

Politechnika Poznańska
Instytut Technologii Mechanicznej

Laboratorium

Programowanie obrabiarek CNC

Nr 5

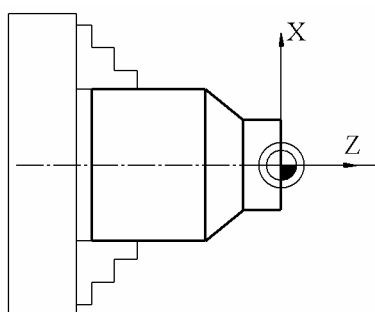
Obróbka wałka wielostopniowego

Opracował:
Dr inż. Wojciech Ptaszyński

Poznań, 2008-04-18

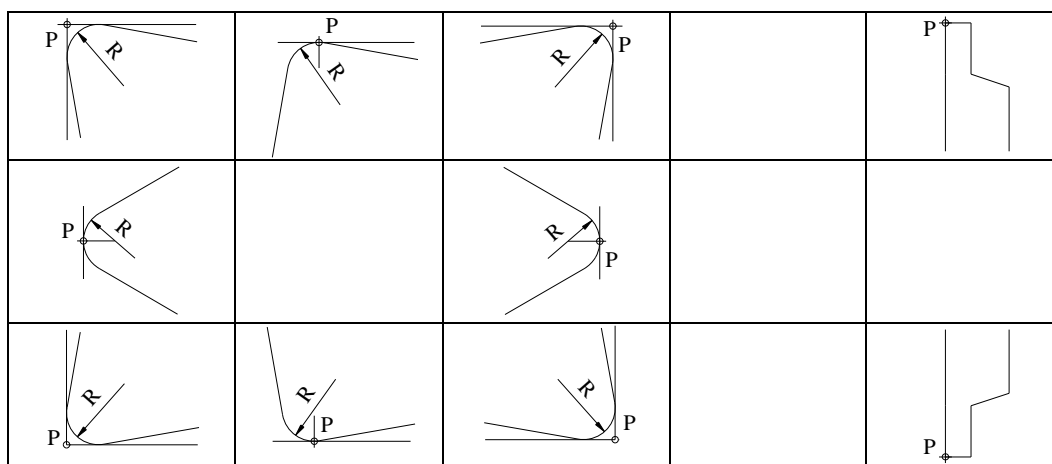
1. Układ współrzędnych i punkty charakterystyczne

Podstawowym układem współrzędnych w obrabiarkach sterowanych numerycznie jest układ prostokątny prawoskrętny (rys. 1.). Układ ten jest związany z przedmiotem obrabianym. Oś Z tego układu jest równoległa do osi głównego ruchu obrabiarki: dla tokarki osi wrzeciona (przedmiotu). Kierunek osi Z jest zawsze zwrócony w kierunku większego wymiaru przedmiotu. Oś X jest równoległa do następnej, dłuższej, osi obrabiarki, a oś Y jest tak zdefiniowana, aby utworzony był układ prawoskrętny.



Rys. 1. Oznaczenie osi w tokarkach

W programach sterujących zapisuje się współrzędne położenia narzędzia w podstawowym układzie współrzędnych. Każde narzędzie ma punkt charakterystyczny. Położenie punktów charakterystycznych narzędzi tokarskich przedstawiono na rys. 2.




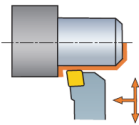

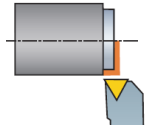
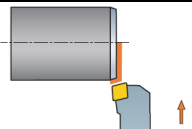
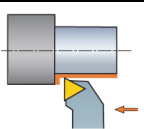
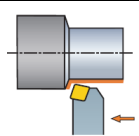
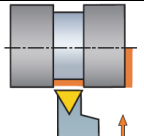

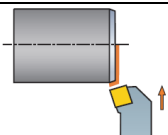

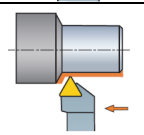
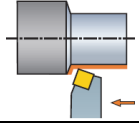
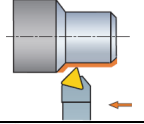
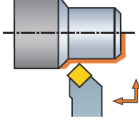
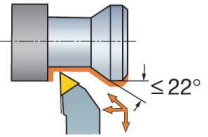
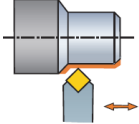
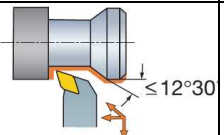

