

**Politechnika Krakowska
Wydział Mechaniczny**

**Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji
(M-6)**

**Dobór parametrów skrawania i narzędzi
do toczenia**

(na podstawie katalogu CoroKey 2008)

**Opracował:
Dominik Czech, Gr. 25Z1
Marian Kwatera, ITMiAP**

Kraków, 2010

1. WPROWADZENIE

1.1. Obrabiarki sterowane numerycznie

Początki **sterowania numerycznego** obrabiarek związane są z latami pięćdziesiątymi. Główny udział w rozwoju tej technologii miał wojskowy przemysł lotniczy Stanów Zjednoczonych. Proponował on, aby elementy spawane i nitowane zastąpić jednolitymi częściami. Powstała wtedy idea, aby matematyczny opis funkcji ruchu wykorzystać do sterowania obrabiarką. Skutkiem tego było utworzenie w Massachusetts Institute of Technology układu sterowania dla frezarki pionowej. Powstała pierwsza **obrabiarka sterowana numerycznie - OSN (z ang. NC Numerical Control)**, do której program sterujący wprowadzany był za pomocą kodu perforowanego na specjalnych papierowych kartach.

Dzięki rozwojowi w latach 70-tych nowoczesnych podzespołów elektronicznych i techniki mikroprocesorowej powstały układy **komputerowego sterowania numerycznego CNC (Computer Numerical Control)**, które znalazły zastosowanie również w układach sterowania numerycznego manipulatorów.

W dzisiejszych czasach, dzięki rozwojowi techniki komputerowej a także wzrostowi wymagań technologicznych odnośnie jakości wykonywanych części, następuje nieustanny rozwój układów sterowania CNC obrabiarek. Sterowanie numeryczne oprócz obrabiarek do obróbki skrawaniem (tokarki, frezarki, szlifierki, wiertarki, ...) stosowane jest praktycznie, we wszystkich rodzajach maszyn roboczych, w tym również w drążarkach elektroerozyjnych, wycinarkach, giętarkach itp. [1] a ilość obrabiarek SN stosowanych w przemyśle wciąż rośnie.

Istotą funkcjonowania obrabiarek NC jest przyjęcie określonego układu współrzędnych opisującego przestrzeń roboczą, w której odbywa się sterowanie. Jest to najłatwiejszy sposób na zadawanie położeń narzędzia i przedmiotu obrabianego, niezbędnych dla przeprowadzenia obróbki i uzyskania odpowiednich jej rezultatów. Pojęcie „numeryczny” wywodzi się, więc, od skojarzenia ze współrzędnymi (o wartościach liczbowych, numerycznych) [3].

Program sterujący, który zawiera zapisany w sformalizowanej postaci (języku programowania) sekwencje ruchów narzędzia niezbędne do wykonania obróbki oraz informacje o charakterze technologicznym (narzędzia, parametry obróbki, ...) jest odczytywany przez czytnik i przekazywany do układu dopasowująco-sterującego (UDS). Układ UDS służy już bezpośrednio do sterowania napędami zespołów wykonawczych obrabiarki.

Aktualnie nośnikami informacji (nośnikami programu sterującego,) w obrabiarkach NC/CNC są przede wszystkim przenośne pamięci a także bezpośrednio kablowe połączenie portów komputera zewnętrznego i sterownika obrabiarki. Historycznie, najstarszym nośnikiem programu były taśmy perforowane, a potem karty perforowane i taśmy magnetyczne. Obecnie można jeszcze spotkać sporadycznie taśmy perforowane w starszych rozwiązaniach konstrukcyjnych obrabiarek NC) [2].

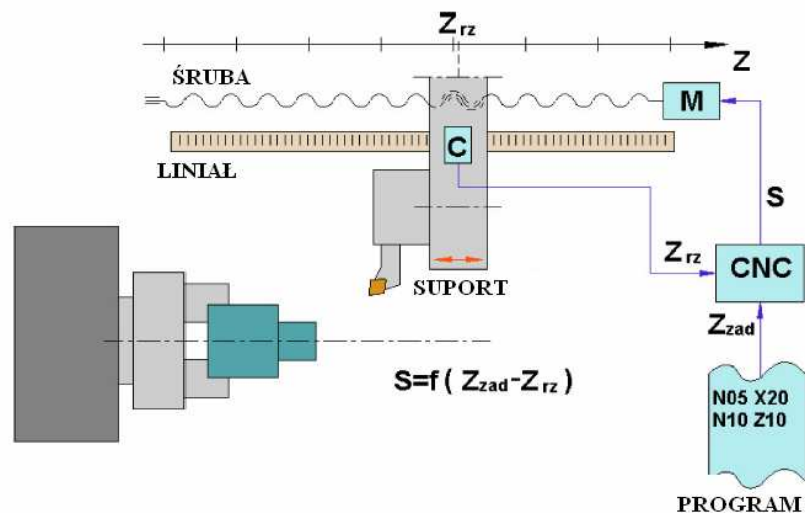
Obrabiarki numerycznie NC/CNC z reguły pracują w cyklu półautomatycznym - zasilanie w przedmioty obrabiane odbywa się ręcznie, natomiast obróbka przedmiotu

wraz ze zmianą narzędzi i parametrów obróbki realizowana jest w cyklu automatycznym.

Bardzo ważnym elementem różniącym obrabiarki konwencjonalne i sterowane numerycznie jest system pomiaru położenia. Położenie narzędzi a zatem i wymiary przedmiotu obrabianego w obrabiarkach konwencjonalnych, realizowane jest przez nastawy na odpowiednich skalach przy użyciu ręcznych pokręteł.

W obrabiarkach SN położenie zespołu wykonawczego odczytywane jest na bieżąco ze znacznie większą dokładnością, przez odpowiedni układ pomiarowy, dzięki czemu można precyzyjnie sterować położeniem narzędzia i uzyskiwać wysoką dokładność wymiarową obrabianego przedmiotu.

Z punktu widzenia automatyki sterowanie CNC jest układem automatycznej regulacji programowej, pracującym w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego. Wartość zadana położenia (Z_{zad}) elementów ruchomych obrabiarki w danej osi sterowanej numerycznie jest wyznaczana na podstawie programu. Następnie jest ona porównywana z wartością rzeczywistą położenia (Z_{rz}), mierzoną przez przetwornik pomiarowy (C). Na podstawie różnicy pomiędzy wartością zadaną a rzeczywistą położenia w danej osi układ sterowania (CNC) generuje sygnał sterujący (S), skierowany do napędu osi (M), korygując tym samym położenie zespołu wykonawczego obrabiarki, aż do uzyskania zerowej różnicy pomiędzy wartością zadaną a rzeczywistą położenia osi ($Z_{rz} - Z_{zad}$).



Rys. 1 Schemat ideowy sterowania numerycznego NC w tokarce [3]

Główne zalety stosowania obrabiarek numerycznych to:

- zwiększenie dokładności wymiarowo – kształtowej (zastosowanie sprzężenia zwrotnego),
- zwiększenie wydajności dzięki skróceniu czasów obróbki (koncentracja obróbki na jednej obrabiarence, skrócenie czasów przygotowawczo–zakończeniowych),
- zwiększenie elastyczności produkcji,
- powtarzalność geometryczna wytwarzanych przedmiotów [1].

1.2. Technologia obróbki – toczenie. Pojęcia podstawowe

Toczenie jest metodą obróbki skrawaniem, która umożliwia wykonywanie przedmiotów o kształtach brył obrotowych. Podczas toczenia ruch główny wykonuje przedmiot obrabiany (obrót wokół własnej osi), a ruch posuwowy wykonuje narzędzie skrawające. Ze względu na takie czynniki, jak kształt i rodzaj powierzchni przedmiotu obrabianego, warunki procesu itp. występuje wiele odmian tego procesu.

Uwzględniając położenie powierzchni obrabianej wyróżnić można:

- toczenie powierzchni zewnętrznych,
- toczenie powierzchni wewnętrznych.

Ze względu na kształt powierzchni obrabianej toczenie można podzielić na:

- toczenie powierzchni walcowych,
- toczenie powierzchni stożkowych,
- toczenie powierzchni kształtowych.

W zależności od położenia osi obrotowej przedmiotu obrabianego wyróżnić można:

- toczenie poziome (wykonywane na większości typu tokarek),
- toczenie pionowe (wykonywane na tokarkach karuzelowych).

Toczenie dzieli się także ze względu na kierunek ruchu posuwowego:

- toczenie wzdłużne – kierunek ruchu posuwowego jest równoległy do osi obrotowej przedmiotu obrabianego,
- toczenie poprzeczne (planowanie) – kierunek ruchu posuwowego jest prostopadły do osi obrotowej przedmiotu obrabianego,
- toczenie profilowe.

Podczas procesu toczenia przedmiot obrabiany obraca się z pewną prędkością obrotową n . Znając tą prędkość oraz średnicę przedmiotu obrabianego d , można określić **prędkość skrawania**. Jest to prędkość ruchu narzędzia względem przedmiotu obrabianego. Dla toczenia prędkość skrawania odpowiada prędkości obwodowej przedmiotu obrabianego na średnicy toczenia i oblicza się ją ze wzoru:

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad [\text{m/min}]$$

gdzie: d [mm] – średnica przedmiotu obrabianego,
 n [obr/min] – prędkość obrotowa wrzeciona,

Kolejnym parametrem charakteryzującym proces skrawania jest **posuw**. W przypadku toczenia parametr ten określa odległość, o jaką przemieszcza się narzędzie podczas jednego pełnego obrotu przedmiotu obrabianego. Podczas toczenia posuw wyrażamy wzorem:

$$f = \frac{1000 \cdot v_f}{n} \quad [\text{mm/obr}]$$

gdzie: v_f [m/min] – prędkość posuwu,
 n [obr/min] – prędkość obrotowa wrzeciona.

Posuw f wyrażony w [mm/obr] nazywany bywa posuwem zależnym, ponieważ zależy od prędkości obrotowej wrzeciona. Posuw minutowy f_t (tzw. posuw niezależny) wyraża natomiast wielkość przemieszczenia w jednostce czasu (mm/min):

$$f_t = f \cdot n = 1000 \cdot v_f \quad [\text{mm/min}]$$

gdzie: f [mm/obr] – posuw,
 n [obr/min] – prędkość obrotowa wrzeciona,
 v_f [m/min] – prędkość posuwu.

Głębokość skrawania (dosuw) a_p jest to odległość pomiędzy powierzchnią, która ma być skrawana, oraz powierzchnią, która jest już obrobiona. Parametr ten jest zawsze mierzony pod kątem prostym do kierunku ruchu posuwowego narzędzia i wyrażany wzorem:

$$a_p = \frac{d - d_1}{2} \quad [\text{mm}]$$

gdzie: d [mm] – średnica przedmiotu obrabianego przed obróbką,
 d_1 [mm] – średnica przedmiotu już obrobionego.

1.3. Twardość materiału obrabianego

Twardość jest bardzo istotną cechą materiału z punktu widzenia konstrukcyjnego i technologicznego. Jest szczególnie istotną informacją, jeśli chodzi o dobór odpowiedniego narzędzia podczas obróbki skrawaniem.

Twardość określa miarę oporu, jakie wykazuje ciało w czasie wciskania weń węgelnika i powstających odkształceniach plastycznych.

Sformułowanie w ten sposób twardości wynika z faktu, że większość metod jej pomiaru polega na wciskaniu w powierzchnię badanego materiału pewnego węgelnika aż do osiągnięcia odkształceń trwałych. Sam węgelnik posiada dużo większą twardość tak, aby jego odkształcenia podczas wciskania były pomijalnie małe [4].

Stosowane są trzy podstawowe metody pomiaru twardości:

- metoda Brinella,
- metoda Rockwella,
- metoda Vickersa.

Metoda Brinella to jedna z najstarszych stosowanych obecnie metod pomiaru twardości. Polega na wciskaniu w powierzchnię badanego materiału kulki o średnicy D pod obciążeniem F . Średnica trwałego odcisku d mierzona pod obciążeniem jest podstawą do określenia twardości.

Twardość Brinella jest to stosunek siły obciążającej do powierzchni czasy kulistej odcisku trwałego pomnożona przez współczynnik:

$$HB = 0,102 \frac{F}{S_{cz}}$$

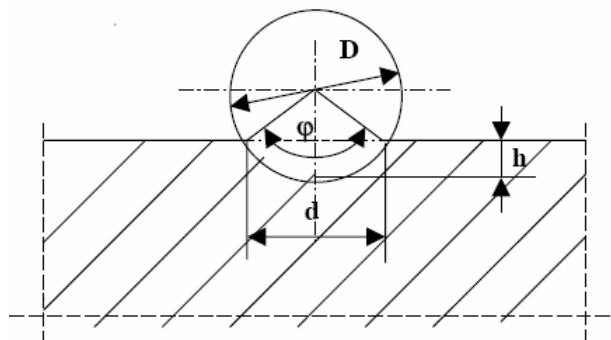
gdzie: HB - twardość Brinella w umownej jednostce HB takiej, że :

$$1HB = 9,807 \text{ MPa}$$

S_{cz} - powierzchnia czasy kulistej odcisku trwałego,

F - siła obciążająca.

$$HB = 0,102 \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$



Rys. 2 Zależności geometryczne po wgnieceniu kulki i jej obciążeniu [4]

Metoda Rockwella. Pomiar twardości metodą Rockwella polega na dwustopniowym wciskaniu:

- stożka diamentowego o kącie wierzchołkowym 120° (skala C, A, N) lub

- kulki o średnicy 1,5875 mm (skala B, F, T).

Wciskanie realizowane jest dwuetapowo:

- etap 1 - obciążenie wstępne F_0 (trwające $2 \div 8$ s),

- etap 2 - obciążenie główne F_1 (trwające $2 \div 20$ s).

Następnie mierzy się przyrost głębokości odcisku h w następujących jednostkach:

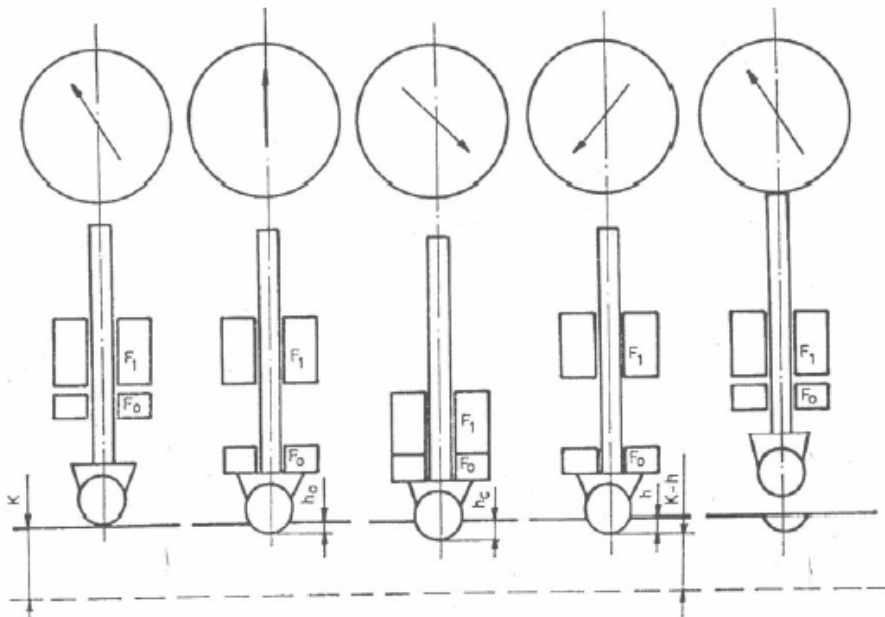
jednostka $2 \mu\text{m}$ - dla skali A, B, C i F,

$1 \mu\text{m}$ - dla skali N i T > twardość HR.

i oblicza: $HR = K - h$

przy czym: $K = 100$ - dla stożka,

$K = 130$ - dla kulki.



Rys. 3 Schemat pomiaru twardości metodą Rockwella - kolejne fazy pomiaru:

F_0 i F_1 - obciążenie wstępne i główne,

h_0 , h_c - głębokości odcisku przy obciążeniach wstępnym i głównym,

h - trwały przyrost głębokości odcisku pod obciążeniem wstępnym i bez obciążenia głównego,

K - stała umowna odpowiadająca 100 jednostkom podziałki w przypadku gdy wgłębnik jest stożkiem diamentowym lub 130 jednostkom podziałki gdy wgłębnik jest kulką stalową.

