



## Spis treści

Wykaz tabel - wytyczne technologiczne do cięcia

374

<b>1</b>	<b>Metoda</b>	<b>375</b>
<b>2</b>	<b>Dokładności uzyskiwane przy cięciu</b>	<b>375</b>
<b>3</b>	<b>Parametry skrawania i warstwy skrawanej przy cięciu</b>	<b>376</b>
<b>4</b>	<b>Siły i zapotrzebowanie mocy przy cięciu</b>	<b>378</b>
<b>5</b>	<b>Obliczanie czasu głównego dla cięcia</b>	<b>378</b>
<b>6</b>	<b>Narzędzia do cięcia</b>	<b>380</b>
6.1	Kąty i podziałka zębów piły	380
6.2	Kształty zębów i zakresy stosowania	380
6.2.1	Piły tarczowe	380
6.2.2	Piły taśmowe	381
6.3	Informacje na temat pił taśmowych	384
<b>7</b>	<b>Przyczyny usterek przy cięciu</b>	<b>385</b>
7.1	Usterki przy cięciu piłami tarczowymi i sposoby usunięcia usterek	385
7.2	Usterki przy cięciu piłami taśmowymi i sposoby usunięcia usterek	386
<b>8</b>	<b>Wytyczne do cięcia</b>	<b>388</b>

## Wykaz tabel - wytyczne technologiczne do cięcia

Rodzaj brzeszczotu	Materiał narzędzia / powłoka	Nr tabeli	Strona
Brzeszczoty do pił taśmowych do metalu	HSS/Bimetal	7.8	389
Piły tarczowe	HSS	7.9	390
		7.10	392
	VHM	7.11	393

## 1 Metoda

Najważniejszym zadaniem cięcia jest przecinanie i skracanie prętów i kształtowników oraz wykonywanie wycięć. Do tego celu stosuje się najczęściej używane w praktyce metody cięcia:

- cięcie na piłach tarczowych,
- cięcie na piłach taśmowych,
- cięcie na piłach ramowych.

## 2 Dokładności uzyskiwane przy cięciu

W ramach dokładności uzyskiwanych przy cięciu (Tabela 7.1) można rozróżnić:

- dokładność wymiaru długości (powtarzalność wymiaru długościowego),
- dokładność kąta (kąta odniesiony do 100 mm grubości materiału przecinanego).

Oceniana cecha	Cięcie na piłach tarczowych	Cięcie na piłach taśmowych	Cięcie na piłach ramowych
Dokładność wymiaru długości [mm]	$\pm 0,15 \dots 0,2$	$\pm 0,2 \dots 0,3$	$\pm 0,2 \dots 0,25$
Dokładność kąta na 100 mm grubości materiału przecinanego	$\pm 0,15 \dots 0,3$	Ostrość normalna: $\pm 0,15$ Pod koniec okresu trwałości: $\pm 0,5$	$\pm 0,2 \dots 0,3$

Tabela 7.1 Dokładności osiągnięte przy cięciu

### 3 Parametry skrawania i warstwy skrawanej przy cięciu

Ponieważ przy cięciu kąt przystawienia głównej krawędzi skrawającej  $\kappa = 90^\circ$ , więc grubość warstwy skrawanej  $h$  odpowiada posuwowi na ząb  $f_z$ , a szerokość warstwy skrawanej odpowiada głębokości skrawania  $a_p$ .

$$h = f_z$$

$$b = a_p$$

Posuw na ząb  $b f_z$  oblicza się z zależności

$$A_s = v_f \cdot l$$

i

$$T = \frac{l_B}{z}$$

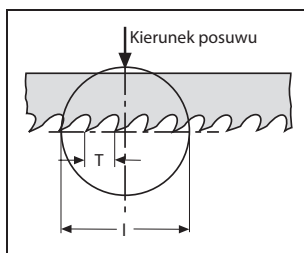
w sposób następujący:

- przy **cięciu na piłach tarczowych**:

$$f_z = \frac{A_s \cdot D \cdot \pi}{l \cdot v_c \cdot z \cdot 1000} = \frac{v_f \cdot D \cdot \pi}{v_c \cdot z \cdot 1000} \quad (\text{równ. 7.1})$$

- przy **cięciu na piłach taśmowych**:

$$f_z = \frac{A_s \cdot T}{l \cdot v_c \cdot 1000} = \frac{v_f \cdot l_B}{v_c \cdot z \cdot 1000} \quad (\text{równ. 7.2})$$



$f_z$	posuw na ząb [mm/ząb]
$A_s$	jednostkowa pow. skrawania [ $\text{mm}^2/\text{min}$ ] (por. Tab. 7.3)
$l$	długość cięcia [mm]
$l_B$	długość brzeszczotu piły taśmowej [mm]
$v_c$	prędkość skrawania [m/min]
$v_f$	prędkość posuwu [mm/min]
$z$	liczba zębów piły
$D$	średnica piły [mm]
$T$	podziałka zębów [mm]

Rys. 7.1 Warunki styku narzędzia z obrabianym przedmiotem przy cięciu piłą taśmową

Material	Posuw na ząb (długość warstwy skrawanej) $f_z$ [mm/ząb]
Stal niskostopowa	0,005–0,008
Stal stopowa	0,004–0,008
Stal narzędziowa	0,002–0,005
Stal nierdzewna	0,002–0,005
Brąz / miedź	0,008–0,012
Aluminium	0,010–0,030

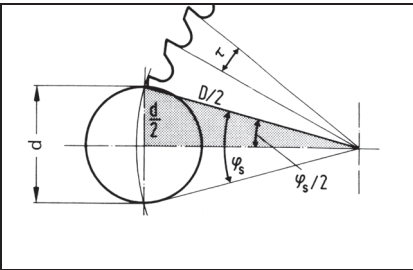
Tabela 7.2 Posuwy przy cięciu różnych materiałów piłą taśmową

Prędkość posuwu  $v_f$  można określić przy cięciu piłami taśmowymi w sposób następujący:

$$v_f = v_c \cdot f_z \cdot Z_t \cdot 39,4$$

- $v_f$  prędkość posuwu [mm/min] (równ. 7.3)
- $v_c$  prędkość skrawania [m/min]
- $f_z$  posuw na ząb (grubość warstwy skrawanej) [mm/ząb]
- $Z_t$  średnia podziałka zębów,  $[3/4=(3+4):2=3,5]$
- 39,4 wartość stała

Przy **cięciu piłami tarczowymi** pominąć niewielką różnicę pomiędzy średnią grubością warstwy skrawanej  $h_m$  a posuwem na ząb  $f_z$ . Długość cięcia przy cięciu piłami tarczowymi, zwłaszcza przy cięciu profili, można określić według zależności przedstawionych na Rys. 7.2. Długość cięcia jest również tutaj podawana prostopadle do kierunku posuwu.



