



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

KONSTRUKČNĚ-VÝROBNÍ ŘEŠENÍ UPÍNACÍHO PŘÍPRAVKU

CONSTRUCTION AND MANUFACTURE OF A CLAMPING DEVICE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Petr Okáč

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Petr Okáč

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

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

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

Konstrukčně-výrobní řešení upínacího přípravku

v anglickém jazyce:

Construction and Manufacture of a Clamping Device

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Úvod.
2. Představení firmy.
3. Zásady konstrukce upínacích přípravků.
4. Uzavřená smlouva se zákazníkem.
5. Konstrukčně-výrobní návrh pro zákazníka.
6. Vyhodnocení výroby v podmínkách firmy.
7. Ekonomická kalkulace.
8. Diskuze.
9. Závěr.

Cíle diplomové práce:

Technologický projekt výroby náročného výrobku v podmínkách malé strojírenské firmy.

Seznam odborné literatury:

1. PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.
2. ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.
3. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
4. ZEMČÍK, Oskar. Technologická příprava výroby. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-X.
5. SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a František PROKEŠ. Základy konstruování. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2005. ISBN 80-7204-405-2.
6. Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s.r.o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.
7. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 28.11.2013

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá různými aspekty konstrukčně - výrobního řešení upínacího přípravku v podmínkách malé výrobní firmy. V diplomové práci jsou rozebrány problémy, se kterými se autor práce při malosériové a kusové výrobě setkává. Důraz je kladen zejména na efektivitu a ekonomičnost celého výrobního procesu.

Klíčová slova

upínací přípravek, výroba, technologičnost konstrukce, obráběcí centrum

ABSTRACT

The thesis deals with various aspects of the structure - manufacturing solutions fixture in terms of small manufacturing firm. In the thesis are discussed problems which the author of the thesis with small-scale production meets. A substantial part of the thesis is also made by comparison of the production of small series production and large series. Emphasis is placed on efficiency and economy of the entire production process.

Key words

fixture, manufacture, technology, CNC, machining

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Okáč, Petr. *Konstrukčně – výrobní řešení upínacího přípravku*. Brno 2014. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 59 s. 12 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Konstrukčně - výrobní řešení upínacího přípravku** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Bc. Petr Okáč

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi za podporu a inspirativní podněty při vypracování diplomové práce.

Dále děkuji manželce za toleranci a trpělivost během psaní této práce.

Děkuji taktéž panu Kofroňovi z firmy TRW-DAS a.s. za spolupráci.

OBSAH

ABSTRAKT	2
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 PŘEDSTAVENÍ FIRMY	10
2 ZÁSADY KONSTRUKCE UPÍNACÍCH PŘÍPRAVKŮ	12
2.1 Zásady volby materiálu.....	15
2.2 Tepelné zpracování při výrobě přípravků.....	15
2.3 Tvorba ceny	16
2.3.1 Strategie obrábění	17
2.3.2 Efektivní využití nástrojů.....	20
2.4 Technologičnost konstrukce	22
2.5 Nástroje.....	23
2.5.1 Nástrojové oceli	24
2.5.2 Slinuté karbidy.....	25
3 UZAVŘENÁ SMLOUVA SE ZÁKAZNÍKEM	27
3.1 Firmy bez osobního kontaktu	27
3.2 Firmy s osobním kontaktem	27
3.3 Představení zákazníka.....	28
3.4 Výběrové řízení.....	28
4 KONSTRUKČNÉ – VÝROBNÍ NÁVRH PRO ZÁKAZNÍKA.....	30
4.1 Popis přípravku a jeho funkce	30
4.2 Technologičnost konstrukce a konstrukční úpravy	31
4.3 Konstrukční úpravy.....	33
4.4 Kritická místa při výrobě tlumícího bloku.....	34
4.4.1 Dodržení rovinnosti	34
4.4.2 Kolmost k základnám	35
4.4.3 Vzdálenost a kolmost středové trubky.....	35
4.4.4 Vrtání otvorů.....	36
4.5 Svařování	36
4.6 Materiály přípravku	37
4.6.1 Vlastnosti a chemické složení oceli 11 373, DIN norma USt-37	37

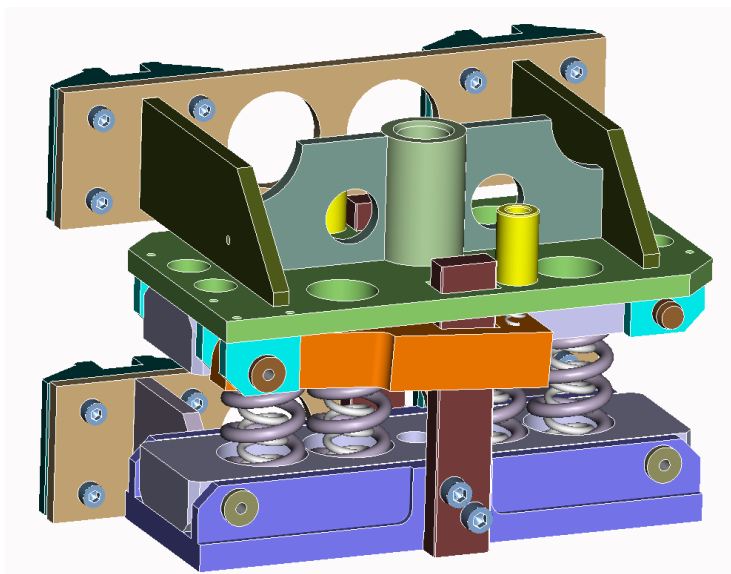
4.6.2 Vlastnosti a chemické složení oceli 14 220, DIN norma 17210.....	38
4.6.3 Vlastnosti a chemické složení slitiny AlMg4,5Mn0,7, DIN norma EN AW-AlMg4,5MN0,7	38
4.7 Nástroje.....	39
4.7.1 Nástroje pro frézování	39
4.7.2 Obrábění otvorů	41
4.7.3 Provozní výpočty	42
4.8 Technologický postup.....	43
4.8.1 Návodka pro horní část	43
4.8.2 Návodka pro spodní část.....	47
5 VYHODNOCENÍ V PODMÍNKÁCH FIRMY	50
6 EKONOMICKÁ KALKULACE.....	52
7 DISKUZE	54
ZÁVĚR	55
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	56
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	58
SEZNAM PŘÍLOH.....	59

ÚVOD

Téma diplomové práce s názvem „Konstrukčně – výrobní řešení upínacího přípravku“ si autor práce vybral na základě zkušeností s výrobou ve vlastní firmě, zabývající se zejména výrobou upínacích přípravků (obr. 1). Obsah práce tvoří především výroba a konstrukce přípravků v podmínkách firmy Okac, které jsou vzhledem k velikosti firmy poměrně omezené.

Práce zahrnuje kromě samotné dokumentace výroby konkrétního přípravku i pohled autora na podnikání v oboru v širších souvislostech a může posloužit i jako praktický návod pro někoho, kdo by měl zájem s vlastním podnikáním v oboru zaměřeném na kovoobrábění začínat.

Stejně jako vede mnoho cest k jednomu cíli, tak i každý přípravek je možné vyrobit různými způsoby. Zhotovitel přípravku si dal za cíl vyrobit přípravek pro zákazníka právě takovým způsobem, který bude splňovat nejenom všechny náležitosti výkresové dokumentace, zároveň bude vyroben s ohledem na co nejnižší cenu.



Obr. 1 Model sestavy vyráběného přípravku.

1 PŘEDSTAVENÍ FIRMY

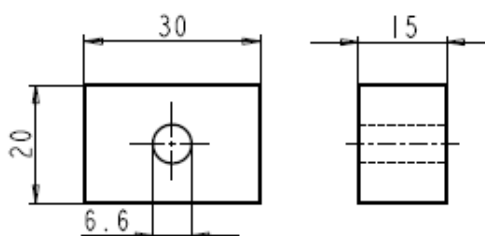
Výroba přípravku, kterou se tato práce zabývá, byla zpracována převážně vlastní výrobní činností firmy Okac, která se řadí do kategorie malých a středních firem. Velikost firmy je hlavní výhodou pro výrobu zpracovávaného přípravku, ale zároveň největší nevýhodou při podnikání ve strojírenské výrobě obecně.

Firma Okac byla založena v roce 1996 a na počátku působila na trhu pouze v oblasti dovozu náhradních dílů pro stroje a zařízení ze zahraničí, zejména pro průmyslové podniky v České republice. Jednalo se tedy o ryze obchodní činnost. První výrobní pokusy se datují do roku 2007, kdy se naskytla možnost drobné kovovýroby, nejprve pomocí konvenčních strojů, jako byla sloupová vrtačka VR20 a frézka FA3. Krátce po pořízení těchto strojů byla též pořízena pásová pila, která je nezbytná pro dělení materiálu a bez které se dnes žádná menší firma se zaměřením na kovoobrábění neobejde (obr. 1.1).



Obr. 1.1 Původní vybavení firmy.

Pomocí těchto konvenčních strojů bylo možné uskutečňovat jednoduchou sériovou výrobu, většinou v podobě velmi jednoduchých součástek v přesnostech IT10 – IT14. Příklad jedné z prvních zakázek je uveden na obr. 1.2, výroba vymezovací podložky z materiálu 11373.



Obrázek 1.2 První výrobní pokusy z roku 2008.

Uvedená výroba byla určena pro německého zákazníka, který postupně objem zakázky navyšoval a rozšiřoval o výrobky podobného typu. Na poptávky složitějších součástek ale

nebylo možné reagovat, především z důvodu absence výkonnějšího stroje, který by si s náročnější výrobou poradil. Nezbyvalo, než se zamyslet nad pořízením obráběcího centra. V roce 2009 tak bylo zakoupeno vertikální obráběcí centrum VMC 760 s řídicím systémem Siemens Acramatic, vyrobené v roce 1998, po generální repasi (obr. 1.3).

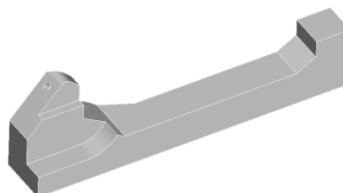
Obráběcí centrum VMC 760	Technické parametry stroje	
	Počet nástrojů v zásobníku (ks)	20
	Rozměry stolu (mm)	920 x 470
	Rozjezd v ose X (mm)	760
	Rozjezd v ose Y (mm)	410
	Rozjezd v ose Z (mm)	560
	Rozsah plynule řazených otáček (1/min)	0-8000
	Výkon hlavního motoru vřetene (kW)	7,5/11
	Kužel ve vřetení (ISO)	40
	Hmotnost stroje (kg)	5500
	Rok výroby	1998
Výrobce - ZPS Zlín		

Obr. 1.3 Vertikální obráběcí centrum [16].

Další nezbytnou položkou, která s investicí do obráběcího centra souvisí, je nákup svěráků, nástrojů, upínačů, kompresoru pro přípravu vzduchu, dorazů, kleštin, procesních kapalin a dalších nezbytností, které v součtu vytvoří nemalou částku v porovnání s pořizovací cenou stroje. Bez uvedených nástrojů však samotné obráběcí centrum pracovat nemůže. Investice do nezbytných předmětů se šplhá do řádů desítek až stovek tisíc korun a je nutné s touto investicí dopředu počítat.

Nákup stroje ovšem v krátké době přinesl výsledky a bylo tak možné lépe reagovat na potřeby německého zadavatele. Výroba se postupně rozrůstala a přibývali další zákazníci.

Dalším mezníkem v oblasti výroby se stalo začlenění 3D programování s následným generováním programu pro CNC stroj (CAD – Computer Aided Design a CAM – Computer Aided Manufacturing), jako je uvedeno v ukázce výroby na obr. 1.4. Zákazník dnes velmi často požaduje výrobu dle zaslaného 3D modelu v příslušném formátu a je důležité dokázat na tento požadavek reagovat.



Obr. 1.4 Model výroby tvarového dílu, vyráběného pro jednoho ze zákazníků.

2 ZÁSADY KONSTRUKCE UPÍNACÍCH PŘÍPRAVKŮ

Velmi důležitou součástí v téměř každé firmě zabývající se výrobní činností je použití přípravků, které sice nepřímo, ale přesto velmi důležitým způsobem vstupují do výrobních procesů, a v konečném důsledku mají nezanedbatelný vliv na kvalitu finálního výrobku. Hlavním důvodem pro použití přípravku je zvýšení jakosti výroby a zvýšení produktivity při zachování rozměrové, tvarové a geometrické přesnosti.

Definice a rozdělení přípravků:

Přípravky lze definovat jako pomocná zařízení určená pro:

- jednoznačné ustavení a pevné uchycení součástí,
- vzájemné přidržení součástí při jejich sestavení do celku,
- vedení nástrojů,
- kontrolu rozměrů obrobků.

Rozdělení přípravků je dále možné provést podle:

- 1) použitelnosti,
- 2) operačního určení,
- 3) zdroje upínací síly.

1) Použitelnost přípravků

Universální přípravky. Tyto jsou konstruovány s ohledem na upínání několika druhů obrobků téhož typu, avšak různých velikostí a tvarů.

Skupinové přípravky. V případě skupinových přípravků je celý přípravek nebo jeho část společná pro skupinu součástí. Tyto přípravky se skládají ze stálých a vyměnitelných nebo seřiditelných součástí.

Stavebnicové přípravky. Pro konstrukci u tohoto typu se využívá typizovaných dílů, které se následně skládají v požadovaný celek.

Speciální přípravky. Velmi často jde o jednoúčelová upínací zařízení, která jsou určena k upínání jednoho obrobku v určité operaci. Obrobek nebo výrobek je zde možné lépe upnout, než například ve stavebnicovém přípravku.

2) Operační určení přípravků

Montážní přípravky jsou určeny k přidržení součásti nebo výrobku při jejich vzájemném rozebíratelném i nerozebíratelném spojení.

Obráběcí přípravky. Slouží k upnutí obrobku v určité poloze vzhledem k nástroji, nejčastěji se jedná o vedení nástroje do místa řezu k nástroji, nebo upnutí při frézování.

Kontrolní přípravky. Měření geometrických tvarů nebo správnost rozměrů.

Rýsovací přípravky. Použití v případě, kdy se usnadní orýsování tvarů před vlastním obráběním.

3) Zdroj upínací síly

Do této kategorie patří přípravky s ručním nebo mechanickým upínáním (obr. 2.1). Vždy je nutné brát ohled na co nejmenší vynaloženou námahu při upínání. U přípravků s mechanickým upínáním je k upnutí možné použít tyto mechanické síly:

- stlačený vzduch (pneumatické),
- tlaková kapalina (hydraulické),
- elektromotoricky (síla vyvolaná cívkou a jádrem),
- podtlak (přísátí základny),
- kombinace předcházejících [15].



Obr. 2.1 Přípravky s ručním mechanickým upínáním používané ve firmě Okac.

Důležitým předpokladem pro konstrukci přípravků je hospodárnost. Výroba přípravku bude mít smysl tehdy, jestliže je ekonomicky výhodná. K tomuto účelu je možné použít vzorec, který určuje rentabilitu výrobku [15]:

$$U(1 + R) \geq \frac{\frac{C_1}{K} + B}{n} \quad \text{vztah 1.1}$$

Kde: U je úspora v přímých mzdách [Kč/ks],

R je koeficient režie vlastní výroby (režie je v %),

C je cena přípravku (náklady na konstrukci s režií, na materiál s materiálovou režií, skladování, na výrobu, na mzdy s režií výroby [Kč],

K je životnost přípravku [roky],

B je rozdíl v nákladech na seřízení stroje s přípravkem a bez něho [Kč/rok],

n je počet výrobků vyrobených v jednom roce [15].

Jak je z uvedeného vztahu 1.1 zřejmé, jedná se zde o výpočet rentability zpravidla pro velkosériovou výrobu, se kterou je možné se běžně setkat, nejčastěji jde o přípravky při obrábění součástí, montáži nebo přípravky rýsovací.

Stejně tak jsou potřeba přípravky pro výrobu kusovou, nebo i sériovou, kdy ovšem přípravek nepřichází do styku s každým vyráběným dílem. Jako příklad může být uveden přípravek pro měření vyrobeného dílu na třísouřadnicovém zařízení (obr. 2.2), dalším příkladem může být přípravek pro měření momentového zatížení (obr. 2.3). Zde se zabývat výpočtem rentability nemá žádné opodstatnění.



Obr. 2.2 a 2.3 Příklady vyráběných přípravků.

Před každou výrobou je vždy na prvním místě zvážit možnosti konstrukce přípravku. Nevhodně zvolená konstrukce může mít vliv nejenom na špatnou funkci výrobku, ale celou výrobu může i zbytečně prodražit. Konstruktor by proto měl vždy brát ohled alespoň na alespoň několik základních zásad:

- a) před vlastním návrhem si ujasnit pracovní postup dané součásti,
- b) zvážit možnost výroby na více upnutí v různých polohách,
- c) dostatečnou tuhost a pevnost materiálu,
- d) zajištění polohy upínaného dílu prostřednictvím dorazů,
- e) jednoduchost a rychlost obsluhy,
- f) při manipulaci s přípravkem by váha neměla přesáhnout 15 kg, jinak je nutné přípravek opatřit závěsnými oky,
- g) opotřebované pracovní plochy – tyto musí být tvrdé a vyměnitelné,
- h) hrany, se kterými přichází obsluha přípravku do styku, musí být sražené a zaobleny, jako prevence před zraněním pracovníka,
- i) použití co nejvíce normalizačních součástí,
- j) konstrukce by neměla umožnit vložení dílu naopak (není-li to požadavkem pro výrobu),
- k) použití přípravku univerzálního, který lze případně upravit či přetvořit,
- l) brát ohled na celkový vzhled a design [15].

2.1 Zásady volby materiálu

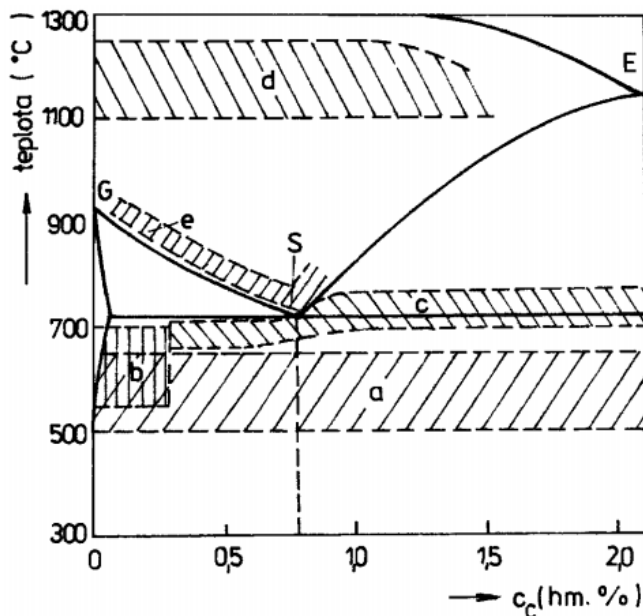
Zvolený materiál musí vyhovovat všem požadavkům, které jsou kladeny na daný přípravek, zejména dostatečnou tuhost, pevnost, přesnost a odolnost proti opotřebení. Při volbě materiálu je nutné brát ohled na tato hlediska:

- namáhání, opotřebení, tvar a funkce daného přípravku a jeho částí,
- pracovní prostředí, ve kterém bude přípravek používán,
- požadovanou přesnost upínaného dílu a s tím související přesnost přípravku,
- cenu, dostupnost materiálu a normalizovaných částí,
- výrobní možnosti firmy,
- hmotnost přípravku [15].

2.2 Tepelné zpracování při výrobě přípravků

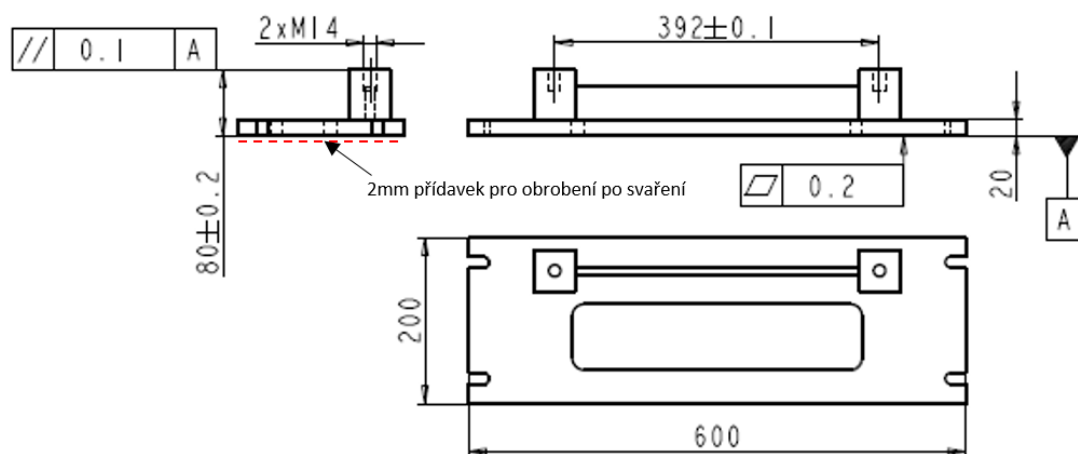
Dalším faktorem, který zásadně vstupuje do celkové podoby vyráběného přípravku, je nezbytné tepelné zpracování, konkrétně se jedná o proces žíhání na snížení pnutí, a to všude tam, kde došlo k nepravidelnému ochlazování při předešlém zpracování, konkrétně se u přípravků jedná zejména o proces svařování. Obecně je žíhání procesem, při kterém se materiál ohřívá na předepsanou teplotu, která se po určitou dobu udržuje a následně se pozvolna ochlazuje, viz žíhací diagram, obr. 2.4. Kromě žíhání na snížení pnutí, které se při výrobě přípravků používá, lze provádět dále:

- žíhání na snížení pnutí,
- žíhání rekrystalizační,
- žíhání na měkko,
- žíhání homogenizační,
- žíhání normalizační.



