

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: 2303T004 Strojírenská technologie – technologie obrábění

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Racionalizace výroby převodových skříní

Autor: **Bc. Rostislav Kříklán**

Vedoucí práce: **Ing. Jan Hnátík, Ph.D.**

Akademický rok 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Rostislav KŘIKLÁN**
Osobní číslo: **S12N0026K**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojírenská technologie - technologie obrábění**
Název tématu: **Racionalizace výroby převodových skříní**
Zadávající katedra: **Katedra technologie obrábění**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod
2. Rozbor technologického procesu výroby
3. Návrhy řešení nového technologického procesu
4. Výběr nejvhodnější varianty
5. Tvorba programu pro NC stroj
6. Technicko - ekonomické hodnocení výroby
7. Závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **50 - 70 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:

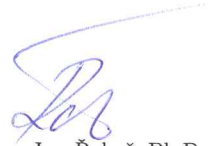
MÁDL, J. Teorie obrábění. Praha : ČVUT, 1994
HOFMANN, D. Priemyselná meracia technika. Bratislava : ALFA, 1988
TALÁCKO, J. Automatizace výrobních zařízení. Praha : skripta ČVUT, 1993.
JANDEČKA, K. , ČESÁNEK, J. , KOŽMÍN, P. : Programování NC strojů. Plzeň: ZČU, 2000.
MÁDL, J. Optimalizace řezných podmínek v teorii obrábění. Praha : ČVUT, 1990.
SANDVIK COROMANT. Příručka obrábění. Praha : Scientia, 1997.
Manuál řídicího systému Heidenhain TNC426/430
SCHMIDT, D. a kolektiv : Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku, Europa - Sobotáles, 2005

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Hnátík, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění
Konzultant diplomové práce: **Ing. Jan Hnátík, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění

Datum zadání diplomové práce: **7. října 2013**
Termín odevzdání diplomové práce: **23. května 2014**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 7. listopadu 2013

Poděkování

Při této příležitosti bych chtěl poděkovat Ing. Janu Hnátíkovi, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat všem spolupracovníkům, kteří mi svými radami, podporou a pomocí umožnili dokončit tuto práci.

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni

.....
Rostislav Kříklán

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Kříklán	Jméno Rostislav	
STUDIJNÍ OBOR	2303T004 „Strojírenská technologie – technologie obrábění“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Hnátík, Ph.D.	Jméno Jan	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Racionalizace výroby převodových skříní		

FAKULTA	Strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2014
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	73	TEXTOVÁ ČÁST	73	GRAFICKÁ ČÁST	2
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Diplomová práce se zabývá obráběním dvou převodových skříní a racionalizací jejich výroby. Z práce vyplývá důležitost použití vhodných řezných nástrojů, stabilních upínacích přípravků a správného sledu jednotlivých operací. Výsledkem je snížení výrobních nákladů na výrobu obou převodových skříní a stabilita celého řezného procesu.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	převodová skřín, racionalizace, řezné nástroje, upínací přípravky, řezný proces, obrábění

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Kříklán	Name Rostislav
FIELD OF STUDY	2303T004 „Manufacturing Processes – Technology of Metal Cutting“	
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Hnátík, Ph.D.	Name Jan
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Rationalization of gearboxes production	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machining Technology	SUBMITTED IN	2014
----------------	------------------------	-------------------	----------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	73	TEXT PART	73	GRAPHICAL PART	2
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The diploma work deals with the machining of two gearboxes and the rationalization of their production. The work shows the importance of using appropriate cutting tools, stable clamping fixtures and the correct sequence of operations. The result is a reduction of manufacturing costs for the production of both gearboxes and stability of the entire cutting process.
KEY WORDS	gearbox, rationalization, cutting tools, clamping fixtures, cutting process, machining

Obsah

Obsah.....	1
Seznam obrázků	2
1 Úvod.....	3
1.1 Stručné seznámení s obráběním převodových skříňí	3
1.2 Cíl diplomové práce.....	3
2 Rozbor technologického procesu výroby	4
2.1 Díl 1: Převodová skříň malá (PSM)	4
2.1.1 Původní technologický postup PSM	4
2.1.2 Původní použité stroje na obrábění PSM	5
2.1.3 Původní upnutí PSM v jednotlivých operacích.....	7
2.1.4 Původní použité nástroje a spotřeba času PSM - obkročná chronometráž	9
2.2 Díl 2: Převodová skříň velká (PSV)	19
2.2.1 Původní technologický postup PSV	19
2.2.2 Původní použité stroje na obrábění PSV	20
2.2.3 Původní upnutí PSV v jednotlivých operacích	21
2.2.4 Původní použité nástroje PSV	24
2.2.5 Původní spotřeba času PSV.....	28
3 Návrhy řešení nového technologického procesu.....	28
3.1 Díl 1: Malá převodová skříň (PSM)	28
3.1.1 Celý nový proces, nové upínací přípravky a některé nástroje PSM.....	28
3.1.2 Částečná změna procesu, úprava přípravků a některé nové nástroje PSM	29
3.2 Díl 2: Převodová skříň velká (PSV)	30
3.2.1 Návrh odlitku pro PSV	30
3.2.2 Návrh menšího polotovaru pro PSV	31
3.2.3 Nový proces, nové upínací přípravky a některé nové nástroje PSV	32
3.2.4 Nový proces, úprava vyřazených přípravků a některé nové nástroje pro PSV ..	33
4 Výběr nejvhodnější varianty	34
4.1 Díl 1: Malá převodová skříň (PSM)	34
4.1.1 Vyhodnocení jednotlivých variant	34
4.1.2 Nový technologický postup PSM.....	35
4.1.3 Nové nástroje a spotřeba času PSM - obkročná chronometráž.....	36
4.2 Díl 2: Převodová skříň velká (PSV)	45
4.2.1 Vyhodnocení jednotlivých variant	45
4.2.2 Nový technologický postup PSV	45
4.2.3 Nové a nově použité nástroje pro obrábění PSV.....	46
4.2.4 Nové upnutí PSV v jednotlivých operacích	48
4.2.5 Nová spotřeba času PSV	51
5 Tvorba programu pro NC stroj.....	52
5.1 Popis tvorby programu a počáteční neuhy při obrábění	52
5.2 Program pro PSV.....	52
6 Technicko - ekonomické hodnocení výroby	64
6.1 Díl 1: Převodová skříň malá (PSM)	64
6.1.1 Technické hodnocení nového procesu výroby PSM	64
6.1.2 Ekonomické hodnocení nového procesu výroby PSM	64
6.2 Díl 2: Převodová skříň velká (PSV)	66
6.2.1 Technické hodnocení nového procesu výroby PSV.....	66
6.2.2 Ekonomické hodnocení nového procesu výroby PSV	66

7	Závěr.....	68
8	Zdroje	69
9	Knížní publikace	69

Seznam obrázků

Obr. 1-1: Malá a velká převodová skříň.....	3
Obr. 2-1: Stroj CWK400D [1].....	5
Obr. 2-2: Schéma pracovního prostoru CWK400D [2]	6
Obr. 2-4: Upnutí PSM op.20	7
Obr. 2-3: Upnutí PSM op.10	7
Obr. 2-5: Upnutí PSM op. 40	8
Obr. 2-6: Upnutí PSM op. 50	8
Obr. 2-7: Schéma upnutí původní PSV op. 10.....	21
Obr. 2-8: Schéma upnutí původní PSV op. 20-1.....	22
Obr. 2-9: Schéma upnutí původní PSV op. 20-2.....	22
Obr. 2-10: Schéma upnutí původní PSV op. 30.....	22
Obr. 2-11: Schéma upnutí původní PSV op. 40.....	23
Obr. 2-12: Schéma upnutí původní PSV op. 50.....	24
Obr. 2-13: Fréza D20	26
Obr. 2-14: Vrtáky pro hrubování.....	26
Obr. 2-15: Fréza D25	27
Obr. 3-1: Návrh odlitku PSV.....	30
Obr. 3-2: Cenová nabídka na odlitek PSV	31
Obr. 4-1: Fréza D50 FAL-D050-22-16 2x	48
Obr. 4-2: Vrták D56 DR.....	48
Obr. 4-3: Schéma upnutí nové PSV op. 10-1	49
Obr. 4-4: Schéma upnutí nové PSV op. 10-2.....	49
Obr. 4-5: Schéma upnutí nové PSV op. 20	50
Obr. 4-6: Schéma upnutí nové PSV op. 30	50
Obr. 4-7: Schéma upnutí nové PSV op. 40	51

1 Úvod

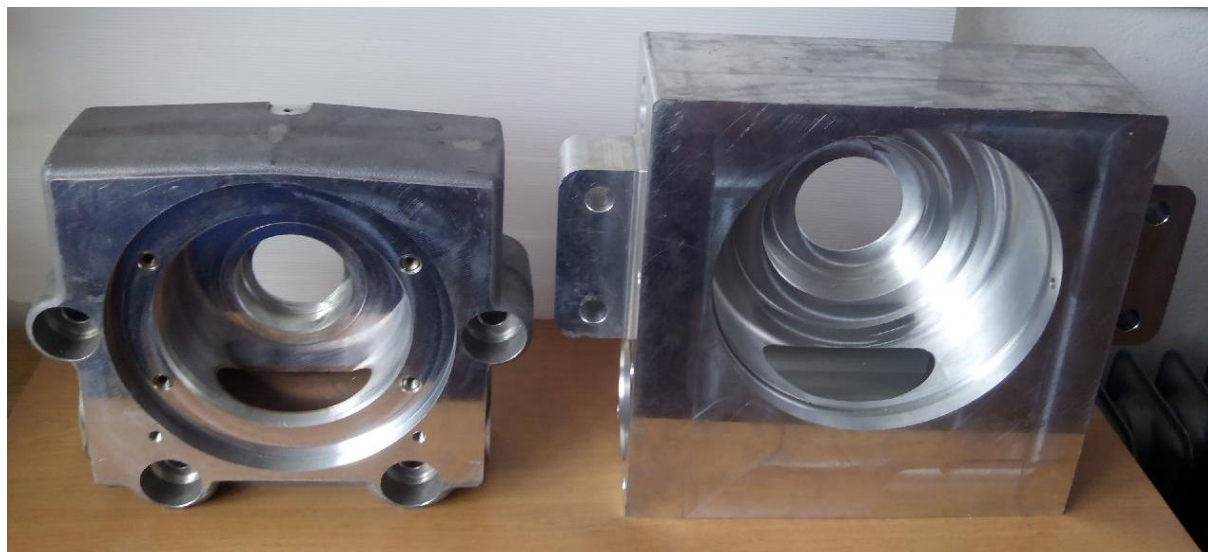
1.1 Stručné seznámení s obráběním převodových skříní

Obrábění slitin hliníku je v dnešní době velmi rozšířené. V této práci je ukázána důležitost použití správné technologie obrábění. Slitiny hliníku jsou v zásadě dobře obrobitelné, je však důležité použít správné nástroje. Další velice důležitou součástí řezného procesu je správnost upnutí obrobku a tuhost celé soustavy SNOP (stroj, nástroj, obrobek, přípravek). Dalším důležitým faktorem je zvolení správného sledu jednotlivých operací a výběru vhodných strojů. Samozřejmostí je použití dostupného technického vybavení.

Práce se zabývá racionalizací obrábění dvou převodových skříní, jelikož výroba nebyla dost rentabilní. Bylo nutné snížit výrobní náklady přibližně o 35%. Časy potřebné pro obrábění byly vysoké.

Malá převodová skříň je vyráběna v počtu 1400 kusů za rok. Polotovary jsou odlitky a pro jednotlivé operace byly použity hned v počátku výroby speciální upínače, které nebyly dle mého názoru optimálně navrženy. Na obrábění byly ovšem použity některé nepříliš vhodné nástroje.

Na větší převodové skříně byla velká zmetkovitost (neshodné výrobky). Obrobky se občas při obrábění hnuly, čímž nebyla zaručena přesnost všech předepsaných rozměrů. Toto zvyšovalo náklady na výrobu, polotovary měly hmotnost cca 46 kg a potřebný čas pro obrábění byl cca 190 minut. Větší převodová skříň je vyráběna z plného materiálu v sériích 250 kusů ročně. Bylo nutné prověřit polotovary této skříně. Celkový úběr materiálu při opracování tohoto dílu bylo 30 kg, což je velice mnoho.



Obr. 1-1: Malá a velká převodová skříň

1.2 Cíl diplomové práce

Cílem diplomové práce je především racionalizace výroby dvou převodových skříní, která bude zaměřena na výběr vhodných nástrojů. Dále pak na návrh vhodných upínacích přípravků a také sled (návaznost) jednotlivých operací pro velkou převodovou skříň tak, aby bylo dosaženo snadnější manipulace s polotovarem měnící se v obrobek v řezném procesu, tedy dosáhnout velkého úběru materiálu hned v prvních operacích.

2 Rozbor technologického procesu výroby

2.1 Díl 1: Převodová skříň malá (PSM)

2.1.1 Původní technologický postup PSM

Technologický postup					
Číslo výkresu:	Název součásti:	Kusů/rok	Dávka		
10000003302	Převodová skříň malá	1400	100		
Materiál:	Rozměr:	Jakost:	Hmotnost hrubá	Hmotnost čistá	
odlitek	-	AlSi10Mg	11,8 kg	10,0 (9,53) kg	
pouzdro	D=40/D=35x185	CuSn8P	0,47 kg		
op	Pracoviště stroj	Popis operace	Nářadí	Tac	Tbc
10	05155 FGS32 Frézka horizontální	Frézovat rozměr 136	PF1-50371	2,4	30
20	45321 Heckert obr.cent.	Zhotovit dle p.p. 2001 Frézovat zadní čelo na 90 a odstup 6 hotově; D100/1x45°; D70H8/1,5x8°; D58; D17H7 4x; Frézovat čela na 250; D55H7/M52x1,5 6H 2x; D40H7; D20/M12X1,5 6H/D6 2x;	PF2-50371-1	22,6	120
30	03321 Lis hydraulický	Lisovat pouzdro posice 2	PLIS1-50371	1,6	20
40	45321 Heckert obr.cent.	Zhotovit dle p.p. 2002 Frézovat přední čelo na 87; D205; D150H7/3x30° ; D90; D149,5+0,3; D72N7/1,5x30°; D11,1 pro záv. pouzdro M8 pos. 3 4x; D6 2x; závit M8x1 6H 2x;	PF2-50371-2	12,8	120
50	45321 Heckert obr.cent.	Zhotovit dle p.p. 2003 Zahloubení D36 4x; zafrézovat plošku D25/hl.3/úhel 5°; D5/L95/závit M6 6H;	PF3-50371	4,0	90
60	99421 Mechanik	Dílce odhrotovat dle vzorového kusu Včetně průniků: D35,1-0,05 s D149,5+0,3 a M8x1 6H 2x; D72N7 s D5; odstranit třísky!!!!		9,0	10
70	09861 Výstupní kontrola	Kontrolovat dle plánu kontroly č.001			
			celkem	52,4	270

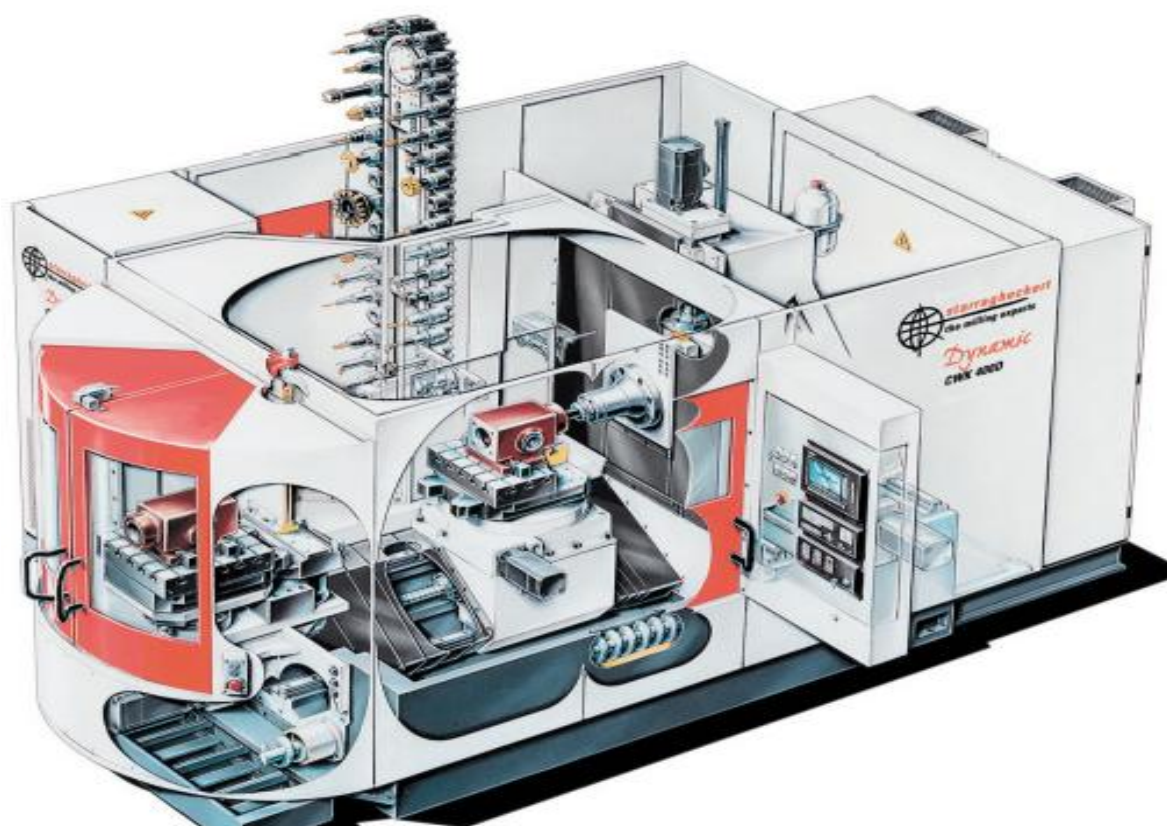
2.1.2 Původní použité stroje na obrábění PSM

Pro frézování na operaci 10 byla použita klasická horizontální frézka FGS32. Tato frézka je vybavena jednoduchým cyklem, který se používá na frézování ploch. Skládá se z: příjezdu ke kusu rychloposuvem, posuvu, odsokou na konci pracovního posuvu a přejezdu rychloposuvem na začátek. Tento stroj lze i v dnešní době používat na podobné aplikace, ale jen je-li je to nezbytně nutné. Cyklus tohoto starého stroje je velice pomalý. Vedlejší časy při této aplikaci jsou násobně větší než časy přímého obrábění.

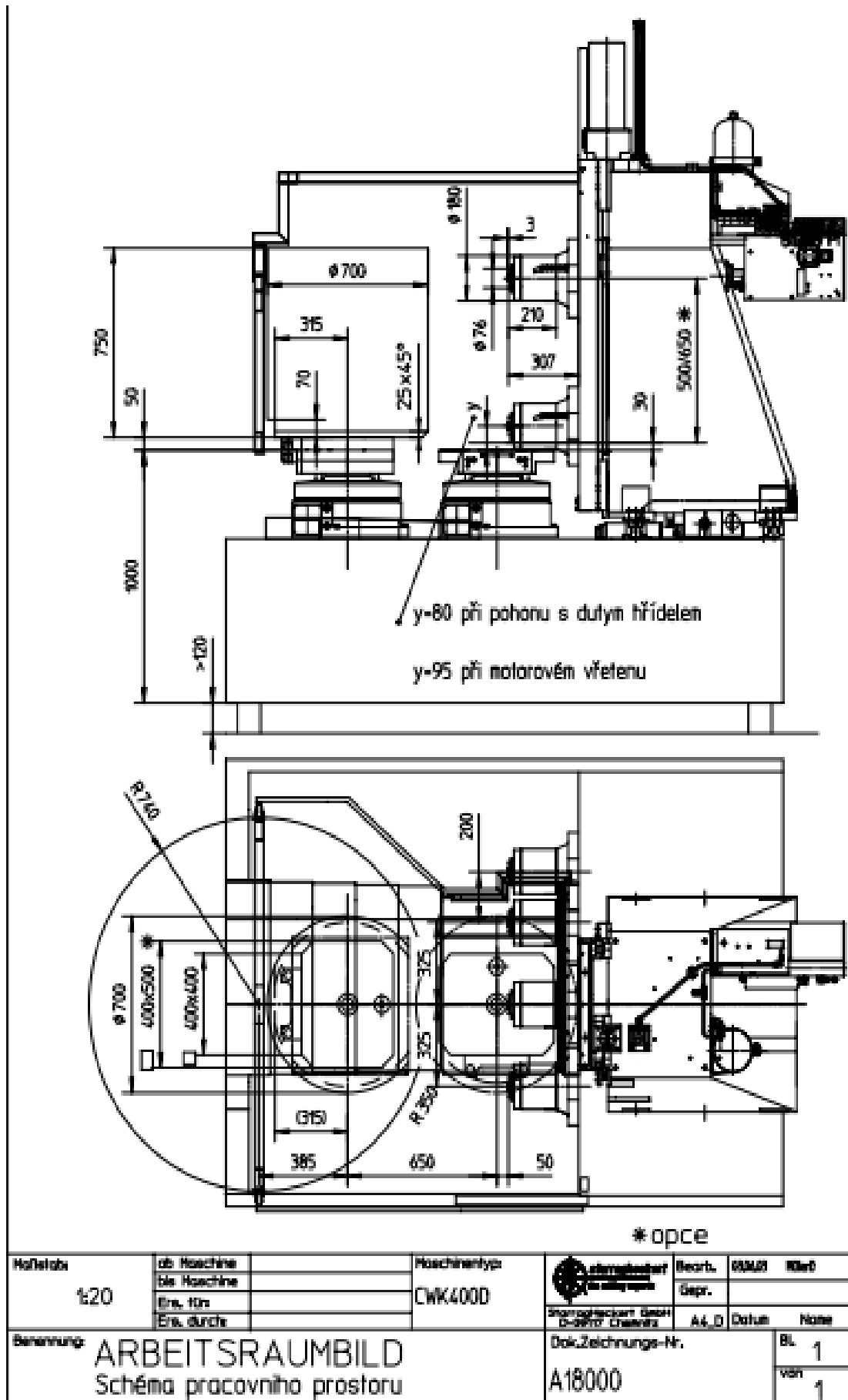
Na operace 20, 40 a 50 bylo shodně použito horizontální obráběcí centrum CWK400D, které je vidět na „Obr. 2-1“. Rozměry pracovního prostoru stroje vidíme na „Obr. 2-2“. Tento stroj je vhodný na obrábění skříňových dílů a vykazoval dobré vlastnosti. Pro obrábění je ovšem třeba doladit všechny podmínky nutné k efektivnímu obrábění, a to celé soustavy SNOP (stroj, nástroj, obrobek a přípravek). Těchto strojů je ve firmě MOTOR JIKOV Strojírenská a.s. Soběslav několik.

