

INFORMACJE TECHNICZNE

ELIMINOWANIE PROBLEMÓW (TOCZENIE)	P002
KONTROLA FORMOWANIA WIÓRA PODCZAS TOCZENIA	P004
WPŁYW PARAMETRÓW SKRAWANIA - TOCZENIE	P005
WPŁYW KSZTAŁTU NARZĘDZIA - TOCZENIE	P007
WZORY NA OBLICZENIA ZAPOTRZEBOWANIA MOCY	P011
ELIMINOWANIE PROBLEMÓW (FREZOWANIE PŁASZCZYZN)	P012
WPŁYW KSZTAŁTU NARZĘDZIA NA PRZEBIEG FREZOWANIA CZOŁOWEGO – FREZOWANIE CZOŁOWE ...	P013
OBLICZANIE PARAMETRÓW FREZOWANIE PŁASZCZYZN	P016
ELIMINOWANIE PROBLEMÓW (FREZY PALCOWE)	P018
BUDOWA I DANE TECHNICZNE FREZÓW PALCOWYCH	P019
WYBÓR ODPOWIEDNIEGO SKOKU POSUWU WGLĘBNEGO	P021
ELIMINOWANIE PROBLEMÓW (WIERCENIE)	P022
ZUŻYCIE WIERTŁA I USZKODZENIE KRAWĘDZI SKRAWAJĄCEJ	P023
BUDOWA I DANE TECHNICZNE WIERTEŁ	P024
OBLICZANIE PARAMETRÓW WIERCENIA	P027
TABELA PORÓWNAWCZA MATERIAŁÓW (METALE)	P028
CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI	P032
TABELA PORÓWNAWCZA TWARDOŚCI	P033
POLA TOLERANCJI OTWORÓW	P034
POLA TOLERANCJI WAŁKÓW	P036
ŚREDNICE WIERTEŁ POD GWINT	P038
WYMIARY GNIAZD ŚRUB IMBUSOWYCH / MIĘDZYNARODOWY UKŁAD JEDNOSTEK MIARY ...	P039
ZUŻYCIE I USZKODZENIA NARZĘDZI	P040
MATERIAŁY NARZĘDZI SKRAWAJĄCYCH	P041
PRZEGLĄD GATUNKÓW	P042
TABELA PORÓWNAWCZA GATUNKÓW	P043
TABELA PORÓWNAWCZA ŁAMACZY WIÓRA	P048







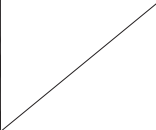



ELIMINOWANIE PROBLEMÓW (TOCZENIE)

Zadanie / Zalecenie / Przyczyny			Dobór materiału płytki				Parametry skrawania				Kształt i konstrukcja narzędzia						Obrabiarka, zamocowanie narzędzia				
			Wybrać gatunek o większej twardości	Wybrać gatunek o większej ciągliwości	Wybrać gatunek o większej odporności na nagłe zmiany temperatury	Wybrać gatunek o mniejszej przyczepności	Prędkość skrawania	Posuw	Głębokość skrawania	Chłodziwo		Dobrac odpowiedni łamacz wióra	Kąt natarcia	Promień naroża	Kąt przystawienia	Zaszlifowanie powoduje wzmocnienie krawędzi skrawającej	Kategoria płytek (Nieszlifowane → szlifowane)	Zwiększyć sztywność oprawki	Zwiększyć sztywność zamocowania narzędzia i przedmiotu obrabianego	Zmniejszyć wysięg narzędzia	Obrabiarka o zbyt małej mocy i sztywności
										Nie używać chłodziwa wodorozcieńczalnego	Ustalić, czy stosować obróbkę na sucho, czy na mokro										
							Zwiększyć ↗		Zmniejszyć ↘		Zwiększyć ↗		Zmniejszyć ↘								
Zmniejszenie żywotności narzędzia	Szybkie zużywanie się płytki	Nieodpowiedni gatunek płytki	●																		
		Nieodpowiednia geometria krawędzi skrawającej									●	↗	↗	↗	↘						
		Nieodpowiednia prędkość skrawania					↘	↗		● Na mokro											
	Wykruszenia lub pęknięcia na krawędzi skrawającej	Nieodpowiedni gatunek płytki		●																	
		Nieodpowiednie parametry skrawania					↘	↘													
		Zbyt mała wytrzymałość krawędzi skrawającej									●		↗		↗						
		Pęknięcia termiczne			●		↘	↘	↘	●	● Obróbka bez chłodzenia (na sucho)										
		Tworzenie się narostu na krawędzi skrawającej				●	↗	↗		●	● Na mokro										
		Brak sztywności																●	●	●	●
Przekroczenie tolerancji	Wymiary nie są powtarzalne	Niewłaściwy dobór płytki do wymaganej tolerancji														●					
		Wysokie opory skrawania i (zużycie) powierzchnia przyłożenia									●	●	↘	↘	↘		●	●	●	●	
	Konieczność częstej regulacji, ze względu na powiększony wymiar	Nieodpowiedni gatunek płytki	●																		
		Nieodpowiednie parametry skrawania					↘	↗													
Złe wykończenie powierzchni	Zła jakość powierzchni po obróbce	Tworzenie się narostu					↗	●		●	● Na mokro										
		Nieodpowiednia geometria krawędzi skrawającej									●		↗	●							
		Wiór karbowany					↘	↘	↘									●	●	●	●
Wytwarzanie ciepła	Przegrzanie przedmiotu obrabianego może spowodować pogorszenie tolerancji wykonania i skrócenie trwałości płytki	Nieodpowiednie parametry skrawania					↘	●	↘	↘											
		Nieodpowiednia geometria krawędzi skrawającej										●	↗		↘						

Zadanie			Zalecenie	Dobór materiału płytki				Parametry skrawania				Kształt i konstrukcja narzędzia						Obrabiarka, zamocowanie narzędzia					
				Wybrać gatunek o większej twardości	Wybrać gatunek o większej ciągliwości	Wybrać gatunek o większej odporności na nagłe zmiany temperatury	Wybrać gatunek o mniejszej przyczepności	Prędkość skrawania	Posuw	Głębokość skrawania	Chłodziwo		Dobrac odpowiedni łamacz wióra	Kąt natarcia	Promień naroża	Kąt przystawienia	Zaszlifowanie powoduje wzmocnienie krawędzi skrawającej	Kategoria płytek (Nieszlifowane → szlifowane)	Zwiększyć sztywność oprawki	Zwiększyć sztywność zamocowania narzędzia i przedmiotu obrabianego	Zmniejszyć wysięg narzędzia	Obrabiarka o zbyt małej mocy i sztywności	
											Nie używać chłodziwa wodorozcieńczalnego	Ustalić, czy stosować obróbkę na sucho, czy na mokro											
								Zwiększyć ↗	Zmniejszyć ↘	Zwiększyć ↗				Zmniejszyć ↘									
Tworzenie się zadziorów, wykruszeń, itp.			Tworzenie się kraterów	●																			
				Tworzenie się zadziorów (stal, aluminium)	Nieodpowiednie parametry skrawania					↙	↗		● Na mokro										
					Nieodpowiednia geometria krawędzi skrawającej								●	↗	↘	↘	↘						
			Wykruszenia (żeliwo)	Nieodpowiednie parametry skrawania					↙	↘													
				Nieodpowiednia geometria krawędzi skrawającej									●	↗	↗	↗	↘						
				Wstrząsy i drgania															●	●	●	●	
			Tworzenie się zadziorów (stal zwykłej jakości, ogólnego przeznaczenia)	Nieodpowiedni gatunek płytki				●															
				Nieodpowiednie parametry skrawania					↗	●		●	● Na mokro										
				Nieodpowiednia geometria krawędzi skrawającej									●	↗			↙			●			
				Wstrząsy i drgania															●	●	●	●	
			Złe odprowadzanie wióra	Długi wiór	Nieodpowiednie parametry skrawania					↙	↗	↗		● Na mokro									
					Duży zakres kontroli formowania wióra									●									
					Nieodpowiednia geometria krawędzi skrawającej											↙	↘						
				Wiór za krótki i rozdrobniony	Nieodpowiednie parametry skrawania						↙	↘		● Obróbka bez chłodzenia (na sucho)									
					Mały zakres kontroli formowania wióra									●									
					Nieodpowiednia geometria krawędzi skrawającej												↗	↗					

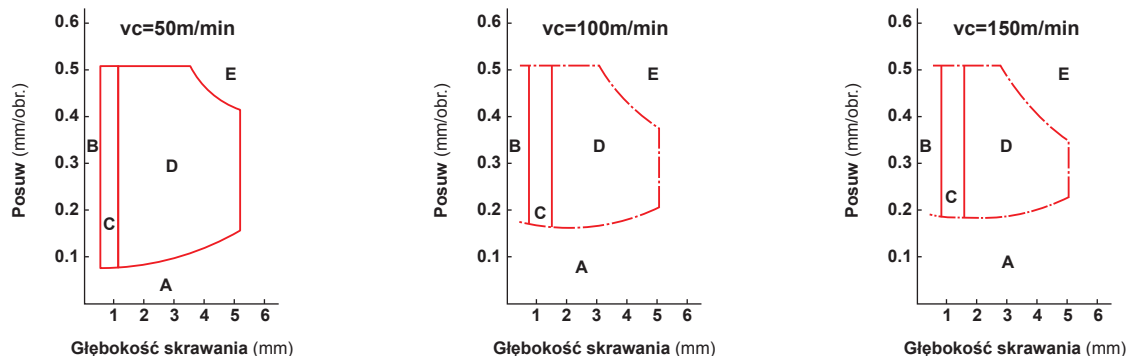
KONTROLA FORMOWANIA WIÓRA PODCZAS TOCZENIA

CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA ŁAMLIWOŚĆ WIÓRA PODCZAS TOCZENIA STALI

Typ	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E
Mała głębokość skrawania $d < 7\text{mm}$					
Duża głębokość skrawania $d = 7 - 15\text{mm}$					
Długość zwoju wióra l	Wiór skręcony (skłębiony)	$l \geq 50\text{mm}$	$l \leq 50\text{mm}$ 1–5 zwoj (skręt)	≈ 1 zwoj (skręt)	Mniej niż 1 zwoj, pół zwoju
Uwaga	<ul style="list-style-type: none"> ● Wiór ciągły nieregularny ● Skręcanie się wióra wokół narzędzia i przedmiotu obrabianego 	<ul style="list-style-type: none"> ● Wiór ciągły regularny ● Długi wiór 	Prawidłowy	Prawidłowy	<ul style="list-style-type: none"> ● Wiór rozrzucony ● Wiór karbowany ● Zła jakość powierzchni po obróbce ● Maksymalnie

Prędkość skrawania a zakres kontroli formowania wióra przez łamacz

Generalnie, im wyższa prędkość skrawania, tym mniejszy zakres kontroli formowania wióra.

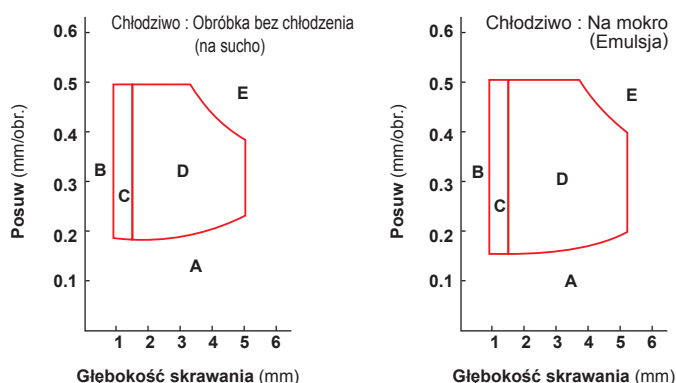


Materiał obrabiany : **DIN Ck45(180HB)**
 Płytki : **TNMG160408**
 Gatunek : **P10** Węgiel spiekany

Narzędzie : **MTJNR2525M16N**
 Obróbka bez chłodzenia (na sucho)

Wpływ zastosowania chłodziwa na zakres kontroli formowania wióra przez łamacz

Przy tej samej prędkości skrawania zakres kontroli formowania wióra zależy od tego czy użyto chłodziwa, czy nie.



Materiał obrabiany : **DIN Ck45**
 Parametry skrawania : **vc=100m/min**

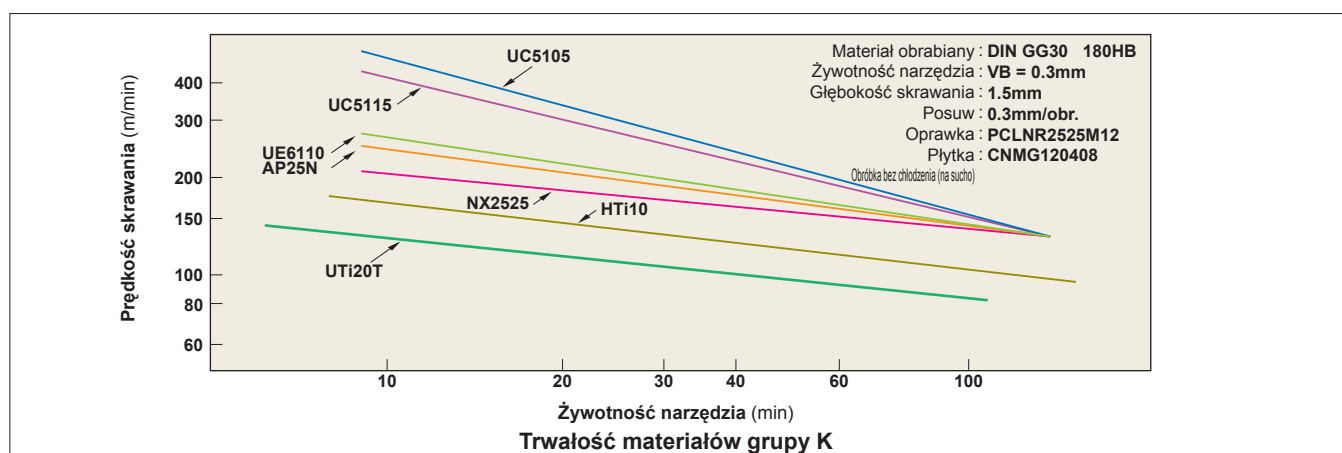
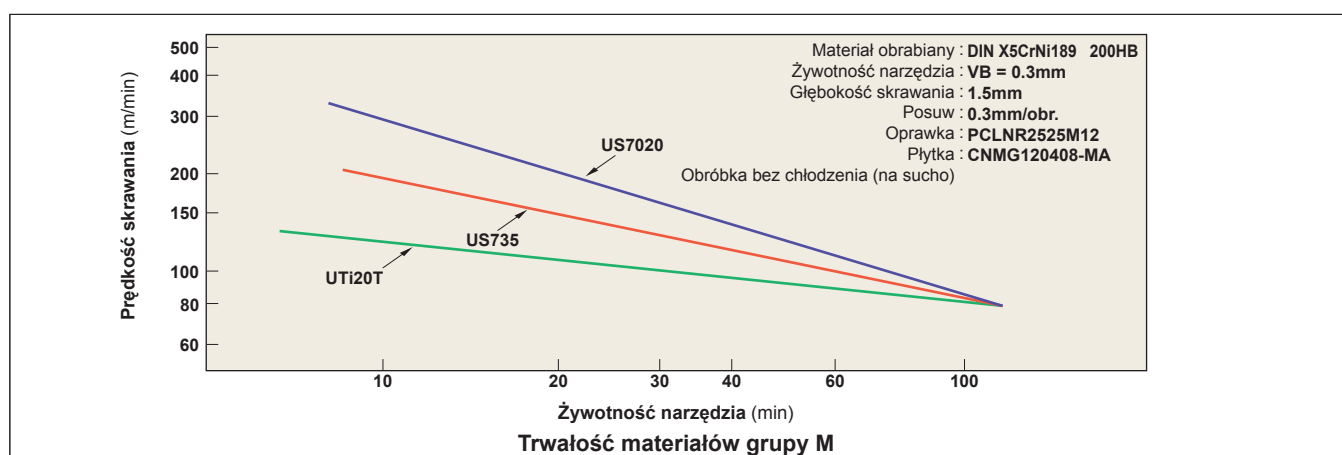
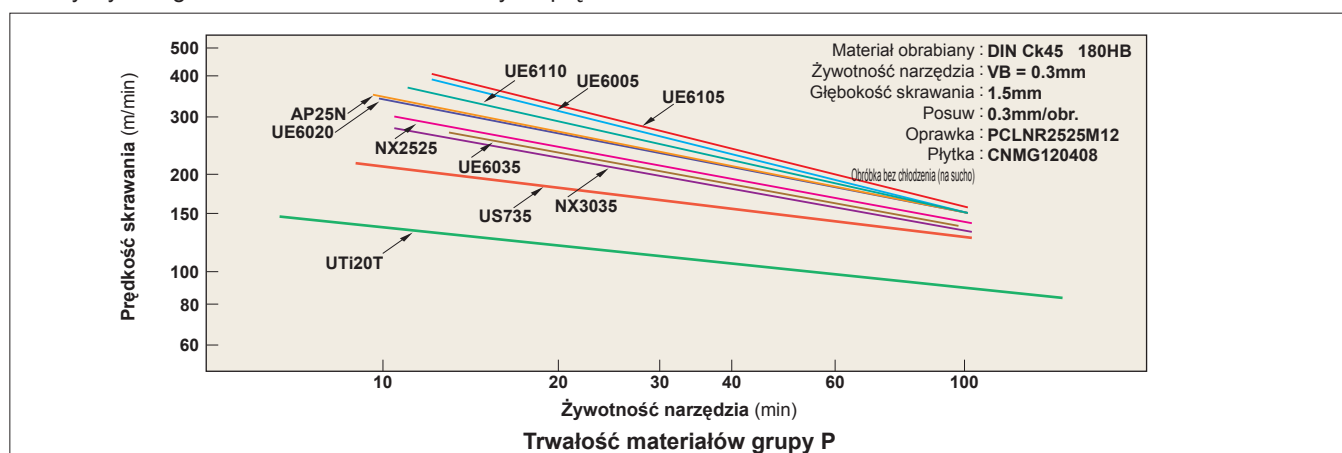
WPŁYW PARAMETRÓW SKRAWANIA - TOCZENIE

WPŁYW PARAMETRÓW SKRAWANIA

Idealne parametry skrawania, to krótki czas obróbki, długa trwałość narzędzia i wysoka dokładność. Aby to osiągnąć, konieczne jest dobranie odpowiednich parametrów skrawania, narzędzia odpowiedniego dla obrabianego materiału, twardości i kształtu przedmiotu obrabianego oraz mocy obrabiarki.

PRĘDKOŚĆ SKRAWANIA

Prędkość skrawania ma znaczny wpływ na trwałość narzędzia. Zwiększenie prędkości skrawania powoduje zwiększenie temperatury i zmniejszenie trwałości narzędzia. Prędkość skrawania zależy od typu i twardości przedmiotu obrabianego. Należy wybrać gatunek materiału dostosowany do prędkości skrawania.



Wpływ prędkości skrawania

1. Zwiększenie prędkości skrawania o 20% powoduje zmniejszenie trwałości narzędzia o połowę. Zwiększenie prędkości skrawania o 50% powoduje zmniejszenie trwałości narzędzia o 80%.
2. Obróbka z małą prędkością skrawania (20–40m/min) pozostawia ślady karbowania na obrabianej powierzchni. Trwałość narzędzia spada.

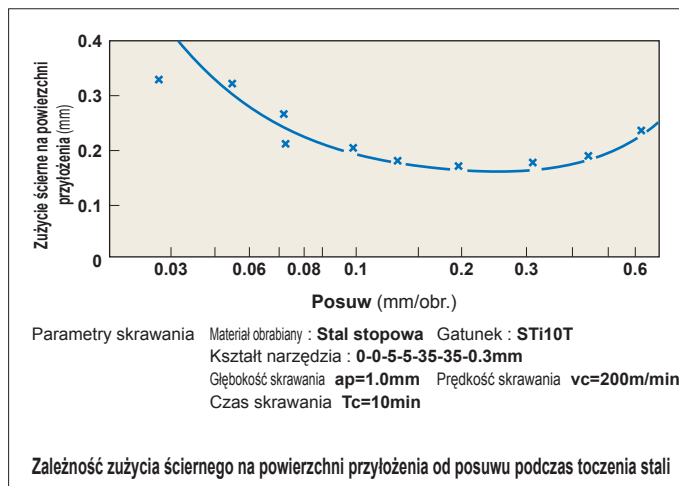
WPLYW PARAMETRÓW SKRAWANIA - TOCZENIE

POSUW

Posuw to odległość, o którą przemieszcza się oprawka narzędzia podczas jednego obrotu przedmiotu obrabianego. Dla frezowania posuw, to odległość o którą przemieszcza się stół obrabiarki podczas jednego obrotu freza, podzielona przez liczbę płytek. Mówimy wtedy o "posuwie na ząb". Posuw ma wpływ na chropowatość obrobionej powierzchni.

Wpływ posuwu

1. Zmniejszenie posuwu powoduje większe zużycie powierzchni przyłożenia i skrócenie trwałości narzędzia.
2. Zwiększenie posuwu podwyższa temperaturę obróbki i zwiększa zużycie powierzchni przyłożenia. Jednak w porównaniu do prędkości skrawania, jego wpływ na trwałość narzędzia jest minimalny.
3. Zwiększenie posuwu powoduje zwiększenie wydajności obróbki.

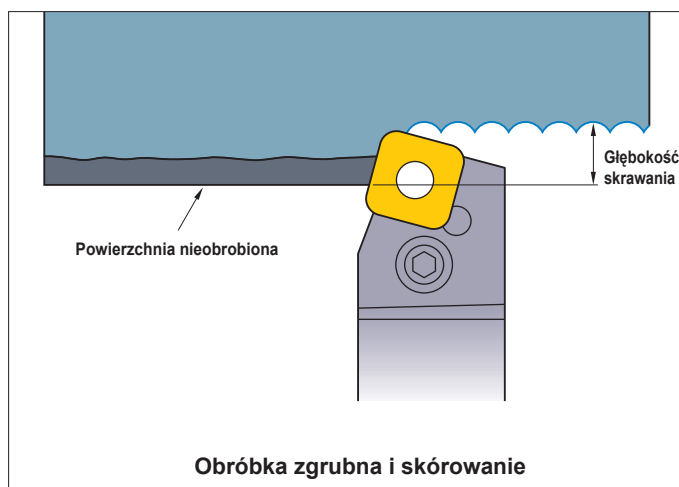
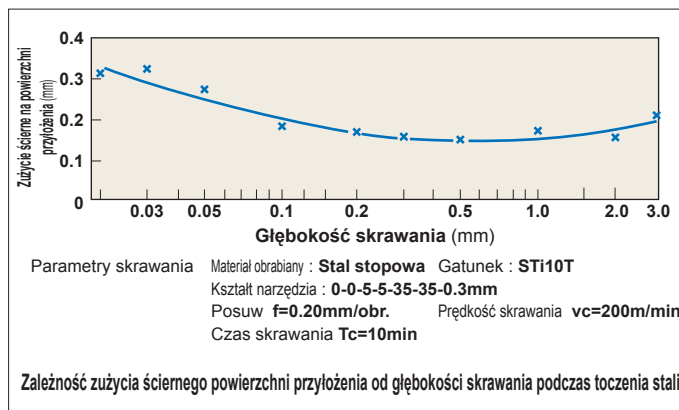


GLĘBOKOŚĆ SKRAWANIA

Głębokość skrawania zależy od grubości nadkładu, kształtu przedmiotu obrabianego, mocy i sztywności obrabiarki oraz narzędzia.

Wpływ głębokości skrawania

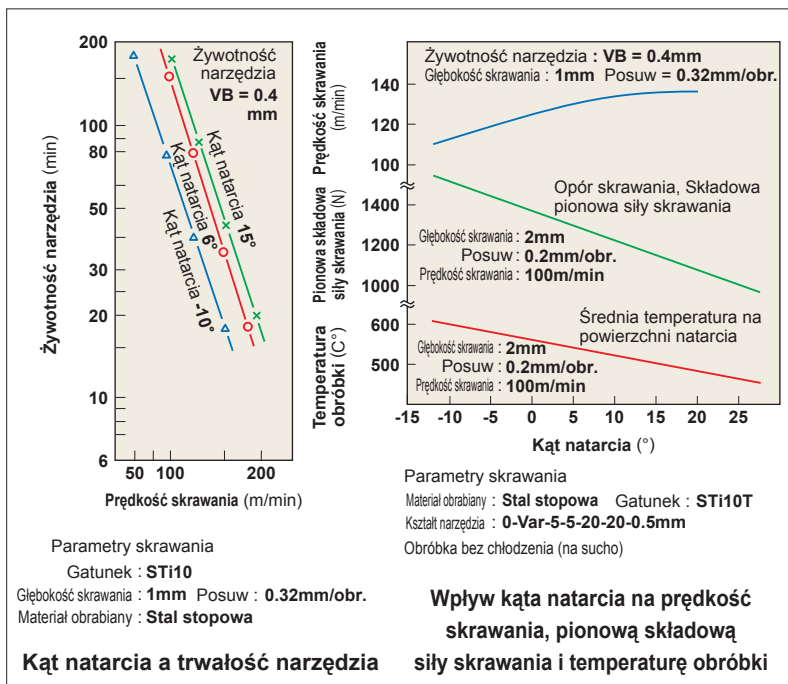
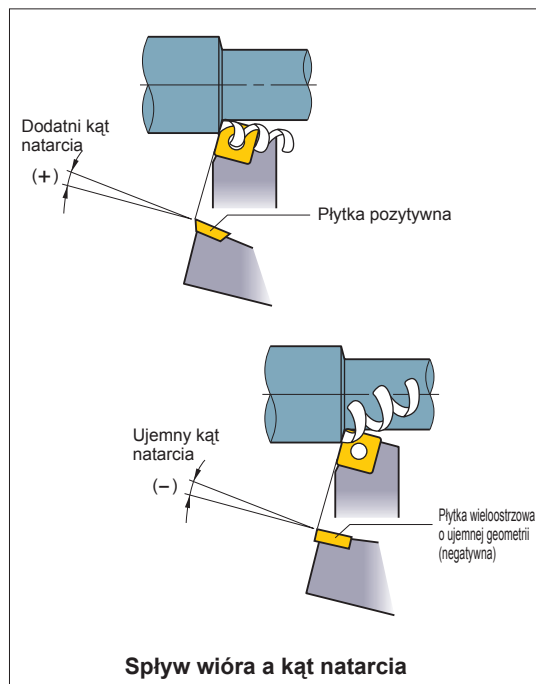
1. Zmiana głębokości skrawania nie ma istotnego wpływu na trwałość narzędzia.
2. Małej głębokości skrawania towarzyszy tarcie wskutek skrawania utwardzonej warstwy przedmiotu obrabianego. Trwałość narzędzia spada.
3. Podczas obróbki surowych powierzchni lub powierzchni żeliwa, głębokość skrawania należy zwiększyć na tyle, na ile pozwala na to moc obrabiarki, aby uniknąć obróbki twardej warstwy narożem narzędzia i uniknąć wyszczerbień i przyspieszonego zużycia narzędzia.



