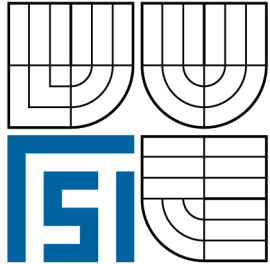




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**ŘEŠENÍ TECHNOLOGIE SOUČÁSTI “HŘÍDEL” NA
CNC STROJÍCH SE SYSTÉMEM FANUC**
SOLUTION TECHNOLOGY OF PART “HŘÍDEL” WITH CNC MACHINES OF UNIT FANUC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

SVATOSLAV SUCHOMEL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN KALIVODA

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Svatoslav Suchomel

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

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 bakalářské práce:

Řešení technologie součásti "hřídel" na CNC strojích se systémem Fanuc.

v anglickém jazyce:

Solution technology of part "hřídel" with CNC machines of unit Fanuc.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Posouzení součásti "hřídel" z hlediska sériové výroby. Návrh technologie s využitím CNC strojů (především Mori Seiki). Specifikace progresivních řezných nástrojů (soustružnické nože, frézy, brusné kotouče). Sestavení NC programu s využitím osy Y u CNC soustruhu. Vyhodnocení navržené technologie v podmínkách firmy Antreg a. s. Vyškov.

Cíle bakalářské práce:

Sestavení perspektivní technologie na nejmodernějších CNC strojích. Prokázání schopnosti realizace technologie v sériové výrobě.

Licenční smlouva

ABSTRAKT

Tématem práce je řešení technologie součásti „hřídel“. Charakterizuje sériovou výrobu a technologičnost součásti, zabývá se výběrem vhodných strojů pro obrábění a specifikuje nástroje pro obrábění. Následující část navrhuje technologii výroby a sestavuje program pro CNC soustruh s osou Y. Vyhodnocuje technologii v podmínkách firmy ANTREG, a. s.

Klíčová slova: hřídel, Mori Seiki, Kellenberger, technologie, Fanuc

ABSTRACT

Topic of this work is a solution of technology of „spindle“ component. It characterizes serial production and technology of the component, it deals with the selection of suitable machine tools and specifies cutting tools. The following part suggests a technology of production and completes a programme for CNC lathe with axis Y. It evaluates the technology in conditions of ANTREG, a. s.

Key words : spindle, Mori Seiki, Kellenberger, technology, Fanuc

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SUCHOMEL, S. *Řešení technologie součásti "hřídel" na CNC strojích se systémem Fanuc*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojího inženýrství, 2009. 40 s. , 5 příloh. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma řešení technologie součásti "hřídel" na CNC strojích se systémem Fanuc vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

.....
Svatoslav Suchomel

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Abstrakt	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah	7
Úvod	8
1 SÉRIOVÁ VÝROBA SOUČÁSTI "HŘÍDEL"	9
1.1 Technologičnost konstrukce.....	9
1.2 Dodržení rozměrů, tvaru a polohy.....	10
1.3 Obrobitelnost materiálu součásti	11
2 TECHNOLOGIE PRO VÝROBU HŘÍDELE.....	12
2.1 Technologické možnosti ve firmě ANTREG, a. s.	12
2.2 Soustruh MORI SEIKI řady NL 2500Y.....	13
2.2.1 Parametry stroje	15
2.2.2 Upínací systém nástrojů.....	16
2.3 Bruska KELLENBERGER KEL-VISTA.....	17
2.3.1 Parametry stroje	18
2.4 Řídící systémy strojů	19
3 VOLBA NÁSTROJŮ.....	21
3.1 Soustružnické nože	21
3.2 Frézy	23
3.3 Středící vrták a vrták a NC navrtávák.....	24
3.4 Závitník	25
3.5 Brusný kotouč.....	25
4 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY	27
4.1 Příkladky na obrábění	27
4.2 Návrh polotovaru.....	28
4.3 Upínání obrobku.....	30
4.4 Technologický postup.....	31
4.5 Sestavení programu s využitím osy Y pro NC soustruh.....	32
4.6 Časy obrábění	34
5 VYHODNOCENÍ TECHNOLOGIE VE FIRMĚ ANTREG, a. s.	35
Závěr	36
Seznam použitých zdrojů	37
Seznam příloh	40

Úvod

Cílem této bakalářské práce je, na základě zjištění současného stavu technologických možností, zajistit nejvhodnější možnou sériovou výrobu součásti tvaru hřídele v české firmě ANTREG, a. s.

Zavedení dílce tvaru hřídel do výroby dává prvotně velký prostor pro výběr obráběcích strojů a použitelných nástrojů, který je však postupně zužován parametry obráběného dílce jako jsou rozměry, použitý materiál a přesnostmi, kterých má být při výrobě dosaženo.

Práce je příkladem, jak zvýšit efektivnost výroby pomocí CNC strojů, které umožňují sdružení technologických operací, zejména soustružení, frézování a vrtání do jednoho výrobního zařízení. Lze tak zvýšit kvalitu i přesnost vyráběné součásti především snížením počtu upínání. Nezanedbatelné jsou také kratší časy výrobních operací. Pro přiblížení problematiky programování těchto zařízení je sestaven program pro soustruh s poháněnými nástroji a osou Y.

Nedílnou součástí kvalitní technologie je volba nástrojů, které jsou ve společnosti ANTREG, a. s. dostupné a jejichž specifikace soustředěná na obráběnou součást je jednou z priorit této bakalářské práce.

ANTREG a. s. je strojírenská firma která se nachází ve Vyškově u Brna. Její tradice strojírenské výroby sahá k počátku 20. stol. a je historicky spjata se subjekty jako Chirana, Autopal, Remagg nebo Zbrojovka. V současné době zaměstnává 135 pracovníků. Společnost se orientuje na malosériovou výrobu hotových celků i jednotlivých součástí. Nyní podnik eviduje více než 9 900 kusovníků a 12500 technologických postupů. Odběratelé jsou převážně v České republice, avšak malý podíl výrobků je rozdělen mezi státy Evropské Unie a Spojenými Státy Americkými.

Dílny pro třískové obrábění jsou vybaveny klasickými konvenčními stroji, zejména ale moderními CNC stroji převážně japonského výrobce Mori Seiki.



Obr. 1 Výrobní hala společnosti ANTREG, a. s.

1 SÉRIOVÁ VÝROBA SOUČÁSTI “HŘÍDEL“

Součást tvaru hřídel patří mezi velmi frekventované výrobní prvky. Je charakterizována převážně rotačními plochami různých rozměrů. Schopnost rozpoznání tohoto základního tvaru součásti náleží mezi primární vlastnosti, které jsou nutné pro zvolení vhodné technologie, jakou bude dílec zhotoven a jak bude vypadat jeho polotovár. Pro zvolení nejvhodnější technologie je velmi důležité, v jakém počtu se požaduje odběr hotových kusů.

Sériová výroba se vyznačuje tím, že celkové požadované množství vyrobených kusů je rozděleno do dílčích skupin. Ty jsou vyráběny v určeném časovém odstupu. Technologie výroby musí být zvolena tak, aby byla po uplynutí tohoto časového úseku zaručena reprodukovatelnost kvality výroby. Zavedení součásti hřídel do sériové výroby ovlivňují také možnosti a schopnosti výrobce. Je nezbytné disponovat výrobním zařízením, které opakovatelnost výroby umožňuje. Také vnitřní organizace výrobce a informační tok musí být na takové úrovni, aby veškeré potřebné výrobní prostředky a údaje pro opakovanou výrobu dané součásti byly dohledatelné.

1.1 Technologičnost konstrukce

Technologičnost konstrukce je soubor technicko-ekonomických vlastností, kterými je určen optimální způsob výroby požadované součásti s ohledem na produktivitu a ekonomičnost výroby.

Při hodnocení technologičnosti součástí obráběných na NC strojích je nutno vycházet ze:

- specifikace technologických prvků, které mají být na NC stroji v dané operaci provedeny,
- technologické charakteristiky NC strojů [1].

Při posuzování technologičnosti konstrukce součásti obráběné na NC stroji posuzujeme jednotlivé charakteristiky dané součásti :

- a) druh materiálu a polotovaru výrobku, z tohoto hlediska platí zásady používané při hodnocení,
- b) rozměrové charakteristiky součástí, výhodnější je obrábět na NC strojích součásti tvarově, složitější (vyšší ekonomický účinek) [1],
- c) stupeň unifikace prvků, sjednocení rozměrových parametrů konstrukčních prvků na obrobku, skupině obrobků, prováděných v rámci operace na NC stroji, které minimalizují počet použitých nástrojů [1],
- d) orientace polohy obrobku a jeho upnutí na stroji, kde cílem je zajistit správnou a požadovanou polohu, která umožní dosažení požadované přesnosti vzhledem souřadné soustavě stroje [1].

Hřídel je velmi často se vyskytující součástí a většina mechanických celků jako převodovky, čerpadla, motory atd. ji obsahují. Hlavní funkcí hřídele je rotační pohyb a přenos kroutícího momentu [2].

Součást “hřídel“ dle výkresové dokumentace je rotačního tvaru délky 205 mm a největším průměrem 75,mm. Drsnost povrchu je Ra 3,2 mimo třech válcových ploch, rozdílných průměrů, s požadovanou drsností Ra 0,8. Ve

střední části se nachází do trojhranu obrobena, původně válcová plocha. V této ploše se nachází zahloubení mělkého obdélníkového tvaru v níž je vyrobena drážka. V zahloubené ploše jsou čtyři slepé otvory se závity pro šrouby, které nesměřují do osy obrobku.

Tato součást dle výkresové dokumentace se jeví jako velmi vhodná pro výrobu na CNC soustruhu s rozšířenou soustavou os X, Y, Z a C s poháněnými nástroji. To je dáno tvarem součásti vyžadující operace soustružení, frézování, vrtání a závitování. Vzhledem k předepsaným rozměrům a drsnosti povrchu některých válcových ploch bude následovat broušení.

1.2 Dodržení rozměrů, tvaru a polohy

Jmenovité rozměry součásti hřídel jsou určeny výkresovou dokumentací. Předepsané tolerované rozměry z výkresové dokumentace jsou uvedeny v tab. 1.1.

Tab 1.1. Tolerance rozměrů součásti "hřídel" (3)

jmenovitý rozměr [mm]	úchylka [mm]		tolerance hřídele [mm]
	horní	dolní	
φ41,7h7	0	-0,025	0,025
φ44k6	+0,018	+0,002	0,016
φ42k6	+0,018	+0,002	0,016

Plochy s rozměry uvedenými v tab. 1.1 jsou k sobě vázány tolerancí polohy a tvaru. Předepsána je tolerance házení 0,05mm. Drsnost povrchu těchto je ploch Ra 0,8. Tyto požadavky budou dodrženy při dokončovacím obrábění na brusce. Polotovar bude výhodné upnout za středící důlky mezi hroty. Drsnost povrchu ostatních ploch je Ra 3,2. Tolerance ostatních rozměrů se řídí normou ISO 2768-mk. Pro splnění těchto požadavků plně dostačuje obrábění pomocí soustruhu a frézky.

Dodržení výsledků obrábění je nezbytné kontrolovat patřičnými měřicími přístroji nebo kalibry. Výsledný rozměr po obrábění musí ležet co nejbližší ke jmenovitému rozměru a včasným zjištěním odchylky při měření výrobku lze provést korekci nástroje a tak zabránit vyrobení zmetku.

Pro dodržení rozměrových a geometrických tolerancí se volí upnutí při výrobě tak, aby bylo na každé upnutí obrobena co nejvíce prvků se zřetelem na to, aby tento krok neztížil další obrábění. Vzhledem k uvažované výrobě na soustruhu s osou C a Y je velmi výhodná možnost na jedno upnutí obrobit všechny prvky nerotačního tvaru. Tento postupe eliminuje možné chyby polohy obrobku při přepínání.

