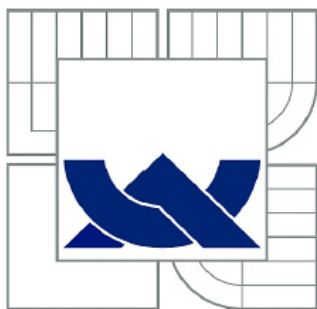




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH PROGRESIVNÍ TECHNOLOGIE VÝROBY TĚLESA ŠOUPÁTKA

ADVANCED TECHNOLOGY PROJECT OF VALVE BODY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MARTIN ŠTÁBL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. OSKAR ZEMČÍK, CSc.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Martin Štábl

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303T002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Návrh progresivní technologie výroby tělesa šoupátka

v anglickém jazyce:

Advanced technology project of valve body

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Rozbor stávající technologie výroby tělesa šoupátka.
2. Zhodnocení technologičnosti.
3. Návrh nové technologie výroby.
4. Výběr optimálních zařízení, nástrojů, přípravků a řezných podmínek.
5. Technicko-ekonomické vyhodnocení.

Cíle diplomové práce:

Vypracování studie s návrhem progresivní technologie výroby tělesa ventilu v Armaturce Vranová Lhota. Technicko ekonomické vyhodnocení s návrhem pro využití v praxi.

Seznam odborné literatury:

1. ZEMČÍK,O. Technologická příprava výroby. 1. vyd. Brno:Akademické nakladatelství CERM,2002.158 s. ISBN 80-214-2219-X.
2. ZEMČÍK,O. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1.vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM,2003.193 s. ISBN 80-214-2336-6
3. KÖNIG,W. Fertigungsverfahren band 1,2,3,4,5,6. 4.Aufl. Düsseldorf: VDI-Verlag GmbH,1999. 416 s. ISBN 3-18-401054-6
4. Firemní podklady dle dalšího zpřesnění a určení (Sandvik Coromant, Gühring, Fette, Pramet, Mitsubishi, Iscar, Seco, apod.
5. REICHARD,A. Fertigungstechnik 1,2. 10.Aufl. Hamburg: Handwerk und technik,1993.420 s. ISBN 3-582-02311-7

Vedoucí diplomové práce: Ing. Oskar Zemčík, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 25.10.2010

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem progresivní technologie výroby součásti těleso šoupátka typu S43. Jedná se o vysokotlakou armaturu pro klasickou energetiku. V práci je popsáno konstrukční řešení šoupátka, materiál těleso šoupátka a jeho obrobiteľnosť. Po provedeném rozboru stávající výrobní technologie je proveden návrh nové výrobní technologie pro tuto součást. Vše je řešeno s ohledem na možnosti firmy Armaturka Vranová Lhota. V závěru práce je uvedeno technicko – ekonomické zhodnocení stávající a navržené výrobní technologie.

Klíčová slova

Šoupátko, výrobní technologie, technologie obrábění, obráběcí stroj, řezný nástroj, řezné podmínky.

ABSTRACT

This diploma work is dealing with the progressive production technology proposal of the valve body type S43 components. This is the high-pressure valve for the classical power supply. Here in the work is described the structural design of the valves, the material of the valve body and its machinability. Following an analysis of the existing production technology is the new production technology proposal for this part. All is designed with regards to the business possibilities of the Armaturka Vranová Lhota company. In conclusion of the work is presented the technical economic evaluation of both the existing and the proposed manufacturing technology.

Key words

Slide-valve, production technology, machining, machine tool, cutting tool, cutting conditions.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠTÁBL, Martin. *Návrh progresivní technologie výroby těleso šoupátka: Diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 75 s., 5 příloh. Vedoucí diplomové práce Ing. Oskar Zemčík, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Návrh progresivní technologie výroby tělesa šoupátka vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 20.5.2011

.....
Martin Štábl

Poděkování

Děkuji tímto vedoucímu diplomové práce panu Ing. Oskaru Zemčíkovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce. Dále děkuji zaměstnancům firmy Armaturka Vranová Lhota a.s. a panu Ing. Miroslavu Šulákovi, Janu Vychodílovi za poskytnuté podklady a informace pro vypracování diplomové práce.

OBSAH

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah	7
Úvod	8
1 Představení firmy Armaturka Vranová Lhota a.s.	9
1.1 Stručná historie firmy.....	9
1.2 Produkty firmy.....	9
2 Konstrukce šoupátka.	11
2.1 Technický popis.....	11
2.2 Konstrukce jištění vnitřní části šoupátka.....	12
3 Rozbor stávající technologie výroby tělesa šoupátka	14
3.1 Výrobní postup tělesa šoupátka	14
3.2 Nástroje použité při výrobě tělesa šoupátka.....	19
3.3 Řezná kapalina.....	24
3.4 Přípravek	24
3.5 Výrobní zařízení	26
3.5.1 Vybavení stroje	28
4 Zhodnocení technologičnosti výroby tělesa	30
5 Návrh nové technologie výroby tělesa šoupátka.....	38
6 Výběr optimálních zařízení, přípravku, nástrojů a řezných podmínek.....	47
6.1 Volba obráběcího stroje.....	47
6.2 Volba přípravku	48
6.3 Volba řezných nástrojů a řezných podmínek.....	48
6.4 Výrobní postup pro nově navrženou technologii.....	56
7 Technicko – ekonomické vyhodnocení výroby tělesa šoupátka.....	60
7.1 Technicko – ekonomické zhodnocení stávající výrobní technologie.....	60
7.2 Shrnutí stávající výrobní technologie.....	61
7.3 Technicko – ekonomické zhodnocení navržené výrobní technologie.....	61
7.4 Shrnutí navržené výrobní technologie	62
8 Shrnutí dosažených výsledků	63
Závěr.....	64
Seznam použitých zdrojů.....	65
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	67
Seznam příloh.....	70

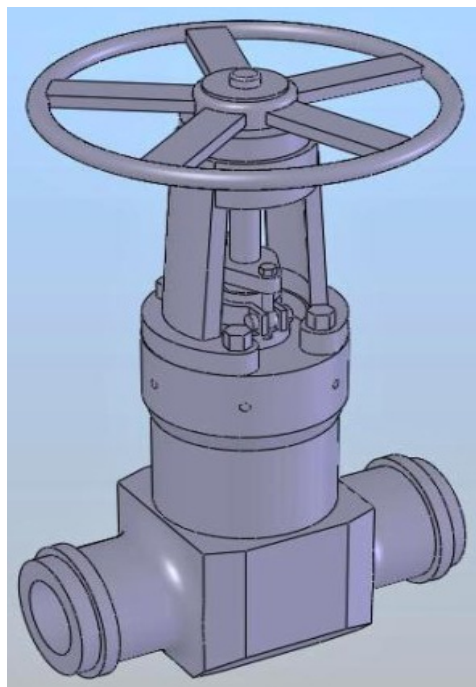
ÚVOD

Následující technologická studie je zaměřena na vypracování a navrhnutí progresivní technologie výroby tělesa šoupátka (obr.1) v Armaturce Vranová Lhota. Technicko ekonomické vyhodnocení s návrhem v praxi. Pro technologický rozbor bylo zvoleno šoupátko typu S43, které je určeno jako uzavírací prvek pro vodní páru používaný v klasické energetice (konvenční elektrárny, teplárny) charakterizované přímým rovnoosým směrem proudění páry s připojením k potrubí přivařením. Výrobu tělesa lze charakterizovat jako kusovou, tělesa jsou vyráběna v několika různých světlostech DN 65 – 400 (jednotlivá tělesa se od sebe liší rozměry), materiál tělesa je ocel ČSN 15 128. Jde o Cr-Mo-V jakostní žárovečnou ocel vhodnou pro vyšší teploty. Použití na součásti energetických a chemických zařízení pracujících při teplotách do 580 °C. [6] [11]

Tab. 1 Tabulka provozních parametrů [6]

Materiál tělesa	PN	Pracovní tlak MPa / Pracovní teplota °C											
		200	250	300	350	400	450	500	520	540	560	580	600
15128	63	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,1	4,8	3,7	2,8		
	100	10	10	10	10	10	10	9,7	7,6	5,9	4,5	-	-
	160	16	16	16	16	16	16	15,5	12,2	9,4	7,2	-	-
	250	25	25	25	25	25	25	24,2	19	14,6	11,3	-	-
	320	32	32	32	32	32	32	31	24,3	18,7	14,5	-	-
	400	40	40	40	40	40	40	38,7	30,4	23,4	18,1	-	-

Tělesa jsou obráběna na kombinovaných obráběcích centrech, která jsou vybavena stoly s možnostmi obrábění dílců až do hmotnosti 7 500 kg a rozměrech obrobku 6000 x 2000 x 1250 mm. [5]



Obr.1 Těleso šoupátka a šoupátko s ručním ovládáním [5]

1 PŘEDSTAVENÍ FIRMY ARMATURKA VRANOVÁ LHOTA, A.S.

1.1 Stručná historie firmy

Výroba průmyslových armatur se datuje rokem 1966 a je dlouhodobě spjata s mateřským podnikem SIGMA Česká Třebová, který na základě restrukturalizace výroby v rámci centrálního řízení hledal nový prostor pro přesun okrajového sortimentu. Ve stejném roce bylo tehdejší vedením podniku rozhodnuto o zřízení výrobního a montážního provozu drobných armatur ve Vranové Lhotě, právě v objektu stolárny, kde končila výroba nábytku. V následujících letech přechází výroba v mateřské firmě velkou měrou na armatury pro energetiku a do Vranové Lhoty se převádí další výrobní program. Po roce 1975 se provoz výstavbou nové haly a rekonstrukcí budov a zařízení stává významnou součástí podniku a zaměstnává přes 200 pracovníků. V 80. letech minulého století provoz už disponuje uceleným výrobním programem. [5]

Po roce 1989 dochází k významným změnám. Podnik je zařazen do 1. vlny kupónové privatizace a krátkodobě funguje jako Armaturka Česká Třebová, a.s. V roce 1993 vzniká samostatný subjekt Armaturka Vranová Lhota, a.s. Koncem 90. let minulého století mění firma podnikovou strategii. Dochází k podstatnému rozšíření tzv. zakázkového obrábění a zároveň k zásadním změnám v sortimentu armatur. V roce 2007 firma rozšířila svůj výrobní program o výrobu komponentů vysokotlakých armatur jak pro klasickou, tak i pro jadernou energetiku. Zejména se jedná o komponenty: šoupátek, zpětných klapek, tlakových zámků apod. [5]

1.2 Produkty firmy

Firma se zabývá výrobou průmyslových armatur pro energetiku a kooperační výrobou součástí z mědi, hliníku, mosazi a korozivzdorných a automatových ocelí. Tyto komponenty jsou určeny zejména pro automobilový, chemický i potravinářský průmysl a pro strojírenský obor svařování technickými plyny. Hlavní výrobní program podniku tvoří: [5]

Kondenzační smyčky	Tlaloměřové kohouty
Montážní příslušenství k tlaloměrům	Šroubení
Odvaděče kondenzátu	Uzavírací ventily ze slitin mědi
Odvzdušňovací ventily	Vypouštěcí ventily
Pojistné ventily	Zpětné klapky
Redukční ventily	Zvláštní armatury



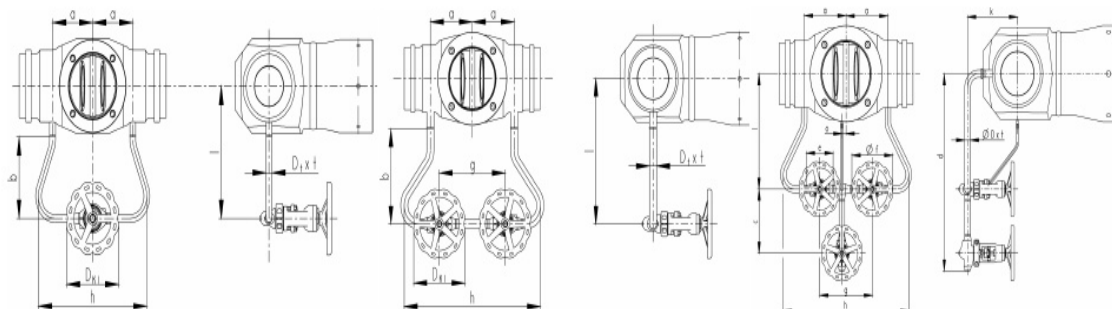
Obr.1.1 Pohled na výrobní závod a ukázka z výrobního sortimentu [5]

2 KONSTRUKCE ŠOUPÁTKA

2.1 Technický popis

Šoupátko typu S43 je kované šoupátko s tlakotěsným víkem vyráběné v několika tlakových řadách (PN 63 – 400) a různých světlostí (DN 65 – 400). Těleso šoupátka může být zápusťkový nebo volný výkovek, třmen lity nebo svařovaný. Sedla jsou v tělese nalisována a zavařena těsnícím svarem. Těsnící plochy sedel a klínů jsou navařeny tvrdou návarovou slitinou. Ucpávka vřetena a těsnící kroužek tlakotěsnicího víka je z expandovaného grafitu. Ucpávka může být konstruována v provedení s trvale dotlačovanou pružinou. Toto konstrukční řešení se využívá v případech, kde provozní podmínky nedovolují častou kontrolu stavu armatury, nebo charakter provozu vylučuje pravidelnou údržbu ucpávky. [6]

Šoupátko je konstruováno na plný tlakový spád a není třeba použít obtok (obr.2.1). Při požadavku na obtok se vyrábí s jedním až třemi ventily a T – kusem pro obtok potrubní. Šoupátko může být dále vybaveno jištěním středové části tělesa. [6]



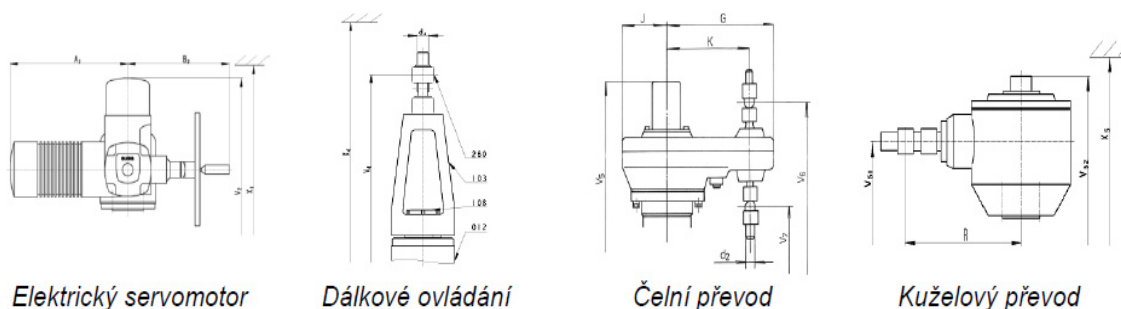
Obtok z boku – 1 ventil

Obtok z boku – 2 ventily

Obtok blokový 3 ventily

Obr.2.1 Konstrukční provedení obtoku [6]

Konstrukce šoupátek S43 zahrnuje dimenzování hlavních dílců podle tlakoteplotního systému. Ovládání šoupátka (obr.2.2) může být realizováno ručním kolem, elektrickým servopohonem, čelním i kuželovým převodem pro dálkové ovládání přímé. Šoupátka s ručním kolem mohou být vybavena zamykacím zařízením. [6]



Elektrický servomotor

Dálkové ovládání

Čelní převod

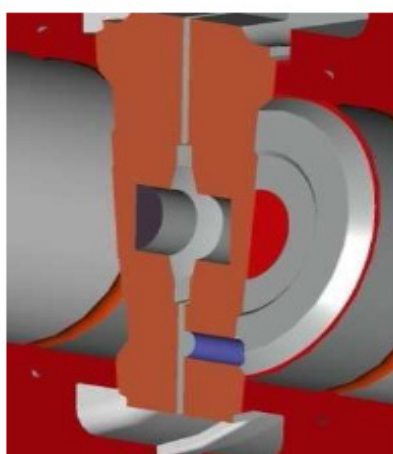
Kuželový převod

Obr.2.2 Ovládání šoupátka [6]

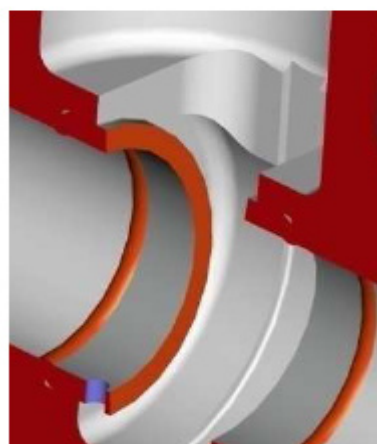
2.2 Konstrukce jištění vnitřní části šoupátka

Existuje-li předpoklad, že může dojít za provozu armatury k situaci, kdy po odstavení systému z provozu a následném zchladnutí zůstane určité množství vody ve středové části zavřeného šoupátka, tj. v prostoru nad klínem, je šoupátko vybaveno jištěním středové části tělesa. V opačném případě, začneme-li po čase takové šoupátko v zavřeném stavu prohřívat pomocí obtoku, dochází vlivem zvyšování teploty k nárůstu tlaku média mezi deskami klínu a v prostoru nad nimi (v tzv. komoře). Jištění středové části šoupátka může být provedeno několika způsoby: [6]

1. Provrtáním jedné desky klínu a tím propojení středové části se vstupním hrdlem. Jedná se o nejjednodušší řešení. Šoupátko lze v tomto případě použít pouze jako jednosměrnou armaturu (obr.2.3). [6]
2. Propojením obtoku se středovou částí u šoupátek o světlosti DN 200 a větší. Použitelné u všech obtoků tvořených alespoň dvěma ventily, mezi které je propojení umístěno. Podle proudění musí být vždy jeden ventil otevřený (obr.2.4d). [6]
3. Odlehčovacím ventilem umístěným na konci trubky vyvedeným z komory šoupátka. Jedná se o naprosto univerzální, avšak nejdražší řešení, použitelné pro všechny provozní parametry (obr.2.4c). [6]
4. Pomocí pojistného zařízení, šoupátko je v tomto případě obousměrné. Pojistné zařízení se montuje na kondenzační smyčku vyvedenou z tělesa šoupátka vně jeho tepelné izolace. Součástí pojistného zařízení je tlakoměrný uzavírací ventil a to z důvodu výměny samoprůtžné membrány za provozu. Volbou vhodné kondenzační smyčky může být odlehčovací zařízení s připojením vodorovným nebo svislým (obr.2.4c). [6]



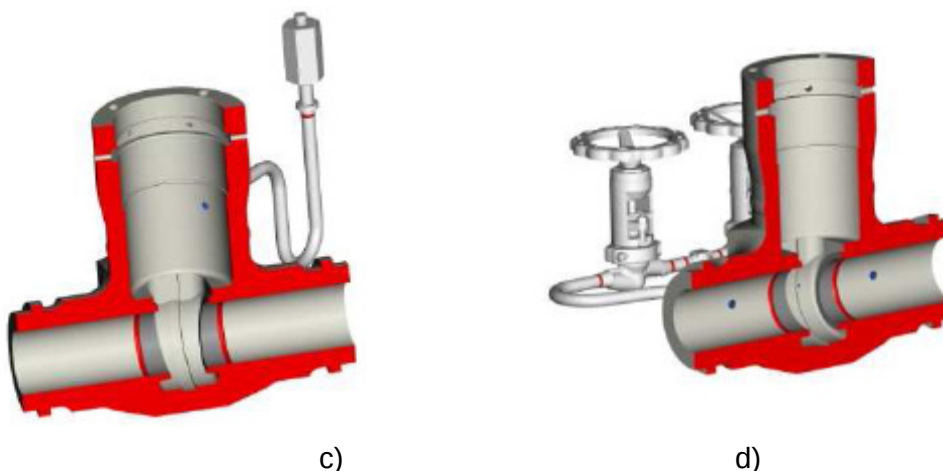
a)



b)

Obr.2.3 Jištění vnitřního prostoru tělesa [6]

a) vrtáním desky klínu b) vrtáním sedla



Obr.2.4 Jištění vnitřního prostoru tělesa ^[6]

- c) pomocí odlehčovacího nebo odpouštěcího ventilu s průřeznou membránou
d) do obtoku

Šoupátko se používá jako uzavírací prvek pro vodu, vodní páru i jiné provozní tekutiny používané v energetických a chemických zařízeních v závislosti na volbě materiálu tělesa pro prostředí normální, tropické, výbušné a seismické. Montují se v libovolné poloze bez ohledu na směr proudění provozní tekutiny. Šoupátka větších světlostí je doporučeno montovat do vodorovného potrubí se svislým vřetenem a s ovládáním nahoře. Připojení šoupátka k ostatním komponentám potrubí může být realizováno v provedení přivařovacím nebo přírubovém dle předpisu ČSN, DIN, EN, ANSI, GOST. [6]

Šoupátka se zkouší vodou na pevnost, nepropustnost, provozní způsobilost a těsnost v závislosti na provozních parametrech a materiálu tělesa. Minimální zkušební tlak při zkoušce pevnosti je $1,5 \times PN$. Pevnostní svary se kontrolují prozářením. [6]

Technologická studie je již cílem je rozbor stávající technologie výroby a návrh nové technologie výroby je provedena na šoupátku typu S43 tlakové řady PN 250 a světlosti DN 250/200 (jmenovitá světlost/průměr v sedle).