Základní parametry stroje CWK400D:

Řídicí systém	GE Fanuc Série 16i - MB
Rozjezdy stroje v osách X, Y, a Z	650
Rozměry stolu	400 x 400
Počet upínacích palet	2
Maximální otáčky	12000 ot/min
Rychloposuv	40 m/min
Počet míst v zásobníku	60
Výkon na vřetenu	32 kW



Obr. 2-1: Stroj CWK400D [1]



Obr. 2-2: Schéma pracovního prostoru CWK400D [2]

2.1.3 Původní upnutí PSM v jednotlivých operacích

2.1.3.1 Upnutí PSM op. 10 - popis

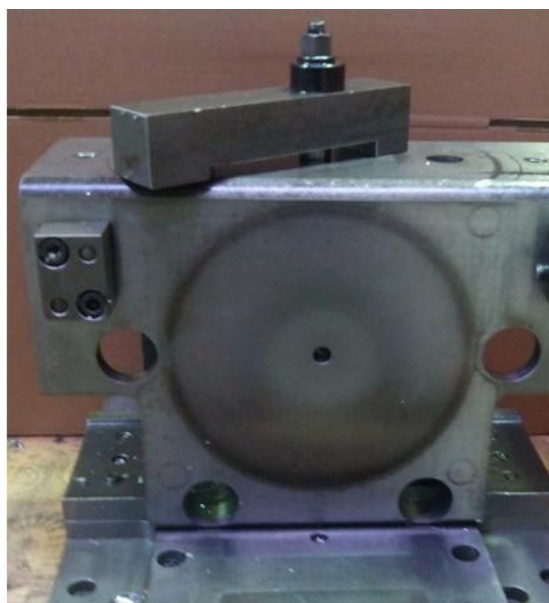
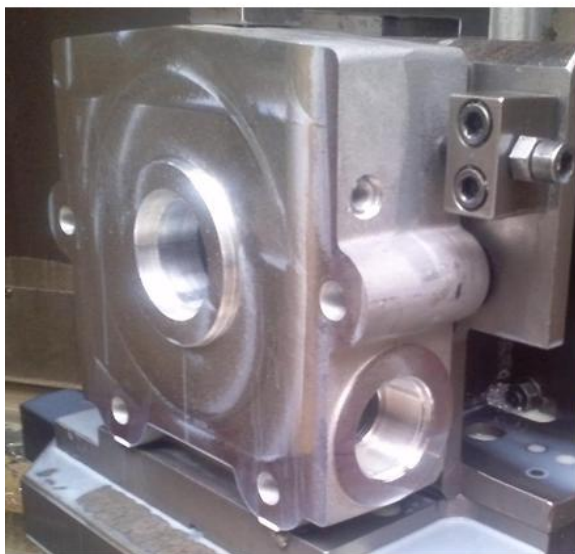
Upnutí na této operaci bylo jednoduché, jak vidíme na „Obr. 2-3“ a je vyhovující pro frézování této plošky. Jedná se o jednoduchý přípravek. Tato operace ovšem sloužila jen pro frézování plochy na rozměr 136 pro další upnutí. Nastala tedy otázka, jestli není zbytečné frézovat tuto plochu samostatně.



Obr. 2-3: Upnutí PSM op.10

2.1.3.2 Upnutí PSM op. 20 – popis

Pro tuto operaci byl použit speciální přípravek pro upnutí, který vidíme na „Obr. 2-4“. Upnutí je pevné a bez zjevných známek nějakých problémů při obrábění. Nebylo ovšem pamatováno na dobrý přístup potřebný k obrábění z boku. Nástroje musely být upnuty v prodloužených držácích, nebo hodně vysunuté z upínačů.



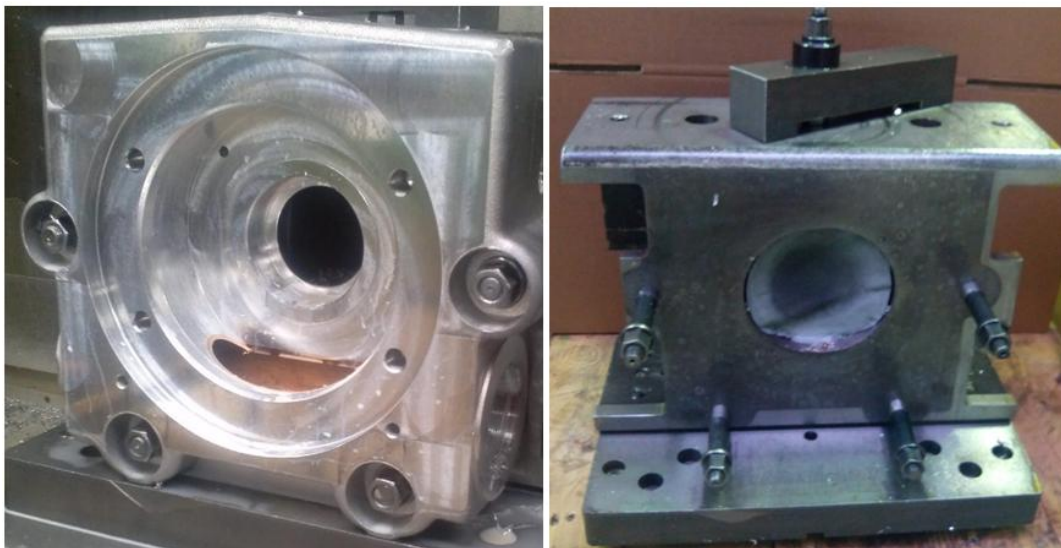
Obr. 2-4: Upnutí PSM op.20

2.1.3.3 Upnutí PSM op. 30 – popis

Toto je operace lisování pouzdra. Byl na ni použit speciální přípravek. Celá operace je bez problémů a nebude již řešena v této práci.

2.1.3.4 Upnutí PSM op. 40 – popis

Jak je vidět na „Obr. 2-5“, skříň je upevněna čtyřmi šrouby s maticí. Tyto šrouby jsou osazeny přesným čepem o průměru 17e6 (min. 16,957; max. 16,968) a slouží jako ustavení kusu ve dvou osách. Otvory 17H7 (min. 17,0; max. 17,018) jsou na ně s vůlí 0,032-0,061 navlečeny. V ose „Z“ je kus doražen na zadní čelo. Upnutí je tedy přesné a stabilní. Je to společný přípravek, který je použit na předchozí operaci, ale upnutí je na druhé straně přípravku.



Obr. 2-5: Upnutí PSM op. 40

2.1.3.5 Upnutí PSM op. 50 – popis

Jak je vidět na „Obr. 2-6“, upnutí je velice jednoduché. Ustavení skříň je stejně jako v předešlé operaci pomocí otvorů 17H7 a zadního čela. Upnutí je přesné a stabilní.



Obr. 2-6: Upnutí PSM op. 50

2.1.3.6 Celkové shrnutí upnutí PSM a sled operací

Upnutí na všech operacích bylo vzhledem k použitým nástrojům na obrábění této skříňe vyhovující. Založení kusu do upínacího přípravku je přesné. Upínání je jednoduché. Pouze při upnutí na operaci 20, tedy při druhém upnutí kusu, byl omezen přístup k obrábění.

Sled operací byl poměrně dobrý. Za zvážení stálo, zda nelze přesunout obrábění plochy na rozměr 136 do jiné operace. Odpadla by celá operace. Čas potřebný pro tuto operaci se skládal hlavně z manipulačních časů s odlítkem. Čas obrábění byl poměrně krátký. Byly však nutné úpravy na upínacích přípravcích, nejlépe by se vše vyřešilo výrobou nových na všechny operace. Potom by se snadno vyřešil jiný sled jednotlivých operací.

2.1.4 Původní použité nástroje a spotřeba času PSM - obkročná chronometráž

Operace 10: Frézování

Stroj: FA3AV Frézka vertikální

poř.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	Označení
1.	T0	Fréza D100	Grumant	Těleso: AMCM Destička: APKT 1604PDFR-MA3 h01
obrábění	Frézování plochy na 136.			Nmin 2,08
hodnocení	Tento nástroj nebyl úplně vhodný pro tuto aplikaci. Jednalo se o rohovou frézu a tyto destičky mají pouze dvě hrany. Pro frézování čelních ploch je vhodnější volit destičky s více hranami. Jsou potom menší náklady nástroje na kus. Největší vliv na celkový čas však měla frézka, na které jsou především velké vedlejší časy: velké prodlevy, nájezdy ke kusu s velkým předsazením, vypnutím vřetena a taky upínání, které u dvoupaletových obráběcích centrech nemusíme započítávat do normy času.			

$$T_{ac} = T_a \times K_c \quad T_a = 2,08; \quad K_c = 1,15;$$

$$T_{ac} = 2,08 \times 1,15 = 2,4$$

$$Op.10: T_{ac} = 2,4 \text{ min.}$$

Operace 20: Frézování, vrtání a závitování

Stroj: Obráběcí horizontální stroj Heckert CWK400

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	Označení
1.	T1515	Fréza D25	Iscar	Těleso: HM90 EAL-D25-C25-L140-15 Destičky: HM90 AXC4 150504R-P IC28
obrábění	Čelo: D58 hotově, D100 a D70H8 hrubovat Boky: Frézovat čela na 250 (B90,B270)			Nmin 2,70
řezné p.	otáčky (S): 4000 Vc (m): 315	posuv: mm/min. 900	posuv: mm/zub 0,11	ap: 5 ae: 4
hodnocení	Tento nástroj není vhodný na tuto operaci. Jeho vysunutí je 90 a je tedy vhodný pro obrábění v hlubších kapsách. Zde byl použit na frézování čel a otvorů v maximální hloubce 25mm. Při tomto vyložení není možno použít efektivní řezné podmínky. Tento nástroj vidíme na „Obr. 2-15“ v kapitole „Původní použité nástroje PSV“. Bylo nutno nahradit.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	Označení			
2.	T1	Fréza D20	Iscar	ECA-B-3 20-38C20-104 IC08			
obrábění	Dokončení D100			Nmin 0,58			
řezné p.	otáčky (S): Vc (m):	6000 377	posuv: mm/min.	2000	posuv: mm/zub	0,11	ap: 6 ae: 10
hodnocení	Tento nástroj byl vhodně zvolen na obrábění tohoto materiálu. Bylo potřeba doladit řezné podmínky a upravit program. Byla zde možnost použití i na jiné dílčí operace.						

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení				
3.	T1508	Tyč D39,8 hrubovací	MCT Kyocera	Držák: 40 x 32 – 140 Destičky: CCMT 09T308 NC6110				
obrábění	Hrubování D40H7			Nmin 0,83				
řezné p.	otáčky (S): Vc (m):	2400 300	posuv: mm/min.	500	posuv: mm/zub	0,1	hloubka vyvrtávání (mm):	132
hodnocení	Nástroj vhodný pro tuto aplikaci. Bylo možné lépe nastavit řezné podmínky.							

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení				
4.	T1531	Speciál D50,5 D54,8/45°; D58/45°;	Komet	Držák: ABS63 KSSB XV 2101640 Destičky: W29.34110.0477				
obrábění	D50,5 pro M52x1,5 6H, D54,8/45° pro D55H7; D58/45° pro 1x45°;			Nmin 0,57				
řezné p.	otáčky (S): Vc (m):	1000 173	posuv: mm/min.	280	posuv: mm/zub	0,15	hloubka třísky (mm):	7
hodnocení	Nástroj byl navrhnut dobře. Řezné podmínky ovšem nebyly nastaveny dle jeho možností.							

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
5.	T1511	Fréza závitová D32	Carmex	Držák: SRH32-5 Destičky: H32 I1.5 ISO MT7

obrábění	Frézování závitu M52x1.5 6H			N _{min} 0,62
řezné p.	otáčky (S): 4000 V _c (m): 402	posuv: mm/min. 1000	posuv: mm/zub 0,08	ap: 27 ae: 0,8
hodnocení	Nástroj je vhodný na tuto aplikaci. Řezné podmínky byly nastaveny na malou hodnotu. Počet třísek byl zbytečně velký. Upravit program. Změnit způsob frézování. Destička překryje celou hloubku závitu. Na místo frézování po spirále zvolit frézování hrubování a dokončování na celou hloubku závitu.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
6.	T1501	Fréza D80	Iscar	Těleso: F90LN D080-08-27-R/L-N11 Destičky: LNAR 1106 PN-N-P IC07
obrábění	Frézování velké plochy odstup 6mm od čela průměru 100.			N _{min} 0,98
řezné p.	otáčky (S): 1300 V _c (m): 326	posuv: mm/min. 2000	posuv: mm/zub 0,19	ap: 4 ae: 50
hodnocení	Nástroj vhodný pro frézování ploch. Řezné podmínky při obrábění této slitiny by měly být ovšem vyšší. Pro frézování možnost použití fréz určené přímo na slitiny Al. Frézování této plochy bylo až šesté v pořadí nástrojů. Vhodnost zařazení jako první nástroj.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	Označení
7.	T1504	Fréza D16/8°	Carbide	D16/8°x5 (HM)
obrábění	Sražení hrany (náběh) na D70H8.			N _{min} 0,28
řezné p.	otáčky (S): 5000 V _c (m): 251	posuv: mm/min. 1200	posuv: mm/zub 0,06	ap: 1,5 ae: 0,4
hodnocení	Nástroj fungoval bez problému. Bylo možné nastavit vyšší řezné podmínky.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	Označení
8.	T1506	Vrták D16,5	Grumant	DH 406165 (HM)
obrábění	Hrubování D17H7.			N _{min} 1,15
řezné p.	otáčky (S): 2900 V _c (m): 153	posuv: mm/min. 1000	posuv: mm/ot 0,34	hloubka vrtání (mm): 70
hodnocení	Průměr vrtáku byl zvolen malý. Při vystružování byly problémy s odvodem třísek, následkem byl špatný povrch. Řezné podmínky byly malé. Vrták bylo třeba nahradit jiným typem a jiným průměrem.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
9.	T1503	Fréza D36x45°	Walter	Destičky: SPMT09T308-F55
obrábění	Srážení hran na: D100, D58, M52 2x, D40H7 2x,			N _{min} 1,23
řezné p.	otáčky (S): 3000 V _c (m): 340	posuv: mm/min. 1000	posuv: mm/zub 0,11	ap: 3 ae: 0,8
hodnocení	Srážení hran tímto nástrojem fungovalo dobře. Řezné podmínky byly ovšem malé.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
10.	T1513	Vrták D10,5	Grumant	DH 406105 (HM)
obrábění	Malý průměr závitu M12x1,5 6H.			N _{min} 0,38
řezné p.	otáčky (S): 3500 V _c (m): 115	posuv: mm/min. 350	posuv: mm/ot 0,1	hloubka vrtání (mm): 22
hodnocení	Řezné podmínky byly malé. Vrták bylo třeba nahradit jiným typem, který je vhodnější na tuto aplikaci.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
11.	T1502	Fréza drážkovací D20		HSS ČSN 2192
obrábění	Válcové zahloubení D20.			N _{min} 0,32
řezné p.	otáčky (S): 1000 V _c (m): 62	posuv: mm/min. 200	posuv: mm/ot 0,2	hloubka vrtání (mm): 4
hodnocení	Tuto aplikaci by bylo možné nahradit modernějšími nástroji, ale vzhledem k velice krátké dráze, a tedy i krátkému času obrábění, nebylo nutno měnit tento nástroj.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
12.	T1516	Záhlubník D31		HSS DIN 335D/N 613 (ČSN 3-17.46)
obrábění	Zahloubení 45°: M12x1,5 6H 2x; D17H7 4x;			N _{min} 0,73
řezné p.	otáčky (S): 300 V _c (m): 16	posuv: mm/min. 80	posuv: mm/ot 0,27	hloubka vrtání (mm): 1
hodnocení	Tento nástroj byl vyhovující. Byla potřeba upravit řezné podmínky a upravit nájezdy (délky drah) v programu.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
13.	T1512	Vrták D6	Grumant	DH421060 (HM)
obrábění	Vrtání hlubokého otvoru D6 do hloubky 65.			N _{min} 0,35
řezné p.	otáčky (S): 4000 V _c (m): 75	posuv: mm/min. 300	posuv: mm/ot 0,08	hloubka vrtání (mm): 65
hodnocení	Byly zde nastaveny poměrně malé řezné podmínky. Výplach v cyklu G83 byl pouze 3mm. Byla potřeba nahradit jiným nástrojem vhodnější pro hluboké vrtání.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
14.	T1530	Fréza závitová D8	Iscar	MTECB 08078C24 1,5 ISO IC908
obrábění	Frézování závitu M12x1,5 6H 2x.			N _{min} 1,28
řezné p.	otáčky (S): 10000 V _c (m): 251	posuv: mm/min. 500	posuv: mm/zub 0,017	ap: 8 ae: 0,8
hodnocení	Nástroj pro frézování fungoval dobře, cena je ovšem vyšší než u závitníku. Pro tento závit bylo vhodné vyzkoušet závitník, který bude vhodný pro tuto slitinu Al.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
15.	T1510	Tyč D55 (H7)	Iscar	Sada: KIT BHF MB50-50 6-108 (SKA 45-MB50; BHF MB50-50X60; IHFF 50) Destička: TPGX 110308-L IC20
obrábění	Vyvrtávání otvoru D55H7.			N _{min} 0,62
řezné p.	otáčky (S): 800 V _c (m): 138	posuv: mm/min. 80	posuv: mm/zub 0,1	hloubka vyvrtávání (mm): 5
hodnocení	Nástroj byl zvolen dobře. Cyklus vyvrtávání byl použit 2x. Bylo třeba nastavit správné řezné podmínky a připravit otvor s přídavkem vhodným pro dokončení tohoto otvoru najednou. Byl zvolen velký posuv na jednu otáčku.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
16.	T1509	Tyč D40 (H7)	Iscar	Sada: KIT BHF MB50-50 6-108

				Destička: TPGX 110308-L IC20	
obrábění	Vyvrtávání otvoru D40H7. Pilotní otvor pro výstružník.				N _{min} 0,58
řezné p.	otáčky (S): 1800 V _c (m): 188	posuv: mm/min. 80	posuv: mm/zub 0,05	hloubka vyvrtávání 33 (mm):	
hodnocení	Zhotovení pilotního otvoru bylo dobré řešení pro správné zavedení výstružníku D40H7, jelikož tento otvor byl dlouhý 186mm a výstružník musel být vysunut z držáku 220mm. Bylo možné zvýšit řezné podmínky.				

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení	
17.	T1590	Výstružník D40H7		HSS ČSN 1432	
obrábění	Otvor D40H7.				N _{min} 4,60
řezné p.	otáčky (S): 250 V _c (m): 31	posuv: mm/min. 50	posuv: mm/zub 0,2	hloubka vystružování 186 (mm):	
hodnocení	Tento nástroj byl na hranicích možností. Bylo velice důležité ho nahradit jiným nástrojem, protože zhotovení tohoto hlubokého otvoru má velký vliv na celkový čas obrábění.				

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení	
18.	T1505	Tyč D70 (H8)	Iscar	Sada: KIT BHF MB50-50 6-108 (SKA 45-MB50; BHF MB50-50X60; IHFF 50) Destička: TPGX 110308-L IC20	
obrábění	Vyvrtávání otvoru D70H8.				N _{min} 0,48
řezné p.	otáčky (S): 600 V _c (m): 132	posuv: mm/min. 80	posuv: mm/zub 0,13	hloubka vyvrtávání 5 (mm):	
hodnocení	Nástroj byl zvolen dobře. Cyklus vyvrtávání byl použit 2x. Bylo třeba nastavit správné řezné podmínky a připravit otvor s přídavkem vhodným pro dokončení tohoto otvoru najednou. Byl zvolen velký posuv na jednu otáčku.				

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení	
19.	T1507	Výstružník 17H7	Iscar	Držák: RM-BNT7-3D-20A Destička: BN7-17.000-H7LB-IC08	
obrábění	Otvor D17H7 4x.				N _{min} 1,13
řezné p.	otáčky (S): 320 V _c (m): 17	posuv: mm/min. 384	posuv: mm/zub 0,2	hloubka vystružování 60	

				(mm):
hodnocení	Nástroj byl zvolen dobře. Bylo třeba zmenšit přídavek pro vystružování. Docházelo ke špatnému odvodu třísek. Byla zde i možnost doladění programu zvýšením posuvu při výjezdu.			