1.3 Obrobitelnost materiálu součásti

Z hlediska technologie obrábění je obrobitelnost jednou z nejdůležitějších vlastností materiálu a v obecném smyslu ji lze definovat jako míru schopnosti daného konkrétního materiálu být zpracován některou z metod obrábění. Je hlavním činitelem, který ovlivňuje volbu řezných podmínek pro funkci nástroje při všech metodách obrábění. Obrobitelnost závisí na mnoha faktorech, z nichž nejdůležitější jsou:

- způsob výroby a tepelného zpracování obráběného materiálu,
- mikrostruktura obráběného materiálu,
- chemické složení obráběného materiálu,
- fyzikální a mechanické vlastnosti obráběného materiálu,
- metoda obrábění,
- řezné podmínky,
- řezné prostředí,
- geometrie nástroje,
- druh a vlastnosti nástrojového materiálu [4].

Materiál uvedený na výkresové dokumentaci součásti je značen WNr. 1.4300. Jedná se o německé značení Werkstoff-Nummer a odpovídá mu ekvivalent ČSN 17 240. [5] Jedná se tedy o korozivzdornou austenitickou ocel. Tato ocel se ve velkém měřítku používá na zařízení v chemickém a potravinářském průmyslu, ale např. i pro chirurgické nástroje. Důležité vlastnosti jsou uvedeny v tab. 1.2.

Tab. 1.2 vlastnosti oceli 17 240 (5)

značení	WNr.	ekvivalent ČSN				
	1.4301	17 240				
chemické složení						
C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S
max. 0,07	max. 2,0	max. 1,0	17,0-20,0	9,0-11,5	max.0,045	max. 0,03
mechanické vlastnosti oceli 17 240						
polotovar	tyče					
rozměr	φ60-150					mm
stav	.4					
mez kluzu Re	186					MPa
mez pevnosti Rm	490-686					MPa
hustota ρ	7 900					[kg.m ⁻³]
technologické údaje						
obrobitelnost	9b					
odolnost proti degradačním procesům						
odolává korozi v pasivním a v některých prostředích i v aktivním stavu; velmi dobře odolává atmosférické korozi; odolnost se leštěním povrchu zvyšuje, klesá však s zpevněním povrchu při tváření za studena.						

Z těchto údajů budeme vycházet při volbě nástrojů a stanovení řezných podmínek.

2 TECHNOLOGIE PRO VÝROBU HŘÍDELE

Tvar hřídele dle výkresové dokumentace a z výše zjištěných údajů bude zhotoven výhradně třískovým obráběním. Všechny tvary jsou vhodné pro běžné metody výroby s možností využití moderních programově řízených strojů které společně s vhodně zvolenými nástroji výrazně dokáží výrobu zrychlit a zpřesnit. Bude tedy zřejmě použito technologií:

- řezání,
- soustružení,
- frézování,
- vrtání,
- broušení.

2.1 Technologické možnosti ve firmě ANTREG, a. s.

Dílny firmy ANTREG, a. s. disponují výrobním zařízením českých i zahraničních výrobců. Firma je vybavena technologiemi pro:

- lakování,
- objemové a plošné tváření,
- přesné vrtání,
- CNC elektroerozivní obrábění,
- soustružení,
- frézování,
- broušení,
- CNC měření 3D,
- vakuové pokovení.



Obr. 2.1 Stanoviště CNC soustruhů firmy ANTREG, a. s.

Protože pro výrobu součásti "hřidel" jsou vhodné technologie uvedené v kapitole 2, je možné tyto jinak jednotlivé operace částečně sloučit a provést je vhodně vybaveným obráběcím strojem. Společnost ANTREG a. s. má takové stroje k dispozici. Jsou ovšem různé konfigurace a tak bude proveden výběr nejvhodnějšího stroje. Všechny jsou však vyrobeny v Japonsku výrobcem Mori Seiki. Jde o CNC soustruhy výrobní řady NL. Soupis těchto zařízení je uveden v Tab. 2.1.

Tab. 2.1 Soupis strojů a porovnání s NL2500/700

stroj Mori-seiki	vzájemný rozdíl
NL 2500/700	bez osy Y
NL 2500/700Y	stroj je doplněn o osu Y
NL 2500/700SY	stroj se doplněn o osu Y a protivřetenem

Soustruh pouze s označením NL 2500/700 není vybaven osou Y a tak je zde možné obrábět poháněnými nástroji pouze takové prvky obrobku, jejichž osa se protíná s osou obrobku. Tento stroj tedy není vhodný pro výrobu součásti "hřidel" dle výkresové dokumentace z důvodu mimostředního obrábění.

Soustruh NL 2500/700Y je vybaven osou s možností posuvu ± 50 mm.

Soustruh NL 2500/700SY je vybaven osou s možností posuvu ± 50 mm a protivřetenem. Sklíčidlo upevněné na vřetenu stroje je však malé velikosti a vybaveno pneumatickým vyhazovačem, který znemožňuje vsunutí součásti "hřidel" do případného vrtání vřetene. Stroj vyhovuje pro výrobu součásti za předpokladu, že do protivřetene bude upnut otočný hrot. Výroba by však byla neekonomická vzhledem k nevyužití protivřetene pro samotnou výrobu. Je to však alternativní řešení, při poruše stroje NL2500/700Y, který se jeví jako nejvhodnější varianta pro výrobu součásti "hřidel".

2.2 Soustruh MORI SEIKI řady NL 2500Y

NL 2500/700Y je stroj japonského výrobce Mori Seiki určený pro operace soustružení s možností využití poháněných nástrojů. Tím jsou funkce soustruhu rozšířeny o frézování, vrtání atd.

Stroj je díky své hmotnosti a masivnímu litinovému loži velmi stabilní. Hlavní vřeteno je současně i rotorem motoru. Toto je prvkem, jak zamezit vibracím způsobených při přenosu točivé síly. Vřeteno opatřené sklíčidlem je ovládáno pomocí podlahového spínače nohou pracovníka. Nástrojová otočná hlava je umístěna v pracovním prostoru za obrobkem. To umožňuje dobrý přístup k obrobku. Do hlavy se pomocí příslušných nástrojových držáků upínají buď soustružnické nože nebo poháněné rotační nástroje. Mori Seiki jako první výrobce na světě zabudoval motor poháněných nástrojů do tělesa nástrojové hlavy.

Japonská společnost Mori Seiki použila vpravdě revoluční konstrukční řešení, když umístila vestavný motor poháněných nástrojů přímo do těla nástrojové hlavy. Tím došlo jednak ke zjednodušení konstrukce, ale zejména k dramatickému nárůstu možností a schopností poháněných nástrojů na

“standardním“ soustruhu. Odstraněním všech mechanických vazeb se radikálně zmenšily vibrace a ztráty energie převodem. Tepelná stabilita je zaručena chlazením motoru nuceným oběhem. Ve spojení s mimořádně tuhými poháněnými nástroji (vyšší tuhost než u kuželu 30) je možné použití plátkových fréz a to až do průměru 80 mm! [6].

Odstranění převodů a vložení motoru přímo do nástrojové hlavy má i své negativní stránky. Výkonová charakteristika motoru totiž dosahuje nejlepších výsledků nad hodnotou 600 ot.min^{-1} . V praxi tedy může nastat situace, kde při nízkých otáčkách poháněného nástroje dojde k přetížení a zastavení stroje. Příkladem může být operace závitování závitníkem větších rozměrů např. M22. Možnost zařazení vhodnějšího převodu by tento problém mohl vyřešit. Součást “hřídel“ však takový prvek neobsahuje a tak tento jev nehrozí.

Pracovní prostor obklopuje krytování s otvorem pro odsávání mlhoviny filtračním zařízením. Pro usnadnění a urychlení výroby je stroj opatřen také vynašečem třísek.



Obr. 2.2 Soustruh Mori Seiki NL2500/700Y

2.2.1 Parametry stroje

Při hodnocení, je-li možno obrábět prvky součásti na uvažovaném stroji, je nutno vycházet nejen ze specifikace obráběných prvků, ale také z technologických charakteristik stroje [7]. Mezi tyto charakteristiky patří:

- rozměrová charakteristika stroje,
- soustava souřadných os,
- velikost odměřovací jednotky,
- dosažitelná přesnost,
- výkonové charakteristiky pohonů,
- počet nástrojů použitelných v automatickém cyklu [7],
- druh řídicího systému [19].

Tab. 2.2 Technické údaje soustruhu MORI SEIKI NL2500Y (8)

	popis	rozměr	velikost
Základní rozměry stroje	výška x délka x šířka	2120 x 3100 x 1922	[mm]
	hmotnost	6100	[kg]
Kapacita stroje	maximální průměr obrobku	356	[mm]
	maximální délka obrobku	705	[mm]
	vrtání ve vřetenu	81	[mm]
Dráhy os	posuv osy X	260	[mm]
	posuv osy Z	795	[mm]
	posuv osy Y	100 (± 50)	[mm]
	posuv osy C	360°	[°]
Hlavní vřeteno	max. otáčky vřetena	4000	[min ⁻¹]
	min. inkrement osy C	0,001	[°]
	výkon motoru vřetena	15	[Kw]
Nástrojová hlava	počet pozic	12	
	velikost upínání	25 x 25	[mm]
	průměr vrtání	50	[mm]
	max. otáčky nástrojů	6000	[min ⁻¹]
	čas výměny nástroje	0,25	[s]
	výkon motoru nástrojů	5,5	
Rychloposuv	osy X a Z	30000	[mm.min ⁻¹]
Řídicí systém	MSX-850		
Přídavné vybavení stroje			
Skříň	Kitagawa	φ250	[mm]
Dopravník třísek			
Odebírání obrobků		Max. φ80x200	[mm]
Nožní ovladač vřetena			

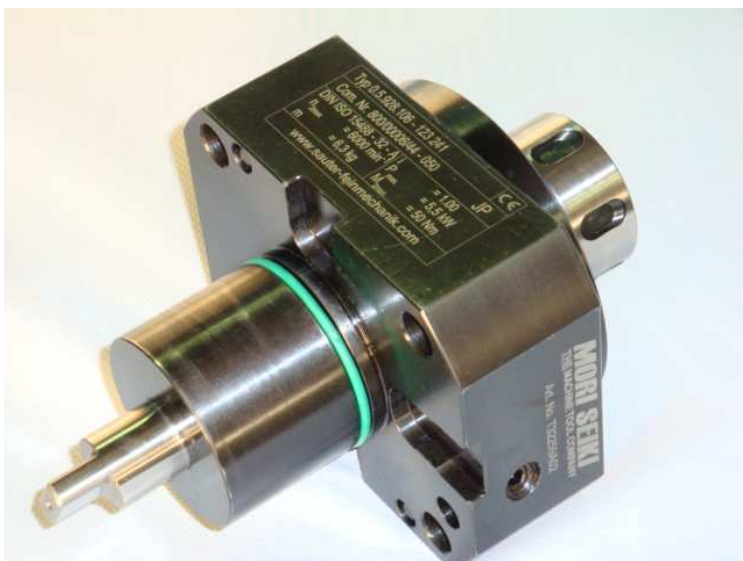
Zhodnocením údajů z tabulky 2.2 vyplývá, že uvedený CNC soustruh je bez potíží schopen výroby součástí hřídel, a to i z pohledu frézovacích, vrtacích a závitovacích operací. Se zjištěnými údaji budeme pracovat při volbě nástroje z pohledu upínání a při stanovení řezných podmínek z pohledu výkonů motorů.

2.2.2 Upínací systém nástrojů

Soustružnické nástroje s čtvercovým průřezem jsou upínány v axiálním nebo radiálním držáku pomocí dvou klínů a pevného dorazu. Při dotažení upínacích šroubů se první pohyblivý klín vtlačí mezi druhý pevný klín, stopku nástroje a pevný doraz. Stopka nástroje je sevřena po celé délce, která je do držáku zasunuta. Upnutí je stabilní a nedochází k samovolnému povolování vibracemi, které mohou nastat. Samotný držák je nasazen na nástrojovou hlavu a jeho poloha je zajištěna pomocí kamenů (přesné výstupky na nástrojové hlavě zajišťující polohu držáku). Držák je s hlavou spojen čtyřmi šrouby.