Długość cięcia  $l$  przy cięciu piłami tarczowymi:

$$l = \frac{\pi \cdot D \cdot \varphi_s}{360^\circ}$$

- $D$  średnica tarczy piły [mm]
- $\varphi_s$  kąt przyporu [°]

Rys. 7.2 Warunki styczności zębów piły z przecinany materiałem podczas cięcia piłą tarczową

**Maksymalna liczba zębów  $z_{IE}$  znajdujących się w styczności z obrabianym przedmiotem**, istotna dla obliczenia mocy, może zostać określona z następującej zależności:

- Przy cięciu piłami tarczowymi:

$$Z_{IE} = \frac{\varphi_s \cdot Z}{360^\circ}$$

- $\varphi_s$  kąt przyporu [°] (równ. 7.4)
- $Z$  liczba zębów

- Przy cięciu piłami taśmowymi:

$$Z_{IE} = \frac{l}{T}$$

- $l$  długość cięcia [mm] (równ. 7.5)
- $T$  podziałka zębów [mm]

## 4 Siły i zapotrzebowanie mocy przy cięciu

Zasadniczo przy cięciu obowiązują następujące zależności:

**Siła skrawania w przeliczeniu na ząb  $F_{CZ}$ :**

$$F_{CZ} = a_p \cdot f_z \cdot k_c \cdot f_{Sa} \cdot K_{Ver}$$

$F_{CZ}$	siła skrawania na ząb [N]	(równ. 7.6)
$a_p$	głębokość skrawania [mm]	
$f_z$	posuw na ząb [mm/ząb]	
$k_c$	właściwy opór skrawania [N/mm <sup>2</sup> ] (por. równ. 4.6)	
$f_{Sa}$	współczynnik technologiczny dla cięcia ( $f_{Sa} = 1,15$ )	
$K_{Ver}$	współczynnik korekcyjny zużycia (por. <i>Tabela 2.15</i> )	

**Całkowita siła skrawania  $F_C$**  dla zębów znajdujących się w styczności z przecinanym materiałem:

$$F_C = F_{CZ} \cdot Z_{iE} = a_p \cdot f_z \cdot k_c \cdot Z_{iE} \cdot f_{Sa} \cdot K_{Ver}$$

$Z_{iE}$  liczba zębów znajdujących się w kontakcie z przecinanym materiałem

(równ. 7.7)

**Moc skrawania  $P_c$ :**

$$P_c = \frac{F_C \cdot v_c}{60000} = \frac{F_{CZ} \cdot v_c}{60000} \cdot Z_{iE}$$

$F_C$	całkowita siła skrawania [N]	
$F_{CZ}$	siła skrawania na ząb [N]	(równ. 7.8)
$v_c$	siła skrawania [m/min]	
$Z_{iE}$	liczba zębów znajdujących się w styczności z obrabianym materiałem	

## 5 Obliczanie czasu głównego dla cięcia

**Czas główny  $t_h$**  można obliczyć dla wszystkich metod cięcia z poniższej zależności:

$$t_h = \frac{A}{A_s}$$

$t_h$	czas główny [min]	
$A$	przekrój cięcia [mm <sup>2</sup> ]	(równ. 7.9)
$A_s$	jednostkowa powierzchnia skrawania [mm <sup>2</sup> /min]	

Kilka wartości jednostkowej powierzchni skrawania  $A_s$  podano w *Tabeli 7.3*.

Jeżeli brak jest danych na temat jednostkowej powierzchni przekroju  $A_s$ , wówczas można obliczyć czas główny również z poniższego równania, tak jak w przypadku wszystkich innych metod:

$$t_h = \frac{L}{v_f}$$

$L$	całkowita droga [mm]	(równ. 7.10)
$v_f$	prędkość posuwu [mm/min]	

Czas cięcia odcinka można obliczyć przy pomocy poniższej zależności:

$$t = \frac{H}{v_f}$$

- $t$  czas cięcia odcinka (wyrażony w postaci ułamka dziesiętnego, np. 4,35 min) (równ. 7.11)
- $H$  średnica materiału (grubość przecinanego materiału) [mm]
- $v_f$  prędkość posuwu [mm/min]

W obliczeniach wychodzi się z założenia, że niezależnie od długości skrawania  $l$ , w określonym materiale można przeciąć w tym samym czasie ten sam przekrój, zwany **jednostkową powierzchnią przekroju  $A_s$** . Wartości te można odczytać z Tabeli 7.3.

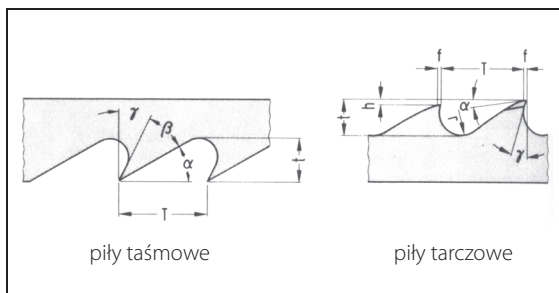
Materiał	$A_s$ w $10^3 \text{ mm}^2 / \text{min}$	
	Cięcie piłą tarczową Piły tarczowe segmentowe SS	Cięcie piłą taśmową Stal narzędziowa o zawartości 3% W Brzeszczoty pił taśmowych do metalu HSS - Bi
St 34 – St42 C15 – C22	12 – 20	6
St50 – St60 C35 – C45	10 – 14	5
St70 – St85 C60	8 – 12	4
16MnCr5 30Mn5	8 – 12	4
GS38 – GS52	10 – 12	4
GG20 – GG30	8 – 10	3
Ms63 – Ms70	48 – 70	25 – 30
Stop aluminium 9 – 13% Si	80 – 200	40 – 70
Kształtowniki stalowe DIN 1024	8 – 15	brak danych

Tabela 7.3 Jednostkowe powierzchnie skrawania według danych różnych producentów

## 6 Narzędzia do cięcia

### 6.1 Kąty i podziałka zębów piły

Wielkość kąta wynika z kształtu brzeszczotu. Dla miejsca na wióry miarodajny jest kąt przyłożenia  $\alpha$ . Im większy jest kąt przyłożenia, tym większe jest miejsce na wióry. Kąt ostrza  $\beta$  nadaje zębom piły stabilność. Dlatego twarde i ciągliwe materiały wymagają dużego kąta ostrza.