Obr. 2.4 Žíhací diagram [15].

Praktický příklad nezbytnosti žíhací operace je doložen na příkladu zakázky na výrobu upínacího přípravku pro firmu zabývající se testováním vlastního produktu. Klíčovou plochou na svařenci je konstruktérem předepsaná rovinnost základové desky, jak je vidět na obr. 2.5. Ačkoliv bylo při konstrukci počítáno s přídavkem 2 mm na obrobení základové desky frézováním, po svaření přípravku došlo vlivem vneseného tepla k průhybu desky o 3 mm. Takto velká nerovnost by znamenala odebrat minimálně 3 mm z tloušťky materiálu, což je mimo předepsanou toleranci 20 mm. Ohřev přípravku těsně pod teplotu Ac1 (600 – 630 °C) a následné pomalé ochlazování však odstraní vnitřní pnutí v materiálu a prohnutí desky se tak zmenší na 1 mm. Žíhaný přípravek poté již není problém v předepsaných tolerancích obrobít.



Obr. 2.5 Ukázka nutnosti využití žíhání na snížení pnutí u svařovaného přípravku.

2.3 Tvorba ceny

Protože do tvorby výsledné ceny přípravku vstupují nejrozličnější aspekty, které je nutné vzít v úvahu, je v další práci věnována pozornost těm nejvýznamnějším, které cenu ovlivňují nejvíce. U výroby přípravku se jedná především o:

- strategii obrábění,
- volbu nástrojů,
- technologičnost konstrukce.

Ve všech případech je dále uveden příklad z praxe, který dokládá potřebu se uvedenými postupy zabývat. Základem efektivní výroby je stanovení správné ceny výrobku tak, aby firma mohla uspět na trhu v konkurenčním boji. Konečná cenová nabídka výrobku zaslaná zákazníkovi je vždy tvořena z části položkami, které lze ovlivnit a z části položkami, které ovlivnit nelze. V drobné výrobě těžko ovlivnitelnými vstupními hodnotami je především konstruktérem předepsaný materiál, forma tepelného zpracování či povrchových úprav. Naopak při tvorbě druhé části ceny, která se týká samotné výroby, se naskýtá možnost výrazného ovlivnění ceny výsledné.

Kromě technologičnosti konstrukce, které bude dále věnována pozornost při samotném rozboru tlumícího bloku, je součástí cenotvorby ještě zvažovaná strategie obrábění a volba

nástrojů. V obou případech je možné zvolit několik cest, které sice vedou ke stejnému cíli, ale s rozdílnými náklady. Pro tvorbu cenových nabídek je zcela zásadní se touto problematikou zabývat.

Konečná cena se může v rámci jednotlivých konkurenčních nabídek výrazně lišit, a to zejména v závislosti na zvoleném postupu zpracování. Z tohoto důvodu budou na příkladech strategie obrábění a volby nástrojů v následujících kapitolách demonstrovány možnosti různých způsobů výroby, které je nutné předem zvážit.

2.3.1 Strategie obrábění

Snahou každé firmy je vyrobit přípravek způsobem, který je jednak co nejméně náročný (na obsluhu, čas, použitý materiál) a jednak co nejefektivnější (v poměru výrobní cena vs. cena zakázky).

Obrábění je perspektivní metodou výroby, kde složitost obráběcích procesů je na první pohled zřejmá. Každá firma se potýká s problémy zvolených řešení výroby. Zájmem každé firmy je, aby při přeměně polotovaru v hotový výrobek v požadované kvalitě bylo postupováno tou nejefektivnější cestou a byla nalezena rovnováha mezi produktivitou a náklady na obrábění, což nebývá vždy snadné. Otázkou, která při konstrukci každého výrobku vyvstane, je, zda je lepší (vhodnější, efektivnější) dát přednost vyšší produktivitě práce, kdy je sice více využitý obráběcí stroj, kde ale zároveň rostou náklady na nástroje, nebo zda snížit řezné parametry, na druhé straně však doprovázené delšími obráběcími časy?

Není-li výroba omezená jinými podmínkami a předpokládá-li se správná volba stroje a vhodně zvolený nástroj, pak při hledání optimálních podmínek je dobré vycházet z předpokladu odebrat co největší množství materiálu za jednotku času, což znamená výrazný přínos v oblasti ekonomiky obrábění.

Z pohledu produktivity obrábění lze tedy obecně doporučit:

- zvolit maximální hloubku řezu a_p ,
- maximalizovat posuv f ,
- určit takovou řeznou rychlost, která vyváží produktivitu a nákladovou efektivitu.

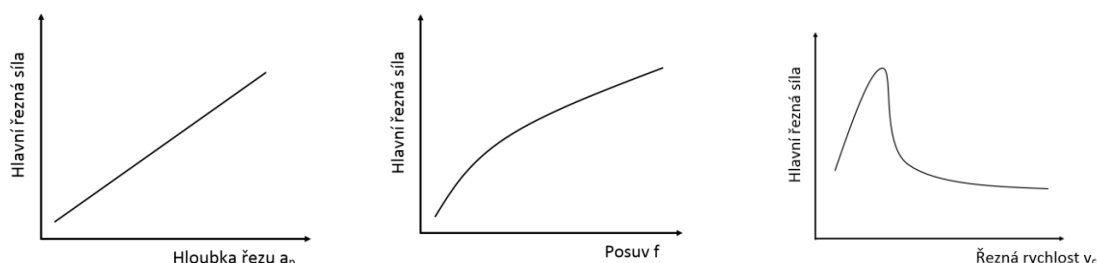
Na nákladové efektivitě se pak nejvíce projevuje opotřebení nástrojů, na kterou má největší vliv (obr. 2.6):

- řezná rychlost,
- posuv,
- šířka záběru ostří.



Obr. 2.6 Vliv jednotlivých parametrů na trvanlivost nástrojů.

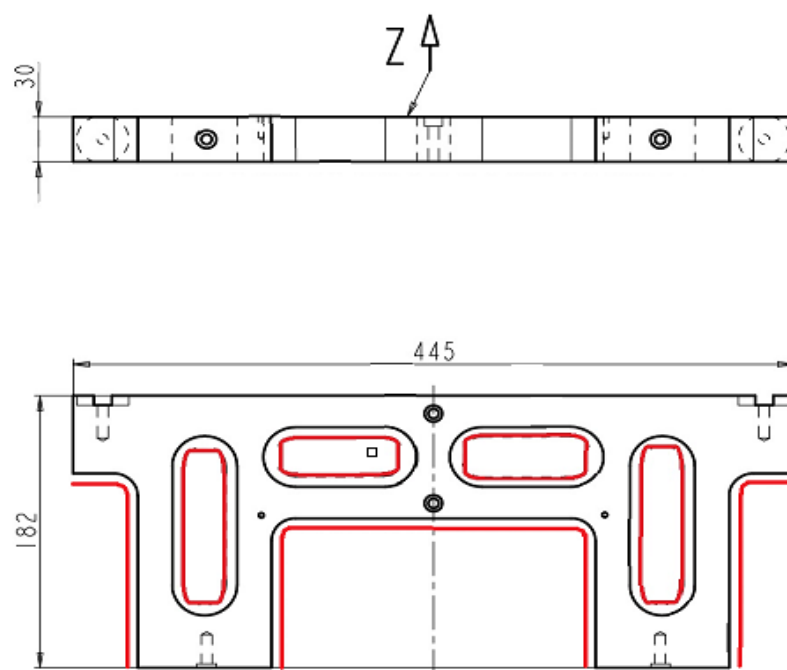
K úvaze nad strategií obrábění ještě zbývá doplnit, jak se hloubka řezu, posuv a řezná rychlost podílejí na řezných silách, viz obr. 2.7:



Obr. 2.7 Vliv hloubky řezu, posuvu a řezné rychlosti na hlavní řeznou sílu [3].

Z výše uvedeného se zdá jednoznačné, že odebrat za jednotku času co nejvíce materiálu znamená zkrácení obráběcího procesu, vyšší využití stroje a pokles nákladů na stroj a zároveň na zaměstnance, za předpokladu rozumného opotřebení nástrojů.

Jiná situace však nastává u výroby, kde obráběcí proces není ústředním bodem celého výrobního procesu. Výše popsany předpoklad je obecně platný pouze při výrobě větších sérií. V malosériové nebo kusové výrobě toto pravidlo ve většině případů neplatí. Příkladem lze uvést praktický příklad výroby dílu z praxe. Kromě času frézování je důležité přičíst čas na další operace. Tyto časy dohromady tvoří velmi důležitou část celku, která je samozřejmě zohledněna v konečné ceně výrobku. V následujících tabulkách č. 2.1 a 2.2 jsou porovnávány dva způsoby frézování držáku hledáčku (obr. 2.8). V prvním případě jsou voleny podmínky obrábění s ohledem na co nejvyšší produktivitu, což znamená plné využití šířky záběru ostří, maximálního posuvu a optimální řezné rychlosti. V druhém případě pak byly voleny nižší hodnoty a_p , f i v_c (tab. 2.1 a 2.2).



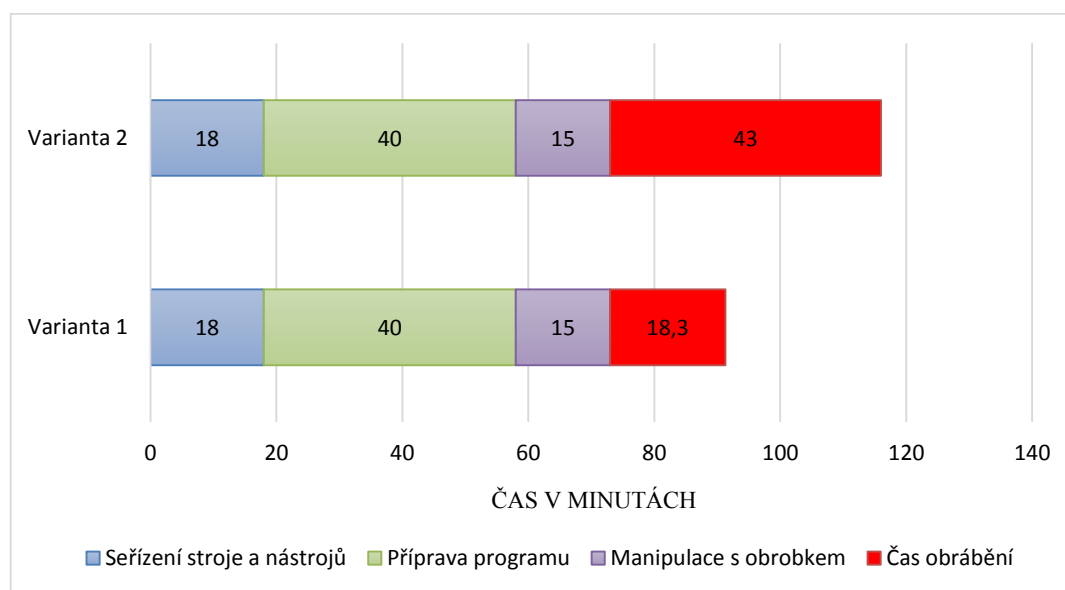
Obrázek 2.8 Frézování držáku hledáčku, mat. 11373, stroj VMC 760 (červená kontura = dráha nástroje).

Tab. 2.1 a 2.2 Porovnání délky trvání frézovací operace při odlišných nastaveních.

Držák hledáčku – frézování tvaru – varianta 1
Nástroj - fréza s VBD $\varnothing$ 16 mm, materiál SK
Řezná rychlost $v_c = 230$ [m.min ⁻¹]
Šířka záběru ostří $a_p = 5$ [mm]
Posuv $f_z = 0,1$ [mm]
Strojní čas frézování $t_{as} = 18,3$ [min]

Držák hledáčku – frézování tvaru – varianta 2
Nástroj - fréza s VBD $\varnothing$ 16 mm, materiál SK
Řezná rychlost $v_c = 180$ [m.min ⁻¹]
Šířka záběru ostří $a_p = 2$ [mm]
Posuv $f_z = 0,08$ [mm]
Strojní čas frézování $t_{as} = 43$ [min]

Při snížení vstupních hodnot (a_p , f , v_c) dochází ke zvýšení strojního času t_{as} . Je ovšem důležité si všimnout, jak se projevuje celkový strojní čas frézování na celkové době výroby jednotlivého kusu (obr. 2.9).



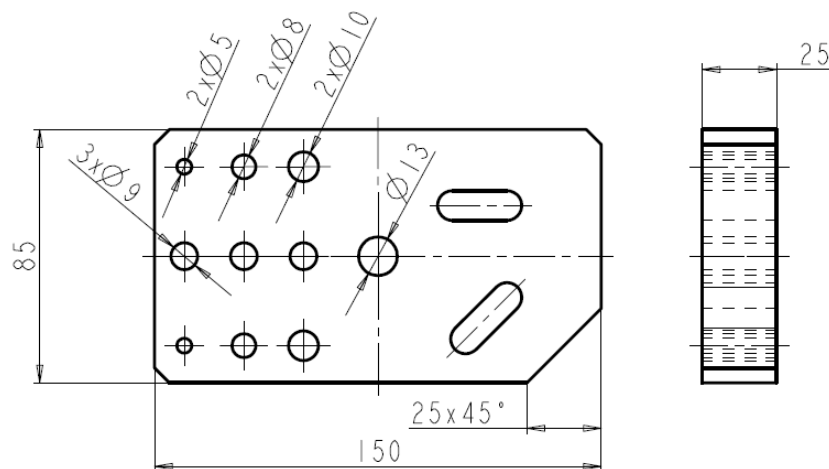
Obr. 2.9 Porovnání frézovací operace na celkové době výroby kusu.

Při volbě řezných parametrů je zároveň vhodné brát v úvahu i rizika spojená s maximálními hodnotami. S vysokými hodnotami šířky záběru ostří narůstají řezné síly (obr. 2.7), může docházet k vibracím nebo zadírání třísky, stejně jako se výrazně navyšuje teplota řezu a zhoršuje se kvalita obrobeného povrchu. I z těchto důvodů je při kusové výrobě vhodnější volit parametry spíše nižších hodnot za cenu vyššího výrobního času.

Na základě tohoto dílčího závěru je patrné, že u kusové výroby není třeba věnovat optimalizaci řezných podmínek zbytečně mnoho času, ale že úspory času je možné hledat i v jiných částech výrobního procesu.

2.3.2 Efektivní využití nástrojů

Nabídka firem dodávajících nástroje je široká a možnosti takřka neomezené. Přestože trend v obrábění obecně směřuje k co nejvyššímu odebrání materiálu za jednotku času, vždy je zároveň vhodné sledovat i náklady na obrábění. Náklady na nástroje se při kusové výrobě podepisují na celkové ceně poměrně výrazně. Proto je i zde nutné zvažovat investici s ohledem na produktivitu. Zbytečný nákup sice výkonných, ale drahých nástrojů může vést k navýšení ceny zakázky a v důsledku ke zbytečnému oslabení firmy v konkurenčním boji. Na příkladu možných řešení nákupu vrtáků pro výrobu upínací desky (obr. 2.10) je vidět v následujícím přehledu, kde je uvedeno srovnání možných použitých nástrojů k vrtání upínací desky (tab. 2.3 a 2.4).



Obrázek 2.10 Vrtání upínací desky, materiál 11 373.

Tab. 2.3 Poměr cena a výkon u vrtání desky nástroji z HSS.

Spirálový vrták HSS				
Ø vrtáku [mm]	Počet otvorů	v _c [m.min ⁻¹]	t _{as} [min] – celkem	Cena vrtáku [Kč] [7]
5	2	20	8	25
8	2			35
9	3			40
10	2			45
13	1			95
Celkem				240

Tab. 2.4 Poměr cena a výkon u vrtání desky nástroji ze slinutých karbidů.

Spirálový vrták SK, povlak TiN				
Ø vrtáku [mm]	Počet otvorů	v _c [m.min ⁻¹]	t _{as} [min] – celkem	Cena vrtáku [Kč] [7]
5	2	70	2	315
8	2			730
9	3			830
10	2			950
13	1			1 280
Celkem				4 150

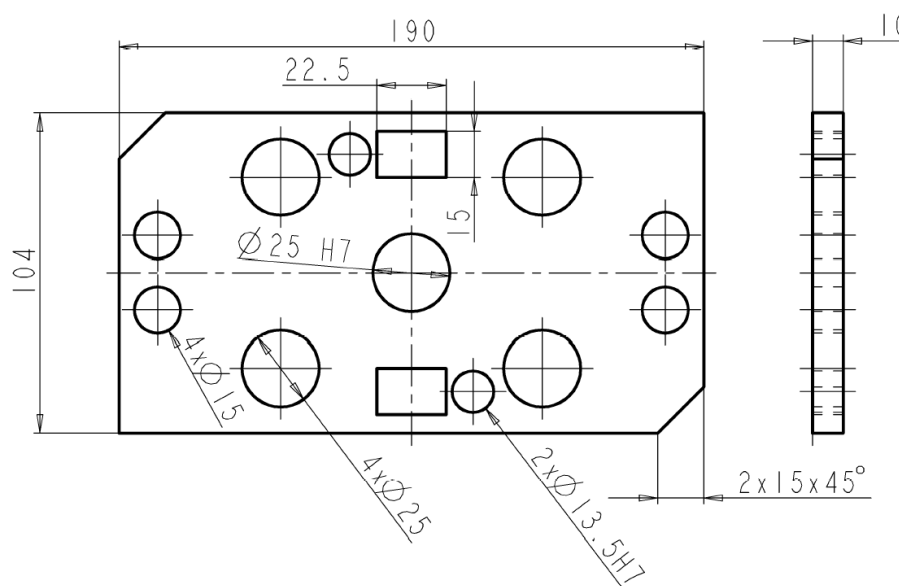
Cenový rozdíl je výrazný a potvrzuje, jak je důležité se při obrábění zabývat i ekonomickou stránkou. Stejně tak je důležité věnovat se problematice zjednodušení výrobního procesu, která směřuje k použití menšího počtu nástrojů a využití spíše univerzálních nástrojů. Tyto nástroje je možné využít pro několik různých operací, zejména při frézování. Nejdražší fréza je ta, která neobrábí, přestože může mít obráběcí vlastnosti sebelepší. Při jejím nevyužití je nám k ničemu. Další výhodou univerzálního nástroje je též úspora času při seřizování nástroje nebo najíždění prvních kusů.

2.4 Technologičnost konstrukce

Ještě větší vliv na konečnou cenu než strategie obrábění a volba nástrojů má technologičnost konstrukce, která je dána souhrnem vlastností technicko – ekonomického charakteru, které mají zajistit optimální podmínky nejen z hlediska funkce, spolehlivosti, životnosti výrobku a jeho jednotlivých součástí, ale musí také v plné míře respektovat hledisko efektivity výroby [9].

Při provádění rozboru součásti nebo celého přípravku je vždy důležité přihlížet k tomu, jestli je součást vyrobitelná a jestli je možné se vypořádat s rozměry, tvary, drsností povrchu a dodržení úchylek uvedených na výkresové dokumentaci. Stejně tak nebo možná ještě potřebnější je u kusové výroby řešit výrobu s ohledem na výrobní metody, jejichž správné použití vede k úspoře nákladů a hospodárnosti. Příklad výroby základové desky tloušťky 10 mm do řešeného přípravku ukazuje dvě možnosti výroby, postup je uveden v následujícím rozboru (obr. 2.11 a tab. 2.5).

Název dílu: základová deska – 1ks, materiál 11373, DIN norma USt37.



Obr. 2.11 Náčrtek základové desky.

Tab. 2.5 Zjednodušená návodka pro výrobu základové desky.

