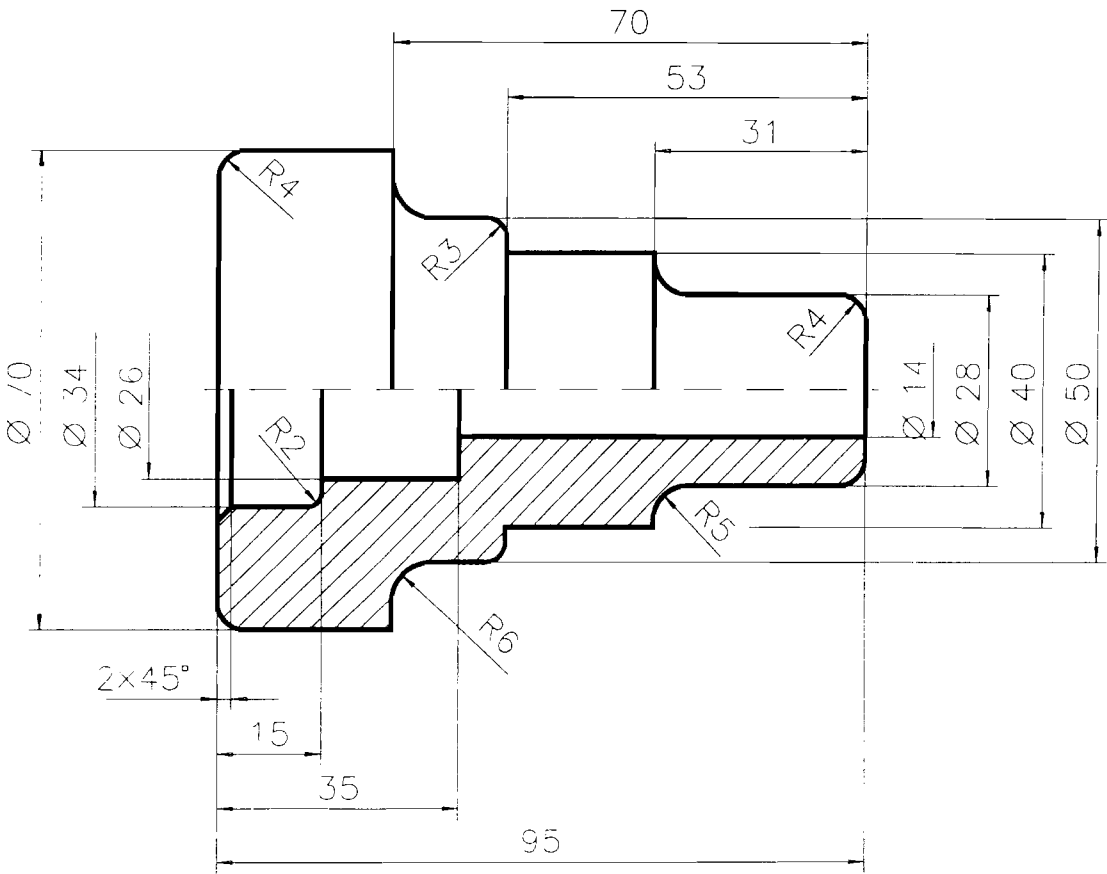
Szczególne elementy ćwiczenia

Interpolacja kołowa, programowanie konturów z łukami, także G87, powierzchnia WOP, mierzenie i kompensacja promienia narzędzia, ewentualnie postprocesory.

Dalsze części ćwiczenia do wykonania na symulatorze CNC – MTS

1. Proszę zaopatrzyć program i podprogramy w komentarze i wydrukować go.
2. Proszę postarać się zoptymalizować czas wykonania. Wszystkie kroki, drogi i inne dane należy sprawdzić i zoptymalizować.
3. Obróbka tulei powinna być przeniesiona na konkretną obrabiarkę. Należy więc przeprowadzić tłumaczenie przez postprocesor, wydrukować program specyficzny dla danego sterowania i porównać ze źródłowym.

Uka tych materiałów zastrzegamy
sobie wszystkie prawa



| Wymiar | Odchyłka |
|--------|----------|
| | |
| | |
| | |

| | | | | | |
|--------------------------|--------|---------------|----------|------------------------|--------|
| Wyczerpano w INCAD | | Tolerancja wg | | Podziałka 1:1 | |
| Wersja 3.1 | | ISO 2768-m | | Hd-DIN1013-9S20 75x100 | |
| Nazwa pliku: BUCHSEN.ecu | | | | | |
| | | 1997 | Data | Nazwisko | Tuleja |
| | | wyk | 20.7.1 | Schmidt | |
| | | spr | | | |
| | | zatw | | | |
| | | MTS | | Numer programu: NC | |
| | | | | %01010 1/3 %02010 1 | |
| Zatw. | Zmiana | Data | Nazwisko | Ark 1 | |
| | | | | / 1 | |

Zadanie T11

Przedstawiony na rysunku wał wykonany z C15, wymiary surówki 75x118mm, jest wytwarzany na tokarce CNC w dużej serii do przygotowania części zamiennych. Jako miejsce do programowania i testowania służy symulator CNC. Należy najpierw sporządzić program źródłowy, który potem będzie przetłumaczony dla specyficznego sterowania. Można to zaprogramować interaktywnie i przy użyciu WOP. Dla obróbki konturów zewnętrznych i wewnętrznych są przewidziane odpowiednie cykle obróbkowe z ograniczeniem dróg przejazdu. Przejścia obróbkowe i ruchy szybkie powinny być technicznie i czasowo optymalne.

Wskazówki ogólne

Godne uwagi są możliwości wyczerpujących komentarzy i dokumentacji, jak też archiwizowania.

Cele kształcenia

Uczący się będzie w stanie przygotować w całości zadanie wytwórcze, od planu obróbki, do sprawdzenia i optymalizacji programu. Potrafi wybrać drogę do określenia najkorzystniejszej kolejności obróbki i najkorzystniejszego przebiegu programowania. Wykorzystuje w sposób celowy dostępne w systemie pomoce, których potrzebuje zależnie od swoich wiadomości i doświadczenia.