WPŁYW KSZTAŁTU NARZĘDZIA - TOCZENIE

KĄT NATARCIA

Kąt natarcia, to kąt krawędzi skrawającej, który ma duży wpływ na opór skrawania, formowanie wióra, temperaturę skrawania oraz trwałość narzędzia.



Wpływ kąta natarcia

1. Zwiększenie kąta natarcia w kierunku dodatnim (+) poprawia ostrość krawędzi skrawającej.
2. Zwiększenie kąta natarcia o 1° w kierunku dodatnim (+) powoduje zmniejszenie zapotrzebowania mocy o około 1%.
3. Zwiększenie kąta natarcia w kierunku dodatnim (+) powoduje obniżenie wytrzymałości krawędzi skrawającej a w kierunku ujemnym (-) powoduje zwiększenie oporu skrawania.

Kiedy zwiększyć kąt natarcia w kierunku ujemnym (-)

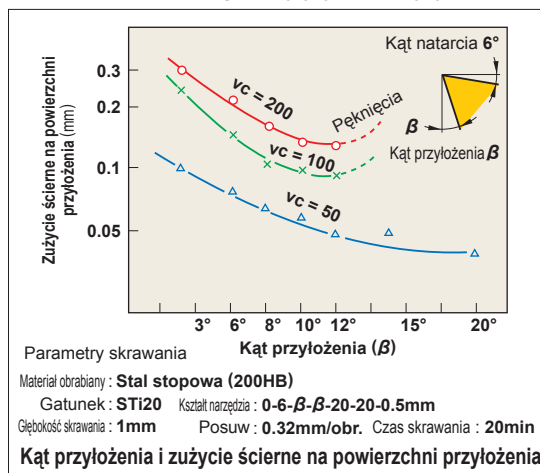
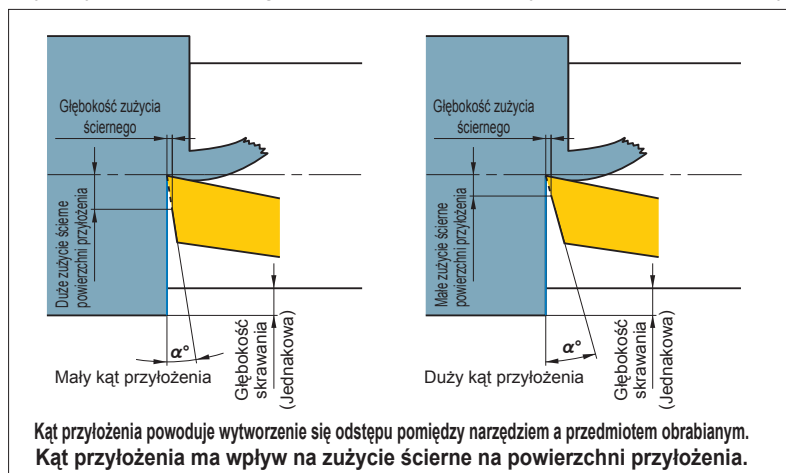
- Dla materiałów twardych.
- Gdy wytrzymałość krawędzi skrawającej musi być taka, jak podczas obróbki przerywanej lub skórowania.

Kiedy zwiększyć kąt natarcia w kierunku dodatnim (+)

- Dla materiałów miękkich.
- Materiały łatwo obrabialne.
- Gdy przedmiot obrabiany lub obrabiarka mają małą sztywność.

KĄT PRZYŁOŻENIA

Kąt przyłożenia zapobiega tarcii powierzchni przyłożenia o powierzchnię przedmiotu obrabianego, dając jednostajny posuw.



Wpływ kąta przyłożenia

1. Zwiększenie kąta przyłożenia powoduje zmniejszenie zużycia ściernego na powierzchni przyłożenia.
2. Zwiększenie kąta przyłożenia powoduje obniżenie wytrzymałości krawędzi skrawającej.

Kiedy zmniejszyć kąt przyłożenia

- Dla materiałów twardych.
- Gdy krawędź skrawająca musi mieć wysoką wytrzymałość.

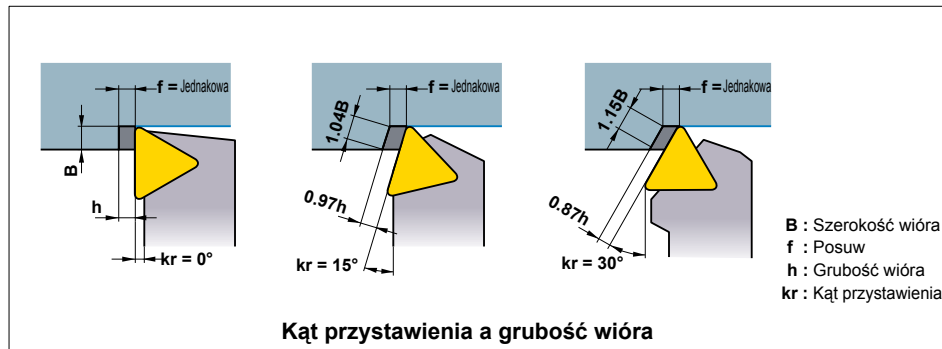
Kiedy zwiększyć kąt przyłożenia

- Dla materiałów miękkich.
- Gdy materiał obrabiany utwardza się przez zgniot.

WPŁYW KSZTAŁTU NARZĘDZIA - TOCZENIE

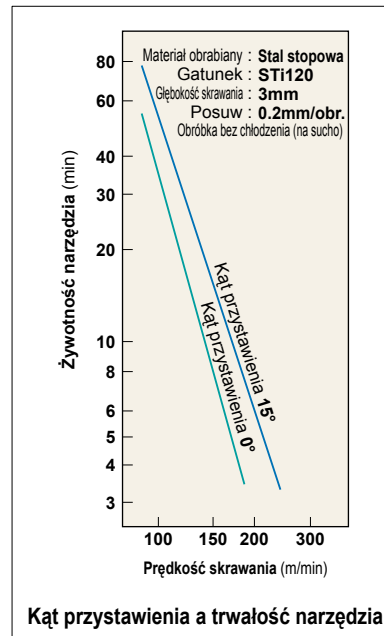
■ KĄT POCHYLENIA GŁÓWNEJ KRAWĘDZI SKRAWAJĄCEJ (KĄT PRZYSTAWIENIA)

Kąt przystawienia krawędzi skrawającej i kąt naroża powodują obniżenie obciążeń udarowych i mają wpływ na siłę oporu i grubość wióra.



● Wpływ kąta pochylenia głównej krawędzi skrawającej (kąta przystawienia)

1. Przy tym samym posuwie zwiększenie kąta pochylenia głównej krawędzi skrawającej (patrz schemat) powoduje zwiększenie długości styku krawędzi skrawającej narzędzia i zmniejszenie grubości wióra. W rezultacie siła skrawania jest rozłożona na krawędzi skrawającej o większej długości, co zwiększa trwałość narzędzia. (Patrz rysunek).
2. Im większy kąt pochylenia głównej krawędzi skrawającej, tym większa składowa a' . Wtedy w niektórych przypadkach długi i cienki przedmiot obrabiany ulega zginaniu.
3. Im większy kąt pochylenia głównej krawędzi skrawającej, tym mniejsze zwinanie wióra.
4. Im większy kąt pochylenia głównej krawędzi skrawającej, tym mniejsza grubość i większa szerokość wióra. Utrudnia to łamanie wióra.

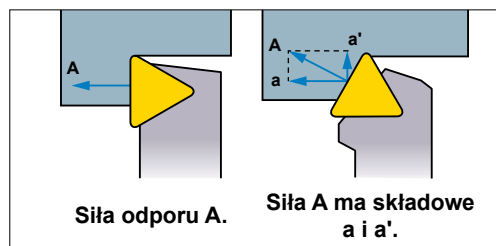


Kiedy zmniejszyć kąt pochylenia głównej krawędzi skrawającej

- Podczas obróbki wykańczającej z małą głębokością skrawania.
- Gdy przedmiot obrabiany jest cienki i długi.
- Gdy obrabiarka ma małą sztywność.

Kiedy zwiększyć kąt pochylenia głównej krawędzi skrawającej

- Podczas obróbki twardych materiałów, kiedy wytwarza się wysoka temperatura.
- Podczas obróbki zgrubnej przedmiotu o dużej średnicy.
- Gdy obrabiarka ma dużą sztywność.

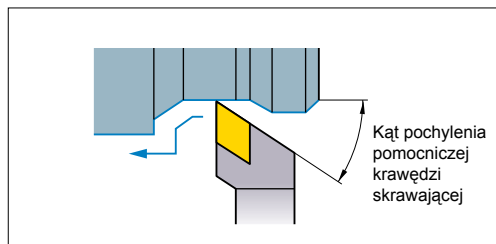


■ KĄT POCHYLENIA POMOCNICZEJ KRAWĘDZI SKRAWAJĄCEJ

Kąt pochylenia pomocniczej krawędzi skrawającej zapobiega kolizji narzędzia i przedmiotu obrabianego (pomocnicza krawędź skrawająca). Zwykle wynosi on $5^\circ - 15^\circ$.

● Wpływ kąta pochylenia pomocniczej krawędzi skrawającej.

1. Zmniejszenie kąta pochylenia pomocniczej krawędzi skrawającej powoduje zwiększenie wytrzymałości krawędzi skrawającej, ale jednocześnie zwiększenie jej temperatury.
2. Im mniejszy kąt pochylenia pomocniczej krawędzi skrawającej, tym większa siła reakcji, co może powodować karbowanie powierzchni i drgania podczas obróbki.
3. Zaleca się stosowanie małego kąta pochylenia pomocniczej krawędzi skrawającej podczas obróbki zgrubnej a większego podczas obróbki wykańczającej.

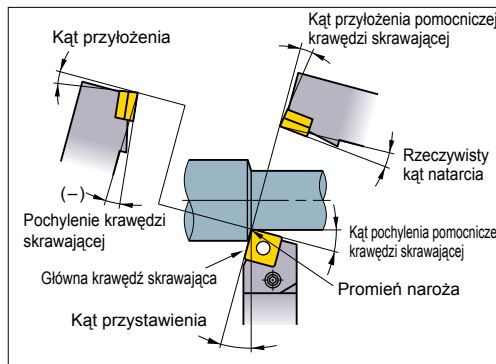


■ POCHYLENIE KRAWĘDZI SKRAWAJĄCEJ

Pochylenie krawędzi skrawającej oznacza pochylenie powierzchni natarcia. Podczas obróbki ciężkiej, na początku krawędź skrawająca podlega bardzo dużym obciążeniom. Pochylenie krawędzi skrawającej zapobiega tym obciążeniom i pęknięciu narzędzia. Zalecany kąt pochylenia podczas toczenia wynosi $3^\circ - 5^\circ$ a podczas frezowania $10^\circ - 15^\circ$.

● Wpływ pochylenia krawędzi skrawającej

1. Ujemny (-) kąt pochylenia krawędzi skrawającej powoduje spływ wióra w kierunku przedmiotu obrabianego a dodatni (+), w kierunku przeciwnym.
2. Ujemny (-) kąt pochylenia powoduje zwiększenie wytrzymałości krawędzi skrawającej, ale jednocześnie zwiększenie oporów skrawania. Stwarza to dogodne warunki dla wystąpienia karbowania.

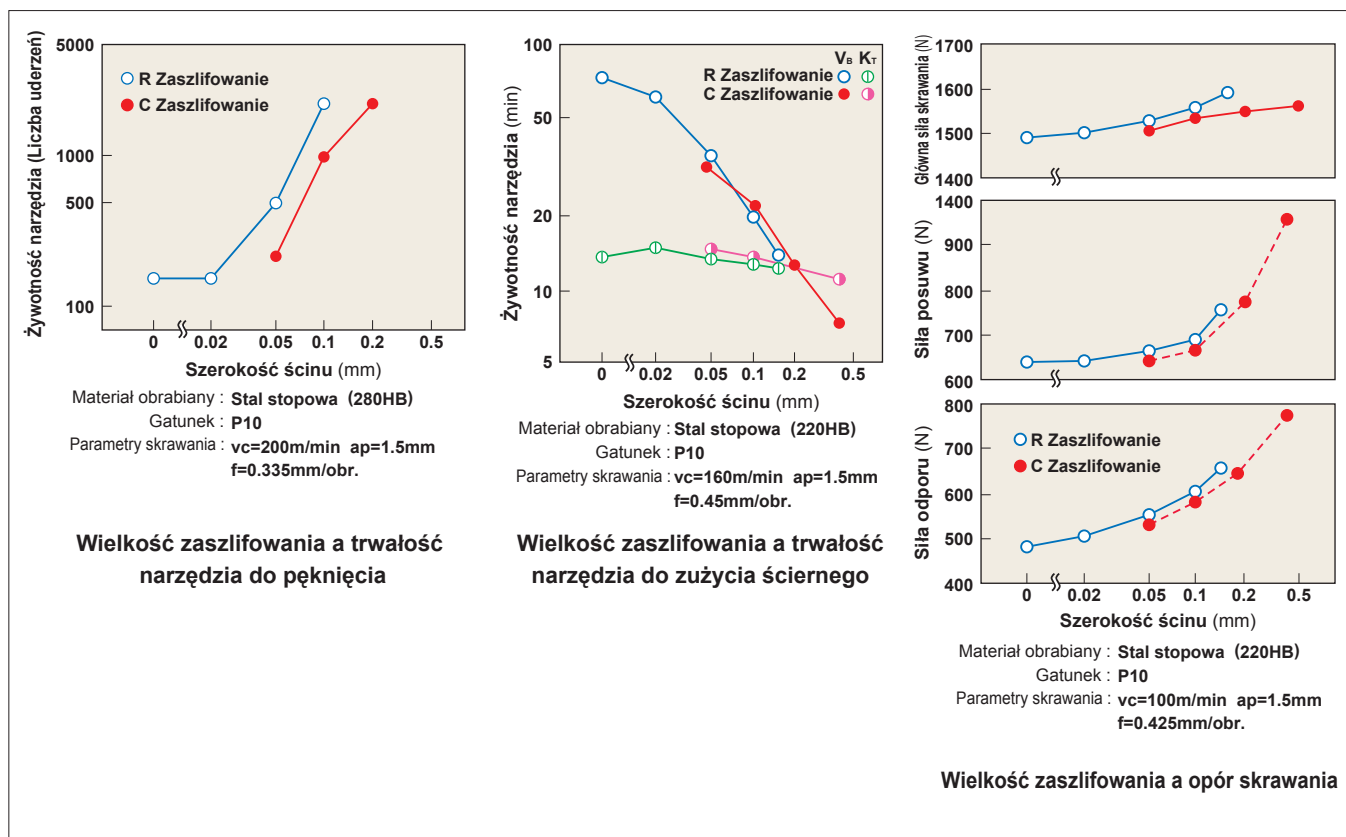


ZASZLIFOWANIE I ŚCIN

Zaszlifowanie i ścin, to kształty na krawędzi skrawającej, które służą utrzymaniu jej wytrzymałości.

Zaszlifowanie może być na okrągło i na fazkę. Optymalna wielkość zaszlifowania wynosi w przybliżeniu 1/2 posuwu.

Ścin, to wąski, płaski obszar na powierzchni natarcia lub przyłożenia.



Wpływ zaszlifowania

1. Zwiększenie zaszlifowania zwiększa wytrzymałość krawędzi skrawającej, trwałość narzędzia i zmniejsza skłonność do pęknięcia.
2. Zwiększenie zaszlifowania zwiększa skłonność do zużycia ściernego powierzchni przyłożenia i powoduje skrócenie trwałości narzędzia. Wielkość zaszlifowania nie wpływa na zużycie ściernie powierzchni natarcia.
3. Zwiększenie zaszlifowania powoduje zwiększenie oporu skrawania i karbowanie.

Kiedy zmniejszyć wielkość zaszlifowania
○ Przed obróbką wykańczającą przy małej grubości skrawania i małym posuwie.
○ Dla materiałów miękkich.
○ Gdy przedmiot obrabiany lub obrabiarka mają małą sztywność.

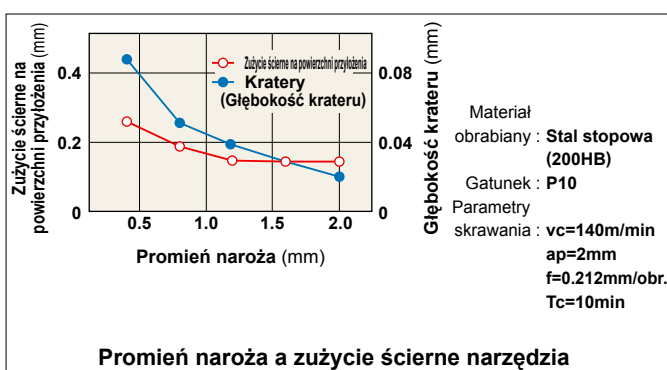
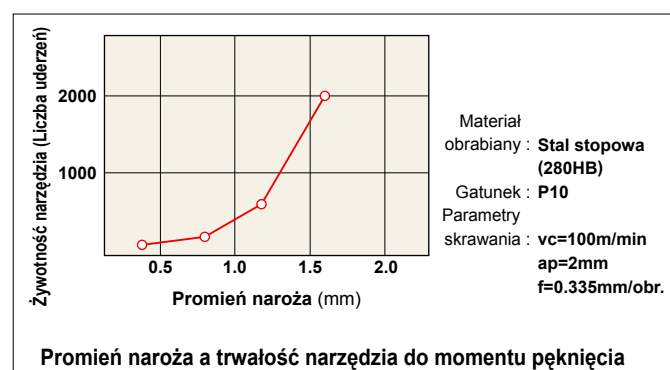
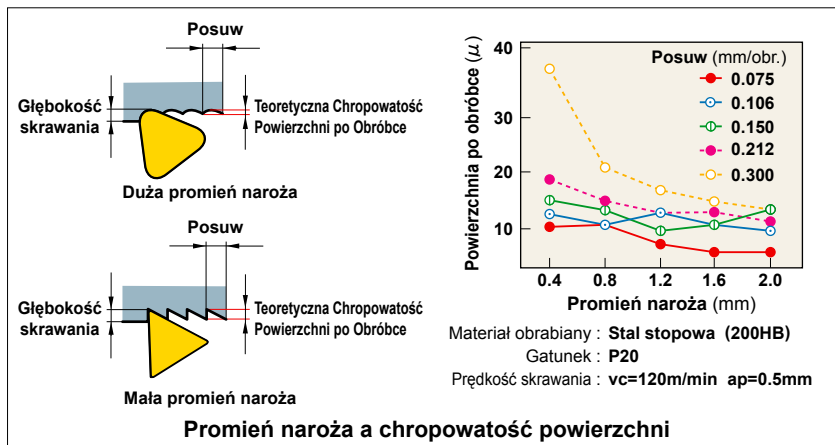
Kiedy zwiększyć wielkość zaszlifowania
○ Dla materiałów twardych.
○ Gdy wytrzymałość krawędzi skrawającej musi być taka, jak podczas obróbki przerywanej lub skórowania.
○ Gdy obrabiarka ma dużą sztywność.

*Płytki z węgla spiekanego niepokrywanego, UTi, diamentu pokrywanego i cermetu są zaszlifowane na okrągło (standard).

WPLÝW KSZTAŁTU NARZĘDZIA - TOCZENIE

PROMIEŃ NAROŻA

Promień naroża wpływa na wytrzymałość krawędzi skrawającej i jakość powierzchni po obróbce. Ogólnie zalecany promień naroża wynosi 2–3 krotność posuwu.



Wpływ promienia naroża

1. Im większy promień naroża, tym większa gładkość powierzchni po obróbce.
2. Im większy promień naroża, tym wyższa wytrzymałość krawędzi skrawającej.
3. Zbytne zwiększenie promienia naroża powoduje wzrost oporów skrawania i karbowanie obrabianej powierzchni.
4. Im większy promień naroża, tym mniejsze zużycie ściernie powierzchni przyłożenia i natarcia.
5. Im większy promień naroża, tym gorsza kontrola formowania wióra.

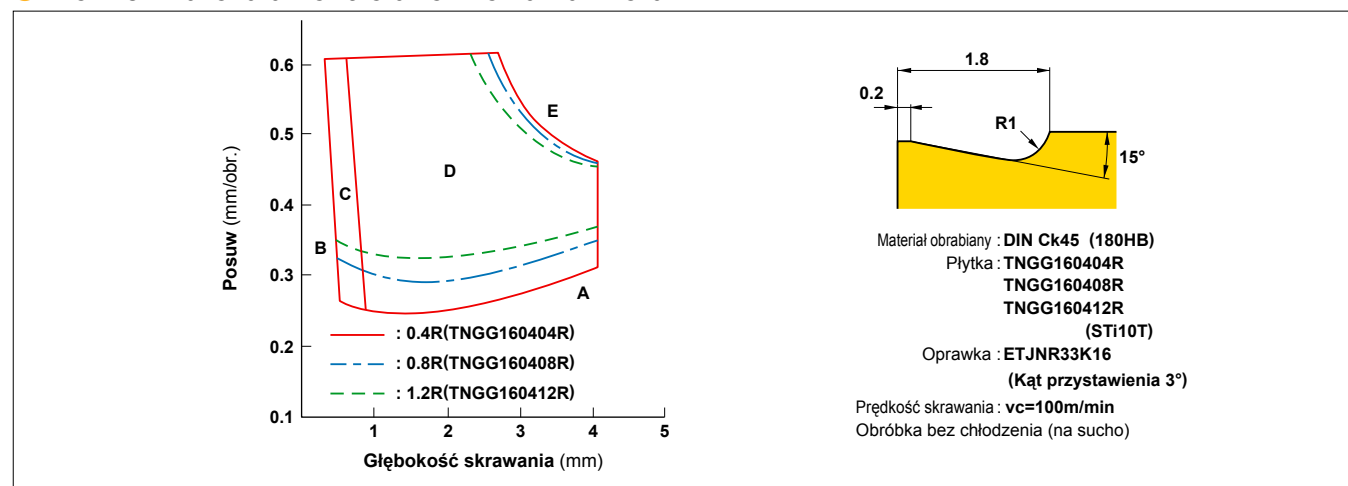
Kiedy zmniejszyć promień naroża

- Podczas obróbki wykańczającej z małą grubością skrawania.
- Gdy przedmiot obrabiany jest cienki i długi.
- Gdy obrabiarka ma małą sztywność.

Kiedy zwiększyć promień naroża

- Gdy wytrzymałość krawędzi skrawającej musi być taka, jak podczas obróbki przerywanej lub skórowania.
- Podczas obróbki zgrubnej przedmiotu o dużej średnicy.
- Gdy obrabiarka ma dużą sztywność.

Promień naroża a kontrola formowania wióra



(Uwaga) Typy wióra (A, B, C, D, E) pokazano na stronie P004.

WZORY NA OBLICZENIA ZAPOTRZEBOWANIA MOCY

ZAPOTRZEBOWANIE MOCY (P_c)

$$P_c = \frac{a_p \cdot f \cdot v_c \cdot K_c}{60 \times 10^3 \cdot \eta} \quad (\text{kW})$$

P_c (kW) : Zapotrzebowanie mocy
 f (mm/obr.): Posuw na obrót
 K_c (MPa) : Opór właściwy skrawania
 a_p (mm) : Głębokość skrawania
 v_c (m/min) : Prędkość skrawania
 η : Współczynnik sprawności

(Zadanie) Jakie jest zapotrzebowanie mocy podczas toczenia stali zwykłej jakości, ogólnego przeznaczenia z prędkością 120 m/min, przy głębokości skrawania 3 mm i posuwie 0.2 mm/obrót (Współczynnik sprawności obrabiarki 80%) ?

(Odpowiedź) Podstawiamy do wzoru opór właściwy skrawania $K_c=3100$ MPa .

$$P_c = \frac{3 \times 0.2 \times 120 \times 3100}{60 \times 10^3 \times 0.8} = 4.65 (\text{kW})$$

● K_c

Materiał przedmiotu obrabianego	Wytrzymałość na rozciąganie (MPa) i twardość	Opór właściwy skrawania K_c (MPa)				
		0.1 (mm/obr.)	0.2 (mm/obr.)	0.3 (mm/obr.)	0.4 (mm/obr.)	0.6 (mm/obr.)
Stal konstrukcyjna	520	3610	3100	2720	2500	2280
Stal stopowa	620	3080	2700	2570	2450	2300
Stal hartowana	720	4050	3600	3250	2950	2640
Stal narzędziowa	670	3040	2800	2630	2500	2400
Stal narzędziowa	770	3150	2850	2620	2450	2340
Stal chromowo-manganowa	770	3830	3250	2900	2650	2400
Stal chromowo-manganowa	630	4510	3900	3240	2900	2630
Stal chromowo-molibdenowa	730	4500	3900	3400	3150	2850
Stal chromowo-molibdenowa	600	3610	3200	2880	2700	2500
Stal chromowo-molibdenowo-niklowa	900	3070	2650	2350	2200	1980
Stal chromowo-molibdenowo-niklowa	352HB	3310	2900	2580	2400	2200
Żeliwo sferoidalne (GGG)	46HRC	3190	2800	2600	2450	2270
Żeliwo perlityczne ("meehanite")	360	2300	1930	1730	1600	1450
Żeliwo szare	200HB	2110	1800	1600	1400	1330

PRĘDKOŚĆ SKRAWANIA (v_c)

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_m \cdot n}{1000} \quad (\text{m/min})$$

v_c (m/min) : Prędkość skrawania
 D_m (mm) : Średnica przedmiotu obrabianego
 π (3.14) : Pi
 n (min⁻¹) : Obróty wrzeciona

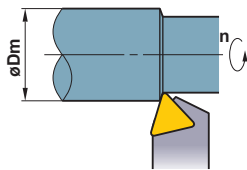
*Aby otrzymać wymiar w metrach, należy wymiar w milimetrach podzielić przez 1000.

(Zadanie) Ile wynosi prędkość skrawania, gdy obroty wrzeciona n 700min⁻¹ obr/min a średnica zewnętrzna wynosi $\phi 50$?

(Odpowiedź) Podstawiamy do wzoru $\pi=3.14$, $D_m=50$, $n=700$.

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_m \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \times 50 \times 700}{1000} = 110 \text{ m/min}$$

Prędkość skrawania wynosi 110m/min.



POSUW (f)

$$f = \frac{l}{n} \quad (\text{mm/obr.})$$

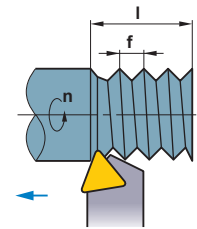
f (mm/obr.) : Posuw na obrót
 l (mm/min) : Długość skrawania na minutę
 n (min⁻¹) : Obróty wrzeciona

(Zadanie) Jaki jest posuw na obrót, gdy prędkość obrotowa wrzeciona wynosi 500min⁻¹ a długość skrawania na minutę wynosi 120mm/min ?

(Odpowiedź) Podstawiamy do wzoru $n=500$, $l=120$.

$$f = \frac{l}{n} = \frac{120}{500} = 0.24 \text{ mm/obr.}$$

Odpowiedź: 0.24mm/obrót.