20.	Výměna palety.	Nmin 0,18
		celkem Ta 19,62

$$T_{ac} = T_a \times K_c \quad T_a = 19,62; \quad K_c = 1,15;$$

$$T_{ac} = 19,62 \times 1,15 = 22,6$$

$$Op.20: T_{ac} = 22,6 \text{ min.}$$

Operace 40: Frézování, vrtání a závitování

Stroj: Obráběcí horizontální stroj Heckert CWK400

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
1.	T1501	Fréza D80	Iscar	Těleso: F90LN D080-08-27-R/L-N11 Destičky: LNAR 1106 PN-N-P IC07
obrábění	Frézování čelní plochy.			Nmin 0,75
řezné p.	otáčky (S): 1300 Vc (m): 326	posuv: mm/min. 2000	posuv: mm/zub 0,19	ap: 3 ae: 60
hodnocení	Nástroj vhodný pro frézování ploch. Řezné podmínky při obrábění této slitiny by měly být ovšem vyšší. Pro frézování možnost použití fréz určené přímo na slitiny hliníku.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
2.	T1515	Fréza D25	Iscar	Těleso: HM90 EAL-D25-C25-L140-15 Destičky: HM90 AXC4 150504R-P IC28
obrábění	Hrubování D205; D150H7; D72N7;			Nmin 5,78
řezné p.	otáčky (S): 4000 Vc (m): 315	posuv: mm/min. 1000	posuv: mm/zub 0,13	ap: 6 ae: 15
hodnocení	Tento nástroj není vhodný na tuto operaci. Jeho vysunutí je 90 a je tedy vhodný pro obrábění v hlubších kapsách. Zde byl použit na hrubování otvorů převážně do hloubky 58mm. Při tomto vyložení není možno použít efektivní řezné podmínky. Bylo nutno nahradit pro většinu obrábění, kde byl použit.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
3.	T1520	Stupňovitý vrták	Carbide	D7/45° D10 (HM, speciál)

		D7/45° D10		
obrábění	D7 včetně sražení pro M8 6H 2x.			Nmin 0,42
řezné p.	otáčky (S): 4770 Vc (m): 105	posuv: mm/min. 770	posuv: mm/ot 0,16	hloubka vrtání (mm): 40
hodnocení	Nástroj je vhodný pro tuto aplikaci, ale bylo potřeba nastavit lépe řezné podmínky tak, aby bylo možno použít cyklus G81, tedy bez výplachů.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
4.	T1553	Stupňovitý vrták D11,2/45° D16	Carbide	D11,2/45° D16 (HM, speciál)
obrábění	D11,2 včetně sražení pro závitovou vložku 4x.			Nmin 0,43
řezné p.	otáčky (S): 2990 Vc (m): 105	posuv: mm/min. 750	posuv: mm/ot 0,25	hloubka vrtání (mm): 19
hodnocení	Nástroj je vhodný pro tuto aplikaci, ale bylo potřeba nastavit lépe řezné podmínky tak, aby bylo možno použít cyklus G81, tedy bez výplachů.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
5.	T1575	Stupňovitý vrták D6/45° D10	Carbide	D6/45° D10 (HM, speciál)
obrábění	D6 včetně sražení 2x.			Nmin 0,32
řezné p.	otáčky (S): 4770 Vc (m): 105	posuv: mm/min. 770	posuv: mm/ot 0,16	hloubka vrtání (mm): 19
hodnocení	Nástroj je vhodný pro tuto aplikaci, ale bylo potřeba nastavit lépe řezné podmínky tak, aby bylo možno použít cyklus G81, tedy bez výplachů.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
6.	T1504	Fréza D16/30°	Carbide	D16/30°x5 (HM, speciál)
obrábění	Sražení hrany (náběh) na D205H7, D150H7 a D72N7.			Nmin 0,92
řezné p.	otáčky (S): 5000 Vc (m): 251	posuv: mm/min. 1200	posuv: mm/zub 0,06	ap: 3 ae: 0,8
hodnocení	Nástroj fungoval bez problému. Bylo možné nastavit vyšší řezné podmínky.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
7.	T1574	Fréza D20	Grumant	20x20x55x110 EM827200 (HM)
obrábění	Odlehčení 0,5mm.			N _{min} 0,53
řezné p.	otáčky (S): 4450 V _c (m): 279	posuv: mm/min. 1200	posuv: mm/zub 0,27	ap: 0,5 ae: 20
hodnocení	Tento nástroj bylo možné nahradit jiným vhodnějším nástrojem.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
8.	T1530	Fréza závitová D6	Iscar	MTEC B06046C14 1.0
obrábění	Frézování závitu M8x1 6H 2x.			N _{min} 0,50
řezné p.	otáčky (S): 10000 V _c (m): 188	posuv: mm/min. 125	posuv: mm/zub 0,003	ap: 12 ae: 0,6
hodnocení	Nástroj pro frézování byl zbytečně drahý. Pro frézu D6 je hloubka závitu 12mm dost hluboká, aby bylo možné nastavit větší řezné podmínky, protože nástroj není dostatečně tuhý a při chvění se snadno zlomí. Pro tento závit bylo vhodné vytipovat závitník, který bude vhodný pro tuto slitinu Al.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
9.	T1521	Tyč D72 (N7)	Iscar	Sada: KIT BHF MB50-50 6-108 (SKA 45-MB50; BHF MB50-50X60; IHFF 50) Destička: TPGX 110308-L IC20
obrábění	Vyvrtávání otvoru D72N7.			N _{min} 0,78
řezné p.	otáčky (S): 600 V _c (m): 181	posuv: mm/min. 80	posuv: mm/zub 0,13	hloubka vyvrtávání 23 (mm):
hodnocení	Nástroj byl zvolen dobře. Cyklus vyvrtávání byl použit 2x. Bylo třeba nastavit správné řezné podmínky a připravit otvor s přídavkem vhodným pro dokončení tohoto otvoru najednou. Byl zvolen velký posuv na jednu otáčku.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
10.	T1522	Tyč D150 (H7)	Iscar	Sada KIT BHF-MB SKA 40-MB63, BHF MB63-63X87, Destičky: TPGX 110308-L IC20

Obrábění	Vyvrtávání otvoru D150H7.			Nmin 0,48
řezné p.	otáčky (S): 380 Vc (m): 179	posuv: mm/min. 40	posuv: mm/zub 0,1	hloubka vyvrtávání 13 (mm):
hodnocení	Nástroj byl zvolen dobře. Bylo možné nastavit vyšší řezné podmínky. Byl zvolen velký posuv na jednu otáčku.			

11.	Výměna palety.	Nmin 0,18
		celkem Ta 11,10

$Tac = Ta \times Kc$ $Ta = 11,10$; $Kc = 1,15$;
 $Tac = 11,10 \times 1,15 = 12,8$

Op.40: $Tac = 12,8$ min.

Operace 50: Frézování, vrtání a závitování

Stroj: Obráběcí horizontální stroj Heckert CWK400

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
1.	T1527	Fréza D20	Iscar	ECA-B-3 20-38C20-104 IC08
Obrábění	Zahloubení D36 4x. Zahloubení D25/hl.3/úhel 5°.			Nmin 0,82
řezné p.	otáčky (S): 8000 Vc (m): 502	posuv: mm/min. 1200	posuv: mm/zub 0,05	ap: 3 ae: 20
hodnocení	Tento nástroj byl vhodně zvolen na obrábění tohoto zahloubení. Bylo třeba doladit řezné podmínky a upravit program. Byla zde možnost použití i na jiné dílčí operace.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
2.	T1525	Navrtávák D10		HSS
Obrábění	Sražení hrany pro M6 6H.			Nmin 0,22
řezné p.	otáčky (S): 2000 Vc (m): 41	posuv: mm/min. 200	posuv: mm/ot 0,1	hloubka vrtání (mm): 5
hodnocení	Pro toto zahloubení bylo možné nahradit nástroj z HSS za tvrdokovový (HM), i když to nemá velký vliv na celkový čas, protože dráha nástroje je krátká.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
3.	T1528	Vrták D5		HSS ČSN 1125
Obrábění	Vrtání D5 do hloubky 95mm.			Nmin 1,45

řezné p.	otáčky (S): 1800 Vc (m): 28	posuv: mm/min. 160	posuv: mm/ot 0,09	hloubka vrtání (mm): 95
hodnocení	Nástroj z HSS fungoval za použití malých řezných podmínek a při vrtání byly použity výplachy po 3mm. To mělo velký vliv na čas obrábění. Pro vrtání tohoto hlubokého otvoru bylo třeba vytipovat jiný nástroj.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
4.	T1529	Závitník M6 6H		HSS
Obrábění	Závitování M6 6H.			Nmin 0,45
řezné p.	otáčky (S): 200 Vc (m): 4	posuv: mm/min. 200	posuv: mm/ot	hloubka vrtání (mm): 16
hodnocení	Bylo potřeba nahradit jiným závitníkem, který může fungovat za vyšší řezné rychlosti.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
5.	T1516	Záhlubník D31		HSS DIN 335D/N 613 (ČSN 3-17.46)
Obrábění	Sražení hrany na D17H7 4x.			Nmin 0,37
řezné p.	otáčky (S): 600 Vc (m): 32	posuv: mm/min. 80	posuv: mm/ot 0,13	hloubka vrtání (mm): 0,3
hodnocení	Tento nástroj byl vyhovující. Byla potřeba upravit řezné podmínky a upravit nájezdy (délky drah) v programu.			

6.	Výměna palety.	Nmin 0,18
		celkem Ta 3,48

$$T_{ac} = T_a \times K_c \quad T_a = 3,48; \quad K_c = 1,15;$$

$$T_{ac} = 3,48 \times 1,15 = 4,00$$

$$Op.50: T_{ac} = 4,00 \text{ min.}$$

2.2 Díl 2: Převodová skříň velká (PSV)

2.2.1 Původní technologický postup PSV

Technologický postup				
Číslo výkresu:	Název součásti:	Kusů/rok	Dávka	
2301050150	Převodová skříň velká	250	50	
Materiál:	Rozměr:	Jakost:	Hmotnost	Hmotnost čistá

				hrubá		
Přířez	310x410x130	AlCu4Mg1 (EN AW 2024) AlCuMg1 (EN AW 2017)		46,2 kg	16 kg	
op	Pracoviště stroj	Popis operace	Nářadí	Tac	Tbc	
10	05228 FGSV50 fréz.vert.	Frézovat jednostranně na 126	Stavebnice	7,1	90	
20	45321 Heckert obr.cent.	Zhotovit dle p.p. 0061 Frézovat rozměr 400 a 300-0,2; Uši rozměr 120 x 50 hrubovat na 120,6x50,6 a odstup 30+0,1 2x; D12/6,8 pro M8 2x; Přidat upínku a doraz na čelech!!! D90H11 a 90P7 na D88 2x; D66+0,5 na D63; D84 na D82;	Stavebnice	89,1	360	
30	45321 Heckert obr.cent.	Zhotovit dle p.p. 0062 Frézovat rozměr 300;	Stavebnice	7,9	180	
40	45321 Heckert obr.cent.	Zhotovit dle p.p. 0063 D90H11/2,5x20°; D91; D84; D90P7; 2x; D66+0,5/ 4x45°; M212x2 6H (malý pr.závit 209,835- 210,21); D213; D208H7; D165; D125N6; D105; D73; D90H8; D17 H7 4x; závit R1/2"/D40 4x; D13,3 8x;	Stavebnice	75,9	360	
50	45321 Heckert obr.cent.	Zhotovit dle p.p. 0064 Frézovat čelo na 119+1; D160 na odstup 110; rádius R5 2x, R15 4x; závit R1/2" a vybrání kóta 60/45°2x;		25,6	240	
60	04551 VR4A vrt.	Závity M8 6H 2x;		4,5	20	
70	99421 Mechanik	Dílce odhrotovat dle vzorového kusu Včetně průniků. Odstranit třísky! Nepoškrábat!		8,5	15	
80	09861 Výst. kontr.	Kontrolovat dle plánu kontroly č.001				
				celkem	218,7	1265

2.2.2 Původní použité stroje na obrábění PSV

Pro frézování na operaci 10 byla použita klasická vertikální frézka FGSV50. Tato frézka je vybavena jednoduchým cyklem, který se používá na frézování ploch. Skládá se z: příjezdu ke kusu rychloposuvem, posuvu, odskoku na konci pracovního posuvu a přejezdu rychloposuvem na začátek. Tento stroj lze i v dnešní době používat na podobné aplikace, ale jen je-li je to nezbytně nutné. Cyklus tohoto starého stroje je velice pomalý. Bylo zde nutné použít velký průměr nástroje, který je také velmi drahý a bylo s ním odebráno poměrně málo

materiálu. Manipulace s obrobkem a pomalý cyklus stroje byly násobně větší než samotné obrábění.

Na operace 20, 30, 40 a 50 bylo shodně použito horizontální obráběcí centrum, které je podrobněji popsáno již v kapitole „2.1.2“. Tento stroj je vhodný na obrábění těchto dílů a při obrábění tohoto dílů vykazoval dobré vlastnosti. Pro obrábění je ovšem třeba doladit všechny podmínky nutné potřebné k efektivnímu obrábění, a to celé soustavy SNOB. Těchto strojů je v této firmě několik.

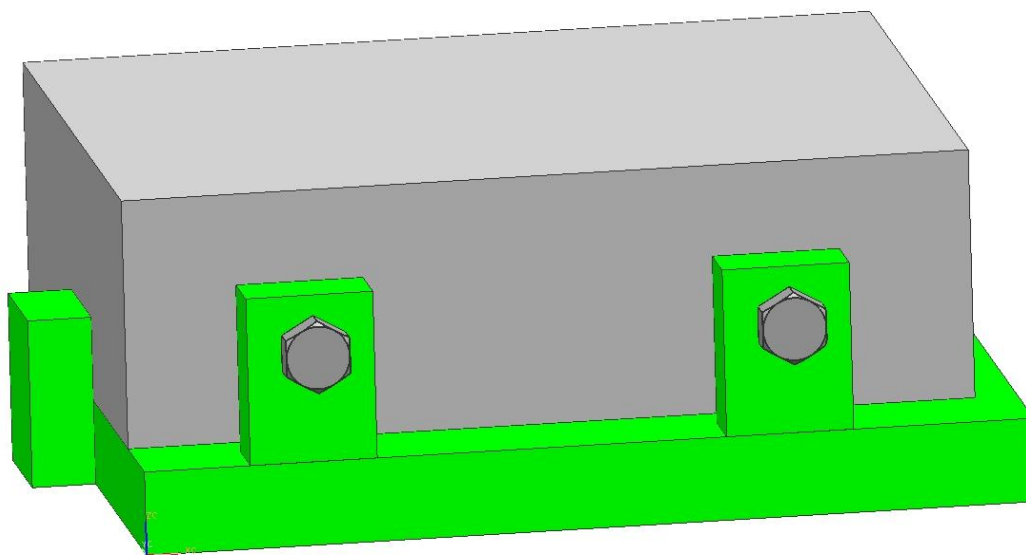
Pro dořezání závitu v operaci 60 byla použita vertikální vrtačka VR4A. Na tomto stroji lze dodělávat podobné aplikace, ale na dnešních strojích lze tyto operace dělat hotově.

2.2.3 Původní upnutí PSV v jednotlivých operacích

2.2.3.1 Schéma upnutí PSV op. 10 – popis

V této operaci se pouze obráběla horní plocha, která sloužila pro upnutí na další operaci. Upnutí polotovaru potřebné pro obrábění této plochy bylo dostačující. Vidíme na „Obr. 2-7“. Nevýhodou byla nutnost zajištění kusu proti zhoupnutí vlivem nerovnosti kusu. To se provádělo podkládáním plechy o různé síle v rozích kusu. Obrábění této plochy probíhalo poměrně dobře.

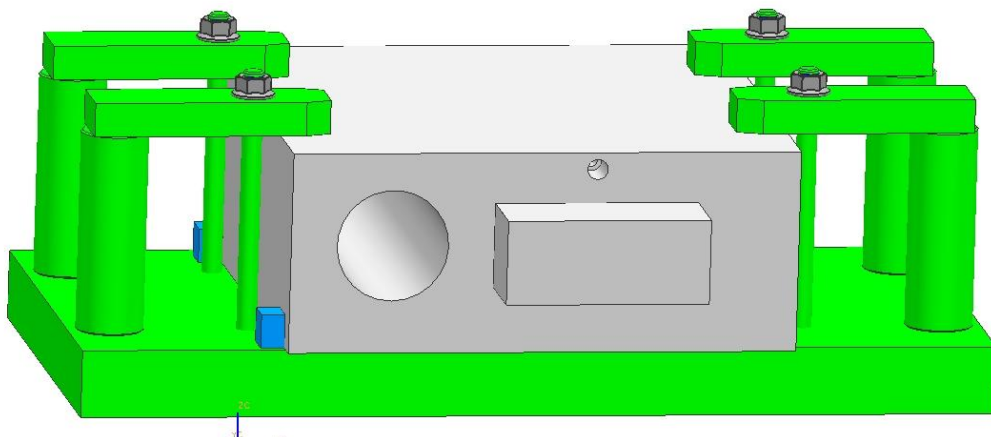
Hmotnost dílu po této operaci byla cca 44,8 kg. Odběr materiálu při této operaci byl tedy minimální, a to pouze 1,4 kg. Zůstala tedy obtížná manipulace na této i další operaci.



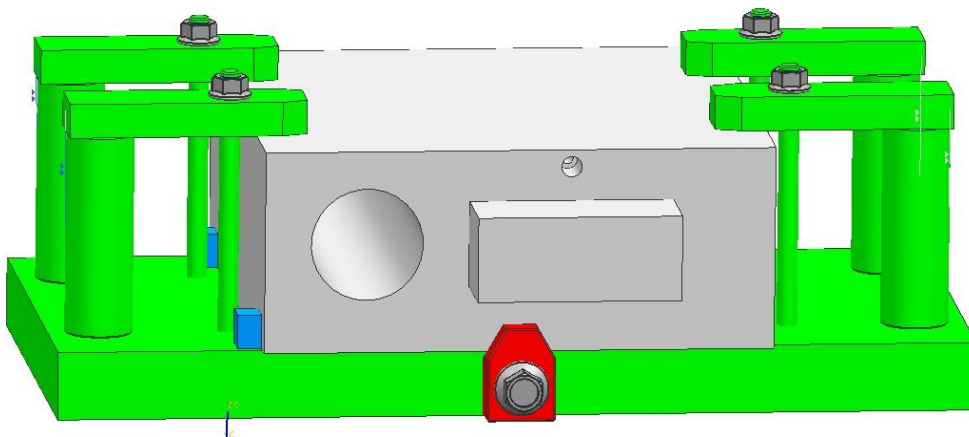
Obr. 2-7: Schéma upnutí původní PSV op. 10

2.2.3.2 Schéma upnutí PSV op. 20 – popis

V této operaci se obrábí čelní plochy a hrubuje průchozí otvor, jak je vidět na „Obr. 2-8“ a na „Obr. 2-9“. Upnutí dílu pro tuto operaci bylo dostačující, před hrubováním průchozího otvoru bylo ovšem nutné přidat doraz s upínkou na již obrobené plochy, aby nemohlo dojít k posunutí obrobku, jak je vidět na obrázku. Jeho hmotnost po této operaci byla 29,5 kg. Odběr materiálu při této operaci byl tedy již větší, a to cca 15,5 kg. Manipulace zůstala stále obtížná.



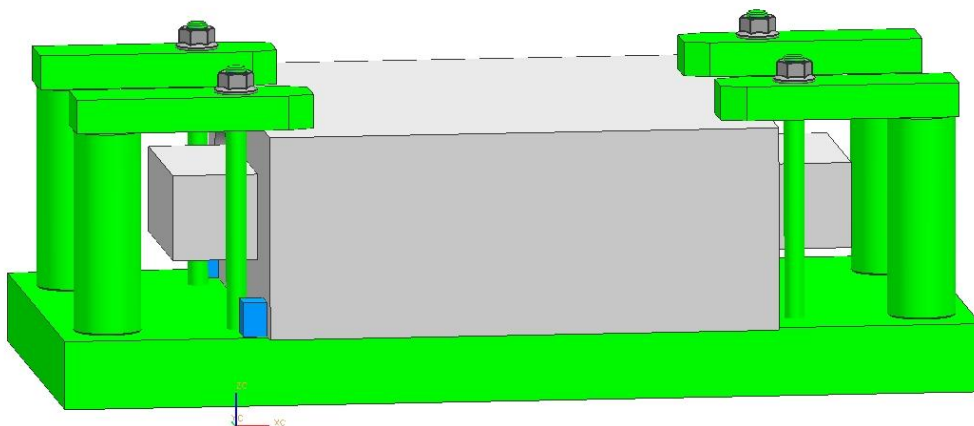
Obr. 2-8: Schéma upnutí původní PSV op. 20-1



Obr. 2-9: Schéma upnutí původní PSV op. 20-2

2.2.3.3 Schéma upnutí PSV op. 30 – popis

V této operaci se obráběly pouze dvě rovné čelní plochy, jak je vidět na „Obr. 2-10“. Upnutí dílu pro tuto operaci bylo dostačující, jelikož obrábění bylo velice málo. Hmotnost dílu po této operaci byla 28,5 kg. Odběr materiálu při této operaci byl tedy minimální, a to cca 1 kg. Manipulace zůstala stále obtížná.



