

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]	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	≤500	180	0,035× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,105	0,140	0,175	0,210	0,280	0,350	0,420	0,490	0,560	0,630	0,700
						19 100	14 300	11 500	9 500	7 200	5 700	4 800	4 100	3 600	3 200	2 900
Automatové oceli	2	≤850	200	0,046× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,087	0,116	0,145	0,174	0,232	0,290	0,348	0,406	0,464	0,522	0,580
						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	700–850	150	0,035× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,138	0,184	0,230	0,276	0,368	0,460	0,552	0,644	0,736	0,828	0,920
						21 200	15 900	12 700	10 600	8 000	6 400	5 300	4 500	4 000	3 500	3 200
Legované oceli k zušlechťování	4	850–1000	140	0,035× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,138	0,184	0,230	0,276	0,368	0,460	0,552	0,644	0,736	0,828	0,920
						17 000	12 700	10 200	8 500	6 400	5 100	4 200	3 600	3 200	2 800	2 500
Nelegované cementační oceli	5	≤750	170	0,046× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,105	0,140	0,175	0,210	0,280	0,350	0,420	0,490	0,560	0,630	0,700
						15 900	11 900	9 500	8 000	6 000	4 800	4 000	3 400	3 000	2 700	2 400
Legované cementační oceli	6	850–1000	140	0,035× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,105	0,140	0,175	0,210	0,280	0,350	0,420	0,490	0,560	0,630	0,700
						14 900	11 100	8 900	7 400	5 600	4 500	3 700	3 200	2 800	2 500	2 200
Nitridační oceli	7	≥850–1000	130	0,035× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,069	0,092	0,115	0,138	0,184	0,230	0,276	0,322	0,368	0,414	0,460
						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	≤850	90	0,029× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,105	0,140	0,175	0,210	0,280	0,350	0,420	0,490	0,560	0,630	0,700
						13 800	10 300	8 300	6 900	5 200	4 100	3 400	3 000	2 600	2 300	2 100
Rychlořezné oceli	9	>650–1000	70	0,017× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,087	0,116	0,145	0,174	0,232	0,290	0,348	0,406	0,464	0,522	0,580
						9 500	7 200	5 700	4 800	3 600	2 900	2 400	2 000	1 800	1 600	1 400
Nerezové oceli	10	750–800	60	0,023× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,069	0,092	0,115	0,138	0,184	0,230	0,276	0,322	0,368	0,414	0,460
						6 400	4 800	3 800	3 200	2 400	1 900	1 600	1 400	1 200	1 100	1 000
Kalené oceli	11	≤40–54 HRC	60	0,014× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,069	0,092	0,115	0,138	0,184	0,230	0,276	0,322	0,368	0,414	0,460
						5 300	4 000	3 200	2 700	2 000	1 600	1 300	1 100	1 000	900	800
Speciální slitiny: Nimonic, Inconel, Monel, Hastelloy	12	≤1200	40	0,017× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,042	0,056	0,070	0,084	0,112	0,140	0,168	0,196	0,224	0,252	0,280
						6 400	4 800	3 800	3 200	2 400	1 900	1 600	1 400	1 200	1 100	1 000
Litina	13	≤240 HB	230	0,058× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,036	0,048	0,060	0,072	0,096	0,120	0,144	0,168	0,192	0,216	0,240
						4 200	3 200	2 500	2 100	1 600	1 300	1 100	900	800	700	600
Tvárná a temperovaná litina	14	≤240 HB	160	0,058× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,051	0,068	0,085	0,102	0,136	0,170	0,204	0,238	0,272	0,306	0,340
						4 200	3 200	2 500	2 100	1 600	1 300	1 100	900	800	700	600
Tvrzená litina	15	≤350 HB	40	0,014× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,174	0,232	0,290	0,348	0,464	0,580	0,696	0,812	0,928	1,044	1,160
						24 400	18 300	14 600	12 200	9 200	7 300	6 100	5 200	4 600	4 100	3 700
Titan a titanové slitiny	16	≤850	50	0,017× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,174	0,232	0,290	0,348	0,464	0,580	0,696	0,812	0,928	1,044	1,160
						20 200	15 100	12 100	10 100	7 600	6 000	5 000	4 300	3 800	3 400	3 000
Aluminium a Al slitiny	17	≤450	360	0,058× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,174	0,232	0,290	0,348	0,464	0,580	0,696	0,812	0,928	1,044	1,160
						38 200	28 600	22 900	19 100	14 300	11 500	9 500	8 200	7 200	6 400	5 700
Al slitiny k tváření	18	≤450	360	0,058× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,042	0,056	0,070	0,084	0,112	0,140	0,168	0,196	0,224	0,252	0,280
						4 200	3 200	2 500	2 100	1 600	1 300	1 100	900	800	700	600
Al slitiny	19	≤10 % Si	310	0,058× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,051	0,068	0,085	0,102	0,136	0,170	0,204	0,238	0,272	0,306	0,340
						4 200	3 200	2 500	2 100	1 600	1 300	1 100	900	800	700	600
Hořčíkové slitiny	20	≤450	330	0,046× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,174	0,232	0,290	0,348	0,464	0,580	0,696	0,812	0,928	1,044	1,160
						24 400	18 300	14 600	12 200	9 200	7 300	6 100	5 200	4 600	4 100	3 700
Měď, nízkolegovaná měď	21	≤400	150	0,035× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,174	0,232	0,290	0,348	0,464	0,580	0,696	0,812	0,928	1,044	1,160
						38 200	28 600	22 900	19 100	14 300	11 500	9 500	8 200	7 200	6 400	5 700
Mosazi	22	≤600	390	0,046× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,174	0,232	0,290	0,348	0,464	0,580	0,696	0,812	0,928	1,044	1,160
						32 900	24 700	19 700	16 400	12 300	9 900	8 200	7 000	6 200	5 500	4 900
Bronzi tvořící krátkou třísku	23	≤600	150	0,035× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,174	0,232	0,290	0,348	0,464	0,580	0,696	0,812	0,928	1,044	1,160
						27 600	20 700	16 600	13 800	10 300	8 300	6 900	5 900	5 200	4 600	4 100
Bronzi tvořící dlouhou třísku	24	≤850	110	0,029× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,138	0,184	0,230	0,276	0,368	0,460	0,552	0,644	0,736	0,828	0,920
						35 000	26 300	21 000	17 500	13 100	10 500	8 800	7 500	6 600	5 800	5 300
Měď, nízkolegovaná měď	21	≤400	150	0,035× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,105	0,140	0,175	0,210	0,280	0,350	0,420	0,490	0,560	0,630	0,700
						15 900	11 900	9 500	8 000	6 000	4 800	4 000	3 400	3 000	2 700	2 400
Mosazi	22	≤600	390	0,046× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,138	0,184	0,230	0,276	0,368	0,460	0,552	0,644	0,736	0,828	0,920
						41 400	31 000	24 800	20 700	15 500	12 400	10 300	8 900	7 800	6 900	6 200
Bronzi tvořící dlouhou třísku	24	850–1000	90	0,029× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,105	0,140	0,175	0,210	0,280	0,350	0,420	0,490	0,560	0,630	0,700
						15 900	11 900	9 500	8 000	6 000	4 800	4 000	3 400	3 000	2 600	2 300
Bronzi tvořící krátkou třísku	23	600–850	130	0,029× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,087	0,116	0,145	0,174	0,232	0,290	0,348	0,406	0,464	0,522	0,580
						13 800	10 300	8 300	6 900	5 200	4 100	3 400	3 000	2 600	2 300	2 100
Bronzi tvořící dlouhou třísku	24	≤850	110	0,029× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,087	0,116	0,145	0,174	0,232	0,290	0,348	0,406	0,464	0,522	0,580
						11 700	8 800	7 000	5 800	4 400	3 500	2 900	2 500	2 200	1 900	1 800
Bronzi tvořící dlouhou třísku	24	850–1000	90	0,029× d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,087	0,116	0,145	0,174	0,232	0,290	0,348	0,406	0,464	0,522	0,580
						9 500	7 200	5 700	4 800	3 600	2 900	2 400	2 000	1 800	1 600	1 400