CZAS SKRAWANIA (T_c)

$$T_c = \frac{l_m}{f} \quad (\text{min})$$

T_c (min) : Czas skrawania
 l_m (mm) : Długość przedmiotu obrabianego
 f (mm/min) : Długość skrawania na minutę

(Zadanie) Jaki jest czas obróbki, gdy przedmiot obrabiany ma średnicę 100 mm, prędkość obrotowa wrzeciona 1000min⁻¹ a posuw 0.2 mm/obrót ?

(Odpowiedź) Najpierw w oparciu o posuw i prędkość obrotową wrzeciona obliczamy długość skrawania na minutę.

$$l = f \cdot n = 0.2 \times 1000 = 200 \text{ mm/min}$$

Podstawiamy ten wynik do wzoru.

$$T_c = \frac{l_m}{f} = \frac{100}{200} = 0.5 \text{ min}$$

0.5 x 60=30 s. Odpowiedź : 30 s.

TEORETYCZNA CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI PO OBRÓBCE (h)

$$h = \frac{f^2}{8R_e} \times 1000 (\mu\text{m})$$

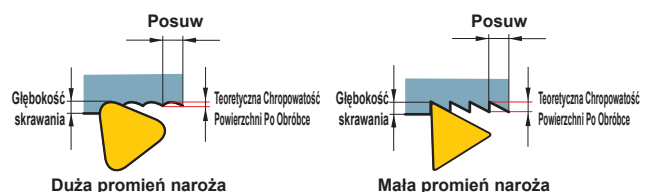
h (μm) : Chropowatość powierzchni po obróbce
 f (mm/obr.): Posuw na obrót
 R_e (mm) : Promień naroża płytki

(Zadanie) Jaka jest teoretyczna chropowatość powierzchni obrabianej, gdy naroże ma promień 0.8 mm a posuw wynosi 0.2mm/obrót ?

(Odpowiedź) Podstawiamy do wzoru $f=0.2$ mm/obr., $R=0.8$.

$$h = \frac{0.2^2}{8 \times 0.8} \times 1000 = 6.25 \mu\text{m}$$

Teoretyczna chropowatość powierzchni po obróbce wynosi 6 μm .

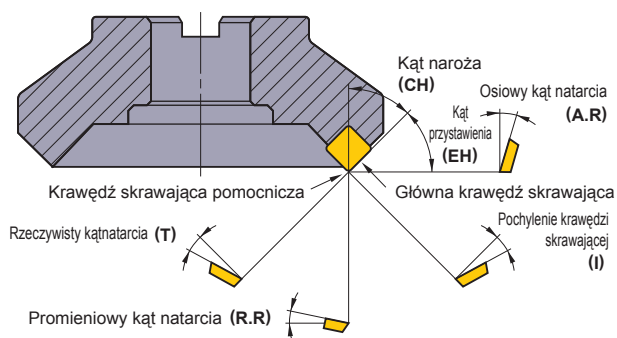


ELIMINOWANIE PROBLEMÓW (FREZOWANIE PŁASZCZYZN)

Zalecenie Przyczyny Zadanie			Dobór materiału płytki				Parametry skrawania						Kształt i konstrukcja narzędzia										Obrabianka, zamocowanie narzędzia			
			Wybrać gatunek o większej twardości	Wybrać gatunek o większej ciągliwości	Wybrać gatunek o większej oporności na nagłe zmiany temperatury	Wybrać gatunek o mniejszej przyczepności	Prędkość skrawania		Posuw	Głębokość skrawania	Kąt przystawienia	Chłodziwo		Kąt natarcia	Kąt naroża	Zaszlifowanie powoduje wzmocnienie krawędzi skrawającej	Średnica freza	Liczba płytek	Powiększyć kieszenie wiórowe	Użyć płytki wygładzającej	Zwiększyć dokładność pod względem bicia	Sztynność freza	Zwiększyć sztywność zamocowania narzędzia i przedmiotu obrabianego	Zmniejszyć wysięg	Obrabianka o zbyt małej mocy i sztywności	
							Zwiększyć ↗	Zmniejszyć ↘				Nie używać chłodziwa wodorozcieńczalnego	Ustalić, czy stosować obróbkę na suchą, czy na mokro													Zwiększyć ↗
Zmniejszenie żywotności narzędzia	Szybkie zużywanie się płytki	Nieodpowiedni gatunek płytki	●																							
		Nieodpowiednia geometria krawędzi skrawającej											↗	↗	↘					●						
		Nieodpowiednia prędkość skrawania					↘					Na mokro														
	Wykruszenia lub pęknięcia na krawędzi skrawającej	Nieodpowiedni gatunek płytki		●																						
		Nieodpowiednie parametry skrawania						↘	↘							↗										
Zbyt mała wytrzymałość krawędzi skrawającej																										
Pęknięcia termiczne				●		↘	↘	↘			●	● Obróbka bez chłodzenia (na suchu)														
Tworzenie się narostu na krawędzi skrawającej				●	↘	↘	↘			●	● Na mokro															
Brak sztywności																				●	●	●	●			
Złe wykończenie powierzchni	Zła jakość powierzchni po obróbce	Nieodpowiednie parametry skrawania	●				↘	↘	↘																	
		Tworzenie się narostu				●	↘	↘	↘		●	Na mokro	↗			↘										
		Niska dokładność pod względem bicia																	●	●						
	Wiór karbowany					↘	↘	↘	↗			↗			↘		↘			●	●	●	●			
	Nierównoległa lub nieregularna powierzchnia	Mała sztywność przedmiotu obrabianego						↘	↘				↗	↘	↘		↘					●	●	●		
Luz narzędzia																				●	●	●	●			
Duża siła oporu													↗	↘	↘		↘									
Zadziory, wykruszenia na powierzchni przedmiotu obrabianego	Zadziory, wykruszenia	Za gruby wiór					↗	↘	↘																	
		Za duża średnica freza						↘	↘	↗																
		Nieostra krawędź skrawająca											↗			↘										
		Za duży kąt naroża												↘												
	Wykruszenia na krawędzi przedmiotu obrabianego	Nieodpowiednie parametry skrawania						↘	↘				↗			↘										
Nieostra krawędź skrawająca												↗			↘											
Za mały kąt naroża													↗													
Wiór karbowany						↘	↘	↘	↗			↗		↘		↘				●	●	●	●			
Kontrola formowania wióra	Niewłaściwe odprowadzanie wióra, zakleszczanie i gromadzenie się wióra	Tworzenie się narostu					↗	●																		
		Za cienki wiór					↗	●																		
		Za małą średnica freza																								
		Złe odprowadzanie wióra										●	● Na mokro				↘		●							

WPLÝW KSZTAŁTU NARZĘDZIA NA PRZEBIEG FREZOWANIA CZOŁOWEGO - FREZOWANIE CZOŁOWE

FUNKCJE POSZCZEGÓLNYCH KRAWĘDZI SKRAWAJĄCYCH PODCZAS FREZOWANIA PŁASZCZYZN

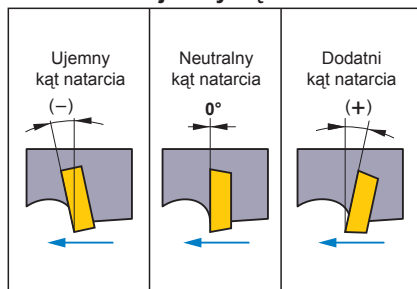


Poszczególne krawędzie skrawające we frezowaniu płaszczyzn

Rodzaj kąta	Symbol literowy	Funkcja	Wpływ
Osiowy kąt natarcia	A.R	Decyduje o kierunku odprowadzania wióra.	Dodatni : Doskonała skrawność.
Promieniowy kąt natarcia	R.R	Decyduje o ostrości krawędzi skrawającej.	Ujemny : Doskonałe odprowadzanie wióra.
Kąt naroża	CH	Decyduje o grubości wióra.	Duży : Cienki wiór i słabe uderzenia. Duża siła oporu.
Rzeczywisty kąt natarcia	T	Decyduje o rzeczywistej ostrości krawędzi skrawającej.	Dodatni (duży) : Doskonała skrawność. Minimalne narosty. Ujemny (duży) : Słaba skrawność. Silna krawędź skrawająca.
Pochylenie krawędzi skrawającej	I	Decyduje o kierunku odprowadzania wióra.	Dodatni (duży) : Doskonałe odprowadzanie wióra. Niska wytrzymałość krawędzi skrawającej.

STANDARDOWE KSZTAŁTY PŁYTEK WIELOOSTRZOWYCH

● Dodatni i ujemny kąt natarcia

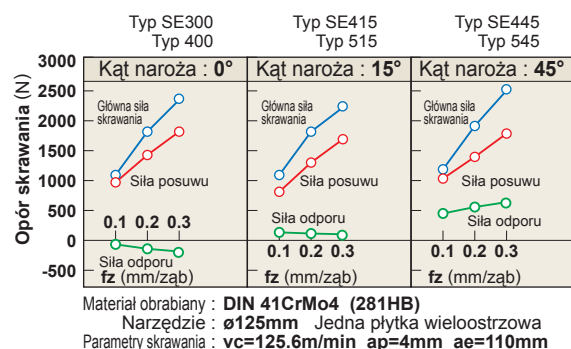


- Płytke wielostrzową, której krawędź skrawająca przoduje nazywamy płytka o dodatnim kącie natarcia.
- Płytke wielostrzową, której krawędź skrawająca pozostaje z tyłu nazywamy płytka o ujemnym kącie natarcia.

● Znormalizowany kształt krawędzi skrawającej

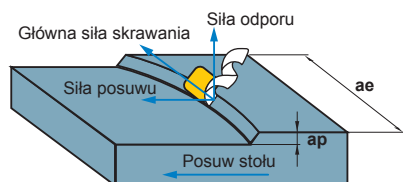
Standardowe kombinacje krawędzi skrawającej		(+) Osiowy kąt natarcia	(-) Osiowy kąt natarcia	(+) Osiowy kąt natarcia
		Podwójnie pozytywna (DP)	Podwójnie negatywna (DN)	Płytko negatywno / pozytywna (NP)
Osiowy kąt natarcia (A.R.)		Dodatni (+)	Ujemny (-)	Dodatni (+)
Promieniowy kąt natarcia (R.R.)		Dodatni (+)	Ujemny (-)	Ujemny (-)
Typ płytki		Płytko pozytywna (używana tylko z jednej strony)	Płytko negatywna (używana z obu stron)	Płytko pozytywna (używana tylko z jednej strony)
Materiał przedmiotu obrabianego	Stal	●	-	●
	Żeliwo	-	●	●
	Stopy aluminium	●	-	-
	Materiałów trudnoobrabialnych	●	-	●

KĄT NAROŻA (CH) A SKRAWNOŚĆ



Materiał obrabiany : DIN 41CrMo4 (281HB)
Narzędzie : ø125mm Jedna płytka wielostrzowa
Parametry skrawania : vc=125.6m/min ap=4mm ae=110mm

Porównanie oporu skrawania dla płytek o różnych kształtach

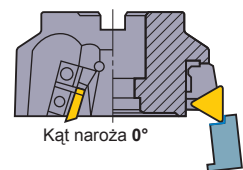


Trzy składowe oporu skrawania podczas frezowania

Kąt naroża

0°

Siła oporu w kierunku ujemnym. Powoduje unoszenie przedmiotu obrabianego, gdy sztywność zamocowania jest mała.

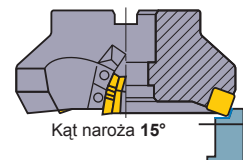


Kąt naroża 0°

Kąt naroża

15°

Kąt naroża 15° zaleca się do frezowania płaszczyzn przedmiotów obrabianych o małej sztywności.



Kąt naroża 15°

Kąt naroża

45°

Największa jest siła oporu. Zginanie cienkich przedmiotów obrabianych i spadek dokładności obróbki.
*Zapobiega wykruszeniom krawędzi skrawającej podczas obróbki żeliwa.



Kąt naroża 45°

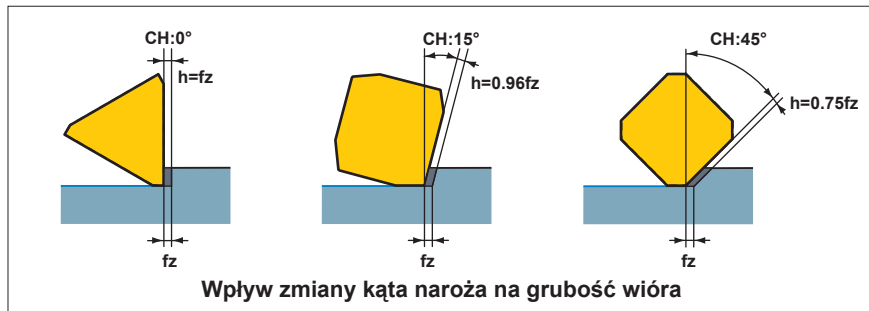
- * Główna siła skrawania : Siła jest skierowana przeciwnie do kierunku obrotów freza.
- * Siła oporu : Siła, która działa w kierunku osiowym.
- * Siła posuwu : Siła działa w kierunku posuwu i jest spowodowana posuwem stołu.

WPŁYW KSZTAŁTU NARZĘDZIA NA PRZEBIEG FREZOWANIA CZOŁOWEGO - FREZOWANIE CZOŁOWE

■ KĄT NAROŻA A ŻYWOTNOŚĆ NARZĘDZIA

● Kąt naroża a grubość wióra

Przy ustalonej głębokości skrawania i posuwie na ząb f_z , zwiększenie kąta naroża (CH) powoduje zmniejszenie grubości wióra (h) (dla kąta naroża 45° jest o ok. 25% mniejsza, niż dla kąta 0° CH). Dlatego zwiększenie kąta naroża powoduje zmniejszenie oporów skrawania i zwiększenie żywotności narzędzia.



● Kąt naroża a tworzenie się kraterów na powierzchni natarcia

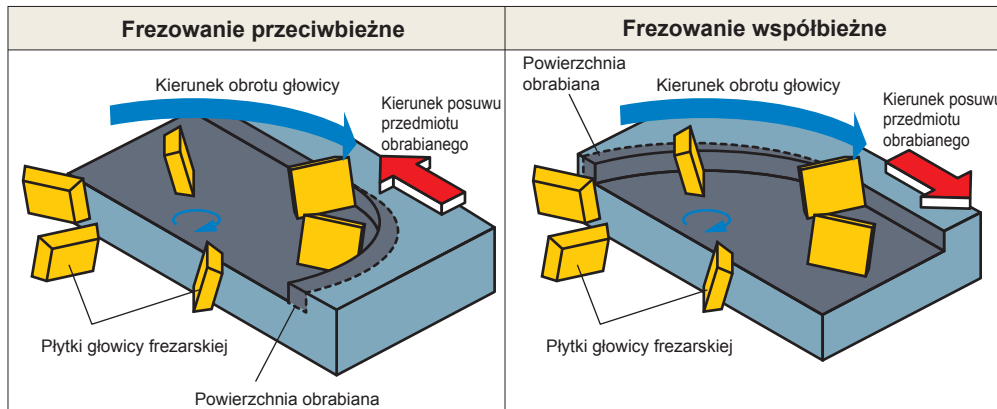
Poniższa tabela pokazuje wygląd powierzchni po obróbce dla różnych kątów naroża. Z porównania wielkości kraterów dla kątów naroża 0° i 45° widać, że dla kąta naroża 0° krater jest większy. W tym przypadku grubość wióra jest relatywnie większa, rosną opory skrawania, co sprzyja tworzeniu się kraterów. Powstanie krateru powoduje zmniejszenie wytrzymałości krawędzi skrawającej prowadzące do pęknięcia.

	Kąt naroża 0°	Kąt naroża 15°	Kąt naroża 45°
$vc=100m/min$ $Tc=69min$			
$vc=125m/min$ $Tc=55min$			
$vc=160m/min$ $Tc=31min$			

Materiał obrabiany : **Stal stopowa (287HB)**
 Narzędzie : **D1=125**
 Płytki : **M20 Węgiel spiekany**
 Parametry skrawania : **$ap=3.0mm$**
 $ae=110m$
 $fz=0.2m/z\acute{a}b$
 Obróbka bez chłodzenia
 (na sucho)

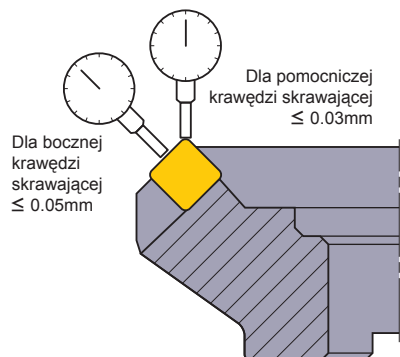
■ FREZOWANIE WSPÓŁBIEŻNE I PRZECIWBIEŻNE

Przy wyborze metody frezowania przeciwbieżnego lub współbieżnego bierze się pod uwagę stan obrabiarki, głowicy oraz zastosowanie. Jednak biorąc pod uwagę żywotność narzędzia, bardziej korzystne jest frezowanie współbieżne.



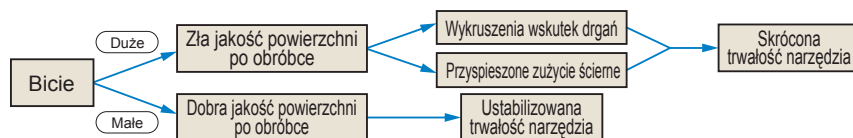
POWIERZCHNIA PO OBRÓBCE

Bicie krawędzi skrawającej



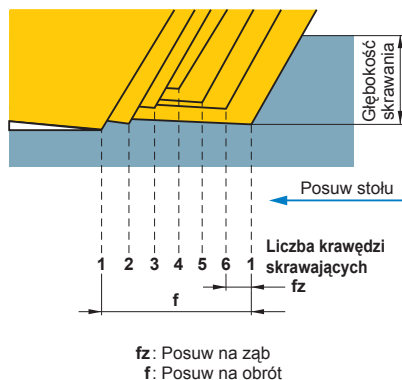
Bicie krawędzi skrawającej a tolerancja podczas frezowania płaszczyzn

Tolerancja bicia krawędzi skrawającej płytek wielostrzowych zamocowanych w korpusie freza wpływa na dokładność powierzchni po obróbce oraz na trwałość narzędzia.



Tolerancja bicia podczas frezowania płaszczyzn
Dla pomocniczej krawędzi skrawającej $\leq 0.03\text{mm}$
Dla bocznej krawędzi skrawającej $\leq 0.05\text{mm}$

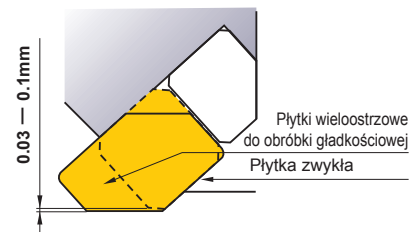
Niższa chropowatość powierzchni po obróbce



Bicie pomocniczej krawędzi skrawającej a jakość powierzchni po obróbce

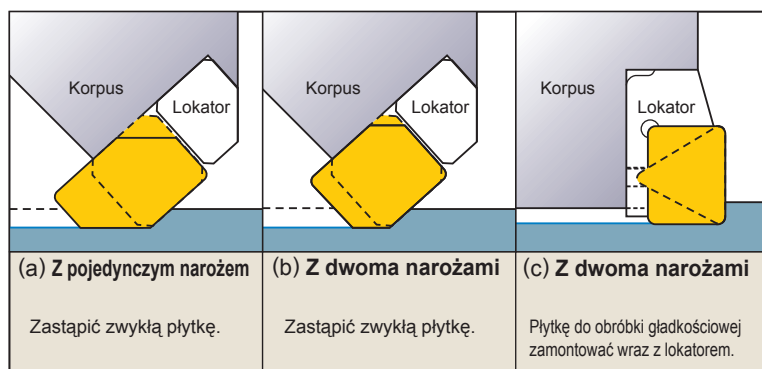
Szerokość pomocniczej krawędzi skrawającej płytek produkcji Mitsubishi Materials' wynosi 1.4 mm. Jeżeli pomocnicza krawędź skrawająca jest ustawiona równolegle do czołowej powierzchni freza, teoretyczna dokładność powierzchni po obróbce powinna być utrzymana nawet wtedy, gdy tolerancja bicia jest szeroka.

Zadanie	Zalecenia
<ul style="list-style-type: none"> Bicie krawędzi skrawającej. Pochylenie pomocniczej krawędzi skrawającej. Tolerancja wykonania korpusu freza. Tolerancja wykonania części zamiennych. Tworzenie się narostu, drgania, karbowanie powierzchni. 	<p>Zastosować płytki do obróbki gładkościowej</p> <p>★ Do obróbki powierzchni obrabianych zwykłymi płytkami w celu uzyskania gładkiej powierzchni.</p>



- Zastąpić jedną lub dwie płytki zwykłe płytkami wygładzającymi.
- Płytki wygładzające mają wystawę 0.03–0.1mm poza poziom ustawienia płytek zwykłych.

Sposób ustawienia płytek do obróbki gładkościowej



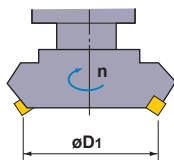
- Pomocnicza krawędź skrawająca musi być dłuższa niż posuw na obrót.
- ★ Za długi zarys krawędzi skrawającej powoduje drgania
- Gdy średnica freza jest duża a posuw na obrót jest większy niż długość pomocniczej krawędzi skrawającej pojedynczej płytki wygładzającej, zastosować dwie lub trzy płytki wykańczające.
- Gdy stosujemy więcej, niż jedną płytkę do obróbki gładkościowej, musimy wyeliminować bicie tych płytek.
- Płytki do obróbki gładkościowej powinny być wykonane z materiału o dużej odporności na ścieranie.

OBLICZANIE PARAMETRÓW FREZOWANIE PŁASZCZYZN

PRĘDKOŚĆ SKRAWANIA (vc)

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} \text{ (m/min)}$$

★ Aby otrzymać wymiar w metrach, należy wymiar w milimetrach podzielić przez 1000.



v_c (m/min) : Prędkość skrawania
 π (3.14) : Pi
 D_1 (mm) : Średnica freza
 n (min⁻¹) : Obróty wrzeciona

(Zadanie) Ile wynosi prędkość skrawania, gdy prędkość obrotowa wynosi 350min⁻¹ a średnica zewnętrzna wynosi $\phi 125$?

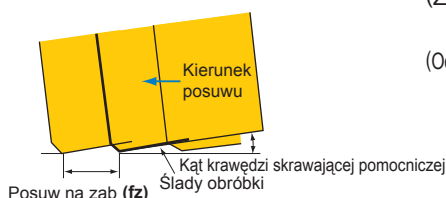
(Odpowiedź) Podstawiamy do wzoru $\pi=3.14$, $D_1=125$, $n=350$.

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 125 \cdot 350}{1000} = 137.4 \text{ m/min}$$

Prędkość skrawania wynosi 137.4m/min.

POSUW NA ZĄB (fz)

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n} \text{ (mm/ząb)}$$



f_z (mm/ząb) : Posuw na ząb
 v_f (mm/min) : Posuw stołu na minutę.
 n (min⁻¹) : Obróty wrzeciona (Posuw na obrót $f = z \times f_z$)
 z : Liczba płytek

(Zadanie) Jaki jest posuw na ząb, gdy prędkość obrotowa wrzeciona wynosi 500min⁻¹, liczba płytek wynosi 10 a posuw stołu 500mm/min ?

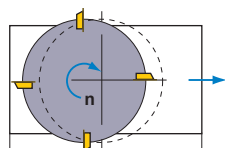
(Odpowiedź) Podstawiamy powyższe wartości do wzoru.

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n} = \frac{500}{10 \cdot 500} = 0.1 \text{ mm/ząb}$$

Odpowiedź : 0.1mm/ząb.

POSUW STOŁU (vf)

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n \text{ (mm/min)}$$



v_f (mm/min) : Posuw stołu na minutę.
 f_z (mm/ząb) : Posuw na ząb
 n (min⁻¹) : Obróty wrzeciona
 z : Liczba płytek

(Zadanie) Jaki jest posuw stołu, gdy posuw na ząb wynosi 0.1 mm/ząb, liczba płytek wynosi 10 a obroty wrzeciona 500min⁻¹?

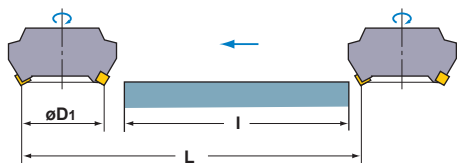
(Odpowiedź) Podstawiamy powyższe wartości do wzoru.

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0.1 \cdot 10 \cdot 500 = 500 \text{ mm/min}$$

Posuw stołu wynosi 500mm/min.

CZAS SKRAWANIA (Tc)

$$T_c = \frac{L}{v_f} \text{ (min)}$$



T_c (min) : Czas skrawania
 v_f (mm/min) : Posuw stołu na minutę.
 L (mm) : Skok stołu (długość przedmiotu obrabianego : L + średnica freza : D_1)

(Zadanie) Jaki jest czas obróbki wykańczającej powierzchni płyty żeliwnej (żeliwo w gatunku FC200 wg JIS) o szerokości 100mm i długości 300 mm, gdy średnica freza wynosi $\phi 200$ mm, liczba płytek 16, prędkość skrawania 125 m/min a posuw na ząb 0.25mm. (obroty wrzeciona 200min⁻¹)

(Odpowiedź) Obliczamy posuw stołu na minutę $v_f=0.25 \times 16 \times 200=800$ mm/min
 Obliczamy całkowity skok stołu. $L=300+200=500$ mm
 Podstawiamy ten wynik do wzoru.

$$T_c = \frac{500}{800} = 0.625 \text{ (min)}$$

$0.625 \times 60 = 37.5$ s. Odpowiedź: czas obróbki wynosi 37.5 s

ZAPOTRZEBOWANIE MOCY (Pc)

$$P_c = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f \cdot K_c}{60 \times 10^6 \cdot \eta}$$

P_c (kW) : Zapotrzebowanie mocy
a_e (mm) : Szerokość skrawania
K_c (MPa) : Opór właściwy skrawania
a_p (mm) : Głębokość skrawania
v_f (mm/min) : Posuw stołu na minutę.
η : (Współczynnik sprawności)

(Zadanie) Jakie jest zapotrzebowanie mocy podczas frezowania stali narzędziowej z prędkością skrawania wynoszącą 80m/min, przy głębokości skrawania 2mm, szerokości skrawania 80mm i posuwie stołu 280 mm/min frezem o średnicy ϕ 250, posiadającym 12 płytek. (Współczynnik sprawności obrabiarki 80%).