Číslo operace	Stroj	Nástroj	Popis práce	Čas [min]
10/10	Pásová pila		Řezat polotovary	10
20/20	Obráběcí centrumVMC 760	Fréza Ø 80 mm	Úhlovat polotovary na rozměr	20
		Středící vrták	Vrtat středící otvory – 10x	10
		Vrták Ø 15 mm	Vrtat otvory Ø 15mm – 4x	15
		Vrták Ø 15 mm	Předvrtat otvory Ø 25mm – 5x	15
		Vrták Ø 13,5 mm	Vrtat otvory 13,35 – 2x	14
		Fréza Ø 10 mm	Rozfrézovat otvory Ø 25 mm – 5x	20
		Fréza Ø 8 mm	Frézovat otvory v tol. H7 na čisto – 3x	25
30/30		Fréza Ø 80 mm	Frézovat sražení 15x45° – 2x	5
40/40	Kontrola - posuvné měřítko			5
Celkový čas výroby na obráběcím centru:				140

V uvedených časech je již zahrnuta příprava programů a nastavení nástrojů. Celkový čas výroby základové desky na obráběcím centru činí po součtu všech časů cca 140 minut. Ponechme stranou problém se čtvercovým otvorem, který by musel být řešen v kooperaci elektroerozivním obráběním nebo diskutován s konstruktérem vzhledem k možnosti vyvrtání otvorů v rozích obdélníkového profilu.

Při hodinové sazbě cca 650,- Kč vychází výroba desky přibližně na 1500,- Kč, se započítáním ceny materiálu potom na cca 1.600,- Kč.

Jinou možností, jak docílit vyřezání základové desky, je vyřezání tvaru laserem, a to metodou, která pracuje na principu zesílení světla stimulovanou emisí záření. Laserový paprsek je fokusován do místa řezu a ohřívá materiál až na bodu varu, následně je materiál vyfouknut pracovním plynem (např. argon, helium). Firma, která se zabývá laserovým vypalováním s přesností 0,1 mm, zpracovala nabídku na výrobu základové desky za cenu 250,- Kč, včetně materiálu a problematického obdélníkového otvoru. I přes další potřebný čas na obráběcím centru na dokončení otvoru Ø 25 H7 vychází výroba laserem podstatně levněji.

Výsledné porovnání výroby základové desky:

Samostatná výroba na VMC 760: Celková cena: **1.600,- Kč**

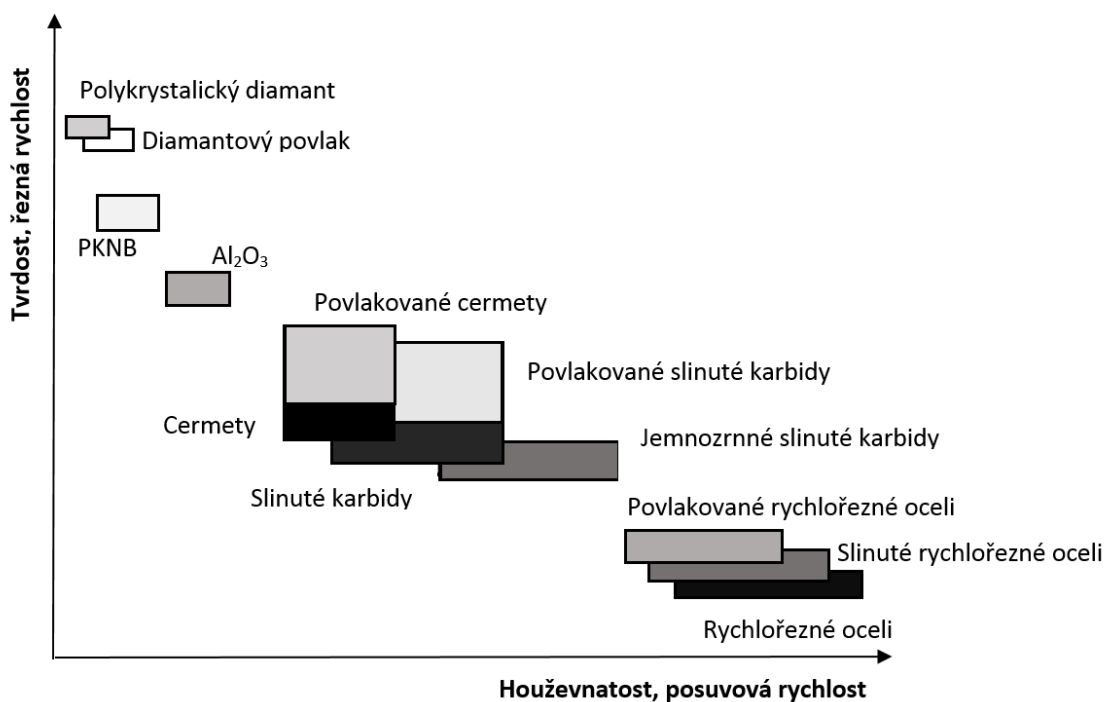
Výroba v kooperaci pomocí laserového řezání + doobrobení na VMC 760: 150,- Kč + 250,- Kč = Celková cena: **400,- Kč**

Tento závěr poukazuje na fakt, jak může nevhodně zvolený způsob výroby zbytečně prodražit výrobu jednotlivého dílu přípravku, potažmo výrobu celého přípravku, protože vyráběný tlumící blok se skládá z několika podobných součástí, jak bude doloženo v dalších kapitolách.

2.5 Nástroje

Výběr nástrojů pro obráběcí procesy je důležitý článek v celkovém průběhu zpracování zakázky. V posledních desetiletích zažil rozvoj nástrojových materiálů nebývalý rozmach a nabídka firem zabývajících se dodávkami nástrojů je z hlediska použitých materiálů široká,

od nástrojových ocelí po syntetický diamant (obr. 2.12). Protože je nemožné nalézt univerzální nástroj pro všechny obráběné materiály a operace, je důležité vždy přihlídnout ke vhodnosti použitého nástroje při každé obráběcí operaci samostatně.



Obr. 2.12 Široký rozsah použití u nástrojových materiálů [4].

Vlastnosti požadované u nástrojových materiálů jsou zejména tyto:

- tvrdost převyšující tvrdost obráběného materiálu nejméně o 5 až 6 HRC,
- odolnost proti opotřebení při vysokých teplotách (až 1.200 °C),
- vyhovující tahová a tlaková pevnost,
- vyhovující tepelná vodivost [15].

I v kusové výrobě je řešení správné volby nástroje na denním pořádku, autor práce při výrobě využívá zejména materiály z nástrojových ocelí a slinutých karbidů.

2.5.1 Nástrojové oceli

Dlouhá historie těchto materiálů známá již z dob průmyslové revoluce má i v dnešní době stále svoje místo v průmyslu, především díky svojí houževnatosti, relativní snadnosti opracování a příznivé ceně. Nástrojové oceli jsou rozdělovány (tab. 2.6):

- nelegované (uhlíkové) oceli,
- legované oceli (nizkolegované, středně legované),
- vysokolegované (rychlořezné) oceli.

Tab. 2.6 Přehled nástrojových ocelí [4].

Nástrojové oceli	Nelegované (uhlíkové)	Legované (nízko, středně a vysokolegované)	Rychlořezné
Označení dle ČSN	19 0xx – 19 2xx	19 0xx – 19 2xx	19 8xx
Obsah uhlíku (%)	0,3 – 1,4	0,8 – 1,2	0,7 – 1,3
Obsah legur (%)	do 1 %	10 – 15	více než 30 %
Legury	Mn, Cr, Si	Mn, Cr, Si, W, Mo, Ni, V	Mn, Cr, W, Mo, Co
Kalici prostředí	voda	olej	solná lázeň, vzduch, vakuum
Dosažitelná tvrdost (HRC)	62 – 64	66	64 – 68
Typické aplikace	ruční nářadí - sekáče, pilníky, pilky na kov	strojní nářadí pro nízké řezné rychlosti (do 25 m/min) – vrtáky, frézy, revolverové nože, protahovací trny	strojní nástroje pro řezné rychlosti (do 40 m/min) – vrtáky, frézy, výhružníky, výstružníky, závitníky

Z uvedeného přehledu je patrné, že pro obrábění na CNC strojích jsou z nástrojových ocelí nejvhodnější rychlořezné oceli, které jsou dnes po slinutých karbidech druhým nejpoužívanějším nástrojovým materiálem. Vysoká houževnatost znamená vyšší odolnost proti vibracím a menší sklon k vyламování bříty. Zároveň rychlořezné oceli dovedou lépe snášet odchylky od optimálního nastavení řezné rychlosti. Všechny tyto přednosti jsou pro kusovou a malosériovou výrobu významné, neboť v konečném důsledku dovedou snižovat náklady na obrábění, jak bude dále ještě uvedeno.

2.5.2 Slinuté karbidy

Zatímco pro vrtání, navrtávání, závitování, zahlubování nebo vystružování jsou nástroje z rychlořezných ocelí vhodné, pro oblast frézování lze i pro kusovou výrobu jednoznačně doporučit dnes nejpoužívanější nástrojový materiál – slinuté karbidy. Tento produkt práškové metalurgie znamenal významný pokrok v oblasti řezných materiálů, především proto, že umožnil několikanásobné zvýšení řezných výkonů a i přes vyšší cenu ve srovnání s rychlořeznou ocelí došlo k rychlému rozšíření tohoto perspektivního materiálu.

Mezi základní vlastnosti slinutých karbidů patří:

- vysoká tvrdost (88 – 95 HRA), malá pevnost v ohybu,
- velká odolnost proti opotřebení při vysokých teplotách,
- stálá tvrdost až do teplot 700 – 1.100 °C,
- pevnost v tlaku, odolnost proti korozi, vysoká měrná hmotnost,
- nízká tepelná a elektrická vodivost.

Struktura je dána tuhým roztokem karbidů wolframu, titanu, tantalu a pojiva kobaltu. S rostoucím obsahem kobaltu klesá tvrdost, narůstá však pevnost a houževnatost.

Slinuté karbidy se vyrábí nepovlakované a povlakované s jednou nebo několika vrstvami povlaku o síle několika μm . Jako povlaky jsou nejčastěji používány TiN, TiC, TiCN nebo Al_2O_3 . Slinuté karbidy se dělí do několika skupin, viz tab. 2.7.

Tab. 2.7 Rozdělení slinutých karbidů [15].

Skupina	Podskupina	Aplikace
P	P 01	Slitiny na bázi železa s plynulou třískou:
	P 10	oceli třídy 10 – 11
	P 20	uhlíkové oceli tř. 12
	P 30	nízko a středně legované oceli tř. 13 – 17
	P 40	nástrojové oceli tř. 19
	P 50	uhlíkové ocelolitiny skupiny ČSN 42 26xx
	P 60	nízko a středně legované ocelolitiny skupiny ČSN 42 27xx
M	M 10	Speciální slitiny kovů s dlouhou i krátkou třískou:
	M 20	austenitické a feriticko-austenitické oceli korozivzdorné
	M 30	slitiny žáruvzdorné a žárupevné, oceli magnetické a otěruvzdorné
	M 40	
K	K 01	Slitiny na bázi železa s krátkou třískou:
	K 10	šedá litina nelegovaná i legovaná (ČSN 42 24xx)
	K 20	tvárná litina (ČSN 42 23xx)
	K 30	temperovaná litina (ČSN 42 25xx)
	K 40	
S	S 10 – S 40	Speciální žárupevné slitiny na bázi Ni, Co, Fe a Ti
H	H10 – H40	Oceli zušlechtěné na HRC 48-60
N	N10 – N40	Neželezné kovy - slitiny Al a Cu

3 UZAVŘENÁ SMLOUVA SE ZÁKAZNÍKEM

Firma autora této práce je firmou, která se řadí do kategorie malých a středních firem. Tyto firmy jsou nezbytné pro správné fungování trhu. Mohou být chápány jako protipól nadnárodních firem a korporací, jejichž působení nepřináší vždy jen samé výhody. Malé firmy a provozovny působí většinou v místě bydliště majitele a podílejí se tak na utváření okolí. Je možné si povšimnout, že stav měst a vesnic souvisí velmi často s úrovní malého a středního podnikání. V celé Evropě je pak více než 74 milionů lidí zaměstnáno právě v těchto firmách [14].

Žádná firma ale nefunguje ve vakuu, vždy je závislá na vlastních dodavatelsko-odběratelských vztazích skrz uzavřené smlouvy mezi zákazníky a dodavateli. Stejně tak i firma Okac, která neuzavírá smlouvy pouze s firmami podobné velikosti, ale též s firmami, které jsou jejím přesným protikladem, jako jsou velké firmy v regionu např. Automotive Lighting s.r.o., TRW – DAS a.s. Dačice, MANN+HUMMEL Service s.r.o., SWOBODA CZ atd.

Oblast strojírenské výroby je ve druhé dekádě 21. století perspektivní obor s nezanedbatelným podílem na výkonu české ekonomiky. Většina firem v tomto odvětví se nepotýká s nedostatkem zakázek, přesto zde panuje konkurenční prostředí a není snadné zakázku sehnat, dobře zpracovat a zákazníka udržet. Stále převažuje nabídka nad poptávkou a i zde je na místě se zamyslet nad známým rčením „Vyrobit nestačí, důležité je prodat.“, nebo možná ještě lépe „umět prodat“.

Smlouva uzavřená se zákazníkem je finální částí kontraktu, které ale předchází často komplikované vyjednávání. Žádná firma, ať malá nebo velká, se nepustí do dobrodružství v podobě nekvalitního výrobku nebo pozdního termínu dodání. Vztah se zákazníkem je nutné budovat postupně, od zakázek drobných po náročnější.

Firma Okac na základě své zkušenosti může rozdělit firmy, se kterými spolupracovala na dvě skupiny:

- firmy bez osobního kontaktu,
- firmy s osobním kontaktem.

3.1 Firmy bez osobního kontaktu

Jedná se zpravidla o větší společnosti, kdy dodavatel obdrží pouze výkresovou dokumentaci ke zpracování cenové nabídky. Dopředu jsou dány veškeré parametry a tyto není možné jakkoliv upravit dle výrobních možností dodavatele. Poptávka přichází od nákupního oddělení, které je rozesílá mnohým možným dodavatelům, a po obdržení nabídky je vyhodnocena nabídka pro poptávající firmu nejvýhodnější, většinou ta nejlevnější. Následuje uzavření smlouvy s jasně vymezenými podmínkami, kde jakékoliv nedodržení ze strany odběratele postihováno. Zde obvykle nedochází ke kontaktu s technickým oddělením a dodavatel nemá představu o širších souvislostech výrobního určení dodávaného výrobku.

3.2 Firmy s osobním kontaktem

Jedná se zpravidla o menší společnosti, které mají zájem na spolupráci při již vznikajícím projektu. Při přípravě některých nových projektů dochází velmi často k osobním konzultacím s konstrukčním týmem nad právě konstruovaným přípravkem. Připomínky výrobce bývají někdy pro konstruktéra přínosné především z pohledu technologičnosti

konstrukce, zároveň může konstruktér přizpůsobit některé postupy potřebám nebo zavedeným technologiím dodavatele produktu. Takto provedené úpravy pak mohou vést ke zjednodušení výroby, úspoře materiálu a v konečném důsledku i ke snížení ceny. Velmi často je již vyrobený a dodaný přípravek potřeba nějakým způsobem upravit a schopnost dodavatele okamžitě jednat a řešit nastalou situaci i za cenu neplánovaných výdajů je něco, co zákazník oceňuje. I zde je cena důležitou podmínkou pro získání zakázky, nemalou roli ale hraje i osobní vztah vybudovaný na vzájemné důvěře a bezproblémové spolupráci.

Velkou nevýhodou malých firem v oblasti strojírenství je pak jejich zranitelnost. Dostatečně spolehlivá výroba vyžaduje nemalé investice do strojů a zařízení a s tím souvisejícího financování. Mimo to s sebou výroba nese obvykle i investice do materiálu a nákupu komponentů pro montáž výrobků. Velký problém pak může nastat při opožděném proplácení faktur, kdy při nedostatečném finančním zázemí firmy může dojít i k ohrožení samotné existence firmy.

Snahou firmy Okac je nebýt závislý pouze na jednom odběrateli, ale rozdělit zakázky mezi více firem, právě z důvodu nebezpečí vypadnutí zakázky nebo problémům s platbami.

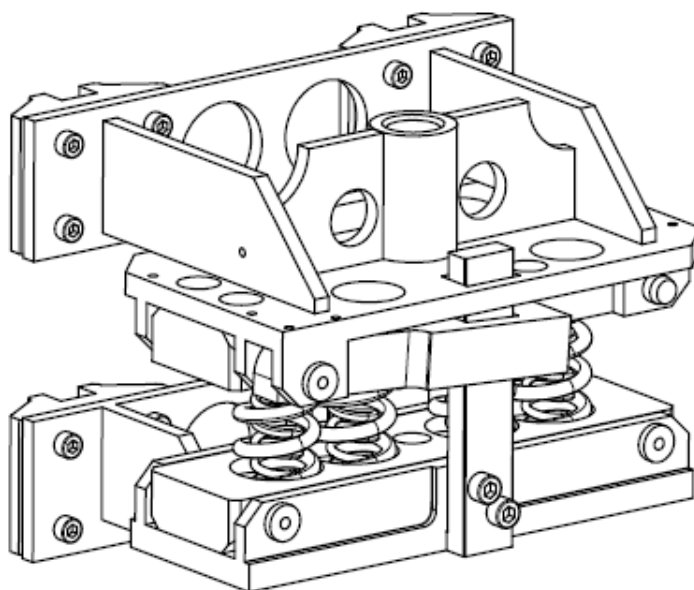
3.3 Představení zákazníka

Největší podíl objemu zakázek za posledních několik let tvoří výroba pro společnost TRW-DAS a.s, konkrétně jde o divizi TSCD (Technical Support Center Dačice). Toto testovací centrum se zabývá nejenom testováním řízení a komponentů s tím souvisejících vyráběných v rámci koncernu TRW, ale zároveň spolupracuje i s jinými evropskými výrobci. Z uvedené činnosti dačické zkušebny vyplývá potřeba velkého množství přípravků pro jednotlivé testy. V současné době má většina zakázek podobu více či méně složitých přípravků. Spolupráce se však vyvíjela postupně a to od zakázek lehčích k těm náročnějším. Zvládnutí jednodušších úkolů vedlo k větší důvěře a rozšíření spolupráce.

Vysoká kvalita dodaných přípravků, spolehlivost a krátké dodací termíny jsou nutnou podmínkou pro navázání a zachování oboustranně výhodné spolupráce. Další výhodou této spolupráce je pestrost zakázek. S měnícími se požadavky výrobců automobilů, potažmo celého automobilového průmyslu, mění se i požadavky na požadované přípravky. Zřídka kdy se stává, že se výroba opakuje. Tento postup vede k získávání větších znalostí a zkušeností, které je pak dále možno uplatnit i pro jiný typ výroby.

3.4 Výběrové řízení

Všechny výše uvedené skutečnosti vedly k poptávce výroby přípravku pro upevnění jednotky řízení při deformačním testu (obr. 3.1).



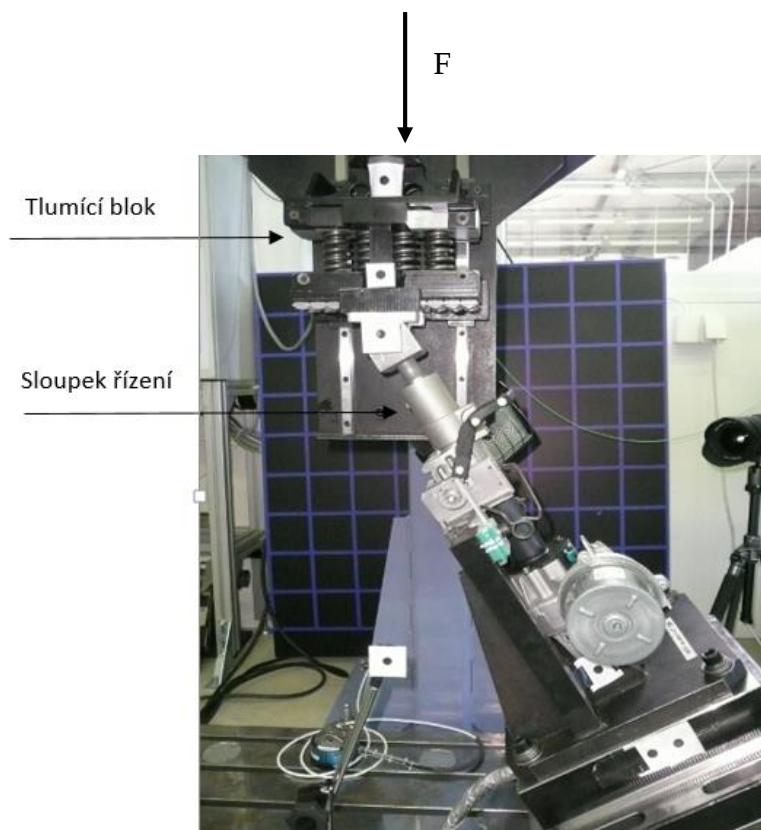
Obr. 3.1 Sestava přípravku zaslaná zákazníkem pro zpracování cenové nabídky.