szczególne elementy wiczenia

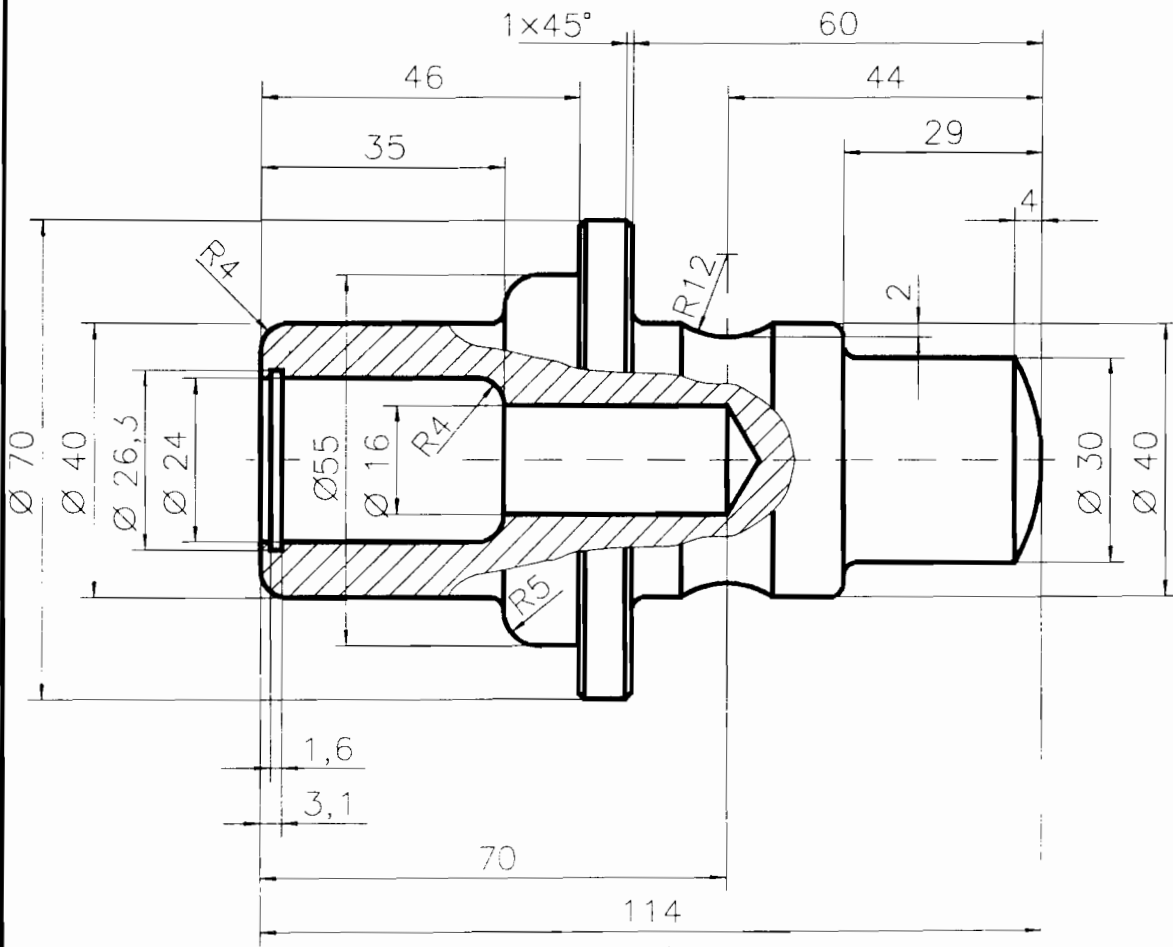
Odpowiedni dobór zamocowania i przesunięcia punktu zerowego, interpolacja kołowa i wytwarzanie powierzchni kulistych, programowanie interaktywne z wykorzystaniem WOP, technika podprogramów z zaślepionymi blokami, mierzenie przedmiotu obrabianego i kompensacja promienia narzędzia.

alsze części wiczenia do wykonania na ymulatorze NC – MTS

1. Proszę wykonać zaokrąglenie konturu wewnętrznego na średnicy 24mm.
2. Do obróbki wykańczającej konturu zewnętrznego i wewnętrznego proszę opisać ciągi konturowe i wstawić je do podprogramów. Przy nadawaniu kształtu dla toczenia zgrubnego i wykańczającego konieczne są odmienne bloki programu (np. naddatki na obróbkę wykańczającą punkty ustawienia itp.), które można aktywizować przez dwie różne płaszczyzny zaślepienia bloków.
3. Czas realizacji programu można zoptymalizować pod względem żądanych wymagań technicznych. Proszę porównać wyniki dla różnych rozwiązań.
4. Proszę określić czasy pracy poszczególnych narzędzi użytych w programie.

Dla tych materiałów zastrzegamy
sobie wszystkie prawa

| wymiar | odchyłka |
|--------|----------|
| | |
| | |



Wszystkie niewymiarowane promienie R2

| | | | | | |
|--|--------|-----------------------------|--------|---------------------------|--|
| Wykonane w INCAD Wersja 3.1 Nazwa pliku: AUL NAWEN.edu | | Tolerancje wg ISO 2768 m | | Podziałka 1:1 | |
| | | | | Rd - DIN1013 - C15 70x118 | |
| | | 1993 | Data | Waż | |
| | | wyk | 21.07. | | |
| | | SPR | | | |
| | | zatw | | | |
| | | MTS | | Numer programu NC | |
| | | | | %01D11 - 1/3 %02D11 1/2 | |
| | | | | Ark. 1 z 1 | |
| zespół | zmiana | data | nazwa | | |

Zadanie T12

Przedstawiona na rysunku tuleja stożkowa wykonana z 9S20K, wymiary surówki 80x120mm, jest wytwarzana na tokarce CNC w małej serii. Proszę przygotować produkcję za pomocą symulatora CNC. Do wykonania konieczny jest plan obróbki i karta przygotowawcza. Przy programowaniu interaktywnym bez podprogramów należy użyć każdorazowo najkorzystniejszych cykli obróbkowych. Po przetestowaniu i skorygowaniu programu należy go wydrukować.

Wskazówki ogólne

Należy użyć możliwości programowania jakie daje symulator MTS-CNC.

Cele kształcenia

Uczący się będzie w stanie rozwiązać średnio skomplikowane zadania z toczenia CNC, od sporządzenia planu obróbki do sprawdzenia i optymalizacji programu. Wie, jakie możliwości pomocne przy programowaniu zawiera sterowanie i potrafi ich użyć.

Szczególne elementy ćwiczenia

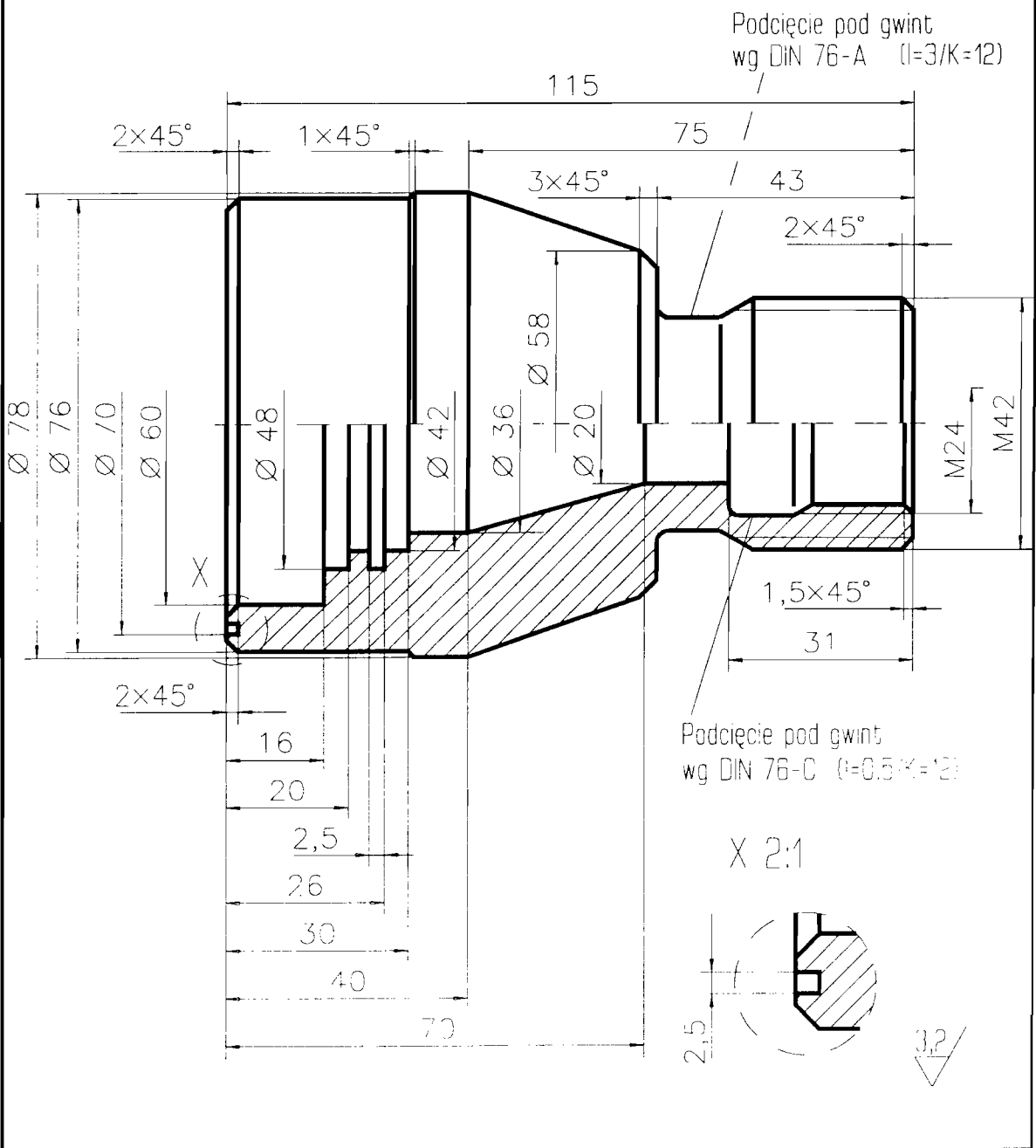
Całkowite planowanie obróbki i jej wprowadzenie, stosowanie cykli obróbkowych dla obróbki różnych wewnętrznych i zewnętrznych konturów, optymalne zestawienie programu.

