

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	14,0	16,0	18,0	20,0
Konstrukční oceli	1	$\leq 500$	140	0,030 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,090	0,120	0,150	0,180	0,240	0,300	0,360	0,420	0,480	0,540	0,600
					n [min <sup>-1</sup> ]	14 900	11 100	8 900	7 400	5 600	4 500	3 700	3 200	2 800	2 500	2 200
Automatové oceli	2	$> 500 - 850$	115	0,025 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,075	0,100	0,125	0,150	0,200	0,250	0,300	0,350	0,400	0,450	0,500
					n [min <sup>-1</sup> ]	12 200	9 200	7 300	6 100	4 600	3 700	3 100	2 600	2 300	2 000	1 800
Nelegované oceli k zušlechťování	3	$\leq 850$	160	0,040 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,120	0,160	0,200	0,240	0,320	0,400	0,480	0,560	0,640	0,720	0,800
					n [min <sup>-1</sup> ]	17 000	12 700	10 200	8 500	6 400	5 100	4 200	3 600	3 200	2 800	2 500
Legované oceli k zušlechťování	4	850–1000	140	0,040 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,120	0,160	0,200	0,240	0,320	0,400	0,480	0,560	0,640	0,720	0,800
					n [min <sup>-1</sup> ]	14 900	11 100	8 900	7 400	5 600	4 500	3 700	3 200	2 800	2 500	2 200
Nelegované oceli k zušlechťování	3	$\leq 700$	125	0,040 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,120	0,160	0,200	0,240	0,320	0,400	0,480	0,560	0,640	0,720	0,800
					n [min <sup>-1</sup> ]	13 300	9 900	8 000	6 600	5 000	4 000	3 300	2 800	2 500	2 200	2 000
Legované oceli k zušlechťování	4	700–850	120	0,030 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,090	0,120	0,150	0,180	0,240	0,300	0,360	0,420	0,480	0,540	0,600
					n [min <sup>-1</sup> ]	12 700	9 500	7 600	6 400	4 800	3 800	3 200	2 700	2 400	2 100	1 900
Nelegované cementační oceli	5	850–1000	110	0,030 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,090	0,120	0,150	0,180	0,240	0,300	0,360	0,420	0,480	0,540	0,600
					n [min <sup>-1</sup> ]	11 700	8 800	7 000	5 800	4 400	3 500	2 900	2 500	2 200	1 900	1 800
Legované cementační oceli	6	$\leq 750$	135	0,040 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,120	0,160	0,200	0,240	0,320	0,400	0,480	0,560	0,640	0,720	0,800
					n [min <sup>-1</sup> ]	14 300	10 700	8 600	7 200	5 400	4 300	3 600	3 100	2 700	2 400	2 100
Nitridační oceli	7	850–1000	110	0,030 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,090	0,120	0,150	0,180	0,240	0,300	0,360	0,420	0,480	0,540	0,600
					n [min <sup>-1</sup> ]	11 700	8 800	7 000	5 800	4 400	3 500	2 900	2 500	2 200	1 900	1 800
Nástrojové oceli	8	1000–1200	100	0,030 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,090	0,120	0,150	0,180	0,240	0,300	0,360	0,420	0,480	0,540	0,600
					n [min <sup>-1</sup> ]	10 600	8 000	6 400	5 300	4 000	3 200	2 700	2 300	2 000	1 800	1 600
Rychlořezné oceli	9	$\geq 850 - 1000$	105	0,030 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,120	0,160	0,200	0,240	0,320	0,400	0,480	0,560	0,640	0,720	0,800
					n [min <sup>-1</sup> ]	14 300	10 700	8 600	7 200	5 400	4 300	3 600	3 100	2 700	2 400	2 100
Nerezové oceli austenitické	10	1000–1200	80	0,020 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,060	0,080	0,100	0,120	0,160	0,200	0,240	0,280	0,320	0,360	0,400
					n [min <sup>-1</sup> ]	8 500	6 400	5 100	4 200	3 200	2 500	2 100	1 800	1 600	1 400	1 300
Nerezové oceli martenzitické	10	$\geq 850 - 1000$	105	0,030 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,090	0,120	0,150	0,180	0,240	0,300	0,360	0,420	0,480	0,540	0,600
					n [min <sup>-1</sup> ]	11 100	8 400	6 700	5 600	4 200	3 300	2 800	2 400	2 100	1 900	1 700
Kalené oceli	11	1000–1200	100	0,020 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,060	0,080	0,100	0,120	0,160	0,200	0,240	0,280	0,320	0,360	0,400
					n [min <sup>-1</sup> ]	10 600	8 000	6 400	5 300	4 000	3 200	2 700	2 300	2 000	1 800	1 600
Nástrojové oceli	8	$\leq 850$	75	0,025 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,075	0,100	0,125	0,150	0,200	0,250	0,300	0,350	0,400	0,450	0,500
					n [min <sup>-1</sup> ]	8 000	6 000	4 800	4 000	3 000	2 400	2 000	1 700	1 500	1 300	1 200
Nástrojové oceli	8	850–1000	60	0,020 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,060	0,080	0,100	0,120	0,160	0,200	0,240	0,280	0,320	0,360	0,400
					n [min <sup>-1</sup> ]	6 400	4 800	3 800	3 200	2 400	1 900	1 600	1 400	1 200	1 100	1 000
Rychlořezné oceli	9	$> 650 - 1000$	55	0,015 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,045	0,060	0,075	0,090	0,120	0,150	0,180	0,210	0,240	0,270	0,300
					n [min <sup>-1</sup> ]	5 800	4 400	3 500	2 900	2 200	1 800	1 500	1 300	1 100	1 000	900
