FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ústav strojírenské technologie

DTB

Technologie obrábění

Cvičení č. 7
TPV – Technologická příprava výroby
Zadání elaborátu

1 .0 Příklad 1 – Přídavky na obrábění
2 .0 Příklad 2 – Obrábění v překrytém čase
3 .0 Příklad 3 – Metoda minimálních výrobních nákladů
4 .0 Příklad 4 – Metoda maximální výrobnosti
5 .0 Použité rovnice a výpočetní vztahy a tabulky

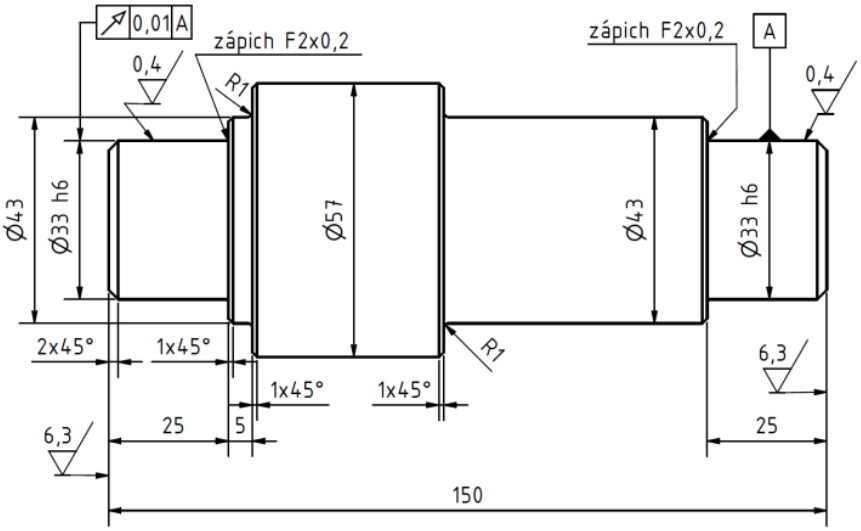
Stud. skupina:	Datum:	Autor(ka):
Učebna	B1/409b	
Dílna	NE	

1 .0 Příklad 1 – Přídavky na obrábění

Součást hřídel (obr. 1.1) je z materiálu ČSN 411600. Je vyráběna soustružením a plochy s předepsanou kvalitou *Ra* 0,4 jsou dosaženy broušením. Stanovte rozměr polotovaru, když bude použita kruhová tyč z hutní výroby. Vypočítejte přídavky materiálu pro jednotlivé operace (hrubování, dokončování, broušení) při obrábění plochy ø33 h6.

Vstupní údaje:

- velkosériový charakter výroby (součinitel K = 0,8)
- při upnutí mezi hroty u operace broušení se E_i = 0
- ostatní součinitele k výpočtu určete z přiložených tabulek v kapitole 5.0
- kruhová tyč z hutní výroby je válcovaná za tepla



Obr. 1.1 Zadaná součást z materiálu ČSN 411600 (informativní náčrt).

Obr. 1.2 Soustružení hřídele.

Obr. 1.3 Broušení mezi hroty na kulato.

Empirický vztah pro výpočet polotovaru:

$$\phi d_o = 1{,}05 \cdot d_{max} + 2\ [\text{mm}]$$

$$p_c = 0{,}05 \cdot d_{max} + 2\ [\text{mm}]$$

Vztah pro výpočet mezioperačního přídavku:

$$p_{mi} = K \cdot [2(R_{i-1} + T_{i-1}) + C_{i-1} + \delta_{i-1} + E_i]$$

2 .0 Příklad 2 – Obrábění v překrytém čase

Při výrobě součásti (obr. 2.1) dochází současně k vrtání Ø10 šroubovitým vrtákem (nástrojový materiál HSS) a soustružení vnější kontury (plochy A, B, C) nástrojem s VBD, otáčky jsou stále konstantní. Výroba je situována na CNC stroj s více suporty, kde zásobníky nástrojů umožňují používat poháněné nástroje (obr. 2.2).

Určete potřebný počet nástrojů pro zvládnutí výrobní dávky 200 ks a související technologická data včetně vylepšení obrábění plným využitím funkčních možností CNC stroje.