Dalsze części ćwiczenia do wykonania na symulatorze CNC – MTS

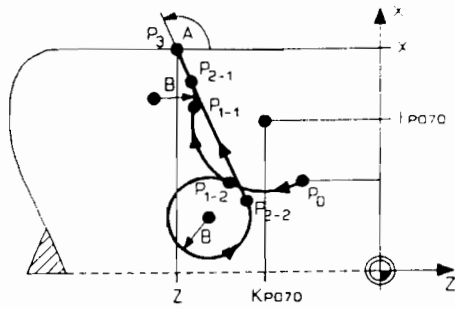
1. Proszę załamać wszelkie krawędzie.
2. Proszę przenieść opis gotowego konturu do podprogramu przez kopiowanie w edytorze. Wprowadzić odpowiednie wywołanie w programie głównym i użyć płaszczyzny zaślepienia, jeśli jest to uzasadnione.
3. Proszę porównać wynik z innymi i spróbować dojść wspólnie do optymalnego stanu programu. (Jak oceniacie Państwo późniejsze rozwiązanie ze znalezionym wspólnie 'optymalnym rozwiązaniem'?).
4. Proszę przetłumaczyć program przez postprocesor na konkretne sterowanie obrabiarki, po omówieniu go z nauczycielem i porównać program docelowy ze źródłowym. Proszę wprowadzić pisemnie, lub przez komentarze w edytorze, odsyłacze w wydruku programów źródłowego i docelowego. Proszę przesłać program (jeśli jest to możliwe) przez program przenoszący do obrabiarki.
5. Proszę opisać w kilku słowach korzyści i wady jakie wynikają ze sporządzenia najpierw programu źródłowego z późniejszym wprowadzeniem go przez postprocesor – z bezpośrednim programowaniem na obrabiarkę.
6. Jak będzie wyglądał podprogram do wykonania konturu wewnętrznego, gdy w miejsce stożka wewnętrznego będzie miał być wykonany następujący przebieg konturu: R30 stycznie do 36mm, następnie odcinek 190, po tym stycznie dalszy prawy łuk R20 i na koniec lewy łuk styczny o promieniu R6, który połączy się stycznie z otworem o średnicy 20mm. Proszę przygotować szkic konturu, sporządzić podprogram przy użyciu parametrów, połączyć go z programem głównym, przetestować i wydrukować.

Dla tych materiałów zasługujemy
sobie wszystkie prawa

| wymiar | odchyłka |
|--------|----------|
| | |
| | |



| | | | | | |
|--|--|-----------------------------|------------------|---|---|
| Wykonano w CAD Wersja 3.1 Nazwa pliku: K12-80N.edu | | Tolerancje wg ISO 2768-m | | Podziałka 1:1 Rd-DIN668 9S20K-80x118 | |
| | | Data wyk | Data 21.12.17 | Nazwisko Schmidt | Tuleja sławkowa |
| | | spr | | | |
| | | zstw. | | | Numer programu NC %1012 1/3 %2012 1/3 |
| | | | | | |
| | | MTS | | | Ark. 1 z 1 |
| | | | | | |



G72 I.. K.. (P070) P001 lub P002
 G73 B.. [P000]
 G71 X.. Z.. A.. [P000]

Wybór rozwiązań alternatywnych na podstawie kryterium łuku:

2. Łuk kołowy: P_{1-1} (krótszy łuk) programowanie z adresem P001 i P_{1-2} (dłuższy łuk) programowanie z adresem P002

Warunek:

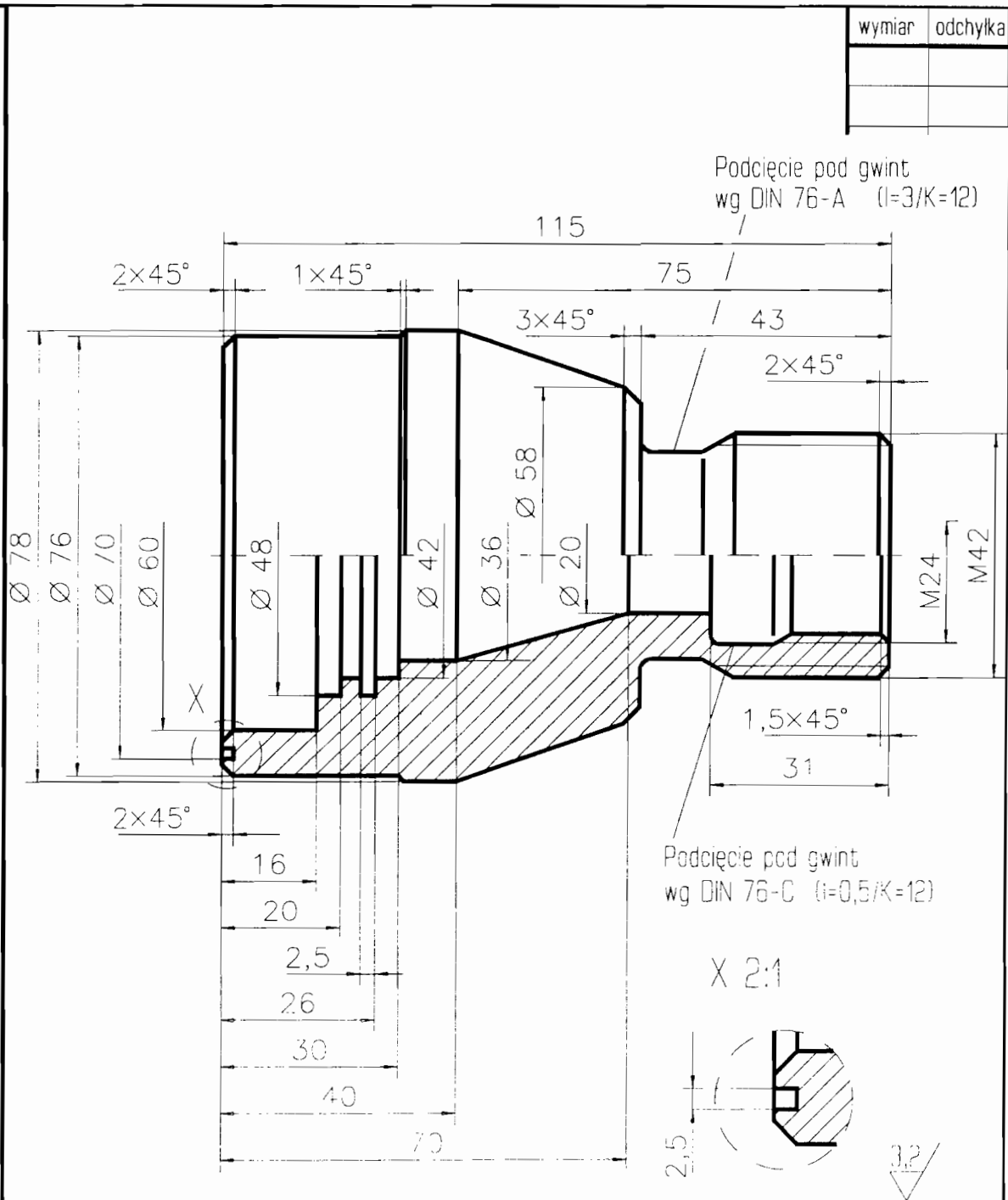
Elementy przechodzą stycznie względem siebie.