- $\alpha$  kąt przyłożenia [°]
- $\beta$  kąt ostrza [°]
- $\gamma$  kąt natarcia [°]
- $T$  podziałka zębów [mm]
- $t$  wysokość zęba [mm]
- $h$  różnica wysokości [mm]
- $f$  sfazowanie kąta przyłożenia [mm]
- $r$  promień zaokrąglenia [mm]

Rys. 7.3 Kąty i podziałka zębów piły

### 6.2 Kształty zębów i zakresy stosowania

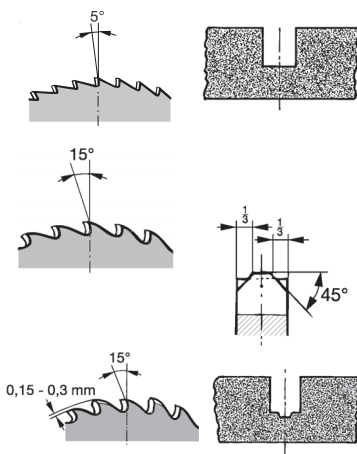
Zarys ostrza i dna zęba są określane jako kształt zęba.

#### 6.2.1 Piły tarczowe

W przypadku pił tarczowych kształty zębów są ustalone w DIN 1840. Rozróżnia się przy tym:

- **Ząb strzałkowy** (kształt A, kąt natarcia 5°):  
drobne, proste zęby o stosunkowo małych wrębach.
- **Ząb łukowy** (kształt B, kąt natarcia 15°):  
duże, łukowe zęby o stosunkowo dużych wrębach.
- **Ząb łukowy z zębami wstępnymi i wykańczającymi** (kształt C, kąt natarcia 15°):

zęby wstępne są wyższe o 0,15-0,30 mm od zębów wykańczających i na obu narożach zęba zukosowane (podział pracy pomiędzy oba zęby).



Typ narzędzia określa zakres zastosowania pił tarczowych:

- typ N do stali konstrukcyjnych, żeliwa szarego i metali nieżelaznych,
- typ H do materiałów twardych i twardo-ciągłych,
- typ W do materiałów miękkich i ciągliwych.

### 6.2.2 Piły taśmowe

Wśród kształtów zębów pił taśmowych rozróżnia się cztery podstawowe typy. Podziałkę zębów należy przy tym dostosować do grubości przecinanego materiału.

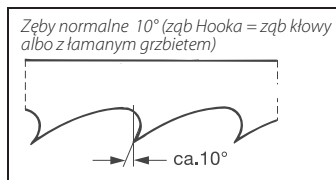
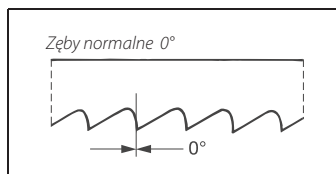
**Zastosowanie tylko do materiału pełnego:**

#### • Zęby normalne 0°

- Stała podziałka zębów z kątem natarcia 0°.
- Do małych i średnich przekrojów (długość styczności z obrabianym przedmiotem maks. 70 mm).
- Do materiałów dających krótki wiór.

#### • Zęby normalne 10°

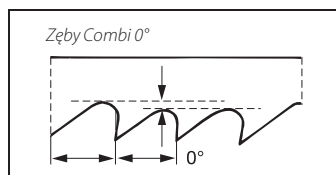
- Stała podziałka zębów z kątem natarcia 10°.
- Dzięki dużemu miejscu na wióry mogą być stosowane do większych przekrojów (długość styczności z obrabianym przedmiotem powyżej 50 mm).
- Do wysokich wydajności cięcia materiałów dających długi wiór i ciągliwych.



**Zastosowanie uniwersalne:**

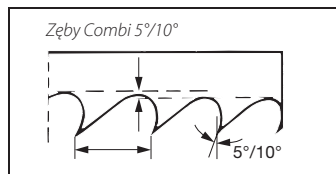
#### • Zęby typu Combi 0°

- Zmienna podziałka zębów z kątem natarcia 0°.
- Zmienne rozstawy zębów i zmienna wysokość zębów.
- Do dużego zakresu przekrojów (do rur i kształtowników, materiał pełny maks. do 70 mm).
- Bardzo niewielkie drgania.
- Do materiałów dających krótki wiór (ze względu na  $\gamma = 0^\circ$ ).



#### • Zęby typu Combi 5°/10°

- Zmienna podziałka zębów z kątem natarcia 5°/10°.
- Różne rozstawy zębów, zmienna głębokość zębów i duże miejsce na wióry umożliwiają skrawanie dużych przekrojów.
- Zastosowanie uniwersalne do dużego zakresu przekrojów (dla materiału pełnego powyżej 50 mm długości styczności z obrabianym przedmiotem).
- Do materiałów ciągliwych i dających długi wiór.





Przy **stosowaniu pił taśmowych do metalu** należy poza tym wziąć pod uwagę:

- **Przy długości styczości z obrabianym przedmiotem mniejszej niż 50 mm** lub w przypadku cienkościennych rur i kształtowników należy stosować jedynie podziałki zębów z kątem natarcia 0° (zęby normalne albo typu Combi).
- **Docieranie nowych pił taśmowych** (trwałość piły taśmowej zależy w istotny sposób od kontrolowanego docierania):

Ostre zęby nowej piły taśmowej wchodzi w kontakt z materiałem przy normalnym posuwie bardzo agresywnie. Dlatego podczas pierwszych cięć należy zredukować nacisk (posuw) o 50%. Po przecięciu przekroju o powierzchni około 300 cm<sup>2</sup> można powoli zwiększać posuw aż do optymalnej wartości.

- **Środek chłodzący**

Środek chłodzący zapobiega przegrzaniu zębów piły oraz obrabianego przedmiotu. Poza tym odprowadza on wióry z miejsca cięcia.

Zwykle wszystkie stale tną się z zastosowaniem emulsji chłodzącej, a żeliwo na sucho. Przy użyciu oleju chłodząco-smarującego uzyskuje się dobre wyniki cięcia, zwłaszcza stali do nawęglania, wysokostopowych stali narzędziowych, stali do ulepszenia cieplnego, stali VA i tytanu.

- **Szerokość brzeszczotu piły taśmowej**

Należy dobierać możliwie jak najszerszy brzeszczot, jaki może być zastosowany w pile, aby zapewnić dostateczną stabilność przy większych siłach posuwu. Przy cięciu krzywoliniowym szerokość brzeszczotu piły taśmowej zależy od najmniejszego wycinanego promienia (por. *Tabela 7.4*).