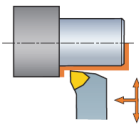

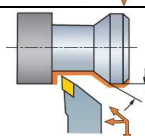

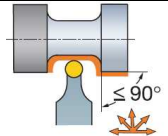
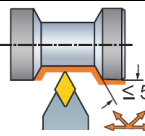
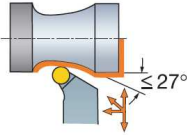

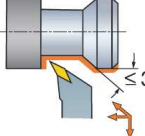
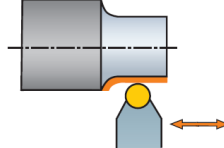
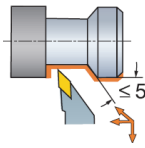
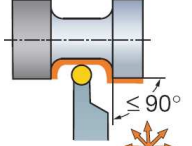
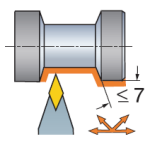
Rys. 2. Punkty charakterystyczne narzędzi tokarskich

2. Narzędzia tokarskie

Możemy wyróżnić narzędzia tokarskie monolityczne, lutowane oraz składane. Obecnie w obrabiarkach sterowanych numerycznie najczęściej stosowane są narzędzia składane.

Dobór narzędzia tokarskiego do zadania obróbkowego polega na dobraniu kształtu płytki skrawającej oraz oprawki. Obecnie na rynku spotyka się wiele systemów mocowania narzędzi i tym samym występuje wiele rodzajów opravek narzędziowych, występuje również wiele systemów mocowania płytek skrawających do opravek. W tym opracowaniu przedstawiony zostanie tylko sposób doboru płytek skrawających oraz opravek trzonkowych.

Tabela 1. Dobór kształtu płytki skrawającej i oprawki zależnie od rodzaju obróbki [Sandvik]

Rodzaj płytki	Zastosowanie	Kąt κ_r	Rodzaj płytki	Zastosowanie	Kąt κ_r
		95			91
		75			93
		75			90
		75			60
		45			45
		45			93 $\leq 22^\circ$
		45			107,5 $\leq 12^\circ 30'$
		95			93 $\leq 27^\circ$
		$\leq 90^\circ$			62,5 $\leq 57^\circ$
		$\leq 27^\circ$			107,5 $\leq 35^\circ$
					93 $\leq 50^\circ$
		$\leq 90^\circ$			72,5 $\leq 70^\circ$

Wybór oprawki zależy przede wszystkim od rodzaju obróbki oraz od kształtu płytki skrawającej, na które, z kolei ma wpływ kształt obrabianej powierzchni. W przypadku toczenia zewnętrznego te możliwości obróbkowe poszczególnych narzędzi przedstawiono w tabeli Tabeli 1, do toczenia wewnętrznego w Tabeli 2 a do przecinania i rowków w Tabeli 3. Możliwy kierunek skrawania dla danej oprawki wskazują strzałki.

Tabela 2. Dobór kształtu płytki skrawającej i oprawki zależnie od rodzaju obróbki [Sandvik]


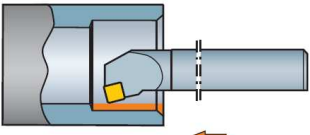

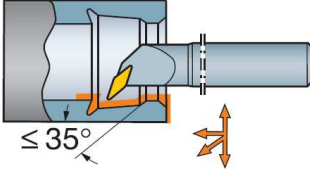

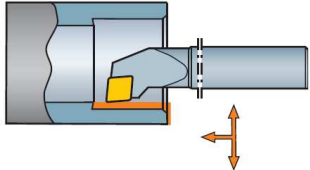
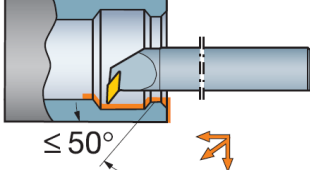