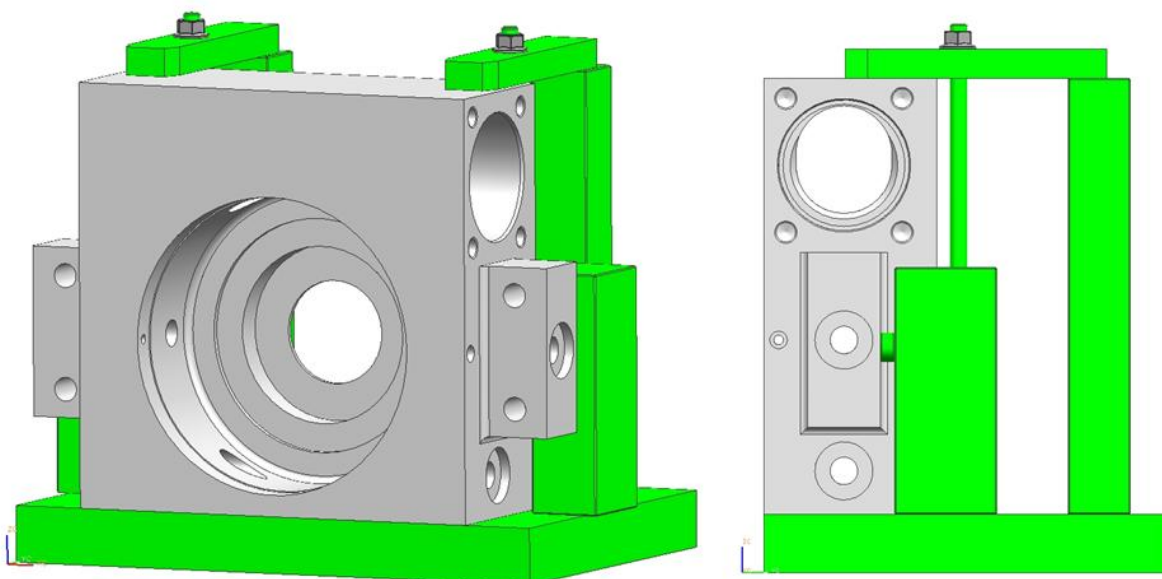
Obr. 2-10: Schéma upnutí původní PSV op. 30

2.2.3.4 Schéma upnutí PSV op. 40 – popis

V této operaci se obráběla velká čelní plocha, byl teprve hrubován odstupňovaný velký otvor, dále dokončován závit M212x2 6H, všechny otvory (D213, D208H7, D165, D125N6, D105, D73, na dvou bočních stranách otvory D90H8, D17 H7 4x, závit R1/2"/D40 4x, D13,3 8x. Na této operaci se obrábělo nejvíce rozměrů. Tato operace měla největší vliv na rozměrovou přesnost.

Upnutí dílu pro tuto operaci bylo nevhodné. Vidíme na „Obr. 2-11“. Díl byl postaven na nejmenší ploše nastojato. Bylo tedy nepřesné vlivem odchylky v kolmosti menší plochy. Podpěry pro upínky byly relativně úzké a vysoké. Nedokázaly pevně držet kus. Při hrubování byl dílec nestabilní, docházelo k posunutí dílu od dorazu nejen díky působením samotných řezných sil, ale i vibracím, ke kterým docházelo. Toto mělo velký vliv na řezné rychlosti a možnost použití řezných nástrojů. Nebyla zde dodržena základní podmínka pro dobré obrábění: **tuhost soustavy SNOP (stroj, nástroj, obrobek, přípravek).**

Hmotnost skříně po této operaci byla 18 kg. Odběr materiálu při této operaci byl tedy cca 11,5 kg. Manipulace při upínání byla obtížná. Teprve při odepínání obroku z upínače byla přijatelná.



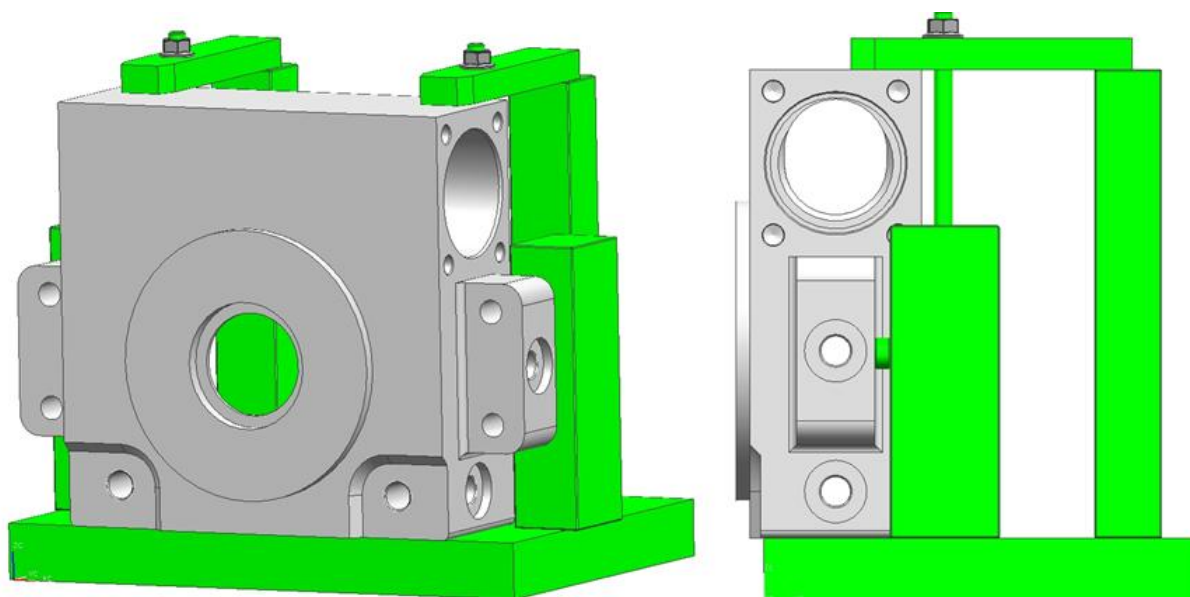
Obr. 2-11: Schéma upnutí původní PSV op. 40

2.2.3.5 Schéma upnutí PSV op. 50 – popis

V této operaci se obráběla celá zadní plocha na 119+1, D160 na odstup 110, rádius R5 2x, R15 4x, závit R1/2" a vybrání kóta 60/45°2x.

Upnutí dílu pro tuto operaci bylo také nevhodné a prakticky totožné. Upnutí vidíme na „Obr. 2-12“. Díl byl postaven na nejmenší ploše nastojato. Bylo tedy nepřesné vlivem odchylky v kolmosti menší plochy. Podpěry pro upínky byly relativně úzké a vysoké. Nedokázaly pevně držet kus. Při hrubování byl dílec nestabilní, docházelo k posunutí dílu od dorazu nejen vlivem samotných řezných sil, ale i vibracím, ke kterým docházelo. To omezovalo řezné rychlosti a možnost použití nástrojů. Nebyla zde dodržena základní podmínka pro obrábění: **tuhost soustavy SNOP (stroj, nástroj, obrobek, přípravek).**

Hmotnost skříně po této operaci byla 16 kg. Odběr materiálu při této operaci byl tedy cca 2 kg a odpovídá dokončovacím operacím dílů těchto rozměrů. Manipulace při této operaci již byla dobrá.



Obr. 2-12: Schéma upnutí původní PSV op. 50

2.2.3.6 Celkové shrnutí upnutí PSV a sled operací

Upnutí na op. 10, 20 a 30 bylo dostatečné vzhledem k obrábění, které se na těchto operacích provádělo. Na operacích 40 a 50 bylo upnutí velice nevhodné, nebylo zajištěné přesné a tuhé upnutí. Při těchto operacích se zhotovovalo největší množství důležitých rozměrů a při tom stále odebíralo velké množství materiálu.

Manipulace s touto skříní byla velice obtížná, protože se na prvních třech operacích odebralo poměrně málo materiálu. Na první operaci jen minimálně. Až na páté operaci byla hmotnost obrobku přijatelná pro manipulaci s ním. Celkem bylo potřeba sedm operací pro celkové zhotovení této skříně.

Pro všechny operace byla použita stavebnice. Na každou dávku se tedy musela upnutí sestavit. Bylo to zdoluhavé a nepřesné. Na každé operaci a s každou dávkou byly nutné nastavit znovu nulové body (nastavení souřadnicového systému stroje).

2.2.4 Původní použité nástroje PSV

op 10	05228 FGSV50 fréz.vert.	Frézovat jednostranně na 126	Upnutí: Stavebnice
----------	-------------------------------	------------------------------	-----------------------

Původně použitý nástroj v operaci 10.

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	Označení
1.	0	Fréza D315	Ingersol	Těleso: G3038052 5N6R315R00 Destička: SHEN 1504AETN-P IN2005

Na frézování velké plochy (410x310) v operaci 10 byla použita fréza o průměru 315. Tento nástroj je velice drahý a lze ho používat v této firmě MJS a.s. Soběslav jen na této velké frézce. Cena nástroje je cca 34 000 Kč a je osazen 18 destičkami po 337 Kč, což je celkem cca 41 000 Kč (34 743+18x337). Tento nástroj dokáže ofrézovat velké plochy, je velice

výkonný, ale zde s ním byla ofrézována pouze plocha, která se následně z větší části dále opracovávala. Sloužila pouze pro další upnutí. Odebralo se poměrně málo materiálu a zůstala tedy obtížná manipulace i v další operaci.

op 20	45321 Heckert obr.cent.	Frézovat rozměr 400 a 300-0,2; Uši rozměr 120 x 50 hrubovat na 120,6x50,6 a odstup 30+0,1 2x; D12/6,8 pro M8 2x; Přidat upínku a doraz na čelech!!! D90H11 a 90P7 na D88 2x; D66+0,5 na D63; D84 na D82;	Upnutí: Stavebnice
----------	-------------------------------	---	-----------------------

Některé vybrané nástroje původně použité v operaci 20.

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
1.	T20	Fréza D63 (tangenciální)	Iscar	Těleso: F90LN D063-06-22-R-N11 Destička: LNAR 1106 PN-N-P IC07
2.	T21	Fréza D20	Iscar	ECA-B-3 20-38C20-104 IC08
3.	T23	Vrták D30.8	Guehring	Těleso: YG P8320320 Destička: D30,8
4. (po 2.)	T21	Fréza D20	Iscar	ECA-B-3 20-38C20-104 IC08
5.	T24	Vrták D36	Zásoby	HSS ČSN 1140
6.	T31	Fréza D16	Grumant	EXTRA LONG - 16X16X65X150
7.	T25	Vrták D50	Zásoby	HSS ČSN 1140
8.	T30	Tyč D58 hrubovací	MCT Kyocera	Držák: 40 x 40 - 180 Destičky: CCMT 09T308 NC6110
9.	T32	Tyč D63 hrubovací	MCT Kyocera	Držák: 40 x 40 - 180 Destičky: CCMT 09T308 NC6110

V operaci 20 se mimo jiné hruboval tvar uší 120x50 do hloubky 50 a stupňovitý otvor D90H11/ 90P7/D66+0,5.

Na hrubování uší byly použity fréza D63 a D20. Označení nástrojů je uvedeno v tabulce. Toto jsou nástroje, které lze velice vhodně použít na obrábění tohoto materiálu. Fréza D63 byla použita na frézování čelních ploch. Při tuhosti celé soustavy SNOP, v tomto případě především tuhostí samotného stroje, nemohlo být využito možností tohoto nástroje. Nástroj je zkonstruován na hloubku $A_p=5\text{mm}$, což bylo v tomto případě na hraně, jelikož přírůstek byl 5mm, ale s určitou možnou odchylkou vlivem nepřesnosti polotovaru a nepřesnosti jeho rozdělení. Přírůstek na polotovaru byl zbytečně veliký.

Frézování odstavu uší je 50. Na odběr tohoto poměrně velkého množství materiálu byla použita fréza D20. Vidíme ji na „Obr. 2-13“. Tato fréza je vhodná pro frézování tohoto materiálu, ale zde bylo potřeba vybrat jiný nástroj, hlavně o větším průměru, který dokáže odebrat více materiálu za jednotku času. Pro tento malý nástroj bylo potřeba vytvořit i poměrně složitý program s množstvím drah, nájezdů a výjezdů.

Přídavek materiálu na bocích rozměr 400 bylo třeba přehodnotit. Původní rozměr polotovaru byl 410, což bylo na jeden bok 5mm.



Obr. 2-14: Vrtáky pro hrubování

Na hrubování stupňovitého otvoru D90H11 a 90P7 na D84 2x; D66+0,5 na D63; D84 hotově bylo použito sedm nástrojů. Tři vrtáky vidíme na „Obr. 2-14“. Tento stupňovitý otvor prochází skrze celou součást, která měří v tomto místě 300mm.



Muselo se zde odebrat velké množství materiálu. Byl použit princip postupného zvětšování otvoru. Otvor byl nejdříve předvrtán poměrně malým vrtákem D30,8, potom byl rozšířen frézou D20 na průměr 88mm, ale jen do hloubky 57mm. Další zvětšení bylo provedeno vrtákem D36. Dále byl hrubován otvor D84 frézou D16, která měla velké vyložení a odebírala poměrně hodně materiálu. Další nástroj byl vrták D50. Následně byl otvor zvětšen hrubovací tyčí D58. Jako poslední byla použita hrubovací tyč D63. Všechny nástroje obráběly na obou stranách dílce. Tento způsob postupného zvětšování otvoru více nástroji byl velice zdlouhavý a bylo ho třeba nahradit jiným způsobem obrábění. Řezné podmínky u nástrojů nebyly nastaveny dobře. Vrtáky D36 a D50 byly z nástrojové oceli, takže jejich řezné podmínky byly omezené.

Obr. 2-13: Fréza D20

op 30	45321 Heckert obr.cent.	Zhotovit dle p.p. 0062 Frézovat rozměr 300;	Upnutí Stavebnice
----------	-------------------------------	--	----------------------

V operaci 30 se frézoval pouze rozměr 300 frézou D63. Využití tohoto nástroje bylo popsáno v op. 20. Velikost přídatku na obrábění bylo třeba přehodnotit, zda je nutné pro obrábění, aby byl přídatek na stěně 5mm.

op 40	45321 Heckert obr.cent.	Zhotovit dle p.p. 0063 D90H11/2,5x20°; D91; D84; D90P7; 2x; D66+0,5/ 4x45°; M212x2 6H (malý pr. závitu 209,835-210,21); D213; D208H7; D165; D125N6; D105; D73; D90H8; D17 H7 4x; závit R1/2"/D40 4x; D13,3 8x;	Upnutí Stavebnice
----------	-------------------------------	--	----------------------

Vybraný nástroj původně použitý v operaci 40.

č.nástr.	název nástroje	dodav.	Označení
T2	Fréza D25	Iscar	Těleso: HM90 EAL-D25-C25-L140-15 Destičky: HM90 AXC4 150504R-P IC28

V operaci 40 se hrubovaly největší otvory, od malého průměru závitu M212x2 6H až po průměr D73. Pro toto obrábění byla použita fréza D25. Vidíme ji na „Obr. 2-15“. Zde se odebíralo velké množství materiálu a tento nástroj měl kromě malého průměru i velké vyložení z upínacího držáku, což omezuje jeho řezné podmínky. Tento nástroj je sice vhodný na obrábění tohoto materiálu, ale pro tuto aplikaci bylo třeba najít vhodnější nástroj, který dokáže odebrat více materiálu za jednotku času.

Při obrábění této skříně bylo samozřejmě použito více nástrojů, než je zde popsáno, ale byly vybrány jen ty, které měly velký vliv na celkovou spotřebu času. Na celkovém výběru nástrojů je vidět, že byly použity hlavně takové nástroje, které jsou v této firmě používány na jiné aplikace obrábění, a nemusely být vynaloženy větší náklady na pořízení nových nástrojů. Velký vliv na možnost výběru nástrojů mělo taky upnutí v jednotlivých operacích. Upnutí této skříně nebylo v některých operacích dostačující a bylo již popsáno v kapitole „2.2.3“. Bylo třeba vyhodnotit, zda se vyplatí nahradit nástroji vhodnějšími pro obrábění této skříně a zda vynaložit potřebné náklady na přípravky. Dále bylo třeba již u použitých nástrojů, které jsou vhodné pro tuto aplikaci nastavit lépe řezné podmínky.



Obr. 2-15: Fréza D25

2.2.5 Původní spotřeba času PSV

Sumární měření

Op.	Stroj	Popis operace	Čas Ta	Čas Tac
10	FGSV50	Frézovat jednostranně na 126	6,2	7,1
20	Heckert	Zhotovit dle p.p. 0061	77,5	89,1
30	Heckert	Zhotovit dle p.p. 0062	6,9	7,9
40	Heckert	Zhotovit dle p.p. 0063	66,0	75,9
50	Heckert	Zhotovit dle p.p. 0064	22,3	25,6
60	VR4A	Závity M8 6H	3,9	4,5
70	Mech	Odhrotovat	7,4	8,5
celkem			190,1	218,7

Při upínání PSV byly velké vedlejší časy pro upínání a manipulaci kusu. V operacích 10, 20, 30 a 40 byl na upínání použit čas 5 minut. Celkem tedy bylo počítáno s 20 minutami pro manipulaci s jeřábem. Ostatní operace již v sobě zahrnovaly běžnou manipulaci, jelikož obrobek byl konečně z velké části obroben a tudíž manipulace byla jednodušší. Nebylo třeba zapotřebí zvedacího zařízení.

3 Návrhy řešení nového technologického procesu

3.1 Díl 1: Malá převodová skříň (PSM)

3.1.1 Celý nový proces, nové upínací přípravky a některé nástroje PSM

Návrh technologického postupu s novými upínacími přípravky					
Číslo výkresu:		Název součásti:		Kusů/rok	Dávka
10000003302		Převodová skříň malá		1400	100
Materiál:	Rozměr:	Jakost:	Hmotnost hrubá	Hmotnost čistá	
odlitek	-	AlSi10Mg	11,8 kg	10,0 (9,53) kg	
pouzdro	D=40/D=35x185	CuSn8P	0,47 kg		
op	Pracoviště stroj	Popis operace	Nářadí	Tac	Tbc
20	Heckert obr.cent.	Frézovat zadní čelo na 90 a odstup 6 hotově; D100/1x45°; D70H8/1,5x8°; D58; D17H7 4x; Frézovat čela na 250; D55H7/M52x1,5 6H 2x; D40H7; D20/M12X1,5 6H/D6 2x;	PF1- nový	11,1	120
30	Lis	Lisovat pouzdro police 2	PLIS1-50371	1,6	20
40	Heckert obr.cent.	Frézovat čelo na 87; D205; D150H7/3x30°; D90; D149,5+0,3; D72N7/1,5x30°; D11,1 pro záv. pouzdro M8 pos. 3 4x; D6 2x; závit M8x1 6H 2x;	PF2- nový	6,7	120

50	Heckert obr.cent.	Zahloubení D36 4x; zafrézovat plošku D25/hl.3/úhel 5°; D5/L95/závit M6 6H; Frézovat rozměr 136	PF3- původní	2,3	90
60	Mechanik	Dílce odhrotovat dle vzorového kusu		9,0	10
			celkem	3,7	360

Předpokládané časy při investici do nových speciálních přípravků celkem:
Tac = 30,7 min; Tbc = 360 min.

Nové upínací přípravky: PF1 - na operaci 20 135 000 Kč
PF2 - na operaci 40 104 000 Kč
Celkem náklady na nové upínací přípravky: 239 000 Kč

Předpokládané náklady na nové nástroje (frézy na obrábění slitin hliníku) pro obrábění PSM celkem: 30 000 Kč.

3.1.2 Částečná změna procesu, úprava přípravků a některé nové nástroje PSM

Návrh technologického postupu s úpravou stávajících přípravků					
Číslo výkresu:	Název součásti:	Kusů/rok	Dávka		
10000003302	Převodová skříň malá	1400	100		
Materiál:	Rozměr:	Jakost:	Hmotnost hrubá	Hmotnost čistá	
odlitek	-	AlSi10Mg	11,8 kg	10,0 (9,53) kg	
pouzdro	D=40/D=35x185	CuSn8P	0,47 kg		
op	Pracoviště stroj	Popis operace	Nářadí	Tac	Tbc
10	Heckert obr.cent.	Frézovat rozměr 136	PF1-50371 upraven	0,4	30
20	Heckert obr.cent.	Frézovat zadní čelo na 90 a odstup 6 hotově; D100/1x45°; D70H8/1,5x8°; D58; D17H7 4x; Frézovat čela na 250; D55H7/M52x1,5 6H 2x; D40H7; D20/M12X1,5 6H/D6 2x;	PF2-50371-1 upraven	11,7	120
30	Lis	Lisovat pouzdro posice 2	PLIS1-50371	1,6	20
40	Heckert obr.cent.	Frézovat čelo na 87; D205; D150H7/3x30°; D90; D149,5+0,3; D72N7/1,5x30°; D11,1 pro záv. pouzdro M8 pos. 3 4x; D6 2x; závit M8x1 6H 2x;	PF2-50371-2	7,8	120
50	Heckert obr.cent.	Zahloubení D36 4x; zafrézovat plošku D25/hl.3/úhel 5°; D5/L95/závit M6 6H;	PF3-50371	2,3	90
60	Mechanik	Dílce odhrotovat dle vzorového kusu		9,0	10
			celkem	32,8	360

Předpokládané časy při investici do nových speciálních přípravků celkem:
Tac = 32,8 min; Tbc = 360 min.