2. DOBÓR PARAMETRÓW SKRAWANIA I NARZĘDZI

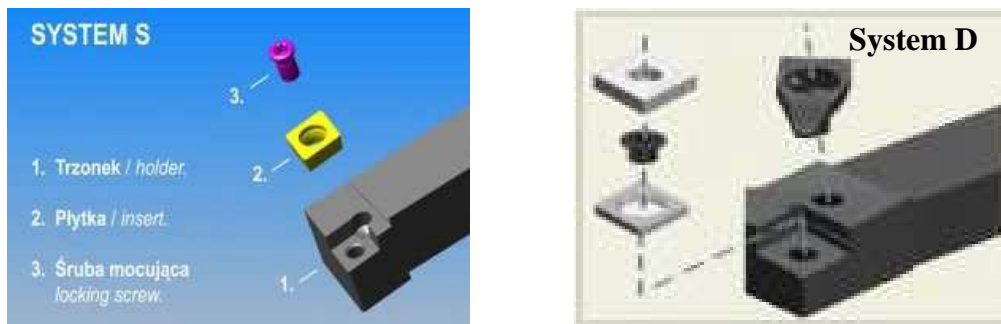
na podstawie katalogu

SANDVIK Coromant CoroKey 2008
Łatwy wybór. Łatwe zastosowanie.

2.1. Budowa narzędzi tokarskich

Narzędzia tokarskie firmy SANDVICK Coromant (noże tokarskie) są narzędziami o konstrukcji **składanej** tzn. składają się z kilku elementów, które można zdemontować w celu wymiany płytki skrawającej. Podstawowe elementy to:

1. trzonek (oprawka),
2. płytki skrawająca,
3. system mocowania (śruby mocujące, podkładki, płytki mocujące,...)

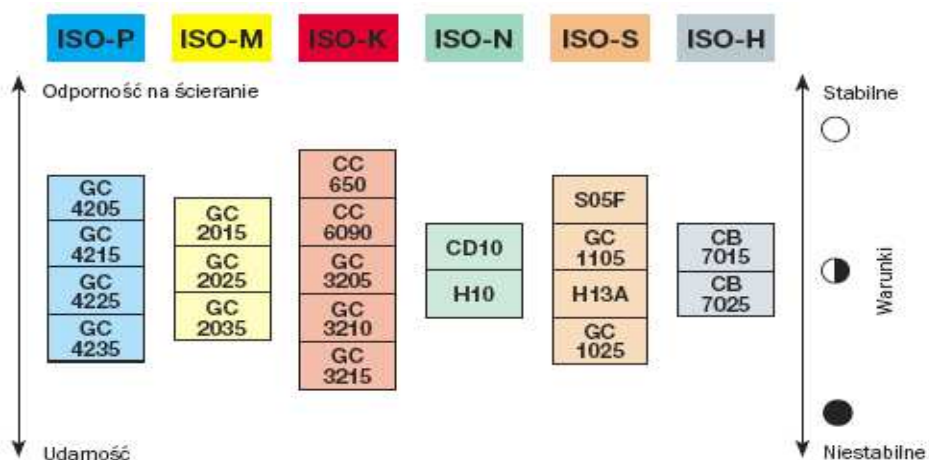


Rys. 4 Budowa noży tokarskich składanych

2.2. Materiały narzędziowe

Do produkcji płytek skrawających stosowane są różnego rodzaju materiały narzędziowe (węgliki spiekane, cermetale, ceramika, regularny azotek boru, ...).

Rysunek poniżej przedstawia kodowe oznaczenia materiałów narzędziowych i ich przeznaczenie do obróbki podstawowych grup materiałów konstrukcyjnych.



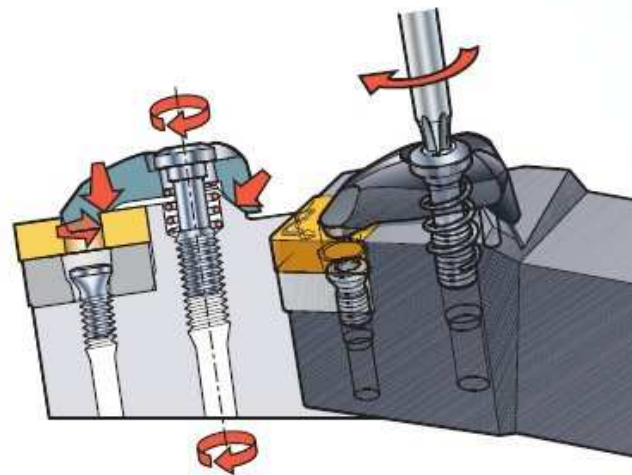
Rys. 5 Materiały narzędziowe do obróbki różnych mat. konstrukcyjnych [6]

2.3. Systemy mocowania płytek (systemy narzędziowe)

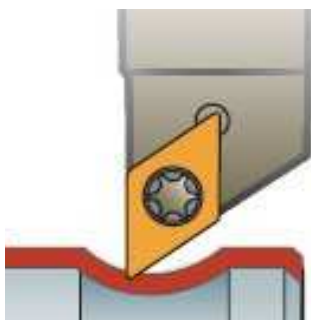
Firma SANDVICK Coromant stosuje następujące systemy narzędziowe:

- Do mocowania płytek ujemnych (**płytki ujemne systemu T-Max P**) czyli płytek z kątem przyłożenia = 0° :
 - system **Coro Turn RC** mocowanie sztywne,
 - system **T-Max P**,
- Do mocowania płytek dodatnich (**płytki dodatnie systemu Coro Turn 107**) czyli płytek z kątem przyłożenia $> 0^\circ$:
 - system **Coro Turn 107** mocowanie śrubą,
 - system **Coro Turn 111**,
 - system **Coro Turn TR** (do toczenia profilowego).

Mocowanie sztywne Coro Turn RC odbywa się za pomocą płytki wywierającej dwukierunkowy docisk do gniazda. System narzędziowy Coro Turn RC jest dostępny zarówno w oprawkach z chwytem tradycyjnym jak i oprawkach typu Coromant Capto. Jest to system narzędziowy pierwszego wyboru (oferowany jako system podstawowy).



Rys. 6 Coro Turn RC



Rys. 7 Coro Turn 107

System narzędziowy **Coro Turn 107** do mocowania płytek skrawających wykorzystuje **śrubę** przechodzącą przez otwór w płytce.

Coro Turn 107 jest dostępny zarówno w oprawkach z chwytem tradycyjnym jak i oprawkach typu Coromant Capto, dla wszystkich kształtów płytek i różnych kątów przystawienia.

2.4. Zasady wyboru systemu mocowania

Szttywne mocowanie

Obróbka zewnętrzna

CoroTurn® RC

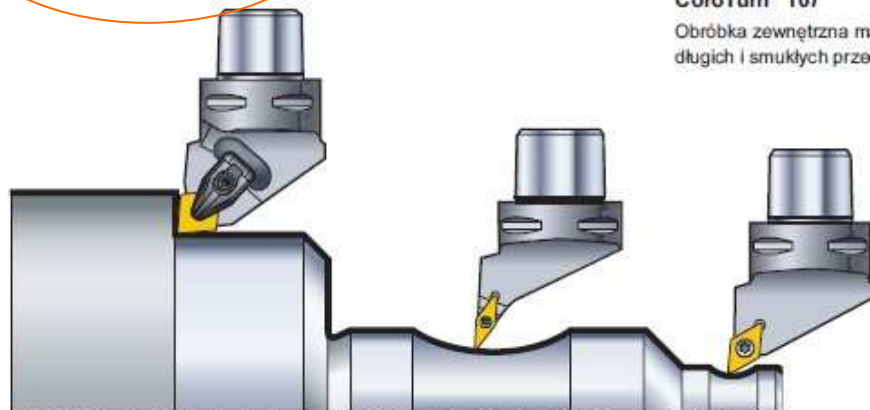
Obróbka zewnętrzna,
od zgrubnej do wykańczającej

CoroTurn® TR

Pierwszy wybór do zewnętrznej
obróbki profilowej

CoroTurn® 107

Obróbka zewnętrzna małych,
długich i smukłych przedmiotów



Najważniejsze sprawy do uwzględnienia

1. Jeżeli to możliwe, należy wykorzystywać kąt przystawienia bliski 90°. Zmniejsza to siły skrawania.
2. Pierwszym wyborem są oprawki Coromant Capto®.
3. Podczas stosowania tradycyjnych narzędzi, należy wykorzystywać największe możliwe przekroje oprawek. Zapewnia to maksimum stabilności.

System narzędziowy	Płytki ujemne			Płytki dodatnie		Płytki ceramiczne i CBN	
	CoroTurn® RC	T-Max P		CoroTurn® 107	CoroTurn® TR	CoroTurn® RC	T-Max®
	A95 A108	A103 A116	A106 A123	A128 A134	A145 A147	A150 A157	A156 A164
Coromant Capto® Chwył tradycyjny							
	Docisk sztywny	Mocowanie dźwigniowe	Mocowanie klinowe	Mocowanie śrubą	Mocowanie śrubą	Docisk sztywny	Docisk od góry
Toczenie wzdłużne/ planowanie 	••	•	•	•	•	••	•
Profilowanie 	••	•	•	••	••	••	•
Planowanie 	••	•	•	•		••	•
Obróbka wglębna 		•		••			••

•• = Zalecany system narzędziowy • = Alternatywny system narzędziowy

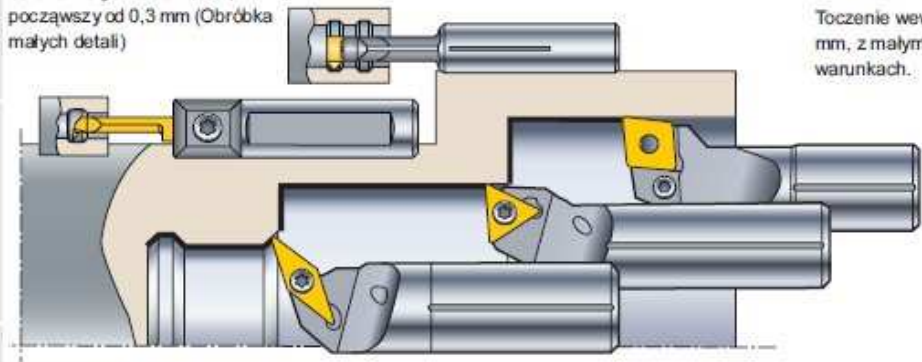
Rys. 8 Dobór systemu mocowania do obróbki pow. zewnętrznych [7]

Obróbka wewnętrzna

CoroCut® MB
Obróbka wewnętrzna otworów o małych średnicach, począwszy od 10 mm

CoroTurn® XS
Obróbka wewnętrzna otworów o bardzo małych średnicach, począwszy od 0,3 mm (Obróbka małych detali)

T-Max P
Toczenie wewnętrzne otworów od średnicy 20 mm, z małym wysięgiem narzędzi i w stabilnych warunkach.



CoroTurn® 111
Do optymalizacji toczenia wewnętrznego kiedy wymagane jest zachowanie małych sił skrawania, podczas pracy z dużym wysięgiem narzędzi.

CoroTurn® 107
Pierwszy wybór do obróbki wewnętrznej małych i średnich otworów - od średnicy 8 mm.

Najważniejsze sprawy do uwzględnienia

- Należy wykorzystywać kąt przystawienia bliski 90°, ale nigdy mniejszy niż 75°. Zmniejsza to siły skrawania.
- Należy wykorzystywać największą możliwą wielkość trzonka oraz najmniejszy wysięg. Zapewnia to maksymalną stabilność.

System narzędziowy Obróbka zewnętrzna – oprawki Coromant Capto® do obróbki wielozadaniowej Chwyt tradycyjny	Płytki ujemne				Płytki dodatnie		Płytki ceramiczne i CBN
	CoroTurn® RC	T-Max P			CoroTurn® 107	CoroTurn® 111	T-Max®
	A185	A179 A187	A182 A189	A184 A191	A194 A199	A210	A218
	 Mocowanie sztywne	 Mocowanie dźwigniowe	 Mocowanie klinowe	 Mocowanie śrubą i docisk od góry	 Mocowanie śrubą	 Mocowanie śrubą	 Docisk od góry
Toczenie wzdłużne/ planowanie 	••	••	•		••	••	•
Profilowanie 	•	•		•	••	••	
Planowanie 	•	•			••	•	•

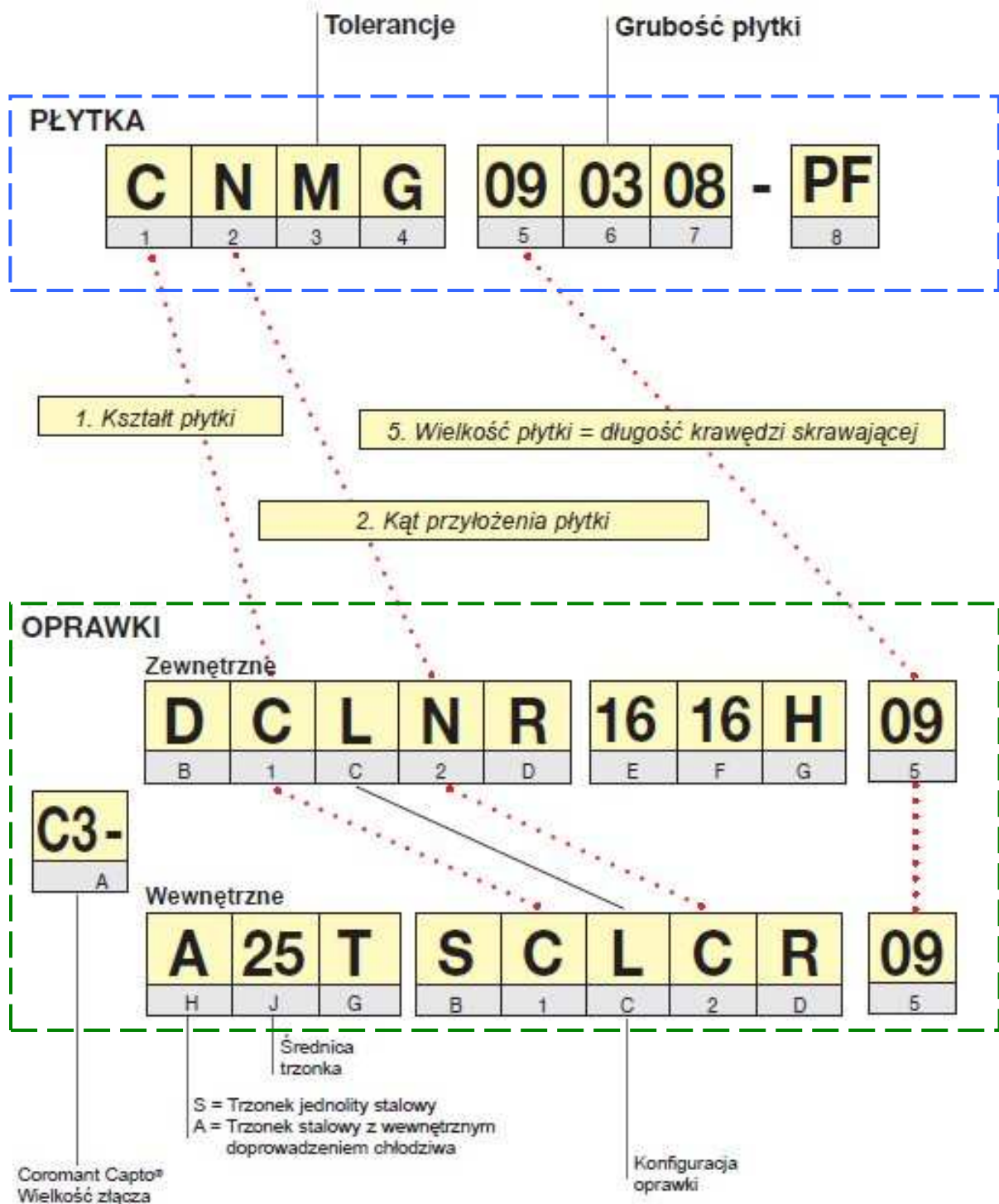
•• = Zalecany kształt płytki • = Alternatywny system narzędziowy

Rys. 9 Dobór systemu mocowania do obróbki pow. wewnętrznych [7]

2.5. Kodowanie kształtu płytek skrawających i oprawek

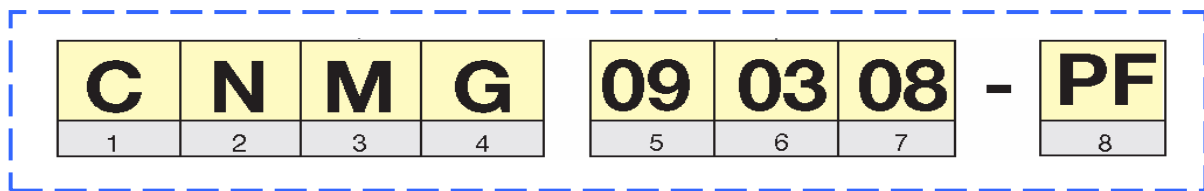
Zarówno płytki jak oprawki posiadają oznaczenia wg normy ISO 1832:1991, gdzie każdy symbol oznacza konkretną cechę danej płytki czy oprawki.