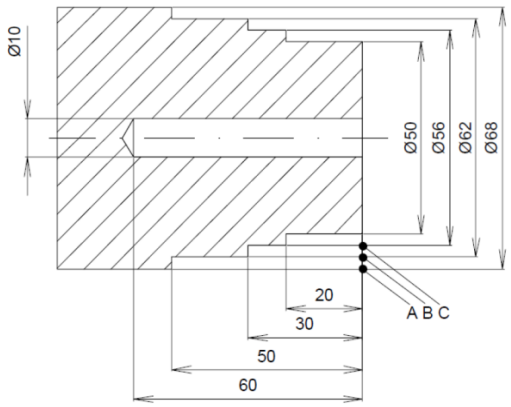
Vstupní údaje:

a) řezné podmínky pro vrtání Ø10

- řezná rychlost $v_c = 35\ \mathrm{m \cdot min^{-1}}$
- posuv na otáčku $f = 0{,}12\ \mathrm{mm}$
- trvanlivost nástroje $T = 40\ \mathrm{min}$
- vrtání s výplachem (jde o hluboké vrtání, *L*/Ø > 5), dle normativů je prodlužovací čas operace cca 20 % (kapitola 5.0, obr. 5.1)
- špička vrtáku (α = 118 °) je vysoká 3,004 mm (cca 1/3 z Ø10), náběh l_n = 1 mm

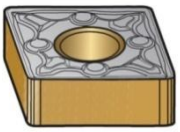
b) řezné podmínky pro soustružení ploch A, B, C

- stranový ubírací nástroj
- VBD oboustranná, tvar C, má 2+2 = 4 břity (obr. 2.3)
  Poznámka: Tvar S nelze použít. Důvod → obr. 2.1, kde jsou plochy A, B, C zakončeny kolmými čely (rohy).
- posuv na otáčku $f = 0{,}3\ \mathrm{mm}$
- šířka záběru ostří $a_p = 3\ \mathrm{mm}$ (určeno kótami na plochách A, B, C)
- platí Taylorův vztah v upraveném tvaru



Obr. 2.1 Zadaná součást.

Obr. 2.2 Ukázka CNC obráběcího stroje, který má 2 vřetena a 4 suporty, jejichž zásobníky umožňují používat poháněné nástroje.



Obr. 2.3 Oboustranná VBD, tvar C, má 2+2 břity (utvařeč lze vynechat).

Taylorův vztah:

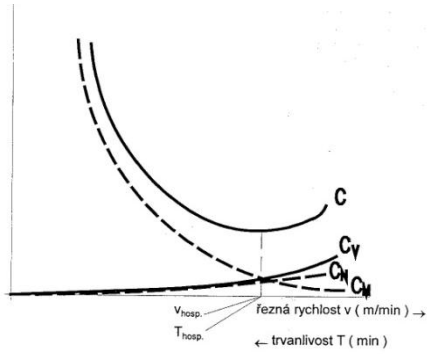
$$v_c = \frac{234}{a_p^{0,11} \cdot f^{0,31} \cdot T^{0,16}}\ [\mathrm{m \cdot min^{-1}}]$$

3 .0 Příklad 3 – Metoda minimálních výrobních nákladů

Charakterizujte metodu minimálních výrobních nákladů. Charakteristiku doložte výpočtem s použitím ilustrativních údajů z firemního prostředí. Jedná se o určení optimální trvanlivosti nástroje T_{optN} a řezné rychlosti v_{cToptN} vázané na tuto trvanlivost.

Vstupní údaje:

- náklady na nástroj a jeho výměnu, vztažené k jedné trvanlivosti N_T = 135 Kč
- náklady na hodinu strojní práce D_s = 525 Kč
- délka soustružené součásti l = 100 mm
- náběh nástroje l_n = 3 mm
- přeběh nástroje l_p = 3 mm
- Taylorův vztah (kde: m = 4,25) $T \cdot v_c^{4,25} = 4{,}6242 \cdot 10^8 = C_T$



Obr. 3.1 Závislost vynaložených nákladů.

Obr. 3.2 Minimální spotřeba nástrojů (typicky VBD).

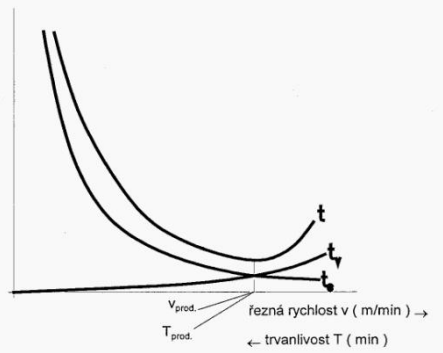
Obr. 3.3 Využití strojů, omezení prostojů.