Na základě konstruktérem dodané výkresové dokumentace je třeba připravit jednu z nedůležitějších částí celé zakázky, a to zpracovat nabídku. Pro každou zakázku je organizováno výběrové řízení, ve kterém si zákazník sám vybírá nejvhodnější nabídku a to nejen z hlediska ceny, ale zároveň i rychlosti dodávky a kvality zpracování. Při tvorbě nabídky je tak nutné vzít v úvahu možnou konkurenční cenu. Je jasné, že v případě vysoké ceny získá zakázku konkurenční firma, v opačném případě může dojít k podhodnocení ceny a ekonomické nerentabilitě.

4 KONSTRUKČNĚ – VÝROBNÍ NÁVRH PRO ZÁKAZNÍKA

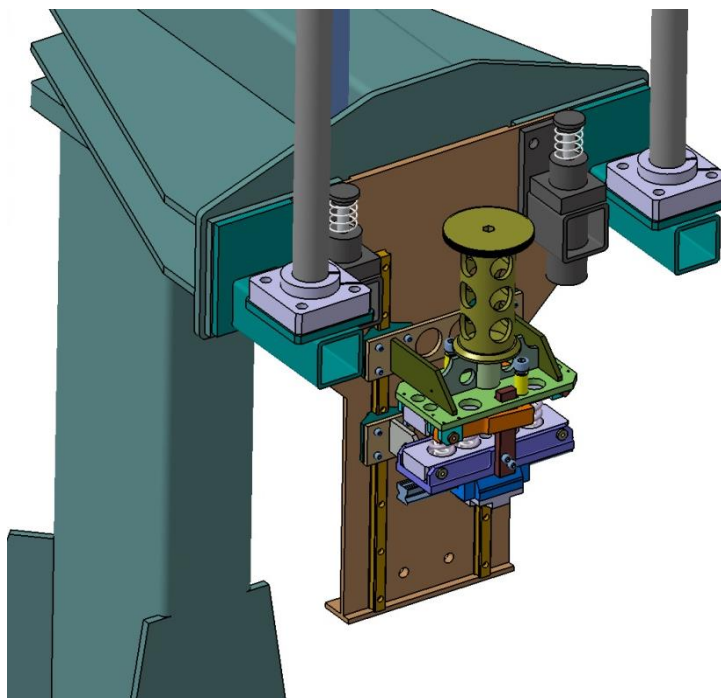
4.1 Popis přípravku a jeho funkce

Tlumicí blok je přípravek, který slouží pro uchycení celé sestavy řízení osobního automobilu, kdy je celá sestava podrobena deformačnímu testu (obr. 4.1). Cílem tohoto testu je provedení a následné vyhodnocení deformace sloupku řízení. Tento mechanismus se při čelním nárazu vozu, ať už do protijedoucího vozu nebo jiné překážky deformuje. V praxi tento bezpečnostní prvek znamená při nárazu těla na volant zasunutí tohoto sloupku řízení do sebe až o 83 mm. V kombinaci s vystřelenými airbagy se tak výrazně eliminuje prudký náraz těla na volant a případné zranění řidiče.



Obr. 4.1 Testovací stolice před vykonáním deformačního testu.

Test je prováděn na testovací stolici, která je vysoká 3 metry a pomocí vodících kolejnic se posunuje sestava tlumícího bloku vertikálním směrem se závažím (obr. 4.2). Hmotnost závaží se přidáváním nebo odebráním kovových desek může měnit v závislosti na požadavku testu.



Obrázek 4.2 Model části testovací stolice včetně horního a dolního rámu.

Přípravek se skládá ze dvou částí, dále uváděno jako horní a dolní rám. Na horní rám dopadá závaží se zátěží, k dolnímu rámu je připevněn sloupek řízení. Rámy jsou spojeny silnými pružinami, které se při nárazu deformují. Důležité při testu je vyhnout se zpětnému odražení závaží a zamezení ztrátě energie dopadu. Proto je přípravek vybaven dvěma blokovacími pákami z cementační oceli 14 220 (v sestavě pod označením 0212-34-027), připevněných spojovacím čepem k hornímu rámu, do kterých se zakousnou vodící tyče z měkkého materiálu (tvrdost max. do 180 HB, v sestavě pod označením 0212-34-026-3) umístěných k rámu dolnímu. Pomocí tohoto zasekávacího mechanismu nedojde ke zpětnému pohybu horní části rámu.

4.2 Technologičnost konstrukce a konstrukční úpravy

Při provádění rozboru součásti nebo celého přípravku je vždy důležité přihlížet k tomu, jestli je součást vyrobitelná a jestli je možné se vypořádat s rozměry, tvary, dále pak s drsností povrchu a dodržení úchylek uvedených na výkresové dokumentaci. Stejně tak je u kusové výroby potřeba řešit výrobu s ohledem na výrobní metody, jejichž správné využití vede k úspoře nákladů a zvýšení hospodárnosti.

Technologičnost konstrukce ukázala, že požadovaný přípravek firmou TRW DAS a.s. je v podmínkách firmy Okac z velké části vyrobitelný. Předepsané přesnosti, geometrické tolerance a drsnost povrchu by neměl být problém při správně zvoleném postupu dodržet. Důležitým úkolem je řešit přípravek jako celek a počítat vždy s dostatečnými přídávky pro obrábění po svařování a respektovat sled operací. Některé díly a operace bude ale nutné vzhledem k vybavení ve firmě Okac kooperovat s jinými firmami, a to především z důvodu absence strojů pro výrobu rotačních součástí. Konkrétně se jedná o tyto rotační součásti: spojovací čep, středová trubka a pouzdro (obr. 4.3, obr. 4.4 a obr. 4.5).

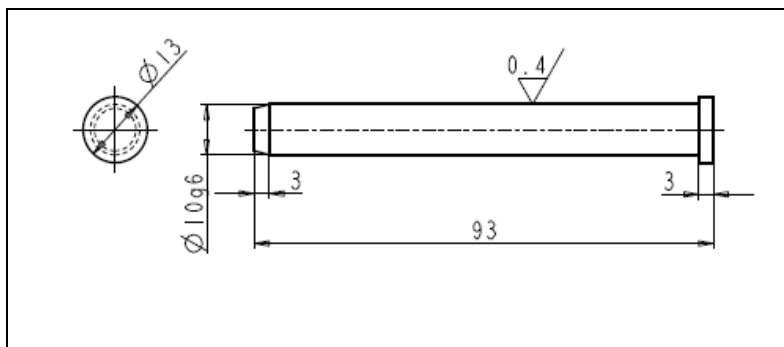
Spojovací čep – v sestavě pod označením 0212-34-029.

Materiál 14220, cementovat a kalit.

Čepy vyrobit v počtu 4 kusů.

2 ks v délce 73 mm,

2 ks v délce 93 mm.

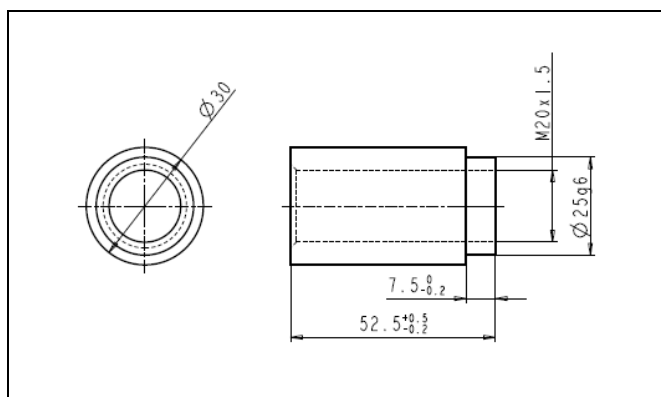


Obr. 4.3 Náskres spojovacího čepu.

Středová trubka – díl v sestavě 0212-34-026-2-3

Materiál 11373.

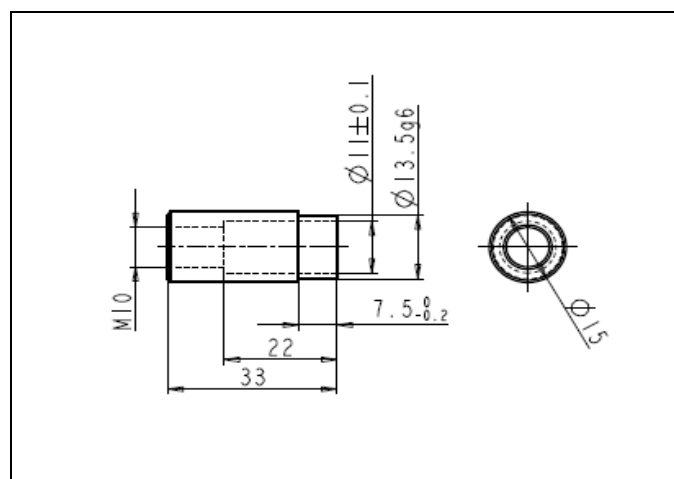
Závit M20x1,5 – zhotovit až po svaření.



Obr. 4.4 Náskres středové trubky.

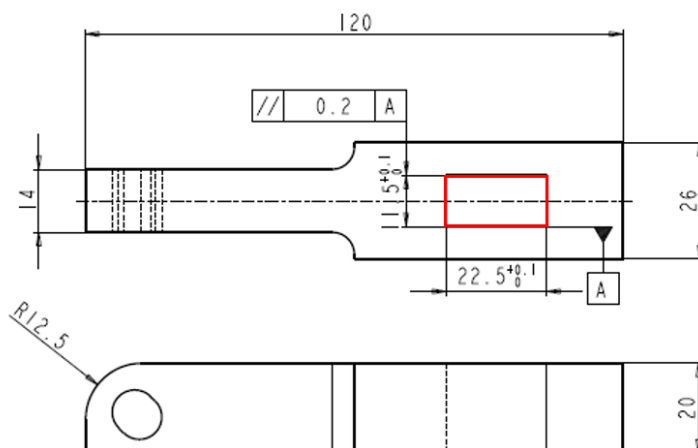
Pouzdro (2 ks) – v sestavě díl č. 0212-34-026-2-6.

Materiál: 11373.



Obr. 4.5 Náskres pouzdra.

Další nezbytnou kooperací při výrobě přípravku je vyřezání čtvercového otvoru do blokovací páky (obr. 4.6), jenž je běžnými frézovacími operacemi nemožné vyrobit. Bude proto využito kooperace s firmou, která provede vyřezání otvoru elektroerozivním způsobem obrábění, konkrétně se bude jednat o elektrojiskrové řezání drátovou elektrodou.

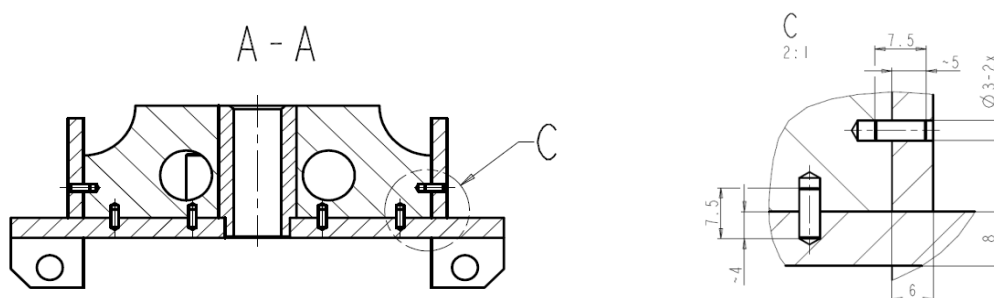


Obr. 4.6 Náskres blokovací páky s otvorem řezaným v kooperaci elektroerozivním obráběním.

4.3 Konstrukční úpravy

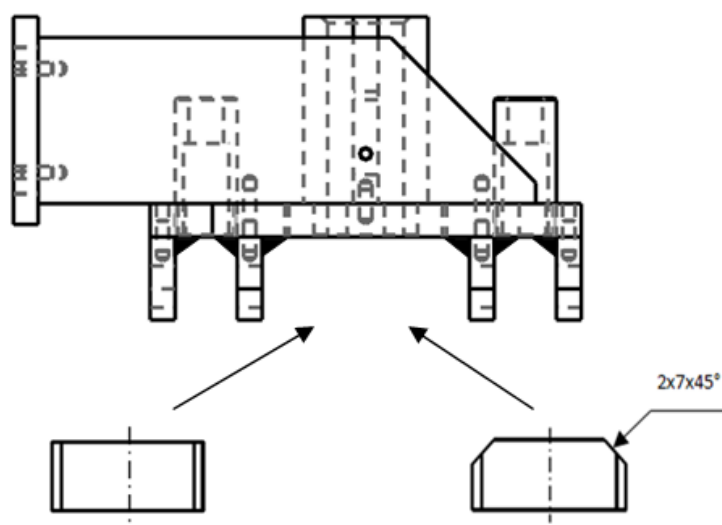
Při detailnější úvaze nad technologičností konstrukce výroby celého přípravku byly zadavateli zakázky navrženy dvě úpravy, vedoucí ke snadnější výrobě a zvýšení přesnosti výrobku.

První navrhovanou změnou oproti původnímu návrhu bylo umístění spojovacích kolíků o průměru 3 mm do všech částí přípravku, které se po vypálení svažují, jak je možné vidět na obr. 4.7. Kolíky slouží jako spojovací části, pomocí kterých bude pro svařečskou obsluhu snadnější polohování dílů při svařování. Půjde sice o vícepráce v podobě vrtání, bude ale zaručeno přesnější usazení při svařování, což zároveň bude znamenat lepší výchozí přesnost pro obrábění.



Obr. 4.7 Výřez návrhu spojení svařovaných dílů spojovacími kolíky. Výkres v příloze č. 4.

Druhá změna se týká objímky pružin (v sestavě pod označením 0212-34-026-1, výkres v příloze pod č. 6), která je vsunuta do horního bloku přípravku mezi příruby, které jsou přivařené k základové desce. Původně navržený tvar objímky by předpokládal zbytečné odfrézování části sváru, který spojuje základovou desku s přírubami, což by se mohlo projevit snížením pevnosti. Proto je navrženo odfrézování obou rohů objímky pružin pod úhlem $7 \times 45^\circ$. Touto operací je dosaženo zachování sváru, a přitom nedochází ke snížení pevnosti svařených dílů (obr. 4.8).



Objímka pružin před konstrukční úpravou.

Objímka pružin po konstrukční úpravě.

Obr. 4.8. Návrh úpravy objímky pružin.

Obě úpravy byly po vzájemné konzultaci se zákazníkem odsouhlaseny a zaneseny do výkresové dokumentace.

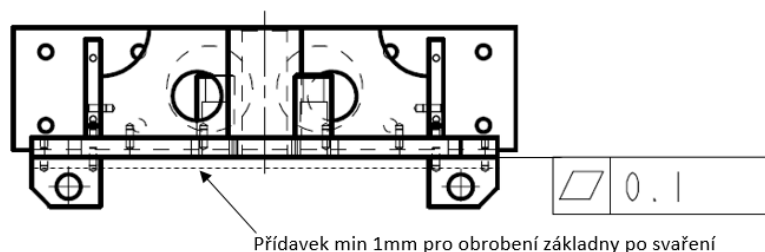
4.4 Kritická místa při výrobě tlumícího bloku

Především z důvodu správné funkčnosti je důležité věnovat zvýšenou pozornost přípravě výroby kritických míst na produktu.

Tlumicí blok se skládá ze dvou samostatných podsestav, dále nazývaných jako horní a dolní rám. Obě tyto sestavy spolu navzájem funkčně souvisí, při výrobě je tedy důležité tuto skutečnost mít na zřeteli.

4.4.1 Dodržení rovinnosti

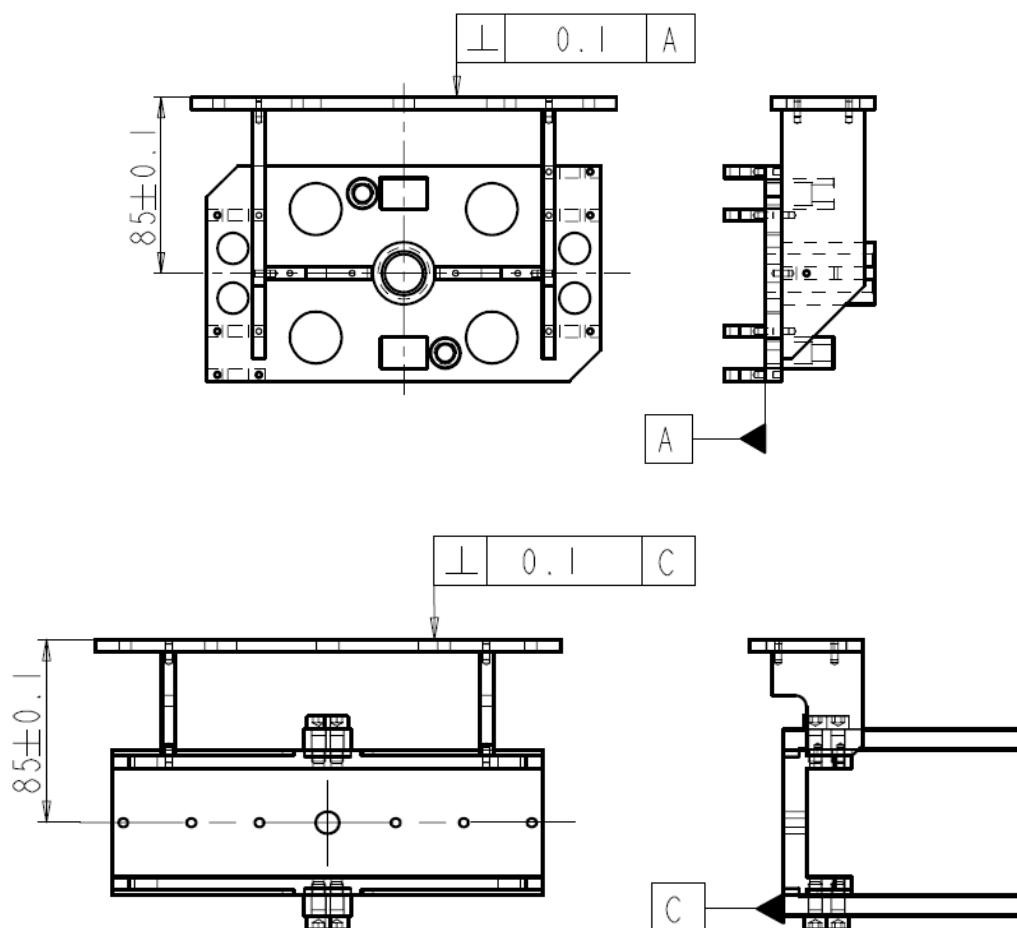
Dodržení rovinnosti dosedacích ploch u horního (obr. 4.9), stejně jako u dolního rámu. Důležité je obrábět plochy až po svaření obou sestav.



Obr. 4.9 Počítat s přídávkem na obrobení po svaření.

4.4.2 Kolmost k základnám

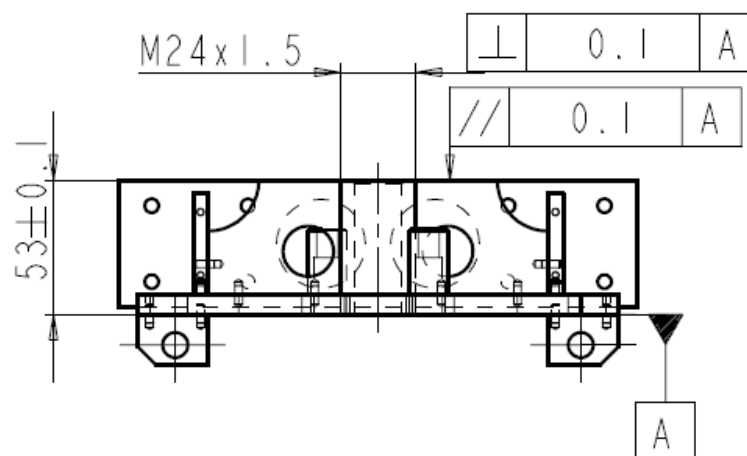
Dodržení kolmosti zadních desek k předepsaným základnám, opět obrábět přídavek po svaření (obr. 4.10).



Obr. 4.10 Dodržení kolmosti k předepsaným základnám je základním předpokladem pro správnou funkci přípravku.