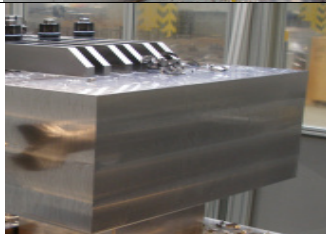
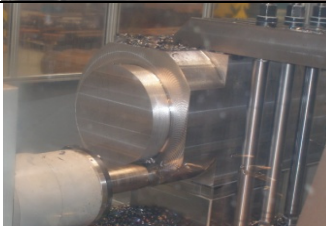
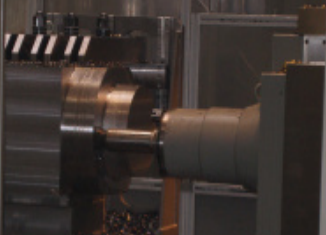
3 ROZBOR STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE VÝROBY TĚLESA ŠOUPÁTKA

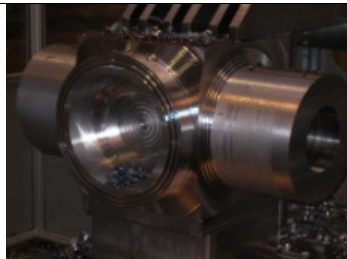
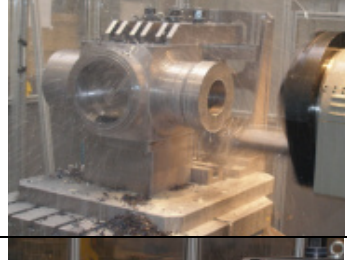
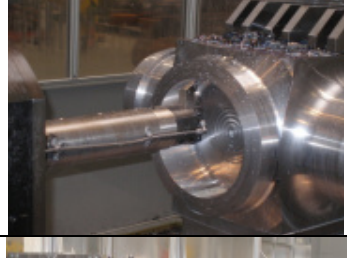
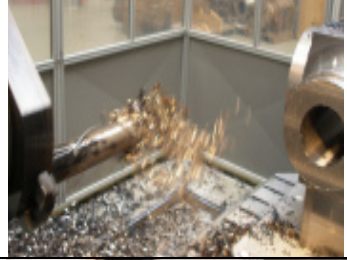
3.1 Výrobní postup tělesa šoupátka [6]

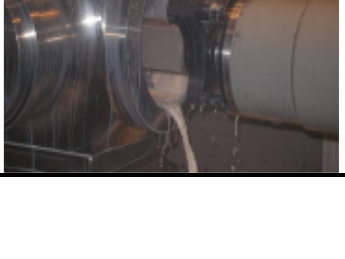
Polotovár je již ze 2 rovnoběžných stran ofrézován na šířku 410, jinak je neopracován (výkovek).

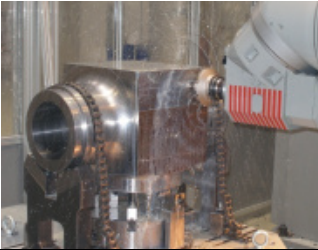
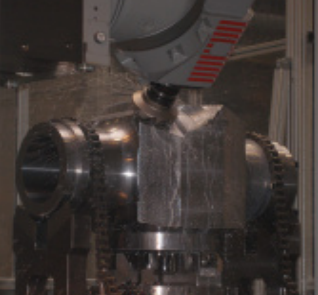
VÝROBNÍ POSTUP					Listů/List	1/5
Sestava			č. sestavy	č. výkresu		
				AD 4040-29		
Výrobek TĚLESO				Série	K/výr	Počet kusů
					1	3
pos.	ks	Hmotn.	Rozměr polotovaru	Jakost materiálu		ČSN
	1	1300 kg	473 x 410.3 x 865	15 128		

číslo oper.	Prac.	Popis práce:	Stroj, nástr.	Řezné podmínky (v_c , n , a_p , f , f_z)	t_{A12} za chodu stroje	t_{A13} strojně ruční	t_{A11} za klidu stroje
1	45 968	Řezání	HBP 530				
1.1		Řezat na $L = 810 \pm 2$		$v_c = 40-50$ [m.min ⁻¹] $f = 10-15$ [mm.min ⁻¹]	45'	15'	
2	35 010	Frézování	AREA -M				
2.1		Upnout na 1. stůl, středit.					25'
		Zarovnání zadní plochy (cca 6mm)	T1	$v_c = 200$ [m.min ⁻¹] $n = 470$ [min ⁻¹] $f = 1000$ [mm.min ⁻¹] $a_p = 2$ [mm]	4x4'=16		20'
		001_Zarovnání boční plochy (plocha, na které budou drážky pro upnutí)	T1	$v_c = 200$ [m.min ⁻¹] $n = 470$ [min ⁻¹] $f = 1200$ [mm.min ⁻¹] $a_p = 2$ [mm]	1x 3,6'	7'	
		002_ Hrubování obou drážek	T5	$v_c = 160$ [m.min ⁻¹] $n = 2600$ [min ⁻¹] $f = 600$ [mm.min ⁻¹] $a_p = 12$ [mm]	2,2'	0,6'	
		003_ Dokončení obou drážek	T7	$v_c = 80$ [m.min ⁻¹] $n = 2000$ [min ⁻¹] $f = 400$ [mm.min ⁻¹] $a_p = 12$ [mm]	2,2'	0,6'	
Průběžná kontrola rozměrů			Posuvné měřítko 1000 ČSN 15 12 34				

2.2		Upnout na 2. stůl					30'
	004_ Zarovnání čela (90°)	T1	$v_c = 200 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 470 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 1200 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 2 \text{ [mm]}$	6,5'	0,4'		
	005_ Zarovnání čela (270°)	T1	$v_c = 200 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 470 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 1200 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 2 \text{ [mm]}$	13'	0,4'		
	006_ Zarovnání čela (180°) 10 x $a_p = 2 \text{ mm}$	T1	$v_c = 200 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 470 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 1200 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 2 \text{ [mm]}$	36,1'	0,4'		
	007_ Dokončení všech 3 ploch	T1	$v_c = 210 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 500 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 1250 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 0,5 \text{ [mm]}$	7,2'	1,3'		
	008_ Vrtání Ø155 (z obou stran) $z = -415$	T25	$v_c = 130 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 260 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 37 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $f_{ot} = 0,14 \text{ [mm.ot}^{-1}\text{]}$	25,2'	0,2'		
	009_ Vrtání Ø155 - boční hrdlo $z = -115$	T25	$v_c = 130 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 260 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 37 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $f_{ot} = 0,14 \text{ [mm.ot}^{-1}\text{]}$	3,5'	0,2'		
	010_ Frézování obou průtoků 1. záběr (větší Ø spirály)	T3	$v_c = 240 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 900 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 1200 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 1,45 \text{ [mm]}$	82'	0,5'		
	011_ Frézování obou průtoků 2. záběr (menší Ø spirály)	T3	$v_c = 200 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 770 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 5940 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 1,45 \text{ [mm]}$	64,5'	0,5'		
	012_ Fréz. vnitřního průměru bočního hrdla Ø 275 do hloubky $z = -104 \text{ mm}$.	T3	$v_c = 190 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 700 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 5300 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 1,35 \text{ [mm]}$	10'	0,5'		

	013_ Fréz. vnějšího Ø 420 bočního hrdla do hloubky z = -84,5 mm a kužel. plochy 11°	T29	$v_c = 250 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 750 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 5000 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 1,45 \text{ [mm]}$	22'		
	014_ Soustr. vnějších průměrů obou průtoků s R55	T5 (nůž)	$v_c = 175 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 170 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $a_p = \max 3,75 \text{ [mm]}$ $f_{ot} = 0,38 \text{ [mm.ot}^{-1}\text{]}$ $f = 65 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$	36'	8'	
	015_ Soustr. bočního hrdla - venek	T5 (nůž)	$v_c = 160 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 120 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $a_p = \max 3,75 \text{ [mm]}$ $f_{ot} = 0,33 \text{ [mm.ot}^{-1}\text{]}$ $f = 40 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$	9,5'	0,5'	
	016_ Soustr. vnějších průtoků – venek (zpětné soustružení)	T6 (nůž)	$v_c = 175 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 170 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $a_p = \max 3,75 \text{ [mm]}$ $f_{ot} = 0,35 \text{ [mm.ot}^{-1}\text{]}$ $f = 60 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$	6'	8'	
	017_ Soustr. Ø282H8 bočního hrdla	T9 (nůž)	$v_c = 130 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 150 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $a_p = \max 3,75 \text{ [mm]}$ $f_{ot} = 0,26 \text{ [mm.ot}^{-1}\text{]}$ $f = 40 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$	3,5'	5'	
	018_ Soustr. průtoků z Ø155 na Ø200 (z obou stran)	T9 (nůž)	$v_c = 135 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 245 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 3,75 \text{ [mm]}$ $f_{ot} = 0,30 \text{ [mm.ot}^{-1}\text{]}$ $f = 75 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$	70'	0,5'	
	019_ Soustr. dutiny (hrubování) (směrem od sebe)	T9 (nůž)	$v_c = 185 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 220 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $a_p = \max 3,75 \text{ [mm]}$ $f_{ot} = 0,30 \text{ [mm.ot}^{-1}\text{]}$ $f = 65 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$	40'		
	020_ Soustr. dutiny (hrubování) (směrem k sobě)	T4 (nůž)	$v_c = 185 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 220 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $a_p = \max 3,75 \text{ [mm]}$ $f_{ot} = 0,23 \text{ [mm.ot}^{-1}\text{]}$ $f = 50 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$	22'	5'	

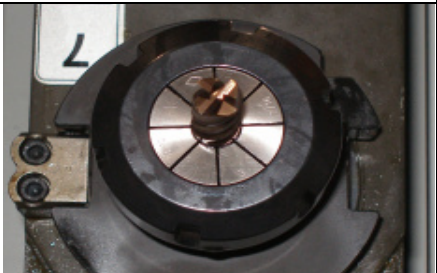
	021_ Dokončení vnitřního tvaru	T4 (nůž)	$v_c = 155 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 180 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 1,5 \text{ [mm]}$ $f_{ot} = 0,25 \text{ [mm.ot}^{-1}\text{]}$ $f = 45 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$	9'		
	022_ Hrubování okna 260x156 s R26 a s příd. 0,5 na stěnu	T11	$v_c = 200 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 1250 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 2000 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 1 \text{ [mm]}$	4,5'	8'	
	023_ Hrubování okna 260x156 s R26 a s příd. 0,5 na stěnu	T11	$v_c = 180 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 1100 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 6000 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 0,8 \text{ [mm]}$	15,25'		
	024_ Dokončení R25 do z-103 Odvrtání všech 4 rohů -plunger	T23	$v_c = 200 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 1280 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 100 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $f = 70 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$	5,5'	0,5'	
	025_ Dokončení okna 260x156 v hl. z < -94, -190>	T9	$v_c = 150 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 1200 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 800 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $f_{R25} = 1200 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 3 \text{ [mm]}$	16,5'	0,5'	
	026_ Frézování spodní drážky D1 – korekce nástroje	T32	$v_c = 60 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 1500 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 150 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $f_D = 120 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 2,5 \text{ [mm]}$	16,1'	0,4'	
	027_ Frézování horní drážky D2 – korekce nástroje	T32	$v_c = 60 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 1500 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 150 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $f_D = 120 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 2,5 \text{ [mm]}$	17'	0,4'	

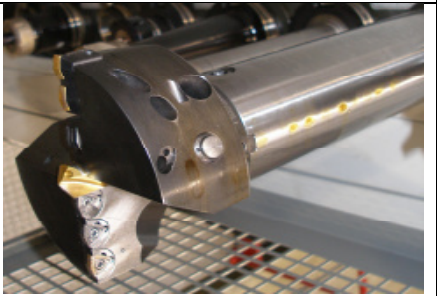
3	35 012	Frézování úkosů	AREA -M				
		Upnout na 1. stůl, středit.					25'
		001_Zarovnání bočních stran	T49	$v_c = 150 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 380 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 650 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p \leq 5 \text{ [mm]}$	6'	0,3'	
		002_ Boční úkosy 20° (všechny 4)	T49	$v_c = 150 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 380 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 600 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_{p1} = 7 \text{ [mm]}$ $a_{p2} = 6,5 \text{ [mm]}$ $a_{p3} = 6 \text{ [mm]}$ $a_{p4} = 5,5 \text{ [mm]}$ $a_{p5} = 5 \text{ [mm]}$ $a_{p6} = 4,5 \text{ [mm]}$ $a_{p7} = 3,2 \text{ [mm]}$	23,5'		
		003_ Zarovnání plochy na délku 485 mm	T49	$v_c = 150 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 380 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 650 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p \leq 5 \text{ [mm]}$	6'	0,3'	
		004_ Horní úkosy 45° (všechny 4)	T49	$v_c = 150 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 380 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 600 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_{p1} = 7 \text{ [mm]}$ $a_{p2} = 6,5 \text{ [mm]}$ $a_{p3} = 6 \text{ [mm]}$ $a_{p4} = 5,5 \text{ [mm]}$ $a_{p5} = 5 \text{ [mm]}$ $a_{p6} = 4,5 \text{ [mm]}$ $a_{p7} = 3,2 \text{ [mm]}$	23,5'		
4	09 863	0TK					
		001_ Kontrola rozměrů hotové součásti dle výkresu		Posuvné měřítko 1000 ČSN 15 12 34			15'

3.2 Nástroje použité při výrobě tělesa šoupátka

Obráběcí centra jsou pro výrobu těles šoupátek vybavena nástroji od firmy WALTER z Německa. Jedná se o vysoce výkonné moderní nástrojové systémy (nástrojové držáky a vyměnitelné břitové destičky) pro obráběcí operace frézování, vrtání, soustružení a pod. [6]

Tab.3.1 Použité nástroje

Číslo nástroje	Název nástroje a označení	VBD	Vyobrazení
T1	OKTAGONOVÁ FRÉZA Ø 135 - WALTER ozn.: F 4080.B40.125DC.Z08.04 (str.510)	ODMT0605ZZN-D57 WKP 35	
T3	TURBOFRÉZA Ø85 –WALTER ozn.: F 2330.B.085.Z05.02* (str.502) MONOLIT	P26335R25 WSP 45	
T5	FRÉZA NA DRÁŽKY HRUBOVACÍ – WALTER ozn.: H 4189278-20 Ø20 x 25	SK	
T7	FRÉZA NA DRÁŽKY DOKONČOVACÍ – WALTER ozn.: 3123118-12 Ø12x26	SK	
T9	ROHOVÁ FRÉZA Ø40 – WALTER ozn.: F 4042.T36.040.Z03.11* zubů = 3 (str.524)	ADGT1204PER-D51 WSP 45	

T11	TURBOFRÉZA Ø52 –WALTER F 2330.B.052.Z05.01,5 (str.502)	P26335R14 WSP 45	
T15	SONDA		
T23	ROHOVÁ FRÉZA Ø50 – WALTER ozn.: F 4042.B.050.Z04.11 zubů = 4 (str.524)	ADGT1204PER-D51 WSP 45	
T25	VRTÁK Ø155 – KOMET ABS T80 ozn.: V4641451 Ø145 – Ø150	WOEX080408-E57 WAP 35 nebo WOMX080408-D57 WXP 40	
T29	TURBOFRÉZA Ø107 –WALTER ozn.: F 2330-5691277* 5 zubů	P26335R25 WSP 45	
T32	ÚHLOVÁ HLAVA – „TA13.2P“ –OMG 2 x FRÉZA Ø12x26 , ozn.: 3123118-12	SK	

T49	ROVINNÁ FRÉZA Ø 125 – WALTER ozn. : F4033.B40.125.Z08.09 (str.504)	SNGX 1606 ANN-F27 WKP 25	
SOUSTRUŽNICKÉ NÁSTROJE			
T9	VNITŘNÍ NŮŽ DRŽÁK: SDJCL 2525M-11	DCMT 11T308-SM	
T6	VNĚJŠÍ NŮŽ DRŽÁK: DDJNL 2525M-15	DNMG 150608-NR	
T5	VNĚJŠÍ NŮŽ DRŽÁK: DDJNR 2525M-15	DNMG 150608-NR	
T4	VNĚJŠÍ NŮŽ DRŽÁK: DDJNR 2525M-15	DNMG 150616-NR	

Řezné nástroje pro obrábění tělesa šoupátka jsou voleny s ohledem na použité obráběcí stroje a jejich technický stav. Vzhledem k tomu, že jde o nové a moderní stroje, které umožňují obrábění při vyšších řezných rychlostech a tím umožňují i využití vlastností moderních řezných nástrojových materiálů, jsou při výrobě použity moderní výkonné nástroje opatřené vyměnitelnými řeznými destičkami. Rychlost posuvů a tloušťka odebírané vrstvy materiálu jsou voleny s cílem dosažení maximální produktivity při obrábění.

Stanovení spotřeby času

Po konzultaci s odborníkem ve firmě Armaturka Vranová Lhota, byly zjištěny časy použité při výrobě tělesa šoupátka vyskytující se ve výrobním postupu, který je uvedený v této práci v kapitole 3 a 6. Tyto časy jsou: t_{AC} - jednotkový čas s přírážkou času směnového, tento čas zahrnuje časy uvedené ve výrobním postupu jako časy t_{A11} - čas jednotkové práce za klidu stroje, t_{A12} - čas jednotkové práce za chodu stroje, t_{A13} - čas jednotkové práce strojně ruční. Čas t_{BC} - čas dávkový s přírážkou času směnového, tento čas zahrnuje čas přípravy a seřízení pracoviště (seřízení stroje, opatření náradí apod.) a také čas manipulace.

t_{AS} - jednotkový čas strojní (automatického chodu stroje), zahrnuje všechny technologické činnosti, které jsou potřebné k uskutečnění vlastního procesu obrábění a jsou vykonávány automaticky strojem. [2]

t_{AC} - jednotkový čas s přírážkou času směnového. Jednotkový čas t_A zahrnuje provedení pracovních úkonů bezprostředně spojených s vykonáním operace u každé jednotky. Jednotkový čas t_A zahrnuje také čas t_{AS} . Podle označení použitého ve výrobním postupu je čas t_A také složen z časů t_{A11} , t_{A12} , t_{A13} . Čas t_{AC} se pak stanoví tak, že k jednotkovému času t_A se připočítává čas směnový t_C ve formě přírážky k_C (ve společnosti Armaturka Vranová Lhota je hodnota $k_C = 1,1$): [2]

$$t_{AC} = t_A * k_C \quad (3.1)$$

t_{BC} - dávkový čas s přírážkou času směnového. Dávkový čas t_B zahrnuje čas pracovních úkonů, které jsou nutné k přípravě a zakončení práce na jedné výrobní dávce (např. prostudování pracovních příkazů, opatření náradí, seřízení stroje, apod.). Čas t_{BC} se pak stanoví opět pomocí přírážky k_C : [2]

$$t_{BC} = t_B * k_C \quad (3.2)$$

Existuje několik možností určení těchto časů – výpočtem, pomocí normativů, rozbohem pracnosti operací pomocí časových studií, porovnáním s podobnými výrobky, apod. Stanovení pomocí výpočtu je nejpřesnější, ale u složitých součástí velmi pracný způsob, avšak například u ruční práce jej v podstatě není možné použít. [14]

Tento způsob určení strojních časů je používán i ve firmě Armaturka Vranová Lhota, ostatní časy jsou pak stanoveny pomocí firemních normativů.

Stejného postupu bylo použito při rozboru stávající výrobní technologie a také při návrhu nové technologie výroby tělesa šoupátka.

Níže je uveden praktický příklad výpočtu času t_{AS} pro vrtání ^[3] :

$$t_{AS} = \frac{l_n + L + l_p}{f * n} \quad [\text{min}] \quad (3.3)$$

kde:

L – je hloubka vrtaného otvoru [mm]

l_p – je délka přeběhu nástroje [mm]

l_n – je délka náběhu nástroje [mm]

f – je posuv nástroje na otáčku [mm/ot.]

n – jsou otáčky nástroje [min^{-1}]

Hodnoty náběhu a přeběhu nástroje je možné stanovit podle příslušných tabulek. U neprůchozích děr je hodnota $l_p = 0$.