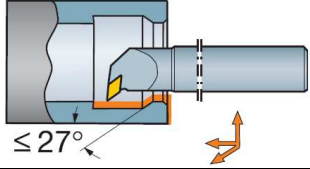

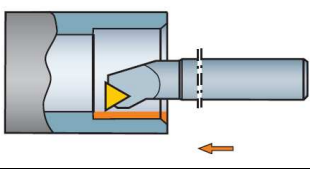
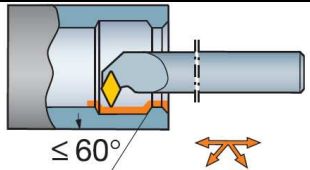

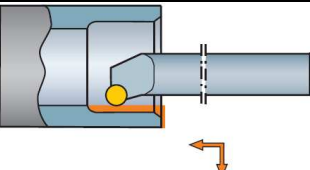
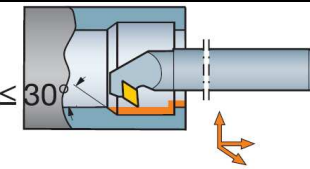
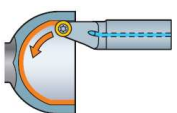
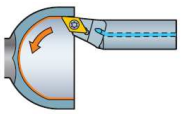

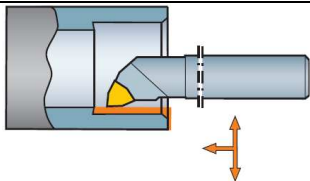
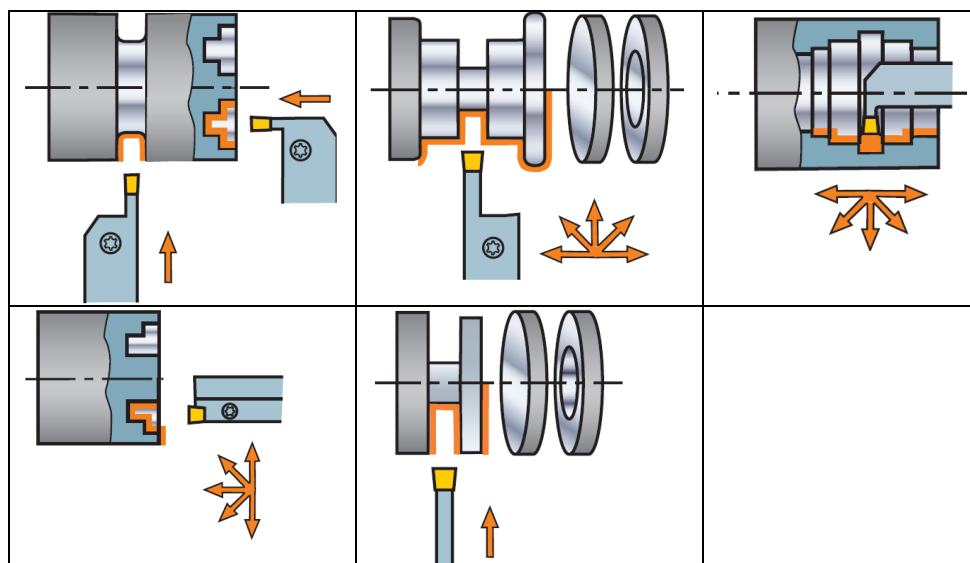
Rodzaj płytki	Zastosowanie	Kąt κ_r	Rodzaj płytki	Zastosowanie	Kąt κ_r
		75			107,5
		95			93
		93			91
		63			
		93			
		120			95

Tabela 3. Dobór kształtu płytki skrawającej i oprawki zależnie od rodzaju obróbki [Sandvik]



3. Parametry obróbki F, S

Podstawowe parametry obróbki w programie NC, podobnie jak dla programów frezarkowych podaje się w adresach:

F - wartość prędkości posuwowej,

S – wartość prędkości obrotowej wrzeciona.

Wartość prędkości obrotowej wrzeciona wynika z wartości prędkości skrawania, jaka została dobrana dla danego narzędzia i materiału obrabianego oraz od średnicy toczenia. Wartość tej prędkości można obliczyć ze wzoru:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d} \text{ [obr/min]}$$

gdzie: v_c – prędkość skrawania [m/min],
 d – średnica toczenia [mm].