Axiální držáky pro upínání nástrojů s kruhovým průřezem jsou k nástrojové hlavě upnuty stejným způsobem. Vrtání v držáku je možné do ϕ 50 mm.

Pro poháněné nástroje se dodávají držáky axiální, radiální a úhlově stavitelné. Spojení hnané hřídele držáků s vřetenem motoru je realizováno pomocí



Obr. 2.3 Radiální držák poháněných nástrojů

tvarově souhlasných plochých prvků. Radiální držák poháněných nástrojů stroje řady NL2500 je na obr. 2.3. Radiální držáky neobsahují žádné převody. Pouze u axiálních a stavitelných držáků zajišťuje převod změnu směru osy rotace. Nástroje s válcovou stopkou jsou upnuty kleštinami typu ER. Ve firmě ANTRON, a. s. jsou držáky pro kleštiny velikosti ER 32 a ER 40. I tady je upnutí nástroje velmi stabilní a v běžném provozu frézování a vrtání se neprojevují nežádoucí jevy.

Stroj je vybaven nástrojovou sondou ukrytou stabilně ve vnitřním prostoru stroje za sklíčkem a pro měření je nutné ji vyklonit směrem k nástroji. Tím se aktivuje funkce měření nástrojů.

realizováno pomocí tvarově souhlasných plochých prvků. Radiální držák poháněných nástrojů stroje řady NL2500 je na obr. 2.3. Radiální držáky neobsahují žádné převody. Pouze u axiálních a stavitelných držáků zajišťuje převod změnu směru osy rotace. Nástroje s válcovou stopkou jsou upnuty kleštinami typu ER. Ve firmě ANTRON, a. s. jsou držáky pro kleštiny velikosti ER 32 a ER 40. I tady je

2.3 Bruska KELLENBERGER KEL-VISTA

Kel-vista je CNC stroj švýcarského výrobce Kellenberger určený pro broušení vnějších a vnitřních rotačních ploch a je vyobrazen na obr. 2.4.

Základní provedení stroje, který je ve firmě ANTREG, a. s. k dispozici je charakterizováno těmito vlastnostmi:



Obr. 2.4 KELLENBERGER kel-vista R1000/175

Lože stroje je litinové a ustavené ve třech bodech. Tento materiál má velmi dobré útlumové vlastnosti. Předepjaté lineární vedení saní (v ose X) s nízkým třením zaručuje spolehlivý a přesný přísuv i ve velmi malých krocích. Kluzná vedení podélného pohybu stolu (v ose Z) jsou odolná proti opotřebení. AC motory Fanuc obou os jsou připojeny přímo s kuličkovými šrouby. Zajištění polohy pomocí otočného systému

s rozlišením absolutních hodnot 0.001 mm. Stroj je vybaven horním výkyvným stolem s výkyvem 6°. Lože stroje je důsledně odděleno kryty které zabraňují nežádoucím fyzikálním jevům a mechanickému poškození.

Brousící hlava osazena třemi brusnými kotouči pro vnější válcové rotační plochy, čela a vnitřní broušení je opatřena Hirthovým ozubením které umožňuje otáčení kolem osy Y (osa B). Podle požadovaného broušení se hlava elektronicky natáčí tak, aby byl určený kotouč v pracovním prostoru stroje. Brusný kotouč umístěný na levé straně hlavy je určen pro broušení vnějších rotačních ploch válcových, kuželových a obecného rotačního tvaru. Při otáčení hlavy ho chrání automatický kryt. Brusný kotouč na pravé straně hlavy je určen pro broušení čel a některých typů zápichů. Osa tohoto kotouče v pracovním záběru není obvykle rovnoběžná s osou obrobku. Po otočení hlavy o 180° se ustaví v pracovním prostoru kotouč pro vnitřní broušení. V hlavě jsou zabudované motory zvláště pro vnější a vnitřní broušení chlazené vodou s uzavřenou cirkulací přes tepelný výměník. Motor vnitřního broušení je opatřen hybridními ložisky s dlouhodobou mazací náplní. Mazání třecích ploch všech pohyblivých prvků sledují elektronická čidla proudění mazacího oleje.

Pracovní vřeteník je opatřen upínacím kuzelem a výrobce udává dodržení kruhovitosti do 0,5 μ m při letném broušení.

Koník má ve výbavě funkci korekce kuželovitosti obrobků a pinola upravená nitridováním umožňuje zdvih 50 mm. Pohyb zajišťuje pneumatický pohon a ovládaní je možné pomocí podlahového spínače ovládaného nohou pracovníka. Stroj je vybaven plným krytováním, odsávacím mlhoviny z pracovního prostoru a filtračním zařízením s papírovým filtrem a magnetickým separátorem.

Moderní odměřovací systémy pro kontrolu přesnosti výroby jsou zárukou kvality a přesnosti stroje. Tato zařízení také pomáhají eliminovat možné kolize kotoučů s obrobkem.

Měřicí systémy a senzory:

- KEL-POS

zařízení upnuto na brousící hlavě vlevo, sloužící ke zjištění polohy obrobku v ose Z,

- KEL-TOUCH

najížděcí senzor pro vnější kotouče. Zařízení krátí čas tzv. broušení naprázdno,

- KEL-BALANCE

vyvažovací zařízení,

- Movomatic CR 100

měřicí hlava s rozsahem měření 4 - 100mm.

2.3.1 Parametry stroje

Tab. 2.3 Technické údaje brusky KELLENBERGER Kel-vista [9]

	popis	rozměr	jednotka
Základní rozměry stroje	výška x délka x šířka	1600 x 3000 x 1700	[mm]
	hmotnost	4250	[kg]
Kapacita stroje	výška hrotů nad ložem	175	[mm]
	maximální délka obrobku	1000	[mm]
	maximální hmotnost obrobku	100	[kg]
Brousící hlava	rozsah	-210/ + 10	[°]
	polohování	1	[°]
	počet kotoučů	3	
	výkon motoru	6	[Kw]
Vnitřní broušení	výkon motoru	2,2	[Kw]
	rozsah otáček	6000 - 21000	[min ⁻¹]
Hlavní vřeteno	upínací kužel	MK5	
	rozsah otáček	8-800	[min ⁻¹]
Brousící kotouče	levý	450 x 63 x 203	[mm]
	pravý	300 x 40 x 127	[mm]
Koník a pinola	korekce kuželovitosti	± 0,06	[mm]
	zdvih pinoly	50	[mm]
	přítlak pinoly	200 - 700	[N]
	upínací kužel	MK4	
Rychloposuv	osy X	12	[m.min ⁻¹]
Rychloposuv	osy Z	6	[m.min ⁻¹]
Řídicí systém	Fanuc 21i		

2.4 Řídicí systémy strojů

Řídicí systém stroje Kellenberger Kel-vista je FANUC 21i

Společnost GE Fanuc Automation byla založena v roce 1986 jako společný podnik firem General Electric Co. (GE), USA, a FANUC Ltd. , Japonsko. FANUC má více než padesátiletou praxi v oblasti automatizace výroby a je vedoucí společností na světovém trhu technologie CNC. Do skupiny FANUC také patří FANUC Robotics, leader světového trhu v oblasti průmyslových robotů.

Řídicí systémy FANUC nebo GE Fanuc dosahují bezmála příslovečné kvality a spolehlivosti. Podle statistických údajů je jejich střední doba mezi poruchami 14 let. To znamená, že pokud obráběcí stroj pracuje normálním způsobem, dojde k závadě způsobené řídicím systémem statisticky pouze jednou za 14 let. Uživatelé potvrdili tuto spolehlivost v řadě průzkumů. Řídicí systémy FANUC nebo GE Fanuc jsou používány dokonce i v automobilovém průmyslu, který je známý svými mimořádně vysokými nároky. Uvedená statistická poruchovost získala různá ocenění od mnoha výrobců obráběcích strojů. Úspěch je odrazem spolehlivosti a kvality. K dnešnímu dni bylo na celém světě distribuováno více než 1,4 milionu řídicích systémů FANUC CNC [10].

Řídicí systém Fanuc 21i je určen pro CNC s vysokou rychlostí, vysokou přesností a s řízením v nanometrické přesnosti pro široký rozsah velmi náročných aplikací u obráběcích strojů.

Hlavní vlastnosti:

- řízení stroje s vysokou rychlostí a krátkou dobou cyklu (program logického řízení stroje),
- široký rozsah komunikačních funkcí,
- otevřené systémy CNC podporují široký rozsah software,
- vysokorychlostní připojení umožní dosáhnout vysokého výkonu systému,
- PCMCIA pro rychlou aktualizaci programů a dat, kartu PCMCIA lze snadno zasunout do slotu zepředu na displejové jednotce LCD,
- velmi kompaktní, velmi tenký otevřený systém CNC,
- vynikající a snadná obsluha, snadná údržba [11].

Maximální počet řízených os tímto systémem je pět a řízených vřeten dvě. Současné řízení je možné ve čtyřech osách. Řídicí systém Fanuc 21i obsahuje bruska KELLENBERGER Kel-vista R175/1000, jejíž ovládací panel je vyobrazen na obr. 2.5.



Obr. 2.5 Ovládací panel brusky Kellenberger Kel-vista R175/1000 s řídicím systémem Fanuc 21i

Řídicí MSX-850 systém stroje Mori Seiki NL 2500Y se velmi podobá svým prostředím systému Fanuc. Právě proto bývá velmi často zaměňován, a to i samotnými prodejci strojů tohoto výrobce, přesně tak, jak se to stalo i v tomto případě ve firmě ANTREG, a. s. Jedná se ale o systém Mitsubishi. Stroj má komunikační funkce rozšířené o USB 2.0.



Obr. 2.6 Ovládací panel soustruhu Mori Seiki NL2500/700Y s řídicím systémem MSX-850

3 VOLBA NÁSTROJŮ

Volba nástrojů je důležitá činnost, která ovlivňuje mnoho faktorů jako rychlost a hospodárnost výroby. Firma ANTREG, a. s. spolupracuje s více dodavateli, nejvíce však s dodavateli ISCAR a GARANT. Toto omezení je vysvětleno nižší cenou oproti konkurenci při vyšším odběru a také menší náročností pro obsluhu strojů, protože dlouhodobým používáním nástrojů těchto výrobců je dokonale znají a dokáží vyhodnotit, které jsou pro danou operaci nejvhodnější. Na základě těchto skutečností jsou tedy vybírány nástroje převážně výše uvedených výrobců.

3.1 Soustružnické nože

CNC soustruhy ve firmě ANTREG, a. s. jsou vybaveny převážně soustružnickými noži od výrobce ISCAR. Jde o soustružnické nože s výměnnou břitovou destičkou (dále jen „VBD“) izraelského dlouhodobě zavedeného výrobce nástrojů. Protože firma dlouhodobě odebírá větší množství těchto nástrojů pro obrábění, tak jsou ceny tohoto výrobce pro společnost zvláště výhodné. Soupis nástrojů, které jsou k dispozici je uveden v tab. 3.3. Proto je vycházeno z této skutečnosti a vybíráno z nejnovějších katalogů tohoto výrobce.


Soustružnické nože a VBD jsou vybírány na základě:

- Druhu a obrobitelnosti materiálu,
- Podle typu řezu (přerušovaný/nepřerušovaný),
- Tvaru součásti,
- Typu technologického úkonu,
 - Hrubování,
 - Dokončování,
- Ceny.

Pro hrubovací soustružení je vybrán nůž PDJNR 2525M-15. Tento tvar nože je zvolen z důvodu jinak možné kolize s otočným hrotem při soustružení.

Na základě výše uvedených údajů a vlastnostem materiálu je vyhodnocena VBD. Jako vhodná varianta se jeví VBD DNMG 150608-TF. Její vlastnosti a hodnoty doporučené výrobcem jsou uvedeny v tab. 3.1. Tyto hodnoty budou použity při sestavování programu.