Zadanie T12

Przedstawiona na rysunku tuleja stożkowa wykonana z 9S20K, wymiary surówki 80x120mm, jest wytwarzana na tokarce CNC w małej serii. Proszę przygotować produkcję za pomocą symulatora CNC. Do wykonania konieczny jest plan obróbki i karta przygotowawcza. Przy programowaniu interaktywnym bez podprogramów należy użyć każdorazowo najkorzystniejszych cykli obróbkowych. Po przetestowaniu i skorygowaniu programu należy go wydrukować.

| | |
|--|---|
| Wskazówki ogólne | Należy użyć możliwości programowania jakie daje symulator MTS-CNC. |
| Cele kształcenia | Uczący się będzie w stanie rozwiązać średnio skomplikowane zadania z toczenia CNC, od sporządzenia planu obróbki do sprawdzenia i optymalizacji programu. Wie, jakie możliwości pomocne przy programowaniu zawiera sterowanie i potrafi ich użyć. |
| Szczególne elementy ćwiczenia | Całkowite planowanie obróbki i jej wprowadzenie, stosowanie cykli obróbkowych dla obróbki różnych wewnętrznych i zewnętrznych konturów, optymalne zestawienie programu. |
| Dalsze części ćwiczenia do wykonania na symulatorze CNC – MTS | <ol style="list-style-type: none"> 1. Proszę załamać wszelkie krawędzie. 2. Proszę przenieść opis gotowego konturu do podprogramu przez kopiowanie w edytorze. Wprowadzić odpowiednie wywołanie w programie głównym i użyć płaszczyzny zaślepienia, jeśli jest to uzasadnione. 3. Proszę porównać wynik z innymi i spróbować dojść wspólnie do optymalnego stanu programu. (Jak oceniacie Państwo późniejsze rozwiązanie ze znalezionym wspólnie 'optymalnym rozwiązaniem'?). 4. Proszę przetłumaczyć program przez postprocesor na konkretne sterowanie obrabiarki, po omówieniu go z nauczycielem i porównać program docelowy ze źródłowym. Proszę wprowadzić pisemnie, lub przez komentarze w edytorze, odsyłacze w wydruku programów źródłowego i docelowego. Proszę przesłać program (jeśli jest to możliwe) przez program przenoszący do obrabiarki. 5. Proszę opisać w kilku słowach korzyści i wady jakie wynikają ze sporządzenia najpierw programu źródłowego z późniejszym wprowadzeniem go przez postprocesor – z bezpośrednim programowaniem na obrabiarkę. 6. Jak będzie wyglądał podprogram do wykonania konturu wewnętrznego, gdy w miejsce stożka wewnętrznego będzie miał być wykonany następujący przebieg konturu: R30 stycznie do 36mm, następnie odcinek 190, po tym stycznie dalszy prawy łuk R20 i na koniec lewy łuk styczny o promieniu R6, który połączy się stycznie z otworem o średnicy 20mm. Proszę przygotować szkic konturu, sporządzić podprogram przy użyciu parametrów, połączyć go z programem głównym, przetestować i wydrukować. |

Dla tych materiałów zastrzegamy sobie wszystkie prawa



Wykonano w INCAD
Wersja 3.1
Nazwa pliku: 21012012.ncd

Tolerancja wg
ISO 2768-m



Podziałka 1:1

Rd-DIN668-9S20K-80x118

Data
wyk 21.07
spr
zatw

Nazwisko
Schmidt

Tabela słożkowa

MTS

Numer programu NC
%1012 1/3 %2012 1/3

Ark. 1
z 1

WPSL 21.07.2012 08:10

Dla planowania, nawiercania i wiercenia wstępny powinny być zastosowane parametryzowane podprogramy, których później będzie można ponownie użyć do podobnej lecz o innych wymiarach obróbki. Po przetestowaniu i skorygowaniu programu należy go wydrukować.

Ponieważ ma być produkowana duża seria, szczególne znaczenie ma optymalizacja czasu realizacji programu.

Uczący się będzie w stanie, na podstawie rysunku wykonawczego średnio skomplikowanej części, znaleźć ogólnie stosowane parametryzowane rozwiązanie dla obróbki standardowej i zarchiwizować je dla analogicznych zastosowań.

Programowanie częściowo nieznanych cykli według ekranów pomocy, proste programowanie parametryczne, postprocesory z i bez wsparcia cyklowego, stosowanie dowolnego klucza programowania.

1. Proszę wprowadzić parametryczne podprogramy także dla obróbki po drugiej stronie.'
2. Proszę przetłumaczyć program przy pomocy odpowiedniego postprocesora z wytwarzaniem bloków wg ISO na konkretne sterowanie CNC i dokonać wspólnie z nauczycielem przesłania programu.
3. Proszę zastosować postprocesor ze wsparciem cyklowym i ponownie przetłumaczyć program, porównać wynik i przedyskutować go w grupie.
4. Proszę sporządzić program NC dla tego samego przedmiotu obrabianego ręcznie, bez systemu MTS-CNC w języku konkretnego sterowania. Proszę porównać wynik z programem, który został przetłumaczony przez postprocesor.
5. Proszę skonfigurować system przy pomocy dowolnego klucza programowania na składnię, wybranego przez Państwa sterowania CNC i przetestować przetłumaczony program. (Dlaczego jest to pomocne w praktyce?).
6. Proszę opisać w kilku słowach ważniejsze wielkości, które mają wpływ na czas realizacji programu NC.

| wymiar | odchyłka |
|--------|----------|
| | |
| | |
| | |



Zadanie T14

Przedstawiona na rysunku tuleja gwintowana wykonana z 16MnCr5, wymiary surowki 100x120mm, stosowana jest w asortymencie wyrobów w pięciu różnych wariantach konturu. Przedmiot będzie wykonywany w elastycznym centrum tokarskim CNC, bez jego przezbrajania. Produkcja dla wszystkich wariantów jest przygotowana na symulatorze CNC.

Dla czterech wariantów stosowane są te same programy główne i ew. podprogramy, które powinny być wyczerpująco i przejrzysto archiwizowane. Plany obróbki i karty przygotowawcze są odpowiednio do tego dostosowane. Możliwe jest optymalne wykorzystanie komfortu nowoczesnego sterowania CNC pod względem szybkości programowania i jasnej struktury programu.