(Odpowiedź) Najpierw obliczamy obroty wrzeciona, aby wyliczyć posuw na ząb.

$$n = \frac{1000 v_c}{\pi D_1} = \frac{1000 \times 80}{3.14 \times 250} = 101.91 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{Posuw na ząb } f_z = \frac{v_f}{z \times n} = \frac{280}{12 \times 101.9} = 0.228 \text{ mm/ząb}$$

Podstawiamy opór właściwy skrawania do wzoru.

$$P_c = \frac{2 \times 80 \times 280 \times 1800}{60 \times 10^6 \times 0.8} = 1.68 \text{ kW}$$

K_c

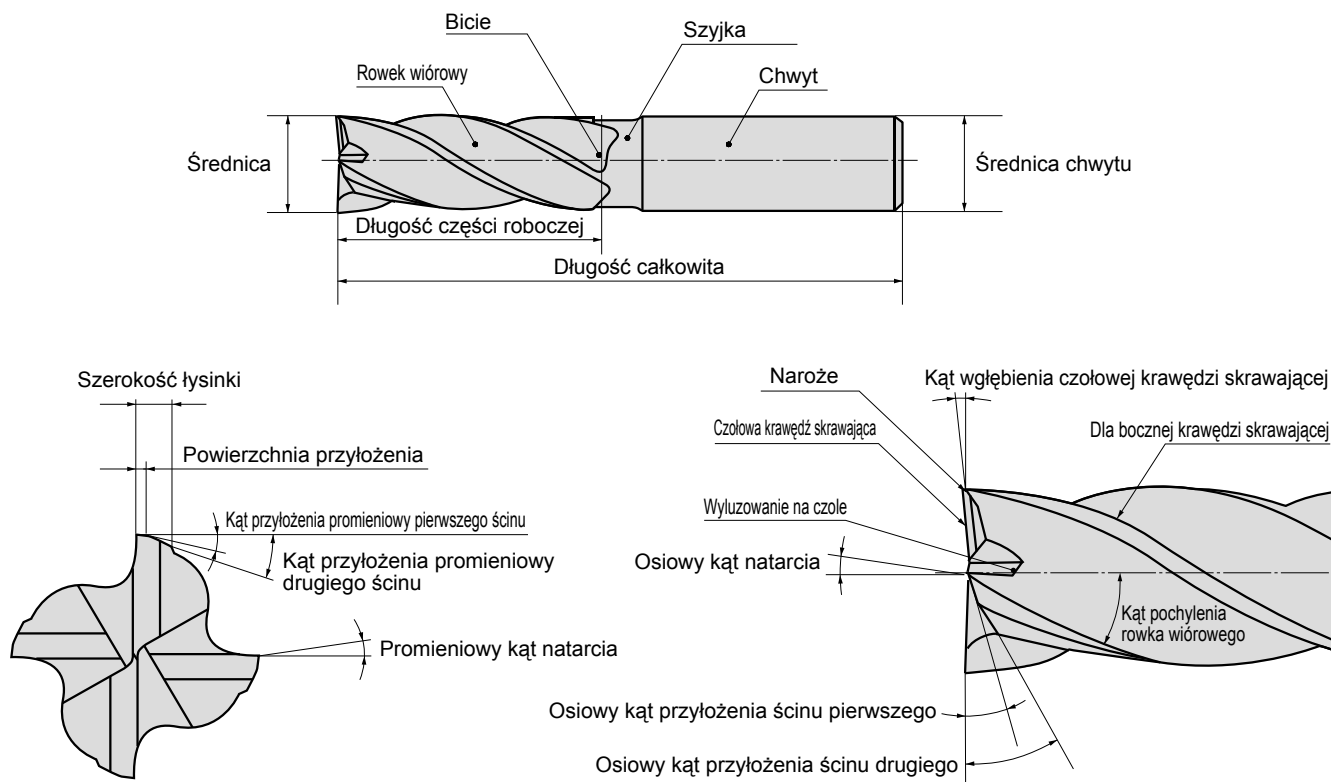
Materiał przedmiotu obrabianego	Wytrzymałość na rozciąganie (MPa) i twardość	Opór właściwy skrawania K _c (MPa)				
		0.1mm/ząb	0.2mm/ząb	0.3mm/ząb	0.4mm/ząb	0.6mm/ząb
Stal konstrukcyjna	520	2200	1950	1820	1700	1580
Stal stopowa	620	1980	1800	1730	1600	1570
Stal hartowana	720	2520	2200	2040	1850	1740
Stal narzędziowa	670	1980	1800	1730	1700	1600
Stal narzędziowa	770	2030	1800	1750	1700	1580
Stal chromowo-manganowa	770	2300	2000	1880	1750	1660
Stal chromowo-manganowa	630	2750	2300	2060	1800	1780
Stal chromowo-molibdenowa	730	2540	2250	2140	2000	1800
Stal chromowo-molibdenowa	600	2180	2000	1860	1800	1670
Stal chromowo-molibdenowo-niklowa	940	2000	1800	1680	1600	1500
Stal chromowo-molibdenowo-niklowa	352HB	2100	1900	1760	1700	1530
Żeliwo	520	2800	2500	2320	2200	2040
Żeliwo sferoidalne (GGG)	46HRC	3000	2700	2500	2400	2200
Żeliwo perlityczne ("meehanite")	360	2180	2000	1750	1600	1470
Żeliwo szare	200HB	1750	1400	1240	1050	970
Mosiądz	500	1150	950	800	700	630
Stopy lekkie (Al-Mg)	160	580	480	400	350	320
Stopy lekkie (Al-Si)	200	700	600	490	450	390

ELIMINOWANIE PROBLEMÓW (FREZY PALCOWE)

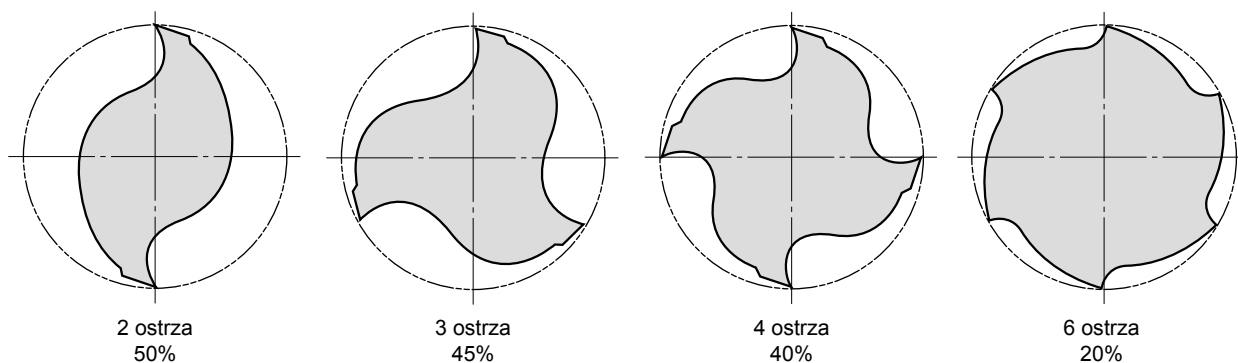
<div><div>Zalecenie</div><div>Przyczyny</div><div>Zadanie</div></div>			Dobór materiału płytki	Parametry skrawania										Kształt i konstrukcja narzędzia					Obrabiarka, zamocowanie narzędzia							
			Narzędzie powlekane	Prędkość skrawania		Posuw	Głębokość skrawania	Posuw głębiny narzędzia ↙ Zwiększyć	Frezowanie współbieżne	Zastosować nadmuch powietrza	Chłodziwo			Kąt pochylenia rowka wiórowego	Liczba płytek	Kąt wkleśnięcia czołowej krawędzi skrawającej	Średnica freza	Sztywność freza	Powiększyć kieszenie wiórowe	Skrócić wysięg narzędzia	Zwiększyć dokładność montażu narzędzia	Zastosować dokładniejszy uchwyt	Przeład i wymiana tulei zaciskowej	Zwiększyć siłę zamocowania uchwyty samocentrującego	Zwiększyć sztywność zamocowania przedmiotu obrabianego	
				Zwiększyć ↗ Zmniejszyć ↘	Zwiększyć ↗						Zmniejszyć ↘	Zwiększyć ilość chłodziwa	Nie używać chłodziwa wodorozcieńczalnego													Ustalić, czy stosować obróbkę na sucho, czy na mokro
Zmniejszenie żywotności narzędzia	Duże zużycie pomocniczej krawędzi skrawającej	Zastosowano frez niepokrywany	●																							
		Za małą liczbą krawędzi skrawających													↗											
		Nieodpowiednie parametry skrawania		↙							●															
		Zastosowano frezowanie przeciwbieżne						Frezowanie współbieżne																		
	Duże wykruszenia	Nieodpowiednie parametry skrawania																●								
		Krucha krawędź skrawająca																								
		Za małą siłę mocowania																				●	●			
	Złamanie freza podczas obróbki	Niska sztywność zamocowania																		●	●	●	●	●	●	●
		Nieodpowiednie parametry skrawania					↙																			
		Za małą sztywność freza															↗		●					●		
		Za duży wysięg freza																●		●						
		Zakleszczanie się wióra									●								●							
Złe wykończenie powierzchni	Drgania podczas obróbki	Nieodpowiednie parametry skrawania			↙	↙																				
		Za małą sztywność freza											↗	↗			↗	●								
		Niska sztywność zamocowania																		●	●	●	●	●	●	
	Nieodpowiednia gładkość powierzchni bocznej	Duże zużycie krawędzi skrawającej	●																							
		Nieodpowiednie parametry skrawania			↙		↙																			
		Gromadzenie się wióra.							●	●	●	Na mokro														
	Nieodpowiednia gładkość powierzchni czołowych	Pomocnicza krawędź skrawająca nie jest wkleśta				↙	↙									↗										
		Za duży posuw względny															●									
	Nieprostokadłość	Duże zużycie krawędzi skrawającej	●																							
		Nieodpowiednie parametry skrawania				↙	↙																			
		Za niska sztywność freza												↗	↗		↗	●								
Nieodpowiednia dokładność wymiarowa	Nieodpowiednie parametry skrawania			↙	↙	↙																				
	Niska sztywność zamocowania																		●	●	●	●	●	●		
Tworzenie się zadziórów, wykruszeń, itp.	Zadziory i wykruszenia	Nieodpowiednie parametry skrawania				↙	↙																			
	Za duży kąt pochylenia rowka wiórowego												↙													
Szybkie tworzenie się zadziórów		Tworzenie się kraterów	●																							
		Nieodpowiednie parametry skrawania			↙	↗																				
Zła odprawa wióra	Gromadzenie się wióra.	Za duża wydajność skrawania					↙	↙																		
		Brak rowka wiórowego														↙			●							

BUDOWA I DANE TECHNICZNE FREZÓW PALCOWYCH

NOMENKLATURA



PORÓWNANIE KSZTAŁTÓW PRZEKROJÓW POPRZECZNYCH ROWKÓW WIÓROWYCH



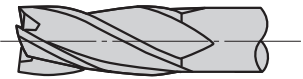
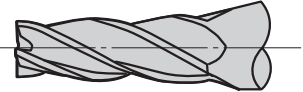
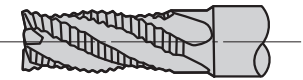
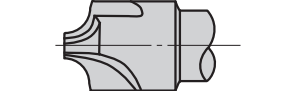
CHARAKTERYSTYKA I ZASTOSOWANIE FREZÓW PALCOWYCH O RÓŻNEJ LICZBIE OSTRZY

	2 ostrza	3 ostrza	4 ostrza	6 ostrzy
Właściwości	Zalety	Doskonale odprowadzanie wióra. Łatwość wiercenia.	Doskonale odprowadzanie wióra. Zalecane do frezowania wykrojów.	Wysoka sztywność Najwyższa trwałość krawędzi skrawającej.
	Wady	Mała sztywność	Trudność pomiaru średnicy.	Słabe odprowadzanie wióra.
Zastosowanie	Frezowanie rowków, frezowanie walcowo-czołowe, frezowanie wykrojów. Szeroki zakres zastosowań.	Frezowanie rowków, frezowanie walcowo-czołowe Obróbka ciężka, wykańczająca	Frezowanie płytkich rowków, frezowanie walcowo-czołowe Obróbka wykańczająca	Materiał o wysokiej twardości, frezowanie płytkich rowków, frezowanie walcowo-czołowe





BUDOWA I DANE TECHNICZNE FREZÓW PALCOWYCH

TYPY I GEOMETRIE


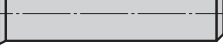
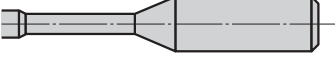

(1) Dla bocznej krawędzi skrawającej

Typ	Kształt oprawki	Właściwości
Frez palcowy zwykły		Frez o zwykłej geometrii rowka, pokazany na rysunku jest najczęściej stosowany do frezowania walcowo-czołowego zgrubnego i wykańczającego, frezowania rowków i odsadzeń.
Frez stożkowy		Frezy o stożkowej geometrii stosuje się do specjalnych celów, np. skośnych powierzchni form oraz obróbki powierzchni skośnych po frezowaniu konwencjonalnym frezem walcowym.
Frez do obróbki zgrubnej		Frezy do obróbki zgrubnej mają krawędź skrawającą o kształcie falistym, z łamaczem wióra. Poza tym opory skrawania są niskie, co umożliwia stosowanie dużych posuwów podczas obróbki zgrubnej. Wewnętrzna powierzchnia rowka wiórowego umożliwia ostrzenie freza.
Frez do zaokrąglania krawędzi		Widoczna na rysunku specjalna geometria freza służy do zaokrąglania krawędzi przedmiotu obrabianego. Frez o takim kształcie może być stosowany do obróbki przedmiotów o różnorodnej geometrii.

(2) Czołowa krawędź skrawająca

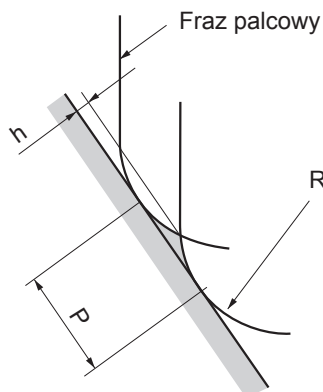
Typ	Kształt oprawki	Właściwości
Płaskie czoło (bez ostrza do osi)		Zwykle stosowany do frezowania walcowo-czołowego, frezowania rowków i odsadzeń. Frezowanie osiowo-wgłębne jest niemożliwe ze względu na to, że wybranie centralne służy do dokładnego szlifowania i ostrzenia freza.
Płaskie czoło (z ostrzem do osi)		Zwykle stosowany do frezowania walcowo-czołowego, frezowania rowków i odsadzeń. Możliwe frezowanie osiowo-wgłębne, przy czym większą wydajność osiąga się stosując frezy o mniejszej liczbie ostrzy. Możliwość ostrzenia powierzchni przyłożenia.
Czoło kuliste		Geometria całkowicie dostosowana do frezowania powierzchni kształtowych. Przy wierzchołku rowek wiórowy jest bardzo mały, co powoduje złe odprowadzanie wióra.
Czoło z promieniem naroża		Stosowany do profilowania i frezowania promieni naroży. Frez palcowy o dużej średnicy i małym promieniu naroża może być wykorzystany do wysoko wydajnego frezowania z posuwem wgłębny skokowym.

(3) Rodzaje chwytów i szyjek

Typ	Kształt oprawki	Właściwości
Standardowy (z chwytem walcowym)		Typ najczęściej stosowany.
Długi chwyt		Długi chwyt do frezowania głębokich wgłębień i odsadzeń.
Długa szyjka		Frezy z długą szyjką stosuje się do frezowania głębokich rowków oraz do wytaczania.
Szyjka stożkowa		Frezy z długą, stożkową szyjką stosuje się najczęściej do frezowania głębokich rowków i skośnych powierzchni form.

WYBÓR ODPOWIEDNIEGO SKOKU POSUWU WGLĘBNEGO

FREZOWANIE Z POSUWEM WGLĘBNYM SKOKOWYM (KONTUROWANIE) FREZAMI PALCOWYMI KULISTYMI I FREZAMI PALCOWYMI Z ZAOKRĄGLONYM NAROŻEM



$$h = R \cdot \left[1 - \cos \left\{ \sin^{-1} \left(\frac{P}{2R} \right) \right\} \right]$$

R : Promień końcówki kulistej, promień naroża

P : Posuw wglębny narzędzia

h : Wysokość wierzchołka

PROMIEN NAROŻA FREZA PALCOWEGO I POSUW WGLĘBNY DLA DANEJ WYSOKOŚCI WIERZCHOŁKA

Jednostka : mm

R \ P	Skok posuwu wglębnego (P)									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.5	0.003	0.010	0.023	0.042	0.067	0.100	—	—	—	—
1	0.001	0.005	0.011	0.020	0.032	0.046	0.063	0.083	0.107	—
1.5	0.001	0.003	0.008	0.013	0.021	0.030	0.041	0.054	0.069	0.086
2	0.001	0.003	0.006	0.010	0.016	0.023	0.031	0.040	0.051	0.064
2.5	0.001	0.002	0.005	0.008	0.013	0.018	0.025	0.032	0.041	0.051
3		0.002	0.004	0.007	0.010	0.015	0.020	0.027	0.034	0.042
4		0.001	0.003	0.005	0.008	0.011	0.015	0.020	0.025	0.031
5		0.001	0.002	0.004	0.006	0.009	0.012	0.016	0.020	0.025
6		0.001	0.002	0.003	0.005	0.008	0.010	0.013	0.017	0.021
8			0.001	0.003	0.004	0.006	0.008	0.010	0.013	0.016
10			0.001	0.002	0.003	0.005	0.006	0.008	0.010	0.013
12.5			0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.008	0.010

R \ P	Skok posuwu wglębnego (P)									
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.5	0.104	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0.077	0.092	0.109	—	—	—	—	—	—	—
2.5	0.061	0.073	0.086	0.100	—	—	—	—	—	—
3	0.051	0.061	0.071	0.083	0.095	0.109	—	—	—	—
4	0.038	0.045	0.053	0.062	0.071	0.081	0.091	0.103	—	—
5	0.030	0.036	0.042	0.049	0.057	0.064	0.073	0.082	0.091	0.101
6	0.025	0.030	0.035	0.041	0.047	0.054	0.061	0.068	0.076	0.084
8	0.019	0.023	0.026	0.031	0.035	0.040	0.045	0.051	0.057	0.063
10	0.015	0.018	0.021	0.025	0.028	0.032	0.036	0.041	0.045	0.050
12.5	0.012	0.014	0.017	0.020	0.023	0.026	0.029	0.032	0.036	0.040

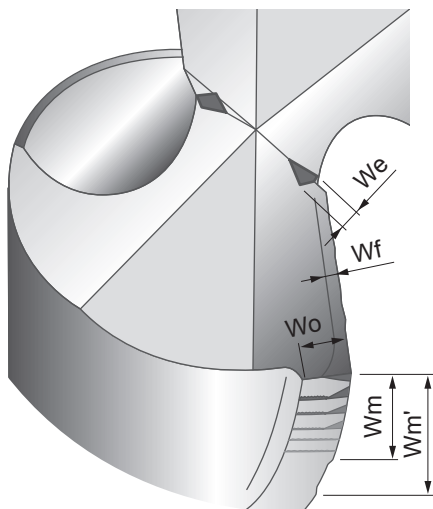
ELIMINOWANIE PROBLEMÓW (WIERCENIE)

<div><div>Zalecenie</div><div>Przyczyny</div><div>Zadanie</div></div>			Parametry skrawania										Kształt i konstrukcja narzędzia						Obrabiarka, zamocowanie narzędzia					
			Prędkość skrawania	Posuw	Obniżyć posuw na początku obróbki	Obniżyć posuw w momencie wyjścia z materiału	Posuw stopniowy	Zwiększyć dokładność i głębokość otworu wstępnego	Chłodziwo			Szerokość ścina	Szerokość zaszlifowania	Grubość rdzenia wiertła	Skrócić rowek wiórowy	Zmniejszyć wysokość głównej krawędzi skrawającej wiertła	Użyć wiertła z chłodzeniem wewnętrznym	Użyć wiertła z korekcją ścina typu X	Zwiększyć dokładność montażu narzędzia	Skrócić wysięg narzędzia	Płaska powierzchnia przedmiotu obrabianego	Zwiększyć sztywność zamocowania przedmiotu obrabianego	Zmniejszyć luz w obrabiarce i zwiększyć sztywność	
									Zwiększyć zawartość oleju w chłodziwie	Zwiększyć wydatek chłodziwa	Zwiększyć ciśnienie chłodziwa													
																								Zwiększyć ↗
Zmniejszenie żywotności narzędzia	Złamanie wiertła	Za niska sztywność wiertła												↗	●									
		Nieodpowiednie parametry skrawania		● ↘																				
		Duże ugięcie oprawki wiertła																	●			●		
		Pochyła powierzchnia czołowa przedmiotu obrabianego																		●				
	Duże zużycie pomocniczej krawędzi skrawającej oraz wzdłuż łysinki	Nieodpowiednie parametry skrawania	● ↘																					
		Wzrost temperatury na ostrzu wiertła							●	●						●								
		Niska dokładność pod względem bicia																	●					
	Wykruszenia na pomocniczej krawędzi skrawającej	Nieodpowiednie parametry skrawania		● ↘			●																	
		Duże ugięcie oprawki wiertła																				●		
	Wykruszenia na ścinie	drżanie, wibracje											● ↘							●		●	●	
Za duża szerokość ścina											● ↘													
Zmniejszenie dokładności otworu	Otwór nadwymiarowy (rozbity)	Złe wprowadzenie			●																			
		Karbowania, drgania										● ↘							●		●	●		
	Za małą średnicę otworu	Za niska sztywność wiertła												↗	●	●								
		Nieodpowiednia geometria wiertła														●								
		Wzrost temperatury na ostrzu wiertła							●	●						●								
	Otwór nieprostoliniowy	Nieodpowiednie parametry skrawania	● ↘																					
		Nieodpowiednia geometria wiertła														●								
		Za niska sztywność wiertła													↗	●	●					●		
	Niezachowanie tolerancji pozycjonowania otworu, błąd okrągłości i gładkości powierzchni otworu	Duże ugięcie oprawki wiertła																	●					
		Niedostateczna jakość otworu wstępnego						●																
Za niska sztywność wiertła														↗	●	●								
Tworzenie się zadziorów	Zadziory przy wylocie otworu	Złe wprowadzenie															●							
		Nieodpowiednie parametry skrawania													● ↘							●		
	Długi wiór	Nieodpowiednia geometria wiertła																						
		Nieodpowiednie parametry skrawania		● ↗				●																
	Zakleszczanie się wióra	Złe odprowadzanie wióra																						
		Nieodpowiednie parametry skrawania	● ↘	● ↘				●							↗	●		●						
		Złe odprowadzanie wióra								●	●													
		Nieodpowiednie parametry skrawania																						

ZUŻYCIE WIERTŁA I USZKODZENIE KRAWĘDZI SKRAWAJĄCEJ

STAN ZUŻYCIA WIERTŁA

Poniższy rysunek przedstawia sposób zużywania się krawędzi skrawającej wiertła. Sposób powstawania i wielkość zużycia zależy od materiału przedmiotu obrabianego i warunków skrawania. Generalnie jednak zużycie pomocniczej krawędzi skrawającej jest największe i decyduje o żywotności wiertła. Podczas ostrzenia zużycie na powierzchni przyłożenia przy wierzchołku powinno być całkowicie zeszlifowane. Im większe zużycie, tym więcej materiału należy zeszlifować w celu naostrzenia krawędzi skrawającej.



We : Szerokość zużycia ścina

Wf : Zużycie ściernie na powierzchni przyłożenia (W środku krawędzi skrawającej)

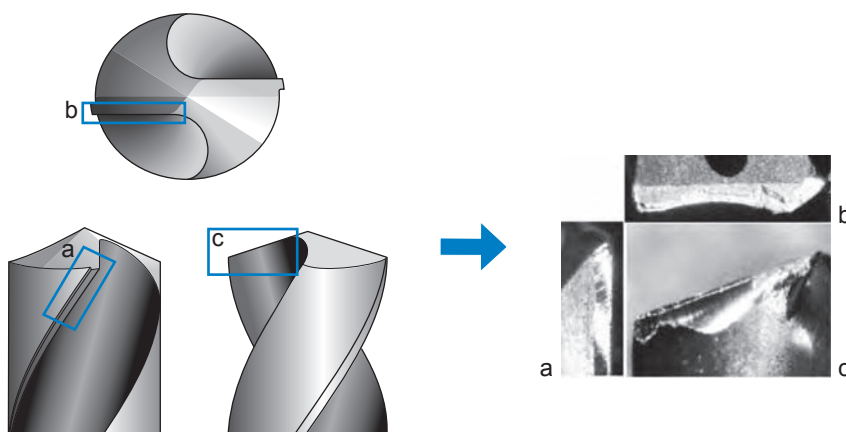
Wo : Szerokość zużycia naroża zewnętrznego

Wm : Szerokość zużycia łysinki prowadzącej

Wm' : Szerokość zużycia łysinki prowadzącej (Krawędź natarcia)

USZKODZENIE KRAWĘDZI SKRAWAJĄCEJ

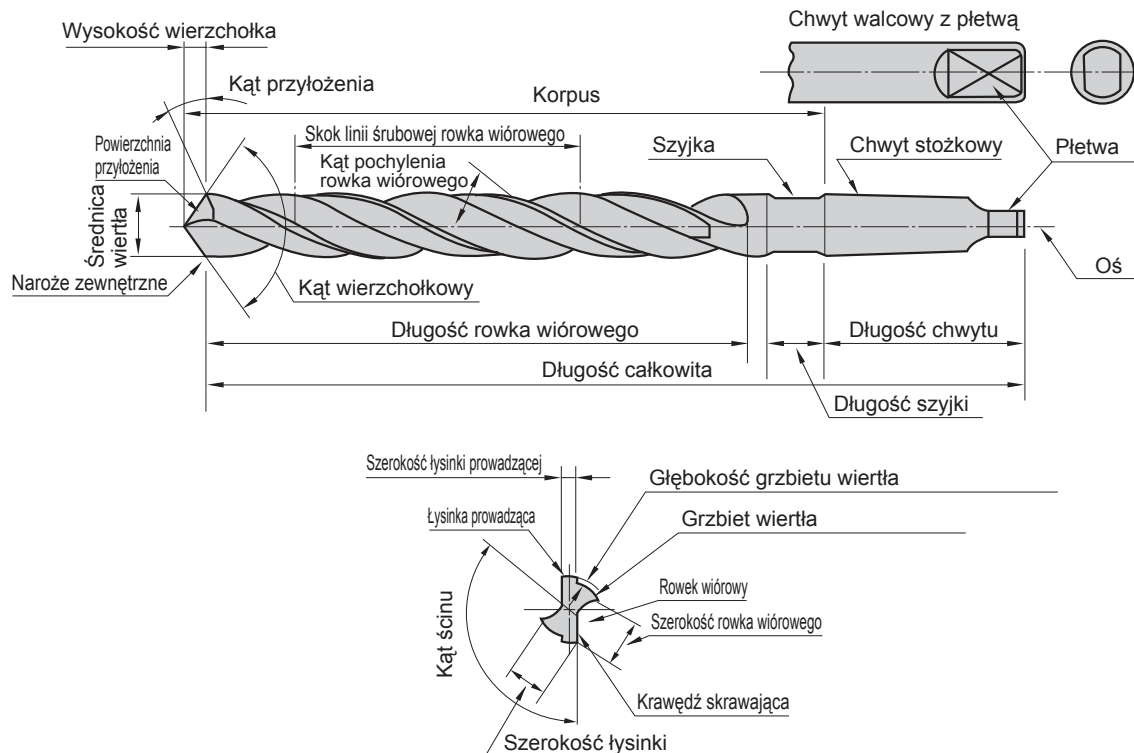
Podczas wiercenia na krawędzi skrawającej mogą powstać wykruszenia, pęknięcia i inne nietypowe uszkodzenia. W takich przypadkach istotne jest dokładniejsze zbadanie uszkodzenia, znalezienie przyczyny i podjęcie środków zaradczych.