Tab. 3.1 Soustružnický nůž a pracovní hodnoty VBD pro hrubovací soustružení (12)

výrobce	označení nože				náhled
Iskar	PDJNR 2525M-15				
	označení VBD				
Iskar	DNMG 150608-TF				
substrát	povlak	Vc [m.min ⁻¹]	f [mm.ot ⁻¹]	ap [mm]	
ISO M15	TiCN+ Al ₂ O ₃ +TiN	100-180	0,15-0,30	1-3,5	


Obr. 3.1 VBD DNMG 150608-TF (12)

Pro dokončovací soustružení je vybrán nůž PDJNR 2525M-15. Důvody pro zvolení tohoto nože jsou stejné jako při hrubovacím úkonu.

Dokončovací soustružení bude probíhat za odlišných pracovních hodnot než hrubovací. Důvodem je získání kvalitnějšího povrchu a dosažení požadované přesnosti.

VBD s označením DNMG 150608-WG je opatřena utvařečem třísek pro dokončovací soustružení obchodního označení Wiper. Technické údaje jsou uvedeny v tab. 3.2.

Tab. 3.2 Soustružnický nůž a pracovní hodnoty VBD pro dokončovací soustružení (12)

výrobce	označení nože				náhled
Iscar	PDJNR 2525M-15				
	označení VBD				
Iscar	DNMG 150608-WG				
substrát	povlak	Vc [m.min ⁻¹]	f [mm.ot ⁻¹]	ap [mm]	
ISO M05-20	TiCN+ Al ₂ O ₃ +TiN	100-200	0,20-0,50	1-2,5	

Obr. 3.2 VBD DNMG 150608-WG (12)

Tab.3.3 Vnější nože dostupné ve firmě ANTREG, a. s.


Výrobce	označení	Dostupných kusů
ISCAR	PDJNR 2525-3M	7
	PCLNR 2525K-11	5
	PDJNR 2525M-15	2
	PGNLR 2525M-12	2
	SVJNR 2525-12F	6
	SCLCR 2525M-12	5
	SVJCR 2525M-12	5
	SDJCR 2525M-11	7
	PDJNR 2525M 15	6
	CKJNR 2525K-16	2
	DSKNR 2525M-12	1
	PSDNN 2525K-12	1
	MTJNR 2525-16W	2
	SVVCN 2525M-16	1
	STFCR 2525K-16	2
	TSDNN 2525M-12CH	1
	TDJNR 2525M-15CH	1
	PQSNR 2525M-12	4
	PWLNLR 2525M-06X	1
	PDJNL 2525M-15	4

3.2 Frézy

Hodnoty pro frézování jsou dle doporučení výrobců nástrojů pro výše popsanou austenitickou korozivzdornou ocel.


- Pro výkonné frézování ploch je zvolena čelní nástrčná fréza výrobce Ceratizit pod obchodním označením MaxiMill s VBD výrobce WNT. Technické údaje jsou uvedeny v tab. 3.4.

Tab. 3.4 Čelní nástrčná fréza ϕ 40 mm a pracovní hodnoty VBD (13)

výrobce	označení frézy		poč. zubů	náhled	
Ceratizit	MaxiMill A211.40.R.06-11		6	 <p>Obr. 3.3 Fréza MaxiMill</p>	
	označení VBD	substrát	povlak		
WNT	XDKT 11T308SR-R50	ISO M30	TiC+TiN		
Vc [m.min ⁻¹]	fz [mm]	n [min ⁻¹]	Vf [mm.min ⁻¹]		ap [mm]
60-140	0,08-0,15	800	65		2-4


- Pro hrubovací frézování zahluobené plochy (kapsy) je zvolena fréza ze SK výrobce GARANT. Technické údaje jsou uvedeny v tab.3.5.

Tab. 3.5. Fréza ϕ 20 mm a výrobcem doporučené pracovní hodnoty (14)

výrobce	ϕ d [mm]	poč. zubů	materiál	povlak	náhled
Garant	20	4	SK	TiAlN	 <p>Obr. 3.4 fréza ϕ 20 (15)</p>
Vc [m.min ⁻¹]	fz [mm]	n [min ⁻¹]	Vf [mm.min ⁻¹]	ap [mm]	
80	0,06	1275	250	4-8	


- Pro zhotovení drážky a dokončení kapsy je zvolena monolitická fréza ze SK výrobce GARANT. Technické údaje jsou uvedeny v tab. 3.6

Tab. 3.6 Fréza ϕ 8 mm a výrobcem doporučené pracovní hodnoty (14)

výrobce	ϕ d [mm]	poč. zubů	materiál	povlak	náhled
Garant	8	4	SK	TiAlN	 <p>Obr. 3.5 fréza ϕ 8 (15)</p>
Vc [m.min ⁻¹]	fz [mm]	n [min ⁻¹]	Vf [mm.min ⁻¹]	ap [mm]	
50	0,025	2000	290	2-6	

- Pro zhotovení drážky je zvolena monolitická fréza ze SK výrobce GARANT. Technické údaje jsou uvedeny v tab. 3.7.

Tab. 3.7. Fréza ϕ 5 mm a výrobcem doporučené pracovní hodnoty (14)

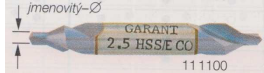
výrobce	ϕ d [mm]	poč. zubů	materiál	povlak	náhled
Garant	5	4	SK	TiAlN	 Obr. 3.6 fréza ϕ 5 (15)
Vc [m.min ⁻¹]	fz [mm]	n [min ⁻¹]	Vf [mm.min ⁻¹]	ap [mm]	
50	0,013	3100	160	2-6	

3.3 Středící vrták a vrták a NC navrtávák

- Středící vrták

Pro vyhotovení středícího otvoru typu A v čele součásti hřídel je vybrán středící vrták výrobce GARANT. Technické údaje jsou uvedeny v tab. 3.8.


Tab. 3.8 Středící vrták a doporučené pracovní hodnoty (14)

výrobce	ϕ d [mm]	typ	materiál	povlak	náhled
Garant	5	A	HSS	TiAlN	 Obr. 3.7 Středící vrták (15)
Vc [m.min ⁻¹]	f [mm]	n [min ⁻¹]	Vf [mm.min ⁻¹]		
10-15-20	0,04	955	38		

- NC navrtávák

Pro správné středění vrtáku v ploše kapsy a zahloubení pro závit M6 součásti hřídel je vybrán středící vrták výrobce GARANT. Technické údaje jsou uvedeny v tab. 3.9.


Tab. 3.9 NC navrtávák a doporučené pracovní hodnoty (14)

výrobce	ϕ d [mm]	stoupání	materiál	povlak	náhled
Garant	8	25°	HSS	TiAlN	 Obr. 3.8 NC navrtávák (15)
Vc [m.min ⁻¹]	f [mm]	n [min ⁻¹]	Vf [mm.min ⁻¹]	délka [mm]	
13-19-25	0,04	756	33	79	

- Vrták

Pro vyhotovení otvoru pro závit M6 v ploše kapsy součásti hřídel je vybrán vrták ze SK výrobce GARANT. Technické údaje jsou uvedeny v tab. 3.10.


Tab. 3.10 Vrták a doporučené pracovní hodnoty (14)

výrobce	ϕ d [mm]	stoupání	materiál	povlak	náhled
Garant	5	28°	SK	TiAlN	 Obr. 3.9 Vrták (15)
Vc [m.min ⁻¹]	f [mm]	n [min ⁻¹]	Vf [mm.min ⁻¹]	Délka [mm]	
30-35-40	0,09	2204	200	66	

3.4 Závítník

- Pro vyhotovení závitu M6-6h v ploše kapsy součásti hřídel je vybrán závítník výrobce GARANT. Technické údaje jsou uvedeny v tab. 3.11.

Tab 3.11. Závítník a doporučené pracovní hodnoty (14)

výrobce	velikost	stoupání	materiál	povlak	náhled
Garant	M6	40°	HSS	TiCN	 Obr. 3.10 Závítník M6-6h (15)
Vc [m.min ⁻¹]	f [mm]	n [min ⁻¹]	délka [mm]		
1,5	1	80	80		

Povlak nástroje zvyšuje jeho odolnost proti abraznímu opotřebení [18] a stoupání zajistí dostatečný odvod třísky z otvoru.

3.5 Brusný kotouč

Abrazivní metody obrábění jsou charakterizovány použitím nástrojů s nedefinovanou geometrií břitu a představují nejvíce využívané aplikace při obrábění strojírenských součástí, u kterých jsou kladeny vysoké požadavky na přesnost tvaru a rozměrů a drsnost povrchu obrobených ploch [20].

Jelikož se jedná o broušení korozivzdorného nekaleného materiálu s požadovanou drsností povrchu Ra 0,8, bude vhodné vybrat spíše pórovitější kotouč, aby nedocházelo k zanášení nedokonalým odvodem třísek. Broušení bude realizováno s axiálním pohybem.

- Pro obrábění součásti "hřídel" je zvolen brusný kotouč výrobce Rappold-winterthur. Technické parametry jsou uvedeny v tab. 3.12.

Tab. 3.12 Označení brusného kotouče a pracovní hodnoty

1	2	3	4	5	6	7	8
A	450x50x203,2	54A	60	K	5	V	088
	a_e [mm]	Vc [m.min ⁻¹]	Vw [m.min ⁻¹]	f_a [m.min ⁻¹]			
	0,001-0,008	35	20	0,2-0,4.b _s			

Tab. 3.13 Legenda k označení kotouče (16)

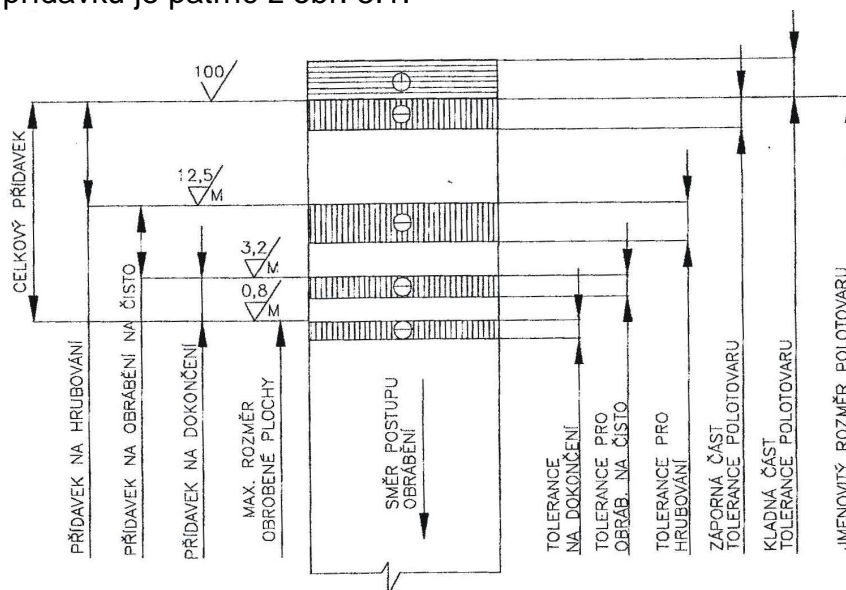
čís.	popis dle ČSN ISO 525	vlastnosti kotouče
1	tvar	kotouč plochý
2	rozměry	450x50x203,2
3	kvalita zrna	sinterkorund
4	velikost zrn	velikost zrna je 0,35mm
5	tvrdost	střední tvrdost
6	struktura	polohutná
7	typ pojiva	keramické pojivo
8	maximální obvodová rychlost	45 m.min ⁻¹

4 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY

Návrh technologie výroby je sestaven pro ekonomickou efektivní výrobu. Je brán zřetel na možnosti výrobce a respektovány jeho požadavky. V dnešní době hospodářské krize a snížení zakázek ve strojírenském odvětví převládá spíše trend co nejlevnější výroby nad produktivitou, aby cena výroby byla konkurenceschopná.

4.1 Přídavky na obrábění

Pro dodržení rozměrů a geometrie je třeba určit přídavky na obrábění. Schéma přídavků je patrné z obr. 5.1.