Úprava stávajících upínacích přípravků: PF1 - na operaci 10 4 000 Kč
PF2 - na operaci 40 5 000 Kč
Celkem náklady na úpravu stávajících upínacích přípravků: 9 000 Kč

Předpokládané náklady na nové nástroje (frézy na obrábění slitin hliníku) pro obrábění PSM celkem: 30 000 Kč.

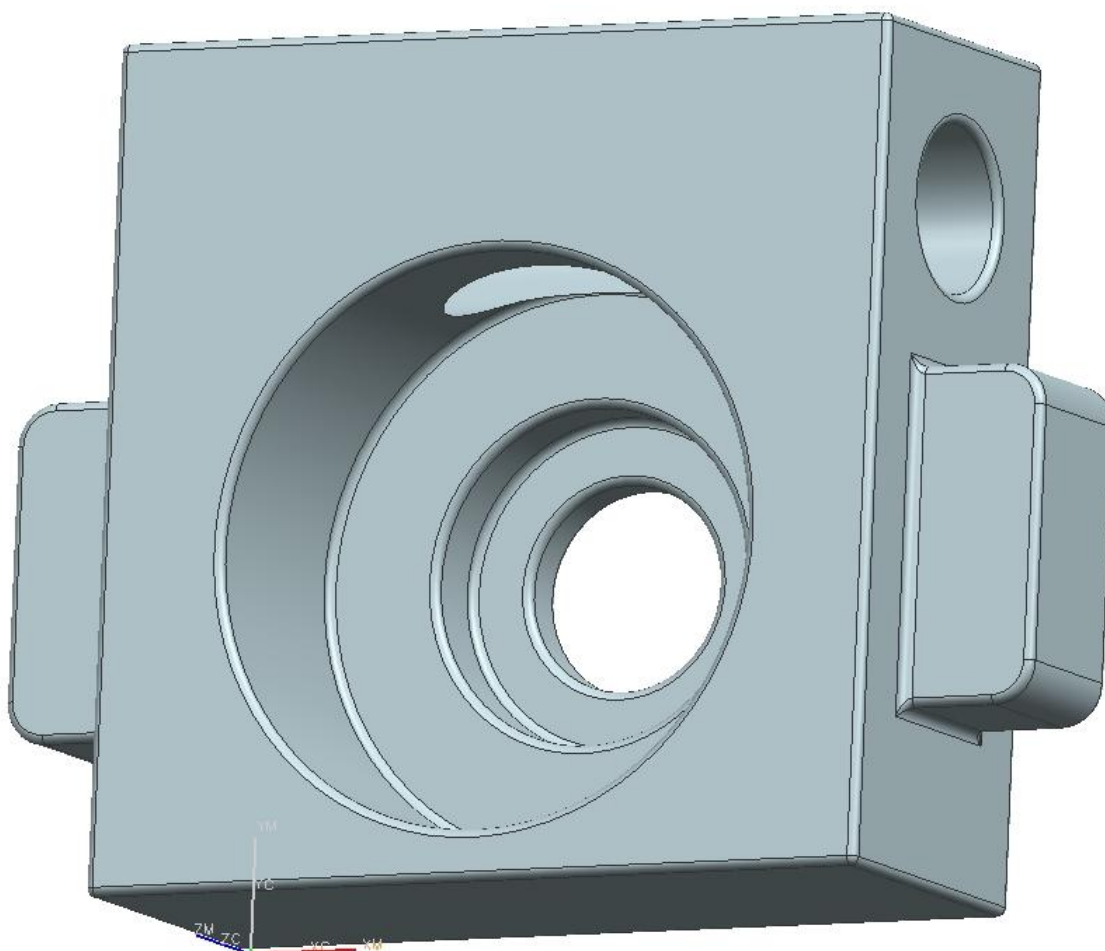
3.2 Díl 2: Převodová skříň velká (PSV)

3.2.1 Návrh odlitku pro PSV

Při opracování této skříňe z původního polotovaru bylo odebráno celkem cca 30 kg materiálu slitiny hliníku. Hmotnost původního polotovaru byla 46,2 kg o rozměrech 410x310x130. Toto mělo velký vliv na čas potřebný na opracování a na cenu vstupního materiálu.

Návrh odlitku, který je navržen jako nový polotovar, má hmotnost 23,4 kg. Tato hmotnost je odečtena z modelu, který byl vymodelován v „CAD NX6“. Návrh modelu vidíme na „Obr. 3-1“. Na tomto modelu nejsou slévárenské úkosy a byl vytvořen jen pro návrh na racionalizaci polotovaru. Sloužil pro poptávku ve slévárenské firmě, aby bylo možné vyčíslit náklady na modelové zařízení a samotnou cenu odlitku.

Odlitek za polotovar by tedy uspořil cca 23kg materiálu. Bylo třeba započítat úsporu v ceně polotovaru oproti odlitku. Důležité bylo také posoudit, zda při malé roční produkci (250 kusů) a nejistému výhledu na několik let dopředu, absolvovat obsáhlý nový proces, který by tato změna přinesla. Jednalo by se o změnu celé výkresové dokumentace nejen odlitku, ale i výkresu opracování. Změna vnějšího tvaru, hlavně slévárenských úkosů, ale taky změna materiálu vhodného pro odlévání. Při odlévání se také můžou vyskytnout řediny (pórovitost). Pro ověření celého nového procesu by byla nutná ověřovací série. To vyžaduje vynaložení určitého úsilí nejen u výrobce, ale i u zákazníka, což jsou další finanční náklady.



Obr. 3-1: Návrh odlitku PSV



Dodavatel:
METAZ Týnec a.s.
Senovážné náměstí 1588/4
110 00 Praha 1

Provozovna:
METAZ Týnec a.s.
Ing. Fr. Janečka 147
257 41 Týnec nad Sázavou

IČO: 24759597
DIČ: CZ24759597

Zákazník

MOTOR JIKOV Strojírenská a.s.
Zátkova 495
CZ 392 01 Soběslav

Strana : 1
Č.nabídky : N1400096
Dat.nabídky : 07.04.2014
Vystavil : Barek Tomáš
Telefon : 420 317 703 303
Mobil : 420 737 208 773
Fax : 420 317 703 541
E-mail : tomas.barek@metaz.cz
Č. poptávky : z 28.3.2014
Datum pop. : 31.03.2014

Děkujeme za Vaši poptávku a zasiláme Vám cenovou a termínovou nabídku.
Zároveň předem děkujeme za zpětnou vazbu.

Pol.	POPIS	CZK/MJ	CZK Celkem
01	Č.modelu : 00150 Č.výrobku : 00150 Název : Skříň Č.výkresu : 00150 Materiál : AlSi10Mg (A) T6 Přejímka : ČSN EN 1559-1+4 Přesnost : ČSN EN ISO 8062 DCTG 8 Provedení : ISO 10049 Množství : 250 ks x 24,00 kg 104,00 CZK/kg 624 000,00 CZK Cena za kus bude vypočtena na základě nabídnuté kilogramové ceny a skutečné hmotnosti odlitku.		
	Nové modelové zařízení	48 880,00 CZK/ks	48 880,00 CZK

Technologie Strojní formování do pískových formovacích ráků 500x500 mm
Ks v rámu 1Ks
Životnost modelu 3000 ks
Termín zhotovení modelového zařízení 5 týdnů od data obdržení objednávky
Jádra 1x
Jademík 1x
Po provedené skutečné hmotnosti odlitku možná drobná úprava ceny
Pro výrobu modelového zařízení nutno zaslat výkres 1:1/3D data
V případě realizace nutno před zahájením sériové výroby písemně odsouhlasit etalony
V korespondenci uvádějte č. nabídky

Základ ceny : Cena bez DPH
Platnost : 29.08.2014
Platební podmínky : do 30 dnů od data fakturace

Těšíme se na další spolupráci s Vámi a jsme s pozdravem

Obr. 3-2: Cenová nabídka na odlitek PSV

Cena odlitku a modelového zařízení pro PSV by byla dle „Obr. 3-2: Cenová nabídka na odlitek PSV“ : $24\text{kg} \times 104 = 2\,496$ Kč na 1kus
Cena modelového zařízení: 48 880 Kč na 3000 ks, což je daleko větší množství, než je předpokládaná životnost této skříně.

3.2.2 Návrh menšího polotovaru pro PSV

Přídavky na polotovaru byly 5 mm na každou plochu skříně, byly zřejmě i ovlivněny možnostmi dodavatele. Polotovar byl nakupován jako blok (přířez), což znamená, že dodavatel dodá materiál již nadělený z plochého materiálu na požadované rozměry. Rozměry nového polotovaru byly navrženy na 305x403x122.

Původní polotovar:
Průměrná cena za 1kg = 138 Kč

Blok (přířez): rozměry 130 x 310 x 410;
hmotnost: 46,2 kg; cena za kus: 46,2 x 138 = 6 376 Kč

Návrh nového polotovaru:
Blok (přířez): rozměry 122 x 305 x 403;
hmotnost 42,3 kg; cena za kus: 42,3 x 138 = 5 837 Kč

Rozdíl hmotnosti původního a nového polotovaru 46,2 - 42,3 = **3,9 kg** na 1 kusu
Rozdíl ceny původního a nového polotovaru 6 376 - 5 837 = **539 Kč** na 1 kusu

3.2.3 Nový proces, nové upínací přípravky a některé nové nástroje PSV

Pro nový proces obrábění je mnohdy nejjednodušší použít nové přípravky. V tomto případě byl přezkoumán celý proces obrábění této skříně a jsou na něm vidět nedostatky v upnutí a celého procesu.

Návrh technologického postupu s novými upínacími přípravky					
Číslo výkresu:		Název součásti:		Kusů/rok	Dávka
2301050150		Převodová skříň velká		250	50
Materiál:	Rozměr:	Jakost:	Hmotnost hrubá	Hmotnost čistá	
přířez	305x403x122	AlCu4Mg1 (EN AW 2024) AlCuMg1 (EN AW 2017)	42,3 kg	16 kg	
op	Pracoviště stroj	Popis operace	Nářadí	Tac	Tbc
10	Heckert obr.cent.	Čelo 121; odstup 30+0,1 2x; boky na 301-0,2 2x; Uši na 120,6x50,6; Hrubovat D208H8/D125/D73; D90H11; 90P7; D66;	PF1- nový	33	180
20	Heckert obr.cent.	Rozměr 300 hotově; R5 2x; D160 na D162; čelo D160 na 119,6 hotově; čelo 55 s přídavkem 0,5; odstup 30 na 30,5	PF2- nový	15	180
30	Heckert obr.cent.	Rozměr 300 hotově; čelo na 110,1; D160-0,2; odstup 30+0,1; Obě uši; D17 H7 4x; D12/M8 6H 2x; závit R1/2"/D40 4x; R1/2" a vybrání kóta 60/45°2x;	PF2- nový	17	180
40	Heckert obr.cent.	D90H11/2,5x20°; D91; D84; D90P7 2x; D66+0,5/4x45°; M212x2 6H; D213; D208H7; D165; D125N6; D105; D73; D90H8; D13,3 8x;	PF3- nový	19	240
50	Mechanik	Dílce odhrotovat dle vzorového kusu		8,5	15
			celkem	93,5	795

Předpokládané náklady na nové nástroje (frézy a vrtáky na obrábění slitin hliníku) pro obrábění PSM celkem: 120 000 Kč.

Nové upínací přípravky: PF1 - na operaci 10 90 000 Kč
PF2 - na operaci 20 a 30 125 000 Kč

PF2 - na operaci 40 110 000 Kč
Celkem náklady na nové upínací přípravky: 325 000 Kč
Celkem náklady: 445 000 Kč

3.2.4 Nový proces, úprava vyřazených přípravků a některé nové nástroje pro PSV

Návrh technologického postupu s upínacími přípravky vyrobeny z vyřazených přípravků (šrot)					
Číslo výkresu:		Název součásti:		Kusů/rok	Dávka
2301050150		Převodová skříň velká		250	50
Materiál:	Rozměr:	Jakost:	Hmotnost hrubá	Hmotnost čistá	
přířez	305x403x122	AlCu4Mg1 (EN AW 2024) AlCuMg1 (EN AW 2017)	42,3 kg	16 kg	
op	Pracoviště stroj	Popis operace	Nářadí	Tac	Tbc
10	Heckert obr.cent.	Čelo 121; odstup 30+0,1 2x; boky na 301-0,2 2x; Uši na 120,6x50,6; Hrubovat D208H8/D125/D73; D90H11; 90P7; D66;	PF1- nový	37	180
20	Heckert obr.cent.	Rozměr 300 hotově; R5 2x; D160 na D162; čelo D160 na 119,6 hotově; čelo 55 s přídávkem 0,5; odstup 30 na 30,5	PF2- nový	16	180
30	Heckert obr.cent.	Rozměr 300 hotově; čelo na 110,1; D160-0,2; odstup 30+0,1; Obě uši; D17 H7 4x; D12/M8 6H 2x; závit R1/2"/D40 4x; R1/2" a vybrání kóta 60/45°2x;	PF2- nový	20	240
40	Heckert obr.cent.	D90H11/2,5x20°; D91; D84; D90P7 2x; D66+0,5/4x45°; M212x2 6H; D213; D208H7; D165; D125N6; D105; D73; D90H8; D13,3 8x;	PF3- nový	28	240
50	Mechanik	Dílce odhrotovat dle vzorového kusu		8,5	15
celkem				109,5	855

Předpokládané náklady na nové nástroje (frézy na obrábění slitin hliníku) pro obrábění PSV celkem: 35 000 Kč. Ostatní nástroje mohou být vybrané z jiných výroby.

Úprava vyřazených upínacích přípravků: PF1 - na operaci 10 14 000 Kč
PF2 - na operaci 20 a 30 13 000 Kč
PF2 - na operaci 40 18 000 Kč
Celkem náklady na výrobu přípravků ze starých vyřazených upínacích přípravků: 45 000 Kč
Celkem náklady: 80 000 Kč

4 Výběr nejvhodnější varianty

4.1 Díl 1: Malá převodová skříň (PSM)

4.1.1 Vyhodnocení jednotlivých variant

Mzdový tarif frézka:	130	Kč/hod
Mzdový tarif Heckert:	150	Kč/hod
Výrobní režie frézka:	300	%
Výrobní režie Heckert:	400	%
Původní čas frézka:	2,1	min. (op. 10)
Původní čas Heckert:	34,3	min. (op. 20, 40 a 50)
Nový čas varianta nové přípravy (1):	17,5	min. (op. 20, 40 a 50)
Nový čas varianta upravené přípravy (2):	19,3	min. (op. 10, 20, 40 a 50)

Výpočet zpracovacích nákladů (ZN_p) při použití původní technologie.

$$ZN_p = (PMZ_f + VR_f) + (PMZ_H + VR_H)$$
$$ZN_p = 2,1 \cdot \frac{130}{60} + 3 * \left(2,1 \cdot \frac{130}{60} \right) + 34,3 \cdot \frac{150}{60} + 4 * \left(34,3 \cdot \frac{150}{60} \right) \quad ZN_p = 446,30 \text{ Kč}$$

Výpočet zpracovacích nákladů (ZN_{n1}) při použití nové technologie s **novými** přípravky.

$$ZN_{n1} = PMZ_n + VR_1 = 17,5 \cdot \frac{150}{60} + 4 * \left(17,5 \cdot \frac{150}{60} \right) \quad ZN_{n1} = 218,50 \text{ Kč}$$

Výpočet zpracovacích nákladů (ZN_{n2}) při použití nové technologie s **upravenými** přípravky.

$$ZN_{n2} = PMZ_n + VR_1 = 19,3 \cdot \frac{150}{60} + 4 * \left(19,3 \cdot \frac{150}{60} \right) \quad ZN_{n2} = 241,30 \text{ Kč}$$

Výpočet úspory ve zpracovacích nákladech (\dot{U}_{ZN1}) při použití nové technologie s **novými** přípravky.

$$\dot{U}_{ZN1} = ZN_p - ZN_{n1} = 446,30 - 218,50 \quad \dot{U}_{ZN1} = 227,90 \text{ Kč}$$
$$\% \dot{U}_{ZN1} = \left(\frac{\dot{U}_{ZN1}}{ZN_p} \right) * 100 \quad \% \dot{U}_{ZN1} = 51,05 \%$$

Výpočet úspory ve zpracovacích nákladech (\dot{U}_{ZN2}) při použití nové technologie s **upravenými** přípravky.

$$\dot{U}_{ZN2} = ZN_p - ZN_{n2} = 510,60 - 241,30 \quad \dot{U}_{ZN2} = 205,0 \text{ Kč}$$
$$\% \dot{U}_{ZN2} = \left(\frac{\dot{U}_{ZN2}}{ZN_p} \right) * 100 \quad \% \dot{U}_{ZN2} = 45,9 \%$$

Výpočet výrobního množství ($q_{ú1}$), při kterém budou uhrazeny investiční náklady při použití nové technologie s **novými** přípravky.

$$CN_p = FN_p + q \cdot VN_p$$

$$CN_1 = FN_1 + q \cdot VN_1 \Rightarrow CN_p = CN_1$$

$$FN_p + q \cdot VN_p = FN_1 + q \cdot VN_1$$

$$q_{ú1} = \frac{FN_1 - FN_p}{ZN_p - ZN_1}$$

$$FN_1 = 239\,000 + 30\,000 = 269\,000 \text{ Kč ;}$$

$$q_{ú1} = \frac{239\,000 - 0}{446,30 - 218,50} \qquad q_{ú1} = 1\,181 \text{ ks}$$

Výpočet výrobního množství ($q_{ú2}$), při kterém budou uhrazeny investiční náklady při použití nové technologie s **upravenými** přípravky.

$$FN_2 = 9\,000 + 30\,000 = 39\,000 \text{ Kč ; } VN = ZN;$$

$$q_{ú2} = \frac{39\,000 - 0}{446,30 - 241,30} \qquad q_{ú2} = 190 \text{ ks}$$

Výpočet doby úhrady investičních nákladů ($T_{ú1}$), při kterém budou uhrazeny investiční náklady při použití nové technologie s **novými** přípravky.

Měsíční odvod: $1400/12 = 117 \text{ ks}$

$$T_{ú1} = \frac{q_{ú1}}{\text{mesicni_dvod}} = \frac{1181}{117} \qquad T_{ú1} = 10,1 \text{ měsíců}$$

Výpočet doby úhrady investičních nákladů ($T_{ú2}$), při kterém budou uhrazeny investiční náklady při použití nové technologie s **upravenými** přípravky.

$$T_{ú2} = \frac{q_{ú2}}{\text{mesicni_dvod}} = \frac{190}{117} \qquad T_{ú2} = 1,6 \text{ měsíce}$$

Pro výrobu malé převodové skříně byla vybraná varianta s **úpravou přípravků**. Tato varianta má menší náklady na racionalizaci a velice krátkou dobu návratnosti. Návratnost u varianty s **novými přípravky** by měla návratnost poměrně dobrou, ale rozdíl ve zpracovacích nákladech u obou variant není tak velký. Dále velkou roli v rozhodování hrál výhled na výrobu této skříně v budoucích letech. Zákazník udával životnost tohoto projektu tři roky, ale nevyklučoval pokračování až pět let.