Vztah pro řeznou rychlost ^[3] :

$$v_c = \frac{\pi * D * n}{1000} \quad [\text{m/min}] \quad (3.4)$$

Vztah pro otáčky nástroje ^[3] :

$$n = \frac{1000 * v_c}{\pi * D} \quad [\text{min}^{-1}] \quad (3.5)$$

D – průměr vrtáku

3.3 Řezná kapalina

Během obráběcího procesu je použita řezná kapalina Shell Adrana B 801. Jedná se o vodouředitelnou obráběcí kapalinu, která obsahuje vysoce rafinovaný a rozpouštědlově hydrogenovaný minerální olej, ve kterém je obsažen modifikovaný ester bóru, který zabezpečuje emulzi velmi dobrou biostabilitu. Emulze je vhodná pro střední a těžké obráběcí operace na oceli pro automobilový průmysl, vysoko-legované oceli a pro slitiny hliníku. Vyniká vysokou stabilitou, dobrou ochranou proti korozi, lze použít pro tvrdou i měkkou vodu, přičemž v průběhu obrábění v měkké vodě nepění a v tvrdé vodě netvoří kaly. [8] [9]

Doporučené použití koncentrace: obrábění vysokolegované oceli: 8-10%

frézování oceli a ocelolitiny: 6-10%

obrábění hliníkových slitin: 6-10%

Fyzikální a chemické vlastnosti emulzní kapaliny: [8] [9]

- Hodnota pH: 9,1 (5-ti % roztok, při 20 °C)

- Hustota: 960 Kg*m⁻³ při 20 °C

- Kinematická viskozita: 135 mm²*s⁻¹ při 20 °C

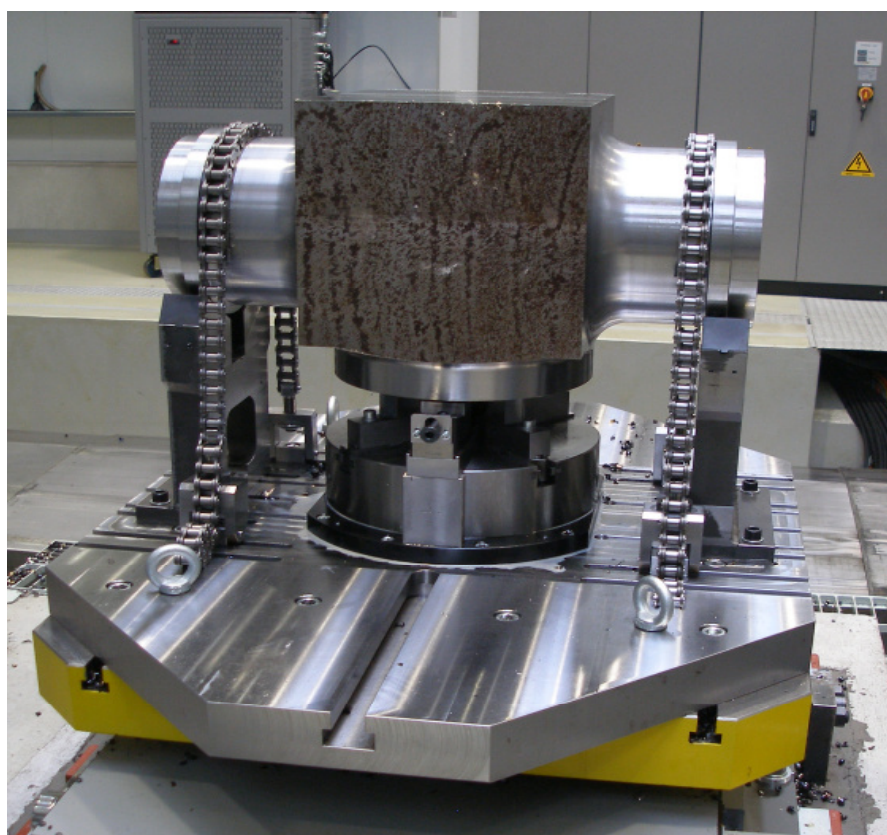
3.4 Přípravek

Pro bezpečné a dostatečně tuhé upnutí tělesa bylo nutné zhotovit několik speciálních přípravků. Pro zajištění správné polohy polotovaru v prvním přípravku je základna přípravku opatřena dvěma pery, které zapadají do dvou drážek vyfrézovaných na ofrézované rovinné ploše polotovaru zhotovené v první operaci. Po ustavení polotovaru je polotovaz v přípravku upnut pomocí šroubů a upínek (obr.3.1). Přípravek je upnut na otočném stole. Základna přípravku je zhotovena ze speciální nástrojové legované ušlechtilé oceli ČSN 19 520 žíhané. Tato ocel je vhodná pro práci za studena a na speciální použití, kdy teplota povrchu je obecně pod 200 °C. Upínky jsou vyrobeny z Cr-Mo oceli ČSN 15 142.6 zušlechtěné na dolní pevnost.

K dokončení tělesa je použit druhý přípravek (obr.3.2), ve kterém je těleso uloženo v prizmatických opěrkách a upnuto pomocí sklíčidla za vnitřní průměr bočního hrdla a řetězů 16 B-1 ČSN 023311.1 s počtem článků 50, 60 nebo 70, kterým je těleso upnuto za průtoky. Základna přípravku je zhotovena ze stejného materiálu jako u předchozího přípravku. Čelisti sklíčidla jsou vyrobeny z Mn-Cr oceli ČSN 14 220.



Obr.3.1 Přípravek pro upnutí tělesa



Obr.3.2 Přípravek pro upnutí tělesa

3.5 Výrobní zařízení

Tělesa jsou vyráběna na obráběcích centrech Fpt AREA-HM (obr.3.3) vyrobených v Itálii. Jedná se o vodorovné vyvrtávací a frézovací stroje s výsuvným smýkadlem. Stroj je vybaven hydrostatickými posuvnými technologiemi v ose Z, kinematickými mechanizmy zabezpečující automatickou kompenzaci vůle v osách X,Y. Jednotlivé části stroje se pohybují po prismatických broušených vodících plochách z ocele nebo z litiny. Protikusy k těmto plochám jsou vyrobené ze speciálního plastu odolného proti oděru. Na protikusech jsou vyrobeny kapsy, do kterých je vstřikován olej pod tlakem tak, aby bylo zajištěno napájení hydrostatického obvodu. Přímé odměřování polohy je realizováno pomocí optických lineárních linek pro každou pohybující se osu. Hmotnost pohybujících se saní a frézovací hlavy je vyvážena hydraulickým válcem. Tlak ve válci je zaručený sérií dusíkových akumulátorů. Systém pro kompenzaci hmotnosti příčného pohybu, který je aktivovaný hydraulicky a řízený elektronicky, zaručuje zachování geometrie stroje během pohybu saní, to znamená že se přemísťuje jejich těžiště. Systém kompenzace generuje variabilní síly, které vyvažují posun hmotnosti. Za účelem maximální přesnosti a stability stroje, musí být stroj ukotvený na vhodném betonovém základu. Izolace základů je vyrobena z polyesterové vrstvy. [6]



Obr.3.3 Obráběcí centrum Fpt AREA-HM

Stroj je souvisle řízen ve třech osách **X,Y,Z** a vybaven otočným stolem díky tomu vznikne další řízená osa **B**, při použití soustružnické hlavy vzniká řízená osa **U**- osa vysouvání suportu na soustružnické hlavě. Při soustružení se osa „**U**“ zamění za osu „**X**“ (soustružíme v osách **X** a **Z**). Stroj je vybaven řídicím systémem Siemens Sinumeric 840D. [6]

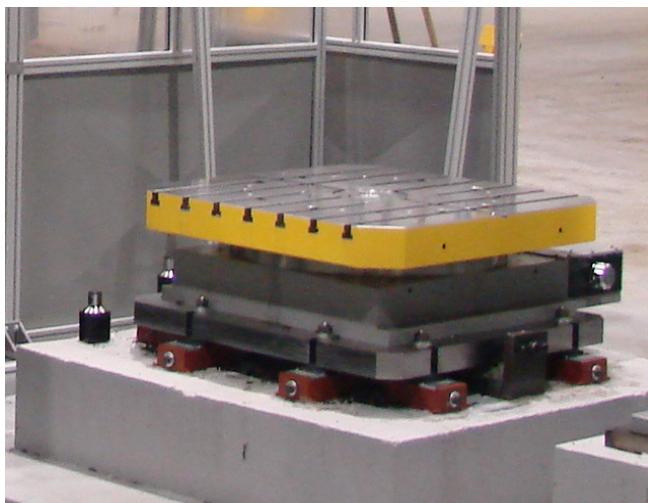
Na obráběcím centru mohou být použity nástroje s těmito parametry: [6]

- Maximální otáčky $n_{\max} = 3\,000 \text{ ot.min}^{-1}$ (frézovací hlava)
 $n_{\max} = 250 \text{ ot.min}^{-1}$ (soustružnická hlava)
- Počet pozic v zásobníku nástrojů 40
- Průměrná doba výměny nástroje 1 minuta
- Počet výměnných nástrojových hlav 3
- Průměrná doba výměny hlavy 7 minut

Tab.3.2 Tabulka technických parametrů stroje AREA-HM [6]

Popis	Jednotky	Hodnota
Podélná dráha (X)	[mm]	6 000
Vertikální dráha (Y)	[mm]	2 000
Příčná dráha (Z)	[mm]	1 250
Pracovní posuv	mm*min ⁻¹	0 - 6 000
Rychloposuv	mm*min ⁻¹	25 000
Maximální síla vyvíjená na osy (X,Y,Z)	[N]	2 200
Napájecí napětí	[V]	400
Kmitočet napětí	[Hz]	50
Příkon	[A]	130,4
Celkový instalovaný výkon	[KW (HP)]	77 (104,7)

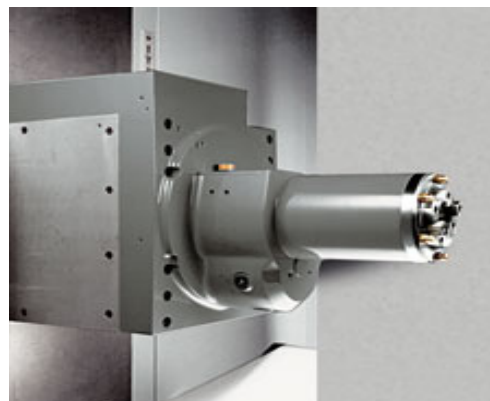
Obráběcí centra nejsou vybavena vlastním systémem na upínání zpracovávaných kusů. Ke stroji jsou proto instalovány dva otočné stoly od firmy FLOW TECH (obr.3.4) s technickými parametry: upínací plocha stolu 1500 mm x 1300 mm se 7 T- drážkami. Rychlost otáčení 3 ot.min^{-1} , pohon kruhové osy servomotorem se 2 hydraulicky zpevněnými ozubenými koly, měřicí systém otočného snímače Heidenhain ROQ 425, přesnost dělení $\pm 5''$ - řídicí napětí 24 V (DC) - síťové napětí 3 x 400V/ 50 Hz. [6]



Obr.3.4 Otočný stůl

3.5.1 Vybavení stroje

Pro potřebu kompletního obrobení celého tělesa je stroj vybaven speciálním příslušenstvím, které tvoří uhlová hlava od firmy FPT (obr.3.5) s maximálním výkonem 37 [kW] a max. kroutícím momentem 850 [Nm], standardní frézovací hlava (přímá), která umožňuje frézování pouze v jedné rovině, a to G17. Maximální možný průměr upnutého nástroje v této hlavě činí 220 [mm], maximální délka nástroje činí 400 [mm] a maximální hmotnost nástroje 25[kg] (speciální 35kg)). [6]

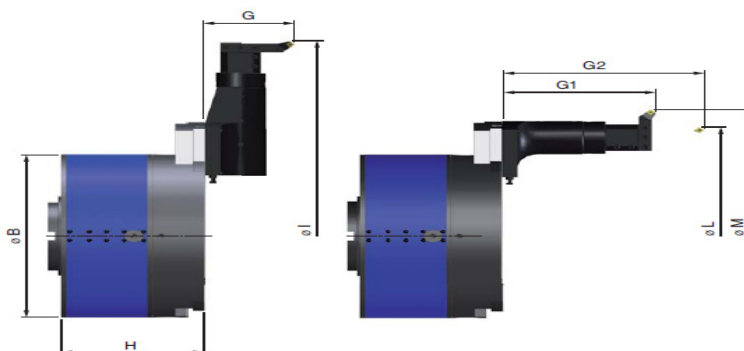


Obr.3.5 Uhlová hlava FPT a frézovací hlava [6]

Mezi další příslušenství stroje patří soustružnická hlava firmy D'ANDREA typ „UT 5-630 S“ (obr.3.6), tato soustružnická hlava umožňuje plynulou změnu poloměru. U-TRONIC je numericky řízená hlava, která se připojuje k ose „U“ CNC obráběcího stroje pro různé soustružnické operace. Hlava se aplikuje, ručně nebo automaticky pomocí příruby pro připevnění na obráběcí stroj a desky pro otáčení rotačního tělesa, je vybavena vnitřním přívodem chladicí kapaliny a protizávažím pro automatické vyvažování. Na smýkadlo lze umístit držáky nástrojů pevné, s ruční nebo automatickou výměnou nástroje. [7]



Obr.3.6 Soustružnická hlava D'ANDREA typ „UT 5-630 S“ [7]



Tab.3.3 Parametry soustružnické hlavy ^[7]

typ hlavy	jednotky	UT 5-630 S
Radiální posuv	[mm]	200
Radiální síla	[N]	5000
Maximální otáčky	[ot. min ⁻¹]	250
Kroutící moment	[Nm]	8000
Posuv (osa U)	[mm*min ⁻¹]	1 - 400
Rychloposuv (osa U)	[mm*min ⁻¹]	400
Hmotnost	[Kg]	350
Dosažitelná jakost povrchu Ra	[μm]	1,6
Tolerance vyvrtávané díry		H7
Opakovaná přesnost polohování	[mm]	0,003
Max.radiální vyložení (øI x G)	[mm]	1250 x 150
Max.podélné vyložení (øM x G1)	[mm]	1050 x 295
Max.podélné vyložení (øL x G2)	[mm]	700 x 540

Frézovací hlavy jsou upevněné na čelní straně saní pomocí čtyř sklíčidel, která jsou ovládána hydraulicky. Správná poloha je zajištěna párem kónických kolíků. Nasazení hlav na sáně automaticky aktivuje všechna elektrická, hydraulická a pneumatická připojení. Frézovací hlava, uhlová hlava a soustružnická hlava se ukládají do zásobníku hlav. Dále se na stroji používá frézovací uhlová hlavička „TA13.2P“ od firmy OMG (obr.3.7), uložená v zásobníku nástrojů jako ostatní nástroje. Tato hlavička vyniká svojí tuhostí, pevností a přesností pro dokončovací práce. Umožňuje upnout nástroje jako jsou stopkové frézy s maximálním průměrem stopky Ø13mm, maximální otáčky uhlové hlavičky jsou 8000 ot.min⁻¹. Na čepu vřetene mohou být instalované kuželové držáky nástrojů s konickým poměrem 7:24 o rozměrech ISO 50, které mohou podle jednotlivých potřeb odpovídat normám: DIN 69871 (odpovídající normě ISO 7388 – 1:1983); DIN 2080 (odpovídající normě ISO 297 – 1988); ANSI B 5 – 50/CAT. Držák nástrojů je na vřeteno připojovaný pomocí unifikované stopky, o velikosti ISO 50, dále jsou uvedené jednotlivé typy: DIN 69872; MAS BT 403 (BTI 45); ANSI – CAT. [6]

Obr.3.7 Uhlová hlavička „TA13.2P“ od firmy OMG ^[6]

4 ZHODNOCENÍ TECHNOLOGIČNOSTI VÝROBY TĚLESA

Provedeme-li zhodnocení technologičnosti výrobku z hlediska tvaru, velikosti rozměrů a možností výroby, můžeme říci, že se jedná o součást poměrně komplikovanou a to především z požadavků kladených na zhotovení průtoků a bočního hrdla na tělese tvaru kostky (kombinace hranatého a válcového průřezu). Uvedené konstrukční provedení tělesa šoupátka má zásadní vliv na volbu strojního vybavení a tím i upnutí obrobku společně s volbou vhodného polotovaru a vlastního postupu výroby. Těleso šoupátka je vyráběno z oceli ČSN 15 128 s danými mechanickými vlastnostmi a chemickým složením uvedenými v tabulce. Jedná se o Cr-Mo-V ocel s dobrou obrobiteľností (ocel je dle obrobiteľnosti zařazena do třídy 14b, stejnou třídu obrobiteľnosti má i etalon pro danou skupinu materiálů, kterým je ocel 12 050.1, proto je index kinetické obrobiteľnosti pro tento materiál $I_0 = 1$). Daný konstrukční materiál má také vliv na typ zvoleného polotovaru a velikost nákladů při výrobě. [1] [2]

Tab.4.1 Normalizované chemické složení oceli 15 128 ^[12] ^[10]

Prvek	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
hm %	0,10-0,18	0,15-0,40	0,45-0,70	max.0,040	max.0,040	0,50-0,75	0,40-0,60	0,22-0,35

Tab.4.2 Normalizované mechanické vlastnosti při 20 °C oceli 15 128 ^[12]

Re [MPa]	Rm [MPa]	A5 [%]		KV [J]	
		podél	napříč	podél	napříč
>=320	460-610	>=20	>=18	>=40	>=27



Obr.4.1 Hotové výrobky – obrobená tělesa

Výrobní úchytky rozměrů a jakosti povrchu součástí jsou ve vztahu k funkci tělesa a technologii výroby zvoleny optimálně. Na tělese se vyskytují rozměrové, tvarové a geometrické tolerance, které jsou dosažitelné běžnými metodami obrábění, nevyžadující speciální dokončovací operace, které by prodlužovaly a prodražovaly výrobu. Z hlediska správné funkce součásti je kladen důraz na přesnější zhotovení průměru bočního hrdla, vybrání pro sedla a vybrání pro vedení klínu oproti jiným konstrukčním prvkům na tělese šoupátka, které mohou být zhotoveny s větší výrobní nepřesností předepsanou výkresem. Při výrobě je také požadováno, aby vybrání pro sedla a vybrání pro vedení klínu byly obrobena na jedno upnutí. U vnějších průměrů průtoků je nutné dodržet předepsanou souosost a proto je třeba z technologického hlediska zhotovit tyto prvky rovněž na jedno upnutí.

Stávající technologie výroby tělesa šoupátka na horizontálních obráběcích centrech umožňuje obrobit těleso šoupátka na dvě upnutí a bez nutnosti použití speciálního nářadí. Tím je zajištěna minimální potřeba manipulace a sníženo spojené minimální prostoje a nízké neproduktivní časy. V závislosti na použitých strojích jsou používány také moderní výkonné nástroje s VBD, což vede k vysoké produktivitě a kratším výrobním časům. Pro jednoznačné ustavení a upnutí tělesa pomocí prvního přípravku je využita rovinná plocha s vyfrézovanými drážkami zhotovená v první operaci. Tato plocha tvoří technologickou základnu pro téměř kompletní obrobení tělesa (ofrézování tří rovinných ploch, kompletní obrobení obou průtoků a bočního hrdla včetně vytvoření vnitřního tvaru a frézování okna). Pro konečné obrobení tělesa (ofrézování rovinných ploch na konečné rozměry a zhotovení úkosů) je třeba upnout těleso do druhého přípravku. Průtoky, boční hrdlo, vybrání pro sedla a vybrání pro vedení klínu jsou vyrobeny pomocí soustružnické hlavy. Vnější průměry průtoků a bočního hrdla jsou nejprve předhrubovány frézováním a poté dokončeny soustružením, vnitřní průměr průtoků je předvrtán vrtákem $\varnothing 155$ mm a poté soustružením zvětšen na požadovaný rozměr. Vnitřní průměr bočního hrdla je rovněž předvrtán vrtákem a poté zvětšen frézováním a na závěr dokončen soustružením.

Technologičnost výroby dané součásti je třeba zhodnotit vzhledem k možnostem strojního vybavení podniku, na kterém je těleso obráběno. Vyrobitelnost jednotlivých konstrukčních prvků, jejich velikost a přesnost je na daném obráběcím stroji zajištěna použitím zvláštního příslušenství, které se nachází ve standardním výrobním programu jednotlivých výrobců těchto zařízení, což eliminuje potřebu speciálních nástrojů nebo nutnost součást několikrát upínat či otáčet. Díky tomuto příslušenství stroje, které jsou tvořeny frézovací, úhlovou a soustružnickou hlavou, je těleso šoupátka na daném typu stroje poměrně dobře vyrobitelné. I přes to však dochází při frézování úkosů skloněných pod úhlem 45° k situaci, kdy vřeteník s frézovací hlavou je ve směru osy Z vysunut na maximální možnou hodnotu a přesto neobrobí dané sražení po celé délce hrany, ale jenom do její poloviny. Pro kompletní obrobení úkosu je nutno součást otočit o 180° a úkosy dofrézovat. Polohováním stolu tak dochází k prodloužení výrobního času potřebného k obrobení tělesa. Takto vzniklá situace není příčinou nevhodně zvolené technologie, ale spíše faktory, které jsou spojeny s instalací strojního zařízení a faktem, že stroj je pevně

základován v podlaze výrobní haly a obrobek je upínán na samostatný otočný stůl s vlastními základy.