Obr. 5.1 Schéma rozložení operačních přídavků a tolerancí [16]

Velikost polotovaru je závislá na celkovém přídavku na obrábění. Celkový přídavek je vrstva materiálu, kterou je nutné odstranit z polotovaru, aby vznikla hotová obrobena součást [17]. Ten je volen tak, aby byl zaručen dostatečný prostor pro obráběcí operace a aby byla odstraněna rozrušená vnější vrstva polotovaru. Přídavek stanoven dle vzorce 4.1.

Celkový přídavek na obrábění pro určení polotovaru (17):

$$Z_{\phi} = \frac{5 \cdot d}{100} + 2 \quad (4.1)$$

$$Z_{\phi} = \frac{5 \cdot d}{100} + 2$$

$$Z_{\phi} = 5,75 \text{ mm}$$

$$D = 75 + 5,75 = 80,75 \text{ mm}$$

Z výpočtu vyplývá, že polotovary by měly mít nejbližší větší rozměr průměru 80,75 mm.

Z výkresové dokumentace je patrné, že některé válcové plochy součástí budou dokončeny broušením, a tak je nutné určit i mezioperační přídávky na tato obrábění. Přídavek je určen dle tab. 4.1. Tabulka je obsáhlá a proto je zde uvedena pouze část potřebná k řešení zadaného úkolu. Celá je uvedena v příloze. V tab. 4.2 jsou uvedeny rozměry pro dokončení broušením.

Tab. 4.1 Velikost přídávky a mezních úchylek operačního rozměru pro válcové broušení v hrotech (17)

Jmenovitý průměr [mm]		Délka součásti L=160 – 400 [mm]		Drsnost před broušením
přes	do	Z_ϕ	ΔZ_ϕ	
30	50	0,40	-0,100	Ra 3,2

Tab. 4.2 Rozměry s přídávky na broušených plochách mezi hroty

Jmenovitý rozměr	Velikost přídávky	Tolerance rozměru přídávky	Rozměr po soustružení	
			Max.	Min.
ϕ 41,8	0,40	+0 -0,100	ϕ 42,2	ϕ 42,1
ϕ 44	0,40	+0 -0,100	ϕ 44,4	ϕ 44,3
ϕ 42	0,40	+0 -0,100	ϕ 42,4	ϕ 42,3

4.2 Návrh polotovaru

Polotovar součásti hřídel:
korozivzdorná ocel 17 240.

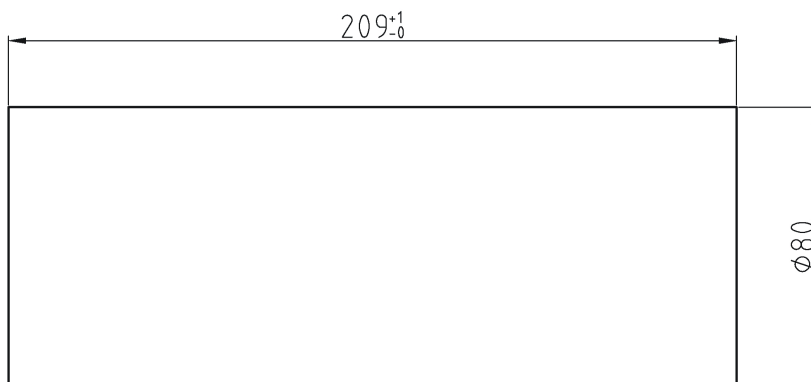
Největší průměr polotovaru z výpočtu podle vzorce 4.1 je 80,75 mm. Vzhledem ke zvolení technologie obrábění a možnosti výběru tyče upřednostním polotovar nejbližšího menšího průměru 80,75. Rozhoduji tak s ohledem na průměr vrtání ve vřetenu CNC soustruhu MORI SEIKI NL2500Y a protože tyč polotovaru je vyrobena v toleranci ± 1 mm. Tento krok výrazně ulehčí technologii výroby. Celkový přídavek na obrábění je tedy nejméně 4mm a tak zřejmě plně dostačující.

Přídavek na délku polotovaru je zvolen 4 mm. S ohledem na podřezání při dělení pouze s kladnou tolerancí rozměru +1 mm. Celková délka je tedy 209+1 mm. Protože firma ANTREG, a. s. nemá volné kapacity na dělení materiálu a pila by nebyla pro svůj stav na dělení materiálu vhodná, nezbyvá než materiál dělit v kooperaci. Výhodou se jeví garance rozměru dodavatelem a tak odpadá možnost vlastní zmetkovitosti při dělení.

Rozměry polotovaru:

ČSN 41 7240 ϕ 80 x 209

ČSN 425510.11 tyč válcovaná za tepla



Obr. 1.1 Rozměry polotovaru

Výpočty hmotností polotovaru, materiálu pro sérii a roční spotřeba materiálu. Sekundárně je ověřeno, jestli je potřeba k manipulaci použít manipulační techniku.

Hustota materiálu: $\rho = 7900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Hmotnost polotovaru (3):

$$m = \pi \cdot r^2 \cdot L \cdot \rho \quad (4.2)$$

$$m = \pi \cdot 0,04^2 \cdot 0,29 \cdot 7900$$

$$m = 11,51 \text{ kg}$$

Hmotnost materiálu pro sérii:

$$m_s = n_s \cdot m \quad (4.3)$$

$$m = 400 \cdot 11,51$$

$$m = 4604 \text{ kg}$$

Roční spotřeba materiálu:

$$m_R = n_R \cdot m \quad (4.4)$$

$$m = 1600 \cdot 11,51$$

$$m = 18416 \text{ kg}$$

Protože hmotnost polotovaru je 11,51 kg, není třeba použít manipulační techniky.

4.3 Upínání obrobku

Součást hřídel v první operaci je upnuta do tvrdých čelistí za ϕ 80 mm a ustavena na doraz. Po zarovnání čela a obrobení středícího důlku se polotovar vysune pomocí tyčového podavače, upne a následně podepře otočným hrotem. Po obrobení ploch soustružením, frézováním, vrtáním a závitováním je polotovar ručně vyjmut ze sklíčidla stroje. Vybavení stroje sice umožňuje vyndání obrobku lopatkou mimo obráběcí prostor, ale pouze pro maximální délku 200 mm.

Druhá operace soustružení se provádí čelistech s přesoustruženou upínací plochou ve stroji za účelem přesnější souososti. Obrobek je upnut za ϕ 75 mm a dorazen čelem na pevný doraz.

Dokončení válcových ploch tolerovaných přesnostmi IT6 a IT7 je realizováno broušením mezi hroty na CNC brusce. Dílec je středěn mezi hroty a otáčivý pohyb z vřetene na obrobek přenášen pomocí srdce. Tlak hrotu do obrobku zajišťuje pružina a zdvih pinoly je možný ručně, nebo pomocí nožních pedálů. Velikost tlaku se nastaví šestihranným klíčem a jeho hodnota je odečtena na lineární mechanické stupnici umístěné na pinole.

Tab. 4.3 Upínání obrobku a upínací tlak

pořadí operace	obráběcí stroj	upnutí	upínací tlak [MPa]	vyložení [mm]
1	NL 2500Y	Za ϕ 80 na doraz, podepřeno hrotem	2,2	140
2	NL2500	Za ϕ 75 na doraz, podepřeno hrotem	1,5	85
3	KEL-VISTA	Mezi hroty, unášeno srdcem		

4.4 Technologický postup

Tab. 4.4 technologický postup operace 1

TECHNOLOGICKÝ POSTUP			
Součást: HŘÍDEL		Výroba rok/dávka[ks]: 1600/400	Číslo výkresu:A- 2009-A4
Materiál: 17 240		Polotovar: tyč Ø 80 ČSN 425510.11	Hmotnost [kg]: hrubá: 11,51 čistá: 4,1
Číslo operace	Prov. středisko	Popis práce	Náradí
	pracoviště		
10	01	<u>Soustružit, vrtat</u> Upnout do čelistí na doraz; zarovnat čelo na 207; vrtat středící důlek $\phi 5$ do hl. 3; vytáhnout podavačem a podepřít hrotem; soustružit $\phi 75$; soustružit $\phi 50,5$; $\phi 42k6$ na míru 42,4 -0,1; $\phi 40$; soustružit $\phi 32,5$ a srazit hranu $30^\circ \times 0,6$; <u>Frézovat</u> drážky R4 x 8; frézovat plochy 3 x 120° na míru 65,5; frézovat kapsu 54 x 44 s přidavkem na dokončení 0,5; dokončení tvaru kapsy 54x44; frézovat drážku 19,8 x 15; <u>Vrtat-závitovat</u> navrtat a srazit hranu pro závit; vrtat pr. pro M6; závitovat M6-6h;	PDJNR 2525M-15 + DNMG 150608-TF PDJNR 2525M-15 + DNMG 150608-WG středící vrták A $\phi 5$ otočný hrot 60°
	NL2500Y		monolitická fréza $\phi 8$ ze SK, povlak TiAlN
			A211.40.R.06-11 + XDKT 11T308SR-R50
			monolitická fréza $\phi 20$ ze SK, povlak TiAlN
			monolitická fréza $\phi 8$ ze SK, povlak TiAlN
			monolitická fréza $\phi 5$ ze SK, povlak TiAlN
			NC navrtávák $\phi 8$, povlak TiAlN
			vrták ze SK $\phi 5$, povlak TiAlN
			závitník M6, povlak TiCN
			strojní čas operace [min]: 19,7
Vypracoval: Suchomel		Datum: 12.3.2009	

Tab. 4.5 technologický postup operace 2 a 3

TECHNOLOGICKÝ POSTUP			
Součást: HŘÍDEL		Výroba rok/dávka[ks]: 1600/400	Číslo výkresu:A- 2009-A4
Materiál: 17 240		Polotovár: tyč kruhová Ø 80	Hmotnost [kg]: hrubá: 11,51 čistá: 4,1
číslo operace	Prov. středisko pracoviště	Popis práce	Náradí
20	01	Soustružit, vrtat upnout do přesoustružených čelistí na doraz za ϕ 75; zarovnat čelo na 205; vrtat středící důlek ϕ 5 do hl. 3; soustružit ϕ 50,5; ϕ 44k6 na 44,4- 0,1; ϕ 41,8h7 na ϕ 42,2-0,1; ϕ 35 a srazit hranu 2 x 30°;	PDJNR 2525M-15 + DNMG 150608-TF
	NL2500		PDJNR 2525M-15 + DNMG 150608-WG
			středící vrták A ϕ 5 otočný hrot 60° strojní čas operace [min]: 4,5
30	01	Brousit upnout mezi hroty; brousit ϕ 41,8; ϕ 44k6; ϕ 42k6.	A 450x50x203,2 93A60K5V088
	Kel-Vista		unášeč-srdce (čelní unášeč) strojní čas operace [min]: 7
Vypracoval: Suchomel			Datum: 12.3.2009

4.5 Sestavení programu s využitím osy Y pro NC soustruh

NC program je sestaven v pomoci software MAPPS III dodaným výrobcem stroje. Jedná se o podporu programování implementovanou do počítače stroje. Výhodou je plná kompatibilita s vybavením stroje a maximální eliminace výskytu chybných dat při generování programu. Ten je možné spustit v režimu simulace a tak provést vizuální kontrolu obrábění. Protože je program obsáhlý, je zde uvedena ta část, kde je využito i poháněných nástrojů a osy Y. Celý program pro 10. operaci je uveden v příloze.

