

1. krok – stanovení v_c a f dle obráběného materiálu

skupiny materiálů		pevnost [N/mm ²] tvrdost [HB/HRC]	v_c [m/min]	f [mm/ot.]	ϕd_1 [mm]	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,6	2,8	3,0
Konstrukční oceli	1	≤500	140	0,025 × d_1	f [mm/ot.] 0,038 n [min ⁻¹] 29 700	0,040 27 900	0,045 24 800	0,050 22 300	0,055 20 300	0,060 18 600	0,063 17 800	0,065 17 100	0,070 15 900	0,075 14 900	
		>500–850	115	0,021 × d_1	f [mm/ot.] 0,032 n [min ⁻¹] 24 400	0,034 22 900	0,038 20 300	0,042 18 300	0,046 16 600	0,050 15 300	0,053 14 600	0,055 14 100	0,059 13 100	0,063 12 200	
Automatové oceli	2	≤850	160	0,033 × d_1	f [mm/ot.] 0,050 n [min ⁻¹] 34 000	0,053 31 800	0,059 28 300	0,066 25 500	0,073 23 100	0,079 21 200	0,083 20 400	0,086 19 600	0,092 18 200	0,099 17 000	
		850–1000	140	0,033 × d_1	f [mm/ot.] 0,050 n [min ⁻¹] 29 700	0,053 27 900	0,059 24 800	0,066 22 300	0,073 20 300	0,079 18 600	0,083 17 800	0,086 17 100	0,092 15 900	0,099 14 900	
Nelegované oceli k zušlechťování	3	≤700	125	0,033 × d_1	f [mm/ot.] 0,050 n [min ⁻¹] 26 500	0,053 24 900	0,059 22 100	0,066 19 900	0,073 18 100	0,079 16 600	0,083 15 900	0,086 15 300	0,092 14 200	0,099 13 300	
		700–850	120	0,025 × d_1	f [mm/ot.] 0,038 n [min ⁻¹] 25 500	0,040 23 900	0,045 21 200	0,050 19 100	0,055 17 400	0,060 15 900	0,063 15 300	0,065 14 700	0,070 13 600	0,075 12 700	
Legované oceli k zušlechťování	4	850–1000	110	0,025 × d_1	f [mm/ot.] 0,038 n [min ⁻¹] 23 300	0,040 21 900	0,045 19 500	0,050 17 500	0,055 15 900	0,060 14 600	0,063 14 000	0,065 13 500	0,070 12 500	0,075 11 700	
		1000–1200	100	0,025 × d_1	f [mm/ot.] 0,038 n [min ⁻¹] 21 200	0,040 19 900	0,045 17 700	0,050 15 900	0,055 14 500	0,060 13 300	0,063 12 700	0,065 12 200	0,070 11 400	0,075 10 600	
Nelegované cementační oceli	5	≤750	135	0,033 × d_1	f [mm/ot.] 0,050 n [min ⁻¹] 28 600	0,053 26 900	0,059 23 900	0,066 21 500	0,073 19 500	0,079 17 900	0,083 17 200	0,086 16 500	0,092 15 300	0,099 14 300	
Legované cementační oceli	6	850–1000	110	0,025 × d_1	f [mm/ot.] 0,038 n [min ⁻¹] 23 300	0,040 21 900	0,045 19 500	0,050 17 500	0,055 15 900	0,060 14 600	0,063 14 000	0,065 13 500	0,070 12 500	0,075 11 700	
		1000–1200	80	0,017 × d_1	f [mm/ot.] 0,026 n [min ⁻¹] 17 000	0,027 15 900	0,031 14 100	0,034 12 700	0,037 11 600	0,041 10 600	0,043 10 200	0,044 9 800	0,048 9 100	0,051 8 500	
Nítridační oceli	7	≥850–1000	105	0,025 × d_1	f [mm/ot.] 0,038 n [min ⁻¹] 22 300	0,040 20 900	0,045 18 600	0,050 16 700	0,055 15 200	0,060 13 900	0,063 13 400	0,065 12 900	0,070 11 900	0,075 11 100	
		1000–1200	100	0,017 × d_1	f [mm/ot.] 0,026 n [min ⁻¹] 21 200	0,027 19 900	0,031 17 700	0,034 15 900	0,037 14 500	0,041 13 300	0,043 12 700	0,044 12 200	0,048 11 400	0,051 10 600	
Nástrojové oceli	8	≤850	75	0,021 × d_1	f [mm/ot.] 0,032 n [min ⁻¹] 15 900	0,034 14 900	0,038 13 300	0,042 11 900	0,046 10 900	0,050 9 900	0,053 9 200	0,055 8 500	0,059 8 000	0,063 7 500	
		850–1000	60	0,017 × d_1	f [mm/ot.] 0,026 n [min ⁻¹] 12 700	0,027 11 900	0,031 10 600	0,034 9 500	0,037 8 700	0,041 8 000	0,043 7 600	0,044 7 300	0,048 6 800	0,051 6 400	
Rychlořezné oceli	9	>650–1000	55	0,013 × d_1	f [mm/ot.] 0,020 n [min ⁻¹] 11 700	0,021 10 900	0,023 9 700	0,026 8 800	0,029 8 000	0,031 7 300	0,033 7 000	0,034 6 700	0,036 6 300	0,039 5 800	
Nerezové oceli	10	austenitické	750–800	50	0,017 × d_1	f [mm/ot.] 0,026 n [min ⁻¹] 10 600	0,027 9 900	0,031 8 800	0,034 8 000	0,037 7 200	0,041 6 600	0,043 6 100	0,044 5 700	0,048 5 300	
		martenzitické	850–1200	40	0,017 × d_1	f [mm/ot.] 0,026 n [min ⁻¹] 8 500	0,027 8 000	0,031 7 100	0,034 6 400	0,037 5 800	0,041 5 300	0,043 5 100	0,044 4 900	0,048 4 500	0,051 4 200
Kalené oceli	11	≤40–54 HRC	50	0,010 × d_1	f [mm/ot.] 0,015 n [min ⁻¹] 10 600	0,016 9 900	0,018 8 800	0,020 8 000	0,022 7 200	0,024 6 600	0,025 6 100	0,026 5 700	0,028 5 300	0,030 5 000	
		>54–60 HRC	30	0,008 × d_1	f [mm/ot.] 0,012 n [min ⁻¹] 6 400	0,013 6 000	0,014 5 300	0,016 4 800	0,018 4 300	0,019 4 000	0,020 3 800	0,021 3 700	0,022 3 400	0,024 3 200	