Wskazówka: Proszę zająć się najpierw wariantem 1., pamiętając jednak, że są do obróbki dalsze cztery warianty. Powinno się wykonywać obróbkę ze stałą szybkością skrawania z ograniczeniem maksymalnej liczby obrotów.

Cele kształcenia

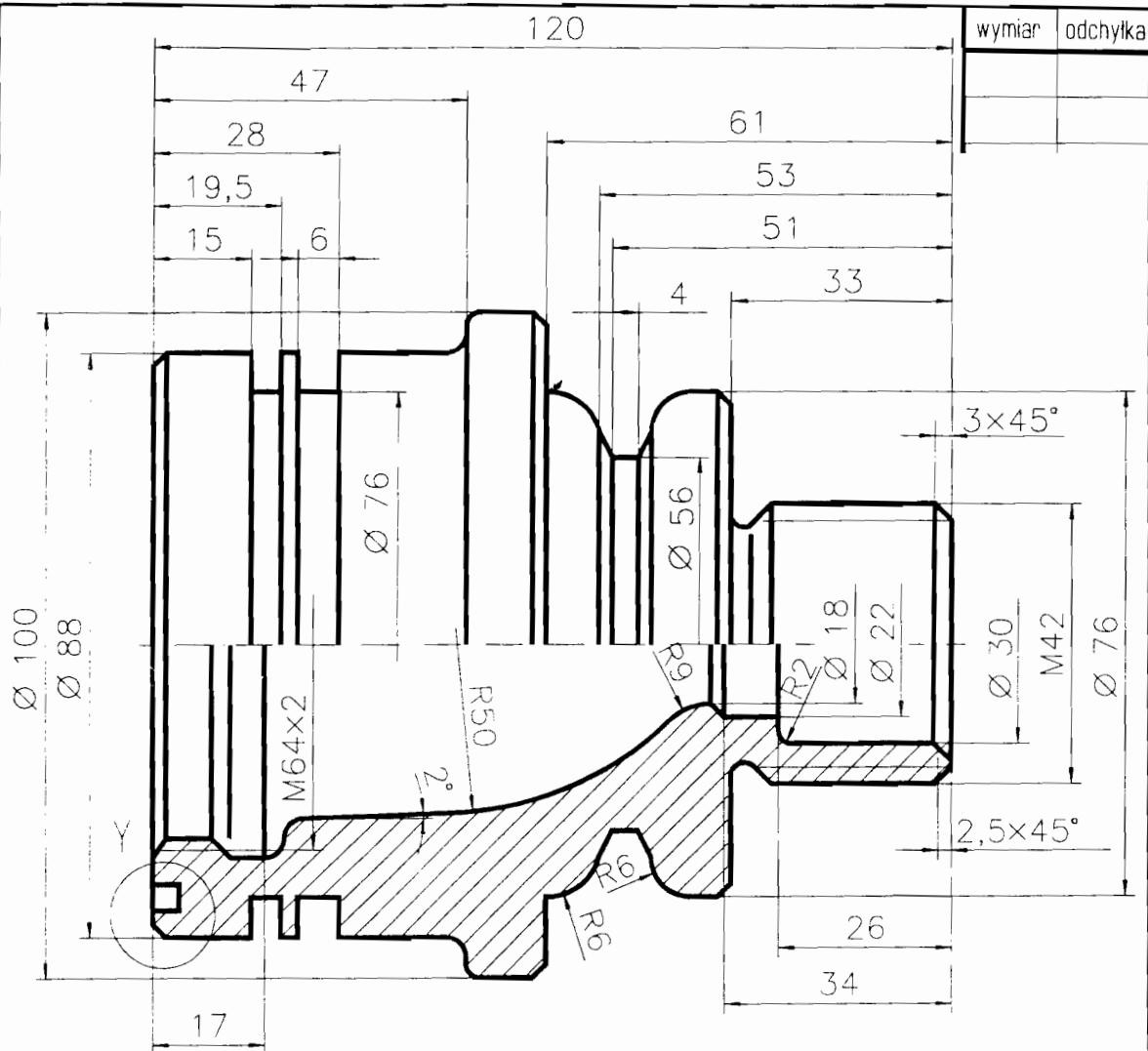
Uczący się będzie w stanie uzasadnić wybór drogi rozwiązania dla danego wariantu zadania skomplikowanego pod względem geometrii i wprowadzić to rozwiązanie odpowiednio do możliwości sterowania.

szczególne elementy wziewienia

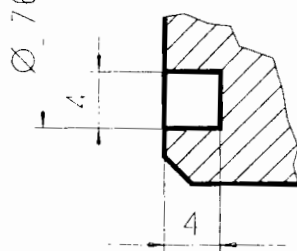
Kompleksowe planowanie pracy, optymalna sytuacja zamocowania, przesunięcia punktu zerowego, programowanie parametryczne, programowanie zorientowane warsztatowo, programowanie elementów konturu, kontury otwarte i wielopunktowe, technika podprogramów z zaślepionymi blokami, cykle obróbkowe, osiowe podcięcia.

alsze części wziewienia do wykonania na ymulatorze NC – MTS

1. Proszę uzasadnić wybrany przez siebie przebieg obróbki i przedstawić plan obróbki w kilku słowach. Które rozwiązanie możecie Państwo zaproponować?
2. Co należałoby zmienić w strukturze programu, jeśli wydział konstrukcyjny przestawi produkcję tylko na jeden wariant?
3. Proszę wykonać programy dla czterech wariantów od 2 do 5, przetestować je i zoptymalizować. (Przy dobrym przygotowaniu wstępnym, ta część pracy nie zajmie więcej niż 60 minut. Proszę użyć funkcji 'zapamiętanie/ladowanie/wczytywanie/ statusu przy testowaniu programu i symulacji').
4. Proszę przetłumaczyć program przez postprocesor, przestać go na obrabiarkę i wykonać część, jeśli są do tego możliwości. Należy zwrócić uwagę na dopasowanie parametrów skrawania, w wypadku zastosowania innego tworzywa.

Ula tych materiałów zastrzegamy
sobie wszystkie prawa


Y 2:1

 $\varnothing 76$  $\sqrt{Rz 25}$

Podcięcie pod gwint M64
wg DIN76 A (l=4,2/K=6)

Podcięcie pod gwint M42
wg DIN76-A (l=3,2/K=6)

Wszystkie niewymiarowane promienie = 3

Wszystkie niewymiarowane fazy = $2 \times 45^\circ$

Wykonane w INCAD
Wersja: 1.1
Nazwa pliku: DEB0CH1N.edu

Tolerancja og.

ISO 2768-m



Podziałka 1:1

Rd-DIN17210-16MnCr5-100x122

1993

Data

Nazwisko

wyk.

22.07.

Schmidt

spr.

zatw.