4.4.3 Vzdálenost a kolmost středové trubky

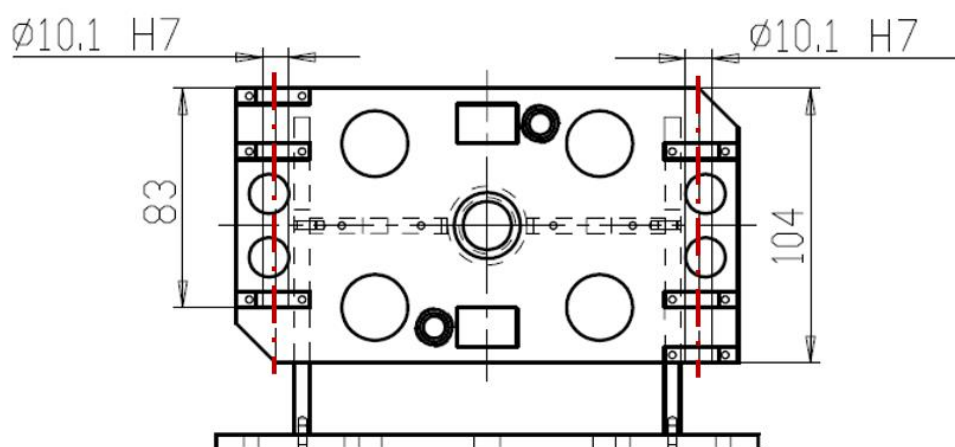
U horního rámu je nutné důsledně dodržet vzdálenost a kolmost středové trubky k základně A. Vnitřní průměr středového čepu je proto nutné vyrobít s přídavkem nebo z plného materiálu, poté vrtat otvor a řezat závit M20x1,5 mm, a to až po svaření a obrobení základny A. Kolmost mimo toleranci by zde znamenala nefunkčnost celé sestavy (obr. 4.11).



Obr. 4.11 Problematika středové trubky.

4.4.4 Vrtání otvorů

Otvory $\varnothing 10,1H7$ v přírubách u horního rámu je nevhodné vyřezávat laserem před samotným svařením. Po svaření je možné předpokládat odchylku v umístění, vrták a výstružník by pouze kopírovaly vypálený otvor a souosost s protilehlou přírubou by tak nebyla zaručena. Vrtat a vystružit otvory tedy lze až po svaření do plného materiálu (obr. 4.12).



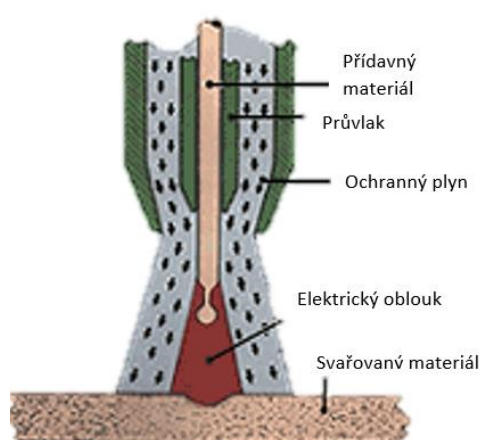
Obr. 4.12 Průchozí otvory v upevňovacích okách řešit v rámci celé sestavy.

4.5 Svařování

Jako způsob sestavení tlumícího bloku zvolil konstruktér metodu svařování. Značení na výkresu uvádí dostatečně jasný návod pro koutové sváry, které budou provedeny metodou MAG (obr. 4.13).

Svařovací metoda MAG patří do kategorie svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře a je vhodná pro svařování nízkolegovaných nebo nelegovaných ocelí. Svařování

metodou MAG je založeno na hoření oblouku mezi tavící se elektrodou ve formě drátu a základním materiálem v ochranné atmosféře aktivního plynu. Úkolem ochranné atmosféry je zamezení přístupu okolního vzduchu, tj. především ochrana elektrody i tavné lázně, jejíž okolí a kořen svaru chrání před účinky vzdušného kyslíku (způsobujícího oxidaci, naplynění, pórovitost a propal prvků). Ochranné plyny mají také významný vliv na přenos kovu v oblouku, přenos tepelné energie do svaru, chování tavné lázně, hloubku závaru, rychlost svařování a další parametry svařování. Jako ochranné plyny pro metodu MAG se používá čistý plyn oxid uhličitý CO_2 , dále je dnes možné se setkat s vícesložkovými směsnými plyny na základě argonu, např. $\text{Ar} + \text{CO}_2$, $\text{Ar} + \text{O}_2$, $\text{Ar} + \text{CO}_2 + \text{O}_2$ a $\text{Ar} + \text{He} + \text{CO}_2 + \text{O}_2$.



Obr. 4.13 Svařování v ochranné atmosféře MIG/MAG [14].

4.6 Materiály přípravku

Materiál pro výrobu sestavy tlumicího bloku navrhnul konstruktér především s ohledem na mechanické vlastnosti, především pak pevnost, tuhost a konečně i hmotnost jednotlivých součástí, která se pak projeví na celkové hmotnosti přípravku. Proto je všude tam, kde to podmínky dovolují, vhodné zvolit materiály s nižší hmotností jako jsou např. hliníkové slitiny, plasty apod. Při konstrukci přípravku si konstruktér vystačil se třemi druhy materiálů a sice: konstrukční svařitelná ocel 11 373, hliníková slitina AlMg4,5Mn0,7 a ocel 14 220, která se bude po opracování cementovat z důvodu zvýšení povrchové tvrdosti.

4.6.1 Vlastnosti a chemické složení oceli 11 373, DIN norma USt-37

Konstrukční ocel 11 373 je nelegovaná ocel obvyklých jakostí, vhodná ke konstrukci strojů, kde dochází k mírnému statickému či dynamickému namáhání. Ocel je zároveň díky nízkému podílu uhlíku vhodná pro svařování (tab. 4.1 a tab. 4.2) [1].

Tab. 4.1 Mechanické vlastnosti materiálu 11373.

Mechanické vlastnosti	
Pevnost v tahu R_m [MPa]	370
Mez kluzu R_e [MPa]	250
Tažnost A_{10} %	7

Tab. 4.2 Chemické složení materiálu 11 373.

Chemické složení [%]						
C	Mn	Si	P	S	N	Al
max. 0,175	[-]	[-]	max. 0,045	max. 0,045	max. 0,007	[-]

4.6.2 Vlastnosti a chemické složení oceli 14 220, DIN norma 17210

Ocel 14 220 je chrom-manganová ocel vhodná k cementování. Po cementaci vykazuje ocel vysokou tvrdost při houževnatosti jádra. Doporučení pro hřídele, ozubená kola, pístní čepy aj. (tab. 4.3 a tab. 4.4) [2].

Tab. 4.3 Mechanické vlastnosti materiálu 14 220.

Mechanické vlastnosti	
Pevnost v tahu R_m [MPa]	340
Mez kluzu R_e [MPa]	260
Tažnost [A_{10} %]	21

Tab. 4.4 Chemické složení materiálu 14 220.

Chemické složení [%]						
C	Mn	Si	P	S	Cr	Al
max. 0,19	max. 1,4	max. 0,37	max. 0,035	max. 0,030	max. 1,10	[-]

4.6.3 Vlastnosti a chemické složení slitiny AlMg4,5Mn0,7, DIN norma EN AW-AlMg4,5Mn0,7

Tato hliníková slitina je dodávána v deskách a je výborně obrobitelná s možností svařování a následnou eloxací. Použití pro výrobu konstrukcí a přípravků, vhodné i pro potravinářský průmysl (tab. 4.5 a tab. 4.6) [6].

Tab. 4.5 Mechanické vlastnosti materiálu AlMg4,5Mn0,7.

Mechanické vlastnosti	
Pevnost v tahu R_m [MPa]	270
Mez kluzu R_e [MPa]	125
Tažnost [A_{10} %]	16

Tab. 4.6 Chemické složení materiálu AlMg4,5Mn0,7.

Chemické složení [%]						
Mg	Mn	Fe	Si	Ti	Cr	Zn
5	0,6	0,4	0,7	0,2	0,3	0,2

Z pohledu výrobního je podstatná obrobitelnost, která má vliv na opotřebení nástrojů a tak i na ekonomiku výroby. Oceli 11373 a 14 220 jsou ve skupině obrobitelnosti 14b, což je zároveň i etalonová skupina s dobrou obrobitelností.

Duralové slitiny jsou svojí mimořádně dobrou obrobitelností známé, ani zde by proto při správně zvolených řezných rychlostech neměl nastat s obráběním problém.

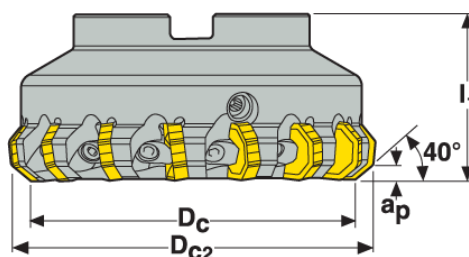
4.7 Nástroje

Nástroje pro výrobu jednotlivých součástí, ze kterých se tlumicí blok skládá, jsou voleny s ohledem na třídu obrobitelnosti 14b a zároveň na nástrojové vybavení firmy Okac, kde je výběr nástrojů určitá limitující podmínka. Proto jsou voleny nástroje pro širší oblast použití i za cenu delších výrobních časů, jak bylo uvedeno na dvou příkladech v kapitole 2.3.2.

4.7.1 Nástroje pro frézování

1) nástroj T1

Pro oblast frézování rovinných ploch, hrubování i obrábění na čisto bylo v roce 2012 investováno do frézy pro čelní frézování od firmy SecoTools R220.48 Double Octomill průměru 80 mm s šesti výměnnými břitovými destičkami, které jsou pomocí dvou HSS kolíků pevně usazeny v lůžku a dotaženy šroubem (obr. 4.14 a tab. 4.7).



Obr. 4.14 Fréza Double octomill pro čelní frézování [12].

Tab. 4.7 Parametry nástroje[12].

Označení	Dc	Dc2	l1	a _p	Počet břitů	Hmotnost [kg]
	[mm]					
R 220.48-0080-09-06s	80	95	50	6	5	1,1

Oboustranné břitové destičky ze slinutých karbidů pro frézu Double Octomill jsou praktické z důvodu svého masivního provedení při zachování pozitivní geometrie. Další výhodou je 16 řezných hran na jedné destičce. Tak i při vysokém pořizovacím nákladu frézy (16 000,- Kč v roce 2012) a destiček, je obrábění z dlouhodobějšího hlediska ekonomické.

Označení destičky: MP2500

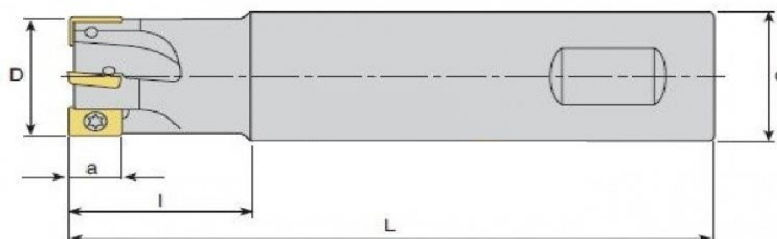
Materiál: SK typu P, povlakováno TiCN –Al₂O₃

Doporučená řezná rychlost: $v_c = 180 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Doporučený posuv: $f_z = 0,25 \text{ mm}$ [12].

2) Nástroj T2

Fréza pro frézování do rohu od výrobce AKKO Makina, pro drážkování a rampování. Vhodná také pro vrtání větších otvorů nebo zahlubovací operace (obr. 4.15 a tab. 4.8).



Obrázek 4.15 Fréza pro frézování do rohu a drážkování [5].

Tab. 4.8 Parametry nástroje [5].

Označení	d	D	L	l	a	Počet břitů	Hmotnost [kg]
	[mm]						
AEM90-XC13-D20-W20	16	16	150	50	13	2	0,3

Označení břitové destičky: ADKT 1505

Materiál: SK typu P, povlakováno $\text{TiCN} - \text{Al}_2\text{O}_3$

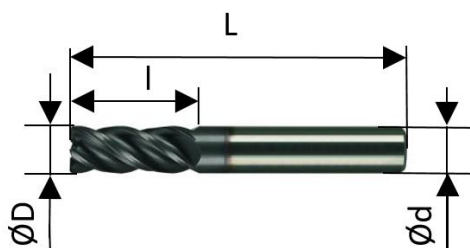
Doporučená řezná rychlost: $v_c = 180 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Doporučený posuv: $f_z = 0,1 \text{ mm}$ [5].

3) Nástroj T3

Monolitní fréza pro hrubování i dokončování vyrobená ze slinutých karbidů s povlakem TiAlN . Schopná obrábět v ose Z (obr. 4.16 a tab. 4.9).

Použití: Drážkování, dokončování, interpolační zanořování.



Obr. 4.16 Monolitní fréza.

Tab. 4.9 Parametry nástroje [7].

Označení	D	d	l	L	Počet břitů
	[mm]				
GG 3042 - D	5	6	13	57	4
	8	8	21	63	
	10	10	22	72	

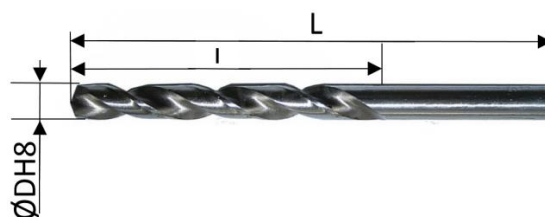
Doporučená řezná rychlost: $v_c = 200 \text{ m.min}^{-1}$

Doporučený posuv: $f_z = 0,04 - 0,06 \text{ mm}$ [7].

4.7.2 Obrábění otvorů

Vrtání, zahlubování, vystružování a závitování jsou další technologické operace, kterými je nutné se zabývat pro správné vyhotovení vyráběného přípravku. Použitý materiál je rychlořezná ocel z důvodů uvedených v kapitole 2.5.1 (obr. 4.17, obr. 4.18, obr. 4.19 a tab. 4.10, tab. 4.11 a tab. 4.12).

1) Vrtání:

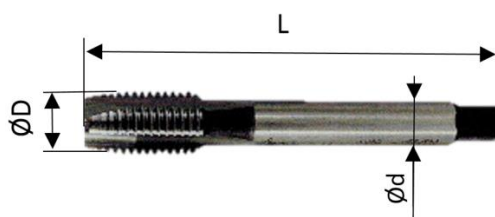


Obr. 4.17 Vrták, materiál HSS.

Tab. 4.10 Parametry nástroje [7].

Označení	Pozice nástroje	D	l	L	f_z	v_c
		[mm]			[mm.ot-1]	[mm.min-1]
Středící vrták-112000	T4	3,15	13	20	0,01	15
Vrták s válcovou stopkou, materiál HSS, ozn. 114000-D	T5	3	33	61	0,03	
	T6	4,2	43	75	0,03	
	T7	5,1	52	86	0,07	
	T8	6,2	63	101	0,07	
	T9	9,8	121	184	0,08	
	T10	10	87	133	0,1	
	T11	13	101	151	0,15	
	T12	14,5	108	160	0,2	

2) Závítování

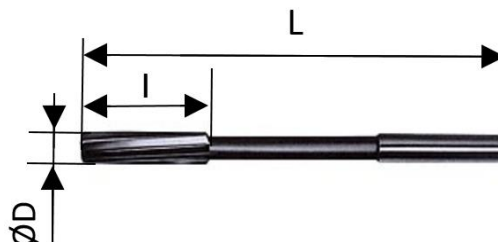


Obr 4.18 Závitník, materiál HSS.

Tab. 4.11 Parametry nástroje [7].

Označení	Pozice nástroje	D	d	L	f	v _c
		[mm]			[mm.ot-1]	[mm.min-1]
Strojní závitník na průchozí otvory, materiál HSS, ozn. 131150-D	T13	5	6	70	0,8	10
	T14	6	6	80	1	
	T15	16	12	100	1,5	
	T16	20	16	125	1,5	

3) Vystružování



Obr. 4.19 Strojní výstružník, materiál HSS.

Tab. 4.12 Parametry nástroje [7].

Označení	Pozice nástroje	D	l	L	fz	v _c
		[mm]			[mm.ot-1]	[mm.min-1]
Strojní výstružník, mat. HSS, ozn. 16-29-D	T17	10.1 H7	91	133	0,15	7

4.7.3 Provozní výpočty

Pro výpočet řezných podmínek a strojních časů u jednotlivých nástrojů byly použity následující vztahy [9]:

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n \cdot 10^{-3} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (4.1)$$

$$f = z \cdot f_z \quad [\text{mm}] \quad (4.2)$$

$$v_f = f \cdot n \cdot 10^{-3} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (4.3)$$

$$t_{as} = L/v_f \quad [\text{min}] \quad (4.4)$$

kde:

$v_c [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$ – řezná rychlost,

$v_f [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$ – posuvová rychlost,

$n [\text{min}^{-1}]$ – otáčky nástroje,

$D [\text{mm}]$ – průměr nástroje,

$f [\text{mm}]$ – posuv na otáčku,

$f_z [\text{mm}]$ – posuv na břit,

$L [\text{mm}]$ – dráha nástroje,

$z [-]$ – počet zubů.

Vzorový výpočet otáček vřetene pro frézu $\varnothing 16 \text{ mm}$:

Zadané hodnoty:

$D = 16 \text{ mm}$, $v_c = 180 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

$$n = \frac{180 \cdot 1000}{3,14 \cdot 1640} = 3582 \approx 3600 \text{ min}^{-1}$$

Vzorový výpočet posuvu pro frézu $\varnothing 16 \text{ mm}$:

Zadané hodnoty:

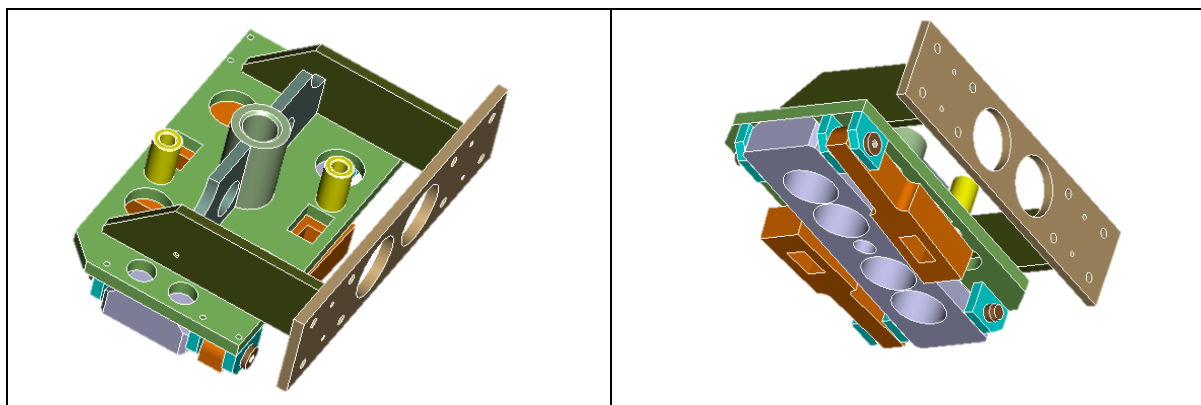
$Z = 2$, $n = 3600$, $f = 0,1 \text{ mm}$

$$v_f = 3600 \cdot 2 \cdot 0,1 = 720 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

4.8 Technologický postup

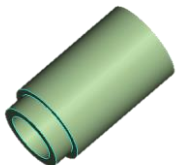
Technologický postup provází výrobou přípravku od dodávek kooperovaných dílů po montáž přípravku. Postup je rozdělen na dvě části. Operace 10 až 90 pro horní rám a operace 100 až 160 pro dolní rám. (obr. 4.20 a tab. 4.13 až tab. 4.21). Výkres celé sestavy je přiložen v příloze pod č. 1. Stejně tak i výkresy podsestav pro jednotlivé svařované rámy (příloha č. 2 a příloha č. 3).

4.8.1 Návodka pro horní část

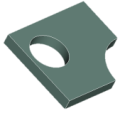


Obr. 4.20 Model sestavy horní části rámu.

Tab. 4.13 Přejímka dílů z kooperace.

Operace č. 10	Ruční pracoviště	Č. sestavy: 0212-34-026-2
Kontrola: posuvné měřítko		
Popis operace: Převzít a kontrolovat rotační díly z kooperace. Díl č. 0212-34-026-2-3 – středová trubka 1 ks. Díl č. 0212-34-026-2-6 – pouzdro 2 ks. Díl č. 0212-34-029 – spojovací čepy 2 ks.		
		
Středová trubka	Pouzdro	Spojovací čep

Tab. 4.14 Přejímka dílů řezaných laserem.

Operace č. 20	Ruční pracoviště	Č. sestavy: 0212-34-026-2
Kontrola: posuvné měřítko		
Popis operace: Převzít a kontrolovat díly řezané laserem, očistit. Díl č. 0212-34-026-2-1 – základová deska. Díl č. 0212-34-026-2-5 – zadní deska. Díl č. 0212-34-026-2-4 – boční výztuha. Díl č. 0212-34-026-2-2 – výztuhy 2 ks. Díl č. 0212-34-026-2-7 – příruba 6 ks.		
		