4 .0 Příklad 4 – Metoda maximální výrobnosti

Charakterizujte metodu maximální výrobnosti. Charakteristiku doložte výpočtem s použitím ilustrativních údajů z firemního prostředí. Jedná se o určení optimální trvanlivosti nástroje T_{optV} a řezné rychlosti v_{cToptV} vázané na tuto trvanlivost.

Vstupní údaje:

- čas jednotkové nepravidelné obsluhy stroje $t_{Ax,C}$ = 9 min
- délka soustružené součásti l = 100 mm
- náběh nástroje l_n = 3 mm
- přeběh nástroje l_p = 3 mm
- Taylorův vztah (kde: m = 5,6) $T \cdot v_c^{5,6} = 5{,}8566 \cdot 10^8 = C_T$



Obr. 4.1 Závislost časových činností.

Obr. 4.2 Minimalizovat strojní a vedlejší časy ve výrobě.

5 .0 Použité rovnice a výpočetní vztahy a tabulky

Maximální výška nerovností "R" a hloubky vadné povrchové vrstvy "T" při různých metodách obrábění

Druh plochy	Metoda obrábění	R [μm]	T [μm]
Vnější válcové plochy	Soustružení vnější hrubé	100	60
	Soustružení vnější čisté	45	40
	Broušení do kulata vnější	15	25
Vnitřní válcové plochy	Soustružení vnější hrubé	225	50
	Soustružení vnější čisté	25	40
	Broušení vnitřní	15	30
	Vrtání	225	60
	Vyhrubování hrubé	225	60
	Vyhrubování čisté	100	30
	Vystružování hrubé	100	30
	Vystružování čisté	25	20
	Vyvrtávání hrubé	225	60
	Vyvrtávání čisté	25	40
	Protahování	9	20
Rovinné plochy	Frézování hrubé	225	60
	Frézování čisté	45	40
	Hoblování čisté	45	40
	Hoblování hrubé	100	50
	Obrážení hrubé	100	60
	Obrážení čisté	45	50
	Broušení na plocho	15	25

Doporučené hodnoty koeficientu "m"

Charakter operace	m
Hrubování	1,0 - 2,0
Poločisté obrábění	0,2 - 0,4
Čisté obrábění	0,1 - 0,2

Hodnoty koeficientů "a" a "b" pro výpočet výsledné chyby ustavení

Charakter operace	a	b
Hrubování	0,1 - 0,2	1,0 - 2,0
Poločisté obrábění	0,05 - 0,1	0,3 - 0,6
Čisté obrábění	0,03 - 0,05	0,1 - 0,3
Velmi čisté obrábění	0,005 - 0,01	-

Drsnost povrchu "R_o" a hloubka vadné povrchové vrstvy "T_o" u různých polotovarů

Druh polotovaru	Charakteristika polotovaru	$R_o + T_o$ [mm]
Odlitky ze šedé litiny	Jednoduchý tvar	1,0
	Složitý tvar středních rozměrů	1,5
	Složitý tvar velkých rozměrů	2,0
Odlitky z ocelové litiny	Podle rozměrů a složitosti tvarů	1 - 5
Polotovary z uhlíkové oceli zhotovené volným kováním z výkovků	Jednoduchý tvar malých rozměrů	1,5
	Jednoduchý tvar středních a velkých rozměrů	2,0
	Složitý tvar malých rozměrů	2,0
	Složitý tvar středních a velkých rozměrů	3,0
Polotovary z legovaných ocelí zhotovené volným kováním z vývalků	Jednoduchý tvar malých rozměrů	2,5
	Jednoduchý tvar středních a velkých rozměrů	3,0
	Složitý tvar malých rozměrů	2,5
	Složitý tvar středních a velkých rozměrů	3,5
Ocelové polotovary zhotovené z vývalků kováním v zápustkách	Jednoduchý tvar malých a středních rozměrů	0,5 - 1,0
	Složitý tvar malých rozměrů	0,5 - 1,0
	Složitý tvar středních rozměrů	1,0 - 1,5
Válcové polotovary	Podle jakosti a rozměru vývalku	0,5 - 1,0