Sposób kodowania płytek i oprawek oraz znaczenie poszczególnych symboli przedstawia rysunek poniżej:



Rys. 10 Schemat kodowania płytek skrawających i oprawek [6]

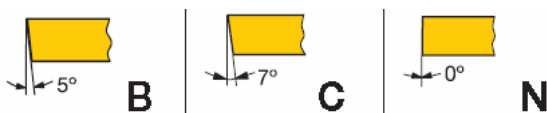
2.5.1. Oznaczenia płytek



1. Kształt płytki – dobieramy w zależności od kształtu obrabianej powierzchni, jej położenia oraz kierunku ruchu narzędzia:

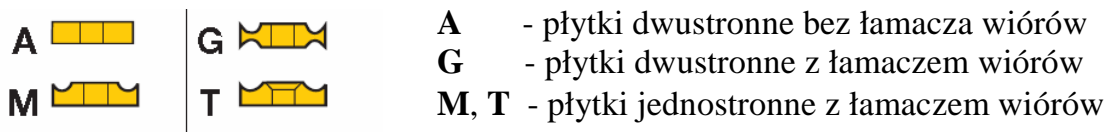


2. Kąt przyłożenia płytki

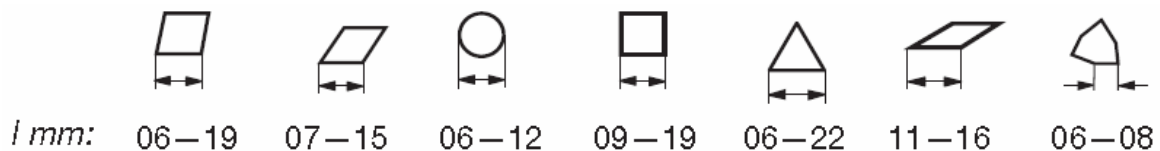


3. Dokładność wykonania płytki (tolerancje wymiarów) - zwykle parametr **M**

4. Typ płytki



5. Wielkość płytki (długość krawędzi skrawającej w mm)



6. Grubość płytki w [mm] - wg katalogu

7. Promień naroża



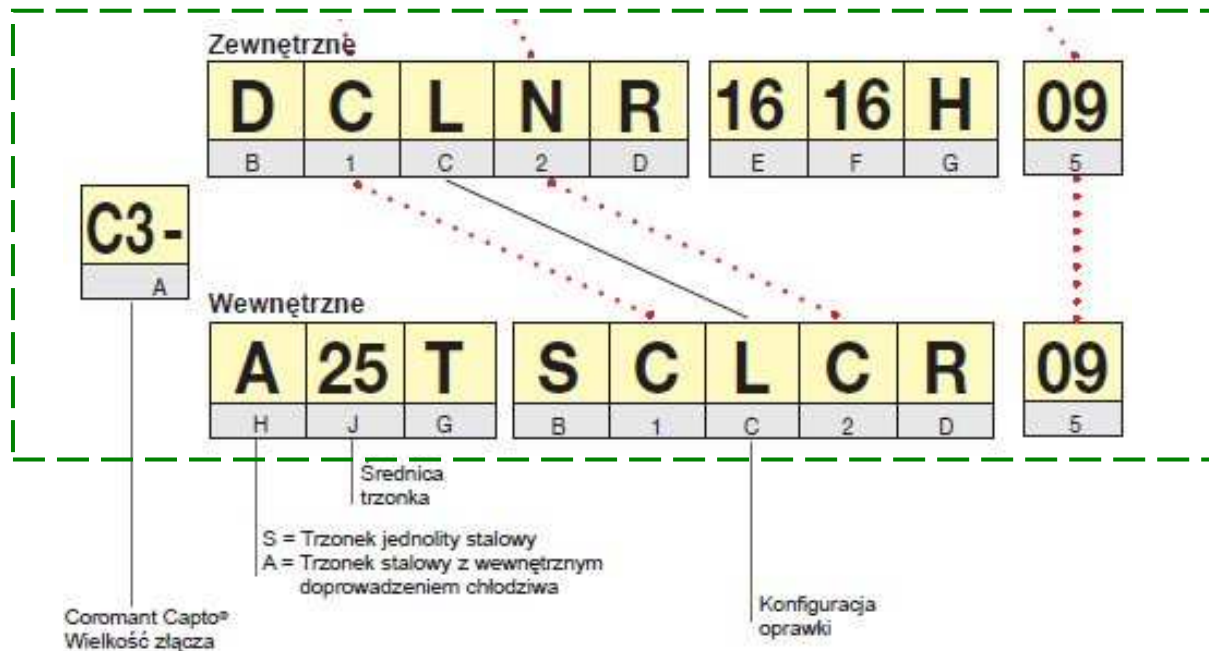
04	$r_{\epsilon} = 0.4$
08	$r_{\epsilon} = 0.8$
12	$r_{\epsilon} = 1.2$
16	$r_{\epsilon} = 1.6$
24	$r_{\epsilon} = 2.4$

8. Dodatkowe oznaczenie płytki przez producenta. Producent może dodać do kodu oznaczającego geometrię płytki dodatkowe dwa znaki, charakteryzujące typ obróbki do jakiego przeznaczona jest płytka np.:

- **MR** – obróbka zgrubna,

- **WR** – wydajne toczenie zgrubne,
- **MF** – obróbka wykańczająca
- **WF** – wydajne toczenie wykańczające, ...

2.5.2. Oznaczenia opravek



B. System mocowania



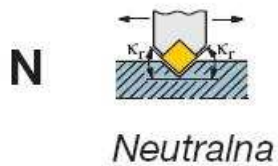
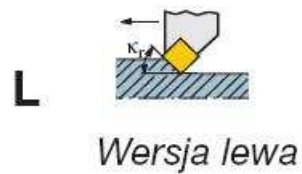
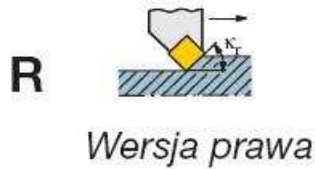
1. Kształt płytki (jak w oznaczeniach płytek)

C. Konfiguracja oprawki

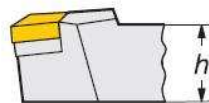
A 90°	B 75°	D 45°	E 60°	F 91°	G 91°	H 107° 30'
J 93°	K 75°	L 95°	M 50°	N 63° 30'	Q 117° 30'	R 75°
S 45°	T 60°	U 93°	V 72° 30'	Y(X) 85°	Y(Z) 85°	P 117° 30'

2. Kąt przyłożenia płytki (jak w oznaczeniach płytek)

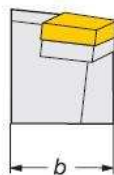
D. Wersja narzędzia



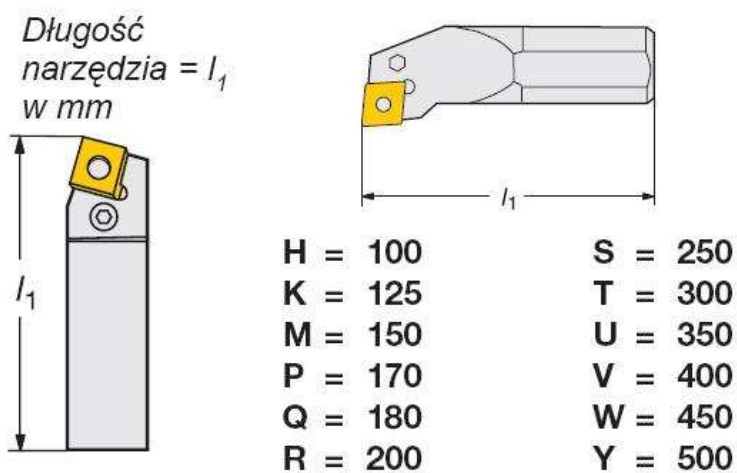
E. Wysokość trzonka



F. Szerokość trzonka



G. Długość narzędzia



5. Wielkość płytki (długość krawędzi skrawającej w mm) (jak w oznaczeniach płytek)

2.6. Dobór narzędzi i parametrów skrawania

Dobór narzędzia (płytki oprawki) przedstawia schemat – rys. 11.



Rys. 11 Algorytm doboru narzędzi i parametrów skrawania

2.6. Dobór płytki i parametrów skrawania

Krok 1 – określenie typu materiału obrabianego

Pierwszym etapem doboru odpowiedniej płytki jest określenie typu materiału obrabianego. W katalogu Sandvik Coromant istnieje podział na sześć grup materiałów, który przedstawia poniższa tabela:

Tab. 1 Klasyfikacja materiałów konstrukcyjnych [6]

Materiał obrabiany	Oznaczenie	Przykładowy materiał	Grupa materiałowa	Twardość charakterystyczna
Stal	ISO P	Stal niskostopowa	CMC 02.1	HB 180
Stal nierdzewna	ISO M	Stal nierdzewna austenityczna	CMC 05.21	HB 180
Żeliwo	ISO K	Żeliwo szare. Żeliwo sferoidalne	CMC 08.2 CMC 09.2	HB 220 HB 250
Stopy aluminium	ISO N	Odlew, niestarzony	CMC 30.21	HB 75
Stopy żaroodporne	ISO S	Na bazie niklu	CMC 20.22	HB 350
Stal hartowana	ISO H	Hartowana i ulepszana cieplnie	CMC 04.1	HRC 60

Oznaczenia HB i HRC oznaczają odpowiednio Twardość Brinella i Twardość Rockwella.

Krok 2 – określenie rodzaju obróbki

Po zakwalifikowaniu materiału do odpowiedniej grupy należy określić rodzaj przeprowadzanej obróbki. Coromant dla operacji toczenia wyróżnia trzy rodzaje obróbki i oznacza je odpowiednio:

R – Obróbka zgrubna

- obróbka z maksymalną wydajnością,
- obróbka z dużą głębokością i posuwem,
- obróbka wymagająca najwyższego bezpieczeństwa krawędzi.

M – Obróbka średnia

- dla większości zastosowań ogólnych,
- szeroki zakres możliwych kombinacji głębokości skrawania i posuwu.

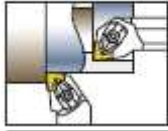
F – Obróbka wykańczająca

- obróbka z niewielkimi głębokościami skrawania i posuwami,
- obróbka wymagająca niskich sił skrawania.

Krok 3 – dokonanie „Pierwszego wyboru”

Na podstawie informacji „typ materiału obrabianego – rodzaj obróbki” zestawionych na str. 24 katalogu (rys. 12), przejście na odpowiednią stronę katalogu oferującą **Pierwszy wybór** (np. dla „stal – obróbka średnia” jest to strona nr 28) – rys. 12 i 13.

TOCZENIE



Narzędzia tokarskie

Jak wybrać płytkę i oprawkę

oprawki

typ materiału

rodzaj obróbki

nr strony katalogu

Określić materiał	Płytki ujemne T-MAX P Przejdź do strony poświęconej płytkom i wybierz geometrię, gatunek, oraz parametry skrawania.			Płytki dodatnie CoroTurn 107 Przejdź do strony poświęconej płytkom i wybierz geometrię, gatunek, oraz parametry skrawania.			Oprawki Przejdź do strony poświęconej oprawkom. Wybierz typ i wielkość uchwyty.
P	Obróbka wykańczająca Strona 26	Obróbka średnia Strona 28	Obróbka zgrubna Strona 30-32	Obróbka wykańczająca Strona 72	Obróbka średnia Strona 74	Obróbka zgrubna Strona 76	Obróbka zewnętrzna Oprawki na płytce ujemne Chwyt tradycyjny Strony 60-64 Coromant Capto Strony 61-65
M	Obróbka wykańczająca Strona 34	Obróbka średnia Strona 36	Obróbka zgrubna Strona 38-40	Obróbka wykańczająca Strona 78	Obróbka średnia Strona 80	Obróbka zgrubna Strona 82	Oprawki na płytce dodatnie Chwyt tradycyjny Strony 98-102 Coromant Capto Strony 99-103
K	Obróbka wykańczająca Strona 42	Obróbka średnia Strona 44-46	Obróbka zgrubna Strona 48-50	Obróbka wykańczająca Strona 84	Obróbka średnia Strona 86	Obróbka zgrubna Strona 88	Obróbka wewnętrzna Oprawki na płytce dodatnie Chwyt tradycyjny Strony 104-106 Coromant Capto Strony 105-107
N				Obróbka średnia Strona 90			Oprawki na płytce ujemne Chwyt tradycyjny Strony 67-70 Coromant Capto Strony 66-68
S	Obróbka wykańczająca Strona 52	Obróbka średnia Strona 54	Obróbka zgrubna Strona 56	Obróbka wykańczająca Strona 92	Obróbka średnia Strona 94		
H	Obróbka wykańczająca Strona 58			Obróbka wykańczająca Strona 96			

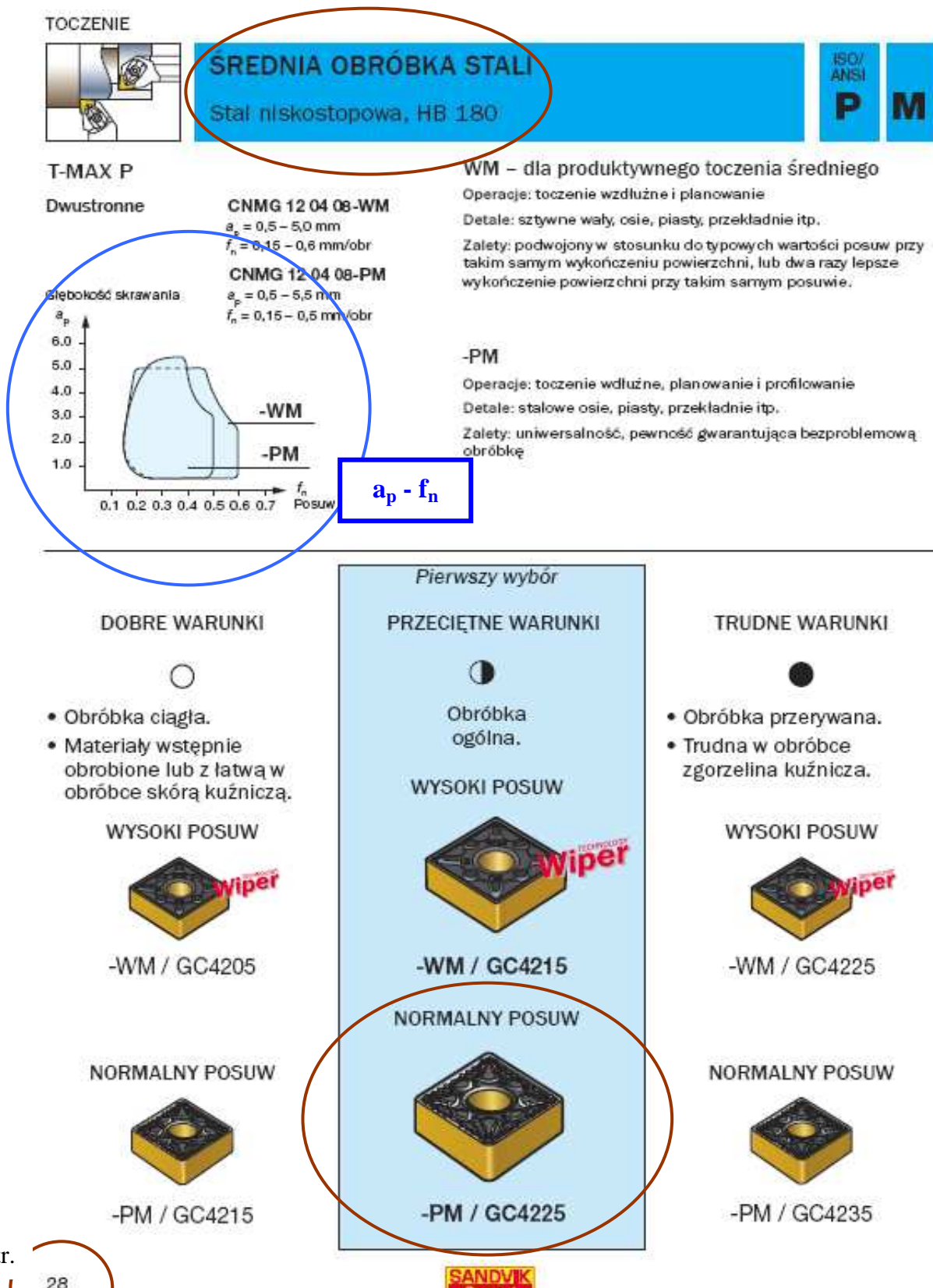
str.