Výchozí polotovary pro výrobu tělesa šoupátka je přířez z volně kovaného výkovku ve tvaru kvádru (obr.4.2). Typ zvoleného polotovaru je ovlivněn tvarovou složitostí výrobku, velikostí rozměrů a také použitým konstrukčním materiálem a faktem že výroba šoupátka je výroba kusová. Výhodou použitého polotovaru je relativně nízká cena spojená s jeho výrobou a tím i minimální vynaložená práce při jeho výrobě. Nevýhody u tohoto polotovaru jsou větší přídavky na opracování a z toho plynoucí větší množství nevyužitého materiálu ve formě třísek a s tím související větší spotřeba energie při obráběcím procesu, větší pracnost a vyšší náklady na výrobu. K posouzení technologičnosti můžeme použít různých ukazatelů, např.: [1] [2]

Ukazatel využití materiálu ^[1] :

$$U_m = \frac{G_1}{G_2} = \frac{359,85}{1300} = 0,2768 \quad (4.1)$$

G_1 - hmotnost výrobku [kg]

G_2 - hmotnost polotovaru [kg]

Orientační cena přířezu (kvádru) z volně kovaného výkovku je 90 000 Kč včetně ultrazvukových zkoušek.



Obr.4.2 Polotovary pro výrobu tělesa – přířez

Polotovary pro výrobu tělesa může být také navržen jako volný výkovek předkovaný na takový tvar a rozměry aby se co nejvíce přiblížil tvaru a rozměrům hotové součásti (obr.4.3). Výhodou tohoto polotovaru je větší využití materiálu (menší množství odpadu ve formě třísek), menší spotřeba energie při odstraňování přídavků, menší spotřeba nástrojů (menší hodnoty přídavků na opracování) a menší pracnost výroby. Předkováním průtoků se zkrátí výrobní čas oproti výrobě tělesa z přířezu zhruba o 146,5 minut. Tento fakt je důsledkem toho, že při obrábění průtoků se eliminuje potřeba předhrubovat tvar frézováním, jako je tomu v případě obrábění z přířezu, viz. výrobní postup

uvedený v této práci. Nevýhodou uvedeného polotovaru je větší vynaložená práce na jeho výrobu a tím i vyšší cena tohoto polotovaru oproti přířezu. [1] [2]



Obr.4.3 Polotovary pro výrobu tělesa – předkovaný výkovek

Rozměry výkovku můžeme určit tak, že vypočítáme jednotlivé přírůstky na obrábění pomocí vzorečků:

Pro rovinné plochy ^[3] :

$$p_{im} = k \cdot (R_{i-1} + T_{i-1} + E_i + C_{i-1} + \delta_{i-1}) \quad [\text{mm}] \quad (4.2)$$

Pro válcové plochy ^[3] :

$$p_{im} = k \cdot [2 \cdot (R_{i-1} + T_{i-1}) + E_i + C_{i-1} + \delta_{i-1}] \quad [\text{mm}] \quad (4.3)$$

kde ^[3] :

k – je koeficient překrytí chyb, kusová a malosériová výroba $k = 1,0$
sériová a hromadná výroba $k = 0,8$

R_{i-1} – je maximální výška nerovností obráběné plochy z předchozí operace určená z tabulek.

T_{i-1} – je maximální hloubka rozrušené vrstvy materiálu z předchozí operace určená z tabulek.

E_i – je maximální součtová chyba ustavení obrobku v dané operaci a skládá se

$$E_i = E_{di} + E_{li} = a \cdot \sqrt[3]{d_i} + b \cdot l_k \quad [\text{mm}] \quad , \text{ kde :}$$

$$E_{di} = a \cdot \sqrt[3]{d_i} \quad - \text{ je maximální chyba ustavení obrobku v příčném směru } [\text{mm}]$$

$$E_{li} = b \cdot l_k \quad - \text{ je maximální chyba ustavení obrobku v podélném směru } [\text{mm}]$$

kde:

d_i – je průměr obrobku v (i)-té operaci [mm]

l_k – je redukovaná délka obrobku [m] (v závislosti na způsobu upnutí a tvaru obrobku určená z tabulek).

a, b – jsou rozměrové koeficienty (v závislosti na charakteru operace a způsobu upnutí určené z tabulek).

$C_{i-1} = m \cdot l_k$ – je maximální hodnota trvalé deformace vzniklé vlivem předchozí operace, nebo vyrovnáním polotovaru [mm], pro polotovar $C_0 = 0,005 \cdot L$, kde L je celková délka obrobku [mm]

m – je koeficient závislý na druhu polotovaru, tepelném zpracování druhu výroby apod. určený z tabulek.

δ_{i-1} - je operační tolerance předcházející operace [mm] určená z tabulek.

Kde index „i“ vyjadřuje:

$i = 0$ – polotovar

$i = 1$ – obrábění na hrubo

$i = 2$ – obrábění na čisto

$i = 3$ – obrábění dokončovací (broušení)

Pro stanovení přídavku u průměru průtoků $D_1 = 303$ mm použijeme vzorec (4.3):

$$p_{im} = k \cdot [2 \cdot (R_{i-1} + T_{i-1}) + E_i + C_{i-1} + \delta_{i-1}] \text{ [mm]}$$

$$p_2 = 1 \cdot [2 \cdot (0,1 + 0,06) + 0,04 \cdot \sqrt[3]{303} + 0,2 \cdot 2 \cdot 0,217 + 1,5 \cdot 2 \cdot 0,217 + 0,81]$$

$$p_2 = 2,13 \text{ mm}$$

$$d_1 = D_1 + p_2 = 303 + 2,13 = 305,13 \text{ mm}$$

$$p_1 = 1 \cdot [2 \cdot (3) + 0,15 \cdot \sqrt[3]{305,13} + 1,5 \cdot 2 \cdot 0,217 + 0,005 \cdot 217 + 3,1]$$

$$p_1 = 11,8 \text{ mm}$$

$$d_0 = d_1 + p_1 = 305,13 + 11,8 = \mathbf{317 \text{ mm}}$$

Pro stanovení přídavku na celkovou délku $L = 804$ mm použijeme vzorec (4.2):

$$p_{im} = k \cdot (R_{i-1} + T_{i-1} + E_i + C_{i-1} + \delta_{i-1})$$

$$p_2 = 1 \cdot (0,225 + 0,06 + 0,04 \cdot \sqrt[3]{804} + 0,2 \cdot 2 \cdot 0,804 + 1,5 \cdot 2 \cdot 0,804 + 0,63)$$

$$p_2 = 4 \text{ mm}$$

$$l_1 = L + p_2 = 804 + 4 = 808 \text{ mm}$$

$$p_1 = 1 \cdot (3 + 0,15 \cdot \sqrt[3]{808} + 1,5 \cdot 2 \cdot 0,804 + 0,005 \cdot 804 + 4)$$

$$p_1 = 11 \text{ mm}$$

$$l_0 = L + p_1 = 804 + 11 = \mathbf{815 \text{ mm}}$$

Stanovení přídavku na rovinné ploše délky $L = 410 \text{ mm}$:

$$p_2 = 1 * (0,225 + 0,06 + 0,04 * \sqrt[3]{410} + 0,2 * 0,410 + 1,5 * 0,410 + 0,63)$$

$$p_2 = 1,9 \text{ mm}$$

$$l_1 = L + p_2 = 410 + 1,9 = 411,9 \text{ mm}$$

$$p_1 = 1 * (3 + 0,15 * \sqrt[3]{411,9} + 1,5 * 0,410 + 0,005 * 410 + 4)$$

$$p_1 = 9,88 \text{ mm}$$

$$l_0 = l_1 + p_1 = 411,9 + 9,88 = \mathbf{422 \text{ mm}}$$

Stanovení přídavku na rovinné ploše délky $L = 445 \text{ mm}$:

$$p_2 = 1 * (0,225 + 0,06 + 0,04 * \sqrt[3]{445} + 0,2 * 0,445 + 1,5 * 0,445 + 0,63)$$

$$p_2 = 1,977 \text{ mm}$$

$$l_1 = L + p_2 = 445 + 1,977 = 447 \text{ mm}$$

$$p_1 = 1 * (3 + 0,15 * \sqrt[3]{447} + 1,5 * 0,445 + 0,005 * 445 + 4)$$

$$p_1 = 10,14 \text{ mm}$$

$$l_0 = l_1 + p_1 = 447 + 10,14 = \mathbf{457 \text{ mm}}$$

Stanovení přídavku na rovinné ploše délky $L = 370 \text{ mm}$:

$$p_2 = 1 * (0,225 + 0,06 + 0,04 * \sqrt[3]{370} + 0,2 * 0,370 + 1,5 * 0,370 + 0,57)$$

$$p_2 = 1,77 \text{ mm}$$

$$l_1 = L + p_2 = 370 + 1,77 = 371,8 \text{ mm}$$

$$p_1 = 1 * (3 + 0,15 * \sqrt[3]{371,8} + 1,5 * 0,370 + 0,005 * 370 + 3,6)$$

$$p_1 = 9,58 \text{ mm}$$

$$l_0 = l_1 + p_1 = 371,8 + 9,58 = \mathbf{381 \text{ mm}}$$

Z daných rozměrů vypočítáme objem a hmotnost výkovku.

Rozměry výkovku : $\varnothing 317 \text{ mm}$, celková délka $L = 815 \text{ mm}$, rozměry předkovaného kvádra $457 \times 422 \times 381 \text{ mm}$

Hmotnost výkovku $Q_v [\text{kg}]$ ^[3]

$$Q_v = V_v * \rho * 10^{-6} [\text{kg}] \quad \text{kde :}$$

V_v - je objem materiálu výkovku [mm³] určený pomocí programu Autodesk Inventor

$$\rho = 7,84 \text{ [kg/dm}^3\text{]}$$

$$Q_v = 107\,651\,412,3 \cdot 7,84 \cdot 10^{-6}$$

$$Q_v = 844 \text{ [kg]}$$

Nyní můžeme vypočítat ukazatel využití materiálu pro předkovaný polotovár dle vzorce (4.1):

$$U_m = \frac{G_1}{G_2} = \frac{359,85}{844} = 0,426$$

G_1 - hmotnost výrobku [kg]

G_2 - hmotnost polotovaru [kg]

Úspora materiálů:

$$Q = Q_{\text{př}} - Q_v = 1300 - 844 = 456 \text{ [kg]}$$

Orientační cena předkovaného polotovaru je 105 000 Kč včetně ultrazvukových zkoušek. Při hodinové sazbě obráběcího stroje 3000 Kč/hod. a úvaze, že předkováním průtoků se zkrátí výroba tělesa přibližně o 146,5 minut můžeme vypočítat úsporu nákladů na obrábění: 146,5 minut = 2,44 hodin, potom $2,44 \times 3000 = 7\,325$ Kč.

Z výsledků provedeného rozboru je zřejmé, že použitím předkovaného polotovaru při výrobě tělesa se přibližně ušetří 456 kg materiálu oproti výrobě tělesa z přířezu. Rovněž by se tím zkrátila výroba tělesa zhruba o 146,5 minut a snížili by se náklady na obrábění přibližně o 7 325 korun, avšak vzrostla by cena polotovaru o 15 000 korun oproti přířezu.

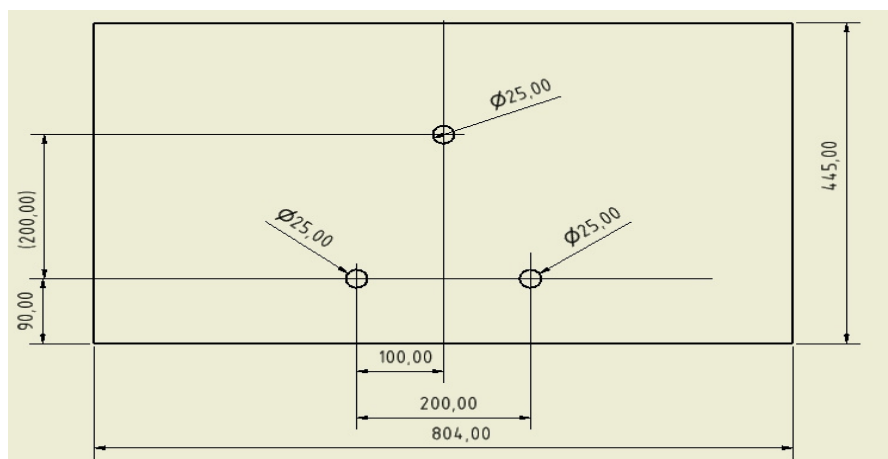
Použitím předkovaného polotovaru by došlo sice ke zkrácení výrobního času a tím i ke snížení nákladů na opracování, a však vzrostla by cena polotovaru oproti přířezu (výkovek tvaru kvádrů). Při výběru polotovaru jsou rozhodující celkové výrobní náklady, závislé na materiálové náročnosti a stupni využití materiálu polotovaru, velikosti vynaložených nákladů na zhotovení polotovaru z hlediska velikosti, složitosti tvaru a sériovosti výroby a na velikosti nákladů vynaložených na obrábění. Z důvodu vyšší ceny předkovaného polotovaru je výhodné tento polotovar použít především v sériové a hromadné výrobě. Protože výroba tělesa šoupátka je kusová výroba prováděná v kooperaci a polotovar si dodává zákazník sám jako přířez, nebude v rámci této práce řešen výběr vhodného polotovaru. [1] [2]

Je třeba se zmínit také o tom že polotovary pro výrobu tělesa by mohl být zhotoven jako odlitek. Výhodou odlitků je možnost dosažení složitých tvarů včetně dutin, možnost ovládání složení a struktury , vysoké využití kovu a další. Nevýhody odlitků jsou především závislost struktury a vlastností na tloušťce stěn odlitků, vznik staženin a vnitřních vad, nutnost výroby a skladování modelů a forem a také to že odlitky mají oproti tvářeným polotovarům horší mechanické vlastnosti. Na základě faktů uvedených v této práci se s tímto druhem polotovaru neuvažuje.

5 NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE VÝROBY TĚLESA ŠOUPÁTKA

Pro opracování tělesa šoupátka je potřeba několik základních operací jako je frézování, soustružení a vrtání. Z tohoto můžeme vycházet při návrhu nové technologie výroby a zvážit například využití kombinace karuselu (případně hrotového nebo čelního soustruhu) pro obrobení průtoků (vnějších i vnitřních průměrů), frézky a obrážečky pro zhotovení drážek v bočním hrdle. Musíme však také uvážit výrobní možnosti a strojní vybavení podniku (obrážečka ani soustruhu pro opracování takto rozměrných součástí se nenachází ve strojním vybavení podniku). I kdyby bylo soustružení průtoků na karuselu nebo hrotovém soustruhu rychlejší a levnější, má tato technologie spoustu nevýhod například doprava do kooperace a zbytečná manipulace, a také musíme zohlednit jak by se daly soustružit na karuselu (hrotovém soustruhu) vnější průměry průtoků, když polotovar bude přířez – přerušovaný řez. Současně je nutné zvážit zdali by se dodržela požadovaná geometrická a rozměrová přesnost, bude-li se těleso vyrábět na více strojích (tím, že je součást několikrát přepínána dochází při obrábění ke snížení celkové přesnosti). Na základě výše provedených úvah se navržená technologie výroby jeví jako nevhodná neboť by nepřinesla požadovaný efekt, kterým je snaha o zvýšení produktivity výroby a snížení výrobních nákladů.

Při dalším návrhu nové technologie výroby tělesa budeme vycházet z možností a strojního vybavení, které se nachází ve výrobním podniku, se zaměřením na zefektivnění stávající technologie. Neboť výhoda stávající technologie je především v tom, že těleso je vyrobeno na jedno upnutí. Tím je docíleno minimální potřeby manipulace a nutných přesunů součásti a také minimálních výrobních časů. Zaměřím se na vybrané operace ze stávajícího výrobního postupu s cílem jejich nahrazení operacemi produktivnějšími.



Obr.5.1 Základna pro ustavení obrobku

Pro zabezpečení požadované, správné a jednoznačné polohy obrobku v přípravku, který slouží pro upnutí tělesa tak aby byla zajištěna požadovaná přesnost vzhledem k souřadné soustavě stroje budou na ofrézované ploše vyrobeny tři otvory $\varnothing 25$ mm do hloubky 12 mm (obr.5.1). Tyto otvory budou

vyfrézovány pomocí MBM frézy Rambo, která umožňuje frézování kapes a otvorů do plného materiálu, a to od průměru otvoru 16 mm.

Další operací na kterou jsem se v této práci zaměřil je vyrobení vnitřních průměrů průtoků a bočního hrdla. Vnitřní průměr průtoků je při použití stávající technologie zhotoven tak, že je otvor nejprve vyvrtán vrtákem $\varnothing 155$ mm a poté je soustružením zvětšen na požadovaný průměr $\varnothing 200$ mm. Další možností jak obrobit daný otvor je jeho zvětšení na požadovaný rozměr pomocí vyvrtávacích tyčí nebo dvoubřitých vyvrtávacích hlav stavitelných v určitém rozsahu průměrů. Použití vyvrtávacích tyčí (obr.5.2) je u takto velkých průměrů obtížné, protože se jedná o tyče větších rozměrů a tím i velké hmotnosti je jejich použití omezeno výkonem obráběcího stroje. I přesto, že obráběcí centra na kterých je těleso vyráběno disponují velkým výkonem, docházelo by při obrábění vyvrtávacími tyčemi k přetížení stroje. Tato skutečnost byla potvrzena obsluhou těchto obráběcích center ze zkušeností získaných při obrábění takto velkých otvorů na jiných součástech. Vyvrtávání otvoru pomocí moderních modulárních nástrojových systémů, které umožňují použití vysoce výkonných hrubovacích a dokončovacích vyvrtávacích hlav stavitelných v určitém rozsahu průměrů (obr.5.3) se jeví jako nepraktické, neboť po každém pracovním záběru by bylo nutné vyvrtávací hlavu nastavit na další rozměr o velikost rovnající se šířce záběru ostří a_p .



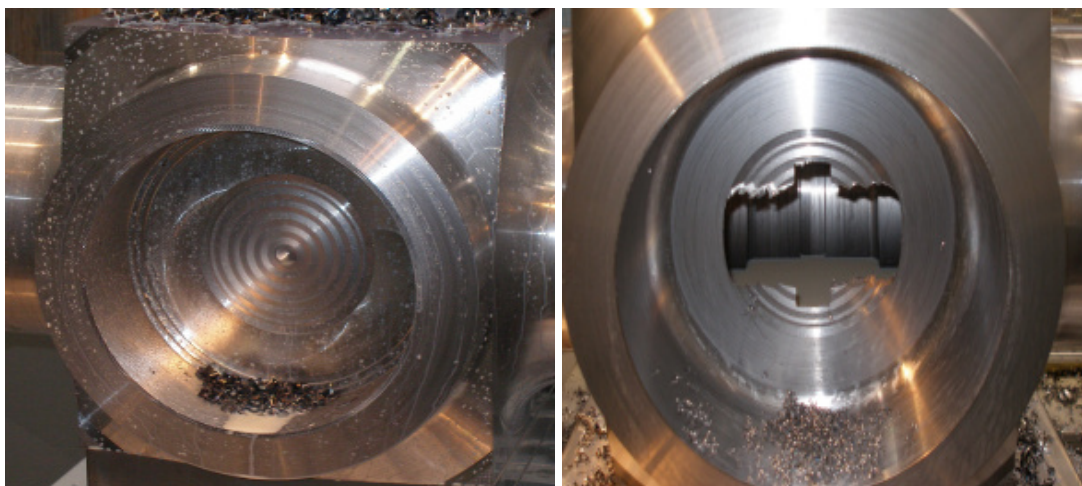
Obr.5.2 Vyvrtávací tyče



Obr.5.3 Vyvrtávací nástroje pro vysoce náročné hrubování a dokončování otvorů od průměrů 150 do 1180 mm

Stejně jako při výrobě průtoků je i při výrobě vnitřního průměru bočního hrdla otvor nejprve vyvrtán vrtákem $\varnothing 155$ mm a poté frézováním zvětšen na $\varnothing 275$ mm a následně soustružením dokončen na požadovaný rozměr $\varnothing 282$ mm. I zde by mohlo být pro obrobení otvoru použito vyvrtávání jako při obrábění průtoků. Z poznatků uvedených výše je zřejmé, že tato technologie je i zde nevhodná.

S problematikou výroby vnitřních průměrů průtoků a bočního hrdla je třeba zmínit i možnost, že při vrtání otvoru bočního hrdla bude tento otvor vyvrtán jako průchozí (dno otvoru bočního hrdla protne stěnu vyvrtaných průtoků). Při následném soustružení průtoků by se však obrábělo přerušovaným řezem, což má nepříznivé následky na trvanlivost nástroje a bylo by třeba obrábět nižšími řeznými rychlostmi a posuvy. U stávající technologie je otvor v bočním hrdle vyvrtán jen do určité hloubky (otvor je neprůchozí). Při následném soustružení průtoků se obrábí nepřerušovaným řezem. Teprve až při soustružení vnitřního vybrání pro sedla a vybrání pro vedení klínu při několika posledních záběrech dojde k protnutí stěny průtoku se dnem otvoru bočního hrdla (obr. 5.4). Při těchto posledních záběrech se upraví řezné podmínky s ohledem na přerušovaný řez (sníží se posuv a zmenší se hloubka řezu). Tím se dosáhne maximální produktivity při výrobě průtoků oproti variantě kdy by se otvor v bočním hrdle vyvrtal jako průchozí. Následně je tvar „okna“ dokončen frézováním. Při možnosti, že bude otvor v bočním hrdle vyvrtán jako průchozí bychom také docílili menšího zbytkového materiálu pro následné frézování „okna“ oproti variantě kdy je otvor vyvrtán jen do určité hloubky. Zvažím – li tuto možnost a předchozí podmínky při kterých jsou soustruženy průtoky a také to, že frézování je v tomto případě produktivnější než soustružení, můžu říci, že výsledná výroba bočního hrdla a následné frézování „okna“ je při vyvrtání otvoru v bočním hrdle jen do určité hloubky produktivnější než by byla výroba s otvorem vyvrtaným jako průchozí.