Základová deska	Zadní deska	
		
Výztuha	Příruba	Boční výztuha

Tab. 4.15 Zpracování dílů na obráběcím centru.

Operace č. 30	VMC 760	Č. sestavy: 0212-34-026-2
Nástroj: středící vrták, vrták Ø 3 mm.		
Kontrola: posuvné měřítko, mikrometr.		
Popis operace:		
Díl č. 0212-34-026-2-1 základová deska – vrtání otvoru pro čep Ø 3 mm – 16x a otvor Ø 35H7 na hotovo.		
Díl č. 0212-34-2-5, 0212-34-2-4, 0212-34-2-2, 0212-34-2-7 – vrtání otvoru pro čep Ø 3 mm – 12x.		
Díl č. 0212-34-027 – blokovácí páka – vyrobit dle výkresu.		
Díl č. 0212-34-026-1 – objímka – vyrobit dle výkresu (výkres v příloze č. 6).		
Díl č. 0212-34-026-3 – vodící tyč – vyrobit dle výkresu (výkres v příloze č. 7).		

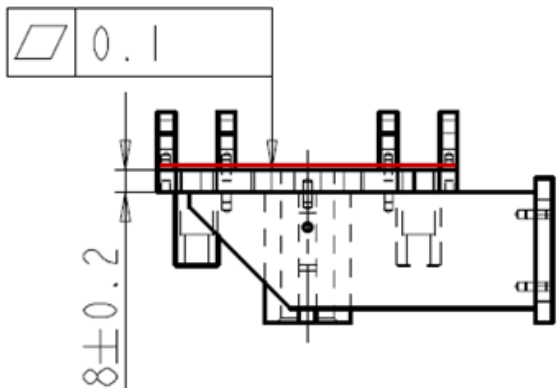
Tab. 4.16 Svařování.

Operace č. 40	Zámečnické práce	Č. sestavy: 0212-34-026-2
Kontrola: posuvné měřítko, mikrometr.		
Popis operace:		
Sestavu dle výkresu a pomocí vložených aretačních čepů Ø 3 mm sestavit, nabodovat a svařit metodou MAG. Po svaření očistit.		

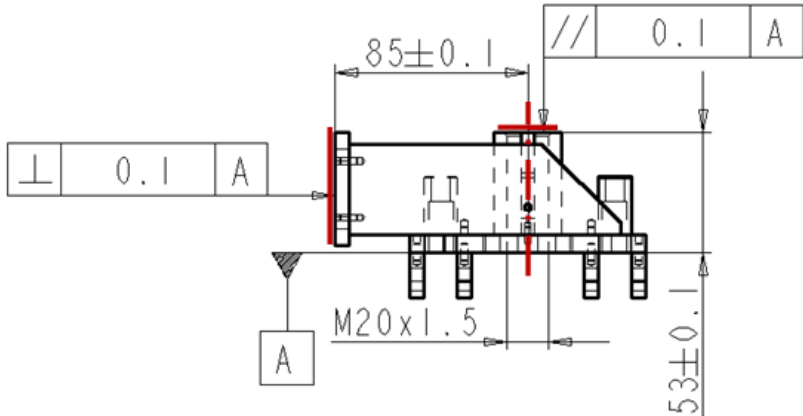
Tab. 4.17 Žihání po svaření.

Operace č. 50	Kalírna	Č. sestavy: 0212-34-026-2
Popis operace:		
Sestavu po svaření žihat na snížení vnitřního pnutí.		
Kontrola rozměrů po svaření.		

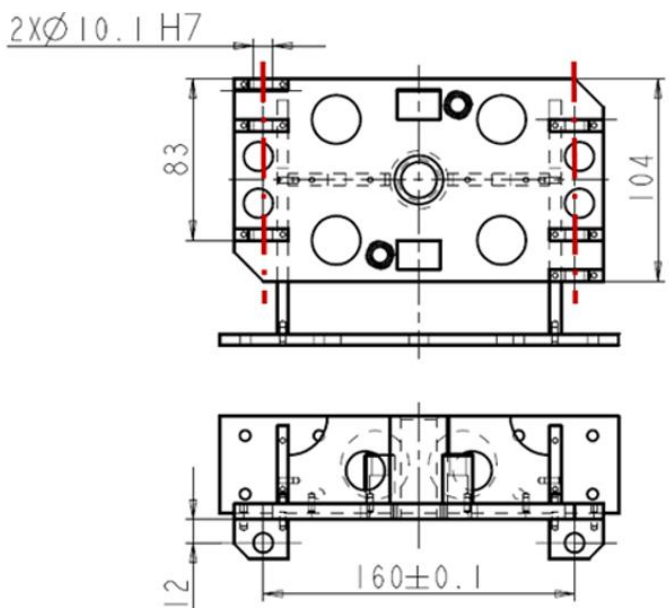
Tab. 4.18 Frézování horního rámu.

Operace č. 60	Stroj VMC 760	Č. sestavy: 0212-34-026-2
Nástroj: monolitní fréza Ø 10 mm.		
Kontrola: posuvné měřítko, číselníkový úchylkoměr.		
Popis operace: Upnout za základovou desku, frézovat přídavek na základně A na rozměr 8 mm.		
		

Tab. 4.19 Frézování a výroba závitu.

Operace č. 70	Stroj VMC 760	Č. sestavy: 0212-34-026-2
Nástroj: monolitní fréza Ø 10 mm a Ø 16 mm, závitník M20x1.5 mm.		
Kontrola: posuvné měřítko, číselníkový úchylkoměr, závitový kalibr.		
Popis operace: Upnout za základovou desku, frézovat středovou trubku na rozměr 53,1 mm, frézovat přidavek na zadní desce ve vzdálenosti 85 mm, frézovat otvor Ø 18,5mm a vyřezat závit ve středové trubce M20x1,5. Dodržet kolmost k základně A.		
		

Tab. 4.20 Vrtání prodloužených otvorů.

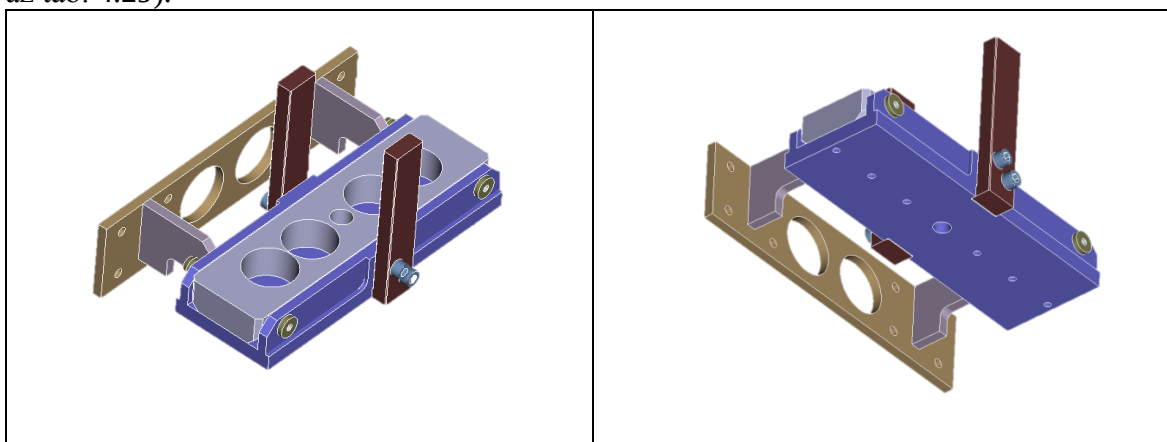
Operace č. 80	Stroj VMC 760	Č. sestavy: 0212-34-026-2
Nástroj: středící vrták, vrták prodloužený Ø 6 a Ø 10 mm, výstružník Ø 10,1H7.		
Kontrola: posuvné měřítko.		
Popis operace: Vypodložit a upnout za základnu A, navrtat, vrtat otvory Ø 6 mm a následně Ø 10,1H7 mm skrz příruby. Dodržet kolmost k zadní vodící desce a rovnoběžnost se základnou A.		
		

Tab. 4.21 Montáž horního celku.

Operace č. 90	Ruční pracoviště	Č. podsestavy: 314-34-026-4
Kontrola: posuvné měřítko.		
Popis operace: Montáž sestavy – objímku (0212-34-026-1) vložit do svařeného přípravku, zajistit spojovacími čepy (0212-34-029).		

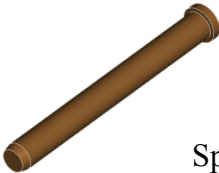
4.8.2 Návodka pro spodní část

Tak jako pro horní část rámu, bude vytvořena návodka pro dolní část (obr. 4.21 a tab. 4.22 až tab. 4.29).

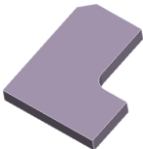


Obr. 4.21 Model sestavy pro dolní část rámu.

Tab. 4.22 Přejímka kooperovaných dílů.

Operace č. 100	Ruční pracoviště	Č. sestavy: 0212-34-026-4
Kontrola: posuvné měřítko.		
Popis operace: Převzít a kontrolovat rotační díly z kooperace. Díl č. 0212-34-028 – spojovací čepy - 2 ks.		
 Spojovací čep		

Tab. 4.23 Úprava dílů řezaných laserem.

Operace č. 110	Ruční pracoviště	Č. sestavy: 0212-34-026-4
Kontrola: posuvné měřítko.		
Popis operace: Převzít a kontrolovat díly řezané laserem, očistit. Díl č. 0212-34-026-4-5 – zadní deska. Díl č. 0212-34-026-4-2 – výztuha 2 ks.		
 Výztuha		 Zadní deska

Tab. 4.24 Obrábění dílů na obráběcím centru.

Operace č. 120	VMC 760	Č. sestavy: 0212-34-026-4
Nástroj: středící vrták, vrták Ø 3 mm.		
Kontrola: posuvné měřítko.		
Popis operace: Díl č. 0212-34-026-4-5 – zadní deska – vrtání otvoru pro čep Ø 3 mm – 4x. Díl č. 0212-34-026-4-2 – výztuha (2x) – vrtání otvoru pro čep Ø 3 mm – 4x. Díl č. 0212-34-026-4-1 – vozík – vyrobit dle výkresu (výkres v příloze pod č. 5 a pracovní postup v příloze č 12). Díl č. 0212-34-026-1 – objímka pružin – vyrobit dle výkresu (výkres v příloze č.6).		

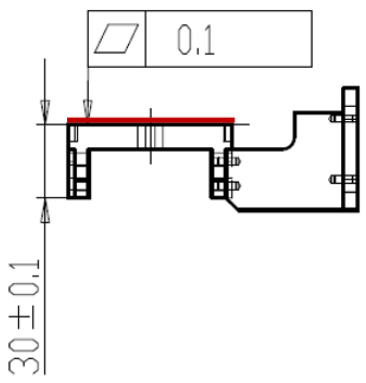
Tab. 4.25 Svařování.

Operace č. 130	Ruční pracoviště	Č. sestavy: 0212-34-026-4
Kontrola: posuvné měřítko.		
Popis operace: Sestavu dle výkresu a pomocí vložených aretačních čepů Ø 3 mm sestavit, nabodovat a svařit metodou MAG. Po svaření očistit.		

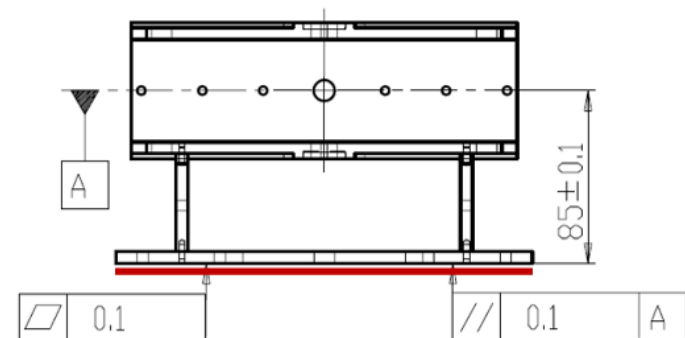
Tab. 4.26 Žihání po svaření.

Operace č. 140	Kalírna	Č. sestavy 0212-34-026-4
Popis operace: Sestavu po svaření žihat na snížení vnitřního pnutí.		

Tab. 4.27 Frézování dolního rámu.

Operace č. 150	Stroj VMC 760	Č. sestavy: 0212-34-026-4
Nástroj: monolitní fréza Ø 10 mm.		
Kontrola: posuvné měřítko, číselníkový úchylkoměr.		
Popis operace: Upnout za dolní základovou desku, frézovat přídavek 1 mm na základně C na rozměr 30 mm.		
		

Tab. 4.28 Frézování dolního rámu.

Operace č. 160	Stroj VMC 760	Č. sestavy: 0212-34-026-4
Nástroj: monolitní fréza Ø 16 mm.		
Kontrola: posuvné měřítko, číselníkový úchylkoměr.		
Popis operace: Upnout za základovou desku, frézovat přídavek na zadní desce ve vzdálenosti 85 mm. Dodržet rovinnost 0,1 mm.		
		

Tab. 4.29 Montáž dolního rámu.

Operace č. 170	Zámečnické práce	Č. sestavy: 0212-34-026-4
Kontrola: posuvné měřítko.		
Popis operace: Montáž sestavy – objímku pružin (díl č. 0212-34-026-1) vložit do svařeného přípravku, zajistit spojovacími čepy, díl č. 0212-34-026-3 (vodící tyč – 2ks) upevnit šrouby M6 k dílu vozík (0212-34-026-4-1).		

5 VYHODNOCENÍ VÝROBY V PODMÍNKÁCH FIRMY

Technologičnost konstrukce při přípravě výroby předpokládala vyrobitelnost přípravku v podmínkách firmy Okac, které jsou vzhledem k vybavení firmy částečně limitující. Výroba posléze ukázala, že obě části přípravku je možné za důsledného dodržení výrobních postupů vyrobit. Během výroby nevznikly zásadnější problémy, které by vedly ke komplikacím.

Při výrobě bylo nutné využít několik kooperací (soustružení, pálení laserem, řezání drátovou elektrodou, žíhání, cementování, kalení, práškové lakování). Ani u jedné firmy nevznikl problém s kvalitou nebo s dodacím termínem.

Při obrábění dílů a přípravku na obráběcím centru byl brán ohled především na ekonomickou stránku celého výrobního procesu. Z tohoto důvodu byly použity vrtáky z rychlořezné oceli. Pro frézování pak byly použity frézy ze slinutých karbidů (obr. 5.1).



Obr. 5.1 Fréza pro čelní frézování s VBD a monolitní fréza pro boční frézování.

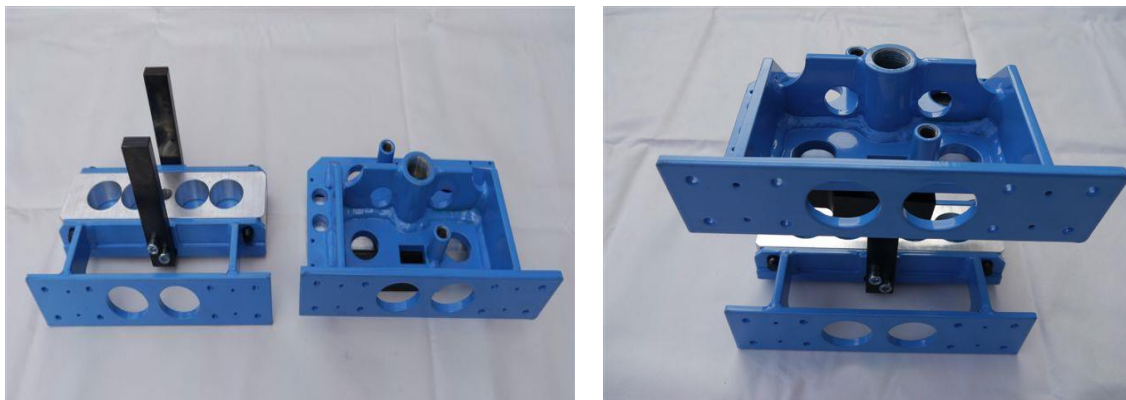
Důležitým prvkem v průběhu výroby je časté měření vyráběných dílů. Kromě standardních měřidel (posuvné měřítko, mikrometry, kalibry), bylo pro měření geometrických tolerancí na stroji VMC 760 použito:

- dotykového 3D snímače,
- mechanického úchylkoměru (obr. 5.2).



Obr. 5.2 Ukázka dotykové sondy a číselníkového úchylkoměru při proměřování přípravku geometrických tolerancí na obráběcím centru VMC 760.

Upínací přípravek byl po nanesení práškové barvy a následném smontování předán zákazníkovi ve stanoveném termínu. Dle zpětné vazby byl přípravek přeměřen na vstupní kontrole, poté úspěšně namontován a začal sloužit své funkci (obr. 5.3).



Obr 5.3 Hotový přípravek krátce před expedicí.

6 EKONOMICKÁ KALKULACE

Vyrobený přípravek byl po nalakování a opětovném protažení závitů smontován a následně předán zákazníkovi k užívání. Termín dodávky byl dodržen.

Výrobní náklady na výrobu přípravku jsou uvedeny v tabulkách 6.1 a 6.2.

Tab. 6.1 Kalkulace pro horní část přípravku.

Tlumič blok - horní část			
Položka	Počet kusů	Počet hodin	Cena celkem (Kč)
Rotační součásti - kooperace	5		3.400
Výpalky - kooperace	12		1.200
Úprava výpalků - VMC 760	12	4	2.400
Výroba dílů - VMC 760	3	10	6.000
Řezání drátovou elektrodou - kooperace	2		2.400
Svařování	1	2	700
Žihání na snížení pnutí	1		250
Obrobení svařence - VMC 760	1	6	3.600
Zámečnické práce	1	2	500
Lakování	1		550
Spojovací materiál	22		110
Celkem:			21.110

Tab. 6.2 Kalkulace pro dolní část přípravku.

Tlumič blok - dolní část			
Položka	Počet kusů	Počet hodin	Cena celkem (Kč)
Rotační součásti kooperace	2		2.100
Výpalky - kooperace	3		900
Úprava výpalků - VMC 760	3	2	1.200
Výroba dílů - VMC 760	3	7	4.200
Svařování	1	1	350
Žihání na snížení pnutí	1		250

Obrobení svařence - VMC 760	1	3	1.800
Zámečnické práce	1	1	250
Povrchová úprava lakováním	1		550
Spojovací materiál	12		80
Celkem:			11.430

Při kalkulaci byla počítána hodinová sazba ve firmě Okac 600,- Kč. V této sazbě jsou již započítány tyto položky:

- náklady na obsluhu stroje,
- náklady na odpis stroje,
- náklady na nástroje,
- náklady na energie,
- náklady na platbu sociálního a zdravotního pojištění.

Po sečtení obou položek za jednotlivé části přípravku je konečná cena 32.540,- Kč.

7 DISKUZE

Bylo prokázáno, že přípravek je v omezených podmínkách firmy Okac vyrobitelný. Pro kompletní výrobu přípravku bylo nutné využít kooperace s jinými firmami. Tato skutečnost vede k zamyšlení nad možnostmi investice do strojů a technologií, které by vedly k možné vlastní výrobě součástí a omezení podílu kooperací na výrobě.

Jedná se zejména o:

- soustružení,
- elektroerozivní obrábění drátovou elektrodou,
- žíhání,
- lakování, černění.

7.1 Posouzení řešení

Vzhledem k zaměření firmy Okac na kusovou výrobu, přichází do budoucna v úvahu nanejvýš pořízení stroje k obrábění rotačních dílů. Velmi často se v požadovaných přípravcích objevují rotační součásti a soustruh ve vlastním strojovém vybavení firmy by usnadnil proces výroby.

Naopak investice do stroje na řezání drátovou elektrodou, žíhací pece či práškové lakovny se prozatím jeví jako nepotřebná s přihlédnutím k nízké četnosti využití a vysokým pořizovacím nákladům. Z tohoto důvodu je výhodnější využívat firem, které se těmito činnostmi zabývají.

V současné době většímu rozvoji a celkové lepší prezentaci firmy brání pronajaté prostory, ve kterých firma Okac sídlí, a které jsou dnes na hranici možností využitelnosti. Velkou nevýhodou ve stávajících prostorách je zejména nedostatek místa pro pořízení dalších strojů (např. výše uvedeného soustruhu), problém s vykládáním a nakládáním materiálu nebo nevyhovující zázemí pro pracovníky. Výhledem firmy je proto při dostatečném množství zakázek v dalších letech pořízení vlastní provozovny, která by lépe splňovala potřeby malého podniku a zároveň umožňovala další rozvoj firmy v oblasti kovovýroby.