24



Rys. 12 Katalog CoroKey str. 24 [6]

Ilustruje to rysunek:



str.

28

Rys. 13 Katalog **CoroKey** str. 28 [6]

$a_p - f_n$ - zakres głębokości i posuwu zalecany dla prawidłowego kształtowania wióra

Krok 4 – określenie warunków obróbki i wybór materiału płytki

Następnie należy określić, jakie są warunki obróbki.

Katalog CoroKey dzieli warunki obróbki na trzy następujące:



Rys. 14 Wybór warunków obróbki

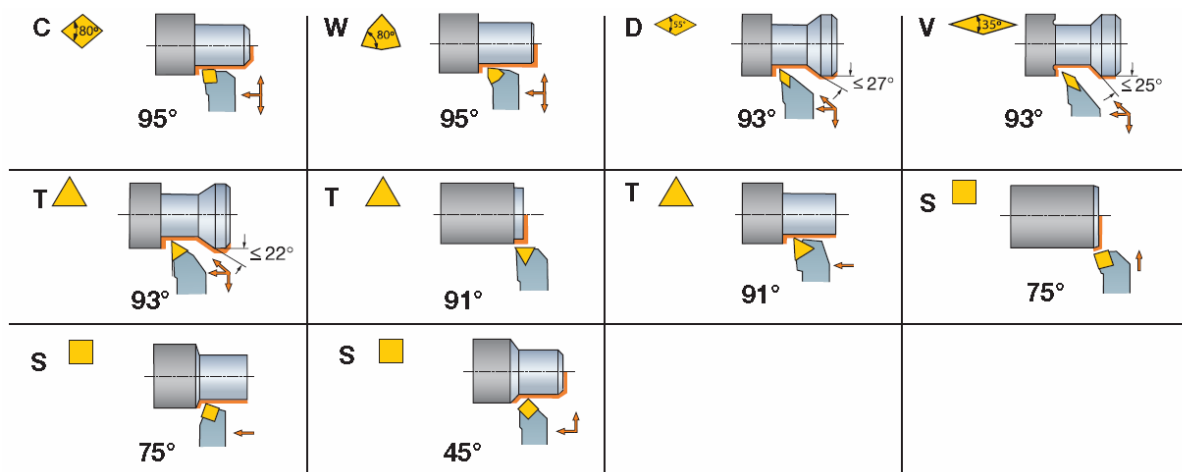
Wybór ten posłuży do wyboru odpowiedniego gatunku węglik (na tej samej stronie katalogu), np. dla przeciętnych warunków i normalnych posuwów będzie to **GC4225**.

Krok 5 – wybór kształtu płytki i promienia naroża

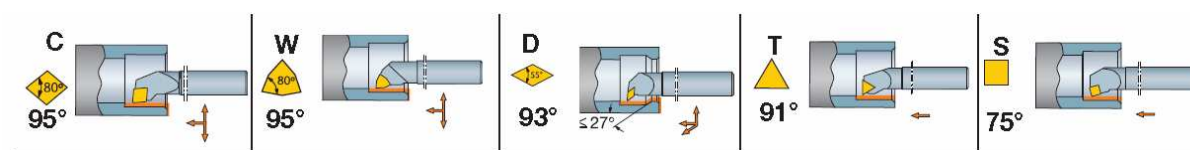
Kształt płytki winien być tak dobrany by umożliwił obróbkę zadanego konturu. Zaleca się by kąt przystawienia płytki wynosił ok. 90° natomiast pomocniczy kąt przystawienia winien być większy od kąta spadku konturu.

Przykłady doboru kształtów **plytek ujemnych T-Max P** (mocowanych systemem Coro Turn RC):

- do obróbki powierzchni zewnętrznych (w katalogu str. 60 - 65):

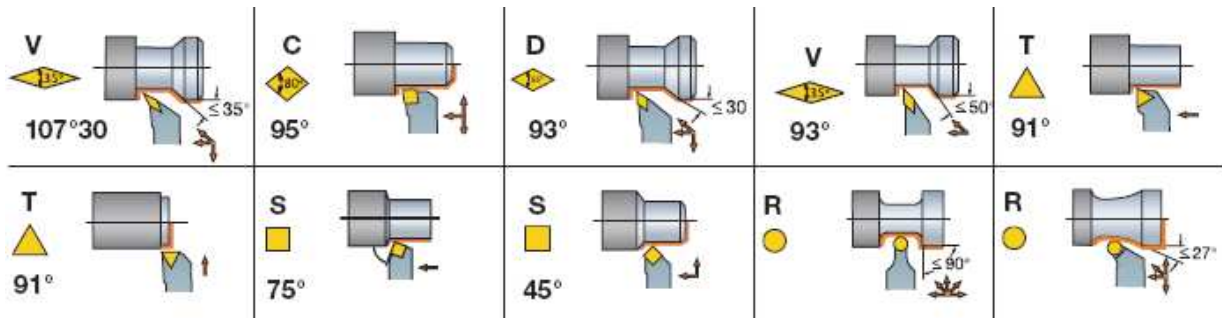


- do obróbki powierzchni wewnętrznych (w katalogu str. 66 – 71):

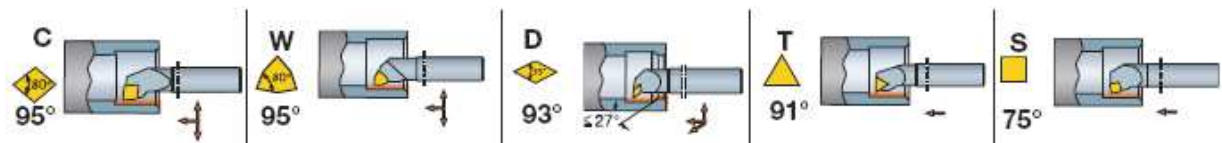


Przykłady doboru kształtów **plytek dodatkich Coro Turn 107** (mocowanych systemem Coro Turn 107 mocowanie śrubą):

- do obróbki powierzchni zewnętrznych (w katalogu str. 98 - 103):



- do obróbki powierzchni wewnętrznych (w katalogu str. 104 – 107):



Promień naroża ma wpływ na chropowatość powierzchni obrobionej. Im mniejszy promień naroża, tym mniejsza szansa na uzyskanie gładkiej powierzchni i co za tym idzie wyższej klasy chropowatości. Należy go ustalić lub zastosować zalecenia producenta dotyczące tzw. „Pierwszego wyboru”, które dla płytek T-MAX P wyglądają następująco:

obróbka wykańczająca	$r_e = 0.8 \text{ mm}$
obróbka średnia	$r_e = 0.8 \text{ mm}$
obróbka zgrubna	$r_e = 1.2 \text{ mm}$

Krok 6 – wybór wielkości płytki

Wielkość płytki (długość krawędzi płytki) dobiera się zwykle do posiadanej oprawki, jeżeli taka jest w posiadaniu. Jeżeli nie, to dobiera się w zależności od rodzaju obróbki i głębokości skrawania, kierując się zasadą: im większa głębokość skrawania, tym większa płytka.

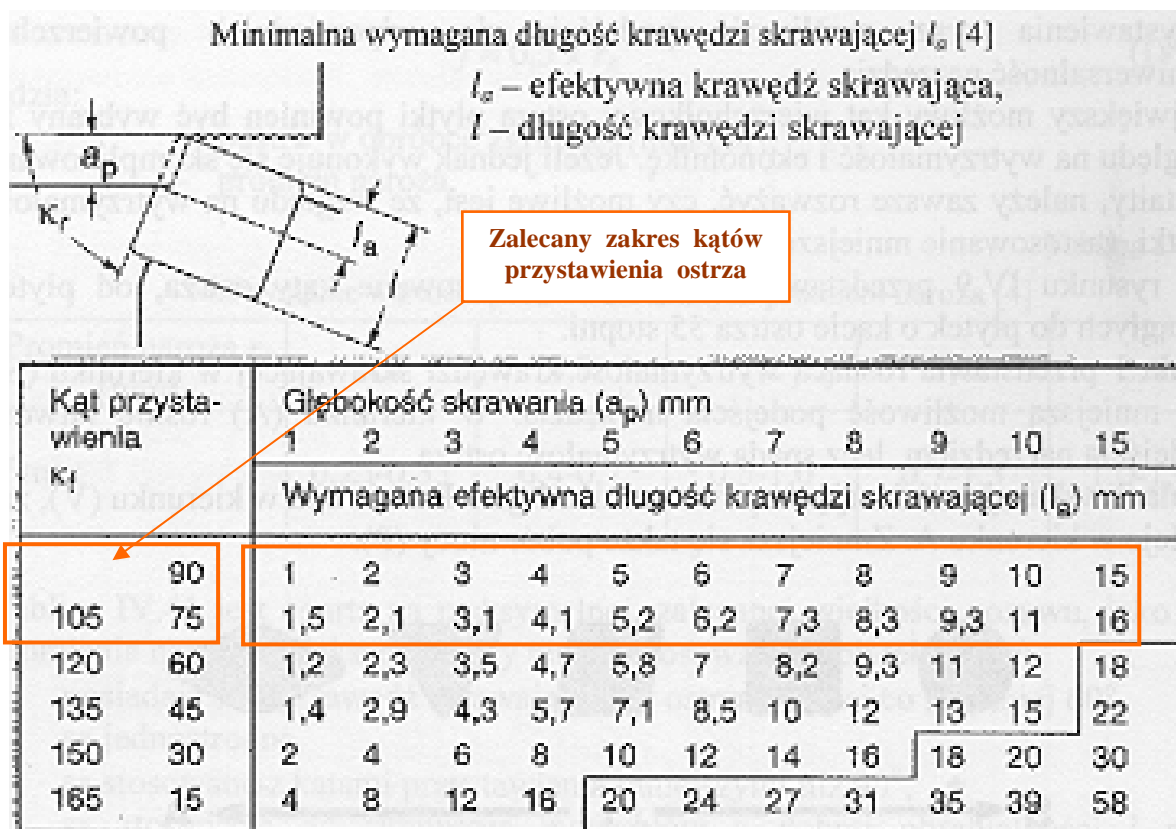
Minimalną długość l krawędzi skrawającej można obliczyć na podstawie głębokości skrawania i kąta przystawienia [8] - ilustruje to rys. 15,

na którym: l_e - długość efektywnej krawędzi skrawającej, wynikająca z głębokości skrawania i kąta przystawienia ostrza,

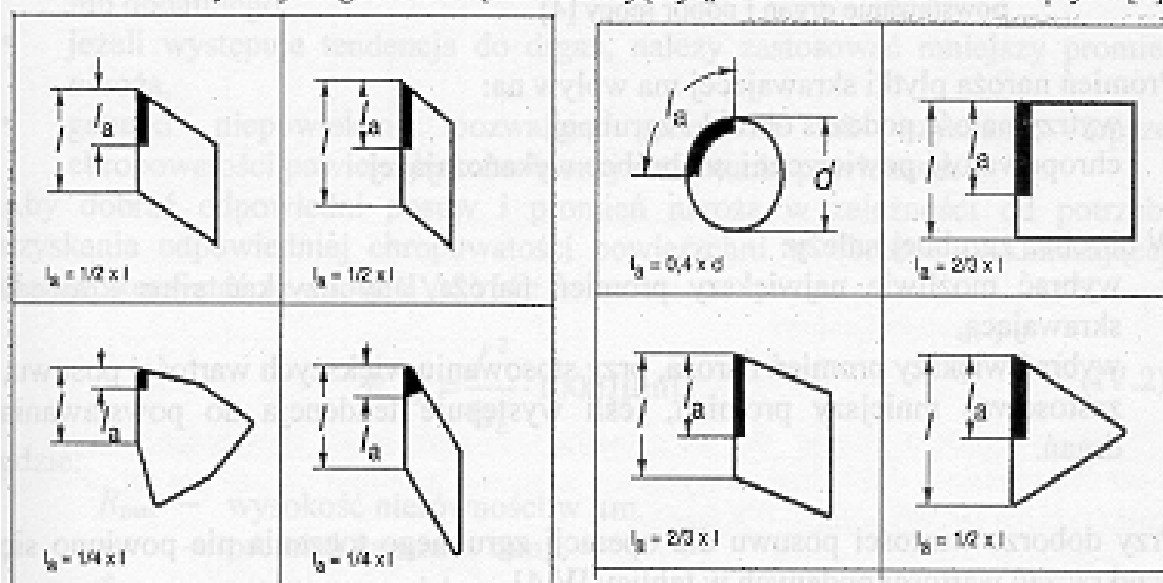
l - długość krawędzi skrawającej płytki, wynosząca:

$$l = \min (1,5 \div 4) l_e$$

albo przyjąć na podstawie zaleceń katalogowych [7] sugerujących znacznie większą płytkę – patrz tab. 2.



Określenie efektywnej długości krawędzi skrawającej l_a w zależności od kształtu płytki [4]











Rys. 15 Wyznaczanie minimalnej wielkości płytki skrawającej [8]

Tab. 2 Zasady doboru wielkości płytki wg [7]

Obróbka zgrubna
Operacje z dużymi naddatkami i posuwami
 $f_n = 0,5 - 1,5$ mm/obr

Obróbka średnia
Operacje przy średnich do lekko zgrubnych głębokościach skrawania i posuwach
 $f_n = 0,2 - 0,5$ mm/obr

Obróbka wykańczająca
Operacje przy małych głębokościach skrawania i posuwach
 $f_n = 0,1 - 0,3$ mm/obr

Kształt płytki	Wielkość płytki	Głębokość skrawania (a_p), mm												
		Obróbka wykańczająca					Obróbka zgrubna							
		Obróbka średnia												
		.04	.08	.12	.16	.20	.24	.28	.31	.35	.40	.43	.47	.51
 80°	06													
	09													
	12													
	16													
	19													
	25													
 55°	07													
	11													
	13													
	15													
 R	05													
	06													
	08													
	10													
	12													
	15													
	16													
	19													
	20													
	25													
32														
 90°	09													
	12													
	15													
	19													
	25													
 60°	05													
	06													
	09													
	11													
	16													
	22													
	27													
33														
 35°	11													
	13													
	16													
	22													
 80°	02													
	04													
	06													
	08													
 55°	16													

Krok 7 – odczytanie zalecanych parametrów obróbki

Na następnej stronie katalogu a więc po stronie „Pierwszy wybór”, znajduje się wykaz dostępnych kształtów płytek, ich wymiarów i zalecane parametry skrawania:

- prędkość skrawania V_c [m/min],
- posuw f_n [mm/obr],
- głębokość skrawania a_p

Ilustruje to przykład fragmentu tabeli ze str 29 (poniżej).

