

1. krok – stanovení  $v_c$  a  $f$  dle obráběného materiálu

skupiny materiálů	pevnost [N/mm <sup>2</sup> ] tvrdost [HB/HRC]	$v_c$ [m/min]	$f$ [mm/ot.]	$\phi d_1$ [mm]	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0		
Konstrukční oceli	1	≤500	90	0,024× $d_1$	f [mm/ot.]	0,072	0,096	0,120	0,144	0,192	0,240	0,288	
					n [min <sup>-1</sup> ]	9 500	7 200	5 700	4 800	3 600	2 900	2 400	
Automatové oceli	2	≤850	100	0,032× $d_1$	f [mm/ot.]	0,060	0,080	0,100	0,120	0,160	0,200	0,240	
					n [min <sup>-1</sup> ]	7 400	5 600	4 500	3 700	2 800	2 200	1 900	
Nelegované oceli k zušlechťování	3	≤700	80	0,032× $d_1$	f [mm/ot.]	0,096	0,128	0,160	0,192	0,256	0,320	0,384	
					n [min <sup>-1</sup> ]	10 600	8 000	6 400	5 300	4 000	3 200	2 700	
Legované oceli k zušlechťování	4	850–1000	90	0,032× $d_1$	f [mm/ot.]	0,096	0,128	0,160	0,192	0,256	0,320	0,384	
					n [min <sup>-1</sup> ]	9 500	7 200	5 700	4 800	3 600	2 900	2 400	
Nelegované oceli k zušlechťování	3	700–850	80	0,024× $d_1$	f [mm/ot.]	0,096	0,128	0,160	0,192	0,256	0,320	0,384	
					n [min <sup>-1</sup> ]	8 500	6 400	5 100	4 200	3 200	2 500	2 100	
Legované oceli k zušlechťování	4	850–1000	70	0,024× $d_1$	f [mm/ot.]	0,072	0,096	0,120	0,144	0,192	0,240	0,288	
					n [min <sup>-1</sup> ]	7 400	5 600	4 500	3 700	2 800	2 200	1 900	
Nelegované cementační oceli	5	≤750	90	0,032× $d_1$	f [mm/ot.]	0,072	0,096	0,120	0,144	0,192	0,240	0,288	
					n [min <sup>-1</sup> ]	8 500	6 400	5 100	4 200	3 200	2 500	2 100	
Legované cementační oceli	6	850–1000	70	0,024× $d_1$	f [mm/ot.]	0,072	0,096	0,120	0,144	0,192	0,240	0,288	
					n [min <sup>-1</sup> ]	7 400	5 600	4 500	3 700	2 800	2 200	1 900	
Nelegované cementační oceli	6	1000–1200	50	0,016× $d_1$	f [mm/ot.]	0,048	0,064	0,080	0,096	0,128	0,160	0,192	
					n [min <sup>-1</sup> ]	5 300	4 000	3 200	2 700	2 000	1 600	1 300	
Nítridační oceli	7	≥850–1000	70	0,024× $d_1$	f [mm/ot.]	0,072	0,096	0,120	0,144	0,192	0,240	0,288	
					n [min <sup>-1</sup> ]	7 400	5 600	4 500	3 700	2 800	2 200	1 900	
Nástrojové oceli	8	≤850	50	0,020× $d_1$	f [mm/ot.]	0,048	0,064	0,080	0,096	0,128	0,160	0,192	
					n [min <sup>-1</sup> ]	5 300	4 000	3 200	2 700	2 000	1 600	1 300	
Rychlořezné oceli	9	>650–1000	40	0,012× $d_1$	f [mm/ot.]	0,048	0,064	0,080	0,096	0,128	0,160	0,192	
					n [min <sup>-1</sup> ]	4 200	3 200	2 500	2 100	1 600	1 300	1 100	
Nerezové oceli austenitické	10	750–800	30	0,016× $d_1$	f [mm/ot.]	0,036	0,048	0,060	0,072	0,096	0,120	0,144	
					n [min <sup>-1</sup> ]	3 200	2 400	1 900	1 600	1 200	1 000	800	
Nerezové oceli martenzitické	10	850–1200	30	0,016× $d_1$	f [mm/ot.]	0,048	0,064	0,080	0,096	0,128	0,160	0,192	
					n [min <sup>-1</sup> ]	3 200	2 400	1 900	1 600	1 200	1 000	800	
Kalené oceli	11	≤40–54 HRC			f [mm/ot.]								
					n [min <sup>-1</sup> ]								
Speciální slitiny: Nimonic, Inconel, Monel, Hastelloy	12	≤1200	20	0,012× $d_1$	f [mm/ot.]	0,036	0,048	0,060	0,072	0,096	0,120	0,144	