ZÁVĚR

Hlavním úkolem tématu konstrukčně – výrobní řešení upínacího přípravku, bylo zpracování výrobního procesu v podmínkách firmy autora, se všemi jejími výhodami a nevýhodami.

Diplomová práce prokázala vyrobiteľnosť prípravku s nutnosťí kooperace s jiným firmami.

Cílem autora práce bylo demonstrovat praktickou zkušenost s výrobou přípravku s ohledem na co nejnižší náklady. Z tohoto důvodu byly v jednotlivých kapitolách doloženy postupy, které se na tvorbě ceny výroby podepisují nejvíce, a to sice:

- strategie obrábění,
- volba nástrojů,
- technologičnost konstrukce.

Důležitým předpokladem pro správnou funkčnost výrobku se ukázalo řešit přípravek jako celek a důsledně promyslet postup výroby. Před výrobou přípravku navrhl autor práce několik konstrukčních úprav, které byly následně odběratelem odsouhlaseny.

Vzhledem k tomu, že se přípravek skládá ze dvou samostatných částí, bylo nezbytné důsledně předcházet možným výrobním komplikacím a soustředit pozornost na problematiku místa při výrobě přípravku, zejména se zřetelem na funkčnost sestavy.

V diplomové práci autor dospěl k těmto závěrům o podstatných bodech konstrukčně – výrobního řešení přípravku:

- nezbytnost celkové koncepce výroby přípravku,
- sledování efektivity výroby co do nákladů na výrobu,
- vstřícnost k zákazníkovi, ochota k diskuzi.

Závěrem této diplomové práce lze konstatovat, že za každým úspěšným lidským počinem je propojení teoretických znalostí s praktickými dovednostmi. Tato teze neplatí pouze při výrobě přípravku, ale lze ji aplikovat v každém oboru lidské činnosti.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. CZ FERRO - STEEL, spol. s.r.o. *ČSN 11373 – nelegovaná ocel obvyklých jakostí pro konstrukce* [online]. Napajedla. Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/pdf/tyce-11373.pdf>
2. CZ FERRO - STEEL, spol. s.r.o. *Tyčová ocel tažená za studena čtvercová, plochá, šestihranná - charakteristika* [online]. 2011 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/cz/nas-sortiment/tycova-ocel-tazena-za-studena---ctvercova-plocha-sestihhranna/>
3. DE VOS, Patrick. Příručka pro technology - Jak je to s řeznými silami?. MM Průmyslové spektrum [online]. 2012, roč. 2012, č. 3 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/prirucka-pro-technology-jak-je-to-s-reznymi-silami.html>
4. FOREJT, M., PÍŠKA, J. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
5. Frézování. *Habilis Steel spol. s r.o.* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.kovoobrabeci-nastroje.cz/katalog/frezovani-7/>
6. Hliníkové plechy a pásy. *ALFUN a.s.* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.alfun.cz/sortiment/hlinik/plechy-a-pasy>
7. Hoffmann Group. Virtuální katalog produktů. *Hoffmann Group - Vše pro profesionální obrábění*. [Online] 2011/2012. Dostupné z: http://www.hoffmann-group.com/fileadmin/user_upload/1_International/catalog/cs/BK_Band1_cs/blaetterkatalog/index.html.
8. HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM publishing, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
9. KOČMAN, K., PERNÍKÁŘ, J. *Ročníkový projekt II - obrábění. Studijní opory pro kombinovanou formu bakalářského studia v oboru 23-07-7 Strojírenská technologie*. [Online] Brno: VUT-FSI, Ústav strojírenské technologie, 2002. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/RocnikovyProjekt_II-obrabeni.pdf.
10. NOVOTNÝ, J. *Návod k používání sloupové pásové pily na kov PNS 230*. Jihlava, 2004.
11. RUMÍŠEK, P. *Mechanizace a automatizace*. Brno: VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2002.
12. Seco Tools CZ,s.r.o. *Katalog produktů* [online]. 2012. Vyd. Brno. Dostupné z: http://www.secotools.com/CorpWeb/Downloads/seconews2_2011/MN/milling/Milling_2012_CZ_LR.pdf

13. Svařování v ochranné atmosféře plynů. *ESAB VAMBERK, s.r.o.* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://esab.cz/cz/cz/education/processes-mig-gmaw.cfm>
14. VEBER, J. *Podnikání malé a střední firmy*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2008, 311 s. ISBN 978-80-247-2409-6.
15. ZEMČÍK, O. *Nástroje a přípravky pro obrábění*. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2003, 193 s. ISBN 80-214-1336-6.
16. ZPS, a.s. *Návod k instalaci, obsluze a údržbě pro vertikální obráběcí centrum VMC 760*. Zlín, 1997.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

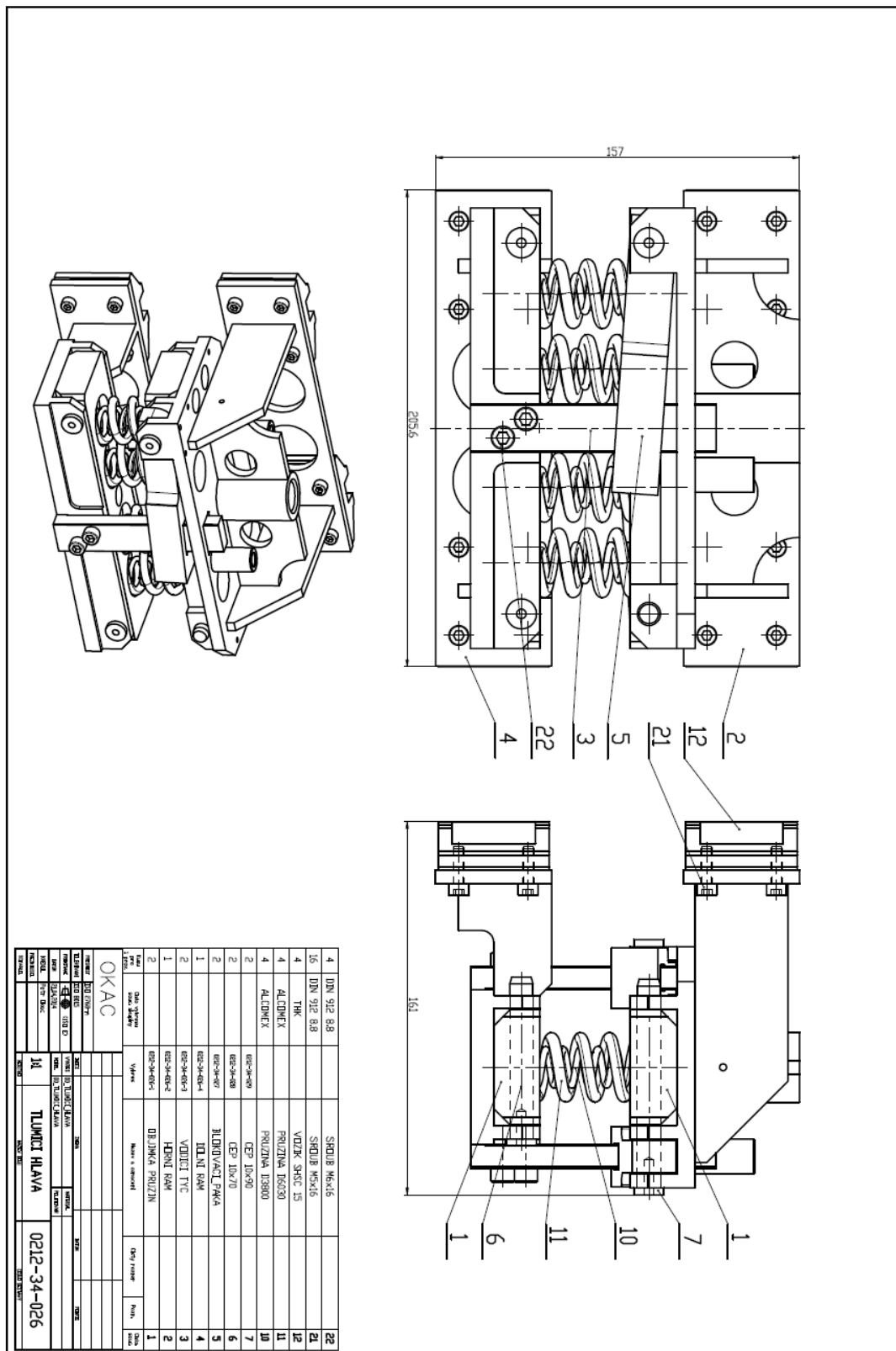
Zkratka	Jednotka	Popis
Al₂O₃	[-]	Oxid hlinitý
CVD	[-]	Chemical Vapour Deposition
CAD	[-]	Computer Aided Design
CAM	[-]	Computer Aided Manufacturing
CBN	[-]	Kubický nitrid bóru
CNC	[-]	Computer Numerical Control
HB	[-]	Tvrdost dle Brinella
HRC	[-]	Tvrdost dle Rockwella
MAG	[-]	Metal active gas
PKNB	[-]	Polykrystalický kubický nitrid bóru
PVD	[-]	Physical vapor Deposition
SK	[-]	Slinutý karbid
VBD	[-]	Vyměnitelná břitová destička

Symbol	Jednotka	Popis
A	[%]	Tažnost
ap	[mm]	Šířka záběru ostří
D	[mm]	Průměr nástroje
f	[mm]	Posuv na otáčku
f_z	[mm]	Posuv na zub
L	[mm]	Dráha nástroje
n	[min ⁻¹]	Otáčky vřetene
R_e	[Mpa]	Mez kluzu
R_m	[Mpa]	Pevnost v tahu
t_{as}	[min]	Jednotkový strojní čas
v_c	[m.min ⁻¹]	Řezná rychlost
v_f	[m.min ⁻¹]	Rychlost posuvu
z	[-]	Počet zubů nástroje

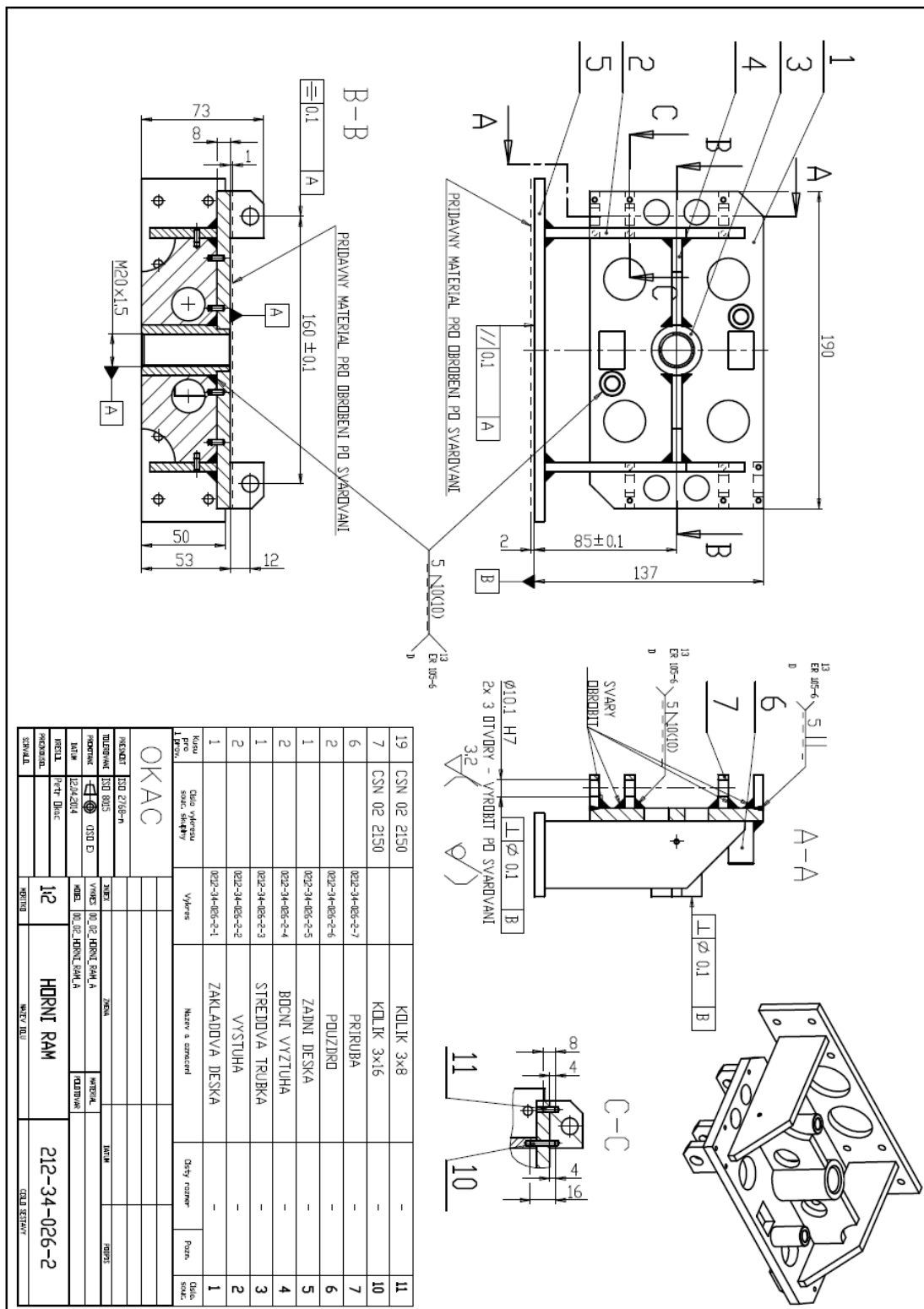
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výkres sestavy
Příloha 2	Výkres podsestavy horního rámu
Příloha 3	Výkres podsestavy dolního rámu
Příloha 4	Nákres pro umístění aretačních čepů
Příloha 5	Výkres vozíku
Příloha 6	Výkres objímky pružin
Příloha 7	Výkres vodící tyče
Příloha 8	Technická dat k obráběcímu centru VMC 760
Příloha 9	Přehled M kódů
Příloha 10	Přehled G kódů
Příloha 11	Ukázka programu pro CNC obrábění
Příloha 12	Výrobní postup k dílu vozík

