

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.]	ϕ_{d1} [mm]	2,5	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	140	0,029 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,073	0,087	0,116	0,145	0,174	0,232	0,290	0,348	0,406	0,464	0,522	0,580
						17 800	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	0,024 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,060	0,072	0,096	0,120	0,144	0,192	0,240	0,288	0,336	0,384	0,432	0,480
						14 600	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	≤ 850	160	0,038 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,095	0,114	0,152	0,190	0,228	0,304	0,380	0,456	0,532	0,608	0,684	0,760
						20 400	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	0,038 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,095	0,114	0,152	0,190	0,228	0,304	0,380	0,456	0,532	0,608	0,684	0,760
						17 800	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	125	0,038 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,095	0,114	0,152	0,190	0,228	0,304	0,380	0,456	0,532	0,608	0,684	0,760
						15 900	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	850–1000	110	0,029 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,073	0,087	0,116	0,145	0,174	0,232	0,290	0,348	0,406	0,464	0,522	0,580
						15 300	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	700–850	120	0,029 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,073	0,087	0,116	0,145	0,174	0,232	0,290	0,348	0,406	0,464	0,522	0,580
						15 300	12 700	9 500	7 600	6 400	4 800	3 800	3 200	2 700	2 400	2 100	1 900
Legované cementační oceli	6	850–1000	110	0,029 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,073	0,087	0,116	0,145	0,174	0,232	0,290	0,348	0,406	0,464	0,522	0,580
						14 000	11 700	8 800	7 000	5 800	4 400	3 500	2 900	2 500	2 200	1 900	1 800
Nitridační oceli	7	1000–1200	100	0,029 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,073	0,087	0,116	0,145	0,174	0,232	0,290	0,348	0,406	0,464	0,522	0,580
						12 700	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	75	0,024 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,060	0,072	0,096	0,120	0,144	0,192	0,240	0,288	0,336	0,384	0,432	0,480
						9 500	8 000	6 000	4 800	4 000	3 000	2 400	2 000	1 700	1 500	1 300	1 200
Rychlořezné oceli	9	850–1000	60	0,019 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,048	0,057	0,076	0,095	0,114	0,152	0,190	0,228	0,266	0,304	0,342	0,380
						7 600	6 400	4 800	3 800	3 200	2 400	1 900	1 600	1 400	1 200	1 100	1 000
Nerezové oceli	10	$> 650 - 1000$	55	0,014 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,035	0,042	0,056	0,070	0,084	0,112	0,140	0,168	0,196	0,224	0,252	0,280
						7 000	5 800	4 400	3 500	2 900	2 200	1 800	1 500	1 300	1 100	1 000	900
Kalené oceli	11	750–800	50	0,019 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,048	0,057	0,076	0,095	0,114	0,152	0,190	0,228	0,266	0,304	0,342	0,380
						6 400	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	850–1200	40	0,019 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,048	0,057	0,076	0,095	0,114	0,152	0,190	0,228	0,266	0,304	0,342	0,380
						5 100	4 200	3 200	2 500	2 100	1 600	1 300	1 100	900	800	700	600
Litina	13	$\leq 40 - 54$ HRC	50	0,012 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,030	0,036	0,048	0,060	0,072	0,096	0,120	0,144	0,168	0,192	0,216	0,240
						6 400	5 300	4 000	3 200	2 700	2 000	1 600	1 300	1 100	1 000	900	800
Tvárná a temperovaná litina	14	$> 54 - 60$ HRC	30	0,010 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,025	0,030	0,040	0,050	0,060	0,080	0,100	0,120	0,140	0,160	0,180	0,200
						3 800	3 200	2 400	1 900	1 600	1 200	1 000	800	700	600	500	500
Hořčíkové slitiny	18	≤ 1200	30	0,014 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,035	0,042	0,056	0,070	0,084	0,112	0,140	0,168	0,196	0,224	0,252	0,280