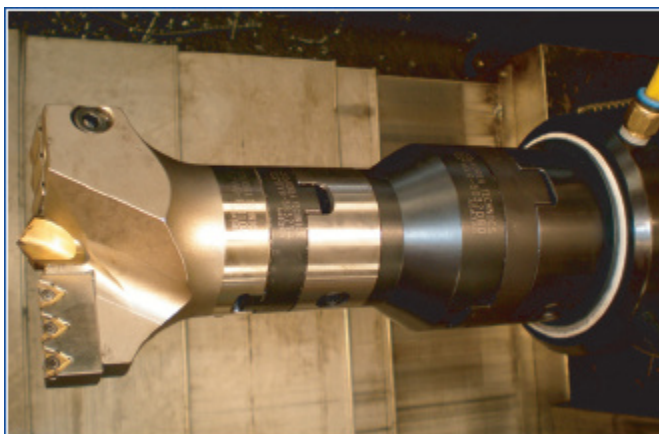
Obr. 5.4 Výroba vnitřních průměrů průtoků a bočního hrdla

Funkční požadavky dané provozními podmínkami a konstrukční řešení tělesa šoupátka umožňuje při výrobě vnitřního průměru průtoku s výhodou

použít technologii vrtání a vyrobit tak požadovaný průměr průtoků pouze vrtáním, neboť výkresem předepsaná přesnost a jakost povrchu u vnitřního průměru průtoku je vrtáním dosažitelná. Touto technologií bychom eliminovali potřebu soustružení vnitřního průměru průtoku a soustružení bychom aplikovali pouze na zhotovení vnitřního tvaru (vybrání pro sedla a vybrání pro vedení klínu).

Pro produktivní obrobení vnitřního průměru průtoku je možné použít trepanačních vrtáků. Výhodou trepanačních vrtáků je menší množství odebraného materiálu a nižší nároky na výkon stroje. Obecným problémem při použití vrtáků velkých průměrů jsou vysoké požadavky na výkon a tuhost stroje. U větších průměrů výkonných vrtáků se často stává, že výkon stroje limituje použité řezné podmínky a negativně ovlivňuje ekonomiku obrábění. Na slabších strojích lze tedy s výhodou používat trepanační vrtáky, které odebírají materiál pouze v relativně úzkém mezikruží. Odvrtané jádro nemusí být vždy nutně odpadem. [15]

Při vrtání průměru průtoku $\varnothing 200$ mm jsme při volbě vhodného nástroje kromě výkonu stroje omezení také dostupností těchto nástrojů, neboť pro takto velké průměry není na trhu k dispozici mnoho vrtáků (například společnost Grumant, s.r.o., dodává na český trh vrtáky firmy Korea Technics s názvem Max Drill osazené VBD do maximálního průměru $\varnothing 180$ mm (obr.5.5). Společnost SECO má ve svém výrobním programu modulární vrtací hlavici s názvem Perfomax SD600 pro maximální průměr $\varnothing 160$ mm, a pod). Z toho vyplývá, že pro vrtání požadovaného průměru $\varnothing 200$ mm by bylo vrtáky stejné nebo podobné konstrukce jako je vrták Max Drill nutné nechat zhotovit jako speciál. I kdyby byl vrták stejné konstrukce jako je například vrták KOMET o $\varnothing 155$ mm používaný při stávající technologii k dispozici pro průměr $\varnothing 200$ mm, bylo by jeho použití na obráběcích centrech na kterých jsou tělesa vyráběna problematické. Přestože obráběcí centra Fpt AREA – HM disponují velkým výkonem a tuhostí bylo pracovníky kteří obsluhují tyto stroje ze zkušeností získaných při obrábění takto velkých otvorů na jiných součástech potvrzeno, že daná obráběcí centra by byla schopna pracovat s vrtákem do plného materiálu o maximálním průměru $\varnothing 180$ mm aniž by došlo k přetížení stroje.



Obr.5.5 Vrták Max Drill s externím přívodem chladicí kapaliny pro průměr 180 mm [15]

Z těchto skutečností je zřejmé, že pro vyvrtání průtoku by bylo vhodné použít trepanačních vrtáků, i u těchto vrtáků je stejně jako v předchozím případě problematická jejich dostupnost pro takto velké průměry. Například firma KOMET nabízí trepanační vrtáky v rozmezí průměrů $\varnothing 83 - \varnothing 198$ mm a hloubkou vrtání do 3D (D - průměr vrtáku) (obr.5.6). Pro vyvrtání průtoku tímto vrtákem by bylo nutné vrtat tyto průtoky ze dvou stran proti sobě jako je tomu při výrobě průtoků stávající technologií. Tato skutečnost je daná konstrukčním provedením obráběcího stroje, a navíc trepanační vrták není dostatečně dlouhý proto aby umožnil vyvrtat daný otvor pouze z jedné strany. Takový postup je ovšem u trepanačních vrtáků nepřijatelný, protože trepanační vrtáky neumožňují vyrobit neprůchozí otvor.

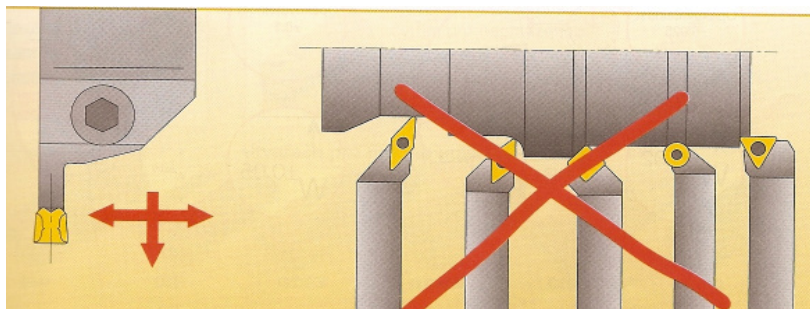


Obr.5.6 Trepanační vrták KOMET [4]

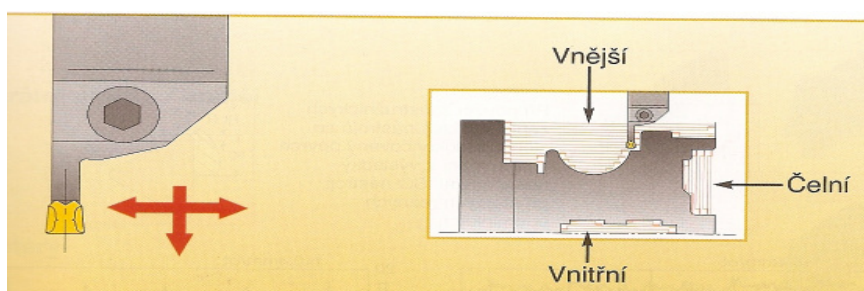
Zvážením výše uvedených možností a omezení, která musíme zohlednit při výrobě vnitřního průměru průtoku je pro produktivnější obrobení těchto průtoků možné prakticky použít pouze vrták většího průměru stejné nebo podobné konstrukce jako je vrták KOMET používaný stávající výrobní technologií, kterým otvor předvrtáme. Tím docílíme menšího přírůstku pro následné dokončení průtoků soustružením. Pro vyvrtání otvoru se tedy použije vrták Max Drill o průměru $\varnothing 180$ mm, osazený kazetami s ISO trigony (obr.5.5). Pomocí sestavitelných těles lze vrták použít až do hloubky 8D (D - průměr vrtáku). Chladicí kapalina je kanálky rozváděna ke středicímu vrtáku i k VBD v kazetách. Takto dlouhý vrták by umožnil vyvrtat otvor pouze z jedné strany, avšak jak je uvedeno v předcházejícím odstavci je nutné otvor vrtat ze dvou protilehlých stran, navíc kratší vrták má lepší tuhost. Po vyvrtání bude otvor dokončen na požadovaný rozměr soustružením za pomoci soustružnické hlavy D'Andrea jako je tomu u stávající výrobní technologie.

Pro produktivní obrobení průtoků a bočního hrdla a to jak vnějších tak i vnitřních průměrů, včetně zhotovení vnitřního tvaru (vybrání pro sedla a vybrání pro vedení klínu) za pomoci soustružnické hlavy bude navrženo osoustružení těchto tvarových prvků pomocí soustružnického zapichovacího systému ISCAR – GRIP. Výhodou tohoto systému je především to, že jediný nástroj může nahradit několik dalších nástrojů (obr.5.7).

Ve výsledku to znamená, že pro všechny soustružnické operace na tělese bude použit pouze jediný nástroj. Tím odpadá potřeba skladování několika různých soustružnických nožů jako je tomu u stávající výrobní technologie (místo čtyř nožů bude potřeba pouze jeden) a s tím je spojené i snížení nákladů na pořízení VBD, držáků apod. Navíc dojde ke zkrácení výrobního času, protože odpadne potřeba výměny jednotlivých nástrojů potřebných k vykonání jednotlivých operací.

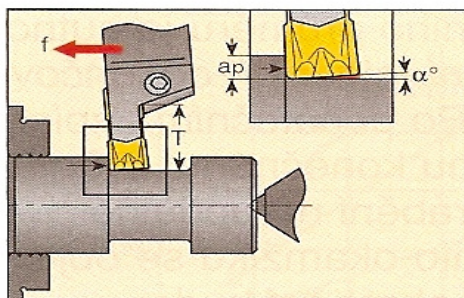


Obr.5.7 Soustružnický zapichovací systém ISCAR – GRIP ^[6]



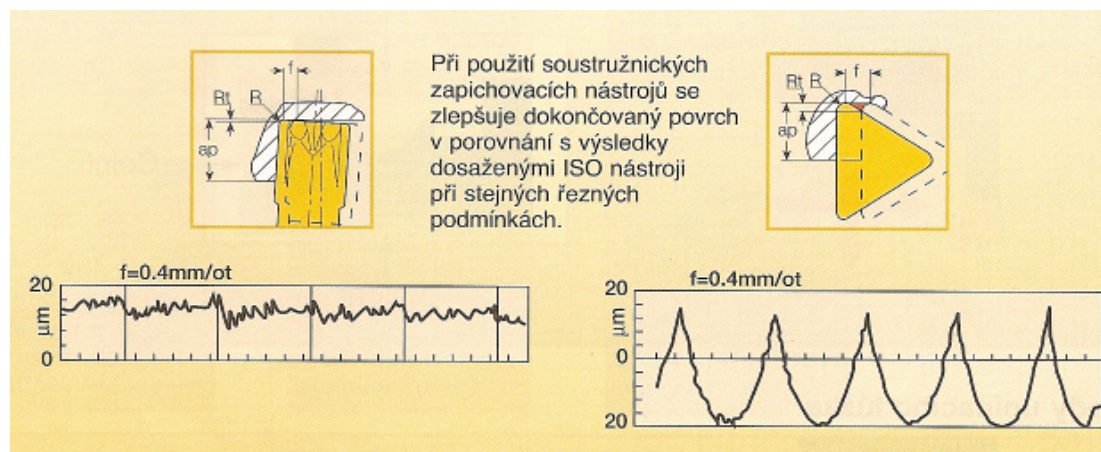
Obr.5.8 Příklad použití soustružnického zapichovacího systému ^[6]

Základním principem soustružení s nástroji GROOVE-TURN je výchylka řezného nástroje, která vytvoří čelní úhel α° mezi destičkou a obrobkem. Úhel α° je funkcí bočních řezných sil a není konstantní, jak je tomu v případě ISO destiček. Výchylka je ovlivněna následujícími faktory: posuv f , hloubka řezu a_p , vyložení podpěry destičky T , šířka podpěry destičky A , řezná rychlost v_c , materiál obrobku. Pokud tyto uvedené faktory zůstávají konstantní během soustružení, může být dosažen vysoký stupeň přesnosti až do $\pm 0,01$ mm. ^[6]



Obr.5.9 Princip soustružení ^[6]

Při použití soustružnických zapichovacích nástrojů se zlepšuje dokončovaný povrch v porovnání s výsledky dosaženými ISO nástroji při stejných řezných podmínkách (obr.5.10).



Obr.5.10 Zvýšená kvalita drsnosti dokončovaného povrchu [6]

Šířka destičky přispívá k její pevnosti a proto by měla být tak velká, jak je možno ve vztahu k rozměrům obrobku. Také určuje dovolené vyložení nástroje. Čím je větší destička, tím širší mohou být horní a spodní čelisti lůžka a proto jsou vyžadovány vyšší síly k dosažení potřebné boční výchylky. Jestliže hloubka řezu je malá, pak i šířka destičky by měla být úměrně menší a to tak, aby zaručovala požadovanou výchylku. [6]

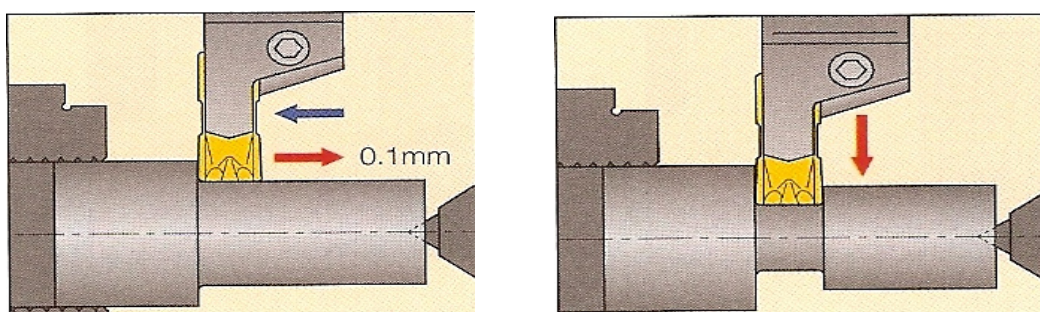
Rádus rohu GROOVE-TURN destičky ovlivňuje tvar výrobku a životnost nástroje. Destička s větším rádiusem má lepší rozložení řezného zatížení a vytvářeného tepla. Je silnější a zabezpečuje delší životnost nástroje. Malé rádiusy na CUT-GRIP destičkách ovlivňují zvýšení bočních sil a boční výchylky, zabraňují nestabilitě – zejména při malých hloubkách řezu a posuvu. Čím bezpečněji je obrobek upevněn na obráběcím stroji, tím větší rádius lze použít. Při velkém poměru délky obrobku k jeho průměru zabraňuje použití destiček s menším rádiusem vzniku chvění. Rádus by měl být větší než je maximální posuv. Při kopírovacích operacích jsou vyžadovány destičky s velkými či plnými rádiusy. Větší rádius při soustružnických operacích běžně zlepšuje kvalitu povrchu. [6]

Při dokončovacích operacích je nutné použít kompenzační faktor pro dosažení finálního průměru. Po počátečním zapíchnutí až k požadovanému konečnému průměru se změní směr obrábění na podélné soustružení. V tomto okamžiku se objeví výchylka a jestliže obrábění bude pokračovat bez korekce roh destičky se zařízne do obráběného materiálu. Výsledkem toho budou dva rozdílné průměry: $\varnothing D1$ po zapíchnutí a $\varnothing D2$ po soustružení. Rozdíl mezi těmito průměry je hodnota, kterou definujeme jako Δ . Kompenzační faktor $\Delta/2$ je pak: [6]

$$\Delta/2 = \frac{D1 - D2}{2} \quad [\text{mm}] \quad (5.1)$$

Použitím kompenzačního faktoru zabráníme vzniku malého povrchového stupně. Je však nutné dodržet určitý postup během obrábění. 1. Zápich na finální průměr, 2. Vrátit nástroj zpět o vzdálenost rovnající se hodnotě $\Delta/2$, 3. Pokračovat podélnou dokončovací soustružnickou operací. [6]

Jedna z nejvýznamnějších výhod systémů CUT-GRIP a TOP-GRIP je schopnost obrábět mezi stěnami. GROOVE-TURN nástroje jsou více funkční, schopné pracovat ve sledu zapichovacích a soustružnických režimů. Změna ze soustružení na zapichování vyžaduje brát ohled na základní princip metody a vyloučit tak možnost zlomení vyměnitelné destičky. Za této situace je proto nutné uvolnit boční výchylku, která je sice nezbytná pro soustružení, ale nedoporučuje se pro zapichování. Toho dosáhneme následujícím způsobem: Po dokončení podélného soustružení, avšak před započítím zapichování, musí být uvolněna boční výchylka. Proveďte se to pohybem nástroje v opačném směru proti posuvu přibližně o 0,1 mm a opětovným návratem do původní pozice, avšak bez bočního zatížení. Potom, po uvolnění výchylky a tím opětovném zajištění kolmosti držáku k obrobku, může být zapichovací operace zahájena (obr. 5.11). [6]



Obr.5.11 Multifunkční operace [6]

V případě, že by při obrábění čelních ploch otvorů mohlo dojít k situaci, že by držák nástroje mohl dřít o obráběnou čelní plochu, pak by se konstrukčně upravil tak, aby k této situaci nedocházelo. Úprava držáku by spočívala v jednoduchém vybroušení malého vybraní na boční straně držáku.

Jelikož výroba těles šoupátek je v podmínkách společnosti Armaturka Vranová Lhota realizována teprve krátce (zhruba dva roky) a pro tento účel byla vybudována nová výrobní hala a pořízeny nové obráběcí stroje společně s nástroji, přípravky a vším potřebným je i vlastní technologie výroby dobře zpracována. Proto při návrhu nové technologie výroby je velice obtížné navrhnout technologii produktivnější. Proto jsme se při návrhu nové technologie výroby nejvíce zaměřil právě na obrábění otvoru pro průtoky, jejichž obrobek při aplikaci stávající technologie bylo méně produktivní, a také na soustružnické operace. U ostatních operací (především frézovacích) by návrh nové technologie spočíval pouze v nahrazení používaných nástrojů nástroji novými.

Protože tělesa jsou při stávající technologii obráběna na moderních CNC obráběcích centrech vybavených moderními, výkonnými nástroji WALTER, které umožňují obrábění vysokými řeznými rychlostmi a posuvy a tím umožňují dosáhnout při obrábění velké produktivity, neměl by tento krok praktický ani ekonomický přínos. Navíc odborníkem společnosti Armaturka Vranová Lhota a pracovníky, kteří obsluhují dané obráběcí stroje bylo konstatováno, že nástroje od společnosti WALTER vykazují při obrábění dobré vlastnosti, a tudíž není důvod je nahrazovat nástroji novými.

Výběr optimálních nástrojů pro nově navrženou technologii výroby tělesa šoupátka, včetně stanovení řezných podmínek je uveden dále v této práci v kapitole 6.3.

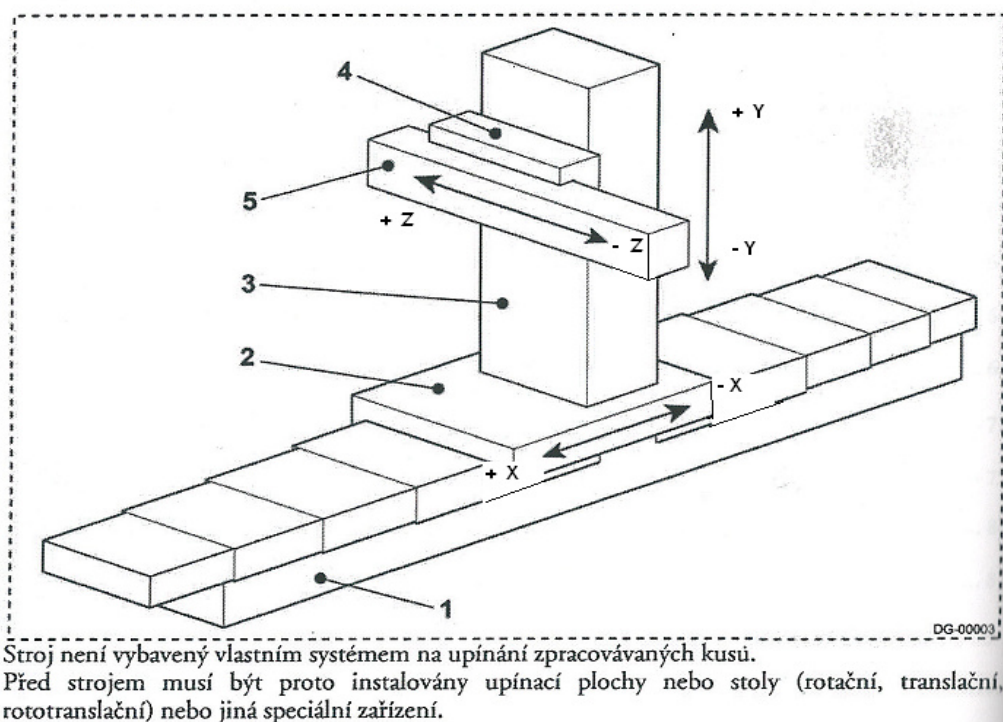
6 VÝBĚR OPTIMÁLNÍCH ZAŘÍZENÍ, PŘÍPRAVKU, NÁSTROJŮ A ŘEZNÝCH PODMÍNEK

6.1 Volba obráběcího stroje

Vzhledem k tomu, že tělesa šoupátek jsou vyráběna na moderních CNC obráběcích centrech, které byly pořízeny právě za tímto účelem a výroba těles je realizována teprve krátce (zhruba dva roky) bylo by neekonomické a neekonomické nahrazovat tyto obráběcí stroje stroji novými. Jelikož pro tak rozměrné a těžké obrobky nejsou v podniku k dispozici jiné stroje, na kterých by se mohla tělesa obrábět při uplatnění nové výrobní technologie a z výše popsaných důvodů jsou pro výrobu těles při aplikaci navrhnuté technologie výroby využity stávající obráběcí centra Fpt AREA - HM popsaná v kapitole 3.5. obrázek 3.3 Výhodou použitých výrobních zařízení je především to, že disponují velkým výkonem, umožňují použití moderních výkonných nástrojů a umožňují obrobit tělesa šoupátek na jedno upnutí. Tím je docíleno minimálních vedlejších časů spojených s manipulací a krátkých výrobních časů.