Hodnoty optimálních tolerancí

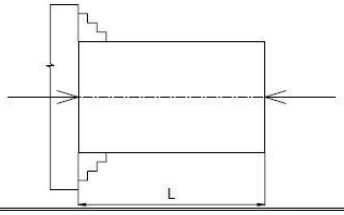
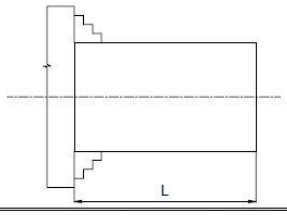
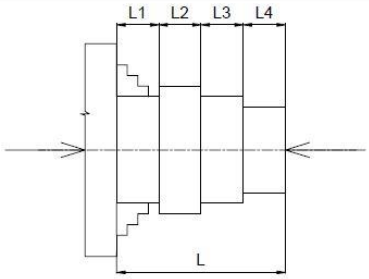
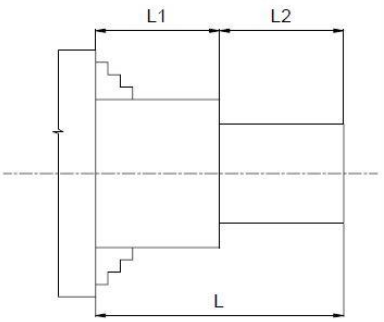
Druh plochy	Metody obrábění	IT	
		střední hodnota	rozsah
Vnější válcové plochy	Soustružení vnější hrubé	13	11 - 14
	Soustružení vnější čisté	10	9 - 11
	Broušení do kulata vnější	6	3 - 9
Vnitřní válcové plochy	Soustružení vnější hrubé	12	11 - 13
	Soustružení vnější čisté	10	9 - 12
	Broušení vnitřní	7	3 - 10
	Vrtání	13	10 - 14
	Vyhrubování	9	9 - 11
	Vystružování ruční	8	7 - 9
	Vystružování strojní	6	6 - 8
	Vyvrtávání hrubé	12	11 - 14
	Vyvrtávání čisté	10	9 - 11
	Protahování	7	5 - 8
Rovinné plochy	Frézování hrubé	12	10 - 13
	Frézování čisté	10	8 - 12
	Hoblování hrubé	13	12 - 14
	Hoblování čisté	11	9 - 12
	Broušení na plocho	7	3 - 10

Číselné hodnoty základních tolerancí "IT"

Rozsah [mm]	Pro výrobu měřidel a jiné práce						Při lícování ve všeobecném strojírenství							Pro lícování hrubé (lisování, tažení, válení)				
přes - do	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
0 - 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
3 - 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6 - 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10 - 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18 - 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30 - 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50 - 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80 - 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	340	870	1400	2200
120 - 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180 - 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250 - 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	130	2100	3200
315 - 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400 - 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

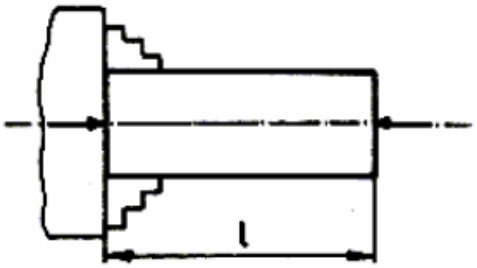
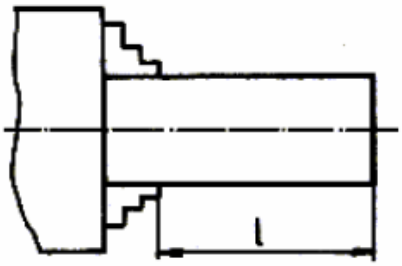
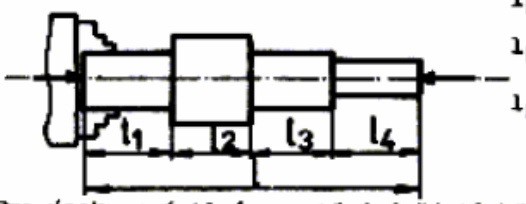
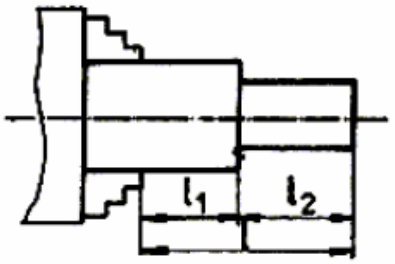
Hodnoty jsou uvedeny v μm ČSN 01 4203