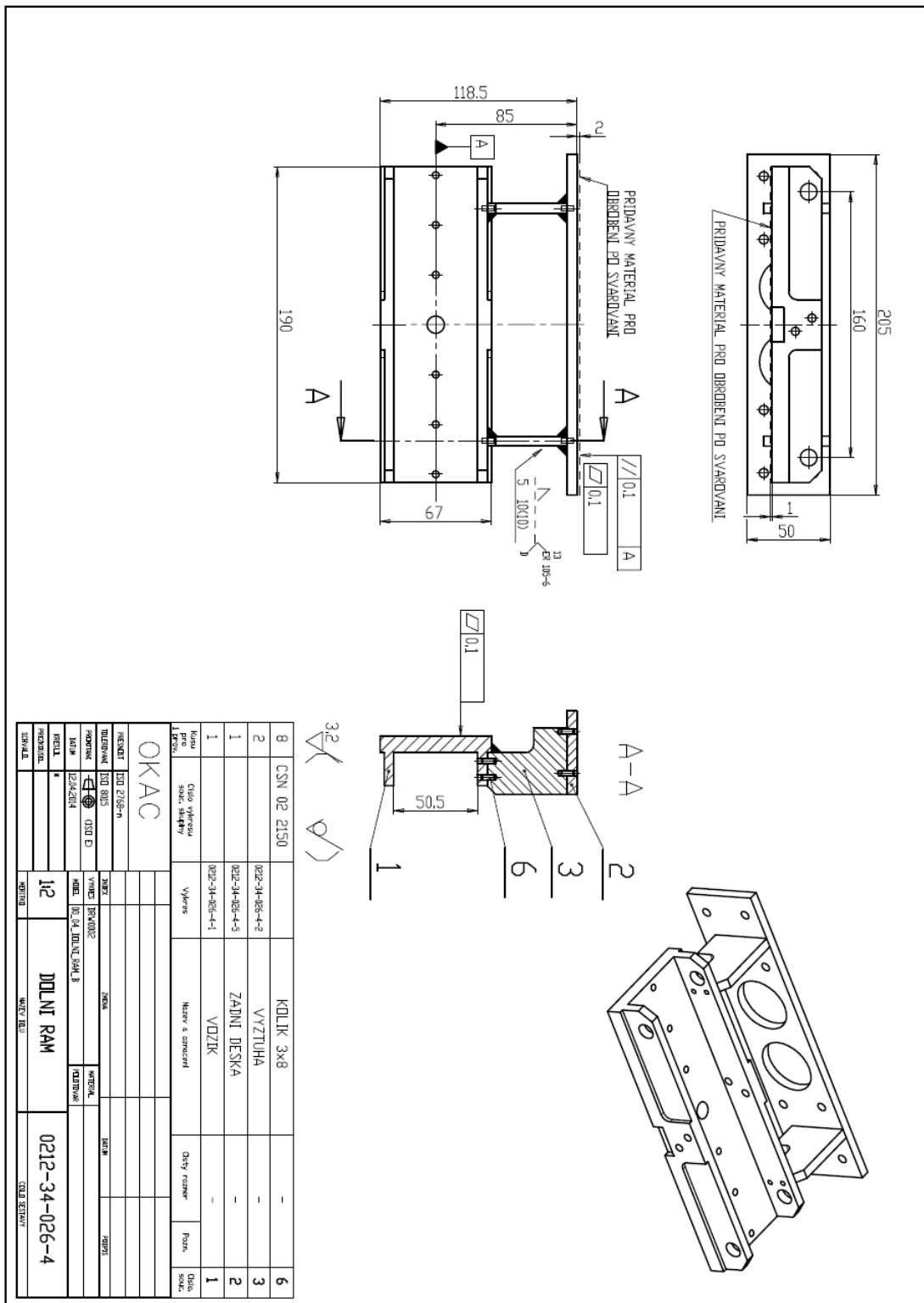
Výkres sestavy



Výkres horního rámu

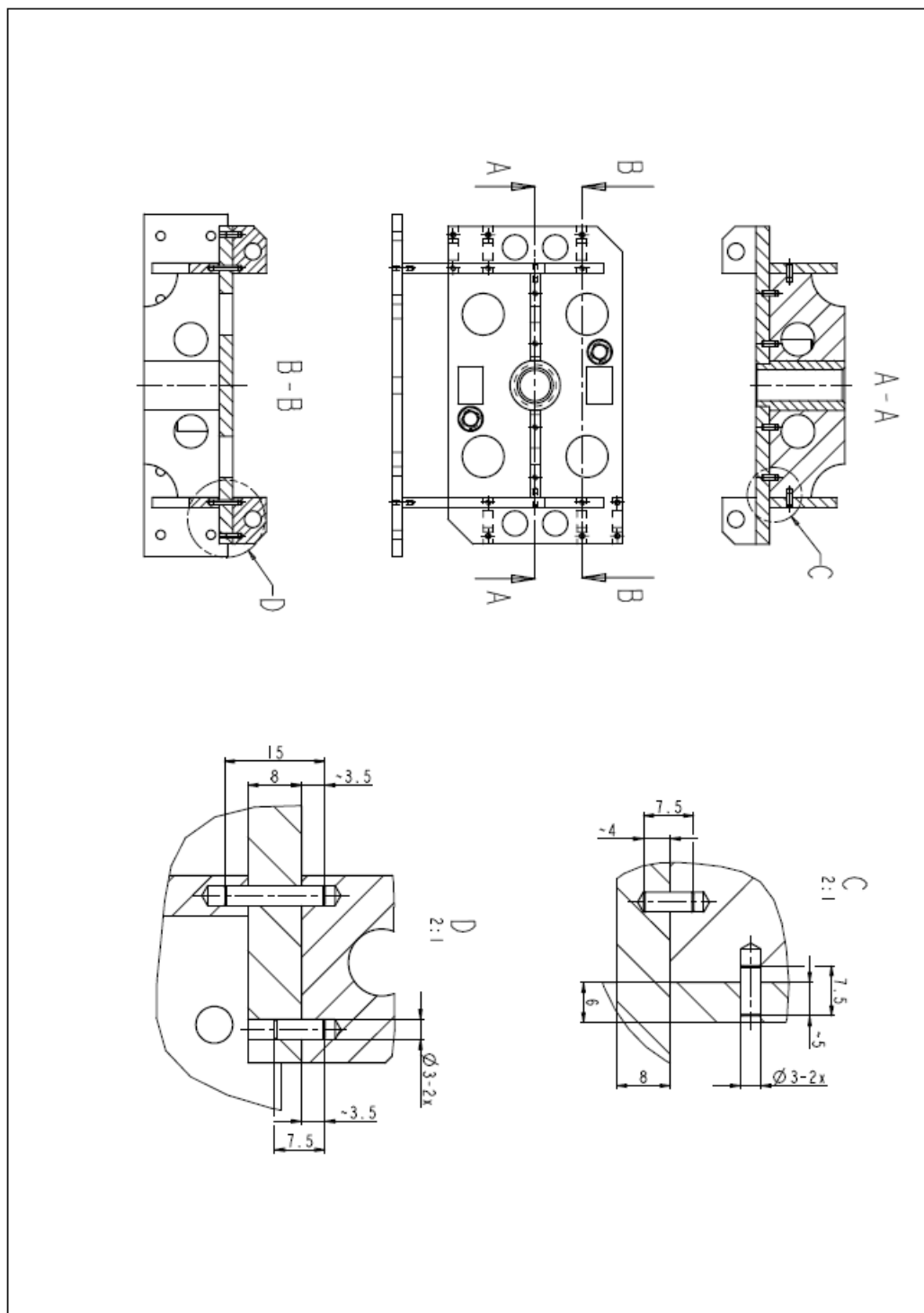


Výkres dolního rámu



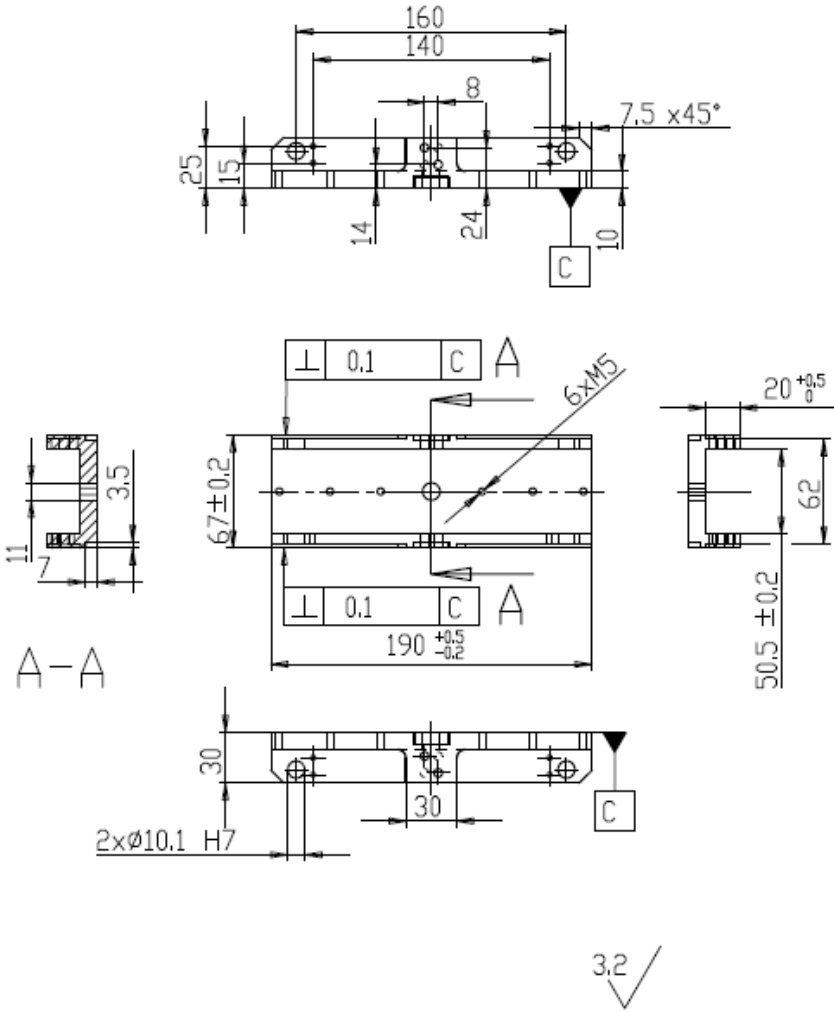
PŘÍLOHA 4

Nákres pro umístění aretačních čepů



PŘÍLOHA 5

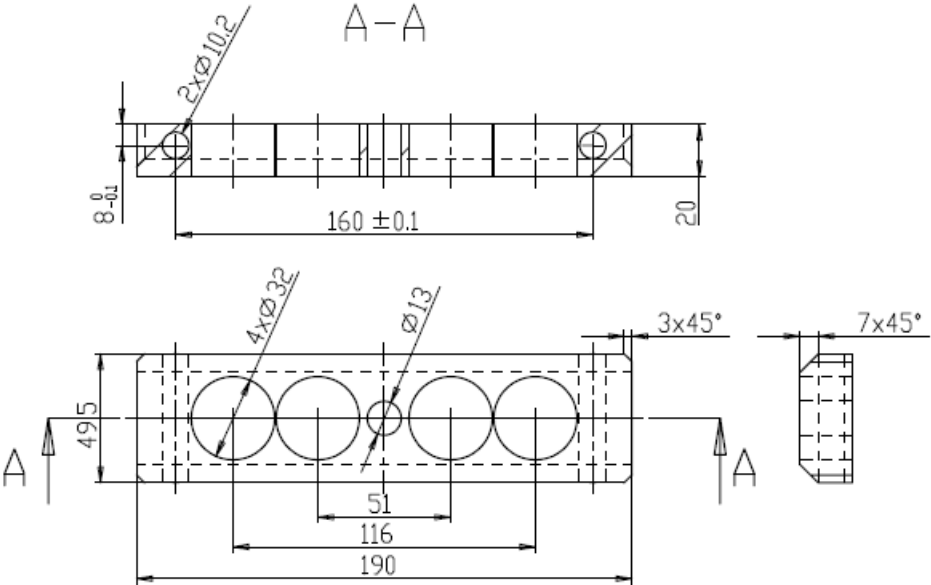
Výkres vozíku



OKAC					
PŘEDNOST	ISO 2768-m				
TELEFON	ISO 8015	ZNAČKA	JATUN	POLYPS	
PŘEDNOST	ISO D	VÝKRES	VOZÍK	MATERIAL	11373
DATUM	12.04.2014	MODEL	SUBMODEL-2883	POLYTOVAR	
KRESLIL	Petr Okac	3:10	VOZÍK	0212-34-026-4-1	1
PŘEDNOST					
SCHVALIL		NAZEV DÍLU	ČÍSLO SESTAVY	ČÍSLO DÍLU	

PŘÍLOHA 6

Výkres objímky

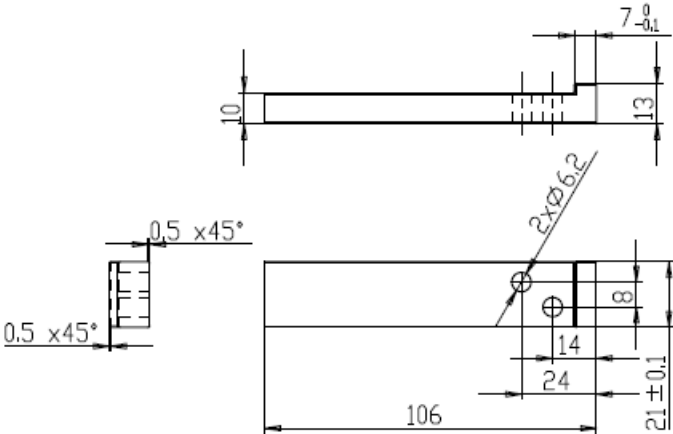


3.2

OKAC					
PŘEŠKOT	ISO 2768-m				
TOLEOVAN	ISO 8015	INDEX	ZPĚVA	DATUM	POPS
PROMTAN	 (ISO 8)	VÝKRES	OBJÍMKA	MATERIAL	AlMg4.5Mn0.7
DATUM	12.04.2014	MODEL	SUBMODEL-7283	POLOTOVAR	
KRESL	PETR OKAC	1:2	OBJÍMKA	0212-34-026	1
PŘEVOSEL		VERSIK	NÁZEV TĚLU	ČÍSLO SESTAVY	ČÍSLO TĚLU
SCHVAL					

PŘÍLOHA 7

Výkres vodičí tyče



3,2 ✓

OKAC					
PŘEŠKOST	ISO 2768-m				
TOLEOVANÍ	ISO 8015	INDEX	ZPRÁVA	DATUM	POPS
PŘEMĚN	 ISO E	VÝKRES		MATERIÁL	11373
DATUM	13.04.2014	MODEL	SUBMODEL-5295	POLOTOVAR	
KRESLIL	Petr Okac	3:5	VODICI TYČ	0212-34-027	
PŘEZKUSIL					
SCHVALIL		VERZIKO	NÁZEV IDU	ČÍSLO SESTAVY	ČÍSLO IDU

PŘÍLOHA 8

Technická data k obráběcímu centru VMC

1.3 TECHNICKÁ DATA		
	Metric	English
Pracovní rozjezd		
osa X	762mm	30"
osa Y	410mm	16"
osa Z	560mm	22"
Pracovní posuv X,Y,Z	0-10m/min	0-400ipm
Rychloposuv - osa X,Y	19m/min	750ipm
- osa Z	14m/min	550ipm
Vzdálenost čela vřetena od stolu	100-735mm	3.9-28.9"
Vzdálenost osy vřetena od stojanu	575mm	22.6"
Úchylka polohy souřadnic (P)	0.026mm	0.001"
Opakovaná přesnost polohování souřadnic (P _S)	0.01mm	0.0004"
(Měření a vyhodnocení přesnosti polohování je provedeno dle normy VDI/DGQ 3441)		
Typ odměřování na stroji	nepřímé	
Pracovní stůl		
Pracovní plocha	920x470mm	36x18.5"
Počet T-drážek x velikost	5x18mm	5x0.708"
Rozměr střední drážky	18H6mm	0.7087 ^{+0.0004} "
Rozměr středního otvoru	φ30H6mm	1.1811 ^{+0.0005} "
Rozteč drážek	100mm	3.93"
Maximální zatížení	600kg	1330 lbs
Maximální rozměry obrobku při maximální délce nástroje 250mm (9.8 in)	760x410x280mm	30x16x11"
Vzdálenost stolu od podlahy	840mm	33"
Vřeteno		
Otáčky vřetena - nižší řada	0-2000ot/min	0-2000rpm
- vyšší řada	2001-8000ot/min	2001-8000rpm
Výkon na vřeteně	7.5kW	10hp
- při přetížení (S6-30 min)	11kW	25hp
Max.krouticí moment na vřeteně	142Nm	105ft.lbs
- při přetížení	208Nm	153ft.lbs
Držák nástroje	CAT 40	
Průměr vřetena v předním ložisku	80mm	3.15"
Polohování vřeten	elektrické	
Zásobník nástrojů		
Počet míst		
- stroj s jedním zásobníkem	1x20	
- stroj se dvěma zásobníky	2x20	
Čas výměny - nástroj za nástroj	8s	8s
Maximální průměr nástroje	90mm	3.5"
- s vynecháním místa	110mm	4.3"
Maximální délka nástroje	250mm	9.8"
Maximální hmotnost nástroje	8kg	17.6 lbs
Maximální hmotnost všech nástrojů v zás.	68kg	120 lbs
Vyhledávání nástroje	obousměrné	
VMC 760 ACRAMATIC		

PŘÍLOHA 9

Přehled M kódů

Seznam M kódů

M KÓD	SKUPINA	FUNKCE	ZAČÁTEK/ KONEC BLOKU	MODÁLNÍ
0	Programové ovládání	Zastavení běhu programu	Konec	Ne
1	Programové ovládání	Volitelné zastavení běhu programu	Konec	Ne
2	Programové ovládání	Konec programu (nástroj se nevrací)	Konec	Ne
3	Start pro vřetení	Otáčky vřetení po směru hodinových ručiček	Začátek	Ano
4	Start pro vřetení	Otáčky vřetení proti směru hodinových ručiček	Začátek	Ano
5	Stop pro vřetení	Vřetení a chladicí kapalina - vypnuto	Konec	Ano
6	Ovládání nástroje	Výměna nástroje	Konec	Ne
7		Chladicí kapalina #2 - start	Začátek	Ano
8		Chladicí kapalina #1 - start	Začátek	Ano
9		Chladicí kapalina - stop	Konec	Ano
10		Zpevnění osy	Konec	Ano
11		Uvolnění osy	Začátek	Ano
13	Start pro vřetení	Otáčky vřetení po směru hodinových ručiček, chladicí kapalina #1 - zapnuto	Začátek	Ano
14	Start pro vřetení	Otáčky vřetení proti směru hodinových ručiček, chladicí kapalina #1 - zapnuto	Začátek	Ano
19	Stop pro vřetení	Orientované zastavení vřetení	Konec	Ano
26		Návrat osy vřetení	Konec	Ne
27		Chladicí kapalina #3 - zapnuto	Začátek	Ano
28		Chladicí kapalina #4 - zapnuto	Začátek	Ano
29		Chladicí kapalina #5 - zapnuto	Začátek	Ano
30	Programové ovládání	Konec programu (nástroj se vyjme)	Konec	Ne
34		Zapnout funkci příjmu dat	Začátek	Ano
35		Vypnout funkci příjmu dat	Konec	Ano
41	Režim: vřetení	Konstantní výkon vřetení	Začátek	Ano
42	Režim: vřetení	Konstantní krouticí moment vřetení	Začátek	Ano
48	Úprava hodnoty	Korekce otáček vřetení a rychlosti posuvu - zapnuto	Začátek	Ano
49	Úprava hodnoty	Korekce otáček vřetení a rychlosti posuvu - vypnuto	Začátek	Ano
58	Sonda	Sonda ve vřetení zajištěna (volitelné) - nevysílá signály	Začátek	Ano
59	Sonda	Sonda ve vřetení odjištěna (volitelné)	Začátek	Ano
70-79	Uživatelé definované M kódy	Uživatelé definovatelné M kódy (volitelné)	Začátek	
83		Dokončení práce na dílu		

PŘÍLOHA 10

Přehled G kódů

Seznam G kódů

SKUPINA	G KÓD	POUŽITÍ	POZN.
Interpolace	0*	Rychloposuv (lineární)	
	1*	Lineární interpolace	
	2	Kruhový/pohyb po šroubovici ve směru hod. ručiček	
	3	Kruhový/pohyb po šroubovici proti směru hod. ručiček	
	22, 22.1	Frézovací cykly- čelní	
	23, 23.1	Frézovací cykly- kapsování	
	24, 24.1	Frézovací cykly- vnitřní rám	
	25, 25.1	Frézovací cykly- vnější rám	
	26	Frézovací cykly- čelní kruhové	
	26.1	Frézovací cykly- kapsování kruhové	
	27	Frézovací cykly- kruhový vnitřní rám	
	27.1	Frézovací cykly- kruhový vnější rám	
Interpolace - Vrtací cykly	80	Reset pevného cyklu	
	81	Vrtání	
	82	Zahlubování/navrtávání s program. dobou prodlevy	
	83	Vrtání hlubokého otvoru (s odskokem)	
	84	Řezání vnitřních závitů (konvenční)	
	84.1	Řezání vnitřních závitů (jednorázový závitník)	
	85	Vyrtávání/vystružování	
	86	Vyvrtávání	
	87	Zpětné vyvrtávání	
	88	Vyvrtávání- vnitřní rozšiřování	
	89	Vrtání/vystružení s program. dobou prodlevy	
Cykly se šablonami	37**	Reset síť	
	38	Pravoúhlá síť	
	39	Kruhová síť	
Polární programování	15.1*	Programování na roztečnou kružnici	
	15.2*	Programování na obrys dílu	
Výběr roviny	17*	Volba roviny XY	
	18*	Volba roviny ZX	
	19*	Volba roviny YZ	
CDC (kompenzace průměru nástroje)	40**	Korekce: průměr frézy - vypnuto	
	41	Korekce: průměr frézy - levá strana, zapnuto	
	42	Korekce: průměr frézy - pravá strana, zapnuto	
	43	Korekce: PQR průměr frézy - zapnuto	
AccDec (zrychlení/zpomalení)	45**	Zrychlení/zpomalení - zapnuto	
	46	Zrychlení/zpomalení - vypnuto	
Lokální souřadnice	52	Lokální systém souřadnic	
Objíždění rohů	60*	Režim polohování	
	61*	Režim souvislého řízení -konturování	
Palce /Milimetry	70*	Programování v palcích	
	71*	Programování v metrických jednotkách	
Absolutní /Přírůstkové	90*	Zadávání absolutních hodnot	
	91*	Zadávání přírůstkových hodnot	
Posuv	93	Inverze doby posuvu (1/T)	
	94*	Režim „Posuv za minutu“	
	95*	Režim „Posuv pro jeden zub“	

PŘÍLOHA 11

Ukázka CNC programu pro obrábění

```
N01 T2M6
N02 ; / TRW RAM 99566997
N03 ; / STRANA 1
N04 ; / FR 16 Rb 0,8 DOKONCOVANI
N05 G94 m3 s3000
N06 G1 X-185.15 Y-7.057 Z3. F10000
N07 Z-43.
N08 Z-45. F500
N09 X-145.35
N10 Y-11.833
N11 X-93.35
N12 Y-45.833
N13 X-58.299
N14 Y31.718
N15 X-93.35
N16 Y-2.282
N17 X-145.35
N18 Y-7.057
N19 X-185.15
N20 Z3. F10000
N21 X-154.75 Y-9.232
N22 Z1.8
N23 Z-1.5 F1000
N24 G3 X-149.75 Y-14.232 I-149.75 J-9.232
N25 G1 X-103.818
N26 Y-62.633
atd.
.....
.....
.....
.....
N2082 Z-35. F5000
N2083 G3 X147.321 Y103.571 I154.392 J110.642 F1000
N2084 G1 X157.821 Y93.071
N2085 G3 X171.963 Y93.071 I164.892 J100.142
N2086 G1 Z-8. F5000
N2087 X147.321 Y117.714 F10000
N2088 Z-34.
N2089 Z-36.3 F5000
N2090 G3 X147.321 Y103.571 I154.392 J110.642 F1000
N2091 G1 X157.821 Y93.071
N2092 G3 X171.963 Y93.071 I164.892 J100.142
N2093 G1 Z3. F5000
N2094 M5
N2095 G01 Z150 F10000
N2096 G01 Y100
N2097 M02
```

PŘÍLOHA 12

Výrobní postup k dílu vozík

Výrobní postup		Název dílu: Vozík	Název celku: dolní rám	Výpracoval: P. Okáč		Materiál: 11 373			
Č. op.		Č. výkresu: 0212-34-026-4-1	Č. sestavy: 0212-34-026-4	Datum: 25.2.2014					
Ozn. Stroje, zařízení, pracoviště:		Popis práce v operaci		Nástroje, měřidla	Vc [m.min-1]	ap [mm]	f [mm.min-1]	n [ot.min-1]	
10/10	Pásová pila na kov, PNS 160	Řezat polotovary na rozměr 195x70x35mm		Posuvné měřítko					
20/20	Obráběcí centrum VMC 760	Upnout do svěráku, úhlovat polotovary na rozměr 190x67x31mm		Fréza R220.48 Double Octomill Ø80mm	230	1,5	650	850	
		Frézovat vnitřní drážku o šířce 50,5m s přídkem 0,2mm pro dokončovací operaci, do hl. 19,8mm		Fréza s VBD Ø16mm, AEM90-KC13-020-W20	180	1,5	720	3600	
30/30		Dokončit frézováním vnitřní drážku na rozměr 50,5mm a do hl. 20mm		Monolitní fréza Ø10mm, GG 3042 - D, materiál SK, povlak TiAlN	200	1	1200	4500	
		Zhotovit závit M5-6x		Středící vrták Ø3mm			80	1200	
				Vrták Ø4.2mm	15		95	1100	
				Závitník M5			0,8 [mm.ot-1]	150	
		Přepnout, frézovat vybrání 20x80 na obou stranách do hl.2,5mm; frézovat drážku 21x7mm do hl. 3,5mm		Monolitní fréza Ø10mm, materiál SK	200	1,5	1200	4500	
40/40		Zhotovit závit M6-2x		Středící vrták Ø3mm			80	1200	
				Vrták Ø5mm	15		95	1100	
				Závitník M6			1 [mm.ot-1]	150	
		Vrtat otvory Ø3mm - 2x		Středící vrták Ø3mm	15		80	1200	
		Frézovat vybrání 20x80mm na obou stranách do hl.2,5mm; frézovat drážku 21x7mm do hl. 3,5mm		Monolitní fréza Ø10mm	200	1,5	1200	4500	
		Zhotovit závit M6-2x		Středící vrták Ø3mm			80	1200	
				Vrták Ø5mm	15		95	1100	
				Závitník M6			1 [mm.ot-1]	150	
50/50		Vrtat otvory Ø3mm - 2x		Středící vrták Ø3mm	15		80	1200	
				Vrták Ø5mm			90	1300	
		Vrtat otvory Ø10.1mm - 2x		Středící vrták Ø3mm			80	1200	
				Vrták Ø5mm - prodlouž.	15		95	1100	
				Vrták Ø10.1mm - prodlouž.			60	950	
60/60	Ruční pracoviště	Srazit hrany, odjehlít		Ruční pilník					
70/70	OTK	Kontrola rozměrů		Posuvné měřítko, závitové kalibry					