TOCZENIE

ISO/ANSI		P M		ŚREDNIA OBRÓBKA STALI						Płytki ujemne o kształcie podstawowym				
OZNACZENIE		PARAMETRY SKRAWANIA, CMC 02.1 / HB 180						Prędkość skrawania, V_c (m/min)						
Dwustronne		Głębokość skrawania a_p mm						Posuw f_n mm/obr						
		GC4205		GC4215		GC4225		GC4205		GC4215		GC4225		
	CNMG	12 04 08-WM	☆		☆		☆	3 (0.5-5)	0.3 (0.15-0.6)	460	415	345		
		12 04 12-WM	☆		☆		☆	3.5 (0.8-6)	0.5 (0.2-0.9)	370	335	275		
		16 06 08-WM	☆		☆		☆	3.5 (0.7-6.5)	0.4 (0.2-0.7)	410	370	305		
	DNMX	11 04 08-WM	☆		☆		☆	1.5 (0.5-3.5)	0.35 (0.15-0.5)	435	390	325		
		11 04 12-WM	☆		☆		☆	2 (0.5-4)	0.45 (0.15-0.6)	390	350	290		
		15 04 08-WM	☆		☆		☆	2 (0.5-4.5)	0.35 (0.15-0.5)	435	390	325		
		15 04 12-WM	☆		☆		☆	2.5 (0.5-5)	0.45 (0.15-0.6)	390	350	290		
		15 04 16-WM	☆		☆		☆	3.5 (0.5-6)	0.6 (0.2-0.8)	335	305	250		
		15 06 08-WM	☆		☆		☆	2 (0.5-4.5)	0.35 (0.15-0.5)	435	390	325		
		15 06 12-WM	☆		☆		☆	2.5 (0.5-5)	0.45 (0.15-0.6)	390	350	290		
		15 06 16-WM	☆		☆		☆	3.5 (0.5-6)	0.6 (0.2-0.8)	335	305	250		
		16 04 08-WM	☆		☆		☆	2 (0.5-4.5)	0.35 (0.15-0.5)	435	390	325		
		16 04 12-WM	☆		☆		☆	2.5 (0.5-5)	0.4 (0.15-0.6)	410	370	305		
	WNMG	06 04 08-WM	☆		☆		☆	1.5 (0.5-3.5)	0.3 (0.15-0.6)	460	415	345		
		06 04 12-WM	☆		☆		☆	1.5 (0.8-3.5)	0.5 (0.2-0.9)	370	335	275		
		08 04 08-WM	☆		☆		☆	3 (0.5-5)	0.3 (0.15-0.6)	460	415	345		
		08 04 12-WM	☆		☆		☆	3.5 (0.8-6)	0.5 (0.2-0.9)	370	335	275		
	CNMG	09 03 04-PM		☆		☆	☆	2 (0.4-4)	0.2 (0.1-0.3)		475	395	240	
		09 03 08-PM		☆		☆	☆	2 (0.5-4)	0.3 (0.15-0.5)		415	345	210	
		12 04 04-PM		☆		☆	☆	3 (0.4-5.5)	0.2 (0.1-0.3)		475	395	240	
		12 04 08-PM		☆		☆	☆	3 (0.5-5.5)	0.3 (0.15-0.5)		415	345	210	
		12 04 12-PM		☆		☆	☆	3 (0.8-5.5)	0.35 (0.18-0.6)		390	325	195	
		12 04 16-PM		☆		☆	☆	3 (1-5.5)	0.4 (0.23-0.65)		370	305	185	
		16 06 08-PM		☆		☆	☆	4 (0.5-7.2)	0.3 (0.15-0.5)		415	345	210	
		16 06 12-PM		☆		☆	☆	4 (0.8-7.2)	0.35 (0.18-0.6)		390	325	195	
		16 06 16-PM		☆		☆	☆	4 (1-7.2)	0.4 (0.23-0.65)		370	305	185	
			DNMG	11 04 04-PM		☆		☆	☆	2 (0.4-5)	0.2 (0.1-0.3)		475	395
11 04 08-PM				☆		☆	☆	2 (0.5-5)	0.3 (0.15-0.5)		415	345	210	
11 04 12-PM				☆		☆	☆	2 (0.8-5)	0.35 (0.18-0.5)		390	325	195	
15 04 04-PM				☆		☆	☆	3 (0.4-6)	0.2 (0.1-0.3)		475	395	240	
15 04 08-PM				☆		☆	☆	3 (0.5-6)	0.3 (0.15-0.5)		415	345	210	
15 04 12-PM				☆		☆	☆	3 (0.8-6)	0.35 (0.18-0.6)		390	325	195	
15 06 04-PM				☆		☆	☆	3 (0.4-6)	0.2 (0.1-0.3)		475	395	240	
15 06 08-PM				☆		☆	☆	3 (0.5-6)	0.3 (0.15-0.5)		415	345	210	

Rys. 16 Katalog CoroKey str. 29 [6]

np. dla płytki kwadratowej **CNMG 12 04 04** z materiału **GC4225**, czyli dla obróbki średniej, zalecana prędkość skrawania $V_c = 395$ [m/min], posuw $f_n = 0.2$ [mm/obr] i głębokość skrawania $a_p = 3$ [mm].

2.7. Korekcja parametrów skrawania

Krok 8 - Korekcja prędkości skrawania ze wzgl. na twardość mat. obrabianego

Dobrana prędkość skrawania jest prędkością dla twardości nominalnej, która np. dla grupy ISO P wynosi $HB = 180$ (tab.1). Zwykle jednak twardość materiału obrabianego, dla którego są dobierane warunki skrawania, jest inna niż nominalna. Wtedy należy dokonać korekty prędkości skrawania według poniższej tabeli.

Tab. 3 Tabela korekty prędkości skrawania [6]

ISO/ ANSI	CMC ¹⁾	HB ²⁾	Mniejsza twardość				Większa twardość				
			-60 ³⁾	-40	-20	0	+20	+40	+60	+80	+100
P	02.1	HB ²⁾ 180	1,44	1,25	1,11	1,0	0,91	0,84	0,77	0,72	0,67
M	05.21	HB ²⁾ 180	1,42	1,24	1,11	1,0	0,91	0,84	0,78	0,73	0,68
K	08.2	HB ²⁾ 220	1,21	1,13	1,06	1,0	0,95	0,90	0,86	0,82	0,79
	09.2	HB ²⁾ 250	1,33	1,21	1,09	1,0	0,91	0,84	0,75	0,70	0,65
N	30.21	HB ²⁾ 75			1,05	1,0	0,95				
S	20.22	HB ²⁾ 350			1,12	1,0	0,89				
H	04.1	HRC ³⁾ 60			1,07	1,0	0,97				

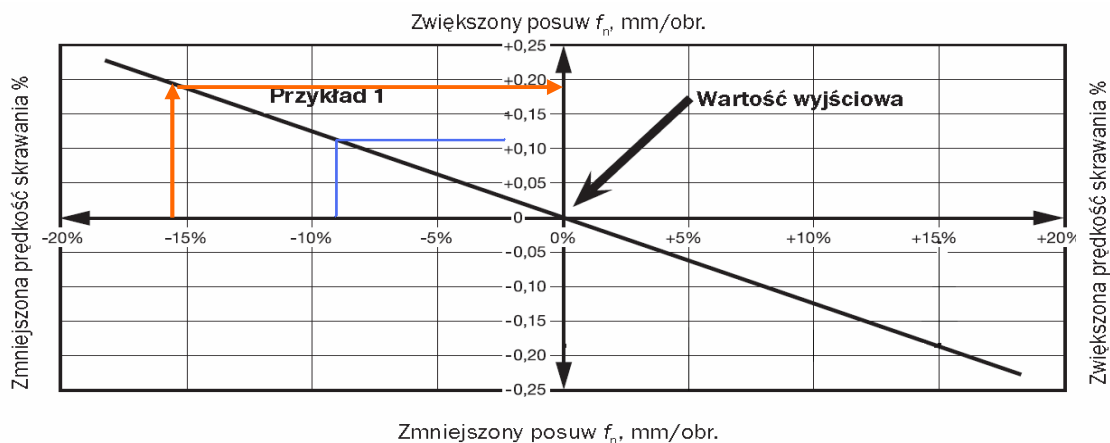
np. jeśli rzeczywista twardość materiału obrabianego wynosi $HB 220$, to dla stali (grupa materiałowa **P**), jest ona większa o 40 jednostek niż twardość nominalna = 180. Współczynnik korekcyjny, odczytany z tab. 2 wynosi **0,84** a więc skorygowana prędkość skrawania:

$$V_{c \text{ skoryg}} = 395 \times 0,84 = 331,8 = \text{ok. } \mathbf{332} \text{ [m/min]}$$

Krok 9 - Korekcja posuwu

Zmiana prędkości skrawania wiąże się ze zmianą posuwu.

Aby zapewnić właściwy proces formowania wiórów, przy zwiększaniu prędkości skrawania należy zmniejszyć posuw i odwrotnie, przy zmniejszaniu prędkości należy zwiększyć posuw. Wpływ prędkości skrawania na posuw wyraża poniższy wykres.



Rys. 17 Wpływ prędkości skrawania na posuw [6]

Np. prędkość skrawania została zmniejszona o 16%. Z wykresu na rys.17 można odczytać, że posuw winien być zwiększony o 0,19 [mm/obr] co daje:

$$f_n \text{ skoryg} = 0,2 + 0,19 = \mathbf{0,39} \text{ [mm/obr]}$$

Krok 10 - Ew. korekcja prędkości skrawania ze wzgl. na wydajność obróbki

Otrzymana prędkość skrawania jest obliczona dla trwałości ostrza **T = 15 [min]**. Można zwiększyć wydajność obróbki zwiększając prędkość skrawania, będzie się to jednak wiązało z obniżeniem trwałości ostrza. Można też zwiększyć trwałość ostrza obniżając jednak prędkość skrawania.

Do obliczenia nowej prędkości skrawania należy posługiwać się poniższą tabelą.

Tab. 4 Tabela korekty prędkości skrawania ze wzgl. na trwałość ostrza [6]

Trwałość ostrza (min.)	10	15	20	25	30	45	60
Współczynnik korekcyjny	1,11	1,0	0,93	0,88	0,84	0,75	0,70

Przykładowo: aby wydłużyć okres trwałości ostrza do **20 [min]**, należy pomnożyć zalecaną prędkość skrawania przez wartość **0.93**. Dla omawianej uprzednio płytki będzie to: $332 * 0,93 = 239$ [m/min].

Krok 11 - Obliczenie niezbędnej mocy obrabiarki

Po dobraniu parametrów skrawania należy sprawdzić zapotrzebowanie na moc obrabiarki, która ma realizować obróbkę z tymi parametrami. Przy założeniu 80% sprawności obrabiarki, moc obrabiarki w [kW] można wyznaczyć z tabeli 5.

Tab. 5 Wyznaczanie mocy skrawania [kW]

Płytki T-Max P				Płytki CoroTurn 107				
Obróbka średnia / zgrubna				Obróbka zgrubna				
v_c	$a_p \times f_n$ (głębokość skrawania x posuw)							
	2 x 0.2	4 x 0.3	6 x 0.5	8 x 0.7	2 x 0.2	3 x 0.3	4 x 0.4	
P	150	3.4	9.2	20.3	34.8	3.4	6.9	11.4
	200	4.5	12.3	27.1	46.4	4.5	9.2	15.3
	250	5.7	15.4	33.8	58.1	5.7	11.5	19.1
	300	6.8	18.5	40.6	69.7	6.8	13.8	22.9
	350	7.9	21.5	47.4	81.3	7.9	16.1	26.7
400	9.1	24.6	54.1	92.9	9.1	18.5	30.5	
M	150	3.8	10.3	23.2	40.4	3.8	7.8	13.0
	200	5.0	13.8	31.0	53.9	5.0	10.3	17.3
	250	6.3	17.2	38.7	67.3	6.3	12.9	21.6
K	150	2.3/2.8	6.2/7.6	13.4/16.5	22.8/28.0	2.3/2.8	4.6/5.7	7.6/9.3
	200	3.1/3.8	8.3/10.15	17.9/21.9	30.4/37.3	3.1/3.8	6.2/7.6	10.2/12.5
	250	3.9/4.7	10.3/12.7	22.4/27.4	38.0/46.6	3.9/4.7	7.7/9.5	12.7/15.6
	300	4.6/5.7	12.4/15.2	26.8/32.9	45.6/55.9	4.6/5.7	9.3/11.4	15.2/18.7
N	500	4.0	10.9	23.9	41.0	4.0	8.1	13.5
	1000	8.0	21.7	47.8	81.0	8.0	16.3	26.9
	1500	12.0	32.6	71.6	122.9	12.0	24.4	40.4
	2000	16.0	43.4	95.5	163.9	16.0	32.6	53.9
S	20	0.8	2.1	4.6	7.9	0.8	1.6	2.6
	45	1.7	4.7	10.4	17.8	1.7	3.5	5.9
	90	3.5	9.4	20.8	35.7	3.5	7.1	11.7
H	60	3.4	9.1	20.1	34.4	3.4	6.8	11.3
	120	6.7	18.2	40.1	68.8	6.7	13.7	22.6
	180	10.1	27.4	60.2	103.3	10.1	20.7	33.9

np. dla stali o twardości HB = 220 (grupa materiałowa **P**) i parametrów skrawania:
 posuw $f_n = 0,39$ [mm/obr], głębokość skrawania $a_p = 3$ [mm], moc silnika napędu głównego obrabiarki winna wynosić ok. **13,6 [kW]**.

Krok 12 - Obliczenie prędkości obrotowej wrzeciona

Prędkość obrotową wrzeciona oblicza się z cytowanego uprzednio wzoru:

$$n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

Dla uproszczenia można również zastosować tabelę przeliczeniową przedstawioną poniżej, lub stosować wykresy znajdujące się przy większości tokarek konwencjonalnych.

Tab. 6 Wyznaczanie prędkości obrotowej wrzeciona [obr/min]

Przedmiot/ frez \varnothing	Prędkość skrawania (v_c), m/min										
	30	40	50	100	150	200	300	400	500	600	700
12	795	1060	1326	2652	3979	5305	7957	10610	13262		
16	597	795	995	1989	2984	3978	5968	7957	9947	11936	
20	477	637	796	1591	2387	3183	4774	6366	7957	9549	11140
25	382	509	637	1273	1910	2546	3819	5092	6366	7639	8912
32	298	398	497	994	1492	1989	2984	3978	4973	5968	6963
40	239	318	398	795	1194	1591	2387	3183	3978	4774	5570
50	191	255	318	636	955	1272	1909	2546	3183	3819	4456
63	151	202	253	505	758	1010	1515	2021	2526	3031	3536
80	119	159	199	397	597	795	1193	1591	1989	2387	2785
100	95	127	159	318	477	636	952	1273	1591	1909	2228
125	76	109	124	255	382	509	764	1018	1237	1527	1782
160	60	80	99	198	298	397	596	795	994	1193	1392
175	55	71	91	182	273	363	544	727	909	1091	1273
200	48	64	80	160	239	318	476	636	795	954	1114





2.8. Dobór oprawki

Ostatnim etapem jest dobór oprawki. Dla zwykłych imaków narzędziowych z mocowaniem za pomocą śrub, należy dobrać klasyczną oprawkę z chwytem prostokątnym lub kwadratowym. Jeśli narzędzie ma być zamocowane w głowicy narzędziowej, to należy dobrać oprawkę typu *Coromant Capto* o rozmiarze odpowiednim dla głowicy narzędziowej (oznaczenia C4, C5 lub C6).

Krok 13 – Wybór odpowiedniej strony katalogu

Strona 24 katalogu podaje nr stron oprawek odpowiednich do mocowania dobranych płytek – rys.18.

Np. do mocowania płytek ujemnych są to strony 61 – 65.

Określić materiał	Płytki ujemne T-MAX P Przejdź do strony poświęconej płytkom i wybierz geometrię, gatunek, oraz parametry skrawania.			Płytki dodatnie CoroTurn 107 Przejdź do strony poświęconej płytkom i wybierz geometrię, gatunek, oraz parametry skrawania.			Oprawki Przejdź do strony poświęconej oprawkom. Wybierz typ i wielkość uchwytu.
P	Obróbka wykańczająca Strona 26	Obróbka średnia Strona 28	Obróbka zgrubna Strona 30-32	Obróbka wykańczająca Strona 72	Obróbka średnia Strona 74	Obróbka zgrubna Strona 76	Obróbka zewnętrzna Oprawki na płytki ujemne  Chwyty tradycyjny Strony 60-64  Coromant Capto Strony 61-65 Oprawki na płytki dodatnie  Chwyty tradycyjny Strony 98-102  Coromant Capto
M	Obróbka wykańczająca Strona 34	Obróbka średnia Strona 36	Obróbka zgrubna Strona 38-40	Obróbka wykańczająca Strona 78	Obróbka średnia Strona 80	Obróbka zgrubna Strona 82	
K	Obróbka wykańczająca Strona 34	Obróbka średnia Strona 36	Obróbka zgrubna Strona 38-40	Obróbka wykańczająca Strona 78	Obróbka średnia Strona 80	Obróbka zgrubna Strona 82	

Rys. 18 Wybór strony katalogu [6]

Krok 14 – Wybór odpowiedniej oprawki

Dobierana oprawka winna zapewniać mocowanie płytki o wybranym uprzednio kształcie oraz odpowiedni kąt przystawienia ostrza.