Wprowadzana w adresie S wartość prędkości obrotowej powinna mieścić się w zakresie dopuszczalnym dla danej obrabiarki, dlatego też należy zapoznać się ze specyfikacją danej obrabiarki.

Należy pamiętać, że zadana prędkość obrotowa jest osiągalna dopiero po pewnym czasie (czas rozpędzania wrzeciona), dlatego też w programie należy przewidzieć dostatecznie wczesne włączenie wrzeciona tak, aby narzędzie osiągnęło żądaną prędkość obrotową zanim rozpocznie skrawanie.

W przypadku tokarek prędkość obrotowa obliczana z powyższego wzoru zależy od średnicy toczenia, która zmienia się w czasie obróbki. Aby nie trzeba było ciągle obliczać prędkości obrotowej wrzeciona wraz ze zmianą średnicy toczenia, w większości współczesnych układów sterujących tokarek wprowadzono możliwość definiowania stałej prędkości skrawania. Aby ta funkcja mogła działać obrabiarka musi być wyposażona we wrzeciono z ciągłą zmianą prędkości obrotowej. W tym przypadku układ sterowania sam oblicza wymaganą prędkość obrotową wrzeciona. Wybór funkcji stałej prędkości skrawania lub stałej prędkości obrotowej wykonuje się funkcjami przygotowawczymi:

- G96 – stała prędkość skrawania,
- G97 – stała prędkość obrotowa.

W przypadku korzystania z funkcji stałej prędkości skrawania wartość prędkości skrawania wprowadza się w adresie S w jednostce m/min. Należy pamiętać, że na przykład w czasie przecinania, gdy narzędzie zbliża się do osi obrotu, teoretycznie prędkość obrotowa dąży do nieskończoności. Oczywiście maksymalna dostępna prędkość obrotowa jest ograniczona przez układ napędowy obrabiarki. W danym zadaniu obróbkowym maksymalna prędkość obrotowa może być ograniczona na przykład wytrzymałością przedmiotu obrabianego. Dlatego też programista może również ograniczyć maksymalną prędkość obrotową specjalną funkcją przygotowawczą G50 wraz z adresem S, w którym wprowadza się dopuszczalną maksymalną prędkość obrotową. Najczęściej adres ten podaje się na początku programu np:

G50 S3000; ograniczenie prędkości obrotowej wrzeciona do 3000 obr /min.

Gdy wykorzystywana jest funkcja G96, początek układu współrzędnych w osi X musi leżeć w osi obrotu przedmiotu.

Z funkcji stałej prędkości skrawania powinno się korzystać tylko w przypadku toczenia zarysów, wycinania rowków i przecinania. Natomiast nie powinno się z niej korzystać w przypadku wiercenia osiowego i toczenia gwintów.

Wartość prędkości posuwowej zależy przede wszystkim od posuwu na ostrze oraz prędkości obrotowej wrzeciona i liczby ostrzy narzędzia. Zależnie od rodzaju obrabiarki wartość posuwu oblicza się z następujących wzorów:

- posuw w [mm/min] – dla frezowania:

$$v_f = f \cdot n \cdot z \text{ [mm/min]}$$

gdzie: f – posuw na ostrze [mm],
 n – prędkość obrotowa narzędzia [obr/min],
 z – liczba ostrzy narzędzia.

- posuw w [mm/min] – dla wiercenia

$$v_f = f_n \cdot z \text{ [mm/min]}$$

gdzie: f_n – posuw na obrót narzędzia [mm],
 z – liczba ostrzy narzędzia.

Najczęściej domyślnie we frezarkach prędkość posuwową podaje się w mm/min natomiast w tokarkach w mm/obr. W niektórych obrabiarkach, zwłaszcza w tokarkach (we frezarkach bardzo rzadko), istnieje możliwość zmiany jednostek poprzez specjalne modalne funkcje przygotowawcze:

- G94 lub G98 – posuw na minutę
- G95 lub G99 – posuw na obrót.

W standardowym zapisie programu (Fanuc) funkcje G94 i G95 występują we frezarkach natomiast G98 i G99 w tokarkach.