<b>Promień [mm]</b>	3	8	15	30	38	65	100	140
<b>Szerokość brzeszczotu [mm]</b>	3	5	6	8	10	13	16	20

*Tabela 7.4 Szerokość brzeszczotu piły taśmowej przy cięciu krzywoliniowym*

- **Mocowanie materiału**

Materiał należy mocować w taki sposób, aby brzeszczot piły taśmowej pracował w miarę możliwości bez drgań. Przy cięciu materiału w wiązkach należy ewentualnie zespawać jego końce. Zwiększa to wydajność cięcia i okres trwałości.

- **Prędkość cięcia i posuw**

Prędkość cięcia (prędkość brzeszczotu), zależy od wytrzymałości, rodzaju i przekroju przecinanego materiału. Im większa jest wytrzymałość, tym mniejszą prędkość należy wybrać (porównaj tabela wytycznych technologicznych dla pił taśmowych - *Tabela 7.10*). Przekroje małe mogą być cięte z zastosowaniem większej prędkości niż przekroje duże. Cienkościennie rury i kształtowniki oraz ostre krawędzie przecina się z zastosowaniem małego i w miarę możliwości stałego posuwu (nacisku).

Na podstawie kształtu wiórów można ocenić, czy zastosowano właściwą prędkość i posuw (por. Tabela 7.5).




Kształt wiórów	Uwagi	Ocena
	Wióry cienkie albo w postaci proszku	Zwiększyć posuw
	Luźne, zwinięte wióry	Parametry skrawania prawidłowe
	Grube, ciężkie albo niebieskie wióry	Za duże wartości parametrów skrawania

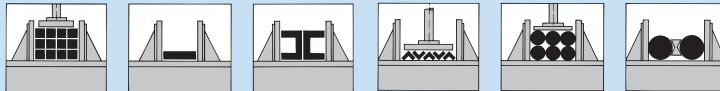
Tabela 7.5 Kształt wiórów w zależności od parametrów skrawania przy cięciu na piłami taśmowymi

### 6.3 Informacje na temat pił taśmowych

**Garant** **RÖNTGEN** **HOLEX** **Brzeszczoły do pił taśmowych do metalu** **Informacja**

**• zamocowanie materiału**

Materiał zamocować w taki sposób, aby brzeszczot piły taśmowej pracował z możliwie najmniejszymi wibracjami. Przy cięciu wiązek ewentualnie zesparować końce. Zwiększa to trwałość i wydajność cięcia.



**• docieranie nowych brzeszczotów pił taśmowych**

Ostre zęby nowego brzeszczotu przy normalnym posuwie wchodzą bardzo agresywnie w przypór z materiałem. Dlatego przy wykonaniu pierwszych cięć zredukować posuw o 50%, a prędkość skrawania do 70%.

Po przecięciu powierzchni o około 400 cm<sup>2</sup> powoli zwiększyć posuw do wartości optymalnej.  
**Trwałość nowego brzeszczotu piły taśmowej zależy w istotnym stopniu od prawidłowego dotarcia!**

**• środki chłodziwe**

Chłodziwo zapobiega przegrzaniu zębów piły oraz obrabianego przedmiotu i odprowadza wióry z miejsca cięcia. Wszystkie stale normalnie trnie się z zastosowaniem emulsji chłodziwej. Żelivo trnie się zwykle na sucho. Olej chłodziwo-smarujący zapewnia dobre wyniki cięcia stali do nawęglania, wysokostopowych stali narzędziowych, stali do ulepszenia cieplnego, stali VA i tytanu. Przy cięciu rur i profili dobrze sprawdziło się zastosowanie instalacji rozpylającej. Zawsze zwracać szczególną uwagę na dobrą szczelność do wirów.

**• prędkości skrawania i posuwu**

Prędkość skrawania (prędkość piły taśmowej) zależy od wytrzymałości, rodzaju i przekroju ciętego materiału. Im większa wytrzymałość, tym mniejsza musi być prędkość. Mniejsze przekroje można ciąć z zastosowaniem większej prędkości niż przy dużych przekrojach. Cienkościenne rury i profile oraz ostre krawędzie należy ciąć z zastosowaniem mniejszego i w miarę możliwości stałego posuwu (nacisk).

Materiał	Prędkość skrawania w m/min bi alfa cobalt (M42)
Stal konstrukcyjna / stal automatowa	80 – 90
Stale do nawęglania / stale do uleps. cieplnego	45 – 75
Niestopowe stale narzędziowe / stale kołyskowe	40 – 60
Stopowe stale narzędziowe / stale szybko tnące	30 – 40
Stale nierdzewne	20 – 35
Stale żaroodporne	15 – 25
Stopy żaroodporne	

**W przypadku wystąpienia drgań** minimalnie skoryguować prędkość cięcia (m/min) w górę lub w dół. Zwiększać nieco posuw **w miarę stępania się**.

**• ocena pęknięcia spoiny na taśmie**

Gładkie pęknięcie spoiny po pewnym czasie jest wadą wytrzymałościową. Pęknięcie spoiny po dłuższym czasie, przebiegające zygzakiem, jest oznaką pęknięcia pod wpływem nadmiernej pily.

**• podziałki zębów**

Zalecane podziałki zębów do materiału pełnego

Zalecane podziałki zębów do rur

Uzębienie mieszane		Uzębienie zwykłe		Grubość ścianki S (mm)	Średnica zewnętrzna rury D (mm) podziałka zębów Z (ZpZ)									
Przekrój materiału	Podziałka zębów	Przekrój materiału	Podziałka zębów		20	40	60	80	100	120	150	200	300	500
< 25 mm	10/14 ZpZ	< 10 mm	14 ZpZ											
15-40 mm	8/12 ZpZ	10-30 mm	10 ZpZ	<b>2</b>	14	10/14	10/14	10/14	10/14	8/12	8/12	8/12	8/12	5/8
25-50 mm	6/10 ZpZ	30-50 mm	8 ZpZ	<b>3</b>	14	10/14	10/14	8/12	8/12	8/12	8/12	6/10	6/10	5/8
35-70 mm	5/8 ZpZ	50-80 mm	6 ZpZ	<b>4</b>	10/14	10/14	8/12	8/12	8/12	6/10	6/10	5/8	4/6	4/6
40-90 mm	5/6 ZpZ	80-120 mm	4 ZpZ	<b>5</b>	10/14	10/14	8/12	8/12	6/10	6/10	5/8	4/6	4/6	4/6
50-120 mm	4/6 ZpZ	120-200 mm	3 ZpZ	<b>6</b>	10/14	8/12	8/12	6/10	6/10	5/8	5/8	4/6	4/6	4/6
80-180 mm	3/4 ZpZ	200-400 mm	2 ZpZ	<b>8</b>	10/14	8/12	8/12	6/10	5/8	5/8	4/6	4/6	4/6	4/6
130-350 mm	2/3 ZpZ	300-700 mm	1,25 ZpZ	<b>10</b>	-	8/12	6/10	5/8	4/6	4/6	4/6	4/6	4/6	4/5
220-450 mm	1,5/2 ZpZ	> 600 mm	0,75 ZpZ	<b>12</b>	-	8/12	6/10	4/6	4/6	4/6	4/6	4/6	4/6	4/5
				<b>15</b>	-	8/12	6/10	4/6	4/6	4/6	4/6	4/5	4/5	4/5
				<b>20</b>	-	-	4/6	4/6	4/6	4/6	4/5	4/5	4/5	3/4
				<b>30</b>	-	-	4/6	4/6	4/6	4/5	4/5	4/5	4/5	2/3
				<b>50</b>	-	-	-	-	-	4/5	3/4	2/3	2/3	