Část NC programu pro stroj Mori Seiki NL2500/700Y:

(***	M8	G1X56.4F500.
PDJNR2525	G98G19M45	Y-12.5F380.
M15+DNMG	G54	Y-37.5
150608-WG	G0T1111	G0X85.
M15	G0Y0	Y37.5Z-78.5
ISCAR)	G97S200M13	G1X56.4F500.
G28V0	S2000	G41Z-58.
M8	G0Z2.5	Y-12.5F380.
M69	X84.	Y-37.5
G99G18M46	Z-29.3C0	G0X85.
G50S3000	X46.	G40Z-78.5
G54	M68	M69
G0T0404	G1X32.5F500.	C120.
G96S180M3	Z-33.3F290.	M68
G0X84.Z2.5	G0X46.	Y37.5Z-107.
Z2.	M69	X85.
X27.4	Z-29.3C180.	G1X56.4F500.
G1Z0F.2	M68	Y-12.5F380.
X29.976	G1X32.5F500.	Y-37.5
G3X31.708Z-	Z-33.3F290.	G0X85.
.5R1.	G0X46.	Y37.5Z-78.5
G1X32.232Z-	M69	G1X56.4F500.
.954	X84.	G41Z-58.
G3X32.5Z-	Z2.5	Y-12.5F380.
1.454R1.	G53X0	Y-37.5
G1Z-29.3	G53Z0	G0X85.
X37.4	M9	G40Z-78.5
G3X40.Z-	M01	M69
30.6R1.3	N6	C240.
G1Z-39.469	(FREZA PR.40	M68
X42.4Z-40.669	A211.40.R.0	Y37.5Z-107.
Z-58.514	6-11+XDTK	X85.
X41.724Z-59.1	*CW*)	G1X56.4F500.
X50.5	M8	Y-12.5F380.
Z-60.	M69	Y-37.5
X72.4	G98G19M45	G0X85.
G3X75.Z-	G28H0	Y37.5Z-78.5
61.3R1.3	G54	G1X56.4F500.
G1Z-125.8	G0T1212	G41Z-58.
G0X81.W1.	G97S200M13	Y-12.5F380.
Z2.5	S800	Y-37.5
G53X0Z0	G0Z5.5	G0X85.
M9	X85.	G40Z-78.5
M01	C0	M69
N5	M68	Z5.5
(FREZA SK	Y37.5Z-107.	G28V0
PR.8 *CW*)	X85.	M01

NC program je vygenerován a ponechán v původním stavu. Při realizaci výroby následuje odladění a seřízení programu pro správnou funkci. Jedná se především o kontrolu aby nenastala kolize např. s koníkem nebo otočným hrotem. Kontrola prokáže také případné odchylky programu od požadovaných funkcí. Při zkušebním obrábění jsou upraveny řezné rychlosti a posunové rychlosti tak, aby nevznikaly nežádoucí jevy jako vibrace a projevy nadměrné hlučnosti při styku břitu s obrobkem.

4.6 Časy obrábění

Výhodou počítačové podpory programování jsou také přídavné funkce jako např. výpočet obráběcího času. V tomto jsou započítány všechny úkony a to i nevýrobního charakteru jako výměna nástroje. Tab. 4.6 uvádí časovou studii operace 10. Sloupec "jiné" zahrnuje čas všech nepracovních pohybů jako jsou polohování v ose C, rychloposuvy atd.

Tab. 4.6 časová studie operace 10 ze systému MAPPS III

číslo N	nástroj	T kód	Doba řezu [s]	Jiné [s]	Řezání+jiné [s]
1	nůž vnější	02	16,6	3,7	20,3
2	stř. vrták	08	4	4,1	8,1
3	nůž vnější	02	139,7	12,3	152
4	nůž vnější	04	22,3	4,2	26,5
5	fréza ϕ 8	11	3,5	6,2	9,7
6	fréza ϕ 40	12	81,6	10,8	92,4
7	fréza ϕ 40	12	427,2	9,7	436,9
8	fréza ϕ 20	10	140,6	5,4	146
9	fréza ϕ 8	11	112,5	5,4	117,9
10	fréza ϕ 5	09	25,9	4,5	30,4
11	fréza ϕ 5	09	21,5	3,5	25
12	NC nav.	01	39,6	9,1	48,7
13	vrták	03	29,9	8,3	38,2
14	závitník	05	21	7,5	28,5
Celková doba: [s]			1085	94,7	1179,7

Celkový strojní čas obrábění operace 10 je 19,7 minut. Po vyhodnocení časové studie operací 20 a 30 vychází celkový čas výroby 31,2 minut.

5 VYHODNOCENÍ TECHNOLOGIE VE FIRMĚ ANTREG, a. s.

Rozmístění strojů a pracovišť je organizováno v modulárním systému uspořádání tak, že jsou seskupeny stejné technologie do jednotlivého bloku. Takové uspořádání je odůvodněno zvýšením produktivity a zkrácením manipulačních časů. Zvláště výhodná se zdá možnost ovládání více strojů jedním pracovníkem.

Řešení technologie součásti "hřidel" je v dílnách firmy ANTREG, a. s. velmi dobře aplikovatelné. Výrobní středisko svým uspořádáním odpovídá pro středně sériovou a malosériovou výrobu dílců a to včetně montáže vyrobených dílů v celek. Tomuto způsobu výroby odpovídá velmi univerzální vybavení jako např. upínací přípravky a měřicí technika. Soustruhy Mori Seiki řady NL jsou seskupeny ve dvojicích a tak by bylo možné na jednom pracovišti provádět technologické operace 10 a 20. Tento krok však není výhodný, protože časy operací se velmi liší a tak by měl jeden ze strojů dlouhé nucené přestávky. Výhodnější je realizovat operaci 10 na celé sérii a poté seřídít stroj na operaci 20. Bruska Kellenberger Kel-vista je umístěna v prostorách brusírny, kde je celoročně udržovaná teplota 22 °C. Prostor brusírny je vzdálen od strojů, kde při obrábění vznikají vibrace. Vzhledem k dosahovaným přesnostem stroje je stálá teplota stroje a pevné usazení bez vibrací velmi důležité. Stroj je obsluhovaný jedním pracovníkem. Součást "hřidel" je vhodná pro navržený stroj.

Měřítkem kvalitní technologie je cena hotového výrobku. Cena obrábění jednoho kusu bez materiálu stojí 374 Kč. Tato cena je vyhodnocena jako nízká ve srovnání s použitím strojů na každou technologii obrábění zvlášť. Cena materiálu 17 240 ϕ 80 se pohybuje v rozmezí 100 až 110 Kč za kg. Přibližná cena jediné součásti "hřidel" je tedy 1582 Kč.

Závěr

Moderní CNC stroje jsou s rozšířenou soustavou os jsou stále více využívané pro svou univerzálnost a možnost slučování jinak oddělených technologických operací.

Předmětem bakalářské práce bylo řešení technologie součásti "hřidel" na moderních CNC strojích. Rozsah a výsledky práce jsou shrnuty do následujících bodů:

- byla charakterizovaná sériová výroba a součást "hřidel" vyhodnocena jako prvek vhodný pro tento druh výroby,
- byly specifikovány vhodné technologie pro výrobu hřidelových součástí. Technologické možnosti společnosti ANTREG a. s. byly shledány jako vyhovující pro realizaci obrábění součásti hřidel,
- jako nejvhodnější výrobní zařízení se ukázaly stroje výrobců Mori Seiki a Kellenberger. Stroje a jejich parametry vyhověly požadavkům na kvalitu, rychlost a přesnost,
- nástroje určené pro korozivzdornou austenitickou ocel byly určeny i s pracovními hodnotami,
- hodnoty operačních přídavků určily rozměry polotovaru,
- sestavením operačního programu pro operaci 10 v systému stroje Mori Seiki NL2500Y MAPPSIII zajistilo kompatibilitu vygenerovaného NC kódu a eliminuje výskyt chyb. NC kód musí být odladěn,
- společnost ANTREG a. s. disponuje kvalitními stroji a sériová výroba součásti je bez potíží realizovatelná. Zhodnocením byla zjištěna cena obrábění dílce, která je 374 Kč.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-X.
2. GLÉZL, Štefan, et al. *Základy strojíctva*. Redaktorka Judita Mattonová. 1. vyd. Bratislava : ALFA, vydavatelstvo technickej a ekonomickej literatúry, n.p., 1986. 568 s.
3. VÁVRA, Pavel, LEINVEBER, Jan . *Strojnické tabulky*. 2. dopl. vyd. Úvaly : ALBRA, 2005. 906 s. ISBN 80-7361-011-6.
4. HUMÁR, Anton. *Technologie 1 : technologie obrábění-1.část*. [s.l.] : [s.n.], 2003. 138 s. Dostupný z WWW: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/oporysave/zakl_met_obr/zakl_met_obr_1.pdf>.
5. FÜRbacher, Ivan, et al. *Lexikon technických materiálů : se zahraničními ekvivalenty*. 9. aktualiz. vyd. Sv. 1. Praha : VERLAG DASHÖFER, 2000. ISBN 80-86229-02-5. Tvářené konstrukční oceli, s. 1-4.
6. NL soustruhy v praxi. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2005, č. 3 [cit. 2009-05-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/nl-soustruhy-v-praxi>>.
7. ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-X.
8. MORI SEIKI : *The machine tool company* [online]. 2002-2009 [cit. 2009-04-05]. Dostupný z WWW: <http://www.moriseiki.com/english/products/lathe/01/nl_index.html>.
9. Kellenberger [online]. 2006 [cit. 2009-04-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.kellenberger.com/index.asp?pageID=63&prodID=68>>.
10. *Fanuc CNC Serie i* [online]. c2005 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <http://www.gefanuc.cz/mastercz_cz/binarywriterservlet?imgUid=9bf705c2-d74b-15ff-7858-c18cc0298603&uBasVariant=33333333-3333-3333-3333-333333333333>.
11. *Fanuc GE CNC CZ s.r.o. : Série 16i/18i/21i* [online]. [2000] [cit. 2009-05-05]. Text v češtině a angličtině. Dostupný z WWW: <http://www.gefanuc.cz/mastercz_cz/broker.jsp?uMen=194058e3-d40a-501e-5945-cc948b7234fe>.
12. *ISCAR : soustružení* [online]. 2009 [cit. 2009-04-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.iscar.com/Ecat/Application.asp?mapp=IS&GFSTYP=M&lang=EN>>.
13. *WNT* [online]. 2009 [cit. 2009-05-13]. Dostupný z WWW: <http://www.wnt.com/produkty_CSY_HTML.htm>.
14. *GARANT : Příručka obrábění*. [s.l.] : [s.n.], 2009. 641 s.
15. *Hoffmann Group : Vedoucí evropský systémový partner pro kvalitní nářadí*. [s.l.] : [s.n.], 2009. 1390 s.
16. *Rappold-winterthur* [online]. 2008 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.rappold-winterthur.cz/sl/czech/produkty/index.php>>.
17. KOČMAN, Karel. *Speciální technologie : Obrábění*. 3. přeprac. vyd. Brno : AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2004. 227 s. ISBN 80-214-2562-8.

18. HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha : MM publishing s.r.o., 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
19. ŠTULPA, Miloslav. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vyd. Praha : BEN-technická literatura, 2008. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
20. HUMÁR, Anton. *Technologie I : Technologie obrábění-3.část*. [s.l.] : [s.n.], 2003. 57 s. Dostupný z WWW:
<http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/oporysave/zakl_met_obr/zakl_met_obr_1.pdf>.