Nerezové oceli austenitické	10	750–800	50	0,020 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,060	0,080	0,100	0,120	0,160	0,200	0,240	0,280	0,320	0,360	0,400
					n [min <sup>-1</sup> ]	5 300	4 000	3 200	2 700	2 000	1 600	1 300	1 100	1 000	900	800
Nerezové oceli martenzitické	10	850–1200	40	0,020 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,060	0,080	0,100	0,120	0,160	0,200	0,240	0,280	0,320	0,360	0,400
					n [min <sup>-1</sup> ]	4 200	3 200	2 500	2 100	1 600	1 300	1 100	900	800	700	600
Kalené oceli	11	$\leq 40 - 54$ HRC	50	0,0125 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,038	0,050	0,063	0,075	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
					n [min <sup>-1</sup> ]	5 300	4 000	3 200	2 700	2 000	1 600	1 300	1 100	1 000	900	800
Kalené oceli	11	$> 54 - 60$ HRC	30	0,010 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,030	0,040	0,050	0,060	0,080	0,100	0,120	0,140	0,160	0,180	0,200
					n [min <sup>-1</sup> ]	3 200	2 400	1 900	1 600	1 200	1 000	800	700	600	500	500
Speciální slitiny: Nimonic, Inconel, Monel, Hastelloy	12	$\leq 1200$	30	0,015 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,045	0,060	0,075	0,090	0,120	0,150	0,180	0,210	0,240	0,270	0,300
					n [min <sup>-1</sup> ]	3 200	2 400	1 900	1 600	1 200	1 000	800	700	600	500	500
Litina	13	$\leq 240$ HB	180	0,050 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,150	0,200	0,250	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
					n [min <sup>-1</sup> ]	19 100	14 300	11 500	9 500	7 200	5 700	4 800	4 100	3 600	3 200	2 900
Litina	13	$< 300$ HB	150	0,050 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,150	0,200	0,250	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
					n [min <sup>-1</sup> ]	15 900	11 900	9 500	8 000	6 000	4 800	4 000	3 400	3 000	2 700	2 400
Tvárná a temperovaná litina	14	$\leq 240$ HB	130	0,050 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,150	0,200	0,250	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
					n [min <sup>-1</sup> ]	13 800	10 300	8 300	6 900	5 200	4 100	3 400	3 000	2 600	2 300	2 100
Tvárná a temperovaná litina	14	$< 300$ HB	120	0,040 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,120	0,160	0,200	0,240	0,320	0,400	0,480	0,560	0,640	0,720	0,800
					n [min <sup>-1</sup> ]	12 700	9 500	7 600	6 400	4 800	3 800	3 200	2 700	2 400	2 100	1 900
Tvrzená litina	15	$\leq 350$ HB	35	0,0125 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,038	0,050	0,063	0,075	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
					n [min <sup>-1</sup> ]	3 700	2 800	2 200	1 900	1 400	1 100	900	800	700	600	600
Titan a titanové slitiny	16	$\leq 850$	40	0,015 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,045	0,060	0,075	0,090	0,120	0,150	0,180	0,210	0,240	0,270	0,300
					n [min <sup>-1</sup> ]	4 200	3 200	2 500	2 100	1 600	1 300	1 100	900	800	700	600
Titan a titanové slitiny	16	850–1200	35	0,0125 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,038	0,050	0,063	0,075	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250
					n [min <sup>-1</sup> ]	3 700	2 800	2 200	1 900	1 400	1 100	900	800	700	600	600
Aluminium a Al slitiny	17	$\leq 450$	290	0,050 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,150	0,200	0,250	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
					n [min <sup>-1</sup> ]	30 800	23 100	18 500	15 400	11 500	9 200	7 700	6 600	5 800	5 100	4 600
Al slitiny k tváření	18	$\leq 450$	290	0,050 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,150	0,200	0,250	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
					n [min <sup>-1</sup> ]	30 800	23 100	18 500	15 400	11 500	9 200	7 700	6 600	5 800	5 100	4 600
Al slitiny	19	$\leq 10$ % Si	250	0,050 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,150	0,200	0,250	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
					n [min <sup>-1</sup> ]	26 500	19 900	15 900	13 300	9 900	8 000	6 800	5 900	5 100	4 400	4 000
Al slitiny	19	$> 10$ % Si	210	0,050 × $d_1$	f [mm/ot.]	0,150	0,200	0,250	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
					n [min <sup>-1</sup> ]	22 300	16 700	13 400	11 100	8 400	6 700	5 600	4 800	4 200	3 700	3 300

## 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°).

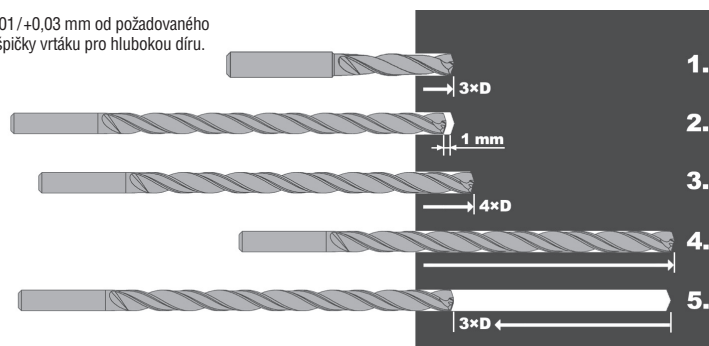
hloubka vrtání	středící / pilotní otvor
5×D	není požadován
8×D	středící otvor zlepšuje přesnost
12×D–20×D	pilotní otvor je požadován

### 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 %.