Stanovení výpočtové redukované délky " l_K " pro charakteristické případy obrábění vnějších válcových ploch

Charakter součásti a upnutí	Hladký hřídel upnutý mezi hroty nebo v univerzálním sklíčidle a podepřený hrotem.	Hladký hřídel letmo upnutý v univerzálním sklíčidle, kleštině, ap.
Náčrt upnutí a výpočtová redukovaná délka " l_K "	$l_K = l$ 	$l_K = 2 . l$ 
Charakter součásti a upnutí	Odstupňovaný hřídel upnutý mezi hroty nebo v univerzálním sklíčidle a podepřený hrotem.	Odstupňovaný hřídel letmo upnutý v univerzálním sklíčidle, kleštině, ap.
Náčrt upnutí a výpočtová redukovaná délka " l_K "	$l_{K1} = 2 . l_1$ $l_{K2} = l_{K3} = l$ $l_{K4} = 2 . l_4$ Pro úseky umístěné ve střední části hřídele je $l_K = l$. Pro úseky umístěné u čel hřídele je " l_K " rovna dvojnásobné vzdálenosti od čela hřídele k nejvzdálenějšímu konci obráběného úseku. Za střední úseky považujeme ty, u kterých by dvojnásobné vzdálenosti od čela hřídele byly větší než celková délka. 	$l_{K1} = 2 . l_1$ $l_{K2} = 2 . l$ 

Pozn.: U hřídelí s l : d > 12 se výpočtová redukovaná délka " l_K " stanovená podle s hora uvedených pravidel, zvětšuje 2x.

Stanovení výpočtové redukované délky "l_k" pro charakteristické případy obrábění vnějších válcových povrchů

Charakter součásti a upnutí	Náčrt upnutí a výpočtová redukovaná délka "l_k"
Hladký hřídel upnutý mezi hroty nebo v univerzálním sklíčidle a podepřený hrotem.	 $l_k = 1$
Hladký hřídel letmo upnutý v univerzálním sklíčidle, kleštině, ap.	 $l_k = 2\ l$
Odstupňovaný hřídel upnutý mezi hroty nebo v univerzálním sklíčidle a podepřený hrotem.	 $l_{k1} = 2\ l_1$ $l_{k2} = l_{k3} = l$ $l_{k4} = 2\ l_4$ Pro úseky umístěné ve střední části hřídele je $l_k = l$. Pro úseky umístěné u čel hřídele je "l_k" rovna dvojnásobné vzdálenosti od čela hřídele k nejvzdálenějšímu konci obráběného úseku. Za střední úseky považujeme ty, u kterých by dvojnásobné vzdálenosti od čela hřídele byly větší než celková délka.
Odstupňovaný hřídel letmo upnutý v univerzálním sklíčidle, kleštině, ap.	 $l_{k1} = 2\ l_1$ $l_{k2} = 2\ l$

U hřídelů s $l : d > 12$ se výpočtová redukovaná délka "l_k" stanovená podle shora uvedených pravidel, zvětšuje 2x.

Maximální výška nerovností "R" a hloubky vadné povrchové vrstvy "T" při různých metodách obrábění			
Druh plochy	Metoda obrábění	R μm	T μm
Vnější válcové plochy	Soustružení vnější hrubé	100	60
	Soustružení vnější čisté	45	40
	Broušení do kulata vnější	15	25
Vnitřní válcové plochy	Soustružení vnitřní hrubé	225	50
	Soustružení vnitřní čisté	25	40
	Broušení vnitřní	15	30
	Vrtání	225	60
	Vyhrubování hrubé	225	60
	Vyhrubování čisté	100	30
	Vystružování hrubé	100	30
	Vystružování čisté	25	20
	Vyvrtávání hrubé	225	60
	Vyvrtávání čisté	25	40
	Protahování	9	20
Rovinné plochy	Frézování hrubé	225	60
	Frézování čisté	45	40
	Hoblování čisté	45	40
	Hoblování hrubé	100	50
	Obrážení hrubé	100	60
	Obrážení čisté	45	50
	Broušení na plocho	15	25

Doporučené hodnoty koeficientu "m"	
Charakter operace	m
Hrubování	1,0 - 2,0
Čisté obrábění	0,1 - 0,2
Čisté obrábění (tepelně zpracovaný obrobek)	0,8 - 1,2
Polotovar (tyč válcovaná za tepla)	0,5