4.1.2 Nový technologický postup PSM

Technologický postup					
Číslo výkresu:	Název součásti:	Kusů/rok	Dávka		
10000003302	Převodová skříně malá	1400	100		
Materiál:	Rozměr:	Jakost:	Hmotnost hrubá	Hmotnost čistá	
odlitek	-	AlSi10Mg	11,8 kg	10,0 (9,53) kg	
pouzdro	D=40/D=35x185	CuSn8P	0,47 kg		
op	Pracoviště stroj	Popis operace	Nářadí	Tac	Tbc

10	45321 Heckert obr.cent.	Frézovat rozměr 136	PF1-50371	0,5	30
20	45321 Heckert obr.cent.	Zhotovit dle p.p. 2001 Frézovat zadní čelo na 90 a odstup 6 hotově; D100/1x45°; D70H8/1,5x8°; D58; D17H7 4x; Frézovat čela na 250; D55H7/M52x1,5 6H 2x; D40H7; D20/M12X1,5 6H/D6 2x;	PF2-50371-1	11,6	120
30	03321 Lis hydraulický	Lisovat pouzdro posice 2	PLIS1-50371	1,6	20
40	45321 Heckert obr.cent.	Zhotovit dle p.p. 2002 Frézovat přední čelo na 87; D205; D150H7/3x30° ; D90; D149,5+0,3; D72N7/1,5x30°; D11,1 pro záv. pouzdro M8 pos. 3 4x; D6 2x; závit M8x1 6H 2x;	PF2-50371-2	7,2	120
50	45321 Heckert obr.cent.	Zhotovit dle p.p. 2003 Zahloubení D36 4x; zafrézovat plošku D25/hl.3/úhel 5°; D5/L95/závit M6 6H;	PF3-50371	2,2	90
60	99421 Mechanik	Dílce odhrotovat dle vzorového kusu Včetně průniků: D35,1-0,05 s D149,5+0,3 a M8x1 6H 2x; D72N7 s D5; odstranit třísky!!!!		9,0	10
70	09861 Výstupní kontrola	Kontrolovat dle plánu kontroly č.001			
			celkem	32,1	390

4.1.3 Nové nástroje a spotřeba času PSM - obkročná chronometráž

Operace 10: Frézování

Stroj: Obráběcí horizontální stroj Heckert CWK400

poř.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
1.	T2000	Fréza D50	Iscar	Těleso: F90LN D050-05-22-L-N11 Destička: LNAR 1106 PN-N-P IC07
obrábění	Frézování plochy na 136.			Nmin 0,52

$$T_{ac} = T_a \times K_c \quad T_a = 0,52; \quad K_c = 1,15;$$

$$T_{ac} = 0,52 \times 1,15 = 0,6$$

$$Op.10: T_{ac} = 0,6 \text{ min.}$$

Operace 20: Frézování, vrtání a závitování

Stroj: Obráběcí horizontální stroj Heckert CWK400

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
1.	T2000	Fréza D50	Iscar	Těleso: F90LN D050-05-22-L-N11 Destička: LNAR 1106 PN-N-P IC07
obrábění	B0: Hrubování čelní plochy a plochy odstup 6. B90: Čelní plocha hotově.			N _{min} 0,82
řezné p.	otáčky (S): 6000 V _c (m): 942	posuv: mm/min. 5000	posuv: mm/zub 0,17	ap: 4 ae: 40

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
2.	T2020	Fréza D50	Iscar	Těleso: FAL-D050-22-16 Destička: HM90 APCR 160508R-P IC28
obrábění	B0: Dokončení čelní plochy, plochy odstup 6 a D100.			N _{min} 0,78
řezné p.	otáčky (S): 9000 V _c (m): 1 413	posuv: mm/min. 5000	posuv: mm/zub 0,19	ap: 0,4 ae: 40

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
3.	T1	Fréza D20	Iscar	ECA-B-3 20-38C20-104 IC08
obrábění	B270: Čelní plocha hotově. B0: D58 hotově, D70H8 hrubovat			N _{min} 0,67
řezné p.	otáčky (S): 5500 V _c (m): 345	posuv: mm/min. 3000	posuv: mm/zub 0,18	ap: 25 ae: 1

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
4.	T1508	Tyč D39,8 hrubovací	MCT Kyocera	Držák: 40 x 32 – 140 Destičky: CCMT 09T308 NC6110
obrábění	Hrubování D40H7			N _{min} 0,67
řezné p.	otáčky (S): 2400 V _c (m): 300	posuv: mm/min. 850	posuv: mm/zub 0,18	hloubka vyvrtávání 132 (mm):

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
5.	T1531	Speciál D50,5 D54,8/45°; D58/45°;	Komet	Držák: ABS63 KSSB XV 2101640 Destičky: W29.34110.0477
obrábění	D50,5 pro M52x1,5 6H, D54,8/45° pro D55H7; D58/45° pro 1x45°;			Nmin 0,38
řezné p.	otáčky (S): 2500 Vc (m): 432	posuv: mm/min. 1000	posuv: mm/zub 0,2	hloubka třísky (mm): 7

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
6.	T1511	Fréza závitová D32	Carmex	Držák: SRH32-5 Destičky: H32 I1.5 ISO MT7
obrábění	Frézování závitu M52x1.5 6H			Nmin 0,50
řezné p.	otáčky (S): 5000 Vc (m): 402	posuv: mm/min. 1300	posuv: mm/zub 0,09	ap: 27 ae: 0,8

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
7.	T1513	Vrták D10,5	Guehring	RT100 5510
obrábění	Malý průměr závitu M12x1,5 6H.			Nmin 0,30
řezné p.	otáčky (S): 8000 Vc (m): 263	posuv: mm/min. 3000	posuv: mm/ot 0,38	hloubka vrtání (mm): 22

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
8.	T1502	Fréza drážkovací D20		HSS ČSN 2192
obrábění	Válcové zahloubení D20.			Nmin 0,28
řezné p.	otáčky (S): 1100 Vc (m): 69	posuv: mm/min. 200	posuv: mm/ot 0,18	hloubka vrtání (mm): 4

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
9.	T1503	Fréza D47x45°	Walter	Destičky: SPMT120408-F55 WAP35
obrábění	Srážení hran na: D100, D58, D40H7 2x,			Nmin 0,42
řezné p.	otáčky (S): 6000 Vc (m): 885	posuv: mm/min. 2200	posuv: mm/zub 0,12	ap: 3 ae: 0,8

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
10.	T1504	Fréza D16/8°	Carbide	D16/8°x5 (HM)
obrábění	Sražení hrany (náběh) na D70H8.			Nmin 0,22
řezné p.	otáčky (S): 7000 Vc (m): 352	posuv: mm/min. 3000	posuv: mm/zub 0,11	ap: 1,5 ae: 0,4

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
11.	T1506	Vrták D16,8	ISCAR	SCD 168-071-180 ACG5 908
obrábění	Hrubování D17H7.			Nmin 0,77
řezné p.	otáčky (S): 6000 Vc (m): 317	posuv: mm/min. 1800	posuv: mm/ot 0,30	hloubka vrtání (mm): 70

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
12.	T1516	Záhlubník D31/45°		HSS DIN 335D/N 613 (ČSN 3-17.46)
obrábění	Zahloubení 45°: M12x1,5 6H 2x; D17H7 4x;			Nmin 0,32
řezné p.	otáčky (S): 1100 Vc (m): 58	posuv: mm/min. 600	posuv: mm/ot 0,55	hloubka vrtání (mm): 1

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
13.	T1512	Vrták D6	Guehring	RT100 5525
obrábění	Vrtání hlubokého otvoru D6 do hloubky 65.			Nmin 0,47
řezné p.	otáčky (S): 10000 Vc (m): 188	posuv: mm/min. 2000	posuv: mm/ot 0,20	hloubka vrtání (mm): 65

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
14.	T1530	Závitník M12 6H	Walter	PROTOTYP E2136466
obrábění	Závit M12x1,5 6H 2x.			Nmin 0,38

řezné p.	otáčky (S): 11600 Vc (m): 301	posuv: mm/min. 1740	posuv: mm/ot 1,5	hloubka závitů (mm): 15
hodnocení	Fréza má výhodu nastavení průměru a velkou životnost.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
15.	T1507	Výstružník 17H7	Iscar	Držák: RM-BNT7-3D-20A Destička: BN7-17.000-H7LB-IC08
obrábění	Otvor D17H7 4x.			Nmin 0,48
řezné p.	otáčky (S): 320 Vc (m): 17	posuv: mm/min. 384	posuv: mm/zub 0,2	hloubka vystružování (mm): 60

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
16.	T1505	Tyč D70 (H8)	Iscar	Sada: KIT BHF MB50-50 6-108 (SKA 45-MB50; BHF MB50-50X60; IHFF 50) Destička: TPGX 110308-L IC20
obrábění	Vyvrtávání otvoru D70H8.			Nmin 0,42
řezné p.	otáčky (S): 1400 Vc (m): 308	posuv: mm/min. 70	posuv: mm/zub 0,05	hloubka vyvrtávání (mm): 5

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
17.	T1509	Tyč D40 (H7)	Iscar	Sada: KIT BHF MB50-50 6-108 Destička: TPGX 110308-L IC20
obrábění	Vyvrtávání otvoru D40H7. Pilotní otvor pro výstružník.			Nmin 0,47
řezné p.	otáčky (S): 2400 Vc (m): 301	posuv: mm/min. 150	posuv: mm/zub 0,06	hloubka vyvrtávání (mm): 33

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
18.	T1510	Tyč D55 (H7)	Iscar	Sada: KIT BHF MB50-50 6-108 (SKA 45-MB50; BHF MB50-50X60; IHFF 50) Destička: TPGX 110308-L IC20
obrábění	Vyvrtávání otvoru D55H7.			Nmin 0,37
řezné p.	otáčky (S): 1700	posuv: 80	posuv: 0,05	hloubka 5

Vc (m): 294	mm/min.	mm/zub	vyvrtávání (mm):
-------------	---------	--------	------------------

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
19.	T1590	Výstružník D40H7	Guehring	727 SK D40H7
obrábění	Otvor D40H7.			Nmin 1,22
řezné p.	otáčky (S): 250 Vc (m): 31	posuv: mm/min. 200	posuv: mm/zub 0,8	hloubka vystružování (mm): 186

20.	Výměna palety.	Nmin 0,18
		celkem Ta 10,08

$$T_{ac} = T_a \times K_c \quad T_a = 10,08; \quad K_c = 1,15;$$

$$T_{ac} = 10,08 \times 1,15 = 11,6$$

$$Op.20: T_{ac} = 11,6 \text{ min.}$$

Operace 40: Frézování, vrtání a závitování

Stroj: Obráběcí horizontální stroj Heckert CWK400

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
1.	T2080	Fréza D50	Iscar	Těleso: HM90 F90A D 50-5-22 Destičky: HM90 ADCR 1505PDFR-P IC08
obrábění	Hrubování: čelní plochy, D205, D150H7 a D72N7.			Nmin 1,5
řezné p.	otáčky (S): 3800 Vc (m): 596	posuv: mm/min. 3800	posuv: mm/zub 0,2	ap: 10 ae: 40

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
2.	T2020	Fréza D50	Iscar	Těleso: FAL-D050-22-16 Destička: HM90 APCR 160508R-P IC28
obrábění	Dokončování: čelní plochy a D205.			Nmin 0,75
řezné p.	otáčky (S): 7000 Vc (m): 1 099	posuv: mm/min. 3500	posuv: mm/zub 0,17	ap: 0,4 ae: 40

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
3.	T1	Fréza D20	Iscar	ECA-B-3 20-38C20-104 IC08
obrábění	Hrubování D150. Odstup 0,5 hotově.			Nmin 0,63

řezné p.	otáčky (S): Vc (m):	5500 345	posuv: mm/min.	4000	posuv: mm/zub	0,24	ap: ae:	25 1
----------	------------------------	-------------	-------------------	------	------------------	------	------------	---------

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení				
4.	T1503	Fréza D47x45°	Walter	Destičky: SPMT120408-F55 WAP35				
obrábění	Srážení hran na: D205 a D58.						Nmin	0,35
řezné p.	otáčky (S): Vc (m):	6000 885	posuv: mm/min.	2800	posuv: mm/zub	0,16	ap: ae:	3 0,8

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení				
5.	T1504	Fréza D16/30°	Carbide	D16/30°x5 (HM, speciál)				
obrábění	Sražení hrany (náběh) na D150H7 a D72N7.						Nmin	0,40
řezné p.	otáčky (S): Vc (m):	7000 362	posuv: mm/min.	3000	posuv: mm/zub	0,11	ap: ae:	3 0,8

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení				
6.	T1553	Stupňovitý vrták D11,2/45° D16	Carbide	D11,2/45° D16 (HM, speciál)				
obrábění	D11,2 včetně sražení pro závitovou vložku 4x.						Nmin	0,33
řezné p.	otáčky (S): Vc (m):	7000 246	posuv: mm/min.	2500	posuv: mm/ot	0,36	hloubka vrtání (mm):	19

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení				
7.	T1520	Stupňovitý vrták D7/45° D10	Carbide	D7/45° D10 (HM, speciál)				
obrábění	D7 včetně sražení pro M8 6H 2x.						Nmin	0,28
řezné p.	otáčky (S): Vc (m):	9000 198	posuv: mm/min.	2000	posuv: mm/ot	0,22	hloubka vrtání (mm):	40

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení				
8.	T2070	Závitník M8x1 6H	Emuge	E2-AL-GLT-8 C050S800.0251				
obrábění	Řezání závitu M8x1 6H 2x.						Nmin	0,32

řezné p.	otáčky (S): 1500 Vc (m): 38	posuv: mm/min. 1500	posuv: mm/zub 1	hloubka závitů (mm): 12
----------	--------------------------------	------------------------	--------------------	----------------------------

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
9.	T1575	Stupňovitý vrták D6/45° D10	Carbide	D6/45° D10 (HM, speciál)
obrábění	D6 včetně sražení 2x.			Nmin 0,28
řezné p.	otáčky (S): 10000 Vc (m): 188	posuv: mm/min. 2000	posuv: mm/ot 0,2	hloubka vrtání (mm): 19

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
10.	T1521	Tyč D72 (N7)	Iscar	Sada: KIT BHF MB50-50 6-108 (SKA 45-MB50; BHF MB50-50X60; IHFF 50) Destička: TPGX 110308-L IC20
obrábění	Vyvrtávání otvoru D72N7.			Nmin 0,48
řezné p.	otáčky (S): 1400 Vc (m): 317	posuv: mm/min. 70	posuv: mm/zub 0,05	hloubka vyvrtávání (mm): 23

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
11.	T1522	Tyč D150 (H7)	Iscar	Sada KIT BHF-MB SKA 40-MB63, BHF MB63-63X87, Destičky: TPGX 110308-L IC20
obrábění	Vyvrtávání otvoru D150H7.			Nmin 0,77
řezné p.	otáčky (S): 650 Vc (m): 306	posuv: mm/min. 40	posuv: mm/zub 0,06	hloubka vyvrtávání (mm): 13

12.	Výměna palety.			Nmin 0,17
				celkem Ta 6,27

$$T_{ac} = T_a \times K_c \quad T_a = 6,27; \quad K_c = 1,15;$$

$$T_{ac} = 6,27 \times 1,15 = 6,93$$

$$Op.40: T_{ac} = 7,21 \text{ min.}$$

Operace 50: Frézování, vrtání a závitování

Stroj: Obráběcí horizontální stroj Heckert CWK400

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
1.	T1527	Fréza D20	Iscar	ECA-B-3 20-38C20-104 IC08
obrábění	Zahloubení D36 4x. Zahloubení D25/hl.3/úhel 5°.			Nmin 0,68
řezné p.	otáčky (S): Vc (m):	5500 345	posuv: mm/min. 2000	posuv: mm/zub 0,12 ap: 3 ae: 20

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
2.	T2067	Navrtávák D10		HM
obrábění	Sražení hrany pro M6 6H.			Nmin 0,20
řezné p.	otáčky (S): Vc (m):	12000 226	posuv: mm/min. 600	posuv: mm/ot 0,02 hloubka vrtání (mm): 5

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
3.	T2068	Vrták D5	Grumant	HSSC05 DL509050
obrábění	Vrtání D5 do hloubky 95mm.			Nmin 0,47
řezné p.	otáčky (S): Vc (m):	3000 47	posuv: mm/min. 400	posuv: mm/ot 0,13 hloubka vrtání (mm): 95

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
4.	T2069	Závitník M6 6H		HSS
obrábění	Závitování M6 6H.			Nmin 0,22
řezné p.	otáčky (S): Vc (m):	2000 38	posuv: mm/min. 2000	posuv: mm/ot 1 hloubka vrtání (mm): 16

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
5.	T1516	Záhlubník D31		HSS DIN 335D/N 613 (ČSN 3-17.46)
obrábění	Sražení hrany na D17H7 4x.			Nmin 0,17

řezné p.	otáčky (S): 1100 Vc (m): 59	posuv: mm/min. 600	posuv: mm/ot 0,18	hloubka vrtání (mm): 0,3
----------	--------------------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------------

6.	Výměna palety.	Nmin 0,18
		celkem Ta 1,92

$$T_{ac} = T_a \times K_c \quad T_a = 1,92; K_c = 1,15;$$

$$T_{ac} = 1,92 \times 1,15 = 2,21$$

$$Op.50: T_{ac} = 2,21 \text{ min.}$$

4.2 Díl 2: Převodová skříň velká (PSV)

4.2.1 Vyhodnocení jednotlivých variant

Pro výrobu velké převodové skříně nebyly provedeny výpočty návratnosti a bylo rozhodnuto, že se musí změnit stávající nevyhovující stav. Bylo nutné snížit zmetkovitost a přitom vynaložit málo finančních prostředků na změnu technologického procesu, proto byla vybraná varianta **s velkou úpravou vyřazených přípravků a byly zakoupeny některé nové nástroje**. Tato varianta, za poměrně malých finančních nákladů, vykazovala dosti velké snížení časů potřebné na obrábění.

Zákazník nemá přesné výhledy do budoucnosti u tohoto produktu. Předpokládá životnost tohoto projektu jeden až tři roky, ale ani nevylučuje možnost jeho prodloužení. Toto byl i jeden z důvodů při rozhodování, zda použít jako polotovar odlitek, nebo pouze změnit polotovar. Byl použit pouze menší polotovar.

4.2.2 Nový technologický postup PSV

Technologický postup					
Číslo výkresu:	Název součásti:	Kusů/rok	Dávka		
2301050150	Převodová skříň velká	250	50		
Materiál:	Rozměr:	Jakost:	Hmotnost hrubá	Hmotnost čistá	
přířez	305x403x122	AlCu4Mg1 (EN AW 2024) AlCuMg1 (EN AW 2017)	42,3 kg	16 kg	
op	Pracoviště stroj	Popis operace	Nářadí	Tac	Tbc
10	45321 Heckert obr.cent.	Zhotovit dle p.p. 1021 Frézovat čelo hotově na 121; odstup jednostranně 30+0,1 2x; rozměr boků 300-0,2 na 301-0,2 (od osy D206 150,45 2x); Uši rozměr 120 x 50 hrubovat na 120,6x50,6; D208H8 na D206+0,1/12-tolerovaná část; Hrubovat D209+0,5 na D206; D125/D73 hrubovat dna s přídavkem 1mm;	PF1-JH0150	34,7	180

		D90H11 a 90P7 NA 88; D66 NA D63;			
20	45321 Heckert obr.cent.	Zhotovit dle p.p. 1022 Frézovat rozměr 300 na 300+-0,1 technologicky; R5 2x; D160 na D162; čelo D160 na 119,6 hotově; čelo rozměr 55 na 110,6 (přídavek 0,5)- plochu pod upínkami neobrábět; odstup 30 na 30,5	PF2-JH0150	14,4	180
30	45321 Heckert obr.cent.	Zhotovit dle p.p. 1023 Frézovat rozměr 300 na 300-0,2 technologicky; Čelo rozměr 110 na 110,1 technol.; D160- 0,2; odstup 30+0,1; Obě uši; D17 H7 4x; D12/M8 6H 2x; závit R1/2"/D40 4x; R1/2" a vybrání kóta 60/45°2x;	PF2-JH0150	21,6	240
40	45321 Heckert obr.cent.	Zhotovit dle p.p. 1024 D90H11/2,5x20°; D91; D84; D90P7 (89,976-89,941 technologicky na 90P6 (89,97-89,948) 2x; D66+0,5/4x45°; M212x2 6H (malý pr.závitu 209,835- 210,21); D213; D208H7; D165; D125N6; D105; D73; D90H8; D13,3 8x;	PF3-JH0150	28,4	240
50	99421 Mechanik	Dílce odhrotovat dle vzorového kusu Včetně průniků. Odstranit třísky! Nepoškrábat!		8,5	15
70	09861 Výstupní kontrola	Kontrolovat dle plánu kontroly č.001			
			Celkem	107,6	855

4.2.3 Nové a nově použité nástroje pro obrábění PSV

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
1.	T2000	Fréza D50	Iscar	Těleso: F90LN D050-05-22-L-N11 Destička: LNAR 1106 PN-N-P IC07
obrábění	B0, B270: Hrubování obou uší.			
řezné p.	otáčky (S): 7000 Vc (m): 1 100	posuv: 2000 mm/min. (5000)	posuv: 0,06 mm/zub (0,14)	hloubka třísky (mm): 9
hodnocení	Tato tangenciální fréza dobře zvládá obrábění této slitiny, ale zde by mohla být i použita fréza FAL-D050-22-16, která je použita na frézování vybrání. Ověří se po obrobení více obrobků. Odebírá velkou část materiálu z této skříně a má poměrně			

velký vliv na celkový čas obrábění.

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
2.	T493	Vrták D56 DR	Iscar	Těleso: DR056-112-40-16 Destička: SOMT 160512-DT IC908
obrábění	B0, B90 a B270: Hrubování D208H8 a D66 z obou stran.			
řezné p.	otáčky (S): 1 100 Vc (m): 1 94	posuv: mm/min. 246	posuv: mm/zub 0,27	hloubka vrtání (mm): 82 (152)
hodnocení	Tento nástroj dokáže odebrat poměrně velké množství materiálu za krátký čas. Nemá ovšem k dispozici destičky na obrábění této slitiny hliníku, proto byly řezné podmínky nastaveny na malé úrovni. Doporučeno zástupcem firmy Iscar. Průměr nástroje by mohl být D64. Odpadlo by zvětšování otvoru vytáčecí tyčí. Tento nástroj byl použit, protože již byl použit na jinou výrobu a nemusel být zakoupen na tuto výrobu. Přesto na tomto obrobku dokáže odebrat poměrně hodně materiálu za poměrně krátký čas a má velký vliv na snížení celkového času potřebného pro obrábění této skříně.			

poř. nástr.	č.nástr.	název nástroje	dodav.	označení
3.	T2020 (T2046)	Fréza D50	Iscar	Těleso: FAL-D050-22-16 Destička: HM90 APCR 160508R-P IC28
obrábění	B0: Frézování čela na 121. Hrubování D208H8, D209+0,5, D125 a D73.			
řezné p.	otáčky (S): 7000 Vc (m): 1 100	posuv: mm/min. 2000	posuv: mm/zub 0,1	hloubka třísky (mm): 10
hodnocení	Tato fréza odebírá nejvíce materiálu a má největší vliv na celkový čas obrábění této skříně. Nástroj je nastaven na nejvyšší možné řezné podmínky doporučené katalogem nástrojů a při obrábění se chová velice dobře. Obrábění je klidné, třísky z místa řezu odcházejí dobře a opotřebení destiček je plynulé. Při tomto obrábění je vidět, že celá soustava SNOP je dostatečně tuhá. Tento nástroj je použit i v delším držáku pro frézování v hlubších místech. Dno u D125 a D73.			