Seznam použitých zkratk a symbolů

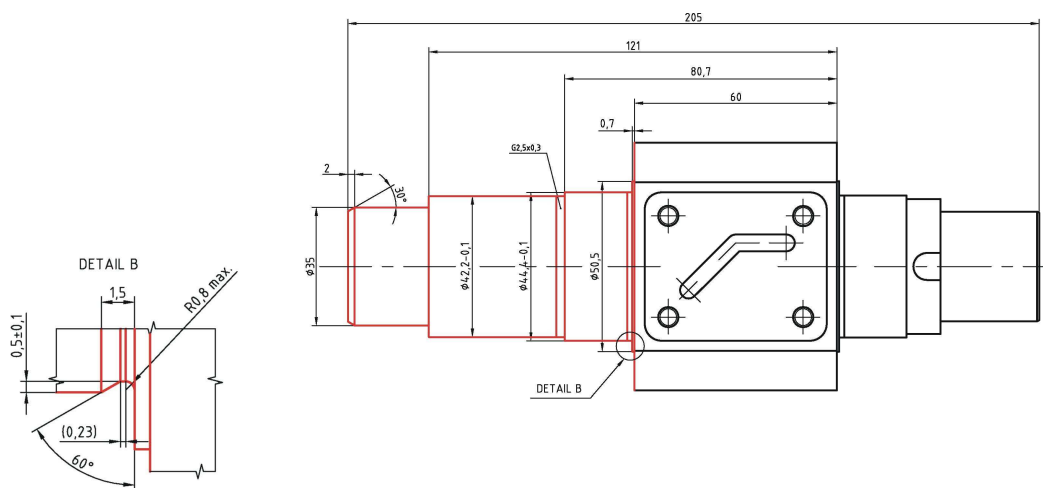
Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
Re	[MPa]	mez kluzu
Rm	[MPa]	mez pevnosti
Z_ϕ	[mm]	celkový přídavek na obrábění
d	[mm]	průměr
D	[mm]	největší průměr
ρ	[kg.m ⁻³]	hustota
r	[mm]	poloměr
L	[mm]	délka
Vf	[mm.min ⁻¹]	posuvová rychlost
b_s	[mm]	šířka brusného kotouče
f_a	[mm]	axiální posuv
Vw	[m.min ⁻¹]	obvodová rychlost obrobku
a_e	[mm]	pracovní záběr
Vc	[m.min ⁻¹]	řezná rychlost
f	[mm]	posuv na otáčku
ap	[mm]	hloubka řezu
n	[min ⁻¹]	otáčky
fz	[mm]	posuv na zub
m_s	[kg]	hmotnost materiálu série
n_s	[ks]	množství materiálu série
m	[kg]	hmotnost
m_R	[kg]	hmotnost materiálu roční dávky
n_R	[ks]	množství materiálu roční dávky

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Výkres součásti
Příloha 2 Návodka operace 20
Příloha 3 NC program k operaci 10
Příloha 4 Korozivzdorná ocel 17 240
Příloha 5 Přídavky na obrábění

Příloha 2

ANTREG, a.s.	VÝROBNÍ NÁVODKA	Součást: HŘÍDEL	Stroj: MS-NL 2500Y	Číslo operace: 20
-------------------------	----------------------------	----------------------------	-------------------------------	----------------------------------



Úsek	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f [mm]	a_p [mm]	l [mm]	Dílčí čas [s]
upnout do čelistí						
zarovnat čelo	160		0,30			22
vrtat středící důlek		955	0,04			9
soustružit-hrubovat	160		0,30	2,5		196
soustružit-dokončit	180		0,15	1		43

Nářadí

Čelisti ozn. o-ofa 9812
 PDJNR 2525M-15 + DNMG 150608-TF
 PDJNR 2525M-15 + DNMG 150608-WG
 Středící vrták A □ 5
 Otočný hrot 60°

Měřidla

druh	měř. hodnota	kusů
digitální posuvné měřidlo 0-150	ϕ 35; ϕ 42,2-0,1; ϕ 44,4-0,1; ϕ 50,5; 60; 80,7; 0,7; 121	každý 10. kus
digitální posuvné měřidlo 0-300	205	každý 10. kus
číselníkový úchylkoměr	hloubka stř. důlku 3	každý 5 kus
Zpracoval: Svatoslav Suchomel		Datum: 10.5.2009

Příloha 3

%	G1Z-10.F5000	G0X81.W1.	G53Z0	(FREZA PR.40
O6001(HRIDEL)	M482	Z2.5	M9	A211.40.R.06-
M01	G1Z0.F1800	G53X0Z0	M01	11+XDTK *CW*)
(POTAH S	M10	M9	N6	M8
DORAZEM PR.50	G4U2	M01	(FREZA PR.40	G98G19M45
MM)	GOX200.OZ100.0	N4	A211.40.R.06-	G54
G55	M69	(*** PDJNR2525	11+XDTK *CW*)	G0
G0T0707	M46	M15+DNMG15060	M8	G97S200M13
M19	M01	8-WG M15	M69	S1000
G98M5	(NAJEZD KONE)	*ISCAR*)	G98G19M45	G0Z5.5
G0X0.0	M25	G28V0	G28H0	X85.
M11	M01	M8	G54	C0
G1Z-10.F5000	N3	M69	G0T1212	M68
M482	(*** PDJNR2525	G99G18M46	G97S200M13	Y37.5Z-107.
G1Z0.7F1800	M15+DNMG15060	G50S3000	S800	X85.
M10	8-TF M15	G54	G0Z5.5	G1X56.F500.
G4U2	*ISCAR*)	G0T0404	X85.	Y-12.5F400.
G0X200.OZ100.0	G28V0	G96S180M3	C0	Y-37.5
M69	M8	G0X84.Z2.5	M68	G0X85.
M46	M69	Z2.	Y37.5Z-107.	Y37.5Z-78.5
M01	G99G18M46	X27.4	X85.	G1X56.F500.
N1	G50S3000	G1Z0F.2	G1X56.4F500.	G41Z-58.
(*** PDJNR2525	G54	X29.976	Y-12.5F380.	Y-12.5F400.
M15+DNMG15060	G0T0202	G3X31.708Z-.5R1.	Y-37.5	Y-37.5
8-TF M15	G96S160M3	G1X32.232Z-.954	G0X85.	G0X85.
ISCAR)	G0X84.Z2.5	G3X32.5Z-1.454R1.	Y37.5Z-78.5	G40Z-78.5
G28V0	Z2.1	G1Z-29.3	G1X56.4F500.	M69
M8	X74.	X37.4	G41Z-58.	C120.
M69	G1Z-60.088F.25	G3X40.Z-30.6R1.3	Y-12.5F380.	M68
G99G18M46	G0U1.Z2.1	G1Z-39.469	Y-37.5	Y37.5Z-107.
G50S3000	X68.	X42.4Z-40.669	G0X85.	X85.
G0T0202	G1Z-59.9	Z-58.514	G40Z-78.5	G1X56.F500.
G96S160M3	G0U1.Z2.1	X41.724Z-59.1	M69	Y-12.5F400.
G0X84.Z2.5	X62.	X50.5	C120.	Y-37.5
Z.2	G1Z-59.9	Z-60.	M68	G0X85.
G1X10.F.25	G0U1.Z2.1	X72.4	Y37.5Z-107.	Y37.5Z-78.5
X-1.6F.13	X56.	G3X75.Z-61.3R1.3	X85.	G1X56.F500.
G0X84.Z2.5	G1Z-59.9	G1Z-125.8	G1X56.4F500.	G41Z-58.
Z0S221	G0U1.Z2.1	G0X81.W1.	Y-12.5F380.	Y-12.5F400.
G1X-1.6F.2	X50.	Z2.5	Y-37.5	Y-37.5
G0X84.Z2.5	G1Z-59.	G53X0Z0	G0X85.	G0X85.
G53X0Z0	G0U1.Z2.1	M9	Y37.5Z-78.5	G40Z-78.5
M9	X44.	M01	G1X56.4F500.	M69
M01	G1Z-59.	N5	G41Z-58.	C240.
N2	G0U1.Z2.1	(FREZA SK PR.8	Y-12.5F380.	M68
(STR. VRTAK PR.	X38.	*CW*)	Y-37.5	Y37.5Z-107.
5 *GARANT*)	G1Z-29.214	M8	G0X85.	X85.
G28V0	G0U1.Z2.1	G98G19M45	G40Z-78.5	G1X56.F500.
M8	X32.	G54	M69	Y-12.5F400.
M69	G1Z-.385	G0T1111	C240.	Y-37.5
G99G18M46	G0U1.Z2.1	G0Y0	M68	G0X85.
G50S3000	X27.6	G97S200M13	Y37.5Z-107.	Y37.5Z-78.5
G0T0808	G1Z.1	S2000	X85.	G1X56.F500.
G97S955M3	X30.176	G0Z2.5	G1X56.4F500.	G41Z-58.
G0X84.Z3.	G3X32.081Z-	X84.	Y-12.5F380.	Y-12.5F400.
X0	.45R1.1	Z-29.3C0	Y-37.5	Y-37.5
G1Z-5.5F.04	G1X32.605Z-.904	X46.	G0X85.	G0X85.
G0Z3.	G3X32.9Z-	M68	Y37.5Z-78.5	G40Z-78.5
X84.	1.454R1.1	G1X32.5F500.	G1X56.4F500.	M69
G53X0Z0	G1Z-29.2	Z-33.3F290.	G41Z-58.	Z5.5
M9	X37.6	G0X46.	Y-12.5F380.	G28V0
M01	G3X40.4Z-30.6R1.4	M69	Y-37.5	G53X0
(POTAH S	G1Z-39.427	Z-29.3C180.	G0X85.	G53Z0
DORAZEM PR.50	X42.8Z-40.627	M68	G40Z-78.5	M9
MM)	Z-58.541	G1X32.5F500.	M69	M01
G54	X42.27Z-59.F.17	Z-33.3F290.	Z5.5	N8
G0T0707	X50.9F.25	G0X46.	G28V0	(FREZA SK PR.20
M19	Z-59.9	M69	M01	*CW*)
G98M5	X72.6	X84.	N7	M8
G0X0.0	G3X75.4Z-61.3R1.4	Z2.5		M69
M11	G1Z-125.8	G53X0		G98G19M45

G28H0	Y3.	G0Z5.5	G0X80.
G54	Z-98.	X84.	M69
G0T1010	Y0	C0	X84.
G97S200M13	Z-104.	M68	Z5.5
S1270	Y-9.	Y-7.Z-75.5	G28V0
G0Z5.5	Z-76.	X80.	G53X0
X84.	Y9.	G1X46.F120.	G53Z0
C0	Z-104.	Z-90.5	M9
M68	Y0	Y7.Z-104.5	M01
Y0Z-95.	Z-110.	G0X80.	N14
X80.	Y-15.	M69	(ZAVITNIK M6-6H
G1X52.2F250.	Z-70.	X84.)
Z-102.5	Y15.	Z5.5	M8
Y-7.5	Z-110.	G28V0	M69
Z-77.5	Y0	G53X0	G98G19M45
Y7.5	G42Y15.Z-102.	G53Z0	G28H0
Z-102.5	G2Y0Z-117.R15.	M9	G54
Y0	G1Y-17.	M01	G0T0505
Z-86.8	G2Y-22.Z-112.R5.	N12	G97
Z-106.8	G1Z-68.	(NAVRTAVAK	G0Z5.5
Y-11.8	G2Y-17.Z-63.R5.	HSS PR. 8.0MM	X84.
Z-73.2	G1Y17.	CW)	C0
Y11.8	G2Y22.Z-68.R5.	M8	M68
Z-106.8	G1Z-112.	M69	Y15.Z-70.
Y0	G2Y17.Z-117.R5.	G98G19M45	X80.
G2Y-5.Z-101.8R5.	G1Y0	G28H0	G99
G0X80.	G2Y-9.Z-108.R9.	G54	M329S400
Y0Z-95.	G0X80.	G0T0101	G88X18.R-13.F1.
G1X48.4F200.	G40Y-4.5	G97S200M13	Y-15.
Z-102.5	M69	S756	Z-110.
Y-7.5	X84.	G0Z5.5	Y15.
Z-77.5	Z5.5	X84.	G80
Y7.5	G28V0	C0	G0X80.
Z-102.5	G53X0	M68	M69
Y0	G53Z0	Y15.Z-70.	X84.
Z-86.8	M9	X80.	Z5.5
Z-106.8	M01	G87X40.8R-	G28V0
Y-11.8		13.P500F33.	G53X0
Z-73.2	N11	Y-15.	G53Z0
Y11.8	(FREZA SK PR.5	Z-110.	M9
Z-106.8	*CW*)	Y15.	M01
Y0	M8	G80	(ODJEZD KONE)
G2Y-5.Z-101.8R5.	M69	G0X80.	M26
G0X80.	G98G19M45	M69	M9
M69	G28H0	X84.	M5
X84.	G54	Z5.5	M46
Z5.5	G0T0909	G28V0	M30
G28V0	G97S200M13	G53X0	%
G53X0	S3100	G53Z0	
G53Z0	G0Z5.5	M9	
M9	X84.	M01	
M01	C0	N13	
N9	M68	(VRTAK SK PR.5)	
(FREZA SK PR.8	Y-7.Z-75.5	M8	
CW)	X80.	M69	
M8	G1X46.F120.	G98G19M45	
M69	Z-90.5F160.	G28H0	
G98G19M45	Y7.Z-104.5	G54	
G28H0	G0X80.	G0T0303	
G54	M69	G97S200M13	
G0T1111	X84.	S2200	
G97S200M13	Z5.5	G0Z5.5	
S2000	G28V0	X84.	
G0Z5.5	M01	C0	
X84.	N11	M68	
C0	(FREZA PR.5	Y15.Z-70.	
M68	*CW*)	X80.	
Y0Z-95.	M8	G87X8.936R-	
X80.	G98G19M45	13.Q2033F200.	
G1X48.F90.	G54	Y-15.Q2033	
Z-98.F290.	G0	Z-110.Q2033	
Y-3.	G97S200M13	Y15.Q2033	
Z-82.	S3180	G80	