Hodnoty koeficientů "a", "b" pro výpočet výsledné chyby ustavení		
Charakter operace	a	b
Hrubování	0,1 - 0,2	1 - 2
Poločisté obrábění	0,05 - 0,1	0,3 - 0,6
Čisté obrábění	0,03 - 0,05	0,1 - 0,3
Velmi čisté obrábění	0,005 - 0,01	-

Drsnost povrchu "R_o" a hloubka vadné povrchové vrstvy "T_o" u různých poletovarů a hodnoty op. tolerancí		
Druh polotovaru	Charakteristika polotovaru	$R_o + T_o$ mm
Odlitky ze šedé litiny	Jednoduchý tvar	1,0
	Složitý tvar středních rozměrů	1,5
	Složitý tvar velkých rozměrů	2,0
Odlitky z ocelové litiny	Podle rozměrů a složitosti tvarů	1 - 5
Polotovary z uhlíkové oceli zhotovené volným kováním z výkovků	Jednoduchý tvar malých rozměrů	1,5
	Jednoduchý tvar středních a velkých rozměrů	2,0
	Složitý tvar malých rozměrů	2,0
	Složitý tvar středních a velkých rozměrů	3,0
Polotovary z legovaných ocelí zhotovené volným kováním z výválků	Jednoduchý tvar malých rozměrů	2,5
	Jednoduchý tvar středních a velkých rozměrů	3,0
	Složitý tvar malých rozměrů	2,5
	Složitý tvar středních a velkých rozměrů	3,5
Ocelové polotovary zhotovené z výválků kováním v zápustkách	Jednoduchý tvar malých a středních rozměrů	0,5-1,0
	Složitý tvar malých rozměrů	0,5-1,0
	Složitý tvar středních rozměrů	1,0-1,5
Válcové polotovary	Podle jakosti a rozměru výválku	0,5-1,0

Druh plochy	Metody obrábění	IT	
		střední hodnota	rozsah
Vnější válcové plochy	Soustružení vnější hrubé	13	11 - 14
	Soustružení vnější čisté	10	9 - 11
	Broušení do kulata vnější	6	3 - 9
Vnitřní válcové plochy	Soustružení vnitřní hrubé	12	11 - 13
	Soustružení vnitřní čisté	10	9 - 12
	Broušení vnitřní	7	3 - 10
	Vrtání	13	10 - 14
	Vyhrubování	9	9 - 11
	Vystružování ruční	8	7 - 9
	Vystružování strojní	6	6 - 8
	Vyvrtávání hrubé	12	11 - 14
	Vyvrtávání čisté	10	9 - 11
	Protahování	7	5 - 8
Rovinné plochy	Frézování hrubé	12	10 - 13
	Frézování čisté	10	8 - 12
	Hoblování hrubé	13	12 - 14
	Hoblování čisté	11	9 - 12
	Broušení na plocho	7	3 - 10

TYČE KRUHOVÉ

válcované zatepla z ocelí tříd 11 až 17 a 19 normální přesnosti

Jmenovitý průměr d, mm				Materiál						
5,5	6	dále po 1 až		11 343	11 366	11373	11 375	11 423	11 500	11 523
do 32;	34	36	38	11 600	11 700	12 020	12 030	12 040	12 050	12 052
39	40	42	44	12 060	12 061	13 141	13 240	13 320	14 100	14 120
45	46	48	50	14 140	14 220	14 223	14 231	14 260	14 340	14 341
52	55	56	57	15 110	15 130	15 230	15 236	15 241	15 260	15 330
58	60	62	63	16 220	16 341	16 532	16 640	16 720	17 021	17 027
65	68	70	73	17 102	17 153	17 246	17 322	17 341	17 351	17 618
75	78	80	82	19 015	19 152	19 191	19 313	19 434	19 452	19642
85	88	90	dále	19 721	19 733					
po 10 až do 210										