					n [min <sup>-1</sup> ]	2 100	1 600	1 300	1 100	800	600	500	
Litina	13	≤240 HB	120	0,040× $d_1$	f [mm/ot.]	0,120	0,160	0,200	0,240	0,320	0,400	0,480	
					n [min <sup>-1</sup> ]	12 700	9 500	7 600	6 400	4 800	3 800	3 200	
Tvárná a temperovaná litina	14	<300 HB	100	0,040× $d_1$	f [mm/ot.]	0,120	0,160	0,200	0,240	0,320	0,400	0,480	
					n [min <sup>-1</sup> ]	10 600	8 000	6 400	5 300	4 000	3 200	2 700	
Tvrzená litina	15	≤350 HB	20	0,010× $d_1$	f [mm/ot.]	0,030	0,040	0,050	0,060	0,080	0,100	0,120	
					n [min <sup>-1</sup> ]	2 100	1 600	1 300	1 100	800	600	500	
Titan a titanové slitiny	16	≤850	30	0,012× $d_1$	f [mm/ot.]	0,036	0,048	0,060	0,072	0,096	0,120	0,144	
					n [min <sup>-1</sup> ]	3 200	2 400	1 900	1 600	1 200	1 000	800	
Aluminium a Al slitiny	17	850–1200	20	0,010× $d_1$	f [mm/ot.]	0,030	0,040	0,050	0,060	0,080	0,100	0,120	
					n [min <sup>-1</sup> ]	2 100	1 600	1 300	1 100	800	600	500	
Al slitiny k tváření	18	≤450	190	0,040× $d_1$	f [mm/ot.]	0,120	0,160	0,200	0,240	0,320	0,400	0,480	
					n [min <sup>-1</sup> ]	20 200	15 100	12 100	10 100	7 600	6 000	5 000	
Al slitiny	19	≤10 % Si	≤600	160	0,040× $d_1$	f [mm/ot.]	0,120	0,160	0,200	0,240	0,320	0,400	0,480
						n [min <sup>-1</sup> ]	17 000	12 700	10 200	8 500	6 400	5 100	4 200
Al slitiny	19	>10 % Si	≤600	140	0,040× $d_1$	f [mm/ot.]	0,120	0,160	0,200	0,240	0,320	0,400	0,480
						n [min <sup>-1</sup> ]	14 900	11 100	8 900	7 400	5 600	4 500	3 700
Hořčíkové slitiny	20	≤450	170	0,032× $d_1$	f [mm/ot.]	0,096	0,128	0,160	0,192	0,256	0,320	0,384	
					n [min <sup>-1</sup> ]	18 000	13 500	10 800	9 000	6 800	5 400	4 500	
Měď, nízkolegovaná měď	21	≤400	80	0,024× $d_1$	f [mm/ot.]	0,072	0,096	0,120	0,144	0,192	0,240	0,288	
					n [min <sup>-1</sup> ]	8 500	6 400	5 100	4 200	3 200	2 500	2 100	
Mosazi krátkou tvořící třísku	22	≤600	200	0,032× $d_1$	f [mm/ot.]	0,096	0,128	0,160	0,192	0,256	0,320	0,384	
					n [min <sup>-1</sup> ]	21 200	15 900	12 700	10 600	8 000	6 400	5 300	
Mosazi dlouhou	22	≤600	130	0,024× $d_1$	f [mm/ot.]	0,072	0,096	0,120	0,144	0,192	0,240	0,288	
					n [min <sup>-1</sup> ]	13 800	10 300	8 300	6 900	5 200	4 100	3 400	
Bronzi tvořící krátkou třísku	23	≤600	80	0,024× $d_1$	f [mm/ot.]	0,072	0,096	0,120	0,144	0,192	0,240	0,288	
					n [min <sup>-1</sup> ]	8 500	6 400	5 100	4 200	3 200	2 500	2 100	
Bronzi tvořící dlouhou třísku	24	600–850	70	0,020× $d_1$	f [mm/ot.]	0,060	0,080	0,100	0,120	0,160	0,200	0,240	
					n [min <sup>-1</sup> ]	7 400	5 600	4 500	3 700	2 800	2 200	1 900	
Bronzi tvořící dlouhou třísku	24	≤850	60	0,020× $d_1$	f [mm/ot.]	0,060	0,080	0,100	0,120	0,160	0,200	0,240	
					n [min <sup>-1</sup> ]	6 400	4 800	3 800	3 200	2 400	1 900	1 600	
Bronzi tvořící dlouhou třísku	24	850–1000	50	0,020× $d_1$	f [mm/ot.]	0,060	0,080	0,100	0,120	0,160	0,200	0,240	
					n [min <sup>-1</sup> ]	5 300	4 000	3 200	2 700	2 000	1 600	1 300	