Uzębienie mieszane 1,5/2, 2/3, 3/4, 4/5, 4/6, 5/6, 5/6, kąt natarcia 10°; ten kształt zębów nadaje się zwłaszcza do cięcia pełnego przekroju stali wysokostopowych i dających długi wir. Przy zastosowaniu uzębienia 3/4 można z powodzeniem ciąć materiał w górnym zakresie średnic, do 180 mm. **Przybliżona reguła: w przyporze powinny być co najmniej 3 zęby.**

Rury cienkościenne (o grubości ścianki do ok. 8 mm): stosować podziałki zębów o kącie natarcia 0°.

**• szerokość taśmy**

Należy wybierać maksymalną możliwą szerokość taśmy, aby uzyskać dostateczną stabilność przy większych siłach posuwu. Przy cięciu krzywizn szerokość brzeszczotu jest zależna od najmniejszego promienia krzywizny toru cięcia (patrz tabela).

Promień (mm)	3	8	15	30	38	65	100	140
Szerokość taśmy (mm)	3	5	6	8	10	13	16	20

**• doradztwo techniczne**

W sprawie szczegółowego doradztwa technicznego nasi technolodzy są do Państwa dyspozycji. **Wszystkie inne ważne informacje znajdują Państwo w poradniku skrawania.**

## 7 Przyczyny usterek przy cięciu

### 7.1 Usterki przy cięciu piłami tarczowymi i sposoby usunięcia usterek

Usterka: zęby zbyt szybko się tępią	
<b>Przyczyna:</b> a) zbyt duża ilość wiórów we wrębie, zęby zapychają się; b) nierówna powierzchnia cięcia c) brak chłodzenia albo nieodpowiednie chłodzenie	<b>Sposób usunięcia:</b> a) zastosować większą podziałkę zębów b) zastosować mniejszą podziałkę zębów i zmniejszyć nacisk przy cięciu c) zastosować odpowiedni środek chłodząco-smarujący
Usterka: zęby wyłamują się	
<b>Przyczyna:</b> a) niewłaściwe odprowadzanie wiórów b) zęby zaczepiają się w ciętym materiale c) zamocowanie obrabianego materiału	<b>Sposób usunięcia:</b> a) wybrać większą podziałkę zębów b) zastosować mniejszą podziałkę zębów c) poprawić zamocowanie materiału
Usterka: pęknięcie tarczy	
<b>Przyczyna:</b> a) niewłaściwe dosunięcie przy rozpoczynaniu skrawania b) stępione zęby tarczy	<b>Sposób usunięcia:</b> a) na początku cięcia tarcza nie może przylegać do materiału b) naostrzyć zęby
Usterka: zakleszczanie się i przyczepianie materiału do tarczy piły	
<b>Przyczyna:</b> a) niewłaściwy posuw b) brak środka chłodząco-smarującego albo niewłaściwy środek	<b>Sposób usunięcia:</b> a) zwiększyć albo zmniejszyć posuw b) zastosować odpowiedni środek chłodząco-smarujący

Tabela 7.6 Usterki przy cięciu piłami tarczowymi i sposób ich usunięcia

## 7.2 Usterki przy cięciu piłami taśmowymi i sposoby usunięcia usterek

Usterka: zęby zbyt szybko się tępią	
<b>Przyczyna:</b> a) za duża prędkość skrawania b) niedostateczne chłodzenie	<b>Sposób usunięcia:</b> a) zastosować mniejszą prędkość skrawania b) zadbać o właściwe chłodzenie
Usterka: zęby wyłamują się przy cięciu kształowników	
<b>Przyczyna:</b> a) za duża podziałka zębów / niewłaściwa geometria zębów b) za duży nacisk przy cięciu c) obrabiany materiał niewłaściwie zamocowany	<b>Sposób usunięcia:</b> a) dostosować podziałkę i geometrię zębów b) zmniejszyć nacisk przy cięciu poprawić zamocowanie obrabianego materiału
Usterka: wyłamywanie się zębów przy cięciu pełnego materiału	
<b>Przyczyna:</b> a) za mała podziałka zębów b) za duży nacisk przy cięciu c) obrabiany przedmiot nie jest właściwie zamocowany	<b>Sposób usunięcia:</b> a) zastosować większą podziałkę zębów b) zmniejszyć nacisk przy cięciu albo zastosować większą prędkość cięcia, o ile to możliwe
Usterka: pęknięcie zgrzeiny brzeszczotu piły	
<b>Przyczyna:</b> a) jedna albo obie prowadnice nie są ustawione prostopadle do podstawy imadła b) jedna z dwóch rolek grzbietowych nie przylega podczas cięcia do grzbietu brzeszczotu c) za duże albo za małe napięcie brzeszczotu d) cięcie ukośne	<b>Sposób usunięcia:</b> a) ustawić prowadnice przy zamocowanej taśmie za pomocą kątownika b) wyregulować prowadnice grzbietu brzeszczotu c) przestrzegać przepisów producenta maszyny na temat prawidłowego napięcia brzeszczotu d) patrz usterka - cięcie ukośne

Tabela 7.7 Usterki przy cięciu piłami taśmowymi i sposób ich usunięcia - ciąg dalszy patrz strona następną

Tabela 7.7 Usterki przy cięciu pilami taśmowymi i sposoby ich usunięcia - ciąg dalszy