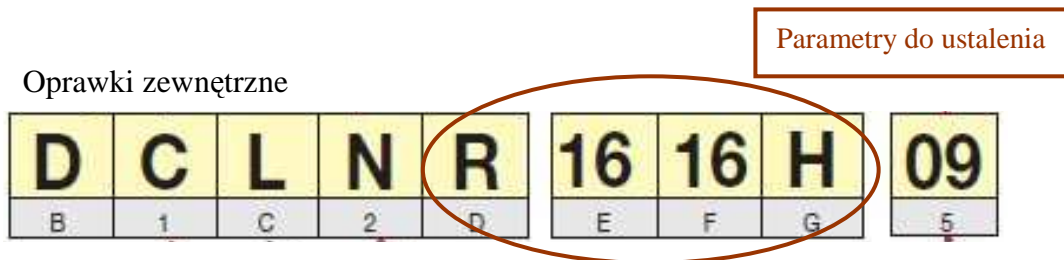
Z etapu doboru płytki wiadomo już, że takie cechy jak (rys. 19):

- B** - system mocowania,
- 1** - kształt płytki,
- C** - konfiguracja oprawki (związana z kątem przystawienia ostrza),
- 2** - kąt przyłożenia płytki,
- 5** - wielkość płytki

są już zdeterminowane. Pozostaje do ustalenia:

- D** - wersja narzędzia (narzędzie prawe, lewe, ...),
- E, F** - wymiary poprzeczne trzonka,

G - długość narzędzia.



Rys. 19 Oznaczenie oprawek

Wersja narzędzia zależy od przewidywanego kierunku posuwu.

Przekrój trzonka jest zależny od wymiarów imaka dysponowanej tokarki. Jeśli jest możliwość, należy – ze względu na sztywność - dobierać większy przekrój.

Długość oprawki jest zwykle związana z jej wymiarami poprzecznymi i jest narzucona przez katalog.

Dostępne oprawki podaje katalog na uprzednio wybranej stronie.

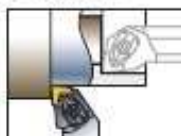
Np. dla płytki trójkątnej **TNMG 16 04 08** o boku 16 mm, oprawki należy poszukiwać na str. 60 i 64 katalogu (rys. 20 i 21). Jak widać są dostępne:

- oprawki prawa i lewa o symbolach **DTJNR/L 1616H16,**
DTJNR/L 2020K16,
DTJNR/L 2525M16,
DTJNR/L 3232P16 oraz
- oprawki prawa i lewa o symbolach **MTJNR/L 2020K16M1,**
MTJNR/L 2525M16M1,
MTJNR/L 3225P16M1.

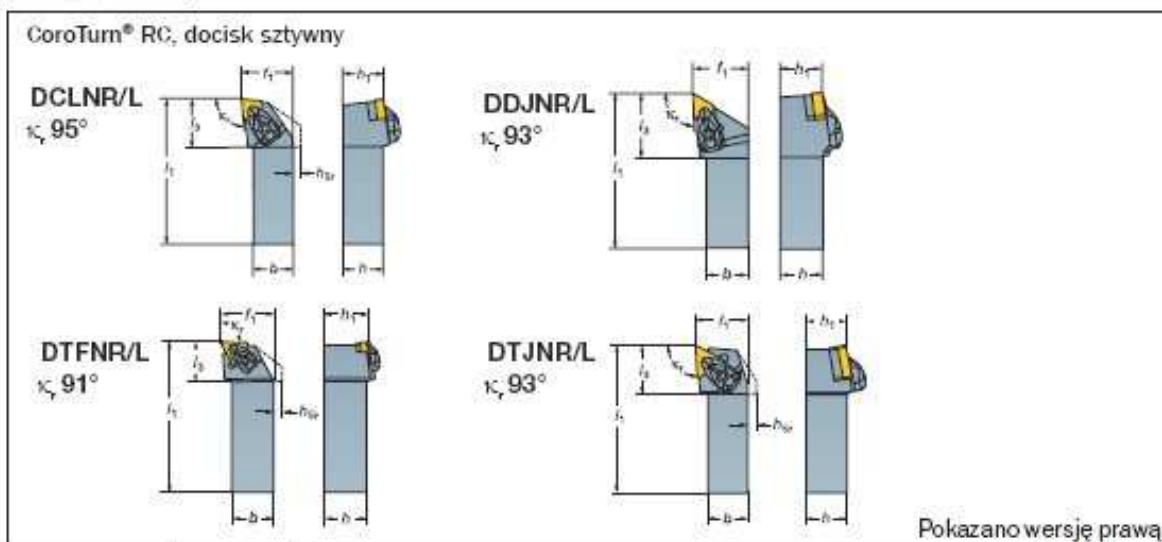
Analizując charakterystykę obrabiarki i sposób realizacji obróbki należy dokonać ostatecznego wyboru oprawki spośród dostępnych.

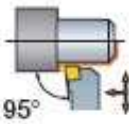

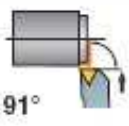
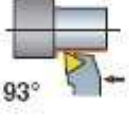
	16	MTJNR/L 2020K16M1	20	20	20	125	30.8	25	0.8	-	-
		2525M16M1	25	25	25	150	30.8	32	0.8	-	-
		3225P16M1	32	32	25	170	30.8	32	0.8	-	-
	22	MTJNR/L 2525M22M1	25	25	25	150	34.8	32	0.8	-	-
		3225P22M1	32	32	25	170	34.8	32	0.8	-	-

Rys. 20 Katalog **CoroKey** - fragment str. 64 [6]



Obróbka zewnętrzna przy użyciu ujemnych płytek T-MAX P
Wielkości chwytów 1616 – 3232



Płytki	Oznaczenie	Wymiary w mm									Nm
		h	h ₁	b	l ₁	l ₃	f ₁	h _{sr}	r ₂ ¹⁾		
	C	09 DCLNR/L 1616H09	16	16	16	100	24.8	20	-	0.8	9IP 1.7
		2020K09	20	20	20	125	24.8	25	-	0.8	
		2525M09	25	25	25	150	24.8	32	-	0.8	
	12	DCLNR/L 1616H12	16	16	16	100	32.2	20	4.5	0.8	15IP 3.9
		2020K12	20	20	20	125	32.0	25	-	0.8	
		2525M12	25	25	25	150	32.0	32	-	0.8	
	18	DCLNR/L 2525M16	25	25	25	150	39.0	32	-	1.2	20IP 6.4
		3225P16	32	32	25	170	39.0	32	-	1.2	
	19	DCLNR/L 2525M19	25	25	25	150	43.7	32	1.0	1.2	20IP 6.4
		3225P19	25	32	25	170	43.2	32	-	1.2	
		3232P19	32	32	32	170	43.4	40	-	-	
		D	11 DDJNR/L 1616H11	16	16	16	100	30.1	20	-	0.8
2020K11			20	20	20	125	30.1	25	-	0.8	
2525M11			25	25	25	150	30.2	32	-	0.8	
15		DDJNR/L 2020K15	20	20	20	125	39.4	25	-	0.8	15IP 3.9
		2525M15	25	25	25	150	39.4	32	-	0.8	
		3225P15	32	32	25	170	39.4	32	-	0.8	
	T	16 DTFNR/L 1616H16	16	16	16	100	24.0	20	2.0	0.8	9IP 1.7
		2020K16	20	20	20	125	23.6	25	-	0.8	
		2525M16	25	25	25	150	23.6	32	-	0.8	
	22	DTFNR/L 2525M22	25	25	25	150	31.1	32	-	0.8	15IP 3.9
		3225P22	32	32	25	170	31.1	32	-	0.8	
		3232P22	32	32	32	170	31.1	40	-	0.8	
	T	16 DTJNR/L 1616H16	16	16	16	100	24.9	20	1.0	0.8	9IP 1.7
		2020K16	20	20	20	125	24.9	25	-	0.8	
		2525M16	25	25	25	150	24.9	32	-	0.8	
	22	DTJNR/L 2525M22	25	25	25	150	32.6	32	-	0.8	15IP 3.9
		3225P22	32	32	25	170	32.6	32	-	0.8	
		3232P22	32	32	32	170	32.6	40	-	0.8	

¹⁾ r₂ = promień naroża płytki pomiarowej

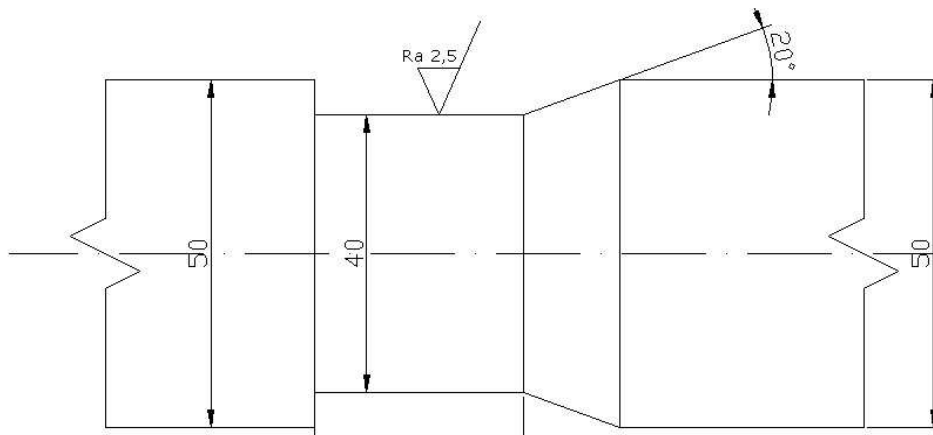
Przykład zamówienia: 2 sztuki DCLNR 1616H09
(R = Prawa, L= Lewa)



Rys. 21 Katalog CoroKey str. 60 [6]

Przykład

Dobór narzędzi i parametry skrawania do wykonania podtoczenia wg poniższego rysunku. Materiał obrabiany: stal 55 ulepszana cieplnie o wytrzymałości R_m wynoszącej ok. 740 MPa.



Rys. 22 Obrabiany przedmiot

Krok 1 – określenie typu materiału obrabianego

- Stal 55 zostaje zaklasyfikowana do grupy materiałowej „**Stal**” wg tab. 1,
- Korzystając z „Tabeli zamiany” (patrz Załącznik 1), należy odczytać twardość HB odpowiadającą $R_m = 740$: **HB=200**.

Krok 2 – określenie rodzaju obróbki

- Wykonanie podtoczenia można uznać jako **M – Obróbkę średnią**.

Krok 3 – dokonanie „Pierwszego wyboru”

- Na podstawie informacji „**Stal – Obróbka średnia**”, w kolumnie „**Płytki ujemne T-MAX P**” (na str. 24 katalogu), zostaje wybrana strona nr 28 jako strona docelowa z „Pierwszym wyborem”.

Krok 4 – określenie warunków obróbki i wybór materiału płytki

- obróbka podtoczenia zostaje zaklasyfikowana jako przeciętne warunki obróbki. Stąd na str. 28, dla „**PRZECIĘTNE WARUNKI**” wynika materiał płytki - **GC4225**.

Krok 5 – wybór kształtu płytki i promienia naroża

- Z geometrii wykonywanego rowka wynika, że kąt ostrza musi być mniejszy niż 70° ($90^\circ - 20^\circ$). Na podst. rysunku na str. 20 niniejszej instrukcji, zalecanym kształtem płytki jest **płytką trójkątna** i kąt przystawienia = **93°** ,
- Na podst. zaleceń producenta dotyczących tzw. „Pierwszego wyboru”, dla płytek T-MAX P należy, dla obróbki średniej (oznaczenie M) przyjąć promień naroża **$r_e = 0.8$ mm**.

Krok 6 – wybór wielkości płytki

- Z rys PO wynika, że głębokość podtoczenia wynosi 5 mm. Ale ze względu na to, że jest to obróbka średnia, należałoby obróbkę wykonać w 2 przejściach - każde

z głębokością 2,5 mm. Wtedy, wg zaleceń z rys. 15 długość krawędzi skrawającej winna wynosi co najmniej 5 mm. Natomiast wg zaleceń z tab. 2 zalecana długość to 22 mm,

- Na stronie 29 katalogu należy odnaleźć wiersze z płytkami trójkątnymi. Są to płytki TNMX 160408 i TNMX 160412. Do obróbki średniej wybrać płytkę z promieniem $r_{\epsilon} = 0.8$, czyli **TNMX 16 04 08**.

Krok 7 – odczytanie zalecanych parametrów obróbki

- Parametry dla płytki **TNMX 160408**, odczytane ze str. 29 katalogu to:
 - prędkość skrawania $V_c = 325$ [m/min],
 - posuw $f_n = 0,35$ [mm/obr],
 - głębokość skrawania $a_p = 2$ [mm].

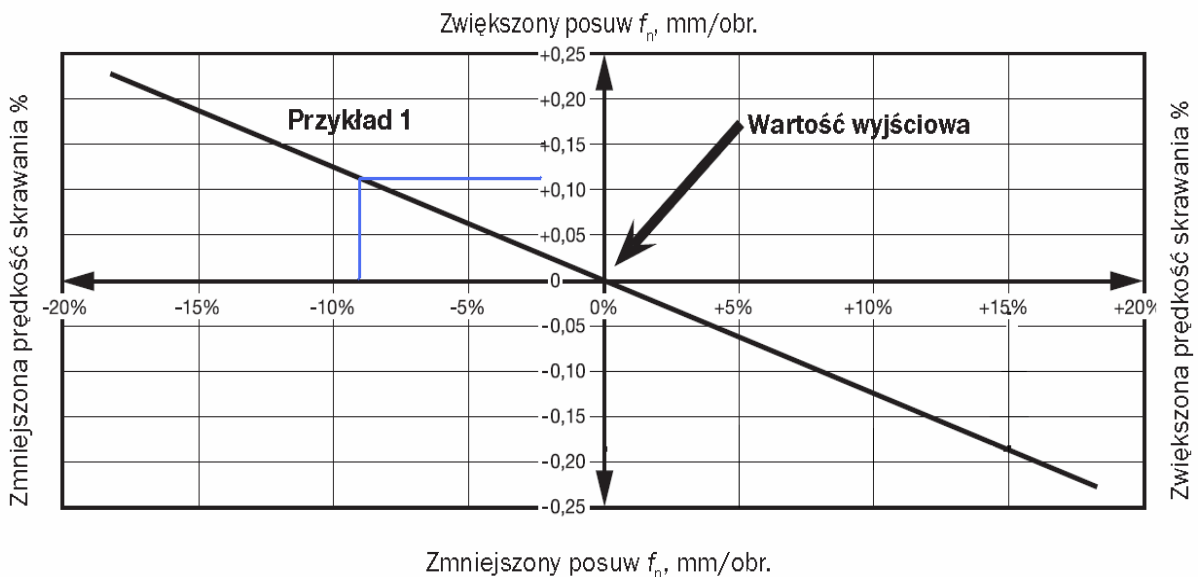
Krok 8 - Korekcja prędkości skrawania ze wzgl. na twardość mat. obrabianego

- Obrabiany materiał jest twardszy o 20 HB niż materiał wzorcowy. Stąd współczynnik korekcji (z tab. 3) wynosi **0,91**. Prędkość skorygowana:

$V_{c \text{ skoryg}} = 325 \times 0,91 = 295,7 = \text{ok. } \mathbf{296}$ [m/min] i jest niższa o 9 % od pierwotnej prędkości.

Krok 9 - Korekcja posuwu

- Zmniejszenie prędkości skrawania o 9% powoduje, wg wykresu:



przyrost posuwu o 0,11 [mm/obr]. Stąd:

$$f_n \text{ skoryg} = 0,35 + 0,11 = \mathbf{0,46} \text{ [mm/obr]}$$

Krok 10 - Ew. korekcja prędkości skrawania ze wzgl. na wydajność obróbki !!!