FRÉZA S PŘESTAVITELNÝM SLOUPEM ²

Struktura je složená ze stolu 1 ukotveného k základům, po kterém se (v podélném směru) pohybuje vozík 2. Po sloupu se pohybuje plocha 4 (ve vertikálním směru) a na této ploše sáně 4 (které se pohybují v příčném směru). Na čelní straně sání jsou instalovány různé frézovací hlavy.



Stroj není vybavený vlastním systémem na upínání zpracovávaných kusů. Před strojem musí být proto instalovány upínací plochy nebo stoly (rotační, translační, rototranslační) nebo jiná speciální zařízení.

Obr.6.1 Schéma obráběcího centra Fpt AREA-HM ^[6]

Jako řezná kapalina bude použita stejná řezná kapalina jako při stávající výrobní technologii. Tato řezná kapalina je používána i na ostatních strojích ve výrobním podniku a protože je vhodná pro široký rozsah aplikací, není důvod ji nahrazovat jinou řeznou kapalinou.

6.2 Volba přípravku

Pro zabezpečení tuhého a bezpečného upnutí obrobku, zajišťujícího požadovanou polohu obrobku vzhledem k nástroji budou použity stejné přípravky jako při obrábění těles stávající výrobní technologii. Tyto přípravky byly speciálně zhotoveny pro danou výrobu těles (jejich cena se pohybovala kolem jednoho a půl milionu korun) a vzhledem k tomu, že pomocí nich je možné obrobit tělesa na jedno upnutí se zajištěním požadované přesnosti bylo by nepraktické a neúčelné tyto přípravky nahrazovat přípravky jinými. Podrobnější popis jednotlivých přípravků je uveden v kapitole 3.4. Vzhledem k tomu, že při návrhu nové technologie výroby bylo navrženo pro zajištění správné polohy tělesa v prvním přípravku vyfrézování tří otvorů na místo dvou drážek, bude nutné za tímto účelem provést drobnou úpravu základny tohoto přípravku (obrázek přípravku je uveden v kapitole 3.4 Obr. 3.1), která spočívá v nahrazení „dvou per třemi středícími čepy“. Rozměry otvorů sloužících pro upnutí tělesa jsou uvedeny na obrázku 5.1 v kapitole 5. Přípravek bude upraven v nástrojárně přímo ve výrobním podniku. Vzhledem k tomu, že přípravky jsou k dispozici dva nebude mít čas potřebný k úpravě přípravku vliv na prodloužení výroby spojené s čekáním na úpravu přípravku, neboť mezitím co bude probíhat úprava jednoho přípravku, může probíhat obrábění pomocí druhého přípravku. Rovněž náklady spojené s úpravou přípravků, které by se mohly promítnout do celkových výrobních nákladů lze považovat za minimální, či zanedbatelné, neboť přípravky jsou používány i při výrobě těles jiných rozměrů a typů než je těleso šoupátka uvedené v této práci. Přípravek používaný pro dokončení tělesa, který je uvedený na obrázku 3.2 v kapitole 3.4 zůstane beze změn.

6.3 Volba řezných nástrojů a řezných podmínek

Správný výběr řezných nástrojů je velmi důležitý především z hlediska produktivity obrábění, nákladů, ale také z hlediska rozměrové přesnosti či konečné jakosti povrchu obráběné součásti. Při jejich volbě se vždy vychází z konstrukce a možností obráběcího stroje, konkrétních prováděných operací (např. hluboké vrtání, frézování drážek apod.), vlastností obráběného materiálu a také z nástrojového sortimentu či finančních možností dané firmy. [14]

Výrobci řezných nástrojů doporučují určité hodnoty řezných rychlostí, závislých na druhu použitého nástroje či VBD, druhu operace a obráběném materiálu, a jejich hodnotu je třeba přepočítat podle vzorce uvedeného v katalogu i s příslušnými koeficienty. Tyto koeficienty v sobě zahrnují vliv dalších parametrů řezného procesu jako například stav obráběcího stroje, požadovanou trvanlivost nástroje (katalogové hodnoty trvanlivosti jsou pro frézování $T = 30$ min., pro soustružení $T = 15$ min.), tvrdost obrobku, apod. Takto stanovenou řeznou rychlost je třeba ještě určitým způsobem upravit podle skutečného průběhu obrábění. [14]

Například firma Sandvik – Coromant stejně jako Pramet uvádí ve svém katalogu korekční součinitele, pomocí nichž je možné přepočítat hodnotu řezné rychlosti v závislosti na podmínkách obrábění. Výsledný vztah je po zahrnutí nejdůležitějších aspektů podmínek obrábění : [14]

$$v_c = v_{c30} * k_{vx1} * k_{vx2} * k_{vT} * k_{vHB} * k_{vM} \quad [14] \quad (6.1)$$

kde: [14]

v_{c30} – doporučená hodnota řezné rychlosti pro trvanlivost $T = 30$ min.

k_{vx1} – korekční součinitel zahrnující vliv kůry výkovku/odlitku

k_{vx2} – korekční součinitel zahrnující stav obráběcího stroje

k_{vT} – korekční součinitel zahrnující vliv požadované trvanlivosti nástroje

k_{vHB} – korekční součinitel zahrnující vliv tvrdosti obráběného materiálu

k_{vM} – korekční součinitel zahrnující vliv druhu obráběného materiálu

Řezné podmínky lze také určit pomocí výpočtového softwaru, který mají někteří výrobci nástrojů k dispozici online na svých webových stránkách (například firma Iscar). Pro přesnější stanovení řezných podmínek či řešení optimalizace existují rovněž speciální výpočtové softwary, při jejich užití je však nutné znát konkrétní podmínky dané firmy. [14]

Obráběcí centrum je pro výrobu těles šoupátek vybaveno moderními, výkonnými nástroji od firmy WALTER, které umožňují obrábět vysokými řeznými rychlostmi. Tyto nástroje budou použity i při nově navržené výrobní technologii, neboť jejich nahrazení nástroji novými by bylo nepraktické. Nové nástroje budou použity pouze pro ty operace, které byly nově navrženy v kapitole 5. (frézování otvorů pro upnutí, vrtání průtoku a soustružení). U frézovacích operací zůstávají původní nástroje, pouze pro srovnání bude uveden výběr frézovacích nástrojů od společnosti ISCAR. Tyto firmy jsou voleny záměrně, protože jsou výhradními dodavateli nástrojů společnosti Armaturka Vranová Lhota.

1) Frézování otvorů pro upnutí

Pro vyfrézování otvorů pro upnutí je zvolena MBM fréza Rambo od švýcarské společnosti Swiss Tool Systems AG. Tato fréza bude zapůjčena z výdeje a zakomponována do zásobníku nástrojů pod kódovým značením T5.

Nástroj: fréza pro frézování kapes a otvorů
 $\varnothing 15,6$ mm , $z = 3$, rozsah frézovaných
 průměrů $\varnothing 19,6 - \varnothing 30$ mm

Kód nástroje: 772.550.155

Kód VBD: LCHT 06 03 00 FHF

Doporučené řezné podmínky:

$v_{cmin} - v_{cmax} = 100 - 110 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

$f_{zmin} - f_{zmax} = 0,05 - 0,130 \text{ mm/zub}$



Obr.6.2 MBM fréza Rambo a VBD [13]

Počáteční zvolené řezné podmínky :

$$v_c = 100 \text{ m.min}^{-1} \quad n = 2040 \text{ min}^{-1} \quad f_z = 0,085 \text{ mm/zub} \quad a_p = 12 \text{ mm}$$

Po konzultaci s odborníkem společnosti Armaturka Vranová Lhota byly pro počáteční řezné podmínky pro všechny nově navržené nástroje zvoleny střední hodnoty intervalu doporučených hodnot. Tyto počáteční řezné podmínky mohou být v případě potřeby ještě upraveny podle skutečného průběhu obrábění. Počáteční řezné podmínky byly také voleny s ohledem na požadovanou přesnost a jakost hotové součásti. Otáčky nástroje, příslušné posuvové rychlosti u jednotlivých operací byly spočítány na základě vzorečků uvedených v katalogu řezných nástrojů Walter 2007.

2) Vrtání průtoku Ø 180 mm

Pro vyvrtání průtoku je zvolen vrták Max Drill od firmy Korea Technics. Vrták bude zakomponován do zásobníku nástrojů pod kódovým značením T27. Tento vrták není v nástrojovém vybavení podniku a tudíž bude nutné jeho zakoupení. Orientační cena takového nástroje je dle údajů výrobce: samotný vrták – hlava s kazetami 20 000 Kč, příslušenství jako upínač, prodloužení, kameny, destičky do kazet atd. 9000 Kč – prodloužení pro větší hloubky děr 6000 Kč.

Pořizovací náklady spojené s pořízením nástroje nelze považovat za nějak omezující pro využití tohoto nástroje, neboť vrták se může použít i při obrábění těles jiných rozměrů a typů než je těleso šoupátka uváděné v této práci.

Nástroj: Vrták Max Drill Ø 180 mm , l = 420 mm

Kód nástroje: VMD - 170180

Kód VBD středící: PLD – 3068 TiN - H

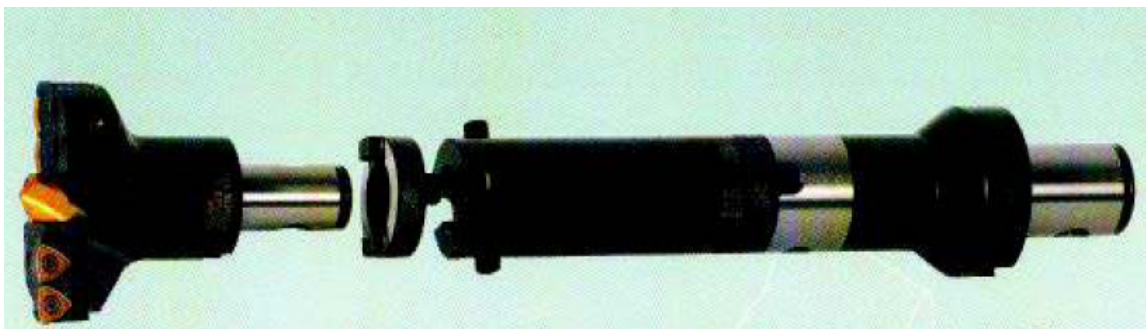
Kód VBD vnější: WCEX 080408

Doporučené řezné podmínky: $v_c = 110 \text{ m.min}^{-1}$

$$f_{ot} = 0,1 - 0,2 \text{ mm.ot}^{-1}$$

Počáteční zvolené řezné podmínky :

$$v_c = 100 \text{ m.min}^{-1} \quad n = 177 \text{ min}^{-1} \quad f_{ot} = 0,14 \text{ mm.ot}^{-1}$$

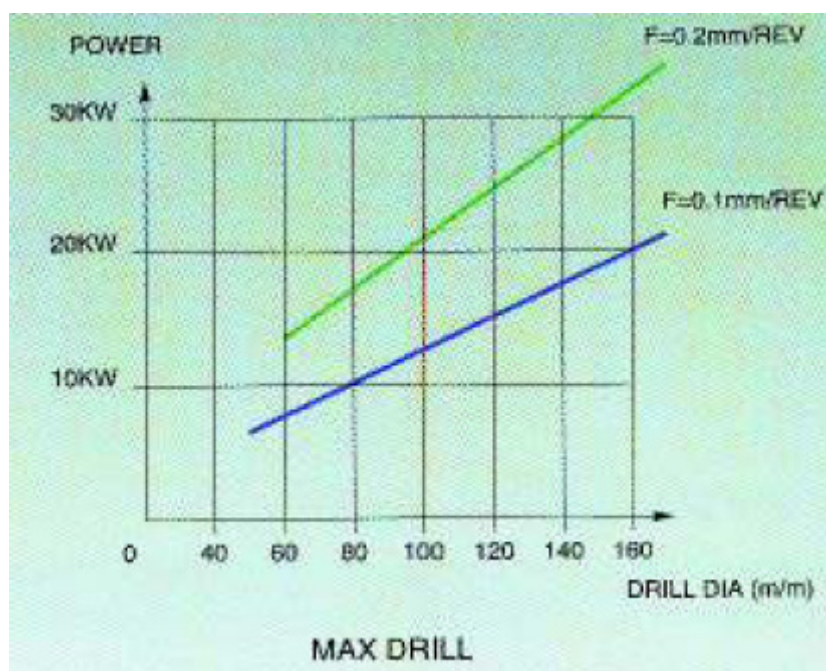


Obr.6.3 Příklad konstrukce vrtáku Max Drill [15]



Obr.6.4 Středící vrták a kazety s VBD pro vrtáky Max Drill ^[15]

U počátečních řezných podmínek pro vrtání průtoku je provedena orientační kontrola, zda řezný výkon nepřekračuje hodnotu trvale využitelného výkonu stroje, jehož hodnota je stanovena přibližně na 70 % výkonu stroje. Výkon obráběcího centra Fpt AREA – HM je 77 KW, přibližná hodnota trvale využitelného výkonu stroje je tedy stanovena na 54 KW. V případě otupení nástroje by se řezný výkon ještě o něco zvýšil (budeme uvažovat zhruba 10 %). Pro orientační kontrolu poslouží graf závislosti výkonu na posuvu uvedený v katalogu vrtáků Max Drill (obr. 6.5). [14]



Obr.6.5 Graf závislosti výkonu na posuvu pro vrtáky Max Drill ^[15]

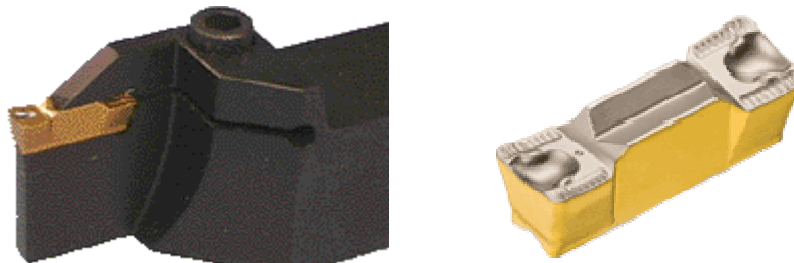
3) Soustružení průtoků a bočního hrdla

Pro osoustružení průtoků a bočního hrdla a to jak vnějších tak i vnitřních tvarů je zvolen soustružnický zapichovací systém Iscar – grip. Příslušný soustružnický nůž bude zapůjčen z výdejny, kódové značení nástroje T1.

Nástroj: soustružnický nůž pro vnější soustružení, zapichování a upichování

Kód držáku VBD: HELIL 32 32 – 6T30

Kód VBD: GRIP 6008Y



Obr.6.6 Držák VBD a VBD pro systém Iscar - GRIP ^[16]

Hloubku řezu a posuv je důležité volit dle doporučení výrobce, neboť přímo ovlivňují výkon a životnost vyměnitelné destičky. Jestliže hloubka řezu je příliš velká pro šířku destičky, nebo posuv příliš vysoký, destička může být přetížena, což způsobí rychlou destrukci. Jestliže hloubka řezu ve vztahu k posuvu je příliš malá, výsledné boční síly nebudou dostačující k zabezpečení správné výchylky nástroje. Mohou se tak objevit vibrace a nestabilita. [6]

Doporučené řezné podmínky:

$$a_{pmin} = 1 \text{ mm} \quad a_{pmax} = 3,6 \text{ mm}$$

$$\text{soustružení: } f_{otmin} = 0,24 \text{ mm.ot}^{-1} \quad f_{otmax} = 0,42 \text{ mm.ot}^{-1}$$

$$\text{zapichování: } f_{otmin} = 0,13 \text{ mm.ot}^{-1} \quad f_{otmax} = 0,25 \text{ mm.ot}^{-1}$$

řezná rychlost je závislá na jakosti použitého materiálu pro VBD, firma Iscar používá několik jakostí řezných destiček označené dle firemního značení:

$$\text{jakost IC 354 } v_c = 80 - 120 \text{ m.min}^{-1}$$

$$\text{jakost IC 9025 } v_c = 110 - 190 \text{ m.min}^{-1}$$

$$\text{jakost IC 908 } v_c = 80 - 160 \text{ m.min}^{-1}$$

Počáteční zvolené řezné podmínky

$$v_c = 150 \text{ m.min}^{-1} \quad a_p = 3,6 \text{ mm} \quad f_{ot} = 0,4 \text{ mm.ot}^{-1}$$

Podrobnější řezné podmínky pro jednotlivé soustružnické operace jsou uvedeny ve výrobním postupu v kapitole 6.4. Při stanovení hodnoty posuvu byla zohledněna požadovaná drsnost povrchu.

U frézovacích operací budou použity stejné nástroje jako při stávající výrobní technologii popsané v kapitole 3.2. Těmito nástroji je vybaveno obráběcí centrum a umožňují dosáhnout při výrobě vysoké produktivity. Pro srovnání je níže uveden výběr frézovacích nástrojů od společnosti Iscar. I kdyby tyto nástroje umožňovali obrábění o něco vyššími řeznými rychlostmi a posuvy, bylo by nutné tyto nástroje včetně upínačů zakoupit, protože se nenachází

v nástrojovém vybavení podniku. To by bylo nepraktické a neekonomické, i kdyby pořizovací náklady na tyto nástroje byly nižší než cena používaných nástrojů od firmy Walter.

Frézování horní, boční a dolní plochy tělesa, fréza T1

Nástroj: čelní nástrčná fréza s tangenciálně upnutými destičkami
 $\varnothing 200 \text{ mm}$, $z = 12$

Kód nástroje: F90 LN D200 – 12 – 60 – R – N15

Kód VBD: LNMT 15 06 PNTN

Doporučené řezné podmínky:

jakost IC 910 $v_c = 125 - 250 \text{ m.min}^{-1}$

jakost IC 4050 $v_c = 100 - 200 \text{ m.min}^{-1}$

jakost IC 908 $v_c = 180 - 200 \text{ m.min}^{-1}$

$f_{z\min} = 0,20 \text{ mm/zub}$ $f_{z\max} = 0,30 \text{ mm/zub}$

$a_{p\max} = 14 \text{ mm}$



Obr.6.7 Fréza F90 LN a příslušná VBD ^[16]

Frézování úkosů a boční plochy tělesa, fréza T49

Nástroj: čelní nástrčná fréza $\varnothing 160 \text{ mm}$, $z = 7$

Kód nástroje: F45 ST D160 – 40

Kód VBD: SEHT 12 04 AFN

Doporučené řezné podmínky:

jakost IC 28 $v_c = 50 - 80 \text{ m.min}^{-1}$

jakost IC 928 $v_c = 110 - 170 \text{ m.min}^{-1}$

jakost IC 328 $v_c = 90 - 140 \text{ m.min}^{-1}$

$f_{z\min} = 0,12 \text{ mm/zub}$ $f_{z\max} = 0,20 \text{ mm/zub}$

$a_{p\max} = 6,50 \text{ mm}$

Obr.6.8 Fréza F45 ST a příslušná VBD ^[16]**Frézování průtoků, a vnitřního průměru bočního hrdla, fréza T3**

Nástroj: fréza „ PLUNGER “ Ø 80 mm, z = 8

Kód nástroje: PLX D80 – 32 - 12

Kód VBD: XCMT 12 04 08 TR

Doporučené řezné podmínky:

jakost IC 908 $v_c = 180 - 200 \text{ m.min}^{-1}$

$f_{zmin} = 0,11 \text{ mm/zub}$ $f_{zmax} = 0,30 \text{ mm/zub}$

$a_{pmax} = 9 \text{ mm}$ $a_{emax} = 11 \text{ mm}$

Obr.6.9 Fréza PLX D80 a příslušná VBD ^[16]**Frézování „ okna “ - dokončení, fréza T9**

Nástroj: fréza „ PLUNGER “ Ø 40 mm, z = 4

Kód nástroje: PLX D40 – M16 - 12

Kód VBD: XCMT 12 04 08 TR

Doporučené řezné podmínky:

jakost IC 908 $v_c = 180 - 200 \text{ m.min}^{-1}$

$f_{zmin} = 0,11 \text{ mm/zub}$ $f_{zmax} = 0,30 \text{ mm/zub}$

$a_{pmax} = 9 \text{ mm}$ $a_{emax} = 11 \text{ mm}$



Obr.6.10 Fréza PLX D40 a příslušná VBD [16]

Frézování „ okna “ - hrubování, fréza T11 a dokončení okna, fréza T23

Nástroj: fréza „ PLUNGER “ Ø 52 mm, z = 6

Kód nástroje: PLX D52 – 22 - 12

Kód VBD: XCMT 12 04 08 TR

Doporučené řezné podmínky:

jakost IC 908 $v_c = 180 - 200 \text{ m.min}^{-1}$

$f_{zmin} = 0,11 \text{ mm/zub}$ $f_{zmax} = 0,30 \text{ mm/zub}$

$a_{pmax} = 9 \text{ mm}$ $a_{emax} = 11 \text{ mm}$



Obr.6.11 Fréza PLX D52 a příslušná VBD [16]

Frézování drážek, fréza T32

Nástroj: drážkovací stopková fréza ze SK Ø 12 mm, z = 4

Kód nástroje: EC – E5L 12 – 30C12CF83

Doporučené řezné podmínky:

jakost IC 900 $v_c = 140 \text{ m.min}^{-1}$

$a_{pmax} = 30 \text{ mm}$

$f_{zmin} = 0,04 \text{ mm/zub}$ $f_{zmax} = 0,11 \text{ mm/zub}$



Obr.6.12 Fréza pro frézování drážek [16]

Vzájemným srovnáním řezných nástrojů od firem WALTER a ISCAR můžu konstatovat, že nástroje od obou výrobců dosahují při obrábění srovnatelných výkonů. Další možností by mohlo být použití nástrojů od konkurenční firmy Pramet. Toto řešení by bylo určitě zajímavé z hlediska poměru cena – výkon. Pořizovací náklady nástrojů od firmy Pramet jsou nižší než náklady na pořízení nástrojů od firmy Iscar a výkon je srovnatelný, a však i tyto nástroje stejně jako nástroje od společnosti Iscar by bylo nutné zakoupit, protože se nenachází v nástrojovém vybavení podniku. Z těchto důvodů je pro obrábění tělesa šoupátka samozřejmě doporučeno použít nástrojů od firmy WALTER, neboť tyto nástroje má firma Armaturka Vranová Lhota k dispozici.