Speciální slitiny: Nimonic, Inconel, Monel, Hastelloy	12	≤1200	30	0,013 × d_1	f [mm/ot.] 0,020 n [min ⁻¹] 6 400	0,021 6 000	0,023 5 300	0,026 4 800	0,029 4 300	0,031 4 000	0,033 3 800	0,034 3 700	0,036 3 400	0,039 3 200	
Litina	13	≤240 HB	180	0,042 × d_1	f [mm/ot.] 0,063 n [min ⁻¹] 38 200	0,067 35 800	0,076 31 800	0,084 28 600	0,092 26 000	0,101 23 900	0,105 22 900	0,109 22 000	0,118 20 500	0,126 19 100	
		<300 HB	150	0,042 × d_1	f [mm/ot.] 0,063 n [min ⁻¹] 31 800	0,067 29 800	0,076 26 500	0,084 23 900	0,092 21 700	0,101 19 900	0,105 19 100	0,109 18 400	0,118 17 100	0,126 15 900	
Tvárná a temperovaná litina	14	≤240 HB	130	0,042 × d_1	f [mm/ot.] 0,063 n [min ⁻¹] 27 600	0,067 25 900	0,076 23 000	0,084 20 700	0,092 18 800	0,101 17 200	0,105 16 600	0,109 15 900	0,118 14 800	0,126 13 800	
		<300 HB	120	0,033 × d_1	f [mm/ot.] 0,050 n [min ⁻¹] 25 500	0,053 23 900	0,059 21 200	0,066 19 100	0,073 17 400	0,079 15 900	0,083 15 300	0,086 14 700	0,092 13 600	0,099 12 700	
Tvrzená litina	15	≤350 HB	35	0,010 × d_1	f [mm/ot.] 0,015 n [min ⁻¹] 7 400	0,016 7 000	0,018 6 200	0,020 5 600	0,022 5 100	0,024 4 600	0,025 4 500	0,026 4 300	0,028 4 000	0,030 3 700	
Titan a titanové slitiny	16	≤850	40	0,013 × d_1	f [mm/ot.] 0,020 n [min ⁻¹] 8 500	0,021 8 000	0,023 7 100	0,026 6 400	0,029 5 800	0,031 5 300	0,033 5 100	0,034 4 900	0,036 4 500	0,039 4 200	
		850–1200	35	0,010 × d_1	f [mm/ot.] 0,015 n [min ⁻¹] 7 400	0,016 7 000	0,018 6 200	0,020 5 600	0,022 5 100	0,024 4 600	0,025 4 500	0,026 4 300	0,028 4 000	0,030 3 700	
Aluminium a Al slitiny	17	≤450	290	0,042 × d_1	f [mm/ot.] 0,063 n [min ⁻¹] 60 000	0,067 57 700	0,076 51 300	0,084 46 200	0,092 42 000	0,101 38 500	0,105 36 900	0,109 35 500	0,118 33 000	0,126 30 800	
Al slitiny k tváření	18	≤450	290	0,042 × d_1	f [mm/ot.] 0,063 n [min ⁻¹] 60 000	0,067 57 700	0,076 51 300	0,084 46 200	0,092 42 000	0,101 38 500	0,105 36 900	0,109 35 500	0,118 33 000	0,126 30 800	
		≤10 % Si	250	0,042 × d_1	f [mm/ot.] 0,063 n [min ⁻¹] 53 100	0,067 49 700	0,076 44 200	0,084 39 800	0,092 36 200	0,101 33 200	0,105 31 800	0,109 30 600	0,118 28 400	0,126 26 500	
Al slitiny	19	>10 % Si	210	0,042 × d_1	f [mm/ot.] 0,063 n [min ⁻¹] 44 600	0,067 41 800	0,076 37 100	0,084 33 400	0,092 30 400	0,101 27 900	0,105 26 700	0,109 25 700	0,118 23 900	0,126 22 300	
		Hořčíkové slitiny	260	0,033 × d_1	f [mm/ot.] 0,050 n [min ⁻¹] 55 200	0,053 51 700	0,059 46 000	0,066 41 400	0,073 37 600	0,079 34 500	0,083 33 100	0,086 31 800	0,092 29 600	0,099 27 600	
Měď, nízkolegovaná měď	21	≤400	120	0,025 × d_1	f [mm/ot.] 0,038 n [min ⁻¹] 25 500	0,040 23 900	0,045 21 200	0,050 19 100	0,055 17 400	0,060 15 900	0,063 15 300	0,065 14 700	0,070 13 600	0,075 12 700	
Mosazi	22	krátkou tvořící třísku	310	0,033 × d_1	f [mm/ot.] 0,050 n [min ⁻¹] 60 000	0,053 60 000	0,059 54 800	0,066 49 300	0,073 44 900	0,079 41 100	0,083 39 500	0,086 38 000	0,092 35 200	0,099 32 900	
		dlouhou	205	0,025 × d_1	f [mm/ot.] 0,038 n [min ⁻¹] 43 500	0,040 40 800	0,045 36 300	0,050 32 600	0,055 29 700	0,060 27 200	0,063 26 100	0,065 25 100	0,070 23 300	0,075 21 800	
Bronzi tvořící krátkou třísku	23	≤600	120	0,025 × d_1	f [mm/ot.] 0,038 n [min ⁻¹] 25 500	0,040 23 900	0,045 21 200	0,050 19 100	0,055 17 400	0,060 15 900	0,063 15 300	0,065 14 700	0,070 13 600	0,075 12 700	
		600–850	100	0,021 × d_1	f [mm/ot.] 0,032 n [min ⁻¹] 21 200	0,034 19 900	0,038 17 700	0,042 15 900	0,046 14 500	0,050 13 300	0,053 12 700	0,055 12 200	0,059 11 400	0,063 10 600	
Bronzi tvořící dlouhou třísku	24	≤850	85	0,021 × d_1	f [mm/ot.] 0,032 n [min ⁻¹] 18 000	0,034 16 900	0,038 15 000	0,042 13 500	0,046 12 300	0,050 11 300	0,053 10 800	0,055 10 400	0,059 9 700	0,063 9 000	
		850–1000	50	0,017 × d_1	f [mm/ot.] 0,026 n [min ⁻¹] 10 600	0,027 9 900	0,031 8 800	0,034 8 000	0,037 7 200	0,041 6 600	0,043 6 400	0,044 6 100	0,048 5 700	0,051 5 300	