4. Wybór narzędzia T

Większość współczesnych obrabiarek sterowanych numerycznie jest wyposażona w magazyn narzędzi, z którego mogą być automatycznie pobierane narzędzia w czasie działania programu. Każde narzędzie w tym magazynie ma określony numer. Ponieważ poszczególne narzędzia mogą mieć różne wymiary (średnicę, długość itp.), dlatego też z magazynem narzędziowym jest związana specjalna tablica, przechowywana w pamięci układu sterującego, zawierająca dane charakterystyczne zamocowanych w magazynie narzędzi.

Wybór określonego narzędzia w programie dokonuje się przy pomocy adresu T, który zawiera numer narzędzia odpowiadający najczęściej numerowi gniazda magazynu narzędziowego. Funkcja T powoduje najczęściej obrót lub przesunięcie magazynu narzędziowego w taki sposób, aby możliwe było, przy pomocy specjalnego urządzenia obrabiarki, pobranie i zamocowanie danego narzędzia we wrzecionie.

W przypadku tokarek magazynem narzędziowym jest najczęściej głowica narzędziowa, której obrót powoduje jednocześnie odpowiednie ustawienie narzędzia do obróbki. Dlatego też w tokarkowych układach sterujących najczęściej nie jest wymagane stosowanie funkcji maszynowej M06.

W czasie programowania zmiany narzędzia powiliśmy zwracać szczególną uwagę na możliwość wystąpienia kolizji narzędzia z przedmiotem. Należy, zatem zwrócić szczególną uwagę na długości poszczególnych narzędzi zamocowanych w głowicy oraz odsunąć narzędzie (głowicę narzędziową) od przedmiotu na odpowiednią odległość. Ponieważ wymiana narzędzia nie ma związku z wrzecionem przy zmianie narzędzia nie jest wymagane zatrzymanie wrzeciona.

Wywołanie narzędzia w programach tokarkowych najczęściej zapisuje się linią programu:

T0101

Gdzie pierwsza wartość 01 określa numer narzędzia, natomiast druga numer rejestru korekcji narzędzia (w programach frezarkowych numer korektora ten zapisywało się w adresie D).

5. Sterowanie wrzecionem M03, M04, M05

Do sterowania wrzecionem dostępne są trzy funkcje:

- M03 – włączenie obrotów wrzeciona w prawo,
- M04 – włączenie obrotów wrzeciona w lewo,
- M05 – wyłączenie obrotów wrzeciona.

Należy pamiętać, że wartość prędkości obrotowej ustawia się przy pomocy adresu S. Kierunek obrotów określa się patrząc od czoła wrzeciona wzdłuż osi Z, zgodnie z zasadą śruby prawoskrętnej.

Ze względu na budowę współczesnych tokarek, gdzie narzędzie znajduje się za osią wrzeciona, dlatego też w tych tokarkach najczęściej stosuje się funkcję M04, obróbka wykonywana jest na lewych obrotach.

Zarówno włączenie obrotów w prawo M03 jak i w lewo M04 jest aktywne na początku bloku, przed rozpoczęciem ruchu zaprogramowanego w danym bloku. Natomiast wyłączenie obrotów wrzeciona funkcją M05 jest aktywne na końcu bloku.

6. Ustawienia w programie symulacyjnym Predator CNC Edytor

6.1. Nagłówek programu

W celu przeprowadzenia graficznej symulacji obróbki należy w nagłówku programu zdefiniować obrabiarkę, półfabrykat, narzędzia oraz wartości kompensacji promienia narzędzia. Nagłówek programu rozpoczyna się wierszem:

(BEGIN PREDATOR NC HEADER)

a kończy wierszem:

(END PREDATOR NC HEADER)

Poszczególne wiersze nagłówka umieszczone są w nawiasach okrągłych, dzięki temu po przesłaniu tego programu do obrabiarki zostaną one potraktowane jako komentarz. Przykładowy nagłówek programu wygląda następująco:

(BEGIN PREDATOR NC HEADER)	;rozpoczęcie nagłówka
(MCH_FILE=LATHE.MCH)	;definicja zbioru opisu obrabiarki
(LTOOL T0101 M0100 S1 I10 C0.5 O5 A80 N1)	;definicja narzędzia T01
(DIAM_OFFSET 1=0.5)	;definicja wartości kompensacji narzędzia T0101
(SCYL S3 X0 Y0 Z-80 L80)	;definicja półfabrykatu
(END PREDATOR NC HEADER)	;koniec nagłówka