Uszkodzenia krawędzi skrawającej

BUDOWA I DANE TECHNICZNE WIERTEŁ

NOMENKLATURA



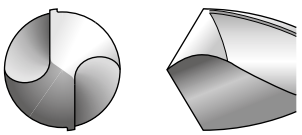
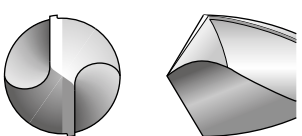
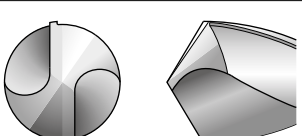
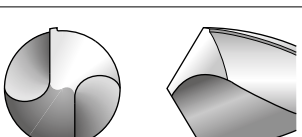
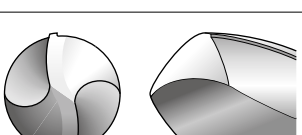
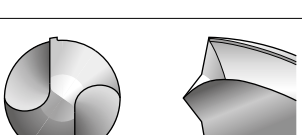
PARAMETRY KSZTAŁTU A SKRAWNOŚĆ

Kąt pochylenia rowka wiórowego	To kąt pochylenia linii śrubowej rowka wiórowego względem osi wiertła, od którego zależy kąt natarcia wiertła. Kąt natarcia wiertła zmienia się w zależności od położenia krawędzi skrawającej i zmniejsza się znacznie w miarę przechodzenia od brzegu w kierunku osi wiertła. Materiały o dużej twardości Mała ◀ Kąt natarcia ▶ Duża Materiały miękkie (Aluminium, itd.)
Długość rowka wiórowego	Zależy od głębokości otworu, długości tulejki i nadkładu na ostrzenie. Ponieważ ma on duży wpływ na żywotność narzędzia, powinien być jak najkrótszy.
Kąt wierzchołkowy	Zwykle kąt wierzchołkowy wynosi 118°. Inny kąt w zależności od zastosowania. Materiał miękki o dobrej obrabialności Mała ◀ Kąt wierzchołkowy ▶ Duża Dla materiałów twardych i dużej wydajności obróbki
Grubość rdzenia	Jest to ważny parametr, który determinuje sztywność i skuteczność łamania wióra przez wiertło. Grubość rdzenia zależy od zastosowania wiertła. <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <p>Niskie opory skrawania Mała sztywność Dobra skuteczność łamania wióra Materiał o dobrej skrawalności</p> </div> <div style="margin-right: 10px;"> <p>Cienka ◀ Grubość rdzenia ▶ Duża</p> </div> <div> <p>Wysokie opory skrawania Wysoka sztywność Niska skuteczność łamania wióra Materiał o dużej twardości, wiercenie otworów krzyżujących się, itd.</p> </div> </div>
Łysinka prowadząca	Określa średnicę wiertła i służy do prowadzenia wiertła podczas wiercenia. Szerokość łysinki prowadzącej zależy od tarcia występującego w wierconym otworze. Złe prowadzenie wiertła Mała ◀ Szerokość łysinki prowadzącej ▶ Duża Dobre prowadzenie wiertła
Zbieżność średnicy w kierunku chwytu	Celem zmniejszenia tarcia o wewnętrzną powierzchnię wierconego otworu, część rowka wiórowego od wierzchołka do chwytu ma niewielką zbieżność w kierunku chwytu. Zbieżność ta polega na zmniejszeniu średnicy wzdłuż rowka wiórowego i wynosi około 0.04–0.1mm. Jest ona większa dla wiertel szybkoobrotowych i w przypadku materiałów obrabianych, w których wiercony otwór może się zatykać wiórami.

GEOMETRIA KRAWĘDZI SKRAWAJACEJ I JEJ WPLYW NA OBRÓBKĘ

Jak pokazano w poniższej tabeli, istnieje możliwość wyboru najbardziej odpowiedniej geometrii krawędzi skrawającej do różnych zastosowań. Prawidłowy wybór geometrii krawędzi skrawającej skutkuje większą wydajnością obróbki i wyższą dokładnością otworu.

Kształty Krawędzi Skrawających

Typ zaszlifowania	Kształt	Opis i efekt	Zastosowanie
Stożkowe		<ul style="list-style-type: none"> Powierzchnia przyłożenia ma kształt stożkowy a kąt przyłożenia wzrasta w kierunku osi wiertła. 	<ul style="list-style-type: none"> Zastosowanie uniwersalne
Płaskie		<ul style="list-style-type: none"> Powierzchnia przyłożenia jest płaska. Łatwe ostrzenie. 	<ul style="list-style-type: none"> Głównie do wiertel o małej średnicy.
Trójstopniowe		<ul style="list-style-type: none"> Ponieważ wiertło nie posiada ścina, wysoka jest siła dośrodkowa i otwór jest nieznacznie nadwymiarowy. Do ostrzenia wymagana jest specjalna szlifierka. Szlifowanie powierzchni z trzech stron. 	<ul style="list-style-type: none"> Do operacji wiercenia wymagających wysokiej dokładności otworu i pozycjonowania.
Spiralne		<ul style="list-style-type: none"> Kąt przyłożenia wzrasta w kierunku osi wiertła, połączenie zaszlifowania stożkowego ze zmiennym kątem pochylenia rowka wiórowego. Ścin wiertła typu S, duża siła dośrodkowa i wysoka dokładność obróbki. 	<ul style="list-style-type: none"> Do wiercenia z wysoką dokładnością.
Promieniowe		<ul style="list-style-type: none"> Krawędź skrawająca jest szlifowana promieniowo, celem uzyskania lepszego rozkładu obciążeń. Wysoka dokładność obróbki i gładkość powierzchni po obróbce. Do otworów przelotowych, małe zadziory przy wylocie otworu. Do ostrzenia wymagana jest specjalna szlifierka. 	<ul style="list-style-type: none"> Żeliwo, Stopy aluminium Płyty żeliwne. Stal
Z ostrzem centrującym		<ul style="list-style-type: none"> Ten kształt charakteryzuje się podwójnym kątem wierzchołkowym, co zapewnia lepszą współosiowość oraz zmniejszenie obciążeń uderzeniowych przy wychodzeniu z przedmiotu obrabianego. 	<ul style="list-style-type: none"> Wiercenie cienkich blach.


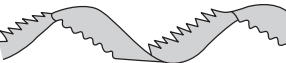


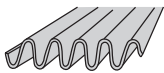

KOREKCJA ŚCINA

Kąt natarcia krawędzi skrawającej zmniejsza się w kierunku osi i zmienia się na ujemny przy ścinie wiertła. Podczas wiercenia środek wiertła wciną się w materiał i tu wytwarza się 50–70% oporów skrawania. Korekcja ścina to bardzo skuteczna metoda zmniejszenia oporów skrawania wiertła, szybkiego usuwania wióra spod ścina i lepszego wcinania się wiertła na początku wiercenia.

Kształt	Typ X	Typ XR	Typ S	Typ N
Opis	Znaczne obniżenie się posuwowej siły skrawania i skuteczności wcinania. Ten typ kształtu jest skuteczny wtedy, gdy rdzeń wiertła jest gruby.	Skuteczność wcinania się wiertła jest nieznacznie niższa niż dla korekty typu X, ale krawędź skrawająca jest twarda i zakres stosowania jest szeroki.	Łatwe skrawanie. Ten kształt jest zwykle stosowany.	Skuteczne wtedy, gdy rdzeń wiertła jest stosunkowo gruby.
Główne obszary zastosowania	Wiercenie ogólne i wiercenie głębokich otworów.	Długa żywotność. Wiercenie ogólne i wiercenie w stali nierdzewnej.	Wiercenie ogólne w stali, żeliwie i metalach nieżelaznych.	Wiercenie głębokich otworów.

BUDOWA I DANE TECHNICZNE WIERTEŁ

WIÓR POWSTAJĄCY PODCZAS WIERCENIA

Typy wióra	Kształt oprawki	Cechy i łamliwość wióra
Stożkowy, spiralny		Wiór spiralny, skręcany w rowku wiórowym. Wiór tego typu powstaje podczas wiercenia w materiale ciągliwym z małym posuwem. Jeśli wiór łamie się po kilku skrętach, skuteczność łamania jest dostateczna.
Długi, wstęgowy		Długi, wstęgowy wiór powstaje podczas obróbki bez chłodzenia i łatwo owija się wokół wiertła.
Pojedynczy skręt		Jest to wiór łamiący się w rowku wiórowym i na ściankach wierconego otworu. Powstaje wtedy, gdy posuw jest duży.
Segmentowy		Wiór stożkowy, spiralny, łamany bezpośrednio przed powstaniem wióra wstęgowego na ścianie wierconego otworu, wskutek zbyt małej ciągliwości materiału. Doskonały spływ i odprowadzanie wióra.
Zygzakowy		Wiór, który wygina się tworząc harmonijkę z powodu kształtu rowka wiórowego i własności materiału. Łatwo następuje gromadzenie się wióra w rowku wiórowym.
Igielkowy		Wiór łamiący się wskutek drgań lub zwijania materiału kruchego z małym promieniem. Łamliwość jest zadowalająca, ale wiór może się ubijać.

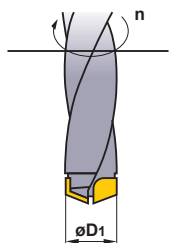
OBLICZANIE PARAMETRÓW WIERCENIA

PRĘDKOŚĆ SKRAWANIA (v_c)

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} \text{ (m/min)}$$

v_c (m/min) : Prędkość skrawania D_1 (mm) : Średnica wiertła
 π (3.14) : Pi n (min⁻¹) : Prędkość obrotowa wrzeciona głównego

*Przeliczenie jednostek miary (z mm na m)



(Zadanie) Ile wynosi prędkość skrawania, gdy prędkość obrotowa wrzeciona $n = 1350 \text{ min}^{-1}$ a średnica zewnętrzna wynosi 12mm ?

(Odpowiedź) Podstawiamy do wzoru $\pi = 3.14$, $D_1 = 12$, $n = 1350$

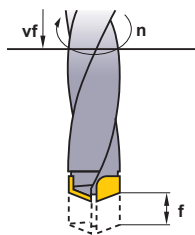
$$v_c = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \times 12 \times 1350}{1000} = 50.9 \text{ m/min}$$

Prędkość skrawania wynosi 50.9m/min.

POSUW WRZECIONA (v_f)

$$v_f = f \cdot n \text{ (mm/min)}$$

v_f (mm/min) : Posuw wrzeciona głównego (oś Z)
 f (mm/obr.) : Posuw na obrót
 n (min⁻¹) : Prędkość obrotowa wrzeciona głównego



(Zadanie) Jaki jest posuw wrzeciona (v_f), gdy posuw na obrót wynosi 0.2mm/obr. a prędkość obrotowa wrzeciona wynosi 1350min⁻¹ ?

(Odpowiedź) Podstawiamy do wzoru $f = 0.2$, $n = 1350$

$$v_f = f \cdot n = 0.2 \times 1350 = 270 \text{ mm/min}$$

Posuw wrzeciona wynosi 270mm/min.

CZAS WIERCENIA (T_c)

$$T_c = \frac{l_d \cdot i}{n \cdot f}$$

T_c (min) : Czas wiercenia
 n (min⁻¹) : Prędkość obrotowa wrzeciona
 l_d (mm) : Głębokość otworu
 f (mm/obr.) : Posuw na obrót
 i : Liczba otworów

(Zadanie) Jaki jest czas potrzebny na wywiercenie otworu o głębokości 30 mm w stali stopowej z prędkością 50 m/min, gdy posuw wynosi 0.15 mm/obr. ?

(Odpowiedź) Prędkość obrotowa wrzeciona $n = \frac{50 \times 1000}{15 \times 3.14} = 1061.57 \text{ min}^{-1}$

$$T_c = \frac{30 \times 1}{1061.57 \times 0.15} = 0.188$$
$$= 0.188 \times 60 \approx 11.3 \text{ s}$$

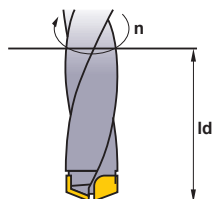


TABELA PORÓWNAWCZA MATERIAŁÓW (METALE)

STAL WĘGLOWA

Niemcy		Wielka Brytania		Francja	Włochy	Hiszpania	Szwecja	Japonia	USA	Chiny
W.-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	JIS	AISI/SAE	GB
1.0038	RSt.37-2	4360 40 C	–	E 24-2 Ne	–	–	1311	STKM 12A STKM 12C	A570.36	15
1.0401	C15	080M15	–	CC12	C15, C16	F.111	1350	–	1015	15
1.0402	C22	050A20	2C	CC20	C20, C21	F.112	1450	–	1020	20
1.0715	9SMn28	230M07	1A	S250	CF9SMn28	F.2111 11SMn28	1912	SUM22	1213	Y15
1.0718	9SMnPb28	–	–	S250Pb	CF9SMnPb28	11SMnPb28	1914	SUM22L	12L13	–
1.0722	10SPb20	–	–	10PbF2	CF10Pb20	10SPb20	–	–	–	–
1.0736	9SMn36	240M07	1B	S300	CF9SMn36	12SMn35	–	–	1215	Y13
1.0737	9SMnPb36	–	–	S300Pb	CF9SMnPb36	12SMnP35	1926	–	12L14	–
1.1141	Ck15	080M15	32C	XC12	C16	C15K	1370	S15C	1015	15
1.1158	Ck25	–	–	–	–	–	–	S25C	1025	25
1.8900	StE380	4360 55 E	–	–	FeE390KG	–	2145	–	A572-60	–
1.0501	C35	060A35	–	CC35	C35	F.113	1550	–	1035	35
1.0503	C45	080M46	–	CC45	C45	F.114	1650	–	1045	45
1.0726	35S20	212M36	8M	35MF4	–	F210G	1957	–	1140	–
1.1157	40Mn4	150M36	15	35M5	–	–	–	–	1039	40Mn
1.1167	36Mn5	–	–	40M5	–	36Mn5	2120	SMn438(H)	1335	35Mn2
1.1170	28Mn6	150M28	14A	20M5	C28Mn	–	–	SCMn1	1330	30Mn
1.1183	Cf35	060A35	–	XC38TS	C36	–	1572	S35C	1035	35Mn
1.1191	Ck45	080M46	–	XC42	C45	C45K	1672	S45C	1045	Ck45
1.1213	Cf53	060A52	–	XC48TS	C53	–	1674	S50C	1050	50
1.0535	C55	070M55	9	–	C55	–	1655	–	1055	55
1.0601	C60	080A62	43D	CC55	C60	–	–	–	1060	60
1.1203	Ck55	070M55	–	XC55	C50	C55K	–	S55C	1055	55
1.1221	Ck60	080A62	43D	XC60	C60	–	1678	S58C	1060	60Mn
1.1274	Ck101	060A96	–	XC100	–	F.5117	1870	–	1095	–
1.1545	C105W1	BW1A	–	Y105	C36KU	F.5118	1880	SK3	W1	–
1.1545	C105W1	BW2	–	Y120	C120KU	F.515	2900	SUP4	W210	–

STAL STOPOWA

Niemcy		Wielka Brytania		Francja	Włochy	Hiszpania	Szwecja	Japonia	USA	Chiny
W.-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	JIS	AISI/SAE	GB
1.0144	St.44.2	4360 43 C	–	E28-3	–	–	1412	SM400A, SM400B SM400C	A573-81	–
1.0570	St52-3	4360 50 B	–	E36-3	Fe52BFN Fe52CFN	–	2132	SM490A, SM490B SM490C	–	–
1.0841	St52-3	150M19	–	20MC5	Fe52	F.431	2172	–	5120	–
1.0904	55Si7	250A53	45	55S7	55Si8	56Si7	2085	–	9255	55Si2Mn
1.0961	60SiCr7	–	–	60SC7	60SiCr8	60SiCr8	–	–	9262	–
1.3505	100Cr6	534A99	31	100C6	100Cr6	F.131	2258	SUJ2	ASTM 52100	Gr15, 45G
1.5415	15Mo3	1501-240	–	15D3	16Mo3KW	16Mo3	2912	–	ASTM A204Gr.A	–
1.5423	16Mo5	1503-245-420	–	–	16Mo5	16Mo5	–	–	4520	–
1.5622	14Ni6	–	–	16N6	14Ni6	15Ni6	–	–	ASTM A350LF5	–
1.5662	X8Ni9	1501-509-510	–	–	X10Ni9	XBNI09	–	–	ASTM A353	–
1.5710	36NiCr6	640A35	111A	35NC6	–	–	–	SNC236	3135	–
1.5732	14NiCr10	–	–	14NC11	16NiCr11	15NiCr11	–	SNC415(H)	3415	–
1.5752	14NiCr14	655M13	36A	12NC15	–	–	–	SNC815(H)	3415, 3310	–
1.6523	21NiCrMo2	805M20	362	20NCD2	20NiCrMo2	20NiCrMo2	2506	SNCM220(H)	8620	–
1.6546	40NiCrMo22	311-Type 7	–	–	40NiCrMo2(KB)	40NiCrMo2	–	SNCM240	8740	–
1.6587	17CrNiMo6	820A16	–	18NCD6	–	14NiCrMo13	–	–	–	–
1.7015	15Cr3	523M15	–	12C3	–	–	–	SCr415(H)	5015	15Cr

Niemcy		Wielka Brytania		Francja	Włochy	Hiszpania	Szwecja	Japonia	USA	Chiny
W.-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	JIS	AISI/SAE	GB
1.7045	42Cr4	–	–	–	–	42Cr4	2245	SCr440	5140	40Cr
1.7176	55Cr3	527A60	48	55C3	–	–	–	SUP9(A)	5155	20CrMn
1.7262	15CrMo5	–	–	12CD4	–	12CrMo4	2216	SCM415(H)	–	–
1.7335	13CrMo4 4	1501-620Gr27	–	15CD3.5 15CD4.5	14CrMo45	14CrMo45	–	–	ASTM A182 F11, F12	–
1.7380	10CrMo910	1501-622 Gr31, 45	–	12CD9 12CD10	12CrMo9 12CrMo10	TU.H	2218	–	ASTM A182 F.22	–
1.7715	14MoV63	1503-660-440	–	–	–	13MoCrV6	–	–	–	–
1.8523	39CrMoV13 9	897M39	40C	–	36CrMoV12	–	–	–	–	–
1.6511	36CrNiMo4	816M40	110	40NCD3	38NiCrMo4(KB)	35NiCrMo4	–	–	9840	–
1.6582	34CrNiMo6	817M40	24	35NCD6	35NiCrMo6(KB)	–	2541	–	4340	40CrNiMoA
1.7033	34Cr4	530A32	18B	32C4	34Cr4(KB)	35Cr4	–	SCr430(H)	5132	35Cr
1.7035	41Cr4	530M40	18	42C4	41Cr4	42Cr4	–	SCr440(H)	5140	40Cr
1.7131	16MnCr5	(527M20)	–	16MC5	16MnCr5	16MnCr5	2511	–	5115	18CrMn
1.7218	25CrMo4	1717CDS110 708M20	–	25CD4	25CrMo4(KB)	55Cr3	2225	SCM420 SCM430	4130	30CrMn
1.7220	34CrMo4	708A37	19B	35CD4	35CrMo4	34CrMo4	2234	SCM432 SCCRM3	4137 4135	35CrMo
1.7223	41CrMo4	708M40	19A	42CD4TS	41CrMo4	42CrMo4	2244	SCM 440	4140 4142	40CrMoA
1.7225	42CrMo4	708M40	19A	42CD4	42CrMo4	42CrMo4	2244	SCM440(H)	4140	42CrMo 42CrMnMo
1.7361	32CrMo12	722M24	40B	30CD12	32CrMo12	F.124.A	2240	–	–	–
1.8159	50CrV4	735A50	47	50CV4	50CrV4	51CrV4	2230	SUP10	6150	50CrVA
1.8509	41CrAlMo7	905M39	41B	40CAD6 40CAD2	41CrAlMo7	41CrAlMo7	2940	–	–	–
1.2067	100Cr6	BL3	–	Y100C6	–	100Cr6	–	–	L3	CrV, 9SiCr
1.2419	105WCr6	–	–	105WC13	100WCr6 107WCr5KU	105WCr5	2140	SKS31 SKS2, SKS3	–	CrWMo
1.2713	55NiCrMoV6	BH224/5	–	55NCDV7	–	F.520.S	–	SKT4	L6	5CrNiMo
1.5662	X8Ni9	1501-509	–	–	X10Ni9	XBNI09	–	–	ASTM A353	–
1.5680	12Ni19	–	–	Z18N5	–	–	–	–	2515	–
1.6657	14NiCrMo134	832M13	36C	–	15NiCrMo13	14NiCrMo131	–	–	–	–
1.2080	X210Cr12	BD3	–	Z200C12	X210Cr13KU X250Cr12KU	X210Cr12	–	SKD1	D3 ASTM D3	Cr12
1.2344	X40CrMoV51 X40CrMoV51	BH13	–	Z40CDV5	X35CrMoV05KU X40CrMoV51KU	X40CrMoV5	2242	SKD61	H13 ASTM H13	40CrMoV5
1.2363	X100CrMoV51	BA2	–	Z100CDV5	X100CrMoV51KU	X100CrMoV5	2260	SKD12	A2	100CrMoV5
1.2436	X210CrW12	–	–	–	X215CrW121KU	X210CrW12	2312	SKD2	–	–
1.2542	45WCrV7	BS1	–	–	45WCrV8KU	45WCrSi8	2710	–	S1	–
1.2581	X30WCrV93	BH21	–	Z30WCV9	X28W09KU	X30WCrV9	–	SKD5	H21	30WCrV9
1.2601	X165CrMoV12	–	–	–	X165CrMoV12KU	X160CrMoV12	2310	–	–	–
1.2833	100V1	BW2	–	Y1105V	–	–	–	SKS43	W210	V
1.3255	S 18-1-2-5	BT4	–	Z80WKCV	X78WCo1805KU	HS18-1-1-5	–	SKH3	T4	W18Cr4VCo5
1.3355	S 18-0-1	BT1	–	Z80WCV	X75W18KU	HS18-0-1	–	SKH2	T1	–
1.3401	G-X120Mn12	Z120M12	–	Z120M12	XG120Mn12	X120MN12	–	SCMnH/1	–	–
1.4718	X45CrSi93	401S45	52	Z45CS9	X45CrSi8	F.322	–	SUH1	HW3	X45CrSi93
1.3343	S6-5-2	4959BA2	–	Z40CSD10	15NiCrMo13	–	2715	SUH3	D3	–
1.3343	S6/5/2	BM2	–	Z85WDCV	HS6-5-2-2	F.5603	2722	SKH9, SKH51	M2	–
1.3348	S 2-9-2	–	–	–	HS2-9-2	HS2-9-2	2782	–	M7	–
1.3243	S6/5/2/5	BM35	–	6-5-2-5	HS6-5-2-5	F.5613	2723	SKH55	M35	–

TABELA PORÓWNAWCZA MATERIAŁÓW (METALE)

STAL NIERDZEWNA (FERRYTYCZNO, MARTENZYTYCZNA)

Niemcy		Wielka brytania		Francja	Włochy	Hiszpania	Szwecja	Japonia	USA	Chiny
W.-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	JIS	AISI/SAE	GB
1.4000	X7Cr13	403S17	–	Z6C13	X6Cr13	F.3110	2301	SUS403	403	0Cr13 1Cr12
1.4001	X7Cr14	–	–	–	–	F.8401	–	–	–	–
1.4005	X12CrS13	416S21	–	Z11CF13	X12CrS13	F.3411	2380	SUS416	416	–
1.4006	X10Cr13	410S21	56A	Z10C14	X12Cr13	F.3401	2302	SUS410	410	1Cr13
1.4016	X8Cr17	430S15	60	Z8C17	X8Cr17	F.3113	2320	SUS430	430	1Cr17
1.4027	G-X20Cr14	420C29	56B	Z20C13M	–	–	–	SCS2	–	–
1.4034	X46Cr13	420S45	56D	Z40CM Z38C13M	X40Cr14	F.3405	2304	SUS420J2	–	4Cr13
1.4003	–	405S17	–	Z8CA12	X6CrAl13	–	–	–	405	–
1.4021	–	420S37	–	Z8CA12	X20Cr13	–	2303	–	420	–
1.4057	X22CrNi17	431S29	57	Z15CNi6.02	X16CrNi16	F.3427	2321	SUS431	431	1Cr17Ni2
1.4104	X12CrMoS17	–	–	Z10CF17	X10CrS17	F.3117	2383	SUS430F	430F	Y1Cr17
1.4113	X6CrMo17	434S17	–	Z8CD17.01	X8CrMo17	–	2325	SUS434	434	1Cr17Mo
1.4313	X5CrNi134	425C11	–	Z4CND13.4M	(G)X6CrNi304	–	2385	SCS5	CA6-NM	–
1.4724	X10CrA113	403S17	–	Z10C13	X10CrA112	F.311	–	SUS405	405	0Cr13Al
1.4742	X10CrA118	430S15	60	Z10CAS18	X8Cr17	F.3113	–	SUS430	430	Cr17
1.4747	X80CrNiSi20	443S65	59	Z80CSN20.02	X80CrSiNi20	F.320B	–	SUH4	HNv6	–
1.4762	X10CrA124	–	–	Z10CAS24	X16Cr26	–	2322	SUH446	446	2Cr25N
1.4871	X53CrMnNiN219	349S54	–	Z52CMN21.09	X53CrMnNiN219	–	–	SUH35	EV8	5Cr2Mn9Ni4N
1.4521	X1CrMoTi182	–	–	–	–	–	2326	–	S44400	–
1.4922	X20CrMoV12-1	–	–	–	X20CrMoNi1201	–	2317	–	–	–
1.4542	–	–	–	Z7CNU17-04	–	–	–	–	630	–

STAL NIERDZEWNA (AUSTENITYCZNA)