Tuleja gwintowana
1. wersja

MTS

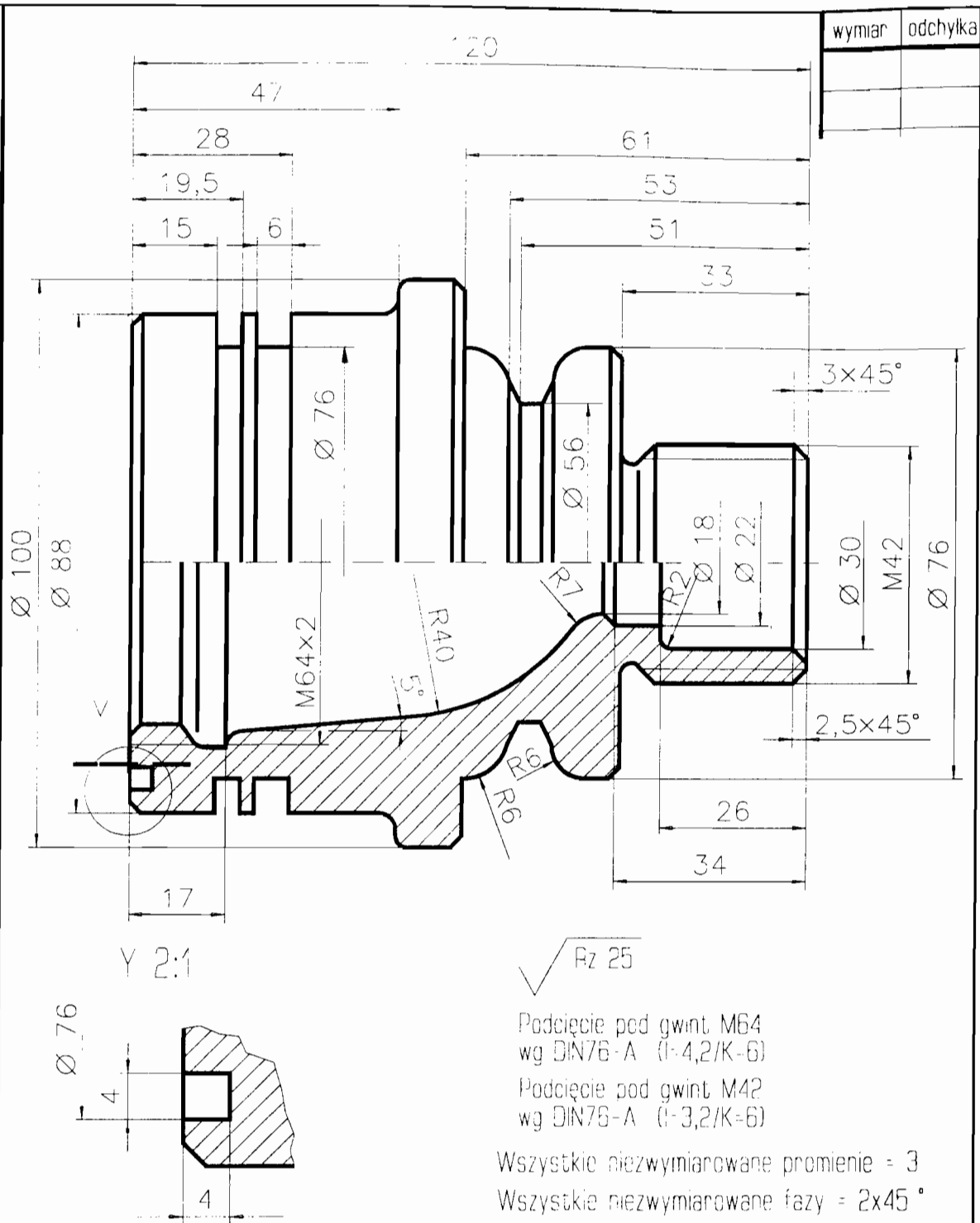
Numer programu 17

01014-1 01014-1

Ark. 1

25

zest. zmiana data nazw

Dla tych materiałów zastosujemy
 sobie wszystkie prawa


Wykonane w INCAD
 Wersja: 3.1
 Nazwa p.k.: SEBUCH2N.edu

Tolerancja og.
 ISO 2768-m



Podziałka 1:1

Rd-DIN17210-16MnCr5-100x122

| | | |
|-------|-------|----------|
| 1993 | Data | Nazwisko |
| wyk. | 22.07 | Schmidt |
| spr. | | |
| zatw. | | |

Tuleja gwintowana
 2. wersja

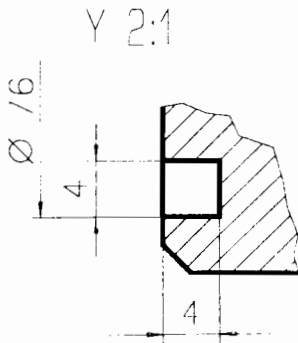
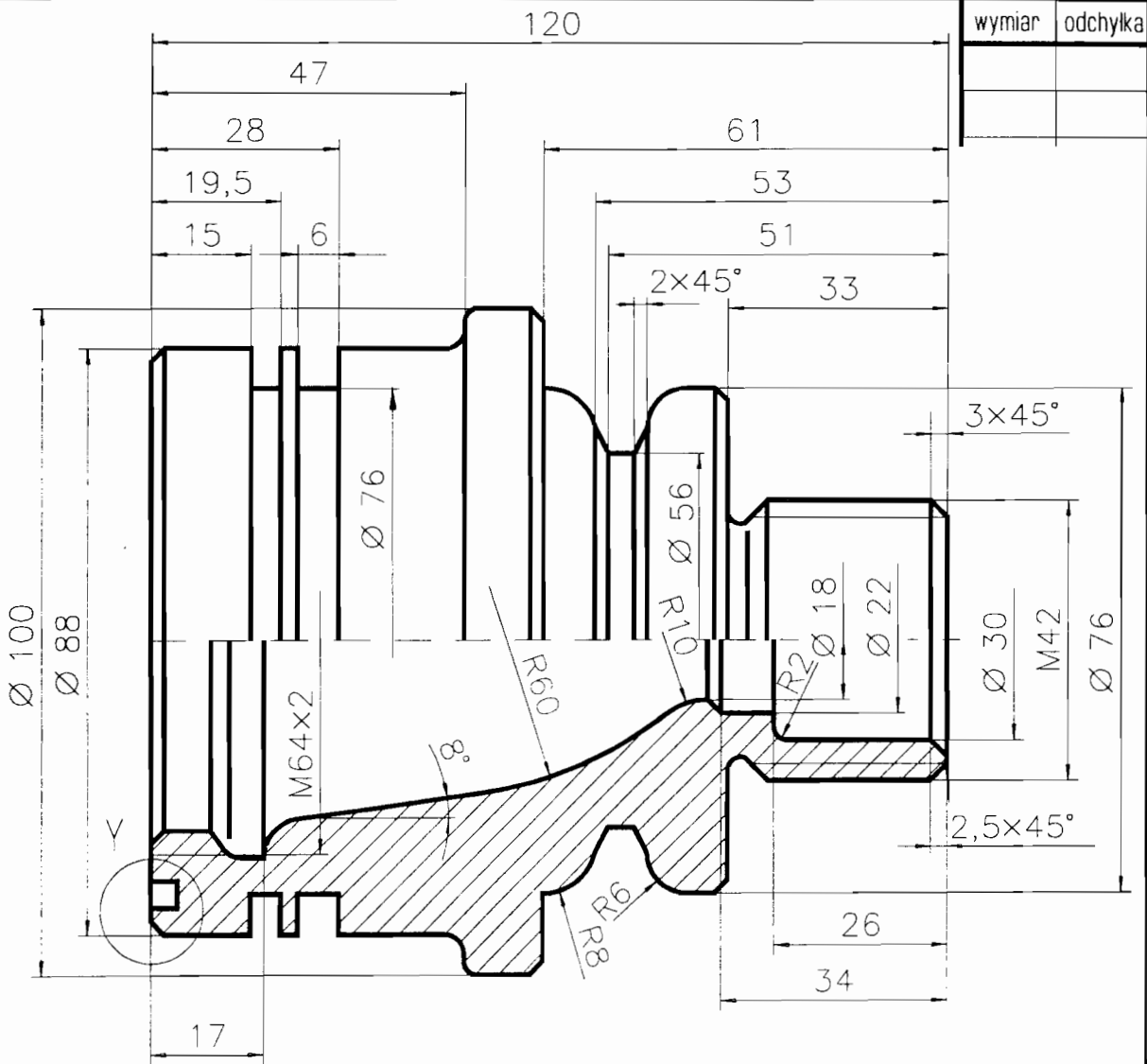
MTS