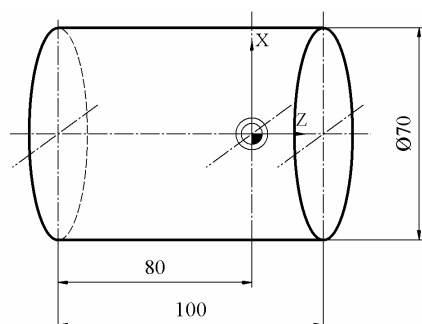
2.2. Definicja obrabiarki

W celu przeprowadzenia poprawnej symulacji graficznej procesu obróbki należy w nagłówku programu wskazać plik definiujący daną obrabiarkę. Pliki definiujące obrabiarki mają rozszerzenie MCH i znajduje się w katalogu „Common Files/Machines” głównego katalogu programu Predator Software. Przykładowy wiersz definiujący obrabiarkę wygląda następująco:

(MCH_FILE=LATHE.MCH)

gdzie: LATHE.MCH jest nazwą zbioru opisującego przykładowej tokarki z układem sterującym Fanuc 0T

2.3. Definicja półfabrykatu



Przykład

(SCYL S3 X0 Y0 Z-80 D70 L1000)

Rys. 3. Definicja półfabrykatu cylindrycznego

W programie Predator CNC Edytor, dla programów tokarskich, możliwe jest zdefiniowanie półfabrykatu składającego się z jednego lub kilku cylindrów. Możliwe jest

również włączenie półfabrykatu jako pliku graficznego. Definicję półfabrykatu lub elementu półfabrykatu w postaci cylindra wykonuje się linią nagłówka (rys. 3):

(SCYL S... X... Y... Z... D... L...)

gdzie: S – orientacja: S1 – oś cylindra równoległa do osi X, S2 – do osi Y, S3 – do osi Z,
X, Y, Z – współrzędne punktu minimalnego (o najmniejszych wartościach) leżącego na płaszczyźnie czołowej w osi cylindra względem przyjętego układu współrzędnych,
D – średnica cylindra,
L – długość cylindra.

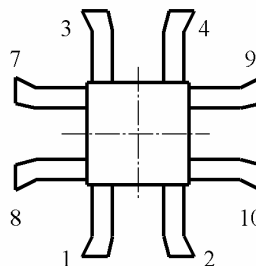
2.4. Definicja narzędzia tokarskiego

Narzędzia tokarskie definiuje się linią nagłówka:

(LTOOL T... M... S... O... I... C... A... H... D... N...)

gdzie: T – numer narzędzia (dwie pierwsze cyfry) z podaniem numeru rejestru korekcji długości i promienia narzędzia np. T0101,
M0100 – baza narzędzia, najlepiej gdy numer pokrywa się z numerem narzędzia,
S – typ ostrza noża tokarskiego (tabela 4),
O – kąt przystawienia płytki skrawającej,
I – średnica okręgu wpisanego w kształt płytki,
C – promień naroża,
A – kąt ostrza,
H – długość części roboczej (dotyczy tylko wiertła i ucinaka),
D – średnica narzędzia (dotyczy tylko wiertła),
N – miejsce zamocowania narzędzia w głowicy narzędziowej (rys. 4)

Zestawienie dostępnych kształtów noży tokarskich oraz wymagane ich wymiary przedstawiono w Tabeli 4.