Na obrábění tohoto obrobku bylo použito několik nových nástrojů, zároveň byly změněny řezné podmínky u používaných nástrojů. Pro tuto skřín jsou popsány jen nástroje, které mají největší vliv na celkový proces obrábění. Na obrázcích „Obr. 4-1“ a „Obr. 4-2“ vidíme některé z nich. Frézy jsou z řady „Helialu“ od firmy Iscar a jak již název této řady napovídá, jsou určeny k frézování slitin hliníku. To se zde velice kladně projevílo.



Obr. 4-1: Fréza D50 FAL-D050-22-16 2x



Obr. 4-2: Vrták D56 DR

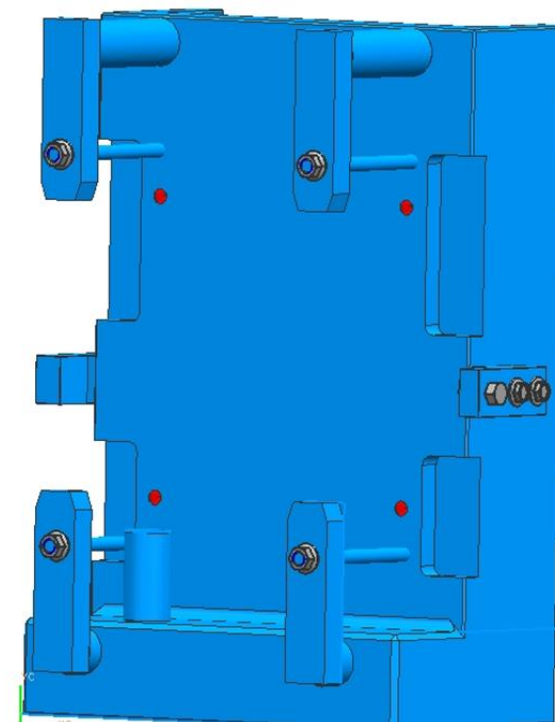
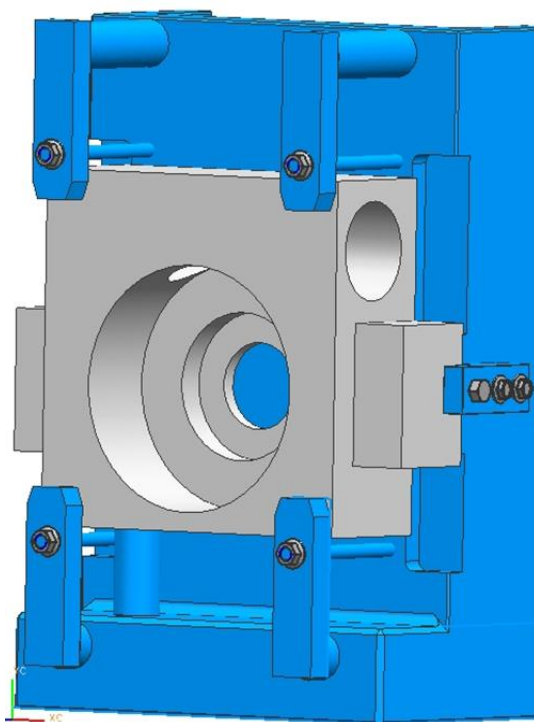
4.2.4 Nové upnutí PSV v jednotlivých operacích

4.2.4.1 Schéma upnutí PSV op. 10 - popis

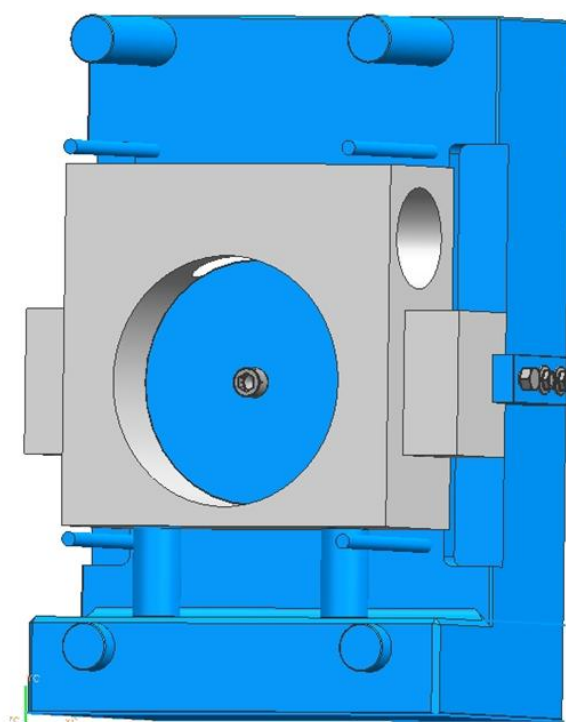
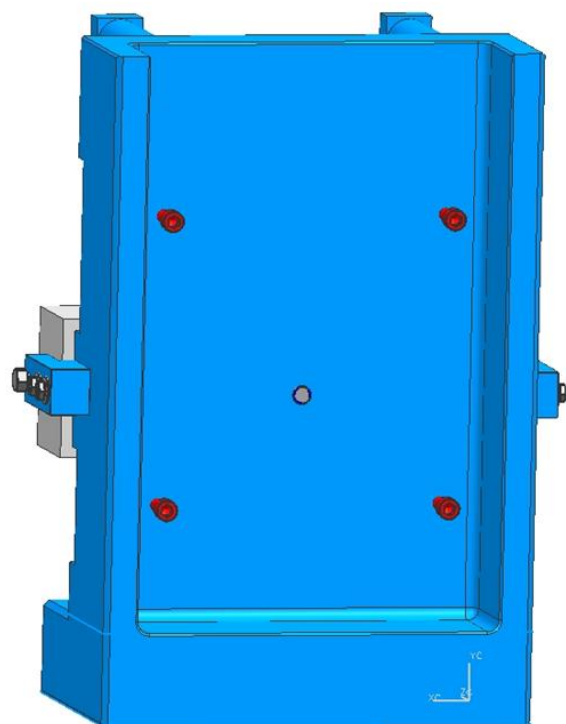
Hned při prvním upnutí je odebráno velké množství materiálu. Hrubován je velký stupňovitý otvor, menší průchozí otvor a hotově čelní plocha. Hmotnost dílu po této operaci činí 22 kg. Odebráno je tedy 20,3 kg. Manipulace je tudíž hned po obrobení na první operaci dobrá.

Upnutí je jednoduché a pevné. Je zde již vyhovující tuhost soustavy SNOP (stroj, nástroj, obrobek, přípravek).

Vyrovnání kusu je řešeno vyrovnávacími šrouby, které jsou zvýrazněny červeně a prochází skrz upínací přípravek, kde je k nim dobrý přístup. Vše vidíme na „Obr. 4-3“ a na „Obr. 4-4“. Také na obrázku vidíme přepnutí kusu pokličkou, aby bylo možné obrobení čelní plochy načisto hotově. Na tuto plochu se upíná při další operaci.



Obr. 4-3: Schéma upnutí nové PSV op. 10-1

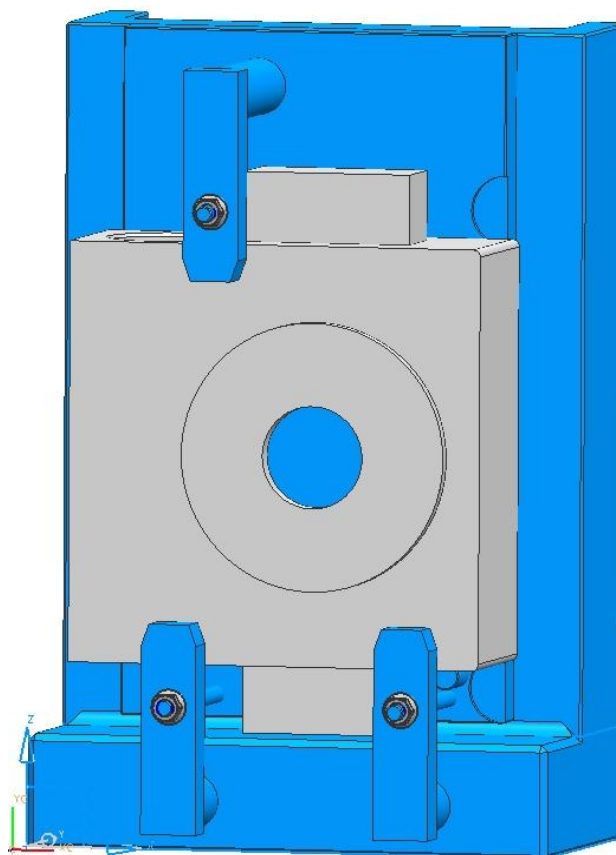


Obr. 4-4: Schéma upnutí nové PSV op. 10-2

4.2.4.2 Schéma upnutí PSV op. 20 – popis

Při tomto upnutí se frézuje čelní plocha na 119,6 hotově a odstup 55 s přídávkem. Vynechává se obrábění plošek pod upínkami. Bude se obrábět v další operaci při dokončování. Frézují se též oba boky rozměr 300 včetně R5 2x a odstup na 30,5. Je vidět na „4“. Hmotnost dílu po této operaci činí 18 kg. Odebráno je tedy cca 4 kg. Hned na druhé operaci je odebrán téměř všechen materiál a manipulace se skříní je dobrá.

Upnutí vidíme „Obr. 4-5“, je jednoduché a pevné. I zde je dosaženo vyhovující tuhosti soustavy SNOP.



Obr. 4-5: Schéma upnutí nové PSV op. 20

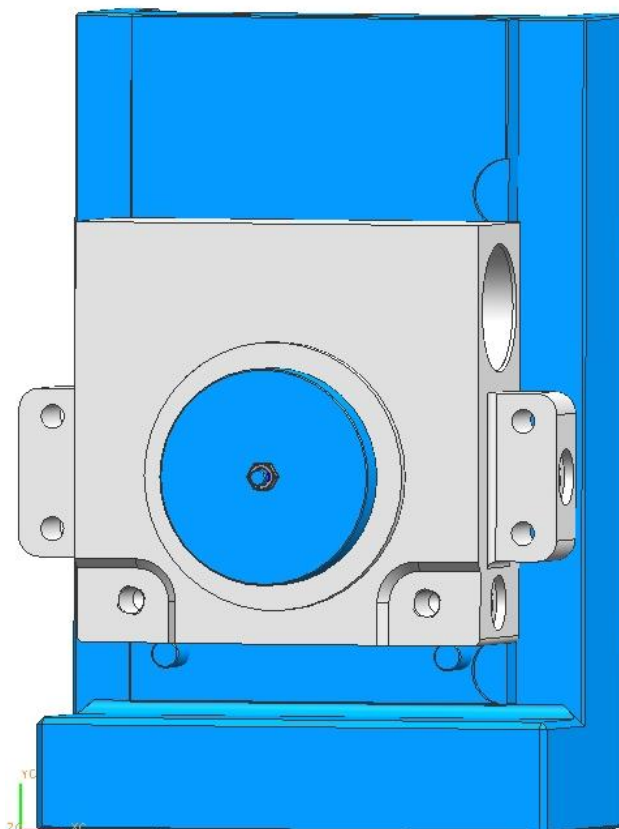
4.2.4.3 Schéma upnutí PSV op. 30 – popis

Při tomto upnutí je obráběn rozměr 300 (boky oboustranně), čelní plocha rozměr 110, odstup 30+0,1; obě uši; D17 H7 4x; D12/M8 6H 2x; závit R1/2"/D40 4x; R1/2" a vybrání kóta 60/45°2x. na této operaci je tedy již zhotoveno všechno frézování ploch a zhotoveny některé závity a menší průměry. Vše vidíme na „Obr. 4-6“. Upnutí je pevné a přesné.

Hmotnost dílu po této operaci činí 16,8 kg. Odebráno je tedy cca 1,2 kg, což je velice dobře na předposlední a částečně dokončovací operaci.

4.2.4.4 Schéma upnutí PSV op. 40 – popis

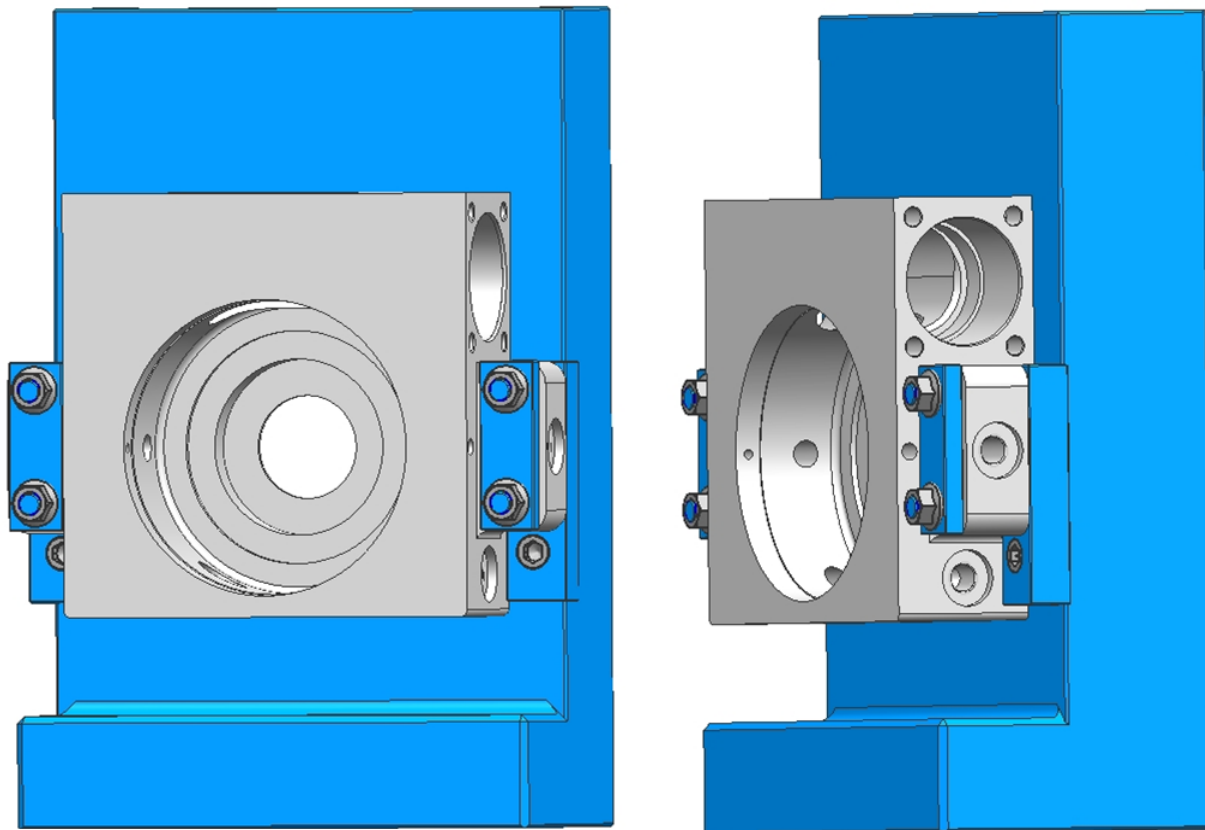
Pro přesné založení je využito vystružených otvorů D17H7, na které se zakládá a zároveň skrz tyto otvory pokračují upínací šrouby pro upnutí. Tyto šrouby jsou osazeny přesným čepem o průměru 17e6 (min. 16,957; max.



Obr. 4-6: Schéma upnutí nové PSV op. 30

16,968) a slouží jako ustavení kusu ve dvou osách. Otvory 17H7 (min. 17,0; max. 17,018) jsou na ně s vůlí 0,032-0,061 navlečeny. Tyto otvory zajišťují polohu kusu ve dvou osách. Poloha 3. osy je zajištěna na již ofrézovaných plochách s odstupem 30+0,05. Vše je vidět na „Obr. 4-7“. Toto upnutí je velice přesné a dovoluje nám obrobit všechny zbývající rozměry.

Hmotnost skříně po této operaci činí 16,2 kg. Kus je zcela obroben. Odběr materiálu při této operaci činí tedy cca 0,6 kg a odpovídá dokončovací operaci dílu těchto rozměrů.



Obr. 4-7: Schéma upnutí nové PSV op. 40

4.2.4.5 Celkové shrnutí upnutí PSV a sledu operací

Hned na první operaci (první upnutí) je odebrána většina materiálu. Velice důležité je řešení upnutí, které je jednoduché a velice pevné. Je dosažena potřebná tuhost celé soustavy SNOP, která je vždy důležitá pro efektivní obrábění, a životnost nástrojů při samotném obrábění.

4.2.5 Nová spotřeba času PSV

Op.	Stroj	Popis operace	Čas Ta	Čas Tac
10	Heckert	Zhotovit dle p.p. 1021	30,2	34,7
20	Heckert	Zhotovit dle p.p. 1022	12,5	14,4
30	Heckert	Zhotovit dle p.p. 1023	18,8	21,6
40	Heckert	Zhotovit dle p.p. 1024	24,7	28,4
50	Mech	Odhrotovat	7,4	8,5
		celkem	93,6	107,6

5 Tvorba programu pro NC stroj

5.1 Popis tvorby programu a počáteční neduhy při obrábění

Všechny programy na obrábění malé a velké skříně byly vytvořeny ručním programováním. Tento způsob programování je běžný v této firmě. V tomto případě je tento způsob velice vhodný, protože nebyl k dispozici model obroku. Model byl vytvořen nejdříve pouze přibližný pro výrobu přípravků a až následně pro tuto práci trochu detailněji.

Při programování bylo důležité správně nastavit řezné podmínky u předem vytipovaných nástrojů. Řezné podmínky byly nastavovány v některých případech podle katalogů jak elektronických na internetových stránkách, tak i katalogů v tištěné podobě. Nejdůležitější bylo správné nastavení u těch, které mají největší vliv na celkový čas obrábění a jsou taky největší čas v řezu. U těchto nástrojů bylo využito zkušeností zástupců dodavatelské firmy, kteří mají velké zkušenosti s obráběním tohoto materiálu a samozřejmě s nástroji, které dodávají na trh. Samozřejmě byly využity vlastní zkušenosti.

Hned v počátcích bylo vidět, že nájezdy hlavně hrubovacích nástrojů nesmí být kolmo na materiál z důvodů nestabilního obrábění s vibracemi. Nájezdy byly zvoleny vždy pod určitým úhlem a v některých případech po kružnici (tangenciální najetí). Při frézování velkých vnitřních průměrů bylo použito frézování po spirále. V některých případech byla použita v rovině „X, Y“, to je bočním zvětšováním průměru a v některých místech obrábění v ose „Z“ tedy postupným zanořováním.

5.2 Program pro PSV

V této práci je zobrazen program pro obrábění PSV první upnutí. Tato operace má velký vliv na celkový čas obrábění a jsou v tomto programu použity nové nástroje, které byly již popsány v kapitole „4.2.3“.

%

O1021 (2301050150 1.UPNUTI)

(UPNUTI: PF1-JH0150)

(NASTROJE)

(T2000-FREZA PR.50 TANG.)(ISKAR LEVA)(DESTICKY PRO AL) (L=74.84)

(T2020-FREZA PR.50 HRUBOVACI)(ISCAR FAL-D050-22-16)(L=79.9)

(DESTICKY HM90 APCR 160508R-P IC28)(SROUBEK SR 14-0180 K.C.7002791)

(T493-VRT.PR.56 DR)(ISCAR DR056-112-40-16)(DEST SOMT 160512-DT IC908)

(T2021-FREZA PR.20 CTK)(ISCAR 3BRITA NA AL)(VYS.MIN.60 ODLEHCENA)

(L=143.8) (TEPELNY UPINAC)(ECA-B-3 20-38C20-104 IC08)

(T2022-FREZA PR.12 CTK)(PRO AL ISCAR)(L=116.12)

(T2023-TYC 2BRITA PR.63)(DEST.KORLOY CCST09T304-AK H01)(L=218.8)

(N.B.)