Usterka: pęknięcie brzeszczotu	
<b>Przyczyna:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) boczne rolki prowadzące są ustawione zbyt ciasno i walczą brzeszczot</li> <li>b) pary prowadnic są ustawione nieprawidłowo względem siebie</li> <li>c) boczne prowadnice ze stopów twardych są zużyte</li> <li>d) zużyta prowadnica grzbietu brzeszczotu</li> <li>e) nie działa szczotka oczyszczająca z wiórów</li> <li>f) bicie boczne koła zmiany kierunku brzeszczotu</li> </ul>	<b>Sposób usunięcia:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) wyregulować boczne rolki prowadzące w taki sposób, aby można je było obracać ręcznie</li> <li>b) wyregulować pary rolek prowadzących w taki sposób, aby się pokrywały</li> <li>c) wymienić prowadnice</li> <li>d) wymienić prowadnicę grzbietu brzeszczotu</li> <li>e) wyregulować lub wymienić szczotkę</li> <li>f) skontrolować zamocowanie koła zmiany kierunku, ewentualnie wymiana łożysk kulkowych</li> </ul>
Usterka: cięcie ukośne	
<b>Przyczyna:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) prowadnice są za bardzo oddalone od siebie</li> <li>b) zbyt drobne zęby</li> <li>c) za duży nacisk przy cięciu</li> </ul>	<b>Sposób usunięcia:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) dosunąć prowadnice przesuwne możliwie jak najbliżej do obrabianego przedmiotu</li> <li>b) zastosować prawidłową podziałkę</li> <li>c) zmniejszyć nacisk przy cięciu albo nieco zwiększyć prędkość cięcia</li> </ul>

## 8 Wytyczne do cięcia

### Zadanie obróbkowe:

Cięcie wałków ze stali X210Cr12 przy użyciu piły tarczowej HSS (średnica 250 mm).

### Sposób wykonania:

1. Dobór narzędzia z katalogu głównego Nr Ho 17 7450
2. Dobór grupy materiałowej (rozdział „Materiały”, podrozdział 1.) D = 250 mm
3. Dobór parametrów skrawania: Grupa mat. 8.2
  - 3.1 Wybór tabeli wskaźników Tabela 7.9
  - Narzędzie 17 7450 → piły tarczowe (HSS)
  - 3.2 Dobór parametrów skrawania

Grupa materiałowa	Nazwa materiału	Wytrzymałość [N/mm <sup>2</sup> ]	v <sub>c</sub> [m/min] min. maks.	Ø 32		Ø 40		Ø 50		Ø 225		Ø 250		Ø 275	
				n min. [1/min]	n maks. [1/min]	n min. [1/min]	n maks. [1/min]	n min. [1/min]	n maks. [1/min]	n min. [1/min]	n maks. [1/min]	n min. [1/min]	n maks. [1/min]	n min. [1/min]	n maks. [1/min]
1.0	Stale konstr. ogóln. przeznaczenia	< 500	25 – 50	249	497	199	398	159	318	35	71	32	64	29	58
1.1	Stale konstr. ogóln. przeznaczenia	500 – 850	15 – 30	149	298	119	239	95	191	21	42	19	38	17	35
2.0	Stale automatowe	< 850	15 – 30	149	298	119	239	95	191	21	42	19	38	17	35
2.1	Stale automatowe	850 – 1000	10 – 20	99	199	80	159	64	127	14	28	13	25	12	23
3.0	Niestopowe stale do ulepszc. ciepln.	<700	15 – 30	149	298	119	239	95	191	21	42	19	38	17	35
3.1	Niestopowe stale do ulepszc. ciepln.	700 – 850	15 – 30	149	298	119	239	95	191	21	42	19	38	17	35
3.2	Niestopowe stale do ulepszc. ciepln.	850 – 1000	10 – 20	99	199	80	159	64	127	14	28	13	25	12	23
4.0	Stopowe stale do ulepszc. ciepln.	850 – 1000	10 – 20	99	199	80	159	64	127	14	28	13	25	12	23
4.1	Stopowe stale do ulepszc. ciepln.	1000 – 1200	10 – 15	99	149	80	119	64	95	14	21	13	19	12	17
5.0	Niestopowe stale do nawęglania	<750	15 – 30	149	298	119	239	95	191	21	42	19	38	17	35
6.0	Stopowe stale do nawęglania	<1000	10 – 20	99	199	80	159	64	127	14	28	13	25	12	23
6.1	Stopowe stale do nawęglania	> 1000	10 – 15	99	149	80	119	64	99	14	21	13	19	12	17
7.0	Stale do azotowania	< 1000	10 – 20	99	199	80	159	64	127	14	28	13	25	12	23
7.1	Stale do azotowania	> 1000	10 – 15	99	149	80	119	64	96	14	21	13	19	12	17
8.0	Stale narzędziowe	< 850	15 – 30	149	298	119	239	95	191	21	42	19	38	17	35
8.1	Stale narzędziowe	850 – 1100	10 – 20	99	199	80	159	64	127	14	28	13	25	12	23
8.2	Stale narzędziowe	1100 – 1400	7 – 15	70	149	56	119	45	95	10	21	9	19	8	17
9.0	Stale szybko tnące	830 – 1200	10 – 15	99	149	80	119	64	95	14	21	13	19	12	17

Zakres prędkości skrawania:

v<sub>c</sub> = 7 ... 15 m/min

Zakres prędkości obrotowej:

n = 9 ... 19 obr./min

Tabela 7.8 Brzeszczyty pił taśmowych bimetaliczne (HSS)

Numery katalogowe 172000; 172050; 172100; 173480 – 174025; 174050; 174060; 174100