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 středicí vrták, případně vrták pro pilotní díru, případně extra operaci pro zarovnání vstupní plochy. Úhel špičky středicího vrtáku, respektive vrtáku pro pilotní díru musí být větší než úhel špičky vrtáku pro zhotovení finálního otvoru (o cca 5°).

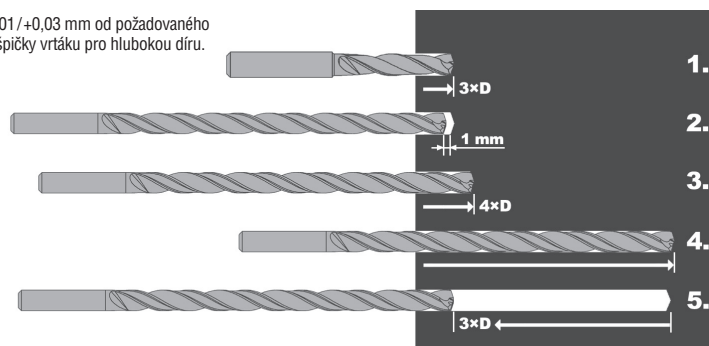
hloubka vrtání	středicí / pilotní otvor
5×D	není požadován
8×D	středicí otvor zlepšuje přesnost
12×D–20×D	pilotní otvor je požadován

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 dodržujte 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 %.