Numer programu NC
 %01D14-2 %02D14-2

Ark. 2
 z 5

| | | | |
|-------|--------|------|------|
| zest. | zmiana | data | nazw |
|-------|--------|------|------|

Dla tych materiałów zastrzegamy
sobie wszystkie prawa



✓ Rz 25

Podcięcie pod gwint M64
wg DIN76-A (l=4,2/K=6)

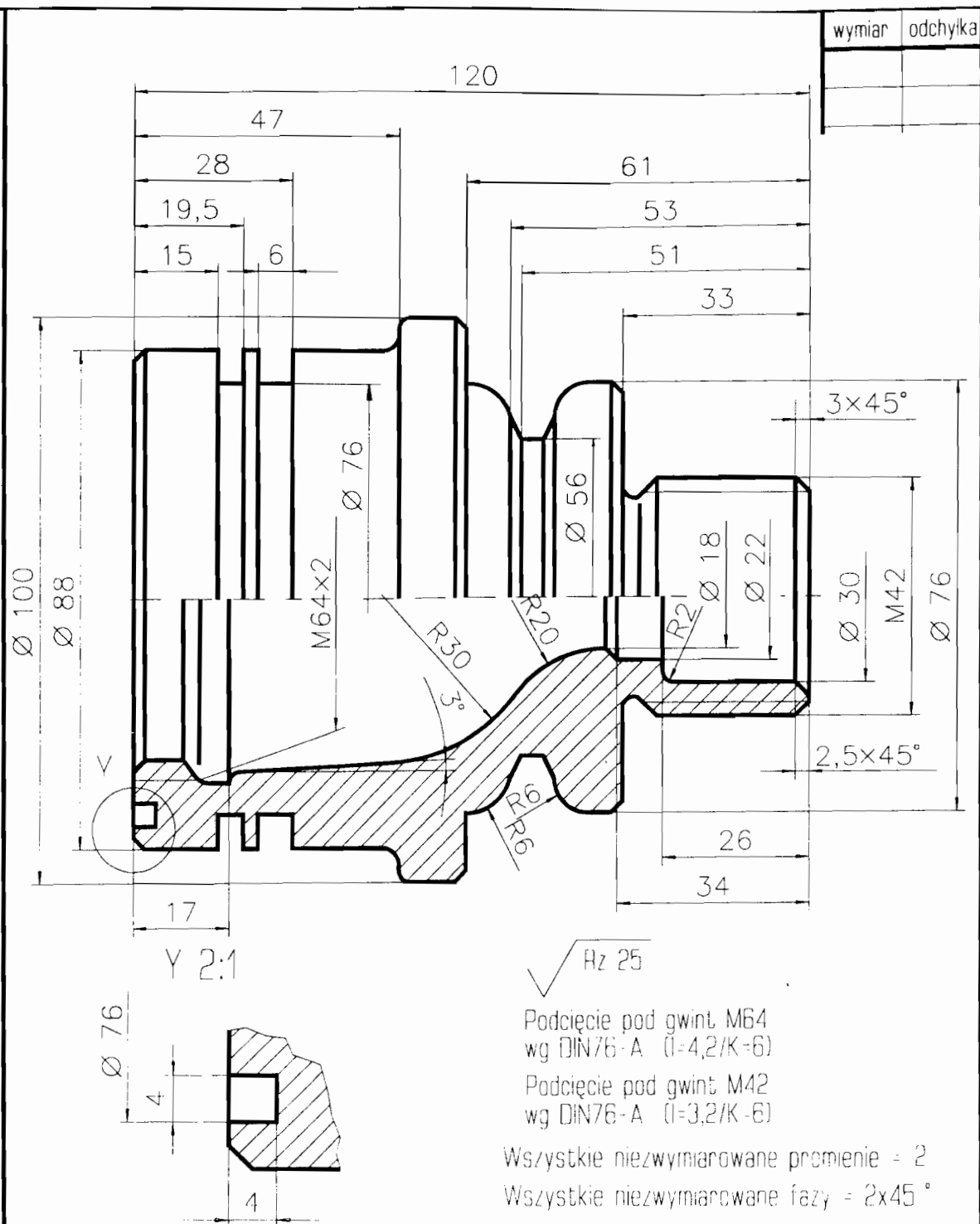
Podcięcie pod gwint M42
wg DIN76-A (l=3,2/K=6)

Wszystkie niewymiarowane promienie = 6

Wszystkie niewymiarowane fazy = 2x45°

| | | | | | |
|--|--------|------------------------------|----------------|--|--|
| Wykonane w INCAD Wersja: 3.1 Nazwa pliku: GEBUCH3N.edu | | Tolerancja og. ISO 2768 m | | Podziałka 1:1 Rd-DIN17210-16MnCr5-100x122 | |
| | | 1993 wyk | Data 22.07. | Nazwisko Schmidt | Tuleja gwintowana (3. wersja) |
| | | spr zatw. | | | |
| | | M75 | | | Numer programu NC %01D14_3 %02D14_3 |
| zrob. | zmiana | data | nazw. | Ark. 3 z 5 | |

Dla tych materiałów zastrzegamy
sobie wszystkie prawa



Wykonane w INCAD
Wersja: 3.1
Nazwa pliku: GEBUCH5N.edu

Tolerancja og
ISO 2768-m



Podziałka 1:1

Rd-DIN17210-16MnCr5 100x122

| | | |
|------|--------|----------|
| 1993 | Data | Nazwisko |
| wyk | 23.07. | Schmidt |
| spr | | |
| zatw | | |

Tuleja gwintowana
5. wersja

MTS

Numer programu NC
%b1D14-5 %b2D14-5

Ark. 5
z 5

| |
|-------------------|
| Kolejność obróbki |
|-------------------|

Nazwa pliku: VO-RA2.edu
Wykonane w INCAD 3.2

| | | |
|-----------------|---|----------------------|
| CNC Toczenie | Karta przygotowawcza | MTS Arkusz |
| | Mathematisch Technische Software-Entwicklung GmbH | Data |

| | |
|----------------------|------------------------|
| Program nr _____ | Programista _____ |
| Rysunek nr _____ | Obr./Sterow. _____ |
| Nazwa _____ | Surówka/Półwyrób _____ |
| Rodz. mocow. _____ | Element moc. _____ |
| Pozycja konika _____ | Gł. zamoc. _____ |

Dane narzędzia / obłożenie magazynu

| Pozycja magazynu | Nazwa narzędzia | Nr. pliku narzędzia | Dane korekcji | | Zabieg |
|------------------|-----------------|---------------------|---------------|----------|--------|
| | | | X | Z | |
| | | | R | Kwadrant | |
| | | | X | Z | |
| | | | R | Kwadrant | |
| | | | X | Z | |
| | | | R | Kwadrant | |
| | | | X | Z | |
| | | | R | Kwadrant | |
| | | | X | Z | |
| | | | R | Kwadrant | |
| | | | X | Z | |
| | | | R | Kwadrant | |
| | | | X | Z | |
| | | | R | Kwadrant | |
| | | | X | Z | |
| | | | R | Kwadrant | |
| | | | X | Z | |
| | | | R | Kwadrant | |

3339 Q

MTS

Ar 552

Le's

[View Full Text](#)
[Download PDF](#)
[View Metadata](#)
[View Reprints](#)
[View Purchasing Options](#)

[illegible]