Grupa materiałowa	Nazwa materiału	Wytrzymałość [N/mm <sup>2</sup> ]	Ø 10 – 65		Ø 100 – 300		Ø 400 – 800		Chłodzenie
			v <sub>c</sub> [m/min] min.	v <sub>c</sub> [m/min] maks.	v <sub>c</sub> [m/min] min.	v <sub>c</sub> [m/min] maks.	v <sub>c</sub> [m/min] min.	v <sub>c</sub> [m/min] maks.	
1.0	Stale konstr. ogóln. przeznaczenia	< 500	90 – 100	85 – 95	60 – 75	48 – 50	emulsja 10-15% oleju		
1.1	Stale konstr. ogóln. przeznaczenia	500 – 850	75 – 80	65 – 70	48 – 50	emulsja 5-10% oleju			
2.0	Stale automatowe	< 850	90 – 100	85 – 95	60 – 75	emulsja 10-15% oleju			
2.1	Stale automatowe	850 – 1000	90 – 100	85 – 95	60 – 75	emulsja 10-15% oleju			
3.0	Niestopowe stale do uleps. ciepln.	< 700	75 – 80	65 – 70	48 – 50	emulsja 5-10% oleju			
3.1	Niestopowe stale do uleps. ciepln.	700 – 850	75 – 80	65 – 70	48 – 50	emulsja 5-10% oleju			
3.2	Niestopowe stale do uleps. ciepln.	850 – 1000	65 – 75	55 – 60	40 – 50	emulsja 5-10% oleju			
4.0	Stopowe stale do uleps. ciepln.	850 – 1000	65 – 75	55 – 60	40 – 50	emulsja 5-10% oleju			
4.1	Stopowe stale do uleps. ciepln.	1000 – 1200	40 – 45	36 – 40	25 – 32	emulsja 5% oleju			
5.0	Niestopowe stale do nawęglania	< 750	90 – 100	85 – 95	60 – 75	emulsja 10-15% oleju			
6.0	Stopowe stale do nawęglania	< 1000	65 – 75	55 – 60	40 – 50	emulsja 5-10% oleju			
6.1	Stopowe stale do nawęglania	> 1000	65 – 75	55 – 60	40 – 50	emulsja 5-10% oleju			
7.0	Stale do azotowania	< 1000	40 – 45	35 – 40	25 – 32	emulsja 5% oleju			
7.1	Stale do azotowania	> 1000	40 – 45	35 – 40	25 – 32	emulsja 5% oleju			
8.0	Stale narzędziowe	< 850	58 – 60	50 – 55	35 – 45	emulsja 3% oleju			
8.1	Stale narzędziowe	850 – 1100	58 – 60	50 – 55	35 – 45	emulsja 3% oleju			
8.2	Stale narzędziowe	1100 – 1400	30 – 35	25 – 30	20 – 24	na sucho			
9.0	Stale szybko tnące	830 – 1200	45 – 50	40 – 45	30 – 35	emulsja 3% oleju			
10.0	Stale hartowane	45–55 HRC	–	–	–	–			
10.1	Stale hartowane	55–60 HRC	–	–	–	–			
10.2	Stale hartowane	60–67 HRC	–	–	–	–			
11.0	Stale konstr. odporne na ścieranie	1350	35 – 40	30 – 35	22 – 28	emulsja 10-15% oleju			
11.1	Stale konstr. odporne na ścieranie	1800	35 – 40	30 – 35	22 – 28	emulsja 10-15% oleju			
12.0	Stale sprężynowe	< 1500	35 – 40	30 – 35	22 – 28	emulsja 10-15% oleju			
13.0	Stale nierdzewne siarkowane	< 700	35 – 40	30 – 35	22 – 28	emulsja 10-15% oleju			
13.1	Stale nierdz. austenityczne	< 700	35 – 40	30 – 35	22 – 28	emulsja 10-15% oleju			
13.2	Stale nierdz. austenityczne	< 850	25 – 30	20 – 25	15 – 20	emulsja 15% oleju			
13.3	Stale nierdz. martenzytyczne	< 1100	25 – 30	20 – 25	15 – 20	emulsja 15% oleju			
14.0	Stopy specjalne	< 1200	15 – 18	14 – 15	10 – 12	emulsja 15-20% oleju			
15.0	Żeliwo (GG)	< 180 HB	50 – 55	45 – 50	30 – 40	na sucho			
15.1	Żeliwo (GG)	> 180 HB	50 – 55	45 – 50	30 – 40	na sucho			
15.2	Żeliwo (GGG, GT)	> 180 HB	50 – 55	45 – 50	30 – 40	na sucho			
15.3	Żeliwo (GGG, GT)	> 260 HB	50 – 55	45 – 50	30 – 40	na sucho			
16.0	Tytan, stopy tytanu	< 850	30 – 35	25 – 30	20 – 25	emulsja 10% oleju			
16.1	Tytan, stopy tytanu	850 – 1200	30 – 35	25 – 30	20 – 25	emulsja 10% oleju			
17.0	Al. dające dł. wiór; st. al. do przer. plast.; Mg	do 350	2500 *)	2100 – 2500 *)	1300 – 2000 *)	emulsja >25% oleju			
17.1	Stopy alum. dające krótki wiór		2500 *)	2100 – 2500 *)	1300 – 2000 *)	emulsja >25% oleju			
17.2	Stopy aluminium > 10% Si		2500 *)	2100 – 2500 *)	1300 – 2000 *)	emulsja >25% oleju			
18.0	Miedź niskostopowa	< 400	120	110	80 – 100	emulsja 10-15% oleju			
18.1	Mosiądz dający krótki wiór	< 600	120	120	120	emulsja 3% oleju			
18.2	Mosiądz dający długi wiór	< 600	120	120	120	emulsja 3% oleju			
18.3	Brąz dający krótki wiór	< 600	90 – 100	85 – 95	60 – 75	emulsja 10-15% oleju			
18.4	Brąz dający krótki wiór	650 – 850	90 – 100	85 – 95	60 – 75	emulsja 10-15% oleju			
18.5	Brąz dający długi wiór	< 850	90 – 100	85 – 95	60 – 75	emulsja 10-15% oleju			
18.6	Brąz dający długi wiór	850 – 1200	90 – 100	85 – 95	60 – 75	emulsja 10-15% oleju			
19.0	Grafit		–	–	–	–			
20.0	Termoplasty		50 – 500	50 – 400	50 – 400	spręż. powietrze/na sucho			
20.1	Duroplasty		–	–	–	–			
20.2	GFK i CFK		–	–	–	–			

W przypadku wystąpienia drgań minimalnie zwiększyć albo zmniejszyć prędkość cięcia.

W przypadku narastania stopienia nieco zwiększyć posuw.

\*) Wartości dla pił pionowych.