6.4 Výrobní postup pro nově navrženou technologii

Postup při stanovení jednotlivých časů, které se vyskytují ve výrobním postupu je uveden v kapitole 3.2. Nástroje s kódovým značením T1; T3; T9; T11; T23; T25; T29, T32; T49 jsou shodné s nástroji používanými při stávající výrobní technologii, které jsou uvedeny v tabulce v kapitole 3.2. Nástroje s kódovým značením T5; T27; T1(nůž) jsou uvedeny v kapitole 6.3

Polotovár je již ze 2 rovnoběžných stran ofrézován na šířku 410, jinak je neopracován (výkovek).

VÝROBNÍ POSTUP				Kusů	K/výr
TĚLESO				3	1
č. výkresu	ks	Hmotn.	Rozměr polotovaru	Jakost materiálu	
AD 4040-29	1	1300 kg	473 x 410.3 x 865	15 128	

Popis práce:	Stroj, nástr.	Řezné podmínky (v_c , n , a_p , f , f_z)	t_{A12} za chodu stroje	t_{A13} strojně ruční	t_{A11} za klidu stroje
1 Řezání	HBP 530	45 968			
1.1 Řezat na $L = 810 \pm 2$		$v_c = 40-50$ [m.min ⁻¹] $f = 10-15$ [mm.min ⁻¹]	45'	15'	
2 Frézování	AREA -M	35 010			
2.1 Upnout na 1. stůl, středit.					25'
Zarovnání zadní plochy (cca 6mm)	T1	$v_c = 200$ [m.min ⁻¹] $n = 470$ [min ⁻¹] $f = 1000$ [mm.min ⁻¹] $a_p = 2$ [mm]	4x4'=16		20'
001_Zarovnání boční plochy (plocha, na které budou otvory pro upnutí)	T1	$v_c = 200$ [m.min ⁻¹] $n = 470$ [min ⁻¹] $f = 1200$ [mm.min ⁻¹] $a_p = 2$ [mm]	1x 3,6'	7'	

002_ Frézování tří otvorů pro upnutí	T5	$v_c = 100 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 2040 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 520 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 12 \text{ [mm]}$	2,8'	0,6'	
Průběžná kontrola rozměrů		Posuvné měřítko 1000 ČSN 15 12 34			
2.2 Upnout na 2. stůl					30'
003_ Zarovnání čela (90°)	T1	$v_c = 200 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 470 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 1200 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 2 \text{ [mm]}$	6,5'	0,4'	
004_ Zarovnání čela (270°)	T1	$v_c = 200 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 470 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 1200 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 2 \text{ [mm]}$	13'	0,4'	
005_ Zarovnání čela (180°) 10 x $a_p = 2 \text{ mm}$	T1	$v_c = 200 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 470 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 1200 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 2 \text{ [mm]}$	36,1'	0,4'	
006_ Dokončení všech 3 ploch	T1	$v_c = 210 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 500 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 1250 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 0,5 \text{ [mm]}$	7,2'	1,3'	
007_ Vrtání Ø180 (z obou stran) z = - 415	T27	$v_c = 100 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 177 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 24,8 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $f_{ot} = 0,14 \text{ [mm.ot}^{-1}\text{]}$	35,5'	0,2'	
008_ Vrtání Ø155 - boční hrdlo z = -115	T25	$v_c = 130 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 260 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 37 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $f_{ot} = 0,14 \text{ [mm.ot}^{-1}\text{]}$	3,5'	0,8'	
009_ Frézování obou průtoků 1. záběr (větší Ø spirály)	T3	$v_c = 240 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 900 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 1200 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 1,45 \text{ [mm]}$	82'	0,5'	
010_ Frézování obou průtoků 2. záběr (menší Ø spirály)	T3	$v_c = 200 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 770 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 5940 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 1,45 \text{ [mm]}$	64,5'	0,5'	
011_ Fréz. vnitřního průměru bočního hrdla Ø 275 do hloubky z = -104 mm.	T3	$v_c = 190 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 700 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 5300 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 1,35 \text{ [mm]}$	10'	0,5'	
012_ Fréz. vnějšího Ø 420 bočního hrdla do hloubky z = -84,5 mm a kuzel. plochy 11°	T29	$v_c = 250 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 750 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 5000 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p = 1,45 \text{ [mm]}$	22'		
013_ Soustr. vnějších průměrů obou průtoků s R55	T1 (nůž)	$v_c = 170 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 165 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $a_p = \max 3,6 \text{ [mm]}$ $f_{ot} = 0,40 \text{ [mm.ot}^{-1}\text{]}$ $f = 66 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$	40'	8'	

014_ Soustr. bočního hrdla - venek	T1 (nůž)	$v_c = 150$ [m.min ⁻¹] $n = 113$ [min ⁻¹] $a_p = \max 3,6$ [mm] $f_{ot} = 0,40$ [mm.ot ⁻¹] $f = 45$ [mm.min ⁻¹]	8,5'	0,5'	
015_ Soustr. Ø282H8 bočního hrdla	T1 (nůž)	$v_c = 130$ [m.min ⁻¹] $n = 147$ [min ⁻¹] $a_p = \max 3,6$ [mm] $f_{ot} = 0,30$ [mm.ot ⁻¹] $f = 44$ [mm.min ⁻¹]	2,7'	0,5'	
016_ Soustr. průtoků z Ø180 na Ø200 (z obou stran)	T1 (nůž)	$v_c = 135$ [m.min ⁻¹] $n = 245$ [min ⁻¹] $a_p = \max 3,6$ [mm] $f_{ot} = 0,35$ [mm.ot ⁻¹] $f = 85$ [mm.min ⁻¹]	27'	0,5'	
017_ Soustr. dutiny (hrubování)	T1 (nůž)	$v_c = 170$ [m.min ⁻¹] $n = 200$ [min ⁻¹] $a_p = \max 3,6$ [mm] $f_{ot} = 0,35$ [mm.ot ⁻¹] $f = 70$ [mm.min ⁻¹]	56'		
018_ Dokončení vnitřního tvaru	T1 (nůž)	$v_c = 145$ [m.min ⁻¹] $n = 173$ [min ⁻¹] $a_p = 1,5$ [mm] $f_{ot} = 0,3$ [mm.ot ⁻¹] $f = 52$ [mm.min ⁻¹]	7'		
019_ Hrubování okna 260x156 s R26 a s příd. 0,5 na stěnu	T11	$v_c = 200$ [m.min ⁻¹] $n = 1250$ [min ⁻¹] $f = 2000$ [mm.min ⁻¹] $a_p = 1$ [mm]	4,5'	8'	
020_ Hrubování okna 260x156 s R26 a s příd. 0,5 na stěnu	T11	$v_c = 180$ [m.min ⁻¹] $n = 1100$ [min ⁻¹] $f = 6000$ [mm.min ⁻¹] $a_p = 0,8$ [mm]	15,25'		
021_ Dokončení R25 do z-103 Odvrtání všech 4 rohů -plunger	T23	$v_c = 200$ [m.min ⁻¹] $n = 1280$ [min ⁻¹] $f = 100$ [mm.min ⁻¹] $f = 70$ [mm.min ⁻¹]	5,5'	0,5'	
022_ Dokončení okna 260x156 v hl. z < -94, -190>	T9	$v_c = 150$ [m.min ⁻¹] $n = 1200$ [min ⁻¹] $f = 800$ [mm.min ⁻¹] $f_{R25} = 1200$ [mm.min ⁻¹] $a_p = 3$ [mm]	16,5'	0,5'	
023_ Frézování spodní drážky D1 – korekce nástroje	T32	$v_c = 60$ [m.min ⁻¹] $n = 1500$ [min ⁻¹] $f = 150$ [mm.min ⁻¹] $f_D = 120$ [mm.min ⁻¹] $a_p = 2,5$ [mm]	16,1'	0,4'	
024_ Frézování horní drážky D2 – korekce nástroje	T32	$v_c = 60$ [m.min ⁻¹] $n = 1500$ [min ⁻¹] $f = 150$ [mm.min ⁻¹] $f_D = 120$ [mm.min ⁻¹] $a_p = 2,5$ [mm]	17'	0,4	

3	Frézování úkosů	AREA –M	35 012			
Upnout na 1. stůl, střídit.						25'
001_ Zarovnání bočních stran	T49	$v_c = 150 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 380 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 650 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p \leq 5 \text{ [mm]}$	6'	0,3'		
002_ Boční úkosy 20° (všechny 4)	T49	$v_c = 150 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 380 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 600 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_{p1} = 7 \text{ [mm]}$ $a_{p2} = 6,5 \text{ [mm]}$ $a_{p3} = 6 \text{ [mm]}$ $a_{p4} = 5,5 \text{ [mm]}$ $a_{p5} = 5 \text{ [mm]}$ $a_{p6} = 4,5 \text{ [mm]}$ $a_{p7} = 3,2 \text{ [mm]}$	23,5'			
003_ Zarovnání plochy na délku 485 mm	T49	$v_c = 150 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 380 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 650 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_p \leq 5 \text{ [mm]}$	6'	0,3'		
004_ Horní úkosy 45° (všechny 4)	T49	$v_c = 150 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $n = 380 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ $f = 600 \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}$ $a_{p1} = 7 \text{ [mm]}$ $a_{p2} = 6,5 \text{ [mm]}$ $a_{p3} = 6 \text{ [mm]}$ $a_{p4} = 5,5 \text{ [mm]}$ $a_{p5} = 5 \text{ [mm]}$ $a_{p6} = 4,5 \text{ [mm]}$ $a_{p7} = 3,2 \text{ [mm]}$	23,5'			
4	Konečná kontrola	OTK	09 863			
001_ Kontrola rozměrů hotové součásti dle výkresu		Posuvné měřítko 1000 ČSN 15 12 34				15'

7 TECHNICKO – EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ VÝROBY TĚLESA ŠOUPÁTKA

7.1 Technicko – ekonomické zhodnocení stávající výrobní technologie

Výrobní náklady jsou podle stávající výrobní technologie tělesa šoupátka poměrně nízké, neboť těleso je defakto obrobena na jedno upnutí. Tím je docíleno minimálních prostojů spojených s manipulací součástí na konkrétním pracovišti a mezi jednotlivými pracovišti, které by prodražovaly výrobu. Rovněž výrobní časy jsou poměrně krátké.

Výrobní proces součásti je realizován celkem na třech pracovištích. Jednotlivá pracoviště jsou zařazena do dvou tarifních tříd:

Tarifní třída T1 – pracoviště 45 968 – pásová pila HBP 530

Tarifní třída T2 – pracoviště 35 010 – obráběcí centrum Fpt AREA – HM

– pracoviště 35 012 – obráběcí centrum Fpt AREA – HM

Celkové náklady spojené s provozem jednotlivých pracovišť jsou následující:

Tarifní třída T1 = 1000 Kč/hod

Tarifní třída T2 = 3000 Kč/hod

Do těchto nákladů jsou již započítány veškeré náklady na provoz stroje a jeho údržbu, náklady na nástroje, procesní kapalinu, náklady na vedlejší práci a náklady na mzdy. V těchto nákladech však není zahrnuta cena polotovaru.[14]

Náklady na obrobení tělesa šoupátka jsou pak v rámci konkrétního pracoviště stanoveny součinem celkových provozních nákladů daného pracoviště s celkovým výrobním časem součásti na tomto pracovišti. Jednotlivé výrobní časy jsou uvedeny ve výrobním postupu v kapitole 3.1. [14]

Celkový čas $t_{AC} = 848,85 \text{ min}$

Celkový čas $t_{BC} = 90 \text{ min}$

Tarifní třída T1 : $1,5 \text{ hod} * 1000 \text{ Kč/hod} = 1500 \text{ Kč}$

Tarifní třída T2 : $14,2 \text{ hod} * 3000 \text{ Kč/hod} = 42\,443 \text{ Kč}$

Celkové náklady na obrobení součásti těleso šoupátka jsou potom dány součtem jednotlivých nákladů v rámci příslušných tarifních tříd. Výsledná hodnota je tedy **43 943 Kč**. [14]

Na závěr pro přehled a doplnění uvádím celkové náklady na obrobení tělesa šoupátka v případě, že polotovar bude předkován (viz. kapitola 4). Při výpočtu budu vycházet z faktů uvedených v závěru kapitoly 4. Potom výsledné náklady na obrobení tělesa šoupátka jsou $43\,943 - 7\,325 = \mathbf{36\,618\,Kč}$.

7.2 Shrnutí stávající výrobní technologie

Jak už bylo uvedeno v této práci je výroba těles šoupátek v podmínkách společnosti Armaturka Vranová Lhota realizována krátce, což se promítá i do vlastní technologie výroby. Výroba je realizována v nově vybudované výrobní hale a na nově pořízených obráběcích centrech vybavených moderními výkonnými řeznými nástroji, které umožňují obrábět vysokými řeznými rychlostmi, což vede ke krátkým výrobním časům. Rovněž upnutím součásti v přípravku je docíleno bezproblémové dosažení požadované přesnosti a jakosti funkčních ploch. Tím, že je součást na obráběcím centru defakto obrobena na jedno upnutí (při přepnutí tělesa do druhého přípravku na druhém obráběcím centru je součást dokončena) je dosaženo minimálních prostojů spojených s manipulací mezi jednotlivými pracovišti.

7.3 Technicko – ekonomické zhodnocení navržené výrobní technologie

Přesto, že nově navržená výrobní technologie je realizována na stejných obráběcích strojích jako stávající výrobní technologie, podařilo se snížit výrobní náklady a také o něco snížit celkový čas potřebný k obrobení tělesa šoupátka.

Výrobní proces součásti je dle nově navržené výrobní technologie, stejně jako u stávající výrobní technologie realizován celkem na třech pracovištích. Jednotlivá pracoviště jsou zařazena do dvou tarifních tříd:

Tarifní třída T1 – pracoviště 45 968 – pásová pila HBP 530

Tarifní třída T2 – pracoviště 35 010 – obráběcí centrum Fpt AREA – HM

– pracoviště 35 012 – obráběcí centrum Fpt AREA – HM

Celkové náklady spojené s provozem jednotlivých pracovišť jsou následující:

Tarifní třída T1 = 1000 Kč/hod

Tarifní třída T2 = 3000 Kč/hod

Do těchto nákladů jsou opět započítány veškeré náklady na provoz stroje a jeho údržbu, náklady na nástroje, procesní kapalinu, náklady na vedlejší práci a náklady na mzdy. V těchto nákladech však není zahrnuta cena polotovaru. [14]

Náklady na obrobení tělesa šoupátka jsou pak v rámci konkrétního pracoviště stanoveny součinem celkových provozních nákladů daného

pracoviště s celkovým výrobním časem součásti na tomto pracovišti. Jednotlivé výrobní časy jsou uvedeny ve výrobním postupu v kapitole 6.4. [14]

Celkový čas $t_{AC} = 785,25 \text{ min}$

Celkový čas $t_{BC} = 90 \text{ min}$

Tarifní třída T1 : $1,5 \text{ hod} * 1000 \text{ Kč/hod} = 1500 \text{ Kč}$

Tarifní třída T2 : $13,1 \text{ hod} * 3000 \text{ Kč/hod} = 39\,263 \text{ Kč}$

Celkové náklady na obrobení součásti těleso šoupátka jsou potom dány součtem jednotlivých nákladů v rámci příslušných tarifních tříd. Výsledná hodnota je podle nové výrobní technologie přibližně **40 763 Kč**. [14]

Na závěr pro přehled a doplnění uvádím opět celkové náklady na obrobení tělesa šoupátka v případě, že polotovar bude předkován (viz. kapitola 4). Při výpočtu budu vycházet z faktů uvedených v závěru kapitoly 4. Potom výsledné náklady na obrobení tělesa šoupátka u nové výrobní technologie jsou $40\,763 - 7\,325 = 33\,438 \text{ Kč}$.

7.4 Shrnutí navržené výrobní technologie

Jelikož stávající technologie výroby tělesa šoupátka je poměrně dobře zpracována a vlastní výrobní proces je realizován na moderních CNC obráběcích centrech Fpt AREA - HM vybavených výkonnými řeznými nástroji, spočíval návrh nové výrobní technologie ve využití výhod výrobního zařízení, které je používáno u stávající výrobní technologie. Tím jsou také zachovány veškeré výhody zmiňované u stávající výrobní technologie a to především ta, že těleso je vyrobeno prakticky na jedno upnutí, čímž je docíleno minimální potřeby manipulovat se součástí během výrobního procesu. Použitá obráběcí centra jsou vybavena řeznými nástroji od firmy WALTER, z nichž některé jsou použity při nově navržené výrobní technologii, jiné byly nahrazeny nástroji novými. Nové nástroje byly použity pro nově navržené výrobní operace, kterými byly nahrazeny méně produktivní operace ze stávajícího výrobního postupu. Tímto krokem došlo ke snížení výrobních nákladů a ke zkrácení výrobního času potřebného k obrobení tělesa šoupátka.

8 SHRnutí DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ

Zaměřením na vybrané operace ze stávajícího výrobního postupu a nahrazením používaných nástrojů u těchto operací nástroji novými jsem u nově navržené výrobní technologie dospěl k výsledkům, které jsou shrnuty v několika bodech:

- Snížení celkového času na výrobu součásti o 63,6 minut. Předvrtáním průtoku vrtákem většího průměru se ušetřilo přibližně 29 minut, další úspora času je výsledkem použití soustružnického zapichovacího systému, kdy díky použití jednoho nože dojde k úspoře 18 minut, které jsou spojeny s eliminací potřeby výměny několika soustružnických nástrojů. Zbývajících 16 minut je ušetřeno v důsledku obrábění vyššími řeznými podmínkami u navržených nástrojů.

- Výsledkem těchto kroků je snížení celkových nákladů na výrobu o 3 180 Kč na jeden vyrobený kus tělesa šoupátka.

Pro další snížení nákladů je firmě doporučeno zaměřit se na rozměry výchozího polotovaru. Výchozí polotovar pro výrobu tělesa šoupátka je přířez z volně kovaného výkovku. Zmenšením hodnot výchozích přídavek u tohoto polotovaru, které jsou zbytečně velké by došlo k dalšímu zkrácení výrobního času a tím i ke snížení výrobních nákladů.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce je návrh výrobní technologie pro součást těleso šoupátka typu S 43, které je určeno jako uzavírací prvek pro vodní páru používaný v klasické energetice (konvenční elektrárny a teplárny). To klade vysoké požadavky na kvalitu výchozího polotovaru. Polotovar je podroben ultrazvukovým zkouškám. Rovněž celý výrobek, kterým je kompletní šoupátko je podroben řadě zkoušek. Šoupátko se zkouší vodou na pevnost, nepropustnost, provozní způsobilost a těsnost v závislosti na provozních parametrech a materiálu tělesa. Pevnostní svary se kontrolují prozářením. Tyto faktory kladou požadavky na dodržení požadované rozměrové a geometrické přesnosti a na dodržení jakosti u vyrobeného tělesa. Vzhledem k tomu, že stávající technologie výroby tělesa je realizována na nových moderních obráběcích centrech vybavených moderními nástroji je i vlastní technologie výroby dobře rozpracována. Těleso šoupátka je defakto obrobena na jedno upnutí, čímž je docíleno minimálních vedlejších časů spojených s manipulací a krátkých výrobních časů, a také dodržení požadované rozměrové přesnosti a jakosti.