Niemcy		Wielka brytania		Francja	Włochy	Hiszpania	Szwecja	Japonia	USA	Chiny
W.-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	JIS	AISI/SAE	GB
1.4306	X2CrNi1911	304S11	–	Z2CN18.10	X2CrNi18.11	–	2352	SUS304L	304L	0Cr19Ni10
1.4350	X5CrNi189	304S11	58E	Z6CN18.09	X5CrNi1810	F.3551 F.3541 F.3504	2332	SUS304	304	0Cr18Ni9
1.4305	X12CrNiS188	303S21	58M	Z10CNF18.09	X10CrNiS18.09	F.3508	2346	SUS303	303	1Cr18Ni9MoZr
–	–	304C12	–	Z3CN19.10	–	–	2333	SUS304L	–	–
1.4306	X2CrNi189	304S12	–	Z2CrNi1810	X2CrNi18.11	F.3503	2352	SCS19	304L	–
1.4310	X12CrNi177	–	–	Z12CN17.07	X12CrNi1707	F.3517	2331	SUS301	301	Cr17Ni7
1.4311	X2CrNi1810	304S62	–	Z2CN18.10	–	–	2371	SUS304LN	304LN	–
1.4401	X5CrNiMo1810	316S16	58J	Z6CND17.11	X5CrNiMo1712	F.3543	2347	SUS316	316	0Cr17Ni11Mo2
1.4308	G-X6CrNi189	304C15	–	Z6CN18.10M	–	–	–	SCS13	–	–
1.4408	G-X6CrNiMo1810	316C16	–	–	–	F.8414	–	SCS14	–	–
1.4581	G-X5CrNiMoNb1810	318C17	–	Z4CNDNb1812M	XG8CrNiMo1811	–	–	SCS22	–	–
1.4429	X2CrNiMo1813	–	–	Z2CND17.13	–	–	2375	SUS316LN	316LN	0Cr17Ni13Mo
1.4404	–	316S13	–	Z2CND17.12	X2CrNiMo1712	–	2348	–	316L	–
1.4435	X2CrNiMo1812	316S13	–	Z2CND17.12	X2CrNiMo1712	–	2353	SCS16 SUS316L	316L	0Cr27Ni12Mo3
1.4436	–	316S13	–	Z6CND18-12-03	X8CrNiMo1713	–	2343, 2347	–	316	–
1.4438	X2CrNiMo1816	317S12	–	Z2CND19.15	X2CrNiMo1816	–	2367	SUS317L	317L	00Cr19Ni13Mo
1.4539	X1NiCrMo	–	–	Z6CNT18.10	–	–	2562	–	UNS V 0890A	–
1.4541	X10CrNiTi189	321S12	58B	Z6CNT18.10	X6CrNiTi1811	F.3553 F.3523	2337	SUS321	321	1Cr18Ni9Ti
1.4550	X10CrNiNb189	347S17	58F	Z6CNNb18.10	X6CrNiNb1811	F.3552 F.3524	2338	SUS347	347	1Cr18Ni11Nb
1.4571	X10CrNiMoTi1810	320S17	58J	Z6CNDT17.12	X6CrNiMoTi1712	F.3535	2350	–	316Ti	Cr18Ni12Mo2Ti
1.4583	X10CrNiMoNb1812	–	–	Z6CNDNb1713B	X6CrNiMoNb1713	–	–	–	318	Cr17Ni12Mo3Nb

Niemcy		Wielka brytania		Francja	Włochy	Hiszpania	Szwecja	Japonia	USA	Chiny
W.-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	JIS	AISI/SAE	GB
1.4828	X15CrNiSi2012	309S24	–	Z15CNS20.12	X6CrNi2520	–	–	SUH309	309	1Cr23Ni13
1.4845	X12CrNi2521	310S24	–	Z12CN2520	X6CrNi2520	F.331	2361	SUH310	310S	OCr25Ni20
1.4406	X10CrNi18.08	–	58C	Z1NCDU25.20	–	F.8414	2370	SCS17	308	–
1.4418	X4CrNiMo165	–	–	Z6CND16-04-01	–	–	–	–	–	–
1.4568	–	316S111	–	Z8CNA17-07	X2CrNiMo1712	–	–	–	17-7PH	–
1.4504	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1.4563	–	–	–	Z1NCDU31-27-03 Z1CNDU20-18-06AZ	–	–	2584 2378	–	NO8028 S31254	–
1.4878	X12CrNiTi189	321S32	58B, 58C	Z6CNT18.12B	X6CrNiTi18 11	F.3523	–	SUS321	321	1Cr18Ni9Ti

STALE ŻAROODPORNE

Niemcy		Wielka brytania		Francja	Włochy	Hiszpania	Szwecja	Japonia	USA	Chiny
W.-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	JIS	AISI/SAE	GB
1.4864	X12NiCrSi3616	–	–	Z12NCS35.16	–	–	–	SUH330	330	–
1.4865	G-X40NiCrSi3818	330C11	–	–	XG50NiCr3919	–	–	SCH15	HT, HT 50	–

ŻELIWO SZARE

Niemcy		Wielka brytania		Francja	Włochy	Hiszpania	Szwecja	Japonia	USA	Chiny
W.-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	JIS	AISI/SAE	GB
–	–	–	–	–	–	–	0100	–	–	–
–	GG 10	–	–	Ft 10 D	–	–	0110	FC100	No 20 B	–
0.6015	GG 15	Grade 150	–	Ft 15 D	G15	FG15	0115	FC150	No 25 B	HT150
0.6020	GG 20	Grade 220	–	Ft 20 D	G20	–	0120	FC200	No 30 B	HT200
0.6025	GG 25	Grade 260	–	Ft 25 D	G25	FG25	0125	FC250	No 35 B	HT250
–	–	–	–	–	–	–	–	–	No 40 B	–
0.6030	GG 30	Grade 300	–	Ft 30 D	G30	FG30	0130	FC300	No 45 B	HT300
0.6035	GG 35	Grade 350	–	Ft 35 D	G35	FG35	0135	FC350	No 50 B	HT350
0.6040	GG 40	Grade 400	–	Ft 40 D	–	–	0140	–	No 55 B	HT400
0.6660	GGL NiCr202	L-NiCuCr202	–	L-NC 202	–	–	0523	–	A436 Type 2	–

ŻELIWO SFEROIDALNE (GGG)

Niemcy		Wielka brytania		Francja	Włochy	Hiszpania	Szwecja	Japonia	USA	Chiny
W.-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	JIS	AISI/SAE	GB
0.7040	GGG 40	SNG 420/12	–	FCS 400-12	GS 370-17	FGE 38-17	07 17-02	FCD400	60-40-18	QT400-18
–	GGG 40.3	SNG 370/17	–	FGS 370-17	–	–	07 17-12	–	–	–
0.7033	GGG 35.3	–	–	–	–	–	07 17-15	–	–	–
0.7050	GGG 50	SNG 500/7	–	FGS 500-7	GS 500	FGE 50-7	07 27-02	FCD500	80-55-06	QT500-7
0.7660	GGG NiCr202	Grade S6	–	S-NC202	–	–	07 76	–	A43D2	–
–	GGG NiMn137	L-NiMn 137	–	L-MN 137	–	–	07 72	–	–	–
–	GGG 60	SNG 600/3	–	FGS 600-3	–	–	07 32-03	FCD600	–	QT600-3
0.7070	GGG 70	SNG 700/2	–	FGS 700-2	GS 700-2	FGE 70-2	07 37-01	FCD700	100-70-03	QT700-18

ŻELIWO CIĄGLIWE (GT)

Niemcy		Wielka brytania		Francja	Włochy	Hiszpania	Szwecja	Japonia	USA	Chiny
W.-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	JIS	AISI/SAE	GB
–	–	8 290/6	–	MN 32-8	–	–	08 14	FCMB310	–	–
–	GTS-35	B 340/12	–	MN 35-10	–	–	08 15	FCMW330	32510	–
0.8145	GTS-45	P 440/7	–	Mn 450	GMN45	–	08 52	FCMW370	40010	–
0.8155	GTS-55	P 510/4	–	MP 50-5	GMN55	–	08 54	FCMP490	50005	–
–	GTS-65	P 570/3	–	MP 60-3	–	–	08 58	FCMP540	70003	–
0.8165	GTS-65-02	P 570/3	–	Mn 650-3	GMN 65	–	08 56	FCMP590	A220-70003	–
–	GTS-70-02	P 690/2	–	Mn 700-2	GMN 70	–	08 62	FCMP690	A220-80002	–

CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI

CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI

(Wg normy JIS B 0601-1994)

Typ	Symbol literowy	Sposób oznaczania	Przykład oznaczania (rysunek)
Średnie arytmetyczne odchylenie profilu chropowatości	Ra	Ra oznacza wartość obliczoną z poniższego wzoru i wyrażoną w mikrometrach (μm), w oparciu o wyniki pomiarów profilu chropowatości na długości odcinka elementarnego w kierunku linii średniej. Oś X pokrywa się z kierunkiem linii średniej a oś Y biegnie w kierunku prostopadłym (powiększenia). Krzywa chropowatości jest wyrażona wzorem $y=f(x)$: $Ra = \frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} f(x) dx$	
Maks. wysokość nierówności	Rz	Rmax oznacza się jako odległość pomiędzy linią wzniesień a linią wgłębień profilu chropowatości mierzoną w kierunku prostopadłym do linii średniej w przedziale odcinka elementarnego. Otrzymana wartość jest wyrażona w mikrometrach (μm). (Uwaga) Podczas oznaczania Rmax, jako odcinek elementarny przyjmuje się część profilu niezawierającą wyjątkowo wysokich wzniesień lub wyjątkowo niskich wgłębień (który może być uważany za wadę). $Rz = R_p + R_v$	
Chropowatość według dziesięciu punktów profilu	RzJIS	Rz oznacza się jako średnią arytmetyczną wartości bezwzględnych wysokości pięciu najwyższych wzniesień (Yp) i głębokości pięciu najniższych wgłębień (Yv) profilu chropowatości mierzoną w kierunku prostopadłym do linii średniej, w przedziale odcinka elementarnego, wyrażoną w mikrometrach (μm). $Rz_{JIS} = \frac{(Y_{p1} + Y_{p2} + Y_{p3} + Y_{p4} + Y_{p5}) + (Y_{v1} + Y_{v2} + Y_{v3} + Y_{v4} + Y_{v5})}{5}$	<p>$Y_{p1}, Y_{p2}, Y_{p3}, Y_{p4}, Y_{p5}$: Wysokości pięciu najwyższych wzniesień profilu chropowatości w przedziale odcinka elementarnego o długości l. $Y_{v1}, Y_{v2}, Y_{v3}, Y_{v4}, Y_{v5}$: Wysokości pięciu najniższych wgłębień profilu chropowatości w przedziale odcinka elementarnego l.</p>

ZAŁĘŻNOŚĆ MIĘDZY ŚREDNIM ARYTMETYCZNYM ODCHYLENIEM PROFILU CHROPOWATOŚCI (Ra) A POMIARAMI KONWENCJONALNYMI (DANE PORÓWNAWCZE)

Średnie arytmetyczne odchylenie profilu chropowatości Ra		Maksymalna wysokość nierówności Rz	Chropowatość według dziesięciu punktów profilu RzJIS	Odcinek elementarny dla pomiarów Rz • RzJIS l (mm)	Oznakowanie chropowatości
Szereg znormalizowany	Wartość granicznej długości fali filtru chropowatości "Cut-off" λ c (mm)	Szereg znormalizowany			
0.012 a	0.08	0.05s	0.05z	0.08	▽▽▽▽
0.025 a	0.25	0.1 s	0.1 z	0.25	
0.05 a		0.2 s	0.2 z		
0.1 a		0.4 s	0.4 z		
0.2 a	0.8	0.8 s	0.8 z	0.8	▽▽▽
0.4 a		1.6 s	1.6 z		
0.8 a		3.2 s	3.2 z		
1.6 a		6.3 s	6.3 z		
3.2 a	2.5	12.5 s	12.5 z	2.5	▽▽
6.3 a		25 s	25 z		
12.5 a	8	50 s	50 z	8	▽
25 a		100 s	100 z		
50 a		200 s	200 z		
100 a	—	400 s	400 z	—	—

*Porównanie pomiędzy tymi trzema parametrami chropowatości przedstawiono dla wygody, nie jest ono dokładne.

*Ra: Odcinek pomiarowy dla pomiarów Rmax i Rz to odpowiednio 5-krotność wartości granicznej długości fali filtru chropowatości "cut-off" i odcinka elementarnego.

TABELA PORÓWNAWCZA TWARDOŚCI

TABELA PORÓWNAWCZA TWARDOŚCI STALI

Twardość Brinella (HB), kulką o średnicy 10mm, nacisk : 3000KG		Twardość Vickersa (HV)	Twardość Rockwella (3)				Twardość Shore'a (HS)	Wytrzymałość na rozciąganie (w przybliżeniu) MPa (2)
Znormalizowany węgliak w kształcie kulki	Kulka z węglika wolframu		Skala A, nacisk: 60KG, Węgliak diamentowy (HRA)	Skala B, nacisk: 100KG, 1/16" Frezy kuliste (HRB)	Skala C, nacisk: 150KG, Węgliak diamentowy (HRC)	Skala D, nacisk: 100KG, Węgliak diamentowy (HRD)		
—	—	940	85.6	—	68.0	76.9	97	—
—	—	920	85.3	—	67.5	76.5	96	—
—	—	900	85.0	—	67.0	76.1	95	—
—	(767)	880	84.7	—	66.4	75.7	93	—
—	(757)	860	84.4	—	65.9	75.3	92	—
—	(745)	840	84.1	—	65.3	74.8	91	—
—	(733)	820	83.8	—	64.7	74.3	90	—
—	(722)	800	83.4	—	64.0	73.8	88	—
—	(712)	—	—	—	—	—	—	—
—	(710)	780	83.0	—	63.3	73.3	87	—
—	(698)	760	82.6	—	62.5	72.6	86	—
—	(684)	740	82.2	—	61.8	72.1	—	—
—	(682)	737	82.2	—	61.7	72.0	84	—
—	(670)	720	81.8	—	61.0	71.5	83	—
—	(656)	700	81.3	—	60.1	70.8	—	—
—	(653)	697	81.2	—	60.0	70.7	81	—
—	(647)	690	81.1	—	59.7	70.5	—	—
—	(638)	680	80.8	—	59.2	70.1	80	—
—	630	670	80.6	—	58.8	69.8	—	—
—	627	667	80.5	—	58.7	69.7	79	—
—	—	677	80.7	—	59.1	70.0	—	—
—	601	640	79.8	—	57.3	68.7	77	—
—	—	640	79.8	—	57.3	68.7	—	—
—	578	615	79.1	—	56.0	67.7	75	—
—	—	607	78.8	—	55.6	67.4	—	—
—	555	591	78.4	—	54.7	66.7	73	2055
—	—	579	78.0	—	54.0	66.1	—	2015
—	534	569	77.8	—	53.5	65.8	71	1985
—	—	533	77.1	—	52.5	65.0	—	1915
—	514	547	76.9	—	52.1	64.7	70	1890
(495)	—	539	76.7	—	51.6	64.3	—	1855
—	—	530	76.4	—	51.1	63.9	—	1825
—	495	528	76.3	—	51.0	63.8	68	1820
(477)	—	516	75.9	—	50.3	63.2	—	1780
—	—	508	75.6	—	49.6	62.7	—	1740
—	477	508	75.6	—	49.6	62.7	66	1740
(461)	—	495	75.1	—	48.8	61.9	—	1680
—	—	491	74.9	—	48.5	61.7	—	1670
—	461	491	74.9	—	48.5	61.7	65	1670
444	—	474	74.3	—	47.2	61.0	—	1595
—	—	472	74.2	—	47.1	60.8	—	1585
—	444	472	74.2	—	47.1	60.8	63	1585
Twardość Brinella (HB), kulką o średnicy 10mm, nacisk : 3000KG		Twardość Vickersa (HV)	Twardość Rockwella (3)				Twardość Shore'a (HS)	Wytrzymałość na rozciąganie (w przybliżeniu) MPa (2)
Znormalizowany węgliak w kształcie kulki	Kulka z węglika wolframu		Skala A, nacisk: 60KG, Węgliak diamentowy (HRA)	Skala B, nacisk: 100KG, 1/16" Frezy kuliste (HRB)	Skala C, nacisk: 150KG, Węgliak diamentowy (HRC)	Skala D, nacisk: 100KG, Węgliak diamentowy (HRD)		
429	429	455	73.4	—	45.7	59.7	61	1510
415	415	440	72.8	—	44.5	58.8	59	1460
401	401	425	72.0	—	43.1	57.8	58	1390
388	388	410	71.4	—	41.8	56.8	56	1330
375	375	396	70.6	—	40.4	55.7	54	1270
363	363	383	70.0	—	39.1	54.6	52	1220
352	352	372	69.3	(110.0)	37.9	53.8	51	1180
341	341	360	68.7	(109.0)	36.6	52.8	50	1130
331	331	350	68.1	(108.5)	35.5	51.9	48	1095
321	321	339	67.5	(108.0)	34.3	51.0	47	1060
311	311	328	66.9	(107.5)	33.1	50.0	46	1025
302	302	319	66.3	(107.0)	32.1	49.3	45	1005
293	293	309	65.7	(106.0)	30.9	48.3	43	970
285	285	301	65.3	(105.5)	29.9	47.6	—	950
277	277	292	64.6	(104.5)	28.8	46.7	41	925
269	269	284	64.1	(104.0)	27.6	45.9	40	895
262	262	276	63.6	(103.0)	26.6	45.0	39	875
255	255	269	63.0	(102.0)	25.4	44.2	38	850
248	248	261	62.5	(101.0)	24.2	43.2	37	825
241	241	253	61.8	100	22.8	42.0	36	800
235	235	247	61.4	99.0	21.7	41.4	35	785
229	229	241	60.8	98.2	20.5	40.5	34	765
223	223	234	—	97.3	(18.8)	—	—	—
217	217	228	—	96.4	(17.5)	—	33	725
212	212	222	—	95.5	(16.0)	—	—	705
207	207	218	—	94.6	(15.2)	—	32	690
201	201	212	—	93.8	(13.8)	—	31	675
197	197	207	—	92.8	(12.7)	—	30	655
192	192	202	—	91.9	(11.5)	—	29	640
187	187	196	—	90.7	(10.0)	—	—	620
183	183	192	—	90.0	(9.0)	—	28	615
179	179	188	—	89.0	(8.0)	—	27	600
174	174	182	—	87.8	(6.4)	—	—	585
170	170	178	—	86.8	(5.4)	—	26	570
167	167	175	—	86.0	(4.4)	—	—	560
163	163	171	—	85.0	(3.3)	—	25	545
156	156	163	—	82.9	(0.9)	—	—	525
149	149	156	—	80.8	—	—	23	505
143	143	150	—	78.7	—	—	22	490
137	137	143	—	76.4	—	—	21	460
131	131	137	—	74.0	—	—	—	450
126	126	132	—	72.0	—	—	20	435
121	121	127	—	69.8	—	—	19	415
116	116	122	—	67.6	—	—	18	400
111	111	117	—	65.7	—	—	15	385

(Uwaga 1) Powyższa lista jest identyczna z listą AMS Metals Handbook. Wytrzymałość na rozciąganie podano w jednostkach metrycznych a twardość Brinella podano tylko dla zalecanego zakresu.

(Uwaga 2) 1MPa=1N/mm²

(Uwaga 3) Liczby w nawiasach okrągłych () są rzadko stosowane i podano je głównie dla celów porównawczych. Listę opracowano w oparciu o podręcznik JIS Handbook Steel I.

POLA TOLERANCJI OTWORÓW

Wymiar nominalny (mm)		Odchyłki wymiarów nominalnych otworów dla poszczególnych klas tolerancji															
>	≤	B10	C9	C10	D8	D9	D10	E7	E8	E9	F6	F7	F8	G6	G7	H6	H7
—	3	+180 +140	+85 +60	+100 +60	+34 +20	+45 +20	+60 +20	+24 +14	+28 +14	+39 +14	+12 +6	+16 +6	+20 +6	+8 +2	+12 +2	+6 0	+10 0
3	6	+188 +140	+100 +70	+118 +70	+48 +30	+60 +30	+78 +30	+32 +20	+38 +20	+50 +20	+18 +10	+22 +10	+28 +10	+12 +4	+16 +4	+8 0	+12 0
6	10	+208 +150	+116 +80	+138 +80	+62 +40	+76 +40	+98 +40	+40 +25	+47 +25	+61 +25	+22 +13	+28 +13	+35 +13	+14 +5	+20 +5	+9 0	+15 0
10	14	+220 +150	+138 +95	+165 +95	+77 +50	+93 +50	+120 +50	+50 +32	+59 +32	+75 +32	+27 +16	+34 +16	+43 +16	+17 +6	+24 +6	+11 0	+18 0
14	18																
18	24	+244 +160	+162 +110	+194 +110	+98 +65	+117 +65	+149 +65	+61 +40	+73 +40	+92 +40	+33 +20	+41 +20	+53 +20	+20 +7	+28 +7	+13 0	+21 0
24	30																
30	40	+270 +170	+182 +120	+220 +120	+119 +80	+142 +80	+180 +80	+75 +50	+89 +50	+112 +50	+41 +25	+50 +25	+64 +25	+25 +9	+34 +9	+16 0	+25 0
40	50	+280 +180	+192 +130	+230 +130													
50	65	+310 +190	+214 +140	+260 +140	+146 +100	+174 +100	+220 +100	+90 +60	+106 +60	+134 +60	+49 +30	+60 +30	+76 +30	+29 +10	+40 +10	+19 0	+30 0
65	80	+320 +200	+224 +150	+270 +150													
80	100	+360 +220	+257 +170	+310 +170	+174 +120	+207 +120	+260 +120	+107 +72	+126 +72	+159 +72	+58 +36	+71 +36	+90 +36	+34 +12	+47 +12	+22 0	+35 0
100	120	+380 +240	+267 +180	+320 +180													
120	140	+420 +260	+300 +200	+360 +200													
140	160	+440 +280	+310 +210	+370 +210	+208 +145	+245 +145	+305 +145	+125 +85	+148 +85	+185 +85	+68 +43	+83 +43	+106 +43	+39 +14	+54 +14	+25 0	+40 0
160	180	+470 +310	+330 +230	+390 +230													
180	200	+525 +340	+355 +240	+425 +240													
200	225	+565 +380	+375 +260	+445 +260	+242 +170	+285 +170	+355 +170	+146 +100	+172 +100	+215 +100	+79 +50	+96 +50	+122 +50	+44 +15	+61 +15	+29 0	+46 0
225	250	+605 +420	+395 +280	+465 +280													
250	280	+690 +480	+430 +300	+510 +300	+271 +190	+320 +190	+400 +190	+162 +110	+191 +110	+240 +110	+88 +56	+108 +56	+137 +56	+49 +17	+69 +17	+32 0	+52 0
280	315	+750 +540	+460 +330	+540 +330													
315	355	+830 +600	+500 +360	+590 +360	+299 +210	+350 +210	+440 +210	+182 +125	+214 +125	+265 +125	+98 +62	+119 +62	+151 +62	+54 +18	+75 +18	+36 0	+57 0
355	400	+910 +680	+540 +400	+630 +400													
400	450	+1010 +760	+595 +440	+690 +440	+327 +230	+385 +230	+480 +230	+198 +135	+232 +135	+290 +135	+108 +68	+131 +68	+165 +68	+60 +20	+83 +20	+40 0	+63 0
450	500	+1090 +840	+635 +480	+730 +480													

(Uwaga) Wartości podane u góry odpowiedniego pola oznaczają odchyłkę górną a wartości podane u dołu oznaczają odchyłkę dolną.

Jednostka : μm

Odchyłki wymiarów nominalnych otworów dla poszczególnych klas tolerancji

H8	H9	H10	JS6	JS7	K6	K7	M6	M7	N6	N7	P6	P7	R7	S7	T7	U7	X7
+14 0	+25 0	+40 0	± 3	± 5	0 -6	0 -10	-2 -8	-2 -12	-4 -10	-4 -14	-6 -12	-6 -16	-10 -20	-14 -24	—	-18 -28	-20 -30
+18 0	+30 0	+48 0	± 4	± 6	+2 -6	+3 -9	-1 -9	0 -12	-5 -13	-4 -16	-9 -17	-8 -20	-11 -23	-15 -27	—	-19 -31	-24 -36
+22 0	+36 0	+58 0	± 4.5	± 7	+2 -7	+5 -10	-3 -12	0 -15	-7 -16	-4 -19	-12 -21	-9 -24	-13 -28	-17 -32	—	-22 -37	-28 -43
+27 0	+43 0	+70 0	± 5.5	± 9	+2 -9	+6 -12	-4 -15	0 -18	-9 -20	-5 -23	-15 -26	-11 -29	-16 -34	-21 -39	—	-26 -44	-33 -51 -38 -56
+33 0	+52 0	+84 0	± 6.5	± 10	+2 -11	+6 -15	-4 -17	0 -21	-11 -24	-7 -28	-18 -31	-14 -35	-20 -41	-27 -48	—	-33 -54 -61 -77	-46 -67
+39 0	+62 0	+100 0	± 8	± 12	+3 -13	+7 -18	-4 -20	0 -25	-12 -28	-8 -33	-21 -37	-17 -42	-25 -50	-34 -59	-39 -64 -70	-51 -76 -86	—
+46 0	+74 0	+120 0	± 9.5	± 15	+4 -15	+9 -21	-5 -24	0 -30	-14 -33	-9 -39	-26 -45	-21 -51	-30 -60 -62	-42 -72 -78	-55 -85 -94	-76 -106 -121	—
+54 0	+87 0	+140 0	± 11	± 17	+4 -18	+10 -25	-6 -28	0 -35	-16 -38	-10 -45	-30 -52	-24 -59	-38 -73 -76	-58 -93 -101	-78 -113 -126	-111 -146 -166	—
+63 0	+100 0	+160 0	± 12.5	± 20	+4 -21	+12 -28	-8 -33	0 -40	-20 -45	-12 -52	-36 -61	-28 -68	-48 -88 -90 -93	-77 -117 -125 -133	-107 -147 -119 -159 -131 -171	—	—
+72 0	+115 0	+185 0	± 14.5	± 23	+5 -24	+13 -33	-8 -37	0 -46	-22 -51	-14 -60	-41 -70	-33 -79	-60 -106 -63 -109 -67 -113	-105 -151 -113 -159 -123 -169	—	—	—
+81 0	+130 0	+210 0	± 16	± 26	+5 -27	+16 -36	-9 -41	0 -52	-25 -57	-14 -66	-47 -79	-36 -88	-74 -126 -78 -130	—	—	—	—
+89 0	+140 0	+230 0	± 18	± 28	+7 -29	+17 -40	-10 -46	0 -57	-26 -62	-16 -73	-51 -87	-41 -98	-87 -144 -93 -150	—	—	—	—
+97 0	+155 0	+250 0	± 20	± 31	+8 -32	+18 -45	-10 -50	0 -63	-27 -67	-17 -80	-55 -95	-45 -108	-103 -166 -109 -172	—	—	—	—

POLA TOLERANCJI WAŁKÓW

Wymiar nominalny (mm)		Odchyłki wymiarów nominalnych wałków dla poszczególnych klas tolerancji														
>	≤	b9	c9	d8	d9	e7	e8	e9	f6	f7	f8	g5	g6	h5	h6	h7
—	3	−140 −165	−60 −85	−20 −34	−20 −45	−14 −24	−14 −28	−14 −39	−6 −12	−6 −16	−6 −20	−2 −6	−2 −8	0 −4	0 −6	0 −10
3	6	−140 −170	−70 −100	−30 −48	−30 −60	−20 −32	−20 −38	−20 −50	−10 −18	−10 −22	−10 −28	−4 −9	−4 −12	0 −5	0 −8	0 −12
6	10	−150 −186	−80 −116	−40 −62	−40 −76	−25 −40	−25 −47	−25 −61	−13 −22	−13 −28	−13 −35	−5 −11	−5 −14	0 −6	0 −9	0 −15
10	14	−150 −193	−95 −138	−50 −77	−50 −93	−32 −50	−32 −59	−32 −75	−16 −27	−16 −34	−16 −43	−6 −14	−6 −17	0 −8	0 −11	0 −18
14	18															
18	24	−160 −212	−110 −162	−65 −98	−65 −117	−40 −61	−40 −73	−40 −92	−20 −33	−20 −41	−20 −53	−7 −16	−7 −20	0 −9	0 −13	0 −21
24	30															
30	40	−170 −232	−120 −182	−80 −80	−80 −80	−50 −50	−50 −50	−50 −50	−25 −25	−25 −25	−25 −25	−9 −9	−9 −9	0 0	0 0	0 0
40	50	−180 −242	−130 −192	−119 −119	−142 −142	−75 −75	−89 −89	−112 −112	−41 −41	−50 −50	−64 −64	−20 −20	−25 −25	−11 −11	−16 −16	−25 −25
50	65	−190 −264	−140 −214	−100 −100	−100 −100	−60 −60	−60 −60	−60 −60	−30 −30	−30 −30	−30 −30	−10 −10	−10 −10	0 0	0 0	0 0
65	80	−200 −274	−150 −224	−146 −146	−174 −174	−90 −90	−106 −106	−134 −134	−49 −49	−60 −60	−76 −76	−23 −23	−29 −29	−13 −13	−19 −19	−30 −30
80	100	−220 −307	−170 −257	−120 −120	−120 −120	−72 −72	−72 −72	−72 −72	−36 −36	−36 −36	−36 −36	−12 −12	−12 −12	0 0	0 0	0 0
100	120	−240 −327	−180 −267	−174 −174	−207 −207	−107 −107	−126 −126	−159 −159	−58 −58	−71 −71	−90 −90	−27 −27	−34 −34	−15 −15	−22 −22	−35 −35
120	140	−260 −360	−200 −300													
140	160	−280 −380	−210 −310	−145 −208	−145 −245	−85 −125	−85 −148	−85 −185	−43 −68	−43 −83	−43 −106	−14 −32	−14 −39	0 −18	0 −25	0 −40
160	180	−310 −410	−230 −330													
180	200	−340 −455	−240 −355													
200	225	−380 −495	−260 −375	−170 −242	−170 −285	−100 −146	−100 −172	−100 −215	−50 −79	−50 −96	−50 −122	−15 −35	−15 −44	0 −20	0 −29	0 −46
225	250	−420 −535	−280 −395													
250	280	−480 −610	−300 −430	−190 −271	−190 −320	−110 −162	−110 −191	−110 −240	−56 −88	−56 −108	−56 −137	−17 −40	−17 −49	0 −23	0 −32	0 −52
280	315	−540 −670	−330 −460													
315	355	−600 −740	−360 −500	−210 −299	−210 −350	−125 −182	−125 −214	−125 −265	−62 −98	−62 −119	−62 −151	−18 −43	−18 −54	0 −25	0 −36	0 −57
355	400	−680 −820	−400 −540													
400	450	−760 −915	−440 −595	−230 −327	−230 −385	−135 −198	−135 −232	−135 −290	−68 −108	−68 −131	−68 −165	−20 −47	−20 −60	0 −27	0 −40	0 −63
450	500	−840 −995	−480 −635													

(Uwaga) Wartości podane u góry odpowiedniego pola oznaczają odchyłkę górną a wartości podane u dołu oznaczają odchyłkę dolną.