2. krok – výpočet řezných parametrů – otáčky  $n$  a posuv  $v_f$  na str. 140

## 2. krok – výpočet řezných parametrů – otáčky n a posuv v<sub>f</sub>

### ZÁKLADNÍ VZTAHY

#### OTÁČKY VŘETENE

$$n = \frac{v_c \times 1000}{d_1 \times \pi} \quad [\text{min}^{-1}]$$

#### ŘEZNÁ RYCHLOST

$$v_c = \frac{d_1 \times \pi \times n}{1000} \quad [\text{m/min}]$$

#### POSUV

$$v_f = f \times n \quad [\text{mm/min}]$$

#### POSUV NA OTÁČKU

$$f = \frac{v_f}{n} \quad [\text{mm}]$$

### DEFINICE PARAMETRŮ

d<sub>1</sub> = průměr řezné části [mm]

v<sub>c</sub> = řezná rychlost [m/min]

f = posuv na otáčku [mm]

n = otáčky nástroje [min<sup>-1</sup>]

v<sub>f</sub> = posuv nástroje [mm/min]

Pro výpočet výchozích řezných podmínek použijeme výše uvedené vztahy, do kterých dosadíme vstupní parametry jako je průměr vrtáku d<sub>1</sub> a dále řeznou rychlost v<sub>c</sub> a posuv na otáčku f.

Poslední dva jmenované parametry jsou v přímé závislosti na typu použitého vrtáku jako je například délka pracovní části či přítomnost vnitřního výplachu.

Tyto parametry naleznete hned vedle katalogového listu jednotlivých typů vrtáků.

Dále pečlivě posuzujeme vlastní charakter vrtání jako je například dostatečnost chlazení či stabilita procesu. Při vrtání nástrojem jak bez výplachu, tak i s výplachem je jedním z nejdůležitějších úkolů zajistit dostatečné chlazení v místě řezu. Máme-li jakékoliv pochybnosti o zajištění tohoto (např. při nízkém tlaku chladicí kapaliny či vrtání na nepřístupném místě) je nutno přiměřeně snížit řeznou rychlost v<sub>c</sub>. Stabilitu procesu posuzujeme z pohledu tuhosti upnutí či charakteru vrtaného otvoru v obrobku. V případě vrtání protínajících se děr, hlubokých průchozích děr či při nízké tuhosti upnutí snižujeme posuv v<sub>f</sub>.

### VELIKOST OTVORŮ POD ZÁVIT PŘI POUŽITÍ TVÁŘEČÍHO ZÁVITNIKU

Metrický ISO závit DIN 13			Jemný metrický ISO závit DIN	
M	Stoupání mm	Ø vrtáku pod závit mm	MF	Ø vrtáku pod závit mm
1,0	0,25	0,90	4×0,50	3,80
1,2	0,25	1,10	5×0,50	4,80
1,4	0,30	1,25	6×0,50	5,80
1,6	0,35	1,45	6×0,75	5,65
1,7	0,35	1,55	8×1,00	7,55
2,0	0,40	1,80	10×1,00	9,55
2,3	0,40	2,10	12×1,00	11,55
2,5	0,45	2,30	12×1,50	11,35
2,6	0,45	2,40	16×1,50	15,35
3,0	0,50	2,80	18×1,50	17,35
3,5	0,60	3,25	20×1,50	19,35
4,0	0,70	3,70		
5,0	0,80	4,65		
6,0	1,00	5,55		
8,0	1,25	7,45		
10,0	1,50	9,35		
12,0	1,75	11,20		
16,0	2,00	15,10		