Při návrhu nové technologie výroby byly zohledněny možnosti a strojní vybavení podniku Armaturka Vranová Lhota. Na základě těchto skutečností, provedeného rozboru a zohlednění výhod stávající výrobní technologie bylo pro navržení nové výrobní technologie zvoleno využití stávajících obráběcích center a zaměření se na vybrané operace ze stávajícího postupu s cílem jejich nahrazení operacemi produktivnějšími.

Při návrhu nové technologie výroby tělesa šoupátka byla snaha, aby se navržená technologie dala co nejlépe aplikovat v podmínkách společnosti Armaturka Vranová Lhota a.s., a to nejen pro daný typ tělesa šoupátka, ale i pro obrábění těles jiných typů, které se vyskytují ve výrobním programu podniku. Proto při výběru nástrojů pro novou výrobní technologii byly zvoleny nové nástroje pouze pro ty operace, které byly nově navrženy. U operací, které zůstaly shodné se stávajícími technologiemi byly ponechány původní nástroje, protože jejich nahrazení nástroji novými by bylo z hlediska finančních možností podniku neekonomické.

Pro navrženou změnu byl zpracován nový technologický postup včetně výběru nástrojů, stanovení rezných podmínek a spotřeby času. Navržená změna by vedla k časové úspoře 63,6 minut a celkovému snížení nákladů o 3 180 Kč na jeden vyrobený kus tělesa šoupátka. Pro další snížení nákladů bylo firmě doporučeno zaměřit se na úpravu rozměrů výchozího polotovaru.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] KOČMAN, Karel. PERNÍKÁŘ, Jiří. *Ročníkový projekt II-obrábění* [online]. [cit. 2011-02-16]. Studijní opory pro obor „Strojírenská technologie“ BS kombinovaného studijního programu „Strojírenství“. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2002, 27s. Dostupné z WWW: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/RocnikovyProjekt_II-obrabeni.pdf>
- [2] ZEMČÍK, Oskar. AMBROŽ, Oldřich. *Technologické procesy* [online]. [cit. 2011-02-16]. Studijní opory pro obor „Strojírenská technologie“ BS kombinovaného studijního programu „Strojírenství“. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 54s. Dostupné z WWW: <<http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TechProcesy.pdf>>
- [3] ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby (HTV)* [online]. [cit. 2011-02-16]. Podklady do cvičení pro obor „Obrábění a Průmyslový management“ „Magisterský studijní program“. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Dostupné z WWW: <<http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/?page=podklady>>
- [4] KOMET - Catalogue bore machining 2011: katalog. [cit. 2011-03-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.kometgroup.com/en/tools-navigation/tools/drilling.html>>
- [5] Společnost Armaturka Vranová Lhota as. - [online]. copyright 2003 [cit. 2011-03-6]. Dostupné z WWW: <<http://www.avl.cz/>>
- [6] Firemní podklady společnosti Armaturka Vranová Lhota a.s, MPOWER a.s. Poskytnuté zaměstnanci těchto společností na požádání (katalogový list šoupátka S43, podnikové normativy, katalog řezných nástrojů WALTER 2007, ISCAR 2006, technické a provozní informace o stroji Fpt AREA-HM).
- [7] D'ANDREA Lícni desky U-TRONIC 2009. [online]. [cit. 2011-01-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.ciesstrade.cz/DANDREA>>
- [8] SHELL – Bezpečnostní list shell ADRANA B 801. [online]. [cit. 2011-01-8]. Dostupné z WWW: <http://www.led-japaoil.cz/download/bl_shell/adranab801.pdf>
- [9] SHELL ADRANA B 801. [online]. [cit. 2011-01-8]. Dostupné z WWW: <http://www.haberkorn.com/fileadmin/schmierstoffe/downloads/HU_Shell_Schmierstoffe_fuer_die_Metallbearbeitung_11_2009.pdf>
- [10] ČSN 415128 (415128) – Československá státní norma: náhled obsahu normy. [online]. Aktualizováno 9.3.2011 [cit. 2011-03-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.ceske-normy.cz/csn-415128-04121984>>
- [11] FERONA a.s.: katalog. [online]. [cit. 2011-02-26]. Dostupné z WWW: <http://www.ferona.cz/cze/katalog/mat_normy.php>

- [12] SCHWARZ, Drahomír. KOUKAL, Jaroslav. Sondel, Martin. *Ověření vlastností svarového spoje ocelí P91 a 15 128 po dlouhodobé teplotní expozici* [online]. Publikováno 11.11.2010 [cit. 2011-02-7]. Dostupné z WWW: < <http://www.konstrukce.cz/clanek/overeni-vlastnosti-svaroveho-spoje-oceli-p91-a-15128-po-dlouhodob-teplotni-expozici/> >
- [13] SWISS TOOLS. [online]. [cit. 2011-04-1]. Dostupné z WWW: < <http://www.swisstools.org/E/index.php> >
- [14] KACHYŇA, Stanislav. *Návrh výrobní technologie součástí obráběcího stoje*. Diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 80 s., 3 přílohy. Vedoucí práce: Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.
- [15] Grumant s.r.o. Produktivní vrtání otvorů velkých průměrů [online]. [cit. 2011-03-29]. Dostupné z WWW: < http://www.grumant.cz/data/1223895004302Grumant_10.pdf >
- [16] ISCAR – elektronický katalog nástrojů. [online]. [cit. 2011-04-11]. Dostupné z WWW: < <http://www.iscar.com/Ecat/open.asp> >

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
A	[mm]	Šířka podpěry destičky
A5	[%]	Tažnost
ANSI	[–]	American National Standards Institute – Americký národní institut pro standardy
AREA-HM	[–]	Typ obráběcího stroje firmy Fpt
a_{emax}	[mm]	Maximální radiální přísuv
a_{pmin}	[mm]	Minimální šířka záběru ostří
a_{pmax}	[mm]	Maximální šířka záběru ostří
a_{p}	[mm]	Šířka záběru ostří
a,b	[–]	Rozměrové koeficienty
α	[°]	Čelní úhel mezi destičkou a obrobkem
$\varnothing$	[mm]	Průměr
$\Delta/2$	[mm]	Kompenzační faktor
C	[–]	Chemický prvek - uhlík
C_{i-1}	[mm]	Maximální hodnota trvalé deformace
CNC	[–]	Computerized Numerical Control – počítačem řízené stroje
CUT - GRIP	[–]	Druh řezné destičky Iscar
ČSN	[–]	České technické normy
D	[mm]	Průměr nástroje
DC	[V]	Direct Current – Stejnoseměrný proud
DN	[mm]	Jmenovitá světlost armatury
DIN	[–]	Deutsche Normen - Německé normy
EN	[–]	European Standard - Evropská norma
E_i	[mm]	Maximální součtová chyba ustavení obrobku v dané operaci
E_{di}	[mm]	Maximální chyba ustavení obrobku v příčném směru
E_{li}	[mm]	Maximální chyba ustavení obrobku v podélném směru
f	[mm. min ⁻¹]	Posuv
f_{ot}	[mm. ot ⁻¹]	Posuv na otáčku
f_{otmin}	[mm. ot ⁻¹]	Minimální posuv na otáčku
f_{otmax}	[mm. ot ⁻¹]	Maximální posuv na otáčku
f_z	[mm. zub ⁻¹]	Posuv na zub
$f_{z\text{min}}$	[mm. zub ⁻¹]	Minimální posuv na zub
$f_{z\text{max}}$	[mm. zub ⁻¹]	Maximální posuv na zub
d_i	[mm]	Průměr obrobku v (i)-té operaci
l_k	[m]	Redukovaná délka obrobku
L	[mm]	Hloubka vrtaného otvoru
l_p	[mm]	Délka přeběhu nástroje
l_n	[mm]	Délka náběhu nástroje
G1	[kg]	Hmotnost výrobku
G2	[kg]	Hmotnost polotovaru
GOST	[–]	Gosstandart – Ruské normy
Cr	[–]	Chemický prvek - chrom

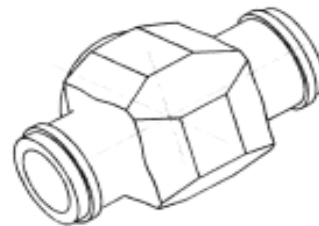
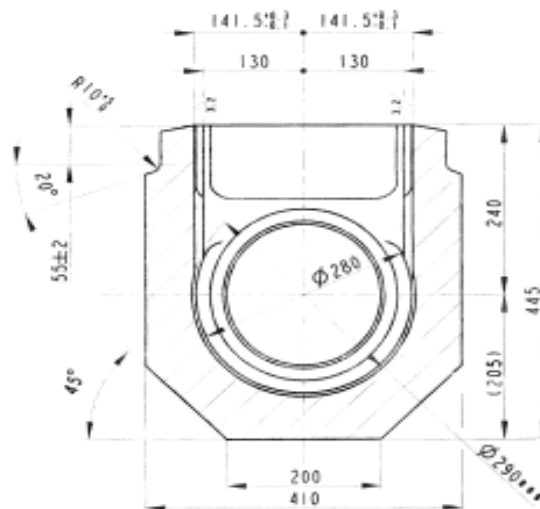
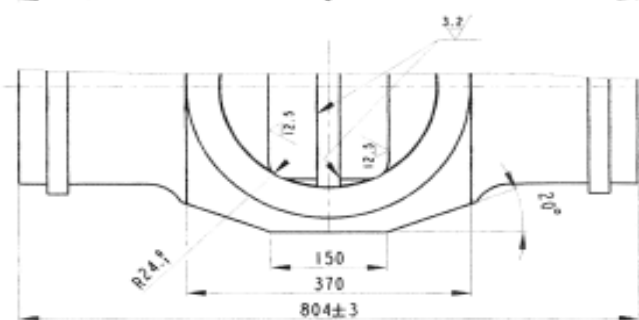
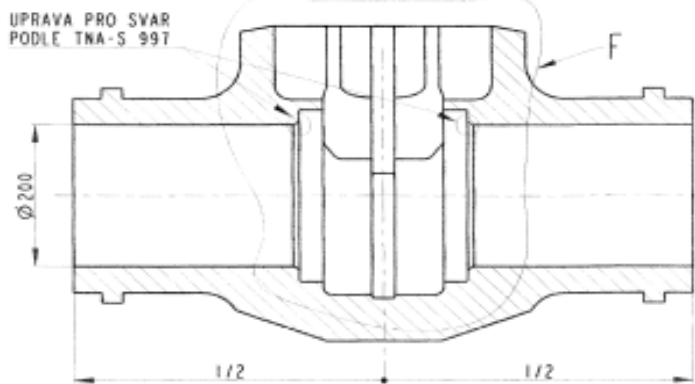
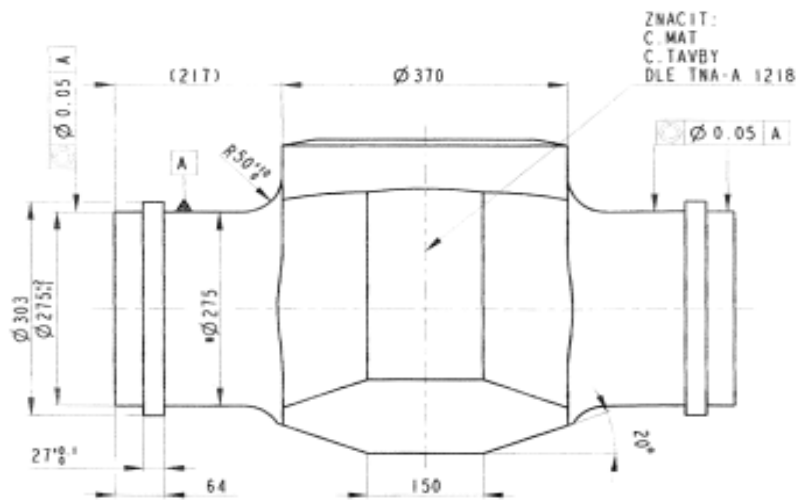
Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
HBP 530	[–]	Typ stroje na dělení materiálu
ISO	[–]	International Organization for Standardization – Mezinárodní organizace pro normalizaci
i_o	[–]	Index kinetické obrobiteľnosti
k	[–]	Koeficient překrytí chyb
k_C	[–]	Koeficient přiřázky směnového času
KV	[J]	Vrubová houževnatost
k_{VHB}	[–]	Korekční součinitel zahrnující vliv tvrdosti obráběného materiálu
k_{VM}	[–]	Korekční součinitel zahrnující vliv druhu obráběného materiálu
k_{VT}	[–]	Korekční součinitel zahrnující vliv požadované trvanlivosti nástroje
k_{vx1}	[–]	Korekční součinitel zahrnující vliv kůry výkovku/odlitku
k_{vx2}	[–]	Korekční součinitel zahrnující stav obráběcího stroje
m	[–]	Koeficient závislý na druhu polotovaru
MBM	[–]	Nástrojový stavebnicový systém firmy Swiss Tool Systems AG
Mn	[–]	Chemický prvek - mangan
Mo	[–]	Chemický prvek – molybden
n	[min ⁻¹]	Otáčky vřetena stroje
n_{max}	[min ⁻¹]	Maximální dovolené otáčky nástroje
p_{im}	[mm]	Jmenovitá hodnota operačního přídávku
P	[–]	Chemický prvek - fosfor
PN	[MPa]	Nominální tlak
Π	[–]	Konstanta
ρ	[kg/m ³]	Hustota
δ_{i-1}	[mm]	Operační tolerance předcházející operace
Q	[kg]	Úspora materiálu
$Q_{př}$	[kg]	Hmotnost přířezu
Q_v	[kg]	Hmotnost výkovku
Ra	[μm]	Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu
Re	[MPa]	Mez kluzu
Rm	[MPa]	Mez pevnosti
R_{i-1}	[μm]	Maximální výška nerovností obráběné plochy z předchozí operace
S	[–]	Chemický prvek - síra
Si	[–]	Chemický prvek - křemík
Sinumeric 840D	[–]	Typ řídicího systému firmy Siemens
SK	[–]	Slinuté karbidy
S43	[–]	Typové označení šoupátka dle výrobce
TOP-GRIP	[–]	Druh řezné destičky Iscar
TA13.2P	[–]	Typ frézovací uhlové hlavičky firmy OMG
T	[min]	Trvanlivost ostří

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
T_{i-1}	[μm]	Maximální hloubka rozrušené vrstvy materiálu z předchozí operace
t_A	[min/j]	Čas jednotkový
t_{A11}	[min/j]	Čas jednotkové práce za klidu stroje
t_{A12}	[min/j]	Čas jednotkové práce za chodu stroje
t_{A13}	[min/j]	Čas jednotkové práce strojně ruční
t_{AC}	[min/j]	Norma jednotkového času s přírážkou směnového času
t_{AS}	[min/j]	Čas jednotkový strojní (automatického chodu stroje)
t_B	[min/d]	Čas dávkový
t_{BC}	[min/d]	Norma dávkového času s přírážkou směnového času
t_C	[min/sm]	Čas směnový
U_m	[–]	Ukazatel technologičnosti využití materiálu
UT 5-630 S	[–]	Typ soustružnické hlavy firmy D'ANDREA
V	[–]	Chemický prvek - vanad
VBD	[–]	Vyměnitelné břitové destičky
V_v	[mm^3]	Objem materiálu výkovku
v_c	[m. min ⁻¹]	Řezná rychlost
v_{cmin}	[m. min ⁻¹]	Minimální řezná rychlost
v_{cmax}	[m. min ⁻¹]	Maximální řezná rychlost
v_{c30}	[m. min ⁻¹]	Doporučená hodnota řezné rychlosti pro trvanlivost T = 30 min
v_f	[mm. min ⁻¹]	Rychlost posuvu
Z	[–]	Počet zubů frézy
G17	[–]	Interpolace v rovině XY

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Výkres součásti těleso šoupátka
- Příloha 2 Maximální výška nerovností „R“, hloubka rozrušené vrstvy „T“ při různých metodách obrábění
- Příloha 3 Drsnost povrchu „R_o“, hloubka rozrušené vrstvy „T_o“ polotovarů, operační tolerance
- Příloha 4 Číselné hodnoty základních tolerancí IT
- Příloha 5 Stanovení redukované délky l_k

Příloha 1

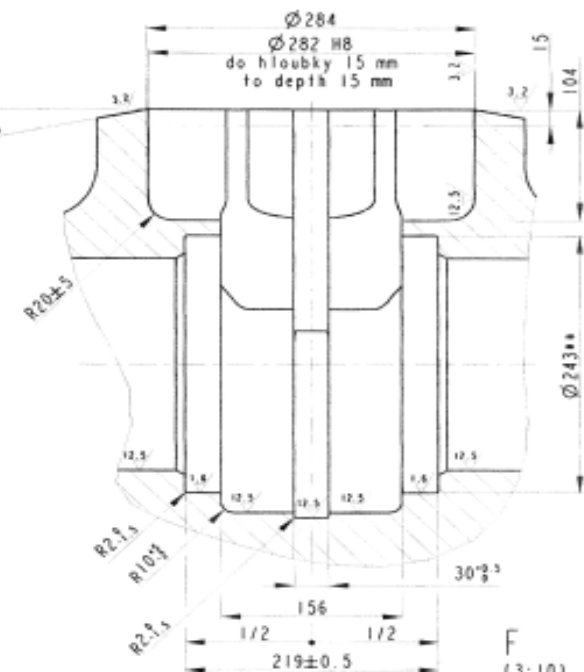


(1:10)

 $L = 0.5$ $L = -0.5$

VELIKOST, UMÍSTENÍ PÍSM
A POLOHA SVAR. STÍTKU.
PODLE TNA-A 1210

VYBRANI PRO SEDLA D**
A VYBRANI PRO VEDENÍ KLINU D***
OBRABET NA JEDNO UPNUTÍ
(PODEPRÍT LUMETOU)

[illegible]

Příloha 2

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
Frézování čisté		45	40
Hoblování čisté		45	40
Hoblování hrubé		100	50
Obrázení hrubé		100	60
Obrázení 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", "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	-	

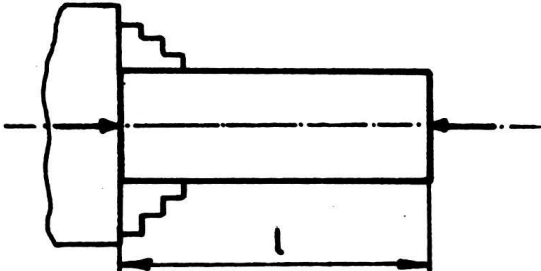
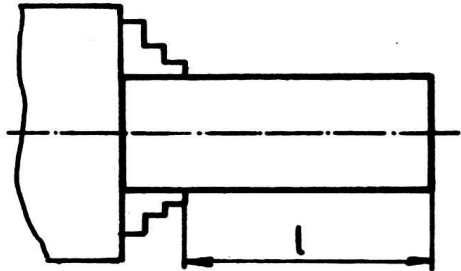
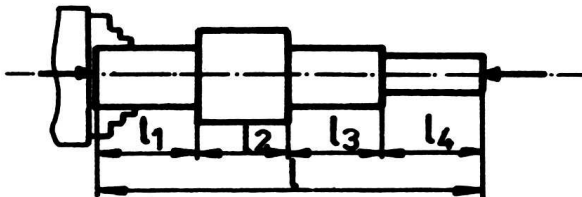
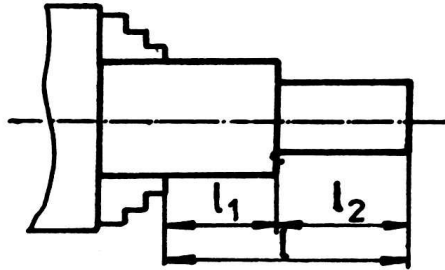
Příloha 3

Drahost povrchu "R _o " a hloubka vadné povrchové vrstvy "T _o " u různých polotovárů 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 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	
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
	Frézování hrubé	12	10 - 13
Rovinné plochy	Frézování čisté	10	8 - 12
	Hoblování hrubé	13	12 - 14
	Hoblování čisté	11	9 - 12
	Broušení na plocho	7	3 - 10

Příloha 4

Číselné hodnoty základních tolerancí "IT"																				
Hodnoty jsou uvedeny v μm ($1 \mu\text{m} = 0,001\text{mm}$) ČSN 01 42 03																				
Rozsah [mm]	Pro výrobu měřidel a jiné práce								Při líčování ve všeobecném strojírenství								Pro líčování hrubé (líčování, tažení, válení)			
	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		
přes - do																				
- 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		

Příloha 5

Stanovení výpočtové redukované délky "l _k " pro charakteristické případy obrábění vnějších válcových povrchů	
Charakter součástí a upnutí	Náčrt upnutí a výpočtová redukovaná délka "l _k "
Hladký hřídel upnutý mezi hroty nebo v univerzálním sklíčidle a podepřený hrotem.	 $l_k = l$
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 čela 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.	