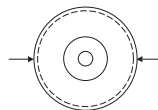




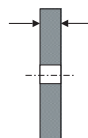


**Tabela 7.10 Dokładność wykonania pił tarczowych HSS według DIN i ISO**
**Tolerancja średnicy według ISO**

Zakres wymiarów nominalnych [mm]						
ponad	30	58	80	120	180	250
do	50	80	120	180	250	315
Pole tolerancji	+500	+600	+700	+800	+925	+1050
według js 15 (µm)	-500	-600	-700	-800	-925	-1050


**Tolerancja grubości według ISO**

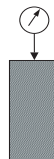
Zakres wymiarów nominalnych [mm]			
ponad		1	3
do	1	3	6
Pole tolerancji	+20	+30	+38
według js 15 (µm)	-20	-30	-38


**Tolerancja otworu według ISO**

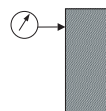
Zakres wymiarów nominalnych [mm]						
ponad	3	6	10	18	30	50
do	6	10	18	30	50	80
Pole tolerancji	+12	+15	+18	+21	+25	+30
według js 15 (µm)	0	0	0	0	0	0


**Dokładność ruchu obrotowego według DIN 1840**

Średnica zewnętrzna [mm]	Dopuszczalna odchyłka [mm]
do 100	0,10
powyżej 100	0,16


**Bicie wzdłużne (bicie boczne) według DIN 1840**

Średnica zewnętrzna [mm]	Dopuszczalna odchyłka [mm]
do 40	0,10
powyżej 40 do 100	0,16
powyżej 100 do 200	0,25
powyżej 200 do 315	0,40



**Tabela 7.11 GARANT Piły tarczowe do metalu (VHM)**

Numery katalogowe 179800; 179820

DIN 1837; 1838

Posuw (f) Posuw na obrót jest zależny od przekroju i sztywności materiału, uzębienia tarczy oraz konstrukcji piły

Grupa materiałowa	Nazwa materiału	Wytrzymałość [N/mm <sup>2</sup> ]	v <sub>c</sub> [m/min]		f <sub>z</sub> [mm/ząb]		Chłodzenie
			min.	maks.	min.	maks.	
1.0	Stale konstr. ogóln. przeznaczenia	< 500	150	– 250	0,01	– 0,030	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:20
1.1	Stale konstr. ogóln. przeznaczenia	500 – 850	100	– 180	0,005	– 0,025	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:20
2.0	Stale automatowe	< 850	100	– 180	0,005	– 0,025	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:20
2.1	Stale automatowe	850 – 1000	60	– 120	0,005	– 0,015	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:15
3.0	Niestopowe stale do uleps. ciepln.	< 700	100	– 180	0,005	– 0,025	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:20
3.1	Niestopowe stale do uleps. ciepln.	700 – 850	100	– 180	0,005	– 0,025	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:20
3.2	Niestopowe stale do uleps. ciepln.	850 – 1000	60	– 120	0,005	– 0,015	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:15
4.0	Stopowe stale do uleps. ciepln.	850 – 1000	60	– 120	0,005	– 0,015	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:15
4.1	Stopowe stale do uleps. ciepln.	1000 – 1200	20	– 60	0,002	– 0,010	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:15
5.0	Niestopowe stale do nawęglania	< 750	100	– 180	0,005	– 0,025	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:20
6.0	Stopowe stale do nawęglania	< 1000	60	– 120	0,005	– 0,015	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:15
6.1	Stopowe stale do nawęglania	> 1000	20	– 60	0,002	– 0,010	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:15
7.0	Stale do azotowania	< 1000	60	– 120	0,005	– 0,015	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:15
7.1	Stale do azotowania	> 1000	20	– 60	0,002	– 0,010	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:15
8.0	Stale narzędziowe	< 850	100	– 180	0,005	– 0,025	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:20
8.1	Stale narzędziowe	850 – 1100	60	– 120	0,005	– 0,015	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:15
8.2	Stale narzędziowe	1100 – 1400	20	– 60	0,002	– 0,010	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:20
9.0	Stale szybko tnące	830 – 1200	20	– 60	0,002	– 0,010	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:15
10.0	Stale hartowane	45–55 HRC	–	–	–	–	–
10.1	Stale hartowane	55–60 HRC	–	–	–	–	–
10.2	Stale hartowane	60–67 HRC	–	–	–	–	–
11.0	Stale konstr. odporne na ścieranie	1350	20	– 60	0,002	– 0,010	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:15
11.1	Stale konstr. odporne na ścieranie	1800	–	–	–	–	–
12.0	Stale sprężynowe	< 1500	–	–	–	–	–
13.0	Stale nierdzewne siarkowane	< 700	60	– 160	0,005	– 0,015	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:12
13.1	Stale nierdz. austenityczne	< 700	60	– 160	0,005	– 0,015	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:12
13.2	Stale nierdz. austenityczne	< 850	60	– 160	0,005	– 0,015	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:12
13.3	Stale nierdz. martenzytyczne	< 1100	60	– 160	0,005	– 0,015	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:12
14.0	Stopy specjalne	< 1200	20	– 60	0,002	– 0,010	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:15
15.0	Żeliwo (GG)	< 180 HB	100	– 150	0,005	– 0,010	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:12
15.1	Żeliwo (GG)	> 180 HB	100	– 150	0,005	– 0,010	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:12
15.2	Żeliwo (GGG, GT)	> 180 HB	100	– 150	0,005	– 0,010	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:12
15.3	Żeliwo (GGG, GT)	> 260 HB	100	– 150	0,005	– 0,010	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:12
16.0	Tytan, stopy tytanu	< 850	–	–	–	–	–
16.1	Tytan, stopy tytanu	850 – 1200	–	–	–	–	–
17.0	Al. dające dł.wiór; st. al. do przer. plast.; Mg	do 350	400	– 2000	0,010	– 0,040	spręż. powietrze lub na sucho
17.1	Stopy alum. dające krótki wiór		400	– 2000	0,010	– 0,040	spręż. powietrze lub na sucho
17.2	Stopy aluminium > 10% Si		400	– 1000	0,010	– 0,030	spręż. powietrze lub na sucho
18.0	Miedź niskostopowa	< 400	200	– 600	0,010	– 0,040	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:50
18.1	Mosiądz dający krótki wiór	< 600	200	– 600	0,010	– 0,040	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:50
18.2	Mosiądz dający długi wiór	< 600	200	– 300	0,010	– 0,030	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:50
18.3	Brąz dający krótki wiór	< 600	150	– 300	0,020	– 0,060	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:30
18.4	Brąz dający krótki wiór	650 – 850	150	– 300	0,020	– 0,060	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:30
18.5	Brąz dający długi wiór	< 850	150	– 300	0,020	– 0,060	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:30
18.6	Brąz dający długi wiór	850 – 1200	150	– 200	0,020	– 0,040	koncentrat cieczy chłodząco-smar. 1:30
19.0	Grafit		–	–	–	–	–
20.0	Termoplasty		3000	– 4500	0,030	– 0,050	spręż. powietrze lub na sucho
20.1	Duroplasty		800	– 2000	0,020	– 0,040	spręż. powietrze lub na sucho
20.2	GFK i CFK		150	– 1000	0,020	– 0,040	spręż. powietrze lub na sucho