### DOPORUČENÉ HODNOTY TLAKU CHLADICÍ KAPALINY PRO VRTÁKY S VNITŘNÍM VÝPLACHEM

	<ø3 mm	ø3–6 mm	ø6–8 mm	ø8–12 mm	ø12–16 mm	ø16–20 mm
do 5×D	60 bar	50 bar	30 bar	25 bar	20 bar	15 bar
8×D – 20×D	80 bar	60 bar	40 bar	30 bar	25 bar	20 bar

### STŘEDICÍ A PILOTNÍ DÍRY

Monolitní vrtáky ze slitutých karbidů vyžadují přesné nastavení vůči obrobku. Nemá-li povrch dostatečné kvality kolmý k ose nástroje je nutno použít středící vrták, případně vrták pro pilotní díru, případně extra operaci pro zarovnání vstupní plochy. Úhel špičky středícího vrtáku, respektive vrtáku pro pilotní díry musí být větší než úhel špičky vrtáku pro zhotovení finálního otvoru (o cca 5°).

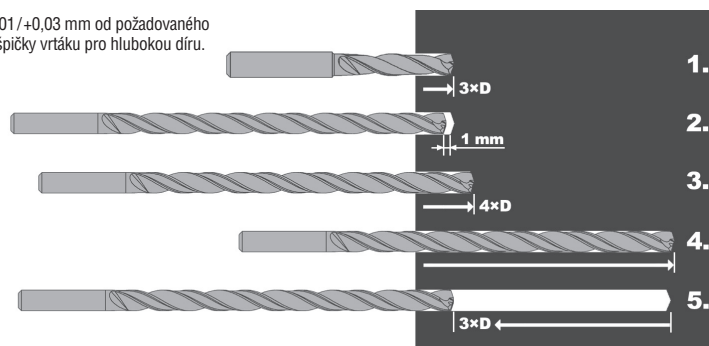
hloubka vrtání	středící / pilotní otvor
5×D	není požadován
8×D	středící otvor zlepšuje přesnost
12×D–20×D	pilotní otvor je požadován

### Whitworthův trubkový závit DIN ISO 228/1

G	počet otoček	závit vnější Ø mm	Ø vrtáku pod závit mm
G 1/8"	28	9,728	9,35
G 1/4"	19	13,157	12,55
G 3/8"	19	16,662	16,05
G 1/2"	14	20,955	20,15

### NÁVOD NA HLUBOKÉ VRTÁNÍ (8D – volitelně, 12D ÷ 30D doporučeno)

- Vyvrtní pilotního otvoru do hloubky 3×D. Průměr pilotního otvoru musí být v toleranci +0,01 / +0,03 mm od požadovaného průměru hluboké díry. Úhel špičky vrtáku pilotního otvoru musí být cca o 5° větší než úhel špičky vrtáku pro hlubokou díru.
- Nájezd dlouhého vrtáku do pilotního otvoru do hloubky 1 mm nad jeho dno při:
  - obrácených otáčkách vrtáku n<sub>max</sub>=300 min<sup>-1</sup>
  - pracovním posuvu v<sub>fmax</sub>=500 mm.min<sup>-1</sup>
  - vypnutém vnitřním výplachu
- Vrtání dlouhým vrtákem do hloubky 4×D sníženými otáčkami a posuvem od doporučených hodnot o 40 %. Vnitřní výplach je zapnut.
- Zvyšte otáčky a posuv na doporučené hodnoty a pokračujte bez přerušování vrtání až na cílovou hloubku. Je nutno udržet nepřerušovaný řez.
- Vyjedte vrtákem zpět na hloubku 3×D, snižte otáčky na n<sub>max</sub>=300 min<sup>-1</sup>, vypněte vnitřní chlazení a vyjedte z otvoru posuvem 1000 mm.min<sup>-1</sup>.



### UPOZORNĚNÍ:

Při nájezdu a vyjezdu vrtáku dodržujte otáčky n<sub>max</sub>=300 min<sup>-1</sup>. Při vyšších otáčkách hrozí nebezpečí vibrace s rizikem destrukce vrtáku. Při vrtání hlubokých průchozích děr snižte při výstupu posuv vrtáku v<sub>f</sub> na 50 %.