- Gdyby, ze względu na wydajność obróbki, chcieć zwiększyć prędkość skrawania kosztem obniżenia okresu trwałości ostrza np. z 15 [min] do 10 [min], to należało by wprowadzić współczynnik korekcyjny **1,11** (tab. 4). Wtedy:

$$V_{c \text{ skoryg T10}} = 296 \times 1,1 = 325,6 = \text{ok. } \mathbf{326} \text{ [m/min]}$$

Krok 11 - Obliczenie niezbędnej mocy obrabiarki

- Dla przyjętych normalnie parametrów obróbki $f_n \text{ skoryg} = \mathbf{0,46}$ [mm/obr] i głębokość skrawania $a_p = 2$ [mm] można, z tab. 5 wyznaczyć niezbędną moc obrabiarki : $N_{\text{obr.}} = \text{ok. } \mathbf{6,5}$ [kW].

Krok 12 - Obliczenie prędkości obrotowej wrzeciona

- Dla $V_c = 326$ [m/min] i średnicy $d = 50$ [mm], prędkość obrotowa wrzeciona

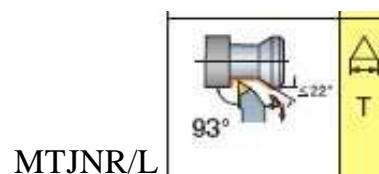
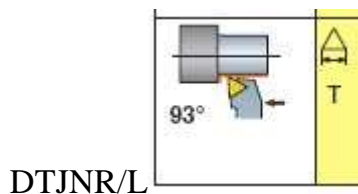
$$\text{wynosi } n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot d} = \mathbf{2076} \text{ [obr/min]}$$

Krok 13 – Wybór odpowiedniej strony katalogu

- Wg katalogu, oprawki z chwytem tradycyjnym do płytek ujemnych znajdują się na stronach 61-65.

Krok 14 – Wybór odpowiedniej oprawki

- Płytką dla której jest poszukiwana oprawka ma oznaczenie **TNMX 160408** Jest to płytka trójkątna o boku 16 mm. Dla tej płytki są dostępne oprawki typu DTJNR/L (str. 60) lub MTJNR/L (str. 64), obie z kątem przystawienia 93° ,



- W przypadku obróbki konturu z rys. 22 tylko oprawki MTJNR/L pozwalają na obróbkę konturu o kącie spadku $\leq 22^\circ$. Należy więc wybrać oprawki typu MTJNR/L,
- Ze względu na kierunek obróbki potrzebna jest oprawka prawa P,
- Wtedy pozostają do wyboru trzy oprawki:
 - oprawka o przekroju 20x20 mm - **MTJNR 2020 K16M1**,
 - oprawka o przekroju 25x25 mm - **MTJNR 2525 M16M1**,
 - oprawka o przekroju 32x25 mm - **MTJNR 3225 P16M1**.
- Ostateczny dobór będzie zależał od wymiaru imaka. Niech będzie to obrabiarka mniejsza, więc wybór padnie na oprawkę typu

MTJNR 2020 K16M1

3. Dobór parametrów skrawania przy pomocy internetowego katalogu SANDVIK Coromant *CoroGuide*

(<http://coroguide.coromant.sandvik.com>)

(opcja: Moduł Parametrów Skrawania / Toczzenie)

Internetowy katalog CoroGuide Web posiada kalkulator prędkości skrawania. Pierwszym etapem jest wybór **rodzaju obróbki**:



Następnie należy wskazać **rodzaj toczenia** i rodzaj powierzchni (**dokładność obróbki**) i zaakceptować przyciskiem „Zalecane parametry skrawania” :

Plik | Pomoc

SANDVIK Coromant

Wybierz rodzaj toczenia		Wybierz rodzaj powierzchni	
<input checked="" type="radio"/> Toczzenia ogólnego kształty płytek: <input type="radio"/> Płytki okrągłe <input type="radio"/> Przecinanie i toczenie rowków: <input type="radio"/> Wykonywanie gwintów	<input checked="" type="radio"/> C,D,S,T,V,W <input type="radio"/> Płytki okrągłe	<input type="radio"/> Najdokładniejsza obróbka wykańczająca <input type="radio"/> Obróbka wykańczająca <input checked="" type="radio"/> Obróbka średnia <input type="radio"/> Obróbka lekko zgrubna <input type="radio"/> Obróbka zgrubna <input type="radio"/> Obróbka ciężko zgrubna	Posuw(mm/r) ap(mm) 0.05- 0.25- 0.15 2.0 0.1-0.3 0.5-2.0 0.2-0.5 1.5-4.0 0.4-1.0 3.0-10.0 0.5-1.5 6.0-15.0 > 0.7 8.0-20.0
	<input style="float: left;" type="button" value=" << Wstecz "/> <input checked="" type="radio"/> Metryczny <input type="radio"/> Calowy <input style="float: right;" type="button" value=" Zalecane parametry toczenia "/>		

Wprowadzając parametry: rodzaj i twardość materiału obrabianego, gatunek węgla dobrej płytki, geometrię ostrza, posuw i głębokość skrawania oraz oczekiwany okres trwałości narzędzia i maksymalną prędkość obrotową obrabiarki, otrzymuje się zalecane parametry skrawania.

Materiał obrabiany		Zalecane parametry skrawania	
Norma krajowa	CMC	Prędkość skrawania (vc):	295 m/min
Nominalna	02.1	Prędkość obrotowa wrzeciona (n):	2087 obr/min
Twardość	200 HB	Wydajność usuwania metalu (Q):	206 cm³/min
Gatunek / geometria płytki	4225 Conventional	Czas na przejście (Tc):	0.05 min
Parametry (wybierz fn, hex lub hm)		Zapotrzebowanie mocy, netto (Pc):	8.0 kW
Kąt przystawienia: (κ_r)	93 °	Maksymalna wysokość profilu (Rt):	19.1 μm
Promień naroża (re):	0.8 mm	Chropowatość średnia (Ra):	4.25 μm
Posuw (fn):	0.35 mm/r	Chropowatość średnia (Rq,RMS):	4.65 μm
Maksymalna grubość wióra (hex):	0.35 mm		
Średnia grubość wióra (hm):	0.28 mm		
Głębokość skrawania (ap):	2 mm		
Obrabiane średnice (Dm1,Dm2):	45 mm		
Długość osiowa skrawania (lz):	40 mm		
Maksymalna prędkość obrotowa obrabiarki:	4000		
Trwałość narzędzia:	15.0		
Ilość przejść (nap):	274		

4. Literatura

- [1] W. Habrat: Obsługa i programowanie obrabiarek numerycznych, KaBe, Krosno 2007
- [2] P. Skawiński: Obrabiarki Sterowane Numerycznie, Warszawa, 2007.
- [3] G. Nikiel: Programowanie obrabiarek CNC na przykładzie układu sterowania SINUMERIC 810/840D - Bielsko Biała, 2004.
- [4] Praca zbiorowa pod redakcją S. Piechnika: Laboratorium Wytrzymałości Materiałów, Kraków, 2002.
- [5] B. Augustyniak: Właściwości mechaniczne. Badania niszczące, Politechnika Gdańska.
- [6] SANDVIK Coromant. CoroKey. Łatwy wybór. Łatwe zastosowanie, 2008.
- [7] SANDVIK Coromant.MainCatalogue_2008.
- [8] Przybylski L.: Strategia doboru warunków obróbki współczesnymi narzędziami. Toczenie – wiercenie – frezowanie, Politechnika Krakowska, Kraków, 2000.
- [9] <http://www.coromant.sandvik.com/pl>

Załącznik 1

Przegląd materiałów konstrukcyjnych - określanie ich twardości

Katalog SANDVICK Coromant [6] podaje tabelę z wykazem typowych materiałów konstrukcyjnych, tzw. odpowiedników materiałowych (z siedmiu uprzemysłowionych krajów świata), przypisanych do jednego z sześciu typów materiałów obrabianych, na jakie są podzielone wszystkie materiały obrabiane metalowe (wg Klasyfikacji Materiałów Coromant).

C MC ¹⁾	Wielka Brytania		Szwecja	Stany Zjednoczone	Niemcy	Francja	Włochy	Hiszpania	Japonia	
	Norma									
	BS	EN	SS	AISI/SAE	W.-nr.	DIN	AFNOR	UNI	UNE	JIS
ISO P 02.1	4360 43C	-	1412	A573-81	1.0144	S275J2G3	E 28-3	-	-	SM 400A;B;C
	4360 50B	-	2132	-	1.0570	S355J2G3+CR	E36-3	-	-	SM400A;B;C;YA;YB
	150 M 19	-	2172	5120	1.0641	S355J2G3	20 MC 5	Fe52	F-431	-
	250A53	45	2085	9255	1.5028	55Si7	55S7	55Si6	55Si7	-
	-	-	-	9262	1.0961	60SiCr7	60SC7	60SiCr6	60SiCr6	-
	534A99	31	2258	52100	1.3505	100Cr6	100C6	100Cr6	F.131	SUJ2
	1501-240	-	2912	ASTM A204GrA	1.5415	16Mo3	15D3	16Mo3KW	16Mo3	-
	1503-245-420	-	-	4520	1.5423	16Mo5	-	16Mo5	16Mo5	-
	-	-	-	ASTM A350LF5	1.5622	14Ni6	16Ni6	14Ni6	15Ni6	-
	805M20	362	2506	8620	1.6523	21NiCrMo2	20NCD2	20NiCrMo2	20NiCrMo2	SNCM220(H)
	311-Type 7	-	-	8740	1.6546	40NiCrMo22	-	40NiCrMo2(KB)	40NiCrMo2	SNCM240
	820A16	-	-	-	1.6567	17CrNiMo6	16NCD6	-	14NiCrMo13	-
	523M15	-	-	5015	1.7015	15Cr3	12C3	-	-	SCr415(H)
	-	-	2245	5140	1.7045	42Cr4	-	-	42Cr4	SCr440
	527A60	48	-	5155	1.7176	55Cr3	55C3	-	-	SUP9(A)
	-	-	2216	-	1.7262	15CrMo5	12CD4	-	12CrMo4	SCM415(H)
	1501-820Gr27	-	-	ASTM A182 F11;F12	1.7335	13CrMo4-5	15CD3.5	14CrMo4 5	14CrMo45	-
	1501-822	-	2218	ASTM A182 F22	1.7380	10CrMo9 10	12CD9, 10	12CrMo9, 10	TU.H	-
	Gr.31;45	-	-	-	1.7715	14MoV6 3	-	-	-	-
	1503-860-440	-	-	-	1.7715	14MoV6 3	-	-	13MoCrV6	-
	722 M 24	-	2240	-	1.6515	31CrMo12	30 CD 12	30CrMo12	F-1712	-
	897M39	40C	-	-	1.6523	39CrMoV13 9	-	36CrMoV12	-	-
	524A14	-	2082	L1	1.7039	41CrS4	-	105WCr 5	-	-
	805A32	-	2106	8620	1.5419	22Mo4	-	-	F520.S	-
	-	-	-	-	1.7323	20MoCrMo16	-	-	-	-
	823M30	33	2512	-	1.7228	50CrMo4	-	653M31	-	-
	-	-	2127	-	1.2713	55NiCrMo16	-	-	-	-
	-	-	-	-	1.7139	16MnCrS5	-	-	-	-
	830 M 31	-	2534	-	1.5755	31NiCr14	-	-	-	-
	-	-	2550	-	-	31NiCrMo134	-	-	F-1270	-
	816M40	110	-	L6	1.2721	50NiCr13	55NCV6	-	F-528	-
	817M40	24	2541	9640	1.6511	36CrNiMo4	40NCD3	36NiCrMo4(KB)	35NiCrMo4	-
	530A32	16B	-	4340	1.6562	34CrNiMo6	35NCD6	35NiCrMo6(KB)	-	-
	530A40	18	-	5132	1.7033	34Cr4	32C4	34Cr4(KB)	35Cr4	SCr430(H)
	(527M20)	-	2511	5140	1.7035	41Cr4	42C4	41Cr4	42Cr4	SCr440(H)
	1717CDS110	-	2225	5115	1.7131	16MnCr5	16MC5	16MnCr5	16MnCr5	-
	-	-	-	4130	1.7218	25CrMo4	25CD4	25CrMo4(KB)	55Cr3	SCM420;SCM430
	706A37	19B	2234	4137;4135	1.7220	34CrMo4	35CD4	35CrMo4	34CrMo4	AM26CrMo4
	706M40	19A	2244	4140;4142	1.7223	41CrMo4	42CD4TS	41CrMo4	42CrMo4	SCM432;SCCPM3
	706M40	19A	2244	4140	1.7225	42CrMo4	42CD4	42CrMo4	42CrMo4	SCM 440
722M24	40B	2240	-	1.7361	32CrMo12	30CD12	32CrMo12	F.124A	SCM440(H)	
735A50	47	2230	6150	1.6159	51CrV4	50CV4	50CrV4	51CrV4	-	
905M39	41B	2940	-	1.6509	41CrAlMo7	40CAD6, 12	41CrAlMo7	41CrAlMo7	SUP10	
BL3	-	-	L3	1.2067	100Cr6	Y100C6	-	100Cr6	-	
-	-	2140	-	1.2419	105WCr6	105WC13	105WCr6	105WCr5	SKS31	
-	-	-	-	1.2713	55NiCrMoV6	55NCDV7	-	107WCr5KU	SKS2, SKS3	
-	-	-	L6	1.2713	55NiCrMoV6	55NCDV7	-	F.520.S	SKT4	

¹⁾ = Klasyfikacja Materiałów Coromant

CMC ¹⁾	Wielka Brytania	Szwecja	Stany Zjednoczone	Niemcy	Francja	Włochy	Hiszpania	Japonia			
	Norma										
	BS	EN	SS	AISI/SAE	W.-nr.	DIN	AFNOR	UNI	UNE	JIS	
ISO M 05.21	304S11	-	2352	304L	1.4308	X2CrNi 19-11	Z2CN18-10	X2CrNi18 11	-	-	
	304S31	58E	2332/2333	304			Z6CN18.09	X5CrNi18 10	F.3551 F.3541 F.3504 F.3508	SUS304	
	303S21	58M	2348	303	1.4305	X8CrNiS 18-9	Z10CNF 18.09	X10CrNiS 18.09	F.3508	SUS303	
	304S15	58E	2332	304	1.4301	X5CrNi 18-10	Z6CN18.09	X5CrNi18 10	F.3551	SUS304	
	304C12		2333				Z3CN19.10	-	-	SUS304L	
	304S12	-	2352	304L	1.4308	X2CrNi 18 9	Z2CrNi18 10	X2CrNi18 11	F.3503	SCS19	
	-	-	2331	301	1.4310	X8CrNi 18-8	Z12CN17.07	X12CrNi17 07	F.3517	SUS301	
	304S82	-	2371	304LN	1.4311	X2CrNiN 18 10	Z2CN18.10	-	-	SUS304LN	
	316S16	58J	2347	316	1.4401	X5CrNiMo17-12-2	Z6CND17.11	X5CrNiMo17 12	F.3543	SUS316	
	-	-	2375	316LN	1.4429	X2CrNiMoN 17-13-2	Z2CND17.13	-	-	SUS316LN	
	316S13	-	2348	316L	1.4404	X2CrNiMo17-12-2	Z2CND17-12	X2CrNiMo1712	-	-	
	316S13	-	2353	316L	1.4435	X2CrNiMo18-14-3	Z2CND17.12	X2CrNiMo17 12	-	-	
										-	SCS16
											SUS316L
	316S33	-	2343 2347	316	1.4438	X4CrNiMo17-13-3	Z6CND18-12-03	X8CrNiMo1713	-	-	-
				V 0890A							
	321S12	58B	2337	321	1.4541	X8CrNiTi18-10	Z6CNT18.10	X8CrNiTi18 11	F.3553 F.3523		SUS321
	347S17	58F	2338	347	1.4550	X10CrNiNb 18 9	Z6CNNb18.10	X8CrNiNb18 11	F.3552 F.3524		SUS347
	320S17	58J	2350	316Ti	1.4571	X8CrNiMoTi 17-12-2	Z6NDT17.12	X8CrNiMoTi17 12	F.3535	-	-
	-	-	-	318	1.4583	X10CrNiMoNb 18 12	Z6CNDNb17 13B	X8CrNiMoNb17 13	-	-	-
309S24	-	-	309	1.4828	X15CrNiSi 20 12	Z15CNS20.12	-	-	-	SUH309	
310S24	-	2361	310S	1.4645	X8CrNi 25-21	Z12CN25 20	X8CrNi25 20	F.331		SUH310	
301S21	58C	2370	308	1.4408	X2CrNiMoN17-11-2	Z1NCDU25.20	-	F.6414		SCS17	
-	-	2387	-	1.4418	X4CrNiMo 18-5-1	Z6CND18-04-01	-	-	-	-	
K 08.2	Grade 300		0130	No 45 B	0.8030	EN-GJL-300	Ft 30 D	G 30	FG 30	FC300	
	Grade 350		0135	No 50 B	0.8035	EN-GJL-350	Ft 35 D	G 35	FG 35	FC350	
	Grade 400		0140	No 55 B	0.8040	EN-JL-Z	Ft 40 D				
09.2	SNG 600/3		0732-03	-	0.7060	EN-GJS-600-3	FGS 600-3			FCD600	
	SNG 700/2		0737-01	100-70-03	0.7070	EN-GJS-700-2	FGS 700-2	GS 700-2	FGS 70-2	FCD700	
N 30.21	LM25		4244	356.1	3.2582.05	GD-AISI12				A5052	
			4247	A413.0	3.2162.05	GD-AISI6Cu3				A6061	
	LM24		4250	A360.1		G-AISI12(Cu)				A7075	
	LM20		4260	A413.1		AISI12Cu1				ADC12	
	LM6		4261	A413.2	3.2962	AISI10MgFe					
LM9		4253	A360.2	3-2362							
S 20.22	-	-	-	5860	2.4662	Nimonic alloy 901	ZSNCDT42	-	-		
	3146-3	-	-	5391		Inconel 718	NC12AD	-	-		
	HP8	-	-	5383	2.4668	Monel alloy K-500	-	-	-		
	3072-78	-	-	4678	2.4375	Nimonic alloy 80A	NC20TA	-	-		
	Hr401,801	-	-	-	2.4631	NiCr19Co11MoTi	NC19KDT	-	-		
	-	-	-	AMS 5399	2.4973		NC20K14	-	-		
	-	-	-	AMS 5544				-	-		
H 04.1	-	-	2256-08	440A	1.4108	X100CrMo13	-	-	-	C4BS	
	-	-	2534-05	610	1.4111	X110CrMoV15	-	-	-	AC4A	
	-	-	2541-08	0-2	-	X85CrMo14	-	-	-	AC4A	
					1.1740	C60W					
				1.2067	100Cr6						
				1.2419	10 5WCr6						