Jednostka : μm

Odchyłki wymiarów nominalnych wałków dla poszczególnych klas tolerancji

h8	h9	js5	js6	js7	k5	k6	m5	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6	x6
0 -14	0 -25	± 2	± 3	± 5	+4 0	+6 0	+6 +2	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—	+24 +18	+26 +20
0 -18	0 -30	± 2.5	± 4	± 6	+6 +1	+9 +1	+9 +4	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—	+31 +23	+36 +28
0 -22	0 -36	± 3	± 4.5	± 7	+7 +1	+10 +1	+12 +6	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—	+37 +28	+43 +34
0 -27	0 -43	± 4	± 5.5	± 9	+9 +1	+12 +1	+15 +7	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	—	+44 +33	+51 +40 +56 +45
0 -33	0 -52	± 4.5	± 6.5	± 10	+11 +2	+15 +2	+17 +8	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	— +54 +41	+54 +41 +61 +48	+67 +54 +77 +64
0 -39	0 -62	± 5.5	± 8	± 12	+13 +2	+18 +2	+20 +9	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+64 +48 +70 +54	+76 +60 +86 +70	—
0 -46	0 -74	± 6.5	± 9.5	± 15	+15 +2	+21 +2	+24 +11	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41 +62 +43	+72 +53 +78 +59	+85 +66 +94 +75	+106 +87 +121 +102	—
0 -54	0 -87	± 7.5	± 11	± 17	+18 +3	+25 +3	+28 +13	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+73 +51 +76 +54	+93 +71 +101 +79	+113 +91 +126 +104	+146 +124 +166 +144	—
0 -63	0 -100	± 9	± 12.5	± 20	+21 +3	+28 +3	+33 +15	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+88 +63 +90 +65 +93 +68	+117 +92 +125 +100 +133 +108	+147 +122 +159 +134 +171 +146	—	—
0 -72	0 -115	± 10	± 14.5	± 23	+24 +4	+33 +4	+37 +17	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+106 +77 +109 +80 +113 +84	+151 +122 +159 +130 +169 +140	—	—	—
0 -81	0 -130	± 11.5	± 16	± 26	+27 +4	+36 +4	+43 +20	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+126 +94 +130 +98	—	—	—	—
0 -89	0 -140	± 12.5	± 18	± 28	+29 +4	+40 +4	+46 +21	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+144 +108 +150 +114	—	—	—	—
0 -97	0 -155	± 13.5	± 20	± 31	+32 +5	+45 +5	+50 +23	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+166 +126 +172 +132	—	—	—	—

ŚREDNICE WIERTEŁ POD GWINT

● Gwint metryczny zwykły (grubozwojny)

Wymiar nominalny	Średnica wiertła	
	HSS	Węglik spiekany
M1 ×0.25	0.75	0.75
M1.1×0.25	0.85	0.85
M1.2×0.25	0.95	0.95
M1.4×0.3	1.10	1.10
M1.6×0.35	1.25	1.30
M1.7×0.35	1.35	1.40
M1.8×0.35	1.45	1.50
M2 ×0.4	1.60	1.65
M2.2×0.45	1.75	1.80
M2.3×0.4	1.90	1.95
M2.5×0.45	2.10	2.15
M2.6×0.45	2.15	2.20
M3 ×0.5	2.50	2.55
M3.5×0.6	2.90	2.95
M4 ×0.7	3.3	3.4
M4.5×0.75	3.8	3.9
M5 ×0.8	4.2	4.3
M6 ×1.0	5.0	5.1
M7 ×1.0	6.0	6.1
M8 ×1.25	6.8	6.9
M9 ×1.25	7.8	7.9
M10 ×1.5	8.5	8.7
M11 ×1.5	9.5	9.7
M12 ×1.75	10.3	10.5
M14 ×2.0	12.0	12.2
M16 ×2.0	14.0	14.2
M18 ×2.5	15.5	15.7
M20 ×2.5	17.5	17.7
M22 ×2.5	19.5	19.7
M24 ×3.0	21.0	—
M27 ×3.0	24.0	—
M30 ×3.5	26.5	—
M33 ×3.5	29.5	—
M36 ×4.0	32.0	—
M39 ×4.0	35.0	—
M42 ×4.5	37.5	—
M45 ×4.5	40.5	—
M48 ×5.0	43.0	—

● Gwint metryczny drobnozwojny

Wymiar nominalny	Średnica wiertła	
	HSS	Węglik spiekany
M1 ×0.2	0.80	0.80
M1.1×0.2	0.90	0.90
M1.2×0.2	1.00	1.00
M1.4×0.2	1.20	1.20
M1.6×0.2	1.40	1.40
M1.8×0.2	1.60	1.60
M2 ×0.25	1.75	1.75
M2.2×0.25	1.95	2.00
M2.5×0.35	2.20	2.20
M3 ×0.35	2.70	2.70
M3.5×0.35	3.20	3.20
M4 ×0.5	3.50	3.55
M4.5×0.5	4.00	4.05
M5 ×0.5	4.50	4.55
M5.5×0.5	5.00	5.05
M6 ×0.75	5.30	5.35
M7 ×0.75	6.30	6.35
M8 ×1.0	7.00	7.10
M8 ×0.75	7.30	7.35
M9 ×1.0	8.00	8.10
M9 ×0.75	8.30	8.35
M10 ×1.25	8.80	8.90
M10 ×1.0	9.00	9.10
M10 ×0.75	9.30	9.35
M11 ×1.0	10.0	10.1
M11 ×0.75	10.3	10.3
M12 ×1.5	10.5	10.7
M12 ×1.25	10.8	10.9
M12 ×1.0	11.0	11.1
M14 ×1.5	12.5	12.7
M14 ×1.0	13.0	13.1
M15 ×1.5	13.5	13.7
M15 ×1.0	14.0	14.1
M16 ×1.5	14.5	14.7
M16 ×1.0	15.0	15.1
M17 ×1.5	15.5	15.7
M17 ×1.0	16.0	16.1
M18 ×2.0	16.0	16.3
M18 ×1.5	16.5	16.7
M18 ×1.0	17.0	17.1

Wymiar nominalny	Średnica wiertła	
	HSS	Węglik spiekany
M20 ×2.0	18.0	18.3
M20 ×1.5	18.5	18.7
M20 ×1.0	19.0	19.1
M22 ×2.0	20.0	—
M22 ×1.5	20.5	—
M22 ×1.0	21.0	—
M24 ×2.0	22.0	—
M24 ×1.5	22.5	—
M24 ×1.0	23.0	—
M25 ×2.0	23.0	—
M25 ×1.5	23.5	—
M25 ×1.0	24.0	—
M26 ×1.5	24.5	—
M27 ×2.0	25.0	—
M27 ×1.5	25.5	—
M27 ×1.0	26.0	—
M28 ×2.0	26.0	—
M28 ×1.5	26.5	—
M28 ×1.0	27.0	—
M30 ×3.0	27.0	—
M30 ×2.0	28.0	—
M30 ×1.5	28.5	—
M30 ×1.0	29.0	—
M32 ×2.0	30.0	—
M32 ×1.5	30.5	—
M33 ×3.0	30.0	—
M33 ×2.0	31.0	—
M33 ×1.5	31.5	—
M35 ×1.5	33.5	—
M36 ×3.0	33.0	—
M36 ×2.0	34.0	—
M36 ×1.5	34.5	—
M38 ×1.5	36.5	—
M39 ×3.0	36.0	—
M39 ×2.0	37.0	—
M39 ×1.5	37.5	—
M40 ×3.0	37.0	—
M40 ×2.0	38.0	—
M40 ×1.5	38.5	—
M42 ×4.0	38.0	—

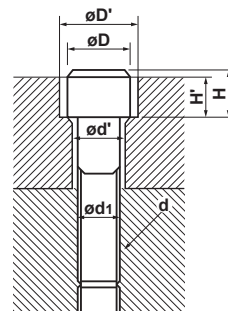
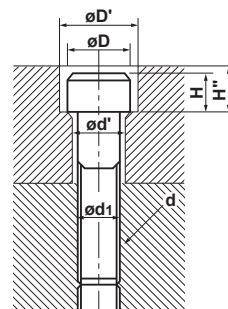
Wymiar nominalny	Średnica wiertła	
	HSS	Węglik spiekany
M42 ×3.0	39.0	—
M42 ×2.0	40.0	—
M42 ×1.5	40.5	—
M45 ×4.0	41.0	—
M45 ×3.0	42.0	—
M45 ×2.0	43.0	—
M45 ×1.5	43.5	—
M48 ×4.0	44.0	—
M48 ×3.0	45.0	—
M48 ×2.0	46.0	—
M48 ×1.5	46.5	—
M50 ×3.0	47.0	—
M50 ×2.0	48.0	—
M50 ×1.5	48.5	—

(Uwaga) Wymiary otworów należy mierzyć, ponieważ dokładność wierconego otworu może ulec zmianie zależnie od parametrów wiercenia i jeśli okażą się niewłaściwe pod gwint, należy odpowiednio dobrać średnicę wiertła.

WYMIARY GNIAZD ŚRUB IMBUSOWYCH • MIĘDZYNARODOWY UKŁAD JEDNOSTEK MIARY

WYMIARY POGŁĘBIEN NA ŚRUBY IMBUSOWE I OTWORÓW NA ŚRUBĘ Jednostka : mm

Średnica nominalna gwintu d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30
d ₁	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
d'	3.4	4.5	5.5	6.6	9	11	14	16	18	20	22	24	26	30	33
D	5.5	7	8.5	10	13	16	18	21	24	27	30	33	36	40	45
D'	6.5	8	9.5	11	14	17.5	20	23	26	29	32	35	39	43	48
H	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
H'	2.7	3.6	4.6	5.5	7.4	9.2	11	12.8	14.5	16.5	18.5	20.5	22.5	25	28
H''	3.3	4.4	5.4	6.5	8.6	10.8	13	15.2	17.5	19.5	21.5	23.5	25.5	29	32



MIĘDZYNARODOWY UKŁAD JEDNOSTEK MIARY

● TABELA PRZELICZENIOWA JEDNOSTEK MIARY do łatwiejszego przeliczania na jednostki SI (czcionką pogrubioną zaznaczono jednostki SI)

● Ciśnienie

Pa	kPa	MPa	bar	kgf/cm ²	atm	mmH ₂ O	mmHg lub Torr
1	1×10 ⁻³	1×10 ⁻⁶	1×10 ⁻⁵	1.01972×10 ⁻⁵	9.86923×10 ⁻⁶	1.01972×10 ⁻¹	7.50062×10 ⁻³
1×10 ³	1	1×10 ⁻³	1×10 ⁻²	1.01972×10 ⁻²	9.86923×10 ⁻³	1.01972×10 ²	7.50062
1×10 ⁶	1×10 ³	1	1×10	1.01972×10	9.86923	1.01972×10 ⁵	7.50062×10 ³
1×10 ⁵	1×10 ²	1×10 ⁻¹	1	1.01972	9.86923×10 ⁻¹	1.01972×10 ⁴	7.50062×10 ²
9.80665×10 ⁴	9.80665×10	9.80665×10 ⁻²	9.80665×10 ⁻¹	1	9.67841×10 ⁻¹	1×10 ⁴	7.35559×10 ²
1.01325×10 ⁵	1.01325×10 ²	1.01325×10 ⁻¹	1.01325	1.03323	1	1.03323×10 ⁴	7.60000×10 ²
9.80665	9.80665×10 ⁻³	9.80665×10 ⁻⁶	9.80665×10 ⁻⁵	1×10 ⁻⁴	9.67841×10 ⁻⁵	1	7.35559×10 ⁻²
1.33322×10 ²	1.33322×10 ⁻¹	1.33322×10 ⁻⁴	1.33322×10 ⁻³	1.35951×10 ⁻³	1.31579×10 ⁻³	1.35951×10	1

(Uwaga) 1Pa=1N/m²

● Siła

N	dyn	kgf
1	1×10 ⁵	1.01972×10 ⁻¹
1×10 ⁻⁵	1	1.01972×10 ⁻⁶
9.80665	9.80665×10 ⁵	1

● Napężenie

Pa	MPa lub N/mm ²	kgf/mm ²	kgf/cm ²
1	1×10 ⁻⁶	1.01972×10 ⁻⁷	1.01972×10 ⁻⁵
1×10 ⁶	1	1.01972×10 ⁻¹	1.01972×10
9.80665×10 ⁶	9.80665	1	1×10 ²
9.80665×10 ⁴	9.80665×10 ⁻²	1×10 ⁻²	1

(Uwaga) 1Pa=1N/m²

● Praca / Energia / Ciepło

J	kW·h	kgf·m	kcal
1	2.77778×10 ⁻⁷	1.01972×10 ⁻¹	2.38889×10 ⁻⁴
3.600 ×10 ⁶	1	3.67098×10 ⁵	8.6000 ×10 ²
9.80665	2.72407×10 ⁻⁶	1	2.34270×10 ⁻³
4.18605×10 ³	1.16279×10 ⁻³	4.26858×10 ²	1

(Uwaga) 1J=1W·s, 1J=1N·m

1cal=4.18605J

(Według obowiązującej stawy i wagach i miarach)

● Moc (Strumień energii / Siłą napędową) / Strumień ciepła

W	kgf·m/s	PS	kcal/h
1	1.01972×10 ⁻¹	1.35962×10 ⁻³	8.6000 ×10 ⁻¹
9.80665	1	1.33333×10 ⁻²	8.43371
7.355 ×10 ²	7.5 ×10	1	6.32529×10 ²
1.16279	1.18572×10 ⁻¹	1.58095×10 ⁻³	1

(Uwaga) 1W=1J/s, PS:Kor mechaniczny (francuski)

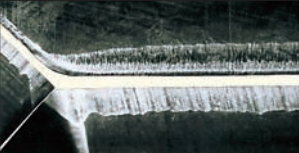
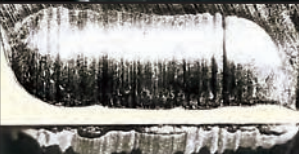









1PS=0.7355kW

1cal=4.18605J

(Według obowiązującej stawy i wagach i miarach)

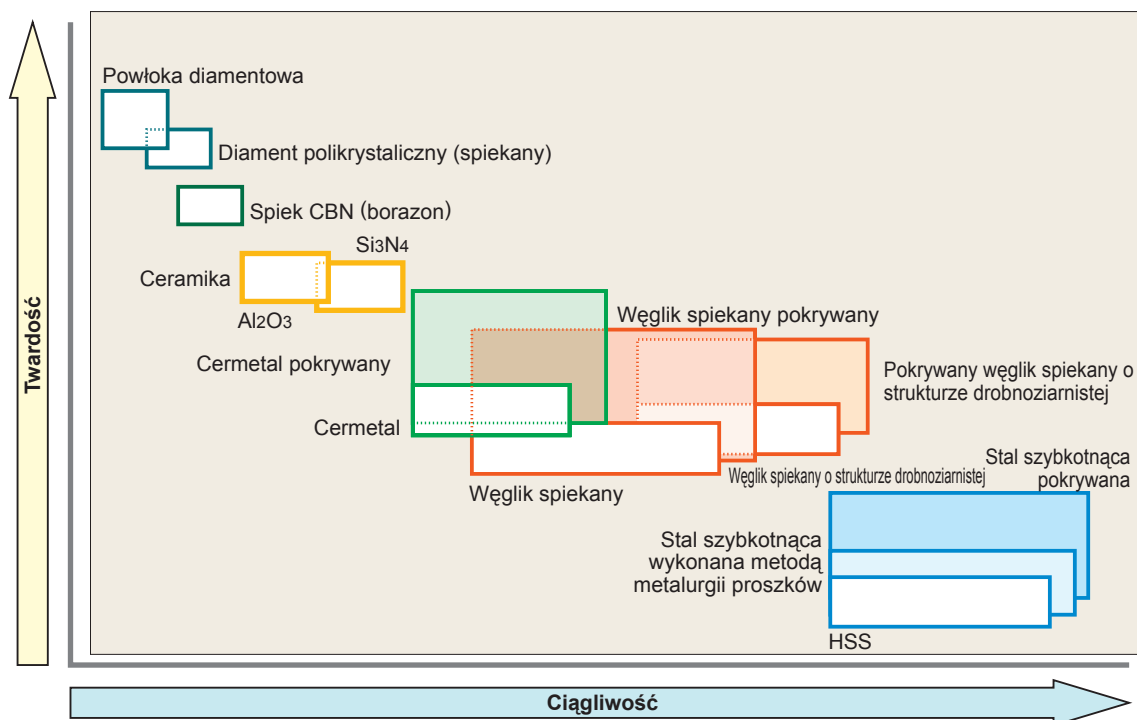
ZUŻYCIE I USZKODZENIA NARZĘDZI

PRZYCZYNY I ZALECENIA

Kształt uszkodzenia narzędzia	Przyczyna	Zalecenia
Zużycie ścierne na powierzchni przyłożenia 	<ul style="list-style-type: none"> • Materiał narzędzia jest za miękki. • Zbyt wysoka prędkość skrawania. • Za mały kąt przyłożenia. • Posuw jest za mały. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wybrać gatunek o wyższej odporności na ścieranie. • Zmniejszyć prędkość skrawania. • Zwiększyć kąt przyłożenia. • Zwiększenie posuwu.
Kratery 	<ul style="list-style-type: none"> • Materiał narzędzia jest za miękki. • Zbyt wysoka prędkość skrawania. • Posuw jest za duży. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wybrać gatunek o wyższej odporności na ścieranie. • Zmniejszyć prędkość skrawania. • Zmniejszyć posuw.
Wykruszenia 	<ul style="list-style-type: none"> • Narzędzie jest za twarde. • Posuw jest za duży. • Zbyt mała wytrzymałość krawędzi skrawającej. • Brak sztywności chwytu, oprawki. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wybrać gatunek o wyższej ciągliwości. • Zmniejszyć posuw. • Zwiększyć zaszlifowanie. (zaokrąglenie zastąpić fazką.) • Użyć narzędzia o większej średnicy chwytu.
Pęknięcia 	<ul style="list-style-type: none"> • Narzędzie jest za twarde. • Posuw jest za duży. • Zbyt mała wytrzymałość krawędzi skrawającej. • Brak sztywności chwytu, oprawki. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wybrać gatunek o wyższej ciągliwości. • Zmniejszyć posuw. • Zwiększyć zaszlifowanie. (zaokrąglenie zastąpić fazką.) • Użyć narzędzia o większej średnicy chwytu.
Odształcenia plastyczne 	<ul style="list-style-type: none"> • Materiał narzędzia jest za miękki. • Zbyt wysoka prędkość skrawania. • Zbyt duża głębokość skrawania i zbyt duży posuw. • Zbyt wysoka temperatura podczas obróbki. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wybrać gatunek o wyższej odporności na ścieranie. • Zmniejszyć prędkość skrawania. • Zmniejszyć głębokość skrawania i posuw. • Wybrać gatunek o większej przewodności cieplnej.
Tworzenie się narostu 	<ul style="list-style-type: none"> • Za niska prędkość skrawania. • Nieostra krawędź skrawająca. • Nieodpowiedni gatunek materiału. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zwiększyć prędkość skrawania. (Dla stali Ck45 wg DIN prędkość skrawania wynosi 80m/min). • Zwiększyć kąt natarcia. • Wybrać gatunek o małym pokrewieństwie. (węglik pokrywany, Cermet)
Pęknięcia cieplne 	<ul style="list-style-type: none"> • Rozszerzanie się lub skurcz cieplny krawędzi skrawającej. • Narzędzie jest za twarde. • *Szczególnie podczas frezowania. 	<ul style="list-style-type: none"> • Obróbka bez chłodzenia (na sucho). (w przypadku obróbki z chłodzeniem podawać chłodziwo w sposób ciągły) • Wybrać gatunek o wyższej ciągliwości.
Tworzenie się korbów 	<ul style="list-style-type: none"> • Powierzchnie twarde, np. nieobrabiane, hartowane lub utwardzane, obróbka warstwy hartowanej. • Tarcie spowodowane przez gromadzący się narost. (Przyczyna: niewielkie drgania) 	<ul style="list-style-type: none"> • Wybrać gatunek o wyższej odporności na ścieranie. • Zwiększyć kąt natarcia, aby zwiększyć ostrość krawędzi.
Odpryski pokrycia i podłoża z węgla spiekanego 	<ul style="list-style-type: none"> • Stopienie i narost na krawędzi skrawającej. • Złe odprowadzanie wióra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zwiększyć kąt natarcia, aby zwiększyć ostrość krawędzi. • Powiększyć kieszeń wiórową.
Pęknięcia na powierzchni przyłożenia <small>*Uszkodzenie dotyczy narzędzi z materiałów polikrystalicznych</small> 	<ul style="list-style-type: none"> • Uszkodzenie wskutek zbyt małej wytrzymałości krzywoliniowej krawędzi skrawającej. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zwiększyć zaszlifowanie. • Wybrać gatunek o wyższej ciągliwości.
Pęknięcia na krawędziach <small>*Uszkodzenie dotyczy narzędzi z materiałów polikrystalicznych</small> 	<ul style="list-style-type: none"> • Materiał narzędzia jest za miękki. • Zbyt duże opory skrawania, powodujące wytwarzanie się dużych ilości ciepła. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zmniejszyć zaszlifowanie. • Wybrać gatunek o wyższej odporności na ścieranie.

MATERIAŁY NARZĘDZI SKRAWAJĄCYCH

Węglik spiekany (WC-Co) został opracowany w 1923 roku i był później udoskonalany poprzez dodanie węglika tytanu (TiC) i węglika tantalu TaC. W 1969 roku opracowano technologię pokrywania chemicznego (CVD) i odtąd coraz szerzej zaczęto stosować węgliki pokrywane. Cermet na bazie węglika i azotku tytanu (TiC-TiN) opracowano w 1974 roku. Obecnie ugruntowała się tendencja do stosowania węglików pokrywanych do obróbki zgrubnej a Cermetali do wykańczającej.