						3 800	3 200	2 400	1 900	1 600	1 200	1 000	800	700	600	500	500
Al slitiny k tváření	18	≤ 240 HB	180	0,048 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,120	0,144	0,192	0,240	0,288	0,384	0,480	0,576	0,672	0,768	0,864	0,960
						22 900	19 100	14 300	11 500	9 500	7 200	5 700	4 800	4 100	3 600	3 200	2 900
Al slitiny	19	< 300 HB	150	0,048 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,120	0,144	0,192	0,240	0,288	0,384	0,480	0,576	0,672	0,768	0,864	0,960
						19 100	15 900	11 900	9 500	8 000	6 000	4 800	4 000	3 400	3 000	2 700	2 400
Titan a titanové slitiny	16	≤ 240 HB	130	0,048 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,120	0,144	0,192	0,240	0,288	0,384	0,480	0,576	0,672	0,768	0,864	0,960
						16 600	13 800	10 300	8 300	6 900	5 200	4 100	3 400	3 000	2 600	2 300	2 100
Měď, nízkolegovaná měď	21	< 300 HB	120	0,038 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,095	0,114	0,152	0,190	0,228	0,304	0,380	0,456	0,532	0,608	0,684	0,760
						15 300	12 700	9 500	7 600	6 400	4 800	3 800	3 200	2 700	2 400	2 100	1 900
Mosazi	22	≤ 350 HB	35	0,012 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,030	0,036	0,048	0,060	0,072	0,096	0,120	0,144	0,168	0,192	0,216	0,240
						4 500	3 700	2 800	2 200	1 900	1 400	1 100	900	800	700	600	600
Bronzi tvořící krátkou třísku	23	850–1200	35	0,012 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,035	0,042	0,056	0,070	0,084	0,112	0,140	0,168	0,196	0,224	0,252	0,280
						5 100	4 200	3 200	2 500	2 100	1 600	1 300	1 100	900	800	700	600
Bronzi tvořící dlouhou třísku	24	≤ 850	40	0,014 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,030	0,036	0,048	0,060	0,072	0,096	0,120	0,144	0,168	0,192	0,216	0,240
						4 500	3 700	2 800	2 200	1 900	1 400	1 100	900	800	700	600	600
Al slitiny k tváření	18	≤ 450	290	0,048 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,120	0,144	0,192	0,240	0,288	0,384	0,480	0,576	0,672	0,768	0,864	0,960
						36 900	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	≤ 450	290	0,048 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,120	0,144	0,192	0,240	0,288	0,384	0,480	0,576	0,672	0,768	0,864	0,960
						36 900	30 800	23 100	18 500	15 400	11 500	9 200	7 700	6 600	5 800	5 100	4 600
Hořčíkové slitiny	20	≤ 600	250	0,048 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,120	0,144	0,192	0,240	0,288	0,384	0,480	0,576	0,672	0,768	0,864	0,960
						31 800	26 500	19 900	15 900	13 300	9 900	8 000	6 600	5 700	5 000	4 400	4 000
Měď, nízkolegovaná měď	21	≤ 600	210	0,048 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,120	0,144	0,192	0,240	0,288	0,384	0,480	0,576	0,672	0,768	0,864	0,960
						26 700	22 300	16 700	13 400	11 100	8 400	6 700	5 600	4 800	4 200	3 700	3 300
Mosazi	22	≤ 450	260	0,038 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,095	0,114	0,152	0,190	0,228	0,304	0,380	0,456	0,532	0,608	0,684	0,760
						33 100	27 600	20 700	16 600	13 800	10 300	8 300	6 900	5 900	5 200	4 600	4 100
Bronzi tvořící krátkou třísku	23	≤ 400	120	0,029 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,073	0,087	0,116	0,145	0,174	0,232	0,290	0,348	0,406	0,464	0,522	0,580
						15 300	12 700	9 500	7 600	6 400	4 800	3 800	3 200	2 700	2 400	2 100	1 900
Bronzi tvořící dlouhou třísku	24	≤ 600	120	0,029 × d_1	f [mm/ot.] n [min ⁻¹]	0,09											

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

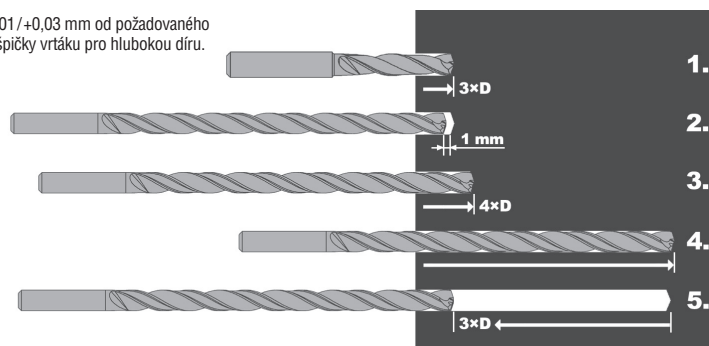
hloubka vrtání	středící / pilotní otvor
5×D	není požadován
8×D	středící otvor zlepšuje přesnost
12×D–20×D	pilotní otvor je požadován

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 $n_{\text{max}}=300 \text{ min}^{-1}$
 - 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 %.