Příloha 4

LEXIKON TECHNICKÝCH MATERIÁLŮ

část 3, díl 10, 17240, str. 2

díl 10, oceli třídy 17

LEXIKON TECHNICKÝCH MATERIÁLŮ																																																	
část 3, díl 10, 17240, str. 2																																																	
díl 10, oceli třídy 17																																																	
Ocelnost proti degradacím procesům																																																	
<p>ODOLNOST PROTI KORÓZI – odolává kyselině dusičné, slabým roztokům organických kyselin; odolnost proti odolnosti proti plošné korózi – vředům kyselině dusičné, slabým roztokům organických kyselin; odolnost proti korózi lze zvýšit leštěním; vředem zastudena se korozivnost mírně snižuje</p> <p>odolnost proti mezikryštalové korózi – ve srovnání s ocelí 17 241 odolává lépe; při aplikaci svaru v silném korozivním prostředí, nutno přezkmat celou součást s následujícím ocházením na vzduchu</p> <p>ODOLNOST PROTI ZÁRU</p> <p>na vzduchu do 850°C v oxidacím sirtém prostředí (obsahujícím SO₂) do 750°C v redukčním sirtém prostředí (obsahujícím H₂S) do 600°C v páře do 750°C ve smíšených plynech do 550°C</p>																																																	
<p>ODOLNOST PROTI TEČENÍ</p> <p>Mez pevnosti při tečení v tahu [MPa] (střední hodnoty)</p> <table border="1"> <tr> <td>Teplota [°C]</td> <td>580</td> <td>600</td> <td>620</td> <td>640</td> <td>660</td> <td>680</td> <td>700</td> </tr> <tr> <td>R_m/10⁴</td> <td>163,8</td> <td>142,2</td> <td>121,6</td> <td>104</td> <td>87,3</td> <td>72,6</td> <td>48,1</td> </tr> <tr> <td>R_m/10⁴</td> <td>135,3</td> <td>114,7</td> <td>96,1</td> <td>80,4</td> <td>66,7</td> <td>54,9</td> <td>44,1</td> </tr> <tr> <td>R_m/5.10⁴</td> <td>122,6</td> <td>103,0</td> <td>85,3</td> <td>71,6</td> <td>57,9</td> <td>47,1</td> <td>36,3</td> </tr> <tr> <td>R_m/10⁴</td> <td>104,9</td> <td>89,2</td> <td>73,5</td> <td>60,8</td> <td>50,0</td> <td>40,2</td> <td>30,4</td> </tr> </table>										Teplota [°C]	580	600	620	640	660	680	700	R _m /10 ⁴	163,8	142,2	121,6	104	87,3	72,6	48,1	R _m /10 ⁴	135,3	114,7	96,1	80,4	66,7	54,9	44,1	R _m /5.10 ⁴	122,6	103,0	85,3	71,6	57,9	47,1	36,3	R _m /10 ⁴	104,9	89,2	73,5	60,8	50,0	40,2	30,4
Teplota [°C]	580	600	620	640	660	680	700																																										
R _m /10 ⁴	163,8	142,2	121,6	104	87,3	72,6	48,1																																										
R _m /10 ⁴	135,3	114,7	96,1	80,4	66,7	54,9	44,1																																										
R _m /5.10 ⁴	122,6	103,0	85,3	71,6	57,9	47,1	36,3																																										
R _m /10 ⁴	104,9	89,2	73,5	60,8	50,0	40,2	30,4																																										
<p>Technologické údaje</p> <p>TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ</p> <p>rozpouštěcí žhání 1 020–1 080 °C ochlazovat podle tloušťky na vzduchu nebo ve vodě žhání ve snížení napětí 850–950 °C ochlazovat na vzduchu</p> <p>TVARITELNOST</p> <p>teplov tvárění 1 150–850 °C ochlazovat na vzduchu</p> <p>SVARITELNOST</p> <p>zaručená doporučené přídavné materiály – elektroda VJIS-A3F soustužení, hoblování řezování, vřání 90</p> <p>OBROBITELNOST</p> <p>11 12 4 soustružení, hoblování 90</p> <p>TECHNOLOGICKÉ ZKOUŠKY</p> <p>zkouška hloubením podle Eriksena na 1 mm plechu 13</p>																																																	
<p>Použití</p> <p>Austenická, svařitelná, nestabilizovaná, korozivzdorná ocel vhodná pro chemické zařízení včetně tlakových nádob. Vhodná pro prostředí oxidací povahy pro silné anorganické kyseliny jen při velmi nízkých koncentracích a v oblasti normálních teplot. Lze ji použít též pro prostředí vyžadující vysokou čistotu produktu (farmaceutický a potravinářský průmysl).</p>																																																	
<p>Ostatní vlastnosti</p> <p>Druh oceli podle způsobu výroby Barevné značení podle ČSN 42 0010 Třída odpadů podle ČSN 42 0030 elektr. ocel beruena-železa 026</p>																																																	

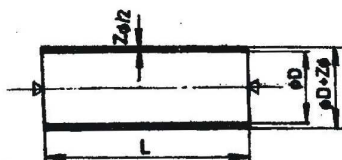
část 3, díl 10, 17240, str. 1

díl 10, oceli třídy 17

LEXIKON TECHNICKÝCH MATERIÁLŮ									
část 3, díl 10, 17240, str. 1									
díl 10, oceli třídy 17									
OCEL									
Korozivzdorná austenitická ocel									
17 240									
Chemické složení [hm. %]									
C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S			
max 0,07	max 2,0	max 1,0	17,0–20,0	9,0–11,5	max 0,045	max 0,030			
<p>Polotovary</p> <p>[1] lýče [3] trubky bezešvé [2] plechy [4] tlusté plechy</p>									
Mechanické vlastnosti									
Polotovary	[1]		[2]						
Rozměr t, d [mm]	< 60	60–100	100–150	< 10	10–30				
Slav	4		186						
Mez kluzu R _{p0,2} [MPa] min	490–686		490–686						
Mez pevnosti R _m [MPa]	45		40		37		34		
Žádnost A _g [%] min	podél 196		podél 137		podél 98		podél 137		
Vrubová houževnatost KCU 3 [J.cm ⁻²] min	napříč 98		napříč 68		napříč 98		napříč 98		
Polotovary	[3]		[4]						
Rozměr t, d [mm]	do 89		30–80						
Slav	4		4						
Mez kluzu R _{p0,2} [MPa]	186		181						
Mez pevnosti R _m [MPa]	490–735		481–672						
Žádnost A _g [%]	40		37						
Vrubová houževnatost KCU 3 [J.cm ⁻²] min	–		podél 132		napříč 98				
Modul pružnosti E [GPa]	20 °C	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C	600 °C		
za zvýšených teplot	199	194	186	179	172	164	–		
Nemíší mez kluzu R _{p0,2} [MPa]	20 °C	50 °C	100 °C	150 °C	200 °C	250 °C	300 °C	400 °C	500 °C
za zvýšených teplot	186	177	157	142	127	118	109	98	98
Fyzikální vlastnosti									
Hustota p [kg.m ⁻³]. 10 ³	Měrná tepelná kapacita c _p [J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]		Tepelná vodivost λ _t [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]		Rezistivita p [Ω.m]				
při 20 °C	500		14,7		730.10 ⁻⁹				
7,9	100 °C		200 °C		300 °C		400 °C		500 °C
Tepelní součinitel roztažnosti α [K ⁻¹]. 10 ⁻⁶	16		17		17		18		18

Příloha 5

Tab.2.2 Velikosti přídaveků a mezních úchylek operačního rozměru pro vnější válcové broušení v hrotech



Z_ϕ přídavek na průměr [mm]

ΔZ tolerance přídaveku [mm]

R_a [μm]

Operační rozměr : $(\phi D - Z_\phi)_{-\Delta Z}^{0,000}$

Jmenovitý průměr D [mm]		Délka broušené součásti L [mm]												Inform. drsnost povrchu před brouš. R_a
		do 160			přes 160 do 400			přes 400 do 800			přes 800 do 1200			
		Z_ϕ přídavek pro součásti tepelně		ΔZ úchylka operač. rozměru	Z_ϕ přídavek pro součásti tepelně		ΔZ úchylka operač. rozměru	Z_ϕ přídavek pro součásti tepelně		ΔZ úchylka operač. rozměru	Z_ϕ přídavek pro součásti tepelně		ΔZ úchylka operač. rozměru	
přes	do	nezprac.	zprac.	rozměru	nezprac.	zprac.	rozměru	nezprac.	zprac.	rozměru	nezprac.	zprac.	rozměru	
	10	0,20	0,25	-0,060	0,30	0,35	-0,100							
10	18	0,25	0,30	-0,080	0,30	0,40	-0,100	0,35	0,45	-0,100				
18	30	0,30	0,35	-0,100	0,35	0,45	-0,100	0,40	0,50	-0,100	0,45	0,55	-0,120	
30	50	0,30	0,40	-0,100	0,40	0,50	-0,100	0,40	0,55	-0,100	0,45	0,60	-0,140	
50	80	0,35	0,45	-0,120	0,40	0,55	-0,120	0,45	0,55	-0,120	0,50	0,60	-0,140	
80	120	0,40	0,50	-0,140	0,45	0,60	-0,140	0,50	0,60	-0,140	0,50	0,65	-0,140	
120	180	0,45	0,55	-0,160	0,50	0,65	-0,160	0,50	0,65	-0,160	0,55	0,70	-0,160	
180	250	0,50	0,60	-0,180	0,50	0,70	-0,180	0,55	0,70	-0,180	0,60	0,75	-0,180	
250	355	0,60	0,70	-0,220	0,55	0,75	-0,220	0,65	0,75	-0,220	0,70	0,80	-0,220	
355	500	0,60	0,70	-0,220	0,65	0,80	-0,250	0,70	0,80	-0,250	0,80	1,00	-0,250	

Jmenovitý průměr D [mm]		Délka broušené součásti L [mm]									Informat. drsnost povrchu před broušením R_a
		přes 1200 do 1600			přes 1600 do 2000			přes 2000			
		Z_ϕ přídavek pro součásti tepelně		ΔZ úchylka operač. rozměru	Z_ϕ přídavek pro součásti tepelně		ΔZ úchylka operač. rozměru	Z_ϕ přídavek pro součásti tepelně		ΔZ úchylka operač. rozměru	
přes	do	nezprac.	zprac.	rozměru	nezprac.	zprac.	rozměru	nezprac.	zprac.	rozměru	
18	30	0,50	0,65	-0,130							
30	50	0,50	0,65	-0,160	0,55	0,70	-0,160	0,65	0,75	-0,800	
50	80	0,55	0,70	-0,160	0,60	0,75	-0,180	0,70	0,80	-0,200	
80	120	0,55	0,70	-0,160	0,65	0,80	-0,200	0,75	0,90	-0,220	
120	180	0,60	0,75	-0,160	0,70	0,85	-0,220	0,80	1,00	-0,250	
180	250	0,65	0,80	-0,200	0,75	0,90	-0,220	0,85	1,00	-0,250	
250	355	0,70	0,80	-0,220	0,80	1,00	-0,250	0,85	1,20	-0,300	
355	500	0,80	1,00	-0,250	0,80	1,00	-0,250	0,85	1,20	-0,300	

Poznámka : Horní úchylka operačního rozměru je rovna nule.