===== 2007 =====

Downloaded from <http://ajphaphapublications.org/> on September 10, 2015

DOI: 10.1002/for

[illegible]

5 000 10000 15000 20000 25000 30000 35000 40000 45000 50000 55000 60000 65000 70000 75000 80000 85000 90000 95000 100000

0 10000 20000 30000 40000 50000

DOI: 10.1002/for

(c) 1993 MTS GmbH

Wykaz terminów

A

| | |
|--|----|
| adresy | |
| alternatywne | 21 |
| opcjonalne | 21 |
| związane ze sobą | 21 |
| alternatywy przy ciągach → patrz ciągi konturowe | |

B

| | |
|----------------------------|----|
| bezwarunkowa funkcja skoku | 37 |
| blok-NC | |
| adresy | 19 |
| budowa | 19 |
| kody | 19 |
| wartości | 19 |
| słowa | 19 |
| bloki zaślepione | 35 |

C

| | |
|--|-----|
| ciągi konturowe | 102 |
| ciągi 3-punktowe: | |
| łuk-łuk | 139 |
| łuk-odcinek | 128 |
| odcinek-łuk | 132 |
| odcinek-odcinek | 124 |
| ciąg 2-punktowy: | |
| łuk kołowy | 120 |
| odcinek | 118 |
| faza między dwoma odcinkami | 116 |
| łuk jako element konturu | 104 |
| punkt środka koła absolutnie | 107 |
| odcinek jako element konturu | 104 |
| otwarte ciągi konturowe | 150 |
| stycznie do poprzedniego elementu | 155 |
| styczne przejścia | 108 |
| wybór rozwiązań | 110 |
| kryterium łuku | 113 |
| kryterium odcinka | 112 |
| kryterium kąta | 111 |
| wybór rozwiązania przy zaokrągleniu | 114 |
| zaokrąglenie dwóch elementów | 114 |
| ciecz chłodząca włączyć/ wyłączyć | 22 |
| cykl: | |
| cykl nacinania gwintu G33 | 41 |
| cykl toczenia rowka G86 | 97 |
| G78 według DIN 509 kształt E i F | 75 |
| G85 według DIN 509 kształt E i F | 91 |
| cykl toczenia podcięcia dla gwintu G78 | 79 |
| cykl toczenia podcięcia dla gwintu G85 | 95 |
| cykl toczenia rowka G79 | 81 |
| cykl wielokrotny G83 | 87 |
| cykl wiercenia G84 | 89 |

| | |
|--|----|
| cykl zgrubnego toczenia wzdłużnego G65 | 63 |
| cykl zgrubnego planowania G66 | 67 |
| cykl zgrubnego toczenia wzdłużnego G75 | 71 |
| cykl zgrubnego planowania G76 | 73 |
| cykl zgrubnego toczenia wzdłużnego G81 | 83 |
| cykl zgrubnego planowania dowol. konturu G82 | 85 |

F

| | |
|--|-----|
| faza: | |
| przy ciągach konturowych → patrz ciągi konturowe | |
| przy odcinkach równoległych do osi | 101 |
| funkcje maszynowe | 22 |
| funkcje modalne i obowiązujące w bloku | 20 |
| funkcje pomocnicze | 22 |
| funkcje technologiczne | 22 |

G

| | |
|---------------------|--------|
| geometria narzędzia | 13 |
| gwint | 41, 55 |
| głębokość gwintu | 55 |
| gwint stożkowy | 41, 55 |
| gwint walcowy | 41, 55 |
| skok gwintu | 41, 55 |
| średnica rdzenia | 55 |
| średnica zewnętrzna | 55 |

I

| | |
|--|----|
| inkrementalne przesunięcie punktu zerowego → patrz | |
| punkt zerowy półwyrobu | |
| interpolacja prostoliniowa G01 | 29 |
| interpolacja kołowa: | |
| przeciwna do ruchu zegara | 31 |
| zgodna z ruchem zegara | 30 |

K

| | |
|----------------------------------|--------|
| kod (liczba) → patrz blok-NC | |
| komentarze do bloków-NC | 159 |
| kompensacja promienia narzędzia~ | 17, 43 |
| odwołanie | 43 |
| w lewo i w prawo od konturu | 17 |
| kwadrant narzędzia | 17 |
| kwadrant pracy | 15 |

L

| | |
|--------------------------|----|
| liczba obrotów wrzeczona | 22 |
|--------------------------|----|

M

| | |
|-----------------|----|
| modalne funkcje | 20 |
|-----------------|----|

| | | | |
|---|------------|---|-------|
| N | | przesunięcie punktu zerowego | 48 |
| | | ustalenie w sposób absolutny | 45 |
| nacinanie gwintu G31 | 55 | ustalenie w sposób przyrostowy | 48 |
| naddatek na obróbkę wykańczającą | 61 | | |
| O | | S | |
| | | szybki przesuw | 27 |
| obróbka: | | | |
| – za osią | 17 | T | |
| – przed osią | 17 | | |
| ograniczenie jałowej drogi narzędzia | 59 | trzonek narzędzia: | |
| ograniczenie liczby obrotów | 50 | średnica | 13 |
| ostrze: | | najmniejsza średnica wytaczania | 13 |
| długość ostrza | 13 | | |
| geometria ostrza | 13 | U | |
| kąt płytki | 13 | | |
| kąt przystawienia | 13 | układ współrzędnych | 7, 44 |
| pomocniczy kąt przystawienia | 13 | biegunowy | 7 |
| promień zaokrąglenia ostrza | 13, 15, 17 | do toczenia-CNC | 7 |
| szerokość ostrza | 13 | kartezjański | 7 |
| wierzchołek ostrza | 13 | płaski | 7 |
| otwarte ciągi konturowe → patrz ciągi konturowe | | punkt zerowy | 7 |
| P | | W | |
| parametr: | | wrzeciono | |
| programowanie parametru | 158 | włączyć / wyłączyć | 22 |
| przyporządkowanie parametru | 158 | wymiarowanie absolutne | 11 |
| podprogramy | | włączyć | 48 |
| koniec | 35 | wyłączyć | 49 |
| numer bloku końcowego | 35 | wymiarowanie inkrementalne | 11 |
| numer bloku początkowego | 35 | wymiarowanie przyrostowe | 11 |
| wywołanie | 35 | wyłączyć | 48 |
| podstawy geometryczne | 7 | włączyć | 49 |
| podstawy programowania-NC | 19 | współrzędne | 7 |
| posuw | 23 | | |
| zmniejszenie posuwu do zera | 33 | Z | |
| powtórzenie części programu | 36 | | |
| powtórzenie części programu: | | zaokrąglenie odcinków równoległych do osi cyklu to- | |
| numer bloku końcowego | 36 | czenia promienia | 99 |
| numer bloku początkowego | 36 | zmiana narzędzia | 24 |
| prędkość skrawania | 52 | zwolnienie G09 | 33 |
| stała prędkość skrawania | 51 | | |
| program-NC: | | | |
| koniec programu | 23 | | |
| zatrzymanie programu | 22 | | |
| programowanie liczby obrotów | 23 | | |
| promień → patrz zaokrąglenie | | | |
| punkty odniesienia | 9 | | |
| punkt odniesienia narzędzia | 9, 15 | | |
| punkt wyjściowy obrabiarki | 9 | | |
| najazd na punkt wyjściowy | 38 | | |
| punkt wymiany narzędzia | 9 | | |
| przesuw do punktu wymiany narzędzia | 39 | | |
| punkt zerowy obrabiarki | 9, 45 | | |
| punkt zerowy półwyrobu | 9, 45 | | |