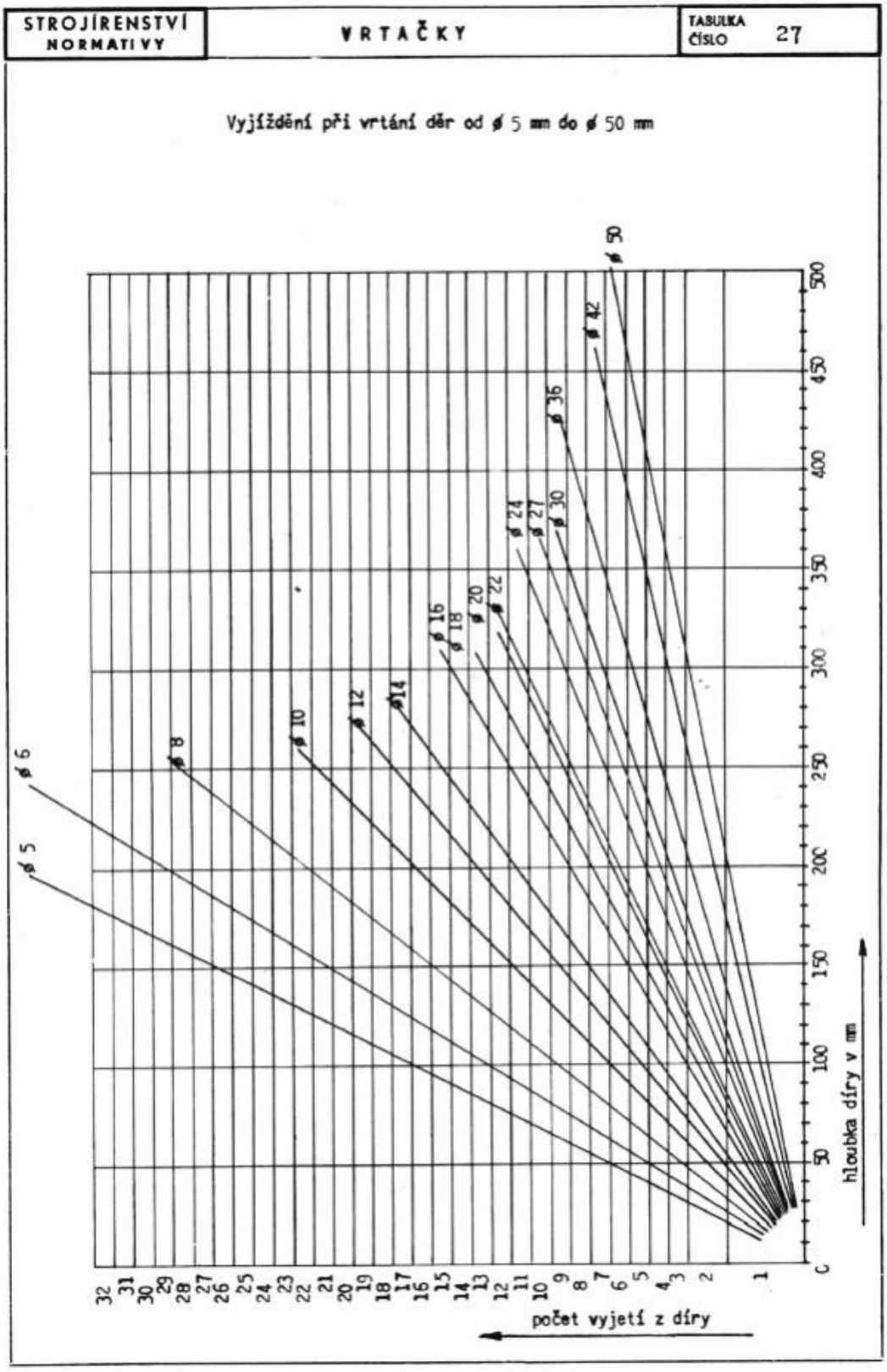
Mezní úchylky

Rozměry v milimetrech

d	od	5,5	16	26	36	55	85	105	125	170
	do	15	25	35	50	80	100	120	160	210
Mezní úchylky		±0,4	±0,5	±0,6	±0,8	±1,0	±1,3	±1,5	±2,0	±2,5

Rozsah [mm]	Pro výrobu měřidel a jiné práce						Při lícování ve všeobecném strojírenství							Pro lícování hrubé (lisování, tažení, válcení)				
přes - do	IT01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16
- 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
3 - 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6 - 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10 - 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18 - 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30 - 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50 - 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80 - 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120 - 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180 - 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250 - 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315 - 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400 - 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	250	4000

Číselné hodnoty základních tolerancí "IT"
Hodnoty jsou uvedeny v mm (1 μm = 0,001 mm) ČSN 01 42 03



Obr. 5.1 Výňatek z normativů: Vrtání hlubokých děr, doporučené počty vyjíždění.