WŁASNOŚCI

Materiał o wysokiej twardości	Twardość (HV)	Energia swobodna (kcal/g·atom)	Rozpuszczalność w żelazie (%.1250°C)	Przewodność cieplna (W/m·K)	Współczynnik * rozszerzalności cieplnej (x 10 ⁻⁶ /K)	Materiał narzędzia
Diament	>9000	—	Duża rozpuszczalność	2100	3.1	Diament polikrystaliczny (spiekany)
CBN	>4500	—	—	1300	4.7	Spiek CBN (borazon)
Si ₃ N ₄	1600	—	—	100	3.4	Ceramika
Al ₂ O ₃	2100	-100	≐0	29	7.8	Ceramika Węglik spiekany
TiC	3200	-35	< 0.5	21	7.4	Cermet Węglik spiekany pokrywany
TiN	2500	-50	—	29	9.4	Cermet Węglik spiekany pokrywany
TaC	1800	-40	0.5	21	6.3	Węglik spiekany
WC	2100	-10	7	121	5.2	Węglik spiekany

*1W/m·K=2.39×10⁻³cal/cm·s·°C

PRZEGLĄD GATUNKÓW

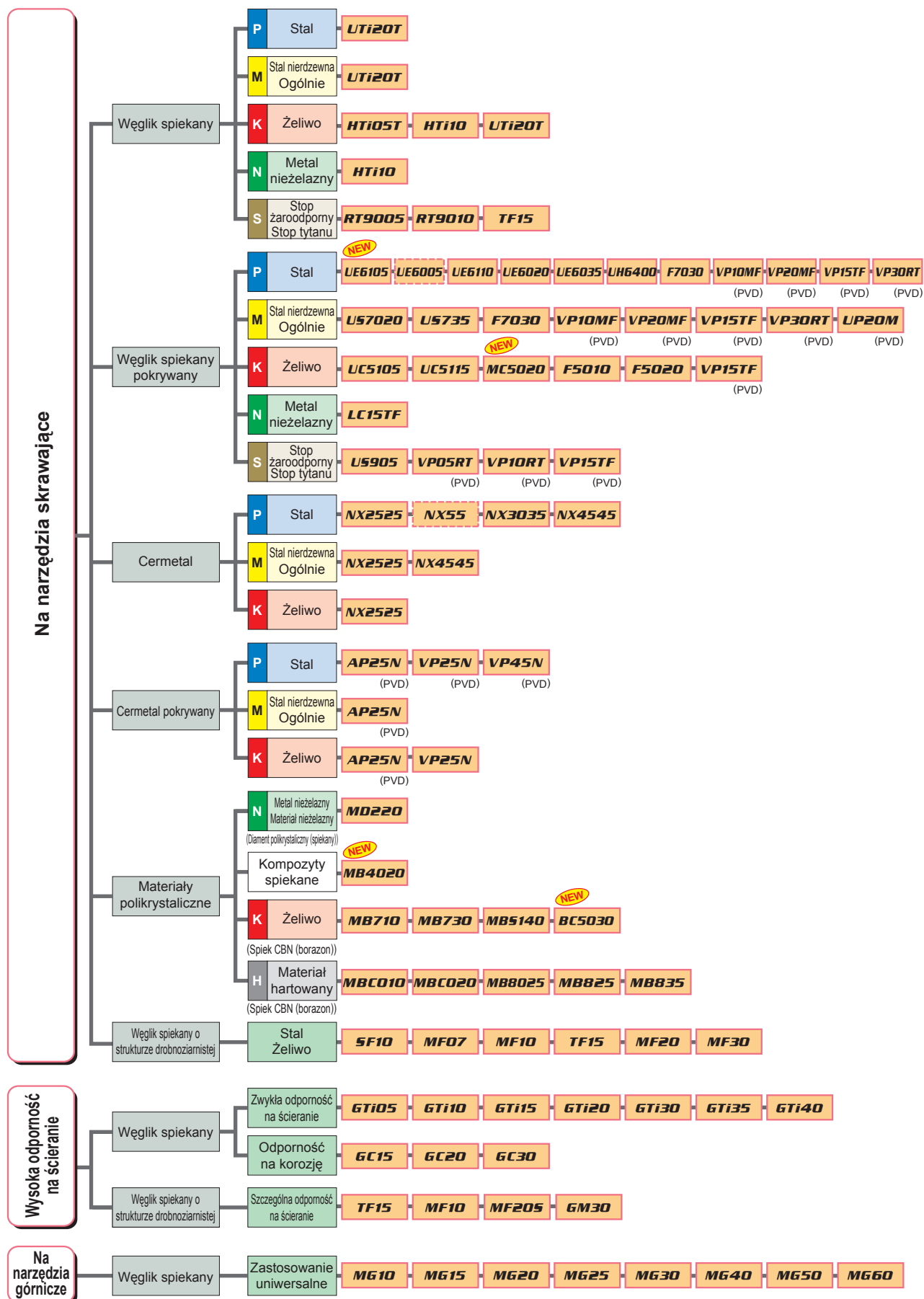
*  Gatunek zostanie zastąpiony przez nowe wyroby.

TABELA PORÓWNAWCZA GATUNKÓW

WĘGLIK SPIEKANY

	ISO	Mitsubishi	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Iscar	Sumitomo	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Hitachi
	Klasifikacja	Symbol literowy	Carbide				Electric				Tool
Toczenie	P	P01									
		P10		S1P	P10	IC70	ST10P	TX10S		SRT	WS10
		P20	UTi20T	SMA	K125M TTM	IC70 IC50M	ST20E	TX20 TX25		SRT DX30	EX35
		P30	UTi20T	SM30	GK K600 TTR	IC50M IC54	A30 A30N	TX30 UX30	PW30	SR30 DX30	EX35 EX40
		P40		S6	G13	IC54	ST40E	TX40		SR30 DX35	EX45
	M	M10		H10A	K313	890	EH510 U10E	TU10		UMN	WA10B
		M20	UTi20T	H13A	K68 KMF K125M TTM	HX 883	IC08	EH520 U2		DX25 UMS	EX35
		M30	UTi20T	H10F SM30	K600 TTR		IC08 IC28	A30 A30N		DX25 UMS	EX40 EX45
		M40		S6	G13		IC128	TU40		UM40	EX45
	K	K01	HTi05T	H1P	K605		H1 H2	TH03 KS05F		KG03	WH05
		K10	HTi10	H1P H10 HM	K313 K110M THM THM-U	890	IC20	EH10 EH510	G1F TH10	KW10	KG10 KT9
		K20	UTi20T	H13A	K715 KMF K600	890 HX 883	IC20 IC10	G10E EH20 EH520	G2F, KS15F G2, KS20	GW10	CR1 KG20
		K30	UTi20T		THR	883	IC10 IC28	G10E	G3		KG30
	N	N01		H10 H13A	K605		H1 H2	KS05F		KG03	
		N10	HTi10		K313 K110M THM THM-U	890 H15		EH10 EH510	TH10 H10T		KG10 KT9
		N20			K715 KMF K600	HX KX 883 H15 H25		G10E EH20 EH520			CR1 KG20
		N30			G13 THR	H25					KG30
	S	S01	RT9005							KG03	
		S10	RT9005 RT9010	H10 H10A H10F H13A	K10 K313 THM	890		EH10 EH510	KS05F TH10		FZ05 KG10
		S20	RT9010 TF15		K715 KMF	890 883 HX H25		EH20 EH520	KS15F KS20		FZ15 KG20
		S30	TF15		G13 K600 THR						KG30
Frezowanie	P	P10		S1P						SRT	
		P20	UTi20T		K125	IC50M IC28	A30N	TX25		SRT DX30	EX35
		P30	UTi20T		GX K600	IC50M IC28	A30N	UX30	PW30	SR30 DX30	EX35 EX40
		P40				IC28			PW30	SR30	EX45
	M	M10			K110M					UMN	
		M20	UTi20T		K313		A30N			DX25 UMS	EX35
		M30	UTi20T		KFM K600	IC28	A30N	UX30		DX25 UMS	EX40 EX45
		M40				IC28		TU40			EX45
	K	K01	HTi05T							KG03	
		K10	HTi10	H1P	K110M K313		IC20	G10E	TH10	KW10	KG10 WH10
		K20	UTi20T		KFM	HX	IC20 IC10	G10E		KT9 CR1 KG20	WH20
		K30	UTi20T				IC10 IC28			KG30	

(Uwaga) Dane w powyższej tabeli dotyczące gatunków innych producentów zostały wybrane z publikacji. Nie zostały one zatwierdzone przez każdą z wymienionych firm.

TABELA PORÓWNAWCZA GATUNKÓW

DROBNOZIARNISTY

	ISO		Mitsubishi Carbide	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Hitachi Tool
	Klasyfikacja	Symbol literowy									
Narzędzie	Z	Z01	SF10 MF07 MF10	6UF 8UF PN90			F0	F MD08F		FZ05 FB10	NM08
		Z10	HTi10 MF20	H6FF 12UF		890	XF1 F1 AFU	M MD10 MD05F MD07F	FW30	FZ10 FZ15 FB15	NM15
		Z20	TF15 MF30	N6F H10F		890 883	AF0 SF2 AF1	MD15 EM10 MD20		FZ15 FB15 FB20	BRM20 EF20N
		Z30				883	A1 CC	UM		FZ20 FB20	NM25

CERMETAL

	ISO		Mitsubishi Carbide	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Iscar	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Hitachi Tool
	Klasyfikacja	Symbol literowy										
Toczenie	P	P01	AP25N				IC20N IC520N	T110A T2000Z	NS520 AT520 GT520 GT720	TN30 PV30	LN10 CX50	
		P10	AP25N NX2525	CT5015 GC1525	KT315 TTI25	CM CMP	IC20N IC520N IC530N	T1200A T2000Z	NS520 AT530 GT720 GT730	TN60 TN6010 PV60 PV7010	CX50 CX75 PX75	CZ25
		P20	AP25N NX2525 NX3035	GC1525	KT5020 KT325		IC20N IC75T IC30N IC520N IC530N	T1200A T2000Z T3000Z	NS530 GT530 GT730 NS730	TN90 TN6020 PV90 PV7020	CX75 PX75 PX90	CH550
		P30	VP45N		KT1120		IC75T IC30N	T3000Z	NS530 NS730		PX90	
	M	M10	NX2525 AP25N	GC1525	TTI25	CM CMP		T110A T2000Z	NS520 AT530 GT530 GT720	TN60 TN6020 PV60 PV7020	LN10 CX50	
		M20	NX2525 AP25N NX3035					T1200A T2000Z	NS530 GT730 NS730	TN90 TN6020 PV90 PV7020	CX50 CX75	CH550
		M30						T3000Z				
	K	K01	AP25N NX2525					T110A T2000Z	NS710 NS520 AT520 GT520 GT720	TN30 PV30 PV7005	LN10	
		K10	AP25N NX2525	CT5015	KT325 TTI25			T1200A T2000Z	NS520 GT530 GT730 NS730	TN60 TN6020 PV60 PV7020	LN10	
		K20	AP25N NX2525					T3000Z			CX75	
Frezowanie	P	P10	NX2525			C15M	IC30N			TN60	CX75	
		P20	NX2525	CT530	KT530M HT7 KT605M	C15M	IC30N		NS530	TN100M	CX75 CX90	CH550 CH7030 MZ1000 MZ2000
		P30	NX4545				IC30N	T250A	NS530 NS540 NS740		CX90 CX99	MZ3000 CH7035
	M	M10	NX2525				IC30N			TN60		
		M20	NX2525	CT530	KT530M HT7 KT605M	C15M	IC30N		NS530	TN100M	CX75	CH550 CH7030 MZ1000 MZ2000
		M30	NX4545					T250A	NS540 NS740		CX90 CX99	MZ3000 CH7035
	K	K01										
		K10	NX2525						NS530	TN60		
		K20	NX2525		KT530M HT7						CX75	

(Uwaga) Dane w powyższej tabeli dotyczące gatunków innych producentów zostały wybrane z publikacji. Nie zostały one zatwierdzone przez każdą z wymienionych firm.

GATUNKI POKRYWANE METODĄ CVD (CHEMICZNIE)

	ISO		Mitsubishi Carbide	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Iscar	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Hitachi Tool
	Klasyfikacja	Symbol literowy										
Toczenie	P	P01	UE6105 UE6005	GC4205 GC3005 GC4005	KCP05 KC9105	TP1500 TP1000	IC9150 IC8150	AC700G	T9005	CA5505	JC110V	HG8010 GM8015
		P10	UE6105 UE6005 UE6110	GC4215 GC3005 GC4015	KCP10 KCP25 KC9110	TP1500 TP2500 TP1000 TP2000	IC9150 IC9015 IC8150 IC8250	AC700G AC2000 AC820P	T9005 T9015	CA5505 CA5515	JC110V JC215V	HG8010 HG8025 GM8015
		P20	UE6110 UE6020	GC4215 GC4225 GC4015 GC4025	KCP25 KC9125	TP2500 TP2000 TP200	IC8250 IC9025 IC9250 IC8350 IC9054	AC2000 AC3000 AC820P AC830P	T9015 T9025	CA5515 CA5525 CA5025 CR9025	JC110V JC215V	HG8025 GM8020 GM25
		P30	UE6020 UE6035 UH6400 US735	GC4225 GC4235 GC4025 GC4035	KCP30 KCP40 KC8050	TP3000 TP300	IC8350 IC9350 IC656	AC3000 AC630M AC830P	T9025 T9035	CA5525 CA5535 CR9025	JC215V JC325V	GM25 GM8035
		P40	UE6035 UH6400 US735	GC4235 GC4035 GC235	KCP30 KCP40 KC9140 KC9040 KC9240 KC9245	TP3000 TP40	IC635	AC630M	T9035	CA5535	JC325V JC450V	GM8035 GX30
	M	M10	US7020	GC2015	KCM15 KC9210	TM2000 TP200	IC9250	AC610M	T9015	CA6515 CA6015	JC110V	
		M20	US7020	GC2025	KCM15 KC9225	TM2000 TP200	IC9250 IC9025 IC9054	AC610M AC630M	T6020 T9025	CA6515 CA6525 CA6015	JC110V	HG8025 GM25
		M30	US735	GC235	KCM25 KC9230	TM4000 TP400 TP40	IC9025 IC9350	AC630M	T6030	CA6525		GM8035 GX30
		M40	US735		KCM35 KC9240 KC9245	TM4000 TP400 TP40	IC635 IC656					GX30
	K	K01	UC5105	GC3205 GC3210	KCK05	TK1000	IC5005 IC5010 IC9150 IC9007 IC428 IC4028	AC410K	T5105 T5010	CA4010	JC105V	HG3305
		K10	UC5115	GC3205 GC3210 GC3115	KCK15 KCK20 KC9315	TK1000 TK2000	IC5005 IC5010 IC9150 IC418 IC9015 IC4010	AC410K AC700G	T5115 T5010	CA4010 CA4115	JC105V JC110V	HG3315 HG8010
		K20	UC5115 UE6110	GC3215	KCK20 KC9325	TK2000	IC4010 IC9015	AC700G AC820P	T5115 T5125 T5020	CA4120	JC110V JC215V	HG8025 GM8020
		K30	UE6110		KC9325			AC820P	T5125		JC215	HG8025 GM8020
	S	S01	US905	S05F								
Frezowanie	P	P10					IC9080 IC4100 IC9015	ACP100			JC730U	
		P20	FH7020 F7030	GC4220 GC4020		T200M T250M	IC5100 IC520M	ACP100			JC730U	GX2030
		P30	F7030	GC4230 GC4030	KC930M	T250M T350M T25M	IC4050	ACP100 AC230	T3130 T3030			GX2030
		P40		GC4240 GC4040	KC935M	T350M		AC230				GX2030 GX30 GF30
	M	M10					IC9250					
		M20	F7030		KC925M	T250M T25M	IC520M IC9350	ACP100			JC730U	
		M30	F7030	GC2040	KC930M	T350M T25M	IC4050	ACP100	T3130 T3030			GF30 GX30
		M40			KC930M KC935M							GF30 GX30
	K	K01					IC9080				JC600	
		K10	MC5020 F5010				IC4100 IC5100 IC9150	AC211 ACK200	T1015		JC600	
K20		MC5020 F5020	GC3220 GC3020 K20W	KC915M	T250M T200M	IC520M DT7150	ACK200	T1015		JC610		
K30			GC3040	KC930M KC935M	T200M	IC4050				JC610	GX2030 GX30	

(Uwaga) Dane w powyższej tabeli dotyczące gatunków innych producentów zostały wybrane z publikacji. Nie zostały one zatwierdzone przez każdą z wymienionych firm.

TABELA PORÓWNAWCZA GATUNKÓW

GATUNKI POKRYWANE METODĄ PVD (FIZYCZNIE)

	ISO	Mitsubishi	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Iscar	Sumitomo	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Hitachi
	Klasifikacja	Symbol literowy	Carbide				Electric				Tool
Toczenie	P	P01							PR915	JC5003	
		P10	VP10MF		KC5010 KC5510	CP200	IC507	AH710	PR915 PR930	JC5003	
		P20	VP10RT VP20RT VP15TF VP20MF	GC1020 GC1025	KC5025	CP250	IC908 IC928 IC1008 IC1028	AH710 AH330	PR630 PR915 PR930 PR660	JC5015	IP2000
		P30	VP10RT VP20RT VP15TF VP20MF	GC1025 GC4125	K7010 K7020 K7235	CP500	IC928 IC1008 IC1028	GH330 GH730 AH120 AH330 AH740	PR630 PR660	JC5015	IP3000
		P40		GC1020 GC2145	K7030	CP500	IC928 IC1008 IC1028	AH120	PR660		
	M	M01					AC510U EH510Z EH10Z		PR915		
		M10	VP10MF	GC1115 GC1005 GC1025	KC5010 KC5510	CP200	IC507 IC907	AC520U EH510Z EH10Z	PR915 PR930	JC5003	IP050S
		M20	VP10RT VP20RT VP15TF VP20MF	GC1125 GC1020 GC1025 GC4125	KC5025 KC730 KC5525	CP200 CP500	IC354 IC3028	AC520U EH520Z EH20Z	GH330 GH730	PR630 PR915 PR930	JC5015 IP100S
		M30	VP10RT VP20RT VP15TF VP20MF	GC1020 GC2035	KC5025 KC5525	CP500	IC908 IC928 IC1008 IC1028		AH120	PR630 PR660	JC5015
		M40		GC2145			IC228 IC328	AC530U		PR660	
	K	K01					EH10Z	AH110		JC5003	
		K10			KC5010 KC5510	CP200	EH10Z	GH110 AH110		JC5003 JC5015	
		K20	VP10RT VP20RT VP15TF	GC1020	KC7015	CP200 CP250	IC928 IC1008 IC908 IC22	EH20Z	AH120		JC5015
		K30	VP10RT VP20RT VP15TF	GC4125	KC7225	CP500	IC928 IC1008 IC908 IC22				
	S	S01	VP05RT	GC1105				AH110	PR915	JC5003	
		S10	VP05RT VP10RT VP20RT	GC1115 GC1005 GC1025	KC5410 KC5010 KC5510	CP200 CP250 CP500		AC510U EH510Z EH10Z	AH120	PR915	JC5015
		S20	VP10RT VP20RT VP15TF	GC4125	KC5025 KC5525	CP250 CP500		AC520U EH20Z EH520Z		PR915	
		S30	VP15TF	GC2145							
Frezowanie	P	P01	VP05HT					ACP100		JC5003	PTH08M PCA08M PCS08M TB6005 JX1005
		P10	VP10H		KC715M		IC903 IC950	ACZ310 ACP100	PR730 PR830	JC5003 JC5030	CY9020 PCA12M TB6005 JX1020 PC20M JP4020
		P20	VP15TF	GC1025	KC522M KC525M	F25M	IC950 IC900 IC908 IC910	ACZ310 ACZ330 ACP200	PR630 PR730 PR830 PR660	JC5015 JC5030 JC5040	TB6020 CY150 CY15 JX1015
		P30	VP15TF VP30RT	GC1030	KC725M	F25M F30M	IC900 IC928 IC300 IC328	ACZ330 ACZ350 ACZ200	GH330 AH330 AH120 AH740	PR630 PR660 PR730 PR830	TB6045 CY250 CY25 HC844 JX1045 PTH30E
		P40	VP30RT		KC735M	F40M T60M	IC900 IC928 IC300 IC328	ACZ350 ACP300	AH120	PR660	PTH30E TB6060 PTH40H JX1060 GF30 GX30
	M	M01									PCS08M
		M10		GC1025	KC715M				PR630 PR730 PR830	JC5003	CY9020 JX1020
		M20	VP15TF VP20RT	GC2030	KC522M KC525M	F25M	IC900 IC903 IC908 IC928	ACZ310 EH20Z	GH330	PR630 PR730 PR830 PR660	JC5015 JC5030 JC5040 JC4015
		M30	VP15TF VP20RT VP30RT	GC2030	KC725M KC735M	F30M F40M	IC928 IC328	ACZ330 EH20Z ACZ350	AH120	PR630 PR660 PR730 PR830	TB6045 CY250 CY25 HC844 JX1045
		M40	VP30RT			F40M	IC928 IC328	ACZ350	AH140	PR660	TB6060 PTH40H JX1060 GF30 GX30
	K	K01							AH110	PR510 PR905	PTH08M PCA08M PCS08M
		K10			KC510M		IC900 IC910	ACZ310 ACK200	AH110 GH110	PR510 PR905	JC5003 CY9020 TB6005 CY100H CY10H
		K20	VP15TF VP20RT		KC520M KC525M		IC910 IC950	ACZ310 ACK200	AH120	PR510 PR905	TB6020 CY150 CY15 PTH13S JX1015
		K30	VP15TF VP20RT		KC725M KC735M		IC908 IC950 IC928	ACZ330 ACK300			JC5015 TB6045 CY250 CY25 PTH40H PTH30E JX1045
	S	S01	VP05HT								JC5003
		S10	VP10H VP15TF		KC510M		IC908		AH120	PR660	JC5015 PCS08M
		S20	VP15TF	GC1025	KC522M KC525M		IC908			PR660	CY100H CY10H
		S30		GC2030	KC725M	F40M	IC328 IC928			PR660	
	H	H01									JC5003
		H10	VP15TF		KC635M	F15M					JC5015 PTH08M PCA08M JX1005 TB6005
		H20	VP15TF		KC635M	F15M					
		H30			KC530M	F30M					

(Uwaga) Dane w powyższej tabeli dotyczące gatunków innych producentów zostały wybrane z publikacji. Nie zostały one zatwierdzone przez każdą z wymienionych firm.

CBN

	ISO		Mitsubishi Carbide	Sandvik	Seco Tools	Element Six	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet
	Klasyfikacja	Symbol literowy								
Toczenie	H	H01	MBC010		CBN100 CBN100P CBN050C		BNC100 BNX10	BX310 BXC30	KBN10B KBN10N	
		H10	MBC020 MB8025	CB7015 CB7020	CBN150	DCC500	BNC160 BNX20	BX330 BXA30	KBN510 KBN10C KBN25C	JBN300
		H20	MBC020 MB8025 MB825	CB7050	CBN200	DCN450	BN250 BNC200 BNX25	BX360 BXA40	KBN525 KBN10M KBN25M	JBN245
		H30	MBC020 MB835		CBN350	DCX650	BNC300 BN350	BX380 BXC50	KBN900	
	S	S01	MB730				BN700	BX950 BX450 BX480	KBN65M	
		S10								
		S20								
		S30								
	K	K01	MB710				BN500	BX930	KBN65B	
		K10	MB710 MB730	CB7050	CBN200	DBC80	BN700	BX470 BX480 BX950	KBN900	JBN795
		K20	MB730 MBS140 BC5030		CBN300	DBS900	BN700 BNS800	BX90S BXC90		JBN330
		K30	MBS140 BC5030				BNS800	BXC90		
	Kompozyty spiekane		MB4020				BN700	BX480		

PCD

	ISO		Mitsubishi Carbide	Sandvik	GE	Element Six	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet
	Klasyfikacja	Symbol literowy								
Toczenie	N	N01			1700	CTH025	DA90	DX180	KPD025	JDA735
		N10	MD220	CD10	1500	CTB010	DA150	DX160	KPD010	JDA745
		N20	MD220		1300	CTB002	DA200 DA2200	DX140 DX120	KPD002	JDA715 JDA10
		N30			1600		DA1000		KPD001	

(Uwaga) Dane w powyższej tabeli dotyczące gatunków innych producentów zostały wybrane z publikacji. Nie zostały one zatwierdzone przez każdą z wymienionych firm.

TABELA PORÓWNAWCZA ŁAMACZY WIÓRA

PŁYTKI NEGATYWNE

Klasyfikacja ISO	Rodzaj obróbki	Mitsubishi Carbide	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Hitachi Tool
P	Wykańczająca	PK* FH FY	QF	UF, FF	FF1	FA FL	01* TF ZF	DP* GP, VF XP, XP-T		FE
	Lekka	C SA SH	PF MF	LF, FN	MF2	SU LU SX	NS, 27 TSF, TS	HQ, CQ	PF UR UA, UT	BE BH, CE
	Lekka (Stal konstrukcyjna)	SY					17	XQ, XS		
	Lekka (z krawędzią do obróbki gładkościowej (Wiper))	SW	WP, WF	FW	W-MF2	LUW	AFW, ASW	WP, WQ		
	Średnia	MP, MV MA MH	PM QM SM	MG, MN	MF3 MF5, M3 M5	GU UG GE, UX	NM, ZM, AS TM DM, 37	CJ, GS PS, HS PT, CS	PG UB	CT, AB AH AY, AE
	Średnia (z krawędzią do obróbki gładkościowej (Wiper))	MW	WMX, WM	MW	W-M3	GUW				
	Półciężka	GH	PR	RN	MR7	MU, MX	TH	PH GT, HT	UD, GG	AR, RE
M	Ciężka	HZ HX HV	QR, PR HR	MR RM, RH	R4, R6 R7 RR9	MP HG, HP	57 65, TU	PX HX	UC	TE, UE HX HE, H
	Wykańczająca Lekka	SH	MF	K, FP		SU	SS	MQ, GU		MP, SE
	Średnia	MS ES	MM	P, MP	MF4	EX, UP	SA, SM S	MS, MU SU, HU ST	SF SG	PV, DE
K	Ciężka	GH HZ	MR MR	RP	M5, MR7 56, R6	MP				
	Wykańczająca Lekka	MA	KF	FN	M4	UZ	CF	Standardowa		VA
	Średnia	Standardowa	KM	Standardowa, UN		GZ, UX	CM, 33, Standardowa	C, ZS, GC		V
S	Ciężka	Płytki płaska (bez łamacza wióra)	KR			Płytki płaska (bez łamacza wióra)	CH, Płytki płaska (bez łamacza wióra)	Płytki płaska (bez łamacza wióra)		
	Wykańczająca	FJ*		FS, K	MF1					
	Lekka	MJ, MJ*				SU*		TK		
	Średnia	MS	○NGP*, 23	○NGP*	M1		SA			
	Ciężka	GJ	SR	MS						

*Płytki szlifowane na obwodzie.

(Uwaga) Dane w powyższej tabeli dotyczące gatunków innych producentów zostały wybrane z publikacji. Nie zostały one zatwierdzone przez każdą z wymienionych firm.

PŁYTKI POZYTYWNE 7°

Klasyfikacja ISO	Rodzaj obróbki	Mitsubishi Carbide	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Hitachi Tool
P	Wykańczająca	SMG *	UM *	LF *		FC, SC *	JS, 01 *	CF, CK *, GQ *		
	Wykańczająca Lekka	FV SV	UF, PF	11, UF LF	FF1 F1	FP, LU SU, SK	PF, PS	GP XP, VF		JQ
	Lekka (z krawędzią do obróbki gładkościowej (Wiper))	SW	WK *, WF, WP	FW	W-F1	LUW				
	Średnia	MV Standardowa	UM, PM	MF	F2	MU	23 PM, 24	HQ XQ, GK	FT	JE
	Średnia (z krawędzią do obróbki gładkościowej (Wiper))	MW	WM	MW						
M	Wykańczająca Lekka	SV	MF				SS *			MP
	Średnia	Standardowa	MM							
K	Średnia	Płytki płaska (bez łamacza wióra)	KF, KM, KR			Płytki płaska (bez łamacza wióra)	Płytki płaska (bez łamacza wióra)	Płytki płaska (bez łamacza wióra)	FT	
N	Średnia	AZ *	AL *	HP *	AL *	AG, AW *	AL *	AH *	ASF *, ALU *, ACB *	
S	Wykańczająca Lekka	FJ *		LF *, HP *		SC *				

*Płytki szlifowane na obwodzie.

(Uwaga) Dane w powyższej tabeli dotyczące gatunków innych producentów zostały wybrane z publikacji. Nie zostały one zatwierdzone przez każdą z wymienionych firm.

PŁYTKI POZYTYWNE 11°

Klasyfikacja ISO	Rodzaj obróbki	Mitsubishi Carbide	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Hitachi Tool
P	Wykańczająca Lekka	SV	PF	UF LF		FK LU SU	01 *, PF PS	GP XP		JQ
	Średnia	MV	PM	MF		MU	PM 23 24	HQ XQ		JE
M	Wykańczająca Lekka	SV	MF				SS *			MP
	Średnia	MV	MM							

*Płytki szlifowane na obwodzie.

(Uwaga) Dane w powyższej tabeli dotyczące gatunków innych producentów zostały wybrane z publikacji. Nie zostały one zatwierdzone przez każdą z wymienionych firm.

Notatki