Rys.4. Miejsce zamocowania narzędzia w głowicy narzędziowej

Tabela 4. Typy narzędzi tokarskich

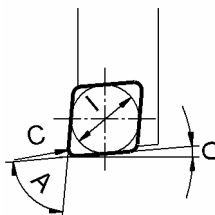
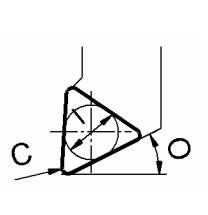
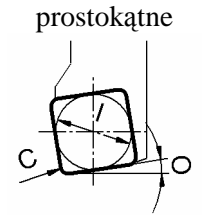
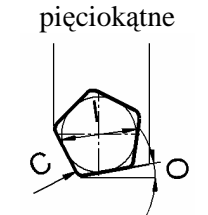
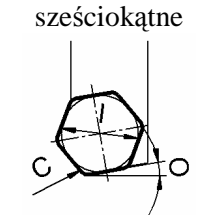
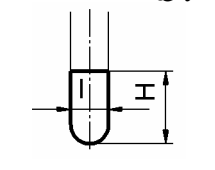
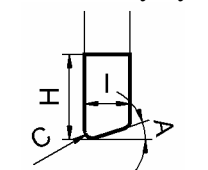
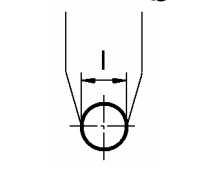
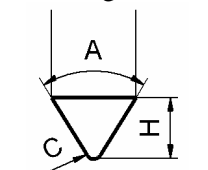
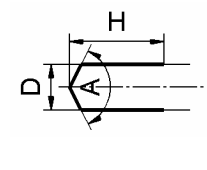
S1 Ostrze trapezowe 	S3 Ostrze trójkątne 	S4 Ostrze prostokątne 	S5 Ostrze pięciokątne 	S6 Ostrze sześciokątne 
S7 Ucinak okrągły 	S9 Ucinak zwykły 	S10 Ostrze okrągłe 	S11 Nóż do gwintów 	S12 Wiertło 

Tabela 5. Przykładowa tabela z parametrami toczenia (Sandvic)