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

2. krok – výpočet řezných parametrů – otáčky n a posuv v_f

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_1 = průměr řezné části [mm]

v_c = řezná rychlost [m/min]

f = posuv na otáčku [mm]

n = otáčky nástroje [min⁻¹]

v_f = posuv nástroje [mm/min]

Pro výpočet výchozích řezných podmínek použijeme výše uvedené vztahy, do kterých dosadíme vstupní parametry jako je průměr vrtáku d_1 , a dále řeznou rychlost v_c 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_c . 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_f .

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 díru musí být větší než úhel špičky vrtáku pro zhotovení finálního otvoru (o cca 5°).

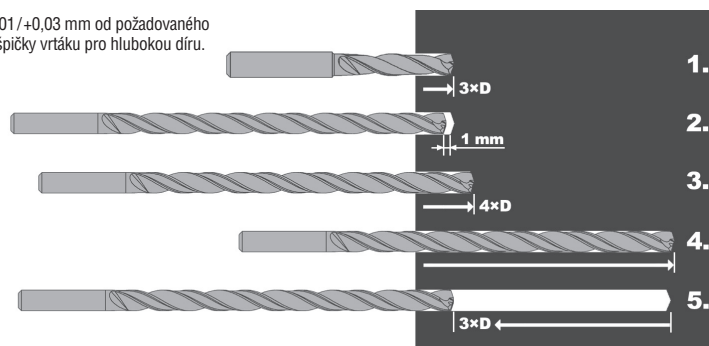
hloubka vrtání	středící / pilotní otvor
5×D	není požadován
8×D	středící otvor zlepšuje přesnost
12×D–20×D	pilotní otvor je požadován

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 $n_{\text{max}}=300 \text{ min}^{-1}$
 - pracovním posuvu $v_{\text{max}}=500 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$
 - 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 $n_{\text{max}}=300 \text{ min}^{-1}$, vypněte vnitřní chlazení a vyjedte z otvoru posuvem 1000 mm.min⁻¹.



UPOZORNĚNÍ:

Při nájezdu a vyjezdu vrtáku dodržte otáčky $n_{\text{max}}=300 \text{ min}^{-1}$. Při vyšších otáčkách hrozí nebezpečí vibrace s rizikem destrukce vrtáku. Při vrtání hlubokých průchozích děr snižte při výstupu posuv vrtáku v_f na 50 %.