G10L20P20X2Y285.3Z177.5B0(B0 G54.1 P20)

G10L20P21X-122.4Y285.3Z152B0(B90 G54.1 P21)

G10L20P22X122.4Y285.3Z148.08B0(B270 G54.1 P22)

(B0-X,Y=OSA PR.208H7, Z=PREDNI OPRAC.PLOCHA)

(B90-X=OSA 90N6, Z=PREDNI OPRAC.PLOCHA)
(B270-X=OSA 90N6, Z=PREDNI OPRAC.PLOCHA)

M82

T2020

M6(T2020-FREZA PR.50 HRUBOVACI)

G0G40G54.1P21X-95Y130B90S7000F2000M3M7M8

G43Z46

G1X-30

X-95Y117

X51

G42Y60.2

X-26

Y-168

G40X51(X78)

Y-125

X-70

G1G42Y-60.2

X51

G40Y-90

G0Z100

X-95Y130

Z37

G1X-30

X-95Y117

X51

G42Y60.5

X-26.5

Y-168

G40X51

Y-125

X-70

G1G42Y-60.5

X51

G40Y-90

G0Z100

X-95Y130

Z28

G1X-30

X-95Y117

X51

G42Y61

X-27

Y-168

G40X51

Y-125

X-70

G1G42Y-61

X51
G40Y-90
G0Z100

X-95Y130
Z19
G1X-30
X-95Y117
X51
G42Y61.5
X-27.5
Y-168
G40X51
Y-125
X-70
G1G42Y-61.5
X51
G40Y-90
G0Z100

X-95Y130
Z10
G1X-30
X-95Y117
X51
G42Y62
X-28
Y-168
G40X51
Y-125
X-70
G1G42Y-62
X51
G40Y-90
G0Z100

X-95Y130
Z1
G1X-30
X-95Y117
X51
G42Y64.5
X-29
Y-168
G40X51
Y-125
X-70
G1G42Y-62.2
X51
G40Y-90
G0Z250

G0G40G54.1P22X95Y117B270

G43Z46

G1X-51

G41Y60.2

X26

Y-168

G40X-51

Y-125

X70

G41Y-60.2

X-51

G40Y-90

G0Z100

X95Y117

Z37

G1X-51

G41Y60.5

X26.5

Y-168

G40X-51

Y-125

X70

G41Y-60.5

X-51

G40Y-90

G0Z100

X95Y117

Z28

G1X-51

G41Y61

X27

Y-168

G40X-51

Y-125

X70

G41Y-61

X-51

G40Y-90

G0Z100

X95Y117

Z19

G1X-51

G41Y62

X27.5

Y-168

G40X-51

Y-125

X70
G41Y-61.5
X-51
G40Y-90
G0Z100

X95Y117
Z10
G1X-51
G41Y62.5
X28
Y-168
G40X-51
Y-125
X70
G41Y-62
X-51
G40Y-90
G0Z100

X95Y117
Z1
G1X-51
G41Y64.5
X29
Y-168
G40X-51
Y-125
X70
G41Y-62.2
X-51
G40Y-90
G0Z200

T493
M6(T493-VRT.PR.56 DR ISCAR)
G0G53Z650
G0G40G54.1P22X0Y-120B270S1200F264M3M7M8
G43Z5
G1Z-30
Z-25
Z-50
Z-45
Z-70
Z-65
Z-80
G0Z250

G0G40G54.1P21X0Y-120B90
G43Z5
G1Z-30

Z-25
Z-50
Z-45
Z-70
Z-65
Z-80
G0Z250

T2021
M6(T2021-FREZA PR.20 CTK)
G0G40G54.1P21X-15Y-120B90S5000F3000M3M8
G43Z1
G1G41X-44
G3X-44Y-120I44J0L7Z-57
G3X-44Y-120I44J0
G1G40X-15
G0Z100
X50Y75
Z58
G1Z27
G1G41Y61
X64
G40Y75
X50
Z10
G1G41Y61.2
X64
G40Y75
G0Z250

G0G40G54.1P22X0Y-120B270
G43Z1
G1G41X-44
G3X-44Y-120I44J0L7Z-57
G3X-44Y-120I44J0
G1G40X-15
G0Z100
X-50Y75
Z58
G1Z27
G1G42Y61
X-64
G40Y75
X-50
Z10
G1G42Y61.2
X-64
G40Y75
G0Z250

T493

M6(T493-VRT.PR.56 DR ISCAR)
G0G53Z650
G0G40G54.1P22X0Y-120B270S1100F264M3M7
G43Z-54
G1Z-110
Z-105
Z-135
Z-130
Z-152
G0Z250

G0G40G54.1P21X0Y-120B90
G43Z-54
G1Z-110
Z-105
Z-135
Z-130
Z-152
G0Z250

G0G40G54.1P20X0Y0B0
G43Z10
G1Z-32F230
Z-25
Z-58
Z-50
Z-81
G0Z250

T2023
M6(T2023-TYC 2BRITA PR.63)
G0G40G54.1P21X0Y-120B90S1500F550M3M8
G43Z-40
G81Z-152R-54
Y-123
Y-126
Y-128
G0Z250

G0G40G54.1P22X0Y-120B270
G43Z-40
G81Z-152R-54
Y-123
Y-126
Y-128
G0Z250

T2020
M6(T2020-FREZA PR.50 HRUBOVACI)
G0G40G54.1P20X0Y0B0S7000F2000M3M7M8
G43Z10

G1Z0.4
G1G41X-26
G3X-120Y0I26J0L2
G1G40X-90
X-150
Y-40
X150
Y-80
X-150
Y-120
X150
X60
Y-175
Y-162
X-60
Y-175
Y40
X-150
Y65
X-60
Y112
X60
Y65
X150
Y40
X80
Y0
X150
G0Z10

X0Y0
Z1
G1Z-10
G1G41X-26
G3X-103Y0I26J0L2
G3X-103Y0I103J0
G1G40X-75
G0Z-5
X0Y0
G1Z-20
G1G41X-26
G3X-102.8Y0I26J0L2
G3X-102.8Y0I102.8J0
G1G40X-75
G0Z-15
X0Y0
G1Z-30
G1G41X-26
G3X-102.6Y0I26J0L2
G3X-102.6Y0I102.6J0
G1G40X-75

G0Z-25
X0Y0
G1Z-40
G1G41X-26
G3X-102.4Y0I26J0L2
G3X-102.4Y0I102.4J0
G1G40X-75
G0Z-35
X0Y0
G1Z-49
G1G41X-26
G3X-102.2Y0I26J0L2
G3X-102.2Y0I102.2J0
G1G40X-75
G0Z-45
X0Y0
G1Z-58
G1G41X-26
G3X-102Y0I26J0L2
G3X-102Y0I102J0
G1G40X-75
G0Z-55
X0Y0
G1Z-68
G1G41X-26
G3X-80Y0I26J0L1
G3X-80Y0I80J0
G1G40X0
Z-78
G1G41X-26
G3X-80J0I26J0L1
G3X-80J0I80J0
G1G40X0
G0Z200

T493
M6(T493-VRT.PR.56 DR ISCAR)
G0G53Z650
G0G40G54.1P20X0Y0B0S1100F230M3M7
G43Z-75
G1Z-110
Z-105
Z-125.5
G0Z250

T2020
M6(T2020-FREZA PR.50 HRUBOVACI)
G0G40G54.1P20X0Y0B0S7000F2000M3M7M8
G43Z-89
G1G41X-26
G3X-61Y0I26J0L1

G3X-61Y0I61J0
G1G40X0
Z-98
G1G41X-26
G3X-60.8Y0I26J0L1
G3X-60.8Y0I60.8J0
G1G40X0
Z-104.5
G1G41X-26
G3X-60.6Y0I26J0L1
G3X-60.6Y0I60.6J0
G1G40X0
G0Z200

T2021
M6(T2021-FREZA PR.20 CTK)
G0G40G54.1P20X0Y0B0S5500F3000M3M8
G43Z-69
G1G41X-79
G3X-94Y0I79J0L2
G3X-94Y0I94J0
G1G40X-80
G0Z-60
X0Y0
Z-79
G1G41X-26
G3X-93Y0I26J0L5
G3X-93Y0I93J0
G1G40X-75
G0Z-70
X0Y0
Z-104.5
G1G41X-35
G3X-35Y0I35J0Z-125L3
G3X-35Y0I35J0
G1G40X0
G0Z250

M80

M0(PREPNOUT)

M80

M0(SKONTROLOVAT)

T2020

M6(T2020-FREZA PR.50 HRUBOVACI)
G0G40G54.1P20X-190Y105B0S7000F2200M3M7M8
G43Z0.4
G1X190
G0Y-162

G1X-155
G0Z10
X-190Y95
Z-29.7
G1G42X-154.2
G1Y-65
G40X-190
Y65
G0Z20
X190Y95
Z-29.7
G1G41X154.2
G1Y-65
G40X190
Y65
G0Z200

T2000
M6(T2000-FREZA PR.50 TANG.)
G0G40G54.1P20X-190Y105B0S6000F5000M4M8
G43Z0
G1X170
Y75
X-190
Y35
X190
Y-5
X-190
Y-45
X190
Y-85
X-190
Y-125
X190
Y-165
X-190
G0Z10
X-190Y95
Z-30.05
G1G42X-154.2
G1Y-85
G40X-190
Y85
G0Z20
X190Y95
Z-30.05
G1G41X154.2
Y-85
G40X190
Y85
G0Z250

G0G40G54.1P21X60Y-100B90
G43Z54
G1G41Y-50
X-15
Y50
X60
G0G40Z120

X-95Y117
Z0.5
G1X51
G42Y65
X-30
Y-168
G40X51
Y-125
X-70
G1G42Y-63.5
X51
G40Y-90
G0Z250

G0G40G54.1P22X-60Y-100B270
G43Z54
G1G42Y-50
X15
Y50
X-60
G0G40Z120

X95Y117
Z0.5
G1X-51
G41Y65
X30
Y-168
G40X-51
Y-125
X70
G41Y-63.5
X-51
G40Y-90
G0Z200

T2022
M6(T2022-FREZA PR.12 CTK)
G0G40G54.1P20X-85Y0B0S10000F2000M3M8
G43Z-13
G1G41X-103.03
G3X-103.03Y0I103.03J0

G0G40X-90
Z250

M80
%

6 Technicko - ekonomické hodnocení výroby

6.1 Díl 1: Převodová skříň malá (PSM)

6.1.1 Technické hodnocení nového procesu výroby PSM

V novém procesu výroby byly nastaveny lépe řezné podmínky, byly použity některé nové řezné nástroje. Celý proces je stabilní. Čas potřebný na obrábění se výrazně zkrátil. Podrobnější vyhodnocení fungování nástrojů, hlavně opotřebením a jejich životností, může být vyhodnoceno po obrobění většího množství kusů.

6.1.2 Ekonomické hodnocení nového procesu výroby PSM

Náklady na nové nástroje:

Název nástroje	označení	Cena nástroje včetně držáku Kč
T2000 Fréza D50	F90LN D050-05-22-L-N11	6800
T2020 Fréza D50	FAL-D050-22-16	7200
T2080 Fréza D50	HM90 F90A D 50-5-22	7500
Držák SK40	DIN69871 40 SEMC 22X 55	3x2100
T1590 Výstružník D40H7	727 SK D40H7	2700
	Celkem	30 500

Celkem náklady na úpravu upínacích přípravků a na nové nástroje: 40 000 Kč.

operace	pracoviště	Původní T		Nový T	
		čas Ta	čas Tac	čas Ta	čas Tac
10	Frézka Heckert	2,09	2,4	0,52	0,60
20	Heckert	19,62	22,6	10,08	11,59
30	Lis	1,39	1,6	1,39	1,60
40	Heckert	11,1	12,8	6,27	7,21
50	Heckert	3,48	4,0	1,92	2,21
60	Mech	7,83	9,0	7,83	9,00
	celkem T:	45,51	52,3	28,01	32,21

Mzdový tarif frézka, lis a mechanik (PMZ _f):	130	Kč/hod
Mzdový tarif Heckert (PMZ _H):	150	Kč/hod
Výrobní režie frézka, lis a mechanik (VR _f):	300	%
Výrobní režie Heckert (VR _H):	400	%

Výpočet zpracovacích nákladů (ZN_p) – **původní proces.**

$$ZN_p = (PMZ_f + VR_f) + (PMZ_H + VR_H) \quad PMZ + VR$$

Původní čas Ta op. 10, 30, 60: 11,3 min

Původní čas Ta op. 20, 40, 50: 34,2 min

$$ZN_p = 11,3 \cdot \frac{130}{60} + 3 \cdot \left(11,3 \cdot \frac{130}{60} \right) + 34,2 \cdot \frac{150}{60} + 4 \cdot \left(34,2 \cdot \frac{150}{60} \right) \quad ZN_p = 525,50 \text{ Kč}$$

Výpočet zpracovacích nákladů (ZN_n) – **nový proces.**

Původní čas Ta op. 30, 60: 9,22 min

Původní čas Ta op. 10, 20, 40, 50: 18,79 min

$$ZN_n = 9,22 \cdot \frac{130}{60} + 3 \cdot \left(9,22 \cdot \frac{130}{60} \right) + 18,79 \cdot \frac{150}{60} + 4 \cdot \left(18,79 \cdot \frac{150}{60} \right) \quad ZN_n = 314,80 \text{ Kč}$$

Výpočet úspory ve zpracovacích nákladech (Ú_{ZN}) – **nový proces.**

$$\dot{U}_{ZN} = ZN_p - ZN_n = 525,50 - 314,80$$

$$\dot{U}_{ZN} = 210,70 \text{ Kč}$$

$$\% \dot{U}_{ZN} = \left(\frac{\dot{U}_{ZN}}{ZN_p} \right) \cdot 100$$

$$\% \dot{U}_{ZN} = 40,1 \%$$

Roční úspora ve zpracovacích nákladech.

$$1 \text{ 400 kusů/rok} \times 210,70 \text{ Kč}$$

$$R\dot{U}_{ZN} = 294 \text{ 980 Kč/rok}$$

Výpočet výrobního množství (q_ú), při kterém budou uhrazeny investiční náklady v **novém procesu.**

$$CN_p = FN_p + q \cdot ZN_p$$

$$CN = FN_n + q \cdot ZN_n \Rightarrow CN_p = CN_n$$

$$FN_p + q \cdot ZN_p = FN_n + q \cdot ZN_n$$

$$q_{\dot{U}} = \frac{FN_n - FN_p}{ZN_p - ZN_n}$$

$$FN_n = 40 \text{ 000 Kč ;}$$

$$q_{\dot{U}} = \frac{40000 - 0}{525,50 - 314,80}$$

$$q_{\dot{U}} = 190 \text{ ks}$$

Výpočet doby úhrady investičních nákladů (T_ú), při kterém budou uhrazeny investiční náklady v **novém procesu.**

$$\text{Měsíční odvod: } 1400/12 = 21 \text{ ks}$$

$$T_{\dot{U}} = \frac{q_{\dot{U}}}{\text{mesicni_dvod}} = \frac{190}{117}$$

$$T_{\dot{U}} = 1,6 \text{ měsíce}$$

Ekonomické efekty vyplývají ze zkrácení spotřeby času. Z výpočtů je patrné, že vynaložené investiční náklady budou uhrazeny po výrobě 190 kusů obrobků PSM, což je přibližně 1,6 měsíce.

6.2 Díl 2: Převodová skříň velká (PSV)

6.2.1 Technické hodnocení nového procesu výroby PSV

Nový proces výroby je stabilnější. Největší vliv na stabilitu nového procesu mají nové přípravky, které byly vyrobeny vlastními silami firmy. Jako polotovar pro jejich výrobu byly použity již vyřazené přípravky. Obrobky jsou již na těchto přípravcích dostatečně upínány. Upnutí je pevné a přesné. Nedochází k posunutí kusů a nechtěnému chvění při obrábění. Při obrábění mohly být použity některé nové nástroje a nastaveny nové řezné podmínky. Toto vedlo ke zkrácení výrobních časů a ke snížení zmetkovitosti. Přesné snížení zmetkovitosti lze ovšem vyhodnotit po několika výrobních dávkách. Další úspora byla dosažena při zmenšení polotovaru, tím zmenšení jeho hmotnosti, a tedy i jeho ceny.

6.2.2 Ekonomické hodnocení nového procesu výroby PSV

operace	pracoviště	Původní T		Nový T	
		čas Ta	čas Tac	čas Ta	čas Tac
10	FGSV50	6,2	7,1	0	0
20	Heckert	77,5	89,1	30,17	34,7
30	Heckert	6,9	7,9	12,52	14,4
40	Heckert	66,0	75,9	18,78	21,6
50	Heckert	22,3	25,6	24,7	28,4
60	VR4A	3,9	4,5	0	0
70	Mech	7,4	8,5	7,4	8,5
celkem T:		190,1	218,7	93,6	107,6

Úspora na polotovaru: $3,9 \text{ kg} \times 138 \text{ cena/kg} = \mathbf{539 \text{ Kč/kus}}$

Úspora na polotovaru za 1 rok: $539 \times 250 = \mathbf{134\,750 \text{ Kč/rok}}$

Celkem náklady na upínací přípravky a na nové nástroje: 80 000 Kč

Mzdový tarif frézka, vrtačka a mechanik (PMZ _f):	130	Kč/hod
Mzdový tarif Heckert (PMZ _H):	150	Kč/hod
Výrobní režie frézka, vrtačka a mechanik (VR _f):	300	%
Výrobní režie Heckert (VR _H):	400	%

Výpočet zpracovacích nákladů (ZN_p) – **původní proces.**

$$ZN_p = (PMZ_f + VR_f) + (PMZ_H + VR_H)$$

Původní čas Ta op. 10, 60, 70: 17,5 min

Původní čas Ta op. 20, 30, 40, 50: 172,6 min

$$ZN_p = 17,5 \cdot \frac{130}{60} + 3 * \left(17,5 \cdot \frac{130}{60} \right) + 172,6 \cdot \frac{150}{60} + 4 * \left(172,6 \cdot \frac{150}{60} \right) \quad ZN_p = 2\,309,60 \text{ Kč}$$

Výpočet zpracovacích nákladů (ZN_n) – **nový proces**.

Původní čas Ta op. 10, 60, 70: 7,4 min

Původní čas Ta op. 20, 30, 40, 50: 86,2 min

$$ZN_n = 7,4 \cdot \frac{130}{60} + 3 * \left(7,4 \cdot \frac{130}{60} \right) + 86,2 \cdot \frac{150}{60} + 4 * \left(86,2 \cdot \frac{150}{60} \right) \quad ZN_n = 1\,143,30 \text{ Kč}$$

Výpočet úspory ve zpracovacích nákladech (\dot{U}_{ZN}) – **nový proces**.

$$\dot{U}_{ZN} = ZN_p - ZN_n = 2\,309,60 - 1\,143,30$$

$$\dot{U}_{ZN} = 1\,168,30 \text{ Kč}$$

$$\% \dot{U}_{ZN} = \left(\frac{\dot{U}_{ZN}}{ZN_p} \right) * 100$$

$$\% \dot{U}_{ZN} = 50,6 \%$$

Roční úspora ve zpracovacích nákladech.

$$250 \text{ kusů/rok} \times 1\,168,30 \text{ Kč}$$

$$R\dot{U}_{ZN} = 292\,075 \text{ Kč/rok}$$

Výpočet výrobního množství ($q_{\dot{u}}$), při kterém budou uhrazeny investiční náklady v **novém procesu**.

$$CN_p = FN_p + q \cdot ZN_p$$

$$CN = FN_n + q \cdot ZN_n \Rightarrow CN_p = CN_n$$

$$FN_p + q \cdot ZN_p = FN_n + q \cdot ZN_n$$

$$q_{\dot{u}} = \frac{FN_n - FN_p}{ZN_p - ZN_n}$$

$$FN_n = 80\,000 \text{ Kč} ;$$

$$q_{\dot{u}} = \frac{80000 - 0}{2309,60 - 1143,30}$$

$$q_{\dot{u}} = 69 \text{ ks}$$

Výpočet doby úhrady investičních nákladů ($T_{\dot{u}}$), při kterém budou uhrazeny investiční náklady v **novém procesu**.

Měsíční odvod: $250/12 = 21 \text{ ks}$

$$T_{\dot{u}} = \frac{q_{\dot{u}}}{\text{mesicni_dvod}} = \frac{70}{21}$$

$$T_{\dot{u}} = 3,3 \text{ měsíce}$$

Ekonomické efekty vyplývají ze zkrácení spotřeby času. Z výpočtů je patrné, že vynaložené investiční náklady budou uhrazeny již po výrobě 70 kusů obrobků PSV, což je přibližně 3,3 měsíce.

7 Závěr

V této práci je ukázáno, jak je důležité při obrábění převodových skříní správné nastavení celého procesu jejich výroby. To samozřejmě platí při každé výrobě.

Vždy je důležité správně vybrat nejen stroje a řezné nástroje. Jestliže chceme obrábět moderními nástroji na moderním stroji, musíme mít obrobek správně upnutý. Předpokladem dosažení dobrého výsledku je tuhost celé soustavy SNOP, ale taky správná volba sledu operací, abychom co nejefektivněji obrobili v tomto případě převodové skříně.

V práci byly řešeny dva případy výroby převodových skříní. Na menší skříní byly změněny hlavně řezné podmínky u již použitých nástrojů. Některé nástroje byly nahrazeny novými, modernějšími a určenými na obrábění slitin hliníku, které jsou podrobně popsány v kapitole „4.1.3“. Na větší skříní byl zvolen celý nový proces, navrhnuty a vyrobeny nové upínací přípravky tak, aby mohlo být odebráno hned na začátku procesu co nejvíce materiálu. Nové přípravky jsou blíže popsány v kapitole „4.2.4“, kde je i popsáno, jak byla ulehčena manipulace s touto skříní.

Na obou skříních byla dosažena velká úspora v nákladech na výrobu, přestože u PSM byl proces změněn jen částečně a pro PSV byl změněn celý proces. Úspory v nákladech na výrobu byly blíže popsány v kapitolách „6.1.2 a 6.2.2“. Úspory dosáhly u převodové skříně malé cca 40% a u převodové skříně velké cca 51%, to ale nevylučuje, že v budoucnu bude možné další snížení výrobních nákladů.

8 Zdroje

- [1] CD: *Přehled obráběcích horizontálních center*. StarragHeckert GmbH, Otto-Schmerbach-Strasse 15/17; 09117 Chemnitz / Germany, 2003
- [2] CD: *Návod k obsluze pro CWK400D*. StarragHeckert GmbH, Otto-Schmerbach-Strasse 15/17; 09117 Chemnitz / Germany, 2006

9 Knižní publikace

- [3] MÁDL, J. *Teorie obrábění*. Praha : ČVUT, 1994
- [4] JANDEČKA, K. , ČESÁNEK, J. , KOŽMÍN, P. : *Programování NC strojů*. Plzeň: ZČU, 2000.
- [5] MÁDL, J. *Optimalizace řezných podmínek v teorii obrábění*. Praha : ČVUT, 1990.
- [6] SANDVIK COROMANT. *Příručka obrábění*. Praha : Scientia, 1997.