W powyższym wykazie brak jest jednak twardości materiałów a oprócz tego niema odpowiedników stosowanych w Polsce. Dlatego w naszych warunkach można się posługiwać tabelami charakterystyk typowych materiałów w celu określenia ich wytrzymałości doraźnej na rozciąganie Rm i potem odczytania z **Tablicy zamiany** odpowiadającej jej twardości HB.

Charakterystyka wybranych materiałów konstrukcyjnych wg PN - stale węglowe, do ulepszenia, stopowe, ...

Skład chemiczny i własności mechaniczne stali węglowych konstrukcyjnych ogólnego zastosowania (PN-88/H-84020)

Znak stali	Skład chemiczny, %					R _e *	R _m **	A ₅ ***
	C	Mn	Si	P max	S max	MPa	MPa	%
StOS	0,23 max	1,30	0,40 max	0,070	0,065	185	300-540	W 20 P 18
St3S	0,22 max	1,10	0,10 0,35	0,050	0,050	225	360-490	W 26 P 24
St3W	0,17 max	1,30	0,10 0,35	0,040	0,040	225	360-490	W 26 P 24
St4S	0,24 max	1,10	0,10 0,35	0,050	0,050	265	420-550	W 22 P 20
St4W	0,20 max	1,30	0,10- 0,35	0,040	0,040	265	420-550	W 22 P 20
MSt5	0,26+0,37	0,80	0,35 max	0,050	0,050	285	470-640	W 20 P 18
MSt6	0,38+0,49	0,80	0,35 max	0,050	0,050	325	570-740	W 15 P 13
MSt7	0,50-0,62	0,80	0,35 max	0,050	0,050	355	670-840	W11 P9

* Dla wyrobów o grubości lub średnicy powyżej 16 ÷ 40 mm.

** Dla wyrobów o grubości lub średnicy powyżej 3 ÷ 100 mm.

*** Dla wyrobów o grubości lub średnicy powyżej 3 ÷ 40 mm.

Kierunek osi próbek: W - wzdłużny, P - poprzeczny (w stosunku do kierunku walcowania).

Własności mechaniczne niektórych gatunków stali niestopowej specjalnej w stanie normalizowanym oraz ulepszanym cieplnie wg PN-93/H-84019 (dla wyrobów o średnicy lub grubości do 16 mm*)

Znak gatunku stali	Stan obróbki cieplnej	R _m MPa	R _e (R _{eH} , R _{eL}) MPa, min	A ₅ , % min	KCU 2, J/cm ² min
25	N**)	min 470	275	22	60
	T***)	550 ÷ 700	370	19	90
30	N	min 510	295	20	60
	T	600 ÷ 750	400	18	80
35	N	min 550	315	18	50
	T	630 ÷ 780	430	17	70
40	N	min 580	335	16	50
	T	650 ÷ 800	460	16	60
45	N	min 620	355	14	40
	T	700 ÷ 850	490	14	50
55	N	min 680	380	11	-
	T	800 ÷ 950	550	12	-
60	N	min 710	400	10	-
	T	850 ÷ 1000	580	11	-

* Dla większych wartości grubości wyrobów własności wytrzymałościowe są odpowiednio niższe.

** N - normalizowanie.

*** T - ulepszenie cieplne (hartowanie i odpuszczanie wysokie).

Własności mechaniczne w stanie ulepszonym cieplnie oraz hartowność (średnica krytyczna) niektórych stali stopowych konstrukcyjnych

Znak stali	Średnica krytyczna (50% martenzytu) hartów. w oleju, min	Własności wytrzymałościowe				Udarowość
		R _m MPa, min	R _e MPa, min	A ₅ , %	Z, %	KCU ₂ , J/cm ²
30G2	20	780	540	14	50	80
45G2	25	880	690	10	40	-
35SG	30	880	690	15	40	60
30H	30	880	740	12	45	70
40H	40	980	780	10	45	60
38HA	40	930	780	12	50	90
45H	40	1030	830	9	45	50
50H	45	1080	930	8	40	40
37HS	80	930	740	12	50	70
20HGS	40	780	640	12	45	70
30HGS	65	1080	830	10	45	45
35HGS	90	1620	1280	9	40	40
25HM	50	740	590	15	55	100
30HM	55	930	740	11	45	80
35HM	55	980	780	12	45	80
40HM	65	1030	880	10	45	70
40H2MF	250	1230	1030	9	40	50
45HN	50	1030	830	10	45	70
37HGNM	60	930	780	13	50	80
36HNM	110	980	780	11	50	80
34HNM	160	1080	880	10	45	70
40HMNA	165	1080	930	12	50	90
45HNMF	180	1470	1320	7	45	40

Skład chemiczny i własności mechaniczne stali automatowych (wg PN-73/H-84026)

Znak stali	Średnia zawartość, %					Stan**	R _m ***	R _e *** _{min}	A ₅ *** _{min}
	C	Mn	Si	P	S		MPa	MPa min	% min
A10X	0,12	1,10	0,05	0,06	0,29	W	380 ÷ 510	-	—
	max					max	C	490 ÷ 740	390
A11	0,10	0,70	0,27	0,06	0,20	W	380 ÷ 510	—	—
						C	490 ÷ 740	390	8
						T	440 ÷ 740	260	14
A35	0,35	0,70	0,27	0,06	0,20	W	490 ÷ 660	—	—
						C	540 ÷ 740	310	8
						TC	620 ÷ 770	500	12
A45	0,45	0,70	0,27	0,06	0,20	W	590 ÷ 770	—	—
						C	640 ÷ 830	370	7
						TC	700 ÷ 890	580	10
A35G2	0,35	1,60	0,27	0,035	0,14	WN	min 690	410	13
						C	—	-	—
						T	780 ÷ 930	590	12

* Wytwarzany jest również gatunek z azotem A10XN zawierający średnio ok. 0,013% N.

**Własności mechaniczne podano dla grubości wyrobów powyżej 16 ÷ 40 mm; dla grubości mniejszej własności wytrzymałościowe są nieco wyższe, a plastyczne nieco niższe, natomiast dla grubości większej własności wytrzymałościowe są nieco niższe, a plastyczne wyższe.

***W - walcowanie na gorąco, WN - walcowanie i normalizowanie, T – ulepszanie cieplne, TC - ciągnięcie po ulepszaniu cieplnym, C - ciągnięcie po walcowaniu.

**Skład chemiczny i własności mechaniczne w stanie ulepszonym cieplnie
stali sprężynowych (wg PN-74/H-84032)**

Grupa stali	Znak stali ¹⁾	Średnia zawartość składników	Temp. hart., °C	R _m MPa min	R _e MPa min	A ₅ % min	Z, % min
			Temp. odp., °C				
C	65	0,65% C	840/480	980	780	10	35
	75	0,75% C	820/480	1080	880	9	30
	85	0,85% C	820/480	1030	980	8	30
Mn	65G	1,1% Mn	830/480	980	780	8	30
Si	45S	1,15%Si	830/420	1180	980	6	-
	50S	0,45% Si	800/380	1080	930	5	-
	40S2	1,70%Si	840/430	1370	-	6	-
	50S2	1,65%Si	870/460	1280	1080	6	30
	55S2	1,65%Si	870/460	1320	1180	6	30
	60S2	1,65%Si	870/460	1370	1180	5	25
	60S2A	1,80%Si	870/420	1520	1180	5	20
Mn-Si	60SG	0,95% Mn 1,55%Si	860/460	1570	1370	6	25
Si-Mn-Cr	60SGH	1,0% Mn 1,15%Si 0,50% Cr	850/480	1370	1230	7	-
Cr-Mn	50HG	1,05%Cr 0,95% Mn	840/440	1370	1180	7	35
Cr-Si	50HS	1,05%Cr 1,00%Si	850/520	1320	1180	6	30
Cr-V	50HF	0,95% Cr 0,15% V	850/500	1280	1080	8	35

**Skład chemiczny i twardość w stanie zmięczonym i po hartowaniu stali
węglowych narzędziowych (wg PN-84/H-85020)**

Znak stali	Skład chemiczny, %		Twardość w stanie zmięczonym HB, max	Temp.***) hartowania, °C	Twardość w stanie hartowanym HRC, min
	C	inne pierwiastki			
Stale hartujące się płytko					
N7E	0,65 + 0,74	Mn 0,15 + 0,30	187	790 + 810	61
N8E	0,75 + 0,84	Si 0,15 + 0,30	187	780 + 800	
N9E	0,85 + 0,94	Pmax 0,025	197	770 + 790	62
N10E	0,95 + 1,04	Smax 0,025	197	770 + 790	
N11E	1,05 + 1,14	Crmax 0,15	207	770 + 790	63
	1,15 + 1,24	Nimax 0,20 Cu max 0,20	207	760 + 780	
Stale hartujące się głęboko					
N5	0,50 + 0,60	Mn 0,40+0,60*	183	790 + 810	58
N6	0,61 + 0,70	Mn 0,30+0,50*	183	790 + 810	61
N7	0,65 + 0,74	Mn 0,15 + 0,35	187	790 + 810	61
N8	0,75 + 0,84	Si 0,15 + 0,35	187	790 + 800	
N9	0,85 + 0,94	Pmax 0,030	197	770 + 790	62
N10	0,95 + 1,04	S max 0,030	197	770 + 790	
N11	1,05 + 1,14	Cr max 0,20	207	770 + 790	63
N12	1,15 + 1,24	Ni max 0,25 Cu max 0,25	207	760 + 780	

* Pozostałe pierwiastki dla stali N5 i N6; Si max 0,15%, P max 0,035%, S max 0,035%, Cr, C, i Ni nie określa się.

** Hartowanie w wodzie czystej lub słonej.

Charakterystyka wybranych materiałów konstrukcyjnych wg PN - żeliwa szare, sferoidalne, białe, ...

Klasy twardości żeliw szarych (wg PN-92/H-83101)

Klasa twardości	Zakres twardości odlewu <i>HB</i>
H 145	max 170
H 175	150-200
H 195	170-200
H 215	190-240
H 235	210-260
H 255	230-280

Gatunki i własności mechaniczne żeliw sferoidalnych (wg PN-92/H-83123) Tablica 7.18

Gatunek żeliwa	R _m min	R _{0,2} min	A ₅ min	Twardość HB	Struktura osnowy
900-2	900	600	2	280-360	bainit lub martenzyt odpuszczony
800-2	800	480	2	245-335	perlit lub struktura odpuszczona
700-2	700	420	2	225-305	perlit
600-3	600	370	3	190-270	perlit + ferryt
500-7	500	320	7	170-230	perlit + ferryt
450-10	450	310	10	160-210	ferryt
400-15	400	250	15	130-180	ferryt
400-18	400	250	18	130-180	ferryt
350-22	350	220	22	<150	ferryt

Własności mechaniczne i twardość żeliw ciągliwych białych (wg PN-92/H-83221)

Oznaczenie gatunku	Średnica próbki mm	R min MPa	Rmin MPa	A ₅ min	Twardość HB max
W 35-04	9	340		5	230
	12	350	-	4	
	15	360	-	3	
W 38-12	9	320	170	15	200 :
	12	380	200	12	
	15	400	210	8	
W 40-05	9	360	200	8	220
	12	400	220	5	
	15	420	230	4	
W 45-07	9	400	230	10	220
	12	450	260	7	
	15	480	290	4	

**Własności mechaniczne i twardość żeliw ciągliwych czarnych i perlitycznych
(wg PN-92/H-83221)**

Oznaczenie gatunku	R_m min	$R_{0,2}$ min MPa	A_5 min	Twardość HB
B 30-06	300	-	6	max 150
B 32-12	320	190	12	max 150
B 35-10	350	200	10	max 150
P 45-06	450	270	6	150-200
P 50-05	500	300	5	160-220
P 55-04	550	340	4	180-230
P 60-03	600	390	3	200-250
P 65-02	650	430	2	210-260
P 70-02	700	530	2	240-290
P 80-01*	800	600	1	270-310

* Hartowanie w oleju, a następnie odpuszczanie.

**Tabela zamiany
(wytrzymałość na rozciąganie R_m i odpowiadająca jej twardość)**

Wytrzymałość na rozciąganie	Twardość Vickersa	Twardość Brinella	Twardość Rockwella		Wytrzymałość na rozciąganie	Twardość Vickersa	Twardość Brinella	Twardość Rockwella
			HRC	HRB				
N/mm ²	HV	HB	HRC	HRB	N/mm ²	HV	HB	HRC
255	80	76.0	-	-	1030	320	304	32.2
270	85	80.7	-	41.0	1060	330	314	33.3
285	90	85.5	-	48.0	1095	340	323	34.4
305	95	90.2	-	52.0	1125	350	333	35.5
320	100	95.0	-	56.2	1155	360	342	36.6
350	110	105	-	62.3	1190	370	352	37.7
385	120	114	-	66.7	1220	380	361	38.8
415	130	124	-	71.2	1255	390	371	39.8
450	140	133	-	75.0	1290	400	380	40.8
480	150	143	-	78.7	1320	410	390	41.8
510	160	152	-	81.7	1350	420	399	42.7
545	170	162	-	85.0	1385	430	409	43.6
575	180	171	-	87.5	1420	440	418	44.5
610	190	181	-	89.5	1485	460	437	46.1
640	200	190	-	91.5	1555	480	-	47.7
660	205	195	-	92.5	1595	490	-	48.4
675	210	199	-	93.5	1630	500	-	49.1
690	215	204	-	94.0	1665	510	-	49.8
705	220	209	-	95.0	1700	520	-	50.5
720	225	214	-	96.0	1740	530	-	51.1
740	230	219	-	96.7	1775	540	-	51.7
770	240	228	20.3	98.1	1810	550	-	52.3
800	250	238	22.2	99.5	1845	560	-	53.0
820	255	242	23.1	-	1880	570	-	53.6
835	260	247	24.0	(101)	1920	580	-	54.1
850	265	252	24.8	-	1955	590	-	54.7
865	270	257	25.6	(102)	1995	600	-	55.2
900	280	266	27.1	-	2030	610	-	55.7
930	290	276	28.5	(105)	2070	620	-	56.3
950	295	280	29.2	-	2105	630	-	56.8
965	300	285	29.8	-	2145	640	-	57.3
995	310	295	31.0	-	2180	650	-	57.8