TOCZENIE

ISO/
ANSI






P M

ŚREDNIA OBRÓBKA STALI

Płytki ujemne o kształcie podstawowym

OZNACZENIE

PARAMETRY SKRAWANIA, CMC 02.1 / HB 180

Dwustronne			r_e							Prędkość skrawania, v_c (m/min)					
				GC1525 ¹⁾	GC4015	GC4015	GC4225	GC4225	GC4235	Głębokość skrawania a_p mm	Posuw f_n mm/obr	GC1525 ¹⁾	GC4015	GC4225	GC4235
	CNMG	12 04 08-WM		☆		★		☆		3 (0.5-5)	0.3 (0.15-0.6)	215	395	345	
		12 04 12-WM		☆		★		☆		3.5 (0.8-6)	0.5 (0.2-0.9)	200	320	275	
		16 06 08-WM				★		☆		3.5 (0.7-6.5)	0.4 (0.2-0.7)		355	305	
		16 06 12-WM				★		☆		3.5 (0.7-6.5)	0.4 (0.2-0.7)		355	305	
	DNMX	11 04 08-WM		☆		★		☆		1.5 (0.5-3.5)	0.35 (0.15-0.5)	200	375	325	
		11 04 12-WM		☆		★		☆		2 (0.5-4)	0.45 (0.15-0.6)	200	335	290	
		15 06 08-WM		☆		★		☆		2 (0.5-4.5)	0.35 (0.15-0.5)	200	375	325	
		15 06 12-WM		☆		★		☆		2.5 (0.5-5)	0.45 (0.15-0.6)	200	335	290	
		15 06 16-WM				★		☆		3.5 (0.5-6)	0.6 (0.2-0.8)		290	250	
	TNMX	16 04 08-WM		☆		★		☆		2 (0.5-4.5)	0.35 (0.15-0.5)	200	375	325	
		16 04 12-WM		☆		★		☆		2.5 (0.5-5)	0.4 (0.15-0.6)	200	355	305	
	WNMG	06 04 08-WM		☆		★		☆		1.5 (0.5-3.5)	0.3 (0.15-0.6)	215	395	345	
		06 04 12-WM		☆		★		☆		1.5 (0.8-3.5)	0.5 (0.2-0.9)	200	320	275	
	CNMG	08 04 12-WM		☆		★		☆		3 (0.5-5)	0.3 (0.15-0.6)	215	395	345	
		08 04 12-WM		☆		★		☆		3.5 (0.8-6)	0.5 (0.2-0.9)	200	320	275	
		09 03 04-PM		☆		★		☆		2 (0.4-4)	0.2 (0.1-0.3)		455	395	240
		09 03 08-PM		☆		★		☆		2 (0.5-4)	0.3 (0.15-0.5)		395	345	210
		12 04 04-PM		☆		★		☆		3 (0.4-5.5)	0.2 (0.1-0.3)		455	395	240
		12 04 08-PM		☆		★		☆		3 (0.5-5.5)	0.3 (0.15-0.5)		395	345	210
		12 04 12-PM		☆		★		☆		3 (0.8-5.5)	0.35 (0.18-0.6)		375	325	195
		12 04 16-PM		☆		★		☆		3 (1-5.5)	0.4 (0.23-0.65)		355	305	185
	DNMG	16 06 08-PM		☆		★		☆		4 (0.5-7.2)	0.3 (0.15-0.5)		395	345	210
		16 06 12-PM		☆		★		☆		4 (0.8-7.2)	0.35 (0.18-0.6)		375	325	195
		16 06 16-PM		☆		★		☆		4 (1-7.2)	0.4 (0.23-0.65)		355	305	185
		11 04 04-PM		☆		★		☆		2 (0.4-5)	0.2 (0.1-0.3)		455	395	240
		11 04 08-PM		☆		★		☆		2 (0.5-5)	0.3 (0.15-0.5)		395	345	210
		11 04 12-PM		☆		★		☆		2 (0.8-5)	0.35 (0.18-0.5)		375	325	195
		15 06 04-PM		☆		★		☆		3 (0.4-6)	0.2 (0.1-0.3)		455	395	240
		15 06 08-PM		☆		★		☆		3 (0.5-6)	0.3 (0.15-0.5)		395	345	210
	SNMG	15 06 12-PM		☆		★		☆		3 (0.8-6)	0.35 (0.18-0.6)		375	325	195
		15 06 16-PM		☆		★		☆		3 (1-6)	0.4 (0.23-0.65)		355	305	185
		09 03 04-PM		☆		★		☆		2 (0.4-4.5)	0.2 (0.1-0.3)		455	395	240
		09 03 08-PM		☆		★		☆		2 (0.5-4.5)	0.3 (0.15-0.5)		395	345	210
		12 04 04-PM		☆		★		☆		3 (0.4-6)	0.2 (0.1-0.3)		455	395	240
		12 04 08-PM		☆		★		☆		3 (0.5-6)	0.3 (0.15-0.5)		395	345	210
		12 04 12-PM		☆		★		☆		3 (0.8-6)	0.35 (0.18-0.6)		375	325	195
		12 04 16-PM		☆		★		☆		3 (1-6)	0.4 (0.23-0.65)		355	305	185
	TNMG	15 06 12-PM		☆		★		☆		4 (0.8-7.5)	0.35 (0.18-0.6)		375	325	195
		15 06 16-PM		☆		★		☆		4 (1-7.5)	0.4 (0.23-0.65)		355	305	
		16 04 04-PM		☆		★		☆		3 (0.4-5)	0.2 (0.1-0.3)		455	395	240
		16 04 08-PM		☆		★		☆		3 (0.5-5)	0.3 (0.15-0.5)		395	345	210
		16 04 12-PM		☆		★		☆		3 (0.8-5)	0.35 (0.18-0.6)		375	325	195
		22 04 04-PM		☆		★		☆		4 (0.4-6.6)	0.2 (0.1-0.3)		455	395	240
		22 04 08-PM		☆		★		☆		4 (0.5-6.6)	0.3 (0.15-0.5)		395	345	210
		22 04 12-PM		☆		★		☆		4 (0.8-6.6)	0.35 (0.18-0.6)		375	325	195
	VNMG	22 04 16-PM		☆		★		☆		4 (1-6.6)	0.4 (0.23-0.65)		355	305	185
		16 04 08-PM		☆		★		☆		2 (0.5-4)	0.3 (0.15-0.5)		395	345	210
	WNMG	16 04 12-PM		☆		★		☆		2 (0.8-4)	0.35 (0.18-0.6)		375	325	195
		06 04 08-PM		☆		★		☆		2 (0.5-3)	0.3 (0.15-0.5)		395	345	210
		06 04 12-PM		☆		★		☆		2 (0.8-3)	0.35 (0.18-0.6)		375	325	195
		08 04 08-PM		☆		★		☆		2.5 (0.5-4)	0.3 (0.15-0.5)		395	345	210
		08 04 12-PM		☆		★		☆		2.5 (0.8-4)	0.35 (0.18-0.6)		375	325	195
		08 04 16-PM		☆		★		☆		3 (1-4)	0.4 (0.23-0.65)		355	305	